

백수 벼의 사일리지의 사료가치에 관한 연구

김원호* · 류재혁 · 김다혜* · 박형수 · 정민웅 · 서성 · 최기준 · 최기춘

Study on Nutritive Values of White Panicked Rice Silage

Won Ho Kim*, Jai Hyunk Ryu, Da Hye Kim, Hyung Su Park, Min-Woong Jung, Sung Seo, Gi Jun Choi and Ki Choon Choi

ABSTRACT

This study was performed to investigate the nutritive values of white panicked rice (*Oryza sativa* L., WPR) silage manufactured with WPR grown in reclaimed paddy field of Bigumdo of Korea in 2011. The WPR used in this study were collected in 1,000 ha of reclaimed paddy field of Bigumdo and was harvested at dough stage and ensiled. The yield of whole crop rice (WCR) grown in region received the most severe damage (MSD) was lower as about 800 kg/ha as than that in region of normal growth (NG). The content of crude protein and total digestible nutrient in WCR of MSD slightly increased, as compared to that in WCR of NG, but the contents of acid detergent fiber and neutral detergent fiber significantly decreased ($p<0.05$). The pH in WCR silage of MSD and NG ranged from 4.5 to 5.0 and pH decreased by the inoculation of lactic bacteria ($p<0.05$). The content of lactic acid in WCR silage of MSD and NG increased by the inoculation of lactic bacteria ($p<0.05$), but the content of acetic acid and butyric acid decreased ($p<0.05$). Flieg's score in WCR silage of MSD and NG inoculated lactic bacteria increased from 2 to 3 grade, as comparing to non-inoculation of lactic bacteria. Therefore, this study suggests that WPR can be utilized as forage.

(**Key words** : Reclaimed land, White panicked rice, Silage, Nutritive value)

I. 서 론

우리나라는 농업 생산의 안정적 유지와 국토 개발 차원에서 간척사업이 지속적으로 진행되어 왔는데, 특히 간척지에서의 쌀 생산은 식량의 안정적 공급 등 긍정적인 효과를 가져왔다. 그러나 근래 농산물 시장의 개방과 식품소비 경향의 변화로 벼 재배 면적 감소추세와 수입 쌀의 증가로 인한 쌀 재고량 증가 등 농업여건이 변화됨에 따라 상대적으로 한계 생산지역인 간척지를 쌀 재배 이외의 목적으로 활용코자 하는 방안들이 논의되고 있는 실정이다 (Kim et

al., 2010; Kim et al., 2009; Shin et al., 2008). 특히, 기상이변과 잦은 태풍 등으로 인하여 간척지에서 벼 피해발생 빈도가 많아짐에 따라 이를 조사료원 생산단지로써의 역할이 제기되고 있다.

백수현상의 주된 원인은 해안지대의 태풍기 간중 약간의 건풍으로 인하여 발생되는데 (Lee and Kim, 1987), 백수의 발생은 지대별, 출수시기 등에 따라 차이를 보이는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 우리나라 강풍은 7, 8, 9월에 집중되어 있는데 8월중에 높은 발생빈도를 보이고 있어서 벼의 생육에 막대한 영향을 미치

* This author equally contributed to this work

농촌진흥청 국립축산과학원 (National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea)

Corresponding author : Ki Choon Choi, National Institute of Animal Science, RDA, Cheonan 331-808, Korea.

Tel: +82-41-580-6755, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: choiwh@korea.kr

며 출하직후 벼의 백수현상을 초래한다고 하였다(Lee and Kim, 1987). 또한 평야지대보다 해안지대에서 발생하며 품종에 따라 차이가 크며, 특히 백수발생율과 수량감소율은 높은 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다. 백수현상은 고온 건조한 강풍이 통과할 때 특이한 지역기상의 형성에 의하여 발생되는데, 최근 전남 신안군 비금도에 약 1,000 ha의 벼에서 백수현상이 일어나 쌀 수확이 불가능한 상황이 발생되었다. 이처럼 전남지역에 백수현상 발생이 빈번함에 따라 백수 벼에 대한 조사료원으로서의 이용성 검토가 요구되고 있다. 따라서 본 연구는 간척지에서 백수현상이 나타난 벼를 조사료 자원으로 활용하기 위해 백수 벼 사일리지를 조제하였을 때 사일리지의 사료가치 및 유기산 등 품질변화를 조사하여 조사료원으로서 이용가능성을 검토하기 위해서 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 벼 재배

