초지조사료지 (J. Kor. Grassl. Forage Sci.) 31(4) : 371~382, 2011 DOI:10.5333/KGFS.2011.31.4.371

고랭지에서 기후조건이 국내육성 옥수수 품종의 생육특성에 미치는 영향

김맹중[1] · 이승호[2] · 장선식[1] · 김태일[1] · 최순호[1] · 조원모[1] · 홍성구[1] · 이상락[3] · 김명화[3]

Effect of the Climatic Condition on the Growth Characteristic of Domestic Corn Hybrids in Alpine Region

Meingjooung Kim[1], Seungho Lee[2], Sunsik Chang[1], Taeil Kim[1], Sun Ho Choi[1], Wonmo Cho[1], Seonggu Hong[1], Sangrak Lee[3] and Myeonghwa Kim[3]

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the relationship between climates, growth characteristic and yield of silage corn at Hanwoo Experiment Station, National Institute of Animal Science, Daegwallyeong in Gangwon Province located at altitude of 760 m, from 2009 to 2010. The mean minimum temperature was 12.29℃ from seeding to harvest in 2009, 14.30℃ in 2010, the mean maximum temperature was 21.66℃, 23.48℃, respectively. The mean temperature was 16.85℃ in 2009 and 18.55℃ in 2010, respectively. Duration of sunshine was 711.3 hours in 2009 and 663.8 hours in 2010, and precipitation was 893.8 mm in 2009 and 752.1 mm in 2010, respectively. In 2009, for all Kwangpyeongok, Gangdaok, Cheonganok, Cheongsaok, Pyeonganok, the early growth was good with 1.2, while in 2010 the growth for Pyeonganok was good with 1.3 comparing to others, which showed worse growth than in the previous year with 2.4~3.0. There was significant difference in the ear height between 2009 and 2010, showing mean value of 85.8 cm and 105 cm for all the species in 2009 and in 2010, respectively ($p<0.001$). In 2010, stem diameter for all the species were larger, and there was significant difference in mean value of the diameter between 2009 and 2010 ($p<0.001$). There was significant difference in the plant height and ear height between 2009 and 2010, showing 200 cm and 258 cm in 2009 and 2010, respectively ($p<0.001$). There was significant difference in the average days to silk, showing 103.8 days in 2009, 90 days in 2010, respectively ($p<0.001$). There was no lodging or disease-insect damage in all hybrid silage corn in both 2009 and 2010. The mean ear rates were 23.4% in 2009, but almost doubled, 52.1%, in 2010. There was significant difference in fresh yield between the two years, showing 54,611 kg/ha in 2009 and 78,733 kg/ha in 2010, respectively ($p<0.001$). Dry matter yields were higher in 2010 than in 2009. TDN yields of Gangdaok and Cheonganok were higher in 2009, whereas that of Cheongsaok and Pyeonganok were higher in 2010. Crude protein contents were higher in 2010 than in 2009 for all the species.

(**Key words** : Corn Hybrids, Domestic variety, Dry matter, Climatic change, Alpine region)

[1] 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science)
[2] 건국대학교 기후연구소 (Climate research Institute, Konkuk University)
[3] 건국대학교 친환경농산물인증센터 (Eco-friendly Agricultural Products Certification Center, Konkuk University)
Corresponding author : Myeong Hwa Kim, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, 1 Whayang-dong, Gwangjin-gu, Seoul, 143-701, Korea. Tel: +82-2-450-4200, Fax: +82-2-455-0204, E-mail: jokduri16@daum.net

Ⅰ. 서 론

우리나라의 연간 가축용 배합사료 생산량은 해마다 늘어나고 있어 2009년 국내 배합사료 생산량은 16,665천 톤이었고 2010년에는 약 17,534천 톤이었으며 원료사료 수입량은 약 87%로 해외시장의 의존도가 높다. 또 축산물의 생산비 중에서 사료비가 차지하는 비율이 한우와 젖소가 각각 39%, 62%이다. 그 중에서 조사료의 수입가격은 2007년도와 비교하여 18~43%가 상승하여 축산경영을 안정적으로 유지하기 위하여 사료비의 비중을 줄이는 것은 상당히 중요하다. 옥수수는 식용으로 뿐만 아니라 가축의 사료를 생산하기 위한 사일리지용으로 재배되고 있다. 옥수수는 단위면적당 생산량이 많고 가소화양분총량도 많으며 사일리지로 제조하였을 때 수용성 당의 함량이 많아 발효가 잘 되어 가축의 기호성도 좋다. 파종부터 수확하여 사일리지를 제조하는 모든 과정을 기계화할 수 있어 경제성도 높은 사료작물로 양질의 조사료 재배면적이 적은 우리나라의 축산업에서 없어서는 안 될 중요한 사료자원으로 우리나라 중북부지방에서 남부지방에 이르기까지 전국에서 재배되고 있다. 2010년도 사일리지용 옥수수의 재배면적은 13천 ha에서 208천 톤의 사일리지를 생산하였다(농림수산식품부, 2010). 사료작물의 생장에 영향을 미치는 요소는 인위적으로 조절할 수 있는 파종량, 파종시기, 토질, 잡초와의 경합, 병해충의 정도, 비료의 종류와 양 등의 요소가 있는가 하면 기온, 강수량, 일조시간 등과 같이 인위적으로 조절할 수 없는 요소가 있다. 옥수수는 대표적인 남방형 작물(C4작물)로 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. 기후조건은 옥수수의 생육과 생산성에 많은 영향을 미친다. 우리나라 중남부지역에서는 옥수수의 파종에서부터 수확시기까지의 기후가 남방형 작물이 물질생산에 적당한 조건으로 생산성을 극대화 할 수 있으나 중북부 산간지에서는 저온에 의한 생육기간의 단축으로 생산성이 매우 불안정한 실정이다. 그동안 고랭지에서 옥수수에 대한 연구는 고랭지에서 작부체계와 관련한 연구 등(한 등, 1998), 윤작체계 조사(한 등, 1993), 시비수준 연구(이 등, 2005) 등과 같은 생산성에 관한 연구 등이 있고 기후조건과 관련한 연구는 많지 않았다. 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(손 등, 2009; 손 등, 2006). 대관령지역은 표고 760 m로 평균기온이 평야지에 비해 6℃ 낮고 무상기간이 135일 정도이다(한 등, 1998). 고랭지에서 사일리지용 옥수수 재배는 중남부 지역에 비하여 기온이 낮기 때문에 파종 시기는 늦고 수확시기는 빨리해야 하는 지역적 특성을 가지고 있다. 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 기후조건과 재배되고 있는 지역에 따라 상당한 차이가 있다. 김 등(2011)의 연구에 의하면 대관령지역의 기후가 달라지고 있다. 즉 기온은 1970년대와 2000년대까지 30년 동안 평균기온이 0.8도 상승하는 것으로 나타났으며 평균 일조시간은 줄어들었다. 이러한 추세가 계속된다면 대관령지역에서 작물생산에 대한 변화, 특히 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 기후조건과 국내 육

