

식량안보시리즈 제 8 권

# 21세기 구원투수 고구마

곽상수, 박성철, 이준설 공저



도서출판 식안연



# 21세기 구원투수 교구마

곽상수, 박성철, 이준설 공저

한국식량안보연구재단(www.foodsecurity.or.kr)

본 재단은 세계적인 식량위기 상황을 분석하고 평가하여 우리나라 식량안보에 미칠 영향을 미리 예측하고, 이에 대비하기 위한 국가적 정책개발과 국민 의식개혁 운동을 선도하기 위해 2010년 4월 설립된 순수 민간 연구기관이다. 재단은 안정적인 식량공급을 위해 농어업과 식품산업이 식량공급의 주체가 되는 새로운 식량정책의 개발에 힘쓰고 있다. 특히 식품산업의 식량안보적 기능을 강화하고, 식품산업이 사회적 책임을 다하도록 노력하고 있다. 재단은 독지가들의 후원금을 모아 식량안보에 관한 학술활동을 지원하며 출판사업과 관련 자료를 수집하고 공유하는 일을 하고 있다. 재단은 식량자급실천 국민운동 추진본부로서 식량부족의 위험이 없는 사회를 다음세대에 물려주기 위한 국민실천운동을 전개하고 있다. 도서출판 식안연(食安研)은 재단의 출판사업을 수행하고 있다.

## 21세기 구원투수 **고구마**

인쇄 2017년 6월 20일  
발행 2017년 6월 23일  
발행인 이철호(한국식량안보연구재단)  
발행처 도서출판 식안연  
주소 서울시 성북구 안암로 145, 고려대학교 생명과학관(동관) 109A호  
전화 02-929-2751  
팩스 02-927-5201  
이메일 foodsecurity@foodsecurity.or.kr  
홈페이지 www.foodsecurity.or.kr  
편집인쇄 한림원(주) <http://www.hanrimwon.com>

ISBN • 979-11-86396-42-1

정가 12,000원

• 이 책의 무단 전재 또는 복제를 금합니다.

전자책 발행일 2017년 7월 10일

21세기 구원투수 **고구마**

---







### 고구마, 최고의 식량자원으로 등장하다

고구마는 글로벌 기후변화시대, 고령화시대, 국제 식량수급 불안정 속에서 인류가 당면한 식량문제뿐만 아니라 노령화문제 등 제반문제의 해결사로 부상하고 있다. 특히 고구마는 전분작물 가운데 척박한 토양에서 가장 높은 수량을 보장하는 친환경 작물로 평가되고 있다. 60년대 보릿고개 시절에 배고픔을 해결해주고 겨울철 간식으로 여겨 온 고구마가 21세기 보릿고개를 극복하고 고령화시대의 최고식품과 기후변화에 대응에 적합한 글로벌 구원투수로서의 역할을 할 것으로 기대된다.

유엔 식량농업기구(FAO)는 2050년 세계 인구가 약 91억 명(아시아 51억, 아프리카 19억)으로 늘어날 것이며, 식량수요는 지금의 1.7배가 될 것이며 에너지는 3~5배 필요할 것으로 전망했다. 현재 우리나라 곡물자급률(사료용 곡물 포함) 24%는 국가 식량안보를 크게 위협하는 수준이며 특단의 조치가 요구된다. 세계 주요 곡창지대의 기상이변은 글로벌 식량수급에 영향을 줄 뿐만 아니라 농산물 가격 폭등을 불러오고, 나아가 세계적 애그플레이션(농산물 값 급등으로 인한 물가 상승)을 초래하고 있다. 문제는 세계적인 기상이변의 예측이 점점 더 어려워지는 가운데 그 발생 빈도가 잦아지고 규모도 커질 수 있다는 점이다. 세계 식량수급에 문제가 생기면 돈을 쌓아 놓고도 식량을 사오기 힘들

---

어 질 수 있다. 자칫 식량무기화에 휘둘릴 수 있다. 문제는 우리다.

한국은 60년대 곡물자급률 약 90%에서 2014년 24%대로 떨어졌다. 곡물자급률이 푹 떨어진 가장 큰 이유는 소득이 증가하면서 우리의 식생활 패턴이 식물성 단백질에서 동물성 단백질 섭취로 바뀐 것이다. 소고기 1kg을 생산하기 위해서는 수입하는 곡물을 7kg이상 먹여야 한다. 돼지고기와 닭고기는 사료용 곡물이 각각 4kg과 3kg이 필요하다. 두 번째 이유는 산업화와 도시화로 인한 농경지 훼손이다. 1970년 농지면적 약 230만ha가 현재 약 170만ha로 크게 감소하였다. 농경지가 산업단지와 주택단지 조성, 도로 건설 등으로 사라진 셈이다. 현재도 매년 약 2만ha의 옥토가 콘크리트로 덮여지고 있다. 곡물자급률 하락은 쉬워도 1% 올리는 것은 많은 비용과 노력이 필요하다. 과연 우리농지만으로 식량안보를 지킬 수 있는지 생각해볼 필요가 있다.

우리와 식생활 문화가 비슷한 14억 명의 중국도 소득이 증가하면서 고기소비량이 늘고 산업화와 도시화로 농지훼손이 심각하다. 식량, 에너지, 환경문제를 심도 있게 전망하는 월드워치연구소(현, 기후정책연구소) Lester Brown박사는 1995년 “Who will feed China ?” 보고서를 발행한바 있고 중국은 2004년부터 식량수입국가로 전락하여 엄청난 양의 식량을 폭풍흡입하고 있다. 중국은 2015년 한해에 우리나라 1년 전체 곡물 2,000만 톤의 몇 배에 해당하는 옥수수를 7,500만 톤을 수입하였다.

우리나라 곡물자급률은 경제협력개발기구(OECD) 회원국 가운데 최하위이다. 우리와 사정이 비슷한 일본은 해외 농업투자를 통하여 자국 농경지면적의 3배 수준인 1200만ha를 확보하였으며, 일본 종합상사는 해외 곡물생산업체와 계약재배 등을 통해 정상적인 수입망을 확보하고 있다. 국제 식량수급 불안정 속에서 국가 식량안보 구축을 위한

---

대안은 무엇인가? 일차적으로 국내토지에 지속가능한 농업을 위해 적합한 다수확 품종과 재배법을 구축하는 것이다. 그러나 국내농지만으로 만족할 만한 식량자급률을 제고시키는 것은 현실적으로 불가능하므로 해외농업도 적극적으로 구축할 필요가 있다.

이러한 국제 식량수급 불안정 속에서 국가가 당면한 식량안보 구축의 해결사로 고구마가 주목을 받고 있다.

첫 번째로 고구마는 단위면적당 탄수화물을 가장 많이 생산하는 전분작물이다. 일본 농림수산성은 단위면적당 인구부양능력이 고구마가 가장 높다고 평가하였다. 고구마는 옥수수에 비해 부양능력이 약 3.9배 높다. 2008년 미농무부(USDA)는 고구마가 전분작물 가운데 가장 많은 탄수화물을 생산하며 식량수급에 영향을 주지 않는 조건 불리지역에서 최고의 바이오에너지작물이라 평가하였다. 고구마는 텅이뿌리 뿐만 아니라 잎, 줄기도 모두 채소와 사료로 이용될 수 있다.

두 번째로 고구마는 최고의 건강식품으로 재평가 되고 있다. 2007년 미국공익단체(CSPI)가 고구마를 최고의 건강식품중 하나로 선정하였다. 고구마는 질병과 노화를 방지하는 항산화물질이 많은 식품이며 식이섬유를 많이 함유하고 있어 변비, 대장암 예방뿐만 아니라 혈당을 서서히 올리기 때문에 당뇨환자와 비만환자에게 권하는 탄수화물식품이다. 또한 고구마는 칼륨(K) 함량이 높아 혈압상승에 영향을 주는 나트륨을 배출하는 효과도 있다. 즉 고구마는 현대사회의 3대 질병인 암, 당뇨, 혈압에 도움이 되는 고령화시대의 최고의 식량작물이 될 수 있다.

세 번째로 고구마는 척박한 토양에 가장 많은 수량을 보장하는 친환경 전분작물이다. 고구마는 재배시 화학농약과 비료를 적게 요구하고 물 이용효율과 토양유실 면에서 가장 유리한 친환경 전분작물이다. 특히 장마기간에 토양을 피복하므로 토양유실을 최소화하면서 가을철 태

---

풍에도 가장 견딜 수 있는 작물이다. 고구마는 사막화 건조지역, 해안 고염분지역, 폐광산 오염지역 등 글로벌 조건 불리지역(marginal land)에 가장 수량을 보장하는 전분작물로서 기후변화에 대응하는 우수한 작물로 평가된다.

네 번째로 고구마는 열대지역에서 고위도 온대지역까지 재배가 가능하다. 고구마는 서리가 내리지 않는 기간(무상일수)이 4개월이면 어느 곳에서나 재배가 가능하다. 오히려 위도가 높을수록 수량이 높을 수 있다. 고위도지역은 병충해 발생이 적고 덩이뿌리 비대기인 가을철 밤낮의 온도차가 심해 낮 동안에 이루어진 광합성 산물이 야간에 뿌리로 이동하는 특징이 있기 때문이다.

빌게이즈재단은 최근 아프리카의 기근과 영양문제를 해결하기 위하여 “유전체 기반 고구마의 육종프로젝트”를 지원하고 있다. 세계 고구마 재배면적의 약 42%를 차지하는 아프리카의 평균 고구마 생산수율(ha당 약 5톤)은 아시아 평균(약 20톤)의 25%밖에 되지 않기 때문에 생명공학기술을 이용하여 고구마 생산성을 크게 향상시키는 아프리카용 신품종 개발과 합리적인 재배법 보급이 매우 시급하다.

고구마는 중요성에 비해 선진국에 중요시하는 밀, 옥수수, 대두와 같은 주요작물에 비해 연구개발이 매우 뒤쳐져 있다. 이제라도 첨단 생명공학기술을 이용하여 건조한 사막화지역, 염분이 많은 연안지역, 중금속으로 오염된 지역 등 농사짓기 힘든 한계농지에 잘 자라며 고부가가치 소재를 생산하는 산업용 고구마를 개발한다면, 인류가 당면한 식량문제, 에너지문제, 환경문제의 상당부분을 해결하는 데 기여할 수 있을 것이다. 21세기 글로벌 구원투수 고구마의 등극을 기대한다. 특히 동북아시아 사막화지역, 중앙아시아 등 척박한 토양은 농지가 부족한 우리에게는 블루오션을 개척할 수 있는 기회의 땅이 될 수 있다.

---

이러한 관점에서 이 책에서는 고구마의 특징, 생산현황 등을 재조명하고 고구마의 미래에 대해서 전망하고자 한다. 끝으로 이 책을 발간할 수 있도록 배려를 해 주신 한국식량안보연구재단 이철호 이사장님과 추천사를 써주신 목일진 박사님께 감사드립니다.

2017년 5월

농학박사 **곽상수**

(한국생명공학연구원 식물시스템공학연구센터 책임연구원)

---



60년대에는 쌀과 함께 고구마가 우리나라 식량공급에 있어 중요한 위치를 차지하였다. 경제사정이 나아짐에 따라 사료용 옥수수가 수입되고 밀의 수입량도 증가하였다. 그 당시에는 고구마를 잡곡처럼 밥을 지을 때 섞기도 하고 삶거나 찌서 식사대용으로 먹었다. 특히 겨울이면 길거리에 군고구마 파는 노점상이 흔했고 어린 아이 모두 간식으로 즐겨 먹었다. 정부에서는 농협을 통해 말린 고구마(절간고구마)를 수매하여 전분과 주정으로 가공하였기 때문에 가을이면 시골, 특히 섬마을의 농가지붕 위에는 고구마 절편을 말리는 모습이 장관이었다. 그러나 90년대 들어 절간고구마의 수매가 중단되면서 재배면적이 급격히 줄었다. 소비방안을 강구하지도 않고 행한 급격한 정책변화는 농민들만 피해를 입게 된다. 지금은 소비량과 생산량이 많이 줄어들었지만 부자들이 고구마를 먹는 시절이 되었다.

국내외 언론은 고구마가 기능성 다이어트 식품으로 건강에 매우 좋은 것으로 앞 다투어 홍보하고 있다. 특히 타임지는 여러 차례 식품으로써 고구마의 우수성에 대해 기사를 내어놓고 있다. 많은 연구기관에서 발표한 자료를 종합하면 비타민A와 C, 무기염류의 함량이 높을 뿐 아니라 식이섬유도 풍부하여 각종 성인병의 예방에 도움을 준다고 한다. 또한 약 20%에 달하는 고품질 전분이 체내에서 서서히 분해되면서 혈류 내의 급격한 당 함량 변화를 억제한다고 한다.

국내 소비는 서서히 증가추세로 돌아섰지만 생산은 늘지 않고 있다.

---

절간고구마 시절에는 생산물의 크기나 모양이 소비의 호불호를 가리지 않는 않았다. 그러나 이제는 작고 예쁜 고구마만 찾는 시대가 되었다. 크기가 작아야 익히기 편하기 때문이다. 전자레인지 사용하 여 굽거나 찌기 때문이다. 재배방법도 많이 달라져 고구마 생산은 대규모 자본 집약적인 형태로 바뀌었다. 아직도 완전 기계화가 이루어지지 않은 탓에 묘를 심을 때는 많은 인력을 동원할 수 있는 능력이 필요하다. 또한 수확 후 큐어링과 수개월의 장기저장 시설이 필요하다.

그러나 고구마는 다른 작물, 특히 감자에 비하면 병충해가 적고 종묘의 생산이 한결 편하다. 김정일이 북한을 통치하던 시절 식량부족을 메우기 위해 감자재배에 총력을 기울였다. 당시 감자중서 생산을 돕기 위해 여러 차례 북한을 방문한 적이 있었다. 그 때마다 농업관련 기관장들에게 고구마 재배를 적극적으로 권했고 그들도 식량작물로서 고구마의 가치를 인정했지만 유일체제에서는 어쩔 수 없었던 모양이다.

고구마는 이제 좋은 식품이라는 단순하고 중요한 발판 위에 새로운 도약을 하고 있다. 빌 게이츠 재단에서는 아프리카의 식량부족을 해결하는데 고구마를 활용하기 위해 국제감자연구소(CIP), 미국 노스캐롤리나 대학 등의 연구기관에 많은 연구비를 지원하고 있다. 곡물에는 비타민A가 부족하고, 아프리카의 대부분 지역에서는 기후가 채소재배에 적합하지 않아 실명의 위기에 처한 어린이들이 많기 때문이다. 빌 게이츠 재단이 고구마에 주목하는 또 다른 이유는 건조 등 척박한 환경에서도 재배가 비교적 쉽고 최소한의 비료와 농약으로 재배할 수 있는 저투입 생산 작물이기 때문이다. 이러한 장점으로 NASA에서도 달이나 화성기지, 장거리 우주여행선 내의 식량조달에 활용할 수 있는 작물로 선정하고 연구를 수행하고 있다.

곡물자급률이 24%에 불과한 우리 형편에서 이제 식량문제를 전략

---

적으로 검토해야할 시점이 이미 지났다는 생각이다. 한시바빠 식량생산 및 확보 방안을 강구해야 할 것이다. 더불어 미래의 산업원료로서 전분의 중요성은 이미 충분히 인식되고 있다. 유럽에서는 이미 바이오생분해성 플라스틱이 확대 보급되고 있다. 식량, 산업원료 및 에너지의 중심에는 친환경 물질인 전분이 대세로 떠오르고 있다.

이러한 시점에 이 책의 출간은 고구마의 작물로써의 장점을 최대한 활용할 뿐만 아니라 미래 원료작물로 부각하는 기폭제 역할을 할 것이라 믿는다. 고구마의 특성, 육종, 재배, 이용과 미래의 청사진까지 제시한 이 책은 옛 작물을 다시 활용하는 온고지신(溫故知新)이고, 미래에 대비하는 처변불경(處變不驚)의 지혜가 될 것이라 확신한다. 농업행정이나 해외농업에서 일하시는 분들은 제5장 (고구마의 미래)을 꼭 읽어 보도록 권하고 싶다. 고구마가 진정한 “21세기의 구원투수”임을 알게 될 것이다.

2017년 5월

농학박사 **목 일 진**

(전 농촌진흥청 원예연구소 소장, 전 CIP 아시아담당 책임연구원)

---



**I 고구마의 특성 17**

1. 식물형태와 영양성분 .....	18
가. 뿌리형태 .....	18
나. 영양성분 .....	20
2. 기원과 전파 .....	23
가. 기원과 전파 .....	23
나. 한국의 도입 .....	26
다. 재배확산 .....	28
3. 고구마 생산현황 .....	31
가. 세계 생산현황 .....	31
나. 한국의 생산현황 .....	33
다. 한국의 주요품종 .....	33
4. 고구마의 과학적 재발견 .....	36
가. 최고의 건강식품 .....	36
나. 최고의 에너지작물 .....	39
다. 최고의 부양능력 .....	40

**II 고구마 육종 43**

1. 교배육종 .....	43
가. 유전자원 .....	44
나. 교배육종을 위한 인공개화 .....	47
다. 인공교배 .....	48

2. 고구마 품종선발 .....	50
가. 실생개체 선발시험 .....	50
나. 계통 선발시험 .....	50
다. 지역 적응시험 .....	51
라. 품종의 선택 .....	52
3. 분자육종법 .....	54
가. 조직배양과 무병묘 생산 .....	54
나. 고구마 형질전환 .....	57
다. 고구마 분자육종 사례 .....	62
라. 보통 고구마가 자연 GMO인가? .....	64

### III 고구마의 재배 67

1. 육묘와 정식 .....	69
가. 육묘 .....	69
나. 씨고구마 선택 .....	70
다. 정식 .....	71
라. 비닐멀칭 재배 .....	75
2. 비료와 퇴비 .....	78
가. 비료 .....	78
나. 퇴비 .....	82
3. 재배 및 병충해 관리 .....	83
가. 일반 재배관리 .....	83
나. 병해충 관리 .....	85
4. 수확 및 저장 .....	87
가. 수확 .....	87
나. 수확 후 관리 .....	89
다. 저장 관리 .....	93

---

## IV 고구마 이용 97

1. 식품용 .....	99
가. 식품용 .....	99
나. 채소용 .....	101
2. 사료용 .....	105
3. 산업용 .....	106
가. 전통 산업소재 .....	106
나. 신기능 산업소재 .....	107
4. 가정에서 저장관리와 먹는 방법 .....	108
가. 저장관리 .....	108
나. 먹는 방법 .....	109

## V 고구마의 미래 113

1. 국내의 식량수급 현황 및 대응전략 .....	113
가. 국내외 식량수급 현황 .....	113
나. 글로벌 조건 불리지역에 도전 .....	115
2. 21세기 구원투수 고구마 .....	118
가. 고구마 기축전분 도전 .....	118
나. 고부가가치 생체반응기 개발 .....	120
다. 바이오화학소재 생산 .....	121
3. 해결할 당면과제 .....	124
가. 우수품종 개발 .....	124
나. 적정 재배기술 확립 .....	126
다. 최적 저장기술 확립 .....	127
라. 다양한 제품개발 .....	127
마. 시장개척 .....	128

---

4. 전망과 정책방향 .....	129
가. 전망 .....	129
나. 정책방향 .....	131

**VI 부 록** 137

■ 한중일고구마연구협의회(TRAS) 소개 .....	137
■ 국가과학기술연구회 고구마 융합클러스터 소개 .....	140
■ 고구마에게 바치는 노래 .....	143
■ 고구마 참고문헌 .....	146

---



고구마[*Ipomoea batatas*(L.) Lam]는 나팔꽃과 같은 메꽃과 (Convolvulacea)에 속하며, 세계 7대 식량작물로 꼽힌다. 고구마는 서리가 내리지 않는 기간이 적어도 120일 이상이면 어느 곳에서도 재배되기 때문에 열대에서 온대지역까지 광범위하게 재배된다.

고구마는 식량뿐만 아니라 가축사료, 전분 등 각종 산업소재로 사용된다. 고구마 전분은 소주의 주정(酒精), 냉면과 당면의 재료, 바이오에탄올의 원료로 이용된다. 단위면적당 부양인구 능력은 벼나 옥수수 등 다른 작물보다 월등히 높다. 척박한 토양에서도 비교적 잘 자라며 농약과 비료가 많이 필요하지 않다.

고구마는 태풍, 폭우 등 자연재해에 강한 식물이다. 토양을 덮고 자라기 때문에 장마에 의한 토양유실도 최소화할 수 있다. 이러한 특성으로 농업기반이 약한 가난한 나라나 전쟁이 잦은 나라에서 구황작물로 많이 재배돼 왔다.

특히 고구마는 대충 심어도 잘 자란다는 특징이 있다. 일각에서는 미국이 막강한 군사력을 가지고도 베트남 전쟁에서 패한 이유가 베트남 사람의 성실성과 고구마 때문이라고 말하기도 할

정도다. 전쟁 중에 벼는 공격을 받기 쉬워 재배가 어렵지만, 고구마는 산간지역에서도 대충 심어도 어느 정도 수량을 보장하기 때문이다. 감자를 주로 재배하는 유럽과 북미에서는 거의 재배되지 않고 있다. 고구마는 얼마 전까지만 해도 개발도상국가의 가난한 사람이 먹는 구황작물 정도로 여겨 선진국에서 관심이 적었다. 그러나 최근 고구마는 선진국 연구그룹에 의해 최고의 건강식품으로, 식량수급에 영향을 주지 않는 척박한 토양에서 바이오에탄올을 생산할 수 있는 최고의 산업식물로 재평가되고 있다. 고구마는 21세기 식량문제 해결에 도움이 되는 글로벌 구원투수로 등급이 기대된다.

## 1. 식물형태와 영양성분

### 가. 뿌리형태

고구마는 대표적인 뿌리작물로 뿌리는 실뿌리(세근, fibrous roots), 굳은 뿌리(경근, pencil roots), 저장뿌리(괴근, storage roots)로 구분할 수 있다(그림 I-1). 고구마는 실뿌리가 비대하여 저장뿌리를 형성하는 특징을 이용하면 천장에 매달려 있는 화분에서 저장뿌리를 형성할 수 있다(그림 I-2). 줄기를 화분토양에 묻어두면 줄기마다에서 실뿌리가 형성되어 토양에서와 같이 저장뿌리가 만들어 진다.

고구마 꽃은 고온 단일조건, 특히 위도가 북위 27° 이남에서

## I. 고구마의 특성

개화하기 쉽다. 이러한 특성으로 우리나라에서는 고구마 꽃은 보기가 쉽지 않으나 드물게 개화성이 강한 품종에서는 꽃을 피운다.

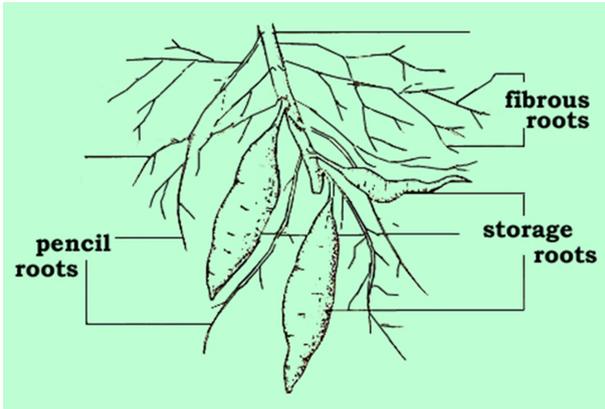


그림 I-1 고구마의 뿌리 형태와 꽃<sup>1)</sup>

1) Huaman, Z., Systematic Botany and Morphology of the Sweetpotato Plant, International Potato Center(CIP)(1992)



그림 1-2 천장에 매달린 고구마

## 나. 영양성분

고구마는 덩이뿌리의 영양가는 에너지 공급원인 탄수화물 함량이 가장 많고 단백질, 지방, 식이섬유, 칼륨, 인, 철, 회분 등이 골고루 들어 있으며 찢고구마와 군고구마에서는 열량이나 기타 영양분이 생고구마보다 높아 고구마는 가공을 하면 영양분이 상승하는 특성이 있다(표 I-1). 고구마 전분은 열량이 336kcal로 높다.<sup>1)</sup>

1) 이준설 등, 고구마 재배, 표준영농교본-28(개정판), 농촌진흥청(2006)

표 I-1 고구마의 영양조성(100g당 수치)

구분	수분 (%)	열량 (kcal)	탄수 화물 (g)	단백 질 (g)	지방 (g)	식이 섬유 (g)	칼륨 (mg)	인 (mg)	철 (mg)	회분 (g)
생고구마	70	111	26.1	1.5	0.3	3.9	32	39	0.7	-
찐고구마	71	114	26.3	1.7	0.4	2.4	32	47	0.7	1.0
군고구마	64	141	32.5	2.1	0.5	-	40	58	0.9	1.2
고구마 전분	12	336	79.2	2.4	0.7	-	70	98	3.2	2.7

고구마 단백질에는 어린이 생장에 중요한 라이신을 포함하여 필수 아미노산이 균형 있게 포함하고 있다. 비타민A, 비타민C의 함량도 풍부하여 고구마 100g를 섭취하면 하루 요구량을 공급할 수 있다.

고구마 잎, 잎자루 및 어린 줄기도 영양가가 풍부하여 오래전부터 요리나 가축사료로 이용하고 있다. 고구마 잎은 칼슘, 철, 아연 등이 풍부하고 필수 아미노산도 골고루 포함하고 있다. 특히 고구마 잎에는 쌀에 결핍하기 쉬운 비타민B2를 비롯하여 베타카로틴, 비타민C, 엽산 등이 풍부하다.

고구마의 유용성분은 의약적으로도 중요한 약리활성을 가지고 있다. 고구마는 비타민C, 비타민E를 비롯한 다양한 항산화물질이 많아 노화방지 및 질병예방에 탁월함이 밝혀지고 있다. 고

구마에 함유되어 있는 양질의 식물성 섬유와 고구마의 하얀 유액 성분인 알라틴은 변비예방 뿐만 아니라 장운동을 촉진시켜 대장암 예방에도 좋다. 식이섬유는 고구마를 먹었을 때 혈당을 천천히 올리기 때문에 당뇨병자와 비만한 사람에게 좋은 곡물이다. 고구마에 많이 함유된 칼륨은 혈압을 내리고 스트레스를 줄이며 피로를 막는 작용을 한다. 고구마는 현재 3대 질병으로 말하는 암, 당뇨, 혈압 예방에 도움이 되는 최고의 건강식품으로 각광받고 있다.

## 2. 기원과 전파

### 가. 기원과 전파

고구마의 원산지는 중앙아메리카로서 멕시코 유카탄반도와 남미 베네주엘라 오리노코강 하구이역 사이로 알려져 있다. 고구마의 재배는 8000-10000년 전으로 거슬러 올라갈 수 있으나 2000년 전부터 이 지역에 일반적으로 재배가 확산되었을 것으로 추정된다.<sup>1)</sup>

고구마가 전 세계에 전파하게 된 것은 15-16세기 스페인과 포르투갈 항해자들이 이를 가져다 동남아시아와 태평양 일대에 소개한 것으로 알려졌다.

