

Sorghum 및 옥수수 的 形態的 特性과 栽培溫度가 Nitrate-Nitrogen 蓄積에 미치는 影響

金正甲

Accumulation Pattern of Nitrate-Nitrogen in Sorghum And Maize Plants as Affected by Morphological Characteristics And Environmental Temperature

Jeong-Gap Kim

Summary

Sorghum cv. Pioneer 931, sorghum-sudangrass hybrid cv. Sioux and maize plant cv. Blizzard were assayed for toxic concentrations of nitrate-nitrogen ($\text{NO}_3\text{-N}$) and their relationship to morphological characteristics and environmental temperature in a field and phytotron trial. In the phytotron, sorghum and maize plants ranging from emergence to heading stage, were grown under different day/night temperatures of 30/25, 25/20, 28/18 and 18/8 degree C.

Nitrate-nitrogen in sorghum and maize plants was accumulated mainly in stems. Therefore nitrate concentration in the young plants was increased as development of stalks advanced and was highest at the stage of 3-4 leaves, when the plants had a leaf weight ratio 0.78-0.80 g/g plant weight. However, nitrate concentrations of the plant decreased as morphological development progressed, especially from the stage of growing point differentiation.

Correlation coefficients showed a positive correlation of nitrate concentration with leaf weight ratio, leaf area ratio and specific leaf area, while plant height, dry matter percentage and absolute growth rate showed a negative association with $\text{NO}_3\text{-N}$ ($P \leq 0.1\%$). Cyanogenic glycosides, total nitrogen and crude protein were close associated with nitrate accumulation, and positively significant ($P \leq 0.1\%$).

High temperature over 30/25°C for 3 weeks increased N-uptake and dry matter accumulation, but reduced nitrate concentration. Under cold temperature below 18/8°C concentration of nitrate-N was increased in spite of its limited nitrogen uptake and plant growth.

I. 緒論

植物體內的 nitrate 蓄積은 NRA(nitrate reductase activity)에 의해支配되는데 sorghum 및 sorghum-sudangrass 등과 같은 tall grass 에는 一般的으로 nitrate reductase의 活性이 弱한 것으로 報告되어 있다(Eck 및 Hageman, 1974; Teare 등, 1974; Doull 등, 1980; Krejsa 등, 1984). 이와같은 原因으로 sorghum 類의 幼植物에는 cyanogenic glycosides 以外에도 nitrate의 蓄積이 높아 이를 家畜에게 生草로 給與時 methemoglobin 形成으로 因한 家畜中毒

을 誘發할 可能性이 매우 높다(Tucke 등, 1961; Doull 등, 1980; Kim, 1982).

옥수수 植物의 경우도 nitrate reductase activity가 낮은 것으로 알려지고 있으나 이들 植物은 주로 silage用으로 栽培되고 있어 nitrate 蓄積에 따른 家畜被害의 위험성이 큰 문제가 되지 않는다(Zieserl 및 Hageman, 1962; Uchida 등, 1980).

Nitrate의 경우도 cyanogenic glycosides와 같이 植物體를 乾燥시키거나 醱酵시킴으로서 쉽게 除去할 수가 있는데 Uchida 등(1979), Doull 등(1980)은 silage를 調製함으로서 蓄積된 nitrate의 大部分이

除去되었다고 報告하였다. Nitrate의 蓄積은 氣象條件 및 栽培의 方法에 依해 큰 影響을 받는데 NRA는 日照下에서 促進되며 陰地에서 그 活性이 減退된다(Cantliffe, 1972; Pristas, 1978; Aworh 등, 1980). 한편 窒素質肥料은 nitrate의 蓄積을 增加시키는데 비해 磷酸 및 鎂은 NRA의 活性增進에 큰 效果가 있는 것으로 報告되어 있다(Harms 및 Tucker, 1973; Deinum 및 Sibma, 1980). 한편 nitrate reductase의 活性은 日照 以外에 溫度條件에 따라 큰 差異가 있을 것으로 생각되는데 本 試驗에서는 옥수수 및 sorghum 植物의 形態의 特性과 環境溫度가 nitrate의 蓄積에 미치는 影響에 關하여 研究 檢討하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗方法

