

논토양에서 파종시기와 재배기간이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량 및 사료적 가치에 미치는 영향

이상무* · 이재훈

경북대학교 축산학과

Effects of Seeding Dates and Growth Periods on the Growth Characteristics, Dry Matter Yield and Feed Value of Corn for Silage in Paddy Field

Sang Moo Lee* and Jae Hun Lee

Department of Animal Science, Kyungpook National University

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effects of the seeding dates and growth periods on the growth characteristics, dry matter yield and feed value of corn for silage in paddy field. The experimental design was arranged in a randomized block design with three replications. Treatments consisted of five seeding dates, 1 May (T1), 8 May (T2), 15 May (T3), 22 May (T4) and 29 May (T5). And harvesting time homologized by August 24. Therefore, growing periods were 115 days (T1), 108 days (T2), 101 days (T3), 94 days (T4) and 87 days (T5), respectively. In maturities at harvest time, T1, T2, T3, T4 and T5 were full dent, early dent, late dough, dough and early dough stage, respectively. Plant height and numbers of root system were highest in T5 ($p<0.01$), but leaf length was higher in T4 than others ($p<0.05$). Dead leaf, tip filling degree and ear circle were higher in T1 than others ($p<0.05$, 0.01). Leaf width, ear height, leaf number, ear length, stem diameter, stem hardness and brix were not significantly different among the treatments. Dry matter yield and TDN yield were higher in the order of T1 > T2 > T3 > T4 > T5 ($p<0.01$). Crude protein, crude ash, NDF, ADF and crude fiber were significantly higher in T4 ($p<0.05$, 0.01). But crude fat was the highest in T1, T3 was the lowest as compared to other treatments ($p<0.01$). Total EAA(essential amino acids) were higher in order of T4 > T3 > T1 > T2 > T5, and total NEAA (nonessential amino acids) were higher in order of T1 > T4 > T2 > T3 > T5, and total amino acids were higher in order of T4 > T1 > T3 > T2 > T5. But no significant differences were found among the treatments. TUFAs (total unsaturated fatty acid) and TSFAs (total saturated fatty acid) were in order of T1 > T2 > T3 > T5 > T4 ($p<0.01$). Minerals were the highest in T4 (4,721.25 mg/kg), and T2 (2,970.80 mg/kg) was the lowest as compared to other treatments ($p<0.05$). Based on the above results, seeding dates could be recommended as early May, and harvest times is yellow ripe stage for qualitative and quantitative production of corn for silage in rice paddy field soil.

(Key words) : Silage corn, Dry matter, Feed value, Seeding dates, Growth period, Paddy field

서 론

최근 미국산 쇠고기의 수입 중단으로 인하여 국내 한·육우 사육 두수는 2009년 12월 265만 5천두 이었지만 2010년 6월에는 278만두로 증가할 것으로 예측되고 있다(축산물품질평가원, 2010). 국내 한·육우 사육 두수 증가는 향후 조사료 및 농후사료 공급량의 확대가 필요로 할 것이다. 이에 따라 조사료 및 곡류 공급 확대 방안은 국내에서 생산하는 방법과 수입하는 방법이 있다. 그러나 국내에는 조사료 및 곡류 공급 능력이 한정되어 있기 때문에 대부분 수입에 많이 의존하게 될 것이다. 그러나 수입산 건조 및 곡류는 국제 공급 능력에 따라 가격 변동이 심하여 양축농가들이 안정적으

로 축산을 영위하기 어렵게 만든다. 따라서 국내 조사료 기반을 확충하여 안정적으로 축산을 할 수 있는 조사료 생산기반 조성이 매우 중요하다. 특히 조사료 및 곡류의 생산이 부족하고 면적이 협소한 우리나라 현실 속에서는 수량성, 이용성 및 TDN 함량이 높고 파종에서 수확까지 기계화를 통하여 노동력을 줄일 수 있는 사일리지용 옥수수가 가장 권장할 만한 작물이다(이 등, 2004; 손 등, 2009). 옥수수 재배에 있어서 파종시기를 보면 4월 하순부터 5월 초순에 이루어지는 것이 보편적이다. 그러나 우리나라 중남부지방의 작부체계를 보면 10월 말경에 호밀, 총채보리류 파종하여 이듬해 5월 중순경에 수확하여 5월 말경에 옥수수를 파종하는 농가들이 많다(김 등, 1996; 김 등, 2002). 일반적으로 조기 파종에 비해

* Corresponding author : Sang Moo Lee, Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea. Tel: +82-54-530-1224. E-mail: smlee0103@knu.ac.kr

여 파종시기가 늦어지면 수량이 떨어지고 도복율이 높고, 착수고가 낮아지며 병충해 피해가 높다고 보고되고 있다(Center 및 Jones, 1971; 이 등, 1981; 김 등, 1996). 그리고 재배기간 및 수확시기에 있어서 Aldrich 등(1986) 및 Gordon 등(1968)은 사일리지용 옥수수의 적정 수확 시기는 사일리지를 조제 하였을 때 침출액에 의한 건물손실과 파잉 발효를 줄일 수 있으나 조기수확으로 건물율이 낮으면 사일리지 발효면에서 불리하다고 하였다. Swank 등(1982) 및 Giardini 등(1976)은 수확시 건물율이 32~38% 정도 일 때 최대 건물량을 확보할 수 있다고 하였으며 임파 김(1996)은 파종시기를 동일하게 하고 수확시기를 7월 31일을 기준으로 10일 간격으로 늦추어 수확한 결과 건물 수량은 재배일수가 길수록 증가하였지만 조단백질, 조섬유, NDF, ADF 및 수용성 탄수화물은 감소한다고 하였다. 따라서 본 연구는 논토양에 있어서 파종시기에 따른 재배기간이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량, 일반성분, 구성아미노산함량, 지방산함량 및 무기물함량에 미치는 영향을 검토함과 동시에 중남부지방 논토양에서 사일리지용 옥수수의 재배방법, 생산능력 및 사료가치를 판단하고 논토양을 이용한 조사료 생산기반을 확충하기 위한 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 실험은 2009년 5월부터 2010년 8월까지 사질양토인 논토양에서 배수로 (50 cm 깊이)가 확보된 상태에서 수행하였으며, 공시 품종은 수입 적응성 심의 위원회를 통과하여 정부 장려품종으로 보급되고 있는 NC⁺7117로 하였다. 시험설계는 파종시기에 따라 5처리 3반복 난괴법 배치로 하였다. 이때 처리구는 파종시기에 따라 5월 2일(이하: T1), 5월 9일(이하: T2), 5월 16일(이하: T3), 5월 23일(이하: T4) 및 5월 30일(이하: T5)로 하였다. 수확 시기는

