

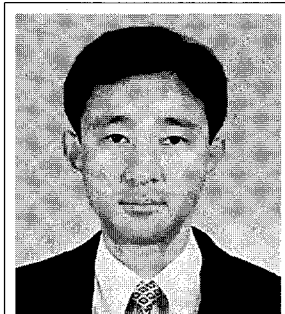
환경친화적 농약으로 바뀌고 있다

독성낮고 살포량 줄인 일손절감형 제형 속속개발

오 늘날 농산물의 안정적 생산을 위해 사용하는 농약은 작물재배기간중 병해충·잡초 방제를 위한 필수 농자재로 자리잡고 있다. 단위면적당 투입되는 농약의 유효성분 양은 합성농약의 경우 10~100g/10a 수준이고, 최근 개발되는 고효성 약제는 1g/10a 수준의 약제도 있다.

이와같이 적은 약량의 농약 유효성분을 넓은 면적에 균일하게 살포하여 방제를 목적으로 하는 대상물에 도달할 수 있도록 하려면 부재료를 이용하여 처리하기 쉬운 모양으로 만들 필요가 있다. 따라서 보조제, 증량제 등을 이용하여 농약을 살포하기 편리한 희석된 형태 또는 희석하기 손쉬운 형태로 가공, 제제화한 것이 농약의 제형이다.

사용목적에 따라 약효를 최대화하고 작물에 대

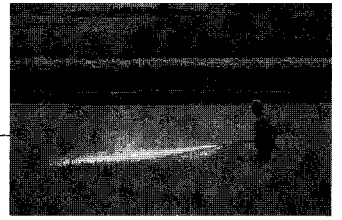


박 승 순
농업과학기술원 작물보호부 농약개발과

한 약해, 인축에 대한 독성, 농약사용에 대한 안전성, 환경독성·오염 등을 경감시켜 부작용을 최소화하는데도 농약의 제제기술 및 제형이 중요하다. 과거의 농약은 다수확 및 완전방제 위주의 농사력에 주안점을 두고 수화제, 유제, 입제, 분제 등 비교적 단순하면서 제조하기 쉬운 형태의 제형이었다.

그러나 최근에는 환경농업에 어울리는 환경친화적 농약, 노동력 부족을 대체할 수 있는 사용하기 편리한 농약, 살포자에 안전하고 인축에 독성이 낮은 농약, 살포약량을 줄일 수 있는 생력적 농약 등의 요구가 증대되고 있으므로 농약제제 또한 고도의 기술이 필요하게 되었다.

새로운 물질의 농약원제 창출은 시간, 노력, 소요경비면에서 어려움에 부딪혀 있으므로 기존의 농약에 대한 제제기술을 보완, 발전시켜 새로운



농약제형을 개발하는 것은 관련 연구자의 과제이다. 농약의 제형은 농약유효성분의 종류와 더불어 외관상으로 나타난 물리적 형태, 사용방법, 방제 대상에 대한 목적 등에 따라 분류될 수 있다.

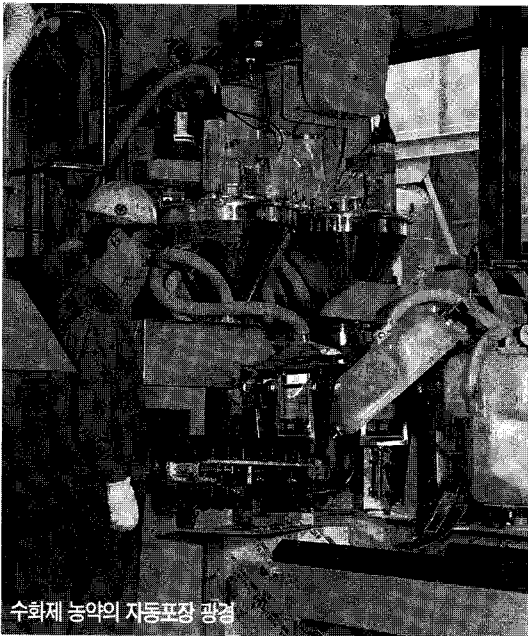
현재 국내에 고시, 등록되어 있는 농약 7백34 품목을 제형별로 나누어보면 30여종에 이른다(표1). 그중 수화제가 33%로 가장 많고 그 다음이 유제, 입제, 액제, 액상수화제, 분제...순이다.