성 옥수수 품종들의 재배특성과 수량성, 영양성분 등의 관계를 구명하기 위하여 수행하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

본 연구는 표고 760 m인 강원도 평창군 대관령면에 위치한 국립축산과학원 한우시험장 조사료 시험포에서 2009년부터 2010년까지 2년간 실시하였다. 토양은 사질양토로 물빠짐이 양호하고 평탄지이며 토양통(土壤統)은 토심이 낮고 유기물함량이 적은 차항통(車項統)이었다. 사일리지용 옥수수의 공시품종은 국내육성 품종으로 광평옥, 강다옥, 청안옥, 청사옥, 평안옥 5품종으로 하였다. 시험구 면적은 12 m^2 (4×3m)로 난괴법 3반복으로 시험구를 배치하였고, 파종일은 2009년에는 5월 4일, 2010년에는 5월 7일에 각각 파종하였다. 재식거리는 75×15 cm (4m, 4열)로 만파에 따른 평당 주수를 높게 하였다. 1본 2립 점파 후에 4~5엽기에 1주는 제거하였다. 시비량은 $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ = 20-15-15 kg/10a을 시용하였고 인산 및 칼리질 비료는 전량 밑거름으로 시용하였고 질소질 비료는 밑거름과 웃거름을 50%로 분시 하였다. 웃거름은 경엽 6~7매의 생육기로 2009년도 6월 18일, 2010년도 6월 23일에 각각 시비 하였다. 잡초방제는 파종 직후 토양처리 제초제(알라+씨마네)를 시험구 전체에 살포하였다. 병해충 방제는 거세미와 멸강충 방제를 각 1회씩 실시하였다. 옥수수 사일리지 수확은 황숙기를 판단하여 2009년도 9월 15일, 2010년도 9월 14일에 수확하였다. 따라서 옥수수의 생육기간은 2009년에는 134일, 2010년에는 130일이었다. 조사항목은 파종기부터 출사기까지 연도별 온도변화와 출사 후 수확기까지의 온도, 강수량 및 일조시간을 조사하였으며, 식물체의 조사항목은 초기생육, 출사일, 도복정도, 병해충, 초장, 엽수, 착수고, 줄기직경, 당도, 건물수량, 이삭비율과 ADF, NDF, 조단백질, 소화율, TDN 등 일반영양성분을 조사하였다. 초기생육(early grows)은 달관으로 조사하였고 착수고(ear height)는 지면에서 최상단 암 이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정하였다. 출사일(silking dates)은 암이삭에서 수염이 80% 정도 출사한 날로 하였고 초장(plant height)은 지면에서 지엽 선단까지의 길이를 측정하였다. 엽수(leaf number)는 수확시 옥수수 1주당 고사한 엽을 제외한 녹색을 지닌 엽의 수를 세었다. 줄기직경(stem diameter)은 지면에서 2번째 마디의 지름을 측정하였고 바람이나 기타 요인으로 옆으로 쓰러지는 현상인 도복(lodging)은 쓰러진 개체의 수를 조사하였으며 병해충은 달관에 의한 방법으로 조사하였다. 당도(brix score)는 Brix 측정 당도계를 이용하여 옥수수 줄기의 당도를 측정하였고 이삭비율(ear rate)은 전식물체의 건물함량에서 종실이 차지하는 비율을 계산하였다. 건물수량(dry matter yield)은 가운데 2줄을 수확하여 암이삭과 경엽으로 분리하여 생초수량을 조사하였고 각 구당 2주씩 선발하여 60℃의 건조기에서 5일간 건조한 후 칭량하여 건물함량을 산출하여 생초수량에 건물함량을 곱하여 건물수량을 계산하였다. 이를 분쇄하여 화학분석에 사용하였다. 조단백질(crude protein)은 AOAC법(1990)으로 분석하였고 산성세제불용성섬유소(ADF, acid detergent fiber)와 중성세제불용성섬유소(NDF, neutral detergent fiber)는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. 가소화양분총량(TDN, total digestive nutrient)은 TDN 건물수량 = (경엽 건물수량×0.582) + (암이삭 건물수량×0.85)(Pioneer Hi-Bred사)로 계산하였다. *In vitro* 건물소화율은 Tilley 및 Terry법(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 이용하였다. 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 실험포의 기후값

을 대표한다고 할 수 있다. 각 품종별 측정값에 대한 조사연도간의 통계적 유의성은 paired t-test를 이용하여 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 초기생육과 기후의 관계

옥수수의 전체 생육기간 중에서 초기 생육기간은 옥수수가 건강한 개체로 자라서 충분한 물질생산을 하여 목표로 하는 생산량을 결정하는 중요한 시기에 해당한다. 발아와 초기생육에 영향을 미치는 요인은 저온, 과습, 건조 및 병해충에 의하여 영향을 받게 된다. 본 연구 결과 옥수수의 파종 후 수확기까지의 기후조건을 Fig. 1, Table 1에, 초기생육특성을 Table 2에 나타내었다. 초기생육은 2009년에 광평옥, 강다옥, 청안옥, 청사옥, 평안옥 모두 생육지수(1 (양호)~9 (불량)중 1.2로 나타나 초기생육이 양호하였고 2010년에는 평안옥은 1.3으로 양호

