

한국형 순환농업의 발전모델과 기술 경제적 과제

윤성이

동국대학교 식품자원경제학과 교수

- I. 서론
 - II. 유기경종
 - III. 유기축산
 - IV. 연계방안 및 물질밸런스 구축모델 개발
 - V. 결론
- 〈참고문헌〉

I. 서론

중산 위주의 관행농업으로 인해 야기된 수질과 토양오염을 경감하고, 국민의 안전한 먹거리 제공을 위해서는 유기농업의 확산과 정착이 필요하며, 이를 위해서는 표준화된 유기농업 기술이 필요한 것은 이제 모두가 공감하고 있는 일이다. 지금까지 추진한 유기농업은 농업환경 오염원 경감보다는 소득증대에 더 많은 관심을 기울인 결과, 농업환경오염원 경감과 같은 유기농업의 핵심기술 개발과 연구는 거의 이루어지지 않았던 것이 사실이다. 그러다 보니 유기농업기술은 지역여건과 작물, 경영규모 등을 종합 고려하여 적용되어야 하지만 유기농업 종합모델이 개발되지 않아 획일적인 유기농업 기술 적용으로 투자의 효율성이 낮았다.

유기농업은 경종농업과 축산업의 유기물순환을 기본원리로 한 농업기술 체계임에도 불구하고 우리의 유기농업은 축산부문이 발전하지 못하여 경종부문의 지속적 발전에도 한계가 있었다. 따라서 유기축산과 유기경종이 연계되는 표준화된 모델을 개발하여 균형있고 지속가능한 발전을 도모하여야 함이 중요한 이슈의 주 배경이라 할 수 있을 것이다.

한국토착유기농업은 과학적 기술이나 효과 검증 없이 몇몇 선진 유기농가들의 경험에서 비롯된 모자이크식 기술의 도입이 한국토착유기농업 기술의 골격을 이루어 왔었기 때문에 많은 시행착오가 있었다. 뿐만 아니라 전체적으로 효율적이고 한국지역적 특성에 맞는 적절한

기술의 필요성이 커지게 되었다. 유기질비료 즉 퇴비를 다량 시용함으로써 토착유기농업 기술은 채소재배의 경우 채소내 고질산염, 토양의 염류집적, 지하수로의 질산염 용탈 가능성 등을 야기하는 시행착오를 범하기도 하였다.

축산물 생산에 필요한 작물, 생물, 기계적인 체계와 농업의 자재 및 처리가공과 축산식품소비 분야까지 연결된 총체적 체계를 포함하여 국제적인 유기농업 기술을 도입하고 발전시켜 나가야 한다. 이러한 유기농축산물 생산을 위해서는 경종농업과 연계한 축산업이 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 유기경종과 유기축산이 상호 연계하는 자연순환형 유기농업의 발전모델과 기술적 경제적 과제를 검토하고자 하였다.

II. 유기경종

1. 국내 유기경종의 현황

우리나라의 유기농업 기술 수준은 선진국의 유기농업에 비하여 아직 초기단계이며, 선진국의 유기농업과 우리의 유기농업은 기술적으로 큰 차이가 있음은 주지의 일이다.

그러나 최근 유기농업에 관한 정부의 인식과 소비자 그리고 생산자의 인식이 바뀌어 감에 따라 많은 변화가 보이고 있다. 실제로 기술이나 정책이 따라가지 못하고 있다는 인식이 최근에는 들 정도로 생산시장에 변화가 일고 있다.

2. 국내 유기경종의 기술개발과제

유기경종에서는 화학비료의 사용을 금지하고 농약 및 제초제 사용금지, 그리고 공장식 축산분뇨의 사용을 금지하고 있는 FAO/WHO Codex alimentarius 유기식품의 규격을 존중한다면 관행농법과의 차이에서 발생하는 모든 문제를 리스트 업해야 할 것이고 이들 개개의 리스트에 대해서 어떻게 해결해야 하는 가를 기술적 문제의 과제라고 생각해야 할 것이다.

그러다보니 결국 비료로부터 오는 토양비옥도의 증진, 병충해, 잡초, 생산농가의 경영실태(생산량 감소) 등이 당면하는 과제라고 볼 수 있다. 그러면 이들 문제를 해결하기 위해서는 어떠한 기술이 있으며 그 기술을 어떻게 문제 해결해 나가야 하느냐가 주 관심의 대상이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 제시되고 있는 것이 윤작기술, 최적시비량, 품종종묘의 선택과 개발, 병충해 및 잡초의 제어관리 기술 등이다.

1) 유기경종에서의 윤작

윤작은 토양유기물의 공급과 유지, 질소천연 공급량의 증대, 토양물리성의 개선, 토양의 양분 흡수권의 확대, 토양성분의 균형유지, 병해충 발생의 억제, 잡초발생의 억제, 토지이용율의 향상 등의 장점이 있다고 알려지고 있다.⁹⁾

그러나 이러한 장점이 있음에도 한국형 순환형에 쉽게 도입되고 있지 못하는 것은 작부면적의 협소성이다. 따라서 윤작을 통한 농가소득의 감소와 식량의 안정적 공급량 확보라는 두 가지 문제를 해결할 수 있는 방안을 강구해야 만 한다. 이들의 근본적인 문제는 지역생산과 지역소비, 그리고 정부보조 등의 정책적 접근으로 해결방안이 모색되어야 하리라 본다. 이리

9) 서중호. 환경농업에서 작물윤작기술의 현대적 의의. 한국유기농업학회, 2000년 상반기 심포지엄

한 문제해결이 가능하다는 전제하에 유기경종을 위한 윤작의 순수한 기술적 문제 접근이 이루어져야 할 것이다. 또 기술개발에는 지역적 순환형 농업이라는 큰 틀속에서 유기축산과 연계해야 하는 즉, 유기조사료 생산과 공급이라고 하는 것이 전제되어야 할 것이다.

(1) 녹비작물의 재배

토양비옥도 유지는 유기농가에게 특히 중요하다. 왜냐하면 질소공급원으로 화학비료 사용이 허용되지 않기 때문에, 작물생산을 위한 질소요구도는 생축분 또는 완숙퇴비 시용을 통해서 또는 두과 녹비작물 재배를 통해 충족되어야 한다. 녹비는 토양비옥도와 토양구조 개선에 여러 가지 장점을 가지고 있다.

