

비분해성 고분자를 이용한 농약제형

김 진 화

농약은 여러 가지 형태로 제조되어 작물이나 환경중에 살포된 후 대부분 환경중에서 분해, 소실되며 최종적으로 효력을 나타내는 작용점에 도달되는 유효성분의 양은 극미량에 불과하다. 10 a를 기준으로 할 때 농약주성분의 투입량은 대개 10~100 g정도의 소량으로 이들 성분이 약효를 내기 위해서는 넓은 면적에 고르게 살포되어야 한다. 그러나 농약은 원료물질(원제) 상태로는 살포가 불가능하므로 여러가지 제제형태로 제조하여 물에 희석하여 사용하거나 직접 살포하게 된다. 기존의 농약제제는 중량제, 계면활성제 등의 부자재와 농약성분을 혼합하여 제조하는 단순제제에 불과하나 최근에 와서는 기존 제제의 단점을 보완한 새로운 제제가 선을 보이고 있다. 이 가운데서도 유효성분의 방출량을 조절함으로써 농약의 투입량을 최소화하고 약효 지속기간을 오래동안 유지하도록 천연고분자나 합성고분자를 이용한 농약제제가 새로이 개발되고 있다.

농약제제에 이용가능한 합성고분자로는 폴리에틸렌, 폴리우레탄, 초산비닐 등이 있으나 폴리에틸렌은 우리나라에서 농업용 자재로서 가장 많이 사용되고 있고 가격이 싸고 비교적 성형이 용이하다는 장점이 있다. 폴리에틸렌은 에틸렌의 중합에 의해 생성되는 물질로 크게 고밀도폴리에틸렌, 저밀도폴리에틸렌으로 나누어진다. 고밀도폴리에틸렌은 자체 밀도가 높아 많은 양의 첨가제를 수용하기가 어려우므로 소량의 첨가제 삽입이 가능한 반면에 저밀도폴리에틸렌은 고밀도폴리에틸렌에 비해 밀도가 낮아 상대적으로 많은 첨가제를 삽입할 수가 있고 낮은 온도에서 성형할 수 있는 장점이 있다.

폴리에틸렌을 이용한 농약제제의 개발가능성에 대해서는 기초적인 시험이 이루어졌으나 국내외적으로 실용화된 사례는 없다. 우리나라와 같이 연중 작물재배가 이루어지는 나라에서는 농약사용량 및 사용회수를 줄이기 위해서라도 이러한 고분자 물질을 이용한 약효지속성 농약제제의 개발 필요성이 있다고 보여진다. 국내 농업여건을 감안하여 시도된 폴리에틸렌을 이용한 농약제제의 개발 배경과 그 내용을 소개하면 다음과 같다.

국민 소득의 증가와 더불어 신선과채류에 대한 수요가 날로 늘어남에 따라 시설하우스 재배면적도 해마다 늘어 90년 25,450 ha에서 2000년 52,189 ha로서 2배 이상 크게 늘어났다. 그러나 시설하우스는 고온다습하여 식물이 연약하게 성장할 가능성이 높아 병해충의 발생이 용이할 뿐만 아니라 이들의 방제를 위하여 살포하는 농약의 살포작업시 증독사고 또한 우려되고 있다. 현재 시설하우스에 사용하고 있는 농약제제는 유제, 수화제 등 물에 희



김진화

1984 경상대학교 농화학파(석사)
 1987~ 경상대학교 농화학파(박사)
 1993.2
 1998~ 농약등록시험 전문위원
 현재
 1996.10~ 농촌진흥청 농업연구관
 현재
 2001.2~ 한국환경농학회 연구위원
 현재
 2001.6~ 한국농약과학회 상임이사
 현재

Controlled-release Pesticide Formulation Using Non-degradable Synthetic Polymers

농촌진흥청(Jin Hwa Kim, Agricultural Resources Division, Rural Development Administration Research Bureau, 250 Seodundong, Kwansunku, Suwon 441-707, Korea)

석하여 살포하는 제제가 대부분으로 이들 제제는 살포시 살포기가 필요하여 살포작업이 번거로울 뿐만 아니라 밀폐된 공간내에서 농약을 살포하기 때문에 농업인이 살포작업을 기피하고 있는 실정이다. 따라서 시설하우스 내에는 살포작업이 간편하면서 농약중독사고의 우려가 없는 농약제제의 필요성이 한층 더 높아지고 있다.