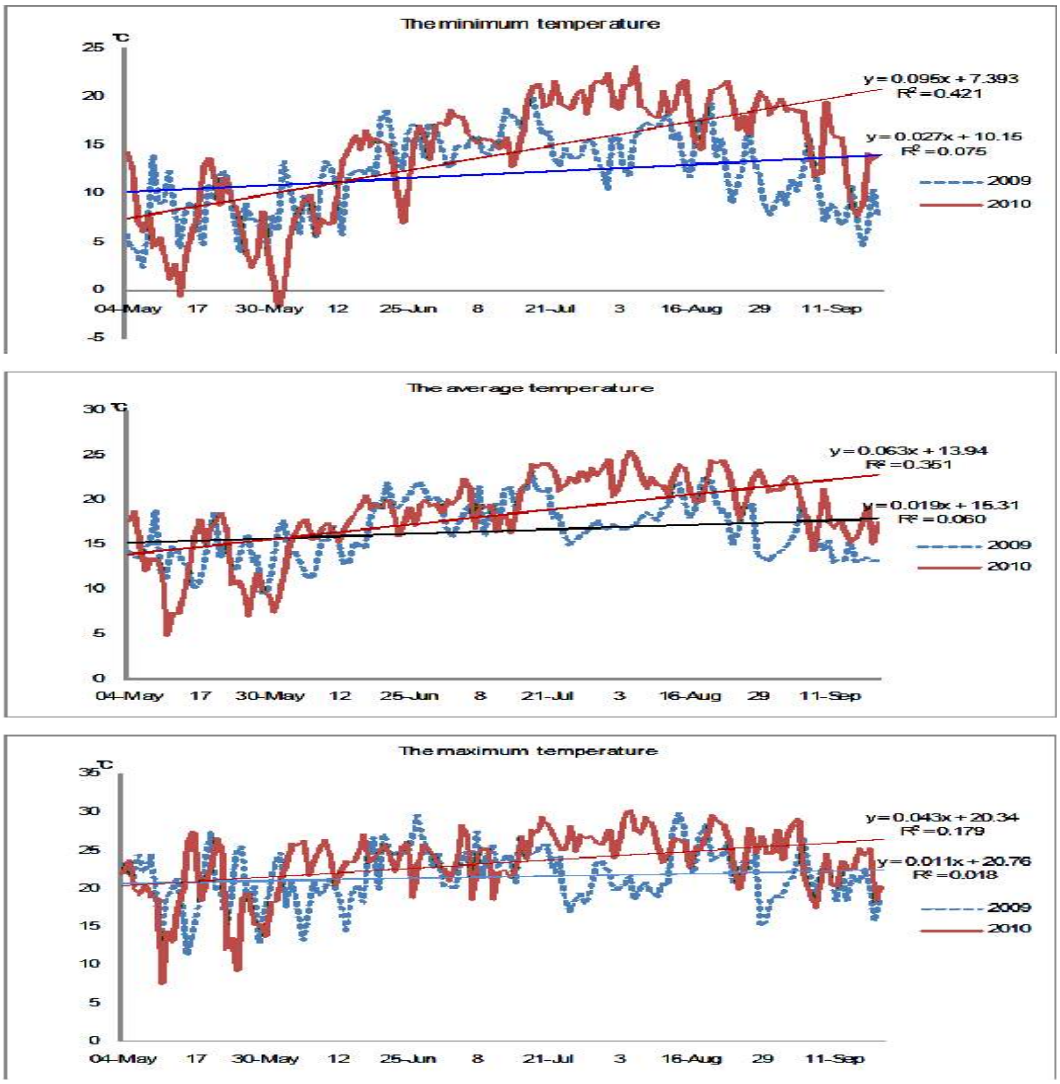

Fig. 1. The variance of temperature during experimental periods (data : Korea Meteorological Administration).

Table 1. Sunshine and precipitation during experimental periods

Month	Day	Sunshine (hr.)		Precipitation (mm)	
		2009	2010	2009	2010
May	1-10	94	79	3.5	0.4
	11-20	61	74.7	48.9	34.2
	21-31	66.5	47.6	22.5	122.6
June	1-10	51.2	117	55.5	0
	11-20	54.8	51.4	29	11.5
	21-30	76.3	70	20.7	26.5
July	1-10	42.4	30.1	156.9	63.3
	11-20	23.8	37.5	323.2	41.5
	21-31	39.9	56.2	37.7	115.4
August	1-10	17.1	33.8	17	62.4
	11-20	55.8	31.8	152.5	54.8
	21-31	55.4	33	20.4	126.5
September	1-10	67.8	27.3	8.5	98.8
	11-20	63.3	56.1	1	166.5
	21-30	41.9	54.2	23.5	332.8

Data : Korea Meteorological Administration.

Table 2. The Growth Characteristics of Domestic Corn Hybrids in Daegwallyeong

Variety	Early Grows (1-9)[1)]		Days to Silking		Plant height (cm)		Stem diameter (mm)		Ear height (cm)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Kwangpyeongok	1.2	2.5	104	88	208*	266	18.9**	30	89	105
Gangdaok	1.2	2.6	105	92	200*	260	19.0**	31.5	93	105
Cheonganok	1.2	2.4	102	88	189	240	18.9**	30.9	76	98
Cheongsaok	1.2	3.0	104	89	201*	253	19.1***	31.5	84	103
Pyeonganok	1.2	1.3	104	92	202*	272	19.0***	28.6	87*	114
Mean	1.2	2.4	103.8***	90	200***	258	18.98***	31	85.8***	105

Variety	Leaf number (No.)		Brix score (Bo)		Lodging (1-9)[1)]		Disease-Insect degree (1-9)[1)]	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Kwangpyeongok	14	14	11.0	9.3	1	1	1	1
Gangdaok	13	13	10.2	10.1	1	1	1	1
Cheonganok	12	12	10.0	6.4	1	1	1	1
Cheongsaok	12	12	11.4**	6.1	1	1	1	1
Pyeonganok	13	13	9.0	9.0	1	1	1	1
Mean	13	13	10.3***	8.2				

[1)] 1 (good) ~ 9 (poor)

* ; $p<0.05$, ** ; $p<0.01$, *** ; $p<0.001$.

