



생물공학을 이용한 제초제의 개발현황과 전망

경북대학교 농과대학
교수 김길웅

선택성제초제 선발

식물계통분류 중심

지구위에 존재하는 식물은 30여만 종(種)으로 추정되고 있으며 이 중에서 작물로 재배가치가 있는 것은 300여종으로 보고되어 있다. 그 가운데 세계식량의 95%를 생산하는 작물은 벼, 콩, 옥수수, 밀, 감자등의 10여개 작물에 불과하다.

지구 위에 존재하는 잡초는 일반잡초와 농경지잡초로 대별하며 이를 전부 합해서 3만여종으로 보고 있다. 이중 농업생산에 경제적으로 피해를 주는 것이 1,800여종, 주요식량작물에 발생하는 농경지잡초는 150~200여종으로 간주하고 있다.

제초제, 세계농약사용량의 44%

1985년에 전세계적으로 작물을 보호키 위하여 처리된 농약은 159억불에 상당하며 그 가운데 제초제가 44%로 가장 많이 사용되었다. 1985년도 우리나라의 농약사용량은 실물량으로 167,873톤, 유효성분량으로 18,247톤, 금액으로는 1,980억원에 상당한

다. 이 중 제초제의 소비량은 5만여톤으로 전체 농약의 30%정도를 차지한다.

급속한 산업화로 제초제 비중커져

1957년부터 1985년까지의 전체 농약사용량과 제초제 소모량(유효성분량)은 그림1과 같이 1970년 전까지만 해도 미미하였으나 1970년부터 급격하게 증가하였다. 이것은 산업화가 빠르게 진행되면서 많은 농촌노동력이 도시로 이동하고 농촌노임이 급상승하였기 때문이다. 이때부터 손에만 의존하던 잡초제거를 제초제 사용에 의한 방제법으로 전환하게 되었고 논농사는 이제 제초제 없이는 불가능할 정도로 제초제가 중심이 되는 선진국형태의 잡초방제로 발전하게 되었다.

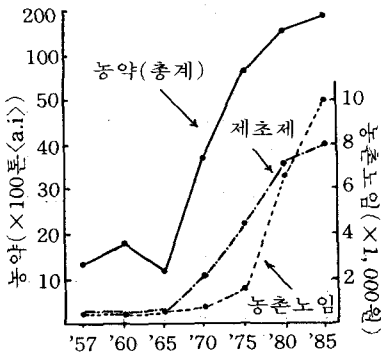


그림 1 제초제 및 농약 사용량과 농촌 노임

I. 잡초방제기술과 생물공학

지구상에 생명체가 나타난 것은 30억년전으로 추정하고 있다. 최초의 원시생명체가 오늘날의 식물로 진화하기까지에는 25억년이라는 긴 세월이 걸렸을 것으로 보고있다.

현존하는 식물은 30여만종

처음에는 물속에 생긴 원시식물이 육지로 올라와 포자식물시대를 지나서 나자식물에서 피자식물(5천만~1억년)로 진화 발전하였다. 현재 나자, 피자식물을 전부 합쳐서 300과(科), 25만종에 이르며 여기에 포자식물을 합치면 30여만종이나 된다고 한다. 현존하는 식물체의 종은 적어도 수억년이란 세월을 거쳐 자연계에서 만들어진 종의 전체적인 수를 의미한다.

교잡에 의한 새로운 종의 생성

그럼, 이와같은 종은 어떻게 만들어 졌을까? 새로운 종이 만들어진 것은 아마도 교잡이 주된 방법이었을 것이다. 나자, 피자식물은 꽃이 피는 식물로서 풍매, 수매, 곤충, 조류등에 의하여 화분매개가 긴 세월동안 중단됨이 없이 문·강·목·과·속·종간에 유

전자 교잡이 자유롭게 무한정 이뤄진 결과로 현존하는 식물의 종을 만들게 되었을 것이다.

이와같이 무한에 가까울 정도로 교잡이 가능하다고 하더라도 동종간 또는 근친간을 제외하고는 새로운 종이 발현되기는 매우 어렵다. 다만 아주 적은 수 즉, PPB(10억분의1) 정도가 새로운 종으로 고정될 수 있을 뿐이다. 설사 새로운 종이 생성되었다 해도 지구환경에 적응하지 못하는 것은 생물로서 자손을 남길 수 없기 때문에 소멸하고 만다. 새로 만들어진 식물 가운데서도 아주 적은 수만이 지구환경에 적응하여 생존할 수 있었고 그것이 현존하는 30만종의 식물이 된 것이다.

