

옥수수 및 Sorghum에 있어서 炭水化合物과 NEL 蓄積에 관한 研究

I. Fructosan, Mono- 및 Disaccharose의 合成 및 蓄積形態

金正甲 · G. Voigtlaender*

畜産試驗場

Studies on Reserved Carbohydrates and NEL (Net Energy Lactation) in Corn and Sorghum

I. Synthesis and Accumulation Pattern of Fructosan, Mono- and Disaccharose

Kim, J. G. and G. Voigtlaender *

Livestock Experiment Station

Summary

Phytotron and field experiments were conducted to determine the influence of morphological development and environmental temperature on synthesis, translocation and accumulation behaviour of Fructosan, Mono- and Disaccharose in corn cv. Blizzard and fodder sorghum cv. Sioux and Pioneer 931 at Munich technical university. Sorghum and maize plants were grown for 42 days at 4 temperature regimes (30/25, 25/20, 28/18 and 28/8 deg C) and mid-summer sunlight over 13-h days.

The obtained results are summarized as follows:

1. Non-structural carbohydrates in maize and sorghum were accumulated mainly as Mono- and Disaccharose. The concentrations of Mono- and Disaccharose were increased markedly after differentiation of growing points and shown at early milk stage the highest contents with 27.8-29.1% and 16.8-20.4% for maize and sorghums respectively.
2. Non-structural carbohydrates were accumulated mainly in stalk. However, during the late maturity the most of Mono- and Disaccharose were translocated into grain and reserved as starch. The increase of starch was associated with decrease of total non-structural carbohydrates.
3. Fructosan synthesis was not affected by morphological changes and environmental factors, which shows a value of 1.5-2.5% in whole stage of maize and sorghum.
4. Sorghum and maize plants were shown to have a great photosynthetic rates to high temperature. Reserved Mono- and Disaccharose were, however, declined when temperature exceeded 30 deg C. Under cold stress at 18/8 deg C non-structural carbohydrates were not translocated and also were accumulated in leaves too much that cause to restrict of photosynthesis.
5. Net Energy Lactation (NEL) of sorghum and maize were directly associated with synthetic rates of non-structural carbohydrates, especially Mono- and Disaccharose. The highest values of NEL were found at physiological maturity stage with 6.6- 6.9 MJ and 5.7- 6.0 MJ-NEL/kg for maize and sorghum respectively.

* 뮌헨대학교 (Munich Technicl University)

1. 緒論

수수 및 수단그라스는 C₄同化植物로서 同化物質의 合成 및 蓄積形態와 Weender 名成分變化에 있어 옥수수과 매우 類似하다. 그러나 이들 飼料를 家畜에게 給與시 Sorghum類의 家畜增體量 및 乳生産量은 옥수수給與에 비해 크게 떨어진다(Bonnefoy 및 Didier 1978, Denham 1971, Marten 등 1975, Owen 및 Kuehlman 1967, Schmid 등 1976).

이와같이 Sorghum類의 飼料的 價値가 옥수수 보다 현저하게 떨어지는 것은 NEL(Net Energy Lactation) 및 Starch value 가 낮은데 原因된 것으로 Martin等(1970)은 특히 수수와 수단그라스에 多量 함유되어 있는 Phenol 成分이 이들 飼料의 消化率 및 에너지 蓄積을 低下 시킨다고 하였다(Fribourg 1976 Rabas 등 1970, Schaffert 등 1974, Wall 및 Blesin 1970). 한편 수수 및 수단그라스에 있어서는 Kim(1982) 등이 報告한바와 같이 合成된 同化物質이 Cellulose, Hemicellulose 등의 構造炭化合物 合成에 多量 消耗된다. 이같은 原因으로 細胞內容物質의 主成分을 이루는 水溶性非構造炭化合物의 蓄積이 적게 일어나 이들이 消化率 및 NEL 蓄積을 크게 惡化시킨다(Kuehbauch 1976, Sahara 등 1979, Schuster 등 1976, Summer 및 Holmer 1973, Sullin 및 Rooney 1974).

