

学会受賞論文

(業績賞・技術賞)

非散布型害虫防除製剤
ピリプロキシフェン含有テープの開発

井上雅夫*, 中村知史†, 藤本博明†, 笠松紀美†

* 住友化学株式会社 農業化学業務室

† 住友化学株式会社 農業化学品研究所

(平成 17 年 3 月 4 日受理)

Keywords: tape formulation, application method, pyriproxyfen, insect growth regulator, integrated pest management (IPM).

はじめに

近年、農業従事者の高齢化に伴い、より省力的な病虫害防除技術の開発が望まれている。農業は乳剤や水和剤といった剤型に製剤化され、これらを水に希釈して散布する施用法が広く用いられてきたが、薬剤散布の重労働を軽減しうる新製剤や施用法に対するニーズも高まっている。

また、新しい病虫害防除の手法として総合病虫害管理 (Integrated Pest Management, IPM と略される) の概念が提唱され、実用化が進められている。IPM は、化学的防除、物理的防除、生物的防除、耕種的防除を互いに矛盾しないように活用して経済的許容水準を超えないように病虫害を管理する概念であり、例えば、農薬と天敵とを組み合わせた防除技術等が実用化されている。

ピリプロキシフェンは、住友化学により開発された昆虫成長制御剤で、ジュベノイドに分類される新しいタイプの殺虫剤である。本剤はアザミウマ類やコナジラミ類等の重要害虫に対して特に優れた効果を発揮するとともに天敵に対して高い安全性を有している。

ピリプロキシフェン含有テープは、非散布型施用という全く新しい施用技術の開発とテープ製剤という特殊製剤化技術の開発によって、薬剤を散布せずにコナジラミ類の防除を可能にした新製剤であり、防除の省力性、長期間の防除効果、および IPM への適合性といった特徴を備えている。

本稿では、非散布型害虫防除製剤ピリプロキシフェン含有テープの研究の経緯、製剤設計と作用機構、施用方法および実用効果についてその概要を述べる。

研究の経緯

ピリプロキシフェンのコナジラミ類に対する研究は 1984 年より開始され、本剤が極めて低濃度で優れた殺卵活性を有していることが判明した¹⁾。さらに興味深いことに、ピリプロキシフェンを処理した成虫が産んだ卵に対しても高い殺卵活性を示すことが明らかとなった^{1,2)}。

一方、コナジラミ類の成虫は黄色に誘引されることが知られており、この性質を利用して黄色の粘着テープにコナジラミ類を捕獲する手法が用いられてきた³⁾。しかし、この手法は成虫を捕集できても幼虫や卵を捕殺して次世代の発生を抑制することはできず、あくまで補助的な防除技術として利用される程度であった。

筆者らは、ピリプロキシフェンのユニークな作用機構とコナジラミ類が黄色に誘引される性質に着目し、ピリプロキシフェンを含有する非散布型製剤を創案・設計した。本製剤の基本コンセプトは、ピリプロキシフェンを含有する黄色の製剤を作物の近傍に設置しておき、色によってコナジラミ類の成虫を誘引して製剤と接触させることにより薬剤を成虫に取り込ませ、その結果、ピリプロキシフェンの効果により次世代の発生を抑制するというものである (Fig. 1)。

有効成分 (ピリプロキシフェン) の性質

コナジラミ類は半翅目コナジラミ科に属する微小な吸汁害虫で主に施設栽培の野菜や花卉に周年発生し、①成虫や幼虫の吸汁による収穫量の減少、②すす病の発生による作物の汚損、③カボチャ白化症などの果実着色異常の誘発、④ウイルス病の媒介、等の加害を生じさせる。増殖力が旺盛で薬剤抵抗性を発達させやすいため有効な薬剤が少ない