모든 처리구를 공히 8월 24일에 실시하였다. 따라서 처리구간 재배일수는 T1, T2, T3, T4 및 T5 구는 각각 115일, 108일, 101일, 94일 및 87일 이었다. 파종시 재식거리는 70 cm × 20 cm로 시험구당 면적은 3 m × 5 m = 15 m²으로 하고 2립 점파 후 4~5엽기에 1주만 남겨 두고 솟아주었다. 시비량은 질소, 인산, 가리를 각각 200, 150, 200 kg/ha 시용하였으며, 이중 인산은 기비로 전량 시비하였다. 질소와 가리는 기비로 60%, 추비 40%로 하여 분할 시비하였으며, 추비는 옥수수가 8엽기 때 실시하였다. 조사항목 및 조사방법에 있어서 생육특성은 예취된 중앙 2열에서 가장 평균적인 주를 각 반복별 10주씩 선발하여 조사하였으며 당도측정은 PR-101 당도계를 경경도는 KM 스프링 경도계를 이용하여 예취된 부위로부터 10 cm 지점을 측정하였다.

수량조사는 중앙 2열을 예취하여 생초수량을 조사한 후 각 구마다 2주씩 선발하여 60℃ 통풍건조기 속에서 5일간 건조 후 평량하여 건물율을 구하고 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. TDN 수량은 Pioneer Hi-Bred사가 제시한 공식 TDN 건물수량 = (경엽 건물수량 × 0.582) + (암이삭 건물수량 × 0.85)에 의하여 계산하였다(Holland 등, 1990). 일반분석은 AOAC법(1995)에 의하여 분석하였으며 ADF와 NDF는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. 그리고 구성아미노산은 Automatic amino acid analyzer(Biochrom-30, Pharmacia Biotech Co., Swiss)로 분석하였으며, 이때 column은 Na form column으로 분석하였다. 그리고 지방산 분석은 Folch 등(1957)의 방법을 이용하여 조지방을 추출하고, 추출된 조지방 시료에 전처리하여 Gas chromatography(GC)로 분석하였다.

무기물 성분은 시료를 전처리한 후 Ca, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Zn, As, Cd, Cr, Ni, Pb 등은 ICP(Inductively Coupled Plasma, IRis Intrepid, Thermo Elemental Co., UK)로

Table 1. The experimental design

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Sowing dates	1 May	8 May	15 May	22 May	29 May
Harvest dates	24 Aug.	24 Aug.	24 Aug.	24 Aug.	24 Aug.
Growth period	115 days	108 days	101 days	94 days	87 days

Table 2. Monthly meteorological data during the experimental periods

Month	Day	Mean temp. (°C)	Sunshine (hr.)	Precipitation (mm)	Rainy days (day)
May	1~7	19.0	64.7	4.9	3
	8~14	20.2	63.2	10.5	1
	15~21	16.4	27.2	101.3	5
	22~28	19.7	55.7	0.1	1
June	1~31	18.8	239.7	116.8	10
	1~30	22.5	199.4	47.8	10
July	1~31	23.4	119.9	358.9	20
August	1~31	23.8	129.4	104.7	9

A_{393.366}, A_{228.616}, A_{324.754}, A_{259.940}, A_{766.491}, A_{285.213}, A_{257.610}, A_{202.030}, A_{588.995}, A_{213.856}, A_{189.042}, A_{226.502}, A_{283.563}, A_{231.604}, A_{220.353}에서 각각 분석하였다. 분석조건은 approximate RF power가 1,150w이며, analysis pump rate는 100 rpm, nebulizer pressure와 observation height는 각각 30 psi 및 15 mm로 하였다. 실험결과와 평균값 및 표준오차는 SAS (Statistics analytical System, USA) program (2002)을 사용하여 구하였고 Duncan의 다중검정 방법으로 5% 및 1% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 파종시기와 재배기간이 생육 특성 및 수량에 미치는 영향

파종시기와 재배기간이 생육특성 및 수량에 미치는 영향은 표 3에 나타내었다. 먼저 수확시 숙기를 보면 T1구는 황숙기 였지만 T2, T3, T4 및 T5구는 각각 황숙기 초기, 호숙기 말기, 호숙기, 호숙기 초기로 나타났다. 이는 표 1에서 보는 바와 같이 재배기간이 짧아짐에 따라 숙기가 어린 것으로 나타났다. 초장을 보면 T5구가 296.6 cm로 가장 길었지만 T2구는 276.4 cm로 가장 짧은 길이를 나타냈다(P<0.01). 전 등(1989)은 옥수수 품종 시험결과 초장은 247~298 cm 범위였다고 보고하였으며, 김 등(1996)은 상대속도 115일을 기준으로 파종시기가 늦어지면 초장이 길어졌다고 보고하여 본 결과와 같은 경향을 보였다. 엽장에 있어서는 T3구가 100.7 cm로 가장 길었지만 T1구는 96.2 cm로 가장 짧게 나타났다(p<0.05). 그러나 엽폭, 착수고, 엽수에 있어서는 상호 처리간 유의