변화되는 농업여건에 맞춰 일손을 줄이고 손쉽게 쓸 수 있으며 독성을 낮추고 투여량을 줄인 다양한 제형들이 많이 개발되고 있어 농약 제형의 종류는 앞으로 계속 늘어날 것으로 보인다. 각 제형의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

1. 물에 희석하여 사용하는 제형

1) 수화제(水和劑 WP : wettable powder)

농약을 물에 분산하고 고루 현탁시킨 후 살포하는 분말제형으로 가장 많이 사용되고 있다. 물에



수화제 농약의 자동포장 광경

녹지 않는 농약원제를 구조토, 카오린과 같은 광물질의 증량제와 계면활성제 등을 혼합, 분쇄하여 만들며 분말입자는 325메쉬 체를 98%이상 통과한 크기이다. 제조공정이 간단하고 제조비용이 적게 들며 저장, 수송, 취급이 비교적 용이하다.

유제보다 독성, 자극성이 낮은 장점을 지닌 반면에 희석시 가루가 날려 살포자가 접촉, 흡입할 수 있고 평량하기가 불편한 단점과 살포기 노즐이 막힐 염려가 있다.

2) 액상수화제(液狀水和劑 SC : suspension concentrate)

수화제 분말의 비산 등의 단점을 보완하기 위해 만든 제형이다. 증량제로 물을 사용하여 원제를 혼합한 후 습식분쇄기로 입자를 평균 1~3 μ m크기로 미세하게 분쇄하여 기타 액상의 보조제와 잘 혼합하여 제조한다. 분진이 발생하지 않아 사용하기 편리하고 유기용제의 증량제 대신 물을 사용하였기 때문에 독성, 환경면에서 유리하다.

농약입자 크기가 미세하여 입자수가 많고 표면적이 상대적으로 넓어 수화제보다 약효가 우수하다. 그러나 제조공정이 다소 까다롭고 자체 점성 때문에 농약용기의 벽에 묻는 단점도 있으며 물에 안정한 농약을 사용해야 하기 때문에 적용할 수 있는 농약원제 종류가 제한 받는다.

3) 과립수화제(顆粒水和劑 WG : water dispersible granule)

사용상의 편리성을 한층 더 좋게 한 제형으로서 수화제 및 액상수화제의 단점을 보강하기 위하여 개발되었다. 분상의 농약원제와 보조제를 공기압축분쇄기로 미세하게 분쇄하여 접착제를 이용, 입자끼리 서로 붙여 가비중이 높은 과립수화제를 만든다.

제제방법에는 분무건조법, 유동층조립법, 압출조립법, 전동조립법 등이 있다. 농약원제 함량이 보통 50~95%로 높고 증량제가 상대적으로 적어 소포장 생산이 가능하다. 수확시키기 위해 물에 희석하면 수중 낙하되면서 빠른 팽윤과 확산력으로 현수된 살포액이 형성된다.

비산에 의한 중독 염려를 줄였고, 용기내에 잔존되는 농약 양도 극히 적다. 제조비용면에서 수화제보다 유리하나 생산설비 투자비용이 높아 국내 생산은 매우 미약하며 대부분 수입에 의존하고 있다. 고도의 제조기법 기술이 필요하지만 앞으로 각광받을 수 있는 제형이 될 전망이다.

4) 유제(乳劑 EC : emulsifiable concentrate)

농약원제를 1종류 이상의 유기용제에 녹여 유화제를 첨가하여 만든 액상제제로 다른 제형에 비하여 제조공정이 간단하다. 수화제와 더불어 많이 사용되고 있는 제형으로 살포액을 만들 때 현탁되는 과정을 쉽게 관찰할 수 있고 약효가 확실한 장점이 있으나 약해의 염려도 크다.

포장용기를 대부분 유리병을 사용하고 있기 때문에 파손되기 쉽고 유기용제 사용으로 인화성의 위험도 있다. 인축의 피부에 접촉, 흡수되기가 쉽고 제품독성도 높은 편이다. 크실렌(xylene)과 같은 휘발성 용제를 많이 사용하고 있는 실정으로 대체용제의 개발이 시급히 요구된다.

5) 유탁제(乳濁劑 EW : emulsion in water)

미탁제(微濁劑 ME : microemulsion)

유탁제는 유제(乳劑)에 사용되는 인화성의 용제를 대체할 수 있는 방안으로 개발된 제형이다. 소량의 소수성(疏水性) 용매에 농약원제를 용해하

고 유화제를 사용하여 물에 유화시켜 제조한다. 유화제의 선택이 유탁제 제조에 매우 중요하다.

미탁제는 유탁제의 기능을 개선한 특수한 형태의 제형으로 보다 소량의 유기용매를 사용한다. 살포액 제조시 외관상 투명하고 분산입자의 크기가 매우 미세하며 표면장력이 낮아 유제나 유탁제보다 효과가 우수하다.