圃場試驗은 옥수수의 Blizzard, sorghum hybrid의 Pioneer 931 및 sorghum-sudangrass의 Sioux品種을 供試材料로 하여 1980-’81年間 實施되었다. 栽培에 있어 옥수수는 8주/m²(60cm×20cm), sorghum類는 種子 3.5kg/10a을 30cm로 drill 播種하였으며 肥料은 各作物 共히 窒素 20kg, 磷酸 9kg 및 加里 15kg/10a을 施肥하였다. Phytotron 試驗은 圃場試驗에서와 同一한 品種을 使用 Micherlich pot (7.0kg) 試驗으로 遂行되었다. Phytotron의 晝/夜間 室內溫度는 30/25, 25/20, 28/18 및 18/8℃ 등 4個 水準으로 하였으며 照度는 各 phytotron 共히 35,000-45000Lux로 13時間 照射하였다.

2. Nitrate-nitrogen 및 一般化學成分 分析

Nitrate 分析을 爲한 試料은 ice box로 室內에 운반 液體窒素로 冷凍시켜 保管하였다. 이들 試料은 冷凍乾燥器에서 72時間 乾燥後 粉碎하여 乾物中の NO₃-N量을 Balk(1954) 分析方法에 依해 spectral photometer로 測定하였다. 한편 nitrate-nitrogen과 其他 化學成分間의 相關關係 調査를 위하여 非構造化炭水化合物(Kühbauch, 1973), hydrocyanic acid potential(Pulss, 196) 및 weender 飼料成分을 同時에 分析하였다.

植物體의 生長解析은 Voigtländer 및 Voss(1979) 方法에 依해 LA(leaf area), LWR(leaf weight ratio), LAR(leaf area ratio) 등을 測定 이들 grow-

th parameter가 nitrate 蓄積에 미치는 影響을 調査하였다.

III. 結果 및 考察

1. 生育段階別 Nitrate의 蓄積形態

Sorghum 및 sorghum-sudangrass 植物에서 nitrate의 蓄積은 葉出現 直後에 急激히 增加 4葉期の 幼植物에서 各各 NO₃ 2.61%(sorghum hybrid) 및 2.09%(sorghum-sudangrass)로 가장 높았다(Table 1). 이와같은 濃度는 後 生育이 進行됨에 따라 큰 幅으로 減少되며 幼穗가 形成된 6~7葉期 以後에는 各品種 共히 1.0% 以下로 減少 家畜에 대한 生草給與가 可能한 것으로 나타났다(Kim, 1982). 以上の 結果는 Aworh(1980), Deinum 및 Sibma(1980) 등의 報告와 一致되는 것으로 nitrate 濃度變化의 特徵은 葉出現 直後보다 生育이 어느程度 進展된 時期에 가장 높은 濃度水準을 보였는데 이는 Table 1에서 보는바와 같이 nitrate의 大部分이 줄기에 蓄積되어 있어 莖比率의 急激한 增加와 함께 NO₃濃度가 相對的으로 增加되었기 때문이다.

한편 nitrate-nitrogen의 日生産量은 生育初期의 幼植物에서 높게 일어나 幼穗가 形成되기 直前의 5~6葉期에 各各 sorghum 398g 및 sorghum-sudangrass 490g/10a으로 가장 높은 蓄積率을 보였다. Nitrate의 蓄積은 幼穗形成期 以後에 큰 幅으로 減少되나 後에도 繼續的으로 이루어져 植物體의 總 NO₃收量은 乳熟期 以後부터 負(-)를 나타내 減少되는 現象을 보였다.

再生 sorghum 植物에 있어서도 nitrate의 蓄積은 刈取直後의 再生初期보다 生育이 若干 進展된 草高 20cm 内外에서 높게 나타났는데 이는 一次生育에서와 같이 이들 時期에 LWR(leaf weight ratio)가 急激히 減少됨에 따라 莖比率과 함께 nitrate의 濃度가 相對的으로 增加되는데 原因이 있었다.

옥수수植物에서도 nitrate-nitrogen의 變化는 sorghum과 類似한 傾向을 보여 葉出現 直後보다는 3葉期 植物에서 2.56%로 가장 높은 濃度를 보였다(Table 3). 幼穗形成期 以後 nitrate-nitrogen 含量은 빠른 速度로 減少 出穗期 및 乳熟期の NO₃含量은 各各 0.51% 및 0.39%를 나타내 生育에 따른 nitrate의 減少速度가 sorghum에서보다 높은 편이었다.

