

# 벼의 사료화에 있어서 수확시기 및 첨가제 첨가가 벼 whole crop 사일리지의 사료성분 및 발효품질에 미치는 영향

성경일 · 김병완 · 김곤식 · 홍석만

(강원대학교 동물자원과학대학)

## Effect of harvest dates and additives on the chemical composition and fermentation characteristics of whole crop rice silage

Sung, Kyung-Il · Kim, Byung-Wan · Kim, Gon-Sik · Hong, Seok-Man

College of Animal Resources Sciences, Kangwon National Univ., Chuncheon, 200-701, Korea

### 적 요

실험 1은 식용벼를 사료로서 이용시 적정수확시기를 규명하기 위하여 예취시기별(8월 17일, 8월 27일, 9월 7일, 9월 17일, 9월 27일 및 10월 7일 수확) 사료용 벼의 초장, 건물 수량, 사료성분 및 TDN함량에 대하여 검토하였다. 실험 2는 사료용벼를 whole crop 사일리지(whole crop rice silage)로 조제하였을 때 유산균 및 개미산 첨가가 사료성분, 발효품질 및 TDN함량에 미치는 영향을 검토하였다. 처리는 첨가제를 처리하지 않은 대조구, 유산균을 원료무게(as-fed 기준)의 0.05, 0.1 및 0.2% 첨가한 구, 개미산을 원료무게의 0.2, 0.3 및 0.4% 첨가한 구로 하였다. 실험 1에서 건물수량은 9월 17일수확(황숙기)에서 22.8 t/ha로 가장 높았으며, 다음이 9월 27일(고숙기) 19.3 t/ha와 10월 7일(완숙기) 19.3 t/ha 그리고 9월 7일(호숙기) 15.1 t/ha순이었다. 조단백질함량은 수확시기가 진행됨에 따라 저하하였으나, NDF 및 ADF함량은 큰 변화가 없었다. 실험 2에서 whole crop 벼사일리지의 사료성분함량은 유산균 및 개미산의 첨가수준에 따른 차이는 없었다. pH, 유산함량 및 암모니아태질소함량은 유산균 또는 개미산 처리구가 무처리구보다 양호하였다. 유산균 또는 개미산의 첨가수준은 9월 17일 이전의 수확시기 공히 유산균 0.05-0.1%, 개미산 0.2-0.3%수준에서 양호하게 나타났다. 이상의 연구결과로부터 식용벼를 사료용벼(조사료)로 재배, 이용시 수확적기는 사료성분 및 TDN함량면에서 황숙기(9월 초순에서 중순경)라고 할 수 있다. 사일리지조제시 유산균과 개미산의 첨가수준은 각각 0.5-0.1% 및 0.2-0.3%가 적절한 것으로 사료된다.

### I. 서론

벼는 전통적으로 우리 국민의 주식일 뿐만 아니라 농가소득의 가장 큰 부분을 차지하는 기간작목이다. 과거에 비해 쌀의 비중은 많이 낮아졌지만 아직도 농가 조수익의 가장 큰 부분을 차지하고 있고, 재배면적도 전체 농경지 면적의 절반 이상을 점유하고 있다. 2002

년 전국 식부면적은 1,038,577ha이며, 생산량은 4,890,845t 이고 쌀 10a 당 수량은 471kg 으로(농림부, 2002) 벼재배에 관한 기술은 아주 높은 수준이라고 할 수 있다. 근래 우리나라는 쌀 생산량의 증가와 소비량의 감소에 따라 쌀이 과잉으로 남는 실정에 있어 사회적인 문제로 대두되고 있으며, 동시에 시장개방의 압력을 집요하게 받고 있어, 적절한 대응책이 요구된다.

실제로 이러한 쌀의 과잉문제는 벼 재배면적의 축

소를 초래하고 있으며, 2003년부터 쌀 생산조정제를 실시하고 있는 실정이다. 그러나 벼 재배면적의 축소는 식량안보 및 식량공급기지로서의 역할과 홍수방지, 수자원함양, 수질정화, 토양보존 및 대기정화 등 다면적이고 공익적인 기능, 즉 환경보전기능에 악영향을 줄 수 있다(성경일, 조선일보, 2002. 2. 6). 따라서 이러한 기능을 최대한으로 유지하기 위해서는 논은 논으로 활용하는 것이다. 논을 논의 형태로 그대로 유지하면서 과잉되는 벼를 사료용으로 재배, 이용하는 것은 쌀의 수급조절과 경영안정을 도모하며, 축산 측면에서는 조사료의 자급률향상 안전한 사료의 확보로 깨끗한 축산물을 생산하는데 기여하는 공생의 전략이라고 할 수 있다. 우리나라와 쌀산업 및 축산업의 사정이 비슷한 일본의 경우 쌀 재배의 경종농가와 축산농가의 연대로, 벼를 사료용으로 전환하는 재배기술 및 이용기술 등을 다양한 각도에서 연구검토하고 있다(稻醱酵粗飼料 推進協議會 등, 2001; 全農, 2001; 安武, 2000; 増井, 2001). 그러나 우리나라는 벼를 사료로 활용하기 위한 재배 및 이용기술에 관한 연구가 전무할 뿐만 아니라 사료용 벼의 개념조차 성립되어 있지 않은 실정이다.

식용 벼를 가축의 조사료원으로 재배이용함에 있어서 가장 중요한 것은 건물수량과 영양가치가 최대가 되는 시기에 수확하는 것이다. 또한 조사료자원으로 이용함에 있어서 벼를 장기간 저장하는 사일리지로 조제할 경우 양질의 벼 사일리지 조제를 위해 적정수준의 첨가제 첨가 방법이 강구되어야 하겠다(성, 1999; 고 등, 1987).

유산균이나 개미산 등의 사료첨가제는 원료초의 종류, 원료초의 당함량, 충전방법 및 밀봉조건, 유산균의 균주 등에 따라 첨가효과가 다르게 나타나지만, 일반적으로 양질의 사일리지 발효를 가장 효과적으로 일으킬 수 있는 첨가제이다(성 등, 2002; 권 등, 2002; 권 등, 2002, 김 등, 2002). 유산균을 첨가할 경우 유산발효가 촉진되고 발효품질이 개선되며, 건물회수율 향상 및 호기적 변패의 억제에 효과가 있다. 또한 개미산은 당분함량이 낮은 원료초에 효과적이며, 소량 첨가해도 양질 사일리지 조건인 pH 4.0 이하로 유지시킬 수 있으며, 사일리지 조제 후 발효은

도가 낮아 양질의 사일리지 제조가 가능하다는 장점이 있다.

이상의 관점에서 본 연구는 우리나라에서 식용으로 재배되는 벼를 사료로 이용(이하 사료용 벼라 함)함에 있어서 적정 수확시기를 구명하고, 첨가제 첨가에 의한 양질의 whole crop 벼 사일리지(whole crop rice silage, WCRS)를 조제하는데 목적이 있다. 본 논문은 실험 1과 2로 구성되어 있다. 실험 1은 수확시기가 사료용 벼의 초장, 건물 수량 및 사료성분에 미치는 영향, 실험 2는 유산균 및 개미산 첨가가 수확시기별 WCRS의 사료성분 및 발효 품질에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험장소 및 기간

실험은 강원도 춘천시 신북읍 유포리에서 이미 벼를 이앙한 논을 이용하여 실시하였고 실험기간은 벼 이앙시기인 5월 초순부터 예취가 끝나는 10월 7일까지였다.

### 2. 처리

#### 가. 파종 및 수확

공시재료는 일품벼 mutant로 만생종이며, 파종량은 52kg/ha이었다. 시비량은 ha당 질소 209, 인산 113 및 칼리 81kg이었고, 파종은 조파로서 이앙기를 이용하여 실시하였다. 벼의 이앙시기는 5월 초순이었으며, 파종부터 수확까지의 재배관리는 일반 식용벼 재배와 동일하게 관리되었다. 수확은 8월 17일부터 10월 간격으로 8월 17일, 8월 27일, 9월 7일, 9월 17일, 9월 27일 및 10월 7일로 6회 실시하였다. 벼 수확시 성장단계는 8월 17일, 8월 27일, 9월 7일, 9월 17일, 9월 27일 및 10월 7일이 각각 수잉기, 유숙기, 호숙기, 황숙기, 고숙기 및 완숙기였다.

