

# 두과 작물의 질소고정과 유기조사료생산을 위한 작부체계

이효원 · 박형수

한국방송통신대 자연과학부 농학과

## Nitrogen Fixation of Legumes and Cropping System for Organic Forage Production

Lee Hyo-Won · Park Hyung-Su

Korean National Open University Seoul 110-791, Republic of Korea

〈 목 차 〉

ABSTRACT

I. 서 언

II. 두과목초의 질소고정

III. 작부체계

IV. 결 론

참고문헌

### ABSTRACT

In order to supply 85% of total organic feed in ruminants and 80% in non-ruminants for organic animal production, nitrogen fixation ability of legume should be used in domestic roughages production. 50% of Europe organic farmer use intercropping legume in as green manure. This article is dealing with amount of biologically fixed nitrogen used by legumes and methods for estimating the transfer of biologically fixed N in rotation and separating the N benefit into fixed N and non-fixed N components are reviewed. Available data indicate that transfer amount of N to non legumes was from 50~9.6(kg/ha) in legume-cereal rotations and proportion of legume N varied with seasons, 90% in summer, 50% in autumn.

The important point in cropping system for legumes have to be included for organic

forage production 6 year rotation is based on pasture system of 3 year pasture+2 year annual(corn, sudangrass), again pasture.

Rye, barley and Italian ryegrass+legumes(vetch, crimson and pea) can be one of option in spring, corn, soybean, sudangrass and Japanese barnyard millet would be seeded after spring harvest in the field.

Farmer can make good use of rice paddy field as forage production potential area after harvesting rice. Italian, barley and rye+Vetch and crimsonclover may be grown in autumn or spring time at the rice field.

*Key Words* : organic forage production, green manure nitrogen fixation, nitrogen transfer, cropping system, isotope nitrogen, difference method

## I. 서 언

국제식품 규격위원회(Codex)의 기준에 의하면 유기축산은 토양과 가축간의 조화로운 관계 발전 및 가축의 생리적 요구를 존중하여야 하며 이를 위해서는 ①가축은 토양비옥도 개선 및 유기에 기여하되 방목을 통한 식물생태계의 유기관리를 통하여 유기농장에 중요한 공헌을 하고, ②가축의 생리적 요구에 따라 초식 가축은 목초지에 접근할 수 있어야 하며, ③가축 사육두수는 그 지역에서의 사료생산능력, 가축의 건강, 가축과 토양의 영양균형, 환경영향 등을 고려하여 적절히 정해야 된다고 하였다.

100%의 유기사료를 공급한다고 할 때 건물(乾物)로 환산하여 반추동물은 85%, 비반추동물은 80%이상을 유기사료로 공급해야 한다는 것을 의미한다.

그러나 우리 나라의 대응방안은(농림부, 2001) 1단계는 축산기술연구소 시범사업, 2단계는 담근먹이와 건초 및 알곡류 형태로 생산하여 수요자에게 팔고, 3단계는 친환경축산물을 생산하는 것으로 되어있다.

특히 유기축산 개발과제 중 유기사료 개발분야는 임간초지, 두과와의 혼파 등의 작부체계가 확립이 필요하다고 주장한 바 있다.

낙농경영비는 60%그리고 비반추가축 70%이상을 차지하는 사료부분의 자급이 없이는 유기축산은 사실상 불가능하다고 사료된다. 축우사육에서 우리 나라의 사료자급율이 4%에 불과한 실정에서(성, 2002) 유기자급사료의 생산체계에 대하여 심도있는 논의와 실험을 통하여 우리 실정에 맞는 유기조사료작부체계가 확립되어야 할 것으로 생각된다. 또 유기작물생산에서 고려해야 할 것은 집약적 관리, 작물윤작, 정작과 균형된 유지, 생물학적으로 활력있는 토양 그리고 구매보다는 자신의 농장에서 사료생산 등이다(K.O.R.N, 1996). 따라서 본고에서는 유기조사

료 생산에서 생물질소고정 이용과 이를 위한 한국형 조사료 생산 작부체계에 대하여 거론하고자 한다.

## II. 생물질소고정의 이용

### 1. 토양질소

유기작물생산의 핵심은 식물체의 잔유물이나 부식물은 이용하는 것이다. 이들은 단백질, 헤미셀룰로스, 셀룰로오스, 리그닌 등의 유기물로 구성되어있으며 부식되어 점토입단 표면에 부착하여 양분공급에 기여한다(Butler, 1973). 작물생산에 가장 큰 영향을 미치는 것은 질소이며 다른 어떤 영양소보다 많은 양을 요구하고 있다. 그리고 균형되고 생물적으로 활력있고 토양미생물의 활동이 왕성한 토양에서는 작물이 필요한 75~80%의 질소를 대기 중 질소( $N_2$ )를 이용한다.

