중만생 복합내병충성 고 바이오매스 사료용 벼 ‘영우’

안억근* · 이상복 · 원용재 · 이점호 · 장재기 · 정응기 · 정국현 · 이정희 · 조영찬 · 정종민 · 서정필 · 김정주 · 정오영
전용희 · 홍하철 · 이규성 · 김보경

농촌진흥청 국립식량과학원

Mid-late Maturing, Multiple Disease and Insect Resistant, High Biomass Yielding Whole Crop Silage Rice Cultivar ‘Yeongwoo’

Eok-Keun Ahn*, Sang-Bok Lee, Yong-Jae Won, Jeom-Ho Lee, Jae-Ki Chang, Eung-Gi Jeong, Kuk-Hyun Jung, Jeong-Heui Lee, Young-chan Cho, Jong-Min Jeong, Jung-Pil Suh, Jeong-Ju Kim, O-Young Jeong, Yong-Hee Jeon, Ha-Cheol Hong, Gyu-Sung Lee, and Bo-Gyeong Kim

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 16429, Republic of Korea

Abstract ‘Yeongwoo’, a mid-late flowering, high dry matter yielding rice (*Oryza sativa* L.) cultivar with high feed value and multiple disease-insect resistance, was developed for whole crop silage (WCS) use. It was derived from a cross between a high biomass and brown planthopper (*Bph*) resistant ‘SR25848-C99-1-2-1’ and high yielding Tong-il type, ‘Yongmun’ which had diseases resistance. This cultivar had about 117 days growth period from seeding to heading, 99 cm culm length, 26 cm panicle length, 11 panicles per hill, 125 spikelets per panicle, and 1,000-grain weight of 23.6 g as brown rice in the central plain region, Suwon. This wide and long leafy WCS rice variety was weak to cold stresses, similarly to ‘Nokyang’ but was resistant to lodging in the field, strong to viviparous germination, and good under low temperature germination. In addition, ‘Yeongwoo’ was resistant to leaf and neck blast, bacterial blight (race K1, K2, K3, K3a), rice stripe virus, *Bph*, and small *Bph*. Its average dry matter yield for three years reached 20.0 MT/ha, 32% higher than that of ‘Nokyang’. This cultivar had 5.3% crude protein and 71.7% total digestible nutrients, which was slightly lower than that of ‘Nokyang’. In the Korean peninsula, ‘Yeongwoo’ grew well in the central and southern plain and was could be harvested between 15 to 30 days after heading to improve the feeding value and digestion rate of livestock (Grant No. 6800).

Keywords Rice, Whole crop silage, Biomass, Disease and insect resistance, Yeongwoo

Received on June 18, 2018. Accepted on June 25, 2018.

* Corresponding Author (E-mail: okahn@korea.kr, Tel: +82-31-695-4027, Fax: +82-31-695-4029)

서 언

국내 쌀 시장은 단위면적당 쌀 생산량 증가, 1인당 쌀 소비량의 지속적 감소, 그로 인한 쌀 재고량이 증가하고 있고 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).

사료용 벼는 논외의 형상과 기능을 유지하면서 쌀 생산조정제의 좋은 수단이 되고 있다. 이러한 논 형태의 유지는 유사 시 식량공급기지로 논을 환원할 수 있을 뿐만 아니라 홍수조절, 수질 정화 등 논외의 다원적이고 공익적인 기능을 유지할 수 있다(Sakai et al. 2003, Sung et al. 2004, Lee et al. 2005, Ahn et al. 2015). 더구나 밥쌀용 벼와 재배방법에서 큰 차이가 없어 농촌 고령화가 급격하게 진행되고 있는 상황에서 쌀 생산조정제 성공에 밑거름이 될 수 있다.