적인 차이를 나타내지 않았다. 고사엽은 T1 > T2, T3 > T5 > T4구 순으로 높게 나타났으며 (P<0.05), 특히 파종시기가 빠르고 재배기간이 길었던 구에서 높은 경향을 나타낸 반면 파종시기가 늦고 재배기간이 짧았던 구에서 낮게 나타났다. 파종시기 별 근계 발생을 보면 T5구가 3.6으로서 1, 2, 3차 근계를 발생 시키고 일부 개체는 4차 근계가 발생하는 상태였으며, T2구는 1, 2차 근계가 발생하고 일부 개체에서 3차 근계가 발생하는 상태였다. 따라서 옥수수에 있어서 품종 별 특징이 다르겠지만 본 실험에서는 늦게 파종할수록 근계 발생은 많아지는 것으로 나타났다. 암이삭의 알곡 충실도를 보면 파종시기가 빠르고 재배일수가 길었던 T1 및 T2구에서는 알곡이 충실하였지만 파종시기가 늦고 재배기간이 짧았던 T5구에서는 알곡이 충실하지 않는 것으로 나타났다(p<0.01). 이러한 결과는 조기파종과 더불어 재배기간이 길어짐에 따라 알곡충실도가 높아져 상대적으로 암이삭 비율이 높아지는 결과를 가져오기 때문에 사일리지 품질을 높이는데 유리하다고 생각된다(Hunt 등, 1992). 암이삭 길이를 보면 파종시기가 빠를수록 길게 늦을수록 짧아지는 경향을 나타냈지만 상호 처리간 유의적 차이는 보이지 않았다. 암이삭 둘레는 5월 1일 파종한 T1구가 19.0 cm로 가장 굵게 나타났지만 파종기 늦은 5월 29일 파종한 T5구는 17.3 cm로 가장 낮게 나타났다(p<0.01). 이러한 현상은 앞서서 서술한 알곡 충실도와 굵은 관계가 있는 것으로 생각한다. 경의 굵기에 있어서는 숙기가 진전됨에 따라 가늘어지는 경향을 보였는데 처리간 유의적 차이는 없었다. 이 등(2007)은 옥수수에 있어서 경의 굵기는 어느 정도 성장 한 후에는 식물체의 수분 함량이 높을수록 경의 굵기는 높다고 보고하였다. 경경도와 당도에 있어서는 파종시기가 빠르고 재배일수가 길었던 T1구에서 높게 나타난 반면 파종시기가 늦고 재배기간이 짧았던 T5구에서는 낮은 수치를 보였지만 상호 처리간

Table 3. Effects of seeding dates and growth periods on the growth characteristics and yield of silage corn

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Maturity stage	Full yellow	Early yellow	Late Dough	Dough	Early dough
Plant height (cm)	293.3 ^{AB}	276.4 ^B	278.8 ^{AB}	292.3 ^{AB}	296.6 ^A
Leaf length (cm)	96.2 ^c	97.0 ^{bc}	100.7 ^{abc}	105.5 ^a	103.0 ^{ab}
Leaf width (cm)	10.5 ^{ns}	10.0	10.6	10.4	10.6
Ear height (cm)	140.3 ^{ns}	147.4	141.8	133.7	145.1
Leaf number (No.)	15.0 ^{ns}	15.0	15.0	15.0	15.0
Dead leaf (No.)	3.2 ^a	2.6 ^{ab}	2.6 ^{ab}	2.0 ^b	2.1 ^b
No. of root (No.)	2.7 ^{BC}	2.2 ^C	3.1 ^{AB}	3.3 ^A	3.6 ^A
Tip filling degree (1-9)*	9.0 ^A	9.0 ^A	8.3 ^A	8.3 ^A	7.3 ^B
Ear length (cm)	22.4 ^{ns}	21.4	21.7	20.7	20.5
Ear circle (cm)	19.0 ^A	18.4 ^A	17.3 ^B	18.3 ^A	17.3 ^B
Stem diameter (mm)	20.7 ^{ns}	21.1	22.1	23.4	23.2
Stem hardness (kg/cm ²)	3.6 ^{ns}	3.2	3.6	3.1	2.9
Brix (B°)	8.6 ^{ns}	7.7	5.6	7.2	5.1
DM yield (kg/ha)	22,661.7 ^A	21,991.7 ^A	17,030.0 ^B	15,616 ^B	15,240.0 ^B
TDN yield (kg/ha)	16,699.4 ^A	16,176.2 ^A	12,252.7 ^B	11,025.2 ^B	10,838.3 ^B

ns : not significant, * : 9(good) - 1 (poor)
 a, b, c Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.05).
 A, B, C Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.01).

유의적 차이는 보이지 않았다. 그러나 본 실험 결과 옥수수에서 파종시기가 빠르고 재배일수가 충분한 재배방법이 경을 튼튼하게 하고 당도를 높일 수 있는 방안으로 생각된다. 일반적으로 옥수수는 하베스터로 수확하여 사일리지를 제조하기 때문에 경경도는 사일리지 제조시 큰 문제가 되지 않지만, 당도가 떨어지는 것은 옥수수 사일리지 제조 품질에 영향을 미친다(Smith, 1972).

