

# 2 유전자재조합작물의 식품/사료/환경 안전성 평가 및 기술개발 현황

김동연 부장/박사  
(몬산토코리아(주))

농업생명공학기술은 흔히 유전자재조합기술이라고도 일컬어진다.

즉, 이는 생물체에 원하는 특성(예: 제초제내성, 해충저항성)을 부여하기 위해서 이에 대한 유용한 유전자를 찾아서 원하는 작물(예: 콩, 옥수수, 감자, 면화, 카놀라)에 넣어줌으로써 작물의 유전자를 새롭게 조합시키는 기술이다.

이렇게 농업생명공학기술을 이용하여 탄생한 유전자재조합작물이 개발단계부터 상업화에 이르는 기간동안 사람이 섭취하게 되는 식품으로써, 동물사료로써, 또는 재배 환경에 얼마나 안전한지에 대한 평가가 어떻게 이루어지는지, 또한 기술개발 현황은 어떠한지 알아보도록 하자.

## 1. 유전자재조합작물의 식품/사료/환경 안전성 평가

다음의 <그림 1>은 유전자재조합작물에 대한 식품, 사료, 환경, 안전성 평가 과정에서 평가되는 항목들을 전반적으로 보여준다.

### 1) 식품 안전성

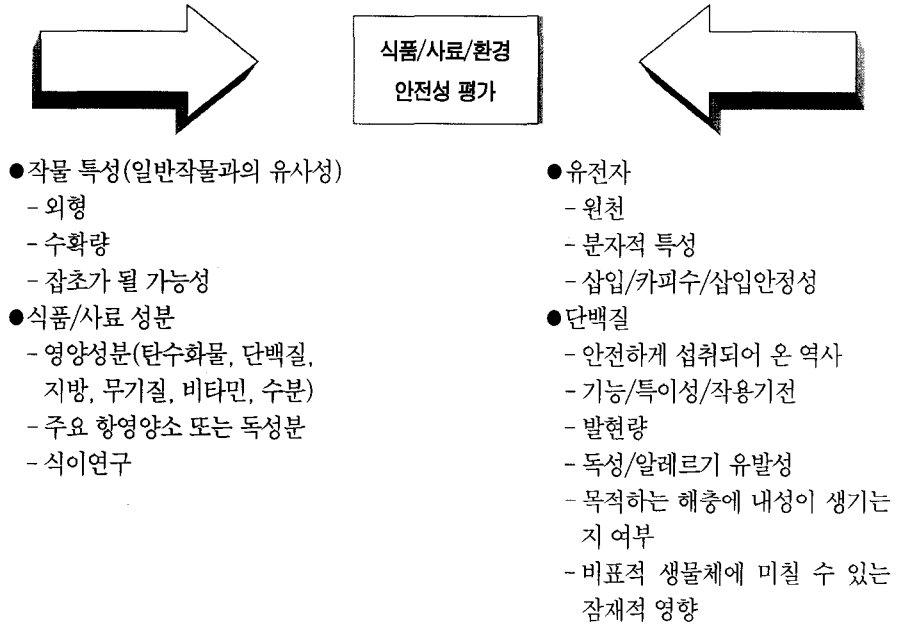
유전자재조합작물의 식품 안전성 평가 과정은 다음과 같이 크게 두 가지로 구분된다.

첫째, 실질적 동등성 개념에 입각한 평가

둘째, 새롭게 삽입된 유전자로부터 생산된 단백질의 안전성 평가

1차적으로 유전자재조합작물이 기존에 먹어왔던 작물과 얼마나 실질적으로 동등한지를 작물 특성과 식품 성분을 비교함으로써 평가한다.

<그림 1> 유전자재조합작물의 식품/사료/환경 안전성 평가



이는 유전자재조합작물이 기존에 먹어왔던 작물과 외형, 특성, 수확량 등에서 차이가 있는지, 혹은 유전자재조합작물을 원료로 하여 만들어진 식품이 영양성분 및 항영양소 또는 독성분(일반 식품에 흔히 존재하는 항영양소 및 독성분을 대상으로)에서 일반식품과 차이가 있는지를 비교하는 것이다.

뿐만 아니라 실험동물을 이용하여 직접 유전자재조합작물과 일반작물을 식이로 섭취시켜 비교함으로써 실질적 동등성을 확인한다.

