

# 세계 바이오연료산업 동향과 전망\*

김 용 택  
(한국농촌경제연구원 선임연구위원)

## 1. 문제 인식

전 세계적으로 바이오연료산업은 많은 국가들이 관심을 갖고 있는 산업이며 향후 더욱 빠르게 성장할 산업으로 인식되고 있다. 바이오연료산업이 성장산업이란 것은 이미 2005년부터 세계적인 투자회사들이 바이오연료 확보를 위한 자본투자를 크게 늘이고 있는 것에서 잘 알 수 있다. 2000년 이후 20억 ~ 27억 달러가 산림이 풍부한 16개국에 주로 팜유와 사탕수수 생산을 위하여 투자되었으며 최근 추가로 57억 ~ 6억7,000 달러가 바이오 연료생산, 특히 사탕수수에 추출한 에탄올 생산을 위하여 투자되었다.

바이오연료란 주로 농산물이나 농업 부산물에서 2차 가공되어 경유, 휘발유, 천연가스 등을 대신하여 사용하는 연료이다. 바이오 연료는 크게 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스 등으로 구분된다. 바이오에탄올은 사탕수수, 옥수수, 타피오카 등을 발효시켜 정제한 에틸알코올로 휘발유에 혼합 또는 단독으로 자동차 연료로 사용하는 바이오연료이다. 이는 기존 화석연료와 달리 재생이 가능하고, 환경오염 물질 배출이 적으며, 자동차 엔진의 개조 없이 쉽게 사용이 가능하여 수송용 대체에너지로 각광받고 있다. 최근 에너지 확보, 지구환경 보전에 대한 관심으로 최근 급격

\* 본 내용은 'EuroChoices 2011' 을 바탕으로 작성하였다(yongkim@krei.re.kr, 02-3299-4233).

하게 수요가 증가하고 있는 추세이다. 바이오디젤은 기본적으로 식물성 기름을 의미하며 바이오디젤은 유채나 대두 등과 같은 유지식물에서 채종유를 추출하여 만든다. 기술적으로는 모든 식용유나 폐식용유, 동물성 기름을 이용할 수 있다. 바이오가스는 미생물 등에 의해 만들어진 메탄이나 수소와 같은 가스 상태의 연료로 주로 돈분(豚糞) 등 가축분뇨나 음식물쓰레기, 도시나 공장의 오폐수 등 유기성 폐기물을 이용하여 생산한 메탄가스를 의미한다.

국제에너지기구(International Energy Agency)에 따르면 1973년부터 2008년까지 지난 35년간 에너지 생산이 2배 증가하였으며 이를 석유 생산량으로 환산하면 123억 톤이 된다(IEA, 2010). 미래의 에너지 사용량에 대한 전망은 경제성장과 에너지 효율성에 관한 가정에 따라 달라지지만, 국제기후분과위원회(Intergovernmental Panel on Climate Change)의 연구결과에 따르면 세계 에너지 사용은 지금부터 2050년까지 다시 2배 증가할 것으로 전망되고 있다. 현재 식물과 동물 폐기물로부터 생산되는 바이오연료는 전세계 에너지 공급의 10%를 차지하며 재생가능에너지의 80%를 차지하고 있다.

그러나 바이오연료의 약 60%는 주로 개발도상국의 빈곤층이 가정용, 난방용, 전력용으로 사용하고 있다. 바이오연료가 석유를 대신하여 전력용, 난방용, 수송용 연료로 사용되는 비중은 전체 에너지 공급의 1/5에 불과한 실정이다. 현재 세계 에너지의 85%는 화석연료인 석탄, 석유, 천연가스 등이 차지하고 있다. 이렇게 화석연료로부터 연소되는 온실가스가 전체 온실가스 방출의 절반 이상을 차지한다. 2010년 말에 CO<sub>2</sub> 대기 오염수준은 산업화 당시 수준보다 높은 39%로 390 ppm에 달하였다. 국제기후분과위원회(IPCC)는 글로벌 평균 온도가 현재 증가 속도인 2도 이내로 증가하려면 CO<sub>2</sub> 수준이 445ppm ~ 490ppm 내에서 안정되어야 한다고 밝혔다. 국제기후분과위원회(IPCC)는 효과적인 지속가능 바이오연료 체계가 구축된다면 화석연료에 비하여 GHG 방출이 80~90% 감소될 수 있다고 예상하였다(IPCC, 2011). 이와 같이 지속가능한 바이오연료 체계를 구축하는 궁극적 목적은 대기의 탄소를 순환시키고 초과되는 양은 생태계로 다시 환원시키는 체계를 확립하려는 것이다. 이와 같은 시스템이 확립된다면 화석연료로부터 방출되는 추가 탄소는 태양, 지열, 원자력 등과 같은 새로운 대체에너지나 탄소를 방출하지 못하도록 하는 새로운 기술에 의하여 제거될 수 있다.

현재 인류는 이런 목적을 달성하기 위하여 많은 도전 과제에 직면해 있다. 인류가 바이오연료에 대한 관심을 높이면서 동시에 인구 증가와 소득 증가에 따른 식량 수요가 늘어나 점차 토지 자원과 수자원 수요가 증가하는 추세에 처해 있다. UN은 세계

---

인구가 2050년까지 현재 70억 수준에서 1/3 이상이 증가한 90억 이상이 될 것으로 전망한 바 있다. FAO 관련 전문가들은 현재 1인당 1일 3,000kcal의 세계 식량가용성을 유지하기 위해서는 2005년~07년의 곡물공급수준과 비교하여 추가적으로 수십억 톤의 곡물과 2억 톤의 육류 공급이 필요한 것으로 추정하였다.

이와 같은 식량을 추가 생산하기 위해서는 농업용수 사용을 거의 11% 늘려야 한다. 이처럼 향후 인류는 기후변화와 함께 인구증가와 추가적인 물 수요 증가에 대응해야 하는 시기에 직면할 것이다. 경제협력개발기구(OECD)는 2005년에 심각한 물 부족 지역에 사는 인구가 전 세계의 1/3 수준이었으나 이는 2030년까지 전 세계인구의 절반까지 늘어날 것으로 전망하였다(OECD, 2008). 늘어나는 식량수요를 공급해 줄 농업과 임업의 공급능력에 대하여 많은 관심이 집중되고 있다. 따라서 바이오연료의 가능성은 갈수록 증가하는 식량자원과 자연자원의 수요에 의해서 판단되어야 한다.