특히 신대륙 발견으로 유명한 콜럼버스가 1492년 신대륙을 발견하고 스페인으로 귀환할 때 옥수수, 담배 등과 함께 고구마를 서부유럽에 처음으로 소개돼 일부 남부유럽지역에서만 재배됐다. 이후 1565년 스페인이 필리핀을 식민지화하면서 선원들에 의해 비상식량으로 가져왔던 고구마가 필리핀으로 전파됐다 (그림 I-3).<sup>2)</sup>

---

1) Woolfe, I.A., Sweetpotato. An untapped food resource. Cambridge University Press, UK, pp. 118-187(1992)

2) 곽상수, 고구마를 조선 팔도에 퍼뜨려라, 과학동아 10월호, 98-103(2013)

명나라 상인 진진용(陳振龍)은 1594년 필리핀을 방문해 고구마를 보고 중국 남부지방 복주(福州)지방으로 도입하였다. 이후 중국은 세계 최대의 고구마 생산지로 자리를 잡게 된다.

일본으로 전파된 것은 1601년으로 추정된다. 일본 류큐(현재 오키나와)에서 명나라로 사신으로 간 노쿠니 쇼칸(野國總管)이 고구마를 식량 사정이 어려운 류큐지방에서 재배하면 좋겠다고 판단하고 수입을 했다. 1612년 류큐에서 널리 재배되고 있던 고구마는 규수 사츠마지방으로 퍼져나갔다. 일본에서는 고구마를 지금도 ‘사츠마이모’로 부른다. 이후 규수 가고시마에서 널리 재배되어 나가사키로 전해지고 관서지방, 관동지방으로 전해졌다. 고구마가 대마도로 들어온 것은 1715년이다.



그림 1-3 고구마 전파경로 및 고구마 재배지도

### “유전분석을 통한 고구마 전파경로 재해석”

고구마가 세계로 퍼진 경로에 대해서는 콜럼버스가 전파한 경로인 바타타(Batatas) 루트 이외에도 2가지가 더 있다고 보고되었다.<sup>1)</sup> 폴리네시아인들을 거쳐 확산됐다는 것으로 카모테(Kamote) 루트, 쿠마라(Kumara) 루트 등 두 가지 경로가 있다. 카모테 루트는 16세기 이후 스페인사람에 의해 멕시코에서 하와이, 괌, 필리핀으로 전파됐다는 모델이다. 다른 하나는 콜럼버스 이전부터 남미 페루에서 이스터섬, 뉴질랜드, 화와이로 전파하여 폴리네시아, 뉴기니아 등으로 전파됐다는 쿠마라 루트다.

최근 프랑스 국제농업협력연구센터 연구에 따르면 콜럼버스가 고구마 확산에 중요한 역할은 한 것은 사실이지만, 이미 폴리네시아인을 통해 아시아로 고구마가 전해졌다는 증거가 나오고 있다. 연구팀은 오래된 고구마 표본과 현재 고구마의 첨단 유전체를 분석해 근대 이전에 폴리네시아 사람들이 남미 사람들과 접촉했을 가능성을 제기했다.

요컨대, 1000-1100년경 폴리네시아 사람들이 남미에서 고구마를 가져다가 태평양 일대에 퍼뜨리고, 16세기 이후 스페인사람들은 멕시코 서부에서, 포르투갈 사람들은 캐리비안 동쪽에서 각각 고구마를 가져다 유럽에 공급해 현재의 고구마가 만들어졌다는 설명이다.

1) Roullier, C. et al., Historical collections reveal patterns of diffusion of sweetpotato in Oceania obscured by modern olant movements and recombination, PNAS, 110: 2205-2210(2013)

## 나. 한국의 도입

고구마가 우리 민족의 배고픔을 달래준 것은 아주 오래 전은 아니다. 고구마는 우리나라 자생식물이 아니고 약 250년 전 부산 동래 지역을 통해 들어왔고, 점차 전국으로 확산되면서 감자, 옥수수와의 함께 대표적인 구황작물(救荒作物)로 자리매김했다.

영조 39년인 1763년 10월 초 조엄(趙儼, 1719-1777)이 조선정사로 조선통신사를 이끌고 일본으로 떠나면서 첫 기항지인 대마도에서 눈이 번쩍 뜨이는 ‘물건’으로서 고구마를 목격한다. 당시 조선은 흉년으로 인해 극심한 어려움을 겪고 있었다. 조엄은 공리공론보다 실질적인 산업경제에 관심이 많았던 목민관이였다. 대마도는 산이 많고, 토양도 척박해 곡식 재배가 잘 안 되는 곳이라 대부분의 식량을 우리나라와 일본 본토에서 들여왔던 곳이다. 일본은 이미 1600년대에 중국에서 고구마를 들여와 재배를 시작했고, 대마도에서도 식량 자급을 위해 정책적으로 고구마를 심었다.<sup>1)</sup>

조엄은 재배가 쉬운 고구마를 접하고 배를 마련해 실어 보냈고, 10월 중순경 부산 영도에 도착한 것으로 추정된다. 기록에 따르면 조엄은 고구마 종서만 보낸 것이 아니라 보관과 재배할 수 있는 자료도 보냈다고 한다. 동래부사와 경상도관찰사를 지낸 그는 조선 후기의 경제사회적 혼란 속에서 굶주림에 허덕이

1) 김재승, 조엄의 고구마 전파와 재배법 연구자, 조엄연구논총, 원주시, pp. 39-94(2004)

## I. 고구마의 특성



그림 I-4 조엄선생의 진영, 범어사 조엄공덕비, 원주 조엄기념관

던 백성들을 위해 고구마를 도입하고 재배법을 연구한 것이다. 이 같은 조엄 선생의 백성사랑은 그가 저술한 통신사 사행록 ‘해사일기’와 원주시 소재 ‘조엄 신도비’에 잘 기술되어 있다 (그림 I-4).

고구마라는 명칭 역시 이때 같이 들어왔다. 한자로 ‘감저(甘藷)’라고 불리는 고구마는 당시 먹을 것이 부족했던 일본에서는 효자와 같은 역할을 했다는 뜻에서 ‘효자마(孝子麻)’로 불렸다. 고구마의 어원은 효자마의 일본어 발음인 ‘고귀마’에서 유래한 것이다. 어원에서 보듯이 고구마는 정말 고마운 작물이다.

#### 다. 재배확산

고구마가 조선통신사 정사 조엄에 의해 한반도에 도입되어 전국적으로 재배가 확산되는 데는 많은 분들의 노력이 있었다.

정사 조엄이 부산포를 떠나 대마도 사쓰나포에 도착한 것은 1763년 10월 6일이며, 그가 고구마를 보고 종자를 얻어 즉시 비선으로 부산포로 보냈다고 했으니 부산포에 도착한 것은 10월 중순으로 추정된다. 사행을 마치고 귀국하면 파종시기를 놓쳐 한 해를 허비할 것으로 생각하여 서둘러 절친인 이시보의 아들 부산진 첨사 이응혁에게 종자와 함께 보관, 재배법을 보낸 것이다. 다음 해(1764년) 봄 절영도(지금의 영도) 봉래산 동쪽 해안지대 야산에 고구마를 심은 것이 우리나라 시초이다.

조엄은 1757년 동래부사, 1758년 경찰도 관찰사를 역임하면서 일반 백성들의 식량사정이 매우 어렵다는 것과 부산, 경남 해안지방의 토양이 고구마 재배에 적당함을 알고 있었다. 그는 고구마가 남부 도서지방이나 해안지방의 토양에 잘 맞고, 수확량이 좋을 뿐만 아니라 야산에도 쉽게 재배될 수 있고, 장기보관이

가능하고 건조하여 가루나 과자로 만들면 주식 대용식품으로 쓸 수 있을 뿐만 아니라 감미성이 높아 우리나라 사람들에게 입맛에 잘 맞는 작물이었다고 생각한 것이다.

조엄이 사행을 마치고 1764년 6월 22일 부산포로 귀환하여 동래부사 송재문에게 2차분 종자를 전달하였으나 그가 신병으로 사임하자 8월 부임한 신임부사 강필리(姜必履, 1713-1767)에게 인계되었다.

강필리는 재배법도 인계 받아 이를 다시 보완하여 타 지방에 보급하였다. 그는 조엄으로부터 전해 받은 보관법, 재배법, 증식법에 2차에 걸쳐 자신이 재배, 증식하면서 터득한 기술을 추가하여 “감저보(甘藷譜)”를 저술하였다.

감저보는 강필리가 저술하면서 도중에 운명하자 동생 강필교가 완성하였다하여 강씨감저보로 불리기도 한다. 불행하게도 감저보는 현존하지 않는다. 강필리로부터 고구마 종자를 얻어간 사람은 1764년 강계현, 1765년 이광려 등이 있어 강필리가 고구마를 전국적으로 확산시킨 장본인이다.

고구마에 대한 현존하는 가장 오래된 책은 조선말기 서유구(徐有榘, 1764-1845)가 저술한 종저보(種藷譜)가 있다(그림 1-5). 종저보에는 고구마가 거의 곡식의 역할을 할 수 있는 작물로 높이 평가하고 있다. 서유구가 집필한 조선 최대 실용백과사전으로 불리는 임원경제지(林園經濟志) 만학지(晩學志)에 상세히 기술하고 있다. 만학지는 86종의 과실류, 채소류 등 품종, 재배법 등을 기술하고 있는데, 고구마는 그 중의 하나임에도 불구하고 전

체 분량의 약 10%을 차지할 정도로 고구마에 대해서 자세히 기록하고 있다.<sup>1)</sup>



그림 1-5 서유구 존영,  
고구마에 대해 기술되어 있는 종저보 서문(왼쪽)과 임원경제지 표지

1) YTN 사이언스, “구황작물 고구마, 조선에 들어오다”, 한국사 탐(探), 2016년 12월 9일 방영(2016)

### 3. 고구마 생산현황

#### 가. 세계 생산현황

고구마는 중국, 동남아시아, 중남미, 아프리카 지역에 많이 재배되고 있다(그림 I-3). UN 식량농업기구(FAO) 2011년 통계에 따르면 고구마는 전 세계 795만ha에서 1억426만t이 생산된다(표 I-2). 아시아가 세계 재배면적의 53%(420만ha)에서 전체 생산량의 약 80%(약 8340만t)을 생산해 고구마는 아시아작물로 평가되고 있다. 특히 중국은 세계 생산량의 72.5%를 생산하고 있다. 중국은 잦은 전쟁과 흉년으로 손쉽게 재배할 수 있는 고구마가 구황작물로 인기리에 재배되었을 것이다.

표 1-2 전 세계 고구마 재배면적과 생산현황<sup>1)</sup>

국가	재배면적 (1,000ha)		수 량 (kg/ha)		생산량 (1,000ton)	
<b>전세계</b>	<b>7,953</b>	<b>(100)</b>	<b>13,109</b>	<b>(100)</b>	<b>104,260</b>	<b>(100)</b>
<b>아시아</b>	<b>4,205</b>	<b>(52.88)</b>	<b>19,755</b>	<b>(150.7)</b>	<b>83,075</b>	<b>(79.68)</b>
중국	3,491	(43.89)	21,647	(165.1)	75,568	(72.48)
인도네시아	178	(2.24)	12,356	(94.0)	2,192	(2.10)
베트남	149	(1.87)	9,364	(71.4)	1,391	(1.33)
인도	113	(1.42)	9,246	(70.5)	1,047	(1.00)
필리핀	104	(1.30)	4,979	(38.0)	516	(0.50)
일본	39	(0.49)	22,774	(173.7)	886	(0.85)
북한	32	(0.41)	12,550	(95.7)	439	(0.42)
대한민국	18	(0.23)	14,151	(107.9)	255	(0.24)
<b>아프리카</b>	<b>3,344</b>	<b>(42.05)</b>	<b>5,115</b>	<b>(39.0)</b>	<b>17,104</b>	<b>(16.41)</b>
탄자니아	699	(8.79)	5,112	(39.0)	3,573	(3.43)
우간다	531	(6.69)	4,803	(36.6)	2,554	(2.45)
모잠비크	112	(1.40)	7,720	(58.9)	861	(0.83)

1) FAO, FAOSTAT, <http://faostat.fao.org/>(2011)

## 나. 한국의 생산현황

한국은 지금은 약 26만t(세계 생산량의 0.24%)을 생산하고 있지만 식량이 부족한 1965년도에는 약 300만을 생산하여 국민들의 굶주림을 해결하는데 결정적인 기여를 하였다. 우리나라에서 고구마는 식량이 부족한 1950-1960년대는 구황작물로 재배되다가 쌀이 자급(1977년)된 이후 소비가 급격히 감소하였다. 1980년-1990년대는 간식용으로 현재는 건강식품으로 각광을 받고 있다. 최근 고구마가 건강식품으로 인기를 받으면서 재배면적이 늘어나고 있는 추세이다. 북한의 만성적인 식량문제를 해결하는데 고구마가 해법이 될 수 있다.<sup>1,2)</sup>

## 다. 한국의 주요품종

고구마가 도입된 이후 고구마 품종은 시대의 요구에 맞게 개발되었다. 1940~80년대에는 전분 및 식용 겸용이면서 다수성 품종이 개발되어 재배되었으며, 1990년대 이후부터는 식미가 우수하고 병해충에 강하며 기능성이 강화된 품종이 개발보급 되기 시작하였다. 현재 국내 고구마는 연간 약 30만 톤이 생산되고 있고 대부분은 찌먹는 용으로 소비되고 있다. 식용고구마는 모양, 식

---

1) 이준설 등, 고구마 재배. 표준영농교본-28(개정판), 농촌진흥청 pp. 1-327(2006)

2) 곽상수, 한반도 식량과 고구마, INFLO, 5(10/11):14-16(2009)

미, 수량성외에 생산자측면에서 병해충저항성, 소비자측면에서 건강기능성이 중요한 요소다.

품종선호도는 시대에 따라 변화해왔다. 30년 이전에는 대부분 점질고구마가 소비되다가 90년대 초부터는 분질고구마로 바뀌었으며 최근에는 다시 점질(호박고구마)이 선호되고 있다. 식미가 좋은 대표적인 분질(밤)형 고구마로는 울미, 신울미, 증미, 진홍미, 대유미 등이 있으며, 최근에 개발된 풍원미, 호감미는 점질(물)~중간질로서 식미가 우수하고, 기능성 베타카로틴이 풍부한 품종이다. 표 I-3은 현재 많이 재배되고 있는 한국 고구마 품종의 특성을 정리한 것이다.

표 I-3 한국 고구마 주요 품종의 특성

품종명	고구마 색	육질	특징	이용
올미	담황색	분질	고당도	식용 및 나물용
신올미	담황색	분질	식감 우수	식용
진홍미	황색	분질	고전분	식용 및 전분용
신천미	황색	고분질	고당도, 고전분	식용 및 전분용
증미	담황색	중간, 점질	고당도	식용가공 (고구마 말랭이)
신황미	주황색	점질	베타카로틴 고함유	생식 및 가공용
신자미	자색	분질	안토시아닌 고함유	색소 가공용
다호미	담주황색	중간질, 분질	고당도	식용 및 식용가공
풍원미	주황색	중간질	고당도, 베타카로틴 고함유	식용 및 식용가공
호감미	담주황색	점질	고당도, 베타카로틴 고함유	식용 및 식용가공
하얀미	-	-	나물용	식용

## 4. 고구마의 과학적 재발견

### 가. 최고의 건강식품

고구마는 얼마 전까지만 해도 개발도상국가의 가난한 사람이 먹는 구황작물 정도로 선진국 연구자들에게도 관심이 적었다. 그러나 최근 몇 년 사이 건강식품으로 급부상하고 있다. 우리나라도 고구마는 식량이 부족할 때는 구황작물로 재배되다가 현재는 건강식품으로 각광받고 있다.

2007년 미국 공익과학단체(CSPI)는 고구마, 방울토마토, 저지방 우유, 브로콜리, 자연산 연어 등 건강에 좋은 10가지 슈퍼푸드를 선정했다. 슈퍼 푸드란 보통 맛이 있어야하고 쉽게 구할 수 있어야 하며, 오랜 기간 입증된 식품물을 말한다. 중요한 것은 이 중 고구마가 첫 번째로 선정됐다는 점이다(그림 I-6).

고구마가 최고의 건강식품으로 평가 받는 이유는 고구마에는 항산화물질, 식유섬유, 칼륨 등이 많이 함유되어 있기 때문이다. 인체 질병과 노화의 주범으로 활성산소가 지목되면서 활성산소를 제거하거나 생성을 예방하는 항산화물질에 대한 관심이 높아지고 있다. 활성산소를 제때에 없애주지 못하면 파괴된 세포는 염증, 암으로 발전되기도 한다.<sup>1)</sup>

1) <https://cspinet.org/eating-healthy/what-eat/10-best-foods>



**WHAT TO EAT**

# 10 Best Foods

- 

**1** Sweet Potatoes. A nutritional All-Star – one of the best vegetables you can eat. They're loaded with carotenoids, and are a decent source of vitamin C, potassium, and fiber. Bake and then mix in some unsweetened applesauce or crushed pineapple for extra moisture and sweetness.



**6** Crispbreads. Whole-grain rye crackers, like Wasa, RyKrisp, Kavli, and Ryvita – usually called crispbreads – are loaded with fiber and often fat-free. Drizzle with a little honey and sprinkle with cinnamon to satisfy your sweet tooth.
- 

**2** Mangoes. About a cup of mango supplies 100% of a day's vitamin C, one-third of a day's vitamin A, a decent dose of blood-pressure-lowering potassium, and 3 grams of fiber. *Bonus:* mango is one of the fruits least likely to have pesticide residues.



**7** Garbanzo Beans. All beans are good beans. They're rich in protein, fiber, iron, magnesium, potassium, and zinc. But garbanzos stand out because they're so versatile. Just drain, rinse, and toss a handful on your green salad; include them in vegetable stews, curries, and soups; mix them with brown rice, whole wheat couscous, bulgur, or other whole grains.
- 

**3** Unsweetened Greek Yogurt. Non-fat, plain Greek yogurt has a pleasant tartness that's a perfect foil for the natural sweetness of berries, bananas, or your favorite breakfast cereal. It's strained, so even the fat-free versions are thick and creamy. And the lost liquid means that the yogurt that's left has twice the protein of ordinary yogurt – about 18 grams in 6 ounces of plain Greek yogurt.



**8** Watermelon. Watermelon is a heavyweight in the nutrient department. A standard serving (about 2 cups) has one-third of a day's vitamins A and C, a nice shot of potassium, and a healthy dose of lycopene for only 85 fat-free, salt-free calories. And when they're in season, watermelons are often locally grown, which means they may have a smaller carbon footprint than some other fruits.
- 

**4** Broccoli. It has lots of vitamin C, carotenoids, vitamin K, and folic acid. Steam it just enough so that it's still firm and add a sprinkle of red pepper flakes and a spritz of lemon juice.



**9** Butternut Squash. Steam a sliced squash or buy peeled, diced butternut squash at the supermarket that's ready to go into the oven, a stir-fry, or a soup. It's an easy way to get lots of vitamins A and C and fiber.
- 

**5** Wild Salmon. The omega-3 fats in fatty fish like salmon may help reduce the risk of heart attacks and strokes. And wild-caught salmon has lower levels of PCB contaminants than farmed salmon.



**10** Leafy Greens. Don't miss out on powerhouse greens like kale, collards, spinach, turnip greens, mustard greens, and Swiss chard. These stand-out leafy greens are jam-packed with vitamins A, C, and K, folate, potassium, magnesium, calcium, iron, lutein, and fiber. Serve with a splash of lemon juice or red wine vinegar.

**Nutrition Action**.com<sup>®</sup>  
 1220 L Street, N.W., Suite 300, Washington, D.C. 20005  
 info@nutritionaction.com • 202-777-8393

Certified by NutritionAction.com is not intended to provide medical advice, which should be obtained from a qualified health professional.  
 ©NutritionAction.com® is a division of the nonprofit Center for Science in the Public Interest.

**Visit [www.nutritionaction.com](http://www.nutritionaction.com) for more great advice about what to eat!**

com-ae-3

그림 I-6 CSIP가 선정한 10가지 건강식품

고구마에는 비타민C, 비타민E 뿐만 아니라 황색을 띠는 베타카로틴과 자색의 안토시아닌을 많이 함유한 고구마 품종이 건강식품으로 특히 인기가 많다.<sup>1)</sup> 항산화물질은 암을 포함한 질병과 노화의 주범인 활성산소를 제거하거나 생성을 예방하는 물질로서 식물과 인간의 생로병사에 중요하다. 고구마의 비타민C는 요리를 하더라도 약 70% 정도 활성을 갖는 특징이 있다. 비타민C를 적게 만드는 식물은 정상으로 만드는 식물에 비해 스트레스를 많이 받는 것으로 밝혀졌다.<sup>2)</sup> 이런 점에 착안하여 연구자들은 항산화물질을 식물세포에 많이 만들어 불량 환경에서도 스트레스를 적게 받는 농작물을 개발하고 있다.<sup>3)</sup>

고구마에는 식이섬유 함량이 매우 높아 변비 및 대장암 예방에 탁월한 효과가 있다. 특히 고구마를 먹었을 때 전분을 단순당으로 천천히 변환시켜 혈당을 급격히 높이지 않아 고구마는 당뇨환자나 비만환자에게 권하는 탄수화물이다.

- 
- 1) Kang, L. et al., Metabolic engineering of carotenoids in transgenic sweetpotato, *Breeding Sci*, 67:27-34(2017)
  - 2) Conklin, P.L. et al., Environmental stress sensitivity of an ascorbic acid-deficient *Arabidopsis* mutant, *PNAS*, 93:9970-9974(1996)
  - 3) Kwon, S.Y. et al., Enhanced stress-tolerance of transgenic tobacco plants expressing a human dehydroascorbate reductase gene, *J Plant Physiol*, 160:347-353(2003)

### 나. 최고의 에너지작물

미국 농무부(USDA)가 감자, 고구마, 카사바, 옥수수, 사탕수수, 사탕무 등 대표적 전분작물의 단위면적당 탄수화물 생산량을 조사했는데, 고구마가 가장 높은 것으로 나타났다(그림 I-7).<sup>1)</sup> 고구마가 식량으로서 가치뿐만 아니라 척박한 땅에서 바이오에탄올을 가장 많이 생산할 수 있는 전분작물로 평가 받았다. 척박한 땅에서 바이오에너지 등 산업소재를 생산할 경우 식량수급의 영향을 최소화할 수 있다. 미 항공우주국(NASA)은 일찍부터 고구마를

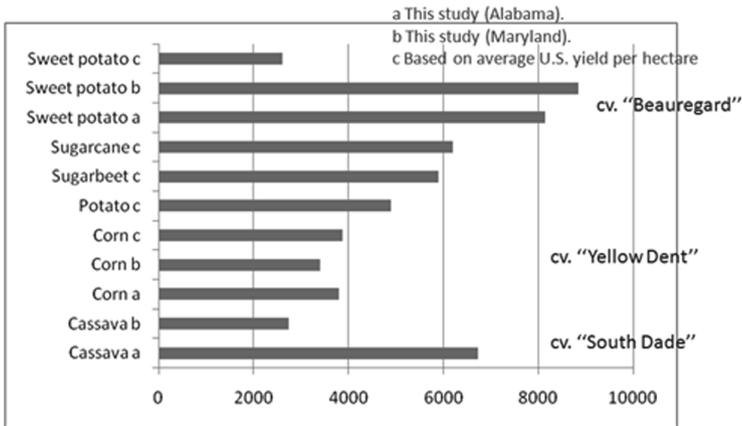


그림 I-7 미국에서 단위면적당 탄수화물 수확량 비교

1) Ziska, L.H. et al., An evaluation of cassava, sweetpotato, and field corn as potential carbohydrate sources for bioethanol production in Alabama and Maryland, Biomass Bioenerg, 33:1503-1508(2009)

우주식물로 인정했다. 구황작물이나 겨울철 간식거리로 사랑받던 고구마가 식량과 사료를 넘어 전분과 바이오에탄올 등 각종 산업 소재를 생산하는 21세기 최고의 산업작물로 재발견되고 있다.

### 다. 최고의 부양능력

일본 농림수산성은 2002년 고구마가 다른 전분작물에 비해 단위면적당 부양능력 즉 탄수화물 생산이 가장 높다고 보고하였다 (표 I-4). 10a 면적에서 옥수수, 밀, 벼, 감자가 각각 1.01명, 1.63명, 2.44명, 3.36명을 먹여 살릴 수 있는데 비해 고구마는 3.91명을 먹여 살릴 수 있어 부양능력이 가장 높은 작물로 평가하였다. 일본 농림수산성은 주요 전분작물의 토양유실과 물이용 효율을 비교한 결과, 고구마가 가장 토양유실이 적고 물을 가장 효율적

표 I-4 주요 전분작물별 수량과 부양능력 비교

작물	수량 (kg/ 10a)	열량 (103kcal/ 10a)	비율 (%)	사람부양능력 (명/년/ 10a)
고구마	2,320	2,854	100	3.91
감자	3,190	2,456	86	3.36
벼	508	1,783	62	2.44
밀	357	1,189	42	1.63
사탕무	1,369	821	29	1.13
옥수수	177	738	26	1.01

으로 이용할 수 있음을 확인하였다(표 I-5). 고구마는 여름철 비가 많이 내리더라도 토양을 피복하고 있어 토양유실을 최소화할 수 있는 장점이 있다. 또한 가을철 태풍이 오더라도 피해를 적게 받을 수 있어 도서지방이나 해안지역에 적합한 구황작물로 많이 재배되고 있다. 고구마는 묘를 심을 때 물이 필요하지만 일반 재배기에는 다른 작물에 비해 물을 적게 요구하는 특징이 있어 사질토양이나 건조한 지역에 상대적으로 유리한 작물이다.

한 사람이 1년 동안 필요로 하는 섭취에너지는 약 1백만 kcal로 산정되며 이 양을 생산하는데 필요한 면적을 식품의 종류에 따라

표 I-5 주요 전분작물별 토양유실과 물이용 효율성 비교

작물	구분	
	토양유실	물이용 효율성
	Ton/ha/year	%
땅콩	26.7	9.2
벼	25.1	11.2
면화	24.8	9.7
대두	20.1	6.9
감자	18.4	6.6
사탕수수	12.4	4.2
옥수수	12.0	5.2
옥수수 + 대두	10.1	4.6
고구마	6.6	4.2

**표 I-6 1인 1년분 식량(100만 kcal)을 생산하는데 필요한 농지면적**

식품의 종류	필요한 면적(ha)
고구마	0.04
설탕	0.05
쌀	0.07
보리	0.11
밀	0.13
대두	0.21
우유	1.10
계란	2.80
닭고기	3.70
소고기	6.80

추산하면 표 I-6과 같다. 고구마가 가장 적은 면적이 요구됨을 알 수 있다. 일정 면적에서 고구마를 경작할 경우 육류를 생산할 때보다 100배 이상의 식량에너지를 얻을 수 있다.<sup>1)</sup>

1) 박현진, 이철호, 식품저장학, 고려대학교출판부(2008)



## 1. 교배육종

재배되고 있는 고구마(*Ipomoea batatas* L. Lam.)는 메꽃과 (Convolvaceae)에 속하는 6배체( $2n = 6x = 90$ ) 작물로서 유전적으로 매우 복잡하여 교배에 의해 얻어지는 잡종 제1대의 변이 폭이 매우 크다.<sup>1)</sup> 교배육종은 다양한 특징을 가진 고구마계통을 얻을 수 있다는 장점이 있지만 기존의 우량품종에 약간의 결점을 보완하고 싶은 경우에는 변이 폭이 커서 육종이 쉽지 않는 단점도 있다.

