

綜 説

Mechanism of Herbicidal Action. Seizo SUMIDA (Research Department, Pesticide Division, Sumitomo Chemical Co., Ltd., Osaka)

除草剤の作用機作 —光合成阻害剤を中心とした最近の文献から— 炭田精造 (住友化学工業株式会社農業事業部研究部)

は じ め に

除草剤の必要性は、近年、農業の省力化と平行して、とみに増大している。現在使用されている除草剤は化合物の構造上から分類すると、十数種に及ぶ。これらを作用機作の面から分類すれば、エネルギー代謝を阻害するもの、植物ホルモン作用を示すもの、光合成に作用するもの、等々になり、一つの化合物でこれらの分類された作用特性を複数個、示すものもある。本稿においては、光合成に作用するものを中心にして述べた。

除草剤の作用機作に関しては、数多くの、すぐれた綜説が出されている。Hilton ら (1963) の綜説¹⁾は、植物体内における除草剤の運命、作用点、と選択毒性に関連した生理的因子などに重点をおいている。Moreland (1967)²⁾は、生化学的な側面からみた光合成、及びタンパク質・核酸合成に作用する除草剤についてまとめている。Matsunaka (1969)³⁾は高等植物による除草剤の活性化と不活性化という観点から、ジフェニルエーテル系とプロパニルを中心にしてまとめている。Zweig (1969)⁴⁾は、ヒル反応阻害剤、ジピリジル系、及び、キノン系除草剤について書いている。Robertson と Kirkwood (1970)⁵⁾は葉面散布した除草剤の作用機作をフェノキシ酸系化合物を強調してまとめている。Caseley (1970)⁶⁾は殺草活性に対して光がどのような効果をもつかということを中心にしてまとめている。Bückel (1972)⁷⁾は、光合成阻害系の除草剤の作用機作、及び、構造と生理活性の関係について書いている。これら除草剤の作用機作と選択性を理解するためには、植物体内の薬物代謝について知ることが必要条件である。Casida と Lykken (1969)⁸⁾は、各種農薬の高等植物における代謝をまとめている。本稿は、これらの綜説等³⁾を基礎にして、1970年より最近までに報告された研究をまとめようと試みたものである。もとより、不完全な点が多々あると思われるが、諸賢の御指摘と御指導を賜れば、これにすぎる幸はない。

光合成阻害剤について

周知のように、光合成において、水の光分解とこれ

につづく酸素の発生は光化学系Ⅱに関係しており、非ヘムタンパク質フェレドキシンと NADP の還元は光化学系Ⅰと関係している。これら光化学系を結ぶ電子伝達鎖は、チトクローム、プラストシアニン、プラストキノン等を構成成分としている。電子伝達鎖に沿って電子が流れるとき、これに共役して光磷酸化反応がおこり ATP が生成する。多くの除草剤は、光合成過程のある局面に干渉することによりその殺草性を示すものとして理解されている。但し、光合成阻害剤としてみなされている除草剤の、植物の生長とか代謝に対するすべての影響を、光合成阻害ということのみで説明することはできない。光合成と関係のない場での影響を示す事実もある。

フェニル尿素系、N-フェニルカーバメート系、s-トリアジン系、酸アミド系、ニトリル系などの除草剤は、酸素の発生と電子伝達系の機能を阻害することが知られている (ヒル反応阻害剤)。これら化合物の化学構造の相違を考えると、ヒル反応阻害剤がすべて共通の作用機作によって同一の場を攻撃するとは考えにくい。しかし、現時点では、それを証明する根拠はあまりない。

