

대관령에서 옥수수 품종별 생육특성과 건물수량에 기후변화의 영향

김맹중¹ · 서 성¹ · 최기춘¹ · 김종근¹ · 이상학¹ · 정종성¹ · 윤세형¹ · 지희정¹ · 김명화^{2*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원, 천안 331-801, ²건국대학교 농식품안전인증센터

The Studies on Growth Characteristics and Dry Matter Yield of Hybrid Corn Varieties in Daegwallyeong Region

Meing Jooung Kim¹, Sung Seo¹, Ki Choon Choi¹, Jong Geun Kim¹, Sang Hack Lee¹, Jeong Sung Jung¹, Sei Hyung Yoon¹, Hee Chung Ji¹ and Myeong Hwa Kim^{2*}

¹National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-801, Korea,

²Center for agrifood safety certification, Konkuk University

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of climate change on the growth characteristics and dry matter yields of silage corn hybrids in fields of forage crops of Hanwoo Experiment Station, National Institute of Animal Science, RDA, from Apr. 2009 to Sep. 2011. Corn hybrids were cultivated in Daegwallyeong of Gangwon Province, at an altitude of 760 m. Corn varieties used in this study consisted of 5 domestic varieties and 5 foreign varieties. Differences of silk days according to years occurred at an average of 5.5 days. The silk periods of domestic varieties occurred from Aug. 8 to 12, while that of overseas varieties was from Aug. 5 to 11. Silk days of domestic varieties occurred approximately 3 to 4 days earlier than those of overseas varieties. Silk days of Kwangpyeongok and P3156 belonging to the early varieties were Aug. 8 and 5, respectively. Kwangpyeongok and P3156 were Aug. 8 and 5, respectively. Pyeonganok and DK729 belonged to late varieties. The mean plant height of corn was approximately 231 cm, while those of Kwangpyeongok and Pyeonganok were 236 cm and 237 cm, respectively. The mean stem diameter and ear height of corn were approximately 23.2 mm and 94 cm, respectively. In the case of stem diameters, those of Cheonganok and 33J56 were 86 cm and 80 cm, respectively, while Gangdaok grew to a greater height (enter height) than other varieties. Dry matter yields of Kwangpyeongok and Pyeonganok were higher than those of other varieties. The mean leaf ratio of corn was 39.3%, while that of domestic varieties increased as compared to foreign varieties. The average DM yield of corn was 16,653 kg/ha, while those of 32P75, P3156, Pyeonganok, P3394 and Kwangpyeongok were 18,901, 17,997, 17,675, 17,194, 17,188 kg/ha, respectively. Total digestible nutrient (TDN) yields of 32P75, P3156, P3394, Pyeonganok and Kwangpyeongok were 13,381, 12,590, 12,532, 12,140 and 12,036 kg/ha, respectively. Corn crude protein (CP), *in vitro* dry matter digestibility (IVDMD), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and TDN were 7.8%, 74.2%, 42.4%, 23.5% and 70.3%, respectively. In the case of nutritive values of corn, there was no significant difference between of corn varieties of domestic and foreign origin.

(Key words : Corn hybrids variety, Dry matter, Alpine region, Domestic varieties)

I. 서 론

옥수수는 식용으로 뿐만 아니라 가축사료를 생산하기 위한 사일리지용으로 2010년 재배면적 13천 ha에서 208천 톤의 사일리지를 생산하고 있다(MAFRA, 2010). 옥수수 사일리지는 양질의 조사료 재배면적이 적은 우리나라의 축산업에서 없어서는 안 될 중요한 사료자원으로 사료가치가 높아 TDN 수량이 많고 우리나라 중북부지방에서 남부지방

에 이르기까지 전국에서 재배되고 있는 여름사료작물이다.

옥수수는 대표적인 C₄ 작물로 평균 10℃ 이상에서 생육을 시작하고 30~40℃에서 물질생산을 활발하게 한다. 또한 물질생산에 필요한 수분의 함량도 북방형 작물이 필요로 하는 양의 1/2 정도로 적어 가뭄에 대한 영향도 상대적으로 많이 받지 않는 작물이다. 옥수수의 생육과 생산성은 기후조건에 의해 많은 영향을 받는다.

우리나라 중남부지역에서는 옥수수의 파종에서부터 수확

* Corresponding author : Myeong Hwa Kim, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea. Tel: 82-2-450-4200, Fax: 82-2-455-0204, E-mail: jokduri16@daum.net

시기까지의 기후가 남방형 작물이 물질생산에 적당하기 때문에 생산성을 극대화 할 수 있는 조건이지만 중북부 산간 지역에서는 저온에 의한 생육기간의 단축으로 생산성이 매우 불안정한 실정이다. 그동안 옥수수에 대한 연구는 생육특성과 생산량, 사일리지의 사료가치 등 이용성에 초점이 맞추어져 있었고 기후조건과 관련한 연구는 많지 않았다. 대관령에서 생산성 및 작부체계와 관련한 연구(Lee et al., 2004, 2005), 윤작체계 조사(Han et al., 1993) 등 옥수수 사일리지 생산성에 관한 연구 등이 발표되었고 기후변화와 조사료 생산에 관한 연구는 미약하였다.

