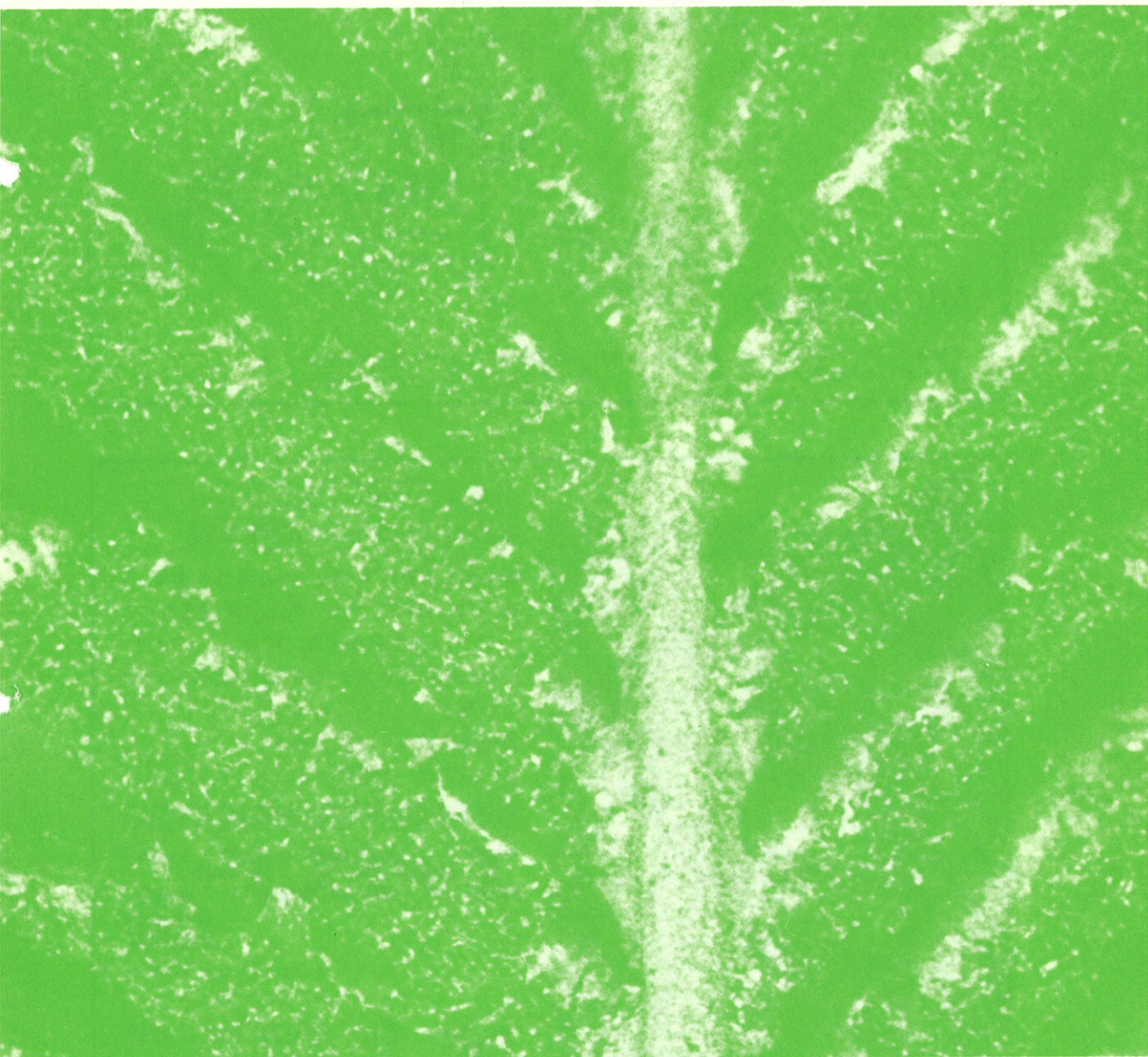


植調

第17卷第9号



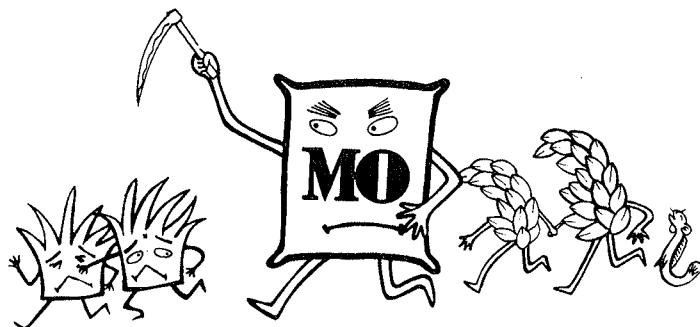
財団法人 日本植物調節剤研究協会編

安全でよく効く!

——水田除草剤——

MO粒剤-9

(CNP除草剤)



MO普及会

取扱会社 クミアイ化学、三共、北興化学、八洲化学、日本農薬、サンケイ化学、三井東圧農薬
事務局 東京都千代田区霞が関3-2-5 (霞が関ビル) 三井東圧化学株式会社内

効きめで
選ぶ。
経済性で
決める。

田植前後に使って苗に安心
経済的にも有利な初期除草剤

- 効きめが長く、すばらしい殺草力を発揮。
- ノビエ、カヤツリグサ、1年生広葉雑草からマツバイまで広範な雑草に有効で、ウリカワ、ホタルイ、クログワイなどにも初期抑草効果が高い。
- 低温でもイネに対して安全。
- 人畜毒性、魚毒性ともきわめて低く、安心。

代かき後7日以内にご使用ください /

エックスゴーニ® 粒剤

®は日本農薬と石原産業の共有登録商標

エックスゴーニ協議会



○本剤のシンボルマークです



石原産業株式会社
〒102 東京都千代田区富士見2-10-30



日本農薬株式会社
〒103 東京都中央区日本橋1-2-5

果実の高品質と外観偏重

果実に対する消費者の高品質志向が、曾てなく強まっていると言われる。物が供給過剰になれば買手側が品質にきびしい注文をつけ、品質差による価格差が大幅となることは何も果実に限ったことではないが、問題は「高品質」の内容である。

果実にしろ野菜的果実にしろ美味しくなくては高品質とは言えないが、外観にこだわり過ぎるといういろいろの面に好ましくない歪みが生じてくる。その最たるものは、生産コストを徒らに増加させることであるが、食品の安全性等もかわってくる問題である。

一般消費者が気につけないような病害虫等による果皮損傷を市場取引において問題にすると、栽培者は薬剤散布回数を増すことになり、その結果、薬剤費・散布労力費等の増加により生産コストは高まり、他方栽培者保健および食品の安全性の面で好ましくない方向に進むことになる。また、果皮色沢を徒らにやかましくいうと、栽培者は不必要に収量をおさえ、袋掛け・葉摘みまでして美しく仕上げようとする結果、資材費・労力費を大幅に増加し、生産性をいちじるしく低下することになる。

わが国の果実の近代的流通は贈答品からスタートした沿革もあり、従来外観を重視する傾向が強く、これが諸外国に比べ高い生産費を構成する一つの主要な要因となっていた。それを、高品質という市場要請から外観偏重にさらに傾斜を強めることは、良質・安全・廉価という必需品的性格の高い果実供給および海外産品との競争上から、改めて考え直す必要があろう。

〔財団法人 日本植物調節剤研究協会会長 千野知長〕

目次 (第17巻第9号)

解毒剤について……………2

＜理化学研究所 中山治彦＞

植物生理活性物質研究の現状と諸問題……………7

＜東北大学農学部教授 山下恭平＞

1. 植物ホルモンの生育調節剤としての利用……………7
2. アブシジン酸(ABA)研究の現状……………7
3. その他の内生植物生長物質……………9
4. α -メチレン- γ -ラクトン系活性物質……………10
5. 新しい母核の発芽抑制物質……………11
6. 立体化学と生理活性……………11
7. 微生物の生産する植物生長物質……………12
8. おわりに……………12

高等植物におけるジベレリンについての諸問題……………13

＜東京大学農学部助教授 室伏旭＞

1. 内生ジベレリンの同定および定量……………14
2. ジベレリンの生合成・代謝……………15
3. 生理活性……………16
4. 植物体におけるジベレリンの変動……………17
5. 矮性の問題……………18
6. 今後の問題……………20

植調第17巻第5号の訂正について……………21

解 毒 剤 に つ い て

理化学研究所植物薬理研究室主任研究員 中山治彦

今から約10年前に、除草剤分野では、new generation と言われた画期的な発展があった。それは少量散布のための改善策から発展したもので、これには次のようなものが含まれる。①飛散流防止と経済的効果をねらった、recirculating sprayer と言って、散布したものを反対側から吸収させて、再散布させる(1964)。②単位面積当りの施用水量を減少させるため、ha当りの通常の200 l から、50~100 l (low volume), 10~50 l (very low volume), 1~10 l (ultra low volume), へと発展した(1974)。③勿論、このような少量散布のために small droplet と言って70 μ 以下の微滴が開発された。④rope-wick-applicator と言って、雑草の茎葉全体の20%程度が薬剤処理されただけで、十分に殺草できることを利用して、作物より高い雑草の冠草部にだけ処理する(1976)。⑤chlorsulfuron にみられる超微量散布の開発、である。

さて、表題の解毒剤も、過去10年間における除草剤分野での重要問題の一つであった。この外に見逃せないものとして、雑草の除草剤耐性があるが、近い将来のことを考慮すれば、解毒剤問題を究明することによって、除草剤耐性、さらに一部で話題にされつつある高等植物における免疫性にも解決の手懸りが得られるようになると考えられる。

除草剤分野での解毒剤というのは、要するに作物と雑草間の選択性を強化させる殺草補助剤のことである。単なる殺草補助剤となれば、界面活性剤もその一つになるが、解毒剤では作物に対する薬効は顕著に低下し、雑草に対する殺草性は変化しない、という特徴をもっている。

解毒剤は antidote の和訳である。解毒には相違ないが、実用上では何となく不適當な表現である。Pallos & Casida (1978) は、herbicide antagonists, crop protectants, herbicide safeners, と言う表現が好ましいとしているが、まだ十分に膾炙されていない。最近の文献では、herbicide safener が比較的多く使われている。解毒剤にかわる適當な和訳がまだないので、本稿では解毒剤として取り扱うことにした。それも正確には除草剤の解毒剤になるが、略して単に解毒剤とした。

