

예건이 수수×수단그라스 교잡종 유기 사일리지의 품질에 미치는 영향

임현진* · 김종덕*** · 이현진* · 전경협* · 양가영* · 권찬호* · 윤세형**

Effect of Pre-wilting on the Forage Quality of Organic Sorghum×Sudangrass Silage

Lim, Hyun Jin · Kim, Jong Duk · Lee, Hyun Jin · Jeon, Kyeong Hup ·
Yang, Ka-Young · Kwon, Chan Ho · Yoon, Sei Hyung

The main nutritional problem of sorghum×sudangrass hybrid silage is low quality and dry matter (DM) contents. This experiment was conducted to evaluate whether field pre-wilting treatment of sorghum×sudangrass hybrid silage increases DM content and forage quality of the silage. The experiment was a randomized complete block design with three replications. The treatments were consisted of five different wilting days: 0 day (direct cut silage), 0.5 day, 1 day, 2 days and 3 days. Sorghum×sudangrass hybrid silage with pre-wilting showed low 4.00 pH values, however direct cut silage (control) showed a 4.30 value because of its high moisture content. The DM content of sorghum×sudangrass hybrid silage with pre-wilting was high above 25.1% after 1 days, however that of direct cut silage had 17.6%. And the effluent of wilted silage was decreased with prolonged wilting period, but that of direct cut silage produced effluent of 183 mL/kg. Crude protein and ether extract with wilted silage were decreased, however crude ash was increased with prolonged wilting period. Silage with pre-wilting had higher acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber (NDF) contents than control silages, while its non-fiber carbohydrate (NFC) showed the opposite results. Lactic acid and total organic acid were increased with prolonged wilting period. For the palatability of dairy goat, silage with 2 days wilting was highest among silages. The experiment results indicate that wilted sorghum×sudangrass hybrid silage could be recommended as effective method for reducing effluent, increasing pH and forage quality more than direct cut silage. Optimum pre-wilting day of sorghum×

* 천안연암대학

** 농촌진흥청 국립축산과학원

*** 교신저자, 천안연암대학(yasc@yonam.ac.kr)

sudangrass hybrid silage may be 1 days.

Key words : wilting day, pH, effluent, NFC, palatability

I. 서 론

수수×수단그라스 교잡종(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)은 우리나라에서 옥수수와 함께 여름철 밭에서 생산하는 중요한 사료작물 중의 하나로 현재 정부인증품종이 25종에 달하고 있다(김 등, 2002; 농협중앙회, 2008). 수수×수단그라스 교잡종은 여러 번 예취 가능하나 출수가 되면 리그닌의 함량이 증가하여 품질이 떨어지고, 재생을 위하여 예취 높이를 높게 해야 하는 단점이 있다(서 성, 1982; 이 등, 2000). 또한 수수×수단그라스 교잡종은 출수 이후에 종실이 무거워 지면 비와 바람에 의한 도복의 우려로 농가들이 선호를 하지 않고 있다.

그러나 수수×수단그라스 교잡종은 여름철 가뭄과 더위에 강하기 때문에 남부 및 제주지방에서 사일리지용으로 옥수수 대신에 많이 이용하고 있다(전 등, 1995; 이 등, 2000). 또한 밭 주위에 논이 많아 흑조위축병의 매개충인 애멸구(*Small grown plant hopper; Laodelphax striatellus* F.)에 의한 피해가 발생하는 지역이나 척박한 토양에서는 옥수수 대신에 수수 및 수수×수단그라스 교잡종을 재배하고 있다(이 및 최, 1990; 전 등, 1995; 김 등, 2002). 그리고 최근에는 당도가 높은 사일리지용 품종이 선발되어 보급되고, 라운드베일의 보급으로 맥류 사료작물과 함께 그 이용면적이 크게 증가하고 있다(농협중앙회, 2008; 김 등, 2009).