해발 표고가 높고 기후변화가 심한 대관령지역은 기후조건에 따라 파종시기, 출사일, 수확일 뿐만 아니라 생산량에도 많은 영향을 미치게 된다. 즉 같은 품종이라도 기후조건이 다른 수원지역의 생산량과 대관령지역의 생산량에는 많은 차이가 나타난다(Son et al., 2006; Son et al., 2009). 대관령지역은 표고 760 m로 평균기온이 평야지에 비해 6°C 낮고 무상기간이 135일 정도이다(Han et al., 1998). 고랭지에서 사일리지용 옥수수 재배는 중남부 지역에 비하여 기온이 낮기 때문에 파종 시기는 늦고 수확 시기는 빨리해야 하는 지역적 특성을 가지고 있다. 또한 사일리지용 옥수수는 사일리지 제조 시에 유산발효가 빨리 일어날 수 있도록 유산균의 기질이 되는 당성분의 함량이 많아야 한다. 또한 이삭의 비율이 많은 것이 에너지가가 높아 사료가치를 높일 수 있다. 그러나 이삭의 비율은 기후변화와 재배되고 있는 지역에 따라 상당한 차이가 있다.

Kim et al. (2011)의 연구에 의하면 대관령지역의 기후가 달라지고 있다. 즉 기온은 1970년대와 2000년대까지 30년 동안 평균기온이 0.8°C 상승하는 것으로 나타났으며 평균 일조시간은 줄어들었다. 이러한 추세가 계속된다면 앞으로 대관령지역의 기온과 일조시간 등은 변화가 있을 것으로 사료된다. 이와 같은 우리나라의 기후변화는 목초와 사일리지용 옥수수 등 조사료 생산에 미치는 영향은 점차 증가할 것으로 예측할 수 있으며 기후와 관련한 상세한 연구가 수반되어야 할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 우리나라의 고랭지 기후조건에서 국내외 옥수수 품종들의 재배특성과 수량성, 영양성분 등에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구는 해발표고 760 m인 강원도 평창군 대관령면에 위치한 국립축산과학원 한우시험장 조사료 시험포에서 2009년부터 2011년까지 3년간 실시하였다. 토양은 사질양

토로 물빠짐이 양호하고 평탄지이며 토양통은 토심이 낮고 유기물함량이 적은 차항통이었다. 사일리지용 옥수수의 공시품종은 국내육성 품종으로 광평옥, 강다옥, 청안옥, 청사옥, 평안옥 5품종과 도입품종 P3394, P3156, DK697, 32P75, 33J56 5품종을 공시품종으로 하였다.

시험구 면적은 12 m² (4 × 3 m)로 난피법 3반복으로 시험구를 배치하였고, 파종일은 2009년에는 5월 4일, 2010년에는 5월 7일, 2011년에는 5월 10일에 각각 파종하였다. 재식거리는 75 × 15 cm (4 m, 4열)로 고랭지의 만파에 따른 평당 주수를 높게 하였다. 파종량은 25 kg/ha 기준으로 1본 2립 점파 후에 4~5엽기에 1주는 제거하였다. 시비량은 N-P₂O₅- K₂O = 200-150-150 kg/ha를 기준으로 인산 및 칼리질 비료는 전량 밑거름으로 시용하였고 질소질 비료는 밑거름과 웃거름을 50%로 분시 하였다. 웃거름은 경엽 6~7매의 생육기로 6월 중·하순에 각각 시비 하였다. 잡초방제는 파종 직후 토양처리 제초제(알라+ 씨마네)를 시험구 전체에 살포하였으며 병해충 방제는 거세미와 멸강충 방제를 각 1회씩 실시하였다. 옥수수 사일리지 수확은 황숙기를 판단하여 2009년 9월 15일, 2010년 9월 14일, 2011년 9월 15일에 각각 수확하였다. 따라서 옥수수의 생육기간은 2009년에는 134일, 2010년에는 130일, 2011년에는 128일이었다.

조사항목은 파종기부터 출사기까지 년도 별 온도변화와 출사 후 수확기까지의 온도, 강수량 및 일조시간을 조사하였으며, 식물체의 조사항목은 초기생육, 출사일, 도복정도, 초장, 엽수, 착수고, 줄기직경, 당도, 건물수량, 이삭비율과 ADF, NDF, 조단백질, 소화율, TDN 등 일반영양성분을 조사하였다. 출현상태는 시험구 전체 본엽 1~2엽기에 발아하지 못한 개체를 조사하였고 초기생육은 본엽 3~4엽기에 달관에 의해 생육상태를 조사하였다. 착수고는 지면에서 첫 번째 이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하였다. 출사일은 이삭에서 수염이 80% 정도 출사한 날로 하였고 초장은 지면에서 지엽 선단까지의 길이를 측정하였다. 엽수는 수확 시 옥수수 1주당 고사한 엽을 제외한 녹색을 지닌 엽의 수를 세었다. 줄기직경은 지면에서 2번째 마디의 지름을 측정하였고 도복률은 쓰러진 개체의 수를 조사하였으며 병해충은 달관에 의한 방법으로 조사하였다. 당도는 Brix 측정 당도계를 이용하여 옥수수 줄기의 당도를 측정하였고 이삭비율은 전식물체의 건물함량에서 종실이 차지하는 비율을 계산하였다.

