



농약의

제형과 살포기술

제형선택은  
 사용시기 · 대상따라  
 달라하도록

농약연구소 농약화학과

오 병 렬

농약의 제형은 유효성분을 적당한 방법으로 희석한 형태 또는 희석하기 쉬운 형태로 가공한 것을 말하며 사용하기에 편리한 형태로 만드는 것이 최대의 목적이지만 각 제형에 적합한 방법에 따라 사용하지 않으면 충분한 방제효과를 얻을 수 없다.

농약을 사용하는 목적은 병해충, 잡초를 방제하여 농업생산성을 높이는 데 있음은 이미 다 알고 있는 사실이지만 농약을 사용하여도 충분한 방제효과를 나타내지 못하거나 작물에 피해를 일으키는 경우도 있다. 이는 농약의 사용시기가 부적당하다든지 방제에 필요한 부위에 약제가 충분히 도달되지 못하여 일어나는 경우가 대부분이다.

약제의 효력을 충분하게 발휘하기 위하여는 유효한 농약을 병해충 또는 잡초의 서식부위에 정확하게 도달할 수 있도록 사용하는 것이 방제의 기본이다.

농약의 유효성분은 미량으로써 병해충에 효력을 나타내므로 단위면적당 필요한 유효 성분량은 매우 적다. 살충제는 보통 10a 당 50~90g의 성분량이면 충분하고 항생물질의 경우는 10g 미만에 불과하다. 이와 같은 소량의 약량을 광범위한 면적에 균일하게 확산시켜 대상 병해충 또는 잡초의 서식부위에 도달하게 하기 위하여는 유효성분을 적절히 희석하여 살포하기 용이한 형태로 변경시킬 필요가 있다.

이와 같이 유효성분을 적당한 방법으로 희석한 형태 또는 희석하기 용이한 형태로 가공한 것

이 농약의 제형이다. 농약의 제제는 사용하기 편리한 형태로 하는 것이 최대의 목적이지만 제제하는 형태에 따라서 농약유효성분의 효력을 최대한으로 발휘하도록 하고 농약원제의 단점일 수 있는 약해, 독성, 자극성, 어독성등을 경감시켜 부작용을 최소화하는데도 중요한 의미가 있다. 농약의 제형에는 여러가지 형태가 있기 때문에 각제형에 적합한 방법에 준하여 사용하여야만 방제효과를 극대화할 수 있는 것이다.

### 농약제형의 분류와 특성

농약의 제형에는 용도와 그 사용목적에 따라서 적당한 형태의 제제가 사용되고 있다(표 1).

#### 원제특성 따라 제형달리 선택

〈표 1〉은 주요한 농약제형의 특성을 종합한 것으로 이와 같은 제형들은 하나의 원제로서 모든 제형의 제제가 가능한 것은 아니다. 즉, 농약원제의 물리화학적 특성과 생물학적 특성에 따라서 개발가능한 제형이 결정된다. 예를 들면 유기용매에 용해도가 낮을 때는 유제(乳劑)로서의 제제가 곤란하고 수화제나 액상수화제가 적절하다. 또한 적

표 1. 농약제형의 분류

구분	제 형	희석매제	형 태	주 요 조 성	사 용 방 법
고 형 제	분 일 반 분 제	광물성 증량제	미분 (<250메쉬)	유효성분+광물성증량제	원상태로 살포
	저비산분제 (DL)	"	" (0.01mm이하 분급)	"	"
	미 분 제	"	" (평균입경 0.005mm이하)	"	"
	미 립 제	"	조분~미분	" (+결합제)	"
	입 입 제	"	세 립	" (+결합제)	"
수 화 제	수 화 제	수용성 증량제	미분 (<325메쉬)	유효성분+광물성증량제+분산제	물로 희석, 분무기로 살포
	수 용 제	"	"	유효성분+수용성증량제	"
	정 정 제	광물성 증량제	"	유효성분+광물성증량제+(결합제)	"
액 상 제	유 제 (乳劑)	유기 용 매	액 체	" +유화제+유기용매	"
	유 제 (油劑)	"	"	" +유기용매	원상태로 분무기살포
	액 제	물 또는 극성용매	"	" +물(+극성용매)	물로 희석, 분무기로 살포
	액상수화제	물	"	" +분산제+증점제+물	"
기 타	훈연, 훈증제	광물성 증량제	과 립	" +발열제+증량제	훈 연
	에어로졸(연무제)	유기용매 또는 물	액 체	" +분산제+유기용매	분 포
	도포제	고 분 자	에이스토~유탁액	" +고분자+물	도 포
	독이 제	유기물분말	세 립	" +독이 기제+(결합제)	살 치

용작물에 따라서도 제형이 다르게 된다. 수도용 제초제에는 입제로, 과수에는 수화제로 제제하는 경우가 많다.

