

## 가축분 시용수준이 수수×수단그라스 교잡종의 질산태질소 함량과 당도 및 채식률에 미치는 영향

서 성 · 김종근 · 정의수 · 김원호 · 최기준 · 이종경

### Effect of Application Level of Animal Manure on the Nitrate Concentration, Sugar Content and Intake of Forage Sorghum×Sudangrass Hybrid

S. Seo, J. G. Kim, E. S. Chung, W. H. Kim, G. J. Choi and J. K. Lee

#### ABSTRACT

A field experiment was carried out to determine the effect of application level of animal manure on the nitrate nitrogen concentration, sugar content, and animal intake of forage sorghum×sudangrass hybrid (*Sorghum bicolor* (L.) Moench, cv. Pioneer 988) in 1995. The application amount of animal manure were 50, 100 and 150MT in cattle manure, 20, 40 and 80MT in swine manure, and 10, 20 and 40MT/ha in poultry manure. Non-application plot(control) was involved.

The nitrate nitrogen concentration was increased with increasing of application level of animal manure(P<0.05). Average nitrate nitrogen concentration was 397, 512, and 609mg/kg at low, medium and high application level of animal manure.

The nitrate nitrogen concentration by plant height was 438mg/kg at 50~60cm of plant height, 454mg at 100~120cm, and 418mg at 200~220cm. The nitrate nitrogen concentration of stems was 376mg, and significantly higher than that(135mg) of leaves(P<0.05) regardless of animal manure type, and lower parts of stems and leaves were significantly higher than those of upper parts of plants(P<0.05). Average nitrate nitrogen concentration of leaves was 151mg at lower, and 58mg at upper parts of plants, and the concentration of stems was 357mg at lower, 511mg at middle, and 610mg at upper parts of plants.

The sugar contents of sorghum×sudangrass hybrid was decreased with increasing of application level of animal manure(P<0.05). Average sugar content was 4.9, 4.4, and 4.3° at low, medium and high application level of animal manure.

The sugar content by plant height was 3.9° at 50~60cm and 100~120cm of plant height, and 6.1° at 200~220cm of plant height.

Animal intake of sorghum×sudangrass hybrid was decreased greatly with increasing of application level of animal manure. Average intake was 73.9, 58.7, and 52.3% at low, medium and high application level of animal manure. The intake by animal manure type was 73.7% in cattle, 59.7% in swine and 62.5% in poultry manure.

(Key words : Sorghum × sudangrass hybrids, Animal manure, Nitrate nitrogen concentration, Sugar content, Animal intake, Leaf, Stem)

## I. 서 론

수수×수단그라스 교잡종은 우리나라에서 옥수수 다음으로 많이 재배되고 있는 청예용 사료작물로 그 중요성은 매우 높으며, 장려품종은 15종에 달하고 있다. 근래 범세계적으로 환경농업에 대한 관심이 고조되면서 양축농가에서 배출되고 있는 가축분뇨의 효율적인 농경지 환원이용이 적극 추진되고 있으며, 축산분뇨는 톱밥과 왕겨 또는 목편 등의 부재료와 혼합하여 발효시키는 등의 다양한 형태로 생산 이용되고 있다(축산연, 1995).

이러한 가축분 퇴비는 유기질 비료화 이용에 적합하여 사료작물포에 사용시 금비절감, 토양 비옥도 개선 및 사료작물 생산성 증대 등의 효과가 널리 인정되고 있으며, 이중 수수×수단그라스 교잡종에 대한 가축분 시험연구는 톱밥 발효우분과 왕겨 발효우분의 사용수준에 따른 토양특성의 변화와 작물 생산성 구명(김 등, 1997), 액상구비 사용에 따른 생산량과 토양변화 구명(전 등, 1995) 및 가축분 사용조건에서 생육한 주요 장려품종들의 생산량과 사료가치 구명에 대한 보고서 등, 1999) 등이 있다.

