

# 녹색유전(綠色油田), 한국농업의 도전\*

- 시안(試案)적 접근 -

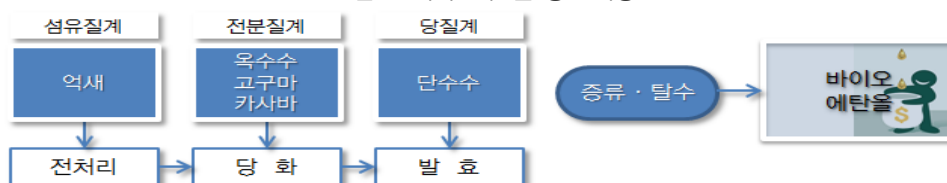
성진근  
((사)한국농업경영포럼 이사장, 충북대 명예교수)

## 1. 바이오에너지의 생산과 이용

농업은 사람이나 가축의 육체적 활동에 필요한 에너지를 제공하는 식료품을 생산·공급하는 산업이다. 이러한 기본적인 기능에 추가하여 화석연료를 대체하는 바이오연료(Biofuel)를 생산하는 기능이 에너지 위기와 연계되어 주목받고 있다. 자동차의 연료로 사용될 수 있는 바이오연료는 크게 바이오에탄올과 바이오디젤 등의 액체형과 바이오가스 등의 가스형으로 분리된다.

휘발유를 대체할 수 있는 바이오에탄올은 당질계 작물(사탕수수, 사탕무) 또는 전분질계 작물(카사바, 고구마, 옥수수) 그리고 섬유질계(억새, 갈대) 등의 원료를 이용하여 당화(糖化) 및 발효과정을 거쳐서 생산된다.

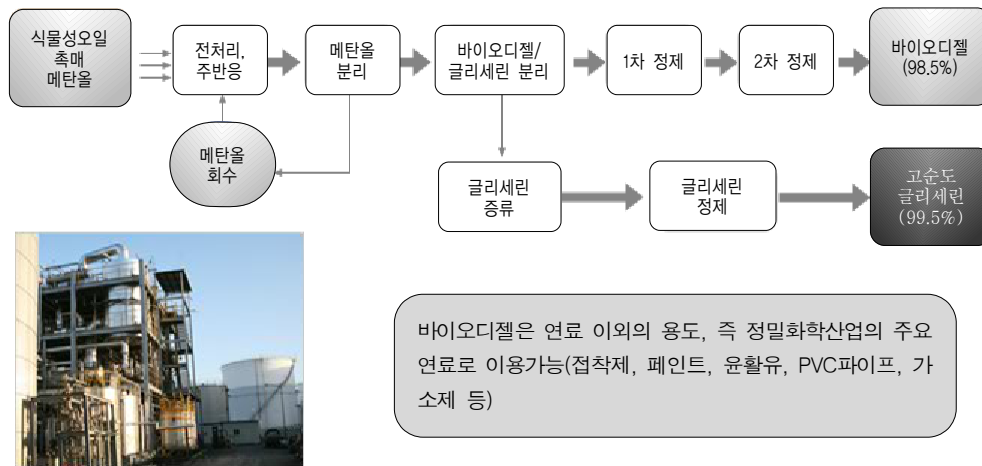
그림 1 바이오에탄올 생산 과정



\* (kami@kami.net, 02-2226-0393)

경유를 대체할 수 있는 바이오디젤은 식물성 기름(유채유, 대두유, 팜유)과 동물성 유지, 폐식용유 등을 정제·가공하여 생산된다.

그림 2 바이오디젤 생산과정



자료 : 엠에너지, 2012.

바이오가스는 목질계 셀룰로오스(나무, 농작물 부산물, 풀 등에서 추출)나 가축분뇨, 음식쓰레기 등의 발효과정을 통해서 생산된다.

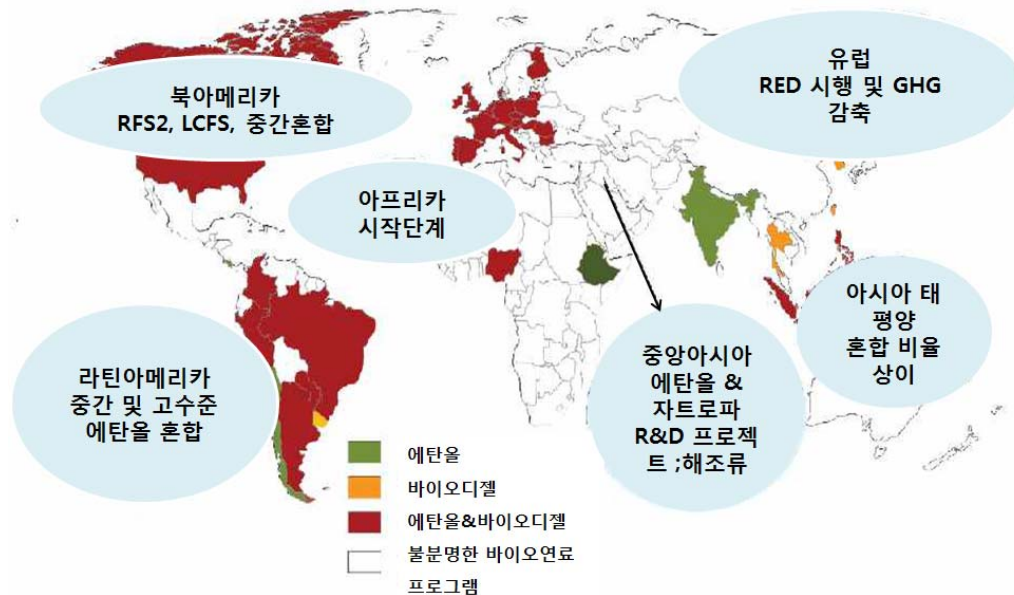
바이오연료는 순수한 원액을 사용하기 보다는 기존의 화석연료(휘발유, 경유)와 혼합하여 사용하는 것이 보편적이다. 전 세계적으로 바이오에탄올 10%를 혼합한 휘발유(E-10)가 사용되고 있으며 바이오디젤 5~20% 정도를 혼합한 경유(BD-5~BD-20)가 사용되고 있다.