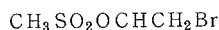
解毒剤とみなされる最初の報告は、Arle ら (1948) の活性炭処理であろう。これは2,4-D 処理による薬害を回避させるために、例えばサツマイモの苗の下半部を活性炭で包んで、土壌中の除草剤処理層での薬効を防止したものである。けれども、これは作物の根が生長して、薬害を受けることもあって、確実な薬害回避というわけにはいかなかった。

Chemical safener として取り扱われた

のは1947年で、ある夏の暑い日に Hoffman が温室でトマトの実験をしている時、という有名な書き出しで始まる実験が最初であった。これは2,4,6-Tが処理されたトマトに2,4-Dの薬害がみられなかったという観察で、両者の拮抗作用が解毒性を現わしたというものである。この結果が発表されたのは、15年後の1962年である。この頃、barbanが処理された燕麦では、2,4-Dの効果が現われないことも発表されている(1960)。

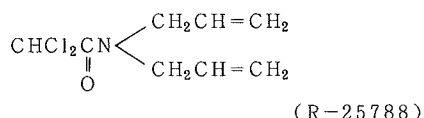
前述の Hoffman は、精力的に解毒剤の研究を展開し、トウモロコシに対する除草剤EPTCは種子処理のNA(1,8-naphthalic anhydride)で解毒になること(1969)、対象になる除草剤も thiocarbamates, dithiocarbamates, chloroacetanilide に拡大され、作物もトウモロコシ・ソルガム・オート・大麦・イネなど、イネ科作物には同様の効果がみられることも明らかになった(1968)。NA剤が、protect[®]として市場に出たのは1972年で、実用的には6.7 kg ai/haのEPTCに対し、播種する作物種子の重さの0.05～0.5%のNAで十分である、とされている。

解毒剤は、その後幾つかのものが開発されるようになった。1970年4月には、R-6869(methane sulfonate)がNAよりも優れていることが、Stauffer Chem.社で発見され、種子処理でもよいが土壌処理でも効果がある。施用量はEPTC 6 kg ai/haに対し、1 kg ai/haで十分であることが、それぞれ明らかにされた。この化学構造式は



で、アルキル化が解毒作用をもつと考えられ、monochloroacetamide halgenの化学

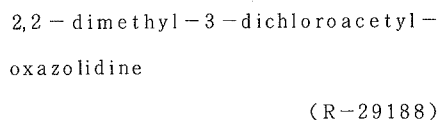
的に不安定なことに着目して、CDAAに似た



が合成された(1970年10月)。

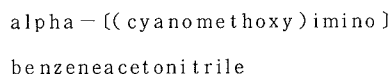
このR-25788は、種子処理で完全にEPTCを解毒するばかりでなく、畦間の土壌処理でも薬害を軽減する、という効果も併せて認められた。これはまたEPTCの薬効を下げないで、EPTCの1/100をtank-mixの土壌混入処理で薬害を防止できることがわかった。さらに除草剤も、butylate, vernolateのようなthiocarbamateにも適用できることも明らかにされた。

1971年の始め頃、Stauffer社のGrayらは、広大な圃場試験を展開して、数百の類似化合物から、さらに



を選抜した。前述のEPTC+R-25788はEradicaneとも言われ、防除困難であったwild cane, rhizome Johnsongrass, quack grass, seedling Johnsongrass, wild prosomilletに卓効があった。1973年にはbutylateにもこのR-25788が加えられるようになった。

最近ではCiba-Geigy社、Monsanto社でも開発された。Ciba-GeigyのものはCyoxymetrinylというもので、



(CGA-43089)

これはgrain sorghumに対するmetolac-

hlor の薬害に極めて高い薬効を示す種子処理剤である。これはさらに改良されて、末尾の



(CGA-92194)

に変化したものである。Cyoxymetrinyl は metolachlor の 4 kg ai/ha に対し、播種する種子重の 0.125～0.15 % の薬量で十分解毒できる。

Monsanto のものは、

2-chloro-4-trifluoromethyl-5-

thiazole carboxylic acid,

benzyl ester

(Mon-4606)

これは Flurazole ともいわれている。種子処理でソルガムに対する alachlor の薬害を効果的に減少させることができる。処理は種子処理、畦間処理でもよく、また雑草に対しては発生前でも、発生後間もなくの時期でもよいとされている。

Nickell (1982) が、最近の herbicide

表 1. 各種の Herbicide Antidotes

Herbicide	Antidote	Crop
4-amino-(1,1-dimethylethyl)-3-(methylthio)-1,2,4-triazin-5(4H)-one (metribuzin)	benzil hydrazone	soybeans
2-tert-butylamino-4-ethylamino-6-methylthio-s-triazine (terbutryn)	benzil hydrazone	soybeans
4-chloro-2-butynyl- <i>m</i> -chlorocarbanilate (barban)	1,8-naphthalic anhydride	oats
2-chloro-2',6'-diethyl-N-(butoxymethyl) acetanilide (butachlor)	2'-methoxy-3-phenacylidene phthalide	rice
2-chloro-2',6'-diethyl-N-(methoxymethyl) acetanilide (alachlor)	1,8-naphthalic anhydride	sorghum rice corn
2-chloro-4-(ethylamino)-6-(1-cyano-1-methylethylamino)-1,3,5-triazine (cyanazine)	N,N-diallyl-2,2-dichloroacetamide 1-(phenylmethyl)-1H-pyrrole-2,3-dicarboxylic acid	grain sorghum
2-chloro-4-(ethylamino)-6-(isopropylamino)-s-triazine (atrazine)	sodium p-(dimethylamino)benzene diazosulfonate (daxon) sodium p-methylbenzenediazosulfonate benzil hydrazone	soybeans soybeans soybeans
2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methylethyl)-acetamide (metolachlor)	α -(cyanomethoximino)-benzacetoneitrile N,N-diallyl-2,2-dichloroacetamide phenylglyoxylonitrile-2-oximecyanomethylether	grain sorghum corn millet
5-(2,3-dichloroallyl)-diisopropylthiocarbamate (diallate)	methyl-N-ethylthiocarbamate	wheat corn
N-(3,4-dichlorophenylcarbamoyl)-N-methylglycine monohydrate	octamethylenediamine	cereals
1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridiniumdichloride (paraquat)	ferrous sulfate	wheat oats
S-ethyldipropylthiocarbamate (EPTC)	1,8-naphthalic anhydride 1-dibromoacetyl-2,5-dimethylpyrrolidine N,N-diallyl-2,2-dichloroacetamide	corn corn corn
S-ethylhexahydro-1H-azepine-1-carbothioate (molinate)	N-(2')-benzimidazolyl-1,8-naphthalimid 1,8-naphthalic anhydride	rice rice
N-(2'-n-propoxyethyl)-2,6-diethylchloroacetanilide	phenylglyoxylonitrile-2-oximecyanomethylether	rice sorghum
5-(2,3,3-trichloroallyl)-N,N-diisothiocarbamate (triallate)	N,N-diallyl-2,2-dichloroacetamide 5,6-dihydro-2-methyl-1,4-oxathin-3-carboxanilide methyl-N-ethylthiocarbamate	wheat wheat wheat corn

antidotes について取りまとめたものがある
ので、これを表 1 に示した。

解毒剤は15種類、対象作物は7種以上に及んでいる。対象除草剤の新しいものでは、metribuzin, butachlor がある。butachlor は、直播水稻の水田で卓効を示すといわれている。表中の paraquat の解毒剤は、ferrous sulfate の 2 lb/A を paraquat の 0.25 oz/A に混ぜて散布すると、paraquat 単用 (0.25 oz/A) は枯れても酸化還元の効果で枯れないというものである。

解毒作用の核心はまだ十分に解明されていないが、解毒剤の多くが除草剤 EPTC を対象にしているので、この EPTC 本来の作用性にふれてみたいと思う。ノブドウ・キャベツ・トウモロコシでの観察によれば、葉の外皮のクチクラの厚さが薄くなる。この影響が顕著な場合は、蠟質の白色さえみられなくなる。これは epicuticular wax の合成阻害である (Gentner 1966, Still 1970)。このような外皮での EPTC の影響は、解毒剤で正常化することが認められた (Leavitt & Penner 1979)。

このような外皮の蠟質物質の合成に影響する EPTC については、lipids 合成阻害についても報告され、解毒剤 NA 処理で阻害されなくなったことが、遊離のホウレンソウの葉緑体で明らかにされた (Wilkinson 1978)。NA は、植物体内の linolenic acid を増加させる報告がある。細胞膜の異常の検定によく使われるサトウ大根の betacyanin 流出は、EPTC で増加するが、NA および R-25788 は流出を抑制する。

EPTC はまた、植物体内における GA 合成を阻害する作用を持っている。これは、GA の

前駆物質である kaurene の中に MVA (mevalonic acid) の取り込みが阻害されるためである (Wilkinson 1982)。NA と GA を併用すると、NA 単用よりも解毒効果が明らかに向上した例もある (Wilkinson 1982)。

小麦の根の phospholipids も EPTC で減少する。大豆の葉の linolenic acid は顕著に減少する。大豆の場合は葉緑体での galactolipid の合成の前駆物質である phosphatidylcholine が EPTC の影響を受けて、細胞膜の脂質が崩壊すると考えられている。

解毒剤の作用性に関する報告の多くは、EPTC の吸収、移行には解毒剤の影響がなく、解毒剤の存在下で GSH (glutathione levels) が高められ、これが解毒作用をもたらす、と考えられていた (Lay ら, 1975~'82)。それは、EPTC (無毒性) が EPTC-SO (有毒性) になって、さらに GSH-transferase の作用で、S-carbamyl-GSH (無毒性) になり、哺乳動物の場合はさらにまた S-carbamyl (mercapturic acid, 無毒性) になるというものである。

けれども、最近ではこれに異論を唱える人が出てきた。トウモロコシの茎に GSH と EPTC を同時に注入した実験では (Dutka & Komives, 1982), 解毒効果は認められたが、毒性は EPTC-SO ではなく、もっと潜在的な EPTC の代謝の中で毒性があった、というのである。それは EPTC-SO 代謝のために存在する, mfo (mixed function oxidase) 酵素を阻害すると葉害が現われるという考えである。これには、Hatzios (1981) の意見も加担しており、もしも EPTC-SO が有毒性なら、mfo 酵素阻害はむしろ safener として働くこ

