

633.18

L29313

v.2

최 종  
연구보고서

# 무경운 직파재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산 체계 개발

Development of Labor-Reduced High-Quality Rice  
Production Systems Through No-Till Direct-Sowing Method

1. 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 영속 직파재배 기술 개발
2. 벼짚 속성분해 미생물의 개발과 이용 등이 무경운 직파재배에서 벼의 입모율 증진에 미치는 효과
3. 벼 무경운 직파 재배에서 입모율 증진과 도복방지를 위한 벼 유전 자원 평가 및 이용
4. 무경운 직파 재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가

연구기관

경상대학교 농과대학

농 립 부

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 무경운 직파 재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산체계 개발에 관한 연구의 최종보고서로 제출합니다.

1998 . 2 . .

주관 연구 기관 : 경 상 대 학 교  
총괄연구책임자 : 최 진 룡  
연 구 원 : 강 규 영  
연 구 원 : 윤 을 수

협동연구기관명 : 경남농촌진흥원  
연 구 원 : 김 장 용  
연 구 원 : 강 동 주  
연 구 원 : 홍 광 표  
연 구 원 : Suki C. Croan

# 요 약 문

## I. 제 목

무경운 직파 재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀  
생산체계 개발에 관한 연구

## II. 연구개발의 목적 및 중요성

녹색혁명은 한국에서 해가 갈수록 농약과 비료사용량을 증대시켰고, 농촌의 환경 오염은 이제 심각한 수준에 달하고 있다. 국제적 농업 연구의 추세는 화학비료와 농약에 의존하고 있는 노동집약적, 자본집약적인 농업 체계로부터 탈피하여 생태적으로 안정되고 토지생산성을 지속적으로 증진시켜 나갈 수 있는 지속농업체계(sustainable agricultural systems)로 전환하고 있는 실정이다. 또 WTO 체제에서 국내 농산물 시장의 개방은 농민으로 하여금 현행 벼 농사법에 대한 근본적인 변화를 요구하고 있다.

벼 무경운 직파 재배법은 첫째 농업노동력 투입을 획기적으로 줄일 수 있어서 생산비를 절감할 수 있으며, 둘째 비료와 농약의 과다투입을 방지하고, 지속적인 작물 생산체계를 구축하며 환경오염문제를 크게 경감시킬 수 있고, 셋째 착취형 농업에서 자연순환 의존형 농업으로 전환함으로써 토지생산성을 크게 증대시키고 이를 지속시켜 나갈 수 있는 지속농업으로서 작물 생산 기술이라 할 수 있다.

한국에서 쌀 생산의 국제 경쟁력을 높이고, 자연자원의 이용효율을 극대

하는 일은 매우 중요하며, 이 연구에서는 생산비를 절감시키기 위하여 공중질소를 고정하여 벼가 활용할 수 있게 하는 자운영(*Astragalus sinicus* L.)을 벼 재배와 결합시키고, 자운영 1회 파종으로 이를 무경운 상태로 영속적으로 유지할 수 있는 기술을 개발하는 일과 무경운 직파 재배법에서 필수적으로 피복되는 벼짚을 속히 분해시킬 수 있는 방안으로서 미생물을 개발하고 이를 이용함으로써 직파 재배벼의 입모율을 증진시키는 일, 동시에 이러한 무경운 직파 재배체계에 적합한 벼 품종을 육성하기 위하여 국내외에서 수집된 각종 유전자원을 무경운 직파 재배체계에서 평가하고 이용할 수 있는 방안을 강구하는 일과 직파 재배용 품종을 현지에서 평가함으로써 고품질 쌀 생산기술을 개발하는 일이 중심과제로 될 수 있다.

이 연구의 궁극적 목적은 자운영-벼 무경운 순환 직파 생산 기술체계를 확립함으로써 토양의 잠재생산성의 증대, 생산비의 절감, 토양과 환경 오염의 최소화 및 천적이용 등 생물적 자원 이용효율을 극대화할 수 있는 농업으로서 지속농업(sustainable agriculture)의 모형을 개발하는데 있다.

### Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

이 연구는 1995년부터 3개년간 경상대학교 농과대학과 경남농촌진흥원에서 공동으로 수행되었다.

이 연구의 내용은 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 영속 재배기술을 개발함에 있어서 무경운 체계에서 자운영 단회 파종으로 영속 재배가능성을 구명하고 이러한 자운영 재배조건에서 질소비료의 효과와 월동 해충의 분포 특성을 평가하고[제 1 세부과제], 벼 입모율 증진을 위하여 저온성 벼짚 분해 미생물을 수집, 평가하고[제 2 세부과제], 벼 무경운 직파

재배체계에서 문제가 되는 입모율을 증진하고 도복이 되지 않는 품종을 육성하기 위한 각종 유전자원의 평가[제 3 세부과제], 그리고 농가단위에서 벼-무경운 직파 재배체계에서 생산된 쌀의 품질을 평가하는 것[제 4 세부과제]으로 구성되어있다.

제 1 세부과제에서는 벼-자운영 영속 재배포장에서 자운영 군락의 처리 방법, 즉 파종상(播種床) 조성방법이 다음 세대의 자운영 군락의 변화와 월동해충의 서식 활동에 미치는 영향을 분석하였고, 벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 질소수지기능을 평가하고, 자운영의 밀도가 월동잡초의 군락에 미치는 효과를 조사하였고, 1회 파종으로 자운영을 영속적으로 유지하기 위하여 적정 자운영 채종시기를 구명하였으며, 과밀한 자운영 밀도가 벼의 발아 및 초기생육에 미치는 저해 가능성을 배제하기 위하여 맥류 도입이 자운영 밀도에 미치는 영향을 평가하였다.

또한 벼-자운영 무경운 직파 재배 작부체계를 유형화하기 위하여 자운영 또는 맥류재배와 벧짚 피복의 효과를 무경운 상태에서 평가하였다. 무경운 직파 재배체계에서 새롭게 대두된 누수현상을 구명하기 위하여 무경운 답토양의 층위별 투수도, 투기도 및 가밀도 등을 포함한 토양 물리성을 평가하였으며, 벼-자운영 포장에서 직파형 품종과 다수확품종 그리고 양질미 품종의 입모, 생장, 근활력 그리고 수량 및 수량구성요소들을 평가하였다.

제 2 세부과제에서는 벧짚 속성 분해 미생물의 개발과 이용 가능성을 탐색하기 위하여 저온 적응성 균주를 수집, 평가하였고, 이를 증식하여 포장에서 반응을 평가하였다. 저온속효성 부식 미생물로 알려진 SC26 외 2종의 균주를 대량 배양하여 포장에서 평가하였고, 기온, 지온, 수온 차이에 따른 미생물의 벧짚 분해 정도를 경시적으로 측정하고, 입모율과의 관계를 구명하였다. 건답직파와 답수직파 조건에서 잡초 방제와 초기 입모율 증진

효과를 구명하였다. 무경운과 경운 조건에서 종합적 제초체계에 관한 정보를 수집하였다.

끝으로 몇 가지 속효성 미생물의 포장처리 효과를 구명하였다. 유용미생물의 벚짚 부속효과와 벼의 생육에 미치는 영향을 평가하였다. 안정 입모율 확보를 위한 모델설정을 위해 자유관개와 제한관개, 최아종자와 건조종자 조건, 기온, 수온의 차이, 환원조건등에서 입모율을 조사하였다. 무경운 직파 재배체계에서 도복경감 방안을 강구하기 위하여 질소비료와 파종량의 조절, 물관리 방법을 시험하였고, 입모율 확보를 위한 경제적 잡초체계 확립을 위하여 잡초 군락의 차이에 따른 각종 제초제 효과를 종합적으로 평가하였다.

제 3 세부과제에서는 무경운 직파 재배용 국내외에서 수집한 벼 유전자원을 평가 하였다. 무경운 직파 재배 조건에서 생육이 양호한 유전자원을 실용화하기 위하여 유전자원을 탐색, 평가하고, 무경운 직파 품종으로서의 특성을 조사하였다.

무경운 직파 재배용 벼에서 요구되는 생육특성 즉, 내도복성, 소분얼성 유전자원의 생육특성과 수량성을 파종밀도 별로 평가하였고, SC-S4외 30여종의 유전자원을 무경운 직파 재배조건에서 평가하였고, 우수유전자원을 이용하기 위하여 유전자 조작기술로써 이를 이용할 수 있는 방안을 강구하였다.

제 4 세부과제에서는 농가단위에서 무경운 직파 재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술을 평가하였고, 벼-자운영 영속 재배체계에서 공중 질소고정 능력과 화학비료 대체 효과를 분석하였다. 토성별로 무경운 직파 재배 벼 품종의 미질을 평가하였고, 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 자운영의

처리별 미질을 평가하였으며, 무경운 직파 재배 경과 년수별 미질을 평가하였다. 끝으로 직파와 어린 모 기계이앙 벼의 생육 특성과 미질, 작물 생육기간중의 토양의 이화학적 특성과 식물체의 질소소장을 조사하였다.

## IV. 연구개발의 결과 및 활용에 대한 건의

### 1. 연구 개발결과

#### 제 1 세부과제

#### 벼 생산비절감을 위한 벼-자운영 무경운 연속 직파재배기술 개발

시험 1. 자운영 재배포장에서 자운영 짚처리와 질소비료 수준이 무경운 직파재배벼의 생육에 미치는 영향

다년간 자운영을 재배한 논토양에서 몇 가지 파종상 조성 즉, 자운영을 그대로 방치한 상태, 자운영을 예취, 제거한 상태, 자운영군락에 제초제를 처리한 상태, 자운영이 있는 논을 경운한 상태로 조성하여 질소비료 조건(0 : 5.5, 11, 15kgN/10a)에 화영벼를 직파(5kg/10a) 재배하였을 때 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 자운영 군락 위에 무경운 직파한 법씨의 입모율은 관행에 비하여 떨어졌으나, 입모수는 적정수준을 유지할 수 있었다.
2. 자운영 군락이 있는 무경운 답에 직파한 벼의 생육 초기 초장은 관행구에 비하여 짧았으나 생육후기에는 초장이 회복되었다.
3. 자운영을 재배한 논에 벼를 무경운 직파 하였을 때 논토양의 미생물

수는 자운영 없이 경운한 토양에 벼를 재배한 논토양의 미생물 수에 비해 감소하는 경향을 나타내었으며, 자운영을 재배한 논을 경운할 때에는 미생물의 수가 크게 증가하였고, 특히 세균/사상균의 비가 크게 증가하였다.

4. 자운영을 재배한 논에 벼를 무경운 직파 하였을 때 벼 수량과 수량 구성요소는 관행구에 비하여 큰 차이가 없었으나, 질소 15kgN/10a까지는 벼의 생육과 수량에 긍정적인 영향을 나타내었다.

## 시험2. 자운영 벼 무경운 직파체계에 있어서 월동기/본답기 논 거미 및 끝동매미충 밀도 변동

벼 무경운 직파재배기술은 월동기간중 각종 곤충의 서식처가 되고, 그 중에서 논 거미와 같은 천적과 끝동매미충과 같은 해충의 밀도 변화를 조사함으로써 벼-자운영 무경운 직파 재배법이 생물적 방제에 기여할 수 있을 근거를 제시하기 위하여 월동기간 중 경운, 무경운, 짚피복, 짚 무피복, 자운영재배지, 나지 간에 이들 논 거미와 끝동매미충의 분포와 그 밖의 생태적인 특성을 조사하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 월동기간동안 무경운 답에 짚을 피복하고 자운영을 파종하여 두면 무피복, 독새풀 군락을 형성하고 있는 답에 비하여 끝동매미충의 발생량을 현저히 줄일 수 있는 반면에 천적인 논거미의 밀도는 약 3배정도 증가되었다.

2. 자운영 답을 무경운 상태로 유지하게 되면 자운영은 3월초순경부터 생육이 왕성해져 독새풀을 억압하기 시작하여 4월 상순경에는 피복율이 90%이상 되어서 독새풀의 생육은 억제되었다.

3. 월동후 논 거미(황산적거미, 별늑대거미) 1개체당 일별 끝동매미충 포식량은 7~13마리였으며, 이러한 포식활동이 계속되면 끝동매미충 밀도



가 현저히 줄어들 수 있을 것으로 관찰되었다.

4. 끝동매미충은 월동기간동안 독새플에서만 생존이 가능하였고, 월동후 벼 직파재배 포장으로 이동전 산란중식 하였으며, 중간기주는 독새플 단일 기주였다.

### 시험3. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 자운영의 생육특성과 천적의 분포 및 질소수지 평가

#### 1. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 자운영의 생육특성과 질소수지의 평가

자운영 근류균의 질소 고정능력을 정량적으로 분석하였던 바 자운영 밀도가 과다한 것보다는 다소 낮은 군락을 유지함으로써 질소고정 능력이 높았다. 자운영 고밀도에서는 자운영의 뿌리가 표토에 분포하였고 근류균의 크기도 저밀도 보다 작았다. 개화기에 측정된 근류균의 활성도(근류균의 색깔)는 저밀도구에서 높게 나타났다. 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 기비를 전혀 사용하지 않은 무비 재배구에서 벼 수량은 관행재배에 비하여 감소되었다.

#### 2. 벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 자운영의 밀도가 월동 잡초의 생장에 미치는 효과

자운영의 밀도가 높은 곳에서는 잡초의 발생이 억제되었으며, 자운영의 생장이 진행됨에 따라서 잡초의 밀도는 상대적으로 감소되었다. 특히 자운영구와 무자운영구를 대비해 볼 때 독새플의 발생정도는 자운영구에서 현저히 낮았다.

#### 3. 벼-자운영 무경운 직파 재배 체계에서 자운영 채종 시기 구명

발아력을 가지는 자운영의 종자를 얻을 수 있는 시기를 예측하기 위하여

개화후 소요일수, 적산온도 및 일사량이 조사되었으며 개화후 20일이 경과하면 발아에 지장이 없는 자운영 종자생산이 가능할 것으로 보였다. 의령과 사천에서는 4월 중순경부터 개화가 시작되어 5월 초순이면 만개기가 되는데 전체적으로 5월 1일경에 개화한 것은 5월 20일경에 달하게 될 때 관개후 벼를 파종하게 되면, 자운영군락을 영속적으로 유지할 수 있었다. 자운영 포장에서 생산된 종자는 5-7kg/10a이었으므로 전체종자 생산량의 60% 정도만 확보되어도 자운영 영속재배가 가능할 것으로 보였다.

#### 4. 벼-자운영 무경운 직파 체계에서 천적의 분포와 생태적 특성

벼 무경운 직파재배 논에서 서식하는 벼해충 천적은 거미류, 알기생벌류, 선충, 파리류, 약충기생벌류, 찌르기 및 등검은 황록장님노린재 등이었으며 천적 1개체당 해충밀도효과는 매우 크게 나타났다. 자운영-무경운 직파체계에서는 보리-무경운 직파체계 또는 휴경+무경운 직파체계에 비하여 애멸구와 끝동매미충의 발생밀도(마리수/평)가 현저히 감소되었고, 그 결과 줄무늬 잎마름병, 검은줄 잎마름병 및 오갈병의 발병율이 크게 감소되었다. 자운영 무경운 벼짚 피복처리구에서 본답기의 벼 해충 천적밀도도 경운 무피복처리구에 비하여 크게 증가되었으며, 본답기 벼멸구와 흰등멸구의 밀도도 자운영 무경운 벼짚 피복처리구에서 크게 감소되었다.

#### 시험4. 벼-자운영 무경운 직파재배 유형에 따른 질소 비료 효과

작부유형에 따라서 자운영 재배는 천적류의 증가와 해충의 밀도를 감소시켰으며, 토양의 물리·화학적 특성이 작물생육에 유리하게 되었으나, 담수에 의한 침출물의 과다유출로 인한 환원조건의 조장과 유기산 등의 발생으로 발아와 초기생장이 억제되는 등 불리하게 작용하였다. 이를 극복하기 위하여 자운영+밀짚의 피복량을 조절하거나 또는 벼 파종후 건답상태로 유

지하게 되면 용수가 절약되고, 벼의 초기 생장도 억제되지 않았다. 벼-자운영 무경운 직파재배에서 시비량이 증가함으로써 벼 수량은 증대되는 경향이었으나, 1차년도에서는 질소시비량이 15kg/10a까지, 3차년도에서는 11kg 까지의 질소 시비효과가 크게 인정되어 벼-자운영 무경운 직파 재배 체계가 화학비료의 시용량을 줄일 수 있다는 사실을 확증할 수 있었다.

기비(파종후 시비)의 효과는 인정되었으나, 그 양이 5kg/10a 이상일 때 효과적인 것으로 판정되었지만 토양고질과의 흡착보다는 미생물에 의한 immobilization, 그리고 탈질균등에 의한 탈질 및 용탈등으로 그 효과는 매우 적었으므로 환경오염의 문제를 고려할 때 시비의 효과를 극대화 할 수 있는 시비법 개발을 위하여 엽색의 판정 방법을 이용한 추비시기를 구명할 수 있는 방안이 검토되었다.

결론적으로 벼-자운영 무경운 순환 직파 재배기술은 지속농업의 원리에 부합되는 작물생산기술로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다.

## 제 2 세부과제

### 무경운 직파재배의 입모을 증진을 위한 전략개발

#### 시험1. 벚짚 속성 분해 미생물의 개발과 이용

벼 무경운 직파재배 기술상의 가장 큰 문제점이라고 할 수 있는 입모을을 높이기 위해서는 좋은 파종상을 만들어야 한다. 무경운 직파 재배체계에서는 콤바인으로 벼를 수확할 때 짚을 절단, 피복하게 되는데 이 짚을 저온에서 빠르게 분해시킬 수 있는 미생물을 개발할 필요가 있다. 이 연구에서는 *Postia placenta* 등 12종의 균주를 수집, 5~45℃ 범위에서 군사발육량을 조사하고 그 중에서 가장 우수한 *P. chrysosporium* SC-26을 배양하

여 포장에서 벧짚에 처리하고, Mad-698-M277을 보릿짚에 2kg/10a 처리하고 짚의 부숙율을 측정된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벧짚 부숙촉진 미생물중 P.C SC-26 및 Mad 698~M277은 처리후 10일에서 35 ~ 42%의 높은 부숙효과를 나타내었다
2. 저온성 벧짚 부숙촉진 미생물을 선발하기 위하여 *Postia placenta* 등 12 균주의 온도별 균사 생육량을 조사한 결과 20℃ 전후에서 8~20mm/day 정도의 생육량을 나타내는 균주는 *Irpex lacteus* 등 5종이었다.
3. 그러나 이들 미생물 중 실내 시험에서 유망한 P.C SC-26 및 Mad 698~M277 균주를 증식하여 실제 포장상태에서의 벧짚에 처리하고 일정기간 벧짚 부숙 정도를 측정된 결과 효과가 인정되지 않았다.

#### 시험2. 몇 가지 저온 속효성 부식 미생물의 증식과 포장에서 처리효과

섬유소분해균, 리그닌분해균, 식물생육촉진균을 포장상태에서 단독 또는 복합처리 저온 속효성 부식 미생물을 증식하고 이를 포장에서 처리하였을 때 짚을 부숙하는 속도를 평가하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 포장에서는 섬유소분해균, 리그닌분해균 또는 식물생육촉진균을 단독 처리하는 것보다 복합 처리함으로써 벧짚의 분해가 촉진되었다.
2. 남부지방에서 무경운 직파 체계에서 파종전 범씨가 발아하여 그 유아가 출현될 때까지 소요되는 일수는 파종기를 3월 10일, 3월 30일, 4월 20일 및 5월 20일로 하였을 때 각각 54, 34, 20, 8일이었다.

#### 시험3. 무경운 직파 재배체계에서 입모을 확보를 위한 경제적 제초체계 확립

남부평야지방에서 직파적기로 판정되는 5월에 파종을 할 경우 입모율은 85%이상 확보되었고, 출수기 차이는 1-3일 정도로 그 차이가 줄어들었고, 무경운 직파후 초기 물관리 방법은 상시담수(40%)에 비해 습윤상태(90%)유 지구에서 입모율이 월등히 높았다. 무경운 재배년수별 독새플 발생량은 무경운 년수가 오래 될수록 많았으며, 독새플 방제방법은 4월하순에서 5월 상순에 비선택성 제초제를 123-205ml/10a 살포시에 방제가가 60-90% 정도로 높았다.

무경운 직파 재배시 경운 재배에 비해 바이러스 발병율이 높았으며, 이는 무경운 토양에서 유묘출현기에 독새플 군락에 서식하고 있던 애멸구, 끝동매미충에 의한 것이므로 자운영 재배로 독새플의 생장을 억제할 필요가 있다는 것을 시사하고 있다. 독새플에 서식하는 끝동매미충의 바이러스 보독충률도 높았다.

### 제 3 세부과제

입모율 증진과 도복방지를 위한 무경운 직파재배용 벼의 유전자원의 평가와 이용

#### 시험1. 무경운 직파재배용 벼 유전자원의 평가

벼 무경운 직파재배체계에 적응할 수 있는 벼 품종은 저온(혹은 고온)발아성, 수중발아성, 유아 신장력, 직근성, 소분얼성, 내도복성 등이라고 할 수 있다. 이를 위해 저온(23℃/13℃)을 포함한 각종 조건에서 국내외에서 수집한 벼 유전자원을 평가하고 발아율을 포함한 몇 가지 성장 특성을 조사하였던 바 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 저온 발아성이 뛰어난 유전자원으로서 국내품종은 동진, 농안, 밀양

25. 동해벼, 외국품종은 CS-S4등 18개 품종, 저온-수중 발아성이 높은 14개 유전자원을 선발하였다.

2. 직근성이 높은 것은 SC-S4, M201, Blue Bell, Col USA, L-30, M-5, S-101, Calose 76, 농안벼, 화영벼, 동해벼였다.

3. 수중 발아성이 높은 것은 동진벼, CS-S4, M 401, SWR 5160, 5297, 5314였다.

4. 내도복성을 가진 것은 New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, 농안, 수원 392였다.

5. 우수 유전형 형질 유전자 분리로서 Cold-water submergence induced gene 60여개의 band를 발견할 수 있었으며, 저온처리에 의하여 27개의 cold induced cDNA를 분리하였다.

6. Cold-induced protein의 분리에서는 내한성 종자인 Italica Livorno와 정역 교배한 서해, Tohoku, 밀양126의 F<sub>1</sub>식물체와 모본으로부터 Rubisco보다 다소 적은 미세한 차이를 보이는 2개의 band를 확인하였다.

#### 제 4 세부과제

#### 무경운 직파 재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지 평가

##### 시험1. 무경운 직파 재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가

생력화를 통한 생산비의 절감과 환경보전측면에서 강조되고 있는 지속 농업(Sustainable agriculture)을 구현하는 차원에서 제안된 벼 무경운 직파 재배법, 즉 논 무경운체계에서 직파 재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가를 위한 일련의 시험을 수행하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 경남지역에서 무경운 재배가 가능한 면적을 토성별로 추정한 결과 전체 식부면적의 55%정도인 68천여 ha 정도였다.

2. 무경운 답에서 벼 재배요령은 사전물관리와 잡초방제 측면에서 관행 경운답과 큰 차이가 있을 것으로 사료되며, 농가확대 보급전에 물관리, 시비 및 잡초 방제방법등 재배적인 측면에서 몇 가지 문제점이 보완되어야 할 것이다.

시험2. 무경운 직파 재배체계에서 토양종류에 따른 벼 품종의 미질평가

1. 토양종류에 따른 경운 조건별 미질을 분석한 결과를 종합하면 :

무경운 직파 재배시 수량은 미사질양토와 식토에서 높은 경향을 나타내었으며, 전지역을 평균하여 볼 때 경운재배의 95%수준이었다. 쌀의 외관품질은 경운답과 비슷한 경향이였으며, 토양종류별로 비교하여 보면 미사질양토에서 도정형질이 떨어졌으며, 이는 포장도복과 연관이 있을 것으로 보인다.

2. 토양종류에 따른 품종별 생육 및 미질을 종합하면 :

수량은 일미벼 > 영남벼 > 금남벼순으로 많았으며 화성벼가 가장 적었다. 쌀의 외관특성중 완전미 비율은 사양토 > 식토 > 식양토 순으로 높았고, 품종별로는 동진벼 > 만금벼 > 일미벼 > 화성벼 > 영남벼 순으로 높았으며 완전미 비율이 90%이상이었다.

식미와 관련된 쌀 물리성은 8개 품종 평균결과 식양토와 양토에서 생산된 쌀이 탄력성, 점탄성, 응집성, 부착성, 경도, 저작성 다 같이 높았으나 식토와 미사질양토에서 생산된 쌀에서는 낮았다. 품종은 5개 토성평균물리성을 영남벼와 동진벼가 높았으나 만금벼와 화남벼가 낮았다. 식양토와 양토에서 재배된 영남벼, 동진벼, 일미벼가 식미가 양호하였다.

### 시험3. 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 몇 가지 자운영 처리별 미질평가

벼-자운영 무경운 직파재배 미질평가를 종합하면 :

1. 벼 직파 재배시 제초제를 사용하지 않고 자운영 재배답에서 벼 무경운 직파 재배시 수량은 92~93%, 자운영 경운답은 101%수준이었다. 이 때 쌀의 품위중 완전미 비율은 자운영 활용구가 다소 낮아지는 경향이었으며, Mg/K비와 알칼리 붕괴도는 낮아지는 경향이였다.

2. 벼-자운영 무경운 직파 체계에서 :

벼를 5월 1일부터 5월30일에 파종할 때 벼 수량은 통계적 유의성이 없었고, 쌀 외관은 파종시기가 늦을수록 사미의 비율이 높고 완전미 비율은 낮아지는 경향이였다. 이상으로 보아 자운영 재배 답에서 벼 무경운 직파시 노동력 절감과 지속농업체계를 구축할 수 있으나 잡초방제 및 쌀 품질에 관하여 종합적인 검토가 필요하며 또한 자운영 생육양상을 볼 때 자운영 재배답의 파종적기는 5월20일 전후가 적당할 것으로 보였다.

### 시험4. 무경운 직파 재배체계의 경과년수별 미질평가

1. 무경운 년수에 따른 수량차이는 없었으나 직파는 어린 모에 비하여 6%정도 감소되었다. 미질에 관련된 쌀의 화학성 및 쌀 품위는 무경운 년수 및 직파와 어린 모 간에 차이가 없었다.

2. 무경운 년수 및 질소 시비량별 수량은 무경운 년차간 차이가 없었으며, 질소 11kg/10a에서 가장 높았다. 질소 7kg/10a수준에서 무경운 6, 9년 포장에서 1~3% 감소되었으나, 장기 무경운 재배포장에서 질소비료 절감효과가 있을 것으로 보였다. 질소시비량에 따른 쌀의 화학성은 무비구를 제



외하고는 질소 7, 11, 15kg/10a 수준에서 차이가 없었다. 쌀의 품위를 보면 무경운년수가 오래될수록(9년) 완전미 비율이 낮아지는 경향이 있었으며, 무비구를 제외하고는 질소수준간에 차이가 없었다. 취반시 미질 물리성도 무경운 년수와 질소시비량 간에는 큰 차이가 없었다.

#### 시험5. 벼-맥류 2모작 연속 무경운 작부체계에서의 미질평가

콤바인 부착 파종기를 이용하여 맥류 수확 동시에 영남벼, 화영벼, 신금오벼를 파종한 결과 10a당 469~642kg을 생산하였으며 쌀의 품위를 보면 완전미 비율이 78~82.4%로써 다소 낮았으나 파종 작업의 생력화에서 벼-맥류 2모작 연속 무경운 재배법 개발이 가능할 것으로 보였다.

## 2. 결과 활용에 대한 건의

가. 이 연구는 기후적으로 자운영 재배에 적합한 남부지방에서 단회파종한 자운영을 영속 재배함으로써 질소질 비료의 사용량을 줄이고 해마다 자운영의 종자성숙기에 자운영 군락위에 벼를 무경운 직파하여 생력적으로 환경친화력이 있는 쌀을 생산하는 전형적인 지속적 작물 생산기술(sustainable crop production technique)이다. 자운영의 내한성을 증대시킬 수만 있으면 이 기술은 중부지방으로 확대 이용할 수 있게 된다.

나. 여기서 자운영을 재배하고 벼 수확시 벼짚을 피복할때 월동기간 논거미의 밀도는 3배정도 증가하나 끝동매미충의 발생량은 1/3로 줄어들었다는 사실, 그리고 자운영을 재배함으로써 뚝새풀의 생육을 크게 억제함으로써 자운영재배와 벼짚피복은 천적서식을 조장함으로써 벼 오갈병 예방에 크게 유익한 영향을 줄 수 있다는 사실은 남부지방에서 월동기간 중 자운

영을 재배하고 벧짚을 피복하는 일은 병충해 방제도 유익한 점이 많다는 측면에서 농촌지도사업으로 전개해 나가야 할 것이다.

다. 자운영을 재배한 논에서 무경운 직파한 벼의 초기생장이 지연되는 원인은 생태적, 생화학적 기초연구를 통하여 구명되어야 할 것이다.

라. 무경운 직파한 벼씨의 발아율과 입모율을 증진시키기 위하여 저온성 벧짚 분해 미생물을 탐색하는 과정에서 몇 가지 우수한 균주를 발견하였으나 포장상태에서 이들의 지속적인 효과를 유지할 수 없었으므로 이에 대한 대책이 강구되어야 할 것이다.

마. 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 기존 유전자원을 재평가할 필요성이 있으며 여기서 얻은 결과는 저투입 조건에서 적용할 수 있는 작물 품종 육종에 활용될 수 있을 것이다.

바. 남부지방에서는 무경운 직파 재배체계에서 파종된 벼씨가 발아하여 그 유아가 출현될 때까지 소요되는 일수는 5월 20일 이후에 파종하는 것이 현저히 짧게 나타났으며, 물바구미등 해충의 발생 생태를 고려할 때 남부 지방에서 벼-무경운 직파재배에서는 5월 하순에서 6월 상순에 파종해야 할 것으로 보였다.

사. 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 생산된 쌀의 물리성과 화학성 취반특성 및 쌀의 외관상 품위는 무경운 연수에 유의적인 영향을 받지 않았으며, 직파재배와 이앙재배간에도 유의적인 차이가 인정되지 않았으므로 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 생산된 쌀을 "자운영 쌀"로 상품화할 수 있으며, (사)한국지속농업산학연구회에서 이를 추진중에 있으며,

아. 벼-자운영 무경운 순환 직파 재배체계는 질소비료 시용량을 줄이고 천적을 활용할 수 있는 지속농업의 모형으로 개발될 수 있으며, 환경농업 시범지역 특별히 남강댐 하도개발 사업지구(금성, 완사, 대평지구 등 500ha)에서는 벼-자운영 순환 직파 재배법을 표준화하여 권장할 필요가 있다.

## SUMMARY

### I. Title

Development of Labor-Reduced High-Quality Rice  
Production Systems Through No-Till Direct-Sowing  
Method

### II. Objectives and Importance

The green revolution in Korea has increased the demand for chemicals and fertilizers. This has caused a serious pollution in rural areas. If it is well understood that intensive crop production systems cause soil deterioration and decreased productivity, therefore, sustainable agricultural systems are widely to be practiced.

Sustainable crop production systems should be characterized as environmentally friendly, economically sound and socially supportive.

On the other hand, the opening of the agricultural market controlled by WTO requires farmers to apply a new technology to their farming practices suitable for labour-shortage and price competition by producing products at lower prices.

In order to maintain and improve this situation, a no-till direct

-sown rice production system was introduced. This system is expected to reduce labour, chemicals and fertilizers, and to enhance soil productivity.

These rice production systems are designed to help rice utilize biological nitrogen fixed by Chinese milk vetch [*Astragalus sinicus* L.] in rice-Chinese milk vetch interrelaying cropping systems and natural enemies which are abundant in vetch canopy. These would make the rice production systems more competitive in price and also environmentally stable and socially supportive.

The ultimate goal of this research is to establish a labor-reduced high-quality rice production system as a sustainable production system through a rice-legume inter-relaying cropping system, where the legume can be maintained without repeated sowing. In order to increase the rate of seedling establishment, which is one of the problems in the no-till direct-sowing method. Our interests extended to development of microorganisms which decompose mulched-rice straw rapidly at relatively low temperature, to development of superior germplasms having such characteristics as thick-and-deep rooting, less tillering, rapid earlier growth habit at lower temperatures, and thick and strong stem and root diameter, and to extension of systems producing high-quality rice at lower cost to the farmer's fields.

These labor-reduced high quality production systems are of great importance in consideration of the current internal and external situations : serious labor shortages in the farming sector and less

profit and decreasing interest of rice farmers, increasing interest in protecting the global environment by reducing agricultural chemicals; and increased demand and preference of consumers for more hygienic agricultural products.

### III. Research areas and main focuses

Gyeongsang National University College of Agriculture and Gyeongnam Provincial Rural Development Administration have cooperated for three years from 1995 to 1997, in the development of labor-reduced high-quality rice production systems through the no-till direct-sowing method. Research areas covered were : development and evaluation of legume-rice inter-relaying cropping system, in which legume swards(*Astragalus sinicus*, annual) can be self-maintained in without repeated sowing (Part I), evaluation of microorganisms which can effectively decompose rice/vetch straw on the surface of the paddy soil at a relatively low temperatures in regard to increase seedling establishment rate in the systems (Part II), evaluation of rice germplasms suitable to the no-till direct-sowing method (Part III), and exteintion the no-till direct-sowing rice product systems to farmer's fields without restricting rice quality (Part IV).

In Part I, the response of rice and legume plants to four different seed bed preparations, that is, legume straw reserved,

legume, straw removed, legume straw desiccated by chemicals and reserved, and legume straw turned down into soil by tillage was evaluated. Four levels of nitrogen fertilizer(0, 5.5, 11, and 15 kgN/10a) were applied to the soil in order to measure the effect of nitrogen fixed by rhizobium in the soil. Related to the possible utilization of natural enemies in the cropping systems, characteristics of spiders and rice green leafhopper behaviors was investigated during and after wintering period in the legume-rice inter-relaying cropping systems. In Part II, in regard to enhance seedling establishment various sources of microorganisms collected from major research centers were evaluated at wide temperature regimes(5-45°C). A field experiment was conducted to select superior lines suitable for no-till direct-sown rice production systems.

In Part III, a wide range of germplasms collected were evaluated under the different conditions: low temperature cycle (23/ 13°C), deep water condition(10-cm depth) including rooting habit in root-box. Focuses were given to germplasms with less-and-thick tillering habit, deep-and-thick rooting habit, germinability at lower temperature and rapid elongation of shoot in deep water condition. For the superior lines some genetical engineering work have been done in order to characterize the genes in volved.

In Part IV, the feasible applicability of the no-till direct-sowing method to farmer's fields without rice-quality degradation was investigated in the different soil types throughout Gyeongnam Province.

## IV. Obtained Results and Suggestions for Feasible Application of the Results

### 1. Results obtained

#### Part I.

#### Development of Rice-Legume Inter-Relaying Cropping Systems In the No-till Direct-sowing Method

#### Experiment 1 : Responses of legume and rice to nitrogen fertilizer in the no-till direct-sowing method

A series of field experiments were conducted to assess the response of rice and legume plants under four different legume straw treatments at sowing time (legume-straw reserved, legume-straw cut and removed, legume-straw desiccated by chemicals and reserved, and legume-straw turned down into soil by tillage) and four levels of nitrogen fertilizer (0, 5.5, 11, and 15 kgN/10a). The results obtained from the experiments were as follows :

1. Seedling establishment percentage and the number of rice seedlings in direct-sown on the different seed bed preparations with legume straw satisfied the standard requirement.
2. Growth of the seedlings in legume-reserved or legume- desiccated by chemicals was slightly delayed in early stage but it was

recovered at later growth stages.

3. Population of microorganisms in the legume-rice inter-relaying cropping soil was rapidly decreased, while bacterium/fungus ratio was significantly increased.

4. Grain yield of rice in legume-rice inter-relaying cropping systems was comparable to those in ordinary cropping systems and was positively affected by high nitrogen fertilizer level (15kgN/10a). The legume population after the rice crop was successfully maintained without repeated sowing.

**Experiment 2 : Changes in spiders and rice green leafhopper population during after wintering period in the legume-rice inter-relaying cropping systems**

In the legume-rice inter-relaying cropping systems, the mulched straw and legume swards were supposed to attract natural enemies during and after wintering periods. It was expected to reduce the population of rice green leafhopper which induces virus diseases of rice in early growth stages. In these prospective a series of field observation brought forth the following results :

1. Spider population was increased three times and rice green leafhopper population decreased one third during wintering periods in the legume-rice inter-relaying cropping systems.
2. As the legume population canopy increased and overdominated soil surface, winter weed growth was significantly suppressed.



3. Spiders such as *Lycosa pseudoannulata* predated 7 - 13 green leafhoppers per day, which is effective to reduce the green leafhoppers in the systems.
4. Rice green leafhopper was enable to be maintained in the winter weed grass swards increased during the wintering period, and was transmoved to paddy field after wintering.

**Experiment 3 : Effects of Chinese milk vetch as a cover crop  
on the build up of natural enemies and soil nitrogen**

1. Growth of Chinese milk vetch and estimation of soil nitrogen.

Quantitative analysis of soil nitrogen fixed by *Rhizohium* in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems was made. It was found that slightly lower vetch population showed more nitrogen fixation by showing deeper rooting and larger nodule size. Rice yield was positively affected by top-dressed nitrogen fertilizer.

2. The relationship between vetch density and growth of wintering weeds. Wintering weeds were significantly suppressed by heavy vegetation of Chinese milk vetch. In particular, a noxious weed, *Alopecurus acqualis* var., was highly sensitive to the vetch density.

3. Determination of natural seed-set date of Chinese milk vetch in no-till direct-sown interrelaying cropping systems

The natural seed-set date of Chinese milk vetch in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping system was determined 20 days

after flowering. This date shall be interpreted with climate parameters, sum of average temperatures and sum of sun-shine hours during the period. The flowering date of Chinese milk vetch started from mid April and reached a full flowering in early May, thus, rice seed should be sown on May 20 in order to obtain vetch population in nature without repeated sowing in the coming autumn.

The seed amount yielded 5 to 7 kg/10a and it was considered that two thirds of the seed produced appeared to be enough in order to keep up with the required density of vetch.

4. Distribution and ecological characteristics of natural enemies prevailing in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems.

Spiders, egg parasites(*Gonatocerus miura* S.), nematodes, flies, nimple parasites, northern rice katydid(*Homorocoryphus jezoonsis* S.) and leafbug(*Cyrtorhinus lycidipennis* R.) were abundant in the systems. Each natural enemy was effectively making prey of various pest and insects. As a consequence of this effectiveness, the population of smaller brown planthopper (*Laodelphax striatellus* F.) and rice green leafhopper were significantly decreased and this resulted decrease in rice stripe virus and black-streaked dwarf disease(rice black-streaked dwarf virus) and rice dwarf virus.

This effectiveness was extended to paddy during the rice growing period, by reducing the population of brown planthopper(*Nilaparvata lugens* S.) and white-backed planthopper(*Sogalella furcifera* H.) in the no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems.

**Experiment 4 : Effectiveness of fertilizer nitrogen on growth and development of rice in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping system**

Against the positive effects of rice-vetch interrelaying cropping systems in relation with increased population of natural enemies rice early growth was significantly retarded apparently due to rapid increase of reduction of soil after flooding with organic matters environment or due to root exudation of unknown organic acids. In order to get rid of these negative effects either a reduction of the amount of rice and vetch straw or maintaining paddy in dry condition after seed sowing was suggested.

Top-dressed nitrogen fertilizer increased rice yield upto 11kg/10a in the third crop year under these systems, which indicates mulching of rice and/or vetch straw was decomposed into nitrogen source and enabled the reduction of nitrogen fertilizer.

Under the no-till direct-sown rice-vetch interrelaying systems, a limited amount of basal application of nitrogen fertilizer up to 5kg/10a was not able to show a clear-cut response to rice growth, probably due immobilization or denitrification by soil micro-organisms, or nitrogen leaching and run-off.

Therefore, it is suggested that a sensitive measure of nitrogen status in the plant and soil should be required by adopting a nitrogen monitoring system. One method suggested in the experiment was to measure chlorophyll content of leaf blades with SPAD 502.

## Part II

### Evaluation and Utilization of Rapid-straw Decomposing Microorganism for Better Seedling Establishment in the No-till Direct-sowing Method

#### Experiment 1. Evaluation of straw-decomposing microorganisms for better seedbed preparation

In order to find out superior microorganisms which can decompose mulched rice-straw in the no-till direct-sown method, various sources of microorganisms collected from major research centers were evaluated at wide temperature regimes (5-45°C) in pot experiments. A few selected lines *Postia chrysoporum* SC-26 and Mad 698 - M277, in the second stage, were evaluated in a field experiment with the following results:

1. In pot experiments the most effective microorganisms were P.C. SC-26 and Mad 698 - M277, which enabled mulched rice to decompose as high as 35 to 43 percent.
2. Among the 12 low-temperature effective lines tested, *Irpex lacteus* and 4 other lines were able to produce hyphae 8 to 20mm per day at 20°C.
3. However, P.C. SC-26 and Mad 698 - M277, the lines effective in pot experiments, were not as effective as in field experiments.

**Experiment 2. Field evaluation of microorganisms effective at  
low temperature**

A few selected lines were tested for effectiveness at low temperature singly or in mixtures in the field and the following results were obtained :

1. Application of a mixture of microorganisms was more effective than single microorganism application.
2. The days required for seedling establishment from sowing estimated 54, 34, 20 and 8 days when sowing was done on March 10, March 30, April 20 and May 20, respectively.

**Experiment 3. Effective herbicide application to increase  
seedling establishment in no-till direct-sown paddy rice  
systems.**

In the southern part of Korea when rice seed was shown in May, seedling establishment reached up to 85 percent, and this was increased to over 90% when moisturated by frequent irrigation. Constant flooding of the paddy after sowing decreased seedling establishment to as low as 40 percent.

Population of *Alopecurus aequalis* var. was increased as the year of no-till direct- sown system elongated.

However, *Alopecurus aequalis* var. was effectively controlled by non-selective herbicides from late April to early May.

Without control of *Alopecurus aequalis* var., the virus infection rate of rice seedlings was high due to pest and insects inhabiting the *Alopecurus aequalis* var. canopy during the wintering period. The introduction of Chinese milk vetch to no-till direct-sown paddy rice systems, was, thus, able to reduce the population of *Alopecurus aequalis* var. and protect the seedlings from virus infection.

### Part III

#### Evaluation of Rice Germplasms for Enhanced Seedling Establishment and Lodging Resistance in the No-till Direct-Sowing Method

A wide range of germplasms collected were evaluated under different conditions: low temperature cycle (23/13°C), deep water condition (10-cm depth), and root-box for observation of rooting habit. Emphasis was given to find germplasms with less-but-thick tillering habit, deep-and-thick rooting habit, germinability at lower temperature and rapid elongation of shoots in deep water conditions. The results are as follows:

1. Four high yielding leading cultivars, Dongjinbyeo, Nonganbyeo, Milyang25, and Donghaebyeo, showed higher germination percentage at low temperature. Some foreign germplasms (18 cultivars) and 14 wild rice germplasms showed high germination percentage at low temperature/ deep water conditions.
2. The cultivars having deep and rapid rooting habit were SC-34,

M201, Blue Bell, Col USA, L-30, M-5, S-101, Calose76, Nonganbyeo, Whayungbyeo, and Donghaebyeo.

3. Germplasms showing rapid root and shoot growth in deep water condition were CS-34, M401, SWR5160, SWR5297 and SWR5314.

4. Germplasms showing thick and large tillering habit were New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, Nonganbyeo and Suwon392.

5. Over sixty bands were identified from cold-water submergence treatment of selected germplasms and twenty-seven bands from cold induced cDNA.

6. From crosses of *Italica Livorno* and Seohai, Tohoku and Milyang 126, cold-induced protein produced from F<sub>1</sub> plant showed two typical bands and these are under investigation.

#### Part IV

### Extension of the No-till Direct-Sowing Method to farmer's Field and Evaluation of Grain Quality of Rice Produced from Farmer's Field

#### Experiment 1. Evaluation of quality of rice produced from no-till direct-sown paddy rice system at farmer's field

To practice sustainable agriculture in the southern part of Korea, the no-till direct-sown rice production systems were applied to farmer's fields. The results obtained are summarized as follows :

1. Total land area available for practice of no-till direct-sown

rice production systems in Gyeongnam Province estimated 68,000ha, which covers 55 per cent of total paddy area.

2. The practice of no-till direct-sown rice production was eligible to farmer's fields. However, irrigation and herbicide application required some practical differences between no-till direct-sown and ordinary rice production systems, thus emphasis should be given to these practices.

#### **Experiment 2. Response of cultivars in no-till direct-sown rice production systems to different soil types**

1. Quality of rice cultivars in no-till direct-sown rice production systems practiced in sandyloam soil showed worse milling quality than that practiced in other soil types.

This was apparently related to lodging of the rice in the soil type. Grain yield of no-till direct-sown rice cultivars was comparable to that of tilled direct-sown rice.

2. Rice produced from no-till direct-sown cultivars in siltyloam and loam soil types showed higher plasticity, cohesiveness, stickiness, hardness and eating quality. But rice cultivars practiced in silt and fine sandy soil types showed lower values of those physical parameters.

Youngnambyeo and Dongjinbyeo showed higher physical parameters than Mangeumbyeo and Hwanambyeo. Cultivars, Youngnambyeo, Dongjinbyeo and Ilmibyeo produced from siltyloam and loam soil types showed



better eating quality than other cultivars.

**Experiment 3. Effects of vetch-straw treatments as seedbed preparation on rice quality produced from no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems**

1. Whole rice yield, the ratio of Mg/K and alkali digestibility values of rice cultivars grown in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems was decreased. Rough rice yield in the systems showed as high as 92~93 percent of the yield in ordinary cultivation practice.
2. In no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems, rice cultivars sown from May 1 to May 30 showed no significant grain yield difference. Whole rice yield of rice sown at a later sowing date was decreased. Considering the vetch growth and development and the quality of rice, the optimum sowing date of rice in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems estimated to be May 20th in the southern part of Korea.

**Experiment 4. Effects of continuous no-till direct-sown rice production practice on grain yield and quality of rice**

1. Grain appearance and chemical properties of rice grown in no-till direct-sown rice production systems was not affected by the continuous cropping years.

2. In the continuous cropping years of no-till direct-sown rice production systems, top-dressed nitrogen fertilizer up to 11kgN/10a significantly increased grain yield. Whole rice yield was decreased as the cropping years in no-till direct-sown rice production system was continued. Whole rice yield was not significantly affected by the level of top-dressed nitrogen fertilizer in the range of 7 to 15kgN/10a.

Cooking quality of rice produced from no-till direct-sown rice production systems was not affected either by the continuous cropping years in the systems or by the amount of top-dressed nitrogen fertilizer.

**Experiment 5. Evaluation of concurrent harvesting-sowing  
practice in no-till direct-sown rice-wheat/barley  
interrelaying cropping systems**

A sowing device was attached to the rear of a combine harvester, and rice cultivars, Youngnambyeo, Hwayoungbyeo, and Shinkeumhobyee, were sown concurrently at wheat/barley harvesting time in no-till condition.

Grain yield of those rice cultivars were 469-642kg/10a, and whole rice yield estimated at 78 to 82 percent. However, considering the labour-saving benefit the concurrent sowing-harvesting practice in no-till direct-sown rice-wheat/barley production systems was proved to be applicable to farmer's fields.

## 2. Suggestions

1) This study has proved that Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) can be grown continuously without repeated sowing in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems, and that these farming practices can be a standard type of sustainable crop production technique in relation with utilization of biological nitrogen and natural enemies. Wherever Chinese milk vetch exists, the area applicable for this farming practice can be extended to the northern part of Korea.

2) The benefits obtained from growing Chinese milk vetch are (1) increase of the spider population as high as three times, (2) decrease of rice green leafhopper population down to one-third, (3) depressing the growth of winter weeds, (4) biological nitrogen fixation should be utilized by farmers, and this will encourage them to practice and understand the clear-cut benefits from mulching rice/vetch straw in no-till direct-sown rice production systems.

3) Ecological and biochemical aspects, further studies are required to find out the causes of the retarded growth of rice seedlings in vetch straw cooperated paddy soils.

4) The effectiveness of straw-decomposing microorganisms selected from pot trials was not able to be continued in the field test. This should be overcome in order to improve seedbed preparation and increase seedling establishment.

5) Rice and vetch germplasms are to be comprehensively evaluated

in no-till direct-sown rice-vetch cropping systems and the information collected should be utilized to breeding programs.

6) To practice no-till direct-sown rice-vetch cropping systems in maximum security, the sowing date should be delayed up to late May to early June. This seems to be associated with the emergence of rice water weevil (*Lissorhoptrus oryzophilus* K.) in southern part of Korea and days required from sowing to seedling emergency.

7) As the no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems should be considered as models for standard sustainable agriculture, it is recommended that the farming practices can be applied to areas near Namkang River basin in order to build up models for sustainable agriculture in water reserved region.

8) Rice produced from no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping systems can be traded as "Vetch Rice", and commercialized by farmers in cooperation with Korea Association for Sustainable Agriculture Ltd. Co. Projects are to be designed for commercial production of vetch rice among farmers in Southern part of Korea.

