

# 만기파종에서 수확시 숙기가 사일리지용 옥수수 사초수량과 품질에 미치는 영향

김종덕\* · 권찬호\* · 김수곤\*\* · 박형수\*\* · 고한종\*\* · 김종관\*\*\*  
연암축산원에대학\*, 서울대학교 농생명공학부\*\*, 현대사료 (주)\*\*\*

## Effect of Harvest Stage on Forage Yield and Quality of Silage Corn at Late Planting

J. D. Kim\*, C. H. Kwon\*, S. G. Kim\*\*, H. S. Park\*\*, H. J. Ko\*\* and J. K. Kim\*\*\*  
Yonam College of Agriculture\*, School of Agric. Biotechnol., Seoul National University\*\*,  
Hyundae Feedmill\*\*\*

### ABSTRACT

The corn (*Zea mays* L) planting date in a double-cropping system is delayed until mid-May due to delayed rye harvest on May. This experiment was conducted to determine the optimum harvesting time for high yield and the best quality of silage corn at late planting date after harvesting winter rye. Corns were planted on 21 May and harvested at eight different maturity stage at Seoul National University Experimental Livestock Farm, Suwon in 1997. Maturities were B (blister; 16 days after silking), M (milk; 20 days), LM (late milk; 24 days), SD (soft dough; 28 days), ED (early dent; 33 days), FD (full dent; 38 days), LD (late dent; 44 days) and PM (physiological maturity; 53 days) stages. The percentage of whole plant dry matter (DM) showed optimum range for silage making (29.0 to 38.5%) when corn plant was harvested at between ED and LD stages. Maximum whole plant DM (14,831 kg/ha) and total digestible nutrients (TDN) yields (10.675 kg/ha) reached at full dent stage. The percentage of whole plant acid detergent fiber (ADF) was decreased from 35.4 to 22.1%, and that of neutral detergent fiber (NDF) was also decreased from 63.8 to 46.0% as harvest stage progressed. These changes in chemical compositions were associated with changes in plant part composition. A progressive increase in total ear, and the decrease in stover portion in the plant were observed with advance in harvest stage. Calculated on net energy for lactation (NEL) and TDN values based on ADF percentage of stover plant decreased by ED stage and then increased by PM stage. But NEL and TDN values of ear and whole plant increased as harvest stage progressed. While *in vitro* dry matter digestibility of stover was decreased from 61.1 to 49.7%, whole plant was increased from 58.3 to 65.7% as maturity advanced ( $P < 0.05$ ). The results of this study indicate that corn can be harvested for silage at full (1/2 milkline) and late dent (2/3 milkline) stages for maximum yield and optimum quality at late planting. And days after silking at late planting was 38 and 44 days.

(Key words : GDD, Milkline, Maturity stage, Days after silking)

---

Corresponding author : J. D. Kim, Yonam College of Agriculture, Sunghwan, Chonan-Si, 330-802, Korea  
Tel : +82 041 580 1088. Fax : +82 041 580 1249, E-mail: yasc@yonam.ac.kr

## I. 서 론

우리나라의 토양과 기후조건하에서는 사일리지용 옥수수 (*Zea mays* L.) 가 다른 작물보다 단위면적당 가소화영양소총량 (TDN)의 수량이 가장 높으며 기계작업이 용이하여 노동력을 줄일 수 있어 낙농가들이 가장 많이 재배 이용하는 사료작물이다 (김, 1999).

우리나라에서 낙농가들은 사일리지용 옥수수를 4월중에 파종하여 가을장마와 태풍이 시작되기 전인 8월 중순에 수확하고 있으며 이때 농가들이 재배하는 옥수수는 중·만생종의 숙기를 가진 품종들이다 (김, 1996; 김, 1999). 그러나 옥수수를 호밀과 조합한 연간 2모작의 조사료 생산체제하에서 옥수수의 파종은 호밀 수확 때문에 5월 중순 이후로 지연된다 (김 등, 1996; 김 등 1997a; 1997b).

사일리지용 옥수수는 일찍 수확하면 (건물 30%이하) 수분이 너무 많아 발효양상이 나빠지고 삼출액이 많으며, 늦게 수확하면 (건물 40%이상) 너무 건조하여 열과 곰팡이가 발생하기 쉽다 (Vetter 및 Von Glan, 1978). 그리고 사일리지용 옥수수의 최대 건물수량을 위한 수확적기는 전식물체의 건물률이 30~40% 일때이다 (Wiersma 등, 1993). Daynard 등 (1974)은 사일리지용 옥수수의 수확적기는 종실용 옥수수의 수확적기보다 다소 빨라 식물체의 건물률이 30~35%에 도달하는 황숙기라고 보고하

였다.