또한 수수×수단그라스 교잡종은 내병성 및 내충성이 강하고, 잡초와의 경합력이 크기 때문에 무농약 재배 또는 유기사료작물 재배에 적합하다(권 등, 2005; 안 등, 2009; Kwon 등, 2006; Seo 등, 2006).

그러나 수수×수단그라스 교잡종은 사일리지로 제조 시 높은 수분함량으로 인하여 양질의 사일리지를 제조할 수 없는 단점이 있다(신 및 윤, 1985; 안 등, 2009).

본 연구는 우리나라에서 수분함량이 높은 수수×수단그라스 교잡종을 적정 수분함량으로 낮추어 양질의 유기사일리지를 개발하기 위하여 실시하였다. 수분함량을 낮추기 위하여 예건처리를 하였으며, 예건일수에 따른 사일리지의 품질을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 4처리 3반복 완전임의배치법으로 처리구는 비예건, 예건 1일, 예건 2일, 예건 3일 및 예건 4일을 두었다. 사일리지 제조에 이용한 수수×수단그라스 교잡종 품종은 출수형으로 “SX17” 품종을 사용하였으며, 수확은 출수초기인 2008년 7월 21일에 수확하였다.

시험용 사일로의 크기는 20L 플라스틱 용기를 사용하였다.

화학분석 시료는 예건 당일 각 처리구별로 500~800g의 시료를 채취한 다음 65°C의 순환식 열풍건조기에 72시간 이상 충분히 건조시킨 후 무게를 측정하여 건물률을 측정하였으며, 각 처리구별로 채취한 건조시료는 Wiley Mill로 분쇄하여 20mesh 표준체를 통과시킨 후 시료로 사용하였다.

사일리지의 침출수(effluent)는 사일리지 제조 후 60일 동안 소형 사일로(20L) 하단에 개폐가 가능한 구멍으로 나온 침출액의 무게를 측정하여 환산하여 측정하였다.

사일리지의 pH는 사일리지 10g을 증류수 100mL에 넣고 4°C 냉장고에서 가끔씩 흔들어 주면서 12시간 보관후 4중 거즈로 걸러내 액을 pH meter를 이용하여 측정하였다.

유기산 분석은 거즈로 1차 거른 후 여과지(No. 6)를 통하여 걸러서 추출액을 제조하여 분석하였다. 젖산은 HPLC(Prostar, Varian, USA)를 이용하여 분석하였으며, 휘발성지방산은 Gas Chromatography(Aglient 6809N, Aglient, USA)를 이용하여 분석하였다.

사일리지의 외형적 평가 방법인 관능평가는 달관으로 하였는데, 냄새는 14등급, 촉감은 4등급, 색깔은 2등급으로 구분하여 평가하였다(McCullough 및 Bolsen, 1984).

NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF(acid detergent fiber)는 Goering 및 Van Soest 방법(1970)으로 분석하였다. 조지방(ether extract, EE), 조회분(crude ash, CA) 및 조단백질(crude protein, CP) 분석은 AOAC법(1990)에 의거하여 분석하였다. 비섬유성탄수화물(non-fiber carbohydrate, NFC) 함량은 $NFC = 100 - (NDF\% + CP\% + EE\% + AC\%)$ 의 식에 의하여 구하였다(김 등, 2009).

가소화영양소총량(total digestible nutrients, TDN)은 건물소화율과 높은 상관관계를 가진다는 점에 근거하여 ADF의 분석치에 의한 계산식 $TDN = 88.9 - (0.79 \times ADF\%)$ 에 의하여 산출하였다(Holland 등, 1990).

사일리지의 기호성은 유산양("Saanen", ♀, 평균체중 50kg) 3두에 7일간 사일리지를 급여하여 원물 섭취량을 시간당 두당 섭취량으로 환산하였다.

통계처리는 SAS(2000) package program(ver. 8.01)을 이용하여 분산분석을 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

예건이 수수×수단그라스 교잡종의 유기사일리지 품질에 미치는 영향은 Table 1, Table 2 및 Table 3에서 보는 바와 같다.

