한작지(Korean J. Crop Sci.), 67(1): 1~8(2022)
DOI : https://doi.org/10.7740/kjcs.2022.67.1.001

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

Original Research Article

사료용 벼 주요 품종의 수확부위 별 사료가치

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

Feed Value of the Different Plant Parts of Main Forage Rice Varieties

Eok-Keun Ahn[1,†], Yong-Jae Won[2], Kyung-Ho Kang[2], Hyang-Mi Park[2], Kuk-Hyun Jung[1], Ung-Jo Hyun[1], and Yoon-Sung Lee[1]

ABSTRACT In order to manufacture feed suitable for consumer use and provide feed value information, we analyzed the feed components of the four main forage rice varieties by plant parts harvested 30 days after heading. The contents of the six feed ingredients were significantly different (p<0.05) among harvested parts. In the panicle, the crude protein (CP) (6.97%) and lignin (3.11%) were the highest, while the crude ash (CA) and neutral detergent fiber (NDF) contents were significantly lower, resulting in a total digestible nutrient (TDN) content of 77.29%, which is higher than that of the stem (64.82%) and leaf blade and sheath (LBS) (63.57%) (p<0.05). In contrast, the content of crude fat (CF) did not differ significantly among parts (p<0.05). In panicles from 'Jonong', 'Nokyang' and 'Yeongwoo', the TDN content of each cultivar was 78.48-79.07%, with no significant difference among the varieties. In 'Mogwoo' (Mw), the CP content was 8.70%, which was much higher than that of other varieties (p<0.05). In particular, the Mw TDN content was slightly lower in the panicle (72.95%) but higher in the stem (75.37%) and LBS (66.49%) than in the other varieties. The CA, NDF, acid detergent fiber (ADF), and lignin contents were also very low compared to other varieties; therefore, the feed value of the stem and LBS was excellent. In addition, the total dry matter weight (DMW) was 123 g per hill, which was much higher than 82-105 g per hill for other varieties. The distribution of DMW by part was LBS (56.9 g), stem (36.8 g), and panicle (29.3 g), and because the parts, except the panicles, were much higher than the 43-57% of other varieties (grain straw ratio: 76%), rice straw is advantageous in terms of quantity and feed value when used as forage on farms. The relative feed value (RFV) of the four cultivars ranged from 86.79-403.74 across all parts, and hay of grade 3 or higher with an RFV of 100 or more increased with delayed heading in both stems and LBS. This is due to the accumulation of starch into grains during ripening, which supports the observation that the RFV of the early flowering 'Jonong' and 'Nokyang' panicles increased.

Keywords : feed value, forage, plant part, rice, straw

우리나라는 조사료의 생산 부족으로 가축사양 시 농후사료의 급여 비율이 높다(Kim, 2004). 더구나 2019년 국내 조사료 상황은 총소요량 4,687천톤 중 944천톤을 수입하고 있어 자급률이 79.9%에 머무르고 있으며 그 중 사료가치가 낮은 볏짚이 2,587천톤으로 높은 비중을 차지하고 있다(MAFRA, 2020).

사료용 벼는 밥쌀용 벼와 달리 가축의 사료로 이용하는 벼이다. 이러한 벼는 밥맛을 중요시 하는 밥쌀용 벼와 다르게 내도복성과 같은 재배특성, 수량성, 병해충저항성을 갖는 것이 중요하지만 특히 사료적성인 가축기호성이나 영양가치가 중요하다(NARO, 2009; Ahn *et al*., 2016, 2017, 2020, 2021). 이러한 이유로 국내에서는 일품벼 돌연변이를 이용하여 수확시기에 따라 건물수량 및 사료성분 변화를 통한 적당한 수확시기를 밝힌 시험(Sung *et al*., 2004), 생육시기와 품종이 총체 벼의 건물수량과 사료가치에 미치는 영향에 관련한 연구(Kim *et al*., 2007), 수확시기와 품종이 총체

[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, 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, Korea)

[†]Corresponding author: Eok-Keun Ahn; (Phone) +82-31-695-4027; (E-mail) okahn@korea.kr
<Received 22 November, 2021; Revised 20 January, 2022; Accepted 20 January, 2022>

ⓒ 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.

벼 사일리지 품질에 미치는 영향에 관련한 연구(Kim *et al*., 2008), Brittle culm 벼의 예취 높이에 따른 조사료의 수량 및 영양가를 평가한 시험(Kim *et al*., 1997), 일반 밥쌀용 벼 품종의 볏짚 사료가치 구명(Kim, 2004), 직파시기에 따른 수량 및 사료가치 연구(Kim *et al*., 2009), 최적 총체사료벼 품종선발을 위한 건물수량 및 사료가치 분석(Lee *et al*., 2005), 중부평야지에서 사료용 벼 주요품종의 수확시기별 사료가치 및 수량성(Ahn *et al*., 2018) 등의 사료용 벼의 사료가치에 대한 연구를 진행해 왔다.

