

# 농업부산물 부존량 조사 및 발전 가능량의 추정

Estimation of Power Generation Capacity from Agricultural Biomass

홍 성 구\* (환경대학교 지역자원시스템공학과)

Hong, Seonggu\*

## Abstract

Elemental data was collected for agricultural biomass such as pruned branches with respect to unit area production and heating values. The results indicated that higher heating values for the biomass was comparable to those of woody biomass. Approximate estimations of power generation from biomass showed that over 100kW power plants could be installed in some districts.

## I. 서론

우리나라 에너지의 수입의존도는 2001년 현재 97.3%를 차지하고 있으며, 총수입 중 에너지의 비중은 23.8% 수준으로서 매우 높은 편이다(MOCIE, 2003). 2003년 2월 대체에너지 보급센터의 신설 등과 같은 노력과 아울러 에너지 공급의 다원화와 청정에너지의 개발에 관심을 기울이고 있으나 앞으로 국내 에너지수급 상황은 크게 변하지 않을 것으로 보인다. 그러나 세계정세의 영향으로 유가는 계속해서 불안한 상태이며 석탄을 제외한 화석연료의 대부분은 가채연수가 50년 내외로 추정되고 있다. 특히 지구온난화와 온실가스 감축에 대한 논의가 구체적으로 진행되면서 장기적으로 화석연료에 대한 의존도를 낮추어야 하기 때문에 대체에너지의 개발과 보급이 더욱 절실한 즈음이다.

최근에는 환경문제와 관련하여 청정 대체에너지에 대한 관심이 더욱 높아졌으며, 이러한 관심은 대체에너지의 보급 촉진으로 이어질 전망이다. 대체에너지 또는 재생에너지 자원으로서 바이오에너지는 대체에너지 자원 중 가채량이 비교적 높으며, 현재 폐기물에너지에 이어 제2위의 대체에너지원이다(Kang, 1998) 바이오매스는 에너지로 변환할 수 있는 모든 종류의 동물이나 식물을 일컬으며, 관목, 곡물, 풀, 조류, 수중생물, 농업 및 임업 부산물, 그리고 인간이나 동물로부터의 배설물 등을 포함할 수 있다. 바이오매스는 미래의 중요한 재생에너지 자원으로 인식되고 있고, 특히 유럽의 경우 총 에너지 수요량의 약 50%까지 충족이 가능한 자원으로 평가되고 있다(Bridgewater, 1995).

농촌지역에서 발생하는 각종 바이오매스 자원은 관리되지 않고 방치되는 경우 주변 환경에 부정적인 영향을 미치므로 이들의 적절한 활용은 재생에너지의 개발 뿐만 아니라 환경보전 효과를 얻을 수 있다. 농업부산물과 같은 바이오매스는 에너지 밀도가 낮아서 이를 위해서는 수집, 수거의 비용이 문제가 되기 때문에 효율적인 계획과 이용방안이 설정되어야 한다. 이를 위해서는 바이오매스 자원에 대한 기초자료가 축적되어야 하는바, 본 연구에서는 농업부산물 바이오매스 자원에 대한 발생 및 부존특성으로서 단위발생량, 원소조성비, 단위중량당 발열량 등의 자료를 수집 또는 분석을 통해 농촌지역에서 바이오매스 중심의 대체에너지 개발 계획에 필요한 자료를 제시하고자 한다.

---

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

## II. 재료 및 방법

본 연구에서 대상으로 하는 주요 농업부산물 바이오매스는 과수 및 일부 발작물에 국한하였다. 벧짚이나 왕겨는 예비 조사를 통해서 대부분의 발생량이 퇴비, 사료, 또는 산업 원료로서 활용되고 있기 때문에 제외하였다. 특히 왕겨는 미곡처리장에서 집중적으로 발생되어 수집에 유리한 장점이 있으나 연간 발생량의 거의 전량이 판매되고 있는 실정이었다. 과수는 포도, 배, 사과, 복숭아를 중심으로 하였고, 발작물의 경우 부산물이 농지에 그대로 방치되거나 소각되는 고추와 유지작물을 대상으로 하였다.

### 가. 부존량 조사

농업부산물 바이오매스 발생량의 조사는 현장을 직접 방문하여 단위 면적당 작물 또는 과수의 식재 수를 확인하고, 개체별 발생량을 모아서 무게를 측정하였다. 열량분석과 함수비 측정을 위한 시료를 수집하였다. 자료의 대표성을 확보하기 위해서 품목별로 10개 내외의 다른 과수원 혹은 농지를 조사하였다. 조사 대상지역은 과수의 경우 경기도 안성시를 포함 충청북도 충주시를 포함하였으며, 발작물은 안성시를 중심으로 하였다. 발생시기에 대한 조사는 현장 조사 및 설문을 통해서 수행하였다.