とになる，というものである。

最近，Ezra (1982)はトウモロコシの細胞培養の実験から，R-25788の初期の効果はEPTCの吸収阻害に役立ち，またEPTCのdetoxicationの割合を高めることを明らかにした。またStephenson (1982)のトウモロコシの細胞懸濁培養の実験では，R-25788を処理した後の12時間以内にはGSHの増加がみられなかったこと，およびこのような状態でもEPTCは処理後8時間以内に水溶性物質に変わったことを明らかにした。未解決の問題が多い。トウモロコシは，GSHの濃度がもともと高過ぎて，実験に不向きであるという説もある。

解毒剤の効果自身も環境条件の影響を受けて，明らかに変化している例がある。Parker (1982)によれば，ライグラスに対するNAの効果には土性のちがいが明らかに関係していること，R-25788を用いたトウモロコシの実験では，トウモロコシの出芽前よりも出芽後の方が効果が低かったこと，および温度の影響は必ずしも同一傾向を示さないが，どちらかと言えば温暖な場合に，より効果的な解毒作用を示すことを，それぞれ明らかにした。また，環境条件ではないが，解毒剤を併用した場合，すなわち，R-

25788とNAを混用した実験では，R-25788の単用効果と変わらなかったことも明らかにされている (Parker, 1982)。作用機作もさることながら，まだまだわからぬことが多い。

解毒剤と言う表現が適当でないことを先述したが，できれば「除草定量化剤」と言いたいところである。要するに作物，雑草間の選択性強化剤であるが，作物に薬害をおこさないというのが特徴である。Parker (1982)は作物とこれによく似た雑草との間の選択性を強調している。例えば，トウモロコシ畑での *Rottboellia oxaltata*，あるいはイネ栽培での wild rice (*Oryza punctata*)，red rice (*O. rufipogon*) である。さらに厄介な雑草といえば，seed corn fieldにおける weedy corn，grain sorghum fieldにおける shattercane，millet fieldにおける weedy millet，sugar beet fieldにおける wild beets，あるいは一般的に，広葉作物畑における広葉雑草完全防除，イネ科作物畑におけるイネ科雑草完全防除になろう。解毒剤 (除草定量化剤) の開発は，これからの問題の一つとみてもよいであろう。

参 考 文 献

- 1) Nickell, C. G. (1982): Protection against Herbicide Damage, in Plant Growth Regulators, p.99~102, Springer-Verlag, New York.
- 2) Pallos, F. M. & J. E. Casida (1978): Chemistry and Action of Herbicide Antidotes, pp.171, Acad. Press, New York.
- 3) Proceeding: Crop Safening, in 1982 British Crop Protection Conference Weeds, p.431~492, BCPC Pub., London.
- 4) Harborne, J. B. (1982): Introduction to Ecological Biochemistry, pp.278, Acad. Press, New York.

植物生理活性物質研究の

現状と諸問題

東北大学農学部農芸化学科農薬化学研究室教授 山下恭平

植物が種子から発芽し、生長・開花・結実して枯死するまでの種々の生理現象は、多くの内的・外的要因の総合の結果として見られるものである。日光・温度・季節的変動などの外的要因も重要であるし、無機養分や共生微生物などの土壌要因、オゾン・農薬・廃棄ガスなどの汚染物質の影響をも受けているが、自己制御のための植物ホルモンをはじめとする内生植物生長物質の果たしている役割も大変大きい。また、自然環境下では、他の植物による他感作用（アレロパシー）、昆虫や動物による食害や植物病原菌の侵入による植物病などいろいろな影響を受けながら生育しているわけである。

1. 植物ホルモンの生育調節剤としての利用

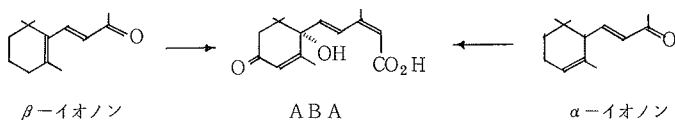
内生植物生長物質としては、オーキシン・ジベレリン（GA）・サイトカイニン・アブシジン酸（ABA）・エチレンなどの植物ホルモンと、それ以外の各種生長調節物質が重要な役割を果たしている。植物の生育調節物質と

いう立場から見ると、これら植物ホルモン中、GAはイネ馬鹿苗病菌の醗酵生産で作られ、種子無しブドウの生産をはじめ、各種成長促進剤として実用化されている。オーキシンはインドール酢酸をモデルとして作られた2,4-Dやフェノキシ酢酸系の調節剤、あるいはナフタリン

酢酸系として広く利用されてきた。サイトカイニンについても、合成類縁体のベンジルアデニン（BA）がブドウの花振るい防止など利用の途が開かれているし、エチレンにしても、そのままあるいは2-クロロエチルホスホン酸の形で熟期促進などに実用化されている。これに対して、ABAのみはまだ実用化にいたっていない。その理由としては、まず極めて高価であること、ABAにまさる活性の強い類縁体を得られていないこと、生理作用は興味あるものが多いが、生長植物に対する実用的活性テストが充分なわれていないことなどがあげられよう。

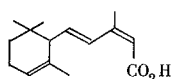
2. アブシジン酸（ABA）研究の現状

1964年に大熊、Addicott らによりABAの構造が決定されて以来、多数の合成化学的研究が行なわれてきた。

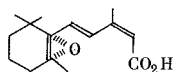


ABAとビタミンAとの構造の類似性からも予想されるように、 β -イオノンからの側鎖の延長と光増感酸化による酸素官能基の導入、 α -イオノンからのアリル位の酸化と側鎖の延長、あるいはシクロヘキサノン母核への側鎖の導入法など、幾つかのABA合成が考案されてはい

るが、いずれの方法も大量生産には適さず、より安価な簡便合成法の開発が期待される。一方ABA類縁体が多数合成され、生理活性のデータが蓄積されてきた。棉のエキスプラントの脱離試験、イネ幼植物の第二葉鞘伸長抑制活性、レタスの発芽抑制活性、葉片のクロロフィル減少テスト、気孔閉鎖活性などさまざまな試験が行なわれているが、イネの生長抑制と気孔閉鎖活性がよく用いられる。これまでの結果を総合すると、C₁₅のイオニリデン酢酸型化合物が一般に活性が強く、中でも(2Z)- α -イオニリデン酢酸や(2Z)- β -イオニリデン酢酸エポキシドなどは、試験方法によっては、ABAと同等の活性を示す。



(2Z)- α -イオニリデン酢酸



(2Z)- β -イオニリデン酢酸エポキシド

また側鎖や環上のC-2'メチル基は活性発現に不可欠であるが、C-6'メチルは必ずしも必要でないこと、側鎖が(2Z)-構造のペンタジエン酸であることが重要なことなどが明らかになってきた。しかし、いずれにせよABAにまさる活性類縁体は見いだされず、合成の簡単な芳香族類縁体はことごとく不活性であった。

このように活性類縁体は得られ難かったが、ABAの活性の検討が進むにつれて次第に多面的な利用の途が考えられるようになってきた。ABAに特徴的な気孔閉鎖活性を利用して、旱魃時にABAを散布して気孔を閉じさせて、植物体の萎凋・枯死を防ぎ、降雨を待つとか、イネの出穂時にABAを散布して、その後の低温による登熟不良を防ぐなどの基礎的データが積み重ねられ、各種の利用の途が開かれようとしている。そこで、安価にABAをうる方法とし

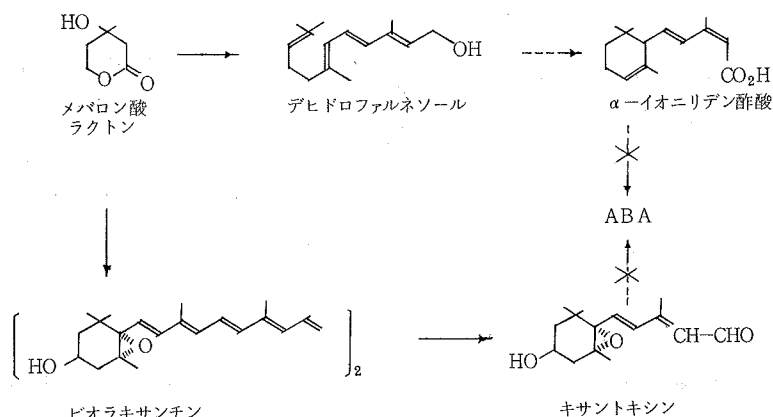
て、微生物によるABAの生産が注目を集めてきた。微生物によるABAの生産は、1977年にイタリアのAssanteらがバラ科の病原菌*Cercospora rosicola*によるABAの生成を認めたのにはじまる。その後、丸茂らにより、*Botrytis* 菌によるABAの生成が見いだされ、我々も*Cercospora cruenta* IFO 6164がABAを生産することを見つけた。いずれの菌も、光照射下に培養することによりABAの生成量が著しく増加するが、高山らは培養条件の改良により*C. rosicola*で300mg/lまでABAの生産量を高めることに成功しており、供給面についての希望が持てるようになってきた。

ABA研究のもう1つの問題は、光学活性と生理活性の問題である。合成ABAの光学分割で得た天然型の(S)(+)体と、対掌体の(R)(-)体との比較では、(+)体の方が(-)体

よりかなり活性が大きく、とくに短時間のテスト方法ほど差が大きい。しかし、一般的には(-)体にも(+)体の半分程度の活性が見られる。これは、吸収・代謝速度などの差も影響しているようである。関連化合物である(2Z)- α -イオニリデン酢酸や(2Z)- β -イオニリデン酢酸エポキシドでも、(+)体の方がかなり活性が高い。このように、天然型の方が活性が高いのは、ジャスモン酸メチルその他の植物生長物質には共通のことであるが、対掌体にもかなりの活性が見られ、昆虫フェロモンなど他の例によくあるように、対掌体が不活性なものは知られていない。

ABA研究で残された大きな問題は、生合成ルートの解明である。カロチノイドの一種であるビオラキサンチンの光酸化で、キサントキシン(xanthoxin)ができ、これがABAに変換

されたとする Taylor らの説は、アボカド果から得られた ABA 生合成の無細胞系での取込み実験から否定され、少なくとも主経路は別に存在することが明らかになった。しかし、メバロン酸からファルネソール、デヒドロファルネソールを経て、どのようにして ABA になるのかはまだ明らかでない。



