新規殺虫剤：フルベンジアミド顆粒水和剤の特徴と使い方

日本農薬株式会社　廣（ひろ）　岡（おか）　卓（たかし）

はじめに

フルベンジアミド剤（フェニックス®顆粒水和剤）は，日本農薬株式会社が独自に発明した新規のチョウ目用殺虫剤である。本剤は，ベンゼンジカルボキサミド系という新規の化学構造をもち，世界的に重要害虫であるチョウ目害虫に優れた効果を有することから，全世界で開発中である。

これまでの研究の結果，本剤は細胞内カルシウム濃度調節に関与するリアノジン受容体の活性化という全く新規の作用機構を有することが明らかとなっている。新規作用機構を有することから，既存の殺虫剤に感受性の低下した害虫にも高い効果を発揮し，殺虫剤抵抗性管理にも有用である。

また，チョウ目以外の有用昆虫および天敵に影響がほとんどなく，総合的病害虫・雑草管理（IPM : Integrated Pest Management）適合資材としても注目されている。

本剤は，日本では2007年2月27日に，野菜，茶および果樹など13作物で延べ30種のチョウ目害虫に農薬登録認可となった。

I 開発の経緯

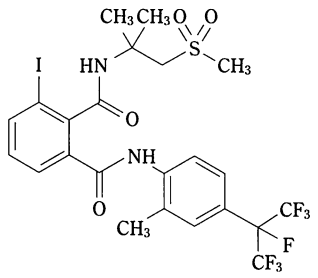
日本農薬(株)は，既存殺虫剤にない新規の作用症状を有する化合物群を見出すことを目標とし，化学陣は新規骨格の合成，生物陣はわずかな作用症状の違いも観察することをテーマに探索を行っている。1993年に，チョウ目幼虫に特異的な症状を示すリード化合物に着目した。その後合成展開を経て，98年にフルベンジアミドの発明に至った。種々の生物効果試験，安全性試験などを行った結果，本剤が高い殺虫効果と安全性を示すことが明らかとなり，開発剤として選抜された。

2000年より開発コード番号「NNI-0001顆粒水和剤」の試験名で(社)日本植物防疫協会を通じて委託試験を開始した。その結果，本剤は野菜・茶・果樹などの主要なチョウ目害虫に優れた効果を示し，チョウ目害虫防除剤としての実用性が確認された。一方，安全性評価に必要な毒性，代謝試験等，また作物残留および土壌残留試験等を実施し，その安全性が確認された。

II 有効成分と物理化学的性質

1 成分・性状

一般名：フルベンジアミド（flubendiamide）
商品名：フェニックス®顆粒水和剤
有効成分量およびその性状：20%，褐色水和性細粒
試験番号：NNI-0001
化学名：3-ヨード-*N'*-(2-メシル-1, 1-ジメチルエチル)-*N*-{4-[1, 2, 2, 2-テトラフルオロ-1-(トリフルオロメチル)エチル]-*o*-トリル}フタルアミド
構造式：



分子量：682.39
融点：217.5 ～ 220.7℃
蒸気圧：$< 10^{-4}$ Pa（25℃）
水溶解度：29.9×10^{-6} g/*l*

III 安全性

1 人畜毒性

急性毒性（原体）：普通物
　経口/ラット LD50：♂♀ > 2,000 mg/kg
　経皮/ラット LD50：♂♀ > 2,000 mg/kg
　吸入/ラット LC50：♂♀ > 0.0685 mg/*l*
魚毒性（原体）：B類
　コイ LC50（96 hr）：> 0.0847 ppm
　オオミジンコ EC50（48 hr）：> 0.060 ppm
眼刺激性（製剤）：軽度刺激性（洗眼効果あり）
皮膚刺激性（製剤）：刺激性なし

Characteristics of Flubendiamide, a Novel Insecticide.　By Takashi HIROOKA

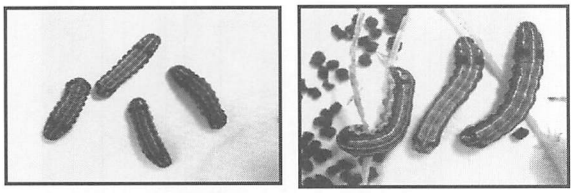
（キーワード：フルベンジアミド，フェニックス，殺虫剤，チョウ目害虫，リアノジン受容体，IPM）

皮膚感作性（製剤）：感作性なし
変異原性（原体）：陰性
環境生物への影響：
蚕：安全日数 60 日以上（20％顆粒水和剤 2,000 倍液）
ウズラ急性経口 LD50：♂♀＞2,000 mg/kg（原体）