6) 액제(液劑 SL : soluble concentrate)

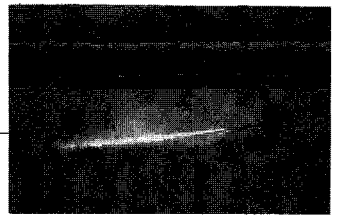
물에 쉽게 용해되는 농약원제에 대하여 제조할 수 있는 제형으로서 적용가능한 종류는 많지 않다. 제조시 물이나 용매가 사용된다. 희석하였을 때 분리가 일어나지 않고 용액상태가 된다. 약효는 유제와 비슷하다.

7) 분산성액제(分散性液劑 DC : dispersible concentrate)

물에 친화성이 좋은 특수 용매를 사용하여 물에 용해되기 어려운 농약원제를 계면활성제와 함께 녹여 만든 제형이다. 물에 희석시 분리되지 않고 미세입자로 수중에 분산되는 성질을 갖고 있다. 액제의 특성과 비슷하며 고농도의 약제를 만들 수 없는 단점이 있다.

8) 수용제(水溶劑 SP : water soluble powder)

액제와 같은 특징을 갖고 있으나 액상용제 대신 물에 잘 녹는 분말 증량제를 사용하여 혼합, 분쇄하여 만든 분말제제이다. 물에 희석하였을 때 유효성분이 녹아 실제 용액상태가 되며 교반할 필요가 없다. 액제 보다 취급, 수송, 보관이 용이하나 그 종류가 매우 제한적이다. 분진이 발생되고 평량이 쉽지 않으며 가끔 완전 용해되지 않아 살포기 노즐이 막힐 염려가 있다.



9) 캡슐현탁제(capsule懸濁劑 CS : capsule suspension)

미세하게 분쇄된 농약원제의 입자에 고분자물질을 얇은 막으로 피복, 코팅하여 유탁제나 액상수화제와 비슷하게 현탁시켜 만든, 고도의 기술이 요구되는 제제형태이다.

약제의 방출조절을 할 수 있으므로 독성 및 약해경감, 약효증대, 용탈감소 등의 장점이 많으나 개발기간이 많이 소요되고 제조비용이 비싼 단점도 있다.

2. 익석하지 않고 직접 살포하는 제형

1) 입제(粒劑 GR : granule)

세립제(細粒劑 FG : fine granule)

용제에 녹인 농약원제를 입상 제오라이트와 같은 담체에 담은 흡착법, 농약을 접착제를 사용하여 모래와 같은 작은 물질에 피복하는 피복법, 탈크·벤토나이트와 같은 광물질에 혼합분쇄하고 물로 반죽하여 스크린을 통해 사출하는 압출조립법 등에 의하여 제조되는 제형이다. 원제의 특성이나 대상 목적에 따라 제조방법이 달라질 수 있다. 제초제의 경우 국내에서는 압출조립법으로 많이 제조된다.

세립제는 분류방법상 입제에 포함되는 제형으로 그 특성도 같다. 입제는 희석하지 않고 직접 살포할 수 있으며 분진의 비산 염려가 없고 살포방법이 간편하고 파종기, 이앙기, 비료살포기 등을 이용할 수 있다. 또한 수화제나 유제보다 약효지속성이 길다.

반면에 경엽에 직접 부착되지 않기 때문에 작물 흡수이행의 조건이 필요하다. 수화제, 유제보다 단위면적당 투입되는 농약의 가격이 비싸고 토양 및 수분을 필요로 한다.

2) 수면부상성입제

(水面浮上性粒劑 UG : up granule, water floating granule)

압출조립법과 흡착법을 응용한 제형으로 입제의 작용특성이 다르다. 수용성이면서 비중이 큰 물질의 증량제와 고분자 접착제 등을 분쇄, 혼합하고 물로 반죽하여 압출조립식으로 담체를 생산하고 여기에 원제와 확산제를 용제에 용해한 다음 담체에 흡착하여 제조한다. 담수된 눈에 살포하면 일단 가라앉았다가 증량제가 용해된 후 수면에 다시 부상하여 확산제에 의해 수면에 유상(油狀)약제처리층이 형성된다. 일반 입제와 달리 비균일하게 살포하여도 수면에 균일하게 확산되기 때문에 생력적인 제형이다. 바람, 논조류 발생시 처리층형성에 대한 문제점이 내포되어 있다.

3) 수면전개제(水面展開劑 SO : spreading oil)

비수용성 용제에 원제를 녹이고 수면확산제를 첨가, 혼합하여 만든 액상제형이다. 사용하기가 편리하며 담수된 눈에 부으면 빠르게 확산하여 수면부상성입제와 마찬가지로 수면에 처리층을 형성한다. 수면부상성입제보다 바람, 논조류에 대한 영향을 받기가 더 쉽고 약해발생의 우려가 있다.