고구마는 동일한 품종의 꽃가루가 수정이 되지 않아 씨앗을 생성할 수 없는 자가불화합성(self-incompatibility)과 동일 품종만이 아니라 품종간의 조합에 따라 수정되지 않는 교잡불임성(cross-sterility)이 높은 특징이 있다.<sup>2)</sup>

- 
- 1) Fujise, K., Studies on flowering, seed setting and self- and cross-incompatibility in the varieties of sweetpotato, Bull Kyushu Agri Exp St, 9:123-246(1964)
  - 2) Shiotani, I. and Kawase, T., Genome structure of the sweetpotato and hexaploids in *Ipomoea trifidaka*(HBK), Don, Japan J Breed, 39:57-66(1989)

## 가. 유전자원

고구마 육종에서 가장 중요한 요인 중의 하나는 고구마의 유전자원이다. 고구마의 야생형으로는 4배체인 *I. littoralis*와 *I. tiliacea*가 있으며, 그 외의 종들은 모두 2배체이다. 흥미롭게도 *I. trifida*는 2배체에서 6배체 모두 존재 하며, 고구마와 교잡도 가능하여 고구마 육종의 중요한 유전자원으로 분류되고 있다.<sup>1)</sup> 고구마의 유전자원에 대한 현황은 표 II-1에 표기하였다. 유전자원을 가장 많이 수집, 보존하고 있는 곳은 페루에 있는 국제감자연구소(CIP)이다. 야생근연종 1,650점을 포함한 7,520점을 보유하고 있으며 이를 장기보존 및 원하는 연구자들에게 공급할 수 있는 체계를 갖추고 있다.

---

1) 목일진 등, 산업용 고구마 개발을 위한 유전자원 현황 및 전망, J Plant Biotechnol, 36:202-206(2009)

표 II-1 유전자원 및 유전자원 보유 기관<sup>1)</sup>

기관/지역, 수집국가	등록수		
	야생종	재배종	전체
<b>미국, 카리브해</b>			
1. CIP, Lima, Peru	1,160	6,360	7,520
2. INTA, Castelar, Argentina	122	362	484
3. EMBRAPA, Brasilia, Brazil		1,024	1,024
4. INIVIT, Sto. Domingo, Cuba	95	535	630
5. USDA/ARS, Georgia, Unite States	477	755	1,202
소계	1,854	9,036	10,860
<b>아시아</b>			
6. CIP/ESEAP, Bogor, Indonesia		1,366	1,366
7. IABIOGRI, Bogor, Indonesia		1,520	1,520
8. Philrootcrops, Leyte, Philippines		801	801
9. IAS, Xuzhou, China	40	1,044	1,084
10. PR Korea		497	497
11. VASI, Hanoi, Vietnam		480	480
12. NPGRL, Los Baños, Philippines		183	183
13. NIAS, Tsukuba, Japan		1,600	1,600
14. ICAR, Kerala, India	84	3,778	3,862
15. NPRCTC, Benguet, Philippines		180	180
16. MARDI, Selang, Malasia		72	72
17. PHRC, Thailand		236	236
18. CARI, Sri Lanka		131	131

1) 목일진 등, 산업용 고구마 개발을 위한 유전자원 현황 및 전망, J Plant Biotechnol, 36:202-206(2009)

**표 II-1 이어서**

기관/지역, 수집국가	등록수		
	야생종	재배종	전체
19. MOKPO, Korea		430	430
<b>소계</b>	<b>124</b>	<b>12,318</b>	<b>12,442</b>
<b>아프리카, 멜라네시아</b>			
20. FIFAMANOR, Antananarivo, Madagascar		98	98
21. NACRRI, Kampala, Uganda		1,808	1,808
22. CIP/SSA, Kabete, Uganda		141	141
23. INERA, Mulungu, Republic of Congo		120	120
24. KARI, Kumasi, Ghana		167	167
25. Univ. Ibadan, Ibadan, Nigeria		90	90
26. Mpnza Res. St., Zimbabwe		258	258
27. ARI, Mzuzu, Malawi		139	139
28. IIAM, Umbeluzi, Mozambique		102	102
29. VOPI, Pretoria, South Africa		444	444
30. ARI, Mazozo, Angola		34	34
31. EARI, Awasa, Ethiopia		319	319
32. KARI, Kakamega, Kenya		120	120
33. HORTI, Tengeru, Tanzania		584	584
34. ISAR, Rubona, Rwanda		159	159
35. INIDA, S.J. Orgaos, Cape Verde		11	11
36. NARI, Kainantu, Papua New Guinea		1,120	1,120
<b>소계</b>	<b>0</b>	<b>5714</b>	<b>5714</b>
<b>총계</b>	<b>1,948</b>	<b>27,068</b>	<b>29,016</b>

## 나. 교배육종을 위한 인공개화

고구마는 북위 27° 이남에서는 자연상태에서 개화하나 우리나라에서는 일부 개화성 계통을 제외하면 자연개화가 이루어지지 않는다. 따라서 교잡육종을 위해서는 인위적으로 개화를 유도해야 한다.

나팔꽃종자를 소형포트에 파종하여 1개월 키운 묘를 대형포트에 이식하여 온실에서 키운다. 초기에 배축부를 도장시키면 뒤에 접목하기가 편하다. 대목으로 쓸 나팔꽃은 줄기가 굵어야 접목하기가 쉽다. 대목인 나팔꽃을 하위 4~5cm(3~4마디)를 남기고 자르며, 접수인 고구마순은 10~20cm 길이의 큰 잎을 달게 한다. 수박접목에 사용하는 집계를 사용하여 절단부위가 맞게 고정해 준다. 접목 후 접목부위가 마르지 않도록 화분에 물을 충분히 관수하고 비닐을 씌워준다.

우리나라 환경에서는 접목 후 10월까지 영양생장을 계속하며 11월부터는 단일기에 접어들므로 일장처리를 하지 않아도 개화에 지장이 없다. 그렇지 않을 경우는 개화를 위해 단일처리가 필요하다. 접목한 고구마가 성장을 하고 단일기에 접어들면서 줄기의 하부부터 계속적으로 개화하기 시작하는데, 유리온실이나 하우스에서 가온을 해주면 겨울에도 개화가 지속된다. 고구마 꽃은 이른 아침에 많이 개화하며 오후 2시경부터 시들기 시작한다.

## 다. 인공교배

고구마 꽃은 18~32℃, 특히 24~25℃에서 수정, 결실이 잘된다. 개화 전날 오후 3시 이후에 꽃망울(화뢰)의 측면으로 핀셋을 넣어 암술이나 씨방이 상하지 않도록 주의하면서 5개의 꽃 밥을 완전히 제거하고 꽃부리를 클립으로 봉하여 바람이나 곤충에 의한 이종화분이 들어가는 것을 막아준다(그림 II-1).

꽃가루가 비산하고 있는 꽃을 따거나 수술만을 핀셋으로 따내어 암술머리에 수술머리를 접촉시켜 꽃가루를 묻혀준다. 수분작업이 끝나면 교배조합, 연월일, 교배자 등의 사항을 레벨에 기입한다. 화분의 발아능력과 암술의 화분 감수성은 개화일의 일출전 후부터 오전 10시까지 최대가 되고, 이후 점차 감소하여 일몰시에는 전혀 능력이 없어진다.<sup>1)</sup>

인공교배의 주의사항은 다음과 같다.

고구마는 타식성 작물이므로 목적 이외 화분 유입을 철저히 차단해야 한다. 교배 모·부본으로 선정된 품종들은 개화기, 개회시작, 화분의 수명 및 암술주두의 수정능력 등을 파악하여 두는 것이 좋다. 교잡의 성패는 온도와 습도유지 등에 의해 좌우되므로 적정 환경 유지에 노력한다.

교배조합을 결정할 때, 교잡불임군의 존재와 접목 불친화성에 의한 피해를 고려해야 한다. 포장에서 자연 개화성 계통이 있어

---

1) 이준설 등, 고구마 재배, 표준영농교본-28(개정판), 농촌진흥청(2006)

서 육종에 이용되기도 하나 개화 수에 비례하여 괴근 수량이 낮아지는 경향이 있으므로 유의한다.



그림 II-1 고구마 인공교배 온실사진

## 2. 고구마 품종선발

### 가. 실생개체 선발시험

실생개체 선발시험은 교배 종자를 묘상에 파종하는 것에서부터 시작한다. 고구마 종자는 경실종자이기 때문에 투수성이 나쁘다. 고구마 종자의 발아를 촉진시키기 위해서는 종자의 양쪽에 상처를 내서 파종하거나, 파종할 종자가 많을 때에는 종자를 농항산에 약 1시간 담갔다가 파종하면 발아가 촉진된다. 너무 약한 묘는 채묘 시 폐기하고 포장에서의 생육 경합을 피하기 위해 큰 묘, 작은 묘를 따로 본포에 정식하는 것이 좋다. 포장선발은 괴근의 수량성, 비대, 외관 및 육색, 지상부 특성 등을 지표로 하여 선발하며, 씨 고구마용으로 개체 당 2~3개의 괴근을 채종한다.

### 나. 계통 선발시험

계통선발에 앞서 예비시험에서는 괴근의 비대성, 외관, 형상이나 가지런함 등도 함께 검토하여 선발한다.

계통선발 본시험에서는 묘상의 맹아시기, 괴근의 껍질 색, 육색, 주당 괴근 수, 괴근 평균무게, 상품 괴근수량, 상품성 등과 함께 식미, 당도, 전분가 등 용도에 맞는 평가항목을 설정하여 선발한다. 생산력검정시험에는 예비시험과 본시험으로 구분할 수 있다.

생산력검정 예비시험에서는 지하부 특성은 물론 잎 모양, 잎 열편수, 줄기와 끝순, 엽맥의 안토시아닌 발현정도 등 지상부 특성을 조사하고 기타 품종·계통과의 구별성을 명확하게 조사하며 반복구를 공시된 표준 및 대조 품종과 비교하면서 수량성을 평가한다.

생산력검정 본시험에서도 생산력검정예비시험과 마찬가지로 지상부 특성과 괴근의 수량 특성 등을 조사하여 유망계통을 선발하고, 선발된 유망계통은 다음해에 지역적응시험에 공시한다.

#### **다. 지역 적응시험**

생산력검정 본시험에서 선발된 유망계통은 계통번호를 붙여 해당 시험지역의 도농업기술원에서 그 지역의 환경 조건에 적응할 수 있는지에 대한 시험을 실시한다. 지역적응시험은 기후·토양 등이 그 지역의 재배환경을 대표할 수 있는 시험지에서 2~3년간 수행한다. 수량 및 생육특성, 덩굴쪼김병과 고구마뿌리혹선충에 대한 병해충 저항성 검정시험과 전분 특성 등 품질특성검정 시험, 현장평가회 등을 실시한다.

고구마 교배육종에 의한 품종과정을 도식하면 다음과 같다.



그림 II-2 고구마 품종 선발 과정 및 기간

### 라. 품종의 선택

고구마는 영양변식을 하는 작물이고 지역 적응성이 넓기 때문에 육종을 위해서는 수량성, 전분함량, 육질, 감미, 저장성 등을 고려하여 선택하는 것이 좋다.

식용, 생식용, 잎자루채소용, 주정용, 전분가공용 및 사료용 등 어느 용도의 품종이든 수량성이 높은 것이어야 한다. 고구마는 생체중의 70% 내외가 수분이므로 이용면에서 볼 때 전분용은 건조중량 및 전분함량이 높아야 하고 저장 중 전분의 당화가 늦

는 것이 좋다. 식용은 전분함량과는 무관하지만 등숙과정에서 베타아밀레이스의 활성이 높아 당화가 잘되는 것이 식미가 좋다.

고구마의 육질은 크게 분질(밤고구마), 중간질, 점질(물고구마)로 나눈다. 식용으로 하는 경우 소비자에 따라 선호하는 육질이 다르지만 씹을 때 입안에서 느낌이 좋고 고구마 특유의 향이 나며 단맛이 높은 품종이 좋다. 식용으로 하는 경우 고구마 1개당 무게가 100~150g 정도로 너무 크지 않고 모양이 고르며 껍질색이 품종 고유의 선명한 색을 띠는 것이 좋다.

고구마는 기능성 성분인 베타카로틴과 비타민C의 함량이 높을수록 좋다. 육색이 주황색인 품종은 이들 함량이 높다. 생식용 품종으로는 주황미, 신향미가 있으며, 찌먹는용으로는 최근에 개발된 다호미, 풍원미, 호감미가 있다.

저장 중에 발생하는 검은무늬병, 무름병 등에 강하면서 신선도를 유지할 수 있는 저장성이 강한 품종이 좋다. 이듬해 7월까지 장기간 저장하더라도 품질이나 묘 생산력이 낮아지는 일이 없어야 한다.

### 3. 분자육종법

분자육종은 전통육종으로 해결하기 힘든 많은 문제를 외래 유전자도입을 통해 해결하는 것이다.<sup>1)</sup> 고구마는 6배체( $2n = 6X = 90$ )의 영양번식작물로 자가불화합성 및 교잡불임성의 특징을 가지고 있다. 따라서 품종간 교배육종으로 종자형성이 힘든 품종들이 있어 전통적인 육종시스템으로 특정한 유전형질을 얻기 위해서는 많은 노력이 필요하다.

분자육종의 하나인 형질전환기술을 이용하는 것은 교배육종으로는 얻을 수 없는 형질을 쉽게 얻을 수 있고 전통교배육종을 위한 기초 연구로서도 중요하기 때문에 식물생명공학을 이용한 고구마 형질전환 연구는 세계적으로 꾸준히 수행되고 있다. 최근 유전자교정기술을 이용한 새로운 육종기술도 활성화되고 있다.

#### 가. 조직배양과 무병묘 생산

고구마 형질전환의 기초는 세포와 조직에서 식물체를 재생시키는 기술이다. 식물은 1개의 세포가 식물체로 재분화할 수 있는데 이를 전형성능(totipotency)이라고 한다. 고구마의 경우 생장점으로부터 재분화하기 쉬운 배발생 켈러스(embryogenic

---

1) 백기엽 등, 식물생명공학, 향문사, pp.1-182(2016)

callus)를 식물배지에 배양하면 온전한 식물체가 된다. 그리고 고구마 식물체를 여러 부분으로 잘라서 배지에 나누어 심으면 고구마 식물체를 무균 상태에서 증식할 수 있다. 이러한 조직 배양 기술은 무병묘 생산과 고구마 유전자원 유지에 사용되고 있다.

고구마는 영양번식 작물로 다년간 재배시 바이러스 감염이 높아지고, 씨 고구마의 저장 상태에 따라 묘의 품질이 하락하여 생산성과 품질이 크게 저하 된다. 고구마 바이러스 무병묘 생산 기술은 고구마의 성장점을 이용해 무병묘를 만들고 조직배양을 통해 증식·보급하면 감염률을 크게 줄일 수 있다.

농촌진흥청 연구결과에 따르면 고구마 바이러스 무병묘로 재배한 경우, 일반묘와 비교해 바이러스 감염률은 4%에 불과했으며 수량은 10~20% 이상 증가하고 특히 외관 특성과 품질이 매우 좋아졌다. 논산 등 5개 지역 현장실증시험에서 고구마 바이러스 무병묘를 재배한 경우 일반묘에 비해 수량은 17~45% 증가했다. 고구마의 모양이 좋고, 껍질색은 선명해 상품비율이 40%에서 70%로 증가했다.<sup>1)</sup> 고구마의 안정적인 생산을 위해서는 바이러스 무병묘의 조직배양과 증식 그리고 공급을 전국적으로 확대해야 할 필요가 있다.

1) 이준설, 고구마 바이러스 무병묘의 생산 및 품질 특성, 연구와 지도, 47(5):33-36 (2006)

21세기 구원투수 고구마



그림 II-3 고구마 조직배양을 통한 무병묘 생산과 증수효과

### 나. 고구마 형질전환

고구마는 1996년 토양세균 중 하나인 아그로박테리아(*Agrobacterium*)와 배발생 캘러스를 공동 배양하는 방법으로 형질전환이 시도되었고 식물체 재분화 형질전환시스템을 발전시켜왔다(그림 II-4). 고구마 형질전환은 아그로박테리아가 원래 가지고 있는 병원성 유전자를 제거한 Ti 플라스미드(plasmid)에 유전자를 삽입한 후, 목표 유전자가 삽입된 Ti 플라스미드가 들어간 아그로박테리아 균주를 배발생 캘러스와 공동 배양한다. 그 후 조직배양 방법을 통해 캘러스를 식물체로 분화시키면 형질전환 식물체가 만들어 진다. 고구마의 경우 형질전환 후 재분화 효율은 낮은 편이지만 다양한 유용유전자를 도입한 형질전환 고구마가 개발되어 있다(표 II-3).

21세기 구원투수 **고구마**

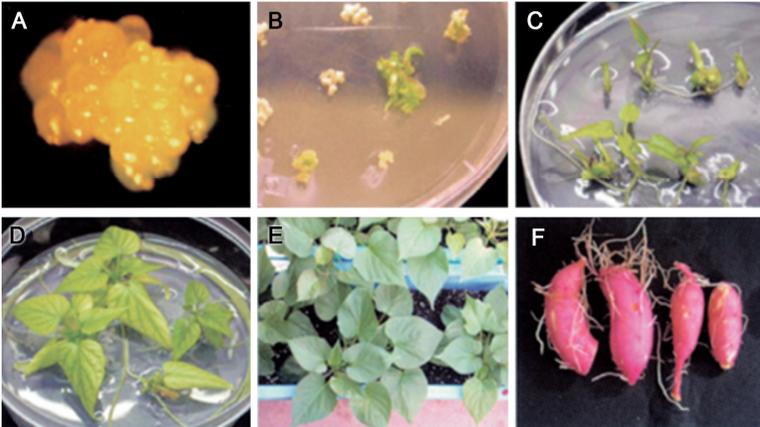
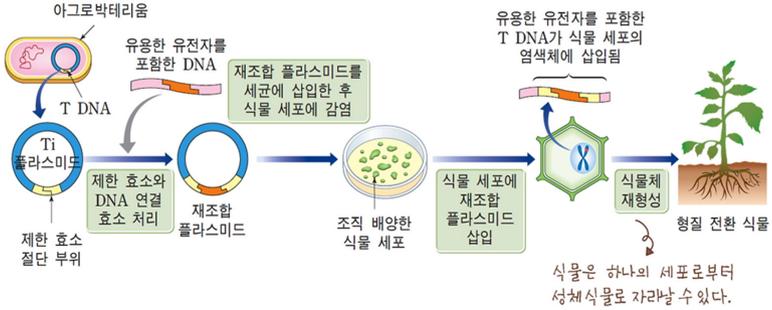


그림 II-4 식물형질전환 개요 및 고구마 형질전환<sup>1)</sup>

1) Lim, S. et al., Enhanced tolerance of transgenic sweetpotato plants expressing both superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in chloroplasts against methylviologen-mediated oxidative stress, Mol Breeding, 19:227-239(2007)

표 II-3 형질전환을 이용한 고구마 분자유종 현황

구분	목표 유전자	형질전환체 특성	참고문헌
마커	<i>Gus, nptII</i>	First transgenic sweetpotato from calli	Gama et al. (1996)
비생물학적 스트레스	<i>FSPD1</i>	Enhanced tolerance to chilling and heat	Kasukabe et al. (2006)
	<i>CuZn SOD, APX</i>	Enhanced tolerance to oxidative and cold stresses	Lim et al. (2007)
	<i>AtNDPK2</i>	Enhanced tolerance to drought and salt stresses	Kim et al. (2009)
	<i>GmSCOF-1</i>	Enhanced tolerance to cold stress	Kim et al. (2011)
	<i>IbLEA14</i>	Enhanced tolerance to drought and salt stresses	Park et al. (2011)
	<i>BoBADH</i>	Enhanced tolerance to salt, oxidative and cold stresses	Fan et al. (2012)
	<i>IbPCS5R</i>	Enhanced tolerance to salt stress	Liu et al. (2014)
생물학적 스트레스	<i>cry7Aa1, cry3Ca1, cry3a</i>	Enhanced tolerance to sweetpotato weevil	Morán et al. (1988) Sefasi et al. (2014)
	<i>Bar</i>	Resistance to herbicide	Yi et al. (2007)
	<i>SPCSV, SPFMV, SPVG, SPMMV</i>	Enhanced tolerance to virus (RNAi of virus replicase and coat protein)	Kreuze et al. (2008) Sivparsad and Gubba (2014)
영양인자	<i>IbSBEII, IbGBSSI, IbSRF</i>	- Increased amylose content in sweetpotato starch (RNAi) - Produced amylose-free starch - Increased starch contents and decreased glucose, fructose	Shimada et al.(2006) Otani et al. (2007) Tanaka et al. (2009)

**표 II-3 이어서**

구분	목표 유전자	형질전환체 특성	참고문헌
영양인자	<i>lbMADS10</i>	Increased anthocyanin contents in sweetpotato calli	Lalusin et al. (2006)
	<i>lbMYB1</i>	- Increased anthocyanin contents in sweetpotato calli - Increased anthocyanin contents in storage roots of sweetpotato	Mano et al. (2007) Park et al. (2014)
	<i>lbDRF</i>	Increased proanthocyanidin and decreased anthocyanin contents (RNAi)	Wang et al. (2013)
	<i>lbCHY-β</i> <i>lbLCY-ε</i> <i>lbOr</i>	- Carotenoid accumulations and enhanced tolerance to salt stress (RNAi) - Carotenoid accumulations and enhanced tolerance to salt stress (RNAi) - Carotenoid accumulations and enhanced tolerance to salt stress	Kim et al. (2012) Kim et al. (2013a) Kim et al. (2013b)
	<i>lbLCY-β</i>	Carotenoid accumulations and enhanced tolerance to abiotic stresses (RNAi)	Kim et al. (2014)
유전자 프로모터	<i>Sporamin</i>	High expression in storage roots and induced in leaves, stem, wounding	Hattori et al. (1991)
	<i>SWPA2</i>	Stress inducible (wounding, chilling, sulphur dioxide, ozone, UV)	Kim et al. (2003)
	<i>SDR1</i>	Root specific expression in response to IAA	Noh et al. (2012)

고구마에 해충, 바이러스, 잡초 등 생물학적 스트레스(biotic stress) 저항성을 높이기 위한 형질전환고구마가 보고되었으며 (표 II-3), 조건 불리지역에 적용하기 위한 비생물학적 스트레스 (abiotic stress) 저항성을 증대시키기 위해 항산화효소 유전자인 superoxide dismutase(SOD), ascorbate peroxidase(APX), 항산화 유전자를 조절하는 전사인자인 NDPK2, 저온 저항성을 가진 SCOF-1 유전자를 도입한 고구마가 개발되었다.<sup>1-4)</sup>

고구마는 비타민, 안토시아닌, 카로티노이드와 같은 저분자 항산화물질을 고함유 하고 있어 척박한 땅에서도 비교적 잘 자라며 건강에도 도움이 되는 작물로 평가되고 있다.<sup>5)</sup> 최근 고구마의 카로티노이드 생합성 경로의 유전자인 IbCHY-β, IbLCY-ε, IbLCY-β의 발현을 조절하여 특정 카로티노이드 함량을 높이는 대사공학 연구와, 카로티노이드 축적에 관련된 IbOr 유전자를 이용하여 카로티노이드 함량을 높이는 대사공학 연구가 고구마에서 시행

- 
- 1) Lim, S. et al., Enhanced tolerance of transgenic sweetpotato plants expressing both superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in chloroplasts against methylviologen-mediated oxidative stress, *Mol Breeding*, 19:227-239(2007)
  - 2) Kim, Y.H. et al., Expression of Arabidopsis NDPK2 increases antioxidant enzyme activities and enhanced tolerance to multiple environmental stresses in transgenic sweetpotato plants, *Mol Breeding*, 24:233-244(2009)
  - 3) Kim, Y.H. et al., SCOF-1-expressing transgenic sweetpotato plants show enhanced tolerance to low-temperature stress, *Plant Physiol Biochem*, 49:1436-1441(2011)
  - 4) Liu, Q., Improvement for agronomically important traits by gene engineering in sweetpotato, *Breeding Sci*, 67:15-26(2017)
  - 5) Kim, Y.H. et al., Expression of Arabidopsis NDPK2 increases antioxidant enzyme activities and enhanced tolerance to multiple environmental stresses in transgenic sweetpotato plants, *Mol Breeding*, 24:233-244(2009)

되었다.<sup>1)</sup> 아직 신품종으로서 실용화 되지는 않았지만 이러한 기초연구들을 바탕으로 고구마가 가지고 있는 여러 항산화물질과 특성들을 식물생명공학을 이용한 고구마를 육종하여 21세기 인류가 당면한 식량, 에너지, 환경문제를 해결하는데 기여 할 수 있을 것으로 기대한다.

### 다. 고구마 분자유종 사례

고구마 분자유종의 성공사례로 하나의 고구마 저장뿌리에 색소항산화물질인 안토시아닌(자색)과 베타카로틴(황색)을 동시에 다량으로 생성하는 형질전환 고구마를 만든 연구가 있다.<sup>2,3)</sup> 지금까지는 베타카로틴과 안토시아닌을 동시에 많이 생산하는 고구마를 전통육종을 통해서 얻은 수 없었다. 안토시아닌이 풍부한 자색 고구마인 신자미에서 안토시아닌을 합성하는 유전자의 발현을 증가시키는 IbMYB1 유전자를 *Agrobacterium* 균주를 이용하여 베타카로틴이 풍부한 신향미 품종에 도입하였다. 그 결과 그림 II-3과 같이 안토시아닌과 베타카로틴을 동시에 고생산하는 형질전환 고구마를 제작하였다.

