韓草誌(J. Korean Grassl. Sci.) 14(1) : 57~63, 1994

사일리지용 옥수수의 수확기 결정을 위한 옥수수 낱알의 밀크라인 이용

신정남 · 김병호*

Using the kernel milk line for harvesting corn for silage

C. N. Shin and B. H. Kim*

Summary

We use a variety of methods to determine the optimum time for havesting corn for silage. In addition, adequate dry matter for silage must be considered along with maturity stage. The objective of this study was to evaluate using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage in 1992 on the Livestock Experimental Farm, Keiymung Junior College at Keongsan, Keongsangbuk-do.

Four hybrids were field grown and corn plants were harvested at various stages of kernel development so that kernel milk line movement could be analyzed while the corn was in the premature stages. As the plants approached maturity, the ears were collected from each of the hybrids and the position of the milk line was noted. Then the whole plants were chopped and the content of DM was determined. The milk line was a readily identifiable feature of maturing corn kernels. We focused on the five development stages. The first was "soft dough". The second was "dent". The third was "75% milk", and the fourth was "half milk". The half milk occurs when the milk line is positioned falf way down the kernel face, and the final stages was "no milk", milk disappearance as indicators of physiological maturity in maize. Milk free stage of the kernel occurred from 1 to 3 days prior to black layer having developed. The range for harvesting corn for silage occurs as kernels mature from 75% milk to no milk. Position of milk line was easy to see, and can be used as a visible indicator to determine corn maturity stages and whole plant dry matter. Whole plant dry matter increased with advancing maturity, averaged over hybrids it was 24.1, 25.6, 28.5, 34.6 and 39.0% at soft dough, dent, 75% milk, half milk and no milk.

Milk line was more useful indicator in monitoring corn maturity prior to physiological maturity.

I. 서 론

옥수수 사일리지를 만들때 수확시의 성숙정도는 건물수량, 사일리지 발효중의 건물손실, 수확시의 포장손실, 사일리지 섭취량에 크게 영향을 미친다는 연구 결과는 많이 보고되었다(Mowat 등 : 1967, Coppock와 Stone : 1969, Crowley 등 : 1979, 신 : 1981). 그러므로 알맞은 시기에 수확하므로서 최고의 양분수량을 거두고 사일리지 발효가 알맞게 되어 발효중의 손실도 감소되며 기호성도 높아 좋은 품질의 사일리지가 된다.

농민들이나 연구자들은 옥수수의 사일리지 제조적기 판별을 위하여 옥수수가 출사되어 일정기간이 지나면 수확적기가 된다는 방법도 이용하며 또한 생리적 성숙기를 이용하여 그 이전에 사일리지용 옥수수의 수확이 권장되기도 한다. 그러나 이러한 방법들은 상당한 제한성이 있다. 생리적 성숙기의 판정에는 흑색층의 형성여부의 조사가 가장 적합하나 언제 형성되는지 예견이 어렵고 사일리지 제조는 그 이전에 해야 한다. 그리고 출현기나 출사기를 달력에 표시해

"이 논문은 1992년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음"

계명전문대학 (Keimyung Junior College, Taegu 705-701, Korea)

* 경상대학교 농과대학 (College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea)

두고 일정 기간후를 적기로 하는 방법도 있으나 Gunn과 Christensen(1965)은 교잡종 간에 차이가 있다고 보고했다. 또한 사일리지를 제조할 때 각 농민이 보유하고 있는 사일로 종류나 사일리지 제조 기술수준에 따라 전체 옥수수의 건물함량이 달라야 하므로 각 농가사정에 따라 수확적기를 판단하는 일은 어렵다. 고로 농가 형편에 따라 수확이 가능한 범위내에서 성숙정도를 파악하고 옥수수전체의 건물함량을 간편하고 비교적 정확히 파악하는 방법이 필요하다.

