

## Literaturverzeichnis

- A n o n y m (Pflanzenschutzamt Münster): Beobachtungen im Rahmen des Warndienstes ersparen Behandlungskosten. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **14**. 1962, 109—110.
- B u h l, C.: Beobachtungen über vermehrtes Schadauftreten der Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.) an Raps und Rüben in Schleswig-Holstein. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **12**. 1960, 1—6.
- B u h l, C., und H o r n i g, H.: Versuche zur Bekämpfung der Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.) und des Kohlschotenrüblers (*Ceuthorrhynchus assimilis* Payk.) in Rapsbeständen mit bienenunschädlichen Präparaten im Sprühverfahren vom Hubschrauber aus. Zeitschr. Pflanzenkrankh. **68**. 1961, 591—596.
- B u h l, C., und W a e d e, M.: Bericht über einen Thiodan-Kaltnebeleinsatz vom Hubschrauber aus zur Bekämpfung der Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.) und des Kohlschotenrüblers (*Ceuthorrhynchus assimilis* Payk.) in blühenden Rapsbeständen. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **14**. 1962, 38—40.
- F r ö h l i c h, G.: Zur Biologie und Bekämpfung der Kohlschoten-Gallmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.). Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) N. F. **10**. 1956, 123—128.
- H o r n i g, H., und B u h l, C.: Erfahrungen eines Grobeinsatzes zur Bekämpfung der Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.) und des Kohlschotenrüblers (*Ceuthorrhynchus assimilis* Payk.) im Sprühverfahren vom Hubschrauber aus. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **14**. 1962, 40—42.
- N o l t e, H.-W.: Prognose und Warndienst zur Schädlingbekämpfung im Rapsbau. Leipzig 1956. 28 S. (Sitzungsberichte d. Deutsch. Akad. d. Landwirtschaftswiss. **5**, H. 18).
- N o l t e, H.-W., und F r i t z s c h e, R.: Untersuchungen zur Bekämpfung der Rapschädlinge. III. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Berlin) N. F. **8**. 1954, 128—135.
- T r a p p m a n n, W.: Pflanzenschutz und Vorratsschutz. Bd. 1. Stuttgart 1949.
- W a e d e, M.: Versuche zur Bekämpfung der Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.) in blühenden Ölfruchtbeständen mit Hilfe des Kaltnebelverfahrens. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **12**. 1960 (a), 65—70.
- : Über den Gebrauch einer verbesserten Lichtfalle zur Ermittlung der Flugperioden von Gallmücken. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **12**. 1960 (b), 45—47.
- : Die Bewährung des Kaltnebelverfahrens bei einem Grobeinsatz zur Bekämpfung der Kohlschotenmücke (*Dasyneura brassicae* Winn.). Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **13**. 1961 (a), 70—73.
- : Über die Anwendung eines Erdbohrers zur Ermittlung der Tiefenlage von Insekten im Boden. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig) **13**. 1961 (b), 91—93.

Eingegangen am 11. November 1963.

DK 632.151

## Pflanzenschäden durch Kraftfahrzeugabgase

Von Hans-Otfried Leh, Biologische Bundesanstalt, Institut für nichtparasitäre Pflanzenkrankheiten, Berlin-Dahlem

Die ständig zunehmende Kraftfahrzeugdichte in der Bundesrepublik sowie der steigende Verbrauch von Heizöl in Industrie und Haushalten läßt ein Problem auf uns zukommen, das in den USA bereits seit über 20 Jahren erhebliche Bedeutung hat: die phytotoxischen Wirkungen von Stoffen, die mit den Abgasen von Kraftfahrzeugmotoren und Olverbrennungsanlagen in die Atmosphäre gelangen.