2008년 OECD 국가 중 유럽과 북미가 소비하는 에너지의 양은 31억 톤의 석유와 같거나 또는 전 세계 총 에너지의 1/4를 소비하는 양이다. 이처럼 유럽과 북미는 주요 에너지 소비국이면서 동시에 화석 연료를 대신할 대체에너지를 찾고 있다. 특히 유럽은 국민들의 깊은 관심 때문에 바이오 에너지와 대체에너지 개발에 많은 관심을 갖고 있다. 미국은 오랫동안 농민을 지지해온 정치적 기반으로 인하여 국내 바이오연료생산에 많은 관심을 갖고 있다. 미국의 풍부한 토지자원이 바이오연료생산을 더욱 확대할 것을 전망된다.

일반적으로 바이오연료의 장점은 첫째, 핵분열과 달리 자연자원을 사용한다는 측면에서 화석연료(fossil energy)의 대안이 될 수 있다. 둘째, 토지를 기반으로 하고 있으므로 기존 토지를 기반으로 하는 산업인 농업과 임업에 고용되어 있는 이들과 농촌경제를 활성화시키는 기회를 제공한다. 셋째, 볏짚이나 농산물 잉여와 같은 것을 활용할 수 있어 토지 관련 자원을 보다 효율적으로 이용할 수 있다. 넷째, 공급 측면에서 보면 다른 대체에너지인 풍력과 달리 바이오연료는 현재 연료의 신축성과 효율성을 유지시킬 수 있다. 전기가 수송시스템의 좋은 대안이 될 수 있지만 액체 연료가 가까운 미래에 비행기나 선박 같은 수송용 연료의 주요 원료가 될 것이다. 다섯째, 정치적 입장에서 보더라도 바이오연료는 수입되기보다 국내에서 생산된다면 보다 매력적인 자원이 될 수 있다. 바이오연료생산에 비교우위가 없다면 수입 대체는 효과적인 전략이 아니다. 또한 농업이나 임업과 같이 농지를 활용하는 산업으로부터 많은 정치적 지지를 이끌어 낼 수 있다. 결국 바이오연료가 총 국내 에너지공급에 크게 기여한다면 에너지

안보에 기여하는 것이다.

바이오연료의 단점은 첫째, 잠정적으로 바이오연료는 환경에 해로울 수 있다. 사료 작물을 바이오연료 생산에 사용하는 것은 희소자원화하고 있는 토지와 물에 추가적인 부담을 안겨줄 수 있으며 생태 다양성과 환경에 부정적인 효과를 주게 된다. 바이오 생산이 농지, 물, 기타 필수적 자원과 결합될 경우, 이들 자원의 가격이 오르게 된다. 바이오 생산 자체가 상대적으로 에너지 집약적이고 화석연료로부터 만들어지는 투입 물을 사용한다면 GHG 감소에 대한 순 효과는 줄어들게 된다.

이제까지 전 세계 바이오연료산업의 발전은 정부 정책에 힘입은 바 크다. 갈수록 바이오연료산업에 민간의 참여가 늘고 있지만 이는 어디까지나 보조금과 가격지지, 수입 억제 등과 같이 ‘통제-지시(Command-Control) 시스템’으로 대변되는 정부 정책 하에서 이루어진다. 이와 같은 정책 개입은 유치산업의 보호 등으로 정당화 될 수 있지만 결국 다른 에너지원과 결합하게 되면서 시장기능의 활성화가 문제시 된다.

이런 관점에서 미래 신재생에너지 발전의 중요한 제약요인은 소비자나 정부가 에너지 시장의 효율성 즉 시장가격이 자원의 희소성을 제대로 반영하는 구조(get price right)를 원하지 않을 수 있다는 것이다. 예를 들면 소비자는 화석연료로 인한 환경 비용을 내생화하기 위하여 탄소 배출에 가격을 부과하는 것을 원치 않을 수 있다는 것이다. 지구 생태계에 대한 피해를 줄이기 위하여 에너지 가격을 높이는 것은 장기적 이해이기 때문에 일반 국민에게 이와 같은 정책을 이해시키는 것이 쉽지 않다.

바이오연료가 미래에 중요한 역할을 담당할 것이라는 것에는 의문의 여지가 없다. 그러나 얼마만큼 중요해야 하는지에 대해서는 많은 의문이 남는다. 미래 에너지 문제와 환경에 대한 해결책으로 바이오연료에 지나치게 의존할 수 있다. 그러나 현재처럼 식용이나 사료용으로 사용할 수 있는 작물을 바이오연료로 사용하는 것은 많은 논란을 야기하고 있다. 2050년까지 90억 이상이 되는 전 세계 인구에 충분한 식량, 자연자원, 에너지를 공급하는 것은 쉽지 않은 도전과제이다. 바이오연료가 생태계의 지속가능성에 중요한 기여를 할 수 있지만 그렇다고 바이오연료가 만병통치약이 될 수는 없다. 시장 중심의 방식에서 현재 과다하게 의존하고 있는 보조금 제공이나 통제와 지시 체계에 익숙한 정치가와 관련 산업업체를 분리시키는 것은 어려운 과제다. 에너지 효율성을 높이기 위하여 새로운 기술 개발과 운영이 중요한 과제이고 자원의 희소성과 환경비용을 고려하는 에너지 가격을 설정하는 것도 과제 해결에 중요하지만 정책결정자에 큰 도전이 될 것이다. 따라서 이번 논의에서는 그동안 바이오연료산업의 발전을

주도해 왔던 세계 주요국들의 바이오연료산업과 정책의 동향을 살펴보고 간략하게 향후 전망을 정리한다.

## 2. 주요국 바이오연료정책의 동향과 전망

국제에너지기구(IEA)는 2008년부터 2035년까지 세계 에너지수요가 36% 증가하는 가운데, 바이오연료가 차지하는 비중은 10%에서 12% 증가할 것으로 전망하였다. 이 중에서 특히 전력용과 수송용 바이오연료가 크게 증가할 것으로 전망하였다. 한편 2008년에 전 세계 에너지수요에서 차지하는 바이오연료의 비율은 10% 수준이었으며 2035년에는 60% 증가할 것으로 전망되었다. 2008년 바이오 연료의 국가별 비중을 살펴보면 미국이 4%, EU 6%, 인도 26%, 중국 10%, 브라질 32%, 일본 1% 순이었다 <표 1 참조>.

