

제1차년도
보고서

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

세부과제명 :

1. 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 영속 직파재배
기술 개발
2. 입모율 증진을 위한 벧짚 속성분해 미생물의 개발과 이용
3. 무경운 직파 재배용 벼 유전 자원 평가 및 이용
4. 무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가

주관연구기관

경상대학교 농과대학

농 립 수 산 부



[별지 제5호 서식]

1년차연구보고서

1995년도 농림수산특정연구사업에 의하여 개발중인 무경
운 직파재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산체계
개발에 관한 연구의 1년차 보고서를 별첨과 같이 제출합니
다.

- 첨부: 1. 1년차 보고서 3부
2. 자체평가 의견서 1부

1995 . 12. .

주관 연구 기관 : 경 상 대 학 교

총괄연구책임자 : 최 진 룡 (인)

주관연구기관장 : 경상대학교 총장 직인

서 영 배

농 수 산 부 장 관 귀하

제 출 문

농림수산부 장관 귀하

본 보고서를 무경운 직파재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산체계 개발에 관한 연구의 1년차 보고서로 제출합니다.

1995 . 12. .

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 : 경 남 농 촌 진 흥 원
연 구 원 : 김 장 용
연 구 원 : 강 동 주
연 구 원 : 홍 광 표
연 구 원 : 김 정 부
연 구 원 : Suki C. Croan

요 약 문

I. 제 목

무경운 직파재배법에 의한 생산비 절감 및 고품질 쌀 생산체
계 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

이 연구의 목적은 생산비를 절감시키기 위하여 공중질소를 고정하여 벼가 활동할 수 있게 하는 자운영(*Astragalus sinicus*)을 벼 재배와 결합시키고, 자운영 1회 파종으로 이를 무경운 상태로 영속 재배할 수 있는 기술을 개발하는데 있다.

무경운 직파 재배에서 문제가 되는 입모율을 높이기 위하여 콤바인수확시에 피복된 짚을 쉽게 부식시킬 수 있는 저온성 부식 미생물을 개발 활용함으로써 무경운 상태에 표면 직파한 볍씨의 발아조건을 개선하는 것이 또한 목표이다.

동시에 이 연구는 이러한 무경운 직파 재배체계에 적합한 벼 품종을 육성하기 위하여 국내외에서 수집된 각종 유전자원을 무경운 직파재배체계에서 평가하고 이용할 수 있는 방안을 강구하는 일과 이러한 유전자원을 현지에서 평가함으로써 고품질 쌀 생산기술을 개발하는 것이 중요한 목표이다.

이러한 벼재배기술을 벼 경운이양재배에서 보다 생산비용을 크게 절감하고, 환경을 보존하며, 고품질의 쌀 생산을 가능하게 함으로써 벼 농사의 국제경쟁력을 높이는데 핵심적인 역할을 하게 된다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

이 연구의 내용은 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 직파영속재배기술을 개발함에 있어서 자운영 단회 파종으로 무경운 체계에서 영속재배가능성을 구명하고 이러한 자운영 재배조건에서 질소비료의 효과와 월동 해충의 분포 특성을 평가하고(제 1 세부과제), 입모율 증진을 위한 저온성 벗짚 분해 미생물을 수집하고 몇가지 조건에서 이를 평가하고(제 2 세부과제), 벼-무경운 직파재배 체계에서 문제가 되는 입모율 증진과 도복방지를 위한 각종 유전자원의 평가 (제 3 세부과제), 그리고 벼-무경운 직파 재배체계에서 생산된 쌀의 품질을 평가하는 것(제 4 세부과제)으로 구성되어있다.

제 1 차년도에서 이 연구는 벼-자운영 영속 재배포장에서 자운영 군락의 처리방법(즉 파종상 조성방법)이 다음 세대의 자운영 군락의 변화와 월동해충의 서식 활동에 미치는 영향을 분석하고, 벗짚 속성분해 미생물을 실내에서 몇가지 온도조건에서 평가하고 이를 포장조건으로 확장하여 평가하는 일, 국내외에서 수집된 각종 벼 유전자원중에서 저온 발아성, 심근성, 소분얼성을 중심으로 평가하는 일, 농가 포장에서 벼-무경운 직파재배체계로 쌀 생산가능성과 생산된 쌀의 품질을 평가하는 일을 수행하였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구 개발결과

제 1 세부과제

벼 생산비절감을 위한 벼-자운영 무경운 연속 직파재배기술 개발

시험 1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배벼의 적정 시비량 구명

다년간 자운영을 재배한 논토양에서 몇가지 파종상 조성방법 즉 자운영을 그대로 방치한 상태, 자운영을 예취, 제거한 상태, 자운영에 제초제로 처리한 상태, 자운영이 있는 논을 경운한 상태로 파종상을 조성하여 그 위에 화영벼를 직파(5kg/10a)하고 4 수준의 질소비료 조건(0 : 5.5, 11, 15kgN/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 15 kgN/10a까지는 벼의 생육과 수량에 긍정적인 영향을 나타내었다.

시험2. 자운영 무경운 벼 직파체계에 있어서 월동기 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 조사하여 무경운 직파재배법이 생물적 방제에 기여할 수 있을 근거를 제시하기 위하여 월동기간 중 경운, 무경운, 짚피복 대 무피복, 자운영재배지 대 나지 간에 이들 논 거미와 끝동매미충의 분포와 그 밖의 생태적인 특성을 조사하였던 바

가. 월동기간동안 무경운 답에 짚피복을 하고 자운영을 파종하여 두면 그렇지 못한 장(무피복, 독새풀 군락지)에 비하여 끝동매미충의 발생량을 1/3가량 줄일 수 있는 반면에 천적인 논거미의 밀도는 약 3배정도 증가되었다.

나. 무경운 답에 자운영을 파종하여 두면 3월초순경부터 생육이 왕성해져 독새풀을 피복하기 시작하여 4월 상순경에는 피복율이 90%이상 되어서 독새풀의 생육을 억제시켰다.

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

라. 끝동매미충은 월동기간동안 독새풀에서만 생존이 가능하였고, 월동후 벼 직파재배 포장으로 이동전 산란증식 중간기주는 독새풀 단일 기주였다.

이상의 결과에서 벼 무경운 직파재배 포장에서 문제시되는 벼 오갈병의 예방을 위해서는 월동 전에 포장에 짚피복과 자운영을 파종하여 월동 후에 생육되게 하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

제 2 세부과제

무경운 직파재배의 입모을 증진을 위한 벧짚 속성분해 미생물의 개발과 이용

벼 무경운 직파재배 기술상의 가장 큰 문제점이라고 할 수 있는 입모을을 높이기 위하여 피복전 짚을 저온에서 빠르게 분해시킬 수 있는 미생물을 개발하기 위하여 *Postia placenta* 등 12종의 균주를 수집, 5~45℃ 범위에서 균사발육량을 조사하고 그 중에서 가장 나은 *P. chrysoporum* SC-26을 배양하여 포장에서 벧짚에 처리하고, Mad-698-M277을 보리 짚에 2kg/10a 처리하고 짚의 부숙율을 측정 한 결과

가. 벧짚 부숙촉진 미생물중 P.C SC-26 및 Mad 698~M277이 처리 후 10일에서 35.15~41.73%의 높은 부숙효과를 나타내었다

나. 저온성 벧짚 부숙촉진 미생물을 선별하기 위하여 *Postia placenta* 등 12 균주의 온도별 균사 생육량을 조사한 결과 20℃ 전후에서 8~20mm/day 정도의 생육량을 나타내는 균주는 *Irpex lacteus* 등 5종이었다.

다. 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 뚜렷한 효과를 나타내지 않았다. 금후에는 전주증식방법(벧짚에 직접증식)으로써 그 효과를 구명하는 것이 더욱 중요한 것으로 사료되었다.

제 3 세부과제

입모을 증진과 도복방지를 위한 무경운 직파재배용 벼의 유전자원의 평가와 이용

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 몇가지 성장 특성을 조사하였던 바

가. 저온 발아성이 뛰어난 유전자원으로서 국내품종 동진, 농안, 밀양25, 동해벼, 외국품종은 CS-S4등 18개 품종, 저온-수중 발아성이 높은 14개 계통을 선발하였다.

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

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

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

제 4 세부과제

무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지 평가

지금 까지 개발된 기술로 무경운 직파재배 가능면적을 추정하고 또한 벼 무경운 직파재배체계에서 재배된 벼의 미질을 종합적으로 분석하여 고품질 쌀을 생산하기 위하여 진주, 고성, 함안, 김해, 산청, 하동지역의 농가 포장에서 벼를 재배하였고, 영남벼를 공시하여 무경운 연차간 또는 시비수준간에 미질 차이, 화영벼를 공시하여 토양의 종류와 자운영 재배와 그 파종상처리에 따른 미질변화를 조사하였던 바

가. 경남지역에서 무경운 직파재배법으로 벼를 재배할 수 있는 면적은 68,000ha(전체 면적의 55%)였다.

나. 무경운 직파재배법으로 재배한 벼의 수량은 미사질양토와 식토에서 높았으며 전체적으로 관행구 수량의 95%까지 얻을 수 있었다.

다. 무경운 직파재배에서 도복은 미질과 깊은 관계가 있음으로 도복방지를 위한 기술개발이 중요한 것으로 인정되었다.

라. 대체적으로 무경운 상태로 논 토양을 관리한 기간이 길어질수록 수량이 증가하는 경향을 나타내었으며 질소비료 시용 효과가 인정되었다.

마. 자운영을 재배한 논에서 무경운 직파재배한 벼의 수량은 관행경운구의 90~94%이었으며, 자운영을 재배한 논에서 무경운 직파재배한 벼의 완전미 비율이 증가되었다.

2. 결과 활용에 대한 건의

- 가. 이 연구는 기후적으로 자운영 재배에 적합한 남부지방에서 초생력적으로 단회파종한 자운영을 영속재배함으로써 질소질 비료의 사용량을 줄이고 환경친화력있는 무경운 벼 생산기술이다. 따라서 자운영의 내한성을 증대시킬 수만 있으면 이 기술은 중부지방으로 확대 이용할 수 있게 된다.
- 나. 여기서 자운영을 재배하고 벼 수확시 벧짚을 피복할때 월동기간 논거미의 밀도는 3배 정도 증가하나 끝동매미충의 발생량은 1/3로 줄어들었다는 사실, 그리고 자운영을 재배함으로써 독새풀의 생육을 크게 억제함으로써 자운영재배와 벧짚피복으로 벼 오갈병 예방에 크게 유익한 영향을 줄 수 있다는 사실은 남부지방에서 가능한 월동기간 중 자운영을 재배하고 벧짚을 피복하는 일을 농촌지도사업으로 전개해 나가야 할 것이다.
- 다. 그러나 제 1차년도에 의하면 자운영 짚이 부식할때 그 위에서 자라는 벼는 그 초기 생장이 지연되는 것을 발견하였다. 자운영을 재배한 논에서 무경운 직파재배한 논에서 무경운 직파한 벼의 초기생장이 지연되는 것은 여러가지 불리한 측면이기는 하나 잡초방제 및 도복관련 형질 상으로 이러한 측면에서 자운영이 가지고 있는 특수한 화학물질을 구명하고 그 물질을 이용하기도하고 필요에 따라서는 그 물질을 제거할 수 있는 기초 연구가 필요하다.
- 라. 무경운 직파한 벼씨의 발아율과 입모율을 증진시키기 위하여 저온성 벧짚 분해 미생물을 탐색하는 과정에서 몇가지 우수한 균주를 발견하였으나 이들의 지속적인 효과를 포장상태에서 평가할 수 있는 기술이 개발되어야 한다.

마. 무경운 직파재배체계에서 적합한 유전자원의 발굴은 한국의 사회적 여건을 고려할때 앞으로 벼 육종사업에 긴요하게 활용되어야 할 재료라고 생각된다.

SUMMARY

I. Title

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

II. Objectives and importance

The ultimate goal of this research is to establish a labor-reduced high-quality rice production systems through a rice-legume inter-relaying cropping, where the legume can be maintained without repeated sowing in the no-till direct-sowing method. In order to increase the rate of seedling establishment, which is one of the most difficult problems in the no-till direct-sowing method, our interests were given 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, earlier growth habit in deep water condition., and thick and strong tillers, and to development of systems producing high-quality rice at lower cost.

This labor-reduced high quality production systems are of great importance in consideration of the current economical situations of internal and international environment : there are serious labor shortages in farming sector and of rice farming becomes less profitable and less interest; there are arising interest in protecting global environment by reducing agricultural chemicals; and there are increasing demand of consumers

preference for better hygienic agricultural products.

III. Research areas and main focuses

In the development of labor-saved high-quality rice production systems through the no-till direct-sowing method, it covers four major areas : evaluation of legume-rice inter-relaying cropping system, in which legume swards (*Astragalus sinicus*, annual) can be autonomously maintained through the no-till direct-sowing method (Part I), evaluation of microorganisms which can effectively decompose rice straw on the surface of the paddy soil at relatively low temperature (Part II), evaluation of rice germplasms suitable for the no-till direct-sowing method (Part III) and evaluation of the quality of rice produced from the no-till direct-sowing methods (Part IV).

Main focus given to each part of this research are: In Part I, the response of rice and legume plants under four different legume treatments at sowing time(legume reserved , legume cut and removed, legume desiccated by chemicals, and legume turned down into soil by tillage) and four levels of nitrogen fertilizer(0, 5.5, 11, and 15 kgN/10a)was observed. Related to the possible utilization of natural enemies in the cropping systems, characteristics of spiders and rice green leafhopper behaviors during wintering period in the legume-rice inter-relaying cropping systems was investigated. In Part II, various sources of microorganisms collected from major research centers were

evaluated at wide temperature regimes (5 - 45°C). Field experiment was conducted for finding out superior lines based on the information obtained in pot experiment. 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), root-box for observation of rooting habit. Focuses were given to germplasms with less-but-thick tillering habit, deep-and-thick rooting habit, germinability at lower temperature and rapid elongation of shoot in deep water condition. In Part IV, emphases were given to the feasibility of the no-till direct-sowing method at farmer's farm level and observation of quality of rice grain produced from the field which were dominated by the no-till direct-sowing paddy rice system with different time periods. The effects of nitrogen fertilizers in the no-till direct-sowing paddy rice system on the quality of rice were evaluated.

IV. Results and Suggestions

1. Results

Part I.

**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**

Experimental results drawn from a field experiment to asses

the response of rice and legume plants under four different legume treatments at sowing time(legume reserved , legume cut and removed, legume desiccated by chemicals, and legume turned down into soil by tillage) and four levels of nitrogen fertilizer(0, 5.5, 11, and 15 kgN/10a) are:

1. Establishment percent and the number of rice seedlings produced from the seeds direct-sown on the the different legume treatments satisfy the requirement.
2. Early growth of the seedlings in legume-reserved or legume-desiccated by chemicals was slightly inhibited but recovered at later growth stages.
3. Population of microorganisms in the soil based on the legume-rice inter-relaying cropping system was rapidly decreased and the bacterium/fungus ratio was significantly increased.
4. Grain yield of rice in legume-rice inter-relaying cropping systems was comparable to those of ordinary cropping systems and was positively effected by high nitrogen fertilizer level (15kgN/10a). The legume population after rice crop was successfully maintained without repeated sowing.

Experiment 2

Observation of spiders and rice green leafhopper behaviors during wintering period in the legume-rice inter-relaying cropping systems

In the legume-rice inter-relaying cropping systems, the mulched straw and legume swards during the wintering period provided ideal habitat for spiders and it is expected to reduce the population of rice green leafhopper which induces virus diseases in early growth stages of rice seedlings produced from the direct-sown seeds in the legume swards. A series of field observation brought forth the following results :

1. Spider population 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 increased to cover the soil surface, winter weed growth was efficiently inhibited.
3. Spiders such as *Lycosa pseudoannulata* predated 7 - 13 green leafhoppers per day, which can significantly reduce the green leafhoppers in the systems.
4. It was found that rice green leafhopper inhabited in the winter weed grass swards only during the wintering period, not in the Chinese milk vetch swards.

Part II

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

In order to find out superior microorganisms which can

decompose soil-surface -covered rice straw in the no-till sowing method, various sources of microorganisms collected from major research centers were evaluated at wide temperature regimes(5 - 45°C) in pot experiment. A few selected lines(*P. chrysosporium* SC-26 and Mad-698-M277), in the second stage, were evaluated in field experiment with the following results:

1. Selected lines, P.C.SC-26 and Mad698-M277 showed superiority in decomposing straw 35 -42% of the straw in 10 days.
2. *Irpex tacteus*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor*, and *Phlebia brerispora* showed high decomposing activities at low temperature, which produced hypae 8-20 mm./day.
3. P.C. SC-26 was selected for rice-straw decomposing organism at low temperature and Mad 698-M277 for barley-straw decomposing organism at high temperature.

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 the different conditions: low temperature cycle (23/13°C), deep water condition (10-cm depth), root-box for observation of rooting habit. Emphases were given to find out germplasms with less-but-thick tillering habit, deep-and-thick rooting habit, germinability at lower temperature and rapid elongation of shoot in deep water condition. The results are as follows:

1. Four high yielding leading cultivars, named Dongjinbyeo, Nonganbyeo, Milyang25, and Donghaebyeo, showed higher germination per cent at low temperature. Some foreign germplasms (18 cultivates) and 14 wild rice germplasms showed high germination per cent at low temperature/ deep water condition.
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.

Part IV

Evaluation of the no-till direct-sowing method at farmer's farm level and grain quality assessment

A cultivar, Whayungbyeo, one of high-quality-producing leading cultivars, was evaluated in the no-till direct-sowing method at farmer's farm level in different districts, Chinju, Kosung, Haman, Kimhai, Sanchung, and Hodong and the quality of rice grain was evaluated. Another cultivar, Yungnambyeo were grown in the fields which have been domained under the different time periods in with different time periods the no-till

direct-sowing paddy rice system and the quality was assessed. In the legume-rice inter-relaying cropping systems, the effects of nitrogen fertilizers on the quality of rice grown in the no-till direct-sowing method were evaluated. The results obtained are summarized as follows:

1. Rice grown in the no-till direct-sowing method in farmer's farm level showed 95% yielding potential of the rice grown in ordinary method. Highest grain yield was obtained from the rice grown in fine sandy loam and silty soils.
2. Lodging was one of the most hazardous factors defecting quality of rice and efforts should be given to the preventing lodging of rice grown in the no-till direct-sowing method.
3. The longer period of paddy soil under the no-till direct-sowing method the higher yielding potential of the rice showed.
4. In the legume-rice inter-relaying cropping systems, yielding potential of rice estimated 90 to 94 % of rice grown in ordinary method. The rice grown in the systems showed higher head rice per cent. The effect of nitrogen fertilizers on grain yield and quality was positive in the systems.

2. Suggestions

1. The legume-rice inter-cropping systems in no-till direct-sowing method can be extended to northern part of Korea as far as winter-hardness legume germplasms are

available.

2. The definite evidence that in the legume-rice inter-cropping systems in no-till direct-sowing method there are expected abundant natural enemies due to the building-up of ideal habitat of mulched straw and live legumes during the wintering period and thus the number of rice green leafhopper significantly reduced encourages farmers to grow Chinese milk vetch and it can be enhanced by national campaign among farmers.
3. Chemicals which could be released during decomposing process of vetch straw in early rice growth stages should be investigated and the results can be effectively utilized in controlling weed and rice growth in the systems.
4. Straw-decomposing microorganisms selected from the experiment should be equipped with field trial in order to assess the effectiveness in longer period.
5. Rice germplasms evaluated for the system should be intensively utilized in breeding programs.

