

# 새로운 패러다임 속에서 지속농업의 올바른 이해와 접근을 위한 비판과 제언

최진용<sup>1</sup> 김장용<sup>2</sup> 홍광표<sup>3</sup> 조영손<sup>2</sup> 손길만<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 농업생명과학대학 농학과

<sup>2</sup>(사)한국지속농업산학연구회

<sup>3</sup>경남농업기술원

Critical Evaluation on Prevailing Major Sustainable Agricultural Practices and  
Suggestions toward Better Sustainable Agriculture Based on Principles of Agroecology  
in New Paradigms

By

Jin Yong Choi<sup>1</sup> Jang Yong Kim<sup>2</sup> Kwang Pyo Hong<sup>3</sup> Young Son Cho<sup>2</sup> Kil Man Son<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Agriculture & Life Sciences, Gyeongsang National University

Jinju 660-701, Korea

<sup>2</sup>Korea Association for Sustainable Agriculture(KASA)

<sup>3</sup>Gyeongnam Agricultural Research and Extension Services

## 목 차

1. 농업의 기초와 급변하고 있는 농업환경
2. 농업패러다임의 변화
3. 지속농업에 대한 올바른 이해의 필요성
4. 농업생태적 원리와 기존 지속농업의 평가
5. 새로운 농업 패러다임 속에서 원리에 부합된 지속농업기술
6. 결론
7. 참고자료

### 1. 농업의 기초와 급변하고 있는 농업환경

농업의 기초는 토양이다. 비옥도를 증대시키기 위하여 토양에서 탄소와 질소의 순환원리를 유기물질의 생산에 어떻게 효율적으로 잘 이용할 것인가에 대한 문제는 농업에서 중요한 과제 중의 하나다. 표1은 인간이 조절하여 이용할 수 있는 질소의 양을 상대적으로 비교하고 있다. 고정된 질소원 중에서 유리되는 질소를 농업적으로 이용할 수 있는 수단을 의미한다. 이를 농업적으로 어떻게 효율적으로 활용할 것인가에 따라서 농업의 지속성이 좌우된다. 현대농업은 지나치게 비료에 의존함으로써 자연적으로 생성되는 질소원을 농업에 활용하는 일에 둔감해져 있다.

Table 1. A global glut of nitrogen: Global sources of biologically available (fixed) nitrogen

	Annual release of fixed nitrogen(teragrams)
Fertilizer	80
Legumes and other plants	40
Biomass burning	40
Wetland draining	10
Fossilfuels	20
Land clearing	20
Total from Human Sources	210
Natural Sources	
Soil bacteria, algae, lightning, etc.	140

Vitousek, Peter M. et al.,1997.

한편 탄소는 모든 유기물의 골격을 형성하는 있는 원소로서 공기 중의 탄산가스로부터 기인하고 있다. 표2는 경작지 토양 5 cm에 분포하고 있는 탄소량을 나타내고 있다. 탄소원의 대부분은 작물의 잔재물(crop residues)라는 것을 알 수 있다. 그리고 토양 미생물에서 기인하고 있는 탄소량도 결코 적은 양이 아니다. 지속농업에서는 이러한 탄소를 어떻게 효율적으로 이용할 것인가를 먼저 생각해야 한다.

Table 2. Approximate carbon input/biomass 5 cm surface of arable soil

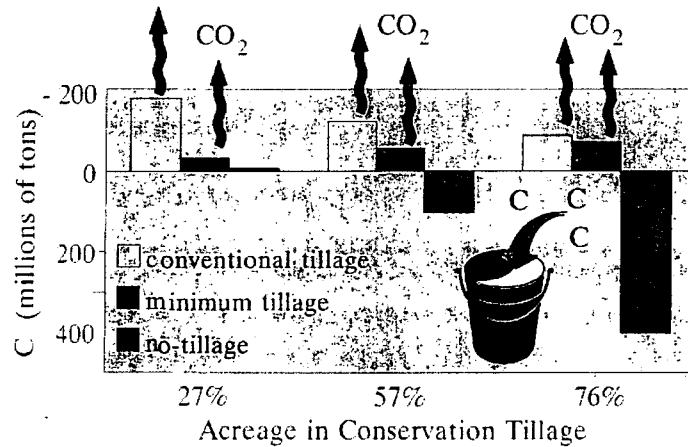
	kg/ C/ha
OM from living roots	240
Root decomposition	400
Straw residues	2800
Autotrophic microbes	100
Total	3540
Biomass	250
(fungi 80%, bacteria 10%, microfauna 10%)	

Lynch, L.M. 1979.

관행 농업에서는 경운이 필수 불가결한 영농행위로 인정되고 있다. 산업이 발달하면서 대형 농기구가 개발되었고 이를 땅을 경작하는 데 활용하게 되면서 토양은 과도한 경운으로 토양 유실, 유기물의 분해와 소실 등 갖가지 장애를 유발하고 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 관행농업에서는 어떤 경우에도 탄소의 손실을 면할 수 없다. 그러나 최소경운이나 무경운에서는 토양 속에 탄소를 축적할 수 있다. 이러한 탄소를 토양 중에 얼마나 많이 축적하느냐 하는 문제는 토양의 먹이 연쇄 속에서 이해되어야 한다. 토양 중의 탄소는 곧 미생물, 토양생물의 활동을 증가시키고, 이는 곧 토양의 비옥도를 높이게 된다.

그림 2는 농작물을 경운재배하게 될 때 과도한 경운으로 인한 수량 감소는 불가피하게 되어있다는 사실을 모형적으로 나타내고 있다. 지속농업은 이러한 이론적 근거에 따라서 대책을 강구함으로써 토지 생산성과 경제성 증가시킬 수 있는 방향으로 자리를 잡아야 한다.

Impact of tillage systems on fate of carbon by year 2020



Kern & Johnson, 1993

Figure 1. Impact of tillage systems on the fate of carbon by year 2020.

See details in URL [Http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm#3](http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm#3)

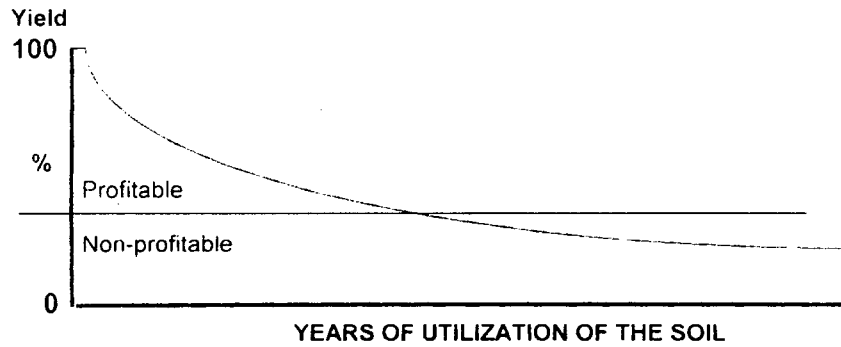


Figure 2. Soil degradation through time in conventional agriculture

(Derpsch, R., unpublished)

See details in URL [Http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm#3](http://www.rolf-derpsch.com/notill.htm#3)

표 3은 관행 경운법과 무경운법으로 옥수수를 재배한 토양의 유기물 함량을 질소비료 수준에서 평가한 결과이다. 무경운은 어떤 조건에서도 토양 유기물의 집적에 도움을 받을 수 있다. 사실 토양 유기물의 차이를 용적 중으로 환산한다면 그 양의 크기는 대단하다. 이들 유기물이 토양 운의 이화학적 특히, 특히 생물적 특성에 미치는 영향을 고려할 때 경운농업에 대하여 우리는 새로 인식을 가져야 한다.

