

재식밀도가 사일리지용 옥수수의 수량 및 사료가치에 미치는 영향

김종근 · 정의수 · 서 성 · 강우성 · 양종성 · 조영무

축산기술연구소

Effects of Plant Density on Forage Yield and Quality of Corn

J. G. Kim, E. S. Chung, S. Seo, W. S. Kang, J. S. Yang and Y. M. Cho

National Livestock Research Institute

Summary

This experiment was carried out to investigate effect of plant density on yield and quality of corn at the forage experimental field, grassland and forage division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon from 1996 to 1997. The two corn hybrids, P 3352 and G 4743, were grown at plant density of 67,000; 71,000; 83,000; 89,000 and 95,000 plant/ha in 60, 70 and 75-cm spaced rows.

At the low density, plant and ear height were decreased but ear length and weight were increased. Plant density had little effect on the tasseling date, silking date and ear ratio to total dry matter. The total dry matter yield of two hybrids was increased from 15,294 to 18,996 in P 3352 hybrid and 15,881 to 21,386kg/ha in G 4743, respectively, by decreasing plant density. Plant density had little effect on the ADF(acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber) and CP(crude protein) concentrations, but the quality of late maturity hybrid, G 4743, was higher than that of early maturity hybrid, P 3352. The result of this study indicate that 67,000 plant/ha plant density was recommendable for machanization and maximum DM yield of corn.

I. 서 론

옥수수(*Zea mays* L.)는 단위 면적당 건물 및 양분 수량이 높고 가소화 영양소 총량 또한 우수하기 때문에 우리나라의 낙농여건하에서 가장 적합한 사료 작물 이라고 할 수 있다. 또한 파종에서 수확에 이르기까지 기계화 작업이 가능하기에 노동력을 절약할

수 있고 가축에 대한 기호성이 높으며 농후사료에 가까운 영양소를 가져 고능력우 사양에도 적합한 사료작물이기에 근래 재배면적이 점차 확대되고 있다.

옥수수는 과거 손으로 파종을 할 때 60 × 20cm (휴폭 × 주간)을 주로 이용하였으나 근간에 옥수수 파종기의 보급으로 휴폭이 70~75cm로 고정되어 적절한 주간의 설정이 이루어지지 않고 있다. 일반적

으로 재식밀도가 높아지면 초장과 착수고가 높아지고 암이삭 착생주율이 낮아지며 암이삭의 크기와 무게가 줄어든다(El-Lakany 및 Russell, 1971). 또한 초장과 착수고가 높아짐으로 인해 도복율이 증가하고 그로 인해 수량은 감소하게 된다(Aldrich, 1986).

사일리지용 옥수수의 적정 재식밀도는 알곡용 옥수수의 재식밀도 보다 대체로 높아야 하는데(Lucas, 1986), 재식밀도와 건물수량에 대하여는 연구자들에 따라 다양한 결과를 보여주고 있다. 우리나라의 평균 재식밀도는 79,981주로서 적정 재식밀도인 65,000~70,000주 보다 8,000~13,000주가 더 높아 암이삭이 빈약하여 사료가치가 낮은 사일리지를 만들고 있는 실정이다(김 등, 1993).

따라서 본 시험은 옥수수의 재식밀도를 달리 하였을 때 생육 특성, 수량 및 품질의 변화를 구명하여 적정 기계화 재식밀도를 설정하고 그로 인하여 단위면적당 최대 수량을 올릴 수 있는 재배법을 확립하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 수원시 소재 축산기술연구소 초지사료과 시험포장에서 1996년 4월부터 1997년 8월까지 2년간 실시하였다. 포장시험은 옥수수 P. 3352와 G. 4743 품종을 선택하여 각각 5처리의 재식밀도를 이용하여 품종별 난괴법 3반복으로 설계 배치하였다. 시험구의 크기는 15m²(3m × 5m)로 하였고 파종은 매년 4월 25일에 2알씩 점파하였고, 4~5엽기에 우량한 한 개체만 남기고 솎음질을 하였다. 시비량은 질소 200kg/ha, 인산 150kg/ha 그리고 카리 150kg/

ha를 파종당일 인산은 전량 기비로 질소와 카리는 파종당일과 7~8엽기에 1/2씩 나누어 주었다. 잡초방제를 위한 제초제는 파종당일 진압한 후 발아전 처리 제초제를 포장 전면에 균일하게 살포하였으며 파종 후 40일경에는 포장일부에 발생한 잡초를 제거하기 위하여 1회 인력 제초해 주었다.