Ⅳ 作 用 機 作

フルベンジアミドは，チョウ目幼虫に対し既存殺虫剤では認められない特徴的な体収縮症状を示す（図-1）。検討の結果，フルベンジアミドは，筋細胞のリアノジン受容体を活性化し開口状態にすることにより，細胞内カルシウム濃度を高め，不可逆的に筋収縮を引き起こすことが明らかとなった。

一般的に，細胞内カルシウムは細胞の機能発現における調節因子としての役割を担い，筋細胞では細胞内カルシウム濃度が高まると筋収縮，濃度が低下すると筋弛緩，というように調節される。フルベンジアミドの標的分子であるリアノジン受容体は細胞内小胞体膜上に存在し，小胞体からのカルシウム放出に関わっていることが報告されている。



フルベンジアミド処理　　無処理

図-1　フルベンジアミド剤を処理したハスモンヨトウ幼虫

本剤を摂取したチョウ目害虫は速やかに体収縮症状を示し，摂食を停止するが，致死に至る過程には時間を必要とし，作物からの脱落や餓死といった形で死に至る。

また，本化合物は哺乳類由来のリアノジン受容体の活性には全く影響せず，作用点レベルにおいてチョウ目害虫に選択的に作用するとの知見も得られている。

Ⅴ 特　　徴

1　全く新しい作用性の殺虫剤

フルベンジアミドは，新規の作用機構を有することから既存の殺虫剤と交差抵抗性を示さず，本剤を防除体系に組み込むことで有効な抵抗性対策となる。

2　チョウ目害虫に優れた効果

フルベンジアミドは，チョウ目に属する害虫全般に低薬量で高い効果を示す（表-1）。本剤の特異的な作用性のため，薬剤の効果は異常個体も含めた半数影響濃度（EC50 値）で的確に把握できる。また，本剤は害虫成育ステージの中で幼虫への効果が特に高く，防除上問題となる大型チョウ目害虫の老令幼虫にも高い効果を示す（表-2）。

本剤の浸透移行性は乏しいため，ハモグリガ類やシンクイムシ類のような植物体に食入する害虫に対しては処理が遅れると効果を示しにくいので注意が必要である。

3　残効性に優れ，被害を長期間抑制

チョウ目害虫に関しては全般的に低濃度で効果を発揮

表-1　フルベンジアミド剤のチョウ目害虫に対する殺虫スペクトル

科	和名	ステージ	方法	調査日	EC50 値（ppm）
スガ科	コナガ	3 齢	キャベツ葉片浸漬法	4 日後	0.004
ヤガ科	ハスモンヨトウ	3 齢	キャベツ葉片浸漬法	4 日後	0.19
	オオタバコガ	3 齢	人工飼料薬液滴下法	4 日後	0.24
	タマナギンウワバ	3 齢	キャベツ葉片浸漬法	5 日後	0.02
	カブラヤガ	2 ～ 3 齢	キャベツ葉片浸漬法	7 日後	0.18
シロチョウ科	モンシロチョウ	2 ～ 3 齢	キャベツ葉片浸漬法	4 日後	0.03
メイガ科	ハイマダラノメイガ	3 齢	キャベツ葉片浸漬法	5 日後	0.01
	ワタヘリクロノメイガ	3 齢	キュウリ葉片浸漬法	3 日後	0.02
アトヒゲコガ科	ネギコガ	中齢	ネギ茎葉片浸漬法	9 日後	0.03
ハマキガ科	チャノコカクモンハマキ	3 齢	チャ葉浸漬法	5 日後	0.38
	チャハマキ	4 齢	チャ葉浸漬法	5 日後	0.58
シャクガ科	ヨモギエダシャク	2 齢	チャ葉浸漬法	5 日後	3.04
アゲハチョウ科	アゲハ	3 齢	カンキツ葉浸漬法	4 日後	1.41

するため，作物に残留するフルベンジアミドの量が微量であっても有効に働く。このことが本剤の効果持続性が優れる主な理由である。結球期のキャベツでは通常の条件で4週間程度の効果を示し，害虫の被害から作物を保護する（図-2）。これにより生産現場では薬剤散布回数低減を図ることが可能になる。

4　有用昆虫・天敵に対する高い選択性

本剤は作用点レベルで高い種選択性を有する。主な有用昆虫・天敵への影響試験結果を示す（表-3）。有用昆虫の内，カイコを除くミツバチなどに対する影響は少なく，また天敵昆虫などへの影響も少ない。このことにより，IPM体系における活用が期待できる。

5　人畜・作物への高い安全性

作用点レベルの選択性は哺乳動物とチョウ目昆虫間でも明らかとなっており，この点で人畜への安全性は高い。また，作物への安全性も高いことがこれまでの検討で確認されており，薬害の心配なく使用することができる。