Table 1. Accumulation pattern of nitrate during the life cycle of sorghum cv. Pioneer 931 and sorghum-sudangrass cv. Sioux, taken as the mean value of 1980-1981.

Varieties and plants organ	Morphological growth stages										
	2nd leaf	3rd leaf	4th leaf	5th leaf	7th leaf	Final leaf	Boot stage	Bloom stage	Soft stage	Hard stage	Physiol. maturity
<u>Sorghum</u>											
Leaves (%) ⁺⁾	1.31	1.38	1.36	1.02	0.38	0.34	0.32	0.28	0.28	0.24	0.20
Stalks (%)	3.28	3.64	5.36	3.90	1.96	0.86	0.63	0.60	0.58	0.52	0.48
Panicles (%)	—	—	—	—	—	—	0.35	0.24	0.25	0.06	0.02
Whole (%)	1.42	1.53	2.61	2.12	1.04	0.63	0.51	0.49	0.52	0.43	0.38
NO ₃ -Yields (g/10a)	67	288	2156	4948	5841	6160	6470	8063	9498	8708	7980
Production (g/10a. day)	6	22	186	398	128	45	24	113	103	-56	-52
<u>Sorghum-sudangrass</u>											
Leaves (%)	0.77	1.08	1.02	0.86	0.36	0.32	0.36	0.25	0.24	0.18	0.18
Stalks (%)	4.61	4.42	4.53	3.80	1.08	1.00	0.84	0.64	0.53	0.39	0.35
Panicles (%)	—	—	—	—	—	—	0.52	0.38	0.14	0.08	0.03
Whole (%)	1.06	1.48	2.09	2.01	0.84	0.81	0.70	0.51	0.35	0.32	0.30
NO ₃ -Yields (g/10a)	52	251	1432	4919	5647	8209	9218	8652	6211	6180	5964
Production (g/10a. day)	4	19	118	490	104	151	77	-41	-174	-2	-15

+) NO₃ concentration in dry matter basis.

Table 2. Changes in the nitrate concentration (% in DM basis) of maize plant associated with morphological growth stages.

Nitrate concentration, yields and production	Morphological growth stages										
	2nd leaf	3rd leaf	4th leaf	6th leaf	7th leaf	Final leaf	Boot stage	Bloom stage	Soft stage	Hard stage	Physiol. maturity
Maize leaves (%)	2.18	1.96	0.76	0.59	0.38	0.35	0.32	0.32	0.36	0.18	0.10
stalks (%)	2.54	4.02	3.38	2.32	1.54	1.03	0.58	0.55	0.53	0.36	0.28
ears (%)	—	—	—	—	—	—	0.54	0.37	0.21	0.06	0.03
whole (%)	2.24	2.56	1.51	1.13	0.95	0.72	0.51	0.48	0.39	0.28	0.20
NO ₃ -Yields (g/10a)	141	448	781	1784	3608	4229	4661	4907	5527	5061	3915
Production (g/10a. day)	10	31	33	100	261	62	62	27	41	-33	-82

Nitrate-nitrogen의 日生産量은 7葉期에 261g/10a에 달하나 止葉出現期에는 62g 内外로 減少되었다. 그러나 nitrate의 蓄積은 生育後期에도 繼續的으로 일어나 生成된 NO₃의 總收量은 黃熟期부터 增加率이 負(-)를 나타내 植物體內的 nitrate 蓄積이 中止되었다.

2. 植物의 形態의 特性과 Nitrate Accumulation

Sorghum 植物에서 含窒素物中 crude protein 및

cyanogenic glycosides는 主로 葉에 蓄積되는데 비해 nitrate는 大部分이 莖部位에 蓄積되는 特性을 보였다(金 및 Voigtländer, 1985). Table 1에서 sorghum의 nitrate 含量이 가장 높았던 4葉期植物의 部位別 濃度差異는 옥수수 植物에서도 類似的 傾向이었다.

以上과 같은 原因으로 crude protein 및 cyanogenic glycosides의 濃도가 葉出現 直後에 가장 높았는데 비해 nitrate 含量은 莖比率이 높아짐에 따라

Table 3. Changes in the nitrate concentration at the second growth of sorghum and sorghum-sudangrass, associated with plant height.

