

중부 평야지에서 사료용 벼와 주요 동계사료작물 이모작 시 생산성

안억근^{1,†} · 정응기² · 박향미² · 정국현¹ · 현웅조¹ · 구자환¹

Double Cropping Productivity of Main Whole-Crop Silage Rice and Winter Feed Crops in the Central Plains of Korea

Eok-Keun Ahn^{1,†}, Eung-Gi Jeong², Hyang-Mi Park², Kuk-Hyun Jung¹, Ung-Jo Hyun¹, and Ja-Hwan Ku¹

ABSTRACT In order to establish an optimal double cropping system to obtain the maximum annual quantity, we investigated the annual productivity of whole-crop silage (WCS) rice, Jowoo (Jw), Yeongwoo (Yw), and Mogwoo (Mw), and winter feed crops (WFC), Italian ryegrass (IRG), Greenfarm (GF), rye Gogu (GU), and triticale Joseong (JS), in paddy fields of the central plains of Korea. From 2016 to 2019, each crop was subjected to two standard cultivation methods: WCS rice and WFC optimal. Using the WCS optimal mode, the average dry matter yield (DMY) of WCS rice, early flowering Jw, was 15.8 tons/ha and 21.0 for the mid-late heading Yw; there was no significant difference compared to the 19.2 tons/ha late-flowering Mw ($p < 0.01$). The WFC were not significantly different between GF (3.2 tons/ha) and GU (4.5) sown on September 23rd, while JS was the highest at 12.6 tons/ha ($p < 0.001$). There was a significant difference in the order of JS (16.6 tons/ha) > GF (10.5) > GU (4.7) ($p < 0.001$) sown on October 11th. For JS sown on October 31st, the DMY was 11.8 tons/ha, which was significantly higher than that of the other two crops ($p < 0.05$). Except for rye GU, DMY was the highest when sown on October 11th. For WFC optimal mode, the average DMY of JS was the highest at 18.3 tons/ha, which was significantly different from that of GF (10.9) and GU (9.6) ($p < 0.001$). The DMY of WCS rice transplanted on May 10th was the highest at 23.0 tons/ha in Mw, which was not significantly different from that of Yw (21.4) but significantly different from that of Jw (15.9) ($p < 0.05$). On transplanting on May 25th, the DMY of Mw was the highest at 24.2 tons/ha; this was not significantly different from that of Yw (20.7), but it was significantly different from that of Jw (18.6) ($p < 0.05$). When transplanted on June 11th, the DMY was 21.3 tons/ha in Yw, which was significantly higher than the DMY of other two cultivars, Jw and Mw ($p < 0.05$). For the WCS rice-WFC double cropping, the total annual DMY was 33.6 tons/ha with the combination of the WCS rice, Yw, and the triticale JS for WCS optimal mode. Meanwhile, the total annual DMY was 39.6 tons/ha with the combination of the triticale JS and the WCS rice, Yw, for WFC optimal mode. In conclusion, the strategies for obtaining the maximum yield of high-quality forage for WCS rice-WFC, WFC-WCS rice double cropping are as follows: 1) cultivation centered on the optimal mode of WFC, and 2) sowing the WFC, triticale JS in mid-October, harvesting the crops around the end of May and transplanting the WCS rice, Yw, in early June to obtain the maximum DMY of 39.6 tons/ha.

Keywords : double cropping, total dry matter, winter feed crops, whole-crop silage rice

최근 쌀 생산량이 수요량보다 많아 정부에서는 2018년부터 2년 간 한시적으로 쌀 과잉 문제를 선제적으로 대응하기 위해 ‘논 타작물 재배 지원사업’이라는 정책을 통해 논에 타작물 재배를 권장하고 있다(MAFRA, 2018). 2019년에는

논에 사료작물을 재배하면 다른 작목에 비해 더 높은 보조금(430만원/ha)을 지원했음에도 불구하고(MAFRA, 2019a) 2018년과 비슷한 수준(61.9%)인 목표량 5만5천 ha의 60.6%인 3만3천345 ha에 그쳤다(MAFRA, 2019b).

¹농촌진흥청 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)

²농촌진흥청 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 13 October, 2019; Revised 5 December, 2019; Accepted 14 December, 2019>

논에서 타작물 재배는 처음이 아니라 과거에도 있었으며 사료용 옥수수, 수수×수단그라스 잡종 등의 재배가 검토되었으나, 논에 배수 불량으로 인한 습해 발생 및 잡초화 우려 등의 문제로 정상적인 생육이 어려운 경우가 많았으며 따라서 생산성이 밭에서의 약 70% 수준에 머무르고 있어 재배가 안정적이지 못하였다(Kim *et al.*, 2006; Kim & Lee, 1994; Lee *et al.*, 1994). 그러나 사료용 벼는 시비량 등을 제외하면 밥쌀용 벼와 큰 차이 없이 재배할 수 있기 때문에 안정적 재배가 가능할 뿐만 아니라 그로 인해 쌀 생산조정의 좋은 수단이 될 수 있다(Sakai *et al.*, 2003; Sung *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2005). 더구나 초기에 육성된 ‘녹양’ 품종(Lee *et al.*, 2011) 등에 비하여 건물생산성이 20톤/ha 이상에 달하는 사료용 벼 품종이 개발되어서(Ahn *et al.*, 2018) 밥쌀용 벼를 재배했을 때와 비교하여 사일리지 수량 증대를 통한 농가 소득을 향상시킬 수 있는 가능성을 보여주었다.

하계에 논을 조사료 생산기반으로 활용 시 연중 활용 개념이 중요한데 사료용 벼 재배 후 연속하여 논을 활용해야 하며 이에 월동 사료작물과의 연계가 중요하다. 그러나 지금까지의 연구는 조·만생 사초용 호밀의 파종 및 수확시기에 관한 연구(Kwon *et al.*, 1992), Brittle culm 벼의 예취 높이를 구명하여 조사료로서의 수량 및 영양가를 평가한 시험(Kim *et al.*, 1997), 수확시기에 따른 벼의 초장, 건물수량 및 사료성분 변화 조사를 통해 적정수확시기를 구명한 시험(Sung *et al.*, 2004), 최적 총체사료벼 품종선발을 위한 건물수량 및 사료가치 분석(Lee *et al.*, 2005), 생육시기 및 품종이 총체 벼의 수량 및 사료가치에 미치는 영향에 관한 연구(Kim *et al.*, 2007), 제주지역에서의 동계사료작물 생산성에 대한 연구(Park *et al.*, 2008), 직파시기에 따른 수량 및 사료가치 비교 연구(Kim *et al.*, 2009), 등과 같이 각 품종 별 재배 및 재배양식을 통한 생산성은 검토되었으나 논 연중 이용을 위한 작부체계에 대한 연구는 남부지역에

서 사료용 벼+사료맥류+귀리를 이용한 삼모작 작부체계 연구(Song *et al.*, 2014), 남부지역에서 사료용 벼와 동계작물을 연계한 조사료 생산 체계 연구(Kim *et al.*, 2018) 등을 제외하면 많지 않다.

