

農業環境技術研究所における研究の現状と今後の課題(3)

誌名	農業技術
ISSN	03888479
著者	山田, 昌雄
巻/号	43巻8号
掲載ページ	p. 376-380
発行年月	1988年8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



農業環境技術研究所における

研究の現状と今後の課題 (3)

山田 昌雄

4. 環境生物部

1) 研究概要

環境生物部は、植生管理科、微生物管理科、昆虫管理科の3科、15研究室から構成されている。農業環境には、農業生産の対象である作物や家畜の他に、その周囲の植物、微生物、昆虫、小動物等、多種多様な生物が相互に影響を与え合いながら、かつ人間の生産行為と、土・水・大気など非生物環境条件との影響を受けながら生息しており、これらの生物と環境との全体が農業生態系という一つの系を構成している。環境生物部では、この農業生態系の構成要素である生物を対象として、それらの分類、生理生態的諸特性の解明とその利用、ならびにそれら生物間の相互関係の解明と利用などについての基礎的な研究を行っている。その目標は、農業生態系を健全な状態、すなわち農業生産の高位安定を長期にわたって可能にするような状態に維持するための技術開発である。

各科・研究室の業務分担と、現在、力を注いでいる研究方向について次に述べる。全体として農業環境生物についての個別の特性解明の研究から、生物群間の相互関係を解明して農業生態系の安定化条件を知る、という研究方向に移りつつある。

植生管理科 (3 研究室)

作物群落を含む、農地ならびにその周辺のすべての植生を農業生態系の構成要素としてとらえ、その構造と機能を環境との関係で明らかにし、農業生態系の長期保全には植生をどのように管理すべきかを解明するのが、この科の任務である。

植物生態系研究室：農業生態系における植生の構造及び生態的・生理的・生理生態的の解明と利用。農業生態系における植物群落の種組成と構造を解明し、また物質とエネルギーの循環機能を解明して、群落内の植物の競争・遷移の機構を明らかにする。それらを総合して農業生態系における植生のあるべき姿とその管理のあり方を知らう、というのがこの研究室の研究方向である。

保全植生研究室：植生の生態系保全機能の解明と利用技術の開発。植生はその物質代謝により土や水の中の種々の有害物質を分解・排除して、環境を浄化する機能や緩衝機能を持っている。本研究室はこの点に着目して研究を行い、ホテイアオイなど水生植物による水質浄化などに大きな成果をあげてきた。今後はそれに加え、雑草群落における植物種間の相互作用の解明や、最近世界的に注目されている砂漠化現象についても研究に着手する。

他感物質研究室：植物が生産する他感物質の検索・同定及び利用法の開発。一つの生物が生産する物質が他の生物に影響する現象を他感作用(アレロパシー)とよび、その物質を他感物質という。植物が生産する他感物質には、雑草防除、連作障害、昆虫の誘引や忌避、病原菌の生育抑制、あるいは人間が感ずる芳香や疲労回復感など、多様な作用が認められている。当研究室では生態学と生化学との境界領域に立って、このような物質を探索・同定して作用を解明し、農業生態系の管理や種々の産業にも利用しようとしている。すでに熱帯のマメ科植物、ムクナに強い多感作用を見出すなど、興味ある成果をあげている。

微生物管理科 (5 研究室)

農業環境にはウイルス、細菌、糸状菌、線虫などの無数の微生物が生息し、農業生態系の重要な構成要因として機能している。それらの特性を解明し、分類・同定、動態、制御ならびに有効利用について基礎的研究を行うのが、この科の任務である。また農水省微生物ゲノムバンクの重要なサブバンクの機能をも果している。

細菌分類研究室：農業生態系を構成している多様な細菌及びウイルスの特性解明と、分類基準・同定法の確立。当研究室は農業環境細菌の分類・同定に力を注ぎ、植物病原細菌について簡易同定法の開発を行い、多くの新しい細菌種の発見・命名に成果をあげてきた。またそれら細菌の諸特性に注目し、産業利用への可能性をも検討する方向にある。

糸状菌分類研究室：農業生態系を構成している多様な糸状菌の特性解明と、分類基準・同定法の確立。当研究室も主として植物病原糸状菌について、分類・同定の研

Masao Yamada: Research Activities of National Institute of Agro-Environmental Sciences. 3. 農業技術 43 (8), 1988.