### 1.1. 세계 각국의 바이오연료 이용 현황

2011년 10월 기준으로 국가 차원의 바이오연료 혼합의무를 시행하는 나라는 35개국이며, 일부 도시나 주(state) 차원에서 시행하는 나라는 6개국이다. 또한 10년 이내에 바이오연료의 혼합의무를 계획 중인 나라도 26개국으로 파악되고 있다. <그림 3>은 전 세계 지역별로 바이오연료 혼합의무의 도입현황을 나타내고 있으며, 북미대륙은 미국과 캐나다를 중심으로 신재생연료 혼합의무 프로그램(Renewable Fuel Standard(RFS))<sup>1)</sup>과 미국 캘리포니아 중심의 저탄소연료 프로그램(Low Carbon Fuel Standard(LCFS))

등을 시행하고 있다.

그림 3 세계 바이오에너지 보급 정책



자료 : 김재곤, "국내외 바이오에너지의 보급현황, 지속가능성 기준 도입현황과 기술개발 연구현황 분석", 한국석유관리원 녹색기술연구소, 2011.

남미대륙도 자국생산 바이오연료를 기반으로 바이오에탄올 보급이 활성화되고 있다. 특히, 브라질은 수송부문에 바이오연료의 혼합을 전 세계적으로 가장 먼저 시행한 국가이며, 브라질의 바이오연료 보급정책의 핵심은 1977년부터 시행 중인 ‘국가 알코올(Pro-Alcohol) 프로그램’으로 자국의 사탕수수 원료기반 에탄올을 수송용 휘발유에 20%를 혼합의무화하고 있다.

유럽연합(EU) 27개국은 바이오디젤 기반의 수송용 바이오연료를 2009년 설정된 신 재생에너지 지침(2009/28/EC)에 의해 보급하고 있다.

우리나라에서는 석유위기에 대응하여 에너지자급도 향상과 온실가스 감축 등을 목표로 하여 2007년부터 바이오디젤 0.5%를 경유에 혼합하여 보급하고 이 혼합비율을 매년 0.5%p씩 상향하여 2010년 현재 바이오디젤 2%를 혼합한 경유 BD-2를 보급하고 있다. 정부는 앞으로 2020년까지 현재의 혼합비율을 BD-7으로 상향시킬 계획이다.

1) 미국의 수송부문의 바이오연료 혼합의무제도(Renewable Fuel Standard, RFS)는 화석연료를 공급하는 의무대상자로 하여금 자신이 공급하는 화석연료의 일정비율을 바이오연료로 공급토록 의무화하는 제도를 말함.

그러나 전 세계적으로 생산량이 5배나 많은<sup>2)</sup> 바이오에탄올에 대해서는 정유회사들의 소극적인 자세로 인하여 구체적인 보급 확대계획이 없이 휘발유의 MTBE<sup>3)</sup> 대체재로 바이오에탄올을 최대 6.7%까지 사용가능하게 하는 휘발유 규격만 개정하고 있을 뿐이다. OECD/FAO사무국은 세계 바이오연료 생산량은 바이오연료 사용에 대한 의무 강화와 원유가격 강세 등의 영향으로 향후에도 빠른 속도로 증가하게 될 것으로 전망하고 있다.

바이오에탄올은 미국과 브라질의 주도로 연평균 6.16%씩 증가하여 2019년에는 현재의 2.1배 이상 수준으로 증가하게 될 것이며, 특히 EU(27)와 아시아·태평양 국가들의 생산증가율이 높을 것으로 전망하고 있다. 바이오디젤은 연평균 7.33%씩 증가하여 2019년에는 현재의 2.7배 수준으로 증가하게 될 것이며, 특히 아시아 태평양 국가들의 생산증가율이 높을 것으로 전망하고 있다.

표 1 바이오연료의 세계 주요 국가별 생산량 추정

| 지역     | 바이오에탄올 생산량(백만 L) |         | 성장률(%)<br>(2010~2019) | 바이오디젤 생산량(백만 L) |          | 성장률(%)<br>(2010~2019) |
|--------|------------------|---------|-----------------------|-----------------|----------|-----------------------|
|        | 2007~2009 평균     | 2019추정치 |                       | 2007~2009 평균    | 2019 추정치 |                       |
| 세계전체   | 74,257           | 158,849 | 6.16                  | 15,170          | 41,171   | 7.33                  |
| 미국     | 34,888           | 67,919  | 5.53                  | 2,319           | 3,818    | 5.27                  |
| EU(27) | 4,890            | 17,987  | 10.87                 | 8,041           | 20,521   | 7.68                  |
| 브라질    | 25,308           | 55,020  | 6.30                  | 958             | 3,057    | 4.88                  |
| 중국     | 3,917            | 5,999   | 3.03                  | -               | -        | -                     |
| 인도     | 1,949            | 2,803   | 3.80                  | 130             | 3,035    | 34.50                 |
| 태국     | 593              | 2,207   | 7.43                  | 451             | 1,585    | 9.41                  |
| 인도네시아  | 215              | 648     | 4.95                  | 102             | 1,148    | 18.39                 |
| 베트남    | 150              | 405     | 11.89                 | 6               | 306      | 39.35                 |

