

光化学オキシダントが農作物の生育収量に及ぼす影響

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	中村, 拓
巻/号	32巻12号
掲載ページ	p. 539-543
発行年月	1977年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



光化学オキシダントが農作物の生育収量に及ぼす影響

中 村 拓

近年周知のように光化学オキシダント（以下オキシダントと略記する）の発生が大都市周辺においてはなほはだしく、それによる農作物被害も頻発している。我が国におけるオキシダントによる農作物被害の研究はこれまで主として可視障害についてなされ、因果関係の証明、被害症状の観察、被害発生地域の調査等に関しては多数のデータが集積されてきている。しかしながら、被害の計量化の調査および研究は緒についたばかりであり、生育や収量に及ぼすいわゆる不可視障害は明らかにされていないことが多い。オキシダントは大気中で二次的に生成されるため、硫酸酸化物あるいはふっ化物等の一次汚染物質による被害が局地的であったのに比較して、オキシダントの汚染範囲は非常に広域に及ぶのが特徴である。それ故にオキシダントの被害は大都市周辺の農業にとって深刻な問題であり、被害実態の把握は社会的にも緊急な課題となっている。農林省では本年度から「光化学オキシダントの農林作物の生育収量に及ぼす影響の解析」というプロジェクトが開始され、筆者もこれに参加することになったので、今後の研究の指針を得る一助として既往の文献を整理してみた。

（なおこの問題に関し、米国化学会から優れたレビュー¹⁾が出ていたので、それに採り上げられているものは簡略に記し、その後の研究を中心にして抄録した。）

不可視障害とは

大気汚染による不可視障害 (invisible injury, hidden injury) という概念は少なくとも80年ほど前から繰り返し議論されてきたといわれるが、一般的に受け入れられている定義は未だないようである²⁾。多くは急性の可視障害に対して生育や収量に及ぼす慢性の影響、葉の老化の促進、病菌や害虫に対する抵抗性の減少、光合成の減少や呼吸の増大、諸酵素活性の変化等に用いられる。しかし、全く目に見えない被害などはあり得ないという意見もある。事実空気浄化法によりオキシダントの生育に

及ぼす影響を調べた実験で、浄化と非浄化との間に一目瞭然の差のある写真を載せた報告も多く、またその他の変動もなんらかの科学的方法により認識し得るのであれば、これらを不可視障害と呼ぶのは適当でないかも知れないが、ここではこの言葉についての厳密な定義は行わず、慣習により急性の可視障害以外の生育や収量に及ぼす慢性被害およびそれに関する生理生化学的变化を指すものとしておく。

不可視障害の調査方法

生育収量への影響を調べるためには、まず測定方法が問題であり、現在はその手法の開発から研究を始めなければならない状況である。現在試みられている調査方法について以下に述べる。

1) **空気浄化法** 本法は最も有力な方法として期待されるものである。この方法は、植物を外気から隔離されたチャンパー内に入れ、これにフィルターで濾過して汚染物質を含まない外気を送気した区と、外気をそのまま送気した区とを設け、両区間の空気交換量、日照、温度等植物の生育に重要な環境条件をできるだけ同じに保ち、空気を浄化した影響のみを調べることを意図したものである。これまで可視障害が発生した場合、それが大気に由来するか否かを判定する最も確実な方法として用いられてきたが、不可視障害についても同時に調べられたものが多数ある。

オキシダントの不可視障害に関しては、カリフォルニアで早くから研究された。Hull と Went³⁾ は空気を浄化することによりアルファルファ、エンダイブ、サトウキビ、トマトの生育が著しく増大することを認め、Taylor⁴⁾ は非浄化区でペチュニアの生育抑制と花芽の生育の遅れ、トマトの落花、レモンおよびグレープフルーツの葉の老化、落葉が促進され、後者は生育も抑制されたと報告している。他にかんきつ類の落葉、落果の増加⁵⁾ およびブドウの葉の葉緑素の減少⁶⁾ がいずれも非浄化区で生

1) Air pollution effects on plant growth. American Chemical Society Symposium Series 3 (1974).
2) Mccune, D. C., Weinstein, L. H., Maclean, D. C. & Jacobson, J. S.: In Brady, N. O. (ed) "Agriculture and the quality of our environment". pp. 33-44. AAAS Publication 85, Washington, D. C. (1967).