(2) 작부체계

작부체계내 두과작물은 후작물에게 질소와 유기물을 공급하며 수량을 증대시키므로, 두과작물의 재배는 효율적인 유기농업 작물재배에 있어서 없어서는 안될 필요불가결한 조처로 보고 있다. 유기농가가 윤작체계에 작물을 선택할 때에는 작물에 흡수되는 토양수분과 토양양분 그리고 작부체계에서의 잡초, 병충해 등을 고려하고 있다. 이러한 기본적인 기술적 문제 이외에도 순환을 위한 조사료를 포함한 작부체계에 대한 기술개발이 동시에 연구되어야 할 것이다.

(3) 유기농법의 토양관리¹⁰⁾

토양오염을 개선하기 위해서는 작물잔재, 녹비, 축분퇴비를 쟁기로 깊이 갈아 넣지 않고 토양표면에 남겨두는 것이 중요하다고 보고 있다. 작물잔재와 녹비 및 축분퇴비는 통기성이 좋아 미생물 활력이 높은 토양표면의 10cm내외에 혼입하고 있는데, 이는 토양표면 근처에 작물잔재와 녹비와 같은 유기물질을 혼입하는 것에는 토양피각화(soil crusting)의 방지, 침투수의 개선, 유거수의 저감 등 여러 가지 잇점을가지고 있기 때문이다. 뿐만 아니라 녹비작물 혼입 또는 축분 시용이 가비중(bulk density), 공극률(porosity) 및 유기물 함량 등 토양의 물리적 성질이 개선되기 때문이다. 즉 축분과 두과녹비 혼입은 작물생산을 위한 질소공급의 효과이외에도 토양개선 효과가 있다는 것이다.

① 토양유실

유실에 대한 정도가 토양에 따라 각기 다르고, 작물도 재배후 남겨지는 잔재량과 토양보호에 미치는 작물잔재의 효과도 각기 다르므로 경운 효과도 경운에 따라 혼입되는 작물잔재의 양에 있어서 크게 다르다. 유기농가는 작물 수확기에 작물잔재가 나타내는 토양유실의 잠재적 효과에 대해 생각하면서 토양관리와 수확작업의 계획에 임하고 있다. 왜냐하면 완두, 콩, 렌틸, 감자 등은 작물잔재를 거의 남기지 않기 때문에 토양유실 발생이 나타날 가능성이 커지므로, 이같은 작물들은 작물잔재를 가장 많이 남기는 화본과 작물포장에 함께 재배하는 것이 바람직하기 때문이다. 또한 1년생 두류와 감자를 재배하는 포장에 옥수수와 해바라기를 재배하면 생육기간과 재배후에 풍식(wind erosion)으로부터 작물을 보호할 수 있기 때문이다.

10 (1) 농촌진흥청 농업과학기술원. 작물별 시비 처방기준. (2) 류순도, 노희명. 한국의 지형 및 영농형태에 적합한 농업환경 오염예측 모형개발.

② 토양수분

토양표면의 작물잔재는 작물의 생육 초기에 나타나는 과도한 증발을 억제하는 효과도 보이고, 이 시기의 토양수분 저장량은 토양표면의 작물잔재량이 얼마인가와 직접적인 상관관계를 보이며, 토양표면에 작물잔재가 있으면 강우의 침투량도 증가하게 되므로, 토양수분 관리를 위해서 토양표면에 작물잔재를 남기는 것은 반드시 필요하다고 보고, 토양유실을 위해서는 최소경운 및 무경운이 권장되고 있다

2) 적정 시비량

적정 시비량에 대해서는 근본적으로는 지역별 순환형 시스템이 구축되고 그 시스템 하에서의 작부체계에 대한 적정시비량이 결정되어야 할 것이다. 이는 결정된 작부체계 하에서 각 양분의 필요양이 실험치¹¹⁾로서 제공되고 그 실험치를 바탕으로 분뇨의 종류별 양분 몰입량을 기준으로 시비량을 결정해야 할 것이다. 현재까지는 각종 개별 작물에 대한 분뇨별 적정 시비량은 많이 발표되고 있다. 하지만 윤작이 도입되고 작부체계가 확립되어 표준모델이 완성되면 이들 모델별 적정시비량이 연구되어야 한다.

3) 저항성 품종개발 및 병충해 및 잡초 제어

지금까지 개발되어 온 종묘는 대체로 관행농법에 근거하여 수량성, 색택, 크기, 모양, 향, 당도 등에 개발의 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 이들의 종묘는 농약살포를 전제로 병충해 저항성이 약하다는 문제점을 내포하고 있다. 따라서 이러한 기존의 특징을 유지하면서 병충해에도 저항성이 강한 종묘생산은 가장 시급한 문제로 인식되어야 할 것이다. 이것과 병행해서 병충해 및 잡초제어에 대한 기술도 병행해서 개발되어야 할 것이다.

Ⅲ. 유기축산

1. 국내 유기축산의 현황과 문제점

유기 축산의 개념은 축산물의 생산과정에서 수정란이식이나 유전자 조작을 거치지 않고 가축에 각종 화학비료, 농약을 사용하지 않고 또한 유전자 조작을 거치지 않은 사료를 근간으로 그 외 항생물질, 성장호르몬, 동물성부산물 사료, 동물약품 등 인위적 합성 첨가물을 사용하지 않은 사료를 급여하고 집약 공장형 사육이 아니라 운동이나 휴식공간, 방목초지가 겸비된 환경에서 자연적 방법으로 분뇨처리와 환경이 제어된 조건에서 사육, 가공, 유통, 평가, 표시된 가축의 사육체계와 그 축산물을 의미한다.

1) 국내 유기축산의 현황

유기축산에 대한 국제기준이 마련되어 유기축산물의 교역이 증가될 것으로 예상되나 국내의 유기축산은 재래종(토종) 중심의 축산물품질인증제를 실시하고 있으나 아직 초기단계라고 할 수 있다. 그기에 유기축산에 대한 국내기준이 아직 마련되지 않아 활성화하기에는 제반 여건이 미흡한 실정이다.