#### 나. 사일리지 조제

예취시기별로 예취된 사료용 벼는 1.5-2.0cm로 세절

하여 유산균 및 개미산을 다음과 같이 수준별로 첨가(as-fed 기준)하여 사일리지로 조제하였다. 처리는 첨가제를 첨가하지 않은 대조구와, 유산균(Silo-boss inoculant)을 원료무게의 0.05, 0.1 및 0.2% 첨가한 구, 그리고 개미산을 원료무게의 0.2, 0.3 및 0.4% 첨가한 구로 나누었다. 각각의 처리는 3반복으로 하였다. 첨가제처리를 한 사료용벼 400g은 크기 30×40cm, 비닐 두께 0.08mm의 비닐백에 담아 packing machine (Magic seal)에 의해 완전기밀 상태가 유지되도록 하였다.

#### 다. 사일리지 개봉 및 처리

WCRS는 저장 60일후에 개봉하였다. 개봉한 WCRS는 사료성분분석을 위하여 각 처리구별로 400g을 취하여 60°C 순환식 송풍 건조기내에서 72시간 건조한 후 건물울을 구하였고, 얻어진 시료는 분쇄기로 1차 분쇄한 후 미세 분쇄기로 다시 한번 분쇄한 후 직사광선이 들지 않는 곳에 분석시까지 보관하였다. 또한 WCRS의 발효품질을 조사하기 위하여 사일리지 150g을 취하여 500ml의 톨비커에 넣고 300ml의 증류수를 가한 다음 마개를 덮고 냉장고 내에 24시간 방치하였으며, 추출을 완전히 하기 위하여 6시간 간격으로 흔들어 주었다. 24시간후 방치된 사일리지를 압착한 다음 4중 가아제로 짜낸후 여과지를 통과한 추출액을 냉동실에 보관하여 분석에 이용하였다.

### 3. 조사항목

#### 가. 사료성분

건물(Dry matter, DM), 조회분(Crude ash, Ash), 조섬유(Crude fiber, CF), 조지방(Crude fat, Ether extract, EE) 및 조단백질(Crude protein, CP)함량은 AOAC방법(1991)에 의거하여 분석하였고, NDF(Neutral detergent fiber)와 ADF(Acid detergent fiber)함량은 Goering과 Van Soest (1979)방법으로 분석하였다. Ca함량은 Ammoniumoxalate 용액으로 침전시킨 후 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>용액과 반응시켜 KMnO<sub>4</sub>로 적정하여 분석하였다. P함량은 Vandate molybdate-yellow법으로

침전시킨 후 470nm에서 spectro- photometer(Shimadzu, UV 120-12)로 분석하였다.

#### 나. 발효품질

각 처리에서 사일리지의 pH는 pH meter(model 420)로 측정하였다. 유산(Lactic acid)분석은 Barker and Summerson 법(1941)을 이용하였다. NH<sub>3</sub>-N(암모니아성 질소)는 추출액을 10배 희석하여 자동수질분석기(Quikchem 8000)로 분석하였다. 휘발성지방산(Volatile Fatty Acid, VFA)은 gaschromatography(Shimadzu GC-17A; Japan)를 이용하여 측정하였다. 전처리하는 시료의 상층액과 25% Phosphoric acid를 5:1 비율로 잘 혼합하여 30분간 정치시켰으며, 3000rpm으로 10분간 원심분리한 후 상층액을 채취, -20°C에서 측정시까지 보관하여 VFA분석에 이용하였다. 이때 분석조건으로는 Valcoband(Capillary GC Columns) 30m×0.25mm×0.25 $\mu$ m column를 부착하였으며, injector 온도 230°C, column 온도 100°C, detector 온도 230°C 및 8°C/min의 column temperature programing에 따라 실시하였다. 또한 헬륨(He)gas(carrier gas) 유입량은 7ml/min으로 하고, 수소(H<sub>2</sub>)gas 및 산소(air) 유입량은 15ml, split ration은 1 : 30, sample 주입량은 1 $\mu$ l로 하였다.

#### 다. TDN함량

WCRS와 호밀 사일리지 및 옥수수 사일리지 그리고 볏짚의 TDN함량은 CP, NFE, EE함량 및 CF함량을 이용한 다음과 같은 회귀방정식(Wardeh, 1981)으로 계산하였다. WCRS, 호밀 사일리지 및 옥수수 사일리지의 TDN함량 = -21.9391+1.0538(CP%)+0.9736(NFE%)+3.0016(EE%)-0.4590(CF%)로, 볏짚의 TDN함량 = -17.2649+1.2120(CP%)+0.8352(NFE%)+2.4637(EE%)-0.4475(CF%)로 산출하였다.

#### 라. 통계처리

본 실험의 결과는 SAS package program(version 8.1, 2000)에 의하여 통계분석하였고, 유의성 검정은 Duncan's 다중검정에 의하여 5%수준에서 실시하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 실험 1. 수확시기가 사료용 벼의 초장, 건물 수량 및 사료성분에 미치는 영향

##### 1. 초장

사료용 벼 수확시 초장은 8월 17일 수확(수잉기)에서 77cm로 다른 수확시기에서 보다 유의적으로 낮았으며( $P<0.05$ ), 그외의 수확시기에서는 93-97cm범위로 수확시기간에 차이는 없었다(그림 1). 이것은 일본에서 벼발효조사료추진협의회(稻醱酵粗飼料推進協議會) 등(2001)이 보고한 사료용 벼품종을 이양, 수확하였을때 대조품종인 Takanari(인디카종으로 일반 식용종에 비하여 수량이 20-30%정도 수량이 많은 품종) 76cm보다는 크지만, 關東飼 206号, 中國 146号, 中國 147号, Hoshiyutaka, Hamasari 및 Kusanami 품종의 97-110cm보다는 작은 경향을 나타냈다. 그러나 직파 시에는 Takanari 품종의 초장이 82cm로 본 연구결과 보다 낮았으나, 기타 품종은 93-103cm로 본 연구의 초장과 비슷하였다. 인디카종의 Moretsu 품종은 초장이 133cm로 다른 품종보다 현저히 높은 초장을 나타내고 있으나 탈립성이 높은 것이 단점이다(全農, 2001). 이상에서와 같이 본 연구의 초장은 일본에서 재배되고 있는 다양한 품종의 사료용벼(일본에서 사료용벼 품종은 대부분 사료전용으로 육성된 것의 미함)와 비슷한 것으로 나타났다.

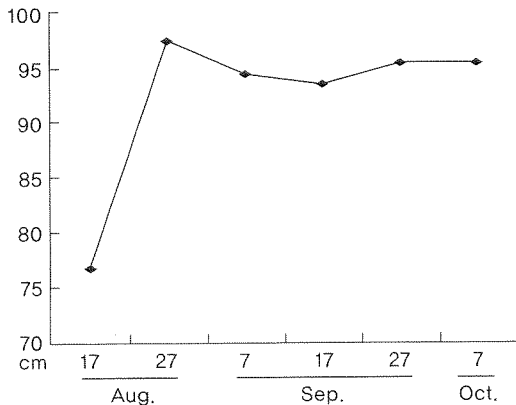


Fig. 1. Effects of harvest date on sward height of whole crop rice plant at different harvest date.

