

바이오에너지 원료작물 생산 및 연구동향

김광수, 김용범, 장영석, 방진기*
농촌진흥청 작물과학원 목포시험장

Bioenergy Crop Production and Research Trends

Kwangsoo Kim, Youngbum Kim, Youngseok Jang, and Jinki Bang*

Mokpo Experiment Station, National Institute of Crop Science, RDA, Muan 534-840, Korea

ABSTRACT The increasing industrialization of the world has led to precipitous rise for the demand of petroleum-based fuels. The world is presently confronted with the twin crises of fossil fuel depletion and environmental pollution. The search for alternative fuels, which promise a harmonious correlation with sustainable development, energy conservation, efficiency and environmental preservation, has become highly pronounced in the present. Bioenergy is playing an increasingly important role as an alternative and renewable source of energy. Use of Bioenergy has several potential environmental advantages. The most important perhaps is reduction in life cycle greenhouse gases emissions relative to petroleum fuels, since bioenergy is derived from plants which convert carbon dioxide (CO₂) into carbohydrates in their growth. Bioenergy includes solid biomass, biogas and liquid bio-fuels which are fuels derived from crop plants, and include biomass that's directly burned. The two most important bio liquid fuels today are bioethanol from fermenting grain, grass, straw or wood, and biodiesel from plant seed oil.

서론

세계는 화석 연료의 과다한 사용으로 인한 고갈과 환경 오염이라는 커다란 두 가지의 문제에 직면하고 있으며 자연과 공존하며 안정적으로 발전하자는 '지속 성장 (sustainable development)'의 개념 (McLaren 2005)이 화두가 되고 있다. 최근 계속되는 중동정국의 불안과 석유고갈에 대한 위기감이 높아짐에 따라 고유가가 지속되고 있고, 석유와 같은 화석연료의 급격한 사용 증가로 인한 온실가스 배출 증가 및 지구온난화 등의 환경문제가 심각한 사회적 이슈로 부각되고 있어 조화롭고 지속적인 발전과 함께 에너지 보존 및 효율적인 환경보존을 위한 대체 가능한 새로운 에너지의 개발에 관심이 모아지고 있다 (Wright 2006). 최근, 온

실가스의 발생이 없거나 적은 환경 친화적인 대체에너지의 개발이 앞으로 국가간 에너지 전쟁에서 생존할 수 있다는 인식이 높아지면서 선진국을 중심으로 환경오염 및 지구온난화 문제를 해결하기 위해 화석연료의 사용에 대한 규제를 강화하고 환경 친화적인 바이오, 수소, 태양 등 신·재생에너지의 확산을 위한 정책 입안과 함께 이들 신·재생에너지의 공급과 사용을 촉진하고 있다. 우리나라도 이러한 신·재생에너지 개발에 적극 나서고 있지만 독일이나 브라질과 같은 선진국에 비하여 아직까지는 시작 단계에 불과하다.

신·재생에너지 중 바이오에너지 (bioenergy)는 동, 식물 등의 유기체 (biomass)에 저장되어 있는 에너지이다. 새로운 에너지원으로 각광받고 있는 바이오에너지는 환경 친화적 순환형 에너지로 여타의 재생에너지와는 다른 특성을 지니며 특히, 1992년 리우환경회의와 1997년 교토협약 이후 환경오염을 유발하는 공해물질과 이산화탄소의 배출량을 감소시킬 수 있는 재생산성 순환형 에너지인 바이오에너지에

*Corresponding author Tel 061-453-2592 Fax 061-453-0085
E-mail: bangjk@rda.go.kr

대한 관심이 집중되고 있다. 바이오에너지는 열이나 전기 등의 에너지를 생산하는 풍력, 태양광, 태양열 등 무형의 재생 에너지와는 달리 형태를 가지므로 에너지의 저장성이 우수하다는 장점이 있다. 이러한 바이오에너지는 바이오매스의 열 화학적 또는 생물학적 전환에 의해 생산되며 전기의 생산 (Biopower) 또는 수송용 연료 (Biodiesel, Bioethanol, Biogas)로서 뿐만 아니라 천연 화학산업의 원료로서도 활용이 가능하다 (Demirbas 2007). 특히 유기체인 바이오매스 (Biomass)를 이용해 기존 화석연료 사용시 발생하는 문제점인 공해 및 온실가스 발생을 획기적으로 줄일 수 있을 뿐만 아니라 자원고갈이라는 에너지 위기를 극복할 수 있는 대안이 될 전망이다 (Gereene 2004). 특히 고유가가 지속되고 있는 상황에서 바이오디젤과 바이오에탄올 등 바이오에너지가 일부국가에서의 관심과 사용뿐만 아니라 전 세계적으로 상용화될 조짐을 보이면서 향후 바이오에너지에 대한 연구의 활성화가 예상된다. 우리나라에서도 지난 2006년 7월부터 바이오디젤의 상용화가 시작 되었으며, 바이오에탄올은 2008년 도입을 목표로 각종 평가와 연구가 진행 중이다.