또한 유기축산을 위해서는 유기배합사료 및 양질의 유기조사료가 확보되어야 하나 국내 유기경종농업으로부터 조달 가능한 사료자원으로는 벗짚, 쌀겨, 옥수수, 보리 등 매우 제한적

11) 여기서 실험치라고 함은 작부체계의 작목에 따라 양분의 필요량이 다를 수 있다. 이 필요양분을 실험을 통한 개량적 수치를 의미한다.

이며 공급량도 지역적으로 편중되어 있고 아직은 유기 경종농업 조달 사료 자원이라고 해야 부산물 수준정도이다.

조사료의 경우 사료가치에 비하여 중량과 부피가 크기 때문에 수송비 과다로 원거리 이동에 한계가 있고 반추동물의 사육가능지역은 유기경종농업 생산단지의 인근지역으로 한정되기 때문에 지역적 순환형 농업의 형태로 개념을 설정해야만 이러한 문제해결에의 접근이 가능해 질 것이다.

가축분뇨 처리시설 현황은 축산업의 규모화에 따라 축산분뇨 발생량이 매년 증가하고 있는 추세이다. 따라서 축산분뇨 자원화를 위해서 퇴비화 액비화 등 자원화시설을 지원하고 있고 축산분뇨처리시설 지원과 축산분뇨처리시설 설치율은 매년 증가하고 있다.¹²⁾

2) 현실에서 제기되고 있는 가축분뇨 처리의 정책적인 문제점

가축분뇨를 환경친화적으로 토지에 환원, 유기자원으로서 이용할 수 있는 토지 수용 잠재력을 가지고 있음에도 불구하고 가축분뇨처리 및 가공중심으로 2차적 자원화 및 폐기화 정책에 중점투자 지원하고 있어 상대적으로 고투자, 고비용 축산분뇨정책이 이루어지고 있다.

법적 규제대상은 소수의 중 대규모 축산농가이며, 대다수의 분산된 소규모 양축농가에서 발생한 가축분뇨는 환경에 완전 개방되어 있으며 대책 및 지원 또한 대부분 소외되어 있는 실정이다.

협소한 농지 및 사육시설에서 분뇨정화처리시설 설치는 농가경영외적인 경제적 부담으로 인식하고 있으며 충분한 분뇨처리시설을 갖춘 규모화 된 전문농가 역시 사육두수 증가에 따라 파잉 발생된 분뇨를 처리할 수 있는 시설이나 토지환원을 위한 충분한 농경지를 가지지 못하고 있는 실정이다.

축산폐수 공동처리시설의 운영 및 관리주체가 시장, 군수, 구청장으로 지정하고 있어 액비화 이용과 시설의 실질적 운영, 관리, 감독과 기술적·재정적 지원에 한계를 가질 수밖에 없다. 환경오염대책은 물론, 연구지원사업 또한 대부분 가축분뇨 처리방법 및 당위성 그리고 분뇨처리의 기술적 측면에만 중점을 둔 반면, 소규모 양축농가를 포함한 가축 분뇨의 효율적 이용과 저장 및 자원화 방안에 대한 구체적이고 실질적인 연구는 아주 미미한 실정이다.

가축분뇨의 경지별, 작목별 적기·적량 시용을 위한 기초적 연구와 법적·제도적 장치가 결핍되어 있는 실정에서 다수 양축농가는 가축분뇨 배출로 인해 환경오염의 원인자인 동시에 심각한 사회, 경제적인 피해자로 인식하고 있어 이들을 위한 대책수립 또한 시급한 실정에 있다.

2. 발전방향 및 기술적 문제해결 방안

국내 유기축산 규모는 미미하다. 재래종 중심의 축산물 품질인증제를 실시하고 있으나 아직 초기단계에 불과하다.

Codex의 유기축산 주요 지침은 생태계 보전을 위한 순환축산, 가축복지의 보장, 이역특성과

12) 유덕기. 1997. 가축분뇨의 공동이용과 환경친화적 적정사육두수. 한국유기농업학회지 제5권 2호.

토지와 연계된 유기축산, 신뢰성 보장, 유기축산물의 계열화 등으로 요약된다. 이들의 내용을 만족시키기 위해서는 대략 다음과 같은 문제에 봉착하게 된다.

- 유기가축의 선발(품종 등)과 적정 사육규모
- 유기사료 자원의 확보방안
- 분뇨의 처리 및 비료화 방안
- 질병관리 등

더구나 유기축산물에 대한 소비자 인식도 낮고 유통체계도 미흡하다. 앞으로 유기축산물에 대한 교역이 증가할 것으로 예상되는 만큼 유기축산 발전 방향이 정립돼야 한다. 유기축산 경영체계를 확산시키기 위해 축종별 시범사업을 시행하고 그 분석결과를 통해 한국형 유기축산 생산모형을 수정할 필요가 있다. 유기 축산물 가격경쟁력을 확보하고 규격 확립과 함께 생산농가들을 대상으로 유기사료 구입부터 사양방법, 유통 등에 대한 기술교육은 물론 유기사료 공급을 위해 국내 소규모 사료공장을 유기사료 전문 생산 공장으로서 지정할 필요가 있다. 생산비 절감 방안과 함께 유기축산물 유통은 초기단계에는 매우 제한적일 것으로 예상되는 만큼 계통출하를 통한 유기식품 코너를 활용하는 방안을 검토할 필요가 있다. 이러한 모든 문제를 환경적 측면에서 접근하여 새로운 표준모델을 설정하여야 할 것이다.

1) 유기축산 사료 공급 방안

먼저 유기농산물과 부산물을 유기축산 사료원으로서의 공급방안을 생각해 볼 수 있다. 이러한 문제는 유기경종농가와 연계되어야 문제해결이 가능하다. 그러므로 유기축산이 성립하기 위해서는 필수적으로 유기조사료의 생산이 필수적이고 조사료의 생산을 위해서 작부체계도 연구 보급되어야 할 것이다.

(1) 농협의 양질조사료 생산·공급 방안

이는 앞으로의 유기축산 전망을 밝게하는 요인으로 볼 수 있을 것이다. 농협이 추진하고 있는 방안은 1, 2, 3단계로 나누어 접근하고 있다. 마지막 3단계의 일정기간 토양관리 후 비료농약을 사용하지 않는 논에서 담근먹이 생산과 친환경 축산 조사료를 급여하는 친환경 축산물 생산이 완성되면 친환경 축산물 생산도 가능할 것이지만 이는 아직 친환경적 개념이지 유기적 개념으로 접근하고 있지 않다는 것이 유감스러운 일이다.

