

綜 説

Some Aspects on Phytopharmacology. Interaction between Host-Plant and Pesticides applied against Plant Pathogens Kadzunori TATSUYAMA (Lab. Plant Protection, Shimane Agric. College) and Shigeyasu AKAI (Lab. Phytopathology, Faculty of Agric., Kyoto Univ). *Botyu-kagaku*, 30, 96, 1965

植物薬理学の諸問題 —植物疾病防除における防除剤と宿主の相互作用— 達山和紀(島根農科大学植物保護学研究室) 赤井重恭(京都大学農学部植物病理学研究室)

I は じ め に

我が国における農薬の普及はその生産額の年々の増加が示しているようにめざましいものがあるが、その作用機作は実用化された農薬すべてについて解明を試みられているわけではない。これは、新農薬の開発にあたって、防除効果の良否判定が防除機作の解明に先行するためであって、一応止むを得ないことではあるが、より効果的な使用や将来の開発を考えると、満ち足りないものがある。また、防除機作が追究されているものであっても、それは主として *in vitro* の、薬剤と病原菌との直接接触の場におけるものであって、薬剤が病原菌の代謝過程のどの部分を阻害するかについてのみ調らべられたものが多い。元来、農薬として用いられてきた殺菌剤の多くは、特殊な場合は別として、病害の発生初期のあるいは発生が予想される作物への散布という形で使用され、植物体外での薬剤と病原体との直接接触を期待したものであったから、防除機作に関する現在までの研究が *in vitro* にかたよったのも当然のことであったかも知れない。植物疾病の新しい防除方法、すなわち薬剤を植物体内に吸収させて疾病を治療しようとする内科療法は1940年頃から活発化してきたが、直接、内科治療を意識しなくても薬剤と植物体各器官との接解はほ場においてたえず行われてきた。しかし、このような場面での薬剤の作用が、植物疾病の防除機作とどのようにからみあっているかについては必ずしも明らかでない。とくにその薬理学的考察はほとんどなされなかったようである。近年ようやく薬剤と植物体の相互関係、すなわち、植物体を介在しての防除機作が注目されてきた。たとえば、ナシの葉に散布された *uspulun* は葉上において黒斑病菌に対する抗菌力を急速に失ないながらも、なお最終的にはすぐれた防除効果を現わすのはなぜか⁽⁴⁸⁾、また PMA がいもち病に効き、同じ有機水銀剤である MMC がいもち病より紋枯病に対して効果を示すのはなぜか⁽⁵²⁾、このような現象は、薬理学的な考察が行なわれてはじめて明らかにされたし、また、されつつあるものであろう。このような現象を明らかにするため

の個々の実験は、単に既知薬剤の疾病防除効果の機作を明らかにするにとどまらず、今後、種々の化学物質による植物生産の量的、質的な control という農学の一方向を発展させる場合の基礎的な業績としても、きわめて重要な意義を持つものといえる。これに近い考え方が最近植物調節剤領域でも提出されている⁽¹⁰⁰⁾。ここでは植物病理学の立場からの植物薬理学を考え、その現状を概観してみたいと思う。

II 植物薬理学の現状

A. 植物薬理学の定義

我が国において、植物薬理学という言葉が植物病理学の分野ではじめて使用したのは橋岡⁽³¹⁾ (1953) であって、*phytopharmacology* という言葉が使われているが、その定義については述べていない。しかしその論文の内容から推察すると、薬剤と病原菌との関係もこの中に含まれているようである。田端ら⁽⁷⁶⁾⁽⁷⁷⁾ (1961～)は殺菌剤の植物薬理的研究として薬剤の植物体成分に及ぼす影響や薬剤の植物体内への吸収、移行を追究しており、赤井ら⁽⁶⁾ (1962～)も、主として植物体成分に及ぼす殺菌剤の影響について仕事をすすめるとともに、葉害および内科治療の問題をも含めて、薬剤の植物細胞に及ぼす影響を積極的に明らかにする必要性を強調した⁽⁸⁾。

植物薬理学の範囲については各方面の意見をまたなければならぬが、字義通りに解釈すれば薬剤(一般に化学物質)を植物に接触せしめた場合の作用一般を取り扱う学問ということができ、生産に結びつく植物の *chemical control* を目標とするものであろう。しかし、植物病理学を基礎あるいは出発点とした場合には、疾病の防除を一応の目標としなければならないので、薬剤—植物—病原体という三要素を切り離すことはできない。この三要素のからみ合いの場として、たとえば、薬剤による植物の疾病抵抗性の変化は、有機水銀剤の植物疾病防除機作にも関連してとくに興味ある問題といえる。平井⁽³⁹⁾ はほぼこれと同じ考えのもとに、抗ウイルス剤の研究に着手し、生体機構を通ずる薬剤の作用、いいかえれば薬剤が寄主細胞と病原体との対

決の場合において細胞の代謝の波に乗ったかどうか、そしてその代謝の変化が病原体に抑圧的に働らくかどうか、などをとりあげている。もちろん、このような研究の前に、薬剤の植物体への吸収、移行、変性、植物側の種々の変化などが研究されるべきことはいうまでもない。このような個々の実験が、疾病防除機作の解明を目標としながら、同時に植物病理学に直接関係の少ない分野における興味ある種々の現象の理解を助けることにもなる。

