

## 糖料作物의 生物에너지資源 利用可能性

朴慶培\* · 李明煥\*\*

### Feasibility in Utilization of Sugar Crops as Bio-energy Resources in Korea

Kyeong Bae Park\* and Myung Hwan Lee\*\*

**ABSTRACT** : Several experiments were conducted to elucidate a possibility of sweet sorghum, sugar beet and sugar cane as the resources of bio-energy which were collected from Philipine, India, Japan and Gene-bank in Korea. The experiments were carried out in Chinju, Korea from 1986 to 1988. When sweet sorghum cultivars were taken from 70 to 118 days after sowing on May 20, 1988 upto heading stage, the sugar content of stem was 6 to 14% and yielded 4 to 10ton per 10a in terms of the total fresh weight of plant. Sugar beet root contained 9.2 to 19.8% in sugar producing 3,542 to 6,397kg per 10a. Meanwhile, the sugar content in stem of sugar cane was 15.2 to 16.7% and final growth the late October in this particular region. Particularly, F1 hybrid cultivar(s-1) of sweet sorghum could be harvested twice in a year. The alcohol quantity obtained from the juice of sweet sorghum was 180ℓ per 10a and was increased as sowing date was earlier. The results suggested that it would be possible to utilize the sugar crops as bio-energy resources using improved cultural methods and effective fermentation techniques.

最近 中東地域의 紛爭으로 한때 全世界가 石油 波動의 再現 可能性에 超緊張한 바 있다. 이미 '89年末에 第3의 오일 쇼크를 警告하는 日本의 研究報告書가 나와 있고, 美國 하버드大學의 研究報告書 등에서 低油價時代의 終末을 警告하는 研究結果가 發表된 바 있으며, 英國의 이코노미스트誌는 油價가 배럴당 30달러에 이르면 가장 심각한 타격을 받을 工業國家로는 한국이라고 指摘한 바 있다. 당장 石油波動이 오지 않는다 하더라도 앞으로 多角的인 國際 情勢 變化 등으로 高油價時代의 到來 可能性이 항상 潛在해 있기 때문에 全的으로 石油를 輸入에 依存하고 있는 우리나라로서는 石油를 代身할 代替에너지의 開發研究에 박차를 加해야 할 것이다. 現在까지 國內의 代替에너지 開發은 太陽熱과 biomass의 初步的인 利用 技術水準으로, 太陽에너지 利用의 경우는 太陽熱 住宅, 太陽熱 集熱器 等이고, 또한 biomass는 農畜產 廢棄物을 醱酵시켜 氣體燃料로 利用하고

있으며, 이 밖에는 風力發電, 火水力發電施設 等이 稼動中에 있다. 外國의 경우에는 太陽熱發電이 實用化되고 있고, 燃料電池는 試驗稼動中에 있으며, 日本에서는 海洋에너지를 波力發電시스템에 應用中에 있다. 生物 biomass를 原料로 이미 gasohol (gasoline + alcohol)이 開發되어 브라질 같은 나라에서는 自動車 燃料로 活用하고 있다. 本 研究에서는 代替에너지 開發에 關心을 갖고 bio-energy資源인 糖料作物의 生産性和 生物에너지資源으로써 活用 可能性을 1986년부터 1988년까지 檢討한 結果를 報告한다.

#### 材料 및 方法

世界 여러나라로 부터 生物에너지 開發 資源인 糖料作物을 蒐集하여 1986~1988까지 晉州에 있는 慶南道農村振興院 田作圃場에서 適應性 및 生育特性을 調査하였다. 단수수는 필리핀大學으로

\* 嶺南作物試驗場 (Yeongnam Crop Experiment Station, RDA, Milyang, Korea)

\*\* 慶事南道農村振興院 (Gyeongnam Provincial Rural Development Administration, Chinju, Korea) <'91. 8. 5 接受>