대부분의 토양질소는 유기물과 결속되어있고 생육 중 작물이 이용할 수 없으나 건강하고 활력 있는 토양은 작물에 의해 쉽게 이용할 수 있는 보다 작은 분자형태로 변형시킨다(K.O.R.N, 1996). 이때 Ca/Mg비율을 증가시키고, 유허의 함량을 높이며 토양질소공급능력이 높아진다. 유기농가가 작물의 추가적인 질소요구량을 충족시키기 위하여 가축분뇨와 녹비를 이용해야 한다. 질소는 토양에서 계속적으로 활성화되어 그 양과 형태가 변한다. 작물이 이용하는 것은 질산이온( $NO_3^-$ )이나 암모늄염( $NH_4^+$ )형태다. 그리고 건강한 토양은 아질산이온( $NO_2^-$ )을 암모늄이온이나 질산이온 형태로 변화시킨다(신, 2000). 그리고 일반 유기농업에서의 질소공급은 두과 작물의 질소고정과 가축분이나 기축분퇴비의 시용으로 공급되는 질소로 충분히 공급될 수 있다(장, 2000). 이러한 이유 때문에 유럽 유기농가가 간작으로 49.3%를 녹비 작물을 재배하고 있다(이, 2002).

### 2. 두과 작물의 질소 고정과 이동

대기 중 기체로 존재하는  $N_2$ 는 안정된 화합물로 두 개의 원자로 구성된 것인데 다른 것에 비하여 유별난 불활성을 가지고 있는 것으로 1774년 라보이시에르(Lavoisier)가 발견한 것이다. 희랍어의 「생명을 유지하지 못하는」 뜻의 불어의 "azote"에서 유래한다(中村, 1980). 대기의 조성 질소 78.09, 이산화탄소 0.03, 산소 20.94, 아르곤 0.93으로 구성되어 있다. 즉 지구상에 막대한 양이 존재하며 이는 학자에 따라 대기 중에는  $3.9 \times 10^{15}$ (송, 1982),  $4 \times 10^{15}$ (이, 2001)정도가 되는 것으로 추정하고 있다.

그런데 공기 중에 거의 무진장으로 존재하는 이 개스상의 질소를 화학비료로 만들기 위해서는 소위 하버과정(Haber Process)라고 하는 과정을 통해서 높은 압력과 온도를 가하여 화학반응

을 유도 시켜야 한다. 그러나 두과 작물의 근류에 있는 보통의 온도에서  $N_2$ 분자(가스상)를 이용 필요한 장소에 필요한 때에 필요한 만큼 고정하여 이용하고 있다(이, 1997).

두과 작물의 근류에 공생하는 미생물은 숙주인 두과작물로부터 생활에 필요한 에너지를 얻고 반대로 작물이 필요한 질소를 공급한다. 뿐만 아니라 혼생하는 화본과작물에 질소를 공여 해주고 나아가서 토양에 이 성분을 환원시킨다. 이러한 발견은 버타넨 등(1937)에 의해서였다. 즉 포트에서 완두와 화곡류 또는 감자와 함께 재배했을 때 비질소 또는 저질소 두과가 질소고정을 한다는 것을 발견하였다. 그리고 토양-식물연구에서  $^{15}N$ 이 추적자로 소개되어(Norman and Krampitz, 1945) 기술개발이 시작되었다.

한 데이터에 의하면 1971~72년 사이 미국에서 식물에 투입된 비료의 1/3만이 공업적으로 제조된 것이며 나머지는 생물학적 고정에 의한 것이며 농업에서 질소고정식물을 잘 이용하고 있는 오스트레일리아에서는 작물에 시용된 비료의 1%만이 화학비료였다(Postgate, 1987).

(표 1) 1971~1972년에 작물에 투입된 질소의 추정량(Postgate, 1987)

질 소 원	영 국	미 국	오스트레일리아	인 도
두과에서의 고정	0.4	8.6	12.8	0.9
단생 미생물에 의한 고정	0.05	1.4	1.0	0.7
질소 비료 시비	0.6	4.9	0.1	1.2

두과고정 질소의 이동 매카니즘과 혼파구 또는 간작시 두과 작물이 고정한 질소가 어떻게 혼생하는 화본과로 이동하는에 관한 연구는 초기에는 질소이동의 경로로 두과뿌리에서 가용성 질소 화합물이 방출되는 것으로 보았다(Virtanen 등, 1937). 후에 살균모래나 양액재배를 통하여 두과 뿌리로부터 암모니움, 아미노산 그리고 아마이드 등이 삼출된다는 것이 밝혀졌다(Brophy and Heichel, 1987). 동위원소를 이용한 시험에서 방출된 N화합물은 고정말기의 것이며(Ta 등, 1987) 콩의 전 생육기간 중 고정질소의 10.4%가 이러한 화합물 형태로 방출된다고 하였다.

현재에 와서는 지하부 질소이동은 질소혼합물 뿐 아니라 고사된 근류나 뿌리의 질소도 포함되는 것으로 알려지고 있으며 이들은 집합적으로 근권부패물이라고 한다. 뿌리를 포함하지 않으면 17.9% 그리고 뿌리를 포함하면 22.6%~33.3%가 이용되는 것으로 밝혀졌다(Ruschel 등, 1979). 질소고정과 이용은 마이코리잘 균사도 관여한다.

지면에 떨어진 잎의 투입이나 부패도 지상부 질소이동의 통로가 될 수 있다. 완두에서 이러한 양이 최고  $40kgN/ha$ 에 이른다고 한다(Kumar Rao 등, 1987). 그밖에 낙하 지상부 식물의 부패동안 잎이 흡수하는 암모니아도 있다.

여러 학자들이 간작시 화본과로 이동된 질소량은 <표 2>에서 보는 바와 같다.

