

# 고랭지에서 재식 밀도 및 질소 시비 수준이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향

이종경 · 박형수 · 정종원 · 김종근 · 임영철 · 김영근 · 이성철\* · 정재록\*\* · 성경일\*\*\*

## Effect of the Planting Densities and Nitrogen Levels on the Growth Characteristics, Dry Matter Yield and Nutritive Value of Corn for Silage in Alpine Areas

Joung Kyong Lee, Hyung Soo Park, Jong Won Chung, Jong Geun Kim, Young Chul Lim, Young Geun Kim, Sung Chul Lee\*, Jae Rok Jung\*\* and Kyung Il Sung\*\*\*

### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effect of the planting densities and nitrogen levels on the growth characteristics, dry matter yield and nutritive value of corn for silage in alpine area (altitude 800 m a.s.l.) of National Livestock Research Institute from 2001 to 2002. The experiment was arranged in a split plot design with three replications. Main plots consisted of three planting densities, low(67,000 plants/ha), medium(89,000 plants/ha) and high(95,000 plants/ha). Sub plots consisted of three nitrogen levels, 150 kg/ha, 200 kg/ha, and 250 kg/ha.

Tassel height of corn was increased with decreasing planting density, and nitrogen level of 200 kg/ha in all main plots. Ear height of corn was decreased with increasing planting density, and 150 kg/ha of three nitrogen levels. But there were no significant differences among treatment in tassel and ear height.

Although dry matter ear ratio of whole corn was increased with decreasing planting density, there were no significant differences among treatments. But there were significant differences among nitrogen levels( $P<0.05$ ). Dry matter yield of corn was high with increasing planting density, but there were no significant differences among treatments. And DM yield of corn was significant difference among nitrogen levels( $P<0.05$ ). Crude protein content of corn was the highest with high planting density and low nitrogen level. NDF and ADF content of corn was the highest with low planting density and nitrogen levels of 200 kg/ha in all main treatments.

These results indicate that low planting density(67,000 plants/ha) and nitrogen of 150-200 kg/ha would be the optimum level for dry matter yield and nutritive value of silage corn in alpine area.

(Key words : Corn silage, Planting density, Nitrogen level, Dry matter yield, Nutritive Value)

### I. 서 론

조사료 생산 면적이 좁은 우리나라의 축산 여건하에서 양질 조사료를 많이 확보하기 위해서는 사일리지용 옥수수 재배가 유리하다. 사

일리지용 옥수수는 파종부터 수확까지 기계화가 가능하기 때문에 노동력을 줄일 수 있으며, 노동시간 당 생산 효율이 다른 어떤 작물보다 높고(Aldrich 등, 1986), 사일리지로의 조제 및 이용이 용이하며 또한 사료가치도 우수하다고

축산연구소(Hanwoo Experiment Station, National Livestock Research Institute, RDA, Pyeongchang 232-952, Korea)

\* 우석대학교(Woosuk University, Wanju 565-701, Korea)

\*\* 공주대학교(Kongju National Univ., Yesan 340-702, Korea)

\*\*\* 강원대학교(Kangwon National Univ., Chuncheon 200-701, Korea)

Corresponding author : Joung-Kyong Lee, Hanwoo Experiment Station, National Livestock Research Institute, RDA, Pyeongchang 232-952, Korea. E-mail : leejk58@rda.go.kr

하였다(Crowley 등, 1979).

지금까지 사일리지용 옥수수에 관한 시험은 낙농 중심지역인 중북부 내륙 지역, 중북부 서해안 지역 및 중남부 서해안 지역의 3곳에서 주로 수행되었으며(김 등, 1992), 그동안 고랭지에서는 주로 사일리지용 옥수수의 경제적인 재배체계의 확립을 위한 일환으로 옥수수 포장에서 잡초 제거를 위한 최적 체초계 선발과(이 등, 2004), 최대 건물수량과 양분수량을 생산하기 위하여 냉해와 만상일을 고려하여 5월 20일 경에 파종하고 9월 25일 이전에 수확하는 파종시기와 수확시기를 결정하였다(이 등, 2004).

