

ماهیت و دامنه تعیرات واکنش گیاهان

نسبت به آلودگی هوا

نوشته : اچ-ای . هکستادودبلیو . دبلیو . هک

ترجمه : دکتر عوض کوچکی^(۱) و دکتر امین علیزاده^(۲)

۴- عوامل دیگر در رابطه با تغییر واکنشها

الف - عوامل ژنتیکی

(۱) - واکنش گونه های مختلف

(۲) - مطالعات اصلاح نباتات

ب - عوامل آب و هوایی

(۱) - کیفیت نور

(۲) - دوره نوری (فتوپریود)

(۳) - شدت نور

(۴) - درجه حرارت

(۵) - میزان رطوبت

(۶) - دی اکسید کربن

(۷) - اثر متقابل مواد آلوده کننده

(۸) - آب و هوا

(۹) - طول روز

ج - عوامل مربوط به خاک

(۱) - رطوبت خاک

(۲) - مواد غذایی

(۳) - عوامل دیگر خاک

د - عوامل دیگر

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

و - مکانیسم عمل مواد آلوده کننده

۱- مقدمه

الف - سابقه تاریخی

ب - ماهیت و دامنه پراکندگی مواد آلوده کننده هوا

ج - هواشناسی

د - جنبه های اقتصادی

۲- ماهیت واکنش گیاهان

الف - نوع صدمه

ب - صدمه وار به گیاهان زراعتی

(۱) - اوزون

(۲) - پیروکسی استیل نیترات (پان)

(۳) - دی اکسید گوگرد

(۴) - فلور

(۵) - دی اکسید ازت

(۶) - مواد آلوده کننده دیگر

۳- دامنه واکنش گیاهان

الف - وضع جغرافیائی

ب - فصل رشد

ج - روندهای آینده

۱- عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی

۲- عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی

محیط شناسی

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 ورتوس (۱۴۱) نیز علائم خسارتی را که بی اکسید گوگرد بر گیاه وارد میسازد بررسی نموده اند . 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 در این زمینه بزبان آلمانی بنوشته تحریر در آمده است (۱۰۰ ، ۳۴) .

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 در این مورد مربوط به خسارات ناشی از بی اکسید گوگرد است (۱۴۷ ، ۳۵) . به عنوان مثال میتوان از داک تاون در تنسی (۱۱۳) و تریل در بریتیش کلمبیا (۹۵) نام برد که در این مناطق بی اکسید گوگرد موجب از بین رفتن کامل گیاهان منطقه گردید . اخیراً " 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 هائی که سوخت آنها از مواد

گوگرد دار تامین میگردد ، موجب بالا رفتن اکسید گوگرد در محیط شده وبه همین دلیل علاقه دانشمندان به مطالعاتی در 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 بررسی فلور به عنوان یک ماده آلوده کننده از سال ۱۹۴۰ آغاز گردید (۱۵۲ ، ۹۰ ، ۶۹) . فلور در برگ متراکم گشته و مستقیماً " باعث از بین رفتن بسیاری از گونه های گیاهی میگردد . علوفه های چمنی و گیاهانی مثل یونجه قادرند حتی مقادیر بسیار کم فلورا 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 مشابهی نیز در آزمایشگاه از اثر اوزن و هیدراتهای غیر اشباع کربن بدست آمده است (۳۲) . بعدها مشاهده گردید که نیتراتهای پراکسی اسیل 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 در این زمینه انجام گردید (۵۱) . البته تا قبل از سال ۱۹۵۸ هنوز زیانهای حاصله از اوزن به گیاهان زراعتی مشخص نشده بود (۱۰۷) . ریچاردز و همکارانش دریافتند که اوزن باعث خالدار شدن انگور میگردد . علائم این بیماری

در سطح بالائی برگهای مو در اطراف لوس آنجلس مشاهده گردید. متعاقباً " مشخص گردید که لکه لکه شدن برگ، تنباکو (۴۹) و سوختگی انتهای برگهای درختان کاج استخری (۳) نیز ناشی از گاز ازت میباشد. در حال حاضر زیانهای حاصله از اوزن بیش از هر ماده آلوده کننده دیگری است (۴۳، ۱۵۶). در مورد اثرات مواد آلوده کننده دیگر نیز بررسیهای زیادی صورت گرفته است (۴، ۴۲، ۵۵، ۱۴۵).

ب: ماهیت و دامنه پراکندگی مواد آلوده کننده هوا

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

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

(۲) - مواد آلوده کننده ثانوی که نتیجه واکنشهای شیمیائی در طبیعت میباشند.

مواد آلوده کننده اولیه که از نظر زارعین حائز اهمیت میباشند عبارتند از بی اکسید گوگرد، اتیل، فلور، بی اکسید ازت و حشره کشها. این مواد اصولاً " 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 در جهت باد نیز مشاهده شده است. چون مقادیر قابل 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 پُر 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 اینکه 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 (پار) 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، سولفیدهدرژن و ذراتی چون گرد سیمان میباشند. ازن از هر 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 اصولاً " از احتراق زغال سنگ و دیگر تولیدات نفتی، ذوب و تصفیه سنگ معدن، و نیز در موقع ساختن و بکار بردن اسید سولفوریک تولید میشود. فلوراز فرآیندهای احیای آلومینیم و دیگر فلزات،

ساختن کودهای شیمیائی، کارخانه های آجر و سفال و ذوب آهن ایجاد میشود. ازن و نیتراکس پراکسی اسیل از واکنشهای فتوشیمیائی حاصل میشوند. ازن ممکن است از استراتسفر نیز بزمین انتقال یابد (۲۱۵، ۱۴۴) تخلیه های الکتریکی و نیز ازن تشکیل شده از طریق جرقه های الکتریکی نیز میتوانند جزء این منابع تولید ازن باشند. دی اکسید ازن در نتیجه حرارت زیاد احتراق مانند بنزین در اتومبیلها تولید میشود. اخیراً " 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 ازن پیشرفتی حاصل نشده است.

ج- هواشناسی

اتم سفر 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 معتنا بهی مقاله علمی در این زمینه به رشته تحریر در آمده است. اشترن (۱۱۸) در کتاب 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 به عقیده پک (۱۰۲) قبلاً "شرایط آب وهوائی پخش مواد آلوده کننده متغیر بود و میزان این مواد از سالی به سال دیگر ثابت حال آنکه چند

سالی است که شرایط آب و هوائی نسبتاً ثابت بوده ولی منابع آلودگی متغیر میباشد. طبقات هوای گرم در بالای اتمسفر یا انتی سیکلونها های راکد در شرق ایالات متحده بیشتر در نواحی جنوب شرقی، در اطراف جورجیا و کارولینای جنوبی بوجود میابند (۵۲). در واشنگتن به هنگام افزایش اوزن در هوا، عوامل مؤثر بر تراکم آن را تشخیص داده اند. این عوامل عبارتند از درجه حرارت نسبتاً زیاد هوا، تشعشع زیاد، رطوبت نسبی کم، بادهای جنوبی، سرعت کم باد در سطح زمین و بالای لایه انتقال دهنده حرارت (کمتر از ۸ میل در ساعت). ضخامت لایه انتقال دهنده حرارت معمولاً " بین ۲۰۰ تا ۴۷۰۰ فوت میباشد (۱۱۴). در غرب ایالات متحده امریکا هوای راکد بیشتر در بالای مناطق جنوب غربی مثل کالیفرنیا جنوبی و آریزونا و سطح وسیعی از یوتا حادث میگردد. پستی و بلندی، شبیه عوارض اطراف حوزه لوس آنجلس موجب کاهش جریان خروجی هوا از منطقه میگردد. پک (۱۰۲) عقیده دارد که لایه وارونه حرارت نیمه پایدار از خصوصیات سواحل غربی قاره های جهان بوده و از نظر تجمع مواد آلوده کننده موقعیتهای مناسبی را بوجود میآورد. افریقا، مجمع الجزایر سبیری، امریکای جنوبی و سواحل جنوب غربی ایالات متحده همگی دارای این خصوصیات میباشد.

د - جنبه های اقتصادی

گودریان و همکاران (۳۰) بین واژه های صدمه و خسارت اختلافی قائل شده اند که در بحث پیرامون اثرات اقتصادی مواد آلوده کننده هوا بر کشاورزی مفید میباشد. صدمه هرگونه واکنش قابل رویت و اندازه گیری گیاه در مقابل آلودگی

هوا میباشد. خسارت هرگونه اثر نامطلوب قابل رویت و اندازه گیری بر استفاده مورد نظر از گیاه اطلاق میگردد (یا بر تولیدات حاصله از آن گیاه). یكروزه شدن حاصله از مواد آلوده كننده صدمه است ولی ارزیابی خسارت بستگی به مقدار کاهش محصول گیاه دارد. تشخیص اولیه صدمه نیز احتیاج به قضاوت دارد چون علائم همیشه منحصر به مواد آلوده كننده نبوده و ممكن است بوسیله امراض، مواد غذایی، حشرات یا عوامل محیطی و مدیریت ایجاد شده باشند. بعضی از تغییرات سوخت، وسازی كه در اثر غلظت كم مواد آلوده كننده بوجود میاید نیز ممكن است خسارت محسوب گردند. بمنظور تعیین خسارت اقتصادی ارزیابی صدمه قابل رویت لازم میباشد.