Kraftfahrzeugabgase und ähnlich zusammengesetzte Emissionen von Olverbrennungsanlagen und Erdölraffinerien sind die Hauptursache des „smog“, eines bläulichen bis bräunlichen Dunstes in der Atmosphäre, der zuerst in Los Angeles und später auch in anderen Großstädten der USA in zunehmendem Maße zu einem hygienischen Problem ersten Grades geworden ist. Neben den durch „smog“ bedingten Beeinträchtigungen und Schädigungen der menschlichen Gesundheit, auf die hier nicht eingegangen werden kann, haben Pflanzenschäden durch derartige Luftverunreinigungen, die erstmals 1944 in Los Angeles beobachtet wurden, inzwischen ganz erhebliche wirtschaftliche Bedeutung erlangt. So wurden bereits für das Jahr 1949 für das Gebiet von Los Angeles Verluste in Höhe von etwa 480 000 Dollar errechnet (23), und nach neueren Angaben betrug die Ertrageinbuße an verschiedenen Feldfrüchten im Jahre 1960 in Kalifornien etwa 8 Mill. Dollar und an der Ostküste der USA etwa 18 Mill. Dollar (21). In Connecticut entstanden 1959 durch „Wetterflecken“ an Tabak Ver-

luste in Höhe von etwa 1 Mill. Dollar (32). In insgesamt 19 Staaten der USA, aber auch in Kanada und Mexiko, wurden derartige Immissionsschäden an Pflanzen beobachtet (22). Auch in Europa sind bereits Schäden an Pflanzen unter der Einwirkung von Kraftfahrzeugabgasen und Abgasen mit Dieselöl angetriebener Maschinen bekanntgeworden (1, 16).

### Phytotoxische Bestandteile von Motorabgasen

Zu den Bestandteilen der Auspuffgase, die für die phytotoxischen Wirkungen verantwortlich sind, gehören in erster Linie Stickstoffoxyde und ungesättigte Kohlenwasserstoffe oder — genauer ausgedrückt — die in der Atmosphäre unter der Einwirkung des Sonnenlichtes daraus entstehenden photochemischen Reaktionsprodukte.

Stickstoffdioxid absorbiert sehr stark Licht einer bestimmten Wellenlänge in der Nähe des UV-Bereichs, wobei Sauerstoffatome freigesetzt werden, die sehr schnell mit Sauerstoffmolekülen und anderen Stoffen zu Ozon und anderen Peroxyden reagieren. Die Bedeutung der Olefine, die infolge unvollständiger Verbrennung der Mineralöle in die Atmosphäre gelangen, besteht darin, daß sie mit Ozon, Sauerstoffatomen und Stickstoffoxyden verschiedener Oxydationsstufen Sekundärreaktionen eingehen und auf diese Weise zahlreiche freie Radikale entstehen, die äußerst reaktionsfähig sind. Diese freien Radikale können unmittelbare Schadwirkungen hervorrufen oder sich mit Ozon, Stickstoffoxyden oder anderen Stoffen, wie Aldehyden, Ketonen, organischen Säuren usw., die auch in den Emissionen selbst enthalten sein können, zu Alkylperoxyden, Alkylhydroperoxyden, Alkylnitriten und -nitraten sowie Acylperoxynitriten und -nitraten verbinden. Die meisten dieser Verbindungen sind relativ instabil und ihrerseits wieder sehr reaktionsfreudig. Im einzelnen

\* Die Bezeichnung „smog“, die — aus den Worten „smoke“ (Rauch) und „fog“ (Nebel) — ursprünglich für den berüchtigten Londoner Nebel geprägt wurde, ist in diesem Zusammenhang irreführend, da hier weder Rauch noch Nebel ursächlich an der Entstehung des atmosphärischen Dunstes beteiligt sind. Zu besonders starker „Smog“-Bildung kommt es vielmehr an sonnenscheinreichen Tagen mit geringer relativer Luftfeuchtigkeit.

sind diese photochemischen Reaktionen noch nicht völlig geklärt. Dem bei der unvollständigen Verbrennung ebenfalls entstehenden Kohlenmonoxyd kommt weder hinsichtlich der photochemischen Reaktionen noch als Schadstoff für Pflanzen eine wesentliche Bedeutung zu; hingegen wirkt Äthylen, das ebenfalls ein Bestandteil der Kraftfahrzeugabgase ist, bereits in relativ geringer Konzentration phytotoxisch (8, 38).

### Phytotoxische Wirkungen von Motorabgasen

Nach unseren heutigen Kenntnissen werden Pflanzenschäden infolge Einwirkung photochemischer Reaktionsprodukte von Kraftfahrzeugabgasen hervorgerufen durch Ozon, Peroxyacetylnitrat, im einzelnen noch nicht näher bekannte Produkte von Reaktionen zwischen Ozon und Olefinen (mit 3 und mehr C-Atomen), z. T. auch durch Äthylen oder — nur in seltenen Fällen — unmittelbar durch Stickstoffoxyde.

