한작지(Korean J. Crop Sci.), 63(4): 294~303(2018)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2018.63.4.294

ISSN 0252-9777(Print)
ISSN 2287-8432(Online)

Original Research Article

중부 평야지에서 사료용 벼 주요품종의 수확시기 별 사료가치 및 수량성

안억근[1,†] · 원용재[2] · 박향미[2] · 정국현[1] · 현웅조[1]

Feed Value and Yield Potential of Main Whole-Crop Silage Rice Cultivars with Harvesting Time in the Central Plains of Korea

Eok-Keun Ahn[1,†], Yong-Jae Won[2], Hyang-Mi Park[2], Kuk-Hyun Jung[1], and Ung-Jo Hyun[1]

ABSTRACT To set an optimal harvest time for five main whole-crop silage (WCS) rice cultivars, Nokyang (Ny), Mogwoo (Mw), Mogyang (My), Nokwoo (Nw) and Yeongwoo(Yw), based on feed value and dry matter yield, we analyzed water content (WC), feed values such as percent crude protein (CP), crude fat (CF), crude ash (CA), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), estimated total digestible nutrients (TDN), and calculated their dry matter yield (DMY). These parameters were estimated at the booting stage and every 10 days from start of heading to 45 days after heading (DAH) to identify the optimal harvest time for these rice varieties. In all varieties, except Ny, the WC was about 65% on the 30th DAH. In terms of WC, it is judged that there would be no major problem in preparing high quality silage when harvested between 20～30 DAH for Ny and about 30 days for the other cultivars. The CP and CA decreased significantly as the harvest time was delayed in all varieties ($p<0.05$). However, the CF in the tested varieties generally declined as DAH increased, and then increased again($p<0.05$). The decrease in ADF and NDF was significantly different from the booting stage to 45 DAH in all varieties ($p<0.05$) and the estimated TDN increased gradually in all varieties as the harvest time was delayed. The TDN of all varieties, except Nw, was over 70% around 30 DAH. As harvest time was delayed, the DMY for all WCS rice increased significantly ($p<0.05$). The maximum DMY for each cultivar was observed at 45 DAH, however, no significant difference ($p<0.05$) was seen after 40 DAH for Ny and Yw, 30 DAH for Mw and Nw, and 20 DAH for My. Considering these results and others factors such as lodging, shattering, digestibility of grains, conversion of eating rice, *etc*., the optimal harvest time for silage use of all WCS rice tested was generally the yellow ripening stage, at about 30 DAH (30~40 DAH for Ny and Mw, and 30 DAH for My, Nw and Yw)

Keywords : feed value, harvest time, water content, whole-crop silage rice, yield

우리나라는 최근 단위면적 당 쌀 생산량 증가와 쌀 소비량의 지속적 감소로 인한 쌀 재고량이 증가하고 있다. 그로 인한 수확기 산지 쌀값 하락에 따른 농가 소득이 감소하고 변동직불금 및 재고 관리비 증가로 정부 재정 부담이 가중되고 있는 상황이다. 더구나 2017년 국내 조사료 상황은 공급량 5,765천톤 중 1,038천톤을 수입하고 있어 자급률이 82%에 머무르고 있다(MAFRA, 2017a). 이에 정부는 2018년부터 2년간 한시적으로 쌀 과잉 문제를 선제적으로 대응하고 타작물 식량자급률 및 조사료 자급률 향상을 도모하기 위해 '논 타작물 재배 지원사업'을 통해 쌀 생산조정제를 실시하기에 이르렀다(MAFRA, 2017b).

논에서 밥쌀용 벼 대체를 위하여 사료용 벼, 사료용 옥수수, 수수×수단그라스 잡종, 사료용 피, 진주조, 율무 등의 재배가 검토되었으나, 작목에 따른 수량 저하나 논의 배수불량으로 인한 습해 발생 및 잡초화 우려 등의 문제로, 사료용 벼를 제외하고는 재배가 안정적이지 못하였다(Kim *et*

[1)]농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 중부작물과 농업연구사 (Scientist, Central Area Crop Breeding Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, 16429, Republic of Korea)
[2)]농촌진흥청 국립식량과학원 중부작물부 중부작물과 농업연구관 (Senior Scientist, Central Area Crop Breeding Division, Department of Central Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon, 16429, Republic of Korea)

[†]Corresponding author: Eok-Keun Ahn; (Phone) +82-31-695-4027; (E-mail) okahn@korea.kr
<Received 8 October, 2018; Revised 8 November, 2018; Accepted 28 November, 2018>

ⓒ 본 학회지의 저작권은 한국작물학회지에 있으며, 이의 무단전재나 복제를 금합니다.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

al., 2006; Kim & Lee, 1994; Lee *et al*., 1994). 그러나 사료용 벼는 밥쌀용 벼와 큰 차이 없이 재배할 수 있기 때문에 논의 형상과 기능을 유지하면서 쌀 생산조정의 좋은 수단이 되고 있다. 이러한 논 형태의 유지는 유사 시 식량 공급기지로 논을 환원할 수 있을 뿐만 아니라 홍수조절, 수질정화 등 논의 다원적이고 공익적인 기능을 유지할 수 있다(Sakai *et al*., 2003; Sung *et al*., 2004; Lee *et al*., 2005; Ahn *et al*., 2015; 2018). 이러한 이유로 사료용 벼 재배면적은 점차 증가하고 있으며 2018년에 '논 타작물 재배 지원사업'을 통해 2,965농가에 3,985 ha가 재배되고 있다.

국내 사료용 벼 품종은 농촌진흥청 국립식량과학원에서 품종개발 연구를 통해'녹양'(Lee *et al*., 2011), '목우'(Lee *et al*., 2013), '목양'(Yang *et al*., 2013)', '중모1029'(Ahn *et al*., 2015), '중모1038'(Ahn *et al*., 2016), '녹우'(Ahn *et al*., 2017), '영우'(Ahn *et al*., 2018) 등이 개발되어 있다.

