

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

II. Cell-Wall Constituents의 合成 및 蓄積形態

金正甲 · G. Voigtlaender *

畜産試驗場

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

II. Synthesis and accumulation pattern of cell-wall constituents

Kim, J.G. and G. Voigtlaender*

Livestock Experiment Station, RDA

Summary

The effects of morphological development and environmental temperature on synthesis and accumulation behaviour of cell-wall constituents were studied in maize cv. Blizzard and sorghum cv. Sioux and Pioneer 931 at Muenchen Technical University from 1979 to 1981. Various growth stages of maize and sorghum plants were grown on field and phytotron at 4 temperature regimes of 30/25, 25/20, 28/18 and 18/8 degree C and mid-summer sunlight over 13-hour days.

The results are summarized as follow:

1. Cell-wall constituents in sorghum and maize plants were shown to have a great synthesis rates at early growth stage from growing point differentiation to final leaf visible. The highest concentration of cell wall contents were found at heading stage with 52-54% and 64-68% of neutral detergent fiber, and 30% and 45% of acid detergent fiber for maize and sorghum, respectively.
2. The structural carbohydrates, cellulose and hemicellulose, were found as a main components of cell-wall constituents. Cellulose were mainly accumulated in stalks, while hemicellulose were an important cell wall components in leaves and panicle.
3. Synthesis rates of cell-wall constituents and non-structural carbohydrates were associated with increasing of temperature. Reserved carbohydrates such as fructosan, mono - and dissaccharose in plant were, however, declined when the temperature exceeded 30 deg C, during the accumulation of cellulose, hemicellulose and lignin were increased continuously.
4. Cell-wall constituents lowered digestibility and net energy accumulation in sorghum and maize plants. In a *in vitro and in vivo* trial, it was found a negative correlation between digestion dry matter and cell wall constituents, especially cellulose and lignin.

1. 緒 論

옥수수 및 sorghum類의 non-structural carbohydrates는 주로 mono- 및 disaccharose形態로 蓄積된다. 이같은 原因으로 이들 植物體에 있어서의 NEL價値 및 starch value는 TNC의 合成 및 蓄

積形態에 依해 큰 影響을 받는다(Kim 1982, 1985).

옥수수 및 sorghum植物體내에 cell wall構成物質이 增加하게 되면 可溶性細胞內容物質의 主成分인 mono- 및 disaccharose 蓄積이 減少되어 植物體의 消化率 및 에너지 蓄積이 低下된다. 이와같은 沮害作用은 cell wall constituents中 特히 Phenol 成分의 Lignin에 依해 크게 일어나며 그외에도 Cellulose

* 뮌헨大學校(Munich Technical University, West Germany)

및 Hemicellulose 등의 structural carbohydrates가 증가할수록 消化率 및 에너지蓄積은 惡化된다. (Kuehbauch 및 Voigtlaender, 1978 ; Marten 등, 1976).

옥수수植物의 경우 合成된 同化物質이 mono- 및 disaccharose의 合成에 多量 消耗됨으로서 種子가 成熟되는 後期生育期에 穀實中 reserved carbohydrate의 增加와 함께 NEL 및 starch value는 크게 向上되나(Giorgetti 등, 1977). 그러나 sorghum植物에 있어서는 合成된 同化物質의 大部分이 細胞構造膜物質 合成에 消耗되어 全生育期間을 통해 Neutral Detergence Fiber(NDF) 및 Acid Detergence Fiber(ADF) 含量이 옥수수에 비해 顯著하게 높다. 이와같은 結果는 sorghum植物의 消化率 및 에너지蓄積을 阻害하는 要因이 되어 sorghum의 NEL 및 starch value가 옥수수에 비해 크게 떨어지는 主原因이 된다(Cummins 1973, Harbers 및 Thouvenelle 1980, Kim 1982, Ledchtenberg 등 1973, schmid 등 1976). 本 研究에서는 옥수수(*Zea mays L.*)와 Sorghum[*Sorghum bicolor(L.) Moench*] 植物을 供試材料로 하여 生育段階別로 構造炭水化物的 合成 및 蓄積形態를 分析하고 이를 structural carbohydrate가 cell wall constituents 및 NEL 價値에 미치는 影響을 研究檢討하였다.

II. 材料 및 方法

1. 圃場試驗

圃場試驗은 옥수수의 Blizzard와 sorghum의 Sioux 및 Pioneer 931을 供試品種으로 하여 난괴법 4 反覆로 1978-'81年間 延慶大學 草地研究所에서 實施되었다. 播種方法은 옥수수의 경우 60cm×15cm로 하여 hectar當 110,000本을 植栽하였으며 sorghum은 種子 30-35kg/ha을 25cm로 drill播種하였다.