### 가. 분제(粉劑)

#### 입자작을수록 생물효과 커

유효성분을 미분쇄한 증량제(또는 희석제)로서 희석한 것으로서 250메쉬(약 0.06mm)의 체를 통과시켜 미세한 분말로 제제하고 있다. 농약의 유효성분은 일반적으로 입자의 크기가 작을수록 해충이나 병원균에 대한 생물효과가 높아지는 것으로 알려져 있다. 분제의 경우도 제형의 입자크기와 방제효과 간에는 밀접한 상관관계가 인정되는 경우가 많으나 유효성분의 성질에 따라서는 이와 같은 관계가 부정적으로 나타나기도 한다.

작물체 완전 피복하면 효과 좋아

현재 사용되고 있는 분제는

대부분이 병해충에 접촉되어 효과를 나타내므로 농약의 미분이 작물체표면을 완전히 피복하면 방제효과가 높아진다고 할수 있다. 그러나 실제 포장(圃場) 상태하에서의 분제효과는 작물체에의 부착효율이나 살포지점 이외에로의 비산정도를 고려할 필요가 있다.

### 나. 미립제(微粒劑)

#### 비산경감으로 벼생육 후기에 적당

분제의 장점을 유지하면서 단점을 개선하기 위한 제형으로서 150메쉬(약 0.1mm)의 체를 통과하되 0.01mm이하의 미세입자를 가능한 한 제거시킨(10% 이하) 제형이다. 분제의 결점으로 지적되어온 살포시의 비산을 방지하기 위하여 개발된 것으로서 비산량의 경감이외에 수도생육후기의 벼대 하부에 약제가 도달되기 용이한 특징도 지니고 있다(표2, 그림 1).

표2. 미립제와 분제농약의 특성

(’86. 농약연구소)

제 형	평균입경 (mm)	미 세 입 자 (0.001mm이하)	가 비 중	살포지점으로부터 거리별 비산량 ( $\mu\text{g}/9000\text{cm}^2$ )			
				25m	50m	100m	150m
미 립 제	0.030이상	10%이하	0.6 이상	62	11	-	-
분 제	0.020이하	30% 이상	0.5-0.6	188	64	23	16

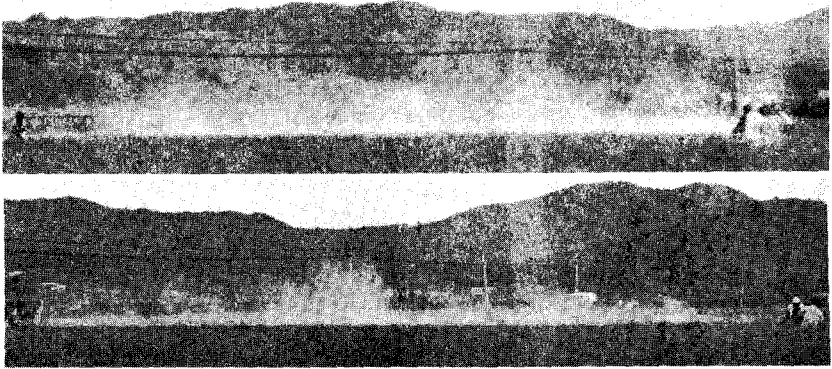


그림 1. 분제(上)와 미립제(下)의 비산성

다. 저비산분제(低飛散粉劑, DL粉劑)

미세입자 응집위한 연구한창

미립제와 같이 분제의 단점을 개량하기 위하여 0.01mm 이하의 미세입자를 가능한 적게하고 또한 미세입자를 서로 응집시키기 위하여 특수한 응집제를 첨가시킨 제형으로서 분제형은 국내부존 증량제를 이용한 개발연구가 진행중에 있다.

라. 미분제(微粉劑)

시설원예등 밀폐환경에 편리

분제의 표류비산성과 부유성 등 단점을 이용하여 비닐하우스와 같이 밀폐된 환경하에서의 시설채소 병충해방제를 목적으로

개발된 제형이다. 미분제는 혼연 입자와 같은 정도의 크기(0.005mm 이하)로 농약을 분쇄하여 제조하고 비산, 분산, 부유성이 우수한 미분을 배부식동력살분기를 이용하여 시설 외부로 부터 10a당 300~500g의 약제를 살포한다. 살포소요시간은 10a당 3~5분정도로 극히 능률적이고 강력적이며 안전한 장점을 지니고 있다(표 3, 그림 2).