* 〒104-8260 東京都中央区新川 2-27-1

〒665-8555 兵庫県宝塚市高司 4-2-1

© Pesticide Science Society of Japan

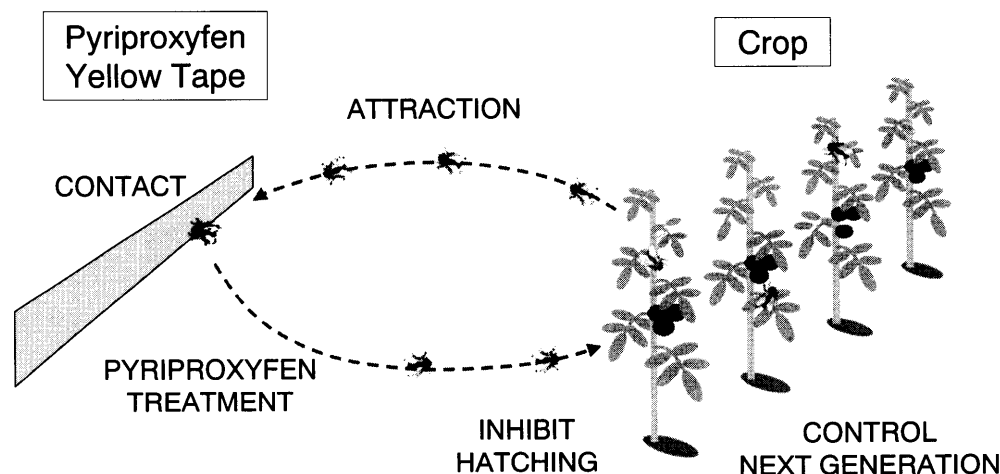


Fig. 1. Concept of pyriproxyfen tape formulation.

Table 1. Properties of pyriproxyfen

Trade name:	Lano [®] , Admiral [®]
Common name:	Pyriproxyfen
Chemical name:	4-phenoxyphenyl (<i>RS</i>)-2-(2-pyridyloxy)-propyl ether
Formula:	C ₂₀ H ₁₉ NO ₃
Molecular weight:	321.37
Appearance:	White crystal

難防除害虫である^{4,5)}。

ピリプロキシフェンは Table 1 に示す化合物で^{1,2)}、コナジラミ類に高い活性を示し、卵、幼虫および成虫の各生育ステージに対して作用する^{7,8)}。非散布型害虫防除剤の開発にあたって筆者らが注目した点は、ピリプロキシフェンを成虫に処理した際にみられる次世代卵の孵化阻害活性である。すなわち、ピリプロキシフェンはコナジラミ類の成虫に対して全く致死活性を示さないが、ピリプロキシフェンを処理された雌成虫が産んだ卵の孵化は著しく阻害された (Table 2)。

Table 2. Transovarial ovicidal activity of pyriproxyfen against adult *Bemisia argentifolii* following 24 hr exposure

Concentration (ppm)	Number of laid eggs	Egg unhatchability (%)
50	81	100
10	129	100
2	130	99.2
0.4	70	81.4
0.08	51	21.6
untreated	63	7.9

非散布型剤の基礎検討

非散布型害虫防除剤を実現するため、色によるコナジラミ類に対する誘引効果とピリプロキシフェンを含有する黄色非散布型剤の有効性を評価した。

1. コナジラミ類に対する誘引性

コナジラミ類の成虫が黄色に誘引されるという性質を利用するにあたり、誘引効果の優れる色調を選定するため、数種類の黄色の試料を用いて成虫による選択試験を実施した。その結果、シルバーリーフコナジラミ (*Bemisia argentifolii*) の成虫は「鮮やかな黄色」の試料に強く誘引された⁹⁾。

2. 非散布型剤のコンセプトの有効性

黄色によってコナジラミ成虫を誘引し、剤から成虫へピリプロキシフェンを作用させて次世代の発生を抑制することが可能かどうかを小型ケージ試験により調べた¹⁰⁾。黄色紙または白色紙にピリプロキシフェンを含有させた剤 (以下、それぞれ黄色剤、白色剤とする) を、シルバーリーフコナジラミ成虫と餌植物 (インゲンマメ幼苗) を入れた小型ケージに設置し、次世代の発生状況を調べた。

その結果、黄色剤を設置したケージでは餌植物に産下された卵の孵化率が著しく低下し、次世代の発生抑制効果が認められた (Fig. 2)。一方、白色剤を設置したケージの卵はほぼ正常に孵化した。この結果から、“色による成虫の誘引 → 剤との接触 → 剤の取り込み → 殺卵活性の発現 → 次世代の抑制” というメカニズムによる防除の有効性が示された。また、効果の発現には色による成虫の誘引が重要であり、ピリプロキシフェンが非接触的に卵に影響を及ぼす可能性は極めて低いと考えられた。