하였으나 다른 네 품종은 2.4~3.0으로 2009년보다 양호하지 못하였고 특히 청사옥은 3.0로 초기생육이 가장 불량하였다. 2009년에는 발아 후 3~4엽기인 6월 초순까지 일 최저기온이 3.9℃까지 내려간 날도 있었으나 지상부위가 영향을 받지는 않았다. 2010년에는 파종 후 일주일 되는 날의 일 최저온도가 −0.6℃, 6월 초에는 −1.7℃까지 내려가는 등 지상부위가 서리의 피해를 입는 현상이 나타났다.

앞선 연구들(Aldrich 등, 1986; 김 등, 1996)에 의하면 옥수수의 파종적기는 지역의 일 평균 기온이 10℃가 되는 시기(평균 지온 8℃)로 이 기간이 일주일 이상 지속되는 시기이고 파종 후 7~10일이면 발아한다. 본 실험을 한 대관령지역의 2009년 5월 1일부터 10일까지의 평균기온은 14.3℃였고 2010년에는 14.2℃였다. 2009년 5월 1일부터 파종일까지의 일 최저기온은 5.8℃부터 10.4℃, 2010년에는 2.1℃부터 14.3℃를, 일 최고기온은 2009년에 16.1℃에서 23.3℃, 2010년에는 13.5℃부터 23.7℃를 나타내어 파종당일 평균기온은 2009년에는 14.3℃, 2010년에는 12.1℃를 나타내었다. 파종 후 2009년 5월 중순과 하순의 평균기온은 각각 13.6℃와 13.1℃를 6월 상순의 평균기온은 14.3℃를 나타내었고 2010년 5월 중순과 하순의 평균기온은 각각 12.5℃와 11.2℃를 6월 상순의 평균기온은 15.4℃를 나타내었다. 평균기온으로만 보면 생육에 지장이 없는 기온이나 파종 후 5월 중순부터 6월 초순까지의 일 최저기온이 2009년에는 4.1℃, 2010년에는 5월 하순경에는 5℃ 미만의 날이 일주일쯤 지속되었고 6월 초에는 영하로 떨어졌으며 서리가 내려 옥수수의 어린 잎에 피해가 발생하는 불리한 조건이었다. 파종일의 강수량은 2009년에는 4월의 총강수량이 50.4 mm, 파종 이틀 전에 3.5 mm의 비가 왔고 2010년에는 4월의 총강수량이 43 mm, 5월 6일에 0.4 mm의 비가 내렸다. 땅속의 수분함량은 종자의 발아에 영향을 미치는데 토양의 수분함량이 발아에 나쁜 영향을 미치지는 않았을 것으로 생각된다. 옥수수의 발아 및 유식물의 성장이 지연되는 원인은 시비량 및 시비방법, 잡초와의 경합에 실패, 배수불량 등 여러 가지가 있으나 특히 기후조건의 영향이 크다. 그 중에서도 기온이 낮거나 강수량 부족에 의한 영향이 크다. 최 등(1990)은 남부지방(진주)에서는 파종시기가 이를수록 어린 싹의 출현에 소요되는 일수가 길어졌고 일정온도가 지나 지중온도가 22℃ 이상이 되면 오히려 길어졌다고 보고하고 있다. 옥수수의 발아소요일수는 저온일수록 장기간을 필요로 하여 4~14일이 소요된다는 보고(Alessi, 등, 1971; Blacklow, 1972)와 임 등(2001)과 이 등(2004)은 건물수량과 사료가치를 고려하면 파종 시기는 가능한 빨리 하는 것이 좋으나 대관령과 같은 고랭지는 일찍 파종하면 냉해의 위험이 있으므로 대관령지역의 옥수수 파종적기는 5월 중순이 바람직하다고 보고하고 있다. 본 연구에서 발아에 소요되는 일수는 측정하지 않았으나 2009년보다 2010년에 초기생육이 불량하였던 것은 2009년에는 파종 후 열흘간 평균최저기온이 7.2℃이었으나 2010년에는 4.3℃이었다. 또한 옥수수가 출현 후에 5월 말까지의 평균최저기온이 2009년에는 7.8 ℃, 2010년에는 6.7℃이었고 6월 초순의 평균최저기온은 2009년 9.3℃, 2010년은 5.9℃로 2009년 보다 2010년의 기온이 낮았다. 옥수수의 생장에 필요한 여러 가지 조건 중에서 2009년에 비하여 2010년에는 기온이 불리한 조건이어서 초기생육이 불량하였던 것으로 생각된다. 강수량은 2009년 5월에는 74.9 mm, 2010년 5월에는 123 mm로 강수량이 초기생육에 미치는 영향은 없었을 것으로 생각된다. 김 등(2011)의 연구에 의하면 지난 30년 동안 대관령지역의 기후가 변화하고 있고 1970년대 보다 파종시기도 빨라지고 있다. 옥수수의 수량을 높일 수 있는 방법은 옥수수의 적기 파종이라고 하였는데(Aldrich 등, 1986) 기후변화에 대응하여 고랭지의 파종시기에 대한 상세한 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

2. 생육특성과 기후의 관계

본 연구의 결과 나타난 옥수수의 생육특성을 Table 2에 나타내었다. 옥수수의 출사일은 2009년에는 광평옥, 청사옥과 평안옥은 8월 16일로 출사에 걸린 기간이 104일, 강다옥은 8월 17일로 105일, 청안옥은 8월 14일로 102일이 소요되었다. 2010년에는 광평옥과 청안옥은 8월 3일로 88일, 강다옥과 평안옥은 8월 7일로 92일이 소요되었으며 청사옥은 8월 4일로 89일이 소요되어 2010년 보다 2009년에 더 긴 시간이 소요되었다. 전체품종의 출사에 소요된 평균기간이 2009년 보다 2010년에 유의적으로 더 짧았다 ($p<0.001$).

