

옥수수의 수확시기가 사초의 생산성과 품질에 미치는 영향

임상훈 · 김동암*

Effect of Different Harvest Dates on Dry Matter Yield and Forage Quality of Corn (*Zea mays* L.)

Shang Hoon Lim, and Dong Am, Kim*

Summary

The corn is one of the most important forage crop in Korea. The harvest time for silage affects dry matter (DM) yield and silage quality. This study was carried out to determine the effect of harvest time on the DM yield and nutritive value of corn forage at the Experimental Livestock Farm, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon in 1991. Forage DM yield and DM content of corn forage significantly increased mainly due to increase of ear. And also the ear to total DM ratio increased from 30% to 55% as the harvest was delayed. Chemical composition of the corn forage was improved by reduction in crude fiber, neutral detergent fiber and acid detergent fiber as the harvest was delayed. This results indicated that the harvest time of corn forage plays an important role to determine DM yield and DM contents for silage materials.

I. 서 론

우리 나라의 축우사육에 있어서 조사료의 부족과 농후사료의 과다급여로 인한 제문제는 축산경영 개선에 큰 걸림돌이 되고 있다. 다른 어떤 작물보다도 단위면적당 가스화 에너지 생산량이 높은 옥수수는 국토가 협소한 우리 나라에서 가장 중요한 여름철 사료작물로 인식되고 있으며(이, 1988), 파종에서 수확까지 완전한 기계화를 할 수 있고, 노동시간당 생산 효율이 다른 어떤 작물보다도 높으며(Aldrich 등, 1986), 사일리지로 조제하기 쉽고 질이 우수한 장점을 가지고 있다(Crowley 등, 1979). 뿐만 아니라 겨울철이 길어 목초의 생산기간이 짧고 건조조제가 상대적으로 불리한 기후조건을 가진 우리 나라에서 옥수수의 재배와 사일리지의 조제 이용은 매우 중요한 비중을 차지하고 있다.

그 동안 품종의 선발, 파종시기, 파종량, 시비방법 등과 같이 옥수수 재배기술의 향상에 의한 수량증대에 관한 연구는 많이 축적되어 있는 형편이나, 대부분의 옥수수가 사일리지로 이용됨에도 불구하고 수확시 재료의 특성이 사일리지의 발효 및 품질에 미치는 영향에 대한 연구결과는 별로 없는 형편이다. 특히, 8월 하순부터의 가을장마와 후작의 파종을 감안할 때 옥수수의 수확시기는 거의 정하여져 있는데도 불구하고 대부분의 농가들은 생초 또는 건물수량이 높은 만생종을 선호하는 경향이 있다. 또 만생종의 조기수확으로 사일리지의 재료는 건물률이 낮고(김 등, 1993), 건물률이 낮은 재료로 사일리지를 조제하면 삼출액의 누출, 과잉발효 및 2차발효 등으로 인하여 저장손실을 피할 수 없으며(Russel, 1986) 결국은 경제적 손실을 피할 수 없다.

따라서 본 논문은 옥수수 수확시기를 달리하였을

축산업협동조합중앙회(National Livestock Cooperatives Federation, Sung Nae Dong, Seoul)

*서울대학교 농업생명과학대학(Collage of Agric. & Life Sci., SNU, Suwon 441-744, Korea)

때 수량의 변화, 사일리지 재료로서의 특성의 변화 및 사초품질의 변화 등을 구명하여 적기수확의 중요성과 사일리지 재료의 특성을 이해함으로써 다양한 옥수수 재료의 효과적인 사일리지 조제기술을 확립하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 서울대학교 농업생명과학대학 부속실형 목장내에 있는 사초시험포에서 1991년 4월부터 8월 까지 실시되었으며, 사초의 생산성, 부위별 건물물 및 화학적 구성성분 변화에 미치는 영향을 규명하기 위하여 유숙기, 호숙기, 황숙기 별로 수확시기를 달리하여 각각 7월 31일, 8월 10일, 8월 20일의 10일 간격을 처리로 한 3반복 난괴법으로 설계하였다. 시험구 면적은 12m²(2.4×5m)이었으며, 시험포장은 전년도에 옥수수를 재배하고 휴한중인 포장으로, 시험직

전의 토양 특성은 Table 1에서 보는 바와 같이 약산성이었고, 유기물, 유효태 인산, 총 질소 함량 및 양이온 치환용량이 보통 정도인 식양토로 일반농가의 옥수수 포장과 비슷한 화학적 특성을 보였다.