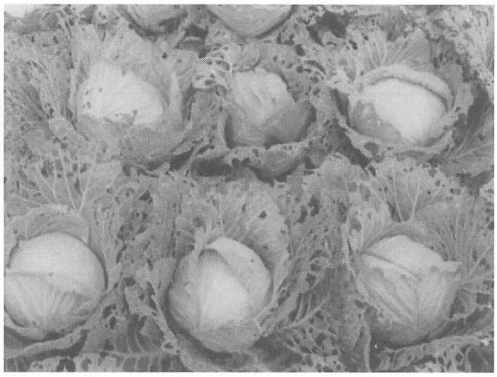
Ⅵ 登 録 内 容

フェニックス顆粒水和剤（フルベンジアミド20%）はキャベツ・レタスなどの葉菜類，だいこん，トマトなどの果菜類，茶，りんご・なしなどの果樹類への登録が認可となった（表-4）。対象害虫は各作物における主要なチョウ目害虫であり，使用濃度は野菜類・茶対象に2,000倍，果樹類対象には4,000倍である。今後もより使いやすい適用内容にするべく，各作物分野で適用作物

表-2　異なる生育ステージのハスモンヨトウ幼虫に対する活性

供試薬剤	EC50値（ppm）		
	1令	3令	5令
フルベンジアミド剤	0.033	0.19	0.51

フルベンジアミド顆粒水和剤
2,000倍



無処理

図-2　キャベツにおける防除試験（散布28日後）

表-3　フルベンジアミド剤の有用昆虫・天敵類に対する影響

和名	供試ステージ	試験方法	EC10値（ppm）
セイヨウミツバチ	成虫	作物＋虫体散布法	＞200
マメコバチ	成虫	作物＋虫体散布法	＞100
クロマルハナバチ	成虫	作物＋虫体散布法	＞100
ナミテントウ	成虫	虫体浸漬法	＞200
オンシツツヤコバチ	成虫	残留膜面法	＞400
コレマンアブラバチ	成虫	残留膜面法	＞400
アオムシコマユバチ	成虫	残留膜面法	＞100
ヤマトクサカゲロウ	幼虫	作物・餌散布法	＞100
タイリクヒメハナカメムシ	成虫	作物・餌散布法	＞100
ショクガタマバエ	幼虫	作物・餌散布法	＞100
ククメリスカブリダニ	成虫	作物・餌＋虫体散布法	＞200
チリカブリダニ	成虫	作物・餌＋虫体散布法	＞200
キクヅキコモリグモ	成体	虫体浸漬法，作物浸漬法	＞100

表-4　フルベンジアミド剤（フェニックス顆粒水和剤）の登録内容

作物名	適用病害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
もも	リンゴコカクモンハマキ	4,000倍	200～700 l/10 a	収穫前日まで	2回以内	散布
なし						
りんご	ハマキムシ類 ギンモンハモグリガ キンモンホソガ ヨモギエダシャク モモシンクイガ ケムシ類			収穫7日前まで		
いちご	ハスモンヨトウ	2,000倍	100～300 l/10 a	収穫前日まで		
トマト	オオタバコガ					
キャベツ	アオムシ コナガ ヨトウムシ ハイマダラノメイガ ハスモンヨトウ				3回以内	
はくさい	アオムシ コナガ ハスモンヨトウ					
レタス	ハスモンヨトウ オオタバコガ				2回以内	
リーフレタス						
ねぎ	シロイチモジヨトウ			収穫7日前まで	3回以内	
だいこん	ハイマダラノメイガ コナガ				2回以内	
だいず	ハスモンヨトウ				3回以内	
茶	チャノコカクモンハマキ チャノホソガ チャハマキ ヨモギエダシャク		200～400 l/10 a	摘採7日前まで	1回	

の拡大，害虫種の追加を行っていく計画である。

Ⅶ　フルベンジアミドの上手な使い方

本剤は新規の作用性を有し，チョウ目害虫に優れた効果を有する点で，従来の防除体系における活用が期待される。さらに，高い選択性によりIPM防除体系に対する貢献も期待される。一方，チョウ目以外の害虫に対する効果は有さないため，適切な薬剤との体系などで対応する必要がある。

1　葉菜類（キャベツ・はくさい・レタス・ねぎ）

葉菜類においてはコナガ，ハスモンヨトウ，ハイマダラノメイガ，オオタバコガ等多くのチョウ目害虫が育苗期から収穫の直前まで問題となる場合が多い。そのため害虫防除の回数も多く，害虫の薬剤抵抗性が発達しやすい環境となっている。

フルベンジアミドは葉菜類に発生する主要なチョウ目害虫に対し高い効果を示し，作物の被害を防止する。しかも効果持続期間が長いため，使用方法によっては散布回数の低減を図ることも可能である。

本剤の浸透移行性は乏しいため，作物の生育初期では処理後に展開した新葉での効果は期待できない。そのため，本剤は作物生育の中期以降に使用すると最も優れた効果持続性を示すことが確認されている。