CONTENTS

Chapter I. Introduction

Section 1. Objectives and main focuses

Section 2. Expected results and effects

Section 3. Practical application

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

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 3. 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 quality assesment

Section 1. Introduction

Section 2. Materials and methods

Section 3. Results

Section 3. Summary

References

Chapter VI. Discussions and Suggestions

목 차

제 1 장 서론	29
제 1 절 연구개발의 목적과 범위	32
1. 최종연구 개발사업 목표	32
2. 연차별 추진 계획	33
제 2 절 기대되는 효과	34
1. 기술적 측면	34
2. 경제적 측면	36
제 3 절 실용화 방안	37
제 2 장 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 영속 직파 재배기술 개발	
시험 1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배 벼의 적정 시비량 구명	
제 1 절 서론	38
제 2 절 연구내용 및 방법	41
제 3 절 결과 및 고찰	42
제 4 절 결론(적요)	52
참고문헌	53
시험 2. 자운영 무경운 벼 직파 체계에 있어서 생물상의 변화 -월동기 논거미 및 끝동매미충 밀도 변동-	
제 1 절 서론	56
제 2 절 연구내용 및 방법	58
제 3 절 결과 및 고찰	60
제 4 절 결론(적요)	68
참고문헌	72

제 3 장 입모을 증진을 위한 벚짚 속성분해 미생물의
개발과 이용

제 1 절 서론	73
제 2 절 재료 및 방법	74
1. 벚짚 부숙촉진 미생물 선발	74
2. 토양미생물의 생육적온조사	74
3. 유망 미생물 증식 및 포장 적응시험	74
제 3 절 연구내용 및 방법	74
1. 벚짚부숙촉진 미생물 선발	74
2. 토양미생물의 생육적온 조사	75
3. 유망 미생물 증식 및 포장 적응시험	78
제 4 절 결론(적요)	80
참고문헌	84

제 4 장 무경운 직파 재배용 벼 유전 자원 평가
및 이용

제 1 절 서론	85
1. 연구의 필요성 및 연구목적	85
제 2 절 연구내용 및 방법	85
1. 저온 발아성 벼 자원의 선발	85
2. 수중 발아 및 생육 우수 품종 선발	86
3. 저온 직근성 벼 품종 선발	86
4. 소 분얼성, 내도복성 품종의 선발	87
제 3 절 결과 및 고찰	87
1. 저온 발아성 벼 자원선발	87
2. 저온 수중 발아 및 생육이 우수한 품종 선발	90
3. 저온 직근성 우수품종 선발	90
4. 소분얼성, 내도복성 품종 선발	90

5. 직파 우수형질의 품종선발	94
제 4 절 결론(적요)	94
참고문헌	100
제 5 장 무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가	
제 1 절 서론	103
제 2 절 재료 및 방법	104
제 3 절 결과 및 고찰	104
1. 무경운 가능 논 토양 및 무경운답에서 벼 재배요령	104
2. 무경운 직파재배시 토양종류에 따른 미질변화	108
3. 무경운 지속기간 및 질소시비량 차이에 따른 미질변화	110
4. 무경운답에서 자운영 활용방법 및 그에 따른 미질변화	113
제 4 절 결론(적요)	115
참고문헌	118
제 6 장 종합 고찰 및 건의	121

표 목차

- <표 1-1-1> 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배시 벼의 생육 특성
- <표 1-1-2> 자운영 재배 논에서 파종상 처리 방법별 무경운 직파재배벼의 입모율과 입모수
- <표 1-1-3> 파종상 조성후 자운영 및 잡초발생량
- <표 1-1-4> 자운영 처리방법 별 미생물 분포특성¹
- <표 1-1-5> 자운영 논에서 파종상 조성방법에 따른 초장과 경수의 경시적 변화
- <표 1-1-6> 자운영 논에서 파종상 조성방법에 따른 도복관련형질 및 뿌리분포비교
- <표 1-1-7> 자운영 처리방법에 따른 수량구성요소 및 수량에 미치는 영향
- <표 2-3-1> 벧짚부숙촉진 미생물처리별 부숙효과
- <표 2-3-2> 균주별 생육적온 및 생육범위
- <표 2-3-3> P.C SC-26의 벧짚 부숙 효과
- <표 2-3-4> Mad 698~M277균의 보리짚 처리간 벼생육에 미치는 영향
- <표 3-3-1> 무경운 직파 재배용 벼품종의 유전자원 평가
- <표 3-3-2> 앵미의 저온 발아율 및 저온-수중 발아율
- <표 3-3-3> 직파재배용 벼 품종의 저온-수중 생육 측정
- <표 4-3-1> 벼 직파대상지 선정기준
- <표 4-3-2> 경남지역의 무경운 벼 재배 가능지역 분포조사
- <표 4-3-3> 무경운답에서 벼 재배요령
- <표 4-3-4> 무경운 직파재배시 토양종류에 따른 수량구성요소 및

수량변화

- <표 4-3-5> 무경운 직파재배시 토양종류에 따른 쌀 품위비교
- <표 4-3-6> 무경운 지속기간의 차이에 따른 수량구성요소 및 수량
- <표 4-3-7> 무경운 지속기간의 차이에 따른 쌀의 품위비교
- <표 4-3-8> 무경운 지속기간의 차이에 따른 토양 이화학적 변화
- <표 4-3-9> 무경운답에서 질소시비량 차이에 따른 수량구성요소
및 수량
- <표 4-3-10> 자운영 활용방법차이에 따른 토양 이화학적 변화
- <표 4-3-11> 자운영 활용방법차이에 따른 수량구성요소 및
수량변화
- <표 4-3-12> 자운영 활용방법 차이에 따른 쌀 품위비교

그림 목차

- <그림 1-2-1> 무경운 및 경운포장에 있어서 자운영, 독새풀 군락지
별 끝동매미충과 논거미의 서식밀도 비교('95. 진주)
- <그림 1-2-2> 휴한답에 있어서 논거미의 끝동매미충 월별 포식량
(마리수/개체당 3일간 포식)
- <그림 1-2-3> 벼 바이러스 매개충의 월동기주별 생존기간
- <그림 1-2-4> 휴한답에 있어서 끝동매미충의 성충 우화시기 및
자운영 군락형성시기
- <그림 1-2-5> 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물별 산란
선호성 (알수/1마리당)
- <그림 2-3-1> 온도별 군사 생육량

사진 목차

- <사진 1-2-1> 자운영 균락형성 포장전경
- <사진 1-2-2> 휴경지 독새풀 균락형성 포장전경
- <사진 1-2-3> 벼 오갈병 매개충인 끝동매니충
- <사진 1-2-4> 끝동매미충 포식천적인 별늑대거미
- <사진 1-2-5> 월동전 경운 포장전경
- <사진 1-2-6> 월동전 무경운 짚피복 포장전경
- <사진 2-3-1> 벧짚 부숙 촉진 미생물 균주분리
- <사진 2-3-2> 벧짚 부숙 촉진 미생물 선발시험
- <사진 2-3-3> 벧짚 부숙 촉진 미생물 처리와 초기 생육조사
- <사진 2-3-4> 벧짚 부숙 촉진 미생물 처리 효과 시험
- <사진 2-3-5> 벧짚 부숙 촉진 미생물 처리 효과 시험
- <사진 3-2-1> 직파 재배용 벼 저온발아율 시험
- <사진 3-2-2> 저온-수중 발아능 측정
- <사진 3-2-3> 저온-수중 발아 종자의 생육 측정
- <사진 3-2-4> Plastic 육묘상자에서의 벼 생육
- <사진 3-2-5> Plastic 육묘상자에서의 저온 생육시 유근 및 줄기의
신장 측정
- <사진 3-2-6> 유리육묘상의 벼 재배 및 2차근 생육 측정

제 1 장 서론

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.

현재 우리 나라의 농업인구는 전체인구의 12%이나 2001년에는 5.1%로 떨어질 전망이다. 농업인구의 감소와 동시에 농림어업에 취업하는 인구의 연령이 고령화하고 부녀화 함으로써 상대적으로 농업환경을 더욱 악화시키고 있다.

이 연구에서 개발하려는 벼무경운직파재배기술은 근본적으로 자운영과 같은 공중질소를 고정하여 벼가 활용할 수 있게 하는 두과작물을 벼 재배와 결합시키고 동시에 벼짚을 쉽게 부식시킬 수 있는 미생물을 활용하여 무경운상태에서 표면직파된 볍씨의 발아조건을 크게 개선시켜 줌으로써 벼 재배시에는 화학질소 비료사용량을 줄이고, 경우에 필요한 작업시간과 에너지를 획기적으로 절감하여 노동생산성과 토지생산성을 지속적으로 향상시킬 수 있는 새로운 벼재배기술이다.

벼 무경운 직파재배기술은 경운이양재배보다 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 무경운직파 재배기술을 개발하기 위하여는 먼저 직파재배에 알맞는 품종이 갖추어야 할 요건이 무엇인가를 알고, 이를 육종계획에 포함

시켜 무경운직파재배에 적응할 수 있는 품종을 육성하는 문제와 무경운 조건에서 이들을 재배하려 할때 입모율, 잡초방제, 도복문제 등을 포함한 재배기술이 개발되어 경운재배에 비하여 벼의 수량과 품질이 떨어지지 않는 양질의 쌀을 생산할 수 있는 기술체계를 확립하여야 한다.

이를 위하여 우리대학에서 이미 확보하고 있는 필리핀 국제미작 연구소 등에서 직파재배용 품종으로 선발된 다양한 유전자원을 벼 무경운직파재배체계 속에서 평가하고 여기서 얻은 정보를 무경운 직파재배품종육종의 기초정보로 활용함과 동시에, 이들 무경운직파 적응 품종들이 신개발 벼 무경운 직파재배체계에서 재배되었을 때 그 수량성과 품질을 보장받을 수 있는가를 농가실증시험을 통하여 확증하려는 것이다.

한편으로 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(미생물)적인 기능을 강화시키고 생태계의 균형(ecological balance)을 유지하게 되며 유용 미생물의 활성을 증진시켜 비료 및 농약 사용을 줄일 수 있으며 토양의 물리적 성질을 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다.

일본에서는 무경운논에서 벼를 기계이앙할 때 질소비료에 대한 반응을 포함하여 여러 부문에서 연구가 활발히 진행되고 있고(Hyasaka et al., 1989), 필리핀(Mambani et al., 1990), 인도(

Mahendra et al, .1985 ; Verma et al., 1989; Mahata et al., 1990,), 중국(Zhuo, 1986; Zhao, 1989; Li, 1983, 1987), 태국(Khomvilai and Supatanakul, 1986) 등에서도 무경운 벼재배에 관한 연구가 이루어지고 있다. 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 여러 가지 문제점들을 획기적으로 개선하려는 연구가 진행되어왔다. 특히 최근 일본에 보급되고 있는 자운영농법에 의하면 자운영이 유기물 생산과 근류균에 의한 질소첨가 뿐만 아니라 화분과 잡초의 발생을 억제하여 수도재배에서 제초효과까지 나타낸다고 하였다.(현대농업, 1986:1987)

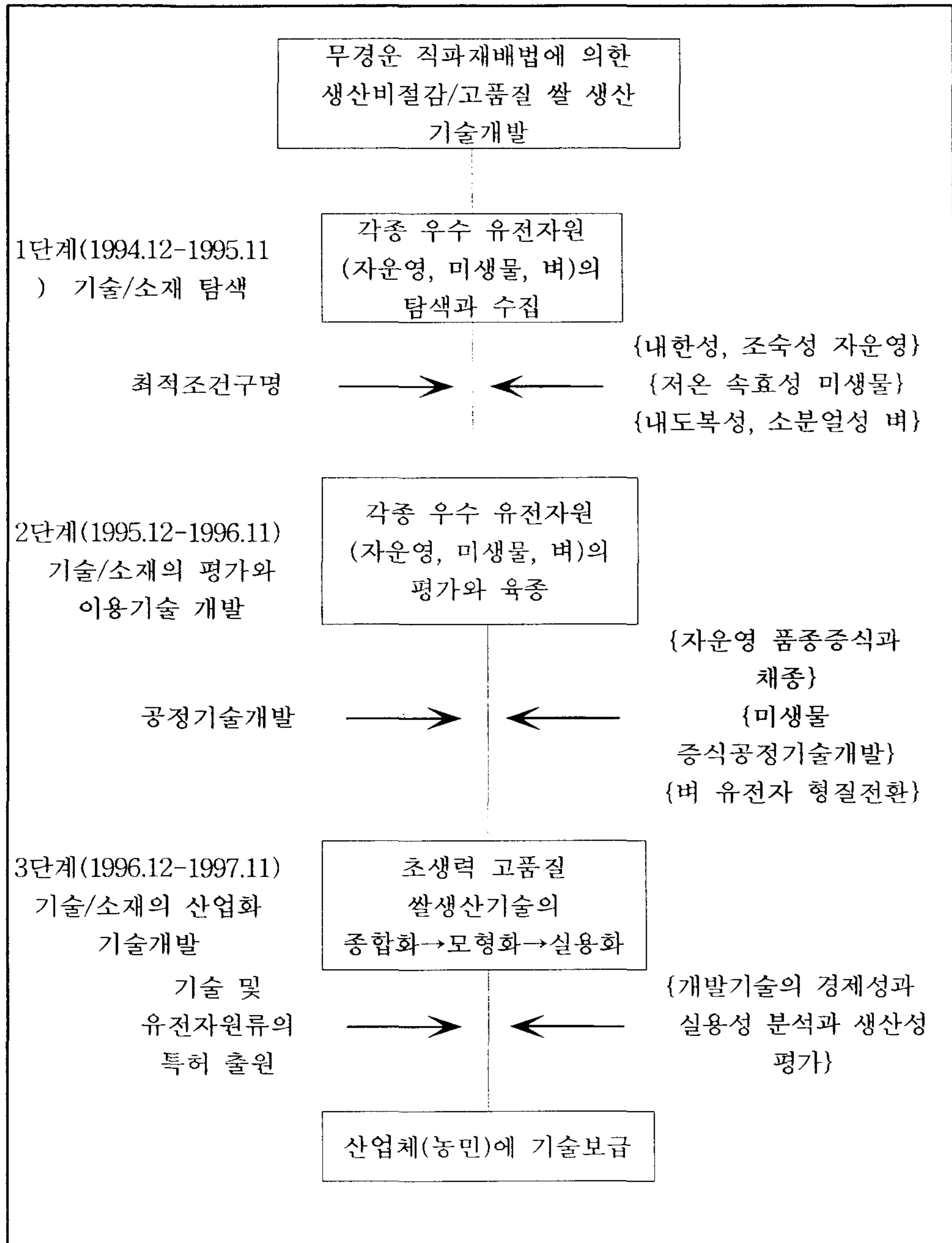
그러나 지금까지 연구는 무경운 논토양의 물리·화학적 특성과 무경운토양에서 벼의 생육반응에 국한되어있고, 벼 무경운직파 재배 기술체계에 적합한 품종육성을 포함하여 자운영 도입에 의한 유기태질소의 자연공급과 생물적 잡초방제, 리그닌을 분해하는 사상균을 벼그루터기나 콤바인수확시 논에 깔려있는 벧짚에 처리함으로써 직파재배벼를 파종할 때 종자가 발아 정착할 수 있는 파종상을 획기적으로 개선하는 문제에 대해여는 아직 연구된 것이 없다.

제 1 절 연구개발의 내용과 범위

1. 최종연구 개발사업 목표

연구개발내용	현 황	목 표
생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 직파 영속 재배 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> - 무경운 직파재배법에 의한 자운영 영속재배에 대한 농업적 연구실적은 없다. - 자운영 유전자원에 대한 평가결과는 있으나 벼-자운영 무경운직파 영속재배를 목적으로 하는 것은 없다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 자운영 1회 파종으로 영속적으로 자운영 군락을 형성할 수 있는 재배법을 개발한다. - 극조생종 자운영 유전자원을 개발하고 이를 벼-자운영 작부체계에 적용한다. - 벼-자운영 영속재배체계에서 공중질소고정능력과 화학비료 대체효과를 분석할 것이다.
입모율 증진을 위한 벼짚 속성 분해 미생물의 개발과 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 고온적응성(30℃) 균주는 개발되고 있으나 저온적응성(20-25℃) 균주는 개발되어 있지 않다. - 개발된 균주를 대량배양, 포장에서 접종할 수 있는 공정이 개발되어 있지 않은 실정이다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 저온적응성 균주를 개발하고, 이를 대량 증식, 포장에서 효율적으로 이용할 수 있는 공정을 개발한다. - 우수 균주는 특허 출원하여 이를 상업화한다.
입모율 증진과 도복 방지를 위한 벼 유전자원의 평가와 이용	<ul style="list-style-type: none"> - 각국별로 경운 논토양에서 선발된 직파재배용 벼유전자원은 다수 있으나 무경운 논토양에서 선발된 우수 유전자원은 없다. - 유전 공학적 기법으로 무경운직파재배용 벼 품종으로 실용화하지 못하고 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 각국의 직파재배용 벼 유전자원을 탐색, 평가하고 이를 재배품종에 도입시켜 무경운 직파품종으로 육성할 것이다. - 특수 유전자는 특허화하여 이를 상업화할 것이다.
무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술의 현지 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 특수목적으로 자운영을 재배하고 있으나 벼-자운영 무경운 영속 재배체계에서 그 생산성을 평가한 일은 없다. - 벼-자운영 무경운 영속 재배체계에서 생산되는 쌀의 품질을 종합적으로 평가하지 못하고 있는 실정이다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 무경운 벼-자운영직파재배 기술체계를 실용화하고 각종 교육매체를 작성하여 이를 현지에서 평가/교육용으로 활용한다.

2. 연차별 추진 계획



제 2 절 기대되는 효과

1. 기술적 측면

제1차년도 연구결과 중 기술적 측면에서 기대되는 효과는

- 가. 농가단위에서 벼-자운영 무경운 직파재배체계를 실증함으로써 인근 농가로 이 분야의 기술을 효율적으로 보급할 수 있게 될 것이다.
- 나. Data logger를 활용하여 무경운 직파재배벼의 발아 초기 생육 환경을 조사함으로써 경운 직파재배조건과 무경운 직파재배 조건의 차이를 구명하고 무경운 직파재배벼의 초기 입모율을 증진시킬 수 있는 조건을 제시함으로써 벼 무경운 직파재배법의 안정성을 높일 수 있게 될 것이다.
- 다. 자운영 재배가 토양 질소 증진에 미치는 효과를 구명함으로써 질소비료 사용량을 감소시켜 생산비를 줄이고 환경오염을 극소화할 수 있는 벼 재배를 가능하게 한다.
- 라. 월동기간동안 무경운 답에 쟁피복을 하고 자운영을 파종하여 두면 그렇지 못한 포장(무피복, 독새풀 군락지)에 비하여 벼의 해충인 끝동매미충의 밀도를 1/3가량 줄일 수 있는 반면에 천적인 논거미의 밀도는 3배정도 증가시킬 수 있으므로 끝동매미충을 포함한 천적을 이용한 생물적 방제체계를 구축할 수 있을 것이다.
- 마. 현재까지 확보된 미생물 중에서 섬유소 / 리그닌분해능이 우수한 2~3개 균주의 실용화를 기대할 수 있을 것이다.

- 바. *P.chryso sporium*은 비교적 고온에서 속효성 유기물 분해능력이 크므로 이를 보릿짚 분해를 위하여 활용할 가치가 있을 것이다.
- 사. 현재 수집된 미생물(10종)과 선진 외국에서 유용 미생물을 계속 수집 평가하여 난분해성 산업폐기물 및 농부산물의 효율적 처리 방법을 실용화함으로써 무공해 작물재배와 농업환경정화에 기여하게 될 것이다.
- 아. 소분열성을 가지고 있는 것은 동진벼, 농안벼, New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, M-7, M-101, MM PR 22848-68, S201, CM-101등 11개 품종, 내도복성을 갖는 New bonnet, Blue Bell, Lemonte, 농안, 수원 392호 등을 이용 기능이 기대되고 있음.
- 자. 직파재배용 벼 생육특성 관리규준 및 무경운 논토양 토양특성 관리규준에 따라 경남지역의 무경운 벼 재배 가능지역 분포를 조사하고 그 면적으로 산출함으로써 무경운 직파재배기술 적용 대상지역을 예상할 수 있게 될 것이다.
- 차. 벼 무경운 직파재배법을 현지 농가에서 실용화함으로써 토양에 따른 미질의 특성, 특히 자운영 재배 포장에서 무경운 직파재배 벼의 미질 특성을 구명하게 되면 고품질의 쌀을 경제적으로 생산할 수 있는 기반을 조성하게 될 것이다.
- 카. 무경운 직파재배체계에서 자운영을 단회 파종하면 다음해부터는 자운영을 파종하지 아니하여도 계속하여 자운영 군락을 유지할 수 있게 될 경우 이는 토양 보전과 유기물 증진, 생물적 잡초 방제적 차원에서 큰 역할을 하게 될 것이며, 이 자운영은 또한 양분, 가축사료로서 사용될 수 있으므로 축산물 생산기반에도 큰 몫을 담당하게 될 것이다. 이른 봄의 농촌 경관을 변화시켜 관광적

차원에서도 긍정적인 반응을 얻게 될 것이다.