- 1) Kang, K. et al. Molecular engineering of carotenoids in transgenic sweetpotato. *Breeding Sci*, 67:27-34(2017)
- 2) Park, S.C. et al., Overexpression of the IbMYB1 gene in an orange-fleshed sweetpotato cultivar produces a dual-pigmented transgenic sweetpotato with improved antioxidant activity, *Physiol Plantarum*, 153:525-537(2015a)
- 3) Park, S.C. et al., Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing IbOr-Ins gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar, *Plant Physiol Biochem*, 86:82-90(2015b)

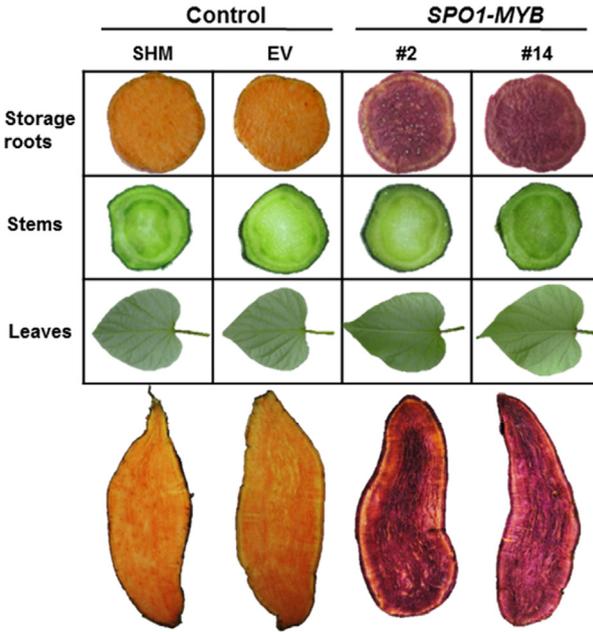


그림 II-3 안토시아닌과 베타카로틴을 동시에 생산하는 형질전환 고구마<sup>1)</sup>

카로티노이드를 축적하는데 관여하는 고구마 Orange 유전자를 자색고구마에 도입하여 안토시아닌(자색)과 베타카로틴(황색)을 동시에 다량으로 생성하는 형질전환 고구마가 만들어졌다.<sup>2)</sup>

- 1) Park, S.C. et al., Overexpression of the IbMYB1 gene in an orange-fleshed sweetpotato cultivar produces a dual-pigmented transgenic sweetpotato with improved antioxidant activity, *Physiol Plantarum*, 153:525-537(2015a)
- 2) Park, S.C. et al., Enhanced accumulation of carotenoids in sweetpotato plants overexpressing IbOr-Ins gene in purple-fleshed sweetpotato cultivar, *Plant Physiol Biochem*, 86:82-90(2015b)

카로티노이드 축적에 관여하는 고구마 Orange 단백질이 강한 샤페론 활성을 가져 고온 등 스트레스 조건에서 카로티노이드 생합성의 중요한 phytoene 효소와 결합하여 정상적으로 카로티노이드가 만들어지도록 하는 역할이 최근 밝혀졌다.<sup>1)</sup>

### 라. 보통 고구마가 자연 GMO인가?

GMO(genetically modified organism, 유전자변형생명체)의 안전성 문제가 사회적 이슈가 되고 있다. GMO는 유전공학 기술을 이용하여 기존의 육종방법으로는 나타날 수 없는 형질이나 유전자를 지니도록 개발된 생명체이다. 대부분의 생물들은 부모로부터 유전자를 물려받아 정체성을 유지하는데 이를 수직적인 유전자 이동이라고 한다. 하지만 자연계에서는 수평적 유전자 이동이라는 것도 존재 한다. 이는 전혀 교잡할 수 없는 생물의 유전자가 세균이나 바이러스를 통해서 개체로 전달되는 것이다.

2015년 Ghent 대학의 연구팀은 미국국립과학원회보(PNAS)에 고구마가 자연적인 GMO식품이라는 논문이 발표되었다. 내용은 고구마의 유전체에서 토양세균인 아그로박테리아의 유전자를 발견하였다는 것이다. 아그로박테리아는 토양에 존재하는 세균으로 자연계에서는 식물뿌리의 상처부위를 통해 감염된다. 이때 자신의 유전자를 식물체에 넣어 뿌리혹병 또는 모근병을 일으킨

---

1) Park, S.Y. et al., Orange protein has a role in phytoene synthase stabilization in sweetpotato, Sci Rep-UK, 6:33563(2016)

다. 흥미롭게도 뿌리혹병을 발병시키는 유전자서열이 고구마 재배품종 291종에서는 발견되었지만, 야생종에서는 발견되지 않았다. 그리고 모근병을 야기하는 염기서열은 야생종을 포함한 총 45종 품종에서 발견되었으며, 이들 서열은 고구마의 다양한 조직에서 기능을 하고 있는 것이 확인되었다.

정리하면 우리가 재배하여 먹고 있는 고구마에도 인위적으로 만든 GMO가 갖고 있는 유전체를 자연적으로 가지고 있다는 것이다. 이러한 현상은 다른 식물인 담배 및 해란초에서도 보고된 바 있다.

GMO 작물의 개발은 자연계에 존재하는 아그로박테리움의 기술을 이용한 것이다. 다른 점은 자연에서 만들어 지는 GMO는 무작위로 유전자가 삽입된 후, 자연선택 혹은 인간의 선택에 의해 살아남은 것이지만, 과학기술을 이용한 GMO는 의도한 유전자를 삽입하고 목적에 맞는 식물이 만들어 질 때까지 인위적인 선택을 한다는 정도일 것이다.<sup>1)</sup>

---

1) Knadt, T. et al., The genome of cultivated sweetpotato contains *Agrobacterium* T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop, PNAS, 112:5545-5856(2015)





고구마는 생육적온이 높지만 재배에 가장 중요한 요인은 서리가 내리지 않는 기간(무상기간)이 120일이면 어느 곳에서도 재배가 가능하다. 고구마의 생육온도 범위는 15~38℃인데 30~35℃에서 가장 왕성하게 생육한다. 덩이뿌리의 비대에는 지상부 생육적온 보다 약간 낮은 20~30℃의 지온이 알맞다.

일조가 부족하면 지상부에서 생산된 물질이 덩이뿌리로 옮겨져 저장되는 양이 적기 때문에 지상부의 줄기와 잎 수량은 오히려 증가되나 고구마 수량은 낮을 수 있다. 토양의 건조가 심하지 않는 한 일조가 많아야 좋으며 10시간 50분~11시간 50분 정도의 단일조건이 덩이뿌리의 생육에 유리하다.

고구마는 건조에 비교적 강한 특성을 가지고 있으며 토성, 경사도, 지하수위의 위치 등에 크게 영향을 받지 않고 광범위하게 재배가 가능하나 생육시기에 따른 수분의 영향은 매우 크다. 특히 삼식 전후의 강우는 활착을 원활하게 한다.

고구마는 거름의 흡인력과 토양의 적응성이 강해 다른 작물을 재배할수 없는 척박한 땅에서도 재배가 가능하다. 고구마의 생육에 적당한 토양 수분은 세근의 경우 최대용수량의 90~95%, 괴근

의 경우 60~70%가 알맞다. 고구마는 건조에 강한 작물로 알려져 있으나 토양수분이 적으면 지상부 및 덩이뿌리의 무게가 모두 감소된다.

토양 통기가 좋으면 경엽 생장은 다소 억제되지만 고구마 비대와 전분 축적이 양호하여 수량이 크게 증가한다. 즉 고구마 재배에는 흙이 부드럽고 통기성이 좋아야 한다. 토양 중에 수분이 많아 공기가 부족하면 지상부의 생육은 좋아지지만 고구마의 비대가 나빠져 수확량이 낮아질 수 있다.

고구마는 토양산도에 대한 적응성이 커서 pH 4.2~7.0 사이에서는 생육 및 수량에 큰 차이를 보이지 않는다. 그러나 알칼리성 토양보다 산성토양에서 고구마 수량이 많다. 고구마 재배에 알맞은 토성은 배수가 양호한 사토나 양토이며, 경토의 깊이는 10~20cm가 적절하다. 고구마 재배 전반에 대해서는 이 등<sup>1)</sup>이 발간한 고구마 재배에 따른다.

---

1) 이준설 등, 고구마 재배, 표준영농교본-28(개정판), 농촌진흥청(2006)

## 1. 육묘와 정식

### 가. 육묘

고구마 재배에서 가장 중요한 것은 묘상에서 좋은 싹을 길러내는 것이다. 좋은 싹을 기르기 위해서는 묘상에서 싹의 생육에 적합한 환경조건을 만들어 주어야 한다.

묘상에서 싹을 밀식 재배하면 묘상면적은 줄어들지만 싹이 연약하고 웃자라기 쉬우며 병이 발생하는 경우 속히 퍼지게 된다. 따라서 싱싱하고 튼튼한 싹을 키우기 위해서는 너무 밀식되지 않도록 하는 것이 좋다. 대체로 싹이 트는 기간에는 고온인 30~33℃를 유지해야 하나 싹이 트 후에는 23~25℃가 싹의 생장에 좋다. 그리고 상토의 수분이 충분해야 하며 적당한 일조량, 특히 자외선의 쬐임이 충분해야 싹이 튼튼하게 자란다.

묘상에서 고구마 싹이 나오는 기간에는 고구마 자체 영양분으로 생육이 가능하나 싹이 나온 후부터는 고구마 뿌리를 통해 양분과 수분을 흡수해야 묘가 잘 자랄 수 있다. 묘상에서는 밭에서와 달리 질소분이 넉넉해야 좋은 싹을 기를 수 있으며 칼리도 충분해야 싹이 튼튼하고 싱싱하게 자랄 수 있다. 질소가 부족하면 싹의 생육이 나쁘고 삽식 후 덩이뿌리 생육도 좋지 않다. 퇴비는 잘 부숙된 것을 m<sup>2</sup>당 10~15kg 정도로 전면 살포하여, 15~20cm의 깊이로 갈아 넣고 잘 섞어준다(표 III-1).

**표 III-1 육묘시 비료량**

비율(g/m <sup>2</sup> )			시비량(g/m <sup>2</sup> )			
N	P <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	요소 (N 46%)	용과린 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 20%)	염화加里 (K <sub>2</sub> O 60%)	퇴비
6	4	5	13	20	8.3	1,500

\* 퇴비 성분량: N 0.5%, P<sub>2</sub>S<sub>5</sub> 0.3%, K<sub>2</sub>O 0.5%

### 나. 씨고구마 선택

봄철이 되면 우선 묘상에 물을 씨고구마를 선택하여야 한다. 씨고구마는 병들지 않은 건전한 고구마를 사용해야 한다. 씨고구마를 묘상에 묻기 전에 약제를 이용하여 조직 속에 이미 침입한 병균을 죽일 수 있는 침투성 살균제로 소독하거나 온탕소독을 하는 것이 좋다.

씨고구마를 덮는 상토의 깊이는 씨고구마가 보이지 않을 정도로 하되 너무 깊으면 고구마가 질식하여 부패하기 쉽고 너무 얇으면 건조하여 싹 나오는 것이 늦어진다. 상토 외에 보온을 위하여 짚이나 왕겨를 덮을 때는 상토를 얇게 덮고 그렇지 않으면 다소 두텁게 덮는다(그림 III-1).



그림 Ⅲ-1 씨고구마 묻기

## 다. 정식

### (1) 자연조건

지온과 마지막 서리가 내리는 시기가 고구마 묘를 밭에 심는 시기를 정하여 준다. 묘에서 뿌리가 내리는 데는 지온 15℃ 이상의 온도가 필요하고, 정상발근 지온은 19~37℃범위이며 최적 조건은 30℃ 부근이다. 따라서 보통기재배의 경우 일찍 심는 한계는 지온이 15℃ 이상이 되고 서리의 위험이 없는 시기이다.

묘를 심은 후에 서리를 맞으면 묘가 죽게 되며 서리가 심하지 않은 경우에는 지상부에 노출된 부분만 죽고 땅속에 묻힌 부분은 살아서 간혹 줄기가 재생되어 자라지만 생육이 매우 늦고 불량하여 수량성이 크게 낮아진다. 고구마를 너무 일찍 삼식하면 고구

마 모양이 정상적으로 되지 못하고 구불구불해지는 경우가 있으며 고구마가 길어지고 깊이 들어가는 경우가 있는데, 이것은 지온이 낮은 상태에서 고구마가 형성되기 때문이다.

## (2) 정식시기

아주심기(정식) 적기(適期)란 고구마의 수량을 가장 많이 낼 수 있는 시기라 할 수 있다. 일반적으로 비닐멀칭을 하지 않고 심는 경우 남부지방에서는 5월 상순, 중북부지방에서는 5월 중순부터 심는 것이 일반적이다. 그러나 수확이 가능한 아주심기 한계기(限界期)는 남부지방에서는 7월 상순까지, 중북부지방에서는 6월말까지이다(표 III-2).

중북부지방에서는 5월 중순에 심었을 때의 수량을 100으로 보았을 때 삽식기별 수량지수는 6월 하순까지 하루 약 1%씩 감소하게 된다. 따라서 수량을 많이 얻기 위해서는 묘를 심을 수 있는 시기에 하루라도 빨리 심어서 고구마 덩이뿌리의 비대기간을 길게 하여야 한다.

표 III-2 정식에 알맞은 시기

조기 재배	적기 재배	만기 재배
3월 하순~4월 중순	5월 중순	6월 중순

### (3) 본밭 만들기

고구마를 심을 때가 되면 잡초를 묻거나 끊어지도록 하여 잡초 발생을 억제하는데 토양의 점토함량이 높을수록 정지 작업 효과가 크다. 로터리로 흙을 잘 고른 다음 비료를 전면 살포하고 양날개 쟁기나 관리기로 갈아 올려서 이랑을 만들고 다듬는다.

고구마를 심을 때에 토양통기를 좋게 하며 낮과 밤의 토양온도 차이를 크게 하여 덩이뿌리의 형성과 비대를 좋게 하기 위해 이랑을 만든다. 또한 이랑은 덩굴이 퍼져나갈 토양의 표면적을 넓게 하여 잎이 햇빛을 많이 받게 하여 동화작용을 왕성하게 하도록 도와주며 수확작업을 쉽게 하여 준다.

이랑의 높이는 평균 30cm 정도지만 비옥한 밭이나 점질토양 등 배수가 좋지 않은 곳에서는 높게 하고 건조하기 쉬운 밭이나 사질계통의 밭에서는 너무 높게 하면 가뭄의 피해를 받기 쉬우므로 다소 낮게 한다. 따라서 이랑을 높게 하는 경우 이랑나비를 90cm 정도로 할 수 있으나 다소 낮게 하는 때에는 70~75cm 정도로 하는 것이 알맞다. 이랑을 만들 때는 토양수분이 많아서 습한 때를 피하고 적당한 수분을 가진 상태나 다소 건조한 시기에 만드는 것이 좋다.

이랑을 만들고 10일 이내에 싹을 심으면 영양이 없지만 그 이상이 지나면 흙이 굳어져서 이랑을 만드는 효과가 줄어든다. 특히 점질토에 서는 이랑을 만든 후 서둘러서 묘를 심는 것이 좋다.

#### (4) 묘 자르기

고구마 묘는 먼저 자란 것부터 3~4회에 걸쳐 잘라 심는다. 묘를 자르는 시기는 비가 올 경우 밭에 심기 전날이나 당일이 좋다. 심을 때가 되었어도 묘가 덜 자랐을 때는 재식시기를 다소 늦추더라도 묘를 충분히 키워서 심는 것이 유리하다. 묘 자르기 적기는 건전한 묘를 다량으로 얻을 수 있는 시기를 말하는 것으로 8~9마디 이상으로 자란 시기이다. 묘를 자를 때에는 묘의 아랫부분을 5~6cm(2~3마디) 남겨두고 자른다(그림 III-2). 이것은 남은 마디에서 새싹이 돌아나기 용이하고 검은무늬병을 방제하기 위해서도 효과적이기 때문이다. 처음 싹을 자른 후 약 7~10일 간격으로 2차 혹은 3차 묘를 자를 수 있다.



그림 III-2 묘 자르기

비가 오거나 토양 수분이 적당할 때는 묘를 자른 후 바로 심어도 좋다. 그러나 싹을 자른 후 기온, 작부체계, 수분 등 조건이 부적합하여 바로 밭에 심지 못할 때에는 서늘하고 그늘진 곳에 마르지 않도록 3~5일간 저장해 두었다가 심으면 수량이 더 증가한다.

## 라. 비닐멀칭 재배

고구마 재배에 있어서 PE필름(비닐)으로 피복(멀칭)하면 보온 효과, 보습효과(토양수분유지), 토양유실 방지, 잡초 발생억제 등의 효과가 있다.

농업용 비닐종류는 투명, 흑색, 배색(흑백)비닐, 생분해성필름 등이 있으나 국내 고구마재배에서는 주로 배색비닐을 사용하고 있다.

그러나 멀칭재배시 피복재료 간에는 지온상승 효과에 차이가 있기 때문에 저온기에는 비닐종류를 구분할 필요가 있다. 즉 투명비닐은 배색비닐에 비하여 지온을 2~5℃ 높게 유지시켜 주기 때문에 저온기 조기재배의 경우에 발근을 촉진시켜주는 효과를 기대할 수 있다.

### (1) 노지피복 재배

비닐 멀칭재배에는 4월 상순~6월 중하순까지 주로 하는 노지 피복(PE필름 멀칭)재배와 저온기인 3월 중하순에 하는 비닐(이

중)터널재배가 있다. 여기서는 노지피복재배에 대해 소개한다 (그림 III-3).

두둑상단에 묘를 수평으로 눕혀서 삽식한 다음 묘와 비닐 사이에 공간이 생기지 않도록 밀착되게 피복하고, 골상단 비닐위로 흙이나 부직포를 덮어 차광하여 고온장해를 막아준다. 또한 피복한 비닐이 바람에 날리지 않도록 이랑 양쪽을 흙으로 잘 덮어 준다. 작업순서는 ① 70~75cm 폭의 두둑짓기, ② 건전묘를 수평 심기로 눕혀서 삽식, ③ 제초제 알라입제 살포, ④ 비닐위에 흙덮기(고온 장해방지) ⑤ 만상(마지막 서리)이 지난 후 묘 꺼내기 등으로 이루어진다.



그림 III-3 비닐멀칭재배

(2) 심는 간격

수량을 결정하는 요소로서 고구마의 한 포기당 수량이 많아야 하고 단위면적당 포기수가 알맞아야 한다. 한 포기당 수량을 높이기 위해서는 한 포기가 차지하는 면적이 넓어야 하나 적절한 선에서 조절하여 단위당 수량을 높이도록 해야 하며 씨고구마의 양 및 저장, 육묘비용 등 생산비 절감 측면에서도 재식밀도를 검토해야 한다.

심는 간격(재식거리)은 조기 및 적기재배로 심을 때에는 이랑 폭 70~75cm × 포기 사이 20cm로 하고, 만기재배에는 이랑 폭 75cm × 포기 사이 25cm로 한다. 묘수는 조기재배는 10a당 6,600~6,700본, 적기 및 만기재배 때는 5,300~5,400본 정도 심도록 하는 것이 좋다(표 III-3).

표 III-3 재배시기별 재식밀도

조기 재배	적기 및 만기 재배
휴간 75cm X 주간 20cm	휴간 75cm X 주간 25cm
(10a 당 6,600~6,700본)	(10a 당 5,300~5,400본)

## 2. 비료와 퇴비

고구마는 거름을 빨아들이는 힘이 강하여 비료를 많이 주지 않아도 다른 작물에 비해 비교적 수량이 많기 때문에 척박지나 신개간지와 같은 곳에 알맞은 작물로 알려지고 있으나 계속하여 매년 고구마를 재배하면 미량요소가 부족하여 정상적인 수량을 낼 수가 없다.

고구마 재배에 필요한 비료와 퇴비 시비량은 표 III-4와 같다.

표 III-4 재배시 시비량

	비율(Kg/10a)			시비량(Kg/10a)			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> O	요소 (N 46%)	용과린 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 20%)	염화加里 (K <sub>2</sub> O, 60%)	퇴비
구분	N	P <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	K <sub>2</sub> O	(N 46%)	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , 20%)	(K <sub>2</sub> O, 60%)	퇴비
기경지	5.5	6.3	15.6	12	31.5	26	1,000
개간지	9	9	24	19.6	45	40	1,500

### 가. 비료

#### (1) 질소

질소가 부족하면 지상부의 생육이 억제되고 엽면적이 확보되지 못하여 건물생산량이 적어진다. 반대로 질소가 너무 많으면 지상

부의 생육이 왕성하고 건물생산량이 증가하나 광선의 투과가 나빠서 아랫부분의 잎은 일조부족으로 황화낙엽(黃化落葉)이 촉진되고 지상부는 호흡작용이 커져서 잎에서 생산된 탄소동화물질의 소비가 늘어남에 따라 고구마의 비대가 좋지 않다.

또한 밭에 심은 직후 활착기에 질소분이 많으면 뿌리의 목화(木花)가 촉진되어 실뿌리가 많고 덩이뿌리 형성이 줄어들는다. 질소의 많고 적음은 동화물질의 분배, 고구마의 크기와 직접관계가 있는데 잎의 “칼리농도/질소농도”의 비율이 높을수록 고구마에 동화물질 축적이 잘되어 비대가 좋아진다. 따라서 비옥한 밭에서는 질소의 흡수가 많아도 칼리의 흡수량이 많지 않으면 증수를 기대하기 힘들다.

일반적으로 부식함량이 낮은 토양이나 사질토양에서는 질소의 양을 늘려서 지상부의 생육을 왕성하게 함으로써 증수를 꾀한다. 점토함량이 많은 충적토나 부식함량이 많은 토양 또는 앞그루 작물로 채소와 같은 비료를 많이 주어 재배를 한 밭에는 질소를 적게 주고 칼리를 많이 주어야 한다. 질소시비량은 10a당 5kg 이상 넘어도 고구마 수량의 증가는 없으나 토양의 비옥한 정도에 따라서 10a당 5~10kg 범위가 알맞다.

## (2) 인 산

인산은 전분합성에 필요한 요소로 알려져 있으나 고구마의 수량에는 크게 영향을 미치지 않는다. 인산이 부족하면 잎의 광택

이 나빠지고 잎과 줄기의 자람이 억제된다. 인산을 많이 주면 수량은 크게 증가하지 않으나 품질이 좋아진다. 즉 고구마는 다소 길어지나 단맛이 강해지고 분질(粉質)로 되며, 군고구마로 이용하기 알맞은 고구마가 많아지고 저장력도 증대된다.

인산은 흡수량이 적으며 숙전(熟田)에서는 효과가 그리 크지 않으나 새로 개간한 땅과 같이 인산 결핍지대에서는 효과가 크다. 10a당 인산 시용량은 5~11kg의 범위가 알맞으며 새로 개간한 땅과 인산이 결핍된 토양에서는 28kg까지도 늘릴 필요가 있다.

### (3) 칼 리

칼리는 고구마의 비대에 매우 중요한 역할을 한다. 칼리함량이 많으면 광합성 능력이 높아져 잎에서 형성된 동화물질이 덩이뿌리로 잘 이동되어 고구마의 비대가 더욱 촉진된다.

또한 칼리는 뿌리의 형성층 활동을 증대시키고 중심주 세포의 목화(木化)를 억제하여 덩이뿌리의 형성과 비대가 촉진되어 수량이 증대된다. 그러나 칼리를 너무 많이 주면 수량은 증가하나 고구마의 건물률은 감소하며 열개(裂開)현상이 많아진다. 또한 고구마가 커지고 작은 고구마가 거의 없게 되지만 전분함량이 다소 낮아진다. 칼리가 부족하면 잎은 다소 갈색이 되고 잎면이 거칠어지며 누렇게 말라 죽기 시작한다.

칼리 흡수량은 대단히 많아서 10a당 20kg까지도 흡수하는 경우가 있다. 그러나 칼리는 토양으로부터 흡수하는 양은 얼마 안

되고 대부분은 비료사용에 의하여 공급되는 칼리에 의존하므로 토양 중에 칼리함량이 적은 밭이나 고구마를 계속 심은 밭 또는 질소질이 많은 밭에서는 칼리의 증시가 필요하다. 10a당 칼리 사용량은 토성에 따라 11~24kg 정도가 알맞다.

#### (4) 석회

석회의 사용은 칼리의 흡수를 억제하여 고구마의 형상이나 피색을 좋게 한다. 그러나 고구마의 석회흡수량은 표준사용량에 비하여 적고, 또한 멀칭 재배에서는 강우에 의한 석회의 유실이 적으므로 석회를 해마다 사용하면 토양중의 석회량이 높아지기 쉽다. 입고병의 발생이나 전분 함량의 저하를 고려하여 pH 6.0 이상인 밭에서는 석회질자재의 사용을 삼가는 것이 바람직하다.

#### (5) 미량원소

마그네슘은 엽록소 형성의 중요한 부분이며 부족하면 잎맥부분이 누렇게 된다. 칼리의 함량이 충분할 때 마그네슘을 사용하면 수량이 많아질 뿐 아니라 고구마의 모양이 좋아진다.

칼슘은 세포벽의 구성요소이며 세포신장과 분열에 관여한다. 이 성분은 탄수화물의 전이에도 중요한 역할을 하는데 이 성분이 부족하면 어린잎이 황록색으로 되며 아랫부분의 잎이 갈색 또는 적색으로 된다.

망간은 식물체 탄소동화작용에서 산소방출에 관여하고 있다.

망간은 사질토에서 pH가 5.5 이하인 경우 결핍하기 쉬우며 망간 시용으로 고구마 수량이 증수된다. 망간이 부족하면 어린잎이 누렇게 된다.

붕소는 세포벽 합성물질에 관여하고 있으며 아미노산 형성과 단백질합성에 중요한 역할을 담당하고 있다. 붕소는 또한 세포발육, 당과 전분의 형성과 전이에 영향을 마치고 있다. 붕소가 결핍되면 새로운 성장과 발육이 저지된다. 붕소 결핍증상은 처음에는 새로운 줄기의 발육이 부진한 것으로 나타나며 토양에서는 여러 가지 면에서 인산 결핍과 비슷하다. 토양중의 적정 붕소의 양은 0.1~0.5ppm으로 붕소가 부족하면 잎 둘레가 황색~갈색으로 되며 줄기의 끝이 찌그러진다.

## **나. 퇴비**

퇴비는 토양의 보수력을 증가시켜 가뭄 피해를 경감시키고 토양 통기를 증대하여 흡수를 좋게 한다. 또 토양의 유용미생물의 활동을 도와주고 3요소를 생육의 전 기간에 걸쳐서 알맞게 방출해 주므로 특히 효과가 크다. 보통 1,000kg 이상 주는 것이 필요하다. 퇴비는 고구마의 비대에 효과가 큰 칼리가 많이 함유되어 있고 토양의 물리적 상태를 개선해 고구마 생육 및 수량에 좋은 영향을 준다.

### 3. 재배 및 병충해 관리

#### 가. 일반 재배관리

##### (1) 중경배토

중경배토(中耕培土) 작업을 하는 목적은 묘를 심은 후에 이랑의 표면에 생긴 딱딱하게 굳은 부분을 부수어 토양통기를 좋게 하고 빗물이 잘 스며들도록 하며 새 뿌리의 발생을 촉진시켜서 양분의 흡수를 좋게 하고 잡초의 발생을 막는데 있다. 작업을 하는 시기는 덩굴이 땅 표면을 덮기 전이 좋다. 이때는 작업을 하기가 수월하고 잡초방제의 효과도 크다.