현재까지는 바이오에너지의 가격경쟁력이 시장가격만으로는 기존의 석유에서 생산되는 에너지와 비교하여 매우 낮으나 바이오에너지의 도입 시 반영되지 않는 사회적 편익 즉, 온실가스의 감축, 농가의 소득증대 및 에너지 안보의 강화 등의 효과를 감안하여야 한다. 미국이나 유럽연합 (EU)이 바이오에너지의 가격 경쟁력이 떨어짐에도 이를 적극적으로 도입하고 있는 것도 이러한 효과를 감안한 것이다. 한편 WTO 체제에서 가장 큰 타격을 받고 있는 우리나라의 농업분야는 농산물의 국제 경쟁력이 대부분의 작물의 경우 1/4 ~

1/10 정도로 낮으며, 2모작이 가능한 지역에서도 경제성이 낮아 토지의 활용도가 급속도로 떨어지고 있어 점차적으로 유휴지가 증대되고 있다. 따라서 바이오에너지 생산 확대 정책을 통한 바이오에너지 원료 작물의 재배는 유휴지 이용 대안으로 생각되고 있어 국내의 바이오에너지 산업이 정착되면 유휴지의 대체작물 재배로 인해 농민의 소득증대에 기여할 것으로 생각된다. 이러한 관점에서 바이오에너지 도입의 타당성, 국내의 바이오에너지 개발 및 이용 동향, 농업과의 관계 및 원료작물 연구 동향 등에 대하여 살펴보고자 한다.

바이오에너지 (Bio Energy)의 정의

바이오에너지 (bioenergy)란 바이오매스 (biomass)로부터 생산되는 모든 에너지를 일컫는 말로 바이오에너지의 형태는 매우 다양하다. 바이오매스는 유채, 콩, 팥 (야자), 자트로파 (jatropha) 등의 유지작물과 옥수수 등의 곡물과 감자류를 포함한 전분질계의 자원, 사탕수수, 사탕무와 같은 당질계 자원, 초본, 임목과 볏짚, 왕겨와 같은 농업 부산물을 포함하는 셀룰로오스계의 자원을 비롯해 가축의 분뇨, 사체와 미생물의 균체를 포함하는 단백질계의 자원까지 매우 다양하다. 또한 이들 바이오매스로부터 생산되는 바이오에너지 역시 매우 다양한데 크게 액체연료와 가스연료로 나누며, 액체연료에는 당질계, 전분질계, 목질계 원료에서 생산되는 바이오에탄올 (bioethanol)과 유지작물로부터 생산되는 바이오디젤 (biodiesel)로 이루어지며, 가스연료에는 섬유소나 기타 유기성폐기물의 발효를 통하여 생산되는 바이오가스 (biogas) 등이 있다 (Kim and Dale 2004, Agarwal 2007).

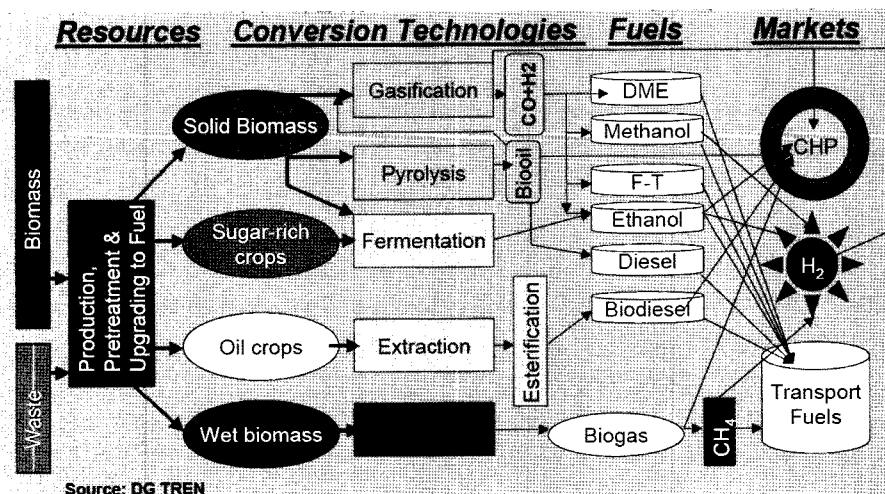


Figure 1. Overview of conversion routes to biofuels. DME; Dimethyl Ester, F-T; Fischer-Tropsch diesel, CHP; Combined Heat and Power