4) 분제(粉劑 DP : dustable powder)

미분제(微粉劑 GP : flo-dust)

수화성미분제(水和性微粉劑 WF : wettable flo-dust)

저비산분제(低飛散粉劑 DL : driftless dust)

미립제(微粒劑 MG : microgranule)

분제는 농약원제와 탈크, 점토와 같은 증량제를 혼합하고 입자크기를 조절하여 분쇄, 제조하는 제형이다. 입자크기는 250메쉬에서 98%이상 통과하여야 하고, 제제의 유효성분 함량이 낮아 단위

면적당 살포약량은 많다. 다구(多口)호스(pipe-duster) 등을 사용하여 직접 살포할 수 있으나 가장 큰 결점은 살포시 표류, 비산에 의해 인축에 유해하고 환경오염을 야기할 수 있다. 따라서 현재 그 사용량도 감소하고 있다.

미분제와 수화성미분제는 분제의 단점인 표류비산을 이용하여 입도를 더욱 더 작게하여 표류비산성을 높인 시설하우스 전용농약제이다. 입자는 325메쉬에서 99%이상 통과하여야 하고 평균입경이 5.5미크론 이하이어야 한다. 시설하우스 입구에서 고성능 동력살분기를 사용하여 살포하므로 습도를 높이지 않고 살포자에게도 안전하다. 수화성미분제는 물에 희석하여 살포할 수도 있다.

저비산분제는 분제의 표류비산을 보완하기 위해 개발된 제형이다. 입도는 250메쉬에서 95%이

상 통과하여야 하고 10미크론 이하가 25% 이하이어야 한다. 응집제를 첨가하여 제조될 수 있는데 살포후 대기중에서 입자가 응집되도록 하여 비산을 방지한다.

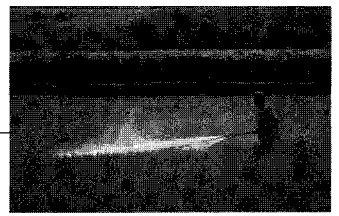
미립제도 분제의 표류비산을 방지할 목적으로 개발된 제형이다. 입도는 150메쉬에서 90%이상 통과하여야 하고 10미크론 이하가 15% 이하이어야 한다. 비중이 높기 때문에 큰 키의 벼 하부까지 침투가 가능하나 증량제의 규격이 제한되므로 가격이 비싸진다.

5) 캡슐제(capsule劑 CG : encapsulated granule)

농약원제를 고분자 물질로 코팅하여 고형으로 만들거나 캡슐내에 농약을 주입하여 제조한 제형이다. 방출조절 기능을 갖고 있으며 특수 방제목



분제의 단점을 보완한 하우스 전용 미분제 농약 살포광경



적으로 사용된다.

용제에 희석하여 살포할 수 있도록 고안된 제형이다. 물로 희석할 수 없는 경우와 같이 특수목적으로 사용되며 원액을 직접 살포할 수도 있다.(계속) **농약정보**

6) 오일제(oil OL : oil miscible liquid)

농약을 오일에 용해하여 제조하고 살포시 유기

표 1. 국내등록농약의 제형별 분류

(단위:품목)

제 형	살균제	살충제	살균·살충제	제초제	생장제·기타	합 계	점유율(%)
희석제							
수화제	135	84	5	18	2	244	33.2
액상수화제	17	20	1	4		42	5.7
과립수화제	8	5		5		18	2.5
유제	17	93	3	41	3	157	21.4
유탕제		3		1		4	0.6
미탁제				1	1	2	0.3
액제	9	7		11	18	45	6.1
분산성액제	1	3		1	1	6	0.8
수용제	1	2			1	4	0.6
캡슐현탁제		2				2	0.3
직접살포제							
입제	10	37	3	73	1	124	16.9
세립제		1		3		4	0.6
수면부상성입제		1		1		2	0.3
수면전개제		1				1	0.1
분제	17	13	3		2	35	4.8
미분제	2					2	0.3
저비산분제		1				1	0.1
미립제		2				2	0.3
캡슐제		1				1	0.1
오일제		1			1	2	0.3
종자처리제							
종자처리수화제		1	2			3	0.4
종자처리액상수화제	1					1	0.1
분의제	1					1	0.1
특수제형							
혼연제	3	2				5	0.7
과립혼연제	6	2	1			9	1.2
연무제	1	1				2	0.3
도포제	5				1	6	0.8
훈증제	1	2				3	0.4
정제		1				1	0.1
농약함유비닐멀칭제				1		1	0.1
판상줄제		1				1	0.1
기타	1		1		1	3	0.4
합계	236	287	19	160	32	734	100.0