研究成果をあげてきた。最近では、他の研究室と協力して植物病原菌の検索・同定システムを開発し、その実用化を急ぐとともに、糸状菌全般の分類学的情報をデータベース化して、検索・同定システムを構築中である。

なお、細菌分類研と糸状菌分類研は、それぞれ旧農技研病理科の多数の植物病原細菌・糸状菌の保存菌株を継承して保存と特性評価に努力し、また新しい菌株の入手に努めて、微生物ジーンバンクの中核として責を果している。

寄生菌動態研究室：農業生態系における植物寄生菌及びウイルスの生理生態的特性及び動態の解明。農業生態系における微生物の中で、作物に寄生して病害を起こすグループは農業生産に関連して重要な研究対象である。これら植物寄生菌は他の生物群、特に多様な微生物との相互関係の中で病原性を示しているが、それらの農業生態系における動態や感染・発病機構の解明など、病原菌制御の基礎研究を行っている。後記するように寄生菌の生産する生理活性物質の解明に成果をあげている。また最近では、酵素標識抗体法などによる細菌検出手法の開発に力を注いでおり、これは遺伝子組換え微生物の野外環境における検出・追跡法にも応用されるものである。

土壌微生物分類研究室：土壌微生物の特性解明及び分類基準・同定法の確立。微生物管理科には「土壌微生物」を冠する研究室が3室ある。「土壌微生物」という特別の微生物があるわけではないが、土壌中に生息しているために研究手法が独特である。また土壌中には極めて多くの微生物が存在するので、地上の微生物よりも相互関係が複雑であり、それだけ農業生態系における重要性が高いといえる。現在当室では、土壌中に存在するウイルスと菌根菌の特性研究を進めているほか、所外との協力によるプロジェクト研究として、弱毒ウイルスの作出と、その干渉作用の解明、遺伝子組換えにより作出したウイルス変異株を用いた遺伝子の機能や構造の解明などの研究を行っている。

土壌微生物生態研究室：土壌微生物の生理生態的特性の解明及び機能の評価。土壌は農業生態系の最も基本的な場であり、当室ではそこに生息する有用・有害を問わず多様な微生物の諸特性を明らかにするとともに、土壌中における微生物間の相互作用の解明と利用を研究目標としている。現在、特に微生物間相互作用によって有害微生物を制御するための種々の基礎的研究に力を注いでいる。

土壌微生物利用研究室：有用土壌微生物の探索及び利用法の開発。土壌は有用微生物の宝庫といわれる。当室は土壌環境における微生物の有用機能の解明と利用法の

開発を目指しているが、現在、遺伝子操作による有用放線菌の機能の改良、組換え微生物の野外環境での検出のためのDNAプローブ法の土壌微生物への適用、根粒菌の分類法の開発と有用菌株の選抜、芳香族塩素化合物の分解菌の分離とその生態や分解プラスミドの解析及び菌の機能向上技術の開発など、多彩な研究を展開している。

線虫・小動物研究室：線虫・土壌小動物の特性の解明と分類・同定法の確立及び制御法の開発。土壌中の線虫類は分解者として重要な役割を果している一方、多くの作物が寄生線虫により大きな被害を受けている。当室では形態学的特性に生理生態学的特性を加えた基準により、線虫の分類・同定法を確立する研究を行い、すでに植物寄生線虫22種を新種として記載している。また天敵微生物による新しい線虫制御法の開発を進めており、すでにシストセンチュウの密度制御に特異的に有効な出芽細菌を発見して、その利用法を開発中である。

昆虫管理科（5研究室）

昆虫の分類・同定に関する研究を行うとともに、昆虫の種々の特性を解明して、農業生態系における昆虫の総合的管理技術を開発することが当科の目標である。性フェロモンなど生理活性物質による昆虫の制御については、先駆的研究を行ってきた。また農水省における唯一の昆虫標本館を擁して、昆虫標本の維持管理にも力を注いでいる。