### Ozon

Über die Wirkung von Ozon auf Pflanzen liegen aus den letzten Jahren eine Reihe von Angaben verschiedener Autoren vor. Das Syndrom der  $O_3$ -Schädigung kann danach in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (Pflanzenart, Entwicklungszustand der Pflanze,  $O_3$ -Konzentration, Expositionszeit, Lichtverhältnisse) recht verschieden sein. Akute Schäden werden an empfindlichen Pflanzen (z. B. Spinat, Salat, Tabak, Luzerne, Rotklee, Gramineen, Bohnen, Tomaten) bereits durch  $O_3$ -Konzentrationen von 20 bis 25 pphm\*\*, die in Großstadtnähe häufig weit überschritten werden (15), hervorgerufen. Sie äußern sich vielfach in dem Auftreten von „water-soaked spots“, gewöhnlich auf der Blattoberseite, die dadurch entstehen, daß einige parenchymatische Zellen anschwellen und die Epidermiszellen anheben; nach kurzer Zeit setzt Exosmose ein, die geschädigten Zellen schrumpfen und sterben ab, so daß es zur Entstehung von Nekrosen kommt, die in Form zahlreicher, mehr oder weniger großer Punkte über die Blattspreite verteilt sein oder zu größeren nekrotischen Bezirken zusammenfließen können. Die erste Reaktion ist offenbar eine Chlorophylldestruktion in den Zellen des Palisadenparenchyms; bei Pflanzen, die ein undifferenziertes Mesophyll besitzen (Gramineen), treten die Schäden in Form chlorotischer Längsstreifen sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite der Blätter in Erscheinung (5, 6, 17, 28, 30). Chronische Symptome, die bei längerer Einwirkung niedriger  $O_3$ -Konzentrationen (unter 25 pphm) auftreten, äußern sich in Chlorosen der älteren Blätter, die zu vorzeitigem Blattfall führen. Pflanzen, die die Fähigkeit zur Anthozyanbildung besitzen, reagieren vielfach mit intensiver Rotfärbung der Blätter (30). Die bereits früher mehrfach beschriebenen „weather flecks“ bei Tabak sind auf die Einwirkung von Ozon zurückzuführen (15, 32). Eine sehr genaue Beschreibung der durch Einwirkung von Ozon an insgesamt 34 Pflanzenarten hervorgerufenen Schäden, auch in histologischer Hinsicht, ist von Hill et al. (17) veröffentlicht worden.

### Peroxyacetylnitrat (PAN)

PAN und verwandte Verbindungen sind offenbar die am stärksten phytotoxisch wirkenden Agenzien, die in der Atmosphäre entstehen. Bereits eine Konzentration von 0,5 pphm ruft bei empfindlichen Pflanzen charakteristische Symptome hervor. Typisch für die Reaktion auf PAN ist, daß nur Zellen, die sich in einem ganz bestimmten Entwicklungsstadium befinden, d. h. die ihr Wachstum gerade eben beendet haben, dagegen empfindlich sind. Die Schädigung äußert sich bei den meisten Pflanzen in dem Auftreten mehr oder weniger scharf abgegrenzter transversaler Bänder nekrotischen Gewebes auf den Blättern (26, 29, 30). Bei Gramineen, bei denen

die Zelldifferenzierung im Blatt von der Spitze zur Basis hin fortschreitet, entstehen die Nekrosen an einem etwa zur Hälfte entwickelten Blatt an dessen Spitze, an dem darunter befindlichen Blatt in der Mitte und an dem nächstälteren an der Basis (3). Bei längerdauernder Einwirkung können die nekrotischen Streifen ineinander übergehen. Bei wiederholter, zeitlich begrenzter Einwirkung an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen kommt es zur Ausbildung mehrerer quer über das Blatt verlaufender Bandnekrosen, die ein ganz spezifisches diagnostisches Merkmal darstellen (26). Bei Einwirkung geringer PAN-Konzentrationen bleibt die Schädigung auf eine glänzend-silbrigweiße oder glänzend-bronzefarbige Verfärbung der Blattunterseite beschränkt. Ganz junge Blätter sind ebenso wie ältere Blätter, deren Wachstum bereits längere Zeit abgeschlossen ist, gegen PAN resistent, während im Gegensatz dazu durch Ozon meist die älteren Blätter am stärksten geschädigt werden.