따라서 본 연구는 중부평야지 논에서 사료용 벼와 동계 사료작물 이모작 재배 시 사료용 벼 생태형 별 품종과 동계 사료작물 초종별 조합에 따른 최대 생산성을 확보할 수 있는 최적 작목 조합을 설정하고자 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 사료용 벼(*Oryza Sativa* L.) 품종은 최근 육성·등록된 조생종 ‘조우’, 중만생종 ‘영우’, 만생종 ‘목우’를 동계사료작물은 호밀(*Secale cereale* L.) ‘곡우’, 이탈리아안라이그라스(*Lolium multiflorum* Lam. var. *multiflorum*, Italian Ryegrass, IRG) ‘그린팜’, 트리티케일(*Triticum* × *Secale*, Triticale) ‘조성’을 이용하여 2016~2019년 4년 간 하계 및 동계에 연속하여 수행하였다.

재배방법

사료용 벼 보통기 재배양식 중심

2016년에 ‘조우’ 등 3 품종을 4월 20일에 파종하여 5월 25일에 기계이앙하였다. 이앙은 각 품종별로 548 m² 면적에 90주/3.3 m², 3~5본 밀식하였다. 시비는 사료용 벼 표준인 보통기 다비재배로 N-P₂O₅-K₂O : 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(Table 1). 사료용 벼 최적

Table 1. High fertilizer and density-ordinary season planting cultivation methods of whole-crop silage rice cultivars in paddy fields (Suwon, Korea 2016~2017).

WCS rice Cultivar	Yrs.	Seeding date (mm.dd)	Machine Transplanting date (mm.dd)	Harvest date (mm.dd)	hills/m ²	Area (m ²)	Fertilizer level N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)
Jowoo	2016	4.20	5.25	9. 5	27.27	548	18-9-11
	2017	4.20	5.25	9. 7	27.27	548	18-9-11
Yeongwoo	2016	4.20	5.25	9.13	27.27	548	18-9-11
	2017	4.20	5.25	9.18	27.27	548	18-9-11
Mogwoo	2016	4.20	5.25	10. 7	27.27	548	18-9-11
	2017	4.20	5.25	10. 8	27.27	548	18-9-11

Table 2. Major agronomic traits of whole-crop silage rice cultivars when optimally cultivated in the central plains (Suwon, Korea 2016~2017).

WCS rice Cultivar	Yrs.	Heading date (mm.dd)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles/hill
Jowoo	2016	8. 5	83.7	21.7	9
	2017	8. 7	84.6	22.0	9
	mean	8. 6	84.2 ^b	21.9 ^a	9 ^a
Yeongwoo	2016	8.13	84.2	28.1	9
	2017	8.18	90.6	27.8	15
	mean	8.16	87.4 ^c	28.0 ^c	12 ^b
Mogwoo	2016	9. 6	78.1	27.0	10
	2017	9. 8	71.5	23.6	13
	mean	9. 7	74.8 ^a	25.3 ^b	12 ^b

*The same letter (a-c) in a column for each cultivar is not significant at $p < 0.01$ using Duncan's multiple range test.

수확 시기인 출수 후 30일에 맞추어 수확한 후 동계사료작물 파종을 위한 포장을 조성하였다. 각 포장은 548 m²을 3등분 한 후 각 포장별로 ‘곡우’, ‘그린팜’, ‘조성’을 9월 23일 1차, 10월 11일 2차, 10월 31일에 3차로 시기를 나누어 휴립광산파하였다. 파종량은 ‘곡우’는 15 (g/m²), ‘그린팜’은 5 (g/m²), ‘조성’은 18 (g/m²)으로 하였고 복토 후 방조망을 설치하였다. ‘그린팜’의 경우 복토 후 진압하였다. 시비는 ‘그린팜’은 N-P₂O₅-K₂O : 140-150-150 (kg/ha), ‘곡우’와 ‘조성’은 N-P₂O₅-K₂O : 118-74-39 (kg/ha)로 하였고 ‘그린팜’은 기비로 질소-인산-칼리를 30-50-50%로 주고 이듬해 봄에 질소-인산-칼리를 70-50-50 %로 시용하였다. ‘곡우’와 ‘조성’은 기비-추비를 각 5:5, 인산과 칼리는 전량 기비로 시용하였다(Table 4). 2017년 상반기에 사료용 벼 최적 파종 및 이앙시기에 맞추어 동계사료작물 ‘곡우’는 1차, 2차 모두 4월 19일에, 3차는 4월 21일에, ‘그린팜’은 1차 5월 2일, 2차 5월 4일, 3차 5월11일에, 조성은 1, 2, 3차 모두 5월 13일에 수확 한 후 2016년과 동일한 재배양식인 중부 지역 보통기 다비재배로 사료용 벼를 재배하였다(Table 2).

동계사료작물 최적 파종시기 중심

2017년에 다비밀식 재배한 사료용 벼를 최적수확시기인 출수 후 30일인 9월 7일(조우), 9월 18일(영우), 10월 8일(목우)에 수확한 후 중부지역 동계사료작물 최적파종시기에 파종하였다. 동계사료작물 각각 548 m²에 ‘그린팜’은 2.8 kg을 9월 26일에, ‘곡우’는 8.2 kg을 10월 16일에 ‘조성’은 12.1 kg을 10월 16일에 휴립광산파하였다. 이탈리아인 라이그라스인 ‘그린팜’은 파종 후 진압하였다. 시비는 사료용 벼 보통기 재배양식 중심 재배와 동일하게 하였다. 이듬

해 동계사료작물 최적수확시기에 맞추어 ‘그린팜’은 출수 기~개화기 사이인 5월 4일에 ‘곡우’는 출수 후 7일인 4월 27일에 ‘조성’은 출수 후 30일인 5월 26일에 수확하였다 (Table 8). 사료용 벼는 동계사료작물 수확 예상시기에 이앙 가능하도록 3 시기(4월 10일, 4월 19일, 5월 11일)로 나누어 미리 파종을 한 후 동계사료작물 ‘곡우’ 수확 후 5월 10일에 1차로, ‘그린팜’ 수확 후 5월 25일에 2차로, ‘조성’ 수확 후 6월 12일에 3차로 90주/3.3 m², 3~5본, 각 포장 당 품종별 183 m²에 기계이앙하였다. 시비는 사료용 벼 보통기 재배양식과 동일하게 적용하였고 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준재배법에 준하였다(Table 11). 10월 11일까지 사료용 벼를 모두 수확하고 ‘그린팜’은 9월 28일에, ‘곡우’와 ‘조성’은 10월 19일에 2017년과 동일하게 파종하고 시비하였다. 이듬해에 동계사료작물 최적수확시기에 맞추어 ‘곡우’는 4월 29일에, ‘그린팜’은 5월 7일에, ‘조성’은 6월 3일에 수확하였다.

사료용 벼 및 동계사료작물 생산성 및 생육조사

사료용 벼

수량 산정을 위해 4년(2016~2019)간 품종별로 출수 후 30일에 식물체 지상부를 100주씩 3반복으로 수확하였다. 건물수량 산정을 위해서 품종별로 3주 3반복 수확도 하였다. 수확한 100주와 3주는 바로 생체중을 측정한 후 3주는 순환식 건조기에 넣어 80°C에서 72시간 건조하였다. 건조된 시료는 건물중을 측정한 후 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

Table 3. Average water content and average fresh and dry matter yield performance and the ratio of dry matter of whole-crop silage rice cultivars when optimally cultivated in the central plains (Suwon, Korea 2016~2017).