현재 시설하우스에서 주로 재배되고 있는 작물은 채소류 및 화훼류 등으로 타 작물에 비해 소득이 높은 작물이며, 이 가운데서도 화훼류는 주요 수출 작물로서 그 가치가 높다. 화훼류는 크게 국화와 같은 초본류와 장미 등과 같은 목본류로 나누어지며, 이들 작물에는 진딧물, 응애 등 해충들이 문제가 된다. 그러나 이들 해충은 다음 세대로의 번식기간이 짧아 환경이 맞으면 연중 발생하기 때문에 자주 방제를 해야하므로 기존의 희석제제로는 통상 10회 이상 농약을 살포해야 한다. 이러한 희석제제는 약효지속기간이 짧아 해충발생시에는 계속해서 농약을 살포해야 하고, 또한 농약주성분의 방출패턴을 보면 대부분이 살포된 후 짧은 기간내에 제제로부터 방출되고 있어 약효를 나타내는데 필요한 유효성분의 수준을 초과하는 것이 보통이고, 따라서 농약성분의 손실이 많아 지속효과의 저조로 인해 사용회수가 많아지게 되어 주변 환경오염의 원인으로 지적되고 있다.

그림 1에서 보는 바와같이 농약에 의한 효과는 약효발현농도인 유효농도 이상으로만 유지되면 되는 것이므로 기존제제의 초기방출량을 줄이고 서서히 용출될 수 있도록 조절할 수 있다면 농약의 살포회수를 크게 경감시킬 수 있을 것이다. 따라서 농약주성분의 방출량을 slow-release 형태로 조절하기 위해서는 천연이나 합성고분자 물질의 사용이 불가피하다.

합성수지의 일종인 폴리에틸렌은 열가공성이 뛰

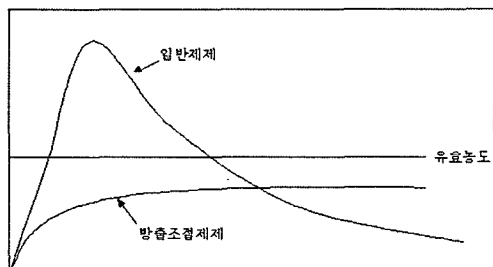


그림 1. 그림조절제의 주성분 용출 양상.

어나고 인위적으로 첨가제의 삽입이 용이하여 이러한 방출조절형 제제에 적합한 고분자 물질이다. 폴리에틸렌은 그 가공기법에 따라 구형이나 판상(sheet) 형태로의 제제가 가능하고 그 지름이나 두께 등도 조절할 수가 있어 통상 고분자물질의 밀도, 형태, 첨가제의 양 등에 의해 좌우되는 방출량의 조절이 가능하다. 판상 형태인 경우에는 구형에 비해 표면적이 크고 두께가 얇아 상대적으로 용출속도가 빠르며, 이 속도도 폴리에틸렌의 종류와 두께 등에 따라 달라지며, 용출속도를 빠르게 하기 위해서는 두께가 얇아야 할 것이다.

폴리에틸렌을 이용한 농약제제시에 첨가제인 농약성분이 갖추어야 할 몇 가지 조건이 있다. 우선적으로 고려되어야 할 것은 농약성분의 물에 대한 용해도와 열에 대한 안전성이다. 물에 대한 용해도가 극히 낮은 물질인 경우에는 어떤 물질이든 용해도 이상으로는 주성분이 용출될 수가 없으므로 만약 주성분의 용출량이 약효를 발현하는데 충분치 않다면 우수한 효과를 기대할 수가 없으며, 또한 폴리에틸렌은 열에 의해 가공이 이루어지므로 농약성분이 열에 대한 안전성이 없다면 가공중에 주성분의 분해로 인해 충분한 효과를 기대할 수 없거나 제제의 물리성 변화로 인해 제대로된 제제를 얻지 못할 수도 있다.

다음으로 폴리에틸렌과 농약성분과의 혼합성 또한 중요하다. 판상형태의 폴리에틸렌 제제를 중간체 제조과정없이 직접적으로 농약성분과 폴리에틸렌을 혼합하여 제조하여야 할 경우 농약성분이 액상이면 고상인 폴리에틸렌과의 혼합성이 떨어지게 되므로 균일한 제제가 불가능하며, 만약 고농도의 중간체를 제조한 후 낮은 농도로 희석하여 제제하는 경우에는 중간체 제조과정에서 혼합기에서 농약성분과 폴리에틸렌간에 일차적으로 혼합이 이루어지므로 이 경우는 농약성분이 액상이든 고상이든 관계가 없다. 제제시 주의해야 할 것은 폴리에틸렌에 첨가할 수 있는 첨가제의 양이 한정되어 있으므로 제조할 경우 폴리에틸렌에 함유될 수 있는 농약성분의 양과 폴리에틸렌과의 혼합여부를 사전에 충분히 고려한 후 제제가 이루어져야 한다는 것이다. 합성수지와 농약성분간의 혼합성은 제제율로써 알 수가 있는데, 제제율이란 합성수지에 첨가한 농약성분의 함량에 대한 실제 분석함량으로 나타낸 것을 말하는데 통상 폴리에틸렌과 농약성분을 혼합하게 되면 90% 이상의 제제율을 얻을 수 있다.