昆虫分類研究室：昆虫の分類・同定法の確立及び昆虫標本の収集・管理。分類の知識はすべての生物学研究の基本である。当室では農業生態系に生息する昆虫の種類構成と類縁関係を明らかにすることを目標とし、現在は鱗翅目、膜翅目を中心に分類学的研究を進めている。また昆虫標本館の管理にも当たっているが、旧農技研の所蔵標本を継承し、さらに国の内外からの寄託標本を加え、現在は約75万点の標本を保管し、国内はもとより、広く海外の研究者にも研究および同定に役立てられている。

昆虫行動研究室：昆虫の行動の解析及び行動制御技術の開発。昆虫の採餌、摂食、配偶、産卵、移動分散など、個体あるいは集団の諸行動を解明して、昆虫の行動制御技術を開発することが当室の目標である。大豆害虫などの寄主選択や産卵選択行動の解明に力を注いでおり、最近では移動性害虫の移動機構の解析、移動時期・地点の予知の研究に中心的な役割を果している。

生理活性物質研究室：昆虫の生理活性物質の探索・同定及び利用法の開発。昆虫は配偶行動や集合・分散などの行動をひき起こす信号物質を自ら生産し分泌する。当室ではこのような物質を利用して昆虫の行動を制御する目的で、特に交尾行動を制御する性フェロモンの探索と

物質の同定に力を注ぎ、後述するように既に数多くの成果をあげている。

天敵生物研究室：昆虫の天敵生物の探索及び特性の解明並びに利用法の開発。農業生態系において天敵生物は害虫の密度調節に常に重要な役割を果たしている。この天敵を有効に利用して害虫を制御するための基礎的研究を行うのがこの研究室の仕事である。現在、ウンカ類の寄生性天敵カマバチ類や、カメムシ類の卵寄生蜂、アブラムシなどの捕食性天敵クサカゲロウ類などの生理生態的特性の解明、大量増殖技術の開発に力を注ぐとともに、侵入害虫の天敵の探索と導入方法の検討にも努力している。

個体群動態研究室：昆虫個体群の動態及び密度変動機構の解明。時間的にも空間的にも常に変動している昆虫個体群の動態に着目し、その密度変動の機構や生物間の相互関係などを解明して、農業生態系における昆虫の総合的管理のカギを見出そうとしている。現在はオンシツコナジラミとその寄生蜂エンカルシアとの動態機構をシミュレーションモデルを作って解析するなど、数理統計的手法による仕事と、大豆を加害するカメムシ類の栄養生理と増殖能力の関係を解明する仕事に取り組んでいる。

2) 主要研究成果

環境生物部は、前述のように農業生態系の健全な維持のために、それを構成している生物の特性解明と利用とに関する基礎的研究を進め、着実に研究成果をあげているが、ここでは3科からそれぞれ2つの成果を紹介する。

①水生雑草の窒素・リン吸収と水質浄化能

近年、閉鎖性水域を始めとして水の富栄養化が進んでおり、このため藻類をはじめ種々のプランクトンが大発生して飲料水がカビくさくなったり、漁業に悪影響が出たりしている。農環研の所在する筑波地域でも霞ヶ浦の富栄養化が著しく、移転当時の水道水はそのままでは飲む気になれなかったものである。この現象に対しては、生活排水中の窒素・リンの排出規制が重要であるが、同時に富栄養化した水の水質浄化策も重要な課題である。

本研究は植生管理科において、植生が窒素・リンの吸収にどれだけ機能するかを定量的に評価して、水生植物による水質浄化を実用化する目的で、水質管理科とも協力して行ったものである。

ホテイアオイ、ヨシ、フトイ、ガマなどの水生植物について比較した結果、アンモニア態窒素、硝酸態窒素及びリンの吸収能力について、ホテイアオイが最もすぐれていることが明らかになり、また、この吸収の速度論的解析によって、吸収パラメーターと根重より吸収量の試