우리나라에서 사일리지용 옥수수 재배시 평균 재식밀도는 ha당 79,981 주로서 적정 재식밀도인 65,000~70,000주보다 밀식되고 있기 때문에 암이삭이 빈약하여 사료가치가 낮은 사일리지를 만들고 있는 것으로 조사되고 있으며(김 등, 1993), 김 등(1998)은 기계화를 위한 옥수수의 적정 재식밀도는 75×20 cm(67,000주/ha)로 하는 것이 바람직하다고 하였다. 그리고 사일리지용 옥수수의 일반적인 기준 시비량은 ha당 질소 200 kg, 인산과 칼리비료가 각각 150 kg이나 옥수수가 재배될 포장의 비옥도에 따라서 시비량을 조절하여 주어야 한다고 하였다(서 등, 2005). 그러나 고랭지 지역은 기상환경과 토양환경이 다르고 적응 품종도 중부지방과 다르나 그동안 중부지방에서 사용하는 재식밀도를 그대로 적용하고 있어 고랭지에 알맞는 재식밀도와 질소시비 수준을 알아보기 위하여 본 시험을 수행하였다.

따라서 본 시험은 중부지방에서 수행되고 있는 기술들이 고랭지의 축산 농가에 적용 가능성을 알아보고 고랭지에서 사일리지용 옥수수의 적정 재식밀도와 질소시비 수준을 제시하여 경제적인 재배체계를 확립하고자 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

본 시험은 옥수수 재식밀도 low(67,000 plants/ha), control(89,000 plants/ha) 및 high(95,000 plants/ha)를 주구로, 질소 시비량 150, 200 및 250 kg/ha를 세구로 하여 분할구 배치법 3반복으로 축산연구소 한우시험장(표고 800m)에서 수행하였다. 공시품종은 중생종으로 내병성, 내서성, 내한성이 우수한 DK689로 5월 10일에 파종하여 9월 28일에 수확하였으며 파종방법은 재식밀도별로 두 알 또는 2 립씩을 파종한 다음 옥수수가 정착이 된 후 생육이 불량한 개체를 제거하여 1개체를 남겼다. 질소비료는 처리구별 시비량을 기준으로 하여 파종시와 옥수수 잎이 7~8매 나왔을 때 각각 1/2로 나누어 분시하였으며, 인산 및 칼리는 ha당 각각 150 kg씩을 파종시 전량 사용하였다. 파종하기 전 토양 비옥도 증진을 위하여 완숙퇴비 30톤을 골고루 살포하였다. 수확시 간장 및 착수고를 조사하였는데 간장은 지면에서 용수목까지의 길이를 조사하였으며, 착수고는 지면에서 최상단 이삭이 달린 마디까지의 길이를 조사하였다. 수량 조사는 각 수확 날짜에 맞추어 실시하였는데 구당 4줄 중 가운데 2줄을 수확하여 총 생체중으로 하였으며, 이삭의 포엽을 제거한 무게를 이삭 생체중으로 하여 각각 3개체 이상을 골라 80℃의 순환식 송풍건조기(dry oven) 내에서 72시간 이상 충분히 건조시킨 후 건물 함량을 구해 건물수량으로 환산하였고, 종실 비율은 전 식물체의 건물수량에서 종실 무게가 차지하는 비율을 계산하였다. 사료가치 분석을 위해 건조시료를 Wiley mill로 분쇄 후, ADF와 NDF 함량은 Goering 및 Van Soest법(1970)에 따랐으며, AOAC법(1984)으로 조단백질 함량을 조사하였다. 시험포장의 토양특성은 약산성 토양으로 유기물 함량은 보통 수준이었으며 유효인산 함량은 높은 편이었다(Table 1).

Table 1. Characteristics of soil before experiment in Daegwallyeong

pH (1:5)	EC (uS/cm)	O.M (%)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/kg)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (mg/kg)	Ex.cation(cmol <sup>+</sup> /kg)		
						Ca	Mg	K
5.82	190	6.82	750	44.8	10.9	2.64	1.37	4.22

### III. 결과 및 고찰

고랭지에서 재식밀도와 질소시비 수준에 따른 사일리지용 옥수수의 생육 특성은 Table 2에서 보는 바와 같다.

옥수수의 간장은 재식밀도가 낮을 수록 길었고, 모든 주처리구에서 ha당 200 kg의 질소 시용구에서 길었다. 그러나 처리구간에 유의성은 인정되지 않았다. 또한 옥수수의 착수고는 재식밀도가 높아질수록 낮았으며, ha당 150 kg 시용구에서 가장 낮았으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 일반적으로 재식밀도가 높아지면 초장과 착수고가 높아지고 착생주율이 낮아지며 암이삭의 크기와 무게가 줄어든다고 하였는데(EI-Lakany 및 Russell, 1971), 본 시험의 결과 옥수수의 착수고는 재식밀도가 낮아짐에 따라 높아지는 경향이었으나 간장은 중간의 재식밀도가 가장 컸으며 뚜렷한 차이를 보이지는 않았다.