시험이 수행된 1991년 4월부터 8월까지 수원지방 기상여건의 평균기온은 4월 초순에 다소 높았으나 본 시험이 시작된 4월 하순부터는 예년과 비슷한 기온분포를 보였다. 강수량은 파종 후 약 1개월간 15mm의 강수량으로 가뭄이 계속되다가 5월 25일에야 해갈되어 옥수수의 초기 생육은 다소 좋지 않았다. 장마기는 예년보다 다소 늦은 7월 7일경에 시작되어 7월 25일에 끝나나 다소 짧았으며, 7월의 강수량은 예년보다 많은 570mm에 달하였으나 시험기간 중의 총 강수량은 915mm로 예년보다 30mm정도 적었다. 생육 기간중의 일조량은 2,032MJ/m²으로서 예년의 73%에 불과하였으나 전반적으로 약간 불리한 기상여건을 보였다.

Table 1. Chemical properties of the soil at the experimental field

pH (1:5)	OM (%)	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Total nitrogen (mg/100g)	Exch. cations (me/100g)				CEC (mg/100g)
				Na	Ca	Mg	K	
6.1	1.3	130	13.5	0.1	5.2	0.8	0.4	9.3

공시품종은 미국의 DeKalb genetics社에서 育種하고, 1990년부터 농가에 추천보급되고 있는 중생종인 DK689로 하였고, 파종방법은 휴폭 60cm, 주간은 22cm로 하여 1991년 4월 22일 손으로 점파 하였고 파종량은 ha당 약 20kg, 퇴비는 2톤, 기비로 질소 90kg, 인산 100kg, 칼리 70kg을 사용하였으며, 옥수수가 7~8엽기에 도달하였을 때 ha당 질소 90kg, 칼리 80kg의 추비를 휴간 중앙에 시비하고 가볍게 복토 하였다. 제초제는 파종당일 진압한 후 1ha당 라쏘유제 1,000cc + 시마진 500g + 물 700ℓ를 잘 혼합하여 포장 전면에서 균일하게 처리 하였으며 파종 후 40일경에는 포장일부에 발생한 잡초를 제거하기 위하여 1회 인력 제초해 주었다. 일반 포장 조사는 옥수수 추천품종 선발시험에 준하였고, 줄기(stem), 잎(leaf), 알곡(gran), 포피(husk) 및 속대(cob)의 상대적 건물변화를 측정하기 위하여 각 숙기별로 3주씩 3반복으로 총 9주를 채취한 다음 부위별로 분해하여 건물수량 조사 방법과 동일한 방법으로 조사하였다.

일반성분의 분석은 AOAC법(1984년), 수용성 탄수화물(WSC; Water soluble carbohydrate)은 Anthrone법(大山喜信, 1976)으로 하였고, 조섬유의 분석을 위하여 NDF(Neutral detergent fiber)와 ADF(Acid detergent fiber)를 Goering 및 Van Soest법(1970년)에 의해 분석하였다. *In vitro* 소화율(IVDMD)은 Tilley 및 Terry(1963년)법을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였고 buffer solution은 Mcdougall's artificial saliva를 사용하였다. 아침 사료를 급여하기 전의 한우에서 매주 같은 시간에 일정량의 위액을 채취하여 소화액으로 사용하였으며 48시간 경과 후 pepsin + HCl을 처리하였다. 시험 과정중 소화액의 여과는 1-G2 glass filter를 이용하였으며, centrifuge tube는 50ml의 것을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

열흘 간격으로 수확한 옥수수의 ha당 각 부위별 및

총 건물수량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 수확시기가 늦어짐에 따라 잎, 줄기 및 포피의 건물량은 큰 차이가 없는 반면 암이삭을 구성하는 속대(cob)와 알곡의 수량은 유의적인 증가를 보였고($P<0.05$), 이들의 증가로 인하여 총 건물수량에 있어서도 유의적으로 증가를 보였다. 암이삭 중에서도 종실의 수량증가는 옥수수 사일리지의 영양적인 측면에서 볼 때 매우 중요한 의미를 가지는데 그것은 종실의 가스화 영양소 총량이 잎이나 줄기의 영양소 총량 보다는 월등히 높