WCS rice Cultivar	Yrs.	RDM ^{z)} (%)	WC ^{y)} (%)	FMY ^{x)} (t/ha)	DMY ^{w)} (t/ha)
Jowoo	2016	42.8	57.2	36.0	15.4
	2017	28.4	71.6	56.8	16.1
	mean	35.6 ^{ns}	64.4 ^{ns}	46.4 ^a	15.8 ^a
Yeongwoo	2016	41.0	59.0	55.9	22.6
	2017	31.4	68.6	61.9	19.4
	mean	36.2 ^{ns}	63.8 ^{ns}	58.9 ^b	21.0 ^b
Mogwoo	2016	35.8	64.2	54.9	19.7
	2017	33.8	66.2	55.7	18.7
	mean	34.8 ^{ns}	65.2 ^{ns}	55.3 ^{ab}	19.2 ^b

^{z)}RDM: Ratio of dry matter, ^{y)}WC: Water content, ^{x)}FMY: Fresh matter yield, ^{w)}DMY: Dry matter yield

*The same letter (a-b) in a column for each cultivar is not significant at $p < 0.01$ (DMY), $p < 0.05$ (FMY) using Duncan's multiple range test. ns: not significant.

수분함량은 $100 - [(\text{건물중(kg)} \times 100) / \text{생체중(kg)}]$ (%)을 이용하여 구하였다. 각 품종별 생육은 간장, 수장, 수수, 초장을 수확 시 마다 10주씩 측정하여 평균하였다.

동계사료작물

동계사료작물의 최적수확시기에 맞추어 이탈리아라이그라스인 '그린팜'은 출수기~개화기 사이, 호밀인 '곡우'는 출수 후 7일에, 트리티케일인 '조성'은 출수 후 30일에 수확하였다. 사료용 벼 보통기 재배 중심 재배양식에서는 '조성'의 경우 사료용 벼 최적시기 이양을 위해 출수 후 20일에 10일 먼저 수확하였다. 각 사료작물 별로 수량구는 3 m × 3 m, 3반복으로 건물수량 환산용으로는 60 cm × 60 cm, 3반복으로 수확하였다. 각 품종의 생체중과 건물중, 수분함량은 사료용 벼와 동일한 방식으로 구하였다. 초장은 수확 시 10주씩 3반복 측정하여 평균하였다.

통계 분석

시험 성적은 R (Ver 3.6.1, 2019, The R Foundation for statistical computing Platform) 통계 분석 프로그램을 이용하여 분산분석을 실시하였고 처리 평균 간 비교는 Duncan's multiple range test (DMRT)를 이용하였다.

결과 및 고찰

사료용 벼 보통기 재배양식 중심

사료용 벼 및 동계사료작물 생육특성

중부평야지에서 사료용 벼 표준재배 양식인 보통기 다비

재배 시(Table 1) 생태형 별 사료용 벼 3품종의 주요 농업적 특성을 2년간(2016~17) 조사하였다(Table 2). 조생종인 '조우'는 평균 8월 6일, 중만생종 '영우'는 8월 16일, 만생종 '목우'는 9월 7일에 출수하였다. 중부지방에서 동계사료작물 최적 파종시기는 IRG는 9월 25일경(NIAS, 2017), 호밀과 트리티케일은 10월 15일 경으로 알려져 있다. 따라서 이러한 출수기는 중부평야지에서 사료용 벼 수확 후 발작물 파종을 위한 논 정지작업 등을 고려하더라도 동계사료작물을 파종하는 데 물리적 시간상으로 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 간장은 만생종인 '목우'가 평균 74.8 cm로 가장 짧았고 '영우'가 87.4 cm로 가장 길었다($p < 0.01$). 수장은 조생종 '조우'가 평균 21.9 cm로 가장 짧았고 간장과 마찬가지로 '영우'가 가장 길었다($p < 0.001$). 주당수수는 '영우'와 '목우'는 12개로 유의적인 차이가 없었고 '조우'가 9개로 가장 적었다($p < 0.01$).

생태형 별 사료용 벼 최적 수확시기인 출수 후 30일 경(Ahn *et al.*, 2018)인 9월 5일(조우), 9월 13일(영우), 10월 7일(목우)에 사료용 벼를 수확한 후 동계사료작물 IRG '그린팜', 호밀 '곡우', 트리티케일 '조성'을 파종·재배한 파종시기 및 초종별 생육특성은 Table 5와 같다. 9월 23일 파종 시 '곡우'는 이듬 해 4월 12일에 출수하여 가장 빨랐고 '그린팜'이 가장 늦은 5월 2일에 출수하였고 10월 11일 파종 시에도 같은 경향을 보였다. 10월 31일 파종 시 '그린팜'은 역시 5월 11일에 출수하여 가장 늦었고 '곡우'가 4월 14일로 가장 빨랐다. 파종시기가 늦어질수록 출수는 전 초종에서 늦어지는 경향이었으나 그 변이 폭은 '곡우'가 2일 정도로 가장 적었다. 조성은 파종시기에 따라 4월 19일~4월 23

Table 4. Broadcast sowing planting cultivation method of Italian ryegrass and winter feed crops in a dry field (Suwon, Korea 2016~2017).

No. of times	WCS rice harvest date (mm.dd)	Broadcast sowing date (mm.dd)	winter feed cultivars	Quantity of sowed seeds (g/m ²)	Area (m ²)	Fertilizer level N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/ha)
1st	9. 5	9.23	Greenfarm	5	182.6	140-150-150
			Joseong	18	182.6	118-74-39
			Gogu	15	182.6	118-74-39
2nd	9.13	10.11	Greenfarm	5	182.6	140-150-150
			Joseong	18	182.6	118-74-39
			Gogu	15	182.6	118-74-39
3rd	10. 7	10.31	Greenfarm	5	182.6	140-150-150
			Joseong	18	182.6	118-74-39
			Gogu	15	182.6	118-74-39

Table 5. Heading date, plant height, and stalk number of Italian ryegrass and winter feed crops when WCS rice was optimally cultivated in the central plains (Suwon, Korea 2016~2017, winter season).

Seeding date (mm.dd)	Heading date (mm.dd)			Plant height (cm)			Stalk No./m ²		
	GF ²⁾	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU
9.23	5. 2	4.19	4.12	84.0 ^a	115.6 ^c	110.0 ^b	1157 ^{ns}	1533 ^{ns}	1353 ^{ns}
10.11	5. 4	4.21	4.12	92.7 ^a	126.2 ^b	120.5 ^b	4819 ^b	1415 ^a	1294 ^a
10.31	5.11	4.23	4.14	86.6 ^a	123.6 ^c	96.2 ^b	2878 ^{bc}	1281 ^a	1722 ^{ac}

²⁾GF: Greenfarm (Italian ryegrass), JS: Joseong (Triticale), GU: Gogu (rye)

*The same letter (a-c) in a column for each cultivar is not significant at p<0.001 except for p<0.01 (9.23) for plant height, p<0.05 for stalk No. using Duncan's multiple range test.

