

논에서 여름 및 겨울 사료작물의 최적 작부체계에 관한 연구

김원호 · 신재순 · 임영철 · 서 성 · 김기용 · 이종경

Study on the Promising Double Cropping System of Summer and Winter Forage Crop in Paddy Field

Won Ho Kim, Jae Soon Shin, Young Chul Lim, Sung Seo, Ki-Yong Kim and Jong Kyung Lee

ABSTRACT

This experiment was conducted from 2002 to 2004 at paddy field of National Livestock Research Institute, RDA, Suwon to investigate the select the promising double cropping system on growth, yield and nutritive value of summer forage(silage corn, sorghum × sudangrass hybrid, japanese millet, jobs tear, rice) and winter forage(rye, barley, Italian ryegrass) and also to determine the best double cropping system necessary to maximize the total forage yield of winter forages plus summer forage crops.

Among agronomic characteristics, lodging tolerance appeared to be highest in the summer forage crop including silage corn, jobs tear and rice compared to other forage crops. And lodging tolerance appeared to be highest in the winter forage crop including barley compared to rye and Italian ryegrass.

The highest dry matter yield of 27,766 kg/ha, 27,296 kg/ha and 25,365 kg/ha obtained from a whole crop barley + sorghum × sudangrass hybrid, rye + sorghum × sudangrass hybrid and Italian ryegrass + sorghum × sudangrass hybrid double cropping sequence in combination among the fifteen cropping systems($P < 0.05$). And dry matter yield of barley + silage corn and rye + silage corn were 23,766 and 23,572 kg/ha.

(Key words : Double cropping system, Winter forage, Summer forage, Dry matter, Yield, TDN)

I. 서 론

우리나라 사료작물 생산기반은 1990년 이후 계속 감소하는 추세를 보였으나 2001년 정부의 조사료 확대생산 의지에 힘입어 앞으로는 재배 면적이 다소 증가할 것으로 사료된다. 다행히 우리는 조사료를 확보(생산)할 수 있는 밭, 논, 유희지, 산지 등의 충분한 토지기반 잠재력을 가지고 있으므로, 지금부터라도 식량 생산과 연계하여 상호 보완적 조사료 생산 환경을 고려한 범국가적 차원에서 적극 추진하여야 할

것이다. 이 중 우리가 현실적으로 가장 접근하기 용이한 방안은 이미 기반이 어느 정도 정비되어 있는 논을 이용한 답리작(논 뒗그루) 사료작물 생산이라고 생각된다.

그래서 정부에서는 늘어나는 쌀 재고량 조절을 위해 논에 벼 대체 사료작물 재배를 유도하여 적정 벼 재배면적의 유지와 쌀 생산량을 조절하는 동시에 조사료의 생산 및 이용 확대하고자 정책방향을 유도하고 있는 실정이다. 따라서 논을 소유하고 있는 경종농가와 조사료를 이용하는 축산 농가를 연계하여 논을 이용한

축산연구소(Grassland and Forage crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)

Corresponding author : Won-Ho Kim, Grassland and Forage crops Division, National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea, E-mail : kimwh@rda.go.kr)

하게 및 동계 사료작물을 재배하므로 소 사육 농가의 경영이 개선되어 생산성이 증대될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

여름철 논에 벼 대신 사료작물을 재배하는 것은 여러 가지 제약 조건중 배수로 관리와 집단재배 그리고 지역별 작부체계 등의 문제해결이 선행되어야 한다고 하였다(정, 2002). 또한 우리나라 논은 점토 함량이 많아 물빠짐이 좋은 논이라 하더라도 장마시 습해의 우려가 있고, 철, 망간, 규산이 집적되어 단단한 반층이 생기는 경우가 있어 장마시 수직배수가 불량하여 물이 고일 염려가 매우 크므로 습해에 약한 옥수수 등의 사료작물은 재배 적지 선정과 장마철 배수에 특히 유의하여야 한다(박 및 김, 2002).

따라서 본 연구에는 쌀 재고량 문제를 조사료로 증산으로 해결하기 위해서 논에서 여름철 및 겨울철 사료작물을 재배하여 최대 생산을 높이기 위한 최적 작부체계 설정에 있다.

II. 재료 및 방법

본 시험은 2002년 9월부터 2004년 10월까지 농촌진흥청 축산연구소 조사료자원과 논 포장에서 실시하였다. 시험처리는 여름작물을 5초종(옥수수, 수수×수단그라스 교잡종, 사료용 피, 울무, 발벼), 겨울작물을 3초종(호밀, 총채보리, 이탈리아 라이그라스)을 작부 15조합으로 수행하였다.