그런데 작물에 있어서 가축분 퇴비사용은 식물체내 질산 함량을 증가시켜 가축에게 유해할 수 있는데, 수수×수단그라스 교잡종에 있어서 질산태 질소 함량은 종류와 품종에 따라서(Burger 등, 1967 ; Harms와 Tucker, 1973), 질소시비수준에 따라서(Harms와 Tucker, 1973 ; May 등, 1990 ; Schlegel, 1992), 생육시기에 따라서(Takamitsu, 1975 ; Derscheid, 1978 ; May 등, 1990) 그리고 식물체의 부위에 따라서

(Harms와 Tucker, 1973 ; Takamitsu, 1975) 달라진다. 또 일반적인 수수×수단그라스의 당 함량은 2~7% 수준으로 출수형이 비출수형에 비해 높았으며(임 등, 1995 ; 1996 ; 1997), 당도는 가축의 기호성과 밀접한 관계가 있다고 한다(Gangstad, 1964).

본 시험은 이러한 관점에서 청예용 수수×수단그라스 교잡종을 공시하여 우분, 돈분, 계분 등 가축분 사용수준별, 생육시기별, 식물체 부위별 질산태 질소 함량과 당도 및 가축 채식률 등을 구명하여 수수×수단그라스의 재배와 이용에 대한 기초자료를 제공코자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 적황색 식양질 토양에서 수수×수단그라스(sorghum×sudangrass, *Sorghum bicolor* (L.) Moench) 장려품종중 우리나라에서 널리 재배되고 있는 출수형인 Pioneer 988 품종을 공시하여 수원 축산기술연구소 사료작물포에서 1995년도에 수행되었다.

시험지 토양은 작물재배에 적합한 편이었으나 토양성분은 인산과 칼슘 함량이 다소 높았다(표 1). 시험축분은 우분, 돈분, 계분 퇴비로 축산기술연구소에서 생산된 각 가축분을 톱밥과 50:50으로 섞어 발효분을 조제하였으며, 축분의 화학성분은 표 2에서 보는 바와 같다. 사용 축분량은(표 3) ha당 우분 50, 100, 150톤, 돈분 20, 40, 80톤, 계분 10, 20, 40톤이었으며, 시험구당 면적은 80m<sup>2</sup>(20×4m)였고, 각 축분별로 무비구(대조구)를 두어 단구제로 배치하였다.

Table 1. Chemical soil properties of the experimental field before trial

Soil depth(cm)	pH (1:5 H <sub>2</sub> O)	OM (g/kg)	Avail P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exch. cation (cmol <sup>+</sup> /kg)				NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)
				K	Ca	Mg	Na	
0~10	7.1	26	217	1.07	7.40	1.53	0.06	19
10~20	7.2	27	197	0.95	7.29	1.45	0.07	13

Table 2. Dry matter(DM) content and chemical characteristics of animal manure

Item	DM	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O
..... % .....							
Cattle manure	31.9	1.64	1.70	1.78	1.08	0.61	0.19
Swine manure	34.9	1.86	5.02	1.68	2.61	1.07	0.19
Poultry manure	38.2	2.07	4.37	1.86	10.43	1.93	0.34

Table 3. Application level of cattle, swine and poultry manure

Treatment	Application level (MT/ha)		
	Cattle manure	Swine manure	Poultry manure
Control	-	-	-
Animal manure I	50	20	10
" II	100	40	20
" III	150	80	40

수수×수단그라스의 파종은 ha당 종자 30kg을 휴폭 50cm로 4월 21일에 조파 하였으며, 발효 가축분은 파종 보름전에 포장에 고르게 살포한 이후 가볍게 경운하였다. 질산태 질소함량은 수수×수단그라스의 초장이 50~60cm, 100~120cm, 200~220cm일 때 조사하였으며, 다시 잎과 줄기를 분리하여 측정하였고, 또 잎은 상부위와 하부위로, 줄기는 상부위, 중간부위, 하부위로 나누어 조사하였다. 측정방법은 시료채취 즉시 비닐봉투로 밀봉, 냉동보관후 습을 내어 질산염 간이측정기(RQflex 16970, Germany)로 측정하였다.