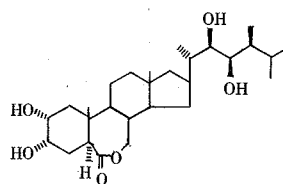
植物体に α -イオニリデン酢酸を与えると、4'-ケト体にはなるが、ABA には放射能が取り込まれず、前駆体は別の化合物のように思われる。植物での生合成実験では、一般にラベルした基質からの放射能の取込み率が低いため、解析が難しいが、前述のように ABA を生成する微生物が見いだされた結果、微生物を用いた生合成研究が最近急速に進展しつつある。C. *rosicola*, C. *cruenta* とともに、培養液より 4-ケト- α -イオニリデン酢酸が単離され、しかもこれが ABA に変換されることが明らかになった。また、我々の実験でも、(±)(2Z)- α -イオニリデン酢酸を培養液に加えると、(S)体は ABA と 4'-ケト体に交換されるのに対し、(R)体は 4'-ヒドロキシ酢酸の段階でストップし、先に反応が進まないことがわかった。このように、微生物では ABA 生合成の前駆物質が (2Z)- α -イオニリデン酢酸であることがわか

ったが、植物体内でデヒドロファルネソールから ABA までの途中経路はまだ不明であり、酸素官能基がどこで導入されるのかも不明である。

3. その他の内生植物生長物質

1979 年にアブラナの花粉に含まれる新植物生長促進物質の構造が Mandava, Grove らに

よって明らかにされ、セロステロイド型ヒドロキシラクトンであることがわかり、ブラシノライド(brassinolide)と命名された。ブラシノライドは、インゲン豆の第 2 節間伸長、ラミナジョイント活



ブラシノライド

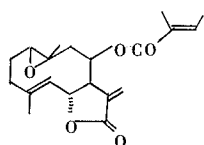
性をはじめ細胞分裂、細胞伸長を促進する特異な生理活性を示し、

幼植物 1 個体当たり 1 ng のオーダーで活性を示す。さらにクリタマバチ虫嚢や他植物から、その前駆物質と考えられるカステステロン(castasterone)が見いだされ、またブラシノライド自身もかなり多くの植物に分布していることが推定され、第 6 の植物ホルモンとなりうるか否か、今後の研究の展開が注目される。

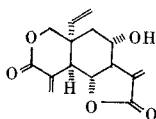
このような植物ホルモ的なもの以外にも、植物界にかなり広く分布している抑制活性物質があり、中でもサリチル酸・クマル酸・コーヒー酸などのフェノール類は古くからよく知られている。

4. α -メチレン- γ -ラクトン系活性物質

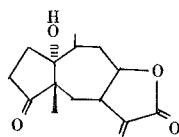
一方、比較的分布は狭いが強い生長抑制活性を持つ天然物が、各種植物体から単離されている。これらがなぜ抑制活性を示すか明らかでないものも多いが、作用機構的にはっきりしている一群として、分子内に α -メチレン- γ -ラクトン部分を含む一連の活性物質が見られる。



ヘリアンジン



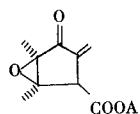
バーノレピン



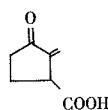
ペルビン

ヘリアンジン(heliangin)は キクイモやヒマワリの葉に含まれるゲルマクラン型の生長抑制・不定根発根促進活性物質、バーノレピン(vernolepin)は 植物中の抗腫瘍性物質の検索中に見いだされた活性物質で、抗癌作用のほか小麦子葉鞘伸長阻害活性を示す。

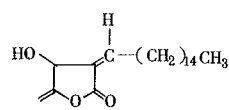
また、ペルビン(peruvine)は、ブタクサ中の生長抑制活性成分である。これら以外にも、除虫菊のピレスロシン(pyrethrosine),



メチレノマイシンA



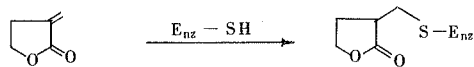
ザルコマイシン



マフバノリド

オトメザクラのクリサルテミン(chrysart-hemin)をはじめ、メチレンラクトン構造を有する活性物質はかなり多数にのぼっている。これらの化合物は、不飽和ラクトン部分がSH酵素とMichael付加することにより、作用を発現することが明らかとなっており、二重結合を飽和すると活性がなくなる。また、簡単なモデルラクトンを多数合成して活性を調べたが、天然物と殆んど同じ抑制活性が見られた。最も簡単なメチレンラクトンは、チューリップ球根中の抗菌成分として知られるチューリパリナ(tulipalin A)であるが、 10^{-4} モル濃度では天然ヘリアンジンなどとほぼ匹敵する強い抗オ

ーキシン活性、生長抑制活性を示し、二重結合を飽和したり、SH化合物を添加したりすると抑制活性が見られなくなる。これも、次のようなSHの付加で容易に説明されよう。



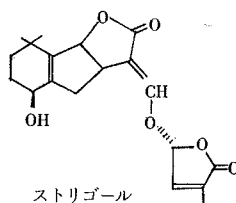
チューリパリナ

天然には抗生物質としてのメチレノマイシンA, B (methylenomycin), 抗癌剤として知られるザルコマイシン(sarkomycin)など、共役カルボ

ニルを含む活性物質が少なくない。また、クスノキ科のマフバノリド(mahubanolide)をはじめとする α -アルキリデン- β -ヒドロキシ- γ -ブチロラクトン一群の存在も知られており、これらの活性にも興味を持たれる。

このように異なる起源の天然物も共役カルボニルのMichael付加という共通の作用機構で、抗菌・植物生長抑制・抗腫瘍性・その他の異なる目的に役立っているわけであるが、かかる部分構造を実用的な生長調節物質に結びつけようとする試みは、今のところ成功していない。

発芽促進物質ストリゴール(strigol)も、不飽和ラクトン構造という点では共通点があり、



ストリゴール

興味を持たれる化合物である。地球上で4億人もの人々が主食としている高粱などのモロコシ類には、

witch weed と呼ばれる寄生性雑

草が被害を与えるが、この雑草は小さな種子を多量に作って風で飛散さ

せ、土壤中で休眠しているため、防

除が大変困難である。寄主植物であるモロコシ

類の根が種子の近辺まで伸びてくると、根から

でる横溢液中の活性成分によって休眠が醒めて

発芽し、その根に寄生して栄養を吸収し、時には枯らしてしまう。この活性の本体は、含量が

少なく単離困難であったが、寄主植物でない棉

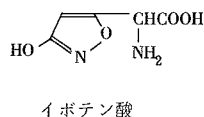
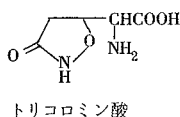
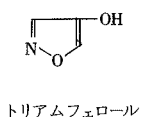
の根からかなりの量が分泌されるのがわかり、Cook らにより単離され、ストリゴール(strigol)と呼ばれる不飽和ラクトンであることが

X線回折でわかり、合成もされた。10⁻¹¹ モルで

50%発芽という強い活性を持つため、各種類縁体が合成され、土壌散布によって発芽させて、雑草を防除する試みがなされつつある。活性物質の新利用法として注目されよう。

5. 新しい母核の発芽抑制物質

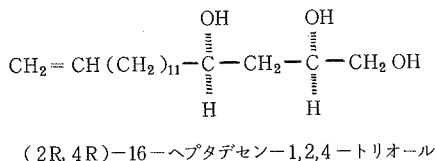
最近、アフリカ産植物 *Triumfetta* からトリウムフェロール(triumferol)と名づけられた発芽抑制物質が単離され、楠見らにより、4-ヒドロキシイソキサゾールであることが明らかにされた。活性は50 ppmで、レタスの種子発芽70%阻害程度でそれ程強いものではないが、これまで知られていたヒドロキシイソキサゾールは、キノコ類のイボチン酸(ibotenic acid)、トリコロミン酸(tricholomic acid)などの殺虫成分にしても、農薬として広く使われている3-ヒドロキシ-5-メチルイソキサゾールにしても、いずれも3-ヒドロキシ体であり、今回の4-ヒドロキシ体の発見は新しい活性母核という点で、興味あるものである。



6. 立体化学と生理活性

天然の生理活性物質には、キラリティーを有するものが多く、立体化学と活性の関係も重要である。昆虫のフェロモンの場合には、キラルな天然型のみ活性で、対掌体が不活性なものもあるし、(+)体、(-)体共、同活性のもの、両者が共存してはじめて活性が見られるものなどさまざまであるが、植物生長物質では比較的研究例が少ない。ABA では、前述の如く天然の(S)(+)体の方がかなり活性が大きい、非天然型にもかなりの活性が見られる。生理活性天然物の中には、立体化学未知のものがかなりの数にのぼるが、これらの立体化学を合成的に明らかにし、キラリティーと生理活性の関係を調べることは極めて興味ある課題である。

アボカド果には、ヘプタデセントリオールとそのモノアセタート、アセチレン類縁体が含まれ、抗菌活性と生長抑制活性を示すことが知られている。これらは、食品中の生理活性成分という点でも興味があるが、その立体化学は不明であった。我々は、天然の(S)(-)リンゴ酸のキラリティーを利用して4種類の可能なジアステレオマーを合成し、その立体化学を決定し、ついで天然物と旋光度や融点を比較することにより、天然トリオールが(2R, 4R)体であることを明らかにした。



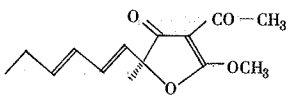
これら4異性体間の各種予備的活性テストの結果では、対掌体間の差はそれ程でもないが、ジアステレオマー間の差は大きく、非天然型の(2S, 4R), (2R, 4S)は天然型ジアステレオマーにくらべて抗菌活性も極めて低い。

7. 微生物の生産する植物生長物質

これまで述べてきた化合物は、いずれも植物体中に含まれる活性物質であるが、微生物の代謝産物の中にも高等植物に対して興味ある生理活性を示すものが少なくない。ジベレリンも、最初はイネ馬鹿苗病菌の代謝産物として見いだされたものであり、サイトカイニンの1つゼアチンリボシドもリゾープス属菌から見いだされているし、最近ではABAも植物病原菌により生成することがわかった。とくに植物病原菌の中には植物毒素(phytoxin)を作るものが少なくない。植物毒素の中には、植物病の病徴発現因子となるピボトキシンもあるし、その他発芽阻害・生長抑制・根の伸長促進・不定根の発根促進・クロロシス・萎凋などいろいろな活性物質が知られている。植物の生長を促進する方向に働くものとして、菌核菌のスクレリン(sclerlin)やスクレロチニン(sclerotinin), 小麦斑点病菌のヘルミントスボラール(helminthosporal)やサチベンジオール(cis-sativendiol), レタスの発芽誘起活性を示すグラフィノン(graphinone)などがあるし、生長を抑えるものとしてはエポキシドン(epoxydon)その他のシクロヘキセノン誘導体、レゾルシライド(resorcylicide)その他興味あるものが少なくない。かかる微生物起源の活性物質の検索と実用化へ向けての研究は、今後とも活発に行なわれるであろう。