2. 경제적 측면

가. 이 연구는 벼-자운영 무경운 직파재배법을 개발하여 이를 경남의 논 면적 167,000ha의 30%에 해당하는 50,000 ha에 자운영을 재배하고 무경운 직파재배법으로 벼를 재배함으로써 농업노동력을 절약하게 되면 그 경제적 이익은

자운영 생산량 : $20t \times 50,000 \text{ ha} = 1,000,000 \text{ t}$

자운영에 의하여 토양 중에 고정되는 질소량 :

$190 \text{ kgN/ha} \times 50,000 \text{ ha} = 9,500,000 \text{ kg N}$

(이를 요소비료로 환산하면 20,00,000 kg)

나. 벼-자운영 무경운 직파재배법으로 쌀을 생산할 때 노동력 투입량이 관행 벼 재배법의 32% 정도라고 하고, 경남의 논 면적 167,000 ha의 30%에 해당하는 50,000 ha에 적용할 때 ha 당 쌀 생산 비용은 2,167,540원(1994년기준)이므로 노동력 절감에 의한 경제적 이득은

$2,167,540\text{원/ha} \times 0.68 \times 50,000 \text{ ha} = 73,696,360 \text{ 천원}$

다. 그런데 이 연구에서 내한성 자운영 유전자원을 확보하고, 벧짚을 부숙시킬 수 있는 미생물과 무경운 직파재배용 벼 유전자원을 개발함으로써 벼-자운영 무경운 직파재배기술을 개발하게 되면 벼-자운영 무경운 직파재배기술을 전남, 전북 그리고 경북 지방으로 보급할 수 있을 것이므로 그 경제적 이익은 크게 증가될 것이다.

라. 이 뿐만 아니라 벼-자운영 무경운 직파재배기술 개발은 토양 유기물 증가로 인한 토양 유실방지, 작물의 생산성 증대, 자운영을 가축 사료, 밀원식물 및 농촌의 관광자원으로서 이용가능성을 고려할 때 경제적으로 평가할 수 없는 이익이 있을 것이다.

제 3 절 실용화 방안

1. 자운영은 현재 남부지방에서 자생 또는 재배되고 있으나 내한성이 강한 자운영 유전자원을 개발하여 자운영 재배지역을 중부지방으로 확대할 수 있으며, 자운영 재배면적이 확대되면 벼-자운영 무경운 직파재배기술도 중부지방으로 확대시킬 계획이다.
2. 저온에서 벧짚을 신속히 부식시킬 수 있는 미생물을 개발하여 작부체계 개선에 크게 활용할 것이며, 이러한 균주를 상업적으로 양산하여 농가에 보급한다.
3. 무경운 직파재배에 적합한 벼 유전자원을 개발하여 이를 각 농업연구기관에서 무경운 직파재배용 벼 품종 육종에 이용할 수 있게 한다.
4. 벼-자운영 무경운 직파재배법에 의하여 무공해 양질미를 생산할 수 있게 되면 품질인증제를 도입하여 농가의 특별사업으로 보급할 것이다.

제 2 장 생산비 절감을 위한 벼-자운영 무경운 영속 직파재배기술 개발

시험 1. 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배 벼의 적정 시비량 구명

제 1 절 서론

해가 갈수록 농약과 비료사용량이 증대됨으로 인하여 농촌의 환경 오염 문제가 이제 심각한 수준에 달하고 있으며, 국제적 농업 연구의 추세도 화학비료와 농약에 의존하고 있는 노동집약적, 자본 집약적인 농업체계로부터 탈피하여 생태적으로 안정되고 토지생산성을 지속적으로 증진시켜 나갈 수 있는 지속농업체계 (sustainable agricultural systems)로 전환하고 있는 실정이므로 농산물의 시장 개방은 농민으로 하여금 현행 벼 농사법에 대한 근본적인 변화를 요구하고 있으며, 이에 대한 대책이 없다면, 우리 나라의 벼 농사를 존속시킬 수 있을 것인가를 의심하지 않을 수 없는 실정이다. 벼 무경운직파재배법은 첫째 농업노동력 투입을 획기적으로 줄일 수 있는 경종방법이며, 둘째 비료 농약의 과다 투입을 방지하고, 지속적인 농업을 지향하여 환경오염문제를 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 일반인들의 인식은 아직도 불충분하기 때문에 이를 극복하기 위한 종합적인 연구와 현지교육이 무엇보다 중요하다. 본질적으로 무경운 벼 직파재배법은 생물적 경운법에 의한 벼직파재배라고 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 무경운재배법은 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 토양에서 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 풍부함으로 양질 가축 사료작물로서 이용될 수 있다. 이에 대한 연구결과(조등,1993)를 보면 자운영은 논에서 생초생산량이 2,000 - 4,000 kg/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 벚짚을 쉽게 부식시킬 수 있는 미생물을 활용하여 무경운상태에서 표면직파된 벼씨의 발아조건을 크게 개선시켜 줌으로써, 그 논에서 생산된 벚짚을 완전히 토양으로 환원시켜 토양 유기물을 증가시키고 그 물리, 화학적 특성을 개선함으로써, 벼 재배시에는 화학질소 비료사용량을 줄이고, 경우에 필요한 작업시간과 에너지를 획기적으로 절감하여 노동생산성과 토지생산성을 지속적으로 향상시킬 수 있는 새로운 벼 재배법이 될 것이다.

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 : 규압통)에 <표 1-1-1>에서 나타낸 바와 같이 자운영 처리 방법(4 가지 방법), 질소 시비량을 4 수준으로 영남벼를 공시하여 벼를 직파재배 하였다. 이 때 자운영 방치구는 자운영 군락을 그대로 두고 그 위에 볍씨를 직파한 것이고, 자운영 예취·제거구는 벼 파종 직전에 자운영을 예취·제거하고 그 위에 볍씨를 직파한 것이다.

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

<표 1-1-1> 자운영 재배포장에서 무경운 직파재배시 벼의 생육 특성

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 결과 및 고찰

1. 자운영 재배 논에서 파종상 조성 방법에 따른 무경운 직파 재배 벼의 입모율과 입모수

자운영 재배 논에서 자운영 균락을 그대로 방치하거나, 예취제거하거나, 제초제를 처리하였을 때 무경운 직파재배벼의 입모율과 m² 당 입모수를 <표 1-1-2>에 나타내었다.

<표 1-1-2> 자운영 재배 논에서 파종상 처리
방법별 무경운 직파재배벼의
입모율과 입모수¹

파종상 처리	입모율	수/m ²
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

¹ 품종 : 화영벼. 5월 22일 파종, 6월 5일 조사

대체로 입모율은 자운영 경운 구나 관행구에 비하여 떨어졌으나 입모수는 적정 선을 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, 밭아 환경상의 문제인지 더 검토할 필요가 있다.

2. 자운영 재배 논에서 파종상 조성 방법에 따른
잡초 발생 양상

지난 3년간 자운영을 재배한 논 토양을 자운영을 그대로 방치하
거나, 예취제거 또는 제초제로써 자운영을 제거하였을 때 그 다음해
며 파종기에 조사된 자운영과 몇가지 잡초 발생양상을 <표
1-1-3>에 나타내었다. 이 표에서 보는 바와 같이 파종시점에서 파
종상의 조건 즉, 자운영 방치 구는 자운영과 독새풀, 피 등이 무성
한 상태라는 것을 나타내고 있다.

<표 1-1-3> 파종상 조성후 자운영 및 잡초발생량

파종상 조성방법	경운유무	5월 12일				6월 29일			10월30일	
		자운 영	피	독새 풀	계	피	나도겨 풀	사마귀 풀	계	자운영
					g/m ²				no./m ²	
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	경운	-	-	-	-	4.0	-	-	4.0	31.0
관행		-	-	-	-	5.6	-	-	5.6	-

이러한 상태에서 직파된 볍씨가 발아 정착하게 되는 6월 29일 잡초 발생 양상을 피와 사마귀풀이 나타나고 있으며, 파종시점에 자운영을 예취제거 할때 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 균락을 그대로 방치하여 두고 그 위에 벼를 직파 재배하는 것이 효과적이라는 사실을 시사하고 있다.

3. 자운영 재배 논외 파종상 조성방법에 따른 미생물 분포 특성

자운영 균락의 처리 방법에 따라 파종상이 조성되는데 이러한 조건에서 벼를 재배하고 출수후 25일경 토양중의 미생물 등을 조사한 성적을 <표 1-1-4>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 1-1-4> 자운영 처리방법 별 미생물 분포특성¹

과종상 조성 방법	경운유무	세 균(B)	방선균	사상균(F)	B/F ratio
		10 ⁶	10 ⁵	10 ⁴	
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	경운	22.1	19.4	4.2	526
관행	경운	10.0	18.3	3.9	256

¹출수후 25일에 조사하였음.

4. 자운영 재배 논에서 과종상 조성방법에 따른 무경운 직파 재배 벼의 수량구성 요소와 수량 변화

가. 초장과 경수의 경시적 변화

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

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

<표 1-1-5>에서 보는 바와 같이 자운영을 방치한 구에서의 입모 후 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 1-1-4>에서 보는 바와 같이 자운영이 있을 때 토양 미생물의 수가 관행에 비하여 현저히 감소하고 있다는 사실 (*Rhizobium*과 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~15kg 범위로 시용 하였는데 초기분얼이나 수량이 예상과는 달리 다비조건에서 높았다는 것이다.

자운영을 재배하는 목적은 여러가지가 있겠으나 그 중에서는 질소비료 시용량을 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 1-1-6>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 유의 적으로 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 10cm 이하의 뿌리 분포량이 관행에 비하여 크게 줄어들었지만 자운영을 방치하거나 제초제를 처리하는 것이 자운영을 예취 하는 때보다 유리한 영향을 미치고 있음을 발견하였다.

다. 수량과 수량구성요소의 변화

<표 1-1-7>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 유의 적으로 증가되었다.

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

자운영 처리방법	시비량 (kg/10a)	초 장 (cm)					경 수(개/m ²)			
		6/22	7/10	7/20	8/ 2	8/23	7/10	7/20	8/2	8/23
자운영방치	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 예취제거	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 제초제처리	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 경운	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 (경운)	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 1-1-6> 자운영 논에서 과종상 조성방법에 따른 도복관련형질 및 뿌리분포비교

자운영 처리 방법	시비량 kg/10a	3+4 절간장 cm	3+4 절간장비율 %	1수중 g	좌절 중 g	도복 지수	중심고 cm	중심 위치 %	뿌리 수직분포비율		
									0~5cm	5~10cm	10cm>
자운영 방치	15	19.5	26.1	13.8	1,127	114	39.1	52.3	84.4	9.4	6.2
	11	18.1	24.6	12.9	1,075	110	37.2	50.5			
	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 예취제 거	15	16.7	23.4	13.6	1,053	122	35.7	47.3	90.3	6.7	3.0
	11	18.4	24.6	13.4	1,013	124	36.9	49.4			
	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 처리	15	15.7	21.8	13.9	1,170	111	38.8	53.8	86.5	8.3	5.2
	11	18.3	25.1	13.6	1,169	106	37.9	51.9			
	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 경운	15	22.5	28.8	13.7	1,052	125	39.1	50.0	68.6	23.2	8.2
	11	18.7	26.0	13.0	1,036	113	37.2	51.8			
	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	89.0	7.5	3.5
	11	18.8	24.4	14.5	989	141	40.0	51.9			
	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			
경운 (관행)	15	23.6	30.6	13.0	873	143	35.9	46.6	52.5	28.5	19.0
	11	22.0	28.4	14.5	971	144	39.8	51.4			
	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			

5. 자운영 재배 논외 파종상의 조성 방법에 따른 무경운 직파재배벼의 수량구성요소와 수량

자운영을 재배한 논에서 자운영 군락의 처리 방법으로 파종상을 조성하고 무경운 직파재배한 벼의 수량구성요소 및 수량을 <표 1-1-7>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 있다.

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 보인다.

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

자운영처리 방법	시비량	간장	수장	수수	입수	등숙 율	천립 중	정현 비	수량	지수
	kg/10a	cm	cm	개 /m ²	천개 /m ²	%	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 확보되었음.
2. 잡초를 방제하지 않은 상태에서 생육중기의 잡초 발생량은 자운영을 예취하여 제거할 때 가장 많고, 다음이 자운영을 방치할 때이며, 발생 초종은 피가 주종을 이루었음.
3. 미생물 서식밀도를 보면 자운영 경운시 세균과 방선균의 밀도가 매우 높았으며, 자운영 방치시 사상균의 밀도가 높았음.
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 경운 구에서 가장 높았고, 다른 처리 구에서는 유의적인 차이가 인정되지 않았다.
6. 질소시비량간에 비교해 볼 때 시비량이 증가할수록 수량도 증가하였음.

참 고 문 헌

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. 低濕重粘土水田にあ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에서의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에너지와벼收量에關한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種子の水中發芽時酸素利用과酵素活性에關한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

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

제 1 절 서론

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 매개 충인 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 증가하고 있는 실정이다.

끝동매미충은 직접적으로는 벼 이삭과 잎을 흡즙 가해하고 간접적으로는 오갈병과 같은 Virus병을 매개하고 또 그을음 병도 유발

시키는 해충으로 잘 알려져 있다. 그리고 벼의 재배방식에서도 많은 변화를 보이고 있다. 최근 들어 쌀수입개방에 대응하기 위해서 저Cost 고품질 쌀 생산을 하기 위한 방편으로 무경운 직파재배방법이 연구개발되어짐에 따라 종전의 못자리 설치와 본답 묘이앙 절차가 필요 없게 되기 때문에 벼 생력화 재배에 커다란 발전을 가져오게 하였다. 그러나 무경운 직파는 5월 초순~6월 중순사이에 휴한답을 경운하지 않고 그대로 볍씨를 뿌려서 재배하는 탓으로 이 시기는 오갈병이 잘 감염되는 벼 유효기(3엽정도)에 해당되며 또한 이 유효는 끝동매미충이 증식되고 있는 독새플 사이에서 자라고 있는 탓으로 종전의 성묘기 이앙 때처럼 유효기가 보온 비닐터널속에서 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 방제방법에 대한 연구가 시급하다고 판단되어진다.

지금까지 끝동매미충의 생태연구는 필자 등이 국내 최초로 '77년~'83년 사이에 이루어진 바가 있으나, 직파재배답에서 월동중간 기주식물을 없앨 수 있는 방법과 천적에 의한 끝동매미충 밀도 억제에 대한 연구는 국내외적으로 찾아볼 수가 없다.

본 연구의 목적은 벼 무경운 직파재배에 있어서 농약으로 치료가 불가능한 벼 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 벼
짚을 논바닥에 피복케하여 논 거미와 같은 천적을 월동기간동안 보
호시켜서 끝동매미충의 밀도를 억제시킬 수 있는 방법을 구명하여
지속적이고, 안정적인 쌀 생산을 하고자 '94년 가을부터 '95년 봄사
이에 경남농촌진흥원 시험포장과 인근 농가포장에서 연구된 결과를
보고하는 바이다.

제 2 절 연구내용 및 방법

1. 재료 및 조사방법

가. 조사대상지

경상남도 농촌진흥원 답작포장의 벼 무경운직파재배 시험 구와
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 : 논 거미

다. 조사방법

(1) 끝동매미충 월동전후 밀도조사

포충망(구경 30cm)으로 각 조사 구에서 시기별 25회 채집(1평)하
여 75% 알코올에 보관하면서 현미경하에 조사, 각 처리별 10반복

채집조사 조사시기는 월동기간은 1월~2월 10일 간격, 월동 후는 3월~4월 10일 간격

(2) 논 거미 채집조사

유리시험관(내경 3cm, 길이 30cm)을 사용하여 월동기간과 월동 후 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

논거미의 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 넣어줄 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 우

화을 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 전체면적(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, 독새풀, 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·독새풀 군락지별 끝동매미충과 논거미의 서식밀도조사

가. 월동기간 논 거미 밀도

각 처리별 논거미의 10평당 서식밀도를 <그림 1-2-1>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 증식

된 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 얼어죽은 것 같으며 또 일부는 월동처를 찾아서 논둑 등지로 이동한 것으로 보인다.

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 월동 기간동안에 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 보인다.

다. 자운영 군락지와 나지(독새풀 군락지)에 있어서 월동후

끝동매미충의 밀도 비교

4월 10일에 자운영 군락지와 독새풀 군락지에서 끝동매미충의 밀도를 비교 조사하여 본 결과 같은 자운영 군락지인데도 짚을 피복한 곳의 밀도(11마리)는 무피복한 곳의 밀도(30마리) 보다 약 1/3의 적은 량의 밀도를 유지하였으나, 같은 조건하에서 월동기간동안인 2월 10일경에 조사한 밀도는 별다른 차이를 보이지 않았으며, 그

리고 또 같은 짚피복을 한 무경운 포장인데도 자운영 군락지의 밀도(11마리)는 독새풀 군락지의 밀도(48마리)에 비해 약 ¼의 적은 양이 발생되었다. 따라서 이러한 밀도 감소원인은 짚을 피복한 곳에서는 무피복한 곳보다 논거미의 밀도가 월등히 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

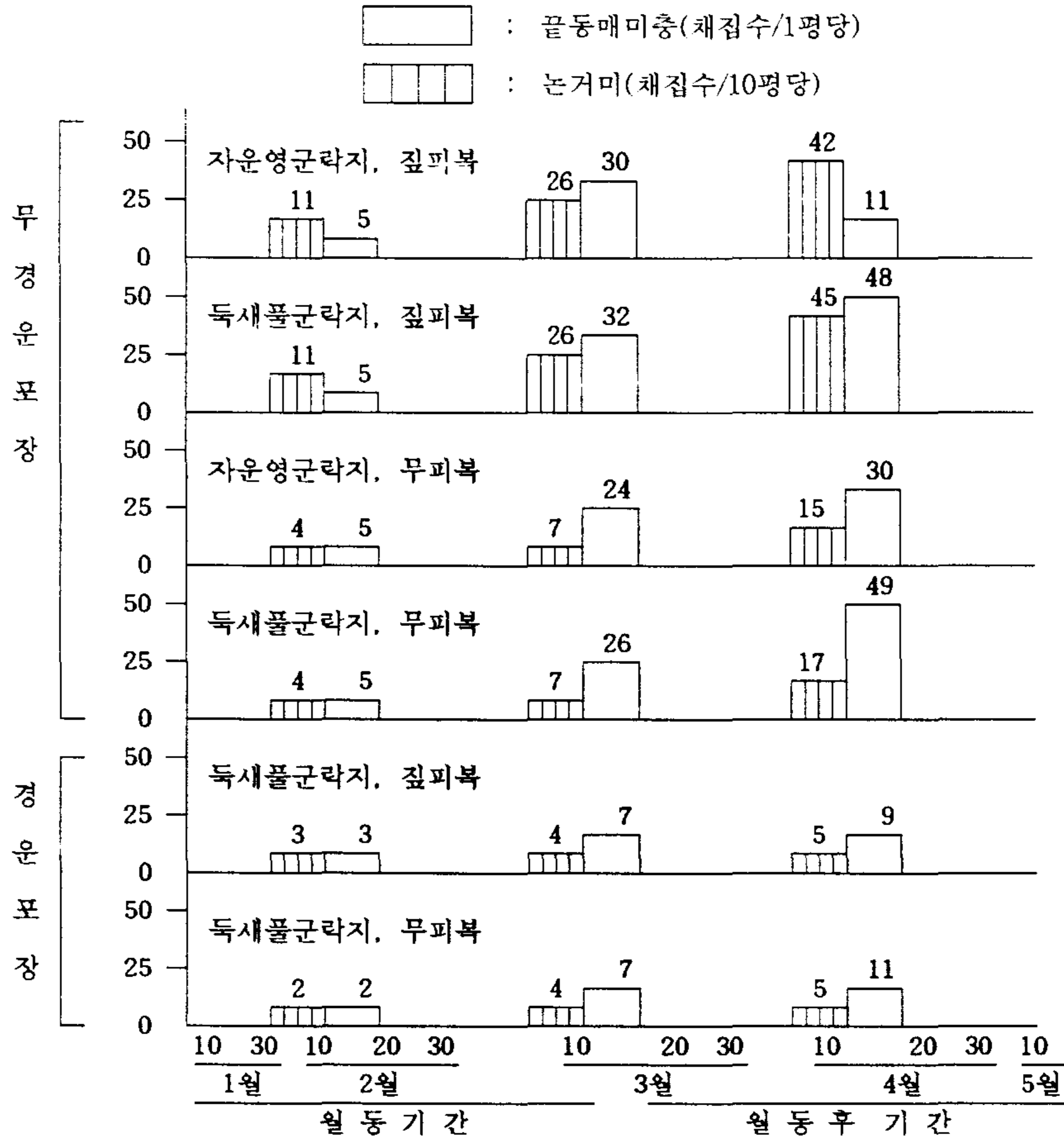
논에 우점적으로 서식하는 황산적거미와 별늑대거미는 <그림 1-2-2>에서 보는 바와 같이 월동기간에도 휴면을 하지 않고 활동을 하면서 적은 양이지만 해충을 잡아먹는 것으로 밝혀져 있다. 따라서 1월,2월,3월 및 4월에 각 1회씩 끝동매미충 포식량을 조사하여 본 결과, 1월, 2월에는 극히 적은 양을 포식하면서 생명을 유지하다가 월동후 3월중부터는 포식량이 늘어나기 시작하여 4월 중순경에는 포식량 Peak를 보였는데, 일별 포식량을 보면 황산적거미는 7마리, 별늑대거미는 13마리를 포식함에 따라서 별늑대거미가 황산적거미보다 거의 2배에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

고 있다.