3) Hull, H. M. & Went, F. W.: Proc. 2nd National Air Pollution Symposium (1952), 122-128.
4) Taylor, O. C.: Agron. J. (1958), 50: 556~558.
5) Thompson, C. R. & Taylor, O. C.: Environ. Sci. Technol. (1969), 3: 934~940.
6) Thompson, C. R., Hensel, E. & Kats, G.: Horticulture (1969), 4: 222~224.

じたという報告もある。同様の実験は米国東部でも行われ、タバコとパレイシヨの premature senescence と生育量を調べた報告^{7,8,9)}がある。この研究で注目されるのは、両植物とも品種により生育に大差を生じたものとはほとんど影響を受なかったものがあることで、今後対策を講ずる上での参考になる。

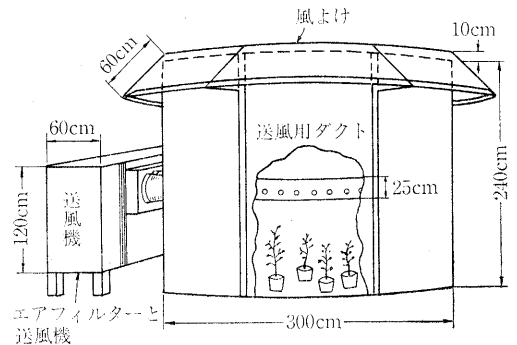
同じ手法による被害解析は、我が国においては千葉県農試^{10,11,12)}により先鞭をつけられ、その後東京都農試^{13~18)}、農林省農技研^{19,20)}、神奈川県²¹⁾、埼玉県²¹⁾、愛知県²¹⁾、大阪府²¹⁾、兵庫県²¹⁾、岡山県²¹⁾の各農試にも設置され、主として水稻について研究されている。上記の論文中には、原因物質としてオキシダントであると明言していないものもあるが、実験が行われた場所および時期からみて、生育抑制の原因となったものはオキシダントを主体とする大気汚染であると思われる。もとより現実の大気汚染は多数の汚染物質から成る複合汚染であるから、被害解析には慎重を要することは言うまでもないが、少なくとも主因となったのはオキシダントであることは疑いない。

空気浄化法によるこれまでの研究からは大きな生育差を生じた結果が多く得られているので、これらの地域は作物の生育にとって由々しい汚染状況にあることを窺わせるのであるが、現在用いられている方法には技術上問題があるため、実験結果と全く同じ現象が野外の圃場に

- 7) Menser, Jr., H. A. Heggstad, H. E. & Grosso, J. J.: *Phytopathology* (1966), 56: 466-467.
- 8) Turner, N. C., Rich, S. & Tomlinson, H.: *ibid* (1972), 62: 63-67.
- 9) Heggstad, H. E.: *Amer. Potato J.* (1973), 50: 315-328.
- 10) 松岡義浩, 高崎 強, 森川昌記, 白鳥孝治, 大道貞男: *大気汚染研究* (1973), 8: 539.
- 11) 大道貞男, 依田彦太郎, 松岡義浩: 同 上 (1973), 8: 540.
- 12) 高崎 強, 松岡義浩, 森川昌記, 松丸恒夫, 白鳥孝治: *日作紀* (1975), 44 (別1): 87~88.
- 13) 寺門和也, 服田春子: *大気汚染研究* (1974), 9: 357.
- 14) 服田春子, 寺門和也: 同 上 (1974), 9: 358.
- 15) 服田春子, 寺門和也: 同 上 (1976), 11: 204.
- 16) 中島嗣郎, 寺門和也, 柳田明德, 服田春子: *日作紀* (1975), 44 (別1): 91~92.
- 17) 柳田明德, 寺門和也, 久野春子: 同 上 (1977), 46 (別1): 181~182.
- 18) 寺門和也, 久野春子, 柳田明德: 同 上 (1977), 46 (別1): 183-184.
- 19) 橋本俊一, 中村 拓, 太田保夫: *大気汚染研究* (1975), 10: 464.
- 20) 中村 拓, 太田保夫, 橋本俊一, 沖野英男: *日作紀* (1976), 45: 630~636.
- 21) 埼玉県, 千葉県, 東京都, 神奈川県, 愛知県, 大阪府, 兵庫県, 岡山県の各農試共著: *光化学スモッグによる農作物可視被害に関する研究* (1977).