본 연구에서는 전남 신안군 비금도에서 가장 많이 재배되고 있는 벼 품종 원광을 이용하였다. 벼는 4월 중순에 육묘상자에 파종하고 6월 초순에 30×15 cm 간격으로 기계이앙을 하였다. 벼 재배를 위한 시비량은 N-P-K를 각각 150-50-70 kg/ha로 하였고 질소질 비료는 밀거름-새끼칠비료-이삭비료-알비료를 각각 50-20-20-10% 비율로 분시를 하였다. 그리고 인산은 전량을 밀거름으로 사용하였으며 칼리는 밀거름-이삭거름을 70~30%로 분시하였다. 벼 재배는 관행적인 방법에 준해서 수행하였다.

2. 사일리지 제조 및 분석

전남 신안군 비금도에서 벼 백수현상이 일어난 1,000 ha 중에 가장 심한지역(쌀 수확이 불가능, poor), 정상생육지역(쌀 수확 90% 이상,

normal)에서 시료를 준비하였는데, 이때 벼의 숙기는 호숙기였다. 이처럼 준비된 2종류(피해 벼, 정상 벼)의 시료를 2 cm로 세절하여 젖산균(청미바이오, 한국)을 혼합(젖산균 첨가량 : 젖산균 2.83 g+물 3 L/1톤)하여 20 L 실험용 사일로 통에 넣어 충전시킨 후 완전 밀봉하여 그늘에서 약 60일을 보관 한 후 개봉하여 사료가치 및 사일리지 품질 분석을 실시하였다. 실험배치는 벼의 생육상태(정상, 백수현상)를 주구로 그리고 젖산균 처리(무접종, 접종)을 세구로 한 분할구 배치법 3반복으로 배치하여 수행하였다.

3. 사료가치 분석

백수 벼 사일리지의 사료가치를 조사하기 위하여 각 시험구에서 저장 60일후 사일리지 시료채취기(Uni-Forage Sampler; STAR QUALITY SAMPLER Co. Canada)로 각 처리구당 약 500 g을 취하여 일부는 65℃ 순환식 송풍건조기에서 3일간 건조 후 분쇄하여 시료의 crude protein (CP)은 AOAC법(1990)에 의해 분석하였고, neutral detergent fiber (NDF) 및 acid detergent fiber (ADF) 함량은 Goering 및 Van soest법(1970)으로 분석하였다. TDN 함량은 $88.9 - (ADF\% \times 0.79)$ 에 의해서 산출하였다. 그리고 채취시료의 일부는 -20℃ 냉동고에 보관하였다가 사일리지 품질분석에 사용하였다. 사일리지의 pH와 유기산 성분은 개봉한 사일리지 10 g을 증류수 100 ml에 넣고 4℃에서 24시간 진탕 후 4중 거즈(Gauze)로 1차 거른 뒤 여과지(Whatman No. 6)를 통하여 걸러서 추출액을 조제하여 pH는 pH meter (HI 9024; HANNA Instrument Inc. UK)로, 그리고 젖산은 0.22 μm 실린지 필터를 사용하여 여과시킨 다음 HPLC (HP1100. Agilent Co. USA)로 분석하였다. 초산과 낙산 분석은 Gas chromatography (GC-450, Varian Co., USA)를 이용하여 분석하였다. 추출액은 분석에 이용할 때까지 -70℃에서 냉동보

관 하였다. 본 시험에서 얻은 모든 결과는 Windows용 SPSS/PC (Statistical Package for the Science, ver 12.0. USA) 통계 프로그램을 이용하여 처리간의 평균비교를 t-test를 시행하였고 최소 유의성을 검정은 p-value 0.05로 평가하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 백수 벼의 건물 수량

벼 백수현상이 가장 심한지역 (poor) 그리고 벼 생육이 정상인 지역 (normal)에서의 총체 벼의 건물수량은 Table 1에서 보는 바와 같다. 벼 백수현상이 가장 심한지역의 총체 벼의 수량은 정상지역보다 약 800 kg/ha 정도 감소되었다. 이 처럼 간척지에서 고온 건조한 강풍이 발생하여 벼에 피해를 주면 벼는 생육이 정지되고 고사되기 시작하는데, 본 연구에 사용된 벼는 백수 현상이 발생된 후 바로 수량조사를 했기 때문에 수량차이가 크게 나지 않은 것으로 보이며, 백수발생 기간이 길어지면 정상지역의 벼와 심한지역의 벼의 수량차이는 더 현저하게 나타날 것으로 예상된다.

