

## 한반도에서 지속농업의 실천방안

지속적 벼 생산체계 개발을 중심으로

최진룡<sup>1</sup>·김정부<sup>2</sup>·조영손<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 농과대학 농학과

<sup>2</sup>경남농촌진흥원 시험국

## Practices of Sustainable Agriculture in Korea With References for the Development of Sustainable Rice Production Systems

Choe, Zhin Ryong<sup>1</sup>, Jeong Bu Kim<sup>2</sup> and Young Son Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Agronomy, Gyeongsang National University

<sup>2</sup>Kyungnam Provincial Rural Development Administration

**ABSTRACT** : In Korea, chemical fertilizers and agricultural chemicals have had a significant impact on food production and these are today thought to be an indispensable part of modern agriculture. On the other hand, socioeconomic, and IMF and WTO status in Korea are constant reminders of the vulnerability of our fossil fuel dependent agriculture. A new crop production system to improve economic, environmental and production efficiency must be exploited. Our particular concern has been given to an integrated cropping system involving recycling of crop residues, soil and N management, biological N fixation and multipurpose legumes. As a new integrated crop production system, a no-till direct-sown rice-vetch relaying cropping system has been proposed in this paper. The formulation of this system is based on the conception that N fertilizers being neither limitless available nor affordable, the current high-input crop production systems have produced troubled results : severe labour shortage in rural areas, balance of payment, environmental degradation and reduction of human health far exceed economic concerns. A natural and logical consequence is that long-term sustainability of agricultural systems must rely on the use and effective management of internal resources. Based on the information

obtained throughout a series of experiments last years we have proved that the no-till direct-sown rice-vetch relaying cropping system dictates biological alternative which can augment, and in some cases replace, N fertilizers. Comprehensive discussions were made for the proposed system and it concluded that the system can offer an economically attractive and ecologically sound means of reducing external nitrogen input and improving the quality and quantity of internal resources, and consequently improving the farmers as well as the national returns.

**Key words** : Sustainable agriculture, Recycling crop residues, Chinese milk vetch, Biological N fixation, No-till direct-sown rice-vetch relaying cropping systems

## I. 서 론

우리나라에서는 지속농업(sustainable agriculture)을 환경농업이라 부르고있다. 지속농업을 환경농업이라고 부르게 되면서 사람들은 유기농업 또는 자연농법이 환경농업이라고 생각하게 되었다. 또한 농업환경관리는 농업을 정상적으로 수행하기 위하여 또한 환경요소들의 지표개선을 위한 관심거리는 되겠지만 그 자체가 구체적 농업행위라고 볼 수 없는 일임에도 불구하고 지속농업을 환경농업이라 부르게 되면서부터 농업환경에 대한 연구가 곧 환경농업연구로 오해되고 있는 측면도 있다.

또 농학자들 가운데는 환경농업을 비현실적인 특수농업으로 치부하는 경향이 있다. 이것은 환경농업은 기존농업기술에 비하여 초기에 그 생산성이 떨어지기 쉽기 때문이다. 그러나 환경농업은 우리가 지향할 수 밖에 없는 유일한 선택일 뿐이다. 식량 증산이 국가적 목적이고 식량증산 외에는 어떠한 선택도 있을 수 없다는 생각은 농촌 현실을 무시하고 국가적 목표를 최우선으로 하는 인식에서 비롯된다. 농업여건과 사회적 욕구가 크게 바뀌고, 새로운 지식이 축적되었을 때는 기존 농업체계를 개선하는 일을 소홀히 할 수 없는 일이다.

이 연구의 목적은 우리 나라에서 환경농업으로 이해되고 있는 지속농업을 쌀 생산에 정착시키기 위하여 지속농업의 원리를 이해하고 그 원리에 적합한 지속적 쌀 생산기술로서 벼-자운영 무경운 직파재배기술을 소개하는 데 있다.

## II. 우리 나라 농촌 현실과 새로운 농업기술 개발의 필요성

우리나라에서 농업문제는 크게 두가지로 요약된다. 하나는 농촌 노동력이 크게 부족하여 기존농법에 대한 변화를 요청받고 있다는 것이고, 다른 하나는 비료와 농약 사용량이 증가되어 환경오염을 유발하기도 하고 국민건강에 위협이 될 수 있으므로 이를 극복할 수 있는 방안이 제시되어야 한다는 점이다.

### 1. 농촌노동력 부족과 생산비 문제

한국의 농촌사회는 최근 20년간 급격한 변화를 거쳤다. 농촌의 농업노동력이 부족하고 그 질이 크게 떨어졌다. 그 때문에 전과 같은 방법으로는 벼 농사를 지을 수 없게 되었다. 이러한 현상은 우리나라에 국한된 문제가 아니라 어느 나라에서도 산업화 과정에서 겪을 수 있는 일이다. <표 1>에서 보는 바와 같이 세계 주요국의 총인구에 대한 농업인구의 비율이 매우 낮아 5% 이하로 떨어진 나라가 많으며, 산업화가 진행될수록 그러한 현상이 뚜렷하다. 우리 나라의 농업인구는 현재 약 10% 이내로 줄어 든 상태에 있으나 시간이 지날수록 더욱 줄어들게 될 것이다. 그리고 <표 2>에서 보는 바와 같이 농림어업취업인구 중에서 50세 이상 고령자는 해마다 증가하고 있는 반면에 15-49세까지 경제활동인구는 해마다 급격히 줄어들고 있다는 사실은 기존 농업기술의 실천이 위협을 받고 있다는 것을 시사하고 있다.

이러한 현상은 벼 생산비에서 잘 나타나고 있다. 우리나라에서 벼 생산비는 미국의 3.5~4.0배 범위에 있으며, 생산비 구분별로 보면 모든 항목에서 우리나라가 높는데, 특히 노력비와 토지용역비에서 뚜렷하고, 이것들은 각각 11배 이상이나 된다. 이와같이 우리나라에서 벼 재배는 토지용역비와 노력비를 줄이지 않으면 국제경쟁에서 살아남을 수 없게 되어있는 데 그 대책은 무엇인가? 이에 대하여 전문가들은 이렇게 해결하려고 하고 있다. 우리 농가의 경지규모는 영세하여 토지생산성은 높으나 노동생산성이 낮고, 단위면적당 투하노동량이 많아 인건비가 높으며, 땅 값이 비싸서 임차료율이 높다. 따라서 우리나라의 쌀 생산구조의 문제점은 경영규모 확대를 통한 기계화 추진을 통해서 어떻게 단위면적당 인건비를 낮출 수 있을 것인가와 농지임차료 인하를 통해서 토지용역비를 어떻게 낮출 수 있을 것이냐 하는 문제로 집약된다.

&lt;표 1&gt; 세계각국의 총인구에 대한농업인구의 비율(1990년 기준)

국 명	총인구(1000명)	농업인구(1000명)	비 율
덴마크	5,143	240	4.7
영국	57,438	1,147	2.0
프랑스	56,406	2,760	4.9
서독	62,870	1,924	3.1
네델란드	14,951	551	3.7
미국	249,224	6,564	2.6
캐나다	26,521	871	3.3
호주	17,052	852	5.1
일본	123,520	7,571	6.1
싱라폴	2,723	27	1.0
필리핀	62,413	29,024	46.5
인도	853,094	535,601	62.8
중국	1,139,060	768,396	67.5

자료 : FAO Production Yearbook.

&lt;표 2&gt; 한국의 총인구에 대한 농림어업 취업인구의 추이(1970-1995) (단위 : 1000명)

연 도	총인구	농업인구	비 율	농 립 어 업 취 업 인 구			
				계	15~29세	30~49세	50세
1970	32,241	14,422	44.7	100	31.6	47.8	20.6
1975	35,281	13,244	37.5	100	29.2	44.1	26.7
1980	38,124	10,827	28.4	100	20.4	47.4	32.2
1985	40,806	8,521	20.8	100	15.2	44.9	39.9
1990	42,793	6,661	15.6	100	6.8	36.9	56.3
1995	44,606	4,851	10.8	100	25.8	26.5	47.7
연평균증감율	1.51	△12.0	△1.72	△1.91	△4.0	△2.4	4.5

자료 : 농림수산주요통계,농림수산부

농가인구 감소는 필연적으로 기계화를 촉진시키고 있으나 경지 정리 등 생산기반의 정비가 불충분하고 농지소유의 분산과 영세소유 등 기계화를 위한 여건이 마련되어있지 않기 때문에 쌀 생산에 있어서 기계화가 오히려 농가 부채를 누증시킨다는 문제를 안고 있다. 또한 과거의 농기계는 경운기, 약제살포기 및 농용양수기에 불과하였으나 오늘 날에는 동력을 사용한 농업 트랙터, 콤파인 등 대형 농기구의 사용과 전자기술을 응용한 농

작업의 자동화 체계가 급속히 확대되고 있어서, 이러한 대형농기계의 보급은 규모경제의 이익을 충분히 얻을 수 없을 때에는 과잉투자가 될 우려도 배제할 수 없는 실정이다.