고랭지에서 옥수수재배시에 기온의 변화는 출사기와 암이삭 비율에 영향을 미치는데 특히 옥수수의 출사일은 파종일로부터 출사일까지의 최고기온에 영향을 받고, 파종기가 늦어짐에 따라 출사일수는 짧아진다 (손 등, 2010). 본 실험 기간 동안 옥수수의 어린 개체가 정착하여 출사기까지 2009년도의 평균기온은 6월 초순 14.3℃, 중순 16.0℃, 하순 20.1℃ 7월 초순 18.2℃, 중순 20.7℃, 하순 20.6℃, 8월 초순 17.5℃, 중순 20.5℃를 나타내었고 2010년의 평균기온은 6월 초순 15.4℃, 중순 18.2℃, 하순 18.7℃ 7월 초순 19.8℃, 중순 20.3℃, 하순 22.8℃, 8월 초순 23.0℃를 나타내었다. 출사기까지 일 최저기온이 가장 높았던 때는 2009년도에는 7월 중순으로 17.4℃였고 2010년에는 7월 하순경부터 8월 초순경으로 20℃ 이상이었다. 일 최고기온이 가장 높았던 때는 2009년 6월 하순으로 25.6℃를 나타내었고 2010년에는 8월 초순으로 27.6℃를 나타내었다. 기온변화의 양상은 2009년 보다 2010년에는 6월부터 기온이 빠르게 상승하였다. 옥수수는 대표적인 남방형 작물로 최적생육온도는 30~40℃이다. 즉 기온이 상승하는 것과 비례하여 영양생장기의 동화작용의 속도가 빠르게 작용하여 출사기까지 기간이 단축되는 것으로 생각된다. 즉 본 시험에서는 2009년도에는 2010년에 비하여 사일리지용 옥수수의 파종 후 출사기까지 평균최고기온이 1.22℃ 낮아짐에 따라 출사일이 평균 13.8일 늦어지는 것으로 나타났다. 초장은 모든 품종에서 2009년보다 2010년에 길었으며 ($p<0.05$) 청안옥은 유의차가 나타나지 않았다. 모든 품종의 평균값에서는 2009년보다 2010년에는 유의적으로 더 길었다 ($p<0.001$). 줄기의 직경도 모든 품종에서 2010년도가 굵었으며 ($p<0.01$, $p<0.001$), 전체품종의 평균값에서도 높은 유의차가 나타났다 ($p<0.001$). 경엽수는 전체품종의 연도 간 차이가 나타나지 않았으며 광평옥의 엽수가 14장, 강다옥과 평안옥은 13장, 청안옥과 청사옥은 12장을 나타내었다. 옥수수는 어린개체가 출현 후 1개월까지는 생장이 느리나 잎이 계속 발생함에 따라 건물량이 증가한다. 옥수수의 청예 수량과 가장 밀접한 관련이 있는 것은 적산온도와 강우량으로 청예 수량은 초장과 경직경의 증가에 의한 것으로 온도와 강우량이 증가할수록 수량은 증가한다 (최 등, 1990).

지면에서 최상단 암이삭이 달린 마디까지의 높이를 측정한 착수고도 전체품종에서 2009년보다 2010년에 높았으며 평안옥에서는 연도 간 유의차가 ($p<0.05$) 인정되었다. 전체품종의 평균값은 2009년 보다 2010년에 유의적으로 더 높았다 ($p<0.001$). 수원지역에서는 파종시기가 늦을수록 착수고가 낮았으나 (김 등, 1996) 고랭지에서는 조기 파종하였을 때 착수고가 낮았다는 보고가 있다 (이 등, 2004). 본 연구에서는 2009년이 2010년보다 착수고가 낮게 나타났다 ($p<0.001$). 초장과 착수고가 높으면 도복율이 높아지고 수량손실이 큰데 (Aldrich et al., 1986; 이 등, 2004) 2009년도와 2010년도 모두 모든 품종에서 도복은 일어나지 않았다. 손 등 (2006)의 연구에서는 착수고가 140 cm에서도 도복이 발생하지 않았는데 본 연구는 그 보다 착수고가 낮았다. 2009년도의 6월, 7월, 8월, 9월의 평균풍속은 각각 3.3 m/s, 3.0 m/s, 2.3 m/s,

1.9 m/s였고 2010년도에는 각각 2.1 m/s, 3.5 m/s, 2.9 m/s, 2.4 m/s 이었다. 작물이 생육도중에 도복이 되면 포장에서 손실률이 크게 증가하므로 수량이 감소하고 사일리지의 제조 시에 기계로 수확을 하지 못하여 작업능률이 떨어지는 등 상당한 손실을 입게 된다. 따라서 도복에 약한 기간인 출사기부터 수확기까지는 유의하여야한다. 사일리지 옥수수의 출사기부터 수확기인 8월 상순~9월 중순경까지 우리나라는 몇 차례의 태풍이 상륙하는데 2009년과 2010년의 평균 풍속에서 모든 품종에서 도복이 일어나지 않았는데 이는 이 품종들이 도복에 강한 품종(손 등, 2009)이기 때문으로 생각된다. 또한 병충해의 피해도 나타나지 않았다. 당도는 사일리지 조제에 있어서 매우 중요한 지표로 유산발효를 높일 수 있으므로 사일리지의 품질을 향상시켜 가축사료의 소화율을 높일 수 있다. 광평옥, 강다옥, 청안옥 및 청사옥은 2010년 보다 2009년에 당도가 높았으며 청사옥은 연도 간 유의차가 인정되었다($p<0.01$). 전체품종의 평균값은 2009년도가 2010년 보다 유의적으로 높았다($p<0.001$). 이는 2010년도에 옥수수 수확 시 기온이 급격히 낮아짐에 따라 생산된 동화물질을 알곡으로 전이시켜 축적하지 못한 때문으로 생각된다. 2010년도에는 옥수수가 발아 후 정착하여 초기생육기간인 5월 하순에는 기온이 낮아 생육이 저조하였으나 6월에 들어와서 2009년보다 기온의 상승이 빨랐던 2010년도에 물질생산을 왕성하게 하여 영양생장에 이용하여 초장이 길었고 착수고도 높았으며 줄기의 직경도 굵어졌으며 따라서 당도는 상대적으로 낮았던 것으로 생각된다. 무상기간이 짧은 대관령 지역에서 옥수수를 재배하기 위하여 끝서리가 오는 5월 중순에서 첫서리가 오는 9월 하순 사이 약 135일안에 파종에서 수확까지 하여야 한다고 보고하였는데(한 등, 2000) 본 연구에서는 파종을 5월 상순에 하였고 수확을 9월 중순에 하여 10년 전의 연구와 비교하면 파종과 수확의 시기가 약 10일정도 앞당겨지고 있다.