2. 배수 벼의 사료가치

벼 백수현상이 가장 심한지역 그리고 벼 생육이 정상인 지역에서의 총체 벼의 사료가치는 Table 1에서 보는 바와 같다. 벼 백수현상이 가장 심한지역에서의 총체 벼의 조단백질 함량

및 TDN 함량은 벼 백수현상이 없는 정상생육 지역 보다 약간 높은 함량을 보였으나 ADF 및 NDF 함량은 현저하게 감소되었다 ($p < 0.05$). 이상의 결과에서 보는바와 같이 벼 백수현상이 가장 심한지역의 조단백질 함량이 정상생육지역에서 높은 함량을 보였으나 ADF 및 NDF 함량은 낮았다. 이는 정상생육 지역에 있는 벼는 지속적인 생식생장이 이루어졌고, 벼 백수현상이 가장 심한지역의 벼는 초기에 이미 생육이 정지되어 더 이상 생식생장이 진행되지 않고 멈추어 있었기 때문에 단백질 함량은 높고 ADF 및 NDF 함량이 낮아진 것으로 보여진다. 일반적으로 사료작물이나 일반식물은 생육이 진행됨에 따라 단백질 함량은 감소되고 ADF 및 NDF 함량은 증가가 일어나는 현상, 즉 물질성분 희석효과와 관련이 있는 것으로 해석되는데 (Kim et al., 2008), 총체 벼는 사료작물과는 약간의 사료가치 측면에서 차이를 보일 수 있기 때문에 다양한 측면에서 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 보여진다.

3. 백수 벼의 무기물 함량

벼 백수현상이 가장 심한지역 그리고 벼 생육이 정상인 지역에서의 총체 벼내 무기물 함량은 Table 2에서 보는 바와 같다. 벼 생육이 정상인 지역에서 총체 벼의 염 함량은 0%를 나타냈으나 벼 백수현상이 가장 심한지역에서는 염농도가 0.15%를 보였다. 벼 백수현상이 가장 심한지역에서의 총체 벼의 Na 및 Mg 함량은 벼 백수현상이 없는 정상생육 지역 보다

Table 1. DM yields and nutritive values in white panicles of rice

Items	DM yields (kg/ha)	CP (%)	ADF (%)	NDF (%)	TDN (%)
Normal ¹⁾	6,285	9.12	42.01 ^a	62.91 ^a	55.71
Poor ²⁾	5,441	9.88	39.58 ^b	57.47 ^b	57.64

¹⁾ Normal: region of normal growth.

²⁾ Poor: region received the most severe damage.

^{a, b}: Different letters within a column represent significant differences ($p < 0.05$).

Table 2. Salt and mineral contents in white panicles of rice

Items	Salt (%)	Na (%)	Ca (%)	Mg (%)	K (%)
Normal ¹⁾	0.00	0.036 ^b	0.146	0.152 ^b	2.238 ^a
Poor ²⁾	0.15	0.221 ^a	0.111	0.227 ^a	1.654 ^b

¹⁾ Normal: region of normal growth.

²⁾ Poor: region received the most severe damage.

^{a, b}: Different letters within a column represent significant differences ($p < 0.05$).

현저하게 높은 함량을 보였으나 ($p < 0.05$) K 함량은 현저하게 감소되었다 ($p < 0.05$). 한편 Ca 함량은 벼 백수현상이 가장 심한지역과 벼 생육이 정상인 지역 간에는 비슷한 함량을 보였다. 벼 백수현상이 가장 심한지역에서의 총체 벼의 염 농도가 높은 것처럼 Na 함량도 정상 생육 지역보다 높은 함량을 보였다. 이상의 결과에서 보는 바와 같이 총체 벼 내 Na, Ca, Mg, K 등 무기물은 염농도에 의해 영향을 받은 것이 확인되었기 때문에 간척지내 사료작물을 재배 시에는 염농도에 따른 무기물의 변화를 고려하여 사료작물의 재배·이용해야 할 것으로 생각된다. 또한 간척지내 염도는 작물의 생육과 밀접한 관련이 있는 것으로 보고(FAO, 1985)되고 있기 때문에 사료작물의 생육과 무기물의 축적 등에 관련된 연구는 전무한 실정이기 때문에 계속적인 연구가 필요하다고 생각한다.