本研究에서는 옥수수와 Sorghum類에 있어서 生育段階別로 環境溫度를 달리하였을 때 變化되는 Fructosan, Mono- 및 Disaccharose의 合成 및 蓄積形態를 分析하여 이들 水溶性 non-structural carbohydrate 變化가 NEL 및 starch value 에 미치는 影響을 研究檢討 하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗方法

本試驗은 1978~'81年間 暹羅大學草地研究所에서 圃場 및 Phytotron 試驗으로 實施되었다.

포장試驗은 옥수수의 Blizzard와 Sorghum의 Sioux(Sorghum b. x Sorghum s.) 및 Pioneer 931(Sorghum b. x Sorghum b.)을 供試品種으로 하여 난괴법 4反復으로 實施하였다. 播種方法에 있어서는 Sorghum은 種子 3.0kg/10a을 이랑거리 25cm로 drill播種 하였으며 옥수수는 60cm×15cm로 植栽하여

hectar當 110,000本을 維持하였다.

Phytotron 試驗은 VOETSCH-4-RO-S모형을 사용하여 晝/夜間의 室内溫度를 30/25, 25/20, 28/18 및 18/8℃로 하였으며 日照는 30,000-35,000 Lux로 13시간 照謝하였다.

供試品種은 圃場試驗과 同一하며 溫度處理는 出現期, 4葉期, 6葉期, 8葉期 등 4개 生育時期를 對象으로 21-42日間 實施하였다. 乾物生産性 및 化學成分分析用 植物體試料는 圃場試驗의 경우 出現 직후부터 枯熟期까지 5~7日 間격으로 採取하였으며 Phytotron 試驗에서는 溫度處理기간중 3日 間격으로 試料를 採取하였다.

2. 炭水化合物分析 및 에너지 測定

Fructosan, Mono- 및 Disaccharose는 Somogyi(1952) 및 Nelson(1944) 分析方法을 修正한 Kuehbauch(1973)의 Colorimeter法에 依하여 Spectral Photometer로 測定하였으며 Starch는 Amyloglucosidase, Hexokinase 및 Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase를 利用한 Boehringer(1976)의 enzymatic 抽出法으로 分析하였다. 其他 一般成分中 Weender 各成分은 Lepper(1933), Stoldt(1952), Seiden(1926), Kjeldahl(1883) 및 VDLUFA(1980) 方法으로 分析하였다. 乾物 및 Weender 各成分의 消化率은 in vitro 및 in vivo 試驗을 並行實施하여 測定하였으며 에너지 含量은 Kellner(1971) 및 Nehring(1972)의 Starch value 이외에 乳生産을 爲한 NEL(Net Energy Lactation)을 다음과 같이 算出하였다(Horn 1977, DLG 1979)

$$NEL(\text{MJ}-NEL/\text{kg}) = 0.6[1 + 0.004(g - 57)] \times ME(\text{MJ}/\text{kg})$$

III. 結果 및 考察

1. Fructosan, Mono- 및 Disaccharose의 合成 및 移動

옥수수 및 Sorghum類의 同化生産物質은 주로 Mono- 및 Disaccharose 形態로 蓄積된다(表 1 참조). 그러나 이들 reserved non-structural carbohydrate(TNC)의 大部分은 出穗-開花期 이후 種子成熟이 進行됨에 따라 移動部位로 移動되어 Starch形態로 穀實에 貯藏된다. 이에反해 Fructosan은 옥수수와 수수 各作物 共히 全生育期間을 통해 1-2.5%

Table 1. Influence of morphological development on synthesis and accumulation pattern of reserved carbohydrates in maize and fodder sorghum