3. 생산량과 기후의 관계

옥수수의 생산량을 Table 3에 나타내었다. 밤과 낮의 기온차이가 심한 고랭지에서 암이삭 비율은 출사 후 수확기까지의 최고기온과 최저기온의 차이에 따라 동화물질의 저장효율이 건물수량에 영향을 미치게 된다. 2009년 출사 후 수확기까지의 평균 최저온도는 11.8℃이었고 2010년에는 18.0℃ 이었다. 모든 품종에서 암이삭 비율은 2010년도에 높게 나타났다. 옥수수

Table 3. A Variation of Ear rate, Fresh Yield, D.M. and TDN Yield to Silage Corn Hybrids in Daegwallyeong

Variety	Ear rate (%)		Fresh Yield (kg/ha)		Dry Matter Yield (kg/ha)		TDN Yield (kg/ha)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Kwangpyeongok	28.4	50.7	56,933**	78,556	19,154	19,552	13,385	13,667
Gangdaok	21.1	53.6	46,700	72,444	15,183	16,648	10,768	11,340
Cheonganok	26.9	48.1	50,933	68,778	16,220	16,829	12,232	12,056
Cheongsaok	21.8	51.8	57,389*	82,111	17,601	18,871	11,893	12,982
Pyeonganok	18.8	56.1	61,100*	91,778	20,728	20,054	14,191	14,439
Mean	23.4	52.1	54,611***	78,733	17,777	18,391	12,494	12,897

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

에서 암이삭은 줄기와 잎 등 다른 부위보다 소화율과 에너지 함량이 높아 암이삭 비율은 옥수수의 품질에 영향을 미친다(Giardini와 Gaspari, 1979; 김 등, 1996). 옥수수는 출사에서 생리적 성숙기에 도달할 때까지 하루 300 kg/ha 이상의 건물 증가량을 보이는데(Giardini 등, 1976) 이 때는 일조량이 많으면 암이삭의 생산비율이 높아진다. 본 연구에서는 전체품종의 평균 비율은 2009년 23.4%, 2010년 52.1%로 거의 두 배 이상의 차이가 나타났으며 이는 밤과 낮의 기온 차에 의한 영향이 큰 것으로 사료된다(이 등, 2004). 생초수량은 모든 품종에서 2009년보다 2010년도에 수량이 많았으며 광평옥($p<0.01$), 청사옥($p<0.05$) 및 평안옥($p<0.05$)은 년도 간 유의차가 나타났다. 모든 품종의 평균 생초수량은 2009년 보다 2010년에 유의적으로 높았다($p<0.001$). 옥수수의 생초수량은 암이삭 비율보다 잎과 줄기의 무게에 의하여 좌우되는데 2009년 보다 2010년에 초장이 길었고 줄기의 직경이 굵은 것이 생초수량이 영향을 미친 것으로 생각된다. 건물생산량은 평안옥을 제외한 모든 품종에서 2009년 보다 2010년에 많았으나 2010년도에는 생초생산량에 비례하여 건물생산량이 많지 않았다. 이는 생초를 건조함에 의하여 수분이 증발하여 암이삭의 비율에 비하여 상대적으로 잎과 줄기의 중량이 적었음을 나타낸다. 옥수수는 암이삭 비율이 높으면 TDN의 수량이 많아진다. 암이삭 비율이 2009년보다 2010년도에 높았는데 이에 비례하여 TDN의 수량도 청안옥을 제외한 모든 품종에서 2010년도의 생산량이 많았으며 생초수량에 비교하여 2009년도와 커다란 차이를 나타내지는 않았다.

4. 영양성분과 기후의 관계

옥수수의 영양성분을 Table 4에 나타내었다. 가소화양분총량 비율은 강다옥과 청안옥은 2009년도에 높았으며 청사옥과 평안옥은 2010년도에 높게 나타났다. 산성세제불용성섬유소(ADF)는 강다옥과 청안옥은 2010년도에 각각 26.3%, 21.9%로 2009년도보다 높았으며 청사옥과 평안옥은 2009년도에 각각 27.0%, 25.9%로 2010년보다 높게 나타났다. 산성세제불용성섬유소의 비율이 높다는 것은 셀룰로오스와 리그닌 등의 함량이 많아 가축이 소화할 수 있는 물질이 적은 것으로 그만큼 목질화의 비율이 높음을 의미한다. 이는 생산량은 많아지겠지만 TDN 함량은 떨어지는 작용을 하게 된다(이 등, 2004). 중성세제불용성섬유소는 2009년도에 광평옥, 강다옥, 청사옥 및 평안옥이 각각 46.6%, 44.4%, 52.1%, 49.9%로 2010년 보다 높았으며 청안옥은 2010년도에 37.9%로 2009년보다 높은 함량을 나타내었다. 이의 함량이 높다는 것은 가축의 섭취량이 감소함을 나타낸다(Rohweder et al., 1978). 조단백질의 함량은 모든 품종에서 2009년 보다 2010년에 더 많은 함량을 나타내었다. 소화율은 광평옥, 청사옥 및 평안옥이 각각 72.6%, 77.2%, 80.7%로 2009년보다 2010년도에 높았으며 강다옥과 청안옥은