그리고 여름 사료작물의 파종시기는 작목별로 차이가 있으며, 사일리지용 옥수수, 피 그리고 수수×수단그라스 교잡종은 5월 10일경이고 울무와 발벼는 5월 20일경이었고, 겨울철 사료작물은 10월 15일경에 동시에 파종하였다. 그리고 겨울 사료작물의 ha당 시비량은 성분량으로 질소-인산-칼리를 각각 150-120-120 kg 하였으며, 질소는 기비와 추비를 각각 40, 60% 씩, 인산 및 칼리는 모두 기비로 하였다. 또한 파종량은 호밀과 보리를 160 kg/ha, 이탈리아 라이그라스는 40 kg/ha을 산파하였다.

또한 여름 사료작물의 ha당 시비량(질소-인산-칼리)은 옥수수는 각각 200-150-150, 수수×수단그라스 교잡종은 250-150-150, 사료용 피는 150-100-100, 울무는 90-60-60, 발벼는 150-100-100 kg이었으며, 질소는 기비와 추비로 나누어 각각 50%씩 사용하였으며, 옥수수, 발벼 그리고 울무는 6-7엽기에 추비하였고, 사료용 피와 수수×수단그라스 교잡종은 수확후 2차 사용하였다. 그리고 인산 및 칼리는 모두 기비로 하였다. 그리고 파종량은 옥수수, 수수×수단그라스 교잡종, 사료용 피, 울무, 발벼를 각각 20, 50, 40, 50, 60 kg/ha였으며, 옥수수는 조파하였고 나머지는 손으로 산파하였다.

시험구 크기는 12m²(3×4 m) 이었으며 난괴법 3반복으로 배치하였고, 작목별 수확시기는 사일리지 옥수수는 8월 25일경, 수수×수단그라스 교잡종과 사료용 피는 8월 5일경에 1차, 9월 20일경에 2차 수확하였으며, 발벼와 울무는 9월 20일경에 한 번만 수확하였고, 수량조사는 생초량을 측정된 후 생체 500 g을 취하여 61℃ 순환식 송풍건조기에 72 시간 건조시켜 건물비율을 측정하고, 생체중에 건물률을 곱하여 건물수량을 계산하였다. 건조된 시료는 20 mesh screen의 Wiley mill로 분쇄하여 플라스틱 용기에 이중 마개로 막아 분석시 까지 보관하였다. 시료의 NDF(neutral detergent fiber) 및 ADF(Acid detergent fiber) 함량 분석은 Goering 및 Soest법(1970), 조단백 함량은 Kjeltac Auto 1030 System을 사용하여 AOAC(1990) 방법을 이용하였다. 또한 TDN 함량은 Pioneer Hi-bred사가 제시한 공식 「88.9- (ADF % * 0.79)」에 의거하여 계산하였다(Anon, 1973). 그리고 시험포장의 토양특성은 Table 1에서 보는 바와 같고 농촌진흥청 토양화학분석법(1988)에 준하여 분석하였다.

Table 1. Chemical characteristics of soil

pH (1:5 H ₂ O)	T-N (%)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cation(ppm)			
				Fe	Cu	Mn	Zn
6.3	0.09	1.8	76	216	4.4	112	5.4

III. 결과 및 고찰

가. 여름 및 겨울 사료작물의 생육특성

논에서 겨울 사료작물인 호밀 총체보리 그리고 이탈리아 라이그라스, 여름 사료작물인 옥수수, 수수×수단그라스 교잡종, 사료용 피, 울무 그리고 발벼를 작부체계 하였을 때 겨울 및 여름 사료작물의 출수기, 초장, 도복에 관한 것은 Table 2에서 보는 바와 같다.

논에서 겨울 사료작물별 출수기에 있어 호밀 조생종인 Koolgrazer와 총체보리 올보리 품종은 4월 24일에서 26일로 큰 차이가 없었으나 이탈리아 라이그라스는 5월 4, 5일경으로 늦었다. 본 연구의 결과는 서 등(2004)의 연구 결과와 비슷하였다. 또한 축산연구소(2002)도 호밀은 4월 27일, 보리는 5월 1일라고 보고하였다. 그리고 초장에 있어서는 호밀은 120.9~126.9 cm로 가장 컸으며, 총체보리의 경우 94.9~104.5 cm로 이탈리아 라이그라스보다 작았다.

