

Silage 용 옥수수와 荳科作物의 間作에 關한 研究

II. Silage 용 옥수수(*Zea mays* L.)와 동부(*Vigna sinensis* King)의 間作이 營養成分含量 및 收量에 미치는 影響

李性圭

Studies on Corn-Legume Intercropping System

II. Effect of corn-cowpea intercropping system on chemical composition and yield

Seung Kyu Lee

Summary

This experiment was carried out to compare chemical composition of corn-cowpea intercropping and corn monocropping plants at different harvesting time and obtained the following results.

1. In both cropping systems, the contents of crude fat and nitrogen free extract (NFE) were significantly increased ($P<0.01$), while that of crude protein, crude fiber and crude ash were decreased ($P<0.01$) with each harvesting time.
2. The acid detergent fiber (ADF) and crude fiber contents were decreased same patterns in growing period, however, according to maturing of corn ears the difference between ADF and crude fiber contents reduced.
3. At mature stage, crude protein yields per 10a in corn monocropping and corn-cowpea intercropping system were 127.6kg and 152.1kg, respectively. The difference of crude protein content between corn-cowpea intercropping and corn monocropping system was 19.2%.
4. TDN yields of each cropping system, at mature stage, obtained similar results and TDN yields per 10a of corn monocropping and corn-cowpea intercropping system were 1006.1kg and 990.1, respectively.
5. Consequently, corn-cowpea intercropping system could be increased protein yield without decreasing of dry matter yield in comparison with corn monocropping system.

I. 緒 論

Silage 용 옥수수의 單位面積當 Energy 收量은 우리나라에서 栽培되는 飼料作物중에서 가장 높기 때문에 乳牛의 自給飼料로 널리 이용되고 있으나 蛋白質의 含量은 乳牛의 營養生理의 要求水準에 크게 미달되는 결함을 갖고 있다.

Miller (1979), Church(1977) 그리고 Bath (1985) 등은 옥수수 silage로 乳牛를 飼養할 때는 蛋白質을 補強하는 것이 필요하며 Miller and O'Dell(1968) 은 옥수수 silage에 대한 단백질의 補強은 尿素나

암모니아와 같은 NPN을 첨가하거나 蛋白質含量이 높은 濃厚飼料를 補充給與하는 것이 효과적 이라고 하였다.

그러나 Andrews(1976), Willey and Osiru(1972) 등은 荳科作物을 옥수수와 間作함으로써 silage의 경제성을 증진시킬 수 있으며 Herbert 등(1984) 은 옥수수와 荳科作物의 間作은 옥수수의 單作에 비해 乾物收量의 減收없이 蛋白質의 含量을 증가시킬 수 있다고 하였다.

한편 Pogue and Arnold(1979)는 옥수수와 콩을 間作하여 造製한 silage의 단백질 함량은 옥수수 si-

lage 보다 많으며 Cummins and Dobson(1972), Kishida and Uchida(1985), 그리고 Putnam 등 (1986) 은 옥수수과 콩을 間作할 경우 栽植密度가 收量 및 蛋白質의 含量에 영향을 미친다고 보고한바 있다.

본 연구는 옥수수 silage를 造製할 때 蛋白質을 補強하기 위한 方法의 하나로 生長特性이 다른 1年生 蔓性豆科作物인 동부(Vigna sinensis King) 를 silage용 옥수수(Zea mays L.)와 間作하여 蛋白質 및 其他 營養成分含量의 變化를 비교하고자 實施하였다.

II. 材料 및 方法

1. 試驗期間 및 場所

1987년 4월10일부터 9월10일 사이에 상지대학 축산학과 실습목장내의 飼料作物圃場에서 실시하였다.

2. 土壤 및 氣象環境

試驗圃場的 土壤成分 및 試驗期間中 平均氣溫과 總降水量은 각각 Table 1, Table 2와 같다.

Table 1. Soil chemical properties of the experimental field.

pH (H ₂ O)	OM (%)	P ₂ O ₅ (PPM)	N (%)	exchangeable cation (me/100g)			CEC
				Ca	Mg	K	
5.7	4.0	56	0.42	3.87	0.70	0.36	12.24

Table 2. Monthly mean air temperature and rainfall at Wonju area during the experimental period, April-September, 1987.