يك ماده آلوده كننده كه قبل از برداشت خسارت به برگ گیاه میزند ممكن است اثری بر محصول نداشته باشد ولی این اثر بر روی برگ ممكن است باعث شود كه گیاه قابل عرضه به بازار نباشد. نتیجه نهائی تلف شدن كامل گیاه است. نسبت دادن این اثرات به خسارت اقتصادی ساده است ولی برای ارزیابی تاءثیر آن بر رشد، توسعه و ادامه حیات یا مصرف گیاه در هنگامی كه صدمه قابل رویت نباشد مشكل است. مقایسه رشد گیاه در هوای تصفیه شده و آلوده ساده است ولی در شرایط مزرعه بسیار مشكل است.

كوششهای زیادی در زمینه ارزیابی خسارت اقتصادی آلودگی هوا به كشاورزی شده است كه همگی برمبنای قضاوت محقق استوار بوده اند. لاندائو و براندت (۶۶) عقیده دارند كه این موضوع خود باعث محدود شدن این نوع مطالعات میشود. نامبرده گان معتقدند كه موفقیت آزمایشات انجام شده بوسیله قسمت آمار وزارت كشاورزی امریکا مرهون جمع آوری اطلاعاتی است كه احتیاج به حداقل تصمیم تجربی دارند. بمنظور ارزیابی

خسارت اقتصادی آلودگی هوامتدهائی كه احتیاج به كمترین تصمیم ممكنه دارد بهترین تخمین از تلفات را بدست خواهد داد.

در كاليفرنیا در يك بررسی بر روی گیاهانی كه از لحاظ اقتصادی مهم هستند گروهی از افراد تعلیم دیده بكار گرفته شدند (۸۹). این افراد روش خاصی را پیاده كردند كه در اثر آن نتایج مطلوبی بدست آمد. آنها تمام مواردی را كه در مزارع مشاهده كردند گزارش نمودند ولی ممكن است بعضی از صدمات و خسارات وارده رانديده باشند. هیچگونه كوششی بمنظور تعیین کاهش محصول یا رشد انجام نشده ولی گزارش بسیار خوبی از چگونگی پراكش صدمه حاصله از مواد آلوده كننده بدست آمد.

بررسی مشابهی نیز در پنسلوانیا با يك برنامه گسترده در طول فصل رویش سال ۱۹۶۹ انجام گردید. گزارش سال اول حاكي است كه خسارتی معادل ۱/۵ میلیون دلار به این ایالت وارد گردیده است (۶۵). بررسیهای مشابهی نیز بمنظور ارزیابی خسارات وارده در دیگر ایالتها در دست اقدام است. در تمام این بررسیها فقط صدمه قابل رویت بر روی گیاه ارزیابی شده و نتیجتاً اثراتی كه بر رشد و میزان محصول دارد محاسبه نگردیده است كه این خود يك نارسائی در این بررسیها است. نمونه دیگری از این مطالعات در سال ۱۹۶۹ انجام

شد كه نتیجه آن ارائه مدلی بود كه بوسیله آن میتوان ارزش دلاری را محاسبه نمود (انستیتوی پژوهشهای استانفورد، مذاكرات شخص بابندیکت). این مدل با استفاده از اثرات مشخص مواد آلوده كننده روی گیاهان مختلف در آزمایشگاه و در مزرعه طرح ریزی شده است. در این مدل همچنین از شیمی آتمسفری و مقدار مواد آلوده كننده ثانویه كه از غلظت معین مواد آلوده كننده اولیه بدست می آیند 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 در بیش از ۱۰۰ منطقه آمریکا 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 تخمین زدند. در این روش با توجه به ماهیت آن تصورات تجربی زیادی که فقط بر اساس علائم صدمه قابل رویت استوار بوده شده است.

اطلاعات تحقیقاتی بمنظور تخمین دقیق تاءثیر کلی آلودگی هوا بر اقتصاد کشاورزی در دست نیست. بررسی انجام شده بوسیله بندیکت خسارتی معادل حدود ۱۰۰ میلیون دلار را ذکر کرده است. خسارات ناخالص تخمینی در گذشته 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 درختان زینتی، حیات وحش و معیارهای زیبایی را منظور بداریم خسارت ناخالص ذکر شده به مراتب کمتر از مقدار واقعی است.

۲ - ماهیت واکنش گیاهان

الف - نوع صدمه

علائم صدمات حاصل از مواد آلوده کننده بر روی گیاهان را میتوان به سه گروه تقسیم نمود. صدمات حاد، صدمات مزمن و اثرات فیزیولوژیکی (همانطوریکه در بخش اول قسمت "دبّحث شده صدمات منجر به خسارات اقتصادی نمیشوند). صدمه حاد در اثر از بین رفتن سلولها بوده که منجر به ایجاد

زمینه های نکروزه قابل تشخیص میگردد. علائم حاصل درمدمتهای کوتاه (چند ساعت) در اثر غلظتهای مختلف مواد آلوده کننده ظاهر میگردد و معمولاً " در مدت ۲۴ ساعت بعد از اینکه گیاه در معرض 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 بعضی از 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 معرض غلظتهای کم گاز قرار گرفته باشد حادث میشود. علائم آن زمینه های کلرونیکی و ایجاد رنگهای دیگر در بافتهای برگ بوده و ممکن است همراه با افزایش ریزش برگها باشد. بعضی اوقات صدمه ممکن است شدید بوده و حتی زمینه های نکروتیک کلاسیک شبیه به نکروزه شدن حاشیه ای که در اثر فلوربوجود میاید تولید کند. نوع صدمات مزمن معمولاً " مشخص شده است ولی بهیچ عنوان هر ماده آلوده کننده دارای علائم مشخص بخود نیست. امراض، حشرات، کمبودهای غذایی، 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 در گیاهان حساس ظاهر شود و بنابراین یک محقق ناوارد ممکن است نتواند تشخیص دهد.

اثرات فیزیولوژیکی شامل تغییرات رشد، کاهش محصول و تغییرات کیفیت تولیدات گیاهی است. این اثرات همچنین شامل نارسائیهای ناپایدار سوخت و سازی شده که ممکن است اثر آن بر میزان رشد یا محصول قابل اندازه گیری نباشد. بعضی از این اثرات تحت شرایط آزمایشگاهی اندازه گیری شده اند و شامل

تغییراتی در سرعت تنفس یا فتوسنتز یا در تعرق و در میزان فرآیندهای آنزیمی میباشند. مقایسه رشد در هوای تصفیه شده 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 در دست است که اکسانیده هائی از قبیل ازن رشد گیاهان بخصوص مثل مرکبات (۱۳۲) یا تربچه (۱۳۴) یا تنباکو (۱۰۴) یا میخک (۲۵) را کاهش میدهد. در گونه 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 اثر فلور در گیللاس (دانشگاه ایالتی اورگان، مذاکرات شخص با فاکتوا) مشاهده شده است. این اثرات را میتوان جزء اثرات فیزیولوژیکی بحساب آورد.

صدمه وارد به گیاهان زراعتی

(۱) اوزن

در بیشتر گیاهان علفی اوزن لکه های کوچک نکروزه در سطح بالائی برگهای کامل ایجاد میکند. سلولهای نردبانی اولین سلولهای هستند که خسارت قابل رویت در آنها مشاهده میشود. در غلات و علفهای چمنی که عاری از این سلولها هستند خسارت به مزوفیل وارد شده و در هر دو سطح برگ ظاهر میشود. در انواع مختلف گیاهان لکه های کوچک در بین رگبرگها

بشکلهای نامنظم ظاهر میشوند. قسمتهای نکروزه در مواردیکه این لکه ها بزرگ هستند درد و طرف برگ ظاهر میشوند. لکه های کلروزه و افزایش اجزاء رنگی از علائم این خسارت است. برگهای مسن تر قبل از موقع خشک شده و میریزند (۶۷، ۴۸). در تنباکو و بعضی گیاهان دیگر در روزهایی که غلظت اوزن زیاد باشد برگها پژمرده شده و حالتی روغنی پیدا میکنند. در صبح روز بعد لکه های خیس شده با آب از اولین علائم صدمه در تنباکوهای کشت شده در مزرعه میباشد. این لکه های نکروزه بیشتر در طول رگبرگهای فرعی پراکندگی دارند. لکه ها در ابتدا تیره بوده بعداً " با از بین رفتن بافتها برنگ خاکستری روشن با لکه های قهوه ای تبدیل میشوند. اگر گیاه که بود ازت داشته باشد این لکه ها تیره باقی میمانند. اگر برگها رویهم قرار بگیرند یا اینکه تا بخورند قسمتی از برگ که پوشیده شده است صدمه نمیبیند.