건물수량은 시험구 12 m² 중 6 m²을 수확하여 이삭과 경엽으로 분리하여 생초수량을 조사하였고 각 구당 2주씩 선발하여 60°C의 건조기에서 5일간 건조한 후 평량하여 건물함량을 산출하여 생초수량에 건물함량을 곱하여 건물수량

을 계산하였다. 이를 분쇄하여 화학분석에 사용하였다. 조단백질은 AOAC법 (1995)으로 분석하였고 ADF와 NDF는 Goering과 Van Soest (1970)의 방법으로 분석하였다. TDN은 $TDN \text{ 건물수량} = (\text{경엽 건물수량} \times 0.582) + (\text{암이삭 건물수량} \times 0.85)$ (Pioneer Hi-Bred사)으로 계산하였으며 소화율은 *in vitro* 시험으로 산출하였다.

기후는 기상청의 대관령 기상관측소의 일평균기온과 월평균 기온, 일최고기온, 일최저기온, 일강수량, 일일 일조시간 등을 참고하였다. 대관령 기상관측소는 해발 842.5 m에 위치하고 있어 본 연구를 실시한 시험포에 가장 근접한 관측소의 자료로서 시험포의 기후값을 대표한다고 할 수 있다.

통계처리는 각 품종의 건물수량의 값에 대하여 T-test를 실시하였고 각 품종과 연도간의 paired t-test를 실시하여 유의차를 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 대관령에서 기온과 옥수수 품종별 초기생육

대관령에서 옥수수 파종시기의 기후조건은 2009년 5월 1일부터 10일까지의 평균기온은 14.3℃였고 2010년에는 14.2℃, 2011년에는 10.5℃로 ±3.8℃의 편차를 보였다. 파종일의 최저기온은 2009년에 5.8℃, 2010년에 6.1℃, 2011년 9.2℃를 나타내었으며, 최고기온은 2009년에는 23.3℃, 2010년에는 19.2℃, 2011년에 18.9℃를 나타내었다. 특히 대관령에서의 기후변화는 2010년 6월 1일에는 늦서리가 내려 옥수수

2~3엽기의 옥수수가 피해를 받기도 하였으며, 2011년 6월부터 장마가 지속되어 재배기간 중 일조시간 552시간으로 2009년에 비해 204시간이 감소하여 옥수수 생육에 영향을 미친 것으로 판단된다. 옥수수 초기생육은 2009년에 모든 품종이 양호하였으나 2010년에는 서리피해로 불량하였으며 2011년도에는 계속되는 장마로 생육지수 2.52로 다소 불량하였다. 앞선 연구들에 의하면 (Aldrich et al. 1986) 옥수수의 파종적기는 지역의 일평균 기온이 10℃가 되는 시기로 보고 있다. 옥수수의 파종 시기는 땅속의 수분함량이 종자의 발아에 영향을 미치므로 이러한 조건을 감안하여 2009년에는 5월 4일, 2010년에는 5월 7일, 2011년에는 5월 9일에 파종을 하였고 이에 따라 토양의 수분함량이 발아에 영향을 미치지 않는 것으로 생각된다. 옥수수의 발아 및 유식물의 성장이 지연되는 원인은 시비량 및 시비방법, 잡초와의 경합에 실패, 배수불량 등 여러 가지가 있으나 특히 기후조건 중에서도 기온이 낮거나 강수량 부족에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다. Aldrich et al. (1986)은 옥수수 종자의 발아 최저 지온은 10℃이고 파종 후 7~10일이면 발아한다 하였으며 본 연구에서는 최고기온보다 최저기온에 의한 영향이 큰 것으로 판단된다.

2. 대관령에서 기온과 옥수수 품종별 생육특성

사일리지용 옥수수의 출사일 등 생육특성을 Table 2에 나타내었다. 평균 출사일은 2009년에는 8월 14일, 2010년도 8월 3일, 2011년도 8월 7일로 년도 별 4~11일의 차이가 있었다. 출사일은 도입품종이 국산품종보다 3~4일 빠른 것

Table 1. The Germinate state, Early grows, Silking during of corn hybrid varieties in Daegwallyeong region

Item	Germinate state (1-9)*				Early growth (1-9)*				Silking during (Day)			
	'09	'10	'11	Mean	'09	'10	'11	mens	'09	'10	'11	mean
Kwangpyeongok	1.5	1.2	2.2	1.63	1.2	2.5	2.2	1.97	104	88	89	93.67
Gangdaok	1.5	1.2	3.7	2.13	1.2	2.6	3.0	2.27	105	92	94	97.00
Cheonganok	1.5	1.2	4.1	2.27	1.2	2.4	3.4	2.33	102	88	89	93.00
Cheonsaok	1.5	1.2	2.4	1.70	1.2	3.0	2.5	2.23	104	89	94	95.67
Pyeonganok	1.5	1.2	4.1	2.27	1.2	1.3	3.5	2.00	104	92	95	97.00
P3394	1.5	1.2	1.3	1.33	1.2	3.0	1.2	1.80	100	85	86	90.33
P3156	1.5	1.2	1.0	1.23	1.2	2.2	1.0	1.47	99	86	86	90.33
DK729	1.5	1.2	1.9	1.53	1.2	2.4	2.0	1.87	105	92	91	96.00
32P75	1.5	1.2	1.4	1.37	1.2	2.8	1.5	1.83	100	87	86	91.00
33J56	1.5	1.2	4.4	2.37	1.2	3.0	3.7	2.63	102	86	91	93.00
Mens	1.5	1.2	2.65	1.78	1.2	2.52	2.40	2.04	102.5	88.5	90.1	93.70

* 1 (strong) ~ 9 (weak).