〈표 2〉 간작에서 차이법에 의한 추정이동 질소와 질소수량(Chalk, 1996)

연구자	질소시용 (kg/ha <sup>-1</sup> )	작물	화분과 종자비	화곡류 질소수량 (kg/ha <sup>-1</sup> )	화곡류이동질소 (kg/ha <sup>-1</sup> )
Bandopadhyay and De(1986)	40	수수		67.9	
		수수+땅콩	1.0	77.5	9.6
		수수+잡두	1.0	86.5	18.6
		수수+완두	1.0	78.3	10.4
Rerkasem and Rerkasem(1988)	0	Maize		130.6	
		Maize+라이스잡두	0.75	122.2	24.3
		Maize+라이스잡두	0.5	78.9	13.6
		Maize+라이스잡두	0.25	54.2	21.6
Papastylianou (1988)	15	연맥		50.3	
		연맥+배치	0.1	30.8	25.8
		연맥+배치	0.25	53.9	41.3
	90	연맥		94.3	
		연맥+완두	0.1	39.5	30.1
		연맥+완두	0.25	73.6	50.0

이 표에서 나타난 바와 같이 이동된 질소는 최소 9.6kg에서 최고 50kg까지이며 특히 질소시용을 전혀 하지 않은 조건에서 13~24(kg/ha)가 이동되는 것으로 제시되어 있다. 이러한 다양한 결과는 기후나 토양조건에 따라 다르게 나타났기 때문으로 보인다(Chalk, 1996). 한편 초지에서도 연구자에 따라 이동된 양이 다르게 보고되었다.

초지에서도 두과 목초가 고정된 질소가 혼생하는 화분과로 이동되었다는 보고는 많으며 특히 재생시 질소를 전혀 주지 않았을 때 고정된 질소의 95%를 화분과 목초가 이용하였고 질소시용비율을 증가시킴에 따라(〈표 3〉) 그 비율은 낮아졌다(Laidlaw 등, 1990).

〈표 3〉 질소 증가와 혼파시료의 화분과 두과의 농축(<sup>15</sup>N원자초과의 자연존재비)과 고정질소 이용비율(Laidlaw, 1990)

구분	재생시 질소시용(gm <sup>-2</sup> )					s.e.m.
	0	1.5	3.0	4.5	6.0	
화분과 목초	0.99	1.95	2.77	3.35	3.32	0.306**
클로버	5.08	5.73	4.24	3.49	3.87	0.660 <sup>NS</sup>
<sup>15</sup> N원자%초과						
화분과 질소	3.61	2.19	1.77	1.61	1.46	0.162***
클로버 질소	0.183	0.196	0.201	0.214	0.242	0.0180 <sup>NS</sup>
고정질소이용비율	0.95	0.91	0.89	0.87	0.83	0.012***

한편 계절별로 볼 때 여름은 89.5%의 고정질소를 그리고 가을은 55.9%의 두과고정질소를 화분과가 이용했다는 연구결과도 있다.

### 3. 고정된 질소량 측정

목초지에서 고정된 질소가 화분과로 이동하는 경로를 추적하는 방식은 몇 가지로 나눌 수 있는데, 첫째가 차이법이다. 이것은 수확된 시료의 두과질소에서 단과한 화분과의 질소를 뺀 것을 그 목초지에서 고정된 질소량으로 환산한다.

$$N_{TH} = N_{GMH} - N_{GAH}$$

$N_{TH}$  : 이동된 질소

$N_{GMH}$  : 혼과초지에서 수확한 목초 중의 질소

$N_{GAH}$  : 수확된 단과 화분과 중의 질소

두 번째는 동위원소를 표식시켜 고정 및 이동을 측정하는 방법이다(Laidlaw 등 1996).

$$N_{fx} = 1 - \frac{\text{클로버 지상부가 흡수한 질소 중 } ^{15}\text{N원자 \%초과}}{\text{화분과 지상부가 흡수한 질소 중 } ^{15}\text{N원자 \%초과}}$$

다음은 두과 곡류와 화분과의 유회에서 질소고정과 이동인데 이는 아래의 방법에 의한다(Chalk, 1996). 이 식에서 사용된 약자는 다음에서 제시된 바와 같다.

#### 약자

leg : 두과

non-leg : 비두과

soil : 토양

root : 뿌리

p : 단과

m : 혼과

m(유추) = 식에서 p와 m이 없으면

⇒ = 화살표 방향으로 이동

⇐ = 이동으로부터 유래

#### 질소

N : 제시된 품종의 질소수량

$N_{leg(⇒non-leg)}$  : 비두과로 이동된 두과 N

$N_{non-leg(⇐leg)}$  : 두과로 이동된 비두과 N

$N_{non-leg(⇐atm)}$  : 생물적으로 고정된 N의 이동으로부터 유래된 비두과 N의 양

**식**

$P_{leg(\leftarrow atm)}$  : 공생질소고정에 의해 대기로부터 유래된 두과 질소의 비율

$P_{leg(\leftarrow non-leg)}$  : 비두과로 이동된 두과 질소의 비율

$P_{non-leg(\leftarrow leg)}$  : 두과 질소이동으로부터 유래된 비두과 질소의 비율

$P_{non-leg(\leftarrow atm)}$  : 생물적 고정질소의 이동에서 유래된 비두과 질소의 비율

**상징**

$E = {}^{15}N$ 농축(원자%초과)

**계산공식**

1) 이동된 두과 작물 질소량 :  $N_{leg(\Rightarrow non-leg)} = N_{non-leg(m)} - N_{non-leg(p)} \cdot R$