부터 固定種인 COSOR-1外 2種과 日本 東北大學 作物學教室에서 1代雜種인 s-1外 7種을 蒐集하였으며, 사탕무는 農村振興廳 種子銀行으로 부터 Hacemo(네덜란드產)外 10種을 分讓받았고, 사탕수수는 인도 "LUCKNOW사탕수수 研究所"로부터 COC 8201外 3種을 蒐集하였다. 供試된 各作物의 栽培法은 단수수는 1988年 5月 20日에 栽植距離 60×15cm로 播種하였고, 施肥量은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-堆肥=30-15-15-1, 500kg/10a으로, N는 基肥 : 追肥=1 : 1, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O는 全量 基肥로 各各 施用하였다. 刈取時期 및 方法은 出穗期에 地上 5~10cm높이에서 刈取하였다. 사탕무는 1986年 5月 7日에 栽植距離 50×20cm로 播種하였고, 施肥量은 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O-堆肥=10-7.5-10-1, 000kg/10a이었으며 全量 基肥로 施用하였다. 사탕수수는 1986年 5月 20日 定植하였고, 그 밖의 栽培法은 단수수 栽培法에 準하였다. 供試된 各作物의 生育特性 調査는 農村振興廳 農事試驗研究調查基準에 의거 調査하였다. 糖度는 hand sugar refractometer를 使用하여 단수수와 사탕수수는 莖의 搾汁液을, 사탕무는 뿌리의 搾汁液에 對하여 各各 測定하였다. 단수수 播種期別 試驗은 1987年 4月 15日, 5月 1日 2회에 걸쳐 實施하였다. 단수수 搾汁液의 alcohol醱酵는 搾汁液 500ml를 電熱板으로 加熱하여 糖度を 20% 될때까지 濃縮하였고, 濃縮液의 pH는 4~5로 調整하기 위하여 乳酸을 少量 加하였다. 窒素源으

로써 硫酸을 0.05% (搾汁液에 對하여) 添加하였으며 市販되고 있는 酵母를 0.5% (搾汁液에 對하여)를 少量의 물 또는 砂糖水에 녹여 加한 後 30~35°C 定溫器에서 24~48時間 醱酵하였다. 搾汁液의 醱酵가 끝나면 alcohol蒸溜裝置(冷却器 附着 evaporator)를 利用하여 蒸溜溫度를 80~90°C條件에서 完全히 蒸溜시켜 alcohol을 收得하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 糖料作物의 生育特性

外國으로 부터 蒐集한 糖料作物의 生育特性을 調査한 結果단수수는 表1에서 出穗期는 固定種인 COSOR 系는 8月 29日 부터 9月 15日이었고, 1代雜種인 s-1는 7月 29日, s-2는 8月 28日, SCS 系는 7月 30日 부터 9月 12日까지 各各 分布하였다. 따라서 播種으로 부터 出穗期까지의 日數는 固定種인 COSOR系는 101~118日, 1代雜種인 s-1는 70日, s-2는 100日, SCS系는 71~115日이었다. 孫<sup>2</sup>의 단수수에 對한 早·晚生種의 分類에 따르면 COSOR系와 SCS504, 561은 晚生種에 屬하였으며, 그 外는 早生種에 屬하였다. 그 가운데 s-1은 極早生種으로 再生力이 強하여 年 2回 刈取가 可能하였다. 草高는 COSOR 系는 122~172cm, 1代雜種은 229~389cm로써 1代雜種이 顯著히 컸으며 s-1은 1回刈取後에도 200cm

Table 1. Growth characteristics of sweet sorghum (Chinju, 1988)

Variety	Heading date	Plant height (cm)	No. of fresh leaf plant <sup>-1</sup>	Fresh weight (kg/10a)	Dry weight (kg/10a)	Sugar content (Brix%)
Fixed race						
Cosor-1	Sep.15	222	18.9	6,889	1,812	10.0
Cosor-2	Sep. 2	172	8.8	7,555	2,319	6.0
Cosor-3	Aug.29	147	9.8	4,333	1,170	6.0
F1 hybrid						
s-1	Jul.29	234	7.4	11,444	3,399	14.0
s-2	Aug.28	366	13.7	15,000	3,960	9.5
SCS-500	Jul.30	245	7.9	7,667	2,223	10.5
SCS-501	Jul.30	229	7.1	5,889	1,472	9.6
SCS-504	Sep.12	389	14.2	13,555	3,768	10.0
SCS-507	Sep.10	374	13.0	12,000	2,556	9.0
SCS-509	Aug. 2	224	5.8	5,111	1,354	9.6
SCS-561	Sep.12	375	12.9	14,221	3,584	11.5