국내 사료용 벼 품종개발은 경엽이 잘 부러지는 특성을 갖는 Brittle culm 벼의 사료용 벼로서의 활용가능성 검토(Kim et al. 1997), 일품벼 돌연변이종을 이용하여 벼를 사료로 이용하려는 시도(Sung et al. 2004), 사료용 벼로서 적합한 품종을 선발하

기 위해 건물수량 및 사료가치와 관련된 형질들을 검토하여 품종선발에 대한 기초자료를 제시한 연구(Lee et al. 2005) 등이 있었다. 그 이후 농촌진흥청 국립식량과학원에서 품종개발 연구가 계속 진행되어 현재 사료용 벼 품종으로 ‘녹양’(Lee et al. 2011), ‘목우’(Lee et al. 2013), ‘목양’(Yang et al. 2013), ‘중모 1029’(Ahn et al. 2015), ‘중모1038’(Ahn et al. 2016), ‘녹우’(Ahn et al. 2017) 등이 개발되어 있다. 뿐만 아니라 복합내병충성 및 바이오매스가 향상된 우량계통, 이모작 작부체계 적용에 유리한 조생이면서 내병성 및 복합내병충성을 갖는 우량계통, 줄기 속에 안토시아닌을 함유하며 후기녹체성이 우수한 계통, 다수성이며 매끄러운 종실 및 잎을 갖는 계통, 저리그닌, 단수경엽형 특성 복합화를 통한 발효 및 소화를 향상 계통, 간척지 적응성 향상을 위한 내염성 계통 등이 개발되고 있다.

이러한 사료용 벼 품종개발의 초기연구는 초다수성인 통일형 품종 및 국제 벼 연구소(IRRI, international rice research institute)에서 도입된 열대자포니카 계통을 주로 활용하여 바이오매스를 높이는 연구에 치중한 면이 있었으나 이후 농업경쟁비 절감 및 경제적 가치를 높이기 위해 사료적성은 기본으로 하면서 고 바이오매스, 복합내병충성 등과 같은 특성 개선을 위한 품종개발을 해 오고 있다. 그러나 그 동안에 개발된 사료용 벼 품종은 한 두가지 단점이 있었다. ‘녹양’은 수량성이 낮고 ‘목우’는 출수가 너무 느려 종자생산에 문제가 발생하는 경우가 많았고 ‘목양’은 발아세가 약해 발아문제가 발생했으며 ‘녹우’는 도복에 약하면서 내병충성이 없었다. 이에 수량성, 종자생산, 발아, 도복, 병충해에 관련된 단점을 모두 해결한 사료용 벼 ‘영우’를 육성하였기에 그 육성경위와 주요특성에 대해 서술하고자 한다.

재료 및 방법

벼멸구 저항성을 보유한 다수성 계통인 SR25848-C99-1-2-1을 모본으로 숙기가 빠르면서 흰잎마름병(K1), 줄무늬잎마름병 등 내병성을 보유한 다수성 통일형인 ‘용문’벼를 부본으로 2006년 하계에 인공교배하여 계통육종법에 따라 계통선발 및 생산력 검정시험을 거쳐 2012년에 ‘수원573호’로 계통명을 부여하였다. 2013년부터 2015년까지 3개년 간 중부평야지 1개소(수원), 호남 평야지 2개소(익산, 나주), 영남평야지 1개소(밀양)에서 보통기 다비재배(N-P₂O₅-K₂O; 18-9-11 kg/10a)로 지역적응시험을 실시하여 대비품종 ‘녹양’과 비교하여 사료용으로 사용하기에 적합한 주요 특성을 조사 하였다(RDA 2013b, 2014b, 2015b). 농촌진흥청 표준재배법에 준하여 중부평야지에서는 4월 20일,

호남 및 영남평야지에서는 4월 25일에 파종하여 각각 5월 25일, 5월 30일에 이앙하였으며 30 × 12 cm로 주당 5본씩 재식하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였고, 주요 농업 형질, 수량구성요소 및 수량성, 생리장해 및 병해충저항성 조사는 농촌진흥청 신품종개발공동연구사업 과제수행계획서(RDA 2013a, 2014a, 2015a) 조사기준에 준하였다. 특히 잎도열병 검정 시 질소비료는 N성분량으로 240 kg/ha, 목도열병의 경우는 220 kg/ha를 주었으며 도복저항성 검정 중 좌절중은 출수 후 20일에 반복별로 평균적인 3개체를 골라 주간 기부 10 cm를 잘라 중앙부에 하중을 걸어 부러질 때까지의 무게를 좌절중 측정기(SHMPO FGX series, Japan)를 이용하여 측정하였다. 도복지수는 모멘트 [(주간 간장 + 수장) × 총생체중]/좌절중(g) × 100의 식을 이용하여 구하였다. 포장도복은 출수 후 30일에 달관조사 하였는데 그 기준은 이삭줄기 경사 15% 미만일 때 1, 16~30%일 때 3, 31~45%일 때 5, 이삭의 일부가 지면에 닿을 때 7, 완전히 땅에 깔린 상태일 때 9의 등급으로 그 정도를 파악하였다.

