

Research Article

# 저지대 논 토양에서 배수로 깊이가 사일리지용 옥수수의 생육특성 및 사료가치에 미치는 영향

이 상 무

경북대학교 축산학과

## Effects of Drainage Depths on Agronomic Characteristics, Yield and Feed Value of Silage Corn Hybrid in Paddy Field of Lowland

Sang Moo Lee

Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju-Si 742-711, Korea

### ABSTRACT

This study was carried out to investigate the growth characteristics, yield, and chemical compositions of corn hybrids for silage according to the drainage depths in a lowland paddy field. The experimental design was arranged in a randomized block design with four treatments and three replications. The drainage depths of the four treatments were 0 cm, 20 cm, 30 cm and 50 cm. Tip-filling degree, ear length, and ear circle were higher in the 30 cm and 50 cm treatments compared with the other treatments ( $p < 0.05$ ); but the plant length, leaf length, leaf width, ear height, stem diameter, and stem hardness were not significantly different ( $p < 0.05$ ). The brix was higher in the order of 20 cm > 0 cm > 50 cm > 30 cm treatment. The fresh yield, dry matter yield, and TDN yield increased as the drainage depth increased ( $p < 0.05$ ). The crude-protein and crude-ash content were highest in the 50 cm treatment ( $p < 0.05$ ), but the crude-fat, NDF, ADF, and crude-fiber levels were not significantly different ( $p < 0.05$ ). The total mineral content was higher in the order of 0 cm > 30 cm > 20 cm > 50 cm treatment ( $p < 0.05$ ). Fructose, glucose, and sucrose were highest in the 20 cm treatment. The total amino-acid (EAA + NEAA) content was the highest in the 50 cm treatment. Based on these results, greater drainage depths increased the yield and feed value of silage corn.

(**Key words** : Silage corn, Drainage depth, Yield, Nutritional components)

### I. 서 론

경지면적이 협소하여 조사료 및 사료용 작물의 생산이 부족한 우리나라 현실 속에서는 생산성, 이용성 및 TDN 함량이 높고 파종에서 수확까지 기계화가 가능하여 노동력을 줄일 수 있는 사료용 작물 중 가장 권장할 만한 작물은 사일리지용 옥수수이다 (Lee et al., 2004; Son et al., 2009). 사일리지용 옥수수 재배는 대부분 밭 토양에서 이루어져 왔으나 최근 들어서 농가의 고소득 작물 재배 선호도에 따라 밭 토양에서 사일리지용 옥수수의 재배면적을 확대하기가 어렵지만, 벼 재배 중심 논은 쌀값하락으로 휴경농지가 증가하고 있어서 이를 활용하는 방안으로 국가 보조 사업을 통하여 사료작물 재배지로 전환하는 것을 적극 권장하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 국내에서는 많은 연구자

들이 논 토양에서 사일리지용 옥수수의 생산성에 관한 연구를 진행하였다 (Lee and Lee, 2010; Kim et al., 2012a,b; Ji et al., 2009a, b). 한편 국내 조사료가 부족한 현실을 감안 할 때, 옥수수 재배 시 가장 중요한 요인 중 하나가 생산성을 높이는 것이다. 논 토양에서 생산성을 높이기 위한 방법으로는 지역 적응성에 잘 맞는 다수확 품종 선발과 이에 따른 재배관리이다. 재배관리는 파종시기, 시비관리, 재식밀도, 수확시기, 병충해 예방, 배토작업 등을 들 수 있다 (Lee, 2012). 특히 논 토양에서 사료작물 생산성을 높이기 위해서는 무엇보다 중요한 것이 논 토양을 사료작물이 잘 자랄 수 있는 밭 토양 조건으로 농경지 생산기반을 조성해주는 것이다 (Jung et al., 2012). 사료작물 재배를 위한 논 토양 생산기반 조성에 중요한 요인 중 하나가 배수로 여건이라고 할 수 있다 (Koo, et al., 2007). 논 토양에서 배수로

\* 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

의 역할은 작물재배 시 뿌리 둘레에 과잉수분을 배제시킴으로서 토양의 통기성을 양호하게 하여, 토양산소 부족에 의한 토양환원을 막아 작물에게 수분 스트레스를 최소화시켜 줌으로서 생산성을 높여준다(Skaggs et al., 1982; Jung et al., 2012). 배수가 잘되는 논 토양은 통기성, 투수력, 마찰저항, 전단저항이 증가하고 토양수분 함량, 용적밀도, 토양경도 등이 감소하여 밭과 같은 효과를 나타내며, 이러한 논 토양은 표토의 집적된 염류를 용탈시켜 토양의 EC가 낮아져 작물의 생육과 수량을 증가시키는 효과가 있다고 보고되고 있다 (Doh et al., 1994; Kim et al., 2006). Ji (1981)는 논에서 밭작물 재배를 위한 지하배수 목표량을 50 mm day<sup>-1</sup>, 지표 잔류수 허용일수를 1일 이내, 지하수위는 지표면 아래 0.5~0.6 m 깊이까지 저하시켜야 한다고 보고하였다. 따라서 본 연구는 저지대 논 토양에 있어서 사료용 옥수수 재배시 배수로 깊이가 생육특성, 생산성 및 사료가치에 미치는 영향을 검토하여, 저지대 논 토양에서 사일리지용 옥수수 수량 확보를 위한 기초 방안을 제공하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험포장