Table 3. Organic matter content of the soil after 20 years of maize

Nitrogen appl./ year kg/ ha	% Organic Matter	
	No-tillage	Conventional tillage
0	4,10	2,40
84	4,93	2,53
168	4,28	2,45
336	5,40	2,73

Thomas, 1990.

한편 한국의 농업과 농촌현실은 대단히 절박한 상태에 있다. 국내적으로 농업인구가 급감하고 있어서 농업인력이 노령화됨으로써 영농기계화도 어렵게 되어있다. 국내농산물의 국제경쟁력이 현저히 떨어져 있는 상태에서 국제적으로는 농산물 시장 개방이 불가피한 선택이 될 때 우리 농업의 경제성이 크게 떨어져 영농을 포기하는 농가가 속출하고 있는 실정이다. 한국 정부도 생산조정제, 경영이양직불제 등 갖가지 대책을 강구하고 있으나 장기적 관점에서 그 효과를 기대하기 어렵다.

## 2. 농업패러다임의 변화

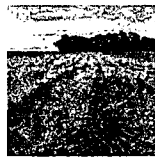


Table 4. New Paradigms in Agricultural Production

OLD PARADIGMS	NEW PARADIGMS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soil tillage is necessary to produce a crop</li> <li>• Burying of plant residues with tillage implements</li> <li>• Bare soil for weeks and month</li> <li>• Soil heating because of direct solar radiation</li> <li>• Burning crop residues allowed</li> <li>• Strong emphasis on soil chemical processes</li> <li>• Chemical pest control, first option</li> <li>• Green manure cover crops and crop rotations are options</li> <li>• Soil erosion is accepted as an unavoidable process associated to farming on sloping land (Erosion is caused by excessive rains)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tillage is not necessary for crop production</li> <li>• Crop residues remain on the soil surface as mulch</li> <li>• Permanent soil cover</li> <li>• Reduced soil temperatures</li> <li>• Burning mulch prohibited</li> <li>• Emphasis on soil biological processes</li> <li>• Biological pest control, first option</li> <li>• Green manure cover crops and crop rotations compulsory</li> <li>• Soil erosion is merely a symptom, that for that area and ecosystem unsuited methods of farming are being used (Erosion is caused by soil mismanagement)</li> </ul>

See details in Rolf Derpsch <http://www.soils.wisc.edu/istro>

사실 풍부한 유기물 의존 영농법에 의존하고 있는 무경운 작물재배법은 세계적으로 그 면적이 증가되고 있으며 1987년 이후부터 현재까지 그 면적이 50배로 증가되어 7천2백만 ha 농지가 무경운 체계로 관리되고 있는 실정이다. 이렇게 무경운 작물재배 면적이 증가하는 가장 큰 이유는 노동력의 감소, 경제적 수익의 증대, 친환경적 토양유실 방지와 농업인을 포함한 주민의 삶의 질을 향상시킬 수 있다는 데 있다.

가. 풍부한 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술(high residue farming) 의 이해  
 농업의 토대가 되는 토양의 비옥도를 높이기 위하여 유기물(탄소급원)과 생물적으로 생성된 질소 이용효율을 높이는 일은 지속농업에서 무엇보다 우선되어야 할 과제다. 표4는 경운이 작물생산에 필수적인 수단이 아니라는 새로운 관념 정립을 위한 몇 가지 구체적인 내용을 제시하고 있다. 여기서 토양에 유기물을 직접 투입하는 일과 지표면에 피복하는 일의 현격한 차이에 유의할 필요가 있다. 사실 무경운은 경운 자체에 관한 문제가 아니라 토양을 유기물로 연중 피복하고 있느냐, 있다면 그것을 연중 어떻게 관리하느냐에 관한 전체적 체계에서 살펴야 할 일이다. 유기물 피복은 여러 가지 측면에서 유익한 결과를 기대할 수 있다. 풍부한 유기물 의존 영농의 중요성을 강조하고 있다.

Table 5. Benefits of high residue farming

Conservation tillage systems offer numerous benefits that intensive tillage systems cannot match	
• Reduced labor requirements	• Greater soil moisture retention
• Improved water infiltration	• Time savings
• Decreased soil compaction	• Reduced machinery wear
• Improved soil tilth	• Fuel savings
• More wildlife	• Improved long-term productivity
• Reduced release of carbon gases	• Improved surface water quality
• Reduced air pollution	• Reduced soil erosion

ISTRO, 1997.

이러한 풍부한 유기물 영농의 이점은 표 5에 열거되어있다. 이러한 유기물 피복을 전제로 한 무경운 작물재배기술은 경운으로 인하여 토양의 생산성이 자연적으로 떨어진다든 법칙을 작물생산과 축산에 고려되어야 한다. 이러한 자연법칙을 인정하게 되면 무경운이 지속농업 생산을 가능하게 하는 필수적인 영농행위라는 것을 이해하게 될 것이다. 이러한 자연 법칙을 보다 구체적으로 설명한다면 (1) 토양유기물을 감소시키는 어떠한 영농행위도 농업생산의 지속성을 유지할 수 없고, 그 결과는 토양을 척박하게 만들고 농업인을 빈곤하게 만든다. (2) 경지를 매년 경운하는 집약적인 영농은 유기물 집적의 가능성을 배제하고 유기물을 감소시키므로 그 결과는 시간이 경과할수록 작물 수량이 떨어지게 된다. (3) 강우량이 6,7월에 집중되고 있는 몬순기후권에서 연속경운작물재배법은 토양유실을 촉발하게 되고, 그 결과는 영양소와 유기물을 감소시킴으로써 장기적으로 수량의 감소를 피할 수 없게된다. (4) 연속적인 경운은 토양의 구조를 파괴하고 토양을 햇볕에 노출시킴으로써 토양온도가 과도하게 높아져서 뿌리의 생장과 ,토양 동식물의 보존과 토양수분을 유지하는 일이 어렵게 되고, 결과적으로 수량이 감소하게 된다. (5) 유기물을 소각하는 행위, 휴경으로 인한 영양적 유출을 포함한 토양영양소의 손실을 유발시킬 수 있는 어떠한 작물재배체계나 가축생산체계도 지속농업이라고 할 수 없고, 그 결과는 토양을 척박하게하고 농업인을 가난하게 만들게 된다. 이를 보다 구체적으로 설명하기 위하여 토양을 경운하고 일시적이라도 나지상태로 두는 것과 연중 유기물로 토양을 피복하고 무경운 상태로 둘 때 그 결과를 표 6에 정리하였다.