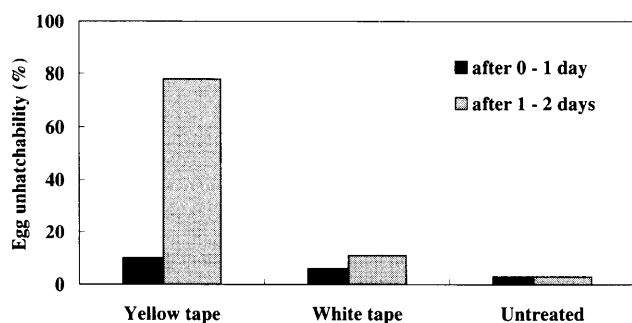


Fig. 2. Efficacy of pyriproxyfen tape formulations against *Bemisia argentifolii* with different colors in a small cage trial. Content of pyriproxyfen: 5.0 g/m². Size of the formulation: 10 cm×10 cm.

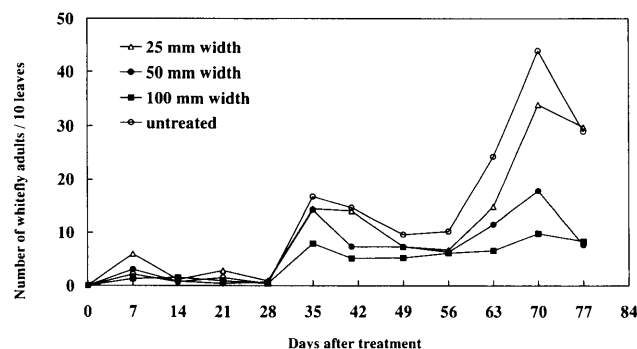


Fig. 3. Efficacy of pyriproxyfen tape formulations against *Bemisia argentifolii* using different tape widths in a greenhouse trial.

製品化検討

基礎検討の結果に基づいて非散布型害虫防除剤の製品化検討を行った。剤の形状、有効成分含量、および設置方法を最適化するため、温室での防除効果試験へと研究を進めた。

1. 剤の形状および有効成分含量の最適化

実用的な効果を得るための剤設置量を決定するため、幅および有効成分含量の異なるテープ剤を試作し、温室試験を実施した。供試作物にはトマトを、供試虫にはシルバーリーフコナジラミ成虫を放虫して用いた。一部の試験を除き、テープはトマトの定植直後に設置した。

2 g/m² のピリプロキシフェンを含有する 100 mm, 50 mm, および 25 mm 幅のテープを作製し、防除効果を比較した。その結果、25 mm 幅のテープに比べて 100 mm 幅と 50 mm 幅のテープはより優れた防除効果を示した (Fig. 3)。この効果の差は投下薬量の差よりもテープの面積に由来する誘引効果の差を反映したものと推定された。

また、2 g/m², 1 g/m² および 0.5 g/m² のピリプロキシフェンを含有するテープを作製し、シルバーリーフコナジラミ成虫を 30 秒間強制的に接触させ (強制接触試験)、経時的に卵の孵化阻害率を調べた。その結果、2 g/m², 1 g/m² のピリプロキシフェンを含有するテープは処理当日～翌日および処理 5～6 日後に産卵された卵の孵化を著しく阻害した。一方、0.5 g/m² のピリプロキシフェンを含有するテープは処理当日～翌日には高い孵化阻害活性が認められたものの、処理 5～6 日後に産まれた卵に対する活性は 2 g/m² と 1 g/m² を含有するテープに比べて低かった (Fig. 4)。この結果から、テープのピリプロキシフェン含量は 1 g/m² が適当と考えられた。

2. 設置方法の最適化

テープを設置する方法として、畝と平行にテープを横断

幕状に張り渡す方法と、短冊状にしたテープを作物の株間に吊り下げる方法が考えられる。最適な設置方法を見出すため、同じ量のテープを 2 つの方法で設置した場合の防除効果を比較したところ、両者の防除効果に大きな差は認められず、いずれの方法も高い効果を示した。ただし、2 つの方法の作業効率を比較すると、吊り下げ法ではテープを株間に吊り下げる必要があったが、横断幕法では畝に沿ってテープを張り渡すだけでよく横断幕法の方が作業効率に優れた。従って、テープの設置方法としては横断幕法が簡便で好ましいと考えられた。