그리고 도복에 있어서는 총체보리에서 가장 강하였으며, 호밀과 이탈리아 라이그라스에서

는 약했다. 이는 서 등(2004)의 연구 결과와 비슷한 결과를 얻었다.

겨울철 사료작물별 생초 및 건물수량은 Table 3에서 보는 바와 같다. ha당 생초수량에 있어서는 호밀에서 42,677~44,088 kg으로 가장 많았으며, 이탈리아 라이그라스에서 26,777~31,770 kg으로 가장 적었다. 서 등(2004)의 연구 결과에서 호밀이 가장 많았고 이탈리아 라이그라스에서 가장 적었던 결과와 비슷한 경향이었으나 ha당 수량에서는 본 연구에서 많은 결과를 얻었다. 이는 기상조건이 양호하였으며, 기타 재배기술에 있어서도 좋은 것으로 사료된다. 또한 ha당 건물수량에 있어서도 호밀과 총체보리에서 10~11톤 정도로 높았으며, 이탈리아 라이그라스에서는 낮았으며, 본 연구 결과는 서 등(2004)의 연구 결과에서 호밀 11톤, 보리 9.4톤으로 비슷하였으나 이탈리아 라이그라스 4.5톤보다 많은 결과를 얻었다.

논에서 하계 사료작물별 출수기는 옥수수에 있어 7월 20일경, 수수×수단그라스 교잡종 8월 3일, 울무 8월 13일, 발벼 9월 1일 그리고

Table 2. Agronomic characteristics of summer and winter forages in paddy field

Cropping system		Summer forage			Winter forage		
Summer	Winter	Heading (M/D)	Height (cm)	Lodging (1-9)*	Heading (M/D)	Height (cm)	Lodging (1-9)*
Corn	Rye	7/20	241.5	1	4/24	126.9	4
	Barley	7/20	231.3	1	4/26	94.9	1
	IRG	7/20	251.5	1	5/4	115.7	3
Sudan	*Rye	8/3	191.8	2	4/24	126.9	4
	Barley	8/3	193.3	2	4/26	94.9	1
	IRG	8/3	194.0	2	5/4	115.7	3
Job.	Rye	8/13	159.9	1	4/24	120.9	2
	Barley	8/13	160.1	1	4/26	102.1	1
	IRG	8/13	165.5	1	5/5	110.9	2
Rice	Rye	9/1	88.4	1	4/25	122.3	3
	Barley	9/1	81.8	1	4/26	102.0	1
	IRG	9/1	83.7	1	5/5	110.7	2
Millet	Rye	8/10	102.5	3	4/24	112.4	3
	Barley	8/10	138.9	3	4/25	104.5	1
	IRG	8/10	134.5	3	5/5	112.8	2

* 1 = susceptible, 9 = resistant, * sorghum × sudangrass hybrid.

Table 3. Dry matter yield of winter and summer forages in paddy field

Cropping system	Dry matter yield(kg/ha)			
	Winter forage	Summer forage	Total	
Rye	Silage Corn	10,003	13,569	23,572
	Sudan*	10,374	16,922	27,296
	Japanese millet	10,627	14,608	25,235
	Jobs tears	10,570	8,103	18,673
	Forage rice	10,474	4,693	15,167
Barley	Silage Corn	10,785	12,980	23,766
	Sudan*	11,533	16,233	27,766
	Japanese millet	11,796	10,363	22,159
	Jobs tears	11,272	7,537	18,810
	Forage rice	11,533	3,832	15,365
Italian ryegrass	Silage Corn	6,876	12,490	19,366
	Sudan*	7,208	18,156	25,365
	Japanese millet	7,594	12,199	19,794
	Jobs tears	7,869	8,434	16,303
	Forage rice	7,815	4,495	12,311
Mean	9,755	10,974	20,730	
LSD(0.05)	2,004	2,369	3,318	

* sorghum x sudangrass hybrid

사료용 피 8월 10일경이었다. 그리고 작목별 초장에 있어서는 옥수수 231.3~251.5 cm로 가장 컸으며, 그 다음은 수수×수단그라스 교잡종으로 191.8~194.0 cm였고, 발벼에서 81.8~88.4 cm로 가장 적었다. 또한, 도복에 있어서는 수수×수단그라스 교잡종과 사료용 피에서 약했으며, 옥수수, 울무 그리고 발벼에서는 거의 도복이 발생하지 않았다.