## CONTENTS

Chapter I. Introduction

Chapter II. Development of legume-rice inter-  
relaying cropping systems in the no-till  
direct-sowing method

Experiment 1 : Responses of legume and rice to  
nitrogen fertilizer in the no-till direct-  
sowing method

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 4. Summary

Experiment 2 : Changes in spiders and rice green  
leafhopper population during and after  
wintering period in the rice-legume  
interrelaying cropping systems

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 4. Summary

Experiment 3 : Effects of Chinese milk vetch as a  
cover crop on the population of natural  
enemies and nitrogen balance

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 4. Summary

Experiment 4 : Effectiveness of fertilizer nitrogen on growth and development of rice in no-till direct-sown rice-vetch interrelaying cropping system

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 4. Summary

References

Chapter III. Evaluation and utilization of rapid-straw decomposing microorganism for better seedling establishment in the no-till direct-sowing method

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 3. Summary

References

Chapter IV. Evaluation of rice germplasms for  
enhanced seedling establishment and lodging  
resistance in the no-till direct-sowing  
method

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 3. Summary

References

Chapter V. Evaluation of the no-till direct-  
sowing method at farmer's farm level and  
Rice quality assesment

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 3. Summary

References



# 목 차

제 1 장 서론 .....	53
제 2 장 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 직파 영속재배 기술개발	
시험 1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배 벼의 적정 시비량 구명	
제 1 절 서론 .....	56
제 2 절 연구내용 및 방법 .....	58
제 3 절 결과 및 고찰 .....	59
제 4 절 결론(적요) .....	69
시험 2. 자운영 무경운 벼 직파 체계에 있어서 월동기 논거미 및 끝동매미충 밀도 변동	
제 1 절 서론 .....	70
제 2 절 연구내용 및 방법 .....	72
제 3 절 결과 및 고찰 .....	74
제 4 절 결론(적요) .....	81
시험 3. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 자운영의 생육 특성과 천적의 분포 및 질소수지 평가	
제 1 절 서론 .....	83
제 2 절 연구내용 및 방법 .....	84
제 3 절 결과 및 고찰 .....	85
제 4 절 결론(적요) .....	93

시험 4. 벼-자운영 무경운 직파재배 유형에 따른 질소 비료 효과	
제 1 절 서론 .....	95
제 2 절 연구내용 및 방법 .....	96
제 3 절 결과 및 고찰 .....	97
제 4 절 결론(적요) .....	141
참고문헌 .....	146
제 3 장 벼짚 속성분해 미생물의 개발과 이용 등이 무경운 직파재배체계에서 벼 입모율 증진에 미치는 효과	
제 1 절 서론 .....	149
제 2 절 재료 및 방법 .....	151
제 3 절 결과 및 고찰 .....	153
제 4 절 결론(적요) .....	182
참고문헌 .....	189
제 4 장 무경운 직파 재배용 벼 유전자원 평가 및 이용	
제 1 절 서론 .....	192
제 2 절 연구내용 및 방법 .....	192
제 3 절 결과 및 고찰 .....	194
제 4 절 결론(적요) .....	203
참고문헌 .....	205

제 5 장 무경운 직파 재배법에 의한 고품질 쌀

생산기술 현지평가

제 1 절 서론 .....	208
제 2 절 재료 및 방법 .....	209
제 3 절 결과 및 고찰 .....	210
제 4 절 결론(적요) .....	235
참고문헌 .....	238

## 표 목차

- <표 1-1> 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배 파종상 처리방법과 질소시비량
- <표 1-2> 자운영 재배논에서 파종상 처리방법별 무경운 직파재배 벼의 입모율과 입모수
- <표 1-3> 파종상 조성후 자운영 및 잡초발생량
- <표 1-4> 자운영 처리방법 별 미생물 분포특성
- <표 1-5> 자운영 논에서 파종상 조성방법에 따른 초장과 경수의 경시적 변화
- <표 1-6> 자운영 논에서 파종상 조성방법에 따른 도복관련형질 및 뿌리분포 비교
- <표 1-7> 자운영 처리방법에 따른 수량구성요소 및 수량에 미치는 영향
- <표 1-8> 자운영 재배 및 경운, 무경운에 따른 잡초 개체수  
(사천, 1996)
- <표 1-9> 벼 무경운 직파 재배체계에서 짚의 피복처리에 따른 토양 미생물의 변화
- <표 1-10> 벼 무경운 직파 체계에서 질소비료 수준이 답 토양의 미생물의 변화에 미치는 영향
- <표 1-11> 벼 무경운 직파 체계에서 질소비료 수준이 벼의 수량구성요소에 미치는 영향
- <표 1-12> 자운영 재배 및 경운, 무경운에 따른 잡초발생량  
(사천, 1996)
- <표 1-13> 벼짚 피복이 자운영의 생장과 잡초 소장에 미치는 영향  
(의령, 1996)

- <표 1-14> 벼 무경운 직파 체계에서 답 토양의 물리적 특성  
(1997. 7. 20. 조사)
- <표 1-15> 자운영 추출물의 혼합수준이 벼의 발아율과 유모생장에 미치는 영향
- <표 1-16> 벼 무경운 직파 체계에서 경운 처리가 토양의 물리·화학적 특성에 미치는 영향
- <표 1-17> 벼 무경운 직파 체계에서 짚 피복처리가 벼의 생육 및 수량에 미치는 영향. 수전기(穗揃期)에 측정
- <표 1-18> 벼 무경운 직파 체계에서 재배품종의 엽생장과 줄기형질의 특성
- <표 1-19> 벼 무경운 직파 체계에서 벼 품종의 수량 및 수량 구성요소의 특성
- <표 1-20> 벼 무경운 직파 체계에서 질소 시비 수준이 벼의 수량 및 수량구성요소에 미치는 영향
- <표 1-21> 벼-자운영 무경운 직파 체계에서 장려품종의 수량 및 수량구성요소의 변화
- <표 2-1> 볏짚부속축진 미생물처리별 부속효과
- <표 2-2> 미생물 종류별 접종시기에 따른 볏짚 부속정도
- <표 2-3> 군주별 생육적온 및 생육범위
- <표 2-4> 온도차이가 각종 군주의 일당 생장율과 누적 생장율에 미치는 영향
- <표 2-5> 미생물 처리별 중간생육 및 수량(화영벼)
- <표 2-6> 기상현황(진주)
- <표 2-7> 출아 및 생육상황
- <표 2-8> 수량구성요소 및 수량
- <표 2-9> 무경운 직파시기별 입모율 및 중간생육 상황

- <표 2-10> 무경운 년수별 경운조건에 따른 입모율 및 중간생육상황
- <표 2-11> 파종기별 담수조건별 입모율과 Eh변화
- <표 2-12> 독새플 발생양상과 방제적기
- <표 2-13> 무경운 년수별 독새플 생육차이
- <표 2-14> 비선택성 제초제 처리시기별 독새플 방제가 및 재생정도
- <표 2-15> 근사미 처리시기별 약량 독새플 방제가 및 재생 정도
- <표 2-16> 선택성 제초제 살포시기별 잡벼 발생정도
- <표 2-17> 무경운 포장의 잡초군락 변화
- <표 2-18> 매개충의 바이러스 보독충율(독새플 서식충)
- <표 2-19> 직파벼의 생육상황(영남벼)
- <표 2-20> 재배양식에 따른 오갈병 발병차이
- <표 2-21> 무경운 직파 재배 답에서 액제방제 효과
- <표 2-22> 무경운 답의 시험전 토양의 화학성 비교
- <표 2-23> 무경운 직파 재배 벼의 입모상태 및 생육의 경시적변화
- <표 2-24> 도복관련형질 및 뿌리의 수직분포 비율
- <표 2-25> 무경운 재배년수별 수량 구성요소 및 수량
- <표 2-26> 무경운 직파 재배 벼의 입모상태 및 생육의 경시적 변화
- <표 2-27> 무경운 직파 재배 벼의 수량구성요소 및 수량
- <표 2-28> 무경운 년수별 질소시비량에 따른 도복 및 수량비교
- <표 2-29> 무경운 년수별 질소시비효율 및 증수효율
- <표 2-30> 무경운 직파 재배체계에서 파종방법 및 파종량에 따른  
생육반응

- <표 2-31> 무경운 직파 재배체계에서 도복관련 형질
- <표 2-32> 무경운 직파 재배체계에서 파종 방법 및 파종량이 벼의  
수량 및 수량구성요소에 미치는 영향
- <표 2-33> 토성별 입모율 및 출수기비교
- <표 2-34> 잡초방제 체계가 주요 발생초종 및 수량비교
- <표 2-35> 벼 무경운 직파재배체계에서 벼의 초기생육 및 월동상태
- <표 2-36> 파종기 및 파종량이 무경운 직파재배 벼의 수량구성요소  
및 수량에 미치는 영향
- <표 2-37> 파종기 및 파종량이 무경운 직파재배 벼의 초기생육 및  
월동상태에 미치는 영향
- <표 2-38> 벼 무경운 직파 재배체계에서 파종기 및 파종방법이 벼  
수량구성요소 및 수량에 미치는 영향
- <표 2-39> 무경운 직파 체계에서 벼의 초기 및 중간 생육 상황
- <표 2-40> 무경운 직파 체계에서 벼의 도복관련 형질 및 포장도복
- <표 2-41> 무경운 직파 체계에서 벼의 수량구성요소 및 수량
- <표 2-42> 자운영 처리방법별 벼 파종방법별 발생초종 및 발생량  
비교(무방제구)
- <표 2-43> 자운영 처리방법별 처리약제별 잡초방제 효과
- <표 2-44> 자운영 처리방법별 자운영 처리 방법별 입모율 변화
- <표 2-45> 자운영 처리방법별 도복관련 형질 및 뿌리분포 비교  
( '95~'96)
- <표 3-1> 무경운 직파 재배용 벼 품종의 유전자원 평가
- <표 3-2> 앵미의 저온 발아율 및 저온-수중 발아율

- <표 3-3> 저온-수증 조건에서 벼 유전자원의 개체당 초장, 뿌리 수 및 뿌리의 길이
- <표 4-1> 벼 직파대상지 선정기준
- <표 4-2> 경남 지역의 무경운 벼 재배가능 지역 분포 조사
- <표 4-3> 무경운 답에서 벼 재배요령
- <표 4-4> 시험지별 시험후 토양 이화확성 비교
- <표 4-5> 토양종류에 따른 무경운 및 경운 직파시 수량구성요소 및 수량변화('95)
- <표 4-6> 토양종류에 따른 무경운 및 경운직파시 쌀 품위비교('95)
- <표 4-7> 시험전 토양 화학성
- <표 4-8> 무경운 직파재배시 토성 및 품종별 수량구성요소 및 수량비교('96)
- <표 4-9> 무경운 직파재배시 토성 및 품종별 쌀의 외관특성('96)
- <표 4-10> 무경운 직파시 토성 및 품종별 미질의 물리성 ('96, 취반즉시)
- <표 4-11> 시험전, 후 표토의 토양 화학성분 비교('95~'96)
- <표 4-12> 자운영 활용방법에 따른 수량구성요소 및 수량 ('95~'96)
- <표 4-13> 자운영 활용방법에 따른 쌀 품위 비교('95~'96)
- <표 4-14> 자운영 활용방법에 따른 미질 화학성('96)
- <표 4-15> 자운영 포장 벼 직파시 쌀 물리성분 비교('96)
- <표 4-16> 자운영 포장 벼 직파시기별 수량구성요소 및 수량
- <표 4-17> 자운영포장 벼 직파시기에 따른 쌀품위 비교('96)



- <표 4-18> 시험전·후 토양화학성 비교('96)
- <표 4-19> 무경운 재배년수 및 재배양식별 생육 및 수량('96)
- <표 4-20> 무경운 재배년수 및 재배양식별 화학성 비교('96)
- <표 4-21> 무경운 재배년수 및 재배양식별 쌀 품위비교('96)
- <표 4-22> 무경운 년수 및 질소시비량별 생육 및 수량('96)
- <표 4-23> 질소시비량별 미질 화학성 비교('96)
- <표 4-24> 무경운 년수 및 시비량별 쌀품위비교('96)
- <표 4-25> 무경운 년수 및 질소수준별 취반즉시 미질 물리성비교  
( '96)
- <표 4-26> 무경운 년수 및 질소시비량 별 취반 30분후 미질 물리성  
비교('96)
- <표 4-28> 관행 및 수확동시 파종간의 노동력 비교
- <표 4-29> 맥류 수확동시 벼 직파시 생육 및 수량비교('96)
- <표 4-30> 맥류 수확동시 벼 직파시 쌀의 품위비교('96)

## 그림 목차

- <그림 1-1> 무경운 및 경운포장에 있어서 자운영, 독새플 군락지  
별 끝동매미충과 논거미의 서식밀도 비교('95. 진주)
- <그림 1-2> 휴한답에 있어서 논거미의 끝동매미충 월별 포식량.  
(마리수/개체당 3일간 포식)
- <그림 1-3> 벼 바이러스 매개충의 월동기주별 생존기간
- <그림 1-4> 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물별 산란 선호성  
(알수/1마리당).
- <그림 1-5> 휴한답에 있어서 끝동매미충의 성충 우화시기 및 자운  
영 군락형성시기
- <그림 1-6> 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 파종량의 차이가  
엽신의 엽록체함량 변화에 미치는 영향
- <그림 1-7> 자운영 재배지에서 자운영의 수확시기가 발아율에 미치  
는 영향
- <그림 1-8> 벼 무경운 직파 재배체계에서 재배된 벼의 바이러스 감  
염율의 차이
- <그림 1-9> 벼 무경운 직파 재배체계에서 바이러스 전염 해충의 분  
포
- <그림 1-10> 밀 파종에 따른 자운영과 잡초의 발생과 군락변화
- <그림 1-11> 벼 무경운 직파 체계에서 토양통의 차이와 짚피복처리  
의 차이가 벼의 입모율에 미치는 영향
- <그림 1-12> 벼 무경운 직파 재배체계에서 벼 파종량의 차이가 입  
모율에 미치는 영향

- <그림 1-13> 벼 무경운 직파 재배체계에서 경운과 쪼피복처리가  $E_h$ 의 변화에 미치는 영향
- <그림 1-14> 벼 무경운 직파 재배체계에서 생육단계별 벼의 CGR 변화
- <그림 1-15> 벼 무경운 직파 재배체계에서 경운과 피복처리가 엽색에 미치는 효과
- <그림 1-16> 벼 무경운 직파 재배체계에서 벼의 성숙기 엽면적의 변화
- <그림 1-17> 벼 무경운 직파 재배체계에서 벼의 분얼수의 변화
- <그림 1-18> 벼 무경운 직파 재배체계에서 관개처리가 입모율과 피발생에 미치는 영향
- <그림 1-19> 벼 자운영 무경운 직파 재배체계에서 토양 암모니움이온의 변화
- <그림 1-20> 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 멸강나방 유충과 멸구의 소장
- <그림 1-21> ARA법에 의한 자운영과 살갈퀴의 경시적 질소고정량의 변화
- <그림 1-22> 자운영과 살갈퀴의 초장의 경시적 변화
- <그림 1-23> 자운영과 살갈퀴 군락의 생장에 따른 생육밀도의 경시적 변화
- <그림 1-24> 자운영과 살갈퀴 군락 건물중의 경시적 변화
- <그림 1-25> 온도가 가온시간이 자운영과 살갈퀴 짚에서 유린된  $NH_3$  함량차이
- <그림 1-26> 성숙기에 있는 자운영과 살갈퀴 지상부 건물중과 질산함량의 차이
- <그림 1-27> 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 토양의 투수도의 차이

<그림 1-28> 벼 무경운 직파 재배기간이 논토양의 투수도와 투기도에 미치는 영향

<그림 1-29> Eh를 조절한 자운영 짚 침출물에서 벼 품종의 종자상태와 유묘생장 반응

<그림 1-30> 벼 무경운 직파 재배체계에서 벼 뿌리활력의 품종간 차이

<그림 1-31> 벼 무경운 직파 재배체계에서 유묘정착기간 중의 지면 온도 변화

<그림 2-1> Virus 매개충(끝동매미충)의 발생경과

<그림 4-1> 자운영 생육패턴

## 사진 목차

- <사진 1-1> 월동후 개화기에 답 자운영 군락
- <사진 1-2> 자운영 짚이 부식되고 있는 모양
- <사진 1-3> 자운영 짚이 완전히 부식되고 벼가 입모되어 있는 모양
- <사진 1-4> 자운영군락위에 무경운 직파한 벼 분얼성기에 달한  
모양
- <사진 1-5> 자운영군락에 무경운 직파재배된 성숙기의 벼
- <사진 1-6> 자운영군락에 무경운 직파재배된 황숙기의 벼
- <사진 1-7> 벼 수확기 자운영 군락이 재형성되고 있는 모양
- <사진 1-8> 벼 수확후 피복된 벼짚 사이로 자운영 군락이 형성되고  
있는 모양
- <사진 2-1> 제초제 살포 19일후 포장전경  
4월 10일(근사미+마세트), 독새풀제초
- <사진 2-2> 무경운 직파벼의 발아상태
- <사진 2-3> 무경운 직파벼 입모상태
- <사진 2-4> 무경운 직파벼 중간생육상태
- <사진 2-5> 자운영 시험포장 상태
- <사진 2-6> 자운영 재배포장 이용 벼 직파
- <사진 2-7> 보리수확 동시 벼파종 초기생육
- <사진 2-8> 보리수확 동시 벼직파 초기생육 상태

## 제 1 장 서 론

한국에서 쌀은 농업소득의 44%를 차지하고 있으나 UR타결로 1995년부터 연차적으로 수입증대가 불가피하게 되었으므로 이제는 국제경쟁력을 강화하는 길 밖에 없다. 쌀 생산의 국제경쟁력을 강화하는 길은 생산비를 획기적으로 줄일 수 있는 새로운 농업기술의 개발보급이다.

이 연구에서는 벼 무경운 직파 재배기술은 근본적으로 자운영과 같은 공중질소를 고정하여 벼가 활용할 수 있게 하는 두과작물을 벼 재배와 결합시키고 동시에 벧짚을 쉽게 부식시킬 수 있는 미생물을 활용하여 무경운 상태에서 표면직파된 법씨의 발아조건을 크게 개선시켜 줌으로써 벼 재배 시에는 화학질소 비료시용량을 줄이고, 경운에 필요한 작업시간과 에너지를 획기적으로 절감하여 노동생산성과 토지생산성을 지속적으로 향상시킬 수 있는 새로운 벼 재배기술이 필수적이다.

자운영은 토양근류균에 의한 공중질소의 고정량이 190kg/ha이 되는 작물로서 가축의 기호성이 높고 소화율도 높은 양질의 사료작물이면서 동시에 밀원식물로서 그 용도가 다양하다. 이러한 자운영을 한번 파종하여 영속적으로 유지할 수 있는 재배법 개발은 가장 경제적으로 유기태 질소를 얻을 수 있게 되며, 자운영을 대규모로 영속재배하게 되면 밀원식물원으로도 활용하게 된다. 아울러 토양의 생물/미생물적인 기능을 강화시키고 생태계의 균형을 유지하게 되며 유용 미생물의 활성을 증진시켜 비료 및 농약사용을 줄일 수 있으며 토양의 물리적 성질을 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.

벼 무경운 직파 재배기술은 경운 이앙재배보다 한층 더 노동력을 절감하고 환경을 보존할 수 있는 기술이며, 경남농촌진흥원은 경상대학교와 더불어 지난 8년간 서부경남 일원에서 이 기술을 검토하였던 바 만족할 만한 수준에 이르렀다. 그러나 보다 효율적인 벼 무경운 직파 재배기술은 먼저

직파재배에 알맞는 품종이 갖추어야 할 요건이 무엇인가를 알고, 이를 육종계획에 포함시켜 무경운 직파재배에 적응할 수 있는 품종을 육성하는 문제와 무경운 조건에서 이들을 재배하려 할때 입모을, 잡초방제, 도복문제 등을 포함한 재배기술이 개발되어야 하고 여기서 생산된 쌀은 경운재배에 비하여 벼의 수량과 품질이 떨어지지 않는 양질의 쌀을 생산할 수 있는 기술체계를 확립하여야 한다.

이를 위하여 직파재배용 품종으로 선발된 다양한 유전자원을 벼 무경운 직파재배체계 속에서 평가하고 여기서 얻은 정보를 무경운 직파 재배품종 육종의 기초정보로 활용함과 동시에, 이들 무경운직파적용 품종들이 신개발 벼 무경운 직파 재배체계에서 재배되었을 때 그 수량성과 품질을 보장 받을 수 있는가를 능가실증시험을 통하여 확증되어야 한다.

무경운 체계에서 작물재배에 대한 연구는 벼 뿐만 아니라 옥수수, 콩등과 같이 밭 작물에서도 활발하게 진행되고 있으며(Richey et al., 1977; Rasmussen and Collins, 1991), 세계 각처에서 경운작업의 생력화(reduced tillage, minimum tillage, zero tillage, conservation tillage) (Unger and McCalla, 1980) 차원에서 연구되고 있으며 경운법에 의한 작물재배기술 체계 속에서 발생하는 여러가지 문제점들을 획기적으로 개선하려는 연구가 진행되어왔다. 일본에서는 자운영이 유기물생산과 근류균에 의한 질소첨가 뿐만 아니라 화분과 잡초의 발생을 억제하여 수도재배에서 제초효과까지 나타낸다고 하였다(현대농업, 1986: 1987).

그러나 지금까지 연구는 무경운 논토양의 물리·화학적 특성과 무경운 토양에서 벼의 생육반응에 국한되어있고, 자운영 도입에 의한 유기태질소의 자연공급과 생물적 잡초방제, 리그닌을 분해하는 사상균을 벼 그루터기나 콤바인 수확시 논에 깔려있는 벼짚에 처리함으로써 직파 재배 벼를 파종할 때 종자가 발아 정착할 수 있는 파종상을 획기적으로 개선하는 문제

와 이러한 조건에서 생산된 미질을 종합적으로 평가하는 일에 대한 정보는 제한되어 있다.



## 제 2 장 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운

### 직파 영속재배 기술개발

#### 시험 1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배 벼의

#### 적정 시비량 구명

### 제 1 절 서 론

해가 갈수록 농약과 비료사용량이 증대됨으로 인하여 농촌의 환경 오염 문제가 이제 심각한 수준에 달하고 있으며, 국제적 농업 연구의 추세도 화학비료와 농약에 의존하고 있는 노동집약적, 자본집약적인 농업체계로부터 탈피하여 생태적으로 안정되고 토지생산성을 지속적으로 증진시켜 나갈 수 있는 지속농업체계(sustainable agricultural systems)로 전환하고 있는 실정이므로 농산물의 시장개방은 농민으로 하여금 현행 벼 농사법에 대한 근본적인 변화를 요구하고 있으며, 이에 대한 대책이 없다면, 우리나라의 벼 농사를 존속시킬 수 있을 것인가를 의심하지 않을 수 없는 실정이다. 벼 무경운 직파 재배법은 첫째 농업노동력 투입을 획기적으로 줄일 수 있는 경종방법이며, 둘째 비료 농약의 과다 투입을 방지하고, 지속적인 농업을 지향하여 환경오염 문제를 크게 경감시킬 수 있고, 셋째 착취형 농업에서 자연순환 의존형 농업으로 전환함으로써 토지생산성을 크게 증대시키고 이를 지속시켜 나갈 수 있는 안정성이 보장되는 재배방법이라 할 수 있다.

그러나 경운에 대한 기존 관념 때문에 무경운 벼 직파재배법에 대한 일

반인들의 인식은 아직도 불충분하기 때문에 이를 극복하기 위한 종합적인 연구와 현지교육이 무엇보다 중요하다. 본질적으로 무경운 벼 직파재배법은 생물적 경운법에 의한 벼 직파 재배라고 할 수 있다. 왜냐하면 이는 무경운이라고 하기보다는 벧짚을 피복하여 지표면에서 부식시키고, 그 때 각종 미생물이 경운에 해당되는 역할을 충분히 수행하고 있기 때문이다. 다만 물리적 경운(mechanical tillage)에서 볼 수 있는 토양의 교반, 잡초제거, 또는 토양통기성의 증대와 같은 현상이 겉으로 드러나지 않고 은밀히 토양 중에서 일어나기 때문에 사람들은 무경운 재배법은 토양을 악화시키고, 결국 토양의 생산적 기능이 죽어버릴 것 같이 여기게 되는 것이다. 무경운 벼 재배법을 생물적 경운(biological tillage)이라고 한다면, 우리는 좀 더 적극적으로 토양 중의 생물적 기능을 확대시킬 필요가 있다. 벧짚을 피복하여 미생물의 서식처를 만들어 주는 것과 더불어 토중에서 이러한 미생물의 역할을 극대화시켜준다면 한층 더 무경운 토양의 기능이 강화될 수 있을 것으로 기대된다. 여기에 남부지방에서 고려될 수 있는 전략은 자운영(*Astragalus sinicus*, chinese milk vetch)과 같은 두과 작물을 벼의 뒷그루로 도입하는 일이다. 자운영은 밀원, 약용, 식용 및 공업용 등 그 용도가 다양하고, 토양에서 유기물 공급과 토양의 물리적 개선, 토양 근류균에 의한 공중질소가 고정되기 때문에 녹비(綠肥)작물로 이용될 수 있고, 또 식물체는 단백질 함량이 풍부하므로 양질 가축 사료작물로서 이용될 수 있다. 이에 대한 연구결과(조동, 1993)를 보면 자운영은 논에서 생초생산량이 2,000-4,000kg/10a이 되고 질소고정량이 19kgN/10a에 이른다고 한다.

이 연구의 목적은 근본적으로 자운영과 같은 공중질소를 고정하여 벼가 활용할 수 있게 하는 두과작물을 벼 재배와 결합시키고, 동시에 벧짚을 쉽게 부식시킬 수 있는 미생물을 활용하여 무경운상태에서 표면직파된 벼씨

의 발아조건을 크게 개선시켜 줌으로써, 그 논에서 생산된 벼짚을 완전히 토양으로 환원시켜 토양 유기물을 증가시키고 그 물리, 화학적 특성을 개선함으로써, 벼 재배시에는 화학질소 비료 사용량을 줄이고, 경우에 필요한 작업시간과 에너지를 획기적으로 절감하여 노동 생산성과 토지 생산성을 지속적으로 향상시킬 수 있는 새로운 벼 재배법을 개발하는데 있다.

## 제 2 절 연구 내용 및 방법

자운영 재배포장에서 벼를 무경운 직파할 때 질소 시비량을 줄임으로써 생산비를 줄이고 환경을 보전할 수 있는 효과를 구명하기 위하여 자운영 재배를 3년간 계속한 답 포장(경남농촌진흥원 답작포장, 토양통명 : 규암통)에 <표 1-1>에서 나타낸 바와 같이 자운영 처리 방법(4가지 방법), 질소 시비량을 4 수준으로 영남벼를 공시하여 벼를 직파재배 하였다. 이 때 자운영 방치구는 자운영 군락을 그대로 두고 그 위에 벼씨를 직파한 것이고, 자운영 예취·제거 구는 벼 파종 직전에 자운영을 예취·제거하고 그 위에 벼씨를 직파한 것이다.

자운영 제초제 처리 구는 자운영 군락에 비선택성 제초제 처리 구를 전면 살포하여 자운영을 말라죽게 한 뒤 그 위에 벼씨를 직파한 것이고, 자운영 경운 구는 관행적으로 실시되고 있는 방법으로 자운영이 있는 채로 경운 하고 그 위에 벼씨를 직파한 것이다.

표 1-1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배 파종상 처리방법과 질소 시비량

처 리 방 법	질소 시비량	비 교
	kg/10a	
자운영 방치구	15	• 파 종 기 : 5월 20일
자운영예취·제거구	11	• 파 종 량 : 5 kg/10a
자운영 제초제처리구	5.5	• 파종방법 : 손 파종
자운영경운구	0	• 관행 경운 대비

### 제 3 절 결 과 및 고 찰

#### 1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배벼의 적정시비량 구명

다년간 자운영을 재배한 논토양에서 몇가지 파종상 조성방법 즉 자운영을 그대로 방치한 상태, 자운영을 예취, 제거한 상태, 자운영에 제초제를 처리한 상태, 자운영이 있는 논을 경운한 상태로 파종상을 조성하여 그 위에 화영벼를 직파(5kg/10a)하고 4 수준의 질소비료 조건(0, 5.5, 11, 15kg N/10a)에 벼를 재배하였을 때

가. 자운영 군락 위에 무경운 직파한 벼씨의 입모율은 관행에 비하여 떨어졌으나, 입모수는 적정수준을 유지할 수 있었다.

나. 자운영 군락 위 무경운 답에 직파한 벼 생육 초기 초장은 관행구에 비하여 둔화되었으나, 생육후기에 회복되었다.

다. 자운영을 재배한 논에 벼를 무경운 직파 하였을 때 논토양의 미생물 군락은 자운영 없이 경운 벼 재배한 논토양에 비해 감소하는 경향을 나타내었으며, 자운영을 재배한 논을 경운할 때에는 미생물의 수가 크게 증가하였고, 특히 세균/사상균의 비가 크게 증가하였다.

라. 자운영을 재배한 논에 벼를 무경운 직파 하였을 때 벼 수량과 수량

구성요소는 관행구에 비하여 큰 차이가 없었으나, 질소 15kgN/10a까지는 벼의 생육과 수량에 긍정적인 영향을 나타내었다.

## 2. 자운영 재배 논에서 파종상 조성 방법에 따른 무경운 직파재배 벼의 입모율과 입모수

자운영 재배 논에서 자운영 군락을 그대로 방치하거나, 예취 제거하거나, 제초제를 처리하였을 때 무경운 직파재배벼의 입모율과 m<sup>2</sup>당 입모수를 <표 1-2>에 나타내었다.

표 1-2. 자운영 재배논에서 파종상 처리방법별 무경운 직파재배벼의 입모율과 입모수<sup>1</sup>

파종상 처리	입 모 율	입 모 수
	%	수/m <sup>2</sup>
자운영방치	64.3	130
자운영 예취제거	73.9	184
자운영 제초제	62.8	108
자운영 경운	88.4	207
무자운영 무경운	82.3	189
관행 경운	96.9	236

<sup>1</sup> 품종 : 화영벼. 5월 22일 파종, 6월 5일 조사

대체로 입모율은 자운영 경운구나 관행구에 비하여 떨어졌으나 입모수는 적정선을 유지할 수 있었다.

자운영을 그대로 방치하거나 제초제를 처리하였을 때 입모율이나 입모수가 떨어진 사실은 자운영 자체가 가지고 있는 특수한 화학물질(예 : 생물세포억제기능을 가진 화합물)에 기인하는 것인지, 발아 환경상의 문제인지 더 검토할 필요가 있다.

### 3. 자운영 재배 논에서 파종상 조성 방법에 따른 잡초 발생 양상

지난 3년간 자운영을 재배한 논 토양에 자운영을 그대로 방치하거나, 예취제거 또는 제초제로써 자운영을 제거하였을 때 그 다음해 벼 파종기에 조사된 자운영과 몇가지 잡초 발생양상을 <표 1-3>에 나타내었다. 이 표에서 보는 바와 같이 파종시점에서 파종상의 조건, 즉 자운영 방치 구는 자운영과 독새풀, 피 등이 무성한 상태라는 것을 나타내고 있다.

표 1-3. 파종상 조성후 자운영 및 잡초발생량

파종상 조성방법	경운 유무	5월 12일				6월 29일			10월30일	
		자운영	피	독새풀	계	피	나도겨풀	사마귀풀	계	자운영
		g/m <sup>2</sup>							no./m <sup>2</sup>	
자운영 방치	무경운	296.8	15.2	99.2	411.2	25.6	-	0.8	26.4	143.2
자운영 예취제거	무경운	-	-	-	-	57.6	-	-	57.6	13.5
자운영 제초제처리	무경운	-	-	-	-	14.4	-	-	14.4	18.3
자운영 관행	경운	-	-	-	-	4.0	-	-	4.0	31.0
		-	-	-	-	5.6	-	-	5.6	-

이러한 상태에서 직파된 벼씨가 발아 정착하게 되는 6월 29일 잡초 발생양상을 피와 사마귀풀이 나타나고 있으며, 파종시점에 자운영을 예취제거할때 피 발생이 크게 증가되었으나 제초제로써 자운영을 제거하게 되면 피 발생이 다소 감소하고 있음을 알 수 있다.

자운영을 재배하고 있는 논을 경운할 때에도 피 발생은 있었으나 무경운에 비하면 크게 감소되었다.

이러한 처리 조건에서 벼를 재배한 후 10월 30일경 자운영의 밀도는 자운영 방치 구에서 월등히 높았으므로 자운영 밀도가 낮은 논에 자운영 밀도를 증가시키기 위해서는 자운영 군락을 그대로 방치하여 두고 그 위에

벼를 직파 재배하는 것이 효과적이라는 사실을 시사하고 있다.

#### 4. 자운영 재배 논의 파종상 조성방법에 따른 미생물 분포 특성

자운영 군락의 처리 방법에 따라 파종상이 조성되는데, 이러한 조건에서 벼를 재배하고 출수후 25일경 토양중의 미생물 등을 조사한 성적을 <표 1-4>에 나타내었다. 이 표에서 보는 바와 같이 자운영 처리에 의한 파종상 조건에 따라 세균, 방선균, 사상균의 분포는 일정한 경향을 발견할 수 없었으나 세균/사상균의 비율은 자운영 재배 구를 경운 할때 크게 증가되는 것을 발견하였다.

일반적으로 경운 자운영 없는 포장을 경운 재배하는 관행 재배 구에 비하여 자운영 처리 구의 미생물 수가 크게 감소된 것은 예상하지 못했던 일이나 토양중의 미생물 발생 특성을 경시적으로 면밀히 검토하여 구명해야 할 과제라고 생각된다.

표 1-4. 자운영 처리방법 별 미생물 분포특성<sup>1</sup>

파종상 조성 방법	경운유무	세 균(B)	방선균	사상균(F)	B/F ratio
		10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>4</sup>	
자운영 방치	무경운	8.3	13.2	5.9	141
자운영 예취제거	무경운	7.2	6.2	4.3	167
자운영 제초제처리	무경운	8.5	7.2	4.5	189
자운영	경 운	22.1	19.4	4.2	526
관행	경 운	10.0	18.3	3.9	256

<sup>1</sup>출수후 25일에 조사하였음.

#### 5. 자운영 재배 논에서 파종상 조성방법에 따른 무경운직파 재배 벼의 수량구성 요소와 수량 변화

### 가. 초장과 경수의 경시적 변화

자운영 처리방법에 따라 조성된 파종상에 벼를 직파 하였을 때 벼의 초장, 경수를 조사한 결과를 <표 1-5>에 나타내었다.

이 표에서 보는 바와 같이 벼 수량 구성요소와 수량은 관행재배에 비하여 크게 떨어지지 않았다.

<표 1-5>에서 보는 바와 같이 자운영을 방치한 구에서의 입모후 벼 초장은 다른 처리 구에 비하여 현저히 짧아졌다. 이러한 현상은 자운영 균락 위에 제초제를 처리한 구에서도 같은 결과를 나타내었다.

자운영을 그대로 방치한 구에서 생육초기에 벼의 초장이 짧아지는 원인을 구명하지 못하였지만 대체로 다음과 같은 몇가지 가설을 설정할 수 있을 것으로 보인다.

첫째 자운영이 부식할 때 유리되는 식물생장 억제물질의 영향이다. 이에 대한 확실한 증거는 없으나 자운영의 뿌리에서 추출된 물질이 동식물의 세포생장을 억제한다는 보고가 있다.

자운영이 분비하는 화학물질이 동식물의 세포생장을 억제할 수 있다는 것은 <표 1-4>에서 보는 바와 같이 자운영이 있을 때 토양 미생물의 수가 관행에 비하여 현저히 감소하고 있다는 사실(Rhizobium과 경합을 인정하지 않더라도)으로써 입증되고 있다.

둘째 자운영은 벧짚이나 보릿짚에 비하여 질소함량이 높아서 자운영 짚이 부식할 때 토양 미생물의 밀도가 급격히 증가함으로써 토양중의 질소를 일시적으로 고갈시키기 때문에 벼가 이용할 수 있는 질소가 사실상 부족하기 때문에 초장이 짧아지는 것이다.

이러한 가설을 뒷받침하고 있는 것은 본 시험에서 질소비료를 무비~15 kg 범위로 시용 하였는데 초기분얼이나 수량이 예상과는 달리 다비조건에서 높았다는 것이다.



자운영을 재배하는 목적은 여러가지가 있겠으나 그 중에서는 질소비료 사용량을 줄일 수 있을 것이라는 전제가 있었는데, 이러한 관점에서 볼 때 적어도 벼 생육 초기에는 질소비료를 오히려 더 많이 요구할 수 있다는 사실을 시사하고 있다. 그러나 생육후기의 질소비료의 중요성을 의미하므로 어느 생육 시기에 질소비료 요구량이 높은가를 정밀히 분석해 볼 필요가 있다.

#### 나. 도복관련 형질과 뿌리의 분포

<표 1-6>는 자운영이 있는 논에 벼를 무경운 직파재배할 때 질소비료 수준에 따른 벼의 도복관련 형질과 뿌리분포를 나타낸 것이다.

경운 재배 벼에 비하여 자운영 논에서 무경운 직파 재배된 벼의 3·4절간장은 짧아졌고 3·4절간장 비율도 자운영 무경운 처리 구에서 유의적으로 낮아졌다. 자운영을 재배한 논에서 무경운 직파 재배한 벼의 좌절중·도복지수를 고려할 때 초기생장의 억제는 오히려 도복을 억제하는 효과가 있을 것으로 기대된다. 그리고 자운영이 있을 경우에 뿌리의 수직분포 특히 토심 10cm이하의 뿌리 분포량이 관행에 비하여 크게 줄어들었지만 자운영을 방치하거나 제초제를 처리하는 것이 자운영을 예취하는 때보다 유리한 영향을 미치고 있음을 발견하였다.

#### 다. 수량과 수량구성요소의 변화

<표 1-7>은 자운영 재배 논에서 자운영 군락을 처리하는 방법에 따른 무경운 직파 재배 벼의 수량 구성 요소와 수량을 나타내고 있다. 이 표에서 보는 바와 같이 자운영을 방치한 상태로 그 위에 벼를 직파할 때에도 벼의 간장과 수장을 포함한 생육 특성간에는 유의적인 차이가 없었다.

특히 벼 수량은 관행에 비하여 크게 떨어지지 않았으며, 자운영이 없는 논에 벼를 무경운 재배할 때 보다 벼 수량이 유의적으로 증가되었다.

표 1-5. 자운영 논에서 파종상 조성방법에 따른 초장과 경수의 경시적 변화

자운영 처리 방법	시비량 (kg/10a)	초 장 (cm)					경 수(개/㎡)			
		6/22	7/10	7/20	8/ 2	8/23	7/10	7/20	8/2	8/23
자운영 방 치	15	19	44	55	73	96	380	530	438	391
	11	18	44	54	69	95	319	395	376	325
	5.5	18	42	50	70	95	304	389	347	297
	무비	18	41	51	69	92	250	387	346	297
	평균	18.3	42.8	52.5	70.3	94.5	313	425	388	328
자운영 예 취 제 거	15	25	49	58	70	97	393	521	435	437
	11	24	48	53	69	95	337	432	423	378
	5.5	24	45	54	67	90	326	411	378	360
	무비	22	40	50	67	87	288	371	376	315
	평균	23.8	45.5	53.8	68.3	92.3	336	434	403	373
자운영 제초제 처 리	15	20	45	55	74	97	376	537	489	426
	11	20	45	54	70	96	358	415	426	373
	5.5	21	40	52	69	91	335	374	365	350
	무비	20	41	53	68	88	309	365	349	293
	평균	20.3	42.8	53.5	70.3	93.0	345	423	407	361
자운영 경 운	15	22	51	68	88	98	422	528	562	389
	11	22	50	64	83	96	411	480	480	413
	5.5	23	50	66	82	94	408	449	473	395
	무비	22	47	66	82	91	363	384	441	358
	평균	22.3	49.5	66.0	83.8	94.8	401	460	489	389
무자운영 무 경 운	15	22	44	53	70	98	345	472	408	407
	11	22	46	54	69	97	321	445	408	401
	5.5	21	41	48	68	93	287	391	385	365
	무비	20	36	48	66	87	274	372	363	326
	평균	21.3	41.8	50.8	68.3	93.8	307	420	391	375
관 행 (경 운)	15	23	46	63	79	96	441	476	410	375
	11	23	46	59	75	94	372	391	384	354
	5.5	22	41	53	73	91	369	386	361	324
	무비	21	42	53	71	88	369	367	315	337
	평균	22.3	43.8	57.0	74.5	92.3	388	405	368	348

표 1-6. 자운영 논에서 파종상 조성방법에 따른 도복관련형질 및 뿌리분포비교

자운영 처리 방법	시비량 kg/10a	3+4 절간장 cm	3+4 절간장 비율 %	1수중 g	좌절중 g	도복 지수	중심고 cm	중심 위치 %	뿌리 수직분포비율		
									0~5cm	5~10cm	10cm>
자운영 방 치	15	19.5	26.1	13.8	1,127	114	39.1	52.3			
	11	18.1	24.6	12.9	1,075	110	37.2	50.5	84.4	9.4	6.2
	5.5	20.4	28.5	12.8	1,044	110	36.3	50.7			
	무비	21.4	27.8	12.6	1,008	111	36.7	51.8			
	평균	19.9	26.8	13.0	1,064	111	37.3	51.3			
자운영 예 취 제 거	15	16.7	23.4	13.6	1,053	122	35.7	47.3			
	11	18.4	24.6	13.4	1,013	124	36.9	49.4	90.3	6.7	3.0
	5.5	18.3	24.2	13.2	1,023	115	38.7	54.1			
	무비	16.0	24.1	11.5	1,040	93	35.3	53.1			
	평균	17.4	24.1	12.9	1,032	114	36.7	51.0			
자운영 제초제 처 리	15	15.7	21.8	13.9	1,170	111	38.8	53.8			
	11	18.3	25.1	13.6	1,169	106	37.9	51.9	86.5	8.3	5.2
	5.5	18.8	25.3	11.9	1,033	104	38.2	53.0			
	무비	17.2	24.6	11.2	1,006	98	36.7	52.5			
	평균	17.5	24.2	12.7	1,095	105	37.9	52.8			
자운영 경 운	15	22.5	28.8	13.7	1,052	125	39.1	50.0			
	11	18.7	26.0	13.0	1,036	113	37.2	51.8	68.6	23.2	8.2
	5.5	21.4	28.0	12.1	1,031	105	38.3	53.6			
	무비	20.4	28.7	9.2	755	107	37.3	52.5			
	평균	20.8	28.9	12.0	969	113	38.0	52.0			
무경운	15	18.9	24.6	15.3	995	147	38.9	50.6			
	11	18.8	24.4	14.5	989	141	40.0	51.9	89.0	7.5	3.5
	5.5	17.2	24.1	14.5	1,049	123	37.7	52.9			
	무비	17.1	25.4	13.7	1,209	97	36.4	54.2			
	평균	18.0	24.6	14.5	1,061	127	38.3	52.4			
경 운 (관행)	15	23.6	30.6	13.0	873	143	35.9	46.6			
	11	22.0	28.4	14.5	971	144	39.8	51.4	52.5	28.5	19.0
	5.5	22.9	30.5	11.5	903	120	35.7	47.5			
	무비	22.9	30.3	11.3	95	111	39.9	52.7			
	평균	22.9	30.0	12.6	925	130	37.8	49.6			

## 6. 자운영 재배 논외 파종상의 조성 방법에 따른 무경운 직파재배 벼의 수량구성 요소와 수량

자운영을 재배한 논에서 자운영 군락의 처리 방법으로 파종상을 조성하고 무경운 직파재배한 벼의 수량구성요소 및 수량을 <표 1-7>에 나타내었다. 파종상의 조성방법에 따라 수량구성 요소와 수량은 유의적인 차이가 인정되지 않았으며 자운영을 제거하지 않은 논에서 무경운 직파재배한 벼의 수량보다는 자운영재배농에서 무경운 직파한 벼의 수량이 약간 높은 경향을 보였다. 그러나 자운영 군락을 제초제로 처리하였을 때 벼 수량은 감소되었다.

파종상 처리구내의 질소수준에 따른 무경운 직파재배벼의 생육특성은 대체로 질소시비량이 15kg/10a 까지 증가할수록 유리한 쪽으로 작용하고 있었다.

이것은 자운영 짚이 부식 할때 발생될 수 있는 화학제나, 자운영 짚이 부식할 때 담수 조건에서 급격한 환원 상태로 전환됨으로 토양중의 환경이 급변한 것에 기인하는 것으로 보였다.

표 1-7. 자운영 처리방법에 따른 수량구성요소 및 수량에 미치는 영향

자운영처리 방법	시비량	간장	수장	수수	입수	등숙율	천립중	정현비	수량	지수
	kg/10a	cm	cm	개 /m <sup>2</sup>	천개 /m <sup>2</sup>	%	g	%	kg /10a	
자운영방치	15	81	18	308	26.8	94.3	21.1	82	514	109
	11	78	18	282	25.1	92.0	21.1	81	473	100
	5.5	79	18	211	16.9	94.7	21.5	82	459	97
	무비	74	18	208	16.4	92.5	22.1	81	430	91
	평균	78.0	18.0	252	21.3	93.4	21.4	81.5	469	(99)
자운영 예취제거	15	78	19	298	26.8	92.5	21.3	81	498	106
	11	77	19	280	24.1	92.1	21.1	81	472	100
	5.5	74	18	269	23.9	95.0	21.9	82	458	97
	무비	73	18	245	19.1	94.8	21.1	81	405	86
	평균	75.5	18.5	273	23.5	93.6	21.4	81.3	458	(97)
자운영 제초제처리	15	80	19	309	26.6	94.4	20.3	81	507	112
	11	79	18	285	23.9	92.9	21.9	81	453	100
	5.5	76	18	243	20.4	94.1	20.7	81	448	99
	무비	72	18	238	19.5	94.1	21.3	82	412	91
	평균	76.8	18.3	269	22.6	93.9	21.1	81.3	455	(96)
자운영 경운	15	85	18	382	34.8	92.7	20.7	82	527	100
	11	82	18	367	31.2	93.8	20.5	82	525	100
	5.5	81	18	337	24.9	90.5	20.4	82	512	96
	무비	82	17	296	24.9	96.0	21.0	82	463	88
	평균	82.5	17.8	346	29.0	93.3	20.8	82.0	507	(107)
무자운영 무 경 운	15	79	19	341	29.3	91.3	20.8	82	503	105
	11	78	19	302	27.5	94.9	20.7	82	481	100
	5.5	73	19	248	23.6	95.3	21.1	82	433	90
	무비	70	18	222	18.2	94.7	21.5	81	408	85
	평균	75.0	18.8	278	24.7	94.1	21.0	81.8	456	(96)
관 행 (경 운)	15	80	19	345	28.3	91.9	21.5	81	521	103
	11	76	19	309	24.1	94.8	21.7	81	505	100
	5.5	75	18	256	18.9	95.1	21.8	82	466	92
	무비	73	18	224	13.4	95.7	21.3	83	404	80
	평균	76.0	18.5	284	21.2	94.4	21.6	81.8	474	(100)

LSD 5%(수량) 자운영 처리방법 ..... 15.7

CV(%) (수량) 자운영 처리방법 ..... 3.7

## 제 4 절 결론(적요)

1. 자운영을 잔존시킨 상태(방치, 예취제거, 제초제처리)에서의 벼 입모율은 그렇지 않았을 때에 비하여 낮았으나, 적정 입모수는 확보되었다.
2. 잡초를 방제하지 않은 상태에서 생육중기의 잡초 발생량은 자운영을 예취하여 제거할 때 가장 많고, 다음이 자운영을 방치할 때이며, 발생 초종은 피가 주종을 이루었다.
3. 미생물 서식밀도를 보면 자운영 경운시 세균과 방선균의 밀도가 매우 높았으며, 자운영 방치시 사상균의 밀도가 높았다.
4. 생육초기의 초장은 자운영을 예취 제거할 때 가장 길었고, 자운영을 방치할 때 가장 짧았다. 그러나 생육 후기에는 처리간 초장 차이가 크게 나타나지 않았다.
5. 벼 수량은 자운영 경운구에서 가장 높았고, 다른 처리구에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았다.
6. 질소시비량간에 비교해 볼 때 시비량이 증가할수록 수량도 증가하였다.

## 시험 2. 자운영 무경운 벼 직파 체계에 있어서 월동기 논거미 및 끝동매미충 밀도 변동

### 제 1 절 서 론

벼를 가해하는 해충의 수는 지금까지 수십 종이 보고되어지고 있으나, 경제적으로 피해를 줄 수 있는 해충의 종류는 불과 10종 미만으로 추정되어진다. 우리 나라 남부지방에 있어서 벼 논에 발생하는 중요 해충의 종류를 살펴보면 Virus 매개충인 애멸구와 끝동매미충, 벼의 줄기에 붙어서 즙액을 흡즙하는 벼멸구와 흰등멸구, 벼 잎을 가해하는 흑명나방과 벼물바구미(뿌리도 가해함) 및 벼 줄기속을 가해하는 이화명충등 모두 7종정도로 밝혀져 있으며, 이들 해충은 작물의 작부방식과 중간 기주식물의 생육상황에 따라서 발생량의 차이나 해충으로서의 중요성이 바뀌어질 수가 있다고 보아진다.

그 예로 최근에 맥류의 재배면적이 줄어드는 탓으로 보리를 중간 기주식물로하여 대량증식되어 본답으로 이동하던 애멸구의 발생량이 경미해져서 벼에 별다른 피해를 입히지 않는 반면에, 보리를 재배하지 않고 묵히는 휴한답의 면적이 늘어남에 따라 보리대신 잡초인 독새풀이 번성하게 생육되는 탓으로 이것을 중간 기주식물로 증식되어 본 답으로 이동하는 끝동매미충의 발생량이 급격히 증가하는 실정이다.

끝동매미충은 직접적으로 벼 이삭과 잎을 흡즙 가해하고 간접적으로는 오갈병과 같은 Virus병을 매개하고 또 그을음 병도 유발시키는 해충으로 잘 알려져 있다. 그리고 벼의 재배방식에서도 많은 변화를 보이고 있다. 최근 들어 쌀수입개방에 대응하기 위해서 저비용 고품질 쌀 생산을 하기

위한 방편으로 무경운 직파재배방법이 연구개발되어짐에 따라 종전의 못자리 설치와 본답 묘이앙 절차가 필요없게 되기 때문에 벼 생력화 재배에 커다란 발전을 가져오게 하였다. 그러나 무경운 직파는 5월 초순 ~ 6월 중순 사이에 휴한 답을 경운하지 않고 그대로 볍씨를 뿌려서 재배하는 탓으로 이 시기는 오갈병이 잘 감염되는 벼 유효기(3엽정도)에 해당되며 또한 이 유효는 끝동매미충이 증식되고 있는 독새풀 사이에서 자라고 있는 탓으로 종전의 성묘기 이앙 대처럼 유효기가 보은 비닐턴넬속에서 끝동매미충과 격리된 상태와는 달리 더욱 오갈병에 감염될 수 있는 좋은 환경에 처해 있기 때문이다. 이러한 상황은 실제로 '94년 경남농촌진흥원 시험포장에서도 관찰되어졌는데 약 700평에 해당하는 이 포장에서는 오갈병의 이병주율이 무려 90%를 넘게 나타내어 수확은 거의 기대할 수 없게 되었던 때도 있었다. 따라서 벼 무경운 직파재배는 유효기에 해당되는 5월~6월중순경에 끝동매미충의 피해를 사전에 막을 수 있는 방제 방법에 대한 연구가 시급하다고 판단되어진다.

지금까지 끝동매미충의 생태연구는 경남농촌진흥원과 경상대학교의 연구진이 등이 국내 최초로 '77년~'83년 사이에 수행된 바가 있으나, 직파재배답에서 월동중간 기준식물을 없앨수 있는 방법과 천적에 의한 끝동매미충 밀도 억제에 대한 연구는 국내외적으로 찾아볼 수가 없다.

본 연구의 목적은 벼 무경운 직파재배에 있어서 농약으로 치료가 불가능한 오갈병을 사전에 예방시킬 수 있는 방법으로 휴한답에 보리대신 자운영(녹비식물)을 1회 파종하여 수년간 생육할 수 있도록 하여 독새풀 분포면적을 줄이고 또 가을의 벼 수확기에 벅짚을 논바닥에 피복케하여 논 거미와 같은 천적을 월동기간동안 보호시켜서 끝동매미충의 밀도를 억제시킬 수 있는 방법을 구명하여 지속적이고, 안정적인 쌀 생산을 하고자 '94년 가을부터 '95년 봄사이에 경남농촌진흥원 시험포장과 인근



농가포장에서 연구된 결과를 보고하는 바이다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

### 1: 재료 및 조사방법

#### 가. 조사대상지

경상남도 농촌진흥원 답작포장의 벼 무경운 직파재배 시험구와 인근 농가포장 중에서

- (1) 무경운, 짚피복, 자운영 군락조성지
- (2) 무경운, 짚피복, 나지(독새풀 군락조성지)
- (3) 무경운, 무피복, 자운영 군락조성지
- (4) 무경운, 무피복, 나지
- (5) 경운, 짚피복, 나지
- (6) 경운, 무피복, 나지

#### 나. 조사대상 생물상

- (1) 해충 : 끝동매미충
- (2) 천적 : 논거미

#### 다. 조사방법

- (1) 끝동매미충 월동전후 밀도조사

포충망(구경 30cm)으로 각 조사 구에서 시기별 25회 채집(1평)하여 75% 알코올에 보관하면서 현미경하에 조사, 각 처리별 10반복 채집조사 조사시기는 월동기간은 1월~2월 10일 간격, 월동 후는 3월~4월 10일 간격

- (2) 논 거미 채집 조사

유리시험관(내경 3cm, 길이 30cm)을 사용하여 월동기간과 월동후 포장에서 각 조사지점에서 10평당 활동중인 논 거미를 채집 시험관에 보관하면서 분류조사, 조사시기는 1월~4월 사이에 월동전후 채집조사

(3) 휴한답에 있어서 논거미의 끝동매미충 월별 포식량 조사

논 거미의 우점종인 황산적거미와 별늑대거미를 논에서 채집하여 망사 케이지(20cm×20cm×20cm)에 1마리씩 넣고 여기에 논거미의 우점종인 황산적거미와 별늑대거미를 논에서 채집하여 망사 케이지(20cm×20cm×20cm)에 1마리씩 넣고 여기에 끝동매미충(월동충)을 먹이로 일별 20마리씩 넣어주면서 3일간 거미 1마리당 포식량을 10반복으로 조사. 끝동매미충을 넣어 줄 때에는 독새풀을 조그마한 화분에 심어서 함께 넣어 준다. 조사시기는 1월 중순, 2월 중순, 3월 중순, 4월 중순 등 4회 조사하였다.

(4) 벼 바이러스 매개충의 월동기주별 생존기간 조사

- 대상해충 : 애멸구, 끝동매미충
- 월동 기주식물 : 자운영, 독새풀, 보리, 개밀

야외에서 망사케이지(20cm×20cm×20cm)에 애멸구와 끝동매미충을 각각 1마리씩 넣고 여기에 기주식물을 제공하면서 월동전후 기간동안 생존율을 조사. 반복수는 각 5반복으로 하였으며, 조사기간은 1월부터 4월10일까지 하였다.

(5) 휴한답에 있어서 시기별 끝동매미충 월동성충 우화율 및 자운영의 독새풀 피복율

(가) 끝동매미충 우화시기조사 : 약충태로 월동한 끝동매미충을 채집 사육케이지(20cm×20cm×20cm)에 넣고 먹이로 독새풀을 pot에 심어서 함께 넣어주면서 각 케이지당 공시충을 100마리씩으로 하여 3반복으로 조사하였다.

(나) 자운영의 독새풀 피복율조사

- 휴한답에서 시기별 자운영의 독새풀 피복 되는 정도를 전 체면적(200 평)에 비하여 시기별 피복정도를 조사
- 조사시기 : 2월 상순~4월 상순사이에 10일 간격으로 조사

(6) 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물별 산란 선호성

· 끝동매미충의 월동세대 성충기인 4월 상순경에 기주식물별(자운영, 벼, 독새플, 보리)로 시험관(내경 3cm, 직경 20cm)에 10경식 심고 여기에 끝동매미충 성충 1쌍씩을 접종 개체당 산란수를 현미경하에 조사하였다. 반복 수는 5반복으로 하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 무경운 및 경운 포장에 있어서 자운영·독새플 군락지별 끝동매미충과 논거미의 서식밀도조사

##### 가. 월동기간 논 거미 밀도

각 처리별 논거미의 10평당 서식밀도를 <그림 1-1>에 나타내었다. 월동기간인 2월 상순경에는 무경운 짚 피복포장(11마리)에서는 무피복포장(4마리)보다 약 3배정도의 많은 거미가 포착되었는 반면에 가을에 경운한 포장에서는 짚을 피복한 상태(3마리)나 무피복한 상태(2마리)에 다 같이 적은 량의 거미밀도를 나타내었다. 이러한 원인은 무경운상태의 논바닥에 짚을 피복해 두면 본답기에 증식된 논거미가 월동기간동안 짚 피복된 속에서 얼어죽지 않고 많은 밀도를 유지하며 월동을 할 수 있으나, 반대로 무피복상태나 경운한 포장에서의 논 거미 밀도의 저하는 경운할 때 흙속에 거미가 매몰되었거나, 추위에 동사한 것 같으며 또 일부는 월동처를 찾아서 논둑등지로 이동한 것으로 보아진다.

#### 나. 월동후 논 거미 밀도

월동이 끝난 4월10일에 논 10평당 활동하는 거미의 밀도를 조사하여 본 결과, 무경운 짚 피복한 포장의 밀도(42~45마리)는 무피복한 포장의 밀도(15~17마리)보다 약 3배정도의 높은 밀도를 유지하며 활발히 끝동매미충을 포식하고 있는 것이 관찰되었으며, 반대로 경운한 포장에서는 짚피복이나 무피복한 곳 다같이 논거미의 밀도는 5마리 정도로 월동기간 때처럼 역시 낮은 밀도를 보였다. 이러한 현상은 3월10일경에 조사한 밀도비율도 역시 비슷한 결과를 나타내었다. 따라서 이러한 원인을 분석해보면 월동기간동안에 활동하는 거미의 수보다 월동후 거미의 수가 현저히 증가되었던 것은 월동 기간동안에는 추위 때문에 짚속이나 논바닥 틈새로 잠적해 있다가 월동이 끝나고 점차 기온이 상승함에 따라 그 활동이 활발해져서 밀도가 증가되었던 것으로 보아진다.

#### 다. 자운영 군락지와 나지(독새풀 군락지)에 있어서 월동후 끝동매미충의 밀도 비교

4월 10일에 자운영 군락지와 독새풀 군락지에서 끝동매미충의 밀도를 비교 조사하여 본 결과는 같은 자운영 군락지인데도 짚을 피복한 곳의 밀도(11마리)는 무피복한 곳의 밀도(30마리) 보다 약  $\frac{1}{3}$ 의 적은 량의 밀도를 유지하였으나, 같은 조건하에서 월동기간동안인 2월 10일경에 조사한 밀도는 별다른 차이를 보이지 않았으며, 그리고 또 같은 짚피복을 한 무경운 포장인데도 자운영 군락지의 밀도(11마리)는 독새풀 군락지의 밀도(48마리)에 비해 약  $\frac{1}{4}$ 의 적은 량이 발생되었다. 따라서 이러한 밀도 감소원인은 짚을 피복한 곳에서는 무피복한 곳보다 논거미의 밀도가 월동히 높았기 때문에 거미에 의하여 끝동매미충의 밀도가 저하된 것 같으며, 또 한편으로는 월동기간 동안 땅속에 묻혀 있는 자운영 종자가 발아하여 독새풀보다

빠른 속도로 왕성하게 생육하면서 군락을 형성하는 탓으로 상대적으로 끝동매미충의 기주인 독새풀의 분포비율이 줄어들었는데 그 원인이 아닌가 싶다. 이상의 결과에서 무경운 벼 직파재배지에서 문제시되는 오갈병의 예방을 위해서는 가을에 벼 수확때 벼 짚을 논바닥에 피복과 아울러 자운영 군락지를 조성하는 것이 바람직할 것으로 사료되어진다.

## 2. 휴한답에 있어서 논거미의 끝동매미충 월별 포식량

논에 우점적으로 서식하는 황산적거미와 별늑대거미는 <그림 1-2>에서 보는 바와 같이 월동기간에도 휴면을 하지 않고 활동을 하면서 적은 량이지만 해충을 잡아먹는 것으로 밝혀져 있다. 따라서 1월, 2월, 3월 및 4월에 각 1회씩 끝동매미충 포식 량을 조사하여 본 결과, 1월, 2월에는 극히 적은 량을 포식하면서 생명을 유지하다가 월동후 3월중부터는 포식 량이 늘어나기 시작하여 4월 중순경에는 포식량 Peak를 보였는데, 일별 포식량을 보면 황산적거미는 7마리, 별늑대거미는 13마리를 포식함에 따라서 별늑대거미가 황산적거미보다 거의 2배에 가까운 량을 포식하는 것으로 확인되었다. 따라서 이러한 결과는 논거미가 많았던 포장에는 끝동매미충의 밀도 역시 함께 저하되었다는 <그림1-1>에서의 고찰을 뒷받침하여 주고 있다.