### 나. 함수비 및 열량

현장조사 시기에 얻은 시료는 당일 2~3 cm 로 절단한 후, 105℃ 조건에서 24시간 건조하여 함수비를 측정하였다. 열량은 Bomb 열량계를 이용하여 측정하였다. 열량분석은 1 mm 내외의 미세분말로 만들어 바이오매스 종류별로 혼합시료를 만들어 2반복으로 하였다. 점화에 필요한 점화선과 분말로 만들어진 시료를 싸기 위해 이용된 내피지의 열량은 별도로 제하여 열량을 계산하였다. 열량분석을 위한 시료는 건조하지 않은 시료를 이용하였으며, 함수비를 별도로 열량분석과 함께 측정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 가. 농업부산물 바이오매스의 발생량 및 발열량

단위면적당 발생량과 발열량은 Table 1에 제시된 바와 같다. 유지작물이나 고추와 같이 열매를 수확하고 나머지는 농지에 부산물로 남게되는 경우에는 농지에 남아 있는 가지 등이 전량 활용이 가능하다. 따라서 발작물의 부산물은 뿌리부는 제외하고 지표면 상부에 노출되어 있는 가지 전체를 부산물로 간주하였다. 반면에 과수는 전지된 가지를 모아서 과수 1 주당 발생량을 측정하고 과수 1 주당 거리를 측정하여 단위면적당 바이오매스 발생량을 산정하였다.

전지 직후에 채취된 과수의 가지는 대체로 40% 이상의 함수율을 보였다. 포도는 상대적으로 낮은 함수비를 보였다. 함수비가 가장 높게 나타난 복숭아는 전지 당일에 채취한 시료가 많았기 때문이다. 단위면적당 발생량이나 함수비는 과수원의 재배년수, 관리상태 등에 따라서 크게 차이를 확인할 수 있었다. 반면에 고추나 유지작물은 가을철 수확 후 농지에 방치되어 함수비가 20% 미만으로서 매우 낮았다. 현장 조사결과, 특히 고추 가지와 같은 부산물은 모아서 소각하고 있기 때문에 농지에서 일정기간 자연 건조시킨 다음, 채

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

계적인 수집, 수거체제를 갖추어 활용한다면 이용 가능성이 매우 높다.

바이오매스의 단위중량당 열량은 4,500 kcal/kg 내외의 범위로 나타났다. 문헌에 의한 저위발열량은 포플러가 4,620 kcal/kg, 기타 목재의 경우 대체로 4,500 kcal/kg의 범위에 있다(Honda, 1986). 고추와 유지작물의 부산물이 목질계인 과수 가지에 비해 약간 낮은 열량을 가지고 있으나 비슷한 수준임을 알 수 있다. 이들 발작물의 부산물은 Table 1에서 언급한 바와 같이 함수비가 낮아 건조를 위한 전처리가 필요 없이 소각이나 열화학적 공정에 활용될 수 있다.

Table 1. Production and on-site moisture contents of biomass

Biomass	No. of samples	Unit production (kg/m <sup>2</sup> )	Moisture content (%)	DHHV (kcal/kg)	WHHV (kcal/kg)
Pear	17	0.213~1.344	54.5	4,532	2,702(35.1)
Grape	13	0.337~5.104	37.3	4,486	3,176(22.9)
Apple	4	0.051~0.591	48.1	4,599	2,933(32.8)
Peach	5	0.085~0.957	41.4	4,601	3,599(24.1)
Pepper	10	0.215~0.454	15.5	4,469	4,089(11.3)
Sesame	6	0.088~1.040	16.7	4,384	3,957(12.4)