여름철 사료작물별 생초 및 건물수량은 Table 3에서 보는 바와 같다. 작목별 ha당 생초수량에 있어서는 수수×수단그라스 교잡종에서 66,035~76,428 kg으로 가장 많았으며, 그 다음으로는 사료용 피에서 43,837~62,468 kg으로 생산성 양호하였으나 울무와 발벼에서는 각각 27,280~28,355, 9,017~11,48 kg으로 적었다. 그러나 작목별 ha당 생초수량에 있어서는 수수×수단그라스 교잡종에서 16,233~18,156 kg, 옥수수에 12,491~13,569 kg, 사료용 피에서 12,200~14,608 kg으로 많았으나 울무와 발벼에서는 현저하게 적었다.

나. 여름 + 겨울 사료작물을 연계한 최적 작부체계

겨울 사료작물과 여름 사료작물을 연계한 작부체계에서 사초의 총수량을 비교해 보면 Table 3에서 보는 바와 같다. 연간 옥수수를 한번만 재배하는 1모작에 비하여 옥수수와 다른 작물을 두 번 재배하는 작부체계가 단위면적당 생산되는 조사료의 수량이 높다고 하는 것은 여러 연구자들의 보고가 있었다(Raimbault 등, 1990; 김, 1992). 본 연구에서는 여름작물로 옥수수, 수단그라스 교잡종, 사료용 피, 울무 그리고 발벼를 재배하고 겨울작물로 호밀, 총채보리 그리고 이탈리아 라이그라스를 작부하였을 때 총채보리+수수×수단그라스 교잡종과 호밀+수수×수단그라스 교잡종에서 각각 ha당 27,766과 27,296 kg으로 가장 많았으며, 그 다음으로는 이탈리아 라이그라스+수수×수단그라스 교잡종, 호밀+사료용 피 그리고 호밀+옥수수에 각각 25,365, 25,235 그리고 23,572 kg/ha로 많았다. 그러나 호밀, 총채보리 그리고 이탈리아

안 라이그라스에 울무와 발벼를 작부하였을 때 12,311~18,673 kg/ha로 현저하게 적었다.

김(1994)은 우리나라 밭에서 호밀(조생종) + 옥수수 등 6조합을 시험한 결과 호밀(조생종)에서 가장 수량이 많았다고 보고하였으며, 본 연구에서는 논에서 3년간 수행한 결과 수수 × 수단그라스 교잡종과 호밀 그리고 총채보리 작부에서 가장 수량이 많았던 것은 옥수수보다 수수 × 수단그라스 교잡종이 습해에 강한 것으로 사료된다.

그리고 이 및 이(1986)는 춘천지방에서 옥수수 + 호밀 외 6개 조합을 시험한 결과 건물수량에서는 옥수수 + 연맥 + 호밀, 옥수수 + 호밀조합에서 가장 많았으며, 가장 일반적이고 안정적 다모작 생산체계라고 하였다. 그리고 우리나라 중북부 지방에서 단위면적당 최대의 양질 자급 조사료를 생산하기 위해서는 옥수수 조생종과 호밀 조생종을 작부하는 것이 좋았다고 보고하였다(이, 1988). 그리고 Hairston 등(1987)은 2모작 작부체계를 하는 것은 토지를 효율적으로 이용하여 경제적 소득을 높이기 위해서라고 하였으며, 또한 2모작은 1모작에 비해 토지, 노동력 및 기계장비의 이용효율을 올릴 수 있다고 하였다. 따라서 최근 쌀소비 감축 등에 의해 정부 수매량이 줄어들어 논을 효율적으로 이용하기 위해서는 가축사료용으로 사료작물을 재배한다면 벼 대체 효과가 클 것으로 본다. 또한 대기축을 위한 조사료 자원이 부족하고 경지가 협소한 우리나라 실정을 감안할 때 논을 효율적으로 이용하는 것이 바람직 할 것으로 본다.

다. 여름과 겨울 사료작물의 사료가치 비교

여름 사료작물로 옥수수, 수수 × 수단그라스 교잡종, 사료용 피, 울무 그리고 발벼와 겨울 사료작물로 호밀, 총채보리 그리고 이탈리아 라이그라스의 조단백질, ADF, NDF, TDN 함량은 Table 4에서 보는 바와 같다. 여름 사료작물의 사료가치는 발벼를 제외하고는 비슷하였으며, 겨울 사료작물에서는 호밀에서 약간 좋았

었다. 축산연구소(2002)에서 답리작 사료작물의 사료가치를 분석한 결과 호밀의 TDN 함량은 59.3%였고 총채보리와 이탈리아 라이그라스는 각각 65.3과 65.4%였으나 본 연구 결과와 다른 경향을 보였다.