일 사이에 출수하였다. 초장은 트리티케일 ‘조성’이 파종시기와 관계없이 가장 컸고 IRG ‘그린팜’이 가장 작았다. 10월 11일 파종 시에는 ‘곡우’와 ‘조성’의 초장은 유의적인 차이가 없었다(p<0.01). 초장은 10월 11일 까지는 더 커지는 경향이나 그 이후에는 시험에 사용한 초종 모두 작아지는 경향이었다. 이는 Kwon & Kim (1994)이 호밀의 파종시기가 10월 15일 이후에는 초장이 작아진다는 보고와 비슷하였다. m²당 경수는 9월 23일 파종 시 3초종 모두 통계적으로 유의한 차이가 나지 않았으나 10월 11일 파종 시에는 ‘그린팜’이 평균 4,819개/m²로 가장 많았다(p<0.01).

사료용 벼 및 동계사료작물 생산성

보통기 다비밀식 재배(Table 1)로 중부평야지에서 사료용 벼 최적 파종 및 이앙시기에 맞춰 2년 간 사료용 벼 3품종의 건물수량, 건물비율, 수분함량 등을 측정하여 본 결과(Table 3) 건물수량의 경우 조생종 ‘조우’가 평균 15.8톤/ha로 가장 적었고(p<0.01) 중만생종 ‘영우’가 21.0톤/ha이었고 19.2톤/ha인 ‘목우’와 통계적으로 차이가 없었다. 생체수

량의 경우 ‘영우’가 58.9톤/ha로 가장 많았고 ‘조우’가 46.4톤/ha로 가장 적었으며 ‘목우’는 55.3톤/ha로 ‘영우’와는 통계적으로 유의하였으나(p<0.05) ‘조우’와는 생체수량에 차이가 없었다. 생체수량은 생육시기, 기상 및 토양환경 등의 차이에 의해서 보통 통계적으로 유의성이 일정하지 않은 데 이번 실험에서는 수확 시 수분함량이 64.4% (조우), 63.8% (영우), 65.2% (목우)로 유의성이 없어 품종 간 건물수량에서 유의성을 나타낸 것으로 보인다. 양질의 사일리지 조제를 위한 적정 수분함량은 65%내외로 알려져 있다(Song *et al.*, 2009, 2010). 이는 사일리지에 수분이 많으면 이상발효, 과발효, 이차발효 등이 일어나 사일리지 품질이 낮아질 뿐만 아니라 가축기호성이 감소하여 섭취량이 줄어들게 된다. 본 시험에 사용한 3품종의 수분함량은 65% 내외로 출수 후 30일에 수확 시 사일리지 조제에 큰 문제는 없을 것으로 판단된다. 그러나 헤일리지 제조 시에는 출수 후 30일에 수확 시 반드시 예건이 필요할 것으로 판단된다.

사료용 벼 최적 재배양식에 맞추어 동계사료작물 수량성을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 동계사료작물 최적 수확

Table 6. Average fresh and dry matter yield and water content of Italian ryegrass and winter feed crops when WCS rice was optimally cultivated in the central plains (Suwon, Korea 2016~2017, winter season).

Seeding date (mm.dd)	Harvest date (mm.dd)			Fresh matter yield (t/ha)			Ratio of dry matter (%)			Dry matter yield (t/ha)			Water content (%)		
	GF ²⁾	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU
9.23	5. 2	5.13	4.19	16.6 ^a	44.5 ^c	26.6 ^b	19.0 ^a	28.4 ^b	16.8 ^a	3.2 ^a	12.6 ^b	4.5 ^a	81.0 ^a	71.6 ^b	83.2 ^a
10.11	5. 4	5.13	4.19	66.4 ^b	57.3 ^b	32.7 ^a	15.9 ^a	26.8 ^b	14.5 ^a	10.5 ^b	16.6 ^c	4.7 ^a	84.1 ^a	73.2 ^b	85.5 ^a
10.31	5.11	5.13	4.21	43.2 ^{ns}	45.0 ^{ns}	46.8 ^{ns}	18.2 ^a	26.3 ^b	15.8 ^a	7.9 ^a	11.8 ^b	7.4 ^a	82.8 ^a	73.7 ^b	84.2 ^a

²⁾GF: Greenfarm (Italian ryegrass), JS: Joseong (Triticale), GU: Gogu (rye)

*The same letter (a-c) in a column for each cultivar is not significant at p<0.001, p<0.01 (9.23) for RDM and WC, p<0.05 (10.11) for fresh matter yield and p<0.05 (10.31) dry matter yield using Duncan’s multiple range test.

Table 7. Total dry matter yield(t/ha) in double cropping when WCS rice was optimally cultivated linked with Italian ryegrass and winter forage crops in the central plains (Suwon, Korea 2016~2017).

Cultivar	Greenfarm			Gogu			Joseong			
	Seeding	9.23	10.11	10.31	9.23	10.11	10.31	9.23	10.11	10.31
Jowoo	19.0	26.3	23.7	20.3	20.5	23.2	28.4	32.4	27.6	
Yeongwoo	24.2	31.5	28.9	25.5	25.7	28.4	33.6	37.6	32.8	
Mogwoo	22.4	29.7	27.1	23.7	23.9	26.6	31.8	35.8	31.0	

* LSD(0.05): 1.8657

■ Shaded gray box () indicates WCS rice and winter feed grass, and crops could not be practically combined because of overlapping harvest and transplanting time.

시기에 맞추어 ‘그린팜’은 9월 23일 파종구는 이듬해 5월 2일에 10월 11일 파종구는 5월 4일, 10월 31일 파종구는 5월 11일에 수확하였고 ‘곡우’의 경우는 4월 19일, 4월 21일에 수확하였으며, ‘조성’은 사료용 벼 최적 이앙시기에 맞추어 논 정지작업 등의 필요로 인해 원래 최적수확시기인 5월 23일에 수확하여야 하나 파종시기에 상관없이 5월 13일에 수확하였다. 이는 트리티케일 ‘조성’은 최적 수확시기인 출수 후 30일에 수확할 경우 사료용 벼와 이모작이 어려울 것으로 판단된다. 건물비율은 파종시기와 상관없이 시험에 사용한 두 초종과 비교하여 트리티케일 ‘조성’이 가장 높았고 9월 23일 파종 시 28.4%로 가장 높았다. 건물수량은 9월 23일 파종 시 ‘그린팜’(3.2톤/ha)과 ‘곡우’(4.5톤/ha)는 유의적으로 차이가 나지 않았고 ‘조성’은 12.6톤/ha로 가장 높았으며(p<0.001) 10월 11일 파종 시에는 ‘조성’(16.6톤/ha)>‘그린팜’(10.5)>‘곡우’(4.7)순으로 유의적으로 차이가 있었고(p<0.001) 10월 31일 파종한 경우 ‘조성’이 11.8톤/ha로 다른 두 초종보다 유의적으로 높았다(p<0.05). 호밀 ‘곡우’를 제외하고는 10월 11일 파종 시 건물수량이 가장 높았다. 생체수량의 경우 10월 11일 파종 시에 ‘그린팜’이 66.4톤/ha로 가장 높았으나 ‘조성’(57.3)과 통계적으로 유의하지 않았다(p<0.05). 파종시기에 따라 동계사료작물

의 건물수량이 가장 높을 때는 10월 11일 파종한 트리티케일 ‘조성’(16.6톤/ha)이었고 가장 낮은 경우는 9월 23일 파종한 IRG ‘그린팜’이었다. 수분함량은 파종시기 및 초종에 따라 71.6%~85.5%의 범위에 있었고(p<0.001, p<0.01) 최적 수확시기에 수확하였을 시 사료용 벼 보다 대략 5~15% 정도 높게 나타났으며 그 중 트리티케일이 70%대로 가장 낮게 나타났고 호밀과 IRG는 비슷하였다. 이는 양질사일리지 및 헤일리지(수분40~50%) 조제 시 반드시 예건이 필요할 것으로 판단된다. 이러한 결과는 IRG 곤포 조제 시 사일리지로 이용하기 위해서는 수확당시 75%이상의 수분함량을 한나절 또는 1~2일간의 예건을 하여 적정 수분함량으로 맞추어 주어야 한다(NIAS, 2017)는 결과와 일치하였다.