옥수수는 숙기가 진행됨에 따라 식물체의 무게와 소화율은 점차 감소하지만 종실내의 전분의 축적으로 암이삭의 무게가 증가한다. Cummins 및 Dobson (1973)은 전식물체의 건물률이 35~40%까지는 숙기가 진행됨에 따라 소화율은 증가한다고 보고하였으며, Daynard 및 Hunter (1975)는 건물률이 24~40%에는 소화율이 거의 비슷하다고 보고하였다. 수확적기보다 빨리 수확하면 수량 감소와 사일리지의 품질 저하로 경제적 손실이 많으며 (임, 1992), 너무 늦게 수확하면 건물 섭취량과 소화율이 감소한다 (Gordon 등, 1968; Johnson 및 McClure, 1968).

따라서 본 시험은 호밀 수확후 후작으로 옥수수를 5월 중순에 늦게 파종하였을 때 적정 수확시기를 얻고자 숙기별로 수확하여 사초수량과 품질을 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

포장시험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속실험목장에서 1997년 5월 21일부터 9월 12일까지 실시하였다. 본 시험이 수행된 포장은 사일리지용 옥수수와 호밀을 연간 2모작으로 재배되어 오던 식양토로 옥수수의 생육에 크게 제한되지 않는 토양이었다. 시험기간중 강수량, 증발량 및 유효적산온도는 Table 1에서 보는

Table 1. Monthly and growing season precipitation, evaporation, and growing degree days (GDD) at Suwon, 1997

Month	Precipitation (mm)		Evaporation (mm)		GDD (°C)	
	1997	30 yr Avg	1997	30 yr Avg	1997	30 yr Avg
May*	73	23	124	142	75	95
June	266	115	157	142	383	339
July	332	329	144	128	480	458
August	291	291	165	130	507	476
September**	5	40	131	107	170	146
Sum	967	798	721	649	1,617	1,514

\* 21 to 31 May, \*\* 1 to 12 September.

바와 같다. 강수량은 예년에 비하여 169mm가 많았으며, 특히 생육초기인 5월과 6월에 강수량이 많았다. 반면 수확시기인 9월초에는 예년보다 35mm가 적었다. 반면 시험기간중 증발량은 예년보다 72mm가 많았다. 강수량이 1997년이 예년보다 많음에도 불구하고 증발량이 많은 것은 생육초기와 생육후기의 집중호우와 시험기간중 높은 온도가 원인이다. 따라서 온도를 조사하였으며, 특히 옥수수의 숙기에 이용하는 유효적산온도(growing degree days; GDD)를 조사하였다. 당해연도의 유효적산온도는 예년보다 103℃ 높았으며, 특히 생육후기인 8월말과 9월초의 유효적산온도가 예년보다 높아 증발량이 높았다.

본 시험은 수포형성기(blister), 유숙기(milk), 유숙후기(late milk), 연호숙기(soft dough), 황숙초기(early dent), 황숙중기(full dent), 황숙후기(late dent), 및 생리적 성숙기(physiological maturity)의 수확시 숙기를 처리로 한 8처리 3반복 난괴법으로 수행하였다.

옥수수의 파종은 사일리지용 옥수수(Pioneer 3394; relative maturity 111)를 ha당 140,000립(60×24cm) 씩 점파하고 옥수수의 유식물이 4엽기에 도달하였을 때 1주식 솥아내어 ha당 재식 밀도가 70,000주가 되게 하였다. 시비량은 기비로서 ha당 질소 90kg, 인산 180kg, 칼리 140kg 및 구비 20,000kg를 주었고 옥수수가 무름 위로 자랐을 때 질소를 70kg를 추비로 시비하였다.

각 부위별 건물물 및 건물수량을 조사하기 위하여 수확시기별로 2줄을 수확하여 암이삭과 경엽으로 분리하여 생초수량을 조사하였고, 식물체 각 부위는 시험구당 4주의 옥수수를 대(stalk), 잎(leaves), 포엽(husk), 알곡(grain) 및 속대(cob)로 분리하여 65℃의 순환식 열풍건조기에서 5일간 건조하였다. 또한 사초에 대한 TDN 건물수량은 Jurgin 방법(1988)의 TDN 함량을 근거로 계산하였다. 건조시료는 전기믹서로 1차 분쇄한 후 20 mesh Wiley Mill로 2차

분쇄하여 분석에 사용하였다.

NDF(neutral detergent fiber), ADF(acid detergent fiber) 및 ADL(acid detergent lignin)은 Georing 및 Van Soest 방법(1970)으로 분석하였다. 한편 옥수수의 종실은 전분 함량이 많아 NDF와 ADF 분석시에 전분분해효소인  $\alpha$ -amylase(Sigma number A3306; Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo)를 시료당 50 $\mu$ l 첨가하여 분석하였다(Van Soest 등, 1991). 또한 조단백질 분석은 Kjeldahl을 사용하여 AOAC법(1990)으로 분석하였다. IVDMD(*in vitro* dry matter digestibility)는 Tilley 및 Terry 방법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였으며 buffer solution은 Mcdougal's artificial saliva를 사용하였다. 오후 사료를 급여하기 전의 한우에게 매주 같은 시간에 일정량의 위액을 채취하여 소화액으로 사용하였고 48시간 경과후 pepsin-HCl을 처리하였으며 46시간 후에 소화액을 진공펌프를 사용하여 1-G<sub>2</sub> glass filter로 여과하였다. NEL(net energy for lactation) 및 TDN 값은 ADF 분석치를 이용하여 계산한 Jurgens(1988) 방법을 수정하여 계산하였다(김, 1999).