본 실험포장은 경북 서북쪽 내륙에 소재한 상주 지역 논 토양에서 수행하였다. 특히 실험 논 토양은 저지대로서 장마철에는 침수 피해를 받는 곳이었다. 그리고 실험포장 조건은 Table 1에서 보는 바와 같이 일반적인 밭 토양에 비하여 유기물 및 질소 함량은 높고 인산함량은 떨어지는 논 토양 이었다.

### 2. 실험설계

실험설계는 배수로 폭을 50 cm로 고정하고 깊이를 0, 20, 40, 50 cm로 각각 달리한, 4처리 3반복 난괴법으로 배치를 하였다(Table 2, 참조). 이때 공시 품종은 만생종 옥수수인 P31N27로 하였고 파종일은 5월 1일, 수확은 8월 24일에 하였다. 파종 시 재식거리는 75 cm × 20 cm로 시험구당 면적은 3 m × 5 m = 15 m<sup>2</sup>으로 하고 2립 점파 후 4~5엽기에

1주 만 남겨 두고 수확하였다. 그리고 잡초제거는 중경작업을 통해 실시하였다.

### 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 하여 분할 시비하였으며 추비는 옥수수가 8엽기 때 실시하였다.

### 4. 조사항목 및 조사방법

생육특성은 예취 전 중앙 2열에서 각 반복별 10주씩 선발하여 조사하였으며 당도측정은 PR-101 당도계를, 경경도는 KM 스프링 경도계를 이용하여 예취 된 부위로부터 10 cm 지점에서 측정하였다. 수량조사는 중앙 2열을 각각 예취하여 생초수량을 조사한 후 각 구마다 2주씩 선발하여 55℃ 통풍건조기 속에서 5일간 건조 후 평량하여 건물물을 구하고 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. 그리고 TDN 수량은 Pioneer Hi-Bred사가 제시한 공식 TDN 건물수량 = (경엽 건물수량 × 0.582) + (암이삭 건물수량 × 0.85)에 의하여 계산하였다(Holland et al., 1990). 일반분석은 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)를 이용하여 A<sub>393.366</sub>, A<sub>228.616</sub>, A<sub>324.754</sub>, A<sub>259.940</sub>, A<sub>766.491</sub>, A<sub>285.213</sub>, A<sub>257.610</sub>, A<sub>202.030</sub>, A<sub>588.995</sub>, A<sub>213.856</sub>, A<sub>189.042</sub>, A<sub>226.502</sub>, A<sub>283.563</sub>, A<sub>231.604</sub>, A<sub>220.353</sub>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)

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment

pH (1:5)	OM (%)	T-N (%)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation(cmol <sup>+</sup> kg <sup>-</sup> )				CEC (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-</sup> )
				K	Na	Ca	Mg	
6.45	2.42	0.15	82.58	0.54	0.12	3.74	0.99	11.8

로 25 mL 정용플라스크에 정용하여 0.45  $\mu$ m membrane filter로 여과한 시료액을 아미노산 자동 분석기 (Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, England)로 분석하였다. 분석을 위해 Cation separation column (oxidised feedstuff column, 4.6 mm  $\times$  200 mm)을 사용하였고, 0.2 M sodium citrate buffer (pH 3.20, 4.25)와 1.2 M 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 $^{\circ}$ C, 반응온도는 135 $^{\circ}$ C로 하였다. 유리당 함량은 시료를 전처리한 후, HPLC (Waters Co., USA)로 분석하였으며, 이때 column은 carbohydrate column (ID 3.96  $\times$  300 mm, Waters CO., USA)을 사용하였으며, column oven 온도는 30 $^{\circ}$ C, mobile phase는 85% acetonitrile, flow rate는 2.0 mL/min, 시료주입량은 20  $\mu$ L의 조건으로 Refractive Index (RI) detector(Waters 2414, Waters Co., USA)에서 검출하였다. 표준품은 xylose, fructose, glucose, sucrose, maltose 및 lactose (Sigma, U.S.A)를 일정량씩 혼합하여 증류수에 녹여 표준용액으로 사용하였다. 표준품과 시료의 당 성분은 머무른 시간 ( $t_R$ )을 직접 비교하여 확인하였고 각 표준품의 검량곡선을 작성하여 peak의 면적으로 개별 당 성분의 함량을 산출하였다.