Fractions of reserved carbohydrate	Morphological growth stage								
	3 rd leaf	5 th leaf	8 th leaf	Boot	Bloom	Soft dough	Hard dough	Physiological maturity	
<u>Blizzard (Zea mays)</u>									
Fructosan	0.80	0.51	1.17	1.52	1.36	1.07	1.23	0.76	
Mono-and disaccharose	3.90	2.16	1.40	9.10	19.71	29.6	19.38	8.15	
Starch	0.36	0.44	0.20	0.58	0.90	1.40	11.44	20.5	
<u>Sioux (Sorghum b.)</u>									
Fructosan	0.51	0.53	0.44	0.62	1.26	1.17	1.19	0.58	
Mono-and disaccharose	2.94	2.65	1.70	6.81	16.20	19.43	10.32	6.43	
Starch	0.31	0.15	0.13	0.16	0.35	0.35	8.70	12.80	
<u>Pioneer 931 (Sorghum b.)</u>									
Fructosan	1.02	1.35	1.28	1.06	1.53	1.11	0.95	0.77	
Mono-and disaccharose	4.20	3.07	1.80	6.14	12.70	13.99	8.43	5.81	
Starch	0.53	0.33	0.18	0.23	0.44	0.54	6.56	10.33	

TNC=Fructosan+Mono-and Disaccharose

内外로 큰 變化가 없는 것으로 보아 이들 作物에서의 合成 및 蓄積이 거의 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다.

Mono- 및 Disaccharose 含量은 옥수수과 Sorghum 各作物 共히 出現과 同時에 3.0~4.0% 내외로 比較的 높게 蓄積되어 있다. 그러나 3葉期 以後부터는 合成된 同化合物의 消費가 크기때문에 植物體 內에 蓄積되는 Mono- 및 Disaccharose 含量은 점차적으로 減少되어 Sorghum의 경우 幼穗가 分化되는 6~8葉期에 1.5~2.5%로써 가장 낮은 糖濃度를 나타낸다.

이와같이 幼穗가 分化되는 時期에 non-structural carbohydrate의 蓄積이 낮게 일어나는 現象은 옥수수에서도 類似한 傾向을 보이나 Sorghum 類에 있어서와 같이 顯著하지 못하다. 以上の 結果에서 生育初期에 Mono- 및 Disaccharose 蓄積이 적은 것은 合成된 同化合物의 大部分이 이 時期에 急激히 增加되는 Cellulose, Hemicellulose, Lignin 등의 細胞 構造膜物質 合成에 消耗된데 原因이 있다. 그러나 幼穗가 形成된 以前에는 leaf Weight ratio(葉比率)의 減少와 함께 줄기속의 TNC 蓄積이 本格的으로 이루어져 옥수수의 경우 Mono- 및 Disaccharose 含量은 雄穗出現時 21.1%에 이르며 乳熟期전후에 30.2%로써 가장 높은 水準을 나타낸다.

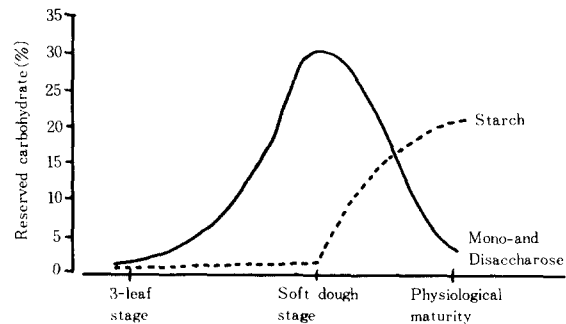


Fig. 1. Accumulation pattern of non-structural carbohydrates (mono-and disaccharose) and starch in maize.

Sorghum에 있어서도 幼穗가 分化되는 6-8葉期 以後에 Mono- 및 Disaccharose 蓄積이 빠른 속도로 進行되나 增加速度가 옥수수에 비해 顯著히 낮아 乳熟期初期에 14.2-20.6%에 이른다. 以上과 같이 乳熟期전후에 最高濃度에 달한 Mono- 및 Disaccharose는 그 후 種子成熟이 進行됨에 따라 合成되는 Starch 含量에 反比例的으로 減少되어 完熟期 前期에는 各各 옥수수 8~10%, Sorghum類 7.3~8.3% 水準으로 下落된다.

따라서 Mono- 및 Disaccharose의 合成能力은 生長點이 分化되는 6~8葉期 以後에 높게 나타나

日生産量으로 볼 때 出穂~開花期에 各各 옥수수 14.0~18.7kg, Sorghum類 4.7~7.5kg/10a이 生産되어 가장 높은 合成能力을 갖는다.