또한 국제에너지기구(IEA)가 발표한 바이오연료 로드맵에 따르면 2010년부터 2050년까지 바이오연료의 공급량은 13배(2.5EJ → 32EJ) 확대될 전망이다. 특히 2015년 이후 셀룰로오스 에탄올, 차세대 바이오디젤, 바이오 제트, 바이오 메탄이 크게 증가할 것으로 예측되고 있다<그림 1 참조>.

표 1 세계 바이오매스 에너지의 수요예측 (IEA)

단위: Mtoe, %

구분	2008년 (A)	2020년	2035년 (B)	배율 (B/A)
전체	12,271 (100.0%)	14,556 (100.0%)	16,748 (100.0%)	1.36
석탄	3,315 (27.0%)	3,966 (27.2%)	3,934 (23.5%)	1.19
석유	4,059 (33.1%)	4,346 (29.9%)	4,662 (27.8%)	1.15
가스	2,596 (21.2%)	3,132 (21.5%)	3,748 (22.4%)	1.44
원자력	712 (5.8%)	968 (6.7%)	1,273 (7.6%)	1.79
수력	276 (2.2%)	376 (2.6%)	476 (2.8%)	1.72
바이오매스	1,225 (10.0%)	1,501 (10.3%)	1,957 (11.7%)	1.60
• 전력	87 (7.1%)	165 (11.0%)	425 (21.7%)	4.89
• 수송용	45 (3.7%)	109 (7.3%)	204 (10.4%)	4.53

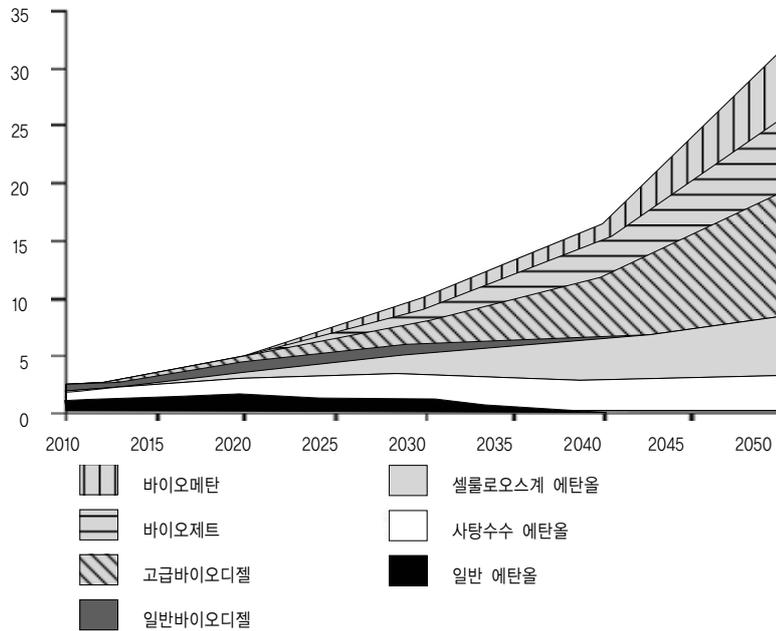
주 : 「Mtoe」 메가 원유 단위란 1단위당 석유 100만 톤에 해당하는 에너지를 의미함.  
 자료 : IEA보고서 「에너지 전망」 (World Energy Outlook 2010).

표 2 주요 국가의 바이오매스에너지의 이용 상황 (2008년)

구분	바이오매스 (Mtoe)	에너지 공급 (Mtoe)	시장점유율	
			2008년	2015년
미국	85	2,281	4%	10%
EU	107	1,749	6%	14%
브라질	79	245	32%	36%
인도	164	620	26%	16%
중국	203	2,131	10%	6%
일본	7	496	1%	3%
전 세계 총합계	1,225	12,271	10%	12%

자료 : IEA보고서 「에너지 전망」 (World Energy Outlook 2010).

그림 1 바이오연료의 수요예측(IEA)



자료 : 국제에너지기관(IEA) 「Technology Roadmap」, 「Biofuels for Transport Roadmap」.

세계 여러 국가들은 바이오연료의 확산을 위해 다양한 정책을 추진하고 있으며 민간 기업들도 성장하는 산업에 동참하기 위하여 다양한 전략을 도입·시행하고 있다. 오늘날 세계 바이오연료산업의 비약적인 성장은 정부의 정책 지원이 가장 중요한 요인이다. 각 나라마다 경제성이 확보되지 않은 바이오연료를 확산시키기 위하여 각종 세제 지원, 의무규정 도입, 시설 지원 등과 같은 정책을 운영하고 있다. 현재 주요 나라들이 시행하고 있는 바이오연료정책 동향을 요약한 것이 아래와 같다<표 3 참조>.