여기서  $R =$  단과와 비교한 혼파의 비두과의 파종비

2) 두과 N의 이동으로부터 유래된 비두과 N의 비율 :

$$P_{non-leg(\leftarrow leg)} = N_{leg(\Rightarrow non-leg)} / N_{non-leg(m)}$$

$$= 1 - (N_{non-leg(p)} \cdot R / N_{non-leg(m)})$$

3) 두과에서 비두과로 이동된 질소의 비율 :

$$P_{leg(\Rightarrow non-leg)} = N_{non-leg} \cdot E_{non-leg} / (N_{leg} \cdot E_{leg} + N_{non-leg} \cdot E_{non-leg})$$

4) 두과 N이동량 :  $N_{leg(\leftarrow non-leg)} = N_{leg} \cdot P_{leg(\Rightarrow non-leg)}$

5) 이동 두과 N에 대한 비두과의 비율 :

$$P_{non-leg(\leftarrow leg)} = N_{leg(\leftarrow non-leg)} / N_{non-leg}$$

6) 화분과가 두과질소를 이용한 비율

(엽이 흡수한 표식 질소가 토양으로 많이 유입되었을 때) :

$$P_{leg(\Rightarrow non-leg)} = N_{non-leg} \cdot E_{non-leg} / (N_{leg} \cdot E_{leg} + N_{non-leg} \cdot E_{non-leg} + N_{soil} \cdot E_{soil})$$

7) 두과 질소 이동에 대한 비두과 의존 비율 :

$$P_{non-leg(\leftarrow leg)} = E_{non-leg} / E_{leg(r)}$$

$E_{leg(r)}$  : 수확시 두과 근부의  ${}^{15}N$  농축

8) 혼파구의 생물학적 질소고정 질소가 비두과로 이동된 비율

$$= P_{non-leg(\leftarrow atm)} = 1 - (E_{non-leg(m)} / E_{non-leg(p)})$$

9) 생물적으로 고정된 질소의 양이 비두과에 이동된 양

$$N_{non-leg(\leftarrow atm)} = N_{non-leg} \cdot P_{non-leg(\leftarrow atm)}$$

10) 토양유래 질소와 생물질소 고정의 비율을 구하여 두과 질소이동을 추정

$$= P_{non-leg(\leftarrow leg)} = P_{non-leg(\leftarrow atm)} / P_{leg(\leftarrow atm)}$$

여기서  $P_{leg(\leftarrow atm)}$ 은 표준 식물로 순비두과 식물에  ${}^{15}N$ 희석액을 사용하여 추정

11) 단과 비두과를 참고식물로 이용하여  ${}^{15}N$ 희석용액을 사용하여 질소고정 비율 결정 :

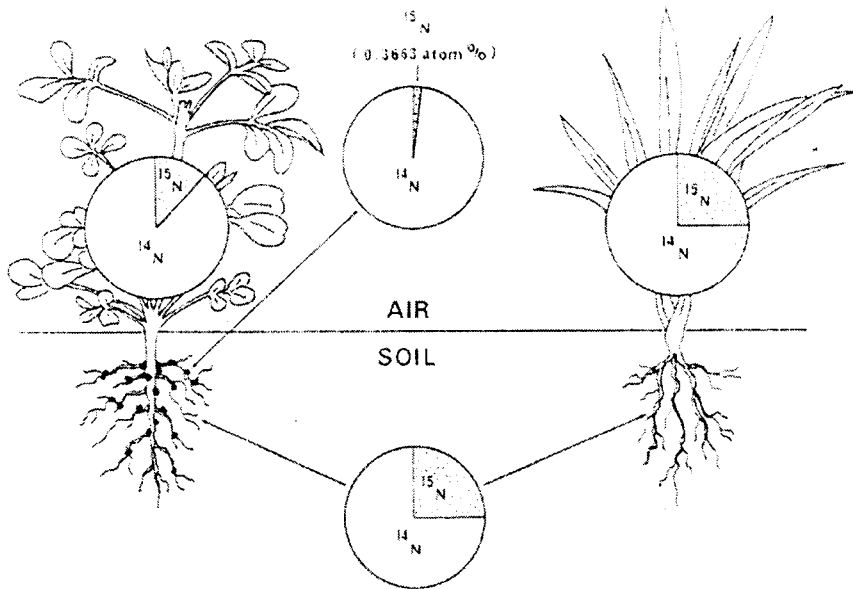
$$P_{leg(\leftarrow atm)} = 1 - (E_{leg(m)} / E_{non-leg(p)})$$

12) 식 8과 식 11을 10으로 대체하여

$$P_{\text{non-leg}(=leg)} = [1 - (E_{\text{non-leg}(m)}/E_{\text{non-leg}(p)})] / [1 - (E_{\text{leg}(m)}/E_{\text{non-leg}(p)})]$$

$$= (E_{\text{non-leg}(p)} - E_{\text{non-leg}(m)}) / (E_{\text{non-leg}(p)} - E_{\text{leg}(m)})$$

그리고 동위원소를 이용한 두과의 질소고정과 그 이동량 추정은 성장시 토양 중 질소에 전적으로 의존하는 비두과 식물을 분석하여 이 중 식물이용가능 토양 질소 중 <sup>15</sup>N의 비율을 분석하여 구한다. 그 모식도는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> <sup>15</sup>N회색액 처리기술에 관련된 원칙 설명 도해

### Ⅲ. 두과 이용 유기조사료 작부체계

화학비료나 제초제 없이 유기조사료를 30두 규모의 낙농가에서 유기낙농을 하기 위한 어떤 조건이어야 하느냐에 대한 모델은 발표된 적이 있으나(권, 2001) 구체적으로 어떤 작부체계이어야 하느냐에 대한 안은 거론된 적이 없다.