돌연변이도 신종생성의 요인

새로운 종의 생성은 교잡외에도 돌연변이에 의해 이뤄졌을 것으로 볼수 있다. 지난 6 억년 동안에 지구환경은 격변이 끊이지 않고 일어났는데 대규모의 조산운동, 대륙이동, 지진, 홍수, 화산활동 등이 그것이다. 이로 인하여 지구상의 생물의 종이 50% 이상 멸종된 것이 2회, 50%미만의 멸종을 보인 것이 3회였다는 사실은 대변혁을 통해 충분히 돌

연변이를 유발시킬 수 있었을 것이고 그 변이가 자손에 전해지면서 새로운 종이 되었을 것임을 시사해준다.

유전자조작엔 어려움 많아

이와같이 지구상에 존재하는 식물은 자연교잡 및 돌연변이 등에 의하여 생성된 것으로 추정해 볼때 인간에 의한 유전자 조작이 얼마나 어려운 것인가를 짐작할 수 있을 것이다. 생물공학적인 방법을 잡초방제 기술개발, 특히 새로운 제초제 개발에 이용한다는 것은 쉬운 일이 아니며 미래의 꿈을 이야기하는 것 같아 두려워진다.

생물공학이용기술 이미 현실화

최근 의학부문의 생화학이나 분자생물학의 비약적인 발전으로 생물공학적인 기술의 이용 실적이 나타나고 있다. 지금까지 유전자 조작이나 세포융합기술의 성공은 미생물이나 동물의 특수한 일부 세포에서 성공했다고 한다.

생물공학의 발전을 3단계로 나눠서 제 1 단계는 조직배양, 가축의 수정란 분할이식, 어류의 성 전환기술등과 같은 기초 기술개발이고, 제 2 단계는 세포융합, 제 3 단계는 유전자조작 등의 단계

로 생각해 볼 수 있다.

잡초방제학에의 생물공학적 이용

잡초방제학에의 생물공학적 이용은 Eue에 의하여 (1)미생물학적 농약개발, (2)제초제 저항성 소스(Source) 집적을 위한 유전자교환, (3)제초제 행적 및 진단 등으로 제시됐다. (그림 2)

본고에 요청된 논제가 “생물공학을 이용한 제초제의 개발현황 및 전망”으로 이 분야에 대한 연구결과나 실용화된 것이 아주 적으나 현재까지의 결과를 종합보고하고자 한다.

II. 생물공학을 이용한 제초제 개발

생물공학을 이용한 제초제의 개발은 미생물의 대사물을 이용하여 제초제를 만드는데 성공하였으며 그밖에 속간선택성 제초제개발도 생물공학적 접근법으로 간주할 수 있어서 이 두가지 분야를 소개코자 한다.

1. 미생물을 이용한 제초제 개발

미생물의 2차 대사물질로 제초제를 개발하는 연구가 일본의

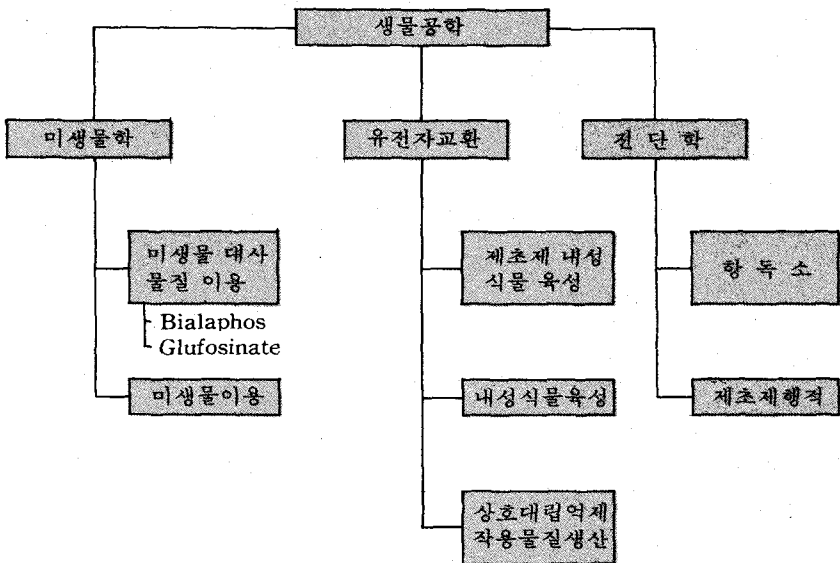


그림2. 잡초방제학과 생물공학

명치제과에서 Bialaphos, 독일의 BASF에서 Glufosinate를 개발하여 실용화되었다. 우리나라에서도 Glufosinate는 비선택성 과원제초제로 '86에 등록되었으며 Bialaphos는 현재 시험중이다.