フェニル尿素系除草剤、ジウロンの作用は、最も広く研究されているものの一つである。その結果をまとめると、阻害点は光化学系Ⅱと関連している。これは、光化学系Ⅰのみと関連している次の現象に対して影響はほとんどない。すなわち、(a) PMS またはメナジオンによって触媒される循環的光磷酸化 (b) 遠赤色単色光による照射 (c) アスコルビン酸と DPIP 存在下での光磷酸化と NADP の還元、である。酸素発生の阻害は、これにつづく電子伝達を阻止し、非循環的光磷酸化、NADP の還元、及び、炭酸ガスの固定を止める。この阻害は、アスコルビン酸と DPIP を用いて、回避することができる。ジウロンのみならず、たいていの阻害剤は循環的光磷酸化に対し、ほとんど影響しない。ジウロンやモニユロンについては高濃度で光化学系Ⅰが影響されるという報告がある。Moreland と Boots (1971)²⁷⁾は単離したクロロプラストを用いて、尿素系除草剤 MBPU の光学異性体とそのラセミ体の光磷酸化と電子伝達に対する影響を調べた。その結果、MBPU の作用は、光化学系Ⅱと酸素発生経路近辺で

の光学異性体の特異的な場と、ATPの生成に関連した光学異性体にて特異的な場の、2点での働きとして説明できると考えた。CamperとMoreland(1971)¹⁹は除草剤とタンパク質の相互作用を研究した。牛の血清アルブミンをモデルタンパク質として、ジウロンとプロパニルの吸着に与える水素イオン濃度、温度、イオン強度、タンパク質の修飾等の影響を調べた。タンパク質のアミノ基が両薬剤の吸着に関係していること、また、プロパニルの場合では、トリプトファン残基が関係していることが示された。ジウロン誘導体を用いた結果、アミド結合の水素とカルボニル基の酸素が関係していることが示された。フェニル基を塩素化すると、アルブミンによる吸着度が増した。また、タンパク質のコンフォメーションが吸着の程度を支配していることも示唆された。St. John(1971)²⁰は、ジウロン及びクロロプロファムのATP合成に対する影響をクロレラを用いて、*in vivo*で研究した。これら薬剤で処理した細胞を破壊し、ATP生成量をホタルのルシフェリン-ルシフェラーゼ測定法により直接定量した。ジウロンとクロロプロファムは、たしかに、ATP合成を阻害しており、これら除草剤の*in vitro*での実験から予想される結果と一致していた。フェニル尿素系除草剤は、海産の単細胞藻類に対しても効果があることが示された(WalshとGrow, 1971)²¹。藻類の種と塩分濃度により効果の度合は異なったが、これら薬剤処理により炭水化物量が減少することがみとめられた。これは、光合成阻害剤であることを考えれば、当然予想されることである。

白川(1969)²²は、ハウレンソウ(感受性)のクロロプラストを用いて、CMMPによるヒル反応と、循環的及び非循環的光磷酸化反応に及ぼす効果をみた。CMMPは、これらの反応を似たオーダーの低濃度で阻害した。CMMPの主な殺草点は、これらの反応にあるらしい。但し、CMMP抵抗性の植物も同様に強くこれらの反応を阻害された。松中と中村(1972)²³はCMPTがヒル反応と光合成能を阻害することを示した。コムギ、オオムギ(共に抵抗性)がCMPTによる光合成阻害から回復したのに反し、トマト(感受性)では回復せずに枯死した。CMPTより選択性の低いCPTでは、ムギ類の光合成阻害からの回復はおそかった。このことから、CMPTの選択性は、抵抗性植物による加水分解による解毒機構にある可能性が示唆された。アシルアニリド系除草剤のあるものは、植物ミトコンドリアの酸化的磷酸化のアンカプラーとして作用し、この活性をもつためには、ベンゼン環の3, 4位の塩素とアシルアニリド結合が同時に必要であることが示された(Inoueら, 1970)¹⁶。大矢と石田(1971)²⁴の報告では、スエップのアベナ子葉鞘切