이와같은 비교를 통해서 유전자재조합작물이 일반작물과 “실질적으로 동등하다”라고 판명되면 그 다음에는 유용한 유전자의 삽입으로 인하여 새롭게 생산된 특정 단백질의 독성 및 알레르기성 등을 평가하게 된다.

새롭게 생산된 특정 단백질의 독성 및 알레르기성 평가는 삽입된 유전자의 원천 및 안전하게 사용되어 온 역사, 대상 작물에서 삽입된 유전자로부터 발현되는 특정 단백질의 양, 소화성, 기존에 알려진 독성분 및 알레르기 유발물질과의 상동성 비교, 경구 급성 독성실험 등을 통하여 이루어진다.

이러한 단계를 거쳐 지금까지 상업화된 모든 유전자재조합작물은 기존에 먹어왔던

작물만큼이나 식품으로 사용해도 안전한 것으로 평가되었다.

## 2) 사료 안전성

1996년 유전자재조합작물이 처음으로 상업화 된 이래 유전자재조합작물은 동물사료 원료로 사용되어 왔다.

지금까지 전세계 여러 지역의 대학, 연구기관, 농업생명공학기업 등에서 유전자재조합사료의 안전성에 관하여 철저한 동물식이연구가 행해져 왔다.

다양한 연구결과, 유전자재조합작물의 영양소, 항영양소 수치는 일반작물의 수치와 동일한 것으로 나타났다.

또한 유전자재조합 사료를 먹인 가축은 일반 사료를 먹인 가축이 영양소를 소화, 흡수하는 방식과 동일하게 유전자재조합 사료의 영양소도 소화, 흡수하고 성장속도나 우유생산 능력 등의 성능면에서도 동일하였다.

지금까지 소, 젓소, 닭, 돼지, 양, 토끼 등을 대상으로 행해진 50여 이상의 연구결과에 따르면 이들 실험대상이 유전자재조합 사료를 섭취한 경우와 일반사료를 섭취한 경우를 비교했을 때, 사료효과, 사료섭취율, 체중 등의 성장능력, 건강상태, 소화능력, 육류, 알류, 우유의 성분, 우유생산 능력 등의 전반적인 성능면에서 아무런 차이점이 없었다. 영양소 수치와 품질면에서 유전자재조합 사료와 일반사료가 동일한 것과 마찬가지로 이들을 가축에게 섭취시켜 얻은 생산물인 육류, 알류, 우유 등의 영양가 또한 동일하다.

이와 더불어 유전자재조합 사료는 사료의 품질을 향상시키고 안전성을 증진시켜주는 역할도 하고 있다. 옥수수 알곡에 서식하는 곰팡이균이 생성해내는 독성 성분인 마이코톡신(예: fumonisin)은 옥수수 사료를 주식으로 하는 가축의 건강에는 큰 위협요소로 작용하고 있다. 이러한 곰팡이균은 옥수수가 해충의 공격을 받게 되면 더 쉽게 서식한다.

2001년 9월 미 식약청의 지침, FDA Guidance for Industry: Fumonisin Levels in Human Food and Animal Feeds에 의하면 “마이코톡신은 가축과 실험용 동물의 건강에 악영향을 미친다”라고 명시하고 있다. 그러나 해충저항성(Bt) 유전자재조합 옥수수는 특정 해충의 공격으로부터 옥수수를 보호하기 때문에 독성 성분인 마이코톡신을 생성하는 곰팡이균이 옥수수에 서식할 확률을 낮춰준다.

최근 미국, 프랑스, 이태리에서 행해진 연구결과들에 따르면 해충저항성 유전자재조



합 옥수수 알곡의 마이코톡신 수치가 일반 옥수수 알곡의 수치보다 적게는 2배에서 많게는 30배 정도 낮은 것으로 나타났다.

향후에는 영양성분이 강화된 유전자재조합 작물도 개발될 것으로 예상된다.

이러한 작물은 사료의 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 궁극적으로는 가축과 가축의 최종생산물의 품질 또한 증진시켜줄 것이다.

이러한 사료안전성 평가를 거친 유전자재조합작물에 대해 미국을 비롯한 캐나다, 유럽연합(EU), 일본 등 각국의 규제기관은 동물사료 용도로 안전하다고 결론지었다.

또한 유전자재조합 사료를 먹은 가축과 일반사료를 먹은 가축의 성능은 동일하며, 유전자재조합 사료를 먹은 가축의 생산물인 육류, 알류, 우유 또한 안전한 것으로 나타났다.