표 3 주요 국가의 재생가능 바이오매스 에너지의 정책 동향

구분	도입목표	정책
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오연료 2011년 530억 리터, 2022년 1,360억 리터</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오연료 세금우대 에탄올 13센트/리터, 바이오디젤 28센트/리터(2011년까지)</li> <li>바이오연료 도입(E10 아이오와주, E20 미네소타주, B5 오레곤 등 2개 주)</li> <li>공군 2011년까지 모두 바이오연료 도입</li> <li>해군 2020년까지 모두 항공가합선 연료 50% 사용</li> <li>RPS제도(재생에너지전력매입제도:30개주와 워싱턴DC 도입)</li> <li>대규모 바이오연료 제조 시 설비의 재정지원(최대 30%)</li> </ul>
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 시장점유율/최종 에너지 2020년 20%</li> <li>재생에너지/수송용 시장점유율 2020년 10%</li> <li>2010년 풍력 40GW</li> <li>태양광 3GW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>REC제도(재생에너지 인증제도 · 18개국에서 도입)</li> <li>2012년부터 배출권거래제도(EU-ETS)를 항공분야에 적용(바이오제트연료의 도입 촉진)</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 시장점유율/최종에너지 2020년 18%, 2030년 30% (2010년 10.9% 중 바이오매스 7.7%)</li> <li>재생에너지전력 시장점유율 2020년 35%, 2030년 50%</li> <li>재생에너지열 시장점유율 2020년 14%</li> <li>바이오연료 시장점유율 2010년 6.75%, 2012년 7.25%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고정가격매입제도(EEG, 바이오매스 원료, 바이오가스, 코제너레이션(cogeneration)은 특별조치)</li> <li>재생에너지열법</li> <li>바이오연료 도입 촉진(EU지령)</li> <li>독일재생에너지행동계획 : 2020년의 바이오에너지 공급량 약 1,000PJ, 삼림계 8,192천 톤, 농수산물계 8,789-9,482천 톤, 폐기물계2,317천 톤(원유 환산)</li> </ul>
스웨덴	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 시장점유율/최종에너지 2020년 50%(2009년 50%, 그 중 목질 등 바이오매스가 32%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RPS제도</li> <li>REC제도</li> </ul>
영국	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 시장점유율/최종에너지 2020년 15%(2009년 2.9%)</li> <li>재생에너지전력 시장점유율 2015/16년 15%(2009년 7%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2013년에 고정가격매입제도 도입(현재는 RPS할당제도)</li> <li>바이오연료 B3.25 도입</li> </ul>
브라질	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지전력 시장점유율 2020년 16%(2009년 6%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오연료 2013년 B5 의무화, E20-25 도입</li> <li>대체에너지원 촉진프로그램(PROINFA) 에너지원의 다양화와 고용창출</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 시장점유율/최종에너지 2020년 15%(2009년 9.1%)</li> <li>재생에너지전력 시장점유율 2020년 3%, 362GW(2009년 0.8%) 그 중 수력 300GW, 풍력 30GW, 바이오매스 30GW, 태양광 1.8GW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고정가격매입제도</li> <li>RPS제도</li> <li>바이오연료 도입 촉진(9개성 E10도입)</li> <li>재생에너지열원 도입 촉진</li> </ul>
인도네시아	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지 시장점유율 2025년 25%(2010년 3.1%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>바이오연료의 사용 의무화(2010년→2025년 에탄올 3%→15%, 바이오디젤 2.5%→20%)</li> <li>부가가치세 면제, 투자감세</li> <li>RPS제도(전력)</li> <li>고정가격매입제도(바이오가스, 도시폐기물)</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>재생에너지/1차 에너지 2020년 6%</li> <li>바이오연료 2020년 가솔린의 3%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고정가격매입제도(2012년 7월 시행 예정)</li> <li>석유업계 등 바이오연료 도입 의무화(2011년 21만t→2017년 50만t(원유환산))</li> <li>바이오연료 E3, E10의 도입</li> <li>그린(Green)전력증서</li> </ul>

자료 : Renewables 2011 Global Status Report (REN21) 2011년11월 Global Bioenergy Partnership, 국제심포지엄 자료.

상기 <표 3>에서 보는 바와 같이 전 세계에서 바이오연료산업의 비중이 높고 관련 지원정책을 적극 시행하고 있는 대표적인 나라로는 유럽, 미국, 브라질, 일본, 중국 등이 있다. 이번 논의에서는 유럽, 미국, 브라질의 바이오연료정책을 살펴보고 이들 정책이 우리에게 주는 시사점을 간략히 정리한다.

## 2.1. 유럽(EU) 정책

CO<sub>2</sub> 배출을 감축시키는 바이오연료 이용을 권장하기 위해 바이오연료를 생산, 유통, 가공하는 과정에서 소요되는 각종 설비 구입과 바이오연료 이용에 대한 재정 지원이 이루어지고 있다. 바이오연료 이용을 촉진시키는 중요한 정책 중의 하나는 바이오연료로 생산한 전력은 그 생산비 차이를 보전해주는 발전차액지원제도이다.

또한 농업의 에너지 생산기능을 증가시키기 위해 공동농업정책(CAP)내의 바이오에너지 관련정책을 통해 휴경지에 에너지작물을 경작할 수 있게 되었으며, 이에 대한 각종 보조가 가능해졌다.

유럽의 바이오연료정책의 관심은 기후변화에 대응하는 재생에너지로서 바이오연료를 발전시키는 것에 있었다. 유럽의 재생에너지에 대한 관심은 1973년 1차 오일쇼크 이후부터 시작되었으나 경제성 문제로 지속되지 못하였다. 그러나 지구온난화 등 환경문제와 에너지 안보에 대한 불안이 가속되면서 1990년대부터 바이오에너지에 대한 관심이 본격적으로 현실화되기 시작하였다. 각종 세제 지원과 의무할당제도, 시설 및 장비 지원 등과 같은 정책의 도입과 함께 각 유럽국가 간의 바이오연료의 거래 촉진을 위한 표준화가 꾸준히 진행되고 있다. 이처럼 유럽은 에너지안보에 많은 관심을 가지고 바이오연료정책을 시행하였지만, 바이오연료정책은 농업부문으로부터 적극적인 지지를 받았다. 바이오연료를 수송용으로 이용하는 것은 EU 회원국마다 청정에너지를 보는 시각과 관점에서 크게 달랐다. 예를 들면 순수 바이오디젤은 비교우위를 각기 위하여 2004년까지 관세가 면제되었다. 미네랄 오일(mineral oil)과 함께 혼합된 바이오연료에는 낮은 관세가 부과되었다. 이와는 대조적으로 영국에서는 2002년까지 바이오연료에 세금 감면이 적용되지 않았다.

2003년 유럽 집행부(EU Directive)는 바이오연료의 국가정책목표를 설정하였다. 2005년까지 수송용 바이오연료와 기름의 혼합비율 기준을 2%로 2010년까지는 5.75%로 설정하였다. 2005년에 실제 유럽의 비중은 1%였으며 단지 독일과 스웨덴만이 유럽의 정책목표를 달성하였다. 2010년에 유럽은 주로 바이오디젤로 4.8%를 달성할 것으로 예상된다.

2007년에 수입된 바이오디젤은 25%, 바이오에탄올은 31%였다. 유럽은 휴경지에 에너지작물을 재배하게 하고 총 면적에 헥타 당 보조금을 지불하는 농업정책을 실험적으로 시행하였다. 이들 농업정책은 공동농업정책이 바뀌면서 없어졌다. 현재는 2020년까지 유럽 총에너지 소비의 20%를 바이오연료로 소비하는 것으로 목표가 설정되어 있다.