사료용 벼는 건물수량, 사료성분 및 가소화양분총량(TDN)을 고려한 수확적기면에서는 유숙기와 호숙기는 사료성분 및 TDN 함량이 낮고, 특히 건물수량이 적기 때문에 수확적기로는 다소 이르고, 고숙기 이후에는 건물수량, 사료성분 등이 황숙기에 비해 크게 떨어지지 않지만 가축의 소화측면이나 밥쌀용로의 전환가능성 등에서 바람직하지 않다(Sung et al. 2004). 그래서 본 시험에서는 건물수량, 사료성분 및 TDN함량이 높은 시기인 출수 후 30일에 이삭을 포함하는 식물체 지상부를 3포기씩 3반복으로 수확 건조(80°C, 72시간)한 후 잎, 줄기, 이삭을 혼합 분쇄하여 각 성분의 조사 시료로 사용하였다. 사료가치 평가를 위해 조지방(CF, crude fat), 조단백질(CP, crude protein), 산성세제불용섬유소(ADF, acid detergent fiber), 중성세제불용섬유소(NDF, neutral detergent fiber)를 농업기술실용화재단 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 ADF값을 기초로 하여 88.9-(0.779%×ADF) 계산식을 이용하여 산출하였다(Lee et al. 2005).

결과 및 고찰

육성 경위

‘영우’는 기존에 개발되었던 ‘목우’ 등 사료용 벼 단점인 느린

Year	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'13	'14	'15
Generation	Cross	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅					
SR25848-C99-1-2-1		1	1	1		1					
×		·	·	·		2					
→ SR30732		·	·	(7)	(1)	(3)					
					2						
Yongmun		·	·	·	3						
		·	·	·							
		28	1,400	22							
No. of breeding lines	28	1,400	22	3	3		PYT	RYT		LAT ^z	
Remarks											

^zLAT : local adaptability test

Fig. 1. Pedigree diagram of ‘Yeongwoo’.

Fig. 2. Genealogical diagram of ‘Yeongwoo’.

숙기로 인한 낮은 등숙비율 그로 인한 종자생산의 문제, 충해저항성 부족 등을 개선하고 사료용과 가공용 겸용형으로 육성하기 위해 지상부 건물수량이 높고 아밀로스함량이 높으며 벼멸구 저항성을 보유한 계통인 SR25848-C99-1-2-1(다산//수원431호/IR71190-45-2-1)을 모본으로 숙기가 빠르면서 도열병, 흰잎마름병(K1), 줄무늬잎마름병, 오갈병에 강하고 다수성 통일형인 ‘용문’벼를 부본으로 2006년 하계에 인공교배하여 SR30732의 교배번호를 부여하였다. 2007년 하계에 수원에서 F₁ 28개체를 양성한 후, 2008년 하계에 F₂ 1,400개체를 공시하여 22개체를 목적 형질에 맞추어 선발한 후 2009~2011년 기간에 국립식량과학원 시험포장에서 계통육종법에 따라 내병성 검정을 병행하면서 F₃ 세대에서 F₅ 세대를 경과시켜 2012년에 우량계통을 선발하였다. 선발된 SR30732-7-1-3계통에 대하여 2012~2013년 2개

년 간 생산력검정 예비 및 본 시험을 실시하여 출수기가 빠르고 등숙비율이 높으면서 지상부의 수량성이 높고 도열병, 흰잎마름병, 줄무늬잎마름병, 벼멸구 등에 강한 계통을 선발하여 ‘수원573호’로 계통명을 부여하였다. 2013~2015년 3개년 간 지역적응 시험 실시 결과 건물수량성이 높고 복합내병충성을 보유한 사료용으로 그 우수성이 인정되어 2015년 12월 직무육성신품종 선정 위원회에서 ‘영우’로 명명되었다(Figs. 1-3).