또한 품종개발도 병행하여 현재 사료용 벼 품종은 최초로 개발된 '녹양'(Lee *et al*., 2011), 최고 건물수량을 갖는 만생종 '목우'(Lee *et al*., 2013), 열대자포니카형 '목양'(Yang *et al*., 2013), 복합내병성인 '중모1029'(Ahn *et al*., 2015), 매끄러운 잎과 종실을 가지고 있는 '중모1038'(Ahn *et al*., 2016), 저온발아성이 높은 '녹우'(Ahn *et al*., 2017), 중만생종으로 가장 높은 건물수량을 가지는 '영우'(Ahn *et al*., 2018), 만생종이며 복합내병충성인 '청우'(Ahn *et al*., 2020), 숙기가 빨라 동계사료작물과 이모작이 가능한 '조우'(Ahn *et al*., 2021) 등이 개발되어 있다.

그러나 이러한 품종의 사료가치에 관한 연구는 전체 식물체 부위를 대상으로 하거나 수확시기 별 사료가치 분석을 통한 최적 수확시기 설정에 관한 것이 대부분이다. 따라서 본 연구는 숙기별 사료용 벼 주요품종의 최적수확 시기인 출수 후 30일에 수확한 부위 별 사료성분을 분석 후 사료가치 정보를 제공함으로써 수요자 용도에 맞는 사료 제조에 활용하고자 수행하였다.

재료 및 방법

시험 장소 및 품종

본 시험은 중부 평야지인 국립식량과학원 중부작물부 포장(수원, 37°27'N, 126°99'E, 표고 34 m)에서 최근 개발된 사료용 벼 품종 중 숙기 및 생태형 별로 조생종 자포니카형인 '조농', 통일형과 열대자포니카를 교배하여 육성된 중생종 '녹양', 통일형에 가까운 중만생종 '영우'와 만생종 '목우'(Table 1)를 이용하여 수행하였다.

재배방법 및 수확일

사료용 벼 '조농', '녹양', '영우', '목우' 4품종을 4월 20일에 72공 육묘상자에 파종하고 보온터널못자리에서 중묘로 육묘한 후 5월 25일에 손이앙하였다. 이앙은 30 × 12 cm로 주당 5본씩 8열 난괴법 3반복으로 재식하였다. 시비는 보통기 다비재배 N-P_2O_5-K_2O : 18-9-11 (kg/10a)로 질소는 기비-분얼비-수비를 각 50-20-30%, 인산은 전량 기비로, 칼리는 기비-수비를 70-30%으로 분시하였고 시비시기는 기비는 전층 시비하였고 분얼비는 이앙 후 14일경에 수비는 출수 전 25일 경에 하였다. 분석을 위한 수확은 출수 후 30일에 하였다(Table 2). 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 따라 수행하였다.

분석시료 준비, 건물중 및 조고비율 계산

수확 부위 별 사료가치 평가를 위한 성분 분석, 건물수량 및 조고비율 산정을 위해 품종 별로 출수 후 30일에 지상부를 반복 간에 3주 씩 수확하여 이삭, 줄기, 엽신과 엽초로

Table 1. The cross combination and ecotype of the four main whole crop silage rice cultivars (Suwon, 2019).

Cultivar	Cross combination	Ecotype	Heading date (mm.dd)	Maturity
Jonong	Binhae collection1/Deuraechan	J/J[z)]	08.05	early
Nokyang	Yongmun/IR67396-1-3-3-1	T/TJ	08.11	medium
Yeongwoo	SR25848-C99-1-2-1[y)]/Yongmun	T//T/TJ///T	08.17	mid-late
Mogwoo	Dasan//Suweon431/IR71190-45-2-1	T//T/TJ	09.08	late

[z)]J: Japonica, TJ: Tropical japonica, T: Tong-il type, [y)]SR25848: Dasan//Suweon431/IR71190-45-2-1.

Table 2. High fertilizer and density-ordinary season planting cultivation method of four whole-crop silage rice cultivars (Suwon, 2019).

Seeding date (mm.dd)	Manual Transplanting date (mm.dd)	Harvest	Planting density (cm)	No.of plants /hill	Fertilizer level N-P_2O_5-K_2O (kg/10a)	Replication[z)]
4.20	5.25	30 DAH[y)]	30×12	5	18-9-11	3

[z)]Randomized block design, [y)]Days after heading.