여기서 우리가 추구할 수 있는 한가지 방안은 벼농사의 기술혁신을 통한 국제경쟁력 향상이다. 기계화가 오히려 농가 부채를 누증시킨다는 문제를 해결할 수 있는 길은 기술 혁신 밖에는 없다고 생각할 때, 노동력을 줄일 수 있는 벼 재배법을 개발하는 일은 큰 의미를 가지고 있다.

## 2. 비료·농약 소비량의 증가

### 가. 비 료

현재 우리 나라의 작물별 실제시비량과 표준시비량을 보면 <표 3>에서 본는 바와 같이 벼 등 일반작물에는 질소 와 인산을 표준보다 각각 38%, 7% 과잉시비하고 있고, 무, 배추, 오이, 고추 등 채소에는 질소 40%, 인산 138%, 칼리 53%를 과잉 시비하고 있다. 그래서 전체적으로 보면 질소 40%, 인산 95%, 칼리 40%를 과잉시비하고 있다.

<표 3> 작물별 실제시비량과 표준시비량(농림수산부, 1996)

작 물	실제시비량(kg/10a)			표준시비량(kg/10a)			실제-표준시비량(kg/10a)		
	질소	인산	칼리	질소	인산	칼리	질 소	인 산	칼 리
곡 류	10.8	9.0	8.8	7.8	8.4	8.8	3.0 (38%)	0.6 ( 7%)	0.0 ( 0%)
채 소	30.7	22.2	22.9	21.9	9.3	14.9	8.8 (40%)	12.9 (138%)	8.0 (53%)
평 균	23.8	17.6	17.9	17.0	9.0	12.8	6.8 (40%)	8.6 ( 95%)	5.1 (40%)

이와 같이 과잉 시비 결과, 논에서는 염류의 집적이 많지 않지만 유효인산은 해가 갈수록 집적되어 '80-'88 년부터 이미 권장수준을 초과하고 있다. 그러므로 비료 사용량 감축으로 자원낭비를 억제하고, 생산비를 절감하며, 토양과 수질오염을 최소화하지 않으면 안된다.

### 나. 농 약

1980년 수도용, 원예용 농약과 제초제 사용량은 각각 6.4, 5.4, 3.4천 톤이었으나 1995년에는 각각 4.9, 11.9, 5.8천 톤으로 수도용 농약의 사용량은 23% 감소하였으나 원예용 농약의 사용량은 120%, 제초제의 사용량은 각각 71% 증가하였다(김, 1995).

우리나라에서는 1970년부터 농촌진흥청을 중심으로 병해충 생리생태, 병해충 발생예찰

법, 병해충방제를 위한 해충밀도 수준설정, 천적 및 병해충 종합관리기술(IPM)에 대한 관심을 가지고 시범사업을 한 결과 <표 4>에서 보는 바와 같이 살균제와 살충제 살포회수를 현저히 줄일 수 있었으나, 쌀 수량과 소득은 일반 농가 포장과 유의적인 차이가 없었다. 그럼에도 불구하고 쌀 자급을 목표로 다비조건에서 병해충 예방적 차원에서 농약을 많이 사용하고 있는 실정이다.

<표 4> 전국 20개군의 벼 병해충 종합관리 시범사업 결과(이, 1995)

항 목	농 가 포 장	병해충 종합관리포장(IPM)
살균제살포회수	4.0	1.4
살충제살포회수	3.3	0.7
제초제살포회수	0.9	0.9
쌀 수량,kg/10a	450	438
소득,천원/10a	460	462

특히 일선 시군에서는 아직도 병해충 공동방제 계획을 세워 두고 해마다 막대한 예산을 들여 항공방제를 실시하고 있다는 것은 더욱 이해할 수 없는 일이다. 공동방제계획에 따라 예산이 책정되면 이에 대한 관심을 가지고 있는 쪽은 병해충 전문가가 아니라 행정공무원과 농약회사이기 때문에 예산낭비와 농약오용이 되기 쉽다. 농약을 잘못 사용할 경우 그 독성으로 인해 사람을 중독시키고 농작물과 토양 및 수질을 오염시킬 수 있다. 그러므로 농약에 의존하는 병해충 방제에서 작물의 재배환경을 개선하며 병해충발생을 적게하고 천적의 정착과 증식이 가능한 작물 생산 기술 개발의 필요성이 절실하다.

### 3. 대응전략의 필요성

우리 나라에서 작물생산에서 대두되는 문제는 대체로 두가지로 집약될 수 있다. 하나는 WTO체제 출범 이후 농산물의 국제경쟁력을 높이는 일이고, 다른 하나는 날로 악화되고 있는 농업환경을 보전하면서 작물생산을 지속적으로 유지하기 위하여 환경오염원이 되는 농약과 비료 사용량을 줄여 나가는 일이다.

이와 같이 우리 나라에서 농업 노동력의 부족, 생산비 증가 및 농약과 비료의 과용은 대체로 다음과 같은 현실 인식에서 새로운 농업기술개발이 요구되고 있음을 알 수 있다.

첫째 기존 농업 기술은 노동과 자본을 최대 투입하여 생산극대화를 지향하고 있으므로

농업노동력이 부족하고 자본의 상대적 효용가치가 확보되지 못한 상태에서는 그 기술을 유지하는 일이 어렵게 된다.

둘째 WTO/IMF체제에서는 현실적으로 생산비를 획기적으로 절감하여 농산물의 국제경쟁력을 확보하여야 하며, 이를 위해서는 농업체제 외부에서 투입되는 자본재 의존형태에서 내부자본재 의존형태로 전환함으로써 작물생산의 효율성을 극대화하는 형태로 신속히 전환해야 한다.

셋째 비료와 농약의 과용은 생산비를 증가시킬 뿐만 아니라 각종 환경오염을 유발하게 되는 바 무한경쟁을 벌리고 있는 각국은 환경보전과 농산물의 안전성 문제를 생산성 향상보다는 우선적으로 생각하게 된다는 국제적 기류를 인식하고, 이러한 기류는 국제간 농산물 교역이 활발해지게 되면서 농산물에 대한 규제가 더욱 강화될 수 있다는 전제 하에서 그 대비책을 강구하지 않으면 안된다.

### III. 지속농업의 원리와 실제

#### 1. 지속농업의 정의와 요건

농업은 본래 자연의 물질순환을 기본으로 하여 탄산가스를 고정하여 먹거리를 포함한 유기물을 경제적으로 생산함으로써 환경과 가장 조화된 생명산업이다. 뿐만 아니라 농업은 풍요로운 녹색의 경관이나 쾌적한 환경을 조성하고 동시에 홍수조절, 지하수보전과 침식방지등 국토와 환경을 보전하는 사회공익적 기능을 가지고 있다. 그러나 우리나라에서는 1970년대 후 환경을 가해하는 작용이 확대되어 왔다. 미국과 EC 제국에서도 환경을 가해하는 작용이 증대되어서 이에 대한 우려와 더불어 그 대응책이 있어야 한다는 것을 강조하여 왔다. 이 대응책이 바로 LISA(Low Input Sustainable Agriculture), 즉 저투입에 의한 지속가능한 농업으로 함축되고 있다. 비료와 농약을 과다 사용하는 것은 환경파괴를 초래할 뿐 아니라 생산비를 증가시킨다. '저투입'에 의한 '지속가능한 농업'이라는 개념은 이같은 배경에 연유한다. 지속가능한 농업 체계에 있어서 또 하나의 주요 구성요소는 종합적 병충해 관리(IPM)로서 화학농약 사용을 최소화하고 해충의 생태를 근거한 법칙(천적과 먹이와의 관계 등)을 적용하여 병해충을 방제하는 기술을 포함하고 있다.

유기농업이나 지속농업이 처음으로 거론될 때에는 화학물질의 과용에서 연유할 수 있

는 폐단을 강조하는데 초점을 둔 나머지 농업의 생산성과 경제성에 대한 고려는 적절하지 못했던 경향이 있었다. 그러나 그동안 유기농업이나 지속 농업에 대한 정의에 변화가 일어나고 있다. 1980년 USDA는 유기농업을 아래와 같이 정의했다.

“유기농업이란 화학적으로 합성된 비료, 농약, 성장조절제 사용을 가급적 피하고 윤작, 농업부산물, 농업외적 유기물, 경운, 천연과물 및 생물적 방제기술 등을 써서 토양을 물리적으로 보전하고 토양비옥도를 높이며 잡초 및 병해충을 방제하는 농업이다.”

이 정의에서는 농업의 생산성 제고에 기여하는 바가 큰 화학비료, 농약, 성장조절제 등의 사용을 피하는 점을 강조하면서 농업의 생산성 측면을 언급하고 있지 않다는 점이다.