Table 1. Experimental design.

Hybrids	Plant density
P. 3352	60 × 20 (83,000 plants/ha, control)
	70 × 15 (95,000)
	70 × 20 (71,000)
G. 4743	75 × 15 (89,000)
	75 × 20 (67,000)

시험구중 옥수수의 성분분석과 수량조사를 위하여 P. 3352는 8월 23일에 그리고 G. 4743은 8월 30일에 수확하였으며 총 4줄의 옥수수중 가운데 2줄을 수확하여 생초 수량을 측정하였고, 경엽 및 암이삭의 건물율을 측정하기 위하여 각 처리구에서 1주씩을 선택하여 65℃ 순환식 송풍 건조기 내에서 7일 이상 건조한 후 건물율을 구하였고, 얻어진 시료는 전기믹서로 1차 분쇄 후 20 mesh Mill로 다시 분쇄한 후 직사광선이 들지 않는 곳에 보관하여 분석에 이용하였다. 일반성분은 AOAC(1990)법에 의거하여 분석하였고 NDF 및 ADF는 Goering 및 Van Soest법(1970)에 따랐으며 *in vitro* 건물소화율은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였다.

Table 2. Chemical properties of the soil at the experimental field.

pH (1:5)	OM (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	T-N (mg/100g)	Exch. cation (me/100g)				CEC (mg/100g)
				Na	Ca	Mg	K	
5.24	2.52	175.5	0.13	0.04	3.9	1.4	0.7	13.75

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 재식밀도가 생육 특성에 미치는 영향

초장과 착수고에 있어서는 조생품종인 P. 3352 보다 만생품종인 G. 4743이 평균 11cm 및 6cm 더 크게 나타났다. 특히 모든 품종에 있어서 재식밀도가 높아짐에 따라 초장이 더 크게 나타나는 경향을 보여 광합성에 대한 경합이 심화되어 초장과 착수고가 높아지는 효과를 볼 수 있었다. El-Lakany 및 Russell (1971)은 재식밀도가 적정밀도보다 높아지면 초장과 착수고가 높아지며 암이삭 착생주율이 감소되고 암이삭의 길이와 굵기가 감소된다고 하였다. 출수 및 출사기는 재식밀도에 따른 변화는 나타나지 않았고 품종간에만 7~8일의 차이를 보여 주었는데 강 등 (1986)은 밀식으로 옥수 출현이 늦어진다고 하여 본 시험과는 차이가 있었다.

암이삭의 특징중 길이는 재식밀도가 낮은 75 × 20구에서 22.3 및 24.8cm로 가장 크게 나타났으며 무게 또한 재식밀도가 낮아질수록 무거워졌다. 건물중의 암이삭 비율은 47.2~51.4%로 재식밀도 및 품종간에 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나, 김 등

(1997)은 P. 3352와 G. 4743 품종을 수원지역에서 2개년간 시험한 결과 암이삭 비율이 각각 50.1 및 38.4%로 나타났다고 하여 P 3352 평균인 49.5%와는 비슷하였으나, G. 4743은 수확시기의 차이로 인하여 암이삭의 비율이 11.2%의 차이를 보여주었다.

2. 재식밀도가 수량에 미치는 영향

P. 3352의 생초 수량은 60 × 20 및 75 × 20 재식밀도에서 각각 55,916 및 53,036kg/ha로 다른 재식밀도에 비해 높게 나타났으나 60 × 20에서만 유의성이 있었으며, G. 4743 또한 51,659 및 52,813kg/ha로 두 처리구 공히 다른 재식밀도에 비하여 유의적으로 높았다. 그러나 품종간에는 큰 차이는 없었다.