이에反해 Starch收量은 이들 non-structural Carbohydrate가 減少되는 乳熟期 以後에 本格的으로 增加하여 黃熟期前後에 各各 10.3~17.2kg(옥수수) 및 3.2~6.3kg/10a(sorghum)으로 最高의 合成能力을 나타낸다.

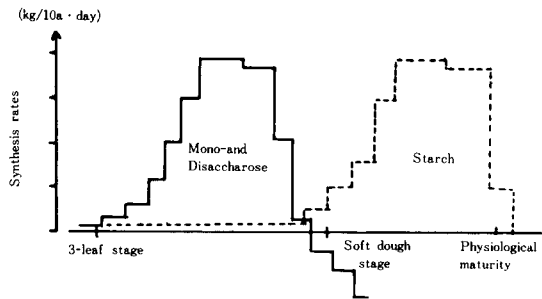


Fig. 2. Seasonal synthetic rates of non-structural carbohydrates(mono-and disaccharose) and starch in kg/10a per day in maize

Mono- 및 Disaccharose의 蓄積은 生育初期에는 잎과 줄기에 비슷하게 分布되어 있으나 幼穂가 形成된 以後에는 合成된 同化合物의 大部分이 줄기部位에 貯藏된다.

따라서 줄기의 Mono- 및 Disaccharose 含量은 幼穂가 形成되는 6~8葉期 以後에 빠른 속도로 增加하여 乳熟期에는 各各 옥수수 32~35%, Sorghum類 20~26%까지 蓄積된다. 이에反해 葉中の Mono- 및 Disaccharose 含量은 全生育期間동안 2.0~3.0% 内外로서 큰 變化가 없으나 環境溫度條件에 따라 4~6%까지 增加 되는데 一般的으로 低溫이 繼續될 경우 合成된 同化合物의 移動이 원활이 이루어지지 못하여 葉에 蓄積이 된다.

그러나 葉에 貯藏된 이들 non-structural carbohydrate는 出穂期以後 줄기 및 이삭部位로 移動되어 黃熟期以後의 葉의 糖濃度는 1% 以下로 減少된다.

한편 옥수수의 이삭部位에는 이삭자루의 出現과 同時에 줄기와 葉으로부터 移動되어 온 Mono- 및 Disaccharose 濃度가 34~40%까지 蓄積된다. 그러

나 種子成熟이 進行됨에 따라 이들 非構造水溶性炭水化合物의 大部分은 Starch合成에 消耗됨으로 室熟期의 TNC 含量은 8~12% 水準으로 減少된다.

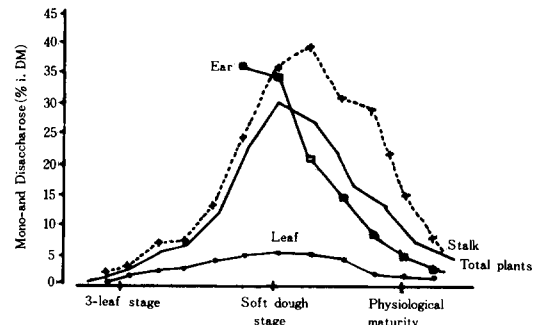


Fig. 3. Accumulation pattern of reserved mono-and disaccharose associated with morphological development in maize plants

以上の 結果에서와 같이 Starch의 合成 및 蓄積은 乳熟期以後에 本格的으로 이루어져 種子完熟期에 各各 옥수수 18~20%, Sorghum類 11~15%로서 가장 높은 水準에 도달한다. 옥수수자루의 Starch 含量은 30~35%로서 合成된 Starch收量의 98%以上이 이곳 穀實部位에 貯藏된다(Scheldrick 및 Wilkinson 1980, Matschke 및 Watzke 1982).

2. 環境溫度와 Mono- 및 Disaccharose

옥수수 및 Sorghum類의 光合成能力은 環境溫度가 上昇됨에 따라 增加된다. 그러나 溫度가 25°C에서 30°C 以上の 高溫으로 上昇될 경우 葉의 同化生産力은 增加하지만 植物體內에 蓄積되는 Fructosan, Mono- 및 Disaccharose 含量은 減少되는데 이와 類似한 研究結果는 Muehlschlegel(1980) 등에 의해 C₃植物인 一般牧草에서도 報告된바 있다.