## 5. 통계처리

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

## III. 결과 및 고찰

### 1. 생육특성 및 건물수량

배수로 깊이에 따른 생육특성 및 생산성은 Table 2에 나타내었다. 초장, 엽장, 엽폭, 착수고 및 고사엽 수는 처리구에 따라 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

알곡충실도, 암이삭 길이, 암이삭 둘레는 배수로 깊이가 깊은 50 cm구에서 유의적으로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 옥수수의 경의 굵기 및 경의 경도는 배수로 깊이에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 경의 당도는 배수로 40, 50 cm로 처리한 구에 비하여 무처리구 (0 cm) 및 20 cm 처리구가 유의적으로 높게 나타났으며 ( $p < 0.05$ ), 특히 20 cm구에서 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 논에서 배수조건이 불량한 곳과 양호 곳에서 옥수수 6품종을 실험한 결과

Table 2. Effects of drainage depth on agronomic characteristics and yield of silage corn hybrid in the paddy field

Items	Depth of drainage ditches			
	0 cm	20 cm	30 cm	50 cm
Plant length (cm)	293.6 $\pm$ 11.9 <sup>ns</sup>	280.1 $\pm$ 8.4	296.2 $\pm$ 6.2	279.2 $\pm$ 8.5
Leaf length (cm)	93.3 $\pm$ 4.7 <sup>ns</sup>	100.6 $\pm$ 0.2	100.6 $\pm$ 2.8	99.9 $\pm$ 6.3
Leaf width (cm)	10.1 $\pm$ 0.6 <sup>ns</sup>	9.4 $\pm$ 0.9	10.0 $\pm$ 0.4	10.0 $\pm$ 0.3
Ear height (cm)	122.9 $\pm$ 3.0 <sup>ns</sup>	126.2 $\pm$ 1.5	127.9 $\pm$ 2.5	128.8 $\pm$ 4.8
Dead leaf (No.)	2.9 $\pm$ 0.5 <sup>ns</sup>	3.0 $\pm$ 0.1	3.3 $\pm$ 0.4	3.3 $\pm$ 0.2
Tip filling degree (1-9)*	8.3 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	9.0 $\pm$ 0.2 <sup>ab</sup>	9.1 $\pm$ 0.2 <sup>ab</sup>	9.7 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>
Ear length (cm)	19.8 $\pm$ 1.9 <sup>b</sup>	21.3 $\pm$ 0.1 <sup>ab</sup>	22.7 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	22.8 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>
Ear circle (cm)	16.9 $\pm$ 0.3 <sup>c</sup>	17.6 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	19.4 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	19.5 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>
Stem diameter (mm)	21.2 $\pm$ 1.5 <sup>ns</sup>	21.7 $\pm$ 0.5	21.6 $\pm$ 0.2	22.9 $\pm$ 0.2
Stem hardness (kg/cm <sup>2</sup> )	2.1 $\pm$ 0.1 <sup>ns</sup>	2.6 $\pm$ 0.3	2.4 $\pm$ 0.2	2.5 $\pm$ 0.3
Brix (B <sup>o</sup> )	9.3 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	9.9 $\pm$ 1.3 <sup>a</sup>	8.2 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	8.3 $\pm$ 0.4 <sup>b</sup>
Fresh yield (kg/ha)	54,984 $\pm$ 2,650 <sup>c</sup>	59,408 $\pm$ 2,122 <sup>bc</sup>	61,700 $\pm$ 1,920 <sup>b</sup>	69,935 $\pm$ 4,259 <sup>a</sup>
Dry matter yield (kg/ha)	19,447 $\pm$ 937 <sup>b</sup>	20,754 $\pm$ 765 <sup>b</sup>	21,422 $\pm$ 604 <sup>b</sup>	25,187 $\pm$ 1,533 <sup>a</sup>
TDN yield (kg/ha)	14,282 $\pm$ 688 <sup>c</sup>	15,362 $\pm$ 564 <sup>bc</sup>	15,795 $\pm$ 446 <sup>b</sup>	18,382 $\pm$ 1,119 <sup>a</sup>