乾物收量評價 및 化學成分分析用 試料는 第2 葉期에 1次試料를 採取하고 그후는 5~7일 간격으로 完熟期까지 채취하였다.

2. Phytotron試驗

人工氣象室을 利用한 試驗으로 VOETSCH VKZ PH-4-Ro-S Phytotron을 사용하여 1979-'81年間 同大學의 植物榮養研究所에서 實施하였다. Phytotron의 溫度(晝/夜)는 30/25, 25/20, 28/18 및 18/8°C

로 하였으며 室內의 照度는 35,000 μ 로 13時間 照謝하였다. 供試作物 및 品種은 圃場試驗에서와同一하며 溫度處理는 出現期, 4 葉期, 6 葉期 및 8 葉期를 對象으로 42일간 실시하였다.

3 炭水化物 및 Cell-wall constituents 分析

細胞構造膜物質(NDF 및 ADF) 및 structural carbohydrate含量은 Nehring(1971), Goering 및 Van Soest(1972)에 依해 分析하였다. 한편 Fructosan, Mono- 및 Disaccharose 등 non-structural carbohydrates는 Kuehbauch(1973)의 Colorimeter 方法에 依해 spectral photometer로 測定하였으며 reserved starch含量은 Amyloglucosidase, Hexakinase 및 Glucose-6- Phosphate-Dehydrogenase를 利用한 Boehringer(1976) 方法으로 分析하였다.

其他 Weender 各成分은 Lepper(1973), Stoldt(1952), Seiden(1926), Kjeldahl(1883) 및 VDLUFA (1980)에 依해 分析하였다. 乾物 및 有機物 各成分에 對한 消化率은 *in vitro* 및 *in vivo* 試驗을 병행實施하여 結定하였으며 에너지 蓄積은 NEL(Net Energy Lactation) 및 starch value로 評價하였다(Tilley 및 Terry 1967, Kirchgessner 1978, DLG 1978).

III. 結果 및 考察

1. Cellulose 및 Hemicellulose

Cellulose와 Hemicellulose는 cell wall을 構成하고 있는 structural carbohydrates로서 이들 構造炭水化物的 合成 및 蓄積은 mono- 및 disaccharose와는 달리 植物體組織의 擴張이 旺盛한 生育初期에 本格的으로 이루어진다.

이같은 原因으로 sorghum의 Cellulose 및 Hemicellulose含量은 이미 出現直后의 3 葉期에 各各 18.1% 및 16.0%까지 蓄積되며 同化葉面積이 最大値에 달하는 出穗期 後후에 35-38%(cellulose) 및 24-25%(Hemicellulose)로서 가장 높은 濃度水準을 나타낸다.

옥수수에 있어서도 structural carbohydrate의 合成 및 蓄積은 Sorghum과 類似한 傾向으로 雄穗가 出現되는 時期에 各各 Cellulose 25.7% 및 Hemicellulose 23.5%로 가장 높은 濃度水準을 나타낸다(表1참조). 이와같이 出穗期에 最高濃도에 달한 構

Table 1. Influence of morphological development on cell-wall constituents in maize cv. Blizzard and sorghum cv. Pioneer 931 and Sioux

Cell-wall constituents	Morphological growth stages								
	3 rd leaf	5 th leaf	8 th leaf	Final leaf	Boot stage	Bloom stage	Soft dough	Hard dough	Maturity stage
Blizzard (Zea mays)									
N D F (%)	38.7	44.4	50.4	52.8	52.1	49.8	47.6	46.5	46.0
Cellulose (%)	19.6	21.0	24.0	25.8	25.7	24.2	23.2	22.1	21.9
Hemicellulose (%)	17.4	21.6	24.5	24.7	23.5	23.0	21.2	21.4	21.2
Lignin (%)	1.7	1.8	1.9	2.3	2.9	2.6	3.0	3.0	2.9
Sioux (Sorghum b.)									
N D F (%)	36.3	47.0	52.7	65.9	65.4	64.9	59.8	57.6	57.1
Cellulose (%)	18.2	20.5	24.0	35.6	35.4	34.3	31.4	29.8	29.5
Hemicellulose (%)	16.0	24.4	26.0	26.1	24.6	25.1	23.0	22.6	22.4
Lignin (%)	2.1	2.1	2.7	4.2	5.4	5.5	5.4	5.2	5.2
P. 931 (Sorghum b.)									
N D F (%)	35.8	39.3	57.2	65.0	67.1	67.0	63.6	60.4	59.1
Cellulose (%)	17.9	19.5	31.9	36.7	38.2	40.0	38.8	36.3	35.3
Hemicellulose (%)	15.9	17.8	22.9	22.8	23.5	22.2	20.3	19.7	19.5
Lignin (%)	2.0	2.0	2.4	5.5	5.4	4.8	4.5	4.4	4.2