Table 6 . Laws that rule the diminishing productivity of soils

CONSEQUENCES OF SOIL PREPARATION AND BARE SOIL	CONSEQUENCES OF NO- TILLAGE AND PERMANENT SOIL COVER
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wind-und water erosion are unavoidable</li> <li>2. Reduced water infiltration into the soil</li> <li>3. Less available soil moisture</li> <li>4. Unavoidable reduction in the soil organic matter content; thus reduction of soil quality</li> <li>5. Soil carbon is lost as carbon dioxide into the atmosphere contributing to global warming</li> <li>6. Soil degradation (chemical, physical and biological)</li> <li>7. Reduction of crop productivity</li> <li>8. Higher use of fertilizers and higher costs of production</li> <li>9. Survival of the farm family on the farm threatened (lower yields, production without profitability, insufficient monetary income)</li> <li>10. Poverty, rural exodus, increase of slums and marginal populations as well as social conflicts</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wind-und water erosion near zero</li> <li>2. Increased water infiltration into the soil</li> <li>3. More available soil moisture</li> <li>4. Maintenance or increase in the soil organic matter content (enhancement of soil quality)</li> <li>5. Carbon is sequestered in the soil enhancing its quality, reducing the threat of global warming</li> <li>6. Soil improvement (chemical, physical and biological)</li> <li>7. Crop productivity increased</li> <li>8. Reduced use of fertilizers and lower production costs</li> <li>9. Survival of the farm family on the farm issued through a good profitability and high and sustainable crop production</li> <li>10. Basic needs are satisfied, living standard and quality of life of the farm family are increased</li> </ol>
<p>RESULT:  <b>Sustainable land use is not possible (ecologically, socially &amp; economically).  Soil resource exploitation.</b></p>	<p>RESULT:  <b>Sustainable land use ensured (ecologically, socially &amp; economically).  Rational, site-oriented use of the soil.</b></p>

Derpsch, R. und Florentín, 2000.

그런데 관행 경운체계를 이러한 유기물 피복에 의한 무경운체계로 전환하는 일에는 반드시 표 7에 제시한 바와 같은 과정을 거쳐야한다.

Table 7. Steps in no-tillage adoption

Some critical factors that should be considered before starting no-tillage
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Improve your knowledge about all aspects of the system but especially in weed control</li> <li>2. Analyze your soil and if necessary incorporate lime and correct nutrient deficiencies</li> <li>3. Avoid soils with bad drainage</li> <li>4. Level the soil surface if this is rough for any reason</li> <li>5. Eliminate soil compaction using chisel plows or subsoilers</li> <li>6. Produce the highest amount possible of mulch cover</li> <li>7. Buy a no-till machine</li> <li>8. Start on only 10% of your farm to gain experience</li> <li>9. Use crop rotations and green manure cover crop to get the full benefits of the system</li> <li>10. Be prepared to learn constantly and be up to date with new developments</li> </ol>

먼저 우리는 잡초에 대한 고정관념에서 벗어나야 한다. 이러한 농업을 정착하기 위하여 우리는 잡초에 대한 새로운 인식을 가질 필요가 있다.. 다음과 같은 말은 잡초에 대한 새로운 인식 전환에 도움이 될 것이다.

"Weeds are only plants, of which we do not know their virtue. Roots of the weed sucked first life from the genesis of the earth and hold the essence of it still with us. Always the weed returns but the cultured plant retreats before it." (Beryl Markham, West with the Night, 1942.

"Since everything God created is good, we should not reject any of it. We may receive it gladly, with thankful hearts."( First Timothy 4:4 )

#### 나. 피복작물의 재배와 생물적 고정 질소의 이용

풍부한 유기물의 피복과 무경운은 지속농업의 생산기반 구축에 필수적인 영농법이다. 그런데 이러한 지속농업체계를 보다 촉진시킬 수 있는 방안은 피복작물, 특히 공기 중에 79% 까지 점유하고 있는 질소를 생물적으로 고정하여 토양 중에 저장할 수 있는 두과 피복작물을 재배하는 일이다. 작물생산체계에서 피복작물을 재배함으로써 얻을 수 있는 유익은 많다. 그 중에서도 두과작물에 의한 질소의 고정과 이용, 피복작물에 의한 토양의 경운작용과 침투수분의 증가, 윤작으로 인한 병해충, 특히 토양선충 피해 감소, 잡초관리 및 질산태 질소의 유실을 차단하는 작용은 매우 유의할 만한 이점이다. 사실 두과 피복작물은 그 다음에 재배되는 작물이 필요로 하는 질소를 충분히 공급할 수 있으나 화학 비료의 값이 상대적으로 싸기 때문에 피복작물을 재배하여 생물적으로 고정된 질소를 이용하는 일에 소극적으로 대응하고 있는 것이다.

피복작물 재배의 다른 큰 이점은 피복작물의 뿌리가 토양의 구조를 개선하고 미생물을 집적하게 되어 뿌리가 분해되면서 토양 공극량을 증가시키고, 영양소에 대한 양이온 교환 면적을 증대시켜주는 것이다. 피복작물을 재배함으로써 유기물을 경제적으로 토양 중에 집적시켜 토양을 개량한다. 또한 피복작물을 재배하면 잡초를 억제할 수 있다. 피복작물은 토양 중에 병원미생물에 영향을 미쳐서 병 발생을 억제할 수 있다.

피복작물의 모든 잠재적인 유익을 고려하여 어떤 피복작물을 선택하는가의 문제는 매우 중요하다. 표 8은 피복작물을 선택하는 기준을 설명하고 있다. 어떠한 형식이나 처방은 피복작물을 선택하는 성공을 보장하지는 못하겠지만 어느 정도는 좋은 피복작물을 선택하는 지침이 될 수 있다. 만약 새로운 두과피복작물을 도입하게 될 때에는 반드시 그 작물에 적합한 근류균을 접종하는 것이 좋다.

Table 8. Cover crop selection criteria.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reasons for planting</li> <li>• Cover crop field history (long-term rotations, previous crop, next crop)</li> <li>• Neighboring crops</li> <li>• Irrigation methods</li> <li>• Soil (type, pH problems)</li> <li>• Weeds pest problems</li> <li>• Cover crop window(planting-removal)</li> </ul>
---

See details in [www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/](http://www.sarep.ucdavis.edu/ccrop/)

### 3. 지속농업(sustainable agriculture)에 대한 올바른 이해의 필요성

그림 3은 지속농업을 정의하고 있다. 우리나라에서는 지속농업을 법제화하는 과정에서 친환경농업으로 나타냄으로써 많은 혼란을 겪고 있다. 환경친화적이면 무엇이든지 친환경농업이 되는 것으로 오해하고 있다. 지속농업에서 환경은 가장 중요한 요건이나 경제성과 삶의 질은 환경에 못지않게 중요한 요건들이다. 만약 친환경농업이라는 이름으로 노동력과 자본이 크게 증가할 수밖에 없는 기술을 도입하게 되면 농업인을 포함한 지역주민의 삶의 질을 향상시킬 수 없으며 지속농업의 본질적인 목표를 이탈하게 되는 것이다.