Aldrich(1943)는 성숙된 옥수수의 낱알내에는 밀크가 없다(no milk)고 보고한 바 있다. 그 후 낱알의 밀크라인(milk line)이 옥수수의 성숙단계를 판별하는 유용한 지표로 활용될 수 있다는 연구보고가 이루어졌다(Joe와 Crookston : 1984, Crookston과 James : 1987, Bolz 등 : 1987). 밀크라인은 낱알이 고형화되기 전에는 없다가 성숙이 진행됨에 따라 낱알 넓은 쪽의 끝 즉 상단이 함몰된 후 더욱 성숙이 진행되면 곧 옥수수 낱알의 고형 내배유(solid endosperm)위에 나타난다. 이것은 낱알중 고형의 노랑색 내배유와 흰색의 액상 내배유 사이의 하나의 선이거나 경계선이다. 낱알이 옥수수의 속대와 붙어 있는 기부쪽의 내배유는 액상이고 흰색이거나 유백색이다. 옥수수의 낱알이 성숙되면서 단단해짐에 따라 밀크라인은 낱알의 기부 쪽으로 이동된다. 이 밀크라인의 이동을 관찰하여 그 위치에 따른 전체 옥수수의 건물함량을 알아내는 방법이다.

밀크라인은 낱알이 성숙되는 것을 쉽게 판별할 수 있는 모양이며 정상적인 상태에서 낱알중의 밀크라인이 소멸되는 시기와 흑색층의 형성시기가 일치 되었다는 연구보고도 있다(Joe와 Crookston : 1984). 그리고 흑색층은 생리적 성숙기를 판별하는 보다 더 믿을 만한 지표이며 밀크라인은 생리적 성숙기 이전에 낱알의 성숙단계를 검토하는데 더욱 유용한 지표가 될 수 있다고 했다. 또한 이 방법은 특별한 기구없이 육안으로 그 이동 위치를 쉽게 탐지할 수 있다고 한다.

본 연구의 목적은 밀크라인 위치와 전식물체의 건물함량과의 관계를 평가하여 밀크라인이 사일리지 제조를 위하여 옥수수를 수확할 때 명백한 지표가 될 수 있는지 그 여부를 연구분석하여 사일리지 제조 적기를 밝히는데 그 목적이 있다.

Ⅱ. 재료 및 방법

포장실험은 1992년 4월 21일에 경북 경산에서 실시하였으며 시험구 배치는 수확기를 처리로 하여 난괴법 3반복으로 하였다. 시험 품종은 수원 19, 광옥, 파이어니어 3352, 파이어니어 3282였으며, 재식거리 60×25 cm 이랑길이 9m에 구당 5줄로 2알씩 파종한 후 제초제를 뿌리고 5엽기에 1주씩만 남기고 솎아냈다. 시비량은 질소, 인산, 칼리를 밑거름으로 ha당 100, 200, 100kg씩을 뿌리고 웃거름으로 질소와 칼리를 각각 100kg씩을 8엽기에 이랑 중앙에 줄을 따라 시용했다.

옥수수의 수확은 밀크라인이 형성되기전인 유숙기, 그 다음은 연호숙기(soft dough stage)로 낱알에 밀크라인이 시작되는 시기로 옥수수 낱알 상단의 함몰이 50% 이하였고, 낱알 상단에 밀크라인의 형성을 외부에서는 볼 수 없으나 시작되는 시기였다. 황숙초기(dent stage)는 모든 낱알에 밀크라인이 형성된 시기로 외적으로는 판별 불가능한 시기다. 이 때는 낱알 선단이 모두 함몰되고 상단을 손톱으로 누를 때 딱딱함을 느끼면서 상단 껍질밑에 밀크라인이 형성되는 시기로 외부에서 관찰이 안되나 선단을 손톱으로 껍질을 벗겨 헤집어 보면 전분이 고형화되어 껍질밑에 층을 이루게 된다. 고형화 안된 낱알기부쪽의 유동성 전분과는 구별이 되는 때이다. 이 때부터 밀크라인이 없어지는 시기 즉 생리적 성숙기까지 4일 간격으로 수확했다. 파이어니어 3282는 낱알의 상단이 부분적으로 함몰된 것이 적은 수 있었으나 전체적으로 함몰되지 않아 생육단계의 판정을 위하여 낱알 상단의 굳은 정도와 껍질을 손톱으로 벗겨보고 결정했다.

결과적으로 밀크라인의 이동을 관찰하여 그 위치에 따른 전식물체의 건물함량을 측정하고 밀크라인 위치와 건물함량 변화사이의 관계를 조사하기 위하여 밀크라인의 측정을 위한 시료의 채취는 시험구 중간줄에서 옥수수 10주를 수확했다. 실험실에서 암이삭의 껍질을 벗기고 이삭의 중간부위를 부러뜨리면 옥수수 줄기와 암이삭이 붙었던 반대쪽의 부러뜨려진 암이삭면이 보인다. 이 곳의 낱알 평탄면에 밀크라인이 보이는데 각 이삭당 10개의 낱알에서 밀크라인을 측정했다.