건물수량을 보면 T1구가 22,661.7 kg/ha로서 높은 수량을 보였지만 파종시기가 늦어지고 재배기간이 짧았던 구(T3, T4, T5)에서는 낮은 수량을 보였다(p<0.01). 조기파종이 만기파종에 비하여 수량이 높았다고 하는 연구 결과는 여러 연구자들로 부터 보고된 바 있다(Herbek 등, 1986; 김 등, 1996; 이 등, 2007). 그리고 TDN 수량에 있어서도 건물 수량과 같은 경향을 보였다. 특히 T1 및 T2구가 T5구에 비하여 높은 TDN 수량을 보였던 것은 알곡이 충실하고, 암이삭 길이가 길고 굵고, 암이삭 비율이 높았던 것에 기인된 것으로 생각 한다(임과 김, 1996; 이 등, 2004).

2. 파종시기와 재배기간이 화학적 성분에 미치는 영향

표 4는 파종시기와 재배기간이 옥수수의 일반성분에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 조단백질 함량을 보면 파종시기별 5.9~6.7% 범위로서 이중 T4구가 6.7%로 높은 함량을 보였지만 T2구는 5.9%로 낮은 함량을 나타냈다(p<0.05). 그러나 단백질 함량은 파종시기가 늦어짐에 따라 증가하거나 감소하는 일정한 패턴은 나타나지 않았다. 이와 같은 결과는 엽의 탈락 정도, 하고엽 수, 경의 목질화 및 암이삭 비율등 다양한 요인들이 작용하는 것으로 보고되고 있다(이 등, 2007). 조지방 함량은 T1구가 2.8%로서 가장 높고 T5구가 1.9%로 가장 낮게 나타났다. 이는 옥수수 재배에 있어서 파종기가 이르고, 숙기가 진전되고, 알곡이 충실한 것에서 지방 함량이 높았다는 이 등(2007)의 보고와 같은 결과를 보였다.

NDF(neutral detergent fiber) 함량을 보면 T1 및 T2구에 비하여 파종시기가 늦어진 T3, T4 및 T5구에 높게 나타났다(p<0.01). 그리고 ADF(acid detergent fiber)에 있어서도 파종시기가 빠르고 재배기간이 길었던 T1, T2구 보다 파종시기가 늦고 재배기간이 짧

았던 T3, T4 및 T5구에서 유의적으로 높은 경향을 보였다(p<0.01). 김 등(2002)은 NDF 및 ADF 함량은 숙기가 진행됨에 따라 감소한다고 보고하였으며, Wiersma 등(1993)은 전식물체의 NDF 및 ADF 함량은 연숙기에서 황숙기까지는 감소하였으나 그 이후에는 약간 증가한다고 보고하였다. 따라서 본 실험 결과는 암이삭 숙기가 호숙기부터 황숙기까지의 범위로서 이들 보고자들의 보고와 같이 호숙기 초기보다 황숙기에 NDF 및 ADF 함량이 떨어지는 것은 같은 경향을 나타냈다. 조섬유 함량에 있어서도 T1구에 비하여 T4 및 T5구에서 높게 나타난 점으로 볼 때 NDF, ADF 및 조섬유 함량은 상호 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

3. 파종시기와 재배기간이 구성 아미노산 성분에 미치는 영향

파종시기와 재배기간이 사일리지용 옥수수의 구성 아미노산 함량에 미치는 영향은 표 5에 나타내었다. 구성 아미노산의 함량은 모든 처리구에서 glutamic acid(1,031.41 ~ 1280.54 mg) > leucine(698.30 ~ 715.65 mg) > proline(513.90 ~ 696.61 mg) > aspartic acid(459.36 ~ 592.38 mg/100g) 순으로 높게 나타났다. 수원 19호 옥수수 종실의 아미노산 조성은 glutamic acid 22.5% > leucine 16.6% > proline 10.2% > aspartic acid 6.9% 순으로 높게 나타났다고 보고한 박 등(1990)의 결과와 비교시 본 실험에 있어서 사일리지용 옥수수의 식물체 전체(엽+경+수+암이삭)를 분석한 구성 아미노산 함량과 같은 경향을 보였다.

또한 Bressani와 Mertz(1958)는 옥수수 품종에 따른 아미노산 함량별 서열은 glutamic acid와 leucine의 함량 순이라고 하였다. 필수아미노산 중 threonine, isoleucine, phenylalanine, lysine, arginine 함량은 모두 T4구에 높게 나타났으며, cysteine과 histidine 함량은 T1구에서, valine과 methionine은 T3구에서 유의적으로 높게 나타났다(p<0.05, 0.01). 그러나 leucine 함량은 처리구에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다. 총 필수 아미노산의 함량을 보면 T4 > T3 > T1 > T2 > T5구 순으로 높게 나타났지만

Table 4. Effects of seeding dates and growth periods on the chemical compositions of silage corn (DM.%)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Crude protein	6.4 ^{ab}	5.9 ^c	6.3 ^{abc}	6.7 ^a	6.2 ^{bc}
Crude fat	2.8 ^A	2.6 ^B	2.3 ^C	2.1 ^D	1.9 ^E
Crude ash	3.1 ^{CD}	3.0 ^D	3.2 ^{BC}	3.5 ^A	3.3 ^B
Neutral detergent fiber	43.1 ^C	45.1 ^C	52.8 ^{AB}	54.7 ^A	51.0 ^B
Acid detergent fiber	25.4 ^B	25.3 ^B	26.9 ^B	32.6 ^A	30.1 ^A
Crude fiber	22.3 ^c	21.6 ^{bc}	21.8 ^{bc}	24.8 ^a	24.3 ^{ab}

a, b, c Means in a row with different superscripts are significantly different(P<0.05).

A, B, C, D Means in a row with different superscripts are significantly different(P<0.01).