통계처리는 SAS package program(ver. 6.12)을 이용하여 분산분석을 실시하였으며, 처리평균간 비교는 최소유의차(LSD)를 이용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 옥수수의 생육특성

1997년 5월 21일에 파종하여 수포형성기에서 생리적성숙기까지의 일수 및 유효적산온도는 Table 2에서 보는 바와 같다. 파종에서 생리적성숙기까지의 총 생육일수는 115일로 시험품종의 숙기인 111일보다 4일이 늦었다. 김(1997)의 보고에 의하면 농가가 사일리지용 옥수수의 수확시기를 알아내는 쉬운 방법중의 하나로 출사기를 권장하였으며, 출사후 38~42일인 황숙

Table 2. Harvest stage, harvest date, days after silking, days of harvest, growing degree days (GDD), and milkline of silage corn

Harvest stage	Harvest date	Days after silking	Days to harvest	GDD	Milk line
	..... date .....	..... days .....	..... days .....	... °C ...	
Blister (B)	6 Aug.	16	78	1,030	-
Milk (M)	10 Aug.	20	82	1,097	-
Late milk (LM)	14 Aug.	24	86	1,164	-
Soft dough (SD)	18 Aug.	28	90	1,229	-
Early dent (ED)	23 Aug.	33	95	1,311	Milkline 1/3
Full Dent (FD)	28 Aug.	38	100	1,391	Milkline 1/2
Late dent (LD)	3 Sept.	44	106	1,487	Milkline 2/3
Phy. maturity (PM)	12 Sept.	53	115	1,617	Black layer

Phy. = physiological.

기가 옥수수의 수확적기라고 보고하였다. 본 시험에서도 출사후일수는 황숙초기는 33일, 황숙중기는 38일, 황숙후기는 44일로 황숙기의 출사일수는 33일에서 44일 이었다. 또한 옥수수의 숙기와 상관관계가 높은 유효적산온도는 황숙초기에는 1,311°C, 황숙중기에는 1,391°C, 황숙후기에는 1,487°C이었으며 생리적성숙기에는 1,617°C 이었다.

한편 옥수수의 수확적기를 판별하는 유용한 방법중의 하나인 유선(milkline)은 호숙기에 옥수수의 낱알 내에 전분이 굳어지면서 형성되는데, 이 시기는 옥수수 낱알 상단에 함몰이 일어나는 시기이나 유선을 외부에서 육안으로 볼 수 없다. 그러나 황숙초기에는 모든 낱알에 유선이 형성되며 외부에서 육안으로 쉽게 판별할 수 있다(신 및 김, 1994). 본 시험에서는 유선은 출사후 33일(황숙초기)부터는 육안으로 쉽게 볼 수 있었으며, 이때의 유선은 낱알의 1/3에 위치하였다. 황숙중기(출사후 38일)에는 유선이 낱알의 절반에 위치하였으며, 황숙후기(출사후 44일)에는 낱알의 2/3에 위치하고 생리적성숙기(출사 53일후)에는 낱알의 아랫부분에 흑색층(black layer)이 형성되었다(Table 2). Wiersma 등(1993)은 사일리지용 옥수수의 최

대 건물수량과 사료가치를 위한 수확적기를 유선 1/2~3/4로 보고하였다. 본 시험에서는 유선 외에 농민들이 쉽게 판단할 수 있는 출사후일수를 제시하였으며, 만기파종시 황숙중기와 황숙후기의 출사후일수는 38일과 44일 이었다.

전 식물체를 100으로 보았을 때 각 부위별 비율은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 잎 및 포엽은 숙기가 진행됨에 따라 감소하였으며, 대는 황숙중기까지는 감소하였으나 그 이후에는 조금 증가하였다. 반면 옥수수 속대는 거의 일정하였고 알곡은 식물체와 반대로 숙기가 진행됨에 따라 증가하였다( $P<0.01$ ). 이러한 경향은 이 등(1981) 및 임(1992)의 보고에서도 비슷하였다.

## 2. 옥수수의 생산성

사일리지용 옥수수의 건물률은 Table 3에서 보는 바와 같이 경엽은 연호숙기까지는 조금 증가하였으나 이 시기 이후에는 크게 증가하였으며, 암이삭의 건물률은 수포형성기부터 거의 직선적으로 증가하였다( $P<0.01$ ). 한편 전식물체의 건물률은 숙기가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하였고, 특히 연호숙기부터는 크게 증가하

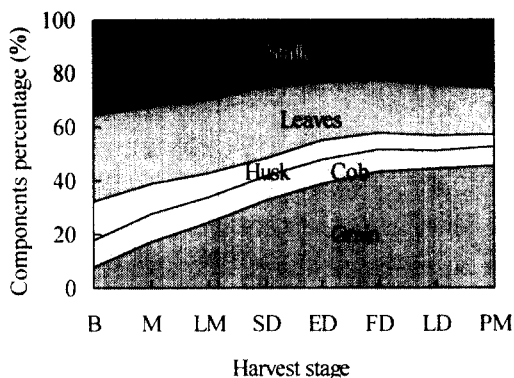


Fig. 1. Changes in the proportion of five components at different harvest stages of silage corn.

