

산지 신개간 토양에서 사료용 옥수수 수확시기가 생육특성, 생산성 및 사료가치에 미치는 영향

도구호 · 김은중 · 이상무

Effects of Harvest Stage on Agronomic Characteristics, Yield and Feed Value of Silage Corn in the Newly Reclaimed Hilly Land

Gu Ho Do, Eun Joong Kim and Sang Moo Lee

ABSTRACT

This study was carried out to investigate growth characteristics, yield, chemical compositions and nutrients yield of corn hybrids for silage in the newly reclaimed hilly land. The experimental design was arranged in a randomized block design with three replications. The seeding time was at May 6. The harvest time of four treatments was milk stage (97 days), dough stage (105 days), yellow stage (112 days) and late yellow stage (119 days after seeding). Plant height, ear height, leaf numbers and ear length were highest in yellow stage ($p < 0.05$, 0.01), but dead leaf, stem hardness and sugar degree (Brix) were higher in late yellow than other treatments. Leaf width, tip filling degree and fresh yield were not significantly different. Dry matter yield increased as the maturity stage progressed ($p < 0.01$). Crude protein and crude fat were not significantly different. NDF and ADF decreased as the maturity stage progressed ($p < 0.01$). Ca content was the highest at milk stage ($p < 0.05$), Fe and P were the highest at dough stage ($p < 0.05$, 0.01). However another minerals were not significantly different. Essential amino acid (EAA), nonessential amino acid (NEAA) and total amino acid were highest at yellow stage, but no significant differences were found among the treatments. Total free sugar contents were higher in the order of Milk > dough > yellow > late yellow stage, but no significant differences were found among the treatments. Crude protein yield was the highest at yellow stage, but crude fat yield, amino acid yield and TDN yield were highest at late yellow stage ($p < 0.01$). Total mineral yield showed no significant difference. Based on the above results, yellow and late yellow stage compared to other maturity stage have been shown to increase dry matter yield and nutrients yield, when silage corn grow cultivate in the newly reclaimed hilly land.

(**Key words** : Silage corn, Newly reclaimed hilly land, Nutritional components)

I. 서 론

조사료 및 사료용 곡류의 생산이 부족하고 경지면적이 협소한 우리나라 현실에서는 수량성, 이용성 및 TDN 함량이 높고 파종에서 수

확까지 기계화를 통하여 노동력을 줄일 수 있는 사료용 작물 중 가장 권장할 만한 작물은 사일리지용 옥수수이다 (Lee et al., 2004a; Son et al., 2009; Lee and Lee, 2010). 사일리지용 옥수수 재배는 대부분 밭 토양에서 생산되어

경북대학교 축산BT학부 (Faculty of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju-Si 742-711, Korea)

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

왔으나 최근 들어서 밭 토양은 고소득 작물 재배를 선호하고 있어서 사일리지용 옥수수의 재배면적을 확대하기가 어렵지만, 벼 재배 중심은 쌀값 하락으로 휴경농지가 증가하고 있어서 이를 활용하는 방안으로 국가 보조 사업을 통하여 사료작물 재배지로 전환하는 것을 적극 권장하고 있는 실정이다 (Kim et al., 2012). 이러한 원인으로 국내에서는 많은 연구자들이 밭 토양 및 논토양에서 생산성 및 수량성에 관한 연구를 진행하였다 (Jeon et al., 1989; Ji et al., 2009a, 2009b; Kim et al., 2002; Lee et al., 1981; Lim and Kim, 1996). 그러나 최근 4대강 개발 및 산지 개간으로 절토지역 및 성토지역이 많이 늘어나고 있다. 특히 야산을 깎아서 성토 후 밭을 만들게 되면 유효토심이 불균일하게 되며 (Park et al., 2006), 이로 인하여 토양은 수분, 밀도 및 경도가 동일한 포장 내에서도 다양하게 분포되어 작물 재배 시 생육의 차이가 크게 나타난다 (Kim et al., 1981). 그리고 신개간지 토양은 자연강우에 의존하며 양분 유실이 많아 비옥도가 낮으며 (Alegre et al., 1986), 여기에 작물을 재배한다면 지금까지 작물을 재배하여 온 토양에 비하여 생산량은 크게 떨어진다고 보고되어 있다 (Aono et al., 1981). 작물의 생육은 수분함량, 통기성, 경도 및 토양성질에 따라 영향을 받으며 (Cho and Kim, 1997),

특히 야산을 깎아서 성토 후 밭을 만들게 되면 산성이 강하고 염기가 하층으로 용탈이 심하여 작물생육에 필요한 여러 가지 영양소가 부족하게 된다고 보고하고 있다 (Hur et al., 1994). 이러한 토양에 사일리지용 옥수수를 재배하여 수량 및 영양성을 검토한 연구 결과는 국내에서는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 최근 야산을 절개하여 조성한 신개간지 토양에 옥수수를 재배하여 생산능력 및 영양수량을 평가하여, 국내 조사료 생산기반을 확충하기 위한 방안의 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험포장

본 시험포장은 경북 내륙에 소재한 군위군 야산 신개간지로서 옥수수 파종 3개월 전 숙성된 우분 40 ton/ha을 시용하였다. 실험 포장은 마사토 및 작은 자갈로 이루어져 있으며 산도는 5.6이고, CEC 함량이 매우 낮은 토양이었다. 그러나 유기물 함량은 일반 밭 토양과 큰 차이가 없었다 (Table 1).

토양 입자를 보면 미립자 토양 보다는 알갱이가 큰 모래 형태의 토양이 36.62%를 차지하는 사질토양이다 (Table 2).