바이오에너지 도입 타당성

바이오에너지의 도입을 통한 생산과 소비는 현재의 시장 가격만을 고려할 경우 경쟁력은 매우 낮다. 하지만 바이오에너지를 사용함으로써 발생하는 여러 가지 사회적 편익의 증대가 가능하므로 가격 경쟁력만을 기준으로 판단하기에는 곤란하며 시장가격에는 반영되지 않는 사회적 편익을 고려해야 한다. 바이오에너지를 사용함으로써 발생하는 사회적 편익은 다음과 같다. 첫째, 바이오에너지를 생산할 수 있는 원료작물을 국내에서 재배하여 바이오에너지를 생산하는 경우 국외로 수출되던 원유 수입액이 국내 소득으로 전환되어 원료작물을 재배하는 농가의 소득이 발생하므로 소득 증대와 함께 관련 산업의 고용창출 효과가 발생한다. 둘째, 지구온난화를 유발하는 가스인 CO₂의 발생량을 감소시킬 수 있다. 온실가스(CO₂)의 발생 저감효과는 바이오에너지 원료작물의 재배과정에서 식물이 광합성 과정 중 이산화탄소를 흡수하여 생체 내의 탄수화물이나 지질로 전환하는 작용을 통해 생체 내에 바이오매스의 형태로 저장하게 되고 이로부터 얻어지는 바이오에너지를 사용함으로써 일반 경유 사용 시에 비해 약 77-79% 정도의 온실가스 저감 효과를 나타낸다. 셋째, 에너지원의 다변화와 해외 의존도 감소를 통한 에너지 안보의 강화이다. 현재 우리나라는 세계 7위의 석유 소비국이며 사용되는 에너지의 약 97%를 수입에 의존하고 있어 국내의 경제도 국제 유가의 변동에 따라 크게 영향을 받고 있어 바이오에너지의 사용을 통하여 에너지 해외 의존도를 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 에너지원의 다변화에도 기여할 수 있을 것이다.

국내외 바이오에너지 개발 및 이용 동향

지난 2000년 이후 바이오에너지 강국인 미국, EU, 브라질을 비롯한 일본, 중국 등 세계 각국은 바이오에너지의 개발 및 생산에 지대한 관심을 가지고 바이오연료 관련정책을 추진하고 있어 바이오에탄올(bioethanol)과 바이오디젤(biodiesel) 등 바이오에너지의 생산과 수요가 급증하기 시작했다. 2000년 이후 유가의 급등으로 대체에너지에 대한 연구가 활발해져, 전 세계 바이오에탄올 생산량은 2000년(175억 ℓ)에 비해 2005년(360억 ℓ)에 2배 이상 증가하였으며, 바이오디젤 생산량은 2000년 10억 ℓ에서 2005년에는 35억 ℓ로 5년 사이 3.5배의 증가율을 보이고 있고, 크레디트 스위스(Credit Suisse)에 따르면 세계 바이오디젤 수요는 2010년 1천870만 톤에 달할 것으로 보여 지난 2005년 360만 톤과 비교하면 5

배 이상 늘어날 전망이다.

현재 전 세계 국가들 가운데 바이오에너지 개발에 가장 적극적인 나라는 브라질이다. 브라질은 1970년대 오일쇼크 이후 ‘에너지 독립’을 목표로 자국에서 풍부하게 생산되는 사탕수수 등을 이용한 바이오에탄올의 생산에 대한 연구를 시작하였다. 1975년 바이오에탄올 도입과 확산을 위하여 ‘Pro-Alcohol’ 프로그램을 시작하여 다른 나라보다 먼저 바이오에탄올을 상용화하였으며 풍부한 사탕수수 등 농업자원을 기반으로 하여 세계 바이오에탄올 생산량의 50% 이상을 차지하고 있다. 바이오에너지에 대한 브라질의 투자는 꾸준히 증가해 2005년에 70억 달러를 투자하였으며 이 가운데 70%는 알코올 증산을 목적으로 알코올 제조업에 나머지 30%는 바이오디젤 생산에 투자되었다. 앞으로 계획 중인 신규 프로젝트까지 포함할 경우 브라질의 투자액은 2012년까지 160억 달러에 달할 전망이며 이에 따라 바이오에탄올의 생산량도 지난 1975년 6억 ℓ에서 30년 후인 2005년에는 165억 ℓ로 확대됐으며 2013년까지 이보다 두 배 많은 340억 ℓ로 늘어날 전망이다. 또한 바이오 에탄올의 생산과 함께 소비의 촉진을 위해 휘발유와 바이오에탄올을 함께 사용할 수 있는 ‘플렉스카(flexible fuel vehicle)’의 도입과 ‘최소 혼합 비율 정책’을 통해 바이오에탄올의 소비 증대를 가속화 하고 있다.