건물수량에 있어서도 두 품종 공히 60 × 20 및 75 × 20 재식밀도에서 유의적으로 높게 나타났으며, 특히 조생품종 보다 만생 품종에서 재식밀도에 대한 반응이 더 크게 나타나 G. 4743은 75 × 20 구가 21,386kg/ha로 가장 높은 건물수량을 보였으며 P. 3352는 60 × 20 구가 가장 높았으나 두 재식밀도 간의 유의성은 없었다.

한편, 이 등(1980)은 종실용 옥수수의 경우 적정

Table 3. Effect of plant density on agronomic characteristics of corn.

Hybrids	Plant density (cm)	Height (cm)		Tasseling date	Silking date	Ear		
		Plant	Ear			Length (cm)	Weight (g DM/ear)	% ear to total DM
P. 3352	60 × 20	280	107	10 July	13 July	21.5	121	49.2
	70 × 15	280	113	10 July	13 July	20.9	108	49.8
	70 × 20	277	105	11 July	13 July	22.1	130	50.1
	75 × 15	281	115	10 July	13 July	21.6	116	47.2
	75 × 20	276	108	10 July	13 July	22.3	139	51.4
	Average	279	110	10 July	13 July	21.7	123	49.5
G. 4743	60 × 20	289	115	18 July	20 July	23.5	132	49.5
	70 × 15	288	116	18 July	20 July	23.4	120	49.5
	70 × 20	287	116	18 July	20 July	23.9	138	50.3
	75 × 15	299	118	18 July	20 July	23.0	119	47.4
	75 × 20	292	113	18 July	20 July	24.2	142	49.2
	Average	291	116	18 July	20 July	23.6	130	49.2

Table 4. Effect of plant density of fresh and dry matter yield of corn.

Hybrids	Plant density (cm)	Fresh yield (kg/ha)			DM yield (kg/ha)		
		Stover	Ear	Total	Stover	Ear	Total
P. 3352	60 × 20	39,541 ^a	16,375 ^{ab}	55,916 ^a	9,660 ^a	9,336 ^a	18,996 ^a
	70 × 15	33,236 ^{bc}	14,527 ^{bc}	47,763 ^{bc}	8,035 ^{bc}	7,954 ^b	15,989 ^b
	70 × 20	28,997 ^c	13,643 ^c	42,640 ^c	7,638 ^c	7,656 ^b	15,294 ^b
	75 × 15	35,654 ^{ab}	14,119 ^c	49,773 ^b	8,512 ^{bc}	7,569 ^b	16,081 ^b
	75 × 20	34,633 ^b	16,803 ^a	53,036 ^{ab}	9,057 ^{ab}	9,596 ^a	18,653 ^a
	Average	34,412	15,093	49,826	8,580	8,422	17,003
LSD (P < 0.05)	4,283	1,907	6,190	1,050	1,049	2,099	
G. 4743	60 × 20	35,045 ^a	16,614 ^a	51,659 ^a	10,594 ^a	10,395 ^a	20,989 ^a
	70 × 15	32,715 ^{ab}	13,787 ^b	46,502 ^b	9,057 ^b	8,876 ^b	17,933 ^b
	70 × 20	30,136 ^b	14,486 ^b	44,622 ^b	7,900 ^c	7,981 ^b	15,881 ^c
	75 × 15	32,840 ^{ab}	13,340 ^b	46,180 ^b	8,888 ^b	8,004 ^b	16,892 ^{bc}
	75 × 20	35,433 ^a	17,380 ^a	52,813 ^a	10,859 ^a	10,527 ^a	21,386 ^a
	Average	33,234	15,121	48,355	9,459	9,157	18,616
LSD (P < 0.05)	3,438	1,525	4,957	953	912	1,864	

^{a,b,c} Values within a column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05% level by LSD test.