片の伸長生長の抑制は、呼吸阻害によるものと思われる。この薬剤はイネやヒエの切断根にも呼吸阻害作用をもち、サツマイモのミトコンドリアにも呼吸阻害作用をもっていた。

Kato(1972)¹⁹はアイオキシニルとプロモキシニルによるヒル反応の阻害を調べたが、効果がはやく出ること、また、阻害が可逆的であることから、ジウロンの作用に似ていた。これら除草剤は、また、ジウロンのように蛍光の増加速度をはやめることによって、蛍光の誘起時間を短かくした。MorelandとBlackmon(1970)²⁵は、C-9122、プロモキシニル、3, 5-ジブロム-4-ヒドロキシベンズアルデヒド、及び、2, 4-ジニトロフェノールのクロロプラストとミトコンドリアでの電子伝達と磷酸化に対する影響をみた。C-9122はプロモキシニルに2, 4-ジニトロフェノールが付加した構造を有している。ミトコンドリアでは、これらは、脱共役作用を示し、特に、C-9122は他のものより低濃度で活性を示した。また、これらはクロロプラストでの循環的及び非循環的磷酸化を阻害した。C-9122は光化学系Ⅱ付近での電子伝達阻害、及び、ATPの生成を阻害することの2点で働いた。

ジフェニルエーテル系除草剤は2つのグループに分類される(Matsunaka, 1969)²⁶。一つのグループは一方のベンゼン環のオルト位に置換基をもたないものであり、これには、HE-314, HW-40187(HE-306), 3-クロル-4'-ニトロジフェニルエーテル、3, 5-ジクロル-4'-ニトロジフェニルエーテル、等が含まれる。これらは、光の有無にかかわらず殺草活性がある。もう一つのグループはオルト位に置換基をもつもので、殺草活性をもつためには光を必要とする。これには、ニトロフェン(NIP, またはTOK)やCNP(MO-318)が含まれる。これらの光による活性化メカニズムは、光生化学的な過程であると考えられる。種々の白色または黄色変異種を用いた実験から、キサントフィルが光の受容体として働き、これら除草剤の光活性化に重要な寄与をしていると考えられる(Matsunaka, 1969)²⁶。Morelandら(1970)²⁵はニトロフェン、CNP、及びC-6989のクロロプラストとミトコンドリアに対する影響をみた。クロロプラストでは、これらは非循環的電子伝達とこれに共役した光磷酸化を阻害し、ミトコンドリアでは、主に、電子伝達系の阻害剤として働いた。Nakagawaら(1971)²⁸はオオムギ(抵抗性)とトマト(感受性)を用いて、H-722の吸収と代謝の研究をした。この除草剤の選択性を決めるカギは、代謝の結果生じる α -クレゾールの挙動にあると考えた。

2-トリフルオロメチルベンズイミダゾール系除草剤はヒル反応の阻害剤であり、同時に、酸化的磷酸化のアンカプラーである(Bückel, 1972)²⁷。これらを除

草剤の植物本体での殺草作用について Bond と Corbett (1971)⁴¹ は、注目すべき報告をした。すなわち、試験的除草剤 6-クロロ-2-トリフルオロメチル-イミダゾ (4, 5b)-ピリジンと2-*t*-ブチル-6-クロロイミダゾ (4, 5b)-ピリジンはそれぞれ、 10^{-6} M レベルでヒル反応を50%阻害した。ところが、植物本体を用いた実験では、明暗の条件とは関係なく殺草作用を示した。このことから、この化合物の作用機作はヒル反応と無関係と思われる。これらのことから Bond と Corbett⁴¹ は、*in vitro* での活性のみで作用機作を説明しようと試みる前に、植物本体を用いた作用性の研究を重ねることの重要性を強調している。