B. 研究の概観

薬剤を人体に投与した場合の作用機作についての研究は、植物を対象とした場合にくらべてはるかに長い歴史をもっている。この場合、研究はいくつもの段階に分けて行なわれている。すなわち、薬物作用点の研究、薬物が作用点に到達し、あるいはそこから離脱する経過、いいかえれば薬物の吸収、分布、薬物代謝、解毒、排泄、および薬物がその作用点に結合された後に起こされる生物的变化の研究などかなり広い範囲の分野にわたっている⁽⁷⁸⁾。しかし、植物薬理学における薬剤と植物との関係の明確化が、動物の場合に比較しておこなっているのは、その歴史の浅さだけではなく、植物体の構造、細胞壁の存在などによる物質の移動の難易など、かなり困難な問題の存在することその一因であろう⁽⁴²⁾。

植物薬理学における研究の方法、範囲は、植物薬理学をどのように定義するかの問題にも関連するが、弥富⁽¹⁰⁰⁾は浸透性殺虫剤の作用機作をつぎのような項目、すなわち、(1) 植物体内への導入（吸収、浸透）、(2) 植物体内における移行、安定性、(3) 害虫の殺滅、(4) 植物体内よりの消失（分解、排泄）に分けて考えた。植物疾病防除剤においても、内科療法、とくに薬剤が植物体内に吸収されて移行し、病原体との直接の接触によって効果を現わすという考え方の範囲では、浸透性殺虫剤の場合とほぼ同じように考えてよからう。しかし、疾病の防除効果が薬剤と植物との反応によって現われる場合、その作用点はまず植物細胞のある部分であるから、全然別の角度から考察されなければならない。すなわち、広義の内科療法において考えられる作用機作としては、薬剤が病原菌の分泌した毒物を中和するとか、植物体に疾病抵抗性を付与する場合なども含められるが、ここではすべての場合を含ませて、薬剤が有効作用点に達するまでの問題と作用点に達した後の問題に大別し、研究の現状を概観してみたい。

a. 薬剤が作用点に達するまでの問題

現在までの研究の多くが薬剤の作用点を病原体上へのみ求めていたとしても、薬剤の植物体内への吸収、移行は重要な問題であるので、かなり数多くの報告がある。実験の方法としては、生物学的検定、すなわち、

植物体の特定の部位における薬剤の存在を抗菌力によって確かめようとしたもの、薬剤の存在を定性、定量的に直接とらえようとした化学的検定、さらに薬剤の移行集積をアイソトープを使用して追跡したものなどがあげられる。いずれにしても抗生物質など浸透性殺菌剤の開発が行なわれた結果、その作用機作を考える必要性にせまられたものであって、たとえば *griseofulvin* はトマトの葉面からよりも根部からよく吸収されやすく⁽⁷⁹⁾、*streptomycin* はソラマメの茎の切口から容易に吸収されて、根部からは吸収されにくいこと⁽⁸⁰⁾、また、サクラの葉に散布された *actidione* が無散布葉から検出されず⁽⁸¹⁾、ソラマメの茎に塗布された *antimycin A*、*blasticidin*、*blastimycin* が上下葉、茎、根などで検出される⁽⁸²⁾などの報告は、薬剤の種類、植物の種類、部位、方向などによってその移行に難易のあることを示している。したがって、薬剤移行の難易や方向を明らかにすることは直ちに供試薬剤の *formulation* や施用方法、施用部位などを検討、改善する基礎データを提供するものであろう。

薬剤の、外部から植物体内への透過は、根、葉あるいは有傷樹皮などから行なわれる。葉からの透過の場合、気孔の存在は無視できないが、気孔からの透過を一応特別な場合と考えれば、根、葉ともに薬剤の透過をさまたげる第一の障壁は、クチクラ膜の存在であろう。したがって、殺菌剤に限らず、除草剤、生長調整物質のクチクラ膜透過に関する論文は少なくない。1例として Goodman⁽²⁶⁻²⁹⁾ の報告を紹介してみよう。

植物の葉における薬剤の透過を、葉の上面、下面に分けて検討した例は Gustafson⁽³⁰⁾、Koontz ら⁽⁴⁹⁾、Wallihan ら⁽⁸³⁾などの報告にもみられるが、Goodman は、まず *Streptomycin* のリンゴ葉の上、下面における透過の難易が、気孔の存在に左右されるよりもクチクラ膜透過に問題があることを認め⁽²⁸⁾、クチクラ膜をリンゴ葉から化学的処理、すなわち *ammonium oxalate-oxalic acid* 混合液に24時間浸漬することによって剝離し、それが薬剤の透過にどのように干渉しているかを調べた。クチクラ膜を透過する薬量は、供試薬量のほぼ5%以下という場合が多いが^(26,27,28)、この実験においても同じような結果が得られている。なお、*Streptomycin* の透過量は、葉の下面よりも上面に多かったが、*Shimazine*、*maleic hydrazide* など数種の薬剤は下面から多く透過した⁽²⁹⁾。

Kamimura⁽⁴⁷⁾は Goodman との共同研究によって、剝離クチクラ膜の性質をさらに確かめようとしたが、剝離されたクチクラ膜での透過が葉の組織の一部としてのクチクラ層の場合と同じであるかどうかは不明であって、剝離の方法による違いも当然考えられねばならない、Skoss⁽⁷³⁾はレモン葉その他のクチクラ膜剝離

に *Clostridium roseum* の産生する酵素を利用して
いる。

Goodman⁽²⁸⁾は、上記の実験において剝離されたクチクラ膜と、葉の組織の一部としてのクチクラ層が、形態的に異なっていることを電顕像によって示しているが、このことは両者における薬剤透過が同じような機作で行なわれているという考え方に、疑問をなげるものである。