\* : 9 (good) - 1 (poor), ns : not significant,

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

모든 품종에서 당도는 배수가 양호한 곳에서 떨어졌다는 Ji et al. (2009a)이 보고한 내용과 일치하였다. 생초수량은 50 cm 구가 69,935 kg/ha로 가장 높았던 반면 무처리구에서 가장 낮은 생산성 (54,984 kg/ha)을 보였다 ( $p<0.05$ ). 건물수량은 50 cm구가 다른 구에 비하여 유의적으로 높은 수량을 나타냈지만 ( $p<0.05$ ), 0, 20, 30 cm 처리구 사이에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. TDN 수량은 50 cm (18,382 kg/ha) > 30 cm (15,795 kg/ha) > 20 cm (15,362 kg/ha) > 0 cm 구 (14,282 kg/ha) 순으로 높게 나타났다 ( $p<0.05$ ). Jung et al. (2012)은 논에서 밭작물을 안정적으로 재배하기 위해서는 기본적으로 배수가 매우 중요하다고 하였다. Skagges et al. (1982)은 배수불량 논 토양에 배수 조건을 양호하게 하면 뿌리 둘레에서 과잉 수분을 배제시킴으로서 토양의 통기성을 양호하게 하여, 토양 산소 부족에 의한 토양 환원을 막아 수분 스트레스를 최소화하여 작물의 생산성을 높여 준다고 하였다. Prasad et al. (2001)은 배수 처리가 안된 침수조건 토양에서는 대부분 mineral N이 ammoniacal-N으로 존재하고, 배수가 잘 된 토양은 nitrate-N 상태로 존재한다고 하였다. 또한 배수 효과는 토양의 수분함량, 용적밀도, 토양 경도를 감소시켜 밭 토양으로 전환시켜 줌으로서 (Doh et al. 1994; Zucker and Brown, 1998) 토양의 물리성이 개량되어 작물의 생육을 양호하게 하고 수량을 증가시키는 효과가 있다고 보고하였다 (Cannell and Jackson, 1981; Kim et al., 2003; Kim et al., 2006). 따라서 본 연구에서 배수로 깊이가 깊은 처리구에서 생육특성 및 생산성이 좋았던 것은 여러 연구자들이 보고한 바와 같이 배수 불량한 논에 배수를 원활히 해줌으로서 토양의 통기성 및 토양온도가 높아지고 이에 따른 양분 흡수 유효도가 증가됨으로 작물의 생산성이 증가 된 것으로 생각한다.

## 2. 일반성분

배수로 깊이에 따른 생육특성 및 생산성은 Table 3에 나타내었다. 조단백질함량은 배수구를 설치하지 않았던 구에 비하여 50 cm로 배수구를 설치한 구가 유의적으로 높은 함량을 ( $p<0.05$ ) 나타낸 반면, 20 cm, 30 cm 및 50 cm구들 사이에는 유의적인 차이를 나타내지 않았다. Prasad et al. (2001)은 배수 처리가 안 된 침수조건 토양에서는 대부분 mineral N이 ammoniacal-N으로 존재하고, 배수가 잘 된 토양은 nitrate-N 상태로 존재한다고 하였다. 따라서 배수가 용이함에 따라 식물체가 흡수할 수 있는 nitrate-N 이용율이 증가하였기 때문에 50 cm 구에서 높은 조단백질함량을 나타낸 것으로 판단된다. 그러나 Ji et al. (2009a)은 배수조건에 따라서 차이가 없었다고 보고하였다. 조지방 함량에 있어서는 배수로 깊이에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 조회분 함량은 50 cm > 0 cm > 30 cm > 20 cm 처리구 순으로 높게 나타났다 ( $p<0.05$ ). 처리구별로 NDF 함량은 40.9~43.0%, ADF 은 23.1~26.0% 및 조섬유 18.7~19.6% 함량은 보였지만 상호 처리구간 유의적인 차이는 인정되지 않았다. Ji et al. (2009a)은 배수조건에 따라 ADF 함량은 배수가 불량한 논에서 평균 6.2% 감소를 보인 반면 NDF 함량은 오히려 7% 증가하였다는 보고와는 차이를 나타냈다.

## 3. 무기물성분

배수로 깊이가 사일리지용 옥수수의 무기물 성분에 미치는 영향은 Table 4에서 보는 바와 같다. 옥수수의 무기물 함량은 처리구별로 K > Ca > Mg 순으로 높게 나타났으며

Table 3. Effects of drainage depth on chemical compositions of silage corn hybrid in the paddy field cultivation (DM. %)

Items	Depth of drainage ditches			
	0 cm	20 cm	30 cm	50 cm
Crude protein	6.9±0.1 <sup>b</sup>	7.4±0.2 <sup>ab</sup>	7.6±0.3 <sup>ab</sup>	7.9±0.2 <sup>a</sup>
Crude fat	2.5±0.2 <sup>ns</sup>	2.7±0.1	2.4±0.1	2.3±0.1
Crude ash	3.6±0.1 <sup>ab</sup>	3.1±0.1 <sup>c</sup>	3.2±0.0 <sup>c</sup>	3.8±0.3 <sup>a</sup>
NDF <sup>1)</sup>	40.9±0.1 <sup>ns</sup>	43.0±0.6	41.3±2.9	41.3±0.7
ADF <sup>2)</sup>	24.9±1.6 <sup>ns</sup>	23.1±1.3	26.0±0.6	25.6±1.7
Crude fiber	19.0±0.1 <sup>ns</sup>	19.6±1.4	18.7±0.9	18.9±0.2

NDF<sup>1)</sup>: neutral detergent fiber, ADF<sup>2)</sup>: acid detergent fiber.

ns : not significant.