## 3. 벼 바이러스 매개충의 월동 기주식물별 생존기간

벼 Virus 매개충인 애멸구와 끝동매미충에 대한 기주식물별 월동기간동안 생존기간을 조사하여 본 결과를 <그림 1-3>에서 보는 바와 같이 먼저 애멸구는 자운영과 독새풀은 월동기주가 되지 못하고 보리와 개밀 2종만이 기주식물이 될 수 있으며, 끝동매미충은 자운영, 보리, 개밀에는 생존하지 못하고 독새풀 단일 기주로 월동하고 있음을 알 수가 있다. 이러한 결과는 필자 등이 애멸구, 끝동매미충 생태조사보고(1977~1984)에서 밝힌것중

에서 애멸구는 월동기간 동안 논둑이나 밭둑에서 자생하는 잡초인 개밀에서 월동을 한 후 이듬해 4월경부터 보리가 재배되는 맥전으로 침입하여 보리를 기주로 하여 산란증식한 후 5월 하순경부터 벼 이앙 답으로 침입하며, 끝동매미충은 월동기간부터 독새풀에서 서식하다가 월동 후에도 역시 독새풀에서 산란증식되어 벼 못자리나 본 답으로 침입한다는 월동세대 중간 기주식물 분포와도 일치하였다.

이상의 결과에서 겨울에 보리를 재배하지 않고 논을 묵혀두면 보리대신 잡초인 독새풀이 번성하게 되고 이것을 기주로 하는 끝동매미충의 발생량이 증가될 수 있다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 휴한답에 있어서 끝동매미충의 성충 우화시기 및 자운영 군락형성 시기

끝동매미충은 약충 3~4령기 상태에서 월동을 한 후 봄이 되면 성충으로 우화가 이루어져서 기주가 많은 곳으로 산란을 하기 위하여 분산되는데 이 시기를 알아보기 위해서 조사한 부화시기는 <그림 1-4>의 상단에 표시된 바와 같다. 수컷은 암컷보다 2~3일 먼저 우화가 시작되며, 암컷은 다소 늦게 이루어지는데 그 시기는 3월 상순경부터 시작하여 하순경에는 50% 우화가 이루어지며 4월 상순경에는 100%성충이 되면서 날개에 힘이 생기면 멀리 떨어진 기주식물에도 옮겨간다. 그리고 독새풀 밭에서 자운영의 군락형성시기를 살펴보면 2월 하순경부터 땅속에 파종된 종자가 발아하여 생육하면서 3월 상순경이 되면 생육이 왕성하기 시작하여 독새풀을 점차 피복하면서 4월 상순경에는 90%에 가까운 정도로 대부분 독새풀을 피복해 버렸다. 따라서 자운영에 의하여 피복 당한 독새풀은 누렇게 변색이 되어 썩어 버리거나, 일부는 간신히 지엽만을 자운영 잎 밖으로 내밀고 있지만, 이것마저도 점차 자운영 군락 속으로 잠적해 버리고 만다. 따라서 이러

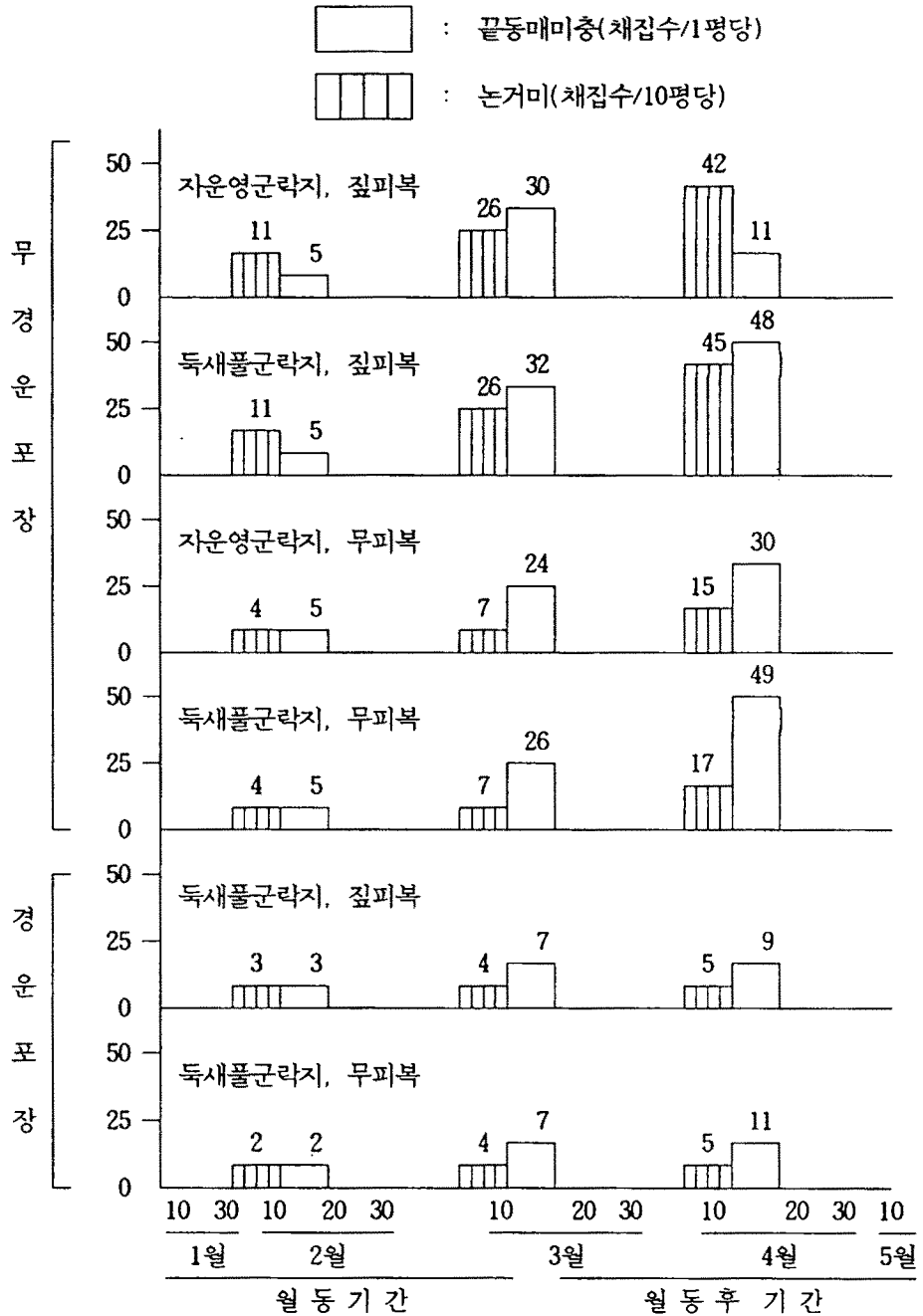


그림 1-1. 무경운 및 경운 포장에 있어서 자운영, 독새풀 군락지별 끝동매미충과 논거미의 서식밀도 비교.('95. 진주)

한 결과는 <그림 1-1>에서도 언급한 바와 같이 독새풀이 생육하던 곳에서 서식하던 끝동매미충은 자운영의 군락으로 없어져 가는 독새풀과 함께 굶어죽거나, 성충으로 우화가 이루어지면 기주를 찾아서 옮겨가는 것으로 추측되어진다.

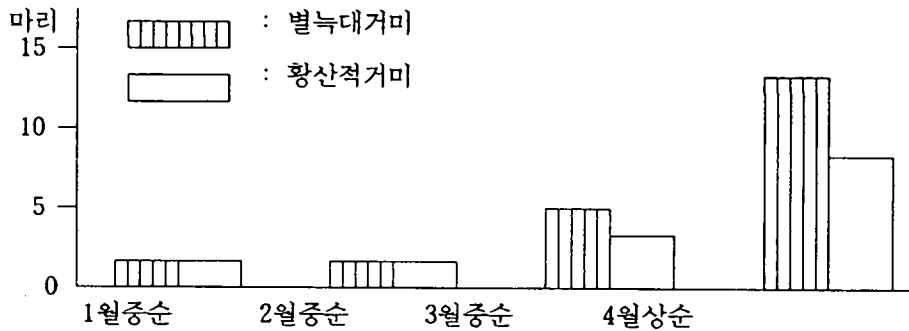


그림 1-2. 휴한답에 있어서 논거미의 끝동매미충 월별 포식량.  
(마리수/개체당 3일간 포식)

Virus 매개충	월 동 기 식 물	1 월			2 월			3 월			4 월
		10	20	30	10	20	30	10	20	30	10
애멸구	자운영	[Bar chart showing survival duration]									
	독새풀	[Bar chart showing survival duration]									
	보 리	[Bar chart showing survival duration]									
	개 밀	[Bar chart showing survival duration]									
끝 동 매미충	자운영	[Bar chart showing survival duration]									
	독새풀	[Bar chart showing survival duration]									
	보 리	[Bar chart showing survival duration]									
	개 밀	[Bar chart showing survival duration]									

그림 1-3. 벼 바이러스 매개충의 월동기주별 생존기간.



### 5. 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물 산란선호성

끝동매미충의 산란선호성을 조사하기 위하여 자운영, 벼, 독새풀 및 보리 등을 기주식물로 제공하여 본 결과를 <그림 1-4>에 나타내었다. 자운영과 보리에는 거의 산란을 하지 않았으며, 벼와 독새풀에만 비슷한 선호성을 보였다. 끝동매미충 월동세대 성충의 산란시기는 <그림 1-5>에서 본 바와 같이 우화가 4월 초순경에 이루어졌고, 곧이어 4월10일을 전후하여 알을 낳는 시기에 해당되는데 이 시기에 벼는 기주식물로서 포장에 생육하지 않기 때문에 독새풀만이 오직 단일 산란기주로 보아진다. 따라서 끝동매미충은 독새풀을 먹이로 하여 월동을 하고 월동이 끝난 후 본답 이동 전까지 산란증식될 수 있는 기주는 독새풀 단일 기주임이 본 조사를 통하여 나타났다.

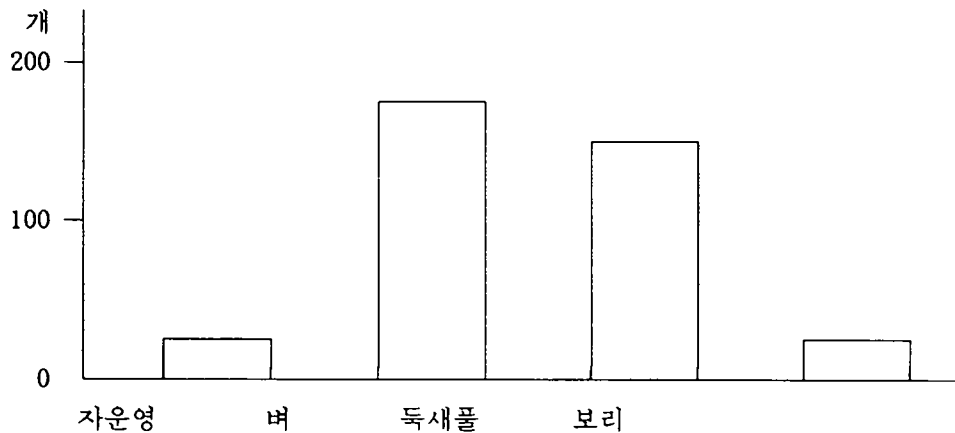


그림 1-4. 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물별 산란 선호성(알수/1마리당).

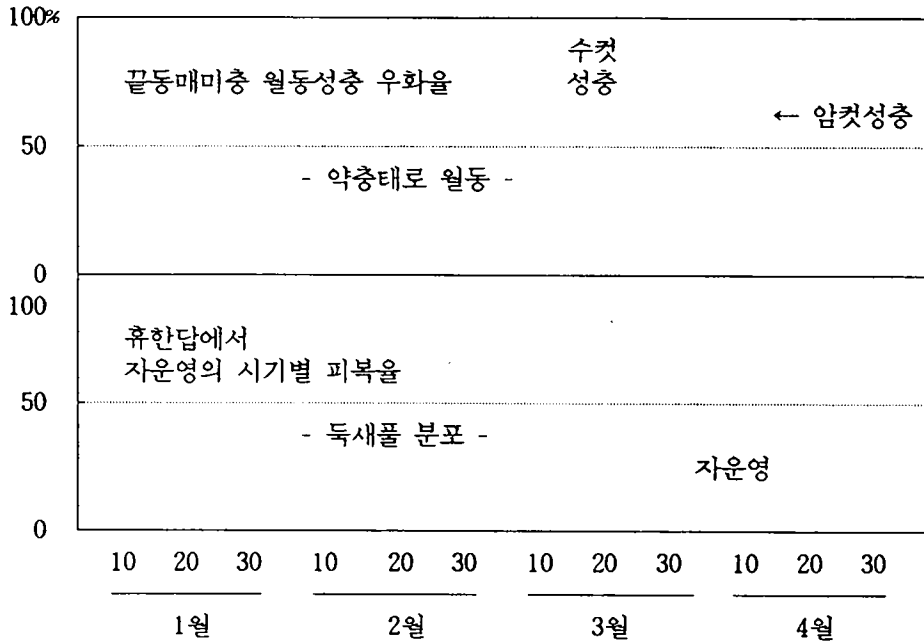


그림1-5. 휴한답에 있어서 끝동매미충의 성충우화시기 및 자운영 군락형성시기.

#### 제 4 절 결론(적요)

1. 월동기간동안 무경운 답에 깊피복을하고 자운영을 파종하여 두면 그렇지 못한 포장(무피복, 독새풀 군락지)에 비하여 끝동매미충의 발생량을 1/3 가량 줄일 수 있는 반면에 천적인 논거미의 밀도는 약 3배정도 증가되었다.
2. 무경운 답에 자운영을 파종하여 두면 3월초순경부터 생육이 왕성해져 독새풀을 피복하기 시작하여 4월 상순경에는 90%이상의 피복율을 보임으로서 독새풀의 생육을 억제시켰다.

3. 월동후 눈 거미(황산적거미, 별늑대거미) 1개체당 일별 끝동매미충 포식량은 7~13마리였으며, 이러한 포식활동이 계속되면 끝동매미충 밀도가 현저히 줄어들 수 있을 것이다.

4. 끝동매미충은 월동기간동안 독새플에서만 생존이 가능하였고, 월동후 벼 직파재배 포장으로 이동전 산란중식 중간기주는 독새플 단일 기주였다. 이상의 결과에서 벼 무경운 직파재배 포장에서 문제시되는 벼 오갈병의 예방을 위해서는 월동전에 포장에 짚 피복과 자운영을 파종하여 월동후에 생육되게 하는 것이 바람직할 것으로 보였다.

### 시험 3. 벼-자운영 무경운 직파 체계에서 자운영의 생육특성과 천적의 분포 및 질소수지 평가

#### 제 1 절 서론

벼-자운영 무경운 직파재배 체계에서 자운영 군락 특성에 따른 *Rhizobium*의 공중질소 고정능을 조사함으로써 날로 증가되어 가고 있는 화학비료의 투입량을 줄일 수 있으며 자운영 군락에서 월동잡초의 종류 및 생육을 조사 비교검토함으로써 직파 재배체계에서 가장 큰 문제점으로 지적되고 있고 잡초방제에 기여할 것으로 판단된다.

자운영 1회 파종으로 영속성을 유지하기 위해서는 벼씨 파종기에 관계 정도와 시기가 중요하므로, 개화후 종실이 완전히 성숙하는데 필요한 개화 후 일수를 조사하고, 담수후에 자운영의 군락이 녹아 붕괴되는 기간 그리고 자운영 종자의 휴면성과 담수성이 조사됨으로써 중북부지역까지 이 재배법을 확대할 수 있는 가능성을 찾을 수 있을 것이다.

월동잡초와 천적 및 병해충의 발생은 밀접한 관계에 있으므로 이들을 경운조건과 비교하고 피복의 유무에 따른 월동해충의 생태를 조사함으로써 병해충 발생 정도를 예상할 수 있을 것이다.

과밀한 자운영 군락에 의한 벼-자운영 Interrelaying cropping system에서 자운영의 추축물에 의한 환원 조건과 유기산의 발생 등에 의한 초기 입모율 확보의 어려움과 초기 생육을 높이기 위한 방법으로 맥류와 자운영의 경합에 의한 자운영 밀도를 낮추거나 예취등의 방법으로 초기생장을 증대시킬 수 있을 것이다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

### 1. 벼-자운영 무경운 재배체계에서 질소수지의 평가

#### 가. 포장선정 및 자운영 재배방법

자운영이 자생하고 있는 의령 ( $100*28=2800\text{m}^2$ )과 사천( $100*16=1600\text{m}^2$ )에서 실제 농가의 포장을 선정하여 벼 파종시기까지 특별한 관리 없이 유지.

#### 나. 조사방법 및 조사항목

1996년 4월 2일로부터 10일 간격으로 5월 25일까지 의령과 사천 자운영 포장에서  $0.1\text{m}^2$  크기의 벧짚 피복구와 무피복구에서 5반복으로 초장, 근장 및 건물중을 조사하였음.

#### 다. 분석

생육 조사를 마친 자운영의 지상부 와 뿌리및 토양의 총질소 함량을 Kjeldhal method에 의해 분석함.

#### 라. 질소 수지

벼의 생육단계에 따라 토양의 C/N율과 벼의 질소 함량을 조사.

### 2. 벼- 자운영 무경운 재배체계에서 자운영의 밀도가 월동 잡초의 생장에 미치는 효과구명

자운영 밀도를 증가함으로써 월동잡초의 밀도를 낮출 수 있는 바 그 효과를 실제 자운영이 자생하고 있는 포장(사천, 의령)에서 자운영의 밀도에 따른 잡초발생의 정도를 조사하였음. 자운영의 생장에 따른 잡초 초종의 변화 그리고 잡초의 밀도 및 건물량을 조사하였으며, 조사방법은  $0.1\text{m}^2$  방형구를 설치하여 자운영 유무, 벧짚 피복유무 별로 그 효과를 조사하였음.

### 3. 벼-자운영 무경운 직파 재배 체계에서 자운영 채증 시기 구명

벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 자운영 1회 파종으로 자운영 군락을 영속적으로 유지하기 위하여 자운영 개화기를 중심으로 15일경부터 3일간격으로 자운영 종자를 채종하여 종자의 수량과 발아능력을 검정하였다.

### 4. 벼-자운영 무경운직파체계에서 천적의 분포와 생태적인 특성을 구명

무경운 직파재배 논에 서식하는 병해충과 천적의 종류, 천적의 종류별 벼해충 밀도억제 효과, 작부체계별 본답 초기 벼 바이러스 매개충의 발생 및 본답초기 바이러스 발병율, 작부체계별 본답기 벼해충 천적의 밀도를 조사하였다.

## 제 3 절 결과 및 고찰

### 1. 벼-자운영 무경운 체계에서 질소수지기능의 평가

경운과 무경운 조건에서는 경운조건이 무경운 조건보다 높게 나타났고 자운영 유무에서 유수형성기까지는 자운영구가 높게 유지되었으나 출수기에는 큰 차이가 없었다. 시비량에 따른 엽색의 변화는 시비량이 증가 할수록 높게 나타났다. 결국 유수형성기의 추비시용이 자운영구에서도 필요한 것으로 사료된다.

### 2. 벼-자운영 무경운 체계에서 자운영 밀도와 월동잡초의 생장에 미치는 효과 구명

자운영의 재배가 잡초발생억제에 효과적이었고, 무경운 조건이 경운 조건보다 자운영 밀도가 높게 유지되었음. 결국 무경운 포장에서 자운영을 재배하는 것이 월동잡초의 발생을 억제하는데 효과적으로 사료됨.

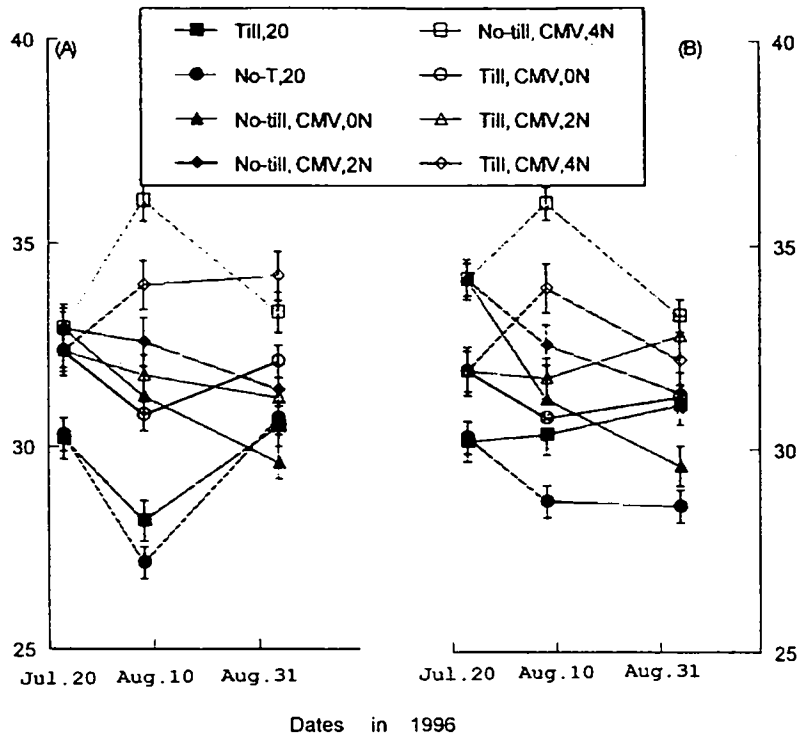


그림 1-6. Changes in SPAD-502 values (Chlorophyll content) of paddy rice grown in no-till direct-sown rice cropping system. seeding rate (A): 20kg/10a, (B): 10kg/10a.

표 1-8 자운영 재배 및 경운, 무경운에 따른 잡초 개체수 (개체수/0.1m<sup>2</sup>) (사천, 1996)

처리	자운영	독새풀	기타	
경운	자운영			
+	+	48 ± 20.04	53 ± 15.29	38 ± 13.37
+	-	15 ± 8.13	159 ± 71.64	26 ± 4.12
-	+	100 ± 27.14	56 ± 26.02	24 ± 5.97
-	-	12 ± 5.05	237 ± 67.41	32 ± 6.90

### 3. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 적정 자운영 채종시기 구명

본 시험결과 자운영의 채종시기는 5월 21일 이후부터 15%정도에 이르고 5월 23일에는 30% 이상으로 발아율이 높아서 자운영의 영속재배가 가능할 것으로 사료됨. 결국 자운영의 밀도를 조절하는 문제는 자운영의 개화후 어느시기에 담수를 하느냐에 따라서 조절할수 있을 것으로 사료됨.

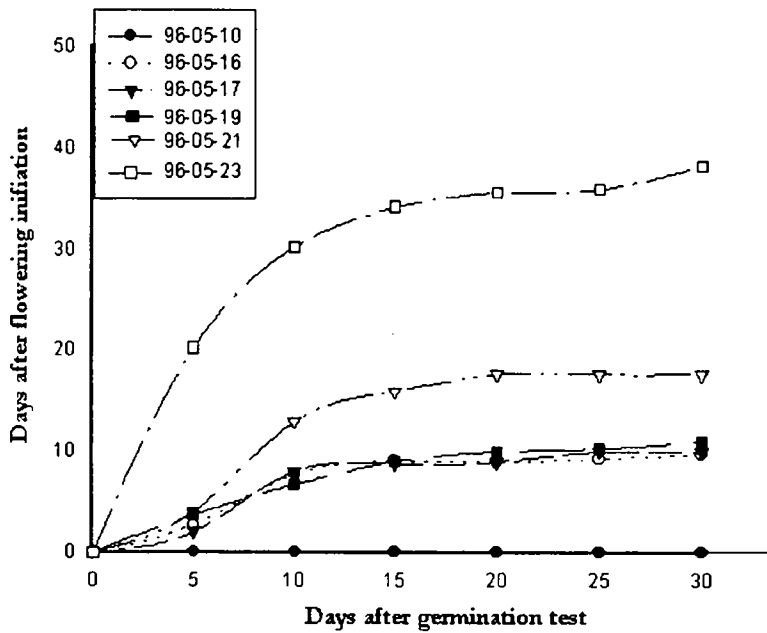


그림 1-7. Difference in germination percentage as affected by the different harvesting time in the Chinese milkvetch-rice paddy field.



4. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 천적의 분포와 생태적 특성구명

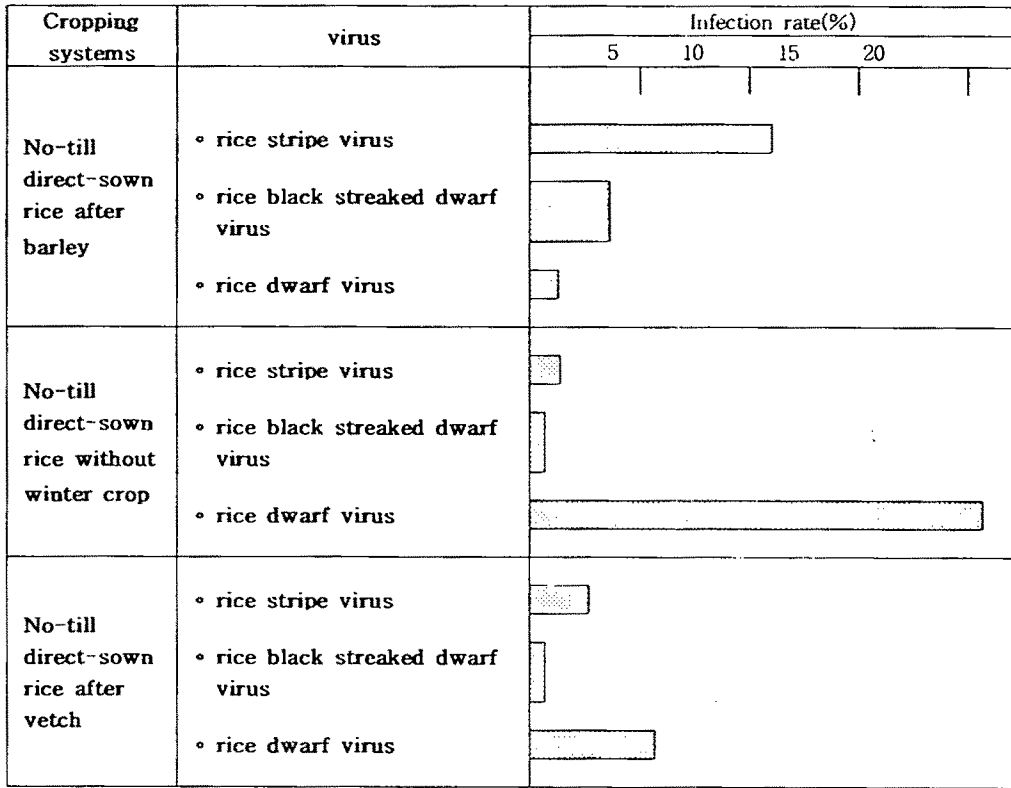


그림 1-8. Differences in virus infection rate of rice grown under no-till direct-sown paddy rice in different cropping systems.

Cropping systems	Major rice pests	No. of individuals/3.3 m <sup>2</sup>									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
No-till direct-sown rice after barley	smaller brown planthopper	[Bar chart showing approximately 75 individuals]									
	rice green leafhopper	[Bar chart showing approximately 10 individuals]									
No-till direct-sown rice without winter crop	smaller brown planthopper	[Bar chart showing approximately 20 individuals]									
	rice green leafhopper	[Bar chart showing approximately 85 individuals]									
No-till direct-sown rice after vetch	smaller brown planthopper	[Bar chart showing approximately 25 individuals]									
	rice green leafhopper	[Bar chart showing approximately 45 individuals]									

그림 1-9. Major rice virus-transmitting insects observed in no-till direct-sown paddy in different cropping systems

가. 무경운 직파재배 논에 서식되는 벼해충 천적의 종류

모두 9과 18종으로 밝혀졌으며, 이들 천적의 종류는 포식천적인 황산적 거미, 별늑대거미, 개구리류와 알기생벌류는 애멸구, 끝동매미충, 벼멸구 알기생벌의 4종과 기생천적은 선충류 1종, 약충기생벌 3종, 기생파리 1종이며 기타 메뚜기, 노린재 등이었다.

나. 천적의 종류별 벼해충 밀도억제 효과

- 거미류 - 1일당 5마리~10마리(멸구류)
- 개구리 - 30~100마리(벼해충)
- 알기생벌 - 100~200마리(멸구, 매미충)
- 선충 - 100~300마리(벼멸구)
- 파리 - 50~200마리(끝동매미충)

- 집 게 벌(약충기생벌) - 50~70마리(멸구, 매미충)
- 찌 르 기 - 10~20마리(끝동매미충)
- 노 린 재 - 5~30마리(벼멸구)

**다. 작부체계별 본답초기 벼 virus 매개충 발생 상황**

- 보리+무경운 직파체계
  - 애멸구의 발생이 현저히 많았고 반면에 끝동 매미충의 발생은 극히 적었음.
- 휴경(뚝새풀)+무경운 직파
  - 애멸구는 극히 적었고 반대로 끝동매미충의 발생은 현저히 증가 하였음.
- 자운영+무경운 직파
  - 애멸구나 끝동매미충의 발생량이 다같이 현저히 줄어 들었음

**라. 작부체계별 본답기 천적밀도 비교**

- 무경운, 짚피복, 자운영 재배+무경운 직파 재배포장이 경운, 무피복, 나지+경운 묘이앙 재배포장보다 천적의 밀도는 각각 다음과 같이 증가하였음
- 논 거 미 ----- 4배 증가
- 벼멸구 기생선충 ----- 약 4배 증가
- 알기생벌 ----- 약 3배 증가
- 기생파리 ----- 동 일
- 집 게 벌 ----- 비 슷
- 찌 르 기 ----- 5배 증가
- 노 린 재 ----- 14배 증가

마. 작부체계별 본답기 해충 밀도

- 무경운, 짚피복, 자운영+무경운 직파포장이 경운, 무피복, 나지 + 경운 묘이앙포장에 비하여 다음과 같이 밀도가 줄었음
- 벼멸구 ----- 68%
- 흰등멸구 ----- 42%
- 이러한 원인은 천적에 의하여 줄었는 것으로 생각되며 천적의 발생량은 무경운, 짚피복, 자운영+무경운 직파재배 포장이 관행재배 포장보다 훨씬 많기 때문으로 사료됨

5. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 맥류와의 경합에 의한 자운영 밀도 조절 기능평가

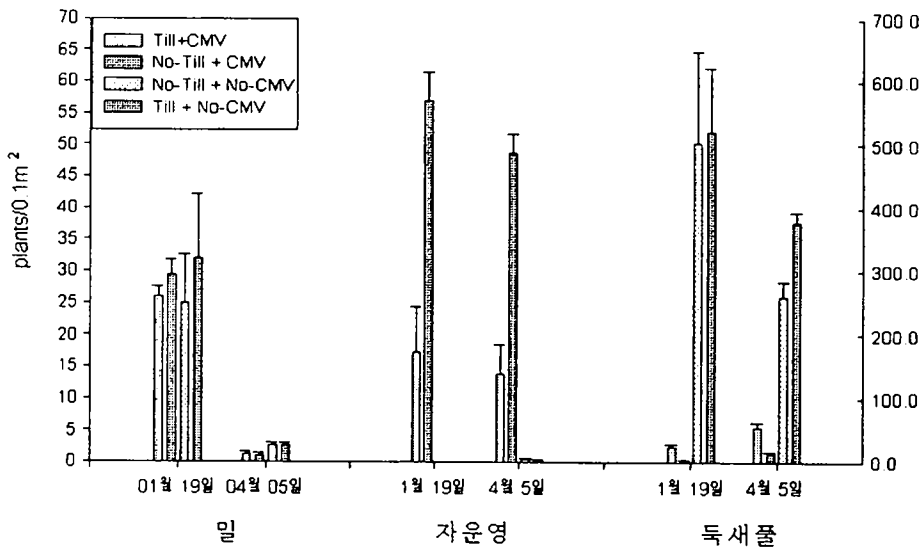


그림 1-10. 밀파종에 따른 자운영과 잡초의 발생과 군락변화

밀과 보리 파종으로서 월동은 가능했으나, 높은 (1000개/㎡ 이상) 자운영 밀도와외의 경합에서 압도 당하여 개화기 무렵에는, 극히 낮은(10개/㎡ 이하) 밀도를 나타내어 자운영 밀도가 높은곳에서는 합당하지 않은 것으로 사료되므로 매년 파종구나 맥류의 파종시기가 10월 중으로 될 경우에는 가능할 것으로 사료되어 맥류파종으로 자운영의 밀도를 낮춤과 동시에 맥류의 수확도 가능할 것으로 사료됨.

가. 자운영을 잔존시킨 상태(방치, 예취제거, 제초제처리)에서의 벼 입모율은 그렇지 않았을 때에 비하여 낮았으나, 적정 입모수는 확보되었음.

나. 잡초를 방제하지 않은 상태에서 생육중기의 잡초 발생량은 자운영을 예취 하여 제거할 때 가장 많고, 다음이 자운영을 방치할 때이며, 발생 초종은 피가 주종을 이루었음.

다. 미생물 서식밀도를 보면 자운영 경운시 세균과 방선균의 밀도가 매우 높았으며, 자운영 방치시 사상균의 밀도가 높았음.

라. 생육초기의 초장은 자운영을 예취 제거할 때 가장 길었고, 자운영을 방치할 때 가장 짧았다. 그러나 생육 후기에는 처리간 초장 차이가 크게 나타나지 않았다.

마. 벼 수량은 자운영 경운 구에서 가장 높았고, 다른 처리 구에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았다.

바. 질소시비량간에 비교해 볼 때 시비량이 증가할수록 수량도 증가하였음.

## 제 4 절 결론(적요)

### 1. 벼-자운영 무경운 체계에서 질소수지의 평가

자운영 근류균의 질소 고정능력을 정량적으로 분석단계에 있으며 중간 결과는 자운영 밀도가 과다한 것보다는 다소 낮은 군락에서 질소고정 능력이 높을 것으로 추정됨. 총 근류균의 수와 활성은 측정되지 않았지만 고밀도에서 자운영의 뿌리가 표토에 분포하고 근류균의 크기도 저밀도 보다 작았고, 개화기에 근류균의 활성도(근류균의 색깔)도 또한 저밀도구에서 높게 나타났다. 벼-자운영 무경운 직파재배체계에서 기비를 전혀 사용하지 않은 무비 재배에서 벼 수량은 일반농가에 비하여 20% 적게 조사되었다.

### 2. 벼- 자운영 무경운 직파재배 체계에서 자운영의 밀도가 월동 잡초의 생장에 미치는 효과구명

자운영의 밀도가 높은 곳에서는 잡초의 발생빈도가 낮았으며, 자운영의 생장이 진행됨에 따라서 잡초의 밀도는 상대적으로 감소했으며, 특히 자운영구와 무자운영구를 대비해 볼때 독새풀의 발생정도는 자운영구에서 현저히 낮았다.

### 3. 벼-자운영 무경운 직파 재배 체계에서 자운영 채종 시기 구명 :

발아력을 가지는 자운영의 종자를 얻을 수 있는 시기를 예측하기 위하여 개화후 소요일수, 적산온도 및 일사량이 조사되었다. 외관상으로 판단할때 개화후 20일이 경과하면 발아에 지장이 없는 것으로 추정된다. 결국 의령과 사천에서는 4월 중순경부터 개화가 시작되어 5월 초순이면 만개기가 되는데 전체적으로 5월 1일경에 개화한 것은 5월 20일경에 달하게 될 때 관개후 벼를 파종하게 되면, 자운영군락을 영속적으로 유지할 수 있을 추정

됨. 계산상으로 10a당 3-4kg의 자운영 종자가 사료용 재배로 추천되고 있는데, 의령 자운영 포장에서 생산된 종자는 5-7kg/10a이었으므로 전체종자 생산량의 60%정도만 확보되어도 자운영 영속재배가 가능할 것으로 추정됨.

#### 4. 벼-자운영 무경운직파체계에서 천적의 분포와 생태적인 특성을 구명.

벼 무경운 직파재배 논에서 서식하는 벼해충 천적은 거미류, 알기생벌류, 선충, 파리류, 약충기생벌류, 찌르기 및 등검은 황록장님노린재 등이었으며 천적 1개체당 해충밀도효과는 매우 크게 나타났다. 자운영-무경운 직파체계에서는 보리-무경운 직파체계 또는 휴경+무경운 직파체계에 비하여 애멸구와 끝동매미충의 발생밀도(마리수/평)가 현저히 감소되었고, 그 결과 줄무늬 잎마름병, 검은줄 잎마름병 및 오갈병의 발병율이 크게 감소되었다. 자운영 무경운 짚 피복처리구에서 본답기의 벼 해충 천적밀도도 경운 무피복처리구에 비하여 크게 증가되었으며 본답기 벼멸구와 흰등멸구의 밀도도 자운영 무경운 짚 피복처리구에서 크게 감소되었다.

## 시험 4. 벼-자운영 무경운 직파재배 유형에 따른 질소 비료 효과

### 제 1 절 서론

벼-자운영 무경운 직파재배에서 가장 중요한 사항은 초기 입모율 확보인데, 이를 위해서 자운영 유무, 이모작 유무, 벼짚 피복 유무를 무경운 조건에서 비교하고 이를 경운 직파와 비교함으로써 입모율의 확보를 위한 최선의 방법을 찾을 수 있을 것이다.

논토양에서 자운영과 벼짚의 침출물에 의한 벼의 발아 및 초기생육의 억제는 낮은 Eh가 가장 밀접한 관계에 있으므로, 이를 답수후 시간 경과에 따라 조사함으로써 침출물에 의한 stress를 회피할 수 있는 방법을 찾을 수 있을 것이다.

과거에는 시비량과 시비시기를 판정하는 것은 매우 어려웠으나 색도계의 출현으로 정확한 수치화된 data를 이용하여 포장조건에서 10가지 재배 방법별로 엽색의 색도를 판정하여 생육시기별로 변하는 양상을 조사함으로써 자운영의 질소가 벼에 이용되는 시기를 판정하여 시비시기와 시비량을 판정할 수 있다.

자운영과 벼짚의 투입으로 인한 벼의 초기 생육 부진은, 토양질소의 토양 미생물에 의한 Immobilization현상이 많이 제거되는 것으로 Immobilization량을 검정함으로써 질소의 행방을 예측하고, 작물의 생육과정에 따라 시기별로 어느정도의 질소가 유출될 것인가를 예측할 수 있다.

직파재배 벼, 양질미 벼, 그리고 다수확계의 벼 품종을 벼-자운영 재배 체계에 도입하여 비교 평가하고 또 각 재배방법별 생육과 수량구성 요소



및 수량을 평가함으로써 직접 농가에 보급하여 농가의 소득 증대에 기여할 수 있을 것이다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

작부유형별 평가방법은 자운영 포장에 자운영 유무, 이모작 유무, 벧짚 피복 유무 그리고 건답직파 및 경운이랑과 경운직파 재배법을 비교 평가하였다.

직파 재배체계에서 적정입모수의 확보는 가장 중요한 기술로 인식되고 있는데, 이 시험에서는 최아종자를 담수상태의 논에 파종한 것과 파종 3주 후에 관개를 하는 건답재배 그리고 경운 직파재배로 구분하였고, 무경운 조건에서는 벧짚의 피복과 무피복으로, 벧 단작과 밀-벼 이모작 체계, 그리고 자운영 (CMV: Chinese Milk Vetch)과 벧의 무경운 순환 직파 영속재배 조건에서 입모특성이 조사되었다.

입모수는 파종 1개월후에 조사하였고, 토양의 환원정도는 Eh meter를 이용하여 담수 3일후부터 조사하였고, 미생물에 의한 질소의 Immobilization은 Chloroform fumigation extraction method를 이용하여 3차례에 걸쳐 조사하였고, 벧의 생육은 주요 생육 stage별로 조사되었고 우수 벧 품종의 평가는 무경운 벧-자운영 재배가 3년 연속된 포장에서 이루어졌다.

잡초발생량과 토양조사 및 나머지 조사방법은 일반 조사법에 준하였다.

이상적인 초형을 찾기 위해 엽각, 엽신의 길이, 줄기의 크기(culm diameter), 수량 및 수량구성요소를 조사하였으며, 뿌리의 활력은  $\alpha$ -naphthylamine 방법을 이용하여 출수후에 1주 간격으로 3차례 조사하였다.

### 제 3 절 연구결과 및 고찰

#### 1. 벼-자운영 무경운 직파 재배체계에서 작부 유형별 작부체계 확립.

가. 유형별 입모율:

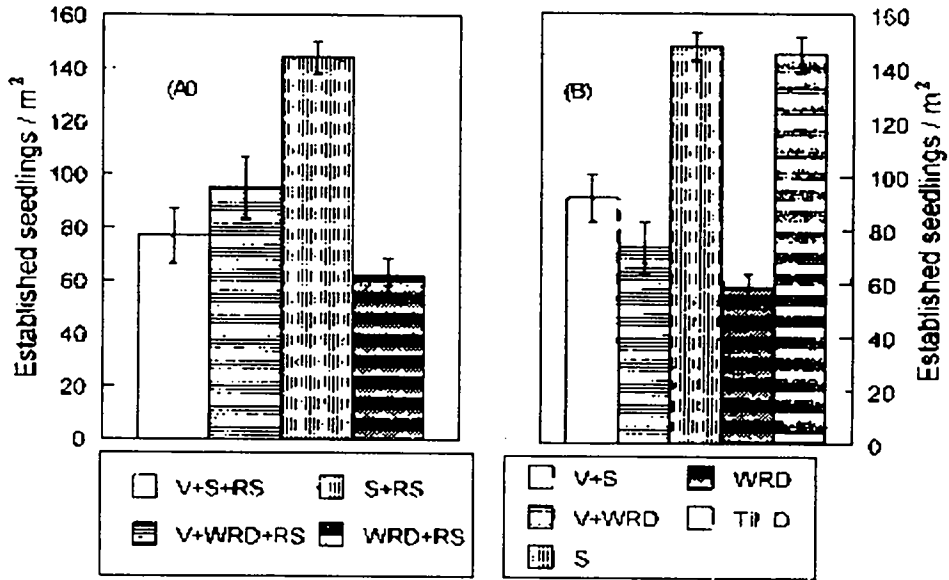


그림 1-11. Changes in established seedlings of no-till direct-sown rice grown under different soil and straw mulching managements.

S, Rice single crop in no-straw mulched:

V+S, Rice crop and vetch-straw mulched:

V+S+RS, Single crop of rice and vetch straw mulched:

S+RS, Single crop and rice-straw mulched:

WRD, Wheat -Rice double crop, wheat-straw mulched:

V+WRD, Wheat-rice double crop, Vetch & Wheat-straw mulched:

V+WRD+RS, Wheat-Rice double crop, vetch, wheat and rice-straw mulched.

\* Established seedling were counted on June 15 but July 1 in Dry systems.

무경운 직파 벼의 입모수는, 피복한 곳은 90개/㎡로써 피복하지 않은 곳의 85/㎡보다 높은 경향을 나타내었다. 무경운조건에서 벼 단작 체계가 밀

-벼와 자운영-벼 재배체계보다 입모율이 높게 나타났다(<그림 1-11>). 경운 조건에서는 무경운 조건보다도 벼 단작체계를 제외하고는 입모수가 높게 나타났는데, 경운구에서는 최아된 범씨가 쓰레질후 물에 희석되었던 미세한 흙 입자가 어느 정도의 피복효과를 나타냈는데 그 결과는 조류(특히 참새)의 피해를 적게 받았다. 무경운 조건에서는 자운영과 밀짚이 새의 접근 방지효과 그리고 여러 가지 침출물은 새의 접근을 줄이는데 기여하였으나, 궁극적으로 새의 피해를 방지할 수 있는 방법은 종자피복의 효과 그리

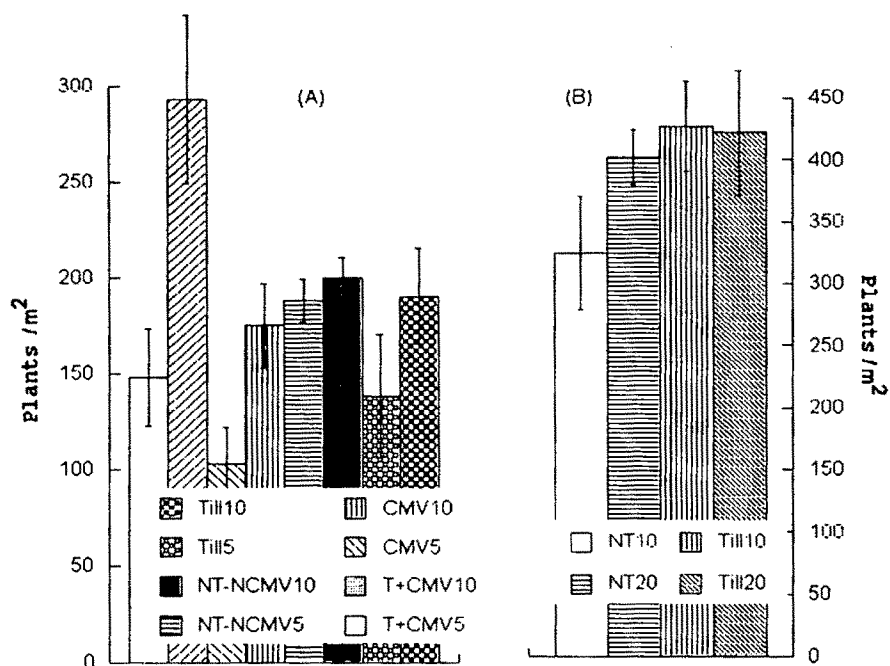


그림 1-12. Changes in established seedlings of rice as affected by two different seedling rates(ordinary 5kg/10a and high 10kg/10a) in different tillage and straw mulching conditions.

Till. 5 or Till 10, tilled low or high seedling rate: CMV 10, no-till, high seedling rate and vetch-straw mulched: NT-NCMV 10, no-till, no-straw mulched, high seedling rate: CMV 5, no-till, vetch-straw mulched, low seedling rate: etc.

고 담수방법, 즉 초기에 심수를 하는 것이 초기 입모율을 높일 수 있는 방법으로 고려될 수 있고, 파종량을 늘리는 방법도 고려되어야 할 것으로 사료된다. 제2차년도 연구결과에 의하면 <그림 1-12> 사천 자운영 재배구에서 파종량 5kg/10a 구는 100/m<sup>2</sup> 인 반면 10kg/10a에서는 170/m<sup>2</sup> 여개의 입모수를 확보할 수 있었다. 이론적으로 담수후 초기 상태에 Eh가 급격히 감소하는 것은 미생물의 유기물에 대한 분해작용에 의한 것이고, 담수후기의 변화는 토양광물 성분의 환원력에 의하는데, 이 시험에서는 담수 3주후에

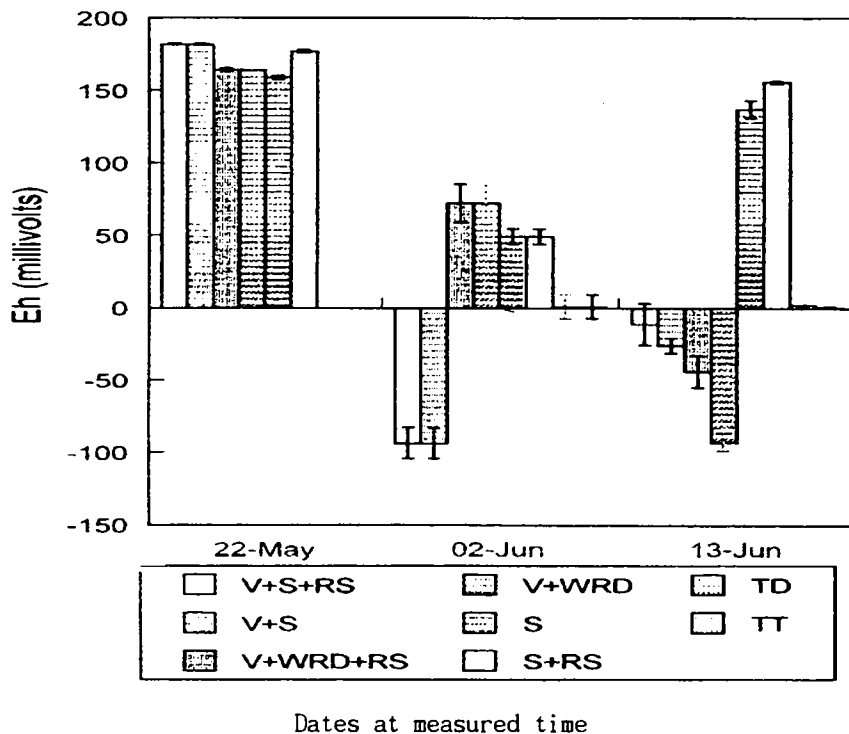


그림 1-13. Changes in Eh as affected by different cropping systems and straw-mulching condition, S, Single crop (rice); RS, Rice Straw mulched; V, Vetch straw mulched; WRD, Wheat-Rice Double crops, wheat-straw mulched; TD, Tillage & Direct-sown; TT, Tillage & Transplanted.

Eh가 급격히 저하되고 후반기에 상승한 것으로 볼 때, 자운영 재배구에서 초기 입모수 확보가 다른 체계보다 낮은 원인은 이미 언급된 바와 마찬가지로 자운영 침출물의 발아억제 및 초기생육 저해효과를 들수 있는데 <그림 1-13>의 산화환원 전위차를 보면 자운영구에서 파종후 1주경부터 약 -100 millivolts정도의 Eh 값이 이를 증명해주고 있다. 자운영 재배구를 제외하고는 전체적으로 50 millivolts이상을 유지하였다. 자운영의 생육이 정지되지 않은 상태에서 범씨를 토양표면에 파종 하였을때 토양온도가 떨어져 초기생육에 불리한 영향을 끼친다는 많은 보고가 있으나, 이 시험의 결과 <그림 1-12> 자운영 영속재배 기간이 짧으면 자운영으로 인한 지표면 온도차이는 인정되지 않았다. 따라서 자운영의 생존자체가 주요한 요인이 될 것이나, 자운영 재배기간이 3년차 무경운 포장인 사천에서의 온도 비교에서 평균 1°C 정도의 차이가 입모율에 영향을 줄 수 있었을 것으로 사료된다.

**나. 작물생장율(Crop Growth Rate, CGR: Dry weight g/m<sup>2</sup>. day) :**

<그림 1-14>에서 (A)는 벧짚을 피복한 경우이고 (B)는 벧짚 무피복 재배구를 가리키는데, 피복한 것이 무피복의 경우보다 유수형성기에 전체적인 CGR의 차이가 크고 벧 단작 + 벧짚 피복재배 체계(S+RS)가 가장 높게 나타났으며, 밀-벼 이모작 체계 + 벧짚 피복(WRD+RS), 자운영-벼 재배체계 + 벧짚 피복(V+S+RS)이 끝으로 (자운영+밀)-벼 재배체계 + 벧짚피복(V+WRD+RS)의 순으로 낮아졌다. 그리고 벧짚 무피복의 경우는 전체적인 큰 차이없이 경운구가 가장 높게 나타났다. 출수기에는 벧짚피복구에서 자운영+밀-벼 재배체계가 가장 크게 나타났고 벧 단작 자운영-벼 재배, 밀-벼 이모작 체계의 순으로 낮아졌다. 벧짚 무피복의 경우에는 단작구와 자운영+밀-벼 재배체계가 가장 높았고 관행과 자운영-벼 재배체계, 밀-벼 이모작구와 경

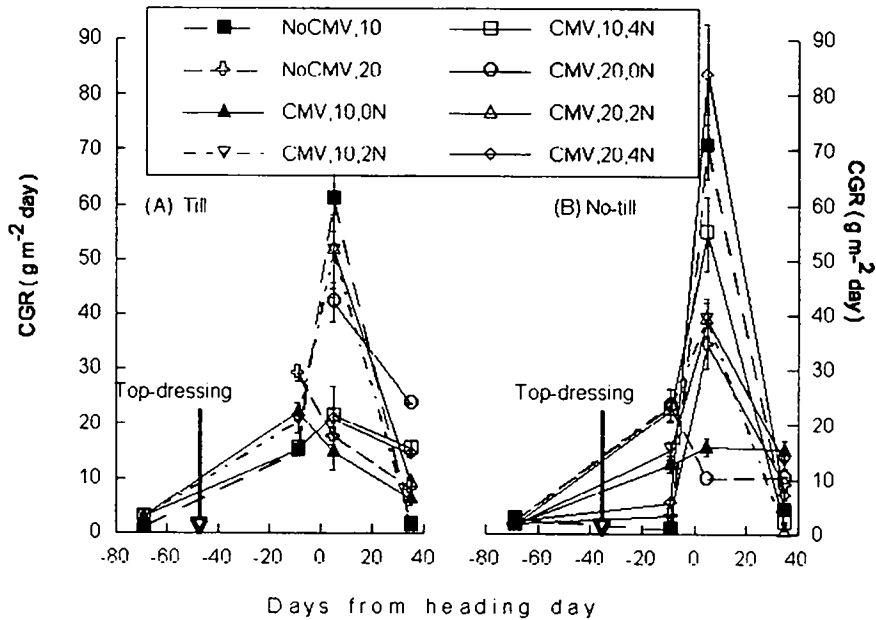


그림 1-14. Changes in Crop Growth Rate(CGR) at the different growth stages of rice grown in no-till direct-sown rice production systems.  
 (A) Rice straw mulching and (B) no mulching.

운 직파구의 순으로 낮아졌다. 이 결과에서 자운영은 초기 생장을 억제한 반면 유수형성기 이후에는 생육을 촉진하는 것으로 평가되었다. 그리고 밀-벼 이모작 재배체계는 전체적으로 생육이 부진하였다.

다. 엽색(SPAD-502 value) :

엽색은 SPAD-502로 제2위엽신의 기부에서 2/3지점의 중앙 엽맥을 제외한 부분을 측정했는데, <그림 1-15>에서 지적된 바와같이 벳짚 피복의 밀-벼 재배체계가 전체적으로 가장 높게 나타났는데, 이 결과는 <그림 1-14>의 초기 생육이 부진한 것과는 다른 양상처럼 표현되나 실제로 출수 45일전부터 밀-벼 재배구에서는 엽색이 짙은 녹색으로 나타났으며, 1차 추비 시용

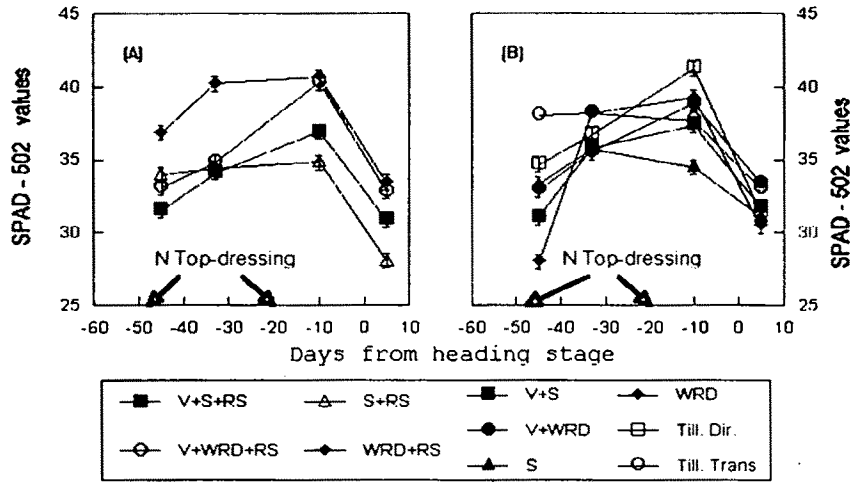


그림 1-15. Changes in leaf color as affected by various straw-mulching treatments of rice in till and no-till conditions. Rice-straw mulched (A) and No mulching (B)  
 S, Single crop (rice); WRD, Wheat-Rice double crops; V+S+RS, Vetch-straw mulched, single crop and rice-straw mulched; Till. Dir., tilled and direct-sown; Till. Trans., tilled and transplanted.