Table 4. Crude protein(CP), Acid detergent fiber(ADF), Neutral detergent fiber (NDF), Total digestible nutrient (TDN) and Relative feed value (RFV) of forage crops

Forage	CP	ADF	NDF	TDN
 %			
Silage Corn	6.1	33.5	61.4	62.4
Sudan*	6.9	42.4	71.5	55.4
Japanese millet	6.2	29.9	60.1	65.3
Jobs tears	6.5	35.1	54.1	61.2
Forage rice	7.1	31.3	55.9	64.2
Rye	6.6	22.8	48.3	70.9
Barley	8.4	39.0	73.8	58.1
Italian ryegrass	6.6	43.4	75.3	54.6

* sorghum × sudangrass hybrid.

IV. 요약

본 연구는 여름 사료작물(옥수수, 수수 × 수단그라스 교잡종, 사료용 피, 울무, 발벼)와 겨울 사료작물(호밀, 총채보리, 이탈리아 라이그라스)을 농촌진흥청 축산연구소 답리작 논에서 생육특성, 사료가치 그리고 건물생산성을 고려하여 최적 작부체계를 구명하기 위한 시험을 2002년부터 2004년까지 수행하였다.

여름 사료작물에 있어 도복에 강한 작물은 다른 초종에 비교해서 사일리지용 옥수수, 울무 그리고 발벼가 강했으며, 겨울 사료작물 중에서는 호밀과 이탈리아 라이그라스보다 총채보리에서 강했다.

여름 사료작물과 겨울 사료작물을 15개 작부 조합 하였을 때 총채보리 + 수수 × 수단그라스 교잡종, 호밀 + 수수 × 수단그라스 교잡종 그리고 이탈리아 라이그라스 + 수수 × 수단그라스 교잡

중의 작부조합에서 ha당 각각 27,766 kg, 27,296 kg 그리고 25,365 kg으로 건물생산성이 높았으며, 그 외에 총채보리+사일리지용 옥수수와의 호밀+사일리지 옥수수에서 각각 ha당 23,766 kg과 23,572 kg으로 양호하였다.

V. 인 용 문 헌

1. 김동암. 1992. 제 2회 양축농가를 위한 축산기술 세미나 자료. 서울대 농업생 명과학대학 축산기술연구소.
2. 김원호. 1994. 작물의 잔주와 그 관리가 사일리지용 옥수수의 생장, 수량 및 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 학위논문.
3. 박근제, 김원호. 2002. 벼 대체 논 사료작물 재배 및 이용기술. 농촌진흥청 축산연구소. pp 39-91.
4. 이무영. 1988. 중북부 지방에 있어서 작부체계가 사초의 생산성과 사료가치에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 학위논문.
5. 이한범, 이성열. 1986. 전작물 작부체계개선시험. 강원도 농촌진흥원 연구보고서. 1986-226-228, 260-262.
6. 서 성, 김원호, 김종근, 최기준. 2004. 권역별 답리작 사료작물 최대 생산을 위한 적작목(품종) 선발. 1. 중부지방(수원)을 중심으로. 한초지. 24 (3):207-216.
7. 정운택. 2002. 벼 대체 논 사료작물 재배 및 이용기술 심포지엄 자료. - 벼 대체 사료작물 재배 추진상의 문제점과 개선방향. 축산연구소. pp 92-102.
8. 축산연구소. 2002. 권역별 답리작 조사료 생산체계 확립. 농촌진흥청 2002년 연구보고서.
9. 토양화학분석법. 1988. 농촌진흥청.
10. Anon. 1973. Rondup(R) herbicides formulation of isopropylamine salt of glyphosate (N-phosphonomethylglycine). Postmergence herbicide. Monsanto Agric. Div., St, Louis. Missouri. Tech. Bull. Mon-0573-2-73.
11. A. O. A. C. 1990. Official method of analysis. 14th ed. Association of official Analytical Chemists, Washington. D. C.
12. Goering, H.L. and P.J. Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agr. Handbook No. 379. USDA.
13. Hairston, J.E., J.O. Sanford, D.F. Pope, and D.A. Horneck. 1987. Soybean-wheat double cropping : Implications from strew management and supplemental nitrogen. Agron. J. 79:281-286
14. Raimbault, B.A., T.J. Vyn. and M Tollenaar. 1990. Corn Response to Rye Cover crop Management and Spring Tillage System. Agro. J. 82:1099-1093.