작업을 하는 횟수는 토양의 굳기, 잡초 발생 정도에 따라 다르나 1~2회 정도가 알맞다. 첫 번째는 묘를 심은 후 10일 정도, 두 번째는 그 후 20~30일 쯤에 실시하는 것이 좋으나 제초제를 사용했을 경우 첫 번째는 생략하는 것이 일반적이다. 실시하는 시기가 늦으면 수량이 감소되어 역효과가 나는 수가 있다.

##### (2) 김매기

고구마 밭에 김을 매면 잡초를 없애는 동시에 토양통기를 좋게 하는 효과가 있다. 토양표면에 딱딱한 층이 형성된 경우에는 이를 깨뜨려 주어야 한다. 비가 와서 이랑의 흙이 씻겨 내렸을 경우에는 김매기를 할 때 흙을 긁어 올려서 복을 주는 요령으로 맨다.

김매기는 항상 잡초가 번성하기 전에 풀을 뽑기보다 흙을 긁어 주는 요령으로 매는 것이 노력도 적게 들고 고구마의 생육도 좋다. 김을 매지 않는 경우 고구마 수량은 40~50% 정도 감소된다. 제초제를 사용하지 않을 경우 김매기 하는 시기는 묘를 심은 후 한달 이내에 완료하여야 잡초에 의한 수량감소가 적어진다.

### (3) 순지르기와 물주기

묘가 활착된 후에 순을 질러서 분지발생을 촉진시키면 덩굴이 빨리 퍼지지만 재식밀도가 높을 때는 웃자라기 쉬우며, 생육이 빈약할 경우에는 순을 지르는 것이 오히려 생육을 더디게 한다. 따라서 재식밀도와 시비량이 알맞을 때는 순을 지를 필요가 없다. 생육중기에 줄기가 지나치게 웃자랄 우려가 있을 때에는 순지르기를 강하게 하여 생육을 억제함과 동시에 잎자루를 나물용으로 이용하기도 하지만 노력이 많이 소요된다.

토양수분이 포장용수량의 50% 이하로 떨어지면 물을 대줌으로써 수량을 올릴 수 있다. 그러나 대부분의 고구마 밭은 물대기에 불편한 곳에 위치하고 있으므로 한밭의 해를 줄이기 위해서는 비닐멀칭재배를 하거나 초기생육을 촉진시켜서 토양표면을 고구마 잎과 덩굴이 덮도록 해야 한다. 또한 덩이뿌리의 비대기에 가뭄이 계속될 때 특히 토양수분을 잘 유지시켜야 고구마 표피의 갈라짐을 막을 수 있다.

## 나. 병해충 관리

### (1) 병 관리

고구마는 각종 환경에 적응력이 높아 재배지역이 넓고 병충해에도 강한 것으로 알려져 있다. 그러한 재배적 장점으로 무농약 혹은 저농약 재배가 가능하였기 때문에 저공해 자연건강식품으로 인정되었다. 그러나 최근에 각종 토양성 병해와 선충, 바이러스, 뒷날개흰밤나방, 거세미나방 등에 의한 피해가 일부지역에서 나타나고 있어 사전 대비가 요구되고 있다.

덩굴쫄김병, 입고병, 더텡이병, 자주날개무늬병, 동근무늬병, 먼지 곰팡이병과 같은 토양병해는 유기물부족, 화학비료 연용, 피복재배로 인한 염류의 표층집적, 한발로 인한 고온 건조기상, 선충 및 각종 병충해 증가 등으로 토양이 악화되어 가고 있고, 불합리한 부산물처리로 인한 병원균의 밀도증가도 원인으로 밝혀지고 있다.

### (2) 해충 관리

선충은 바이러스를 매개 시키거나 토양병의 발생을 조장하며 고구마 표피에 구열이 지게하여 상품성을 떨어뜨리고 있으며 고구마 바이러스는 잎에 얼룩무늬를 만들고 괴근표피에 대상의 조피증(帶狀粗皮症)을 나타내거나 내부에 흑갈색 반점을 만들어 품질을 저하시키고 수량을 감소시킨다.

뒷날개 흰밤나방이나 거세미나방, 노린재, 메뚜기, 빨나방, 진딧물, 응애, 굼벵이 등 경엽이나 괴근을 식해하는 충들이 돌발적으로 발생하여 경엽에 큰 피해를 주기도 한다. 이처럼 충들의 피해가 많아진 이유는 겨울이나 봄철에 이상고온으로 충들의 월동률이 높아졌고 채소의 움저장, 고구마 피복재배, 생경엽투입 등으로 충들의 서식처가 많아진 것이 원인이 되고 있다. 그러나 연구가 아직 미흡하여 원인이나 증상, 방제기술이 확립되지 못한 부분이 많다. 이를 방제하기 위해서 저항성품종 육성보급, 무병종묘 생산공급, 약제선발과 적절한 토양관리 및 수분관리가 필요하다.

## 4. 수확 및 저장

### 가. 수확

#### (1) 수확시기

고구마는 영양기관인 덩이뿌리를 걷어 들이는 작물이므로 다른 작물과 달리 수확시기를 어느 정도 조절할 수가 있다. 보통기 재배시 덩이뿌리가 비대하기 시작해서 덩이뿌리무게 증가 최성기에 접어든 7월 하순부터는 어느 때 수확하여도 상당한 수량을 얻을 수 있으나 조기 재배에 의한 생산물이 이 무렵 출하되므로 경쟁이 안 된다. 따라서 고구마의 수확기는 수량, 품질, 용도 및 시장성 등을 고려하여 정한다. 고구마는 10℃ 이하의 낮은 온도에 접하면 저장성이나 싹트는 힘이 낮아지므로 수확작업은 서리가 내리기 전까지는 완료하여야 한다. 고구마를 보통기재배를 한 경우의 수량은 9월 하순까지는 거의 결정이 되고 그 이후의 수량증가는 미미하므로 9월 하순부터 10월 상중순까지 수확을 해야 한다. 중북부 지역의 첫서리가 내리는 시기도 10월 중순경이다. 시장에 출하하기 위해서는 9월 중순까지 수확하는 것이 가격면에서 약간 유리하며 저장을 하거나 전분용으로 이용하기 위해서는 10월 이후 전분가가 높은 시기에 캐는 것이 좋다.

## (2) 수확방법

고구마를 캘 때 상하지 않도록 주의해서 캐내야 저장성이 향상되고 상품으로서의 가치도 높다. 소규모 면적은 덩굴은 낮으로 자르고 걷어낸 다음 팽이나 쇠스랑으로 캔다. 양날 쟁기로 갈아엎고서 고구마를 주워도 되며 고구마 굴취기를 사용하기도 한다 (그림 III-4). 고구마 굴취기는 현재 트랙터부착용 2~4열식과 쟁기식 1열식이 이용되고 있어 수확작업능률은 높으나 조작에 따라 고구마 껍질이 벗겨지는 등 개선점이 남아 있다. 식용고구마를 재배했을 때는 껍질이 벗겨지는 것을 막기 위해서 아직도 호미를 이용하여 캐기도 한다. 캐어낸 고구마는 흙을 잘 털고 머리부분의 줄기와 꼬리부분의 잔뿌리를 자르는데 너무 바짝 자르면 부패하기 쉬우므로 주의해야 한다. 씨고구마로 사용하거나 장기저장을 할 것은 특히 병에 걸리지 않은 고구마를 골라야 한다.



그림 III-4 수확기계를 이용한 고구마 수확

## 나. 수확 후 관리

### (1) 수확 후 관리의 필요성

농산물이나 농산 가공식품에 대한 최근 소비자들은 고품질(모양, 맛, 신선도 등), 안전성, 건강기능성 등을 갖춘 상품을 선호하는 경향이 있다. 따라서 생산 농민, 저장, 가공, 유통업자들은 다음 단계의 이용자에게 양도할 때까지 최고의 품질이 유지되도록 관리하여야 제값을 받아 소득이나 이윤을 높일 수 있다. 하지만 가공식품을 제외한 모든 농산물은 수확 후에도 호흡 등 계속되는 생명현상에 의한 생리적 손실과 수확, 수송, 저장, 유통과정에서 불가피하게 초래되는 기계적 손실을 피할 수가 없다. 따라서 수확 직후부터 소비될 때까지의 손실을 최소화하고 품질을 유지하기 위해서 생리적 현상의 특성과 원리, 외적환경의 영향, 손실요인에 대한 대책 등 수확 후 관리(postharvest)의 깊은 이해가 필요하다.

또, 수확기의 흉수출하나 과잉생산을 조절하여 가격폭락을 방지하기 위해서 저장, 가공기술이 계속 개선되어야 하고 수출농업으로 비약하기 위해서는 고품질 농업상품 생산을 위한 재배기술은 물론 신선도 유지 및 출하기술의 지속적인 연구개발과 적극적인 실천이 요구된다.

고구마는 수분이 많으며 표피가 연하고 얇어 상처받기 쉽고 수확 후 호흡 열이 많아 건조나 큐어링이 필요하다. 또 저온에

노출되면 냉해를 받아 부패하게 되며 포장에서 감염된 병이나 저장성 병에 의해서 부패되기도 한다. 무거워 수송이 어렵고 저장조건도 까다로워 수확 후 관리가 매우 어려운 작물중의 하나이다. 품질 좋은 고구마를 가꾸었다 하여도 수확시기, 수확방법, 수집용기, 수송, 건조나 큐어링, 저장, 저장고 관리, 포장, 출하방법 등의 적합성 여부에 따라 상품성과 손실률이 크게 좌우되므로 관리에 유의하여야 한다.

최근 식용고구마 전업농가들은 훌륭한 저장고를 짓고 수확 후 생리에 맞는 관리로 고구마의 연중 유통출하에 기여하고 있으며, 국내 고구마 관련 산업의 경쟁력 강화는 물론 농산품 품질향상을 위해서 수확 후 관리 작업은 상업농시대의 제2의 생산 활동으로서 제1의 생산 활동 못지않게 중요하다. 농산물은 수확 전 고품질 생산이 가장 중요한 요소이지만 수확 후 손실률을 최소로 하는 기술개발이 잘 이루어진다면 수확 후 「제 2의 생산」을 유도해 낼 수 있다. 고구마는 저장방법에 따라 차이가 있지만 저장 중에 자연감모, 부패 등 10~50%가 손실되고 있다.

## (2) 수확 후 관리

4월 이전에 PE필름 피복재배법에 의해 삼식하는 조기재배 고구마는 8월 이전에 수확하여 찢고구마용으로 판매된다. 고구마 생리적 삼식적기인 5월에 삼식한 고구마는 추석 전·후에 수확되고 6월에 삼식한 고구마는 10월에 수확된다. 여름이나 가을에

판매되어 소비되는 고구마는 저장할 필요가 없으나 종자용이나 다음해에 판매할 고구마는 저장해야 하는데 10℃ 이하 온도에 노출되어 저온장해(냉해)를 입지 않도록 일찍 캐서 큐어링하여 저장해야 한다. 저장용고구마는 수확작업 시 손상되지 않도록 세심한 주의를 해야 하는데 호미나 쇠스랑을 이용하여 인력으로 캐거나 경운기 또는 트랙터에 굴취기를 부착하여 수확하는데 토양조건에 따라 손실률이 달라지므로 적당한 방법을 선택해야 한다.

판매용이나 종자용으로 저장할 고구마는 상처가 없어야 한다. 흙을 털고 붙어있는 줄기나 뿌리를 다소 길게 붙여 다듬어서 저장장소로 수송하게 되는데 상처가 나지 않도록 주의해야 한다. 수확한 고구마를 밭에 방치하면 밤의 저온에 노출되어 냉해를 받게 되므로 바람이 잘 통하는 실내로 옮겨 예비저장단계(건조)를 거치거나 큐어링해야 한다. 종이포대나 자루 등은 수송도중 서로 부딪혀서 상처가 나기 쉽고 호흡 열로 고온이 되기 쉬우므로 공기가 통하는 플라스틱 컨테이너 박스를 이용하는 것이 유리하다.

저장 전처리로 예비저장이나 큐어링이 필요하나 일부 농가에서 이 처리를 하지 않고 저장하여 부패가 많은 경우가 있다. 외국의 사례를 보면 큐어링을 실시하였을 경우 감량률이 17% 정도이나 무처리의 경우 32% 내외로 보고되어 있다. 또 큐어링을 실시할 때 습도를 50%로 맞추었을 경우보다 습도를 82%로 조절하였을 경우 부패율, 감량률 및 총 감량률이 현저히 줄어들었다. 따라

서 반드시 습도가 높은 조건에서 큐어링이 실시되어야 하고 큐어링 실시 후에는 환기를 하여 고구마 온도를 12~14℃로 낮추어 주어야 한다(그림 III-5).



그림 III-5 고구마 전처리(큐어링) 시설

표 Ⅲ-5 고구마 저장 조건

온도(℃)	습도(%)	냉해온도(℃)	동사온도(℃)
13~15	85~90	10	-1.3

고구마 저장의 3대 조건은 온도, 습도, 환기이다. 고구마의 저장을 잘하려면 이러한 조건을 유지할 수 있는 좋은 저장시설이 필요한데 단열이 잘되는 자재를 이용하되 비용과 효율성 등을 고려해야 한다. 저장 전에 반드시 컨테이너나 저장고 내부를 소독해야 하고 상처 난 것, 병든 것 등은 철저히 가려내야 한다.

## 다. 저장 관리

### (1) 고구마 품질에 영향을 주는 요인

수확 후 생리란 살아있는 생명체로 취급되는 농산물의 수확 후부터 소비될 때까지 일어나는 독특한 생리적 변화를 말하며 종자, 과실, 채소, 절화 등 식물체 전체 또는 일부분을 대상으로 한다. 재배조건이 수확 후 변화의 직접적인 원인이 되는 경우 수확 후 생리 분야에 포함된다. 수확 후 생리의 주된 현상은 호흡의 증가, 에틸렌 생성, 세포벽의 변화, 색소의 합성 및 파괴, 2차 산물의 생성(성분의 변화) 등과 포장에서 감염된 병이나 냉해의 진전으로 부패되는 것 등을 들 수 있다. 이와 같은 생리 작용에

의해 색, 맛, 조직감, 향 등 품질인자들이 변화된다.

고구마에 있어서 중요한 수확 후 생리현상은 호흡과 저장병해, 중량감소, 성분변화 등이다. 수확, 수집, 수송과정에서 상당한 스트레스 환경에 놓이게 되어 호흡증가로 체온이 높아지므로 그늘에서 건조시키거나 큐어링을 실시하여 호흡을 안정시킨 후 저장해야 한다. 이때 저장물질의 소모와 당화가 이루어지면서 신선도가 떨어지기 시작한다. 호흡시 발생하는 이산화탄소는 호흡을 억제하기도 하나 과다하게 될 경우 장해를 유발하므로 적절한 환기가 필요하다.

저장 후에도 신선도가 높은 고품질 고구마를 출하하기 위해서는 수확 후 생리를 잘 이해하여 심한 변화를 막아야 한다.

## (2) 저장문제 해결을 위한 가공 이용

고구마는 저장력이 약하여 장기 저장이 어려운 큰 단점을 갖고 있다. 저장기간의 연장, 부가가치의 제고, 자연건강식품의 주년 공급 측면에서 장기 저장이 가능하도록 1차 가공을 하여 저장해 두고 안전하게 2차 가공을 하는 기술보급이 절대 필요하다.

또, 국내 대부분의 소비방법이 찌서 먹거나 튀김정도로 식품가공분야는 초보단계에 머물러 있는 실정이다. 다만 일부 산업체에서 고구마 칩, 음료, 양갱, 양금, 국수 등을 만들어 판매하고 있고 자색이나 주황색 등 색소용 품종이 개발되어 보급되고 있으며 그 외 용도별 가공품종이 계속 개발될 전망이어서 앞으로 발전이

기대된다. 전분이나 주정이외의 식품가공 공장이나 천연색소 공장이 지어지고 계약재배면적이 늘어나면 주산지의 생산기반도 유지될 수 있을 것이다.

현재 생고구마의 저장고 저장기술로는 가공공장의 연중 가동률을 높일 수가 없다. 따라서 생고구마를 퓨레(puree, 수프)나 페이스트(paste, 반죽), 플레이크(flake, 조각), 과립, 분말 등의 형태로 1차 가공하여 저장하여 두었다가 2차 가공을 위한 식품소재로 사용하는 기술이 발전되고 있다. 이러한 1차 가공된 고구마 식품소재는 연중 가격을 일정하게 하고 2차 가공품을 만들 때 융통성이 있으며 계절이 바뀌어도 품질이 균일하고 보존과 재고 관리를 쉽게 할 수 있는 등 장점이 많다.

저장력이 약하여 홍수 출하되거나 저장 중 부패, 자연감량 등으로 인한 손실률이 높으므로 고구마를 가공하여 장기적으로 저장해 두고 모든 소비자가 필요할 때 어느 곳에서나 손쉽게 구입할 수 있도록 가공제품을 다양화하고 용도에 맞는 품종도 계속 개발 보급한다면 고구마 산업은 보다 더 안정적으로 발전될 것이며 저장문제, 홍수출하 등 많은 문제가 해결될 것이다.





고구마는 단위면적당 수확량이 많을 뿐만 아니라 모든 부위를 이용할 수 있는 특징이 있다. 서울대 농업생명과학정보원은 2009년 농림수산물 R&D 투자실적 분석에서 33개 농축산물 가운데 고구마는 투자금액이 22위임에도 2007년 생산에서는 작물 가운데 쌀 다음으로 높으며 일부 고구마는 유럽 등에 수출되고 있어 고구마의 이용이 크게 증가될 것으로 전망하고 있다. 특히 농촌진흥청 소득분석에 의하면 고구마는 쌀에 비해 약 2배 소득이 높다고 평가되고 있다.

식량사정이 어려웠던 70년대 상반기까지는 고구마는 대부분 식량대용으로 사용되었고, 일부는 주정용, 전분용 등 산업용으로도 이용되었다. 최근 건강에 대한 관심과 고구마의 기능성 부분이 잘 알려지면서 고구마의 소비가 증가되고 있다. 특히 고구마 다이어트 등에 대한 기능성이 소비자들에게 잘 홍보되어 고구마의 소비를 증가시키고 있다. 이를 반영하듯이 2001년 이후 총 농산물 생산 면적에 비해 고구마 생산면적의 증가와 고구마 생산량이 지속적으로 증가하고 있다. 또한 다양한 특성을 가진 고구마 품종들이 육종을 통해 개발, 판매되고 있다.

## 21세기 구원투수 고구마

고구마는 탄수화물 함량이 높아 고구마의 전분을 이용하는 식용가공품 및 산업원료로 사용되고 있다. 한국의 경우 80% 이상이 식용 및 전분용으로 쓰이고 있고, 소량이 사료 및 알코올 제조에 쓰이고 있다. 하지만 세계 최대 고구마 생산국가인 중국은 30% 이상이 사료 및 알코올의 원료로 사용되고 있다(표 IV-1). 한국에서도 고구마의 생산량이 지속적으로 증가하고 있기 때문에 식용 이외 다른 가공품의 원료로서 적극적인 이용이 필요하다.

표 IV-1 국가별 고구마의 주요 용도 (단위: %, 출처: 한국식품연구원)

국가별	식용	전분용	알코올	사료용	식품 가공용	종자용	기타
한국	60	21	3	2	2	6	6
중국	12	40	5	30	1	6	6
일본	40	30	5	8	5	6	6

## 1. 식품용

식용으로 이용할 때는 고구마를 가정에서 찌서 간식용으로 먹는 것이 일반적이며 튀김용이나 군고구마용으로 쓰는 경우도 있다. 또 많은 양은 아니지만 고구마 요리로써 고구마 국수, 고구마 범벅, 고구마 경단, 고구마 죽, 고구마볶음, 맛탕 등이 주식과 부식 및 간식으로 이용된다. 절간고구마나 고구마가루는 밥을 지을 때 섞거나 밀가루에 섞어 이용하기도 한다. 고구마가루, 찌 말린 고구마, 고구마 고추장, 고구마 물엿 및 고구마 묵 등 일반 농가에서 손쉽게 제조할 수 있는 고구마 가공품의 특성을 살펴보면 다음과 같다.

### 가. 식품용

#### (1) 고구마 전분

전분용 고구마에 알맞은 품종은 전분함량이 높고 단위 무게당 전분함량이 많아야 한다. 전분색깔은 백색 이어야하고 수확 후 전분의 당화가 적으며 당분, 단백질, 폴리페놀, 섬유질이 적게 들어야 좋은 품질의 전분을 얻을 수 있다.

#### (2) 고구마가루

고구마가루는 빵, 과자, 떡, 국수류 등을 만들 때 밀가루를 대용

해서 20~30% 정도 혼합사용할 수 있다. 따라서 고구마가루는 고구마 소비촉진은 물론 밀가루의 대체사용 차원에서도 바람직한 제품이다.

### (3) 찌 말린 고구마

우리 조상들은 옛날부터 고구마를 저장에 용이하도록 찌서 말린 다음 간식으로 이용하는 지혜를 보였다. 그 맛은 곱감과 비슷하여 쫄깃쫄깃한 감칠맛이 그만이며 일반 가정에서도 쉽게 만들어 먹을 수 있으므로 저공해 건강식품이라 할 수 있다.

### (4) 고구마 고추장

삶은 고구마에 엿기름물을 섞어 삭힌 뒤 달여 고춧가루와 메줏가루를 섞어 담그는 고추장이다. 전통고추장의 하나로서 경상도 산간지방의 화전민들이 담가 먹었다.

### (5) 고구마 묵

고구마의 전분을 이용하여 만드는 묵이다. 신선한 고구마를 골라 물로 깨끗이 씻은 후 곱게 분쇄하고 물을 첨가해서 고운채로 거른 후 24시간 침전시킨다. 침전된 윗물을 흘려버리고 약한 불에서 잘 저으면서 끓인 후 일정한 틀에 넣고 굳히면 고구마 묵이 완성된다.

## 나. 채소용

### (1) 나물용 고구마재배 현황

고구마 잎자루는 우리나라에서 오래전부터 속칭 고구마 순이라 부르며 나물용으로 애용되어 왔다. 근래에는 채소 단경기인 5~6월부터 여름철까지 고구마 잎자루를 생으로 또는 살짝 데쳐서 나물로 이용하며 가을에 재취한 잎자루는 건조나물로 저장해 두었다가 겨울철의 부식, 특히 정월 대보름에 오곡밥과 함께 식단에 올리는 훌륭한 찬거리이다.

고구마 끝순(꼭지 순, tip)은 고구마 넝쿨의 원줄기나 가지의 생장점에서부터 10~15cm 정도의 연한 줄기와 그 줄기에 붙어있는 잎으로서 우리 국민이 많이 애용하고 있는 잎자루보다 영양가가 높을 뿐만 아니라 저공해 자연건강식품으로도 인기가 높다.

### (2) 잎자루 및 끝순의 영양성분

고구마 잎자루에는 베타카로틴, 비타민C 등 항산화물질 뿐만 아니라 단백질, 섬유소, 회분, 칼슘, 철 등이 골고루 많이 함유되어 있다. 또 줄기의 맨 끝 10~15cm 부분의 연한 잎이 달린 줄기 즉 끝순(꼭지순, tip)에는 이보다 높은 영양가가 있어 고구마잎자루 이용과 함께 끝순의 이용 개발가치가 클 것으로 본다. 특히 끝순에는 비타민A가 매우 풍부하다. 제2차 세계대전 당시 필리핀의 포로수용소에서 포로들을 쌀과 고구마 끝순으로 연명시켰

는데, 이때 만일 고구마 끝순이 아니었다면 포로들은 비타민이나 미량요소의 부족으로 인한 야맹증, 괴혈병, 빈혈증 등의 병으로 고통을 더 많이 받았을 것이라는 기록이 있다. 베트남전쟁에서 미국이 패한 이유 중에는 미군이 고구마에 대해 잘 몰랐던 것도 포함된다.

### (3) 잎자루의 이용방법

고구마 잎자루의 이용방법은 크게 생체나물과 건조나물로 나눌 수 있는데 생체나물은 비닐하우스나 비닐멀칭재배를 해서 채소 단경기인 5~6월부터 우리 식탁에 오르게 된다. 가온시설이 되어있는 비닐하우스에서는 2월부터 출하하기도 한다.

잎자루(petiole)는 얇은 겉껍질을 벗긴 후 생으로 요리하거나 살짝 삶은 다음 양념을 해서 먹기도 하며 김치를 담그기도 한다. 잎과 끝순도 버리지 말고 국거리용으로 된장국에 넣으면 맛이 아욱국과 매우 흡사하다. 약간 끈끈하며 미끈거리나 살짝 데친 후 짭 짜서 끈끈한 물을 빼버린 다음 요리하면 좋다.

녹즙재료로 사용해도 좋은데 이때 끝순만 이용하면 끈끈한 느낌이 있어 마시기에 거부한 감이 있으므로 다른 과일이나 채소와 함께 사용하면 맛이 좋아진다. 끈끈한 느낌을 주는 물질은 “알라핀”이며 변통(便痛)을 돕는 작용을 하므로 변비가 있는 사람에게 좋다.

건조나물은 7~8월 이후에 잎자루 값이 낮아지면 잎자루만 채

취하여 잘 삶은 다음 햇볕이나 건조기에 건조해서 저장 후 이용한다. 이때는 겉껍질을 벗기지 않아도 된다. 요리할 때는 물에 담가 잘 불린 다음 각종 탕류나 된장국에 넣기도 하며 다시 삶아 물을 짜낸 후 양념을 해서 나물로 먹기도 한다.

흥미롭게도 고구마 잎자루를 이용한 요리는 한국에서 가장 보편적이며, 고구마를 가장 많이 생산하는 중국은 잎자루가 아닌 끝순을 채소로 주로 이용한다.



그림 IV-1 고구마 잎자루

#### (4) 끝순의 이용방법

고구마 끝순은 고구마(괴근)를 재식한 후 50~60일이 지나 자라난 싹 중 부드러운 잎과 잎자루를 포함한 줄기끝 10~15cm를 말하는데, 고구마 순(묘)이 아닌 괴근을 심기 때문에 종자량이 많이 든다는 단점은 있으나 한번 파종하면 노지의 경우 서리가 내릴 때까지 계속적인 수확이 가능하며, 수확작업은 풀을 베는 것처럼 한 움큼씩 하단 부위를 잘라 수확하기 때문에 작업이 용이하다. 또한 액아로부터 발달된 끝순의 재생 속도가 매우 빨라 15~20일 간격으로 수확이 가능하여 총 수량 개념에서 볼 때 다른 어느 채소작물보다도 수량 잠재력이 높을 것으로 생각된다. 중국에서는 끝순을 이용한 요리법이 일반적이다.



그림 IV-2 고구마 끝순을 이용한 요리

## 2. 사료용

사료용으로 사용할 때는 생고구마나 경엽을 그대로 가축에 먹이거나 담근 먹이를 만들어 먹이는데 근래에는 노동력 부족으로 배합사료에 밀려 고구마를 사료로 이용하는 양축 농가는 찾아보기 힘들다. 하지만 최근 고구마와 닭고기 혹은 연어를 혼합하여 만든 개사료가 출시되면서 사료 원료로 쓰이고 있다.