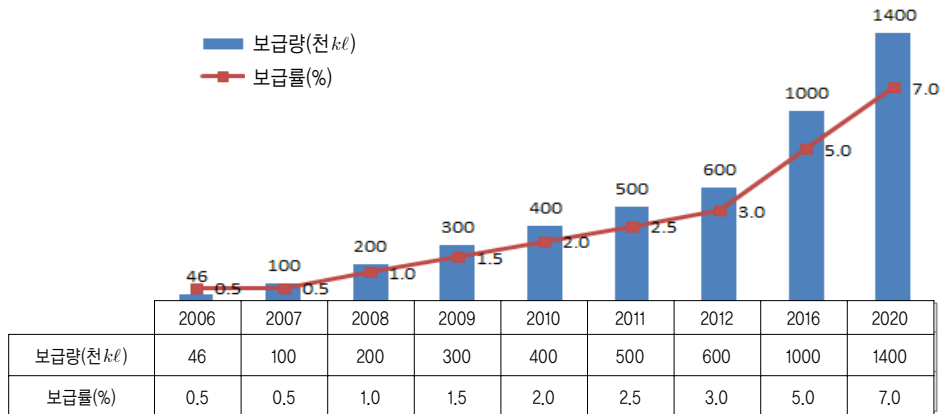
자료 : OECD, OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2010-2019, 2010.6.

우리나라의 바이오연료는 바이오디젤을 중심으로 하여 2010년 현재 400천kl가 보급되고 있는데 현재의 혼합비율 2%(BD-2)가 2020년까지 7%(BD-7)로 증가하게 될 것으로 1,400kl로 증가할 것으로 전망된다.

2) 2007~2009년 평균 전세계 바이오에탄올 생산량은 742억 리터로 바이오디젤 152억 리터보다 4.9배 많았다.

3) MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)은 분자에 산소원자를 함유하고 있어 질소산화물과 일산화탄소 등의 발생을 줄일 목적으로 휘발유에 혼합사용하는 화학물질이다.

그림 4 국내 바이오디젤 보급실적 및 전망



자료 : 바이오디젤 중장기 보급계획, 그린에너지산업발전전략(지식경제부).

그러나 바이오에탄올은 파푸아뉴기니에 진출한 창해에탄올과 캄보디아에 진출한 MH에탄올 등 해외 진출한 기업들이 카사바를 원료로 하여 바이오에탄올을 생산하고 있으나 국내에서는 본격적으로 바이오에탄올을 생산·보급하고 있지는 않은 실정이다.

## 2. 바이오에너지 원료작물의 경제성 검토

### 2.1. 바이오에너지 원료작물의 개요

세계적으로 바이오디젤 원료로는 유채유(39%), 대두유(30%), 팜유(palm)(14%), 동물성유지(12%), 코코넛유(1%), 기타(4%) 등의 순으로 이용되고 있다. 국내에서는 대두유(35%), 팜유(29%) 등 수입 원료가 70%이고 국내산은 폐식용유(28%), 유채유(0.4%) 등으로 원료의 해외 의존율이 지나치게 높다.

정부는 2007년부터 3년간 바이오디젤의 국내원료 확보 차원에서 매년 국고 18억 원을 지원하여 1,500ha의 농경지에 유채시험사업을 실시한 바 있다. 그러나 당초 목표보다 현저하게 낮은 유채의 생산성(목표의 23%수준) 때문에 원료생산의 경제성 확보가 어려워져 최근에는 해외농장개발로 방향을 전환하고 있다<sup>4)</sup>.

또한 동물성 유지의 활용과 해양식물 등으로 바이오 원료개발 영역을 확장하고 있다.

4) 정부는 바이오연료작물의 해외농장개척 지원내용을 포함하는 '해외자원 개발 사업법'을 개정하고(2009.12.) 동남아시아 국가들의 농장을 확보하여 자트로파와 팜배농장을 2009년까지 11만ha를 개척하였으며 추가로 13만7천ha개척을 추진 중이다.

표 2 국내 바이오디젤의 원료수급

단위 : kl

| 구분     |           | 2006   | 2007    | 2008    | 2008    | 2009    |
|--------|-----------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 국내산    | 폐식용유      | 15,667 | 35,734  | 56,821  | 77,634  | 185,856 |
|        | 기타(유채유 등) | 398    | -       | 129     | 2,163   | 2,690   |
|        | 소계        | 17,673 | 37,741  | 58,829  | 79,642  | 187,865 |
| 수입산    | 대두유       | 46,603 | 62,734  | 69,307  | 52,164  | 230,808 |
|        | 팜유        | -      | 237     | 63,913  | 122,054 | 186,204 |
|        | 폐식용유      | -      | -       | 106     | 16,066  | 16,172  |
|        | 기타(유채유)   | -      | 1,370   | 16,801  | 13,068  | 31,239  |
|        | 소계        | 46,603 | 62,971  | 133,326 | 203,352 | 464,423 |
| 원료합계   |           | 62,668 | 100,075 | 207,077 | 283,149 | 652,969 |
| 국내산 비율 |           | 26%    | 36%     | 28%     | 28%     | 29%     |

\*09년 납품업체 9개사 자료 기준

자료 : 김철안, "바이오디젤 현황 및 과제", 「바이오에너지산업 활성화 방안 국제 컨퍼런스 자료집」, 에너지경제연구원, 2010.12.

바이오에탄올은 주로 옥수수(미국과 중국), 사탕수수(브라질), 카사바(동남아시아국가)등을 이용하여 생산되고 있다. 최근에는 셀룰로오스(폐목재, 옥수수대)를 분해하여 바이오에탄올을 생산하는 연구가 상당히 진척되고 있으며 자원이 빈약한 우리나라는 억새풀과 갈대를 이용한 바이오에탄올 연구가 진행 중이다.