폴리에틸렌을 이용한 제제가 약효를 내기 위해 또하나 갖추어야 할 조건은 제제의 특성상 농약이 침투이행성이 있는 약제라야 한다는 것이다. 왜냐하면 판상제제의 경우 그 처리방법이 식물체 뿌리 근처에 매몰시키는 형태이므로 고분자로부터 토양 수분에 의해 농약성분이 용출되어 나와 식물체로 이행되어 진딧물 등과 같은 해충이 흡즙을 해야만이 효과가 발현되기 때문이다. 따라서 침투이행성이 없는 농약은 약효를 기대하기가 어렵다. 이렇듯 고분자를 이용한 판상형태의 제제는 물에 희석하는 제제가 아니라 직접 스위트형태로 처리하는 제제이므로 농약의 살포작업이 필요없을 뿐만 아니라 약효 지속효과가 뛰어나므로 약제의 살포회수를 획기적으로 줄일 수 있다는 장점이 있다.

약효지속기간을 조절하는 데는 판상제제의 두께 또한 중요하다. 통상 두께가 두꺼울수록 농약성분의 용출속도는 느리고 얇을수록 용출속도가 빨라지며 제제의 폭은 농약성분의 용출속도에는 크게 영향을 미치지 않는다. 따라서 약효지속기간을 사전에 예측하기 위해서는 두께별로 제제하여 농약성분의 용출패턴이 조사되어야 한다. 이때 용출량은 약효발현농도 이상으로 유지되어야 하므로 제제의 두께별로 약효를 사전에 스크리닝하여 약효지속기간을 감안한 적절한 두께와 폭이 선정되어야 한다.

폴리에틸렌을 이용한 판상제제의 효과는 표 1에서 보는 바와 같이 작물에 따라 달라질 수 있다. 통상 국화와 같은 초본류의 경우는 성장속도가 빨라 뿌리를 통한 토양중 수분의 흡수가 왕성하여 농약성분이 쉽게 작물체 내부로 침투해 들어가므로 약효가 신속하게 발현될 가능성이 높은 반면에 장미와 같은 목본류의 경우는 초본류에 비해 상대적으로 성장속도가 느릴 뿐만 아니라 농약성분의 직접적인 운반체 역할을 하는 수분의 이동이 초본류에 약하

표 1. 방출조절형 살충제의 효과

작 물	약 제	경과일수별 방제가 (%)			
		40	60	100	180
장 미	방출조절제	49	89	100	100
	대조약제	99	100	100	100
국 화	방출조절제	100	98	94	65
	대조약제	97	98	97	50

- 시험기간중 농약살포회수 : 방출조절제 1회, 대조약제 14회.

여 효과가 느리게 나타날 가능성이 높다. 또한 판상제제는 그 제제의 특성상 뿌리 근처에 처리하도록 고안된 제제이므로 작물의 재식거리 및 밀도에 따라서 처리량이 다를 수 있고, 앞서 언급한 바와 같이 작물의 생육특성에 따라 토양중으로부터 농약성분의 흡수량이 달라질 수가 있으므로 약효지속기간에 있어서도 차이를 보일 수 있다.

이상과 같이 합성고분자 물질을 이용한 방출조절형 농약제제의 개발가능성은 우리나라와 같은 농업적 여건을 감안하면 높다고 할 수 있으며, 친환경적인 농약의 개발이 무엇보다 요구되는 현 시점에서 볼 때 앞으로 접근여부에 따라서는 합성고분자를 이용한 여러 가지 형태의 제제의 개발이 가능할 것으로 생각된다. 한편으로 농작물 수확후 합성수지는 폐자원으로서 수거대상에 속하므로 농업환경의 보존을 위해서는 토양이나 환경중에서 생분해가 되는 분해성 합성수지를 이용한 농약제제의 제조기술개발이 이상적이라고 할 수 있을 것이다. 고분자 물질을 농약용 제제로 응용할 경우 가장 중요한 것은 다양한 농업환경을 감안하여 그 환경에 맞도록 제제의 형태를 달리해야 한다는 것이다. 국내에서 농약제제용으로의 합성고분자의 이용은 기초적인 단계에 불과하나 앞으로 관련분야와의 공동연구 등을 통해 지속적으로 연구해 나간다면 합성고분자의 이용은 다양화될 것으로 전망된다.