\* Basal application of fertilizers was made on the date of three weeks after direct sowing and 2 days before transplanting.

후에 급격히 상승했음을 알 수 있다. 이 결과는 (자운영+밀)-벼 체계에서도 효과적으로 작용하여 추비 시용 이후 SPAD값이 33에서 출수 10일 전에는 40으로 급격히 상승했음을 알 수 있다. C/N율이 높은 유기물 시용이 초기생육을 억제시키지만 전작물인 밀이 자운영과의 경합으로 생산량이 50kg/10a 정도로 관행 이모작 체계보다 약 1/5 정도로 밀짚이 적게 투입된 것이 C/N율을 높이는 효과가 적었던 것으로 사료된다. 결국 자운영의 과번무를 막아 입모율의 향상과 초기 생육을 높이기 위한 방법으로서는 밀+자운영-벼 재배체계가 이상적일지 모르나 밀의 생산성 면에서는 불리하게 작용할 것으로 보인다. 유수형성기 전후에는 밀-벼 체계가 40으로 평균 33보

다 7정도 높았고 출수 10일 전에는 밀+자운영-벼 체계가 급격히 상승하여 40으로 밀-벼 이모작구와 비슷하게 높게 나타난후 출수 1주후까지 다른 처리구보다 높게 유지되었다. 결국 벼 단작구는 유효분얼기를 제외하고는 가장 낮게 유지 되었는데 그 원인은 질소이용효율(Nitrogen use efficiency, NUE : shoot T-N/applied N)이 시용한 질소를 유기물의 부족으로 인하여 낮아진 것이 그 이유이고 두 번째는 유기물 함량이 높은 토양에서는 초기 질소를 고정했다가 최고분얼기 전후로 유출시키는 특징이 있는데 이와 동시에 유기물 자체가 가지고 있던 질소도 미생물에 의해 공급되었다가 탄소원의 부족으로 미생물 자체의 질소가 유출되는 것으로 판명되는데, 그 정확한 성적은 <표 1-9, 1-10, 그림 1-29>에서 자세히 설명 되어있다.

벼짚 무피복구에서는 밀-벼 이모작 체계가 SPAD값이 초기에 가장 낮았으나, 추비시용 10일후 27에서 38정도로 급격히 상승했다. 초기 SPAD값은 이양구, 경운 직파, 벼 단작과 밀+자운영-벼 체계, 자운영+벼, 그리고 밀-벼 이모작 체계 순으로 나타났다. SPAD값은 출수 10일전에는 경운 직파가, 그리고 출수 1주일후에는 경운이양과 밀+자운영-벼 재배가 가장 높게 유지되었다. 자운영-벼 재배구의 벼잎 SPAD값은 유효분얼기때에 30으로 낮은 편이었으나 출수 10일전에는 38 그리고 출수 1주후에는 32정도 유지되었다.



표 1-9. Changes in microorganisms in the paddy soil under different cropping systems and various straw mulching conditions.

(Site : JANGSONG)

Crop and straw management	Bacteria ( $10^6$ /soil(g))		Fungi ( $10^3$ /soil(g))		Actinomycetes ( $10^3$ /sol(g))	
	July 10	Aug 18	July 10	Aug 18	July 10	Aug 18
Rice Single Crop						
No-straw mulched	59.3	4.3	1.3	3.5	1.4	350
Rice-straw mulched	20.2	1.8	24.9	2.5	0.8	50
Vetch-straw mulched	63.2	0.9	1.8	1.8	1.0	0
Rice-vetch straw mulched	7.9	0.5	2.0	1.6	1.2	0
Rice-Wheat Double Crops						
No-straw mulched	11.0	1.9	12.7	2.8	0.6	100
Rice-straw mulched	5.9	2.1	4.0	2.1	0.4	150
Vetch-straw mulched	87.9	0.85	4.7	2.9	1.6	0
Rice-vetch straw mulched	15.0	1.3	1.8	1.2	1.3	50
Tillage direct-sown	24.7	6.7	3.9	4.2	0.9	150
Tillage transplanted	3.4	5.7	5.1	2.1	1.8	50

표 1-10. Effects of nitrogen fertilizer levels on the changes in micro organisms in the paddy soil under the different cropping and straw-mulching management

Crop and straw mangement		N fertilizer level ( 10a )				
		0	7	9	11	Vetch+7
Rice single crop						
No-straw mulched	Bacteria (10 <sup>9</sup> )	1.5	1.2	1.1	4.3	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.85	2.9	1.8	3.5	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )	50	100	150	350	
Rice straw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.5	2	1.8	1.8	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.86	2.7	2.7	2.5	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )		200	100	50	
Vetch straw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.6	1.3	1.5	0.9	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	1.4	1.6	1.7	1.8	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )		50	50	0	
Vetch & Rice straw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.6	0.85	1.3	0.5	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	1.4	2.4	0.9	1.6	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )	0	0	0	0	
Rice-Wheat double crops						
Wheat straw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.3	3.5	3	1.9	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.96	1.4	2.3	2.8	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )		50	100	100	
Wheat & Rice starw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.3	1.6	2.4	2.1	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.95	1.4	2.1	2.1	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )	0	100	0	150	
Vetch & Wheat & Rice starw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.5	0.9	4.2	1.3	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.45	2	2.7	1.2	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )	0	0	50	50	
Vetch & Wheat starw mulched	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.5	3.1	1.9	0.85	
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.43	5.8	2.7	2.9	
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )		200	0	0	
Tillage direct-sown	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.1	4.2	3.5	6.7	6.6
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.75	2	4.2	2.5	6.5
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )	150	250	500	150	250
Tillage transplanted	Bacteria(10 <sup>9</sup> )	1.2	1.5	4.6	5.7	1.6
	Fnugi (10 <sup>4</sup> )	0.95	0.05	0.8	2.1	1.3
	Actinomycetes (10 <sup>4</sup> )	100	0	0	50	0

#### 라. 엽면적지수(LAI )

엽면적지수는 출수 35일, 8일전 그리고 출수 8일 후에 LAI-2000의 Leaf area meter를 사용하여 조사되었는데 이른 아침 자외선의 강도가 가장 약

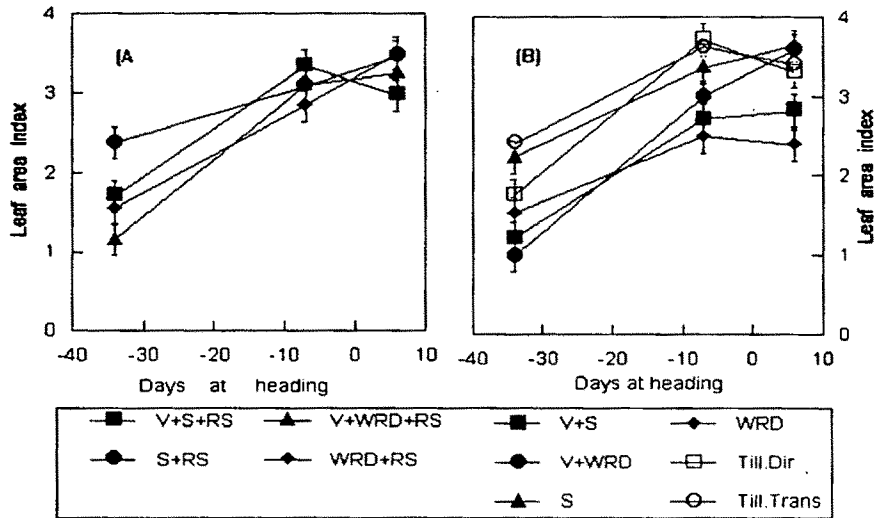


그림1-16. Changes in Leaf Area Index (LAI) at maturing in the paddy rice plant in no-till direct-sown rice production systems(Jangsong, Chachon)  
 (A) Rice straw mulching and (B) No mulching

한 시간에 측정하였고 출수후에는 직접 시료를 엽면적기와 비교 검정한 결과 높은 정상관관계( $r = +0.95$ )를 나타내었다.

출수 35일전 벧짚을 피복한 처리구에서는 <그림 1-16>에서 보는 바와같이 벼 단작체계에서 재배한 벼의 엽면적지수는 2.4로 가장 높았고, 자운영+밀-벼 재배구가 가장 낮게 나타났다. SPAD 값과는 비슷한 양상을 나타내었고, 2차 추비시용후인 출수 8일전에는 3.0으로 높게 나타났다. 출수 8일후에는 밀-벼 이모작구와 벼 단작 재배체계에서는 벼의 엽면적지수가 3.3으로 가장 높게 나타났으며, 자운영-벼 재배체계는 2.9로 가장 낮게 나타났다.

벧짚 무피복재배에서는 경운 직파와 이앙재배가 전반적으로 높게 유지되었고, 밀+자운영-벼 재배체계에서 벼의 LAI는 출수 35일전에는 1.0으로 가장 낮았으나 출수 8일전에는 3.0 그리고 출수 8일후에는 3.7로 벼 단작재

배와 같이 가장 높게 나타났는데, 추비시용으로 엽면적이 급격히 상승했음을 알 수 있다.

벼짚시용이 LAI에 미치는 효과는 최고분얼기인 출수 35일전에는 전체적으로 0.2정도 높았으나 출수8일전과 8일후에는 0.6정도 높게 나타났다. 결국 벼짚시용의 효과는 유수형성기 이후에 생육을 촉진시키는 것으로 증명되었다.

#### 마. 분얼양상(Tillering pattern)

분얼수는 이앙재배에서 강조되는 점이나 직파재배에서는 분얼수를 파종량을 늘려서 해결하려는 시도가 많은데 결국 과도한 분얼로 인한 Energy 낭비를 줄이고 이삭당 낱알수를 늘리고자하여 주당분얼수는 큰 의미를 가지지 못하고, 단위 면적당 분얼수의 개념이 직파재배에서는 효과적으로 알려져왔다. 그래서 이 시험에서도 단위 면적당의 분얼수만을 표시했는데 벼짚 피복구에서는 벼 단작 재배가 가장 높게 나타났고, 밀+자운영-벼 재배 체계가 초기에는 230개/m<sup>2</sup>로 낮게 나타났으나 출수 8일후에는 벼 단작 재배와 같이 550개/m<sup>2</sup>정도로 관행재배의 390개/m<sup>2</sup>보다 160개/m<sup>2</sup> 높게 나타났다. 그리고 수량구성요소에 필수적인 이삭수도 <표 1-11>에서 보는 바와같이 밀+자운영-벼 재배체계가 530개/m<sup>2</sup>로 관행의 390개/m<sup>2</sup>보다 140개/m<sup>2</sup> 많이 조사되었다. <그림 1-17>에서 관행이나 이앙재배 모두 무효분얼수(총분얼수-이삭수)가 경운 직파구를 제외하고는 유수형성기 5일전보다 높게 나타났다. 결국 유수형성 과정에도 이삭당 낱알수가 적은 이삭이 형성된 것으로 추정되었다.

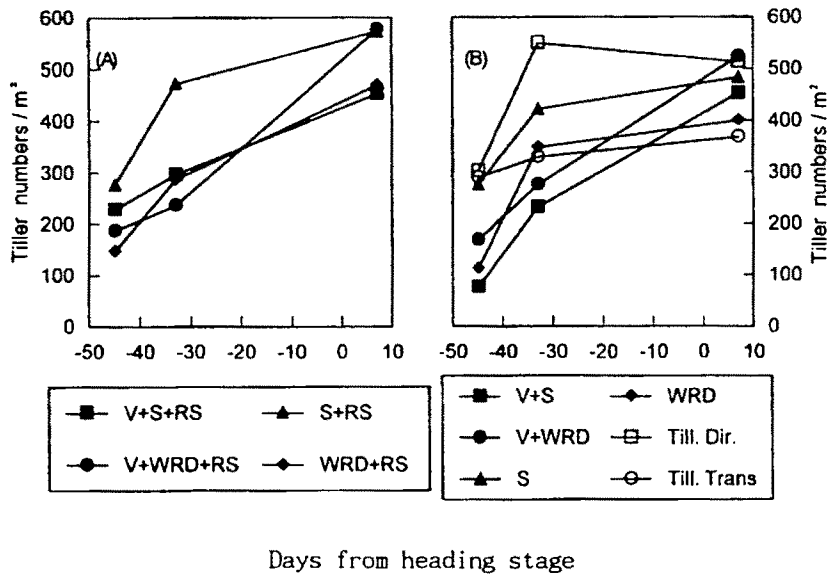


그림 1-17. Changes in tiller numbers of direct-sown/transplanted rice grown in different straw-mulching and tillage treatments.

S, Single crop (rice); WRD, Wheat-Rice double crops; V+S+RS, Vetch-straw mulched, single crop and rice-straw mulched; Till. Dir., tilled and direct-sown; Till. Trans., tilled and transplanted.

(A) Rice-straw mulching and (B) No mulching

Æ 1-11. Effects of level of nitrogen fertilizer on some yield components of no-till direct-sown rice in different cropping systems and straw mulching managements.

Characters	Nitrogen fertilizer level (kg/10a)	Rice single cropping systems			
		No mulched	Vetch straw mulched	Vetch & Rice straw mulched	Rice straw mulched
No. of Tillers /0.1m <sup>2</sup>	0	47	36	36	47
	7	61	47	41	53
	9	65	55	52	47
	11	48	45	45	57
No. of Panicles /0.1m <sup>2</sup>	0	40	31	31	40
	7	53	40	38	48
	9	55	51	47	43
	11	45	43	41	53
No. of Spikelets /Panicle	0	62	105	106	62
	7	94	94	102	107
	9	123	110	101	100
	11	104	101	101	105
No. of Spikelets /m <sup>2</sup>	0	24,800	32,550	32,860	24,800
	7	49,682	37,798	38,373	51,848
	9	68,005	56,381	47,658	43,086
	11	46,364	43,276	41,902	55,385

Characters	Nitrogen fertilizer level (kg)	Rice-wheat double cropping systems				Tillage	
		No mulched	Wheat straw mulched		Rice straw mulched	Direct-sown	Trans-planted
			Vetch straw mulched	Vetch & Rice straw mulched			
No. of Tillers /0.1m <sup>2</sup>	0	55	43	43	55	43	27
	7	34	43	53	53	56	38
	9	45	54	55	47	55	44
	11	40	52	58	47	51	41
No. of Panicles /0.1m <sup>2</sup>	0	52	40	40	53	41	26
	7	333	36	50	53	52	36
	9	41	49	50	43	51	39
	11	37	49	53	41	49	39
No. of Spikelets /Panicle	0	112	73	74	111	102	98
	7	121	97	97	96	90	118
	9	110	114	97	110	115	117
	11	96	111	116	92	113	128
No. of Spikelets /m <sup>2</sup>	0	58,240	29,200	29,600	58,830	42,278	25,237
	7	39,649	35,364	47,990	51,067	46,651	43,005
	9	46,981	55,790	48,429	46,981	58,182	46,062
	11	37,944	54,390	60,830	37,944	55,685	50,095

## 바. 잡초 발생량

먼저 잡초발생량을 사천 자운영 3년 영속재배구와 1년 자운영 재배구와 비교하고 또 경운구의 담수심에 따른 피의 발생량을 조사하였다.

잡초중에서 직파 재배구에서 가장 심각한 피해를 일으키는 것이 피 (*Echinochloa crusgalli* Ohwi)이므로 다른 잡초들은 담수후에 세력이 약화 되었으며 몇가지 생육중기에 나타나는 나도겨풀(*Leersia ponica* M.), 물잔디(*Pseudoraphis ukishiba* O.) 등의 논잡초들을 제외하고는 고사하게 되므로, 잡초발생량에 관한 성적은 <그림 1-18>에 표시된 바와 같이 피 (Barnyardgrass)의 발생량을 6월 하순경에 조사했는데, 경운구 3cm이상의 담수구가 5 개체/㎡로 가장 적었고, 상대적으로 표면 관개한 구에서는 230 개체/㎡가 발생되어 정상적인 벼 생육은 불가능할 정도로 높았다. 자운영 재배에서 무경운 년수에 따른 피의 발생량을 보면 3년차 무경운 포장에 당일 담수와 건답구를 제외하고는 평균 10/㎡내외로 밀도가 매우 낮았으며 1년차 무경운 구에서는 30/㎡로 3년차 무경운구보다 20/㎡높게 나타났다. 자운영 재배구에서 담수시기에 따른 피의 발생량을 보면 전체적으로, 담수시기가 빠를수록 피의 발생량은 적게 나타났다. 잡초방제를 위하여 7월 초순에 플로레와 벤타존 400배액을 물에 혼합하여 1회 살포하였는데 그 효과는 인정되었으나 원래 피의 밀도가 높았던 경운 천수구, 건답구 그리고 파종당일 담수구는 피의 제거효과가 낮았다. 경운 천수구, 건답구 그리고 파종당일 담수구에서 효과적인 피의 방제법은 약제 처리시기가 6월 중순경 이전이어야 하고 약제처리 1주후에는 심수관개를 하는 것이 효율적일 것으로 보였다.

표 1-12. 자운영 재배 및 경운, 무경운에 따른 잡초 발생량 ( g/0.1m<sup>2</sup> )  
( 사천, 1996 )

처리		자운영	독새풀	기타
경운	자운영			
+	+	21.6 ±5.83	3.9 ±0.73	2.4 ±0.68
+	-	8.0 ±3.72	2.4 ±0.50	1.4 ±0.22
-	+	29.9 ±6.37	2.6 ±0.45	2.7 ±0.90
-	-	8.3 ±3.04	4.3 ±0.98	0.9 ±0.38

각 재배체계별로 잡초발생량은 피를 제외하고는 담수후 시일이 경과함에 따라 쇠퇴하였다. 건답구에서는 피의 발생이 70/m<sup>2</sup>로 다른 처리구의 8-10/m<sup>2</sup>보다 평균 60/m<sup>2</sup> 이상 높게 발생했다. 재배 방법에 따른 잡초발생 양상은 건답 재배구를 제외하고는 문제시되지 않았다.

#### 사. 벼 수량 및 수량구성요소.

##### 1) 이삭수

최고분얼기에 자운영-벼 재배체계에서 자운영이 벼의 개화전기(開花前期) 시기에 이삭수에 미치는 효과는 무자운영구에 비해 낮게 나타났다. <표 1-11>에서 소개된 바와같이 벧짚 시용은 457/m<sup>2</sup>로 무피복의 437/m<sup>2</sup>보다 높게 나타났으며 관행구의 392/m<sup>2</sup>개보다 높게 나타났다. 건답직파의 경우에는 473 : 371/m<sup>2</sup>개로 벧짚 피복의 경우가 높게 나타났다. 결국 전체적으로 무경운 직파의 모든 재배방법에서 단위면적당 이삭수는 관행 재배보다 높게 나타났다. 건답직파는 관개용수의 절약차원에서 뿐만 아니고, 뿌리의 활력을 증진시켜 직파재배에서의 도복에 대한 피해를 줄일수 있는 등 장점이 많은 반면 잡초와 파종후 조류나 설치류 등의 피해를 받는다는 단점을 동시에 지니고 있다. 이 시험에서는 시비량에 따른 벼의 생육이 처리수준에 0, 7, 9, 11N/ 10a로 포함되었는데 경운구에서는 7N구에 자운영 7N



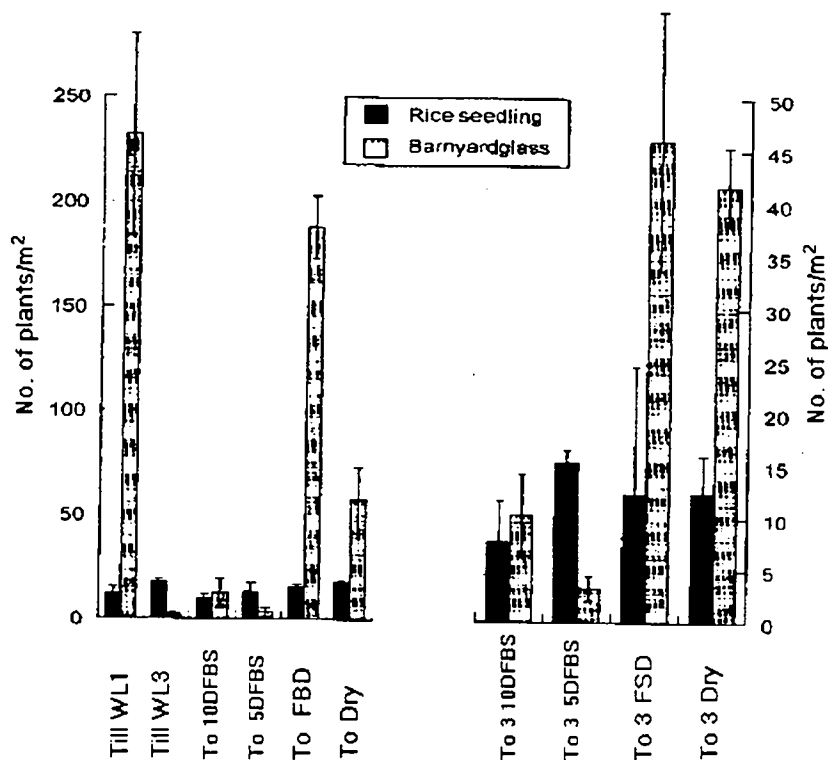


그림1-18. Differences in established seedlings per square meter of rice and barnyard grass germination as affected by different flooding regimes and tillage systems.

\* Till WL1, tilled and water level 1cm; Till WL3, tilled and water level 3cm; To, No-tilled; 10DFBS, flooded 10 days before sowing; 5DFBS, flooded 5 days before sowing; FSD, flooded on sowing day; Dry, no-flooding; To 3, no-till for three years.

구를 추가 설치하였다. 질소 시비량이 증가함에 따라서 이삭수가 증가하였지만 11N/10a구에서는 전체적으로 그 효과가 인정되지 않았던 반면 9N/10a구까지는 시비량에 따른 이삭수 증가의 효과가 인정 되었다.

## 2) 이삭당 낱알수

이삭당 낱알수는 각 주의 주간(主稈)을 기준으로 각 시료당 5개 3반복으

로 처리당 15개를 조사한 평균인데 <표 1-11>에서 보는 바와 같이 시비량에 따른 효과는 전체적으로 인정되지 않았으나 자운영+밀-벼 재배와 경운 이앙구에서는 그 효과가 인정된다. 질소 시비량이 11N/10a에서는 경운 이앙이 128개로 가장 높았고 자운영+밀-벼 재배구에서는 116였다. 질소 7N/10a구에서 자운영의 효과는 경운 직파에서는 109 : 90으로 높았으나, 경운 이앙구에서는 107 : 118로 그 효과가 자운영 무재배구보다 낮았다. 시비량의 증가에도 이삭당 낱알수가 증가하지 않은 것은 유수형성기 추비시 용이 출수 20일전이였기 때문에, 이삭의 시원체는 형성되고난 2차지경 분화기정도였던 것이 그 원인으로 판단된다. 유수형성기 추비를 출수20일전에 한 이유는 분얼비를 적절히 시용한 것이 유수형성기까지 유지(엽색의 판정으로)될 수 있었기 때문이고, 또 하나의 이유는 과다한 낱알수의 형성으로 인한 도복을 줄이기 위함이었다.

### 3) 단위면적당 총이삭수

질소 시비량이 11kg/10a인 곳에서는 단위면적당 이삭수는 자운영+밀-벼 재배에서 60,830개/㎡로 가장 많았고, 경운 직파의 55,685와 55,385개/㎡인 벼 단작구에 벧짚 피복재가 그 다음으로 높게 나타났으며, 밀-벼 이모작 건답재배구는 36,006개/㎡로 가장 낮게 나타났다. 자운영 재배구를 제외하고는 전체적으로 벧짚 피복한 곳이 무피복구보다 높게 나타났는데 그 원인은 단위면적당 이삭수가 높았음에 기인한다. 시비량에 따른 낱알수는 전체적으로 9kgN/10a구까지는 시비량의 차이에 따른 효과가 인정되었으나 11kgN/10a에서는 그 효과가 인정되지 않았다. 총 낱알수에 대한 자운영 재배의 효과는 경운직파와 경운이앙 모두 무자운영구보다 높게 나타났다. 그 이유는 경운 직파구에서는 이삭당 낱알수가 월등히 높았고, 경운 이앙구에서 낱알수는 적었으나 단위면적당 이삭수는 전체 이삭수를 높이는데 크게 기여 했다. 그 이유는 출수기가 경운 이앙구가 8월 20일경이고 경운 직파

구는 8월 27일 경으로 1주일 늦었는데 경운 직파구에서는 유수형성기에 자운영의 부식으로 인한 질소가 이삭형성에 기여한 것으로 보였다. 경운 이앙구에서는 출수기가 빨라서 자운영의 질소를 벼가 충분히 흡수되지 못한 것이 그 원인으로 보였으며 단위 면적당이삭수는 직파재배에서 유리하게 확보된 것으로 판단된다.

#### 아. 토양 질소의 동태

무경운 직파재배 체계에서 피복전 벼짚물은 미생물의 먹이로 이용되고, 실제 시용한 질소가 결국 미생물의 몸체를 구성하기 위한 자원으로 이용되어 시용한 화학비료의 벼에 의한 질소 이용효율은 저하되기 마련인데, 이 시험에서는 실제로 미생물이 어느 정도의 질소를 불용화 시키는가를 Chloroform Fumigation Method(CFM)으로 조사하였고 실제 미생물의 수를 Bacteria, Fungi, Actinomycetes로 구분하여 조사하되 직접계수법으로 희석하여 배지에 균락을 형성시켜 그 모양을 판정하여 희석된 량을 계산하여 총미생물수로 나타냈다. CFM에서는 토양을 얇게 펼쳐서 진공 초자용기에 넣고 Chloroform으로 훈증시켜 살균하여 미생물의 몸체를 구성하는 질소를  $\text{NH}_4^+$ 로 환원시켜 분석하는 방법으로 85%이상의 살균효과가 있는 것으로 알려져있다.

CFM 조사의 결과는 <그림 1-19>에서와 같이 끝글자 F는 훈증처리(Fumigation)를 의미하는데 전체적으로 높게 나타났다. 특히 파종 45일경에는 급격히 증가 했는데, 이 때가 7월 10일인데 미생물의 밀도가 가장 높은 시기라고 추정되는바 그 증거는 <표 1-9>의 상단의 표에서 7월 10일의 세균수가 8월 18일의 미생물수보다 경운 이앙구와 경운 직파구를 제외하고는 약 30배 이상 높게 나타났다. 결국  $\text{NH}_4^+$ 의 농도는 자운영이 있는 경운구가 무자운영구보다도 높게 나타났다. 그리고 파종 10일후에는 자운영구와

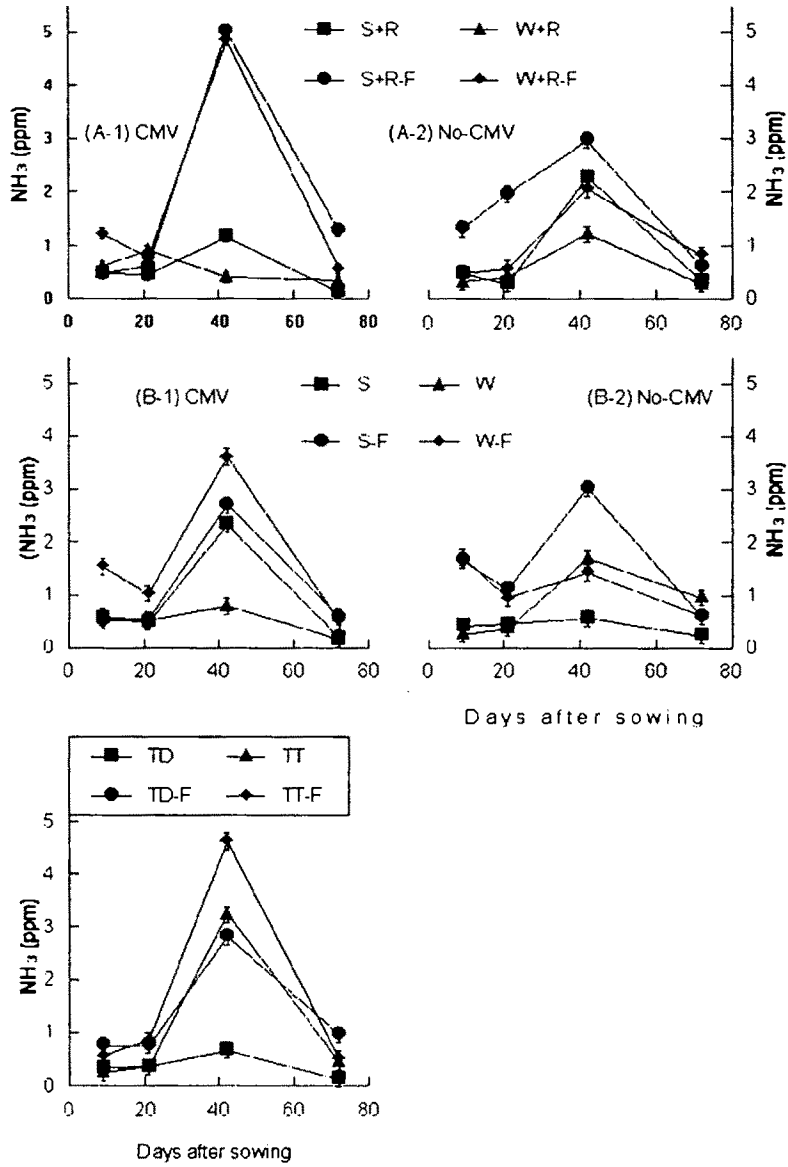


그림 1-19. Changes in ammonium ion concentration of various straw-mulched condition in rice-vetch interrelaying cropping systems.

무자운영간에 큰 차이가 없었으나, 파종후 45일을 지난 75일 경에는 전체적으로 자운영 구가 낮게 나타났다. 이 때는 벼 생육 시기로 볼 때 유수형성기에 해당된다. <그림 1-19>에서 무자운 밀-벼 이모작 벧짚 피복재배에서는 벼의 생육이 진전됨에 따라서 토양중의 질소함량은 낮게 나타났다. 무경운 재배 체계에서 벧짚 피복구는 (A-1)과 (A-2)이고 벧짚 무피복구는 (B-1)과 (B-2)인데 유수형성기를 제외하고는 전체적으로  $NH_4$ 가 높음을 알 수 있다. 경운구에서는 특이하게 직파재배보다는 이앙재배가  $NH_4$ 의 함량이 높게 나타났는데, <표 1-9, 1-10>에서는 Bacteria의 수가 오히려 직파재배에서 높게 나타났는데 그 원인은 아마도 시용한 질소의 시비방법에서 오는 것으로 판단되는데, 경운이앙 재배에서는 경운 직파보다 기비시기가 3주정도 빨라서 전층시비 즉 시비후에 트랙트의 운행과 손이양으로 토양교질입자와 흡착력이 높았던데 반하여 직파재배에서는 파종후 2주일에 시비를 한 결과 시용한 비료가 토양교질입자와 흡착되는 정도가 낮았기 때문으로 판단된다. 전체적으로 담수상태의 토양에서는 0.2-2ppm 정도가 토양용액에 녹아 있는 것으로 판단된다.

<표 1-9, 1-10>에서는 전체적으로 세균수(bacteria)가 월등히 많았고 비병원성의 그람 양성세균이 많이(95%)나타났다. 진균(Fungi)과 방사상균(actinomycetes)의 수는 일반 토양에 비해 10배정도 적게 나타났다. 그 이유는 담수에 의한 것으로 판단된다. 세균의 수는 7월 10일에는 자운영+밀-벼 재배법에서 가장 높게 나타났고, 경운 이앙구에서 가장 낮게 나타났다. 그러나 8월 18일에는 반대로 경운구가 무경운구보다 전체적으로 bacteria의 수가 2배이상( $6.7, 5.7 \times 10^6$ /soil g)으로 조사되었다. 이 원인은 피복된 잔존물의 부식으로 인하여 미생물의 먹이가 줄어든 것으로 판단되고 경운답에서는 초기의 균체수를 그대로 유지한 것으로 판단된다.

시비량에 따른 미생물의 밀도는 각 처리간에 차이를 볼 수 없었으나

bacteria와 fungi는 무비구에서 각 처리들간에 매우 유사한 밀도를 보인 반면 actinomycetes는 일정한 경향은 찾을 수 없었지만, 벼 단작구와 경운 직파구에서 높게 나타났다.

#### 자. 해충과 멸구의 발생

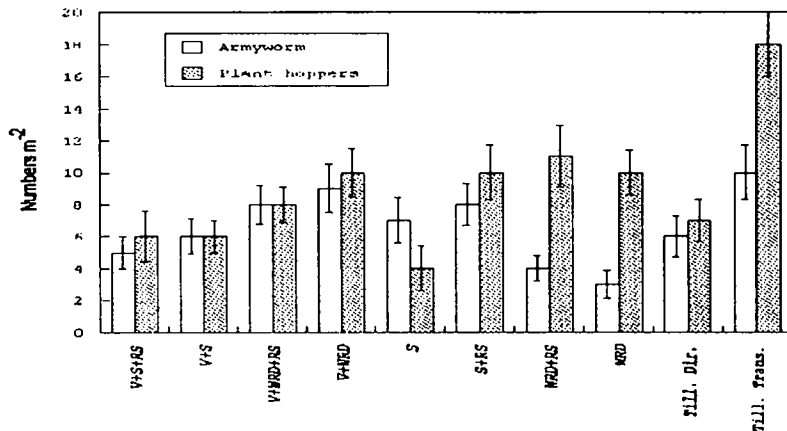


그림 1-20. Comparisons of armyworm and planthoppers in experimental paddy field.

Armyworm, July 10:

Planthopper, September 5, 1997.

자운영의 재배가 천적의 서식처를 제공하고 병해충을 먹이로 이용하므로 병충해의 발생이 적었다고 생각된다. 1997년에는 7월의 멸강나방유충이 전국적으로 큰 피해를 일으킬수 있었던 요인이 되었고, 출수 이후에는 벼멸구가 줄기의 Sap을 흡즙하여 피해를 줄 수 있는 요인이 일반 벼 재배구에서 발견되었다. 이 시험에서도 <그림 1-20>에서 보는 바와 마찬가지로 멸강나방의 유충은 7월 10일 그리고 멸구는 9월 5일경에 조사되었는데 조사 방법은 멸강나방유충은 단위면적당 육안법으로 조사하였고, 멸구수는 포집망을 이용하여 채취하여 그 수를 환산하였는데 전체적으로 관행재배에서 밀도가 높게 나타났으나 벼의 생육에 장애를 줄 정도는 아니었고 멸구는

장시형의 것이 주로 발견되었다. 줄기부분에는 단시형의 멀구가 분포하였으나 밀도는 3마리/㎡이하로 나타났다.

## 2. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 벼짚 피복이 자운영의 생육과 질소 고정에 미치는 효과

자운영의 재배가 잡초 발생 억제에 효과적이었고, 무경운 조건이 경운 조건보다 자운영 밀도가 높게 유지되었다.

표 1-13. 벼짚 피복이 자운영의 성장과 잡초 소장에 미치는 영향 (의령, 1996)

	처 리	자운영	독새풀	기타
피복	개체수(개체수/0.1㎡)	64 ±6.9	85 ±18.3	26 ±8.6
벼짚	건물중(g/0.1㎡)	31.2 ±3.17	7.0 ±1.17	1.0 ±0.39
무피복	개체수(개체수/0.1㎡)	87 ±13.5	78 ±23.0	8 ±2.5
	건물중(g/0.1㎡)	42.1 ±3.01	3.8 ±1.00	0.4 ±0.09

벼짚피복은 자운영의 월동후 성장에 불리하게 조사되었고, 그 결과로 독새풀등의 다른 잡초들의 발생량도 높게 나타났다.

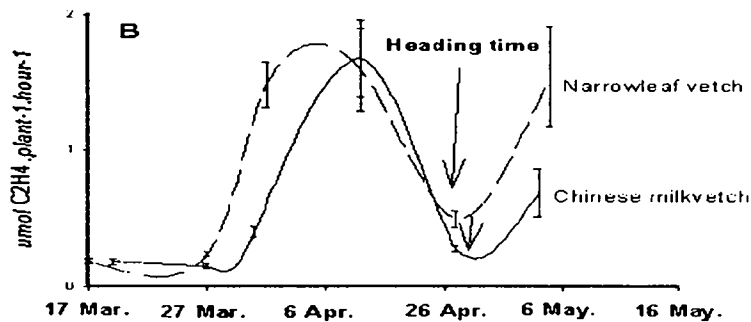


그림 1-21. ARA법에 의한 자운영과 살갈퀴의 경시적 질소고정량의 변화

자운영은 1차년도와 2차년도 보다 약 1주일 빠른 4월 26일경이 출수기로 조사되는데 그 이유는 이른봄의 기온이 평년보다 높았던 것으로 판정된다.

자운영의 질소고정량은 3월 31일을 기점으로 급격한 증가를 보였다.

자운영의 질소고정능력은 4월 10일경 최대를 나타내었다.

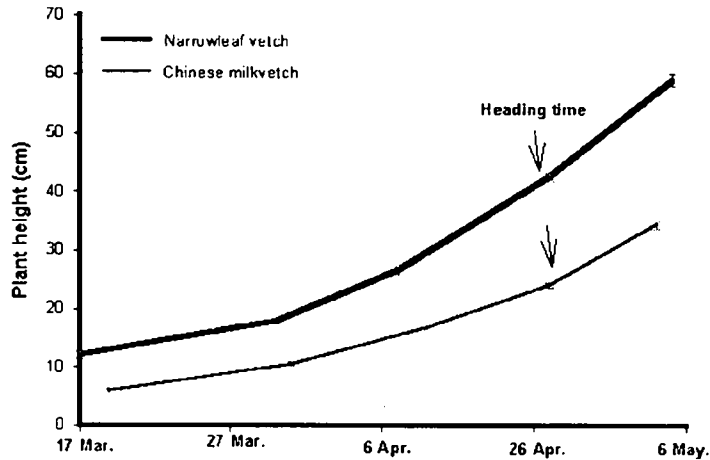


그림 1-22. 자운영과 살갈퀴 초장의 경시적 변화

자운영의 초장은 3월 19일 부터 4월 24일 까지 45일간 증가하였다. 초장의 증가가 시작되는 3월 19일부터 20일후, 즉 4월 9일경 개화하기 시작하여 약 1주일후 최초의 꼬투리가 발생하였다.

자운영의 면적당 개체수는 약 2400plants/m<sup>2</sup>에서 초장과 건물중의 증대에 따라 점차 감소하여 5월 6일경 약 1600plants/m<sup>2</sup>로 감소하였다. 따라서 자운영의 적정 최대 개체수는 약 1600plants/m<sup>2</sup>로 예측된다.

자운영의 건물중은 3월 27일부터 4월 24일 까지 지속적으로 증가하였다. 자운영의 건물중 증가는 살갈퀴에 비하여 고온기에 높은 증가율을 보였다.

5월 10일 자운영의 건물중이 400g/m<sup>2</sup>일 때 잡초는 50g/m<sup>2</sup>로 몹시 낮았으나, 5월 19일 이후부터는 자운영의 건물중이 50g/m<sup>2</sup>에서 35g/m<sup>2</sup>로 낮아짐



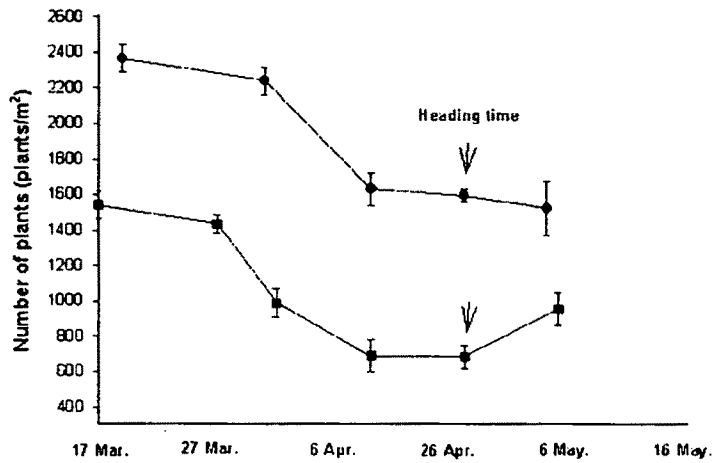


그림 1-23. 자운영과 살갈퀴 군락의 생장에 따른 생육 밀도의 경시적 변화

에 따라서 상대적으로 잡초의 건물중은  $8\text{g}/\text{m}^2$  내외로 유지되었다. 벼짚의 무게는 5월 10일  $60\text{g}/\text{m}^2$ 에서 5월 25일  $28\text{g}/\text{m}^2$  정도까지 건물중이 점차로 줄어들었다.

### 3. 벼짚의 피복/무피복과 자운영재배가 무경운/경운논에서 토양의 C/N 율과 자운영의 질소고정에 미치는 효과를 분석.

자운영과 벼짚 시용이 토양 질소의 용출에 미치는 효과는 이미 언급되었으나 이 시험에서는 자운영(Chinese Milk Vetch : CMV)과 살갈퀴(Narrow leaf Vetch : NV)와 보리짚(Barley), 벼짚(Rice : R), CMV+R, NV+R을 분쇄하여 2mm채를 통과 시켜 3가지 온도조건 즉 20, 25, 30°C로 조절하고 요소를 0N, 1N, 2N구로 구분하여 시험관에서 시험한 중간성적 결과인데, 온도 조건에서는 25°C와 30°C에서 큰 차이를 볼 수 없었고 20°C에서는 가장 낮게 나타났는데 전체적으로 자운영이 살갈퀴보다 질소함량( $\text{NH}_4^+$  : ppm)이 높았다. 배양기간이 길어짐에 따라서 발현정도도 높게 나타났으나, 보릿짚과

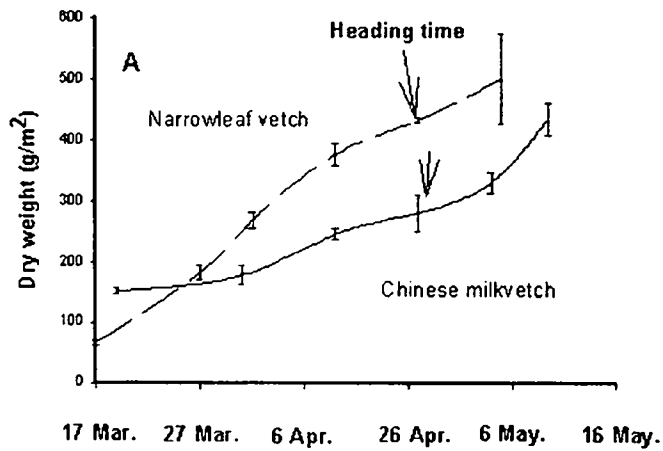


그림 1-24. 자운영과 살갈퀴 군락 건물중의 경시적 변화

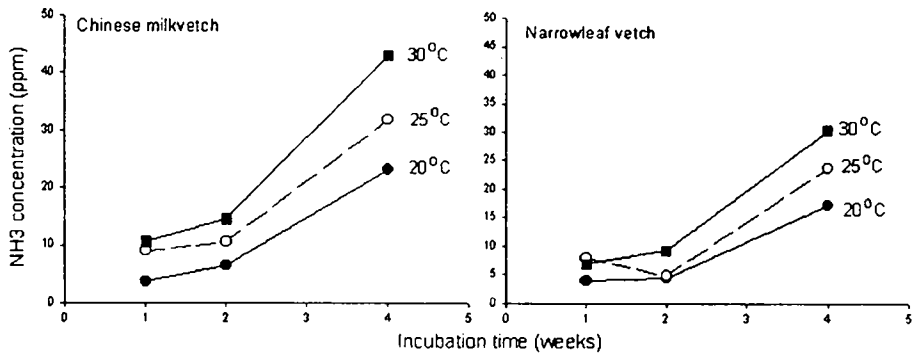


그림 1-25. Changes in NH<sub>3</sub> released from straw of Chinese milkvetch and narrowleaf vetch in the soil as affected by incubation periods at different temperature.

벼짚은 무질소구에서는 토양단독의 것보다 오히려 질소용출이 적게 되었다. 결국 많은 보고서에서 논의된 것처럼 높은 C/N율로 인한 질소의 무기화 되기 때문이라고 판단된다(그림 1-25. 참조).

식물체로부터의 질소의 용출은 벼짚과 보릿짚을 단독으로 배양한 것보다 NV와 CMV를 벼짚과 혼합했을 때 질소 용출이 높았으며, 두 두과작물중에서

는 CMV가 NV보다 질소용출에 유리하게 작용한 것으로 사료된다.

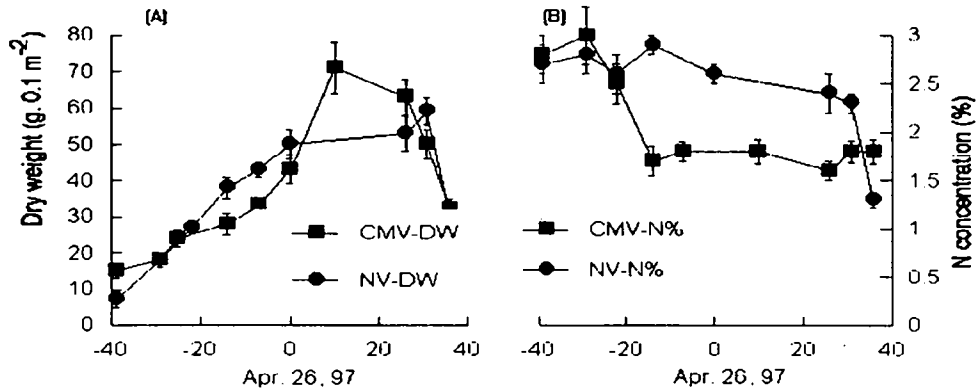


그림 1-26. Changes in DM yield of Chinese milkvetch and narrowleaf vetch and herbage nitrogen contents at maturing stage.

#### 4. 무경운 직파체계에서 누수현상 구명과대책 수립

토양경도는 무경운이 경운 토양보다 높게 나타났고, 토양 심도별 경도는 하부로 내려 갈수록 높게 유지되었다. 결국 무경운 조건에서 자운영의 재배로 토양의 경도를 낮추는 것은 시간을 요할 것으로 기대된다.

무경운 연도별 토중 투기량은 무경운 연수가 길어질수록 높게 나타났으나 10년 무경운 답에서는 오히려 낮게 나타났다. 투수량은 표토에서 20cm 깊이까지를 총괄적으로 표시하는데 투기도와 마찬가지로 무경운 연수가 길어질수록 투수량이 크게 나타났고, 무경운 10년차에서는 투기도와 다르게 투수도가 높게 유지되었다. 1일 수직누수가 1cm이하인 것으로 보아 무경운 재배에서 누수가 문제시 되는 것은 토중 수직누수가 아니라 논두렁의 부실로 인하여 문제가 되는 것을 나타내고 있다.

토양의 수직누수는 토양의 이화성과 관계가 깊는데 물리성은 토성(Soil texture)과 토양구조(Soil structure), 공극 즉 사질함량이 높을수록 문제

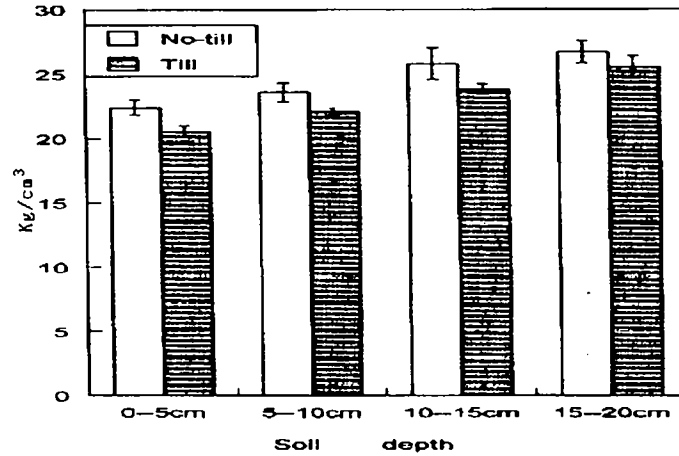


그림 1-27. Difference in soil pushing resistance in CMV-rice intercropping paddy rice field in SACHEON.

가 크지만 상대적으로 유기물의 함량과 점토함량은 높을수록 보수력 (Moisture holding capacity)이 커지만 유기물함량은 대체로 5%이상에서는 역으로 보수력을 약화시킬수 있으므로 토성과 유기물함량 등이 세부조사가 되고 종합적으로 평가가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

토성에 관한 조사 내용은 <표 1-14>에 기록되어 있는 것처럼 무경운 1년 차, 4, 7, 11별로 각각 Sandy clay loam, Loam, Clay loam으로 조사되었다. 토성으로 보아서는 누수문제가 심각히 고려되지는 않을 것으로 판정되는데, 지금까지 무경운년수가 증가함에 따라 토양의 누수현상으로 인한 용수낭비의 단점이 제기되었다. 이미 중간보고서에서 보고된 바가 있으나, 97년의 결과를 무경운 년수별로 경운구를 0으로 하고, 4년, 7년, 11년 무경운 벼재배포장에서 조사한 것인데 그 결과는 <그림 1-28>에서 나타낸 것처럼 전체적으로 누수는 문제가 되지 않았다.

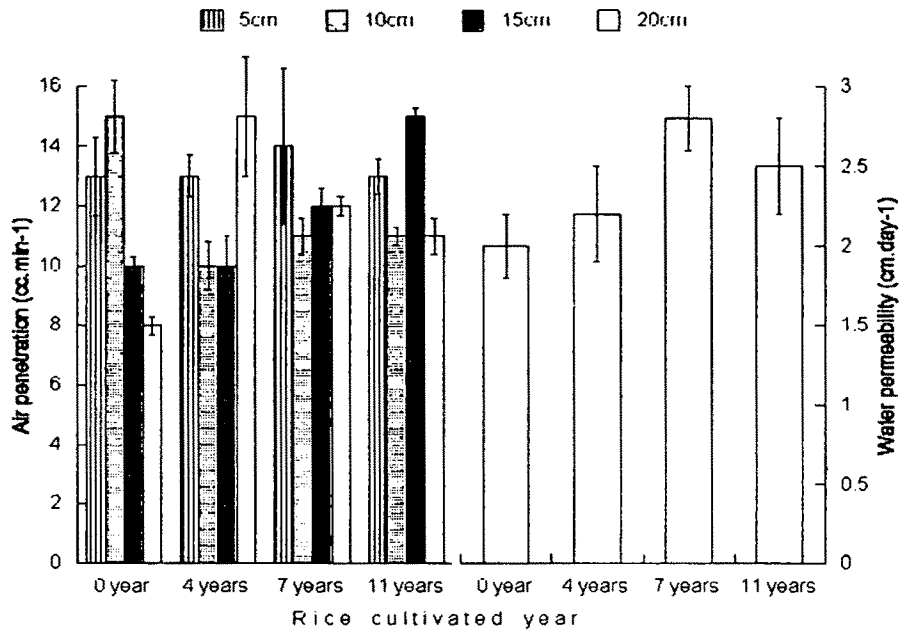


그림 1-28. Effects of the length of no-tilled periods on air penetration and water permeability of no-tilled paddy soils .

표 1-14. Soils and Soil properties of the experimental sites(Measured on July 20, 1997)

Experimental sites	Soil Texture (USDA)	No-tillage (year)	Texture properties		
			Sand	Silt	Clay
Uaeyong	Silt loam	No-till 3	25.1	52.6	22.3
	Silt loam	till 0	25.2	51.5	23.3
Sachon	Loam	No-till 3	27.7	45.5	26.8
	Clay loam	till 0	30.2	39.0	30.8
Sachon	Loam		34.4	41.8	23.8
Okjong	Snady clay loam	No-till 1	48.4	26.8	24.8
	Loam	No-till 4	49.6	38.3	21.3
	Loam	No-till 7	39.8	24.9	25.3
	Clay loam	No-till 11	41.9	31.3	26.8

#### 가. 투수도(透水度)

투수도는 지표면에서 20cm지점에 플라스틱 원통(지름 10cm)을 설치하여 1일간 누수정도를 9월 상순에 조사했다. 이 때의 포장상태는 출수후 1주경이어서 담수상태이다. <그림 1-29>에서 보는바와 같이 무경운 7년차답에서 2.7cm/day로 경운구의 1.8cm/day 보다 0.9cm/day 많았고, 무경운 10년차에서는 오히려 2.5정도로 통계적인 유의성은 없으나 0.2cm/day 적게 나타났다. 한국 논토양에서는 대체로 3cm/day의 누수가 적당한 것으로 알려져 있는데 2-3cm/day는 적당한 것으로 판단된다. 결국 무경운 영속벼재배체계에 수직 누수는 심각한 문제가 아닌 것으로 판명되었고 단지 논두렁 등의 부실로 인한 수평누수가 문제가 될 것으로 사료된다.

#### 나. 투기도(透氣度)

뿌리의 호흡력을 높이기 위해서는 산소의 공급이 절대적이거나 벼는 통기강을 통하여 산소의 일부를 흡수하고 나머지는 물에 녹은 것과 간단관계나 중간낙수등에 의해 흡수 이용하는데 실제로 대기상태의 산소농도는 약 20.8%이지만 근권층에서는 16-20%정도로 낮고 CO<sub>2</sub>농도가 오히려 높은 것은 투기력의 차이에서 오는데, 이 시험에서는 투수도와 투기도의 관계를 규명하고 인위적이긴하지만 어느 정도의 투기도가 무경운 년수별로 차이가 나는가를 대별해보기 위함이다.

투기도의 조사는 지표면에서 5, 10, 15, 20cm 지하의 지점을 KM식 투기도를 이용하여 0, 1, 2, 3, 4, 5분간의 투기정도를 평균하여 <그림 1-29>에 나타냈는데 경운답에서는 5와 10cm는 큰 차이가 없으나 그 이하로 내려갈수록 투기도는 낮아진 반면 무경운 답에서는 토양층위별로 투기도의 차이를 발견할 수 없었다. 결국 전체적인 투기성은 무경운답에서 약 12cc/minute로써 경운답의 10.5cc /minute보다 높게 나타났다.

