

담배 속 식물의 다양한 활용방안 모색

엄유리 · 이문순 · 이이 · 석영선*

충북대학교 농업생명환경대학 특용식물학과

(2011년 11월 11일 접수 ; 2011년 11월 18일 수정 ; 2011년 11월 25일 승인)

Usage of Tobacco Plants for Various Purposes

Yurry Um, Moon Soon Lee, Yi Lee, Yeong-Seon Seok*

Department of Industrial Plant Science & Technology, Chungbuk National University

(Received Nov 11, 2011; Revised Nov 18, 2011; Accepted Nov 25, 2011)

ABSTRACT : Genus *Nicotiana* has 76 species including *N. tabacum*. These plants are used not only as a material for cigarette manufacturing but also as ornamental plant, medicinal plant, poisonous substance plant, and bug repellent plant. *N. tabacum* is used as a main material for cigarette manufacturing with *N. rustica*. *N. sylvestris* and *N. alata* is used as ornamental plants because of their beautiful flowers and *N. rustica* is used for bug repellent or pesticide because of its high concentration of nicotine. *N. glauca*, a tree tobacco, is used for bio-fuel production. *N. tabacum* is used as a popular model plant system for degeneration, regeneration, and transformation. *N. benthamiana* is also used as a model system for foreign gene expression by agroinfiltration. The transformation ability of tobacco plant is a good target for molecular farming. Hepatitis B virus envelop protein, *E. coli* heat-labile enterotoxin, diabetes autoantigen, and cholera toxin B subunit were produced using tobacco plants. Secondary metabolites of tobacco include nicotine, anabasine, nornicotine, anatabine, cembranoid, solanesol, linoleic acid, rutin, lignin and sistosterol, and they are used for various medicine productions which cannot be produced by organic synthesis for their complicated structures. In conclusion, we have to understand the applicability of tobacco plant in detail and study to enlarge the usage of the plants.

Key words : bio-fuel, molecular farming, *Nicotiana*, secondary metabolite, transformation

우리나라는 최근 흡연율과 함께 잎담배 경작면적이 감소하고 있다. 보건복지부가 2010년 말 만 19세 이상 성인 남녀 3,000명을 조사한 결과 2005년 27.3 %였던 흡연율이 2010년 20.7 %로 5년 만에 6.6 %나 하락한 것으로 조사되었다 (Fig. 1).

이러한 흡연율 감소는 담배 수요량을 급감 시킬 것이며 담배산업에 영향을 줄 것으로 생각된다. 농업연합동조합중앙회 사업부 조사자료에 의하면 최근 우리나라 전국의 잎담배 재배 면적 중 황색종이 2005년 8,695 ha에서 2011년 3,595 ha로 6년

*연락처 : 361-763 충북 청주시 흥덕구 성봉로 410 충북대학교 농업생명환경대학 특용식물학과

*Corresponding author : Department of Industrial Plant Science & Technology, Chungbuk National University
410 Seongbong-ro, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea
(phone: 82-43-261-2520; fax: 82-43-271-0413; e-mail: ysseok@cbnu.ac.kr)

본 론

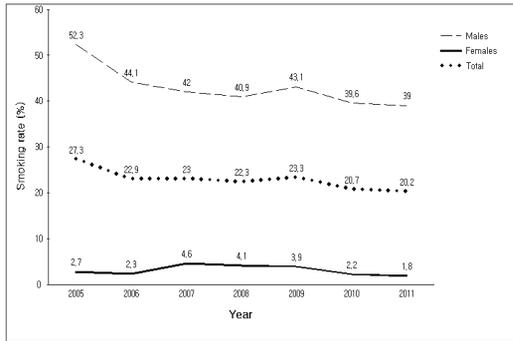


Fig. 1. Decrement of Korean adults' smoking rate from 2005 to 2011.