DHHV : Dry basis high heating value

WHHV : Wet basis high heating value

( ) : moisture contents in % after 2 week indoor drying

#### 나. 발전가능량의 추정

단위면적당 발생량과 단위중량당 발열량을 이용하여 단위면적당 열량을 산정하였으며, 단위면적당 열량과 재배면적을 이용하여 안성시 일부 읍면단위에 대해서 지역단위 에너지부존량을 산정하였다(Table 2). 바이오매스를 이용하여 가스화장치 또는 가스화(Gasifier)를 이용하여 연료가스를 얻는 경우 열효율이 약 72%로 알려져 있다. 내연기관의 열효율이 약 25% 수준, 그리고 발전기의 효율이 90%라고 하면 바이오매스를 이용한 발전효율은 약 16.2%로 추정할 수 있다. 즉, 1kWh 전력생산에 필요한 이론적인 열량은 860 kcal이므로,

$$860 \text{ kcal/kWh} / 0.162 = 5,309 \text{ kcal/kWh}$$

또한 전력생산을 위한 시설의 가동률을 연간 60%로 가정한다면, 바이오매스 소비량을 (B, kcal)라고 할 때 발전시설의 규모(E, kW)와의 관계는

$$5,309 \text{ kcal/kWh} \times (E \text{ kW} \times 8760 \text{ hr/year} \times 0.6) = B \text{ kcal}$$

$$E = B / (2.8 \times 10^7 \text{ kcal}) \text{ 또는}$$

$$E = B / 2.8 \text{ TOE}$$

안성시 관내 과수농가가 밀집한 일부 면단위 지역에 대해 부존량의 50%가 가채량이라고 가정하고 설치가능한 발전시설의 규모를 산정하면 아래의 표와 같음. 배와 포도재배면

적이 넓은 서운면과 미양면은 각각 600, 300 kW 이상의 바이오매스 발전시설의 도입이 가능한 것으로 추정된다. 과수단지가 넓게 분포하는 지역에서는 단위면적당 에너지 가채량이 높고 수송비 등과 같은 비용이 낮으므로 타당성은 더욱 좋아지며, 본 연구에서 포함하지 않은 간벌목과 같은 바이오매스를 추가하는 경우 도입여건이 더욱 개선될 여지가 있다고 판단된다. 특히 부산물 바이오매스가 집중적으로 발생하는 지역에서는 100kW 규모의 마을단위 에너지이용시설 보급은 더욱 경쟁력을 가질 것으로 추정된다.

Table 2. Biomass energy potential in Ansung

	Area (ha)							TOE	Power Generation Capacity (kW)
	Apple	Pear	Peach	Grape	Sesame	Perilla	Pepper*		
Kongdo	1.3	196.6	6.9	21.1	12.4	10.5	4.7	914.6	163
Bogae	0.8	64.7	1.6	9.8	25.0	7.0	0.0	363.0	64
SeoUn	2.8	270.7	7.6	354.9	0.7	0.5	0.2	3842.3	686
Miyang	3.8	200.3	16.0	121.7	10.2	0.0	0.0	1735.2	309
Samjuk	4.1	23.7	2.3	4.9	1.5	0.3	0.2	135.9	24

\* incomplete data

\*\* assuming a half of total biomass is available for power production

TOE : tons of oil equivalent (10<sup>7</sup> kcal)

#### IV. 요약 및 결론

농촌지역에서 발생하는 주요 농업부산물 바이오매스 가운데, 과수 전정가지와 발작물 부산물을 중심으로 단위면적당 발생량 및 열량을 조사하였다. 단위면적당 발생량 및 열량 자료와 재배면적을 고려하여 발전가능 용량을 추정해 보았다. 대체로 부산물 바이오매스의 열량은 목재가 가지는 열량과 비슷한 수준으로 나타났다. 재배면적이 비교적 적은 발작물의 경우 운반 등의 여건이 불리하나 함수비가 상대적으로 우수한 가용자원으로 평가되었다.

경기도 안성시 일부 읍면에 대해서 재배면적과 단위면적당 열량을 이용하여 발전 가능량을 추정한 바 최고 600kW 규모의 시설이 도입 가능한 것으로 나타났다. 바이오매스 자원이 넓은 지역에 분산되어 있는 특성을 감안한다면, 과수단지 등이 밀집한 지역에서는 마을단위의 발전시설이 유리할 것으로 보인다.

#### 참고문헌

- Ministry of Commerce, Industry, and Energy(MOCIE), 2003, Statistics of MOCIE : Resource and Energy <<http://www.mocie.go.kr>> (in Korean)
- Kang, Y. H., 1998, Potential and status of Korean renewable energy technologies, Workshop on Renewable Energy <<http://www.ksdn.or.kr/resource/eco/eco01/e010012.htm>> (in Korean)
- Honda, A., 1986, Biomass Energy, Energy Saving Center, (in Japanese)
- Bridgewater, A. V., 1995, The technical and economic feasibility of biomass gasification for power generation, Fuel 74(5) pp. 631-653.