기 때문이다. Giardini 등(1976)도 출사에서부터 생리적 성숙기에 도달할 때까지 하루 ha당 300kg 이상 급격한 건물 증가량을 보이며, 식물체 부위별 구성성분은 물론 사료가치도 크게 변화시켜 비록 짧은 기간이라 할지라도 수확시기의 결정은 매우 중요하다고 지적한 바 있다. 특히 총 건물수량의 증가가 주로 TDN이 높은 알곡의 증가에 의한 것으로 생각할 때 숙기가 진행됨에 따라 단위면적당 양분의 증가폭은 건물수량의 증가보다도 현저하였다.

Table 2. Dry mater yield of plant components and whole plant of corn at three different harvest dates

Harvest date	Plant component					Whole plant
	Stalk	Leaf	Husk	Cob	Grain	
	kg/ha					
31 July	3,509	3,277	1,093	706	1,083	9,668
10 August	3,731	3,264	1,135	807	2,761	11,698
20 August	3,205	3,012	1,105	967	5,526	13,815
LSD ($P<0.05$)	NS*	NS	NS	98	718	2,051

*NS; not significant at $P<0.05$.

수확기에 따른 건물함량의 변화는 Table 3에서 보는 바와 같이 수확시기가 늦어짐에 따라 줄기를 제외한 모든 부위의 건물함량 및 전 식물체의 건물함량은 유의적으로 증가하였다. 특히, 줄기 보다는 잎, 잎 보다는 포엽, 포엽보다는 속대, 속대보다는 종실의 건물함량의 증가가 현저하여 잎은 18.7에서 26.4%, 종실은 21.9%에서 53.1%로 증가하였다.

Aldrich 등(1986) 및 Gordon 등(1968)은 사일리지용 옥수수의 적정 수확시 건물함량은 30%로서 사일리지를 조제 하였을 때 삼출액에 의한 건물손실과 과잉

발효 및 2차발효를 줄일 수 있어 환경오염 방지는 물론 가축의 생산성을 높일 수 있다고 보고하여 조기수확 또는 만생종 파종에 의한 수확시 낮은 건물량은 수량면이나 사일리지 발효면에서 매우 불리하다고 하겠다. 또, Daynard 등(1974), Swank 등(1982) 및 Giardini 등(1976)은 수확시 건물률이 32~38% 정도에 도달 하였을 때 최대 생산량을 보였다고 보고하여 본 시험에서 가장 늦은 수확시기의 건물함량이 28.2%인 점을 감안하면 사초의 수량은 조금 더 증가할 가능성이 있었다.

Table 3. Dry matter contents of plant components and whole plant of corn at three different harvest dates

Harvest date	Stalk	Leaf	Husk	Cob	Grain	Whole plant
31 July	15.9	18.7	14.8	20.8	21.9	17.5
10 August	16.9	20.2	17.9	28.7	39.0	21.4
20 August	16.3	26.4	23.9	38.4	53.1	28.2
LSD ($P<0.05$)	NS*	1.8	6.5	10.3	10.8	3.4

*NS; not significant at $P<0.05$.

전 식물체를 100으로 보았을 때 각 부위별 건물의 비율은 Fig. 1과 같다. 7월 31일과 8월 10일에는 잎과 줄기의 비율이 70% 정도 였으나 8월 20일에 가서는 45%로 떨어졌고, 종실은 11%에서 40%로 증가하였으며($P<0.05$) 이에 따라 암이삭의 건물 비율이 30%에서 55%로 증가하였다. 암이삭을 구성하는 포엽과 속대의 비율이 큰 차이가 없는데도 불구하고 암이삭의 비율이 크게 증가한 것은 곡실의 증가가 상대적으로 컸기 때문이다. 이러한 경향은 Giardini 등(1976)이 출사후의 건물 증가는 암이삭, 특히 종실의 증가에 기인된 반면 잎과 줄기는 출사시의 수량과 비슷하거나 유숙기 까지는 조금 증가하는 경향을 보이거나 그 이후로는 수술의 절단, 잎의 탈락 및 조명나방의 피해로 인하여 감소하기 시작한다고 보고한 결과와 일치하고 있다.