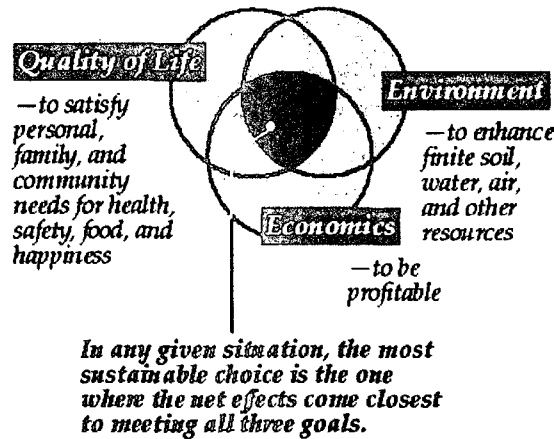


Figure 3. Definition of sustainable agriculture

지속농업은 특수한 농업인가? 지속농업은 일부 농민들이 도입하여 실천하고 있는 특수 농법이 아니라 관행농업/상업농업의 문제점을 파악하고 농업에 투입되는 각종 자원의 보전과 그 효율을 극대화함으로써 (1) 환경친화적이면서, (2) 경제적 이익을 추구할 수 있어야 하고, (3) 식품의 안정성, 개인이나 가족, 지역사회의 모든 구성원이 건강과 평안을 누릴 수 있는 보편적인 농업으로 이해되어야 한다. 지속농업은 어떠한 조건에서도 그 순 효과가 이 세 가지 목표를 가장 가까이 충족시켜줄 수 있는 농업, 농업생태학적 원리와 농업원론에 가장 잘 부합되는 농업이어야 한다.

이러한 지속농업의 정의에 따라서 우리는 객관적인 평가기준을 가지고 있어야 한다. 그 기준은 무엇을 해야 하고, 무엇을 하지 말아야 할 것인가를 결정할 수 있다. 이 평가기준은 어떤 특정지역에 국한되는 것이 아니라 지구상의 어떤 지역에서도 통용될 수 있는 원리에 입각한 기준이어야 한다. 이 기준에 따라 생산자와 소비자는 지속농업을 평가하고 농업에 대한 진정한 가치를 공유할 수 있어야 한다. 지속농업에 대하여 생산자와 소비자의 관심이 날로 높아지고 있는 시점에서 이러한 평가를 받지 못한 특수 농법이 지속농업의 모형으로 인식되고, 민간단체에서 이를 교육하고 확산되게 할 수 없다. 이에 대하여 학회적 차원에서 비판과 검토를 거쳐야 하고, 학회는 새로운 비전을 제시해야 할 것이다.



#### 4. 농업생태적 원리와 기존 지속농업의 평가

지속농업은 농업생태적 원리에 기반을 두고 있다. 표 9는 농업생태적 원리를 요약한 것이다.

Table 9. Principles list of agroecology and sustainability

---

Use Renewable Resources
Minimize Toxics
Conserve Resources
Manage Ecological Relationships
Adjust to Local Environments
Diversify
Empower People
Manage Whole Systems
Maximize Long-Term Benefits
Value Health

---

See details in <http://www.agroecology.org/principles/princlist.htm>

of Stephen R. Gliessman

한국에서 수도작은 경지 면적이나 기후적 특성을 고려할 때 다른 어떤 작목에 비교할 수 없는 중요한 의미를 가지고 있다. 이미 수도작은 기계화되어있고 이양 작업은 90% 이상 기계화되어 있다. 수도작에서 큰 비중을 차지하고 있는 직접생산비용은 노동력, 기계, 비료와 제초제, 농약 등이다. 그러나 국제적 흐름이나 농촌의 현실을 고려할 때 기존 영농방법에 의한 수도작은 경제성을 잃고 있다.

시범적인 지속농업으로 간주되고 있는 현행 지속농업은 사실은 병해충 방제에 있어서 화학제 사용을 경감시킬 수 있다는 차원에서 그 명분을 찾고 있으나 농업생태적 원리에는 크게 미흡한 실정이다.

그런데 표 10과 11 에서 보는바와 같이 유기농산물에 대한 일반 소비자들의 관심이 증대되고 있고, 관행농업체계에서 지속농업체계로 전환하려는 농업인이 증가하고 있는 시점에서 이를 무비판적으로 수용하거나 방치할 수 없는 것이다.

Table 10. Changes in farm households engaged in organic farming, area and production in South Korea

	1999	2000	2001	2002
No. of households (1000 households) <sup>14</sup>	14	19	27	31
Area (1000 ha) <sup>10</sup>	10	15	25	28
Production (1000 tons) <sup>209</sup>	209	305	526	594

Table 11. No. of farm households engaged in organic farming and certified

**organic farm households in S. Korea (December 31, 2002)**

	Total (%)	Organic Food	Organic Food in Conversion Process	No-Chemical organic Food	Low-chemical Organic Food
Total	31,342(100)	1,035	650	6,525	23,132
No. of farm households engaging organic farming	19,414(62)	225	31	2,353	16,805
Certified organic farm households	11,928(38)	810	619	4,172	6,327

그런데 지속농업 벼 재배에 종사하고 있는 농가는 표 12에서 보는 바와 같이 오리농법, 달팽이 농법, 키토산 농업, 쌀겨농법이 주종을 이루고 있다. 현재 이루어지고 있는 친환경 수도작은 노동수요를 절감하기보다는 노동집약적이고 생산비용을 증가시키는 방향으로 나아가고 있다. 다만 오염물질원을 최소화한다는 원리를 내세워 제초제보다는 오리, 달팽이, 쌀겨 등을 사용하여 제초적 효과를 달성하는데 초점을 맞추고 있으나 노동력과 자본의 투입이 증가될 수밖에 없는 농업이라고 할 수 있다. 현행 유통과정에서 유기농법으로 생산된 쌀이 비싼 가격으로 팔리고 있지만 소득이 낮은 다수소비자의 삶의 질을 높이는 수준이 되지 못한다.