(2) 경종농업과 축산업의 연계모형을 통한 유기조사료 생산¹³⁾

① 수도작 + 한우(젖소) 사육

- 오리농법, 우렁이농법, 참깨농법 등 유기수도작지역에서 부산물인 벃짚과 쌀겨 이용
- 답리작 호밀과 보리를 이용한 총제담근먹이로 일부 농후사료 대체
- 산간지와 초지로부터의 양질 조사료 공급
- 밭을 이용한 사료용 옥수수과 싸일레지 제조

② 전작 + 염소(유산양) 사육

- 산지의 조사료 자원이 풍부한 산간지역에서 유리
- 밭을 이용한 유기옥수수 및 콩생산과 연계하여 일부 농후사료와 조사료 조달

③ 사료작물 + 젖소 사육

- 목초지의 확보가 용이한 중간산 지역에 위치한 낙농가 중심
- 옥수수 등 사료작물이외에 초지조성으로 양질조사료의 최대한 지급
- 부족한 일부 농후사료 및 조사료는 수입으로 대체

13) 서종혁. 2002. 유기경종농업과 축산업의 연계방안. 한국유기농업학회 하반기 학술대회.

④ 원예(과수, 채소) + 양계농업

- 과수원을 이용한 방사형 양계를 통하여 과수에 필요한 유기물 조달과 양계용 청초 공급
- 양계에 필수적으로 요구되는 농후사료(옥수수 등)는 해외수입으로 조달

(3) 유기항병사료 개발

최근 몇 년 동안 축산분야에서의 사양관리, 경영과 생산, 육질의 개선 및 유통구조 등에 대한 문제점이 제기되고 있다. 이는 유기축산으로 가는데 필수조건이라 할 수 있겠다. 농가의 경제성과 직결되는 문제로 환경적 유기축산으로 유도하는 데는 이러한 병에 대한 문제를 해결해야 할 것이다. 『독일의 Heinrich 1996』가 Penac-T을 첨가한 실험군과 항생제, 호르몬제를 사료에 첨가한 대조군의 돼지비교실험은 시사하는 바가 크다고 하겠다.

2) 유기 축산 적정사육두수

CODEX 규격에서는 방목지, 초지 또는 자연(또는 반 자연)상태 등 외부에서 사육되는 경우 토양오염 및 과도한 방목을 충분히 방지할 수 있도록 가축밀도가 낮아야 한다고 규정한다. 유기농업 실천 농가를 위해 경지면적 당 거름단위를 이용한 가축사육두수를 정해 놓은 것은 축종별로 축분발생량이 크게 차이가 나고 축분 종류별로 무기성분 함량이 다르기 때문인 것이다. CODEX 유기식품규격에서 지칭하는 적정 가축사육두수란, 유럽 등의 유기농업에서 정하여 실시하는 경지면적 당 거름단위(DE, Duengunseinheit)에 근거하여 정해놓은 가축사육두수와 동일한 개념이라고 해석할 수 있으며, 이는 유기질비료 사용에서 환경부하를 주지 않아야 한다는 규정에서도 알 수 있는 것이다.

유럽 유기농업에서 실시하고 있는 거름단위별 가축사육두수와 최적 유기질비료 사용량과의 관계(Bioland, 1998)를 설명하면 다음과 같다. 암소 1.5마리에서 발생하는 우분의 질소, 인산, 칼리 등의 비료성분이 송아지 5마리, 육돈 6마리, 산란계 100수, 육계200수, 오리 150수에서 발생하는 분뇨에 함유되어 있는 질소, 인산 칼리 등의 비료 성분과 거의 비슷하기 때문에 거름단위로 이를 표기하고, 유기농업 실천 농가가 경작하는 농지의 규모에 따라 이들 경지에 환원할 수 있는 즉 다른 말로 하면 유기농가가 규모에 따라 사육할 수 있는 축종별 마릿수를 쉽게 표기하기 위해 거름단위별 가축사육두수를 정해놓은 것이다. 최적 유기질비료 사용량을 축종별 마릿수로 정해 유기농업을 실천하는 농가가 환경부하를 미리 차단하고자 하는 제도적 장치라고 할 수 있다.

<표1> Bioland 기본규약의 분료 단위에 근거한 축종별 사육두수(1998년)

축종	두수/DE	축종	두수/DE
종모우	1.25	육돈	6
암소	1.5	경산돈	3
소 2살이하	1.5	산란계	100
소 1-2살	2	산란계 중병아리	200
송아지 0-1살	5	육계	200
말(소와 동일)		오리	150
양 1살까지	30	거위	200
양 1살이하	18	칠면조	100

한국의 농지 이용 및 구조를 고려하여 환경친화적 사육두수를 아래의 표에 맞춰 기준을 정하는 것이 바람직하다.

<표2> 연간 ha당 액상분뇨 최대살포량과 환경친화적 적정 사육두수¹⁴⁾

축종	성분함량 (kg/m ³)			분뇨N함량 최대살포량(a) (kg/ha*year)	ha당 분뇨최대살포량과 적정사육두수	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		최대살포량 (T/M, year)	적정사육두수(b)
한육우 및 젖소	4.6	2.0	6.0	180	40	3.3두
돼지	6.0	4.5	3.0	180	30	12.5두
닭	10.0	9.0	5.0	180	18	353두

이를 위해 지역간, 농가 간 유기축산의 가축분뇨의 이용을 위한 공동체적인 지역체계 구축이 필요할 수도 있다. 새로 채택된 CODEX 기준이 아직도 공장식 축분 사용을 금지하고 있기 때문이다.

사육농가들은 모든 확대를 통해 규모화를 도모할 수도 있지만, 현재와 같은 고금리 구조 하에서는 규격돈 생산을 통해 규모경계를 도모하는 것이 비용 절감은 물론 고품질 돈육생산으로 국제 경쟁력 제고도 도모할 수 있을 것으로 판단된다. 즉, 적정 사육두수를 설정하여 생산비 절감·고품질 원유생산·고능력 우 정예화를 예상할 수 있다.