생육특성

‘영우’의 출수기는 중부평야 및 호남평야에서 각각 8월 19일과 8월 14일로 ‘녹양’ 보다 8일, 1일 늦고 영남평야에서는 8월 13일로 ‘녹양’과 같고 4개소 평균 출수기는 8월 15일로 ‘녹양’보다 2일 늦은 중만생종이었다(Table 1). 이러한 출수 특성은

Fig. 3. The appearance of whole crop silage rice variety, ‘Nokyang’(left) and ‘Yeongwoo(Suweon573)’(right) improved a dry matter yields, disease and insect resistance in the paddy field(upper) and its unhulled(left), brown(middle), milled(right) rice(lower)

Table 1. Heading date of whole crop silage rice cultivar, ‘Yeongwoo’.

Plain	Region	Seeding date	Transplanting date	Heading date	
				Yeongwoo	Nokyang
Central	Suwon	Apr. 20	May 25	Aug. 19	Aug. 11
Honam	Iksan	Apr. 25	May 30	Aug. 14	Aug. 11
	Naju	Apr. 25	May 30	Aug. 14	Aug. 15
	Milyang	Apr. 25	May 30	Aug. 13	Aug. 13
Average		-	-	Aug. 15	Aug. 13

출수 후 30일에 수확하는 사료용 벼의 특성상 9월말에서 10월중순에 파종하는 동계 사료작물인 이탈리아라이그라스(IRG), 호밀, 트리티케일 등의 파종 전에 수확이 가능하여 이모작 재배에 아무

런 무리가 없으며 이는 축산농가에 연중 양질조사료를 공급할 수 있게 한다. 간장은 99 cm로 ‘녹양’ 보다 15 cm 길고 수장은 26 cm로 ‘녹양’과 같았다. 주당수수는 11개로 ‘녹양’ 보다 1개

Table 2. Major agronomic traits and yield components.

Variety	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles /hill	No. of grains /panicle	Ripened grain ratio (%)	1,000 grain weight of brown rice (g)
Yeongwoo	99	26	11	125	80.8	23.6
Nokyang	84	26	10	109	77.0	27.7

Table 3. Major growth characteristics of the ‘Yeongwoo’ in the early stages, which have, especially, good germination rate at low temperature and early elongation.

Variety	Germination ^z Rate (%)	Seedling ^y height(cm)	Early Elongation	Cold ^x tolerance	Discoloration ^w
Yeongwoo	90.7	21.4	good	8	7
Nokyang	41.3	18.8	normal	7	6

^zGermination rate was investigated after incubating 13°C, 15days

^ySeedling height was measured by 3 replicate on 30 days after seeding

^xCold tolerance was investigated after treating 13°C, 10days

^wGrade standard for discoloration : 1, normal, 3, pale green of leaf tip, 5, 1/3 yellow green of leaf, 7, 2/3 yellowish brown of leaf, 9, most of leaves withered

Table 4. Response to physiological and environmental stress.

Variety	Premature heading (%)	Appe-arance of wilting	Adult leaf sense-cence	Premature germination of panicle ^z (%)	Cold tolerance ^y		
					Heading delay (days)	Grain fertility (%)	PA ^x
Yeongwoo	0.0	Resistant	Normal	16.0	12	34.7	7
Nokyang	3.7	Resistant	Normal	29.4	13	16.7	8

^zGermination rate at 7 days after incubation (25°C, 100% RH)

^yCold tolerance was evaluated at a cold-water (17°C) irrigated nursery in Chuncheon

^xPhenotypic acceptability : 1, strong, 3, medium strong, 5, medium, 7, medium weak, 9, weak

Table 5. Agronomic traits related to lodging resistance of ‘Yeongwoo’.