Source: Ministry of Health & Welfare, 2011

간 59 %가 감소했으며 버어리종은 2005년 3,299 ha에서 2011년 1,803 ha로 6년간 45 %가 감소하였다(Fig. 2). 잎담배 생산면적의 감소는 우리나라에 오랫동안 조성된 잎담배 생산기반의 활용 측면에서 대체수요의 필요성이 요구되며 한미자유무역협정체결 등 국내 잎담배산업에 대한 위협에 대비해야 할 것으로 사료된다.

따라서 담배를 제품제조용 담배로써의 활용뿐 아니라 화훼작물, 식물생명공학, 분자농업, 유용물질추출 등 다양한 이용범위를 탐색하고 이해하여 활용방안을 모색함으로써 담배를 이용한 고부가가치 창출을 해 낼 수 있을 것이다.

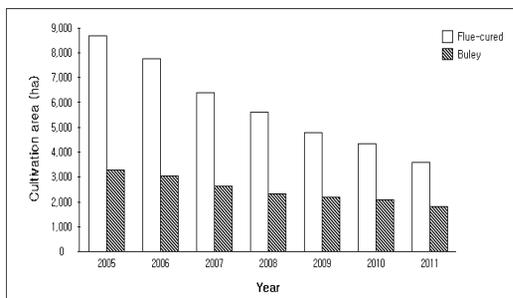


Fig. 2. Decrement of leaf tobacco production area in Korea from 2005 to 2011. Source: Korea Tobacco Growers Organization, 2011.

담배속 식물은 가지과에 속하는 일년생 또는 다년생 식물로써 최근까지 76 종이 보고되었다(Table 1). 이 종들은 남, 북 및 중앙아메리카 대륙과 오스트레일리아, 남태평양제도의 광범위한 지역에 분포하고 있다. 현재 담배의 재배종으로는 *Nicotiana tabacum*이 주로 재배되고 있으며 대표적인 품종으로는 황색종, 버어리종, 메릴랜드종, 양건종, 오리엔트종 등이 있다 (Legg and Smeeton, 1999; 석 등, 2009).

담배의 이용은 여러 가지 담배제품의 제조뿐만 아니라 다양한 용도로 활용이 가능하며, 화훼작물, 생명공학용 용도, 바이오에너지 제조 및 분자농업에 이르기 까지 다양한 용도로 이용되고 있다. 담배에는 다양한 유용성분이 존재하는데, 이러한 유용성분을 활용한다면 담배를 이용한 고부가가치 생산물의 창출이 가능하다. 특히, 담배의 경우 계놈프로젝트가 진행되고 있어서 이것이 완성된다면 유전자 발현의 조절을 통해 필요에 맞게 생산물질을 변경하여 생산할 수도 있을 것이다.

제품 제조용으로써 담배

담배는 문명세계의 거의 모든 곳에서 다양한 형태로 소비되어왔고 *N. tabacum*과 *N. rustica*가 주요 재료로 이용되었다. 대표적인 이용 형태로는 파이프담배 (pipe smoking), 코담배 (snuff), 씹는 담배 (chewing tobacco), 잎말음담배 (cigar), 쥘린 담배 (cigarette) 등이 있으며 현재 주로 쥘린의 형태로 이용되고 있다. 이 이외에도 담배연기를 물에 통과시킨 후 흡입하는 물담배나 담배에서 니코틴을 추출한 후 열을 이용하여 증기로 만들어 흡입하는 전자담배도 개발되어 이용되고 있다.

