ماهیت ودامنه تغییرات واکنش گیاهان نسبت بـــه آلودگی هوا

نوشته : اچ ـ ای . هکستا دودبلیو . دبلیو . هک

ترجمه : دکتر عوض کوچکی[1] ودکتر امین علیزاده[2]

۱ـ مقدمه

الف ـ سابقه تاریخی .

ب ـ ماهیت و دامنه پراکندگی مواد آلوده کننده هوا

ج ـ هواشناسی

د ـ جنبه های اقتصادی

۲ـ ماهیت واکنش گیاهان

الف ـ نوع صدمه

ب ـ صدمه وار به گیاهان زراعتی

(۱)ـ اوزون

(۲)ـ پیروکسی استیل نیترات (پان)

(۳)ـ دی اکسید گوگرد

(۴)ـ فلور

(۵)ـ دی اکسید ازت

(۶)ـ مواد آلوده کننده دیگر

۳ـ دامنه واکنش گیاهان

الف ـ وضع جغرافیائی

ب ـ فصل رشد

جـ روندهای آینده

۴ـ عوامل دیگر در رابطه با تغییر واکنشها

الف ـ عوامل ژنتیکی

(۱)ـ واکنش گونه های مختلف

(۲)ـ مطالعات اصلاح نباتات

ب ـ عوامل آب و هوایی

(۱)ـ کیفیت نور

(۲)ـ دوره نوری (فتوپریود)

(۳)ـ شدت نور

(۴)ـ درجه حرارت

(۵)ـ میزان رطوبت

(۶)ـ دی اکسید کربن

(۷)ـ اثر متقابل مواد آلوده کننده

(۸)ـ آب و هوا

(۹)ـ طول روز

ج ـ عوامل مربوط به خاک

(۱)ـ رطوبت خاک

(۲)ـ مواد غذایی

(۳)ـ عوامل دیگر خاک

د ـ عوامل دیگر

هـ ـ رابطه بین زمان ، غلظت آلوده کننده ها و صدمه

و ـ مکانیسم عمل مواد آلوده کننده

۱ـ عضوءهیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی

۲ـ عضوء هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

۵ـ بحث
۶ـ خلاصه

۱ـ مقدمه

الف. سابقه تاریخی

مطالعه خسارات ناشی از آلاینده های هوا روی گیاهان از اواسط قرن نوزدهم آغاز گردید. در آلمان پژوهشگرانی چون آ. استوکمارت و ژ. ون شرودر مطالعاتی را در زمینه اثرات بی اکسید گوگرد و فلور انجام دادند (۱۰۰). ون شرودر ورئوس (۱۴۱) نیز علائم خسارتی را که بی‌اکسید گوگرد برگیاه وارد میسازد بررسی نموده‌اند. نشت گاز از لوله ها و زیانهای ناشی از آن از مشکلات اولیه بشمار میرفت. اتیلن موجود در این گازها به عنوان یک ماده سمی شناخته شده است (۹۶). مطالب زیادی دراین زمینه بزبان آلمانی بنوشته تحریردرآمده است (۳۴، ۱۰۰).

در ایالات متحده میتوان با بررسی نوشته های علمی به سابقه تاریخی زیانهای آلودگی هوا بر گیاهان پی برد (۱۴، ۵۹، ۱۲۹، ۱۳۰). اولین گزارش دراین مورد مربوط به خسارات ناشی از بی اکسید گوگرد است (۳۵، ۱۴۷). به عنوان مثال میتوان از داک تاون در تنسی (۱۱۳) و تریل در بریتیش‌کلمبیا (۹۵)نام برد که در این مناطق بی اکسید گوگرد موجب از بین رفتن کامل گیاهان منطقه گردید. اخیرا" در سود بری انتاریو (۷۲) نیز این ماده خسارات زیادی را ببار آورده است. ممکن است در آینده مسئله از بین رفتن کامل پوشش گیاهی مطرح نباشد، ولی افزایش تعداد کارخانه هائی‌که سوخت آنها از مواد گوگرد دار تامین میگردد، موجب‌بالا رفتن اکسید گوگرد در محیط شده وبهمین دلیل علاقه دانشمندان‌به مطالعاتی‌در این زمینه زیاد شده است (۱۴۹). استفاده از دودکشهای بلند باعث شده است که گاز در سطح وسیعتری پخش شده و از تجمع آن در سطح زمین کاسته شود.

در امریکا بررسی‌فلور به عنوان یک ماده آلوده کننده از سال ۱۹۴۰ آغاز گردید (۶۹، ۹۰، ۱۵۲). فلور در برگ متراکم گشته و مستقیما "باعث ازبین رفتن بسیاری از گونه های گیاهی میگردد. علوفه های چمنی و گیاهانی‌مثل یونجه قادرند حتی مقادیر بسیار کم فلو را در هوا جذب و در خود متراکم نمایند. این عمل از نظر حیوانات مصرف کننده نیز زیان آور است.

در سال ۱۹۴۴ برای اولین بار صدمه ناشی از مواد آلوده کننده فتوشیمیائی (اکساینده ها) در منطقه کوچکی از لوس آنجلس مشاهده گردید (۸۸). علائم اثر این مواد بصورت لکه های شفاف، نقره ای و قهوه ای در سطح زیرین برگ گیاهان پهن برگ ظاهر میشود. علائم مشابهی‌نیز در آزمایشگاه از اثر اوزن و هیدراتهای غیر اشباع کربن بدست آمده است (۳۲). بعدها مشاهده گردید که نیتراتهای پراکسی‌اسیل عامل اصلی خسارات وارده به قسمتهای زیر برگ گیاه میباشند (۱۱۷).

اولین بار در مطالعاتی که با استفاده از جریان برق انجام گرفت مشاهده گردید که اوزن از نظر گیاهان یک گاز سمی است (۶۳). بعد از آن، در حدود ۲۰ سال قبل اولین مطالعات آزمایشگاهی دراین زمینه انجام‌گردید (۵۱). البته تاقبل از سال ۱۹۵۸ هنوز زیانهای حاصله از اوزن به گیاهان زراعتی‌مشخص نشده بود (۱۰۷). ریچاردز وهمکارانش‌دریافتند که اوزن باعث خالدار شدن انگور میگردد. علائم این بیماری

در سطح بالائی برگهای مو در اطراف لوس آنجلس مشاهـــده گردید . متعاقبا " مشخص گردید که لکه لکه شدن برگ، تنباکـو (۴۹) و سوختگی انتهای برگهای درختان کاج استخری (۳) نیز ناشی از گاز ازت میباشد . درحال حاضر زیانهای حاصلـــه از اوزن بیش از هر ماده آلوده کننده دیگری است (۱۰۶،۴۳) . در مورد اثرات مواد آلوده کننده دیگر نیز بررسیهای زیادی صورت گرفته است (۱۴۵،۵۵،۴۲،۴) .

ب : ماهیت ودامنه پراکندگی مواد آلوده کننده هوا

مواد موجود دراتمسفر که از نظر گیاهان سمی میباشند به دو گروه تقسیم میگردند .

۱)ـ مواد آلوده کننده اولیه که از احتراق فرایندهای منابع صنعتی ایجاد میشوند .

۲)ـ مواد آلوده کننده ثانوی که نتیجه واکنشهـــای شیمیائی در طبیعت میباشند .

مواد آلوده کننده اولیه که از نظر زارعین حائزاهمیت میباشند عبارتند از بی اکسید گوگرد ، اتیل ، فلور، بی اکسید ازت و حشره کشها . این مواد اصولا " از منابع دیگر تولید شده و اثرات آنها بر گیاهان موضعی است . پخشیدگی و رقیق شدن این مواد پس از خروج از منبع تولید باعث میشود که در شعاع چند میلی از منبع تولید نتوان خسارات وارده را با چشم رویت نمود . در برخی موارد زیانهای حاصله تا فاصله ۳۰ میلی از منبع تولید درجهت باد نیز مشاهده شده است .چون مقادیر قابـل توجهی اتیلن و اکسید نیتریک از اتومبیلها خارج میگردد ، از این جهت انتشار این مواد بیش از دیگر آلوده کننده ها است . اکسید نیتریک تبدیل به دی اکسید ازت شده و این ماده اخیر در واکنشهای فتوشیمیائی دخالت داشته یکی از مواد مسموم کننده گیاهان بشمار میرود .

آلوده کننده های ثانویه از قبیل ازن ، نیترات پـــر اکسی اسیل و دی اکسید ازت در اتمسفر تشکیل میشوند . این مواد بیشتر از مواد آلوده کننده اولیه پراکندگی داشته و ممکن است بصورت مقادیر مضر برای گیاه در یک منطقه وسیع از یک ایالت یا چندین ایالت وجود داشته باشند . به علت اینکـــه جهت وزش باد جنوب و جنوب غربی است ، مقادیر این مواد در شرق و شمال مناطق شهری امریکا بیشتر است . چون تشکیل ازن از اثر نور خورشید بر روی تولیدات حاصل از احتراق مواد سوختنی نیاز به زمان دارد لذا غلظت این ماده ممکن است در چند میلی جهت باد در یک شهر زیادتر باشد (۱۴۳) . البته عوامل زیادی تعیین کننده مقدار ازن و نیترات پیراکسی اسیل (پان) هوا میباشند (۳۱) .

در امریکا فراوانترین مواد مسموم کننده گیاهی موجود در هوا ازن ، دی اکسید گوگرد ، فلور نیترات پرواکسی اسیل ، اتیلن ،دی اکسید ازت ، حشره کشها ، کلر ، فلزات سنگین اسید اروسولز ، آلدئید ، آمونیاک اسید کلریدریک ، سولفیدهیدرژن و ذراتی چون گرد سیمان میباشند .ازن ازهر ماده مسموم کننده گیاهی بیشتر باعث خسارت به گیاهان شده است ولی در سطح جهانی شواهدی در دست است که دی اکسید گوگرد از ازن هم مضرتر است .

فرود ،منابع مواد آلوده هوا را که برای گیاهان مضرند مورد بررسی قرار داده است (۱۴۹) . دی اکسید گوگرد اصولا " از احتراق زغال سنگ و دیگر تولیدات نفتی ، ذوب و تصفیـه سنگ معدن ،و نیز درموقع ساختن و بکار بردن اسید سولفوریک تولید میشود .فلوراز فرآیندهای احیای آلومینیم ودیگر فلزات ،

ساختن کودهای شیمیائی ،کارخانه های آجر وسفال و ذوب آهن ایجادمیشود .ازن ونیترات پراکسی اسیل ازواکنشهای فتوشیمیائی حاصل میشوند . ازن ممکن است از استراتسفر نیز بزمین انتقال یابد (۱۴۴،۲۱۵) تخلیه های الکتریکی و نیز ازن تشکیل شده ازطریق جرقه های الکتریکی نیز میتوانند جزء این منابع تولید ازن باشند .دی اکسید ازت درنتیجه حرارت زیاد احتراق مانند بنزین در اتومبیلها تولید میشود . اخیرا " کوششهایی در زمینه کاهش تصاعد مواد آلوده کننده از وسایط نقلیه انجام گردیده است . در این مورد هیدروکربنها ، منواکسید کربن و اکسیدازت اولویت دارند . تاکنون در زمینه کنترل اکسید ازت پیشرفتی حاصل نشده است .

ج ــ هواشناسی

اتمسفر به عنوان محیطی در نظر گرفته میشود که مواد آلوده کننده در آن انتقال مییابند . آلودگی با طبقات راکد هوای بالای هر منطقه رابطه نزدیک دارد . نقش هواشناسی در آلودگی هوا مورد مطالعه زیاد قرار گرفته و مقادیر معتنابهی مقاله علمی دراین زمینه به رشته تحریر درآمده است . اشترن (۱۱۸)درکتاب اخیر خود چهار بخش را به جنبه های مختلف این پدیده اختصاص داده است که عبارتند از هواشناسی و آلودگی هوا ، پخشیدگی مواد حاصله از دودکشها در اتمسفر، اقلیم شناسی آلودگی هوا ، و مدیریتهای هواشناسی در رابطه با آلودگی هوا . هوای شهرها که از چند جهت با آلودگی ها سروکار دارند مورد توجه زیادی قرار گرفته است . بنا به‌عقیده پک (۱۰۲)قبلا "شرایط آب وهوائی پخش موادآلوده‌کننده متغیر بود و میزان این مواد از سالی به سال دیگرثابت حال‌آنکه‌چند سالی است که شرایط آب و هوائی نسبتا "ثابت بوده ولی منابع آلودگی متغیر میباشد . طبقات هوای گرم در بالای آتمسفر یا انتی سیکلونهای راکد در شرق ایالات متحده بیشتر در نواحی جنوب شرقی ، در اطراف جورجیا و کارولینای جنوبی بوجود میایند (۵۲) . در واشنگتن به هنگام افزایش اوزن در هوا ، عوامل موثر برتراکم‌آن راتشخیص داده‌اند .این‌عوامل‌عبارتند از درجه حرارت نسبتا "زیاد هوا ، تشعشع زیاد ، رطوبت نسبی کم ، بادهای جنوبی ، سرعت کم باد در سطح زمین و بالای لایه انتقال دهنده حرارت (کمتر از۸ میل در ساعت) .ضخامت لایه انتقال دهنده حرارت معمولا" بین ۲۰۰ تا ۴۷۰۰ فوت میباشد (۱۱۴) . در غرب ایالات متحده امریکا هوای راکد بیشتر در بالای مناطق جنوب غربی مثل کالیفرنیای جنوبی و آریزونا و سطح وسیعی از یوتا حادث میگردد . پستی و بلندی ، شبیه عوارض اطراف حوزه لوس‌آنجلس موجب کاهش جریان خروجی هوا از منطقه میگردد .پک (۱۰۲)عقیده دارد که لایه وارونه حرارت نیمه پایدار از خصوصیات سواحل‌غربی قاره های جهان بوده و ازنظر تجمع مواد آلوده کننده موقعیتهای‌مناسبی رابوجود میاورد .افریقا ،مجمع الجزایر سیبری ،امریکای جنوبی و سواحل جنوب‌غربی‌ایالات متحده همگی‌دارای‌این خصوصیات میباشند .

د ــ جنبه‌های‌اقتصادی

گودریان و همکاران (۳۰) بین واژه های صدمه و خسارت اختلافی قائل شده اند که در بحث پیرامون اثرات اقتصادی موادآلوده کننده هوا برکشاورزی مفید میباشد . صدمه هرگونه واکنش قابل رویت و اندازه گیری گیاه در مقابل‌آلودگی

هوا میباشد .خسارت هرگونه اثر نامطلوب قابل رویت و اندازه گیری براستفاده مورد نظراز گیاه اطلاق میگردد (یا برتولیدات حاصله از آن گیاه) . یکروزه شدن حاصله از مواد آلوده کننده صدمه است ولی ارزیابی‌خسارت بستگی به مقدار کاهش محصول گیاه دارد . تشخیص اولیه صدمه نیز احتیاج به قضاوت دارد چون علائم همیشه منحصر به مواد آلوده کننده نبوده و ممکن است بوسیله امراض، مواد غذائی ، حشرات یا عوامل محیطی و مدیریت ایجاد شده باشند . بعضی از تغییرات سوخت وسازی که در اثر غلظت کم مواد آلوده کننده بوجود میاید نیز ممکن است خسارت محسوب گردند . بمنظور تعین خسارت اقتصادی ارزیابی صدمه‌قابل رویت لازم میباشد .

یک ماده آلوده کننده که قبل از برداشت خسارت به برگ گیاه میزند ممکن است اثری برمحصول نداشته باشد ولی این اثر بر روی برگ ممکن است‌باعث شود که گیاه قابل عرضه به بازار نباشد .نتیجه نهائی تلف شدن کامل گیاه است .نسبت دادن این اثرات به خسارت اقتصادی‌ساده است ولی برای ارزیابی تاءثیر آن بر رشد ، توسعه و ادامه حیات یا مصرف گیاه در هنگامی که صدمه قابل رویت نباشد مشکل است .مقایسه رشد گیاه در هوای تصفیه شده و آلوده ساده است ولی در شرایط مزرعه بسیار مشکل است .

