

중부지역에서 유기조사료 생산에 적합한 작부체계에 관한 연구

윤세형 · 김종근 · 정의수 · 성시흥*

The Study on Double Cropping System for Organic Forage Production in Middle Part of Korea

Sei Hyung Yoon, Jong Geun Kim, Eui Soo Jeong and Si Heung Sung*

ABSTRACT

This experiment was conducted to investigate the selection of regional double cropping system for production of organic forage in middle part of Korea. The species of forage crop used in this experiment were corn, sorghum × sudangrass hybrid and japanese millet for summer crops and rye and Italian ryegrass for winter crops. Sorghum × sudangrass hybrid showed higher DM (dry matter) and TDN (total digestible nutrient) yield than that of corn. Dry matter yield of corn decreased to 56% that of control because of weed. In winter crops, DM and TDN yield of rye is higher than that of Italian ryegrass. Rye was more adequate to produce organic forage in middle part of Korea. We could not find out the difference of nutrient value between each treatments. It means that the amount of nutrient is affected by DM productivity of each crop. The result of this study indicated that sorghum × sudangrass hybrid (summer crop) and rye (winter crop) cropping system could be recommended as producing high yield of organic forage in middle part of Korea.

(Key words : Organic forage, Cropping system, Dry matter yield, Summer crop, Winter crop)

I. 서 론

농산물에 대한 소비자의 관심은 맛과 영양에서 안전성으로 옮겨가고 있다. 이러한 가운데 축산은 대처속도가 늦어 아직도 유기축산물의 생산과 유통이 이루어지고 있지 않다. 축산은 사료가 되는 작물을 재배하는 과정과 가축의 사양과정 모두 유기화가 이루어져야 하므로 일반 유기농산물과는 비교할 수 없을 만큼의 난제가 있기 때문이다. 이러한 가운데 외국의 유기축산물이 수입될 우려가 있어 이에 대한 대처가 미진할 경우 축산경영에 큰 어려움을 겪

을 수 있다. 이에 본 시험에서는 축산에서 가축의 먹이가 되는 사료작물을 유기적으로 재배하여 유기조사료 생산을 통한 유기사료 자급률 향상에 기여하고자 한다. 사료작물은 다른 농작물에 비해 제초제의 사용이 적고, 화학비료를 대체할 수 있는 가축분뇨를 손쉽게 얻을 수 있으므로 유기재배에 적합한 특성과 환경을 가지고 있다. 이와 같이 유기재배에 근접해 있으면서도 실제 유기적 재배가 이루어지는 것은 초지 등 일부에 국한되었다(윤 등, 2004). 따라서 가장 먼저 이루어져야 할 것이 유기재배에 적합한 사료작물이 선정되어야 할 것이고, 선

농촌진흥청 축산과학원 (National Institute of Animal Science, Cheonan 330-801, Korea).

* 건국대학교 자연과학대학 (Konkuk University, College of Natural Sciences, Chungju Korea).

Corresponding author : Sei Hyung Yoon, National Institute of Animal Science, Cheonan 330-801, Korea.

Tel: +82-41-580-6772, Fax: +82-41-580-6779, E-mail: himryoon@rda.go.kr

정된 동계사료작물과 하계사료작물을 연계한 작부체계를 설정하여, 유기조사료의 주년 생산성을 올릴 수 있는 기술이 확보되어야 할 것이다. 작부조합의 선정을 위해 이제까지 축적된 기후특성(한 등, 2000), 숙기(임 등, 1991), 생산기반의 토양특성(김 등, 2005) 등을 고려하여 이미 수행된 작부체계를 고려하여 처리내용을 설정하여 중부지역에서 유기조사료 생산에 적합한 작부체계를 확립하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