一般に薬剤のクチクラ膜透過を考える場合、クチクラ膜自体の構造や化学的組成を知ることがきわめて重要である。Van Overbeek⁽⁶⁴⁾は薬剤(生長調節剤)のクチクラ膜透過を cutin-cellulose 層の吸湿性と吸湿によって起こる wax plates の分離によって説明し、また、2,4-D の透過が pH によって左右されることは、クチクラ膜の親水層の機能と pH との関係から考察されている⁽⁶⁷⁾。薬剤の膜透過の問題は、クチクラ膜に限らず、細胞壁など植物体内のあらゆる部位、レベルにおいて考察されなければならない。

田端ら⁽⁷⁾はキュウリ、トマト、インゲンマメの茎における殺菌剤の移行が、ニトコノ随での移行に類似していることから、茎における薬剤の移行は物理化学的な要因による色彩の濃いことを報告した。植物組織における薬剤の移行を物理学的な現象として考えれば、透過、移行した薬量は Davson ら⁽²¹⁾の次の式によって現わされる。

$$\frac{ds}{dt} = KA(C-c)$$

s薬量
 t時間
 $C-c$薬剤の濃度差
 K透過係数
 A面積

この場合

$$C = \frac{S}{F} \quad c = \frac{s}{f} \quad \text{とおきかえれば, 上式は}$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{KA}{F}(\dot{S} - s) \quad \text{となり, さらに}$$

$$e^{-(KA/F)t} = \frac{S-s}{S}$$

と書き換えられる。ここで、F は free space, すなわち、種々の溶液が水と同じように自由にはいり得る空間であって細胞質内あるいは細胞壁のある部分に存在していると考えられている⁽¹¹⁾。これは、Epstein⁽²⁴⁾が outer space と呼び Johnson ら⁽⁴⁸⁾が diffusion free space と呼んでいるものと同義語であって、根においてはその 8~30%^(12,49,48)また、カラス麦の子葉鞘においては 19~22% を占めるという⁽⁴⁸⁾報告があるが、この空間がどのような広がりを持っているかは測定困難であり、また、解剖学的にもその所在を指摘できないとされている。

薬剤の植物体内移行の実例はすでに2, 3取り上げた

が、移行が植物の蒸散作用にともなう行なわれることも当然考えられる。Crowdyら^(17,18)は griseofulvin, sulfonamide について、Pramer⁽⁶⁸⁾は streptomycin などについてそれぞれ蒸散作用にともなう根から地上部への移行を認めている。Crowdyら⁽¹⁹⁾は sulfonamide の移行が、また、Salerno ら⁽⁷⁰⁾は N-alkyl ammonium の移行が、薄紙クロマトグラム上の移行と類似することを認めた。篩部における物質の移行が選択的に行なわれることは Crafts⁽¹⁵⁾, Esau ら⁽²⁵⁾などの指摘するとおりであるが、種々の薬剤が養分の移行にともなう行動し、したがって植物体の生長部分に運ばれやすいことも認められている^(13,53,58)。PMA のイネ体内における集積が生長組織に多い⁽⁵²⁾のも、同じような理由によるものといえよう。Hay ら⁽³⁸⁾は 2,4-D の移行が蔗糖の存在によって活発に行なわれることを明らかにした。

有機水銀剤の移行は、いちいち疾病除根作を明らかにする目的でとくに我が国において種々の角度から検討されてきた。中沢⁽⁶⁰⁾、奈須田⁽⁶¹⁾、達山⁽⁸⁶⁾らは、有機水銀剤を吸収させたイネ葉上の水滴が強い抗菌力を示すことを認め、イネ体内の移行を証明しようとしたが、塩化第二水銀、硫酸銅などの無機重金屑塩を施用した場合には、葉上水滴に抗菌力はほとんど認められない。この理由を調べるために達山⁽⁸⁶⁾はイネ幼苗のまいさい汁中にこれらの薬剤を混入し、蒸留水に溶解した薬剤と抗菌力を比較したが、無機重金屑塩の抗菌力はイネまいさい汁によっていちじるしく不活性化され、有機水銀剤の抗菌力も若干低下する。植物汁液による有機水銀剤の抗菌力低下は高坂⁽⁶⁰⁾も認めており、また田村⁽⁸¹⁾は有機錫化合物が生葉まいさい汁、葉緑素、有機酸、2,3のアミノ酸によって、見里ら⁽⁶⁶⁾は blasticidin-S がヒスチジン、グアニン、サイアジン、ピリドキシン塩酸塩などによってそれぞれ不活性化されることを報告している。達山⁽⁸⁶⁾は、重金屑塩の抗菌力低下が主としてたんぱく成分との接触によって起るものと考え、これらをアルブミン、イネ幼苗水溶性粗たんぱく、同非水溶性粗たんぱくに接触させてその不活性化を認めたが、とくに、非水溶性粗たんぱくによる不活性化がもっとも著しかった。しかしこの場合、blasticidin-S には不活性化はほとんど認められなかった。山田⁽⁹⁹⁾はさらに PMA の植物成分による不活性化が、たんぱくおよび還元型グルタチオンなどの SH 基によっておこることを示している。

このような、植物成分による薬剤の変性は、植物組織内だけでなく植物体外表での行動にも多くの例がみられる。前述のナシ葉上の *uspulun* の例⁽⁴⁸⁾、また、イネ葉上における EMP の揮散⁽⁶⁵⁾(ガラス板上に散布した場合は安定)、キュウリ葉上の *zineb* の分解⁽⁷¹⁾な