3) 유기축산 분뇨 자원화 방안

(1) 가축분뇨의 액비화 처리

가축분뇨 이용 및 처리 시설은 처리 목표가 부분 처리인 퇴비화와 액비화 그리고 완전 처리인 정화로 크게 구분되고 있다. 가축분뇨는 특히 수송비 부담과 살포의 위험 및 제약성으로 처리시스템 대부분이 퇴비화로 이루어지고 있으나 비료성분함량에 비하여 퇴비구입 비용의 부담과 완숙 및 균질성에 대한 품질 문제, 환경 및 유기농업에 대한 인식 제고 등으로 액비화의 가능성이 점차 향상되고 있다.

모든 시설의 처리방법은 호기성 처리방식을 채택하고 있다. 이는 혐기적 발효의 경우보다 수송 및 살포 그리고 취급의 용이성, 높은 판매성과 발효시간의 단축, 처리시설비 절감 등의 효과가 크기 때문이다. 그러나 호기성 처리과정에서 나타나고 있는 미완숙 발효문제와 전염 위험성, 수분조절제의 지속적 확보 및 높은 구입비용 문제가 제기되고 있다.

액비화 시설의 경우 대부분 소규모 처리시설이며 수송비 부담으로 농가 및 단지 중심으로 이루어지고 있는데 비하여 퇴비화 시설은 자체수송 및 전문 업체에 위탁 수송하고 있어 처리용량이 규모화 되어 있으며 수송영역이 광역, 거점화 되어 있다.

(2) 가축분뇨 에너지화 (바이오가스 생산) 및 필요성¹⁵⁾

메탄을 유효하게 이용하는 기술에 대하여서는 이미 많이 개발되어있다. 그러나 아직 경제성이 맞지 않아서 순환형 농업시스템에는 미 도입되고 있는 실정이다. 하지만 이러한 경제적 문제는 정책적인 접근으로 그 문제해결도 가능하리라 생각되어지는 부분이 많고 환경적 요구나 유기농산물의 시장가격의 적정성으로 향후 도입이 활성화 되리라 본다.

(3) 축산분뇨의 유기질 비료화 방안

14) 유덕기. 1997. 가축분뇨의 공동이용과 환경친화적 적정사육두수. 한국유기농업학회지 제5권 2호.

15) 윤성이. 2002. 농업자원의 효율적 이용시스템에 관한 연구. 한국유기농업학회지 제10권4호. 상세한 내용은 이 논문을 참조바람.

축산분뇨를 유기질 비료화 하면 부피를 15~20% 줄일 수 있고 농가의 경지면적에 비하여 분뇨량이 많을 때 고품분을 분리하여 다른 농가에 판매하여 농가의 분뇨량을 경감시킬 수 있다. 액상분 속에 고품분 함량이 줄어 액상화의 향상으로 포장에 살포가 용이하고, 식물체에 대한 피해 경감 및 경지 환원 사용 시 암모니아 휘산 경감 등의 잇점이 있다. 그러나 현재까지 고품분을 농가가 원하는 높은 수준까지는 분리하지 못하고 있고 기계구입비와 유지비를 추가 부담하여야 한다는 문제가 있다.

이상의 처리방법 이외에도 축산분뇨의 재순환시스템에 대한 연구는 아직 많이 개발되어야 할 것이다. 비록 유기농업만이 아니고 산림경영에도 눈을 돌릴 필요가 있다고 하겠다.

IV. 연계방안 및 물질밸런스 구축모델 개발

1. 연계모델 가축분뇨에 따른 최적 시용량¹⁶⁾

일반적으로 시비량을 결정하는데 고려할 사항은 토양의 비옥도, 관개수의 종류 (천연공급량에 영향), 기상환경(비료 흡수량에 영향), 재배양식(건답직파, 답수직파) 품종의 조만성과 내비성 등을 고려하여야 되며 비료의 종류에 따라 흡수 이용률 등이 달라진다. 특히, 건답직파시는 토성에 따라서도 비료의 용탈과 유실이 다르므로 시비량이 달라진다.

시비량의 이론적 계산은 목표수량을 생산하는데 소요되는 성분량에서 천연공급량을 제외하고 모자라는 것을 비료 량으로 공급하는 것으로 '88년 농진청 보고에 의하면 현미 100kg 생산하는데 필요한 질소량은 2.5kg, 인산 1.0kg, 칼리 2.3kg이므로 현미 500kg 생산을 목표로 할 때는 질소 12.5kg, 인산 5kg, 칼리 11.5kg가 필요하게 된다.

비료의 천연공급량은 토양자체가 지니고 있는 량과 빗물, 관개수 등에 의하여 공급되는 량을 합하여 대체로 10a당 질소4.5kg(4.2~7.0kg), 인산3.7kg(1.1~4.9kg), 칼리4.8kg(3.4~6.0kg) 정도이고 비료의 흡수율은 질소 40~65%, 인산20%, 칼리50% 정도이며, 이론적 시비량 계산방법은 다음과 같다.

이론적 시비량

$$(\text{목표수량 생산을 위한 비료 성분량}) - (10\text{a당 비료천연 공급량}) \div \text{비료흡수율}$$

실제 시비량은 토양의 조건이나 관개수의 수질에 따라 다르고 기상환경과 재배양식에 따라 비료의 용탈과 흡수 이용률이 다르므로 이론적인 계산과 실제 시비량 간에 다소 차이가 있다. 따라서 실제 포장에서의 토양조건 및 재배양식별로 시비방법 시험을 실시 그 결과를 활용 이용하는 것이 바람직할 것이다. Codex 기준은 상기의 토양비옥도 유지 및 증진을 위한 제반조치에도 불구하고 윤작, 토양개량 및 작물의 식물 영양적 요구도를 충족시키기 위해 필요할 경우 제한적으로 사용할 수 있으나 환경부하 및 농산물의 품질이나 안전성에 용인할 수 없는 결과가 없어야 되는 유기질비료로는

- ① 비유기축산농가의 축산분뇨(단, 집약축산농가의 축산분뇨는 사용금지)
- ② 축분으로 만든 퇴비와 건조분(단, 공장식 집약축산농가의 것은 사용금지)
- ③ 구아노, 짚, 도축장폐기물, 음식물 쓰레기, 톱밥, 인분 등

16) 홍성구. 축산분뇨 농지환원을 위한 적정관리 방안

이라고 규정하고 있다. 그러나 이들 물질들은 사용 전에 반드시 품질인증단체의 별도 허가를 받은 후에야 사용이 가능하다.