\* Sowing date : May 20, \*\* Harvesting date : Sept.20, 1988

**Table 2.** Growth characteristics of sugar beet (Chinju, 1986)

Variety	No. of fresh leaves	Fresh Wt. of leaf (g/plant)	Root weight (kg/10a)	Root length (cm)	Sugar content (Brix%)	Cercospora leaf spot (0-9)
Hacemo	14	151	4,391	28.5	18.2	5
Satorave	19	149	4,729	26.2	17.9	3
Semarave	13	80	4,268	26.8	14.2	3
Polyraven	11	109	3,846	23.7	15.9	3
Ceramo	19	297	6,333	23.6	19.8	1
H 511 f	13	73	3,542	24.9	14.5	3
Trirave	15	109	4,263	25.4	16.7	3
Polyrave. E	14	279	4,501	26.3	16.9	3
Beta vulgaris (009)	11	69	4,371	25.0	9.2	1
Beta vulgaris (010)	11	107	4,929	27.0	9.4	1
Beta vulgaris (011)	15	97	6,397	28.2	13.9	1

\* Sowing date : May 7, 1986

**Table 3.** Growth characteristics of sugar cane (Chinju, 1986)

Variety	Plant height (cm)	No. of internode plant <sup>-1</sup>	Stem diameter (cm)	Sugar content (Brix%)	Fresh weight (g/plant)
COC 8201	83	8	2.8	16.5	357
CO 6304	80	10	3.0	15.4	448
C 85061	116	13	2.8	16.7	773
COC 8001	88	11	3.0	15.2	532

以上 자랐다. 生體量은 COSOR系가 4,333~7,555kg/10a인데 比하여 1代雜種인 s-2는 15,000kg/10a, SCS-561은 14,221kg/10a으로 固定種보다 1代雜種의 生育이 倍以上 旺盛하였다. 供試品種의 糖度は 6.0~14.0% 범위였으며, 그 가운데 s-1이 14.0%로 가장 높았다.

사탕무의 生育特性은 表2와 같다. 收穫時 生葉數는 11~19枚로 生育後期까지 生葉을 維持하는 品種이 많았다. 根重은 3,542~6,397kg/a으로 供試品種 가운데 Beta vulgaris(011)가 가장 무거웠고, 根의 糖度は 9.2~19.8%범위로 Ceramo가 가장 높았다. 褐斑病은 7월부터 줄기 및 잎에서 發病하기 시작하였으며, Ceramo 및 Beta vulgaris系를 除外한 全品種이 罹病性으로 나타나 栽培環境의 適應性이 問題視되었다.

農村振興廳<sup>6)</sup>에서 1960~1962년에 걸쳐 提川 등 4個地域에서 試驗한 結果, 褐斑病의 發病이 甚하여 國內에서 사탕무栽培時는 栽培適地 選定과 抵抗性 品種의 導入이 바람직하다고 指摘하였다.

사탕수수의 生育特性은 表3과 같이 5월 20日

定植하였을때 初霜前인 10月下旬까지 生育이 繼續되었다. 栽培期間의 草高는 80~116cm이었고, 節間數는 8~13節이었으며, 莖의 直徑은 2.8~3.0cm, 莖의 糖度は 15.2~16.7%로 상당히 높은 便이었다. 生體重은 株當 357~773g이었다. 現在까지 國內에서 사탕수수에 對한 露地栽培 成績이 없어 直接的인 結果를 比較할 수는 없으나 5월에 定植하게되면 栽培는 可能할 것으로 생각된다.