수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 건물률은 대조구인 비예건은 17.6%였으나 0.5일 예건은 22.7%, 1일 예건은 25.1%로 크게 증가하였다.. 그러나 예건 1일 이후 3일까지는 증가율이 0.5%로 적었다($p < 0.05$). 선행 연구에 의하면 출수형 수수×수단그라스 교잡종의 출수기

건물물은 20% 이하이며, 2차 예취시에는 증가하여 20~25% 수준이다(김 등, 2002). 귀리를 출수기에 수확하여 예건하면 건물물이 9.9% 증가하며(김 등, 1996), 목초의 예건 0.5일은 10.4%, 예건 1일은 16.8% 증가하여 작물과 기상에 따라서 약간의 차이가 있었다(김 등, 1996). 본 시험의 수수×수단그라스 교잡종은 예건 0.5일에서 건물물이 5.1% 증가하였으며, 예건 1일에서 7.5% 증가하여 동계사료작물이나 목초에 비하여 증가율이 적었다. 수수×수단그라스 교잡종을 온도가 높은 한여름에 수확함에도 불구하고 예건에 의한 건물물의 증가율이 작았던 것은 잦은 비에 의한 토양수분의 증가와 동계사료작물이나 목초에 비하여 줄기가 굵기 때문에 예건의 의한 건물물의 증가가 완만했던 것으로 사료된다.

사일리지 발효과정을 통하여 유출된 침출수는 비예건은 183 g/kg으로 높았으나 예건 0.5일은 91g/kg, 예건 1일은 54g/kg, 예건 2일은 47g/kg, 예건 3일은 28g/kg로 감소하였다 ($p < 0.05$). McDonald(1981)는 침출수의 양은 사일로의 종류, 답압정도, 작물, 제조시 건물물 등에 따라 달라지나 가장 영향이 큰 요인은 건물물이라고 하였으며, 건물물과 침출수는 반 비례한다고 하였다. 본 시험은 예건에 의하여 건물물이 증가되었으며, 비예건에 비하여 예건일수 증가에 따른 침출수가 감소하였다. 목초, 귀리 및 호밀의 예건에 의한 침출수와 건물손실에 관한 연구에서도 예건에 의하여 침출수와 건물손실이 감소하여 본시험과 비슷한 결과를 보였다(김 등, 1996; 이 및 김, 1997; 김 등, 2006). 이러한 침출수와 건물손실의 감소는 사일리지 품질 향상에도 영향을 미쳤다.

Table 1. Effect of pre-wilting on the dry matter, pH, effluent and viewable score of organic sorghum×sudangrass silage

Pre-wilting days	DM	Effluent	pH	Viewable score			
				Odor	Feel	Color	Total
	-%-	-g/kg-	-(1:10)-	----- Score-----			
0 day	17.6	183	4.30	10	1	0	11
0.5 day	22.7	91	3.99	11	2	1	14
1 days	25.1	54	3.85	13	3	1	17
2 days	25.6	47	3.79	13	4	2	19
3 days	26.9	28	3.79	13	4	2	19
Mean	23.6	81	3.95	12	3	1	16
LSD(0.05)	2.7	31	0.19				

DM=dry matter.

사일리지의 간이 평가방법으로 가장 중요한 항목인 pH는 비예건은 4.30으로 매우 높았으나 예건 사일리지는 4.0 이하로 안정된 pH를 보였다(p<0.05). McDonald(1981)과 김 등(2006)의 목초 사일리지 시험에서는 예건이 pH를 증가시켜 본 시험과는 상반된 결과를 보였다. 한편 김 등(1996)의 귀리 사일리지 시험에서는 예건으로 pH가 감소하였다. 따라서 사일리지의 pH는 사료작물의 종류, 제조방법(트렌치 사일로와 라운드 베일), 수분함량에 따라 다를 수 있다고 판단되며, 이후의 추가시험에서 예건과 pH와의 관계를 보다 정밀하게 규명할 필요가 있다고 생각되었다.