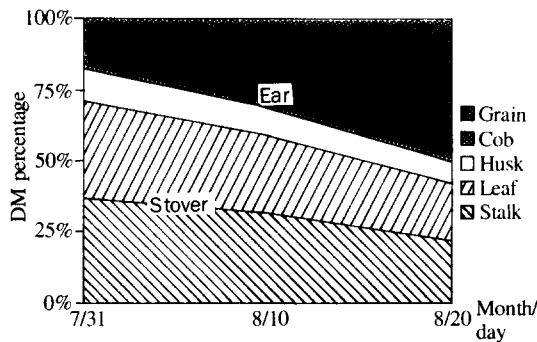


Fig. 1. Proportions of five components at three different harvest times

수확시기에 따른 옥수수의 영양가치의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같다. 수확시기에 따른 조지방과 조회분의 함량은 큰 변화가 없는데 비하여 조섬유와 조단백질은 수확시기가 늦어질수록 감소하였고($P<0.05$), 가용무질소물은 증가하였으며 증감의 폭은 전반 10일간보다 후반 10일에서 뚜렷하였다. 이러한 결과는 이 등(1981)의 숙기가 진행됨에 따라 옥수수 잎과 줄기에서의 조섬유 함량은 증가하고 조단백질과 가용무질소물 함량은 감소하나, 전 식물체를 기준으로 할 때는 조섬유와 조단백질 함량이 감소하고 가용무질소물이 증가한다는 보고와 일치하고 있다. 또한 Giardini 등(1976)은 적기수확으로 조단백질 및 조지방의 함량은 감소하나 수량의 증가에 의해 이를 충분히 보상할 수 있다고 하여 조기수확보다는 적기수확을 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

가축의 섭취량과 소화율에 직접적인 영향을 미치는 ADF, NDF 및 hemicellulose 함량은 수확시기가 늦어짐에 따라 감소하는 경향을 보이다가 8월 10일과 8월 20일 사이에서 유의적인($P<0.05$) 감소를 보였고, *in vitro* 건물소화율은 증가하는 경향을 보이고 있으나 통계적 유의성은 없었다. 이러한 결과는 이 등(1981) 및 Wesley(1989)의 보고와 비슷하였다. 수용성 탄수화물(WSC)은 사일리지 발효 기질로 이용되는 성분으로서 숙기가 진행됨에 따라 감소되는 경향을 보여주었으며 가용무질소물의 증가와는 상반된 경향을 보여 주었다. 수용성 탄수화물의 변화에 대해

Table 4. Chemical composition and IVDMD of corn at three different harvest dates

	30 July	10 August	20 August	
	(g/kg, DM)			LSD($P<0.05$)
EE	19	18	19	NS*
CF	270	269	241	26
CA	62	66	63	NS
CP	85	82	76	4
NFE	564	565	601	20
NDF	570	560	508	19
ADF	307	293	269	12
HEC	263	267	239	12
WSC	125	121	108	10
IVDMD	550	578	579	NS

*NS; not significant at $P<0.05$.

Smith(1972)는 식물체내의 탄수화물이 숙기가 진행됨에 따라 starch 상태로 변화되어 알곡에 저장되기 때문에 수용성 탄수화물의 함량은 감소하고 starch 함량이 증가한다고 하여 본 시험의 결과를 뒷바침 해주고 있다.

이상의 결과에서 보듯이 옥수수의 숙기진행에 따른 영양성분의 변화는 조단백질 함량을 제외한 모든 성분이 품질을 향상시키는 결과를 보임으로서 적기수확은 조기수확에 비하여 수량적인 측면이나 사일리지의 재료라는 측면에서 조기수확보다는 적기수확이 바람직하며, 사초의 품질과 수량의 증가가 황숙기까지 지속됨으로써 만생종의 파종에 의한 불가피한 조기수확은 옥수수의 생육특성이나 사일리지의 품질 및 가축 생산적 측면에서 부정적 영향이 클 것으로 생각된다. 따라서 지역별 최적 숙기의 품종 선택 및 조기수확 옥수수의 사일리지 조제 기술의 개발에 관한 보다 광범위한 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