なお、横断幕法においては誘引効果を最大化する観点からテープを作物の草丈より高い位置に設置することが望ましく、作物の頂部付近に設置して生育に応じてその高さを上げる、あるいは、定植時から作物の誘引線と同じ高さに設置する、等の方法が好ましい。また、テープの防除効果を十分に発揮させるにはその設置時期を誤らないことも肝要であり、定植直後のコナジラミ類の生息密度が低い時に予防的に設置することが重要である。これはテープ剤においては、黄色に誘引されたコナジラミ類の成虫に有効成分が付着し、その成虫が産む卵の孵化を阻害することによってはじめて効果が現れるためで、効果が明確に見られるのは成虫が産んだ次世代が発生する約 1 ヶ月後であるか

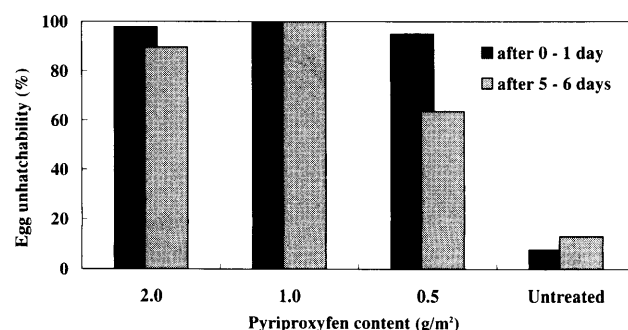


Fig. 4. Efficacy of tape formulations against *Bemisia argentifolii* with different pyriproxyfen contents by compulsory contact treatment for 30 s.

Table 3. Properties of pyriproxyfen tape formulation

Trade name:	Lano [®] Tape
Dimension:	50 mm width, 200 m length
Pyriproxyfen content:	1.0 g/m ² tape
Color:	Yellow
Storage stability:	No change in appearance and pyriproxyfen content after the storage at 40°C for 6 months

らである。

以上の検討結果から、ピリプロキシフェン含有黄色テープは温室規模でもコナジラミ類に対して高い効果を有することが明らかとなり、製剤の有効成分含量やテープ幅等の製剤因子と生物効力との関係が明らかとなった。また、本剤の効果を最大限に発揮させるための設置方法や設置時期等の施用方法を最適化し、本製品の完成に至った。

製 剤

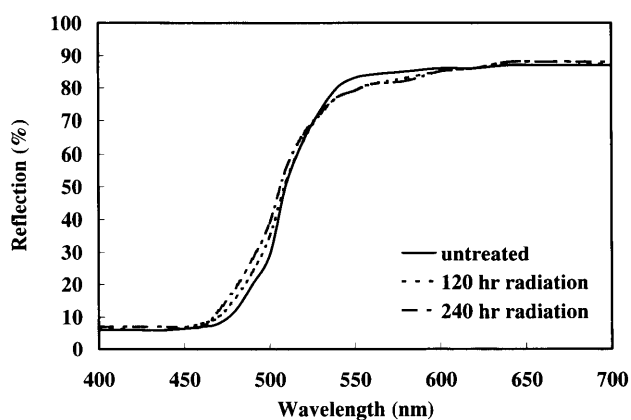
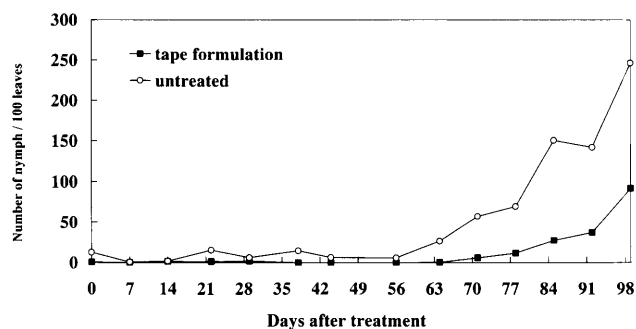
本製剤は有効成分であるピリプロキシフェンを特殊加工したロール状の製剤として製品化されている (Table 3)。テープは設置時の取り扱い易さや耐久性を考慮して十分な強度を付与した設計となっている。また、テープの貯蔵安定性は良好であり、有効成分の分解は認められない。さらに、本製剤には色調を安定化するための工夫がなされており、耐光性試験においても色調の劣化はほとんど認められなかった (Fig. 5)。