Table 5. Effects of seeding dates on the amino acid contents of silage corn (mg/100g)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Threonine	415.23 ^{ab}	359.09 ^c	376.9 ^{bc}	443.32 ^a	392.73 ^b
Cysteine	167.61 ^a	124.05 ^{ab}	160.40 ^a	113.54 ^b	109.54 ^b
Valine	311.72 ^b	308.45 ^b	331.76 ^a	329.47 ^a	312.73 ^{ab}
Methionine	154.79 ^B	154.60 ^B	165.34 ^A	125.51 ^C	67.88 ^D
Isoleucine	190.30 ^{bc}	189.47 ^{bc}	201.26 ^{ab}	205.51 ^a	192.3 ^b
Leucine	708.38 ^{ns}	698.30	715.65	707.23	698.98
Phenylalanine	287.40 ^B	287.46 ^B	303.25 ^A	303.65 ^A	290.70 ^{AB}
Histidine	132.63 ^a	130.55 ^a	125.34 ^a	124.56 ^{ab}	119.41 ^c
Lysine	283.67 ^D	296.39 ^C	298.30 ^{BC}	321.65 ^A	309.47 ^{AB}
Arginine	153.39 ^B	153.33 ^B	154.26 ^B	168.64 ^A	151.77 ^B
Sum of EAA	2,805.12 ^{ns}	2,701.69	2,832.51	2,843.08	2,645.52
Serine	178.15 ^{AB}	177.37 ^{AB}	188.70 ^A	183.5 ^A	166.63 ^B
Glutamic acid	1,280.54 ^A	1,246.63 ^A	1,261.39 ^A	1,232.42 ^A	1,031.41 ^B
Proline	696.61 ^{ns}	671.73	513.90	603.40	599.53
Glycine	217.77 ^D	224.48 ^{DC}	232.54 ^{BC}	249.48 ^A	241.65 ^{AB}
Alanine	347.29 ^{ab}	345.53 ^a	348.35 ^a	349.4 ^a	334.24 ^b
Tyrosine	30.57 ^{BC}	28.16 ^{BC}	47.31 ^A	36.51 ^{AB}	19.74 ^C
Aspartic acid	495.89 ^B	459.36 ^B	476.16 ^B	574.87 ^B	592.38 ^A
Sum of NEAA	3,246.82 ^{ns}	3,153.26	3,068.35	3,229.62	2,985.58
Total (EAA+NEAA)	6,051.94 ^{ns}	5,854.95	5,900.86	6,072.70	5,631.10
EAA : NEAA	46.35 : 53.65	46.14 : 53.86	48.00 : 52.00	46.82 : 53.18	46.98 : 53.02

ns : not significant,

a, b, c Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

A, B, C, D Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.01).

상호 처리 간 유의적 차이는 없었다. T4구에서 총 필수 아미노산 함량이 높게 나타난 것은 표 4에서 보는 바와 같이 다른 처리구 보다 T4구가 높은 조단백질 함량을 가졌다는 것이 원인으로 사료 된다. 비필수 아미노산 중 serine은 T3구에서, glycine, alanine 함량은 T4구가 가장 높게 (p<0.05, 0.01), Tyrosine 및 aspartic acid는 각각 T3 및 T5구에서 유의적으로 높게 나타났다 (p<0.01) 특히 사일리지 옥수수에서 있어서 가장 높은 함량을 가지고 있는 glutamic acid 함량은 T1~T4 (1232.42~1280.54 mg/100g) 사이에는 유의적 차이가 없었지만 T5구 (1,031.41 mg/100 g)와는 유의적 차이를 보였다. 총 비필수 아미노산 함량을 보면 T1 > T4 > T2 > T3 > T5구 순으로 높게 나타났지만 상호 처리간 유의적 차이는 보이지 않았다. 총 구성아미노산의 함량을 보면 T4 > T1 > T3 > T2 > T5구 순으로 높게 나타났지만 상호 처리간 유의적 차이는 나타나지 않았다. 총 구성아미노산의 함량은 표 2에서 보는 바와 같이 조단백질 함량이 높았던 구에서 높게, 조단백질 함량이 낮은 구에서 낮게 나타나는 경향을 보였다. 옥수수 알곡 및 일반 곡물에 있어서 아미노산 함량은 조단백질 함량이 높으면 높게, 낮으면 낮게 나타난다고 보고한 장 등 (1972) 및 森本 (1968)의 결과와 비교시 본 실험에서도 같은 경향을 나타냈다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 구성 아미노산 종류에 따라서는 차이가 있지만 총 필수아미노산, 총 비필수

아미노산 및 총 아미노산 함량에 있어서는 사일리지용 옥수수 식물이 호숙기 초기 때는 다소 떨어지지만 호숙기부터 황숙기에 이르기까지는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

4. 파종시기와 재배기간이 옥수수의 지방산 함량에 미치는 영향

파종시기와 재배기간에 따른 옥수수의 지방산 함량에 미치는 영향은 표 6에 나타내었다. 지방산 36종을 분석한 결과 lauric acid, myristic acid, arachidonic acid 외 25종은 검출되지 않았으며 표 6에 나타낸 8종만 검출되었다. 먼저 필수지방산인 palmitoleic acid, oleic acid, r-linolenic acid, linolenic acid, linoleic acid 및 elaidic acid 함량은 파종시기가 빠르고 재배기간이 길었던 T1구에서 높게 나타났으며 (p<0.05, 0.01), 파종시기가 늦은 T4 및 T5구에서는 낮게 나타났다. 불포화지방산인 palmitic acid 함량은 T1 > T2 > T3 > T5 > T4구 순으로, stearic acid는 T1 > T5 > T4 > T3 > T2구 순으로 나타났다. 안 등 (1987)은 국내 옥수수 알곡의 지방산 함량은 linoleic acid 함량이 가장 높았다고 보고하였다.