4. 백수 벼 사일리지의 pH 및 품질

벼 백수현상이 가장 심한지역 그리고 벼 생육이 정상인 지역에서의 총체 벼 사일리지의 물리화학적 성질은 Table 3에서 보는 바와 같다. 벼 생육이 정상인 지역에서 생산 및 조제된 총체 벼 사일리지의 pH는 4.6을 나타냈으나 벼 백수현상이 가장 심한지역에서 생산 및 조제된 사일리지의 pH는 4.8로 약간의 pH 증가가 나타났다. 그리고 젖산균 접종에 의해 pH가 저하되는 효과를 보였다. 벼 백수현상이 가장 심한지역 그리고 벼 생육이 정상인 지역 모두

젖산균 접종에 의해 젖산함량은 증가하였으며 ($p < 0.05$) 초산함량도 감소되었다 ($p < 0.05$) 그러나 낙산함량은 젖산균 접종에 의해 감소되었으나 유의차는 나타나지 않았다. Flieg법에 의한 총체 벼 사일리지의 품질등급은 정상인 지역에서 66(양호) 그리고 백수현상이 가장 심한 지역은 53(보통)을 보였다. 그리고 젖산균을 접종함으로써 43(보통)에서 76(양호)으로 사일리지 품질등급이 향상되었다. 세부적으로 비교해 보면 벼 백수현상이 가장 심한지역은 33(부적합) 그리고 벼 생육이 정상인 지역은 52(보통)였는데, 젖산균을 접종함으로써 백수현상이 가장 심한지역이 72(양호)로, 벼 생육이 정상인 지역은 80(양호)로 2~3단계 상승되었다. Kim 등(2004)은 일품 벼를 이용하여 사일리지 제조 시 유산균을 접종함으로써 pH를 낮추는 효과가 있었다고 하였는데 본 연구에서도 유사한 결과를 얻었다. 또한 Kim(2004)은 총체 벼 사일리지는 pH 4.5~5.0 내외로 나타났다고 하였고 Murai(2003)는 일본에서 총체 벼 전용품종인 하마사리를 이용한 사일리지 제조 시험에서 pH가 4.8로 나타났으며 다른 품종에서도 대체적으로 4.6~5.1의 범위를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 비슷한 수준의 pH를 유지하였다. Muck(1993)은 첨가제 처리는 최종적으로 사일리지 내 젖산의 비율 및 함량을 증가시켜 사일리지의 품질을 개선하게 된다고 하였는데 본 연구에서도 현저하게 젖산함량이 증가되는 것을 확인하였다. Kim 등(2004)은 젖산균 무첨가구에서 젖산함량은 약 2% 내외를 보였으나 젖산균 첨가에 의해 젖산함량은 약 4~7% 정도로

Table 3. pH and organic acid in silage of white panicles of rice

Items	Inoculant	pH	Lactate (%/DM)	Acetate (%/DM)	Butyrate (%/DM)	Flieg.s Score
Normal ¹⁾	NTR ³⁾	4.74	0.714 ^b	0.516 ^a	0.184	52
	TR ⁴⁾	4.47	1.540 ^a	0.405 ^b	0.116	80
Poor ²⁾	NTR	5.01 ^a	0.355 ^b	0.630 ^a	0.152	33
	TR	4.57 ^b	1.083 ^a	0.423 ^b	0.113	72
Main effect						
	Normal	4.61	1.23	0.46	0.15	66
	Poor	4.79	0.72	0.52	0.13	53
Sub effect						
	NTR	4.88	0.53 ^b	0.57 ^b	0.17	43
	TR	4.52	1.31 ^a	0.41 ^a	0.12	76

¹⁾ Normal: region of normal growth, ²⁾ Poor: region received the most severe damage,

³⁾ NTR: Non-treatment,

⁴⁾ TR: Treatment

^{a, b}: Different letters within a column represent significant differences ($p < 0.05$).

무첨가구에 비해 약 2~3배 이상의 증가를 보인다고 보고하였다. 본 연구에서도 벼 백수현상이 가장 심한지역과 정상인 지역사일리지 젖산함량은 각각 0.36%, 0.71%였으나 젖산균을 접종함으로써 각각 1.08%, 1.54%로 증가하였다. Cai (2005)는 하마사리의 경우 첨가제를 처리하지 않았을 경우 젖산함량이 1.9% 정도였다고 하였고, Kim (2004)도 총체 벼 사일리지의 젖산함량이 2% 내외라고 하였는데, 본 연구에서 이용된 총체 벼 사일리지의 젖산이 현저하게 낮은 경향을 보였다. 이 처럼 총체 벼의 젖산이 연구자들 간에 차이를 보이는 것은 숙기의 차이뿐 만아니라 재배지역(일반 논, 간척지 등)에 따른 환경특성 등으로 발생될 수 있기 때문에 지속적인 총체 벼 사일리지에 관한 연구가 진행되어져야 할 것으로 생각된다.