2009년 유럽 집행부(EU Directive)는 2020년까지 각국 회원국은 수송용 에너지의 10%를 재생에너지로 사용하는 것으로 정하였다. 신재생에너지 전력에 대한 공헌과 제 2세대 바이오연료를 위하여 특별한 규정이 항공수송에도 적용되었다. 이런 목표를 어떻게 달성하느냐는 각 회원국에 맡겨졌다. 많은 회원국들은 바이오연료에 대한 세금우대 정책을 정했지만 일부 회원국(영국을 포함하여)은 소비나 혼합 의무 쪽으로 전환하였다. 유럽집행부는 2020년의 의무 규정과 여러 인센티브에 부합하도록 바이오연료의 지속가능기준을 설정하였다. 2017년 1월 이후에 설립한 제조공장은 바이오연료를 통하여 직접적으로 GHG 배출을 35%까지 감소하는 목표를 달성해야 하고 2018년까지 60% 줄이는 것을 보여주어야 한다. 또한 유럽집행부는 여러 사료작물을 위한 GHG 절감 표준치를 설정하였다. 대안적으로 생산자는 절감기준치를 준수한다는 증명을 제시할 수 있다.

대부분 바이오디젤은 화학적 성분 구성에 따라 다른 관세가 적용되지만 주로 기름에서 추출한 지방산의 모노 알킬 에스테르(fatty-acid mono-alkyl ester) 상태로 수입된다. 일부 팜유와 같은 원재료는 사료작물로 수입된다. 바이오에탄올은 높은 관세를 적용하거나 다른 관세체계하의 석유를 혼합한 물질로 변성된 에탄올(denatured ethanol)이나 변성되지 않은 에탄올(un-denatured ethanol) 상태로 수입된다. 미 농무부는 대부분의 EU 회원국들이 오직 un-denatured 에탄올 혼합만을 허용하고 있기 때문에 높은 수입관세 체계로 갈 수밖에 없다고 밝혔다. “무기를 제외한 모든 것(Everything but Arms)”의 원칙과 아프리카, 캐리비안 국가 및 태평양 국가(남아프리카 제외)에 적용되는 경제 파트너십 협약(Economic Partnership Agreement)에 따라 최빈국들에게는 관세 면세가 적용된다.

유럽 바이오연료정책과 산업에 대한 향후 전망을 살펴보면, 유럽은 2020년까지 전체 수송용 연료의 10%를 재생가능에너지로 충당한다는 목표를 달성할 것인지 확실치 않다. 더욱이 토지이용의 변화, 제한적 GHG 절감효과, 식량가격에 대한 영향 요인 등으로 바이오 연료정책에 대한 비판이 높아지기 때문에 정치적인 해결이 약해질 수 있다. 회원국들은 아마도 이와 같은 정책 목표를 달성할 수 있는 체제를 확립하지 못할

수도 있다. 예를 들면 현재 영국의 의무조항은 2013년까지 석유 공급의 5% 수준으로 묶여 있다. 석유공급자들은 이 의무조항을 지키지 않는 것이 지키는 비용보다 더 낮을 것이라고 생각할 수 있다. 더욱이 유럽 회원국들이 의무 조항을 지키지 않을 때 어떤 벌칙이 적용될지는 확실치 않다.

## 2.2. 미국 정책

미국의 바이오연료산업은 주로 옥수수에서 추출한 바이오에탄올에 중점으로 발전해 왔다. 대두나 다른 바이오연료작물로부터 추출하는 바이오디젤의 성장률이 바이오에탄올의 성장률보다 낮은 수준을 유지해 왔다. 미국의 바이오에탄올 생산은 1990년대 중반부터 빠르게 증가하고 있다. 최근에는 원유가격의 상승과 지구 온난화 등 환경 문제에 대한 관심이 고조되면서 대기오염 및 수질오염을 감소시키는 수단으로 에탄올 사용을 촉진하는 다양한 정책을 실시하고 있다. 특히 1999년 대기정화법(Clean Air Act)에 의해 가솔린 첨가제로 사용되었던 MTBE(methyl Tertiary-Butyl Ether)가 지하수를 오염시키는 발암물질로 알려지면서 MTBE의 사용이 전면 금지되고, 그 대체재로 에탄올이 사용되면서 수요가 급증하였다. 현재 미국은 전 세계 에탄올 생산의 절반 이상을 생산하는 제일의 생산국이다. 따라서 미국의 바이오연료 정책은 전 세계 에탄올과 옥수수 시장에 막대한 영향을 주고 있다.

미국은 옥수수를 바탕으로 한 에탄올 사용을 촉진하기 위하여 1) 에탄올 혼합에 대한 세금 감면 적용, 2) 수입 관세 부과, 3) 의무규정 등의 3개 주요 정책을 적용하여 왔다. 석유 공급자는 석유에 바이오연료를 혼합하여 세금 감면을 적용받을 수 있다. 국내 에탄올 사용을 촉진시키기 위하여 2.5% 종량(ad valorem) MFN 관세와 갤런 당 54센트의 관세를 부과하였다. 캐리비안 국가에게는 특별한 우대조항을 적용하여 제한적이나마 수입을 허용하고 있다. 2010년 12월 갤런 당 45센트가 감면되는 에탄올 면세(Volumetric Ethanol Exercise Tax), 갤런 당 1달러가 감면되는, 수입에탄올에 특수 관세가 적용되는 법이 1년 연장되었다. 마지막으로 당초 2005년 에너지정책법(Energy Policy Act)에서 만들어진 재생가능연료기준(Renewable Fuel Standard, RFS)이 2007년 에너지 독립 및 안전보장법(Energy Independence and Security), 2022년까지 매년 최소한의 바이오연료 사용을 의무화하는 것 등으로 연장확대 되었다. 만약 이런 법 조항을 적용하여 국내 공급이 부적절해지거나, 미국 경제에 나쁜 영향을 끼칠 경우는 EPA는 이런 의무조항을 면제해 줄 수 있도록 하였다.

---

에탄올을 실제로 가솔린과 함께 혼합하는지를 확인하기 위하여 일명 재생가능확인 숫자(Renewable Identification Code, RIN)라는 확인 코드의 복잡한 체계를 적용하였다. 개별 혼합지(blender)는 의무적으로 혼합하게 되어 있는 에탄올을 실제로 혼합하고 있는지를 보여주기 위하여 충분한 RIN를 구입해야만 한다. 개별 혼합지는 필요한 양보다 더 많은 양을 구입한 다른 혼합자로부터 초과 RIN를 구입할 수 있다. 이런 장치를 통하여 필요한 양만큼의 바이오연료가 공급되는 시스템을 구축할 수 있다.