그러나 본 실험은 사일리지 옥수수 전체 (줄기 + 엽 + 암이삭)를 분석한 것이지만 같은 경향을 나타냈다. 총 불포화지방산 함량과

Table 6. Effects of seeding dates and growth periods on the fatty acid contents of silage corn (mg/100g)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Palmitoleic acid	17.27 ^A	16.42 ^B	15.65 ^C	10.40 ^E	12.75 ^D
Oleic acid	33.41 ^A	28.59 ^B	27.76 ^B	14.75 ^D	17.61 ^C
r-linolenic acid	42.55 ^A	37.49 ^B	33.40 ^C	19.88 ^E	23.43 ^D
Linolenic acid	2.71 ^a	2.51 ^b	2.46 ^b	2.38 ^b	2.41 ^b
Linoleic acid	47.07 ^A	40.64 ^B	36.93 ^C	23.36 ^E	26.48 ^D
Elaidic acid	17.09 ^A	14.31 ^B	13.85 ^B	6.38 ^C	8.36 ^D
Palmitic acid	26.12 ^A	24.00 ^B	22.46 ^C	14.15 ^E	17.48 ^D
Stearic acid	3.56 ^A	2.74 ^C	3.13 ^B	3.16 ^B	3.22 ^B
TUFA	160.10 ^A	139.96 ^B	130.05 ^C	77.15 ^E	91.04 ^D
TSFA	29.68 ^A	26.74 ^B	25.59 ^B	17.31 ^D	20.70 ^C
TUFA/TSFA	5.39 ^A	5.23 ^A	5.08 ^B	4.46 ^B	4.40 ^B

¹⁾ TUFA : Total unsaturated fatty acid

²⁾ TSFA : Total saturated fatty acid

^{a, b} Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

^{A, B, C, D, E} Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.01).

Table 7. Effects of seeding dates and growth periods on the mineral contents of silage corn (mg/kg)

Items	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Ca	1,083.41 ^a	681.54 ^b	1,078.09 ^{ab}	1,148.30 ^a	744.22 ^b
Co	0.13 ^A	0.07 ^C	0.11 ^{BC}	0.15 ^A	0.06 ^C
Cu	2.91 ^{abc}	2.37 ^{bc}	3.49 ^{ab}	3.73 ^a	2.09 ^c
Fe	0.62 ^c	4.12 ^a	0.9 ^{bc}	2.73 ^{abc}	4.12 ^a
K	1,272.96 ^b	1,704.53 ^b	2,390.36 ^{ab}	2,611.72 ^a	1,912.64 ^{ab}
Mg	775.94 ^a	539.34 ^{ba}	905.51 ^a	862.54 ^a	527.51 ^b
Mn	26.75 ^{ns}	21.10	36.69	35.20	23.55
Mo	0.03 ^{ns}	0.04	0.02	0.03	0.01
Na	18.01 ^B	7.85 ^C	14.94 ^{BC}	41.70 ^A	7.13 ^C
Zn	12.61 ^{ns}	9.84	14.54	15.15	10.06
Total	3,193.37 ^{ab}	2,970.8 ^b	4,444.67 ^{ab}	4,721.25 ^a	3,231.39 ^b

ns : not significant.

^{a, b, c} Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

^{A, B, C} Means in a row with different superscripts are significantly different (P<0.01).

포화지방산 함량에 있어서도 파종시기가 빠르고 재배기간이 길었던 T1구에서 높게 나타난 반면 파종시기가 늦고 재배기간이 짧았던 T4 및 T5구에서 낮은 함량을 나타냈다($P<0.05$). 그리고 불포화지방산/포화지방산의 비율은 T1구가 5.39 그리고 T2, T3, T4 및 T5구가 각각 5.23, 5.08, 4.46, 4.40으로 나타났다. 국내산 옥수수 알곡의 불포화지방산/포화지방산의 비율 4.3~6.3 정도라고 보고한 안 등(1987)의 보고와 본 실험 결과와 비교시 식물체 전체를 분석한 사일리지용 옥수수였지만 같은 경향치를 보였다.

5. 파종시기와 재배기간이 옥수수의 무기물 함량에 미치는 영향

파종시기와 재배기간이 옥수수의 무기물 함량에 미치는 영향은 표 7에 나타났다. 옥수수에 있어서 무기물 함량은 모든 처리구에서 $K>Ca>Mg$ 순으로 높게 나타났다. 신 등(1999)은 사일리지용 옥수수의 무기물 함량은 $K>Ca>Mg$ 순으로 높게 나타났다고 보고한 결과와는 같은 경향을 보였지만 강 등(2001)이 보고한 $K>Mg>Ca$ 순이었다는 내용과는 다소 차이를 보였다. 그리고 본 실험 결과 옥수수의 무기물 함량은 K, Mg, Ca 함량이 전체 무기물의 95% 이상 차지하는 것으로 나타났다. 무기물 성분 중 Ca 함량을 보면 T4구가 1,148.30 mg/kg으로서 가장 높은 수치를 보였던 반면 T2구는 681.54 mg/kg으로 가장 낮은 수치를 보였다($P<0.05$). 또한 T4구는 다른 구(T1, T2, T3, T5)에 비하여 Co, Cu, K, Mg 및 Na 함량에 있어서도 유의적으로 가장 높은 수치를 나타냈다($p<0.05, 0.01$). Mn 및 Mo 함량에 있어서는 파종시기 및 재배기간에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 무기물 함량에 있어서는 T4구가 4,721.25 mg/kg으로서 가장 높은 수치를 보였지만 T2구는 2,970.8 mg/kg으로 유의적으로 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 강(2001) 등은 옥수수와 무기성분 흡수량과 질소와의 관계를 검토한 결과 Ca, K, Mg 함량은 각각 $r=0.89, 0.94, 0.87$ 로 매우 높은 상관을 가지고 있다고 보고하였으며, Papanastasis와 Koukculakis(1988)는 식물체의 질소흡수율은 Ca, K 등의 무기성분 흡수에 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 특히 많은 연구자들은 작물에 있어서 무기물함량은 기상조건, 토양조건 및 시비 등의 다양한 요인에 의하여 영향을 받는다고 보고하고 있다(Reith, 1965; Reid 등, 1970; 原田, 1975; Nuttall, 1985; 김, 1991).