나누었다. 출수기는 40~50%의 포기가 출수한 날(Kiyoshika, 2001)로 하였다. 수확한 시료는 순환식 건조기를 이용하여 80°C에서 72시간 건조하였다. 건조된 시료의 건물중을 측정한 후 엽신과 엽초, 줄기, 이삭을 각각 분쇄기(Perten Instruments, Sweden)로 분쇄 후 각 성분 분석 시료로 사용하였다. 또한 측정된 각 품종의 건물중을 이용하여 품종 별로 부위 별 건물수량을 산정하였다. 조고비율은 이삭을 포함한 벼의 총무게에서 볏짚의 무게가 차지하는 비율로 구하였다.

부위 별 사료가치 분석

사료가치 평가를 위한 성분분석을 위해 각 품종별, 수확부위별로 분쇄된 반복 시료를 사용하였다. 조단백질(CP, crude protein), 조회분(CA, crude ash), 조지방(CF, crude fat), 중성세제불용섬유소(NDF, neutral detergent fiber), 산성세제불용섬유소(ADF, acid detergent fiber)를 농업기술실용화재단(FACT) 종합분석검정센터에서 분석하였으며 조단백질은 습식 분해 후 켈달법에 의해 총질소 함량을 구한 후 6.25를 곱하여 함량을 산출하였고, ADF와 NDF는 Van Soest 세제법(Van soest *et al*., 1991)으로 하였다. 가소화양분총량(TDN, total digestible nutrient)은 88.9 - [0.79(%) × ADF] 계산식을 이용하여 산출하였고(Lee *et al*., 2005) 상대적 사료가치(RFV, relative feed value)는 DDM (digestible dry matter)을 추정하였고(%DDM=88.9-(ADF%×0.779)), DMI (dry matter intake)를 산정한 후(%DMI=120/NDF%) RFV값을 산출(RFV=(DDM×DMI)/1.29)하였다(Kim *et al*., 2018).

통계 분석

시험 성적은 SAS 프로그램(Ver 9.4, SAS Institute Inc., NC, USA)을 사용하였다. 분산분석을 실시한 후에 Duncan's multiple range test (DMRT)로 5% 유의수준에서 처리 평균 간 차이를 검정하였다.

결과 및 고찰

사료용 벼 주요품종의 수확부위 별 사료가치

사료용 벼 주요 4 품종을 숙기별로 출수 후 30일에 수확한 부위 별 사료가치를 분석한 결과는 Table 3과 같았다. 조단백질(CP; crude protein) 함량은 조생종이고 자포니카형인 '조농'은 이삭(6.64%)과 잎에서는 비슷하였고 줄기에서 그 함량이 가장 낮았다(p<0.05). 중생종이면서 열대자포니카와 통일형을 교배한 '녹양'의 경우 '조농'과 비슷한 경향을 보였다(p<0.05). 통일형에 가까운 중만생종 '영우'는 이삭(6.24%), 줄기(1.72), 잎(4.85)에서 차이가 있었고 줄기에서 함량이 다소 낮았다(p<0.05). 만생종이면서 열대자포니카와 통일형을 교배한 '목우'의 경우 이삭(8.70%)에서 조

Table 3. Feed value of the four main whole crop silage rice varieties with ecotype and different plant parts harvested 30 days after heading (Suwon, 2019).

Cultivar (Maturity)	Parts	CP[z)] (%)	CF (%)	CA (%)	NDF (%)	ADF (%)	Lignin (%)	TDN (%)	RFV
Jonong (early)	Panicle	6.64^{a}	2.41^{a}	5.89^{c}	18.77^{c}	12.98^{c}	2.46^{a}	78.65^{a}	390.90
	Stem	2.34^{b}	1.87^{b}	15.30^{b}	61.62^{a}	40.39^{a}	2.17^{a}	56.99^{c}	86.79
	Leaf blade+sheath	6.28^{a}	2.65^{a}	19.71^{a}	59.53^{b}	35.51^{b}	1.61^{a}	60.84^{b}	95.82
Nokyang (medium)	Panicle	6.31^{a}	1.85^{a}	4.69^{c}	18.28^{b}	12.44^{c}	3.53^{a}	79.07^{a}	403.74
	Stem	2.24^{c}	1.70^{a}	11.73^{b}	59.37^{a}	36.18^{a}	2.32^{b}	60.32^{c}	95.43
	Leaf blade+sheath	5.39^{b}	1.89^{a}	15.94^{a}	60.13^{a}	32.94^{b}	2.56^{b}	62.88^{b}	97.85
Yeongwoo (mid-late)	Panicle	6.24^{a}	2.47^{a}	5.53^{c}	19.77^{c}	13.19^{c}	2.82^{a}	78.48^{a}	374.82
	Stem	1.72^{c}	2.53^{a}	10.07^{b}	47.18^{b}	28.24^{b}	2.47^{a}	66.59^{b}	132.01
	Leaf blade+sheath	4.85^{b}	2.35^{a}	16.02^{a}	57.81^{a}	31.42^{a}	1.61^{b}	64.08^{c}	103.70
Mogwoo (late)	Panicle	8.70^{a}	2.58^{a}	6.41^{b}	30.80^{b}	20.19^{b}	3.63^{a}	72.95^{a}	224.48
	Stem	2.08^{c}	2.63^{a}	6.48^{b}	30.32^{b}	17.13^{b}	1.49^{b}	75.37^{a}	232.39
	Leaf blade+sheath	3.70^{b}	2.37^{a}	14.53^{a}	51.51^{a}	28.37^{a}	0.95^{b}	66.49^{b}	120.76