당도 조사는 초장이 180~200cm 정도일 때 Brix 당도계를 이용하였으며, 가축 채식률은 젖소 건유우 4두를 공시하여 수수×수단그라스 교잡종을 3~5cm 정도 길이로 절단하여 급여량을 측정하고 잔량을 구하였으며 계산에 의해 섭취율을 구하였다. 시험기간중 멸강나방이 1회 발생하여 전시험구에 살충제를 처리해 주었으며, 기타 충해발생은 없었다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 수수×수단그라스 교잡종의 질산태 질소 함량

발효 가축분 퇴비 시용수준에 따른 수수×수단그라스 교잡종의 질산태 질소 함량은 표 4에서 보는 바와 같다. 질산태 질소 함량은 가축분 퇴비 시용구에서 무비구인 대조구(평균 228 mg/kg)에 비해 크게 높았으며(P<0.05), 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 397, 512, 609 mg/l로 유의적으로 증가하였고(P<0.05). 특히 돈분 시용구에서는 시용수준별로 증가폭이 매우 큰 것으로 나타났다(P<0.05).

이와 관련하여 여러 연구자들도 수수×수단그라스류의 질산태 질소 함량은 질소시비 수준이 높아질수록 높아진다고 보고하여 본 시험의 결과를 잘 뒷받침해 주고 있다(Harms와 Tucker, 1973; May 등, 1990; Schlegel, 1992; 서, 1992).

수수×수단그라스 교잡종의 생육시기별 질산태 질소 함량은 표 5에서 보는바와 같다. 초장 50~60cm, 100~120cm, 200~220cm일때 질산태 질소 함량은 각각 평균 438, 454 및 418 mg/kg으로 생육시기에 따른 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 이와 관련하여 Takamitsu (1975)는 수수×수단그라스는 어릴 때 질산태 질소 함량이 높으며 생육이 진행됨에 따라 감소한다고 하였는데, 본 시험에서는 가축분 퇴비 시용수준별 차이만 인정되었을 뿐(P<0.05),

Table 4. Nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub>-N) concentration of forage sorghum×sudangrass hybrid as affected by application level of cattle, swine and poultry manure

Treatment	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)			
	Cattle manure	Swine manure	Poultry manure	Average
Control	39	321	324	228
Animal manure I	458	276	458	397
" II	414	539	579	512
" III	427	896	505	609
Average	335	508	467	437
LSD (0.05)	193	242	186	195

Table 5. Nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub>-N) concentration of forage sorghum×sudangrass as affected by application level of animal manure and plant height (Averaged of cattle, swine and poultry manure)

Treatment	NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)			
	50~60cm*	100~120cm	200~220cm	Average
Control	215	297	173	228
Animal manure I	424	352	415	397
" II	470	577	488	512
" III	643	591	594	609
Average	438	454	418	437
LSD (0.05)	271	322	222	265

\* Plant height.

초장에 따른 차이는 거의 없었는데, 이는 질산태 질소 함량은 식물체의 생육시기와 함께 환경의 영향을 크게 받으므로(May 등, 1990) 추후 정밀한 연구검토가 요망되었다.

한편 식물체 부위별 질산태 질소 함량을 살펴보면(표 6), 우분, 돈분, 계분의 가축분 종류에 관계없이 줄기가 잎에 비해 질산태 질소 함량이 크게 높은 것으로 나타나(P<0.05) 줄기가 평균 376mg/kg으로 잎(135mg)에 비해 2.8배나 높았다(P<0.05).

또한 잎의 부위별 질산태 질소 함량을 비교해 보면(표 7), 우분, 돈분, 계분의 가축분 종류에 관계없이 하부 잎이 상부 잎에 비해 질산태 질소 함량이 크게 높은 것으로 나타났다(P<0.05). 평균 질산태 질소 함량은 하부 잎이

151mg으로 상부 잎(58mg)에 비해 2.6배나 높았다(P<0.05). 이러한 결과는 줄기에서도 같은 경향으로(표 8) 아래 줄기로 갈수록 질산태 질소 함량은 크게 높아져(P<0.05) 상부, 중간, 하부 줄기에서 각각 평균 357, 511, 610mg 이었다.

