



해외기획

# 유전자 조작 작물과 농약

기술부

21

세기 식량증산의 필요성은 사회로부터 농약산업의 중요성에 또다시 관심을 갖게 할 것이다. 2040년까지 예상되는 식량 소요량을 확보하기 위해서는 현재의 식량 생산량을 3배로 늘리면서 환경을 보호해야한다. 그러기 위해서는 모든 현대적 기술이 지원되어야 할 것이다. 유전자조작 작물이 향후 식량생산성을 증진 시키는데 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 그러나 막대한 잠재적 영향력에도 불구하고 유전자조작 작물은 오직 지속적인 농업개선 과정중의 하나의 최신 단계일 뿐 농업과 분리해서 보아서는 안된다.

## 유전자조작 작물의 상업성

80년대 후반 초보적인 예비 포장시험에서부터 1996년에는 전세계적으로 2백80만ha에서 재배될 정도로 그 규모가 커진 새로운 이 기술에 대한 이해는 부족하다. 그러나 1997년에는 대상작물 40개, 재배면적이 1천2백70만ha로 증가되었다. 이를 국가

별로 보면 미국 8백10만ha, 중국 1백80만ha, 아르헨티나 1백40만ha, 캐나다 1백30만ha, 호주 5만ha 였다.

관리규정이 과학적임에도 불구하고 유럽에서는 아직 한건도 상업화되지 못했다. 그러나 이 기술로 인해 얻어질 수 있는 커다란 이익 때문에 기술도입은 빨라질 것으로 보인다. 최근까지 상업화된 유전자조작 작물의 주요특성(input-trait)에는 제초제 저항성과 해충 및 바이러스 저항성 등이 있다.

## 제초제 저항성 작물

제초제는 매년 세계 농약 사용규모의 약 50%를 점하는데 그 효과나 가격 경쟁력 때문에 선택적으로 사용되고 있다. 비록 제초제 저항성이 수십년간 선택적 잡초방제의 근간이 되어왔지만 작물이 지니는 선천적 저항성은 거의 없었다.

현대생물공학은 작물들이 기존의 비선택성 제초제에 대한 고도의 저항성을 지니도록 유전적으로

조작할 수 있게 했다. 최근까지 가장 넓게 사용된 2가지 체계는 glyphosate와 glufosinate에 대한 저항성이다. 이와같은 체계를 이용하는 재배자는 분명히 제초제에 대한 저항성을 계속 필요한 것이다.

반대로 ha당 적용되는 총화학물질량을 줄일 수 있는 기회는 많아질 것이다. glyphosate와 glufosinate는 적용범위가 넓어 대개는 녹색조작을 죽인다. 이런 특성 때문에 화분과 및 광엽잡초에 대해 각각 활성이 있는 제품의 혼합 필요성을 줄여 제초제 투입량을 줄이거나 잡초방제 수준을 개선시킬 수 있게 한다.

1996년 glyphosate 저항성 콩은 ha당 적용 제초제 사용량을 9% (Eastcentral)와 39%(South East) 범위(0.087~0.57kg/ha)에서 감소시켰다. 1996년 캐나다에서 glufosinate 저항성 canola는 제초제의 기존처리량과 비교해서 ha당 평균 1kg (ai)을 감소시켰다. 또한 관련 화학물질의 양적감소와는 별도로 특히 환경에 좋은 제품을 사용할 수 있다는 질적인 유익성도 컸다. 유전자 조작 제초제 저항성 작물과 저항성 관련 제초제를 사용하는 잡초방제 체계의 많은 매력에도 불구하고 경우에 따라 다른 제초제의 사용을 계속 필요로 한다.

glyphosate와 glufosinate 같은 광엽제초제라 해도 몇몇 잡초는 방제하기가 어려울 수 있다. 또한 유전자조작 작물의 적용범위는 유전적으로 조작이 안된 대부분의 제초제 적용범위보다 넓지만 제초제 저항성을 갖도록 조작되었기 때문에 나쁜 기상여건 등 특정 환경하에서는 아직 적용할 수 없다. 이런점 때문에 발아전 처리는 신중해야 한다.

한편 발아 후 glyphosate 또는 glufosinate의 처리외에 잔류성 제초제의 추가처리는 잡초방제기간을 연장해야 할 경우 효과적일 수 있다. 또한 제초제 저항성을 갖는 잡초를 수확후 또는 후작에서 방제해야할 경우 경종법이나 윤작에 의한 방제가 충분치 않을때 유전자조작 작물과 함께 사용된 제초

제가 아닌 다른 제초제가 필요할 것이다.

가능한 저항성 잡초의 발생을 막기 위해 수년간 동일포장에 특정 제초제의 과용을 피하는 것도 중요하다. 비록 유전자조작 작물이 문제 작물에 신규 농약의 사용을 가능케하여 농장에서 전반적인 저항성관리 전략에 도움을 주겠지만 유전자조작 작물도 제초제 저항성 발생 방지를 위해서는 다른 제초제 사용을 똑같이 필요로 할 것이다.

유전자조작 작물에 대해 알아두어야 할 사항은 유전자조작 작물이든 아니든 그 작물에 사용하도록 인가된 다른 화학물질이 사용될 수 있다는 사실이다. 제초제의 선택폭이 넓은 목화와 같은 몇몇 작물에 있어서는 유전자 조작 제초제 저항성 작물이 보다 효과적인 잡초방제를 위한 새로운 기회가 될 것이다. 다시 말하면 유전자 조작 작물이 향후 사용될 제초제의 형태나 양에 영향을 줄수는 있겠지만 작용기작이 다른 효과적인 제초제의 지속적 요구를 대체하지는 못할 것이다.