화훼작물용 담배

화훼작물은 관상을 목적으로 재배하는 작물로써 문화적, 정서적으로나 시각적으로 선호하는 것에 따라 무수히 많은 종의 작물을 활용할 수 있다. 관상용으로 쓰이는 담배는 대표적으로 *N. sylvestris*와 *N. alata*가 알려져 있다. Woodland tobacco로 불리는 *N. sylvestris*는 꽃이 흰색으로

Table 1. Major species and application of genus *Nicotiana*

| Species | Native | Application | Common name |
|---------------------------|--|---------------------------------------|--|
| <i>N. acuminata</i> | Argentina, Chile | | Manyflower tobacco |
| <i>N. alata</i> | | Ornamental plant | Winged tobacco, jasmine tobacco |
| <i>N. attenuata</i> | Western North America, Northern Mexico | Medicinal purpose | Coyote tobacco |
| <i>N. benthamiana</i> | Australia | Model plant | Tjuntiwari and Muntju |
| <i>N. glauca</i> | South America | Medicinal purpose and smoke, bio-fuel | Tree tobacco |
| <i>N. obtusifolia</i> | Southwestern United States and Mexico | | Desert tobacco |
| <i>N. otophora</i> | The Andes Mountains, Argentina | Wild species | |
| <i>N. quadrivalvis</i> | Western United States | | Indian tobacco |
| <i>N. rustica</i> | South America, Vietnam | Organic pesticides | In Russia called Maxopka |
| <i>N. suaveolens</i> | Australia | | Australian Tobacco |
| <i>N. sylvestris</i> | South America | Ornamental plant | Woodland tobacco, south American tobacco |
| <i>N. tabacum</i> | | Commercial plant | Tobacco |
| <i>N. tomentosiformis</i> | The Andes Mountains | Wild species | |

써 개화하면 꽃잎이 길게 늘어지는 것이 특징이며 Jasmine tobacco로 불리는 *N. alata*는 꽃에서 자스민 향이 난다. 이들 담배에 대해서는 품종개량을 통해 이미 다양한 색깔의 꽃잎을 가지는 품종이 개발되었다. 위에서 서술한 바와 같이 화훼작물 로써 담배를 활용하기 위해서는 화색이나 꽃 모양, 향이 중요한데 담배가 형질전환에 매우 용이하다는 장점을 이용하여 특정한 목표를 가지고 육종하면 더 많은 담배의 종을 관상용으로 재배, 보급할 수 있을 것이다.

최근 단일유전자에 대한 분리, 동정, 기능의 연구뿐만 아니라 오믹스(-omics)를 기반으로 한 유전자와유전자 산물간의 상호작용의 복잡성에 대한 연구가 활발히 이루어지면서 화훼작물에 대한 대사 공학적 시도의 범위가 넓어지고 있다 (Tanaka *et al.*, 2005). 카네이션, 장미, 양란, 등과 같은 많

은 화훼작물은 꽃의 색깔, 수확 후 저장성, 색이나 모양과 같은 시각적 가치 증대, 수송성 및 병 저항성 향상 등의 목표에 초점을 맞춘 육종 프로그램에 의해 선발 및 고정되어왔다(Zuker *et al.*, 1998). 화훼작물은 식용으로 사용되는 식용작물에 비해 형질전환에 따른 유전자 변형에 대한 거부감이 적어 화훼류에 대한 유전자 변형식물의 산업화는 식용작물에 비해 수월할 것으로 생각된다.

식물생명공학용 담배

모델식물이란 생물학에서 어떤 특정한 현상을 이해하기 위해 선택되는 식물이다. 모델식물을 통해 구명된 사실은 다른 식물에게도 적용이 가능하다. 모델식물의 대표적인 종으로는 애기장대 (*Arabidopsis thaliana*), 벼 (*Oryza sativa*), 메디카고 (*Medicago truncatula*) 등이 있으며 담배인 *N.*

*tabacum*과 *N. benthamiana*도 여기에 포함된다. 모델식물들은 비교적 장소가 좁은 실험실에서 재배가 용이하고 환경적응성이 좋다는 것이 특징이다. 담배는 6개월 만에 종자를 얻을 수 있고 다른 식물과 비교하였을 때 개체의 크기가 커서 다른 모델 식물에 비해 재배의 용이성은 적으나 하나의 식물에서 다량의 종자를 얻을 수 있을 뿐만 아니라 유전자조작 후 형질전환체의 환경적응성이 매우 우수하기 때문에 많이 사용된다 (Ray, 2005).