였다. Vetter 및 Von Glan (1978)은 사일리지의 건물물이 낮으면 이상발효와 침출액이 많고, 건물물이 높으며 열과 곰팡이가 발생하기 쉽기 때문에 적당한 시기, 즉 건물물이 30~40%인 시기에 사일리지를 수확하는 것이 좋다고 보고하였다. 본 시험에서 건물물이 30~40%인 시기는 황숙중기(32.9%)에서 황숙후기(38.5%)였으며, 이때 출사후일수는 38일~44일이었다.

그러나 옥수수의 수확시기는 사일로의 종류, 사일리지 조제기술, 농가의 사정 등에 따라 달라질 수 있다(김, 1996; 김, 1999). 특히 사일로에 따라서 수확적기가 달라지는데 우리나라 낙농가들이 가장 많이 사용하는 트랜치 및 벙커 사일로의 수확적기는 유선(milkline) 1/3 (황숙초기)로 경엽, 암이삭 및 전식물체의 건물물이 각각 26.5, 40.0 및 29.0%였으며, 출사후일수는 33일이었다. 탑형 사일로의 수확적기는 유선 1/2(황숙중기)로 경엽, 암이삭 및 전식물체의 건물물이 각각 31.1, 49.1 및 32.9%였으며 출사후일수는 38일이었다. 한편 기밀사일로의 수확적기는 유선 2/3(황숙후기)로 경엽, 암이삭 및 전식물체의 건물물이 각각 31.1, 49.1 및 32.9%였으며, 출사후일수는 44일이었다.

한편 옥수수 사일리지의 품질에 큰 영향을 미치는 암이삭 비율(Table 3)은 출사 16일후에

는 17.9% 였으나 숙기가 진행됨에 따라 계속 증가하여 황숙중기에는 51.5%로 절반 이상을 차지하였다 ( $P < 0.01$ ). 이러한 암이삭 비율의 증가는 수포형성기 이후에 암이삭의 건물수량을 증가시켰을 뿐만아니라 TDN 수량 증가를 뒷받침하였다. 임(1992)의 시험에서도 암이삭의 비율이 숙기가 진행됨에 따라 30%에서 55%로 증가하고 TDN 수량 및 건물소화율은 증가하였다고 보고하였다. 따라서 TDN 수량과 건물소화율의 증가는 암이삭비율의 증가에 원인임을 알 수 있었다.

경엽의 ha당 건물수량은 약 7톤 정도로 유숙후기를 제외하고는 숙기가 진행됨에 따라 조금 감소하였다. 이 등(1981)은 년차와 품종에 따라 약간의 차이가 있었으나 연호숙기 이후에는 경엽의 수량이 감소하였다고 보고하였다. Wiersma 등(1993)의 시험에서도 호숙기 이후에는 수량 증가가 없거나 일정하였다고 보고하였다. 그러나 본 시험에서는 연호숙기에서 황숙후기까지는 경엽의 수량은 차이가 없었다. 한편 암이삭의 건물수량은 수포형성기에는 1,629 kg/ha 이었으나 숙기가 진행됨에 따라 증가하여 생리적성숙기에는 7,536 kg/ha 이었다 ( $P < 0.01$ ). 본 시험의 결과와 인용문헌을 볼 때 연호숙기 이후의 전식물체의 건물수량 증가는 암이삭 수량의 증가가 원인임을 알 수 있었다. 한편 전식물체의 건물수량은 출사 16일후에는 9,069 kg/ha였으며 숙기가 진행됨에 따라 증가하였다. Daynard 등(1974) 및 Giardini 등(1976)은 수확시 건물물이 32~38%에 도달하였을 때 최대수량을 얻을 수 있다고 하였는데 본 시험에서도 건물수량이 최대인 시기는 황숙중기(1/2 milkline)로 출사후일수는 38일이었으며, 이때 건물수량은 14,831 kg/ha, 건물물은 32.9% 이었다. 그러나 황숙중기 이후에는 약간 감소하여 생리적성숙기에는 14,291 kg/ha 였다. 이러한 생육후기의 건물수량 감소는 경엽의 수량 감소가 원인이며, 특히 조명나방의 피해로 인한 수술의 절단과 잎의 고사가 원인인 것으

Table 3. Effect of harvest stage on DM percentage, percent ear of whole plant, and DM and TDN yields of silage corn