Varieties and plants organ	Plant height (cm)								
	5	10	20	30	50	100	150	200	200
<u>Sorghum</u>									
Leaves (%) ⁺	1.12	1.18	1.64	0.96	0.74	0.29	0.24	0.28	0.28
Stalks (%)	2.09	2.24	3.94	3.38	2.62	1.22	0.71	0.62	0.59
Whole (%)	1.20	1.25	1.97	1.57	1.38	0.74	0.55	0.53	0.51
<u>Sorghum-sudangrass</u>									
Leaves (%)	1.32	1.51	1.18	0.86	0.31	0.28	0.27	0.25	0.17
Stalks (%)	2.18	3.36	3.42	2.98	2.14	1.08	0.72	0.70	0.62
Whole (%)	1.46	1.78	1.71	1.46	1.01	0.67	0.52	0.51	0.48

+) concentrations of nitrate nitrogen in dry matter basis.

Table 4. Correlation coefficients as a parameter to explain the relationship between nitrate accumulation and morphological characteristics of sorghum and maize plants.

Species	PL	LA	Spec. LA	LWR	LAR	Abs. GR	RGR	NAR	DM
Sorghum hybrid	-0.83	ns	0.79	0.79	0.78	ns	0.84	0.61	-0.74
Sorghum-sudangrass	-0.78	ns	0.80	0.75	0.74	ns	0.81	0.64	-0.78
Maize	-0.69	ns	0.65	0.71	0.63	ns	0.86	0.58	-0.47

$P \leq 5\%: r^2 = 0.42$, $P \leq 1\%: r^2 = 0.53$, $P \leq 0.1\%: r^2 = 0.64$, $n = 44$.

PL=plant length, LA=leaf area, Spec. LA=specific leaf area, LWR=leaf weight ratio, LAR=leaf area ratio, Abs. GR=absolute growth rate, RGR=relative growth rate, NAR=net assimilation rate, DM=dry matter accumulation.

Table 5. Correlation coefficients to explain the relationship between nitrate accumulation and chemical components of sorghum and maize plants.

Species	OM	CP	CF	CX	NFE	TNC	NDF	HCN
Sorghum hybrid	-0.76	0.80	0.81	-0.74	-0.80	-0.59	-0.86	0.52
Sorghum-sudangrass	-0.78	0.83	0.79	-0.72	-0.75	-0.61	-0.83	0.57
Maize	-0.72	0.76	0.65	-0.75	-0.62	-0.54	-0.73	-

$P \leq 5\%: r^2 = 0.181$, $P \leq 1\%: r^2 = 0.287$, $P \leq 0.1\%: r^2 = 0.430$, $n = 22$. 0.430,

OM=organic matter, CP=crude protein, CF=crude fat, CX=crude fibre, NFE=n-free extracts, TNC=total non-structural carbohydrates, NDF=neutral detergent fibre, HCN=hydrocyanic acid potential.

증가되는 傾向이었다. 그러나 이같은 nitrate의 증가는 一般의인 現象으로 5葉期까지 繼續되며 그以後에는 草長 및 乾物含量이 增加됨에 따라 反比例의으로 減少되는 特性을 보여 nitrate濃도와 이들 growth parameter間에는 負(-)의 關係가 成立되었다($P \leq 0.1$). 한편 nitrate-nitrogen의 含量은 植物體의 化學成分中 特히 crude protein 및 hydrocyanic acid 變化와 正의 相關을 보였는데 이같은

關係는 Eck 및 Hageman(1974), 金 및 Voigtländer(1985) 등의 報告에서와 같이 NRA가 nitrate 以外の 含窒素物인 crude protein 및 cyanogenic glycosides의 合成에 關與하기 때문인 것으로 說明이 된다(Table 5).

3. 環境溫度와 Nitrate의 蓄積

Nitrate의 生成 및 蓄積은 環境溫度에 따라 큰

Table 6. Changes in the nitrate concentration and total nitrate yields of sorghum hybrid cv. Pioneer 931 under different temperature treatment for 21 days in phytotron.