Month	April	May	June	July	Aug.	Sept.
Mean air (°C) Temperature	10.1	16.3	21.9	23.7	23.7	18.3
Rainfall (mm)	30.7	120.6	93.8	615.3	548.3	29.0

3. 試驗區準備 및 栽培方法

1987년 4월20일에 圃場은 미리 石灰를 散布하고 整畷한 후 이랑을 만들어 1m²에 옥수수 9株가 들

어 가도록 간격을 정하여 종자를 파종하였다.

시험에 사용된 옥수수 품종은 MC 84AA, 동부품종은 재래종을 사용하였다.

試驗區는 옥수수單作區, 옥수수 동부間作區, 동부單作區로 區分하고 각각 3反覆配置하였다.

옥수수와 동부의 間作區는 옥수수의 株사이에 동부를 심어서 옥수수줄기를 감아 올라가도록 하였으며 재배기간중 缺株가 있을 때는 補植하여 밀도를 유지하였다.

試驗區의 施肥는 N:P₂O₅:K₂O=10:15:15kg/10a水準으로 주었으며 잎의 수가 9~10개 되었을 때 N만 10a 당 10kg 追肥하였다.

4. 收穫時期 및 方法

옥수수의 生長段階를 中心으로 乳熟期(8월3일), 黃熟期(8월24일), 完熟期(9월8일)로 구분하고 1m²내의 植物體를 地表높이로 刈取하여 實驗室로 옮겨 drying oven에서 恒量이 될때까지(70°C에서 48시간) 건조한후 收量을 算出하였다.

5. 營養成分의 分析 및 TDN評價

營養成分의 分析은 A, O, A, C(1984)法, NEL의 算出을 위한 ADF의 含量은 Goering and Van Soest(1970)의 方法을 이용하였다.

試料의 TDN水準은 ADF 含量으로 NEL을 평가한 후 Penn. State Uni.(1980)의 飼料作物評價 方程式을 적용하여 계산하였는데 NEL과 TDN의 算出式은 다음과 같다.

A) NEL價

1) Silage용 옥수수 단작

$$NEL(\text{Mcal/kg}) = (1.044 - 0.0124\text{ADF}\%) \times 2.205$$

2) 동부단작

$$NEL(\text{Mcal/kg}) = (1.044 - 0.0119\text{ADF}\%) \times 2.205$$

3) 옥수수 : 동부간작

$$NEL(\text{Mcal/kg}) = (1.0876 - 0.0127\text{ADF}\%) \times 2.205$$

B) TDN(%)

1) 옥수수 단작

$$\text{TDN}(\%) = 24.08 \cdot \text{NEL}(\text{Mcal/kg}) + 31.4$$

2) 동부 단작 및 옥수수 : 동부 간작

$$\text{TDN}(\%) = 40.73\text{NEL}(\text{Mcal/kg}) + 4.898$$

6. 10a 당 養分生産量

一般營養成分과 TDN의 生産量은 10a 당 乾物收量에 해당성분의 含量을 百分比에 따라 곱하여 구하였으며 NEL은 10a 당 乾物收量에 직접 곱하여 算出하였다.

7. 統計處理

본 시험의 모든 成績은 Duncon의 多重檢定法(Steel & Torrie)에 의하여 檢定하였다.