کوششهای زیادی در زمینه ارزیابی خسارت اقتصادی آلودگی هوا به کشاورزی شده است که همگی برمبنای قضاوت محقق استوار بوده اند . لاندائو و براندت (۶۶) عقیده دارند که این موضوع‌خود باعث محدود شدن‌این نوع‌مطالعات میشود . نامبرده گان معتقدند که موفقیت آزمایشات انجام شده بوسیله قسمت آمار وزارت کشاورزی امریکا مرهون جمع آوری اطلاعاتی است‌که احتیاج به حداقل تصمیم تجربی دارند .بمنظورارزیابی خسارت اقتصادی آلودگی هوامتدهائی که احتیاج به‌کمترین تصمیم ممکنه دارد بهترین تخمین از تلفات را بدست خواهد داد .

در کالیفرنیا در یک بررسی بر روی گیاهانی که از لحاظ اقتصادی مهم‌هستند گروهی‌ازافرادتعلیم‌دیده بکار گرفته شدند (۸۹) . این افراد روش خاصی را پیاده کردند که در اثر آن نتایج مطلوبی‌بدست آمد .آنها تمام مواردی را که در مزارع مشاهده کردند گزارش نمودند ولی ممکن است بعضی از صدمات و خسارات وارده راندیده باشند .هیچگونه کوششی‌بمنظور تعین کاهش محصول یا رشد انجام نشده ولی گزارش بسیار خوبی از چگونگی پراکنش صدمه حاصله ازمواد آلوده کننده بدست آمد .

بررسی مشابهی نیزدر پنسلوانیا با یک برنامه گسترده در طول‌فصل رویش سال ۱۹۶۹ انجام گردید . گزارش سال اول حاکی است که خسارتی معادل ۱۱/۵میلیون دلار به این‌ایالت واردگردیده است (۶۵) .بررسیهای مشابهی نیزبمنظور ارزیابی خسارات وارده در دیگر ایالتها در دست اقدام است . درتمام این بررسیها فقط صدمه قابل رویت بر روی گیاه ارزیابی شده و نتیجتا " اثراتی که بر رشد و میزان محصول دارد محاسبه نگردیده است که این خود یک نارسائی در این بررسیها است .

نمونه دیگری از این مطالعات در سال ۱۹۶۹ انجام شد که نتیجه آن ارائه مدلی بود که بوسیله آن میتوان‌ارزش دلاری را محاسبه نمود (انستیتوی پژوهشهای استانفورد ، مذاکرات شخص بابندیکت) . این مدل با استفاده از اثرات مشخص مواد آلوده کننده روی گیاهان مختلف درآزمایشگاه و در مزرعه طرح ریزی شده است . در این مدل همچنین از شیمی آتمسفری و مقدار مواد آلوده کننده ثانویه که از غلظت معین مواد آلوده کننده اولیه بدست می‌آیند و نیز از گزارشات قبلی

در مورد مقداری از این مواد که به گیاه خسارت وارد میسازد استفاده شده است . محققین با استفاده از هیدروکربن دربیش از ۱۰۰ منطقه امریکا این آزمایش را انجام داده اند . براساس این مقادیر هیدروکربن و اطلاعات مربوط به اکساینده ها ، نامبردگان خسارات را برای گیاهان بخصوصی در داخل مناطق مذکور تخمین‌زدند . در این روش با توجه به ماهیت‌آن تصورات تجربی زیادی که فقط بر اساس علائم صدمه قابل رویت استوار بوده شده است .

اطلاعات تحقیقاتی بمنظور تخمین دقیق تاءثیر کلی آلودگی هوا براقتصاد کشاورزی در دست نیست . بررسی انجام شده بوسیله بندیکت خسارتی معادل حدود ۱۰۰ میلیون دلار را ذکر کرده است . خسارات ناخالص تخمینی درگذشته بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون دلار در سال بوده است . اگر با استفاده از اطلاعات بدست آمده از گلخانه و مزرعه که در آن کاهش رشد و محصول در نظر گرفته شده اند و نیز اثرات این مواد را بر روی درختان‌زینتی ،حیات وحش و معیارهای زیبائی‌را منظور بداریم‌خسارت ناخالص ذکر شده به مراتب کمتر از مقدار واقعی است .

۲ ــ ماهیت‌واکنش‌گیاهان

الف ــ نوع صدمه

علائم صدمات حاصل از مواد آلوده کننده بر روی گیاهان رامیتوان به سه گروه تقسیم‌نمود . صدمات حاد ، صدمات مزمن و اثرات فیزیولوژیکی (همانطوریکه در بخش اول قسمت "د"بحث شدهمه صدمات منجربه خسارات اقتصادی نمیشوند) . صدمه حاد در اثر از بین رفتن سلولهابوده که منجر به ایجاد زمینه های‌نکروزه قابل تشخیص‌میگردد . علائم‌حاصل‌درمدتهای کوتاه (چند ساعت) در اثر غلظتهای مختلف موادآلوده کننده ظاهر میگـردد و معمولا " در مدت ۲۴ ساعت بعد از اینکه گیاه درمعرض مواد قرار گرفت نمایان میشود . در بعضی موارد صدمه ممکن است در بین رگبرگها ظاهر شده و فقط در سطح پائینی یا بالائی برگ نمایان گردد . اگر مقدار زیادی از ماده آلوده کننده جذب شود ممکن است بعضی‌از برگها بکلی از بین بروند یا حتی به مرگ کامل گیاه منجر میشود . هر ماده آلوده کننده خصوصیات صدمه حاد مخصوص بخود را نمایان میسازد .

صدمه مزمن هنگامیکه گیاه مدت طولانی در معـرض غلظتهای کم گاز قرار گرفته باشد حادث میشود . علائم آن زمینه های کلرونیک وایجاد رنگهای دیگردر بافتهای برگ بوده و ممکن است همراه با افزایش ریزش برگها باشد . بعضی اوقات صدمه ممکن است شدید بوده و حتی‌زمینه های‌نکروتیک کلاسیک شبیه به نکروزه شدن حاشیه ای که دراثرفلوربوجود میاید تولید کند . نوع صدمات مزمن معمولا " مشخص شده است ولی بهیچ عنوان هرماده آلوده کننده دارای علائم‌مشخص بخود نیست . امراض، حشرات ، کمبودهای غذائی ، درجه حرارت پائین ، خشکی و عوامل دیگر نیز میتوانند علائمی مشابه آنچه آلوده کننده ها بوجود میاورند تولید کنند . صدمه مزمن ممکن است بصورت ریزش نابهنگام برگها درگیاهان حساس ظاهر شود و بنابراین یک محقق ناوارد ممکن است نتواند تشخیص دهد .

اثرات فیزیولوژیکی‌شامل تغییرات‌رشد ،کاهش محصول وتغییرات‌کیفیت‌تولیدات‌گیاهی‌است . این اثرات همچنین شامل نارسائیهای ناپایدار سوخت و سازی شده که ممکن است اثر آن برمیزان رشد یا محصول قابل اندازه گیری نباشد . بعضی ازاین اثرات تحت شرایط‌آزمایشگاهی اندازه گیری شده اند و شامـل

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

تغییراتی در سرعت تنفس یا فتوسنتز یا در تعرق و در میزان فرآیندهای آنزیمی میباشند. مقایسه رشد در هوای تصفیه‌شده و تصفیه نشده یا قرار دادن گیاهان برای مدت طولانی در غلظتهای کم مواد آلوده در شرایط کنترل شده اطلاعاتی حاکی از کاهش رشد و محصول و همچنین علائم صدمه مزمن بدست داده است.

اتیلن میتواند باعث پیچش برگها شده رشد را کاهش داده و موجب ریزش گل و برگها، بدون اینکه صدمه قابل رویت باشد بشود (۳۹). شواهدی دردست است که اکسانیده هائی از قبیل ازن رشد گیاهان بخصوص مثل مرکبات (۱۳۲) یا تربچه (۱۳۴) یاتنباکو(۱۰۴) یا میخک (۲۵) را کاهش میدهد. درگونه های مرکبات گرچه صدمه وارده به برگ قابل رویت نیست ولی ممکن است محصول را کاهش دهد.

کاهش تلقیح و نیز کاهش رشد طول لوله گرده بوسیله ازن در تنباکو(۲۴) و بر اثرفلور درگیلاس (دانشگاه ایالتی اورگان، مذاکرات شخص بافاکتوا) مشاهده شده است. این اثرات را میتوان جزء اثرات فیزیولوژیکی بحساب آورد.

صدمه‌وارد به‌گیاهان‌زراعتی

(۱) اوزن

در بیشترگیاهان علفی اوزن لکه های‌کوچک نکروزه در سطح بالائی برگهای کامل ایجاد میکند. سلولهای نردبانی اولین سلولهائی هستندکه خسارت قابل رویت درآنها مشاهده میشود. در غلات و علفهای چمنی که عاری از این سلولها هستند خسارت به مزوفیل واردشده و درهر دو سطح برگ ظاهر میشود. درانواع مختلف گیاهان لکه های کوچک دربین رگبرگها بشکلهای نامنظم ظاهر میشوند. قسمتهای‌نکروزه در مواردیکه این لکه ها بزرگ هستند دردو طرف برگ ظاهرمیشوند. لکه‌های کلروزه و افزایش اجزاء رنگی از علائم این خسارت است. برگهای مسن تر قبل‌از موقع خشک شده و میریزند (۶۷،۴۸).

درتنباکو و بعضی گیاهان دیگر در روزهائی که غلظت اوزن زیاد باشد برگهاپژمرده شده و حالتی روغنی پیدامیکند. درصبح روز بعد لکه های خیس شده با آب ازاولین‌علائم صدمه درتنباکوهای کشت شده در مزرعه میباشد. این‌لکه های نکروزه بیشتر در طول رگبرگهای فرعی پراکندگی دارند. لکه ها در ابتدا تیره بوده بعدا" با از بین رفتن بافتها برنگ خاکستری روشن یا لکه های قهوه ای تبدیل میشوند. اگر گیاه کمبود ازت داشته باشد این لکه ها تیره باقی‌میمانند. اگر برگها رویهم قرار بگیرند یا اینکه تا بخورند قسمتی‌از برگ که پوشیده شده است صدمه نمیبینند.

اثر ازن روی برگهای پیروکلروزه شده سوژا ایجاد لکه‌های تیره است، درحالیکه این لکه ها روی برگها جوانتر ممکن است تیره یا روشن باشند. علائم صدمه ازن روی یونجه متغیر است. زمینه های مختلف کلروزه و نکروزه ممکن است در برگها ایجاد شده صدمه اغلب درطول رگبرگها مشاهده میشود.

صدمه ازن برعلفهای چمنی علوفه ای ودانه ریزها ممکن است بصورت لکه هائی بین رگبرگهاظاهر شود. سلولهای خارجی مزوفیل‌مجاور غلاف سلولهای آوندی و سلولهای کوچک روی رشته های آوندی بدون غلاف بسادگی بوسیله ازن صدمه میبینند. لکه های حاصل از اثر ازن بر روی بعضی از گونه های علفهای چمنی مخصوصا" اگر به گیاه ازت زیاد داده شده باشد برنگهای سرخ قهوه ای ظاهر میشوند.

علائم صدمه ازن ممکن است برای گونه های مختلف

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

و حتی بین گیاهان یک واریته نیز متفاوت باشد . بهر حـــال حداقل بعضی از برگها علائم گفته شده را دارا میگردند .

(۲)ــ پیروکسی‌استیل‌نیترات (پان)

صدمه پان به سطح‌زیرین برگهابوده و بصورت لکه‌های شفاف ، نقره ای و قهوه ای ظاهر میگردد . معمولا " فقط تعداد کمی برگهائی که زود ظاهر شده‌اند خسارت میبینند . صدمه در انتهای برگهای جوان حساس ، بصورت نوار مورب و در برگهای میانه مسن و در قسمت پائین برگهای پیر حساس حادث میشود (۱۲۶ ، ۱۲۷) . دو عدد برگ ابتدائی لوبیای خالدار بطور یکنواخت حساس هستند وبنابراین‌ایجادنوارهااتفاق نمی‌افتد . رشد بافتهای جوان ممکن است لطمه دیده و از اینرو برگهای گل اطلسی ودیگر گیاهان با ادامه رشد بصورت‌فشرده درآیند . رشته های مورب در برگهای گیاهان تک لپه نیز بخوبی آشکـار میگردند (۵۸) .

گرچه شفافیت و قهوه ای شدن معمولا " مخصوص سطح زیربرگ است ولی درگیاهانی مثل تنباکو ، اطلسی‌و گوجه فرنگی که در شرایط‌کنترل شده در معرض پان قرار گرفته بودند دارای این علائم در سطح فوقانی برگ گردیدند .

(۳) ــ دی‌اکسیدگوگرد

صدمه حاد حاصل از دی اکسید گوگرد معمولا " در دو طرف‌برگ وداخلی‌است ومناطق ازبین رفته دراطراف رگبرگهای اصلی که سبزباقی مانده اند مشاهده میگردد . رنگ ایجاد شده عاجی بوده در حالیکه صدمه مزمن این‌ماده ایجاد رنگ‌قهوه‌ای و قرمز میکند . در برگهای تک لپه ای به علت رگبرگهای موازی ممکن است رگه های نکروزه ایجاد شوند . صدمه معمولا " در انتهای برگ و درطول تیغه برگ جائی که برگها خمیده میشوند بیشتر بچشم میخورد .صدمه دی اکسید گوگرد نیزهمانند صدمه اوزن در برگهای جوان بیشتر حادث میشود . جوانترین برگها مقاوم تر هستند . علائم صدمه حاد دی اکسید گوگرد بریونجه باصدمه حاصله از ازن قابل اشتباه است . برگهای گیاهانی که برای مدت طولانی درمعرض دی اکسید گوگردبا غلظت کم قرار داده شوند محتوی گوگردزیادتری خواهند بود و ظاهری کلروزه شده دارند (۱ ، ۱۴۰) .

(۴) ــ فلور

علائم‌مشخص فلور دراغلب گیاهان نکروزه شدن انتها و حاشیه برگها است . لکه ها در ابتدا ممکن است خاکستری یا سبز روشن باشند ولی بعدا " قرمز ــ قهوه ای میگردند . برگهای مریض و سالم بخوبی قابل تشخیص هستند . گاهی اوقات یک نوار باریک قرمز رنگ در برگها مشاهده میشود . اگر صدمه زیاد باشد برگ بیشترگیاهان قبل ازموقع ریزش میکند .فلور برگهای مرکبات را کلروزه میکند .کلروزه شدن از حاشیه برگها به‌مناطق بین رگبرگهای بزرگتر توسعه پیدا میکند (۱۳۶) .

صدمه فلوربه ذرت ایجاد نقطه های کلروزه‌در حاشیه برگها بوده که بطرف مرکز برگ توسعه مییابد . اگر صدمه زیاد باشد تمام‌برگ ممکن است کلروزه گردد (۵۰) . برگهای کلروزه درموردیکه صدمه شدید باشد بصورت نکروزه در میایند . علائم صدمه روی ذرت خوشه ای شبیه ذرت میباشد .

عوارض صدمه فلور رامیتوان بکمک تجزیه برگ مشخص

نمود . برگهای صدمه دیده گونه های حساس ممکن است بین ۲۰ تا ۱۰۰ قسمت در میلیون فلور دارا باشند ، در حالیکه گیاهان مقاوم مثل پنبه ممکن است تا ۴۰۰۰ قسمت درمیلیون را بدون صدمه دارا باشند (۶۱) .

(۵) ــ دی‌اکسیدازت

تی لور و مک لین (۱۲۶) اطلاعاتی راجع به ماهیت صدمه حاصل از دی اکسید ازت را جمع آوری کرده‌اند . علائم صدمه حاد این ماده شبیه به صدمه دی اکسید گوگرد است . صدمه وارده احتمالا "دراثر آزاد شدن‌اتفاقی موادسمی میباشد . گلیتر (۲۹) چنین اظهار میدارد که مقدار نسبتا " زیاد دی اکسید ازت درحوزه لوس‌آنجلس عامل صدمه مزمن وارده بر گیاهان آن ناحیه است .نامبرده معتقداست که صدمه دی اکسید ازت جایگزین صدمه پان شده است . البته نوع صدمه مشابه آنچه در مورد اوزن و نیز وجود اکسانیده های زیاد در مناطق شهرنشین شرقی دیده شده است میباشد . تی لور واتون (۱۲۵) معتقدند که غلظت کم دی اکسید ازت در چندین روز منجر به نوع‌صدمه ای که گلیتر (۲۹) بیان‌داشته‌است نمیشود .نامبردگان مشاهده کردند که کلروفیل گیاهانی‌که در معرض این ماده قرار میگیرند افزایش مییابد . واکنشی که گلیتر (۲۹) مشاهده کرده بیشتر شبیه به واکنش نسبت به اوزن است ولی پیشنهاد وی که صدمه پان در چنین موردی کاهش مییابد احتمالا " صحیح میباشد .همانطوریکه درقسمت چهارم‌ب ــ ۷ بحث شد شواهدی دردست است که دی اکسید ازت و دیگرمواد آلوده کننده مانند دی‌اکسید گوگرد ممکن است صدمه بیشتری را وارد سازند .