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

Table 4. Effects of drainage depth on mineral contents of silage corn hybrid in the paddy field cultivation (mg/100 g)

Items	Depth of drainage ditches			
	0 cm	20 cm	30 cm	50 cm
B	3.06±0.04	3.25±0.11	4.31±0.03	1.72±0.11
Ca	1,346.27±31.59	972.15±15.64	1,110.21±10.36	984.04±5.65
Cr	2.52±0.06	2.80±0.06	2.78±0.12	3.80±0.11
Cu	2.67±0.04	2.69±0.06	2.81±0.13	3.82±0.07
Fe	2.61±0.13	7.16±0.34	5.25±0.38	6.19±0.41
K	3,298.80±191.16	3,069.37±70.08	3,316.37±107.99	2,815.84±128.15
Mg	980.04±19.03	733.3±12.12	888.97±17.97	765.15±13.25
Mn	31.23±1.37	36.80±0.71	39.55±0.68	45.72±1.25
Na	9.94±0.36	9.82±1.15	9.98±0.22	13.60±0.78
Ni	0.99±0.01	1.04±0.04	1.01±0.03	1.34±0.03
Se	0.31±0.01	0.31±0.04	0.27±0.01	0.36±0.01
Zn	11.69±0.81	14.55±1.43	15.53±1.37	15.63±0.95
Total	5,690.14±214.33 <sup>a</sup>	4,853.21±92.14 <sup>bc</sup>	5,397.02±115.05 <sup>ab</sup>	4,660.18±129.33 <sup>c</sup>

RI : relative index, ns : not significant.

<sup>a, b, c</sup> Means in a row with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ).

이들 세 성분이 전체 무기물함량의 98% 이상을 차지하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Lee and Lee (2010), Lee (2012)의 보고한 선행 연구 결과와 유사하였다. B, Cr, Cu, Fe, Ni, Se 함량은 처리구별로 0.27~7.16 mg/100g 범위로써 아주 미량으로 나타났다. 그리고 처리구별로 Mn 함량은 31.23~45.72 mg/100g, Na는 9.82~13.60 mg/100 g, Zn은 11.69~15.63 mg/100 g 차이를 각각 나타냈다. 총 무기물 함량은 0 cm 구가 5,690.14 mg/100 g으로 가장 높았던 반면 50 cm 처리구가 4,660.18 mg/100g으로 가장 낮게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 이와 같은 결과는 Lee and Lee (2010)가 보고한 함량 보다는 높고, Kim et al. (2012b)이 보고한 함량 보다는 낮은 수치였다. 따라서 식물체의 무기물 함량은 품종, 기상조건, 토양조건, 시비조건, 재배기간, 수확시기 등의 다양한 요인에 의하여 영향을 받을 수 있는 (Reith, 1965; Reid et al., 1970; Nuttall, 1985; Kim, 1991) 것으로 여겨진다.

#### 4. 유리당 함량

배수로 깊이가 사일리지용 옥수수의 유리당 성분에 미치는 영향은 Table 5에서 보는 바와 같다. 옥수수의 Fructose

함량은 배수로 깊이가 20 cm > 0 cm > 50 cm > 30 cm 처리구 순으로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). Glucose 함량은 20 cm > 50 cm > 0 cm > 30 cm 처리구 순으로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). Sucrose 함량 역시 20 cm 구가 2.81 mg/100 g으로 가장 높게, 50 cm 구가 1.22 mg/100 g 가장 낮게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 그리고 총유리당 함량은 20 cm > 0 cm > 30 cm > 50 cm 구 순으로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 유리당 함량이 0 cm 및 20 cm 구에서 높게 나타난 원인은 Table 3에 나타난 바와 같이 당 함량이 0 cm 및 20 cm 구에 높았던 것에 원인이 있는 것으로 판단된다. Ji et al. (2009a)도 논 토양에 옥수수를 재배한 결과 배수가 불량한 논에서는 10.0 brix, 배수가 양호한 논에서는 8.2 brix로서 배수가 불량한 논 토양에서 재배한 사일리지용 옥수수가 높았다고 보고한 내용과 유사하였다.