동계사료작물 최적 파종시기 중심

동계사료작물 및 사료용 벼 생육특성

2017년에 재배한 사료용 벼를 최적 수확시기인 출수 후 30일인 9월 7일(조우), 9월 18일(영우), 10월 8일(목우)에 수확한 후 중부지역 동계사료작물 최적 파종시기에 파종하였다. 동계사료작물 최적 파종시기에 맞추어 파종할 시 ‘목우’와 IRG인 ‘그린팜’은 수확과 파종시기를 고려할 때 이모작은 부적합 것으로 판단되었다. 최적 파종시기에 파종

Table 8. Broadcast sowing planting cultivation method optimal to Italian ryegrass and winter feed crops in the central plains (Suwon, Korea 2017~2018, winter season).

Winter feed Cultivar	Yrs.	Broadcast seeding date (mm.dd)	Quantity of sowed seeds (g/m ²)	Harvest date (mm.dd)	Area (m ²)	Fertilizer level N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/ha)
Greenfarm	2017	9.26	2.8	5. 4	548	140-150-150
	2018	9.28	2.8	5. 7	548	140-150-150
Gogu	2017	10.16	8.2	4.27	548	118-74-39
	2018	10.19	8.2	4.29	548	118-74-39
Joseong	2017	10.16	12.1	5.26	548	118-74-39
	2018	10.19	12.1	6. 3	548	118-74-39

Table 9. Heading date, plant height, and stalk number of Italian ryegrass and winter feed crops when WCS rice was optimally cultivated in the central plains (Suwon, Korea 2017~2018, winter season).

Yrs.	Heading date (mm.dd)			Plant height (cm)			Stalk No./m ²		
	GF ²⁾	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU
2017	5.3	4.26	4.17	78.1	145.1	118.8	3026	1096	1259
2018	5.7	5.2	4.20	98.7	133.9	128.9	2903	1103	1515
mean	5.5	4.29	4.19	88.4 ^a	139.5 ^c	123.9 ^b	2965 ^c	1100 ^a	1387 ^b

²⁾GF: Greenfarm (Italian ryegrass), JS: Joseong (Triticale), GU: Gogu (rye)

*The same letter (a-c) in a column for each cultivar is not significant at p<0.001 for plant height, p<0.05 for stalk number using Duncan's multiple range test.

은 강우 등 기상조건 등으로 인해 ‘그린팜’은 2017년에는 9월 26일에 2018년에는 9월 28일에, ‘곡우’와 ‘조성’은 2017년 10월 16일 2018년 10월 19일에 파종하여 최적 파종시기에 거의 벗어나지 않게 파종하였고(Table 8) 이듬해 ‘그린팜’은 최적수확시기인 출수~개화기 5월 6일에 ‘곡우’는 출수 후 10일 경인 4월 28일에, ‘조성’은 출수 후 30일 경인 5월 30일에 하였다(Table 9). 그 결과(Table 9) ‘곡우’가 평균 4월 19일에 가장 빨리 출수하였고 ‘조성’은 4월 29일 ‘그린팜’은 5월 5일에 가장 늦게 출수하였다. 초장은 ‘조성’이 139.5 cm로 가장 컸고 ‘그린팜’이 88.4 cm로 가장 작았다(p<0.001). 평균 경수는 ‘그린팜’(2,965/m²)>‘곡우’(1,387)>‘조성’(1,100)순으로 유의적으로 많았다(p<0.05).

동계사료작물 최적 수확시기에 수확 한 후 사료용 벼를 시기별로 5월 10일, 5월 25일, 6월 12일에 생태형 별로 이앙-재배 후(Table 11) 조사한 생육특성은 Table 12와 같다. 5월 10일 이앙 시 조생종 ‘조우’는 8월 4일에 가장 빨리 출수했고 ‘영우’ 8월 10일, ‘목우’ 9월 10일에 가장 늦게 출수했으며 평균 간장은 ‘조우’(83.5 cm)가 가장 짧았고 ‘영우’와 ‘목우’는 차이가 없었다(p<0.01). 평균 수장은 ‘목우’가 28.8 cm로 가장 길었고 다른 두 품종과 유의적으로 차이가 있었으며(p<0.01) 주당수수는 ‘목우’가 12개로 가장 적었으

며 다른 두 품종(14개)과 비교하여 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 5월 25일 이앙 시 ‘목우’를 제외하고 두 품종은 5월 10일 이앙 시 보다 출수기가 1~2일 늦어졌고 평균 간장은 ‘조우’가 ‘영우’와 유의적인 차이 없이 가장 길었고 ‘목우’(81.9 cm)가 가장 짧았다(p<0.001). 수장은 29.2 cm로 ‘영우’가 ‘목우’와 유의적인 차이 없이(p<0.001) 가장 길었고 ‘조우’가 가장 짧았으며 주당 수수는 10~12개였는데 유의적인 차이가 없었다(p<0.001). 6월 12일 이앙 시 출수기는 세 품종 모두 10일 이상 늦어졌고 만생종 ‘목우’가 9월 18일로 가장 늦었다. 평균 간장 및 수장은 ‘조우’가 84.1 cm, 23.9 cm로 가장 짧았고 시험에 사용한 두 품종과 유의적으로 차이가 있었다(p<0.05). 주당수수는 세 품종 모두 13개였으나 통계적으로 의미가 없었다. 이앙시기가 늦어질수록 조생종 ‘조우’는 수장이 길어지고 주당수수도 적어지는 경향이었고 중만생종 ‘영우’의 경우 간장이 짧아지고 주당수수가 적어지는 경향이었고 만생종 ‘목우’는 간장과 수장이 짧아지는 경향을 보였다.

동계사료작물 및 사료용 벼 생산성

동계사료작물 최적 수확시기에 수확한 초종 별 생체수량, 건물비율, 건물수량 및 수분함량을 조사한 결과(Table 10)

Table 10. Average fresh and dry matter yield and water content of Italian ryegrass and winter feed crops when optimally cultivated in the central plains (Suwon, Korea 2016~2018, winter season).

Yrs.	Harvest date (mm.dd)			Fresh matter yield (t/ha)			Ratio of dry matter (%)			Dry matter yield (t/ha)			Water content (%)		
	GF ²⁾	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU	GF	JS	GU
2017	5.4	5.26	4.27	65.7	50.3	58.7	15.7	32.9	16.4	10.4	16.6	9.7	84.3	67.1	83.6
2018	5.7	6.3	4.29	58.7	48.7	44.7	19.2	40.8	21.2	11.3	19.9	9.5	80.8	59.2	78.8
mean	5.6	5.30	4.28	62.2 ^b	49.5 ^a	51.7 ^{ab}	17.5 ^a	36.9 ^b	18.8 ^a	10.9 ^a	18.3 ^b	9.6 ^a	82.6 ^a	63.2 ^b	81.2 ^a

²⁾GF: Greenfarm (Italian ryegrass), JS: Joseong (Triticale), GU: Gogu (rye)

*The same letter (a-b) in a column for each cultivar is not significant at $p < 0.001$, except for $p < 0.05$ for fresh matter yield using Duncan's multiple range test.