造炭水化合物은 生育后期에 穀實이 形成 됨에 따라 급격히 下落되어 完熟期에는 各各 Cellulose 22-24% 및 Hemicellulose 20-21%로 減少된다. 그러나 枯熟期以后에는 dissimilation에 依한 reserved carbohydrate의 減少로 構造炭水化合物을 포함한 cell wall 構成物質은 若干 增加하는 傾向이 있다. 이들 옥수수에 비해 sorghum植物에 있어서는 種子成熟期間中 Cellulose 및 Hemicellulose의 減少現象이 옥수수에서와 같이 뚜렷하지 못하여 繼續的으로 높은 水準을 維持한다. 이와같은 現象은 構造炭水化合物중에서 特히 Cellulose에서 크게 나타나 完熟期 옥수수植物體의 Cellulose 含量은 21.9%인데 비해 sorghum植物은 29.5~35.3%로서 顯著하게 높은 含量을 維持한다. 그러나 Hemicellulose의 合成 및 蓄積에 있어서는 옥수수와 sorghum植物體間에 큰 差異가 없는 것으로 나타났다(表1 참조).

以上の 結果에서 sorghum의 Cellulose 含量이 옥수수에 비해 顯著하게 높은 것은 leaf weight ratio (LWR ; 葉重比率)가 낮은데 原因된 것으로 sorghum 品種間에 있어서는 LWR이 높은 Sioux品種이 Pioneer 931에 비해 Cellulose 含量이 낮은 편이다 (Kim, 1982).

그림 1은 sorghum植物體에 있어서 生育時期別로 structural carbohydrate의 合成能力을 表示한 것이다. Cellulose와 Hemicellulose의 合成은 生育初期의 幼植物에서 旺盛하게 이루어지며 特히 幼穗가 分化되는 6~8葉期에서 止葉이 出現되기 까지의 生育期에는 日日合成量이 各各 8.2~9.0g(Cellulose) 및 5.3~6.0g/m²(Hemicellulose)으로 最大의 合成能力을 갖는다. 그러나 出穗期以后에는 植物體組織內에서의 細胞增殖이 極히 完滿하게 이루어 지므로

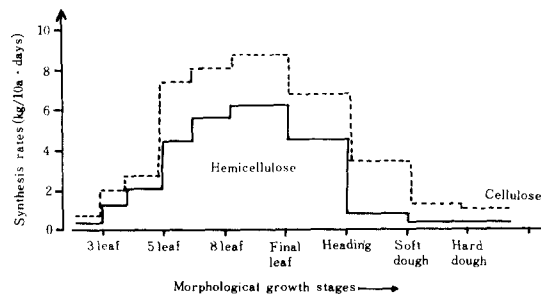


Fig. 1. Synthetic rates of cellulose and hemicellulose in kg/10a per days at different growth stage of sorghum cv. Pioneer 931.

Table 2. Accumulation pattern of cell-wall constituents in different plant parts of sorghum cv. Pioneer 931

Cell-wall Constituents	Plant parts	Morphological growth stages							
		3 rd leaf	5 th leaf	8 th leaf	Final leaf	Boot stage	Bloom stage	Soft dough	Maturity stage
N D F (%)	Leaf	35.7	46.3	53.2	62.9	66.1	67.8	69.7	73.6
	Stalk	41.5	51.7	51.5	58.1	65.6	63.5	58.3	65.8
	Panicle	-	-	-	-	74.4	73.4	62.2	50.0
A D F (%)	Leaf	18.9	22.1	26.3	31.6	35.1	38.2	37.3	39.2
	Stalk	22.9	26.8	27.5	35.4	43.5	41.9	37.1	39.1
	Panicle	-	-	-	-	39.2	38.6	26.8	25.9
Cellulose (%)	Leaf	17.8	20.0	23.5	28.3	31.0	33.5	31.0	32.8
	Stalk	20.9	24.7	25.1	32.7	39.3	36.4	32.3	33.7
	Panicle	-	-	-	-	33.4	32.2	21.5	21.6
Hemicellulose (%)	Leaf	16.8	24.2	26.9	31.3	31.0	29.6	32.4	34.5
	Stalk	18.6	24.9	24.0	22.7	22.1	21.6	21.2	26.5
	Panicle	-	-	-	-	35.2	34.8	25.8	24.1
Lignin (%)	Leaf	2.1	2.1	2.8	3.3	4.1	4.7	6.3	6.8
	Stalk	2.0	2.1	2.4	2.7	4.2	5.5	4.8	5.4
	Panicle	-	-	-	-	5.8	6.2	5.3	4.3

서 structural carbohydrates를 포함한 cell-wall constituents의合成은 급격히減少되어 乳熟期以后에는 Cellulose 및 Hemicellulose의合成이 거의中止된다.