3. 벼 바이러스 매개충의 월동 기주식물별 생존기간

벼 Virus 매개충인 애멸구와 끝동매미충에 대한 기주식물별 월동기간동안 생존기간을 조사하여 본 결과를 <그림 1-2-3>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 밝힌것중에서 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 담으로 침입하며, 끝동매미충은 월동기간부터 독새풀에서 서식하다가 월동 후에도 역시 독새풀에서 산란증식되어 벼 못자리나 본 담으로 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.

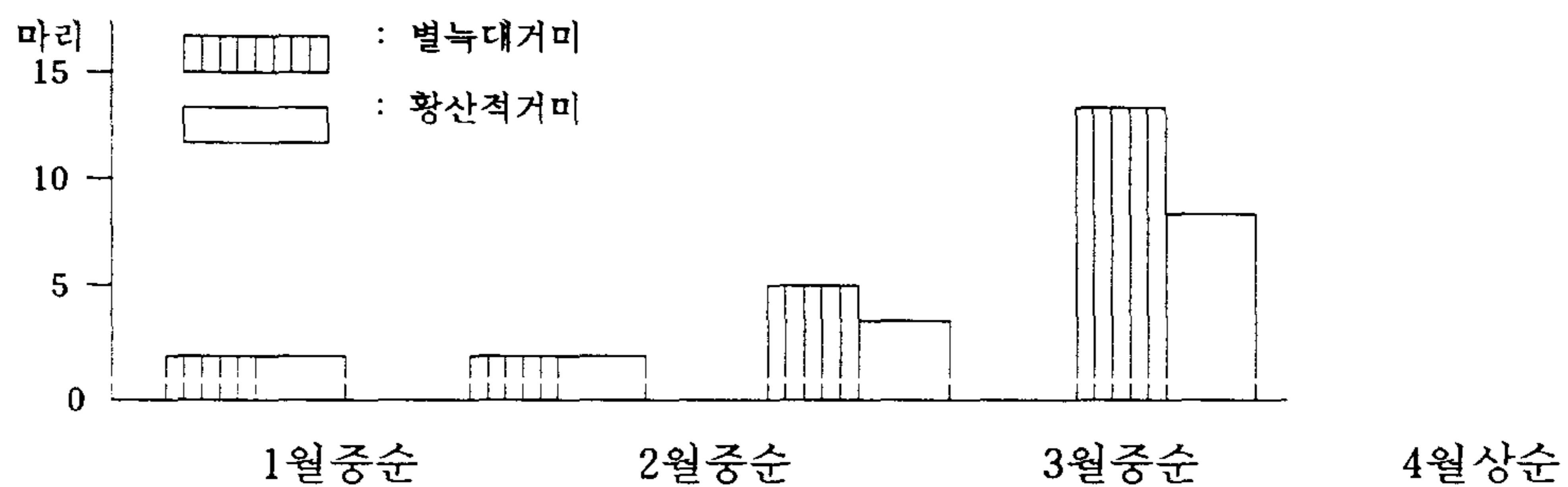


<그림 1-2-1> 무경운 및 경운 포장에 있어서 자운영, 독새풀 군락지별 끝동매미충과 논거미의 서식밀도 비교 ('95. 진주)

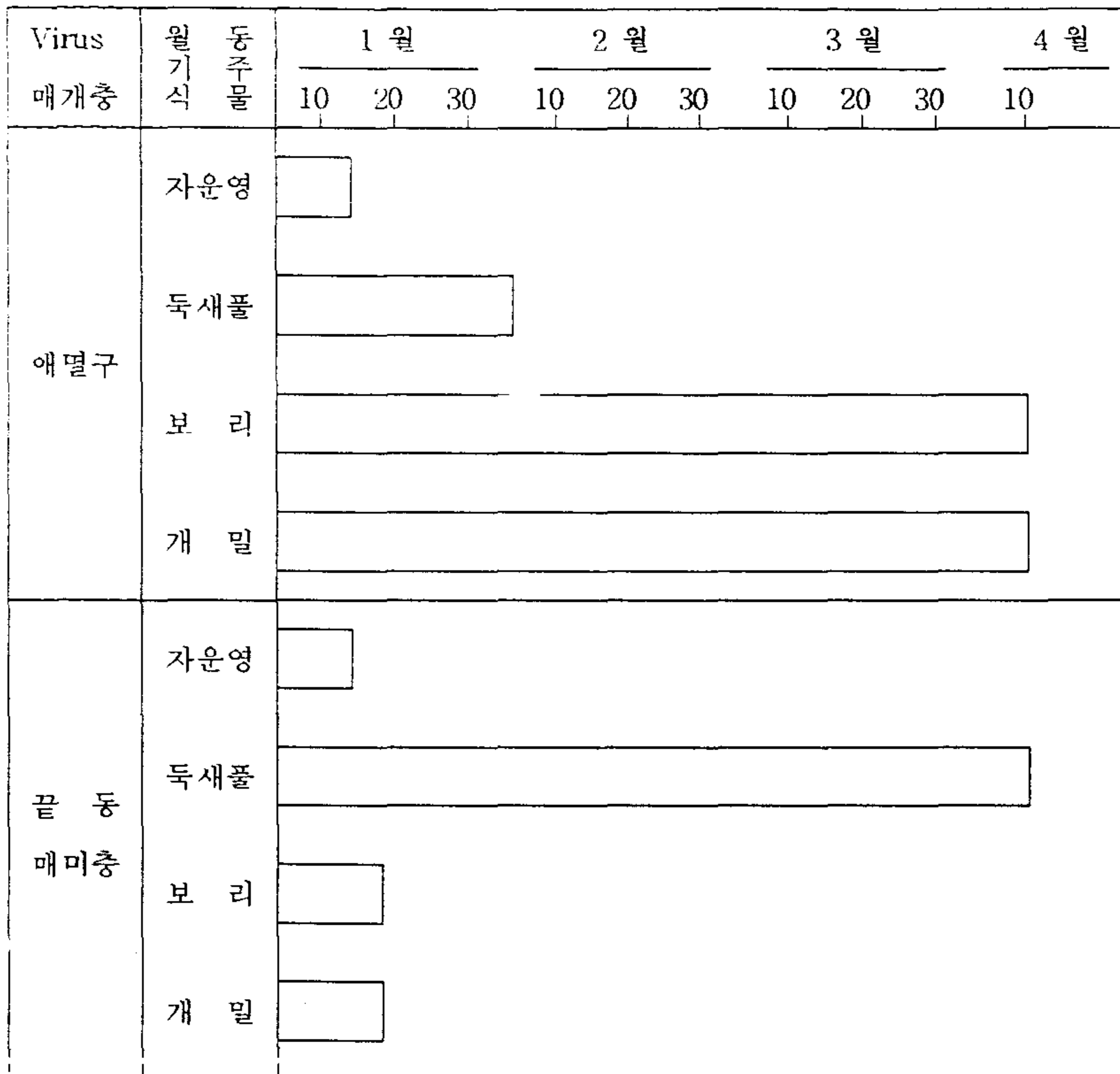
4. 휴한답에 있어서 끝동매미충의 성충 우화시기 및 자운영 군락형성시기

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 1-2-4>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 기주 식물에도 옮겨간다. 그리고 독새풀 밭에서 자운영의 군락형성시기를 살펴보면 2월 하순경부터 땅속에 파종된 종자가 발아하여 생육하면서 3월 상순경이 되면 생육이 왕성하기 시작하여 독새풀을 점차 피복 하면서 4월 상순경에는 90%에 가까울 정도로 대부분 독새풀을 피복해 버렸다. 따라서 자운영에 의하여 피복 당한 독새풀은 누렇게 변색이 되어 썩어 버리거나, 일부는 간신히 지엽만을 자운영 앞 밖으로 내밀고 있지만, 이것마저도 점차 자운영 군락 속으로 잠적해 버리고 만다. 따라서 이러한 결과는 <그림 1-2-1>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 1-2-2> 휴한답에 있어서 논거미의 끝동매미충 월별 포식량 (마리수/개체당 3일간 포식)

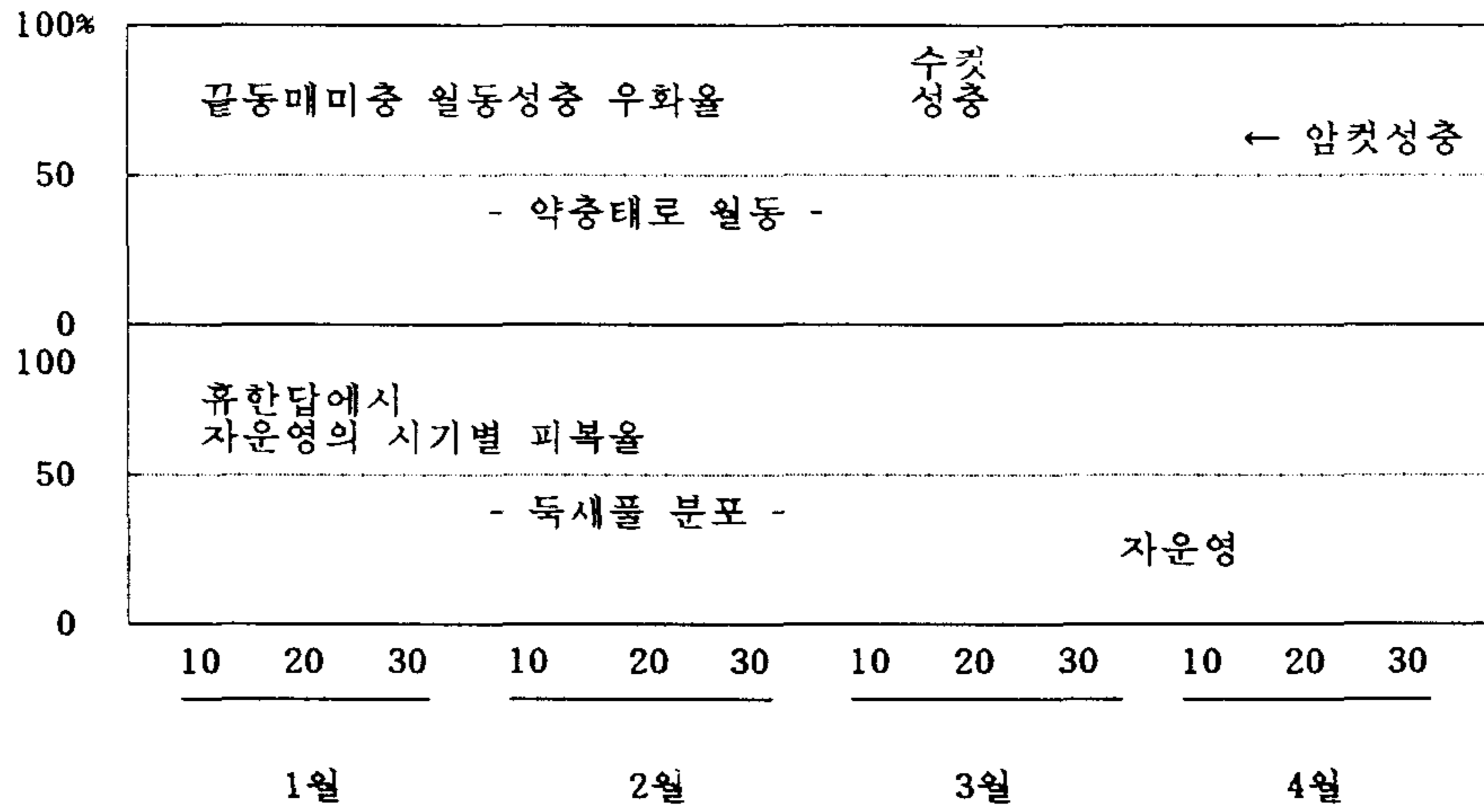


<그림 1-2-3> 벼 바이러스 매개충의 월동기주별 생존기간

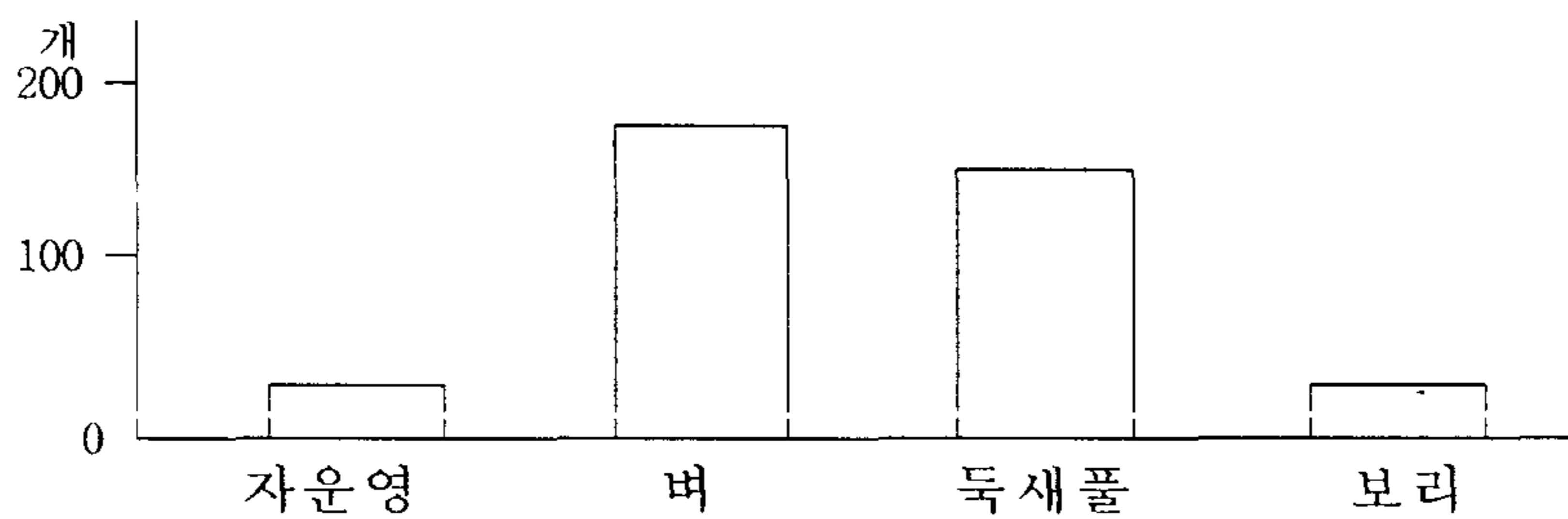
5. 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물 산란선호성

끝동매미충의 산란선호성을 조사하기 위하여 자운영, 벼, 독새플 및 보리 등을 기주식물로 제공하여 본 결과를 <그림 1-2-5>에 나타내었다. 자운영과 보리에는 거의 산란을 하지 않았으며, 벼와 독새플에만 비슷한 선호성을 보였다. 끝동매미충 월동세대 성충의 산란시기는 <그림 1-2-4>에서 본 바와 같이 우화가 4월 초순경에 이루어졌고, 곧이어 4월10일을 전후하여 알을 낳는 시기에 해당되는데 이 시기에 벼는 기주식물로서 포장에 생육하지 않기 때문에 독새플만이 오직 단일 산란기주로 보아진다. 따라서 끝동매미충은 독

새풀을 먹이로 하여 월동을 하고 월동이 끝난 후 본답 이동 전까지 산란증식될 수 있는 기주는 독새풀 단일 기주임이 본 조사를 통하여 나타났다.



<그림 1-2-4> 휴한답에 있어서 끝동매미충의 성충 우화시기 및 자운영 균락형성시기



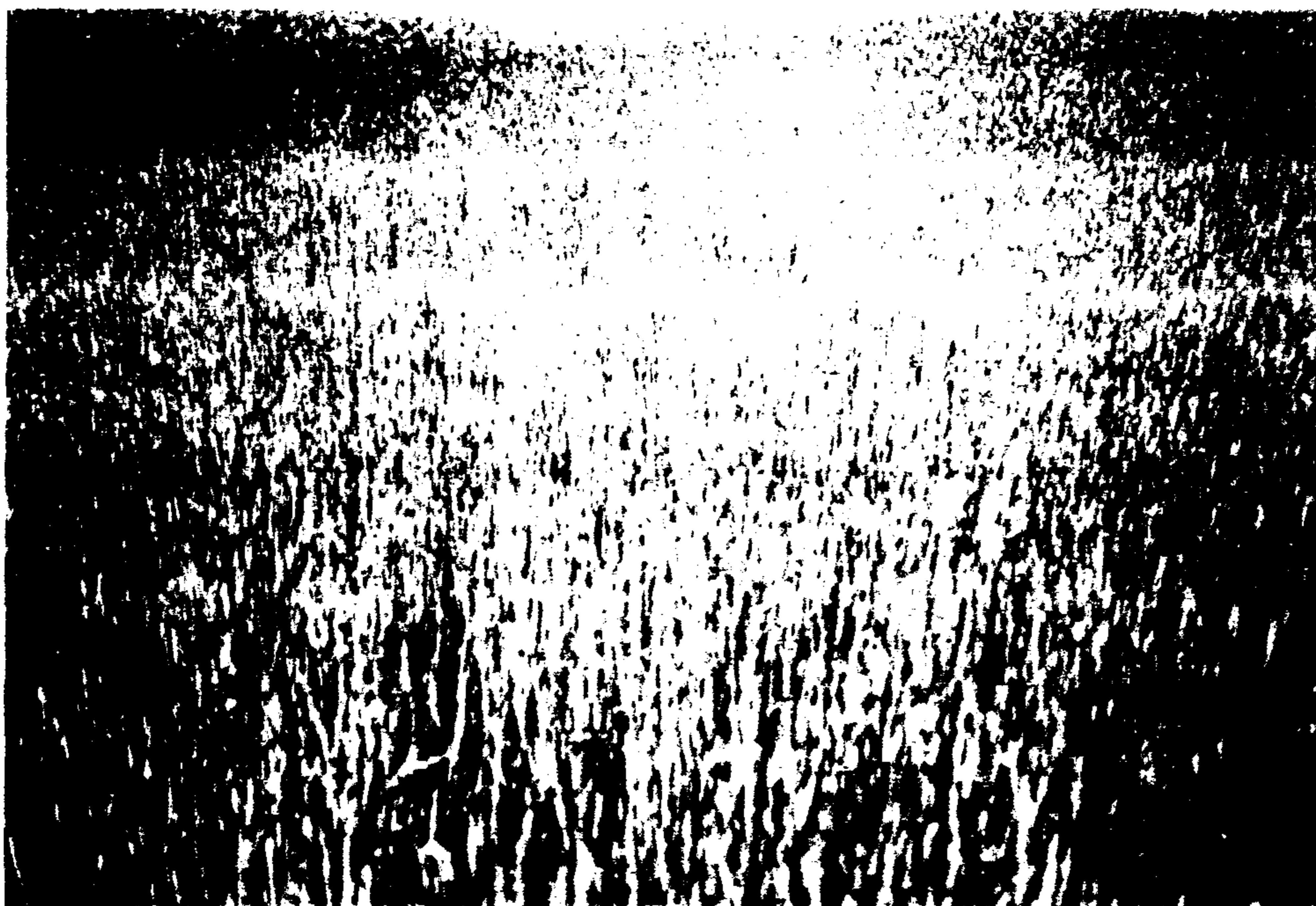
<그림 1-2-5> 끝동매미충 월동세대 성충의 기주식물별 산란 선호성(알수/1마리당)

제 4 절 결론(적요)

1. 월동기간동안 무경운 답에 짚피복을하고 자운영을 파종하여 두면 그렇지 못한 포장(무피복, 독새풀 군락지)에 비하여 끝동매미충의 발생량을 1/3가량 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 논 거미(황산적거미, 별늑대거미) 1개체당 일별 끝동매미충 포식량은 7~13마리였으며, 이러한 포식활동이 계속되면 끝동매미충 밀도가 현저히 줄어들 수 있을 것이다.
4. 끝동매미충은 월동기간동안 독새풀에서만 생존이 가능하였고, 월동후 벼 직파재배 포장으로 이동전 산란증식 중간기주는 독새풀 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 사료되어진다.