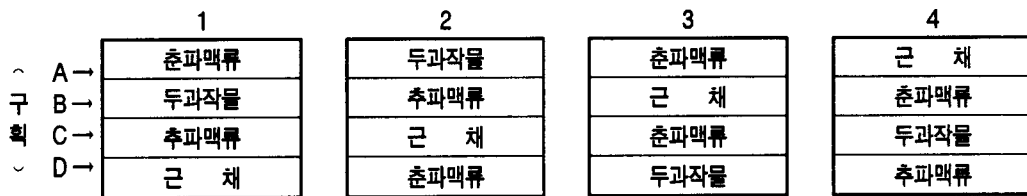
이조시대 전통작부체계는 지력보강을 위하여 대두, 소두-대맥, 소맥-대두 또는 조-대맥, 소맥-대두, 소두(후작)-휴한의 작부체계를 이용하였다고 한다(金, 1980). 이때는 물론 화학비료 사용은 없었고 곡류생산을 위한 농업이었다. 한편 서구에서는 곡초식, 삼포식 그리고 노퍽크식(Nofolk)로 발전하여 밀 → 보리 → 사탕무 → 클로버식으로 유회하는 방식이다(이, 1998). 이 방



식은 기본적으로 두과 작물에 의한 공중질소 이용한 지력유지 방식이다(서, 1994).

유기조사료 생산(50%) 초 지(10~20ha) 사료포장(5~10ha)		유기 농후사료(30%) 계약재배 자가생산		각종 첨가제(5%) (천연물질, 미생물제제)
◇무농약, 무비료조건에서 최소 2년간 ◇NON-GMO 품종 사용		◇무농약, 무비료 조건에서 최소 2년간 ◇유기사료에 대한 보증 ◇NON-GMO 품종 사용		◇성장촉진물질 제외 ◇합성물질 대부분 제외
비유기 조사료 (0~20%)		유기축산 낙농가 착 유 우 30두 총사육두수 60두		비유기 농후사료 (0~20%)
◇20% 내에서 사용가능 ◇NON-GMO 품종만 가능		◇6개월 이상 완전한 유기조건에서 사육		◇20% 내에서 사용가능 ◇NON-GMO 품종만 가능
유기분뇨		유기우유 생산		유기농가(0~30%)
◇반드시 유기농장에서 생산된 것이어야 함 ◇초지, 사료포 및 유기곡류 생산지에 공급함		◇품질 차별화 방안 ◇가격 차별화 방안 ◇판매전략 수립이 필요		◇단지지역내에서 생산된 유기농부산물 및 곡류 ◇최소 2년간 무비료, 무농약 조건에서 재배

〈그림 2〉 Codex 유기축산농가의 유기우유생산을 위한 조건(권, 2001)



■춘파맥류: 연맥 또는 보리 ■두과작물: 클로바 또는 완두 ■추파맥류: 밀 ■근채: 사료용 순무 또는 감자

〈그림 3〉 영국을 중심으로 실시되었던 노포크식 4년 윤작의 예(이, 1998)

미국의 유기낙농가는 2~5년의 초지+1~2년의 화곡류 재배를 선택하며 이 때 잡초방제를 위해 호밀, 수단그래스, 연맥, 톨페스큐, 콩을 작부체계에 넣는다. 위스콘시의 유기낙농가는 수단그래스 → 옥수수 → 연맥 → 3년 건초생산 목초지와 같은 방식을 취하고 있다(K.O.R.N, 1996).

우리 나라 낙농가의 사료포 면적이 해마다 감소하여 현재는 80년도의 50%수준인 두당 132평에 머무르고 있다(서, 2002). 이러한 여러 상황을 고려할 때 우리가 선택할 수 있는 폭은 매우 좁다. 현재 우리 나라에서 이용하는 조사료 작부체계는 다음과 같다. 이들 작부체계는 기본적으로 화학비료에 의존하는 것이며 화분과 작물위주로 되어있다. 전작 중심에 약간의 답리작을

보충적으로 사용하며 옥수수, 수단그래스, 호밀, 이탈리아 라이그래스 중심 작목이라는 것을 알 수 있다(표 4, 5, 6, 7, 8, 9).