미국에서 에탄올 생산이 빠르게 늘어나고 있다는 것은 국내 바이오연료산업이 소위 말하는 '혼합유 벽(blend wall)'에 접근하고 있다는 것을 의미한다. 2001년 이전에 만들어진 가솔린차는 차의 손상을 감안하지 않고는 에탄올을 10% 이상 혼합하는 연료(E10)를 사용할 수 없었다. 2011년 EPA는 2001년 이후 만들어진 차에 에탄올을 15%까지 혼합할 수 있는 것(E15)을 승인하였다. 적절한 연료인프라와 적합한 차종개발이 이루어지지 않아 높은 에탄올 비중을 적용하는 것이 제한될 것으로 예상된다. 다행히도 최근 국제에탄올 가격이 높아지고 있고, 국내가격이 낮아질 압력이 약해져 수출 수요가 늘어나면 미국 바이오에탄올 산업에게는 긍정적인 측면이 있다.

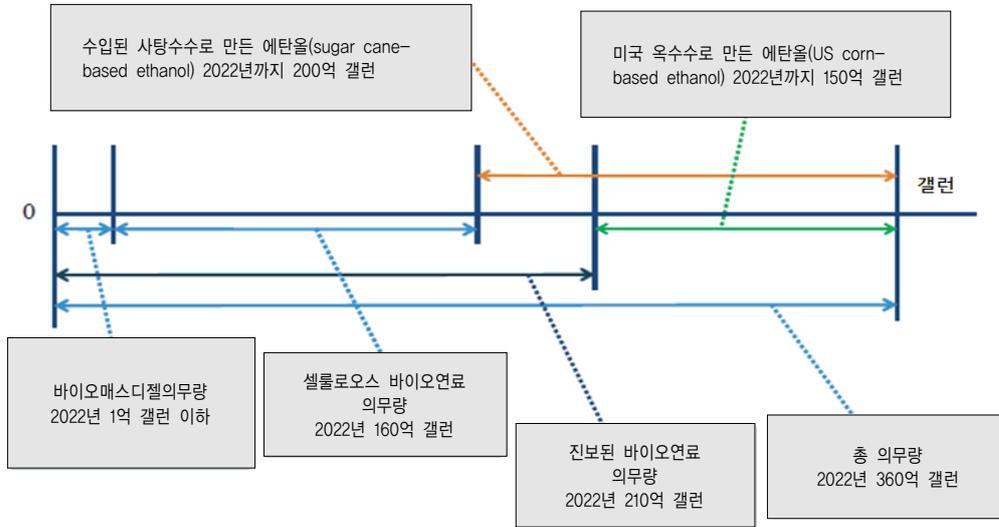
현재 미국 바이오연료 정책은 예상치 못한 결과를 가져올 수 있다. 국내 에탄올 시장이 포화 상태에 이르면서 면세규정이 혼합유 가격의 하락을 가져올 수 있다. 이는 전반적으로 연료 가격을 낮추는 역할을 하여 화석연료의 사용을 촉진시킬 수 있다. 더욱이 세금 감면 조항은 연료가 얼마나 사용되었느냐보다는 얼마나 많은 에탄올을 혼합하였느냐에 적용되기 때문에 수출이 장려될 수 있다. 혼합유가 캐나다로 선적된다는 보고들이 나오고 있다. 이런 경우 면세 적용이 수출보조 효과를 갖고 상계관세<sup>1)</sup>(countervailing duty)를 발동하게 된다.

미국 바이오연료정책의 전망은 다음과 같다. 재생가능 연료의 의무량이 2011년의 140억 갤런으로부터 2022년 360억 갤런까지 올랐다. 재생가능연료표준(RFS)은 경제적 타당성이 검증되어야 하는 바이오연료의 제 2세대(셀룰로오스 바이오연료 의무조항) 등과 같은 여러 세부기준들이 포함된다<그림 2 참조>.

---

1) 수출국이 특정수출산업에 대해 장려금이나 보조금을 지급하여 수출상품의 가격경쟁력을 높일 경우 수입국은 그 수입상품에 대해 보조금액에 해당하는 만큼의 관세를 부과하는 것.

그림 2 재생가능 연료 기준



자료: Silvia Miranda, Alan Swinbank and Yuki Yano, EuroChoices 28 DEC 2011, Biofuel Policies in the EU, US and Brazil.

국내 에탄올 소비가 계속 제한되고 EPA가 의무 규정을 면제해 주지 않으면 늘어난 에탄올 공급이 국제시장으로 전환될 것이다. 더욱이 국내 대책이 마련되지 않으면 RFS의 일부분 - 소위 말하는 개선된 바이오연료 의무규정은 아마도 사탕수수 에탄올을 수입하는 것으로 채워질 수 있다. 이런 경우 미국은 한편 사탕수수로 만든 에탄올을 수입하는 동시에 옥수수로 만든 에탄올을 수출하는 상황을 보일 수 있다. 결국 에탄올의 기술적 제약은 에탄올 이용에 적합한 차들이 늘어나고 연료를 배분하는 인프라가 개선되면 해결될 수 있다. 그러나 미국 바이오연료의 활력은 불확실한 상황이 있을 수 있다. 예를 들면 옥수수 에탄올이 식량가격에 미치는 영향에 대한 논란이 점차 커지고, 연방재정적자를 줄이기 위하여 세금 감면을 없애고, 수입 관세 부과도 철폐해야 한다는 여론이 점차 커지는 것 등으로 향후 바이오연료 산업의 불확실성이 커지고 있다. 아울러 기후변화와 관련하여 바이오연료로부터 발생하는 GHG 방출의 순 감소부분에 대해서도 논란이 일고 있는 상황이다. 이런 저런 이유로 미래에 미국이 국내 바이오연료생산에 얼마나 의존할 것인지는 불확실한 상황이다.