Variety	Culm length (cm)	Third Internode-length (cm)	Breaking strength (g)	Lodging Index	Lodging in the field (0 ~ 9)
Yeongwoo	88	15.5	1,871	134	3
Nokyang	85	10.6	1,397	197	1

많고 수당립수는 125개로 109개인 ‘녹양’ 보다 16개 많았다. 등숙비율은 80.8%로 ‘녹양’의 77.0%와 비교하여 높고 현미 천립 중은 23.6 g으로 ‘녹양’ 27.7 g보다 가벼웠다(Table 2). 저온발아율은 90.7%로 41.3%인 ‘녹양’에 비해 월등히 높았으며 이러한 특성은 직파재배 시 초기 입모를 안정시키는데 유리할 것이다. 파종 후 30일째 측정된 묘초장은 21.4 cm로 18.8 cm 인 ‘녹양’보다 길었고 초기 신장성은 ‘녹양’보다 양호하여 직파재배 시 잡초와의 경합에 유리할 것으로 것으로 생각된다. 유묘냉해와 적고는 ‘녹양’과 비슷하였다(Table 3).

생리장해 및 도복 저항성

‘영우’는 못자리 일수 50일묘 이앙에서 불시출수가 되지 않았으며 생육후기 위조에 강하였고 성숙기 앞의 노화는 보통이었다. 성숙기의 잦은 강우와 적온에 의해 수확 전 이삭에서 싹이 트는 수발아는 대비품종인 ‘녹양’의 29.4%에 비해 16.0%로 낮았다. 국립식량과학원 춘천출장소 내랭성 검정 시험포에서 조사된 ‘영우’의 내랭성 검정 결과 냉수 흘려대기에서 출수지연은 무처리에 비해 12일 늦은 특성을 보였으며 냉수구 임실율은 34.7%로 16.7%인 ‘녹양’보다는 높았지만 종합내랭성은 7정도로 약한 편으로 판정되었다(Table 4). 사료용 벼는 지상부 즉 경엽과 종실의 바이오매스를 키우기 위한 방향으로 육종되어 왔기 때문

Table 6. Reaction to rice blast disease of ‘Yeongwoo’ which has strong resistance about leaf blast and resistance about neck blast.

Variety	Reaction to leaf blast at nursery test ^y (0-9)			Reaction to neck blast (%)		
	No. of site tested (14)			Ichon	Iksan	Milyang
	R ^z (0-3)	M (4-6)	S (7-9)			
Yeongwoo	11	3	0	0.0	0.2	0.0
Nokyang	2	8	4	40.1	16.3	1.5

^zR : resistant(Degree, 0-3), M : moderate(Degree, 4-6), S : susceptible(Degree, 7-9)^yData was investigated in 14 leaf blast test site at local adaptability test region.**Table 7.** Reaction to bacterial disease, virus diseases and insect pests of ‘Yeongwoo’ that has multiple resistance.

Variety	Bacterial blight				Virus diseases			Resistance to insects	
	K1	K2	K3	K3a	Stripe	Dwarf	Black-streak dwarf	BPH ^y	SBPH
Yeongwoo	R	R	R	R	R	S	S	R	R
Nokyang	R ^z	R	R	S	S	S	S	S	S

^zR : resistant, S : susceptible^yBPH : brown planthopper, SBPH : small brown planthopper**Table 8.** Dry matter yields of whole crop silage rice cultivar, ‘Yeongwoo’.

Region	Nokyang(kg/10a)				Yeongwoo(kg/10a)				Index
	'13	'14	'15	Ave.	'13	'14	'15	Ave.	
Central	1,511	1,309	1,317	1,379	1,707	1,877	1,844	1,809	131
Honam	1,541	1,610	1,509	1,553	1,887	2,204	2,038	2,043	132
Yeongnam	1,379	1,561	1,525	1,588	2,301	2,037	1,987	2,105	133
Average	1,493	1,523	1,540	1,518	1,946	2,080	1,895	2,000	132

에 이삭이 길고 무겁거나 간장이 긴 경향이 있어 기본적으로 도복에 강한 특성을 요구한다. ‘영우’의 도복과 관련된 특성을 조사한 결과 간장은 ‘녹양’과 비슷한 88 cm, 좌절중은 1,871 g으로 ‘녹양’ 보다 높았고 3절간장이 15.5 cm로 ‘녹양’ 보다 길지만 도복지수는 ‘녹양’ 보다 높은 편으로 평가되었다(Table 5). 이러한 도복에 강한 특성은 바이오매스가 커야 하는 사료용 벼 재배 시 안정성을 높일 것으로 생각된다.