〈표 4〉 진부(해발 600m)지방에서의 우수 작부조합(농진청, 1998)

구 분	작부조합		숙기	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	건물수량 (kg/10a당)	TDN수량 (kg/10a)
	작물명	품종명					
옥수수위주	호 밀	호밀18호	조생	9.20	5.15	663	1,914
	옥수수	P3282	만생	5.20	-	2,248	
수수위주	호 밀	호밀18호	조생	9.20	5.15	695	1,224
	수수×수단	S-1435	만생	5.20	7.30, 9.10	1,345	

〈표 5〉 수원(해발 80m)지방에서의 우수 작부조합(농진청, 1998)

구 분	작부조합		숙기	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	건물수량 (kg/10a당)	TDN수량 (kg/10a)
	작물명	품종명					
옥수수위주	호 밀	Kodiak	만생	10.10	5.15	992	2,136
	옥수수	DK 729	만생	5.20	-	2,254	
수수위주	호 밀	호밀 18호	조생	10.10	5.4	710	1,756
	수수×수단	Biosupper755	중생	5.10	7.25, 9.30	1,755	

〈표 6〉 진주(해발 30m)지방에서의 우수 작부조합(농진청, 1998)

구 분	작부조합		숙기	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	건물수량 (kg/10a당)	TDN수량 (kg/10a)
	작물명	품종명					
옥수수위주	호 밀	Kodiak	만생	10.15	5.15	1,149	1,737
	옥수수	DK729	만생	5.20	9.15	1,670	
수수위주	이탈리안	Florida80	조생	10.10	4.30	1,036	2,026
	수수	G 1990	만생	5.20	8.10, 10.5	2,045	

〈표 7〉 영암(해발 400m)지방에서의 우수 작부조합(농진청, 1998)

구 분	작부조합		숙기	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	건물수량 (kg/10a당)	TDN수량 (kg/10a)
	작물명	품종명					
옥수수위주	이탈리안	Florida80	조생	9.25	5.4	827	2,085
	옥수수	P 931	만생	5.10	9.10	1,951	
수수위주	이탈리안	Florida80	조생	9.25	4.25	836	2,151
	수수×수단	TE-Evergreen	중생	5.10	8.1, 9.20	2,461	

〈표 8〉 제주(해발 200m)지방에서의 우수 작부조합(농진청, 1998)

구 분	작부조합		숙기	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	건물수량 (kg/10a당)	TDN수량 (kg/10a)
	작물명	품종명					
수수위주	이탈리안	Florida80	조생	9.5	12.10, 5.1	1,180	2,069
	수 수	P 931	만생	5.6	8.20	596	
옥수수위주	이탈리안	Florida80	조생	11.5	5.10	1,058	1,472
	옥 수 수	Comet80	조생	5.6	7.30	497	
	귀 리	Sprinta	조생	8.20	10.30		

〈표 9〉 제주(해발 400m)지방에서의 우수 작부조합(농진청, 1998)

구 분	작부조합		숙기	파종기 (월.일)	수확기 (월.일)	건물수량 (kg/10a당)	TDN수량 (kg/10a)
	작물명	품종명					
수수위주	이탈리안	Florida80	조생	9.5	12.10, 5.1	1,093	1,961
	수 수	P 931	만생	5.6	8.20	1,885	
옥수수위주	이탈리안	Barmultra	중생	9.5	12.10, 5.1	896	1,770
	옥 수 수	DK 729	만생	5.6	8.30	1,507	

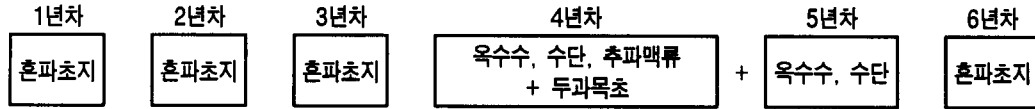
유기조사료 생산은 화학비료와 농약을 사용하지 않고 퇴비나 분뇨를 이용하여야 한다. 질소공급과 유기물 확보를 위해 작부조합에 두과를 포함시켜야만 한다. 이용 가능한 두과는 아래 <표 10>과 같다.

〈표 10〉 유기조사료 생산에 이용할 수 있는 두과 작물

구 분	두과목초	완 두	콩	헤어리벳치	크림손클로버
재배기간	영년생	60일	90일	월년	월년
적 지	산지·평지	전·답리작	전작	전·답리작	전·답리작
이용형태	건초·생초	건초·생초	생초	건초·사일리지	건초·생초·사일리지
생육특성	산지유리	단기간 생육	전작	답리작 이용	답리작 이용
생 산 성	중	중	다	중	중

이 표에서 볼 수 있는 바와 같이 크게 5종으로 나눌 수 있는데 이 중 산지와 평지에서 파종할 수 있는 것이 있으나 그 특성상 밭에서 재배하는 것이 좋고 헤어리벳치는 습기에 잘 견디므로 답리작으로, 크림손클로버는 전작으로 이용하는 것이 좋다.

1. 초지 중심



2. 전작 중심

월 별 조합별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	비 고
1	호맥+베치		옥수수			호맥+베치			사일리지용 옥수수				
2	호밀			콩			유채			콩은 유기콩 사료이용			
3	보리+헤어리			수단그래스			호맥+크림슨			청예용			
4	연맥+완두			옥수수, 수단			유채			청예용, 사일리지			
5	이탈리안 라이스그래스+베치			피, 수단그래스			이탈리안 라이스그래스+베치			청예용			

3. 답리작 중심

월 별 가능조합	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	비 고
1	이탈리안 라이스그래스 +베치·크림슨				오리제초수도작				이탈리안라이스그래스 +베치·크림슨				벗짚은 유기조사료
2	보리+베치·크림슨				오리제초수도작				보리+베치·크림슨				"
3	호맥+베치·크림슨				오리제초수도작				호맥+베치·크림슨				"