### 2.3. 브라질 정책

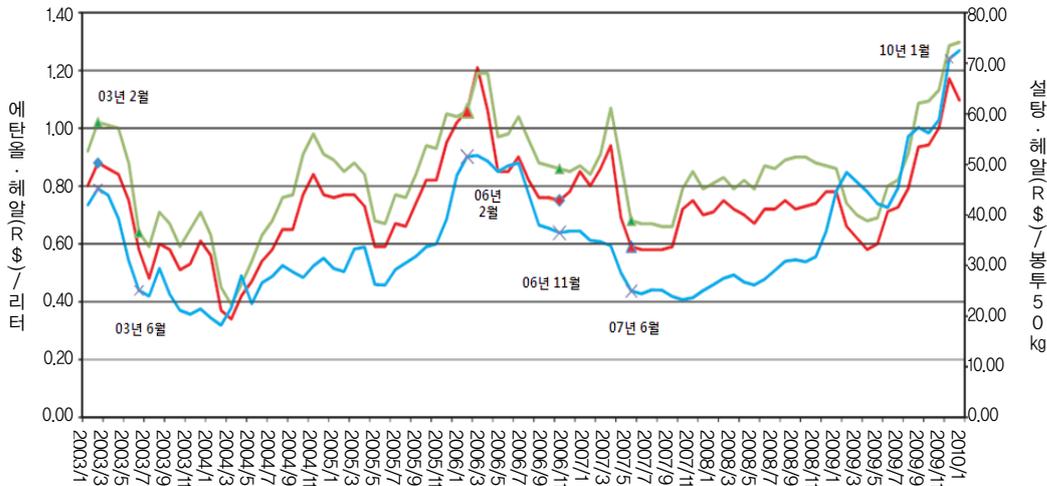
브라질은 사탕수수로 함수화에탄올(hydrated ethanol)(가솔린을 대체하는)과 무수에탄올(anhydrous ethanol)(가솔린과 함께 혼합하기 위한)을 생산하는 것에 있어 세계에서 가

장 성공적인 나라이다. 바이오연료 산업의 발전은 IAA(Institute of Sugar and Alcohol)가 출범한 1933년부터 시작되었다. 1975년에 석유위기의 대응책으로 도입한 국가 알코올 연료계획(The National Program of Alcohol, PROALCOOL)을 통하여 바이오에탄올을 국가의 주요 에너지 자원화 하였으며, 바이오에탄올은 최근 주요 수출품목으로 부상하였다. 5년 이상 PROALCOOL은 에탄올 생산자와 산업관계자들을 지원하기 위하여 운영되었다. 그러나 이 프로그램은 1980년대 후반 들어 점차 없어지기 시작하였으며, 1999년에 사탕수수와 hydrated 에탄올 시장이 완전 자유화되었다. 현재 브라질의 바이오에탄올 생산량은 연간 약 380만 톤, 최대 1,500만 톤의 생산시설을 보유하고 있으며, 시장규모는 약 80억불에 이르고 있다. 브라질은 바이오에탄올의 안정적인 수급균형을 도모하기 위하여 다양한 정책을 추진하고 있다.

브라질에서 에탄올 생산은 설탕 가격지지 정책, 수출쿼터, 금융보조지원 정책으로 늘어났다. 1975년부터 1979년까지는 이자율과 자금상환에 여러 우대 정책을 적용하여 사탕수수의 생산과 가공을 지원하였다. 에탄올로 운영되는 차량에 대해서는 낮은 세금을 적용하여 에탄올 소비를 지지하였다. 이런 정책 지원에도 불구하고 1990대 말까지 에탄올 소비는 많은 변화를 겪었다. 이와 같은 결과가 오게 된 이유는 에탄올 차량 기술이 발전하지 못하고 상대적으로 가솔린 가격이 낮은 수준을 유지하였기 때문이다. 특히 1980년대 말까지 설탕가격이 높은 수준을 유지하면서 사탕수수가 에탄올로 전환되지 못했고, 주기적인 공급부족은 소비자의 신뢰를 낮추었다. 무수에탄올(anhydrous ethanol)에 대한 의무적인 혼합규제는 에탄올에 대한 일정한 수요를 유지시키는 작용을 하였다. 그러나 함수 알코올(hydrated alcohol) 소비가 급작스럽게 감소하였다. 2003년에 바이오연료 혼합차량(flex-fuel vehicles)이 도입되면서 함수 알코올(hydrated alcohol) 소비가 소비자에게 환영을 받았고 그 결과 함수 알코올(hydrated alcohol) 수요가 크게 늘어나게 되었으며 바이오연료산업이 회복되기 시작하였다.

에탄올 시장의 자유화에도 불구하고 브라질 정부는 국내 바이오연료 가격에 크게 개입하고 있다. 가장 중요한 정책 수단은 가솔린과 무수 알코올(anhydrous alcohol)을 의무적으로 혼합하는 것이었다. 또 다른 중요한 정책은 연료에 세금을 부과하는 정책이다. 에탄올은 면세지만 국제석유가격이 국내에너지 가격에 미치는 영향을 줄이기 위하여 변동 관세를 부과하였다. <그림 3>은 이들 정책수단들이 가격에 미치는 영향을 잘 보여준다.

그림 3 브라질 국내가격: 에탄올/설탕, 가솔린 혼합비율에 대한 정부 지침



가솔린에 에탄올 혼합비율 의무량

이전	25%	2006.11월	23%
2003.2	20%	2007.6월	25%
2003.6	25%	2010.1월	20%
2006.2	20%		

자료 : Cepea and MAPA.

일반적으로 에탄올 가격(함수화에탄올, 무수에탄올 모두)은 설탕가격을 따라가고 가솔린과 의무적 혼합비율규정은 에탄올/설탕가격과 반대로 변한다. 가솔린이 소비자가격 지수의 중요한 요소이기 때문에 주요 목표는 인플레이션을 통제하는 것이다. 세금 인센티브는 브라질 에탄올 시장에 많은 영향을 미칠 것이다. 몇몇 주들(상파울로주 등)들은 수요 특히 flex-fuel 차량을 가진 소비자 수요에 영향을 주기 위하여 화석연료보다 바이오연료에 낮은 소비세를 적용하였다. 몇몇 주들은 바이오연료 혼합(flex-fuel) 차량에 낮은 연간 세금을 적용한다. 2009년 브라질 새 차의 약 90%가 바이오연료 혼합차 이었다.

브라질 바이오연료정책의 전망은 브라질 전체의 에너지 정책 관점에서 보아야 한다. 예를 들면 현재 에탄올 정책들은 과거 브라질이 높은 인플레이션으로 여러 번 경제 불안정을 경험하였기 때문에 부분적으로 인플레이션을 낮추기 위하여 입안되었다. 브라질은 비록 확산 속도가 에너지 가격과 투자펀드의 이용가능성 등에 영향을 받지만 에탄올 생산을 크게 확대할 잠재력을 지니고 있다. 옥수수는 식량가격에 직접 영향을 주고 있지만 설탕 사용은 문제가 덜 심각하다.