اثر ازن روی برگهای پیروکلروزه شده سوژا ایجاد لکه های تیره است، در حالیکه 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 در طول رگبرگها مشاهده میشود. صدمه ازن بر علفهای چمنی علوفه ای ودانه ریزها ممکن است بصورت لکه های بین رگبرگها ظاهر شود. سلولهای خارجی مزوفیل مجاور 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 مخصوصاً " اگر به گیاه ازت زیاد داده شده باشد برنگهای سرخ قهوه ای ظاهر میشوند.

علائم صدمه ازن ممکن است برای گونه های مختلف

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

(۲) - پیروکسی استیل نیترات (پان)

صدمه پان به سطح زیرین برگها بوده و بصورت لکههای شفاف ، نقره ای و قهوه ای ظاهر میگردد . معمولاً " فقط تعداد کمی برگهایی که زود ظاهر شده اند 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 و بنا بر این ایجاد نوارها اتفاق نمی افتد . رشد بافتهای جوان ممکن است لطمه دیده و از اینرو برگهای گل اطلسی و دیگر گیاهان با ادامه رشد بصورت فشرده درآیند . رشته های مورب در برگهای گیاهان تک لپه نیز بخوبی آشکار میگردند (۵۸) .

گرچه شفافیت و قهوه ای شدن معمولاً " مخصوص سطح زیربرگ است ولی در گیاهانی مثل تنباکو ، اطلسی و گوجه فرنگی که در شرایط کنترل شده در معرض پان قرار گرفته بودند دارای این علائم در سطح فوقانی برگ گردیدند .

(۳) - دی اکسید گوگرد

صدمه حاد حاصل از دی اکسید گوگرد معمولاً " در دو طرف برگ و داخلی است و مناطق از بین رفته در اطراف رگبرگهای اصلی که سبزی باقی مانده اند مشاهده میگردد . رنگ ایجاد شده عاجی بوده در حالیکه صدمه مزمن این ماده ایجاد رنگ قهوه ای

و قرمز میکند . در برگهای تک لپه ای به علت رگبرگهای موازی ممکن است رگه های نکروزه ایجاد شوند . صدمه معمولاً " در انتهای برگ و در طول تیغه برگ جایی که برگها خمیده میشوند بیشتر بچشم میخورد . صدمه دی اکسید گوگرد نیز همانند صدمه اوزن در برگهای جوان بیشتر حادث میشود . جوانترین برگها مقاوم تر هستند . علائم صدمه حاد دی اکسید گوگرد بریونجه با صدمه حاصله از ازن قابل اشتباه است . برگهای گیاهانی که برای مدت طولانی در معرض دی اکسید گوگرد با غلظت کم قرار داده شوند محتوی گوگرد زیادتری خواهند بود و ظاهری کلروزه شده دارند (۱ ، ۱۴۰) .

(۴) - فلور

علائم مشخص فلور در اغلب گیاهان نکروزه شدن انتها و حاشیه برگها است . لکه ها در ابتدا ممکن است خاکستری یا سبز روشن باشند ولی بعداً " قرمز - 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 بیشتر گیاهان قبل از موقع ریزش میکند . فلور برگهای مرکبات را کلروزه میکند . کلروزه شدن از حاشیه برگها به مناطق بین رگبرگهای بزرگتر توسعه پیدا میکند (۱۳۶) .

صدمه فلوربه ذرت ایجاد نقطه های کلروزه در حاشیه برگها بوده که بطرف مرکز برگ توسعه مییابد . اگر صدمه زیاد باشد تمام برگ ممکن است کلروزه گردد (۵۰) . برگهای کلروزه در موردیکه صدمه شدید باشد بصورت نکروزه در میآیند . 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 در میلیون را بدون صدمه دارا باشند (۶۱).

(۵) - دی اکسیدازت

تی لور و مک لین (۱۲۶) اطلاعاتی راجع به ماهیت صدمه حاصل از دی اکسیدازت را جمع آوری کرده اند. علائم صدمه حاد این ماده شبیه به صدمه دی اکسید گوگرد است. صدمه وارده احتمالاً "در اثر آزاد شدن اتفاقی مواد سمی میباشد. گلیتر (۲۹) چنین اظهار میدارد که مقدار نسبتاً زیاد دی اکسیدازت در حوزه لوس آنجلس عامل صدمه مزمن وارده بر گیاهان آن ناحیه است. نامبرده معتقد است که صدمه دی اکسیدازت 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 اکسیدازت در چندین روز منجر به نوع صدمه ای که گلیتر (۲۹) بیان داشته است نمیشود. نامبردگان مشاهده کردند که کلروفیل گیاهانی که 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 احتمالاً "صحیح میباشد. همانطوریکه در قسمت چهارم ب - ۷ بحث شد شواهدی در دست است که دی اکسیدازت و دیگر مواد آلوده کننده مانند دی اکسید گوگرد ممکن است صدمه بیشتری را وارد سازند.

(۶) - مواد آلوده کننده دیگر

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)، «شش کشها (مخصوصاً "علف کشهای فرار)، کلر، آمونیاک، اسید کلریدریک، جیوه، ذرات ریز در هوا، سولفید هیدرژن، دیواکسید کربن را بررسی کرده اند. در این بررسی مقادیری را که ایجاد صدمه میکند مشخص شده و حساسیت نسبی بعضی گیاهان به مواد آلوده کننده مخصوص بحث شده است.

۳- دامنه واکنش

الف - وضع جغرافیائی

برای مثال در این مورد میتوان حذف کشت گیاهان بخصوص را از مناطقی که زیاد آلوده شده اند مانند تولید تغلب از لوس آنجلس و سانفرانسیسکو را نام برد (۸۷). مسئله مداوم آلودگی هوا در مورد تنباکوی سیگار در دره کنتیکات باعث افزایش مخارج تولید شده است و تا حدی تولید کننده گان را مجبور به عدم کشت یا کاهش 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 کننده گان

گیاهان زراعتی خسارت دیده نزدیک 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 دقت بیشتری در مورد بهترین استفاده ممکنه از زمین باید انجام شود چون بعضی منابع آلوده کننده و انواعی از گیاهان با یکدیگر سازگار نمیشوند.

ب - فصل رشد

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 معمولاً 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 برداشت شده اند ولی صیفی جات و گیاهانی که در پائیز کشت شده اند در مناطقی جنوبی مخصوصاً " کالیفرنیا آسیب پذیر هستند. شواهدی در دست است که بیشترین خسارت فلور در بهار بهنگامی است که میوه ها در مراحل تشکیل میشوند.

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 رشد باشند، در نتیجه، در اواخر بهار یا اوائل تابستان نسبت به وضع جغرافیائی برگها در طی چند روز حداکثر خسارت را میبینند.

ج - روندهای آینده

ازدیاد جمعیت و افزایش تقاضای مردم برای 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 تا اواسط دهه ۱۹۷۰ صورت گرفته است (۱۳).

برای سال ۲۰۰۰ از نظرایجاد 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 دسولفور کردن (حذف کردن گوگرد) از زغال سنگ و دیگر مواد سوختنی و نیز جدا کردن دی اکسید گوگرد از گاز دودکشها مبذول گردیده است. این کوششها ممکن است موفقیت آمیز باشد. البته پیش بینی میشود که ایجاد مواد آلوده کننده از ایستگاههای تولید برق که با نفت و زغال سنگ کار میکنند در طی سال ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ دو برابر شود. یک بررسی در حوزه های هوائی یمنسلوانیا (۱۴۹) نشان داد که وسعت منطقه افزایش یافته و خسارت بالقوه

مرکزهما هنگی مطالعات محیط زیست

ایستگاههای تولید برق به محصولات کشاورزی نیز وجود دارد .
اثرات متقابل دی اکسید سولفور ، اوزن و اکسید ازت
امکان خسارت مخصوصاً " 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 معتنا بیهی مواد اکساینده میباشد .