Item	Harvest stage								Mean
	B	M	LM	SD	ED	FD	LD	PM	
DM, %									
Stover(leaf, stalk & husk)	20.6 <sup>d</sup>	21.2 <sup>d</sup>	21.3 <sup>d</sup>	22.3 <sup>d</sup>	26.5 <sup>cd</sup>	31.1 <sup>c</sup>	39.2 <sup>b</sup>	57.4 <sup>a</sup>	30.0
Ear(grain & cob)	17.4 <sup>f</sup>	23.8 <sup>e</sup>	25.5 <sup>e</sup>	36.9 <sup>d</sup>	44.0 <sup>c</sup>	49.1 <sup>b</sup>	53.8 <sup>b</sup>	68.0 <sup>a</sup>	40.2
Whole plant	18.7 <sup>f</sup>	20.3 <sup>f</sup>	20.5 <sup>f</sup>	24.1 <sup>e</sup>	29.0 <sup>d</sup>	32.9 <sup>c</sup>	38.5 <sup>b</sup>	46.7 <sup>a</sup>	28.8
Ear, % DM	17.9 <sup>e</sup>	27.9 <sup>d</sup>	33.7 <sup>c</sup>	41.8 <sup>b</sup>	48.0 <sup>a</sup>	51.5 <sup>a</sup>	51.3 <sup>a</sup>	52.6 <sup>a</sup>	40.6
DM yield, kg/ha DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	7,440 <sup>a</sup>	7,447 <sup>a</sup>	6,280 <sup>c</sup>	7,066 <sup>ab</sup>	7,150 <sup>ab</sup>	7,204 <sup>ab</sup>	7,001 <sup>ab</sup>	6,756 <sup>bc</sup>	7,043
Ear(grain & cob)	1,629 <sup>e</sup>	2,891 <sup>d</sup>	3,242 <sup>d</sup>	5,086 <sup>c</sup>	6,601 <sup>b</sup>	7,627 <sup>a</sup>	7,391 <sup>ab</sup>	7,536 <sup>a</sup>	5,250
Whole plant	9,069 <sup>c</sup>	10,338 <sup>c</sup>	9,521 <sup>c</sup>	12,152 <sup>b</sup>	13,752 <sup>a</sup>	14,831 <sup>a</sup>	14,392 <sup>a</sup>	14,291 <sup>a</sup>	12,293
TDN yield, kg/ha DM									
Whole plant	5,715 <sup>d</sup>	6,792 <sup>c</sup>	6,410 <sup>cd</sup>	8,436 <sup>b</sup>	9,773 <sup>a</sup>	10,675 <sup>a</sup>	10,357 <sup>a</sup>	10,337 <sup>a</sup>	8,562

a, b, c, d means with different superscript are different in the same column at  $p < 0.05$ .

로 생각된다.

한편 사일리지용 옥수수에서 중요한 TDN 수량은 수포형성기에는 5,871 kg/ha로 낮았으나 숙기가 진행됨에 따라 크게 증가하여 황숙중기에는 11,018 kg/ha로 가장 높았으며 황숙중기 이후에는 조금 감소하여 건물수량과 비슷한 경향을 보였다(Table 3). 이 등(1981)의 시험에서도 TDN 수량은 출사 38일까지는 증가하나 그 이후에는 더 증가하지 않았다고 하였다.

### 3. 옥수수의 품질

옥수수의 NDF, ADF 및 ADL 함량은 Table 4에서 보는 바와 같다. 경엽의 경우에는 대체적으로 생육기간 중에 각 성분의 함량 변화가 없었으나, 연호숙기와 황숙초기 사이에 섬유소가 유의적으로 높은 함량을 나타내었다( $P < 0.05$ ). 즉 ADF는 황숙초기, NDF는 연호숙기,

ADL은 연호숙기가 높았다. 한편 암이삭의 경우에는 NDF, ADF 및 ADL 함량은 수확시기가 늦어짐에 따라 감소하였다( $P < 0.01$ ). 전식물체의 NDF, ADF 및 ADL 함량은 숙기가 진행됨에 따라 감소하였다( $P < 0.01$ ). 한편 lignin 함량을 나타내는 ADL은 생육초기에는 거의 변화가 없다가 연호숙기에 최대였으며 그 이후에는 다소 감소하였다. Wiersma 등(1993)의 시험에서는 전식물체의 NDF 및 ADF 함량은 연호숙기에서 황숙후기까지는 감소하였으나 그 이후에는 약간 증가하였다. 본 시험에서 전식물체의 NDF 및 ADF 함량은 숙기가 진행됨에 따라 감소하여 Wiersma 등(1993)의 보고와 다소 차이가 있었다.