[z)]CP, crude protein; CF, crude fat; CA, crude ash; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; TDN, total digestible nutrients; RFV, relative feed value ((DDM×DMI)/1.29).

* The same letters (a-c) in a column for each cultivar are not significant at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

단백질 함량이 높은 편이었다(p<0.05). 조단백질 함량은 시험에 사용한 품종 모두에서 조생종인 '조농'을 제외하고 이삭에서 가장 높고 잎, 줄기 순으로 낮은 경향을 보였다(p<0.05). 조지방(CF; crude fat) 함량은 시험한 품종 모두에서 대체적으로 통계적 차이 없이 비슷하였다(p<0.05). 다만 '조농'의 경우는 줄기에서 1.87%로 다른 수확부위와 비교하여 그 함량이 낮았다. 조회분(CA; crude ash) 함량은 '조농', '녹양', '영우', '목우' 이삭에서 가장 낮았고 엽신과 엽초를 포함하는 잎에서 가장 높았다. '목우'의 경우 이삭과 줄기에서 비슷한 함량을 보였다(p<0.05). 사료가치에 영향을 미치는 사료성분 중 조사료의 소화율에 관여하는 산성세재불용섬유소(ADF; acid detergent fiber)와 섭취량에 관련된 중성세제불용섬유소(NDF; neutral detergent fiber)는 조사료의 품질평가에 오랫동안 이용되었기 때문에(Rohweder *et al.*, 1978) 본 시험에서 수확부위 별 사료용 벼 주요 4품종에 대한 ADF와 NDF 함량을 분석하였다. 그 결과 '목우'를 제외한 모든 시험 품종에서 NDF와 ADF 함량은 이삭에서 가장 낮았다. NDF는 '조농'에서 줄기, 잎, 이삭 순으로 많았고 '녹양'에서는 줄기와 잎은 비슷하였고 이삭에서 가장 적었다(p<0.05). '영우'의 경우는 잎, 줄기, 이삭 순으로 높았고 '목우'는 '영우'와 마찬가지로 잎에서 가장 높았고 줄기와 이삭에서는 비슷하였다(p<0.05). 이는 벼는 개화기 이후 등숙이 진행되면 화학성분의 조성이 크게 변화하는데, 특히 이삭 부분은 비구조성 탄수화물인 전분이 현저히 증가하고 상대적으로 중성세제불용섬유소(NDF)가 감소한다는 결과(NARO, 2014)와 비슷하였고 이러한 경향은 이삭의 비율이 많은 초형인 수중형에서 두드러지며 '목우'와 같이 경엽의 비율이 많은 초형인 경엽형에서는 심하지 않다. ADF는 '조농'과 '녹양'에서는 줄기, 잎, 이삭 순으로 많았고 '영우'는 잎, 줄기, 이삭 순으로 높았고 '목우'는 잎에서 가장 높았고 이삭과 줄기는 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p<0.05). 리그닌 함량은 '조농'은 모든 부위에서 통계적으로 차이가 없었고 '녹양'과 '목우'는 이삭에서 가장 높았고 줄기와 잎에서는 같은 정도였다(p<0.05). '영우'의 경우 잎에서 가장 낮았고 이삭과 줄기는 비슷한 수준이었다(p<0.05). ADF 함량을 기초로 산정하는 가소화양분총량(TDN; total digestible nutrients)은 ADF와 같은 경향을 보였다. 상대적 사료가치(RFV; relative feed value)는 조생 자포니카형인 '조농'과 중생종 '녹양'에서 이삭, 잎, 줄기 순으로 중만생종인 '영우'에서는 이삭, 줄기, 잎 순으로 만생종인 '목우'에서는 줄기, 이삭, 잎 순으로 높았다.