그러나 최근에 새롭게 등장하고 있는 지속농업(Sustainable Agriculture)의 정의에서는 농업의 생산성과 경제성을 크게 강조하고 있다. 지속농업은 ① 인류가 필요로 하는 식량과 섬유를 충분히 생산할 것, ② 환경과 자연자원의 질을 높일 것, ③ 자연생태계의 순환과 조절기능을 활용할 것, ④ 농업의 경제적 건실성을 향상시킬 것, ⑤ 농민과 전체 주민의 생활의 질을 향상시켜야 한다는 요건을 갖출 것을 요구하고 있다(Parr and Hornick,1993).

지속농업에 대한 정의는 두 가지 중요한 사실을 시사한다. 첫째는 전 지구적 관심의 대상이 되고 있는 지속 농업을 정의함에 있어서 농업의 환경친화성이나 안정성보다는 농업의 생산성을 우위에 두고 있고, 또 경제성이 없으면 그 농업은 지속될 수 없음을 들고 있는 점이다. 이는 종전의 정서와는 크게 다른 점이다. 둘째는 지속농업의 실천기술로 제안된 기술에는 유기농업의 기술이 포함되어 있다는 사실이다. 이는 유기농업은 지속농업의 범주에 포함되는 농업이라 할 수 있다. 따라서 이제는 유기농업을 따로 생각할 것이 아니라 유기농업을 지속농업이라는 틀 속에서 생각해야 할 것임을 시사한다. 이런 의미에서 볼 때 지속농업을 안전농산물을 생산하는 정도의 유기농업으로 좁혀서 생각하는 것은 적절하지 못하다. 다시 말해서 유기농업의 개념이 새로이 제안되고 있는 지속농업, 즉 생산성과 경제성은 여전히 높으면서 환경친화성과 지속성이 다같이 높은 농업이라는 틀 속에서 재정립해야 할 것이다.

지속농업의 요건에서 분명하게 드러나고 있는 특징은 농업이 환경 및 생태계에 미치는 악영향을 극소화할 것을 주장하면서도 농업의 본래의 목적인 생산성과 경제성을 대가로 치르면서 환경친화성과 지속성만을 추구할 수 없다는 입장을 취하고 있다는 점이다.



## 2. 지속농업의 실천적 기술

지속농업은 개념을 초월한 실천적 기술로써 이해되어야 한다. 지속농업의 실천적 기술의 골자는 ① 단작이 아닌 윤작, ② 작물재배와 축산의 복합영농, ③ 두과식물의 질소 고정능 활용, ④ 병해충의 종합관리, ⑤ 최소경운에 의한 토양보전, ⑥ 식물양분의 종합관리, ⑦ 농업부산물의 생물비료(biofertilizer) 및 토양개량제의 활용이다.

이제 우리는 이러한 관계 속에서 한국의 환경농업의 위치는 어디에 있으며, 어떠한 목표로 어떻게 나아가야 할 것인지를 생각해야 할 때라고 생각된다.

## IV. 지속농업의 실천방안으로 짚피복 무경운 벼 직파재배와 짚피복 무경운 벼-자운영 윤작 재배 기술

### 1. 짚피복 무경운 벼 직파재배

#### 가. 짚피복 무경운 직파재배의 필요성

농업은 지역이나 국가가 처한 여건에 따라 지향하는 목표나 실천방안이 다양할 수 밖에 없다. 그러나 농업활동으로 인한 자연생태계의 파괴를 최소화함으로써 지속적인 농업 생산을 목표로 하는 공통점을 가지고 있다. 우리의 특별한 관심은 작물 생산에서 얻어지는 농업부산물(짚)을 농업생산에 재투입, 토양과 질소의 관리, 생물적 질소고정 및 다목적으로 두과작물을 재배하고 화분과 작물과 두과작물의 윤작체계를 개발하는 데 있다. 이러한 목적에 부응하는 새로운 기술로서 여기 제안하고자 하는 것은 무경운 짚피복 벼 직파재배기술과 무경운 벼-자운영 윤작 직파재배 기술 개발이다. 이러한 기술은 현행 고 투입 집약적 작물재배체계가 안고 있는 문제점, 즉 심각한 농촌노동력의 품귀와 노임의 상승에 따른 수지의 악화, 환경파괴와 인류의 건강이 위협받고 있다는 사실과 관련이 있으며 농업체계의 장기적인 지속성을 유지하기 위하여는 무엇보다도 농업생산 내부 자원의 효과적인 이용과 관리가 필수적인 기술이 되어야 한다는 전제조건을 수용하고 있다.

쌀 생산의 국제 경쟁력은 노력비(미국의 11배)와 토지용역비(미국의 5배)에서 매우 불리한 여건이다. 논벼 생산비 내역을 보면 직접생산비 중 노력비와 농구비가 큰 몫을 차지하고 있다. 이를 극복하기 위한 방안은 직파재배법의 개발이다. 10a당 투하되는 노동시간을 보면 직파재배는 기계이앙재배에 비하여 차이가 없으나, 무경운 직파재배는 벼를 재배하는 전체 과정에서 투하노동시간을 3분의 1 정도로 줄일 수 있다.

쌀 생산의 국제경쟁력을 높이기 위하여 벼를 무경운 직파재배법으로 생산하는 데 있어서 가장 문제가 되는 것은 생산성을 일반 재배법 수준으로 높일 수 있느냐 하는 것이다. 쟁피복 무경운 직파재배법은 경운할 땅을 경운하지 않는 것으로 끝나는 것이 아니라 수확과 동시에 쟁을 지면에 피복하여 월동기간 중에 각종 천적을 유인하고 미세기상의 변화로 토양 속에 각종 미생물이 크게 번식할 수 있게하여 토양의 물리·화학·생물상을 개선함으로써 작물의 생장을 돕는 방법이라고 이해되어야 한다.

#### 나. 경운에 대한 비판적 시각과 바른 이해

경운은 파종상을 부드럽게하고 종자가 지표면에 잘 부착할 수 있어서 발아하는데 충분한 수분을 이용할 수 있게 해 주는 목적과 발아된 유식물이 잡초와의 경합에서 이길 수 있도록 기존 잡초를 제거하는 목적을 가지고 있다. 또 경운은 굳은 토양을 분쇄하여 토양의 통기성과 보수성을 개선하는 동시에 잡초나 병해충을 제거하고 토양온도를 증가시키며 토양중의 화학제가 토양입자와 잘 혼합할 수 있게 한다.

그러나 한편에서는 작업효율을 추구한 나머지 기계의 대형화 때문에 생기는 경반(硬盤)은 다시 대형 심경기계를 필요로하는 모순을 낳고 있으며, 기계의 대형화로 일어나기 쉬운 과도한 경운은 토양구조를 파괴하고 토양유기물을 감소시키며 토양 중에 있는 잡초 종자를 지표면으로 나오게 하고 각종 토양유실이 쉽게 일어나게 하는 부정적 효과도 있다.

첫째 경운은 토양의 구조를 파괴한다. 작물 생육에 이상적인 토양구조는 작물이 생장하는 과정에서 형성된다. 토양은 작물이 생육하는 데 좋은 방향으로 바뀌고 각종 미생물도 작물의 뿌리 근처에 집결되어 있어서 여러 가지 기능을 수행하고 있는 것이다. 그런데 작물생육이 끝난 후 잘 형성된 토양의 구조가 경운으로 파괴되면 다음 작물을 재배할 때 그 구조가 그 작물의 생육과정에 적합한 구조를 형성해야 한다. 또 토양을 관리하는 방법에 따라서는 원래의 구조로 회복되지 않는 요소도 있으며, 회복이 되더라도 상당한 시간이 걸리게 된다. 그러므로 토양의 구조적 특성은 가능한 유지시켜 주는 것이 다음 작물에 유리할 것이다.

둘째 경운은 토양유기물을 감소시킨다. 토양 유기물은 토양의 영양적 측면 뿐만 아니라 토양의 물리·화학·생물적 측면에서 매우 소중한 것이다. 토양유기물은 토양의 입단구조의 형성과 유지로 토양의 공극량을 증대시켜 토양의 통기성과 투수성을 증대시키고, 토양유기물은 양이온과 음이온의 교환작용과 완충력, 물질의 흡착력을 증대시키며, 또한

토양유기물은 토양생물의 활성을 증대시키고 원소류의 순환과 토양의 biomass를 형성함으로써 토양의 생산성에 절대적인 영향을 미치고 있는 것이다. 그런데 이 토양유기물은 경운으로 여러 가지 경로로 감소되는 것이다.

셋째 경운은 땅 속에 묻혀있던 잡초종자를 지표면으로 노출시킴으로써 다양한 잡초발생을 유발한다. 토양은 각종 종자를 저장하고 있는 종자은행이라고 할 수 있다. 지표면에 있는 잡초종자가 발아한 후에 제거되더라도 경운할 때에 토중에 있는 새로운 잡초종자가 표면으로 올라오게 되면 새로운 잡초군락을 형성하는 것이다. 그러므로 효율적인 잡초방제는 지상부의 잡초를 모두 제거하는 것이 아니라 주작물과 경합관계에 있는 잡초의 생장을 둔화시켜서 생장을 억제함으로써 주작물의 생산에 경제적 수준으로 손실을 초래할지 않도록 작물의 생육환경을 조성하는 데 있다. 실제로 오랫동안 무경운 상태로 주작물을 재배한 논에서는 잡초군락이 단순해져서 방제에 유리하며, 짚이 피복된 경우에는 잡초발생이 현저히 억제되는 현상은 쉽게 발견할 수 있다.