시험 장소는 경기도 수원에 소재한 축산과학원 사료포장에서 2002년부터 2005년까지 4년에 걸쳐 수행되었다. 시험재료로 하계사료작물로는 사료용 옥수수(P3156), 수수×수단그라스(Jumbo), 사료용 피(제주피)이며 동계사료작물로는 호밀(Koolgrazer)과 이탈리아 라이그라스(Florida 80)로 우리나라에서 일반적으로 이용되는 계절별 작물을 선정하였다. 처리로 대조구는 사료용 옥수수+호밀구를 농약과 화학비료를 사용하여 관행재배 하였으며, 농약과 화학비료를 사용하지 않는 유기적 처리로는 사료용 옥수수+호밀구(C+R), 사료용 옥수수+이탈리안 라이그라스구(C+IRG), 수수×수단그라스+호밀구(SS+R), 수수×수단그라스+이탈리안 라이그라스구(SS+IRG), 사료용 피+호밀구(JM+R), 사료용 피+이탈리안 라이그라스구(JM+IRG)를 두었다. 파종방법은 조파를 하였으며, 파종량과 파종시기 등은 각 작물의 관행재배법에 준하여 각 작부체계 조건에서 최대의 생산성을 올릴 수 있는 재배방법을 선택하였다. 시험구면적은 15m²이며 난괴법 3반복으로 배치하였다. 화학비료 대체 가축분뇨는 1년 이상 저장되어 완전히 부숙된 우분퇴비를 사용하였으며 사용량은 질소 기준 150%를 파종전에 전량기비로 사용하였다. 사용량 결정을 위해 분석한 결과 우분의 질소 함량은 0.53%였다. 일반성분은 AOAC(1990)법에 의거하였으며, NDF와 ADF는 Goering 및

Van Soest법(1970)에 따랐으며, *in vitro* 건물소화율(IVDMD)은 Tilley 및 Terry(1963)을 Moore(1970)가 수정한 방법을 사용하였다. 분석한 자료의 통계처리는 SAS package program(ver 6.12)을 이용하여 최소유의차(LSD)를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 동계사료작물의 생육특성, 생산성 및 사료가치

우리나라에서 가장 많이 이용되는 동계사료작물이라 할 수 있는 호밀과 이탈리아 라이그라스를 시험 결과를 바탕으로 비교하면, 수량적 측면에서 호밀의 생산성은 7.1~7.4톤/ha로 이탈리아 라이그라스 생산성 2.2~2.5톤/ha 보다 현저하게 많았다. 가소화영양소총량(TDN)은 이탈리아 라이그라스가 사료가치가 높아 건물수량보다는 그 차이가 줄었다. 가소화영양소총량을 기초로 한 사료가치 면에서 이탈리아 라이그라스가 유리하더라도 생산성의 차이에서 오는 차이를 극복할 수 없었다(Table 1). 건물소화율(IVDMD)은 이탈리아 라이그라스가 67.6~79.1로 매우 높고, 호밀은 44.3~59로 현저히 낮았다. 조단백질 함량(CP), NDF, ADF도 이탈리아 라이그라스가 호밀에 비해 우수하였다(Table 2).

이탈리안 라이그라스나 호밀 모두 관행재배에서도 농약을 사용하지 않고, 화학비료는 축산농가에서 생산되는 가축분뇨로 대체할 수 있어 유기재배에 매우 적합한 사료작물이라 할 수 있다. 특히 동계사료작물의 파종시기는 잡초 발생이 거의 없는 시기이므로 잡초와의 경쟁도 피할 수 있는 이점이 있다.

호밀은 유기재배에 매우 적합하여 관행재배의 90% 수준에 이르러 유기재배에 의한 감소폭이 적다. 이는 유기재배에 적합한 것으로 판명이 난 초지 14% 수량감소 보다 우수한 결과라 할 수 있다(윤 등, 2004).

Table 1. Plant hight, dry matter(DM) and total digèstible nutrients(TDN) yields of winter crops in different cropping system

Treatment	Plant hight(cm)	DM yield (t/ha)	DM Index	TDN yield	TDN index
Control	123	8.0	100	4.9	100
C+R	144	7.4	92	4.4	91
C+IRG	58	2.3	29	1.6	33
SS+R	153	7.1	89	3.9	79
SS+IRG	68	2.5	31	1.6	32
JM+R	153	7.1	89	4.0	81
JM+IRG	64	2.2	27	1.4	29
LSD(0.05)		1.86		1.11	

Table 2. Nutrient value of winter crops(%)

Treatment	NDF	ADF	IVDMD	C P
Control	60.0	34.4	60.9	12.8
C+R	60.8	36.3	59.0	11.7
C+IRG	46.1	25.5	79.1	10.1
SS+R	68.9	43.4	46.1	7.8
SS+IRG	55.6	31.7	68.8	10.2
JM+R	68.0	42.2	44.3	8.1
JM+IRG	53.7	29.6	67.6	10.8