##### 2. 건물수량

건물수량은 9월 17일 수확(황숙기)에서 22.8t/ha로 가장 높았으며, 다음이 9월 27일(고숙기) 19.3t/ha과 10월 7일(완숙기) 19.3t/ha 그리고 9월 7일(호숙기) 15.1t/ha순이었다(그림 2). 본 연구에서의 건물수량은 일본에서 사료용 벼품종에 따른 수확시기의 건물수량 16.7-19.3t/ha과 비슷한 수준이었으나(벼발효조사료추진협의회 등, 2001), 9월 17일 수확의 22.8t/ha은 현저히 높게 나타났다 이것은 Kato 등(2000)이 벼품종 DARM-7를 이용, 가축분뇨의 시비량과 시비방법을 달리하여 재배하여 황숙기에 수확할 때의 건물수량 11.5-14.7t/ha보다 현저히 높으며, 吉田 등(1993)의 11-13t/ha 및 福見 등(1979)의 14t/ha과 비교하여도 높은 것이었다. 또한 이러한 건물수량은 우리나라에서 대표적으로 재배되는 옥수수에서의 15.3-19.0t/ha, 호밀에서의 10.4-16.9t/ha보다도 높은 결과이다(농진청, 2002). 한편 더운 지방에서는 건물수량을 20-24 t/ha정도까지 가능하다는 보고(農林水産省草地試驗場, 1998)도 있으나, 본 연구가 우리나라 중부지방에서 이루어진 것을 감안한다면 건물수량 22.8t/ha은 상당히 높은 것으로 사료된다. 본 연구에서 건물수량이 전반적으로 높은 것은 재배부터 수확까지의 관리가 일반 식용벼와 동일한 수준으로 아주 세심하게 이루어진 것에 기인한다고 사료되나, 조사료원으로 이용하기 위하여 다양한 벼품종에 대한 건물수량 조사가 요구된다.

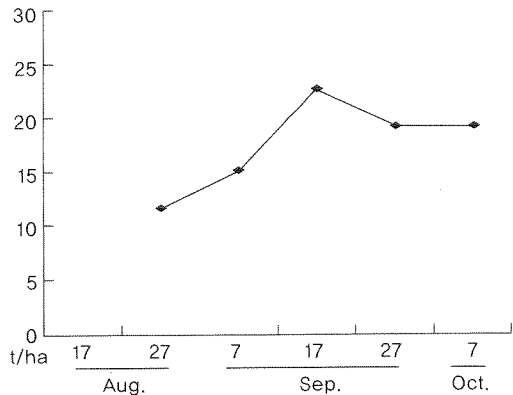


Fig. 2. Effects of harvest date on DM yield of whole crop rice plant at different harvest date.

### 3. 사료성분 및 TDN함량

표 1에는 수확시기에 따른 사료용 벼의 사료성분 및 TDN함량을 제시하였다. 건물함량은 수확시기가 진행됨에 따라 8월 17일 수확의 26.3%에서 10월 7일 수확의 47.1%로 직선적으로 증가하고 있으며, 이것은 일본사양표준(1994)에서 수확시기에 따른 건물함량이 출수전 22.1%에서 완숙기 35.6%로 증가한다는 보고와 같은 경향을 나타내고 있다. 화분과목초나 사료작물의 사일리지조제시 적정 수분함량이 일반적으로 70%이하인 것을 고려한다면 벼의 사일리지조제를 위한 수분함량은 적절한 것으로 사료된다.

조단백질 함량은 8월 17일 수확 9.0%에서 10월 7일 수확 5.8%로 수확시기에 따라 유의적으로 감소하였다 ( $p<0.05$ ). 이것은 일본사양표준(1994)에서 수확시기가 진행됨에 따라 조단백질 함량이 10%에서 5.3%로 감소하는 것과 같은 경향을 보이고 있다. 그러나 본 연구에서의 조단백질 함량은 유숙기 이후에 4.1%에서 5.6% 범위에 있다는 보고(Kato 등, 2000)보다는 높은 것이었다. 또한 황숙기에서의 조단백질 함량을 보면 본 연구가 6.5%로 永西와 四十方(1998)의 4.9와 5.0% 보다 높고 Goto(1990)의 6.7%와 비슷한 수준의 것이었다.

NDF함량은 8월17일수확에서 73.6%로 다른 수확시기보다 유의적으로 높았으며( $p<0.05$ ), 그 다음 8월 27일수확이 었다. 그러나, 9월 7일, 9월 17일 및 9월 27일의 NDF함량은 65.3-66.4%로 수확시기간에 차이가 없었다. 수확시기에 따른 ADF함량은 NDF함량과 동

일한 경향의 변화를 보였으며, 40.2-43.6%범위에 있었으나 9월 17일 수확에서 34.0%로 가장 낮게 나타났다. 조섬유 함량은 일본사양표준(1994)의 30-32% 보다 다소 낮거나 비슷한 수준이었다(표 1).

TDN함량은 황숙기의 9월 17일수확이 59.7%로 가장 높았으며, 그 외의 수확시기에서는 52.5-54.9%범위로 유의적인 차이가 없었다. 벼의 TDN함량은 황숙기의 옥수수사일리지, 출수기의 이탈리아라이그라스와, 티모시 및 오차드그라스 건조초보다 낮지만 (日本飼養標準, 2000), Goto 등(1991)이 체중 325kg의 홀스타인 젖소를 이용한 실험에서의 TDN함량 49.6%보다 높았다. 한편 벼 醱酵粗飼料推進協議會 등(2001)에서는 TDN함량을 출수기의 52%에서 황숙기의 59%로, 加納 등(2000)도 유숙기, 호숙기 및 황숙기에서 각각 53.8, 56.8 및 57.3%로 보고하고 있어, 본 연구의 TDN함량과 비슷한 수준이었다. 이상에서 TDN함량은 본 연구를 포함 대부분의 연구에서 황숙기에 높게 나타나고 있다.

표 2에는 수확시기에 따른 사료용 벼의 칼슘(Ca)과 인(P)의 함량을 나타내고 있으며, 일본사양표준(1994)과 NRC사양표준(1989, 2001)의 사료작물에서의 Ca과 P함량과 비교하였다. Ca 및 P함량은 수확시기에 따른 유의적인 차이가 없이, Ca함량 0.70-0.81%, P함량 0.37-0.43% 범위에 있었다. 이러한 Ca과 P의 함량은 일본사양표준(1994)과 NRC(2001)에서의 옥수수, 수단그라스, 연맥 및 호밀보다 높은 수준이었다.

Table 1. Chemical composition of whole crop rice plant at different harvest date

Date <sup>1)</sup>	DM	CP	EE	NDF	ADF	CF	Ash	NFE <sup>2)</sup>	TDN
	(% of DM)								
17Aug.	26.25	9.01 <sup>a</sup>	1.53 <sup>e</sup>	73.57 <sup>a</sup>	43.62 <sup>a</sup>	31.67 <sup>a</sup>	10.73 <sup>d</sup>	47.05	52.50
27Aug.	32.51	7.70 <sup>b</sup>	1.77 <sup>d</sup>	69.90 <sup>b</sup>	42.48 <sup>b</sup>	31.19 <sup>b</sup>	9.60 <sup>f</sup>	49.74	54.23
7Sep.	33.55	6.19 <sup>b</sup>	1.35 <sup>f</sup>	66.28 <sup>c</sup>	41.47 <sup>c</sup>	28.90 <sup>c</sup>	10.78 <sup>c</sup>	52.78	53.28
17Sep.	40.03	6.51 <sup>c</sup>	2.90 <sup>c</sup>	66.43 <sup>c</sup>	33.94 <sup>e</sup>	23.91 <sup>f</sup>	10.08 <sup>e</sup>	56.60	59.71
27Sep.	42.83	5.98 <sup>e</sup>	3.16 <sup>b</sup>	65.33 <sup>cd</sup>	40.81 <sup>cd</sup>	27.18 <sup>d</sup>	13.83 <sup>b</sup>	49.84	54.85
7Oct.	47.05	5.78 <sup>f</sup>	3.23 <sup>a</sup>	64.62 <sup>d</sup>	40.20 <sup>d</sup>	27.26 <sup>e</sup>	13.91 <sup>a</sup>	49.82	54.86

<sup>1)</sup>Harvest date

<sup>2)</sup>nitrogen free extract

<sup>a b c d e f</sup>means in the same column with different superscripts differ( $p<0.05$ )

이상의 결과로부터 식용 벼를 조사료(whole crop rice plant)로 이용함에 있어서 건물수량, 사료성분 및 TDN함량을 고려한다면 수확적기는 9월17일의 황숙기라고 할 수 있다. 물론 9월27일(고숙기)이후에도 수확이 가능한 시기이지만, 이 시기의 수확은 벼가 식용으로의 전환이 가능해지기 때문에 궁극적으로 쌀 과잉문제에 해결책이 될 수 없으므로 바람직하지 않다. 따라서 사료용 벼의 수확적기는 9월17일(황숙기)이전으로 사료된다.