(۶) ــ موادالوده‌کننده‌دیگر

هک و همکاران (۴۱) صدمات وارده بوسیله مواد آلوده کننده کم اهمیت را تشریح نموده اند نامبردگان مطالبی در مورد اثرات ، هیدروکربنهای غیر اشباع (مثل اتیلن) ، حشره کشها (مخصوصا " علف‌کشهای فرار) ، کلر ، آمونیاک ، اسید کلریدریک ، جیوه ، ذرات ریز در هوا ، سولفید هیدرژن ، منواکسید کربن را بررسی کرده‌اند . در این بررسی مقادیری را که ایجاد صدمه میکند مشخص شده و حساسیت نسبی بعضی گیاهان به مواد آلوده کننده مخصوص بحث شده است .

۳ــ دامنه‌واکنش

الف ــ وضع جغرافیائی

برای مثال در این مورد میتوان حذف کشت گیاهان بخصوص را از مناطقی که زیادآلوده شده اند مانند تولید تغلب ازلوس آنجلس و سانفرانسیسکو را نام برد (۸۷) ، مسئله مداوم آلودگی هوا در مورد تنباکوی سیگار دردره کنتیکات باعث افزایش مخارج تولید شده است و تا حدی تولید کننده گان را مجبور به‌عدم کشت یاکاهش سطح زیرکشت کرده است . آلودگی هوا باعث شده است که تولید بعضی سبزیجات در مناطق بزرگ شهری مثل نیویورک ، فیلادلفیا و لوس آنجلس کاهش یابد . کشاورزی در نزدیک مناطق صنعتی که ترکیبات فلور و سولفور را متصاعد میکنند یا بکلی از بین رفته یا تغییر پیدا کرده است . در بعضی موارد مسئولین کارخانجات خرید زمینهای اطراف کارخانه را ارزانتر از پرداخت غرامت به تولید کننده‌گان

گیاهان زراعتی خسارت دیده نـزدیک کارخانه خود میدانند .

کیفیت استاندارد هوا برای محافظت کشاورزی ممکن است احتیاج به اصلاح بیشتری داشته باشد . اطلاعات زیادی در مورد غلظت مواد آلوده کننده که میتوانند خسارت زیاد ببار آورند در دسترس میباشد . کیفیت هوای مورد نیاز بستگی به نوع گیاه مورد نظر در هر منطقه دارد . در آینده دقـــت بیشتری در مورد بهترین استفاده ممکنه از زمین باید انجام شود چون بعضی منابع آلوده کننده و انواعی از گیاهان بـــا یکدیگر سازگار نمیباشند .

ب ــ فصل رشـــد

شدیدترین خسارت آلودگی هوا به گیاه در موقع رشد اولیه (بعد از خروج از خاک) یا در مرحله نزدیک به رسیدگی گیاه است . مقدار مواد آلوده کننده فوتوشیمیائی هوا معمولا" در اواسط تابستان که درجه حرارت زیاد است حداکثر میباشد . وقوع لایه وارنه حرارتی در سطح پائین که از نظر تراکم مواد آلوده کننده مناسب میباشد در پائیز به حداکثر میرسد . تا آن موقع در عرضهای جغرافیائی شمالی اغلب گیاهان برداشـــت شده اند ولی صیفی جات و گیاهانی که در پائیز کشت شده‌اند در مناطقی جنوبی مخصوصا" کالیفرنیا آسیب پذیر هستند . شواهدی در دست است که بیشترین خسارت فلور در بهـــار بهنگامی است که میوه ها در مراحل تشکیل میباشند .

این موضوع در مورد مرکبات و گیلاس شیری نیز ممکن است صادق باشد . برعکس در تنباکو ، کاهو و اسفناج حداکثر خسارت در نتیجه تاءثیر مواد فوتوشیمیائی بلافاصله قبل از برداشت بوده است . مطالعات اخیر روی کاج سفید نشان داده است که برگ بعضی گیاهان حساس ممکن است با ۰/۰۵ قسمت در میلیون دی اکسید گوگرد برای مدت یکساعت نیز خسارت ببینند (۱۱) . البته برگها باید در مراحل مشخصی از رشـــد باشند ، در نتیجه ، در اواخر بهار یا اوائل تابستان نسبت بـــه وضع جغرافیائی برگها در طی چند روز حداکثر خســـارت را میبینند .

ج ــ روندهای آینـــده

ازدیاد جمعیت و افزایش تقاضای مـردم بـــــرای استانداردهای بالای زندگی مسئله آلودگی هوا در رابطه با گیاه را نیز بوجود آورده است . گرچه تصاعد گازها از منابع مشخصی مانند اتومبیلها ممکن است کاهش داده شود ولی افزایش تعداد واحدها خود آلودگی را بهمان نسبت افزایش میدهد . کوششهای زیادی بمنظور کاهش خروج مواد آلوده کننده از اتومبیلها تـا اواسط دهه ۱۹۷۰ صورت گرفته است (۱۳) .

برای سال ۲۰۰۰ از نظر ایجاد مواد آلوده کننده پیش بینی هائی انجام گرفته است (۱۴۹) . میزان کل تولید مواد آلوده کننده از طریق انواع وسایل حمل و نقل ممکن است به سه برابر برسد . توجه زیادی به دسولفوره کردن (حذف کردن گوگرد) از زغال سنگ و دیگر مواد سوختنی و نیز جدا کردن دی اکسید گوگرد از گاز دودکشها مبذول گردیده است . ایـــن کوششها ممکن است موفقیت آمیز باشد . البته پیش بینی میشود که ایجاد مواد آلوده کننده از ایستگاههای تولید برق که بـــا نفت و زغال سنگ کار میکنند در طی سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ دو برابر شود . یک بررسی در حوزه های هوائی ینسلوانیا (۱۴۹) نشان داد که وسعت منطقه افزایش یافته و خسارت بالقـــوه

ایستگاههای تولید برق به محصولات کشاورزی نیز وجود دارد .

اثرات متقابل دی اکسید سولفور ، اوزن و اکسید ازت امکان خسارت مخصوصا " در مناطقی که دارای چندین ایستگاه تولید برق زغالی است زیاد نموده است .

مسئله اساسی آلودگی هوا از نظر گیاهان ، تازمانی که نوع جدیدی نیروی محرکه برای وسائط نقلیه اختراع نشده است ، همان مواد آلوده کننده فوتوشیمیائی خواهند بود . در حال حاضر تمامی ساحل شرقی ممالک متحده آمریکا از واشنگتن تا بوستون حاوی میزان معتنابهی مواد اکسایینده میباشند .

۴ ــ عوامل دیگر در رابطه با تعییر واکنشها

عوامل زیادی برحساسیت گیاه به آلوده کننده های هوا دخالت دارند . در بیشتر موارد اطلاعات در زمینه اهمیت یک عامل معین بر روی یک واریته یا گونه مشخص گیاهی ناقص و ابتدائی است . قبل از اینکه بتوان اهمیت نسبی این عوامل را تفسیر نمود لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه صورت گیرد .

واکنش یک گونه یا واریته گیاهی نسبت به یک آلوده کننده معینی را نمیتوان براساس واکنش گیاهان مشابه نسبت به همان آلوده کننده پیش بینی نمود .همچنین واکنش گیاه نسبت به یک ماده آلوده کننده را نمیتوان براساس واکنش مشخص یک گیاه به میزان مشابهی از ماده آلوده کننده دیگر پیش بینی نمود . قبل از اینکه ما بتوانیم چگونگی واکنش یک گیاه نسبت به یک ماده آلوده کننده را پیش بینی کنیم باید اطلاعات کافی درباره اثر عوامل وابسته داشته باشیم .

الف عوامل ژنتیکی

اطلاعات کنونی در زمینه نقش عوامل ژنتیکی در واکنش گیاهان نسبت بمواد آلوده کننده منحصر به مشاهدات صحرائی و تحقیقات مربوط به واکنش واریته ها در شرایط کنترل شده است . بهتر است که این اطلاعات را در رابطه با دو موضوع کلی (۱) واکنشهای متغیر داخل گونه ای و ساختمان اصلی ژنتیکی که عامل این تغییرات است و (۲) توانائی گیاه بمنظور افزایش مقاومت در برابر مواد آلوده کننده از طریق مطالعات اصلاح نباتات مورد رسیدگی قرار دهیم .

(۱) واکنش گونه های مختلف

تغییرات ژنتیکی زیادی دراثر حساسیت به مواد آلوده کننده هوا درداخل گونه ها و بین گونه های گیاهی بوجود آمده است . البته حساسیت گیاه به یک ماده آلوده کننده دلیل حساسیت آن به ماده آلوده کننده دیگری نیست همچنانکه بعضی گیاهان حساسیت معکوس نسبت به فلورو دی اکسید گوگرد نشان میدهند . تغییرات گونه ای در بین جنسها و خانواده های بسیاری از گیاهان مشاهده شده است (۵۵) و اختلافات مهم بین واریته ای نیز در گونه هائی از قبیل یولاف (۱۱۰) سیب زمینی و یولاف (۶) ، اطلسی (۲۸) نباتات علوفه ای خانواده بقولات (۷) ، چمن (۵) تنباکو (۴۵، ۷۵، ۸۰، ۸۱، ۸۵) پیاز (۲۳) گوجه فرنگی و تربچه (۱۰۴) سویا (۱۳۵) کاهو (۱۰۵) ، ذرت (۹) یونجه (۵۳) و کاج سفید (۲) بوجود آمده است .

تغییرات واریته ای در تنباکو بصورت گسترده ای مورد مطالعه قرارگرفته است هگستد و همکاران (۴۵) واکنش ۶ واریته

تنباکو را به اکساینده های مختلف یا مخلوطی از اکساینده ها مقایسه نمودند و دریافتند که میزان صدمه بسته به ماده بکار برده شده و واریته گیاه متغیر است .منسر(۸۰) مشاهده کرد که واریته های‌تنباکوی سیگار حساستر از ۵واریته تنباکوی دیگر از جمله واریته وایت ــ گلداست .مک داول (۷۵) گزارش داد که واریته تنباکوی وایت ــ گلداز حساسترین واریته بین ۳۲ واریته تنباکوی آزمایش شده است .

آر.آ.رئی نرت (مذاکرات شخصی)گزارش داد که چندین واریته تنباکوی نوع بورلی دارای حساسیت کمتری در مقایسه با واریته تنباکوی سیگار دبل ــ دبلیمو ۳ نشان دادند . هاس(۲۳) گزارش داد که یک اکساینده که باعث قهوه ای شدن یک مزرعه لوبیا سفید شد بطور یکنواخت در تمام مزرعه توسعه پیدا نکرد . نامبرده معتقد است که آزمایشات صحرائی در یک برنامه اصلاح نباتات مشکل‌خواهد بود چون تغییرات بین‌افراد یک نسل در مورد مقاومت به بیماری بسیارزیاد است . البته مشخص شده است که انتخاب در تنباکوی سیگار بمنظور افزایش در برابر بیماری موءثر بوده است .

کاج سفید در برابر بسیاری از مواد آلوده کننده حساسیت متغیر نشان میدهد . حدود ۳۰% از این‌گیاهان کم و بیش بوسیله یکی‌از مواد آلوده کننده اصلی مثل ازن دی اکسید گوگرد یا فلور صدمه قابل توجهی میبینند . در داخل یک جمعیت معین بعضی‌از درختان نسبت به بیش ازیک ماده‌حساس هستند و بعضی نسبت به یک ماده وعده‌ئی حساسیت به هیچ نوع ماده ای ندارند (۳) . عارضه کلروزه شدن و یا کوتاهی کاج سفید در شرق‌ممالک متحده امریکا از آلودگی هوا میباشد (۱۷) . این مرض به‌حدود ۳۰% کاجها سرایت میکند .

دو چینگر و همکاران (۱۷) گزارش داده اند که اغلب در کاج سفید مقدار ۰۵/ قسمت در میلیون از دی اکسید گوگرد یا ازن باعث سوختگی انتهای درخت ، ایجاد رگه های کلروزه یا هردوی آنها میگردد . هنگامیکه کاجهای حساس رابمدت ۸ ساعت در روزبرای مدت چندین روز در معرض مخلوطی از مواد آلوده کننده با غلظت یکسان از هرکدام (۰/۰۵ قسمت در میلیون) قرار داده شدند رگه های برگ و همچنین سوختگی انتها بطور منظم بمقدار جزئی یا گاهی زیاد تولید گردید . غلظتهای بکار برده شده غلظتی‌است که‌اغلب در مناطقی که کاجهای پا کوتاه کلروزه در منطقه اهایو وجود دارند مشاهده شده است .

یکی‌از جالبترین آزمایشات درمورد حساسیت‌واریته‌ای به ازن مطالعه روی پیاز بوده است (۲۳) . یک جفت ژن غالب باعث کنترل این مقاومت میشوند . این صفت ارثی‌حساسیت سلولهای محافظ را نسبت به ازن تنظیم میکند . روزنه های واریته مقاوم‌بمجرد اینکه در معرض ازن قرار میگیرند بسته شده و از صدمه جلوگیری میشود . این روزنه ها بلافاصله بعد از اینکه گیاه از مجاورت ازن دور شد مجددا " باز میشوند . روزنه های واریته های حساس بهنگام مجاورت با مواد آلوده کننده باز باقی مانده و به گیاه صدمه وارد میشود . موضوع ارثی بودن مقاومت گیاهان در برابر آلوده کننده ها احتیاج به بررسی بیشتری دارد .

بعضی‌از بررسیها نشان داده است که‌تاءثیر فلور و ازن برساختمان زادآوری گیاه است . محمد (۹۳) در نسلهای بعدی گوجه فرنگیهائی که والدین آنها در معرض فلور قرار داده شده بودند افزایشی در انحراف ژنتیکی مشاهده نمود . تی .فاکتاو در دانشگاه ایالتی ارگون (گفتگوهای شخصی) مشاهده نمود که با قراردادن گیلاس شیرین در معرض فلورو هیدروژن درصد

جوانه زدن دانه گرده و نیز میزان رشد طول لوله گرده کاهش یافت . نامبرده همچنین مشاهده کرد که با قرار دادن گیاه در هنگام شکوفه کردن در معرض فلور تولید میوه کاهش مییابد . در آزمایشی ازن باعث کاهش جوانه زدن دانه گرده تنباکو و نیز کاهش لوله گرده شده است (۲۵) . حساسیت نسبی دانه گرده به ازن مربوط به حساسیت گونه ها یا واریته های والدین میباشد (۲۶) . درکالیفرنیا مشاهدات صحرائی نشان داده است که صدمه وارده به برگ ذرت در اثر آلودگی با اکسایندده ها شدید و تشکیل میوه کاهش مییابد (۹) . این مطالعات حاکی از امکان اثرات مستقیم آلوده کننده ها بر ساختمان زاد آوری گیاه است .

(۲) ــ مطالعات اصلاح نباتات

مطالعات فوق بخوبی نشان میدهدکه تغییرات ژنتیکی زیادی درمورد حساسیت به موادآلوده‌کننده درداخل واریته‌های هرگونه معین وجود دارد . چون اصولا "متخصصین اصلاح نباتات گیاهانی را انتخاب میکنند که دارای حداکثر محصول بوده و حداقل صدمه راببینند . چنین انتخاب طبیعی ، بدون شک مقاومت بعضی گونه های بومی و گیاهی به مواد آلوده کننده را افزایش داده است .