밀크라인은 낱알의 상단쪽에 있는 고형전분(고형내배유)과 낱알의 기부쪽에 있는 액상전분(액상내배

유)과의 경계선으로 그 이동위치는 mm단위의 자(尺)로 측정하였으며 낱알의 선단에서 밀크라인까지의 길이를 측정하고 동시에 낱알의 전체 길이도 측정했다. 이 양 길이를 이용해서 밀크라인의 위치를 나타내는 수치(%)로 사용했다. 또한 밀크라인이 소멸되는 시기가 가까워질 때는 흑색층의 형성여부를 관찰하기 위하여 낱알 기부의 껍질을 벗겨 흑색층의 형성여부를 관찰했다.

옥수수 전체의 건물함량 측정은 밀크라인 측정을 위해 채취했던 잎, 줄기, 암이삭 모두를 잘게 썰어 혼합한 후 100g씩 3반복으로 85℃로 조절된 송풍건조기 내에서 4일간 건조한 후 건물함량을 측정했다. 화학분석을 위한 시료는 65℃로 조절된 송풍건조기내에서 3일간 건조한 후 분쇄(1mm 공경)하여 실내에서 24시간 방냉한 후 분석에 이용했다. 일반 조성분은 AOAC(1984)에 따라 분석했으며 NDF와 ADF는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법을 이용했다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

유숙기때는 옥수수 낱알내의 내배유(內胚乳)가 흰색 혹은 유백색의 액상이었는데 낱알의 상단이 함몰되기 시작하면 액상의 내배유가 고형화 되려는 시기로 판명되었다.

옥수수 낱알의 성숙이 더욱 진행되면서 낱알의 상단이 50% 이하로 함몰되는 연호숙기에 도달되었을 때 낱알상단 내배유의 고형화와 수분감소가 시작되었다. 수원 19호는 다른 품종에 비하여 연호숙기나 황숙초기에 동일 암이삭 중에서도 낱알의 함몰이 불균일 하였고 내배유의 고형화도 균일하지 못하였다.

그 다음으로 모든 낱알의 선단이 전부 함몰되었을 때인 황숙초기로 유동과 고형의 공동면이 낱알내부에 생겼다. 이러한 공동면은 표면에서는 일정한 경계선으로 나타나지 않아 눈으로는 볼 수 없었지만 낱알을 절개했을 때나 손톱으로 낱알 상단의 껍질을 벗겼을 때 고형내배유와 유동내배유는 쉽게 구별되었다. 그 후 성숙이 진행되면 밀크라인은 배(胚)반대편 낱알의 평편한 면위 고형내배유상에 나타나게 되고 눈으로 볼 수 있게 되었는데 이 선이 성숙이 진행되면서 낱알의 기부쪽으로 진행되었다.

그림 1에서 보는 바와 같이 밀크라인은 옥수수 낱알의 성숙상태를 쉽게 판별할 수 있게 되었다. 이것은 옥수수 암이삭 중간을 부러뜨렸을 때 암이삭이 줄기와 붙은 반대쪽 부분(왼쪽그림)의 낱알면은 평탄하고 그 반대쪽(오른쪽)의 낱알면에는 배가 보인다. 옥수수 낱알의 성숙이 진행되면 그림 1의 왼쪽 그림에서와 같이 일종의 선(화살표시)이 낱알면에 생기는데 이것을 밀크라인이라 한다.

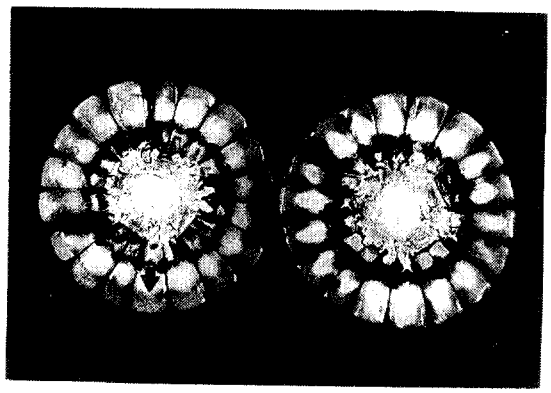

Fig. 1. The milk line (arrow) on the left can be seen on the smooth side of the corn kernel and embryo sides (on the right) exposed.

