

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

Ⅲ. Weender 成分 및 Net Energy Lactation

金正甲 · G. Voigtlaender*

農村振興廳 畜産試驗場

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

Ⅲ. Weender components and net energy lactation

J. G. Kim and G. Voigtlaender*

Livestock Experiment Station, RDA

Summary

Field and phytotron experiments were conducted to determine the effect of morphological growth stage and environmental temperature on Weender components and net energy lactation (NEL) in corn cv. Blizzard and sorghum cv. Pioneer 931 and Sioux at Munich Technical University from 1978 to 1981. Various growth stages of maize and sorghum were grown for 42 days at 4 temperature regimes (30/25, 25/20, 28/18 and 18/8 degree C) and mid-summer sunlight over 13 hour days.

The results obtained are summarized as follows:

1. Accumulation of crude protein in maize and sorghum plants was associated with leaf weight ratio and leaf area ratio ($P \leq 0.1\%$). Crude protein in the plants were shown to have a great synthesis rates at early growth stages. The highest concentration of crude protein were found at 3-leaf stage with 31.4% and 33.9% for maize and sorghum, respectively.
2. Synthesis of crude fiber was increased after growing point differentiation markedly and were shown the highest concentration at heading stage with 28.4% and 31.5% for maize and sorghum, respectively. During the maturities, the crude fiber contents in maize were, however decreased and shown a value of 19.5% at physiological maturity, while that of sorghum were increased continuously.
3. NEL value in maize and sorghum plants at 3-leaf stage were 5.98 MJ and 5.64 MJ-NEL/kg DM, respectively. However, NEL accumulation in the plants were declined as morphological development and shown the lowest at growing point differentiation with 5.82 MJ (maize) and 5.46 MJ/kg (sorghum). During the late maturity, the NEL value of maize were increased markedly and shown a value of 6.70 MJ and 6.94 MJ/kg for milkstage and maturity stage, respectively, while NEL value in sorghum were not increased markedly.
4. Net energy lactation in maize and sorghum plants were associated with synthesis rate of non-structural carbohydrates, especially mono- and disaccharose, while cell-wall constituents and crude fiber lowerd NEL contents ($P \leq 0.1\%$).
5. NEL accumulation and starch value were decreased under high temperature. The NEL concentration of 4-leaf sorghum under different environmental temperatures of 30/25, 25/20, and 18/8 degree C were 4.87 MJ, 5.46 MJ and 5.81 MJ/kg, respectively.

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

I. 緒 論

옥수수植物에서 合成된 同化物質은 fructosan, mono- 및 disaccharose 形態로 蓄積되며 이들 non-structural carbohydrates의 大部分은 生育后期에 이삭部位로 移動되어 starch形態로 貯藏된다. 이에 反해 sorghum植物에서는 合成된 同化物質의 大部分이 cell-wall constituents의 主成分을 이루는 structural carbohydrate 合成에 消耗되어 이들이 消化率 및 에너지 蓄積에 障害要因이 된다(Giorgetti, 1977; Kim, 1982, 1985; Kuehbauch, 1976; Kuehbauch 및 Voigtlaender, 1978; Marten 등, 1976; Sahara, 1979; Schuster 등, 1976; Summer 및 Holmer, 1973; Sullin 및 Rooney, 1974).

따라서 옥수수의 NEL價値는 種子가 成熟되는 과정에 서 크게 向上되나 sorghum植物에서는 增加幅이 뚜렷하지 못하여 繼續적으로 낮은 水準을 維持한다. 한편 sorghum에는 構造炭水化合物 以外에도 lignin 등 phenol 成分이 多量 含有되어 있어 이들에 依해 消化率 및 에너지 價値가 크게 低下된다(Rabas 등, 1970; Schaffert 등, 1974; Wall 및 Blessin, 1970). 이 같은 原因으로 家畜試驗에서 sorghum給與時 옥수수 에 비해 家畜增体量 및 乳生産量은 顯著히 떨어진 다(Bonnefoy 및 Didier, 1978; Denham, 1971; Marten 등, 1975; Owen 및 Kuehlman, 1967; Schmid 등, 1976).