算が可能となった。ホテイアオイの1回の収穫で面積1 m² 当り、窒素で20 g、リンで8 gが吸収されることがわかり、繁殖に伴って順次収穫するならばこの数倍の吸収量が得られることが推定された。またアンモニア態窒素と硝酸態窒素が低い濃度で共存する場合は前者が優先して吸収され、前者は後者の吸収を拮抗的に阻害すること、ホテイアオイが正常に生育できる限界のリン濃度はおよそ0.1 ppmであることなども明らかにされた。

ホテイアオイを利用した水質浄化は、自治体などで実際に試行されている。ホテイアオイは更に農薬等の合成有機化合物についても吸収除去することが見出されている。吸収された物質の中には、殺虫剤のマラソンや殺菌剤のTPNのように植物体内で生化学的に分解されるものもある。このようなものについては連続的浄化が可能となる。

②植物由来の微量揮発性物質の測定法と植物の種類による差異

農業生態系における植物の機能のひとつとして、植物体から放出される揮発性物質の効用があげられる。最近話題になっている森林浴におけるフィトンチッドはよい例であるが、その他にも植物の遷移、昆虫や微生物の誘引・忌避など、植物を中心とした各種の生物間相互作用に重要な役割を果たしていることが考えられる。このような物質を把握して、その生成・放出の植物種間差や季節変化などを解明して、生態系の管理に利用していく途を開くために研究を行った。

物質の探索法を検討した結果、TENAX-GCカラムに常温で植物周辺の空気を通して物質のみを吸着させ、これをガスクロマトグラフィーまたはガスクロマトグラフ質量分析装置で分析することにより、pptの感度で揮発性物質を検出し、同定することができた。

植物種間差については、主として草本類では脂肪族化合物、花では芳香族化合物やテルペン類、樹木ではテルペン化合物が放出されていた。葉が傷つくとシス-3-ヘキセノール（青葉アルコール）など炭素数6のアルデヒドやアルコールの濃度が顕著に高くなった。日変化では概して昼あるいは午前中、季節的には7~8月の盛夏に放出濃度が高いことが見出された。放出量の定量も試みた結果、例えばイネの開花期のリモネンとノナナールは1 ha当り1時間にそれぞれ2~3 gの放出量と試算された。

今後、快適性増進や植物相互間、植物と昆虫や微生物との間の相互作用の制御など、実用面への発展が期待される。

③イネ苗立枯病菌 *Rhizopus chinensis* の産生する

毒素リゾキシン

昭和46年頃から、稲作の省力化のための箱育苗——機械移植の方式が急速に普及した。この育苗法では浅い育苗箱に種もみを密播し、高温、多湿、暗黒の条件下で急速に発芽、生育させるために、通常の育苗条件では稲に全く病原性を有しない種々の微生物が育苗箱の床土中や床土の表面で増殖して、種々の立枯性病害が各地に発生した。クモノスカビの1種である *Rhizopus chinensis* による苗立枯病もそのひとつであるが、特に育苗温度が32℃を超えた場合に多発し、箱土の表面が白い綿毛状の菌糸で覆われ、種もみの発芽が阻害され、発芽しても種子根の伸長阻害、根の先端の膨大などの症状を示して枯死する病害であり、全国的に大きな問題になった。

このような症状の発現には病原菌の産生する毒素が関与していると考えられたので、東大応微研など、多くの専門家と共同研究を行い、この毒素について検討した。その結果、本菌の培養ろ液から淡黄色粉末状の物質を単離し、リゾキシンと命名した。この物質は分子量625、分子式 $C_{35}H_{47}O_9N$ 、融点131~135℃、エポキシド、オキサゾール環をもつ新規の16員環マクロリド化合物であることを明らかにした。この物質の10ng/mlの濃度の液でイネ種もみを処理した結果、自然発病の病徴とよく似た病徴が発現した。

このリゾキシンは細菌やウイルスに対してはほとんど活性を示さないが、いもち病菌など真菌の生育を低濃度で強く阻害した。また動物細胞にも強い活性があり、すぐれた抗腫瘍活性が示された。リゾキシンの作用機作としては、真核細胞生物の細胞内蛋白繊維構造である微小管に作用することが明らかにされている。