재식밀도와 질소시비 수준에 따른 옥수수의

암이삭 비율은 Table 3에서 보는 바와 같다. 재식밀도가 낮아질수록 옥수수의 암이삭 비율이 컸으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 질소시비 수준에 따른 암이삭 비율은 재식밀도가 낮은 곳에서는 250 kg, 중간은 150 kg 및 높은 곳은 200 kg/ha이 가장 컸다( $P < 0.05$ ). 양분 수량면에서 볼때 전체 양분 생산량의 2/3가 암이삭에서, 나머지 1/3이 옥수수 줄기와 잎으로부터 오며(김 1986), Phipps 및 Wilkinson(1985)도 옥수수 사일리지의 사료가치를 증진하는데 있어서 다른 부위에 비해 소화율과 에너지 가치가 상대적으로 높은 암이삭 비율의 중요성을 강조하였다. 따라서 본 시험의 결과 재식밀도가 낮을수록 암이삭 비율은 높아지는 경향이고 질소시비 수준은 ha당 200 kg이 높았다. 또한 김 등(1999)은 중부지방의 시험 결과 암이삭 비율이 대부분 50% 이상이라고 하였는데 대관령 지역에서도 이와 비슷한 정도의 암이삭 비율이 수확 가능할 것으로 여겨진다.

재식밀도와 질소시비 수준에 따른 옥수수의

Table 2. Growth characteristics of silage corn at different planting densities and nitrogen levels in Daegwallyeong

Planting densities	N levels (kg/ha)	Tassel height(cm)			Ear height(cm)		
		2001	2002	Ave.	2001	2002	Ave.
Low	150	249.8	262.3	256.1	106.8	121.5	114.2
	200	252.2	268.2	260.2	110.1	128.3	119.2
	250	253.0	264.3	258.7	109.9	123.2	119.1
	Ave.	251.7	264.9	258.3	108.9	124.3	117.5
Medium (Control)	150	254.0	260.2	257.1	106.9	121.0	114.0
	200	250.3	269.4	259.9	106.3	128.7	117.5
	250	260.4	257.5	259.0	114.5	117.9	116.2
	Ave.	254.9	262.4	258.7	109.2	122.5	115.9
High	150	247.8	253.1	250.5	105.2	114.7	110.0
	200	240.5	263.3	251.9	100.6	122.1	111.4
	250	245.0	254.9	250.0	103.4	119.8	111.6
	Ave.	244.4	257.1	250.8	103.1	118.8	111.0
LSD(0.05)							
planting densities(P)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
N levels(N)		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P × N		NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = not significant.

\* = Significant at the 0.05 probability level.

Table 3. Dry matter ear ratio of whole corn at different planting densities and nitrogen levels in Daegwallyeong

Planting densities	N levels (kg/ha)	Dry matter ear ratio(%)		
		2001	2002	Ave.
Low	150	51.94	43.44	47.69
	200	50.77	43.60	47.19
	250	55.91	42.81	49.36
	Ave.	52.87	43.28	48.08
Medium (Control)	150	53.76	44.75	49.26
	200	53.50	44.29	48.90
	250	53.00	43.05	48.03
	Ave.	53.42	44.03	48.73
High	150	52.88	44.22	48.51
	200	55.43	45.44	50.44
	250	52.59	45.78	49.19
	Ave.	53.64	45.15	49.40
LSD(0.05)				
planting densities (P)		4.68	NS	NS
N levels(N)		3.33	2.23	1.93
P × N		NS	NS	NS

NS = not significant.

\* = Significant at the 0.05 probability level.

건물수량은 Table 4에서 보는 바와 같다. 옥수수 건물수량은 재식밀도가 낮아짐에 따라 높은 수량을 나타냈으나 처리간 유의성은 인정되지 않았으며, 질소시비 수준에 따라서는 재식밀도 별 각기 다른 결과를 가져왔다(P<0.05). Bunting (1975)과 Tollenaar (1989)는 재식밀도와 건물수량은 거의 직선적인 반응을 보이는 반면 암이삭 수량과는 포물선적인 변화를 보인다고 하였으며, 김 등(1998)은 기계화를 위한 옥수수의 적정 재식밀도는 75 × 20cm(67,000주/ha)로 하는 것이 바람직하다고 하였으나 본 시험 결과도 재식밀도가 높아짐에 따라 건물수량은 증가를 하는 경향이었으나 유의적인 차이는 보이지 않았고 재식밀도에 따라 질소시비 수준은 차이를 보였다.