수확부위 별 품종 간 사료가치

Table 4는 사료용 벼 주요 4품종을 숙기별로 출수 후 30일에 부위별로 수확한 품종 간 사료가치를 분석한 결과이다. 이삭에서 조단백질 함량은 4품종 평균 6.97%였고 '목우'가 8.70%로 가장 높았으며 '목우'를 제외한 품종은 6.24~6.64%로 비슷하였다. 줄기의 경우는 시험에 사용한 품종 평균 2.09%였고 4품종 모두 대체적으로 비슷한 수준이었고 엽신과 엽초를 포함하는 잎에서는 평균 5.06%였으며 '조농'과 '목우'에서는 함량 차이가 많았다. 결론적으로 사료용 벼는 이삭에서 조단백질 함량이 가장 높고 잎, 줄기 순으로 높았다(p<0.05). 이삭과 줄기에서 조지방 함량은 '녹양'을 제외하고 3품종 모두 비슷하였고 잎에서는 4품종 모두 통계적으로 유의한 차이가 없이 1.89~2.65%를 보였다(p<0.05). 이삭에서 조회분은 평균 5.63%로 줄기(10.89%)와 잎(16.55%)에 비해 월등히 낮았고 특히 '목우'의 줄기에서 낮았으며 '조농'의 잎에서 높았다(p<0.05). NDF는 이삭, 줄기, 잎에서 확연한 차이를 보였는데 잎에서 평균 57.25%로 가장 높았고 다음으로 줄기, 이삭 순이었다. 이삭에서는 특히 '목우'에서 통계적으로 유의하게 매우 높았고 줄기에서는 조생종과 중생종인 '조농'과 '녹양'이 중만생종과 만생종인 '영우', '목우'보다 유의하게 높았다. 잎에서는 '목우'에서 다른 품종과 구별되게 낮았다(p<0.05).

ADF는 이삭이 줄기나 잎에 비해서 낮았고 품종 간에는 만생종인 '목우'를 제외하고 비슷하게 낮았다. 줄기에서 ADF 함량은 출수기가 늦어질수록 통계적으로 유의하게 낮아지는 경향을 보였다. 잎에서도 출수가 늦어질수록 낮아지는 경향을 보였으나 조생종과 중생종은 차이가 없었고 마찬가지로 중생종과 중만생종은 차이가 없었으나 출수 차이가 많이 나는 경우에는 차이가 있었다(p<0.05). 리그닌 함량은 이삭이 줄기나 잎에 비해서 높았다. 그러나 이삭에서는 '녹양'을 제외하고 ADF와 반대로 출수가 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다. 줄기의 리그닌 함량은 이삭보다 낮았고 '목우'를 제외하고 비슷한 수준이었다. 잎에서는 이삭과 줄기에 비해 리그닌 함량이 가장 낮았고 '녹양'을 제외하고 비슷한 수준이었다(p<0.05). 가소화양분총량은 ADF 함량을 기초로 산정되기 때문에 상대적으로 ADF 함량이 낮은 이삭에서 평균 77.29%로 가장 높았고 줄기(64.82)와 잎(63.57)은 비슷한 수준이었다. 이러한 결과는 사료용 벼 육성 시 볏짚 무게보다는 상대적으로 종실중의 비율이 높은 품종을 선발하는 것이 사료가치를 높이는 효과적인 방법(Lee *et al.*, 2005)이라는 보고와 일치하였다. RFV는 이삭에서 가장 높았고 다음으로 줄기, 잎 순이었다.

Table 4. Feed value among the different plant parts from four main whole crop silage rice varieties with harvested 30 days after heading (Suwon, 2019).

Parts	Cultivar	CP[z)] (%)	CF (%)	CA (%)	NDF (%)	ADF (%)	Lignin (%)	TDN (%)	RFV
Panicle	Jonong	6.64[b]	2.41[a]	5.89[b]	18.77[b]	12.98[b]	2.46[b]	78.65[a]	390.90
	Nokyang	6.31[b]	1.85[b]	4.69[c]	18.28[b]	12.44[b]	3.53[a]	79.07[a]	403.74
	Yeongwoo	6.24[b]	2.47[a]	5.53[b]	19.77[b]	13.19[b]	2.82[b]	78.48[a]	374.82
	Mogwoo	8.70[a]	2.58[a]	6.41[a]	30.80[a]	20.19[a]	3.63[a]	72.95[b]	224.48
		6.97[a]	**2.33[a]**	**5.63[c]**	**21.91[c]**	**14.70[b]**	**3.11[a]**	**77.29[a]**	**348.49**
Stem	Jonong	2.34[a]	1.87[ab]	15.30[a]	61.62[a]	40.39[a]	2.17[ab]	56.99[d]	86.79
	Nokyang	2.24[ab]	1.70[b]	11.73[b]	59.37[a]	36.18[b]	2.32[a]	60.32[c]	95.43
	Yeongwoo	1.72[b]	2.53[a]	10.07[b]	47.18[b]	28.24[c]	2.47[a]	66.59[b]	132.01
	Mogwoo	2.08[ab]	2.63[a]	6.48[c]	30.32[c]	17.13[d]	1.49[b]	75.37[a]	232.39
		2.09[c]	**2.18[a]**	**10.89[b]**	**49.62[b]**	**30.48[a]**	**2.11[b]**	**64.82[b]**	**136.66**
Leaf blade + sheath	Jonong	6.28[a]	2.65[a]	19.71[a]	59.53[a]	35.51[a]	1.61[b]	60.84[c]	95.82
	Nokyang	5.39[ab]	1.89[a]	15.94[b]	60.13[a]	32.94[ab]	2.56[a]	62.88[bc]	97.85
	Yeongwoo	4.85[b]	2.35[a]	16.02[b]	57.81[a]	31.42[b]	1.61[b]	64.08[b]	103.70
	Mogwoo	3.70[c]	2.37[a]	14.53[b]	51.51[b]	28.37[c]	0.95[b]	66.49[a]	120.76
		5.06[b]	**2.32[a]**	**16.55[a]**	**57.25[a]**	**32.06[a]**	**1.68[b]**	**63.57[b]**	**104.53**