특히, 작물의 유리당은 토착 미생물 박테리아에 의하여 유산으로 전환 (Danner et al. 2003) 되기 때문에 양질의 사일리지를 만들기 위해서 매우 중요하다. McDonald (1982)는 식물체에 있어서 중요한 발효 매체는 glucose, fructose, sucrose 및 raffinose 라고 하였다. Davies et al. (2002)는 높은 당 함량을 가진 목초는 사일리지화하면 수용성 탄수화물(WSC)이 오랫동안 잔류할 수 있는 양질의 사일리지

Table 5. Effects of drainage depth on free sugar contents of silage corn hybrid in the paddy field cultivation (mg / 100 g)

Items	Depth of drainage ditches			
	0 cm	20 cm	30 cm	50 cm
Fructose	2.15±0.02 <sup>b</sup>	2.33±0.03 <sup>a</sup>	1.94±0.07 <sup>c</sup>	2.00±0.03 <sup>bc</sup>
Glucose	1.95±0.04 <sup>b</sup>	2.33±0.03 <sup>a</sup>	1.76±0.07 <sup>c</sup>	2.10±0.01 <sup>b</sup>
Sucrose	2.44±0.05 <sup>b</sup>	2.81±0.01 <sup>a</sup>	1.86±0.11 <sup>c</sup>	1.22±0.08 <sup>d</sup>
Total	6.54±0.16 <sup>b</sup>	7.47±0.10 <sup>a</sup>	5.56±0.35 <sup>c</sup>	5.32±0.17 <sup>c</sup>

<sup>a, b, c, d</sup> Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

된다고 하였다.

##### 5. 구성아미노산 조성

배수로 깊이가 사일리지용 옥수수의 구성아미노산 성분  
에 미치는 영향은 Table 6에서 보는 바와 같다. 배수로 깊

이에 따른 사일리지용 옥수수의 구성아미노산 중 필수아미노산은 Leucine 함량이 가장 많이 함유하고 있고, Methionine 함량이 매우 낮은 것으로 나타났다. 특히 Threonine, Valine 및 Methionine 함량은 배수로 깊이에 따라 유의적인 차이 (p<0.05)를 보였지만, Isoleucine, Leucine, Phenylalanine, Histidine, Lysine 및 Arginine 함량은 유의적인 차이를 보이지

Table 6. Effects of drainage depth on amino acid contents of silage corn hybrid in the paddy field cultivation (mg / 100 g)

Items	Depth of drainage ditches			
	0 cm	20 cm	30 cm	50 cm
Threonine	191.3±6.9 <sup>a</sup>	168.6±9.6 <sup>bc</sup>	159.5±8.6 <sup>c</sup>	181.7±5.3 <sup>ab</sup>
Valine	294.3±12.9 <sup>b</sup>	347.4±10.2 <sup>a</sup>	323.5±4.3 <sup>ab</sup>	343.6±15.3 <sup>a</sup>
Methionine	22.1±1.6 <sup>a</sup>	15.4±1.6 <sup>b</sup>	11.6±1.3 <sup>c</sup>	8.3±0.9 <sup>d</sup>
Isoleucine	168.5±16.4 <sup>ns</sup>	225.7±28.0	195.3±8.6	206.5±11.1
Leucine	615.6±22.5 <sup>ns</sup>	620.7±15.2	587.5±24.0	672.5±49.6
Phenylalanine	343.4±18.7 <sup>ns</sup>	327.6±23.6	328.6±11.2	361.2±21.4
Histidine	149.9±15.6 <sup>ns</sup>	154.2±4.5	151.4±8.6	158.6±9.7
Lysine	299.6±29.5 <sup>ns</sup>	319.6±19.1	299.2±11.6	317.3±15.5
Arginine	163.7±2.5 <sup>ns</sup>	178.5±4.1	194.3±11.5	200.6±6.93
Sum of EAA <sup>1)</sup>	2,248.3±108.1 <sup>ns</sup>	2,357.7±116.3	2,250.8±62.5	2,449.9±121.9
Serine	272.0±10.6 <sup>a</sup>	218.4±5.6 <sup>b</sup>	222.4±7.9 <sup>b</sup>	268.4±11.4 <sup>a</sup>
Glutamic acid	1,017.5±42.6 <sup>b</sup>	985.7±13.4 <sup>b</sup>	975.2±15.3 <sup>b</sup>	1,094.2±28.6 <sup>a</sup>
Proline	440.4±21.1 <sup>ab</sup>	421.4±14.2 <sup>bc</sup>	364.9±16.3 <sup>c</sup>	493.4±28.5 <sup>a</sup>
Glycine	264.5±19.7 <sup>ns</sup>	250.4±15.8	248.4±7.4	268.7±12.4
Alanine	462.3±10.0 <sup>a</sup>	425.5±5.8 <sup>b</sup>	426.3±8.3 <sup>b</sup>	465.5±13.9 <sup>a</sup>
Sum of NEAA <sup>2)</sup>	2,456.7±18.8 <sup>a</sup>	2,301.2±32.4 <sup>b</sup>	2,237.1±40.5 <sup>b</sup>	2,590.1±94.7 <sup>a</sup>
Total (EAA + NEAA)	4,705.0±33.3 <sup>b</sup>	4,658.9±139.9 <sup>b</sup>	4,487.9±31.8 <sup>b</sup>	5,040.0±38.4 <sup>a</sup>

EAA<sup>1)</sup> : essential amino acid, NEAA<sup>2)</sup> : non-essential amino acid.

ns : not significant.