ダイコートとパラコートに代表されるジピリジル系は、光化学系 I での酸化剤として働く主要な群の除草剤である。ジピリジル系化合物は、光と酸素の存在下で活性化され、極めてすみやかに、たとえばある条件下では30分以内に、殺草作用を表わす。これらの化合物は、光化学系 I からの電子の流れを遮断し、電子伝達鎖に分岐路をつくると考えられている。強い殺草性は、ジピリジリウム四級塩であり窒素原子が、2, 2', 2, 4', または 4, 4' の位置にあり、2つの環が同一平面上にあるもののみに見出されている。これらの化合物は、一電子伝達により安定なフリーラジカルに還元されるが、この還元されやすさと殺草性の間に相関関係が存在する。おそらくは、フリーラジカルの分子状酸素による酸化が、一連の連鎖反応をひきおこし、これが、究極的には高度に反応性にとむ過酸化物のラジカル、または、過酸化水素を形成させ、それが細胞の有機的な機構、構造、機能を破壊するものであろうと考えられている (Moreland, 1967)²⁴。Hogue と Warren (1970)¹⁵ はジヒドロキシベンゼンとパラコートの作用機作を比較した。両者が殺草作用を示すには、異なった濃度を要したが、共に速効的で、活性を示すには光を必要とし、光合成阻害剤 (ヒル反応) はこれらの化合物の作用を消し、それ自身の作用を示した。Tsay ら (1970)³⁷ はパラコートのクロレラに対する毒性について、銅イオンとシアンイオンの間の相互作用を調べた。銅イオンはパラコートの殺草性を抑え、シアンイオンは、これを高めた。両イオンは互いに拮抗的であった。

キノン系殺草剤 (たとえば、ジクロン、クロラニル) はジピリジル系のように、光化学系 I 付近で酸化剤として働くことにより作用すると考えられている (Zweig, 1969)⁴³。Sikka ら (1971)³² はクロレラによる¹⁴C-酢酸の代謝と暗所中での¹⁴C-炭酸ガスの同化に対するキノン系化合物の影響をみた。これらの化合物は酢酸のとりこみを抑えた。高濃度では、キノン系化合物は酢酸の脂質へのとりこみ率をへらし、グルタミン

酸とクエン酸へのとりこみ率を増加させた。暗所での炭酸ガスの固定については、これを抑える効果を示したほか、リンゴ酸中へのとりこみを増加させ、アスパラギン酸へのとりこみを低下させた。キノン系化合物は、単離したクロロプラストで、ヒル反応、ATP の合成、炭酸ガスの固定を阻害した (Sikka ら, 1972)³²。Zweig ら (1972)⁴² は光合成条件下でのクロレラによる¹⁴C-炭酸ガスのとりこみに対する影響をみた。キノン系化合物は炭酸ガスの固定を阻害した。とりこまれた放射能の分布としては、グリシンとシロネの比率がふえ、脂質とグルタミン酸中への比率が減った。これは Coenzyme A の不活性化と NADPH₂ の不足がキノン処理によっておこった結果ではないのかと思われる。Hagimoto (1970)¹² は、2-アミノ-3-クロロ-1, 4-ナフトキノンをイネの芽生えとインキュベートすると、不活性化がおこったと報告している。芽生えの年令と共に、その不活性化能力は増加した。

その他の生化学反応に関するもの

植物体の白化は、クロロフィル形成の阻害、プラスチド形成の阻害、クロロフィルの分解、クロロプラストの破壊などで起りうる。アミトロールは効果的に白化をひきおこす除草剤であり、この作用機作に関しては多くの研究がある³⁶。アミトロールは核酸代謝に影響を与えるという報告がある (Moreland, 1967)²⁴。Bartels と Hyde (1970)²¹ は、クロロプラスト DNA は renature しやすく、核 DNA はしにくいという性質を基準にしてアミトロール処理をした植物の DNA を分析した。アミトロールで処理し、明所で育てた植物にはクロロプラスト DNA が検出されず、処理後、暗所で育てた植物には、プラスチド DNA がみとめられた。アミトロールが、クロロプラストの膜構造、酵素、色素などの形成を抑えることにより、クロロプラスト DNA が欠損するという結果になったのではないかと考えられる。Burns ら (1971)⁶¹ は白化したコムギの芽生えを用いた実験で、アミトロール、dichloromate、とピリクロールの影響を調べた。これらの薬剤で処理した植物では、カロチノイドの前駆体が蓄積し、カロチノイドの生成は抑えられたが、クロロフィルの生成は干渉されなかった。光を照射すると、クロロフィルが生成したが、これは部分的に分解した。これらの結果より、カロチノイド合成阻害により、クロロフィルが光によって分解され、クロロプラストの機能が破壊されるということが、これら薬剤の作用機作と考えられた。Inoue ら (1972)¹⁷ はアミトロールの存在下で光を照射して育てたコムギの葉の色素体の中で、新しいタイプのクロロフィル a が生成することを見出した。これは 742nm に吸収極大をもつ特別