Table 1. Chemical properties of the newly reclaimed hilly land soil

pH (1:5)	T-N (%)	Available P ₂ O ₅ (mg/kg)	Organic matter (g/kg)	CEC (cmol ⁺ /kg)	Exchangeable cation (cmol ⁺ /kg)			
					K	Na	Ca	Mg
5.60	0.16	89.15	26.51	4.45	1.11	0.15	3.59	1.18

Table 2. Soil particle sizes of newly reclaimed hilly land soil

Range of soil particle sizes		
0.84 mm <	0.85 mm ~ 1.75 mm	1.76 mm ~ 8.53 mm
31.43%	31.95%	36.62%

2. 실험설계

실험설계는 중만생종 품종인 P32W86을 4처리 3반복 난괴법 배치로 하였으며 파종 시기는 5월 6일, 수확은 처리구별로 유숙기, 호숙기, 황숙기, 늦은 황숙기인 각각 8월 10일, 18일, 25일 및 9월 1일에 실시하였다. 파종 시 재식 거리는 75 cm × 20 cm로 시험구당 면적은 3 m × 5 m = 15 m²으로 하고 2립 점파 후 4~5엽기에 1주 만 남겨 두고 수확하였다.

3. 시비방법

시비량은 질소, 인산, 가리를 각각 200, 150, 200 kg/ha 사용하였으며, 이중 인산은 기비로 전량 시비하였다. 질소와 가리는 기비로 60%, 추비 40%로 분할 시비하였으며 추비는 옥수수 가 8엽기 때 실시하였다.

4. 조사항목 및 조사방법

조사항목 및 조사방법에 있어서 생육특성은 예취 전 중앙 2열에서 가장 평균적인 주를 각 반복별 10주씩 선발하여 조사하였으며 당도측정은 PR-101 당도계를, 경경도는 KM 스프링 경도계를 이용하여 예취 된 부위로부터 10 cm 지점을 측정하였다. 수량은 중앙 2열을 예취하여 생초수량을 조사한 후 각 구마다 2주씩 선발하여 55℃ 통풍건조기 속에서 5일간 건조 후 평량하여 건물율을 구하고 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. 일반성분은 AOAC법 (1995)에 의하여 분석하였으며 ADF와 NDF는 Goering과 Van Soest (1970)의 방법으로 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) 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 1,150 W이며, analysis pump rate는 100 rpm, nebulizer pressure와 observation height는 각각 30 psi 및 15 mm로 하였다.

구성 아미노산의 분석은 분쇄한 시료 1 g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 10 mL를 가하여 감압 밀봉한 후 110℃의 dry oven에서 24시간 이상 동안 가수분해 시킨 후, Glass filter로 분해액을 여과하고 얻은 여액을 55℃에서 감압 농축하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 다음, 농축된 시료를 sodium citrate buffer (pH 2.20)로 25 mL 정용플라스크에 정용하여 0.45 μm membrane filter로 여과한 시료액을 아미노산 자동 분석기 (Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, England)로 분석하였다. 이때 분석 조건은 Cation separation column (oxidised feedstuff column, 4.6 mm × 200 mm)을 사용하였고, 0.2 M sodium citrate buffer (pH 3.20, 4.25)와 1.2M sodium citrate buffer (pH 6.45) 및 0.4 M sodium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42 mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33 mL/min, column 온도는 48~95℃, 반응온도는 135℃로 하였다. 그리고 유리당 분석은 시료를 약 5 g씩 정확히 칭량하여 80% 에탄올용액 100 mL를 가하여 환류냉각 추출장치에 넣어 부착된 heating mantle에서 80℃, 2시간 동안 당 성분을 반복추출 후 Whatman No. 5로 여과하였다. 여과액은 hexane으로 지질을 제거하고 40℃ 진공 농축 건조 후 증류수 5 mL로 정용한 다음 Sepak C₁₈를 통과시켜 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 HPLC (Waters 2414, Waters Co., USA) 분석용 시료로 사용하였다. 이때 column은 carbohydrate column (ID 3.96 × 300 mm, Waters Co., USA)을 사용하였으며, column oven 온도는 30℃, mobile phase는 85% acetonitrile, flow rate는 2.0 mL/min., 시료주입량은 20 μL의 조건으로 Refractive Index (RI) detector (Waters 2414, Waters Co.,

USA)에서 검출하였다. 표준품은 fructose, glucose, sucrose, maltose (Sigma, U.S.A)를 일정량씩 혼합하여 증류수에 녹여 표준용액으로 사용하였다. 표준품과 시료의 당성분은 머무른 시간 (t_R)을 직접 비교하여 확인하였고 각 표준품의 검량곡선을 작성하여 peak의 면적으로 개별 당성분의 함량을 산출하였다. 조단백질 수량, 조지방 수량, 광물질 수량, 아미노산 수량 및 유리당 수량은 건물생산량에 각 성분의 함량을 곱하여 구하였다. 그리고 TDN 수량은 Pioneer Hi-Bred사가 제시한 공식 $TDN \text{ 건물수량} = (\text{경엽 건물수량} \times 0.582) + (\text{암이삭 건물수량} \times 0.85)$ 에 의하여 계산하였다 (Holland et al, 1990).

5. 통계처리

실험결과의 평균값 및 표준오차는 SAS (Statistics analytical System, USA) Program (2002)을 사용하여 구하였고 Duncan의 다중검정 방법으로 5% 및 1% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 건물수량

Table 3은 생육특성 및 건물수량을 나타내었다. 초장을 보면 호숙기이후 부터는 성장을 거의 하지 않고 늦은 황숙기까지 일정한 초장을 유지하는 것으로 나타났다. Lee와 Lee (2010)는 논토양에서 재배기간에 따라 초장을 조사한 결과 호숙기 이후는 초장이 신장하지 않았다는 보고의 결과와 같은 경향을 보였다. 엽장은 호숙기까지는 신장하였으나 황숙기부터는 엽장이 유의적으로 작아지는 것으로 나타났다 ($p < 0.05$). 그리고 엽폭은 숙기에 따라 일정한 경향치를 나타내지 않았다. 착수고는 황숙기까지는 증가하였다가 늦은 황숙기에는 감소하는 경향을 나타냈다 ($p < 0.05$). 엽수는 황숙기까지는 증가하였