[z)]CP, crude protein; CF, crude fat; CA, crude ash; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; TDN, total digestible nutrients; RFV, relative feed value ((DDM×DMI)/1.29).

* The same letters (a-c) in a column for each cultivar are not significant at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

수확부위 별 건물함량 및 조고비율

지상부 건물중은 출수기가 늦어질수록 높아지는 경향을 보였고 부위 별 1주 건물중의 경우 이삭은 자포니카 장수형인 '조농'이 가장 높았고 다음으로 '영우', '녹양', '목우' 순이었다. 줄기와 잎의 경우는 출수가 늦어질수록 건물중이 많아지는 경향을 보였는데 이는 영양생장 기간이 길어서 나타난 결과로 보인다. 이는 Ahn *et al*. (2018)이 건물수량성(DMY; dry matter yield)의 경우 수확시기가 늦어짐에 따라 시험한 모든 사료용 벼 품종에서 유의하게 증가하였다는 보고와 일치하였다. 또한 이로 인해 종실에 대한 경엽의 비율을 나타내는 조고비율도 출수가 늦어질수록 증가하는 경향을 보였다(Fig. 1).

수확 부위별 사료가치에 따른 이용성

본 시험에서 수확부위 별 사료성분 함량은 수확부위 별로 차이가 뚜렷하였다(Tables 3, 4, Fig. 1). 식물체 부위 중 이삭은 조단백질과 리그닌 함량이 유의하게 높았던 반면 조회분, NDF, ADF 함량이 유의하게 낮아서 결과적으로 TDN 함량이 77.29%로 줄기(64.82%), 엽신+엽초(63.57%)보다 사료가치가 월등히 우수하였다. 이러한 이삭의 사료성분 함량 분석은 육용우, 돼지, 닭 등의 영양가와 사료 설계 시 유용하게 활용 될 수 있다. 예를 들면 일본의 경우 사료용 쌀의 돼지에서의 영양가와 사료 설계 시 일본표준사료성분표에 게재되어 있는 현미 성분값을 토대로 「일본사육표준·돼지」에 의거하여 양분 요구량을 충족하도록 배합 설계하도록 하고 있다(NARO, 2016). 일반적으로 이삭에 포함되어 있는 종실은 등숙이 되면 종실 외피와 종실 자체가 딱딱해지기 때문에 소화하기 어려워진다. 소에게 저작시키지 않고 종실을 직접 제1위 안에 넣은 경우 대부분 소화하지 못하고 알칼리와 효소 등 화학적 처리를 하더라도 48시간 이후 제1위 안에서의 소화율은 10% 정도에 그친다. 그러나 분쇄, 파쇄 같은 물리적 처리를 하면 약 60%, 겉껍질을 벗긴 현미의 소화율은 80%를 넘으므로(NARO, 2014) 이를 고려해서 증기압편이나 가공처리를 하여 이용해야 한다. 한편 '목우' 품종의 경우 TDN 함량은 이삭에서 72.95%로 다소 낮았으나 줄기, 엽신+엽초에서는 각각 75.35%, 66.49%로 타 품종에 비해 월등히 높았으며 조회분, NDF, ADF, 리그닌 함량도 타 품종에 비해 매우 낮아 줄기와 잎의 사료가치가 우수하였다. 또한 총건물중은 주당 123 g으로 타 품종의 82~105 g 보다 월등히 높았으며 부위별 1주 건물중 분포