### Reaktionsprodukte aus Ozon und Olefinen

Die phytotoxischen Effekte dieser Verbindungen, deren chemische Natur noch nicht völlig geklärt ist, ähneln weitgehend denen, die durch PAN hervorgerufen werden. Sie äußern sich in einer mehr oder weniger gleichmäßigen, glänzend-bronzefarbenen Verfärbung der Blattunterseiten; bei schweren Schädigungen kommt es zu nekrotischen Flecken auf den Blättern. Jüngere, aber bereits vollentwickelte Blätter sind am empfindlichsten. Die für PAN typischen Transversalnekrosen treten hier nicht auf (30). Wenn in früheren Untersuchungen das Auftreten solcher Bandnekrosen unter der Einwirkung ozonisierter Kraftfahrzeugabgase beschrieben wurde (3, 26), so ist dies wohl darauf zurückzuführen, daß unter diesen Bedingungen neben anderen Verbindungen auch PAN entsteht. Auch bestehen Unterschiede hinsichtlich der Sensitivität der einzelnen Pflanzen gegenüber PAN und den Ozon-Olefin-Verbindungen; so sind z. B. Petunien und *Poa annua* gegen PAN sehr empfindlich, gegen ozonisierte Olefine jedoch weitgehend resistent. Da diese Reaktionsprodukte meist nur eine sehr begrenzte Lebensdauer besitzen, darf bezweifelt werden, ob sie im Vergleich zu den beständigeren Smog-Bestandteilen praktisch überhaupt eine wesentliche Rolle spielen (2, 7).

### Äthylen

Auch für Äthylen sind eine Reihe von Pflanzenschädigungen, vorwiegend an Zierpflanzen, beschrieben worden; die betroffenen Pflanzen zeigen Blattanomalien sowie in Abhängigkeit vom Entwicklungszustand Hemmung der Blütenentwicklung, Abwerfen der Knospen und/oder Schädigungen an bereits geöffneten Blüten (4, 8, 24). Die Intensität der Schädigung ist auch hier sowohl von der Immissionskonzentration als auch von der Expositionszeit abhängig. Bei Orchideen traten Schäden nach Einwirkung von 30 pphm Äthylen während 1 Stunde, 5 pphm während 6 Stunden bzw. 1 pphm während 24 Stunden auf (8). Nach anderen Angaben werden die Blüten von Orchideen bereits durch 24stündige Einwirkung von 5 ppb\*\*\* geschädigt (9). Aus der Nachbarschaft von Polyäthylenfabriken in Texas wird über schwere Schäden an Baumwolle berichtet, die bis zum völligen Ertragsverlust führten (14).

### Umwelteinflüsse und physiologische Ursachen der Schädigung

Aus einer Reihe von Untersuchungen geht hervor, daß die Wirkung photochemischer Immissionen auf die Pflanzen in starkem Maße von den Lichtverhältnissen bestimmt wird. Die Schadstoffe dringen offenbar durch die geöffneten Spaltöffnungen in die Interzellularräume

\*\* pphm = parts per hundred millions (=  $10^{-6}$ ‰).

\*\*\* ppb = parts per billion ( $10^{-10}$ ‰).