2차 대사물질로 제초제개발

Bialaphos는 생산성이 높은 Alkaliphosphate를 잘 분해하는 방선균과 저분해성 방선균의 원형질체를 각각 나출시켜 PEG법으로 융합시켜 특정의 배지 위에서 재생시킨후 Alkaliphosphate활성과 가수분해 활성을 선발지수로 Bialaphos생합성이 높은 세포융합 균주를 만들었다.

Bialaphos를 식물체에 처리하면 질소 대사를 저해시켜 식물체를 고사시킨다. 식물 종간에 선택성이 없으며 비선택성 제초제로서 특히 다년생 잡초방제에 효과적이다. 또 Bialaphos는 토양세균에 의해 쉽게 분해되며 잔류가 거의 없는 특징을 지니고 있다.

생산비절감목표 실현 가능성 높아

현재 방선균의 2차 대사구조가 해명됨에 따라 방선균의 생산능력을 향상시켜 생산비를 절감시키는 것이 본제초제생산의 주

요 목표이다. 대사를 신속하게 하는데 관여하는 유전자로서는 인산의 메틸화에 관계하는 효소의 유전자가 문제이며 이 유전자의 도입에 의하여 생산성이 향상된 균을 만들 수 있을 것이며 현재 그 가능성이 높아지고 있다.

유독, 환경오염물질 분해도 가능

그 밖에도 토양에서 분해가 잘 안되며 잔류기간이 긴 유독물질이나 환경오염물질 특히 Dioxin이 많이 함유된 유기염소화합물 등을 분해 내지 무독화시킬 수는 있는 세균의 plasmid를 이용한 유전자조작법으로 분해를 잘시키는 세균 균주의 육성이 가능해지고 있다. 특히 2.4.5-T의 분해에 *Pseudomonas cepectia*균 가운데 분해능력이 탁월한 균을 육성할 수 있어서 환경오염을 방지할 수가 있을 것 같다.

2. Allelochemical을 이용한 제초제 개발

지구상에 현존하는 30여만종의 식물이 어떤 물질을 합성시킬 수 있는 합성구조는 2만여종에 이르는 것으로 보고되어 있다. 매년 1500여종의 물질을 식물체로부터 추출, 분리하여 이 가운데 300여종은 생리활성을 가진 유용

물질로 평가되고 있다고 한다. 대체로 귀중한 생리활성 물질이란 2차대사물질로서 1차대사를 거쳐 생성되며 생물의 생존에 필수적 구성성분이 아닌 물질을 의미한다.

알렐로케미칼, 생물간 상호작용

Allelochemical (상호대립억제작용 물질)이란 생물간에 상호작용을 발휘하는 물질을 의미하며 대체로 2차대사물질이다. 이 물질은 여러 종류의 화학물질로 구성되어 있고 합성경로는 아세트이트 또는 시키믹산 합성과정을 거쳐 생합성된다고 하며 단순한 휘발성물질에서 지방족 또는 방향족화합물에 이르는 다양한 화합물로 구성되어 있다고 한다.

식물체에서 생성, 발아 및 생장억제

식물체에서 동정된 상호대립억제작용 물질은 유기산류, 페놀류, 퀴논류, 탄닌류, 알카로이드류, 사이노하이드린류 등으로 식물체에서 생성되며 식물의 발아 및 생장을 억제하는 작용을 나타내는 것으로 보고되어 있다.

이와같은 다양한 물질을 대상으로 이들 물질의 생산을 자연상태가 아닌 생물공학기법을 이용하여 기내에서 세포배양을 통해

단기간에 다량생산할 수 있는 세포배양법을 이용하면 좋은 결과를 얻을 수 있으리라 믿어진다.

세포배양 대량생산 제초제 이용

예를 들어보면 약용식물인 일황련은 5~6년생이 되었을 때 뿌리가 함유한 Beberine이 4~7% 정도이지만 3주간의 단기배양으로도 8~9%의 높은 농도를 생산할 수 있는 것으로 보아 식물체가 함유하고 있는 대사물질을 유용물질로 이용하는 것이 가능할 것으로 믿어진다. 특히 식물에 억제작용을 나타내는 물질을 세포배양으로 대량생산하여 제초제로 이용할 수 있는 가능성이 있다고 사료되며 이 분야는 흥미로우나 이렇다할 결과를 제시할 수는 없는 실정이다.