**Table 12. No. of households engaged in various environment friendly rice farming practices in S. Korea (July 31, 2002)**

	Total	Rice-Duck	Rice-Snail	Rice-Chitosan	Rice-Rice Bran	Others
No. of households engaged	15,421	4,149	2,894	4,035	893	3,450
Land Area(ha) (%)	11,077 (100%)	2,948 (27)	1,937 (17)	2,917 (26)	561 (5)	2,714 (25)

이들 농법의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

**(1) 벼-오리 농법 (Rice-duck Farming)**

오리 농법은 Aigamo라고 하는 체구가 작은 오리새끼(1-2주령)를 이앙된 논에 투입하여 오리가 제초를 비롯한 여러 가지 기능을 수행하게 하는 농법이다. 그러한 기능 중에는 오리의 분을 비료로서 활용하는 기능, 각종 곤충을 포식하는 기능, 각종 수중 동식물의 서식처를 제공하는 기능 등이 포함되고 있다. 농업생태적 원리에서 보면 오리를 사육하기 위하여 추가되는 노동력과 비용이 증가, 오리를 논에 풀어서 사육하지 못하는 기간에는 농장 밖에서 사료를 구매하는 일, 야생동물의 침입이나 오리의 유실을 방지하기 위한 목책시설에 노동력과 비용이 든다는 점은 현재 농촌 현실을 고려할 때 장애요인이 될 수 있고, 오리 사육이 쾌적한 농촌 환경을 조성하는지에 대해서도 검토할 부분이 많다.

**(2) 벼-달팽이 농법 (Rice-Snail Farming)**

세간에서는 왕우렁이 농법으로 알려져 있으나 번식양식이나 생태적 특징으로 살펴볼 때 달팽이 Golden apple snail (Ponacea spp)가 분명하다. 이를 왕우렁이로 부르는 것은 잘못된 것이다. 토종 우렁이는 생태계에 큰 영향을 미치지 않는다. 주로 이끼류를 채식하기 때문이다. 그러나 달팽이는 모든 식물을 가해할 수 있어서 그 위험성이 크다. 만약 이러한 달팽이가 월동하여 무한대로 번식할 때, 그 책임은 누구에게 있는 것인가? 농업연구기관이나 전문가의 책임으로 돌아갈 수밖에 없을 것이다.

달팽이 농법도 오리와 같이 제초제를 쓰지 않고 논에 있는 풀을 제거할 수 있다는 데서 그 명분을 찾고 있으나 생태계의 교란을 생각할 때 지극히 위험한 일이 아닐 수 없다.

### (3) 벼-키토산 농법(Rice-Chitosan Farming)

키토산 혹은 키토산은 환경에 해를 끼치지 않고 쉽게 분해 될 수 있는 물질이면서 다양한 경로를 거쳐 농산물의 기능성을 증가시킬 수 있는 물질로 알려져 있다. 키토산은 다양한 기능성 때문에 공업적, 농업적, 의학적, 약학적 분야에서 사용되고 있다. 특히 농업에서는 작물이나 가축의 성장을 증진시켜 주는 물질로 이용되고 있다.

### (4) 벼-쌀겨농법 (Rice-Rice Bran Farming)

쌀겨 농법은 쌀겨가 가지고 있는 항산화성 기능, 광물질, 필수지방산, 아미노산 및 식물 영양소를 농업에 활용하려는 시도라고 할 수 있다. 그러나 쌀겨가 환경에 미치는 영향은 분명하지 못하고 단지 화학비료를 줄일 수 있고, 그렇게 되면 그 화학물질이 환경에 나쁜 영향을 줄일 수 있다는 기대 속에서 실시되고 있는 농법이다.

### (5) 그 밖의 농법

시설원예, 과수농가는 수많은 비법이 동원되어 친환경농업으로 분류되어 농업인의 관심이 집중되고 있다. 표 13은 위에서 열거한 4가지 주요 친환경 벼 재배농법 외에 특별한 물질을 외부로부터 구매하거나 자가 생산하여 사용되고 있는 물질과 그 기능성을 정리한 것이다.

Table 13. Materials used for environment-friendly farming practices in South Korea

Functional for	Purchased	Farmhouse-self supplied
Pesticide	Brown rice vinegar, Oak vinegar, Cytosine	Plant extracts Medicinal plant extracts Tobacco extracts
Fertilizer	Mineral A Mineral C Milk	Bacteria mineral water(BMW) Green grass juice Micro organic products Enzymes, Amino acid
Others	Water soluble phosphoric acid Wood charcoal powder Peat moss Alcoholic vinegar	Lactic bacteria Crab extract Sea water

한국에서 이루어지고 있는 세칭 친환경농법의 공통적인 특성은 (1) 과도한 경운으로 인하여 일어나고 있는 토양침식, 유기물의 감소 등에 대한 관심이 없다는 점, (2) 혼작이나 윤작보다는 단일작목에 의존함으로써 생물적 다양성 증대에 대한 관심이 적다는 점, (3) 다수확 품종 중심 농업으로서 재래 품종의 유전적 특성을 이용할 수 있는 길이 차단되어 있다는 점, (4) 환경오염원이 되는 화학제의 사용량을 줄이거나 배제하는 대신에 농장 외에서 투입

되는 자원에 의존하고 있다는 점, (5) 물을 효율적으로 이용하는 문제에 대한 관심이 없다는 점, (6) 노동과 자본의 투입이 증가되고 있다는 점 (7) 잘못 사용되고 있는 용어들 (잡초방제, 병해충방제, 왕우렁이농법 등) 이 많다는 점이다.

## 5. 새로운 농업 패러다임 속에서 농업생태적 원리에 부합된 지속농업기술

우리 농촌은 지금 좌절과 낭패감 속에 몰려있다. 관행농업의 경제성과 농산물 시장에 대한 개방 압력으로 농업인은 영농의욕을 잃고 있다. 농촌에는 노동력이 부족하고 노동력의 질이 떨어져 있는 상황 속에서 경영이양직불제 도입이 불가피한 정책으로 등장하고 있고 농사를 포기하는 농가가 속출되고 있다.

사실 관행농업에서 지속농업으로 이행하는 데는 거쳐야 할 과정이 있다. 초기 단계에서는 투입되는 자원의 효율을 증대시키는 문제에 관심을 가져야 한다. 그 중간 단계에서는 현재 투입되는 자원을 대체할 수 있는 길을 찾아야 한다. 무조건 화학비료를 줄이는 것이 아니라 두과 작물을 도입함으로써 생물적으로 고정된 질소로써 화학비료의 사용량을 보충할 수 있는 길을 열어야 할 것이다. 마지막 단계에서는 농업생태적 원리에 따라 농업생태계의 기능을 바르게 발휘할 수 있는 지속농업형태로 전환하는 새로운 농업생산체계를 재편성하는 일이다.

이러한 농업생태적 원리의 핵심 단어는 생물적 질소 고정, 재생가능 에너지의 이용, 자연생산물의 이용, 영양소의 재순환, 토양 내 유기물의 증진, 무경운 또는 최소경운에 의한 작물재배, 유기물 피복, 건조농업 기술 개발 및 작물 관리, 에너지 효율증진, 생산비 절감, 병해충 관리, 잡초관리, 생물적 다양성 증대에 의한 유익한 생물, 미생물 자원의 활용 등이라고 할 수 있다. 지속농업은 마땅히 이러한 핵심 단어를 포함하고 있는 기술이라야 할 것이다.