۴ - عوامل دیگر در رابطه با تعبیر واکنشها

عوامل زیادی بر حساسیت گیاه به آلوده کننده های هوا
دخالت دارند . در بیشتر موارد اطلاعات در زمینه اهمیت یک
عامل معین بر روی یک وارپته 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 وارپته گیاهی نسبت به یک آلوده
کننده معینی را نمیتوان بر اساس واکنش گیاهان مشابه نسبت
به همان آلوده کننده پیش بینی نمود . همچنین واکنش گیاه
نسبت به یک ماده آلوده کننده را نمیتوان بر اساس 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 به مواد آلوده کننده منحصر به مشاهدات صحرائی
و تحقیقات مربوط به واکنش وارپته 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 در اثر حساسیت به مواد آلوده
کننده هوا در داخل 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 وارپته 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 وارپته ای در تنباکو بصورت گسترده ای مورد
مطالعه قرار گرفته است هگستد و همکاران (۴۵) واکنش ۶ وارپته

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 وارپته گیاه متغیر است. منسر (۸۰) مشاهده کرد که وارپته های تنباکوی سیگار حساستر از ۵ وارپته تنباکوی دیگر از جمله وارپته وایت - گلد است. مک داوول (۷۵) گزارش داد که وارپته تنباکوی وایت - گلد از حساسترین وارپته بین ۳۲ وارپته تنباکوی آزمایش شده است.

آر. آ. رئی نرت (مذاکرات شخصی) گزارش داد که چندین وارپته تنباکوی نوع بورلی دارای حساسیت کمتری در مقایسه با وارپته تنباکوی سیگار دبل - دپلیمو 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 مشکل خواهد بود چون تغییرات بین افراد یک نسل در مورد مقاومت به بیماری بسیار زیاد است. البته مشخص شده است که انتخاب در تنباکوی سیگار بمنظور افزایش در برابر بیماری مؤثر بوده است.

کاج سفید در برابر بسیاری از مواد آلوده کننده حساسیت متغیر نشان میدهد. حدود ۳۰٪ از این گیاهان کم و بیش بوسیله یکی از مواد آلوده کننده اصلی مثل ازن دی اکسید گوگرد یا فلور صدمه قابل توجهی میبینند. در داخل یک جمعیت معین بعضی از درختان نسبت به بیش از یک ماده حساس هستند و بعضی نسبت به یک ماده وعده ئی حساسیت به هیچ نوع ماده ای ندارند (۳). عارضه کلروزه شدن و یا کوتاهی کاج سفید در شرق ممالک متحده امریکا از آلودگی هوا میباشد (۱۷). این مرض به حدود ۳۰٪ کاجها سرایت میکند.

دو چینگر و همکاران (۱۷) گزارش داده اند که اغلب

در کاج سفید مقدار ۰.۵ / قسمت در میلیون از دی اکسید گوگرد یا ازن باعث سوختگی انتهای درخت، ایجاد رگه های کلروزه یا هردوی آنها میگردد. هنگامیکه کاجهای حساس را بمدت ۸ ساعت در روز برای مدت چندین روز در معرض مخلوطی از مواد آلوده کننده با غلظت یکسان از هر کدام (۰.۵ / قسمت در میلیون) قرار داده شدند رگه های برگ و همچنین سوختگی آنها بطور منظم بمقدار جزئی یا گاهی زیاد تولید گردید. غلظتهای بکار برده شده غلظتی است که اغلب در مناطقی که کاجهای پا کوتاه کلروزه در منطقه اهایو وجود دارند مشاهده شده است.

یکی از جالبترین آزمایشات در مورد حساسیت وارپتهای به ازن مطالعه روی پیاز بوده است (۲۳). یک جفت ژن غالب باعث کنترل این مقاومت میشوند. این صفت ارثی حساسیت سلولهای محافظ را نسبت به ازن تنظیم میکند. روزنه های وارپته مقاوم بمجرد 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 مجدداً باز میشوند. روزنه های وارپته 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.

بعضی از بررسیها نشان داده است که تاثير فلور و ازن بر ساختمان زادآوری گیاه است. محمد (۹۳) در نسلهای بعدی گوجه فرنگیهای 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). در کالیفرنیا مشاهدات صحرائی نشان داده است که صدمه وارده به برگ ذرت در اثر آلودگی با اکسایده 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) - مطالعات اصلاح نباتات

مطالعات فوق بخوبی نشان میدهد که تغییرات ژنتیکی زیادی در مورد حساسیت به مواد آلوده کننده در داخل واریته های هرگونه معین وجود دارد. چون اصولاً "متخصصین اصلاح نباتات گیاهانی را انتخاب میکنند که دارای حداکثر محصول بوده و حداقل صدمه را ببینند. 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 بسیار مقاوم مخصوصاً "از گونه هایی که معمولاً" در مناطق آلوده در امریکا میرویند ضروری میباشد. بررسیهای به نژادی از حدود ۱۵ سال قبل در دره کنک تی کت بمنظور

کاهش صدمه لکه ای شدن تنباکوی سیگار شروع شد و 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 در انتاریو، کانادا در دست اجرا است (۱۰۳). محققینی که روی گیاهان دیگر کار میکنند نیز در فکر توسعه چنین برنامه هایی افتاده اند. بررسیهای واریته ای که قبلاً "تحت عنوان واکنش گونه ها بحث شد (قسمت ۴، الف ۱) منابع ممکنه ژنتیکی مقاوم برای استفاده در برنامه های به نژادی را مشخص میسازد. این رشته احتیاج به تحقیق بیشتری دارد.

ب - عوامل آب و هوایی

اثر عوامل آب و هوایی 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 اکثراً "نتایج متضادی مشاهده شده است. بمنظور تفسیر کامل صدمه حاصله از متغیرهای آب و هوایی باید از حساسیت گیاهان به مواد آلوده کننده مشخص بخوبی آگاه بود.

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

از دوره مواجهه و در طول این دوره ضروری میباشد . شرایط بعد از دوره مواجهه نیز مهم میباشد ولی شاید اهمیت آن از دوره های قبل و بعد از مواجهه کمتر باشد .

(۲) دوره نوری (فتوپریود)

یک مدت معین نور در طول یک دوره ۲۴ ساعته باعث کنترل بعضی جنبه های توسعه گیاهی میشود . ژوهرن و همکاران (۵۸) گزارش دادند که بدون توجه به درجه حرارت در طول رشد ، یک دوره ۸ ساعته فتوپریود در مقایسه با یک 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 فتوپریود خیلی زیادتر به ازن حساس میشوند . منسر (۷۹) و مک دوال (۷۳) با مطالعه روی تنباکو در مراحل مختلف رشد و دوره های مختلف فتوپریود نتایج مشابهی را بدست آوردند .

(۳) - شدت نور

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 در یک فتوپریود ۸ ساعته و ۲۰۰۰ فوت - شمع رشد یافته بودند با لوبیای رشد یافته در همین مدت فتوپریود و ۳۰۰۰ فوت - شمع نسبت به ازن واکنشهای مشابهی نشان دادند (۳۷) . هک و دنینگ دریافتند که اگر فتوپریود از ۸ ساعت به ۱۶ ساعت تغییر داده شود حساسیت به ازن بیشتر از زمانی که شدت نور از ۲۰۰۰ به ۳۰۰۰ افزایش داده شود کاهش مییابد . کارهای اولیه انجام شده با دی اکسید گوگرد (۱۱۴)

(۱) - کیفیت نور

قبل از اینکه گیاه در معرض مواد آلوده قرار گیرد کیفیت نور ممکن است بر روی حساسیت گیاه مؤثر باشد . گزارشات متعدد حاکی از اینست که حساسیت بین گیاهان صحرائی در گلخانه های و اطافک رشد تفاوت دارد . از آنجائیکه کنترل متغیرهای خارج از گلخانه غیر ممکن و متغیرهای داخل گلخانه نیز فقط تا حدودی قابل کنترل هستند نمیتوان با قاطعیت پیشنهاد کرد که تغییرات حساسیت گیاهان بعلت کیفیت نور میباشد . گیاهان کشت شده در گلخانه معمولاً " نسبت به مواد آلوده کننده هوا حساستر از گیاهان کشت شده در اطافک رشد میباشند .