IV. 적 요

본 논문은 옥수수 수확시기에 따른 건물수량, 사일리지 재료로서의 특성, 수량구성 성분 및 영양성분의 변화를 구명하기 위하여 유숙기부터 10일간격으로 수확하여 조사하였다. 수확시기를 처리로 한 난괴법 3반복으로 시험설계하였고 1991년 4월부터 9월까지 서울대학교 농업생명과학대학 시험포에서 수행 되었으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

수확기가 늦어질수록 옥수수의 건물수량과 건물물은 유의적으로 증가하였으며, 특히 곡실과 속대의 증가율이 높았다. 숙기가 진행됨에 따라 잎과 줄기의 비율은 큰 차이가 없는데 비하여 암이삭이 차지하는 비율은 30%에서 55%로 증가하였다. 옥수수의 화학적 성분은 수확기가 진행됨에 따라 조단백질, 조섬유, NDF, ADF 및 수용성 탄수화물 함량은 유의적으로 감소하였으나 가용무질소물은 증가하였고 이에 따라 IVDMD는 증가하는 경향을 보여 주었다. 이상의 결과에서 옥수수는 건물물이 30% 되기전까지는 비록 짧은 기간이라 할지라도 사료적 가치가 높은 암이삭의 수량 증가에 의한 지속적인 건물수량 증가를 보임으로서 조기수확은 사일리지의 품질에 영향을

미치는 건물물 뿐만 아니라 수량적인 측면에서도 불리한 것으로 생각된다.

V. 인용문헌

1. Aldrich, S.R., W.O. Scott, and R.G. Hoefl. 1986. Modern corn production. 3rd ed. A & L Publications Inc. Station. Illinois.
2. A.O.A.C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, D. C.
3. Crowley, J.W., N.A. Jorgensen, and G.P. Barrington. 1979. Corn silage for the dairy ration. Wisconsin University Extension. Wisconsin.
4. Daynard, T.B., R.B. Hunter, and J.B. Stone. 1974. Dry matter content, yield, and digestibility of whole-plant corn silage. J. Dairy Sci., 57:617-622.
5. Giardini, A., M. Vecchietini, and A. Lo Bruno. 1976. Energy supplementation of maize silage harvested at different maturity stages. Anim. Feed Sci. Tech. 1:369-379.
6. Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some application). USDA. Agric HandBook No 379. Washington, D. C.
7. Gordon, C.H., J.C. Derbyshire, and P.J. Van Soest. 1968. Normal and late harvesting of corn for silage. J. Dairy Sci. 51:1258-1263.
8. Moore, J.E. 1970. *In vitro* dry matter or organic matter digestion. Nutri. Res. Tech. 1:5001-5005.
9. Russell, J.R. 1986. Influence of harvest date on the nutritive value and ensiling characteristics of maize stover. Anim. Feed Sci. Tech. 14:11-27.
10. Smith, A.E. 1972. A method for quantifying carbohydrate fraction in forage plants. Agric. Food Chem. 20:238.
11. Swank, J.C., F.F. Below, R.J. Rambert, and R.H. Hagman. 1982. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. Plant Physiol. 70:1185-1190.
12. Tilley, J.M.A., and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops.

- J. Brit. Grassld. Soc. 18:104-111.
13. Wesley, W.K. 1989. Nutritional differences in corn silage due to location, maturity and hybrid selection. p. 271-304. *In* Food for thought. Second forages symposium proceedings. 2nd ed. Pioneer Hi-bred International INC.
 14. 김동암, 조무환, 권찬호, 한건준, 김종관. 1993. 여주 및 이천지역 낙농목장 옥수수의 생육특성과 사일리지의 품질, 韓草誌. 13:305-311.
 15. 이무영. 1988. 충북부 지방에 있어서 작부체계가 사초의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 농학박사 학위논문.
 16. 이석순, 박찬호, 배동호. 1981. 수확기에 따른 옥수수의 부위별 건물중과 사료가치의 변화. 월당 박찬호 박사 회갑기념 논문집. 40-45.
 17. 大山喜信. 1976. 栽培植物分析測定法. 作物分析委員會. p. 335-339. 養賢堂.