지난 20 년 간 한국의 남부지역에서는 이러한 원리에 입각하여 무경운 작물재배기술에 관하여 관심을 가져왔다. 과거의 경험과 이론적 배경에 바탕을 두고 기본적으로 다음 세 가지 농업기술을 미래의 지속농업기술로서 제안하려 한다.

### 가. 무경운 직파 벼-자운영 재배기술체계(No-till, Direct-Seeded Rice-Vetch Cropping System)

한국 농촌의 사회경제적 여건 중에서 가장 중요한 것은 심각한 노동력 부족과 농업수익의 감소라고 할 수 있다. 특히 쌀 생산비용 중에서 직접생산비용의 대부분은 노동력, 기계 및 비료비용이 으뜸을 차지하고 있다. 이것이 무경운 직파 벼 자운영 재배 기술 체계를 혁신적인 영농기술로 제의하는 논리적 근거이다. 토양의 유익한 생물상은 경운으로 파괴되고 소멸한다. 이를 보전하고 농업생산에 이용하는 길은 생산기반이 되는 토양을 교란시키지 않고 최대한 보존하는 것이다. 자운영을 도입하는 일은 대기 질소를 농업에 적극적으로 활용하는 장치를 마련할 수 있다. 많은 두과 식물 중에서 그 종자가 장기간 담수상태에 있는 논에서 견딜 만한 것은 자운영(*Astragalus sinicus*)이 으뜸이다. 자운영은 일단 정착되기만 하면 자연적인 종자 성숙시기를 허용하는 작부체계 속에서는 재 파종 할 필요가 없이 영속적으로 그 식생을 유지할 수 있다.

#### 나. 무경운 직파 벼-피복작물 재배기술체계(No-till, Direct-Seeded Rice-Green Manure Crops Cropping System)

자운영의 생육한계는 아직도 한 반도의 남쪽으로 국한되어있다. 내한성이 강한 자운영이 개발되기까지는 북쪽에 벼-자운영 재배체계를 도입할 수 없다. 농림부에서는 겨울철 푸른들 가꾸기 사업으로 실시되고 있는 호밀과 같은 녹비작물을 답리작으로 재배하고 있으므로 이를 효율적으로 지속농업체계로 활용하기 위한 작물재배기술체계로서 무경운 직파 벼-피복작물 재배기술을 제안하는 것이다.

화분과 작물은 두과작물보다 C/N율이 높다. 따라서 토양 속에서 부식되는 기간이 길다. 여기에는 두 가지 고려할 특성이 있다. 첫째는 탄소함량이 많을수록 토양미생물이 이를 분해하는 시간이 길어지고, 둘째는 유기물의 분해속도가 빠를수록 피복작물에 함유되어있는 영양소를 후기작물이 이용할 수 있는 양이 적다는 점에 유의해야 한다. 화분과 피복작물은 그 유기물 생산량이 많고 토양유실 억제력이 뛰어나게 좋다. 그리고 생산된 유기물을 지표면에 피복할 때 잡초 억제력이 높다. 화분과 피복작물은 충분한 질소원이 되지 못한다고 하더라도 유기물 조직 자체에 상당한 질소를 함유하고 있다. 어떤 면에서는 질소과다로 유실에 의한 유기물의 손실을 예방할 수 있다. 화분과 피복작물재배는 한 작물재배기간 동안 남은 질소를 흡수함으로써 토양 중의 질소 균형을 바로잡는 역할을 기대할 수도 있다. 그러므로 때로는 두과와 화분작물을 혼파함으로써 두 작물의 성장습성의 차이 때문에 유기물 취득이나 토양침식방지에 보다 유리하게 이끌어갈 수 있다.

#### 다. 무경운 직파 벼-맥류 재배기술체계(No-till, Direct-Seeded Rice-Wheat/Barely/Cropping System)

한국에서 식량 자급률은 27~28%에 불과하다. 쌀 생산은 주로 질소비료에 의존하는 다수성 품종 육성에 의하여 기술 수준이 높아졌다. 그러나 밀은 소비 성향으로 보아 중요한 위치를 차지하고 있으나 전적으로 외국에서 수입하고 있다. 그러므로 전략상 국산 밀/보리 증산은 항구적인 식량안보 차원에서 매우 중요하다. 농촌에서 겪고 있는 심각한 노동력 부족, 경제성과 품질 등을 고려할 때 관행 영농기술로써는 맥류 증산이 어렵다. 최근 20여년 간 경남농업기술원과 독농가를 중심으로 남부지방에서 개발한 파종기/장치를 콤바인에 부착하여 벼 수확 동시에 추가 노동력의 투입이 없는 상태에서 맥류를 파종하고 그 위에 절단된 볏짚을 피복하여 수분조절과 유기물에 의한 영양소의 재순환체계를 구축함으로써 맥류의 피복작물로서 기능과 식량 생산적 기능을 최대로 활용할 수 있는 길을 열게 된다.

이 작부 체계에서 가장 큰 장애는 작물 정착의 안정이다. 때로는 수분 부족으로, 때로는 수분과다로 입모 정착이 지연될 수 있다. 여기서 우리는 새로운 인식을 가져야 한다. 수분제한 조건에서 작물이 생육할 수 있는 기술, 즉 건조농업기술(dry farming)에 관심을 기울여야 한다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 자세한 정보를 수집하고 기술을 개발하는 일은 미래 농업의 과제로 남아있다. 소위 태평농법은 건조농업기술로서 평가될 수 있다. 독농가가 실시하고 있는 태평농법은 (<http://www.taepyeong.co.kr>)에서, 그리고 이에 대한 학술적 평가에 관한 정보를 <http://www.kasa.re.kr> 에서 참고할 수 있다.

## 6. 결론

새로운 패러다임 속에서 우리에게 가장 적합한 지속농업기술은 무엇인가를 구명할 수 있어야 한다. 이는 농촌사회의 여건, 특히 가용자원의 종류와 양을 평가하고 이를 농업생태학적 원리 위에서 효율적으로 활용하는 일이다. 결코 경제논리나 단기적 이익을 추구함으로써 해결될 일이 아니다. 새로운 문화의 창달이라는 차원에서 농업생태적 원리에 부합되고 농업에 투입된 자원의 장기적 효과를 극대화하는 방향으로 접근해야 할 일이다

관행농업에서 탈피한 새로운 농업기술로서 제시될 수 있는 지속농업 실천기술은 구체적이어야 하고 실천적이어야 하고, 또 노동력이나 자본에 크게 제약을 받지 않는 보편적인 농업기술이어야 한다. 이미 농업선진국에서 일어나고 있는 패러다임의 변화를 면밀히 관찰하고, 이를 우리나라 여건에 맞는 대안농업기술로서 정착시킬 수 있어야 한다.