넷째 경운은 각종 토양유실을 유발한다. 우리나라에서 경운에 의한 토양유실은 논 보다 밭토양에서 심할 것으로 보인다. 경운으로 토양의 입단구조가 파괴되면 토양입자는 불안정한 상태로 있기 때문에 미세한 강우에서도 쉽게 유실되는 것이다.

#### 다. 짚피복 무경운 직파재배의 합리성

경운에 대한 이러한 부정적 측면을 고려하여 짚피복 무경운 직파재배로 전환하려는 시도는 크게 다음과 같은 4가지 사실에 기초를 두고 있다.

첫째 짚 피복은 유기물의 공급원이 될 뿐만 아니라 잡초종자의 발아를 억제하고 각종 천적의 서식지를 마련해주며, 짚피복으로 형성되는 새로운 먹이사슬은 벼 재배에 유익한 생물상을 형성한다.

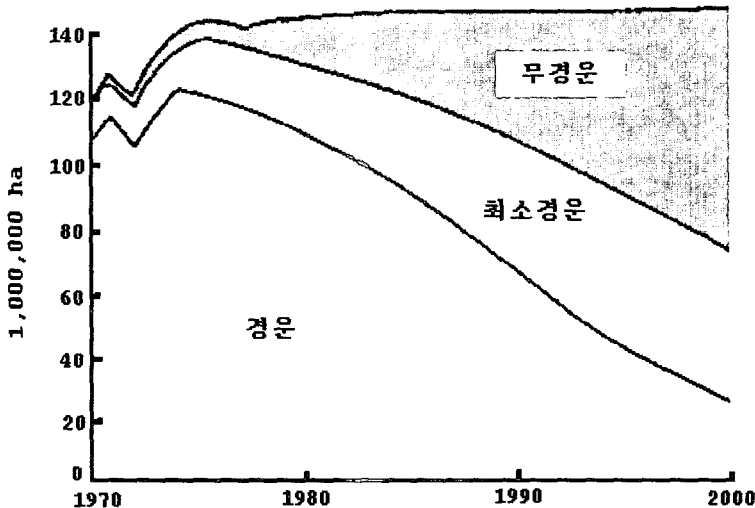
둘째 제초제에 대한 연구의 진전은 선택성 제초제의 개발과 이용 등으로 제초력이 향상되었고, 합리적인 가격 수준에서 제초가 가능해졌기 때문에 제초작업을 위한 경운의 중요성이 감소되었다.

셋째 농촌 노동력의 부족과 유가 폭등에 따른 경제적인 부담으로 농업인이 경작을 포기하는 농지가 늘고 있다.

넷째 경운이 토양유실과 수질오염을 유발함으로써 무경운 또는 최소경운에 의한 작물재배 면적이 크게 증가하고 있다. 이러한 인식의 변화는 무경운 혹은 최소경운에 대한 관심을 높혀 주었으며, <그림 1>에서 보는 바와 같이 미국에서도 1989년 이후부터 최소경

운 혹은 무경운 면적이 급격히 증가되고 있는 추세이다.

또한 무경운은 토양미생물을 증가시키는 것으로 알려져 있다. <표 5>는 경남농촌진흥원에서 무경운 경과년수에 따라 토양중의 미생물 변화를 나타내고 있다.



<그림 1> 미국에서 경운, 최소경운 및 무경운 작물 재배면적의 변화

<표 5> 무경운 경과년수에 따른 토양 미생물 수의 변화(홍, 1994)

무경운 경과년수	사상균 ( $\times 10^4$ )	방선균( $\times 10^4$ )	세균( $\times 10^6$ )
1	8.6	7.9	27.6
2	8.3	8.7	27.7
3	19.6	20.5	98.6
경운(대비)	4.7	3.5	13.2

무경운 조건에서 미생물의 서식밀도가 증가하는 이유는 토양유기물 함량과 관련이 있을 것으로 보인다. 일반적으로 석회, 비료, 유기물 사용은 세균과 방선균의 활력을 증가시키며, 밭을 무경운할 때에도 표토(0-7.5 cm)에는 호기성 미생물과 혐기성 미생물이 다 같이 1.5배로 증가하는 것으로 알려져 있고, 특히 논에서 짚 피복은 <표 6>에서 보는 바와 같이 ha당 5t의 짚을 사용했을 때  $35 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ crop}^{-1}$ 를 고정할 수 있다(Roger and Ladha, 1992).

<표 6> 열대 수도작에서 짚과 두과작물에 의하여 고정된 질소량의 추정범위(kg N ha<sup>-1</sup> crop<sup>-1</sup>) (Roger and Ladha, 1992)

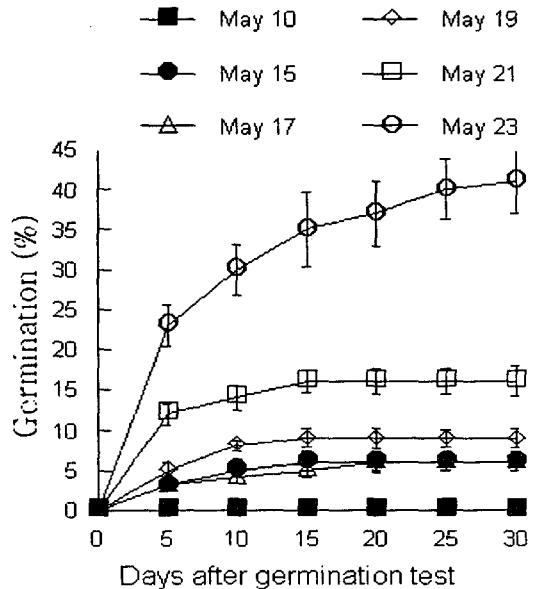
요 인	보고된 추정치의 범위	이론적 최대추정치와 가정
짚 시용에 의한 질소고정량	2-4kg N t straw	35kg N ha <sup>-1</sup> crop <sup>-1</sup> -짚시용량 5 t -짚1g당 5mg N가 고정됨
두과 녹비작물에 의한 질소고정량	20-260kg N ha <sup>-1</sup> crop <sup>-1</sup>	55일간 260kg N ha <sup>-1</sup> - <i>Sesbania rostrata</i> 를 시용 -50-60일동안 290 kgN ha <sup>-1</sup> 를 고정함 -공중질소기인 N이 90%

그 밖에 관련된 일련의 시험결과는 짚피복과 무경운 작물재배가 여러 가지 측면에서 긍정적인 것으로 나타나 있다.

2. 벼-자운영 무경운 2모작 직파 재배

가. 자운영의 생태적 특성과 영속성의 유지

자운영은 공중질소를 고정하여 지력을 유지하고 독새풀과 같이 월동성 피복작물로서 잡초발생을 억제하는 효과가 있는 작물이다. 자운영은 월동기간 중에는 초장의 변화가 거의 없으나 3월 중순부터 4월 하순까지 초장이 크게 증가하며 남부 지방에서는 4월 하순에 초장이 20cm까지 이른다. 4월 하순에 개화하고 개화 후 1주일정도 지나면 꼬투리가 생긴다. 자운영 종자가 정상적으로 발아할 수 있기 위



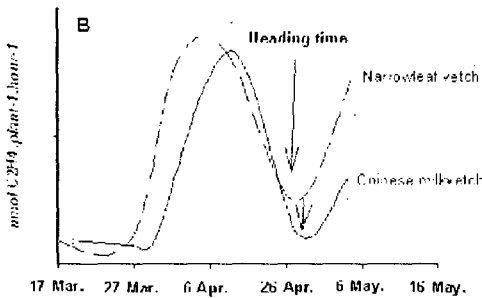
<그림 2> Changes in seed germination percent of Chinese milk vetch as affected by different seed harvesting dates (Choe et al., 1998)

해서는 <그림 2>에서 보는 바와 같이 개화 후 4주일 정도 지난 5월 하순에 채종한 종자는

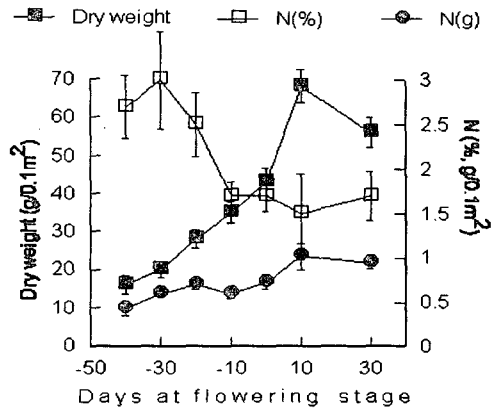
그 발아율이 30%이상 유지됨으로써 이때 까지 벼를 파종하지 않고 기다리면 무경운 직파 체계에서 자운영종자를 재파종 하지 않고 자운영 균락을 자연적으로 유지할 수 있다.