Ⅲ. 結果 및 考察

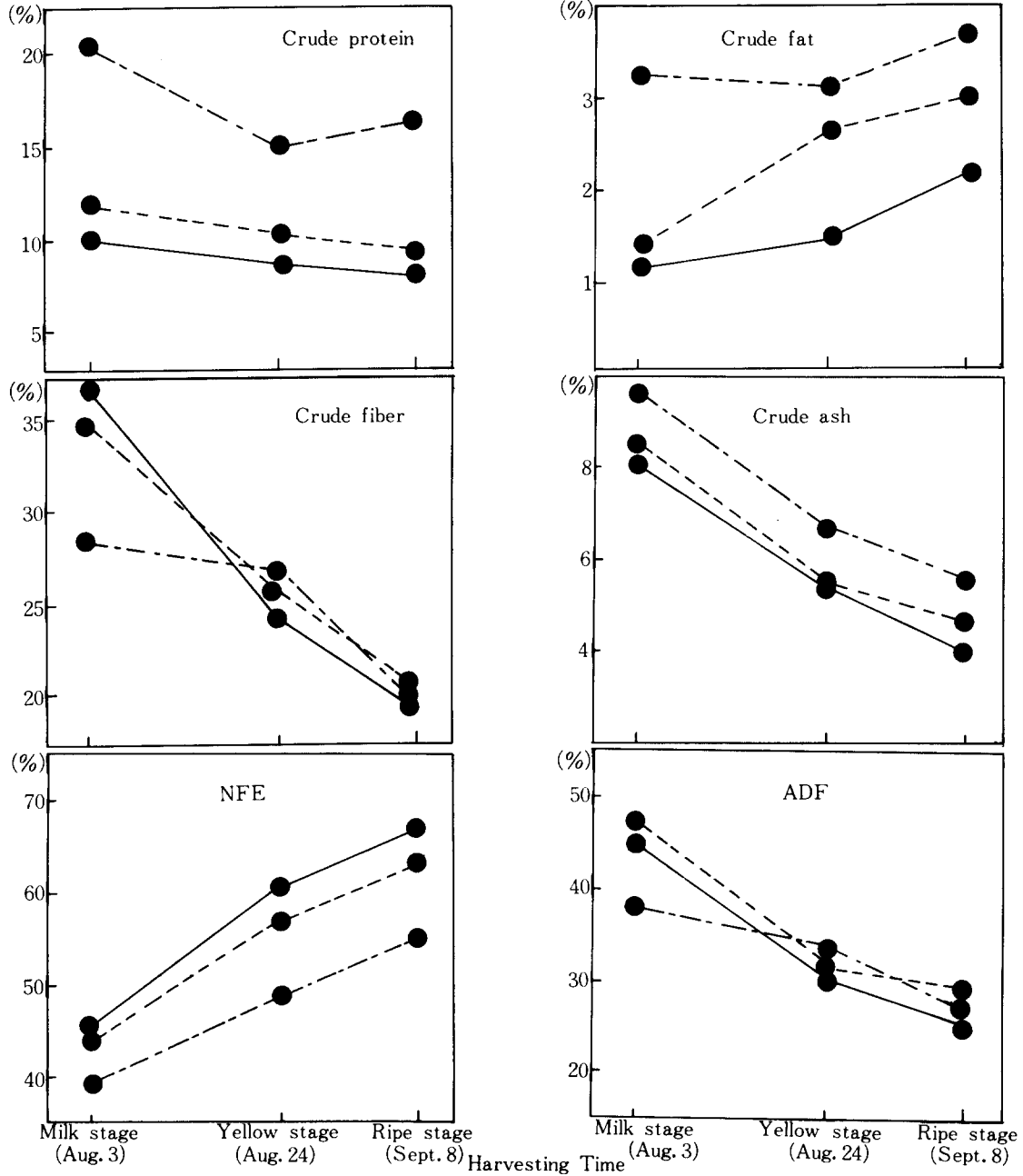


Fig. 1. Changes of chemical compositions of cropped plants by cropping systems and harvesting times. ●—●: corn monoculture, ●- - -●: corn-cowpea intercropping, ●—·—·: cowpea monoculture.

1. 營養成分의 含量變化

1) 收穫時期에 따른 變化

植物體를 收穫한 時期에 따라 營養成分含量的 變化를 비교하면 Fig. 1 과 같다.

Fig. 1 에서 보는바와 같이 粗蛋白質, 粗纖維 및 粗灰分은 作物의 生長段階인 乳熟期, 黃熟期, 完熟期에 따라 有意的($P < 0.01$)으로 감소하는 경향을 보였는데 植物體의 蛋白質含量은 수확기의 성숙정도, 수확시기에 따라 감소한다고 한 Miller and O'Dell(1968)의 보고와 일치하였으며 조사료의 粗纖維含量은 植物의 성숙정도에 따라 증가한다는 O'Donovan 등(1967)의 보고와는 달리 오히려 감소하는 경향을 보였다.