실험 2 유산균 및 개미산 첨가가 수확시기별 WCRS의 사료성분, 발효 품질에 미치는 영향

1. 사료성분 및 TDN함량 추정

표 3에는 첨가제 첨가에 따른 WCRS의 사료성분 및 TDN함량에 대하여 나타냈다. 건물함량은 각 수확시기 모두에서 유산균과 개미산첨가수준에 따른 차이는 없었으며, 8월 17일 수확이 19.6- 24.2%로 다른 처리구에 비하여 낮았다. 그러나 그외의 수확시기에서는 건물함량이 30%이상(수분함량 70%이하)으로서 목초사일리지처럼 예전을 할 필요는 없는 것으로 사료된다. 조단백질 함량은 8월17일(수잉기)수확시의 개미산 0.4% 첨가구에서 10.43%로 가장 높았으나, 각 수확시기 모두 유산균 및 개미산 첨가수준에 따른 유의적 차이는 없었다(p>0.05). NDF 함량도 각 수확시기 공히 첨가제 첨가수준에 따른 유의적 차이는 없었다(p>0.05). 특히 실험 1의 결과에서 조사료로 이

용하기 위한 벼의 수확적기로 사료되는 9월 17일 수확(황숙기)의 경우, 유산균 및 개미산 첨가수준에 따른 사료성분의 차이는 없었다.

TDN함량에서도 유산균 및 개미산 첨가제 수준에 따른 차이는 없었으나, 수확시기에 따른 평균TDN함량은 9월7일(호숙기)수확에서 유산균과 개미산 처리가 각각 57.2 및 57.5%였으며, 9월17일(황숙기)수확에서 각각 55.0 및 54.0% 였다(표 3). 본 연구의 결과는 실험 1에서 TDN함량에 관한 고찰내용(일본사양표준, 2000; Goto 등, 1990; 벼 醱酵粗飼料 推進協議會 등, 2001; 加納 등, 2000)과 동일한 경향을 보였다. 그러나 일본의 사료용벼 품종 Hukuhibiki, 中國 146호, 關東飼 206호의 TDN함량 47.5-52.5%보다는 높은 것이었다(齊藤, 2001). 한편 WCRS의 TDN함량을 우리나라에서 많이 이용되고 있는 조사료와 비교하면 옥수수 사일리지의 호숙기(64%), 황숙기(62%), 유숙기(58%) 그리고 완숙기(63%)보다 낮은 수준이나, 벣짚(48%) 및 호밀 사일리지(51%)보다 높은 수준이었다(한인규 등, 1982). 본 연구에서 WCRS의 TDN함량은 추정방정식에 의하여 추정하였으나, 가축을 이용하여 보다 정확한 TDN 함량산출이 요구된다.

2. 발효품질

표 4와 그림 3, 4 및 5에는 첨가제 처리에 따른 WCRS의 발효품질에 대하여 나타냈다. 유산균처리에 따른 pH는 9월17일(황숙기)수확에서 무처리구가 4.94, 첨가제구가 3.79- 3.88로 처리구에서 유의적으로

Table 2. Comparison of Ca and P contents of whole crop rice plant at different harvest date

	This study			JFS*(1994)			NRC(2001)		
	Ca	P		Ca	P	Nate	Ca	P	Nate
17Aug.	0.81	0.38	Corn	0.22	0.27	Mature stage	0.28	0.26	Yellow stage
27Aug.	0.71	0.37	Sorghum	0.23	0.27	Milk stage	0.67	0.24	Silage
7Sep.	0.72	0.43	Oat	0.85	0.32	Heading stage	0.52	0.31	Silage
17Sep.	0.70	0.39	Rye	0.67	0.42	Heading stage	0.43	0.42	Vegetative growth
27Sep.	0.79	0.41							
7Oct.	0.75	0.40							

\*Japanese Feeding Standard for Dairy Cattle(1994).

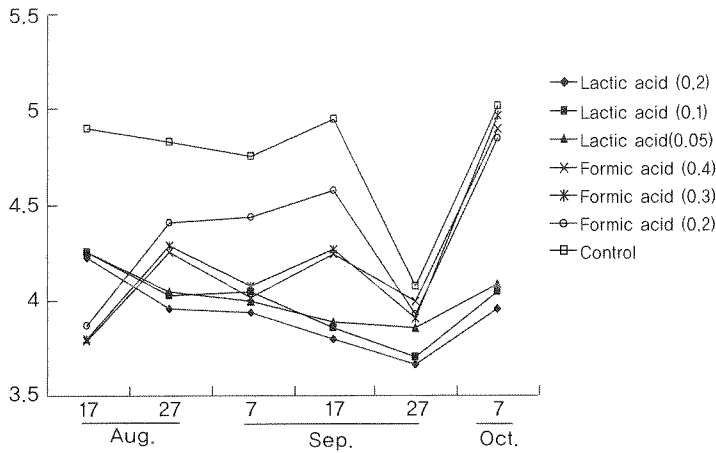


Fig. 3. Changes in PH of whole crop rice silage treated with lactic acid and formic acid at different harvest date

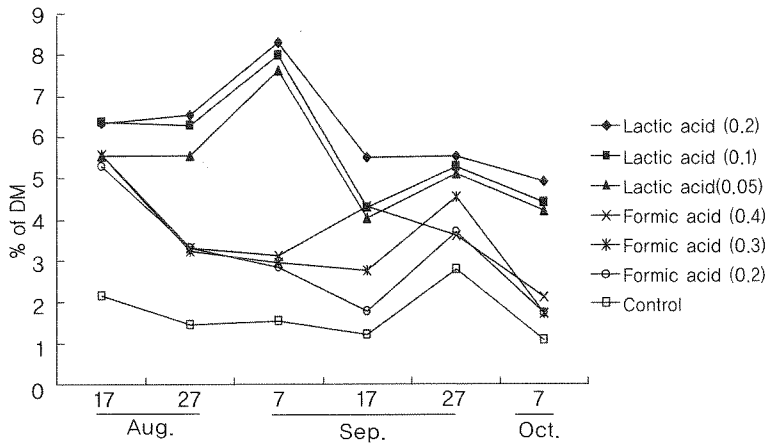


Fig. 4. Changes in lactate of whole crop rice silage treated with lactic acid and formic acid at different harvest date

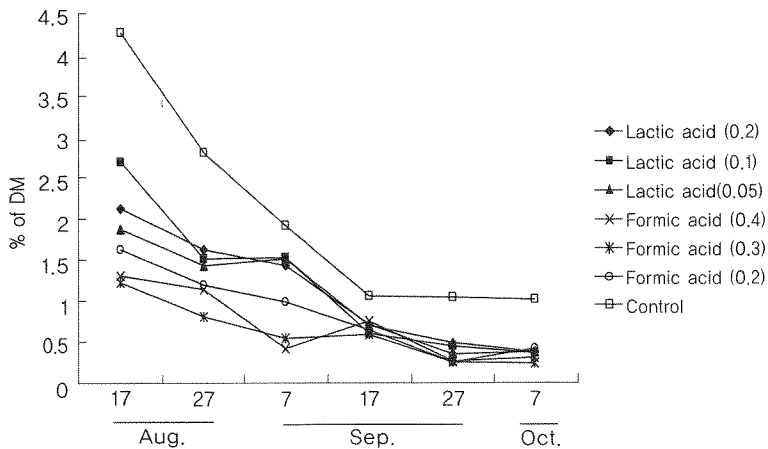


Fig. 5. Changes in NH<sub>3</sub>-N/T-N of whole crop rice silage treated with lactic acid and formic acid at different harvest date