국내 사료용 벼 수확시기 및 사료가치에 대한 연구로는 밥쌀용 벼인 일품벼 돌연변이(만생종)를 이용하여 수확시기에 따른 벼의 초장, 건물수량 및 사료성분 변화 조사를 통해 적정수확시기를 구명한 시험(Sung *et al*., 2004), 생육시기 및 품종이 총체 벼의 수량 및 사료가치에 미치는 영향에 관한 연구(Kim *et a*l., 2007), 수확시기 및 품종이 총체 벼 사일리지 품질에 미치는 영향에 관한 연구(Kim *et al*., 2008), Brittle culm벼의 예취 높이를 구명하여 조사료로서의 수량 및 영양가를 평가한 시험(Kim *et al*., 1997), 밥쌀용 벼 품종들의 볏짚 사료가치 구명(Kim, 2004), 직파시기에 따른 수량 및 사료가치 비교 연구(Kim *et al*., 2009), 최적 총체사료벼 품종선발을 위한 건물수량 및 사료가치 분석(Lee *et al*., 2005) 등이 있다. 이러한 연구에서는 사료용 벼의 수확 적기가 황숙기(Choi & Oh, 2011; Choi *et al*., 2010; Kim *et al*., 2007; Sung *et al*., 2004) 또는 호숙기(Kim *et al*., 2006; Kim *et al*., 2008a)라고 보고하고 있다.

그러나 이러한 연구는 대부분 '추청', '남일' 등 밥쌀용 품종을 대상으로 하였고 일부는 '하마사리'와 같은 일본 사료용 벼 품종을 이용하여 국내 사료용 전용 품종을 대상으로 한 연구는 전무한 실정이다. 더구나 국내에서 개발된 사료용 벼 재배 면적이 점차 확대됨에 따라 재배 농가에서 사료용 벼 품종의 적정 수확시기 및 사료가치에 대한 현장에서의 요구가 증가하고 있다.

따라서 본 연구는 1) '영우' 등 사료용 벼 주요품종의 수확시기 별 사료성분 및 수량성을 분석하여 2) 사료가치 및 수량성을 기초로 사료용 벼 주요 품종의 최적 수확시기를 구명하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 장소 및 품종

본 연구는 중부 평야지인 국립식량과학원 중부작물부 벼 육종 시험 포장(수원, 37°27'N, 126°99'E, 해발 34 m)에서 최근 육성·등록된 사료용 벼 품종인 녹양, 목우, 목양, 녹우, 영우 5품종(Table 1)을 이용하여 2016～2017년 2년 간 수행하였다.

재배방법

2016년과 2017년에 녹양 등 5품종을 4월 20일에 파종하여 5월 25일에 이앙하였다. 이앙은 30 × 12 cm로 주당 5본씩 8열로 재식하였다. 시비는 사료용 벼 표준인 보통기 다비재배로 N-P_2O_5-K_2O : 18-9-11 (kg/10a)로 질소는 기비-분얼비-수비를 각 5 : 2 : 3, 인산은 전량 기비로, 칼리는 기비-수비를 7 : 3으로 시용하였고 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다.

분석시료 준비 및 수량 산정

수확시기 별 사료가치 평가를 위한 성분 분석 및 수량 산정을 위해 2년(2016~2017) 간 품종별로 수잉기, 출수기, 출수 후 매 10일 간격으로 출수 후 45일까지 이삭을 포함하는 식물체 지상부를 3주씩 3반복으로 수확하였다(Table 2). 출수기

Table 1. The cross combination of the five main whole-crop silage rice cultivars and their lodging and shattering index.

Cultivar	Years	Cross combination	Lodging (1~9)	Shattering (1~9)
Nokyang	2006	Yongmun[z)]/IR67396-16-3-3-1[y)]	1	1
Mogwoo	2009	Dasan[z)]//Suweon431/IR71190-45-2-1[y)]	1	5
Mogyang	2010	SR24592-HB2319/IR73165-B-6-1-1[y)]	1	1
Nokwoo	2014	LK1A-2-12-1-1/IR72225-29-1-1[y)]	3	5
Yeongwoo	2015	SR25848-C99-1-2-1[x)]/Yongmun	1	5

[z)]Tongil-type cultivar, [y)]Tropical japonica line, [x)]SR25848: Dasan//Suweon431/IR71190-45-2-1

Table 2. Date of harvest of the five whole-crop silage rice cultivars from booting stage to 45 days after heading (Suwon, Korea 2016~2017).

Cultivar	Yrs.	B[y)]	H[x)]	10	20	30	40	45
Nokyang	2016	8. 5[z)]	8. 9	8.19	8.29	9. 8	9.19	9.23
	2017	8. 9	8.13	8.23	9. 1	9.12	9.22	9.27
Mogwoo	2016	8.26	9. 4	9.14	9.24	10. 4	10.14	10.19
	2017	8.31	9. 6	9.15	9.25	10. 4	10.14	10.19
Mogyang	2016	8.13	8.17	8.26	9. 6	9.19	9.26	9.30
	2017	8.18	8.23	9. 1	9.12	9.22	10. 1	10. 6
Nokwoo	2016	8.13	8.19	8.29	9. 8	9.19	9.28	10 .4
	2017	8.17	8.25	9. 4	9.13	9.22	10. 2	10. 7
Yeongwoo	2016	8. 9	8.13	8.23	9. 2	9.12	9.22	9.27
	2017	8.13	8.17	8.25	9. 4	9.14	9.25	9.29

[z)]mm.dd, [y)]Booting stage, [x)]Heading date, *Seeding date: 20, April, Transplanting date: 25, May

는 시험구에서 40~50%의 포기가 출수에 이른 날(Kiyoshika, 2001)로 하였다. 수확한 시료는 바로 생체중을 측정한 후 순환식 건조기에 넣어 80°C에서 72시간 건조하였다. 건조된 시료는 건물중을 측정한 후 잎, 줄기, 이삭을 혼합하여 분쇄기(Perten Instruments, Sweden) 분쇄하여 각 성분 조사 시료로 사용하였다. 또한 측정된 각 품종의 생체중과 건물중을 이용하여 10a당 생체중과 건물비율을 구하고 이를 이용하여 10a당 건물수량을 생체중(kg) × [건물비율(%)/100]의 식을 이용하여 산정하였다. 수확시기 별 각 품종의 수분함량은 100 − (건물중(kg) × 100)/생체중(kg)](%)을 이용하여 구하였다.