이와같이 環境溫度가 水溶性炭水化合物의 合成 및 蓄積에 미치는 影響은 出現後 幼穂가 分化되는 幼植物에서 심하게 나타나며 生育이 進行됨에 따라 점차적으로 減少된다. 그림 4에서 出現 직후의 3-4葉期 幼植物을 30/25°C의 高溫으로 3週間 處理할 경우 Mono- 및 Disaccharose 含量은 處理前 5.7%에서 處理後에는 3.2%로 減少되는데 비해 25/20°C의 普通溫度에서는 6.7%로 若干 增加하는 結果였다.

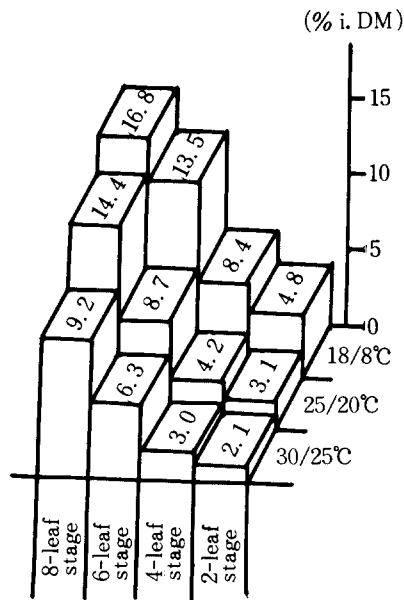


Fig. 4. Temperature treatment effects on synthesis of mono- and disaccharose at different growth stages of sorghum cv. Pioneer 931 (for 21 days in phytotron)

한편 幼穗가 分化된 8葉期 植物體에 있어서도 Mono- 및 Disaccharose 含量은 處理前 11.1%에서 處理後에는 各各 8.3% (30/25°C) 및 10.6% (25/20°C)로 變하여 高温下에서의 水溶性炭水化物 蓄積이 적게 이루어 지고 있음을 알 수 있다.

以上の Phytotron 試驗에서 高温下에서의 non-structural carbohydrate 蓄積이 낮은 것은 呼吸代謝에 의한 同化物質의 消耗가 많은 한편 合成된 同化物質이 Cellulose, Hemicellulose 等 構造炭水化物合成에 많이 消費되기 때문이다 (Kim 1982, Muehlschlegel 1980, Kuehbauch 및 Voigtlaender 1978).

以上の 高温條件과는 달리 環境温度 18/8°C (日平均 13.6) 以下の 低温에서는 呼吸作用에 의한 同化物質의 消耗가 적은反面 合成된 Mono- 및 Disaccharose가 移動되지 못하고 줄기 및 葉에 과잉축적된다.

따라서 이같은 低温現象이 繼續될지는 葉에 과다 蓄積된 糖濃度가 葉의 同化能力을 감퇴시켜 植物體 內에서의 物質生産이 中止된다.

3. Mono- 및 Disaccharose 와 Net Energy Lactatio

Sorghum의 NEL 含量은 生育初期에 5.8~6.0

Table 2. Effect of environmental temperatures on synthesis and accumulation of fructosan, mono- and disaccharose in sorghum cv. sioux (for 21 days in phytotron)

Morphological * growth stage	Temperature in °C (day / night)	Non-structural carbohydrate		Structural carbohydrate	
		Fructosan (%)	Mono- and Disaccharose (%)	Cellulose (%)	Hemicellulose (%)
8-leaf stage	18/ 8	0.74	17.5	28.3	26.6
	25/ 20	1.02	10.6	34.9	30.5
	30/ 25	1.04	8.3	35.6	30.7
6-leaf stage	18/ 8	0.55	12.8	28.3	26.2
	25/ 20	0.86	7.9	29.8	27.7
	30/ 25	0.81	5.8	33.4	30.2
4-leaf stage	18/ 8	0.87	6.7	17.6	17.5
	25/ 20	0.65	4.2	27.1	22.2
	30/ 25	0.73	3.2	32.3	25.5
2-leaf stage	18/ 8	0.91	4.7	17.2	11.9
	25/ 20	1.13	3.9	23.9	14.9
	30/ 25	1.08	2.2	28.1	16.2

* Morphological growth stage before temperature treatment in phytotron

MJ/kg로서 대체로 높은편이나 그후 生育이 경과됨에 따라 減少하는 傾向을 보여 幼穗가 分化되는 時期에 5.4~5.5MJ/kg으로 最低水準을 나타낸다. 特히 Kellner의 Starch value는 같은 기간중 520-550 St E(3葉期)에서 450-460 St E(8葉期)로 떨어져 NEL에 비해 生育期에 따른 減少幅이 심한 편이다.