Table 3. Chemical composition of whole crop rice silage treated with lactic acid and formic acid of different harvest date

Date <sup>1)</sup>	Additives	DM	CP	NDF	ADF	CF	EE	Ash	NFE <sup>2)</sup>	TDN	
		(%)	(%)	(% of DM)							
17 Aug.	Lactic acid	0	24.19	9.19 <sup>a</sup>	68.01 <sup>a</sup>	38.65 <sup>a</sup>	32.16 <sup>a</sup>	3.24 <sup>a</sup>	12.52 <sup>a</sup>	42.89	53.99
		0.05	22.44	9.40 <sup>a</sup>	65.44 <sup>b</sup>	36.65 <sup>ab</sup>	31.87 <sup>a</sup>	2.70 <sup>b</sup>	11.97 <sup>b</sup>	44.06	53.59
		0.1	19.61	9.13 <sup>a</sup>	66.36 <sup>ab</sup>	37.44 <sup>b</sup>	32.17 <sup>a</sup>	2.60 <sup>c</sup>	11.64 <sup>c</sup>	44.46	53.54
		0.2	20.31	9.24 <sup>a</sup>	66.90 <sup>ab</sup>	37.96 <sup>ab</sup>	31.24 <sup>b</sup>	2.54 <sup>c</sup>	11.43 <sup>d</sup>	45.55	54.11
	Formic acid	0	24.19	9.19 <sup>c</sup>	68.01 <sup>a</sup>	38.65 <sup>a</sup>	32.16 <sup>a</sup>	3.24 <sup>b</sup>	12.52 <sup>a</sup>	42.89	53.99
		0.2	25.52	9.72 <sup>bc</sup>	67.40 <sup>a</sup>	37.24 <sup>b</sup>	31.56 <sup>a</sup>	3.12 <sup>c</sup>	11.38 <sup>c</sup>	44.22	55.20
		0.3	25.51	9.98 <sup>ab</sup>	67.11 <sup>a</sup>	36.80 <sup>b</sup>	32.19 <sup>a</sup>	3.36 <sup>a</sup>	11.33 <sup>c</sup>	43.14	55.44
		0.4	25.39	10.43 <sup>a</sup>	67.11 <sup>a</sup>	36.40 <sup>b</sup>	28.72 <sup>b</sup>	3.39 <sup>a</sup>	11.93 <sup>b</sup>	45.53	56.74
27 Aug.	Lactic acid	0	30.88	8.88 <sup>a</sup>	66.11 <sup>a</sup>	39.35 <sup>a</sup>	33.84 <sup>a</sup>	3.11 <sup>a</sup>	12.18 <sup>a</sup>	41.99	53.17
		0.05	30.58	8.61 <sup>a</sup>	62.25 <sup>a</sup>	35.17 <sup>b</sup>	30.82 <sup>b</sup>	2.94 <sup>a</sup>	10.66 <sup>d</sup>	46.97	55.83
		0.1	29.66	9.37 <sup>a</sup>	62.14 <sup>a</sup>	34.70 <sup>b</sup>	31.98 <sup>c</sup>	2.89 <sup>a</sup>	11.18 <sup>b</sup>	44.58	54.69
		0.2	28.49	8.76 <sup>v</sup>	63.25 <sup>a</sup>	34.56 <sup>b</sup>	29.89 <sup>bc</sup>	2.36 <sup>a</sup>	10.96 <sup>c</sup>	48.03	54.86
	Formic acid	0	30.88	8.88 <sup>a</sup>	66.11 <sup>a</sup>	39.35 <sup>a</sup>	33.84 <sup>a</sup>	3.11 <sup>b</sup>	12.18 <sup>c</sup>	41.99	53.17
		0.2	30.89	8.79 <sup>a</sup>	61.26 <sup>b</sup>	34.68 <sup>b</sup>	29.00 <sup>b</sup>	3.64 <sup>a</sup>	12.84 <sup>a</sup>	45.73	56.09
		0.3	31.64	8.74 <sup>a</sup>	61.18 <sup>b</sup>	33.63 <sup>b</sup>	27.86 <sup>b</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	12.61 <sup>b</sup>	47.35	56.49
		0.4	31.49	8.79 <sup>a</sup>	60.61 <sup>b</sup>	34.33 <sup>b</sup>	28.44 <sup>bc</sup>	3.44 <sup>ab</sup>	11.95 <sup>d</sup>	47.38	56.83
7 Sep.	Lactic acid	0	33.01	8.30 <sup>a</sup>	62.57 <sup>a</sup>	36.05 <sup>a</sup>	32.09 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	11.80 <sup>a</sup>	44.23	55.35
		0.05	30.25	7.47 <sup>b</sup>	58.08 <sup>b</sup>	33.15 <sup>b</sup>	28.69 <sup>b</sup>	3.30 <sup>b</sup>	11.19 <sup>b</sup>	49.35	57.05
		0.1	29.91	7.98 <sup>a</sup>	57.26 <sup>b</sup>	31.13 <sup>c</sup>	26.54 <sup>c</sup>	3.21 <sup>c</sup>	11.17 <sup>b</sup>	51.10	58.04
		0.2	27.02	7.55 <sup>b</sup>	59.49 <sup>b</sup>	31.62 <sup>bc</sup>	27.13 <sup>c</sup>	3.36 <sup>b</sup>	10.67 <sup>c</sup>	51.29	58.49
	Formic acid	0	33.01	8.30 <sup>a</sup>	62.57 <sup>a</sup>	36.05 <sup>a</sup>	32.09 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	11.80 <sup>a</sup>	44.23	55.35
		0.2	31.33	8.30 <sup>a</sup>	60.75 <sup>a</sup>	36.35 <sup>a</sup>	31.10 <sup>b</sup>	3.16 <sup>b</sup>	11.75 <sup>v</sup>	45.69	55.05
		0.3	33.53	8.99 <sup>a</sup>	57.33 <sup>b</sup>	30.03 <sup>b</sup>	26.60 <sup>c</sup>	3.80 <sup>a</sup>	11.12 <sup>b</sup>	49.49	59.34