브라질과 함께 세계 바이오에탄올 시장을 양분하고 있는 미국도 바이오연료 개발에 박차를 가하고 있으며, 2025년까지 중동산 원유수입량을 2005년 대비 25% 줄이고 전체 수송용 연료 가운데 3% 미만이었던 바이오에탄올 비중을 2025년에 5%까지 끌어 올릴 계획이다. 2005년 미국의 옥수수 및 콩

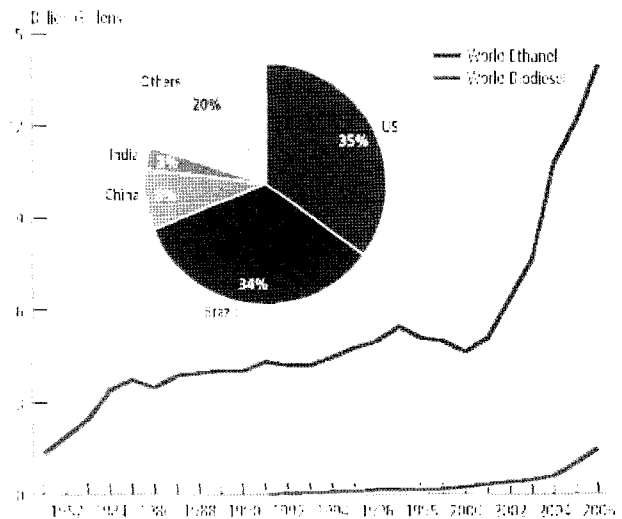


Figure 2. World biofuel production.

Source: Earth Policy Institute, Renewable Fuels Association, PotashCorp

생산량은 각각 전 세계 생산량의 46%와 40%에 달해 바이오 에너지의 생산에 그만큼 유리하며, 같은 해 생산된 옥수수의 11%가 바이오에탄올을 원료로 사용되었고, 콩의 15%가 바이오디젤 생산에 사용되었다. 이외에도 미국에서만 약 1.8억 톤/년이 생산가능하고, 전 세계적으로 100 - 500억 톤/년의 생산이 가능한 셀룰로오스로부터 바이오에탄올을 생산하는 연구도 활발하게 진행되고 있다. 유럽연합 (EU)은 기후와 토양 조건에 적합한 유지작물인 '유채' (*Brassica napus* L.)를 이용한 바이오디젤 생산 보급에 더 적극적으로 휴경지에는 연료작물을 재배할 수 있도록 허용하였고 세제혜택과 보조금을 배정하여 원료작물의 재배촉진 정책을 펼치고 있으며 바이오에너지의 이용을 촉진하기 위해 2005년 5%인 수송용 바이오연료 비율을 2020년까지 20%로 확대할 방침이다. 한편, 브라질과 EU는 바이오에너지의 개발 범위를 확대하고 있어 바이오에탄올에 강한 브라질은 바이오디젤의 개발에 나서고 있으며 EU는 바이오에탄올에 주목하고 있다. 브라질에서는 바이오디젤의 주 원료인 대두 이외에 야자, 해바라기 등 새로운 식물 원료에 대해서도 연구개발을 진행하고 있고 EU는 브라질과 미국으로 양분된 바이오에탄올 시장에서 에너지 다변화를 꾀하기 위해 옥수수 및 사탕무 등 바이오에탄올 원료 확보에 나서고 있다.

수송용 에너지 사용 비율이 전체 에너지 사용량의 23.5%를 차지할 만큼 높은 우리나라에서도 2006년 7월부터 바이오디젤이 상용화되는 등 대체에너지 상용화에 박차를 가하고 있어 바이오에너지 활용은 많은 도움이 될 것으로 예상된다. 우리나라는 지난 2002년 바이오디젤 시범보급 사업을 전개하면서 바이오에너지의 개발 및 상용화에 적극 나서고 있고 경유에 바이오디젤 20%를 첨가한 제품 (BD20)을 수도권 및 지방 일부 지역에서 판매를 허용하면서 시범보급하기 시작했다. 이후 2004년 10월에 석유 및 석유대체연료 사업법을 개정해 상용화의 발판을 마련했으며 2011년까지 바이오디젤을 연간 55만 kl 생산한다는 중장기적 목표를 설정했으나 이 목표량은 연간 국내 경유소비량의 2.4% 수준에 불과하며, 바이오에탄올 개발은 세계 수준과 비교했을 때 아직 시작단계에 불과하다.