수확시 숙기에 따른 옥수수의 조단백질 함량은 Table 5에서 보는 바와 같이 수확초기에는 8.3% 였으나 생육이 진행됨에 따라 점점 감소하여 생리적 성숙기에는 6.6%로 1.7% 감소하

Table 4. Effect of harvest stage on chemical composition of a silage corn

Item	Harvest stage								Mean
	B	M	LM	SD	ED	FD	LD	PM	
ADF, % DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	38.4 <sup>b</sup>	39.0 <sup>ab</sup>	41.3 <sup>a</sup>	41.8 <sup>a</sup>	42.2 <sup>a</sup>	41.0 <sup>a</sup>	39.8 <sup>ab</sup>	38.1 <sup>b</sup>	40.2
Ear(grain & cob)	21.6 <sup>a</sup>	14.5 <sup>b</sup>	14.2 <sup>b</sup>	14.0 <sup>b</sup>	10.7 <sup>c</sup>	10.5 <sup>c</sup>	7.9 <sup>d</sup>	7.7 <sup>d</sup>	12.6
Whole plant	35.4 <sup>a</sup>	32.1 <sup>b</sup>	32.1 <sup>b</sup>	30.2 <sup>c</sup>	27.1 <sup>d</sup>	25.3 <sup>e</sup>	23.8 <sup>f</sup>	22.1 <sup>g</sup>	28.5
NDF, % DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	66.8 <sup>bc</sup>	65.2 <sup>c</sup>	68.8 <sup>ab</sup>	69.7 <sup>a</sup>	69.0 <sup>a</sup>	67.8 <sup>b</sup>	67.2 <sup>b</sup>	65.8 <sup>c</sup>	67.5
Ear(grain & cob)	50.1 <sup>a</sup>	39.8 <sup>b</sup>	39.2 <sup>b</sup>	39.5 <sup>b</sup>	34.6 <sup>c</sup>	31.3 <sup>d</sup>	29.3 <sup>de</sup>	28.3 <sup>e</sup>	36.5
Whole plant	63.8 <sup>a</sup>	58.0 <sup>b</sup>	58.7 <sup>b</sup>	57.1 <sup>c</sup>	52.4 <sup>d</sup>	49.0 <sup>e</sup>	47.8 <sup>f</sup>	46.0 <sup>g</sup>	54.1
ADL, % DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	5.2 <sup>bc</sup>	5.3 <sup>bc</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	6.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>ab</sup>	5.5 <sup>bc</sup>	5.3 <sup>bc</sup>	5.0 <sup>c</sup>	5.5
Ear(grain & cob)	4.8 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	4.3 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>b</sup>	2.6 <sup>c</sup>	2.3 <sup>c</sup>	2.2 <sup>c</sup>	3.6
Whole plant	5.1 <sup>ab</sup>	5.1 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	4.0 <sup>b</sup>	3.7 <sup>c</sup>	3.5 <sup>c</sup>	4.6

a. b. c. d means with different superscript are different in the same column at  $p < 0.05$ .

Table 5. Effect of harvest stage on crude protein, *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), net energy for lactation (NEL) and total digestible nutrients (TDN) of silage corn

Item	Harvest stage								Mean
	B	M	LM	SD	ED	FD	LD	PM	
CP, % DM									
	8.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>bc</sup>	7.8 <sup>b</sup>	7.6 <sup>b</sup>	7.0 <sup>c</sup>	6.9 <sup>cd</sup>	6.9 <sup>cd</sup>	6.6 <sup>d</sup>	7.3
IVDMD, % DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	61.1 <sup>a</sup>	60.8 <sup>a</sup>	58.6 <sup>ab</sup>	56.1 <sup>bc</sup>	55.2 <sup>bc</sup>	54.6 <sup>c</sup>	53.8 <sup>c</sup>	49.7 <sup>d</sup>	56.2
Whole plant	58.3 <sup>e</sup>	61.3 <sup>d</sup>	62.0 <sup>dc</sup>	61.1 <sup>d</sup>	62.4 <sup>dc</sup>	63.3 <sup>bc</sup>	64.3 <sup>ab</sup>	65.7 <sup>a</sup>	62.3
NEL, Mcal/kg DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	0.51 <sup>a</sup>	0.50 <sup>ab</sup>	0.47 <sup>cd</sup>	0.46 <sup>cd</sup>	0.45 <sup>d</sup>	0.47 <sup>abc</sup>	0.49 <sup>abc</sup>	0.51 <sup>a</sup>	0.48
Ear(grain & cob)	0.76 <sup>d</sup>	0.81 <sup>c</sup>	0.81 <sup>c</sup>	0.82 <sup>c</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.84 <sup>b</sup>	0.86 <sup>a</sup>	0.87 <sup>a</sup>	0.83
Whole plant	0.65 <sup>f</sup>	0.67 <sup>e</sup>	0.67 <sup>e</sup>	0.69 <sup>d</sup>	0.71 <sup>c</sup>	0.73 <sup>b</sup>	0.74 <sup>a</sup>	0.75 <sup>a</sup>	0.70
TDN, % DM									
Stover(leaf, stalk & husk)	48.8 <sup>a</sup>	48.0 <sup>ab</sup>	44.9 <sup>cd</sup>	44.2 <sup>cd</sup>	43.6 <sup>d</sup>	45.3 <sup>bcd</sup>	46.8 <sup>abc</sup>	49.2 <sup>a</sup>	46.4
Ear(grain & cob)	71.0 <sup>d</sup>	76.0 <sup>c</sup>	76.2 <sup>c</sup>	76.4 <sup>c</sup>	78.7 <sup>b</sup>	78.9 <sup>b</sup>	80.7 <sup>a</sup>	80.9 <sup>a</sup>	77.4
Whole plant	61.1 <sup>g</sup>	63.4 <sup>f</sup>	63.4 <sup>f</sup>	64.8 <sup>e</sup>	67.0 <sup>d</sup>	68.3 <sup>c</sup>	69.6 <sup>b</sup>	70.6 <sup>a</sup>	66.0

a. b. c. d means with different superscript are different in the same column at  $p < 0.05$ .