der Blätter ein, weshalb bei hohen Lichtintensitäten (d. h. bei weit geöffneten Stomata) starke Schädigungen eintreten, während im Dunkeln oder bei niedrigen Lichtintensitäten die Spaltöffnungen ganz oder teilweise geschlossen sind und den Schadstoffen den Eintritt verwehren (3, 18, 19, 20). Neuere Untersuchungen stellen jedoch diese Erklärung in Frage und bringen die Schädigung mit dem Kohlenhydratstoffwechsel der Pflanzen in Zusammenhang; Pflanzen, die während einer längeren Dunkelperiode ihre Kohlenhydratreserven weitgehend veratmet haben, sind gegen Ozon nicht oder nur wenig empfindlich (10, 31). Andererseits kann eine Resistenzhöhung auch erreicht werden, wenn belichteten Pflanzen zusätzlich Zucker zugeführt wird. Für die Ozonempfindlichkeit der Pflanzen ist offenbar Voraussetzung, daß sich der Zuckergehalt der Blätter auf einem bestimmten mittleren Niveau bewegt (bei Bohnen zwischen 1 mg und 4 mg je g Frischsubstanz [10]). Auf diese Weise kann auch die unterschiedliche Empfindlichkeit verschieden alter Pflanzen bzw. Blätter gegen Ozon mit dem im Laufe der Entwicklung variierenden Zuckergehalt erklärt werden.

PAN bewirkt nur im Licht Schädigungen an den Pflanzen; die in Versuchen mit monochromatischem Licht gemachte Beobachtung, daß PAN in Abhängigkeit von der Wellenlänge des Lichtes unterschiedlich starke phytotoxische Wirksamkeit besitzt (11), legt die Vermutung nahe, daß eine photochemische Reaktion zwischen PAN und pflanzlichen Pigmenten (evtl. Carotinoiden) stattfindet.

Auf die Arbeiten, die sich mit dem Einfluß photochemischer Reaktionsprodukte auf pflanzliche Stoffwechselprozesse befassen, kann im Rahmen dieses Aufsatzes nur kurz eingegangen werden. Die Photosyntheseleistung der Pflanzen wird sowohl durch Ozon wie auch durch PAN oder ozonisierte Olefine vermindert (8, 21, 31, 33), die Atmung dagegen erfährt in Abhängigkeit von Art und Konzentration des Schadstoffes eine Steigerung oder bleibt unbeeinflusst (8, 12, 33). Das Streckungswachstum von Haferkoleoptilen wird durch PAN bereits in wesentlich geringeren Konzentrationen gehemmt als durch Ozon. Die Toxizität von PAN ist pH-abhängig und steigt mit zunehmender Azidität der Nährlösung an (8). Durch Ozon werden sowohl Indolylessigsäure als auch die Vorstufe Tryptophan in vitro oxydiert, während PAN nur die IES angreift (27). Glutathion und Ascorbinsäure wirken hier wie auch bei der durch Ozon hervorgerufenen Hemmung von Enzymen des Zitronensäurezyklus (13) als Schutzstoffe, wenn sie vor der Begasung verabfolgt werden. DPN = Coenzym I wird durch PAN oxydiert (25); auch hier wirken Glutathion, Ascorbinsäure und außerdem Hydrochinon als Schutzstoffe. Für einige Fermente, die essentielle SH-Gruppen enthalten, wird berichtet, daß ihre Aktivität durch Ozon (Papain [34]) oder PAN (Alkoholdehydrogenase, Glucose-6-phosphatdehydrogenase [8]) gehemmt wird.

### Schlußfolgerungen

Mit vorstehenden Ausführungen wurde versucht, an Hand der in den USA gemachten Erfahrungen deutlich zu machen, daß dem Problem der Immissionsschäden, die durch photochemische Reaktionsprodukte von Bestandteilen der Kraftfahrzeugabgase hervorgerufen werden, eine beträchtliche Bedeutung zukommt. Viele bisher unerklärliche Schädigungen an Pflanzen dürften hier ihre Ursache haben. Die in den einzelnen Abschnitten dieses Aufsatzes getrennt beschriebenen Schadenssymptome, die durch Ozon, PAN, ozonisierte Olefine bzw. Äthylen hervorgerufen werden, entstammen zur Hauptsache experimentellen Untersuchungen. In der Praxis wird man fast immer ein wesentlich komplexeres und demzufolge schwerer zu diagnostizierendes Schadbild erhalten, da der Smog stets alle diese toxischen

Komponenten in wechselnden Mengenverhältnissen enthält. Berücksichtigt man außerdem, daß, wie wiederholt berichtet wurde, auch latente Schädigungen der Pflanzen möglich sind, d. h. Wachstumshemmungen, verminderter Fruchtansatz und damit verbundene Ertrageinbußen, ohne daß an den Pflanzen Vergiftungssymptome zur Ausprägung kommen (20, 35, 36, 37), so liegt der Schluß nahe, daß die Bedeutung dieser Art von Immissionsschäden noch weit größer ist, als bisher angenommen wird.