이러한 결과는 수수×수단그라스에서 질산태 질소 함량은 줄기가 잎보다 높고(Harms와 Tucker, 1973 ; Takamitsu, 1975), 같은 줄기와 잎에서도 아래 부위로 갈수록 높아진다는 보고(Takamitsu, 1975)와 같은 경향이였다.

본 시험에서 질산태 질소 함량은 전 시험구에서 900ppm을 넘지 않았는데 이는 Wright와 Davison(1964)이 보고한 치사수준 2,100ppm에 크게 못 미치는 수준이며, 건조시 수잉기때 질산 함량이 위험수준을 넘었다는 보고(May 등,

Table 6. Nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub>-N) concentration of leaf and stem of forage sorghum× sudangrass hybrid grown under application of cattle, swine and poultry manure

Plant part	NO <sub>3</sub> - N (mg/kg)			
	Cattle manure	Swine manure	Poultry manure	Average
Leaf	130	82	193	135
Stem	343	323	461	376
LSD (0.05)	143	150	122	117

Table 7. Nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub>-N) concentration of leaves of forage sorghum×sudangrass hybrid grown under application of cattle, swine and poultry manure

Leaf	NO <sub>3</sub> - N (mg/kg)			
	Cattle manure	Swine manure	Poultry manure	Average
Upper leaf	45	55	73	58
Lower leaf	145	173	136	151
LSD (0.05)	42	36	31	34

Table 8. Nitrate nitrogen (NO<sub>3</sub>-N) concentration of stems of forage sorghum×sudangrass hybrid (Averaged of cattle, swine and poultry manure)

Treatment	NO <sub>3</sub> - N (mg/kg)			
	Upper stem	Middle stem	Lower stem	Average
Control	255	300	364	306
Animal manure I	291	373	455	373
" II	309	636	755	567
" III	573	736	864	724
Average	357	511	610	493
LSD (0.05)	170	134	231	165

1990)와 비교할 때도 안정된 질산 함량을 보였는데, 이는 본 시험에서 최고 시용수준인 우분 150톤, 돈분 80톤, 계분 40톤/ha 시용으로 시용량은 많았으나 가축분 퇴비가 토양중에서 충분히 분해되지 못한 상태로 작물이 상당 부분의 질소성분을 흡수·이용하지 못하였기 때문으로 풀이된다.

2. 수수×수단그라스 교잡종의 당도

발효 가축분 퇴비 시용수준에 따른 수수×수단그라스 교잡종의 당도는 표 9에서 보는 바와 같다. 당도는 가축분 퇴비 시용구에서 무비구인 대조구(평균 4.9°)에 비해 낮았으며(P<0.05), 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 당도는 4.9, 4.4, 4.3° 로 유의적으로 감

Table 9. Sugar content of forage sorghum×sudangrass hybrid as affected by application level of cattle, swine and poultry manure

Treatment	Sugar content (brix, °)			
	Cattle manure	Swine manure	Poultry manure	Average
Control	5.5	4.4	4.7	4.9
Animal manure I	5.1	4.3	5.3	4.9
" II	4.1	4.5	4.5	4.4
" III	3.8	4.7	4.4	4.3
Average	4.6	4.5	4.7	4.6
LSD (0.05)	1.0	NS	0.8	0.4

NS : not significant.

소하였다(P<0.05).

돈분 시용구에서 당도는 시용수준별 별 차이는 없었으나 우분과 계분 시용구에서는 시용수준별로 뚜렷한 차이를 보여주고 있다. 본 시험에서 당도의 범위는 대체로 4~5° 인 것으로 나타났으며, 가축분 종류별로는 우분 시용구 평균 4.6°, 돈분구 4.5°, 계분구 4.7° 로 비슷한 수준이었다.

이러한 성적은 수수×수단그라스 교잡종 14~20종의 당도범위는 2~7° 이며(임 등, 1997), P 988 품종 기준시 4.2° (임 등, 1995), 4.0° (임 등, 1996), 4.4° (임 등, 1997) 보고와도 같은 결과였다. 또 이들은 수수×수단그라스 교잡종 중 출수형이 비출수형에 비해 당도가 높으며,

수단그라스류의 당도는 옥수수에 비해 낮다고 하였다(임 등, 1996, 1997). 아울러 당도는 가축의 기호성과 깊은 관련이 있는 것으로 보고되고 있다(Gangstad, 1964).