유전학 및 생명공학에서 담배는 *Agrobacterium tumefaciens* 균주를 이용하여 외부 유전자를 도입하여 그 유전자가 발현된 최초의 형질전환 식물로써 큰 의미를 가지고 있다 (De Block *et al.*, 1985; Horsch *et al.*, 1984). 현재 형질전환 된 담배를 이용한 실험논문은 205,000 건에 달한다. 모델식물로써 담배를 이용한 사례가 다수 있지만 재배되는 담배를 육종하기 위한 시도로의 연구도 다수 진행되었다. 특히 제초제 내성담배를 개발한 사례, 살충성 단백질관련 유전자가 도입된 담배 개발, 니코틴이 저감된 담배의 육성이 시도되었다 (Lee, 2004). 또한 형질전환을 통하여 카드뮴 등의 중금속이나 분해가 어려운 유기물질을 효과적으로 제거하게 만들어 식물방재 (phytoremediation)에 이용하는 연구도 진행 중이다 (Novakova *et al.*, 2009; Bi *et al.*, 2011).

바이오 에너지 제조원으로서의 담배

바이오에너지란 재생산이 가능한 생물자원을 이용한 에너지이다. 예를 들면 버를 재배하여 종자를 얻어 쌀을 생산하고 나머지 벼짚을 모아 그 속의 셀룰로오스 성분을 포도당으로 분해하여 알코올 발효시키면 에탄올을 얻을 수 있다. 이때 벼짚으로부터 얻어진 에탄올이 바이오에너지가 되는 것이다. 바이오에너지에는 바이오에탄올 이외에도 야채오일이나 동물성 지방에서 생산되는 바이오디젤 등이 있다.

담배는 다른 작물에 비해 많은 양의 바이오매스를 생산할 수 있고 (Daniell *et al.* 2001), 식량작물을 재배하기에 적당하지 않은 반 건조성 환경에서도 재배가 가능하여 바이오에너지작물로 고려되고 있다. 특히 나무담배라고 불리기도 하는 *N. glauca*

가 이러한 용도로 시도되고 있다. 우리나라에서는 담배의 형질전환 용이성을 이용하여 담배에 세포벽 성분인 셀룰로오스를 분해하는 유전자를 삽입하여 바이오매스의 수확 후 분해를 용이하게 하여 바이오에탄올을 쉽게 만드는 프로젝트가 시도되기도 하였다.

분자 농업

담배는 분자 농업 (molecular farming)에도 활용된다. 분자 농업이란 천연물을 이용하는 단계에서 한걸음 더 진보한 방법으로 외부유전자가 도입된 변형된 식물을 만들어 우리가 원하는 물질을 대량으로 만들어 내게 함으로써 식물을 바이오리액터 (bioreactor)로 활용하는 방법이다. 여기에서 식물은 재조합 단백질을 만들어내어 우리가 원하는 물질을 대량으로 생산할 수 있게 된다.

분자농업은 최근 급증하고 있는 바이오의약품의 제조에 활용이 가능하며 우리나라의 경우에도 최근 급속히 바이오의약품의 생산이 증가되고 있다. 2005 년에 1 조 1,150 억이었던 바이오의약품의 생산액이 2009 년에는 2 조 7,730 억 원으로 4 년 만에 149%나 증가하였다 (Table 2).

Table 2. Production of bio-pharmaceuticals in Korea from 2005 to 2009

| Year | Production (Billion Korean Won) | Increment rate (%) |
|-------|------------------------------------|-----------------------|
| 2005년 | 1,115 | 14.6 |
| 2006년 | 1,220 | 9.5 |
| 2007년 | 1,686 | 38.1 |
| 2008년 | 2,025 | 20.1 |
| 2009년 | 2,773 | 37.0 |

Source: Biotech Policy Research Center, 2011

분자농업은 제약에 적용하여 항체를 제조하거나 백신을 생산하는데도 활용된다. 또한 바이오연료, 감미료, 바이오플라스틱, 거미명주, 레실린 등을 만드는데도 가치가 높다. 앞에서 서술한 바와 같이 담배는 형질전환이 매우 용이하여 원하는

단백질을 생산하기에 다른 작물에 비해 쉽다는 이점을 가지기 때문에 식물분자농업에 적용하기가 매우 유용하다.