한편 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 외관평가 즉, 냄새, 촉감 및 색깔 등은 대조구(비예건)는 각각 10점, 1점 및 0점으로 종합점수가 11점으로 가장 낮았다. 반면 1일 예건한 사일리지는 17점으로 우수하였으며, 예건 2일 이후에는 19점으로 매우 우수하였다.

수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 조단백질 함량은 예건일수가 증가함에 따라 감소하였으나 처리간에 유의한 차이는 없었다(Table 2). 조지방 함량은 예건일수가 증가함에 따라 감소하였다(p<0.05). 이는 건조기간 중 탈엽과 일광에 의한 양분손실로 추측되었다. 한편 조회분 함량은 건조일수가 늘어남에 따라 증가하였다(p<0.05). Cottyn 등(1985)은 사일리지 제조시험에서 예건처리로 조단백질, 조지방 및 조회분 함량이 증가한다고 하였는데 본 시험에서는 조회분 함량만 증가하였다. 이는 조회분 함량이 잎에 비하여 줄기에 많기 때문에 탈엽에 의하여 상대적으로 증가하였고, 또한 예건시 토양이나 먼지 등의 오염에 의한 것이 원인으로 여겨진다.

Table 2. Effect of pre-wilting on the chemical composition of organic sorghum×sudangrass silage

Pre-wilting days	CP	EE	CA	NDF	ADF	NFC	TDN
	----- % -----						
0 day	10.2	3.2	8.9	64.7	42.8	13.0	55.1
0.5 day	9.8	2.9	9.7	68.5	43.8	9.1	54.3
1 day	9.6	2.6	10.2	68.3	43.5	9.4	54.5
2 days	9.0	1.9	10.0	69.1	44.1	9.2	54.0
3 days	9.0	1.8	10.6	70.3	44.0	8.4	54.1
Mean	9.5	2.5	9.9	68.2	43.7	9.8	54.4
LSD(0.05)	NS	0.24	0.87	1.33	NS	1.70	NS

CP = crude protein, EE = ether extract, CA = crude ash, NDF = Neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, NFC = non-fiber carbohydrate.

비예건 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 NDF 및 ADF 함량은(Table 2) 각각 64.7% 및 42.8%였으며, 예건일수가 증가함에 따라 증가하였다($p<0.05$). 김 등(2006)은 목초예건 시험에서 0.5일 예건보다 1일 예건시 NDF 및 ADF 함량이 증가하였다고 보고하여 본 시험과 같은 경향을 보였다.

비섬유성탄수화물(NFC) 함량은 NDF 및 ADF 함량과 상반된 결과로 비예건의 NFC 함량은 13.0%로 가장 높았으나 예건의 NFC 함량은 9.4% 이하로 낮았다($p<0.05$). 한편 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 가소화영양소총량(TDN)은 처리간에 유의한 차이가 없었다. 김 등(2006)의 시험에서도 NFC와 비슷한 가용무질소물(NFE)과 TDN 함량이 예건일수 증가에 따라 감소하였는데 이는 예건 시 탈엽과 양분손실이 일어나서 감소한 것으로 판단하였다.

수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 유기산 함량은 Table 3에서 보는바와 같이 젖산(lactic acid)과 총유기산 함량은 처리간에 유의성이 있었으나, 초산(acetic acid)과 낙산(butyric acid)은 처리간에 유의한 차이가 없었다. 양질 사일리지의 발효산물인 젖산 함량은 무처리는 3.61%로 가장 낮았으나 예건에 의하여 증가하였으며, 특히 예건 2일이 5.58%로 가장 높았다. 따라서 총유기산 함량도 젖산과 같은 경향을 보였다. 김 등(2006)의 목초사일리지 시험에서는 예건으로 낙산과 초산함량은 뚜렷하게 감소하며, 젖산함량은 감소하지만 감소폭이 적었다고 하였으며, 김 등(1996)의 귀리 사일리지 시험에서는 예건으로 젖산 함량은 증가하였으나 낙산 및 초산함량은 감소하였다고 하여 본 시험과 같은 경향을 보였다. 특히 김 등(1996)과 김 등(2006)의 시험에서도 예건일수를 0.5일, 1일로 증가시킴에 따라 사일리지 품질이 증가하였다고 하였다.