最近、テトロニン酸と呼ばれる3-ヒドロキシ

-2-フラノン構造の活性物質が天然物として多数単離されている。Ballantineらは, *Aspergillus ruglosis* よりアスペルテトロニン(aspertetronin)類を単離して、キラルな4-メトキシテトロニン酸構造を提出したが、その後1975年に宇井らは *Cephalosporium gregatum* より、植物毒素としてグレガチン(gregatin)類を単離し、これがアスペルテトロニン類と光学対掌体の一群であることを明らかにした。しかし、その立体化学は不明であった。この両化合物群は、天然界に両エナンチオマーが別々に存在する稀な例の1つであり、活性の点でも、生合成の点でも大変興味深い。我々は、キラルなバレロラクトン- γ -カルボン酸からの5位置換テトロニン酸の合成法を考案し、まず天然のアスペルテトロニンAが(R)配置であることを合成的に証明した。次にモデルテトロニン酸類のメチル化成績体のスペクトルから提出構造が誤りであることを指摘し、最近



(S)(+) グレガチンBの全合成に成功して、5-メトキシ-3(2H)-フラノン型構造であることを確定することができた。これらの立体化学と活性との関係は、今後の課題である。

8. おわりに

植物生長調節剤の目的は、何といっても収量増と生産物の品質向上、そして省力栽培であろう。したがって、その内容も発芽の促進あるいは抑制から、生長の促進・抑制、着果の増加、摘果といった両面から利用できるわけである。光合成能の増大とか果実の糖度向上といった本質的な問題も含まれてこよう。いずれにせよ、

まず何らかの活性を持つ物質が発見されねばならないが、これまで述べてきたように分離技術や機器分析の急速な発達により、物質レベルでの生理活性物質の解明はかなりの速度で進められている。しかし、構造がきまってから先、その物質がどのような作用を持ち、どのような目

的に利用できるか、また天然物より有効な類縁体が作られるか否か、供給面での問題はどうかなど、解決すべき問題が山積している。化学者のみならず、植物生理学者や他の分野の研究者的との緊密な関係こそ、これら天然物の実用化に不可欠な要因であろう。

参 考 文 献

- 1) 折谷, 山下: 化学と生物, 13, 351 (1975).
- 2) T. Oritani, M. Ichimura and K. Yamashita: Agric. Biol. Chem., 46, 1759 (1982).
- 3) K. Yamashita, E. Nagano and T. Oritani: Agric. Biol. Chem., 44, 1441 (1980).
- 4) M. D. Grove, G. F. Spencer, W. K. Rowedder, N. Mandava, J. F. Worley, J. D. Warthen, Jr., G. L. Steffens, J. L. Flippen-Anderson and J. C. Cook Jr., : Nature, 281, 216 (1979).
- 5) A. Tanaka and K. Yamashita: Chemistry Lett., 319 (1981).
- 6) C. E. Cook, L. P. Whichard, B. Turner, M. E. Wall and G. H. Egley: Science, 154, 1189 (1966).
- 7) 楠見, 直木, C. C. Chang, M. Wheeler, 久保, 中西: 天然有機化合物討論会要旨集, 24, 111 (1981).
- 8) T. Sugiyama, A. Sato and K. Yamashita: Agric. Biol. Chem. 46, 481 (1982).
- 9) K. Yamashita, A. Takaiwa and H. Nakada: Agric. Biol. Chem., 44, 2931 (1980).
- 10) A. Takaiwa and K. Yamashita: Agric. Biol. Chem., 46, 1721 (1982).

高等植物における

ジベレリンについての諸問題

東京大学農学部農芸化学科農薬化学研究室助教授 室伏 旭

ジベレリンが植物ホルモンとして、高等植物の生理を制御していることは周知のことであり、

この分野における研究は非常に多い。近年における研究手法の急速な発達には、微量にしか存在

しないジベレリンの追求を可能ならしめ、植物生理学・生化学におけるジベレリン研究に長足の進歩をもたらした。他方、ジベレリンの実用的な面での研究、すなわち栽培植物の化学的制御における適用は、きわめて広汎に行なわれ、その対象とする植物は多種多様であり、世界各国の研究者による研究報告はきわめて多い。しかしながら、実用面での研究は、基本的には古くから行なわれてきた、いわゆる「ぶっかけ試験」—それなりにきわめて重要な手法であるが—であり、必ずしも新しい観点からのアプローチが活発に追求されているとはいえない。この事実、ジベレリンのみならず、他の植物ホルモンについてもいえることであり、純学理的な研究と実用面での応用との結合の困難さを示すものであろう。

筆者の属するグループは、現在この学理的ならびに応用的研究の両方にかかわっているが、その過程で、内生ジベレリンと植物の生長生理に関するいくつかの興味ある結果を得ている。それらはまだ、ジベレリンの植物体での機能の一面を垣間見た程度のものであり、ジベレリンの真の働き、作用機作を解明するためには、さらに多くの追究を重ねる必要があるが、少なくとも、応用研究に向けての一つの手がかりとなり得るものと思われる。以下、筆者らの仕事を中心に、そこに用いられた方法論の進歩も含めて、高等植物におけるジベレリンをめぐるいくつかの問題点と今後の展望について述べてみることにする。

1. 内生ジベレリンの同定および定量

1958年、MacMillan らによりジベレリンが高等植物中に存在することが証明されて以来、微生物の代謝産物として単離されていたジベレ

リンは、植物ホルモンとしての地位を確保するとともに、天然物有機化学における魅力的な研究対象として注目をあびるようになった。その結果、高等植物に含まれる新しいジベレリンが、次々と単離・構造決定されたのである。これと平行して、*Gibberella fujikuroi* の代謝産物中に新しいジベレリンを求める研究も活発に行なわれ、現在までに微生物、高等植物から単離・構造決定されたジベレリンは、遊離形のものだけでも62種を数えるまでに至っている。これらのジベレリンは、高等植物の生理現象の解明、あるいはその応用という観点から追求したことにより得られたとは必ずしもいえない。しかし、結果として多数のジベレリンが出そろったわけであり、それに基づいて、高等植物における生理現象の研究において必要なジベレリンは、ほぼ出そろったといえることができる。

高等植物におけるジベレリンの化学的研究、すなわち新ジベレリンの単離・構造解明、およびそれに基づく初期の生合成研究には、一つの問題点があったことは否定できない。すなわち、それらの研究は、高等植物においては異常に高濃度のジベレリンを含むマメ科・ヒルガオ科・ウリ科などの未熟種子を材料として行なわれた点に問題があった。確かに種子は、植物における生活環の一つの重要なステージであり、器官である。しかし、われわれが通常問題にする伸長とか器官分化といった植物全体に関わる生理現象の解明に、直接にはつながらないものである。植物生理の研究においては、まず問題となるべき部位に含まれる内生ジベレリンの本体を明らかにしなければならない。しかし、通常の栄養組織、たとえば茎葉中に含まれるジベレリンはきわめて少ない。未熟種子中には、通常1 kg 当り数 mg のジベレリンが含まれているのに

対し、莖葉中にはたかだか数10 $\mu\text{g}/\text{kg}$ が存在しているにすぎない。したがって、従来の方法によるならば、それらジベレリンの同定・定量には、莫大な労力と時間を必要とするものと考えられる。しかし、近年における機器分析法の長足の進歩によって、微量ジベレリンの同定は、以前に比べてはるかに容易になったのである。

われわれの研究室においては、数年来イネにおける内生ジベレリンについての研究を行ってきたが、まず最初に行なわなければならなかったのが、内生ジベレリンの同定である。それには、活性物質の構造決定の際に通常とられる手法、すなわち活性分画を生物検定によって選別しつつ精製を進め、最終的には機器分析によって GA_{19} 、 GA_1 の同定を行なったわけであるが¹⁾、そこで用いられた GC-MS、および GC

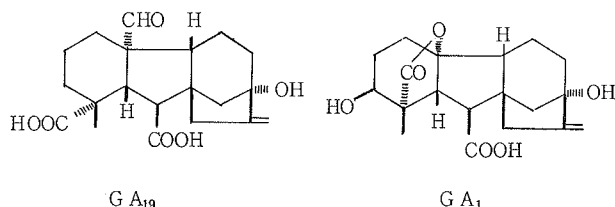


図1. イネ「日本晴」における主要な内生ジベレリン

-SIM分析法は、もっとも新しい手法に数えられるものである。これら機器分析法に、やはり新しい分離・分析法の一つである高速液体クロマトグラフィーを組み入れることにより、ジベレリンをはじめとする植物ホルモンの分析技術は飛躍的に進歩した。現在、100 g 以下の莖葉部に含まれるジベレリンの定性・定量が可能である組織的な分析法が確立されている^{2,3)}。

表1は、ジベレリンの分析法の能力を比較したものであるが、それを見てもわかるように、機器分析法は、従来もっとも高い検出感度をもつといわれた生物検定法の能力を上まわるようになった。しかし、イムノアッセイは、ジベレ

表1. 各種分析法によるジベレリン検出感度

分 析 法	検出・定量限界 (ng)
生 物 検 定 (イネ)	1
ガスクロマトグラフィー	$0.1^{**} \sim 100$
高速液体クロマトグラフィー	$0.01^{**} \sim 50$
GC-SIM	0.05
イムノアッセイ	0.01

* ハロゲン化誘導体としてECDにより検出した場合。

** クマリルエステルとして蛍光検出器により検出した場合。

リンの分析に適用されてからまだ日は浅いのにかわらず、機器分析法にまさる能力を有することが明らかにされている。ジベレリンのイムノアッセイについての研究は、わが国においてはほとんど行なわれていないが、今後集中的に追究すべき重要な課題であると思われる。

2. ジベレリンの生合成・代謝

生体内において、ある化合物がどのような経路で生合成されるかは、それ自体きわめて興味ある問題であると同時に、生理現象との関連性においても重要である。その追究手段

としては、古くからラジオアイソトープでラベルした化合物を用いるフィーディング実験が行なわれているが、植物、とくに無傷植物の場合は、とりこみ率の低いことが実験の大きな妨げとなっている。これを克服するためには、ある特殊な系、たとえば Graebbe らによって行なわれている未熟種子を材料とするセルフリー系を用いる方法がある⁴⁾。また、高い信頼性をもって同定を行ない得る GC-SIM法によって分析することを前提とし、われわれのグループで行なっている安定同位元素でラベルした化合物を用いる方法もある。