چون آلودگی هوادر حال افزایش است راههای کنترلی که بتوان بوسیله آن آلودگی را به مقدار قابل توجهی کاهش داد در دست نیست . شناخت گیاهانی با حداکثر مقاومت و توسعه واریته های بسیارمقاوم مخصوصا "از گونه هائی که معمولا " در مناطق آلوده در امریکا میرویند ضروری میباشد . بررسیهای به نژادی از حدود ۱۵ سال قبل در دره کنک تی‌کت بمنظور کاهش صدمه لکه ای شدن تنباکوی سیگار شروع شدو استفاده از واریته های حساس قطع و توسعه واریته های مقاوم شروع گردید .

بجز در مورد تنباکو ، هیچگونه برنامه به نژادی معین بمنظور افزایش مقاومت به آلوده کننده های هوا انجام نگرفته است . این تحقیقات در امریکا در مناطقی چون کنک تی کت مریلند و فلوریدا در حال انجام است . برنامه های به نژادی روی تنباکو نیز درانتاریو ، کانادا در دست اجرا است (۱۰۳) . محققینی‌که روی گیاهان دیگر کارمیکند نیز درفکر توسعه چنین برنامه هائی افتاده‌اند . بررسیهای واریته ای که قبلا " تحت عنوان واکنش گونه هابحث شد (قسمت ۴ ، الف ۱) منابع ممکنه ژنتیکی مقاوم برای استفاده در برنامه های به‌نژادی را مشخص میسازد . این رشته احتیاج به تحقیق بیشتری دارد .

ب ــ عوامل آب وهوائی

اثر عوامل آب و هوائی در خسارت ناشی از آلوده کننده ها بر روی گیاهان حساس در شرایط آزمایشگاهی بررسی شده است . اغلب گزارشات فعلی ناقص میباشند ، زیرا فقط یک یا دو عامل بدون کنترل عوامل دیگر مورد مطالعه قرار گرفته است و اکثرا "نتایج متضادی مشاهده شده است . بمنظور تفسیر کامل صدمه حاصله از متغیرهای آب و هوائی باید از حساسیت گیاهان به مواد آلوده کننده مشخص بخوبی آگاه بود .

شرایط محیطی قبل ، درطول دوره وبعداز دوره مواجهه ممکن است واکنش گیاه را تغییر دهد . یک سری شرایط برای فقط ۵ ــ ۱ روز قبل از مواجهه ممکن است میزان صدمه را افزایش یا کاهش دهد ، شرایط در طول دوره مواجهه میتواند مهم باشد . بررسیهائی بمنظور تعیین اثرات متقابل ممکنه بین شرایط قبل

از دوره‌مواجهه و در طول این دوره ضروری میباشد . شرایط بعد از دوره‌مواجهه‌نیزمهم میباشدولی شاید اهمیت آن از دوره های قبل و بعد از مواجهه کمتر باشد .

(۱) ــ کیفیت‌نور

قبل‌از اینکه گیاه درمعرض موادآلوده قرار گیرد کیفیت نور ممکن است بر روی حساسیت گیاه موءثر باشد . گزارشات متعدد حاکی از اینستکه حساسیت بین گیاهان صحرائی در گلخانه‌ای واطاقک رشدتفاوت دارد .ازآنجائیکه‌کنترل متغیرهای خارج از گلخانه غیر ممکن و متغیرهای داخل گلخانه نیز فقط تاحدودی قابل کنترل هستند نمیتوان با قاطعیت پیشنهاد کرد که تغییرات حساسیت گیاهان بعلت کیفیت نورمیباشد . گیاهان کشت شده در گلخانه معمولا " نسبت به موادآلوده کننده هوا حساستر از گیاهان کشت شده در اطاقک رشد میباشند .

لوبیا قرمز فقط در مواردی نسبت به پان حساس است که در دوره‌های قبل و بعد و همچنین در دوره مواجهه مقداری نورموجود باشد (۱۲۸) .چنین پیشنهاد شده است که در داخل گیاه یک سیستم حساس به نور موجود میباشد . بررسیهای‌انجام شده با طول موجهای مختلف روی لوبیا نشان داد که صدمه‌پان در ۴۲۰ و ۴۸۰ نونامترحداکثر میباشد و میزان صدمه در این طول موجها چندین مرتبه بیشتر از صدمه وارده در طول موج ۶۴۰ نونامتر است (۲۰) . همچنین پیشنهاد شده است که کلروفیل مسئول این امر نبوده بلکه کاروتوئیدی عامل اساسی است .بعدهادگروتینگ (۱۸) دریافتندکه یک سیستم عکس‌العملی دو نوری در طول موجهای ۶۶۰و۷۰۰ نونامتر واکنش گیاه رادر مقابل‌پان کنترل میکند .گیاهان‌در طول موج ۶۶۰ نسبت به‌طول موج ۷۰۰ نونامتری حساستر میباشند .

(۲) دوره‌نوری (فتوپریود)

یک مدت معین نور در طول یک دوره ۲۴ ساعته باعث کنترل بعضی جنبه های‌توسعه گیاهی میشود . ژوهرن و همکاران (۵۸) گزارش داده‌اند که بدون توجه به درجه حرارت در طول رشد ،یک دوره ۸ساعته فتوپریو درمقایسه بایک دوره ۱۶ ساعته حساسیت بیشتری در مقابل اکساینده ها ایجاد میکند . هک و دنینگ (۳۷) با مطالعه روی لوبیا قرمز و تنباکو دریافتند که این گیاهان در یک دوره ۸ ساعته فتویریود خیلی زیادتر به ازن حساس میشوند . منسر (۷۹) و مک دوال (۷۳) با مطالعه روی تنباکو درمراحل مختلف رشد ودوره های مختلف فتوپریود نتایج مشابهی را بدست آوردند .

(۳)ــ شدت‌نور

لوبیا قرمز در شدت نور ۹۰۰ (فوت شمع) نسبت به ازن حساستر است تا در ۲۲۰۰ فوت شمع ولی واکنش نسبت به پان برعکس میباشد (۲۱) . در یک آزمایش لوبیای قرمز و تنباکو که دریک فتوپریود ۸ ساعته و۲۰۰۰فوت‌ــ شمع رشد یافته بودند با لوبیای رشد یافته در همین مدت فتوپریود و ۳۰۰۰ فوت ــ شمع نسبت به ازن واکنشهای مشابهی نشان‌دادند (۳۷) . هک و دنینگ دریافتندکه اگرفتوپریود از ۸ ساعت به ۱۶ساعت تغییر داده شود حساسیت به ازن بیشتر از زمانی که شدت نور از ۲۰۰۰ به ۳۰۰۰ افزایش داده شود کاهش میابد .

کارهای اولیه انجام شده با دی اکسید گوگرد (۱۱۴)

و نیز بررسیهای بعدی با ترکیبات اکساینده های فتوشیمیائی (۵۸،۴۰) نشان داد که بین میزان صدمه و افزایش شدت نور تا حداقل ۳۰۰ فوت ـ شمع یک رابطه مثبت وجود دارد. با افزایش شدت نور تا حد نور کامل خورشید حساسیت در مقابل بعضی مواد آلوده یا برای‌گیاهان مخصوص ممکن است افزایش یا بدهل ونت (۵۴) گزارش دادند که گیاهانی که در تاریکی در معرض هگزن اوزن‌دارقرار داده شدند حساسیت کمتری در مقایسه باگیاهانیکه در روشنائی قرار گرفته بودند نشان‌دادند.

کورتیز وونت (۶۴) مشاهده کردند که گوجه فرنگی در تاریکی در مجاورت هگزن‌اوزن دار کاهشی در رشد نشان نمیدهد ولی‌در روشنائی کاهش رشد کاملا" مشخص است. بنابه عقیده ژهژن و همکاران (۵۸) شدت نور بین ۳۰۰تا۴۰۰فوت شمع آستانه ای است که صدمه اکساینده ها درآن حادث میشود شدت نور مورد نیاز برای باز شدن روزنه ها نیز ممکن است در همین آستانه باشد. منابع موجود حاکی از آنستکه برای‌گیاهان حساس، نور یکی از عوامل لازم برای بروز صدمه توسط مواد آلوده کننده است. دی اکسید ازت شاید استثناء باشد چون اخیرا" دوگزارش نشان داده است که حساسیت زیادتر درطول شب و یا در نور کم روز حادث شده است (۱۲۴، ۱۳۹).

در یک آزمایش که در شرایط تابستان با رطوبت کم خاک و شدت زیاد نور انجام گردید مشاهده شد که تنباکو در ۵۰% سایه حساسیت بیشتری در مقایسه با نور کامل خورشید نشان میدهد (۴۰). محققین آلمانی معتقدند که اگر گیاهان حساس در هنگام شب در معرض مقدار کم دی اکسید گوگرد قرار بگیرند مستعد صدمه مزمن در برابر دی اکسید گوگرد میگردند (۱۳۸، ۱۵۱) هنگامیکه آلودگی کم باشد صدمه وارده میتواند با افزایش دادن شدت نور به حداکثر افزایش یابد. باز شدن روزنه های برگ و صدمه در شدتهای کم نور با یکدیگر مرتبط میباشد ولی اثر شدت نور بر واکنش گیاه بیش از اثر آن بر باز شدن روزنه ها است.

(۴) ـ درجه‌حرارت

در یک آزمایش هل وونت (۵۴) گیاهانی را برای‌مدت ۱ یا ۸ روز قبل از اینکه آنها را در درجه حرارت ۲۶ درجه در معرض هگزین‌اوزن دار قرار دهند در درجه حرارتهای ثابت ۳۰ ۱۷ یا ۳ درجه سانتیگراد کشت کردند. صدمه حاصله در هر کدام از این دو دوره قبل از عمل یعنی ۱ یا ۸ روز مستقیما مربوط به افزایش درجه حرارت بود. اثر حرارت در هر کدام از این سه درجه حرارت برای‌مدت ۸ روز بیشتراز مدت ۱ روز بود. کندریک و همکاران (۶۰) گزارش دادند که صدمه وارده به اسفناج، کاهو و اندیو که برای مدت ۷ روز در درجه حرارت ۲۴ درجه کشت شده بود بیشتر از هنگامی بود که این گیاهان در ۱۳درجه سانتیگراد قبل از مواجهه با هگزن اوزن‌دار کشت شده باشند. کاهوی کشت شده در کمتر از ۴روز در درجه حرارت ۱۳ درجه سانتیگراد هیچگونه مقاومتی در برابر اکساینده ها کسب نکرد. میدلتون (۸۹) نیز وضع مشابهی را در مورد کاهوی کشت شده در درجه حرارت ۲۴ و ۱۳درجه سانتیگرادبرای‌مدت ۹ـ ۰ روز مشاهده‌نمود. در این آزمایش با کشت گیاه در درجه‌حرارت ۱۳درجه سانتیگراد مدت ۹ـ. روزکاهش فزاینده‌ای درحساسیت نسبت به هگزن‌اوزن دار مشاهده گردید.

یکی از کاملترین کارهای انجام شده در زمینه درجه حرارتهای رشد برحساسیت گیاهان به اکساینده ها توسط ژهرن و همکاران (۵۸) گزارش شده است. در بررسیهای آنها ۵ دوره

درجه حرارت روزانه بکار برده شده است .

حساسیت گیاه بسته به سن وشرایط حرارتی که گیاه در آن رشد یافته بود تغییر یافت . بعضی از گیاهان درمراحل اولیه رشد حساس بودند درحالیکه بعضی دیگر تاقبل از تشکیل گل حساسیت نشان ندادند در این بررسی اثر متقابل سن گیاه و شرایط حرارتی در طول دوره رشد بر روی حساسیت نسبی بلوگراس یکساله نسبت به مواداکساینده نشان داده شده است . با تغییر دادن شرایط گیاه از شرایط گرم به داغ حساسیت آنها درطول ۳ روز ازبین رفت و نیز بابرعکس‌کردن شرایط حساسیت افزایش یافت .این گونه تغییرات‌که بابرعکس‌کردن درجه‌حرارت تغییری در حساسیت ایجاد میشود ممکن است مربوط به تغییر اعمال روزنه ها باشد . مک دوال (۷۳) نشان داد که درجه حرارت کم در روز یا درجه حرارت زیاد در شب باعث افزایش حساسیت گیاه نسبت به اوزن می‌گردد .

هک و همکاران (۳۹) مشاهده کردند که بهنگام قرار دادن گیاه درمعرض‌اوزن‌با افزایش درجه حرارت‌گلخانه‌حساسیت گیاه نیز افزایش میبابد . در مطالعات مکمل انجام شده در اطاقک رشد گیاهان در ۴ درجه حرارت مختلف در شرایط یکنواخت شدت نور کشت گردیدند مشاهده شد که یک رابطه معکوس بین حساسیت به‌اوزن و درجه حرارت در لوبیا قرمز و تنباکو وجود دارد . نتایج مشابهی نیز بوسیله کانتول (۱۰) بر روی یک واریته حساس تنباکو در شرایط کنترل شده از لحاظ رطوبت و شدت نور بدست آمد .منسر (۷۹) مشاهده کرد که تنباکو در درجه حرارت ۱۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۹۷% حساستراست تا در درجه حرارت ۳۲ درجه سانتیگراد و رطوبت ۵۰%.

هل وونت (۵۴) بین درجه حرارت و شدت صدمه بعد از مواجهه با مواد آلوده در موردیکه درجه حرارت از ۳ به ۳۶ تغییر یافت یک وابستگی مثبت پیدا نمودند . این بررسی شبیه مشاهدات مادر مورداهمیت کمبودآب بعد ازمواجهه در افزایش صدمه به گیاه است .

(۵) ــ میزان‌رطوبت

رطوبت نیزبر حساسیت گیاه به موادآلوده کننده موثر میباشد . منسر (۷۹) در مطالعه روی اثراوزن بر تنباکو مشاهده کردکه در هردو درجه حرارت ۱۵و۳۲درجه سانتیگرادبا افزایش رطوبت از ۵۰ به ۹۵ درصد حساسیت گیاه افزایش یافت . نامبرده دریافت‌که بطور کلی خسارت با افزایش رطوبت افزایش میبابد . هل وونت (۵۴) گزارش دادند که در موقع مواجهه با افزایش رطوبت از ۵۵ به ۹۰ درصد صدمه نیز افزایش یافت . نامبردگان هیچگونه اثرتغییر رطوبت برصدمه را بعد از مواجهه مشاهده نکردند . هگستد و همکاران (۴۵) پیشنهاد کرده اند که اختلاف رطوبت بین مناطق خشک غربی‌و مرطوب‌شرقی خود حاکی از حساسیت بیشتر گیاهان در سواحل شرقی است .

رابطه مثبت بین صدمه و رطوبت درطول‌رشد میتواند بوسیله واکنش غشاء ها تفسیر گردد البته اثرات رطوبت در هنگام مواجهه میتواند از طریق عمل روزنه ها بهتر تفسیر شود .

توماس و هندریک (۱۳۱) گزارش دادند که با کاهش رطوبت از ۱۰۰% به صفرحساسیت به میزان ۹۰% کاهش یافت و بین رطوبت و حساسیت یک‌رابطه مثبت وجود دارد .مطالعات آزمایشگاهی‌اخیراین مطلب راتائید میکندکه حساسیت گیاهانی که در رطوبت‌بالا رشدکرده و درمعرض موادآلاینده قرارمیگیرند

نسبت گیاهانی‌که درشرایط رطوبت کم پرورش یافته اند کمتر است (۱۰۱، ۱۴۸) .بررسیهای اخیر هک و همکاران نشان داده است‌که بین رطوبت و نوردر طی رشد لوبیا قرمز یک اثر متقابل وجود دارد . نامبردگان مشاهده کردند که رطوبت ۶۰ و ۸۰ به هنگامیکه شدت نور۴۰۰۰شمع ـ فوت باشد اثری برحساسیت ندارد (میزان صدمه بترتیب ۴۶و۴۴ درصد) ولی در موردی که شدت نور ۲۰۰۰ شمع ـ فوت باشد اثررطوبت زیاد خواهد بود(میزان صدمه به ترتیب ۶۶و۷۹ درصد) .