사료가치 분석

사료가치 평가를 위한 성분분석을 위해 각 품종별로 분쇄된 반복 시료를 사용하였다. 분석 항목은 조단백질(CP, crude protein), 조지방(CF, crude fat), 조회분(CA, crude ash), 산성세제불용섬유소(ADF, acid detergent fiber), 중성세제불용섬유소(NDF, neutral detergent fiber)로 농업기술실용화재단(FACT) 종합분석검정센터에 의뢰하여 분석하였으며 조단백질은 습식 분해 후 켈달법에 의해 총질소 함량을 구한 후 6.25를 곱하여 함량을 산출하였고, 조섬유 즉 ADF와 NDF는 Van Soest 세제법(Van soest *et al*., 1991)으로 조사하였다. 가소화양분총량 (TDN, total digestible nutrient)은 ADF 값을 기초로 하여 88.9 − [0.79 (%) × ADF] 계산식을 이용하여 산출하였다(Lee *et al*., 2005).

통계 분석

시험 성적은 R (Ver 3.5.1, 2018, The R Foundation for statistical computing Platform) 통계 분석 프로그램을 사용하였다. 분산분석을 실시한 후에 Duncan's multiple range test (DMRT)로 5% 유의수준에서 처리 간의 통계분석을 하였다.

결과 및 고찰

수확시기에 따른 품종별 수분함량 변화

사료용 벼 주요 5품종(Table 1)의 수확시기에 따른 이삭 및 경엽을 포함한 지상부 전체 식물체의 수분함량 변화는 Table 3과 같았다. 사일리지 품질에 중요한 요인인 수분함량은 수확시기가 늦어짐에 따라 5품종 모두 감소하는 경향을 보였다. 수잉기에는 모든 품종에서 70%이상의 수분함량을 보였고 그중 '녹우'가 가장 높았고 출수 후 10일까지는 '녹양', '목양', '녹우', '영우'의 경우 유의적인 차이가 없었으나 '목우'의 경우 수잉기 및 출수기와 비교하여 유의적인 차이가 있었다($p<0.05$). '녹양'의 경우 출수 후 30일에 59.5%로 이후 45일까지 수분함량에 유의적인 차이가 없었고 '목우'의 경우는 45일까지 계속 감소하여 45일이나 되어서야 58.9%의 수분함량을 보였으며 '목양'의 경우에도 출수 후 일수가 증가함에 따라 계속 감소했으나 출수 후 40일 이후에는 유의적인 차이가 없었으며 45일에도 50%대에 진입하지 못했다($p<0.05$). '녹우'는 출수 후 30일에 65.3%의 수분함량을 보였으며 이 후 45일까지 감소하였으나 30일 이후에는 유의적인 차이가 없었고 '영우'의 경우는 출수 후 45일까지 계속해서 유의적으로 감소했다($p<0.05$). 양질의 사일리지 조제를 위한 적정 수분함량은 65% 내외로 알려져 있으며 적정 수분함량은 pH, 유기산 함량 등 사일리지 발효에 영향을 미친다(Song *et al*., 2009, 2010). 즉 사일

Table 3. Average water content the five whole-crop silage rice cultivars from booting stage to 45 days after heading (Suwon, Korea 2016~2017).

Cultivar	B[z)]	H[y)]	10	20	30	40	45
Nokyang	74.7 a	77.9 a	74.2 a	67.0 b	59.5 c	53.7 c	57.5 c
Mogwoo	73.8 a	73.5 a	68.2 b	66.7 bc	62.4 d	64.6 cd	58.9 e
Mogyang	79.0 a	78.1 a	76.7 a	69.2 b	66.6 b	60.7 c	60.1 c
Nokwoo	80.3 a	79.2 a	76.4 ab	71.5 b	65.3 c	62.9 c	59.6 c
Yeongwoo	77.4 a	78.2 a	76.0 a	71.2 b	67.4 c	61.5 d	58.4 e

[z)]Booting stage, [y)]Heading date
*The same letter(a-e) in a column for each cultivar is not significant at P<0.05 using Duncan's multiple range test.

리지에 수분이 많으면 과발효, 이상발효, 이차발효 등이 일어나 사일리지 품질이 떨러질 뿐만 아니라 가축 기호성이 감소하여 섭취량이 줄어들게 된다. 시험에 사용한 5 품종 중 '녹양'을 제외하고 출수 후 30일에는 대략 65% 내외의 수분함량을 보였다. 이는 수분함량면에서는 '녹양'은 출수 후 20~30일 사이, 그 외 품종은 출수 후 30일경에 수확하면 양질 사일리지 조제에 큰 문제가 없을 것으로 생각된다. 저수분(40%~50%) 사일리지인 헤일리지 제조 시에는 출수 후 30일에 수확 시 반드시 예건이 필요할 것으로 생각된다.

