

農薬製剤・施用技術開発の最近の動向

—農薬製剤—，—施用技術—

北興化学工業(株)開発研究所 **よね** **むら** **しん** **じ**
 全農 営農総合対策部農薬研究室 **米** **村** **伸** **二**
園 **田** **正** **則**

—農 薬 製 剤—

農薬にとって安全性の向上，環境への負荷低減および省力化対策は大きなテーマであり，各分野で広く研究が進められている。今日，農薬の最終製品につながる農薬製剤技術に大きな期待がかかっており，またその進歩も著しいものがある。1947年に農薬製剤が本格的に工業化されて以来，各種の農薬剤型が開発されてきた。近年になって，時代の要請に応じた形で非常な勢いで各種製剤技術が開発されてきている。

2003年3月名城大学での日本農薬学会第28回大会で開催されたシンポジウム「安全性の向上，環境負荷低減を目指した農薬製剤・施用技術—最近の動向—」では農薬製剤技術および農薬施用技術の最近の進歩と将来展望について，6題の講演が行われた。本稿では，講演の中で大坪敏朗氏の「放出制御製剤」および豊岡克志氏の「直接散布省力製剤」を中心に概説する。

I 放出制御製剤について

1 放出制御製剤化の目的

放出制御製剤とは目的に応じて，製剤からの有効成分の放出程度を制御（コントロール）した製剤をいい，徐々に放出または一定時間後に放出したり，特定の条件下で放出するなど種々のものがある。従来から，放出制御化については各種製剤で試みられ実用化されているが，近年になって，有効成分を徐放化，すなわち，有効成分を徐々にしかも長期間放出するように設計された農薬製剤が多く開発されてきている。徐放化の主な目的は，処理初期に有効成分を高濃度に放出すると作物への薬害が懸念されるため，有効成分を徐々に放出させることにより作物への薬害を回避するとともに，長い期間放出させることにより，効果の発現する期間を長くすることにある。図-1に製剤から放出された有効成分の作用点における濃度変化のモデルを示した（辻，1997）。最高許容濃度はこれ以上の濃度になると作物に対して薬害

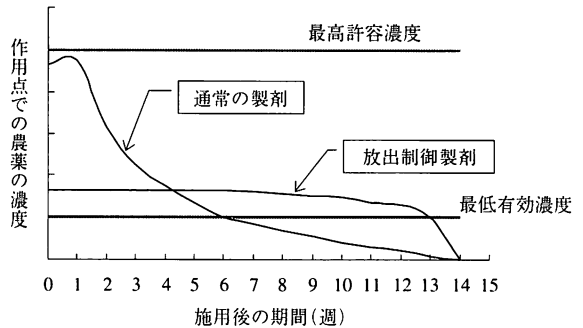


図-1 通常製剤および徐放性製剤の作用点における農薬の濃度変化

を発生させることを示し，最低有効濃度はこれ以下になると効果が不足することを示している。通常製剤では処理初期に活性成分が高濃度に放出され，以降速やかに減衰し，最低有効濃度以下になる。一方，放出制御製剤（徐放性製剤）では放出した濃度は最低有効濃度と最高許容濃度の間でしかも長時間維持される。このことは，放出制御製剤にすることにより作物への薬害を回避し，効果が長く維持されることを示している。

2 放出制御技術の種類と用途

放出制御をするには数多くの方法があるが，主な放出制御技術としては，①マイクロカプセル化，②コーティング，③高分子マトリックスの利用，④吸着担体の利用等がある。中でも多く用いられているのはマイクロカプセル化技術とコーティング技術である。マイクロカプセル化技術は有効成分を樹脂等で処理する技術であり，コーティング技術は粒剤等の製剤を樹脂等で処理する技術である。

マイクロカプセルは農薬有効成分をポリウレタン樹脂，ポリスチレン樹脂，エチルセルローズ樹脂等の膜物質中に内包した数 μm から数百 μm の微小球で，通常はこれを水中に分散させた懸濁製剤や粒剤に製剤化される。国内では20種類以上の製剤が上市されている。マイクロカプセルにすることにより次のような特徴が得られる。①残効性を付与する。②作物への薬害を軽減する。③有効成分の作業者への暴露を軽減する。④人畜に対する毒性を低める。マイクロカプセル化に当たって重

要なことは膜物質、膜厚、粒子径などの選択である。マイクロカプセルからの有効成分の放出は膜の破壊による放出と膜を通じての放出がある。大坪によると破壊型マイクロカプセルでは、粒子径と膜厚の関係で効果や魚類・哺乳類に対する毒性が決まり、膜厚が厚いほど薬害軽減効果が大きい。