بنا به نظر مک دوال (۷۴) شبنم صدمه حاصله از اکساینده ها را افزایش نمیدهد . هل وونت (۵۴) نیز گزارش مشابهی‌ارائه داده اند .البته کستونیس و سینکلر (۱۲) مشاهده کرده‌اند که در مواقعی که رطوبت برگهای کاج سفید زیادتر میشود صدمه نیز زیاد است .لئون و برنان (۷۱)نتایج مختلفی را در مورد تنباکو، خیار و بگونیا که در معرض‌اوزن قرار داده شده بودند گزارش دادند . نتایج حاصله حاکی از اینستکه بجز در مواردی که غلظت اوزن‌خیلی زیاد باشد با رطوبت کم روی برگها حساسیت افزایش مییابد . این موضوع بدلیل باز شدن روزنه ها میباشد . بهرحال رطوبت در تحت شرایط معینی‌ممکن است نقش مهمی را بازی کند .

(۶) ـ دی‌اکسیدکربن

تراکم دی اکسید کربن در داخل برگ ممکن است از عوامل کنترل کننده عمل روزنه ها باشد بنابراین تغییرات غلظت دی اکسید کربن میتواند برحساسیت گیاه به مواد آلوده کننده موثر باشد هک و دنیننگ (۴۱) در یک آزمایش مشاهده کردند که گیاهان تنباکو که بلافاصله قبل ودر هنگام مواجهه با اوزن در معرض ۵۰۰ قسمت در میلیون دی اکسید کربن قرار داده شدند کمتر از گیاهان دیگر حساس بودند . همین‌آزمایش بر روی حساسیت لوبیا قرمز بدون اثر بود .

تغییرات زیاد غلظت دی اکسید کربن در گلخانه و اطاقکهای رشد لزوم بررسی بیشتر در مورد اهمیت این عامل در تغییر واکنش گیاه به مواد آلوده کننده را تاکید میکند .

اثر دی اکسید کربن قبل از مواجهه مورد بررسی قرار نگرفته است .اگر این نتایج تائید بشوداضافه کردن دی اکسید کربن بداخل گلخانه هامیتواند گیاهان رادر مقابل‌اکساینده ها حفاظت کند .

(۷) ـ اثرمتقابل‌موادآلوده‌کننده

یکی از موانعی که در درک اثرات مواد آلوده کننده برگیاهان وجود دارد عدم‌اطلاعات درمورد اثرات‌متقابل‌ممکنه آنها (فزاینده، ضعیف کننده، تقویت کننده) در اثر مخلوط شدن این مواد در اتمسفر است .این موضوع برای اولین بار در اوائل دهه ۱۹۵۰ روشن گردید . در آن هنگام درآزمایشی دی اکسید گوگرد بداخل اطاقک رشد وارد گردید و ترکیب حاصله ازمخلوط اوزن‌و بنزین نیزبه‌آن‌اضافه گردید (۳۲) .هگن اشمیت و همکاران واکنشهای آنتاگونیستی ممکنه را گزارش نمودند . هک (۳۶) هیچگونه اثر متقابل بین گازهای هیدروکربنه یا گازهای هیدروکربنه و ترکیب مخلوط دی اکسیدازت رادیواکتیو شده پروبیلن مشاهده نکرد .

اولین اثر متقابل مثبت توسط منسروهگستد (۸۲) روی واریته بل ـ دبلیو ـ ۳ تنباکوی حساس به‌اوزن گزارش شد . نامبردگان دریافتند که قراردادن گیاه در معرض ۰/۰۵ قسمت

در میلیون اوزن و ۰/۲۵ قسمت در میلیون دی اکسید گوگـــرد بمدت ۴ ساعت باعث ایجاد صدمه شدید شد درصورتیکه همین مقادیر ازمواد آلوده کننده فوق بتنهائی ایجاد صدمه نکردند. این نتایج در آزمایشگاه هک و همکاران روی گونه های گیاهان دیگر نیز بدست آمده است. مقدار ۰/۰۳ قسمت در میلیون اوزن و ۰/۱ قسمت درمیلیون دی اکسید گوگرد برای واریته بل دبلیو-۳ زیان آور بوده است. اثر متقابل دی اکسید گوگـــرد نیز بر روی بل دبلیو ۳ مشاهده شده است.

با مواجه‌کردن این واریته با مخلوط ۰/۱ قسمت در میلیون دی اکسید ازت و ۰/۱ قسمت در میلیون دی اکسیـــد گوگرد بمدت ۴ساعت صدمه‌زیادی حادث گردید. برعکس صدمه حاصله از ۰/۷۵ قسمت در میلیون دی اکسید گوگرد یا ۲ قسمت در میلیون انیدرید ازوتو بمدت ۴ ساعت جزئی بود.

درآزمایشی با دی اکسید ازت و دی اکسید گوگرد نیز که بر روی ۶ گیاه زراعی انجام‌گرفت وجود اثر متقابل گزارش شده است (۲۲). با بکار بردن مخلوطی از گازهای فوق بـــه غلظتهای ۵ تا ۵۰ پی پی اچام بمدت ۴ ساعت صدمه ایجاد گردید. صدمه در مورد هرگاز بتنهائی درکمتر از ۵۰ برای دی اکسید گوگرد و کمتر از ۲۰۰ برای دی اکسید ازت صـــورت نگرفت. صدمه بجای اینکه مانند صدمه حاصله از هرگاز بصورت نکروزه های دو طرفه باشد بصورت نقطه های کروزه یا نکروزه درسطح بالائی یا لکه های رنگی ظاهر گردید. ترتیب حساسیت ۶ گونه بترتیب سوژا، تربچه، تنباکو، لوبیا، چاودار و گوجـــه فرنگی بود. بررسیهای انجام شده روی کاج سفید و واکنش آن به دی اکسید گوگردواوزن با مخلوطی از ۵ پی پی اچام از هـــر گاز نمونه دیگری از وجود اثر متقابل بین مواد آلوده کننـــده است که در رابطه بامفهوم صدمه حاصله از مواد آلوده کننـــده مفید میباشد (۱۷). این نتایج همچنین‌میتواند توضیحی برای بعضی از عوارض نامعلوم صدمه به گیاهان باشد.

(۸) ـ آب‌وهوا

اطلاعات زیادی در مورد عوامل موثر صدمه حاصله از مواد آلوده کننده درآزمایشات گلخانه ای و آزمایشگاهی در دست میباشد. قبل ازاینکه یک ماده‌آلوده کننده کاملا "شناخته شود نتایج آزمایشگاهی را باید در رابطه با عوامل صحرائـــی تفسیر نمود. بررسیهای متعددی در زمینه مرتبط‌کردن عوامل آب و هوائی و صدمه به گیاهان انجام گرفته است. بهتریـــن مطالعات انجام شده در مورد واکنش گیاه و شرایط‌آب و هوائی در کانادا گزارش شده است. در این منطقه همبستگی صدمه به گیاهان ودزهای مختلف اکساینده ها در طول تابستان آزمایش شده است (۷۳، ۹۴). تا قبل از اینکه در رابطه تجربی (ضریب تبخیر) میزان تبخیر نیز وارد نشده بود هیچگونه همبستگـی وجود نداشت ولی به محض تصحیح‌آن نسبت به دز مواد آلوده کننده بین دز و میزان صدمه یک رابطه مستقیم ایجاد گردید. با وجودیکه بین دزاوزن با یک دامنه وسیع از غلظت و صدمه آن رابطه مستقیم وجود ندارد (۳۹) محققین کانادائی بـــا استفاده از رابطه تجربی فوق قادر به پیش بینی صدمه ناشی از آن شدند.

اهمیت نسبی‌عواملی چون سرعت باد و فشار هوا در رابطه باعوامل اولیه ای که بحث شد ناچیز بنظر میرسد. البته بعضی آزمایشات انجام شده در اطاقکهای رشد نشان میدهـــد که حرکت هوا میتواند بر میزان جذب مواد آلوده کننده موءثر باشد. تحت شرایط محدود جدا کردن این عوامل از یکدیگـــر

غیر ممکن است .

(۹) ــ طول روز

اگر مواجهه گیاه برای یک مدت کوتاه و تحت کنترل باشد (مثلا " وارد آوردن گاز بمدت نسبتا " کوتاه و به مقدار زیاد) زمانی از روز که گیاه در معرض مواد آلوده کننده قرار میگیرد مهم میباشد . گیاهان عموما " در اواسط و اواخر صبح و اوائل بعداز ظهر حساستر میباشند . در بعضی شرایط مثلا "کمی رطوبت حساسیت در وسط روز از بین میرود . اثر مدت روز بر حساسیت گیاهان نسبت به مواد آلوده کننده مربوط به اثر متقابل محیط به فیزیولوژی گیاه است .

ج ــ عوامل مربوط به خاک

رطوبت خاک برحساسیت گیاه نسبت به آلودگی هوا موءثر میباشد . بررسیهائی در مورد اثرات متقابل مواد غذائی نیز گزارش شده است اثرات درجه حرارت تهویه و شوری را میتوان بخوبی بر روی گیاه مشاهده کرد .

(۱) ــ رطوبت خاک

بررسیهای متعدد حاکی از آنستکه گیاهانی که در شرایط خشکی رشد یافته اند حساسیت کمتری نسبت به آلودگی هوادارند تا گیاهانیکه در شرایط رطوبت میرویند . ائرتلی (۹۷) گیاهانی را در محلولهای غذائی ۱ ، ۲ ، ۴ ، ۸ معادل یا فشار اسمزی ۰/۷۵ تا ۶ اتمسفر و نیز در روی ماسه تحت فشار رطوبت ۰/۳ و ۰/۸ اتمسفر کشت داد و مشاهده نمود که با افزایش فشار اسمزی (شوری) و فشار رطوبت خاک مقاومت در برابر صدمه اکسایده ها افزایش یافت .

هل و ونت (۵۴) مشاهده کردند که اگر ۵ ــ ۳ روز قبل از مواجهه به گیاه آب داده نشود حساسیت کمتری نسبت به هگزن ازن دار خواهند داشت . اگر آب برای مدت طولانی داده نشود تا گیاه کمی پژمرده گردد گیاه کاملا " مقاوم خواهد شده میدلتون (۸۶) این نتایج را تاءئید کرده و پیشنهاد نمود که در مزارعی که آبیاری میشود نیز میتوان بوسیله ندادن آب درمواقعی که خطر آلودگی است از صدمه جلوگیری نمود . سیدمن و همکاران (۱۱۲) مشاهده کردند که گل اطلسی ، لوبیا قرمز و تنباکو بهنگام پژمرده بودن نسبت به دود حاصله از ماشینها مقاوم بودند . کوریتز و ونت (۶۴) دریافتند که گیاهی که با کمبود آب مواجه بود ، نسبت به هگزن ازن دار مقاوم بود . مقاومت تنباکو در مقابل اکساینده‌ها بهنگام خشکسالی نیز گزارش شده است (۱۲۷) . در همین گزارش مشاهده میشود که گیاهانیکه تازه آبیاری‌شده‌اند ازگیاهان آبیاری‌نشده حساسترند حتی اگر رطوبت کافی در دسترس باشد .

در یک آزمایش گیاهان تنباکو قبل از اینکه در معرض ازن قرار بگیرند بمدت ۶ هفته تحت شرایط خشک قرار داده شدند . گیاهان مذکورخصوصیات مربوط به شرایط خشکی را پیدا نمودند وحتی اگر چندین ساعت قبل از مواجهه نیز بخوبی آبیاری می‌شدند حساسیت کمتری نسبت به ازن نشان میدادند (۷۳) .

روزنه های برگ در گیاهان فقط در ساعات روز باز میشوند . البته گیاهان آبیاری شده به جز در اواسط روز دارای روزنه های کاملا " باز میباشند . این بررسیها نشان میدهد که

کمبود رطوبت میتواند وضع فیزیولوژیکی گیاه را تغییر داده و مقاومت آن به ازن را افزایش دهد .

(۲)ـ مواد غذائی

بررسیهای مختلف روی مواد غذائی در رابطه با حساسیت گیاهان به اکساینده ها منجر به نتایجی شده است که با هم مشابه نیستند . در آزمایشی روی کاهو و اسفناج مشاهده گردید (۷۳) که دادن معادل مقدار ۴۵ پوند ازت به خاک باعث حساسیت گیاهان به هگزن ازن دار گردید . همین نتایج برای جو و چاودار کشت شده در خاک غنی از ازت نیز بدست آمده است . برووِر و همکاران (۸) نیز نتایج مشابهی با ازن بر روی اسفناج گزارش داده است . نامبردگان وجود اثر متقابل بین پتاسیم و فسفر را گزارش داده و احتیاج به‌بررسی بیشتر در اینمورد را تاءکید کرده‌اند .

بعضی محققین حساسیت ناچیزگیاه با ازت کم ،افزایش حساسیت با اپتیمم‌ازت و کاهش حساسیت‌با ازت زیاد را گزارش داده‌اند (۸۳،۷۱) . هر دو گروه از محققین سعی داشتند که بین میزان کل ازت و برگ و صدمه رابطه ای پیدا کنند ولی بررسی کارهای آنها نشان داد که میزان کل ازت گیاه با صدمه وارده همبستگی بهتری دارد .

مک دوال (۷۳) در گزارشی کاهش حساسیت راحتی با مقدار متوسط ازت نیز نشان داده است نامبرده مقدار ازت برگ را گزارش نداده است .

لی (۶۸) بین میزان ازت محلول در گیاه و حساسیت به اوزن یک همبستگی را پیدا نمود .بدون شک میزان ازت خاک برحساسیت گیاهان به موادآلوده کننده موءثر میباشد . این اثر غیر مستقیم است و شاید از طریق تغییر متابولیسم سلولها در جهت افزایش یا کاهش حساسیت باشد . بین ازت و دیگر مواد غذائی ممکن است یا اثر متقابل باشد ولی ماهیت آن هنوز معلوم نیست .

(۳) ـ عوامل دیگر خاک

بین درجه حرارت خاک و صدمه مواد آلوده کننده رابطه ای پیدانشده است البته بین درجه حرارت خاک وجذب آب و نیز تعرق یک رابطه مثبت وجود دارد که این میتواند امکان وجود یک همبستگی بین درجه حرارت وحساسیت گیاهان به مواد آلوده کننده را تاءیید کند .

استولزی و همکاران (۱۱۹، ۱۲۰) ریشه گوجه فرنگی را قبل از اینکه در معرض ازن و پان قرار بدهند برای مدت ۴۰ ساعت تحت فشار صفر تا ۱۵۲ میلیمتر جیوه قرار دادند . نامبردگان مشاهده کردند که حساسیت گیاه در فشار کمتر از ۱۰ میلیمتر کاهش یافت . این کاهش حساسیت با میزان جذب آب گیاه و قدرت گیاه بخوبی مرتبط میباشد . در فشار بالاتر از ۱۰ میلیمتر اختلاف میزان‌صدمه معنی دار نبود . گیاهانیکه در خاکهای سنگین رسی رشد یافته باشند در مقایسه با گیاهانیکه در خاکهای سبک روئیده‌اند حساسیت کمتری نسبت به ازن نشان میدهند (۳۹) . گرچه کمبود اکسیژن اندازه گیری نشد ولی تنش کم اکسیژن در خاکهای سنگین ممکن است یکی از دلائل این کاهش حساسیت باشد .

هرگونه عاملی در خاک که بر روابط آب ، گیاه اثر معکوس داشته باشد عمل جذب آب را کاهش داده باعث پیدایش شرایط خشکی در گیاه شده و ممکن است باعث مسدود

شدن روزنه ها گردد . این شرایط باعث افزایش مقاومت گیاه به مواد آلوده کننده میشود .

د- عوامل دیگر

بررسی زیادی بر روی اثر متقابل مواد آلوده کننده و عوامل مختلف بیولوژیکی صورت نگرفته است . مشاهـــدات صحرائی نشان داده است که دی اکسید گوگرد در چندین نوع سوزنی برگان از حمله برخی قارچهای بیماری زا جلوگیـــری کرده اند (۷۲، ۱۰۸، ۱۰۹) .گزارش یارروود و میدلتون (۱۵۰) حاکی از اینستکه در برگ لوبیا و آفتابگردان مناطق اطراف پوستولهای زنگ نسبت به برگهای سالم حساسیت کمتری نسبت به هگزن ازن دار دارد . مطالعات اخیر بر روی نوعی مـــرض باکتریائی لوبیا قلوه ای نیز واکنش مشابهی نشان داده اســت (۶۲) .باقرار دادن چاودار در معرض ازن آلودگی زنگ تاج در آن کاهش یافت (۳۵) .مانینگ و همکاران (۷۷) گزارش دادند که اگر از صدمه حاصل از ازن قبل از آلودگی باقارچ بوتریتیس سینرا باشد آلودگی این قارچ درگوجه فرنگی و شمعدانی افزایش مییابد .