수확시기에 따른 품종별 사료가치

사료용 벼 주요 품종의 수확시기 별 사료가치를 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 조단백질(CP; crude protein)은 시험에 사용한 품종 모두에서 수확시기가 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 이 결과는 수확시기가 진행됨에 따라 조단백질 함량이 감소한다는 보고(Kato *et al.*, 2000; Sung *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2007)와 유사한 경향을 보이고 있다. '녹양'의 조단백질 함량은 수잉기와 출수기에 각각 8.93%, 9.66%로 가장 높았고 출수 후 30일 이후에는 점차 감소하여 45일에 5.54%까지 떨어졌으나 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). '목우'의 경우 조단백질 절대량이 시험에 사용한 4품종 보다 낮았으며 출수 후 10일 이후에는 4%대로 수확시기가 진행되어도 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). '목양'의 조단백질 함량은 수잉기에 8.37%로 가장 높았고 그 후 계속 감소하여 출수 후 45일에는 4.96%까지 떨어졌으며 출수 후 30일 이후에는 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). '녹우'의 조단백질 함량도 다른 시험 품종과 마찬가지로 수잉기에서 가장 높았고(7.10%) 이후 계속 감소하였으며 출수 후 20일부터 유의적인 차이가 없었으며 '영우'는 출수 후 20일 이후에 계속 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$).

조지방(CF; crude fat)은 시험한 품종에서 대체적으로 출수 일수가 증가할수록 감소하다가 그 이 후에는 다시 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). '녹양'은 출수 후 40일에 수잉기와 같은 정도로 그 함량이 유의하게 증가하였고($p<0.05$) '목우'는 출수 후 45일에 유의하게 증가하였다($p<0.05$). '목양'과 '영우'의 조지방 함량은 수확시기가 진행됨에 따라 감소하다가 출수 후 30일에 유의하게 증가하였다($p<0.05$). '녹우'의 경우 출수 후 10일 이후 조지방 함량은 감소하다가 증가하지만 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 조회분(CA; crude ash)은 조단백질과 마찬가지로 수확시기가 늦어짐에 따라 점차 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). '녹양', '녹우', '영우'는 출수 후 30일에, '목우'는 출수 후 20일부터 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). '목양'의 경우는 출수 후 45일까지 유의적으로 감소하였다($p<0.05$).

사료가치에 큰 영향을 미치는 성분 중 조사료의 소화율에 관여하는 산성세재불용섬유소(ADF; acid detergent fiber)와 섭취량에 관계하는 중성세제불용섬유소(NDF; neutral detergent fiber)는 오래 전부터 조사료의 품질평가에 이용되어 왔기 때문에(Rohweder *et al.*, 1978) 본 시험에서 수확시기 별 사료용 벼 주요 5품종에 대한 ADF와 NDF 함량을 분석하였다. 그 결과 모든 시험 품종에서 수잉기부터 출수 후 45일까지 지속적으로 ADF와 NDF 함량이 감소하는 경향을 보였다($P<0.05$). 이러한 결과는 수확이 지연됨에 따라 ADF와 NDF 함량이 감소한 보고(Kim *et al.*, 2007; Sung *et al.*, 2004)와 일치하였다. '녹양', '녹우', '영우'의 NDF 함량은 출수 일수가 증가함에 따라 점차 감소하였는데 각각 수잉기에 56.93%, 57.71%, 54.67%에서 출수 후 45일에 33.21%, 37.86%, 34.19%까지 감소하였고 출수 후 30일 이후에는 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). '목우'는 출수 후 20일 이후에, '목양'은 출수 후 40일 이후에는 NDF함량에 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). ADF함량은 '녹양'은 출수 후 20일, '목우', '목양', '녹우'는 출수 후 40일, '영우'는 출수 후 30일 이후에는 감소하는 경향이나 유의적인 차이는 없

Table 4. Feed value of the five whole-crop silage rice cultivars from booting stage to 45 days after heading (FACT, 2016~2017).

Cultivar	Harvest	CP[z)] (%)	CF (%)	CA (%)	NDF (%)	ADF (%)	TDN (%)
	B[y)]	8.93 a	2.77 a	13.03 a	56.93 a	30.35 a	65.25 a
	H[x)]	9.66 a	1.56 b	12.44 a	56.96 a	29.96 a	65.56 a
	10 DAH[w)]	7.14 b	1.28 b	12.17 a	56.32 a	29.16 a	66.19 a
Nokyang	20	6.62 b	1.94 c	11.10 b	41.73 b	24.39 b	69.90 b
	30	6.31 bc	1.77 c	9.88 c	35.22 c	22.04 b	71.73 b
	40	5.37 c	2.52 a	9.21 c	31.80 c	19.45 b	73.75 b
	45	5.54 c	2.46 a	9.96 c	33.21 c	19.92 b	73.38 b
	B	5.88 a	2.41 a	11.39 a	52.72 a	29.08 a	66.24 a
	H	5.62 a	2.29 a	11.82 a	53.16 a	29.21 a	66.15 a
	10	4.90 b	2.43 a	11.07 ab	47.50 b	27.89 ab	67.17 ab
Mogwoo	20	4.47 b	2.04 a	9.97 b	45.94 bc	25.73 bc	68.86 bc
	30	4.63 b	2.44 a	9.96 b	41.86 c	23.56 cd	70.55 cd
	40	4.44 b	2.10 a	9.77 b	40.53 c	21.71 de	71.99 de
	45	4.74 b	3.43 b	9.33 b	39.24 c	20.12 e	73.23 e
	B	8.37 a	3.48 a	12.98 a	56.89 a	31.28 a	64.53 a
	H	7.97 a	3.28 a	13.20 a	56.71 a	32.26 a	63.77 a
	10	7.60 a	3.30 a	13.22 a	54.79 a	32.38 a	63.68 a
Mogyang	20	6.43 b	3.31 a	12.14 b	49.01 b	27.46 b	67.51 b
	30	5.39 c	3.03 ab	11.05 c	41.91 c	23.42 c	70.66 c
	40	5.14 c	2.16 b	10.29 c	36.28 d	20.64 d	72.82 d
	45	4.96 c	3.03 b	9.97 d	35.80 d	20.58 d	72.86 d
	B	7.10 a	3.60 a	14.04 a	57.71 a	30.09 a	65.46 a
	H	6.22 a	3.50 a	13.34 a	57.69 a	30.84 a	64.88 a
	10	6.21 a	2.44 b	13.07 a	55.54 a	29.96 a	65.56 a
Nokwoo	20	5.84 ab	2.36 b	13.45 a	50.39 a	28.29 b	66.86 b
	30	4.94 b	1.96 b	12.15 b	42.91 b	25.63 c	68.93 c
	40	5.11 b	2.18 b	12.01 b	41.09 b	22.98 d	71.00 d
	45	4.87 b	2.36 b	11.77 b	37.86 b	22.23 d	71.58 d
	B	7.74 a	1.23 a	12.39 a	54.67 a	30.55 a	65.10 a
	H	8.05 a	1.27 a	12.42 a	55.26 a	30.66 a	65.02 a
	10	6.68 b	1.11 a	12.59 a	53.23 a	29.99 a	65.54 a
Yeongwoo	20	6.35 bc	1.22 a	12.41 a	47.36 b	27.63 a	67.37 a
	30	6.08 bc	2.07 b	11.44 ab	37.70 c	21.95 b	71.80 b
	40	5.47 c	2.02 b	11.07 ab	34.84 c	20.64 b	72.82 b
	45	5.60 c	2.05 b	10.19 b	34.19 c	20.19 b	73.17 b