においても生じているとみなすのは躊躇せざるを得ない。その最大の問題点は、チャンパーが密閉型であるため日中の気温が外気温と比べて高くなり、その結果植物が徒長することである。すなわち非浄化チャンパー内で生育した植物と野外で生育したものとはかなりの違いがみられる。

この点に関し米国 USDA と Boyce Thompson 研究所で種々検討された結果、天井を開けて周囲を囲っただけの円型の open-top chamber が考案された^{22,23)}。これは密閉型のチャンパーの欠点を補い、できるだけ自然に近い状態で実験を行おうとするものである。その後 Kats らの改良型が発表された^{24,25)} (第1図)。彼らによ



第1図 Kats らの考案した open-top chamber

注) 風量は $45\text{m}^3/\text{min}$ で毎分約 2.5 回 chamber 内の空気が交換される。上端に風よけを取り付けたのが特徴で外気の乱入をかなり減少できる。

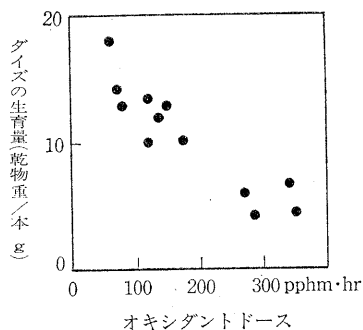
ると、気温 30°C 以下では外気温と差がなく、 38°C の時に 1°C 高くなっただけであったという。本年5月に開催された国際清空会議²⁶⁾に來日した Boyce Thompson 研究所のスタッフの話では、各種ガスの人為接触試験にも open-top chamber 内の濃度制御は可能であり、長期間処理する試験にはこれを用いているとのことであった。今後安価で移動可能な open-top chamber の開発が進み、多数配置されるようになれば、各地の被害実態は次第に明確になるものと期待される。

2) 配置法 この方法は、汚染程度の異なる地域で同一種の作物を同一栽培法により育成して汚染との関係を

- 22) Heagle, A. S., Body, D. E. & Heck, W. W.: *J. Environ. Quality* (1973), 2: 365-368.
- 23) Mandl, R. H., Weinstein, D. C., Mecune, D. C. & Keveny, M.: *ibid* (1973), 2: 371-376.
- 24) Kats, G., Thompson, C. R. & Kuby, W. C.: *J. Air Poll. Cont. Assoc.* (1976), 26: 1089-1090.
- 25) Thompson, C. R. & Kats, G.: *Environ. Sci. Technol.* (1976), 10: 1237-1241.
- 26) *Proceedings of the Fourth International Clean Air Congress* (1977).

調べる方法である。橋本、沖野、太田^{27,28)}は、津野の考案した植物計を用いてダイズ等を国道4号線沿いに、東京から黒磯までの160km間15カ所に配置した。結果は、第2図のように、ダイズの生育は栽培期間中のオキシダ

ント発生量と密接な相関を示していた。興味のあることには、カリフォルニアでも同じころOshima²⁹⁾によりトウモロコシ等を用いて同様の試験



第2図 ダイズの生育量(収穫期)とオキシダントドーズとの関係

が行われ、収量とオキシダントドーズとの間に直線的相関関係が得られたと報告している。

本方法の欠点は、オキシダントの汚染範囲が広域にわたるため対照を遠隔の地に求めなければならず、配置地域間の気象の影響を消去するのが困難なことである。棟方、高崎³⁰⁾は千葉県内の水稲の収量を比較し、気象、栽培法等種々の要因を考慮して、計算機を用いて検討した結果、やはりオキシダントによると思われる減収を認めた。このように、統計資料を用いて被害を明らかにする方法の研究も望まれるところである。