ترشو و همکاران (۱۳۷) مشاهده کردند که در برگ لوبیا فلوربر روی موزائیک ویروسی تنباکوایجادلکه های مشخصی را مینماید بررسیهای مربوط به اثر متقابل مواد آلوده کننده و امراض مختلف گیاهی نتایج جالبی رابدست داده است و ارزش مطالعات بیشتر در این مورد را تاءئید کرده است .

در کالیفرنیا مشاهده شده است که اکسایندە ها باعث مستعد کردن درخت کاج استخری به سوسک تنه درخت شده‌اند (۱۱۶) . وجود جمعیت زیاد حشرات بر روی بعضی گونه هـــای درختان حساس به مواد آلوده کننده در شرق امریکا ممکن است براثر کاهش مقاومت اینگونه ها به حمله حشرات بعلت اثر مواد آلوده کننده روی آنها باشد . اثر متقابل مواد آلوده کننده و حشرات ممکن است منجر به خشکی و ریزش زودرس برگها در بعضی از گونه ها بشود . چنین مشاهداتی احیتاج به آزمایشات بیشتر و با طرح ریزی بهتری دارد .

افزایش عوارض اکساینده ها در کلیه مناطق کشاورزی مخصوصا "در محدوده شهرهای بزرگ باعث شده است که نوعی سمپاشی بمنظورجلوگیری یاکاهش شدت صدمه درگیاهان حساس رواج پیدا کند .

افشانهای ضد اکساینده ها با درجات مختلـــف از موفقیت بکاربرده شده اند ولی‌هیچگونه راه عملی‌جهت کاربرد آنها پیدا نشده است (۵۷، ۹۹، ۱۱۲، ۱۱۵، ۱۲۲، ۱۴۲) . چندین نوع قارچ کش محتوی کار بایست و دیگر قارچ کشها نیز باعث کاهش خسارت اکساینده ها در لوبیا و تنباکو شده انـــد (۶۰، ۱۲۳، ۱۴۲) . برعکس پی دبلیو میلر و تیلور (۲۵) مشاهده کردند که چند نوع نماتودکش باعث افزایش حساسیت تنباکو به اکساینده ها میشود .

بعضی از این افشانها میتوانند قابل استفاده باشند ، البته چهار عیب کلی در هر برنامه استفاده از افشان وجـــود دارد : احتیاج به ادامه استفاده ازآن بمنظورایجاد یک مقاومت دائمی ، گرانی ، امکان باقی ماندن مواد اضافی نامطلوب در گیاه ، عدم‌امکان پیش بینی دقیق روزهائی‌که میزان اکساینده‌ها زیاد است .هیچگونه طریقه شیمیائی قابل اعتماد برای حفاظت گیاهان در برابر اکساینده ها وجود ندارد .البته پاشیدن آهک ازدیر باز بمنظورحفاظت هلو دربرابر فلور درطول فصل تشکیل میوه پیشنهاد شده است .

هک و همکاران اثرات فصلی را که بر اثر مواجهه لوبیا با ازن حادث میشود مشاهده کرده اند صدمه به گیاهان چه در گلخانه یا اطاقکهای رشد در طول ماههایزمستان کم و در طول تابستان زیاد و از ماه مه تا اکتبر نسبتا "یکنواخت است . این نوسانات‌ممکن‌است مربوط به باز شدن روزنه ها باشد ،زیـــرا سیدمن و ریگان (۱۱) نیز وضع مشابهی در مورد باز شـــدن فصلی روزنه ها در لوبیا مشاهده کرده‌اند . نامبردگان معتقدند که این امر مربوط به یک ریتم سالانه (ساعت) است کـــه در جنین بهنگام تشکیل بذر ایجاد میشود .

سن فیزیولوژیکی برگ (تکمیل شدن) نیز نقش مهمی در واکنش نسبت به مواد آلوده کننده بازی میکند . ژهرن و همکاران (۴۸)مشاهده کردند که حسا سترین سن برای بلوگراس یکساله در مقابل صدمه مواد آلوده کننده اکسایندە بسته بـــه درجه حرارت درطول رشد تغییرمیکند .میدلتون (۸۶) مشاهده نمود که برگهای اولیه لوبیا در ابتدا به هگزن ازن‌دار حساس نبودند ولی حساسیت آنها تا سن ۱۴ روزه‌گی افزایش یافـــت ودراین شرایط تا سن ۲۱ روزه حساس باقی ماندند . دگـــر و همکاران (۲۱) مشاهده کردند که جوانترین برگهای لوبیا به پان حساسترند درحالیکه برگهای پیرتربه ازن حساس میباشند . بکاربردن مکرر ازن روی تنباکو درابتدا باعث صدمه به برگهای پائینی و مسن میشود و با ادامه آن برگهای بالائی گیاه نیـــز صدمه میبینند (۴۵) .تینگ و دگر (۱۳۳) مشاهده کردند کـــه برگهای پنبه در مرحله ای که حدود $\frac{2}{3}$ رشد اصلی خود را دارند بسیار به ازن حساس میباشند .

بطور کلی بنظر میرسد که بافتهای برگ جوان به پان و دیگر مواد آلوده کننده اکسایندە حساستر بوده در حالیکـه بافتهای برگهای مسن حساسیت بیشتر به ازن و اغلب مـــواد آلوده کننده دارند . در گیاهان بالغ (مسن) مسن ترین برگها حساسیت کمتری دارند و برگهای جوان غیراز حساسیت به پان و دزهای بالای مواد آلوده کننده اصولا " حساسیت نشـــان نمیدهند . البته سولفیدهیدرژن به برگهای جوان و اجزاء در حال رشد صدمه وارد کرده در حالیکه برگهای مسن کاملا " غیر حساس میباشند . اثر مواجهه تدریجی گیاهان با مواد آلوده کننده بر چگونگی حساسیت آنها تعیین نگردیده است .

شواهدی در دســت است که اگر در شب مقدار کمی از دی اکسید گوگرد به گیاه داده شود و در روز بعد دزحاد ایـــن ماده بکار برده شود بر میزان صدمه افزوده خواهد شد (بخش ۴ ب ۳) . بر عکس صدمه مواد اکساینده و یا ازن را میتوان از طریق دادن قبلی‌موادآلوده کننده دیگرکاهش داد (۲۳، ۶۴) . در یک واریته‌حساس پیاز این امر مربوط به فعالیت روزنه هـا بوده است که از ورود ازن اضافی جلوگیری میکند . مک دوال (۷۳) دریافت که مواجهه قبلی بسته به غلظت ازن ممکـــن است باعث افزایش یا کاهش حساسیت گردد . آ .اس هیگـــل (مکاتبات شخصی) در بررسیهای انجام شده در مزرعه ای روی تنباکو مشاهده نمود که قرار دادن گیاه در معرض مقدار کمی از ماده اکساینده قبل از اینکه آنرا در معرض مقدار زیادی از آن ماده قرار دهند باعث افزایش میزان صدمه میشـــود . هک ودیننگ (۳۷) مشاهده کردند که اگر مقدار معینی از ازن دریکساعت‌به گیاه‌داده‌شودحساسیت بیشتراز زمانی‌خواهدبودکه همین مقدار در دو نوبت نیمساعته با فواصل زمانی‌مختلف بین دو نوبت داده‌شود .آن‌کاهش‌میزان‌صدمه‌براثرمواجهه درازمدت ، ممکن است نتیجه بسته شدن روزنه ها بعد از مواجهه اولیـــه و سپس تجدید حیات جزئی بافت های‌گیاه بعد از صدمه ابتدائی یا امکان خارج کردن برخی‌ازترکیبات حاصل از واکنش اوزن

همراه با تجدید حیات جزئی قبل از معارضه دوم باشد. در آزمایشی روی گیاه تنباکو مشاهده گردید که اگر گیاه برای مدت ۵ ـ ۴ روز دو دفعه بمدت ۴ـ ۵/۰ ساعت در روز در معرض ازن قرارگیرد برای گیاهی که فاصله کوتاهترین مواجهه راداشت (۱ تا ۵/۰ ساعت) صدمه حاصله بصورت تجمعی بروز کرد (۳۷). شواهدی در دست است که نشان میدهد که مواجهه اولیه باعث میشودکه تنباکو نسبت به مواجهه بعدی ازن حساس شود. بعلت وجود نتایج‌متفاوت در زمینه این بررسیها هیچگونه نتیجه گیری امکان پذیر نیست. اثرات مواجهه طولانی یا میزان کم‌ماده آلوده کننده نیز بخوبی روشن نشده است ولی گزارشات حاکی است که ممکن است عوامل حفاظت کننده‌ای موءثر باشد. بسته شدن روزنه ها یکی از این عوامل میباشد (۴۶) ولی شواهدی نیزدردست‌است که حاکی ازوجود حفاظت بیوشیمیائی حداقل درگیاهان مشخص میباشد.

هـ ـ رابطه بین‌زمان ، غلظت‌آلوده‌کننده‌ها وصدمه

آگاهی از روابط بین زمان و غلظت ماده آلوده کننده در رابطه با صدمه وارده به گیاه بمنظور اطلاع بیشتر از اثرات مواد آلوده کننده ضروری میباشد. بررسی این روابط بخوبی انجام نگرفته است. اطلاعات کافی در زمینه روابط اثر زمان ـ غلظت بر صدمه مزمن ، کاهش رشد ، کاهش محصول یا کیفیت مواد گیاهی در دست نیست. همچنین بجز برای ازن و دی اکسید گوگرد این اطلاعات در مورد روابط زمان و غلظت بر صدمه حاد ناشی‌از موادآلوده کننده یا مخلوطی از آنها ناکافی است.

اثرات حادازن و دی اکسید گوگرد باغلظتهای متفاوت و در زمانهای مختلف بمنظور رسم منحنیهای اولیه زمان ـ غلظت برای بررسی حساسیت گروههای مختلف گیاهان بخوبی مطالعه شده است. یکی از اولین گزارشات مربوط به روابط زمان غلظت برای گیاهان توسط اگارا (۹۸) بر روی دی اکسید گوگرد صورت گرفته است. نامبرده فقط صدمه نوع‌حاد که درمدت زمان نسبتا" کم حادث میگردید بررسی نمود و رابطه غلظت (C) و زمان (t) بصورت زیر نشان داد.

$$t\ (c-a)=b$$

پارامترهای a و b مربوط به‌گونه و واریته‌گیاهی‌و درجه صدمه وارده میباشند. غلظت بر حسب قسمت در میلیون (پی پی ام) و زمان برحسب ساعت محاسبه گردید. فرمول اگارا را میتوان بصورت زیر نوشت.

$$C=b/t+a$$

منحنی C نسبت به $\frac{1}{t}$ بصورت یک خط مستقیم است. پارامتر a محل تلاقی خط و محور به ازاء $\frac{1}{t}=0$ یا $t=\infty$ است. این نقطه را میتوان آستانه غلظتی دانست که صدمه حادث میگردد. معادله اگارا یک معادله ریاضی است که برای مواجهه در زمان محدود صادق است. گودرین و همکاران (۳۰) معادله اگارا را مناسب ندانسته و یک رابطه نمائی را بدست آوردند ($t=ke^{-a}(e-r$) که k طول عمر گیاه (برحسب ساعت). a یک ضریب پیچیده بیولوژیکی و r آستانه صدمه است. این عوامل بسته به گونه و میزان صدمه تغییر میکند. برای دامنه متوسط زمان هردو فرمول مناسب است. معادله توان دار ممکن است برای دامنه وسیعتری از زمان مناسبتر باشد. هر دو این معادله یک زمان معین و غلظت مشخص را به درصد میزان صدمه ربط میدهند و میتوانند یک مدل دو بعدی را در بریگیرند برای حل این دو معادله داشتن مقدار آستانه صدمه

مورد نیاز میباشد .

برای توضیح میزان صدمه مشخص کردن درجه ای از صدمه که بسته بزمان و غلظت تغییر کند مورد نیاز میباشد . هک و همکاران (۳۹) این اطلاعات را بصورت گراف برای اثر ازن بر لوبیا و واریته بل ــ دبلیو ــ ۳ تنباکو نشان داده اند . شکل ریاضی از این قبیل میتواند شیب تند میزان صدمه نسبت به غلظت یا صدمه نسبت به زمان را نشان دهد . میزان شیب این خطوط درجه ای از تغییراتی را که از اطلاعات جمع آوری شده درگلخانه یاتحت شرایط مزرعه انتظارمیرودنشان میدهد . گزارشات دیگری نیز اهمیت زمان و غلظت ماده آلوده کننده را تاٴیید کرده است (۱۳۳،۸۴) .

هک و همکاران اخیرا "یک مدل خطی را از روی اثرات دی اکسید گوگرد و ازن و دی اکسید ازت روی گروهی از گیاهان ارائه داده اند که در آن صدمه بعنوان یک متغیر وابسته و زمان و غلظت بعنوان متغیرهای مستقل میباشد .یک مدل دیگر که در آن غلظت بعنوان متغیر وابسته و صدمه و زمان بعنوان متغیرهای مستقل میباشد نیز ارائه داده شده است . این قبیل منحنیها پیدایش منحنیهای واکنش ۲ بعدی یا سطحی را امکان پذیر میسازد و برای حل معادلات احتیاج به دانستن میزان غلظت آستانه نیست . یک محقق با استفاده از این معادلات میتواند میزان صدمه ای را که ازغلظت معینی‌از یک ماده آلوده درطول یک دوره محدود ایجاد میشود و یا میزان غلظتی ازیک ماده آلوده که میتواند درآتمسفر برای مدت معینی بدون صدمه و یا صدمه ناچیز به واریته یا گونه مشخص گیاهی باشد پیش بینی کند . این مدلها نشان میدهد که یک دز مشخص میزان صدمه ثابتی ندارد .

روابط گفته شده قبلی دیدگاهی را از آنچه که ممکن است تحت موقعیتهای معینی پیش بیاید روشن میسازد . این روابط کلی بوده و میتواند برای هرماده سمی‌که دارای‌نوع صدمه حاد به بافت گیاهی باشد بکار برده شود . این قبیل روابط نشان میدهند که تا زمانی که یک غلظت معین برای یک مدت مشخص تغییرنکند صدمه حادی ایجاد نخواهد شد . این روابط شدت صدمه در غلظتهای بالا یا برای مدتهای طولانیتر را نشان نمیدهد .اینکه آیا میتوان این روابط را خارج از محدوده اطلاعات آزمایشی بکار برد هنوز مورد سئوال است .

همه اطلاعات‌آزمایشی‌ارائه داده شده فقط وقوع‌حادثه در مزرعه را پیشنهاد میکند . این اطلاعات فقط روابطی از یک زمان غلظت را تحت شرایط استاندارد در بر میگیرد .نوسانات غلظت در یک فاصله زمانی معین یا اثر در معرض قرار دهیهای مکرر در طول چند روز یا حتی چند ساعت در یک روز در نظر گرفته نشده است . علاوه بر آن اغلب اطلاعات موجود مربوط به زمان مواجهه کوتاه مدت درمقایسه با فصل رشد بوده است . استفاده ازاین اطلاعات برای دوره های دراز مدت نتایج قابل سئوالی را ببار خواهد آورد . زاهن (۱۵۱) مسائل چنین مواردی را گزارش داده است بدون شک برای دی اکسید گوگرد صدمه مزمن با زمان ایجاد میشود .

تعدادی ازمحققین در مورد اثرات زمان ــ غلظت ازن بر گونه های مختلف گیاهی گزارشاتی داده اند . در جدول شماره ۱ خلاصه ای از مقادیر آستانه (۵%) ازن که از نتایج زمان ــ غلظت بدست آمده است مشاهده میشود و در جدول ۲ اطلاعات مشابهی برای دی اکسید گوگرد خلاصه شده است . این جداول مدت زمان و غلظت‌لازم برای ایجاد صدمه به گیاه حساس،متوسط و مقاوم رادر سطح‌آستانه صدمه نشان میدهند .