本試驗에서는 옥수수의 Blizzard와 sorghum의 Pioneer931 및 Sioux를 供試品種으로 하여 Weender 成分變化와 이에따른 NEL 및 starch value 蓄積形態를 研究檢討 하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗方法

本 試驗은 옥수수의 Blizzard와 sorghum hybrids의 Pioneer931 (Sorghum b. x Sorghum b.) 및 Sioux (Sorghum b. x Sorghum s.)를 供試品種으로 하여 난괴법 4反覆으로 1978-’81年間 원해大學校 草地研究 所에서 實施하였다.

播種方法은 옥수수는 60cm×15cm로 하여 11本/m²을 維持하였으며 sorghum은 種子 30-35kg/ha을 25 cm 및 50cm로 drill 播種하였다. 한편 人工氣象室을 利用한 Phytotron 試驗은 晝/夜間의 室內溫度는 30

/25, 25/20, 28/18 및 18/8°C로 하였으며 日照는 35,000Lux로 13時間 照射하였다.

供試作物 및 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 및 8葉期를 대상으로 42日間 實施하였다. 植物體 化學成分 分析用 試料는 圃場試驗의 경우 出現直后부터 枯熟期까지 5~7日 간격으로 採取하였으며 Phytotron試驗에서는 溫度處理期間中 3日間隔으로 試料를 採取하였다.

2. 化學成分分析 및 에너지測定

Weender各成分은 Seiden(1926), Kjeldahl(1883), Stoldt(1952), Lepper(1933) 및 VDLUFA(1982)方法에 依해 分析 하였으며 mono- 및 disaccharose 등 non-structural carbohydrate는 Nelson(1944) 및 Somogyi(1954)方法을 修正한 Kuehbauch(1973)法으로, cell-wall constituents含量은 Goering 및 Van Soest(1970)에 依해 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 蓄積은 Kellner(1971) 및 Nehring(1972)의 starch value와 乳生産을 爲한 Net Energy Lactation 方法으로 評價하였다(DLG, 1978).

III. 結果 및 考察

1. Weender 成分變化

Weender成分中 Protein의 合成 및 蓄積은 LWR (leaf weight ratio)가 높은 生育初期에 높게 일어난다. 따라서 出現直后 3葉期幼植物의 crude protein 含量은 各 옥수수 31.4% 및 sorghum 33.9%로서 매우 높아 幼植物에 있어서의 에너지 含量은 이들 protein에 依해 큰 影響을 받는다.

그러나 이들 protein含量은 生育이 進展됨에 따라 急激히 減少되어 出穗期 및 乳熟期에는 各 옥수수 9.0% 및 5.7%, sorghum類 10.4% 및 7.6% 水準으로 下落된다. 이와같이 crude protein 含量이 急激히 減少되는 現象은 生育에 따른 LWR 및 LAR가 減少되는데 主原因이 있다.

以上の 結果에서 生育期에 따른 protein의 減少速度가 sorghum에 비해 옥수수에서 크게 일어나는 것은 全生育期間을 通해 LWR 및 LAR가 낮는데 原因이 있다 (Kim 1982).

Weender成分中 可溶無氮素物(NFE)은 crude protein과는 달리 生育이 進行되는 동안 繼續적으로 增

Table 1. Influence of morphological development on Weender components and net energy lactation in maize cv. Blizzard and sorghum cv. Sioux

Weender components and net energy	3-leaf stage	5-leaf stage	8-leaf stage	Final leaf	Boot stage	Flow. stage	Soft dough	Hard dough	Maturity stage
Blizzard (maize)									
Crude ash (%)	13.2	12.8	11.5	10.0	7.2	6.0	4.6	4.4	4.4
Crude protein (%)	31.4	27.3	20.6	12.2	9.0	7.6	5.7	5.4	5.7
Crude fat (%)	4.8	3.5	2.5	1.7	1.3	1.1	1.6	2.3	2.8
Crude fiber (%)	16.5	20.6	23.1	28.4	25.7	22.6	19.6	19.5	20.4
N-free Extr. (%)	34.1	35.8	41.7	47.7	56.8	62.7	69.0	68.4	66.7
TNC (%)	2.5	4.9	5.3	10.5	21.1	26.4	30.3	20.5	13.2
NDF (%)	38.7	44.4	50.4	52.8	52.1	49.8	47.6	46.5	46.0
NEL (MJ / kg DM)	5.98	5.82	5.90	6.12	6.34	6.51	6.70	6.94	6.94
Starch value (StE)	584	550	552	574	596	642	659	668	669
Sioux (Sorghum)									
Crude ash (%)	14.0	12.9	12.2	9.6	7.8	6.1	5.2	4.5	4.1
Crude protein (%)	33.9	30.1	21.7	12.7	10.4	8.2	7.6	6.8	6.5
Crude fat (%)	5.2	4.1	3.3	2.4	1.9	1.5	1.4	1.3	1.2
Crude fiber (%)	14.0	18.7	25.6	31.5	30.8	31.5	31.9	32.1	32.1
N-free Extr. (%)	32.9	34.2	37.2	43.8	49.1	52.7	53.9	55.3	56.1
TNC (%)	3.5	3.3	2.1	3.8	7.4	13.4	17.5	20.1	15.3
NDF (%)	36.3	47.0	52.7	65.9	65.4	64.9	59.8	57.6	57.1
NEL (MJ / kg DM)	5.64	5.57	5.46	5.58	5.61	5.75	5.94	6.01	5.93
Starch value (StE)	550	516	463	476	480	511	525	530	535