수확시기에 따른 자운영 종자의 발아율을 고려할 때 남부지방에서는 자운영 개화 후 30일 이후에 벼를 직파하면 충분한 입모수가 확보 될 수 있으며, 담수직파할 때는 5월 23일 이후에 담수하는 것이 자운영의 영속성을 유지할 수 있을 것으로 보인다.

나. 자운영의 건물생산과 질소고정 능력



<그림 4> Comparisons of acetylene reduction activity of Chinese milkvetch and narrowleaf vetch in no-till paddy condition (Choe, et al. 1998)



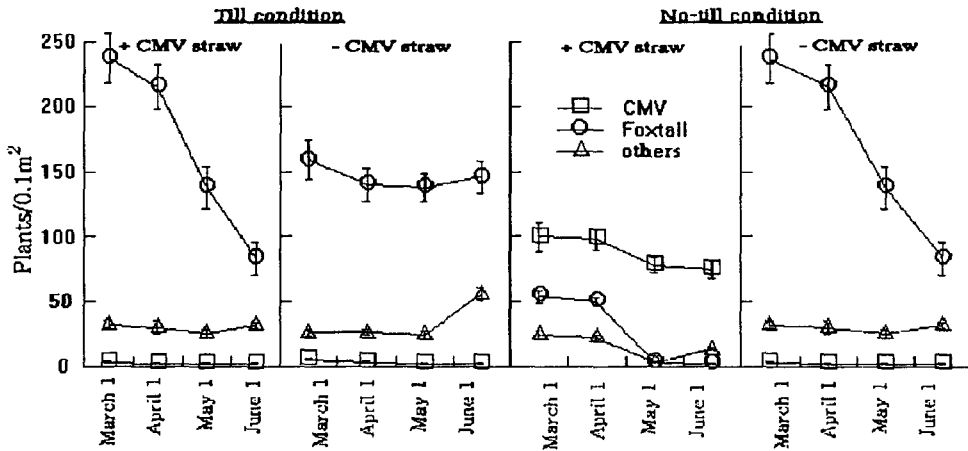
<그림 3> Changes in herbage DM yield and N content of Chinese milk vetch in no-till paddy condition

자운영의 질소고정량은 <그림 3>, <그림 4>에서 보는 바와 같이 3월 31일을 기점으로 급격한 증가를 보이면서 4월 중순에 최대치를 나타내고 있다. 개화기 이후에는 급격히 감소하였다. 개화기에 건물중이 최대에 달하였으나, 개화 10일 이후에는 감소되었고, 자운영 내의 질소함량(%)은 개화 30일 이전에 최고에 달했으나 그 이후에는 점차 감소하였다. 단위 면적당 질소함량(g/0.1m²)은 개화 30일 이전부터 점차적으로 증가했다.

다. 자운영 재배와 잡초방제 효과

논에서 독새풀이 우점하는데, 이 독새풀은 각종 virus 병을 감염시키는 해충의 서식처가 된다. 그러므로 자운영을 제거하는 것이 남부지방의 도작에 매우 중요한 것이다. 그런데 <그림 5>에서 보는 바와 같이 무경운조건에서 자운영을 재배하게 되면 자운영 밀도가 충분히 높아서 독새풀의 밀도가 감소되며, 자운영이 성숙기로 접어들면서 독새풀의 밀도는 현저히 줄어든다. 그러나 경운 조건에서는 자운영의 밀도가 낮아서 잡초방제 기능이 무경운 상태에 비해 현저히 낮게 된다. 결국 충분한 자운영균락을 유지하여 잡초발

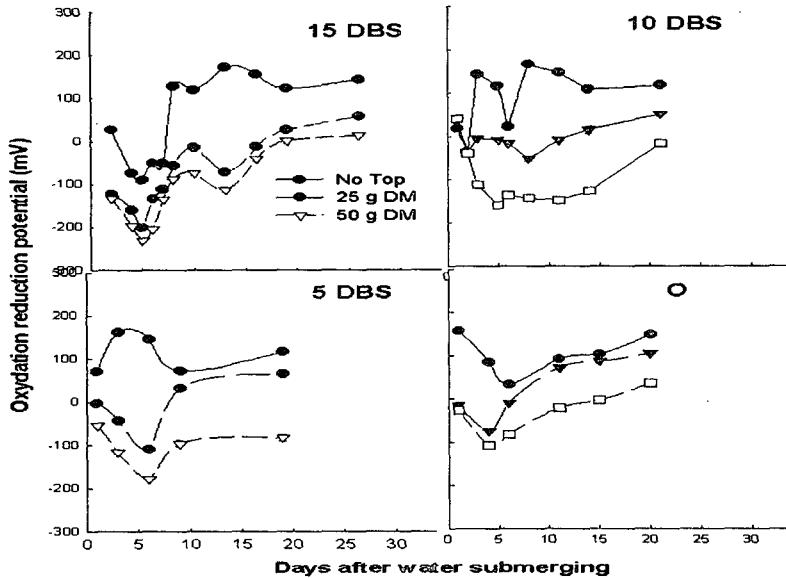
생을 억제하기 위해서는 무경운 상태를 유지하고 담수시기를 자운영 종자가 충분히 성숙했을 때로 늦추어야 한다.



<그림 5> Changes in plant densities of water foxtail and Chinese milk vetch(CMV) as affected by tillage and the existence of CMV in paddy condition.

#### 라. 자운영 짚 처리와 벼 파종전 담수시기에 의한 토양 Eh 변화

자운영을 재배하게 되면 담수 초기에 Eh가 급격히 감소하게 된다<그림 6>. 이는 미생물이 유기물을 분해하는 과정에서 발생할 수 있는 일이며, 담수 후기의 Eh변화는 토양광물질의 환원력에 기인하는 것으로 알려져 있다. 토양용액 중의 산화 환원 전위차는 자운영짚의 피복량이 증가할수록 낮아지고 벼 파종전 담수시기가 빠를수록 환원정도가 심하였다. 그러나 작물 재배적인 관점에서 볼 때 담수시기가 빠른 것이 벼 파종후 환원장해의 손상을 적게 받는데 위의 그림에서와 마찬가지로 담수후 5-8일경에 환원 정도가 가장 심하고(pot 시험), 실제 논 상태에서는 5월 하순에 담수를 할 경우 담수개시후 10일경에 최저가 되었다가 그이후에 점차 증가하였다. pot 시험과 포장시험간에 Eh가 최하가 되는데 소요되는 시간의 차이는 같은 날짜에 담수를 하더라도 pot와 포장간에는 5월하순경에 약 1~2°C의 온도차가 있었다. 결국 파종시기를 6월상순경까지 늦출수 있다면 Eh의 저하는 가장단시간에 다시회복될 수 있다. 벼짚과 자운영 피복유무간에는 각각 단독 처리시에서는 자운영이 환원을 크게 조장하였고 자운영과 벼짚을 동시에 피복한구에서는 더욱심한 환원상태가 조장이 되었다. 벼-자운영 재배체계에서는 벼짚과 자운영짚을 동시에 투입하는 것은 유기물질의 과다투입에 의한 환원상태의 조장과 이용가치를 저하시키므로 벼짚



<그림 6> Changes in Eh(mV) as affected by water submerging date and crop residue treatment

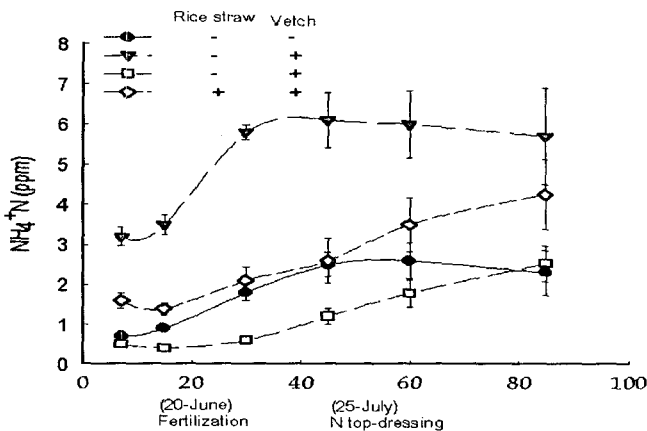
은 투입하지않는 것이 벼 생육과 벼짚이용 측면에서 유리하였다. 심한환원장해를 극복하기 위해서는 담수 후 일정한 기간이 경과된 뒤에 벼를 파종하든지 혹은 파종 후 담수조건보다는 건답상태로 유지하는 것이 효과적일 것으로 생각된다. 그러나 벼-자운영 무경운 직파체계에서 자운영 군락위에 범씨를 파종하고 건답상태로 유지하기 위해서는 잡초방제에 유의하지 않으면 안된다. 아울러 입모 이전에는 조류의 피해가 문제시되므로 적절한 피복관리 및 담수처리가 동시에 고려되어야 하고, 입모후에는 심수관리를 하는 것이 각종 잡초들의 발생을 억제할 수 있다. 이러한 작부체계에서 환원장해를 최소화하고 효과적으로 잡초를 방제하기 위해서는 전략적인 관개 기술개발이 시급한 과제라고 할 수 있다.