構造炭水化物中 Cellulose는 cell wall을構成하고 있는 가장 重要한 成分으로 특히 줄기(莖)組織内の細胞構造膜을形成하는데 重要한 役割을 한다. 이와같은 原因으로 Cellulose의 蓄積은 幼植物의 경우 葉과 줄기에 비슷하게 分布되어 있으나 幼穗形成期以后 細胞增殖이 旺盛한 時期에는 合成된 Cellulose의 多量이 줄기部位에 蓄積되어 出穗期 Sorghum 줄기의 Cellulose含量은 33-38%로서 葉의 24%에 비해 顯著的한 差異가 있다.

이에 反해 Hemicellulose는 葉과 이삭部位의 cell-wall constituents로서 重要한 役割을 한다. Hemicellulose역시 Cellulose와 같이 幼植物에서는 葉과 줄기에 大差없이 비슷하게 分布되어 있으나 生育이 進行됨에 따라 同化葉面積의 擴大와 함께 合成된 Hemicellulose는 葉部位에 많이 蓄積된다(表 2 참조).

한편 옥수수 雄穗部位에는 出現과 同時에 많은 量의 cell wall constituents가 蓄積되어 있으며 이같은

은 含量은 成熟期間中 減少가 되지 않아 黃熟期の Cellulose 및 Hemicellulose는 各各 24-26% 및 28-33%로 높은 水準을 維持한다. 옥수수 이삭(ear) 中の CWC含量은 各各 Cellulose 14-15%, Hemicellulose 18-20% 및 Lignin 1.5-1.7%로서 植物體 内の 他部位에 비해 극히 적은 量의 細胞構造膜物質이 蓄積되어 있음을 알 수 있다.

2. Neutral Detergence Fiber(NDF) 및 Acid Detergence Fiber(ADF)

옥수수 및 Sorghum의 cell wall Constituents는 90-95%以上이 Cellulose 및 Hemicellulose等 構造炭水化物로 構成되어 있으며 기타는 Phenol groups의 Lignin등으로 되어 있다. 이같은 原因으로 Neutral Detergence Fiber(NDF) 含量은 出現后 7-10日이 경과된 2-3葉期の 幼植物에서 이미 옥수수 35-39% 및 Sorghum 36-38%까지 蓄積되며 同化葉面積과 함께 structural carbohydrate含量이 最大에 달하는 出穗期前後에 各各 55-55% 및 68-68%로서 가장 높은 濃度水準을 나타낸다. 以上 最高濃度에 달한 NDF 含量은 種子 成熟期間中 可溶性 細胞內容物質의 主成分인 mono 및 disaccharose 蓄積

이 증가됨에 따라 相對的으로 줄어들어 黃熟期에는 45-47%内外로 減少된다.

그러나 Sorghum植物에 있어서는 成熟期間中 reserved carbohydrate의 蓄積이 낮아 CWC의 減少幅이 옥수수에서와 같이 顯著하지 못하여 繼續的으로 높은 水準을 維持하고 있으며 이들이 消化率 및 NEL 蓄積을 저해하는 要因이 된다(Kim, 1982).

以上の 結果에서 sorghum의 NDF 含量이 옥수수보다 높은 것은 fructosan, mono- 및 disaccharose를 包含한 non-structural carbohydrate의 合成과 蓄積이 낮은 反面 structural carbohydrates中 特히 cellulose의 合成 및 蓄積이 높는데 原因이 있다.

Acid Detergence Fiber(ADF)는 옥수수와 Sorghum 各作物에서 공히 全生育期間을 통해 NDF의 合成 및 蓄積과 平行的으로 變化한다(그림 2 참조). 따라서 ADF의 合成 및 蓄積은 NDF와 같이 幼植物에서 크게 이루어지며 出穗期前後에 各各 옥수수 28-30% 및 sorghum 40-44%로 最高濃度水準을 나타낸다.

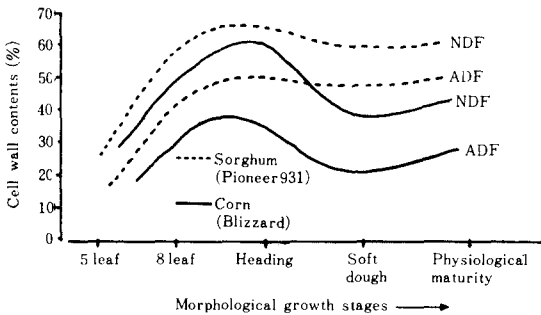


Fig. 2. Effect of morphological development on neutral detergent fiber and acid detergent fiber concentration in maize and sorghum.