لوبیا قرمز فقط در مواردی نسبت به پان حساس است که در دوره های قبل و بعد و همچنین در دوره مواجهه مقداری نور موجود باشد (۱۲۸) . چنین پیشنهاد شده است که در داخل گیاه یک سیستم حساس به نور موجود میباشد . بررسیهای انجام شده با طول موجهای مختلف روی لوبیا نشان داد که صدمه پان در ۴۲۰ و ۴۸۰ نونامتر حداکثر 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 . بعدها دگروتینگ (۱۸) دریافتند که یک سیستم عکس العملی دو نوری در طول موجهای ۶۶۰ و ۷۰۰ نونامتر واکنش گیاه را در مقابل پان کنترل میکند . گیاهان در طول موج ۶۶۰ نسبت به طول

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 - شمع یک رابطه مثبت وجود دارد. با افزایش شدت نور تا حد نور کامل خورشید حساسیت در مقابل بعضی مواد آلوده یا برای گیاهان مخصوص ممکن است افزایش یا بدهل و نت (۵۴) گزارش دادند که گیاهانی که در تاریکی در معرض هگزن اوزن دار قرار داده شدند حساسیت کمتری در مقایسه با گیاهانیکه در روشنائی قرار گرفته بودند نشان دادند. کورتیز وونت (۶۴) مشاهده کردند که گوجه فرنگی در تاریکی در مجاورت هگزن اوزن دار کاهشی در رشد نشان نمیدهد ولی در روشنائی کاهش رشد کاملاً مشخص است. بنابه عقیده ژهژن و همکاران (۵۸) شدت نور بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ فوت شمع آستانه ای است که صدمه اکساینده ها در آن حادث میشود شدت نور مورد نیاز برای باز شدن روزنه ها نیز ممکن است در همین آستانه باشد. منابع موجود حاکی از آنستکه برای گیاهان حساس، نور یکی از عوامل لازم برای بروز صدمه توسط مواد آلوده کننده است. دی اکسید ازت شاید استثناء باشد چون اخیراً " دو گزارش نشان داده است که حساسیت زیادتر در طول 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) - درجه حرارت

در یک آزمایش هل وونت (۵۴) گیاهانی را برای مدت ۱ یا ۸ روز قبل از اینکه آنها را در درجه حرارت ۲۶ درجه در معرض سزین اوزن دار قرار دهند در درجه حرارتهای ثابت ۳۰ یا ۱۷ درجه سانتیگراد کشت کردند. صدمه حاصله در هر کدام از این دو دوره قبل از عمل یعنی ۱ یا ۸ روز مستقیماً مربوط به افزایش درجه حرارت بود. اثر حرارت در هر کدام از این سه درجه حرارت برای مدت ۸ روز بیشتر از 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 ۱۳ درجه سانتیگراد قبل از مواجهه با هگزن اوزن دار کشت شده باشند. کاهوی کشت شده در کمتر از ۴ روز 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 ۱۳ درجه سانتیگراد برای مدت ۹-۵ روز مشاهده نمود. در این آزمایش با کشت گیاه در درجه حرارت ۱۳ درجه سانتیگراد مدت ۹- روز کاهش فزاینده ای در حساسیت نسبت به هگزن اوزن دار مشاهده گردید.

یکی از کاملترین کارهای انجام شده در زمینه درجه حرارتهای رشد بر حساسیت 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 و شرایط حرارتی که گیاه در آن رشد یافته بود تغییر یافت . بعضی از گیاهان در مراحل اولیه رشد حساس بودند درحالیکه بعضی دیگر تا قبل 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 مواد اکساینده نشان داده شده است . با تغییر دادن شرایط گیاه از شرایط گرم به داغ حساسیت آنها در طول ۳ روز از بین رفت و نیز با برعکس کردن شرایط حساسیت افزایش یافت . این گونه تغییرات که با برعکس کردن درجه حرارت 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 می گردد .

هک و همکاران (۳۹) مشاهده کردند که بهنگام قرار دادن گیاه در معرض اوزن با افزایش درجه حرارت گلخانه حساسیت گیاه نیز افزایش مییابد . 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 به اوزن و درجه حرارت در لوبیا قرمز و تنباکو وجود دارد . نتایج مشابهی نیز بوسیله کانتول (۱۰) بر روی یک وارپته 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٪ حساستر است 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 مورد اهمیت کمبود آب بعد از مواجهه در افزایش صدمه به گیاه است .

(۵) — میزان رطوبت

رطوبت نیز بر حساسیت گیاه به مواد آلوده کننده موثر میباشد . منسر (۷۹) در مطالعه روی اثر اوزن بر تنباکو مشاهده کرد که در هر دو درجه حرارت ۱۵ و ۳۲ درجه سانتیگراد با افزایش رطوبت از ۵۰ به ۹۵ درصد حساسیت گیاه افزایش یافت . نامبرده دریافت که بطور کلی خسارت با افزایش رطوبت افزایش مییابد . هل وونت (۵۴) گزارش دادند که در موقع مواجهه با افزایش رطوبت از ۵۵ به ۹۰ درصد صدمه نیز افزایش یافت . نامبردگان هیچگونه اثر تغییر رطوبت بر صدمه را بعد از مواجهه مشاهده نکردند . هگستد و همکاران (۴۵) پیشنهاد کرده اند که اختلاف رطوبت بین مناطق خشک غربی و مرطوب شرقی خود حاکی از حساسیت بیشتر گیاهان در سواحل شرقی است .

رابطه مثبت بین صدمه و رطوبت در طول رشد 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 صفر حساسیت به میزان ۹۰٪ کاهش یافت و بین رطوبت و حساسیت یک رابطه مثبت وجود دارد . مطالعات آزمایشگاهی اخیر این مطلب را تأیید میکند که حساسیت گیاهانی که در رطوبت بالا رشد کرده و در معرض مواد آلاینده قرار میگیرند

مرکز هماهنگی مطالعات محیط زیست

نسب گیاهانی که در شرایط رطوبت کم پرورش یافته اند کمتر است (۱۰۱، ۱۴۸). بررسیهای اخیر هک و همکاران نشان داده است که بین رطوبت و نور در طی رشد لوبیا قرمز یک اثر متقابل وجود دارد. نامبردگان مشاهده کردند که رطوبت ۶۰ و ۸۰ به هنگامیکه شدت نور ۴۰۰۰ شمع - فوت باشد اثری بر حساسیت ندارد (میزان صدمه بترتیب ۴۶ و ۴۴ درصد) ولی در موردی که شدت نور ۲۰۰۰ شمع - فوت باشد اثر رطوبت زیاد خواهد بود (میزان صدمه به ترتیب ۶۶ و ۷۹ درصد).

بنا به نظر مک دوال (۷۴) شبم صدمه حاصله از اکساینده ها را افزایش نمیدهد. هل وونت (۵۴) نیز گزارش مشابهی ارائه داده اند. البته کستونیس و سینکلر (۱۲) مشاهده کرده اند 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 معرض اوزن قرار داده شده بودند گزارش دادند. نتایج حاصله حاکی از اینست که بجز در مواردی که غلظت اوزن خیلی زیاد باشد با رطوبت کم روی برگها حساسیت افزایش مییابد. این موضوع بدلیل باز شدن روزنه ها میباشد. بهر حال رطوبت در تحت شرایط معینی ممکن است نقش مهمی را بازی کند.

(۶) - دی اکسید کربن

تراکم دی اکسید کربن در داخل برگ ممکن است از عوامل کنترل کننده عمل روزنه ها باشد بنابراین تغییرات غلظت دی اکسید کربن میتواند بر حساسیت گیاه به مواد آلوده کننده موثر باشد هک و دنینگ (۴۱) در یک آزمایش مشاهده کردند که گیاهان تنباکو که بلافاصله قبل و در هنگام مواجهه

با اوزن در معرض ۵۰۰ قسمت در میلیون دی اکسید کربن قرار داده شدند کمتر از گیاهان دیگر حساس بودند. همین آزمایش بر روی حساسیت لوبیا قرمز بدون اثر بود.

تغییرات زیاد غلظت دی اکسید کربن در گلخانه و ادلاکهای 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 تأیید بشود اضافه کردن دی اکسید کربن داخل گلخانه ها میتواند گیاهان را در مقابل اکساینده ها حفاظت کند.

(۷) - اثر متقابل مواد آلوده کننده

یکی از موانعی که در درک اثرات مواد آلوده کننده بر گیاهان وجود دارد عدم اطلاعات در مورد اثرات متقابل ممکنه 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 در آزمایشی دی اکسید گوگرد بداخل اطاقک رشد وارد گردید و ترکیب حاصله از مخلوط اوزن و بنزین نیز به آن اضافه 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 را دیواکتیو شده پروبیلن مشاهده نکرد.

اولین اثر متقابل مثبت توسط منسروهگستد (۸۲) روی وارپته بل - دلیو - ۳ تنباکوی حساس به اوزن گزارش شد. نامبردگان دریافتند که قرار دادن گیاه در معرض ۰/۰۵ قسمت

در میلیون اوزن و ۰/۲۵ قسمت در میلیون دی اکسید گوگرد بمدت ۴ ساعت باعث ایجاد صدمه شدید شد در صورتیکه همین مقادیر از مواد آلوده کننده فوق بتنهایی 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 در میلیون دی اکسید گوگرد برای وارپته بل دبلو-۳ زیان آور بوده است. اثر متقابل دی اکسید گوگرد نیز بر روی بل دبلو ۳ مشاهده شده است.

با مواجه کردن این وارپته با مخلوط ۰/۱ قسمت در میلیون دی اکسید ازت و ۰/۱ قسمت در میلیون دی اکسید گوگرد بمدت ۴ ساعت صدمه زیادی 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.