どがそれである。すなわち、薬剤が有効作用点に達するまでには未知の多くの障壁によって不活性化、変性がくり返されている。植物体内の薬剤の吸収移行に関する報告は、なお少なくないが、ここにあげた若干の研究例から考えても、作用点に達するまでの問題が単に物理学的な透過現象の追跡だけで解明されにくいこと、広く生物学、物理学、化学など種々の分野からの検討、すなわち多くの関連学を総合した植物薬理学的考察が必要であることが理解されよう。

b. 薬剤が作用点に達した後の問題

一般に今日の薬理学の知識において作用点を追求する場合、その基本的作用単位を細胞レベルに求めるのが妥当であり⁽⁷⁹⁾、さらに、細胞膜に対する作用と細胞内諸成分に対する作用との二つに分けられているようである。また、別の角度からみれば、解剖学的な立場からの作用点を考慮する場合もあれば、生体を構成する分子のいかなる部分と結合して効果を現わすか、すなわち、分子生物学的考慮を行なう場合もある。植物薬理学的場合、研究の歴史も浅く、厳密な意味での作用点の定義は行なわれていない。したがって、筆者らがここで作用点到達後の問題としてとりあげることは、主として、薬剤の影響による、疾病防除効果と関連を有すると思われる、植物の生理変化についてであって、その研究の1,2をあげてみたい。

種々の微量金属イオンの施用がイネいもち病、ごま葉枯病の発病を抑えることは、1931年頃から^(1,2,83,84)認められている。この場合、これらの金属イオンが直接病原菌を殺すとは考えられないので、植物に対する二次的な作用によって疾病防除効果が現われるものとみなされたが、その機作は明らかにされなかった。一般にある化学物質による植物疾病防除効果が、その直接効果によるものか、二次的な作用に起因しているものかを判断するのは困難であるので、殺菌剤よりむしろ低毒性の物質による防除効果の発現が、二次的な作用として注目された。たとえば、Davisら⁽²⁰⁾はトマトの萎凋病がインドール酢酸など生長ホルモンによって軽減されることを認め、これらの物質が植物体内においても殺菌力を有せず、また、その効果が施用後15日以上続くことから、その作用はトマトに対して働いたものであり、トマトが萎凋病に対する抵抗性を強めたものとみなした。生長ホルモンのこのような性質は、Waggoner⁽⁹⁵⁾ら、Romboutsら⁽⁹⁹⁾、Crowdyら⁽¹⁰⁾、赤井⁽⁴¹⁾、宮本ら⁽⁹⁹⁾などによっても報告されている。

Horsfallら⁽⁴¹⁾は、生長ホルモンによる植物体内の糖レベルの変化を病原菌の糖要求度にむすびつけることによって植物の疾病抵抗性の変化を説明しようとした。赤井ら⁽⁹⁾も、1,4-dihydro naphthoic acid がイネごま葉枯病の発生を抑さえ、イネの全炭水化物含量が

減少していることを指摘している。また、イネのいもち病罹病度について一般にいわれている、イネ体内窒素成分含量と罹病度との関係を、薬剤で処理したイネにおいて見出そうとした試みも多い^(61,61,64,86,89)。すなわち、有機水銀剤で処理したイネの、無散布葉におけるいもち病罹病率低下を、イネ体内成分の変化によって説明しようとしたものであるが、はっきりした傾向はつかまらなかった。たとえば、有機水銀剤で処理されたイネ葉の遊離アミノ酸の増減は、研究者によって、いいかえれば薬剤の施用方法、供試されたイネの状態など実験の条件によって異なっている。blasticidin-Sで処理した場合も同様であって^(87,88)、薬剤で処理されたイネの場合、イネ組織内に侵入した病原菌の栄養源としての窒素化合物の増減と罹病度との関連性は明確でない。平井⁽⁸⁸⁾も、ethylene-bis-dithiocarbamatesを土壌灌注した場合、トマト葉の非たんばく態窒素が増加することを報告し、それを全酸量、呼吸量などの増加と共に土壌灌注による地上部の代謝促進をあらわすものとしているが、これが疾病に対する抵抗性増強と直接どのような関係にあるかについては明らかにしなかった。

このように、薬剤処理による植物体内成分の変化を調べたものは他にも多い。たとえば、クロロフィル^(23,90)たんばく^(87,88)、還元糖^(9,94)、無機成分^(62,91)など、諸成分の増減が調べられているが、疾病抵抗性との直接の相関が説明づけられたものはほとんど無いといってよい。イネの窒素化合物と罹病度との関係は、異品種間においては適用されず、その罹病度の差異は窒素化合物の多寡よりもイネ細胞の抵抗反応によって決定されるが、薬剤で処理された植物の場合においても同じような考え方をすると、その疾病抵抗性の変化をmacroな植物成分の量的動きのみによって説明するのは困難な事という。

浅田⁽¹⁰⁾は、秋落稲と健全稲とのイネごま葉枯病に対する抵抗性をイネの泳動たんばくの差異で説明している。同じような試みは、殺菌剤(水銀剤)で処理されたイネにおいてもなされたが^(63,80)、その泳動像の変化を、イネの抵抗性の変化としてとらえるべきか、葉害の範囲におけるたんばくの変性として考えるべきか、現在の段階では明らかにし得ない。達山⁽⁸⁶⁾は、重金属系の殺菌剤を根から吸収させたイネ幼苗まがい汁のたんばく様区分が、いもち病菌やごま葉枯病菌分生胞子の発芽を抑制することを認めた。植物体内に吸収された水銀剤などがたんばく成分によって不活性化されることはすでに述べた通りであるが、重金属の一部は合成過程のたんばく成分に働いて抗菌性物質の生成に関与するのではないかと推論が持されている⁽⁸⁷⁾。すなわち、塩化第二水銀はたんばくと結びついて不活性化さ