Temperature regimes	Days grown in phytotron							
	0	3 3	6	9	12	15	18	21
<u>NO₃-Content (%)</u>								
Field ^{+))}	1.51	1.22	1.21	1.19	0.99	1.28	1.40	1.54
18/8°C ^{+))}	1.51	1.17	1.09	1.01	0.95	0.96	0.86	0.78
28/18°C	1.51	1.82	2.18	2.12	1.52	0.89	0.55	0.27
<u>NO₃-Yields (mg/pot)</u>								
Field	30.4	35.9	49.8	68.5	86.1	136.5	169.7	215.1
18/8°C	30.4	40.7	57.6	70.6	79.0	87.4	88.6	89.2
28/18°C	30.4	85.7	202.5	329.0	346.3	293.3	249.2	155.7

4-leaf stage of sorghum plants was used for the temperature treatment in phytotron.

+) 13.8°C was measured as a mean daily temperature during the experiment.

+ +) day/night temperature in phytotron.

Table 7. Changes in the NO₃ concentrations and total nitrate yields of sorghum and sorghum-sudangrass hybrids under different temperature treatment for 21 days in phytotron trial.

Growth stage and nitrate nitrogen	Sorghum hybrid			Sorghum-sudangrass		
	30/25	25/20	18/8 ^{+))}	30/25	25/20	18/8
<u>NO₃-Content (%)</u>						
2-leaf stage	1.58	2.64	1.48	2.16	1.96	1.58
4-leaf stage	2.24	2.30	1.54	1.68	2.36	1.30
6-leaf stage	0.52	1.48	1.08	0.65	1.62	1.03
8-leaf stage	0.26	0.42	0.78	0.19	0.34	0.88
<u>NO₃-Yields (g/pot)</u>						
2-leaf stage	153.3	87.1	28.1	222.5	66.6	28.4
4-leaf stage	387.5	218.5	112.4	354.5	243.1	107.9
6-leaf stage	340.1	544.6	298.1	432.9	567.0	247.5
8-leaf stage	316.7	385.6	593.6	227.4	306.0	592.2

+) day/night temperature in degree C

차이를 보였다. Table 6에서 4葉期の sorghum 植物을 溫度가 다른 phytotron에 옮겨 栽培할 경우 植物體內에 蓄積된 NO₃의 總收量은 處理前 30.4mg에서 處理 12日後에는 各各 346.3mg(28/18°C) 및 79.0mg/pot(18/8°C)로 變하여 高溫條件에서 顯著的 增加가 있었다. 그러나 溫度處理 21日後의 NO₃收量은 各各 155.7mg(28/18°C), 89.2mg(18/8°C) 및 215.1mg(Field)로 變하여 高溫條件에서는 生成된 nitrate의 大部分이 還元 除去되는데 비해 低溫에서는 生成된 nitrate가 植物體內에 繼續적으로 蓄積

되는 結果를 보였다(Cantliffe, 1972; Kim, 1982).

Table 7은 2~8葉期の sorghum 植物을 溫度가 다른 phytotron에서 21日間 栽培한 것으로 溫度條件에 따른 nitrate의 濃度變化는 植物體의 生育段階에 따라 差異를 보였다. 2~4葉期 植物의 경우 nitrate의 蓄積은 高溫(30/25°C)에서 높았으나 6葉期以後의 植物에서는 低溫下에서 높은 結果를 보였다.

以上の 結果를 綜合하여 播種 幼植物의 경우 高溫條件에서 nitrate의 蓄積이 增加된 것은 生育이

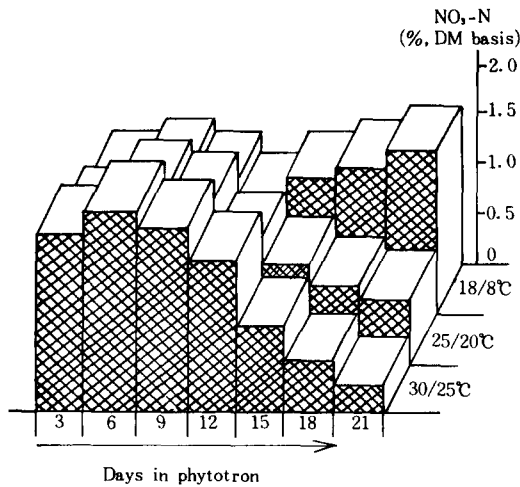


Fig. 1. Changes in the NO₃-N concentrations of sorghum hybrid cv. Pioneer 931 under different day/night temperature treatment for 21 days in phytotron (4-leaf stage of sorghum plants was used for the trials).