낱알 상단 내용물의 고형화는 낱알표면에 밀크라인이 나타나기 전에 생겨서 황숙초기 후에 밀크라인은 낱알 배 반대쪽의 낱알평탄면 위에서 식별되었고 옥수수 낱알의 고형내배유위에 나타났다. 이것은 낱알중의 고형과 액성전분 사이의 하나의 경계선이었다. 낱알의 고형부(선단)는 노랑색이었고 유동부 즉 옥수수 낱알의 기부쪽은 회거나 유백색이었다. 또한 성숙이 진행됨에 따라 밀크라인은 낱알의 상단으로부터 기부로 이동되었다. 이와 같이 모든 교잡종에서 밀크라인은 낱알의 성숙상태를 쉽게 판별할 수 있는 지표가 되었다. 밀크라인의 측정은 품종에 따라 다소 차이가 있었으며 밀크라인이 외부로 보이는 초기에는 어려웠고 수원 19호는 다른 품종에 비하여 경계선이 명확하지 않거나 그 길이가 일정치 못하여 측정이 쉽지 않았다. 밀크라인이 낱알 상단으로부터 기부로 이동되면서 밀크라인이 낱알면의 절반(50%)위치를 지나 낱알기부 가까이에 이르렀을 때 밀크라인은 소멸되었다. 이 시기가 밀크라인이 없어진 시기로 흑색층이 형성되기 1~3일 전이었다.

흑색층(black layer)은 그림 2와 같이 낱알 기부를

벗겨내었을 때 노출된 태좌의 껍질(placental scar)이 검은데 이를 말한다. 모든 교잡종에서 태좌의 기므스름한 색깔은 시일의 경과에 따라 Joe와 Crookston (1984)의 보고와 같이 회색을 띤 녹색(grey-green)으로부터, 회색, 갈색, 마지막에는 검은색으로 변했다. 흑색층 형성기의 판정은 낱알을 떼어내 기부를 벗겨 흑색층이 최소한 낱알의 50%이상 혹은 태좌부위가 암갈색(dark-brown)으로 색소 침착이 되었을 때로 하였다. 경우에 따라 흑색층이 형성되었는지 그렇치 않은지 측정이 어려운 때도 있었다.

Joe와 Crookston(1984)은 정상적인 상태하에서 밀크라인은 생리적성숙기 측정시에 흑색층처럼 유용했고 특히 생리적 성숙기전에 각 생육단계의 추정에 더 유용하였다고 보고 했다.

Fig. 2. The exposed placental scar is black, when a mature corn kernel with the pedical removed

4교잡종의 생육단계별 전식물체의 건물함량은 표 1과 같다. 상대숙기 그룹별 생육단계간 건물함량에 있어 파이어니어 3352와 수원 19호의 평균치나 파이어니어 3282와 광옥의 건물평균치간에는 연호숙기와 황숙초간을 제외하고는 차이가 있었다($P<.05$). 품종별 생육단계간 건물함량에도 차이가 있었다($P<.05$). 이와 같이 밀크라인의 위치별 전식물체의 건물을 조사한 결과 아주 신뢰할 수 있을 만한 지표가 되었다.

Crookston과 James(1987)도 밀크라인의 위치는 전체 옥수수의 건물함량을 추정하는데 매우 믿을 수 있는 지표가 되었다고 보고했다. 또한 황숙초, 50% 밀크, 25% 밀크, 밀크라인이 없어진 생리적 성숙기에 전체 사일리지용 옥수수의 건물함량이 3년 평균 각각 26, 32, 36 및 39% 였다고 보고했다.

사일리지용 옥수수를 연호숙기부터 밀크라인이 없어질 때까지 밀크라인의 위치별 이동에 소요되는 기간을 조사한 결과는 표 2와 같다. 단일의 가장 이상적인 사일리지 제조적기는 밀크라인이 낱알의 중간에 내려왔을 때였고 수확 적기 범위는 75% 밀크부터 밀크라인이 없어지는 생리적 성숙기까지 였으며 그 기간은 파이어니어 3282는 17일로 가장 길었으며 수원 19호는 9일로 가장 짧았다. 이와 같이 밀크라인의 위치별 이동에 소요되는 기간을 추정하므로 사일리지 제조계획을 세우는데 유익하게 이용될 수 있을 것으로 생각되었다.