으나 늦은 황숙기에는 떨어지는 수치를 보였다. 고사엽은 숙기가 진행됨에 따라 증가하였고 ($p < 0.01$), 녹색도는 숙기가 진행됨에 따라 감소하는 수치를 보였다 ($p < 0.01$). 알곡 충실도는 숙기에 따라 차이를 보이지 않았지만, 암이삭 길이는 유숙기에서 황숙기까지는 증가하다가 늦은 황숙기에는 다소 떨어지는 수치를 나타냈다 ($p < 0.05$). 암이삭 둘레는 숙기별 차이가 나타나지 않았다. 경의 굵기는 숙기가 진행됨에 따라 줄어들고 ($p < 0.01$) 경의 경도는 숙기가 진행됨에 따라 딱딱하게 나타났다 ($p < 0.01$). 줄기의 당도는 숙기가 진행됨에 증가하는 경향을 보였는데, 이중 늦은 황숙기에 12.6 Brix로 매우 높았으나 유숙기에는 4.3 Brix로 낮게 나타났다 ($p < 0.01$). Lee와 Lee (2010)는 논토양에서 옥수수 재배 시 재배기간이 87일~115일까지 재배한 결과 당도는 재배기간이 길어질수록 높게 나타났다는 보고와 본 시험결과는 같은 경향을 보였다. 신개간지에서 숙기 간 생초수량은 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 건물수량은 늦은 황숙기가 17,047 kg/ha으로 가장 높게 유숙기가 9,946 kg/ha로 낮게 나타났다 ($p < 0.01$). 옥수수 품종의 건물수량에 대한 보고를 보면 Lee 등 (2004b)은 고랭지에서 파종시기와 수확시기에 따라 평균 13,086~16,836 kg/ha, Lee와 Lee (2010)는 논토양에서 재배 시 재배기간에 따라 15,240~22,661 kg/ha, Lee 등 (2004a)은 밭 토양 재배 시 국내외 옥수수 품종 생산량은 20,900~24,300 kg/ha 범위를 나타냈다고 보고하였다. 그리고 Kim 등 (1998)은 재식밀도에 따라 P3352 품종은 15,989~18,996 kg/ha, G4743 품종은 15,881~21,386 kg/ha 생산되었다고 하였다. Hur와 Kim (1995)은 신개간지에 N-P-K 만 사용한 구와 퇴비, 인산첨가, 석회석, 붕사를 사용한 구에 옥수수를 재배한 결과 신간지에 N-P-K만 사용한 구에 비하여 토양개량제를 추가로 활용한 구가 53%의 증수효과가 있었다고 보고하였다. 또한 Hur와 Kim (1991)은 청예용 옥수수 수량은 토양의 용적밀도, 경도, 유기물

Table 3. Effects of harvest stage on growth characteristics and yield of silage corn in the newly reclaimed hilly land soil

Items	Harvest stage			
	Milk	Dough	Yellow	Late yellow
Plant length (cm)	224.4±10.3 ^B	252.4±3.4 ^A	255.3±2.3 ^A	255.8±2.0 ^A
Leaf length (cm)	78.9±3.4 ^{bc}	88.5±0.4 ^a	84.5±5.0 ^{ab}	77.9±2.5 ^c
Leaf width (cm)	8.5±0.5 ^{ns}	8.2±0.3	8.6±0.3	8.6±0.5
Ear height (cm)	93.5±2.7 ^c	96.9±1.5 ^{bc}	103.3±1.6 ^a	100.9±3.8 ^{ab}
Number of leaf (No.)	13.0±0.7 ^b	13.4±0.2 ^{ab}	14.1±0.2 ^a	13.5±0.2 ^{ab}
Dead leaf (No.)	1.2±0.5 ^B	1.4±0.4 ^B	1.7±0.1 ^B	2.9±0.3 ^A
Green degree (1-9)	9.0±0.0 ^A	9.0±0.0 ^A	8.7±0.1 ^B	8.0±0.0 ^C
Tip filling degree (1-9)	8.3±0.1 ^{ns}	8.5±0.1	8.8±0.1	8.6±0.3
Ear length (cm)	15.0±1.0 ^c	16.5±0.5 ^{bc}	19.0±2.1 ^a	18.8±0.8 ^{ab}
Ear circle (cm)	16.6±0.9 ^{ns}	17.4±0.2	17.9±0.4	17.2±0.5
Stem diameter (mm)	22.1±1.8 ^A	20.3±1.3 ^A	19.6±0.9 ^A	16.8±1.2 ^B
Stem hardness (kg/cm ²)	1.2±0.2 ^C	2.6±0.2 ^B	3.0±0.4 ^B	5.8±0.4 ^A
Brix (B°)	4.3±1.6 ^C	4.9±0.6 ^C	7.4±1.1 ^B	12.6±1.4 ^A
Fresh yield (kg/ha)	40,300±985 ^{ns}	42,266±2,113	43,266±1,172	42,533±1,361
Dry matter yield (kg/ha)	9,946±243 ^D	12,498± 921 ^C	14,714± 398 ^B	17,047± 546 ^A

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, D} Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.01).

함량, 양이온치환용량에 의해 영향을 받는다고 하였다. 이들의 보고와 본 시험 결과를 비교하면 신개간지 토양의 옥수수 건물수량은 고랭지에서 생산되는 수준이며, 토양개량제 미활용 토양, 기경작 밭 토양과 논 토양에 비하여서는 떨어지는 것으로 나타났다.