<사진 1-2-1> 자운영 군락형성 포장전경



<사진 1-2-2> 휴경지 독세풀 군락형성 포장전경



<사진 1-2-3> 벼오갈병 매개충인 끝동매니충
 몸길이 : 3~4mm, 상 : 암컷, 하 : 수컷



<사진 1-2-4> 끝동매미충 포식천적인 별늑대거미
 몸길이 : 1.4cm, 좌 : 암컷
 우 : 암집에서 부화한 유충



<사진 1-2-5> 월동전 경운 포장전경



<사진 1-2-6> 월동전 무경운 짚피복 포장전경

참 고 문 헌

1. 김정부, 엄기백, 유창영, 1982. 애멸구, 끝등매미충 개체군 동태에 관한 연구. 경남농진 연구보고서 : 180~189.
2. 김정부, 현재선, 엄기백, 1987. 남부지방에 있어서 애멸구 개체군의 년중 발생경과. 농촌진흥청 연구논문집(식환), 29권 1호 : 282~289
3. 김정부, 1991. 벼의 멸구, 매미충 기생성 천적곤충 조사 및 주요종의 생태에 관한 연구. 경상대 박사학위 논문 : 84pp
4. 김정부, 1992. 벼 논거미의 포장생태에 관한 연구. 경남농진 연구보고서 : 123~128.
5. 유창영, 1979. 경남지방에 있어서 벼 오갈병의 전염 및 발병환경에 관한 연구. 경상대 대학원 논문집(농학) 2호 : 71~82.
6. 유창영, 강수웅, 1976. 벼 Virus의 충매전염에 관한 연구. 경남농진연보 : 545~548.

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

제 1 절 서론

무경운 조건에서 벼를 직파할 때 가장 큰 문제점 중의 하나는 입모율이 떨어지는 것이다. 무경운 직파재배벼의 입모율이 떨어지는 원인은 무경운 포장조건에서는 벚짚을 피복 하는 것이 필수적인 과정인데 이때 피복재료로서 벚짚이나 보릿짚이 지표면에 계속 집적됨으로써 표토에 유기물 층을 형성하게되며 온도가 높아지면서 이들이 분해할 때 일어나는 환원장해가 가장 큰 원인이라고 생각된다.

무경운 직파재배시 입모율 향상방법으로서는 ① 환원장해 원인 제거 ② 물관리 방법 ③ 종자처리(코팅등) ④ 품종선발등이 생각될 수 있겠으나, 본 연구에서는 속효성 토양 미생물을 처리하면 벚짚을 파종 전에 완전히 분해시켜 지표면에 떨어진 종자가 발아하고 정착할 수 있는 데 여기서 문제가 되는 것은 이러한 미생물의 대부분은 고온에서 그 활동이 왕성하지만 본 연구에서는 저온에서 활동할 수 있는 미생물을 선발하기 위하여 몇가지 시험을 수행한 결과를 보면 다음과 같다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 벧짚 부숙촉진 미생물 선발

P. Chrysopodium BKM-F-1716등 10종의 균주를 배양 증식하여 소형 pot내에 논흙을 넣은 후 5cm정도로 자른 마른 짚을 10~11g씩 넣은 후 접종하였다.

이때 온도/습도는 27℃/70%로 조절되었다. Pot내의 논토양과 벧짚사이에는 알미늄망을 깔아 짚에 흙이 직접 닿지 않도록 하였으며 처리후 5일 및 10일에 벧짚의 감모량을 평량하여 벧짚 부숙비율을 계산하였다.

2. 토양미생물의 생육적온조사

저온성 토양미생물을 선발하기 위하여 *Postia placenta*등 12종의 균주를 이용하여 5~45℃범위에서 이들 균주의 균사 생육량을 조사하였다.

3. 유망 미생물 증식 및 포장 적응시험

실내 시험에서 우수 벧짚 부숙촉진 미생물로 생각되는 *P.chryso-*
porium SC-26은 액체배양법으로, Mad-698-M277은 국제퇴적배양
법에 의거하여 증식한 후, 벧짚 처리는 5월 25일에 P.C.SC-26을 0.5
ℓ / m²를 접종하였고, 보리 짚에는 6월 15일에 Mad-698-M277을
10a당 2kg을 살포한 후 조령벼를 어린모 기계이앙재배를 하였다.

제 3 절 연구내용 및 방법

1. 벧짚부숙촉진 미생물 선발

공시균주별 벧짚 부숙비율을 <표 2-3-1>에 나타내었다. 이 표에
서 보면 처리후 5일에서는 19.68~31.50%의 부숙 율을 나타내었는데

그 중에서 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.

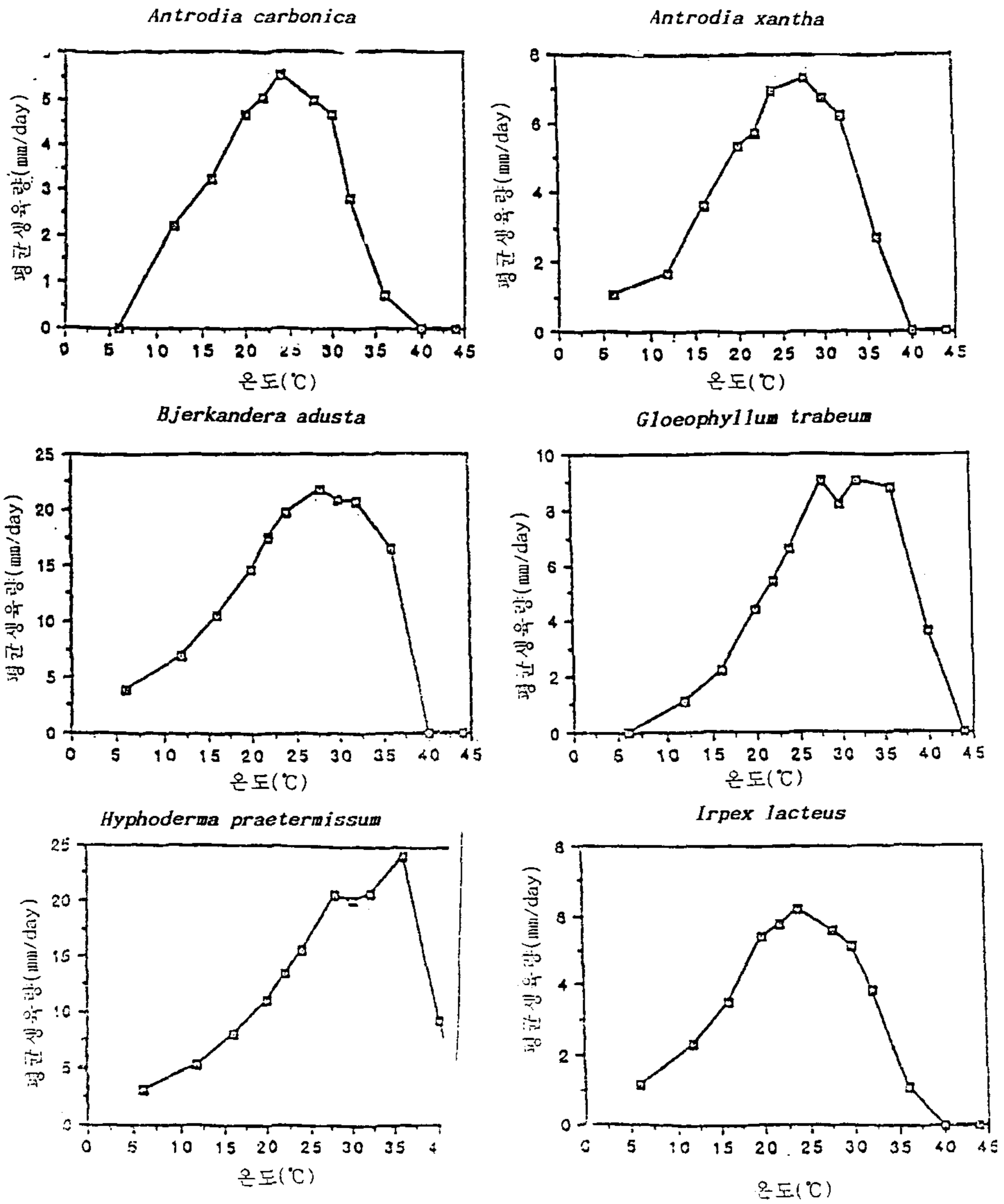
<표 2-3-1> 볏짚부숙촉진 미생물처리별 부숙효과

공 시 균 주	볏 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

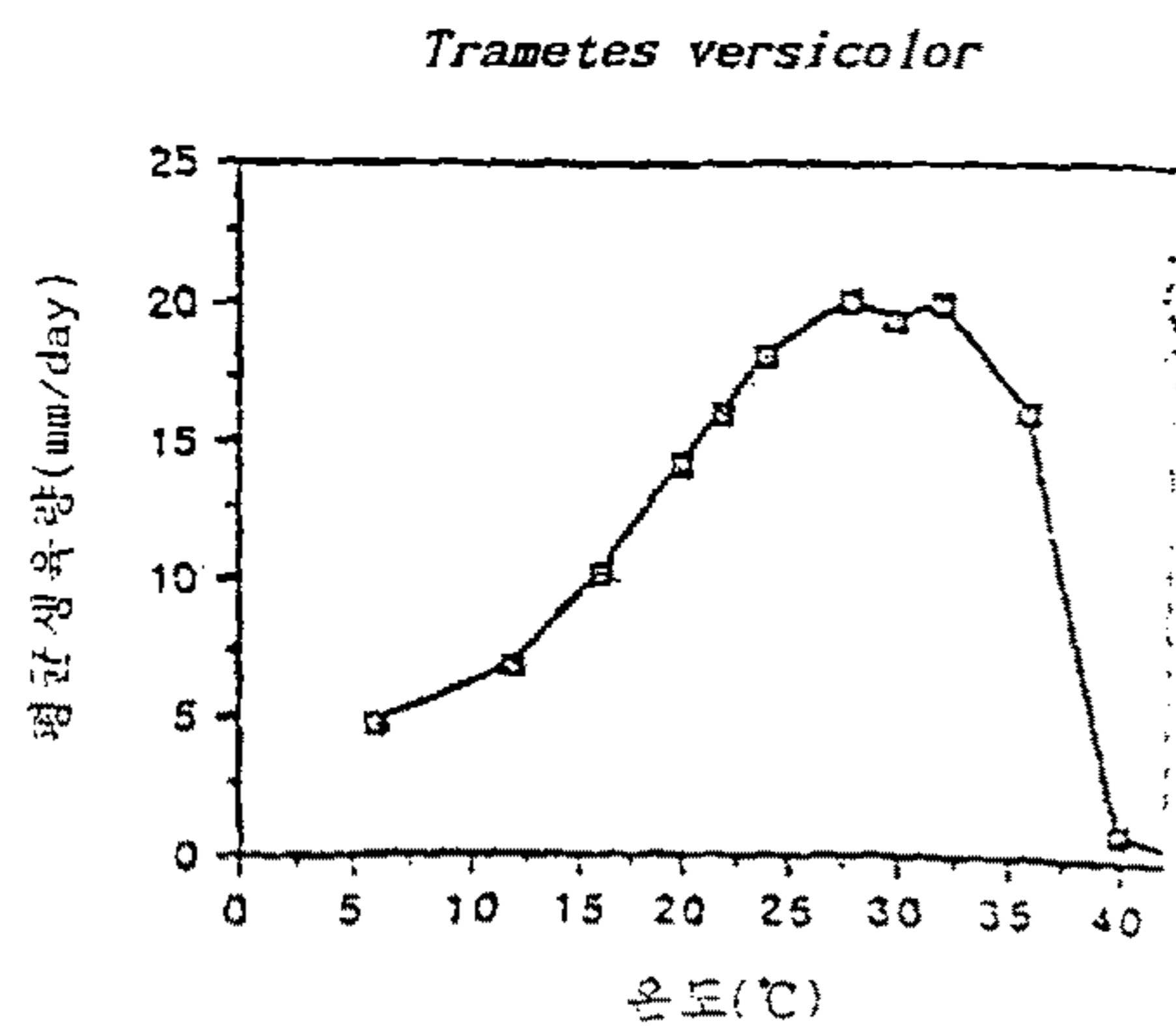
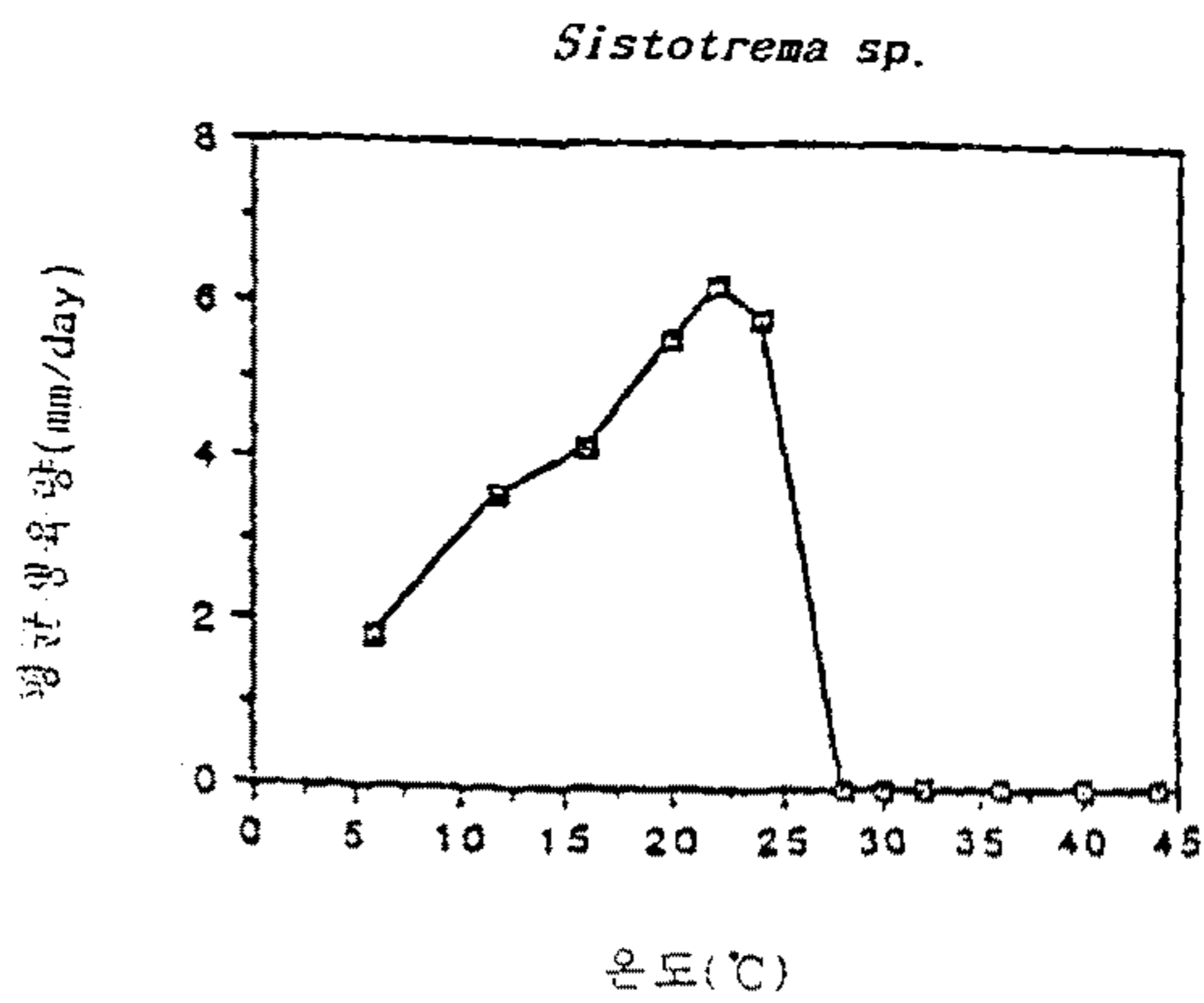
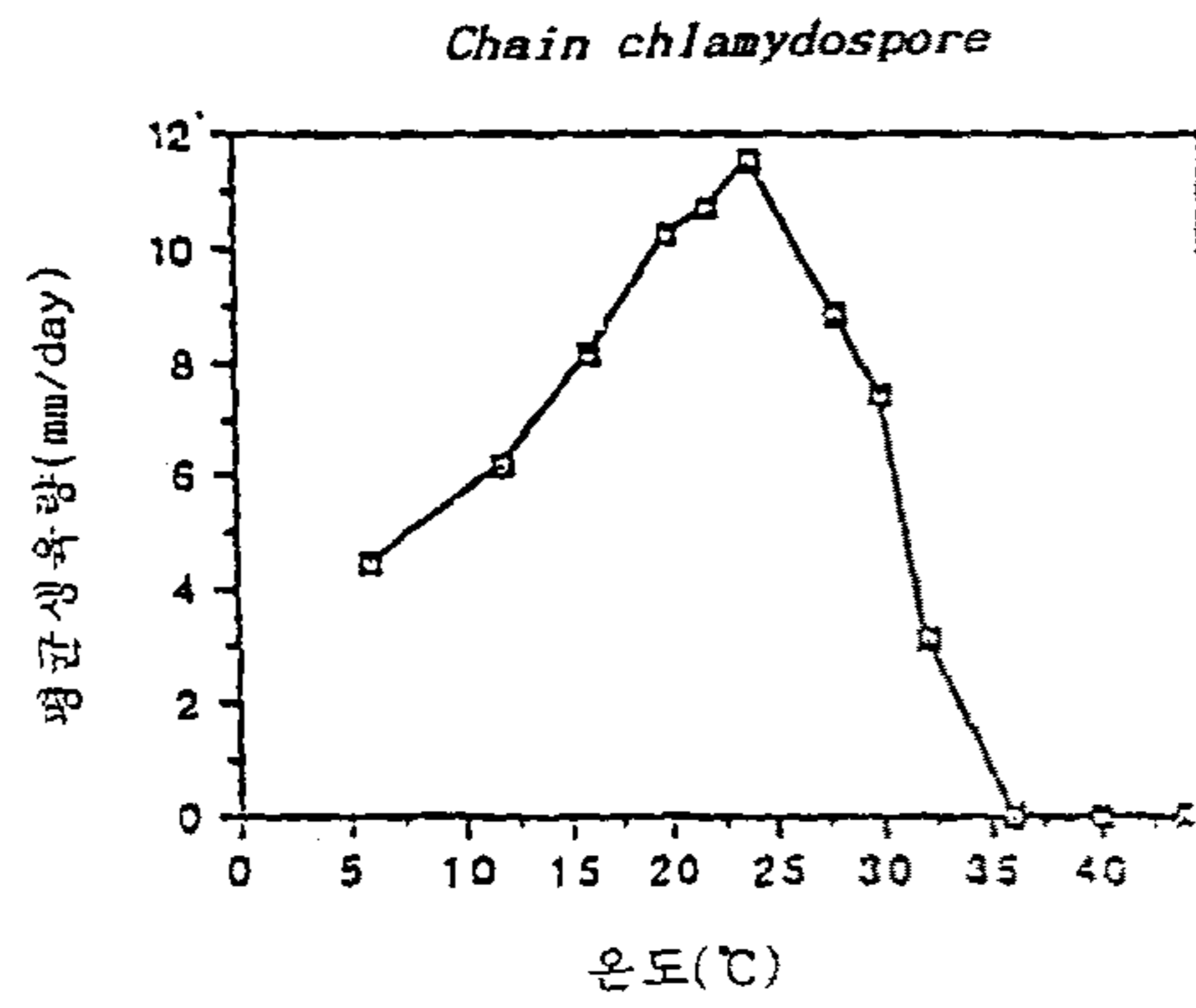
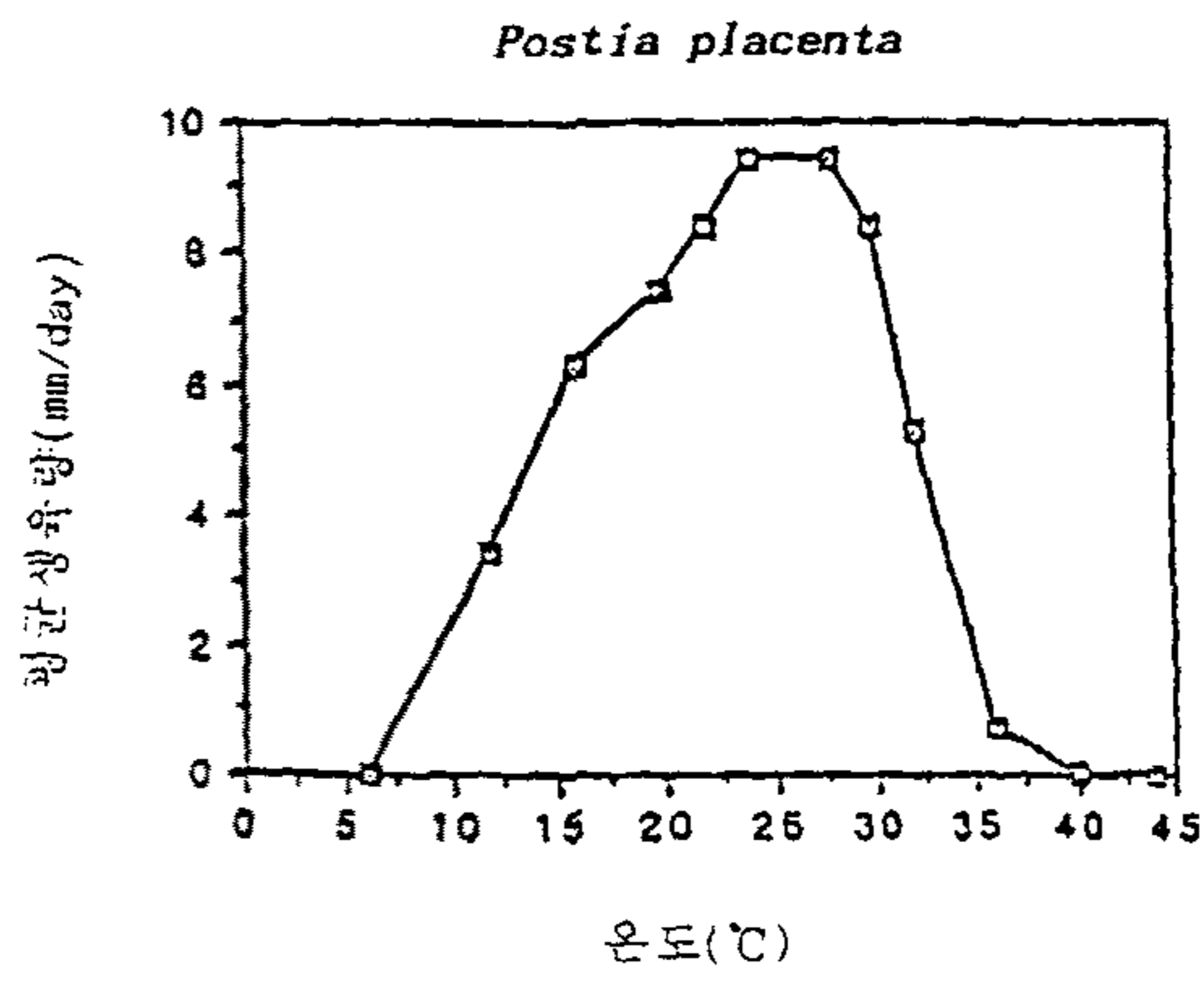
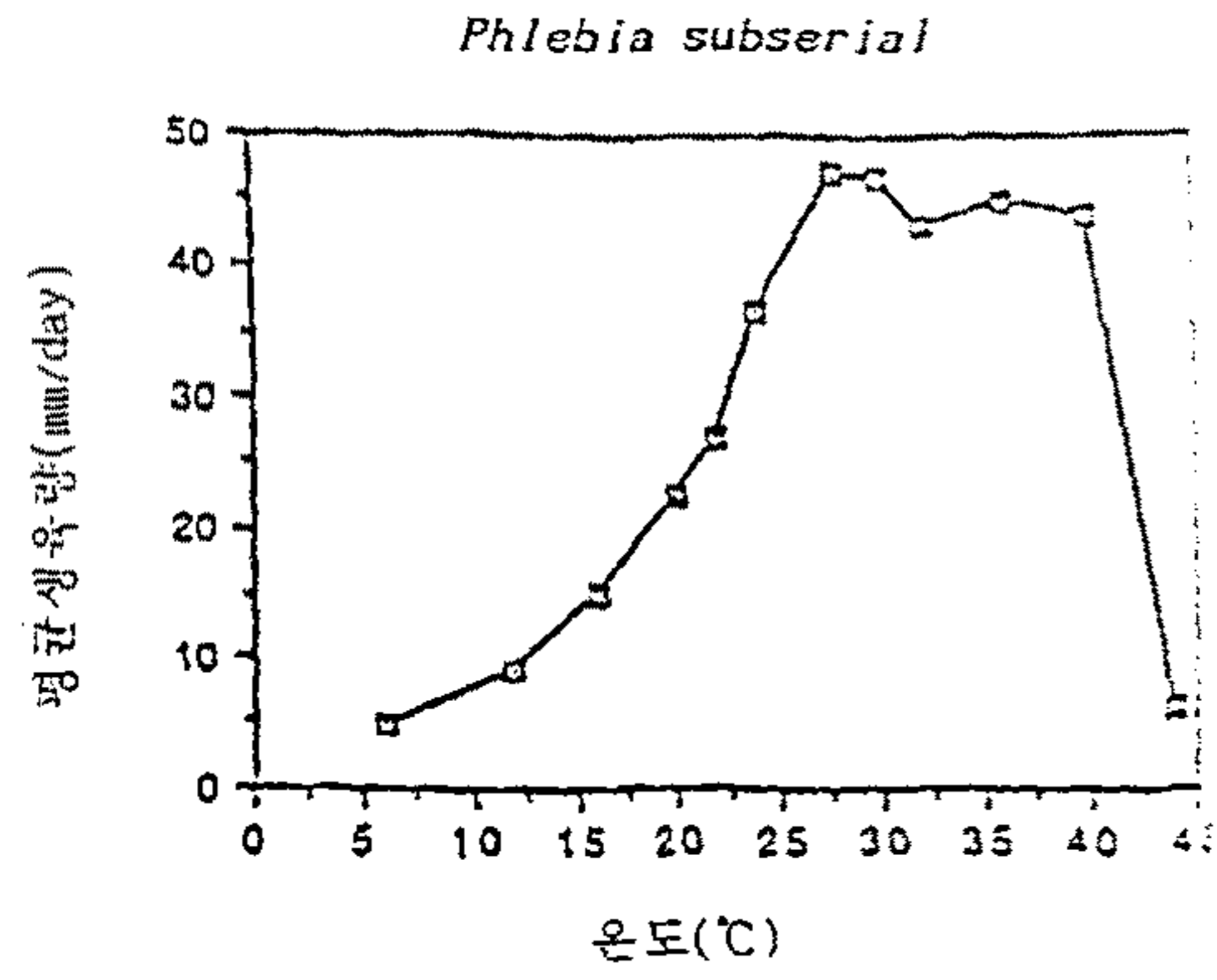
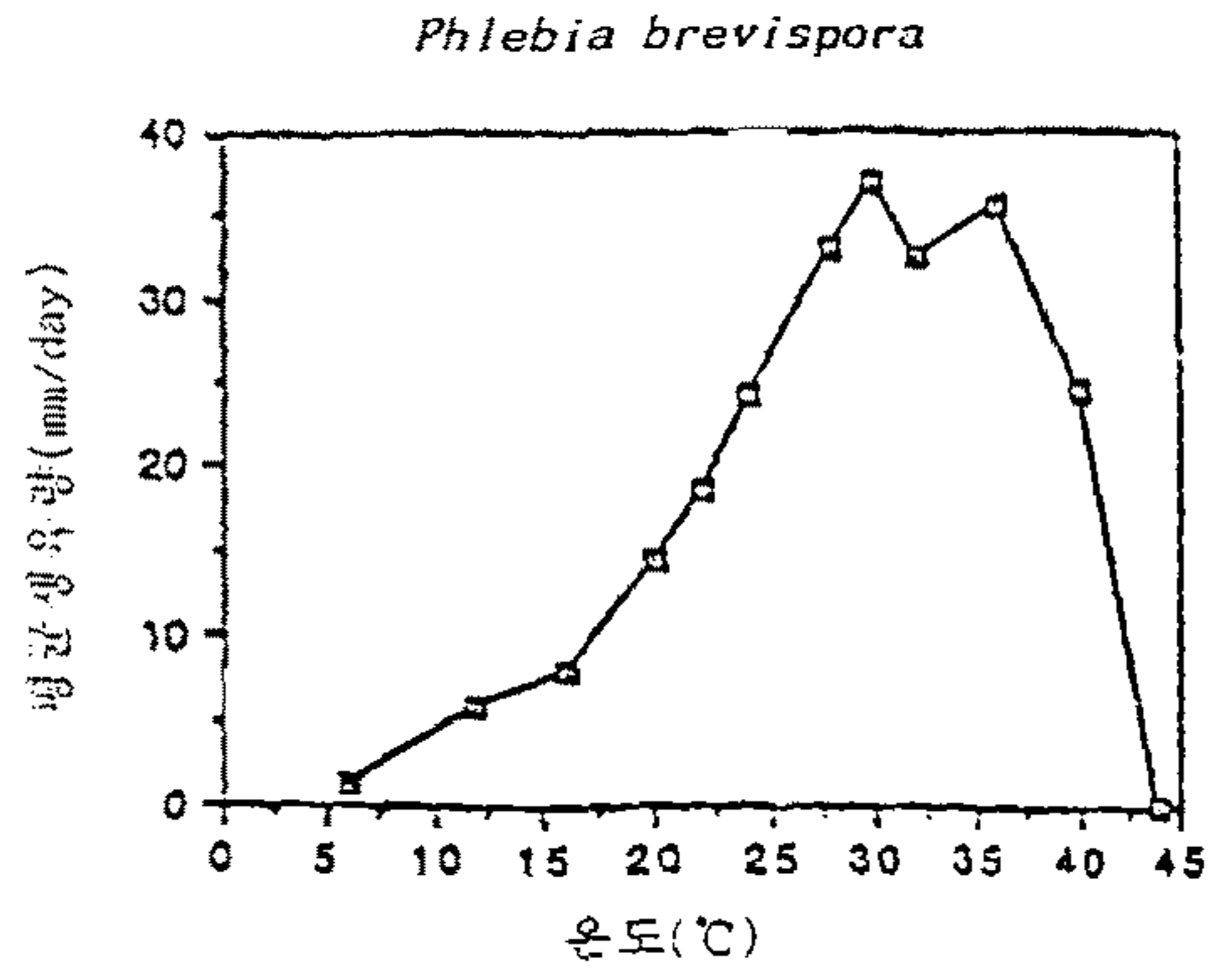
2. 토양미생물의 생육적온 조사