実 用 効 果

ピリプロキシフェン含有テープの実用性を確認するため、大規模温室試験や防除効果の持続性試験を実施した。

1. 大規模温室での防除効果

1 アールのビニルハウスを使用して本製剤のシルバーリー

**Fig. 5.** Sustainability of yellow color intensity of tape formulation.**Fig. 6.** Efficacy of pyriproxyfen tape formulation against *Bemisia argentifolii* in a large-scale greenhouse trial. Pyriproxyfen tape formulation was set along ridges at 150 cm height by horizontal application in a greenhouse (plot area: 100 m²).

フコナジラミに対する防除効果を調べた。テープはトマトの定植直後に地上 150 cm の高さに畝と平行に横断幕状に設置した。その結果、Fig. 6 に示すようにピリプロキシフェン含有テープは長期間にわたりシルバーリーフコナジラミの発生を抑制し、高い実用性能を有していることが確認された。

2. テープの効果の持続性

テープの生物学的効果の持続性についても調べた。ガラス温室内に設置したテープを経時的に採取し、強制接触法によって生物活性を調べた。その結果、2 ヶ月間ガラスハウスに設置した後もテープは極めて高い活性を示し、本製剤は長期間高い生物活性を維持していた。なお、実用場面では 6 ヶ月程度の防除効果の持続性が確認されている。

3. ピリプロキシフェン含有テープの省力性

900 m² のトマトのガラスハウスで、横断幕法により 1 畝 1 本ずつテープを設置するのに要した時間を測定し、設置の作業性を評価した。その結果、2 名の作業員により約 20 分間で設置作業が完了し、テープの設置は薬剤散布と比較しても省力的であった。テープは散布剤と比べて優れた残効性を有していることから、定植時に設置すれば長期間のコナジラミ防除が可能であり、散布回数が低減されている点からも防除作業は極めて省力的であると考えられる。

安 全 性

1. 有用生物に対する影響

ピリプロキシフェンは数種の分類群に属する昆虫のみに活性を示す薬剤であるため、対象害虫以外の生物に対する影響は一般に小さい¹⁾。加えてピリプロキシフェン含有テープでは、黄色に誘引されてテープと接触する生物以外はピリプロキシフェンに曝露されることがなく、標的外生物に影響を及ぼす可能性は極めて低いと考えられる。

コナジラミ類の寄生蜂であるオンシツツヤコバチ (*Encarsia formosa*) は施設栽培トマトでのコナジラミ類防除に利用されているが¹¹⁾, オンシツツヤコバチの成虫はコナジラミ類の成虫と同様に黄色に誘引されるため, ピリプロキシフェン含有非散布型製剤がオンシツツヤコバチに悪影響を及ぼすかどうかを調べた。オンシツツヤコバチの成虫に対してピリプロキシフェンを塗布した試料面との強制接触試験を行い, その影響を評価した結果, 処理したオンシツツヤコバチ成虫も未処理の成虫と同様にシルバーリーフコナジラミ幼虫への寄生能力を有しており, 非散布型製剤との接触による悪影響は認められなかった。

トマトの施設栽培においてはマルハナバチ類の花粉媒介昆虫としての利用が普及しており¹²⁾, マルハナバチ類に影響の小さい農薬が求められている。セイヨウオオマルハナバチ (*Bombus terrestris*) に対するピリプロキシフェンの影響については詳細な研究が行われており, 高濃度のピリプロキシフェンを餌に混入して巣内に投与してもセイヨウオオマルハナバチの増殖に影響を及ぼさないことが確認されている¹³⁾。また, 多くのトマト栽培の現場でピリプロキシフェン含有テープとセイヨウオオマルハナバチが組み合わせて使用されており, 安全性には問題がないことが確認されている。

ピリプロキシフェンはカイコ (*Bombyx mori*) に対して強い毒性を示すことが知られているが¹⁾, ピリプロキシフェン含有テープは温室内に設置して使用されるため, テープが直接的にカイコに作用して影響を及ぼす危険性は低いと考えられる。しかし, 更なる安全性を担保するために養蚕地域近郊での使用は行わず, 安全性を確保できる地域に限定して普及がなされている。