재식밀도는 50,000주/ha, 그리고 사일리지용은 70,000주/ha에서 최고 수량을 얻을 수 있다고 하였으나, Bunting(1975)는 100,000주/ha에서 최대의 TDN 수량을 얻을 수 있다고 하였다. 그러나 김 등 (1993)은 우리나라 낙농가의 평균 재식밀도는 75,000~79,000주/ha로 높은 재식밀도하에서 만생종 옥수수를 재배하고 있어 생산성이 낮다고 하였다. 강 등(1986)은 수원 19호 품종을 166,000주, 83,300주, 55,500주 및 27,500주/ha의 재식밀도로 시험한 결과 55,500주에서 최고의 TDN 수량을 얻을 수 있었다고 하였다. 재식밀도와 건물수량은 거의 직선적인 반응을 보이는 반면 암이삭 수량과는 포물선적인 변화를 보인다고 하였는데(Bunting, 1971; Tollenaar, 1989), 본 시험에서도 재식밀도가 낮아짐에 따라 건물수량은 거의 직선적인 증가를 나타내었다. Graybill 등(1991)에 의하면 북미에 도입된 옥수수에 있어서는 80,000주/ha까지는 건물수량이 증가하였

다고 하였는데, 본 시험에서도 67,000~83,000주/ha에서 가장 높은 건물수량을 보여 비슷한 경향을 나타내었다.

3. 재식밀도가 사료가치에 미치는 영향

재식밀도에 따른 조단백질 함량의 변화는 경엽 및 암이삭에 있어서 재식밀도간에 일정한 경향을 보이지는 않았으나 전체적으로 만생품종에 있어서 평균 7.6 및 8.9%로 조생품종 평균인 6.6 및 8.5% 보다 높게 나타났다. 그러나 Fahey(1982)는 재식밀도가 높아짐에 따라 조단백질의 함량도 감소한다고 하여 본 시험과는 차이가 있었다.

ADF 및 NDF의 함량도 경엽에 있어서 조생종은 43.5 및 66.9%로 만생종의 평균인 45.1 및 69.0% 보다 낮게 나타났으며 암이삭에 있어서도 낮은 경향이 있었다. ADF 및 NDF 함량은 재식밀도에 영향을 받지 않고 품종과 환경에 따른 함량차이에 유의성이 있다

Table 5. Chemical composition and IVDMD of corn in relation to different plant density.

Hybrids	Plant density (cm)	Stover (%)				Ear (%)		
		CP	ADF	NDF	IVDMD	CP	ADF	IVDMD
P. 3352	60 × 20	7.5	38.0	62.8	59.3	8.2	9.2	81.7
	70 × 15	7.0	44.5	67.5	54.2	8.5	9.8	81.3
	70 × 20	6.6	45.2	68.1	53.7	8.8	9.4	81.6
	75 × 15	5.4	46.1	69.8	53.0	8.6	9.7	81.3
	75 × 20	6.5	43.5	66.4	55.0	8.2	9.2	81.7
	Average	6.6	43.5	66.9	55.0	8.5	9.5	81.5
G. 4743	60 × 20	7.8	42.9	65.3	55.5	9.1	10.0	81.1
	70 × 15	7.7	49.1	72.9	50.7	9.0	10.2	81.0
	70 × 20	8.2	41.9	66.2	56.3	8.6	10.5	80.7
	75 × 15	6.9	46.9	71.6	52.4	9.5	11.2	80.2
	75 × 20	7.4	44.8	71.2	54.0	8.5	10.1	81.0
	Average	7.6	45.1	69.0	53.8	8.9	10.4	80.8

고 하였는데(Graybill 등, 1991), 본 시험에서도 품종 간에는 만생품종에서 ADF 와 NDF의 함량이 45.1 및 69.0%로 높게 나타났으며 재식밀도간에는 일정한 경향을 보이지 않았다. 한편 암이삭의 NDF는 옥수수 전분질로 인하여 Filtering에 문제가 있어 조사하지 못하였다.

In vitro 가소화 건물소화율의 경우는 재식밀도가 낮아질수록 소화율이 높아지는 경향을 보였지만 유의성은 없었으며 경엽과 암이삭의 소화율은 약 27% 내외의 차이를 보였다.

IV. 적 요

본 시험은 재식밀도가 옥수수의 수량 및 사료가치에 미치는 영향을 구명하기 위하여 60 × 20, 70 × 15, 70 × 20, 75 × 15 및 75 × 20cm의 재식밀도를 두고 P. 3352와 G. 4743 품종을 각각 난괴법 3반복으로 1996년부터 1997년까지 2년간 축산기술연구소 초지사료과 시험포장에서 수행되었으며 그 결과는 다음과 같다.