Table 2. The Leaf number, Disease and insect, Lodging of corn hybrid varieties in Daegwallyeong region

Variety	Leaf (Number)				Disease and Insect (1-9)*				Lodging (1-9)*			
	'09	'10	'11	mean	'09	'10	'11	mean	'09	'10	'11	mens
Kwangpyeongok	14	14.0	12.6	13.53	1	1	1	1.00	1	1	1	1
Gangdaok	13	13.6	12.4	13.00	1	1	1	1.00	1	1	1	1
Cheonganok	12	11.7	11.2	11.63	1	1	1	1.00	1	1	1	1
Cheonsaok	12	12.4	12.9	12.43	1	1	1	1.00	1	1	1	1
Pyeongganok	13	13.9	12.4	13.10	1	1	1	1.00	1	1	1	1
P3394	12	12.1	10.5	11.53	1	1	2	1.33	1	1	1	1
P3156	12	13.2	11.5	12.23	1	1	1.5	1.17	1	1	1	1
DK729	13	12.6	11.7	12.43	1	2.5	1.5	1.67	1	1	1	1
32P75	11	12.4	10.5	11.30	1	1	1	1.00	1	1	1	1
33J56	12	13.6	11.2	12.27	1	1	1	1.00	1	1	1	1
Mean	12.4	13.0	11.7	12.37	1.00	1.15	1.20	1.12	1	1	1	1

* 1 (strong) ~ 9 (weak)

으로 나타났다. 옥수수의 출사에 소요된 평균기간은 2009년에는 103일, 2010년에는 89일, 2011년에는 90일로 연차간 상관관계가 ($p>0.05$) 나타나지 않았으며 Kim et al. (1996)이 언급한 바와 같이 적산온도에 영향을 받는 것으로 판단되며 일사량이 많은 2011년도와 2010년도에 출사일이 다소 빨랐다.

본 실험 기간 동안 기온의 변화는 2009년도의 일 최저기온과 일 최고기온의 차이는 5월 하순에 심하여 11.5℃나 차이가 났으며 2010년도에는 6월 초순에는 23.8℃까지 올라 일 최저기온과 최고기온의 차이가 무려 17.9℃이었다. 그 후 옥수수 생육기간 중 일 최저기온이 가장 높았던 때는 2009년도에는 7월 중순으로 17.4℃이었고 2010년과 2011년에는 7월 하순경부터 8월 초순경으로 20℃ 이상이었다. 일 최고기온이 가장 높았던 때는 2009년 6월 하순으로 25.6℃를 나타내었고 2010년에는 8월 초순으로 27.6℃를 나타내었으나 2011년도에는 7월 21일부터 15일 동안 15.1~18.7℃ 저온이 계속되어 생육에 영향을 미치는 것으로 판단된다. 대관령에서 사일리지용 옥수수의 품종별 수확기 생육특성 초장은 2009년도 207 cm, 2010년도 259 cm, 2011년도 226 cm로 일조시간이 적었던 2009년도에 짧았으며 품종 간 유의차는 없었으나 연차 간 유의차가 나타났다 ($p<0.05$). 줄기의 직경도 모든 품종에서 2010년도가 굵었으며 연도 간 유의차가 인정되었다.

옥수수의 착수고가 높으면 도복율이 높아지고 따라서 수량손실이 큰데 (Aldrich et al., 1986) 고랭지에서 3년간 모든 품종에서 도복은 일어나지 않았다. 이는 Son et al. (2006)의 연구와 같이 착수고가 낮아 국산품종도 도복이

발생하지 않는 결과를 나타내었다. 사료작물이 생육도중에 도복이 되면 포장에서 손실률이 크게 증가하므로 수량이 감소하고 사일리지의 제조 시에 기계수확 손실율과 작업능률이 떨어지는 등 상당한 손실을 입게 된다. 사일리지 옥수수의 수확기인 9월 중순경까지 우리나라는 몇 차례의 태풍이 상륙하는데 3년 동안 모든 품종에서 도복이 일어나지 않았는데 이는 이 품종들이 도복에 강한 품종 (Son et al., 2009)으로 생각된다.

무상기간이 짧은 대관령 지역에서 옥수수를 재배하기 위하여 끝서리가 오는 5월 중순에서 첫서리가 오는 9월 하순 사이 약 135일안에 파종에서 수확까지 하여야 한다고 보고 하였는데 (Han et al., 2000) 본 연구에서는 파종을 5월 상순에 하였고 수확을 9월 중순에 하여 10년 전의 연구와 비교하면 파종과 수확의 시기가 약 10일 정도 앞당겨지고 있다.