Table 1. Whole-plant dry matter of four hybrids at five corn kernel maturity

Relative maturity	Hybrids	Growth Stages				
		Soft dough	Dent	75% milk	Half milk	No milk
		Dry matter, %				
115 - day	Pioneer 3352	23.6	25.1	28.5	33.8	38.9
Unknown	Suweon 19	24.8	26.3	28.7	33.3	38.4
	Mean	24.2	25.7	28.6	33.6	38.7
123 - day	Pioneer 3282	23.5	25.0	28.0	34.5	38.4
Unknown	Kwangok	24.3	25.8	28.5	36.4	40.0
	Mean	23.9	25.4	28.3	35.5	39.2

LSD(0.05) to compare:

Relative maturity group means within a growth stage = 1.9

Hybrid means within a growth stage = 1.1

Table 2. Days required between five growth stages of corn kernel maturity

Relative maturity	Hybrids	Time between			
		From soft dough to dent	From dent to 75% milk	From 75% milk to half milk	From half to no milk
		..... days			
115 - day	Pioneer 3352	3	9	10	4
Unknown	Suweon 19	3	6	6	3
	Mean	3	8	8	4
123 - day	Pioneer 3282	4	9	10	7
Unknown	Kwangok	4	10	8	3
	Mean	4	10	9	5

수원 19호는 파이어니어 3352에 비하여 연호숙기부터 황숙초기까지를 제외하고는 각 생육단계에 이르는데 소요되는 기간이 짧았는데 50% 밀크 직후부터 옥수수대 썩음병으로 약 1/2의 옥수수대가 급격히 건조되면서 쓰러진 것이 원인으로 생각된다. 파이어니어 3282와 광옥은 위의 2품종에 비하여 각 생육단계별 시기에 이르는 기간이 1~2일씩 길었다. 광옥이 50% 밀크에서 밀크라인이 없어지는 성숙기까지 소요되는 기간이 파이어니어 3282에 비하여 짧은 것은 위에서 지적한 50% 밀크 직후부터의 줄기 썩음병으로 옥수수대가 건조되면서 성숙기간을 단축시킨 것으로 생각된다. Crookston과 James(1987)는 조생종과 만생종 각각 2개 품종으로 밀크라인 이동을 조사했던 결과는 황숙초에서 50% 밀크까지 11일 50% 밀크에서 밀크라인이 없어질 때까지는 13일이 소요되었다는 보고와는 상당한 차이가 있다.

Table 3. Effect of growth stages on the chemical fractions of the whole-plant of Suweon19.

Stage maturity	Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	NFE	Crude ash	NDF	ADF
	..... %, DM basis							
Milk	21.0	9.1	1.8	23.6	59.1	6.6	55.0	30.5
Soft dough	24.0	9.0	2.1	22.6	60.0	6.4	52.7	29.5
Dent	26.3	8.8	2.2	21.9	61.2	6.0	51.9	29.0
75% Milk	28.7	8.7	2.3	21.7	61.6	5.9	51.4	28.8
Half Milk	33.3	8.2	2.5	21.4	62.8	5.2	48.5	27.8
No Milk	38.4	8.0	2.6	20.0	64.8	4.7	46.9	26.2
LSD(0.05)	1.3	0.3	0.2	0.4	0.8	0.2	0.8	1.3

사일리지용 옥수수 수원 19호의 화학성분에 관해 살펴보면 생육이 진행됨에 따라 전체 옥수수의 일반조성분 함량은 표 3과 같다. 옥수수의 생육이 진행됨에 따라 전식물체의 건물함량은 증가되었으나 건물기준 조단백질, 조섬유, 조회분 함량은 감소되었고 조지방과 가용무질소물 함량은 증가되었다. 이러한 경향은 양 등(1979, 1990)도 국산 4신품종으로 유숙기부터 완숙기까지 4생육단계에 걸쳐 시험했던 결과와 Hopper(1925)나 신(1981)의 보고와도 비슷한 경향을 보였다. 배 등(1979)도 국산 4신품종으로 출수기

부터 완숙기까지 7일간격으로 국산 4신품종 옥수수로 시험했던 결과 조단백질 함량은 8.5%에서 6.6%로 감소되었고, 조섬유 함량은 28.1%에서 21.3%로 감소되었으며 ADF함량은 37.1%에서 29.5%로 감소되었다는 보고와도 유사하였다.

Ⅳ. 적 요

양질의 옥수수 사일리지 제조를 위해서는 수확시 알맞은 성숙시기와 더불어 사일리지용 옥수수의 적절한 건물함량이 중요하다. 그러므로 사일리지용 옥수수의 적기수확을 위해서 다양한 방법을 사용하고 있다.