### 3) 환경 안전성

유전자재조합 작물의 안전성 평가절차에서 식품 및 사료 안전성 평가와는 별도로 유전자재조합 작물이 일반 재배환경에서 얼마나 안전하게 자랄 수 있는지를 평가하는 환경 안전성 평가도 이루어진다.

유전자재조합작물이 환경에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 이 작물이 재배시 일반작물과 얼마만큼 유사한지, 잡초가 될 가능성은 있는지 등이 평가된다.

새롭게 도입된 특정 형질이 환경에 미치는 영향을 평가하기 위해서는 잠재적 독성이 있는지, 목적하는 해충에 내성을 유발하는지, 목적하지 않는 생물체에 미칠 수 있는 잠재적 영향은 있는지 등이 평가된다.

지금까지 상업화된 모든 유전자재조합 작물은 일반 작물만큼이나 환경에 안전하다고 판명되었으며, 따라서 내성 문제로 인한 수퍼해충, 수퍼잡초 등의 출현에 대한 주장은 근거없는 막연한 우려에 불과하다.

### 4) 세계보건기구(WHO), 경제협력개발기구(OECD) 등 국제기관들의 유전자재조합 작물의 안전성에 대한 입장

인류 역사상 어떠한 식품도 심지어는 수세기 동안 인류가 섭취해 온 식품도 “절대적으로 안전하다”라고는 할 수 없다.

인류는 절대적인 안전성 기준에 입각하여 식품의 안전성을 평가하기 보다는 섭취해 온 경험에 의해 식품을 안전하다고 여겨왔다. 그러나 유전자재조합 식품은 식품으로 상업화되기 전에 그 어떤 식품에도 적용되지 않았던 안전성 심사를 거쳐야만 한다.

따라서 유전자재조합 식품이 섭취해 온 경험이 있는 일반 식품과 비교하여 실질적으로 동등하다면 안전하다고 볼 수 있다"는 것이 WHO와 OECD의 입장이다.

2001년 10월 유럽 집행위원회(EC)는 농업생명공학기술을 이용하여 탄생한 유전자재조합 식품이 일반식품보다 안전하지 않다는 증거는 없다는 결론의 보고서를 발표한다. 이 보고서의 요약문은 "개발 후 안전성 평가 절차를 거쳐서 상업화된 유전자재조합 작물 및 이를 원료로 한 유전자재조합 식품은 일반 작물이나 식품이 환경이나 인체 건강에 미칠 수 있는 수준 이상으로 어떠한 새로운 위해성도 야기하지 않는다"라고 보고하고 있으며, 이와 더불어 "실제로는 보다 정밀한 과학기술을 이용하고 보다 철저하고 광범위한 규제절차의 평가를 거침으로 해서, 유전자재조합 작물과 이를 원료로 한 식품은 일반 작물이나 식품보다 오히려 더 안전할 수 있다"라고 언급하고 있다.

## 2. 유전자재조합 작물의 기술개발 현황

### 1) 농업생산성을 향상시킨 제1세대 작물

이미 상업화되어 현재 시장에서 유통중인 제1세대 유전자재조합 작물은 더 적은 비용으로 더 많이 수확할 수 있도록 하는 즉, 농업생산성 향상 목적에 부합하도록 개발된 작물이다. 대표적인 예로는 제초제내성 작물과 해충저항성 작물이 있다.

제초제내성 작물은 제초제를 뿌렸을 때 잡초는 제거하면서 제초제에 내성을 지닌 작물에는 영향을 주지 않도록 개발된 작물이다. 잡초 제거를 위해서 제초제를 뿌리면 어쩔 수 없이 잡초뿐만 아니라 재배하고자 하는 작물도 제초제의 영향을 받아서 수확량이 감소되곤 하였다.

그러나 유전자재조합 기술을 사용하여 개발된 제초제 내성 작물을 심으면 이와 같은 문제점이 해결된다. 현재까지 상업화된 제초제내성 작물로는 대두, 옥수수, 면화, 카놀라 등이 있다.