2. 일반성분

신개간지에 재배한 옥수수의 숙기별 조단백질함량을 보면 늦은 황숙기가 5.32%로서 가장 낮고 황숙기가 6.96%로 가장 높은 수치를 보였으나 상호 숙기 간 유의적인 차이는 보이지 않았다. Lee 등 (2004b)은 밭 토양에서 국내 육성 및 도입 옥수수 품종 (16품종)의 황숙기 때 조

단백질 함량은 7.0%~8.5% 범위였다고 하였으며, Kim 등 (2012)은 논토양에서 품종별 옥수수 재배 시 (10품종) 6.4%~8.0% 범위를 나타냈다고 보고하였다. 그러나 Ji 등 (2009a)은 남부지방 논토양에서 품종별 조단백질 함량은 5.7~6.1%의 범위를 보였다고 하였다. 또한 Lee와 Lee (2010)는 논토양에서 파종시기 및 재배기간에 따라 5.9~6.7% 범위를 나타낸다고 하였다. 야산 개간지에서 옥수수 재배 시 숙기별 조단백질함량이 5.32%~6.96%였던 본 시험과 비교 시 밭 및 논 토양에 비하여 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. Lee 등 (2007)은 사일리지 옥수수의 조단백질 함량은 엽의 탈락 정도, 하고엽수, 경의 목질화 및 암이삭 비율 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받는다고 하였으며 Kim과

Kim (1993)은 옥수수 재배 시 전 작물을 재배하지 않은 구를 대조구로 하여 이전 작물이 Crimson clover나 Italian ryegrass 작물인 경우는 대조구의 옥수수 보다 조단백질 함량이 증가한다고 하였다. 따라서 옥수수에 있어서 단백질 함량은 품종간의 차이는 물론 재배조건에 따라서도 다르게 나타나는 것으로 사료된다. 조지방 함량은 숙기에 따라 2.51~3.24%로 호숙기에 가장 높고 유숙기에 가장 낮은 수치를 보였으나 상호간 유의적인 차이는 없었다. Lee 등 (2007)은 파종기 이동에 따라 재배기간 117일(황숙기) 기준으로 하여 재배기간이 단축되면 조지방 함량은 감소한다는 보고와는 다소 차이를 보였다. 조회분 함량은 유숙기부터 호숙기까지는 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 늦은 황숙기에서는 유의적으로 떨어지는 결과를 나타냈다 ($p<0.05$). NDF 함량은 유숙기에서 호숙기까지는 증가하는 경향을 보이고 호숙기를 기점으로 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다 ($p<0.01$). ADF 함량은 유숙기와 호숙기에는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 황숙기와 늦은 황숙기는 유숙기에 비하여 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다 ($p<0.01$). 이러한 결과는 황숙기 초기와 황숙기 후기에 NDF 및 ADF 함량은 숙기가 진전됨에 따라 감소하였다는 Hunt 등 (1992)과 Kim 등 (1999)의 보고와 같은 경향을 나타냈다.

3. 무기물성분

산지 신개간지에서 옥수수의 숙기에 따른 무기물함량은 Table 5에 나타냈으며, 옥수수 숙기별 무기물함량은 유숙기~호숙기 사이에는 $K > P > Ca > Mg$ 순으로 높게 나타났으며, 황숙기~늦은 황숙기에는 $K > Ca > P > Mg$ 순으로 높게 나타났다. 그리고 K, P, Ca, Mg 이 4가지 성분의 함량이 총 무기물 함량의 95% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 무기물 중 K, Ca, P, Mg 및 Na을 제외하고는 모든 무기물들이 미량으로 존재하는 것으로 나타났다.

Lee와 Lee (2010)는 논토양에서 파종시기와 재배기간을 달리하였을 때 무기물 함량 중 K 함량이 가장 높았다고 보고하였고, Kang 등 (2001)과 Shin 등 (1999)의 보고에 있어서도 옥수수의 무기물 함량은 K와 Ca 함량이 높게 나타났다는 보고와 본 시험과 같은 경향을 나타냈다. 무기물 성분 중 Ca 함량을 보면 숙기별 132.95 mg/100 g (유숙기)~60.02 mg/100 g (늦은 황숙기)으로서 숙기 간 유의적 차이를 보였다 ($p<0.05$). Kim 등 (2012)은 논토양에서 사일리지 옥수수 품종별 황숙기에 Ca 함량은 1,544.5~1,114.3 mg/kg이었고 Shin 등 (1999)은 밭 토양에서 Ca 함량은 2,800 mg/kg (0.28%)였다는 보고와 비교 시 산지 신개간지에서 옥수수재배 시 Ca 함량은 논, 밭 토양 재배에 비하여 떨어지

Table 4. Effects of harvest stage on chemical compositions of silage corn in the newly reclaimed hilly land soil (DM. %)

Items	Harvest stage			
	Milk	Dough	Yellow	Late yellow
Crude protein	6.69±0.06 ^{ns}	6.58±0.37	6.96±0.41	5.32±0.89
Crude fat	2.51±0.25 ^{ns}	3.24±0.25	2.78±0.01	2.93±0.13
Crude ash	4.57±0.01 ^a	3.82±0.03 ^{ab}	4.04±0.45 ^{ab}	3.47±0.28 ^b
NDF	43.83±1.01 ^A	44.90±0.58 ^A	38.77±1.44 ^B	35.46±0.21 ^C
ADF	26.32±1.38 ^A	25.94±0.76 ^A	21.48±0.94 ^B	19.58±0.21 ^B

ns : not significant.

^{a, b} 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 ($p<0.01$).

Table 5. Effects of harvest stage on mineral contents of silage corns in the newly reclaimed hilly land soil (mg/100g)

Items	Harvest stages							
	Milk		Dough		Yellow		Late yellow	
Ca	132.95±	7.97 ^a	92.62±	1.57 ^{ab}	79.10±	29.91 ^b	60.02±	7.37 ^b
Cu	0.24±	0.04 ^{ns}	0.19±	0.01	0.19±	0.01	0.17±	0.04
Fe	3.32±	0.20 ^{ab}	3.43±	0.01 ^a	2.49±	0.29 ^c	2.89±	0.01 ^b
K	841.62±	42.78 ^{ns}	676.24±	92.86	632.77±	91.92	543.25±	39.98
Mg	69.45±	10.21 ^{ns}	52.45±	2.11	53.59±	4.56	47.23±	5.00
Mn	1.48±	0.16 ^{ns}	1.17±	0.31	1.22±	0.51	0.95±	0.09
Mo	0.13±	0.04 ^{ns}	0.07±	0.01	0.07±	0.01	0.06±	0.02
Na	39.49±	4.45 ^{ns}	31.63±	7.51	32.00±	10.40	25.04±	9.62
Zn	1.99±	0.04 ^{ns}	1.25±	0.90	1.43±	0.06	1.37±	0.14
P	144.74±	2.93 ^A	172.74±	25.39 ^A	64.80±	11.27 ^B	55.00±	2.69 ^B
Total	1,235.42±	161.86 ^A	1,031.79±	74.56 ^{AB}	867.67±	148.10 ^B	735.97±	49.98 ^B
RI ¹⁾ (%)	100.0		83.5		70.2		59.6	