이것은 옥수수의 種實을 포함한 地上部 全植物體를 分析하여 얻은 收量이기 때문에 다른 粗飼料에 비해 種實이 차지하는 비중이 많을수록 조섬유의 양이 상대적으로 감소하였기 때문으로 생각된다.

한편 粗脂肪, 可用無窒素物의 含量은 收穫時期가 늦어짐에 따라 有意的으로 증가하는 경향을 보였는데($P < 0.01$) 그것은 옥수수의 生長이 끝나고 種實

의 급격한 저장작용으로 種實의 脂肪분과 澱粉이 증가한 결과이며 옥수수:동부의 間作區에서 같은 추세를 보인것은 옥수수가 차지하는 비중에 비해 월등하게 높았기 때문이다.

2. 作付體系에 따른 變化

植物의 營養素含量을 作付體系에 따라 收穫時期別로 分析하여 비교한 결과는 Table 3(乳熟期) Table 4(黃熟期), Table 5(完熟期)에 나타난 바와 같다.

Table 3, 4, 5에 나타난 바와 같이 營養成分사이에는 作付體系에 따라 모두 高度의 有意性($P < 0.01$ 또는 $P < 0.05$)이 있다. 즉 옥수수와 동부의 單作은 물론 옥수수:동부間作에 있어서 어떤 收穫期에도 含量의 變化가 있음을 보여주고 있다.

특히 本 試驗에서 究明하고자 하였던 옥수수單作과 옥수수:동부間作사이의 粗蛋白質含量은 全收穫期에서 分명한 차이를 인정할 수 있었다.

그리고 옥수수單作區의 粗蛋白質含量은 Herbert 등(1984)의 6.9~8.3%, Putnam 등(1986)의 7.7~

Table 3. Chemical compositions of the cropped plants according to cropping systems at milk stage (August. 3).

Cropping System	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	Crude ash (%)	NFE (%)	ADF (%)
Cowpea mono.	20.4756 ±0.0235 ^{a*}	3.2202 ±0.0953 ^a	28.1423 ±0.0934 ^a	9.6005 ±0.0577 ^a	38.5614 ±0.1445 ^a	37.5921 ±0.2174 ^a
Corn-Cowpea inter.	11.8381 ±0.0300 ^b	1.3709 ±0.1415 ^b	34.8270 ±0.1827 ^b	8.5839 ±0.1034 ^b	43.3801 ±0.2037 ^b	47.0344 ±0.0238 ^b
Corn mono.	9.9691 ±0.1170 ^c	1.1319 ±0.0900 ^c	33.1661 ±0.0600 ^c	8.0980 ±0.1214 ^c	45.6349 ±0.0539 ^c	44.7549 ±0.0770 ^c

*:Values with in different letters within a colum differ significantly ($p < 0.01$).

Table 4. Chemical compositions of the cropped plants according to cropping systems at mature stage (August. 24).

Cropping system	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	Crude ash (%)	NFE (%)	ADF (%)
Cowpea mono.	14.9526 ±0.0706 ^{a*}	3.0862 ±0.1443 ^a	26.6655 ±0.1369 ^a	6.7329 ±0.0400 ^a	48.5628 ±0.3157 ^a	33.9596 ±0.2784 ^a
Corn:Cowpea inter.	10.3944 ±0.0500 ^b	2.6288 ±0.1098 ^b	25.8189 ±0.0577 ^b	5.4864 ±0.0387 ^b	56.6719 ±0.0821 ^b	31.3797 ±0.0551 ^b
Corn mono.	8.4580 ±0.1234 ^c	1.4688 ±0.0800 ^c	24.0965 ±0.04413 ^c	5.4382 ±0.1115 ^c	60.5405 ±0.2063 ^c	30.6082 ±0.1506 ^c

*:Values with in different letters within a colum differ significantly ($p < 0.01$).

Table 5. Chemical compositions of the cropped plants according to cropping systems at post ripe stage (September. 8).