재식밀도와 질소시비 수준에 따른 옥수수의 사료가치를 보면 Table 5와 같다. 재식밀도에 따른 옥수수의 조단백질 함량은 높은 재식밀도가 7.5%로 가장 높았다. 그러나 Fahey(1982)는

Table 4. Dry matter yield of silage corn at planting densities and nitrogen levels in Daegwallyeong

Planting densities	N levels (kg/ha)	Dry matter yield(kg/ha)		
		2001	2002	Ave.
Low	150	28,636	21,981	25,309
	200	29,754	21,830	25,792
	250	27,572	22,310	24,941
	Ave.	28,654	22,040	25,347
Medium (Control)	150	22,567	22,777	22,672
	200	23,469	24,572	24,021
	250	25,352	22,849	24,101
	Ave.	23,796	23,399	23,598
High	150	22,604	22,135	22,370
	200	21,411	20,424	20,918
	250	23,742	19,675	21,709
	Ave.	22,586	20,745	21,666
LSD(0.05)				
planting densities(P)		NS	NS	NS
N levels(N)		NS	1,936.1	1,212.3
P × N		NS	NS	NS

NS = not significant.

\* = Significant at the 0.05 probability level.

Table 5. Crude protein, NDF and ADF of silage corn at planting densities and nitrogen levels in Daegwallyeong

Planting densities	N levels (kg/ha)	CP (%)	NDF (%)	ADF (%)
Low	150	7.9	66.4	43.6
	200	6.9	69.1	43.4
	250	6.7	73.4	47.6
	Ave.	7.2	69.6	44.9
Medium (Control)	150	7.1	69.5	43.7
	200	6.9	67.5	42.2
	250	7.3	67.4	39.7
	Ave.	7.1	68.1	41.9
High	150	7.4	63.6	42.5
	200	7.9	70.4	44.5
	250	7.1	62.2	39.0
	Ave.	7.5	65.4	42.0
Mean	150	7.5	66.5	43.3
	200	7.2	69.0	43.4
	250	7.0	67.7	42.1

CP : Crude protein, NDF : Neutral detergent fiber, ADF : Acid detergent fiber.

재식밀도가 높아짐에 따라 조단백질의 함량은 감소한다고 하여 본 시험의 결과와 차이를 보였다. 질소시비 수준에 따른 조단백질 함량은 큰 차이는 없었으나 150 kg, 200 kg 및 250 kg/ha 순으로 낮았다. Putnam 등(1986)은 황숙기에 예취한 옥수수의 조단백질 함량이 각각 6.9~8.3% 및 7.7~7.8%였다고 하여 본 시험의 조단백질 함량 범위와 비슷하였다. 재식밀도와 질소시비 수준에 따른 NDF 함량은 낮은 재식밀도와 200 kg/ha가 가장 높았으며, 또한 ADF 함량도 NDF 함량과 같은 경향이었다. Van Soest 및 Robertson(1979)은 ADF 값은 소화율과 -0.75의 높은 상관관계가 있으며 NDF 값은 섭취량과 -0.76의 높은 상관관계가 있다고 하여 ADF와 NDF의 중요성을 강조하였으며, ADF와 NDF 함량은 재식밀도의 영향을 받지 않고 품종과 환경에 따라 더 차이가 있다고 하였다(Graybill 등, 1991).

그리고 이 등(1981) 및 임과 김(1996)은 속기가 진행됨에 따라 조단백질, NDF 및 ADF 함량은 증가하였다고 하였다. 따라서 옥수수 육종 기술과 재배기술의 발달로 새로운 품종이 매년 육성되므로 이에 대한 연구도 지속적으로 실시되어 농가의 재배조건이나 지역별로 품종이 결정되어야 할 것으로 생각된다(Cardwell, 1982).

#### IV. 요약

본 시험은 옥수수 재식밀도 low(67,000 plants/ha), control(89,000 plants/ha) 및 high(95,000 plants/ha)를 주구로, 질소 시비량 150, 200 및 250 kg/ha를 세구로 하여 분할구 배치법 3반복으로 2001년부터 2002년까지 2년간 축산연구소 한우시험장에서 수행하였다.

옥수수의 간장은 재식밀도가 낮을 수록 길었고, 모든 주처리구에서 ha당 200 kg의 질소 시용구에서 길었으나 처리구간에 유의성은 인정되지 않았다. 또한 옥수수의 착수고는 재식밀도가 높아질수록 낮았으며, ha당 150 kg 시용구

에서 가장 낮았으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 옥수수의 암이삭 비율은 재식밀도가 낮을 수록 높아지는 경향이고 질소시비 수준은 ha당 200 kg이 높았다( $P<0.05$ ). 옥수수의 건물수량은 재식밀도가 높아짐에 따라 증가를 하는 경향이었으나 유의적인 차이는 보이지 않았고 재식밀도에 따라 질소시비 수준은 차이를 보였다( $P<0.05$ ).