3. 環境溫度와 cell-wall Constituents

Sorghum 및 옥수수는 C₄同化植物로서 環境溫度가 上昇됨에 따라 葉面積 및 葉의 同化能力은 增大된다(Chesnokov 등, 1974; Hasegawa 등, 1977; Furbeth, 1963; Okuda, 1977; Mamedov 등, 1975). 이와같이 高溫條件에서는 植物體組織의 擴張이 촉진됨에 따라 細胞内容物質인 fructosan, mono- 및 disaccharose의 蓄積이 減少되는 反面 structural carbohydrate를 包含한 cell wall 構成物質은 溫度上昇에 比例的으로 增加한다(Kuehbauch 및 Voigtlaend-

er, 1979; Lechtenberg 등, 1973).

이같은 溫度의 影響은 植物體의 生育段階와 cell wall을 構成하고 있는 構造炭水化物的 蓄積形態에 따라 큰 差異가 있는데 一般的으로 生育時期에 있어서는 生育初期의 幼植物에서 크게 나타나고 幼穗가 形成된 以後의 成熟과정에서 進行됨에 따라 그 程度가 弱화된다. 表 3에서 出現直后의 1-2 葉期植物을 30/25°C의 高溫으로 處理할 경우 NDF 含量은 43.2%가 蓄積되어 普通溫度(25/20°C) 및 低溫(18/8°C)에서의 NDF 含量 36.9% 및 25.5%에 비해 顯著的한 增加가 있었다. 그러나 幼穗가 形成된 8 葉期植物에서는 同一溫度處理期間中 NDF 含量이 各各 71.3%(30/25°C), 70.5%(25/20°C) 및 59.8%(18/8°C)로서 溫度上昇에 따른 CWC의 增加幅이 6 葉期以下の 幼植物에 비해 낮은 편이다(Taylor 등, 1974; Niopek, 1960; Vong 및 Murata, 1978).

한편 溫度上昇에 따른 cell-wall constituents의 增加는 이를 構成하고 있는 structural carbohydrate의 合成 및 蓄積形態에 따라 큰 差異가 있다. 表 3의 Phytotron 試驗에서 sorghum植物을 高溫으로 處理할 경우 細胞構造膜物質이 크게 增加되는 것은 structural carbohydrates의 增加에 其因된 것으로 이는 이들 構造炭水化物中 特히 Cellulose의 合成 및 蓄積이 急増된데 原因이 되고 있음을 알 수 있다. 即 4 葉期の 幼植物을 30/25°C의 高溫으로 處理時 Cellulose 含量은 31.4%가 蓄積되어 이보다 낮은 溫度下에서의 Cellulose 含量 27.0%(25/20°C) 및 20.2%(18/8°C)보다 顯著히 增加되었다. 그러나 Hemicellulose는 同一試驗期間中 各各 21.3%(30/25°C), 20.2%(25/20°C) 및 19.1%(18/8°C)가 蓄積되어 溫度上昇에 의한 增加幅이 Cellulose 보다 顯著하게 낮다.

한편 cell wall constituents中 phenol成分의 合成 및 蓄積은 structural carbohydrate와 함께 高溫條件에서 增大되나 溫度上昇에 따른 增加幅이 Cellulose 및 Hemicellulose에 비해 적은 편이다.

4. In vitro 消化率 및 Net Energy Lactation

Sorghum 및 옥수수의 消化率과 net energy 蓄積은 cell-wall constituents의 合成 및 蓄積形態에 따라 큰 影響을 받는다. 이와같은 相關關係는 그 程度에 있어서 옥수수와 sorghum植物體間에 差異가 있는데 一般的으로 옥수수보다 sorghum植物에서 그

Table 3. Temperature treatment effects on cell-wall constituents and non-structural carbohydrates at different growth stages of sorghum cv. Pioneer 931

Growth* stages	Temperature in deg C (day/night)	NDF (%)	Hemicellulose (%)	Cellulose (%)	Lignin (%)	TNC (%)	DDM (%)
8-leaf stage	30 / 25	71.3	27.5	39.4	4.4	5.5	62.1
	25 / 20	70.5	27.4	36.6	3.5	6.8	62.9
	18 / 8	59.8	27.7	29.2	2.9	14.2	74.4
6-leaf stage	30 / 25	67.6	26.7	36.8	4.1	3.9	65.5
	25 / 20	63.2	26.7	32.9	3.6	4.2	67.4
	18 / 8	55.2	24.6	27.9	2.7	7.6	72.3
4-leaf stage	30 / 25	56.2	21.3	31.4	3.5	4.0	63.7
	25 / 20	50.6	20.2	27.0	3.4	4.6	66.1
	18 / 8	42.0	19.1	20.2	2.7	6.8	71.7
2-leaf stage	30 / 25	43.2	15.6	25.3	3.3	2.8	71.1
	25 / 20	36.9	12.3	21.3	3.3	3.8	80.2
	18 / 8	25.5	9.6	17.2	2.7	3.9	80.7