중국에서는 고구마 생산량의 약 30%는 가축사료로 이용되고 있다. 농사를 짓는 것보다 가축이 농가소득에 도움이 되는 점을 고려하면 고구마의 부산물과 지상부위는 좋은 면역강화용 가축사료로서 이용이 증가할 것으로 전망된다. 한국에서 고구마 농상에 가장 무서운 천적이 멧돼지라고 하는 점도 흥미롭다. CIP에서 중국과 베트남에서 돼지 사료용으로 고구마에 대해 검토를 한 바 있다.<sup>1,2)</sup>

최근 조류인플루엔자(Avian Influenza), 구제역 등 각종 가축질병의 원인의 일부로 사육하는 가축사료의 문제가 제기되고 있다. 면역활성이 높은 고구마의 부산물을 이용하여 면역활성을 강화시키는 가축사료로서 용도개발이 기대된다.

- 
- 1) Huang, J., Song, J., Qiao, F. and Fuglie, K.O., Sweetpotato in China: Economic Aspects and Utilization in Pig Production. International Potato Center(CIP), Bogor, Indonesia, 2003. p.72
  - 2) CIP. Research Works on Proceeding, Shoring and Using Sweetpotato and Other Resources as Feed for Fattening Pigs(Project: Improving Sweetpotato-Pig Production Systems in Vietnam, Period 1999-2991). Hanoi. International Potato Center(CIP). 2006. p.112

### 3. 산업용

#### 가. 전통 산업소재

산업용으로는 절간고구마로 만들어 저장 후 대부분 주정용으로 사용하며 화공용(化工用), 의약용 등으로 이용되기도 한다. 생고구마로부터 생산된 전분은 대부분이 당면, 물엿 등의 제조에 소비되며 그 밖에 포도당, 비스켓, 조미료 및 섬유공업용 등으로 쓰인다.

현재 고구마 산업의 강화를 위하여 향토 전통식품인 쪄 말린 고구마, 고구마 고추장, 물엿, 고구마 술 등의 산업화와 고구마 통조림, 음료, 과자, 국수류, 자색고구마 이용 등 새로운 가공제품 개발을 위한 연구와 노력을 기울이고 있다.



그림 IV-3 고구마를 원료로 한 가공제품

## 나. 신기능 산업소재

고구마를 경제적으로 대량생산이 될 경우는 고구마 전분과 당을 기반으로 하는 새로운 바이오화학소재 생산이 새로운 산업으로 각광받을 것으로 기대된다.

일본 토요타 자동차회사는 인도네시아에서 고구마를 재배하여 자동차 차체용 전분(생분해성 플라스틱, poly lactic acid, PLA)을 생산하고자 한 적이 있다.<sup>1)</sup> BASF는 아밀로스 함량이 적고 아밀로펙틴 함량이 많은 형질전환감자(Amflora)를 이용하여 아밀로펙틴만을 함유한 감자전분을 판매하는 것을 추진한 바 있다.<sup>2)</sup> 문제는 식량수급에 영향을 최소화하면서 환경 친화적으로 전분을 경제적으로 생산하는 것이 관건이다. 저자들은 중앙아시아 등 척박한 토양에서 고구마를 양산할 수 있다면 고구마 전분과 당에서 고부가가치 바이오화학소재 및 중간원료물질을 생산할 수 있을 것으로 기대한다. 대표적인 바이오소재는 바이오에탄올을 비롯하여 succinic acid, lactic acid, fumaric acid, itaconic acid 등의 중간원료물질을 들 수 있다.

1) [http://www.toyota.co.jp/en/more\\_than\\_cars/bio\\_afforest/satsumaimo.html](http://www.toyota.co.jp/en/more_than_cars/bio_afforest/satsumaimo.html)

2) <http://www.agro.basf.com.au/crop-solutions/horticulture/potatoes>

## 4. 가정에서 저장관리와 먹는 방법

### 가. 저장관리

국내 농산물 생산량의 약 30%가 수확 후 관리미흡으로 손실되며 이는 선진국의 손실 5%에 비하면 매우 높은 편이다. 농산물의 수확 후 관리는 제2의 생산 활동으로 불릴 정도로 중요하다. 예를 들어, 우리나라의 1년 고구마 생산량 약 26만 톤 가운데 절반정도가 장기저장을 한다고 가정하면 13만 톤이 저장되고 저장 중 손실이 30%로 간주하면 약 5만 톤의 고구마가 버려지는 꼴이 된다. 판매금액으로 약 1천억 원의 고구마 손실액이 발생하는 것이다. 식량자급률이 턱없이 낮은 우리로서는 농산물의 합리적인 수확 후 관리대책에 관심을 가져할 것이다.

고구마는 외관적으로 신선한 고구마를 선별해서 저장해야 한다. 저온이나 서리에 노출된 것, 잘라지거나 상처를 입은 것, 병에 걸린 것은 골라내어 저장하지 말고 일찍 소비할 필요가 있다.

고구마는 저장하기 전에 전처리로 큐어링(아물이) 과정을 거칠 필요가 있다. 큐어링은 상처부위에 병균이 침입하지 못하도록 고온다습한 조건에 일시적으로 처리하여 상처가 아물도록 하는 것을 말한다. 큐어링은 수확 후 1주일 이내에 온도 30~33℃, 습도 90~95% 조건에서 4일 동안 처리하는데 큐어링을 하면 병균의 침입을 막을 수 있고 검은무늬병에 치료효과도 있다.

고구마의 저장온도는 13~15℃이다. 10℃ 이하에 오래두면 속이 변하여 맛이 나빠지고 싹이 트지 않으며 병균에 대한 저항성이 낮아져 부패하기 쉽다. 반대로 15℃ 이상이면 호흡이 왕성해져 양분소모가 많아지고 싹이 터서 상품가치가 크게 낮아진다. 또한 고구마 저장에 알맞은 습도는 80~90%이다.

일반가정에서 고구마의 저장도 중요하다. 가을 수확 시기에는 고구마를 박스단위로 구입하여 실내 시원한 곳에 두면서 먹으면 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 겨울철에는 실내온도가 낮아 고구마의 저장력이 떨어지므로 먹을 양만큼 필요할 때 구입하여 먹으면 되겠다. 고구마는 원산지가 열대지역이라 바나나와 마찬가지로 저온에 약하므로 냉장보관을 피해야 한다. 고구마는 싹이 나더라도 독성이 없으므로 콩나물처럼 먹을 수 있다. 고구마를 포함하여 농산물은 많은 에너지를 투입하여 생산되는 것이므로 합리적인 수확 후 저장관리에 관심을 가지고 노력할 필요가 있다.

## 나. 먹는 방법

고구마를 제대로 먹으려면 어떻게 하면 좋을까? 고구마는 가능한 한 껍질째 생으로 먹거나 삶아서 먹는 것이 좋다. 아무리 건강에 좋은 고구마라도 굵거나 튀기면 영양소가 소실되고 칼로리가 높아 자칫 건강을 해칠 수도 있다. 건강을 위해 하루에 필요한 칼로리 가운데 탄수화물 60%, 단백질 25%, 지방 15% 비율로

골고루 섭취해야 한다.

고구마를 통째로 먹으면 우리 몸에 필요한 에너지원인 탄수화물뿐 아니라 대표적인 성인병인 암, 당뇨, 혈압을 예방하는 효과가 있다. 모든 고구마에 포함돼 있는 비타민C, E와 황색고구마의 베타카로틴, 자색고구마의 안토시아닌은 노화와 각종 질병을 일으키는 활성산소를 제거하는 항산화물질이다. 특히 고구마가 항암활성이 높은 것은 고농도의 항산화물질 덕분이다. 고구마는 섬유질 함량이 높아 변비와 대장암 예방에 효과가 탁월할 뿐만 아니라 다당류의 전분이 단당류로 천천히 변환돼 현미와 같이 당화지수(GI)가 낮아 당뇨환자에게도 적합한 탄수화물 식품이다. 고구마는 칼륨(K) 농도가 높아 짠 음식으로 먹게 되는 나트륨(Na)을 몸 밖으로 배출해 혈압상승을 막아준다. 알칼리 식품인 고구마는 쌀, 육류 등에 의한 산성화된 몸을 중화시키는 작용이 있다.

고구마 껍질과 줄기/잎에도 다양한 항산화성분과 생체방어물질이 많이 포함돼 있다. 고구마 재배에 화학농약을 거의 사용하지 않아 고구마를 물로 씻어 껍질째 먹는 것이 좋다. 우리는 고구마의 줄기를 많이 먹지만 세계 고구마 생산의 72%를 차지하는 중국은 어린잎을 채소로 애용한다. 이처럼 고구마는 버릴 것이 없이 모두 이용할 수 있다.

고구마에는 아미이드 성분이 있어 장의 발효를 촉진하는데 이 때문에 배가 더부룩하고 방귀가 나올 수 있다. 고구마를 먹을 때 소화효소가 풍부한 김치와 같은 발효식품이나 소화를 돕는 펙틴

이 많은 사과와 함께 먹으면 전분분해를 촉진하고 소화를 돕기 때문에 더부룩한 증세가 없고 방귀를 줄일 수 있다.

고구마나 삶은 고구마를 우유와 함께 갈면 어린이와 노인도 쉽게 먹을 수 있다. 고구마를 다른 잡곡과 함께 고구마 밥을 해 먹어도 영양에 좋다. 몸에 좋다고 고구마를 한꺼번에 많이 먹거나 고구마를 먹으면서 밥이나 빵을 함께 먹으면 탄수화물을 과다하게 섭취하게 돼 건강에 좋지 않다.





## 1. 국내외 식량수급 현황 및 대응전략

### 가. 국내외 식량수급 현황

최근 홍수 가뭄 등 지구촌 곳곳에서 이상기후 현상이 일어나면서 식물이 자랄 수 있는 환경이 크게 바뀌고 있다. 폭우, 폭염, 폭설, 강추위 등의 재해로 곡물 재배가 점점 어려워지고 있다.

이런 상황에서 곡물 수요는 늘고 있다. 곡물을 이용해 바이오에탄올 등 바이오 에너지를 개발하려는 열풍이 불면서, 기존에 사람 또는 가축이 먹었던 옥수수 등이 에너지로 쓰인다. 이 때문에 옥수수 등의 곡물가가 폭등하는 등 혼란을 겪기도 했다. 게다가 동물성 단백질, 즉 고기에 대한 수요가 늘면서 가축 사료용 곡물 수요량도 덩달아 많아지고 있다. 문제는 이처럼 곡물 공급 전망이 그리 쉽게 개선될 것 같지 않다. 월드워치연구소 레스터 브라운 소장은 1995년 ‘누가 중국을 먹여 살릴 것인가?’ 제목의 보고서를 발간한 바 있다.<sup>1)</sup> 중국도 소득이 증가하면서 엄청난

1) 레스터 브라운, 중국을 누가 먹여 살릴 것인가?, 지기환 외 4인 번역, 도서출판 따님, pp. 1-154(1995)

농지가 산업단지와 택지 조성, 도로건설 등으로 훼손되고 있고, 동물성 단백질의 소비증가로 2004년부터 식량수입국으로 전락하면서 세계 식량을 폭풍흡입하고 있다.

유엔 식량농업기구(FAO)는 2050년 세계 인구를 91억 명(아시아 51억 명, 아프리카 19억 명)이 될 것이며 지금 추세대로 에너지와 식량을 사용하면 2050년에는 에너지와 식량은 각각 지금의 3.5~5배와 1.7배가 필요할 것이라 전망하였다.<sup>1)</sup> UN은 2050년 세계 인구는 97억 명 이상이 될 것으로 조정 전망하였다.<sup>2)</sup>

우리나라의 낮은 식량자급률(곡물자급률 24%)과 에너지자급률 3%는 국가 식량과 에너지 안보를 위협하는 수준이다. 1970년 230만 ha 농경지가 현재 약 170만 ha로 크게 감소하였으며 지금도 매년 약 2만 ha 농지가 산업화 구실로 훼손되고 있다. 최근 국내에서도 한국과학한림원 등에서 식량안보 구축 및 한국 농업혁신에 관한 정책보고서가 제안되고 있지만 법적인 구속력이 있는 실천 단계까지는 이르지 못하고 있어 실질적인 식량안보 대응전략이 절실하다.<sup>3)</sup> 앞으로는 돈이 있어도 식량을 조달하기가 어려울 수 있다는 사실에 대비할 필요가 있다. 땅이 부족한 우리로서는 해외농업 특히 조건이 나쁜 토양에 관심을 가질 필요가 있다.

---

1) FAO, How to feed the world in 2050. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsf/docs/expert\\_paper\(2009\)](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsf/docs/expert_paper(2009))

2) United Nations, 2015 Revision of United Nations World Populations Prospects, [www.http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key\\_findings\\_wpp\\_2015.pdf](http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf)(2015)

3) 이철호 등 9인, 생명공학 수용을 통한 한국농업혁신 정책방안, 한림연구보고서, 101, pp. 1-133(2016)

## 나. 글로벌 조건 불리지역에 도전

에너지를 과다 소비하여 초래된 기상재앙으로 식량문제에 봉착하여 지구가 아닌 행성에 식량을 조달하는 영화 ‘인터스텔라’는 영화의 이야기일 뿐이다. 계속되는 에너지 과다소비는 심각한 기후변화를 초래하고 식량문제를 가속화 시킬 것이 전망된다. 세계 식량, 에너지, 환경문제를 심도 있게 전망하는 지구정책연구소 레스터 브라운 박사는 PLAN B 3.0에서 지구가 당면한 6가지 문제로서 토양의 사막화 / 황폐화와 생물다양성문제를 심도 있게 지적하고 있다.<sup>1)</sup> 인류의 식량문제를 지구촌에서 해결하기 위해 사막화가 진척되는 건조한 토양, 염분이 많은 해안이나 간척지역, 오염된 토양 등 글로벌 조건 불리지역에 주목할 필요가 있다.

조건 불리지역은 높은 스트레스 때문에 생산성이 낮다. 첨단 유전체정보와 형질전환기술, 유전자편집기술 등으로 환경스트레스를 경감시키는 생명공학 신품종을 육성할 수 있다. 나아가 생산성이나 고부가가치를 높이는 유전자를 이용하면 조건 불리지역에서도 식물의 생산성을 극대화 시킬 수 있다(그림 V-1).<sup>2)</sup> 이러한 관점에서 첨단 생명공학기술을 이용하여 글로벌 조건 불

1) 레스터 브라운, Plan B 3.0 문명을 구하기 위해 모두 나서자, 황의방, 이종욱 번역, 환경재단 도요새(2007)

2) 광상수, 사막화방지를 위한 스트레스 저항성 소득작물 개발, BioSafety, 12(4):4-9 (2011)

## 2050년 91억 인구 누가 책임질 것인가?

**\*바이오 기반 글로벌 녹색기술이 대안이다!**



그림 V-1 조건 불리지역에 적합한 산업식물 개발 모식도

리지역에 적합한 농작물을 개발 및 재배하면 인류가 당면한 식량 문제뿐만 아니라 기후변화 등에도 기여할 수 있을 것이다.

조건 불리지역을 유용하게 활용하는 방법으로 그림 V-2와 같은 재배모델이 제시되고 있다. 이들 지역은 바람이 강하므로 포플러 등 생장이 빠르고 바이오매스 자원으로 활용이 가능한 수종을 선택하여 방풍림을 조성할 필요가 있다. 포플러 외에도 지역에 적합한 유실수를 심을 수 있다. 방풍림 안에는 기계화 농업이 가능한 면적의 토지를 구획하여 척박한 토양에 수량을 어느 정도 보장되는 고구마와 같은 식량작물과 콩과 사료작물 알팔파를 재배하는 것이다. 고구마와 알팔파는 윤작으로도 좋은 조합이 될 수 있다. 지역에 따라서는 알팔파 대신 감초 등 약용식물을 재배

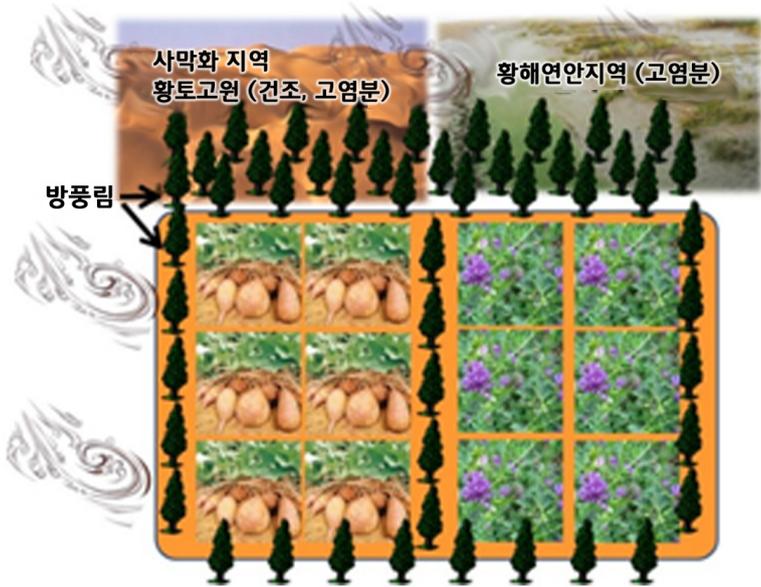


그림 V-2 조건 불리지역에 적합한 산업식물 재배 모식도

할 수 있다. 나아가 척박한 토양에 잘 자라고 고부가가치 유용소재를 생산하는 임목과 농작물을 개발하는 농임업생명공학기술 (agroforestry biotechnology)이 중요할 것이다.<sup>1)</sup>

1) 광상수 등 5인, 기후변화 대응 중국 조건 불리지역 산업식물 원천기술 개발 기획보고서, 기초기술연구회, pp. 1-123(2016)

## 2. 21세기 구원투수 고구마

고구마는 척박한 토양에서 식량자원 확보뿐만 아니라 고구마 전분기반 바이오화학소재, 유용 의약품 등을 생산하는 바이오리액터 등으로 활용될 수 있어 21세기 글로벌 구원투수로 기대된다.

### 가. 고구마 기축전분 도전

현재 주요 탄수화물 식량자원은 쌀, 밀, 옥수수, 감자 등이며 이들 전분작물로부터 기축전분(key starch)을 확보하여 산업적으로 이용하고 있다. 또한 세계는 고령화시대를 맞이하면서 암, 당뇨, 혈압 등 고령화에 대응하는 식품소재가 중요하게 될 것이다. 따라서 미래 식량자원이 절대 부족한 상황에서는 조건 불리지역에서 지속가능하게 조달 가능한 기축전분으로 고구마가 중요한 역할을 담당할 것이다. 고구마는 단위면적당 탄수화물 수확량이 다른 전분작물에 비해 많으며 특히 척박한 토양에서도 비교적 높은 수량을 보장한다.

한국생명공학연구원은 중국 내몽고자치구 쿠부치사막 인근지역과 카자흐스탄 여러 지역에 고구마를 시범재배 한 결과 높은 수량을 생산할 수 있음이 확인되었다. 특히 카자흐스탄 생명공학

표 V-1 카자흐스탄 지역별 품종별 고구마 생산성 (단위: ton/ha)

품종	A지역	B지역	C지역	D지역
K-2	16.0	16.3	-	-
K-5	26.2	20.5	-	-
K-10	23.1	19.9	-	-
K-12	-	-	27.8	33.0
K-13	-	-	33.3	29.7
K-14	-	-	33.9	31.3
K-20	-	-	38.4	35.5
P-1	17.4	14.2	-	-
P-2	26.7	24.2	-	-
F-1	-	-	35.2	19.7

연구소(National Center for Biotechnology)는 2014년부터 3년간 카자흐스탄 4개 지역에 10품종을 시범재배 한 결과, 남부지역(C지역)에서 ha당 약 38톤의 고구마가 생산되는 것을 확인하였다(표 V-1). 우리나라 수확량이 약 15톤인 것에 비하면 매우 높은 생산량이며 적정재배기술을 도입하면 40톤 이상 생산할 수 있을 것으로 기대된다. 동북아시아 중앙아시아의 척박한 지역에 적합한 품종을 생명공학기술로 개발해 식물조직배양기술로 무균묘를 생산하여 기계화농사법을 도입하면 비교적 낮은 가격으로 전분을 생산할 수 있을 것이며 고구마 기반 기축전분이 확립

될 수 있을 것으로 기대된다. 고구마는 서리가 내리지 않은 날 (무상일수, frost-free day)이 4개월이면 어느 곳에서 재배될 수 있으며 고위도 지역일수록 수확량이 높다. 이들 지역은 병충해가 거의 없으며 덩이뿌리 비대기인 가을철의 밤낮의 온도차이가 많아 낮에 합성한 전분이 밤에 지하로 이동하여 덩이뿌리를 비대하는 특징이 있다.

## **나. 고부가가치 생체반응기 개발**

미국공익과학단체(CSPI, Center for Science in the Public Interest)는 고구마가 항산화물질, 식이섬유, 칼륨 등이 풍부한 최고의 건강식품으로 평가하였다.<sup>1)</sup> 비타민C, 비타민E를 포함하여 황색의 베타카로틴, 자색의 안토시아닌을 다량으로 함유하고 있어 각종 질병 및 노화예방에 좋으며, 높은 함량의 식이섬유는 변비예방, 대장암예방 뿐만 아니라 체내에서 전분을 단순당으로 천천히 전환시켜 혈당을 급격히 높이지 않는 특징이 있다. 고구마의 당화지수(GI)는 현미와 같이 55로 낮으며 쌀과 감자는 90으로 매우 높아, 당뇨환자와 비만환자에 적합한 탄수화물로 고구마가 권장되고 있다. 또한 칼륨은 혈압상승의 원인이 되는 나트륨을 배출하는 역할을 하여 혈압상승 억제에 도움이 된다. 고구마

---

1) CSPI, Sweetpotato nutrition - sweetpotato ranks number one in nutrition. [www.foodreference.com/html/sweet-pot-nutrition.html](http://www.foodreference.com/html/sweet-pot-nutrition.html)(2009)

의 주된 단백질인 스포라민(sporamin)은 최근 사람 대장암 세포의 증식억제,<sup>1)</sup> 사람 설암(tongue cancer)<sup>2)</sup>의 약리활성효과가 있음이 밝혀졌다. 또한 고구마 줄기와 잎도 항산화물질을 포함하여 유용성분이 많이 포함되어 있어 채소와 사료로 이용되고 있다. 생으로 먹을 수 있는 고구마는 그 자체가 약리활성을 가진 생체반응기(bioreactor)로 평가된다.

고구마에 생명공학기술을 이용하여 인체와 가축의 질병을 예방하는 백신이나 치료용 의약품 소재를 생산할 수 있으면 최고의 생체반응기가 될 것이다. 최근 가축질병들의 주된 원인의 하나는 사료에 기인하는데 면역활성이 높은 고구마를 사료로 이용한다면 많은 가축질병을 예방할 수 있을 것이다.

### 다. 바이오화학소재 생산

세계 전분 및 전분기반 화학소재 시장은 2012년 51.2 B\$에서 2018년은 77.4B\$로 년 7.1%로 성장할 것으로 전망하고 있다.<sup>3)</sup> 한국은 해외에서 전분을 수입하여 주로 식량용으로 이용하고 있다. 매년 수입되는 전분작물의 양은 약 1400만 톤이다.

- 
- 1) Li, et al. Anticancer effects of sweetpotato protein on human colorectal cancer cells. World J Gastroenterol, 19:3300-3308(2013)
  - 2) Yao, and Qian, Sporamin induce apoptosis in human tongue carcinoma cells by down-regulating Akt/GSK-3 signaling. Fund Clin Pharmacol, 25:229-236(2011)
  - 3) BCC Research, Starches/Glucose: Global Markets(Report cod: FOD037B, www.bccresearch.com)(2013)

고구마의 경우는 생고구마는 자급하고 있지만 고구마 전분, 당면 등 가공품은 대부분 중국 등에서 수입하고 있어 고구마의 자급률은 약 50%이다. 2009년 전분 14,727톤, 당면 49,423톤이 중국에서 수입되었다. 멀지 않아 검역에 문제가 없는 생고구마가 중국에서 수입될 것으로 전망되고 있어 대응전략을 수립할 필요가 있다.<sup>1)</sup>

한국생산기술연구원과 한국화학연구원은 고구마를 지속가능한 전분자원으로 높이 평가하고 있으며, 고구마 전분·당기반의 고부가가치 바이오화학소재 생산가능성을 제시하고 있다(그림 V-3). 한국생명공학연구원, 한국화학연구원, 한국생산기술연구원은 출연연구소를 지원, 육성하는 국가과학기술연구회가 주관하는 다학제 융합클러스터 기획과제에 제안한 “고구마 기반 글로벌 식량자원 및 바이오화학소재 생산기술”이 선정되어 2017년 3월부터 본격적인 기획작업이 착수된다. 기획과제에서는 중국 사막화지역, 카자흐스탄 남부지역 등에 고구마를 경제적으로 생산하는 시스템을 구축하고 고구마 전분/당에서 석유화학 기반 소재와 미생물대사공학 기반 바이오화학소재보다 경쟁력 있는 고부가가치 화학소재를 선정하여 양산하는 것을 목표로 하고 있다.

---

1) 정병춘, 한국 고구마산업의 현황과 발전방향, 2010 동아시아 고구마 국제워크숍, pp. 60-72(2010)

**Sweetpotato as most sustainable feedstock** toward regional value chained agrobiorefinery scheme

Localized value added biobased production and material circulation network by PPP

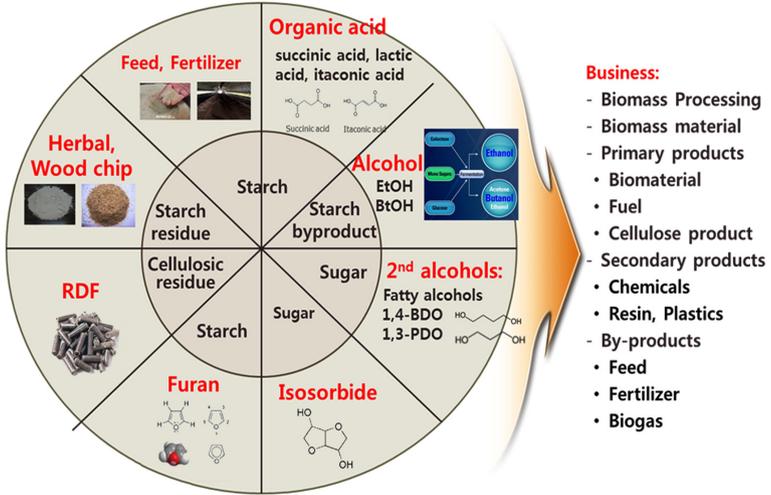


그림 V-3 고구마 전분/당 기반 바이오화학소재 제품군

### 3. 해결할 당면과제

고구마가 진정한 글로벌 21세 구원투수로 등극하기 위해서는 몇 가지 중요한 문제를 해결해야 할 것이다. 고구마는 중요성에 비해 연구개발은 다른 주요작물에 매우 뒤쳐져 있다. 하지만 우리나라의 농업생명공학 기술은 상당한 수준에 도달해 있기 때문에 이제라도 고구마 연구개발에 집중하면 글로벌 경쟁력을 가질 수 있는 우수한 품종을 개발할 수 있을 것이다. 이를 위해서는 고구마 유전체 해독 및 유용유전자 발굴, 기계화 성력재배 및 수확 후 저장문제 해결, 제품개발기술 등이 이루어져야 할 것이다.