以上の 結果에서 初期生育이 進行되는 동안 NEL 및 Starch value가 惡化되는 것은 Crude Protein과 Fat의 減少등 Weender成分 變化에도 原因이 있겠으나 무엇보다도 이 期間中에 Cellulose, Hemicellulose, Lignin等 細胞構造膜物質의 急增으로 因하여 Mono- 및 Disaccharose의 蓄積이 낮아진데 그 原因이 있다. 表3에서와 같이 生育期에 따른 NEL價値 變化는 貯藏炭水化合物의 合成 및 蓄積形態에 따라 크게 좌우되는데 이같은 關係는 幼穗가 分化된 以後의 後期生育期에 더욱 明白하게 나타난다.

即 幼穗分化期 以後에도 植物體의 Crude Protein, Fat등은 계속해서 減少되는 한편 Crude Fiber 등은 급격히 增加하여 이들이 品質低下에 미치는 影響은

매우 크다. 그러나 幼穗가 形成되는 7~8葉期를 起點으로 하여 增加하는 Fructosan, Mono- 및 Disaccharose 등의 水溶性炭水化合物과 함께 NEL 및 Starch value는 오히려 若干씩 向上되는 傾向이 있다.

따라서 옥수수의 경우 NEL價値는 黃熟期 6.5-6.8MJ, 完熟期 6.8-7.0MJ-NEL/kg까지 增加되나 完熟後期 부터는 dissimulation에 依한 貯藏炭水化合物의 消耗와 함께 서서히 下落되어 枯熟期에는 6.5~6.6MJ/kg로서 5~8%의 에너지損失을 가져온다.

作物間의 에너지價値에 있어서는 non-structural Carbohydrat의 合成 및 蓄積이 낮은 Sorghum類가 NEL 및 Starch value에 있어 옥수수보다 크게 떨어져 지며 수수 品種間에 있어서도 Mono- 및 Disaccharose의 合成과 蓄積이 높은 Sioux品種이 Pioneer 931을 능가한다.

한편 옥수수 및 Sorghum의 에너지 蓄積은 環境溫度가 普通溫度(25℃)에서 高溫(30℃)으로 上昇될 경우 減少되며 이같은 溫度의 影響은 幼穗形成 以

Table 3. Changes of net energy lactation and starch value associated with reserved carbohydrates in maize and fodder sorghum

Net energy and reserved carbohydrates	Morphological growth stage							Maturity
	3 rd leaf	5 th leaf	8 th leaf	Boot	Bloom	Soft dough	Hard dough	
<u>Blizzard (zea mays)</u>								
TNC	4.70	2.67	2.57	10.62	21.07	30.13	20.61	8.91
Total carbohydrates	5.06	3.11	2.77	11.20	21.97	31.53	32.05	29.41
NEL	5.98	5.82	5.90	6.34	6.51	6.70	6.94	6.94
St E	5.84	550	552	5.96	642	6599	668	669
<u>Sioux (Sorghum)</u>								
TNC	3.45	3.18	2.14	7.43	17.46	20.60	11.51	7.01
Total carbohydrates	3.76	3.33	2.27	7.59	17.81	20.95	19.21	19.81
NEL	5.64	5.57	5.46	5.61	5.75	5.94	6.01	5.93
St E	5.50	516	463	4.63	511	525	530	535
<u>Pioneer 931 (Sorghum)</u>								
TNC	5.22	4.42	3.08	7.20	14.23	15.10	9.38	6.58
Total carbohydrates	5.75	4.75	3.26	7.43	14.67	15.64	15.94	16.91
NEL	5.78	5.60	5.44	5.58	5.66	5.83	5.90	5.87
St E	5.49	523	450	4.77	508	519	525	520