병해충 저항성

2013년부터 2015년까지 전국 발못자리 14개 시험지에서 ‘영우’의 잎도열병 반응을 검정한 결과 11개 지역에서 저항성 반응을 나타내었고 3개 지역에서 중도저항성을 보였으며 약한 반응을 보인 지역은 없었다. 목도열병은 이천, 익산, 밀양에서 익산(0.2%)을 제외하고 이병수율이 0.0%로 병이 발생하지 않았다(Table 6). 흰잎마름병(*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*)은 K1, K2, K3, K3a균계에서 모두 강한 반응을 보였다. 바이러스병인 줄무늬잎마름병에는 강한 반응을 보였으나, 오갈병 및 검은줄오갈병은

‘녹양’과 비슷하게 약한 반응을 보였다. 해충에 대해서는 벼멸구(*Nilaparvata lugens* Stål) 및 애멸구(*Delphacodes striatella* Fallem)에 모두 강한 반응을 보였다(Table 7). 도열병뿐만 아니라 벼의 주요병해충에 모두 저항성을 보유하고 있는 ‘영우’는 농촌현장에서 친환경재배를 가능하게 하여 농업경영비 절감에 도움을 줄 뿐만 아니라 농약 등에 오염되지 않은 친환경 안전 조식료 생산을 가능하게 한다.

지상부 건물수량성

2013년부터 2015년까지 3개년 간 중부평야지인 수원, 호남평야지인 익산 및 나주, 영남평야지인 밀양에서 실시한 지역적응시험 결과 지상부 건물수량은 평균 2,000 kg/10a로 대비품종인 ‘녹양’(1,518 kg/10a)보다 32% 높게 나타났다(Table 8). 이는 ‘영우’는 ‘녹양’과 출수기가 비슷하고 주당수수 및 수당립수가 많은 뿐만 아니라 간장 및 엽신도 길기 넓기 때문에 바이오매스가 증대된 것으로 판단된다.

Table 9. Nutritive value of ‘Yeongwoo’ on 30 days after heading for silage use.

Variety	Chemical properties (%)				
	CF ^z	CP ^y	ADF ^x	NDF ^w	TDN ^v
Yeongwoo	3.4	5.3	21.8	36.9	71.7
Nokyang	2.9	5.7	19.6	34.0	73.4

^zCF : crude fat, ^yCP : crude protein, ^xADF : acid detergent fiber, ^wNDF : neutral detergent fiber, ^vTDN : total digestible nutrients

Table 10. Grain shape, appearance and amylose content of ‘Yeongwoo’.

Variety	Unhulled rice				Brown rice				White core/belly (0-9)	Amylose content (%)
	L ^z	W ^y	T ^x	L/W ^w	L	W	T	L/W		
Yeongwoo	8.32	2.99	2.10	2.79	5.63	2.56	1.84	2.21	1/3	27.3
Nokyang	7.89	3.08	2.16	2.57	5.72	2.77	1.96	2.07	1/1	20.6

^zlength, ^ywidth, ^xthickness, ^wlength/width ratio

사료가치, 입형 및 미질특성

출수 후 30일에 지상부 전체 즉 잎, 줄기, 이삭을 건조 후 혼합 분쇄하여 사료가치를 분석한 결과 조지방은 3.4%로 ‘녹양’(2.9%)보다 높았고 조단백질은 5.3%로 ‘녹양’(5.7%)보다 낮았으며 조사료의 소화율에 관여하는 산성세제불용섬유소(ADF)와 섭취량에 관계하는 중성세제불용섬유소(NDF)(Rohweder et al. 1978)는 각각 21.8%, 36.9%를 보여 ‘녹양’(19.6%, 34.0%)보다 ADF, NDF모두 많았다. 이로 인해 가소화양분총량(TDN)은 71.7%로 73.4%인 ‘녹양’보다 다소 낮았다(Table 9). 입형은 정조 장폭비가 2.79, 현미 장폭비가 2.21로 ‘녹양’(2.57, 2.07)보다 약간 길쭉하고 아밀로스 함량은 27.3%로 ‘녹양’(20.6%)에 비해 월등히 높은 편이다(Table 10). 미질을 불량하게 만드는 것과 밥쌀용 벼와 확연히 구분되게 하는 것은 사료용 벼 육종에 있어 중요하다(Kato 2008). 밥쌀용과 비슷한 수준의 외관품위를 갖는다면 생산자의 편의에 따라 용도변경이 가능하여 수급, 유통 과정에서 여러 문제를 야기할 수 있다. ‘영우’는 입형이 길쭉하면서 고아밀로스 특성을 가지고 있어 외관이 뿌옇기 때문에 국내 자포니카 밥쌀용과 확연히 구분된다.