セルフリー系はとりこみ率が比較的高く、か

つ反応が迅速であるという利点をもつが、そこに起る反応がそのまま無傷植物において起っているとの保証はない。したがって、セルフリー系で確認された反応でも、最終的には無傷植物においてもその有無を調べる必要があるであろう。

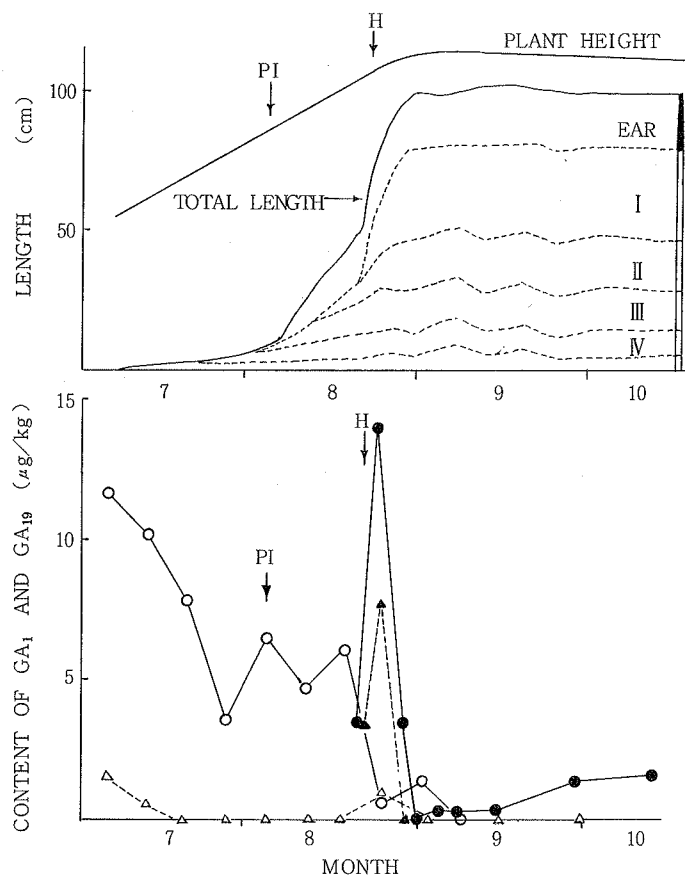
われわれのグループでは、イネの芽生えにイネの内生ジベレリンとして主要な GA_{19} の重水

素標識したものを与え、その変換を GC-SIM によって追究し、変換物として GA_{20} , GA_{29} を同定している (図 2)。しかし、この結果もあくまで芽生えについての結果であり、これをそのまま他のステージに当てはめることはできない。ジベレリン類の生合成、あるいは生成したジベレリンの他のジベレリンへの変換などを、イネの様々な生長生理と関連づけるためには、

それぞれの生育段階において、それぞれの重要な部位について同様の実験を行なわなくてはならない。それに費やされる労力と時間は、莫大なものとなるであろう。この障害をのり越えるためには、イムノアッセイのように、より高感度で簡便な分析法を確立することが必要であろう。

3. 生 理 活 性

生合成・代謝を植物の生理現象と結びつけて考えるとき、まず問題となるのが個々のジベレリンの活性の強さである。現在 62 種の遊離型ジベレリンが知られているが、それらの中で高い活性を有するものは多くはない。一般に、 C_{20} ジベレリンはそれ自体活性をもたず、これより導かれる C_{19} ジベレリンが活性を有するといわれているが、もしそれが正しいとするならば、それ自体で高い活性を有すると思われるものはたかだか 10 種ぐらいであろう。したがって、実際に生



GA_{19} はGC-SIMにより、 GA_1 は「短銀坊主」を用いる生物検定により定量、plant heightは葉身を含めた草丈、total lengthは穂の先端までの長さ、ear(穂)以下のI~IVはそれぞれ節間を示す。Hはheading(出穂)、PIはpanicle initiation(幼穂分化)を示す。
 ○ 茎葉部の GA_{19} ● 穂部の GA_{19}
 △ 茎葉部の GA_1 ▲ 穂部の GA_1

図2. イネ「日本晴」分けつ期以降における伸長と内生 GA_1 , GA_{19} の量的変動

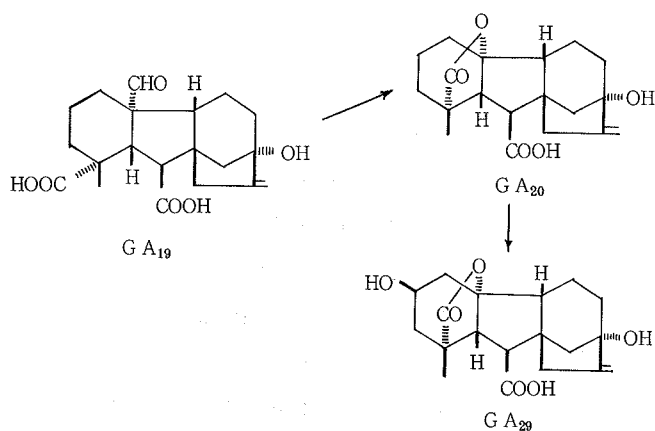
体内で機能しているジベレリンについて調べる際には、それら活性ジベレリンについて追究を行なうことがまず先決である。他方、活性の低い、あるいはほとんど不活性なジベレリンについても考慮する必要がある。たとえば、 GA_{20} や GA_1 を植物に与えると、すみやかに伸長などの反応が現われるが、同じく短時間後にそれぞれ不活性な GA_{20} 、 GA_8 へ変換することが知られている。これは一体何を意味しているのであろうか。活性ジベレリンの一部は、活性発現に関与しつつそのままの形を維持し、一部が不活性型に変わるのか、一部は活性発現の過程で未知の形態に変化し、一部が不活性型になるのか、あるいは活性型が活性発現に関ったのちに不活性型に変換するのか、いくつかの可能性が考えられるが、この点に関しては現在五里霧中である。この問題をつきつめていくと、結局はジベレリン活性発現のメカニズムの問題に行き当たることになる。ある検定法において、 GA_1 の活性が GA_{20} の活性より何倍高い、というような結果が得られたとしても、そこにはこのような複雑な要素が内蔵されていることをも考慮すべきであろう。

現在までに、ジベレリンにおける構造-活性相関に関する研究は、いくつか報告されている。それらは、何種類かの生物検定法を用いて行なったものが多いが、それに費やされた労力に比して、他の研究に重要な情報を提供するような成果は多いとはいえない。現在、この種の研究は、あまり多くは行なわれていないようであるが、その理由としては、構造-活性相関よりは、個々のジベレリンの生合

成代謝が、生理活性とどのようにかかわっているかを調べる方法により、多くの関心が向けられていることが挙げられるであろう。

4. 植物体におけるジベレリンの変動

ジベレリンの活性発現の機構を解明する方法は、現在のところ見つけられていない。しかし、それに迫るための方策は、いくつか考えられるであろう。いずれにせよ、自然条件下で生育しつつある植物において、ジベレリンがいかなる役割を演じているかを解明する端緒を見出すためには、内生ジベレリンの量的変動を調べることが必要である。これは、骨の折れる割には得られる結果が必ずしも明確であるとはかぎらない。地味なアプローチの方法であるが、基礎的な知見をつみ上げていく上で、是非ともやっておかなくてはならない課題である。われわれの研究室では、イネを対象とし、そこに含まれるジベレリンのうちで主要なもの2種、すなわち GA_{19} と GA_1 、およびアブシジン酸の消長が、生育段階に従っていかに変動するかを追跡した。この調査は、一年に一度しか行なうことができず、



重水素標識した GA_{19} を与え、変換生成物をGC-SIMにより同定。

図3. イネ「日本晴」芽生えにおける GA_{19} の変換

かつイネの生育は気象条件に左右されるので、再現性においても種々の問題が生じた。図3は、イネ「日本晴」の内生 GA_1 、 GA_{19} の量的変動を、茎葉部と穂部について、分けつ期以後を中心に経時的に調べた結果である⁶⁾。この当時は、分析法が現在ほど進歩していなかったという問題はあるが、その後はるかに改良された分析法によって、いくつかの生育ステージの試料について分析を行なった結果によれば、基本的には図3に示したパターンに誤りはないものと思われる。

図2に示したジベレリンの消長パターンは単純なものであるが、そこには種々の問題点が含まれている。例として節間伸長期をとりあげてみることにする。この時期に至る以前は、葉鞘・葉身の伸長はみられるが、茎の部分、すなわち各節はほとんど伸長せず、基部に圧縮された形で止まっている。そして、幼穂が分化すると、機を同じくして急激に伸長を開始する。すなわち節間伸長である。その際、ジベレリンが関与する可能性は充分考えられるが、それと図3に示すような節間伸長の前における GA_{19} の変動（この場合はレベルの低下）をどのように解釈すればよいであろうか。一つの考えとして、急速な節間伸長は、ジベレリンの活性発現に対応した消費によって誘起される、という可能性が挙げられるであろう。 GA_{19} が C_{20} ジベレリンであり、活性ジベレリンである C_{19} ジベレリンの前駆物質であるという考えは、この仮説には都合がよい。しかし他方において、活性発現のために必要な活性物質は、それを必要とする時期により多く生成する、という一般的な認識があり、また穂においては、 GA_{19} と GA_1 はほぼ同様の時期に同じような変動パターンを示すという事実は、前述の仮説にとって都合が悪い。

いずれにせよ、単に一つのジベレリンの消長に対しても、生合成速度、活性発現に対応した消費、不活性化などの要素をすべて考慮に入れて論議しなくてはならない。

以上のような複雑な要素を含んでいながらも、生長段階に対応したジベレリン——他の植物ホルモンについてもそうであるが——の消長を追跡することは、その結果に基づいてより高度の様々な課題が展開する可能性があることから、きわめて重要な意味を持つといわなければならない。