TNC = fructosan + mono - and disaccharose

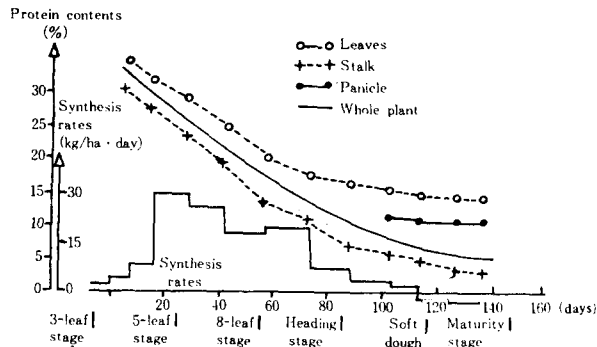


Fig. 1. Synthesis rates and accumulation pattern of crude protein in sorghum cv. Pioneer 931.

가하여 출穂期에는 각각 옥수수 56.8% 및 sorghum 49.1%까지 축적된다. 植物体内에서의 NFE增加는 옥수수의 경우 生育后期에 더욱 크게 일어나 乳熟

期 및 完熟期에는 각각 69.0% 및 66.7%의 높은 蓄積을 보인데 반해 sorghum에서는 그 增加幅이 완만하여 乳熟期 以后에도 53.9~56.1%의 낮은 水準을 維持한다. 이와같이 sorghum 植物에서 NFE增加가 緩慢한 것은 合成된 同化物質의 大部分이 cell-wall constituents 合成에 消耗되어 可溶性 細胞内容物質인 mono-및 disaccharose로서의 蓄積이 낮은데 主要原因이 있다(第II報).

粗纖維 및 粗脂肪의 合成 및 蓄積形態는 옥수수와 sorghum 植物体間에 顯著한 差異가 있다. sorghum 植物의 경우 粗脂肪 含量은 3葉期의 幼植物에서 5.2%의 높은 水準을 나타내나 生育이 進行됨에 따라 減少되어 出穂期 및 乳熟期에는 각각 1.9% 및 1.4%에 이른다. 옥수수植物에서도 粗脂肪含量은 3葉期의 4.8%에서 幼穗形成期에는 2.5%内外로 減少되나 生育后期의 種子成熟期間中에는 fat 合成 및 蓄積은 다시 增加되어 이時期에 있어서의 NEL 및 sta-

rch value 向上에 重要な 役割을 한다.

粗纖維의 合成 및 蓄積은 cell-wall constituents (Kim 1985, 第II報)에서와 같이 幼穗形成期에서 止葉出現時期에 높게 일어나 出穗期 後에 각각 28.4% (옥수수) 및 31.5% (sorghum)로 가장 높은 濃度水準을 나타낸다. 이와같은 粗纖維含量은 옥수수植物의 경우 이삭(ear)形成과 함께 可溶性 細胞內容物質이 增加됨에 따라 減少되어 黃熟期에는 19.1-19.5%까지 下落된다. 그러나 完熟期後期 및 枯熟期에는 dissimilation에 依한 reserved carbohydrate의 減少로 粗纖維 및 cell-wall constituents含量은

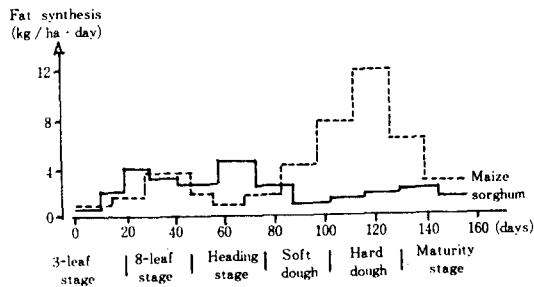


Fig. 2. Influence of morphological development on synthesis rates of crude fat in maize cv. Blizzard and sorghum cv. Pioneer 931