유기조사료 생산 기술의 핵심은 두과와 화분과 작물을 혼파하거나 아니면 1년 여러번 파종과 수확을 하는 경우 두 작물의 혼파 또는 작부체계 중 한번은 두과 작물을 넣어 재배하는 것이 핵심이라 할 수 있다. 이것은 물론 두과의 질소고정 능력을 이용코자 함이다. 먼저 초지 중심의 유기조사료는 혼파초지를 조성하여 3년정도 이용하여 토양 비옥도를 유지한 후에 다시 생산성이 높은 옥수수나 수단그래스를 재배하고 그 해 가을에 다시 추파 맥류와 두과 목초와 혼파하고 이듬해 다시 옥수수나 수단을 심고 6년 차 가을에는 혼파초지를 조성하는 것이 특징이다. 물론 유기 축산의 특성에 맞추기 위해서, 특히 산지 초지의 경우에 화학비료 대신 유기질 비료나 퇴비 또는 액비를 산포하면서 방목지로 계속 이용할 수 있는 방법은 있을 것이다.

전작 중심의 핵심은 가을에 두과와 화분과를 파종하여 이듬해 봄에 이용하고 여기에 전통적으로 재배하던 하계단기 작물인 옥수수나 수단그래스를 재배하는 것이 핵심이다. 이 중 하나는 여름철에 대두를 재배하여 비옥도를 도모하는 방법도 제시하였다. 이 때 생산되는 콩은 조사료

가 아닌 유기 사료로 이용하는 것을 가정한 것이다.

전작 중심 유기조사료 생산의 특징 중의 하나는 우리 나라에서는 잘 이용하지 않는 완두를 새로운 두과작물로 제시하였다는 점이다. 유럽이나 호주 그리고 미국이나 캐나다는 맥류와 연맥을 완두와 혼파하여 사일리지의 질을 높이고 토양비옥도를 증진시키는 작부체계가 일반화되어 있으나 우리는 이에 대한 연구가 전무한 실정이다. 앞으로 잠재력이 있는 사료작물이라 생각되어 삼입시켰다.

한편 답리작은 앞으로 유기조사료 조달의 가능성이 많은 부분이다. 면적으로 봐도 약 100만 ha에 이를 뿐 아니라, 쌀의 과잉 생산이 문제가 되어 다른 자원을 생산하는 보고로 이용되어야만 한다. 따라서 전통적으로 재배하던 호밀, 보리 그리고 이탈리아인 라이그래스에 두과인 베치나 크림슨 클로버를 넣어 두과의 질소고정능을 이용코자 하였다. 또 수도작은 오리제초를 하여 쌀은 유기농 쌀로 판매하고 벼짚 역시 유기조사료로 이용하자는 것이 이러한 작부체계를 제안한 이유이다.

제시된 모든 유기조사료 작부체계는 모두 새로운 것이며 지금까지 행하던 것과는 그 틀이 근본적으로 다른 것이다. 제안된 작부체계에 대한 실증 시험을 통하여 농가의 사정에 맞는 것만 취사선택해야 되리라 믿는다.

#### IV. 결 론

유기축산에서 필수적인 유기사료는 적어도 반추동물은 85%, 비반추동물은 80%이상을 유기사료로 공급해야 하는데 이를 위한 국내 조사료 생산을 두과목초의 생물질소 고정능력 이용이 절대적으로 필요하다. 두과작물은 작물이 필요한 질소의 75~80%를 공중질소를 고정하여 이용한다. 그리고 이러한 목적을 위하여 유럽 유기농가의 약 50%가 간작으로 녹비작물을 재배하고 있다. 대기는 약 79%가 질소로 되어 있고 이것은 막대한 양으로 약  $4 \times 10^{15}$ 정도이며 두과 근류에 있는 질소 고정균은 필요한 만큼의 질소를 고정하여 숙주식물인 두과작물에 제공하고 있다. 그리고 그 양은 1971~72년 사이 미국에서 식물에 투입된 비료의 1/3만이 화학비료이고 나머지는 생물학적 고정질소를 이용하였다.

두과가 고정한 질소는 초기에는 두과의 뿌리에서 질소화합물이 방출되어 혼생하는 작물에 이용시키는 것으로 보고되었다. 이러한 것을 연구하기 위해서 동위원소 질소가 이용되었고 그 결과 화합물 뿐만 아니라 근권부패물이 고정질소 이동에 중요한 역할을 하는 것으로 밝혀졌다. 이동량은 50~9.6(kg/ha)의 범위였다. 초지에서도 이러한 이동이 이루어지는데 여름은 고정된 질소의 90%, 가을은 56%가 화분과로 이동된다고 한다. 두과 질소 고정량 측정을 위해서는 크게 차이법과 동위원소 이동법이 있는데 두 방법 모두 참고 식물로서 화분과 작물이 필요하다. 화분과 단파에 비해서 두과와 화분과를 혼파한 초지의 질소량을 분석하고 단파구와 혼파구의 질

소함량차이를 건물수량과 결합시켜 질소고정량을 결정한다. 동위원소법도 마찬가지이나, 단 표식된 동위원소( $^{15}\text{N}$ )을 사용하고 이 표식된 질소질 흡수의 상대적 차이를 이용하여 질소고정량, 화분과로 이동량이나 비율을 결정한다.