		0.4	33.22	8.20 <sup>a</sup>	53.73 <sup>c</sup>	31.30 <sup>c</sup>	24.54 <sup>d</sup>	3.53 <sup>ab</sup>	10.56 <sup>c</sup>	53.17	60.33
17 Sep.	Lactic acid	0	40.60	6.56 <sup>a</sup>	61.39 <sup>b</sup>	36.87 <sup>ab</sup>	31.19 <sup>a</sup>	3.03 <sup>a</sup>	13.81 <sup>a</sup>	45.41	52.59
		0.05	34.34	6.03 <sup>b</sup>	63.06 <sup>a</sup>	37.18 <sup>a</sup>	29.40 <sup>b</sup>	2.85 <sup>a</sup>	11.95 <sup>b</sup>	49.77	54.92
		0.1	35.12	6.51 <sup>ab</sup>	63.44 <sup>a</sup>	35.73 <sup>ab</sup>	30.76 <sup>a</sup>	2.87 <sup>a</sup>	11.74 <sup>c</sup>	48.12	54.51
		0.2	31.62	7.01 <sup>a</sup>	59.98 <sup>c</sup>	32.05 <sup>b</sup>	25.13 <sup>c</sup>	3.21 <sup>a</sup>	11.86 <sup>b</sup>	52.79	58.01
	Formic acid	0	40.60	6.56 <sup>b</sup>	61.39 <sup>a</sup>	36.87 <sup>a</sup>	31.19 <sup>a</sup>	3.03 <sup>a</sup>	13.81 <sup>d</sup>	45.41	52.59
		0.2	37.97	6.87 <sup>ab</sup>	61.87 <sup>a</sup>	35.92 <sup>a</sup>	27.48 <sup>c</sup>	3.54 <sup>a</sup>	14.85 <sup>a</sup>	47.26	54.55
		0.3	36.89	6.93 <sup>a</sup>	62.46 <sup>a</sup>	34.39 <sup>a</sup>	26.34 <sup>d</sup>	3.24 <sup>a</sup>	14.31 <sup>b</sup>	49.18	55.06
		0.4	31.36	6.62 <sup>b</sup>	61.82 <sup>a</sup>	35.55 <sup>a</sup>	28.89 <sup>b</sup>	3.05 <sup>a</sup>	14.14 <sup>c</sup>	47.30	53.50
27 Sep.	Lactic acid	0	44.44	6.00 <sup>a</sup>	60.03 <sup>b</sup>	35.45 <sup>a</sup>	27.15 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	16.75 <sup>a</sup>	47.30	51.30
		0.05	38.57	5.81 <sup>a</sup>	61.95 <sup>a</sup>	33.89 <sup>ab</sup>	27.01 <sup>a</sup>	2.77 <sup>a</sup>	16.91 <sup>a</sup>	47.50	51.14
		0.1	37.83	5.91 <sup>a</sup>	62.67 <sup>a</sup>	33.67 <sup>b</sup>	25.84 <sup>b</sup>	2.92 <sup>a</sup>	16.01 <sup>b</sup>	49.32	52.94
		0.2	36.23	6.16 <sup>a</sup>	62.36 <sup>a</sup>	32.86 <sup>b</sup>	25.83 <sup>b</sup>	2.99 <sup>a</sup>	16.08 <sup>b</sup>	48.94	53.04
	Formic acid	0	44.44	6.00 <sup>a</sup>	60.03 <sup>a</sup>	35.45 <sup>a</sup>	27.15 <sup>a</sup>	2.80 <sup>a</sup>	16.75 <sup>a</sup>	47.30	51.30
		0.2	45.08	5.95 <sup>a</sup>	58.34 <sup>a</sup>	35.32 <sup>a</sup>	25.00 <sup>c</sup>	2.80 <sup>a</sup>	15.97 <sup>b</sup>	50.28	53.16
		0.3	43.85	6.19 <sup>a</sup>	59.43 <sup>a</sup>	33.02 <sup>a</sup>	26.68 <sup>ab</sup>	3.03 <sup>a</sup>	16.60 <sup>a</sup>	47.50	52.17
		0.4	45.10	6.33 <sup>a</sup>	59.23 <sup>a</sup>	33.61 <sup>a</sup>	26.12 <sup>b</sup>	2.73 <sup>a</sup>	15.87 <sup>b</sup>	48.95	52.57
7 Oct.	Lactic acid	0	46.81	6.07 <sup>ab</sup>	62.30 <sup>a</sup>	37.50 <sup>c</sup>	30.94 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	16.69 <sup>a</sup>	43.07	50.29
		0.05	45.25	5.78 <sup>a</sup>	65.13 <sup>a</sup>	38.23 <sup>a</sup>	31.58 <sup>a</sup>	2.97 <sup>b</sup>	16.20 <sup>b</sup>	43.47	49.88
		0.1	45.51	5.81 <sup>ab</sup>	64.78 <sup>a</sup>	38.28 <sup>b</sup>	30.70 <sup>a</sup>	2.44 <sup>c</sup>	16.29 <sup>b</sup>	44.76	49.17
		0.2	41.65	6.15 <sup>a</sup>	65.28 <sup>a</sup>	36.40 <sup>a</sup>	27.15 <sup>b</sup>	2.85 <sup>b</sup>	16.60 <sup>a</sup>	47.25	51.56
	Formic acid	0	46.81	6.07 <sup>a</sup>	62.30 <sup>a</sup>	37.50 <sup>a</sup>	30.94 <sup>a</sup>	3.23 <sup>a</sup>	16.69 <sup>b</sup>	43.07	50.29
		0.2	44.53	5.93 <sup>a</sup>	60.72 <sup>b</sup>	35.12 <sup>a</sup>	29.45 <sup>b</sup>	2.71 <sup>bc</sup>	17.81 <sup>a</sup>	44.10	48.90
		0.3	48.94	5.73 <sup>a</sup>	61.58 <sup>a</sup>	35.58 <sup>a</sup>	29.57 <sup>b</sup>	3.15 <sup>ab</sup>	16.32 <sup>c</sup>	45.23	51.16
		0.4	45.12	6.04 <sup>a</sup>	61.24 <sup>a</sup>	34.26 <sup>a</sup>	29.08 <sup>b</sup>	2.63 <sup>c</sup>	16.12 <sup>c</sup>	46.13	50.58