Table 2. Correlation coefficients between growth parameter and chemical components of maize cv. Blizzard and sorghum cv. Pioneer 931

Chemical components and net energy	Sorghum (Pioneer 931)					Maize (Blizzard)				
	PL	LA	Spec.LA	LAR	LWR	PL	LA	Spec.LA	LAR	LWR
Organic matter	0.96	0.45	-0.94	-0.95	-0.95	0.84	ns	-0.84	-0.95	-0.97
Crude protein	-0.98	-0.59	0.95	0.99	0.98	-0.95	-0.79	0.80	0.99	0.98
Crude fat	-0.99	-0.52	0.87	0.99	0.98	-0.82	-0.79	ns	0.64	0.61
Crude fiber	0.95	0.70	-0.95	-0.97	-0.96	ns	0.78	ns	ns	ns
N-free Extr.	0.96	ns	-0.89	-0.94	-0.94	0.87	ns	-0.83	-0.96	-0.98
MJ-NEL	0.92	ns	-ns	-0.90	-0.89	0.77	ns	-0.90	-0.92	-0.94
StE	-0.55	-0.83	0.93	0.61	0.60	0.66	ns	-0.84	-0.83	-0.87
DDM	-0.96	-0.49	0.92	0.95	0.94	-0.70	ns	0.77	0.75	0.74
DOM	-0.95	-0.48	0.92	0.94	0.93	-0.64	ns	0.75	0.72	0.70
TNC	0.82	ns	-0.90	-0.81	-0.80	0.71	0.63	ns	-0.54	-0.53
NDF	0.93	0.75	-0.82	-0.95	-0.94	ns	0.60	ns	ns	ns

$P \leq 5\%$: $r^2 = 0.42$, $P \leq 1\%$: $r^2 = 0.53$, $P \leq 0.1\%$: $r^2 = 0.65$, $n = 22$, PL = plant length, Spec.LA = specific leaf area, LA = leaf area, LAR = leaf area ratio, LWR = leaf weight ratio, NEL = net energy lactation, StE = Stacch value, DDM = digestible dry matter, DOM = digestible organic matter, TNC = fructosan + mono- and disaccharose.

若干씩 增加하는 傾向이 있다.

sorghum植物은 옥수수와는 달리 mono- 및 disaccharose의 蓄積이 낮아 cell wall 構成物質 및 粗纖維含量은 繼續적으로 높은水準을 維持한다.

2. In vitro 消化率

옥수수植物에서 生育이 進行됨에 따라 crude protein은 急激히 減少되나 mono- 및 disaccharose를 포함한 reserved carbohydrate의 蓄積이 높아 生育에 따른 消化率 減少現象은 크게 나타나지 않는다. 이에反해 sorghum植物은 non-structural carbohydrate의 蓄積이 낮고 粗纖維를 비롯한 細胞構造膜物質의 濕著한 增加로 因하여 生育後期에 있어서의 乾物 및 有機物 消化率은 크게 惡化된다.

한편 sorghum植物에는 cell wall 構成物質中 特히 lignin含量이 높아 이들이 수수류 作物에 있어서의 消化率 및 에너지 蓄積을 저해하는 重要한 原因이 된다 ($P \leq 0.1\%$).

3. Net Energy Lactation (NEL)

生育初期의 幼植物時期에는 cell-wall constituents의 合成 및 蓄積이 낮은 反面 protein 및 fat含量이 높아 이時期에 있어서의 NEL價値는 옥수수 5.98MJ

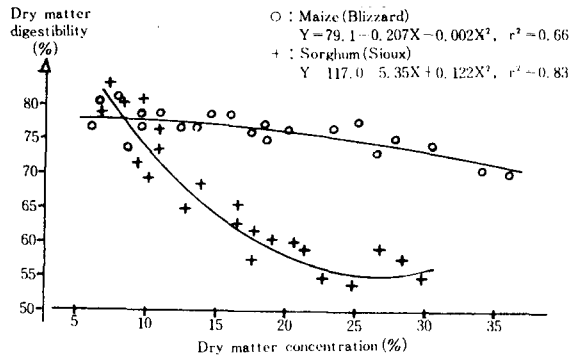


Fig. 3. Changes of dry matter concentration and *in vitro* dry matter digestibility of maize cv. Blizzard and sorghum cv. Sioux.