바이오에너지와 농업

세계 각국은 바이오에너지 이용도를 높이기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 바이오에너지의 이용을 늘리기 위한 주요한 목적은 석유 대체를 통한 지구 온난화 방지, 농촌경제의 활성화 등에 있으며 특히, EU에서는 농업이 4F (Food, Feed, Fuel and Fiber)를 다루는 산업임을 강조하고 있다. 또한 농업

이 에너지 공급에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있음을 깨닫고, 효율적인 바이오에너지 생산을 위한 농업정책을 펼치고 있는데, EU의 공동농업정책 (CAP: Common Agriculture Policy)은 에너지 작물 생산에 더욱 많은 유연성을 농민들에게 부여하면서 생산과 보조를 허용하여 이 분야에 대한 농민들의 불확실성을 해소하고 농민들의 적극참여를 보장하기 위하여 바이오작물 생산촉진 추진계획을 마련하고 있다.

우리나라에서도 재생에너지원으로서 바이오에너지의 실용화를 위한 정책지원 및 연구가 확대되어 가고 있어 바이오에탄올과 바이오디젤 등 바이오에너지의 원료가 되는 작물이 대부분 농업 생산물이라는 점에서 가뜰이나 어려움을 겪고 있는 농업, 농촌의 소득증대 및 활성화에 큰 진전이 있을 것으로 보인다. 바이오에너지의 생산이 가능한 농업생산물로는 유채, 콩, 감자, 옥수수, 고구마 등과 부산물인 벗짚, 왕겨, 미강 등이 있으며 축산 분뇨와 산림 잔재물도 포함한다. 이러한 여러 가지 바이오매스 중 유채는 바이오 디젤의 원료로 만들기 위한 연구수준이나 생산조건 등의 측면에서 우리나라 여건에 적합한 것으로 평가되고 있다. 제주도를 비롯한 우리나라에서 재배되는 기존의 유채 품종은 종자 생산량이 10 a 당 180~200 kg 가량으로 10 a 당 400 kg 이상을 생산하는 유럽품종에 비해 생산성이 크게 낮을 뿐만 아니라 품질의 차이도 크다. 그러나 최근 농촌진흥청에서 개발한 '선망'은 생산량이 10 a 당 400 kg으로 향상되었고 품질도 우수한 것으로 알려져 있다. 새로운 품종인 '선망'을 유채재배 최대 가능면적 55만 ha (휴경지 - 47,800 ha, 이모작 농지 - 50만 2,200 ha)에 재배하였을 경우 약 220만 톤의 유채 종자의 생산이 가능하며 이를 바이오디젤 (BD100)로 전환 시 약 94만 톤을 생산할 수 있다. 이는 농업용 경유 면세유 (06년 기준 164만 톤)의 57.5%를 대체할 수 있는 양이고, 연간 3조 636억원의 사회적 편익을 발생시킬 수 있다. 또한 바이오매스 생산에 대해서는 WTO 농업보조금의 지급이 자유롭기 때문에 농업에 유리하고 이는 농가소득 증대 효과를 볼 수 있으며 농촌개발 프로그램에 바이오 에너지 지원수단을 통합, 농민에게 바이오에너지 설비에 대한 투자를 지원할 경우 고용창출 효과는 물론 농촌지역 활성화에 큰 영향을 미칠 것으로 예측된다. 한편, 농림부는 바이오에너지 원료작물의 재배 활성화를 위해 올해부터 2009년까지 전남 (장흥, 보성), 전북 (부안), 제주 (제주, 서귀포시) 등 3곳을 선정 1,500 ha의 '바이오디젤 원료용 유채 재배 시범단지'를 조성하고 2014년까지 재배면적을 10만 ha까지 늘리기 위한 계획 하에 있으며 시범사업에 선정되지 않은 몇몇 지자체들도 자체적으로 재배단지를 조성하기 위한 사업을 준비하여 추진하고 있다. 물론 정부와 지자체의 이러한 정책추

진 배경에는 바이오디젤 생산과 활용을 통한 석유사용 감소, 자원순환적인 농촌사회 건설, 농가소득 보장 등이 있겠지만 속배경은 농업개방 등으로 인한 농업, 농촌 여건의 급속한 변화에 있다고도 볼 수 있다.