Postia placenta 등 12종의 균주를 온도를 달리하여 배양하고 온도별 균사생육량을 조사한 결과를 <그림 2-3-1>에 나타내었다. 이 그림에서 보는 바와 같이 비교적 저온에서 균사생육량이 많은 균주는 *Irepex lacteus*, *Bjerkandera adusta*, *Trametes versicolor*, *Phlebia brerispora* 등이었다.

<그림 2-3-1> 온도별 균사 생육량



(계 속)



한편 균주별 적온, 생육범위온도 및 적온시 생육량을 <표 2-3-2>에 나타내었다. 이 표에서 보는 바와 같이 대부분 균주의 생육적온은 22~36℃였으며, 최저온도는 6~12℃, 최고온도는 24~40℃였다.

<표 2-3-2> 균주별 생육적온 및 생육범위

균 주 별	적온	생육범위	적온시생육량
	℃		mm day ⁻¹
<i>Antrodia carbonica</i>	24	12-36	5.5
<i>Antrodia xantha</i>	28	6-36	7.3
<i>Bierkandera adusta</i>	28	6-36	21.7
<i>Gloeoglyphum trabeum</i>	28-36	12-40	8.8
<i>Hyphoderma 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

3. 유망 미생물 증식 및 포장 적응시험

가. *P. chrysoporum* SC-26 균이 논 상태에서 벚짚을 부숙 시키는 효과

<표 2-3-3>에서 보면 실내시험에서 기대했던 결과는 얻지 못했는데 이는 포장조건에서는 관계수 깊이 조절이 정밀하지 못했기 때문인 것으로 생각되었다. 수분이 정상적으로 유지되는 처리에서는 미생물처리구가 무처리구 보다 벚짚 부숙 정도가 빠르고 벚짚 부숙 상태도 진한 흑갈색으로 진행된 반면 수분부족으로 표면이 건조한 구에서는 처리간에 차이가 나지 않았다.

<표 2-3-3> P.C SC-26의 벧짚 부숙 효과

구 분	벧짚부숙 벧짚흑변		초기생육		
	정 도	기 간	입모율	초장	입모수
	0~9	days	%	cm ²	개/m ²
미생물처리	7	12	81	17	163
무 처 리	5	16	77	19	148

나. Mad 698~M277균의 보리짚 부숙 효과

보리짚 부숙정도 및 벧 생육상황을 <표 2-3-4>에서 보면 보리짚 부숙 정도 및 벧 생육에 차이가 거의 나타나지 않았는데 이는 단일 미생물처리로서는 리그닌 및 셀룰로오즈 분해에 미치는 영향이 적기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 리그닌 분해균과 셀룰로오즈 분해균을 적절히 혼합하여 보리짚 부숙을 촉진할 수 있는 방안을 강구해야 할 것으로 생각된다.

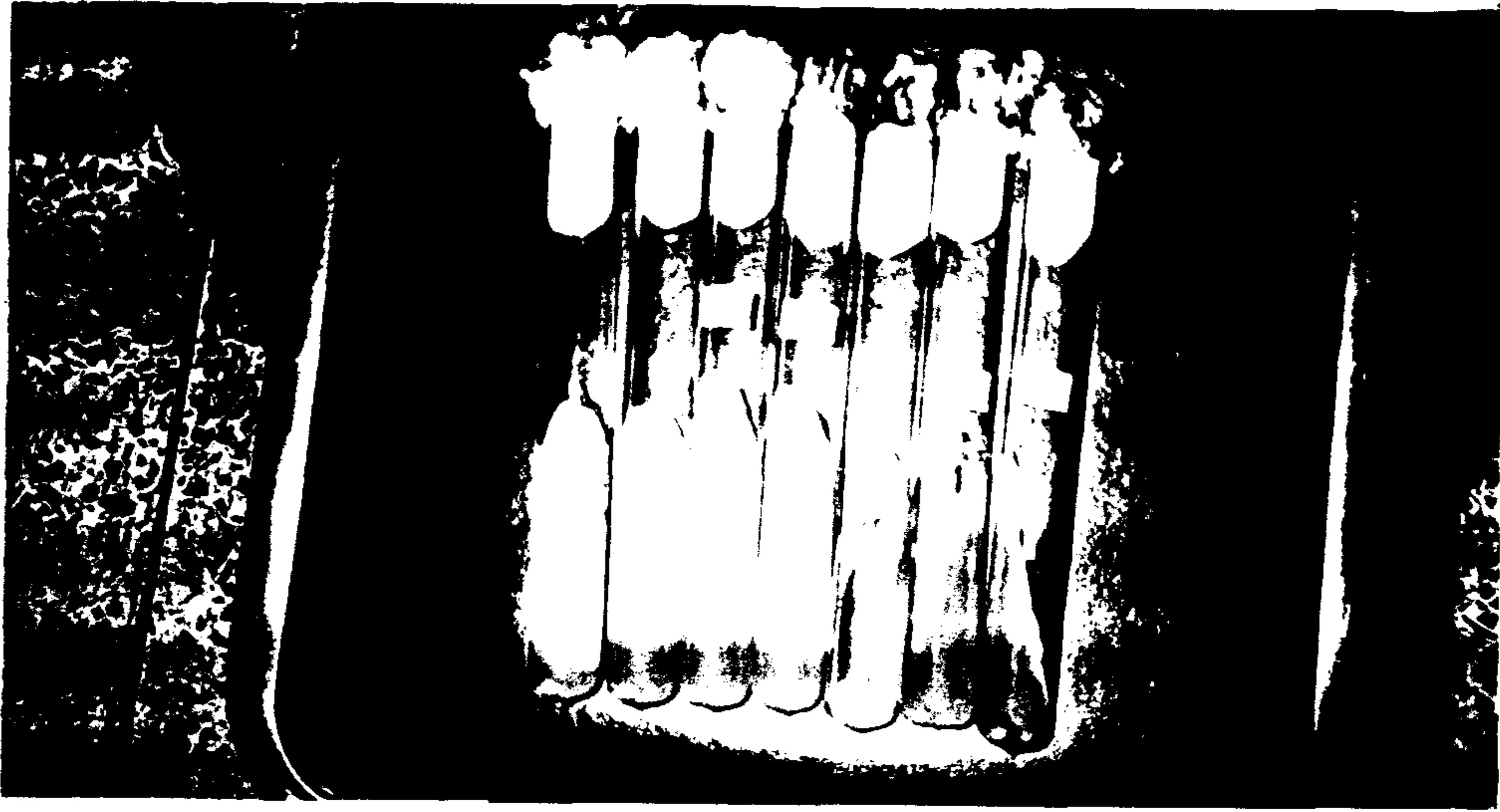
<표 2-3-4> Mad 698~M277균의 보리짚 처리간 벧생육에 미치는 영향

구 분	부숙정도	부숙 기간	부묘 율	초장	경수	간장	도복	수량	지수
	0~9	일	%	cm ²	개/m ²	cm	0~9	1kg/10a	
미생물처리	6	18	8.3	47	562	82	9	509	100
무 처 리	5	20	6.7	48	595	83	7	511	100

제 4 절 결론(적요)

벼 무경운 직파재배시 입모율향상을 위해 저온에서 벳짚(보리짚)을 부숙 촉진 할 수 있는 미생물을 선발하기 위하여 일련의 시험을 실시한 결과를 요약하면 다음과 같다.