TNC=Fructosan+Mono-and Disaccharose

Total carbohydrate = Total reserved carbohydrates (TNC+Starch)

前的 幼植物에서 크게 나타난다. 3~4 葉期의 幼植物을 高温에서 21日間 處理하는동안 NEL價値는 處理前 5.8MJ에서 處理後에는 各各 5.4MJ(30℃) 및 5.6MJ(25℃)로 크게 下落되데 反해 18℃의 低温에서는 6.1MJ-NEL/kg로서 오히려 若干의 增加가 있었다.

이와같이 熱帶 및 亞熱帶性的 高温下에서 NEL 및 Starch value가 떨어지는 것은 合成된 同化物質이 細胞構造膜物質合成에 多量 消耗됨으로 因하여 植物體內的 Mono- 및 Disaccharose 蓄積이 낮아진데 그 原因이 있다.

IV. 摘 要

本試驗은 옥수수 및 Sorghum類에 있어서 形態의 特性과 環境溫度가 Fructosan, Mono- 및 Disaccharose의 合成, 移動 및 蓄積形態와 NEL價値에 미치는 影響을 究明코져 옥수수의 Blizzard와 Sorghum의 Sioux 및 Pioneer 931을 供試品種으로 하여 圃場 및 Phytotron試驗으로 實施하였다. Phytotron의 晝/夜間 室內溫度는 30/25, 25/20, 28/18 및 18/8℃로 하였으며 日照는 30,000~35,000 Lux로 13時間 照謝하였다.

1978~'81년까지 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 옥수수 및 Sorghum類의 non-structural carbohydrate는 주로 Mono- 및 Disaccharose形態로 蓄積된다. Mono- 및 Disaccharose의 蓄積은 幼穗가 分化된以後 本格的으로 이루어져 乳熟期初期에 各各 옥수수 27.8~29.1% 및 Sorghum類 16.8~20.4%로 最高濃度水準에 달한다.

2. Fructosan含量은 옥수수와 수수 各作物 共히 1.5~2.5%内外로서 全生育期間을 通해 큰 變化가 없다.

3. Mono- 및 Disaccharose는 주로 출기部位에 蓄積되나 出穗期以後 穀實이 形成됨에 따라 이들 TNC의 大部分은 이삭部位로 移動되어 Starch形態로 貯藏된다. Starch의 合成 및 蓄積은 Mono- 및 Disaccharose의 減少와 反比例 한다.

4. 옥수수 및 Sorghum의 同化能力은 溫度가 上昇됨에 따라 增大되나 溫度 30℃以上の 高温下에서는 植物體內的 Mono- 및 Disaccharose蓄積이 적게 일어난다. 한편 溫度 18/8℃以下の 低温에서는

合成된 Saccharose가 移動되지 못하고 출기 및 葉에 과다 蓄積되어 葉의 同化能力이 減少되고 物質生産이 中止된다.

5. NEL 및 Starch value는 non-structural carbohydrate의 合成 및 蓄積形態에 따라 影響을 받는다. 植物體內的 NEL 蓄積은 Mono- 및 Disaccharose의 蓄積이 本格的으로 進行되는 幼穗分化期以後부터 서서히 增加하여 完熟初期에 各各 옥수수 6.6~6.9MJ/kg 및 Sorghum類 5.8~6.0MJ-NEL/kg으로 가장 높은 水準을 나타낸다.