コーティング技術は各種製剤で応用されているが、最近急速に普及している箱施用粒剤での徐放化に利用されている。すなわち、ポリウレタン樹脂などで粒剤の表面を被覆(コーティング)することにより、粒剤中の有効成分は膜を通しての放出となるため、が徐放化され、薬害の軽減および残効性の付与が図られている。箱施用粒剤は施用が省力的である、使用者の被爆がない、ドリフトがない、有効成分が通常の水面施用粒剤に比べて有効利用されるなどの特長があり、現在では水稻作付面積の65%で使用されている。

II 直接散布省力製剤について

1 直接散布液状製剤

直接散布する液状製剤としては従来から、航空散布でのULV等があるが、1990年に直接散布用除草剤であるシーゼットフロアブルが登録になって以来、急速に広まり、現在では水稻除草剤の中で22%を占めるようになった。直接散布用除草剤フロアブルの主な特徴として次の点が挙げられる。①畦畔から10a当たり500mlを手振りするだけでよく、非常に省力的である。②機械や器具を必要としない。③水口処理、田植機装着した滴下装置、RCヘリなどでの使用が可能である。豊岡は直接散布液状製剤を次のように分類し、その製造法を詳しく述べている。これらの製剤はいずれも水を使用した製剤であるが、剤型間の違いを簡単に表現すると次のようになる。①SC剤(Suspension Concentrate):固体状原体を水中に分散させた製剤。②SE剤(Suspo Emulsion):固体状原体と液体状原体を水中に分散させた製剤。③EW剤(Emulsion oil in Water):液体状原体を水に分散させた製剤。

いずれの製剤の場合も通常の液状製剤のように水で希釈して施用するのと異なり、希釈せずに直接施用するために水中での良好な拡散が要求される。したがって、製剤化するに当たっては製剤処方と製造法の検討、工夫が必要になる。

2 直接散布固形製剤

従来より粉剤、粒剤は直接散布されてきたが、近年になって機能性をもたせた粒剤が開発され、省力化製剤として普及している。散布した粒剤がいったん沈み、それ

が浮上し、水面を拡散する水面浮上性粒剤や散布後に沈むことなく、水面に浮遊し、そこで拡散する豆粒状製剤などである。また、固形の粒剤等を水溶性フィルムで包装したものや発泡成分を含有した塊状のジャンボ剤などが開発されている。

ジャンボ剤は10a当たり1個25~50g程度のものを5~20個投げ入れればよく、その省力性から年々伸びており水稻除草剤の8%に至っている。ジャンボ剤の特徴としては、①畦畔から投げ込むだけでよく非常に省力的である。②散布するのに機械や装置を必要としない。③ドリフトがなく安全性、環境の面で問題が少ないことなどである。いずれにしてもこれら製剤の効果を発揮させるには処理する場合に十分な水深を確保することなど水管理が非常に重要となる。また、製剤化の面ではフィルムに内装した固形製剤が水面で十分拡散することが必要であり、処方中に浮遊性付与剤を加えることで、固形製剤が水面で浮遊するようにし、さらにそれを界面活性剤で水面上を拡展させるなどの工夫がなされている。発泡型の塊状ジャンボ剤の場合は、保管中に発泡性を失わないように製剤処方、製造法、包装などに配慮が必要となる。

近年、時代の要請もあって農業製剤技術の進歩、発展は目覚ましいものがある。今後も、より機能性の高い製剤技術が見出され、それを応用した農業製剤が開発されることが予想される。製剤技術と施用技術とは密接な関係にあり、両者があいまって農業の安全性向上、環境負荷低減および省力化に貢献していくものと思われる。

— 施用技術 —

近年の農業従事者の高齢化による担い手不足、規模拡大対応、さらには環境問題に対する関心が高まる中で、より省力的で低コスト、安全な防除技術の確立が求められており、このような要望に応える簡便で省力的な農業製剤や施用技術の開発普及が進んでいる。

また、2003年3月に施行された改正農業取締法において、省令に基づく使用基準が設定され、農業使用者に遵守の努力を要請する基準が新たに設けられた。これには農業の施用に関する項目として、圃場外への飛散防止措置「住宅地及びそれに近接する地域において農業を使用する者は、農業が飛散することを防止するための必要な措置を講じるように努める」や河川等環境汚染の未然防止措置「止水を要する農業を水田で使用する者は、当該農業の流出を防止するための必要な止水措置を講じるように努める」などが法律に記載され、農業の散布に対