5. 矮性の問題

植物には、同じ種でありながら矮性変種の存在するものが多くある。それらのうちの多くはその目的に応じて栽培植物の中で作り出されたものである。矮性発現機構にジベレリンが関係するもののあることは、よく知られている。まず第一は、内生ジベレリンの量が少ないこと、すなわちジベレリン生合成経路に何らかの欠陥が存在することによるもの、第二は伸長抑制物質の存在することによるもの、第三は——まだ推測の域を出ないが——ジベレリンの活性発現機構そのものに何らかの異状があることによるもの、である。第一の例としてよく挙げられるものに、キャベツがある。その証拠として、キャベツにジベレリンを与えると、数mの丈になるほど伸長する。第二の例として、明確に証明されたものはまだない。ジベレリンの拮抗物質としてアブシジン酸が知られているが、これを多く含むことによって矮性となっている例はまだ知られていないようである。矮性トウモロコシのあるものは、どのような物質を与えても伸長反応を示さないといわれているが、これは第三の例に当たるかもしれない。以下、本題との

関係から、第一の例を中心に述べてみたい。ジベレリンの検定法としては、村上浩氏の確立したイネ幼苗を用いる方法が⁷⁾、世界的にもっとも広く行なわれている。この方法に用いられるイネは、「短銀坊主」といわれる矮性種であり、ジベレリン生合成経路がブロックされていることから矮性を示すもので、これに外部からジベレリンを与えると、非常に敏感に反応する、といわれている。このように、特異な形質を有していることから、われわれはその内生ジベレリンを調べたところ、興味深いことに、栄養成長期の茎葉中には GA_{19} は全く見出されず、きわめてわずかな GA_1 の存在が確認された⁶⁾。 GA_{19} が見出されなかったことが何を意味するかは、現在のところ不明であるが、 GA_1 の含有量が少ないことは、「短銀坊主」の矮性形質が、内生ジベレリンの低濃度由来であることを示唆している。しかしながら、このことは逆に、この矮性種が、ジベレリンを全く生成しないものではないことを証明している。では、 GA_1 が微量にしか存在しない原因は何か。単に生合成のパイプが細いためであろうか。それとも、少ししか生成しないようにする何らかの制御機構が働いているのであろうか。後者のような場合が考えられるならば、その機構の追究は、きわめて魅力的な課題である。

われわれ利用する側にとって、植物の矮性形質はいかなる意味をもつであろうか。筆者らが研究対象としているイネについていえば、好ましい形質ということができよう。すなわち、丈の高いイネは倒伏しやすく、わが国にとっては宿命的な台風による被害を受けやすい。矮性イネは、この点で望ましい形態を有しているといえる。「短銀坊主」が、昭和26年度、米の反当収量日本一となった際の品種であったことは、

矮性形質とは無縁でないと思われる。では、いかにしてイネを矮性にするか。これには二つの方法が考えられる。一つは矮性品種を用いること、もう一つは矮化剤を用いることである。矮性品種はいくつかあり、実用種としては「短銀坊主」のほかに韓国で作出された「統一」などがある。しかし、現在の種々の状況から決定的に優れているものはまだない、といってよいであろう。もっとも望ましい品種を育種することはもとより必要であるが、それを実際に作出して実用化するためには、長い年月を必要とする。他方、イネに対する矮化剤として、理想的なものはまだ得られていない。矮化剤そのものは、現在まで多種類のものが創り出され、いくつかの栽培植物については実用化されている。しかしながら、イネをはじめとする主要作物に対して、大規模に適用されるようなものはまだ例を見ない。矮化剤の多くは、ジベレリン生合成の阻害剤であり、これを与えることによって、植物の内生ジベレリンの生成を抑え、伸長を抑制するわけであるが、ジベレリンの生理作用は伸長促進だけでなく、多岐にわたる生理現象に関与している。したがって、伸長抑制と同時に他の生理現象をも阻害してしまうおそれは多分にある。イネにかぎっていえば、葉面積を減少させることなく、節間伸長——穂の節をのぞいて——のみを抑えることが望ましい。そのためには、施用するステージがまず問題となるであろう。前述した節間伸長と内生ジベレリンの消長との関連性は、その意味で重要な手がかりを与えるものである。

ジベレリン生合成阻害剤のスクリーニングに、カビ(*Gibberella fujikuroi*)を用いる方法がある⁸⁾。これは短期間で結果が得られ、しかも機器分析により明確にジベレリン生合成を

チェックできるという長所を有しているが、そこで得られた結果は、必ずしも植物において適合しないことを銘記すべきである。ジベレリン生合成阻害剤には、第四級アンモニウム塩が多いが、それらがすべて生合成経路と同じ部位に作用するとはかぎらない。その作用点が明らかにされていないものはいくつかあり、また、ジベレリン生合成以外の作用も有しているものもある。

6. 今後の問題

ジベレリンに関する問題点を、栽培植物への適用、という観点から述べてきたが、今後この方面の研究で追求すべき点はどのようなものであろうか。種々の立場から種々の問題があり、またそれに対する様々なアプローチがあるであろうが、筆者らの立場についていえば、実的な面を常に念頭にいた基礎研究、具体的にいえば、内生ジベレリンの自然環境における姿を解析的に捉えることであろう。その結果に基づき、さらにいくつかの命題が展開していくことが期待される。

他方、ジベレリンの作用をさらに念入りに追究することも重要である。すべての生理作用において、 GA_3 が最も高い活性を有するとは限ら

ない。ナシの果実肥大には、 GA_3 より GA_4 の方がはるかに高い活性を示すことはその一例である。また、従来知られていない作用性についても考慮する必要がある。例えば、図3に示すように、イネの穂においては開花時に GA_{19} 、 GA_1 がもっとも高い含有量を示すが、これは、開花——受精後に起こる同化物質転流の開始などの現象に、ジベレリンが何らかの作用性を有していることの反映かもしれない。

ジベレリンの作用は、種子植物にとどまらない。ある種のシダの前葉体における造精器誘導に対して、ジベレリンが活性を示すことが明らかにされている⁹⁾。この活性は、ジベレリン類の中では比較的活性の低い GA_9 がもっとも高い活性を示し、しかも、通常はほとんど不活性のメチルエステルの方がより高活性を示すことも示された¹⁰⁾。これらの事実は、種子植物におけるジベレリンの作用性からは予想されなかったことである。

以上述べたように、植物における内生ジベレリンの実体が明らかにされるとともに、その多岐にわたる生理活性が次々と見出され、実用に供されることを願ってやまない。

参 考 文 献

- 1) S. Kurogochi, N. Murofushi, Y. Ota and N. Takahashi : *Planta*, **146**, 185 (1979).
- 2) I. Yamaguchi, S. Fujisawa and N. Takahashi : *Phytochemistry*, **21**, 2049 (1982).
- 3) 山口五十麿 : 植物の化学調節, **17**, 71 (1982).
- 4) J. E. Graebe, P. Hedden, P. Gaskin and J. MacMillan : *Phytochemistry*, **13**, 1433 (1974).
- 5) 小林正智・山口五十麿・室伏旭・高橋信孝 : 昭和58年度日本農芸化学会講演要旨集, P. 443 (1983).

- 6) Y. Suzuki, S. Kurogochi, N. Murofushi, Y. Ota and N. Takahashi : *Plant Cell Physiol.*, **22**, 1085 (1981).
- 7) 村上浩 : 植物の化学調節, **4**, 78 (1969).
- 8) K. Y. Cho. A. Sakurai, Y. Kamiya, N. Takahashi and S. Tamura : *Plant Cell Physiol.*, **20**, 75 (1979).
- 9) H. Schraudolf : *Biol. Zentralbl.*, **81**, 731 (1962).
- 10) H. Yamane, N. Takahashi, K. Takeno and M. Furuya : *Planta*, **147**, 251 (1979).

植調第17巻第5号(8月号)の訂正について

頁	摘 要	判定理由または内容(誤)	判定理由または内容(正)
27	(ツツジ)〔鉢植〕 (3) S-07 液	実:〔ツツジ・シャクナゲ鉢栽培; わい化・着蕾促進効果〕 新梢伸長期 <u>20</u> ~50ppm 茎葉処理.	実:〔ツツジ・シャクナゲ鉢栽培; わい化・着蕾促進効果〕 新梢伸長期 <u>25</u> ~50ppm 茎葉処理.

ノビエからホタルイまで

好評発売中

水田初期除草剤

ショウロンM 粒剤

®: 昭和電工 登録商標

好評発売中

特長

☑ホタルイに卓効

☑イネに安全

☑適用地帯が広い

☑高い安全性

ショウロンM普及会

クミアイ化学工業株式会社 昭和電工株式会社
三井東圧化学株式会社 三井東圧農薬株式会社

植 調 協 会 だ よ り

◎ 会議開催日程のお知らせ

- 昭和58年度畑作物・野菜関係マルチ等資材の試験成績検討会

日時: 昭和59年1月11日, 13~17時

場所: 植調会館3階会議室(東京都台東区台東1-26-6)

- 昭和58年度春夏作野菜花き関係除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日時: 昭和59年1月12~13日, 10~17時

場所: 植調会館3階会議室(東京都台東区台東1-26-6)

協和銀行秋葉原支店(東京都千代田区神田和泉町1)

- 昭和58年度リング用除草剤・生育調節剤試験成績検討会

日時: 昭和59年1月27日, 9~15時

場所: 秋田県果樹試験場(秋田県平鹿郡平鹿町醍醐字街道下, TEL. 01822-5-4224)

適期防除で
確かな効果！



低温でも安心して使え、周辺作物にも安全な

アピロサン®粒剤

●1年生雑草及び、ヒルムシロ・ヘラオモダカ・ホタルイ・ミヅガヤツリを経済的に防除。

水田雑草の総合防除に

ワイダー®粒剤

●ヒエはもとより、ウリカワ・クログワイ・ミヅガヤツリ・オモダカ・ヘラオモダカ・ヒルムシロなど多くの多年生雑草に高い効果。



編集後記

師走迎えた巷は、政治倫理論議から衆議院解散総選挙と、あわただしい年末となってしまった。国民期待の減税も雀の涙、農家とて異常気象による影響で、収入は激減し、明日の生活に事欠く有様では、景気の立ち直りの声は素通りしてゆくだけである。景気の回復は外需依存型で、国内の消費の立ち直りからきたものでない以上、いつ崩れるかわからない不安定な要因をはらんでいる。ことに、農業関係企業は全般的に不況で、役員および一部管理職の賞与の支給すら危ぶまれているところも多い。このような状況の中で、景気底入れ説は、国民を納得させるだけの力をもっていない。コンピューターの普及によって、労働者の就業構造が大きく変わり、労働力の余剰が目だってきた。今まで、季節的に多大な労働力に依存していた農業も、機械化が進み、農薬の開発、栽培方法の進歩によ