در آزمایشی با دی اکسید ازت و دی اکسید گوگرد نیز که بر روی ۶ گیاه زراعی انجام گرفت وجود اثر متقابل گزارش شده است (۲۲). با بکار بردن مخلوطی از گازهای فوق به غلظتهای ۵ تا ۵۰ پی پی اچام بمدت ۴ ساعت صدمه ایجاد گردید. صدمه در مورد هر گاز بتنهایی در کمتر از ۵۰ برای دی اکسید گوگرد و کمتر از ۲۰۰ برای دی اکسید ازت صورت نگرفت. صدمه بجای اینکه مانند صدمه حاصله از هر گاز بصورت نکروزه های دو طرفه باشد بصورت نقطه های نکروزه در سطح بالائی یا لکه های رنگی ظاهر گردید. ترتیب حساسیت ۶ گونه بترتیب سوژا، تربچه، تنباکو، لوبیا، چاودار و گوجه فرنگی بود. بررسیهای انجام شده روی کاج سفید و واکنش آن به دی اکسید گوگرد و اوزن با مخلوطی از ۵ پی پی اچام از هر گاز نمونه دیگری از وجود اثر متقابل بین مواد آلوده کننده است که در رابطه با مفهوم صدمه حاصله از مواد آلوده کننده

مفید میباشد (۱۷). این نتایج همچنین میتواند توضیحی برای بعضی از عوارض نامعلوم صدمه به گیاهان باشد.

(۸) - آب و هوا

اطلاعات زیادی در مورد عوامل موثر صدمه حاصله از مواد آلوده کننده در آزمایشات گلخانه ای و آزمایشگاهی در دست میباشد. قبل از اینکه یک ماده آلوده کننده کاملاً شناخته شود نتایج آزمایشگاهی را باید در رابطه با عوامل صحرائی تفسیر نمود. بررسیهای متعددی در زمینه مرتبط کردن عوامل آب و هوایی و صدمه به گیاهان انجام گرفته است. بهترین مطالعات انجام شده در مورد واکنش گیاه و شرایط آب و هوایی در کانادا گزارش شده است. در این منطقه همبستگی صدمه به گیاهان و دزهای 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 همبستگی وجود نداشت ولی به محض تصحیح آن نسبت به دز مواد آلوده کننده بین دز و میزان صدمه یک رابطه مستقیم ایجاد گردید. با وجودیکه بین دز اوزن با یک دامنه وسیع از غلظت و صدمه آن رابطه مستقیم وجود ندارد (۳۹) محققین کانادائی با استفاده از رابطه تجربی فوق قادر به پیش بینی صدمه ناشی از آن شدند.

اهمیت نسبی عواملی چون سرعت باد و فشار هوا در رابطه با عوامل اولیه ای که بحث شد ناچیز بنظر میرسد. البته بعضی آزمایشات انجام شده در اطاقکهای رشد نشان میدهد که حرکت هوا میتواند بر میزان جذب مواد آلوده کننده مؤثر باشد. تحت شرایط محدود جدا کردن این عوامل از یکدیگر

غیر ممکن است .

۵/۳ و ۵/۸ اتمسفر کشت داد و مشاهده نمود که با افزایش فشار اسمزی (شوری) و فشار رطوبت خاک مقاومت در برابر صدمه اکسایده ها افزایش یافت .

(۹) - 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 بعد از 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- عوامل مربوط به خاک

رطوبت خاک بر حساسیت گیاه نسبت به آلودگی هوا مؤثر میباشد . بررسیهایی در مورد اثرات متقابل مواد غذایی نیز گزارش شده است اثرات درجه حرارت تهویه و شوری را میتوان بخوبی بر روی گیاه مشاهده کرد .

(۱) - رطوبت خاک

بررسیهای متعدد حاکی از آنستکه گیاهانی که در شرایط خشکی رشد یافته اند حساسیت کمتری نسبت به آلودگی هوا دارند تا گیاهانیکه در شرایط رطوبت میرویند . اثر تلی (۹۷) گیاهانی را در محلولهای غذایی ۱، ۲، ۴، ۸ معادل یا فشار اسمزی ۵/۷۵ تا ۶ اتمسفر و نیز در روی ماسه تحت فشار رطوبت

هل و ونت (۵۴) مشاهده کردند که اگر ۵-۳ 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 در مواقعی 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 کسب آب مواجه بود ، نسبت به هگزن ازن دار مقاوم بود . مقاومت ، تنباکو در مقابل اکسایدهها بهنگام خشکسالی نیز گزارش شده است (۱۲۷) . در همین گزارش مشاهده میشود که گیاهانیکه تازه آبیاری شده اند از گیاهان آبیاری نشده 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 مذکور خصوصیات مربوط به شرایط خشکی را پیدا نمودند و حتی اگر چندین ساعت قبل از مواجهه نیز بخوبی آبیاری می شدند حساسیت کمتری نسبت به ازن نشان میدادند (۷۳) .

روزنه های برگ در گیاهان فقط در ساعات روز باز میشدند . 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) - مواد غذایی

بررسیهای مختلف روی مواد غذایی 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 ازن به خاک باعث حساسیت گیاهان به هگزن ازن دار گردید. همین نتایج برای جو و چاودار کشت شده در خاک غنی از ازن نیز بدست آمده است. بروور 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 به بررسی بیشتر در این مورد را تأکید کرده اند.

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

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

لی (۶۸) بین میزان ازن محلول در گیاه و حساسیت به اوزن یک همبستگی را پیدا نمود. بدون شک میزان ازن خاک بر حساسیت گیاهان به مواد آلوده کننده مؤثر میباشد. این اثر

غیر مستقیم است و شاید از طریق تغییر متابولیسم سلولها در جهت افزایش یا کاهش حساسیت باشد. بین ازن و دیگر مواد غذایی ممکن است یا اثر متقابل باشد ولی ماهیت آن هنوز معلوم نیست.

(۳) - عوامل دیگر خاک

بین درجه حرارت خاک و صدمه مواد آلوده کننده رابطه ای پیدانشده است البته بین درجه حرارت خاک و جذب آب و نیز تعرق یک رابطه مثبت وجود دارد که این میتواند امکان وجود یک همبستگی بین درجه حرارت و حساسیت گیاهان به مواد آلوده کننده را تأیید 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 میزان صدمه معنی دار نبود. گیاهانیکه در خاکهای سنگین رسی رشد یافته باشند در مقایسه با گیاهانیکه در خاکهای سبک روئیده اند 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 دلایل 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. مشاهدات صحرائی نشان داده است که دی اکسید گوگرد در چندین نوع سوزنی برگان از جمله برخی قارچهای بیماری زا جلوگیری کرده اند (۷۲، ۱۰۸، ۱۰۹). گزارش یاروود 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 مرض باکتریائی لوبیا قلوه ای نیز واکنش مشابهی نشان داده است (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 با قارچ بوتریتیس سینرا باشد آلودگی این قارچ در گوجه فرنگی و شمعدانی افزایش مییابد.

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

در کالیفرنیا مشاهده شده است که اکساینده ها باعث مستعد کردن درخت کاج استخری به سوسک تنه درخت شده اند (۱۱۶). وجود جمعیت زیاد حشرات بر روی بعضی گونه های

درختان حساس به مواد آلوده کننده در شرق امریکا ممکن است بر اثر 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 احتیاج به آزمایشات بیشتر و با طرح ریزی بهتری دارد.

افزایش عوارض اکساینده ها در کلیه مناطق کشاورزی مخصوصاً "در محدوده شهرهای بزرگ باعث شده است که نوعی سمپاشی بمنظور جلوگیری یا کاهش شدت صدمه در گیاهان حساس رواج پیدا کند.