しても厳しい目が注がれることとなった。

また、本年、交付された食品衛生法の改正により3年以内に作物残留農薬のポジティブリスト化への移行が予定されている。これにともない、誤散布やドリフトにより当該作物に基準値の設定されていない農薬が検出されれば、法律違反となる厳しい措置が講じられようとしている。

農薬施用技術の開発は、主として農薬成分の有効利用、省力、簡便、商品差別化の観点で検討が進められてきており、環境面への配慮は十分であったとはいえない。このように、農薬成分を必要とところに、必要な量を送達する技術は、農薬を効率的利用するのみにとどまらず、環境負荷を軽減することにつながる。今後の農薬施用技術の開発においては、その効率性のみならず、環境面での十分な配慮が必要になるものと考えられる。

農薬施用技術の最近の動向、新しい技術の開発状況などを取りまとめて紹介する。

I 水稲分野における新しい防除技術

水稲の防除は、ヘリコプターによる航空散布と地上散布が実施されてきた。航空散布は農業地帯への住宅等の進出、都市化の流れの中で主として環境問題から後退を余儀なくされている。一方、地上散布については、かつては粉剤や粒剤を水田に均一に散布する重労働が主体であったが、近年は軽量化や田植え作業との同時処理、育苗箱での処理など大幅な合理化技術が開発・普及されている。以下、雑草防除と病害虫防除に分けてその概要を紹介する。

1 雑草防除

(1) 軽量化、省力化製剤施用技術

従来の除草剤散布は、10a当たり3kgの粒剤を手撒きや手動式散粒機、あるいは直噴管や多口ホースを装着した背負式動力散布機で均一に散布しなければならなかったが、製剤技術の向上により現在使われている粒剤のほとんどが10a当たり1kgに変わった。最近では農薬成分の拡散性をさらに向上させた、10a当たり500gや250gの軽量化を実現した粒剤も登場している。

また、特に散布機具を必要とせず、ボトルから直接水田に振り込み散布（水田への入水時に水口処理可能な農薬もある）するフロアブル剤や拡散性が優れた粒状製剤を水溶性フィルムに包んだ袋を10a当たり10~20個畦畔から投げ込むジャンボ剤など、軽量化、省力化が大幅に進んでいる。

(2) 田植え同時処理技術の拡大

省力化の点では、田植え同時処理が注目を集めてい

る。具体的には乗用田植機に除草剤の散布装置を装着し、田植え作業と同時にフロアブル剤や粒剤を散布するもので、フロアブル剤用として「滴下マン」など、粒剤用として「イノベーター」、「こまきちゃん」、「GS-1」などが市販されている。いずれも田植えと同時に散布でもイネに葉害がなく、高い残効性をもつ薬剤が開発されたことによって実用化された技術である。実施に当たっては、均一な代掻きや水管理の徹底など、注意が必要である。

2 病害虫防除

(1) 水稲育苗箱処理剤の拡大

従来、比較的初期に発生する病害虫防除には主に育苗箱処理剤や水面施用粒剤が使用され、後期に発生するものには粉剤中心の防除がなされてきた。しかし、近年は環境問題や重作業であることから粉剤の使用が減少し、さらに高齢化により散布作業者の確保も困難な状況になってきた。このような状況の中、育苗箱に処理することでウンカ類やその他の多様な害虫にまで長期間有効なイミダクロプリド剤などの殺虫剤、いもち病に長期間有効なカルプロパミド剤などの殺菌剤、およびそれらの混合剤（長期残効性育苗箱処理剤）が開発され、航空防除や