옥수수의 조단백질 함량은 큰 차이는 없었으나 높은 재식밀도와 낮은 질소시비 수준으로 가장 높은 경향이었다. NDF와 ADF 함량은 낮은 재식밀도와 200 kg/ha가 가장 높았다.

이상의 결과를 종합하여 건물수량과 사료가치를 고려하여 보면 고랭지에서 낮은 재식밀도(67,000 plants/ha)와 ha당 150-200 kg의 질소시비 수준이 적당할 것으로 생각된다.

#### V. 인용 문헌

1. 김동암. 1986. 사료작물. 선진문화사. 서울 p.168-198.
2. 김동암, 조무환, 권찬호, 한건준, 김종관. 1992. 도입 사일리지용 옥수수의 생육특성 및 생산성 비교 I. 지역별 생육 특성 및 생산성. 한초지 12(3): 161-172.
3. 김동암, 조무환, 권찬호, 한건준, 김종관. 1993. 여주 및 이천지역 낙농목장 옥수수의 생육특성과 사일리지의 품질. 한초지 13(4):305-311.
4. 김종근, 정의수, 서 성, 강우성, 양종성, 조영무. 1998. 재식밀도가 사일리지용 옥수수의 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한초지 18(1):49-54.
5. 김종덕, 김동암, 박형수, 김수곤. 1999. 파종시기 및 품종이 사일리지용 옥수수의 수량과 사료가치에 미치는 영향. I. 옥수수의 생육특성 및 사초 수량. 한초지 19(3):211-220.
6. 서 성 외. 2005. 조사료. 농촌진흥청. p.70-75.
7. 이석순, 박찬호, 배동호. 1981. 수확기에 따른 옥수수의 부위별 건물중과 사료가치의 변화. 월당 박찬호박사 회갑기념 논문집. p.40-45.
8. 이종경, 박형수, 정종원, 나기준, 김영근, 서 성, 성경일, 정재록, 조규석. 2004a. 고랭지에서 제초제 조합에 의한 사일리지용 옥수수의 생육특성,

- 건물수량, 사료가치 및 잡초방제에 미치는 영향. 한초지 24(1):37-42.
9. 이종경, 박형수, 김영근, 정종원, 나기준, 김문철, 이성철, 육완방. 2004b. 고랭지에서 파종시기 및 수확시기가 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량, 사료가에 미치는 영향. 한초지 24(2):115-122.
  10. 임상훈, 김동암. 1996. 옥수수의 수확시기가 사초의 생산성과 품질에 미치는 영향. 한초지 16(1): 75-80.
  11. Aldrich, S.R., W.O. Scott and R.G. Hoefl. 1986. Modern corn production. 3rd ed. A. & L. Publications Inc. Station. Illinois.
  12. A. O. A. C. 1984. Official Methods of Analysis (14th ed.) AOAC. Washington, DC.
  13. Bunting, E.S. 1975. The question of grain content and forage quality in maize. J. Agri. Sci. Camb. 85:445-463.
  14. Cardwell, V. B. 1982. Fifty years of Minnesota corn production : Sources of yield increase. Agron. J. 74:984-990.
  15. Crowley, J.W., N.A. Jorgensen and G.P. Barrington. 1979. Corn silage for the dairy ration. Wisconsin Univ. Ext. Wisconsin.
  16. El-Lakany, M.A. and W.A. Russell. 1971. Relationship of maize characters with yield in test crosses of inbreds at different plant densities. Crop Sci. 11:698-701.
  17. 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.
  18. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U.S. Gov. print. Office, Washington, DC.
  19. 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.
  20. Phipps, R. and M. Wilkinson. 1985. Maize silage. Chalcombe publications, Bucks SL7 3PU.
  21. Putnam, D.H., S.J. Herbert and A. Vargas. 1986. Intercropped corn: Soybean density studies. I. Yield complementarity. Exp. Agri. 21:41-54.
  22. Tollenaar, M. 1989. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids growth in Ontario from 1959 to 1988. Crop Sci. 29:1365-1371.
  23. Van Soest, P.J. and J.B. Robertson. 1979. Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. Proc. of a workshop held in Ottawa. Canada.