재배상의 유의점

‘영우’는 중만생종으로 파종이 늦어질 경우 생육기간이 짧아져 후기 등숙이 불량할 수 있으므로 만기재배는 피하는 것이 좋다. 또한 최대 건물수량을 확보하려면 다비조건(질소: 18 kg/10a)에서 재배하는 것이 좋다. 특히 메스트리온이나 벤조비사이클론 성분을 함유하는 제초제 사용 시 약해가 발생하니 주의해야 한다. 수확은 사료영양가치 및 알곡의 소화율을 높이기 위하여

호숙기(출수 후 15일)에서 황숙기(출수 후 30일)에 하는 것이 좋으며 수확시기가 늦어지면 지상부 수량성은 다소 높아지나 사료영양가치 및 소화율은 낮아 질 수 있다.

적 요

‘영우’는 지상부 건물수량이 높으면서 동계 사료작물인 이탈리안라이그라스(IRG), 호밀, 트리티케일 등과 연계한 이모작 재배에 적합하도록 출수를 앞당기면서 친환경 안전조사료 재배에 적합한 복합내병충성을 가진 사료용 벼 계통을 육성하기 위해 2006년 하계에 ‘SR25848-C99-1-2-1’계통을 모본으로 통일형인 ‘용문’을 부분으로 계통육종법으로 전개한 후 2015년 사료용 벼로 육성하였다. 주요 농업적 특성은 중부, 호남 및 영남평야지 4개소 보통기 다비재배에서 출수기가 평균 8월 15일로 ‘녹양’보다 2일 늦은 중만생종이고 간장은 99 cm로 긴 편이며 주당수수는 11개, 수당립수는 125개이고 현미천립중은 23.6 g으로 ‘녹양’보다 가벼운 편이다. 불시출수는 되지 않았고 성숙기 잎의 노화는 보통이며 수발아율은 16.0%로 ‘녹양’ 29.4%보다 낮았다. 종합내병성은 7로 ‘녹양’과 비슷하게 약했고 도복지수는 ‘녹양’보다 낮아 도복에 강했다. 잎도열병, 흰잎마름병(균계 K1, K2, K3, K3a), 줄무늬잎마름병, 벼멸구 및 애벌구에 모두 강한 반응을 보였다. 지상부 수량성은 건물기준으로 10a당 평균 2,000 kg으로 ‘녹양’(1,518 kg)보다 32% 증수되었다. 사료가치는 조단백질이 5.3%, 가소화양분총량(TDN)이 71.7%로 ‘녹양’보다는 약간 적었지만 양호한 편이었다. ‘영우’의 재배에 알맞은 지역은 중부 및 남부평야지이고 재배 시에는 다비밀식(질소 18

kg/10a, 70~80주/3.3 m², 포기당 3~5본)을 하여야 최대 수량을 얻을 수 있고 특히 메소트리온이나 벤조비사이클론 성분을 포함하는 제초제에는 약해가 있으므로 사용 시 주의해야 한다. 수확시키는 사료가치 및 알곡의 소화율을 높이기 위해서 출수 후 30일이 좋다.

사 사

‘영우’를 육성함에 있어 적극 협력하여 주신 국립식량과학원 본원, 중부작물부, 남부작물부 벼 육종 연구팀 및 각 도농업기술원 지역적응시험 담당자들과 농촌진흥청 연구정책국 관계관 여러분께 깊이 감사 드리며 본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(세부과제명: 사료용 벼 유용 형질 도입 계통 육성, 과제번호: PJ012552012018)의 지원으로 수행된 결과입니다.