و ــ مکانیسم عمل مواد آلوده‌کننده

عوامل مختلفی که بر واکنش گیاهان در برابر مواد آلوده کننده هوا موٴثرند میتوانند از طریق کنترل روزنه ها ، از طریق عوامل داخلی موٴثر بر واکنش سلولها یا ترکیبی از این عوامل باشند . اهمیت کنترل روزنه ها از روی واریته پیاز مقاوم به ازن مشخص شده است (۳۲) ویکی از عوامل اصلی بشمار میرود .

جـدول ۱

غلظتهای پیش‌بینی شده ازن که در مدت کوتاه مواجهه باعث صدمه به گیاهان کشت شده در شرایط حساس میشود .

غلظتهائی (برحسب PPhm) که باعث صدمه به سه گروه از گیاهان میشود			
زمان (ساعت)	حساس	متوسط	مقاوم
۰/۵	۳۰–۱۵	۶۰–۲۵	≥ ۵۰
۱	۲۵–۱۰	۴۰–۲۰	≥ ۳۵
۲	۲۰–۷	۳۰–۱۵	≥ ۲۵
۴	۱۵–۵	۲۵–۱۰	≥ ۲۰
۸	۱۰–۳	۲۰–۸	≥ ۱۵

مقادیر این جدول بوسیله تجربه در رابطه با زمان و غلظت اندازه گیری شده که در بسیاری از گزارشات مشاهده میشود .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جـدول ۲

غلظتهای پیش بینی شده دی اکسید گوگرد که در مدت کوتاه مواجهه باعث صدمه به گیاهان کشت شده در شرایط حساس میشـــود

غلظتهائی (برحسب PPhm) که باعث صدمه به سه گروه از گیـــاهـــان میشـــود			
زمان (ساعت)	حساس	متوسط	مقاوم
۰/۵	۵ – ۱	۱۲ – ۴	≥ ۱۰
۱	۴ – ۰/۵	۱۰ – ۳	≥ ۸
۲	۳ – ۰/۲۵	۷/۵ – ۲	≥ ۶
۴	۲ – ۰/۱	۵ – ۱	≥ ۴
۸	۱ – ۰/۰۵	۲/۵ – ۰/۵	≥ ۲

مقادیر این جدول بوسیله تجربه و در رابطه بازمان و غلظت اندازه گیری شده است و در بسیاری از گزارشـــات مشاهده‌میشود .

شاید بهترین عامل مکانیسم‌کنترل به غیر از باز شدن روزنه اعمال پیچیده فتوشیمیائی مواد آلوده کننده هوا باشـد زیرا این مواد بافتهای مختلف ولی معین یک گیاه را تحـــت تاءثیر قرار میدهند . واکنش یک ماده آلوده کننده برای ایجاد صدمه در بافتهای برگ بدون‌شک یک واکنش بیوشیمیائی است . این موضوع از طریق بررسیهای روی مواد حاصله از دود ماشین ثابت شده اســت (۴۹) . سه ماده سمی مختلف در یک مخلوط از طریق واکنشهای مختلف دربافتهای برگ تنباکو تعیین هویت شدند . بررسیهای انجام شده در زمینه تاءثیر نور بر حساسیت نسبت به ازن و پان (۲۱) منجر به بررسیهای متعددی روی تاءثیر متابولیسم‌کربوهیدراتها شد . این تحقیق و نیز مطالعات دیگر در زمینه تاءثیر انزیمها ، ترکیبات سلولی ، قابلیت نفوذ غشاء سلولی و روزنه ها اخیرا " توسط دگروتینگ (۱۹) بررسی شده است . اطلاعات زیادی در زمینه تغییرات بیوشیمیائی و فیزیولوژیکی حاصله از ازن و پان موجود میباشد . البته ایـــن محققین باین نتیجه رسیده‌اند که مکانیسم‌حقیقی صدمه حاصله از اکساینده ها بر بافتهای گیاهی هنوز بدون جواب مانـــده است .

۵ ــ بحث

بمنظور آگاهی هر چه‌بیشتر در مورد مسئلــه‌آلودگی هوا در رابطه با گیاهان باید عوامل متعددی که موجب واکنش گیاهان نسبت به آلودگی میشوند شناخته شوند میزان صدمات وارده از مقدار مشابهی مواد آلوده کننده در هوا بسته به نوع گونه، فیزیولوژی گیاه و مرحله رشد آن ممکن است متفاوت باشد .صدمه وارده به گیاهان حساس معمولا "اولین‌علائم کاهش کیفیت هوا است .

صدمه‌آلودگی‌هوابه گیاهان که ازیک منبع مشخص مانند یک کارخانه ناشی‌میشود آسانتراز صدمه ناشی از منابع چندگانه آلودگی قابل تشخیص است . نکته مهم در این مسئلــه عمل نور خورشید بر تولیدات حاصل از احتراق از قبیل دی اکسید ازت و هیدروکربنهابوده که منجر به تشکیل موادثانویه مسموم کننده گیاهی‌از قبیل ازن و پان میشود . وسائط نقلیه از مهمترین منبع مواد حاصل از احتراق است .

هم اکنون ازن بعنوان یکی از مهمترین ماده آلوده مؤثر برگیاهان بشمار میرود . چون ازن یکی از ترکیبات اتمسفر است و درگذشته عقایدی مبنی بر مفید بودن آن برای سلامت موجود بوده است بعضی از مردم مضر بودن آن بعنوان یک ماده آلوده کننده را قبول نمیکنند .دستگاههائی که بتواند خصوصا" ازن را اندازه‌گیری کند در دسترس نیست وآنچه در اغلب آنها اندازه‌گیری میشود مقدار کل اکساینده های موجود در هواست که این خود نیز بر پیچیدگی مسئلــه میافزاید .البتــه در مواقعیکه مقدار اکساینده ها زیاد باشد ۹۰ درصد یا بیشتــر این اکساینده ها را ازن تشکیل میدهد . میدانیم که تغییرات منابع آلودگی از روزی به روز دیگر بسیار ناچیز است و فقط در روزهای معینی شرایط‌هواشناسی مناسب برای تجمع مواد آلوده در نزدیک سطح زمین موجود است .

حساسیت برخی از واریته های گیاهی نسبت به بعضی از مواد آلوده کننده سبب شده است که مسائل آلودگی هوا و اثر آن بر گیاهان غالبا" شناخته شوند . میدانیم که اگر محققیــن اصلاح نباتات در زمینه ایجاد واریته های سازگار و پر محصول کوشش نکنند صدمه حاصله از آلودگی هوا خیلی بیشتر خواهد برد . با استفاده از انتخاب در تولید واریته های پر محصــول و جلوگیری‌ازصدمه به‌برگ‌حتی‌بدون آگاهی از وجود مواد آلوده سمی‌برای گیاهان درمنطقه مورد نظر مقاومت بعضی از واریته‌ها نسبت به موادآلوده کننده‌افزایش یافته‌است .آزمایشات محدود انجام شده در زمینه اثر مواد آلوده کننده بر روی گیاهان تحت شرایط کنترل شده حاکی از وجود ژنهای بالقوه ارزشمند برای برنامه های به نژادی است . فعالیتهای به نژادی روی تنباکوی سیگار برای جلوگیری ازلکه لکه شدن برگ (صدمه ازن) امکان کشت موفقیت آمیز این گیاه را بوجود آورد .

ایجاد واریته های زراعی و باغبانی مقاوم به مواد آلوده کننده باید بهمان نسبتی باشد که ایجاد واریته های مقاوم به امراض و یا مقاوم به سرما امکان پذیر است . البته کوشش برای کنترل‌آلودگی ازمنابع تولید نیز باید ادامه داده شود . افزایش سریع غلظت مواد آلوده حتی محصول و کیفیت مقاومتریــن واریته ها را نیز کاهش میدهد. همچنین بعضی از مواد آلوده کننده که به گیاهان صدمه میزنند برای سلامت دامها و انسان نیز مضر میباشند،البته بعضی از گونه های گیاهی بینهایــت بمواد آلوده کننده حساس هستند . بجز در مورد بعضی از مواد آلوده کننده از قبیل منواکسید کربن و بعضی فلزات سنگیــن نشان دادن اثرات‌مواد آلوده کننده برگیاهان در مقایسه بــا

اثر آنها بر حیوانات و انسان آسانتر میباشد .

صدمه حاصل از مواد آلوده کننده هوا ممکن است شبیه صدمه حشرات ، امراض ، کمبود مواد غذائی و عوامل چون سرما ،گرما و کمبود رطوبت باشد . برای ارزیابی این صدمات در مزرعه ممکن است محتاج به تخصص در چندین رشته باشد . اگر از صدمه فلورظنین باشیم تجزیه بافتهای برگ مفیدخواهد بود ولی برای اغلب موادآلوده کننده تکنیکهای تجزیه ای برای تشخیص ماده یا مواد آلوده کننده در دسترس نیست . نمونه برداری از هوا ممکن است باعث کسب‌اطلاعات جالبی شود ولی این کار را باید در طول چندین هفته و با دقت‌کافی انجام داد در مورد فلور غلظتهای کمتر از ۱ قسمت در میلیون درهوا رابابد اندازه گیری نمود . شاخصهای بیولوژیکی نیز بسته به نوع ماده آلوده کننده وگیاهان شاخص های مفید میباشند . بعضی از مسائل‌مربوط به تشخیص صدمه آلودگی هوا توسط وینستاین ومکون (۱۴۶) مورد بحث قرار گرفته اند . کتابی که حاوی این فصل است خود شامل ۴ قسمت راجع به مواد مختلف آلوده کننده بوده و توسط مؤلفان دیگر برشته تحریر درآمده است . مجموعا " ۱۲۰ عکس رنگی بعنوان کلید شناسائی صدمه موادآلوده کننده مختلف بر روی گونه های گیاهان درآن چاپ شده است (۵۵) .

۶ـ خلاصه

مواد آلوده کننده اصلی مشخص و ماهیت و وسعت مسائل آلودگی هوا بحث شده است . علائم صدمه این مواد مخصوصا " روی گیاهان زراعی توضیح داده شده است . بعلت وجود منابع چندگانه آلودگی و نیز مخلوط مواد آلوده کننده مسائل آلودگی هوا افزایش یافته است . توجه زیادی به‌صدمات مزمن و کاهش رشد ناشی از مواد آلوده کننده هوا از قبیل اکسایندە های فتوشیمیایی واکسید گوگرد معطوف گردیده است . واکنش گیاهان نسبت به آلوده کننده هاممکن‌است تحت عوامل مختلف ژنتیکی ، محیطی ، شرایط کاشت ، روابط زمان ، غلظت و وجود مخلوط موادآلوده کننده قرار بگیرد . شناسائی و استفاده از واریته های مقاوم از طریق به نژادی باعث کاهش صدمه شده و حداکثر تولید گیاه را تضمین میکند .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

REFERENCES

1-Barrett,T.W.and Bcncdict.H.M.1970. In Recegnition of Air Pollution injury to Vegetation: A pictorial Pennsylvania.

2-Berry.C.R.and Hepting.G.H. 1964. Forest Sci.10,2-13.

3-Berry.C.R.and Ripperton,L.A. 1963. Phytopathology 53,552-557.

4-Brandt.C.S.and Heck,W.W. 1968.In Air Pollution(A.C.Stern,ed).2nd ed.Vol.1. pp.401-433.Academic Press.New York.

5-Brennan,E.G.and Halisky.P.M. 1970. Phytopathology 60,1544-1546.

6-Brennan,E.G.Leone.I.A.and Daines, R.H. 1964.Plant Dis.Rep.48,923-924.

7-Brennan,E.G.Leone,I.A.and Helisky, P.M. 1969.Phytopathology 59,1458-1459.

8-Brewer.R.F.Guillemet,F.B.and Creveling,R.K. 1961.Soil Sci.92,298-301.

9-Cameron.J.W.Johnson.H.Jr.Taylor. O.C.and Otto.H.W. 1970.Hortscience 5,217-219.

10-Cantwell.A.C. 1968.Plant Dis.Rep. 52,657-960.

11-Costonis,A.C. 1970.Phytopathology 60,994-999.

12-Costonis,A.C.and Sinclair,W.A. 1969,Phytopathology 59,1566-1574.

13-Council of Environmental Quality (1970).Environmental Quality.1st Annual. Rep.(transmitted to the Congress).

14-Crocker.W.1948.In Growth of Plants. PP.139-171.Reinhold.New York.

15-David.D.R.and Dean,C.E. 1966.Mon. Weather Rev. 94,179-182.

16-Dochinger.L.S.and Seliskar.C.E, 1970.Forest Sei. 16,46-55.

17-Dochinger.L.S.Bender.F.W.Fox.F.L. and Heck.W.W. 1970.Nature(London)225-476.

18-Dugger.W.M.Jr.and Ting,I.P.1968. Phytopathology 58,1102-1107

19-Dugger.W.M.Jr.and Ting,I.P.1970. Annu.Rev.Plant Physiol.21,215-2,234.

20-Dugger.W.M.Jr.Taylor.O.C.Klein. W.H.and Shropshire.W.Jr.1963a.Nature, (London)198,75-76.

21-Dugger.W.M.Jr.Taylor.O.C.Thomson. C.R.and Cardiff.E.A.1963b.J.Air Pollut. Contr.Assoc.13,433-428.

22-Dunning,J.A.Tingey.D.T.and Reinert.R.A.1970.Hortscience 5,333.

23-Engle,R.L.and Gabelman,W.H.1966. Proc.Amer.Soc.Hort.Sci. 89,423-430.

24-Feder,W.A.1968.Science 160,1122.

25-Feder.W.A.and Campbell.F.J.1968. phytopatgology 58, 1038-1039.

26-Feder.W.A.and Sullivan,F.1969.Phytopatgology 59,399.

27-Feder.W.A.Fox,F.L.Heck.W.W.and campbell,F.J.1969a.Plant Dis.Rep.53,506-510.

28-Feder,W.A.,Sullivan,F,and Porkins.1.1969b.Phytopathology 59,1026.

29-Glater.R.A.1970.Rep.No.70-17. School of Eng.Appl.Sci.University of California,Los Angeles,California.

30-Guderian.R,van Haut.H.,and Siratmann,H.1960.Z.Pffanzeankr.Pffanzenschutz 67,257-264.

31-Haagen.A.J,and Wayne,L.G.1968.In Air Pollution(A.C.Stern.ed),Vol.STT.149-186.Academic Press.New York.

32-Haagen-Smit,A.J.,Darley.F.F.,Zaitlin,Mihull,H.M.,and Noble,W.M.1952.Plant Physiol.27,18-34.

33-Hass.J.H.1970.Phytopathology 60, 407-410.

34-Haselhof,F.,and Lindau.G.1903.Die Beschadigung der Vegetation durch Rauch. Handbuch zur Erkenhung und Beurteilung von Raushschaden Borntraeger.Berlin.

35-Haywood.J.H.1905.U.S.,Dep.Agr.,Bur. Chem.Bull.89-1-23.

36-Heagle,A.S.1970.Phytopathology 60, 252-254.

37-Heek.W.W.1964.J.Air Pollut.Contr. Ass. 14,255-261.

38-Heek.W.W.,and Dunning.J.A.1967.J. Air Pollut.Contr.Ass.17,112-114.

39-Heek.W.W.,and Pires.E.G.1962.Teyas, Agr.Exp.Sta.,Misc.Publ.MP-613.

39-Heek.W.W.,Dunning.J.A.,and Hindawi. I.J.1966.Science 151,577-578.

40-Heek.W.W.,Fox.F.L.,Brandt.C.S.,and Dinning.J.A.1969.Nat.Air.Pollut.Contr. Admin.AP-55.

41-Heek.W.W.,Daines,R.H.,and Hindawi. I.J.1970.In Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas (J.S.Jacobson and A.C.Hill,eds.)PP.F1-124.Air Pollut.Contr.Ass.,Pittsburgh. Pennsylvania.

42-Heggestad.H.F.,1968.Phytopathology 58,1089-1097.

43-Heggestad.H.F.,1969.J.Air Pollut. Contr.Ass.19,424-426.

44-Heggestad.H.F.,and Middleton:J.T., and Darley.E.F.1964.Int.J.Air Water Po-llut.8,1-10.

45-Hill.A.C.,and littlefield.N.1969. Environ.Sci.Tecnol.3,25-26.

46-Hill.A.C.,Pack.M.R.,Treshow.M., Downs.R.F.,and Transtrum,L.G.1961.Phyt-opathology 51,356-363.