Codex유기식품규격에 의하면 유기경종에서는 유기농법 실시농가로부터 유래되는 유기물질로 제조된 퇴비를 사용하여야 한다. 즉, 유기경종에서 발생하는 식물의 잔재, 유기축산에서 발생하는 축산분뇨와 유기축산의 분뇨로 제조한 퇴비, 건조분 등이 유기경종에서 사용 가능한 유기질비료라고 할 수 있다. 또한 유기경종농가는 균형적 유기질비료 사용계획을 마련하고 토양과 수질에 부하를 주지 않는 적정량의 퇴비를 사용하여야 한다. 이와 관련하여 IFOAM 기본규약에서는 오염우려가 있는 경우 토양분석을 통한 토양진단과 식물체분석에 의한 최적시비처방을 실시해야 한다고 규정하고 있다.

<표3> 유기질 비료 및 토양개량에 사용에 관한 Codex 유기식품 규격의 내용

구분	내용
유기농업 기본규약 / 규격 또는 핵심기술 FAO/WHO의 Codex유기농업 규격	<ul style="list-style-type: none"> - 상기의 토양비옥도 유지조치에도 불구하고 윤작, 토양개량, 식물의 식물 영양적 요구도를 충족시키기 위해 필요할 경우 사용할 수 있으나 환경부하 및 생산물의 품질이나 안전성에 용인 할 수 없는 결과가 없어야 사용할 수 있다. ⇒ 인증단체의 허가가 필요한 유기질비료 및 토양개량제 <ul style="list-style-type: none"> ·비유기농가의 축산분뇨, 단 집약축산농가의 축산분뇨 사용금지 ·축분으로 만든 퇴비와 건조분, 단 공장식 집약축산 농가의 것은 사용금지 ·구아노, 짚, 도축장폐기물, 음식물쓰레기, 톱밥 등 목재쓰레기, 인분 등

또한 Codex에서는 방목지, 초지 또는 자연(또는 반자연)상태 등 외부에서 사육되는 경우 토양오염 및 과도한 방목을 충분히 방지할 수 있도록 가축밀도가 낮아야 한다고 규정하고 있다.

유기농업 실천 농가를 위해 경지면적당 거름단위를 이용한 가축사육두수를 정해 놓은 것은 축종별로 축분 발생량이 크게 차이가 나고 축분 종류별로 무기성분 함량이 다르기 때문인 것이다. Codex규격에서 지칭하는 적정 가축사육두수란, 유럽 등의 유기농업에서 정하여 실시하는 경지면적당 거름단위(DE, Duengungseinheit)에 근거하여 정해놓은 가축사육두수와 동일한 개념이며, 이는 유기질비료 사용에서 환경부하를 주지 않아야 한다는 규정에서도 알 수 있다.

한국의 농지 이용 및 구조를 고려하여 환경친화적 사육두수에 따라 적정사육두수를 입식하거나, ha당 분뇨 최대 살포량 만큼의 가축분뇨를 유기축산 농가로부터 구입하여 사용하는 것도 적절할 것이다. 이를 위해 지역간, 농가 간 유기축산의 가축분뇨의 이용을 위한 공동체적 지역체계 구축이 필요할 수도 있다. 새로 채택된 Codex기준이 아직도 공장식 축분 사용을 금지하고 있기 때문이다.

유기농업에서 우선 가장 중요한 것은 농가규모에 따라 축종별 분뇨발생량에 따른 가축 마릿수가 제한되어 있다는 것이다. 그럼에도 불구하고 이를 전혀 고려하지 않고, 유기질비료 사용량을 과거에 무제한적으로 많이 사용하면 사용할수록 좋다고 믿었던 적이 있었던 한국 유기농업이었다. 그러나 최근 채소의 고질산염 함량 파동 이후 유기질비료의 10a당 추천 사용량은 8t으로 낮추어 지고 다시 5t, 3t으로 그리고 현재는 2t으로 하향 조정되었다. Codex 유기식품규격에는 유기농법으로 작물을 재배하기 위한 토양비옥도의 유지와 증진은 윤작, 녹비작물의 재배, 두과작물의 재배에 의존하여야 한다고 규정하고 있다. 작물을 재배하기 위해 요구되는 식물영양분의 공급이 상기 조치와 같은 토양비옥도 유지 증진 책으로도 부족

할 경우, 추가적인 유기질비료 사용을 실시하는 것이 원칙이다. 이때 토양진단(Soil testing)을 실시하여 그 분석결과에 근거하여 최적 유기질비료 사용량을 결정함으로써 환경친화적 시비로 유기농업의 환경보전 기능수행을 도모하는 것은 이미 농업선진국 유기농업에서 널리 실천되고 있는 것이다.

유기경종농가가 외부로부터 유기 축분을 이용해 만든 퇴비를 사용하려고 한다면 그 최적 사용량은 토양진단 결과 나타난 무기 태질소 함량을 근거로 포장의 토양비옥도와 재배 희망 작목의 흡비량을 고려하여 유기질비료 사용량을 최종 결정하는 것이 타당할 것이다. 즉 아래표에서 볼 수 있는바와 같이 유기농가 포장별로 그 토양의 물리적, 화학적, 미생물적 특성과 재배 희망 작목의 질소 요구도를 고려하여 질소비료 목표치를 설정한 후 유기농가 포장별 토양시료의 무기태 질소 함량에 대한 분석치를 빼준 값을 산출하여 유기질비료 사용량을 결정하는 것이다. 우선 유기농법을 실시하는 농가포장의 토양을 토양비옥도에 따라 4~5개 등급으로 구분하고 척박/비옥도에 따라 토양진단에 의한 질소비료 목표치를 산정하고 유기질비료의 사용량을 가감하여 사용하는 방법으로 보다 합리적인 방법이라고 할 수 있다.

2. 농지면적에 알맞은 시비량 및 적정사육두수 계산

1) 모델설정 목적

우리나라 실제 평균 농지 면적을 고려하여 그 면적에 알맞은 시비량을 측정 후 적정사육두수를 산출하고 연계모형의 개발을 위한 초기 단계의 골격을 만들자는데 있다.