마. 입제

비산은 없으나 가격은 비싸

고형제중에서 가장 입자가 큰 제형으로서 살포시 비산량이 거의 없으므로 사용약량을 정확하게 살포할 수 있는 제형이지만 효과발현을 위한 단위면적당 유

표 3. 미분제 농약의 특성

(’85. 농약연구소)

제 형	평 균 입 경 (mm)	살 포 량 (10a당)	살 포 시 간 (분/10a)	살 포 방 법
미분제	0.005 이하	0.3~0.5kg	3~5	시설외부→내부
수화제	0.010 내외	200ℓ	60이상	시 설 내 부

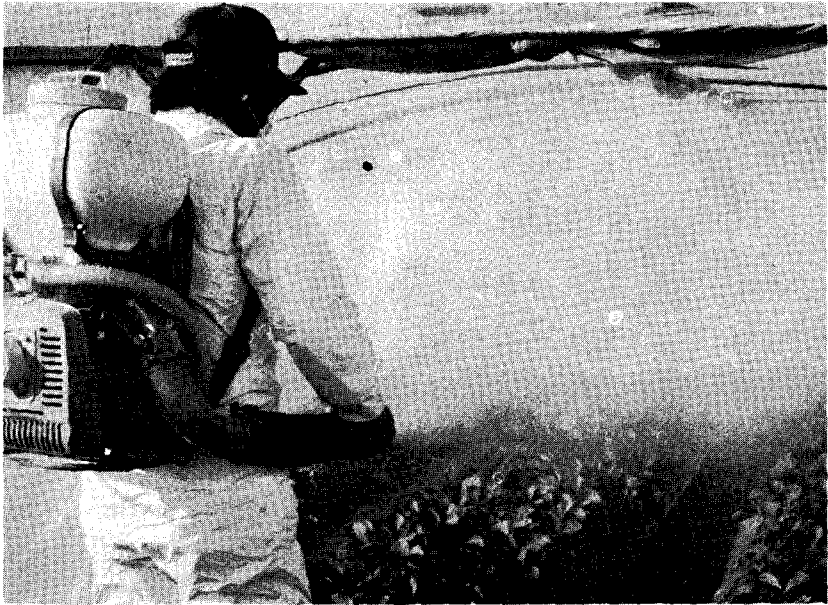


그림 2. 미분제의 살포광경

효성분량이 타제형보다 많기 때문에 가격이 높은 단점도 있다. 입제에 적용할 수 있는 농약은 유효성분이 어느 정도 물에 녹아 식물체에 침투이행하는 성질 또는 가스(gas)화되는 성질을 지닐 필요가 있어 적용약제가 한정되어 있으나 수도용 제초제의

경우 90%이상이 입제이다.

바. 유제(乳劑), 액제(液劑), 수화제(水和劑), 수용제(水溶劑)

비산량 적고 방제효과 높아 제제를 물로서 희석하여 살포

하는 제형으로는 액체상태의 제형과 고체상태의 제형이 있다. 물에 녹지 않는 유효성분을 용제에 용해하여 제제한 것이 유제이고 수용성인 유효성분으로 제제한 것이 액제이다. 고형제도 물에 녹지 않는 주성분은 수화제로, 수용성인 주성분은 수용제로 제제한다. 이와 같이 물에 희석하여 살포하는 희석제는 살포노력이 소요되지만 후술하는 바와 같이 살포시 비산이 적고 방제효과가 높은 장점을 지니고 있다.

#### 사. 액상수화제(液狀水和劑)

분진 발생우려없고 고농도살포가능

물에 대한 용해도가 낮은 유효성분을 용제를 사용하지 않고 물과 적당한 부재(분산제, 현탁안정제, 증점제등)와 함께 0.005mm이하의 미세한 입자로 현탁시킨 제형이다. 유기용제에 의한 제반 문제점(약해, 독성, 자극성등)을 해소하고 플라스틱병을 용기로 사용할 수 있는 장점이 있다. 또한 수화제와 같이 취급시 분진발생의 우려가 없고 항공살포제로서의 고농도살포(U-LV)도 가능하다. 제품중 유효성분의 입자크기가 매우 미세하

므로 대상병해충에 대한 방제효과도 일반적으로 타제형보다 우수하여 금후 많은 약제가 액상수화제로 개발될 가능성이 높다.