## 5. 벼-자운영 무경운 직파체계에서 우수 벼 유전자원의 현지 평가

### 가. 벼-자운영 무경운 체계에서 질소수지의 평가

자운영 근류균의 질소 고정능력을 정량적으로 분석한 결과, 중간결과는 자운영 밀도가 과다한 것보다는 다소 낮은 군락에서 질소고정 능력이 높을 것으로 추정된다. 총 근류균의 수와 활성은 측정되지 않았지만 고밀도에서 자운영의 뿌리가 표토에 분포하고 근류균의 크기도 저밀도 보다 작았고, 개화기에 근류균의 활성도(근류균의 색깔)도 또한 저밀도구에서 높게 나타났다. 벼-자운영 무경운 직파재배체계에서 기비를 전혀 사용하지 않은 무비 재배에서도 벼 수량(예측)은 일반농가와 유의적인 차이가 인정되지 않을 것으로 예측된다.

### 나. 벼- 자운영 무경운 직파재배 체계에서 자운영의 밀도가 월동 잡초의 생장에 미치는 효과구명

자운영의 밀도가 높은 곳에서는 잡초의 발생빈도가 낮았으며, 자운영의 생장이 진행됨에 따라서 잡초의 밀도는 상대적으로 감소했다. 특히 자운영구와 무자운영구를 대비해 볼때 독새풀의 발생정도는 자운영구에서 현저히 낮았다.

### 다. 벼-자운영 무경운 직파 재배 체계에서 자운영 채종 시기 구명 :

발아력을 가지는 자운영의 종자를 얻을 수 있는 시기를 예측하기 위하여 개화후 소요일수, 적산온도 및 일사량이 조사되었다. 외관상으로 판단할때 개화후 20일이 경과하면 발아에 지장이 없는 것으로 추정된다. 결국 의령과 사천에서는 4월 중순경부터 개화가 시작되어 5월 초순이면 만개기가 되는데 전체적으로 5월 1일경에 개화한 것은 5월 20일경에 달하게 될 때 관개후 벼를 파종하게 되면 자운영군락을 영속적으로 유지할 수 있을 것으로

추정된다. 계산상으로 10a당 3-4kg의 자운영 종자가 사료용 재배로 추천되고 있는데, 의령 자운영 포장에서 생산된 종자는 5-7kg/10a가 되었으므로 전체종자 생산량의 60%정도만 확보되어도 자운영 영속재배가 가능할 것으로 추정된다.

표 1-15. Changes in seed germination percent and seedling growth of rice grown in different mixtures of vetch extrated solution.

Seed treatment	Vetch extracted solution Vetch(g)/H <sub>2</sub> O(ml)	Germination rate (%)	Seedling growth									pH	Eh (millivolt)
			Shoot			Root(numbers)			Root(length)				
			0-3cm	3.1-6	6.1<	0-2cm	2.1-4	4.1<	0-2	3-4	5<		
			cm			cm			cm				
Wet (sprough- ted)	0/100	98	3	5	90	40	50	8	10	70	18	5.67	52
	0/200	97	1	4	92	38	48	6	22	60	15	5.4	81
	0/300	95	1	3	91	39	47	6	27	63	5	5.43	111
	10/100	86	6	24	56	22	58	6	0	12	74	6.02	44
	10/200	82	2	0	80	8	74	0	0	4	78	6.52	60
	10/300	32	4	4	24	8	24	0	4	10	18	6.66	30
	20/100	58	4	14	40	50	8	0	6	8	44	6.19	15
	20/200	80	6	0	74	14	56	10	2	4	74	5.55	85
	20/300	82	4	4	74	6	76	0	2	24	56	6.3	48
	30/100	28	24	4	0	28	0	0	28	0	0	7.23	18
	30/200	86	2	6	78	8	78	0	0	8	78	5.41	91
	30/300	58	6	20	32	22	30	6	6	12	40	5.8	70
Dry	0/100	95	3	4	88	38	47	10	8	65	12	6	59
	0/200	94	1	4	89	47	42	5	26	55	13	5.29	91
	0/300	92	2	4	85	35	43	14	26	60	6	5.14	98
	10/100	80	2	6	72	28	48	4	0	2	78	5.93	62
	10/200	56	0	6	50	22	34	0	6	4	46	6.08	54
	10/300	12	0	4	8	4	8	0	4	0	8	5.79	64
	20/100	84	0	2	82	0	66	18	0	0	84	5.61	74
	20/200	86	2	0	84	0	56	30	2	0	84	5.65	76
	20/300	74	0	0	74	0	58	16	0	2	72	5.75	72
	30/100	98	0	4	94	68	26	42	0	8	90	5.67	76
	30/200	88	0	10	78	0	52	36	0	4	84	5.67	68
	30/300	84	4	4	76	6	68	10	0	2	82	5.67	74



## 라. 벼-자운영 무경운직파체계에서 본답기 천적의 분포와 생태적인 특성을 구명

벼 무경운 직파재배 논에서 서식하는 벼해충 천적은 거미류, 알기생벌류, 선충, 파리류, 약충기생벌류, 찌르기 및 등검은 황록장님노린재 등이었으며 천적 1개체당 해충밀도효과는 매우 크게 나타났다. 자운영-무경운 직파체계에서는 보리-무경운 직파체계 또는 휴경+무경운 직파체계에 비하여 애멸구와 끝등매미충의 발생밀도(마리수/평)가 현저히 감소되었고, 그 결과 줄무늬 잎마름병, 검은줄 잎마름병 및 오갈병의 발병율이 크게 감소되었다. 자운영 무경운 짚 피복처리구에서 본답기의 벼 해충 천적밀도도 경운 무피복처리구에 비하여 크게 증가되었으며 본답기 벼멸구와 흰등멸구의 밀도도 자운영 무경운 짚 피복처리구에서 크게 감소되었다.

전년도에는 벼-자운영 무경운 직파영속재배 기술을 개발 함에 있어서 자운영 군락 위에 볍씨를 파종할 때 자운영 군락 위에 볍씨를 파종할때 까지 기간이 자운영 종자 기능에 미치는 영향을 구명하였다. 그 결과 개화후 23일 까지는 자운영 종자발아율이 떨어졌다. 자운영 1회 파종후 재파종하지 않고 자운영 군락을 유지하기 위하여 자운영이 개화하는 날로부터 23일 이후에 물을 대고 볍씨를 파종하게 되면 자운영 군락을 영속적으로 유지할 수 있다는 뜻이다. 만약 지금까지 관찰된 바와 같이 자운영 밀도가 지나치게 높아서 초기 개체간 경합이 심하게 될 때 자운영의 월동, 토양 영양의 이용, 후기작(밀, 보리 등) 도입에 문제가 될 수 있으므로 볍씨 파종시기를 앞당길 수 있는 기준으로 삼을 수 있는 일자라고 할 수 있다. 자운영의 밀도는 월동 잡초의 성장에도 영향을 미치게 된다.

전년도 연구내용의 핵심은 벼-자운영 무경운 직파체계에서 질소수지를 평가하는 일이었다. 토양시료, 자운영, 벧짚시료의 질소 분석결과 벼 생육 단계별 엽신의 엽록소 함량을 근거로 질소수지에 대한 정보를 평가할 수

있게 된다(현재 시료 분석중에 있음). 여기서 자운영의 질소고정 능력이 높아서 벼 생육에 필요한 질소를 충분히 공급할 수 있는 양이 되면 무기질 소비료를 최대로 억제할 수 있고, 벼짚 피복도 그 양을 조절할 수 있게 된다.

벼-자운영 무경운 직파체계에서 천적은 지속농업 발전에 매우 중요한 요소이다. 이러한 체계에서 관찰된 천적은 거미류, 알 기생벌류, 선충, 파리류, 약충기생벌류, 지르기 및 등검은 활록 장님 노린재 등이었으며 천적 1개체당 해충 밀도효과는 매우 크게 나타났다. 즉, 자운영-무경운 직파체계에서는 휴경-무경운 직파체계에 비하여 애멸구와 끝동매미충의 발생밀도(마리수/3.3㎡)가 현저히 감소되었고, 그 결과 줄무늬 잎마름병, 검은줄 잎마름병 및 오갈병 발생율이 크게 감소되었다. 또한 자운영 무경운 짚 피복처리구에서는 본답기의 벼 천적 밀도가 경운 무피복 처리구에 비하여 크게 증가 되었으며, 본답기 애멸구해충과 흰등멸구의 밀도가 자운영 무경운 짚 피복처리구에서 크게 감소되었다.

#### 마. pH와 유기물함량 :

농촌진흥청 통계자료에 의하면 1995년도 경상남도 논토양 평균 pH는 5.6 유기물함량은 2.6%인 것을 감안하면 무경운 년수에 따른 pH는 어떤 경향을 찾아볼 수 없었던 반면, <표 1-16>에 나타난 것처럼 유기물함량은 매년 0.007% 증가한 것으로 나타났다. 그 근본적인 이유는 작부체계에 있는데 밀-벼의 이모작 체계방식을 선택하였고 여기에서 주목할 것은 수확시에 동시파종에 있다. 결국 밀 수확시에 벼를 동시 파종하여 피복하기 때문에 이삭을 제외한 부분은 논에 그대로 환원 되기 때문에 유기물의 함량이 증가한 것으로 사료된다.

바. 주요 무기성분 :

<표 1-16>에 나타난 것처럼, 인산은 무경운 년수에 따라서 점차 감소 (68-44ppm)한 것으로 나타났는데 50ppm의 농도는 경남 평균의 131ppm에 비하면 극히 낮은 것으로 판단된다. 그리고 Ca는 3.7(cmol+/kg)이 평균 함량인데 비해 무경운 1, 4년에는 3.5(cmol+/kg)와 3.6 (cmol+/kg)으로 경남 평균과 비슷하나 무경운 7년과 11년의 경우에는 5.6(cmol+/kg)과 4.4 (cmol+/kg)로 높게 나타났다.

칼륨(K)의 경우에는 무경운 년수에 따라서 점차로 감소하는 추세를 나타냈는데, 경남평균(0.24cmol+/kg)보다는 높은 1.41, 0.50, 0.51, 0.33 (cmol+/kg)을 무경운년수 0, 4, 7, 11년 별로 나타났다.

마그네슘 함량도 무경운 년수에 따라서 일정한 경향은 찾을수 없지만 전체적으로 경남평균의 1.3(cmol+/kg) 보다는 높은 0.76, 0.59, 1.23, 0.91 을 무경운 년수별로 나타냈다.

표 1-16. Physico-chemical properties of soil in experimetal sites under different tillage management(Measured on March 15, 1997)

Sites	No-till managed years	pH (1:5)	EC (1:5)	Av.	Ca	K	Mg	OM
				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	mg/kg	cmol+/kg	cmol+/kg	cmol+/kg
Uaeryeong	No-till 3	5.0	0.45	115	6.4	0.48	1.28	2.4
	till 1	5.1	0.51	100	5.6	0.43	1.16	1.8
Durang	No-till 3	5.7	0.21	55	8.9	0.82	1.91	1.7
	till 1	5.8	0.22	70	7.4	0.79	1.73	1.6
Jangsang	1	6.4	0.77	237	17.3	2.99	4.24	3.6
Okjong	1	5.7	0.18	68	3.6	1.41	0.76	1.7
Okjong	4	5.0	0.14	86	3.5	0.50	0.59	1.9
Okjong	7	5.2	0.23	47	5.6	0.51	1.23	2.0
Okjong	11	5.5	0.16	44	4.4	0.33	0.91	2.3

## 6. 벼 자운영 무경운 직파체계에서 우수유전 자원의 현지 평가

### 가. 입모율 :

지금까지 조사된 기록으로 벼의 유묘기생장에 장애를 주는 한계 Eh는 -150 millivolts 로 알려져 있는데, 이 시험에서는 자운영 침출물을 가지고 인위적으로 Eh를 -150으로 조정후 Petri's dish에서 발아율 및 입모수를 조사했다. 조사는 발아시험 시작일로부터 2주후에 행했고 온도는 발아상에서 25°C로 조절되었다. 그 결과는 <그림 1-29>에서 보는 바와같이 추청벼(46%)가 가장 입모율이 높았으며 두 번째는 동안벼가 37% 그리고 동진벼가 35%로 세 번째로 높게 나타났다. 반면에 부패한 종자의 비율은 농안벼가 43%로 가장 높았으며, 그 다음이 다산벼로 37%가 부패하여 -150millivolts 의 환원 조건에서는 극히 불리한 것으로 조사되었다. 초장을 보면 동진벼가 7cm로 가장 높았고 화영벼가 4cm로 가장 적었다.

### 나. 생육조사 :

초장, 근장, 엽색(SPAD-502 values), 분얼수 및 이삭수/㎡, 이삭길이, 그리고 이삭당 낱알수를 <표 1-11>에 나타냈는데 그 결과를 요약하면, Shoot는 New bonnet이 가장 큰 106cm이고 다산벼가 극 단간종으로 62cm로 가장 적게 조사되었다. 근장도 초장과 같은 양상을 보여서 New bonnet이 19cm로 가장 길었으며 추청과 다산벼가 가장 짧은 것으로 조사되었다. 엽색도 뿌리의 길이 및 초장과 마찬가지로 New Bonnet이 가장 높은 44를 나타냈고, 다산벼는 34로써 가장 낮게 평균치가 조사되었으나 동진벼와는 통계적 유의차는 인정되지 않았다. 단위면적당(1㎡) 이삭수는 Calose 76이 가장 많은 390/㎡였고 New Bonnet이 260/㎡로 가장 적었으며, 동진벼는 410개로 중간정도로 평가되었다. 분얼수는 다산벼가 490/㎡로써 가장 높게 나타났는데 결국 무효분얼수가 많은 것으로 조사되었고, New Bonnet

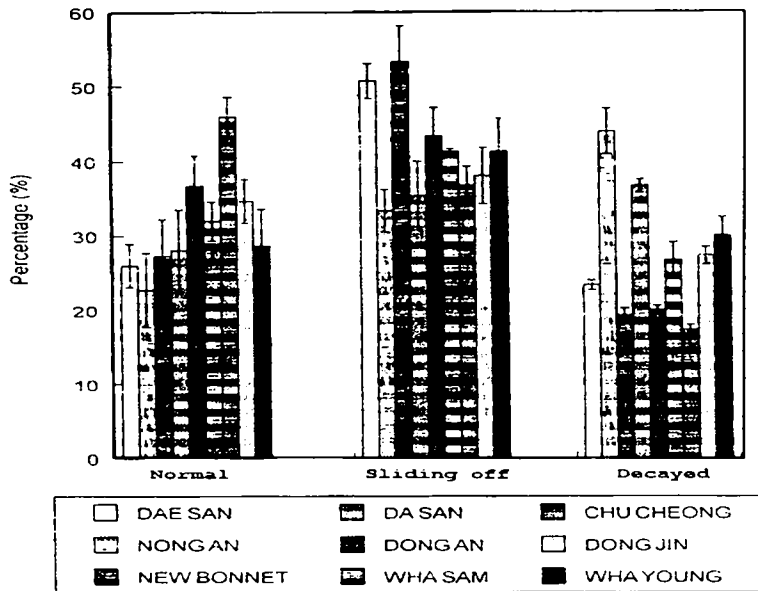


그림 1-29. Cultivar comparisons of seeds and seedlings behaviour observed from germination tests in the Eh controlled solution(-150 milivolt) of Chinese milkvetch at room temperature (25°C).

은  $260/m^2$ 로 분얼수가 적은 반면 유효경 비율이 높게 나타났다. 이삭길이에서는 New Bonnet과 다산벼가 25cm로 가장 길었고, 농안벼가 23cm 그외는 20cm 내외로 차이를 인정할 수 없었다. 이삭당 낱알수는 New Bonnet이 237/Panicle 가장 많았고, 농안벼가 196개 그리고 다산벼가 172개의 순으로 조사되었다.

단위면적당 총 낱알수는 다산벼가  $63,244/m^2$ , 농안벼가 63, 244, 그리고 New bonnet이 60,716개로 6만개 이상을 확보되어 구성요소에 크게 기여했다.

표 1-17. Differences in growth and yield component of rice at full heading stage.

Cultivars	Shoot length (cm)	Root length (cm)	SPAD -value	Panicle no.	Tiller no. /m <sup>2</sup>	Panicle length (cm)	Spikelet numbers /Panicle	Spikelet numbers/m <sup>2</sup>
Calose76	99±1.8	16±0.8	43±0.6	387±22	440±27	22±0.5	107± 4.3	41,244± 96
NewBonnet	106±2.1	19±0.7	44±0.6	257±13	283±16	<u>25±0.9</u>	237± 5.8	60,716± 76
Nonganbyeo	97±1.5	17±0.6	36±0.8	323±10	367±10	23±0.7	196±12.6	63,244±128
Dasanbyeo	62±1.4	16±0.5	36±0.3	380± 4	485±29	<u>25±0.6</u>	172±16.2	65,197± 72
Daesanbyeo	93±0.9	17±0.7	34±0.4	370±47	423±59	21±0.3	113± 4.1	41,933±191
Donganbyeo	92±1.8	16±0.8	36±0.5	380±28	420±31	20±0.3	98± 5.5	37,171±155
Whasanbyeo	95±1.7	18±0.8	38±0.4	330± 9	355±11	20±0.2	104± 3.2	34,265± 28
Chucheongbyeo	91±1.4	16±1.0	36±0.5	370± 8	430±11	20±0.2	84± 3.3	31,121± 28
Dongjinbyeo	96±1.5	17±0.6	35±0.7	373±21	410±22	20±0.4	94± 4.8	35,229±101
Whayeongbyeo	95±1.7	18±0.7	37±0.4	373±32	413±36	20±0.5	96± 4.0	35,976±129

#### 다. 초형구조(草型構造, Plant architecture)

엽각(leaf angle), 엽길이(leaf length), 엽폭(leaf width), 엽두께(leaf thickness)를 지엽(Flag leaf), 1, 2엽으로 나누어 조사하고 간 직경(culm diameter)을 내경(inner diameter)과 외경(outer diameter)으로 나누어 조사한 결과를 <표 1-18>에 나타냈다. 엽각은 줄기와 잎이 나오는 기부와 잎의 선단부로 나누어서 측정했으며 엽폭은 기부에서 중간지점을 측정했고, 엽두께도 엽의 중간지점을 조사했다. 조사는 출수전기(出穗前期, 출수1주일후)에 조사한 결과로써 도복관련 형질과 광이용 효과를 판정하는 방법으로 이상적인 초형을 찾아 품종 육성에 이용하고자 함이다.

표 1-18. Leaf growth habit and culm thickness of various cultivars grown in no-till direct-sown vetch-rice interrelaying cropping systems, Observed at full heading stage.

(Site : Duryang Sachen)

		Cultivars									
		New Bonnet	Dongan	Calose 76	Rhasam	Rhayoung	Chucheong	Dasan	Dae-san	Dongjin	Nongan
Flag leaf	Closed angle (Base)	13.3	23.8	26.3	18.0	16.3	26.3	4.5	6.3	17.5	4.5
	Opened angle (End)	20.0	28.8	28.0	23.0	18.0	31.3	5.0	9.0	20.0	4.5
	Length (cm)	34.3	26.0	35.5	33.3	31.5	26.3	38.0	32.3	27.3	30.0
	Width (mm)	16.6	13.3	13.8	15.1	15.3	11.5	16.5	14.0	13.5	19.8
	Thickness (mm)	0.24	0.20	0.23	0.26	0.26	0.18	0.29	0.23	0.20	0.19
1st leaf	Closed angle (Base)	14.0	22.5	23.0	15.0	18.3	23.8	6.5	10.5	15.0	7.8
	Opened angle (End)	21.5	32.5	27.5	18.3	25.0	32.0	4.3	15.0	20.0	7.8
	Length (cm)	43.3	33.0	41.0	42.5	43.0	33.0	39.5	39.0	34.5	42.5
	Width (mm)	12.6	11.2	10.9	11.9	11.3	9.3	13.0	10.5	10.5	16.5
	Thickness (mm)	0.21	0.16	0.19	0.23	0.19	0.16	0.21	0.19	0.19	0.18
2nd leaf	Closed angle (Base)	19.3	29.3	29.3	21.3	23.3	25.0	9.3	20.3	26.3	15.0
	Opened angle (End)	30.8	38.0	48.3	32.3	24.8	28.8	11.3	23.8	23.8	13.8
	Length (cm)	44.8	38.5	39.0	46.0	44.3	35.0	36.5	40.5	39.0	46.5
	Width (mm)	11.6	9.8	9.8	9.6	10.8	7.9	11.1	9.1	9.3	14.4
	Thickness (mm)	0.22	0.17	0.13	0.16	0.19	0.15	0.16	0.13	0.16	0.15
Culm Dian	Inner $\varnothing$	3.1	1.8	2.0	2.3	2.2	2.2	2.7	1.6	1.9	3.0
	Outer $\varnothing$	8.0	5.4	5.9	5.9	6.0	5.3	5.8	4.5	4.9	6.1
	Thickness (mm)	4.9	3.6	4.0	3.6	3.7	3.0	3.1	2.9	2.9	3.0

#### 라. 엽각(Leaf angle)

다산벼와 농안벼가 지엽이 가장 유리하게 4.5°정도이고 1, 2차엽은 7과 10, 15로써 매우 유리한 엽각을 보였고, Calose 76과 추청벼는 지엽의 각도가 커서 광이용 효율에 불합리한 것으로 판단된다.

#### 마. 엽장(Leaf length)

지엽의 leaf length는 동안벼가 26cm로 가장 짧고 다산벼가 38cm로 가장 길었으며, 1차엽은 New Bonnet이 43.3cm로 가장 길었고 동안벼와 추청벼가 33cm로 가장 짧았다. Second leaf에서는 농안벼가 46.5cm로 가장 길었으

며, 추청벼가 35cm로 가장 짧았다.

#### 바. 엽폭(Leaf width)

엽폭은 지엽과 1st leaf, 2nd leaf 모두 농안벼가 19.8, 16.5, 14.4cm로 가장 넓고, 추청벼가 11.5, 9.3, 7.9cm로 가장 좁았다.

#### 사. 엽 두께(Leaf thickness)

다산벼의 경우에 지엽(止葉)과 1st leaf 모두 0.29와 0.21로 가장 두꺼웠고 1st leaf의 경우에는 New Bonnet과 같았다. 그리고 2nd leaf의 경우에는 0.22의 New Bonnet이 가장 두꺼웠다.

지엽과 1st leaf 에서는 추청벼가 0.18 과 0.16으로 가장 얇았으며 2nd leaf의 경우에는 Calose 76과 다산벼가 0.13으로 가장 얇았다.

#### 아. 경직경(Culm diameter) (10cm from the soil surface-Inner and outer) :

Inner part가 가장 큰 것은 New Bonnet이 3.1mm이고 두 번째가 농안벼가 3.0mm로 조사되었다. 가장 적은 것은 다산벼로서 1.6mm로 조사되었다. 전체 직경 역시 New Bonnet이 8.0mm 이고 농안벼가 6.1mm로써 두번째 그리고 다산벼는 4.5mm로 가장 적게 나타났다. 결국 도복에 미치는 효과는 내강을 제외한 외강의 폭과 건물중 그리고 Moment에 의존하는데 여기서는 외경-내경을 <표 1-18>의 하단부에 나타냈다. 결과는 New bonnet이 4.9mm로 가장 높았고 그 다음이 4.0의 Callose76 그리고 가장 적은 것이 다산벼와 동진벼로 2.9mm였는데 농안벼, 추청벼 등과는 통계적으로 유의적인 차이는 인정되지 않았다.



자. 근활력(根活力,  $\alpha$ -naphethyl amine test)

벼의 생육에 있어서 뿌리의 활력이 중요함은 재론의 여지가 없는데, 실제 초반기의 생육상태에서는 그 차이를 발견하기가 불리하고 생육 후반기에는 Root activity가 약화되어 후반기 생육이 약화되어 도복과 등숙률 그리고 천립중 등의 수량구성요소에 악영향을 미치게 됨으로 이 시험에서는 출수이후의 근활력을 평가 하였다. 그 방법으로서는 Xylem sap collection, a-naphtylamine method, triphenyl-tetrazolium chloride method 9TTC) 그리고 Root respiration 측정법(WARBURG, WINKLER)이 알려져 있는데 여기서는 a-naphthylamine method를 이용하여 분석했다. 이론적

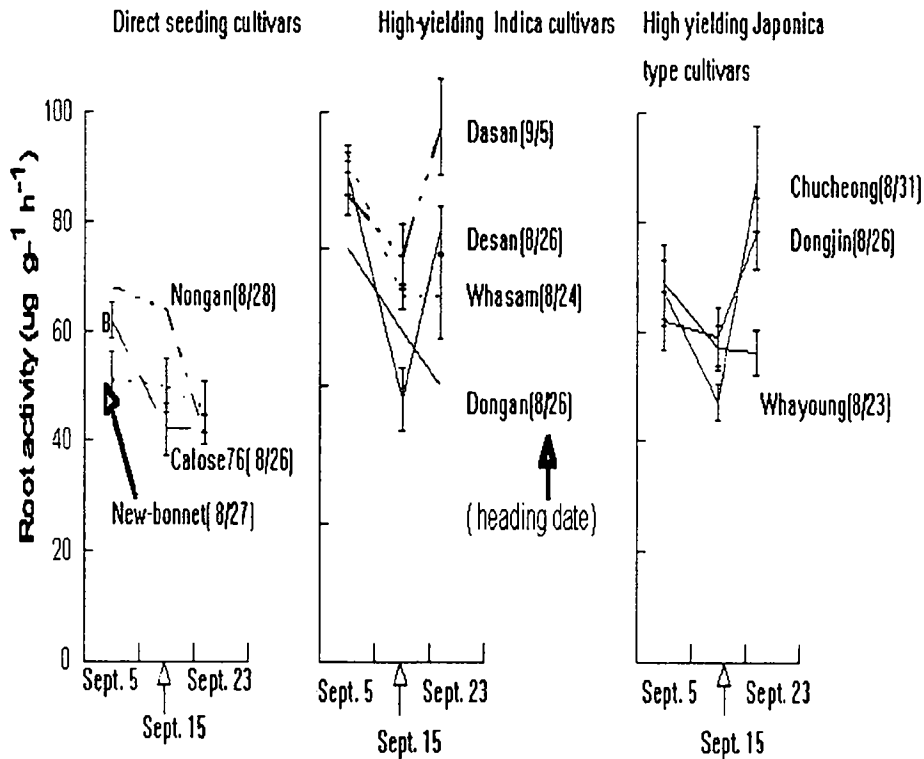


그림 1-30. Cultivar differences in root activity of rice grown under no-till direct-sown vetch-rice interrelaying cropping systems.

배경은 a-naphthylamine이 산소와 반응하여 적자색의 침전물을 형성하는 것을 510nm의 Spectrophotometer에서 읽어 그값을

근활력  $=== N(\mu g) / \text{Root (DW g)} \times (\text{Response time})$ 로 계산함.

그 결과는 <그림 1-30>에 나타냈는데 9월 8일 경에는 화삼벼와 대산벼가 통계적유의 적인 차이없이 75와 69로 높게 나타났다. 그리고 New Bonnet이 51로써 가장 낮게 나타났고 9월 13일에는 농안가 68정도로 가장 높았고 대산벼가 40정도로써 가장 낮게 나타났다. 9월 22일의 조사에서는 대산벼가 가장 높은 81, 농안벼와 대산벼가 70정도로 높았으며, New Bonnet은 20정도로 가장 낮았다. 전체적으로 출수후 일수가 경과함에 따라서 뿌리활력은 줄어들었다. 결국 뿌리활력은 생육 시기별로 달라지므로 출수기와 수확기를 비교하여 정밀한 분석은 최종보고서에 기재할 예정이다. 품종간 적응온도와 토양의 물리 화학적조건이 다르므로 이 시험은 자운영-벼 3년영속 무경운 직파 시험 포장임을 다시한번 강조하고 온도 Data는 <그림 1-31>에 나타냈다.

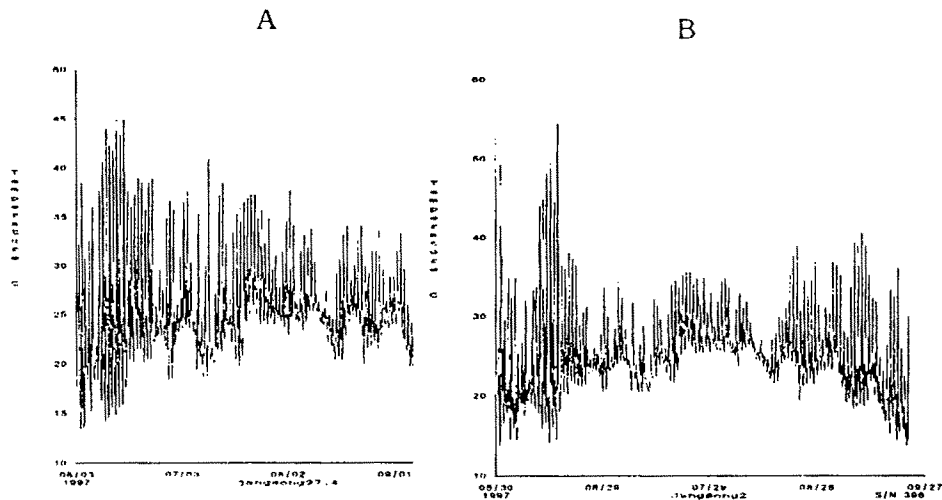


그림 1-31. Changes in temperature during the seedling establishment periods of no-till direct-sown paddy rice systems.  
Jangsong A : Rice straw mulched; Jangsong B : No-straw

### 차. 수량 및 수량구성요소

수량구성요소에서 천립중은 무경운 조건에서 경운조건보다 높았으나, 무경운 간에서는 뚜렷한 차이가 없었다. 이삭당 낱알수는 경운이앙구에서 가장 많았으며 경운구에서는 뚜렷한 차이가 없었다.

등폭률은 처리간에 차이가 없었고 96% 내외로 높게 나타났다. 단위면적당 이삭수는 경운이앙구에서 가장 낮았으며, 자운영에 밀짚과 벧짚을 투입한 곳과 경운직파구가 500개/㎡ 내외로 높게 나타났고, 건담 무피복구에서는 가장 낮게 나타났다.

이 결과는 발아율과 초기 잡초와의 경합의 결과로 해석됨.

자운영과 무자운영 구간에는 단위면적당 이삭수의 차이가 없었으나 자운영-벼 단작구를 제외하고는 벧짚 피복구가 무피복구보다 높게 나타나서 후반기의 생육에 효과적인 것으로 판단됨.

단위면적당 현미중은 시비량이 증가함에 따라서 높게 나타났으며, 경운직파구가 688kg/10a 로써 가장 높았으며, 무경운구에서는 건담피복구(이모작구)와 자운영 + 밀 재배구가 가장 높게 나타났으나 유의적인 차이는 적었고, 특히 자운영 + 밀 혼합재배구에서는 밀의 밀도와 자운영의 밀도가 상호 낮아서 환원장해가 적었던 것으로 판단됨.

표 1-19. Yield components and grain yield of rice grown under no-fertilized paddy field. (± : standard error)

Jangsong		1000. grain weight	Spikelets/ panicle	Ripened grain(%)	Panicle numbers/㎡	Unhulled grain weight kg/10a
V+S+RS	ON	26.8 ± 0.48	106 ± 0.9	96.1	310 ± 10	347 ± 22
V+WRD+RS	ON	26.8 ± 1.88	84 ± 2.7	96.4	400 ± 31	397 ± 13
S	ON	26.8 ± 0.36	81 ± 8.7	96.5	400 ± 21	330 ± 12
WRD+RS	ON	27.0 ± 0.07	114 ± 4.4	97.7	420 ± 37	437 ± 18
Direct sown	CMVON	20.2 ± 0.30	106 ± 5.9	96.0	413 ± 27	618 ± 13
Trans planed	CMVON	23.2 ± 0.52	100 ± 4.8	94.7	259 ± 13	422 ± 29

표 1-20. Yield components and grain yield

(± : standard error)

Jangsong		1000. grain weight	Spikelets/panicle	Ripened grain(%)	Panicle numbers/m <sup>2</sup>	Unhulled grain weight kg/10a
V+S+RS	7N	26.7±0.00	100±4.3	96.2	377±41	420±27
	9N	27.5±0.23	107±5.9	96.9	470±17	504±34
	11N	27.8±0.75	101±3.0	93.6	413±42	626±30
	mean	27.3b	102.5cd	95.5	6.94cd	516.7cd
V+S	7N	27.0±0.14	91±4.6	96.0	403±48	403±25
	9N	27.7±0.87	113±5.8	96.3	513±45	538±34
	11N	29.7±0.45	103±4.6	96.0	427±52	596±3
	mean	28.1a	102.2cd	96.1	447.8c	512.3cd
V+WRD+RS	7N	25.4±1.60	96±4.4	97.2	497±32	514±20
	9N	27.7±0.25	95±4.1	95.6	500±44	528±6
	11N	28.5±0.46	107±8.4	95.8	527±37	583±8
	mean	27.2a	99.2d	96.2	507.8a	541.8c
V+WRD	7N	27.9±0.13	103±3.2	96.4	363±27	545±27
	9N	25.2±0.92	108±5.3	97.0	490±52	551±17
	11N	26.1±0.35	114±4.7	95.6	490±32	592±4
	mean	26.4c	108.1ba	96.3	447.8c	562.8b
S	7N	25.7±0.76	96±4.5	97.0	527±24	526±18
	9N	27.4±0.03	114±8.8	97.9	553±23	542±44
	11N	27.5±0.09	109±7.1	97.5	447±23	560±23
	mean	26.8c	106.2bc	97.5	508.9a	542.7c
RS	7N	27.1±0.38	111±8.0	96.0	483±33	545±37
	9N	25.9±0.02	104±6.5	96.7	430±17	505±32
	11N	25.0±0.23	106±6.5	97.0	530±15	601±39
	mean	26.0c	107.4b	96.6	481.1b	550.4bc
WRD+RS	7N	27.7±0.36	99±3.8	96.7	433±32	489±16
	9N	28.6±0.16	110±3.0	97.4	427±57	575±16
	11N	27.4±0.17	97±5.1	96.9	413±39	642±14
	mean	27.9a	101.8cd	97.0	424.3cd	569.0b
WRD	7N	28.0±0.43	119±4.4	96.8	327±32	396±14
	9N	26.4±0.45	111±3.7	96.3	410±56	392±16
	11N	27.0±0.75	93±2.8	95.7	373±64	413±29
	mean	27.2b	107.6b	96.2	370.0d	400.3d
Direct sown	7N	26.2±0.94	87±5.1	96.1	520±82	609±80
	CMV7N	26.2±0.13	104±3.3	95.2	473±35	650±32
	9N	25.0±0.27	113±3.6	94.0	507±23	667±17
	11N	22.7±0.21	117±7.0	95.0	493±29	827±28
mean	25.0d	105.1bc	95.1	498.3ab	688.3a	
Trans planed	7N	23.0±0.15	117±4.8	97.4	364±21	463±25
	CMV7N	22.8±0.58	107±4.2	95.4	407±34	469±14
	9N	23.4±0.68	116±5.8	95.1	398±14	526±2
	11N	24.7±1.72	127±6.1	96.3	390±16	601±31
mean	23.5e	116.7a	96.1	389.9e	514.9cd	

### 카. 품종

천립중은 직파형 품종이 낮은 경향이었고 그 중에서 Newbonnet이 17.7g/1000으로 가장 낮았고 동진벼가 24.1g/1000으로서 가장 높았다.

이삭당 낱알수는 직파형 품종이 높은 경향이었는데 Newbonnet도 240개/이삭으로 가장 높았다. 양질미는 이삭당 낱알수로 80~90개 내외로 적게 나타났으며 다수확 품종은 동안벼를 제외하고는 전체적으로 높게 나타났다. 단위면적당 이삭수는 직파형품종이 낮은 편이었으나 Calose76은 384/㎡로 가장 적었다. 다수확품종과 양질미간에는 큰 차이없이 370~380여개를 유지했으나 다수확품종의 화삼벼는 331/㎡로써 적은 편이었다.

현미중은 직파형 품종이 다수확품종보다 높게 나타났고, 다수확 품종은 430으로 중간이었으며, 양질미는 400kg/10a로써 적게 나타났다.

표 1-21. Yield and Yield components of 10 varieties under Rice-vetch interrelaying cropping system.

	G. W. (1000)	Spikelet numbers/panicle	Panicle numbers/m <sup>2</sup>	Ripened ratio	Unhulled rice (kg/10a)
Calose76	22.8±0.23	104.0± 3.73	392±4	73.4	471.8±69.53
NewBonnet	17.7±0.71	239.6± 5.26	264±2	57.3	437.5±66.99
Nonganbyeo	21.6±0.06	174.0±13.99	323±2	58.3	495.5±30.72
Dasanbyeo	21.8±0.30	182.4±15.57	384±1	51.1	541.3±55.18
Daesanbyeo	22.0±0.32	119.1± 1.88	373±9	60.4	410.5±25.16
Donganbyeo	23.1±0.06	94.6± 4.91	382±5	70.0	406.8±53.22
Whasambyeo	23.4±0.31	107.8± 2.35	332±2	72.4	421.4±22.58
Chucheongbyeo	22.7±0.20	82.7± 3.09	372±2	80.7	392.6±41.13
Dongjinbyeo	24.1±0.12	89.7± 3.35	372±4	81.0	456.8±26.60
Whayeongbyeo	23.5±0.19	95.1± 3.86	372±6	66.1	385.4±11.45

## 제 4 절 결 론

각종 작부유형별 체계에 있어서 자운영에 의한 효과는 천적류의 증가와 해충의 밀도감소 그리고 토양의 물리·화학적 특성에 유리한 장점으로 관찰 되었으나, 담수에 의한 침출물의 과다유출로 인한 환원조건의 조장과 유기산 등의 발생으로 발아와 초기생육등에 불리하게 작용했는데, 이를 극복하기 위한 방안으로 자운영 밀짚의 조정과 벼-자운영 무경운 직파 재배 체계의 도입으로 건답직파는 용수의 절약과 더불어 매우 유리한 방법으로 판단되었다. 벼-자운영 무경운 직파재배에서 시비량의 증가에 따라서 수량은 증대되는 경향이었으나, 1차년도에서는 질소시비량이 15kg/ 10a까지, 3차년도에서는 11kg 까지의 질소 시비효과가 최대로 인정되어 시비방법이 개선됨으로써 화학비료의 시용량을 줄일 수 있었다. 즉 중간낙수기 후반기에 시비를 한후 관개를 함으로써 시비한 비료의 토중으로 이동후 토양고질물과의 흡착의 효과를 내는데 효과적이었다.

그러나 기비(파종후 시비)의 효과는 인정되었으나, 그양이 5kg/10a 이상일 때 효과적인 것으로 판정되었지만 토양고질과의 흡착보다는 미생물에 의한 불용화, 그리고 탈질균등에 의한 탈질 및 용탈등으로 그 효과는 매우 적고 환경오염의 문제도 대두되어 시비의 효과를 극대화 할 수 있는 업색의 판정 방법등을 이용하여 추비를 하는 것이 효과적인 것으로 판단됨.

앞으로 이 재배법은 자운영이라는 두과목초를 논에 도입함으로써 지속농업의 체계가 확립되고, 이를 농가에 보급하고 있는 실정이어서 앞으로도 농가실증 효과가 더욱 기대된다.

< 벼-자운영 무경운 순환 직파재배 과정 >

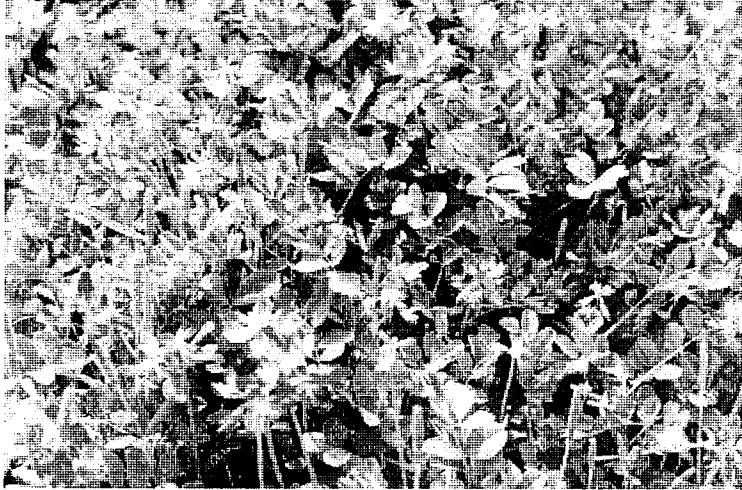


사진 1-1. 월동후 개화기에 답 자운영군락



사진 1-2. 자운영 짚이 부식되고 있는 모양



사진 1-3. 자운영 짚이 완전히 부숙되고 벼가 입모되어 있는 모양



사진 1-4. 자운영군락위에 무경운 직파한 벼 분얼성기에 달한 모양





사진 1-5. 자운영군락에 무경운 직파재배된 성숙기의 벼

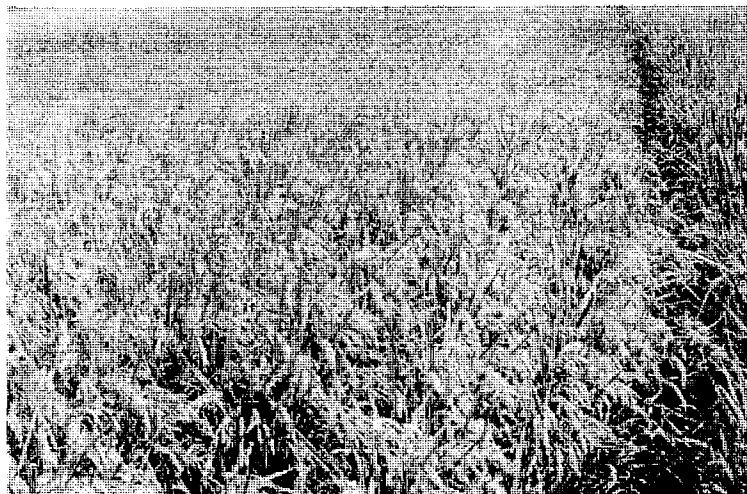


사진 1-6. 자운영군락에 무경운 직파재배된 황숙기의 벼



사진 1-7. 벼 수확기 자운영 군락이 재형성되고 있는 모양



사진 1-8. 벼 수확후 피복된 벼짚 사이로 자운영 군락이 형성되고 있는 모양

## 참고문헌

1. Ahmed, M., M. Shahjahan, H. Rahman, M. Kalimuddin, and M. Hossain. 1986. Effect of different levels of tillage on the yield and economic performance of bore rice in barind soil. Proceedings of the 14th Annual Bangladesh Science Conference. P 81.
2. 畑中哲哉. 1987. 寒地畑作における耕の意義と効果. 日本農業技術 42(6) : 251~256.
3. 金田吉弘. 1991. 低濕重粘土水田におけるイネの不耕起移植栽培の特徴. 技術と普及 28(9) : 30~33.
4. Kim, J.Y., K.P. Hong, H.S. Lee, Y.S. Lee, J.K. Ha, and Z.R. Choe. 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, KSCS, Korea : 97~104.
5. 김장용, 김태성, 최용조, 최경배, 이유식, 황홍도, 강재태, 김후근. 1989. 어린모 기계이앙 재배법 구명시험. 경남농촌진흥원 시험연구보고서 : 32~43.
6. Lal, R. 1985. A soil suitability guide for different tillage systems in the tropics. Adv. Agron. Soil and Till. Res. 5 : 179~196.
7. 李殷雄, 趙成岩, 南相用. 1988. 벼品種들의直播栽培와移秧栽培에서 分蘖特性에 關한 研究. 農試論文集(農業産學協同篇) 31 : 279~288.

8. 李英烈, 1986. 논 耕耘方法別 所要에너지와 벼 收量에 관한 研究. 圓光 大學校 博士學位 論文. P.52.
9. 林善旭, 1993. 土壤微生物과 土壤健全性. 環境保全型 農業을 위한 土壤 管理 심포지엄 : 83~91.
10. 水本順敏, 中根健, 小泉滿, 1989. 湛水土壤中直播栽培における出芽・ 苗立ちの安定と省力施肥法. 關東東海農業試驗研究推進會議水田農業技術 部會議資料.
11. 長野間宏, 金田吉弘, 兒玉撤, 1989. 低濕重粘土水用における汎用化の ための下層土の管理. 第 1報 部分耕移植栽培による土壤の變化と水稻生 育の特徴. 東北農業研究 42 : 85~86.
12. 盧泳德, 金鳳龍, 1988. 벼 種子의 水中發芽時 酸素利用과 酵素活性에 관한 研究. 農試論文集(農業産學協同篇) 31 : 219~225.
13. 吳旺根, 1979. 最新土壤學. 一潮閣. P 282.
14. Qiguo, Z. 1990. Soil water management in farming systems with flooded rice. Transactions 14th International Congress of Soil Sciences : 13~29.
15. Unger, P.W., and T.M. McCalla. 1981. Conservation tillage systems. Adv. Agron. 33 : 1~58.
16. 小川一貫, 1993. 環境保全型農業의 推進. 國際食糧農業. 364(7) :10~ 17.
17. 小川和未, 渡邊治郡, 1987. 簡易耕栽培の意義と問題點. 土壤の物理性 55: 13~27.
18. 朴華性, 朴興燮, 具滋玉, 1981. 無耕耘 栽培에 관한 研究. 3. 耕耘 深度 差異에 따른 土壤三相의 變化. 全南大 農漁村開發研究. 16(2) : 1~8

19. 김정부, 엄기백, 유창열, 1982. 애멸구, 끝동매미충 개체군 동태에 관한 연구. 경남농진연구보고서 : 180~189.
20. 김정부, 현재선, 엄기백, 1987. 남부지방에 있어서 애멸구 개체군의 년중 발생경과. 농촌진흥청 연구논문집(식환), 29권 1호 : 282~289
21. 김정부, 1991. 벼의 멸구, 매미충 기생성 천적곤충 조사 및 주요종의 생태에 관한 연구. 경상대 박사학위 논문 : 84pp
22. 김정부, 1992. 벼 논거미의 포장생태에 관한 연구. 경남농진 연구보고서 : 123~128.
23. 유창영, 1979. 경남지방에 있어서 벼 오갈병의 전염 및 발병환경에 관한 연구. 경상대 대학원 논문집(농학) 2호 : 71~82.
24. 유창영, 강수웅, 1976. 벼 Virus의 증매전염에 관한 연구. 경남농진연보 : 545~548.
25. Rasmussen, P.E.C. 1991. Long-term impacts of tillage, fertilizer, and crop residue on soil organic matter in temperate semiarid regions. *Advances in Agronomy* 45: 93-134, 1991.
26. 최용조, 신현일, 손길만, 김장용, 최경배, 이유식. 1989. 무경운 벼 재배 가능성 구명 시험, 경남시험연구보고서. pp.55-57.

# 제 3 장 벚짚 속성분해 미생물의 개발과 이용 등이 무경운 직파재배에서 벼 입모율 증진에 미치는 효과

## 제 1 절 서론

UR 협상결과 WTO 출범에 따른 쌀 시장개방으로 국내외 수급사정에 관계 없이 향후 10년간(1995~2004) 35~142만석의 외국 쌀을 매년 수입하지 않을 수 없게 되어 있다.

우리나라의 농촌현실은 영농인력 부족과 노동력의 고령화, 부녀화로 휴경면적이 해마다 증가했을 뿐만 아니라 좁은 면적에서 농기계의 과잉 투입에 따른 생산비 증가로 국제 쌀가격의 4~5배에 이르고 있어 국제 경쟁력이 약한 실정이다.

쌀은 우리의 주식량으로서 국민의 생존과 직결될 뿐만 아니라 국민경제의 안정성을 유지하고 국민에너지 비율의 40% 내외를 차지하고 있기 때문에 우리의 실정에 알맞은 주곡자급 생산기술을 개발하지 못하면 먹거리마저 외국에 완전히 의존하지 않을 수 없게 될 것이다.

특히 농업 여건이 비슷한 이웃일본의 쌀 생산 여건을 살펴보면 농기계의 과잉투입에 따른 과도한 생산비 지출로 쌀의 소득율이 34% 정도로서 우리나라의 60% 수준보다 훨씬 낮은 편이다.

세계에서 가장 선진국이라는 일본의 쌀 농사형편이 이렇진대 금후 우리나라는 일본의 전철을 밟지 않도록 해야 할 것이다.

이와같이 영농비의 과잉 투입과 농촌 노동력 부족현상을 동시에 해결하기 위해 저투입지속농업(LISA)기술의 한 방안으로서 벼 무경운 직파재배에 관한 일련의 연구결과 금후 몇가지의 문제점만 보완되면 충분히 실용화가 능성이 있다고 판단된다.

땅을 경운한다는 것은 단단한 토양을 부드럽게 하여 통기성과 보수성을 개선하는 동시에 잡초나 병해충을 제거하여 이식과 관수 등의 각종 농작업을 보다 쉽게하는 중요한 작업임에 틀림없다. 그러나 콤바인 수확면적이 크게 늘어나면서 대부분의 논에는 벧짚전량이 토양에 매년 환원되고 있는 점을 이용하여 벧를 무경운 재배 할 경우 ① 썩레질등으로 인한 토양유실을 방지하고 ② 경운작업기 운용에 소요되는 유류 등의 화석에너지를 절감할수있고 ③ 고가의 경운작업기계 구입비용을 절감하고 ④ 노동력 경합을 완화함을써 ⑤ 벧 재배규모를 확대 할 수 있는 등의 장점이 있는 반면에 ① 토양 개량제와 기비시용이 곤란하여 표층시비로 인한 비료의 이용율이 저하될 수있고 ② 토성에 따라 수직배수 촉진으로 관개용수량이 많으며 ③ 잡초방제가 아직까지는 다소 어렵고 ④ 작토층의 환원 장애와 잡초성 벧 발생율이 높은 것이 단점이라고 하겠으나 다년간(10년) 연구경험으로 볼 때 ③ 항을 제외하고는 큰 문제점이 없었다.

금후 무경운 재배기술을 확립하기 위해서는 무경운 년수의 누적에 따른 토양의 이화학성, 토양미생물 및 곤충상의 변화, 잡초군락의 천이, 각종비료성분(개량제포함)의 흡수기작 및 염류 집적정도, 토양의 산화, 환원정도, 뿌리분포변화 작물의 생리 생태변화, 토양심도별 온도변화, 토양표면의 유기물 집적에 따른 메탄가스 발생량, 토양종류별 수직배수정도 등 많은 과제들에 대하여 체계적으로 연구검토가 되어야 할 것이다.

본 연구에서는 제한된 인력과 연구기간등으로 인하여 무경운 재배기술개발의 가능성 진단에 초점을 두고 ① 무경운 직파재배에 따른 벧짚부속촉진 미생물선발, 입모을 향상을 위한 파종방법 및 시기, 잡초방제방법, 벧 Virus 발병환경과 방제방법, 지금까지의 연구결과를 종합한 농가실증시험과 ② 벧 뿐만 아니라 답리작인 맥류까지도 무경운 재배가능성을 구명하기 위하여 콤바인 부착파종기를 이용한 벧 수확 동시 맥류 파종과 맥류 수확 동시 벧 파종가능성 시험과 ③ 무경운 재배시 잡초(특히 독새풀)방제를 위한 비 선택성 제초제 살포에 따른 환경오염방지 및 노동력 추가투입 방지

를 위한 수단으로서 자운영 재배 포장을 이용한 벼 무경운 재배 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 벼짚 부속촉진 미생물 선발시험

*P. Chrysosporium* BKM-F01716 등 10균주를 소형 pot내에 논흙을 넣은 후 5cm 정도로 자른 마른 짚을 10~11g씩을 넣은 후 토양미생물을 접종하였다.

온도/습도조건은 27℃/70%로 조절하였다. 이때 pot내의 논토양과 벼짚 사이에는 알미늄망을 깔아 짚에 흙이 직접 닿지 않도록 하였으며, 처리후 5일 및 10일에 그 감모량을 평량하여 벼짚 부속비율을 계산하였다. 저온성 토양미생물 선발시험은 5~45℃범위에서 균주의 군사 생육량을 조사하였다.

벼짚분해 미생물선발 포장시험은 섬유소분해 세균인 *Aspergillus* sp. 등 3균주를 공시배지(YPD, GCM, Modified kings 배지)에서 균체를 대량 배양한 후 Whatman 여과지 No.9에서 여과하여 수분을 제거한 후 0.1M MgSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O와 0.01% peptone을 각각 10ml첨가 하였다. 그리고 20% CMC (Carboxymethyl Cellulose 10g, NaNO<sub>3</sub> 3g, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1g, KCl 0.5g, MgSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O 0.5g, FeSO<sub>4</sub>, 7H<sub>2</sub>O 0.01g, Yeast extract 0.5g, 증류수 1ℓ)용액 10ml을 가한후 Talac를 첨가하여 고르게 혼합한 후 살균한 토양을 넣고 고르게 혼합한다. 이 혼합물을 Laminar flow에서 8~10hr 건조시켜(수분30%조절)Inoculum을 만들었다.

미생물 선발시험은 주로 미 농무성소속(USDA-Forest service, Biodeterioration of wood, Forest Products Lab. Maidson, W. C., U.S.A.) 박사의 실험실에서 수행하였으며 포장시험은 Suki C.Croan씨의 기술지도와 균주를 분양받아 본원 시험포장에서 수행하였다.



## 2. 무경운 포장시험의 일반적인 논관리 조건

본시험은 1995년 부터 1997년까지, 경상남도 농촌진흥원 시험포장(미사질양토)에서 수행되었다. 이 보고서에서 제시된 논 無耕耘体系는 단순히 논을 갈지 않는것만이 아니라 매년 콤바인으로 수확할 때 벧깊전량을 절단하여 논 바닥에 깔아두고, 이듬해 벧을 재배할때까지 경운이나 로타리 작업을 전혀 하지않는 상태이다. 파종이나 이앙작업이 이루어지기전에 가능한 빨리 벧깊이 부식될수있도록 하기위하여 월동기간중 강수량을 최대한 이용 논물 가두기를 하였다. 4월하순~5월상순에는 독새풀 등의 잡초를 없애기 위하여 비선택성 제초제를 살포하였으며 벧 파종(이앙)전 약 10일 경부터 관개하여 깔려있는 짚이나 잡초가 충분히 물에 잠기도록 관리하였으며, 파종(이앙)직전에는 배수를 시켜서 본답초기의 환원장해 및 괴불발생을 억제시켰다.

## 3. 콤바인 부착파종기이용 벧-맥류수확동시 파종재배기술

경상남도 농촌진흥원과 한국마그넷 주식회사와 공동개발한 콤바인 부착파종기(4조 : 별첨사진참조)를 이용하여 원내 시험포장에서 벧을 수확하면서 맥류를 파종하고 맥류를 수확하면서 벧을 파종하였다. 보리수확동시 벧 파종시험은 보리수확작업을 완료한다음 가능한 조속히 물을 관개한후 즉시 배수하여 토양수분이 포화상태가 되도록 하였다. 파종용 벧씨는 종자소독후 최아된 종자를 사용하였다. 이때 조류피해를 막기 위하여 살충제를 분의하였고, 파종후 즉시 근사미+마세트를 살포하여 잡초를 방제하였다.