れるが、*in vitro* で 8M. の尿素を用いてたんぱくの二次結合を解き、これを水に対する透析処理によって再度二次結合を行なわせる過程において塩化第二水銀を接触させた場合、このたんぱく液は強い抗菌力を生じることがわかった。しかし、この実験も、本来複雑な生理現象の分析をモデル化して行なったものであるため、イネ体内に吸収された塩化第二水銀など重金属系殺菌剤の行動の解明は、なお今後に残された問題となっている。

珪酸の施用がイネごま葉枯病菌の侵入に対するイネの機械的抵抗を増強することは赤井⁽³⁾の古くからの報告がある。石山ら⁽⁴⁶⁾は、いもち病防除剤としての alkylthiocyanate の作用機作が、いもち菌の侵入抵抗を高めるものであることを報告した。すなわち alkylthiocyanate がいもち病の発病を抑えるのは、いもち病菌がクチクラ層を貫通して表皮細胞に侵入する直前までであり、処理後クチクラ層の表面をエーテルでぬぐいワックスを除去すれば、菌侵入阻止作用が失われることから、本物質はクチクラ層のワックスと結合して侵入抵抗を高めているものと推定した。Andel⁽³²⁾は、*L*-threo- β -phenylserine や dithiocarbamic acid 誘導体のキュウリ黒星病防除効果に、その植物ホルモンとしての作用が関与しているものと考え、関連性を検討したが、これらの物質の auxin に対する干渉作用が細胞壁の構造を変化させ、その結果、菌の侵入が抑制されるのではないかと推論した。この推論は、Wu⁽⁶⁸⁾ がハツカダイコンで認めた、serine の β -carbon がペクチン酸と合体し細胞壁の構造を変えろという報告などから考えられたものであるが、Corden ら⁽⁴⁴⁾も、このような植物ホルモンによる疾病防除効果を、細胞壁の変化によって説明した。Andel の結果はさらに Hijwegen⁽³⁷⁾によって追試され、phenyl serine 処理による細胞壁のリグニン化が認められている。

Dekker ら⁽²²⁾は、griseofulvin で根を処理したコムギの葉の表皮細胞の細胞壁が、無処理のものに比較して肥厚していることを認めた。さらに、侵入したうどんこ病菌の吸胞は griseofulvin 処理コムギの細胞内で変形しており、細胞質の反応も無処理のものとは異なっていることを認めた。すなわち cotton blue に対して好染性を示している。このことは、griseofulvin 処理によって細胞質の変性が起こり、これが抵抗反応に何らかの形で関与していることを示すものであろう。遠山⁽⁶⁶⁾もイネ幼苗の葉鞘表皮細胞で同じような抵抗反応を認めている。根から無機重金属塩を吸収させたイネ葉鞘表皮細胞へのいもち病菌の侵入は、他の殺菌剤、たとえば blasticidin-S, PMA などでも処理した場合と同様、抑制されているが、イネをエーテルますいを行なうと、無機重金属塩で処理した場合は菌の侵入阻止

が全く認められない。この場合も、細胞の機能的抵抗が行なわれていたことを示しているものと思われる。

薬剤の植物に対する作用、そして、その結果として生じる植物の疾病抵抗性の変化を、どのような角度から、また植物体構成物のどのレベルにおいてとらえるかは、薬剤の種類、植物、そしてそこに起こる現象のちがいにによって一がいに決めることはできない。薬剤の、病原菌に対する作用についての研究は、多くは、ある病原菌の、培養された集団が示す種々の生活代謝、いいかえれば個々の細胞の代謝の積算されたものに対する作用形式が、主として生化学者によって調べられたものであるが、一方、個々の細胞—主として胞子であるが—においての薬剤の透過、細胞質に対する働きかけなどに関する研究が 2, 3 の研究者によってなされていることも見逃がされてはならない。橋岡ら^(32, 33)は、イネごま葉枯病菌に数種の粉剤を接触させて胞子の原形質の完全凝固に至る経過を追跡し、さらに殺菌剤の作用の差が凝固作用によって示されることを指摘した⁽³⁴⁾。石崎ら⁽⁴⁴⁾は各種殺菌剤のイネごま葉枯病菌の胞子発芽に対する阻害作用の強さが、殺菌機構の形質によって支配されずに脂溶性と水溶性の比、すなわち膜の透過性によって支配されることを認めた。また太田ら⁽⁶⁶⁾は、PMA がごま葉枯病菌の発芽を阻止するためには胞子の表面に結合するだけでじゅう分であり、必ずしも細胞内に透過しなくてもよいことを報告し、田村⁽⁸²⁾は、各種の水銀剤のイネごま葉枯病菌胞子の膜透過が、エチルリン酸水銀>フェニル水銀>メトオキシ塩化水銀の順であって、メトオキシ塩化水銀の発芽阻害作用は吸収よりも吸着による作用の大きいことを認めた。Somers⁽⁷⁴⁾は、ラベルされた銅を用いて *Neurospora crassa* の胞子への吸着および透過を追跡している。薬剤による植物体における種々の変化は、大ざっぱにいえば個々の細胞の営む代謝が影響を受けることによって起こるものであろうから、応用面から考えればある器官、組織中の成分の変化などを static にとらえることも興味のあることであるが、あくまでも代謝の過程を追跡することが必要であり、さらに、形態的にも機能的にも細胞以下のレベルでの考察が今後すすめられなければならない。赤井ら⁽⁷⁾の actidione の作用機作に関する研究は、直接には殺菌剤による病害の発生機構を対象としているものであるが、コムギの根の伸長阻害を根端細胞の核分裂、とくに中期染色体への影響としてとらえたものである。また武久ら⁽⁸⁰⁾も、3-amino-1, 2, 4-triazol (除草剤) の作用機作をソラマメの側芽を用いて追究し、本剤が細胞分裂を阻止することを認め、とくに、3-NH₂ 置換体の分裂中期より後期への移行の阻止効果、c-mitosis 像の集積