2) 모델 설정과정

①우리나라 실제평균 농지면적 고려(순환형모델 면적 대입 가능) → ②필요한 시비량으로 생산된 쌀, 볏짚, 쌀겨의 이용량 → ③필요한 시비량에 생산을 위한 적정 가축두수 결정의 순으로 계산식을 전개한다.

3) 모델 계산 산출과정

우리나라는 전체 평균 농업 생산량에서 수도작이 차지하는 비율이 80%를 육박하고 있다. 이에 따라 여기서의 평균 농가 규모는 벼 생산을 위주로 하는 농가의 규모를 기준으로 조사육과의 친환경 연계 방안에 대한 모델을 설정하고 있다는 가정 하에 계산을 진행한다. 따라서 농진청과 CODEX기준에 의한 시비량이나 축산의 양분 함유량 그리고 면적당 농작물의 생산량 등의 원단위만 설정하면 똑 같은 방식으로 계산이 가능함을 의미한다.

만약에 우리나라의 전체농가 평균규모를 1.5hr로 보고 이 규모에서 생산된 쌀 생산량을 기준으로 한 적정 시비량 계산과 적정사육두수는 다음과 같다.

(1) 1.5hr 농지에서 나오는 평균 쌀(현미) 생산량은 7995kg이다(1a당 53.3kg)¹⁷⁾. 쌀 1kg에서 나오는 쌀겨의 양을 10%로 잡을 경우 농지 1.5hr에서 나오는 양은 799kg이다. 이를 퇴비, 액비로 전환한다고 가정한다.

(2) 시비량의 이론적 계산은 목표수량을 생산하는데 소요되는 성분량에서 천연공급량을 제외하고 모자라는 것을 비료량으로 공급하는 것으로 88년의 농진청 보고에 의하면 현미 100kg을 생산하는데 필요한 질소량은 2.5kg, 인산 1.0kg, 칼리 2.3kg이 필요하게 된다.

여기서 농지 1.5hr에서 생산이 가능한 현미의 평균량인 7995kg을 위의 기준으로 필요한 시

17) 2002년 농림부 통계기준

비량을 계산한다면 질소는 199.875kg, 인산은 79.95kg, 칼리는 183.88kg이 필요하게 된다. 비료의 천연공급량은 토양자체가 지니고 있는 양과 빗물, 관개수 등에 의하여 공급되는 양을 합하여 ecp로 10a당 질소 4.5kg(4.2~7.0kg), 인산 3.7kg(1.1~4.9kg), 칼리 4.8kg(3.4~6.0kg) 정도이고 비료의 흡수율은 질소 40~65%, 인산 20%, 칼리 50% 정도이며 위에서 기준으로 잡은 농지 1.5hr를 a로 환산하면 질소 67.5kg, 인산 55.5kg, 칼리 72kg을 필요로 하게 된다.

따라서 비료의 이론적 시비량은 다음과 같다.

이론적 시비량 = (목표수량 생산을 위한 비료 성분량)-(10a당 비료천연 공급량)/비료흡수율

실제 시비량은 토양의 조건이나 관개수의 수질에 따라 다르고 기상환경과 재배양식에 따라 비료의 용탈과 흡수 이용률이 다르므로 이론적인 계산과 실제 시비량 간에 다소 차이가 있다. 따라서 실제 포장에서의 토양조건 및 재배양식별로 여러 번의 시행 후 결정을 해야한다.

(3) 소의 경우 1마리가 1년동안에 발생하는 분뇨는 5.9m²로 여기에 포함되어 있는 질소량은 27.14kg이다.¹⁸⁾ 이것을 1년 단위로 환경 친화적 액비 사용기준에 알맞은 질소량인 220.6kg에 적합한 양을 얻기 위해서는 약 8.1마리가 필요하다. <표2> 연간 ha당 액상분뇨 최대살포량과 환경친화적 적정 사육두수를 참고로 환경 친화적인 액비 사용기준은 1년에 180kg.N/hr이다. 이를 1.5hr로 전환하면 1년에 사용 가능한 질소량은 270kg.N/hr가 된다. 소의 경우 1마리가 1년 동안에 발생하는 분뇨는 5.9m³로 여기에 포함되어 있는 질소량은 27.14kg이다. 이것을 1년단위로 하여 환경 친화적 액비 사용 기준에 알맞은 질소량인 270kg에 적합한 사육두수를 계산하면 약 9.8마리가 필요하다는 결론이 나온다.

3. 지역 순환형 연계 모델과 발전을 위한 해결과제¹⁹⁾

1) 모델 선정 시 필요한 요소

(1) 환경적인 면, 경제적인 면에 대한 평등한 대안

자연 순환형 연계 모델의 최종 목표는 '지속가능한 발전'이다. 하지만 환경적인 면만을 고려한 다면 설득력이 없을 것이다. 환경적인 면에서 자연 순환형 모델이 좋다는 것은 누구나 아는 사실이기 때문이다. 이러한 점에서 단순히 환경적인 이익만을 열거하고 경제적인 면을 고려하지 않는다면 직접적으로 시행을 할 농민들에게 설득력이 없는 이론적인 시스템에 불과할 것이다. 환경과 경제적인 면을 모두 만족할 수 있는 연계모델의 설정이 필요하다.

(2) 연구기관과 전문 인력

자연 순환형 모델에 관해 문제가 되는 것 중 하나가 전문 지식의 부족이다. 현재 자연 순환형 모델에 설정에 관한 전문적인 기관과 전문 인력이 부족하기 때문에 농민 교육이나 외국 지식의 우리나라의 적용에 관해 특별한 대책이 없는 것이다. 정부의 정책적인 면에 뒷받침해 주지 않는다면 순환형 모델의 운행은 어려움을 겪을 것이다.

(3) 경제적 타당성 확보

유기농축산물의 생산을 뒷받침하기 위한 시장조성 및 잠재시장의 개발이 필요하다. 그리고 초기 기술개발 및 시장 개척기의 높은 위험성을 줄이기 위하여 영농투자에 방향을 제시해야만 할 것이다.