1. 재식밀도가 낮아질수록 초장과 착수고가 낮아

졌으며 암이삭의 길이와 무게가 증가하였다. 그러나 출수기, 출사기 및 암이삭 비율은 재식밀도에 따른 차이가 나타나지 않았다.

2. 생초 및 건물수량은 품종간에는 큰 차이를 보이지 않았으나, 재식밀도가 낮아질수록 건물수량이 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 특히 60 × 20 및 75 × 20 재식밀도에서의 건물수량은 P. 3352에서는 18,996kg/ha 및 18,653kg/ha, G. 4743은 20,989 및 21,386kg/ha로 각각 나타났다.

3. 재식밀도가 조단백질, ADF 및 NDF에 미치는 영향은 큰 차이를 보이지 않았으나 만생품종 경엽에서 각각 7.6, 45.1 및 69.0%으로 조생 품종보다 높게 나타났다. 그러나 IVDMD에 있어서는 재식밀도가 높아짐으로 인해 소화율이 감소하는 경향을 보여주었다.

따라서 옥수수는 60 × 20(휴간 × 주폭) 또는 75 × 20cm 재식밀도에서 가장 높은 건물수량을 보였으나 기계화를 위한 옥수수의 적정 재식밀도는 75 × 20cm(67,000주/ha)로 하는 것이 옥수수의 최대 생산을 위해 바람직한 것으로 생각된다.

V. 인용문헌

1. Aldrich, S.R., W.O. Scott, and R.G. Holeft. 1986. Morden corn production. 3rd ed. A & L Publ., Champaign, Illinois.
2. A. O. A. C. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, D. C.
3. Bunting, E.S. 1975. The question of grain content and forage quality in maize. J. Agri. Sci. Camb. 85:445-463.
4. El-Lakany, M.A., and W.A. Russell. 1971. Relationship of maize characters with yield in testcrosses of inbreds at different plant densities. Crop Sci. 11:698-701.
5. Fairey, N.A. 1982. Influence of population density and hybrid maturity on productivity and quality of forage maize. Can. J. Plant Sci. 62:427-434.
6. Goering, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, D. C.
7. Graybill, J.S., W.J. Cox, and D.J. Otis. 1991. Yield and quality forage maize as influenced by hybrid, planting date, and plant density. Agron. J. 83:559-564.
8. Lucas, E.O. 1986. The effect of density and nitrogen fertilizer on the growth and yield of maize (*Zea Mays* L.) in Nigeria. J. Aric. Sci. 107:573-578.
9. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
10. Tilley, J.M.A., and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. British Grassl. Soc. 18:104-111
11. Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids growth in Ontario from 1959 to 1988. Crop Sci. 29:1365-1371.
12. 강정훈, 이호진, 박병훈. 1986. 질소시비와 재식 밀도가 silage 옥수수의 체형질 및 수량에 미치는 영향. 한초지. 1986. 6(1):44-48.
13. 김동암, 고서봉, 권찬호, 김문철, 한건준, 김종덕, 이광녕, 신동은, 김종근. 한초지. 1997. 중·북부 및 제주지역에 적합한 사일리지용 옥수수의 우량품종 평가. 한초지. 17(4):323-328.
14. 김동암, 조무환, 권찬호, 한건준, 김종관. 1993. 여주 및 이천지역 낙농목장 옥수수의 생육특성과 사일리지의 품질. 한초지. 13(4):305-311.
15. 김동암, 최기춘, 신정남, 김종덕, 한건준, 김원호, 조무환. 1997. 목초 및 사료작물 정부 장려품종의 지역적응성 평가. III. 사일리지용 옥수수의 생육특성과 수량. 한초지. 17(4):315-322.
16. 이석순, 박근용, 김순권, 박승희, 문현구, 함영수, 배동호. 1980. 시비량과 재식밀도가 단교잡종 옥수수의 생육과 종실 및 silage 수량에 미치는 영향. 농시보고 제 22권(작물) 128-133.