함수(含水) 바이오에탄올인 국내 주정(酒精) 원료로는 1960년대에는 고구마와 당밀

표 3 원료작물별 에탄올 생산량

| 구분     | 식물명     | 수량<br>(톤/ha) | 에탄올생산량<br>(L/ha) | 예상수율(%) | 국내이용가능성 |
|--------|---------|--------------|------------------|---------|---------|
| 셀룰로오스계 | 개량억새    | 35.0         | 14,301           | 41      | 상       |
|        | 벼짚      | 5.5          | 1,650            | 30      | 중하      |
|        | 스위치그라스  | 14.0         | 10,757           | 40      | 중       |
|        | 맹그로브    | -            | 18,000           | -       | 중       |
|        | 부들      | -            | -                | 40      | 중       |
| 전분질계   | 고구마     | 25.0         | 10,000           | 40      | 중       |
|        | 보리      | 3.7          | 1,517            | 40      | 상       |
| 목질계    | 포플러     | -            | -                | -       | 중       |
|        | 임산폐기물   | -            | -                | -       | 중       |
| 해조류    | 캘프, 홍조류 | 66           | -                | 54      | 중       |

\*개량억새(3배체) : 물억새(4배체)×참억새(2배체)

자료 : 국립농업과학원, "바이오에너지 신재생에너지기술", 녹색기술연구현황, 2009.

(molasses)이 이용되다가 1980년대 이후부터는 주정원료의 80% 이상을 카사바를 건조한 타피오카(Tapioca chip)에 의존하고 있으며 주로 동남아국가(베트남, 캄보디아, 태국)로부터 이를 수입하고 있다<sup>5)</sup>.

## 2.2. 에너지 원료작물 국내생산의 불가피성

최근 10년간(2000~2010) 농경지 이용면적은 2,098천ha에서 1,820천ha로 연평균 1.4%씩 줄어왔다. 매년 미곡재배면적은 18,000ha씩, 그리고 채소재배면적은 14,000ha씩 감소해온 대신에 휴경농지는 매년 3,400ha씩 증가해 왔다.

표 4 농경지 면적과 작물별 재배면적의 추이(2000~2010)

단위 : 1,000ha, %

| 연도      | 경지<br>면적 | 이용<br>면적 | 경지<br>이용률(%) | 휴경<br>농지            | 식량작물            |                 | 채소류           |             | 과실류          |
|---------|----------|----------|--------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|-------------|--------------|
|         |          |          |              |                     | 전체              | 미곡              | 전체            | 시설채소        | 전체           |
| 2000    | 1,889    | 2,098    | 110.5        | 16.8                | 1,318<br>(62.8) | 1,072<br>(51.1) | 386<br>(18.4) | 91<br>(4.3) | 73<br>(8.2)  |
| 2005    | 1,824    | 1,921    | 104.7        | 44.2                | 1,234<br>(64.2) | 980<br>(51.0)   | 298<br>(15.5) | 76<br>(4.0) | 155<br>(8.1) |
| 2010    | 1,717    | 1,820    | 109.0        | 50.5                | 1,083<br>(59.5) | 892<br>(49.0)   | 245<br>(13.5) | 66<br>(3.6) | 162<br>(8.9) |
| 연평균 변화율 | -0.96    | -1.25    | -            | 11.63 <sup>1)</sup> | -1.44           | -1.12           | -3.26         | -1.44       | -0.48        |

1) 2000~2010년간의 연평균 증가율임.

2) ( )는 전체 이용면적에 대한 비율임.

자료 : 농림수산식품부, 「농림수산식품주요통계」, 2011.

농촌의 고령화에 의한 노동력 부족과 농업투입자재 가격의 지속적인 인상에 의한 경영수지의 악화 및 수지맞는 작물로의 농가선택이 집중함에 따른 과잉생산과 가격폭락현상 등이 개방 확대와 겹쳐져서 농지이용면적이 지속적으로 감소해오고 있는 것이다. 여기에다 만약 한·중 FTA마저 타결된다면 농지이용면적의 감소추세는 보다 현저해질 것으로 크게 우려되고 있다.

2012년 3월 발효된 한·미 FTA의 영향으로 농업생산액은 개방 15년차까지 총 12조 2천억 원의 생산액 감소가 유발될 것으로 추정되고 있다. 이에 따라 농업부문 총소득은 2011년의 13조 5,300억 원에서 2022년에는 10조 1,610억 원으로 순감소를 보일 것

5) 타피오카의 전분가는 76%로서 타피오카 톤 당 주정수율은 480ℓ인데 반해서 고구마의 전분가는 25%로서 고구마 톤당 주정수율은 400ℓ이다.

으로 전망되고 있다.(한국농촌경제연구원, 농업전망 2012) 유사 이래 성장을 계속해 왔던 이 땅의 농업이 바야흐로 실질적인 위축의 시대로 진입하고 있는 것이다.

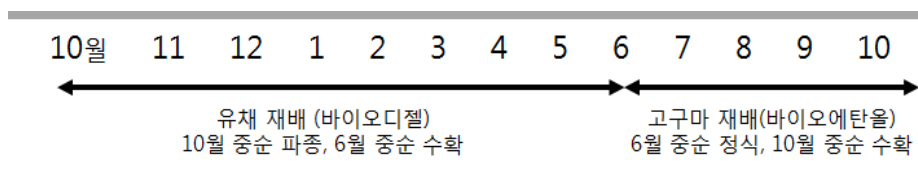
FTA 대책 차원에서 다양한 개방대책이 발표되고 있긴 하지만 작물재배면적의 감소에 의한 농업의 본격적인 위축에 대응할 수 있는 근본적인 대책보다는 직불제 확충 등 피해보전에 초점을 맞춘 현상대응적인 정책들만 강조되고 있는 것이 우리의 현실이다.