Table 3. Effect of pre-wilting on organic acid and palatability of organic sorghum×sudangrass silage

Pre-wilting days	Organic acid				Palatability	
	Lactic	Acetic	Butyric	Total	Intake	Index
	----- %/DM -----				g*	1-9**
0 day	3.61	0.20	0.01	3.82	207	4
0.5 day	3.51	0.23	0.00	3.74	493	2
1 days	5.58	0.26	0.00	5.84	620	1
2 days	5.50	0.20	0.00	5.70	480	2
3 days	5.02	0.21	0.00	5.22	467	2
Mean	4.64	0.22	0.00	4.86	453	2
LSD(0.05)	0.97	NS	NS	0.15	118	

* Intake=fresh weight/head(50kg) goats/hr, ** 1-9: 1=good.

유산양의 수수×수단그라스 교잡종 사일리지 섭취량(g/head/hour)은 비예건, 예건 0.5일, 예건 1일, 예건 2일 및 예건 4일이 각각 207, 493, 620, 480 및 467g/head/hour로 예건 2일이 가장 많이 섭취하여 기호성이 높았다($p<0.05$). 예건에 의한 기호성의 증가는 사일리지 품질 향상이 원인으로 여겨진다.

이상의 시험결과로 평가해 볼 때 품질이 낮은 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 품질을 높이기 위해서는 예건이 효과적이었으며, 특히 예건이 건물률 증가에 의하여 침출수를 줄이고, pH를 감소시키고 유기산 함량을 증가시켜 양질의 유기사일리지를 제조할 수 있는 것으로 사료되었다. 그리고 유기 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 예건일수는 1일이 가장 적합하였다.

V. 요약

수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 큰 문제점은 낮은 건물률과 품질이다. 본 시험은 수수×수단그라스 교잡종을 재배하는 포장에서 예건으로 사일리지의 건물률과 품질을 향상시키기 위하여 실시하였다. 시험구배치는 5처리 3반복의 완전임의배치법으로 하였다. 시험구의 처리는 비예건(대조구), 예건 0.5일, 예건 1일, 예건 2일 및 예건 3일의 5수준을 두었다. 예건한 수수×수단그라스 교잡종 사일리지의 pH는 4.0 이하였으나, 비예건 사일리지의 pH는 4.30으로 가장 높았다($p<0.05$). 비예건 사일리지의 건물률은 17.6%였으나 예건한 사일리지의 건물률은 예건 1일 후부터는 25.1% 이상이였다($p<0.05$). 예건한 사일리지의 침출수는 예건을 많이 함에 따라 감소하였으나, 비예건 사일리지의 침출수는 283mL/kg로 가장 많았다($p<0.05$). 예건을 함에 따라 사일리지의 조단백질 및 조지방 함량은 감소하였으나, 조회분 함량은 증가하였다($p<0.05$). 비예건보다 예건 사일리지의 ADF 및 NDF 함량은 증가하였으나, 비섬유성탄수화물(NFC) 함량은 감소하였다($p<0.05$). 젓산 및 유기산 함량은 예건 일수를 증가함에 따라 증가하였으나 예건 1일부터는 변화가 없었다($p<0.05$). 유산양의 기호성도 예건 1일이 가장 높았다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 수수×수단그라스 교잡종 사일리지 제조시 예건이 건물률 증가에 의하여 침출수를 줄이고, pH와 사일리지 품질을 개선하는 효과가 있었으며 예건일수는 1일이 가장 적합하였다.