*Growth stages at beginning time of temperature treatment in phytotron

TNC=fructosan + mono-and disaccharose

DDM=digestible dry matter

Table 4. Regression coefficient between cell-wall constituents and *in vitro* digestibility in corn cv. Blizzard and sorghum cv. Sioux and Pioneer 931

Cell-wall constituents	Varieties	Digestible dry matter			Digestible organic matter		
		K	b	r ²	K	b	r ²
NDF	Sioux	90.8	-0.887	0.64	92.1	-0.981	0.68
	P. 931	95.6	-1.661	0.84	95.5	-1.099	0.84
	Blizzard	79.7	-0.201	ns	79.6	-0.240	ns
Cellulose	Sioux	93.0	-0.821	0.64	94.2	-0.899	0.67
	P. 931	98.6	-0.995	0.76	97.8	-1.011	0.73
	Blizzard	77.4	-0.686	0.41	76.9	-0.099	0.44
Hemicellulose	Sioux	79.9	-0.453	ns	80.9	-0.546	ns
	P. 931	114.3	-2.185	0.52	114.4	-2.246	0.50
	Blizzard	72.1	-0.139	ns	-	-	-
Lignin	Sioux	87.7	-4.897	0.76	87.1	-5.022	0.70
	P. 931	90.3	-6.165	0.83	89.7	-6.363	0.83
	Blizzard	84.8	-3.791	0.53	83.1	-3.425	0.47

P ≤ 5% : r² = 0.181 P ≤ 1% : r² = 0.287 P ≤ 0.1% : r² = 0.430

關係가 크게 나타난다(Cummins 1973, Schloegl 1982, Harbers 및 Thouvenelle 1980, Masuda 1976, Rabas 등 1970).

Cell wall 構成物質中 特히 Phenol groups의 Lignin은 消化率을 惡化시키는 가장 큰 要因으로 이들 成

분과 *in vitro* 消化率間에는 各作物에서 公히 높은 負의 相關이 있다(P ≤ 0.1%). Cellulose 및 Hemicellulose는 이와는 달리 sorghum 植物에서는 *in vitro* 消化率과 높은 負의 相關이 있으나 옥수수 의 경우 이같은 相關關係가 크지 않아 이들 structural carb-

ohydrate에 의한 消化率의 減少現象은 심하게 나타나지 않는다. 이와같이 옥수수植物에서 構造炭水化合物과 *in vitro*消化率間에 負의 相關關係가 Sorghum에서와 같이 크게 나타나지 않는 것은 이들 構造炭水化合物의 合成이 旺盛하게 이루어지는 時期에 한편으로는 mono- 및 disaccharose를 포함한 non-structural carbohydrates의 合成 및 蓄積이 本格的으로 이루어져 乾物 및 有機物의 消化率이 오히려 若干의 增加를 보이기 때문이다.

옥수수 및 sorghum의 乾物消化率은 2-3葉期の 幼植物에서는 78-81%内外로서 作物間에 큰 差異가 없다. 옥수수의 경우 이들 消化率은 生育이 進行되는 동안 크게 變化하지 않아 種子完熟期에도 各各 72.1%(乾物) 및 71.9%(有機物)로 높은 水準을 維持한다. 이에 비해 sorghum의 消化率은 급격히 惡化되어 出穗期 및 黃熟期の 乾物消化率은 各各 61

-64% 및 56-60%로 下落된다.

以上の 結果에서 sorghum의 消化率이 옥수수에 비해 크게 떨어지는 것은 이미 설명된바와 같이 合成된 同化物質이 Cellulose, Hemicellulose等 cell wall constituents의 合成에 多量 消耗됨으로서 mono- 및 disaccharose의 蓄積이 낮기 때문이다.