と染色体の短縮作用を観察した。生物学の立場からの薬理作用研究の例として、ともに興味が持たれる、電顕像による薬剤の作用点における細胞の構造、機能両面からの解析も今後なされなければならない研究課題の一つであろう。

III む す び

以上、植物薬理学の諸問題を主として植物病理学の立場からとりあげてみたが、その関連する分野は広い。最近の農業における省力栽培の方向をとりあげてみても、労力軽減の一方法として殺菌剤、殺虫剤、肥料の混用はすでに試みられていることであり、同時にまた、特殊な施用方法、たとえば薬剤の地表散布、あるいはさらに特殊な場合として隣耕栽培における水中灌注などが実際の問題として考えられてきている。また、metaboliteの積局的生産とその利用も薬剤処理の場面で考えられることである。いずれも、薬剤と植物との干渉の明確化が必要とされる問題であるが、本年(65)4月、農芸化学、植物生理学の両学会において、それぞれ、化学物質による植物発育調節、植物生育のchemical controlのシンポジウムが開かれた。植物薬理学の定義については、すでに述べた2,3の植物病理学の範囲における提案だけでなく獅山⁽⁷²⁾、達山⁽⁸⁸⁾、渡辺⁽⁹⁷⁾などの試案があるが、いずれにしても、単に一学問の分野における解決はとうていできない性質の問題といえよう。本稿が、この未開拓の分野での種々の共同研究と、多くの研究者の参加による体系づけの推進に役立てば幸いである。

引 用 文 献

- (1) 安部卓爾 (1931) 植物病害研究, 1: 54~70
- (2) 安部卓爾 (1933) 植物病害研究, 2: 98~124
- (3) 赤井重恭 (1953) 日植病報, 17: 109~112
- (4) Akai, S (1955) 植物病害研究, 5: 45~56
- (5) 赤井重恭, 獅山慈孝, 吉永英一 (1958) 日植病報, 23: 7
- (6) 赤井重恭, 獅山慈孝, 渡辺吉八, 桑原正芳 (1962) 日植病報, 27: 90
- (7) 赤井重恭, 獅山慈孝, 渡辺吉八 (1962) 日植病報, 27: 260
- (8) 赤井重恭 (1963) 植物防疫, 17: 21~24
- (9) 赤井重恭, 獅山慈孝, 江川 宏, 渡辺吉八 (1963) 日植病報, 28: 302
- (10) 浅田泰次 (1962) 愛媛大紀要, 8: 59~62
- (11) Briggs, G. E. (1957) New Phytologist, 56: 305~324
- (12) Butler, G. E. (1953) Physiol. Plantarum, 6: 617~635
- (13) Clor, M. A., and A. S. Crafts (1957) Plant Physiol., 32: Xliii
- (14) Corden, M. E., and L. V. Edgington (1960) Phytopathol., 50: 625~626
- (15) Crafts, A. S. (1951) Botan. Rev., 17: 203~284
- (16) Crowdy, S. H. and R. L. Wain (1951) Ann. Appl. Biol., 38: 318~333
- (17) Crowdy, S. H., J. F. Grove, H. G. Hemming, and Kathleen C. Robinson (1956) J. Exptl. Bot., 7: 42~64
- (18) Crowdy, S. H., and D. Rudd Jones (1956) J. Exptl. Bot., 7: 335~346
- (19) Crowdy, S. H., and D. Rudd Jones (1956) Nature, 178: 1165~1167
- (20) Davis, D, and A. E. Dimond (1953) Phytopathol., 43: 137~140
- (21) Davson, H., and J. F. Danielli (1952) The permeability of natural membranes. Cambridge Univ. Press, London 365p.
- (22) Dekker, J, and I. Tulleners (1963) Mededelingen van De Landbouwhogeschool En De Opzoekingsstations Van De Staat Te Gent, 28: 574~579
- (23) 江川 宏, 田端信一郎, 野口照久 (1961) 日植病報, 26: 230
- (24) Epstein, E. (1955) Plant Physiol., 30: 529~535
- (25) Esau, Kathrine, H. B. Currier, and V. I. Cheadle (1957) Ann. Rev. Plant Physiol., 8: 349~374
- (26) Goodman, R. N. (1959) The influence of antibiotics on plants, New Jersey, 322P.
- (27) Goodman, R. N., and W. M. Dowler (1960) Proc. IV the Int. Congr. Crop Prot Hamburg 1957, 2: 1559~1563
- (28) Goodman, R. N, and H. S. Goldberg (1960) Phytopathol. 50: 851~854
- (29) Goodman, R. N, and S. K. Addy (1962) Phytopathol. Zeit., 46: 1~10
- (30) Gustafson, F. G. (1957) Plant Physiol., 32: 141~142
- (31) Hashioka, Y, and T. Saito (1953) 岐阜大農研究報告, 2, 13~19
- (32) Hashioka, Y., and H. Ikegami (1956) 岐阜大農研究報告, 7: 41~48
- (33) Hashioka, Y., and Y. Takamura (1956) 岐阜大農研究報告, 7: 49~54
- (34) 橋岡良夫, 池上八郎 (1958) 日植病報, 23: 11