Table 11. High fertilizer and density-ordinary season planting cultivation method of whole-crop silage rice cultivars in the paddy field (Suwon, Korea 2018).

No. of times	WCS rice Cultivar	Seeding date (mm.dd)	Machine Transplanting date (mm.dd)	Harvest date (mm.dd)	hills/m ²	Area (m ²)	Fertilizer level N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/10a)
1st	Jowoo	4.10	5.10	9. 3	27.27	183	18-9-11
	Yeongwoo	4.10	5.10	9.10	27.27	183	18-9-11
	Mogwoo	4.10	5.10	9.20	27.27	183	18-9-11
2nd	Jowoo	4.19	5.25	9. 5	27.27	183	18-9-11
	Yeongwoo	4.19	5.25	9.10	27.27	183	18-9-11
	Mogwoo	4.19	5.25	10. 1	27.27	183	18-9-11
3rd	Jowoo	5.11	6.12	9.20	27.27	183	18-9-11
	Yeongwoo	5.11	6.12	10. 5	27.27	183	18-9-11
	Mogwoo	5.11	6.12	10.11	27.27	183	18-9-11

Table 12. Major agronomic traits of whole-crop silage rice cultivars cultivated optimally to winter feed cultivars in the central plains (Suwon, Korea 2018).

No. of times	WCS rice Cultivar	Heading date (mm.dd)	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of panicles/hill
1st	Jowoo	8. 4	83.5 ^b	21.5 ^a	14 ^b
	Yeongwoo	8.10	89.2 ^a	25.9 ^b	14 ^b
	Mogwoo	9. 1	89.2 ^a	28.8 ^c	12 ^a
2nd	Jowoo	8. 6	90.7 ^a	22.9 ^a	12 ^{ns}
	Yeongwoo	8.11	88.4 ^a	29.2 ^b	12 ^{ns}
	Mogwoo	9. 3	81.9 ^b	28.0 ^b	10 ^{ns}
3rd	Jowoo	8.20	84.1 ^b	23.9 ^a	13 ^{ns}
	Yeongwoo	9. 7	79.7 ^a	26.7 ^b	13 ^{ns}
	Mogwoo	9.18	79.8 ^a	26.2 ^b	13 ^{ns}

*The same letter (a-c) in a 1st, 2nd, and 3rd column for each cultivar is not significant at $p < 0.001$ for 2nd culm and panicle length, $p < 0.01$ for 1st culm and panicle length, $p < 0.05$ for 1st No. of panicle, 3rd culm and panicle length using Duncan's multiple range test

Table 13. Average water content, average fresh and dry matter yield performance, and the ratio of dry matter of whole-crop silage rice cultivars cultivated optimally to winter feed cultivars in the central plains (Suwon, Korea 2018).

No. of times	WCS rice Cultivar	RDM ²⁾ (%)	WC ³⁾ (%)	FMY ^{x)} (t/ha)	DMY ^{w)} (t/ha)
1st	Jowoo	35.2 ^b	64.8 ^b	45.3 ^a	15.9 ^a
	Yeongwoo	30.2 ^a	69.8 ^a	70.8 ^b	21.4 ^b
	Mogwoo	31.9 ^{ab}	68.1 ^{ab}	72.4 ^b	23.0 ^b
2nd	Jowoo	32.8 ^a	67.2 ^a	56.7 ^a	18.6 ^a
	Yeongwoo	29.4 ^a	70.6 ^a	70.3 ^b	20.7 ^{ab}
	Mogwoo	38.0 ^b	62.0 ^b	63.6 ^{ab}	24.2 ^b
3rd	Jowoo	37.6 ^b	62.4 ^b	47.9 ^a	18.0 ^a
	Yeongwoo	36.9 ^b	63.1 ^b	57.8 ^{ab}	21.3 ^b
	Mogwoo	31.1 ^a	68.9 ^a	59.4 ^b	18.5 ^a

²⁾RDM: Ratio of dry matter, ³⁾WC: Water content, ^{x)}FMY: Fresh matter yield, ^{w)}DMY: Dry matter yield

*The same letter (a-b) in a 1st, 2nd, and 3rd column for each cultivar is not significant at p<0.001 for 3rd RDM and WC, p<0.01 for 1st FMY, p<0.05 for others using Duncan's multiple range test

2017~18 2년간 생체수량 평균은 ‘그린팜’이 62.2톤/ha로 가장 많았고 ‘조성’이 49.5톤/ha로 가장 적었으며 두 초종은 통계적으로 유의하였으나(p<0.05) ‘곡우’(51.7)와 비교하였을 때는 유의적인 차이가 없었다(p<0.05). 평균 건물수량은 트리티케일 ‘조성’이 ‘그린팜’(10.9톤/ha)과 ‘곡우’(9.6)와 비교하여 유의적으로 차이를 보이는 18.3톤/ha로 가장 높았다. 이는 생체수량과 비교하여 차이를 보이는데 수분함량이 두 초종과 비교하여 유의적으로(p<0.001) 가장 낮은 63.2%이고 건물비율도 다른 두 초종에 비해 36.9%로 유의적으로(p<0.001) 높은 것에서 기인한 것으로 판단된다. 또한 이는 Park *et al.* (2008)이 제주지역에서 생산성 평가 시 최고 수량을 나타낸 이탈리아라이그라스(2회 수확, 17톤/ha)보다 중부평야지임에도 불구하고 트리티케일 ‘조성’이 훨씬 높은 생산성을 나타내었음을 보여준다.

동계사료작물 최적 재배양식에 맞추어 이앙시기 별 사료용 벼 건물비율, 수분함량, 생체수량 및 건물수량을 조사한 결과는 Table 13에 나타내었다. 5월 10일 이앙 시 생체수량은 ‘목우’가 70.8톤/ha로 가장 많았으나 ‘영우’와 유의적인 차이는 없었고(p<0.01) ‘조우’가 가장 적은 45.3톤/ha로 다른 두 품종과 비교하여 통계적으로 의미가 있었으며(p<0.01) 건물비율은 ‘조우’가 가장 높았고 수분함량은 68.1%로 ‘목우’가 가장 높았으나 다른 두 품종과 비교하여 통계적 유의성은 없었다(p<0.05). 건물수량은 ‘목우’가 23.0톤/ha로 가장 높았으나 ‘영우’(21.4)와는 유의적인 차이가 없었고(p<0.05) ‘조우’(15.9)와는 차이가 있었다(p<0.05). 5월 25일 이앙 시 생체수량은 ‘영우’(70.3톤/ha)가 가장 많았고 ‘조우’(56.7)가

유의적으로(p<0.05) 가장 적었으며 건물비율은 ‘목우’(38.0%)가 다른 두 품종에 비해 유의적으로 높았고(p<0.05) 수분함량(62.0%)은 유의적으로(p<0.05) 낮았다. 건물비율도 5월 10일 이앙 시와 마찬가지로 ‘목우’가 24.2톤/ha로 가장 높았으나 ‘영우’(20.7)와는 차이가 없었고(p<0.05) ‘조우’(18.6)와 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 6월 11일 이앙 시 생체수량은 ‘목우’(59.4톤/ha)가 가장 많았고 ‘조우’가 가장 적었으며(p<0.05) 건물비율은 ‘조우’(37.6%)가 ‘영우’와 마찬가지로 높았으며(p<0.001) 수분함량은 ‘목우’(68.9%)가 가장 높았다(p<0.001). 건물수량은 ‘영우’가 21.3톤/ha로 다른 두 품종에 비해 유의적으로 높았다(p<0.05).