한편 cell wall 構成物質은 消化率을 惡化시킴으로서 NEL 蓄積 및 starch value를 크게 低下시킨다. 따라서 옥수수 및 sorghum의 NEL價値는 初期生育이 進行되는 동안 cell wall 構成物質이 增加함에 따라 漸次的으로 減少된다. NEL의 減少現象은 一般的으로 幼穗가 形成되는 6-8葉期까지 繼續되어 옥수수 5.9MJ 및 sorghum 5.45MJ-NEL/kg으로 最低水準을 나타낸다. 幼穗가 形成된 以後에는 옥수수의 경우 mono- 및 disaccharose의 蓄積이 增加함으로써 NEL value는 서서히 增加하여 乳熟期 및

Table 5. Effect of cell-wall constituents on *in vitro* digestibility and net energy lactation (NEL) in sorghum and maize

Cell wall contents and net energy	Morphological growth stages								
	3 rd leaf	5 th leaf	8 th leaf	Final leaf	Boot stage	Bloom stage	Soft dough	Hard dough	Maturity stage
<u>Blizzard</u>									
NDF (%)	38.7	44.4	50.4	52.8	52.1	49.8	47.6	46.5	46.0
TNC (%)									
DDM (%)	81.1	80.0	79.3	72.8	73.9	75.9	75.5	76.1	72.1
DOM (%)	78.3	78.2	77.4	71.7	73.6	75.3	75.3	72.8	71.9
NEL (MJ/kg)	5.98	5.82	5.90	6.12	6.34	6.51	6.70	6.94	6.94
StE	584	550	552	574	596	642	659	668	669
<u>Sioux</u>									
NDF (%)	36.3	47.0	52.7	65.9	65.4	64.9	59.8	57.6	57.1
TNC (%)									
DDM (%)	78.9	76.3	68.7	65.3	64.3	61.3	61.8	61.8	60.4
DOM (%)	79.5	76.9	65.8	65.0	61.5	59.2	61.6	62.0	59.7
NEL (MJ/kg)	5.64	5.57	5.46	5.58	5.61	5.75	5.94	6.01	5.93
StE	550	516	463	476	480	511	525	530	535
<u>Pioneer 931</u>									
NDF (%)	35.8	39.3	57.2	65.0	67.1	67.0	63.6	60.4	59.1
TNC (%)									
DDM (%)	81.1	79.4	70.5	67.2	61.2	58.7	59.6	61.2	59.7
DOM (%)	80.0	79.0	67.5	66.3	60.7	55.5	57.4	60.9	58.3
NEL (MJ/kg)	5.78	5.60	5.44	5.49	5.58	5.66	5.83	5.90	5.87
StE	549	523	450	566	477	508	519	525	520

黃熟期에는 各各 6.7MJ 및 6.94MJ-NEL/kg로 向上된다.

그러나 sorghum 植物에 있어서는 fructosan, mono- 및 disaccharose의 合成과 蓄積이 낮은 反面 cell wall constituents 含量이 繼續적으로 높은 水準을 維持하고 있어 后期生育期間中の NEL 및 starch value 增加는 옥수수에서와 같이 顯著하지 못하다 (Kim, 1982 ; Schloegl, 1982).

IV. 摘要

옥수수 및 sorghum 植物에 있어서 生育時期와 環境溫度가 cell-wall constituents의 合成 및 蓄積形態에 미치는 影響을 究明하기 위하여 옥수수의 Blizzard와 sorghum의 Sioux 및 Pioneer 931 品種을 供試材料로 하여 圃場 및 Phytotron 試驗을 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 照射하였다. 1979-81年間 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 옥수수 및 sorghum의 cell wall constituents는 幼穗形成期에서 止葉이 出現되는 時期에 最大의 合成能力을 갖는다. Neutral Detergence Fiber 및 Acid Detergence Fiber 濃度는 同化葉面積이 最大인 出穗期前後에 各各 NDF 52-55%(옥수수) 및 64-68%(Sorghum)와 ADF 30%(옥수수) 및 45%(Sorghum)로 가장 높은 水準을 나타낸다.

2. Cellulose 및 Hemicellulose는 細胞構造膜을 形成하고 있는 structural carbohydrates로 Cellulose가 주로 莖組織의 cell wall을 構成하고 있는데 비해 Hemicellulose는 葉과 穀實部位의 細胞膜構成物 質로서 重要한 役割을 한다.

3. Cell wall constituents의 合成은 環境溫度가 上昇됨에 따라 比例적으로 增加한다. 그러나 fructosan, mono- 및 disaccharose 등 non-structural carbohydrates 蓄積은 30/25℃ 以上の 高温에서 減少된다. 高温에서의 細胞構造膜物 質 增加는 cell wall을 構成하고 있는 物質中 특히 Cellulose가 急增된데 其 因된 것으로 溫度上昇에 따른 Cellulose의 合成能力은 Hemicellulose 및 Lignin에 비해 顯著的한 增加를 보인다.