에너지 원료작물을 한국농업의 새로운 작물재배체계로 도입해야 할 가장 큰 이유가 여기에 있다. 에너지 원료작물은 그야말로 수요가 무한할 뿐만 아니라 기존 농작물과의 시장경합(과잉생산→가격폭락)도 없는 한국농업의 블루오션(Blue ocean)이다. 날로 확대되고 있는 휴경농지와 미이용 농지의 생산화를 통하여 식량안보가치 이외의 에너지 안보가치를 한국농업에 부여할 수 있기 때문에 농업에 대한 국민의 사랑과 신뢰를 확보할 수 있다. 국산원료작물을 사용할 경우, 에너지의 해외의존도를 줄이는 동시에 에너지 안보능력을 확충할 수 있기 때문이다. 원료재배과정에서 농촌경관을 조성하고 온실가스를 감축할 수 있다는 점, 부산물을 사료자원으로 활용할 수 있다는 점, 원료작물 생산과정과 가공·정제과정에서 새로운 일자리 창출을 기대할 수 있다는 점 등도 에너지 원료작물 생산을 한국농업의 새로운 영역으로 받아들이야 하는 중요한 이유이다.

### 2.3. 에너지 원료작물의 경제성 분석

바이오연료(Biofuel) 생산을 목적으로 하여 원료작물을 전문적으로 대량 생산하고 있는 국내농업의 실증적인 자료는 없다. 여기에서는 바이오디젤의 원료작물로 유채를, 그리고 바이오 에탄올 원료작물로 고구마를 선택하여 농촌진흥청에서 발표하고 있는 표준소득자료와 국제가격 등을 참고로 하여 경제성 분석을 시도하였다. 따라서 분석결과는 실제 대단위재배를 할 경우와는 많이 다를 수 있다. 특히 경영비 절감의 여지는 크다.

그림 5 (유채+고구마) 이모작 작부체계



### 2.3.1. 유채의 경제성 분석

우리나라에서 재배되고 있는 유채는 대부분 경관조성용이다. 그러므로 다비성(多肥性)작물인 유채종실 생산량은 국제평균 수준보다 훨씬 낮다<sup>6)</sup>. 그러므로 적절한 시비 방법의 개선 등으로 국제평균 수준인 200kg/10a를 기준으로 하여 단계적으로 생산성 향상 목표를 300kg/10a로 높여나가는 것이 합리적이다<sup>7)</sup>.

표 5 유채재배의 토지 단위당(10a) 수익성 비교

단위: 원/10a

| 구분  |                        | 표준소득 생산비 적용<br>(농촌진흥청 자료) | 비고                                          |
|-----|------------------------|---------------------------|---------------------------------------------|
| 조수입 | 수량(kg)                 | 200                       | 생산성 목표 200kg/10a                            |
|     | 단가(원/kg) <sup>1)</sup> | 2,489                     | 유채종실 수입가격 2,164\$/kg(2011), 환율 1,150원/\$ 적용 |
|     | 금액                     | 498,000                   |                                             |
|     | 경관 직불 보조금              | 170,000                   | 경관직불보조금 1,700천원/ha                          |
|     | 소계                     | 668,000                   |                                             |
| 생산비 | 자재비                    | 102,608                   |                                             |
|     | 대농구, 시설상각비             | 69,018                    |                                             |
|     | 수선비, 임차료               | 29,501                    |                                             |
|     | 인건비(고용, 자가)            | 207,375                   | 기계화영농단지로 인건비 절감 가능                          |
|     | 토지자본 용역비               | 47,500                    | 95,000원의 1/2 적용 <sup>2)</sup>               |
|     | 고정 및 유통자본 용역비          | 14,176                    |                                             |
|     | 소계                     | 470,178                   |                                             |
|     | 순수입                    | 197,822                   |                                             |

주1: 2011년 제주도 유채수매가격은 1,500원/kg, 유채수입가격은 2,164\$/kg.

2011년 유채유 수입량은 109,200톤 수입가격은 132.2\$/kg.

주2: 고구마 이모작재배로 전국 평균 토지임대료의 50% 가정.

유채생산성 200kg/10a에다 유채종실 수입가격을 적용할 경우, 10a 당 조수입은 경관 직불금을 포함하여 668천원/10a가 되고 여기에서 전국 평균생산비를 제외하면 유채재배의 순소득은 198천원/10a가 된다.

표 6 바이오디젤 단위(ℓ)당 주·부산물 가치 추정

| 생산물 구분  | 금액(원) | 비중(%) | 비고                                                   |
|---------|-------|-------|------------------------------------------------------|
| 글리세린    | 99    | 10.9  | kg당 글리세린 가치:1,128원 가정 (국제가격 981\$/톤)                 |
| 유채박     | 448   | 49.2  | 유채박 가치 : 448,000원/톤 가정(2011년 평균수입단가 390\$/톤)         |
| 유채짚     | 214   | 23.5  | 유채짚 가치 : 177,000원/톤 가정(2011년 수입조사료단가 322\$/톤의 1/2수준) |
| 유채 꿀 수입 | 150   | 16.4  | (꿀15kg/ha×20,000원/kg÷2,000) 가정                       |
| 합 계     | 911   | 100.0 |                                                      |

6) 우리나라 유채 평균 종실생산량은 155kg/10a로 2011년 국제평균 194kg의 80% 수준이다.(유럽연합 331kg, 미국 203kg, 중국 188kg 등)

7) 농촌진흥청 바이오에너지작물센터에 의하면 시험장 수준에서는 유채종자 선망은 448kg, 수안은 464kg의 생산 실적을 보였다.

유채씨는 압착공정을 거쳐서 유채유와 부산물을 생산한다. 부산물은 유채박(粕)과 유채이삭 등의 사료자원과 그 외에 경관조성, 탄소배출권 확보, 밀원(蜜源) 확보 및 고구마 이모작 재배 등이 유채재배의 부수적인 경제적 가치가 될 것이다. 탄소배출권 확보와 고구마 이모작 재배소득을 제외한 유채씨 생산과 가공으로 발생하게 되는 부산물 가치는 주산물인 바이오디젤 국제가격(1,431원/ℓ)의 64% 수준인 것으로 분석된다.

바이오디젤 생산원가는 2,604원/ℓ로 2011년 국제바이오디젤가격 1,431원/ℓ와 비교하면 1.8배나 비싼 것으로 결론지을 수 있다.