#### 마. 자운영짚 처리에 의한 유리 질소의 이용

토양용액 중의 암모늄태 질소함량의 변화는 자운영 투입조건에서 가장 높게 나타난다<그림 7>. 짚을 피복할 때는 질소가 생육 중 후반기에 유리된다. 자운영과 벼짚을 함께 피복 할 경우에는 자운영짚 만을 피복할 때 보다 오히려 암모늄태 질소 유리량이 초기에



감소된다. 자운영짚을 피복할 때는 벼 생육에 충분한 암모늄태 질소가 유리된다. 질소유리양상을 볼때, 자운영질소가 벼 생육초기부터 이용될 수 있기 위해서는 벼 입모율을 충분히 확보하여 초기에 자운영 질소를 이용하는 것이 선결과제이다. 암모늄태 질소는 C/N율이 높을경우에는 벗짚처럼 초기에 질소가 미생물에 의해 고정되므로 초기생육을 촉진시키기 위해서는 C/N율이 높은 유기물을 투입하는 것이 유리하다.



<그림 7> Changes of Soil NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N was affected by the straw mulching and the time of rice growth. Vertical lines represent of the standard errors of the menas. Fertilized N was 9kg/10a

<표 7> Fertilizer-N recovery efficiency (Nre), agronomic fertilizer-N use efficiency (Nue), and partial factor productivity (PFP) from applied N fertilizer and Grain yield of no-till direct-sown rice grown under no-till rice-vetch relaying cropping system.

N factors		Nre (%)			*Nue		PFP <sup>a</sup>		Grain yield (kg 10a <sup>-1</sup> )	
Cropping systems and N levels	Mulching treatment	Mulched	Bared	Mulched	Bared	Mulched	Bared	Mulched	Bared	
Rice	0	-	-	-	-	-	-	437	431	
	70	32.5	42.4	28.0	30.7	75	78	545	526	
	90	16.5	6.4	23.6	19.4	60	56	505	542	
	110	0.1	2.3	20.9	24.6	51	55	601	560	
Rice-wheat	0	-	-	-	-	-	-	437	430	
	70	45.8	10.0	21.7	8.4	67	67	489	396	
	90	30.9	12.8	26.4	6.1	74	58	575	392	
	110	31.8	37.0	27.7	6.9	75	55	642	413	
Rice-vetch	0	-	-	-	-	-	-	347	358	
	70	5.3	10.6	10.4	8.0	60	58	420	430	
	90	9.5	13.6	17.4	21.2	56	60	504	538	
	110	4.7	8.6	25.4	22.6	57	54	626	596	

\*Nue =  $\Delta$  kg grain kg<sup>-1</sup> applied N, PFP = kg grain kg<sup>-1</sup> applied N.

### 바. 자운영 재배와 천적과의 관계

벼짚 피복이나 자운영 재배는 논에 많은 천적을 유인하게 된다. 이러한 천적은 효과적으로 벼의 해충밀도를 줄여나갈 수 있다.

저자들(김 등, 1987,1991,1992)의 조사성적에 의하면 황산적 거미는 벼멸구를 하루에 7~10마리 정도 포식하며, 별늑대거미는 끝동매미충을 7~10마리, 줄거미는 줄에 걸려드는 멸구, 매미충류를 평균 5마리 정도를 각각 포식하고 있음이 확인되었다. 따라서, 이러한 포식량을 고려할 때 논거미는 벼해충의 밀도 억제에 효과적으로 이용될 수 있다

한편, 개구리류에서 논개구리는 하루에 벼해충 포식량이 30~100마리, 청개구리는 30~50마리로 역시 많은 양을 포식하였으며, 알기생벌에 의한 멸구, 매미충의 밀도 억제 효과를 살펴보면 벼멸구 알기생벌, 애멸구, 끝동매미충, 흰등멸구 알기생벌 등 다 같이 암컷

1개체당 100~200개의 알에 기생케하므로 멸구, 매미충류의 밀도 억제에 큰 역할을 하고 있음이 밝혀졌다. 그리고, 벼멸구 기생선충은 암컷 1개체가 100~300마리의 벼멸구 약충에 기생시킬 수 있는 유생태 유충을 생산케 하여 천적으로서 역할이 더욱 높게 평가되고 있다. 끝동매미충 약충에 기생하는 파리류는 3종이 있는데, 암컷 1개체당 50~200개의 알을 끝동매미충 약충에 산란케하여 부화한 유충은 기주의 양분을 흡즙하므로 결국 이만큼의 기주의 밀도를 억제시키는 작용을 한다. 그리고 멸구 약충기생벌 역시 개체당 일생 동안 50~70마리의 멸구의 약충을 포식하거나 기주 속에 알을 낳아 기생시킴으로써 기주를 죽게 하는 역할을 하고 있음이 밝혀졌다.

여치과의 찌르기 메뚜기는 끝동매미충을 하루에 10~20마리씩 계속해서 약 1개월 동안 포식하였으며, 노린재의 1종인 등검은장님노린재는 벼멸구의 알을 10~20개 혹은 벼멸구 약충을 5~10마리씩 잡아서 각각 매일 포식하고 있음이 밝혀졌다.

이상의 결과에서 이들 천적들의 역할은 벼해충의 밀도 억제에 크게 관여하는 것으로 평가되어 지고 있으므로 금후 작부체계의 변화에 따른 천적의 보호증식에 관한 연구가 많이 이루어져야 될 것이다.

작부체계는 또한 이들 천적과 깊은 관계가 있는 것이다. <그림 8>에서 보는 바와 같이 작부체계가 “보리 + 무경운 벼 직파”답에서 하루에 해충의 발생밀도를 살펴보면 끝동매미충은 평균 10마리 정도로 극히 적은 양인데 반하여 애멸구는 65마리로 끝동매미충보다 무려 6.5배나 많이 발생되었다. 이러한 원인은 애멸구의 중간 기주인 보리가 월동기간 동안 재배되었기 때문이다. 애멸구는 월동기간 동안은 벼 논 부근의 논둑이나 인근 야산의 산록에 있는 화분과 잠초인 개밀에서 약충형태로 월동하며 월동 후 3~4월경에는 성

층으로 발육하면서 보리가 재배되는 밭이나 논으로 이동하여 보리를 중간 기주로 1세대 대량증식 전후 6월 초순경에 본답으로 이동한다. 그러므로 보리가 재배되는 논에는 애멸구의 발생량이 크게 증가할 수 있다. 최근에 애멸구의 발생량이 줄어든 것은 90년대 초반부터 보리 가격 하락으로 보리재배 면적이 현저히 줄어들었기 때문이라고 할 수 있으며 또한 이로 인한 virus 병인 줄무늬 잎마름병이나 검은 줄무늬오갈병 등은 거의 발생되지 않고 있는 실정이다. 한편 “휴경지+무경운 직파 논”에서는 애멸구의 발생량은 평당 13마리인데 반하여, 끝동매미충은 87마리로 애멸구보다 끝동매미충의 밀도가 무려 6.7배나 많이 발생되었다. 이러한 발생원인 역시 월동기간동안 논을 휴경상태로 방치해두면 딱새풀이 무성하게 되는데, 보리에서 애멸구가 증식되는 것처럼 딱새풀을 기주로 하는 끝동매미충의 발생량이 증가되는 것이다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서 월동기간 휴경지에 자운영을 심고, 다음해에 무경운 직파체계로 하면 애멸구나 끝동매미충의 기주 식물이 없어지므로 해충의 발생량을 줄일 수 있다는 가정을 할 수 있다. 실제로 자운영이 재배되고 있는 포장에서 해충의 밀도를 조사한 결과 보리나 휴경작에서 해충의 발생량보다 1/3~1/4 적게 발생되고 있음이 확인되었다. 이상의 결과는 휴경지에는 녹비작물인 자운영을 파종하여 애멸구, 끝동매미충의 발생량을 줄일 수 있다는 사실을 뒷받침하고 있다.