Nach amerikanischen Angaben beläuft sich der tägliche Ausstoß von je 1000 Kraftfahrzeugen infolge unvollständiger Kraftstoffverbrennung auf etwa 3200 kg CO, 180—360 kg Kohlenwasserstoffe und 50—150 kg Stickstoffoxyde. In den USA betrug im Jahre 1959 der durchschnittliche Jahresverbrauch 1300 l Vergaserkraftstoff je Kopf der Bevölkerung bzw. 3200 l je Kraftfahrzeug. Demgegenüber belief sich im Jahre 1960 in der Bundesrepublik der Jahresverbrauch auf 140 l je Kopf der Bevölkerung bzw. etwa 1200 l je Kraftfahrzeug. Wenn auch aus diesen Zahlen hervorgeht, daß wir von den amerikanischen Verhältnissen gegenwärtig noch recht weit entfernt sind, so kann doch angesichts der rapide fortschreitenden Motorisierung schon in wenigen Jahren die Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeugabgase auch bei uns zu einem ernststen Problem nicht nur für die öffentliche Gesundheitsfürsorge, sondern auch für den Pflanzenschutz werden. Es ist daher sicherlich nicht verfehlt, auch von seiten des Pflanzenschutzes an die zuständigen Stellen zu appellieren, sich die in den USA gemachten Erfahrungen zu eigen zu machen und dafür Sorge zu tragen, daß der fortschreitenden Luftverunreinigung durch Kraftfahrzeugabgase rechtzeitig Einhalt geboten wird. Die Konstruktion von Nachverbrennungsanlagen für Kraftfahrzeugmotoren, durch die eine vollständige Verbrennung der Treibstoffe zu CO<sub>2</sub> und Wasser bewirkt wird, ist technisch heute durchaus möglich (38, S. 93 ff.). Wenn in den USA sowohl von staatlicher als auch von privatwirtschaftlicher Seite erhebliche Mittel aufgewendet werden, um geeignete Methoden zur Entgiftung von Auspuffgasen zu entwickeln, so sollte dies in dem notwendigen Umfange auch bei uns möglich sein.

### Literatur

1. Andre, F., und Ganglberger, F.: Treibstoffabgase — eine Gefahr für den Wald. Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn, Schönbrunn, Informationsdienst 28. Folge, 1960.
2. Arnold, W. N.: The longevity of the phytotoxicant produced from gaseous ozone olefine reactions. Internat. J. Air Water Pollut. 2. 1960, 167—174.
3. Bobrov, R. A.: The leaf structure of *Poa annua* with observations on its smog sensitivity in Los Angeles County. Amer. J. Bot. 42. 1955, 467—474.
4. Crocker, W.: Growth of plants. New York. 1948. 459 pp.
5. Daines, R. H., Leone, I. A., and Brennan, E.: Air pollution as it affects agriculture in New Jersey. New Jersey Agric. Exp. Stat. Bull. 793. 1960.
6. Daines, R. H., Leone, I. A., Brennan, E., and Middleton, J. T.: Damage to spinach and other vegetation in New Jersey from ozone and other airborne oxidants. Phytopathology 50. 1960, 570.
7. Darley, E. F., Stephens, E. R., Middleton, J. T., and Hanst, P. L.: Oxidant plant damage from ozone-olefine reactions. Internat. J. Air Water Pollut. 1. 1959, 55—162.
8. Darley, E. F., Dugger, W. M., Mudd, J. B., Ordin, L., Taylor, O. C., and Stephens, E. R.: Plant damage by pollution derived from automobiles. Arch. environmental Health 6. 1963, 761—770.
9. Davidson, O. W.: Effects of ethylene on orchid flowers. Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci. 53. 1949, 440—446.
10. Dugger, W. M., Taylor, O. C., Cardiff, E., and Thompson, C. R.: Relationship between carbohydrate content and susceptibility of pinto bean plants to ozone damage. Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci. 81. 1962, 304—315.