の型のクロロフィルで葉緑体の発達途上で、クロロフィル生成のある段階が阻害された結果生じたものであろうと考えられる。アミトロールの作用機作は、これらの結果が示すように、まだ明確に解明されていないと考えた方が適切である。

Bartels と Hyde (1970)¹¹⁾は、コムギの芽生えを用いた実験で、ピリダジノン系化合物 (Sandoz 6706) はカロチノイドの生合成を阻害することを見出した。Hilton ら (1971)¹⁴⁾は、この化合物は、クロロプラスト色素の形成を阻害し、遊離脂肪酸の蓄積をもたらすと報告した。酢酸トコフェロール、フィトールなどの脂肪系物質はこの薬物から植物を保護した。

2-イソプロピル-4-ジメチルアミノ-5-メチルフェニル-1-ピペリジincarボキシレートメチルクロリドは、根を切除したタバコの芽生えで、¹⁴C-メバロン酸のステロールへのとりこみを阻害した。同時に、ステロール生合成中間体であるスクワレン-2,3-エポキシドが蓄積した (Douglas と Paleg, 1972)¹¹⁾。カーバメート系除草剤の中には、植物の上クチクラ脂質の生合成に影響を与えるものがある (Stillら, 1970)⁸⁴⁾。Diallate はエンドウマメの葉の上クチクラ脂質を減少させ、EPTC も、ロウ成分の合成をかなり抑えることが電子顕微鏡的に観察された。

木村ら (1971)²¹⁾はベンチオカーブの作用機作に関する報告で、この除草剤はヒル反応阻害度はよく、植物本体の光合成や切断根の呼吸に対しても、影響はなかったと述べている。胚芽除去種子におけるジベレリンによって誘導された α -アミラーゼの生合成をつよく阻害し、イネのラミナジョイント伸長をある程度阻害し、その形式はインドール酢酸と拮抗的であった。これらのことから、ベンチオカーブはタンパク質生合成過程でオーキシンと拮抗することが、作用点のひとつと推定された。

Wiedman と Appleby (1972)⁸⁹⁾は、種々の除草剤について調べた結果、「すべての毒物は、sublethal 濃度で、生育を刺激する」という仮説に除草剤もあてはまることを見出した。s-トリアジン系除草剤は、周知のように強力なヒル反応の阻害剤であるが、sublethal の濃度では植物のタンパク質を増加させることが知られている。Wu ら (1971)⁴⁰⁾はエンドウマメとトウモロコシの芽生えを用いた実験で、sublethal 濃度でs-トリアジン系化合物で処理すると、デンブホスホリ

ラーゼ、ピルビン酸キナーゼ、チトクロームオキシダーゼ、グルタミン酸デヒドロゲナーゼの活性が上昇することを見出した。s-トリアジン系化合物が上のような形で植物の生理的生化学的狀態を変える結果、炭水化物、硝酸の還元と、アミノ酸をタンパク質合成に利用するようにしていると説明した。Wu ら (1971)⁴⁰⁾は別に、シマジン、イグラン、GS-14254 を葉面散布すると、エンドウマメの δ -アミノレブリン酸デヒドロラーゼの活性があがることを示した。この酵素は、クロロフィルの生合成に関係した酵素である。

除草剤の研究において、殺草点としての第一次作用点を解明しようとすることは、もとより重要であるが、その薬剤の作用性を更に理解するために、副次的と考えられている作用点にも着目して、作用特性を明らかにすることが、今後のアプローチのうちの一つではないかと思われる。