### 제형별 살포기술

#### 가. 분제, 미립제

동력살분기(파이프다스타)를 이용하여 10a당 3~4kg을 제제 그대로 살포하는 것이 통례이다. 동력살분기는 배부식 소형살분기가 주종을 이루고 있으나 기종에 따라서 각각의 풍량에 적합한 호스를 선택하여 살포량의 과부족에 의한 방제효과와 불안정성을 피하여야 한다.

살포속도가 너무빠르거나  
풍량부족하면 약효떨어져

살포량은 살분기로 부터의 단위시간당 토출량과 살포 속도에 의하여 결정된다. 단위면적당 정량을 살포하기 위하여는 일정한 속도로 살포하는 것이 매우 중요하고 특히 배부식 살분기에서는 주행속도에 유의하여야 하며 보통 보행속도의 1/2정도가 바람직하다. 파이프다스타에 의한 분제농약의 방제효과가 불량한 경우에는 살포량의 부족에 연유되는 경우가 많으며 이는 곧 살

포속도가 빠르기 때문에 파생되는 문제이다. 속도가 빠르거나 살분기의 풍량이 부족하면 약재가 작물체에 부착되는 양도 적어지므로 약효감소의 원인이 된다.

### 살포호스는 가능한한 수평유지

살포호스는 가능한 한 수평을 유지할 필요가 있고 호스의 완곡이 심하면 분제의 낙하분산이 불균일하게 되고 호스내에 분제가 잔존하게 된다. 호스의 완곡은 살분기의 풍량과 관계가 있으므로 엔진의 회전수를 조절하거나 호스의 선단을 잡고 있는 살포자가 장력을 조절할 필요가 있다. 50m이상의 긴호스를 사용하는 경우에는 수평을 유지하기가 곤란하므로 호스중간 부위에 이를 조절할 수 있는 살포자가 있어야 한다.

미립제의 경우도 분제살포용 파이프다스타로 살포할 수 있으나 미립제는 가비중이 크고 유동성이 양호하므로 샷타의 개도(開度)를 분제살포시보다 낮추고(6000rpm, 1/2개폐도) 살포시의 주행속도를 분제보다 완만하게 조절한다. 기타 살포상의 일반적인 주의사항은 보통분제에 준하여 살포한다.

### 분제 상승기류 발생하기 쉬운 정오를 피해서 살포토록

분제살포시 특히 파이프다스타를 이용한 분제살포에서는 살포농약이 공기의 유동에 의하여 목적이외의 지역으로 비산되는 양이 많다. 비산의 대소는 살포입자의 입경분포에 크게 좌우되지만 상승기류나 풍속등 살포시의 기상조건에 크게 영향을 받는다. 농약입자는 살포기로 부터 풍속을 받아 낙하 하지만 이 낙하 에너지보다 큰 공기의 유동이 존재하면 비산하게 되는 것이다. 보통분제는 미세입자가 많기 때문에 상승기류가 일어나는 정오부근에서의 살포를 피하고 석양에 바람이 적을 때를 선택하여 살포한다. 미립제의 경우에도 비산의 주체가 되는 미세입자를 최소화시킨 제형이므로 비산량이 분제보다 적으나 불리한 기상조건하에서의 살포는 피하는 것이 좋다.

수도생육후기에 파이프다스타를 이용한 분제의 살포는 도체하부위의 농약부착량을 감소시킬 우려가 있으므로 호스가 수도체 상부를 스치고 지나갈 정도로 수평을 유지하면서 살포한다. 파이프다스타의 호스 위치별



비피분제의 버벌구 방제효과(표 4)를 보면 수도체 직상부에서의 살포효과가 수도체상부 50cm

부위에서의 살포보다 우수함을 알 수 있다(표 4).

표 4. 분제의 살포방법별 버벌구 방제효과 ('85. 농약연구소)

파이프다스타의 호스위치	처리전 버벌구 밀도(mm/주)	방 제 가 (%)	
		3일후	6일후
수도초간 직상부	177	93	87
수도초간 50cm상부	107	73	44

\* 주성버(줄수기), 살포량 : 비피분제(2%) 6kg/10a

#### 미립제, 버포기하반부 부착량 많아

분제에서는 살포 농약이 주간에 도달하여도 장시간 도체에 부착되지 않고 부유하여 비산하게 되지만 미립제는 입자가 크기 때문에 버포기사이에도 도달하기 쉽고 일단 버포기 사이에도

달된 농약입자는 부유하지 않고 도체에 부착한다. 수도체 상, 하부에 있어서의 약제부착량을 분석한 결과 미립제는 수도체 상반부에서의 부착량이 분제보다 감소하지 않을 뿐만 아니라 하반부에서의 부착량이 현저하게 많음을 알 수 있다(표 5).