このように本菌の産生毒素の研究成果は、本菌によるイネ苗立枯病の発生実態解明に大きく役立つだけでなく、その後の研究によって真核細胞生物に広く作用する抗生物質の一種であることが見出され、現在、民間企業において、関連化合物とともに抗腫瘍剤としての開発が行われている。

④微生物利用による病原微生物と有害線虫の制御

戦後の作物病虫害防除は有機合成農薬に大きく依存してきたが、その過用は環境汚染をもたらすだけでなく、有用微生物の殺滅や薬剤抵抗性の病原菌・害虫の出現などを招き、生態系を攪乱させる原因ともなる。このような考慮の下で、拮抗微生物により病原微生物や有害線虫を制御する技術の開発に努力が傾けられた。この研究は現在なお継続されているが、現在までの成果をあげると次のようである。

i) ネロブセンチュウ類やシストセンチュウ類に特異

的に寄生して線虫を死滅させる、出芽細菌2系統を発見した。この細菌の人工培養には現在のところまだ成功していないが、本細菌は高温や低温、乾燥、薬剤、飢餓条件等に対して強い抵抗性を持っており、本細菌が寄生した線虫による被害作物根の乾燥粉末を土壌に混和することで、被害を著しく軽減させ、かつ長期間線虫の発生を抑止することができる。本細菌による線虫防除の実用化のために、効率的な培養・増殖法の開発になお努力している。

ii) リゾクトニア菌、フザリウム菌、パーティシリウム菌、ピシウム菌などの主要な土壌病原菌に対する拮抗微生物を探索し、その微生物が生産する抗菌活性の強い2種の新規シューダン化合物を発見した。この物質については現在作用特性の解明や効果的施用法について検討されている。同じ菌株が既知の抗生物質ピロールニトリルを生産することも明らかにされ、この拮抗微生物を土壌病害の生物防除に利用できる可能性が示された。

iii) ヘルミントスポリウム菌など、種々の病原菌の菌糸や胞子の細胞壁に穿孔し、内容物を吸収して死滅させる粘液細菌を発見した。これについても人工培養の条件など、基礎的研究を実施中である。

iv) 昆虫共生微生物の研究で、タイ産トビイロウンカに共生する細菌を分離した。この菌が生産する新規抗菌性物質、アンドリミドはイネ白葉枯病の病原細菌に特異的に作用し、現在、実用化を検討中である。

⑤性フェロモンと昆虫管理

前項に述べたと同様の、有機合成殺虫剤の過用に対する反省から、昆虫の雌が体外に分泌して交尾行動を支配する性フェロモン等の、生理活性物質を利用して昆虫の総合的管理を図ろうとする研究が、旧農技研における研究蓄積の上で進められてきた。

その結果、オキナワカンシャクシロメツキ、カンシャノシンクイハマキ、キンモンホソガ、ミツモンキンウワバなど、各種の重要昆虫種の性フェロモンの検索を行い、構造を決定した。それらについて所外機関と共同研究を行い大量合成と製剤化につとめるとともに、大量誘殺用あるいは交信攪乱用としての実用化に関して基礎研究を行い、一部は市販され、実用効果をあげている。

⑥長距離移動性害虫の移動予知技術

わが国稲作の重要害虫であるトビイロウンカやセジロウンカが、海外からの飛来虫により発生することが知られている。また近年畑作物に暖地型害虫の突発的大発生が起ることがあり、これらも中国や東南アジアから飛来侵入して来ると信じられる状況証拠が蓄積されつつある。そこで昆虫管理科の全研究室を挙げて、他場所の協