<sup>a, b, c</sup> Means in a row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

지 않았다. 총 필수아미노산의 함량은 50 cm > 20 cm > 30 cm > 0 cm 구순으로 높게 나타났으며 ( $p < 0.05$ ), 배수구 처리구 (20, 30, 50 cm구)들이 무처리 구 (0 cm)에 비하여 유의적으로 모두 높게 나타났다. 비필수아미노산에 있어서 Serine, Glutamic acid, Proline, Alanine 함량은 50 cm구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였지만 ( $p < 0.05$ ), Glycine 함량은 처리구 사이에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 총 구성아미노산 (필수 + 비필수아미노산) 함량은 필수아미노산과 비필수 아미노산의 함량이 높았던 50 cm구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 그러나 0 cm, 20 cm 및 30 cm 처리구들 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았다. Kim et al. (2012a)은 청보리 종류별, 대두박, 옥수수의 구성아미노산을 분석한 결과 단백질 함량이 높은 것이 아미노산 함량이 높게 나타난다고 하였으며, Chiang et al. (1992)도 옥수수 등 농후사료 수종의 아미노산 함량을 분석한 결과에서도 조단백질함량이 높은 것이 아미노산함량이 높게 나타났다는 연구 보고와 비교 시 본 연구에서도 조단백질함량이 가장 높았던 50 cm구가 높게 나타난 것은 이들의 보고와 유사하였다.

#### IV. 요약

본 연구는 사일리지용 옥수수를 파종 한 후 배수로 깊이를 0 cm, 20 cm, 30 cm 그리고 50 cm로 처리하고 이에 따른 생육특성, 생산성 및 화학적 특성을 비교 검토하였다. 초장, 엽장, 엽폭, 착수고 및 하고엽은 배수로 깊이에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 알곡 충실도, 암이삭 길이 및 암이삭 둘레는 배수로 깊이가 깊을수록 유의적으로 커지는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 그러나 경의 굵기 및 경경도는 처리구들 사이에 차이를 보이지 않았다. 당도에 있어서는 0 cm > 20 cm > 30 cm > 50 cm 구순으로 배수로 깊이가 낮을수록 높은 수치를 보였다 ( $p < 0.05$ ). 생초수량, 건물수량 및 TDN 수량은 배수로 깊이가 깊을수록 증가하는 것으로 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 조단백질함량은 50 cm구가 가장 높게 나타난 반면 0 cm 처리구가 가장 낮게 나타났다. 그러나 조지방, NDF, ADF 및 조섬유 함량은 처리구들간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 조회분 함량은 50 cm 구에서 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 총무기물함량은 0 cm (5,690.14) > 30 cm (5,397.02) > 20 cm (4,853.21) > 50 cm구 (4,660.18 mg / 100 g) 순으로 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 그리고 유리당 함량은 20 cm구에서 가장 높게 나타났다 ( $p < 0.05$ ). 구성아미노산 함량은 50 cm구가 다른 처리구 보다 높게 나타났지만 ( $p < 0.05$ ), 0 cm, 20 cm 및 30 cm 처리구 사이에는 유의적

인 차가 없었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때, 저지대 논 토양에서 수량을 확보하기 위해서는 최소한 배수로 깊이를 30 cm 이상을 확보 하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