افشانه های ضد اکساینده ها با درجات مختلف از موفقیت بکاربرده شده اند ولی هیچگونه راه عملی جهت کاربرد آنها پیدا نشده است (۵۷، ۹۹، ۱۱۲، ۱۱۵، ۱۲۲، ۱۴۲). چندین نوع قارچ کش محتوی کاربایست و دیگر قارچ کشها نیز باعث کاهش خسارت اکساینده ها در لوبیا و تنباکو شده اند (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 افشانه ها میتوانند قابل استفاده باشند، البته چهار عیب کلی در هر برنامه استفاده از افشان وجود دارد: احتیاج به ادامه استفاده از آن بمنظور ایجاد یک مقاومت دائمی، گرانی، امکان باقی ماندن مواد اضافی نامطلوب در گیاه، عدم امکان پیش بینی دقیق روزهایی که میزان اکساینده ها زیاد است. هیچگونه طریقه شیمیائی قابل اعتماد برای حفاظت گیاهان در برابر اکساینده ها وجود ندارد. البته پاشیدن آهک از دیر باز بمنظور حفاظت هلو در برابر فلور در طول 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 ماههای زمستان کم و در طول تابستان زیاد و از ماه مه تا اکتبر نسبتاً "یکنواخت است. این نوسانات ممکن است مربوط به باز شدن روزنه ها باشد، زیرا سیدمن و ریگان (۱۱) نیز وضع مشابهی در مورد باز شدن فصلی روزنه ها در لوبیا مشاهده کرده اند. نامبردگان معتقدند که این امر مربوط به یک ریتم سالانه (ساعت) است که 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 حساسترین سن برای بلوگراس یکساله در مقابل صدمه مواد آلوده کننده اکساینده بسته به درجه حرارت در طول رشد تغییر میکند. میدلتون (۸۶) مشاهده نمود که برگهای اولیه لوبیا در ابتدا به هگزن ازن دار حساس نبودند ولی حساسیت آنها تا سن ۱۴ روزهگی افزایش یافت و در این شرایط تا سن ۲۱ روزه حساس باقی ماندند. دگرو و همکاران (۲۱) مشاهده کردند که جوانترین برگهای لوبیا به پان حساسترند در حالیکه برگهای پیرتر به ازن حساس میباشند. بکاربردن مکرر ازن روی تنباکو در ابتدا باعث صدمه به برگهای پائینی و مسن میشود و با ادامه آن برگهای بالائی گیاه نیز صدمه میبینند (۴۵). تینگ و دگر (۱۳۳) مشاهده کردند که 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 اکساینده حساستر بوده در حالیکه بافتهای برگهای مسن حساسیت بیشتر به ازن و اغلب مواد

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 اصولاً " حساسیت نشان نمیدهند. البته سولفیدهدرژن به برگهای جوان و اجزاء در حال رشد صدمه وارد کرده در حالیکه برگهای مسن کاملاً " غیر حساس میباشند. اثر مواجهه تدریجی گیاهان با مواد آلوده کننده بر چگونگی حساسیت آنها تعیین نگردیده است.

شواهدی در دست است که اگر در شب مقدار کمی از دی اکسید گوگرد به گیاه داده شود و در روز بعد دزحاد این 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 قبلی مواد آلوده کننده دیگر کاهش داد (۲۳، ۶۴). در یک وارپته حساس پیاز این امر مربوط به فعالیت روزنه ها بوده است که از ورود ازن اضافی جلوگیری میکند. مک دوال (۷۳) دریافت که مواجهه قبلی بسته به غلظت ازن ممکن است باعث افزایش یا کاهش حساسیت گردد. آ. اس هیگل (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 میشود. هک و دیننگ (۳۷) مشاهده کردند که اگر مقدار معینی از ازن در یک ساعت به گیاه داده شود حساسیت بیشتر از زمانی خواهد بود که همین مقدار در دو نوبت نیمساعته با فواصل زمانی مختلف بین دو نوبت داده شود. آن کاهش میزان صدمه بر اثر مواجهه درازمدت، ممکن است نتیجه بسته شدن روزنه ها بعد از مواجهه اولیه و سپس تجدید حیات جزئی بافت های گیاه بعد از صدمه ابتدائی یا امکان خارج کردن برخی از ترکیبات 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 ۴-۵ روز دو دفعه بمدت ۴-۵ ساعت در روز در معرض ازن قرارگیرد برای گیاهی که فاصله کوتاهترین مواجهه را داشت (۱ تا ۵/۵ ساعت) صدمه حاصله بصورت تجمعی بروز کرد (۳۷). شواهدی در دست است که نشان میدهد که مواجهه اولیه باعث میشود که تنباکو نسبت به مواجهه بعدی ازن حساس شود. بعلت وجود نتایج متفاوت در زمینه این بررسیها هیچگونه نتیجه گیری امکان پذیر نیست. اثرات مواجهه طولانی یا میزان کم ماده آلوده کننده نیز بخوبی روشن نشده است ولی گزارشات حاکی است که ممکن است عوامل حفاظت کننده ای مؤثر باشد. بسته شدن روزنه ها یکی از این عوامل میباشد (۴۶) ولی شواهدی نیز در دست است که حاکی از وجود حفاظت بیوشیمیائی حداقل در گیاهان مشخص میباشد.

ه- رابطه بین زمان ، غلظت آلوده کننده ها و صدمه

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 - 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 ناشی از مواد آلوده کننده یا مخلوطی از آنها ناکافی است.

اثرات حاد ازن و دی اکسید گوگرد با غلظتهای متفاوت

و در زمانهای مختلف بمنظور رسم منحنیهای اولیه زمان - غلظت برای بررسی حساسیت گروههای مختلف گیاهان بخوبی مطالعه شده است. یکی از اولین گزارشات مربوط به روابط زمان غلظت برای گیاهان توسط آگارا (۹۸) بر روی دی اکسید گوگرد صورت گرفته است. نامبرده فقط صدمه نوع حاد که در مدت زمان نسبتاً کم حادث میگردد بررسی نمود و رابطه غلظت (C) و زمان (t) بصورت زیر نشان داد.

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

پارامترهای a و b مربوط به گونه و وارسته گیاهی و درجه صدمه وارده میباشد. غلظت بر حسب قسمت در میلیون (پی پی ام) و زمان بر حسب ساعت محاسبه گردید. فرمول آگارا 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 از $\frac{1}{t}=0$ یا $t=\infty$ است. این نقطه را میتوان آستانه غلظتی دانست که صدمه حادث میگردد. معادله آگارا یک معادله ریاضی است که برای مواجهه در زمان محدود صادق است. گودرین و همکاران (۳۰) معادله آگارا را مناسب ندانسته و یک رابطه نمائی را بدست آوردند. $t=ke^{-a}$ (e-r) که k طول عمر گیاه (بر حسب 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 هر دو 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 برگیرند 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 وارپته بل - دلیو - 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 در گلخانه یا تحت شرایط مزرعه انتظار میرود نشان میدهد . گزارشات دیگری نیز اهمیت زمان و غلظت ماده آلوده کننده را تأیید کرده است (۱۳۳،۸۴) .

هک و همکاران اخیراً "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 از غلظت معینی از یک ماده آلوده در طول یک دوره محدود ایجاد میشود و یا میزان غلظتی از یک ماده آلوده که میتواند در آتمسفر برای مدت معینی بدون صدمه و یا صدمه ناچیز به وارپته 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 هر ماده سمی که دارای نوع 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 تغییر نکند 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 سؤال است .

همه اطلاعات آزمایشی ارائه داده شده فقط وقوع حادثه 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 در مقایسه با فصل رشد بوده است . استفاده از این 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 از محققین در مورد اثرات زمان - غلظت ازن بر گونه های مختلف گیاهی گزارشاتنی داده اند . در جدول شماره ۱ خلاصه ای از مقادیر آستانه (۵٪) ازن که از نتایج زمان - غلظت بدست آمده است مشاهده میشود و در جدول ۲ اطلاعات مشابهی برای دی اکسید گوگرد خلاصه شده است . این جداول مدت زمان و غلظت لازم برای ایجاد صدمه به گیاه حساس ، متوسط و مقاوم را در سطح آستانه صدمه نشان میدهند .

و- مکانیسم عمل مواد آلوده کننده

عوامل مختلفی که بر واکنش گیاهان در برابر مواد آلوده کننده هوا مؤثرند میتوانند از طریق کنترل روزنه ها، از طریق عوامل داخلی مؤثر بر واکنش سلولها یا ترکیبی از

این عوامل باشند. اهمیت کنترل روزنه ها از روی وارپته پیاز مقاوم به ازن مشخص شده است (۳۲) و یکی از عوامل اصلی بشمار میرود.

جدول ۱

غلظتهای پیش بینی 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	۱۵-۳۰	۲۵-۶۰	≥ ۵۰
۱	۱۰-۲۵	۲۰-۴۰	≥ ۳۵
۲	۷-۲۰	۱۵-۳۰	≥ ۲۵
۴	۵-۱۵	۱۰-۲۵	≥ ۲۰
۸	۳-۱۰	۸-۲۰	≥ ۱۵

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

جدول ۲

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

زمان (ساعت)	حساس	متوسط	مقاوم
۰/۵	۱-۵	۴-۱۲	≥ ۱۰
۱	۰/۵-۴	۳-۱۰	≥ ۸
۲	۰/۲۵-۳	۲-۷/۵	≥ ۶
۴	۰/۱-۲	۱-۵	≥ ۴
۸	۰/۰۵-۱	۰/۵-۲/۵	≥ ۲

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

تأثیر متابولیسم کربوهیدراتها شد. این تحقیق و نیز مطالعات دیگر در زمینه تأثیر آنزیمها، ترکیبات سلولی، قابلیت نفوذ غشاء سلولی و روزنه ها اخیراً توسط دگروتینگ (۱۹) بررسی شده است. اطلاعات زیادی در زمینه تغییرات بیوشیمیائی و فیزیولوژیکی حاصله از ازن و پان موجود میباشد. البته این محققین باین نتیجه رسیده اند که مکانیسم حقیقی صدمه حاصله از اکساینده ها بر بافتهای گیاهی هنوز بدون جواب مانده است.