이상의 연구자들의 보고와 본 실험 결과와 비교시 T4구가 전반적으로 무기물함량이 높은 경향을 보였던 것은 T4구 파종 전 5회의 강우에 의한 수분조건이 좋았고, 파종 후 높은 기온 및 일조량에 의한 생육의 호조건에 의한 시비의 효과가 높았던 것으로 사료된다. 특히 Table 3에 나타난 생육특성을 보면 T4구가 파종시기가 늦고 재배기간이 짧았음에도 불구하고 초장이 길고, 엽장이 넓고 하고엽이 적고 경이 굵었다는 점으로 미루어 볼 때(표 4 참조) 생육조건이 좋았을 뿐 아니라 비료 시용 전 후 적절한 강수량(표 2 참조)에 의하여 질소와 가리의 이용율이 높았음을 잘 뒷받침하고 있다.

요 약

본 연구는 파종시기와 재배일수가 사일리지용 옥수수의 생육특성, 수량성 및 사료적 가치를 규명하기 위하여 실시하였으며, 시험구 처리는 파종시기를 5월 1일(T1), 5월 8일(T2), 5월 15일(T3), 5월 22일(T4) 및 5월 29일(T5)일로 하고 수확 시기는 일괄 8월 24일로 실시하였다. 따라서 재배기간은 T1, T2, T3, T4 및 T5구가 각각 115, 108, 101, 94, 87일로 난괴법 5처리 3반복으로 하였다. 수확시 속기는 T1, T2, T3, T4 및 T5구가 각각 황숙기, 황숙기 초기, 호숙기 말기, 호숙기, 호숙기 초기 상태였다. 생육특성에 있어서 초장과 근계 발생(1, 2, 3, 4 차근 발생 정도)은 T5구가 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.01$). 엽장은 T4구에서($P<0.05$), 고사엽, 알곡충실도 암이삭 둘레는 T1구가 다른 구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($P<0.05, 0.01$). 그러나 엽폭, 착수고, 엽수, 암이삭 길이, 경의 굵기, 경경도 및 당도에 있어서는 상호 처리 간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 건물 및 TDN 수량은 파종시기가 빠르고 재배기간이 길었던 T1>T2>T3>T4>T5구 순으로 높게 나타났다($P<0.01$). 조단백질, 조회분, NDF, ADF, 조섬유 함량은 T4구가 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.05, 0.01$) 조지방 함량은 T1구에서 유의적으로 높게 나타났다($P<0.01$). 총 필수아미노산 함량은 T4>T3>T1>T2>T5 순으로 총 비필수아미노산 함량은 T1>T4>T2>T3>T5 순으로 총 아미노산 함량은 T4>T1>T3>T2>T5구 순으로 나타났지만 이들 처리구간에는 유의적 차이는 나타나지 않았다.

총불포화지방산, 총포화지방산 함량은 T1구에서 가장 높은 경향을 보였다($P<0.01$). 그리고 총불포화지방산/포화지방산의 비율은 T1>T2>T3>T4>T5구 순으로 나타났다. 무기물성분은 T4구가 4,721.25 mg/100 kg으로서 가장 높았던 반면 T2구는 2,970.80 mg/kg으로서 다른 구에 비하여 가장 낮은 수치를 보였다($P<0.05$). 이상 결과를 종합해 볼 때 논토양에서 사일리지용 옥수수 재배는 5월 초순에 파종하여 황숙기에 수확 하는 것이 건물수량과 영양수량 생산에 유리한 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2009년 경북대학교 학술연구비 지원으로 연구되었으며, 이에 감사드립니다

인 용 문 헌

- AOAC. 1995. Official Methods of analysis. 16th ed. Association of analytical chemist, Washington, DC., USA.
- Aldrich, S. R., Scott, W. O. and Hoeft, R. G. 1986. Modern corn production. 3rd. Ed. A and L Publication. station. Illinois.
- Bressani, R. and Mertz, E. T. 1958. Studies on corn proteins. IV. protein and amino acid content of different corn varieties. Cereal