Cropping system	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude fiber (%)	Crude ash (%)	NFE (%)	ADF (%)
Cowpea mono.	16.1793 ±0.0235 ^{a*}	3.6459 ±0.0953 ^a	19.8279 ±0.0934 ^a	5.6192 ±0.0578 ^a	54.7277 ±0.4145 ^a	27.1263 ±0.2174 ^a
Corn: Cowpea inter.	99.2230 ±0.0667 ^b	2.9784 ±0.1279 ^b	20.5193 ±0.0372 ^b	4.7678 ±0.1559 ^b	62.5114 ±0.0624 ^b	29.2855 ±0.1877 ^b
Corn mono.	7.6890 ±0.0734 ^c	2.1160 ±0.3464 ^c	19.4469 ±0.0874 ^a	4.0209 ±0.0467 ^c	66.7273 ±0.3602 ^c	25.2082 ±0.2037 ^c

*Values with in different letters within a colum differ significantly (p<0.01).

Table 6. Yield of chemical composition per unit area (kg/10a) according to cropping systems and harvesting time.

Cropping system	Harvesting time	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Crude ash	NFE
Corn mono.	Aug. 33	59.44	6.75	209.66	48.28	272.08
	Aug. 24	127.62	22.16	363.59	82.06	913.50
	Sept. 8	127.64	35.13	322.86	66.75	1107.67
Corn: Cowpea inter.	Aug. 3	72.09	8.35	212.10	52.28	264.18
	Aug. 24	152.13	38.98	382.84	81.35	840.33
	Sept. 8	166.97	53.92	371.48	86.32	1131.71
Cowpea mono. mono.	Aug. 3	20.99	3.30	28.85	9.84	39.55
	Aug. 24	25.20	5.20	44.93	11.34	81.83
	Sept. 8	44.83	10.10	54.94	15.55	151.65

7.8%와 비교하면 黃熟期 8.46%, 完熟期에 7.69%로 비슷하였다. 또한 옥수수: 동부間作區에서는 黃熟期 10.39%, 完熟期 9.22%로서 Putnam 등(1986)의 옥수수: 롱間作區의 9.3~10.2%와 같은 결과를 보였다.

Cellulose와 lignin이 主成分인 ADF의 含量은 粗纖維와 거의 비슷한 감소추세를 나타내지만 種實이 熟成됨에 따라 粗纖維의 含量과 차이가 적어지는 경향을 보였는데 이는 種實의 熟成과정에서 hemicellulose가 消失되는 대신 澱粉의 증가가 원인이 아닐까 생각된다.

3. 作付體系 및 收穫時期에 따른 營養成分의 生産量

作付體系 및 收穫時期에 따른 單位面積當 生産量 (kg/10a)은 Table 6과 같다.

蛋白質의 單位面積當 生産量은 黃熟期일때 옥수수

單作 및 옥수수: 동부間作區에서 각각 127.6kg/10a, 152.1kg/10a으로 옥수수: 동부間作區가 많았다. 그리고 完熟期일때도 옥수수單作區에서 127.6kg/10a, 옥수수: 동부間作區에서 166.9kg/10a으로 오히려 間作區가 生産量이 높았는데 이와같은 결과는 옥수수: 롱間作에서 Herbert 등(1984)의 136.4~166.6kg/10a, Garcia 등(1985)의 159.6kg/10a, Putnam 등(1986)의 167~176kg/10a 보다는 낮은 收量이었으나 完熟期일 때 옥수수: 동부의 間作區와는 같은 결과였다.

옥수수單作에 대한 옥수수: 동부間作的 蛋白質 增産效果는 黃熟期를 기준으로 할 때는 19.2%로서 Herbert 등(1984)의 8~17%보다는 높았고 Boin & Biondi(1974)의 26%보다는 낮았다. 그러나 完熟期를 기준으로 할때는 30.8%의 增産效果를 보였는데 이것은 silage 제조에는 時期的으로 부적당하기 때문에 飼料價値로 볼 때는 의미가 없다. 다만 옥수

수의 乾物收量이 가장 많았고 게다가 동부의 종실에 단백질함량이 높았기 때문에 초래된 결과로서 의미가 있다고 하겠다.

동부의 單作區에서 蛋白質生産량이 낮게 나타난 것은 동부의 植物體가 옥수수에 비해 收量이 훨씬 적을 뿐만아니라 옥수수의 生長段階를 위주로 收穫하였기 때문이다.