RI : relative index

ns : not significant

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

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

는 것으로 나타났다. 그리고 Cu 성분은 미량성분으로서 숙기 간 유의적 차이가 없었으나 Fe 성분은 미량이지만 호숙기에서 높은 수치를 나타냈다 (p<0.05). K와 Mg 성분은 숙기가 진전됨에 따라 감소하는 경향을 보였지만 숙기 간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 일반적으로 목초의 높은 K 함량은 광물질 균형이 파괴되어 Grass tetany의 위험성을 증가시키는데 이러한 현상은 젖소에서 많이 발생한다. 일반 목초에 있어서 K 함량의 안전성은 0.1~3.7% 범위로 규정 (Hwang et al., 2009)하고 있으나 본 시험 결과 산지 신개간지의 K 범위는 0.054~0.084% 범위로서 Grass tetany에 대한 염려는 없는 것으로 나타났다. Mn, Mo, Na 및 Zn 성분은 유숙기에서 높은 수치를 보이고 호숙기에 낮은 수치를 보였지만 상호 숙기 간 유의적인 차이는 없었다.

이들의 함량을 논토양에서 재배한 Lee와 Lee

(2010)의 보고와 비교 시 Mn은 낮게, Mo와 Na은 높게, Zn은 비슷한 수치를 나타냈다. P의 함량은 호숙기에 가장 높게 나타났으며 늦은 황숙기에 낮게 나타났다 (p<0.01). Shin 등 (1999)은 밭 토양에서 재배한 옥수수의 황숙기 때 P 함량이 0.18% (180 mg/100 g)였다는 보고와 비교 시 산지 개간지에서 재배한 본 시험의 옥수수의 P 함량은 황숙기를 기준으로 볼 때 떨어지는 것으로 나타났다. 총 무기물함량은 유숙기 > 호숙기 > 황숙기 > 늦은 황숙기 순으로 나타났다. 숙기별 무기물 총 함량에 대한 상대비율을 살펴보면 유숙기가 늦은 황숙기에 비하여 40.4%나 높은 것으로 나타났다.

4. 구성아미노산 함량

산지 신개간지에서 옥수수 재배 시 숙기별 구성아미노산의 함량은 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Effects of harvest stage on amino acid contents of silage corn in the newly reclaimed hilly land soil (DM, mg/100g)

Items	Harvest stage							
	Milk		Dough		Yellow		Late yellow	
Threonine	214.81±	1.86 ^{ns}	197.26±	4.70	221.83±	0.91	199.64±	18.13
Valine	263.01±	8.40 ^{ns}	245.43±	7.74	269.96±	8.95	250.45±	15.04
Methionine	15.82±	13.51 ^{ns}	12.52±	2.72	23.02±	12.12	33.83±	5.76
Isoleucine	212.06±	23.72 ^{ns}	182.30±	5.16	218.50±	22.55	214.96±	14.59
Leucine	417.11±	16.91 ^{ns}	323.00±	137.00	474.31±	18.87	450.24±	25.37
Phenylalanine	271.39±	8.09 ^{ns}	251.04±	3.47	297.50±	1.56	263.46±	29.46
Histidine	135.83±	2.91 ^{ns}	97.58±	43.96	161.46±	3.13	159.27±	17.12
Lysine	218.32±	5.56 ^{ns}	203.25±	17.02	228.73±	1.87	214.19±	19.09
Arginine	189.65±	0.78 ^b	177.78±	8.24 ^b	217.09±	3.48 ^a	207.34±	16.48 ^a
Sum of EAA ¹⁾	1,938.00±	50.13 ^{ns}	1,690.16±	142.08	2,112.40±	69.67	1,993.38±	152.22
Serine	236.75±	0.04 ^{ns}	217.24±	2.45	253.13±	5.29	242.28±	17.78
Cysteine	40.68±	11.88 ^{ns}	47.16±	0.01	37.44±	0.93	54.41±	1.92
Glutamic acid	594.01±	30.65 ^{ns}	682.85±	16.67	673.13±	25.07	663.35±	36.18
Proline	222.66±	21.45 ^C	258.93±	22.61 ^C	355.94±	12.93 ^B	429.61±	17.24 ^A
Glycine	207.11±	0.36 ^{ns}	193.79±	8.92	215.78±	1.55	203.32±	18.49
Alanine	363.17±	5.38 ^{ns}	326.12±	1.65	379.52±	0.42	337.96±	31.42
Tyrosine	63.47±	2.34 ^{ns}	56.63±	3.40	60.13±	1.82	60.47±	5.37
Aspartic acid	399.27±	1.75 ^{ns}	358.13±	4.55	393.30±	8.92	360.44±	37.09
Sum of NEAA ²⁾	2,127.12±	85.33 ^{ns}	2,140.85±	60.27	2,368.37±	152.22	2,351.84±	120.22
Total (EAA+NEAA)	4,065.12±	199.06 ^{ns}	3,831.01±	118.50	4,480.77±	299.06	4,345.22±	203.21
EAA : NEAA	47.67 : 52.33		44.12 : 55.88		47.14 : 52.86		45.88 : 54.12	

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).

EAA¹⁾: essential amino acid, NEAA²⁾: nonessential amino acid.