사료용 벼-동계사료작물 이모작 시 총 건물수량성 및 최대 생산 작목 조합 설정

사료용 벼-동계사료작물, 동계사료작물-사료용 벼 이모작 시 양질 조사료의 최대 수량성 작목 조합을 알아보기 위해 사료용 벼 최적재배 중심으로 재배하였을 때와 동계사료작물 최적 재배 중심으로 재배하였을 때로 나누어 시험하여 연중 생산 시 총수량을 산정하여 보았다(Tables 7, 14).

사료용 벼 보통기 재배양식 중심

중부평야지에서 사료용 벼 최적 이앙 및 수확시기에 맞추어(Table 1) 동계사료작물인 IRG, 호밀, 트리티케일을 연속하여 재배하였을 때 품종 및 초종, 파종 및 이앙시기 별로 총 건물수량은 19.0~37.6 (톤/ha) 범위에 있었다. 가장 낮은 수량은 사료용 벼 조생종 ‘조우’를 5월 25일에 이앙하

Table 14. Total dry matter yield (t/ha) in double cropping when Italian ryegrass and winter forage crops were optimally cultivated and linked with WCS rice in the central plains (Suwon, Korea 2017~2018).

Cultivar	Jw ²⁾	Yw	Mw	Jw	Yw	Mw	Jw	Yw	Mw
Transplanting		5.10			5.25			6.12	
Greenfarm	26.8	32.3	33.9	29.5	31.6	35.1	28.9	32.2	29.4
Gogu	25.5	31.0	32.6	28.2	30.3	33.8	27.6	30.9	28.1
Joseong	34.2	39.7	41.3	36.9	39.0	42.5	36.3	39.6	36.8

*LSD(0.05): 1.9048

■ Shaded gray box () indicates winter feed grass and crops, and WCS rice could not be practically combined because of overlapping transplanting and harvest time. ²⁾Jw: Jowoo, Yw: Yeongwoo, Mw: Mogwoo

여 출수 후 30일 쯤인 9월 초순에 수확하고 극조생종 IRG인 ‘그린팜’을 9월 23경인 9월 하순에 파종하여 이듬해 5월 2일에 수확하였을 때 19.0 (톤/ha)의 건물을 확보할 수 있다. 가장 많은 수량은 사료용 벼 ‘영우’를 5월 25일에 이양하고 출수 후 30일 경인 9월 중순에 수확하고 트리티케일 ‘조성’을 10월 11일 경인 10월 중순에 이양하였을 때 37.6톤(톤/ha)의 건물을 확보하는 것이 가능하다(Table 7). 그러나 이 때는 트리티케일 ‘조성’을 사료용 벼 최적 이양시기에 맞추기 위해서 최적수확시기가 아닌 7일 정도 빨리 수확하여야 한다(Table 7, shaded gray box). 이는 수요자에 요구에 따라 결정할 수도 있으나 농작업 등 현실적 어려움이 없이 최대 수량을 확보하려면 ‘조성’을 9월 하순에 파종하여 이듬해 5월 20일 경에 수확하고 사료용 벼 ‘영우’를 이양하면 33.6톤/ha까지 건물을 얻을 수 있다. 사료용 벼와 IRG인 ‘그린팜’ 조합의 경우 파종시기에 따라 19~31.5톤/ha까지 기대할 수 있는데 그 중 사료용 벼 ‘영우’를 5월 25일에 이양하고 ‘그린팜’을 10월 11일 경에 파종하였을 때 가장 높았다. 호밀인 ‘곡우’의 경우 30 (톤/ha) 이상을 기대할 수는 없었고 ‘영우’와 이모작 시 최대 28.4톤/ha까지 가능하다. 트리티케일 ‘조성’은 최소 27.6톤/ha에서 최대 37.6톤/ha까지 사료용 벼 조합 및 파종시기에 따라 가능하다 (Table 7). 따라서 중부평야지에서 사료용 벼 최적 재배양식에 맞추어 동계사료작물을 연계 재배했을 때 기상상황 및 농작업 등을 고려하였을 때 최대 건물 수량을 확보할 수 있는 작목은 사료용 벼 ‘영우’와 트리티케일 ‘조성’ 조합이다. 이 조합은 ‘영우’를 5월 25일에 이양하고 9월 중순에 수확한 후 ‘조성’을 9월 하순에 파종하여 이듬해 5월 20일 경에 수확하는 것이다.

동계사료작물 최적 파종시기 중심

중부평야지에서 동계사료작물 최적 파종 및 수확 시기에 맞추어 연속하여 사료용 벼를 재배하였을 때 연중 얻을 수

있는 총 건물수량은 Table 14에서 보는 바와 같다. 품종 및 초종, 파종 및 이양시기 별로 총 건물수량은 25.5~42.5 (톤/ha) 범위에 있어 사료용 벼 최적 재배 중심으로 재배하였을 때 보다 총 건물수량이 더 높았다. 최소 건물수량은 호밀인 ‘곡우’를 10월 중순 경에 파종하여 이듬해 4월 말경에 수확한 후 사료용 벼를 5월 10일에 조기 이양하였을 때 25.5톤/ha의 건물을 얻을 수 있었다. 최대 건물량은 트리티케일 ‘조성’을 10월 중순에 이양하고 이듬해 5월 말경에 수확하고 사료용 벼 ‘목우’를 이양하였을 때 42.5톤/ha를 나타내었다. 그러나 트리티케일 수확시기보다 사료용 벼 이양시기가 빠르기 때문에 최대수량 조합이기는 하나 현실적으로 어려움이 있을 것으로 판단된다(Table 14, shaded gray box). 그러나 사료용 벼를 6월 초순에 이양하면 품종에 따라 36.6~39.6톤/ha까지 기대할 수 있고 그 중 최대 건물량은 트리티케일 ‘조성’을 10월 중순에 파종하고 사료용 벼 ‘영우’를 6월 12일 경에 이양하면 농작업 등을 고려하여도 충분히 이모작이 가능하며 그 때 39.6 (톤/ha)까지 확보할 수 있다. 동계사료작물 파종 및 수확시기에 맞추어 사료용 벼를 품종별로 5월 10일에 이양하였을 때 ‘그린팜’과 ‘곡우’의 수확시기가 사료용 벼 이양시기보다 빠르긴 하지만 기상상황이나 농작업 등을 고려해 볼 때 현실적으로 ‘그린팜’과 사료용 벼 조합은 어려울 것으로 판단되며 ‘조성’은 5월 30일이 수확시기로 불가능하다(Table 14, shaded gray box). 그래서 5월 10일 조기 이양 시에는 호밀 ‘곡우’와 사료용 벼 조합만이 가능할 것으로 판단되고 그 때 얻을 수 있는 최대 수량은 사료용 벼 ‘목우’와 연계 재배 시 32.6 (톤/ha)이다. 5월 25일 이양 시 동계사료작물 수확 적기로 보아 ‘그린팜’과 ‘곡우’ 조합만이 가능하며 그 때 최대 총 건물수량은 ‘그린팜’과 ‘목우’를 조합했을 때 35.1 (톤/ha)이다. 사료용 벼를 6월 상순에 이양한다면 시험에 사용한 모든 동계사료작물과의 조합이 가능하며 그 경우 ‘곡우’-‘조우’ 조합이 27.6 (톤/ha)로 건물수량이 가장 낮고 ‘조성’-‘영우’ 조합이 39.6