2. 作物に対する薬害

ピリプロキシフェン含有テープは通常の使用方法では作物にほとんど接触することがなく, 薬害等の悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。しかし, テープの設置位置が低い場合やテープが切れて垂れ下がった場合にテープが作物と接触して薬害が生じないかどうかを調べた。

テープが葉面に密着した条件, およびテープが葉面に密着した状態で灌水を行った条件で, トマト, ポインセチア, およびキュウリに対する薬害試験を実施した結果, いずれの植物に対しても薬害は認められず, テープの作物に対する優れた安全性が確認された。

おわりに

ピリプロキシフェン含有テープの開発研究は, 新しい発想に基づく非散布型害虫防除製剤の基礎検討に始まり, 製品化のための要因解析, 特殊製剤化技術の開発, さらに実用化に向けた大規模試験を経て, 製品を完成するに至っ

た。また, 日本植物防疫協会委託試験を通じて本剤の実用性が確認され, 1997年5月に我が国における農薬登録を取得した。

現在, ピリプロキシフェン含有テープは優れた防除効果と省力性, 天敵に対する安全性, さらに IPM への適合性に対して高い評価を受けており, 施設栽培トマトを中心に, 本剤を中核の技術として天敵等を組み入れた IPM モデルが各地で確立され実用化されている。IPM 技術は今後も益々実用化・普及が進むものと見られ, ピリプロキシフェン含有テープはこのような流れの中での基幹防除資材として重要な役割を担っていくであろう。

非散布型害虫防除製剤ピリプロキシフェン含有テープの開発・上市にあたり, ご指導とご支援を賜りました日本植物防疫協会ならびに各研究機関の方々に厚く御礼申し上げます。また, 本剤の開発に関して, 住友化学の研究・開発・営業関係者の方々に多大なご尽力とご支援を賜りました。この場をお借りして関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 波多腰信, 岸田 博, 川田 均, 大内 晴, 磯部直彦, 萩野 哲: 住友化学 **1997-I**, 4–20 (1997).
- 2) 藤本博明: 農薬時報 **462**, 12–15 (1996).
- 3) 北方節夫, 吉田 守: 植物防疫 **36**, 478–481 (1982).
- 4) D. N. Byrne and T. S. Bellows: *Annu. Rev. Entomol.* **36**, 431–457 (1991).
- 5) 松井正春: 植物防疫 **49**, 111–114 (1995).
- 6) T. S. Bellows, Jr., T. M. Perring, R. J. Gill and D. H. Headrick: *Ann. Entomol. Soc. Am.* **87**, 195–206 (1994).
- 7) I. Ishaaya and A. R. Horowitz: *J. Econ. Entomol.* **85**, 2113–2117 (1992).
- 8) 中村知史, 藤本博明, 笠松紀美: 第 37 回日本応用動物昆虫学会講演要旨集, p. 192 (1993).
- 9) 井上雅夫, 小川雅男, 中村知史, 大坪敏朗: 第 14 回農薬製剤施用法研究会要旨集, p. 37 (1994).
- 10) S. Nakamura, M. Inoue, H. Fujimoto and K. Kasamatsu: *Appl. Entomol. Zool.* **29**, 454–456 (1994).
- 11) 田中幸春: 農薬時報 **454**, 10–11 (1995).
- 12) 池田二三高, 忠内雄次: 農業および園芸 **67**, 1213–1216 (1992).
- 13) L. de Wael, M. de Greef and O. van Laere: *J. Apicultural Res.* **34**, 3–8 (1995).

略 歴

井上雅夫

生年月日：1965 年 2 月 3 日

最終学歴：京都大学大学院工学研究科修士課程（高分子化学
専攻）

研究テーマ：農薬の製剤研究

中村知史

生年月日：1967 年 1 月 2 日

最終学歴：京都大学大学院農学研究科修士課程（農林生物学
専攻）

研究テーマ：農薬の探索研究

藤本博明

生年月日：1960 年 11 月 16 日

最終学歴：京都大学大学院農学研究科修士課程（農林生物学
専攻）

研究テーマ：農薬の開発研究

笠松紀美

生年月日：1949 年 7 月 1 日

最終学歴：千葉大学大学院自然科学研究科修士課程（応用昆
虫学専攻）

研究テーマ：農薬の開発研究