2. 하계사료작물의 생육특성 및 생산성

건물생산성 조사시 구성 성분이 사료용 옥수수의 건물은 경엽과 곡실로 나뉘고, 수수×수단그라스 교잡종은 1차에취와 2차에취로 나뉘어 동일한 표로 나타내는 데 어려움이 있어 주를 달아 보완하였다. 즉 유기재배된 사료용 옥수수는 초장과 착수고 모두 현저하게 낮았으며, 녹색도도 낮은 결과를 보였다(Table 3). 이는

유기재배 조건에서 온전히 성장하지 못한 결과로 추정된다. 수량측면에서도 사료용 옥수수는 관행재배와 유기재배간의 차이가 크게 나타났다. 즉 관행재배 보다 유기재배에서 수량이 현저하게 감소되었다. 특히 잡초를 제거한 옥수수 수량은 45~46%로 절반에도 이르지 못하였다. 이에 반해 수수×수단그라스는 관행재배 옥수수 수준의 수량을 얻을 수 있었다. 수량에 영향을 미치는 결정적 요인은 잡초로 유기재배

Table 3. Growth characteristic of summer crops

Treatment	Plant hight (cm)	Ear hight (cm)	Heading date	Disease tolerance (1~9)	Stay green (1~9)
Control	258	116	18 July	4.0	3.3
C+R	241	104	20 July	5.7	5.3
C+IRG	234	102	19 July	6.3	5.7
SS+R	230*	189**	—	6.3	5.7
SS+IRG	231*	183**	—	6.0	5.3
JM+R	144	—	—	5.0	6.3
JM+IRG	134	—	—	5.0	6.3

* Sorghum×sudangrass 1st cutting, ** Sorghum×sudangrass 2nd cutting.
1=strong or excellent, 9=weak or worst.

된 사료용 옥수수는 많은 잡초가 발생하였다. 그러나 수수×수단그라스는 잡초발생이 거의 없어 관행재배 사료용 옥수수 수준의 수량을 올릴 수 있었다. 사료용 피는 수량이 수수×수단그라스의 50% 이하로 적고 잡초 발생이 많을 뿐 아니라 잡초화의 우려가 있어 유기재배에 적합하지 않은 사료작물이라 할 수 있다(Table 4).

3. 하계사료작물의 사료가치 및 소화율

사료가치와 소화율의 차이는 재배형태에 의한 차이는 거의 없고 작물에 따른 차이가 있다 (Table 5; Table 6). 따라서 생산성이 높은 처리에서 양분 총량도 높았으며, 잡초도 수치상으

로는 사료작물과 유사한 사료가치를 나타내고 있다. 가소화영양소 총량은 유기재배 옥수수에 비해 현저히 낮았는데 이는 경엽의 수량감소와 아울러 알곡의 수량이 감소된 데 기인하는 것으로 판단된다. 그러나 잡초 가운데에는 기호성을 현저히 떨어뜨리거나 유해한 초종이 있을 수 있으므로 사료작물과 같이 평가되어서는 안 될 것이다. 또한 유기재배의 문제점으로 잡초의 종류가 시기와 지역에 따라 달라질 수 있다는 점이다. 피나 바랭이처럼 화본과 잡초는 어느 정도의 수량을 확보할 수 있고 가축이 채식하므로 문제가 없으나, 어저귀와 같이 기호성이 낮은 잡초는 조사료 전체의 기호성을 떨어뜨릴 수 있으며, 환삼덩굴 등과 같은 덩굴성

Table 4. Fresh and dry matter (DM) yields of summer crops

Treatment	Fresh yield(kg/ha)				DM yield(kg/ha)			
	Plant	Ear	Weed	Total	Plant	Ear	Weed	Total
Control	29,978	11,333	—	41,211	8,014	6,279	—	14,293
C+R	17,994	6,355	20,866	45,216	4,935	3,169	4,718	12,823 (8,105)
C+IRG	18,576	6,405	20,933	45,916	4,665	3,323	4,673	12,663 (7,990)
SS+R	38,305*	22,778**	5,000	66,083	6,289*	5,593**	1,024	12,907 (11,883)
SS+IRG	40,166*	22,236**	4,874	67,276	6,702*	5,391**	908	13,003 (12,095)
JM+R	22,950	—	8,591	31,541	5,127	—	1,702	6,829 (5,127)
JM+IRG	21,916	—	9,961	31,878	4,709	—	2,015	6,724 (4,709)
LSD(0.05)								4,980

* Sorghum × sudangrass 1st cutting, ** Sorghum × sudangrass 2nd cutting
() : without weed.