## 2. 단수수의 生物에너지로 開發利用

供試 糖料作物의 國內 栽培 可能性을 檢討해 본 結果, 단수수가 가장 栽培가 容易하였다. 단수수의 生物量(biomass)을 向上시키기 위하여 播種期 및 刈取回數를 달리하여 調査하여 보았다. 表4, 5에서 나타난 바와 같이 4월 15日 播種에서 出穗期는 COSOR-1은 8월 20日, s-1은 7월 14日로 나타나 s-1은 年 2회刈取가 可能하였으나 COSOR-1은 不可能한 것으로 나타났다. s-1의 刈取回數別 生育狀況은 1회刈取時 草高는 217cm, 生體重은 6,396kg/10a이었고, 2회刈取時 草

**Table 4.** Plant height and fresh plant weight in control and regrowth stems of sweet sorghum (Chinju, 1987)

Sowing date	Variety	Cutt- ing times	Heading date	25DBH*		Heading time		Harvest time		Total
				PH**	FPW***	PH	FPW	PH	FPW	FPW
Apr. 15	COSOR-1	1	Aug. 20	-	-	-	-	96	5,639	5,639
		2	Aug. 20	76	5,271	-	-	40	2,552	7,823
	S-1	2	Jul. 14	-	-	95	5,560	24	1,736	7,296
May 1	COSOR-1	1	Aug. 23	-	-	-	-	94	4,896	4,896
		2	Aug. 23	76	3,601	-	-	42	2,542	6,143
	S-1	2	Aug. 23	-	-	92	4,799	18	1,771	6,570
		2	Jul. 18	-	-	207	5,521	227	5,215	10,736

\* DBH : days before heading, \*\* PH : plant height (cm), \*\*\* FPW : fresh plant weight (kg/10a)

**Table 5.** Sugar, juice and alcohol yield in control and regrowth stems of sweet sorghum (Chinju, 1987)

Sowing date	Variety	Cutting times	25DBH*			Heading time			Harvest time			Total	
			S**	J***	A****	S	J	A	S	J	A	J	A
Apr. 15	COSOR-1	1	-	-	-	-	-	-	14.7	968	43	968	43
		2	6.1	887	-	-	-	-	-	-	-	887	-
	S-1	2	-	-	-	8.0	1,270	-	-	-	-	1,270	-
May 1	COSOR-1	1	-	-	-	-	-	-	12.2	792	32	792	32
		2	5.3	562	-	-	-	-	-	-	-	562	-
	S-1	2	-	-	-	7.2	892	-	-	-	-	892	-
		2	-	-	-	10.6	1,914	69	14.8	1,904	80	3,818	149

\* DBH : days before heading, \*\* S : sugar (Brix%), \*\*\* J : juice (ℓ/10a), \*\*\*\* A : alcohol (ℓ/10a)

高 212cm, 生體重 6.042kg/10a으로 刈取回數間 生育量은 비슷하였다. 5月 1日 播種에서는 出穗 期는 COSOR-1이 8月 23日, s-1은 7月 18日로 4 月 15日 播種時보다 3, 4日程度 늦었다. 生育量 是 COSOR-1, s-1 다같이 4月 15日 播種時보다 적었다. 이와같이 播種時期가 15日 差異가 있어 도 出穗는 3, 4日程度밖에 差異를 보이지 않았는 데 이는 sorghum 屬의 日長感應性和 密接한 關係를 갖고 있는 것으로<sup>1,10)</sup>, Quiby와 Karper<sup>9)</sup>은 sorghum屬의 日長感應時期는 일반적으로 幼穗分 化期前이며 이 時期의 日長이 出穗期를 決定한다 고 報告한 바 있다. Karper 等<sup>9)</sup>, Martin과 Sieglinger<sup>2)</sup>들은 播種期別 研究에서 單수수의 生育 量은 播種期가 晚播될수록 早播보다 떨어진다고 하였다. 莖의 糖含量, 搾汁液量 및 alcohol收得 量은 4月 15日 播種에서 COSOR-1는 1回刈取時 14.7%, 968ℓ/10a, 43ℓ/10a이었고, s-1은 2回 刈取가 可能하였는데, 1回째에 11.4%, 2,147ℓ/ 10a, 94ℓ/10a, 2回째에 14.6%, 2,102ℓ/10a, 92ℓ/10a로써 alcohol收得量은 186ℓ/10a이었 다. 5月 1日 播種에서는 COSOR-1가 12.2%,