였다 ( $P < 0.01$ ). 그러나 옥수수는 단백질 사료가 아니고 에너지사료이기 때문에 단백질 함량이 높을 때는 수량이 적으므로 조단백질 함량이 수확시기 결정에 큰 영향을 미치기는 어렵다고 생각된다.

숙기별 수확에 따른 IVDMD는 경엽의 경우 수포형성기에는 61.1%로 높았으나, 숙기가 진행됨에 따라 점차 감소하여 생리적 성숙기에는 49.7%까지 감소하였다 ( $P < 0.01$ ). 한편 전식물체의 소화율은 숙기가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하였다. 숙기가 진행됨에 따라 경엽의 소화율 감소에도 불구하고 전식물체의 소화율이 증가한 것은 소화율이 높은 암이삭의 건물중이 증가하였기 때문이라고 생각된다.

옥수수의 ADF 함량으로 산출한 비유정미에너지 (NEL) 및 가소화영양소총량 (TDN)은 Table 5에서 보는 바와 같다. 먼저 비유정미에너지는 경엽의 경우 황숙초기에 0.45 Mcal/kg으로 최소였으나 그 이후에는 증가하였다. 암이삭 및 전식물체의 비유정미에너지는 숙기가 진행됨에 따라 증가하여 생리적성숙기에는 암이삭 및 전식물체가 각각 0.87 및 0.75 Mcal/kg에 이르렀다.

한편 TDN 함량은 NEL과 비슷한 경향을 보였으며 부위별 평균 TDN 함량을 보면 경엽 46.4%, 암이삭 77.4%, 전식물체 66.0%를 보였다. Hunt 등 (1989)의 시험에서 옥수수를 황숙초기 이후 수확하여 숙기 및 부위별 NEL 및 TDN을 조사 결과에서 숙기가 진행됨에 따라 경엽은 감소하였으나 암이삭 및 전식물체는 증가하였다고 보고하였다. 본 시험에서는 경엽, 암이삭 및 전식물체의 NEL 및 TDN 함량이 황숙초기 이후에는 증가하였다. 이는 전식물체의 NEL 및 TDN 함량 증가가 경엽보다 암이삭에서 기인한다는 것을 알 수 있었다.

이상으로 전작물의 이용에 의해 옥수수의 파종시기가 5월 중순 이후로 지연되었을 때 파종한 사일리지용 옥수수의 생산성과 품질을 비교하였다. 일반적으로 사일리지용 옥수수의 수확

적기는 황숙기로 알고 있으나 황숙기 내에서도 옥수수의 수량 및 품질의 변이가 있었으며, 본 시험에서 옥수수의 수량과 품질을 동시에 감안한 적정 수확시기는 황숙중기 (1/2 milk line)에서 황숙후기 (2/3 milk line)였다. 그리고 낙농가들이 쉽게 판단할 수 있는 출사후일수는 38일에서 44일이었다.

#### IV. 요약

옥수수를 호밀과 조합한 연간 2모작의 작부체계하에서는 옥수수의 파종시기가 5월 중순 이후로 지연된다. 따라서 본 시험은 전작물이 호밀 때문에 옥수수의 파종시기가 5월 21일로 지연되었을 때 건물수량과 품질을 극대화 할 수 있는 적정 수확시기를 결정하기 위하여 수행하였다. 사일리지용 옥수수는 서울대학교 부속목장에서 5월 21일에 파종하고, 수확은 8개의 다른 숙기에서 수확하였다. 수확시 숙기는 수포형성기 (출사후 16일), 유숙기 (20일), 유숙후기 (26일), 연호숙기 (28일), 황숙초기 (33일), 황숙중기 (38일), 황숙후기 (44일), 및 생리적성숙기 (53일)로 하였다. 황숙초기에서 황숙후기의 전식물체 건물률은 29.0~38.5%로 사일리지 생산에 가장 적합하였다. 건물 및 가소화영양소총량 (TDN) 수량이 최대인 시기는 황숙중기로 각각 14,831 및 10,675 kg/ha 이었다. 숙기가 진행됨에 따라 전식물체의 ADF 함량은 35.4%에서 22.1%로 감소하였고 NDF 함량 또한 63.8%에서 46.0%로 감소하였다 ( $P < 0.05$ ). ADF 및 NDF 함량의 감소는 옥수수의 부위별 함량 변화와 관련이 높다. 즉 숙기가 진행됨에 따라 옥수수의 부위중 암이삭은 증가하고 경엽은 상대적으로 감소하였다. ADF 함량에 의해 계산된 비유정미에너지 (NEL) 및 TDN은 경엽의 경우에는 황숙초기까지는 감소하고 그 이후에는 증가하였으나, 종실과 전식물체의 NEL 및 TDN은 숙기가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하였다. *In vitro* 건물소화율은 숙기가 진행됨에