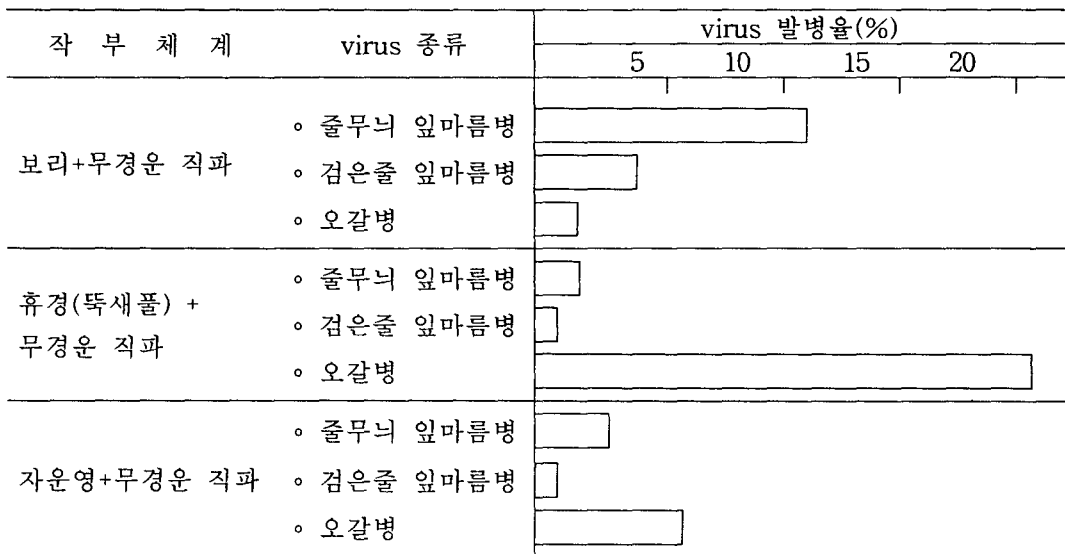
작 부 체 계	비 해 충	1평당 발생밀도(마리)								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
보리 + 무경운 직파	애 멸 구	[Horizontal bar from 0 to 60]								
	끝동매미충	[Horizontal bar from 0 to 10]								
휴경(딱새풀) + 무경운 직파	애 멸 구	[Horizontal bar from 0 to 15]								
	끝동매미충	[Horizontal bar from 0 to 85]								
자운영 + 무경운 직파	애 멸 구	[Horizontal bar from 0 to 20]								
	끝동매미충	[Horizontal bar from 0 to 40]								

<그림 8> 작부체계별 벼 virus병 매개충 발생상황

월동기간 동안 기주식물별(보리, 딱새풀, 자운영) 애멸구와 끝동매미충의 발생량이 현저한 차이를 보였으므로 이들 virus 매개충이 매개시키는 virus병 발병율에도 차이가 있을 것으로 가정하여 포장에서 발병율을 조사한 결과를 보면 먼저 애멸구가 많이 발생

하였던 보리재배 논에서는 애멸구가 매개시키는 virus병인 줄무늬 잎마름병과 검은 줄무늬오갈병이 현저히 증가되었고, 휴경지의 뚝새풀을 기주로 하고있는 끝동매미충이 많이 발생한 포장에서는 오갈병이 현저히 증대되었음을 알 수 있었다. 위에서 말한 보리와 뚝새풀이 억제되는 자운영을 재배하였던 포장에서는 애멸구, 끝동매미충이 매개시켜 발병되는 virus 발병율이 현저히 감소되었다. 따라서 본 연구결과를 통하여 이들 virus병의 예방을 위해서는 “벼-자운영 무경운 재배” 체계가 바람직한 생력적 방제효과를 얻을 수 있을 것으로 확인되었다.

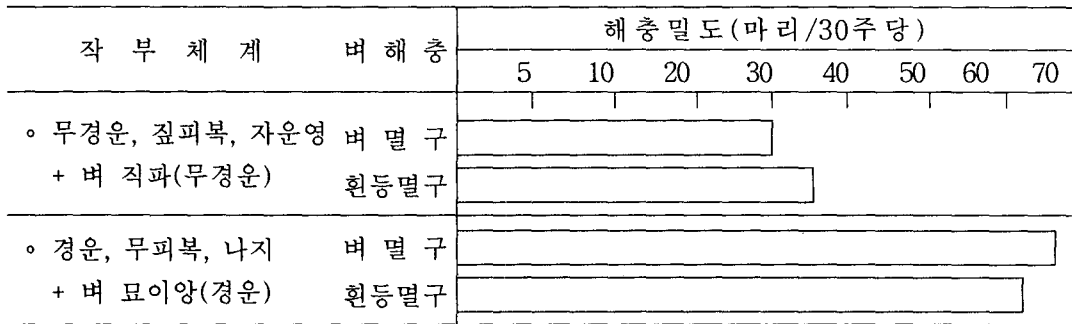
작부체계별 본답기 천적의 밀도를 조사한 결과는 <그림 9>에서 보는 바와 같이 “월동기 무경운, 짚피복, 자운영 재배+본답기 무경운 벼 직파” 답에서는 관행구에 비하여 천적 발생량이 현저히 증가되었다. 즉 논거미는 약 4배, 알기생벌은 약 3배, 찌르기는 약 5배, 노린재는 약 14배나 증가되었고, 기생파리나 집게벌은 비슷한 경향이었다. 이와 같이천적이 증가되는 원인은 가을에 벼를 수확한 후 벗짚은 논바닥에 그대로 깔아버리고 경운을 하지 않으면 벗짚 속이나 논 흙속에 월동하는 천적들이 추위로부터 보호되어 증식량이 많아지는데 그 원인이 있다고 본다.



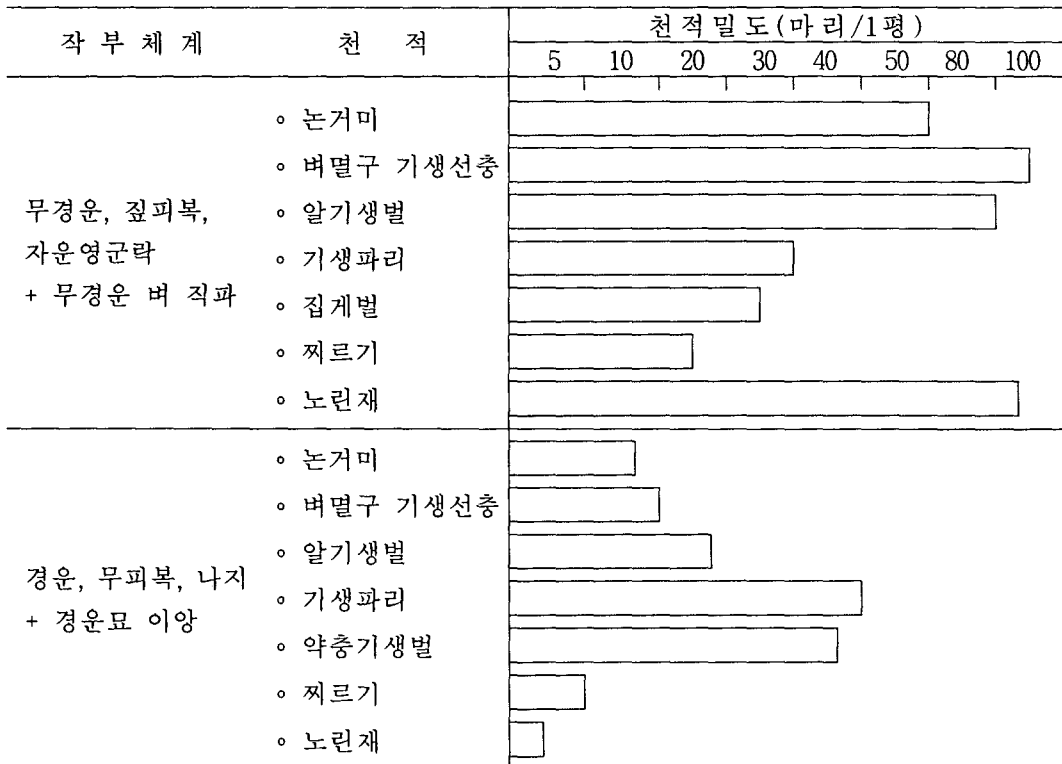
<그림 9> 작부체계별 본답초기 벼 virus 발병율(추청벼) 5. 15과중

“짚피복 무경운 벼-자운영 직파재배논”에서는 관행 논에 비하여 멸구류의 발생량이 현저히 감소되었다. 해충별 발생량 감소율을 보면 벼멸구가 68%, 흰등멸구가 42%가 각각

감소되었다. 이러한 원인은 벼멸구와 흰등멸구 밀도억제 천적류인 기생선충류는 무경운답에서 경운답보다 월동율이 높았거나, 벧짚을 논바닥에 깔아두면 월동 논거미나, 알기생벌 등의 월동율이 증가되어 본답기 멸구류 밀도를 크게 억제한 것으로 보인다.