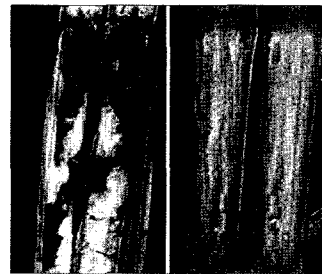
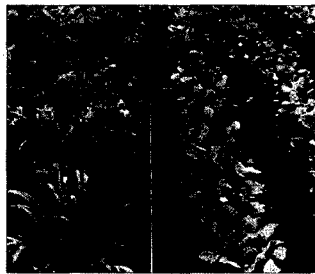


한편 해충저항성 작물은 조명나방, 솜벌레, 옥수수 뿌리벌레 등 작물에 피해를 입히는 해충의 공격으로부터 효과적으로 작물을 보호할 수 있도록 재조합된 작물이다. 해충저항성 작물은 바실러스 튠링기엔시스(Bt: *Bacillus thuringiensis*)라는 토양미생물로부터 살충 유전자를 삽입한 것이다. 이 단백질의 오직 목표하는 해충의 소화기관에서만 작용하여 독소를 내기 때문에 인체에는 무해하다.

또한 해충저항성 작물은 살충제를 뿌리는 데에 투입되는 노동량을 감소시켜서 비용 절감 효과가 있다. 더구나 살충제 사용량 감소로 인하여 수질오염을 최소화할 수 있어서 환경친화적 재배방법이라 할 수 있다. 현재까지 상업화된 해충저항성 작물로는 옥수수와 면화가 있다.

<그림 2> 유전자재조합 작물과 일반작물 비교

<p><b>왼 쪽</b> - 잡초관리가 어려운 일반콩 <b>오른쪽</b> - 잡초관리가 쉬운 유전자재조합 콩</p>	<p><b>왼 쪽</b> - 해충의 피해를 입은 일반 옥수수 <b>오른쪽</b> - 해충 피해로부터 안전한 유전자재조합 옥수수</p>
--	--



2) 기능이 강화된 제2세대 작물 - 바이오공장의 역할을 하는 제3세대 작물

제1세대 작물이 농업생산성 향상을 통해 재배자인 농민들에게 많은 혜택을 주었다면 기능이 강화된 제2세대 작물은 소비자들에게 직접적인 혜택을 가져다 주는 작물이다.

비타민 A 함량이 보강된 쌀이나 겨자, 토코페롤 함량이 높은 카놀라, 알레르기 유발 가능성을 제거한 쌀 등 인체의 건강증진에 기여하도록 영양성분이 강화되거나 독소나 알레르기 유발물질이 제거된 작물 등이다.

제3세대 작물에는 백신을 개발하는데 사용되는 제약작물이 이에 해당된다.

이는 유전자 재조합작물을 다양한 질병치료에 필요한 단백질을 생산해 내는 대개체로서 이용하는 개념으로, 일반적인 치료 단백질 생산방식보다 비용이 저렴하며 다량 생산할 수 있는 장점이 있다.

이러한 제약 작물을 이용하여 머지않은 미래에 암, 에이즈, 당뇨병, 심장병 등 여러 질병 치료에 도움이 되는 치료 단백질이 생산될 것이다.

### 3. 결론

어떠한 유전자재조합 작물이든 개발되어 상업화되기까지는 통상적으로 8년에서 12년이라는 긴 시간이 소요된다.

이 과정에서 사람이 식품으로 섭취해도 안전한가, 동물이 사료로 섭취해도 안전한가, 재배환경에 안전한가에 대한 평가가 철저하게 이루어진다.

안전성 평가를 거쳐 상업화된 유전자재조합 식품은 기존에 우리가 먹어왔던 일반 식품만큼이나 안전하며 유전자재조합 작물을 재배하는 과정에서도 일반 작물만큼이나 환경에 안전하다는 사실이 이미 밝혀졌다.

단순히 먹어온 경험에 의존하기보다는 철저한 안전성 기준에 입각하여 사전에 미리 과학적 평가를 거친 유전자재조합 작물 및 식품은 더욱 안전하며 더욱 환경친화적이라고 할 수 있다.

농업생명공학기업은 유전자재조합 작물개발 과정에서 안전성 평가를 지속적으로 행할 것이며, 각국 규제기관이 정하는 안전성 평가기준에 부합되는 작물만을 상업화할 것이다.

또한 농업생명공학기업은 유전자재조합 기술이 세계 여러 지역에서 채택될 수 있도록 지속적인 연구개발 사업과 더불어 기술협력 및 사회공헌활동을 계속할 것이다. ⑤