표 7 유채유 가공·정제 비용(원/ℓ)

| 비용                        | 금액        | 비고                                                                       |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| 유채 생산비(원/톤)               |           |                                                                          |
| 원료(유채) 생산비                | 2,351,000 | 생산비 4,701,800원/ha, 생산성 2톤/ha (표4)                                        |
| 경관 직불금 보조                 | -850,000  | 1,700,000원/ha, 850,000원/톤                                                |
| 최종 유채 생산비                 | 1,501,000 | 유채 톤당 생산비                                                                |
| 바이오 디젤 생산비(원/ℓ)           |           |                                                                          |
| 유채씨 구입비                   | 3,153     | 유채 톤당 바이오디젤 생산량 476ℓ<br>(오일함량 43% 추출률 98%, 전환계수 1.13)<br>1,501,000 ÷ 476 |
| 유채 생산, 가공부산물              | -911      | (표 5)                                                                    |
| 정제 가공비                    | 362       | (표 6)에너지연구원자료(자본비+인건비+제조관리비)                                             |
| 보조금과 부산물<br>편익을 감안한 순 생산비 | 2,604     | 2011년 국제 바이오디젤가격, 1,431원/ℓ 와<br>비교하면 2배나 비쌈                              |

주1: 만약 생산성이 3톤/ha으로 향상될 경우, 순생산비는 1,800원/ℓ 내외가 되어 국제바이오디젤 가격의 상승과 함께  
경제성 확보가 가능할 것임.

국제 유채씨와 유채박 및 유채유의 가격상승 추세가 계속되고 있으므로 유채재배의 경제성은 앞으로 호전될 전망이다.

표 8 유채씨, 유채유, 유채박의 국제가격 추이(2006~2011)

| 구분                | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 단위:\$/ton<br>연평균<br>상승률(%) |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|----------------------------|
| 유채씨 <sup>1)</sup> | 292  | 375  | 644  | 393  | 419  | 647  | 17.2                       |
| 유채유 <sup>2)</sup> | 770  | 852  | 1410 | 868  | 927  | 1367 | 12.2                       |
| 유채박 <sup>3)</sup> | 129  | 184  | 298  | 195  | 221  | 278  | 16.6                       |

주1: Hamburg CIF, Europe, Oil world.

주2: Rotterdam FOB Ex-mill, Oil world.

주3: Hamburg FOB, Ex-Oil, 34% protein, Oil world.

### 2.3.2. 고구마의 경제성 분석

유채 뒷그루작물로 공업용 고구마를 재배하여 고구마전분 발효에 의한 바이오에탄올 생산체계를 구축한다. 이를 통하여 유채생산에 의한 바이오디젤과 고구마 전분 생산에 의한 바이오에탄올을 생산함으로써 한국농업의 녹색유전화 일관생산체계를 확보한다. 유채의 뒷그루작물로 고구마를 도입하는 것은 유채의 낮은 농가소득을 보전하기 위한 목적도 있다.

고구마를 유채 뒷그루작물로 재배할 경우 농기계의 연중활용도 제고, 농지이용료의 분산 등 직접적인 경영비 절감 효과 외에도 고구마줄기와 건조전분박(粕)의 사료 활용과 탄소 배출권 확보 등 부수적인 농가소득 향상효과를 기대할 수 있다. 공업용 고구마의 단위당 생산성은 식용고구마보다 두 배 정도 높은 2.5ton~3ton/10a인 것으로 알려지고 있다<sup>8)</sup>.

유채 이모작 고구마의 목표 생산성을 25ton/ha로 하고 판매단가를 식용고구마의 50% 가격을 적용할 경우 10a당 1,963천원의 조수입이 발생하고 경영비를 제외할 경우 10a당 1,063천원의 소득증가 효과가 발생하게 된다. 공업용 고구마 생산은 기계화영농이 가능하므로 생산비 절감의 여지가 크기 때문에 소득증대 효과는 보다 커질 수가 있다.

표 9 고구마 이모작 재배의 단위당 수익성 비교(10a당)

| 구분      |                         | 공업용 고구마             | 표준소득        | 비고                       |
|---------|-------------------------|---------------------|-------------|--------------------------|
| 조수입     | 수량(kg)                  | 2,500 <sup>1)</sup> | 1,581(평년)   |                          |
|         | 단가(원/kg)                | 785                 | 1,569(2010) | 식용의 50% 적용 <sup>2)</sup> |
|         | 금액(천원)                  | 1,963               | 2,480       |                          |
| 생산비     | 자재비(천원)                 | 438                 | 438         |                          |
|         | 대농구 · 시설상각(천원)          | 95                  | 95          |                          |
|         | 수선 · 임차료(천원)            | 34                  | 34          |                          |
|         | 토지임차료(천원) <sup>3)</sup> | 45                  | 90          | 유채 이모작 재배로 1/2반영         |
|         | 인건비(천원)                 | 273                 | 273         |                          |
|         | 고정 및 유동자본용역비(천원)        | 15                  | 15          |                          |
|         | 소계(천원)                  | 900                 | 945         |                          |
| 순수입(천원) |                         | 1,063               | 1,535       |                          |

주1: 공업용 고구마의 생산성은 식용고구마의 두배(30ton/ha) 정도로 높으며 비슷한 과경작물인 카사바의 세계 평균 생산성(12.4ton/ha)보다도 높다.

주2: 식용고구마 가격의 50%적용.

주3: 토지임차료는 유채 1모작 생산비와 1/2씩 반영.

8) 농촌진흥청 국립식량과학원의 자료에 의하면 진홍미(3,147kg/ha), 신황미(2,979kg/10a), 주황미(2,813kg/10a), 신천미(2,379kg/10a) 등으로 표준소득자료에 의한 식용고구마 전국 평균(1,581kg/10a)보다 두 배 정도 높았다.