#### 가. 우수품종 개발

전 세계 고구마자원은 수 천종에 달한다. 우리가 고구마를 대량으로 재배해 볼만한 글로벌 조건 불리지역은 동북아시아, 중앙아시아, 중동, 북부아프리카 등이다. 몽골과 카자흐스탄 등 중앙아시아는 구소련의 영향을 받았고, 중동과 북부아프리카는 유럽의 영향으로 받아 고구마를 잘 모르고 거의 재배하고 있지 않다. 북미와 유럽은 감자, 밀, 옥수수 등을 전분으로 이용하면서 열대, 아열대지역의 가난한 지역에서 많이 먹는 고구마를 약간 천시한 것도 사실이다. 우리는 우선적으로 중국, 몽골, 카

자흐스탄 등의 척박한 토양에 적합한 고구마 품종을 선발할 필요가 있다. 한국생명공학연구원은 중국농업과학원(CAAS) 고구마연구소, 카자흐스탄 생명공학연구소, 몽골 국립농업대학 등과 협력하여 이들 지역에 여러 품종의 고구마를 시범 재배한 결과 해당지역에 적합한 고구마 품종을 선발할 수 있음을 확인하였다. 따라서 동북아시아, 중앙아시아, 중동, 북부아프리카, 서유럽 등의 고구마 북방로드는 농지가 부족한 우리에게 기회의 땅이 될 수 있다(그림 V-4). 고구마 북방로드는 지금까지 고구마 재배를 위한 전파루트인 남방로드와 개념을 달리하는 것으로 고구마가 기존의 밀, 옥수수, 감자 기반의 기축전분을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

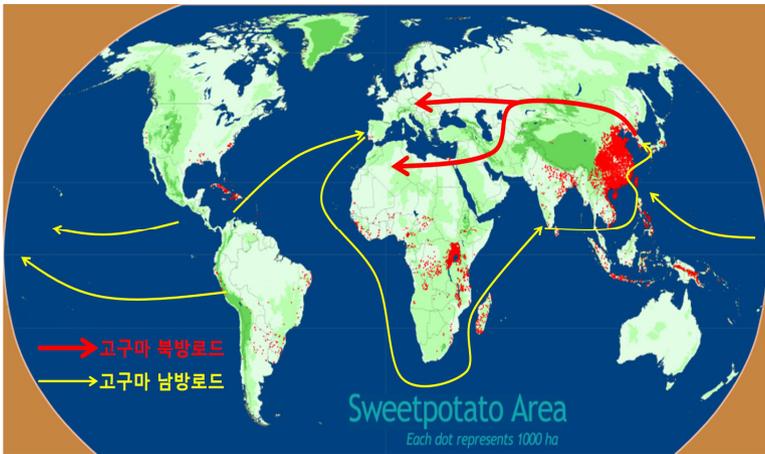


그림 V-4 고구마의 새로운 전파를 기대하는 북방로드 모식도

일차적으로 많은 고구마자원을 확보하여 해당지역에 적합한 품종을 선발하는 선발육종이 선행되어야 할 것이다. 선발한 품종을 대상으로 대량재배를 하면서 보다 잘 자라고 고부가가치 고구마를 개발할 필요가 있다. 방사선 등을 이용한 돌연변이 육종이 가능하며 나아가 첨단 생명공학기술을 이용한 생명공학 고구마를 개발할 필요가 있다. 해당 국가와 기업이 원하는 고구마 품종을 개발하기 위한 산업적 핵심기술을 갖출 필요가 있다.

## **나. 적정 재배기술 확립**

해당지역에 적합한 우수품종을 대상으로 무균묘를 양산하여 최적의 재배기술로 생산가를 낮추는 생산시스템을 확립할 필요가 있다. 현재의 식물조직배양기술로 무균묘 생산은 가능하며 IT기술 등을 접목하여 생산가를 낮추는 친환경 스마트 육묘시스템을 확립할 필요가 있다.

고구마는 옥수수, 밀 등과 달리 어린 묘를 생산하여 심어야 한다. 최근 고구마 삽식기가 개발되어 묘를 심는데 노동력을 절감하고 있으며 노력하면 벼 이앙처럼 자동화가 될 수 있으리라 생각된다. 고구마는 멀칭재배를 하여 효율적인 물 관리, 잡초 관리를 할 수 있어 재배에는 다른 작물보다 화학농약과 비료를 적게 사용할 수 있다. 또한 고구마는 기계를 이용하면 쉽게 수확할 수 있을 것이다.

### 다. 최적 저장기술 확립

고구마 산업화의 중요한 걸림돌은 저장문제이다. 고구마를 연중 전분을 만들거나 제품을 만들어 상품화하려면 주년 공급돼야 한다. 고구마는 수확 직후 고온다습환경(30-32℃, 85-90%상대습도)에서 큐어링(curing)을 해서 13-15℃, 85-90% 상대습도 조건에서 저장해야 한다. 고위도 지방에서 수확 후 겨울철 저장하기 위해서는 난방비가 많이 든다. 최근에는 저장온도와 가깝도록 터널이나 지하공간을 만들어 이용하면 에너지를 절감할 수 있다.

### 라. 다양한 제품개발

고구마는 생으로 기능성 식품이나 가축 사료로 먹을 수 있지만 고부가가치 제품을 만들면 수익성을 높일 수 있다. 고구마는 단순한 반건조 말랭이제품, 전분, 당면, 주정뿐만 아니라 고구마 분말을 첨가한 고구마 라떼, 피자, 제과도 고가로 판매될 수 있다. 나아가 고구마 전분·당 기반으로 다양한 고부가가치 화학소재를 만들 수 있다. 나아가 생명공학기술을 이용하여 고부가가치 가축백신, 의약품소재 등을 생산하는 고구마를 개발한다면 고구마의 부가가치는 크게 증가할 것이다.

## 마. 시장개척

고구마는 생산지에서 생고구마로 이용될 수 있고, 가공한 전분, 가공품은 전 세계 수요처로 판매될 수 있다. 특히 중국 북서부 지방, 카자흐스탄 등 중앙아시아에서 생산되는 고구마 가공품은 중국, 한국, 유럽으로 판매될 수 있다. 이들 지역은 동아시아와 유럽을 연결하는 철로의 통과지역으로 해상보다 빠르고 경제적인 물류비용으로 시장을 개척할 수 있는 장점이 있다.

최근 중앙아시아 유럽에서도 고구마를 건강식품으로 평가되어 고가로 판매되고 있다. 중국도 소득이 증가하면서 건강식품에 대한 선호도가 증가되어 고구마 시장이 크게 확대될 것으로 전망된다. 중국에서 고구마 생산가격보다 저렴하게 생산할 수 있다면 중국의 막대한 소비시장을 공략할 수 있을 것이다.

## 4. 전망과 정책방향

### 가. 전망

상품투자의 귀재라 불리는 짐 로저스는 진로를 고민한다면 농업 분야에 뛰어들라고 조언한다. 오토바이와 자동차로 전 세계를 여행하면서 지구의 당면 과제를 몸소 확인한 그는 농업을 미래 식량위기에 대응하는 블루오션 산업으로 평가했다. 농업을 확대하는 우리나라에 시사점이 많다. 국가 안보차원에서 식량자급률 제고를 위한 식량안보 체계 구축에 지혜와 국력을 모을 때이다.

고구마는 불과 수십 년 전까지만 해도 개발도상국의 가난한 사람들의 끼니를 해결하는 구황작물로 여겨왔으나, 최근 고구마의 기능성이 과학적으로 밝혀지면서 최고의 건강식품을 넘어 인류가 당면한 식량문제, 에너지문제, 환경문제 등을 해결하는 21세기 글로벌 구원투수로 기대된다. 특히 글로벌 조건 불리지역에 적합한 산업용 고구마를 개발하면 고구마 기반 기축전분으로 발전할 수도 있을 것이다. 그림 V-5에서와 같이 글로벌 조건 불리지역에 고구마를 재배하면 식량, 사료, 바이오에너지, 고부가가치 바이오화확소재 생산뿐만 아니라 기후변화에 대응하는 탄소배출권도 확보할 수 있어 척박한 토양은 우리에게 블루오션 고구마 시장을 개척할 수 있을 것으로 전망된다.



그림 V-5 글로벌 조건 불리지역에 고구마재배를 통한 기대효과

고구마가 21세기 글로벌 구원투수로 등장하기 위해서는 해당 지역 국가들과 협력네트워크 구축도 매우 중요하다. 특히 글로벌 조건 불리지역에 생산성을 향상시키고 고부가가치 바이오화학 소재를 생산하기 위해서는 첨단생명공학연구가 이루어져야 한다. 전 세계 고구마연구자의 70% 이상 집적해 있는 한중일 3국은 2004년부터 매 2년마다 고구마워크숍을 개최하면서 2012년 한중일고구마연구협의회를 구성하여 긴밀한 연구협력을 하고 있다. 특히 고구마 유전체 완전해독을 위한 한중일 협력연구 성과가 조만간 도출될 것이며 이를 토대로 글로벌 조건 불리지역에 적합한 생명공학 고구마 품종이 등장할 것이 기대된다.

## 나. 정책방향

식량안보는 필요한 만큼의 충분한 식량을 지속적으로 공급할 수 있는 능력을 말한다. 식량안보는 개인이나 기업이 할 수 있는 일이 아니기 때문에 정부가 주도해야 한다. 식량은 선택이 아니라 필수이기에 비싼 가격으로도 구입할 수밖에 없다.

유엔 식량농업기구(FAO)는 2050년 세계 인구가 91억 명 이상(아시아 51억, 아프리카 19억)으로 늘어날 것이며, 식량수요는 지금의 1.7배가 될 것으로 전망했다. 세계 주요 곡창지대의 기상 이변은 글로벌 식량수급에 영향을 줄 뿐만 아니라 농산물 가격 폭등을 불러오고, 나아가 세계적 애그플레이션(농산물 값 급등으로 인한 물가 상승)을 초래하고 있다. 문제는 세계적인 기상이변의 예측이 점점 더 어려워지는 가운데 그 발생 빈도가 잦아지고 규모도 커질 수 있다는 점이다. 세계 식량수급에 문제가 생기면 돈을 쌓아 놓고도 식량을 사오기 힘들다. 자칫 식량무기화에 휘둘릴 수 있다. 조만간 식량이 스마트폰보다 중요한 시기가 곧 올 것이다.

정부는 2011년 사료용 곡물을 포함한 우리나라 곡물자급률은 22.6%로 2010년 27%에서 약 5%포인트가 떨어졌다고 발표했다. 1990년 43.1%에서 2011년 22.6%까지 지속적으로 하락, 매년 1%포인트씩 곡물자급률이 떨어진 셈이다. 곡물자급률이 푹 떨어진 가장 큰 이유는 소득이 증가하면서 우리의 식생활 패턴이 식물성 단백질에서 동물성 단백질 섭취로 바뀐 것이다. 소고기 1kg을

생산하기 위해서는 수입하는 곡물을 7kg 이상 먹여야 한다. 돼지고기와 닭고기는 사료용 곡물이 각각 4kg과 3kg이 필요하다.

두 번째 이유는 산업화와 도시화로 인한 농경지 훼손이다. 지난 10년 동안 여의도 면적의 227배에 해당하는 19만ha의 농경지가 산업단지, 주택단지, 도로 건설 등으로 사라졌다. 매년 약 2만ha의 옥토가 콘크리트로 덮여진 셈이다. 소 잃고 외양간 고치는 꼴이 되지 않으려면 환경을 우선시하는 환경영향평가법처럼 식량을 우선시하는 ‘(가칭)식량영향평가법’ 제정이 시급하다. 농지를 다른 용도로 전용할 경우 식량수급에 영향을 주는지를 평가하고, 꼭 전용해야 한다면 훼손되는 농지만큼 국내·외 어디든 농지를 확보토록 의무화해 식량수급의 차질을 최소화하자는 취지다. 식량을 확보하려면 마땅히 농지를 확보해야 한다. ‘땅 잃고 후회하는 일’이 없어야 한다.

우리나라 곡물자급률은 경제협력개발기구(OECD) 회원국 가운데 최하위이다. 우리와 사정이 비슷한 일본은 해외 농업투자를 통하여 자국 농경지면적의 3배 수준인 1200만ha를 확보하였으며, 일본 종합상사는 해외 곡물생산업체와 계약재배 등을 통해 정상적인 수입망을 확보하고 있다. 중국은 소득이 증가하면서 고기소비량이 늘어 사료용 곡물의 수입량이 상상을 초월하는 수준이다. 식량, 에너지, 환경문제를 심도 있게 전망하는 지구정책연구소 레스터 브라운 박사는 1995년에 “누가 중국을 먹여 살릴 것인가?” 보고서를 발표한 바 있다.

정부는 2006년부터 식량자급률 목표 및 추진계획을 추진하고

있지만 실효성 있는 대책이 부족하다. 2011년 7월 정부는 높아지는 식량안보 우려에 대비해 ‘식량자급률 목표치 재설정 및 자급률 제고방안’을 발표했다. 국내에서 생산되는 곡물 비율을 뜻하는 곡물자급률 뿐만 아니라 해외 생산·도입분까지 고려한 ‘곡물 자주율’ 개념을 도입한 것이다. ‘곡물자주율’은 정부나 국내기업이 해외에서 곡물생산에 직접 참가하거나 도입계약을 맺어 비상시에도 식량을 안정적으로 조달할 수 있음을 나타내는 지표다. 2011년 27.1%에 불과한 곡물자주율을 2015년 55%, 2020년에는 65%까지 끌어올린다는 계획이다. 전체 곡물자급률도 2006년에 세웠던 2015년 목표치 25%에서 30%로 높이고 2020년 목표도 32%로 신설했다. 늦게나마 정부가 식량안보의 중요성을 인식하고 단계별 식량안보 대응 매뉴얼을 만들어 식량안보 대응방안을 제시한 것은 다행스럽게 생각했다. 그러나 그 효과가 없어 오히려 곡물자급률은 하향곡선을 그리고 있어 21세기 보릿고개를 걱정할 지경이다. 자급률 하락은 쉬워도 1% 올리는 것은 많은 비용과 노력이 필요하다.

식량안보 확보를 위해선 국내 농경지 확보와 효율적 관리가 중요하다. 이런 점에서 당초 농지 확보를 위해 시작한 새만금 간척지 조성 토지에 무엇을 할 것인가가 아니라 무엇을 심을 것인가를 고민해야 할 판이다. 더불어 첨단농업기술을 이용한 글로벌농업이 대안이다. 외국에서 좋은 농지를 확보하는 것은 찾기도 어렵지만 상대적으로 비용이 많이 들고 어려움이 많을 것이다. 따라서 건조(사막화)지역, 중금속 오염지역, 염분이 많은 지역

등 농사짓기 힘든 땅에 주목할 필요가 있다. 중앙아시아, 연해주 지역 등을 적극 개척할 필요가 있다. 세계 수준급인 우리나라의 농업생명공학기술을 이용하여 글로벌 척박한 땅에 잘 자라면서 고부가가치를 창출하는 생명공학 신품종을 개발할 필요가 있다. 농업은 단순한 시장논리와 경제적 가치만으로 판단할 수 없는 생명산업이다. 우리나라는 매년 1400만t 이상의 곡물을 수입하는 세계 5위 곡물 수입국이다.

최근까지 외면 받아 온 식량안보 문제를 수면위로 끌어 올린 지난 박근혜정부도 세월호사고, 복지문제, 안보문제 등으로 수면 아래로 잠겨버렸다. 지난정부 140대 국정과제 가운데 “안정적 식량수급 체계 구축”이 성장을 뒷받침하는 경제운영 전략에 포함되어 있었다. 주된 내용은 국내 생산기반 확대를 통해 자급률을 높이고 식량위기 사전대응시스템을 확립하는 한편, 자주율 개념을 도입하여 해외개발, 비축 등 안정적 해외공급기반을 구축하는 것이다. 식량문제가 주요 국정과제로 채택되었으나 유명무실하게 되어 참으로 안타깝게 생각한다. 이러한 식량안보 정책은 국가 사회안전망 구축차원에서 정권에 관계없이 추진될 필요가 있다.

비록 5년 단임제 대통령제라 하더라도 식량문제는 적어도 수십 년 앞을 준비하면서 국가안보 차원에서 국민적 공감대를 형성하여 정권에 흔들리지 않은 구속력 있고 현실성 있는 식량안보 구축을 위한 정책을 수립해야 한다. 국가 식량안보 확립을 위한 예측 가능한 식량수급 시나리오를 설정하고 이를 달성하기 위한

구체적인 법제화가 필요한 때다. 적정 수준의 국가 식량자급률 목표치를 정해 이를 달성하는 데 필요한 기술개발·인력양성·해외영농 등 다각적 대책을 마련해야 한다. 식량무기화에 휘둘리지 않고 밥상주권을 확보하기 위한 구체적이고도 실천 가능한 ‘(가칭)식량안보법’ 제정이 시급하다.

상품투자의 귀재라 불리는 짐 로저스는 진로를 고민한다면 농업 분야에 뛰어들라고 조언한다. 오토바이와 자동차로 전 세계를 여행하면서 지구의 당면 과제를 몸소 확인한 그는 농업을 미래 식량위기에 대응하는 블루오션 산업으로 평가했다. 농업을 홀대하는 우리나라에 시사점이 많다. 국가 안보차원에서 식량자급률 제고를 위한 식량안보 체계 구축에 지혜와 국력을 모을 때이다.<sup>1)</sup>

---

1) 곽상수, 식량안보 스마트폰보다 중요하다. *Bioin*, 23:1-4(2013)





(TRAS)



한국, 중국, 일본은 고구마 재배역사, 문화에도 공통점이 많다. 한중일은 식량, 에너지 환경, 보건문제에서 공동 운명체이다. 한중일 고구마 연구자들은 3국이 당면한 제반문제를 해결하기 위해 2004년부터 매 2년마다 고구마 학술대회를 개최하여 연구정보를 공유하고 있다. 2012년 9월 제주에서 개최된 제5차 한중일 고구마워크숍에서 개최국 한국이 지속 가능한 연구협력을 위해 한중일고구마연구협의회(TRAS, Trilateral Research Association of Sweetpotato)를 제안하여 설립하였다. 협회회의 첫 번째 사업으로 재배종 고구마(6배체, 품종 Xushu 18)의 유전체(2.6 Gb) 완전해독을 2014년 1월 컨소시엄을 구성하여 유전체해독을 시작하여 현재 거의 완성단계에 있다.

TRAS는 3국이 당면하는 식량, 에너지 환경, 보건문제 해결을 위해 척박한 토양에도 잘 자라고 고부가가치 산업소재를 생산하는 새로운 고구마를 개발하기 위해 그간의 협력기반과 고구마

유전체해독결과를 토대로 협력프로젝트를 위한 노력을 하고 있다. 2016년 10월 중국 산둥성 제남시에서 개최된 제7차 한중일 국제 고구마 심포지엄에 약 250명이 참석하였다(아래 단체사진). TRAS가 주관하는 제8차 국제 고구마 심포지엄이 2018년 한국에서 개최될 예정이다. 고구마를 주제로 정기적인 학술행사는 TRAS 주관 고구마심포지엄이 유일하다. 고구마 연구정보를 공유하기 위해 TRAS NEWS LETTER를 반기별로 제작하고 있다.



**TRAS NEWSLETTER**  
No.1, 2015

TRAS President's remarks

TRAS was successfully founded in 2012. It is, together with the members of the other two parts of the International Sweetpotato Association, the largest international organization for sweetpotato research and development. It is a platform for researchers and breeders to share their experiences and knowledge, and to promote the development of sweetpotato research and breeding.

What's Inside

- 01 President's Remarks About TRAS
- 02 Highlights of members
- 03 Special session Scientific meetings
- 04 Hot news

About TRAS

TRAS is an international organization for sweetpotato research and development. It was founded in 2012 and is now the largest international organization for sweetpotato research and development. It is a platform for researchers and breeders to share their experiences and knowledge, and to promote the development of sweetpotato research and breeding.

**TRAS NEWSLETTER**  
No.2, 2015

Vice-President's Remark (Dr Liu Qingchang)

It is my honor to be elected as the Vice-President of TRAS. I will do my best to serve the members and promote the development of sweetpotato research and breeding.

What's Inside

- 01 Vice-President's Remarks
- 02 Highlights of members
- 03 Special session Scientific meetings
- 04 Selected Publications

Vice-President's Remark (Dr Tahara Makoto)

It is my honor to be elected as the Vice-President of TRAS. I will do my best to serve the members and promote the development of sweetpotato research and breeding.

**TRAS NEWSLETTER**  
No.3, 2016

CIP Director General Greetings

I am very pleased to learn that the 7th and 8th meetings of the International Sweetpotato Association (ISA) were held in Jinan, China and in Seoul, Korea, respectively. I hope that the meetings will be successful and that the members will have a fruitful and enjoyable time.

What's Inside

- 01 CIP Director General's Greeting
- 02 Highlights
- 03 Scientific meetings
- 04 Selected Publications

Hot Issues

TRAS President met with Deputy Secretary-General of TICD

TRAS President met with Deputy Secretary-General of TICD. The meeting was held in Jinan, China, and was attended by the President of TRAS and the Deputy Secretary-General of TICD. The meeting was a very successful one and resulted in the signing of a joint declaration on sweetpotato research and breeding.

Contact Information for TRAS NEWSLETTER

TRAS is an international organization for sweetpotato research and development. It was founded in 2012 and is now the largest international organization for sweetpotato research and development. It is a platform for researchers and breeders to share their experiences and knowledge, and to promote the development of sweetpotato research and breeding.

## TRAS 고구마유전체해독 현황

### 고구마 유전체 해독 및 유전자 정보 분석

#### ■ 일반 정보

- > 분류 : 고구마 *Ipomoea trifida*(학명), 메꽃과, 다년생식물
- > 염색체수 : 2배체 고구마(2n=30)
- > 재배생산량/경계규모 : 19만ha(295천톤)/4,000억원(통계청, 2016)



고구마 잎과 꽃

#### ■ 주요 용도

- > 용도 : 영이부리 식용·사료용, 고구마술, 전분, 당면, 바이오에탄올
- > 기능성 : 항암, 항산화작용, 혈중 콜레스테롤 강화 등 성인병 예방
- \* 최근 밀게이츠재단에서 아프리카 사람들의 영양개선을 위하여 고구마 연구 지원



식용 고구마



고구마 말랭이



고구마 영이부리

고구마 영이부리 색 비교  
(전미, 우황미, 신자미)



고구마 당면



고구마 술

#### ■ 핵게놈 해독

- > 핵게놈종 : 2배체 고구마 *Ipomoea trifida*, Mx23Hm 야생종 품종
- > 게놈크기 : 515.8 Mb(mega base, 5억1천5백8십만쌍 염기 추정)
- > 게놈해독 : 정거리(58 Gb) 및 단거리(256 Gb) 염기서열 혼용
- > 염기서열 조립 : 650개로 조립(평균 길이 760 kb)
- > 유전자 예측 : 37,100개(자체 유전자분석 프로그램 사용)

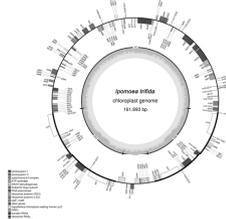
전체게놈 조립율(약96%), 유전자 예측 정확율(약 96%)



고구마 유전체 DB 구축 (국립농업생명공학정보센터)

#### ■ 세포 소기관 게놈

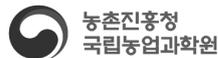
- > 예측 및 조립 : 게놈 조립용 단거리 염기서열을 활용, 조립
- CLC genome assembler 프로그램 및 dnaLCW 분석 사용
- > 염색체 게놈 : 원형, 161,693 bp(16만1천쌍) 유전자 1137개
- > 미토콘드리아 게놈 : 원형, 264,698 bp(26만4천쌍), 유전자 55개



고구마 염색체 유전자 지도

#### ■ 활용 계획

- ◎ 고품량 향산화 · 기능성물질(비타민, 베타카로틴, 안토시아닌, 식이섬유, 루테인) 품종 육성
- ◎ 전분대사 유전자개발 및 경로해석, 바이오에너지 생산 기술 개발
- \* 참여기관: (한국) 국립농업과학원, 한국생명공학연구원, 국립식량과학원, (일본) 카츠사 DNA 연구소, NARO, (중국) 중국농업대학, 중국농업과학원 (한중일 국제공동연구)





■ **융합클러스터명**

고구마 기반 글로벌 식량자원 및 바이오소재 생산기술

■ **참여기관**

한국생명공학연구원, 한국화학연구원, 한국생산기술연구원 등

■ **연구기획기간**

2017년 3월 ~ 2018년 12월

■ **목표 및 추진내용**

• **목표**

국가가 당면한 식량/에너지/환경문제 등 제반 사회문제를 해결하기 위해 출연(연)이 구축한 고구마 생명공학 platform기술과 동북/중앙아시아 국가와 협력기반을 토대로 산업화를 전제로 고구마 기반 글로벌 식량자원 및 고부가가치 바이오화학소재 생산을 위한 혁신적 R&D과제를 기획함.