1) Harvest date

2) nitrogen free extract

a b c d e f means in the same column with different superscripts differ (p&lt;0.05)



Table 4. characteristics of whole crop rice silage treated with lactic acid and formic acid of different Fermentation harvest date

Date <sup>1)</sup>	Additives	pH		lactate	propionate	isobutyrate	butyrate	isovalerate	N-valerate	NH3-N/T-N	
		(%)	pH								
17 Aug.	Lactic acid	0	4.89 <sup>a</sup>	2.18 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	3.66 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	4.26 <sup>a</sup>
		0.05	4.25 <sup>b</sup>	5.58 <sup>a</sup>	0.29 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	1.88 <sup>c</sup>
		0.1	4.25 <sup>b</sup>	6.40 <sup>a</sup>	0.38 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	2.69 <sup>b</sup>
		0.2	4.22 <sup>b</sup>	6.36 <sup>a</sup>	0.37 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.23 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	2.13 <sup>bc</sup>
	Formic acid	0	4.89 <sup>a</sup>	2.18 <sup>b</sup>	0.23 <sup>b</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	3.66 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	4.26 <sup>a</sup>
		0.2	3.86 <sup>b</sup>	5.32 <sup>a</sup>	0.24 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.03 <sup>c</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.63 <sup>b</sup>
		0.3	3.79 <sup>b</sup>	5.59 <sup>a</sup>	0.47 <sup>a</sup>	0.15 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	2.71 <sup>b</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	1.22 <sup>b</sup>
		0.4	3.78 <sup>b</sup>	5.61 <sup>a</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.04 <sup>c</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.30 <sup>b</sup>
27 Aug.	Lactic acid	0	4.82 <sup>a</sup>	1.47 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	1.59 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	2.81 <sup>a</sup>
		0.05	4.04 <sup>b</sup>	5.58 <sup>a</sup>	0.10 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.54 <sup>c</sup>	0.00 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.43 <sup>b</sup>
		0.1	4.02 <sup>b</sup>	6.32 <sup>a</sup>	0.09 <sup>bc</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.46 <sup>c</sup>	0.00 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.51 <sup>b</sup>
		0.2	3.95 <sup>b</sup>	6.56 <sup>a</sup>	0.06 <sup>c</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	1.02 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.62 <sup>b</sup>
	Formic acid	0	4.82 <sup>a</sup>	1.47 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	1.59 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	2.81 <sup>a</sup>
		0.2	4.40 <sup>b</sup>	3.35 <sup>a</sup>	0.27 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.01 <sup>a</sup>	1.06 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.20 <sup>b</sup>
		0.3	4.28 <sup>c</sup>	3.26 <sup>a</sup>	0.20 <sup>c</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.60 <sup>d</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.80 <sup>c</sup>
		0.4	4.25 <sup>c</sup>	3.33 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.82 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.14 <sup>b</sup>
7 Sep.	Lactic acid	0	4.75 <sup>a</sup>	1.57 <sup>b</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	1.56 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	1.91 <sup>a</sup>
		0.05	3.99 <sup>b</sup>	7.63 <sup>a</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.21 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.48 <sup>b</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>a</sup>	1.51 <sup>b</sup>
		0.1	4.04 <sup>b</sup>	8.02 <sup>a</sup>	0.07 <sup>c</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.54 <sup>b</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	1.53 <sup>b</sup>
		0.2	3.93 <sup>b</sup>	8.31 <sup>a</sup>	0.09 <sup>bc</sup>	0.12 <sup>ab</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.18 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	1.43 <sup>b</sup>
	Formic acid	0	4.75 <sup>a</sup>	1.57 <sup>c</sup>	0.39 <sup>a</sup>	0.09 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	1.56 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	1.91 <sup>a</sup>
		0.2	4.43 <sup>b</sup>	2.87 <sup>b</sup>	0.28 <sup>b</sup>	0.08 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>a</sup>	1.18 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.98 <sup>b</sup>
		0.3	4.07 <sup>c</sup>	2.97 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>	0.02 <sup>bc</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.26 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.54 <sup>c</sup>
		0.4	4.01 <sup>c</sup>	3.15 <sup>a</sup>	0.08 <sup>d</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.07 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.41 <sup>d</sup>
17 Sep.	Lactic acid	0	4.94 <sup>a</sup>	1.22 <sup>d</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.02 <sup>a</sup>	2.40 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	1.06 <sup>a</sup>
		0.05	3.88 <sup>b</sup>	4.06 <sup>c</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.01 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.69 <sup>b</sup>
		0.1	3.85 <sup>bc</sup>	4.29 <sup>b</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.01 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.60 <sup>b</sup>
		0.2	3.79 <sup>c</sup>	5.52 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.71 <sup>b</sup>
	Formic acid	0	4.94 <sup>a</sup>	1.22 <sup>c</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>a</sup>	2.40 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	1.06 <sup>a</sup>
		0.2	4.57 <sup>b</sup>	1.77 <sup>bc</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.13 <sup>b</sup>	0.01 <sup>bc</sup>	1.38 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.64 <sup>b</sup>
		0.3	4.26 <sup>c</sup>	2.76 <sup>b</sup>	0.19 <sup>a</sup>	0.12 <sup>b</sup>	0.01 <sup>c</sup>	0.95 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.59 <sup>b</sup>
		0.4	4.24 <sup>c</sup>	4.34 <sup>a</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.26 <sup>a</sup>	0.02 <sup>ab</sup>	1.42 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.75 <sup>ab</sup>
27 Sep.	Lactic acid	0	4.07 <sup>a</sup>	2.79 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>
		0.05	3.85 <sup>b</sup>	5.12 <sup>a</sup>	0.14 <sup>a</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.49 <sup>b</sup>
		0.1	3.70 <sup>c</sup>	5.29 <sup>a</sup>	0.13 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.00 <sup>c</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.45 <sup>bc</sup>
		0.2	3.66 <sup>d</sup>	5.56 <sup>a</sup>	0.17 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.01 <sup>bc</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.35 <sup>c</sup>
	Formic acid	0	4.07 <sup>a</sup>	2.79 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.05 <sup>a</sup>	0.02 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.02 <sup>a</sup>	1.04 <sup>a</sup>
		0.2	3.92 <sup>b</sup>	3.72 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.00 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>
		0.3	3.90 <sup>b</sup>	4.57 <sup>a</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.25 <sup>b</sup>
		0.4	3.99 <sup>b</sup>	3.63 <sup>ab</sup>	0.25 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	0.05 <sup>ab</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.00 <sup>a</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.26 <sup>b</sup>
7 Oct.	Lactic acid	0	5.01 <sup>a</sup>	1.07 <sup>c</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.36 <sup>a</sup>	0.04 <sup>a</sup>	1.27 <sup>a</sup>	0.06 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>
		0.05	4.08 <sup>b</sup>	4.21 <sup>b</sup>	0.17 <sup>a</sup>	0.27 <sup>a</sup>	0.01 <sup>c</sup>	0.30 <sup>b</sup>	0.20 <sup>a</sup>	0.11 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>
		0.1	4.04 <sup>c</sup>	4.42 <sup>b</sup>	0.02 <sup>c</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.01 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>c</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.36 <sup>b</sup>
		0.2	3.95 <sup>d</sup>	4.93 <sup>a</sup>	0.29 <sup>a</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.01 <sup>c</sup>	0.02 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>a</sup>	0.37 <sup>b</sup>
	Formic acid	0	5.01 <sup>a</sup>	1.07 <sup>c</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.04 <sup>a</sup>	1.27 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.08 <sup>a</sup>	1.02 <sup>a</sup>
		0.2	4.84 <sup>b</sup>	1.74 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.60 <sup>a</sup>	0.02 <sup>bc</sup>	0.07 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.42 <sup>b</sup>
		0.3	4.96 <sup>b</sup>	1.72 <sup>b</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.21 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.24 <sup>c</sup>
		0.4	4.89 <sup>b</sup>	2.11 <sup>a</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.22 <sup>b</sup>	0.01 <sup>c</sup>	0.09 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.00 <sup>b</sup>	0.30 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Harvest date

<sup>a b c d</sup> means in the same column with different superscripts differ(p<0.05)

양호하였으며, 개미산 첨가수준에 따른 pH에서도 처리구가 무처리구보다 유의적으로 양호하게 나타났다(그림 3). 또한 9월 17일 수확에서 유산균 또는 개미산처리구는 pH가 모두 정상적인 범위에 있었다. 이러한 경향은 8월 17일, 8월 27일 및 9월 7일 수확에서도 동일하여 유산균과 개미산 첨가가 무처리구보다 양호한 pH를 나타냈으며, 첨가제 처리구는 모두 정상적인 범위에 있었다. 본 연구에서 첨가제 처리구의 pH는 일본의 자료(www.affrc.go.jp, 2002)에서 사료용벼 품종 北陸 153호와 北陸 147호를 각각 호숙기와 황숙기에 사일리지로 조제하였을 때의 pH보다 양호한 것으로 나타났으며, 일본자료의 pH는 본 연구의 무첨가구의 결과와 유사한 것이 었다. pH를 기준으로 한 첨가제의 처리수준도 9월 17일 이전의 수확에서 유산균 0.05-0.1%, 개미산 0.2- 0.3%에서 가장 양호하였다.

유산균함량은 각 수확시기 모두에서 유산균 또는 개미산 처리구가 무처리구보다 유의적으로 높았으며 ( $P<0.05$ ), 개미산 첨가구보다는 유산균 첨가구에서 높았다(그림 4). 그러나 9월 17일 수확의 경우, 9월 17일 이전의 수확에서보다 유산균 또는 개미산 첨가에서 낮은 유산균함량을 나타내고 있는데 이것은 이시기의 수분함량이 65%정도로 다른 시기에 비하여 낮았던 것에 기인하는 것으로 사료된다. 본 연구에서 9월 17일 이전 수확에서의 유산함량은 Goto 등(1991)나 後藤 등(2001)의 결과보다 높았는데 특히 첨가제 처리에 의하여 높은 유산함량을 보이고 있다. 일반적으로 WCRS는 유산함량이 낮고 초산이나 낙산함량이 높은 것으로 알려져 있으나(www.affrc.go.jp, 2002), 본 연구에서와 같이 벼를 세절하여 첨가제 처리를 할 경우 양호한 발효품질의 사일리지 조제가 가능한 것으로 사료된다(高野, 1984). 유산함량면에서의 첨가제의 적정 첨가수준은 각 수확시기 공히 유산균 0.05-0.1%, 개미산 0.2-0.3%가 바람직한 것으로 사료된다. 그의 초산함량 및 낙산함량은 전반적으로 첨가제처리 수준이 높아짐에 따라 낮았으며, 무처리구보다 첨가제처리구에서 양호하였다(표 4).