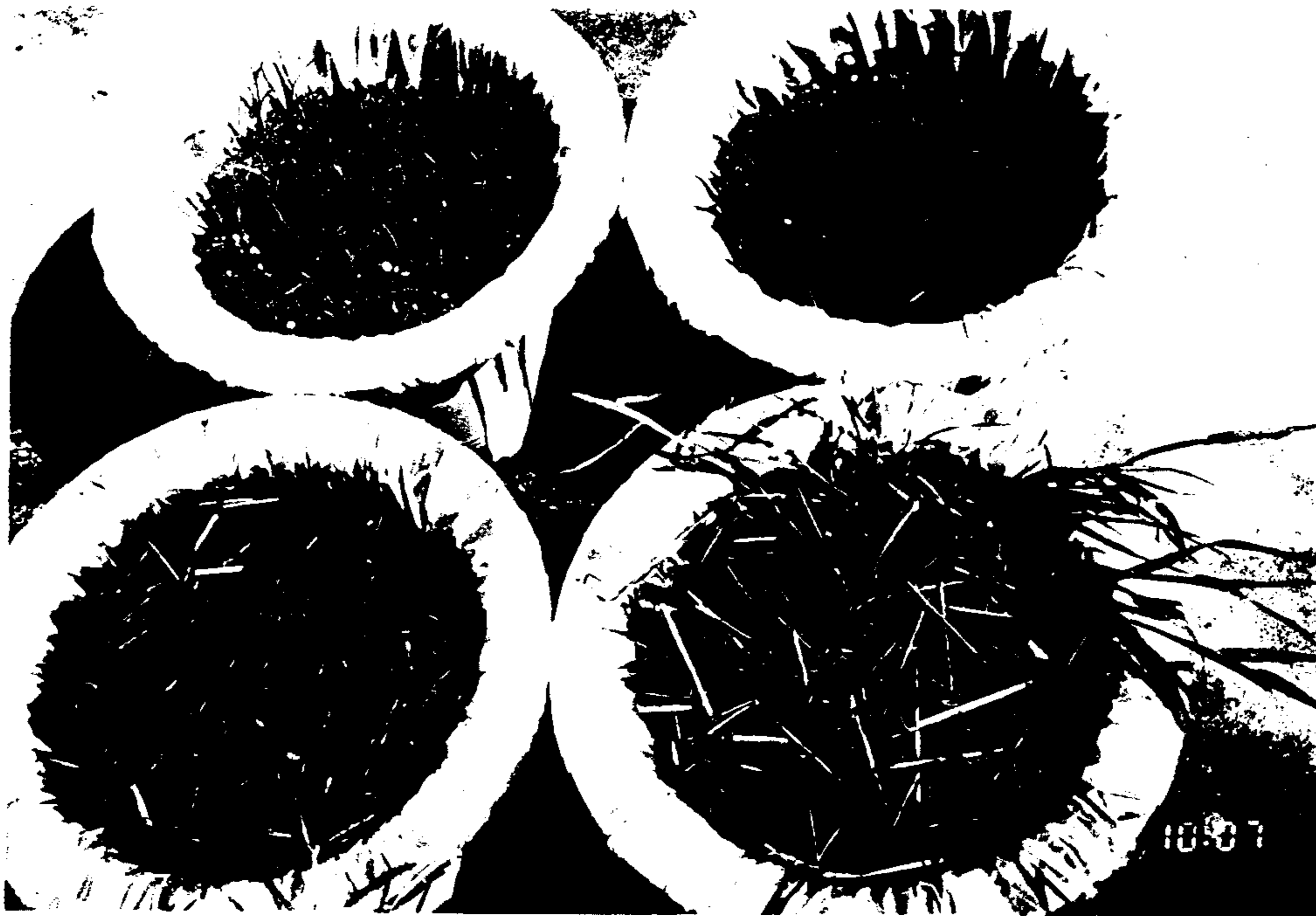
1. 벳짚 부숙 촉진 미생물중 P.C SC-26 및 Mad 698~M277이 처리 후 10일에서 35.15~41.73%의 높은 부숙효과를 나타내었다
2. 저온성 벳짚 부숙 촉진 미생물을 선발하기 위하여 *Postia placenta* 등 12균주의 온도별 균사 생육량을 조사한 결과 20℃ 전후에서 8~20mm/day 정도의 생육량을 나타내는 균주는 *Lrepex lacteus* 등 5종이었다.
3. 이들 미생물 중 실내 시험에서 유망한 P.C SC-26 및 Mad 698~M277균주를 증식하여 실제 포장상태에서의 벳짚에 처리하고 일정기간 벳짚 부숙 정도를 측정한 결과 뚜렷한 효과를 나타내지 않았다. 금후에는 전주증식방법(벳짚에 직접증식)을 구명하는 것이 더욱 중요한 것으로 사료되었다.



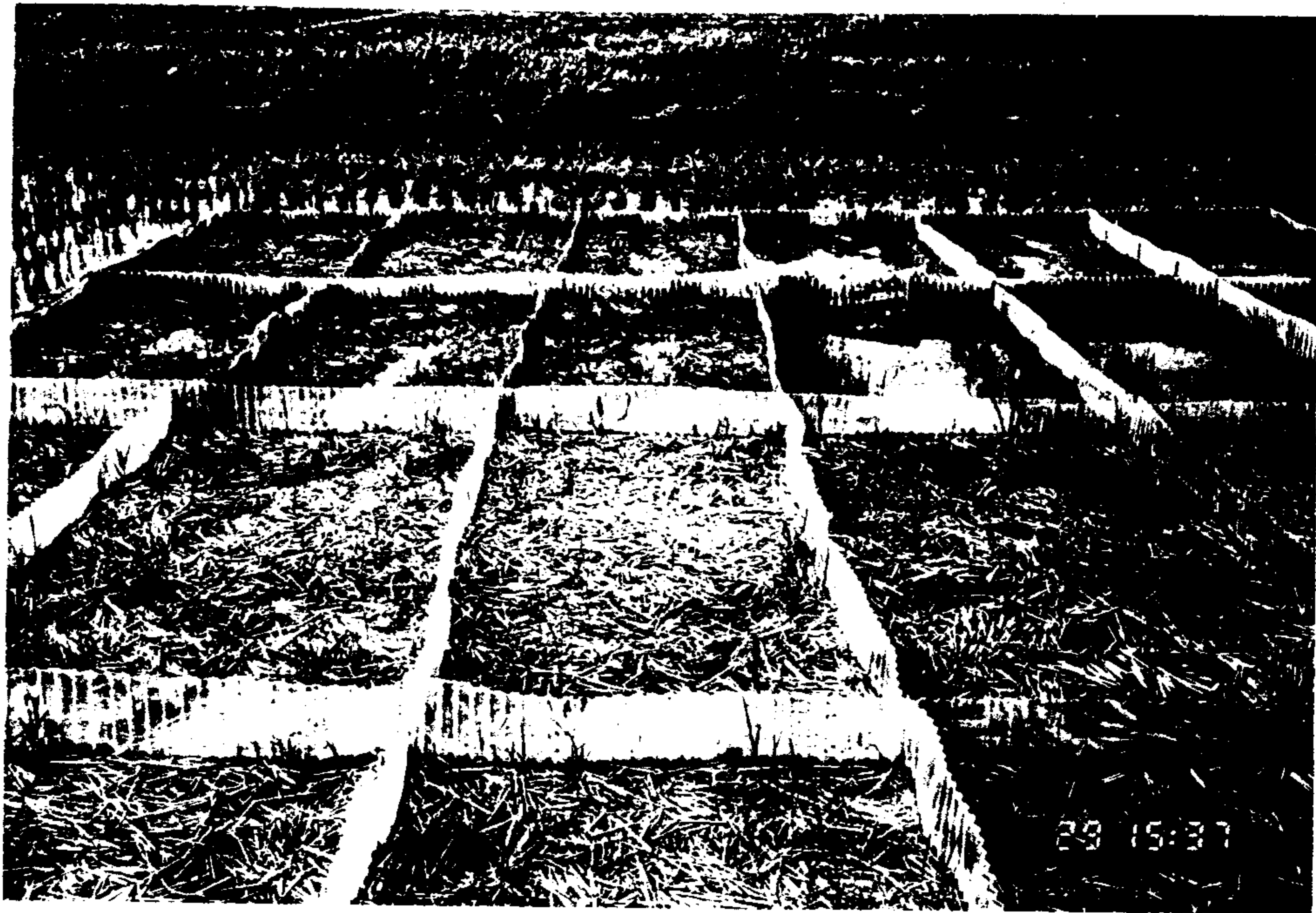
<사진 2-3-1> 벚짚 부숙 촉진 미생물 균주분리



<사진 2-3-2> 벚짚 부숙 촉진 미생물 선발시험



<사진 2-3-3> 벚짚 부숙 촉진 미생물 처리와 초기 생육조사



<사진 2-3-4> 벚짚 부숙 촉진 미생물 처리 효과 시험



<사진 2-3-5> 벚짚 부숙 촉진 미생물 처리 효과 시험

참고문헌

1. 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.
2. 최용조, 신현일, 손길만,김장용,최경배,이유식.1989. 무경운 개 재배 가능성 구명 시험, 경남시험연구보고서. pp.55-57.
3. Kim. J.Y, K.P. Hong, Y.S. Lee, and Z.R. Choe. 1992. Effects of straw management at combine harvest on the physicochemical properties of soil and rice grain yield and component in no-tillage paddy rice system, *Korean J.Crop Sci.* 37
4. Shin H.Y., J.Y. Kim, Y.S. Lee, K.P. Hong, and Z.R. Choe. 1992. Effects of N-level and split application of nitrogen fertilizer on rice growth and physicochemical properties of soil in no-tillage paddy rice system, *Korean J.Crop Sci.* 37
- 5 Kim J.Y., K.P. Hong, K.M. Shon, Y.S. Lee, B.S. Lee, Y.J. Choe. 1992. J.K. Kim and Z.R. Choe, 1992. Effects of direct sowing and mechanical transplanting on the growth of rice in no-tillage paddy rice system, *Korean J.Crop Sci.* 37

제 3 장 무경운 직파 재배용 벼 유전 자원평가 및 이용

제 1 절 서론

1. 연구의 필요성 및 연구목적

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 노동 투입의 생력 농업과 생물 경운(biological tillage)를 통한 환경 조화형 벼 재배 기술 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 재

배시 생육에 상응하는 온도로 조절된 Seed Germinator에서 낮의 온도 23℃ 13시간, 밤의 온도 13℃ 11시간으로 처리하여 각각 발아율을 측정 하였다. 파종 7일 후 발아율을 조사하였으며 3회 반복 실험 하였다(<사진 3-2-1>, 참조).

2. 수중 발아 및 생육 우수 품종 선발

저온 발아능이 우수한 품종과 수중 발아능이 우수하다고 알려진 야생의 앵미를 직경이 6 cm 높이가 10 cm인 조직배양병에 멸균 증류수 150 ml을 채운 후 (물의 높이 6 cm), 각각 10 알의 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 저온발아 실험과 동일하게 조절했다(<사진 3-2-2>, <사진 3-2-3>, 참조).

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 5 cm 폭의 여지 띠를 덮은 후 저온 발아성 조사 때와 같이 밤, 낮 광의 cycle이 조절된 Growth Chamber에서 파종 21일 후 뿌리의 발육 상태를 조사하였다. (<사진 3-2-4>, <사진 3-2-5>, 참조).

Plastic 육묘상자의 경우 장기간 생육 유지가 어려우므로 유리로 만든 pot (21×15×30 cm)에 각각 앵미를 제외한 50품종의 7-8 개의 종자를 유리벽에 가깝도록 심고, 광을 차단하기 위해 유리 pot를

Aluminium foil로 싸 후 실외 조건에서 생육 시키고 파종 45일 후 2 차근의 길이를 측정하였다. (<사진 3-2-6>, 참조)

4. 소 분얼성, 내도복성 품종의 선발

직근성 (2 차 뿌리의 발육)을 조사하기 위해 제작된 유리 육묘상에 각각 7~8 개의 종자를 2 품종씩, 묘간 간격이 4~5 cm 되게 심어 종자 생산 때 까지 생육시켜 분얼 수를 측정하였다(<사진 3-2-6>, 참조).

내 도복성은 직파 특성의 벼 중 초형이 굵고 분얼수가 비교적 적은 것으로 대부분의 내도복성, 소분얼성 벼는 도입종의 Indica type 벼인 Lemonte, New Bonnet, Blue Bell 등 3품종 이며, 국내 품종으로는 농안, 수원 392, 2 품종 이었다.

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 3-3-1>과 같다.

저온 발아율이 80% 이상인 품종은 국내 품종으로는 동진, 농안, 밀양 95호, 동해벼 4품종 이었으며, 국외 품종으로는 CS-S4, CS-M3, M-401, L201, VEMPR 23357-1, M-201, Calose, VEM PR 23388-92, M-5, MMPR 74, MMPR 21209-389, MMPR 22848-68, MMPR 23117-1072, S301, VEMPR 22416-32, VEMPR 23468-1, L201, RC 4 18품종 이었다. 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 3-3-2>). 앵미 중, 저온-수중 발아능이 모두 우수한 14개 품종을 선발하였다.

<표 3-3-1> 무경운 직파 재배용 벼 품종의 유전자원 평가

유 전 자 원 명	저온 발아율 %	흡지상의 초기 발아특성		초자상 내 토양중 벼의 생장 특성		특 성
		뿌리신장 cm	초장 cm	뿌리길이 cm	분얼수	
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
농 안 벼	88±0.06	9.8±3.60	5.7±0.83	16.0	3.1±2.16	저온발아, 뿌리신장, 내도복, 소분얼
동 진 벼	100±0.00	8.9±1.01	6.4±0.83	14.5	3.3±0.50	저온발아, 소분얼
동 해 벼	92±0.05	-	-	18.0	7.8±2.28	저온발아, 뿌리신장
만 금 벼	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	-	-	-	-	
CM-101	29±0.08	5.6±1.98	6.5±1.18	9.0	3.7±0.47	소분얼
CM-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) ¹	흡지상의 초기		초자상 내 토양 중		특성
		발아특성 ²		벼의 생장 특성 ³		
		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
MM PR 23117-1072	100±0.00	8.6±1.78	6.9±1.64	14.0	5.1±1.83	저온발아
MM PR74	84±0.07	9.1±2.35	3.2±0.44	13.0	4.7±1.89	저온발아

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

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

³유리로 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.

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 뿌리 수, 주근의 길이 및 총 뿌리의 길이를 평균한 값은 <표. 3-3-3>과 같다. 국내 직파 재배 품종으로는 동진벼가 초장(4.0 ± 0.8 cm), 뿌리의 수(3.7 ± 1.3 개) 및 총 뿌리의 길이의 합의 평균(9.3 ± 3.28 cm)이 가장 우수했으며, 다음으로 동해, 농안 순이었다.

국외 도입품종은 모두 국내 품종에 비해 열세였으나 뿌리 총길이의 평균 값이 CS-S4(4.0 ± 1.9 cm), M401(3.9 ± 1.3 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 이상이었으며 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.

3. 저온 직근성 우수품종 선발

Plastic 육묘상으로 부터 저온 cycle에서 생육된 품종의 줄기 및 뿌리의 신장을 파종 21일 후 조사한 것은 표3-3-1과 같다. 뿌리 신장이 평균 8.7 cm 보다 큰 9 cm 이상인 것을 우수한 것으로 간주하였다. 유리 육묘상자에서의 상온 cycle (95년 5월 말 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, 농안벼, 화영벼, 동해벼의 11개 품종이었으며, 2차근 생육이 평균 13 cm보다 월등이 우수한 18 cm 이상인 품종으로는 Calose 76, CS-S4, M401, 동해벼 등 4품종이었다.

<표 3-3-2> 앵미의 저온 발아율 및 저온-수중 발아율

유전자원	발 아 율 ¹	수중 발아율 ²
	<Petri-dish> %	<유 리 병> %
LWR 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
SWR 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

(계 속)

유전자원	발 아 율 ¹	수 중 발 아 율 ²
	< Petri-dish >	< 유 리 병 >
	%	%
SWR 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

¹ Petri dish에서 저온 cycle(낮 온도 23°C, 13시간, 밤 온도 13°C 11시간)에서 일주일 간 발아 시킨 후 조사.

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

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

<표 3-3-3> 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 멸균 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.

4. 소분얼성, 내도복성 품종 선발

직파용 품종중 종자당 4개 이하의 소분얼성을 갖는 것은 동진벼, 농안벼, New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, M-203, M-7, M-101, MMPR 22848-68, S201, CM-101 등 11개 품종이었다(<표 3-3-1> 참조). 내도복성을 갖는 품종으로는 New Bonnet, Blue Bell, Lemonte, 농안, 수원 392호 등 5개 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 crossing이나, 그 우수형질 발현을 최대화 하여 생식된 mRNA부터 cDNA library를 작성하여 그 형질의 특성 및 전이를 위한 실험이 차후 수행되어야 할 것으로 생각된다.

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 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 좋치 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 조사 했으며 저온 생육 및 직근성이 좋은 품종으로는 CS-S4 등 11개 품종을 선발하였다.

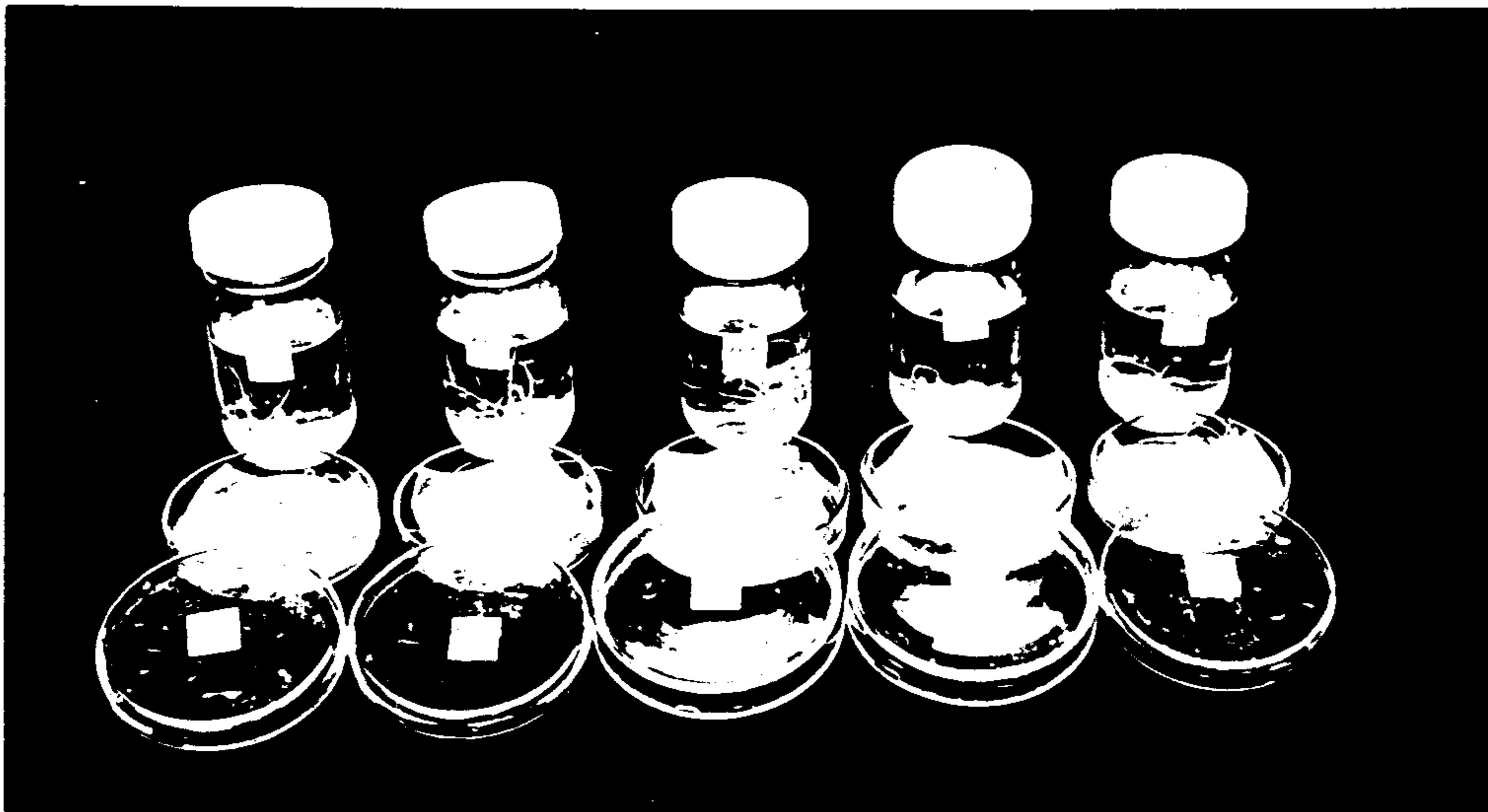
저온·직파 재배용 우수 품종 중 소분얼성을 갖는 것은 New Bonnet등 11개 품종이었으며 내도복성의 초형을 갖는 것은 농안등 5개 품종이 좋았다.

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 마련 코자 한다.