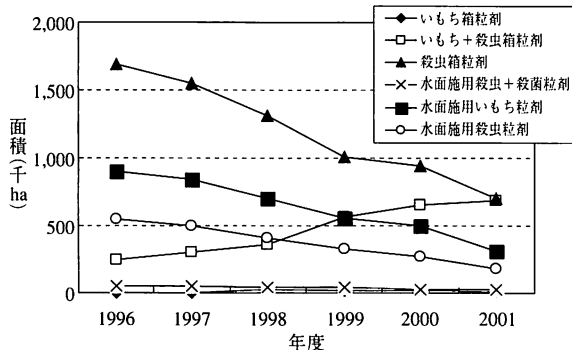


図-2 水稲育苗箱処理剤と水面施用の普及面積の推移

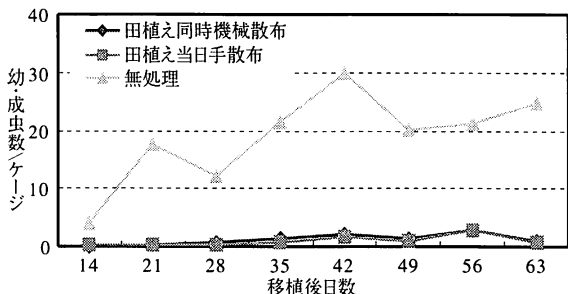


図-3 カルプロパミド・イミダクロプリド粒剤の田植え同時機械散布でのツマグロヨコバイ（平塚系）に対する効果

地上での本田防除に代わって急速に普及している(図-2)。

(2) 育苗箱処理剤の田植同時処理

育苗箱処理では一般的にイネに対する薬害を避け、安定した効果を確保するために移植の当日もしくは移植前3日間くらいに育苗箱ごとに一定量を均一に処理する必要がある。この作業は本田散布に比べて楽になったとはいえ、田植え時は生産者にとって最も忙しい時期であり、大きな負担となっている。特に、大規模生産者にとっては多大な作業を強いるものとなる。

最近では播種と同時に育苗箱に処理できる薬剤も開発されている。イネに対する安全性と残効性を確保するために特殊な技術により有効成分の溶出量をコントロールする必要があるため、播種同時処理のための専用製剤となる場合が多い。したがって、「適用できる薬剤に限られる」、「余計なコストがかかる」こととなる。

これらの問題を解決するため、全農では農機メーカー2社((株)クボタ、ヤンマー農機(株))と協力して1999年から育苗箱処理剤を苗に処理しながら田植えをする装置の開発に取り組んできた。開発中の装置は、苗の植付けや苗送りと連動して散布装置から移植直前の苗に薬剤を施用する方式で、その主な特徴を整理すると、①散布時間はゼロ、②すべての育苗箱処理剤が使用可能、③均一施用できる、④田植えをする苗だけに処理するので無駄が省けるなどである(表-1)。すでに実用化の目途がついてきたため、現在市販に向け最終的な試作に入る段階にきている。実証展示試験等を通じて現場への普及活動を展開する予定である。

(3) 液剤少量散布

本田の薬剤防除は畦畔あるいは本田内からの粉剤、粒剤散布や航空防除が主流である。しかし、これらの散布方法は、気象条件や散布する時刻、労働力に制約される。特に、粉剤については、ドリフトによる周辺環境への悪影響、過酷な労働、共同防除組織の弱体化により、必要な時期であっても的確に防除できない状況となっている。それに代わる液剤の効率的な散布方法の開発が求められていたが、その一つとして乗用田植機を生育中の水田に乗り入れて散布する液剤少量散布技術(25 l/10 a)が実用化されている。

散布機は水田走行の可能な乗用管理機にブームスプレーヤを搭載したもので、その特徴は、①走行速度と薬剤の吐出量が連動するようになっており、足場の悪い水田でも走行速度に関係なく面積当たりの施用量を正確に施用できる。②従来の散布方法に比べて均一に散布できるため、従来1,000倍希釈液を100 l散布する農薬が、300倍25 lでの散布が可能で、投下薬量を約2割低減できる。③ドリフトが少なくなり散布作業や環境に対する影響が小さい、などがあげられる。

3 野菜畑作分野における新しい防除技術

(1) 液剤少量散布

欧米における野菜や畑作物の防除は、10~50 l/10 aの少量散布が一般的になっているが、我が国の野菜や畑作物栽培は、個々の経営規模が比較的小さい上に病害虫の発生が多く、さらに農薬散布用の水を手配しやすい環境にあるため、農薬散布液量は一般的に10 a当たり100~300 lと多量で、高圧力の噴霧機で細かい霧を発生

表-1 水稻育苗箱処理剤田植同時処理装置の特徴

項目	田植同時施用装置	播種同時育苗プラント施用装置	手散布、簡易施用機(散布容器)
ターゲット	個人育苗	育苗センター	個人育苗
導入コスト	○~△	○	○
労力	○	○	×
使用薬剤	箱剤全般	播種同時登録薬剤限定	箱剤全般
散布の均一性	◎	◎	○~×
薬剤の無駄(使用箱)	○移植時施用で使用箱にのみ散布可能	△使用箱のみへの散布は不可能	○移植時施用で使用箱にのみ散布可能
薬剤の無駄(育苗箱縁)	○育苗箱縁部の薬剤付着無	○育苗箱縁部の薬剤付着無	△育苗箱縁部の薬剤付着有
環境負荷の低減	○	○	△
作業者に対する薬剤暴露	○無	○無	△有
田植時降雨の影響	△	○	△
端数条処理	○	—	○
調量特性	◎~○	○(特定薬剤)	○~△