- Chem. 35:227-235.
- Center, C. F. and Jones, G. D. 1971. Planting date and growing season effects and interactions on growth and yield of maize. *Agron. J.* 63:760-761.
- Folch, J. M., Lee, M. and Sloan-Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.
- Giardini, A. E. and Gaspari, M. 1976. Effect of maize silage harvest stage on yield plant composition and fermentation losses. *Ani. Feed Sci. Tech.* 1:313-326.
- Giardini, A., Vecchietini, M. and Lo Bruno, A. 1976. Energy supplementation of maize silage harvested at different maturity stages. *Anim. Feed Sci. Tech.* 1:369-379.
- Gordon, C. H., Derbyshire, J. C. and Van Soest, P. J. 1968. Normal and late harvesting of corn for silage. *J. Dairy Sci.* 51:1258-1263.
- Goring, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis. *Ag. Handbook.* No. 379. ARS. USDA. Washington DC.
- Herbek, J. H., Murdock, L. W. and Blevins, R. L. 1986. Tillage system and date of planting effects on yield of corn on soils with restricted drainage. *Agron. J.* 78:824-826.
- Holland, C., Kezar, W., Kautz, W. P., Lazowski, E. J., Mahanna, W. C. and Reinhart, R. 1990. The pioneer forage manual; A nutritional guide. pioneer Hi-Bred., Des Moines, IA.
- Hunt, C. W., Kezar, W. and Vinande, R. 1992. Yield, chemical composition, and ruminal ferment ability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *J. Prod. Agric.* 5:286-290.
- Nuttall, W. F. 1985. Effect of N, P and S fertilizers on alfalfa grown on three soil types in Northeastern Saskatchewan. II. Nitrogen, P, and S uptake and concentration in herbage. *Agron. J.* 77:224-228.
- Papanastasis, V. P. and Koukoulakis, P. H. 1988. Effects of fertilizer application to grassland in Greece. *Grass and Forage Sci.* 43(2): 153-158.
- Reid, R. L., Post, A. J. and Jung, G. A. 1970. Mineral composition of forage. *W. Va. Agr. Exp. Sta. Bull.* P 589.
- Reith, J. W. S. 1965. Mineral composition of crop. *N. A. A. S. Q. Rev.* 68:150-156.
- SAS. 2002. SAS user's guide; Statistics. SAS Inst. Inc. NC.
- Smith, A. E. 1972. A method for quantifying carbohydrate fraction in forage plants. *Agric. Food Chem.* 20:238-239.
- Swank, J. C., below, F. F., rambert, R. J. and Hagman, R. H. 1982. Interaction of carbon and nitrogen metabolism in the productivity of maize. *Plant Physiol.* 70:1185-1190.
- Wiersma, D. W., Carter, P. R., Albrecht, K. A. and Coors, J. G. 1993. Kernel milk line stage and corn forage yield, quality and dry matter content. *J. Prod. agric.* 6:94-99.
- 森本 宏. 1968. 飼料學. 養賢堂. 東京. 668-671.
- 原田 勇. 1975. 牧草栽培土壌のミネラル含量と乳牛疾病とくにクラスタタニの関係 (1). *畜産の研究.* 29:29-34.
- 김문철. 1991. 제주 화산회토 목초지에서 질소 및 가리 사용효과. I. Orchardgrass의 건물수량 및 무기물(N, P, K, Ca, Mg, Na) 함량. *한축지.* 33(9):683-691.
- 강봉균, 박양문, 강영길. 2001. 화산회토에서 옥수수와 감자의 시비처리에 따른 양분 흡수 및 용탈. *한작지.* 46(3):253-259.
- 김동암, 이광녕, 신동은, 김종덕, 한건준. 1996. 숙기가 다른 사일리지용 옥수수의 파종기가 사초의 수량과 사료가치에 미치는 영향. *한초지.* 16(4):327-337.
- 김종덕, 권찬호, 김수근, 박형수, 고한중, 김종관. 2002. 만기파종에서 수확 시 숙기가 사일리지용 옥수수의 사초수량과 품질에 미치는 영향. *동물자원지.* 44(2):251-260.
- 박근영, 손영희, 정승근, 최근진, 박성무, 최봉호. 1990. 옥수수 종실의 단백질함량 변이와 아미노산 조성. *한작지.* 35(5):413-423.
- 신동은, 김동암, 최홍립, 송관철, 이혁호, 김원호, 정의수. 1999. 사일리지용 옥수수에 대한 액상분뇨 시비연구. *한토비지.* 32(1):22-30.
- 손범영, 김정태, 송승이, 백성범, 김정곤, 김종덕. 2009. 파종시기에 따른 국내 육성 사일리지용 옥수수의 수량 및 사료가치의 품종간 비교. *초지조사료지.* 29(3):179-186.
- 안두희, 하봉식. 1987. 마치중 옥수수의 품종별 지방조성의 비교. *한국영양식량학회지.* 16(4):350-363.
- 이상무, 김병태, 황주환, 전병태, 문상호. 2007. 경운횟수와 파종기 이동이 사일리지용 옥수수의 생육특성, 사료가치, 잡초발생 및 가축의 기호성에 미치는 영향. *한초지.* 27(3):209-218.
- 이석순, 박근용, 정승근. 1981. 파종기가 종실 및 싸일리지 옥수수의 생육기간 및 수량에 미치는 영향. *한작지.* 26:337-343.
- 이종경, 박형수, 김영근, 정종원, 나기준, 김문철, 이성철, 육원방. 2004. 고랭지에서 파종시기 및 수확시기가 사일리지용 옥수수의 생육특성, 건물수량 및 사료가치에 미치는 영향. *한초지.* 24(2):115-122.
- 임상훈, 김동암. 1996. 옥수수의 수확시기가 사초의 생산성과 품질에 미치는 영향. *한초지.* 16(1):75-80.
- 장윤환, 이창영, 김상철, 이종원, 김강식, 윤재인. 1972. 사료의 아미노산에 관한 연구. I. 옥수수등 농후사료 수종의 아미노산 함량. *한축지.* 14(3):224-229.
- 전병태, 문상호, 이상무. 1989. 충부지방에 있어서 국내 및 도입 Silage용 옥수수 생산성과 지역적응성에 관한 연구, 건국대학교 중원연구소. 논문집. 제8집. p 3-142.
- 축산물품질평가원. 2010. 등급정보 3월 호. p 4-5.
(접수일자: 2010. 5. 18 / 수정일자: 2010. 9. 17 / 채택일자: 2010. 10. 14)