- (35) Hamilton, J. M. (1956) *Science*, 123 : 1175~1176
- (36) Hay, J. R., and K. V. Thimann (1956) *Plant Physiol.*, 31 : 446~451
- (37) Hijwegen, T. (1963) *Neth. Plant. Pathol.*, 69 : 314~317
- (38) 平井篤造 (1962) 日植病報, 27 : 122~128
- (39) 平井篤造 (1963) 第1回植物薬理研究会談話資料 (謄写), 1~8
- (40) Hope, A. B., and P. G. Stevens (1952) *Australian J. Sci. Res. Ser. B*, 5 : 335~343
- (41) Horsfall, J. G., and A. E. Dimond (1957) *Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenschutz*, 64 : 415~421
- (42) Horsfall, J. G. (1961) *Scientia*, 55 : 247~252
- (43) Hylmö, B. (1953) *Physiol. Plantarum*, 6 : 335~405
- (44) 石崎 寛, 西中啓二, 井谷 幹 (1958) 日植病報, 23 : 11~12
- (45) 石山哲爾, 佐藤克己 (1964) 日植病報, 29 : 56
- (46) Johnson, M. P., and J. Bonner (1956) *Physiol. Plantarum*, 9 : 102~118
- (47) Kamimura, S., and R. N. Goodman (1964) *Phytopathol. Zeit.*, 51 : 324~332
- (48) 河村貞之助, 石井賢二 (1955) 日植病報, 20 : 4~9
- (49) Koontz, H., and O. Biddulph (1957) *Plant Physiol.*, 32 : 463~470
- (50) 高坂卓爾 (1961) 中国農業研究, 20 : 80~81
- (51) 高坂卓爾, 孫中弥寿雄, 守中 正 (1961) 日植病報, 26 : 79
- (52) 高坂卓爾 (1962) 植物防疫, 16 : 431~434
- (53) Linder, P. J., J. C. Craig, Jr., and T. R. Walton (1957) *Plant Physiol.*, 32 : 572~575
- (54) 松本省平, 寺中理明, 明日山秀文 (1959) 日植病報, 24 : 40
- (55) 見里朝正, 片桐政子, 福永一夫 (1959) 日植病報, 24 : 40~41
- (56) 見里朝正, 浅川 勝 (1960) 日植病報, 25 : 43
- (57) 見里朝正 (1961) 日植病報, 26 : 188~189
- (58) Mitchell, J. W., and J. W. Brown (1946) *Botan. Gaz.*, 107 : 393~407
- (59) 宮本雄一, 竹内 正 (1963) 日植病報, 28 : 92
- (60) 中沢雅典 (1959) 愛知農試彙報, 15 : 1~124
- (61) 奈須田和彦 (1960) 福井農試創立60年記念論文集, 105~120
- (62) 奈須田和彦, 勝見 太 (1961) 北陸病虫害研究会報, 9 : 51~54
- (63) 奈須田和彦, 白崎暉雄, 勝見 太 (1962) 日植病報, 27 : 257
- (64) 岡本 弘, 山本 勉 (1958) 中国農業研究, 12 : 79~80
- (65) 岡本 弘, 浜屋悦次 (1961) 日植病報, 26 : 76
- (66) 太田脩三, 大内広江 (1958) 日植病報, 23 : 39
- (67) Orgell, W. H., and R. L. Weintraub (1957) *Botan. Gaz.*, 119 : 88~93
- (68) Pramer, D. (1954) *Ann. Bot. London n. s.*, 18 : 463~470
- (69) Rombouts, J. E., and Antje Kaars Sijpesteijn (1958) *Ann. Appl. Biol.*, 46 : 30~36
- (70) Salerno, M., and L. V. Edgington (1963) *Phytopathol.*, 53 : 605~607
- (71) 佐藤敏郎, 富沢長次郎 (1957) 日植病報, 22 : 32
- (72) 獅山慈孝 (1964) 植物薬理談話研究会報, 1 : 2~4
- (73) Skoss, J. D. (1955) *Bot. Gaz.*, 117 : 55~72
- (74) Somers, E. (1963) *Ann. Appl. Biol.*, 51 : 425~437
- (75) Stubbs, J. (1952) *Ann. Appl. Biol.*, 39 : 439~441
- (76) 田端信一郎, 江川 宏, 野口照久 (1961) 日植病報, 26 : 30
- (77) 田端信一郎, 江川 宏, 野口照久 (1962) 日植病報, 27 : 89
- (78) 高木敬次郎 (1964) 蛋白質, 核酸, 酵素, 9 : 270~278
- (79) 高木 博, 瀬川宮郎 (1964) 化学の領域増刊61号, 117~135
- (80) 武久 慎, 野口照久 (1964) 日本植物学会第29回大会発表記録, 89~90
- (81) 田村浩国 (1961) 日植病報, 26 : 81
- (82) 田村浩国 (1963) 日植病報, 28 : 309
- (83) 田杉平司, 森 寛一 (1953) 日植病報, 17 : 86
- (84) 田杉平司, 森 寛一 (1953) 日植病報, 18 : 74~76
- (85) 達山和紀 (1963) 日植病報, 28 : 165~170
- (86) 達山和紀 (1964) 島根農大植病研特別報告, 3 : 1~101
- (87) 達山和紀 (1964) 日植病学会関西支部昭和39年度部会講演集, 45
- (88) 達山和紀 (1965) 第3回植物薬理研究会談話資料
- (89) 寺中理明 (1960) 日植病報, 25 : 8
- (90) 寺中理明 (1960) 日植病報, 25 : 240
- (91) 寺中理明 (1962) 日植病報, 27 : 88
- (92) 富沢長次郎 (1957) 日植病報, 22 : 45
- (93) Van Andel, O. M. (1962) *Phytopathol. Zeit.*,