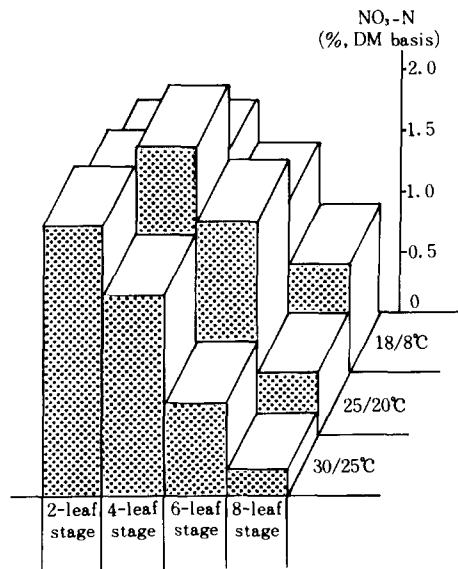


Fig. 2. Changes of NO₃-N concentrations of sorghum-sudangrass hybrid cv. Sioux under different day/night temperature treatment for 21 days in phytotron.

促進됨에 따라 窒素肥料의 吸收가 相對的으로 높아져 植物體內的 nitrate 含量이 一時的인 增加現象을 보인데 原因이 있었다. 이에 비해 6~8葉期 植物

의 경우 低温에서 nitrate 蓄積이 增加된것은 George 등(1971), Eck 및 Hageman(1974), Kim(1982) 등의 報告에서와 같이 NRA의 減退로 因하여 吸收된 窒素의 大部分이 nitrate-nitrogen 形態로 蓄積된데 原因된 것으로 生覺된다. 以上の 結果를 根據로 할때 sorghum 植物의 生草利用에 있어서 nitrate 蓄積에 依한 家畜中毒의 위험성은 低温에서 크게 우려되며 特히 이와같은 低温이 繼續되는 동안 溫度가 急激히 上昇될때 植物體內的 total nitrogen 및 nitrate-nitrogen은 一時的인 增加現象을 보임으로 이 時期에 있어서 家畜에 對한 生草給與를 避하여 할 것이다.

IV. 摘要

本 試驗은 옥수수, sorghum hybrid 및 sorghum-sudangrass hybrid에 있어서 生育時期別 植物體의 形態의 特性과 環境溫度가 nitrate-nitrogen의 蓄積에 미치는 影響을 究明코자 圃場 및 phytotron 試驗으로 遂行되었다. phytotron 試驗은 出現期~8葉期 植物을 供試材料로 4개의 phytotron에서 室內溫度를 各各 30/25, 25/20, 28/18 및 18/8°C로 維持하여 實施하였다. 1980-'81年間 遂行된 試驗에서 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. Sorghum 및 옥수수의 nitrate-nitrogen은 主로 莖部位에 蓄積된다. 이같은 原因으로 nitrate 蓄積은 葉出現後 莖比率에 比例的으로 增加 LWR가 0.78~0.80g/g에 이르는 4葉期에서 가장 높은 濃度水準을 보였다. 幼穗形成期以後 nitrate의 蓄積은 急激히 減少되며 그 後에도 生育이 進行됨에 따라 繼續的으로 減少되었다.

2. Nitrate 含量은 植物體의 LWR, LAR 및 Spec. LA와는 正의 關係가, 草長生育 및 乾物蓄積과는 負의 相關이 있었다($P \leq 0.1\%$).

3. Nitrate의 生成 및 蓄積은 環境溫度에 따라 큰 差異를 보였다. 高温(30/25°C)에서는 窒素의 吸收가 增加됨에 따라 植物體內的 total nitrogen 및 nitrate-nitrogen은 一時的인 增加現象을 보이나 이들 大部分의 nitrate는 生育이 進行되는 동안 急激히 還元 除去되었다. 이에 反해 低温(18/8°C)에서는 nitrate의 生成이 減少되나 이들 合成된 nitrate의 大部分이 植物體內에 蓄積되는 特性을 보여 生育後期에도 높은 濃度水準을 維持하였다.