Table 5. NDF, ADF and total digestible nutrients(TDN) yield of summer crops

Treatment	NDF(%)			ADF(%)			TDN(kg/ha)	
	Plant	Ear	Weed	Plant	Ear	Weed	Yield	Index
Control	69.4	51.5	—	38.1	4.9	—	10,002	100
C+R	69.5	31.4	65.5	36.8	4.0	41.3	5,566	55
C+IRG	68.6	25.7	62.2	33.7	5.2	35.7	5,541	55
SS+R	69.2*	73.8**	—	39.4	40.6*	—	6,809	68
SS+IRG	69.2*	73.1**	—	38.0	40.2*	—	6,930	69

* Sorghum×sudangrass 1st cutting, ** Sorghum×sudangrass 2nd cutting.

Table 6. Crude protein and *in vitro* dry matter digestibility(IVDMD) in summer crops

Treatment	Crude protein(%)			IVDMD(%)		
	Plant	Ear	Weed	Plant	Ear	Weed
Control	6.1	8.3	—	43.6	89.0	—
C+R	5.3	8.3	65.5	45.3	91.3	46.7
C+IRG	7.6	11.1	12.28	45.2	90.2	53.0
SS+R	4.8*	8.7**	—	55.2	55.8	—
SS+IRG	5.6*	8.9**	—	53.6	51.7	—

* Sorghum×sudangrass 1st cutting, **sorghum×sudangrass 2nd cutting.

잡초는 사료작물의 생산성을 현저히 떨어뜨릴 우려가 있어 이에 대한 연구는 추후 시행되어야 할 것이다.

4. 가축분 시용 의한 토양 특성 변화

시험 수행으로 인한 토양의 변화는 산도는 거의 변화가 없었으며, 유기물, 유기인산, 마그네슘 및 칼슘은 유기재배구에서 약간 증가하였다(Table 7). 특히 유기인산이 과도하게 집적되었으며 이에 대한 대비책이 필요할 정도이다. 가축분 시용에 의해 인산이 증가는 인정되나, 가축분의 종류에 따라 그 양상이 달라 돈분과 계분에서 그 축적 정도가 큰 것으로 보고되고 있으나(정 등, 1989) 본 시험의 결과는 우분퇴비의 시용에 의해서도 인산이 축적되는 결과를 나타내고 있다. 비료성분 중 질소의 용탈과 이용에 대한 연구 결과는 많으나(이 등, 1995, 육

등, 2004) 인산의 이용과 축적에 대한 연구결과는 매우 적다. 본 시험의 결과를 바탕으로 판단한다면 사료작물 재배시 이제까지는 질소 기준으로 가축분뇨 시용량을 설정하는 것이 일반적이었으나, 앞으로는 토양환경 보전을 위해 인을 기준으로 가축분뇨를 사용하는 방법도 고려되어야 할 것이다.

위의 결과를 토대로 중부지역에서 유기 재배에 적합한 하계사료작물은 옥수수×수단그라스 교잡종으로 판명되었다. 동계사료작물은 호밀, 이탈리아 라이그라스 모두 유기재배에 적합하나 사료가치와 생산성을 고려하면 이탈리아 라이그라스보다는 호밀이 유리함이 밝혀졌다. 가장 대표적인 지역별 작부체계라 할 수 있는 중부지역의 옥수수 + 호밀, 남부지역의 옥수수 + 호밀, 옥수수 + 이탈리아 라이그라스(농진청, 2005)와 비교하면, 하계사료작물이 옥수수에서 옥수수×수단그라스로 대체되었다고 할 수 있다.

Table 7. Chemical properties of soil

Treatment	pH (1:5)	OM (g/kg)	Avail. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cations(cmol ⁺ /kg)			
				Ca	Mg	Na	
Before the experiment	7.0	2.6	208.6	3.6	3.4	0.2	
After the experiment	Control	7.2	1.3	222.5	3.7	3.6	0.3
	C+R	7.1	3.2	652.9	5.5	4.5	0.2
	C+IRG	7.1	3.3	514.7	5.4	4.4	0.3
	SS+R	7.0	3.6	554.7	5.6	4.5	0.3
	SS+IRG	7.1	3.5	556.7	6.0	4.6	0.2
	JM+R	7.2	4.0	508.7	5.8	4.6	0.2
	JM+IRG	7.2	3.3	533.3	5.4	4.4	0.2