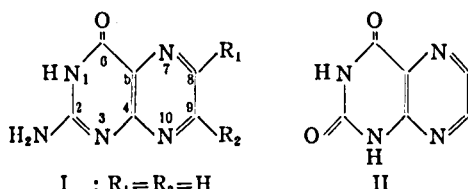
- 45: 66-80
- (94) Van Overbeek, J. (1956) The chemistry and mode of action of plant growth substances. Butterworth, London, 205p
- (95) Waggoner, P. E., and A. E. Dimond (1957) Phytopathol., 47: 125~130
- (96) Wallihan, E. F., and L. Heymann-Herschberg (1956) Plant Physiol., 31: 294~299
- (97) 渡辺吉八 (1965) 第3回植物薬理研究会談話資料
- (98) Wu, P. H. L., and R. U. Byerrum (1958) Plant Physiol., 33: 230~231
- (99) 山田忠男 (1964) 日植病報, 29: 6~12
- (100) 山田 登 (1963) 雑草研究, 2, 12~17
- (101) 弥富喜三 (1958) 新農薬研究法 南江堂, 東京, 251p.

抄 録

プテリンの生理的意義について

Über die physiologische Bedeutung der Pterine.
M. Viscontini und G. H. Schmidt. Z. Naturforschg. 20b, 327, 1965.

自然界の Pteridine は Pterin (2-Amino-6-oxo-1, 6-dihydropteridin) (I) の誘導体と Lumazain (2, 6-Di-oxo-6, 1, 2, 3-tetrahydropteridin) (II) の誘導体とに分けられる。そのうち後者は Rivo flavin の前駆物質、あるいは分解物として自然界に存在している。



I : $R_1 = R_2 = H$

III : $R_1 = OH$; $R_2 = H$;

IV : $R_1 = H$; $R_2 = OH$;

V : $R_1 = -\overset{H}{\underset{OH}{\underset{|}{C}}}\cdots\cdots\overset{H}{\underset{OH}{\underset{|}{C}}}\cdots\cdots CH_3$; $R_2 = H$;

VI : $R_1 = R_2 = OH$

以下 Pterin 類の生理的意義について最近見出された興味ある実験を示す。

表皮の Pterin

動物界で初めて見出された Pterin はチョウの色素で, Isoxanthopterin (IV), Leucopterin (VI), Xanthopterin (III) およびその類縁化合物であり, 白, 淡黄, オレンジ色の色素である。他の多くの動物群の表皮にも Pterin がある。ISAKA の実験によると Xanthopterin は *in vitro* で Tyrosin あるいは Dopa の最終酸化段階を阻害し, Melanin 代謝を妨害するという。このことはなぜ Pterin と Melanin がお互に共存しないかということと, 関係がありそうである。マダラサラマンダ (*Salamandra salamandra*) の幼虫を黒, あるいは黄色に塗ったビーカーで, 変態の直前

まで飼っておくと, “黄色動物” ではメラニン地の代りに黄色の地がずっと多くなり, 胴体部分の表皮の Pterin 含量は, “黄色動物” の方が “黒色動物” よりも35%高くなる。したがって Pterin は色変化に関与し, それはおそらく Melanin 形成に対して影響すると考えられる。

光学的感覚器官における Pterin

色の変化は表皮だけでなく, 眼 (*Drosophila* および *Ephesia*) においても観察された。眼の中の別の Pterin 化合物は特に Biopterin 型 (V) のものであって, “見る” 過程にとって重要であると想像された。アオバエの1種では, 野性型とは反対に全く Ommochrom, あるいは Pterin も Ommochrom も全く眼の中にもっていないような突然変異種が見出されているが, 両者について光をあてる前後に眼中の還元糖の量を定量してみると, 糖の消費が眼の色素含量とは反対の関係にあることがわかった。光は色素が少いほど, その代謝に対して大きく作用していることから Pterin には保護あるいは涙光の働きがあると考えられる。しかし Pterin は Lecinin のように直接 “見る” 過程に作用しているものではないようである。表皮でも Pterin の涙光作用が考えられる。ある種のアリで高山地のものと平地のものの Pterin の型を比べると, 前者の方が後者のものよりも強い紫外線に曝されて, 色がずっと淡紫色で, 発光性 Pterin である。この Pterin は UV 領域で強く吸収されるから, 強い光に対する保護の役目を果していると考えられる。

代謝過程中の Pterin

動物, 特に昆虫の内部器官に Pterin が多く分布していることから, これが代謝に対して大きな意義をもっていると考えられる。実際 KAUFMAN と NAGATSU によると, Melanin 合成に必要な Phenylalanin が Tyrosin に, また Tyrosin が Dopa に酵素的に酸化されるとき, 水素化 Sepiapterin が助酵素として働くという。これと関連して *Drosophila* では腫瘍がで