먼저 필수아미노산을 보면 Leucine 성분 (323.00 mg~474.31 mg/100g)이 가장 높고, Methionine 성분(12.52 mg~33.83 mg/100g)이 가장 낮게 나타났다. 그리고 필수아미노산 성분은 모두 황숙기 때 높은 수치를 보였지만, 숙기 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Lee와 Lee (2010)는 필수 아미노산 중 Threonine, Cysteine, Histidine은 황숙기에 높았지만 다른 성분은 그렇지 않다는 보고와는 다소 차이를 보였다. 총

필수아미노산 황숙기 > 늦은 황숙기 > 유숙기 > 호숙기 순으로 높게 나타났지만 유의적인 차이는 없었다. 비필수아미노산은 모든 숙기에서 Glutamic acid > Aspartic acid > Alanine 순으로 높은 함량을 보였지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 그러나 Proline 함량은 숙기가 진행됨에 따라 증가하는 경향 (p<0.01)을 나타냈고, 나머지 성분에 있어서 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 총비필수아미노산 함량에 있어서도

숙기가 진전됨에 따라 증가하는 경향을 나타냈지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 총아미노산 함량(필수+비필수 아미노산)에서도 유숙기와 호숙기에 비하여 황숙기와 늦은 황숙기 높은 함량을 나타냈지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. Lee와 Lee (2010)는 총 아미노산 함량에 있어서는 호숙기 초기부터 황숙기까지 유의적인 차이가 없었다는 보고와 같은 경향을 보였다. 총 아미노산에 대한 필수아미노산 비율은 44.12~47.14%로서 호숙기가 가장 낮고 황숙기가 가장 높은 비율을 나타냈다.

5. 유리당 함량

산지 신개간지에서 옥수수 재배 시 숙기별 유리당의 함량은 Table 7에 나타내었다. 옥수수에 있어서 유리당 중 sucrose 함량이 가장 높고, maltose 함량은 미량 존재하는 것으로 나타났다.

먼저 fructose 함량을 보면 숙기가 진전함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈으며 ($p<0.05$), glucose 역시 숙기가 진전됨에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다 ($p<0.05$). 그러나 sucrose와 maltose 함량은 유숙기에서 황숙기까지 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 유리당 함량은 숙기가 진행됨에 따라 감소하는 수치는 보였지만 유의적 차이는 나타나지 않았다. Lee 등 (2010)은 수확시기에 따른 대학찰옥수수의 유리당을 조사한 결과 수확시기가

늦어짐에 따라 유의적으로 감소한다고 하였으며, Kim 등 (1994)은 찰옥수수의 유리당 함량은 출사 후 생리적 성숙기를 기준으로 감소한다고 보고하여 본 연구 결과와 같은 경향을 보였다.

6. 영양수량

산지 신개간지에서 옥수수 재배 시 숙기별 영양수량은 Table 8에 나타내었다.

조단백질 수량은 황숙기에 1,023.56 kg/ha로서 가장 높은 수치를 나타냈지만, 유숙기에는 686.29 kg/ha로서 가장 낮게 나타났다. Kim 등 (2012)은 논토양에 옥수수 품종을 재배한 결과 수입종은 1,061~1,385 kg/ha 범위였다는 보고와 비교 시, 본 시험의 유숙기와 호숙기에는 조단백질 수량이 크게 떨어지는 것으로 나타났다. 특히 유숙기에서 낮은 조단백질수량을 나타낸 것은 황숙기에 비하여 낮은 건물수량 생산에 기인된 것으로 생각한다. 조지방수량은 늦은 황숙기에 497.78 kg/ha로서 높은 생산량을 보였던 반면 유숙기에서는 낮은 생산량을 나타냈다 ($p<0.01$). 무기물 수량은 호숙기에 높게 나타났지만 숙기 간 유의적인 차이는 없었다. Lee와 Lee (2010)의 무기물수량은 호숙기 말기에 가장 높게 나타났다는 보고와 같은 경향을 보였다. 아미노산 수량은 건물수량과 경엽에 비하여 암이삭 비율이 높았던 늦은 황숙기가 다른 숙기보다 유의적으로 높은 수량성을 나타냈

Table 7. Effects of harvest stage on free sugar contents of silage corn in the newly reclaimed hilly land soil (DM, g/100g)

Items	Harvest stages			
	Milk	Dough	Yellow	Late yellow
Fructose	1.66±0.43 ^a	1.17±0.27 ^{ab}	0.88±0.03 ^b	0.45±0.03 ^b
Glucose	1.66±0.40 ^a	1.26±0.27 ^{ab}	1.00±0.04 ^{ab}	0.61±0.11 ^b
Sucrose	9.58±0.02 ^{ns}	9.81±0.00	8.61±0.02	9.24±0.02
Maltose	0.07±0.01 ^{ns}	0.07±0.01	0.08±0.01	0.08±0.02
Total	12.97±1.49 ^{ns}	12.31±1.45	10.57±0.26	10.38±0.92

ns : not significant

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

Table 8. Effects of harvest stage on nutrients yield of silage corn in the newly reclaimed hilly land soil (DM, kg/ha)

Variety	Harvest stages			
	Milk	Dough	Yellow	Late yellow
Crude protein	686.29± 16.76 ^D	821.47±60.54 ^C	1,023.56± 27.72 ^A	906.92± 29.03 ^B
Crude fat	258.60± 6.32 ^C	403.69±29.74 ^B	408.84± 11.07 ^B	497.78± 15.93 ^A
Mineral	122.84± 3.00 ^{ns}	128.85± 9.50	120.94± 8.14	125.46± 4.02
Amino acid	404.31± 9.87 ^C	478.81±35.27 ^C	658.85± 8.14 ^B	740.70± 23.70 ^A
TDN	7,280.38±178.21 ^B	9,281.35±35.27 ^B	11,025.11±384.92 ^A	12,916.24±413.41 ^A

ns : not significant

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

다 (p<0.01). TDN 수량은 늦은 황숙기 (12,916 kg/ha) > 황숙기 (11,025 kg/ha) > 호숙기 (9,281 kg/ha) > 유숙기 (7,280 kg) 순으로 높게 나타났으나 (p<0.01), 늦은 황숙기와 황숙기간, 유숙기와 호숙기 간에는 유의적 차이가 없었다. 논토양에서 옥수수를 재배한 결과 중 Lee와 Lee (2010)는 파종시기와 재배기간에 따라 10,838 kg/ha~16,699 kg/ha, Kim 등 (2012)은 옥수수 품종시험 결과 9,904 kg/ha~14,567 kg/ha 생산되었다고 보고하였다. 그리고 밭 토양재배에 있어서 Kim과 Kim (1996)은 가을 파종 사료작물의 잔주가 주작물인 옥수수의 TDN 수량에 미치는 영향 연구에서는 평균 12,303 kg/ha, Kim 등 (1996)은 옥수수 파종을 4월 중순에 하고 재배기간을 115일 하였을 때 14,904 kg/ha, 118일 재배 시 14,727 kg/ha라고 하였다. 이들 보고와 산지 신개지의 재배 결과와 비교해 보면 산지 신개지 토양에서 옥수수 재배 시 황숙기 이후에 수확한다면 일반 논, 밭 토양에 비하여 크게 떨어지지 않는 것으로 나타났다.