Table 4. ADF, NDF, Crude protein and Digestibility of Silage Corn Hybrids in Daegwallyeong

Items	Kwangpyeongok		Gangdaok		Cheonganok		Cheongsaok		Pyeonganok	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
TDN (%)	69.9	69.9	70.9	68.1	75.4	71.6	67.6	68.8	68.5	72.0
Acid detergent fiber	24.1	24.1	22.8	26.3	17.1	21.9	27.0	25.5	25.9	21.4
Neutral detergent fiber	46.6	43.1	44.4	44.2	34.6	37.9	52.1	44.8	49.9	37.9
Crude protein	7.1	9.0	8.7	8.9	9.4	9.5	8.6	8.7	9.0	9.9
Digestibility	70.2	72.6	75.5	70.8	77.6	76.6	71.1	77.2	70.6	80.7

2009년도에 각각 75.5%, 77.6%로 2010년도 보다 높게 나타났다. 본 연구에 의하면 2009년보다 2010년에는 5월 하순까지 평균기온은 낮았으나 6월 이후에는 빠르게 상승하였으며 특히 5월 중순부터 6월 초순까지는 옥수수의 초기생육에 불리한 저온일수가 많았다.

김 등(2011)에 의하면 대관령지역은 지난 30년 동안 기온이 꾸준히 상승하는 것으로 나타났다. 1970년대의 대관령지역의 옥수수 파종시기는 5월 중순이었으나 차츰 빨라져 현재는 5월 상순으로 앞당겨지고 있다. 2010년에는 6월 초에 옥수수의 지상부위가 서리의 피해를 입어서 2009년 보다 초기생육이 불량하였으나 6월 초순이후에는 기온이 빠르게 상승하여 지상부위의 생육이 왕성하였다. 본 연구에서 옥수수는 서리의 피해를 입어도 생장점이 손상을 입지 않으면 생육에는 지장이 없으며 생육 후기의 기상조건이 수량에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 옥수수는 파종시기가 늦어지면 출사일수가 짧아지고 암이삭 비율이 낮아지며 생초수량도 적어지는 등 수량이 감소하고(손 등, 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. 옥수수 파종 후 수확할 때까지 대관령지역은 일교차가 10℃ 이상이 되는 날이 2009년도에는 64일이었고 2010년도에는 52일이었다. 최저기온이 10도 이하인 날은 2009년도에는 34일이었고 2010년도에는 35일이었다. 그런가하면 최고기온이 25℃ 이상이 되는 날이 2009년도에는 20일이었고 2010년도에는 55일이었다. 2009년도에 최고기온이 25℃ 이상이 되는 날은 6월 하순경과 7월에는 5일, 8월에는 중순경에 5일 정도였으며 2010년에는 6월 초순, 하순과 7월 중순부터 8월 중순까지 지속되었다. 옥수수가 재배되는 기간의 최저평균기온은 2009년과 비교하여 2.02℃가 최고평균기온은 1.82℃, 평균기온은 1.70℃가 높았다. 옥수수는 고온 하에서 물질생산이 빠르고 많은 남방형 작물로 최고기온이 25℃ 이상이 되는 날이 더 많았던 2010년도에 수량이 많은 것은 당연한 현상이다. 그러나 사료작물은 고온 하에서 동화물질이 구조탄수화물의 합성에 이용되고 수용성 탄수화물은 낮은 온도조건에서 증가한다(김과 Voigtlander, 1985). 본 연구 결과 고랭지에서 사일리지용 옥수수의 생산은 기온, 강수량, 일조시간 등의 기상조건 중에서 기온조건의 영향을 많이 받으며 기온과 생육특성 및 수량을 보았을 때 광평옥과 평안옥이 적합한 품종이었고 청사옥은 다른 품종보다 불리한 것으로 나타났다. 고랭지에서 옥수수 재배는 생육기간을 최대한 연장하여 130일 이상 서리 피해를 받지 않고 옥수수가 충분히 자랄 수 있도록 해야 한다. 또한 수확시기가 늦어지면 저온 피해를 받게 되어 작물 내 유기물의 함량이 적어지고 따라서 사일리지의 품질에 영향을 미칠 수 있으므로 파종시기와 더불어 수확시기에 대한 검토도 이루어져야 할 것이다.

Ⅳ. 요 약

본 연구는 표고 760 m 지역인 강원도 평창군 대관령면에 위치한 국립축산과학원 한우시험장에서 2009년부터 2010년까지 2년간 기후조건과 사일리지용 옥수수의 생육특성과 생산량의 관계를 검토하였다. 파종에서 수확기까지의 평균최저기온은 2009년에 12.29℃, 2010년에는 14.30℃ 였고 평균최고기온은 2009년 21.66℃, 2010년 23.48℃ 였다. 평균기온은 2009년 16.85 ℃, 2010년 18.55℃ 였다. 일조시간은 2009년도 711.3시간, 2010년 663.8시간이었고 강수량은 2009년 893.8 mm, 2010년 752.1 mm였다. 초기생육은 2009년에 광평옥, 강다옥, 청안옥, 청사옥, 평안옥 모두 1.2로 나타나 초기생육이 양호하였고 2010년에는 평안옥은 1.3으로 양호하였