담배를 이용한 항체 생산의 대표적인 제품은 CaroRx™ 으로 치아우식증 유발균과 다른 세균성 박테리아 생성을 방지하는 항체이다. 또한 임신 호르몬을 감지하는 항체, 비호킨스성 림프종의 항체 등이 생산되었다. 또한 B형 간염에 대한 구강 Percutaneous Mitral Valvuloplasty (PMV)가 담배에서 성공적으로 생산되었다. 이 백신의 전임상 실험을 미-폴란드의 공동연구 프로젝트로 수행된 바가 있다 (Kapusta *et al.*, 1999; Ma *et al.*, 2003). 그 이외에도 *E. coli* heat-labile enterotoxin, diabetes autoantigen, cholera toxin B subunit 등이 담배에서 생산된 바 있다 (Lee, 2004).

팔라티노스(palatinose)는 자당을 대체할 수 있는 저칼로리 물질이다. 팔라티노스는 산업적으로 자당으로 변환하기 위해 *Erwinia rhapontici* 박테리아를 활용하여 효소를 생산하였고 팔라티노스가 담배에 대량으로 축적되도록 형질전환 하였다 (Bornke *et al.*, 2002).

거미명주는 거미가 분비하는 거미줄을 뜻하며 이것은 원래 길이의 130 %까지 늘어날 정도로 탄력적이며 높은 온도에서 비교적 안정적이고 방수 기능이 있다. 또한 알레르기를 유발하지 않는다는 특징을 가지고 있다. 따라서 이것을 합성할 수 있는 형질전환식물을 만들어 섬유 대량생산을 꾀하였다. 독일의 연구자들은 거미명주를 담배와 감자의 잎에 2 % 를 축적하게 하는데 성공하였다 (Scheller *et al.*, 2001; Scheller *et al.*, 2004). 또한 애기장대에서 거미명주를 축적하는데 성공하였으나 아직 섬유로 활용하는 데는 성공하지 못하였다. 이러한 사례는 축적한 단백질을 상업적으로 어떻게 이용하느냐에 따른 기술개발이 절실하다는 것을 보여준다 (Ma *et al.*, 2003; Scheller and Conrad, 2005).

이처럼 분자적 농업은 유용물질을 이용하는데 매우 용이한 점도 있지만 식물체 내에서 재조합 단백질의 낮은 발현도와 적용물질이 다음세대로 안정적으로 유전되는가에 대한 문제 그리고 정제과정을 거치지 않은 식물을 그 자체로 경구투여 했

을 때 인체의 유해성 검사 등과 같은 문제를 안고 있다. 따라서 이것들을 보완하기 위한 연구와 개발이 필요하다.