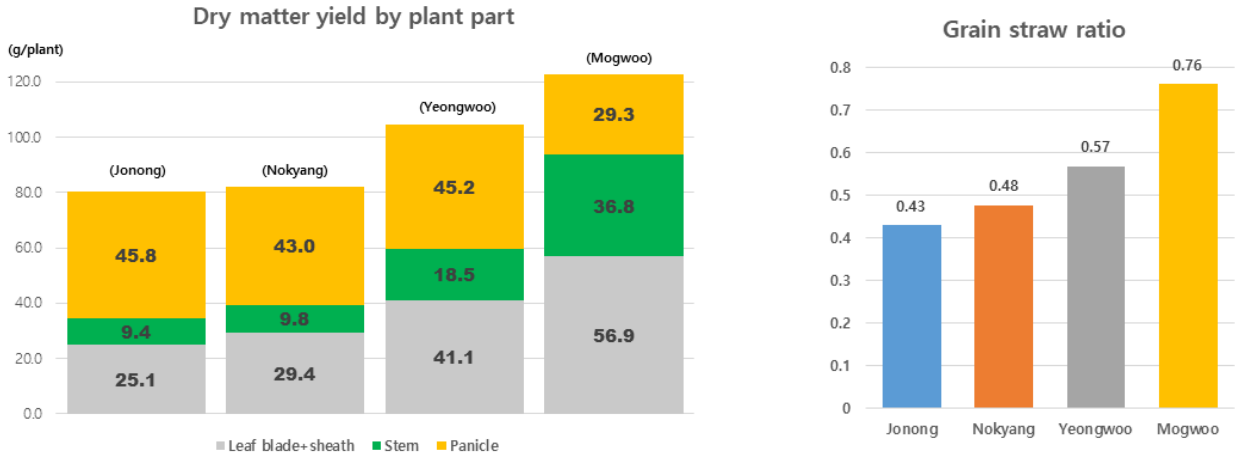

Fig. 1. Dry matter yield and grain straw ratio of four whole crop silage rice cultivars with different plant parts harvested 30 days after heading.

는 엽신+엽초(56.9 g)>줄기(36.8 g)>이삭(29.3 g)으로 이삭을 제외한 경엽 부위가 타 품종의 43~57%보다 월등히 많아(조고비율: 76%) 농가에서 조사료로 볏짚 이용 시 수량이나 사료가치 면에서 유리하다고 할 수 있다. 이는 볏짚의 소화율을 높이기 위하여서는 줄기의 양이 많은 품종이 유리하다는 보고(Maeng *et al*., 1979), 볏짚의 ADF와 NDF함량을 낮추기 위해서는 줄기의 비율이 높은 품종이 사료가치가 높다는 보고(Kim *et al*., 2004)와 일치하였다. 또한 줄기와 잎에 유리당 함량을 높인 이삭이 짧고 알곡이 적게 달리는 '다찌스즈카' 품종에서 나타는 현상(Hirose *et al*., 2016)과 비슷하게 '목우' 품종은 출수가 늦은 만생종으로 등숙이 불량하여 전분이 이삭에 축적되기 전에 경엽에 유리당 형태로 많이 남아 있어서 생기는 현상으로 판단된다. 건초의 품질을 평가하기 위해 Rohweder *et al*. (1978)에 의해 고안된 RFV의 기준에 의하면 83이하는 5등급 건초로서 품질이 낮은 조사료이다. 본 시험에서는 부위별로 RFV는 86.79~403.74까지의 범위를 보이고 있으며 RFV가 100이상인 3등급 이상의 건초는 줄기와 잎 모두에서 출수가 늦어질수록 증가하였고 이는 등숙 됨에 따라 종실로의 전분 축적에 기인한 것으로 판단(Ahn *et al*., 2018)되고 이는 '조농'과 '녹양' 이삭의 RFV가 출수가 빨라질수록 높아진 사실(Table 4)이 뒷받침 해 준다.

적 요

사료용 벼 주요품종의 최적수확 시기인 출수 후 30일에 수확한 부위 별 사료성분을 분석 후 사료가치 정보를 제공함으로써 수요자 용도에 맞는 사료 제조에 활용하고자 국립식량과학원 중부작물부 수원 벼 시험 포장에서 숙기별 대표 사료용 벼 4품종으로 시험한 결과는 다음과 같다.