表-2 作目別地上散布液量の内外比較

作目	日本	散布液量 (l/10 a)	
		米国カリフォルニア (1999)	
水稻	60~150	水稻*	15
畑作物	100~300	ダイズ	10
		キャベツなど 葉菜類	30~100
		キュウリなど 葉菜類	25 (~100)
		イチゴ	100
果樹	300~500	カンキツ	100~500
		リンゴ	40~100

*: 米国水稻除草剤以外は, 殺虫・殺菌剤の散布液量生研機構調査を改変。

し, 作物に満遍なく噴霧する方法が定着してきた (表-2)。しかし, 我が国でも近年の農業事情の変化の中で, 特に北海道の畑作地帯や高原野菜産地などのブームスプレーヤ防除を中心に, より省力的で環境負荷の少ない防除技術, すなわち少量散布技術の開発を求める声が高まってきた。このため, 日植防, 生研機構, 北海道の指導機関, 全農等が中心になりブームスプレーヤを活用した液剤少量散布技術の開発に取り組んできた。

開発に当たっては, 既存のブームスプレーヤを利用し, 25~50 l/10 a を目標としたが, 表-3 に示すように少量散布を前提とした欧米と多量散布を前提とした我が国のブームスプレーヤ技術には大きな相違があり, 既存のブームスプレーヤの使用を前提とした少量散布技術には解決しなければならないいくつかの課題があった。特に, 欧米と比較して約 10 倍高い噴霧圧力のまま散布水量を低減し, しかもドリフトの少ない, 大きく均一な噴霧粒子を得るという相矛盾した改善を必要とした。これについては, ノズルメーカーの協力を得てほぼ目的に添う新規ノズルを開発することができ, 従来のノズルを交

表-3 少量散布用ノズルの特徴

ノズル特性	国産ノズル		欧米型 少量散布 ノズル
	少量散布 ノズル	慣行ノズル	
噴霧粒子径 (μm)	120	60~100	≥100
噴霧粒子径 (100 μm 以下%)	少ない	≥50 (多い)	少ない
噴霧圧* (MPa)	0.1	0.1~0.15	0.01~0.08
付着性能	ドリフト低減と 付着性能の両立	付着性能 優先	ドリフト低減 を優先

* 噴霧圧: MPa = 100 kgf/cm²。

換するだけで少量散布が行える目途がついた (表-3)。

少量散布では従来のたっぷりしたり落ちるほどの散布量と異なり濃い薬液を少量散布するため, 特に作物の病害虫の発生する場所に効率よく薬剤を到達させる必要がある。いくつかの試験では薬剤付着量は, 慣行防除に比較して遜色ないが, 株元や葉裏への薬剤の到達性や付着の均一性についてはやや劣る例もあり, 作物の種類・生育程度, 病害虫の種類, 薬剤の性質 (浸透移行性の有無) など個別に試験をして実用性を確認する必要がある。また, 濃厚液を扱うので散布作業や環境の安全確保のためドリフトは極力抑えなければならない。

2003 年, テンサイにおいて, 「少量散布に適合したノズルを装着した乗用型の地上液剤散布装置を使用する」ことを条件として 4 剤が登録を取得している。また, ジャガイモ, コムギなどその他の作物でも登録に向けた試験が進められている。まだ, 適用作物, 対象薬剤も限られているのが現状である。一日でも早く多くの作物で少量散布による体系的な防除ができることを期待したい。

引用文献

- 1) 辻 孝三 (1997): 農薬製剤ガイド, 日本植物防疫協会, 東京, p. 63.

! 好評の「植物防疫講座」第三版!

同書編集委員会編 全3冊 B5判

病害編

本文 395 頁
定価 3,675 円税込み (本体 3,500 円) 送料 380 円

害虫・有害動物編

本文 418 頁
定価 3,990 円税込み (本体 3,800 円) 送料 380 円

雑草・農薬・行政編

本文 528 頁
定価 4,620 円税込み (本体 4,400 円) 送料 450 円

お申し込みは直接当協会へ, 前金 (現金書留・郵便振替) で申し込むか, お近くの書店でお取り寄せ下さい。
社団法人 日本植物防疫協会 出版情報グループ 〒170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11
郵便振替口座 00110-7-177867 TEL (03) 3944-1561 (代) FAX (03) 3944-2103 メール: order@jppa.or.jp