담배의 친환경적 활용

담배는 담배가 가지고 있는 독성 물질인 니코틴 때문에 해충을 구제하는데 사용되고 있다. 과수원을 운영하는 사람들은 민간요법처럼 담배와 물을 섞어서 해충을 방제하는데 사용해 왔다. 이것을 이용한 약제로써 연구자들은 열분해 방법을 이용해 담배 잎에서 살충제 성분을 활용하는 연구를 수행했다 (Schirra *et al.*, 2008). 이 공정은 진공 상태에서 담배 잎을 5 초 동안 450 °C에서 가열하면, 정제되지 않은 바이오-오일(bio-oil)이 만들어진다. 연구자들은 담배 잎에서 만들어진 바이오-오일을 11 개의 다른 곰팡이, 4 개의 박테리아, 콜로라도 감자 갑충 (*Leptinotarsa decemlineata* L.)에 사용했다. 감자 갑충은 현재 사용되고 있는 살충제에 내성이 증가하고 있어서 새로운 살충제의 필요성이 대두되는 상황이다. 담배에서 추출한 바이오-오일은 모든 갑충을 죽였으며, 2 종류의 박테리아(*Streptomyces scabies*, *Clavibacter michiganensis*)와 1종류의 곰팡이(*Pythium ultimum*)의 성장을 억제했다. 바이오-오일에서 액체-액체 추출 방법으로 니코틴을 제거한 것도 여전히 효과적인 살충제 역할을 했다. 오일이 어떤 미생물 성장은 막지만 그렇지 않은 것도 있다는 것은 담배 바이오-오일이 현재 사용되고 있는 살충제보다 더 선택적이라는 증거이다. 담배를 이용한 녹색 살충제 산업은 새로운 친환경 해충조절 약품으로 사용될 수 있다고 생각된다.

담배의 유용 성분

담배에는 알칼로이드류, 이소프레노이드류, 유기산류, 페놀류, 스테롤류 등 여러 가지 유용성분이 함유되어 있다(Table 3). 담배에 함유되어 있는 알칼로이드류는 니코틴, 노르니코틴, 아나타빈, 아나바신 등 4 종류로 재배종인 *Nicotiana* 속의 종 중에 50~60 %는 니코틴을, 30~40 %는 노르니코틴을 주 알칼로이드로 하는 반면, 아나바신은 4 종에서 주 알칼로이드로 존재한다.

Table 3. Contents of useful components of *Nicotiana tabacum*

| Chemical group | Components | Contents* | Main Cultivar |
|-------------------|---------------|------------|---------------|
| Alkaloid | Nicotine | 93.59 % | Flue-cured |
| | Anabasine | 0.55 % | Flue-cured |
| | Nornicotine | 4.76 % | Burley |
| | Anatabine | 4.16 % | Burley |
| Isoprenoid | Solanesol | 1~4 % | Burley |
| | Cembranoid | 0.23 % | Flue-cured |
| Organic acid | Linoleic acid | 0.75~1.1 % | Flue-cured |
| Phenolic compound | Rutin | 7.95 mg/g | Virginia |
| | Lignin | 4~5 % | |
| Sterol | Sistosterol | 0.88 mg/g | Virginia |

* Content is based on dry weight, Source : 석 외, 2009

알칼로이드는 천연물이나 이차대사산물의 일종으로 다양한 생물군에서 얻을 수 있다. 많은 알칼로이드는 천연 그대로 뽑아낸 것을 산염기 추출을 통해 정제가 가능하며, 약리학적 효과를 가지고 있어 의약품이나 마약 등으로 사용된다. 대표적으로 쓰이는 알칼로이드는 국소마취제이자 흥분제인 코카인과 카페인, 모르핀, 퀴닌 등이 있다 (Rosenthal *et al.*, 1979). 특히 아나바신은 체내에 과다 누적되면 심장수축, 신경전달을 감극시키는 데, 1990 년 독일 바이엘사가 살충제의 주성분으로 imidacloprid를 판매하고 있다.

담배에는 이소프로노이드류인 solanesol과 cembranoid가 함유되어 있는데 이 중 solanesol은 담배에서 중요한 이차대사산물로써 다른 작물들에서보다 담배에서 대량으로 추출이 가능하고 (Duan *et al.*, 2000) 또한, 생물체에서 다양한 영역에 작용하는 물질로써 유용 자원이며 (Zhao *et al.*, 2007) 담배의 주요 향기성분으로 보통 황색종엽에서는 1~2 %, 버어리종엽에는 1~4 %가 함유되어 있다. 또한 비타민 K나 co-enzyme Q10 과 같은 고부가가치를 지닌 물질의 원료로 사용된다.