1. 조단백질, 조회분 등 6개 사료성분 함량은 수확 부위별로 차이가 뚜렷하였다. 식물체 부위 중 이삭은 조단백질(6.97%), 리그닌(3.11%)은 유의하게 가장 높았던 반면 조회분, NDF 함량이 유의하게 낮아서 결과적으로 TDN 함량이 77.29%로 줄기(64.82%), 엽신+엽초(63.57%)보다 사료가치가 월등히 우수하였다(p<0.05). 반면 조지방 함량은 부위별로 유의한 차이가 없었다(p<0.05). 이삭에서 품종별 TDN 함량은 '조농', '녹양', '영우'의 경우 78.48~79.07%로 품종 간 유의한 차이가 없었고 '목우'의 경우 조단백질 함량이 8.70%로 타 품종의 6.24~6.64%에 비해 월등히 높았다(p<0.05). 이러한 사료성분 함량 분석은 육용우, 돼지, 닭 등의 영양가와 사료 설계 시 유용하게 활용 될 수 있다.
2. 줄기와 잎의 사료가치가 우수한 품종은 '목우'였다. '목우'의 경우 TDN 함량은 이삭에서 72.95%로 다소 낮았으나 줄기, 엽신+엽초에서는 각각 75.37%, 66.49%로 타 품종에 비해 월등히 높았으며 조회분, NDF, ADF, 리그닌의 함량도 타 품종에 비해 매우 낮아 줄기와 잎의 사료가치가 우수하였다. '목우'의 총건물중은 주당 123 g으로 타 품종의 82~105 g/주 보다 월등히 높았으며, 부위별 1주 건물중 분포는 엽신+엽초(56.9 g)>줄기(36.8 g)>이삭(29.3 g)으로 이삭을 제외한 경엽 부위가 타 품종의 43~57%보다 월등히 많아(조고비율: 76%) 농가에서 조사료로 볏짚 이용 시 수량이나 사료가치 면에서 유리하다고 할 수 있다.

3. 부위별로 상대적사료가치(RFV)는 86.79~403.74까지의 범위를 보이고 있으며 RFV가 100이상인 3등급 이상의 건초는 줄기와 잎 모두에서 출수가 늦어질수록 증가하였고 이는 등숙이 진행됨에 따라 알곡으로의 전분질 축적에 기인한 것으로 판단되고 이는 '조농'과 '녹양' 이삭의 RFV가 출수가 빨라질수록 높아진 사실이 뒷받침 해준다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(연구개발과제명 : Saltol 유전자좌 기반 용도다양화 벼 품종개발, 과제번호 : PJ016752)의 지원으로 수행된 결과입니다.

인용문헌(REFERENCES)

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, 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., 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., 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.

Ahn, E. K., Y. J. Won, H. M. Park, K. H. Jung, and U. J. Hyun. 2020. Feed value and yield potential of main whole-crop silage rice cultivars with harvesting time in the central plains of Korea. Korean J. Crop Sci. 63(4) : 294-303.

Ahn, E. K., K. H. Kang, Y. J. Won, K. H. Jung, U. J. Hyun, E. G. Jeong, H. M. Park, J. K. Chang, J. H. Lee, J. M. Jeong, and J. P. Suh. 2020. 'Cheongwoo', late maturing, multiple disease and insect resistant, high biomass yielding rice cultivar for whole crop silage use. Korean J. Breed. Sci. 52(2) : 190-199.

Ahn, E. K., Y. J. Won, J. H. Lee, E. G. Jeong, H. M. Park, H. C. Hong, J. K. Chang, U. J. Hyun, K. H. Jung, and J. H. Lee. 2021. 'Jowoo', early maturing, multiple disease and insect resistant, high biomass yielding rice cultivar for winter forage crop-whole crop silage rice double cropping. Korean J. Breed. Sci. 53(2) : 154-162.

Hirose, T., S. Kadoya, Y. Hasida, M. Okamura, R. Ohsugi, and N. Aoki. 2016. Mutation of the SP1 gene is responsible for the small-panicle trait in the rice cultivar Tachisuzuka, but not necessarily for high sugar content in the stem. Plant Production Science. 20(1) : 90-94.

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., 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, 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, 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., C. Liu, G. Zhao, H. J. Kim, M. J. Kim, C. M. Kim, and E. K. Ahn. 2018. Study on the forage cropping system linked to whole crop rice and winter crop in southern region. J. Kor. Grassl. Forage Sci. 38(4) : 202-209.

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, 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, 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.

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 Shon, J. Y. 2013. A late-maturing and whole crop silage rice cultivar 'Mogwoo'.

J. Korean Grassl. Sci. 33(2) : 81-86.
Maeng, W. J., Y. H. Yang, and I. Choi. 1979. Nutritive values of the different varieties of rice straw. Korean J. Anim. Sci. 21(6) : 487-491.
Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2020. Major statistical indicators of agricultural and livestock products.
National Agriculture and Food Research Organization. 2009. Rice varieties for whole crop silage and grain use. NICS. Tsukuba. Japan.
National Agriculture and Food Research Organization. 2014. Manual for production and feeding of whole crop silage rice. NICS. Tsukuba. Japan.
National Agriculture and Food Research Organization. 2016. Manual for production and feeding of grains for feed. NICS. Tsukuba. Japan.
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.
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.