3. 대관령에서 옥수수 품종별 생산량

Table 4의 이삭비율은 출사 후 수확기까지의 최저기온이 건물수량에 영향을 미치게 된다 (Lee et al., 2004). 출사 후 수확기까지의 평균 최저온도는 2009년 11.8℃, 2010년 18.0℃, 2011년 14.1℃ 이었다. 이삭비율은 소화율과 에너지 함량이 경엽과 줄기 등 다른 부위보다 높아 옥수수의 품질에 영향을 미치는데 (Giardini and Gaspari, 1979; Kim et al., 1996) 연차별 평균 이삭비율은 2009년 26.4%, 2010년 50.1%, 2011년 41.6%로 차이가 나타났는데 출수기 이후 평균 최저온도 연도 별 일교차에 의한 영향이 큰 것으로 사료된다. (Lee et al., 2004) 생초수량과 건물수량은 모든

Table 3. The agronomic characteristics Plant height, Ear height, Stem diameter of corn hybrid varieties in alpine region

Variety	Plant height (cm)				Ear height (cm)				Stem diameter (cm)			
	'09	'10	'11	Mean	'09	'10	'11	Mean	'09	'10	'11	Mean
Kwangpyeongok	208	266	233	235.7	89	105	98	97.3	18.9	32.1	20.9	24.0
Gangdaok	200	242	226	222.7	93	105	105	101.0	19.0	31.5	21.9	24.1
Cheonganok	189	240	203	210.7	76	98	84	86.0	18.9	30.9	19.5	23.1
Cheonsaok	201	253	217	223.7	84	103	99	95.3	19.1	31.5	21.3	24.0
Pyeonganok	217	272	221	236.7	87	114	91	97.3	19.0	28.6	21.8	23.1
P3394	200	244	223	222.3	85	96	95	92.0	18.7	27.9	20.4	22.3
P3156	219	268	238	241.7	86	106	99	97.0	19.0	28.1	20.2	22.4
DK729	226	276	237	246.3	93	102	99	98.0	19.1	28.7	20.7	22.8
32P75	219	259	236	238.0	90	105	95	96.7	18.9	28.8	21.6	23.1
33J56	194	266	225	228.3	55	98	86	79.7	18.8	32.3	19.6	23.6
Mean	207.3 ^c	258.6 ^a	225.9 ^b	230.6	83.8	103.2	95.1	94.0	18.9 ^b	30.0 ^a	20.8 ^{ab}	23.23

* ^{abc} Means in the same row with different letter are significantly different (p<0.05).

Table 4. The Ear rate, Steam of Dry matter, Brix score of Corn hybrid varieties in Daegwallyeong region

Variety	Ear rate(%)				Steam of Dry matter(%)				Brix score			
	'09	'10	'11	Mean	'09	'10	'11	Mean	2009	2010	2011	Mean
Kwangpyeongok	28.4	50.7	41.2	40.10	31.4	16.7	24.5	24.20	11.0	9.3	7.0	9.10
Gangdaok	21.1	53.6	34.8	36.50	33.8	16.1	22.6	24.17	10.2	10.1	7.0	9.10
Cheonganok	26.9	48.1	37.8	37.60	30.0	16.4	25.9	24.10	10.0	6.4	8.4	8.27
Cheonsaok	21.8	51.8	36.8	36.80	31.0	14.5	23.4	22.97	11.4	6.1	6.4	7.97
Pyeonganok	18.8	56.1	38.4	37.77	37.3	17.5	22.6	25.80	9.0	9.0	9.0	9.00
P3394	32.0	46.1	48.5	42.20	43.3	20.5	24.9	29.57	9.2	6.5	3.6	6.43
P3156	30.8	47.7	42.3	40.27	30.2	16.3	23.2	23.23	9.0	6.3	6.9	7.40
DK729	22.5	53.0	45.0	40.17	30.8	17.1	20.1	22.67	7.5	4.6	6.7	6.27
32P75	33.3	45.7	44.1	41.03	30.6	14.8	25.0	23.47	11.5	8.1	7.2	8.93
33J56	28.5	47.8	46.6	40.97	30.0	17.0	24.4	23.80	11.1	7.0	6.1	8.07
Mean	26.41 ^b	50.06 ^a	41.55 ^{ab}	39.34	32.84	16.69	23.66	24.40	10.0	7.3	6.8	8.05

* ^{ab} Means in the same row with different letter are significantly different (p<0.05).

품종에서 2010년도에 수량이 많았으며 2011년 수량이 낮았다. 년차 간 평균 건물수량은 2009년도 18,766 kg/ha, 2010년도 19,200 kg/ha, 2011년도 11,992 kg/ha으로 수확기의 온도가 낮은 2011년도 건물수량이 낮았으며 품종별 건물생산량도 유의차가 나타났다 (p<0.05). 옥수수의 생초수량은 이삭무게보다 잎과 줄기의 무게가 많으며, 초장과 경직경, 수분함량이 생초수량에 영향을 미친 것으로 생각된다. 2010년도의 수량이 높은 것은 기온변화에 의한 것으로 사료되며 당도는 일사량이 많았던 2009년에 10.0 brix로 당도가 높았으며 2010, 2011년도는 6.8~7.3 brix로 낮았다.

고랭지에서 옥수수의 생육단계별 성장은 2010년도에는 옥수수가 발아 후 정착하여 초기생육기간인 5월 하순에는 기온이 낮아 생육이 저조하였으나 6월에 들어와서 2009년, 2011년도에 비해 기온의 상승이 빨라 물질생산을 왕성하게 하여 영양생장에 이용하여 초장이 길었고 착수고도 높았으며 줄기의 직경도 굵어졌으며 따라서 당도는 상대적으로 낮았던 것으로 생각된다. 2011년도는 8월 하순부터 기온이 평년에 비해 낮아 건물율과 이삭비율도 감소하게 되고 생초생산량에 비례하여 건물생산량이 감소하였다. 또한 건물율과 이삭비율이 낮으므로 TDN 수량도 낮아진 것이다.