및 sorghum 5.64 MJ-NEL/kg으로 높은편이다. 그러나 sorghum植物的 경우에는 生育이 進展됨에 따라 NEL含量은 若干씩 減少되어 幼穗形成期에 各各 5.46MJ/kg 및 463StE로 最低水準을 나타낸다. 生育后期의 種子成熟期間中 NEL 및 starch value는 多少 向上되는 傾向이나 그程度가 未洽하여 黃熟期에도 5.94-6.01MJ/kg 및 525-530 StE의 낮은 水準을 維持한다. 옥수수에 있어서도 初期生育期에 NEL 및 starch value는 減少하는 傾向이나 減少程度가 적은 편으로 幼穗形成期の NEL 및 starch value는 各各 5.90MJ/kg 및 552 StE로 同一時期의 sorghum에 비해 顯著히 높은 편이다. 특히 이슬에너지含量은 幼穗形成期 以後에 顯著한 增加를 보여 乳熟期에는 6.70MJ 및 659StE, 完熟期에는 6.94MJ/kg 및 669StE의 높은 水準을 維持한다.

以上の 結果에서 옥수수와 sorghum 植物體間에

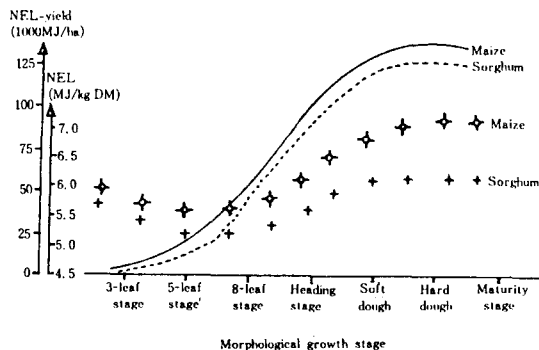


Fig. 4. Accumulation pattern of net energy lactation (NEL) and NEL-yields in maize cv. Blizzard and sorghum cv. Sioux.

NEL 및 starch value의 差異가 크게 있었음은 옥수수의 경우 幼穗形成期 以後에 fructosan, mono- 및 disaccharose의 蓄積이 높는데 反해 sorghum 植物에서는 cellulose, hemicellulose, lignin 등 cell-wall constituents의 合成 및 蓄積이 增加하기 때문이다.

4. 環境溫度와 Weender成分 및 NEL

Weender成分 및 NEL蓄積은 環境溫度의 影響을 크게 받으며 그程度는 植物體의 生育段階에 따라 差異가 있다. Weender 成分中 特別히 纖維質을 包含한 structural carbohydrate의 合成 및 蓄積은 環境溫度가 上昇됨에 따라 比例的으로 增加되는데 비해 粗脂肪 및 protein 含量은 減少하는 傾向이 크다. 即, 8葉期 sorghum 植物의 環境溫度를 달리 하였을 때 粗纖維含量은 各各 31.4% (30/25°C), 26.0% (25/20°C) 및 22.3% (18/8°C)로 溫度上昇과 粗纖維含量間에는 正(+) 相關($P < 0.1$)을 보이며 反해 crude protein은 13.3%, 17.5% 및 18.7%로 變하여 高溫에서 크게 減少되었다. 이같은 傾向은 他生育段階에서도 同一한 結果를 보이며 그程度는 2葉期, 4葉期 및 6葉期 순으로 幼植物에서 溫度의 影響이 크게 나타났다.

이와같이 高溫下에서는 纖維素를 胞含한 cell wall 構成物質의 合成이 높은 반면 mono- 및 disaccharose의 合成 및 蓄積이 낮아 植物體內에서의 NEL 價値는 크게 減少된다.

即, 4葉期의 sorghum植物을 30/25°C의 高溫으로 3週間 處理時 net energy lactation 4.87MJ에 비해 25/20°C 및 18/8°C의 낮은 溫度에서는 各各 5.46MJ 및 5.81 MJ/kg로서 溫度가 上昇됨에 따라 에너지 蓄積은 顯著히 減少된다. 이와같은 溫度의 影響은 各處理對象植物에서도 크게 있어 8葉期植物의 경우 NEL含量은 各各 5.65MJ (30/25°C), 5.73MJ (25/20°C) 및 5.99 MJ/kg (18/8°C)로 變하여 環境溫度에 따른 NEL 含量差異가 크게 나타났다.