11. Dugger, W. M., Taylor, O. C., Klein, W. H., and Shropshire, W.: Action spectrum of peroxyacetyl nitrate damage to bean plants. *Nature* (London) **198**. 1963, 75—76.
12. Erickson, L. C., and Wedding, R. T.: Effects of ozonated hexene on photosynthesis and respiration of *Lemna minor*. *Amer. J. Bot.* **43**. 1956, 32—36.
13. Freebairn, H. T.: Reversal of inhibitory effects of ozone on oxygen uptake of mitochondria. *Science* **126**. 1957, 303—304.
14. Heck, W. W., Pires, E. G., and Hall, W. C.: The effects of a low ethylene concentration on the growth of cotton. 54th Ann. Meet. Air Pollut. Contr. Ass., New York 1961; zit. nach (8).
15. Heggstad, H. E., and Middleton, J. T.: Ozone in high concentration as cause of tobacco leaf injury. *Science* **129**. 1959, 208—209.
16. Hettche, H. O.: Pflanzenschäden durch Kraftfahrzeugabgase. *Städtehygiene* **11**. 1960, 238—239.
17. Hill, A. C., Pack, M. R., Treshow, M., Downs, R. J., and Transtrum, L. G.: Plant injury induced by ozone. *Phytopathology* **51**. 1961, 356—363.
18. Hull, H. M., and Went, F. W.: Life processes of plants as affected by air pollution. In: Proc. 2nd Nat. Air Pollut. Symp., Pasadena, Calif., 1952.
19. Juhren, M., Noble, W., and Went, F. W.: The standardization of *Poa annua* as an indicator of smog concentrations. I. The effect of temperature, photoperiod, and light intensity during growth of the test-plants. *Plant Physiol.* **32**. 1957, 576—586.
20. Koritz, H. G., and Went, F. W.: The physiological action of smog on plants. I. Initial growth and transpiration studies. *Plant Physiol.* **28**. 1953, 50—62.
21. Middleton, J. T.: Photochemical air pollution damage to plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **12**. 1961, 431—448.
22. Middleton, J. T., and Haagen-Smit, A. J.: The occurrence, distribution and significance of photochemical air pollution in the United States, Canada, and Mexico. *J. Air Pollut. Contr. Ass.* **11**. 1961, 129—134.
23. Middleton, J. T., Kendrick, J. B., and Schwalm, H. W.: Injury to herbaceous plants by smog or air pollution. *Plant Disease Repr.* **34**. 1950, 245—252.
24. Middleton, J. T., Darley, E. F., and Brewer, R. F.: Damage to vegetation from polluted atmospheres. *J. Air Pollut. Contr. Ass.* **8**. 1958, 9—15.
25. Mudd, J. B.: The oxidation of reduced pyridin nucleotides by peroxyacetyl nitrate. *Abstr. Amer. Chem. Soc. 140th Meet.*, 1961.
26. Noble, W. M.: Pattern of damage produced on vegetation by smog. *J. agric. Food Chem.* **3**. 1955, 330—332.
27. Ordin, L., and Propst, B.: Effect of air-borne oxidants on the biological activity of indoleacetic acid. *Bot. Gaz.* **123**. 1962, 170—175.
28. Richards, B. L., Middleton, J. T., and Hewitt, W. B.: Air pollution with relation to agronomic crops. V. Oxidant stipples on grape. *Agron. J.* **50**. 1958, 559—561.
29. Stephens, E. R., Darley, E. F., Taylor, O. C., and Scott, W. E.: Photochemical reaction products in air pollution. *Internat. J. Air Water Pollut.* **4**. 1961, 79—100.
30. Taylor, O. C., Stephens, E. R., Darley, E. F., and Cardiff, E. A.: Effect of air-borne oxidants on leaves of pinto bean and petunia. *Proc. Amer. Soc. Hortic. Sci.* **75**. 1960, 435—444.
31. Taylor, O. C., Dugger, W. M., Thomas, M. D., and Thompson, C. R.: Effect of atmospheric oxidants on apparent photosynthesis in citrus trees. *Plant Physiol.* **36**. 1961, Suppl. p. 26—27.
32. Taylor, G. S., and Rich, S.: Tobacco fleck controlled with antiozonants. *Phytopathology* **51**. 1961, 579.
33. Todd, G. W.: Effect of ozon and ozonated 1-hexene on respiration and photosynthesis of leaves. *Plant Physiol.* **33**. 1958, 416—420.
34. Todd, G. W.: Effect of low concentrations of ozone on the enzymes catalase, peroxidase, papain and urease. *Physiol. Plantarum* **11**. 1958, 457—463.
35. Todd, G. W., Middleton, J. T., and Brewer, R. F.: Effect of air pollutants. *Calif. Agric.* **10**. 1956, Nr. 7, p. 7—8.
36. Todd, G. W., and Garber, M. J.: Some effects of air pollutants on the growth and productivity of plants. *Bot. Gaz.* **120**. 1958, 75—80.
37. Los Angeles County Air Pollution Control District, 2nd Technical and Administration Report on Air Pollution Control in Los Angeles County, 1950—51.
38. Die Reinhaltung der Luft. Bericht über eine Studienreise deutscher Fachleute in USA. RKW-Berichtsreihe Auslandsdienst. Berlin, Köln, Frankfurt/M. 1963.