[z)]CP: Crude protein, CF: Crude fat, CA: Crude ash, NDF: Neutral detergent fiber, ADF: Acid detergent fiber, TDN: Total digestible nutrients, [y)]Booting stage, [x)]Heading date, [w)]DAH: Days after heading.
*The same letter(a-e) in a column for each cultivar is not significant at P<0.05 using Duncan's multiple range test.

었다(P<0.05). 이와 같은 결과는 사료용 벼의 경우 일반 목초와는 달리 출수 후 등숙이 진행됨에 따라 알곡으로의 전분질 축적에 기인한 것으로 판단된다. 또한 알곡이 성숙되는 과정에서 헤미셀룰로오스나 다른 섬유소 성분의 변화에

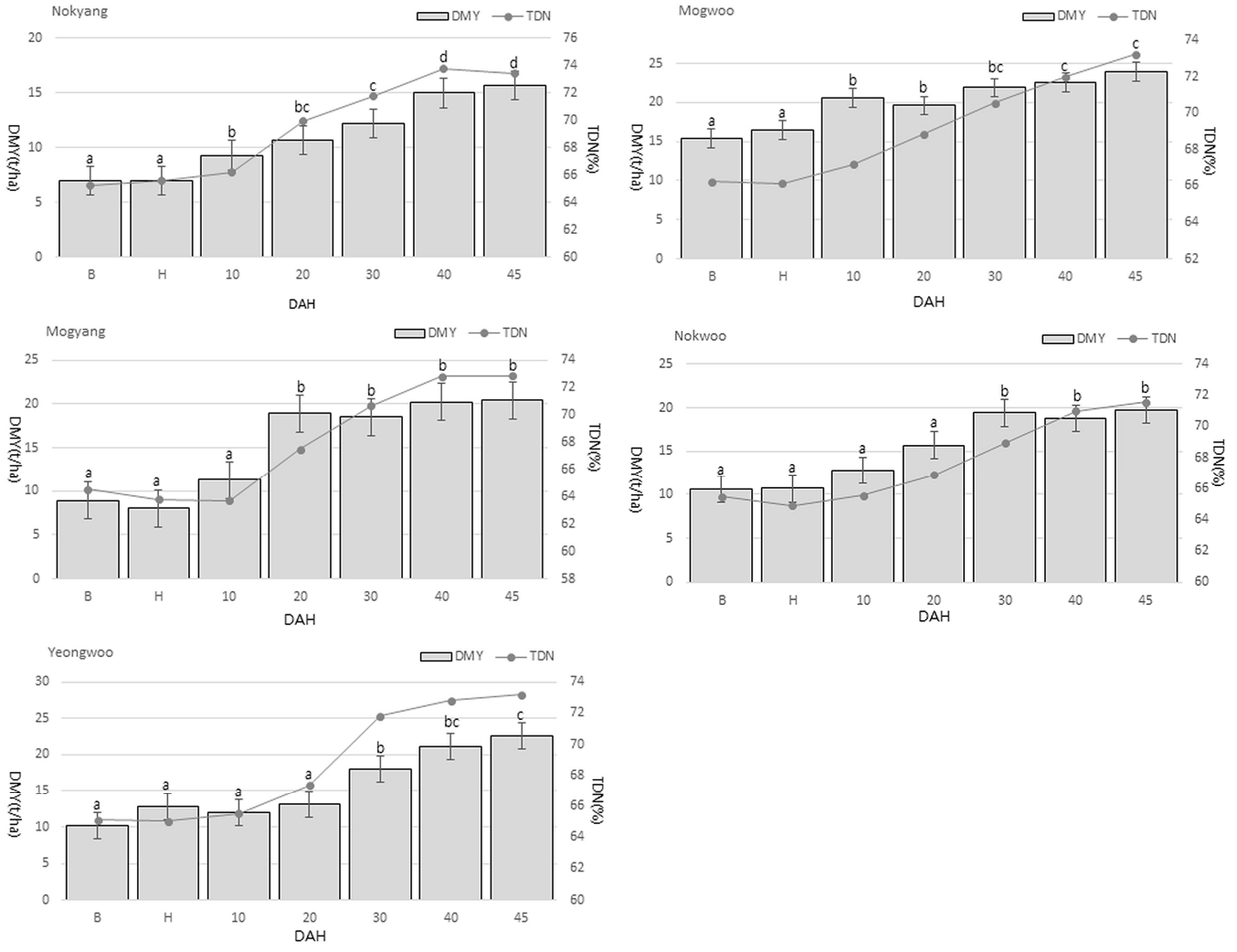

Fig. 1. Dry matter yield and total digestible nutrients(TDN) of the five whole- crop silage rice cultivars according to DAH (2016~2017).
[a-d]Different subscripts in the same column show a significant difference ($p<0.05$).