으나 다른 네 품종은 2.4～3.0으로 2009년보다 양호하지 못하였다. 착수고는 모든 품종의 평균값에서는 2009년도 85.8cm, 2010년도 105cm로 높은 유의차가 인정되었다 ($p<0.001$). 줄기의 직경도 모든 품종에서 2010년도가 굵었으며 년도 간 유의차가 인정되었고 ($p<0.01$, $p<0.001$), 모든 품종의 평균값에서도 높은 유의차가 나타났다 ($p<0.001$). 초장은 2009년에는 200 cm, 2010년에는 258 cm로 높은 유의차가 인정되었다 ($p<0.001$). 출사에 소요된 평균기간이 2009년에는 103.8일, 2010년에는 90일로 연도에 따른 높은 상관관계가 ($p<0.001$) 나타났다. 2009년도와 2010년도에 모든 품종에서 도복은 일어나지 않았으며 병충해의 피해도 나타나지 않았다. 암이삭 비율은 모든 품종의 평균 비율은 2009년 23.4%, 2010년 52.1%로 두 배 이상의 차이가 나타났다. 모든 품종의 평균 생초수량은 2009년에 54,611 kg/ha, 2010년도에 78,733 kg/ha으로 나타났다 ($p<0.001$). 건물생산량은 2009년 보다 평균기온이 높은 2010년에 많았다. 가소화영양소총량 비율은 강다옥과 청안옥은 2009년도에 높았으며 청사옥과 평안옥은 2010년도에 높게 나타났다. 조단백질의 함량은 모든 품종에서 2009년 보다 2010년에 더 많은 함량을 나타내었다. 본 연구 결과 기온과 생육특성 및 수량과의 관계를 보았을 때 고랭지에서는 광평옥과 평안옥이 재배하기 적합한 품종이었다.

Ⅴ. 사　　사

이 논문은 기상청 기후변화 감시・예측 및 국가정책지원 강화사업 (RACS 2009-4003)의 지원으로 수행되었습니다.

Ⅵ. 인 용 문 헌

1. 기상청. 2011. 지난날씨. http://www.kma.go.kr/weather/ bservation/ast_cal.jsp
2. 김동암, 이광녕, 신동은, 김종덕, 한건준. 1996. 숙기가 다른 사일리지용 옥수수의 파종기가 사초의 수량과 사료가치에 미치는 영향. 한국초지학회지. 16(4):327-337.
3. 김명화, 김맹중, 이상락, 이승호. 2011. 기후와 주요 사료작물 생산량의 관계. 국토지리학회지. 45(1):137-147.
4. 김정갑, G. Voigtlander. 1985. 옥수수 및 sorghum에 있어서 탄수화물과 NEL 축적에 관한 연구. I. Fructosan, Mono- 및 Disaccharose의 합성 및 축적형태. 한국초지학회지. 5(1):45-52.
5. 농림수산식품부 통계자료. 2010.
6. 손범영, 김선림, 정태욱, 김정태, 송송이, 김정곤, 김시주, 지희정, 허창석, 박종열. 2009. 내도복 다수성 사일리지 옥수수 신품종 “평안옥”. 한육지. 41(3):310-313.
7. 손범영, 김정태, 이진석, 백성범, 김욱한, 김종덕. 2010. 파종기에 따른 사일리지용 옥수수의 일반생육 및 수량 비교. 초지조사료지. 30(3):237-246.
8. 손범영, 문현귀, 정태욱, 김시주, 김종덕. 2006. 국내육성 사일리지옥수수의 일반생육특성 및 사료가치의 품종간 비교. 한작지. 51(3):233-238.
9. 이종경, 박형수, 정종원, 나기준, 김영근, 서 성, 성경일, 정재록, 조규석. 2004. 고랭지에서 제초제 조합에 의한 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량, 사료가치 및 잡초방제에 미치는 영향. 한국초지학회지. 24(1):37-44.
10. 이종경, 박형수, 김영근, 정종원, 나기준, 김문철, 이성철, 육완방. 2004. 고랭지에서 파종시기 및 수확시기가 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한국초지학회지. 24(2):115-122.
11. 이종경, 박형수, 정종원, 김종근, 임영철, 김영근, 이성철, 정재록, 성경일. 2005. 고랭지에서 재식밀도 및 질소 시비 수준이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. 한국초지학회지. 25(4):239-244.
12. 임영철, 정종원, 한성윤, 최기준, 임용우. 2001. 대관령지역에서 사료용 옥수수 품종별 생육특성과 수량성. 한국초지학회지. 21(1):39-44.
13. 최진용, 주영국, 송문태, 오호상, 안동원. 1990. 유효적산온도에 의한 싸이리지옥수수의 파종기 결정. 한작지. 35(3):254-258.
14. 한성윤, 김대진. 1993. 고냉지 사료작물 윤작체계 조사연구. 한국초지학회지. 13(4):300-304.
15. 한성윤, 임영철, 정종원, 김대진. 1998. 고랭지에서 사료작물 숙기군에 따른 생산성 연구. 축산연

보. 2:991-1006.
16. 한성윤, 김대진. 2000. 고랭지에 적합한 사료작물 2모작 작부체계에 관한 연구. 한국초지학회지. 20(3):147-154.
17. Aldrich, S.R., W.O. Scott, and R.G. Hoeft. 1986. Modern corn production (3th ed.). A&L. Publications Inc. Station. Illinois.
18. Alessi, J. and J.F. Power. 1971. Corn emergence in relation to soil temperature and seeding depth. Agre. J. 63:717-719.
19. AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC.
20. Blacklow, W.M. 1972. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn. Crop Sci. 12(5):647-650.
21. Giordini, A.E. and M. Gaspari. 1976. Effect of maize silage harvest stage on yield plant composition and fermentation losses. Ani. Feed Sci. Tech. 1:313-326.
22. Goring, H.K., and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Ag. Handbook. No. 379. ARS. USDA. Washington DC.
23. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. Univ. of Florida, Depart. of Anim. Sci.
24. Rohweder, D.A., R.F. Barnes, and N. Joegensen. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. J. of Animal Sci. 47(3):748-759.

(접수일: 2011년 11월 21일, 수정일 1차: 2011년 12월 2일, 수정일 2차: 2011년 12월 12일, 게재확정일: 2011년 12월 20일)