Table 5. The Fresh matter yield, Brix score, Dry matter yield of corn hybrid varieties in Daegwallyeong region

Variety	Fresh matter yield (kg/ha)				Dry matter yield (kg/ha)			
	2009	2010	2011	Mean	2009	2010	2011	Mean
Kwangpyeongok	56,933	78,556	44,378	59,956	19,154ab	19,552a	12,859ab	17,188b
Gangdaok	46,700	72,444	42,300	53,815	15,183c	16,648c	10,928bc	14,253c
Cheonganok	50,933	68,778	34,744	51,485	16,220bc	16,829c	10,412c	14,487c
Cheonsaok	57,389	82,111	37,344	58,948	17,601b	18,871b	10,287c	15,586bc
Pyeonganok	61,100	91,778	45,467	66,115	20,728a	20,054a	12,244b	17,675ab
P3394	43,411	76,000	41,889	53,767	18,322bc	19,992ab	13,268ab	17,194b
P3156	63,878	82,111	47,956	64,648	21,528ab	18,671b	13,793a	17,997ab
DK729	64,244	90,111	43,444	65,933	19,705b	19,821ab	11,835b	17,120b
32P75	67,400	84,222	45,156	65,593	22,830a	20,072ab	13,802a	18,901a
33J56	49,211	83,556	34,028	55,598	16,384c	21,487a	10,488c	16,120bc
Mean	56,120	80,967	41,671	59,586	18,766	19,200	11,992	16,653

* abc Means in the same column with different letter were significantly different ($p < 0.05$).

4. 고랭지에서 옥수수 품종별 영양성분

Table 6에 옥수수의 TDN 생산량 및 소화율을 분석하였다. 품종별 TDN 수량은 32P75 품종 13,382 kg/ha으로 가장 높았고 국산 품종으로는 평안옥과 광평옥이 각각 12,140, 12,036 kg/ha으로 나타났다. 옥수수의 소화율은 평균 74.2%의 비교적 높은 소화율을 보였고, 조단백질 함량도 평균 7.8%로 양호한 사료가치를 함유하고 있었다. ADF는 셀룰로오스와 리그닌 등 가축이 소화할 수 있는 물질의 비율은 평균 23.5%로 낮아 TDN의 함량이 증가하게 된다(Lee et al., 2004). NDF도 평균 42.3%로 가축의 섭취량이 증가함을 나타내고 있다(Rohweder et al., 1978). 조단백질의 함량

은 황숙기에 수확된 품종에서 증가하였고 생육후기에 저온이 발생한 2011년도는 조단백질 함량이 감소하였다. 소화율은 년차별, 품종별 차이는 인정되지 않았고 수확기에 숙기가 늦은 품종의 소화율이 높게 나타났다.

본 연구에 의하면 파종시기의 년차 간 기온의 변화가 심하며 수확시기의 저온에 의한 생육지연이 옥수수의 건물수량에 큰 영향을 미치게 되는 것으로 사료된다. 또한 밤과 낮의 일교차에 의한 이삭비율이 증가하며 옥수수의 초기생육에 기온의 영향이 큰 것으로 나타났다. 앞선 연구에 의하면 대관령지역은 지난 30년 동안 기온이 꾸준히 상승하는 것으로 나타났으며 그 형태는 봄이 늦게 오고 가을이 일찍 오는 것으로 나타났다. 현재까지 대관령지역의 옥수

Table 6. The Forage value of corn hybrid varieties in Daegwallyeong region

Variety	TDN (%)				TDN yield (kg/ha)				Digestibility (%)			
	2009	2010	2011	Mean	2009	2010	2011	Mean	2009	2010	2011	Mean
Kwangpyeongok	69.9	69.9	70.4	70.07	13,385	13,667	9,055	12,036	70.16	72.56	73.64	72.12
Gangdaok	70.9	68.1	66.7	68.57	10,768	11,340	7,285	9,798	75.51	70.82	68.80	71.71
Cheonganok	75.4	71.6	72.9	73.30	12,232	12,056	7,592	10,627	77.60	76.55	77.03	77.06
Cheonsaok	67.6	68.8	69.5	68.63	11,893	12,982	7,145	10,673	71.10	77.22	71.69	73.34
Pyeonganok	68.5	72.0	63.6	68.03	14,191	14,439	7,791	12,140	70.63	80.74	69.64	73.67
P3394	71.7	73.5	73.6	72.93	13,138	14,693	9,764	12,532	74.15	78.78	77.76	76.90
P3156	70.5	69.1	70.4	70.00	15,167	12,896	9,708	12,590	70.28	75.78	76.03	74.03
DK729	66.9	67.9	69.4	68.07	13,179	13,449	8,213	11,614	70.59	74.01	73.58	72.73
32P75	71.1	70.7	70.4	70.73	16,229	14,195	9,718	13,381	71.03	74.55	74.81	73.46
33J56	71.7	74.8	71.8	72.77	11,746	16,080	7,526	11,784	74.89	79.94	75.03	76.62
Mean	70.42	70.64	69.87	70.31	13,193	13,587	8,380	11,720	72.59	76.10	73.80	74.16

Table 7. The nutritional contents of corn hybrid varieties in Daegwallyeong region