기인되는 것으로 사료되나 추후 이에 관한 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

ADF 함량으로 추정된 TDN함량(Table 1, Fig. 1)은 수확시기가 늦어질수록 시험에 사용한 모든 품종에서 점차 증가하였고 이는 곡실로 양분축적이 지속적으로 일어났기 때문으로 사료된다. '녹우'를 제외한 4품종('녹양', '목우', '목양', '영우')에서 TDN함량이 출수 후 30일에 70%이상에 도달했고 '녹우'는 출수 후 40일이 되어서야 71%값을 나타내었다. Yoshida (2005)는 사료용 총체 벼의 TDN함량은 60% 내외라고 보고하였으며 Shioya (2003)는 추정 TDN함량이 51~53%로 나타났다고 보고하여 본 시험과 차이가 있었다.

수확시기에 따른 품종별 수량성

수잉기부터 출수 후 45일 까지 사료용 벼 주요 품종의 수량성 결과는 Table 5와 Fig. 1과 같다. 생초수량(FMY; fresh matter yield)의 경우 대체적으로 증가하나 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 생육시기, 기상 및 토양환경 등에 따른 수분함량의 차이에서 기인한 것으로 생각된다. 이와는 달리 수분을 제외한 건물비율(RDM; ratio of dry matter), 건물수량성(DMY; dry matter yield)의 경우 수확시기가 늦어짐에 따라 시험한 모든 품종에서 유의하게 증가하였다 ($p<0.05$). 각 품종별 최대건물수량은 출수 후 45일이나 유의적으로 차이가 없는($p<0.05$) 출수 일수는 '목우', '녹우'는 출수 후 30일, '녹양'과 '영우'는 출수 후 40일, '목양'은 출수 후 20일이었다. 그 시기에 수확할 경우 ha 당 '녹양'은

Table 5. Average fresh and dry matter yield performance and ratio of dry matter of the five whole-crop silage rice cultivars from booting stage to 45 days after heading (Suwon, Korea 2016～2017).

Cultivar	Harvest	FMY[z)] (t/ha)	RDM (%)	DMY (t/ha)
Nokyang	B[y)]	27.8	25.3 a	7.0 a
	H[x)]	31.9	22.1 a	7.0 a
	10 DAH[w)]	35.9	25.8 a	9.3 b
	20	32.6	32.9 b	10.7 bc
	30	30.2	40.5 c	12.2 c
	40	32.4	46.3 c	15.0 d
	45	37.0	42.5 c	15.7 d
Mogwoo	B	58.7	26.2 a	15.4 a
	H	62.2	26.5 a	16.5 a
	10	65.3	31.8 b	20.6 b
	20	58.7	33.3 b	19.6 b
	30	58.1	37.6 c	21.9 bc
	40	63.9	35.4 c	22.6 c
	45	58.1	41.1 d	23.9 c
Mogyang	B	42.4	21.0 a	8.9 a
	H	36.5	21.9 a	8.0 a
	10	48.5	23.3 a	11.3 a
	20	61.3	30.8 b	18.9 b
	30	55.4	33.4 b	18.5 b
	40	51.3	39.3 c	20.2 b
	45	54.6	39.9 c	20.4 b
Nokwoo	B	53.3	19.7 a	10.6 a
	H	51.7	20.8 a	10.7 a
	10	54.3	23.6 a	12.8 a
	20	55.0	28.5 a	15.7 a
	30	56.1	34.7 b	19.4 b
	40	51.8	37.1 b	18.8 b
	45	48.9	40.4 b	19.7 b
Yeongwoo	B	45.2	22.6 a	10.2 a
	H	58.5	21.8 a	12.8 a
	10	50.2	24.0 a	12.0 a
	20	45.6	28.9 b	13.1 a
	30	55.0	32.6 c	18.0 b
	40	54.8	38.5 d	21.1 bc
	45	54.3	41.6 e	22.6 c

[z)]FMY: Fresh matter yield, RDM: Ratio of dry matter, DMY: Dry matter yield, [y)]Booting stage, [x)]Heading date, [w)]DAH: Days after heading.

*The same letter(a-e) in a column for each cultivar is not significant at $P<0.05$ using Duncan's multiple range test.

15톤, ‘목우’는 22톤, ‘목양’은 19톤, ‘녹우’는 19톤, ‘영우’는 21톤 정도의 건물수량을 기대할 수 있다.

사료용 벼 주요 품종별 최적 수확시기

수분함량, 사료성분, TDN함량 및 건물수량성(Table 3~5, Fig. 1), 도복, 탈립성(Table 1), 종실의 미소화성, 식용벼로서의 전환 등을 고려해 볼 때 각 품종별 수확적기는 대체로 출수 후 30일 경인 황숙기가 적당하다고 판단된다. ‘녹양’의 경우 출수 후 30~40일 사이가 수확적기로 판단되나 수분함량, 단백질 함량, 식용벼로의 전환 등을 고려하면 출수 후 30일 경인 황숙기에 가깝게 건물수량성을 고려하면 출수 후 40일경에 가깝게 수확하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 그 시기에 ‘녹양’의 수분함량은 59.5~53.7%, 조단백질 함량은 5~6%대, TDN함량은 71.73~73.75%, 건물수량성은 12.2~15.0톤/ha이다. 극 만생종인 ‘목우’의 경우 출수 후 30~40일 경인 황숙기 이후가 수확적기이나 TDN함량, 수분함량(발효특성) 및 종실 전분축적 등을 고려할 때 출수 후 40일에 가깝게 수확하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 그 시기에 수분함량은 62.4~64.6%, 조단백질 함량은 4%대 중반, TDN함량은 70.55~71.99%, 건물수량성은 21.9~22.6톤/ha이다. ‘목양’의 경우 TDN함량만을 고려한다면 출수 후 40일에 가깝게 수확하는 것이 좋지만 수분함량, 조단백질 함량, 건물수량성, 식용벼로의 전환 가능성을 고려할 때 황숙기인 출수 후 30일경이 수확 적기로 판단된다. 또한 ‘목양’은 수확시기가 조금 늦어져도 탈립이 되지 않으므로 종실 손실로 인한 사료가치가 저하되지는 않는다. ‘녹우’의 경우도 TDN함량만을 고려하면 출수 후 40일에 가깝게 수확하는 것이 좋으나 도복이나 탈립(Ahn *et al*., 2017) 등을 고려하면 출수 후 30일에 수확해도 유의적으로 충분한($p<0.05$) 건물수량성(약 19톤/ha)을 확보할 수 있다. 현재 수량성, 작부체계 조절 용이, 복합내병충성, 종자생산 편이성 등으로 가장 많이 재배되고 있는 ‘영우’의 경우 출수 후 40일 이후에 건물 수량이 유의적으로 최대($p<0.05$)가 되나 조단백질 함량, TDN함량, 수분함량, 탈립(Ahn *et al*., 2018)으로 인한 종자손실, 종실 미소화 등을 고려할 때 황숙기인 출수 후 30일경에 수확하는 것이 적당하다.