お わ り に

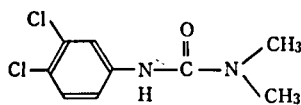
以上、光合成に作用する除草剤について最近の報告をまとめることを試みた。

近年、環境問題の一つとして農薬が取りざたされている。現代文明は自然科学の成果にもとづく科学工業技術を基礎として成立しており、この基本構造を維持し、発達させることによってしか、現在及び将来の世界人口の幸福な生活を保証する道がないとすれば、問題の本質は、科学技術をいかに人類の福祉のために有効に使いこなすかについて英知を結集する点にかかっている。農薬の問題もこういった問題の一つであり、今後の課題は、十分な効力と安全性をもった農薬をいかに創製するかにある。この目的のためには、農薬の作用性を現代科学の水準において、可及的に正しく理解することが不可欠となってくる。除草剤の作用機作の問題も、こういった広範な努力の一つの形として理解されねばならない。この分野での研究は、まだ未知のことがあまりに多く、長期間にわたる精力的な研究が推し進められねばならないことを明示している。

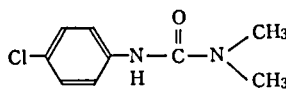
謝 辞

本稿を発表する許可を下さった住友化学工業株式会社に感謝する。また、本稿を書くにあたって、色々御指導を賜った同社農薬事業部研究部上田実主任研究員に心から謝意を表する。

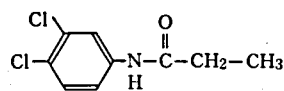
構 造 式 及 び 略 号 一 覧



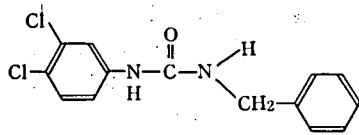
ジウロン (DCMU)