유기산은 휘발성 유기산과 비휘발성유기산으로 구분할 수 있다. 유기산은 식품의 원료에 천연적으로 혹은 발효산물로 존재하거나 인공적으로 첨

가하는 경우가 있는데 향진균성과 항균성을 가지고 있다고 알려져 있다 (Beuchat and Golden, 1989).

또한 담배는 페놀류 성분으로 폴리페놀, 리그닌, 기타페놀류 등을 포함한다. 페놀류나 플라보노이드 성분은 천연물에 다량 포함되어 있는데 이들은 대표적인 항산화 기능을 가지는 물질이다 (Lee and Bae, 2011).

담배에서는 jasmonate 등과 같은 elicitor를 이용하여 알칼로이드류나 페놀류의 함량을 증가시킬 수 있어서 유용성분을 경제적으로 획득할 수 있다 (Keinanen *et al.*, 2001).

담배게놈의 연구

미국 노스캐롤라이나주립대학과 필립모리스 (Philip Morris, USA) 사에서 공동 연구된 담배의 게놈프로젝트가 2008 년 완료되었다. 담배의 게놈은 인간게놈의 1.5 배에 달하는 약 45 억개의 염기서열을 이루고 있으며 이러한 담배 게놈의 연구는 가지과 식물의 연구에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

기존에 많은 비용과 시간이 소요되었던 염기서열분석(sequence analysis)은 real time sequencing 과 같은 제 3세대 염기서열 결정기술 (3rd genera-

tion sequencing platform)이 상용화됨에 따라 비용과 소요시간이 단축되었다. 이러한 기술의 발전으로 인해 담배게놈 뿐 아니라 post-genomic 연구를 통하여 담배의 대사공학적 변형을 통한 생물공장으로써의 활용도가 높아질 것으로 생각된다.

결 론

담배는 가지과 식물로써 식물체내에 함유하고 있는 니코틴을 이용하기 위하여 현재는 기호품인 켈런담배의 주원료로 사용되고 있으나 관상 목적인 화훼작물이나 식물생명공학용 모델식물로써의 활용에 대한 연구가 끊임없이 이루어지고 있다. 특히 바이오 에너지의 제조원으로써나 분자농업에서 담배의 가치는 이미 많은 연구자들에 의해 높이 평가되고 있다. 이는 담배가 가지고 있는 성분들의 이용 가능성 때문인데 그 중 알칼로이드류는 담배속 식물에 특이적으로 다량 함유되어 있다. 또한 담배가 가지는 형질전환의 용이성은 담배로부터 본문에 언급한 유용물질을 얻는데 큰 이점이 될 것이며 최근 밝혀진 담배게놈을 활용한다면 담배속 식물의 이용도를 한층 높일 수 있을 것이다. 따라서 이를 위해 담배의 유전자원을 계속적으로 수집하고 보존하며 지속적으로 이용분야를 연구해야 할 것이다.

감사의 말씀

이 논문은 2011년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

Beuchat, L. R. and Golden, D. A. (1989) Antimicrobials occurring naturally in foods. *Food Technol.* 43: 134-142.

Bi, R., Schlaak, M., Siefert, E., Lord, R. and Connolly, H. (2011) Influence of electrical fields (AC and DC) on phytoremediation of metal polluted soils with rapeseed (*Brassica napus*) and tobacco (*Nicotiana tabacum*).

Chemosphere 83: 318-326.

Bornke, F., Hajirezaei, M. and Sonnewald, U. (2002) Potato tubers as bioreactors for palatinose production. *Journal of Biotechnology* 96: 119-124.

Daniell, H., Streatfield, S.J. and Wycoff, K. (2001) Medical molecular farming: production of antibodies, biopharmaceuticals and edible vaccines in plants. *Trends plant Sci.* 6: 219 - 226.

De Block, M., Schell, J. and Van Montagu, M. (1985) Chloroplast transformation by *Agrobacterium tumefaciens*. *The EMBO Journal* 4: 1367-1372.