47-Hill.A.C.,Heggestad.H.F.,and Lin-zon.S.N.1970.InRecognition of Air Poll-ution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas(J.S.Jacobson and A.C,Hill.eds.). PP.B1-B22.Air Pollut Contr.Ass.,Pittsb-urgh Pennsylvania.

48-Hill.A.C.,Heggestad.H,F.,and Lin-zon.S.N.1970.In Recognition of Air Poll-ution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas(J.S.Jacobson and A.C.Hill.eds.). PP.B1-B22.Air Pollut.Contr.Ass.,Pitts-burgh.Pennsylvania.

49-Hindawi.I.J.,Dunning.J.A.,and Br-andt.C.S.1965.Phytopathology 55,27-30.

50-Hitchock.A.F.,Zimmerman.P.W.,and Coe.R.R.1963.Contrib.Boyce Thompson Inst. 22,175-206.

51-Homan.C.1937.Plant Physiol.12,957-958.

52-Hosler.C.R.1961.Man.Weather Rev. 89,319-339.

53-Howell.R.K.Devine.T.F.,and Hanson. C.H.1971.Crop.Sci.11,114-115.

54-Hull.H.M.,and Went.F.W.1952.Proc. Nat.Air Pollut.Symp.,2nd.1952 PP.122-128.

55-Jacobson.J.S.,and Hill.A.C.eds. 1970.Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation.,APictorial Atlas. Air Po-llut.Contr.Ass.,Pittsburgh.Pennsylvania.

56-Jacobson.J.S.,Weinstein.I.H.,MeCu-ne.D.C.and Hitchock.A.E.1966.J.Air Poll-ut.Contr.Ass.16,412-417.

57-Jones.J.I.1963.Science 140,1317-1318.

58-Juhren.M.,Noble.W.M.,and Went.F.W. 1957.Plant Physiol.32,576-586.

59-Katz.M.1949.Ind.Eng.Chem.41,2450-2465.

60-Kendrich.J.B.,Jr.,Middleton.J.T.

and Darley.E.F.1953.Phytopathology 43, 588.

61-Kendrich.J.B.Jr.,Dmley.E.F.,and Middleton.J.T.1962.Int.J.Air Water Pollut.6,391-402.

62-Kert.F.D.,and Reinert.R.A.1968.Phytopathology 58,1055.

63-Knight.R.C.,and Priestly.J.H.1914. Ann.Bot.(London)28,135-161.

64-Hortz.H.G.,and Went,F.W.1953.Plant Physiol.28,50-62.

65-Lacasse,N.L,Weidensaul.T.C,and Carrol,J.W.1970.Publ.No 148,70 Center for Air Environm.Stud.Pennsylvania State University Park,Pennsylvania.

66-Landau.F.,and Brandt.C.S.1970.Environ.Res.3,54-60.

67-Ledbetter,M.C.,Zimmerman,P.W.,and Hitchcock,A.E,1959.Contib.Boyce Thompson Inst.20,257-282.

68-Lee,T.T.1966.Can,J.Bot 44,487-496.

69-Leone,I.A.,and Brennan,E.G.1969. Atntos.Environ.3,339-406.

70-Leone.I.A.,Brennan,F.G.,Daines,R. H.,and Robbins,W.R.1948.Soil Sci.66,259-266.

71-Leone,I.A.,Brennan,E.G.,and Daines, R.H.1966.J.Air Pollut.Contr.Ass.16,191-196.

72-Linzon.S.N.1958 Contrib Dep Agr Can Foresl Biol Div No 439.

73-Macdowall,F.D.H.1965 Can J.Plant Sci 45,1-11.

74-Macdowall,F.D.H.1966 Can J.Plant Sci 349-353.

75-Macdowall.F.D.H.,Vickery,I.S.,Runeekles.V.C,and Patrick,Z.A.1963 Can Plant Dis Sury 43,131-151.

76-Macdowall,F.D.H.,Mukammal,E.I.,and Cole,A.F.W.1964 Can J.Plant Sci 44,410-417.

77-Manning W.J.,Feder.W.A.,Perkins,I., and Glickman,M.1969.Plant Dis Rep 53, 506-510.

78-Manning.W.J.,and Perkins I.1970. Phytopathology 60,669-670.

79-Menser,H.A.1962 Doctoral Thesis University of Maryland College Park.Maryland.

80-Menser,H.A.1966,Tobacco Sci 10,33-34.

81-Menser,H.A.1969,Tobacco Sci 13,99-104.

82-Menser,H.A.and Heggestad,H.E.1966 Science 153,424-425.

83-Menser,H.A.and Hodges,G.H.1967, Tobacco Sci,11,151-154.

84-Menser,H.A.and Hodges,G.H.1968 , Agron J.60,349-327.

85-Menser,H.A.and Hodges,G.H.1970, Agron J.62,265-269.

86-Middleton.J.T.1956 J.Air Pollut Contr Ass 6,1-4.

87-Middleton.J.T.1964 Arch Environ Health 8,27-31.

88-Middleton.J.T.Kendrick,J.B.,Jr., and Schwalm H.W.1950.Plant Dis Rep 34, 245-252.

89-Middleton,J.T.,and Paulus,A.O.1956. AMA Arch Ind Health 14,526-532.

90-Miller,P.R.,Parameter J.R.,Jr Taylor.O.C.,and Cardilf,E.A.1963 Phytopathology 53,1072-1076.

91-Miller.P.W.,and Taylor.G.S.1970 , Plant Dis Rep 54,672-674.

92-Miller,V.L.,Johnson,F.,and Allmendinger.D.F,1948.Phytopathology 38,30-37.

93-Mohamed.A.H.1968 J.Air Pollut Contr Ass 18,395-398.

94-National Research Council of Canada 1939 Effect of Sulfur Dioxide on Vegetation.NRC No 815 Nat Res Counc Ottawa Canada.

95-National Research Council of Canada 1936 Effect of Sulfur Dioxide on Vegetation. NRC NO 815 Nat Res cone Ottava Canada.

96-Neliuboy D.1901 Beih Bot Cennalbe 10,123-139.

97-Oertli J.J.1958 Soil Sci 87,249-251.

98-OGara.P.J.1922.J.Ind.Eng Chem,14, 744.

99-Ordin,L.Taylor,O.C.,Propst.B.E., and Cardiff,E,A.1962 Int.J. Air Water Pollut 6,223-237.

100-Ost.H.1907.Z.Anger Chem.20,1689-1693.

101-Otto,H.W.,and Daines,R.H.1969. Science 163,1209-1210.

102-Pack.D.H.1964.Science 146,1119-1128.

103-Povilaitis.B.1967 Can.J.Genel Cytol 9,327-334.

104-Reinert.R.A.Tingey.D.T.,and Carter.H.B.1969 Hortscience 4,189.

105-Reinert.R.A.Tingey.D.T.,and Carter.H.B.1970 Hortscience 5,334.

106-Rich.S.1964.Annn.Rev.Phytopathol 2,253-266.

107-Richard,B.L.,Middleton.J.T.and Hewit.W.B.1958 Agron.J.50,559-561.

108-Saunders,P.J.W.1966 Ann Appl Biol 58,103-114.

109-Scheffer.T.C.,and Hedgcock,G.G. 1955.U.S.,Dep Agr Tech Bull 1117,1-49.

110-Sechler.D.,Davis,D.R.1964.Plant Dis.Rep.48,919-922.

111-Sediman,G.,and Riggan,W.B.1968. Nature(London)217,684-685.

112-Sediman.G.,Hindawi,I.J.,and Heek. W.W.1965.J.Air Pollut.Conrt.Ass.15,168-170.

113-Seigeorth.K.J.1943.Amer,Foresls 49,521-and 558.

114-Setterstrom,C.,and Zimmerman,P.W. 1939.Contrib.Boyce Thonipson Inst.10, 155-181.

115-Silber.G.1964.Tobacco Sci.8,93-95.

116-Stark.R.W.Millor.P.R.,Cobb,F.W., Jr,Wood Parameter,J.R.,Jr.1968.Hilgardin 39,121-126.

117-Stephens,E.R.Darley.E.F.,Taylor, O.C.and Scott.W.E.1961 Int.J.Air Water Pollut.4,79-100.

118-Sicin.A.C.,ed 1968.Air Pollution and its Effects 2nd ed Vol 11 Academic Press,New York.

119-Stolzy,L.H.Taylor.O.C.,Letey J. and Szuszkiewiez,T.E.1961.Soil Sci.91, 151-155.

120-Stolzy F.H.Taylor.O.C.,Dugger.W. M.Jr and Morsereau J.D.1964 Soil Sci Soc Amer Proc 28,305-308.

121-Taylor,G.S.1970 Phytopathology 60,578.

122-Taylor,G.S.and Rich S.1962 Science 135,928.

123-Taylor,G.S.DeRoo H.G.and Waggoner.P.E.1960 Tobacco Sci 4,62-68.

124-Taylor,O.C.1968 J.Occup Med 10, 485-499.

125-Taylor,O.C.and Eaton P.M.1966 In Plant Physiol 41,132-135.

126--Taylor,O.C.and Macl can D.C.1970 in Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation A Pictorial Atlas(J.S.Jacobson A.C.Hill.eds.),PP.El-E14.Air Pollut.Contr Ass,Pittsburgh Pennsylvania.

127--Taylor,O.C.Stephens F.R.Darley F. F.,and Cardi E.A.1960 Proc Amer Soc. llort Sci 75,435-444.

128--Taylor,O.C.Dugger W.M.Jr.Cardiff F.A.and Darley E.F.1961 Nature(London) 192,418-416.

129--Thomas,M.D.1951 Ann Rev Plant Physiol 2,293-322.

130--Thomas,M.D.1961 In Air Pollution World Health Organ Monogr.Ser No 46.PP 233-278,Columbia Univ.Press New York.

131--Thomas,M.D.and Hendricks R.H.1956 In Air Pollution Handbook.(P.L.Magil F. R.Holden,and C.Ackley eds).McGraw-Hill New york Sect 9,PP. 1-44.

132--Thompson C.R.and Taylor O.C.1969 Environ Sci Technol 3,934-940.

133--Ting I.P.and Dugger W.M.Jr 1968 J. Air pollut Contr.Ass.18,810-813.

134--Tingey D.T.Heck W.W.and Roinert R.A.1969a HortScience 4,189.

135-Tingey D.T.Reinert R.A.,and Carter H.B.1969b.Agron Abstr.61,34.

136-Treshow M.and Pack M.R.1970 In Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation.A Pictorial Atlas(J.S.Jacobson ard A.C.Hill eds.)PP.D1-D17 Air Pollut.Contr.Ass Pittsburgh.Pennsylvania.

137-Treshow M.Dean G.and Harner F.M. 1967 Phytopathology 57,756-758.

138-Van Haut H.1961 Staud 21,52-26.

139-Van Haut H.and Stratmann H,1967 Schriftenr Landesanst Immissions Bodennut zungsschutz Lands Nord heim-Westfalen Essen 7,50-70.

140-Van Haut H.and Stratmann H,1970 Farbtaflatlas Ueber Schwefel-dioxidwirkungen an Pflanzen Verlag W.Girardet Essen Germany.

141-Von Schroeder J.and Reuss C.1883 Die Beschadigung der Vegetation Durch Rauch und Die Oberharzer Huettenrauchschaden PareyBerlin.

142-Walker E.K.1967.Can J.Plant Sci 47,99-108.

143-Wanta,R.C.and Heggestad H.E.1959 Science 130,103-104.

144-Wanta,R.C.Moreland W.B.and Heggestad H.E.1961 Mon Weather Rev 89,289-296.

145-Webster,C.C.1967 Publication of the Agricultural Research Council Ministry of Agriculture and Fisheries Great Britain,PP,1-53.

146-Weinstein,L.H.,and McCune D.C. 1970 in Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation:A pictorial Atlas (J.S.Jacobson and A.C.Hill,eds.)PP.G1-G4 Air Pollut Contr Ass Pittsburgh Pennsylvania.

147-Widtsoe,J.A.1903 Utah Agr.Exp. Sta.Bull 88,149-179.

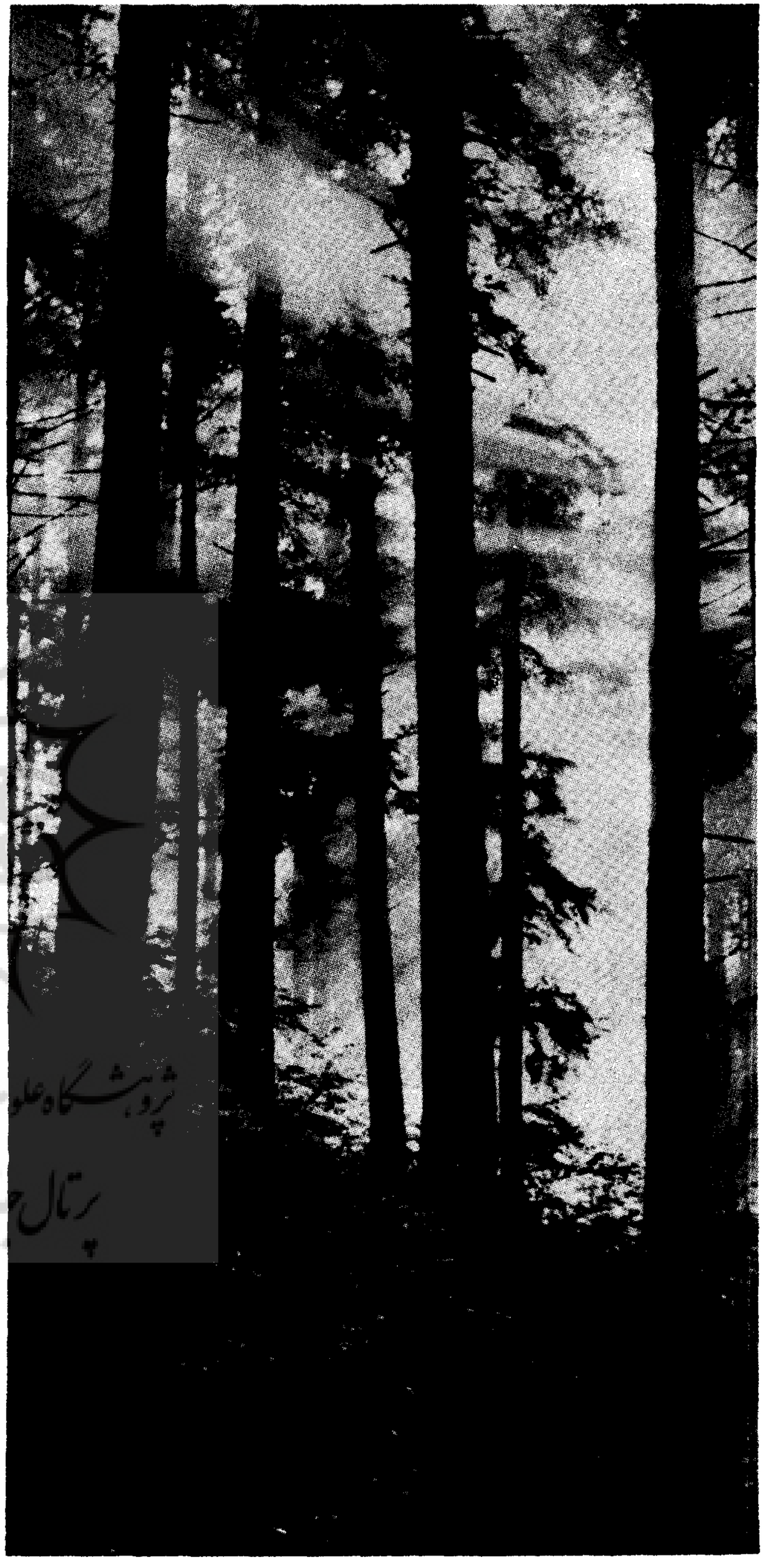
148-Withour,R.G.1970.Phytopathology 60,579.

149-Wood,F.A.1968.Phytopathology 58, 1075-1048.

150-Yarvood,C.E.,and Middleton J.T. 1954 Plant Physiol 29,393-395.

151-Zahn,R.1963.Staub 23,343-352.

152-Zimmerman,R.W.,and Hitchcock,A.E. 1946.Amer J.Bot 33,Suppl,233.



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی