

Research Article

저지대 논 토양에서 배수로 깊이가 사일리지용 수수×수단그라스 교잡종의 생육특성, 수량 및 사료가치에 미치는 영향

이상무*

경북대학교 축산학과

Effects of Drainage Depths on Agronomic Characteristics, Yield and Feed Value of Sorghum × Sudangrass Hybrid for Silage in the Paddy Field of Lowland

Sang Moo Lee*

Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the growth characteristics, yield and feed value of Sorghum×Sudangrass hybrid for silage according to the drainage depths in the paddy field of lowland. The experimental design was arranged in a randomized block design with four treatments and three replication. The drainage depths of four treatments were 0cm, 20cm, 40cm and 60cm, respectively. Plant length, leaf length and leaf number were not significantly different, but leaf width increased as the higher the drainage depth($p<0.05$). The number of dead leaf was higher in the order of 60cm > 0cm \geq 40cm \geq 20cm treatment($p<0.05$). Green degree was higher in the order of 20cm > 40cm > 0cm > 60cm treatment($p<0.05$). Stem diameter and stem hardness increased significantly as drainage depth increased from 0cm to 60cm($p<0.05$). Also, fresh yield, dry matter yield and TDN yield increased as the higher the drainage depth($p<0.05$). Crude protein and TDN content were the highest in 40cm treatment($p<0.05$). Crude ash was higher in the order of 20cm > 40cm > 0cm > 60cm treatment($p<0.05$). ADF and NDF content were the highest in 0cm treatment($p<0.05$). Total mineral content was higher in the order of 20cm > 0cm > 40cm > 60cm($p<0.05$). Free sugar content(fructose, glucose and sucrose) was the highest in 0cm treatment($p<0.05$). Total amino acid(EAA+NEAA) was higher in 40cm than the other treatments($p<0.05$). There is a difference in the content of ingredients(crude protein, TDN, mineral, free sugar and amino acid) according to the treatments. But considering dry matter yield and TDN yield, Sorghum×Sudangrass hybrid cultivation is advantageous to set the drainage depth of about 60cm in the paddy field of lowland.

(Key words: Sorghum×Sudangrass hybrid, Drainage depth, Yield, Feed value)

I. 서론

현재 반추가축의 사육에 있어서 조사료 수요량은 증가하는 반면 공급량이 부족함에 따라 해외로부터 조사료 수입에 대한 의존도가 높은 실정이다. 수입산 조사료는 국내산보다 가격이 높기 때문에 양축농가의 경영비가 상승하고 있는 실정이다. 이를 해결하기 위해서는 사료작물 재배면적 확대 및 생산성이 높은 사료작물을 재배하는 것이 선결과제이다. 재배면적 확대를 위한 방안은 휴경 논이나 밭을 이용하여 사료작물을 재배하도록 유도하는 것이다. 그러나 밭 토양에는 농가들이 고소득 작물 재배를 선호하고 있어서 청예 및 사일리지용 사료작물 재배면적을 확대하기가 어렵지만, 벼를 재배하는 논은 수익성 저하로 하계에 휴경하거나

벼농사 이후 겨울철 동안 휴경하는 곳이 많기 때문에 조사료 생산을 높일 수 있는 좋은 곳이다. 정부에서는 유향 논 토양을 활용하는 방안으로 국가 보조 사업을 통하여 사료작물 재배지로 전환하는 것을 적극 권장하고 있다. 우리나라 논 토양을 이용하여 수량을 높일 수 있는 하계 사료작물로서는 사일리지용 옥수수과 사일리지 및 청예용으로 이용할 수 있는 수수×수단그라스 교잡종을 들 수 있다. 특히 수수×수단그라스 교잡종은 옥수수 재배가 어려운 지역이나 병충해 심한 지역 그리고 전작물 수확시기가 늦어진 지역에서는 하계작물로 재배하는 것이 매우 유리하다(Jeon et al., 2012; Ji et al., 2010). 그러나 수수×수단그라스 교잡종은 수분이 많은 논 토양 보다 수분이 적은 밭 토양에서 잘 자라는 작물이라는 것을 고려할 때, 논 토양에서 높은 수확량을 기대하

*Corresponding author: Sang Moo Lee, Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Korea.
Tel: +82-54-530-1224, E-mail: smlee0103@knu.ac.kr

기 위해서는 파종시기, 시비관리, 재식밀도, 수확시기, 병충해 유무, 배토작업 등과 같은 적절한 재배 관리가 필요하다. 그리고 수분함량이 높은 논 토양에서 수수×수단그라스 교잡종의 생산성을 높이기 위해서는 수수×수단그라스 교잡종이 잘 적응할 수 있는 밭 토양 조건으로 생산 기반을 조성해 주는 것이다(Jung et al., 2012; Lee, 2015). 이를 해결하는 방안 중 하나가 배수로 조성이라고 할 수 있다(Koo et al., 2007). 논 토양에서 배수로의 역할은 작물 재배 시 근계 주위에 과잉수분을 배제시켜 줌으로서 토양산소 부족에 의한 토양환원을 막아 주고, 또한 통기성을 양호하게 하여 작물에게 스트레스를 최소화 시켜 줌으로서 생산성을 높여 준다(Skaggs et al. 1982; Jung et al. 2012). 배수가 잘 되는 논 토양은 통기성, 투수력, 마찰저항, 전단저항이 증가하고 수분 함량, 용적밀도, 경도 등이 감소하여 밭과 같은 효과는 물론, 표토의 집적된 염류를 용탈시켜 토양의 전기 전도도(EC)가 낮아져 작물의 생육과 수량을 증가시키는 효과가 있다고 보고하였다(Doh et al., 1994; Kim et al., 2006).

따라서 본 연구는 저지대 논 토양에 있어서 수수×수단그라스 교잡종을 사일리지용으로 재배 시 배수로 깊이가 생육특성, 수량성 및 사료가치에 미치는 영향을 검토하여, 수수×수단그라스 교잡종의 수량 확보를 위한 방안을 제공하고자 실시하였다.

II. 재료 및 방법

본 실험은 경북 서북쪽 내륙에 소재한 논 토양(경도 128°, 위도 36°)에서 수행하였다. 실험포장은 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 토양이었다.

실험설계는 배수로 폭을 50cm로 고정하고 깊이를 0, 20, 40, 60cm 로 각각 달리한, 4처리 3반복 난괴법으로 배치를 하였다. 이때 공시 품종은 조생종 출수형인 P877F 로 하였고 파종일은 5월 14일, 수확 시기는 8월 21일(호숙기)에 실시하였다. 파종 시 재식거리는 휴폭 50cm, 주간거리 5cm로 시험구당 면적은 3m x 5m = 15m²으로 하고 2립 점파하였다. 시비량은 ha당 질소, 인산, 가리를 각각 125, 75, 75kg를 전량 기비로 사용하였다. 이때, 일반적인 수수×수단그라스의 시비량에 비하여 본 실험에서 시비량이 적었던 것은 1차 예취를 기준으로 재배하였기에 2, 3차 재생에

따른 추비를 할 필요가 없기 때문이다. 그리고 잡초제거는 인력제초를 실시하여 잡초 발생에 따른 피해주가 발생하지 않도록 하였다. 생육특성은 RDA(2003) 조사 분석 기준에 의하여 실시하였으며, 경도 측정은 KM 스프링 경도계를 이용하여 예취 된 부위로부터 10cm 지점을 측정하였다. 수량조사는 중앙 2열을 예취하여 생초수량을 조사한 후 각 구마다 3주씩 선발하여 55℃ 통풍건조기 속에서 5일간 건조 후 평량하여 건물울을 구하고 분쇄하여 분석시료로 사용하였다. 일반분석은 AOAC법(1995)에 의하여 분석하였으며 ADF와 NDF는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. 그리고 TDN 함량은 88.9 - (0.79 x ADF%) 공식(Menke and Huss, 1980)을 이용하였다. 무기물 성분은 시료를 전처리한 후 Ca, Co, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Zn, Cd, Cr, Ni, Pb 등은 ICP(Inductively Coupled Plasma, IRis Intrepid, Thermo Elemental Co., UK) A393.366, A228.616, A324.754, A259.940, A766.491, A285.213, A257.610, A202.030, A588.995, A213.856, A226.502, A283.563, A231.604, A220.353에서 각각 분석하였다. 분석조건은 approximate RF power가 1,150w이며, analysis pump rate는 100rpm, nebulizer pressure와 observation height는 각각 30psi 및 15mm로 하였다. 구성 아미노산의 분석은 분쇄한 시료 1g을 정밀히 취하여 시험관에 넣고 6N-HCl 10mL를 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 25mL 정용플라스크에 정용하여 0.45μm membrane filter로 여과한 시료액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd., Cambridge, England)로 분석하였다. 이때 분석 조건은 cation separation column(oxidised feedstuff column, 4.6mm×200mm)을 사용하였고, 0.2M sodium citrate buffer (pH 3.20, 4.25)와 1.2M sodium citrate buffer(pH 6.45) 및 0.4M sodium hydroxide solution을 이동상으로 사용하였다. 이동상의 유속은 0.42mL/min, ninhydrin 용액의 유속은 0.33mL/min, column 온도는 48~95℃, 반응온도는 135℃로 하였다. 유리당 함량은 시료를 전처리한 후, HPLC(Waters Co., USA)로 분석하였으며, 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. 실험결

Table 1. Chemical properties of the soil before experiment

pH	OM (%)	T-N (%)	Av.P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cation(cmol ⁺ kg ⁻¹)				CEC (cmol ⁺ kg ⁻¹)
				K	Na	Ca	Mg	
6.52	2.61	0.16	89.16	0.57	0.14	3.98	0.92	9.2

과의 평균값 및 표준오차는 SAS (Statistics analytical System, USA) Program(2008)을 사용하여 구하였고 Duncan의 다중검정 방법으로 5% 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 생육특성 및 수량성

배수로 깊이에 따른 생육특성 및 수량성은 Table 2와 같다. 초장, 엽장 및 엽수는 처리구에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 엽폭은 배수로를 설치 않은 구에 비하여 배수로 깊이가 깊을수록 유의적으로 넓게 나타났다($p<0.05$). 고사엽은 배수로 깊이가 0, 20, 40cm구 사이에는 유의적인 차이를 보이지 않았지만 60cm구에서는 이들 처리구들 보다 유의적으로 많이 발생하는 것으로 나타났다($p<0.05$).

녹색도는 고사엽이 많이 발생한 배수로 깊이 60cm구에서 낮은 녹색도를 보였고 고사엽이 적었던 20cm구에서 높은 엽색도를 나타냈다($p<0.05$). 그리고 수수 x수단그라스 교잡종은 배수로 깊이가 깊을수록 식물체의 줄기의 굵기는 굵어지고 줄기의 경도는 유의적으로 더 딱딱해지는 것으로 나타났다($p<0.05$). 이는 저지대 논 토양에서 옥수수 성장과 배수로 깊이와 관계 시험에서 배수도가 없는 구에 비하여 배수로를 설치한 구에서 줄기가 더 딱딱해지는 것으로 나타났으며 20, 30, 50cm로 깊어질수록 줄기는 굵어졌다는 Lee(2015)의 보고와 같은 경향을 나타냈다. Ha당 생초수량, 건물수량 및 TDN 수량은 배수로 깊이가 가장 깊었던

60cm구에서 높은 수량성을 보였지만, 배수로를 설치하지 않은 구에서는 낮은 수량성을 보였다. Lee and Ku(1995)와 Kim et al.(2010)은 토양의 높은 습기는 식물의 광합성 능력이 떨어져 당류가 증가되어 지하부의 생육 저하되기 때문에 수량이 떨어지게 한다고 하였다. 그리고 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). Salisbury and Ross(1992)는 습기가 높은 토양은 산소가 결핍되어 식물체 내 CO_2 증가를 유도하여 잎, 줄기 성장 억제, 엽록소 파괴 등이 일어나 성장을 저해 한다고 하였다. Jung et al.(2012)은 논에서 발작물을 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 스트레스를 최소화하여 작물의 생산성을 높여 준다고 하였다. 이들 보고자들과 본 연구 결과를 기초로 하여 볼 때, 수수x수단그라스 교잡종을 습한 논 토양에서 재배할 경우에는 습해 피해를 최소화하는 것이 최대 수량을 확보하는 것으로 판단된다.

2. 일반성분

배수로 깊이에 따른 일반성분은 Table 3과 같다. 조단백질 함량은 배수로를 설치하지 않았던 구(0cm)에 비하여 배수로 깊이를 20cm 및 40cm로 처리 한 구가 유의적으로 높은 함량을 나타

Table 2. Effects of drainage depth on agronomic characteristics and yield of Sorghum×Sudangrass hybrid in the paddy field.

Items	Drainage depths			
	0 cm	20 cm	40 cm	60 cm
Plant length (cm)	296.5±12.7 ^{ns}	302.1±10.2	313.3±6.6	299.9±15.2
Leaf length (cm)	93.2±3.4 ^{ns}	93.3±4.9	99.4±2.5	101.9±4.7
Leaf width (cm)	5.5±0.3 ^c	6.2±0.5 ^b	7.1±0.2 ^a	7.2±0.8 ^a
Leaf number (No.)	8.7±0.7 ^{ns}	8.4±0.2	8.9±0.4	9.3±0.6
Dead leaf (No.)	1.5±0.2 ^b	1.0±0.3 ^b	1.4±0.5 ^b	2.3±0.5 ^a
Green degree (1-9) ¹⁾	7.5±0.2 ^b	8.1±0.4 ^a	7.9±0.2 ^{ab}	6.4±0.2 ^c
Stem diameter (mm)	8.5±0.5 ^d	9.9±0.7 ^c	11.1±0.7 ^b	12.3±0.4 ^a
Stem hardness (kg/cm ²)	1.3±0.2 ^b	2.0±0.1 ^a	2.3±0.2 ^a	2.4±0.4 ^a
Fresh yield (kg/ha)	74,683±2,660 ^b	88,149±2,697 ^a	88,200±3,174 ^a	91,229±4,298 ^a
Dry matter yield (kg/ha)	20,312±750 ^c	24,067±923 ^b	24,625±724 ^b	27,869±1,230 ^a
TDN yield (kg/ha) ²⁾	12,215±446 ^c	14,274±659 ^b	14,839±401 ^b	16,609±706 ^a

¹⁾: 9(good) - 1(poor), ²⁾: total digestible nutrient, ns : not significant.

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

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

Items	Drainage depths			
	0cm	20cm	40cm	60cm
Crude protein(%)	5.5±0.2 ^c	6.6±0.2 ^b	7.6±0.1 ^a	5.1±0.3 ^c
Crude fat(%)	2.0±0.1 ^{ns}	2.4±0.1	2.2±0.3	2.1±0.1
Crude ash(%)	5.5±0.1 ^b	6.1±0.2 ^a	5.7±0.2 ^{ab}	4.4±0.1 ^c
ADF(%)	39.2±0.2 ^a	37.5±0.9 ^b	36.3±0.5 ^b	37.1±0.4 ^b
NDF(%)	58.6±0.8 ^a	54.4±1.1 ^b	53.8±0.4 ^b	55.8±0.4 ^b
TDN(%)	58.0±0.1 ^b	59.3±0.7 ^a	60.3±0.4 ^a	59.6±0.3 ^a

ns : not significant.

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

났다($p<0.01$). Ji et al.(2011)은 논에서 배수조건에 따른 수수류 품종 시험 결과 배수불량 조건에 비하여 배수가 양호한 논에서 조단백질함량이 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 Prasad et al.(2001)은 배수 처리가 안 된 조건의 토양에서는 대부분 mineral N이 ammoniacal-N으로 존재하고, 배수가 잘 된 토양은 nitrate-N 상태로 존재하기 때문에 식물체가 흡수할 수 있는 nitrate-N 이용율이 증가하기 때문이라고 하였다. 그러나 배수로 0cm, 20cm, 40cm에 비하여 60cm구에서 조단백질 함량이 다소 떨어졌던 것은 Table 2에 나타난 바와 같이 하고 엽수가 증가 한 것이 원인으로 생각 된다. 조지방 함량에 있어서는 상호 처리구 들 사이에 유의적인 차이는 나타나지 않았다. ADF 및 NDF 함량은 배수로를 설치하지 않은 구가 배수로를 설치한 구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 그러나 배수로 깊이(20, 40, 60cm)에 따라서는 유의적인 차이가 없었다. Ji et al.(2011)은 배수조건에 따른 ADF 함량은 배수가 불량한 논에서 평균 4.2%의 감소를 보였던 반면 NDF 함량은 오히려 0.4% 증가 하였다는 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 배수 처리를 한 구(20, 40, 60cm) 들이 배수 처리를 하지 않은 구(0cm)에 비하여 ADF 및 NDF 함량이 모두 낮은 것으로 나타났다. 배수로를 설치 한 구(20, 40, 60cm)에서 ADF 및 NDF 함량이 낮게 나타난 원인은 수확 시기 (호숙기)에 수수×수단그라스 교잡종의 알곡이 배수로를 설치하지 하지 않은 구에 비하여 종실 비율의 증가와 종실의 전분 축적이 높았던 것이 NDF와 ADF 함량을 낮춰준 것으로 생각 된다 (Delogu et al. 2002). TDN 함량은 배수로를 설치하지 않은 구에 비하여 배수로를 설치 한 구(20, 40, 60cm)에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 그러나 배수로 깊이를 20, 40 및 60cm로 처리 한 구들 사이에는 유인적인 차이를 나타내지 않았다.

3. 무기물성분

배수로 깊이가 무기물 성분에 미치는 영향은 Table 4와 같다. 먼저 수수×수단그라스 교잡종의 무기물 성분 중 10,000mg/kg 이상 다량으로 함유 된 것은 K 성분이며, 1,000~2,000mg/kg 정도 함량을 가지는 것은 Ca 및 Mg 성분이다. 그리고 5mg/kg 이하로 미량을 나타낸 무기물은 Co, Mo, Cd, Ni, Pb 성분이었다. 이와 같은 특성은 모든 처리 구에서 동일하게 나타났다. 그리고 Jeon et al.(2012)이 수수×수단그라스 교잡종 품종별 무기물 함량에 관하여 연구 보고한 내용과 일치하였다. 처리구별로 무기물 함량들을 살펴보면 Ca, Co, Mo, Zn, Cd, Cr, Ni 및 Pb 함량은 상호 처리 구에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 60cm 처리 구에 있어서 비록 미량이지만 Cu함량은 다른 처리구에 비하여 낮게 나타났으나 Fe 함량은 높게 나타났다($p<0.05$). K함량은 20cm구, Mg함량은 40cm 구에서 각각 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). Na함량은 처리구별로 20.7~36.0mg/kg 범위로서 40cm구가 36.0mg/kg으로서 가장 높은 함량을 나타냈다($p<0.05$). 총 무기물 함량은 20cm구가 14,865.5mg/kg으로 가장 높았던 반면 60cm처리구가 10,660.6mg/kg으로서 가장 낮은 함량을 나타냈다($p<0.05$). Jeon et al.(2012)은 논 토양에서 재배한 수수×수단그라스 교잡종 품종들의 총 무기물 함량은 품종에 따라 6,222~15,020.5mg/kg 범위를 가진다고 보고하였다. 그리고 무기물 함량은 품종, 기상조건, 토양조건, 시비조건, 재배기간, 수확시기 등의 다양한 요인에 의하여 영향을 받는다고 보고하였다(Reith 1965; Nuttall, 1985).

4. 유리당 함량

배수로 깊이가 유리당 함량에 미치는 영향은 Table 5와 같다. 수수×수단그라스 교잡종의 Fructose, Glucose 및 Sucrose의 함량은 배수로 깊이가 0cm > 20cm > 40cm > 60cm 처리구 순으로 높게 나타났다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 Ji et al.(2011)이

Table 4. Effects of drainage depth on mineral contents of Sorghum×Sudangrass hybrid in the paddy field cultivation(mg/kg)

Items	Drainage depths			
	0cm	20cm	40cm	60cm
Ca	1,832.3±121.3 ^{ns}	2,050.7±56.6	1,933.1±34.5	1,955.9±12.4
Co	0.2±0.0 ^{ns}	0.2±0.0	0.2±0.0	0.2±0.1
Cu	5.5±0.5 ^a	5.8±0.1 ^a	5.9±0.1 ^a	3.9±0.2 ^b
Fe	9.5±0.4 ^b	10.1±0.4 ^b	11.0±0.5 ^b	19.7±1.7 ^a
K	10,170.1±22.0 ^b	11,575.6±98.4 ^a	8,401.1±249.0 ^c	7,605.8±398.9 ^d
Mg	1,012.7±17.7 ^c	1,121.4±20.5 ^b	1,248.7±56.5 ^a	992.0±28.7 ^c
Mn	43.9±2.6 ^{ab}	47.8±2.5 ^a	50.7±2.3 ^a	40.6±2.3 ^b
Mo	0.1±0.0 ^{ns}	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0
Na	21.9±1.6 ^b	25.8±2.6 ^b	36.0±4.8 ^a	20.7±3.1 ^b
Zn	20.4±1.8 ^{ns}	20.6±3.1	22.4±2.7	14.7±2.6
Cd	0.1±0.0 ^{ns}	0.1±0.0	0.1±0.0	0.1±0.0
Cr	5.3±0.1 ^{ns}	4.8±0.6	5.5±0.6	4.7±0.7
Ni	2.1±0.4 ^{ns}	2.2±0.1	2.3±0.0	1.9±0.2
Pb	0.3±0.0 ^{ns}	0.3±0.0	0.3±0.0	0.3±0.0
Total	13,124.4±215.3 ^b	14,865.5±137.0 ^a	11,717.4±350.1 ^c	10,660.6±382.8 ^d

ns : not significant.

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

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

Items	Drainage depths			
	0cm	20cm	40cm	60cm
Fructose	3,207.9±145.1 ^a	2,216.8±115.6 ^b	1,962.7±85.8 ^{bc}	1,644.7±140.9 ^c
Glucose	3,375.9±283.6 ^a	2,585.3±168.1 ^b	2,085.9±138.4 ^{bc}	1,857.5±71.4 ^c
Sucrose	5,202.5±143.4 ^a	4,391.7±79.4 ^b	2,595.6±133.4 ^c	2,013.7±139.6 ^d

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

논에서 배수조건에 따른 수수류(수수, 수수×수단그라스, 수단그라스 교잡종) 품종들을 시험한 결과 배수불량 논에서 재배 한 것은 평균 당도가 8.3% 배수가 양호한 곳은 5.6%로 나타났다는 보고 결과와 동일하였다. 또한 Ji et al.(2009)은 논 토양에 사일리지용 옥수수 품종들을 재배한 결과에서도 배수불량 한 논 토양에서 재배한 사일리지용 옥수수가 당 함량이 높았다고 보고하였다. 배수로를 설치하지 않은 0cm구를 기준(100%)으로 하여 상대 지수를 보면, 배수로 깊이가 60cm로 처리한 구는 Fructose, Glucose 및 Sucrose 함량이 각각 51.3%, 55.0% 및 38.7%에 해당되었다. 따라서 배수가 잘 될수록 오히려 유리당 성분은 크게 감소하는 것으로 나타났다.

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 사일리지가 된다고 하였다. 따라서 유리당 성분은 사일리지 품질에 미치는 중요한 성분이기 때문에 차 후 수수×수단그라스 교잡종을 습한 논 토양에서 재배할 경우 유리당 성분 변화에 대한 원인과 대체 방안에 대한 연구가 필요하다고 생각 된다.

5. 구성아미노산 조성

배수로 깊이가 수수×수단그라스 교잡종의 구성아미노산 성분 에 미치는 영향은 Table 6과 같다. 배수로 깊이에 따른 구성아미노산 중 필수아미노산은 모든 시험 구에서 leucine 함량이 가장

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

Items	Depth of drainage ditches			
	0cm	20cm	40cm	60cm
Threonine	128.6±14.2 ^{ab}	135.5±15.3 ^{ab}	164.2±14.4 ^a	102.5±8.6 ^b
Valine	291.8±15.5 ^{bc}	311.1±12.2 ^b	392.5±28.3 ^a	248.3±14.0 ^c
Methionine	19.6±3.0 ^a	23.6±2.7 ^a	10.5±0.9 ^b	17.5±2.8 ^a
Isoleucine	116.3±18.2 ^{bc}	111.4±11.1 ^b	151.3±18.5 ^a	94.6±8.1 ^c
Leucine	338.2±21.2 ^{bc}	377.6±20.7 ^b	467.3±18.1 ^a	285.4±16.9 ^c
Phenylalanine	215.5±12.4 ^{bc}	232.5±15.0 ^b	278.7±21.0 ^a	184.6±11.4 ^c
Histidine	77.6±7.0 ^b	81.7±5.4 ^b	103.7±8.6 ^a	68.4±5.7 ^b
Lysine	246.4±17.9 ^a	245.2±3.2 ^a	267.7±15.2 ^a	205.4±14.1 ^b
Arginine	104.5±11.2 ^b	109.6±9.7 ^b	149.4±12.7 ^a	99.3±5.6 ^b
Sum of EAA¹⁾	1,538.5±53.6^b	1,628.2±59.3^b	1,985.3±101.5^a	1,306.0±43.3^c
Serine	138.8±3.9 ^c	173.8±4.5 ^b	216.5±8.6 ^a	143.5±4.2 ^c
Glutamic acid	486.3±7.1 ^c	624.1±14.1 ^b	754.5±19.7 ^a	476.5±28.2 ^c
Proline	168.9±12.1 ^c	202.3±14.0 ^b	248.5±11.0 ^a	129.1±5.2 ^d
Glycine	182.2±14.2 ^{ns}	179.8±14.1	225.5±28.8	152.5±14.1
Alanine	291.8±14.2 ^{bc}	312.6±11.3 ^b	392.5±28.4 ^a	248.3±28.1 ^c
Tyrosine	34.5±5.7 ^c	43.8±2.7 ^b	68.7±1.1 ^a	25.6±1.8 ^c
Asparatic acid	289.4±6.9 ^c	396.4±22.6 ^b	451.2±14.6 ^a	261.0±4.7 ^c
Sum of NEAA ²⁾	1,591.9±11.6 ^c	1,932.8±29.3 ^b	2,357.4±37.3 ^a	1,436.5±21.5 ^d
Total(EAA+NEAA)	3,130.4±65.2^c	3,561.0±88.6^b	4,342.7±138.8^a	2,742.5±24.5^d

EAA¹⁾ : Essential amino acid, NEAA²⁾ : Non essential amino acid.

ns : not significant.

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

많이 함유하고 있고, methionine 함량이 가장 낮은 것으로 나타났다. 총 필수 아미노산 함량은 배수로 깊이가 40cm구가 1,985.3mg/100g로서 가장 높은 수치를 보였던 반면 배수로 깊이가 가장 깊었던 60cm구는 1,306.0mg/100g로 가장 낮은 수치를 나타냈다($p<0.05$). 수수×수단그라스 교잡종의 비 필수아미노산에 있어서는 구성성분 중 Glutamic acid가 가장 높게 Tyrosine이 가장 낮은 함량을 나타냈다. 총 비 필수 아미노산 함량은 필수 아미노산과 동일하게 40cm > 20cm > 0cm > 60cm 처리구 순으로 나타났다($p<0.05$). 총 구성아미노산(필수+비 필수아미노산) 함량은 필수아미노산과 비 필수아미노산의 함량이 높았던 40cm구가 다른 처리구에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). Kim et al (2012)과 Lee(2015)는 구성아미노산을 분석한 결과 단백질 함량이 높은 것이 아미노산 함량이 높게 나타났고 하였으며, Chiang 등(1972)도 옥수수 등 농후사료 수종의 아미노산 함량을 분석한 결과에서도 조단백질함량이 높은 것이 아미노산함량이 높게 나타났다는 연구 결과와 비교 시 본 연구에서도 조단

백질함량이 가장 높았던 40cm구가 높게 나타난 것은 이들의 보고와 동일하였다.

IV. 요약

본 연구는 사일리지용 수수×수단그라스 교잡종을 파종 한 후 배수로 깊이를 0 cm, 20 cm, 40 cm 그리고 60 cm로 처리하고 이에 따른 생육특성, 수량성 및 영양적 특성을 비교 검토하였다. 초장, 엽장 및 엽수는 처리구에 따라 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, 엽폭은 배수로 깊이가 깊을수록 유의적으로 커지는 것으로 나타났다($p<0.05$). 그리고 하고엽 발생 수는 60cm > 0cm > 40cm > 20cm구 순으로, 녹색도는 20cm > 40cm > 0cm > 60cm구 순으로 높게 나타났다($p<0.05$). 경의 굵기와 경도는 배수로 깊이가 깊을수록 유의적으로 높아지는 것으로 나타났다($p<0.05$). 생초수량, 건물수량 및 TDN 수량에서도 배수로 깊이가 깊을수록

유의적으로 높은 수량성을 나타냈다($p<0.05$). 조단백질 및 TDN 함량은 40cm구가 가장 높게 나타났다($p<0.05$). 조회분 함량은 20cm > 40cm > 0cm > 60cm 순으로 높게 나타났다($p<0.05$). ADF 및 NDF 함량은 0cm 처리구에서 높게 나타났다 ($p<0.05$). 총 무기물 함량은 20cm > 0cm > 40cm > 60cm구 순으로, 유리당(fructose, glucose and sucrose) 함량은 0cm > 20cm > 40cm > 60cm구 순으로 높게 나타났다($p<0.05$). 구성아미노산 함량은 20 cm구가 가장 높게 60cm구가 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 이상의 결과를 종합해 볼 때, 처리구에 따라 성분(조단백질, TDN, 무기물, 유리당 및 구성아미노산) 함량은 차이가 있지만, 건물 수량 및 TDN 수량을 고려한다면 저지대 논 토양에서 수수×수단그라스 교잡종 재배는 배수로 깊이를 60cm 정도로 하는 것이 유리하다.

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. pp. 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. 14:224-229.
- Danner, H., Holzer, M., Mayrhuber, E. and Braun, R. 2003. Acetic acid increases stability of silage under aerobic conditions. Applied and Environmental Microbiology. 69:562-567.
- 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. pp. 386.
- Delogu, G., Faccioli, P., Reggiani, F., Lendini, M., Berardo, N. and Odoardi, M. 2002. Dry matter yield and quality evaluation at tow phenological stage of Sardinia Italy. Field Crops Reserch. 74:207-215.
- 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.
- Jeon, B.T., Moon, S.H. and Lee, S.M. 2012. A comparative studies on the growth characteristics and feed components of Sorghum×Sudangrass hybrids at paddy field cultivation. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 29:329-336.
- Ji, H.C., Cho, J.H. and Ju, J.L. 2011. Effect of different drained conditions on growth, forage production and quality of sorghum, Sorghum×Sudangrass and sudangrass hybrids at paddy field. Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science. 31:119-126.
- Ji, H.C., Kim, W.H., Kim, K.Y., Lee, S.H., Yoon, S.H. and Lim, Y.C. 2009. 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. 29:329-336.
- Ji, H.C., Lee, S.H., Yoon, S.H., Kwon, O.D., Choi, G.J., Kim, W.H., Kim, K.Y. and Lim, Y.C. 2010. Growth, forage production and quality of sorghum, Sorghum×Sudangrass and sudangrass hybrids at paddy field in southern region of Korea. Korean Society of Grassland and Forage Science. 30:109-114.
- 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. 45:704-710.
- Kim, B.K., Gong, H.Y., Shin, J.S. and Hong, S.D. 2010. Water use efficiency of barley, wheat and millet affected by groundwater table under lysimeter. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 43:253-259.
- 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. 39:65-72.
- Kim, H.Y., Chu, G.M., Kim, S.C., Ha, J.H., Kim, J.H., Lee, S.D. and Song, Y.M. 2012. The nutritive of grains from barley cultivars(Wooho, Youngyang, Yuyeon). Korea Journal of Agriculture and Life Science. 46:69-78.
- 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. 52:259-263.
- Lee, H.S. and Ku, J.H. 1995. Effects of water table depth in different soil texture on quality of barley and wheat grain. Korean Journal of Crop Science. 40:195-202.
- Lee, S.M. 2015. Effects of drainage depths on agronomic characteristics, yield and feed value of silage corn hybrid in paddy field of lowland. Korean Society of Grassland and Forage Science. 35:137-144.
- McDonald, P. 1982. Silage fermentation. Elsevier Biomedical Press. pp. 164-166.
- Menke, K.H. and Huss, W. 1980. Tierernaehrung und futtermittelkunde. UTB Ulmer. pp. 38-41.
- 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. Archives of Agronomy and Soil Science. 47:133-139.

- RDA. 2003. Investigation and analysis of research and technology in agriculture.
- Reith, J.W.S. 1965. Mineral composition of crop. NAASQ. Review. 68:150-156.
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W. 1992. Plant physiology (4th ed.). Wadsworth, Inc., Belmont, California. pp. 27-65.
- SAS. 2008. SAS/STAT software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc. Cary. NC. USA.
- Skaggs, R.W., Hardjoamidjojo, S., Wisler, E.H. and Hiler, E.A. 1982. Simulation of crop response and subsurface drainage system. Trans. American Society of Agricultural Engineers. 25:1673-1678.
- 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 : April 16, 2019 | Revised : May 27, 2019 | Accepted : May 27, 2019)