한국에서 녹색혁명은 식량문제 해결을 위한 부분적인 해결책이 되었으나 환경을 보존하는 일은 근본적으로 난관에 봉착하고 있다. 이제 우리는 제2의 녹색혁명이 필요한 시점에 이르렀다. 현행 지속농업, 즉 지속농업은 사실상 (1) 농업생태적 원리에 기초를 두지 못하고 있고, (2) 농장 외에서 유입된 자원이나 자연생성적 물질이 아닌 공업적 생산 공정을 거친 제3의 물질을 구매하여 사용하고 있으며, (3) 노동집약적, 자본집약적 형태의 농업으로 전환됨으로써 농촌현실과 농업인의 사정, 또 소비자의 경제성을 고려할 때 삶의 질을 향상시킬 수 있는 농업이 되지 못하고 있으며, (4) 장기적 효과보다는 일시적 이익추구, (5) 농업체계 전체에 대한 이해가 부족하다는 평가를 내릴 수밖에 없다.

여기서 제한된 지속농업기술 즉, (1) 무경운 직파 벼-자운영 재배기술체계(No-till, Direct-Seeded Rice-Vetch Cropping System), (2) 무경운 직파 벼-피복작물 재배기술체계(No-till, Direct-Seeded Rice-Green Manure Crops Cropping System), (3) 무경운 직파 벼-맥류 재배기술체계(No-till, Direct-Seeded Rice-Wheat/Barely/ Cropping System)은 농업생태적 원리에 부합되고 있으며, 정책적 지원이 가능한 농업기술이라고 생각된다.

그러나 새로운 패러다임 속에서 제안한 지속농업기술을 적용함에 있어서 우리는 다음 사항에 대한 면밀한 검토가 있어야 한다.

- (1) 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술을 적용하는 데 주 제한적인 요소는 무경운 체계에 대한 지식과 정보이다. 그 지식과 정보가 신뢰할 만하고, 지역여건에 적합하고, 진실하고 유익해야 농업인이 실천할 수 있는 농업기술이 될 것이다.
- (2) 무경운 체계로 전환하는 첫 단계는 농업인, 연구직, 지도직 종사자가 이 체계에 대한 모든 부문에 관한 지식을 이해하고 발전시켜 나가야 한다.
- (3) 일반적으로 관행경운농업에 비하여 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술 농업의 우수성이 다양한 조건에서 평가되어야 한다.. 그리하여 각 지역에서 이 기술을 평가하고 어떤 토양에 이 기술이 적합한가를 확인할 수 있어야 한다.
- (4) 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술이 각각의 특수지역에 적용하는 데 있어서 어떤 토양이 적합하고 어떤 제약 조건이 있는가를 알고 이를 어떻게 극복할 것인가를 알아야 한다.
- (5) 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술을 적용할 때에는 그 지역의 사회경제적 제약 조건이 무엇이며 그것을 극복할 수 있는 방안을 알아야 한다.(지역에 적합한 기계, 적합한 피복작물의 윤작체계, 적합한 피복작물의 종류, 기타 지식 등을 포함)

- (6) 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술이 어떤 경우에는 듣지 않는다는 태도는 무경운 직파재배법의 문제점을 해결하는데 도움이 되지 못한다. 만약 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술이 지속농업에서 오직 유일한 농법이라는 것을 안다면 우리는 문제점이거나 제약조건을 극복할 수 있는 길을 찾을 수밖에 다른 도리가 없다는 것을 알아야 한다.
- (7) 무경운 피복작물 재배기술에서는 농가의 수익성이 높은 한 초기에 수량이 떨어져도 그것을 우려해서는 안 된다.
- (8) 토양 유실, 토양의 이화학적 및 생물적 조건개선, 기계운영비용의 절감, 노동시간/기계이용시간의 절감, 강우와 같은 일기에 영향을 크게 받지 않는 전천후 농업기술, 소득증대 등 유기물 피복에 의한 무경운 작물재배기술에서 얻을 수 있는 많은 다른 유익한 점은 세계 어느 곳에서나 점진적으로 영구적인 무경운 농업생산기반을 구축할 수 있는 기술이 되어야 한다.

## 7. 참고자료

1. Allan, P., and D.V.Dusen. 1988. Sustainable agriculture: choosing the future. In P. Allen and E.X.Dusen(eds), *Global Perspectives on Agroecology and Sustainable Agricultural Systems*. Vol. 1.pp.1 13. University of California: Santa Cruz, CA. U.S.A.
2. Bae, W.G. 2003. Government policy on sustainable agriculture in Korea, A paper addressed at 2003 Spring Workshop on Agricultural Practices for Certified Organic Agricultural Production, organized by the Korea Association for Environment Agriculture, held at Choongnam National University, 24 April, 2003. pp.25-49/
3. Baker, C.J., Saxton, K.E., Ritchie, W.R. 1996. No-tillage Seeding, Science and Practice. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 158 pp
4. Blevins, R.L., Lal, R., Doran, J.W., Langdale, G.W., Frye, W.W. 1998. Conservation tillage for erosion control and soil quality. Chapter in "Advances in Soil and Water Conservation." Ann Arbor Press, Chelsea, MI
5. Bruttel, F.H. and J. Curry. 1992. The structuring of sustainable agriculture in public research institutions: Results from a national survey of land-grant agricultural scientist. *Impact Assessment Bulletin*. 10:7-26.
6. Cannel, R. Q., Hawes, J. D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil and Tillage Research*, 30, 245- 282
7. Cho,Young-Son. 1999. Development of no-till direct-sown sustainable rice-vetch/wheat cropping systems based on crop residue management with special references to straw mulching, soil microbial changes and nitrogen utilization. A dissertation submitted to the faculty of the graduate school of Gyeongsang National University.
8. Cho Y.S., Lee B.Z., Choe Z.R., and Ockerby S.E. (2001) An evaluation of a no-till, direct-Sown, wheat-rice cropping system in Korea. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44(1): 53-60.