IV. 요약

본 연구는 전남 신안군 비금도 간척 논에서

백수현상이 나타난 벼를 조사료 자원으로 활용하기 위해 백수 벼 사일리지의 사료가치 및 유기산 등 품질을 조사하기 위해서 수행하였다. 벼 백수현상이 가장 심한지역의 총체 벼의 수량은 정상지역보다 약 800 kg/ha 정도 감소되었다. 그리고 벼 백수현상이 가장 심한지역에서의 총체 벼의 조단백질 함량 및 TDN 함량은 벼 백수현상이 없는 정상생육 지역 보다 약간 높은 함량을 보였으나 ADF 및 NDF 함량은 현저하게 감소되었다($p < 0.05$). 벼 백수현상이 가장 심한지역과 정상지역의 총체 벼 사일리지 pH는 4.0~5.0을 나타냈으며 젖산균 접종에 의해 pH가 저하되었다. 벼 백수지역과 정상생육 지역 모두 젖산균 접종에 의해 젖산함량은 증가하였으며 초산과 낙산함량은 감소되었다($p < 0.05$). Flieg법에 의한 총체 벼 사일리지의 품질등급은 젖산균을 접종함으로써 2~3단계 상승되었다. 따라서 본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 백수현상이 나타난 벼도 조사료원으로 활용될 수 있다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official method of analysis. 15thed. Association & Official Analysis Chemists, Washington, DC.
2. Cai, Y. 2005. Quality improving technique of whole crop silage. National Institute of Animal Acience. International Seminar on Production and Utilization Proceedings. pp. 103-136.
3. Kim, B.W., G.S. Kim and K.I. Sung. 2004. Effect of lactic acid bacteria and formic acid on the silage quality of qhole crop rice at different maturity. J. Kor. Grassl. Sci. 24(1):61-70.
4. Kim, J.D., C.H. Kwon, J.G. Kim, C.H. Kim, H. K. Roh, Y.M. Yoon and J.K Lee. 2009. Forage production and utilization. Shin Kwang Pt. pp 96.
5. Kim, J.D., H.J. Lee, K.H. Jeon, G.Y. Yang, C.H. Kwon, H.G. Sung, S. Hwangbo and I.H. Jo. 2010. Effect of harvest stage, wilting and crushed rice on the forage. J. Kor. Grassl. Sci. 30(1):25-34.
6. Kim, J.G. 2004. The present research of whole crop rice silage utilization in Korea. National Institute of Livestock and Grassland Science. International Seminar on Production and Utilization Proceedings. pp.15-34.
7. Kim, J.G., E.S. Chung, S. Seo, M.J. Kim, J.K. Lee, S.H. Yoon, Y.C. Lim and Y.M. Cho. 2008. Effect of growth stage and variety on the quality of whole crop rice silage. J. Kor. Grassl. Sci. 28(1):29-34.
8. Shin, J.S., W.H. Kim, S.H. Yoon, Y.C. Lim, K. B. Lim and S. Seo. 2008. Comparison of growth characteristics and yields of autumn-sowing annual legumes in paddy field of central provinces. J. Kor. Grassl. Sci. 28(1):13-18.
9. FAO. 1985. Water quality for agriculture. R.S. Ayers and D.W. Westcot. FAO Irrigation and Drainage Paper. 29 Rev. 1. FAO Rome.
10. Goering, H.K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agic. Handbook 379, U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
11. Lee, H. D. and J. K. Kim. 1987. Characteristics of typhoon-induced white panicles of rice (*Oryza sativa* L.) in Gyeongnam province. J. Jyeongnam Nat. Univ., 26(2):115-126.
12. Muck, R.E. 1993. The role of silage additives in making high quality silage. In: Silage Production from Seed to Animal. Proc. National Silage Production Conf., Syracuse, New York. pp. 106-116.
13. Murai, Masaru. 2003. Development of lactic acid bacteria inoculants for the silage preparation of forage paddy rice. National Institute of Animal Acience. International Seminar on Production and Utilization Proceedings. pp. 59-71.

(Received March 29, 2012/Accepted June 12, 2012)