3) オゾンおよびPANの長期処理 オキシダントの主成分であるオゾンまたはPANに日中数時間接触させる処理を長期間続ける方法で、特に各農作物の生育に及ぼす限界濃度を探るために重要である。米国では多少実験されているが³¹⁻⁴⁴⁾、我が国の主要作物については、ほとんどデータがなく、今後最も試験研究の充実が必要と

される部門である。

被害機構

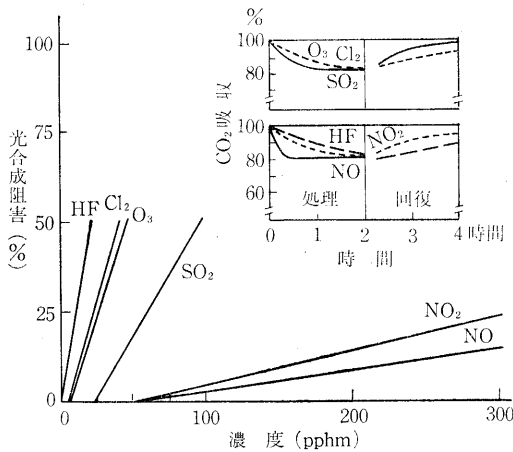
オキシダントの植物に対する害作用の機構の研究は、主としてオゾン処理して行われたものが多い。Rich¹⁾によれば、細胞におけるオゾン障害の発生順序は、まずSH基の酸化が起こり、次いで脂質の加水分解、細胞質の漏出、脂質の過酸化が生じ、ついには細胞が崩壊するに至るといふ。

オキシダントが頻発する地に生育する作物は、このような被害を受けた細胞、また崩壊には至らないまでも光合成能等種々の活性に異常を来した細胞の増加により生育不良となるものであろう。以下に、生育に関係のあると思われる生理活性の変化を挙げる。

1) 光合成 生育の抑制が生じれば光合成を測定することは誰しも考えることである。やはり米国での研究が早く、Bennettらにより抄録³⁾されている^{45,46)}。それによると、オゾンは他の主な大気汚染物質と比較して阻害は大きい(第3図)。我が国でも、谷山らの水稲を中心に詳細な実験を行った研究⁴⁷⁻⁴⁹⁾をはじめ、ほかに多く

27) 橋本俊一、太田保夫：日作紀(1976), 45(別1): 121-122.
 28) 沖野英男、太田保夫：同上(1976), 45(別1): 123-124.
 29) Oshima, R.J.: Final report to the California air resources board under agreement ARB-2-704—Development of a system for evaluating and reporting economic crop losses caused by air pollution in California. II Yield study (1974).
 30) 棟方 研、高崎 強：日作紀(1975) 44(別2): 130-131.
 31) Thompson, C.R. & Kats, G.: Environ. Sci. Technol. (1975), 9: 35-38.
 32) Engle, R.L. & Gabelman, W.H.: Amer. Soc. Hort. Sci. (1967), 91: 304-309.
 33) Miller, P.R., Parmeter, Jr. J.R., Flick, B.H. & Martinez, C.W.: J. Air Poll. Cont. Assoc. (1969), 19: 435-438.