V. 引用文献

1. Aworh, O.C., J.R. Hicks, P.L. Minotti and C.Y. Lee. 1980. Effects of plant age and nitrogen fertilization on nitrate accumulation and post-harvest nitrate accumulation in fresh spinach. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(1):18-20.
2. Balks, R. und I. Reckers. 1954. Zur Methodik der Nitratbestimmung in Pflanzensubstanz. *Landw. Forschung VI*: 121-135.
3. Burger, A.W. and C.N. Hittle. 1967. Yield, protein, nitrate and prussic acid content of sudangrass, sudangrass hybride and pearl millet harvested at two cutting frequencies and two stubble heights. *Agron. J.* 59:259-262.
4. Daniel, J.C. 1972. Nitrate accumulation in spinach grown at different temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(5):674-676.
5. Cantliffe, D.J. 1972. Nitrate accumulation in vegetable crops as affected by photoperiod and light duration. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(3): 414-418.
6. Doull, J., C.D. Klaassen and M.O. Amdur. 1980. *Toxicology. The basic Sci. of poisons.* Macmillan Pub. Co., Inc. 651-652.
7. Eck, H.V. and R.H. Hageman. 1974. nitrate reductase activity in sudangrass cultivars. *Crop Sci.* 14:283-287.
8. George, J.R., C.L. Rhykerd and C.H. Noller. 1971. Effect of light intensity, temperature, nitrogen and stage of growth on nitrate accumulation and dry matter production of sorghum-sudangrass hybrid. *Agron. J.* 63:413-415.
9. Gillingham, J.T., M.M. Shirer, J.J. Starnes, N.R. Page and E.F. McClain. 1969. Relative occurrence of toxic concentrations of cyanide and nitrate in varieties of sudangrass and sorghum-sudangrass hybrids. *Agron. J.* 61:727-730.
10. Harms, C.L. and B.B. Tucker. 1973. Influence of nitrogen fertilization and other factors on yield, prussic acid, nitrate and total nitrogen concentrations of sudangrass cultivars. *Agron. J.* 65:21-26.
11. Kim, J.G. 1982. Ertrags- und Stoffbildung einiger Sorten von Sorghum-Sudangras, Hybrid-Sorghum und Silomais in Abhängigkeit von Anbaumasnahmen und Temperaturbedingungen. *Tech. Univ. München, Diss.* 128-144.
12. Kühbauch, W. 1977. Die Nichtstrukturkohlenhydrate in Grässern des gemäßigten Klimabereichs, ihre Variationsmöglichkeiten und mikrobielle Verwertung. *Landw. Forschung* 31:251-268.
13. Krejsa, B.B., F.M. Rouquette, E.C. Holt, B.J. Camp and L.R. Nelson. 1984. Nitrate and total alkaloid concentration of 11 pearl millet lines. *Agron. J.* 76(1):757-158.
14. Pristas, J. 1978. Wirkung erhöhter N-Düngung auf Ertragsverlauf und N-Gehalt von Hybrid Sudangras. *Vedecke Prace Vyskumneho Rastlinnej Vyroby, Piestany (CS)* 15: 17-30.
15. Teare, I.D., R.H. Manam and E.T. Kanemasu. 1974. Diurnal and seasonal trends in nitrate reductase activity in field grown sorghum plants. *Agron. J.* 66:733-736.
16. Tucker, J.M., D.R. Cordy, L.J. Berry, W.A. Harvey and T.C. Fuller. 1961. Nitrate poisoning in livestock. *Califo. Agr. Exp. Sta. and Exp. Ser. Cir.* 506.
17. Uchida, S., M. Uchida und I. Horigome. 1979. Nitratumwandlung bei der Garfutterbereitung. I. Einfluss von Glucose-Harnstoff- und Ca-Carbonatzusatz auf den Nitratabbau während der Lagerung. *Scientific Rep. of the Faculty of Agr., Okayama Univ., Japan* 54:51-57.
18. Uchida, S., M. Uchida und I. Horigome. 1980. Nitratumwandlung bei der Garfutterbereitung. II. Einfluss der Zerkleinerung auf die Nitratverluste während der Lagerung. *Scientific Rep. of the Faculty of Agr., Okayama Univ., Japan* 55:1-6.
19. VDLUFA. 1976. *Methodenbuch, Band III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln.* Verlag Neumann-Neudamm: 4.1.1-6.4.1.
20. Voigtländer, G. und N. Voss. 1979. *Methoden der Grünlanduntersuchung und-bewertung.* Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 85-97.