粗脂肪의 生産량은 黃熟期일때(옥수수單作 22.16 kg/10a, 옥수수:동부間作區에서 38.9kg/10a로 증가하였고 粗纖維의 生産량도 黃熟期일때 옥수수單作區 363.69kg/10a, 옥수수:동부間作區 382.84kg/10a로 増産되었으나 完熟期에서는 각각 322.82kg/10a, 371.48kg/10a로 감소하였는데 이것은 옥수수의 葉의 枯死에 의한 損失이 원인으로 생각되며 粗灰分의 收량은 成熟이 進行됨에 따라 지속적으로 含量이 감소함에도 불구하고 收량이 많았던 것은 乾物收량이 粗灰分生産량의 증가에 기여한 것으로 생각된다.

NFE의 生産량은 種實의 成熟으로 全試驗區에서 다같이 크게 증가하였는데 특히 옥수수:동부間作區에서 가장 높았다. 이와같은 결과로 볼때 옥수수:동부의 間作은 두 植物體間의 相互作用에서 相互補完의 관계가 있다고 하겠다.

4. 作付體系 및 收穫時期에 따른 TDN 生産量

옥수수의 單作區와 옥수수:동부의 間作區 및 동부의 單作區에서 乳熟期, 黃熟期, 完熟期에 植物體를 收穫하여 TDN 生産량을 비교하였다.

원래 粗飼料의 에너지價를 TDN에 근거하여 評價하면 NFE에 포함되는 soluble lignin으로 말미암아 본래의 가치보다 過大評價되는 問題點이 지적되어 왔으므로(Miller, 1979) 최근에는 ADF 含量에 의한 NE 評價法이 活用되고 있다(Miller, 1979; Shin, 1982; Bath, 1985). 따라서 본 시험에서는 ADF 含量을 分析하고 이를 근거로 하여 NEL을 評價한

후 TDN을 算出하여(Penn. State Univ, 1980) 正確度を 높이고자 하였는데 그 결과를 보면 Table 7과 같다.

Table 7에서 TDN生産량은 種實이 익어감에 따라 試驗區 모두에서 증가하였는데 10a當 生産량은 黃熟期일때 옥수수單作區 1006.1kg, 옥수수:동부間作區 990.0kg이었으며 完熟期일때는 옥수수單作區 1165.9kg, 옥수수:동부間作區에서 1252.2kg이었다.

이와같은 成績은 Kishida & Uchida(1985)이 옥수수單作에서 얻은 1000~1300kg/10a와 비슷하였다.

이상의 결과에서 확인된 바와 같이 옥수수와 동부의 作付體系에서는 옥수수에 동부를 間作하여도 동부의 生長특성 즉 옥수수의 줄기를 곧바로 감아 올라가는 덩굴성이어서 光合成에 충분한 光線量을 두 植物이 共有할 수 있고 또한 옥수수에 비해 동부의 結실기가 늦어(Halzel, 1974) 옥수수의 收量を 감소시키지 않으면서 蛋白質과 脂肪 그리고 灰分의 生産량을 增加시킬 수 있는 作付方式이 된다 하겠다.

IV. 摘要

本 試驗은 옥수수單作과 옥수수:동부間作에서 收穫時期에 따른 營養成分의 含量變化와 生産량을 비교하기 위하여 實施하였는데 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 營養成分의 含量은 全試驗區에서 收穫時期에 따라 粗脂肪, NFE는 증가하였으며($P < 0.01$) 粗蛋白質, 粗纖維 및 粗灰分 含量은 감소하는 추세를 보였다($P < 0.01$).

2. ADF 含量은 粗纖維의 감소추세와 일치하는 경향을 보였으며 種實의 成熟이 進行됨에 따라 그 차이는 적어졌다.

3. 粗蛋白質의 10a당 生産량은 黃熟期일때 옥수

Table 7. TDN yield of cropped plants per unit area according to cropping systems and harvesting time.