IV. 요약

본 연구는 최근 야산을 절개하여 조성한 신개간 토양에 옥수수를 파종한 후 수확시기별 생산능력 및 영양수량을 평가함과 동시에, 국내 조사료 생산기반을 확충하기 위한 방안의

기초자료를 제공하고자 실시하였다. 실험설계는 수확기를 유숙기 (97일), 호숙기 (105일), 황숙기 (112일) 및 늦은 황숙기 (119일) 4처리 3반 복으로 5월 6일 파종하여 숙기별 각각 8월 10일, 18일, 25일, 9월 1일에 수확하였다. 그 결과를 보면 착수고, 엽수, 암이삭 길이는 황숙기에서 높게 나타났으며 (p<0.05), 고사엽, 경경도, 당도는 늦은 황숙기에서 높게 나타났다 (p<0.01). 그리고 경의 굵기는 숙기가 진행됨에 따라 가늘게 나타났다 (p<0.01). 엽폭, 알곡충실도 및 생초수량은 숙기에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 건물수량은 숙기가 진행됨에 따라 증가하는 것으로 나타났다 (p<0.01). 조단백질 및 조지방 함량은 숙기 간 다소 차이가 나타났지만 유의적 차이는 없었다. 그러나 조회분 함량은 유숙기에 비하여 늦은 황숙기가 낮은 것으로 나타났다 (p<0.05). NDF와 ADF 함량은 숙기가 진행됨에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다 (p<0.01). 무기물 성분을 보면 Ca은 유숙기 (p<0.05)에, Fe와 P의 함량은 호숙기에 (p<0.05, 0.01) 각각 높게 나타났다. 그러나 다른 무기물은 유의적 차이를 나타내지 않았다. 총 무기물 함량은 숙기가 진전됨에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다 (p<0.01). 구성아미노산 함량에 있어서 필수아미노산, 비필수아미노산 및 총아미노산 (필수 + 비필수 아미노산) 함량은 황숙기에서 높은 수치를 보였

지만 숙기 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 총 유리당 함량은 유숙기 > 호숙기 > 황숙기 > 늦은 황숙기 순으로 높게 나타났지만 상호간 유의적 차이는 없었다. 조단백질 수량은 황숙기 > 늦은 황숙기 > 호숙기 > 유숙기 순으로 높게 나타났으며 ($p < 0.01$), 조지방 수량은 늦은 황숙기 > 황숙기 > 호숙기 > 유숙기 순으로 높게 나타났다 ($p < 0.01$). 광물질 수량은 숙기 간 유의적 차이가 없었다. 아미노산 및 TDN 수량은 늦은 황숙기에 가장 높게 나타났다 ($p < 0.01$). 이상의 결과로 볼 때 사일리지용 옥수수를 산지 신개지에 재배 시 생육특성, 사초생산량 및 영양수량을 고려하면 황숙기나 늦은 황숙기에 수확하는 것이 유리한 것으로 생각된다.

V. 사 사

이 논문은 2010년도 경북대학교 학술연구비에 의하여 연구되었음.

VI. 인 용 문 헌

- Alegre, J.C., D.K. Cassel and D.E. Bandy. 1986. Effects of land clearing and subsequent management on soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Ame. J.* 50:1379-1384.
- AOAC. 1995. Official Methods of analysis. 16th ed. Association of analytical chemist, Washington, DC., USA.
- Aono, H., Y. Yanase and S. Tanaka. 1981. Studies on the development and distribution of roots and its soil conservation faculty in the plants. 4. Influences of subsoil improvement and irrigation on the development of tea roots. *Japanese J. Crop Sci.* 50(3):276-281.
- Cho, J.H. and K.R. Kim. 1997. Effects of bulk density, volumetric water and gravel contents on hardness in prepared sandy loam. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 30(1):46-50.
- Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. *Ag. Handbook.* No. 379. ARS. USDA. Washington DC.
- Holland, C., Kezar, W., Kezar, W.P., Kautz, E.J. Lazowski, W.C. Mahanna and R. Reinhart. 1990. The pioneer forage manual; A nutritional guide. Pioneer Hi-Bred., Des Moines, IA.
- Hunt, C.W., W. Kezar and R. Vinande. 1992. Yield, chemical composition and ruminal fermentability of corn whole plant, ear and stover as affected by hybrid. *J. Prod. Agric.* 5:286-290.
- Hur, B.K., K.S. Lee and W.K. Jung. 1994. The soil improvement and plant growth on the newly reclaimed sloped land. VII. annual changes of soil physical and chemical properties and yield of Job's tears (*Coix lacryma-jobi* L.). *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 27(2):105-110.
- Hur, B.K. and M.S. Kim. 1991. The soil improvement and plant growth on the newly-reclaimed sloped land. VI. relationship between annual changes of soil physico chemical properties and yield of silage corn. *J. Kor. Grassl. Sci.* 11(1):22-29.
- Hur, B.K. and M.S. Kim. 1995. Economic evaluation of crops grown under different soil improvement methods in newly-reclaimed sloped land. *J. Kor. Soc. Soil Sci. Fert.* 28(3):256-260.
- Hwang, K.J., H.S. Park, N.G. Park, H.Y. Jeong, M.S. Ko, M.C. Kim, S.T. Song and D.W. Kim. 2009. Effect of cattle manure application on mineral contents of grazing pasture. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 29(1):37-42.
- Jeon, B.T., S.H. Moon and S.M. Lee. 1989. Studies on the productivity and adaptability of foreign or domestic corn silage in Chungju areas. *J. Kor. Jungwoon Res. Kon Kuk. Uni.* 8:3-12.
- Ji, H.C., J.K. Lee, K.Y. Kim, S.H. Yoon, Y.C. Lim, O.D. Kwon and H.B. Lee. 2009a. Evaluation of agronomic characteristics, forage production and quality of corn hybrids for silage at paddy field in southern region of Korea. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 29(1):13-18.
- Ji, H.C., W.H. Kim, K.Y. Kim, S.H. Lee, S.H. Yoon and Y.C. Lim. 2009b. Effect of different drained conditions on growth, forage production and quality of silage corn at paddy field. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 29(4):329-336.
- Kang, B.K., Y.M. Park and Y.K. Kang. 2001. Nutrient uptake and leaching under different fertilizer treatment for corn and potato growth in