18) 2002년 농림부 통계기준

19) 농림부. 2000년 친환경 농업육성

(4) 제도적 보장성 확보

지역 순환형 농업 실천기반을 조성하기위해서 먼저 확립이 되어야 하는 것은 지역 순환형 농업시스템 구축과 관련된 기초자원인 토양관리를 위한 농림부 · 농진청 · 시 · 군 · 농업 기술센터 · 농협 등 토양검정기관간 적절한 역할분담 체계 확립 및 강화이다. 이것은 곧 농업의 주체를 육성하고 전담기구를 설치함으로써 전문성을 확보할 수 있을 것이다.

농협 토양진단센터는 1차 토양검정기관, 시·군 농업 기술 센터는 2차 토양검정기관으로 토양검정업무체계 확립 및 토양검정장비의 기술적인 현대화가 필요하다. 하지만 우선은 토양검정결과를 지역별 토양특성에 맞도록 정밀하게 적용시킬 수 있는 합리적인 표준시비량 및 퇴비 · 액비 살포량 기준 마련이 필요하다.

또 이것과 병행하여 생산기반 시설투자에 대한 정부보조 확대와 친환경 직불지원범위 확대도 중요한 내용이 될 것이다.

(5) 지역순환 농업시스템 구축을 위한 관련 정책통합 및 조정

현행 친환경육성지원사업으로 추진되고 있는 대규모지구(중전의 친환경농업지구사업) 및 소규모지구 조성사업(중전의 중소농고품질농산물 생산지원)을 통합하고 가축분뇨자원화사업과 연계하는 "지역 순환형 연계모델"로 조정하여 운영함으로써 정책의 효과성을 제고할 수 있다.

친환경농업직접지불사업은 지역순환형 농업시스템구축을 위한 상호준수 정책프로그램으로 친환경농업(무농약재배 이상의 친환경농산물 인증 농가를 대상)을 실천하는 농가에 대한 인센티브 지원 등을 확대하는 정책이다. 또한 지역 순환형 농업정책을 위해 친환경농업 실천능력을 갖춘 농업인에 대해 관련된 정책 수혜의 우선권 부여하는 것도 하나의 방법이 될 수 있다. 중앙정부는 일반적 기준을 제시하고 재원을 부담하며, 지방자치단체가 지역순환 농업발전계획에 의거하여 구체적 기준과 지원방안을 수립하여 중앙정부의 승인을 받아 시행하는 것이 빠른 시간에 적절한 정책적이 요소를 배제할 수 있어 효과적일 것이다.

<표4> 순환농업의 유형과 방법²⁰⁾

순환유형	Subsystem	농법	농업형태
농가내 순환	경지내 순환	-땃짚환원, 녹비환원 -윤작, 혼작, 공영식물 -천적, 미생물제	개별복합 농업
	작목간 순환	-구 비 -답전윤환	
	농가 생활 내 순환	-가정잔사, 분뇨	
지역내 순환	경지-비경지간 순환	-산야초, 객토 -방목과 휴한지의 윤환 -산림과 나무의 이용	지역복합 농업
	농가간 순환	-구비-땃짚, 왕겨의 교환	
지역간 순환	농업지역간 순환	-경종-축산부문의 교환	지역간 복합 및 순환 농업
	농공간 순환	-유기성 폐기물의 퇴비화 -툼밥, 수피의 이용	
	농촌 도시간 순환	-음식물 쓰레기의 퇴비화	

20) 서종호. 환경농업에서 작물윤작기술의 현대적 의의(保田茂, 1989로부터). 한국유기농업학회, 2000년 상반기 심포지엄

2) 순환농업의 유형과 방법

표4에서 보는 바와같이 순환형 농업을 지향하는 데는 유형적 특성을 잘 살펴서 결정해야 할 것이다. 이러한 유형별 특성으로부터 지금까지 앞에서 개별 유기축산과 경종에서 다루었던 기술적 문제에 대하여 그 개량적 수치가 다르게 나타나고 정성적 접근법도 다르게 표현될 수 있기 때문이다

V. 결론

이상에서 유기경종과 유기축산의 기술적인 문제를 살펴보았다. 그기에 연계방안을 위한 기술적, 경제적 문제도 고찰했다. 결국 순환형 농업의 표준화에는 유기축산과 유기경종이 선행되어야 하고 이중에서도 유기조사료의 생산은 순환형 연계 시스템에 아주 중요한 매개체 역할을 하고 있다고 하겠다. 그러다 보니 순환형 연계 시스템은 유기경종에서 연계를 작부체계를 시행하고 여기서 생산된 유기조사료 및 농후사료가 유기축산을 가능케 해 준다. 그리고 이러한 유기축산이 가능해야지만 유기경종 또한 완성되는 것이다. 이들의 상호 연계가 보다 효율적으로 완성되기 위해서는 지역단위의 표준화가 이루어 져야 하고 여기에는 정확한 물질 밸런스가 구축되지 않으면 순환형 연계모델의 궁극적인 목적이라고 할 수 있는 지속가능한 발전에 도달하지 못하게 되는 것이다.

여기에 또 다른 중요한 요소는 정책적으로 어떻게 지원할 것인가가 중요하다. 기술적인 문제를 해결하여 제공하고 경제적 타당성을 가질 수 있도록 정부의 적극적인 지원 또한 꼭 필요한 요소로 생각된다.

이제 농업이 완전시장개방을 앞 둔 시점에서 살아 남기 위한 방안으로서도 환경을 보전하기 위해서도 이상에서 고찰한 지역 순환형 유기농업의 표준화는 시대적 요구라도 강조하고 싶다.

《참고문헌》

- 1) 류순도, 노희명. 한국의 지형 및 영농형태에 적합한 농업환경 오염예측 모형개발
- 2) 서종혁. 2002. 유기경종농업과 축산업의 연계방안. 한국유기농업학회 하반기 학술대회.
- 3) 유덕기. 1997. 가축분뇨의 공동이용과 환경친화적 적정사육두수. 한국유기농업학회지 제5권 2호.
- 4) 윤성이. 2002. 농업자원의 효율적 이용시스템에 관한 연구. 한국유기농업학회지 제10권4호. 상세한 내용은 이 논문을 참조바람.
- 5) 홍성구. 축산분뇨 농지환원을 위한 적정관리 방안
- 6) 서종호. 환경농업에서 작물윤작기술의 현대적 의의(保田茂, 1989로부터). 한국유기농업학회, 2000년 상반기 심포지엄