Duan, W., Chen, X. and An, X. (2000) Methods of extract in solanesol from tobacco. *J. Chem. Ind. Forest Products* 34: 21 - 25. (In Chinese)

Horsch, R. B., Rogers, S. G. and Fraley, R. T. (1984) Transgenic plants. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* 50: 433-437.

Kapusta, J., Modelska, A., Figlerowicz, M., Pniewski, T., Letellier, M., Lisowa, O., Yusibov, V., Koprowski, H., Plucienniczak, A. and Legocki, A. B. (1999) A plant-derived edible vaccine against Hepatitis B virus. *FASEB J* 13: 1796 - 1799.

Keinanen, M., Oldham, N.J. and Baldwin, I.T. (2001) Rapid HPLC screening of jasmonate-induced increases in tobacco alkaloids, phenolics, and diterpene glycosides in *Nicotiana attenuata*. *J Agric. Food Chem.* 49: 3553-3558.

Lee E. J. and Bae, J. H. (2011) Study on the alleviation of an alcohol induced hangover and the antioxidant activity by mulberry fruit. *Korean J. Food & Nutr.* 24: 204-209.

Lee, Y. (2004) Tobacco biotechnology: The present and the future. *Research Report of the Tob. Res. Inst.* 19: 35-42.

- Legg, P. D., and Smeeton, B. W. (1999) Breeding and genetics. pages 32-48 in: Tobacco production, chemistry and technology. D. L. Davis, and M. T. Nielsen, eds. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Ma, J. K. C., Drake, P. M. W. and Christou, P. 2003, The production of recombinant pharmaceutical proteins in plants. *Nature Reviews Genetics* 4: 794-805.
- Novakova, M., Mackova, M., Chrastilova, Z., Viktorova, J., Szekeres, M., Demnerova, K. and Macek, T. (2009) Cloning the bacterial bphC gene into *Nicotiana tabacum* to improve the efficiency of PCB phytoremediation. *Biotechnol. Bioeng.* 102: 29-37.
- Ray, D. E. (2005) Is bio pharming tobacco a pipe dream? *Mid-America Farmer Grower* Vol 22, No 25.
- Rosenthal, G. A., Janzen, D. H. and Applebaum, S. W. (1979) of spider silk proteins in tobacco and potato. *Nature Biotechnology* 19: 573-577.
- Scheller, J., Henggeler, D., Viviani, A. and Conrad, U. (2004) Purification of spider silk-elastin from transgenic plants and application for human chondrocyte proliferation. *Transgenic Res.* 13: 51-57.
- Schirra, H. J., Anderson, M. A. and Craik, D. J. (2008) Structural refinement of insecticidal plant proteinase inhibitors from *Nicotiana glauca*. *Protein Pept. Lett.* 15: 903-909.
- Scheller, J. and Conrad, U. (2005) Plant-based material, protein and biodegradable plastic. *Current Opinion in Plant Biology* 8: 188-196.
- Scheller, J., Guhrs, K.-H., Grosse, F. and Conrad, U. (2001) Productionenetic engineering for cut-flower improvement. *Biotechnology Advances* 16: 33-79.
- Tanaka, Y., Katsumoto, Y., Brugliera, F. and Mason, J. (2005) Genetic engineering in floriculture. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 80: 1-24.
- Zhao, C., ZU, Y., LI, C. and Tian C. (2007) Distribution of solanesol in *Nicotiana tabacum*. *Journal of Forestry Research* 18: 69 - 72.
- Zuker, A., Tzfira, T. and Vainstein, A. (1998) GHerbivores: Their interaction with secondary plant metabolites. *Academic Press*, p. 41.
- 보건복지부 (2011) 흡연실태조사결과보고서.
- 생명공학정책연구센터 (2011) 생명공학주요 통계 자료모음집 제147권 p. 129.
- 석영선, 강광원, 강여규, 고동균, 관대근, 락재진 등 (2009) 담배과학. 한국연초학회.
- 엽연초협동조합중앙회 (2011) 엽연초생산협동조합 사 II.