- volcanic ash soil. *Kor. J. Crop Sci.* 46(3):253-259.
16. Kim, C.H., S.C. Park, H.W. Lee and H.K. Kang. 1998. Comparison of growth characteristics, forage yield and growth analysis in corn hybrids for silage production. *J. Kor. Grassl. Sci.* 18(2):79-88.
 17. Kim, D.A., K.N. Lee, D.E. Shin, J.D. Kim and K.J. Han. 1996. Effect of planting date on forage yield and quality of corn hybrids of four maturity groups. *J. Kor. Grassl. Sci.* 16(4):327-337.
 18. Kim, D.A. and W.H. Kim. 1993. Effects of winter annual forage crops on growth, yield and quality of silage corn. *J. Kor. Grassl. Sci.* 13(2): 122-131.
 19. Kim, J.D., C.H. Kwon, S.G. Kim, H.S. Park, H. J. Ko and J.K. Kim. 2002. Effect of harvest stage on forage yield and quality of silage corn at late planting. *J. Kor. Anim. Sci. & Technol.* 44(2): 251-260.
 20. Kim, J.D., D.A. Kim, J.G. Lee and H.Y. Lee. 1999. Yield and quality of corn for silage as affected by hybrid and kernel milk line stage. *Kor. J. Dairy Sci.* 21(3):207-220.
 21. Kim, L.Y., J.N. Im and K.T. Um. 1981. Differences in soil productivities between the cut site and fill site in a newly reclaimed land. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 14(4):190-194.
 22. Kim, S.L., S.U. Park, S.W. Cha, J.H. Seo and T. W. Jung. 1994. Changes of major quality characters during grain filling in waxy corn and super sweet corn. *Kor. J. Crop Sci.* 39:73-78.
 23. Kim, W.H. and D.A. Kim. 1996. Effects of previous crop residues on growth and yield of corn for silage. *J. Kor. Grassl. Sci.* 16(4):299-306.
 24. Kim, W.S., J.H. Hwang, J.H. Lee, E.J. Kim, B. T. Jeon, S.H. Moon and S.M. Lee. 2012. A comparative study on the growth characteristics and nutritional components of corn hybrids for silage at paddy field cultivation. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 32(1):15-18.
 25. Lee, J.K., H.S. Park, Y.G. Kim, J.W. Chung, K. J. Na, M.C. Kim, S.C. Lee and W.B. Yook. 2004a. Effect of the seeding and harvesting dates on the growth characteristics, dry matter yield and quality of corn for silage in alpine areas. *J. Kor. Grassl. Sci.* 24(2):115-122.
 26. Lee, S.H., I.G. Hwang, H.Y. Kim, H.K. Lee, S. H. Lee, S.H. Woo, J.S. Lee and H.S. Jeong. 2010. Physicochemical property and antioxidant activity of Daehak waxy corns with different harvest times. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 39(5): 719-724.
 27. Lee, S.M. and J.H. Lee. 2010. Effects of seeding dates and growth periods on the growth characteristics, dry matter yield and feed value of corn for silage in paddy field. *Kor. J. Anim. Sci. & Techno.* 52(5):441-448.
 28. Lee, S.M., B.T. Kim, J.H. Hwang, B.T. Jeon and S.H. Moon. 2007. Effect of plowing frequency and sowing dates on the agronomic characteristics, feed value, weed yield and palatability of silage corn. *J. Kor. Grassl. Sci.* 27(3):209-218.
 29. Lee, S.S., K.Y. Park and S.K. Jung. 1981. Growth duration and grain and silage yields of maize at different planting dates. *Kor. J. Crop Sci.* 26(4):337-343.
 30. Lee, S.S., S.H. Yun, J.M. Seo, S.K. Yang, H.K. Kim, S.H. Ryu, J.Y. Park and S.K. Kim. 2004b. Silage productivity of Kor. improved and introduced maize hybrids. *J. Kor. Grassl. Sci.* 24 (4):323-334.
 31. Lim, S.H. and D.A. Kim. 1996. Effect of different harvest dates on dry matter yield and forage quality of corn (*Zea mays* L.). *J. Kor. Grassl. Sci.* 16(1):75-80.
 32. Park, C.S., S.C. Yang, G.J. Lee, J.T. Lee, H.M. Kim, S.H. Park, D.H. Kim, A.Y. Jung and S.W. Hwang. 2006. Spatial variability of soil moisture content, soil penetration resistance and crop yield on the leveled upland in the reclaimed highland. *Kor. J. Soil Sci. Fert.* 39(3):123-135.
 33. Shin, D.E., D.A. Kim, H.L. Choi, K.C. Song, H. H. Lee, W.H. Kim and E.S. Chung. 1999. Studies on the liquid manure application for silage corn. *J. Kor. Soc. Soil Sci.* 32(1):22-30.
 34. Son, B.Y., J.T. Kim, S.Y. Song, S.B. Baek, C.K. Kim and J.D. Kim. 2009. Comparison of yield and forage quality of silage corns at different planting dates. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 29(3): 179-186.

(Received June 19, 2012 / Accepted August 12, 2012)