전분용 고구마는 평균 생산성 25ton/ha를 가정한 경우, 바이오에탄올 10kl/ha를 생산할 수 있다. 그러므로 10kl의 바이오에탄올을 생산하기 위한 고구마 25톤의 생산비는 9,000천원이다. 고구마는 원료처리공정→발효공정→증류공정을 거쳐서 바이오에탄올과 글리세린, 건조주정박 등 부산물이 생산된다. 바이오에탄올 수율 40%를 가정할 때 1톤의 바이오에탄올 생산을 위해서는 2.5톤의 고구마 원료가 소요된다.

바이오에탄올 생산원가는 고구마 원료생산비와 정제가공비를 더한 값으로 계산된다. 고구마줄기 등 부산물 판매수입과 정제과정에서 생산되는 글리세린과 탄산가스 등 부산물판매수입을 공제하면 고구마 바이오에탄올의 생산원가는 827천원/kl가 되고 <표 9 참조> 이는 국제바이오에탄올 가격 2011년 514\$/kl에 비해서 경제성이 30%정도 떨어진다. 그러나 식용고구마의 절반가격으로 공업용고구마를 수매할 경우에는 바이오에탄올의 생산원가는 1,889천원/kl가 되어 경제성은 크게 떨어진다. 단지 생산성을 30톤으로 향상시키는 문제와 식용고구마 가격보다 훨씬 싼 가격으로 유채 이모작 공업용고구마를 대량으로 계약재배 하는 것이 남은 과제이다<sup>9)</sup>.

표 10 바이오에탄올 생산원가(천원/kl) 추정

| 구분                 | 수량(kg)  | 단가(원/kg) | 금액(천원)         | 비고                                     |
|--------------------|---------|----------|----------------|----------------------------------------|
| 고구마 원료생산비          | 2,500   | 360      | 900            | 10a 당 2,500kg 생산시 생산비(표8)              |
| (원료구입비)            | (2,500) | (785)    | (1,962)        | 농가판매가격은 식용고구마의 50%적용                   |
| 정제가공비              | ( 일체 )  |          | 107            | MH에탄올 경우(제조 · 관리비+인건비)                 |
| 부산물 판매수입           | ( 일체 )  |          | -180           | 고구마 생산비의 50% 적용                        |
| 바이오에탄올 생산원가(천원/kl) |         |          | 827<br>(1,889) | 고구마 농장 직영의 경우<br>식용고구마의 1/2가격으로 구입할 경우 |

1ha의 농경지에다(유채+고구마)의 이모작 작부체계에 의한 바이오에너지를 생산할 경우, 바이오디젤 0.95kl와 바이오에탄올 10kl를 생산할 수 있다.

이를 2012년 현재 국제 바이오연료가격(OECD/FAO 사무국 추정치)을 적용하면 1ha의 농경지에서 바이오디젤 1,182\$와 바이오에탄올 5,000\$등 6,182\$의 외화를 절감할 수 있는 효과가 있다. 이는 환율 1,150원/\$를 적용하면 ha당 7,109천원의 외화절감 효과가 발생하게 되는 것이다.

이모작 재배를 통한 10a당 농가소득효과는 유채 199천원과 고구마 1,063천원 등 합

9) 바이오에탄올용 고구마의 생산비는 360원/kg이고 타피오카 칩의 2011년도 수입가격은 400원/kg이었다. 그러나 농가의 고구마 판매가격은 식용고구마의 50% 가격을 적용하더라도 785원/kg이다. 이 격차를 줄이기 위한 기술혁신과 농가소득보전 및 바이오에탄올에 대한 세제상의 혜택 등의 시책이 별도로 강구되어야 한다.

계 1,262천원이 주산물 순소득이 될 것이다.

이는 년 1기작 쌀보리(1,015천원) 보다 높고 가을감자(1,283천원), 고랭지배추(1,126천원), 양배추(1,196천원) 등과 비슷한 수준의 소득이 된다<sup>10)</sup>.

표 11 (유채+고구마)작형에 의한 바이오에너지 생산량(kℓ/ha)

| 구분         | 원료작물 생산량 |       |        | 바이오에너지<br>생산량(kℓ) | 국제가격<br>(\$/kℓ) | 생산액(\$) |
|------------|----------|-------|--------|-------------------|-----------------|---------|
|            | 목표 생산성   | 생산량   | 수율(%)  |                   |                 |         |
| 바이오디젤 생산량  | 2ton/ha  | 2ton  | 47.6%* | 0.95              | 1,244           | 1,182   |
| 바이오에탄올 생산량 | 25ton/ha | 25ton | 40%    | 10                | 500             | 5,000   |
| 합계         |          |       |        |                   |                 | 6,182   |

\*) 오일함량 43%, 추출율 98%, 전환계수 1.13 가정

### 3. 녹색유전 개발의 가치

매년 감소하고 있는 농지이용면적의 4년치에 해당하는 농경지 100,000ha<sup>11)</sup>에 (유채+고구마)작부체계에 의한 바이오에너지작물 재배단지의 조성을 계획한다고 하자.

여기에서 생산되는 유채와 고구마를 원료로 하여 생산되는 바이오디젤은 95,000kℓ 이고 바이오에탄올은 1,000,000kℓ이다. 이를 석유로 환산할 경우 경유 89,200kℓ와 휘발유 699,300kℓ를 해마다 지속적으로 생산할 수 있는 녹색유전을 만들 수 있다는 것이다<sup>12)</sup>.

이를 통하여 2010년 현재 경유소비량의 0.42%와 휘발유 소비량의 1.57%를 국내에서 자급할 수 있다.(2010년 경유소비량은 134,648bbl이고 휘발유 소비량은 68,931bbl이었다)

농업생산은 태양에너지를 탄소동화작용을 통하여 인간이 사용할 수 있는 에너지로 변환시키는 에너지 원천 생산적인 기능을 가지고 있다. 이 기능을 생산화하여 세계 각국에 서는 이미 다양한 바이오매스자원을 바이오연료로 전환시켜 상용화(商用化)하고 있다.