따라 경엽은 61.1%에서 49.7%로 감소한 반면 전식물체는 58.3%에서 65.7%로 증가하였다( $P < 0.05$ ). 이상의 결과로 미루어 볼 때 만기과종시 최대건물수량과 품질을 가진 사일리지용 옥수수를 생산하기 위해서는 황숙중기(1/2 milkline)에서 황숙후기(2/3 milkline) 사이에 수확하여야 한다. 그리고 이때 출사후일수는 38일에서 44일 사이였다.

## V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Cummins, D. D. and Dobson, L. W. Jr. 1973. Corn for silage as influenced by hybrid maturity, row spacing, plant population, and environment. *Agron. J.* 65:240-243.
3. Daynard, T. B., Hunter, R. B. and Stone, J. B. 1974. Dry matter content, yield, and digestibility of whole-plant corn silage. *J. Dairy Sci.* 57: 617-624.
4. Daynard, T. B. and Hunter, R. B. 1975. Relationships among whole plant moisture, grain moisture, dry matter and quality of whole plant corn silage. *Can. J. Plant Sci.* 55:77-84.
5. Giardini, A., Vecchietini, M. and Lo Bruno, A. 1976. Energy supplementation of maize silage harvested at different maturity stages. *Anim. Feed Sci. Tech.* 1:369-379.
6. Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. *Agric. Handbook* 379. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
7. Gordon, C. H., Derbyshire, J. C. and Van Soest, P. J. 1968. Normal and late harvesting of corn for silage. *J. Dairy Sci.* 51:1258-1263.
8. Hunt, C. W., Kezar, W. and Vinande, R. 1989. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear, and stover as affected by maturity. *J. Prod. Agric.* 2:357-361.
9. Jurgens, M. H. 1988. Evaluating feedstuffs for farm livestock. p. 53. In *Animal feeding and nutrition* (6th ed). Kermadall-Hunt publishing, Dubuque, IA.
10. Johnson, R. R. and McClure, K. E. 1968. Corn plant maturity. IV. Effect on digestibility of corn silage in sheep. *J. Anim. Sci.* 27:535-540.
11. Moore, J. E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. In S. E. Harrison (ed.) *Nutrition research technique for domestic and wild animals*. Utah State Univ., Logan, UT, USA.
12. Tilly, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestion for forage crops. *J. Bri. Grassl. Soc.* 18:119-128.
13. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *J. Dairy Sci* 74:3583-3597.
14. Vetter, R. L. and Von Glan, K. N. 1978. Abnormal silages and silage related disease problems. p. 291-293. In M. E. McCullough (ed.) *Fermentation of silage-A review*. Nat. Feed Ingr. Assoc., Des Moines, IA.
15. Wiersma, D. W., Carter, P. R., Albrecht, K. A. and Coors, J. G. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality, and dry matter content. *J. Prod. Agric.* 6:94-99.
16. 김동암. 1996. 제9회 양축 농가를 위한 축산기술 세미나 자료. 서울대학교 부설 축산과학기술연구소, 수원.
17. 김동암. 1997. 제10회 양축 농가를 위한 축산기술세미나 자료. 서울대학교 부설 축산과학기술연구소, 수원.
18. 김동암, 고서봉, 권찬호, 한건준, 김종덕, 이광녕, 신동은, 김종근. 1997a. 중북부 및 제주지역에 적합한 사일리지용 옥수수의 우량품종평가. *한초지* 17(4):323-328.
19. 김동암, 이광녕, 신동은, 김종덕, 한건준. 1996. 숙기가 다른 사일리지용 옥수수의 파종기가 사초의 수량과 사료가치에 미치는 영향. *한초지* 16(4):327-337.
20. 김동암, 최기춘, 신정남, 김종덕, 한건준, 김원호, 조무환. 1997b. 목초 및 사료작물 정부장려품종의 지역 적응성 평가. III. 사일리지용 옥수수의 생육특성과 수량. *한초지* 17(4):315-322.
21. 김종덕. 1999. 사일리지용 옥수수 정부장려품종의 사초생산성과 사료가치에 관한 연구. 서울대

- 학교 박사학위논문.
22. 신정남, 김병호. 1994. 사일리지용 옥수수의 수확기 결정을 위한 옥수수 낱알의 밀크라인 이용, 한초지 14(1):57-63.
23. 이석순, 이찬호, 배동호. 1981. 수확기에 따른 옥수수의 부위별 건물중과 사료가치의 변화. 이찬호박사 회갑기념논문집 p. 40-45.
24. 임상훈. 1992. 옥수수의 수확시기와 첨가제 및 답압이 silage 품질에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.  
(접수일자 : 2002. 1. 4 / 채택일자 : 2002. 2. 21)