34) Reinert, R.A., Tingey, D.T., Heck, W.W. & Wickliff, C.: Agron. Abstr. (1969), 61: 34.
 35) Feder, W.A.: Environ. Pollut. (1970), 1: 73-79.
 36) Manning, W.J., Feder, W.A., Papia, P.M. & Perkins, I.: *ibid* (1971), 1: 305-312.
 37) Tingey, D. T., Heck, W.W. & Reinert, R.A.: J. Amer. Soc. Hort. Sci. (1971), 96: 369-371.
 38) Tingey, D.T. & Blum, U.: J. Environ. Qual. (1973), 3: 341-342.
 39) Heagle, A.S., Body, D.E. & Pounds, E.K. Phytopathology (1972) 62: 683-687.
 40) Heagle, A.S., Body, D.E. & Neely, G.E.: *ibid* (1974), 64: 132-136.
 41) Oshima, R.J.: Plant Dis. Rep. (1973), 57: 719-723.
 42) Oshima, R.J., Taylor, O.C., Braegelmann, P.K. & Baldwin, D.W.: J. Environ. Qual. (1975), 4: 463-464.
 43) Oshima, R.J., Braegelmann, P.K., Baldwin, D.W., Van Way, V. & Taylor, O.C.: J. Amer. Soc. Hort. Sci. (1977), 102: 286-289.
 44) Oshima, R.J., Braegelmann, P.K., Baldwin, D.W., Van Way, V. & Taylor, O.C.: *ibid* (1977), 102: 289-293.
 45) Dugger, Jr. W.M., Mudd, J.B. & Koukol, J.: Arch. Environ. Health (1965), 10: 195-200.
 46) Coulson, C. & Heath, R.L.: Plant Physiol. (1974), 53: 32-38. (45, 46 は Bennet の抄録にない文献)
 47) 谷山鉄郎、山下和巳、小池十七男：日作紀(1976), 45: 9-16.
 48) 谷山鉄郎、山下和巳：同上(1976), 45(別2): 127-128.
 49) 谷山鉄郎、石橋常男：同上(1977), 46(別1): 189-190.



第3図 オオムギとエンバクのみかけの光合成に及ぼす大気汚染物質の影響(2時間処理)

の報告がある^{15,18,20,21,50~54})。これらの研究はいずれもオキシダント、オゾンあるいはPANが光合成を阻害すると報告している。ただし、光化学スモッグ注意報が発令される程度の濃度での短時間処理では、阻害程度はあまり大きくないようである。しかしそれ以下の濃度でも、何回も処理されると大きく影響し、特に空気浄化法による試験で非浄化チャンパー内に育成したものに著しい。

光合成阻害の原因として、坂⁵³)は、イネの RuBP カルボキシラーゼ活性がオゾン処理により低下することを報告している。RuBP カルボキシラーゼは光合成の暗反応系の Key 酵素であり、SH 基を約 40 個持っている。その活性低下は直接光合成能の低下につながるものと思われる。RuBP カルボキシラーゼの変性は、和田⁵²)の電子顕微鏡による観察からも示唆される。すなわちオゾン処理されたタバコの葉緑体ストロマ中には、フラクシオン I 蛋白質 (RuBP カルボキシラーゼと同じ) と思われる結晶が高い頻度で発見されるという⁵⁵)。また筆者⁵⁴)もオゾン処理後、切断したイネ葉において可溶性蛋白質の高分子のものの分解が暗所で進むことを認めた。やはりフラクシオン I 蛋白質の変化と推察される。

次にオキシダントに曝された植物には葉緑素含量の漸減等を伴う老化促進による光合成能の衰退現象が見られる。直接オキシダントに接触している時よりも、光合成

に対してはむしろこの老化の影響の方が大きいのではないかと考えられるのであるが、老化に関しては別に述べる。

2) 呼吸 Freebairn⁵⁶)がタバコの葉から採取したミトコンドリアの呼吸と酸化的磷酸化がオゾンで阻害されることをみた報告が、オキシダント中のオゾンの重要性を初めて注目した論文として有名である。オゾンの呼吸への影響は、阻害する場合もあるが、他の原因で障害を受けた時にもよく見られるように、促進される例が多い^{15,18,51,54,56~61})。また、処理直後は減少し、可視障害の発現とともに促進されるという報告もある⁶²)。呼吸と共役する酸化的磷酸化は酸素吸収の増減にかかわらず減少している^{56,61,62})。しかし、ルシフェリン・ルシフェラーゼの螢光反応により ATP を定量した実験ではオゾン処理直後の pinto bean の葉中の ATP 含量は増加したという報告⁶³)もある。

3) 老化 オキシダントに曝された植物は premature senescence (葉緑素含量の低下、黄化、アントシアンの沈着、早期落果、早期落葉等)の進行がしばしば観察される。