적 요

중부 평야지에서 사료용 벼 주요품종의 수확시기 별 사료성분 및 수량성 분석을 기초로 각 품종별 최적 수확시기를 구명하고자 국립식량과학원 중부작물부 수원 벼 시험포장에서 ‘영우’ 등 사료용 벼 5품종으로 시험하여 2년간 검토한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 시험에 사용한 5 품종 중 ‘녹양’을 제외하고 출수 후 30일에는 대략 65% 내외의 수분함량을 보였다. 이는 수분함량 면에서는 ‘녹양’은 출수 후 20~30일 사이, 그 외 품종은 출수 후 30일경에 수확하면 양질 사일리지 조제에 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.
2. 사료용 벼 주요 품종의 수확시기 별 사료가치를 분석한 결과, 조단백질과 조회분은 시험에 사용한 품종 모두에서 수확시기가 늦어질수록 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 그러나 조지방은 시험한 품종에서 대체적으로 출수 일수가 증가할수록 감소하다가 그 이 후에는 다시 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). ADF와 NDF 함량은 모든 시험 품종에서 수잉기부터 출수 후 45일까지 지속적으로 감소하는 경향을 보였다($P<0.05$). ADF 함량으로 추정된 TDN함량은 수확시기가 늦어질수록 시험에 사용한 모든 품종에서 점차 증가하였으며 ‘녹우’를 제외한 4품종의 TDN함량이 70% 이상이 되는 시점은 출수 후 30일경이었다.
3. 건물수량성의 경우 수확시기가 늦어짐에 따라 시험한 모든 품종에서 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 각 품종별 최대건물수량은 출수 후 45일이나 유의적으로 차이가 없는($p<0.05$) 출수 일수는 ‘목우’, ‘녹우’는 출수 후 30일, ‘녹양’과 ‘영우’는 출수 후 40일, ‘목양은 출수 후 20일이었다.
4. 이상의 결과인 수분함량, 사료성분, TDN함량, 건물수량성과 사료용 벼 재배 및 이용특성인 도복, 탈립성, 종실의 미소화성, 식용벼로서의 전환 등을 고려해 볼 때 각 품종별 수확적기는 대체로 황숙기이나 ‘녹양’과 ‘목우’는 출수 후 30~40일, ‘목양’, ‘녹우’, ‘영우’는 황숙기인 출수 후 30일 경이 적합하다고 판단된다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 동계사료작물 연계 이모작 사료용 벼 최적 품종 선정, 세부과제번호 : PJ011779012018)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

Ahn, E.K., E.G. Jeong, S.B. Lee, Y.H. Choi, C.I. Yang, J.H. Lee, Y.J. Won, G.S. Lee, O.Y. Jeong, Y.J. Mo, J.J. Kim, Y.C. Cho, J.K. Chang, M.K. Kim, J.P. Suh, J.H. Lee, K.H.

Jung, J.M. Jeong, J.U. Jeong, H.M. Park, U.J. Hyun, and H.C. Hong. 2017. Mid-late flowering, high biomass yielding whole crop silage rice cultivar 'Nokwoo' improved an early growth and germination at low temperature. Korean J. Crop Sci. 49(3) : 265-272.

Ahn, E.K. J.H. Lee, S.B. Lee, C.I. Yang, Y.H. Choi, J.K. Chang, J.M. Jeong, G.S. Lee, M.K. Kim, J.H. Kim, U.J. Hyun, Y.J. Mo, Y.H. Yoon, J.U. Jeung, S.K. Oh, M.W. Seo, and C.K. Kim. 2015. Late-maturing, high biomass and multiple disease resistant whole crop silage rice cultivar 'Jungmo1029'. Korean J. Crop Sci. 47(2) :159-165.

Ahn, E.K., J.H. Lee, C.I. Yang, E.G. Jeong, S.B. Lee, Y.J. Won, Y.H. Choi, J.Y. Shon, Y.S. Shin, M.R. Yoon, G.S. Lee, J.M. Jeong, J.K. Chang, K.H. Jung, Y.H. Jeon, J.S. Lee, U.J. Hyun, K.H. Hwang, B.G. Kim, and B.J. Kim. 2016. Mid-late flowering, high biomass yielding whole crop silage rice cultivar 'Jungmo1038' with glabrous leaf and hull. Korean J. Crop Sci. 48(3) : 292-300.

Ahn, E.K., S.B. Lee, Y.J. Won, J.H. Lee, J.K. Chang, E.G. Jeong, K.H. Jung, J.H. Lee, Y.C. Cho, J.M. Jeong, J.P. Suh, J.J. Kim, O.Y. Jeong, Y.H. Jeon, H.C. Hong, G.S. Lee, and B.G. Kim. 2018. Mid-late maturing, multiple disease and insect resistant, high biomass yielding whole crop silage rice cultivar 'Yeongwoo'. Korean J. Breed. Sci. 50(3) : 331-339.