두과 이용 유기조사료 작부체계의 핵심은 기본적으로 혼파조합에 두과를 혼합하여 파종하거나 다모작 작부체계에서 두과를 반드시 넣어 작물을 재배하는 것이 근간을 이룬다. 초지 중심은 3년까지 초지이용 4년, 5년차는 옥수수 등의 다수 사료작물 그리고 6년차는 다시 목초지로 환원시키는 윤작법이 기본을 이룬다. 전작 중심은 화분과와 두과를 혼합하여 가을 또는 봄에 파종하고 여름에는 옥수수, 수단그래스 등을 재배하는 모델을 제시하였다. 답리작도 화분과(이탈리안, 보리, 호밀)와 두과(베치, 크립슨 클로바)를 가을에 파종하여 봄에 청예 또는 사일리지 재료로 이용하고 그 후작으로 벼를 재배하는데 이때 오리재초 수도작을 하여 무농약, 무비료로 재배한 후 벼짚을 유기조사료로 이용하는 방법이다.

위에서 제시한 여러 작부체계와 혼파조합은 하나의 가능성을 제시했을 때 뿐이다. 이러한 작부 방식을 취했을 때 과연 그 수량이 얼마나 되고 또 그 질은 어떠한 것인가는 앞으로 실제 실험을 통하여 구체적으로 밝혀져야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 권찬호. 2001. CODEX 유기농업과 초지의 역할. 한국초지학회 제39회 학술발표회 및 특별강연 초록. pp.55~76.
2. 김영진. 1980. 조선시대 전기농서. 한국농촌경제연구원.
3. 농림부. 2001. 2001년 친환경농업육성정책. 농림부 친환경농업과.
4. 농진청. 1998. 조사료. 농촌진흥청.
5. 서중호(역). 1994. 작물윤작기술론(오오꾸보 나카히로 저). 광일문화사.
6. 서 성. 2002. 국내조사료 생산현황과 나아가야 할 방향. 낙농산업과 기술 1: 61-72.
7. 성경일. 2002. 벼를 가축사료로 쓰자. 조선일보 컬럼 2002. 2. 5.
8. 송승달. 1982. 질소고정. 민음사.
9. 신영오. 2000. 흙과 삶. 연세대학교 출판부.
10. 유덕기. 2001. 유기축산물의 Codex대응과 조직적 생산기반의 구축. 한국유기농업학회지 9(3): 1-22.
11. 이효원 등. 1998. 사료작물. 한국방송통신대학 출판부.
12. 이효원. 2002. 유기농업(근간).
13. 이효원(역). 1997. 질소고정(John Postgate 제2판). 한국방송통신대학 출판부.
14. \_\_\_\_\_. 2001. 질소고정(John Postgate)개정판. 한국방송통신대학 출판부.

15. 장경란·손상복. 2000. 한국유기농업학회지 8 : 97-110.
16. 中村道德. 1980. 生物窒素固定. 學會出版センター.
17. Butler, Wand K.W. Bayley. 1973. Chemistry and Biochemistry of Herbage. Vol. 1. Acad. Pass, London, New York, 1-639.
18. Brophy, L.S., and Heichel, G.H. 1987. Nitrogen Release from Roots of Alfalfa and Soybean Grown in Sand Culture. Plant and Soil 116 : 77-84.
19. Chalk. P.M. 1996. Nitrogen Transfer from Legrmenes to Cereals in Intercropping. Proceedings of International Wokshop. JIRCAS.
20. John Postage. 1987. Nitrogen Fixation(second Edi). Adward Arnold.
21. Kumar Rao. J.V.D.K., Thompson, J.A., Sastry, P.V.S.S., Giller, K.E., and Day, J.M. 1987. Measurement of N<sub>2</sub> Fixation in Field-grown Pigeonpea(*Cajanus cajan*(L.)Millsp.) Using <sup>15</sup>N-labeled Fertilizer. Plant and Soil 110 : 107-113.
22. Kickapoo Organic Resource Network. 1996. Organic Dairy Farming Community Conservation Consultants, WI.
23. Lailaw.A.S., P.christie and H.W.Lee. 1996. Effect of White Clover Cultivar on Apparent Transfer of Nitrogen from Clover to Grass and Estimation of Relative Turnover Rates of Nitrogen in Roots. Palnt and Soil 179 : 243-253.
24. Lailaw.A.S., P.christie and J.A.Wither. 1990. Comparison between Isotope Dilution and Acetylene Reduction Methods, to Estimate N<sub>2</sub> Fixation Rate of White Clover in grass / Clover Swards. Grass and Forage Science 45 : 295-301.
25. Norman, A.G., and Krampitz, L.O. 1945. The Nitrogen Nutrition of Soybeans : II. Effect of Available Soil Nitrogen on Growth and Nitrogen Fixation. Soil Science Society of America Proceedings 10 : 191-196.
26. Ruschel. A.P., Salatje, E., and Vose, P.B. 1979. Nitrogen Enrichment of Soil and Plant by *Rhizobium Phaseoli* - *Phaseolus Vulgaris* Symbiosis. Plant and Soil 51 : 425-429.
27. Ta, T.C., and Fairs, M.A. 1987. Species Variation in the Fixation and Transfer of Nitrogen from Legumes to Associated Grasses. Plant and Soil 98 : 265-274.
28. Virtanen. A.I., von Hausen S., and Laine, T. 1937. Investigations on the Root Nodule Bacteria of Leguminous Plant. XX. Excretion of Nitrogen in Associated Cultures of Legumes and Non-legumes. Journal of Agricultural Science 27 : 584-611.