IV. 摘要

本 試驗은 옥수수와 sorghum植物에서 生育時期 및 環境溫度가 Weender成分 및 Net Energy Lactation에 미치는 影響을 究明코자 옥수수의 Blizzard와 sorghum hybrids의 Pioneer 931 및 Sioux를 供試品種으로 하여 延慶大學校草地研究所에서 圃場 및 phy-

Table 3. Temperature treatment effects on Weender components, reserved carbohydrates and net energy lactation in sorghum cv. Sioux.

Growth* stages	Temperature in degree C (day / night)	Crude ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	N-free Extr. (%)	TNC (%)	NDF (%)	NEL (MJ/kg)
8-leaf stage	18 / 8	7.0	10.3	3.6	24.4	54.7	14.2	59.8	5.99
	25 / 20	8.9	11.1	2.8	29.5	47.7	6.8	70.5	5.73
	30 / 25	8.4	10.6	1.9	33.1	46.0	5.5	71.3	5.65
6-leaf stage	18 / 8	7.7	18.7	4.7	22.3	46.6	7.6	55.2	5.93
	25 / 20	10.2	17.5	3.1	26.0	43.2	4.2	63.2	5.62
	30 / 25	8.8	13.3	2.4	31.4	44.1	3.9	67.6	5.59
4-leaf stage	18 / 8	10.5	28.7	5.3	18.5	45.1	6.8	42.0	5.81
	25 / 20	12.9	25.3	3.9	21.2	37.7	4.6	50.6	5.46
	30 / 25	12.1	18.6	3.1	28.7	37.5	4.0	56.2	4.87
2-leaf stage	18 / 8	11.5	36.6	5.8	14.2	31.9	3.9	25.5	5.58
	25 / 20	13.8	28.6	4.3	20.9	32.9	3.8	36.9	5.34
	30 / 25	13.6	24.7	3.5	24.6	33.6	2.8	43.2	5.31

*Growth stage before temperature treatment in phytotron

totron試驗으로 實施하였다.

Phytotron의 晝/夜間 室内溫度는 30/25, 25/20, 28/18 및 18/8°C로 하였으며 日照는 35,000Lux로 13시간 照射하였다. 1978-'81年間 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 옥수수 및 sorghum의 crude protein은 3葉期 幼植物의 경우 各各 31.4% 및 33.9%에 이르나 生育이 進展됨에 따라 急速度로 下落되어 出穗期에는 9.0% (옥수수) 및 10.4% (sorghum)로 減少된다. 植物体内的 protein蓄積과 LWR 및 LAR間에는 높은 正(+)의 相関이 있다 ($P \leq 0.1\%$).

2. 粗纖維의 合成 및 蓄積은 幼穗形成期에서 止葉出現期에 本格的으로 이루어지며 그 含量은 出穗期에 各各 옥수수 28.4% 및 Sorghum 31.5%로 最高濃度水準에 달한다. 그러나 옥수수의 경우 粗纖維 含量은 種子가 成熟됨에 따라 다시 減少되어 黃熟期에는 19.5%까지 減少되는데 反해 sorghum 植物에서는 繼續的으로 增加하는 傾向이 있다.

3. NEL 含量은 3葉期의 幼植物에서 옥수수 5.98MJ 및 sorghum 5.64MJ/kg으로 높은 편이나 生育이 進行되는 동안 減少되어 幼穗가 形成되는 6-8葉期에 各各 5.82MJ (옥수수) 및 5.46MJ/kg (sorghum)으로 最低水準을 나타낸다. 옥수수의 NEL 含量은 그후 種子가 成熟됨에 따라 6.70MJ (乳熟期)

및 6.94MJ/kg (完熟期)까지 增加되는데 비해 sorghum에서는 增加幅이 완만하여 繼續 낮은 水準을 維持한다.

4. 옥수수 및 sorghum植物의 NEL價値는 fructosan, mono- 및 disaccharose 등 non-structural carbohydrate의 合成 및 蓄積形態에 依해 큰 影響을 받으며 NEL含量과 cell-wall constituents間에는 負(-)의 相関이 있다 ($P \leq 0.1\%$).