Eingegangen am 23. Oktober 1963.

DK 632.954.2.024.4:633.853.494

## Über Schäden in Nachbarkulturen durch Mecoprop (CMPP)

Von Oskar Diehl, Bezirksstelle für Pflanzenschutz in Lübeck

Im Mai 1960 wurde im Kreis Hzgt. Lauenburg schwerer Schaden an Raps festgestellt, der vermutlich durch Verdampfen von CMPP-Präparaten auf Esterbasis entstanden war. Ein Schlag von 40 ha Wintergerste war damals mit einem solchen Präparat zur Vernichtung von Klettenlabkraut und Vogelmiere am 13. und 14. Mai bei schwachwindigem Wetter gespritzt worden. Neben der Wintergerste lag, getrennt durch eine 20 m breite Trift mit 3 m hohen, dichten Knicks (Wallhecken) an beiden Seiten, ein Rapsfeld. Ein Abtreiben der Spritzbrühe war also völlig ausgeschlossen. Am 14. Mai drehte der Wind auf Südost, in diesem Falle aus Richtung der behandelten Wintergerste, auf das benachbarte Rapsfeld zu, die Temperatur stieg auf maximal +23,4°C an, die Sonnenscheindauer betrug an diesem Tage 9,3 Stunden. Am 15. und 16. Mai war es mit maximal +24° und +25,2°C noch heißer geworden. Es muß angenommen werden, daß das CMPP-Esterpräparat durch die intensive Sonneneinstrahlung verdampfte und in Gasform mit leichten Aufwinden über die breite Trift mit den beiden hohen Knicks, deren Bäume und Sträucher kaum geschädigt worden waren, auf das dahinter liegende Rapsfeld getrieben wurde. Die Blüten des Rapses ver-

färbten sich an den auf die Spritzung folgenden Tagen weiß und fielen, ohne Schoten anzusetzen, ab. Die Stengel der Rapspflanzen wiesen bis zu einer Tiefe von 300 m des 20 ha großen Rapsfeldes schwere Verkrümmungen und Schädigungen auf. Der Schaden betrug 20000 DM (s. Abb. 1 und 2).

In den Jahren 1961 und 1962 sind — bei feuchten und kühlen Frühjahrsmonaten — keine Schäden an benachbartem Raps oder anderen Kulturen bei Anwendung von CMPP-Esterpräparaten gemeldet worden.

Im Jahre 1963 war aber die Witterung der Frühjahrsmonate wieder extrem trocken, und es kam ebenfalls stellenweise nach Durchführung von Spritzmaßnahmen zu starker Erwärmung mit intensiver Sonneneinstrahlung; die Schäden an Raps nach Behandlung von benachbarten Getreidefeldern mit CMPP-Esterpräparaten häuften sich.

So wurde am 4. Mai 1963 bei schwachem Wind aus Nordwest bis Nordost ein Feld Grassamen mit einem CMPP-Esterpräparat (2 l/ha) gespritzt. Nordostwärts neben dem Schlag mit dem Grassamen befand sich ein Rapsfeld, der Wind stand bei Windstärke 3 vom Rapsfeld her in Richtung der zu behandelnden Fläche.