표 5. 제형별 수도체 농약부착성 ('86. 농약연구소)

제 형	수도체 부위별 농약부착량 (mg/벼 생체kg)	
	상 반 부	하 반 부
미 립 제	34.1	11.5
분 제	27.6	5.4

\* 추정버(줄수기), 살포량 : 6kg/10a

#### 나. 입제

##### 살포후 수일간 관·배수말도록

입제로서 사용하는 농약의 대부분은 식물체내로 침투, 이행하

는 성질을 지니고 있고 유효 성분이 물에 용해된 후 식물체에 흡수, 이용되기 때문에 사용후 수일간은 관, 배수를 피하여야 한다.

따라서 감수심이 크고 누수상태인 논에서는 효과가 떨어지는 경향이 있다.

이식전의 육묘상이나 묘판에 농약을 사용하여 수도 생육초기의 병충해방제를 위한 방제기술이 최근 도입되고 있는데 이는 모두가 입제를 사용한다. 육묘상에 약제를 처리한 묘와 본답에 이양한 후 약제를 처리한 묘종의 농약함유 농도는 육묘상처리묘가 본답처리묘보다 높게 유지됨이 밝혀진바 있고 본답 이식 후 상당기간 병해충의 방제효과가 나타난다. 이는 육묘상에 약제를 처리함으로써 처리약량의 묘중 흡수, 이용율이 우수함을 시사한 것이다. 일반적으로 본답에서 입제를 베풀기 주위에 선택적으로 살포하는 것은 어려운 작업 일 뿐만 아니라 약제의 흡수 이용율도 저하하기 때문이다. 이와 같은 육묘상 또는 묘판처리는 효율적인 입제 사용방법의 하나이기는 하나 적용할 수 있는 농약에는 한계가 있고 또한 못자리시기에 농약의 사용은 약해를 유발하지 않도록 사용조건을 철저히 준수하여야 한다. 입제사용시에는 살포 약량의 이용율을 극대화하고 부작용(어독성등)을 최소로 줄이기 위하여

약제살포후 일정 기간동안 배수를 하지 않는 것이 바람직하나 육묘상에서의 사용은 수중에 용출되는 약량이 적기 때문에 현재 사용되고 있는 농약에서는 큰 문제가 없는 것으로 생각된다.

### 완효성이지만 약효지속성 좋아

일반적으로 입제는 타제형보다 효과가 느리게 나타나지만 약효의 지속효과가 높다. 이와 같은 성질을 이용하여 적기에 적절한 입제를 사용하면 비교적 장기간에 걸쳐 병해충이나 잡초의 방제 효과를 거둘 수 있어 약제나 방제 노력의 절감도 가능하다.

### 다. 회석제(유제, 수화제, 액제, 수용제, 액상수화제)

#### 작물하반부에 약제도달 어려워

배부식 수동분무기 또는 동력분무기에 의한 살포가 보통이며 분무기를 통과한 입자는 0.1mm 이상의 거대한 입자이므로 비산이 적고 작물체에의 부착효율이 높다. 그러나 수도생육 후기의 수도체 하반부를 가해하는 병해충(문고병, 벼멸구)은 이들의 서식부위에 충분한 양의 약제도달되지 않으므로 방제효율이 저하될 우려가 있다. 작물체에

부착된 농약은 건조하게 되면 다소의 강우가 있어도 유실되는 양이 적어 분제보다 잔효성을 기대할 수 있다. 전착제를 여분으로 첨가하게 되면 작물체에의 고착성이 저하되어 비에 의하여 유실될 우려가 있으므로 적량을 첨가하되 유제의 경우에는 첨가할 필요가 없다.

### 다른 제형끼리 혼용은 주의

물에 희석하여 살포하는 제형은 일반적으로 사용시에 혼용하는 경우가 많다. 농약의 혼용은 주성분의 분해, 약효저하, 약해발생의 원인이 되는 경우가 있으므로 혼용가부표에 의하여 필요한 최소한의 혼용에 국한하는 것이 바람직하다. 2종이상의 약제를 혼합함으로써 약효가 상승하는 경우도 있으나 약제의 조합에 따라서는 독성도 상승하게 되므로 충분한 주의를 요한다. 또한 제형이 서로 상이한 농약의 혼용으로 희석살포액의 물리성이 변하여 살포가 부적합한 경우도 있다.