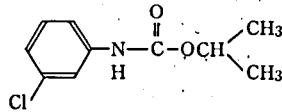
モニュロン



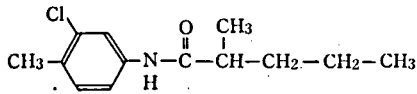
プロパニル



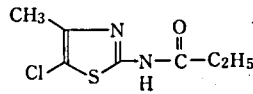
MBPU



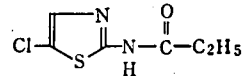
クロプロファミン



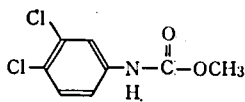
CMMP



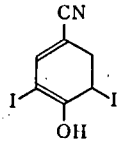
CMPT



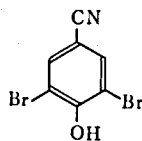
CPT



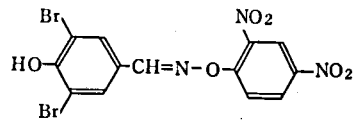
スエップ



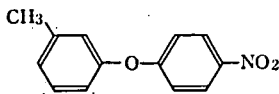
アイオキシニル



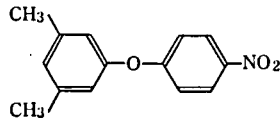
プロモキシニル



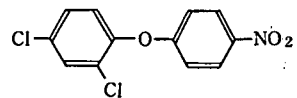
C-9122



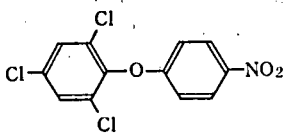
HE-314



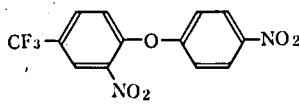
HW-40187



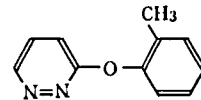
ニトロフェン



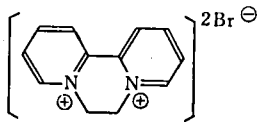
CMP



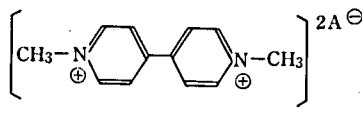
C-6989



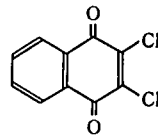
H-722



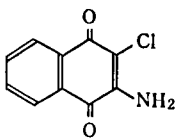
ダイコート



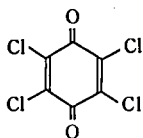
バラコート



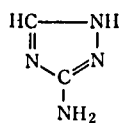
ジクロン



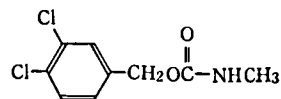
2-アミノ-3-クロロ-
1,4-ナフトキノン



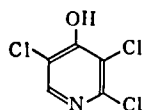
クロラニル



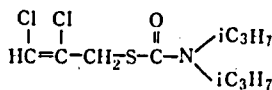
アミトロール



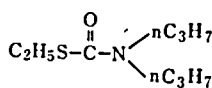
Dichlormate



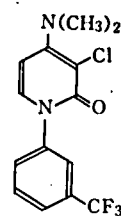
ピリクロール



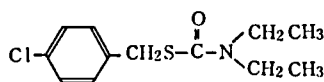
Piallate



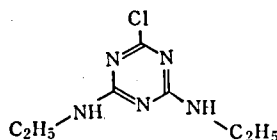
EPTC



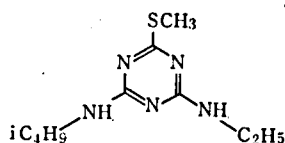
Sandoz 6706



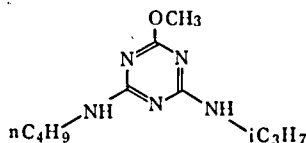
ベンチオカーブ



シマジン



イグラン



GS-14254

ATP: adenosine triphosphate
DPIP: 2,6-dichlorophenol indophenol
NADP: nicotinamide adenine dinucleotide
PMS: phenazine methosulfate

引用文献

- Bartels, P. G. and A. Hyde: *Plant Physiol.*, 45, 807 (1970).
- Bartels, P. G. and A. Hyde: *Plant Physiol.*, 46, 825 (1970).
- Black, C. C., Jr. and L. Myers: *Weeds*, 14, 331 (1966).
- Bond, C. P. and J. R. Corbett: *Pestic. Sci.*, 2, 169 (1971).
- Büchel, K. H.: *Pestic. Sci.*, 3, 89 (1972).
- Burns, E. R., G. A. Buchanan and M. C. Carter: *Plant Physiol.*, 47, 144 (1971).
- Camper, N. D. and D. E. Moreland: *Weed Sci.*, 19, 269 (1971).
- Caseley, J.: *Pestic. Sci.*, 1, 28 (1970).
- Casida, J. E. and L. Lykken: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 20, 607 (1969).
- Dickeson, J. E. and L. A. Summers: *J. Sci. Fd. Agric.*, 20, 74 (1969).
- Douglas, T. J. and L. G. Paleg: *Plant Physiol.*, 49, 417 (1972).
- Hagimoto, H.: *Weed Res.*, 10, 187 (1970).
- Hilton, J. L. and L. L. Jansen: *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 14, 353 (1963).
- Hilton, J. L., J. B. Sr. John, M. N. Christiansen and K. H. Norris: *Plant Physiol.*, 48, 171 (1971).
- Hogue, E. G. and G. F. Warren: *Weed Sci.*, 18, 179 (1970).
- Inoue, Y., K. Ishizuka and S. Mitsui: *Agr. Biol. Chem.*, 34, 1029 (1970).
- Inoue, Y., T. Ogawa and K. Shibata: *Plant Cell Physiol.*, 13, 385 (1972).
- James, C. S., G. N. Prendeville, G. F. Warren and M. M. Schreiber: *Weed Sci.*, 18, 137 (1970).
- Kato, S.: *Plant Cell Physiol.*, 13, 273 (1972).
- Matsunaka, S.: *Residue Rev.*, 25, 45 (1969).
- 木村一郎, 一前寛正, 松中正一: 雑草研究, No. 12, 54 (1971).
- 松中正一, 中村 拓: 雑草研究, No. 13, 29 (1972).
- Meikle, R. W.: *Weed Sci.*, 18, 475 (1970).
- Moreland, D. E.: *Ann. Rev. Plant Physiol.*,