## 4. 자운영 재배포장이용 벧 직파시험

경상남도 농촌진흥원내의 자운영 재배포장에서 자운영의 처리방법 즉 자운영방치, 자운영 예취제거, 자운영+제초제(근사미)자운영 재배포장 경운구와 관행 경운구(자운영 무재배)를 대비하였다. 자운영 처리방법별로 질소시비량을 표준(11kg/10a), 50%감비 무질소구를 두어 시험을 수행하였

다. 이때 인산, 카리는 표준시비량(7-8kg/10a)을 사용하였다. 벼품종은 중생종인 화영벼를 공시하여 5월 20일에 최아된 종자를 인력으로 파종하였으며, 파종량은 5kg/10a을 조파(40+15cm)하였다. 그 밖의 관리는 경상남도 농촌진흥원의 표준재배법에 준하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 벳짚(보리짚)부숙 촉진 미생물 선발시험

공시균주별 벳짚부숙비율을 <표 2-1>에서 보면 처리후 5일에서는 19.68~31.50%의 부숙율을 나타내었는데 P.C.BKM-F-1716이 가장 높았고, Mad 698-M이 가장 낮았다. 처리후 10일에서는 20.45~41.73%의 부숙율을 나타내었는데 P.C SC-26, Mad 698~M277등이 부숙율이 높아 유망시 되었다.

표 2-1. 벳짚부숙촉진 미생물처리별 부숙효과

공 시 균 주	벳 짚 부 숙 비 율 (%)	
	5일	10일
1. P.C BKM-F-1716	31.50	33.70
2. P.C SC-26	20.96	35.15
3. T.V Md-277	27.80	32.74
4. T.h	25.35	26.77
5. P.P Mad-698	-	20.45
6. Ma1 698+BKM-F-1767	25.62	26.77
7. Mad 698-SC26	25.77	28.78
8. Mad 698-M277	19.68	41.73
9. Mad 698-T.h	25.81	27.63
10. Mad 698-C.S	22.96	23.77

<표 2-1>에서 유망시되는 SC-26(P. Chrysosporum)균을 대량증식하여 락토 등 몇가지 미생물 제제와 함께 실제 무경운 포장에서 처리시기별 벳짚부숙 정도 및 입모율을 <표 2-2>에서보면 뚜렷한 효과가 나타나지 않았다. 이

와같은 결과로 미루어볼 때 자연상태 조건에서의 유기물 분해 능력은 어느 한 종류의 미생물효과보다는 세균이나 사상균 및 방선균의 복합적 요인이 크게 작용 하는 것 같다.

표 2-2. 미생물 종류별 접종시기에 따른 벚짚 부숙정도

미생물종류	구 분	4월 10일 접종		4월 21일 접종		5월 1일 접종	
		벚짚	입모을	벚짚	입모을	벚짚	입모을
		부숙정도*	(%)	부숙정도*	(%)	부숙정도*	(%)
1. SC 26		○	83	○	84	△	81
2. 낙 토		◎	92	○	83	◎	83
3. 에스원골드		○	86	○	81	△	78
4. 병버섯 재배 톱밥		◎	88	◎	86	○	85
5. 무처리		○	85	△	79	△	80

\* ◎ : 양호, ○ : 보통, △ : 불량

한편 미생물 종류별 적온, 생육범위온도 및 적온시 생육량을 <표 2-3>에 서 보면 생육적온은 22~36℃ 범위였으며, 최저온도는 6~14℃, 최고온도는 24~50℃였다.

표 2-3. 균주별 생육적온 및 생육범위

미생물종류	적 온 (°C)	생육범위 (°C)	적온시 생육량 (mm day <sup>-1</sup> )
<i>Antrodia carbonica</i>	24	13-36	5.5
<i>Antrodia xantha</i>	28	6-36	7.3
<i>Bierkandera adusta</i>	28	6-36	21.7
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	28-36	12-40	8.8
<i>Huiphoderma praetermissum</i>	24	6-36	6.2
<i>Irpex lacteus</i>	36	6-40	24.2
<i>Phlebia brevispora</i>	30	6-40	36.9
<i>Phlebia subserialis</i>	28	6-44	47.3
<i>Postia placenta</i>	24-28	12-36	9.4
<i>Sistotrema brinkmannii</i>	24	6-32	11.5
<i>Sistotrema sp.</i>	22	6-24	6.2
<i>Trametes versicolor</i>	28-32	6-40	19.8
<i>Phanerochaete chrysosporium</i>	40	12-50	35-42
<i>hanerochaete sordida</i>	24-36	14-40	26.8

남부지방(진주)의 봄철온도조건(6~28℃)에서 잘 자라는 lignocellulose를 분해 할 수 있는 균을 찾기위해 미생물 종류별 온도별 군사 생장비율과 생육량을 비교한 결과를 표 <2-4>에서 보면 SC-26이 비교적 저온에서도 가장 군사생육량이 많았고 P.Cryso sporium(BKM-F), Phlebia Subserialis (RLG), Phanerocheate sordida(HHB)등도 비교적 양호한 편이었다.

표 2-4. Growth rate of microorganisms at different temperature range.

Mean(S.D)

Basidiomycetes Species (Culture no.)	℃	Growth Rate (mm day <sup>-1</sup> )	Accumulative (mm day <sup>-1</sup> )
<i>Bierkandera adusta</i> (L-15359)	6	5.8(1.8)	5.8(1.8)
	12	7.5(3.5)	13.3(3.5)
	16	9.5(3.5)	22.8(3.5)
	20	12.8(1.8)	35.6(1.8)
	24	17.0(1.4)	52.6(1.4)
	28	20.8(4.9)	73.4(4.9)
<i>Irepex lacteus</i> (Mad-517 : ATCC11245)	6	4.0(0.2)	4.0(0.2)
	12	4.5(0.5)	8.5(0.5)
	16	8.0(2.8)	16.5(2.8)
	20	9.3(1.6)	25.8(1.6)
	24	12.8(2.6)	38.6(2.6)
	28	22.5(0.7)	61.0(0.7)
<i>Phanerocheate chryso sporium</i> (BKM-F-1767 : ATCC 24725)	6	1.0	1.0
	12	4.8(1.4)	5.8(1.4)
	16	16.0(5.6)	21.8(5.6)
	20	19.8(1.1)	41.6(1.1)
	24	27.5(0.7)	69.1(0.7)
	28	36.7(2.1)	105.8(2.1)
<i>Phanerocheate chryso sporium</i> (SC-26)	6	2.6	2.5
	12	8.4(0.6)	10.9(0.6)
	16	21.0(1.4)	31.9(1.4)
	20	23.5(0.7)	55.4(0.7)
	24	29.0(0.0)	84.4(0.0)
	28	40.3(3.0)	124.7(3.0)

to be continued

Basidiomycetes Species (Culture no.)	°C	Growth Rate (mm day <sup>-1</sup> )	Accumulative (mm day <sup>-1</sup> )
<i>Phanercheate sordida</i> (HHB-8922-SP)	6	3.2	3.2
	12	3.8(0.4)	7.0(0.4)
	16	18.5(2.1)	25.5(2.1)
	20	23.0(1.4)	48.5(1.4)
	24	27.0(0.7)	75.5(0.7)
	28	24.8(2.5)	100.3(2.5)
<i>Phlebia subssrialis</i> (RLG-10692-SP; ATCC62007)	6	5.6	5.6
	12	8.8(3.0)	14.4(3.0)
	16	17.0(1.4)	31.4(1.4)
	20	23.5(0.7)	54.9(0.7)
	24	28.5(0.7)	83.4(0.7)
	28	27.0(0.0)	110.4(0.0)
<i>Pleurotus ostreatus</i> (winter mushroom, received from Agr. Inst, Suwon, Korea)	6	3.3(1.4)	3.3(1.4)
	12	7.0(0.4)	7.0(0.4)
	16	15.1(1.1)	15.1(1.1)
	20	18.5(1.8)	18.5(1.8)
	24	27.6(1.7)	27.6(1.7)
	28	36.3(1.2)	36.3(1.2)
<i>Pleurotus ostreatus</i> (6573:HHB-9790)	6	3.9(0.1)	3.9(0.1)
	12	4.0(0.7)	7.9(0.4)
	16	5.0(1.4)	12.9(1.4)
	20	5.5(0.7)	18.1(0.7)
	24	10.8(0.8)	29.2(0.8)
<i>Postia placenta</i> (Mad 698)	6	1.0(0.0)	1.0(0.0)
	12	1.0(0.4)	2.0(0.4)
	16	2.0(0.0)	4.0(0.0)
	20	4.0(1.8)	8.0(1.8)
	24	8.1(1.7)	16.1(1.7)
	28	8.7(1.2)	37.9(1.2)
<i>Meruliporia incrassata</i> (Mad 563)	6	1.3(0.0)	1.3(0.0)
	12	2.9(0.4)	4.2(0.4)
	16	5.5(0.7)	9.7(0.7)
	20	4.6(0.7)	14.3(0.7)
	24	8.7(2.4)	23.0(2.4)
	28	8.7(1.2)	37.9(1.2)

벗짚을 이용한 포장조건에서 섬유표분해균(*Aspergillus* sp. 8-17) 리그닌 분해균(*P. Cryso-sporium* BKM-F) 및 식물생육촉진균 (*Fluorecense Pseudomonas*)을 접종하였을 때 벼 직파재배시 벗짚분해능과 벼 생육 촉진 효과를 <표 2-5>에서보면 입모율은 벗짚무처리보다 벗짚처리구에서 다소 불량하였으나 생육중기부터는 큰 생육차이가 없었다.

표 2-5. 미생물 처리별 중간생육 및 수량(회영벼)

처 리	입모율 (%)	중간생육(파종후40일)			수 량(kg/10a)			지 수
		초장(cm)	경수(개/m <sup>2</sup> )	엽 수	짚무게	정 조	현 미	
· 벗짚무처리								
무 시 비	90.1	42	105	7.3	802	509	425	95
C/N율 조절시비	92.1	41	110	7.2	870	528	441	99
· 벗짚처리								
무 처 리	83.4	42	126	7.3	890	545	446	100
섬유표분해균	85.0	43	123	7.2	885	549	452	101
리그닌분해균	81.7	43	125	7.3	875	544	446	100
식물생육촉진균	83.4	43	131	7.2	907	535	442	99
복합처리	82.5	40	114	7.1	982	560	461	103

파종후 40일의 벼 생육 상황은 벗짚무처리구 보다는 벗짚 처리구에서 경수가 다소 많은 경향이었으나 이는 벗짚분해시 일어나는 질소의 무기화에 의한 것으로 생각되며 벗짚 처리구중에서 미생물의 접종원별 벼 생육상황은 미생물 단독 처리구에서는 큰 차이가 없었으나 섬유표 분해균, 리그닌 분해균과 생육촉진균을 복합처리한 구에서 경수가 많은 경향이었으나 생육촉진균을 복합처리한 구에서 경수가 많은 경향이었으나 유의성은 없었다. 벼 수량은 벗짚 무처리구보다 벗짚처리구에서 그리고 복합처리한 구에서 수량이 많은 경향이였다. 이는 미생물 접종에 의한 유기물의 분해촉진에 의한 후기질소의 공급에 의한 것으로 생각된다.

## 2. 벼무경은 직파 재배시 입모을 향상시험

남부지방에서 파종시기별 기상조건이 입모율에 미치는 영향을 구명하기 위하여 극조기 파종결과 발아온도를 기준으로 이론적인 파종시기는 <표 2-6>에서 보는 바와같이 4월 하순부터 가능한 것으로 나타났다.

표 2-6. 기상현황(진주)

기간(월. 일)	강수일수(일)	강수량(mm)	평균기온(℃)
3. 1 ~ 10	2.4	21.3	4.1
3.11 ~ 20	3.0	21.9	6.4
3.21 ~ 31	3.4	30.0	8.0
4. 1 ~ 10	3.1	41.1	10.1
4.11 ~ 20	2.9	54.2	11.4
4.21 ~ 30	3.1	32.3	13.5
5. 1 ~ 10	3.5	44.7	15.0
5.11 ~ 10	3.1	41.5	16.2
5.21 ~ 20	2.4	18.7	17.3
6. 1 ~ 10	2.8	71.1	19.3

파종시기별 출아기를 <표 2-7>에서 보면 3월10일 파종시에는 출아기간이 54일, 3월30일 파종은 34일이 소요되었으나, 4월 20일 파종시에는 14일, 5월 20일적기 파종시에는 약일주일정도면 출아가 시작되었다. 입모율도 3월 10일파종구에서는 48.7%로서 아주 낮았고, 5월 20 파종구에서는 92.1%로 가장 높았다.

그러나 중간생육정도는 큰 차이가 없었다. 따라서 파종부터 출아기간이나 입모율 등을 고려할 때 적기파종이 본답기간을 짧게함으로 경영상 유리할 것이다.

표 2-7. 출아 및 생육상황

파종시기 (월.일)	출아시 (월.일)	입모율 (%)	7월 14일		8월 13일	
			초장(cm)	경수(개/㎡)	초장(cm)	경수(개/㎡)
3.10	5.3	48.7	64	511	82	332
3.30	5.3	76.4	63	561	79	352
4.20	5.4	85.8	69	558	77	359
5.20	5.28	92.1	51	460	71	381
어린모(5.25)	-	-	69	531	90	445

수량구성요소 및 수량성적을 <표 2-8>에서 보면 출수기도 파종시기에 비하면 큰차이가 없었고, 수량은 4월20일 이전 파종보다 이후파종에서 증수하는 경향이였다.

표 2-8. 수량구성요소 및 수량

(동해벼)

파종시기 (월.일)	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/㎡)	입수 (천개/㎡)	등숙비율 (%)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)
3.10	8.25	75	20	266	25.1	85.8	19.9	417 (96)
3.30	8.25	74	18	233	18.6	89.4	20.7	415 (96)
4.20	8.26	66	19	247	24.6	81.8	19.7	439 (101)
5.20	8.30	65	17	251	20.5	86.1	20.4	435 (100)
어린모(5.25)	8.21	75	16	314	24.8	78.9	21.4	433 (100)

앞의 <표 2-6>의 기상표에서 직파적기라고 할수 있는 5월부터 10일간격으로 파종시기를 달리 했을때의 입모율과 중간 생육상황을 <표 2-9>에서 보면 적기파종시에는 입모율이 비슷하고 중간생육의 차이도 없었으며 출수기는 6월 5일 직파구에서도 8월 24일로서 남부평야지방의 일반벼 안전출수한계기인 8월26일이내에 출수 하였다.



표 2-9. 무경운 작파시기별 입모율 및 중간 생육상황

파종기 (월. 일)	입모율 (%)	초 장(cm)		경 수(개/㎡)		출수기 (월. 일)
		최고분얼기	8/22	최고분얼기	8/22	
5. 1	86.9	55	101	550	411	8.20
5.10	89.7	50	98	663	473	8.21
5.20	86.1	49	102	599	441	8.21
5.30	87.1	43	87	566	499	8.23
6. 5	88.9	40	87	554	484	8.24

무경운 재배년수에 따른 경운조건별 입모율과 중간생육 상황을 <표2-10>에서 보면 입모율은 경운에 비해 무경운(짚피복)구에서 떨어지는 경향이었는데 이는 짚의 부숙에 따른 환원장해에 의해 벼 발아에 나쁜 영향을 미친 것으로 생각되며 출수기의 엽색도(CM Value)를 보면 무경운이 경운에 비해 높은 경향이었는데 이는 표토에 쌓인 벚짚이 서서히 분해되면서 경운구보다 무기질소공급이 늦게까지 이루어졌기 때문으로 생각된다.

표 2-10. 무경운 년수별 경운조건에 따른 입모율 및 중간생육 비교  
(영남벼)

무 경 운 재배년수	경운조건	입모율 (%)	초 장(cm)		경 수(개/㎡)		CM Value 출수기	출수기 (월. 일)
			최고분얼기	8/23	최고분얼기	8/23		
3년	무경운	79.8	52	108	508	452	32.2	8.21
	경 운	81.7	48	105	478	410	29.0	8.20
6년	무경운	78.0	46	107	485	417	28.1	8.21
	경 운	83.4	44	104	435	426	27.5	8.20
9년	무경운	79.4	42	101	478	389	32.2	8.21
	경 운	85.0	41	99	452	424	30.0	8.20

무경운 담수적파 재배시 입모율이 떨어지는 원인을 알기 위해 파종기별 담수조건(pot시험)을 다르게 했을때의 결과를 <표2-11>에서 보면 5월 1일 및 5월20일 파종시 모두 계속 담수조건에서 입모율이 각각 41%, 47%로서 가장 낮았고, 습윤상태 유지조건에서 각각 89%, 79%로서 가장 높았는데 이

는 벚짚이 쌓인 상태에서 담수하게 됨으로 심한 환원 상태로 경과되기 때  
문인 것 같다. 따라서 무경운 직파시 물관리 방법은 파종전 충분히 담수한  
다음 파종이후 출아기까지는 가능한 물을 알게 대거나 담수횟수를 1~2회  
로 줄이는 것이 효율적이라고 하겠다.

표 2-11. 파종기별 담수조건별 입모율과 Eh변화

파종기 (월. 일)	담수조건	입모율 (%)	Eh(mV)		초		장(cm)	
			파종후7	파종후17	6/5	6/11	6/17	6/22
5. 1	1. 계속담수	41	-260	-240	5.4	10.9	21.3	21.9
	2. 습윤상태유지	89	-100	20	16.7	22.6	27.0	31.3
	3. 건답상태	40	120	100	15.2	21.3	26.2	28.4
	4. 1회 담수	84	-240	100	14.5	20.2	26.7	27.6
5.20	1. 계속담수	47	-220	-210	3.2	8.5	17.1	19.8
	2. 습윤상태유지	79	-120	40	7.3	13.7	23.0	23.4
	3. 건답상태	62	110	100	4.9	12.0	21.3	22.7
	4. 1회 담수	69	-210	-210	3.6	10.5	20.3	22.3

### 3. 무경운답에서 독새풀 발생 양상 및 벼 오갈병 발병 환경과 방제 방 법 시험

남부지방에서 무경운재배시 독새풀이 우점하는 논에는 끝동매미충의 서  
식처가 되기 때문에 오갈병 발병의 원인이 된다. 독새풀은 가을에 발아하  
여 월동후 번무하기 시작하여 초여름에 성숙하는 월년생 잡초로서 무경운  
답에서는 비료를 표토에 계속적으로 살포하기 때문에 인산질비료가 논 표  
층에 집적되므로 생육초기에 많은 인산을 필요로 하는 독새풀이 경운답에  
비하여 많이 발생한다. 따라서 무경운 답에서 발생한 독새풀을 적기에 방  
제하기 위하여 시기별 독새풀의 생육상과 무경운 지속기간에 따른 발생량,  
방제방법 및 비선택성 제초제 처리시기에 따라 전년도에 탈립된 벼 발아체  
의 효과적인 방제시기 등을 구명하기 위하여 몇가지 시험을 수행한 결과는  
다음과 같다.

가. 독새플 발생양상 및 방제적기

월동후 경과 기간에 따른 독새플의 생육상황을 <표2-12>에서보면 맥류생장기(2월 12일)로부터 40일정도 경과된 3월 19일에 독새플의 초장을 10cm 정도였으며, 이때부터 4월 18일까지 1개월 간은 10일에 3cm정도 자라다가 4월하순에는 10일에 7cm정도 자랐다.

표 2-12. 독새플 발생양상과 방제적기

조사 시기 (월. 일)	초 장 (cm)	경 수 (개/㎡)	건물중 (g/㎡)
3. 19	10.2	3,330	130.8
3. 29	13.6	1,913	159.2
4. 8	16.6	1,831	179.6
4. 14	20.0	1,715	347.2
4. 29	27.1	1,913	383.4
5. 9	35.4	1,627	476.6

이때 독새플의 건물중은 초장과는 달리 4월상순까지 느리게 증가되다가 4월중순부터 급격히 증가되었다. 무경운 지속기간의 차이에 따른 독새플의 차이를 <표2-13>에서 보면 무경운 상태로 관리된 기간이 길어질수록 생육량이 많아졌다.

표 2-13. 독새플 발생양상과 방제적기

무경운 년수	초 장(cm)	경 수(개/㎡)	건물중(g/㎡)
1년	9.1	340	40.5
3년	12.0	1,708	223.7
9년	14.3	1,916	359.8

독새플의 방제를 위하여 비선택성 제초제인 근사미, 그라목손을 공시하여 처리시기별 독새플의 방제가 및 재생정도를 <표2-14>에서 보면 제초제를 살포하지 않았을 경우 독새플의 발생량이 230g/㎡인데 비해 4월 20일에

제초제를 살포하였을 경우 방제가가 28.1%로 매우 낮았으나 5월 1일과 5월 10일 살포시 방제가가 아주 높았다.

표 2-14. 비선택성 제초제 처리시기별 독새플 방제가 및 재생정도

제초제 종류	처리시기 (월. 일)	독 새 플 발 생 량*		
		건물중(g/m <sup>2</sup> )	방제가(%)	재생정도(0~9)
근 사 미	4.20	165.2a**	28.1	5
	5. 1	15.0b	93.5	1
	5.10	10.0b	95.6	1
그 라 목 손	4.20	165.6a	27.9	5
	5. 1	27.2b	88.2	2
	5.10	10.0b	95.6	1
대비(무제초)	-	229.7	-	-

\* 5월 19일, \*\* DMRT 5%

독새플의 생육상황에 따라 근사미의 처리약량을 구명하기위하여 처리시기별 독새플 방제가와 재생정도를 <표2-15>에서 보면 약량이 증가할수록 독새플의 방제기도 높아지고 재생량이 적어졌다.

표 2-15. 근사미 처리시기별 약량 독새플 방제가 및 재생정도

처 리 시 기 (월.일)	사 용 량 (mg/10a)	건 물 중 (g/m <sup>2</sup> )	방 제 가 (%)	재 생 정 도 (0~9)
4.30	123	5.2	97.7	3
	82	26.5	88.5	5
5. 6	205	0.8	99.7	1
	123	10.3	95.5	3
	82	0.7	97.7	5
5.13	123	0.0	100.0	1
	80	26.9	88.3	3
대비(무제초)	-	229.7	-	-

**나. 비선택성 제초제 처리시기별 잡벼발생 정도**

벼 무경운직파 재배시 문제가 되고 있는 잡벼 발생을 억제하기 위하여 비선택성 제초제 처리시기에 따른 전년도 탈립종자의 발생정도를 <표2-16>에 서 보면 비선택성 제초제를 살포하지 않을 경우 10a당 1,600개체정도 발생 되었으나 제초제를 처리할 경우 5월 10일 살포구에서 789개체로 발생정도가 매우 낮아졌다.

표 2-16. 선택성 제초제 살포시기별 잡벼 발생정도

근 사 미 살 포 시 기(월. 일)	잡 벼 발 생 량(개/10a)
4.20	1,545a*
5. 1	1,232a
5.10	789b
대비(무살포)	1,601a

\* DMRT 5%

**다. 벼 오갈병 발병 환경과 방제방법**

무경운 포장의 잡초군락변화를 <표2-17>에서보면 월동전 및 월동후 5월까지는 독새풀이 우점종으로 3월이후 피복도가 100%였고, 6월중순 독새풀 고사와 더불어 사마귀풀, 너도 방동산이, 너도겨풀등이 발생되기 시작하였다.

표 2-17. 무경운 포장의 잡초군락 변화

시 기	월 동 전		월 동 후		6월 중순
	12월	2월 하	3월 중	4월 하순	
초종 및 피복도	독새풀 5~10%	독새풀 50%정도	독새풀 100%	독새풀 개 화	독새풀 고사 너도겨풀, 너도방동산이, 사마귀풀 발생시작

오갈병의 매개충이 끝동매미충의 발생경과를 <그림 2-1>에서 보면 Virus 매개충은 무경운답 독새풀에서 많은 개체가 서식하고 있었는데 제 1세대 성충기는 4월 중순, 제 2세대 성충기는 6월 중순경이었고,

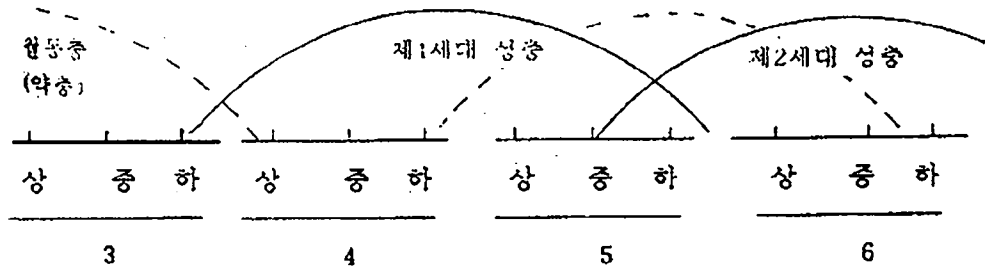


그림 2-1. Virus 매개충(끝동매미충)의 발생경과

세대별 Virus 보독충율을 <표2-18>에서 보는 바와같이 제1세대가 14.7%, 제2세대가 15.8%였다.

표 2-18. 매개충의 바이러스 보독충율(독새풀 서식충)

세 대	제 1 세대	제 2 세대
보 독 충 율	14.7%	15.8%

5월 20일에 직파한 벼의 생육상황을 <표 2-19>에서 보면 독새풀 고사기인 6월 중순에 2.5엽기 정도였는데 독새풀의 고사로인해 끝동매미충의 집중적인 흡즙가해를 받고 있었으며,

표 2-19. 직파벼의 생육상황(영남벼)

시 기	5. 20	5. 31	6. 8	6. 14
생 육 상 황	파 종	출 아 기	1.2 엽기	2.5 엽기

재배양식에 따른 발병차이는 기계이앙보다 직파구에서, 경운재배보다는 무경운재배구에서, 발병경율이 높았다(<표 2-20>참조).

표 2-20. 재배양식에 따른 오갈병 발병차이

재 배 양 식	파종이앙기(월.일)	발 생 경 율(%)	
		무 경 운	경 운
직 파	5. 20	12.9	8.3
어린모이앙	5. 28	5.4	5.2

\* 조사시기 : 8월2일, \*\* 무경운 재배 포장조건 : 4월15일 근사미유제처리

무경운 담수직답에서의 약제방제효과를 <표2-21>에서보는 바와같이 이미다 클로프리트 종자처리 수화제가 발병경율이 8.9%로 무처리 32.8%에 비해 73%의 방제가를 나타내었고, 이미다 클로프리트입제 및 카보입제의 수면처리에서는 방제가가 50%전후로 낮았다.

표 2-21. 무경운 직파 재배 답에서 약제방제 효과

공 시 약 제	처 리 방 법	발병경율(%)	방제가(%)
이미다클로프리트 종자 처 리 수 화 제	종자분의(3g/kg)	8.9	72.9
이미다클로프리트 입제	출아시 논표면처리 (1.5kg/10a)	15.6	52.4
카 보 입 제	출아시 논표면처리 (3.0kg/10a)	15.8	51.8
무 처 리		32.8	0

※ 파종 및 조사 : 5.20 / 8.2

#### 4. 벼 무경운 담수직파 재배가 입모율, 도복관련형질 및 잡초 발생에 미치는 영향

##### 가. 경운방법에 따른 입모율 및 생육특성

3년 연속 무경운 포장에서 영남벼를 공시하여 경운 유무에 따른 담수직 파 재배시 토양의 이화학성, 입모율, 중간생육, 도복관련 형질 및 뿌리의 수직분포비율, 수량 및 수량구성요소를 비교해 보면 다음과 같다. 경운 유무에 따른 토양 이화학성의 변화는 <표2-22>에서 보는 바와같이 경운답에 비해 무경운답에서 유기물 함량 및 인산 성분이 현저히 많았으나 Ca, Mg 및 SiO<sub>2</sub> 함량은 적었다.

표 2-22. 무경운 답의 시험전 토양이 화학성 비교

경운방법	pH (1:%)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat(cmol <sup>+</sup> /kg)			SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
				K	Ca	Mg		
무 경 운	5.9	28	123	0.28	3.96	1.58	84	8.65
경 운	6.9	20	36	0.29	4.89	2.29	118	10.99

입모상태 및 생육의 경시적 변화를 <표2-23>에서보면 입모율은 무경운구에서 77%로서 경운구의 91%보다 떨어졌으며 초기생육상황도 초장이 짧고, m<sup>2</sup>당 경수도 적은 경향이었는데 이는 앞의 여러 시험에서도 확인된 바와같은 경향이였다.

표 2-23. 무경운 직파 재배 벼의 입모상태 및 생육의 경시적변화

경운방법	입모율 (%)	입모수 (개/m <sup>2</sup> )	초 장(cm)					경 수(개/m <sup>2</sup> )				
			6/19	7/5	7/19	8/1	8/24	6/19	7/5	8/1	8/1	8/24
무경운	77	142	8	26	43	69	88	143	303	426	435	382
경 운	91	159	17	34	55	81	90	161	449	444	464	409

도복 관련형질 및 뿌리의 수직 분포 비율을 <표2-24>에서 보면 도복지수는 무경운이 168로서 경운의 151에 비해 높고 뿌리분포도 무경운구가 경운구에 비해 대부분 높고 뿌리분포비율이 높아 도복에 약한 조건이었다.



표 2-24. 도복관련형질 및 뿌리의 수직분포 비율

경운 방법	3+4절간장 (cm)	1수중 (g)	좌절중 (g)	도복 지수	중심고 (cm)	뿌리수직분포(%)			도복 (0~9)
						0~5cm	5~10cm	10cm	
무경운	21	13.0	767	168	34	86.3	10.2	3.5	1
경운	22	13.7	897	151	33	54.7	54.7	18.4	1

경운 유무에 따른 수량구성요소 및 수량을 <표2-25>에서 보면 출수기는 무경운구가 경운구에 비해 2일정도 지연 되었는데 이는 초기생육의 지연이 그 원인인 것 같으며, 수량은 무경운구에서 10%정도 감소 되었는데  $m^2$ 당 입수가 적은 것이 그 원인이라고 하겠다.

표 2-25. 무경운 재배년수별 수량 구성요소 및 수량 (영남벼)

경운방법	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	$m^2$ 입수 (천개)	등숙율 (%)	천립중 (g)	정현비율 (%)	수량 (kg/10a)	지수
무경운	8.26	82	17	23.0	90.7	21.5	82.1	473	90
경운	8.24	82	17	25.8	93.3	21.3	82.0	527	100

#### 나. 무경운 재배 년수별 입모율 및 생육 특성비교

벼 무경운 재배 년수별 생육특성을 비교하기 위하여 2년, 5년, 8년 연속 무경운 포장에서 영남벼를 공시하여 5월 17일에 담수직파 재배한 결과를 <표2-26> 및 <표2-27>에서 보면 입모율은 무경운 재배년수가 오래될 포장일 수록 떨어지는 경향이였으며, 수량은 무경운 재배년수가 오래될 수록 증가하는 경향이었는데, 이는 본시험기간동안의 기상이 풍수해가 없어 도복 등의 피해가 없었기 때문인 것으로 생각할수 있겠다.

표 2-26. 무경운 직파 재배 벼의 입모상태 및 생육의 경시적 변화

무경운 재배년수	입모율 (%)	입모수 (개/㎡)	초 장(cm)				경 수(개/㎡)			
			6/19	7/5	7/19	8/1	6/19	7/5	7/19	8/1
2	88.8	263	21	29	55	87	266	334	446	597
5	75.1	248	18	34	62	87	250	256	447	628
8	73.6	230	19	32	57	83	295	391	476	580

표 2-27. 무경운 직파 재배 벼의 수량구성요소 및 수량 (영남벼)

무경운 재배년수	출수기 (월.일)	간 장	수 장	㎡입수 (천개)	등숙율 (%)	천립중 (g)	정현비율 (%)	수 량 (kg/10a)
2	8.26	81	17	26.2	91.9	21.5	82.1	481
5	8.26	86	18	29.3	92.3	21.7	81.9	501
8	5.25	83	18	26.9	90.4	21.6	82.1	511

#### 다. 무경운 재배년수별 질소시비량에 따른 도복 및 시비효율 변화

무경운 재배년수가 오래될수록 표토에 축적된 퇴비층이 많아서 질소시비량을 표준시비량(10당 11kg 수준)으로 시용했을 경우 도복되기 쉬우므로 영남벼를 공시하여 무경운 재배년수별 질소시비량시험을 실시한 결과(어린 모 기계이앙 : 5.25)수량성적을 <표2-28>에서 보면 질소시비수준이 높을수록 많았으나, 관행 경운답에서는 질소 무시용구가 표준시비량(11kg/10a)구에 비해 수량이 80%정도인데 비하여 무경운답에서는 90%수준으로 그 감소폭이 적었는데 이는 무경운 답토양에 집적된 유기물 층의 분해에 의한 양분공급 효과라고 생각된다. 질소비료의 시비효율 및 흡수량은 <표2-29>에서 보는 바와 같이 무경운 재배년수가 지속될수록 증가하는 경향이였다.

표 2-28. 무경운 년수별 질소시비량에 따른 도복 및 수량비교

무 경 운 재배년수	포 장 도 복(0~9)				수 량(kg/10a)			
	11kg/10a	7	3	0	11kg/10a	7	3	0
2년	1	1	1	1	500	491	483	453
5년	5	3	3	3	499	484	471	458
8년	3	1	1	1	574	567	538	530
경운* (대비)	0	-	-	-	505	-	-	404

표 2-29. 무경운 년수별 질소시비효율 및 증수효율

무경운년수	질소시비량 (kg/10a)	질소흡수량 (g/10a)	흡수증가량 (g/10a)	시비효율 (%)	증 수 량 (kg/10a)	증수효율 (kg/N kg)
2년	11	6,912	1,084	9.9	47	4.3
	7	6,868	1,040	14.9	38	5.4
	3	6,152	684	22.8	30	10.0
	0	5,828	-	-	-	-
5년	11	9,824	3,644	33.1	41	3.7
	7	8,946	2,766	39.5	26	3.7
	3	6,649	469	15.6	13	4.3
	0	6,180	-	-	-	-
8년	11	9,529	2,514	22.9	44	4.0
	7	8,113	1,098	15.7	37	5.3
	3	7,271	256	8.5	8	2.7
	0	7,015	-	-	-	-

#### 라. 파종방법 및 파종량이 입모율 및 도복에 미치는 영향

앞에서 언급한바와 같이 무경운 담수직파 재배에서는 환원장해 등의 원인으로 입모율이 떨어지고 도복지수가 높은 것이 문제되기 때문에 이의 단점을 보완하기 위하여 무경운 담수직파 파종방법 및 파종량 구명시험을 영남벼를 공시하여 산파등 파종방법 3수준, 파종량 4kg/10a등 3수준으로 5월 15일에 파종하여 시험을 실시한 결과 파종방법 및 파종량에 따른 생육반응을 <표2-30>에서 보면 생육시기별 경수는 파종량이 많을수록, 그리고 조파보다는 산파에서 많은 경향이였다.

표 2-30. 무경운 직파 재배체계에서 파종방법 및 파종량에 따른 생육반응

파종방법	파종량 (kg/10a)	발아율 (%)	초 장(cm)				경 수(개/m <sup>2</sup> )			
			25'	35	45	57	25	35	45	57
산 파	4	91.7	29.6	36.3	44.7	59.3	361	414.7	568.0	500.0
	6	86.7	27.4	36.0	45.8	63.6	368	506.7	574.7	553.3
	8	100.0	26.2	36.5	46.1	64.5	407	588.0	642.7	585.3
	평균	92.8	28.7	36.3	45.5	62.5	378.7	583.1	595.1	546.2
조 파	4	100.0	29.1	34.8	45.9	62.4	230	406.0	387.7	367.0
	6	96.7	27.5	34.5	46.4	63.1	265	442.7	445.0	444.7
	8	100.0	29.9	36.7	46.1	63.9	267	597.0	594.7	589.7
	평균	98.9	28.8	35.3	46.1	63.1	254.0	481.9	475.8	467.1
무논골뿌림 (대비)	4	89.6	27.7	34.4	43.5	54.8	304	424	521.3	489.3

↓ 파종후 일수

도복 관련 형질 중(<표2-31>참조) 좌절중과 간기중은 산파보다 조파가 그리고, 파종량이 적을수록 도복에 유리하게 작용하였다. 산파에서 포장도복은 전파종량 다같이 매우 심하게 발생되었다.

표 2-31. 무경운 직파 재배체계에서 도복관련 형질

파종방법	파종량 (kg/10a)	절 간 장(cm)						좌절중 (g)	중심고 (cm)	간기중 (g)	포장도복 (0~9)
		제 1	2	3	4	5	6				
산 파	4	37.3	16.8	8.7	5.5	0	1,253	1,253	43.1	1.82	5
	6	37.1	16.9	9.4	5.9	0	1,456	1,456	42.2	1.95	5
	8	37.0	16.9	9.3	4.9	0	1,345	1,345	41.9	1.69	7
	평균	37.1	16.9	9.1	5.4	0	1,351	1,351	42.4	1.82	-
조 파	4	38.1	17.8	10.0	6.2	0.2	1,525	1,525	43.4	2.00	0
	6	37.7	18.9	10.0	6.2	0	1,242	1,242	45.2	1.84	0
	8	38.8	19.0	10.1	6.3	0.2	1,431	1,431	45.8	1.85	0
	평균	38.2	18.6	10.0	6.2	0.1	1,399	1,399	44.8	1.90	-
무논골뿌림 (대비)	4	37.3	18.1	9.8	5.6	0	1,205	1,205	4.17	1.72	0

수량은 <표2-32>에서 보는 바와같이 다른 파종방법에 비하여 조파구에서 높았는데, 특히 파종량 6kg/10a을 조파로 파종할 경우 가장 높았다. 따라서 현재까지의 연구결과로서는 특별한 입모을 향상책이 없는한 무경운 직파재배를 할 때는 입모을이 떨어지는 단점을 파종량을 늘려파종하고 도복을 방지하기 위해서는 산파보다는 다소 불편하더라도 조파 하는 것이 바람직하다고 하겠다.

표 2-32. 무경운 직파 재배체계에서 파종방법 및 파종량이 수량 및 수량구성 요소에 미치는 영향

파종방법	파종량 (kg/10a)	출수기 (월.일)	간장 (cm)	수장 (cm)	수수 (개/m <sup>2</sup> )	입수 (개/수)	등숙율 (%)	천립중 (g)	정현율 (%)	수량 (kg/10a)	지수
산 파	4	8.22	86	19	424	90.5	88.3	19.5	82.3	605	97
	6	8.22	83	19	451	93.3	89.9	19.3	82.7	597	96
	8	8.22	82	20	453	88.0	88.6	18.9	82.7	624	100
	평균	-	84	19	443	90.6	88.9	19.2	82.6	609	98
조 파	4	8.22	81	19	308	105.9	86.0	20.2	82.3	619	100
	6	8.22	83	19	354	101.5	83.0	20.3	82.5	661	106
	8	8.22	83	20	379	92.5	93.2	19.6	82.4	649	105
	평균	-	82	19	347	100.0	87.4	20.0	82.5	643	104
무논골뿌림 (대비)	4	8.22	78	19	423	96.8	93.4	19.5	82.6	621	100

#### 마. 토성별 경운방법이 입모을 및 생육에 미치는 영향

무경운 재배를 할 경우에는 토성에 따라 수직배수정도가 다르기 때문에 무경운 담수직파재배 능가실증시험을 각 토성별로 선정하여 영남벼를 공시 5월 15일~5월 20일에 파종한 결과 입모을과 출수기를 <표2-33>에서 보면 토성에 관계없이 일정한 경향이 없었다.

표 2-33. 토성별 입모율 및 출수기비교

구 분	경운방법	산 청 (사양토)	하 동 (식양토)	합 천 (습 답)	의 령 (식 토)	김 해 (미사질양토)
입모율(%)	무 경 운	94.4	97.2	97.2	95.8	100
	경 운	100	97.2	97.2	100	100
출 수 기 (일. 일)	무 경 운	8.16	8.15	8.16	8.17	8.16
	경 운	8.16	8.15	8.16	8.17	8.16
무 경 운	493	446	426	370	395	426
경 운	452	426	344	419	350	398

#### 바. 무경운 직파 잡초방제 체계 시험

무경운 직파 재배기술에서 가장 문제점이 되고 있는 것은 초기입모율 향상과 잡초방제체계라는 것을 앞에서도 여러번 강조하였다. 무경운 재배 잡초방제 체계는 관련분야에서 점진적으로 신규제품이 개발되어야 하기 때문에 현재 개발된 제초제중에서 초, 중기 체계 처리시험결과를 <표2-34>에서 보면 파종25일전 글라신 액제+부타유제를 10a당 각각 500+300ml를 처리하고 파종15일 후 메페나셋, 벤셀푸론, 다이므론입제를 처리한 경우 초, 중기 잡초방제가 높았으며 수량도 방제가와 같은 경향이였다.

표 2-34. 잡초방제체계가 주요 발생초종 및 수량에 미치는 영향

No.	제 초 체 계	처리시기	초 기		중 기		주요발생초종 및 점유비율(%)	수 량 (kg/10a)			
			발생량 (g/m <sup>2</sup> )	방제가 약 해 (%) (0~9)	발생량 (g/m <sup>2</sup> )	방제가 약 해 (%) (0~9)					
1	글리신억제 + 부타 유제 fb 메피나 셋·벤셀푸론·다이모론입제	15 DAS	1.4	84	0	3.7	88	0	①나도겨풀(55.8) ②사마귀풀(19.4)	365	
		5 DBS fb				1					0
		10 DAS									
2	글리신억제 fb 디메피퍼레이트·다이모론입제	5 DBS fb	2.1	76	0	10.0	67	0	①나도겨풀(80) ②사마귀풀(20)	77	
		15 DAS				2					0
3	글라이신억제 fb 메피나셋·벤셀푸론·다이모론입제	25 DBS fb	1.98	79	0	12.5	59	0	①나도겨풀(75.6) ②사마귀풀(24.5)	190	
		10 DAS fb				1					0
		40 DAS									
4	글라이신억제 + 부타유제 fb 디메피퍼레이트·벤셀푸론입제 fb 벤타론 억제	5 DBS fb	1.4	84	0	11.6	62	0	①나도겨풀(53.8) ②사마귀풀(41.6)	394	
		10 DAS fb				2					0
		40 DAS									
5	무 처 리		8.7	-	0	30.4	-	0	①나도겨풀(35) ②사마귀풀(16)	38	

### 5. 콤바인부착 파종기이용 벼-보리 수확동시 파종재배기술 연구

남부지방의 벼-보리 2모작지대에서 콤바인 부착 연속무경운 상태의 논에서 벼 수확동시에 맥류(밀이나 보리)를 파종하고 또한 맥류를 수확하면서 벼를 파종하는 시스템을 개발하기 위하여 일련의 시험을 수행한 결과는 다음과 같다.

#### 가. 벼 수확동시 보리 파종재배시험

대진보리를 공시하여 벼 수확시기(보리 파종시기)를 3수준, 보리 파종량을 3수준(15, 20, 25kg/10a)으로 파종했을 때 보리의 초기생육 및 월동상태를 <표2-35>에서보면 입모율은 파종시기가 빠를수록 높았고, 초장과 경수도 같은 경향이였다. 월동후 생육은 파종시기가 빠를수록 양호하였으나 고엽율은 파종시기간 차이가 없었다.

표 2-35. 벼 무경운 직파 재배체계에서 벼의 초기생육 및 월동상태

처 리 내 용		입모율	초 장*	경 수*	월 동 상 태 **		
파종기	파종량	(%)	(cm)	(개/㎡)	초장(cm)	경수(개/㎡)	고엽율(%)
10월10일	15kg/10a	87	19	211	9.4	916	48.9
	20	88	19	214	11.2	1,275	35.6
	25	91	19	312	7.7	957	42.4
	평 균	89	19	246	9.4	1,049	42.3
10월20일	15kg/10a	81	12	185	7.1	736	44.9
	20	81	12	252	8.1	1,005	34.9
	25	84	12	339	7.3	1,011	42.7
	평 균	85	12	259	7.5	917	40.8
10월30일	15kg/10a	77	9	113	5.0	491	45.2
	20	76	8	185	5.6	579	38.7
	25	71	8	187	5.9	711	40.6
	평 균	75	8	162	5.5	594	41.5

\* 10월 10일, 10월 20일 파종구 : 11월8일

10월 30일 파종구 : 12월 5일

조사

\*\* 2월 15일조사

보리수량은 <표2-36>에서 보는 바와같이 파종시기간에는 차이가 없었으나 파종량간에는 파종량이 많을수록 증수되는 경향이였다. 보리의 표준 재배법에서는 10a당 파종량이 15kg 내외이나 벼 수확동시 보리파종에서는 파종량을 20~25kg으로 다소 늘리는 것이 바람직 할 것 같다.



표 2-36. 파종기 및 파종량이 무경운 직파 재배 벼의 수량구성요소 및 수량에 미치는 영향

처 리 내 용		출수기	간 장	수 장	수 수	입 수		천립중	수량
파종기	파종량	(월. 일)	(cm)	(cm)	(개/㎡)	(개/수)	(천개/㎡)	(g)	(kg/10a)
10월10일	15kg/10a	4.20	67	3.8	460	39.0	17.9	28.0	319
	20	4.20	77	3.5	448	45.4	20.3	28.9	413
	25	4.20	74	3.4	459	45.8	21.0	29.3	367
	평 균	4.20	73	3.6	456	43.4	19.7	28.4	363
10월20일	15kg/10a	4.21	68	3.8	393	49.2	19.3	28.3	338
	20	4.21	79	4.1	469	49.2	23.1	28.3	354
	25	4.21	80	3.6	435	48.4	21.1	28.3	365
	평 균	4.21	76	3.8	432	48.9	21.2	28.3	352
10월30일	15kg/10a	4.21	79	4.1	442	54.4	24.0	28.7	360
	20	4.21	82	4.3	428	51.0	21.8	29.0	369
	25	4.21	78	3.8	440	49.4	21.7	29.0	381
	평 균	4.21	80	4.1	437	51.4	22.5	28.9	370

#### 나. 벼 수확동시 밀 파종재배시험

벼 수확동시 보리재배를 할 경우 월동기간의 기상이 저온일 경우 동해로 인한 피해가 우려됨으로 보리대신에 올밀을 공시하여 10월 10일과 10월 20일에 파종방법을 각각 콤바인부착 파종과 입모중 인력 파종으로 나누어 실시한 결과 초기생육 및 월동상태를 <표2-37>에서보면, 입모율은 10월 10일 파종에서 낮았으나 월동전후 생육은 오히려 양호 하였으며 수량은 <표 2-38>에서보는 바와같이 파종시기가 빠를수록 높은 경향이었는데 이는 ㎡ 당 입수가 많았기 때문이라고 생각된다.

표 2-37. 파종기 및 파종량이 무경운 직파 재배 벼의 초기생육 및 월동상태에 미치는 영향

처 리 내 용		입모율 (%)	월동전 생육상황*		월동후 생육상태**		
파종기	파종방법		초장(cm)	경수(개/㎡)	초장(cm)	경수(개/㎡)	고엽률(%)
10월10일	콤바인부착	81.1	15.1	615	15.7	1,380	13.2
	파 종 기						
	입 도 중	78.8	14.7	813	16.7	1,001	13.1
	평 균	80.0	14.9	714	16.2	1,191	13.2
10월20일	콤바인부착	94.4	10.8	237	10.4	488	6.4
	파 종 기						
	입 도 중	91.7	12.1	321	10.0	676	10.9
	평 균	93.1	11.5	279	10.2	582	8.7

\* '94. 11. 23일 \*\* '95. 2월 16일 조사

파종방법간에는 벼 수확전 인력으로 입도중 파종한 것 보다 콤바인부착 파종기 파종에서 중수되는 경향이였다. 밀 품종을 현재보다 약간 빠른 품종을 육성할 경우 콤바인부착 파종기이용 벼 수확동시 맥류재배는 동해나 도복의 위험이 적은 밀이 보리보다 밀이 더 유리 할것으로 생각된다.

표 2-38. 무경운 직파 재배체계에서 파종기 및 파종방법이 벼 수량구성요소 및 수량에 미치는 영향

처 리 내 용		출수기 간 (월.일)	장 수 (cm)	장 수 수 (cm)	수 수 (개/㎡)	입 수 (개/수)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)	
10월10일	콤바인부착	4.27	85	8.5	469	51.6	24.2	32.3	436
	파 종 기								
	입 도 중	4.27	83	9.2	485	51.8	25.1	32.0	377
	평 균	4.27	84	8.9	477	51.7	24.7	32.2	407
10월20일	콤바인부착	4.28	84	7.2	427	50.0	21.4	35.0	346
	파 종 기								
	입 도 중	4.28	84	7.7	408	48.6	19.8	36.0	278
	평 균	4.28	84	7.5	418	49.3	20.6	35.5	312

다. 보리수확동시 벼 파종재배시험

남부지방 논의 벼-보리 2모작 지대에서의 농촌노동력 경합을 완화시키고 주곡작물의 경영비를 줄이기 위해서는 벼 또는 보리중에서 어느한 작물의 생력재배 기술만으로는 근본적으로 해결 할수 없다. 따라서 콤바인 부착파종기 이용 효율을 높이기 위해 보리수확 동시 벼 파종시험을 파종시기별로 품종을 달리하여 실시한 결과 초기 및 중간생육상황을 <표2-39>에서 보면 초장과 경수 모두 생육이 양호하였다.

표 2-39. 무경운 직파 체계에서 벼의 초기 및 생육중간 상황

처 리 내 용	초 장(cm)			경 수(개/㎡)		
	6/26	7/26	8/23	6/26	7/26	8/23
영 남 벼 (5.30 파종)	15	51	84	380	819	541
화 영 벼 (6. 5 " )	9	48	84	227	515	453
신금오벼 (6. 10 " )	9	49	94	294	623	457

처리별 도복관련형질 및 포장도복상황을 <표2-40>에서 보면 3+4절간장과 중심고는 경운직파(대비구)와 비슷하였으나, 좌절중은 콤바인부착파종기 파종에서 다소 낮았으며 뿌리의 수직분포를 보면 콤바인부착파종이 경운직파에 비해 표면 분포비율이 높아 포장도복정도는 3-7로 도복이 심하였다.

표 2-40. 무경운 직파 체계에서 벼의 도복관련 형질 및 포장도복

처 리 내 용	3+4절간장 (cm)	중심고 (cm)	좌절중 도복 (g)	뿌리 수직분포(%)			포장도복 (0~9)	
				지수	0~5cm	5~10cm		10cm <
영 남 벼(5.30 파종)	21	38	641	150	86.4	9.4	4.2	3
화 영 벼(6. 5 " )	16	39	709	132	-	-	-	5
신금오벼(6. 10 " )	24	41	795	177	-	-	-	7
대 비 *	24	36	845	158	61.8	29.6	8.6	0

\* 영남벼 경운직파(5월 25일)

출수기는 전처리 다같이 8월 27일에서 8월 30일사이로 10월중순에 수확이 가능하였고, 수량은 464(화영벼)~573kg/10a(신금오벼)으로 정상수량을 나타내었다(<표2-41> 참고)

표 2-41. 무경운 직파 체계에서 벼의 수량구성요소 및 수량

처 리 내 용	출수기 (월.일)	간 장 수 장 (cm)	입 수 (천개/㎡)	등숙률 (%)	천립중 (g)	정현율 (%)	수 량 (kg/10a)
영 남 벼(5.30파종)	8.28	73	20	29.5	91.8	21.4	478
화 영 벼(6. 5 " )	8.27	74	19	21.3	94.2	21.9	464
신금오벼(6.10 " )	8.27	80	19	31.1	87.7	21.0	573
영 남 벼( 대 비 )	8.15	83	19	35.1	85.7	25.6	502

#### 라. 보리수확동시 벼 직파 잡초방제체계 확립시험

콤바인부착 파종기로 보리를 수확하면서 벼(화영벼)를 파종(6월8일) 한 후 노난매등 8종의 제초체계 처리를 한결과 파종방법별 잡초발생초종 및 발생량을 <표2-42>에서보면 잡초발생량은 콤바인부착 파종기이용 무경운 직파구가 경운직파구의 30.8%였으나, 여뀌와 사마귀풀의 발생량은 경운답보다 많은 경향이였다.

표 2-42. 자운영 처리방법 별 벼 파종방법별 발생초종 및 발생량 비교 (무방제구)

발 생 초 종	콤바인 부착 파종기 이용 수확동시 벼 직파*	경운직파**
	g/㎡	
피	0	37.9
알방동사니	0	14.7
속속이풀	0.6	72.4
바랭이	0	2.1
한련초	0	1.5
자귀풀	0	1.4
여뀌	27.4	1.4
사마귀풀	12.5	0
계	40.5g/㎡(30.8)	131.4g/㎡(100)

\* 파종후 40일 조사(7월 19일), \*\* 파종후 30일 조사(6월 7일)

처리약제별 잡초방제효과를 <표2-43>에서보면 근사미 fb 부자논(IDAS 20 DAS)처리구에서 출수기(8월14일)때의 방제가가 90.5%로 매우 높은 잡초방제 효과를 보였다.

표 2-43. 자운영 처리방법별 처리약제별 잡초방제효과

번호	처 리 체 계	처리시기 (파종후)	중 기		후 기	
			방제가(%)	발생초종	방제가(%)	발생초종
1	노 난 매	10일	23.0	① 여뀌	40.6	① 여뀌
2	만 석 군	15	93.8	② 사마귀풀	63.6	② 사마귀풀
3	부 자 논	20	75.9	③ 독새풀	41.5	③ 피
4	노난매 fb 스템에프 34	10 fb 30	83.2	④ 속속이풀	48.4	④ 바지나풀
5	만석군 fb 스템에프 34	15 fb 30	90.1		58.6	⑤ 미나리
6	부자논 fb 스템에프 34	20 fb 30	90.9		35.4	
7	근사미 fb 부자논	1 fb 20	98.9		90.5	

\* 중기 : 7월 19일 조사, \*\* 후기 : 8월 14일 조사

## 6. 자운영 재배포장을 이용한 벼 무경운 직파재배시험

벼 무경운재배에서 가장 문제가 되고 있는 것은 무경운을 함으로써, 독새풀 등의 잡초가 무성하기 때문에 벼 파종전에 이들 잡초방제를 위해 비선택성 제초제를 별도로 살포해야하는 번거로움이 있다. 이러한 어려움을 없애기 위하여 두과 작물인 자운영을 도입하면 녹비 작물로서의 효과뿐만 아니라 피복작물효과도 얻을수 있다.

자운영 4년 재배포장에서 자운영 처리 방법별로 질소 시비량을 달리했을 때의 입모율을 <표2-44>에서 보면 자운영 방치 상태에서 가장 낮았다.

표 2-44. 자운영 처리방법별 자운영 처리 방법별 입모율 변화  
(화영벼, 5월 20일 파종)

자운영 처리방법	질소표준시비 (11kg/10a)	50%감비	무 비	평 균
자운영 방치	85.0 %	81.7	83.4	83.4
예 취 제 거	96.2	90.7	90.1	92.2
제초제 처리	95.1	94.4	92.1	93.9
자운영 포장경운	96.0	100.0	92.1	96.0
관 행(경운)	98.3	98.6	98.0	98.3

자운영 처리방법별 도복관련형질에 미치는 영향을 <표2-45>에서 보면 포장도복은 자운영 방치(무경운)구에서 가장 심하였으며 이는 뿌리의 수직분포에 큰 영향을 받은 것으로 추정된다.