### 라. 미분제

유효도달거리 약 30m정도

시설하우스의 양쪽 출입구를

제외한 모든 부분을 밀폐하고 배부식 동력살분기를 이용하여 살포한다. 살분기의 엔진회전속도를 최대로하고 약제의 토출량을 조절하는 개폐도는 1/6정도로 한다. 살포약제의 하우스내 확산을 조장하기 위하여 40° 이상으로 천정부위를 향하여 살포하되 살포관을 좌우로 진동시킨다. 반대쪽 출입구로부터 약제가 유출되기 시작하면 하우스를 밀폐한다. 미분제의 유효도달거리는 20~30m이므로 30m이상의 하우스일 경우에는 소정약량의 1/2을 살포하고 약제가 하우스 중앙부에 도달되는 것을 확인한 후 입구를 밀폐하고 반대쪽 입구를 통하여 나머지 1/2을 살포한다. 50m이상의 대형하우스일 경우에는 20~30m 간격으로 소정약량을 나누어 살포하며 배기팬이 설치되어 있는 하우스에서는 배기팬을 가동시켜 하우스내의 공기유동을 조장시킴으로써 한 쪽 출입구에서만 살포 하여도 70m정도의 하우스내에서 균일살포가 가능하다.

대형 연동 하우스에서의 살포는 원칙적으로 연동의 방향과평행으로 살포한다. 텃넬재배의 경우에는 반대쪽 입구로부터 약제가 유출될때까지 살분기를 작

동시킴으로써 50m까지의 광범  
살포가 가능하다.

### 저녁에 살포하고 아침까지 밀폐

살포는 석양에 실시하고 살포  
직후 부터 다음날 아침까지 밀  
폐한다. 미분제는 취급시 분진  
발생이 용이하므로 필히 보호장  
비(마스크, 장갑, 방제복 등)를  
착용하고 작업을 실시한다.

### 노지재배에서는 사용치 말도록

미분제는 시설재배 전용의 농  
약이므로 노지재배에의 사용은  
금한다. 미분제는 시설하우스에  
있어 단시간내에 성력적으로 안  
전하게 살포할수있고 대부분의  
약제가 미분제로의 제제가 가능  
하며 주요 병해충을 동시에 방  
제할 수 있는 혼합제의 제조도  
가능하므로 많은 약제가 제품화  
될 가능성이 높다.

### 제형과 사용기술의 조화필요

농약의 개발방향은 안전성을  
고려하여 잔효기간이 짧아지는  
경향이지만 사용하는 농민의 입  
장에서 보면 일정기간 동안 효  
과를 발휘할 수 있도록 어느 정  
도 잔효성이 있는 농약이 요구  
되고 있다. 이와 같은 상반되는

요구조건을 해결하는 것이 제제  
에 의한 연구라고 생각된다. 생  
리활성물질로서 개발된 농약에  
는 인축에 대한 독성이 낮고, 대  
상병해충 또는 잡초에 효과가높  
은 약제 즉, 선택성이 우수한  
약제가 이상적이나 이와 같은 화  
합물의 창출은 매우 어려운 과  
제이므로 인축독성이나 어독성  
등 다소의 부작용이 있는 약제  
라도 제제로서 보완할 수 있으  
므로 제형 개발연구의 중요성이  
또한 이에 있는 것이다. 병충해  
방제에 있어 성력화는 현재의사  
회정세 및 농촌노동력 사정으로  
미루어 앞으로 추구하지 않으면  
안될 극히 중요한 과제의 하나  
이다. 방제의 성력화에는 안전  
성, 방제효과 및 경제성등에 대  
하여 충분히 고려할 필요가 있  
다. 특히 안전성면에서는 살포  
작업자는 물론 농산물의 소비자  
및 환경에 대하여도 충분한 배  
려가 필요하다. 특히 농약의 제  
형과 사용기술은 상호연관성을  
지니고 있으므로 개별적으로 생  
각할 수 없다. 즉, 새로운 제형  
이 개발되면 이에 가장 적합한  
사용기술의 확립이 필요하고 새  
로운 방제기술이 개발된다면 이  
에 적절한 제형의 개발이 요청  
되는 것이다.