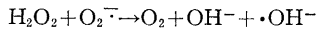
遠山⁶⁴)は電子顕微鏡による観察で、オキシダントおよびオゾンの障害を受けたアサガオの葉緑体は、膜構造が崩壊し、葉緑素が分解消失してプラスト顆粒が形成されること、葉緑体内リボソームの減少およびファイトフェリチンの生成等を認めた。このような変化は葉緑体が退化する際に共通にみられる現象であり、特にオキシダントの被害を受けたアサガオ、ヒマワリ、ホウレンソウ、タバコ、ハツカダイコンの葉緑体は球状化して小さくなっていった。これは自然界でゆっくり細胞老化が進行する際に観察される現象であるという。

次に老化と関連する異状として、Craker⁶⁵)はオゾン処理したトマト、タバコ、インゲンの葉から多量のエチレンが発生すると報告した。その後タバコ⁶⁶)、ケヤ

50) 森川昌記, 松岡義浩, 高崎強, 白鳥孝治: 日土肥学会講演要旨集 (1976), 22: 153.
51) 古川昭雄, 門田正也: 大気汚染研究 (1974), 9: 376.
52) 和田喜徳: 日本植物生理学会講演要旨集 (1972) 87.
53) 牛島忠広, 佐藤秋生, 近藤忠信, 田崎忠良: 日作紀 (1977), 46 (別1): 191-192.
54) 中村 拓, 坂 齊: 日作紀 (1977), 46 (別2): 167-168.
55) 川島伸磨: 細胞 (1973), 5 (7): 11-17 の紹介記事より。

56) Freebairn, H. T.: Science (1957), 126: 303-304.
57) Todd, G. W.: Physiol. Plant. (1956), 9: 421-428.
58) Todd, G. W.: Plant Physiol. (1958), 33: 416-420.
59) Todd, G. W. & Propst, B.: Physiol. Plant. (1963), 16: 57-65.
60) Erickson, L. C. & Wedding, R. T.: Amer. J. Bot. (1956), 43: 32-36.
61) Lee, T. T.: Plant Physiol. (1967), 42: 691-696.
62) Madowall, F. D. H.: Can. J. Bot. (1965), 43: 419-427.
63) Pell, E. J. & Brennan, E.: Plant Physiol. (1973), 51: 378-381.
64) 遠山 益: 細胞 (1975), 7: 519-530.
65) Craker, L. E.: Environ Pollut. (1971), 1: 299-304.
66) 宇野良男, 三宅嘉之: 宇都宮たばこ試験場報告 (1972), 11: 23-27.

キ⁶⁷⁾, トウネズミモチ⁶⁷⁾, イネ^{54,68)}, キュウリ²¹⁾, ダイコン²¹⁾でも同様の現象が認められ, バレイショのエピナスチー⁹⁾もエチレンとの関係が推察されている。エチレンの発生機構に関しては, 最近興味ある研究が発表された。Beauchamp と Fridovich⁶⁹⁾ は, xanthine oxidase と xanthine とメチオナルを incubation するとエチレンが発生すること, これに superoxide dismutase, カタラーゼや scavenger として作用する化合物を加えるとエチレンの発生が阻害されることから, xanthine oxidase はスーパーオキシドラジカル (O_2^-) を発生して H_2O_2 を生じ, H_2O_2 と O_2^- とからヒドロキシラジカル ($\cdot OH$) ができ, これがメチオナルに作用してエチレンを発生すると結論した。



また Elstner⁷⁰⁾ らもビートの葉からのエチレン発生にスーパーオキシドラジカルが必要であることを見いだした。彼らによると, 葉緑素分解の基本的メカニズムには二通りあり, 一つは葉緑素と膜脂質のスーパーオキシドラジカルあるいは過酸化物質による化学的な破壊であり, もう一つはエチレンによる葉緑素分解酵素の活性化であるとし, 両メカニズムとも酸素の活性化システムが必要であるという。活性酸素については浅田の総説^{71,72,73)}に