한편 우분 시용조건에서 생육한 수수×수단그라스 교잡종의 생육시기별 당도를 비교해 보면(표 10), 초장 50~60cm와 100~120cm일때는 평균 3.9° 로 차이가 없었으나 초장 200~220cm에서는 평균 6.1° 로 높아졌는데, 이는 초장 2m 이상에서는 영양생장기가 끝나고 생식생장기로 들어간 상태로 상대적으로 식물체의 수분 함량이 낮아진데 기인한 것으로 생각된다. 여기서 당도도 가축분 시용수준에서의 결과와 마찬가지로 무비구인 대조구(평균 5.5° )

Table 10. Sugar content of forage sorghum×sudangrass hybrid by plant height as affected by application level of cattle manure

Treatment	Sugar content (brix, °)			
	50~60cm*	100~120cm	200~220cm	Average
Control	4.6	4.4	7.4	5.5
Cattle manure I	4.3	3.8	7.2	5.1
" II	3.6	3.9	4.8	4.1
" III	3.1	3.5	4.9	3.8
Average	3.9	3.9	6.1	4.6
LSD (0.05)	0.6	1.0	1.5	1.0

\* Plant height.

Table 11. Animal intake of forage sorghum×sudangrass hybrid as affected by application level of cattle, swine and poultry manure

Treatment	Intake by dairy cattle (%)			
	Cattle manure	Swine manure	Poultry manure	Average
Control	89.1	72.5	66.8	76.1
Animal manure I	81.3	76.3	64.2	73.9
" II	65.8	51.3	59.1	58.7
" III	58.4	38.8	59.8	52.3
Average	73.7	59.7	62.5	65.3

에 비해 가축분 퇴비 시용구에서 낮았으며 (P<0.05), 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 당도는 5.1, 4.1, 3.8° 로 유의적으로 감소하였다(P<0.05).

3. 수수×수단그라스 교잡종의 가축 채식률

발효 가축분 퇴비 시용수준에 따른 수수×수단그라스 교잡종의 질소 채식률은 표 7에서 보는 바와 같다. 채식률은 가축분 퇴비 시용구에서 무비구인 대조구(평균 76.1%)에 비해 낮았으며, 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 채식률은 각각 73.9, 58.7, 52.3%로 크게 감소하고 있는데 이러한 결과는 우분, 돈분, 계분 시용구에서 모두 같은 경향이었다.

가축분 종류별 채식률은 우분 시용구가 평균 73.7%로 가장 높았으며, 돈분과 계분 시용구에서는 각각 59.7%와 62.5%로 다소 낮은 채식률을 나타내었다. 가축 기호성과 관련하여 Gangstad (1964)는 수수×수단그라스의 다엽성, 즙액정도, 부드러운 정도, 당 함량 등은 방목우의 채식량과 밀접한 상관관계가 있다고 지적한 바 있다.

IV. 요 약

본 시험은 가축분 퇴비 시용조건에서 수수×수단그라스 교잡종(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

의 시용수준별, 생육시기별, 잎과 줄기 부위별 질산태 질소 함량과 당도 및 가축 채식률 등을 구명하고자 Pioneer 988 품종을 공시하여 1995 년도에 실시하였다. 가축분은 톱밥과 50:50으로 섞은 발효분으로 시용수준은 ha당 우분 퇴비 50, 100, 150톤, 돈분 퇴비 20, 40, 80톤, 계분 퇴비 10, 20, 40톤을 파종 보름전 시용하였으며, 각각 무비구(대조구)를 두고 파종은 ha당 30kg의 종자를 휴폭 50cm로 조파하였다.

수수×수단그라스 교잡종의 질산태 질소 함량은 가축분 퇴비 시용구에서 무비구인 대조구(평균 228mg/kg)에 비해 높았으며(P<0.05), 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 질산태 질소 함량은 397, 512, 609mg/kg으로 유의적으로 증가하였다(P<0.05). 생육시기별 질산태 질소 함량은 초장 50~60cm, 100~120cm, 200~220cm일 때 각각 평균 438, 454, 418 mg으로 비슷한 수준이었다.