향후 바이오에너지 활성화를 위해서는 원료인 유채를 비롯하여, 고구마, 옥수수 등 에너지작물 재배를 확대하는 노력이 필요하다는 데에는 의견이 일치하고 있으며, 현재 잉여생산이 발생하는 쌀 등의 식량작물 대신 에너지작물에 대한 전략적 육성 또한 필요하다. 우리나라의 에너지 해외 의존도는 96.6%로 거의 전적으로 해외에 의존하고 있는 현실이고 농산물 수입개방에 따른 농업소득감소와 농가인구 감소 등이 확대되고 있다. 이러한 현실을 고려해 볼 때 농업정책 내에 바이오에너지 정책을 수립하여 에너지와 식량수급에 대한 국가 전략적 목표를 기반을 두고 체계적인 지원이 수반된다면 농업과 농촌에 적지 않은 변화를 가져오게 되는 새로운 기회요인이 될 것이다.

바이오에너지 원료작물 생산 및 연구동향

바이오에너지의 생산 및 소비의 활성화를 위해서는 원료작물의 재배를 확대하는 노력과 함께 이들 작물의 품질개량을 위한 품종 개발, 재배법의 확립 및 작부체계 설정 등 풀어야 할 과제가 산적해 있다 (Walsh 2003, Sticklen 2006). 지금까지는 작물의 품종개발이나 생산량 증가 등의 목적이 식량자원으로서의 기능에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔지만 앞으로의 연구방향은 바이오에너지 원료로서의 작물에 초점을 맞춘 품질이나 생산량 등에 관한 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다. 현재 전 세계에서 바이오디젤로 주로 이용되는 식물성유지는 콩, 유채, 해바라기, 쌀겨, 팥, 코코넛, 야자, 자트로파 등이 있으며, 이 들 중에서 유채는 기름함량이 45%로 높을 뿐만 아니라 올레인산 (C 18:1)의 함량이 높아 엔진을 오작동 시키는 온도인 저온 필터 막힘점 (Cold Filter Plugging Point, CFPP)이 -8℃로 코코넛 기름 (영상 17℃)보다 훨씬 낮아 추운 겨울철에도 안전하게 사용할 수 있는 장점이 있다. 따라서 Oleic acid의 수준을 높이고 linoleic acid 수준이 상대적으로 낮게 개량된 작물은 safflower (잇꽃), sunflower (해바라기), soybean (콩), canola (유채), maize (옥수수) 및 peanut (땅콩)과 같은 기름작물에서 볼 수 있으며, 특히 linoleic acid의 수준이 줄어든 경우는 soybean, canola, linseed 및 Ethiopian mustard 등의 기름작물에서 볼 수 있다. 대표적인 예가 유채의 연구에서 볼 수 있는데 바이오디젤 원료 작물인 유채의 경우, 국내에서는 1980년까지는 주로 유채기름을 식용으로 섭취

취할 때 문제가 되는 에루진산을 없애고 올레인산을 높이는 것과 박의 가축사료로 이용에 문제가 되는 구루코지노레이트 함량을 낮추는 양질품종 개량에 치중하여 고정종 다수성인 유달과 노적채를, 에루진산은 없고 올레인산이 60%이상 포함된 용당, 한라, 영산, 내한, 탐라, 탐미 등을 육성하였으며 (Jang et al. 1998), 또한 수량성과 재해저항성을 높이고 자웅불임성 (MS, Male Sterility)을 이용한 1대잡종 개발에 주력하여 수량이 획기적으로 증수 (450 kg / 10 a 이상)되는 1대잡종 (청풍, 선망, 청람)을 개발하였다 (Jang et al. 2002a; 2002b; 2002c). 최근에는 첨단 육종기술 (조직배양, 소포자 배양, 종간교잡 및 돌연변이 육종 등)을 이용하여 바이오디젤 원료용 유채 품종 개발에 연구를 수행하고 있는데 바이오디젤 원료용 유채는 올레인산 (C 18:1)의 함유량이 높고, 리놀산 (C 18:2), 리놀렌산 (C 18:3) 및 에루진산 (C 22:1)이 낮은 형태의 지방산조성이 유리한데 고품질의 바이오디젤을 생산하는데 있어서 올레인산은 온도가 -18℃ 이하로 떨어져도 기름이 굳지 않기 때문이다. 현재까지 개발된 유채 품종의 올레인산 (C 18:1)의 함량은 65% 수준이나 70% 이상으로 높이는 데 목표를 두고 연구를 수행하고 있으며 수량성 증가 (400 kg / 10 a → 450 kg / 10 a), 내한성, 내수발아성, 내탈립성 유채 품종 선발, 1대잡종 종자 생산 및 보급체계 확립, 생력기계 화일관작업 재배기술 체계 확립에 관한 연구도 활발하게 진행되고 있다. 또한 국내에서 바이오디젤 원료의 안정적인 공급을 위해 유채 재배면적을 확산하는데 있어 답리작 월동 재배가 유리하지만, 이모작 (벼 + 유채)의 경우 작물의 경합에 의한 수량감수를 최소화 할 수 있는 조숙, 동시수확성 및 다수성인 1대잡종 개발에 추진 중에 있으며 바이오에너지 원료작물의 생산에 영향을 미치는 기후, 재배법의 확립과 품종의 개량을 위한 생명공학의 적용에 대한 연구도 전 세계적으로 활발하게 진행되고 있어 (Tuck et al. 2006, Sakamoto 2006, McLaren 2005, Sinclair et al. 2004), 이 들 원료작물을 이용한 바이오에너지의 생산 및 이용에 밝은 미래를 약속하고 있다.