---

브라질은 최근 국제 설탕가격이 좋아서 에탄올 생산이 줄었지만 이미 에탄올을 많이 수출하고 있는 나라이다. 브라질에서 생산되는 에탄올 대부분은 국내소비용이며 향후에도 이런 추세가 유지될 것으로 전망된다. 사탕수수 성장과 가공시설에 대한 현행 투자율은 국내 수요와 국제 수요 모두를 충족시킬 만큼 충분히 생산 늘리지 못하고 오히려 부족할 수도 있다. 유럽과 미국의 에탄올과 관련된 무역장벽을 축소하고 미국이 세금 면제는 브라질의 바이오연료 수출에 관한 전망을 높일 수 있으며 바이오연료산업에 추가적인 투자를 이끌 수 있다. 또 다른 바이오연료사업이 발전할 수 있는 분야는 바이오에탄올과 가솔린의 혼합물 수출이 증가하는 분야이다. 브라질 해안에서 많은 석유 매장량이 발견되었기 때문에 브라질은 다른 나라의 석유혼합물 수요에 부응할 수 있는 주요 수출국이 될 수 있다.

### 3. 정책 시사

상기 3개국 모두에 있어 바이오연료 정책은 바이오연료 시장을 형성함에 있어 모두 중요하다. 그러나 브라질보다는 미국과 EU가 바이오연료 정책이 바이오연료시장 형성에 더 중요하다. 브라질은 바이오연료 생산비용이 낮기 때문에 바이오연료 수출에 가능성이 매우 높다. 예를 들면 관세장벽에도 불구하고 영국에 바이오에탄올을 수출하는 것 등과 같이 향후 바이오연료를 해외에 수출할 가능성이 높다. EU와 미국에 적용되고 있는 복잡한 투자체계, 세금 인센티브, 의무조항, 기술사양과 지속가능성 기준 등은 바이오연료산업의 발전이 시장을 중심으로 발전하지 않고 있다는 것을 말해 준다. 현행 미국과 EU의 바이오연료정책이 효과가 좋다는 것에 집착한다면 이는 미래 바이오연료산업 발전을 저해할 수 있는 사항이 될 수 있다.

한국은 2013년 이후 교토의정서상 이산화탄소 저감의무를 지게 될 가능성이 높아 바이오연료를 적극 활용할 수밖에 없다. 한국은 세계 9위의 이산화탄소 배출국으로 2008년부터 2012년까지 제 1차 의무저감 기간에 개발도상국의 지위를 얻어 의무를 면제받았으나, 2013년부터 시작될 차기 의무저감기간에는 배출저감 의무를 질 가능성이 높다. 또한 매년 10%씩 소비가 증가하는 에너지의 해외의존도가 96%를 상회하여 향후 고유가 시대에 바이오연료를 비롯하여 신재생에너지의 확보가 시급한 과제이다.

일반적으로 바이오연료산업은 원료생산에서 제조공정, 유통, 소비에 이르는 과정에서 많은 산업이 복합적으로 연계되는 고부가가치 산업으로 고용 확대와 경제 활성화

에 유용한 전략산업이다. 따라서 바이오연료의 원료생산을 통하여 국내 농업도 에너지를 생산하는 산업이 될 수 있다는 전략산업화 하는 것이 필요하다. 바이오연료산업의 발전을 통하여 농업이 환경과 에너지에 기여한다는 산업 이미지를 제고할 수 있다. 바이오연료의 국내 생산과 더불어 이의 활용은 농가소득과 농촌경제 활성화에 직접적으로 기여할 수 있는 수단이다. 따라서 우리나라는 바이오연료산업의 발전을 위하여 투자자의 신뢰를 얻기 위하여 안정적이고 장기적인 정책체계를 확립하고, 첨단 바이오연료기술의 상업화를 위한 재정지원 메커니즘을 구축하는 것이 필요하다.

### 참고문헌

- 양승룡, 신용광, "바이오에너지 산업의 동향과 전망," 농업전망2007(2007.1.24)
- Coelho, S. T. (2005). Biofuels and trade barriers. UNCTAD/DITC/TED/2005/ 1. 28 p. Available at: [http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20051\\_en.pdf](http://www.unctad.org/en/docs/ditcted20051_en.pdf).
- European Commission (2010). Report from the Commission on indirect land-use change related to biofuels and bioliquids, COM(2010)811 (EC: Brussels).
- Swinbank, A. (2009). EU policies on bioenergy and their potential clash with the WTO. *Journal of Agricultural Economics*, 60(3):485 - -503.
- Swinbank, A., Tranter, R. and Jones, P. (2011). Mandates, buyouts and fuel-tax rebates: Some economic aspects of biofuel policies using the UK as an example. *Energy Policy*, 39(3): 1249 - -1253.
- Teixeira de Sousa, P. Jr, Dall'Oglio, E. L., Marta, J. M., Sato, M., Brito de Azevedo, R. A. and Spindola, C. (2008) The ethanol and biodiesel programmes in Brazil. In Mytelka, L. K. and Boyle, G. (eds) *Making Choices about Hydrogen: Transport Issues for Developing Countries*. Tokyo: UN University Press; and Ottawa: International Development Research Centre. Available online at: <http://www.idrc.ca/openebooks/413-0/>.
- Tyner, W. (2008) The US ethanol and biofuels boom: Its origins, current status, and future prospects. *BioScience*, 58(7): 646 - -653. Available online at: [http://www.agecon.purdue.edu/news/financial/Bioscience\\_2008\\_Tyner.pdf](http://www.agecon.purdue.edu/news/financial/Bioscience_2008_Tyner.pdf).
- USDA (2010). EU annual biofuels report, GAIN Report Number: NL0019, USDA, Washington, D.C.
- Yano, Y., Blandford, D. and Surry, Y. (2010). Do current US ethanol policies make sense? *Policy*

---

Issues, PI10, Agricultural and Applied Economics Association, August 2010. Available online at: <http://www.aaea.org/publications/policy-issues/>.

Zuurbier, P. J. P. and J. van de Vooren (eds.) (2008). Sugarcane Ethanol: Contributions to Climate Change Mitigation and the Environment. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.