또 질산태 질소 함량은 가축분 퇴비 종류에 관계없이 줄기(376mg/kg)가 잎(135mg)에 비해 크게 높았으며(P<0.05), 잎에서는 하부 잎(151mg)이 상부 잎(58mg)에 비해 현저히 높았고(P<0.05), 줄기에서도 아래부위로 갈수록 질산태 질소 함량은 유의적으로 증가하여 상부위, 중간부위, 하부위에서 각각 357, 511 및 610mg 이었다(P<0.05).

수수×수단그라스의 당도는 가축분 퇴비 시용구에서 대조구(평균 4.9°)에 비해 낮았으며

( $P<0.05$ ), 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 당도는 4.9, 4.4, 4.3° 로 유의적으로 감소하였다( $P<0.05$ ). 본 시험에서 대체적인 당도의 범위는 4~5° 범위였으며, 생육시기별 당도는 초장 50~60cm와 100~120cm에서는 평균 3.9° 로 낮았으나 초장 200~220cm일 때는 평균 6.1° 로 크게 높아졌다.

가축 채식률은 가축분 퇴비 시용구에서 무비구인 대조구(평균 76.1%)에 비해 낮았으며( $P<0.05$ ), 또 가축분 퇴비 시용수준이 높아짐에 따라 평균 채식률은 73.9, 58.7, 52.3%로 크게 감소하였다.

## V. 인 용 문 헌

1. 김정갑, 이력호, 서 성, 광정훈, 진현주. 1997. 수수×수단그라스 (Sorghum×Sudangrass Hybrid) 재배지에서 발효우분 퇴비시용에 따른 토양특성의 변화와 작물 생산성. 농업환경논문집 39(1): 50-55.
2. 서 성, 김종근, 정의수, 강우성, 신재순, 김정갑. 1999. 가축분 시용조건에서 주요 수수×수단그라스 교잡종의 생산량과 사료가치 비교연구. 한초지 19(1):57-62.
3. 임영철, 최기준, 임용우, 양종성. 1995. 사료작물 능력검정. 축산시험연구보고서 제 1권 pp. 532.
4. 임영철, 최기준, 임용우, 양종성. 1996. 사료작물 능력검정. 축산시험연구보고서 제 1권 pp. 745.
5. 임영철, 임근발, 임용우, 최기준, 박병훈. 1997. 사료작물 능력검정. 축산시험연구보고서 제 1권 pp. 594.
6. 전병태, 이상무, 김재영, 오인환. 1995. 액상구비

시용이 사료작물의 생산성과 토양성분에 미치는 영향. 한초지 15(1):52-60.

7. 축산기술연구소. 1995. 가축분뇨 자원화를 위한 기술지침서. pp. 4~97.
8. Burger, A.W. and C.N. Hittle. 1967. Yield, protein, nitrate, and prussic acid content of sudangrass, sudangrass hybrids, and pearl millets harvested at two cutting frequencies and two stubble heights. Agron. J. 59:259-262.
9. Derscheid, L.A. 1978. Forage sorghums in South Dakota. Cooperative Extension Service. USDA. South Dakota State Univ.
10. Gangstad, E.O. 1964. Physical and chemical composition of grass sorghum as related to palatability. Crop Sci. 4:269-270.
11. 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.
12. May, M.L., J.M. Phillips and G.L. Cloud. 1990. Drought-induced accumulation of nitrate in grain sorghum. J. Prod. Agric., 3(2):238-241.
13. Schlegel, A.G. 1992. Effect of composted manure on the soil chemical properties and nitrogen use by grain sorghum. J. Prod. Agric. 5:153-157.
14. Takamitsu, A. 1975. The use of forage sorghum. V.  $\text{NO}_3\text{-N}$  content in the green-chopped forage sorghum, feeding the sorghum to the dairy cows and nitrate poisoning. J. Japan. Grasssl. Sci. 21 (2):109-115.
15. Wright, M.J. and K.L. Davison. 1964. Nitrate accumulation in crops and nitrate poisoning in animals. Advance. Agron. 16:197-247.