농촌진흥청 친환경 바이오에너지 연구

농촌진흥청은 농업부문에서 현안사항으로 제기되고 있는 문제를 현장중심으로 조속히 해결하기 위해 2006년부터 「공동연구사업단」을 운영하고 있다. 2007년 1월에 출범한 ‘친환경 바이오에너지 연구사업단’은 국제 에너지 가격의 상승으로 인한 농업분야의 대비책을 마련하고, 농촌의 신소득원을 창출하여 농촌을 활력화 시키기 위한 친환경 바이오에너지 생산기술 개발과 실용화를 목적으로 친환경 바이오에너지 원료

작물의 품종육성 및 생산기술 확립, 생명공학을 접목하여 바이오에너지원의 개발 및 이의 실용화를 통해 친환경바이오에너지 생산기술 개발 및 보급률을 EU 등 선진국 대비 70~90%까지 향상시켜 바이오에너지 기술 선도국 진입을 목표로 하고 있다. 또한 바이오에너지에 대한 단편적인 연구체계에서 산·학·연 공동연구로 집중화된 연구체계로 전환하고 농업현장에서 필요로 하는 현안문제를 연구과제로 발굴하여 현장의 문제를 해결하고자 바이오에너지 원료작물 탐색 및 개발, 바이오에너지 원료용 작물의 품종육성 및 작물생산 기술개발, 바이오에너지 작물생산 농기계 및 생력화 시스템 개발, 바이오매스 및 원료 부산물 부가가치 향상 기술개발 및 농업시설 내 에너지 실용화 기술 개발을 위하여 산·학·관·연의 전문가와 농업인 등 확고한 협력 체제를 구축하고, 연구 성과를 신속하게 농가현장에 투입 적용하여 소득증대에 이바지하고, 바이오 에너지를 활용한 농촌 부가가치 제고에 주력할 것이다.

사업단의 연구 내용은 다음과 같다.

1. 바이오디젤 원료 생산을 위한 원료작물 품종 개발
2. 바이오에탄올 생산을 위한 원료작물 품종 개발
3. 신 바이오에너지 작물개발 및 생산연구
4. 바이오에너지 작물 최대생산 시스템 개발
5. 바이오매스 증대 및 안전생산을 위한 작물보호 기술 개발
6. 바이오연료의 미래 수요예측 및 원료작물별 경제성 분석
7. 바이오에탄올 생산공정 기술 및 품질등급 선정 연구
8. 한계농지에서 바이오에탄올 생산을 위한 형질전환 고구마 품종 개발
9. 바이오에너지 원료작물의 지방산 함량 증진연구
10. 유채에서의 비생물학적 환경 스트레스 관련 유전자 네트워크 진단 및 맞춤형 품종 개발에의 응용
11. 바이오에너지 이용체계 구축 연구
12. 농업부문 바이오에너지 변환기술 개발 및 적용연구
13. 음식물 쓰레기의 에너지와 원천기술 개발
14. 농림부산물의 처리 및 에너지 자원화 기술 개발
15. 지열을 이용한 농업시설 냉난방 시스템 개발
16. 농업시설용 바이오매스 열병합 발전시스템 개발
17. 시설원예시설 에너지 개발을 위한 보온자재 선발 및 농가현장 적용 연구