## 실중 저항성

잡초와는 달리 대부분의 식물은 병해충에 대한 몇몇 자연방어기능 - 비록 그 기능이 생산농업에 필요한 것은 아니지만 - 을 갖고 있다. 또 몇몇 작물이 이미 만들어진 방어기능을 높이기 위해 유전적으로 조작되어 왔다. 최근까지 가장 폭넓게 사용된 방법은 나비목, 파리목, 갑충류에 대해 활성이 있는 *Bacillus thuringiensis*에서 유래한 Bt endotoxin(내독소)이다.

목화의 bollworm (*Helicoverpa amigera* 및 *Heliothis virescens*), tabacco budworm (*Helicoverpa zea*) 및 pink bollworm (*Pectinophora gossypiella*)과 옥수수의 corn borer (*Ostrinia nubilalis*)에 대해서는 Bt 내독소를 활용, 살충제의 경엽처리를 많이 줄였다.

Bt 내독소는 그 활성이 특이적이고 작용폭이 다

## 세계 유전자조작작물의 특성별 재배면적 비율('96/'97)

구 분	종면적비(%)	
	1996	1997
제초제 저항성 작물	23	54
해충 저항성 작물	37	31
바이러스 저항성 작물	40	14
품질개선 작물	>1	>1
총면적	280만ha	1,270만ha

소 제한되어 있기 때문에 다른 경엽처리용 살충제가 2차 해충의 방제와 Bt에 민감한 해충이라도 그 해충압력(insect pressure)이 매우 높을 경우 필요하다. 유전자조작 작물에 의해 곤충에 가해지는 지속적인 압박은 저항성 발생 가능성을 증가시킬 것이며 이와같은 저항성 발생의 방지 또는 자연에 목적을 둔 여러 가지 관리전략에는 상호 보완성이 있는 살충제의 지원이 필요할 것이다. 사실상 이러한 전략이 지금까지 상업화된 Bt작물 승인목적의 전부가 되어 왔다.

가까운 미래에 2개이상의 특성을 지니게 한 유전자(stacked gene)의 개발 즉 곤충의 장내에서 다른 수용체에 작용하는 Bt 내독소를 위한 유전자의 조합은 또하나의 상대저항성 발생(counter-resistance option)을 강요할 것이다.

다른 중요 해충에 대한 살충단백질을 만들어 낼 수 있는 유전자조작 작물 즉, 옥수수 rootworm (*Diabrotica* spp)을 위해 유전적으로 조작된 옥수수 개발이 분자생물학자와 육종자들의 관심사가 되고 있다. 이와같은 작물이 상업화되면 토양처리 살충제 사용에 큰 영향을 주겠지만 아직은 기존 살충제의 공급도 필요할 것으로 보인다.

## 기타 특성

바이러스 저항성 담배, 토마토, 호박이 이미 상업화 되었다. 하지만 곰팡이성 질병 방제를 위한 유전자 조작은 더욱 복잡하여 개발에 있어서 제초제 및

해충저항성 수준에 미치지 못하고 있다. 그러나 한번 상업화되면 큰 이익이 예상됨에도 불구하고 유전자조작에 의한 병저항성 작물은 다른 저항성 작물에서 언급한 것과 같이 다른 살균제와 함께 사용해야 할 것이다.

특수한 목적을 위해 유전적으로 조작된 작물 즉, 1997년 북미에서 고농도 라우렌 성분을 함유하는 canola가 2만8천에이커에서 재배되나 있지만 우리는 앞으로 이 분야에서 조작된 전분, 필수아미노산, 알리지성분등의 증감 또는 제거 등과 같이 보다 중요한 개발을 기대할 수 있다.

유전자조작 작물의 특성이 필요한 농약의 특성과 일치되지 않는한 우리 모두는 기존 농약을 사용해야 할 것이다. 특히 식물 유전자 체계의 융성불임기술을 사용하여 유전적으로 조작되고 glufosinate 제초제 저항성을 갖게한 hybrid oilseed rape와 1997년 캐나다에서 상업화되어 8만에이커 면적에 재배된 바 있는 hybrid canola에 비추어 보면 경엽 처리제보다 종차처리제가 이런 값비싼 종자를 잘 발아하게 하고 초기 생육을 보호하는 차원에서 그 중요성이 커질 것 같다.

## 결론

유전자조작 작물은 적절한 화학물 투입이 목표중의 하나인 작물종합관리 (Integrated Crop Management)방법과 아주 일치하여 이미 몇몇 나라에서는 잡초 및 해충방제에 영향을 주고 있으며 새로운 작물과 새로운 특성이 점차 실용화 되면서 그 영향력은 앞으로도 점차 커질 것이다. 그러나 유전자조작 작물이 현재 방제방법의 효율을 향상시키고 농약의 필요성을 감소시킬수도 있겠으나 농약을 대체하지는 못할 것이다. 유전자조작 작물의 또다른 胚形質(germ plasm)의 가치는 충분한 방제를 필요로 할 것이어서 작용기작이 다른 많은 농약을 계속 필요하게 할 것이다. **농약정보**