<그림 9> 작부체계별 본답기 벼멸구, 흰등멸구 밀도 변동



<그림 10> 작부체계 별 본답기 벼해충의 천적 밀도

### 사. 각 작부체계에서 벼 생육과 수량 구성요소

몇 가지 벼 재배체계에서 수량 구성요소의 변화를 <표 8>에 나타내었다. 단위 면적당 이삭수는 벼 단독재배 조건과 벧짚 투입조건에서 대체로 높게 나타난다. 이 때 질소는 9kg/10a 까지는 이삭수가 증가된다. 유수형성기 질소 추비는 이삭당 낱알수를 증가시킨다. 천립중은 벼-자운영 재배체계에서는 시비량이 증가할수록 증가하였고, 벼 1모작 체계에서는 벧짚 무피복구에서는 시비량이 증가함에 따라 증가되었으나, 벧짚피복구에서는 반대의 현상을 나타냈다. 수량은 벧짚을 투입한 곳이 높았으며, 시비량이 증가 할수록 대체로 증가된다. 이러한 결과를 종합해 볼 때 이 생산체계의 도입초기 2~3년간에는 질소 비료의 효과가 인정됨으로써 질소균형의 변화를 주시하면서 점진적으로 질소비료를 줄여 나가야 한다는 결론을 내릴 수 있다.

<표 8> Yield components and harvest index of rice grown in a no-till direct-sown rice-vetch relaying cropping system.

Cropping systems		Rice				Wheat-rice				Vetch-rice			
N levels (kg N 10a <sup>-1</sup> )		0	7	9	11	0	7	9	11	0	7	9	11
Panicles m <sup>-2</sup>	Covered	400	483	430	530	420	433	427	413	310	377	470	413
	Bared	398	527	553	447	327	327	410	373	314	403	513	427
Spikelets per panicle	Covered	81	111	104	106	114	99	110	97	106	100	107	101
	Bared	82	96	114	109	119	119	111	93	103	91	113	103
Spikelets m <sup>-2</sup> (x10 <sup>3</sup> )	Covered	324	503	629	489	448	427	468	401	328	375	500	418
	Bared	330	538	447	564	388	388	454	346	323	367	578	439
Filled spikelet %	Covered	96.5	96.0	96.7	97.0	97.7	96.7	97.4	96.9	96.1	96.2	96.9	93.6
	Bared	95.8	97.0	97.9	97.5	96.8	96.8	96.3	95.7	96.3	96.0	96.3	96.0
1000- grain wt (g)	Covered	26.8	27.1	25.9	25.0	27.0	27.7	28.6	27.4	26.8	26.7	27.5	27.8
	Bared	26.5	25.7	27.4	27.5	28.0	28.0	26.4	27.0	26.7	27.0	27.7	29.7
Harvest index (%)	Covered	45	40	44	41	41	42	43	45	46	43	47	46
	Bared	45	41	46	41	41	43	42	42	47	41	44	45

벼-단작재배체계, 벼-밀 재배체계, 벼-자운영 재배체계에서의 벧짚 유무간에 수량은 피복한 곳이 무피복구보다 높았다. 시비량이 증가함에 따라 피복, 무피복 모두 수량이 증가하였다. 시용한 질소량에 대한 벧 수량의 생산성은 벼-밀 재배체계가 가장 높았다.

자운영 짚과 벧짚의 수량에 미치는 영향을 구명하기 위하여 질소 회수효율(Nre)을 분석한 결과 시비량이 줄어들수록 높게 나타난다. 질소 시비량에 따른 수량은 11kg/10a 수준에서 전체적으로 높게 나타났으나 질소이용효율을 감안할 때 9kg-N/10a 시용구가 지속 농업체계에서 유리하게 나타났다.

## V. 결 론

앞에서 제시된 여러 가지 문제점을 고려할 때 대체로 다음과 같은 결론에 도달할 수 있다.

1. 현재의 생산기술 수준에서는 주요 작물의 기초 생산비 중에서 노력비가 50% 이상을 점하고 있으며 비료비와 농구비가 그 다음으로 큰 부분을 차지하고 있다. 그리고 현재 농촌 사회의 노동력 부족과 국제관계 속에서 관망할 때 LISA 체계에서의 작물생산은 불가피한 선택이다.

2. 주요작물의 기초생산비 분석의 결과 농약비의 급격한 증가, 무기질 비료, 특히 질소질 비료를 과용하고 있으며, 이는 경제적, 생태적, 그리고 국민건강적 측면에서 우려할 만한 것이다.

3. 주요작물의 작업별 노력 투입시간은 논 벧의 경우 육묘, 기경 및 정지, 이앙, 관리작업이 큰 몫을 차지하고 있으며, 육묘 + 기경 및 정지 + 이앙에 투입되는 노력은 전체 노력 투입시간의 50% 이상을 차지하고 있으며, 그 비율은 급속히 증가되고 있다.

이와 같이 우리 나라 농업여건 특히 농촌의 사회, 경제적 여건을 고려할 때 지속농업이 효율적으로 한반도에 정착하기 위해서는 기술적 측면 뿐만 아니라 정책적 측면에서 특별한 배려가 있어야 한다.

기술적 측면에서 우리 나라에서 고려할 수 있는 새로운 농업전략은 경운 재배를 무경운 재배 또는 최소경운 재배로, 육묘이식 재배를 직파 재배로, 화학비료와 농약 의존형을 생물적 질소고정과 천적에 의한 생물적 방제이존형으로, 제초제 사용에 의한 화학적 잡초방제를 피복작물 또는 두과작물 재배에 의한 생물적 잡초방제로, 그리고 농약사용에 의한 병충해 방제를 종합적 병충해 방제(IPM)로 전환해야 한다는 결론을 도출하였다. 이와 같은 전

제조조건을 충족시키면서 현실적으로 실현가능한 지속적 벼 재배체계는 짚피복 벼 무경운 직파재배와 벼-자운영 무경운 윤환 직파재배체계라고 할 수 있다. .

이제 정책적 측면에서 특별한 배려를 필요로 하는 점은 지속농업을 실천하는 농가에 대한 직접지불제의 도입으로 초기의 농가수입 감소를 보전하는 일, 농업 생산비에 환경비용을 포함시켜서 환경에 대한 생산자와 소비자가 공동 책임과 경각심을 가지게 하는 일, 지속농업에 대한 확신과 지속적인 정책 지원을 통한 농업생산 체계의 장기적 지속성을 유지하는 일이다.

## 참 고 문 헌

1. 김장용, 홍광표, 강동주, 신원교, 최진룡. 1997. 벼-무경운 답수직파재배가 입모율 및 생육특성에 미치는 영향. 한국작물학회지 42(2) : 106-107
2. 김정부. 1992. 벼 논거미의 포장생태에 관한 연구. 경남농촌진흥원 연구보고서 : 545-548.
3. 김정부. 1991. 벼 멸구, 매미충 기생성 천적곤충 조사 및 주요종의 생태에 관한 연구. 경상대 박사학위 논문. 84pp
4. 김정부, 현재선, 엄기백. 1987. 남부지방에 있어서 애멸구 개체군의 년중 발생경과, 농촌진흥청 연구논문집(식환). 29권 1호 : 282-289
5. 김한수.1995. 환경보전형 농업의 현황과 정책과제.
6. 농업기술연구소. 1993. 유기농업에 관한 연구. 농촌진흥청.
7. 손상목, 오염석. 1993. 선진국의 환경보전형 지속농업 전환추세. 단국대학교 논문집 27 : 843-852.
8. 신용화, 정필균. 1993. 지속적 농업을 위한 토양보전. 한국토양비료학회 심포지움 발표요지 67-82
9. 유순호, 1991. 보전농업과 토양관리. 농업환경보전에 관한 심포지움 79-94.
10. 이문홍.1994. 지속적농업을 위한 병해충 종합관리. 농촌진흥청 농업기술연구소 주최의 유기농업의 현황 및 발전방향에 대한 심포지움:19-41.
11. 전남수, 이병진, 최진룡. 1997. 피복작물로서 자운영과 살갈퀴의 발아 및 생장특성. 한국작물학회지 42(2) : 118-119.



12. 조영순, 최진룡, 이병진. 1997. 벼-자운영 무경운 건답직파 재배체계에서 벼의 파종밀도와 유수형성기 추비시용이 벼 생육특성과 수량에 미치는 효과. 한국작물학회 42(2) : 86-97
13. 최진룡, 강규영, 윤을수, 김장용, 강동주, 홍광표, Suki C. Croan. 1998. 무경운 직파재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산 체계개발. 농림부 농특과제 최종연구보고서.
14. 홍광표, 1994. 남부지방의 논 무경운 체계에서 벼 생력재배에 관한 연구. 박사학위논문, 경상대학교. p.39.
15. 홍광표, 김장용, 강동주, 최진룡. 1995. 벼 재배양식 및 경운 방법 차이에 따른 에너지 효율비교
16. Parr, J. F. and R. I. Papendick., I. G. Youngberg, R. E. Meyer and Hornick. 1993. Sustainable agriculture in the U.S In. In sustainable Agricultural systems (Clive A. et als eds.). Soil and Water Conservation Society. 50-67.
17. Roger, P.A. and J.K. Ladha. 1992. Biological N<sub>2</sub> fixation in wetland rice fields: estimation and contribution to nitrogen balance. Plant and Soil 141:41-55.
18. USDA. 1980. Report and recommendations on organic farming, Washington D.C. 94pp.