결 론

산업의 발달은 화석연료 사용의 급격한 증가를 유발한다. 세계는 현재 화석연료의 고갈과 환경오염의 두 가지 위기에 직면해 있으며 에너지의 보존과 효율적인 환경보호 및 조화로운 지속발전을 위하여 대체에너지의 발굴은 매우 중요하다. 바이오에너지는 대체할 수 있는 재생 가능한 에너지로서의 역할이 점차 증가하고 있다. 바이오에너지는 고체, 기체, 액체 바이오 연료를 포함하며 대부분 원료작물로부터 얻어지는 에너지이다. 가장 중요한 액체 바이오연료는 곡물, 목초, 볏짚과 목재의 발효로 얻어지는 바이오에탄올과 식물의 종자기름으로 생산되는 바이오디젤이다. 바이오에너지는 대기 중의 이산화탄소를 고정하여 탄수화물로 전환하는 식물로부터 얻어지기 때문에 화석연료에 비하여 지구온난화 가스의 방출을 감소시킬 수 있어 바이오에너지의 사용을 통하여 환경을 보호할 수 있는 이점이 있다. 최근의 고유가의 지속과 함께 기후변화 협약 발표 등으로 에너지 문제가 국제적인 이슈로 부각되고 있어 이에 대한 해결책으로 신·재생에너지에 대한 관심이 높아지고 있고, 특히 세계의 여러 나라들이 풍부한 바이오매스를 활용한 바이오에너지 관련 기술개발에 대한 연구와 함께 정책 지원 등이 활발하게 이루어지고 있어 머지않아 바이오에너지가 화석연료를 대체할 수 있는 한 축을 담당하게 될 것으로 생각한다.

인용문헌

- Agarwal AK (2007) Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in energy and combustion Science* 33: 233-272
- Demirbas A (2007) Progress and recent trends in biofuels. *Progress in energy and combustion Science* 33: 1-8
- Gereene N (2004) Growing energy: How biofuels can help end America's oil dependence. *Natural Resources Defense Council*.
- Jang YS, Choi IH, Oh YB, Cho SY, Chong DH, Oh HJ (1998) A new early-maturing, flower of large size and the use of sightseeing rapeseed variety "Tammiyuchae". *J Indus Crop Sci* 40: 67-70
- Jang YS, Kim CW, Choi IH, Oh YB, Jung BC, Bang JK, Kwon BS, Lee JI (2002a) Development of maintainer and Mokpo-CGMS in Oilseed rape (*Brassica napus* L.) *Korean J Breed* 34: 163-167
- Jang YS, Kim CW, Choi IH, Oh YB, Jung BC, Kim ST (2002b) Yield performance and local adaptability of rapeseed F1 hybrids. *Korean J Breed* 34: 41-45

- Jang YS, Kim CW, Choi IH, Oh YB, Jung BC, Park JH (2002c) Method of seed production of F1 hybrids in *Brassica napus* L. Korean J Breed 34: 158-162
- Kim S, Dale BE (2004) Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. Biomass and Bioenergy 26: 361-375
- McLaren JS (2005) Crop biotechnology provides an opportunity to develop a sustainable future. TREND in Biotechnology 23: 339-342
- Sakamoto T, Morinaka Y, Ohnishi T, Sunohara H, Fujioka S, Ueguchi-Tanaka M, Mizutani M, Sakata KL, Takatsuto S, Yosida S, Tanaka K, Kitano H, Matsuoka M (2006) Erect leaves caused by brassinosteroid deficiency increase biomass production and grain yield in rice. Nat Biotechnol 24: 105-109
- Sinclair TR, Purcell LC, Sneller CH (2004) Crop transformation and the challenge to increase yield potential. Trends Plant Sci 9: 70-75
- Sticklen M (2006) Plant genetic engineering to improve biomass characteristics for biofuels. Current Opinion in Biotechnology 17: 315-319
- Tuck G, Glendinning MJ, Smith P, House JI, Wattenbach M (2006) The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate. Biomass and Bioenergy 30: 183-107
- Walsh ME, Daniel G, Hosein S, Stephen PS (2003) Bioenergy crop production in the United States: Potential quantities, land use changes, and economic impacts on the agricultural sector. Environmental and Resource Economics 24: 313-333
- Wright L (2006) World commercial development of bioenergy with a focus on energy crop-based projects. Biomass and Bioenergy 30: 706-714

(접수일자 2007년 6월 5일, 수리일자 2007년 6월 20일)