한국농업도 시장개방폭의 확대와 농업인력부족 등의 영향으로 해마다 증가하고 있는 유휴농지를 이용하여 바이오에너지를 생산하는 대열에 적극 참여해야 한다.

바이오연료용 농작물의 도입은 석유자원의 고갈로 인한 고유가에 대응하기 위해서, 그리고 농산물 시장의 완전개방시대에 대응하기 위해서 선택할 수 있는 최선의 대응 전략이다. 해결이 현상으로 되풀이되고 있는 원예농산물의 과잉생산⇨가격폭락의 늪

10) 농촌진흥청, 「2010 농축산물소득자료집」, 2011.8.

11) 최근 10년간(2000~2010) 농지이용면적은 2,098천ha에서 1,820천ha로 연평균 27,800ha씩 감소하였다.

12) 바이오디젤과 디젤의 발열량은 1:1.06이고 바이오에탄올과 휘발유의 발열량은 1:1.43이다.

에서 탈출하기 위해서라도 식용농산물과 시장경합이 없는 무진장한 수요를 가진 바이오에너지 원료작물 생산으로 농업의 영역을 확장시켜야 한다. 이를 통하여 농업의 지속성(Sustainability)을 높이는 동시에 식량안보기능 이외의 에너지안보기능이란 새로운 가치를 생산함으로써 농업발전의 필요성에 대한 국민적 공감대를 넓혀 나가야 한다.

해외농지를 확보하여 바이오에너지자원을 개발하는 것은 필요한 일이다. 그러나 이는 민간부문에 맡길 일이지 정부가 지원하고 이끌 일은 아니다. 보다 중요한 일은 농업생산에 대한 새로운 수요를 국내농업과 연결시키는 일이다.

정부는 국내 유희자원을 활용하여 에너지자원화 시키는 일에 보다 적극적으로 나서야 한다. 국내농지의 일부를 녹색유통전환시키는 일은 에너지자급능력 강화뿐만 아니라 농가소득 향상, 일거리 창출, 탄소배출권 확보, 사료자원 확보 등 수많은 공공적 가치를 추가로 생산하기 때문이다.

에너지 원료작물재배를 통한 녹색유통전환을 실현하는 길은 멀고 어렵다. 무엇보다, 현재 수준에서 국제바이오연료가격과 비교할 때, 경제성이 지나치게 떨어지는 것이 사실이기 때문이다.

가장 효과적인 FTA대책 차원에서라도 농경지의 일부를 바이오연료작물 재배지로 전환시키는 일에 적극적으로 나서야 한다. 에너지 작물 직불제를 새로 도입해서라도 농가소득보전시책을 강구해야 한다. 국산 바이오에너지에 대한 면세정책과 바이오에너지 혼합 의무화 조치 등 제도상의 유인(Incentives)도 강화해야 한다.

지식경제부의 에너지자급률 향상과 환경부의 친환경연료 확보 등 에너지관련정책들을 농식품부의 FTA 대응대책과 효과적으로 통합시켜서 우리나라의 유희되고 있거나 앞으로 유희될 농경지를 재생가능한 녹색유통전환으로 전환시키기 위한 정교한 실천모형을 개발하는 새로운 도전에 농업계의 능력을 모아야 할 때이다.

## 참고문헌

- 국립농업과학기술원, “바이오에너지 신재생에너지기술”, 녹색기술연구현황, 2009.
- 김재곤, “국내외 바이오에너지의 보급현황, 지속가능성 기준 도입현황과 기술개발 연구현황 분석”, 한국석유관리원 녹색기술연구소, 2011.
- 김철안, “바이오디젤 현황 및 과제”, 「바이오에너지산업 활성화 방안 국제 컨퍼런스 자료집」, 에너지경제연구원, 2010.12.

- 
- 농림수산물부, 「농림수산물주요통계」, 2011.8
- 농촌진흥청, 「2010 농축산물소득자료집」, 2011.8.
- 박정순, “국산 바이오디젤 원료 시장 확대의 경제 파급 효과 분석”, 에너지경제연구원, 2009.
- 성진근 외, 「유체의 산업연료화를 위한 바람직한 정책지원 연구」, 농촌진흥청, 2006.12.
- 에너지경제연구원, 「에너지통계연보」 제30권, 2011.11
- 윤종렬, “OECD-FAO 바이오연료 수급 전망”, 「세계농업 120호」, 2010.8
- 지식경제부, “제2차 바이오디젤 중장기 보급계획”, 2010.12.30.
- 한국농촌경제연구원, 「농업전망 2012」, 2012.1.
- 한석호 외, “OECD-FAO 2011-2020 세계 바이오에너지 수급 전망”, 「세계농업 130호」, 2011.6.
- Fangzu Zhang, Philip Cooke, “Future Prospects and Perspectives on Biofuels”, 「Green Innovation & Entrepreneurship’ Review Number1」, 20 October, 2008.
- OECD, OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2010-2019, 2010.6

## 참고사이트

- 농림수산물부 [www.mifaff.go.kr](http://www.mifaff.go.kr)
- 농촌진흥청 국립식량과학원 [www.nics.go.kr](http://www.nics.go.kr)
- 농촌진흥청 바이오에너지작물센터 [www.rda.go.kr](http://www.rda.go.kr)
- 엠에너지 [www.menergy.kr](http://www.menergy.kr)
- 엠에이치에탄올 [www.mh-ethanol.com/intro.asp](http://www.mh-ethanol.com/intro.asp)
- FAO [www.fao.org](http://www.fao.org)
- IEA(International Energy Agency) [www.iea.org](http://www.iea.org)
- OECD Agricultural outlook [www.oecd.org/site/oecd-faoagriculturaloutlook](http://www.oecd.org/site/oecd-faoagriculturaloutlook)