3. 속간선택성 제초제 개발

제초제의 사용목적은 세계 10대 작물 및 기타 농작물에 발생한 잡초를 작물에 피해를 주지 않고 잡초만 쉽게 경제적인 방법으로 방제하는데 있다.

특정작물에만 무해한 물질선발

농작물(종)은 유전정보를 완전히 달리하는 작물이다. 이와같은 유전정보의 차이를 이용해서 농

작물(종)이 가진 유전정보에 아무런 손됨이 없이 내재하는 특수한 유전자(과, 속, 종에 따른 차이)에 제초활성을 지닌 화학물질을 처리해서 이들에 대한 해독기능을 지닌 유전자가 있는지 없는지를 검정함으로써 특정작물에만 무해하고 여타의 모든 잡초를 방제할 수 있는 물질을 선발할 수 있을 것이다.

유전자기능 가장 효율적 이용

생물공학이란 「생물이 가진 기능을 효율적으로 이용하는 기술」이라고 넓게 정의될 수 있고 보면 각종 작물의 각각이 갖고 있는 유전자 기능을 가장 효율적으로 이용하여 농작물에는 아무런 피해를 주지 않고 잡초만을 방제하는 것도 생물공학적 정의에 부합하는 생물공학적 제초제 검정 기술이라고 말할 수 있다. 이와 같은 종·속간 선택성을 이용한 제초제 선발기술은 이미 세계농업에 크게 공헌한 실적이 있다.

식물계통중심 선택성 제초제 선발

식물의 계통분류를 중심으로 크게는 포자식물과 종자식물간, 나자식물과 피자식물간, 쌍자엽식물과 단자엽식물간의 선택성, 화본과와 타과간, 과와 과간의

선택성등을 들수 있을 것이다. 농작물 가운데 가장 중요한 벼속, 밀속, 옥수수속, 콩속만의 각각에 해가 없으며 같은과의 다른 속의 잡초를 포함한 모든 잡초를 방제할 수 있다면 가장 이상적인 제초제가 될 것이다.

작물에 무해, 잡초에 강한 제초활성

이와같은 방법을 이용하여 검정된 제초제의 실례로서 속간선택성을 나타내는 제초제는 벼와 피간에 강한 선택성을 발휘하는 Propanil, 옥수수이외의 여타 잡초만을 방제 가능한 Atrazine, 벼 이외의 식물을 백화시켜 고사시키는 Pyrazolate, 밀에 발생하는 광엽잡초에 효과적인 Chlor-sulfuran, 광엽작물에 무해하고 화본과 잡초만을 고사시키는 Flu-azifobutyl, Setoxydium 등을 들 수 있다.

선택성 신규화합물선발 가능해

금후 많은 합성물질(신규, 기존물질)을 대상으로 밀, 옥수수 및 콩등의 작물에는 피해를 주지 않고 여타 식물 특히 잡초에만 방제 효과를 나타내는 유전자 수준의 차이에 기인한 높은 제초활성을 지닌 신규화합물의 선발이 가능할 것으로 믿어진다.

4. 생물공학을 이용한 제초제 개발

신규제초제 하나를 개발하는 데는 1/20,000의 확률과 4천만 불의 투자가 필요하고보면 새로운 제초제의 개발은 쉽지 않다. 그러나 값이 싸고 고도의 선택성이 있으며 미량으로도 잡초를 효과적으로 방제할 수 있는 제초제가 개발된다면 신규제초제로서 성공할 가능성은 언제든지 있다고 볼 수 있다.

선진국, 생물공학 제초제 실용화

농학에 대한 생물공학적 연구의 역사는 매우 짧으며 이렇다할

연구성과도 아직은 없는 실정이다. 그러나 선진국에서 미생물의 대사물질이나 독성물질을 생물공학적 기법을 이용하여 제초제로 개발하고 이를 실용화하고 있다. 현시점에서 우리나라에서는 이 분야에 대한 연구효과의 경제성은 회의적이나 계속 투자하고 연구하면 좋은 결과가 있을 것으로 기대된다.

한편으로 유용하다고 검정된 식물 또는 미생물등에서 생리활성을 지닌 물질을 세포배양을 통해 대량생산하여 유용물질로 이용하는 연구도 좋은 결과를 가져오리라 생각된다.

새해를 맞아 학업발전의
萬福을 비우니라