2　果菜類（トマト・いちご）

果菜類においては種々の害虫が発生し，チョウ目害虫はその一部に過ぎないが，オオタバコガなど既存殺虫剤

に対する薬剤感受性が低い害虫については防除効果が上がりにくく，防除上の問題となることも多い。また，近年施設野菜を中心に受粉昆虫や天敵農薬の導入が進められており，これら有用生物の保護も重要である。

フルベンジアミドは既存剤抵抗性個体にも有効なIPM防除体系にも適合する選択的殺虫剤であるため，チョウ目害虫対象の基幹剤として有用である。

3　茶

茶においてチョウ目害虫はハマキムシ類，チャノホソガなどが挙げられ，いずれも重要な害虫である。

これらのうちハマキムシ類はチャノコカクモンハマキとチャハマキであり，新葉，成葉を食害する。ハマキムシ類の幼虫は葉を綴り，その中で葉を食害し，収量・品質に悪影響を及ぼす。また，本害虫は薬剤抵抗性発達の事例があり，地域により各種薬剤に複合的に感受性を低下させた個体群も認められている。

夏季には，その他のチョウ目害虫として，シャクトリムシ類，ハスモンヨトウが発生する場合がある。

これらのチョウ目害虫に対し，フルベンジアミドは高い効果を示す。成葉では長期間の被害防止効果が期待できる。夏季にはシャクトリムシ類・ハスモンヨトウを含めた防除も可能である。また，天敵などに影響が少ないため，ハダニのリサージェンスなどの懸念が少ない。

4　果樹（りんご・なし・もも）

果樹においてもチョウ目害虫は重要な害虫である。主要な害虫種はシンクイムシ類およびハマキムシ類である。

シンクイムシ類としてはモモシンクイガ，モモノゴマダラノメイガなどの種が挙げられ，主に幼虫が果実を食害する。ハマキムシ類はリンゴコカクモンハマキ，ミダレカクモンハマキ，チャノコカクモンハマキ等が挙げられる。これらは幼虫が主に葉を綴って食害するが，果実肥大期以降では果実にも食害を及ぼす。また，有機リン剤などに対する感受性低下の事例も報告されている。

フルベンジアミドはこれらのチョウ目害虫に有効である。特にハマキムシ類には高い効果を示し，薬剤が散布された葉・果実では長期間効果を示す。シンクイムシ類に対しても有効である。本剤は殺卵効果が乏しいため，産卵後の処理よりも発生初期からの使用や他の有効剤との体系処理で効果を発揮する。主要な使用場面としては，開花期のハマキムシ類防除，あるいは夏季のシンクイムシ類とハマキムシ類の同時防除などが考えられる。

さらに，西日本を中心に問題となっているモモノゴマダラノメイガに高い効果と果実上の残効性を有することが明らかとなっている。

近年性フェロモンを使用した交信かく乱技術が普及しつつあるが，害虫の突発的多発，防除対象以外のチョウ目害虫（ケムシなど）の発生に注意が必要である。本剤はチョウ目害虫全般に高い効果を示し，天敵などに影響が少ないために，在来天敵の活用にも支障を与えにくいことから，フェロモン体系での活用も期待される。

おわりに

フルベンジアミドは全く新規の作用機構を有するチョウ目害虫防除剤である。殺虫剤抵抗性管理上極めて有用であり，従来の防除体系において既存殺虫剤との上手な体系使用が望まれる。また，有用昆虫および天敵に影響がないという優れた選択性を活かして，IPM防除体系における有効利用も期待される。

フルベンジアミドは，今までにない特徴を有した有益な害虫防除資材であるため，本剤の特徴をよく把握し，各地域の害虫防除にうまく組み込める上手な使い方を提案していきたい。そのためにも，今後とも各地域の指導機関のご指導，ご助言をお願いしたい。

登録が失効した農薬（19.3.1～3.31）

掲載は，**種類名**，登録番号：商品名（製造者又は輸入者）登録失効年月日

「殺虫剤」

●フィプロニル水和剤
20785：プリンスフロアブル（BASFアグロ）2007/03/06

●クロルピリホスくん煙剤
18068：新富士ダーズバンくん煙剤（新富士化成薬）07/03/13

● MEP乳剤
5045：キングスミチオン乳剤（キング化学）07/03/19
16292：ヤシマバークサイドE（ヤシマ産業）07/03/31

● DDVP乳剤
5075：武田DDVP乳剤（住化武田農薬）2007/03/22

● MEP乳剤
6205：武田スミチオン乳剤（住化武田農薬）2007/03/22

●マラソン乳剤
6211：武田マラソン乳剤（住化武田農薬）2007/03/22

●ジメトエート粒剤
7314：武田ジメトエート粒剤（住化武田農薬）2007/03/22

（49ページに続く）