#### V. REFERENCES

- AOAC. 1995. Official Methods of analysis. 16th ed. Association of analytical chemist, Washington, DC., USA.
- Cannell, R.Q. and Jackson, M.B. 1981. Alleviating aeration stress. p 141-192.
- Chiang, Y.H., Lee, C.Y., Kim, S.C., Lee, C.W., Kim, K.S. and Yoon, C.Y. 1992. Studies on amino acids in feed stuffs. I. Amino acids contents in several concentrates including yellow corn. Korean Journal Animal Science. 14(3):224-229.
- Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber E. and Braun, R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. Applied and Environmental Microbiology. 69(1):562-567.
- Davies, D.R., Leemans, D.K. and Merry, R.J. 2002. Improving silage quality by ensiling perennial ryegrasses high in water soluble carbohydrate content, either with or without different additives. UK. 13th Int. Silage Conference. p 386.
- Doh, D.H., Kim, S.J., Jin, S.K. and Jo, R.C. 1994. A study on variation of the soil physical characteristics of multi-utilized paddy field by the introduction of subsurface drainage facility. Journal of Life Science. 1:87-96.
- Goring, H.K. and Van Soest, P.J. 1970. Forage fiber analysis. Agric. handbook. No. 379. ARS. USDA. Washington DC.
- 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.
- Ji, G.H. 1981. Study on subsurface drainage system for the multipurpose paddy field. Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers. 23(4):15-20.
- Ji, H.C., Kim, W.H., Kim, K.Y., Lee, S.H., Yoon, S.H. and Lim, Y.C. 2009a. Effect of different drained conditions on growth, forage production and quality of silage corn at paddy field. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 29(4):329-336.
- Ji, H.C., Lee, J.K., Kim, K.Y., Yoon, S.H., Lim, Y.C., Kwon, O.D. and Lee, H.B. 2009b. Evaluation of agronomic characteristics, forage production and quality of corn hybrids for silage at paddy field in southern region of Korea. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 29(1):13-18.
- Jung, K.Y., Yun, E.S., Park, C.Y., Hwang, J.B., Choi, Y.D., Jeon, S.H. and Lee, H.A. 2012. Variation of soil physical characteristics by drainage improvement in poorly drained sloping

- paddy field. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 45(5):704-710.
- Kim, D.S., Yang, J.E., Ok, Y.S. and You, K.Y. 2006. Effect of perforated PVC under drainage pipe on desalting of plastic film house soils. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 39(2):65-72.
- Kim, H.Y., Chu, G.M., Kim, S.C., Ha, J.H., Kim, J.H., Lee, S.D. and Song, Y.M. 2012a. The nutritive of grains from barley cultivars (Wooho, Youngyang, Yuyeon). *Korea. J. Agriculture and Life Science*. 46(3):69-78.
- Kim, L.Y., Cho, H.Y. and Han, K.H. 2003. Effects of tile drain on physicochemical properties and crop productivity of soil under newly constructed plastic film house. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*. 36(3):154-162.
- Kim, M.C. 1991. Effects of nitrogen and potassium application on pasture of Cheju volcanic soil. I. Dry matter yield and mineral concentration (N, P, K, Ca, Mg, Na) of Orchardgrass. *Korean Journal Animal Science*. 33(9):683-691.
- Kim, W.S., Hwang, J.H., Lee, J.H., Kim, E.J., Jeon, B.T., Moon, S.H. and Lee, S.M. 2012b. A comparative study on the growth characteristics and nutritional components of corn hybrids for silage at paddy field cultivation. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(1):15-18.
- Koo, B.C., Kim, J.C., Yang, Y.H., Kang, M.S., Cho, Y.S., Park, S.H., Park, K.G., Lee, C. K. and Shin, J.C. 2007. Barley sowing by partial tillage direct grain seeder in wet paddy field. *Korean Journal of Crop Science*. 52(3):259-263.
- Lee, J.K., Park, S.H., 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 Korean Society of Grassland and Forage Science*. 24(2):115-122.
- Lee, S.M. 2012. Effects of ridging times on agronomic characteristics, yield and feed value of corn hybrid for silage in paddy field cultivation. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 32(3):265-274.
- Lee, S.M. and Lee, J.H. 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. *Journal of Animal Science and Technology*. 52(5):441-448.
- McDonld, P. 1982. *Silage fermentation*. Elsevier Biomedical Press. 164-166.
- 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. *Agronomy Journal*. 77:224-228
- Prasad, R., Singh, D.K. and Singh, R.K. 2001. temporal variation in mineral nitrogen in soil as influenced by incorporation of legume or cereal residues under submergence or well drained conditions. *Archiv fur Acker and Pflanzenbau und Bodenkunde-Archives of Agronomy and Soil Science*. 47:133-139.
- Reid, R.L., Post, A.J. and Jung, G.A. 1970. Mineral composition of forage. *West Virginia Agricultural Experiment Station 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.
- Skaggs, R.W., Hardjoamidjojo, S., Wiser, E.H. and Hiler, E.A. 1982. Simulation of crop response and subsurface drainage system. *Trans. American Society of Agricultural Engineers*. 25(6):1673-1678.
- Son, B.Y., Kim, J.T., Song, S.Y., Baek, S.B., Kim C.K. and Kim, J.D. 2009. Comparison of yield and forage quality of silage corns at different planting dates. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*. 29(3):179-186.
- Zucker, L.A. and Brown, L.C. 1998. *Agricultural drainage: Water quality impacts and subsurface drainage studies in the midwest*. The Ohio state University Extension Bulletin. p 871.

(Received May 3, 2015 / Revised May 28, 2015 / Accepted May 29, 2015)