792ℓ/10a, 32ℓ/10a, s-1은 1回째 10.6%, 1, 914ℓ/10a, 69ℓ/10a, 2回째 14.8%, 1,904ℓ/10 a, 80ℓ/10a로써 alcohol收得量은 149ℓ/10a이었 다. 單수수의 莖의 搾汁液에는 非結晶性糖으로 製糖用으로 利用되지 못하고 syrup으로 利用되어 왔으며<sup>3)</sup>, 特히 糖汁은 複糖이 적고 單糖 (fructose, glucose)이 많아 alcohol醱酵가 容易 한데 Soileau<sup>8)</sup>, Hoshikawa<sup>2)</sup>들은 生物에너지 開發利用이 바람직하다고 하였다. 비록 本 研究에 서 10a當 最高 186ℓ까지 alcohol을 收得하였지 만 日本의 500ℓ水準에는 미치지 못하였으며 今 後 栽培技術의 確立과 alcohol醱酵技術의 改善 等으로 alcohol收得量을 向上시킬 수 있을 것으 로 展望된다.

### 摘 要

外國으로 부터 蒐集한 糖料作物의 生育特性 을 調査하여 生物에너지資源으로 利用 可能性을 檢討하고자 1986~1988年에 걸쳐 慶南 晉州에서 實施한 試驗結果는 다음과 같다.

1. 단수수는 1988年 5月 20日播種에서 供試品種들의 播種으로 부터 出穗까지의 日數는 70~118日이었다. 莖의 糖度는 6.0~14.0%이었고, 生體重은 10a當 4~15t이었다. s-1은 栽培期間 2回까지 刈取가 可能하였다.

2. 사탕무는 收穫까지 生葉을 維持하였고, 根重은 3,542~6,397kg/10a이었으며, 根의 糖度는 9.2~19.8%이었다.

3. 사탕수수는 10月下旬까지 生長을 繼續하였고, 그 後는 生長이 停止되었다. 莖의 糖度는 15.2~16.7%이었다.

4. 단수수의 播種期別 生育量은 早播할수록 많았고, 莖의 糖度も 높았다.

5. 단수수의 搾汁液으로 부터 alcohol收得量은 10a當 186ℓ까지 얻을 수 있었다.

#### 引用 文 獻

1. Garner, W.W and H.A. Allard. 1923. Further studies in photoperiodism, the response of the plant to relative length of day and night. J. of Agri. Res. 23(11) : 871-920.
2. Hoshikawa, K. 1982. Sweet sorghum as a new fuel biomass. AICAF vol. 2 : 19-28.
3. Jasberg, B.K., R.R. Montgomery and R.A. Anderson. 1983. Preservation of sweet sorghum biomass. Biotechnology and Bioengineering Symp. No. 13 : 113-120.
4. Karper, R.E., J.R. Quinby, D.L. Jones and R. E. Dickson. 1931. Grain sorghum date-of-planting and spacing experiments. Texas Agr. Exp. Sta. Bul. 424.
5. Martin, J.R. and J.B. Sieglinger. 1929. Spacing and date of seeding experiments with grain sorghums. USDA Tech. Bul. 131.
6. 農村振興廳. 1961. 사탕무 試驗事業報告, 第2年次 : 1-175.
7. 孫世鎬. 1971. 단수수 (*Sorghum vulgare* PERS) 品種의 生態變異 및 有用形質의 遺傳에 關한 研究. 韓作誌 10 : 1-43.
8. Soileau, J.M., 1982. An inventory of agricultural land in the Tennessee valley region and its availability for fuel crops. TVA off. of Agri. and Chem. Dev. Bul. Y-173. Muscle Shoals, AL. : 37.
9. Quinby, J.R. and R.E. Karper. 1947. The effect of short photoperiod on sorghum varieties first generation hybrids. J. Agr. Res. 75 : 295-300.
10. \_\_\_\_\_. 1964. Identification of sorghum varieties for maturity. Sorghum Newsletter. 7 : 55-56.