[논문접수일 : 2009. 9. 22. 논문수정일 : 2009. 10. 26. 최종논문접수일 : 2009. 11. 3]

참 고 문 헌

1. 권찬호·김호중·김종덕·김수곤·이병생·채상현. 2005. CODEX 유기축산 규정에 따른 조사료 생산체계 확립에 관한 연구. 농림부.
2. 김정갑·진현주·신재순·정의수·한민수. 1996. 봄재배 연맥의 Silage 제조 이용시 예건 및 Formic Acid 처리에 의한 품질개선 효과. 한초지 16(2): 155-160.
3. 김종근·정의수·서성·함준상·김맹중·이종경. 2006. 예건기간이 라운드베일 목초 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지 26(1): 39-44.
4. 김종덕·권찬호·김종근·김창현·노환국·윤영만·이종경. 2009. 조사료 생산 및 이용. 신광종합출판.
5. 김종덕·권찬호·김호중·박진길·이병생·빙기선·문승태. 2002. 수수×수단그라스 교잡종의 생육특성, 사초 수량 및 품질 비교. 한초지 22(4): 297-302.
6. 농협중앙회. 2008. 2008년도 제2차 목초 및 사료작물품종 수입적응성 심의위원회 자료. 농협중앙회 사료자원단.
7. 서성. 1982. 질소 시비수준과 예취관리가 청예용 수단그라스계 잡종의 저장탄수화물 함량, 재생 및 수량에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위논문.
8. 신정남·윤익석. 1985. 예건이 silage의 품질에 미치는 영향. 한초지 3(2): 92-99.
9. 안중호·권찬호·김창현·김종덕·박중국·박광순·임현진·전경협. 2009. 유기축산을 위한 유산양 사육체계 및 조사료 생산기술 확립에 관한 연구. 농림기술개발사업 연구보고서. 농림수산식품부.
10. 이광녕·김동암. 1997. 예건 및 첨가제가 호밀 사일리지의 발효특성과 사료가치 및 호기적 안전성에 미치는 영향. 한초지 17(2): 187-198.
11. 이석순·최상집. 1990. 흑조위축병이 심한 지역에서 옥수수과 수수 품종의 사료생산성. 한초지 10(1): 42-47.
12. 이종경·김종근·신동은·윤세형·김원호·서성·박근제. 2000. 수수×수단그라스 교잡종의 출수형과 비출수형 품종간 예취횟수가 수량성과 사료가치에 미치는 영향. 한초지 20(4): 237-242.
13. 전우복·최기춘·김광현. 1995. 전남지역에 있어서 수수×수단그라스 잡종의 사초생산성 및 사료가치 성분 비교. 한초지 15(1): 67-72.
14. AOAC. 1990. Official method of analysis. 15th ed. Washington, DC.
15. Cottyn, B. G., C. H. V. Boucque, L. O. Fiems, J. M. Vanacker, and F. X. Buysse. 1985. Unwilted and prewilted grass silage for finishing bulls. Grass Forage Sci. 40: 119-125.
16. Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

17. Holland, C., W. Kezar, W. P. Kautz, E. J. Lazowski, W. C. Mahanna, and R. Reinhart. 1990. Pioneer Hi-Bred International, Inc., Des moines, IA.
18. Kwon, Chan Ho, Jong Duk Kim, Su Gon Kim, and Chang-Hyun Kim. 2006. Effect of corn grain addition on forage quality and production cost of sorghum silage. Chinese J. of Grassl. Sci. 16(Suppl.): 59-61
19. McCullough, M. E. and K. K. Bolsen. 1984. Silage management. Nat. Feed Ingrid. Assoc., West Des Moines, Iowa.
20. McDonald, P. 1981. The biochemistry of silage. John Wiley and Sons Ltd. England.
21. Seo, S. Kim W. H., and Kim J. G. 2006. Production and utilization of whole crop barley and whole crop rice in Korea. Chinese J. of Grassl. Sci. 16(Suppl.): 274-279.
22. SAS. 2000. Statistical Analysis System ver., 8.01. SAS Institute Inc., Cary, NC.