って省力化が進み、農村の労働力にも余剰が見られつつある。確かに、11,000万人の人口を支えるのに、2,100万の農業人口(18%)は多すぎるかも知れない。しかし、余剰の農業人口をその他の部門で吸収できるような経済構造を築くことができるであろうか。農民の立場をよく理解した上での対策が望まれる。

財団法人 日本植物調節剤研究協会

東京都台東区台東1丁目26番6号

電話 東京(03) 832-4188 (代)

昭和58年12月発行

植調第17巻第9号

¥300 (送料170)

編集人 日本植物調節剤研究協会専務理事 吉沢長人
発行人 植調編集印刷事務所 広田伸七

東京都台東区台東1-26-6 全国農村教育協会
発行所 植調編集印刷事務所
電話 東京(03) 833-1821番(代)

ひときわ冴えた効きめが自慢



日本化薬株式会社
〒100 東京都千代田区丸の内1-2-1

な〜んと、欲張った

◇ 水田の1年生、多年生雑草同時防除剤

バサグランSM 粒剤

®=西ドイツ・BASF社登録商標

- ◎初期除草剤との体系使用で1年生雑草およびウリカワ、ホタルイ、ミズガヤツリなどの多年生雑草を同時に防除する。
- ◎湛水散布で高い効果。
- ◎散布適期幅が広く、長期間雑草をおさえる。
- ◎イネに対して安全。

◇ 水田用中期除草剤

パウナックスM 粒剤

- ◎初期除草剤との体系使用で1年生雑草および多年生雑草の同時防除に高い効果を示す。

らくらく散布で多年草も防除



容器のまま代かき時に

散布できる水田除草剤

デルカット®
(オキサジアゾン・ブタクロール除草剤) **乳剤**

★安全で省力的な機械散布もできます。

—— デルカット普及会 ——

日産化学・北興化学・昭和ローディア化学・日本モンサント
〈事務局〉日産化学工業㈱農業事業部内東京都千代田区神田錦町3-7-1

®：日本モンサント㈱登録商標

雑草学用語集

日本雑草学会・編／B 5 判, 220頁, 上製本, 3,000円 (送料300円)

日本雑草学会では、以前より用語集の取りまとめが行われてきたが、このたび、学会創立20周年を記念してそれらを集大成して刊行する運びとなった。それが本書である。技術用語編、雑草名編、除草剤名編の3編からなる本書は、雑草学の研究にかかせない一冊であるばかりか、広く農学、植物学の研究にも十分に役立つ。専門研究者、技術指導者などの必携書。

〔内 容〕

- 技術用語編：900余の用語をとりあげ、和英、英和、さらに主要な用語には解説を加えた。
- 雑草名編：国内産の雑草約700種について、ラテン名、ラテン別名、和名、和別名、英名を記し、それぞれのリストに分けてある。
- 除草剤名編：305種の除草剤をとりあげ、一般名、化学名、構造式、登録上の種類名、商品名、試験名をあげた。

除草剤・生育調節剤使用基準 (1982年版)

日本植物調節剤研究協会・編／B 5 判, 704頁, 定価8,000円 (送料350円)

昭和57年2月末現在までの全登録除草剤、全生育調節剤を網羅し、あわせて各都道府県の57年度の使用基準を収録した。研究者、技術指導者、農協、農薬販売店などの必携書。

〔特 色〕

- 除草剤・生育調節剤のすべてを解説。
- 作物別からも適用除草剤・生育調節剤・使用法が調べられるように記載。
- 各作物別・都道府県別に適用薬剤、使用法、注意事項を整理。

全国農村教育協会

〒110 東京都台東区台東1-26-6 (植調会館) ☎03(833)1821

新刊

世界の農耕地雑草とその制御

竹松哲夫／著
竹内安智

B 5 判, 186頁, 上製本,
定価4,000円 (送料300円)

世界で問題となっている雑草を地域別にとり、その現状と問題点を指摘。各国の農業事情にも言及した、新しい視点に立った専門書である。また主要作物については作物別に問題雑草と防除法を解説し、巻末には除草剤構造式の一覧表と、世界の主要雑草94種の詳図と解説を収録。雑草学、除草剤研究に必携の書。過去40年間にわたる実地調査と研究の集大成。

雑草学用語集

日本雑草学会・編／B 5 判, 220頁,
上製本, 定価3,000円 (送料300円)

雑草学の研究にかかせないばかりか、広く農学、植物学の研究にも役立つ。

除草剤・生育調節剤使用基準 (1982年度版)

日本植物調節剤研究協会・編／B 5 判,
704頁, 定価8,000円 (送料350円)

昭和57年2月末現在までの全登録除草剤、全生育調節剤を網羅し、あわせて各都道府県の57年度の使用基準を収録した。研究者、技術指導者、農協、農薬販売店などの必携書。

〔特 色〕

- 除草剤・生育調節剤のすべてを解説。
- 作物別からも適用除草剤・生育調節剤・使用法が調べられるように記載。
- 各作物別・都道府県別に適用薬剤、使用法、注意事項を整理。

全国農村教育協会

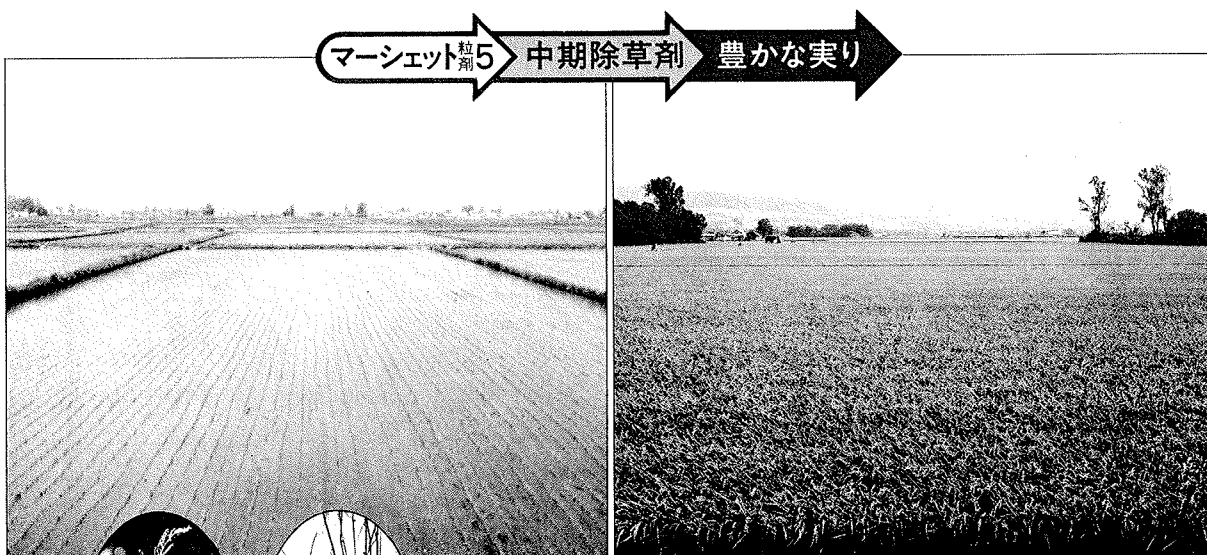
東京都台東区台東1-26-6 (植調会館)

〒110 ☎03(833)1821

確かさで選ばれる 初期除草剤マーシェット。

ヒエに抜群。マーシェット粒剤5はホタルイ・ミズガヤツリも制す。

水田に最初にかく除草剤として不動の人気を得たマーシェット粒剤5。毎年、皆さまに選ばれるのは①ヒエはもちろんホタルイ、ミズガヤツリ、マツバイなどを初期から確実に防ぎ②効めが30日以上と長く次の中期除草剤の散布に余裕ができ、③水田雑草の体系防除が計画どおりにゆくからです。マーシェット粒剤5で雑草を防除し豊かな収穫をあげてください。



ヒエ



ホタルイ



ミズガヤツリ



マツバイ



水田に、まっ先にかく

マーシェット粒剤5

除草剤

®米国モンサント社登録商標

マーシェット普及会事務局

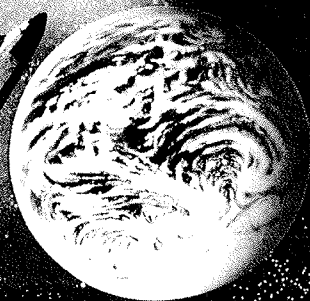
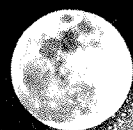
日本モンサント株式会社 農業事業部

〒100 東京都千代田区丸の内3-1-1 国際ビル Tel.(03)287-1251

●詳しい資料をお求めの方は右の請求券をそえて、上記事務局までお送りください。



資料請求券
M-植調



未来を拓く
技術と創造の

クミカ水田除草剤



農協・経済連・全農

安全性・経済性・高い信頼

サターンS粒剤

サターンM粒剤

クミリードSM粒剤

★初期一発でも体系使用でも幅広く使える

グラノック粒剤

★稲に安全 一発処理剤のホープ

シルベノン粒剤

自然に学び 自然を守る



クミアイ化学工業株式会社

本社 東京都台東区池之端1-4-26 〒110-91

多年生・一年生雑草の同時防除に

マメット[®]SM **粒剤**

マメット粒剤・マメットSM粒剤・オードラムM粒剤
を安全にご使用いただくために

日頃は、マメット粒剤、マメットSM粒剤、オードラムM粒剤をご愛用いただきまして厚くお礼申し上げます。

ご承知の通り、上記モリネート剤については養殖鯉に対する事故防止のため行政機関、指導機関、漁業関係者など関係諸団体のご協力を得まして自主規制に対する諸対策を実施しております。お陰様で、皆様にはこの主旨をご理解いただき、昭和55年度は本剤に起因すると思われる魚類事故は皆無になりました。ここに関係の皆様は厚くお礼申し上げますと共に、今後とも事故防止に一層のご協力を賜りますようお願い申し上げます。

また、最近水田に散布された除草剤が隣接の野菜畑（特にウリ類など）に影響を及ぼすという問題が発生しておりますが、モリネート剤についても同様のおそれがあるので野菜畑に隣接した水田でのマメット粒剤、マメットSM粒剤、オードラムM粒剤の使用はさけるよう併せてご指導いただくようお願い申し上げます。

モリネート普及会