(톤/ha)로 가장 높았다. 이와 같은 결과는 중부평야지에서 동계사료작물 최적 재배양식에 맞추어 사료용 벼를 연계 재배했을 때 기상상황 및 농작업 등을 고려하였을 때 최대 건물 수량을 확보할 수 있는 작목은 동계사료작물인 트리티케일 ‘조성’과 사료용 벼 ‘영우’ 조합임을 알려준다. 이 조합은 동계사료작물인 트리티케일 ‘조성’을 10월 중순 경에 파종하여 이듬해 5월 말경에 수확한 후 사료용 벼 ‘영우’를 6월 상순에 이앙하는 것이다.

최대 생산 동계-하계 이모작 작목 조합

결론적으로 잦은 강우 등 기상상황으로 인한 적기파종 지연이나 정지 등 농작업의 어려움 없이 사료용 벼-동계사료작물, 동계사료작물-사료용 벼 이모작 시 양질 조사료의 최대 수량성을 얻을 수 있는 작목 조합은 동계사료작물 최적 재배 중심, 즉 동계사료작물은 적기에 파종 및 수확하고 사료용 벼 재배를 그 이후에 맞추는 방식, 으로 재배하는 것이고 그러한 재배 시 동계사료작물인 트리티케일 ‘조성’을 10월 중순 경에 파종하여 이듬해 5월 말경에 수확한 후 사료용 벼 ‘영우’를 6월 상순에 이앙하는 조합을 이용하면 39.6 (톤/ha)의 최대 건물수량을 얻을 수 있다.

적 요

중부 평야지에서 사료용 벼-동계사료작물, 동계사료작물-사료용 벼 이모작 시 양질 조사료의 최대 수량성 작목 조합을 알아보기 위해 사료용 벼 최적재배 중심으로 재배하였을 때와 동계사료작물 최적 재배 중심으로 재배하였을 때로 나누어 4년 간 시험한 연구결과는 다음과 같다.

1. 사료용 벼 보통기 재배양식 중심으로 재배하였을 때 사료용 벼의 건물수량은 조생종 ‘조우’가 평균 15.8톤/ha로 가장 적었고 중만생종 ‘영우’가 21.0톤/ha로 가장 많았으나 19.2톤/ha인 ‘목우’와 통계적으로 차이가 없었다(p<0.01). 동계사료작물은 9월 23일 파종 시 ‘그린팜’(3.2톤/ha)과 ‘곡우’(4.5톤/ha)는 유의적으로 차이가 나지 않았고 ‘조성’은 12.6톤/ha로 가장 높았으며(p<0.001) 10월 11일 파종 시에는 ‘조성’(16.6톤/ha)>‘그린팜’(10.5)>‘곡우’(4.7)순으로 유의적으로 차이가 있었고(p<0.001) 10월 31일 파종한 경우 ‘조성’이 11.8톤/ha로 다른 두 초종보다 유의적으로 높았다(p<0.05). 호밀 ‘곡우’를 제외하고는 10월 11일 파종 시 건물수량이 가장 높았다.
2. 동계사료작물 최적 파종시기 중심으로 재배하였을 때 동계사료작물의 평균 건물수량은 트리티케일 ‘조성’이 ‘그

린팜’(10.9톤/ha)과 ‘곡우’(9.6)와 비교하여 유의적으로 차이를 보이는 18.3톤/ha로 가장 높았으며 사료용 벼는 5월 10일 이앙 시 건물수량은 ‘목우’가 23.0톤/ha로 가장 높았으나 ‘영우’(21.4)와는 유의적인 차이가 없었고(p<0.05) ‘조우’(15.9)와는 차이가 있었다(p<0.05). 5월 25일 이앙 시 ‘목우’가 24.2톤/ha로 가장 높았으나 ‘영우’(20.7)와는 차이가 없었고(p<0.05) ‘조우(18.6)’와 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 6월 11일 이앙 시 건물수량은 ‘영우’가 21.3톤/ha로 다른 두 품종에 비해 유의적으로 높았다(p<0.05).

3. 중부평야지에서 사료용 벼-동계사료작물 이모작 시 최대 조사료 생산 작목 조합은 사료용 벼 최적 이앙 및 수확 시기에 맞추어 동계사료작물을 연속하여 재배하였을 때는 사료용 벼 ‘영우’와 트리티케일 ‘조성’ 조합으로 생산성은 33.6톤/ha이었으며 동계사료작물 최적 파종 및 수확 시기에 맞추어 연속하여 사료용 벼를 재배하였을 때는 동계사료작물인 트리티케일 ‘조성’과 사료용 벼 ‘영우’ 조합으로 생산성은 39.6 (톤/ha)이었다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명 : 동계사료작물 연계 이모작 사료용 벼 최적 품종 선정, 세부과제번호 : PJ011779012019)의 지원에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

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. 2018. 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.

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., 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, 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.
- Kwon, C. H. and D. A. Kim. 1992. Studies on the seeding and harvesting dates of early and late maturing varieties of forage rye. II. Yield and nutritive value influenced by seeding and harvesting dates. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 14(4) : 316-323.
- 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, H. Y. Kim, Y. S. Shin, K. S. Lee, Y. H. Choi, O. Y. Jeong, 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, 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, J. Y. Shon. 2013. A late-maturing and whole crop silage rice cultivar 'Mogwoo'. *J. Korean Grassl. Sci.* 33(2) : 81-86.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019b. Application aggregation result of paddy field-use other crops cultivation support project.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2019a. Guidelines for implementation of paddy field-use other crops cultivation support project.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA). 2018. Status of forage utilization and direction of rice production adjustment. *Proceedings of Grassland and Forage Conference 2018.* The Korean Society of Grassland and Forage Science.
- National Institute of Animal Science (NIAS). 2017. Characteristics of new varieties of Italian ryegrass and technology for eco-friendly cultivation.
- Park, H. S., K. J. Hwang, N. K. Park, K. J. Choi, J. K. Lee, D. W. Cheon, and M. S. Ko. 2008. Comparison of forage production and feed value of winter forage crops in Jeju. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 28(3) : 215-220.
- Sakai, M., S. Iida, H. Maeda, Y. Sunohara, T. Nemoto, T. Imbe. 2003. New rice varieties for whole crop silage use in Japan. *Breeding Sci.* 53 : 271-275.
- 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.
- Song, T. H., H. H. Park, S. K. Cho, Y. J. Oh, Y. W. Jang, J. H. Rho, K. G. Park, and H. J. Kang. 2014. Study of the use of winter forage crops, early maturing rice and summer oats in triple cropping systems at paddy field in southern region. *J. Kor. Grassl. Forage Sci.* 34(4) : 227-233.
- 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.