4. 細胞構造膜物 質의 增加는 消化率 및 net en-

ergy 蓄積을 크게 沮害한다. cell wall constituents 中 phenol 成分의 Lignin과 *in vitro* 消化率間에는 높은 負의 相關이 있다($P \leq 0.1\%$). Cellulose 및 Hemicellulose는 sorghum 植物의 경우 消化率과 NEL 蓄積을 크게 惡化시키나($P \leq 0.1\%$) 옥수수에 있어서는 이같은 負의 相關關係가 sorghum에서와 같이 크게 나타나지 않는다.

V. 引用 文 献

1. Caddel, J.L. and D.E. Weibel. 1971. Effect of photoperiod and temperature on the development of sorghum. *Agron. J.* 63:799-803.
2. Chesnokov, V.A., S.A. Miroslanova and V.V. Moshkanova. 1974. The effect of preliminary heating on the CO₂ gas exchange of leaves with C₃ and C₄ pathway photosynthesis. *Vestnik Lenin. Univ. Biologiya* 2:108-115.
3. Gesellschaft fuer Ernaerungsphysiologie der Haustiere. 1979. Nettoenergie-Laktation (NEL)-die neue energetische Futterbewertung fuer Milchkuehe. *DLG-Mitteilungen.* 94:672.
4. Giorgetti, A., M. Antongiovanni, B.M. Poli und O, Franci. 1977. Digestion in vitro delle sostanza secca e della sostanza organica di erbai di mais e di sorgo sottoposti ad essiccazione e ad insilamento. *Zootechnica e Nutrizione Animale.* 3: 255-261.
5. Goering, H.K. and Van Soest, 1970. Forage fiber analysis. *USDA Agricultural Handbook.* 279: 1-20.
6. Harbers, L.H. and M.O. Thouvenelle. 1980. Digestion of corn and sorghum silage observed by scanning electron mikroskopy. *J. Anim. Sci.* 50:514-526.
7. Hasegawa, S., 1977. Agro-climatological studies on C₃ plants and C₄ plants. 3. Transpiration rates and leaf temperatures. *J. Agr. Meteorology (Japan),* 33:129-136.
8. Kim, J.G. 1982. Ertrags-und Stoffbildung einiger Sorten von Sorghum-Sudangras, Hybrid-Sorghum und Silomais in Abhaengigkeit von Anbaumassnahmen und Temperaturbedingungen, *Dissertation, TU Muenchen Freising-Weihenstephan.*

9. Kim, J.G. and G. Voigtlaender, 1985. Studies on reserved carbohydrates and Net Energy Lactation (NEL). I. Synthesis and accumulation pattern of fructosan, mono- and disaccharose. *J. Korean Soc. Grassl. Sci.* 5:
10. Knabe, O. und R. Schuppenies. 1980. Qualitätsveränderungen bei Silomais in Abhängigkeit vom Erntetermin. *Feldwirtschaft.* 21:58-61.
11. Kuehbauch, W. 1973a. Veränderungen der Gehalte an Glucose, Fructose, Saccharose und Fructosan sowie des Polymerisationsgrades an Fructosanmolekülen in Blättern und Stengeln einiger Knaulgrassorten während des Wachstums. *Landw. Forsch.* 26:173-181.
12. Kuehbauch, W. und G. Voigtlaender. 1978. Zellwandbestandteile und Verdaulichkeit von Futterpflanzen. *Hilfsmittel in der Beratung. Das wirtschaftseigene Futter,* 24:187-197.
13. Lechtenberg V.I., O.A. Holt and H.W. Youngberg. 1973. Diurnal variation in nonstructural carbohydrates of sorghum sudanense (Stapf) as influenced by environment. *Agron. J.* 65:579-583.
14. Marten, G.C., 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.
15. Masuda, Y. 1976. Wirkung des Reifestadiums auf die Verdaulichkeit in vitro von Sudangras. *J. Japanese Grassl. Sci.* 22:170-174.
16. Niopek, J., 1960. Der Einfluss der Klimafaktoren Licht, Temperatur und Wasser auf Wachstum, Entwicklung und Ertragsbildung bei Mais und Sorghum-Arten. Dissertation, Giessen.
17. 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.
18. Schloegl, R. 1982. Verdaulichkeit und Futterwert von ausgewählten Proben aus frischem und konserviertem Grünfutter. Diplomarbeit TU München, Freising-Weihenstephan.
19. Taylor, A.O., C.R. Slack and H.G. Mopherson. 1974. Effect of low temperature on the levels and activity of some C₄-pathway enzymes. *The Royal Soc. New Zealand.* 12:519-524.
20. Tilley, J.M.A. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Brit. Grassl. Soc.* 18:104-111.
21. Vong, N.Q. and Y. Murata. 1978. Studies on the physiological characteristics of C₃ and C₄ crop species. 2. The effects of air temperature and solar radiation on the dry matter production of some crops. *Japanese J. Crop Sci.* 47:90-100.