Variety	CP (%)				NDF (%)				ADF (%)			
	2009	2010	2011	Mean	2009	2010	2011	Mean	2009	2010	2011	Mean
Kwangpyeongok	7.06	9.04	5.46	7.19	46.59	43.09	43.02	44.23	24.07	24.05	23.40	23.84
Gangdaok	8.70	8.93	4.67	7.43	44.43	44.18	49.00	45.87	22.74	26.31	28.15	25.73
Cheonganok	9.38	9.50	7.62	8.83	34.60	37.89	37.27	36.59	17.07	21.85	20.24	19.72
Cheonsaok	8.62	8.66	6.60	7.96	52.13	44.79	44.27	47.06	27.00	25.45	24.61	25.69
Pyeonganok	8.97	9.92	8.73	9.21	49.93	37.87	54.79	47.53	25.87	21.39	31.99	26.42
P3394	7.10	7.98	6.66	7.25	39.48	33.23	35.40	36.04	21.76	19.50	19.38	20.21
P3156	6.74	8.50	6.41	7.22	44.29	41.07	41.73	42.36	23.35	25.10	23.44	23.96
DK729	9.98	8.98	5.32	8.09	54.12	42.41	43.82	46.78	27.87	26.64	24.68	26.40
32P75	8.46	8.46	5.01	7.31	41.63	37.56	40.08	39.76	22.55	23.01	23.41	22.99
33J56	8.84	8.94	4.81	7.53	41.40	31.93	38.46	37.26	21.78	17.80	21.69	20.42
Mean	8.39	8.89	6.13	7.80	44.86	39.40	42.78	42.35	23.41	23.11	24.11	23.54

수의 파종 시기는 5월 초순이었으나 이 때 기온이 낮은 일수가 많아지는 경향을 나타내고 있어 파종시기에 대한 더 자세한 연구가 필요한 것으로 판단된다. 그러나 옥수수는 파종시기가 늦어지면 출사일수가 짧아지고 이삭 비율이 낮아지며 생초수량도 적어지는 등 수량이 감소하고 (Son et al., 2010) 잡초와의 경합에서도 불리하고 병해충의 피해가 높으며 특히 우리나라의 기후조건에서 태풍에 의한 도복의 위험이 있으므로 파종시기의 결정은 신중하여야 할 것이다. 따라서 발아와 초기생육이 빠르고 잡초와의 경합에 강한 품종을 선택하여야 할 것이다. 옥수수가 재배되는 기간에 평균 최고기온이 25℃ 이상이 되는 날은 2009년도 20일, 2010년도 55일, 2011년도 33일이었다. Kim et al. (1986)은 사료작물은 고온 하에서 동화물질이 구조탄수화물의 합성에 이용되고 수용성 탄수화물은 낮은 온도조건에서 증가한다고 하였다. 평균 최저기온은 2009년도 12.3℃, 2010년도 14.3℃, 2011년도 14.1℃로 년차 간 평균 최저기온은 ±1.1℃ 범위를 보이고 있다.

IV. 요약

고랭지에서 사일리지용 옥수수의 출현상태와 초기생육은 품종간 차이는 없었으나 년차별 기후변화에 따라 습해 및 서리 피해가 발생하였다. 2010년도는 6월 1일 서리가 내렸고, 2011년도는 파종 후 강우가 지속되어 발아 및 초기생육에 영향을 미치게 되었다. 초기생육이 안정적인 품종은 국산품종으로 광평옥, 도입종은 P3156 품종이었다. 옥수수의 출사일은 년차 간 평균 5.5일의 차이가 있으며 국산종은 8월 8일부터 8월 12일까지 출사기간이며 도입종은 8월

5일부터 8월 11일까지 출사하여 도입종과 국산종의 출사일은 3~4일 차이가 있었다. 광평옥의 출사일은 8월 8일, P3156 품종은 8월 5일로 비교적 빨리 출사하는 품종이고 평안옥과 DK729 품종은 출사기가 늦은 품종이었다. 옥수수 평균 초장은 231 cm 정도이며 국산품종 광평옥은 236 cm, 평안옥 237 cm로 초장이 큰 품종이 건물생산량도 많았다. 줄기의 굵기는 전체 평균 23.2 mm, 착수고는 94 cm이었다. 착수고가 낮아 내도복성인 품종은 청안옥 86 cm, 33J56 품종 80 cm이었고 강다옥은 101 cm로 착수고가 상대적으로 높았다. 고랭지에서 사일리지용 옥수수 이삭비율은 전체평균 39.3%이었으며 국산종보다 도입종이 다소 높았다. 국산품종 중에서 광평옥은 40.1%로 이삭비율이 높았으며 도입종 중에서 P3394 품종이 42.2%로 대등한 이삭비율을 보였다. 사일리지용 옥수수의 생초중은 평균 59.6톤/ha이었으며 국산품종보다 도입품종의 생산성이 다소 높았다. 평균 건물수량은 16,653 kg/ha이며 건물수량이 많은 품종 순으로 32P75, P3156, 평안옥, P3394, 광평옥이며 건물수량은 각각 18,901 kg/ha, 17,997 kg/ha, 17,675 kg/ha, 17,194 kg/ha, 17,188 kg/ha 이었다. 옥수수의 당도는 발효과정에서 품질에 미치는 영향이 크며 고랭지에서 평균 당도는 8.1이었다. 국산품종이 8.69로 도입품종 7.42에 비해 평균 1.27 높은 것으로 나타났다. TDN 수량에서 32P75 품종은 13,381 kg/ha, P3156 품종 12,590 kg/ha, P3394 품종 12,532 kg/ha이며 국산품종은 평안옥 12,140 kg/ha, 광평옥 12,036 kg/ha로 이들 국산품종은 도입품종과 대등한 TDN 수량을 생산할 수 있었다. 고랭지에서 도입품종과 국산품종의 사료가치는 평균 CP 7.8%, 소화율 74.2%, NDF 42.4%, ADF 23.5%, TDN 70.3%로 대차 없었으며 청안옥의 TDN 함량

은 73.3%로 가장 높았다.