• **추진내용**

- 동북/중앙아시아 조건 불리지역 고구마 생산기반을 구축
- 고구마 유래의 기능성 물질 활용과 전분/당 기반 화학소재

생산기술을 개발

- 고구마 전분/당 기반 바이오 화학 소재의 친환경 최적 생산 공정을 개발
- 사업화 타당성 분석 등을 진행함

■ 주요 예상성과

- 카자흐스탄 등 글로벌 조건 불지리역에서 최적 고구마생산 기반을 조성할 수 있음
- 고구마 전분/당에서 석유화학과 미생물보다 사업성이 높은 화학소재 탐색이 가능함
- 고구마 전분/당 및 고부가가치 화학소재 친환경 생산공정을 구축할 수 있음
- 고구마 기반 글로벌 사업화 추진 등이 가능함

■ 기대효과 및 활용계획

• 기대효과

- 고구마 기반 새로운 기축전분(key starch) 생산기반 구축이 가능함
- 국가 식량안보 및 바이오화학 소재 생산기술 확립이 가능함
- UN 3대 환경협약(생물다양성, 기후변화, 사막화 방지) 해결에 기여할 수 있음

• 활용계획

- 국가 사회현안문제 해결을 위한 지속가능한 융합과제 도출

21세기 구원투수 **고구마**

가능함

- 기후변화 대응을 위한 녹색기후기금(GCF) 등 국제기구기금 활용 가능함
- 고구마 기반 관련 회사가 해당지역에 합자회사 설립에 활용 가능함



류시화(1958~)

고구마여

고구마여

나는 이제 너를 먹는다

너는 여름 내내 땅 속에서 감정의 농도를 조절하며

태양의 초대를 점잖게 거절했다

두더지들은 너의 우아한 기품에 놀라

치아를 하얗게 닦지 않고서는

네 앞에 나타나지 않았다

그때도 넌 네 몸의 일부분만을 허락했을 뿐

하지만 이제는 온 존재로

내 앞에 너 자신을 드러냈다

남자 고구마여

여자 고구마여

나는 두 손으로 너를 감싼다

네가 진흙 속에서 숨쉬고 있을 때

세상은 따뜻했다

난 네가 없으면 겨울을 어떻게 보내야 할지 막막하다

쌀과 빵만으로 목숨을 연명한다는 것은

생각만으로도 슬픈 일

어떻게 네가 그 많은 벌레들의 유혹을 물리치고

돌투성이의 흙을 당분으로 바꾸는지

그저 놀랍기만 하다

고구마여, 나는 너처럼 살고 싶다

삶에서 너처럼 오직 한 가지 대상만을 찾고 싶다

고구마여

우리가 외로울 때 먹었던 고구마여

우리는 어디서 왔으며 무엇이고

어디로 가는가

우리는 결국 무의 세계로 돌아갈 것인가

그러나 내 앞에는 고구마가 있다

생명은 결코 사라지지 않는 것이라고

넌 말하는 듯하다

모습은 바뀌어도 우리 모두는

언제까지나 우리 모두의 곁에 있는 것이라고

아무것도 죽지 않는다고

그렇다, 난 모든 길들을 다 따라가 보진 않았다  
모든 사물에 다 귀 기울이지진 않았다  
그러나 나는 감히 대지의 신에게 말한다  
세상에서 모든 것이 사라진다 해도  
고구마여, 너만 내 곁에 있어 준다면  
희망은 나의 것이라고



■ **영어 Sweetpotato Books**

- Edmond JB and Ammerman GR. Sweetpotatos: Production Processing Marketing. The AVI Publishing Company, INC. Connecticut, USA. 1971. 334 p.
- Hill WA, Bonsi CK and Loretan PA(editors). Sweetpotato Technology for the 21st Century. Tuskege University. Alabama. 1992. 607 p.
- Jansson RK and Raman KV(editors). Sweetpotato Pest Management. A Global Pespective. Westview Studies in Insect Biology. 458 p.
- Loebenstein G and Thottappilly G(editors) The Sweetpotato. Springer. 2009. 522 p.
- Woolfe JA. Sweetpotato: an untapped food resource. Cambridge University Press. 1992. 643 p.

■ **영어 Sweetpotato Reports**

- Ames T. Smit NEJM, Braun AR, O’Sulliva JN and Skoglund LG. Sweetpotato: Major Pests, Diseases, and Nutritional Disorders. International Potato Center(CIP). 1997. 153 p.
- AVRDC. Farmers’ Viewpoint of Sweetpotato Production in Taiwan.

Technical Bulletin #4. Asian Vegetable Research and Development Center(AVRDC). 1977. 44 p.

- Bashaasha B, Mwanga ROM, p'Obwoya CO and Ewell PT. Sweetpotato in the Farming and Food Systems of Uganda: A Farm Suvey Report. International Potato Center(CIP) and National Agricultural Research Organization(NARO), Uganda. 63 p.
- Beethan P and Mason A. Production of Pathogen-Tested Sweetpotato. ACIAR Technical Reports 21. Australian Centre for International Agricultural Research(ACIAR). Canberra 1992. 47 p.
- CIP. Exploration, Maintenance, and Utilization of Sweetpotato Genetic Resources: Report of the First Sweetpotato Planning Conference. International Potato Center(CIP). 1988. 369 p.
- CIP. Research Works on Proceeding, Shoring and Using Sweetpotato and Other Resources as Feed for Fattening Pigs(Project: Improving Sweetpotato-Pig Production Systems in Vietnam, Period 1999-2991). Hanoi. International Potato Center(CIP). 2006. 112 p.
- Gitomer CS. Potato and Sweetpotato in China: Systems, Constraints and Potential. International Potato Center(CIP). 1996. 183 p.
- Huang J, Song J, Qiao F and Fuglie KO. Seetpotato in China: Economic Aspects and Utilization in Pig Production. International Potato Center(CIP), Bogor, Indonesia. 2003. 72 p.
- Kapinga RE, Ewell PT, Jeremiah SC and Kieo R. Sweetpotato in Tanzanian Farming and Food Systems: Implications for Research. Tanzania National Root and Tuber Crops and Farming Systems

- Research Programs and International Potato Center(CIP). 1995. p 47.
- Kay DE. Root crops. Tropical Products Institute. TIP Crop and Product Digest 2. 1973. 245 p.
  - Lenne JM. Disease and Pests of Sweetpotato. Soujth-East Asia, The Pacific and East Africa. Bulletin No. 46. Natural Resources Institute. 116 p.
  - Low J, Kinyae P, Gichuki S, Oyunga MA, Hagenimana V and Kabira J. Combating Vitamin A Deficiency through the Use of Sweetpotato. Results from Phase 1 of an Action Research Project in South Nyanza, Kenya. CIP and Kenya Agricultural Research Institute. 1997. 110 p.
  - O’Sulliva JN, Asher CJ and Blamey FPC. Nutrient Disorders of Sweetpotato. Production of Pathogen-Tested Sweetpotato. ACIAR Technical Reports 21. Australian Centre for International Agricultural Research(ACIAR). Canberra 1997. 136 p.
  - van de Fliert E. and Braun AR. Farmer Field School for Integrated Crop Management of Sweetpotato: Field Guides and Technical Manual. CIP ESEAP Regional Office. 101 p.
  - Watson GA, Dimiyati A, Malian AH, Bahagiawati and Wargiono J. Sweetpotato. Production, Utilization and Marketing in Commercial Centers of Production in Java, Indonesia. Central Research Institute for Food Cropss, Agency for Agricultural Research and Development and CIP. 1992. 25 p.

- Yen DE. The Sweetpotato and Oceania. An Assay in Ethnobotany. Bernice P. Bishop Museum Bulletin 236. Bishop Museum Press, Honolulu, Hawaii. 1974. 389 p.

#### ■ 영어 Sweetpotato Proceedings

- CIP. Improvement of Sweetpotato(*Ipomoea batatas*) in Asia. Report of the “Workshop on Sweetpotato Improvement in Asia” held at ICAR, India(October 24-28, 1988). International Potato Center(CIP). 256 p.
- Clark CA and Moyer JW. Compendium of Sweetpotato Diseases. The American Phytopathological Society. APS Press. 1988. 74 p.
- Dayal TR, Scott GJ, Kurup GT and Balagopalan C. Sweetpotato in South Asia: Postharvest Handling, Processing, Storage and Use. Proceedings of a workshop held at CTCRI, Trivandrum, India(September 9-13, 1991). 137 p.
- Fuglie KO(editor). Progress in Potato and Sweetpotato Research in Indonesia. Proceedings of the CIP-Indonesia Research Review Workshop in Bogor, Indonesia(March 26-27, 2002). 2003. 242 p.
- Fuglie KO and Hermann M(editors). Sweetpotato Post-Harvest Research and Development in China. Proceedings of an International Workshop held in Chendu, China(November 7-8, 2001). 2004. 160 P.
- KONARC. Innovative Technologies for Food, Resources and Environment. 2<sup>nd</sup> Japan-China-Korea Workshop on Sweetpotato

- (Miyazaki, Japan, September 13-15, 2006). 93 p.
- Liu QC. Sustainable Sweetpotato Production Technology for Food, Energy, Health and Environment. Proceeding of 3<sup>rd</sup> China-Japan-Korea Workshop on Sweetpotato(Beijing, China, October 12-15, 2008). 439 p.
  - Liu QC and Kokubu T(editors). Proceedings of the 1<sup>st</sup> Chinese-Japanese Symposium on Sweetpotato and Potato. Beijing Agricultural University Press. 1995. 440 p.
  - Ma D, Liu QC and Chen P. Sweetpotato in Food and Energy Security. Proceedings of China Xuzhou 4<sup>th</sup> International Sweetpotato Symposium and 4<sup>th</sup> China-Japan-Korea Sweetpotato Workshop. 2010. China Agricultural University Press. 749 p.
  - MARDI. Innovative technologies for commercialization: Concise Papers of the Second International Symposium on Sweetpotato and Cassava. Malaysian Agricultural Research and Development Institute(MARDI). Kuala Lumpur, Malaysia(June 14-17, 2005). 236 p.
  - Martin FW. Breeding New Sweetpotatos for the Tropics. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, Tropical Region. Mayaguez, Puerto Rico(August 17-20, 1983). 144 P.
  - NARO. New Era of Sweetpotato Research in East Asia. 6th Japan-China-Korea Sweetpotato Workshop / NARO International Symposium 2014(Kaogoshima, Japan, November 28-30, 2014).

172 p.

- NICS. Proceedings of the International Workshop on Production, Utilization and Development of Sweetpotato(Muan, Korea, September 6-10, 2004). 191 p.
- NICS and KRIBB. Sweetpotato for Sustainable Agriculture and Beyond. 5<sup>th</sup> Korea-China-Japan Sweetpotato Workshop(Jeju, Korea, September 17-19, 2012). 169 p.
- UPWARD. Sweetpotato Cultures of Asia and South Pacific. User's Perspective with Agricultural Research and Development. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Annual UPWARD International Conference, Los Banos, Philippines. 1991. 490 p.
- Villareal RL and Griggs TD(editors) Sweetpotato. Proceedings of The 1<sup>st</sup> International Symposium. Asian Vegetable Research and Development Center(AVRDC). 1982. 481 p.

■ 한국어 고구마 자료

- 곽상수. 고귀마를 조선 팔도에 퍼뜨려라. 2013. 과학동아 10: 98-103
- 농촌진흥청. 고구마 재배. 표준영농교본 28. 2006. 327 p.
- 농촌진흥청 호남농업시험장 목포시험장. 고구마 생산과 이용. 2002. 214 p.
- 이흥기 지음(강점숙 옮김). 고구마 다이어트. (주)한언. 2009. 165 p.
- 전라북도농업기술원 고구마산학연합협력단. 고구마종순 재배매

뉴얼. 2009. 38 p.

- 전북고구마산학연합력단. 제5회 동아시아 고구마 국제워크숍. 김제시농업기술센터 상록관(2014년 7월 22일~23일) 320 p.
- 진견진 지음(유리타 옮김). 고구마가 내 몸을 살린다. (주)한연. 2006. 210 p
- 진견진 지음(조순례, 유리타 옮김). 고구마 밥상 병은 없다. (주)한연. 2009. 262 p.
- 충북고구마산학연합력단. 명품 고구마 재배기술. 2012. 110 p.
- 충북고구마산학연합력단. 2013 고구마 산업 부가가치 향상을 위한 충북 고구마 산업 실용기술 심포지엄. 충북농업기술원 대강당(2013년 3월 8일). 87 p.

#### ■ 일본어 さつまいも 자료

- 瓜谷郁三 編著. 스트레스 식물생화학과 분자생물학: 열대성 뿌리작물과 주변(Biochemistry and Molecular Biology of Plant Stress: Focusing on Tropical Starchy Roots). 학회출판센터. 2001년. 308 p.
- 武田英之. 고구마 백과. (社)農山漁村文化協會. 2001년. 133 p.
- 農林水産省 農業研究センター. 농업연구센터 연구자료 제23호. 농업연구센터 육성/보관 고구마의 내력과 특성 일람 및 指宿시립도서관소장 고구마 문헌목록. 1993년. 237 p.
- (社)農山漁村文化協會. 고구마/감자. 야채원에대백과(제2판). 2004년. 526 p.
- (社)農山漁村文化協會. 감자와 고구마 재배. 2014년. 175 p.

- 坂井健吉. 고구마. 물건과 인간의 문화사 90. 법정대학출판국. 1999년. 316 p.
- (財)いも類振興會. 고구마 사전(Encyclopedia of Sweetpotato). 2010년. 352 p.
- 日本いも類研究會 編著. 고구마 미니백서. 1998년. 54 p.
- 塩谷 格. 고구마의 편력(야생종에서 근대품종까지). 2006년. 359 p.
- NHK出版編. 감자, 토란, 고구마. 재배하여 먹는 야채의 책 2권. NHK출판. 2101년. 80 p.

#### ■ 중국어 甘藷 자료

- 江蘇省農業科學院/山東省農業科學院(主編). 중국 고구마 재배학. 상해과학기술출판사. 1984년. 378 p.
- 江蘇徐州甘藷研究中心(主編). 중국 고구마 품종지. 농업출판사. 1993년. 149 p.
- 郭書普(主編). 감자, 고구마, 산약의 병해충 감별 및 치료기술 도감. 화학공업출판사. 2012년. 122 p.
- 金小馬, 余清(主編) 특색고구마 고생산 재배기술. 호남과학기술출판사. 2010. 122 p
- 農業部農民科技教育培訓中心/中央農業廣播電視學校(組編). 고구마 생산과 가공기술. 중국농업대학출판사. 2009년. 129 p.
- 杜蓮起(編). 고구마 식품 가공기술. 2004년. 209 p.
- 光友(Guang You). The Sweetpotato Road on the Second International Seminar. 2010년. 124 p.

- 盧宵平, 謝開云(著). CIP in China: 30 year friendship, cooperation, success. 중국농업과학기술출판사. 2014년. 170 p.
- 馬代夫, 劉慶昌(主編). 중국 고구마 육종과 산업화(Sweetpotato Breeding and Industrialization in China). 중국농업대학출판사. 2005년. 305 p.
- 梅棠(著). 다양한 작부체계가 고구마 토양선충 군락에 미치는 영향. 내몽고교육출판사. 2008년. 116 p.
- 毛志善, 高東, 張竟玲, 催艷玲(編著). 고구마 우수 고생산 재배와 가공. 중국농업출판사. 2009년. 159 p.
- 楊新筍, 王蓮軍(主編). 고구마: 농업·산업. 2013년. 호북과학기술출판사. 426 p
- 楊新筍, 程航(主編) 고구마: 고생산 재배와 종합이용. 2010년. 258 p.
- 楊占国, 張玉杰(主編). 고구마, 감자의 고생산 재배와 가공기술. 과학기술문헌출판사. 2010년. 334 p.
- 王裕筍, 肖利貞(主編). 고구마 산업화경영. 금둔출판사. 2008년. 401 p.
- 袁宝忠(編著). 고구마 재배기술. 금둔출판사. 2009년. 114 p.
- 張立明, 馬代夫(主編). 중국 고구마 주요 재배양식. 중국농업과학기술출판사. 2012년. 180 p.
- 張立明, 王慶美, 張海燕(編著). 산동고구마: 자원과 품종. 중국농업과학기술출판사. 2015년. 97 p.
- 張立明, 汪宝卿(著). 甘藷(고구마): 고생산 고효율 재배 10대 관련 기술. 중국농업과학기술출판사. 2015년. 184 p.

- 張后堂(主編). 중국서부고구마. 서남사범대학출판사. 2014년. 416 p.
- 中華人民共和國農業部(組編). 고구마기술 100문제. 중업농업출판부. 2009년. 82 p.
- 黃洁(編著) 고구마 풍작 재배기술. 해남출판사/삼환출판사. 2010. 87 p
- 陸漱韻, 劉慶昌, 李惟基(編著). 고구마 육종학. 중국농업출판사. 1998년. 447 p.
- 陸國權. 고구마 품질특성의 전사인자와 환경적응연구. 기상출판사. 2003년. 260 p.
- 冒布廠, 徐軍, 徐宗進(編著). 우수 고구마 고효율 재배기술. 동남대학출판사. 2009년. 118 p.
- 閔加啟, 陳宗光, 蘆金生(主編). 도설 고구마 고효율재배 관련기술. 금둔출판사. 2010년. 138 p.



# 도서출판 식안연 식량안보시리즈

## 제1권 나트륨, 건강 그리고 맛



### 식량안보시리즈 제 1 권

이숙중, 이철호 공저

국판 / 3쇄 준비중

값 8,000원

ISBN 978-89-967826-9-8

### [contents]

1. 자연속의 나트륨
2. 음식속의 나트륨
3. 우리 몸속의 나트륨
4. 고혈압과 나트륨의 관계에 대한 논쟁
5. 세계보건기구의 나트륨 섭취권고량은 합당한가?
6. 한국인의 적정 나트륨 섭취 권장량
7. 나트륨 저감화 기술개발
8. 외국의 나트륨 저감화 사례 및 전략
9. 우리나라 나트륨 줄이기 운동의 성과
10. 전문가 의견
11. 나트륨 줄이기 운동의 올바른 방향

이 책은 맛의 원천인 소금의 식품학적 기능을 다시 돌아보면서 세계 보건기구(WHO)가 제시한 나트륨 섭취권고량이 우리에게 합당한 것인지 재검토하고, 이를 근거로 하여 합리적인 기준을 가지고 현실성 있는 나트륨줄이기 운동을 전개할 것을 제안하였다.

## 제2권 건강 지킴이 보리의 재발견



### 식량안보시리즈 제 2 권

김영수, 최재성, 석호문,

신동화 공저

국판 / 166쪽

값 8,000원

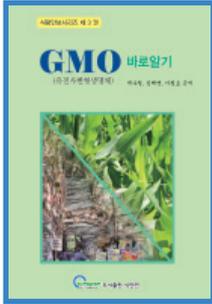
ISBN 979-11-86396-10-0

### [contents]

1. 보리의 특성
2. 보리의 구조
3. 생산 및 분포
4. 육종 및 재배
5. 보리의 화학적 조성
6. 보리의 기능성 물질 및 생리적 기능
7. 보리의 가공 및 이용

제2의 주곡이었던 보리를 다시 생각해 보면서 과연 앞으로 보리를 어떻게 처리하는 것이 우리나라의 식량사정과 국민 건강을 위해서 바람직한 것인가를 돌이켜 보고자 하였다.

## 제3권 GMO 바로알기



식량안보시리즈 제 3 권  
박수철, 김해영, 이철호 공저  
국판 / 6쇄 / 올칼라  
값 12,000원  
ISBN 979-11-86396-21-6

### [contents]

1. 유전자의 발견과 생명체
2. 유전자변형기술의 발전
3. 유전자변형(GM) 작물의 개발 현황
4. GM작물의 환경 위해성 평가
5. GM작물의 안전성 평가
6. GM작물의 재배 및 교역 현황
7. GMO의 안전성에 대한 논란
8. GMO의 미래
9. 우리나라 식량안보를 위한 GMO 정책 제언

앞으로 예견되는 인류의 식량문제를 해결하기 위한 기술로 GM작물의 개발과 이용 확대를 위해 저술되었다. 그동안 GMO의 안전성 문제를 일으킨 여러 가지 사건에 대한 진위를 밝히고 이로 인해 야기된 국민의 부정적 의식 정도를 조사한 자료를 실었다. 이 책은 우리사회의 여론을 이끌어 가는 전문직 지식인들의 과학적 호기심을 충족하기 위해 만든 참고서이다.

## 제4권 쌀의 혁명



식량안보시리즈 제 4 권  
이철호, 이숙중, 김미령 공저  
국판 / 204쪽  
값 10,000원  
ISBN 979-11-86396-27-8

### [contents]

1. 쌀의 이용 역사
2. 쌀의 영양가와 생리기능성
3. 쌀의 가치사슬과 가공산업
4. 쌀의 구조와 가공적성
5. 유럽의 밀 가공 연구
6. 일본의 쌀 식미연구
7. 쌀의 변신
8. 쌀의 식량안보적 기능
9. 우리쌀의 새로운 비전

우리의 주식인 쌀이 농업의 뿌리로 남아있게 하기 위하여 쌀의 수요 창출과 쌀 가공산업의 발전 전략을 제시하기 위해 저술되었다. 쌀의 영양학적 우수성과 생리기능성을 다시 짚어보고 쌀의 가치사슬과 산업 규모를 다시 평가하였다. 현대사회의 요구에 맞는 가공식품을 제조하기 위한 쌀의 물리화학적 가공특성을 살펴보고 유럽에서 빵의 연구를 위해 수행된 주요 연구개발 사례와 일본의 쌀 식미연구 동향을 소개하였다. 그리고 최근 우리나라에서 개발되고 있는 쌀 가공 신제품의 특징과 발전 가능성을 조사하였다.

## 제5권 식량낭비 줄이기



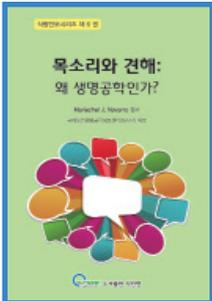
식량안보시리즈 제 5 권  
채희정, 이숙중, 이철호 공저  
국판 / 2쇄, 244쪽  
값 12,000원  
ISBN 979-11-86396-30-8

### [contents]

1. 식량낭비의 원인과 실태
2. 식량낭비 저감화 기술
3. 식량낭비를 줄이기 위한 제도적 개선
4. 식량낭비를 줄이기 위한 정책제언

음식낭비를 줄이는 것은 식량자급률을 높이는 방법이다. 식량자급률이 60%이면 선진국 수준으로 식량안보를 크게 염려하지 않아도 된다. 농업생산으로 식량자급률을 1% 올리려면 1조 원의 비용이 드는 것으로 추산되고 있다. 정부와 국민이 힘을 합쳐 식량낭비를 줄이는 일에 매진해야 한다는 것은 너무나 당연한 일이다. 이 책은 우리나라의 식량낭비 구조를 분석하고 식량낭비를 줄이기 위한 기술적 방법과 제도적 개선 방안을 제시하고자 노력했다.

## 제6권 목소리와 견해: 왜 생명공학인가?



식량안보시리즈 제 6 권  
Mariechel J. Navarro 편저  
국판 / 229쪽  
값 12,000원  
ISBN 979-11-86396-32-2

### [contents]

1. 인류를 위한 기술
2. 혜택과 잠재력 제공
3. 생명공학 옹호
4. 과학 커뮤니케이션
5. 기술을 넘어선 생각

핀스트럽 앤더슨 박사는 “지속가능한 식량과 농업시스템을 성취 유지하고, 식량과 영양의 불안정을 완화하기 위한 과학의 역할과 전망은 매우 밝다”는 의견을 밝혔다. 그러나 주된 과제는 행동의 결과를 책임지지 않아도 되는 단체들의 반대를 극복하는 것이다. 이러한 다국적 기업의 무책임한 행동들을 처벌하는 국내 및 국제적 합의는 매우 중요한 단계라고 할 수 있다. 그는 많은 유럽의 정부와 다국적 NGO가 아프리카 정부에게 생명공학이 위협하다고 주장하고 있는 사례를 인용하였다. 남아프리카, 아르헨티나, 브라질, 중국, 인도, 그리고 기타 국가들의 소농들이 이미 GM 옥수수를 재배하고 있음에도 불구하고 유럽 정부들은 자국의 농민들이 GM 옥수수를 재배하지 않도록 막고 있다.

## 제7권 식량생산 제고를 위한 신(新)육종기술



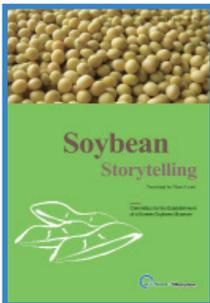
식량안보시리즈 제 7 권  
한지학, 정민 공저  
국판 / 153쪽  
값 12,000원  
ISBN 979-11-86396-39-1

### [contents]

1. 종자(種子, Seed)
2. 종자산업의 개요
3. 국내외 종자시장 현황
4. 식량생산
5. 식량생산 제고를 위한 육종기술
6. 신육종기술의 활용
7. 육종기술과 GMO (LMO)와의 차이 해석
8. 시사점 및 제언

이 책은 먹거리의 원천자원인 종자에 대한 기본적인 개념, 그의 중요성과 종자산업의 현황을 다루었고 특히 국내에서도 적극적으로 사용가능한 여러 신육종기술들을 검토하였다. GMO를 대체할 수 있고 대사공화에 활용할 수 있는 유전체편집 기술, 종속간에 교배가 어려울 때 유전자를 이전할 수 있는 동종기원(Cisgenesis)기술, 핵이나 세포질을 치환하여 새로운 유전자원을 만들 수 있는 세포융합기술들을 집중적으로 다루었다. 이런 기술들과 기 보유하고 있는 관행육종 기술과 접목하고, 마커를 이용한 여교배와 연계하여 활용한다면, 새로운 육종기술 시스템을 구축할 수 있으며 신품종개발과 생산량 제고에 도움이 될 것이다. 특히 곡류자급률이 23.8% 밖에 되지 않고 식량안보에 집중해야할 우리나라는 이런 신육종기술의 접목과 적용이 필수이다.

## Soybean Storytelling(콩 스토리텔링)



한국공백물권건립추진위원회 편  
Translated by Diana Evans  
국판 / 344쪽  
값 20,000원  
ISBN: 979-11-86396-36-0

### [목차]

01. 콩의 기원
02. 콩과 장(醬)의 문화
03. 콩의 생육과 생태
04. 콩의 가공과 이용
05. 콩의 영양과 기능성
06. 콩의 미래

### [contents]

01. The Origin of Soybeans
02. The Culture of Soybeans and Sauce
03. The Growth and Ecology of Soybeans
04. Processing & Utilization of Soybeans
05. Nutrition and Functionality of Soybeans
06. The Future of Soybeans

한국은 콩의 재배와 이용을 시작한 콩의 종주국임에도 불구하고 대부분의 한국 고대사가 그랬듯이 중국 문화에 묻혀 세계에 제대로 알려져 있지 않다. 이 책은 인류 역사상 가장 먼저 콩을 재배하고 식품으로 이용한 한(韓)민족의 콩 이용 역사를 세계에 알리기 위한 목적으로 경상북도 영주시에 설립된 콩세계과학관 건립을 위해 수집한 자료를 스토리텔링 형태로 정리한 것을 국문과 영문으로 한글에 묶어 펴낸 것이다. 영문 번역은 미국 하버드대학 대학원에서 한국문학을 전공한 다이아나 에반스(Diana Evans)씨가 담당했다.



## 21세기 구원투수 고구마

고구마는 글로벌 기후변화시대, 고령화시대, 국제 식량수급 불안정 속에서 인류가 당면한 식량문제뿐만 아니라 노령화문제 등 제반문제의 해결사로 부상하고 있다. 특히 고구마는 전분작물 가운데 척박한 토양에서 가장 높은 수량을 보장하는 친환경 작물로 평가되고 있다. 60년대 보릿고개 시절에 배고픔을 해결해주고 겨울철 간식으로 여겨온 고구마가 21세기 보릿고개를 극복하고 고령화시대의 최고식품과 기후변화에 대응에 적합한 글로벌 구원투수로서의 역할을 할 것으로 기대된다.

값 12,000원



9 791186 396421 95300  
ISBN 979-11-86396-42-1