力を得て、主要な突発的害虫のうちわが国での越冬が南部に限られているものと越冬未確認のものについて、発生実態、移動要因、移動経路、移動時期などの解明と、予知モデルの開発をめざしプロジェクト研究を行った。その成果は次の通りである。

i) トビイロウンカ、セジロウンカ、コブノメイガは国内での越冬は不可能で、海外飛来虫により発生する。アワノトウは日本南部の土着個体群と海外飛来虫の両者が発生源となる。コナガ、ハスモンヨトウ、ハイマダラノメイガ、ミツモンキンウワバは南部で越冬した個体群が北上して発生する。

ii) わが国でのウンカ、アワノトウの初期発生は、中国大陸から下層ジェット気流に乗って飛来した虫によって起こると考えられる。これを実証するために中国の福建省などでセジロウンカに色素で標識し、それをわが国で捕えるという日中共同研究を実施したが、再捕獲はできず、移動の直接証拠を得るには至らなかった。

iii) 飛行機や船舶による洋上採集で60種の移動性昆虫相が明らかにされたが、ウンカ類とともにその捕食虫も移動することが見出された。

iv) 密度が高くなると、ウンカ類では移動型の長翅型個体が出現するが、ハスモンヨトウでは体色や内分泌機能の差異は生ずるものの、飛翔力などの移動に直接結び付くような変化は認められなかった。

v) 時系列、空間系列データを数理的に解析して、成虫侵入波とその後の発生量の予知を主にハスモンヨトウで検討し、有望な結果を得ている。また地上・高層気象データを解析するプログラムが開発され、下層ジェットの流跡線の解析により飛来源の推定や飛来の予知が可能となった。

vi) 以上の研究を通して、国内発生種と飛来侵入種との仕分けが可能になった。また集団標識法、捕えた標識個体の検知技術、空中での捕獲装置、レーダーなどによる移動追跡技術などの手法が進歩し、今後の昆虫研究に役立つ技術的基盤が得られた。

3) 今後の重点課題（環境生物部関係）

農環研の仕事の基本は、既にくり返し述べたように農業生態系の健全な維持のための基礎研究であって、その範囲はミクロからマクロまで、電子顕微鏡下の世界から地球規模の環境問題まで極めて広い範囲にわたる。

環境生物部はその中心課題である農業生態系の構造と機能を解明する研究に専念しており、前々号に述べられた7つの主要研究問題のうち、「II. 農業環境生物の特性の解明と管理・利用技術の開発」のほとんどすべての課題と、「IV. 農業生態系の制御技術と変動予測法の開発」

のうちの大課題「農業生態系における環境生物群の総合的制御技術の開発」の大部分の課題を担当している。

この基本計画に沿って環境生物部の今後の重点課題をあげれば次の2課題にまとめられよう。

① 農業生態系の要素間相互作用及び物質動態機構の解明・評価と制御技術の確立

この課題は農環研の業務の核心である生態系研究の最も重要な部分であり、他部の記述にも示されるように、すべての部によって分担推進されるものである。当部ではその中で、農業生態系における生物群集の構造の解明と、それら生物間の相互作用の解明を担当し、さらに農業生態系の安定化機構との係わりで生物間相互作用を評価し、生態系の制御管理に資する新しい農業技術の開発に結び付けようとするものである。

② 農業生態系における組換え体の特性と安全性の評価手法の開発

近年のバイオテクノロジーの著しい進歩により、種々の生物改良技術が開発され、特に組換えDNA技術を利用した生物改良の研究が各方面で行われている。これらの研究は「組換えDNA実験指針」に基づいて定められた基準の下で行われてきたが、最近ではこれら組換え体を野外環境下で利用できる段階まで到達しており、諸方面から早期の実用化が要望されている。

しかしながら、このような組換え体を野外環境で利用するには、それ以前にそれら組換え体の生態、遺伝的安定性、既存生物との競合関係等の特性を明らかにして、その野外放出の安全性についての十分な事前評価しておく必要がある。そこで当所では微生物、植物を対象として、野外環境を想定した閉鎖系の微生物生態実験棟を新設し、微生物管理科においては対象微生物の効率的な追跡・検出法、特性の能率的な評価法、安全性の評価法等について、他機関とも協力して早急に開発を実施しようとしている。それによって農業環境生物の、生態系に調和した積極的利用技術を確立しようとするものである。

以上に述べたような研究方向を通して、環境生物部は新しい農業技術を模索し、開拓して行こうとしている。関係各位の御指導、御援助をお願いしたい。

(農業環境技術研究所環境生物部長)

農業技術合本ファイル

定価 600円(千共)