



◀ **그림 38.17** 유전자 조작된 파파야. 고리무늬병 바이러스는 전 세계에서 재배하는 파파야를 황폐화시킨다. 형질전환된 파파야 변종은 하와이 산업을 살려 냈다. 그림 왼쪽의 유전자 조작된 파파야는 오른쪽의 원래 종보다 고리무늬병 바이러스에 더 잘 견딘다.



▲ **그림 38.18** 일반 벼와 감람과 드문드문 포함된 “황금벼”의 낱알. **비타민 A의 결핍으로** 해마다 250,000~500,000명의 어린이가 시각 장애를 겪고 있다. 황금벼의 황금색과 증가된 영양적 가치는 베타 카로틴을 만들 수 있게 되었기 때문이다. 나팔수선화로부터 세 가지 유전자를 도입하여 베타 카로틴이 황금쌀에 포함될 수 있게 하였다(**프로비타민 A**).

물질인 베타 카로틴을 포함하는 쌀을 생산한다. 이 벼는 만성적으로 비타민 A가 부족한 식단 때문에 세계의 많은 가난한 사람에게 생기는 실명 증세를 막기 위해 개발되었다(**그림 38.18**). 최근 과학자들은 원종보다 훨씬 더 많은 베타 카로틴을 갖는 새로운 변종을 개발하였다.

화석연료 의존도 줄이기

비싸지 않던 화석연료 특히 석유의 세계 매장량은 급속도로 줄어들고 있다. 더욱이 기상학자들에 의하면 석유나 석탄 같은 화석연료를 너무 많이 사용한 결과 온실가스가 방출되고 지구온난화의 원인이 된다고 한다. 21세기에 세계는 경제적이고도 오염이 없는 방법으로 어떻게 에너지 요구를 충족시킬 수 있을까? 어떤 지역에서는 바람이나 태양열이 경제적으로 사용될 수 있지만 대체에너지가 지

구의 에너지 요구를 충족시킬 수는 없을 것이다. 많은 과학자들은 오래지 않은 미래에 스위치그래스(*Panicum virgatum*)나 포플러(*Populus trichocarpa*)처럼 성장속도가 극도로 빠른 식물의 생물자원에서부터 세계의 에너지 수요의 상당 부분을 생산할 수 있을 것이라고 예견한다.

최적의 조건에서는 포플러는 매년 3~4 m씩 자라고 스위치그래스는 거의 모든 작물이 살 수 없는 여러 불리한 조건의 땅에서도 잘 자란다. 과학자들은 식물의 생물자원을 직접 태우는 것을 말하는 것은 아니다. 대신에 세포벽을 이루는 중합체인 셀룰로오스와 헤미셀룰로오스는 지구상의 가장 풍부한 유기물로서 효소작용을 통해 설탕으로 분해될 수 있다. 그 다음 이 설탕은 알코올로 발효되어 증류한 후 **생물연료(biofuel)**가 될 수 있다.

생물자원에서 얻은 생물연료를 사용하는 것은 온실가스인 CO₂의 순방출량을 줄일 수 있다. 화석연료를 태우는 것은 대기 CO₂ 농도를 증가시키는 반면 생물연료 작물은 생물연료가 탈 때 방출되는 CO₂를 광합성에서 재흡수하는 탄소 중립적인 회로를 형성한다. 식물 육종가는 좀 더 쉽게 생물자원이 전환될 수 있도록 유전자가 조작된 더 빠르게 자라는 포플러를 만드는 시도를 하고 있다.

생물연료 기술에 대한 비판도 있다. 예들 들어, 코넬 대학 생태학자인 데이비드 피멘텔(David Pimentel)과 캘리포니아 버클리 주립 대학교의 지학공학자 태드 패트젠(Tad Patzek)은 생물연료를 연소할 때 나오는 것보다 더 많은 에너지가 생물연료를 생산하는 데 필요하다는 실험 결과를 발표하였다. 그러자 생물연료 옹호자는 이런 추정의 근거가 되는 데이터의 정확성에 대해 의문을 제기하였다.

식물 생명공학에서의 논쟁

농업에서의 형질전환 생물체에 관한 많은 정치적, 사회적, 경제적, 또는 윤리적인 논쟁들은 본 교재의 범주에 벗어난다. 그러나 우리는 형질전환 작물에 대한 생물학적인 관점은 생각해 보아야 한다. 어떤 생물학자, 특히 경제학자들은 형질전환 생물체(GMO)가 환경에 노출되어 생기는 생각지 못한 위험에 대해 걱정한다. 가장 기초적인 논쟁은 GMO가 인간의 건강이나 환경에 해를 줄 수 있는 알지 못하는 위험성이 어느 정도인가 하는 것이다. 농업생명공학이 좀 더 천천히 발생하기를(또는 중단되기를) 원하는 사람들은 이런 “실험”이 멈출 수 없는 속성을 가진 것 때문에 걱정한다. 약물 실험에서는 예견하지 못했던 해로운 결과가 생겼다면 그 시도는 중단될 수 있다. 그러나 새로운 생명체의 경우는 일단 생물권에 도입되면 그 것을 멈추게 할 수가 없는 것이다.

20장에서는 생명공학의 일반적인 부분에 관한 주요 관심사에 대하여 간략히 설명하였었다. 여기서 우리는 식물생명공학과 연관되는 내용을 좀 더 자세하게 살펴보고자 한다. 실험과 현장 연구는 GM 작물을 이용할 때 생기는, 즉 인간의 건강, 표적 이외의 생물체에 미치는 효과, 도입된 유전자가 다른 생물체로 이동할 수 있는 잠재성 등을