표 2-45. 자운영 처리방법별 도복관련 형질 및 뿌리분포 비교('95~'96)

자운영 처리방법	시비량	3+4 절간장 (cm)	좌절중 중심고 (cm)	도복 지수	뿌리량' (g)	뿌리수직분포비율(%)"			포장' 도복 (0~9)	
						0-5cm	5-10cm	10cm <		
자운영 방치	11	19.3	1216	41.6	109	11.1	84.4	9.4	6.2	5
	5.5	20.0	1183	41.4	103					1
	0	19.0	1318	39.8	96					1
	평균	19.5	1212	40.5	106					
예취제거	11	18.4	1154	40.6	198	12.2	90.3	6.7	3.0	5
	5.5	18.0	1150	41.7	106					5
	0	17.7	1222	38.5	92					1
	평균	17.7	1145	39.1	107					
제 초 제	11	17.4	1122	40.9	111	10.6	86.5	8.3	5.2	5
	5.5	17.6	1044	40.9	110					5
	0	15.1	1205	38.8	86					1
	평균	16.5	1135	39.7	105					
경 운	11	16.6	1142	40.7	97	15.2	68.6	23.2	8.2	1
	5.5	17.5	1139	40.8	91					1
	0	16.5	1118	39.7	86					0
	평균	18.3	1113	40.1	100					
경운(관행)	11	19.0	916	41.9	116	15.9	52.5	28.5	19.0	1
	5.5	20.5	897	40.9	121					1
	0	18.9	578	40.2	98					0
	평균	20.5	816	39.7	120					

♫ '96. 1년차 성적, ♪ '95. 1년차 성적

## 제 4 절 결론(적요)

벼 무경운 직파재배 기술상의 가장 큰 문제점이라고 할 수 있는 입모울을 높이기 위해서는 좋은 파종상을 만들어야 한다. 무경운 직파 재배체계에서는 콤바인으로 벼를 수확할 때 짚을 절단, 피복하게 되는데 이 짚을 저온에서 빠르게 분해시킬 수 있는 미생물을 개발할 필요가 있다. 이 연구에서는 *Postia placenta* 등 12종의 균주를 수집, 5~45℃ 범위에서 균사발육량을 조사하고 그 중에서 가장 우수한 *P. chrysosporium* SC-26을 배양하여 포장에서 벧짚에 처리하고, Mad-698-M277을 보리 짚에 2kg/10a 처리하고 짚의 부숙율을 측정된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 벧짚 부숙촉진 미생물중 P.C SC-26 및 Mad 698~M277이 처리후 10일에서 35.15~41.73%의 높은 부숙효과를 나타내었다
2. 저온성 벧짚 부숙촉진 미생물을 선발하기 위하여 *Postia placenta* 등 12 균주의 온도별 균사 생육량을 조사한 결과 20℃ 전후에서 8~20mm/day 정도의 생육량을 나타내는 균주는 *Irpex lacteus* 등 5종이었다.
3. 그러나 이들 미생물 중 실내 시험에서 유망한 P.C SC-26 및 Mad 698~M277 균주를 증식하여 실제 포장상태에서의 벧짚에 처리하고 일정기간 벧짚 부숙 정도를 측정된 결과 효과가 인정되지 않았다.

제 2 차년도에서는 섬유소분해균, 리그닌분해균, 식물생육촉진균을 포장상태에서 단독 또는 복합처리 저온 속효성 부식 미생물을 증식하고 이를 포장에서 처리처리하였을 때 짚을 부숙하는 속도를 평가하였던바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 포장에서는 섬유소분해균, 리그닌분해균 또는 식물생육촉진균을 단독 처리하는 것보다 복합처리함으로써 벧짚의 분해가 촉진되었다.
2. 남부지방에서 무경운 직파 체계에서 파종전 법씨가 발아하여 그 유아가 출현될때까지 소요되는 일수는 파종기를 3월 10일, 3월 30일, 4월 20일

및 5월 20일로 하였을 때 각각 54, 34, 20, 8일이었다.

제 3 차년도에서는 남부평야지방에서 직파적기로 판정되는 5월에 파종을 할 경우 입모율은 85%이상 확보되었고, 출수기차이는 1-3일 정도로 그 차이가 적었고, 무경운 직파후 초기물관리 방법은 상시담수(40%)에 비해 습윤상태(90%)유지구에서 입모율이 월등히 높았다. 무경운 재배년수별 독새플 발생량은 무경운 년수가 오래될수록 많았으며, 독새플 방제방법은 4월 하순에서 5월 상순에 비선택성 제초제를 123-205ml/10a 살포시에 방제가가 60-90% 정도로 높았다.

무경운 직파 재배시 경운 재배에 비해 Virus 발병율이 높았으며, 독새플에 서식하는 끝동매미충의 Virus 모독충률도 높았다.

1. 저온성 벧짚분해 미생물은 Phanerocheate Chrysosporium(sc-26)균주가 벧짚부숙 비율이 높고 비교적 저온처리온도(6~28℃)균사 생육비율도 높았다.

2. 벧짚시용포장에서 섬유소분해균, 리그닌분해균, 식물생육 촉진균을 각각 단독처리에서보다 복합처리에서 벧짚분해가 촉진되었다.

3. 남부평야지방의 직파재배시기별로 파종~출아기간은 3월10일 파종시 54일, 3월 30일 파종시 34일, 4월 20일 파종시 20일 5월 20일 파종시 8일이었다.

4. 남부평야지방에서 직파적기(5월 1일~5월 30일)에 파종을 할 경우 입모율은 85%이상으로 비슷하였으며, 출수기차는 1~3일정도였다.

5. 무경운직파후 초기 물관리 방법은 계속담수에 비해 습윤상태유지구에서 입모율이 월등히 높았다.

6. 무경운 재배년수별 독새플 발생량은 무경운년수가 오래될수록 많았으며, 독새플 방제방법은 4하~5상순에 비선택성 제초제를 123~205ml/10a 살포시 방제가가 높고 재생정도도 낮았다.

7. 무경운직파재배시 경운재배에 비해 Virus 발병경율이 높았으며, 독새



풀에 서식하는 끝동매미충의 Virus 보독충율도 높았다.

8. 끝동매미충의 방제약제는 이미다클로프리드 종자분의 구에서 방제가 (72.9%)가 높았다.

9. 무경운 담수직파재배시 무경운 년수가 2.5-8년으로 늘어 날수록 입모율이 낮아지는 경향이었고, 파종방법에 따른 도복정도는 산파구에서는 파종량에 관계없이 도복(5-7)된 반면 조파구에서는 도복에 강한편이었다.

10. 무경운 담수직파재배의 잡초방제체계는 파종전 25일에 근사미(500ml) +마세트(300ml)를 처리하고 파종후 15일에 마무리 입제를 살포한 구에서 방제가와 수량이 높았다.

11. 남부지방 벼-맥류 2모작지대에서의 초생력재배기술을 개발하기 위한 일련의 시험결과 벼 수확동시 맥류파종과 맥류 수확동시 벼 재배 가능성이 인정되었다.

12. 자운영 재배포장을 이용한 벼 무경운 직파재배시 질소시비량에 관계없이 자운영 방치구에서 입모율이 가장 낮았다.



사진 2-1. 제초제 살포 19일후 포장전경 4월10일 (근사미+마세트), 독새풀제초



사진 2-2. 무경운 직파 벼의 발아상태

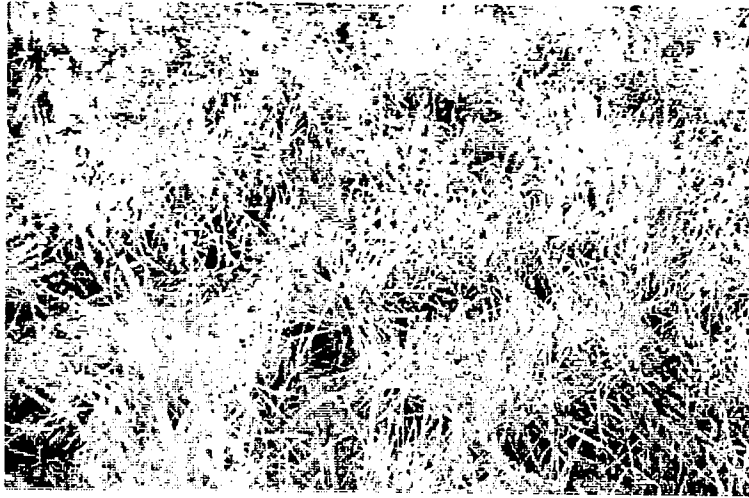


사진 2-3. 무경운 직파벼 입모상태

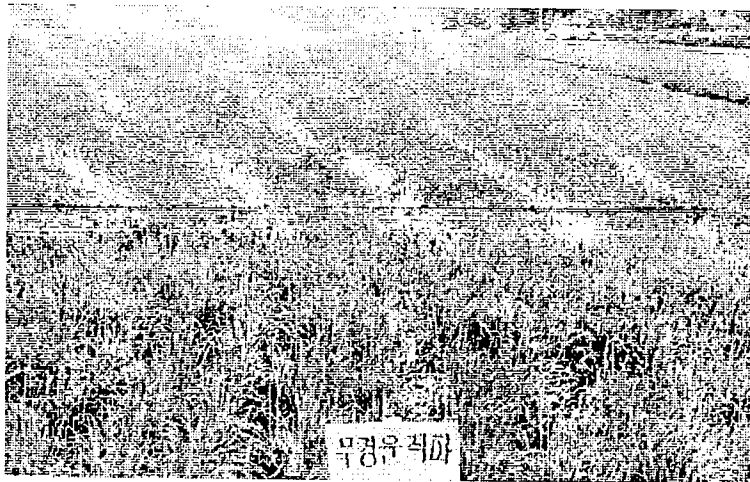


사진 2-4. 무경운 직파벼 중간생육상태

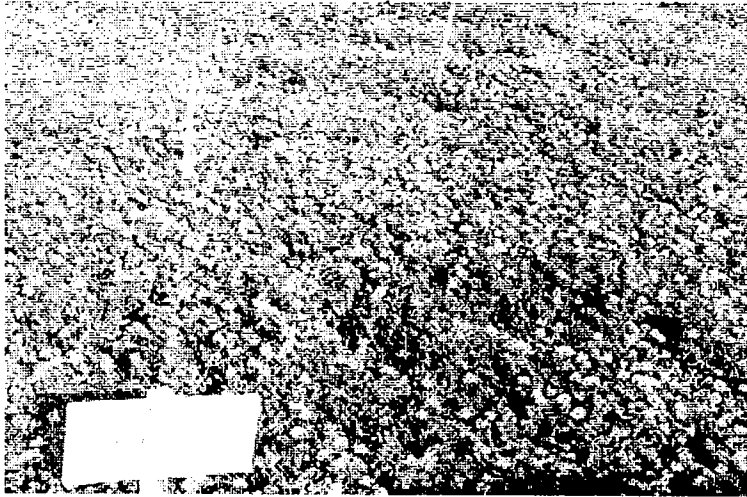


사진 2-5. 자운영 시험포장 상태

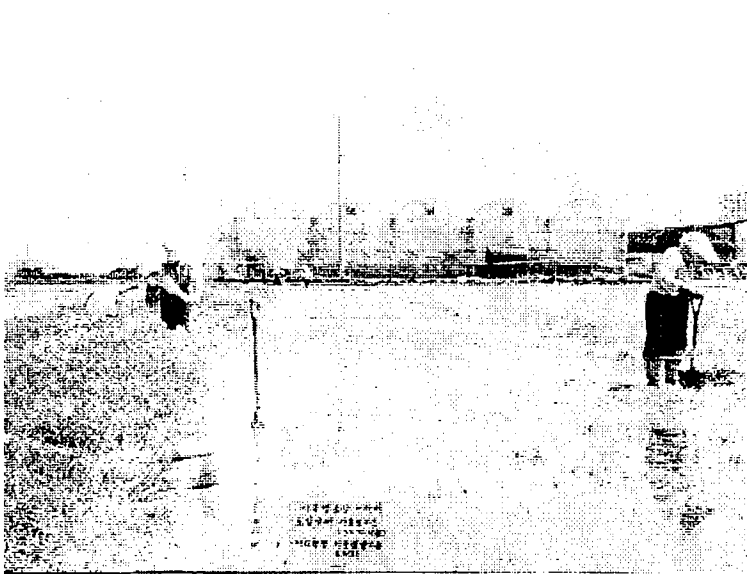


사진 2-6. 자운영 재배포장 이용 벼 직파



사진 2-7. 보리 수확 당시 벼 파종 초기생육



사진 2-8. 보리수확 당시 벼직파 초기생육 상태

## 참 고 문 헌

1. Baeumer, K, and W.A.P. Bakermans, 1973. Zero Tillage. Adv. Agron. 25 : 77~123.
2. Kim. J.Y., K.P.Hong, H.S.Lee, Y.S.Lee, J.K. Ha, and Z.R. Choe. 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, KSCS, Korea : 97~104.
3. Kim. H.Y., Y.S.Lee, K.P.Hong, B.J.Lee, G.M.Shon, Y.J.Choi, J.G.Kim, and Z.R. Choe. 1993. Effects of direct of direct sowing and mechanical transplanting on the growth of rice in no-tillage paddy rice system. Crop Production and Improvement Technology in Asia, KSCS, Korea : 73~82.
4. Kim. J.Y., Y.S. Lee, K.P.Hong, H.Y.Shin, J.K.Ha, Z.R.Choe, and J.H.Kang. 1993. Effect of N-level and split application of nitrogen fertillzer on rice growth in no-tillage paddy rice system. Crop Production and Improvement Technology in Asia, KSCS, Korea : 91~96.
5. 경남농촌진흥원 1996. 1996년도 농업과학기술시험 연구보고서, P.203~245.
6. 김달수, 조정익, 이영일, 이영구, 1969, 간척지 담수직파 재배법에 관한시험, 호남 작시 시험 연구보고서 : 196~201.
7. 金鐵洙, 1976, 水稻乾畚 直播栽培와 耕耘方法이 土壤物理성과 收量에 미치는 影響에 관한 研究, 尙州農蠶專門大 論文集 17 : 5~8.

8. 金鐵洙, 高秀鉉, 1979, 水稻湛水 直播栽培에서 耕耘方法이 土壤物理性  
과 生育, 收量에 미치는 影響에 관한 研究, 尙州農藝專門大 論文集 18  
: 153~159.
9. 朴錫洪, 李哲遠, 1992. 벼 直播栽培의 技術的 發展方向. 韓雜草誌.  
12(3) : 292~308.
10. \_\_\_\_\_, 1979. 稻稚苗移植栽培における缺株の補償について, 日作  
紀 48(2) : 214~219.
11. 三石昭三, 井村光夫, 1982. 水稻の湛水直播における諸問題(1), 農業お  
よび園藝
12. 野野山芳夫, 吉澤孝之, 1976. 水稻の不耕起直播に関する土壤肥料學的  
研究, 第4報. 土壤窒素 發現様式の特徴, 中國農試報 11:7~52.
13. 野野山芳夫, 1981. 水稻の不耕起直播に関する土壤肥料學的研究, 中國  
農藝報 18 : 1~62.
14. 양원하, 윤용대, 오운진, 구연충, 1992. 무경운 직파재배기술 개발연  
구, 작시 시험연구보고서 : 325~333.
15. 李哲遠, 成旭英, 朴錫洪, 朴來敬, 趙東三, 1988. 벼 湛水土中 直播栽  
培 연구, II. 벼 品種의 水中發芽時 溶存酸素, 吸收와 發芽特性 韓作  
誌. 33(1) : 97~101.
16. 이호진, 정영상, 1993. 지속적 작물생산과 환경관리, 지속적 농업과  
환경보전 심포지엄 : 31~55.
17. 林善, 1993. 土壤微生物과 土壤健全性, 環境保全型 農業을 위한 土壤  
管理 심포지엄 : 83~91.
18. 허태구, 1993. 畚土壤 特性別 最小耕耘 基準設定에 관한 연구, 慶熙大  
學校 博士學位論文. p.84
19. 한농. 1993. 한국의 논잡초. p181
20. 洪光杓. 1994. 南部地方 無耕耘體系에서 벼 省力栽培에 관한 研究.  
慶尙大學校 博士 學位論文 p96.

21. 陳文燮·朴天緒·咸泳秀·盧承杓. 1977. 畚裏作 보리栽培에서 독새풀 被害에 관한 研究. 農試研報 19 : 157-170.
22. 金正泰·趙銀基·權純鍾·徐得龍·徐亨洙. 1992. 벚짚還元이 트랙타用 麥類條播機의 播種 狀態 및 雜草發生과 보리生育에 미치는 影響. 農試 論文(田.特作) 34(1) : 23-28.
23. 金純哲·徐亨洙·鄭奎鎔. 1975. 畚裏作 麥類 雜草防除에 關한 研究. 農試研報 17 : 131-142
24. Kim, S. C., Y.J. Oh, and Y. W. Kwon. Weed Flora of Agricultural Area in Korea. KJWS12(4) : 317-334.
25. 李承弼·金相慶·尹榮錫·李光錫·崔大雄. 1991. 콤바인 收穫畚에서 벼 異型株發生樣相. 韓作誌. 36(4) : 305-309.
26. 李外鉉·金相慶·金世種·金英孝·李光錫·崔富述. 1994. 圃場管理條 件에 따른 脫粒범씨의 發芽樣相 및 秋播 水稻品種의 發芽力 差異. 農試 論文 36(2) : 1-5.
27. 愼鏞華. 1963. 畚土壤에 있어 土壤反應 有效磷酸과 置換性鹽類가 독새 풀 生育에 미치는 影響. 農試論文 6(1) : 23-26.



# 제 4장 무경운 직파 재배용 벼 유전자원 평가 및 이용

## 제 1 절 서론

현재 한국의 농업은 농업 노동 인구의 감소에 따른 생력화 농업과 함께 UR, GR, 및 생물 다양성 협약 강화로 인한 환경 조화 및 지속형 농업기술의 개발과 실용화가 시급한 실정이다. 이에 본 연구진은 자운영-벼 무경운 직파 재배의 생산 기술체계를 확립하여 저 노동투입의 생력 농업과 생물경운(biological tillage)을 통한 환경 조화형 벼 재배기술 체계를 수립코자 한다.

직파 재배용 벼 유전자원은 다수 개발되어 있으나 아직 그 자원의 정확한 평가 및 특히 무경운 직파 재배 체계에서의 선발 및 평가는 미흡한 실정이며 궁극적으로는 이들 무경운 직파 특성, 즉 저온 발아성 및 생육, 직근성, 내도복성, 소분얼성 등에 관한 유전자를 분리하여 벼에 전이 시킴으로서 우수한 품종 육성의 기반 연구에 기여코자 한다.

## 제 2 절 연구내용 및 방법

### 1. 저온 발아성 벼 자원의 선발

국내 직파 재배용 품종인 동진을 포함해서 9품종, 미국 및 IRRI에서 수집한 M401 외 40품종, 영남대 식량자원학과의 서학수 교수로부터 분양 받은 국내 자생의 앵미 39종 등의 총 89품종을 직파 재배시 생육에 상응하는 온도로 조절된 Seed Germinator에서 낮의 온도 23℃ 13시간, 밤의 온도 13℃ 11시간으로 처리하여 각각 발아율을 측정 하였다. 파종 7일 후 발아율

을 조사하였으며 3회 반복 실험하였다.

## 2. 수중 발아 및 생육 우수 품종 선발

저온 발아능이 우수한 품종과 수중 발아능이 우수하다고 알려진 야생의 앵미를 직경이 6cm 높이가 10cm인 조직배양병에 멸균 증류수 150ml을 채운 후 (물의 높이 6cm), 각각 10알의 종자를 파종하여 그후 7일째에 발아율을 측정한 후 18일 후에 매 종자당 초장, 뿌리의 수, 뿌리의 길이를 측정하였다. 이는 담수 조건이나 자운영등 유기물 분해시 예견되는 용존 산소 부족의 환원된 환경에서의 입모율 증진과 상관되는 실험으로 생육조건은 저온 발아 실험과 동일하게 조절했다.

## 3. 저온 직근성 벼 품종 선발

저온 발아능이 우수하다고 판단되는 품종을 선정하여 뿌리 발육 상태를 보기 위해 plastic 육묘상자를 제작하여 20 여개의 종자를 3M 여과지 위에 심고 5cm 폭의 여지 띠를 덮은 후 저온 발아성 조사 때와 같이 밤, 낮 광의 cycle이 조절된 Growth Chamber에서 파종 21일 후 뿌리의 발육 상태를 조사하였다.

Plastic 육묘상자의 경우 장기간 생육 유지가 어려우므로 유리로 만든 pot(21×15×30cm)에 각각 앵미를 제외한 50품종의 7-8 개의 종자를 유리 벽에 가깝도록 심고, 광을 차단하기 위해 유리 pot를 Aluminium foil로 싸 후 실외 조건에서 생육 시키고 파종 45일 후 2차 근의 길이를 측정하였다.

## 4. 소 분얼성, 내도복성 품종의 선발

직근성 (2차 뿌리의 발육)을 조사하기 위해 제작된 유리 육묘상에 각각 7~8 개의 종자를 2 품종씩, 묘간 간격이 4~5cm 되게 심어 종자 생산 때까지 생육시켜 분얼 수를 측정하였다.

내 도복성은 직파 특성의 벼 중 초형이 굵고 분얼수가 비교적 적은 것으로

로 대부분의 내도복성, 소분열성 벼는 도입종의 Indica type 벼인 Lemonte, New Bonnet, Blue Bell 등 3품종이며, 국내 품종으로는 농안, 수원 392, 2품종이었다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 저온 발아성 벼 자원선발

저온 cycle (낮 온도 23℃ 13시간, 밤 온도 13℃ 11시간)에서 각각 종자 20여개를 petri dish에 심은 후 Seed Germinator에서 일주일 간 발아 시킨 후 조사한 결과는 <표 3-1>과 같다.

저온 발아율이 80% 이상인 품종은 국내 품종으로는 동진, 농안, 밀양 95호, 동해벼 4품종이었으며, 국외 품종으로는 CS-S4, CS-M3, M-401, L201, VEMPR 23357-1, M-201, Calose, VEM PR 23388-92, M-5, MPR 74, MPR 21209-389, MPR 22848-68, MPR 23117-1072, S301, VEMPR 22416-32, VEMPR 23468-1, L201, RC 4 18품종이었다. 앵미로는 저온 발아능이 우수한 line으로는 LWR 2135, LWR 5039, SWR 5111, SWR 5150, SWR 5160, SWR 5194, SWR 5207, SWR 5231, SWR 5246, SWR 5297, SWR 5309, SWR 5214, SWR 5322, SWR 5325, SWR 5340, SWR 5297, SWR 5309, SWR 5314, SWR 5322, SWR 5325, SWR 5340, SWR 5349, SWR 5357, SWR 5366 등 18 품종이었다(<표 3-2>). 앵미 중, 저온-수중 발아능이 모두 우수한 14개 품종을 선발하였다.

#### 2. 저온 수중 발아 및 생육이 우수한 품종 선발

저온 발아능이 우수한 품종과 야생 앵미 중, 저온 발아성이 좋은 품종 22개를 저온 수중 발아 시킨 후 18일째에 줄기의 신장과 뿌리수, 주근의 길이 및 총 뿌리의 길이를 평균한 값은 <표 3-3>과 같다. 국내 직파 재배

품종으로는 동진벼가 초장( $4.0 \pm 0.8\text{cm}$ ), 뿌리의 수( $3.7 \pm 1.3$  개) 및 총 뿌리의 길이의 합의 평균( $9.3 \pm 3.28\text{cm}$ )이 가장 우수했으며, 다음으로 동해, 농안 순이었다.

국외 도입품종은 모두 국내 품종에 비해 열세였으나 뿌리 총길이의 평균 값이 CS-S4( $4.0 \pm 1.9\text{cm}$ ), M401( $3.9 \pm 1.3\text{cm}$ ) 순이었다. 뿌리 수의 평균 값은 도입종 모두 2.4개 이하 이었다. 그러나 앵미 중 저온 발아능이 우수한 line들은 수중 생육 시 초장이나 뿌리의 수 및 총 뿌리 길이의 평균 값이 우수한 것들이 많았다. SWR 5160, SWR 5297, SWR 5314, SWR 5322는 초장의 길이가 5.2 cm 이상 이었으며 종자당 뿌리 수는 4개 이상이며 총 뿌리 길이의 평균도 7.1 이상으로 저온 및 수중 발아능이 월등히 좋았다. 환원상태인 수중에서의 발아능력이 높은 것은 자운영등 유기물 분해시 형성 될 수 있는 혐기적 조건에서의 생육도 가능한 지표로 삼을 수 있을지 좀 더 연구 해 볼 만하다.

표 3-1. 무경운 직파 재배용 벼 품종의 유전자원 평가

품 종 명	날알수/이삭	뿌리신장	초 장	뿌리신장	분얼수	비 고
	%	cm	cm	cm		
New Bonnet	76±0.09	-	-	12.7	3.8±0.45	소분얼, 내도복
S-101	28±0.09	11.0±4.93	6.7±1.90	16.0	4.5±1.76	뿌리신장
S-201	68±0.04	8.9±2.81	6.0±0.69	17.0	4.0±1.41	소분얼
S-301	100±0.00	7.8±1.08	5.3±1.03	13.0	4.3±3.01	저온발아
S-6	64±0.10	-	-	17.0	4.2±2.40	
VEM PR 23340-8	100±0.00	8.4±3.39	6.0±0.75	11.0	8.2±1.30	저온발아
VEM PR 23357-1	100±0.00	-	-	13.5	3.4±1.99	저온발아
VEM PR 23416-34	80±0.08	8.8±1.85	6.7±0.53	15.0	7.3±1.51	
VEM PR 23468-1	92±0.05	-	-	12.0	6.1±1.73	
VEM PSB RC 4	80±0.09	-	-	9.0	5.4±1.84	저온발아
농안벼	88±0.06	9.8±3.60	5.7±0.83	16.0	3.1±2.16	저온발아, 뿌리신장, 내도복, 소분얼
동진벼	100±0.00	8.9±1.01	6.4±0.83	14.5	3.3±0.50	저온발아, 소분얼
동해벼	92±0.05	-	-	18.0	7.8±2.28	저온발아, 뿌리신장
만금벼	72±0.09	-	-	8.0	4.7±1.97	
밀양 95호	92±0.05	8.7±2.87	5.6±1.18	14.0	6.3±2.21	
수원392호	52±0.11	7.3±2.59	5.3±0.79	12.0	5.3±1.60	내도복
영남벼	71±0.09	9.4±2.12	6.9±0.82	13.0	4.9±1.68	
화성벼	59±0.10	-	-	-	-	
화영벼	57±0.10	-	-	16.0	6.1±1.77	뿌리신장
A-301	41±0.10	7.7±2.25	3.3±0.51	7.0	6.7±2.25	
Blue Bell	72±0.09	9.9±2.31	6.9±0.94	15.0	2.6±0.79	뿌리신장, 소분얼, 내도복
Calose	100±0.00	-	-	16.0	4.6±1.26	저온발아
Calose 76	67±0.10	9.8±2.67	7.5±1.50	18.0	4.2±1.17	뿌리신장
Cal Pearl	20±0.07	-	-	-	-	
QM-101	29±0.08	5.6±1.98	6.5±1.18	9.0	3.7±0.47	소분얼
QM-202	29±0.10	8.4±3.05	8.3±2.18	15.0	5.7±0.75	
Col USA	64±0.10	11.3±1.85	12.3±1.08	10.0	4.8±1.33	

(계속)

(전장에서 계속)

유 전 자 원	저온발아율 (7일째) <sup>1</sup>	흙지상의 초기 발아특성 <sup>2</sup>		초자상 내 토양 중 벼의 생장 특성 <sup>3</sup>		특성
		뿌리신장	초장	뿌리길이	분얼수	
	%	cm	cm	cm	개	
CS-M3	100±0.00	9.7±1.99	7.5±1.67	8.0	-	저온발아
CS-S4	84±0.07	10.6±3.27	7.8±1.39	18.6	5.0±0.89	저온발아 뿌리신장
EMPR 23388-92	100±0.00	-	-	-	-	저온발아
L-201	84±0.07	7.9±0.66	7.9±0.66	17.0	4.9±2.12	저온발아
L-202	100±0.00			13.8	4.3±0.82	저온발아
L-30	63±0.10	10.4±3.33	7.8±1.33	17.0	5.3±2.63	뿌리신장
Lemonte	65±0.10	7.3±1.05	4.7±1.38	12.0	3.9±1.21	내도복 소분얼
M-101	27±0.08	7.0±2.50	6.8±1.85	14.0	4.0±1.63	소분얼
M-102	68±0.09	7.9±1.47	7.9±0.91	15.0	4.6±1.27	
M-201	80±0.08	11.9±2.31	10.5±2.31	15.0	4.5±1.38	저온발아 뿌리신장
M-202	48±0.10	8.2±2.10	9.1±1.22	13.0	4.2±1.17	
M-203	74±0.08	9.3±3.91	6.8±1.74	6.0	2.1±1.86	소분얼
M-302	56±0.10	8.9±0.70	9.5±0.66	11.0		
M-401	82±0.07	7.9±2.76	7.5±0.52	18.0	4.2±1.30	저온발아
M-5	88±0.06	10.2±1.67	9.2±2.36	17.0	5.4±1.72	저온발아 뿌리신장
M-7	75±0.10	10.2±2.46	8.3±1.58	14.0	3.3±0.95	소분얼
M-9	32±0.09	7.1±1.62	8.7±2.29	12.0	6.6±1.82	
MEM PR 24291-2	50±0.11	6.6±3.07	2.4±1.01	13.0	4.6±1.36	
MM PR 21209-389	90±0.07	9.3±1.47	5.1±0.76	6.0	3.7±1.50	저온발아 소분얼
MM PR 22848-68	82±0.07	10.8±1.71	3.6±0.41	13.0	4.0±1.90	저온발아 소분얼
MN PR 23117-1072	100±0.00	8.6±1.78	6.9±1.64	14.0	5.1±1.83	저온발아
MN PR74	84±0.07	9.1±2.35	3.2±0.44	13.0	4.7±1.89	저온발아

<sup>1</sup>Petri dish에서 저온 cycle(낮 온도 23℃, 13시간, 밤 온도 13℃ 11시간)에서 일주일 간 발아 시킨 후 조사.

<sup>2</sup>Plastic 육묘상자에 20개의 종자를 3M 여과지 위에 심고 폭 5cm의 여지 따를 덮은 후 저온 발아성 조사 때와 같은 조건에서 파종 21일 후 조사.

<sup>3</sup>유리로 만든 pot(21×15×30cm)에 흙을 채운 후 빛을 차단하기 위해 Aluminium foil로 씌운 후 실외 조건에서 생육 시킨 후, 파종 45일 후 조사.

### 3. 저온 직근성 우수품종 선발

Plastic 육묘상으로 부터 저온 cycle에서 생육된 품종의 줄기및 뿌리의 신장을 파종 21일 후 조사한 것은 <표 3-1>과 같다. 뿌리 신장이 평균 8.7 cm 보다 큰 9cm 이상인 것을 우수한 것으로 간주하였다. 유리 육묘상자에 서의 상온 cycle (95년 5월말 이후)에서 생육시킨 벼의 2차근 생육은 파종 후 45일째 조사 했으며 상기 2가지 조건 중 직근성이 우수한 품종으로는 CS-S4, M201, Blue Bell, Col USA, L-30, M-5, S-101, Calose 76, 농안 벼, 화영벼, 동해벼의 11개 품종이었으며, 2차근 생육이 평균 13 cm보다 월등이 우수한 18cm 이상인 품종으로는 Calose 76, CS-S4, M401, 동해벼 등 4품종이었다.

### 4. 소분얼성, 내도복성 품종 선발

직파용 품종중 종자당 4개 이하의 소분얼성을 갖는 것은 동진벼, 농안 벼, New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, M-203, M-7, M-101, MPR 22848-68, S201, CM-101 등 11개 품종이었다(<표 3-1> 참조). 내도복성을 갖는 품종으로는 New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, 농안, 수원 392호 등 5 개 품종이었다.

### 5. 직파 우수형질의 품종선발

상기 저온 발아성, 뿌리 신장, 수중발아능, 소분얼성 및 내도복성을 만족시키는 품종은 국내의 농안과 외국의 Blue Bell 정도이나 모두 상기 조건을 충분히 만족시키지는 못했다. 특히 저온 발아능이 우수하고 뿌리의 신장, 수중발아능이 우수한 형질, 미질이 우수한 형질, 소분얼성 및 내도복성 형질 등 필요한 우수한 형질의 도입을 위해 reciprocal crossing이 나, 그 우수형질 발현을 최대화 하여 생성된 mRNA부터 cDNA library를 작성하여 그 형질의 특성 및 전이를 위한 실험이 차후 수행되어야 할 것으로 생각된다.

저온 발아능이 우수한 품종으로 국내 동진 등 4개 품종, 국외 CS-S4 등 18개 품종, 앵미로는 저온-수중발아능이 우수한 14개 line을 선발 하였다.

저온 발아능이 우수한 국내의 품종과 국내 야생 앵미로부터 저온-수중발아능 및 생육이 우수한 품종은 환원 상태의 담수 조건하에서도 생육이 가능한 것으로 간주하여 조사하였다. 저온성 발아 품종중 국외 품종은 수중 발아 및 생육이 좋지 못했지만, 국내 품종중 동진, 동해가 비교적 우수했다. 앵미중에서는 SWR 5160, SWR 5309, SWR 5297, SWR 5314, SWR 5322 등 5개 line이 수중에서의 종자당 초장, 뿌리의 수, 총 뿌리의 평균 길이 등이 다른 품종에 비해 아주 우수 하였다.

저온 발아 품종중 직근성과 2차근 생성은 plastic 육묘상자 및 유리 pot에서 재배하여 조사했으며 저온 생육 및 직근성이 좋은 품종으로는 CS-S4 등 11개 품종을 선발하였다.

저온·직파 재배용 우수 품종 중 소분얼성을 갖는 것은 New Bonnet 등 11개 품종이었으며 내도복성의 초형을 갖는 것은 농안 등 5개 품종이 좋았다.

상기의 저온 발아 및 생육, 저온-수중 발아, 소분얼성 등 직파특성의 우수 형질들을 모두 갖춘 품종은 없었으나, 이들 특징을 상호 보완적으로 도입할 수 있다면 아주 직파특성이 우수한 품종개발의 초석이 될 수 있을 것이다. 현재 무경운 직파 재배시 입묘율 증진과 내도복성의 우수한 형질 선발을 보완키 위해 항습 조건(예, 60, 70, 80, 90% RH)와 토양경도가 높은 무경운 토양에서의 입묘율에 대한 실험을 수행중이며 앞으로 이러한 우수한 형질의 발현을 극대화 시켜, 이때 발현 되는 유전자를 선발하여 전이 시킴으로서 우수한 품종 개발의 기초적 연구를 마련코자 한다.



표 3-2. 앵미의 저온 발아율 및 저온-수중 발아율

유전자원	구 분	발 아 율 <sup>1</sup>	수중발아율 <sup>2</sup>
		<Petri-dish>	<유 리 병>
		%	%
LWR <sup>*</sup> 5002		15 ± 0.08	60 ± 0.15
5006		15 ± 0.08	40 ± 0.15
5013		75 ± 0.10	70 ± 0.14
5019		20 ± 0.09	80 ± 0.13
5025		20 ± 0.09	100 ± 0.00
5039		85 ± 0.08	70 ± 0.14
5051		40 ± 0.12	90 ± 0.09
5059		25 ± 0.10	100 ± 0.00
5066		70 ± 0.10	100 ± 0.00
S · WR <sup>**</sup> 5098		-	-
5108		30 ± 0.10	-
5110		50 ± 0.10	10 ± 0.09
5111		80 ± 0.09	90 ± 0.09
5121		-	70 ± 0.14
5135		100 ± 0.00	90 ± 0.09
5141		10 ± 0.07	20 ± 0.13
5150		95 ± 0.05	90 ± 0.09
5160		90 ± 0.07	90 ± 0.09
5171		50 ± 0.10	70 ± 0.14
5179		10 ± 0.07	50 ± 0.16
5194		90 ± 0.07	100 ± 0.00
5203		90 ± 0.07	100 ± 0.00
5218		60 ± 0.10	60 ± 0.15
5231		80 ± 0.09	30 ± 0.14
5246		85 ± 0.08	30 ± 0.14
5261		70 ± 0.10	20 ± 0.13
5277		30 ± 0.10	-
5288		30 ± 0.10	20 ± 0.13
5297		95 ± 0.05	100 ± 0.00
5300		35 ± 0.10	40 ± 0.15
5309		90 ± 0.07	80 ± 0.13
5314		100 ± 0.00	100 ± 0.00
5322		100 ± 0.00	80 ± 0.13
5325		100 ± 0.00	80 ± 0.13
5340		95 ± 0.05	60 ± 0.15
5349		85 ± 0.08	90 ± 0.09
5357		100 ± 0.00	100 ± 0.00
5366		90 ± 0.07	80 ± 0.13
5379		25 ± 0.10	30 ± 0.14

<sup>1</sup> Petri dish에서 저온 cycle(낮 온도 23℃, 13시간, 밤 온도 13℃ 11시간)에서 일주일 간 발아 시킨 후 조사.

<sup>2</sup> 직경 6cm, 높이 10cm인 조직배양병에 멸균 증류수 150ml(물 높이 6cm)를 채운 다음, 저온 cycle(낮 온도 23℃, 13시간, 밤 온도 13℃ 11시간)에서 일주일 간 발아 시킨 후 조사.

\* LWR, long grain weedy rice; \*\*SWR, short grain weedy rice.

표 3-3. 저온-수중 조건에서 벼 유전자원의 개체당 초장, 뿌리 수 및 뿌리의 길이

유전자원	초 장	뿌리 수	뿌리 길이
	cm	개	cm
농안벼	3.2±0.67	2.2±1.39	2.2±1.29
동진벼	4.0±0.97	3.7±1.32	7.3±3.28
동해벼	3.0±1.07	3.0±1.31	6.4±4.47
화성벼	2.4±0.84	1.8±1.79	4.2±3.05
화영벼	2.1±0.40	2.2±1.10	2.8±1.27
A-301	1.6±0.60	1.4±1.19	1.2±1.51
Blue Bell	2.4±0.29	1.4±0.70	2.1±0.88
CS-M3	3.5±0.84	2.4±0.92	3.6±1.59
CS-S4	2.7±0.54	2.4±2.29	4.0±1.95
Lemont	2.6±0.38	1.4±0.52	2.0±0.28
M-401	3.1±0.55	2.3±0.82	3.9±1.28
M-9	3.5±1.08	2.0±1.00	3.0±1.76
New Bonnet	3.6±0.87	1.9±0.88	1.9±1.03
SWR*-5059	3.2±0.35	2.1±0.78	5.2±0.52
SWR-5111	3.4±1.56	1.9±1.36	2.7±2.41
SWR-5160	5.2±0.93	4.2±1.48	7.1±3.15
SWR-5297	5.2±0.93	4.7±0.87	8.8±3.26
SWR-5309	4.4±1.63	2.7±1.12	3.9±1.95
SWR-5314	5.6±1.30	3.2±1.23	7.3±3.11
SWR-5322	5.6±1.03	4.4±0.84	7.7±2.68
SWR-5349	3.8±1.25	2.3±1.95	4.9±2.94
SWR-5357	3.7±0.62	2.1±0.99	3.5±1.73

직경 6cm, 높이 10cm인 조직배양병에 평균 증류수 150ml(물 높이 6cm)를 채운 다음, 저온 cycle(낮 온도 23℃, 13시간, 밤 온도 13℃ 11시간)에서 발아 시킨 후 조사.

\* SWR, short-grain weedy rice.

## 6. 직파 특성 포장 시험

보릿짚 분해에 의한 혐기적 조건으로 인해 직파 재배의 초기 생육이 다소 지연되거나 억제되었으나 후기 생육은 좋아 10월 수확후 수량 및 그 구성 요소 분석으로 실내 및 포장 시험 직파 특성과 포장 시험 결과와의 비교 검토가 행해질 것이며 이들을 토대로 직파 우수 형질 품종의 최종 선발 및 그 유전 자원의 이용에 활용할 것이다.

## 7. 우수 유전형 질 유전자 분리

### 가. Cold-water submergence induced gene의 분리

동진, New Bonnet, SWR5160 3품종 상온 및 저온(동진, New Bonnet) 및 수중(SWR5160)처리한 유모로부터 (dT)<sub>11</sub>VA, (dT)<sub>11</sub>VG, (dT)<sub>11</sub>VC, (dT)<sub>11</sub>VT와 random primer 4개(4×4=16조합×3품종×2처리=96)를 실시하였다. 그중 (dT)<sub>11</sub>VA와 (dT)<sub>11</sub>VG r1-r4 primer조합으로 생성된 전기영동 gel의 pattern은 primer 종류에 따라 평균 60여 band를 확인할 수 있었으며 저온 처리에 의해 생성된 band도 확인되었다. 즉 27개의 cold induced cDNA가 분리되었다. 상당수는 저온 처리에 의해 message의 합성이 줄어들거나 상실된 것(각 조합의 2, 4, 6번째 lane에 진한 band이 1,3,5 lane에서는 없어지거나 약하게 나타난 곳)을 확인 할 수 있었다.

이들 27개의 band를 면도날로 절단하여 종류수로 용출 시킨 후 다시 동일한 primer조합으로 PCR증폭하고 전기영동하여 digoxigenin label된 cDNA를 probe로 진정 cold induced message인지를 재차 확인 중이다.

### 나. Cold-induced protein의 분리

내한성 종자인 *Italica livorno*와 정역 교배한 서해, Tohoku, 밀양126의 F<sub>1</sub>식물체와 parent로부터 저온(13℃) 처리 2일 후 잎으로부터 단백질을 추출하여 IEF(isoelectro-focusing)으로 1차 tube gel로 분리한 후 다시 2차로 SDS-acrylamide(12%)전기영동으로 분리한 것은 사진2와 같다. Rubisco단백질 보다 다소 작으면서 (약 50kd)과 미세한 차이를 보이는 2개

의 band를 확인할 수 있다.

이들 band는 PVDF membrane으로 blotting하여 N-terminal sequencing을 하면 이를 토대로 data base 분석과 probe로 사용하여 관련 유전자 cloning을 준비중이다.

## 제 4 절 결론(적요)

저온 발아능이 우수한 품종으로 국내 동진 등 4개 품종, 국외 CS-S4 등 18개 품종, 앵미로는 저온-수중발아능이 우수한 14개 line을 선발하였다.

저온 발아능이 우수한 국내의 품종과 국내 야생 앵미로부터 저온-수중발아능 및 생육이 우수한 품종은 환원 상태의 담수조건하에서도 생육이 가능한 것으로 간주하여 조사하였다. 저온성 발아 품종중 국외 품종은 수중 발아 및 생육이 좋지 못했지만, 국내 품종중 동진, 동해가 비교적 우수했다. 앵미중에서는 SWR 5160, SWR 5309, SWR 5297, SWR 5314, SWR 5322 등 5개 line이 수중에서의 종자당 초장, 뿌리의 수, 총 뿌리의 평균 길이 등이 다른 품종에 비해 아주 우수하였다.

저온 발아 품종중 직근성과 2차근 생성은 plastic 육묘상자 및 유리 pot에서 재배하여 조사했으며 저온 생육 및 직근성이 좋은 품종으로는 CS-S4 등 11개 품종을 선발하였다.

저온·직파 재배용 우수 품종 중 소분얼성을 갖는 것은 New Bonnet등 11개 품종이었으며 내도복성의 초형을 갖는 것은 농안등 5개 품종이 좋았다.

상기의 저온 발아 및 생육, 저온-수중 발아, 소분얼성 등 직파특성의 우수 형질들을 모두 갖춘 품종은 없었으나, 이들 특징을 상호 보완적으로 도입할 수 있다면 아주 직파특성이 우수한 품종개발의 초석이 될 수 있을 것이다. 현재 무경운 직파 재배시 입묘율 증진과 내도복성의 우수한 형질 선발을 보완키 위해 항습 조건(예, 60, 70, 80, 90% RH)와 토양경도가 높은

무경운 토양에서의 입묘율에 대한 실험을 수행중이며 앞으로 이러한 우수한 형질의 발현을 극대화 시켜, 이때 발현 되는 유전자를 선발하여 전이 시킴으로서 우수한 품종 개발의 기초적 연구를 마련코자 한다.

## 참 고 문 헌

1. 富久保男. 1994. 水稻の乾田不耕起直播栽培技術開發の現状. Jpn. J. Crop Sci. 63(1) : 164-168.
2. 星川清親, 佐々木良治. 1993. 水稻乳苗の育苗條件と葉の伸長および葉齡について. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 25-26.
3. 寺島一男, 秋田中誠. 1993. 耐ころび型倒伏性アメリカ水稻品種の生育特性. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 27-28.
4. 江原 宏, 金子忠相, 森田 修, 後藤正和, 藤山堯然. 1993. 水稻の湛水土壌中直播栽培における苗立ち密度の違いが個體の生長に及ぼす影響. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 29-30.
5. 中嶋泰則, 高橋成徳, 開 稔, 井上正勝. 1993. 水稻湛水直播における酵素補?劑被覆種子の保存性に関する研究. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 31-32.
6. 井村 光夫, 遠藤 直生, 萩原 泰之. 1993. 水稻の湛水土中散播栽培における生育期の解析. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 33-34.
7. 三本弘乗, 鈴木活之. 1993. 水稻の直播における好適特の品種間差異. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 35-36.
8. 井上直人, 天野高久, 江湖曉子. 1993. 水稻湛水直播における苗立ち性に関する研究 (1) 表面播種における苗立ち率の品種間差異. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 37-38.
9. 井上直人, 天野高久, 江湖曉子. 1993. 水稻湛水直播における苗立ち性に関する研究. (2) 苗立ち率と関連形質の關係を総合的に評價するためのモデル. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 39-40.
10. 井上直人, 天野高久, 江湖曉子. 1993. 水稻湛水直播における苗立ち性に関する研究, (3) ガラスビーム培地による種子根の運動性の調査. Jpn. J. Crop Sci. 62(2) : 41-42.

11. 後藤雄佐, 産藤満保, 長谷部幹, 中村聰, 大江眞道, 星川清親. 1994. 分けちつ期水稻の生長に及ぼす短期間低温(9℃) 処理の影響. NISAAJ. 63(1) : 43-48.
12. 大江眞道, 後藤雄佐, 星川清親. 1994. 深水処理が水稻分がつの出現に及ぼす影響. NISAAJ. 63(4) : 568-576.
13. 松崎照夫, 尤宗彬, 町田寛康. 1994. イネ分けつの出穂特性 に関する研究. NISAAJ 63(4) : 581-589.
14. Cheong A. W.. 1995. Rice direct seeding in Malaysia. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 16.
15. Hoon Heu and Y. K. Kim. 1995. Analysis of physiological and ecological characteristics of rice cultivated with direct seeded cultivation on dry paddy field. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 15.
16. Nishiyama I.. 1995. Strategies for the research to overcome cool weather damage in rice plants. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 17.
17. Hagiwara M. and M. Imura. 1995. Interaction between germinating seed and soil around it influencing seeding emergence from flooded soil of direct-seeded rice. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 15.
18. Yamauchi M.. 1995. Developmrent of anaerobic direct seeding technology of rice in the tropics. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 13.
19. Pablico P. P., M. Yamauchi, T. P. Tuong, R. B. Confessor, and Moody. Performance of anaerobic direct-seeding technique under different water and tillage systems. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 15.

20. Chaudhary R. C. and M. M. Movillon. Differential genotype interaction of early and medium duration rice varieties with direct seeding and transplanting methods of evaluation. 1995. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 16.
21. Fukai S.. Crop physiological approaches to understanding rice production under water limiting conditions. The 2nd Asian Crop Sci. Con.(Abstract). p. 17.
22. Tomihisa Yasuo. 1995. Rice direct seeding in Okayama Prefecture, Japan-situation and constraints. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 14.
23. Oh Yun Jin, Soon Chul Kim, and Rae Kyeong Park. 1995. Current research status and future directions of direct seeded rice in Korea. The 2nd Asian Crop Sci. Con. (Abstract). p. 14.



# 제 5장 무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가

## 제 1 절 서론

쌀은 우리나라의 주식이기 때문에 없어서는 안될 중요한 식량으로서 '70년대와 같이 절대적으로 부족할 때에는 다수성인 통일형 품종을 육성하였고, '80년대 식량자급 이후에는 국민기호에 알맞는 고품질 위주로 품종을 육성하여왔으나, 최근 들어 식량부족문제가 대두되자 초다수성 품종육성이 활발히 진행되고 있다.

그런데 세계무역 질서가 WTO체제로 전환되면서 쌀 시장도 국가적 차원에서 보호를 받을 수 없게 되었으므로 우리가 생산한 쌀이 세계 시장에서 경쟁력을 확보하기 위하여는 그 생산비를 절감할 수 있는 새로운 농업이 개발되어야 한다. 이에 가장 적합한 재배기술은 무경운 포장에 기계이앙재배, 더욱 나아가 무경운 연속 직파재배기술이라고 할 수 있다.

우리나라에서 지금까지 양질미에 대한 연구는 손이앙과 기계이앙에서 적응품종, 재배방법, 적응지역, 등숙 기간의 기상 등을 중심으로 추진되어 왔으나, 무경운 직파재배법에서 정적토성과 시비량, 무경운 재배년수와 맥류수확동시 벼 직파 및 자운영 포장에서 벼를 재배하였을 때 미질의 변화에 대한 연구는 없었다.

이 연구는 무경운답에서 직파 재배한 벼의 수량성과 미질관련 형질 등을 조사분석하여 생산비를 획기적으로 절감하고 동시에 고품질 쌀을 생산할 수 있는지를 구명하기 위하여 일련의 시험을 수행하여 그 결과를 정리하였다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

본 시험은 1995년부터 1997년까지 3년간 경남농촌진흥원 시험포장과 고성, 함안, 김해, 산청, 하동지역의 농가 포장에서 수행되었다.

무경운 년차 및 시비량차이에 따른 미질변화를 구명하기 위하여 영남벼를 5월17일 파종하였으며, 자운영포장에서 미질변화를 보기 위하여 화영벼를 공시하여 5월 20일 파종하였으며, 또한 토성별 미질변화를 검토하기 위하여 동진벼, 영남벼, 만금벼, 화남벼, 금남벼, 일미벼, 화성벼, 화영벼를 공시하여 미사질양토등 5개토성의 현지농가포장에서 5월 20일~24일 파종하였다.

시비량은 질소, 인산, 가리를 각각 11, 7, 8kg/10a 사용하였으며, 질소비료일 경우 기비 40%, 분얼비 30%, 수비 30%로 나누어 사용하였고, 가리비료는 기비70%, 수비 30%로 분시하였으며, 인산비료는 전량 기비로 사용하였다.

질소시비량 차이에 따른 미질변화시험은 질소비료를 표준량(11kg/10a)시용한 것과 15, 7kg/10a 및 무비로 나누어 실시하였다.

수량구성요소 및 수량의 조사방법은 농촌진흥청 조사기준에 준하였으며, 미질조사용 시료는 각각의 시험포장에서 재배된 벼를 출수후 45일경에 수확하여 탈곡후 수분함량을 15%이하로 건조시켜 실험실용 현미기(Stake, THU)를 사용하여 도정하였다.

완전미와 불완전미(청미, 사미, 수미, 쇠미)는 반복당 현미100g씩 무작위로 3회 채취하여 육안으로 조사하였으며, 밥의 물리성은 만능물성측정기(MHK상사)를 이용하여 백미를 취반즉시 조사 하였으며, 미질관련 화학성분 분석은 농촌진흥청 조사기준에 따랐다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 무경운 벼 재배가능 논토양 및 재배 방법(요령)

무경운답에서 벼 재배는 기존의 경운재배법과는 달리 경운유무, 잡초방제, 물관리방법등 그 재배법의 차이가 매우 크다. 특히 토양의 종류와 배수정도에 따라 무경운답에서의 벼 재배여부가 결정 된다고 할 수 있다.

<표 4-1>은 벼 직파재배 대상지 선정기준을 나타낸 것이다. 전 토양종류 다 같이 배수가 약간 양호한 토양과 식양질과 미사사양질 토양의 배수가 약간 불량한 토양에서 담수와 건답직파 다같이 가능하며, 식질과 미사식양질 및 사력질의 배수약간 불량답은 담수직파가 가능할 것으로 사료된다.

표 4-1. 벼 직파대상지 선정기준

구 분	배 수 등 급			기 타
	약간양호	약간불량	불 량	
식 질 (Clayey)	●	△	△	표고
미사식양질 (Fi, Silty)	●	△	△	- 중북부 : 100m이하 - 남부(영호남) : 200m이하
식 양 질 (Fi, Loamy)	●	●	×	
미사사양질 (Co, Silty)	●	●	×	경사도 : 7%이하
사 양 질 (Co, Loamy)	●	○	×	
사 (력) 질 (S(SK))	●	△	×	

● : 건답 및 담수직파적지 ○ : 건답직파적지 △ : 담수직파적지 × : 부적지

토양종류별 직파재배시 문제점으로는 사질과 사력질 토양은 투수가 극심하여 발아가 불량하며, 제초제 약해가 발생할 우려가 있을 것으로 보인다. 그리고(미사) 사양질 토양은 수분 투과가 과다하여 관개수 소요량이 심하며, (미사)식양질과 식질토양은 배수불량에 의한 입모 불안정이 예상된다. 따라서 이들 토양특성과 배수상태를 고려하여 경남지역에서 벼 무경운재배 가능면적을 각 지역별로 추산한 것이 <표 4-2>이다. 이 표에서 보면 전체 식부면적 124,200ha중 55%정도인 68,680ha정도는 무경운 직파재배방법으로 벼를 재배할 수 있을 것으로 예상된다.

표 4-2. 경남지역의 무경운 벼 재배 가능지역 분포조사

시 군			식 부 면 적	재 배 적 지
			ha	
창원시	원시	시	3,457	2,680
울산시	산시	시	9,942	5,500
마산시	산시	시	2,526	1,780
진주시	주시	시	8,885	5,680
진해시	해시	시	607	220
통영시	영시	시	1,184	526
사천시	천시	시	6,222	3,504
김해시	해시	시	7,978	7,580
밀양시	양시	시	10,385	6,490
거제시	제시	시	3,007	1,440
의령군	령군	군	5,244	3,650
함안군	안군	군	6,742	7,580
창녕군	녕군	군	7,926	6,490
양산군	산군	군	2,758	1,130
고성군	성군	군	8,189	4,800
남해군	해군	군	4,169	1,600
하동군	동군	군	7,266	3,190
산청군	청군	군	6,608	2,270
함양군	양군	군	5,250	520
거창군	창군	군	6,273	320
합천군	천군	군	9,595	3,580
계			124,200	68,680

지난 몇 년간 무경운답에서 벼 재배시험을 수행하면서 얻은 결과를 통하여 무경운답에서 벼 재배요령을 <표4-3>에 나타내었다.