شاید بهترین عامل مکانیسم کنترل به غیر از باز شدن روزنه اعمال پیچیده فتوشیمیائی مواد آلوده کننده هوا باشد زیرا این مواد بافتهای مختلف ولی معین یک گیاه را تحت تأثیر قرار میدهند. واکنش یک ماده آلوده کننده برای ایجاد صدمه در بافتهای برگ بدون شک یک واکنش بیوشیمیائی است. این موضوع از طریق بررسیهای روی مواد حاصله از دود ماشین ثابت شده است (۴۹). سه ماده سمی مختلف در یک مخلوط از طریق واکنشهای مختلف در بافتهای برگ تنباکو تعیین هویت شدند. بررسیهای انجام شده در زمینه تأثیر نور بر حساسیت نسبت به ازن و پان (۲۱) منجر به بررسیهای متعددی روی

۵ - بحث

بمنظور آگاهی هر چه بیشتر در مورد مسئله آلودگی 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 معمولاً "اولین علائم کاهش کیفیت هوا است".

صدمه آلودگی هوا به گیاهان که از یک منبع مشخص مانند یک کارخانه ناشی میشود آسانتر از صدمه ناشی از منابع چندگانه آلودگی قابل تشخیص است. نکته مهم در این مسئله عمل نور خورشید بر تولیدات حاصل از احتراق از قبیل دی اکسید ازن و هیدروکربنها بوده که منجر به تشکیل مواد ثانویه مسموم کننده گیاهی از 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 بر گیاهان بشمار میرود. چون ازن یکی از ترکیبات اتمسفر است و در گذشته عقایدی مبنی بر مفید بودن آن برای سلامت موجود بوده است بعضی از مردم مضر بودن آن بعنوان یک ماده آلوده کننده را قبول نمیکند. دستگاههایی که بتواند خصوصاً "ازن را اندازه گیری کند در دسترس نیست و آنچه در اغلب آنها اندازه گیری میشود مقدار کل اکساینده های موجود در هواست که این خود نیز بر پیچیدگی مسئله میافزاید. البته در مواقعی که مقدار اکساینده ها زیاد باشد ۹۰ درصد یا بیشتر 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 شرایط هواشناسی مناسب برای تجمع مواد آلوده در نزدیک سطح زمین موجود است.

حساسیت برخی از وارپته های گیاهی نسبت به بعضی از مواد آلوده کننده سبب شده است که مسائل آلودگی هوا و اثر آن بر گیاهان غالباً "شناخته شوند. میدانیم که اگر محققین اصلاح نباتات در زمینه ایجاد وارپته های سازگار و پر محصول کوشش نکنند صدمه حاصله از آلودگی هوا خیلی بیشتر خواهد بود. با استفاده از انتخاب در تولید وارپته های پر محصول و جلوگیری از صدمه به برگ حتی بدون آگاهی از وجود مواد آلوده سمی برای گیاهان در منطقه مورد نظر مقاومت بعضی از وارپته ها نسبت به مواد آلوده کننده افزایش یافته است. 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 از لکه لکه شدن برگ (صدمه ازن) امکان کشت موفقیت آمیز این گیاه را بوجود آورد.

ایجاد وارپته های زراعی و باغبانی مقاوم به مواد آلوده کننده باید بهمان نسبتی باشد که ایجاد وارپته های مقاوم به امراض و یا مقاوم به سرما امکان پذیر است. البته کوشش برای کنترل آلودگی از منابع تولید نیز باید ادامه داده شود. افزایش سریع غلظت مواد آلوده حتی محصول و کیفیت مقاومترین وارپته ها را نیز کاهش میدهد. همچنین بعضی از مواد آلوده کننده که به گیاهان صدمه میزنند برای سلامت دامها و انسان نیز مضر میباشد، البته بعضی از گونه های گیاهی بینهایت بمواد آلوده کننده حساس هستند. بجز در مورد بعضی از مواد آلوده کننده از قبیل منواکسید کربن و بعضی فلزات سنگین نشان دادن اثرات مواد آلوده کننده بر گیاهان در مقایسه با

اثر آنها بر حیوانات و انسان آسانتر میباشد .

صدمه حاصل از مواد آلوده کننده هوا ممکن است شبیه صدمه حشرات ، امراض ، کمبود مواد غذایی 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 مفید خواهد بود ولی برای اغلب مواد آلوده کننده تکنیکهای تجزیه ای برای تشخیص ماده یا مواد آلوده کننده در دسترس نیست . نمونه برداری از هوا ممکن است باعث کسب اطلاعات جالبی شود ولی این کار را باید در طول چندین هفته و با دقت کافی انجام داد در مورد فلور غلظتهای کمتر از ۱ قسمت در میلیون در هوا را باید اندازه گیری نمود . شاخصهای بیولوژیکی نیز بسته به نوع ماده آلوده کننده و گیاهان شاخص های مفید میباشند . بعضی از مسائل مربوط 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 . مجموعاً " ۱۲۰ عکس رنگی بعنوان کلید شناسائی صدمه مواد آلوده کننده مختلف بر روی گونه های گیاهان در آن چاپ شده است (۵۵) .

ع- خلاصه

مواد آلوده کننده اصلی مشخص و ماهیت و وسعت مسائل آلودگی هوا بحث شده است . علائم صدمه این مواد مخصوصاً " 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 به صدمات مزمن و کاهش رشد ناشی از مواد آلوده کننده هوا از قبیل اکساینده های فتوشیمیایی واکسید گوگرد معطوف گردیده است . واکنش گیاهان نسبت به آلوده کننده هاهمکن است تحت عوامل مختلف ژنتیکی ، محیطی ، شرایط کاشت ، روابط زمان ، غلظت و وجود مخلوط مواد آلوده کننده قرار بگیرد . شناسائی و استفاده از وارسته های مقاوم از طریق به نژادی باعث کاهش صدمه شده و حداکثر تولید گیاه را تضمین میکند .

REFERENCES

- 1-Barrett, T.W. and Benedict, H.M. 1970. In Recognition 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. Pflanzkrankh. Pflanzenschutz 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 Beschädigung der Vegetation durch Rauch. Handbuch zur Erkennung 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. Texas, 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. Fl-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 Pollut.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.Phytopathology 51,356-363.
- 47--Hill.A.C.,Heggestad.H.F.,and Linzon.S.N.1970.In Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas(J.S.Jacobson and A.C,Hill.eds.). PP.B1-B22.Air Pollut Contr.Ass.,Pittsburgh Pennsylvania.
- 48--Hill.A.C.,Heggestad.H,F.,and Linzon.S.N.1970.In Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation: A Pictorial Atlas(J.S.Jacobson and A.C.Hill.eds.). PP.B1-B22.Air Pollut.Contr.Ass.,Pittsburgh.Pennsylvania.
- 49--Hindawi.I.J.,Dunning.J.A.,and Brandt.C.S.1965.Phytopathology 55,27-30.
- 50--Hitchcock.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 Pollut.Contr.Ass.,Pittsburgh.Pennsylvania.
- 56--Jacobson.J.S.,Weinstein.I.H.,McCune.D.C.and Hitchcock,A.E.1966.J.Air Pollut.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 Poll-
ut.6,391-402.

62-Kert.F.D.,and Reinert.R.A.1968.Ph-
ytopathology 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.Env-
iron.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.,Run-
eekles.V.C,and Patrick,Z.A.1963 Can Pl-
ant 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.Mar-
yland.

- 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 Ottawa 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.Genet 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.Ann.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 Szuszkiewicz,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 Maclean D.C. 1970
in Recognition of Air Pollution Injury
to Vegetation A Pictorial Atlas (J.S. Jacob-
son and A.C. Hill eds.), PP. E1-E14. Air Pollu-
tion Contr Ass, Pittsburgh Pennsylvania.
- 127--Taylor, O.C. Stephens F.R. Darley F.
F., and Cardi E.A. 1960 Proc Amer Soc.
Plant 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 Ph-
ysiol 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. Magill 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 Reinert
R.A. 1969a HortScience 4, 189.
- 135--Tingey D.T. Reinert R.A., and Car-
ter 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. Jacob-
son and 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 Bodenn-
utzungsschutz Lands Nord heim-Westfalen
Essen 7, 50-70.
- 140--Van Haut H. and Stratmann H, 1970
Farbtafl atlas Ueber Schwefel-dioxidwirk-
ungen an Pflanzen Verlag W. Girardet Ess-
en Germany.
- 141--Von Schroeder J. and Reuss C. 1883
Die Beschädigung der Vegetation Durch
Rauch und Die Oberharzer Huettenrauchsc-
haden Parey Berlin.
- 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-Yarwood, 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.