5. NEL 및 starch value는 環境溫度가 上昇됨에 따라 減少된다. 4葉期 sorghum植物의 環境溫度를 달리 하였을 때 NEL價値는 各各 4.87MJ (30/25°C), 5.46MJ (25/20°C) 및 5.81MJ/kg (18/8°C)로 變하여 高温에서 net enrgy lactation 蓄積이 크게 減少되었다.

V. 引用文獻

1. Bonnefoy, J and G. Didier. 1978. L. utilisation du sorgho-grain ensile en plante entiere la production de taurillons. Fourrages, 74: 79-100.
2. Denham, A.H. 1971. Comparisons of corn silage, sorghum silage and sorghum pasture supplemented with soybean meal and urea for calves. Colo. Agric. Exp. Sta. Prog. 74:4.

3. Gesellschaft fuer Ernahrungsphysiologie der haustier (DLG). 1979. Nettoenergie-Lactation (NEL)-die neue energetische Futterbewertung fuer Milchkuehe. DLG-Mitteilungen, 94:672.
4. Giorgetti, A., M. Antongiovanni, B.M. Poli and O. Franci. 1977. Digestione 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 (Italien) 3:255-261.
5. Goering, H.I. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fibre analyses. USDA Agricultural Handbook 379-1-20.
6. Kim, J.G. 1982. Ertrags- und Stoffbildung einiger Sorten von Sorghum-Sudangras, Hybrid-Sorghum und Silomais in Abhaengigkeit von Anbaumassnahmen und Temperaturbedingungen. Munich Tech. Univ. Diss. 1982.
7. Kim, J.G. and G. Veiglaender. 1985. Studies on reserved carbohydrates and net energy lactation (NEL) in corn and sorghum. I. Synthesis and accumulation pattern of fructosan, mono- and disaccharose. J. Korean Soc. Grassl. Sci. 5(1):45-52.
8. Kim, J.G. and G. Veiglaender. 1985. Studies on reserved carbohydrates and net energy lactation (NEL) in corn and sorghum. II. Synthesis and accumulation pattern of cell-wall constituents. J. Korean Soc. Grasal. 5(2):127-135.
9. Kuehbauch, W. 1973. Veraenderungen der Gehalte an Glucose, Fructose, Saccharese und Fructosan sowie des Polymerisationsgrades an Fructosanmolekuelen in Bllaetern und Stengeln einiger Knauigrassorten waehrend des Wachstums. Landw. Forschung 26:173-181.
10. Kuehbauch, W. 1977. Veraenderungen von Kohlenhydratfraktionen in Bllaetern und Stengeln einiger Knauigrassorten waehrend des Wachstums. Landw. Forschung 26:213-220.
11. Kuehbauch, W. und G. Voiglaender. 1978. Zellwandbestandteile und Verdaulichkeit von Futterpflanzen, Hilfsmittel in der Beratung. Das wirtschaftseigene Futter 24: 187-197.
12. Marten, G.c., R.D. Goodrich, A.R. Schmid, J.C. Meiske, R.M. Jordan and J.G. Linn. 1975. Evaluation of laboratory methods for determining quality of corn and sorghum silage. II. Chemical methods for predicting in vivo digestibility. Agron. J. 67: 247-251.
13. Rabas, D.L., A.R. Schmid and Marten. 1970. Relationship of chemical composition and morphological characteristics to palatability in sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. Agron. J. 62: 762-763.
14. Sahara, J., T. Sawada, M. Hidaka, I. Takeda and A. Ave. 1979. Comparison of chemical composition and nutritive value in grain sorghum and other forage plants such as sweet sorghum, corn and Italian ryegrass. J. Japanese Soc. Grassland Sci. 24:345-352.
15. Schaffert, R.E., V.L. Lechtenberg, D.L. Oswald, J.D. Axtell, R.C. Pickett and C.L. Rhykerd. 1974. Effect of tannin on in vivo dry matter and protein disappearance in sorghum grain. Crop Sci. 14: 640-643.
16. Schuster, W. und F. Okuyuku. 1975. Untersuchungen ueber die Reaktion verschiedener Sorghumsorten (Sorghum dochna) auf unterschiedliche Tageslaengen und Temperaturen. Angew. Botanik 50:149-168.
17. 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.
18. Wall, J.S. and C.W. Blessin. 1970. Composition of sorghum plant and grain. Sorghum production and utilisation, The AVI Publishing Comp. USA.