표 4-3. 무경운답에서 벼 재배요령

구 분	재 배 기 술	유 의 사 항
재배적지	· 물이 잘 빠지지 않는 1모작논 · 콤바인 수확시 벧짚을 절단 전량살포한 논 · 수리가 안전한 평탄지대	사질토양 계단은 부적당
사전포장관리	· 수확직후 배수구를 막고 자연 강수 담수활용 · 이앙전 담수로 벧짚 및 벼 그루터기 부속축진 · 논 표층을 부드럽게하여 이앙작업이 용이토록 유도	논조건에 따라 관리방법 조절
직파 또는 이앙적기	· 기계이앙 : 기존재배기준과 동일 · 직파 : 기존 파종 한계기내에서 5월 하순 · 종자소독 및 최아종자 사용(0.5mm) · 직파재배시 새 피해 방지	결주방지 수온 상승으로 입모 율 향상
본답초기 물 관 리	· 이앙(파종)후 1주일정도 간단 관수 실시 · 활착 및 입모율 향상 · 괴불발생시 대책 강구	-
시비방법	· 연속 무경운 재배시 논 표층에 유기물층 및 인산 성분 집적 · 인산질 비료 감량 또는 저인산질 비료사용	인산 축적은 괴불발생 원인
제초방법	· 4월하순 비선택성 제초제 살포로 독새풀 등 잡초를 파종전에 제거 · 이앙(파종)후 잡초방제는 관행재배와 동일	계속연구 필요

무경운 직파재배 적지는 배수가 잘 되지 않는 1모작답에 수확시 벧짚을 절단하여 전량 살포한, 수리가 안전한 평탄지대이어야 할 것이다.

수확시 토양에 환원한 벧짚의 부속과 논 표층 연화를 위하여 담수기간을 늘릴 필요가 있다. 따라서 수확 직후 물고를 막아 자연 강수를 최대한 활

용하고 가능하면 파종전 3-4회 담수하는 것이 좋은 조건의 파종상을 만들 수 있을 것으로 보인다.

무경운 직파 재배시 파종시기는 기존 경운답과 같이 파종 한계기내(남부 지방에서 5月上旬)에 실시하되 최아종자를 파종하는 것이 입모확보에 유리할 것으로 사료된다.

본답 초기 물관리는 파종후 1주일 정도 간단 관수를 실시하여 입모율을 향상시키고, 연속 무경운재배시 는 표층에 유기물과 인산성분이 집적되어 괴불발생이 우려되므로 인산질 비료를 감량하거나 저인산 복합비료를 사용하여 한다.

제초방법은 4월하순 비선택성 제초제를 살포하여 독새풀등 잡초를 사전 방제하고 파종후 보통 직파재배와 동일하게 관리하면 될 것이나, 경운 유무간 재배법 중 가장 큰 차이는 잡초발생양상이기 때문에 잡초방제방법에 대한 지속적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

무경운답은 경운답에서 비해 표토의 경도가 높고 탄력성이 부족하기 때문에 결주와 부묘가 발생할 가능성이 높다. 따라서 기계이앙을 할 때에는 결주와 부묘율 감소를 위하여 이앙기의 이앙심도 조절장치를 가장 깊게 삼기도록 조절하여야 한다.

## 2. 무경운 직파재배시 토양종류에 따른 미질변화

### 가. 토양종류 및 경운조건별 생육 및 미질비교

미질에 관여하는 요인은 여러 가지가 있으나, 크게 나누면 품종, 재배방법, 재배지역, 수확후 관리 및 취반특성등이라고 할 수 있다.

본 시험에서는 이러한 관여요인 중 재배지역 즉 재배지의 토양종류를 달리하여 미질변화 특히 도정 관련 형질을 분석하였다.

토양유형별 경운 유무간 토양의 화학성분을 <표 4-4>에서 보면 본시험의 공시토양은 무경운으로 관리된 기간이 짧기 때문에 장기 무경운답과 달리 인산함량은 경운답에서 높았으며, 그외 성분은 비슷한 경향을 보였다.

표 4-4. 시험지별 시험후 토양 이화학성 비교

토양유형 (시험지)	경운 방법	pH (1:5)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol <sup>+</sup> /kg)			SiO <sub>2</sub> (mg/ kg)	CEC (coml /kg)	EC (dS/ m)
					K	Ca	Mg			
식 토(고성)	무경운	5.4	42	34	0.14	2.7	1.4	55.8	11.1	0.04
	경운	5.5	39	58	0.23	2.9	1.4	59.4	10.2	0.04
식 양 토(하동)	무경운	6.0	42	94	0.28	3.8	2.2	71.8	9.8	0.08
	경운	5.8	44	112	0.32	3.7	2.1	75.4	10.5	0.08
양 토(합안)	무경운	5.8	34	112	0.39	4.2	2.0	82.5	11.4	0.13
	경운	6.0	31	83	0.33	4.2	2.0	73.6	11.2	0.10
미사질양토(김해)	무경운	5.2	40	45	0.27	2.1	1.1	62.9	8.6	0.06
	경운	5.6	37	34	0.20	3.2	1.4	77.2	10.9	0.05
사 양 토(산청)	무경운	5.3	28	94	0.17	1.9	1.0	46.9	6.9	0.04
	경운	5.2	26	137	0.17	1.8	0.8	46.9	7.1	0.03
평균	무경운	5.5	37	76	0.25	2.9	1.5	64.0	9.6	0.07
	경운	5.6	35	85	0.25	3.2	1.5	66.5	10.0	0.06

무경운 직파재배한 벼의 수량구성요소와 수량변화를 경운 직파재배와 비교하여 <표 4-5>에 나타내었다.

표 4-5. 토양종류에 따른 무경운 및 경운직파시 수량구성요소 및 수량변화('95)

토양종류	재배양식	출수기		입수 천개/m <sup>2</sup>	등숙율 %	천립중 g	정현비 %	도복 0-9	수량 kg/10a	지수 %
		월. 일	일							
식 토 (고성)	무경운	8.22	30.7	83.6	21.5	82.1	5	467	101	
	경운	8.21	26.1	85.7	21.1	83.1	3	463	100	
식 양 토 (하동)	무경운	8.25	22.4	93.0	22.8	81.5	5	503	103	
	경운	8.20	21.5	92.4	22.5	82.3	5	486	100	
양 토 (합안)	무경운	8.22	20.9	83.2	22.7	80.3	0	423	95	
	경운	8.23	16.3	83.1	22.5	80.7	0	447	100	
미사질양토 (김해)	무경운	8.22	30.0	78.3	21.5	80.5	5	553	94	
	경운	8.23	33.5	91.0	21.9	81.7	5	590	100	
사 양 토 (산청)	무경운	8.24	21.0	94.2	23.6	82.6	7	464	85	
	경운	8.23	22.9	91.9	23.5	81.7	5	543	100	
평균	무경운	8.22	26.6	86.5	22.4	81.4	4	482	95	
	경운	8.22	24.1	88.8	22.3	81.9	4	506	100	

시험을 수행한 5개토성에서의 수량구성요소와 수량을 평균하여 경운 유무간에 비교하여 보면  $m^2$ 당 입수는 무경운답이 경운답보다 다소 많았으며, 토양 종류별로 비교하여 볼 때 미사질양토에서 가장 높고, 다음이 식토이었으며, 양토에서 가장 적었다. 등숙율은 무경운답에 낮았으며, 특히 미사질양토의 무경운답에서 매우 낮았는데, 이는 무경운답에서 출수 직후 도복이 발생되었기 때문으로 보인다. 천립중과 정현비의 차이는 일정한 경향이 없었으며, 수량은 무경운답이 경운답의 95% 수준이었다. 토양 종류별 수량은 입수와 비슷한 경향을 나타내고 있다. 즉 미사질 양토에서 수량이 가장 높고, 다음이 식양토이었으며 양토에서 가장 낮은 경향을 나타내었다.

무경운 직파재배시 토양종류에 따른 쌀 품위를 <표 4-6>에서 보면 완전미 비율은 경운유무간에 차이가 없었다. 무경운답에서 토양종류별로 쌀의 품위를 비교하여 보면 미사질양토에서 불완전미중 사미의 비율이 높았기 때문에 완전미 비율이 가장 낮았는데, 이는 조기에 포장 도복이 발생되었기 때문으로 사료된다.

이와 같이 무경운 직파 재배벼의 몇가지 도정 형질이 부정적으로 나타난 것은 도복에 기인하고 있으므로 도복을 방지할 수만 있으면 이러한 문제는 해결될 것으로 보인다.



표 4-6. 토양종류에 따른 무경운 및 경운직파시 쌀 품위비교('95)

토양종류	재배양식	완전미	불완전미				
			계	청미	사미	수미	쇄미
			%				
식 토	무경운	90.4	9.6	3.8	3.6	0.2	2.0
	경운	89.2	10.8	2.2	7.0	0.2	1.4
식 양 토	무경운	91.6	8.4	0.2	7.0	0.2	1.0
	경운	92.2	7.8	0.6	5.4	0.2	1.6
양 토	무경운	93.6	6.4	0.6	3.4	0.2	2.2
	경운	91.4	7.8	0.2	4.6	0.2	3.6
미사질양토	무경운	84.0	16.0	3.0	7.0	0.2	5.8
	경운	97.0	13.0	3.8	7.0	0.2	2.0
사 양 토	무경운	93.2	6.8	1.8	3.0	0.4	1.6
	경운	88.6	11.4	1.4	6.0	0.2	3.8
평균	무경운	90.6	9.4	1.9	4.8	0.2	2.5
	경운	90.0	10.3	1.6	6.0	0.2	2.5

나. 토양종류에 따른 품종별 생육 및 미질비교

토양종류에 따른 품종별 생육 및 미질반응을 검토하기 위하여 <표 4-7>의 토양에서 시험을 수행을 하였다. 시험전 토양화학성을 보면 pH는 4.9~5.5정도 이었으며, 유기물은 17~52g/kg, 인산함량은 50~204mg/kg으로 지역간 매우 큰 차이를 보였다.

표 4-7. 시험전 토양 화학성

지 역	pH (1:5)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat.(cmol <sup>+</sup> /kg)			SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
				K	Ca	Mg		
식 토(고성)	5.4	52	163	0.39	3.44	1.91	91	9.32
식 양 토(하동)	5.5	17	59	0.30	1.59	0.74	79	5.56
양 토(함안)	4.9	29	66	0.35	2.62	1.29	81	8.66
미사질양토(김해)	5.5	34	50	0.37	2.20	1.52	107	7.10
사 양 토(산청)	5.0	37	204	0.38	1.69	0.92	50	6.37

품종간의 생육 및 수량을 <표 4-8>에서 보면 출수기는 화성벼가 8월 16일로 가장 빨랐고 금남벼 및 일미벼가 8월 21일로 가장 늦었다.  $\text{m}^2$ 당 입수는 금남벼가 26,300개로 가장 많았고, 동진벼 및 만금벼가 적었으나, 천립종은 동진벼가 가장 무거웠다. 수량은 일미벼가 가장 많고 다음이 영남벼, 금남벼 순이었으며 화성벼가 가장 적었다. 토성별 8개품종의 평균수량은 식토인 고성에서 630kg으로 가장 높았고, 다음이 미사질양토 이었으며, 식양토인 하동에서 가장 낮았는데 이와 같이 하동지역에서 수량이 낮았던 것은 입모불량으로 수수가 적었기 때문으로 사료된다.

표 4-8. 무경은 직파재배시 토성 및 품종별 수량구성요소 및 수량비교('96)

구 분		동진벼	영남벼	만금벼	화남벼	금남벼	일미벼	화성벼	화영벼	평 균
식 토 (고성)	출수기(월, 일)	8.19	8.20	8.20	8.19	8.22	8.21	8.16	8.17	8.19
	입수(천개/㎡)	20.7	24.4	17.0	23.9	28.7	23.2	25.8	18.2	22.7
	천립중(g)	24.7	22.9	21.2	22.2	20.9	22.3	22.4	23.6	22.5
	수량(kg/10a)	575	663	624	639	643	683	635	577	630
미사질 양 토 (김해)	출수기(월, 일)	8.20	8.19	8.19	8.19	8.19	8.20	8.17	8.18	8.19
	입수(천개/㎡)	24.5	31.0	27.5	29.3	25.4	25.8	24.6	33.2	27.8
	천립중(g)	22.7	21.6	20.8	20.9	20.9	21.2	21.6	21.9	21.5
	수량(kg/10a)	573	591	534	536	525	501	529	556	543
양 토 (함안)	출수기(월, 일)	8.19	8.19	8.18	8.21	8.21	8.20	8.17	8.17	8.19
	입수(천개/㎡)	17.8	20.2	18.4	26.8	27.9	23.8	15.8	17.7	21.1
	천립중(g)	23.3	22.1	20.3	20.5	20.0	21.1	22.3	21.2	21.4
	수량(kg/10a)	585	509	458	536	548	678	443	449	526
사양토 (산청)	출수기(월, 일)	8.20	8.22	8.19	8.18	8.21	8.22	8.16	8.17	8.19
	입수(천개/㎡)	14.4	20.3	16.6	20.8	25.0	18.6	17.2	16.1	18.6
	천립중(g)	22.8	21.8	21.2	21.3	19.8	21.3	21.1	21.8	21.4
	수량(kg/10a)	489	463	506	487	512	523	427	524	491
식양토 (하동)	출수기(월, 일)	8.19	8.19	8.18	8.19	8.20	8.21	8.16	8.17	8.19
	입수(천개/㎡)	15.2	16.4	12.3	16.5	24.7	16.3	17.3	12.5	16.4
	천립중(g)	22.6	22.4	21.9	21.1	21.6	22.5	22.3	22.5	22.1
	수량(kg/10a)	427	497	384	417	478	417	412	418	431
평균	출수기(월, 일)	8.19	8.20	8.19	8.19	8.21	8.21	8.16	8.17	8.19
	입수(천개/㎡)	18.5	22.5	18.4	23.5	26.3	21.5	20.1	19.5	21.3
	천립중(g)	23.2	22.2	21.1	21.2	20.6	21.7	21.9	22.2	21.8
	수량(kg/10a)	530	545	501	523	541	560	489	505	524

또한 토성 및 품종별 쌀의 외관 특성을 <표 4-9> 에서 보면 완전미 비율은 사양토에서 가장 높았고 다음이 식토, 식양토 순이었으며, 미사질양토와 양토에서는 이의 비율이 낮았다. 미사질양토와 양토에서 완전미 비율이 낮았던 것은 단위면적당 입수가 다른토성에 비하여 많았기 때문으로 사료된다. 또한 품종별 완전미 비율은 동진벼가 가장 높았으며, 화남벼와

금남벼가 낮았다.

표 4-9. 무경은 직파재배시 토성 및 품종별 쌀의 외관특성('96) (%)

구	분	동진벼	영남벼	만금벼	화남벼	금남벼	일미벼	화성벼	화영벼	평 균
사양토	완전미	94.4	95.2	93.4	86.2	90.4	94.0	95.0	93.8	92.8
	청 미	0.2	0.6	1.6	2.2	2.0	1.4	0.8	1.0	1.3
	사 미	3.6	2.6	4.0	8.0	5.8	2.8	2.4	3.8	4.1
	수 미	0.8	0.6	0.4	0.8	1.0	1.0	0.6	0.6	0.7
	쇄 미	1.0	1.0	0.6	2.8	0.8	0.8	1.2	0.8	1.1
식 토	완전미	93.2	90.4	94.4	89.8	89.6	92.0	89.2	93.0	91.4
	청 미	1.4	1.2	1.2	2.6	1.4	0.6	1.4	0.6	1.3
	사 미	3.4	6.2	3.4	5.8	7.8	6.0	6.2	5.0	5.5
	수 미	0.8	0.6	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.2	0.5
	쇄 미	1.2	1.6	0.8	1.6	1.0	0.8	2.6	1.2	1.3
식양토	완전미	94.2	88.8	95.2	86.0	88.6	94.6	90.4	86.4	90.5
	청 미	1.0	2.6	1.2	5.2	2.6	2.2	2.2	3.6	2.6
	사 미	2.2	2.2	1.6	6.0	3.6	2.2	2.2	2.6	2.8
	수 미	0.0	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2
	쇄 미	2.6	5.8	2.0	2.6	5.2	1.0	5.0	7.4	3.9
양 토	완전미	94.2	91.6	89.0	83.2	89.0	85.8	90.4	90.6	89.2
	청 미	0.4	2.2	1.4	2.2	1.0	2.0	0.4	1.6	1.4
	사 미	4.0	3.2	6.2	7.4	4.8	6.8	4.6	5.8	5.3
	수 미	0.4	0.4	0.6	0.2	0.6	0.6	0.6	0.2	0.5
	쇄 미	1.0	2.6	2.8	7.0	4.6	4.8	4.0	1.8	3.6
미사질 양 토	완전미	92.2	88.8	87.4	88.6	90.4	89.0	86.4	88.8	89.0
	청 미	2.4	2.0	2.4	3.4	2.2	2.4	1.4	2.2	2.3
	사 미	3.4	7.4	6.8	6.4	6.2	7.4	9.4	7.6	6.8
	수 미	0.8	0.2	1.2	0.6	0.2	0.2	0.4	0.6	0.5
	쇄 미	1.2	1.6	2.2	1.0	1.0	1.0	2.4	0.8	1.4
평 균	완전미	93.6	91.0	91.9	86.8	89.6	91.1	90.3	90.5	90.6
	청 미	1.1	1.7	1.5	3.1	1.9	1.7	1.2	1.8	1.8
	사 미	3.3	4.3	4.4	6.7	5.6	5.0	5.0	5.0	4.9
	수 미	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.3	0.4
	쇄 미	1.4	2.5	1.7	3.0	2.5	1.7	3.0	2.4	2.3

토양종류별 품종간 밥의 물리성을 검토하기 위하여 만능물성측정기(MHK 상사)를 이용하여 취반즉시 밥의 탄력성, 점탄성등 식미와 연관이 있는 요소들을 조사하였다. 공시된 8개 품종을 평균하여 토성별 식미와 관련된 물리성을 비교하여 보면 식양토와 양토에서 생산된 쌀이 탄력성, 점탄성, 응집성, 부착성, 경도, 저작성 다같이 매우 높았으나, 식토와 미사질양토에서 생산된 쌀에서 이들 조사치들이 낮았다. 그리고 5개 토성에서 재배된 8개 품종의 식미 관련 특성을 비교하여 보면 영남벼와 동진벼가 높았으며 만금벼와 화남벼가 낮았다. 점도/경도 비율이 높을수록 식미가 좋아진다는 Okabe<sup>1)</sup>의 보고를 두고 볼 때 무경운으로 관리된 식양토와 양토에서 재배된 영남벼와 동진벼가 다른 품종에 비하여 식미가 양호할 것으로 보인다.

표 4-10. 무경운 직파시 토성 및 품종별 미질의 물리성('96, 취반즉시)

토 성	구 분	동진벼	영남벼	만금벼	화남벼	금남벼	일미벼	화성벼	화영벼	평 균
식 토 (고성)	탄력성	0.409	0.561	0.388	0.297	0.381	0.343	0.369	0.311	0.382
	점탄성	15,149	18,385	13,412	10,709	12,486	10,621	13,250	14,138	13,519
	응집성	0.214	0.226	0.177	0.155	0.177	0.175	0.182	0.161	0.183
	부착성	-42,761	-36,994	-28,268	-31,279	-36,048	-28,105	-26,024	-69,523	-37,375
	경 도	70.5	80.5	69.6	69.3	68.9	59.6	69.8	82.5	71.3
	저작성	6,471	10,671	7,144	3,189	5,174	3,932	5,759	4,818	5,895
식양토 (하동)	탄력성	0.525	0.545	0.554	0.481	0.417	0.403	0.489	0.493	0.488
	점탄성	18,718	19,615	20,953	17,577	14,641	12,679	17,255	17,046	17,310
	응집성	0.227	0.237	0.229	0.204	0.196	0.207	0.232	0.210	0.218
	부착성	-62,845	-60,845	-53,961	-54,065	-51,256	-26,217	-62,659	-50,014	-52,733
	경 도	81.5	82.9	90.7	86.8	73.3	60.9	74.0	80.9	78.9
	저작성	10,194	10,631	11,727	8,458	6,436	5,177	8,375	8,644	8,705
양 토 (함안)	탄력성	0.420	0.593	0.418	0.388	0.552	0.369	0.398	0.517	0.457
	점탄성	17,482	29,288	15,809	21,122	25,940	16,317	16,247	18,269	20,059
	응집성	0.205	0.247	0.191	0.191	0.236	0.181	0.197	0.218	0.208
	부착성	-48,683	-117,214	-38,785	-112,896	-89,386	-78,796	-73,250	-93,569	-81,572
	경 도	83.2	4	81.9	6	101.4	82.0	81.2	81.5	91.4
	저작성	8.62	114.9	7.160	105.3	17,067	7,814	6,629	10,484	9,756
미사질 양 토 (김해)	탄력성	0.546	0.425	0.327	0.321	0.422	0.369	0.342	0.407	0.395
	점탄성	18,792	12,888	9,431	11,441	12,729	10,786	10,874	15,317	12,782
	응집성	0.263	0.184	0.152	0.169	0.182	0.168	0.156	0.199	0.184
	부착성	-56,328	-36,140	-27,435	-43,008	-33,766	-19,553	-65,654	-87,819	-46,213
	경 도	70.6	69.6	60.6	65.3	64.7	63.6	67.9	77.3	67.5
	저작성	10,524	5,936	3,355	4,166	6,063	4,172	4,034	6,254	5,563
사양토 (산청)	탄력성	0.507	0.555	0.341	0.323	0.462	0.446	0.495	0.556	0.461
	점탄성	17,565	21,731	11,862	12,561	18,577	14,656	19,763	17,032	16,718
	응집성	0.217	0.245	0.167	0.164	0.214	0.204	0.249	0.217	0.210
	부착성	-85,578	-71,842	-36,471	-75,890	-60,899	-42,519	70,858	-49,506	-61,695
	경 도	84.4	89.0	71.1	77.3	83.7	71.3	80.0	77.8	79.3
	저작성	9,584	12,063	4,140	4,051	9,471	6,741	9,793	9,672	81.9

### 3. 벼-자운영 무경운 직파재배 미질평가

#### 가. 벼 무경운직파시 자운영 활용방법에 따른 미질

자운영방치 등 몇가지 방법으로 자운영을 활용한 후 토양화학성을 <표 4-11> 에서 비교하여 보면 pH, Mg는 일정한 경향이 없었으나 유기물, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, SiO<sub>2</sub>함량은 낮아지고, Ca와 CEC는 높아졌다.

표 4-11. 시험전·후 표토의 토양 화학성분 비교('95~'96)

자 운영 처리방법	조사 시기	pH	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat (cmol <sup>+</sup> /kg)			SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)
					K	Ca	Mg		
-	시험전	5.9	41	232	0.45	4.10	1.57	135.5	8.6
자운영 방치	시험후	6.0	30	177	0.34	5.00	1.57	84.7	10.5
예 취 제 거	"	5.9	30	190	0.29	4.20	1.50	74.2	9.8
제 초 제	"	6.3	34	209	0.30	4.45	1.84	95.1	9.6
경 운	"	5.9	34	170	0.38	5.05	1.61	90.4	10.7
관행(경운)	"	5.9	33	195	0.36	4.30	1.67	92.8	10.0

자운영 처리방법별 수량구성요소와 수량을 <표 4-12> 에서 보면 관행 경운에 비하여 전처리 다같이 입수는 많았으나 등숙율과 천립중은 낮거나 적었다. 따라서 수량은 자운영방치, 예취제거, 제초제 처리등 자운영 재배후 무경운상태에서 벼를 재배할 경우 관행 경운에 비하여 7~8% 감소되었는데. 이는 생육기간중 자운영이나 독새풀등 파종전에 발생한 식물체와 경합으로 인한 것이며, 자운영 재배답에서 경운하였을 경우 관행대비1% 증수되었는데 이는 자운영이 재배됨으로 벼에 유기물과 공중질소가 공급되었기 때문으로 사료되었다.

표 4-12. 자운영 활용방법에 따른 수량구성요소 및 수량('95~'96)

자운영처리방법	간 장 (cm)	입 수 (천개/m <sup>2</sup> )	등숙율 (%)	천립중 (g)	수 량 (kg/10a)	지 수 (%)
자 운영 방 치	82	29.3	89.5	20.8	529	92
자운영예취제거	80	32.9	90.5	20.8	537	93
자운영제초제처리	80	28.5	90.3	21.5	527	92
자 운영 경 운	81	32.9	91.0	20.5	581	101
관 행(경 운)	77	26.8	92.7	21.3	575	100

자운영 처리방법별 쌀 외관특성을 <표4-13> 에서 보면 제초제 처리시 사미의 비율이 높아 완전미 비율이 가장 낮았는데, 이는 벼 파종이후 지상부와 지하부 다같이 자운영 및 독새풀과 경합이 이루어졌고, 또한 파종이 이들의 그루터기 위에 파종되어 벼 종자가 토양과 밀착되지 못한 탓으로 생육후기에 뿌리 도복이 발생되었기 때문으로 사료된다.

표 4-13. 자운영 활용방법에 따른 쌀품위 비교('95~'96)

자운영처리방법	완전미	불 완전 미				
		계	청미	사미	수미	쇄미
		%				
자 운영 방 치	87.4	12.6	1.2	7.8	0.3	3.3
자운영예취제거	90.4	9.6	0.9	5.5	0.2	3.0
자운영 제초제처리	84.3	15.7	1.7	9.7	0.2	4.1
자 운영 경 운	89.0	11.0	1.1	5.0	0.2	4.7
관 행 (경 운)	89.7	10.3	1.3	5.6	0.1	3.1

※ 화영벼, 5.21직파, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O = 11-7-8kg/10a

이렇게 관리된 자운영재배포장에서 생산된 쌀의 미질관련 화학성을 <표 4-14>에서 보면 관행 재배에 비하여 Mg/k비율과 알칼리불과도는 낮았으며, 단백질 함량은 자운영 방치구를 제외한 다른처리에서는 높아지는 경향이었다.



표 4-14. 자운영 활용방법에 따른 미질 화학성('96)

자운영처리방법	단백질 (%)	K (mg/100g)	Mg (mg/100g)	Mg/K	ADV (1-9)
자 운영 방 치	7.0	257	103	1.29	5.2
자운영예취제거	10.2	216	103	1.53	4.2
자운영 제초제처리	10.5	274	127	1.49	5.4
자 운영 경 운	9.5	324	127	1.26	5.0
관 행(경운)	9.3	232	115	1.59	5.7

또한 자운영 활용방법에 따른 쌀 물리성을 <표4-15>에서 보면 처리간 일정한 경향이 없었으며, 점도/경도의 비율은 관행경운에 비하여 자운영 경운을 제외한 다른 처리에서 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

표 4-15. 자운영포장 벼 직파시 쌀 물리성분 비교('96)

자운영처리방법	탄력성	점탄성	응집성	부착성	경 도	저작성
자 운영 방 치	0.344	12,616	0.164	-38,473	76.3	4,715
자운영예취제거	0.550	13,303	0.203	-78,580	86.0	11,772
자운영제초제처리	0.242	10,850	0.154	-24,842	71.7	2,674
자 운영 경 운	0.401	21,594	0.193	-49,352	100.9	10,642
관 행(경운)	0.335	12,652	0.189	-35,248	64.0	5,164

이상의 미질관련 화학성과 물리성을 두고 볼 때 자운영재배답에서 생산된 쌀은 밥맛이 떨어질 것으로 보인다.

#### 나. 자운영 포장 벼 직파시기에 따른 미질

월동후 자운영의 초장과 건물중 생육량 변화를 <그림 4-1>에서 보면 초장은 5월 30일에 38cm정도, 건물중은 5월 20일에 40g/㎡정도로 가장 커거나 무거웠으며, 그 후 하고현상에 의하여 급격히 고사되는 것을 볼 수 있었다.

이와같은 생육 패턴을 보이는 자운영 포장에서 벼 파종시기별 수량구성

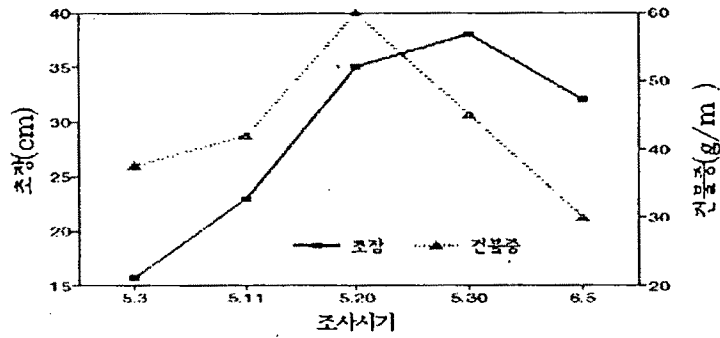


그림 4-1. 자운영의 초장과 건물중의 변화

요소와 수량을 <표 4-16> 에서 보면 5월 30일까지는 수량차이가 없으나 6월 5일 파종시 5월 20일의 92% 수준이었다.

표 4-16. 자운영포장 벼 직파시기별 수량구성요소 및 수량

파종기 (월.일)	출수기 (월.일)	간 장 (cm)	입 수 (천개/㎡)	등숙율 (%)	천립율 (g)	수 량 (kg/10a)	지 수 (%)
5. 1	8.20	79	23.1	94.4	23.1	660	103
5.10	8.21	80	31.3	94.9	21.8	626	98
5.20	8.21	80	26.2	93.1	21.3	640	100
5.30	8.23	78	25.0	91.2	21.6	624	98
6. 5	8.24	81	23.8	93.8	20.7	591	92

LSD(5%) ..... 70.5

CV (%) ..... 5.9

이때 쌀 외관은 파종시기가 늦어질수록 불완전미중 사미의 비율이 높아져 완전미 비율은 낮아지는 경향을 보였다.

표 4-17. 자운영포장 벼 직파시기에 따른 쌀품위 비교('96)

파종시기 (월, 일)	완전미	불완전미				
		계	청미	사미	수미	쇄미
5. 1	92.8	7.2	0.2	4.6	0.2	2.2
5. 10	90.8	9.2	1.2	4.0	1.6	2.4
5. 20	89.0	11.0	1.0	7.0	1.0	2.0
5. 30	87.6	12.4	0.2	8.8	0.8	2.6
6. 5	88.4	11.6	0.2	8.6	0.6	2.2

※ 화영벼, 자운영 5년포장 5kg/10<sup>a</sup>파종, N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 11-7-8kg/10<sup>a</sup>

이상의 수량과 쌀외관 및 자운영 생육패턴을 두고 볼 때 자운영재배답에서의 파종적기는 자운영의 하고현상이 시작되는 5월20일 전후가 적당할 것으로 사료된다.

#### 4. 벼 무경운 포장 재배년수 및 질소시비량별 미질평가

##### 가. 무경운 재배년수에 따른 미질비교

무경운 지속기간이 다른 논외 시험전·후 토양 화학성을 <표 4-18>에서 보면 유기물 함량은 전 무경운답에서 시험전에 비하여 시험후에 높았으며, 경운유무간 토양심도별로 비교하여 보면 표토(0~5cm)가 심토 보다 높았으나, 경운구에서는 차이가 없었다. 인산함량은 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 무경운 6년차이후부터 많았으며 특히 시험후의 표토(0~5cm)에 많았으나 경운구에서는 토양깊이에 따른 차이는 없었다. K는 6년차 무경운 포장에 많았고, 그 이외는 처리간 뚜렷한 차이가 없었다.

표 4-18. 시험전·후 토양화학성 비교('96)

무경운 년 수	조사 시기	토심 (cm)	pH (1:5)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat.(cmol <sup>+</sup> /kg)			SiO <sub>2</sub> (mg/kg)	CEC (cmol <sup>+</sup> /kg)	EC (dS/m)
						K	Ca	Mg			
3년	시험전	0~5	5.7	34	214	0.22	2.65	1.10	140	6.03	0.12
		5~10	6.0	30	226	0.21	3.01	1.25	130	6.09	0.11
	시험후	0~5	5.4	37	217	0.26	5.62	1.61	64	9.03	0.80
		5~10	6.0	34	208	0.20	6.29	1.78	58	9.37	0.50
6년	시험전	0~5	5.2	25	367	0.39	2.39	0.90	60	8.73	0.07
		5~10	5.3	21	317	0.26	2.39	0.88	63	6.46	0.07
	시험후	0~5	5.3	31	302	0.45	4.54	1.43	43	9.28	0.55
		5~10	5.4	27	255	0.40	4.44	1.37	43	9.29	0.40
9년	시험전	0~5	5.2	27	305	0.19	1.60	0.87	61	5.74	0.07
		5~10	5.4	24	273	0.16	1.83	0.89	71	5.82	0.07
	시험후	0~5	5.2	41	226	0.24	4.32	1.31	44	8.96	0.90
		5~10	5.4	35	179	0.17	4.27	1.22	44	7.96	0.65
경운	시험전	-	5.8	25	289	0.28	2.65	1.14	198	5.10	0.11
	시험후	0~5	5.7	27	201	0.23	5.60	1.68	71	9.01	0.58
		5~10	5.9	24	205	0.27	5.29	1.74	76	7.38	0.38

무경운은 재배년수 및 재배양식별 생육 및 수량을 <표4-19>에서 보면 무경운 년수 공히 간장은 직파가 짧았으며, 입수도 적었으나 등숙율은 높았고 천립중을 동일수준이었다. 수량은 무경운 년수별에는 큰차이가 없었으나 직파는 어린모에 비하여 평균 6%정도 감소되었다.

표 4-19. 무경운 재배년수 및 재배양식별 생육 및 수량('96)

무경운년수	재배양식	간장 (cm)	입수 (천개/m <sup>2</sup> )	등숙율 (%)	천립중 (g)	수량 (kg/10a)	지수 (%)
3년	직 파	81	28.1	84.4	19.1	594	92
	어린모	82	37.1	83.2	18.7	649	100
6년	직 파	80	30.8	91.9	20.9	648	96
	어린모	84	31.4	92.8	20.0	678	100
9년	직 파	80	23.6	85.8	18.9	591	94
	어린모	83	32.0	83.7	19.3	629	100
평균	직 파	80	27.4	87.4	19.6	611	94
	어린모	81	33.7	86.6	19.3	652	100

무경운 재배년수 및 재배양식별 화학성을 <표 4-20> 단백질은 무경운 년차간 및 직파와 어린모간에는 비슷한 경향이었고 Mg/K도 무경운 9년 포장에서 다소 높았으나, 직파와 어린모간에는 차이가 없었다.

표 4-20. 무경운 재배년수 및 재배양식별 화학성 비교('96)

무경운 년수	재배양식	단백질 (%)	Mg K		Mg/K
			mg/100g		
3년	직 파	10.3	100	249	1.28
	어린모	10.4	91	241	1.21
6년	직 파	9.9	91	233	1.25
	어린모	9.9	100	258	1.24
9년	직 파	10.1	111	263	1.35
	어린모	9.6	91	220	1.32
평균	직 파	10.1	101	248	1.29
	어린모	10.0	94	240	1.26

무경운 재배년수 및 재배양식에 따른 쌀 품위를 <표 4-21> 에서 보면 완전미는 6년 무경운 포장에서 높았으나, 직파와 어린모간에는 차이가 없었다.

불완전미중 청미는 무경운 년수 공히 직파가 어린모보다 다소 많은 경향이

었으나, 그 이외는 뚜렷한 경향치가 없었다.

표 4-21. 무경운 재배년수 및 재배양식별 쌀품위비교('96)

무경운년수	재배양식	완전미 (%)	불완전미 (%)				
			계	청미	사미	수미	쇄미
3년	직 파	93.5	6.5	0.8	4.2	0.2	1.3
	어린모	94.0	6.0	0.3	4.7	0.1	0.9
6년	직 파	94.5	5.5	0.8	3.9	0.1	0.7
	어린모	96.3	3.7	0.3	3.0	0.1	0.3
9년	직 파	94.5	5.5	0.8	4.1	0.1	0.5
	어린모	93.6	6.4	0.2	5.0	0.1	1.1
평균	직 파	94.2	5.8	0.8	4.1	0.1	0.8
	어린모	94.6	5.4	0.3	4.2	0.1	0.8

#### 나. 무경운년수 및 질소시비량별 미질

무경운 년수 및 질소시비량별 생육 및 수량을 <표 4-22> 에서 보면 간장은 무경운 3년간 포장에서 가장 길었으며, 질소수준간에는 시비량이 많을수록 길었다. m<sup>2</sup>당 입수는 무경운 9년차포장에서 적었으며, 무경운 3년, 6년차포장은 질소시비량이 많을수록 증가하였으나 무경운 9년차 포장에서는 큰차이가 없었고 질소 15kg/10a수준에서는 감소하는 경향이였다. 수량은 무경운 년차간에는 차이가 없었으며 질소 수준간에는 질소 11kg/10a이 가장 높았고 무경운 6년, 9년포장에서 질소 7kg/10a이 1~3%다소 감소되었으나 무경운 년수가 오래갈수록 질소량을 줄여도 될것으로 사료된다.

표 4-22. 무경운년수 및 질소시비량별 생육 및 수량('96)

무경운년수	질수수준 (kg/10a)	간 장 (cm)	입 수 (천개/m <sup>2</sup> )	등숙율 (%)	천립중 (g)	수 량 (kg/10a)	지 수 (%)
3년	15	80	32.1	93.3	21.7	650	96
	11	78	30.9	93.4	20.4	676	100
	7	76	27.8	92.2	20.8	595	88
	0	76	26.9	92.2	20.9	553	82
	평균	78	29.4	92.8	21.0	619	100
6년	15	77	30.7	93.7	20.3	658	99
	11	75	32.6	90.1	20.4	663	100
	7	75	28.8	92.5	21.1	653	99
	0	73	30.1	95.2	21.3	601	92
	평균	75	30.6	92.9	20.8	644	104
9년	15	79	24.6	90.7	20.3	661	101
	11	77	28.4	88.4	20.7	653	100
	7	75	26.6	92.3	20.5	640	97
	0	74	27.5	89.3	20.7	593	91
	평균	76	26.8	90.2	20.6	637	103
				3년	6년	9년	
LSD(5%)	-----			43.9	46.3	45.8	
CV( %)	-----			3.9	3.7	3.6	

무경운 6년포장에서 질소시비량에 따른 미질의 화학성을 <표 4-23> 에서 보면 무비구에서 단백질과 K는 적고 Mg와 Mg/K는 많았으나, 질소 7, 11, 15kg/10a 수준에서는 큰 차이가 없었다.

표 4-23. 질소시비량별 미질 화학성 비교('96)

질 소 (kg/10a)	단 백 질 (%)	Mg ----- mg/100g	K -----	Mg/K
15	10.8	82	257	1.03
11	10.6	82	255	1.04
7	10.3	89	248	1.16
0	9.3	91	232	1.26

\* 무경운 6년 포장

무경운년수 및 시비량별 쌀의 품위를 <표 4-24> 에서 비교해 보면 무경운년수가 장기화 될수록 완전미 비율이 낮아지는 경향이었고 특히 불완전미등 사미와 썰미가 많아지는 경향이였다. 질소시비 수준간에는 3년차는 차이가 없었으나 무경운 6년, 9년포장에서는 무비구에서 완전미 비율이 높은 경향이였다.

표 4-24. 무경운년수 및 시비량별 쌀품위비교('96)

무경운년수	질 소	완전미 (%)	불 완 전 미 (%)				
			계	청 미	사 미	수 미	썰 미
3년	15	94.2	5.8	0.2	4.6	0.6	0.4
	11	92.0	8.0	0.4	6.8	0.4	0.4
	7	95.0	5.0	0.2	3.8	0.4	0.6
	0	92.4	7.6	0.0	6.6	0.4	0.6
	평균	93.4	6.6	0.2	5.5	0.4	0.5
6년	15	88.2	11.8	1.4	8.8	0.6	1.0
	11	86.2	13.8	1.4	9.2	1.2	2.0
	7	90.8	9.2	0.8	5.8	1.0	1.6
	0	93.6	6.4	0.4	4.8	0.6	0.6
	평균	89.7	10.3	1.0	7.2	0.8	1.3
9년	15	85.0	15.0	1.4	9.6	2.4	1.6
	11	85.6	14.4	1.4	10.0	1.0	2.0
	7	87.0	13.0	2.0	9.8	0.4	0.8
	0	93.2	6.8	1.2	4.4	0.6	0.6
	평균	87.7	12.3	1.5	8.5	1.1	1.2

무경운 년수 및 질소수준별 취반즉시 밥의 물리성을 <표 4-25> 에서 보면 응집성은 무경운으로 관리한 기간이 길수록 낮아지고 경도는 높아지는 경향이었고, 그외 탄력성, 점탄성, 부착성, 저작성은 일정한 경향이 없었으며, 또한 질소시비수준별로 이들을 비교해 보면 전처리 다같이 일정한 경향이 없었다.



표 4-25. 무경운년수 및 질소수준별 취반즉시 미질 물리성비교('96)

무경운년수	질소수준	탄력성	점탄성	응집성	부 착 성	경도	저작성	점도
3년	15	0.382	10,237	0.209	- 74,094	52.9	5,073	- 19.7
	11	0.413	14,207	0.217	- 36,819	65.7	5,973	- 20.3
	7	0.394	13,740	0.190	- 58,659	71.1	4,671	- 23.7
	0	0.457	15,168	0.222	- 55,605	66.5	7,290	- 21.3
	평균	0.411	13,338	0.210	- 56,294	64.1	5,752	- 21.3
6년	15	0.353	13,620	0.196	- 41,432	68.8	4,970	- 19.3
	11	0.360	11,769	0.184	- 34,765	63.3	4,314	- 18.7
	7	0.550	17,265	0.226	- 54,743	77.1	9,660	- 22.7
	0	0.474	16,740	0.210	- 37,542	79.3	8,034	- 23.0
	평균	0.434	14,849	0.204	- 42,120	72.1	6,744	- 20.9
9년	15	0.379	10,855	0.162	- 53,493	68.7	3,128	- 19.0
	11	0.454	14,532	0.192	- 56,838	75.6	6,792	- 22.7
	7	0.525	19,401	0.245	- 64,471	79.6	10,173	- 25.7
	0	0.335	11,289	0.161	- 37,590	68.6	3,988	- 19.3
	평균	0.423	14,019	0.190	- 53,098	73.1	6,020	- 21.7

이상의 쌀 외관과 밥 물리성을 두고 볼 때 무경운 지속기간이 길어지면 미질은 대체로 낮아질 것으로 사료되나 쌀의 미질관련 화학성과 식내검사를 통한 정밀한 검정이 필요할 것으로 판단된다.

표 4-26. 무경운년수 및 질소시비량별 취반 30분후 미질 물리성비교('96)

무경운년수	질소수준	탄력성	점탄성	응집성	부착성	경도	저작성
3년	15	0.732	48,726	0.275	-176,854	181.6	36,862
	11	0.533	24,610	0.242	-198,950	156.0	19,113
	7	0.598	40,126	0.248	-150,504	162.0	24,049
	0	0.361	20,831	0.206	-116,711	147.5	7,605
	평균	0.556	33,573	0.2427	-160,754	161.8	21,907
6년	15	0.547	41,893	0.242	-109,110	174.6	22,941
	11	0.611	42,274	0.251	-111,515	168.6	25,894
	7	0.732	49,311	0.277	-174,645	177.2	36,491
	0	0.531	33,739	0.213	-159,925	158.2	18,702
	평균	0.605	41,804	0.245	-138,798	169.7	26,007
9년	15	0.672	42,520	0.279	-158,389	151.8	28,505
	11	0.684	34,273	0.247	-141,196	140.4	23,495
	7	0.717	41,010	0.268	-132,851	153.2	29,659
	0	0.568	37,351	0.232	-129,950	160.9	21,294
	평균	0.660	38,789	0.257	-140,597	151.6	25,738

5. 벼-맥류 2모작 연속무경운 작부체계에서의 미질평가

표 4-27. 관행 및 수확동시 파종간의 노동력 비교

작업명	관행			수확동시파종		
	계	벼	맥류	계	벼	맥류
묘판관리 및 파종	41.9 (100%)	23.0	18.9	6.0 (14%)	3.1	2.9
파종 후 관리	56.3	22.2	64.1	56.3	22.2	34.1
계	98.2 (100%)	45.2	53.0	62.3 (63%)	25.3	37.0

콤바인 부착 수확동시 파종기를 이용하여 무경운답에서 벼와 맥류 연속 재배 가능성과 이 때 미질 관련형질을 구멍코자 품종형이 다른 3품종을 공

시하여 시험을 수행하였다. <표 4-27> 노동력을 비교하여 보면 관행대비 수확동시파종시 37%의 노동력 절감효과가 있었다.

그리고 수량구성요소와 수량을 <표 4-28> 에서보면 공시된 3품종 모두 남부평야 지대의 안전출수한계기(8월 27일)이내에 출수하였으며, 수량은 조생종인 신금오벼가 가장 높았으나 쌀 품위는 가장 나빴다.

표 4-28. 맥류 수확동시 벼 직파시 생육 및 수량비교('96)

품 종	파종기 (월.일)	출수기 (월.일)	간 장 (cm)	입 수 (천개/㎡)	등숙율 (%)	천립율 (g)	수량 (kg/10a)
영 남 벼	6. 8	8.25	72	40.5	91.8	19.9	469c <sup>↓</sup>
화 영 벼	6. 8	8.23	75	30.4	94.7	20.3	554b
신금오벼	6.16	8.23	81	30.2	79.6	19.3	642a

↓ DMRT, 5%

표 4-29. 맥류수확동시 벼 직파시 쌀의 품위비교('96)

품 종	완전미 (%)	불 완전 미(%)				
		계	청미	사미	수미	쇄미
영 남 벼	82.4	17.6	5.2	10.4	1.2	0.8
화 영 벼	78.8	21.2	3.8	15.2	1.4	0.8
신금오벼	78.0	22.0	3.4	16.2	0.8	1.6

## 제 4 절 결론(적요)

벼 농사는 국민 식량공급과 동시에 높은 사회적 공익적 기능이 있음에도 불구하고, 그 재배면적이 급격히 감소되고 있다. 따라서 생력화를 통한 생산비의 절감과 환경보전측면에서 강조되고 있는 지속적 농업(Sustainable agriculture)을 구현하는 차원에서 제안된 벼 재배법, 즉 논 무경운 체계에서 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가를 위한 일련의 시험을 수행하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 경남지역에서 무경운 재배가 가능한 면적을 토성별로 추정한 결과 전체 식부면적의 55%정도인 68천여 ha정도 이었다.

2. 무경운답에서 벼 재배요령은 사전물관리와 잡초방제측면에서 관행 경운답과 큰 차이가 있을 것으로 사료되며, 농가확대 보급전에 물관리, 시비 및 잡초 방제방법등 재배적인 측면에서 몇가지 문제점이 보완되어야 할 것이다.

### 3. 토양종류에 따른 미질변화

#### 가. 토양종류에 따른 경운조건별 미질

무경운 직파재배시 수량은 미사질양토와 식토에서 높은 경향을 나타내었으며, 전지역을 평균하여 볼 때 경운재배의 95%수준이었다. 쌀의 외관품질은 경운답과 비슷한 경향이었으며, 토양종류별로 비교하여 보면 미시질양토에서 도정형질이 떨어졌으며, 이는 포장도 복과 연관이 있을 것으로 보인다.

#### 나. 토양종류에 따른 품종별 생육 및 미질

수량은 일미벼>영남벼>금남벼순으로 많았으며 화성벼가 가장 적었다. 쌀의 외관특성중 완전미 비율은 사양토>식토>식양토 순으로 높았고, 품종별로는 동진벼>만금벼>일미벼>화성벼>영남벼 순으로 높았으며 완전미 비율이 90%이상이었다.

식미와 관련된 물리성은 8개 품종 평균결과 식양토와 양토에서 생산된 쌀이 탄력성, 점탄성, 응집성, 부착성, 경도, 저작성 다 같이 높았으나 식토와 미사질양토에서 생산된 쌀에서는 낮았다. 품종은 5개 토성평균물리성을 영남벼와 동진벼가 높았으나 만금벼와 화남벼가 낮았다. 이상으로 보아 식양토와 양토에서 재배된 영남벼, 동진벼, 일미벼가 식미가 양호할 것으로 사료됨.

#### 4. 벼-자운영 무경운 직파 재배 미질평가

##### 가. 자운영 활용방법에 따른 미질

벼 직파 재배시 제초제를 사용하지 않고 자운영 재배답에서 벼 무경운 직파 재배시 수량은 92~93%, 자운영 경운답은 101%수준이었다. 이때 쌀의 품위중 완전미 비율은 자운영 활용구가 다소 낮아지는 경향이었으며, Mg/K비와 알칼리 붕괴도는 낮아지는 경향이었다.

##### 나. 자운영포장 벼 직파시기에 따른 미질

5월 1일부터 5월30일 벼 직파수량은 통계적 유의성이 없었고, 쌀외관은 파종시기가 늦을 수록 사미의 비율이 높고 완전미 비율은 낮아지는 경향이였다. 이상으로 보아 자운영 재배 답에서 벼 무경운 직파시 노동력 절감 및 지속농업을 할수있으나 잡초방제 및 쌀 품질에 관한 종합검토가 필요하며 또한 자운영 생육패턴을 보면 자운영 재배답의 파종적기는 5월20일 전후가 적당할 것으로 사료된다.

#### 5. 벼 무거운 포장 재배년수 및 질소시비량별 미질평가

##### 가. 무경운 재배년수에 따른 미질비교

무경운 년수에 따른 수량차이는 없었으나 직파는 어린모에 비하여 6%정도 감소되었다. 미질에 관련된 화학성 및 쌀 품위는 무경운년수 및 직파와 어린모 간에 차이가 없었다.

##### 나. 무경운 년수 및 질소 시비량별 미질

수량은 무경운 년차간 차이가 없으며, 질소 11kg/10a에서 가장 높았다. 질소 7kg/10a수준에서 무경운 6, 9년포장에서 1~3% 감소 되었으나, 무경

은 장기 재배포장에서 질소비료 절감효과가 있을 것으로 사료된다. 질소시비량에 따른 미질의 화학성은 무비구를 제외하고는 질소 7, 11, 15kg/10a 수준에서 차이가 없었다. 무경운 년수에 따른 쌀의 품위를 보면 무경운년수가 오래될수록(9년) 완전미 비율이 낮아지는 경향이었고, 무비구를 제외하고는 질소수준간에 차이가 없었다. 취반시 미질 물리성도 무경운 년수와 질소시비량 간에는 큰차이가 없었다.

이상으로 보아 무경운 재배년수와 미질간에는 큰영향이 없는 것으로 사료된다.

특히 농촌 노동력 부족과 환경문제가 심각해지고 있는 지금 저투입 농법의 일환으로 제초제, 물관리, 내도복성 품종육성 등 문제점을 보완하면 새로운 영농법으로 확대 보급시켜야 할 것으로 사료된다.

#### 6. 벼-맥류 2모작 연속 무경운 작부체계에서의 미질평가

콤바인 부착 파종기를 이용하여 맥류 수확동시에 영남벼, 화영벼, 신금오벼를 파종한 결과 10a당 469~642kg을 생산 하였으며 쌀의 품위를 보면 완전미 비율이 78~82.4%로서 다소 낮았으나 파종생력화에서 벼-맥류 2모작 연속 무경운 재배법으로 유망시 된다.

## 참 고 문 헌

1. Cagampang, G. B., C. M. Perez, and B. O. Juliano. 1973. A gel consistency test for esting quality of rice. *J. Sci.* 24 : 1589-1594.
2. Choe, Z. R. and M. H. Heu. 1975. Optimum conditions for alkali digestibility test in rice. *Korean J. Crop Sci.*, 19:7-13.
3. 崔海椿, 趙守行, 金光鎬. 1990. 쌀의 蛋白質含量과 아미노酸 造成의 品種間 차이와 環境變異. *韓作誌*. 35(5) : 379-386
4. 崔相鎭, 鄭根植, 崔鉉玉. 1980. 水稻와 陸稻 品種의 논과 밭栽培에 따른 變異性에 관한 研究, 제 21보, 收量 및 主要 米質成分의 變異. *韓作誌*. 25(1) : 25-30.
5. Cruz, N., I. Kumar, R. Kaushik, and G. S. Khush. 1989. Effect of temperature during grain development on stability of cooking quality components in rice. *Japanese J. Breed.* 39:299-306.
6. Delmundo, A. M., D. A. Kosco, B. O. Juliano, J. J. H. Siscar and C. M. Perez. 1989. Sensory and instrumental evaluation of texture of cooked and raw milled rice with similar starch properties. *J of Texture Studies*. 20:97-110.
7. Gomez, K. A. 1979. Effect of environment on protein and amylose content of rice. *Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality*. IRRI. pp. 59-68.
8. 許文會, 徐學洙, 金光鎬, 朴淳直, 文憲八. 1976. 米粒內 蛋白質과 Amylose 含量 및 알카리 崩壞性의 環境에 따른 變異. *서울대 農學研究*. 1(1) : 21-37.

9. 堀野俊郎. 1989. 稻と米. 品質を活かす. 第IV章 米のミネラル成分と食味. 農林水産省農業研究 センター. pp. 67-87.
10. 茶村 吾, 川 金次郎, 横山宋造, 本多康 . 1972. 米の食味と土壌型との関係. 第1報 土壌型 とその化学的性質が水稻の生育. 食味に及ぼす影響. 日作紀. 11:27-31.
11. Juliano, B.O. 1985. Criteria and tests for rice grain quality. Rice : Chemistry and Technology, American association of cereal chemists. pp. 39-41.
12. Juliano, B. J. 1990, The chemical basis of rice quality and palatability. Program and abstracts. Asian symposium of rice and nutrition. pp. 39-41.
13. Juliano, B. J., C. M. Perez, E. P. Alyoshin, V. B. Romanov, M. M. Bean, K. D. Nishita, A. B. Blakeney, L. A. Welsh, L. Delgado L., A. W. Ei Baya, G. Fossati, N. Kongseree, F. P. Mendes, S. Brilhante, H. Suzuki, M. Tada, and B. D. Webb. 1985. Cooperative test on amylography of milled rice flour for pasting viscosity and starch gelatinixation temperature. Staerke. 37:40-50.
14. Khush, G. S. and B. O. Juliano. 1985. Breeding for high yielding rices of excellent cooking and eating qualities. Rice grain quality and marketing. IRRI.
15. 金基準, 金光鎬. 1987. 栽培環境이 다른 쌀의 理化學的 特性에 관한 研究. 韓作誌. 32(2) : 269-273
16. 金光鎬, 朱鉉圭. 1990. 벼 品種의 栽培地域에 따른 米質特性變異. I. 米質特性의 地域變異. 韓作誌. 35(1) : 34-43.
17. 金光鎬, 朱鉉圭. 1990. 벼 品種의 栽培地域에 따른 米質特性變異, II. 米質關聯形質相互間의 關係. 韓作誌. 35(2) : 137-145.



18. 김성근, 김상순. 1985. 우리나라 쌀의 점토특성. 한국농화학회지. 28(3) : 142-148.
19. 金成坤, 蔡濟川, 林武相, 李正行: 1985. 쌀의 아미로스含量과 物理的 特性間의 相互關係. 韓作誌. 30(3) : 320-325.
20. 金成坤, 蔡濟川. 1988. 쌀의 化學的 特性과 物理的인 特性과의 關係. 韓作誌. 28(3) : 281-284.
21. 洪光杓, 金殷碩, 李秉正, 金長鏞, 姜東柱, 李祐植. 1993. 栽培地域, 栽培樣式 및 有機物 施用이 米質에 미치는 影響. 農試論文. 35(2) : 41-46.
22. Kongseree, N. and B. O. Juliano. 1972. Physicochemical properties of rice grain and starch from lines differing in amylose content and gelatinization temperature. J. Agric. Food Chem. 20 : 714.