관행재배 조건에서는 사료용 옥수수의 재배에 불리한 환경이거나 옥수수 파종시기를 놓쳤을 경우 차선책으로 수수×수단그라스가 하계사료작물로 선택은 경향이었으나, 유기재배 조건에서는 사료용 옥수수 보다 수수×수단그라스가 건물생산성 및 양분생산성 측면에서 우수한 것이 특징이라 할 수 있다. 이탈리아 리그라스는 지역별 생산성의 변화가 커 남부지방에서는 건물생산성도 비교적 높아 사료가치까지 고려하면 유망한 동계사료작물이나(서 등, 2004), 중부지방에서는 건물생산성이 현저히 떨어져(서 등, 2004) 중부지방에서의 작부체계에서는 채택되지 못하였다. 유기재배를 위한 적작목 선정시 가장 큰 요인은 하계사료작물은 잡초의 발생여부, 동계사료작물은 기후에 의한 생산성의 변화라 할 수 있다.

IV. 요약

본 시험은 유기조사료 생산에 적합한 동·하계 사료작물을 선정하고, 이를 통한 지역별 유기조사료 생산을 위한 적정 작부체계를 선발하기 위하여 수행되었다. 관행재배 조건과 유기재배 조건에서의 사료작물별 생육특성의 차이는 하계사료작물에서 현저하게 나타났다. 즉 사료용 옥수수는 잡초 발생으로 생육이 억제되어 관행재배에 비해 현저한 수량감소를 나타낸 반면 수수×수단그라스 교잡종은 잡초 발생이 없어 관행 옥수수 대비 높은 수량을 나타내었다. 동계사료작물은 관행재배와 유기재배에 의한 차이는 크지 않았으나, 생산성 측면에서 이탈리아 리그라스 보다 호밀이 우수하였다. 따라서 작부체계에 영향을 미치는 요인이 하계 사료작물에서는 잡초의 발생여부, 동계사료작물에서는 사료작물의 종류에 기인됨이 밝혀졌다. 이를 종합적으로 고려한 중부지역에서 유기조사료 생산을 위한 최적 작부체계는 중부지역에서는 수수×수단그라스와 호밀이라 할 수 있다.

V. 인용 문헌

1. 김원호, 신재순, 임영철, 서성, 김기용, 이종경. 2005. 논에서 여름 및 겨울 사료작물의 최적 작부체계에 관한 연구. 한국초지학회지 25(4):233-238.
2. 서 성, 김원호, 김종근, 최기준. 2004. 권역별 답리작 사료작물 최대 생산을 위한 적작목(품종) 선발. 1. 중부지방(수원)을 중심으로. 한국초지학회지 24(3):207-216.
3. 서 성, 김원호, 김종근, 최기준. 2004. 권역별 답리작 사료작물 최대 생산을 위한 적작목(품종) 선발. 1. 호남지방(익산)을 중심으로. 한국초지학회지 24(3):217-224.
4. 육완방, 최기춘, 유근창. 2004. 가축분뇨의 처리 형태별 시용시기가 영년초지에 있어서 분뇨의 이용효율 및 목초생산성에 미치는 영향. 한국초지학회지 24(1):71-80.
5. 윤세형, 정의수, 임영철. 2004. 유기재배 조건에서의 방목초지 생산성에 관한 연구. 한국초지학회지 24(2):171-176.
6. 이주삼, 조익환, 안종호, 김성규. 1995. 유희 논토양에서 가축분뇨를 이용한 조사료의 생산. 한국초지학회지 15(3):175-185.
7. 임근발, 양종성, 한홍진, 최영원. 1991. 조숙 옥수수에 의한 사료작물 작부체계 구성. 한국초지학회지 11(2):137-142.
8. 정 찬, 전병태. 1989. 가축분이 초지의 토양과 생산성에 미치는 영향, 한국초지학회지 9(1):48-55.
9. 한성윤, 김대진. 2000. 고랭지에 적합한 사료작물 2모작 작부체계에 관한 연구. 한국초지학회지 20(3):147-154.
10. 농촌진흥청. 2005. 조사료 pp. 33-142.
11. Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis.(16th ed.). AOAC, Arlington, Virginia.
12. Goering H.K and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. Agric. Handb. 379. U.S. Gov. Print. Office Washington DC.
13. Moore, J.E. 1970. Procedure for the two-stage *in vitro* digestion of forage. University of Florida, Department of Animal Science.
14. Tilley, J.A.M. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for *in vitro* digestibility of forage corps. J Brit. Grass. Sci. 18:140-111.