Cropping system	Corn mono.			Corn; Cowpea inter.			Cowpea mono.		
	Aug. 3	Aug. 24	Sept. 8	Aug. 3	Aug. 24	Sept. 8	Aug. 3	Aug. 24	Sept. 8
TDN (%)	57.36	66.68	70.24	55.79	66.77	69.17	58.50	62.37	69.66
TDN Yield (kg/10a)	341.98	1006.13	1165.98	339.76	990.07	1252.25	59.96	105.09	193.03

수單作區가 127.6kg, 옥수수:동부間作區가 152.1kg으로 옥수수單作區에 비해 19.2%나 더 많았다.

4. TDN의 水準은 黃熟期일때 옥수수單作區에서 66.7%, 옥수수:동부間作區에서 66.8%로 같은 결과였으며 10a당 生産量은 黃熟期일때 옥수수單作區 1006.1kg, 옥수수:동부間作區 990.1kg으로 옥수수單作區가 많았다.

5. 이와같은 결과를 종합할때 옥수수:동부의間作體系는 옥수수單作에 비하여 收量의 감소없이 단백질의 收量을 증가시키는 효과가 있었다.

V. 引用文獻

1. Andrews, D.J. 1976. Responses of Sorghum varieties to intercropping. *Experi. Agri.* 10:57-63.
2. A.O.A.C. 1984. Official methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, 24th edition, Washington, D.C.
3. Fath, D.L. 1985. Dairy cattle. 3rd edition. Principles, Practices, Problems, Profits. p. 171.
4. Boin, C. and P. Biondi. 1974. Milho em cultura exclusiva emilho consorciado can lab para producao de silagem. *Bol. Ind. Animal.* 31:107-117.
5. Church, D.C. 1977. Livestock feeds and feeding. Oxford press, Portland, Oregon. p.349.
6. Cummins, D.G. and J.W. Dobson, Jr. 1973. Corn for silage as influenced by hybrid maturity, row spacing, plant population, and climate. *Agron. J.* 65:240-243.
7. Garcia, R., A.R. Evangelista., J.D. Galva., U.F.V. Vicoso. and M.G. Brazil. 1985. Effects of the association corn: soybean on dry matter production and nutritional silage value. Proceedings of the SV IGC p.1221-1222.
8. Coering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. ARS, USDA Agri, Hand book.
9. Haizel, K.A. 1974. The agronomic significance of mixed cropping. 1. Maize intercropped with cowpea. *Ghana J. Agri. Sci.* 7:169-178.
10. Herbert, S.J., D.H. Putman., M.I. Poos-Floyd., A. Vargas. and J.F. Creighton. 1984. Forage yield of corn and soybean in various planting patterns. *Agron. J.* 76:507-510.
11. _____, _____, and A. Vargas. 1985. Forage production from maize: soybean intercrops. Proceedings of the XV IGC. p.1266-1268.
12. Kishida, Y. and S. Uchida. 1985. The effects of row width and intrarow spacing on the productivity and nutritional quality of silage corn. Proceedings of the SV IGC. 1263-1265.
13. Miller, W.J. and G.D.O' Dell. 1968. Nutritional problems of using maximum forages or maximum concentrates in dairy rations. 52(7):1144-1154.
14. Miller, W.J. 1979. Dairy cattle feeding and nutrition. Academic press, N.Y. pp.221-253, 273-293.
15. O'Donovan, P.B., R.F. Brans., M.P. Plumlee., L.V. Packett. and G.O. Mott. 1967. Soluble and structural components of alfalfa clones and selected Reed canary grass clones. *Agron. J.* 59:478.
16. Pennsylvania State University Forage Testing Service. 1980. Forage/Feedstuffs analysis and interpretation.
17. Pogue, D.E. and B.L. Arnold. 1979. Corn: Soybean silage compared with corn silage for milk production. Research report. 4:17.
18. Putnam, D.H., S.J. Herbert. and A. Vargas. 1986. Intercropped corn: soybean density studies. 1. Yield complementarity. *Experi. Agri.* 21:41-54.
19. Shin, H.T. 1982. Laboratory methods for evaluating the feeding value of forages. Unpublished.
20. Steel, R.J.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. 2nd edition. McGraw-Hill, Inc.
21. Willey, R.W. and D.S.O. Osiru. 1972. Studies on mixtures of maize and beans (*Phaseolus vulgaris*) with particular reference to plant population. *J. Agri. Sci. Cambridge.* 79:517-529.