암모니아태 질소함량은 모든 수확시기에서 유산균과 개미산 첨가구가 대조구에 비해서 유의적으로 낮

게 나타났으며( $p<0.05$ ), 이것은 後藤 등(2001)에서의 평균 암모니아태 질소함량 8.8%보다 낮은 양호한 품질의 것이었다(그림 5). 그러나 첨가제 처리수준에 따른 암모니아태 질소함량 차이는 나타나지 않았다. 암모니아태 질소함량면에서도 첨가제의 적정 첨가수준은 각 수확시기 공히 유산균 0.05- 0.1%, 개미산 0.2-0.3%가 바람직한 것으로 사료된다.

## VI. 결론

본 연구에서 식용벼를 사료용벼(whole crop rice plant)로 재배, 이용함에 있어서 적정 수확시기는 건물수량, 사료성분 및 TDN함량을 고려한다면 9월17일 수확의 황숙기라고 할 수 있다. 물론 사료로 이용할 경우 9월27일(고숙기)이후에도 수확이 가능하지만, 이 시기의 수확은 벼가 식용으로의 전환이 가능해지기 때문에 궁극적으로 쌀 과잉문제에 해결책이 될 수 없으므로 바람직하지 않다. 따라서 사료용벼의 수확적기는 9월17일(황숙기)이전으로 사료된다.

황숙기에 수확한 벼를 사일리지로 조제할 때 유산균 또는 개미산과 같은 첨가제를 처리는 사일리지의 발효품질을 향상시키며, 특히 유산균 첨가에서 우수한 발효품질을 나타냈다. 유산균과 개미산 첨가수준은 각각 0.5-0.1%과 0.2-0.3%가 적절한 것으로 사료된다.

## 인용 문헌

1. Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat, MAFF, 1994. Japanese Feeding Standard for Dairy Cattie.
2. A. O. A. C. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed). Association of Official Analysis Chemists, Washigton, D.C.
3. Barker, S. B. and W. H. Summerson, 1941. J. Biol. Chem. 138: 535.
4. Duncan, D. B. 1995. Multiple-range and multiple F tests. Biometric. 11: 1-42.
5. Erwin, E. S. et al. 1961. J. dairy Sci. 44: 1768.

6. Goering, H. K. and P. J. Van Soest, 1979. Forge fiber analysis, Agr. Handbook No.379. ARS, USDA, Washington, D.C.3
7. Kano, M, T. Takahashi and T. Kayaba, 2000. Effect of applied fermented dairy cow waste on slurry nitrogen utilization, mineral content, fermentes quality and nutritional yield of rice plant(*Oryza sativa L.*), grassland Science 45, 379-387.
8. Koto, M. O. Morita, K. Nishiwaki and A. Nakashima, 1991. feeding value of rice whole crop silage as compared to those of various summer forage crop silages. Anim. Sci. Technol.(Jpn.) 62(1): 54-57
9. National Reserch Council, 1989, Nutrient Requirements of Dairy Cattle, sixth Revised Edition, National Academy Press, Washington, D.C.
10. National Reserch Council, 2001.National requirements of dairy cattle,(7th rev. Ed.), National Academy press, Washington, D.C.
11. SAS, 2000. Statistical Analysis System ver., 8.1. SAS Institute Inc., Cary, NC.
12. Wardeh, M. F. 1981. Models for estimating energy and protein utilization for feed. Ph. D. Dissertation, Utah State Univ., Logan.
13. 고영두, 박종현, 문영식, 1987. 호맥의 생육시기 별수량과 whole crop silage의 품질에 관한 연구 II. 호맥의 생육시기별 silage품질. 한초지, 7(9): 153-156
14. 권혁도, 성경일, 김병완, 홍석만, 김민기, 최중우, 김아정. 2002. 당밀 및 미강 첨가가 수확 시기별 벼사일리지의 사료성분 및 발효품질에 미치는 영향. 2002 한국동물자원과학회 학 술발표회 초 록집, p 207
15. 권혁도, 홍석만, 성경일, 김병완, 김민기, 최중우, 김아정. 2002. 수확시기별 첨가제 수준에 따른 사료용 벼사일리지의 TDN함량추정. 2002 한국 초지학회 학술발표회 초록집, p 48
16. 경기도 농업기술원. 2002. 농업기술정보. <http://www.nongup.kyonggi.kr>.
17. 김병완, 성경일, 홍석만, 권혁도, 김민기, 최중우, 김아정, 김현백. 2002. 유산균 및 개미산 첨가가 수확시기별 벼사일리지의 사료성분 및 발효품질에 미치는 영향. 2002 한국동물자원과학 회 학술발표회 초록집, p 206
18. 김정갑. 1999. 조사료 생산·이용 확대 방안 in 99 조사료 생산·이용 확대 추진. 농림부. p.33
19. 농림부. 2002. 농산물 생산통계. <http://www.maf.go.kr>.
20. 박근제. 2002. 양질조사료 생산, 이용기술 pp 35-103. in 논에서 사료작물 재배 및 이용기술. 농촌진흥청 축산기술연구소, 농림부, 농협중앙 회.
21. 성경일, 김병완, 홍석만, 권혁도, 김민기, 최중우, 김아정. 2002. 수확시기가 사료용 벼의 초장, 건 물 수량 및 사료성분에 미치는 영향. 2002 한국 동물자원과학회 학술발표회 초록집. p 206
22. 성경일. 1999. 농산부산물물을 활용한 혼합사일리 지의 조제 및 활용방안. 강원대학교 농촌사회교육원
23. 성경일. 2002. 벼를 가축사료로 쓰자. 조선일보, 2002. 2. 6일자 신문
24. 한인규 外. 1982. 한국사료성분표. 한국사료정보 센터, p 262
25. 増井和夫. 2001. スターリンクと飼料稻, 畜産の 研究 55: 231-232
26. 高野信雄. 1984. イネホールクロップサイレージ の調製と利用. 福井縣農業協同組合中央會, 1-15
27. 全國農業協同組合連合會(全農) 畜産生産部自給 飼料課. 2001. 水田飼料作物生産振興ガイド. Grass, vol. 14
28. 稻醱酵粗飼料推進協議會, 飼料増産戰略會議, 日本草地畜産種子協會. 2001. 稻(벼)醱酵粗飼料 生産·給與技術マニュアル.
29. 農林水産省農林水産技術會議事務局. 1994. 日本 飼養標準. 肉用牛. 中央畜産會. 東京
30. 後藤正和, 山本泰也, 水谷將也. 2001. 飼料イネの

- 調製技術と飼料特性. 畜産の研究 55(2): 242-248.
31. イネホールクロップサイレージの調製と利用について. 2000. <http://cali.lin.go.jp/cgi-bin>.
  32. 稲ホールクロップサイレージの醗酵特性. 2002. <http://www.affrc.go.jp/seika>.
  33. 福見良平, 熊井清雄, 丹比邦保. 1979. 登熟ステージ別水稻サイレージの品質一びに飼料價値. 畜産の研究 33: 997-999
  34. 齊藤昌昭. 2001. 秋田縣における稲醗酵粗飼料への取り組み. in 平成13年度 飼料イネ研究情報交換會, 46-49.
  35. 吉田宣夫, 武政安一, 高橋哲二, 増山忠良. 1993. しめ縄用在來種水稻ならびに飼料用水稻(*Oryza sativa* L.)の收量性と飼料的特性. 日草地 39: 359-363
  36. 農林水産省. 1998. 飼料イネ. 水稻の飼料利用(飼料イネ)に關する生産, 製造, 利用技術の研究レビューと今後の技術開發方向. 草地試験場平成9-10資料.
  37. 永西修, 四十方谷吉郎. 1998. 稲ホールクロップサイレージの醗酵特性. 日草地 44: 179-181
  38. 安武正秀. 2000. 全國飼料増産戰略會議事務局引き受けるにあたって. <http://group.lin.go.jp/souchi>