V. 引用文献

1. Bonnefoy, J. and G. Didier. 1978. L' utilisation du sorghograin ensile en plante entiere la production de taurillons. Fourrages 74: 79-100.
2. Cummins, D.G., 1971. Relationship between tannin content and forage digestibility in sorghum. Agron. J. 63: 500-502.
3. Denham, A.H. 1971. Comparison of corn silage, sorghum silage and sorghum pasture supplemented with soybean meal and urea for calves. Colo. Agric. Exp. Sta. Prog. 74: 4.
4. Fribourg, H.A., 1976. Summer annual grasses and cereal for forage. Forage. The Science of Grassland Agriculture. The Iowa State Univ. Press. Ames. Iowa. S. 344-357.
5. Hasegawa, S. 1977. Agro-climatological studies on C₃ plants and C₄ plants. 3. Transpiration rates and leaf temperatures. J. Agr. Meteorology 33: 129-136.
6. Kellner, O. and M. Becker. 1971. Universal Futterwerttabellen. Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin.
7. Kim, J.G. 1982. Ertrags- und Stoffbildung einiger Sorten von Sorghum-Sudangras, Hybrid-Sorghum und Silomais in Abhaengigkeit von Anbaumassnahmen und Temperaturbedingungen. Diss. Munich Technical University.
8. Kuehbauch, W. 1973b. Veraenderungen von Kohlenhydratfraktionen in Blaettern und Stengeln einiger Knalgrassorten waehrend des Wachstums. Landw. Forschung 26: 213-220.
9. Kuehbauch, W. und G. Voigtlaender. 1974. Vege-

- tationskegelenwicklung und Variabilitaet von Zuckergehalten in Knaulgras. Z. Acker- und Pflanzenbau 140: 85-99.
10. Lepper, W. 1973. zit. im Methodenbuch (Band III) der landw. Versuchs- und Untersuchungsmethodik. Neumann-Neudamm Verlag, Melsungen, Berlin, Basel, Wien. 1976.
 11. Marten, G.L., R.D. Goodrich, R.M. Jordan, A.R. Schmid and J.C. Meiske. 1976. Evaluation of laboratory methods for determining quality of corn and sorghum silage. III. Biological and chemical methods for predicting animal intake. Agron. J. 68: 289-291.
 12. Matschke, R. und Watzke. 1982. Schlussfolgerung aus der Silomaisproduktion. Feldwirtschaft 23: 74-76.
 13. Muehlschlegel, F.H. 1981. Ertragsbildung und Futterwert von je 2 Sorten der Arten *Lolium perenne* L., *Festuca pratensis* HUDS. und *Dactylis glomerata* L. in Abhaengigkeit von Witterungsfaktoren und Nutzungs-haeufigkeit auf 5 Standorten in Deutschland und South Korea. Diss. Munich Technical University.
 14. Nehring, K. 1969. Bestimmung der Rohzellulose in Futterstoffen. Archiv Tierernaehrung 19: 453-473.
 15. Owen, F.G. and J.W. Kuhlman. 1967. Effect of stage of maturity on the digestibility of sorghum silages. J. Dairy Sci. 50: 527-530.
 16. Rabas, D.L., A.R. Schmid and G.C. Marten. 1970. Relationship of chemical composition and morphological characteristics to palatability in sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. Agron. J. 62: 762-763.
 17. Sahara, J., T. Sawada, M. Hidaka, I. Takeda and A. Abe. 1979. Comparison of chemical composition and nutritive value in grain sorghum and other forage plants such as sweet sorghum, corn and Italian ryegrass. J. Jap. Soc. Grassland Sci. 24: 345-352.
 18. Schaffert, R.E., V.L. Lechtenberg, D.L. Oswalt, J.D. Axtell, R.C. Pickett and C.L. Rhakerd. 1974. Effect of tannin on in vivo dry matter and protein disappearance in sorghum grain. Crop Sci. 14: 640-643.
 19. Schuster, W., F. Okuyucu and U. Posselt. 1976. Die Leistung unterschiedlicher Reaktionstypen von Sorghum-Hirsens als Futterpflanzen auf zweoekologisch stark differenzierten Standorten. Z. Acker- und Pflanzenbau 142: 124-142.
 20. Sullins, R.D. and L.W. Rooney. 1974. Microscopical evaluation of the digestibility of sorghum lines that differ in endosperm characteristics. Cereal Chem. 51: 134.
 21. Summer, O.C. and R.L. Holmers. 1973. Maturity index as a measure of vegetative development of sudangrass and related sorghum crosses. Crop Sci. 13: 10-13.
 22. Wall, J.S. and C.W. Blessin. 1970. Composition of sorghum plant and grain. Sorghum Production and Utilisation, The AVI Pub. Comp., USA.