9. Cho Y.s., Choe A.R., and Ockerby S.E. (2001) Managing tillage, sowing rate and nitrogen top-dressing level to sustain rice yield in a low-input, direct-sown, vetch-rice cropping system. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 44. 1. 61-69.
10. Cho Y.S., B.Z. Lee, Z.R. Choe, 1999. Nitrogen translocation and dry matter accumulation of direct seeded rice in no-tillage rice-vetch cropping. *Korean J. Crop. Sci.* 44(1): 44-48.
11. Cho. Y. S., Z. R. Choe. 1999. Effect of Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) cultivation during winter on rice yield and soil properties. *Korean. J. Crop Sci.* 44(1):49-54
12. Cho Y.S., Z.R. Choe. 1999. Effects of straw mulching and nitrogen fertilization on the growth of direct seeded rice in no-tillage rice-vetch cropping system. *Korean J. Crop. Sci.* 44(2): 99-101.
13. Cho Y.S., B.Z. Lee, Z.R. Choe. 1999. Nitrogen mineralization of cereal straws and vetch in paddy soil by test tube analysis. *Korean J. Crop Sci.* 44(2): 102-105.
14. Cho Y.S., Z.R. Choe, C.H. Lee. 1999. Architectural characteristics and their inter-relationship of rice cultivars under no-till direct-sown rice-vetch cropping system. *Korean J. Breed.* 31(1): 88-94..
15. Cho Y.S., Z.R. Choe. 1999. Vetch effects for low-input no-till direct-seeding rice-vetch cropping system. *Korean J. Crop Sci.* 44(3): 221-224.
16. Choe. Z. R., J.B, Kim and Y.S, Cho. 1998. Practices of sustainable agriculture in Korea with references for the development of sustainable rice production systems. *Proceedings Korean Society of Crop Science, Korean Breeding Society Symposium for 50th anniversary Gyeongsang National University* : 288-312.
17. Choe, Z. R., 1998. Development of labor-reduced high-quality rice production systems through no-till direct-sowing method. *The Final Research Report. Submitted to the ministry of Agriculture and Forestry.* p 65-69.
18. Crovetto, C. 1996. Stubble over the soil. The vital role of plant residue in soil management to improve soil quality. *American Society of Agronomy, Inc., Madison, WI 53711, USA*
19. Derpsch, R. und Florentín, M., 2000: Importancia de la siembra directa para alcanzar la sustentabilidad agrícola. *Proyecto Conservación de Suelos MAG- GTZ, DEAG, San Lorenzo, Paraguay, 40pp*
20. Gliessman, Stephen R. 1997. *Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture.* Ann Arbor Press, MI, USA.
21. Hebblethwaite, J. F. 1997. The contribution of no-till to sustainable and environmentally beneficial crop production- a global perspective. In: *Proceedings, 5 Congreso Nacional de AAPRESID, 20- 23 August, 1997, Mar del Plata, Argentina, 79-90.*
22. Hong K P, J Y Kim, D J Kang, Z R Choe. 1995. Energy efficiency of different farming practices and tillage methods in rice. *RDA Journal of Agricultural Science*



37(2)676-680.

23. Hong, K P, J Y Kim, D J Kang and W K Shin. 1997. Weed occurrence and control in no-till paddy and in simultaneous rice-seeding with barley harvest. Korean J Weed Sci. 19(1):15-20.
24. Hong, K P, J Y Kim, D J Kang and W G Shin. 1996. Occurrence pattern and control method of water-fox tail (*Alopecurus aequalis* Ohwi) in no-tillage paddy. Korean J Weed Sci. 16(3):176-180.
25. Hong, K P, J.Y Kim, D J Kang, W K Shin, and Z R Choe.1996. Varietal differences on growth characteristics of direct-sown rice under no-tillage paddy field. Korean J Crop Sci. 41(5):555-557.
26. Hong, K P, J Y Kim, D J Kang, N D Kang, and Z R Choe,1997. Effects of different vetch sward treatments on soil and rice growth in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping system. Korean J Crop Sci. 42(5):564-570.
27. Hong, K.P , Y G Kim, W K Jung, G W Song, and Z R Choe. 2003. Changes in physicochemical properties of soil, yield and milling quality of rice grown under the long-term no-till rice system. Korean J. Crop Sci.48(3):196-199.
28. ISTRO, 1997: International Soil Tillage Research Organization (ISTRO), INFO-EXTRA, Vol. 3 Nr° 1, January 1997.
29. Jones, Jr., J. N. , J. E. Moody, and J. H. Lillard. 1969. Effect of tillage, no-tillage, and mulch on soil water and plant growth Agron, J. 61 : 719-721.
30. Kim, J. Y., Lee, Y. S., Hong, K. P., Lee. B, J., Son, G. M., Choi, Y. J., Kim J. G. and, Choe, Z. R., 1992. Effects of direct sowing and mechanical transplanting on the growth of rice in no-tillage paddy rice system. Proceedings of the first Asian crop science conference. September 24-28, p 73-82. KSCS. Korea.
31. Kim, J. Y., Y. S. Lee, K.P. Hong, H.Y.Shin, J.K .Ha, Z.R. Choe, and J.H.Kang, 1993. A new rice production technology Taipyong. Practices and views on Taipyong farming practices. Proceeding of Symposium for Inauguration Association for Kyungnam Rice Researchers. 108-119. [in Korean]
32. Kim, J. Y., Y. S .Lee, K.P.Hong, H.Y.Shin, J.K.Ha, Z.R.Choe, and J.H.Kang, 1993. Effects of straw management at combine harvest on the physicochemical properties of soil and rice grain yield and yield component in no-tillage paddy rice system. Crop production and improvement technology in Asia 93-104, KSCS, Korea.
33. Kim, J Y, Y S Lee, K P Hong , H Y Shin J.K.Ha, Z R Choe, J H Kang. 1993. Effect of N-level and split application of nitrogen fertilizer on rice growth in no-tillage paddy rice system. Korean J. Crop Sci. 91-96.
34. Kuipers, H. 1970. Historical notes on the zero- tillage concept. Neth. J. Agric. Sci. - Papers on zero- tillage, Vol.18 N° 4, 219- 224Lal, R. 1983.No- till Farming. Soil and water conservation and management in the humid and subhumid tropics. IITA Monograph N° 2, 64pp.
35. Lee, H. J., 1998. Consequence and reflection of high-input and high-yield technology in rice culture. Proceedings Korean Society of Crop Science, Korean Breeding Society

- Symposium for 50th anniversary Gyeongsang National University : 210-232.
36. Lu, Y. C., Watkins, K. B., Teasdale, J.R. and Abdul-Baki, A.A. Cover crops in sustainable food production. *Food Reviews International*. 16:121-157. 2000.
  37. Phillips, E. R., Phillips, S. H. 1984. Ed., No- tillage Agriculture, Principles and Practices. Van Nostrand Reinhold Co., New York, 306 pp (p 2).
  38. Lynch, L.M. 1979. Straw residues as substrates for growth and product formation by soil micro-organisms. In *Straw Decay and its effect on disposal and utilization* (Grossbard, E. ed. ) John Wiley & Sons, Chichester, 47-56.
  39. Sorrenson, W.J., Duarte, C., López Portillo, J., 1998: Economics of no-till compared to conventional cultivation systems on small farms in Paraguay, policy and investment implications., Report Soil Conservation Project MAG GTZ, August 1998 .
  40. Thomas, G.W., Blevins, R.L. 1996.The development and importance of no- tillage crop production in Kentucky. *Agronomy Research Report 1996*. Kentucky Agric. Exp. Sta. Progress Report No. 385, 5- 6.
  41. USDA. 1985. Conservation tillage: Things to consider. *Agriculture Information Bulletin N° 46*, Washington, 23p.
  42. Vitousek Peter M. et al., "Human Alteration of the Global Nitrogen Cycle: Causes and Consequences," *Issues in Ecology*, No. 1 (1997), pp. 4-6.