REFERENCES

- Ahn EK, Jeong EG, Lee SB, Choi YH, Yang CI, Lee JH, Won YJ, Lee GS, Jeong OY, Mo YJ, Kim JJ, Cho YC, Chang JK, Kim MK, Suh JP, Lee JH, Jung KH, Jeong JM, Jeong JU, Park HM, Hyun UJ, Hong HC. 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: 265-272.
- Ahn EK, Lee JH, Lee SB, Yang CI, Choi YH, Chang JK, Jeong JM, Lee GS, Kim MK, Kim JH, Hyun UJ, Mo YJ, Yoon YH, Jeung JU, Oh SK, Seo MW, Kim CK. 2015. Late-maturing, high biomass and multiple disease resistant whole crop silage rice cultivar ‘Jungmo1029’. Korean J Crop Sci 47: 159-165.
- Ahn EK, Lee JH, Yang CI, Jeong EG, Lee SB, Won YJ, Choi YH, Shon JY, Shin YS, Yoon MR, Lee GS, Jeong JM, Chang JK, Jung KH, Jeon YH, Lee JS, Hyun UJ, Hwang KH, Kim BG, Kim BJ. 2016. Mid-late Flowering, High Biomass Yielding Whole Crop Silage Rice Cultivar ‘Jungmo1038’ with Glabrous Leaf and Hull. Korean J Crop Sci 48: 292-300.
- Kato H. 2008. Development of rice varieties for whole crop silage(WCS) in Japan. JARQ 42(4): 231-236.
- Kim YD, Park HK, Ha KY, Cho SY. 1997. Forage yield and TDN by cutting time of brittle culm rice. Korean J Crop Sci 42: 483-488.
- Lee SB, Yang CI, Lee JH, Kim HY, Shin YS, Lee KS, Choi YH, Jung OY, Jeon YH, Hong HC, Kim YG, Hwang HG, Jung KH, Yang SJ, Jeung JU, Kang KH, Kim JH, Shon JY. 2011. A new high biomass yield and whole crop silage rice cultivar ‘Nokyang’. Korean J Breed Sci 43: 519-523.
- Lee SB, Yang CI, Lee JH, Kim MK, Shin YS, Lee KS, Choi YH, Jeong OY, Jeon YH, Hong HC, Kim YK, Jung KH, Jeung JU, Kim JH, Shon JY. 2013. A late-maturing and whole crop silage rice cultivar ‘Mogwoo’. J Korean Grassl Sci 33: 81-86.
- Lee JH, Jeong OY, Pack JS, Hong HC, Yang SJ, Lee YT, Kim JG, Sung KI, Kim BW. 2005. Analysis of dry matter yield and feed value for selecting of whole crop rice. J Anim Sci & Technol(Kor) 47: 355-362.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2017a. 2017. Major statistical indicators of agricultural and livestock products.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2017b. 2017. Guidelines for the Support of paddy field-use other crops cultivation. pp. 1-13.
- Rohweder DA, Barnes RF, Jorgensen N. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. J Anim Sci 47: 747-759.
- Rural Development Administration. 2013a. 2013 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 29-48.
- Rural Development Administration. 2013b. 2013 Project report for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 3-28.
- Rural Development Administration. 2014a. 2014 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 29-49.
- Rural Development Administration. 2014b. 2014 Project report for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 3-28.
- Rural Development Administration. 2015a. 2015 Project plan for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 29-49.
- Rural Development Administration. 2015b. 2015 Project report for collaborative research program to develop new variety of summer crop. pp. 3-28.
- Sakai M, Iida S, Maeda H, Sunohara Y, Nemoto T, Imbe T. 2003. New rice varieties for whole crop silage use in Japan. Breeding Sci 53: 271-275.

19. Sung KI, Hong SM, Kim BW. 2004. Plant height, dry matter yield and forage quality at different maturity of whole crop rice. *J Kor Grassl Forage Sci* 24: 53-60.
20. Van soest PJ, Povertson JB, Lewis BA 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74: 3583-3597.
21. Yang CI, Lee SB, Won WJ, Ahn EK, Kim MK, Kim YK, Hyun UJ, Jeong JM, Hwang HG, Shin YS, Hong HC, Lee JH, Lee KS, Choi YH, Choi IS, Jeong OY, Kim JH, Chang JK, Park HM, Sung NS. 2013. A high biomass yield and whole crop silage rice cultivar 'Mogyang'. *Korean J Breed Sci* 45: 405-409.