Choi, C.W. and Y.K. Oh. 2011. Effects of feeding whole crop rice silage harvested at different mature stages on rumen fermentation and blood metabolites in Hanwoo steers. J. Korean Grassl. Forage Sci. 31(2) : 191-200.

Choi, C.W., E.S. Chung, S.K. Hong, Y.K. Oh, J.G. Kim, and S.C. Lee. 2010. Feed evaluation of whole crop rice silage harvested at different mature stages in Hanwoo steers using *in situ* technique. J. Korean Grassl. Forage Sci. 30(2) : 143-150.

Kato, 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 plan (Oryza sativa L.) Grassland Science 45 : 379-387.

Kim, C.H. 2004. Varietal difference in feed value of rice straw and its relationship with agronomic traits. Korean J. Crop. Sci. 49(6) : 516-521.

Kim, J.G., W.H. Kim, and S. Seo. 2006. Production and utilization technology of forage crops and whole crop rice in paddy field. Proceedings of Korean Society of Crop Sci. Conference 43(S-1) : 59-85.

Kim, J.G., E.S. Chung, J.S. Ham, M.J. Kim, S.H. Yoon, and Y.C. Lim. 2007. Effect of growth stage and variety on the yield and quality of whole crop rice. J. Korean Grassi. Sci. 27(1) : 1-8.

Kim, J.G., E.S. Chung, J.K. Lee, Y.C. Lim, S.H. Yoon, and M.J. Kim. 2009. Comparison of yield and quality of direct-seeded whole crop rice. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 29(1) : 25-30.

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. Korean Grassi. Sci. 28(1) : 29-34.

Kim, S.H. and H.J. Lee. 1994. Growth and yield of forage crops affected by soil texture in upland diverted from paddy field. Korean J. Crop Sci. 39(6) : 577-584.

Kim, Y.D., H.K. Park, K.Y. Ha, and S.Y. Cho. 1997. Forage yield and TDN by cutting time of brittle culm rice. Korean J. Crop Sci. 42(4): 483-488.

Kiyoshika H. 2001. The growing rice plant; an anatomical monograph. pp.249.

Lee, H.J., S.H. Kim, and H.S. Lee. 1994. Growth of maize and sorghum-sudangrass hybrid affected by soil texture and ground water level. Korean J. Crop. Sci. 39(6): 585-593.

Lee, J.H., O.Y. Jeong, J.S. Pack, H.C. Hong, S.J. Yang, Y.T. Lee, J.G. Kim, K.I. Sung, and B.W. Kim. 2005. Analysis of dry matter yield and feed value for selecting of whole crop rice. J. Anim. Sci & Technol.(Kor). 47(3): 355-362.

Lee, S.B., C.I. Yang, J.H. Lee, M.K. Kim, Y.S. Shin, K.S. Lee, Y.H. Choi, O.Y. Jeong, Y.H. Jeon, H.C. Hong, Y.K. Kim, K.H. Jung, J.U. Jeung, J.H. Kim, and J.Y. Shon. 2013. A late-maturing and whole crop silage rice cultivar 'Mogwoo'. J. Korean Grassl. Sci. 33(2): 81-86.

Lee, S.B., C.I. Yang, J.H. Lee, H.Y. Kim, Y.S. Shin, K.S. Lee, Y.H. Choi, O.Y. Jung, Y.H. Jeon, H.C. Hong, Y.G. Kim, H.G. Hwang, K.H. Jung, S.J. Yang, J.U. Jeung, K.H. Kang, J.H. Kim, and J.Y. Shon. 2011. A new high biomass yield and whole crop silage rice cultivar 'Nokyang'. Korean J. Breed Sci. 43(6): 519-523.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2017a. Major statistical indicators of agricultural and livestock products.

Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2017b. Guidelines for the Support of paddy field-use other crops cultivation. pp. 1-13.

Rohweder, D.A., R.F. Barnes, and N. Jorgensen. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. J. Anim. Sci. 47: 747-759.

Sakai, M., S. Iida, H. Maeda, Y. Sunohara, T. Nemoto, and T. Imbe. 2003. New rice varieties for whole crop silage use in Japan. Breeding Sci. 53 : 271-275.

Shioya, S. 2003. Feeding technology of whole crop rice silage. pp. 83-98.

Song, T.H., O.K. Han, S.G. Yoon, T.I. Park, K.H. Kim, and K.J. Kim. 2009. Effect of pre-wilting time on change of the moisture content and its silage quality at different harvest stages of whole crop barley. Korean J. Int. Agric. 21(4) : 316-321.

Song, T.H., O.K. Han, S.G. Yoon, T.I. Park, K.H. Kim, and K.J. Kim. 2010. Effect of Pre-wilting Time on the Change of Moisture Content and Its Silage Quality at Different

Harvest Stages of Whole Crop Oat. J. Korean Grassl. Forage Sci. 30(2) : 135-142.

Sung, K.I., S.M. Hong, and B.W. Kim. 2004. Plant height, dry matter yield and forage quality at different maturity of whole crop rice. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 24(1) : 53-60.

Van Soest, P.J., J.B. Povertson, and B.A Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74 : 3583-3597.

Yang, C.I., S.B. Lee, W.J. Won, E.K. Ahn, M.K. Kim, Y.K. Kim, U.J. Hyun, J.M. Jeong, H.G. Hwang, Y.S. Shin, H.C. Hong, J.H. Lee, K.S. Lee, Y.H. Choi, I.S. Choi, O.Y. Jeong, J.H. Kim, J.K. Chang, H.M. Park, and N.S. Sung. 2013. A high biomass yield and whole crop silage rice cultivar ‘Mogyang’. Korean J. Breed Sci. 45(4) : 405-409.

Yoshida, N. 2005. Practical technique and feeding effect of whole crop rice silage in Japan. pp. 79-101.