본 시험의 목적은 사일리지용 옥수수의 수확적기 결정을 위하여 옥수수 낟알의 평탄면에 나타나는 밀크라인의 사용가능성을 평가하기 위하여 실시하였다.

1992년에 4교잡종을 재배하여 옥수수의 성숙전 상태에서 낟알의 밀크라인 이동 위치별로 즉 알곡의 여러 생육단계별로 수확했다. 옥수수가 일정 생육단계에 도달되었을 때 각 품종별로 옥수수 이삭을 채취하여 밀크라인의 위치를 기록했고 이삭과 전식물체를 함께 썰어 건물함량을 측정했다. 밀크라인은 일반적으로 낟알이 성숙되는 것을 쉽게 판별할 수 있는 모양이었다.

5생육단계에 걸쳐 조사했는데 첫째는 밀크라인이 생기기 시작되는 연호숙기, 둘째는 황숙초기, 셋째는 밀크라인 75%, 넷째는 밀크라인 50%로 밀크라인이 낟알의 중간에 내려왔을 때, 마지막은 밀크라인이 없어진 시기(no milk)로 생리적 성숙기였으며, 낟알중의 유동성 전분이 없어지는 시기로 흑색층이 형성되기 1~3일전이었다. 옥수수 사일리지 제조를 위한 수확기간은 밀크라인 75%에서 밀크라인이 없어지는 때까지 였다.

밀크라인의 위치는 쉽게 볼 수 있고 또한 옥수수의 생육단계와 전식물체의 건물함량을 아는데 가시적인 척도가 되었다. 4품종 평균 각 생육단계별 건물은 연호숙기, 황숙초기, 75%밀크, 50%밀크 및 밀크라인이 없어진 시기에 각각 24.1, 25.6, 28.5, 34.6 및 39.0%였다. 밀크라인은 옥수수의 생리적 성숙기 전에 옥수수의 생육단계를 추정하는데 유용하였다.

Ⅴ. 인용문헌

1. 배동호. 차영호. 안종남. 양종성. 강태홍. 1979. 신품종 옥수수의 예취시기별 부위별 화학조성 및 소화율측정. 축시연구보고서 P. 183-208.
2. 양종성. 한홍전. 이종열. 1979. 매초용 옥수수의 수량 및 영양생산에 관한 연구. 축시연구보고서. P. 664-686.
3. 양종성. 한홍전. 최영원. 인근발. 1990. Silage용 옥수수의 숙기별, 부위별 수량, 화학성분 및 양분수량의 변화. 한축지. 32(4):225-231.
4. 신정남. 1981. 생육시기 예건 및 절단길이가 사일리지의 사양가치에 미치는 영향. 박사학위논문. 건국대학원.
5. Aldrich, S.R. 1943. Maturity measurements in corn and an indication that grain development continues after premature cutting. J. Am. soc. Agron. 35:667-680.
6. A.O.A.C. 1984. Offical methods of analysis(13th ed). Assoc Offic. Anal. Chem, Washington, D.C.
7. Bolz, D., W. Cook, M. Gardner and E. Fiez. 1987. Corn ear dry matter prediction with kernel milk line. College of Agriculture, University of Idaho. p. 26-29.
8. Coppock, C.E. and J.B. Stone. 1969. Corn silage in the ration of dairy cattle: A Review. New York State Collge of Agri. Cornell Miscellaneous Bulletin 89.
9. Crookston, R.K and E.K. James. 1987. Using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage. Proceedings of the 12th Annual Minnesota Forage Day, Minnesota Forage and Grassland Council. p. 44-47.
10. Crowley, J.W., N.A. Jorgensen, and G.P. Barrington. 1979. Corn silage for the dairy ration, A-1178, University of Wisconsin Extension.
11. Gunn, R.B. and R. Christensen. 1965. Maturity relationships among early to late hybrids of corn (Zea mays L.). Crop Sci. 5:299-303.
12. Goering, H.K. and P.J. Van soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook 397. ARS, USDA, Beltsville.

13. Hopper, T.H. 1925. Composition and maturity of corn. N. Dakota Agr. Exp. Sta. Bul. 192.(Quoted from Coppock)
14. Joe J. Afuakwa and R, Kent Crookston. 1984. Using the kernel milk line to visually monitor grain maturity in Maize. Crop science, vol 24:687-691.
15. Mowat, D.N., G.K. Macleod, J. Pos, J.B. Stone and W.S. Young. 1967. Corn silages. Publication 92. Ontario Department of Agriculture and Food, Toronto.