V. 인 용 문 헌

- Aldrich, S.R., Scott, W.O. and Hoelt, R.G. 1986. Modern corn production(3th ed.). A&L. Publications Inc. Station. Illinois.
- Alessi, J. and Power, J.F. 1971. Corn emergence in relation to soil temperature and seeding Depth. *Agriculture Journal*. 63:717-719.
- AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC.
- Blacklow, W.M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn. *Crop Science*. 12:647-650.
- Choe, Z.R., Joo, Y.K., Song, M.T., Oh, H.S. and Ann, D.W. 1990. Determination of Sowing Date for Silage Corn Based on Growing Degree Days and Soil Temperature. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 35:254-258.
- Giardini, A., Gaspari, F., Vecchietini, M. and Schenoni, P. 1976. Effect of maize silage harvest stage on yield plant composition and fermentation losses. *Animal Feed Science and Technology*. 1:313-326.
- Han, S.Y. and Kim, D.J. 1993. Studies on the Rotation System to Forage Crop Cultivation at the Alpine Area. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 13:300-304.
- Han, S.Y. and Kim, D.J. 2000. Effect of the Double Cropping at High Altitude Area Which was Cultivated Suitable Forage Crop. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 20:147-154.
- Kim, D.A., Lee, K.N., Shil, D.E., Kim, J.D. and Han, K.J. 1996. Effect of Planting Date on Forage Yield and Quality of corn Four Maturity Groups. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 16:327-337.
- Kim, M.H., Kim, M.J., Lee, S.R. and Lee, S.H. 2011. This Relationship between Climatic conditions and Growth characteristic of the grass in Alpine regions of Korea. *The Geographical Journal of Korea*. 45:137-147.
- Kim, M.J., Lee, S.H., Chang, S.S., Kim, T.I., Choi, S.H., Cho, W.M., Hong, S.G., Lee, S.R. and Kim, M.H. 2011. Effect of the Climatic Condition on the Growth Characteristic of Domestic Corn Hybrids in Alpine Region. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science* 31:371-382.
- Kim, J.G. and Voigtlaender, G. 1985. Studies on Reserved Carbohydrates and NEL (Net energy Lactation) in Corn and Sorghum I. Synthesis and Accumulation Pattern of Fructosan, Mono- and Disaccharose. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 5:45-52.
- Korea Meteorological administration. Weather services : http://www.kma.go.kr/weather/observation/past_cal.jsp
- Lee, J.K., Park, H.S., Chung, J.W., Kim, J.G., Lim, Y.C., Kim, Y.G., Lee, S.C., Jung, J.R. and Sung, K.I. 2005. 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. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 25:239-244.
- Lee, J.K., Park, H.S., Chung, J.W., Na, K.J., Seo, S., Sung, K.I., Jung, J.R. and Cho, K.S. 2004. Effect of Herbicide Combination on Agronomic Characteristics, Dry matter Yield, Nutritive Value and Weed Control of Silage Corn in Alpine Area. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 24:37-42.
- Lee, J.K., Park, H.S., Kim, Y.G., Chung, J.W., Na, K.J., Kim, M.C., Lee, S.C. and Yook, W.B. 2004. Effect of the Seeding and Harvesting Dates on the Growth Characteristics, Dry Matter Yield and Quality of Corn for Silage in Alpine Areas. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 24:115-122.
- Lim, Y.C., Chung, C.W., Han, S.Y., Choi, G.J. and Rim, Y.W. 2001. Growth Characters and Productivities of Corn Varieties at Deakwanryoung District of Korea. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 21:39-44.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2010.
- Rohweder, D.A., Barnes, R.F. and Joergensen, N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science*. 47:748-759.
- Son, B.Y., Kim, J.T., Lee, J.S., Baek, S.B., Kim, W.H. and Kim, J.D. 2010. Comparison of Growth Characteristics and Yield of Silage Corn Hybrids by Different Planting Dates at Paddy and Upland Field. *Journal of the Society of Grassland and Forage Science*. 30:237-246 .
- Son, B.Y., Kim, S.L., Jung, T.W., Song, S.Y., Kim, C.K., Kim, S.J., Ji, H.J., Huh, C.S. and Park, J.Y. 2009. A New Single Cross Maize Hybrid for Silage, "Pyeonganok". *Plant Breeding and Biotechnology Journal of Korea*. 41:310-313.
- Son, B.Y., Moon, H.G., Jung, T.W., Kim, S.J. and Kim, J.D. 2006. Comparison of Agronomic Characteristics, Yield and Feed Value of Different Corn Hybrids for Silage. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. 51:233-238.

(Received May 7, 2013/Accepted June 12, 2013)