- 18, 365 (1967).
- 25) Moreland, D. E. and W. J. Blackmon: *Weed Sci.*, 18, 419 (1970).
- 26) Moreland, D. E., W. J. Blackmon, H. G. Todd and F. S. Tarmer: *Weed Sci.*, 18, 636 (1970).
- 27) Moreland, D. E. and M. R. Boots: *Plant Physiol.*, 47, 53 (1971).
- 28) Nakagawa, M., K. Kawakubo and M. Ishida: *Agr. Biol. Chem.*, 35, 764 (1971).
- 29) 大矢恒彦, 石田精一: 雑草研究, No. 11, 58 (1971).
- 30) Robertson, M. M. and R. C. Kirkwood: *Weed Res.*, 10, 94 (1970).
- 31) 白川愼夫: 雑草研究, No. 9, 11 (1969).
- 32) Sikka, H. C., J. Carroll and G. Zweig: *Pest. Biochem. Physiol.*, 1, 381 (1971).
- 33) Sikka, H. C., R. H. Shimabukuro and G. Zweig: *Plant Physiol.*, 49, 381 (1972).
- 34) Still, G. G., D. G. Davis and G. L. Zander: *Plant Physiol.*, 46, 307 (1970).
- 35) Sr. John, J. B.: *Weed Sci.*, 19, 274 (1971).
- 36) 鈴木幸男, 西澤吉彦編: 最新農業概論, 廣川書店 (1970).
- 37) Tsay, S.-F., J.-M. Lee and J. Q. Lynd: *Weed Sci.*, 18, 596 (1970).
- 38) Walsh, G. E. and T. E. Grow: *Weed Sci.*, 19, 568 (1971).
- 39) Wiedman, S. J. and A. P. Appleby: *Weed Res.*, 12, 65 (1972).
- 40) Wu, M. T., B. Singh and D. K. Salunkhe: *Phytochem.*, 10, 2025 (1971).
- 41) Wu, M. T., B. Singh and D. K. Salunkhe: *Plant Physiol.*, 48, 517 (1971).
- 42) Zweig, G., J. Carroll, I. Tamas and H. C. Sikka: *Plant Physiol.*, 49, 385 (1972).
- 43) Zweig, G.: *Residue Rev.*, 25, 69 (1969).

抄 録

ヤガの1種 *Pseudaletia separata* の雄の生産するフェロモンの化学と作用

Chemistry and Function of a Pheromone Produced by the Male of the Southern Armyworm *Pseudaletia separata*. J. R. Clearwater, *J. Insect Physiol.* 18, 781 (1972).

ヤガの1種 *Pseudaletia separata* の雄の hair-pencil を塩化メチレンで抽出し, 3種のカラムによる GLC で分析し, さらに質量分析を行なって, ベンツアルデヒドの含有されることを見出した。雄の hair-

pencil における量は, 羽化後2.5日目で最高に達し漸次減少する。一方, 交尾するのは, 羽化後4日目が多い。

ベンツアルデヒドの作用は, 一定の空気の流れの中においた 60×6cm の小さい容器に10匹の処女雌を入れて, 行動を観察して調べた。雌は, ベンツアルデヒドがあるとじっと動かないものが多くなり, しかも, 容器の両端のガーゼに集る。従って, 雄のフェロモンは, 静止作用 (arrestant) があるものとみなされる。(高橋正三)

〔教官公募〕

名古屋大学農学部助教授

名古屋大学では農学部農学科害虫学講座の助教授を公募しており関係機関に文書を以ってご依頼しておりますが, 応募またはすいせん希望の方は下記へお問い合わせ下さい。提出書類のめ切りは, 47年9月20日(水)必着です。

〒464 名古屋市千種区不老町
名古屋大学農学部
害虫学助教授選考委員会

昭和47年8月25日印刷 昭和47年8月31日発行

防虫科学 第37巻—III 定価 ¥ 800.

個人会員年1500円 団体会員年3000円 外国会員年U.S. \$6

編集者 高橋正三 石井象二郎

606 京都市左京区北白川 京都大学農学部

発行所 財団法人 防虫科学研究所
京都市左京区吉田本町 京都大学内
(振替口座・京都5899)

印刷所 昭和印刷
京都市下京区猪熊通七条下ル