- 67) 井上敏雄: 大気汚染研究 (1974), 9: 375.
 68) 岡山県農業試験場: 農作物生育障害に関する成績概要 (昭和50および51年度).
 69) Beauchamp, C. & Fridovich, I.: J. Biol. Chem. (1970), 245: 4641-4646.
 70) Elstner, E.F., Konze, J.R., Selman, B.R. & Stoffer, C: Plant Physiol. (1976), 58: 163-168.
 71) 浅田浩二: 化学と生物 (1972), 10: 358-368.
 72) 浅田浩二: 農化 (1976), 50: R115-R120.
 73) 浅田浩二: 生化学 (1976), 48: 226-257.

詳しい。オキシダントの老化促進現象との関連に興味の持たれるところである。

おわりに

米国コネチカット州では, タバコのおキシダント被害は年 500 万ドルに達していたが, 抵抗性品種の育成により, 現在の汚染程度は減少していないにもかかわらず被害は数千ドルに低下したそうである⁷⁾。我が国においても, タバコの被害は昭和46年度が減収約 282 万キログラムで被害金額は約14億円, 47年度は約157万キログラム, 約11億円, 48年度は約82万キログラム, 約6億円と算定されている⁷⁴⁾。専売公社では, 早くから研究に着手されたため, 被害の把握, 被害の軽減対策に大きな成果を挙げている。

しかしながら, 他の農作物の経済的損失はまだ可視被害すら明らかではない (伊達ら^{75,76)}により野菜類の被害金額の算出が試みられているので, 近いうちに被害の実態が判明して来るものと期待される)。まして不可視障害については, 以上述べたように計量化の手法の検討から始めなければならない状態であるので, 不明のことが多い。

今後主要農作物の生育収量に影響を与える限界濃度を究明し, 第二環境基準を設定するためのデータの集積が必要である。

(農業技術研究所生理遺伝部生理第5研究室)

- 74) 昭和50年3月19日, 参院予算委員会における専売公社説明員の答弁。
 75) 東京都農業試験場 (江戸川分場): 園芸作物の大気汚染被害対策試験成績概要 (昭和51年度), (1977).
 76) 兵庫県農業総合センター, 農試環境保全部: 試験成績書 (昭和51年度), (1977).

北條良夫・星川清親 共編

作物—その形態と機能—

下巻 A5版

第5編 作物の生産過程—その2—/第1章 サツマイモ塊根の肥大 (國分禎二) 第2章 牧草の物質生産 (泉 和一) 第3章 葉菜類の結球現象 (加藤 徹) 第4章 果樹の接木不親和性 (仁藤伸昌)

第6編 作物の登熟/第1章 マメ類の登熟 (昆野昭晨) 第2章 穀類の登熟 (星川清親) 第3章 穀粒の品質 (平宏和) 第4章 登熟と多収性 (松崎浩夫)

第7編 作物の生育と障害/第1章 作物の倒伏と強靱性 (北條良夫) 第2章 作物の倒伏と根 (宮坂 昭) 第3章 イネの冷害 (佐竹徹夫) 第4章 作物の大気汚染障害 (白鳥孝治)

総合 野菜・畑作技術事典

II 野菜編

農林省農林水産技術会議事務局編 農業技術協会発行
 B5判 特上製 311頁 定価 5,500円 千200円

技術の項目/品種 育苗技術・採種 生理・生態 環境調整施設・資材および機械利用 土壌・施肥改善および水分管理 作型・作付体系 栽培一般 育苗 生理障害・病害虫・災害 流通
 野菜種類別/きゅうり かぼちゃ くらだねかぼちゃ すいか まくわうり まくわ型メロン メロン しろうり なすとまと ピーマン いちご オクラ えんどう いんげんまめ えだまめ とうもろこし 果菜一般 はくさい たいさい きゃべつ カリフラワー ブロッコリー ほうれんそう レタス セルリー アスパラガス しゅんぎく みつば ふき みょうが ねぎ わけぎ にら たまねぎ にんにく だいこん かぶ にんじん ごぼう かんしょ ばれいしょ さといも他