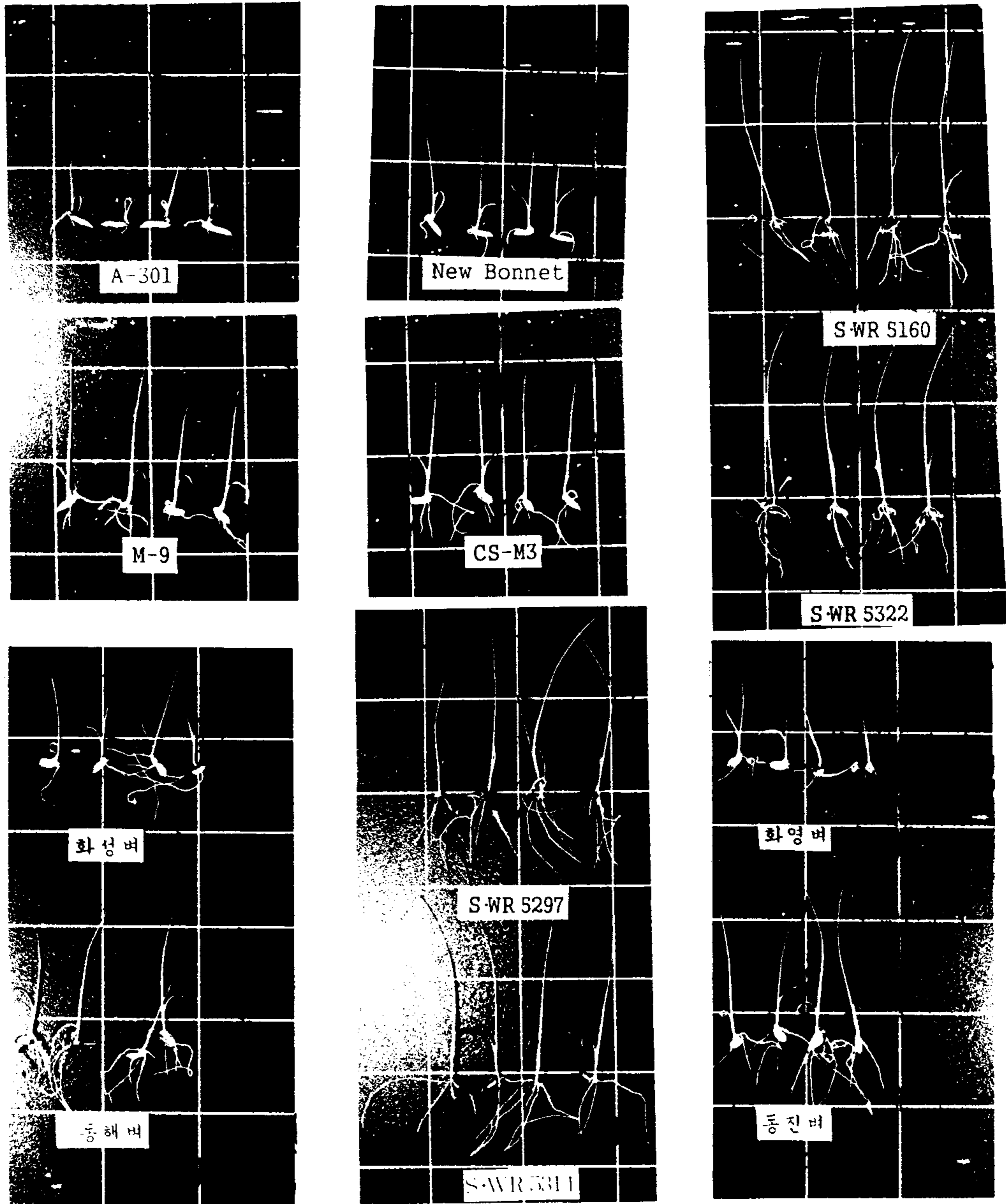
<사진 3-2-1> 직파 재배용 버섯균의 발아율 시험

직파용 버섯 국내 9개 국외 41개, 앵미 39개 총 89개의 품종의 종자를 각각 20-25개씩 4℃에서 24시간 침지 후 13~23℃ cycle에서 발아율을 측정하였다.



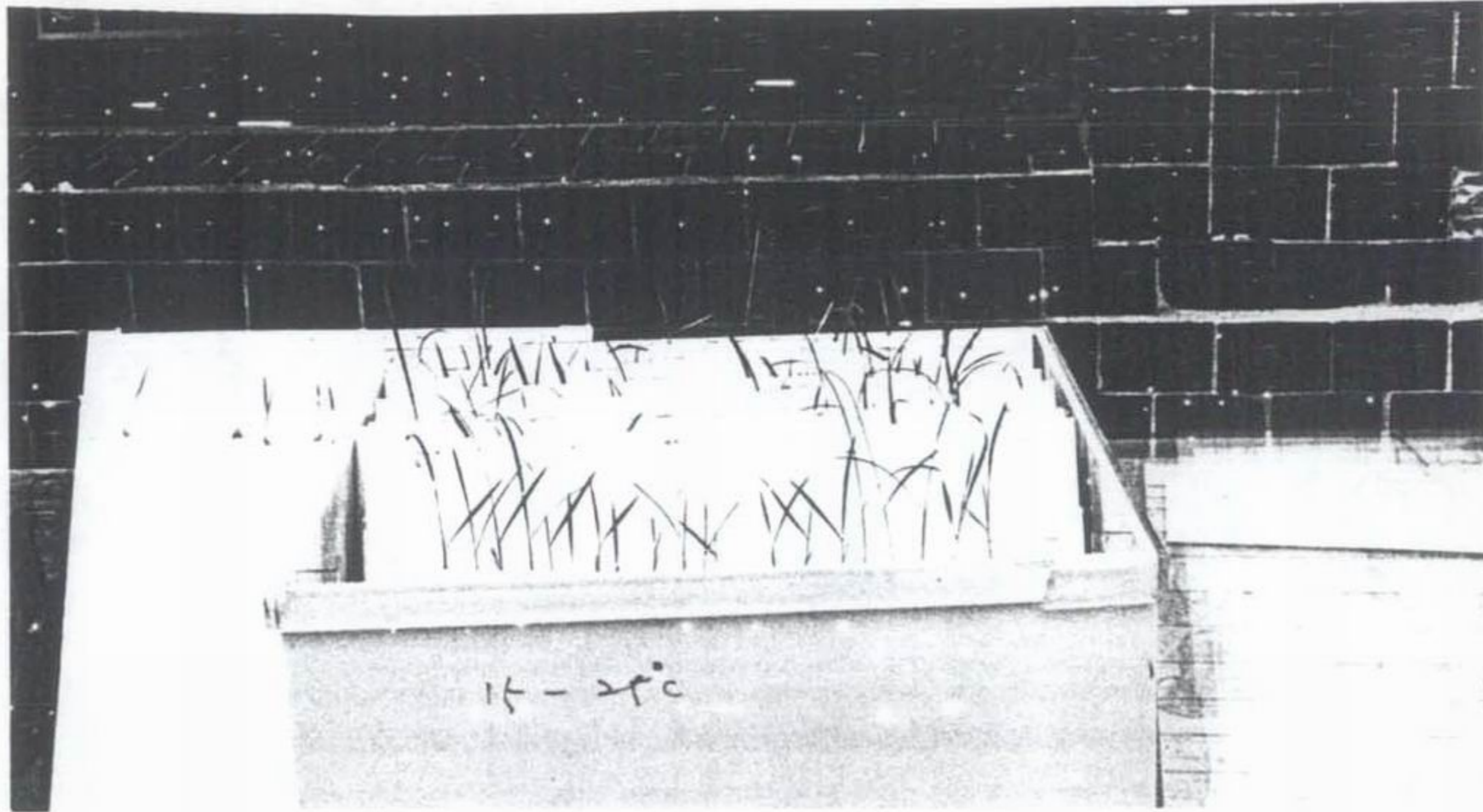
<사진 3-2-2> 저온-수중 발아 및 생육 측정

저온 발아능이 우수한 22개의 품종을 조직배양 병에 수중 높이 6cm 되게 멸균 증류수 150 ml을 넣은 후 심어 수중 발아능 및 생육을 측정하였다.



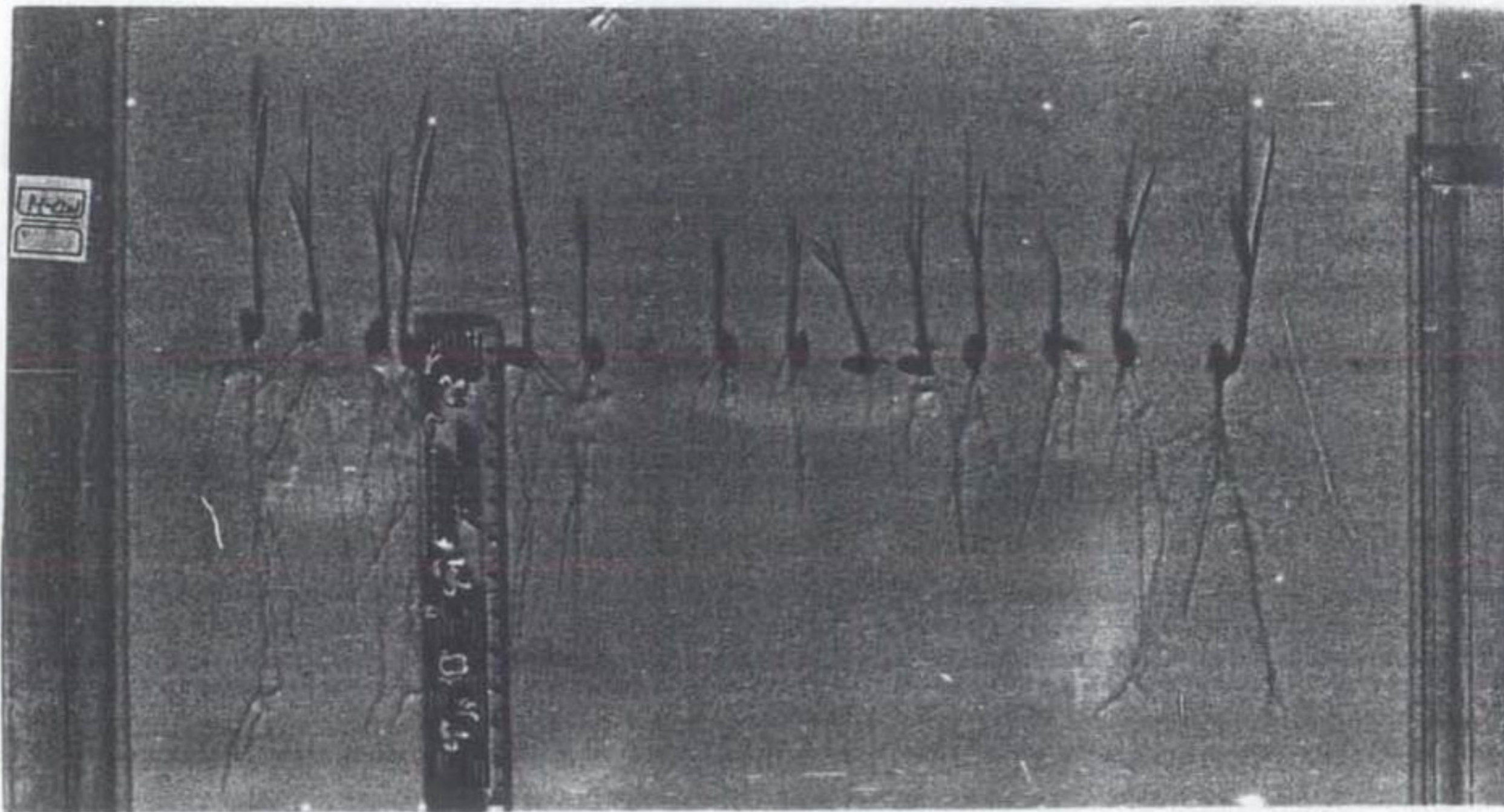
<사진 3-2-3> 저온-수중 발아 종자의 생육 측정

저온 발아능이 우수한 국내, 국외 및 앵미를 수중발아 시켜 처리 후 18일째 때 종자당 초장, 뿌리의 수, 총 뿌리 길이의 평균을 측정하였다.



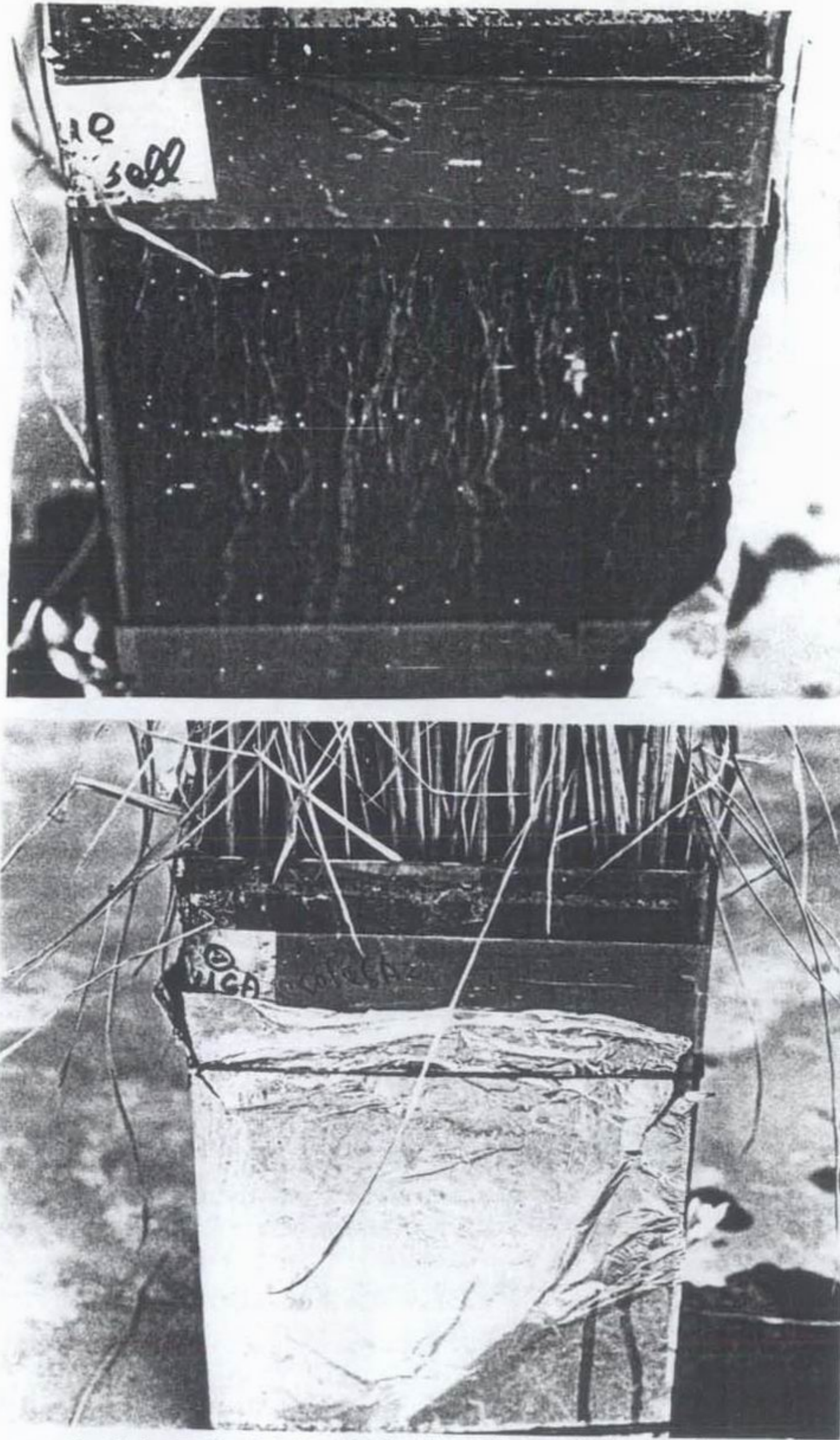
<사진 3-2-4> Plastic 육묘상자에서의 벼 생육

Plastic 육묘상자 (45×50×40 cm)에서 43×45 cm plastic plate 위에 What man 3M paper를 깔고 상부 15 cm 부위에 종자 20 여개를 심고 5cm 폭의 여지 띠를 덮어서 저온 (13~23℃)과 상온하에서 발아 및 생육상태를 조사 하였다.



<사진 3-2-5> Plastic 육묘상자에서의 저온 생육시 유근 및 줄기의 신장 측정

Plastic 육묘상자에서 저온 cycle에서의 유근 및 줄기의 신장을 처리 후 21일째 조사하였다.



<사진 3-2-6> 유리육묘상의 벼 재배 및 2차근 생육 측정

유리육묘상 (21×15×30 cm)에 각각 7~8개 종자를 4~5 cm 간격으로 심은 후 Aluminium foil로 덮고 야외에서 생육시켰다(A). 파종 45일 후 2차근의 신장을 조사하였다(B).

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. 三本弘乘, 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) 苗立ち率と開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)ガラスビーズ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. *NSAAJ.* 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. Development 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 4 장 무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 현지평가

제 1 절 서론

쌀은 우리나라의 주식으로 없어서는 안될 중요한 식량으로서 '70년대와 같이 절대적으로 쌀이 부족할 때에는 다수성인 통일형 품종을 육성하였고, '80년대 식량자급 이후에는 고품질 쌀 위주로 국민기호에 알맞는 품종을 육성하여왔다.

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

우리나라에서 지금까지 양질미에 대한 연구는 손이앙, 기계이앙에 대한 품종, 재배방법, 지역, 등숙 기간의 기상등을 중심으로 추진되어 왔으나, 무경운 직파재배법에서 토성, 시비량, 무경운 재배년수, 자운영 포장에 벼를 재배하였을 때 미질의 변화에 대한 연구는 없었다.

이 연구는 무경운의 직파재배한 벼의 수량성과 미질관련 형질등을 조사분석하여 생산비를 획기적으로 절감하고 동시에 고품질 쌀을 생산할 수 있는가를 구명하기 위하여 일련의 시험을 수행하였고 그 결과를 정리한 것이다. 그러나 미질 분석은 사실 상 생산 후의 과정이기 때문에 이 보고서를 제출하여야하는 시점에서는 진행 중

에 있었기 때문에 여기에 그 결과를 수록하지 못하였다. 금년도의 미질 분석 결과는 차년도 보고서에 수록될 것이다.

제 2 절 재 료 및 방 법

본 시험은 '95년도 경남농촌진흥원 시험포장과 고성, 함안, 김해, 산청, 하동지역의 농가포장을 차용하여 수행되었다. 이 시험에 사용된 공시품종은 영남벼(무경운 연차 및 시비량 차이에 따른 미질변화)와 화영벼(토양종류 및 자운영 포장에서 미질변화) 이었다.

무경운 연차 및 시비량 차이에 따른 미질시험에서 파종시기는 5월17일이었으며, 그외 시험은 5월20일~24일이었다.

시비량은 질소, 인산, 가리를 각각 11, 7, 8 kg/10a 사용하였으며, 질소비료일 경우 기비 40%, 분얼비 30%, 수비 30%로 나누어 사용하였고, 가리비료는 기비 70%, 수비 30%로 분시하였고, 인산비료는 전량 기비로 사용되었다.

질소시비량 차이에 따른 미질변화는 질소비료를 전량(11kg/10a) 사용한 것과 7, 3kg/10a 및 무비로 나누어 실시하였다.

수량구성요소 및 수량의 조사방법은 농촌진흥청 조사기준에 준하였으며, 미질관련 형질조사는 각각의 포장에서 재배된 벼를 출수후 40일경에 수확하여 탈곡후 수분함량을 15%이하로 건조시켜 실험실용 현미기(Stake, THU)를 사용하여 도정하였다.

완전미와 불완전미(청미, 사미, 수미, 쇠미)는 반복당 시료 100g씩, 3반복 육안으로 조사되었으며, 이들의 조사기준은 농촌진흥청 조사기준에 따랐다.

제 3 절 결 과 및 고 찰

1. 무경운 가능 논토양 및 무경운답 벼 재배 방법(요령)

무경운답에서 벼 재배는 기존의 경운재배법과는 달리 경운유무, 잡초방제, 물관리방법등 그 재배법의 차이가 매우 크다. 특히 토양의 종류와 배수정도에 따라 무경운답에서의 벼 재배가부가 결정되어야 할 것이다.

<표 4-3-1>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 미사사양질 및 사력질의 배수불량답은 담수직파가 가능할 것으로 사료된다.

<표 4-3-1> 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) :
식 양 질 (Fi.Loamy)	●	●	×	200m이하
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 보였다. 그리고 (미사) 사양질 토양은 수분 투과가 과다하여 관개수 소요량이 심하며 (미사) 식양질과 식질토양은 배수불량에 의한 입모 불안정이 예상되었다. 따라서 이들 토양특성과 배수상태를 고려하여 경

남지역에서 벼 무경운재배 가능면적을 각 지역별로 추산한 것이 <표 4-3-2>이다. 이 표에서 보면 전체 식부면적 124,200ha 중 55%정도인 68,680ha정도는 무경운 직파재배방법으로 벼를 재배할 수 있을 것으로 예상되었다.

<표 4-3-2> 경남지역의 무경운 벼 재배 가능지역
분포조사

시	군	식부면적	재배적지
		ha	
창원	원산시	3,457	2,680
울산	산주시	9,942	5,500
마산	산주시	2,526	1,780
진주	진해시	8,885	5,680
통영	통영시	607	220
사천	사천시	1,184	526
김해	김해시	6,222	3,504
밀양	밀양시	7,978	7,580
거제	거제시	10,386	6,490
의령	의령군	3,007	1,440
함안	함안군	5,244	3,650
창녕	창녕군	6,742	5,840
양산	양산군	7,926	6,460
고성	고성군	2,758	1,130
남해	남해군	8,189	4,800
하동	하동군	4,169	1,600
산청	산청군	7,266	3,190
함양	함양군	6,608	2,270
거창	거창군	5,250	520
합천	합천군	6,273	320
	합계	9,595	3,580
		124,200	68,680

지난 몇년간의 무경운답에서 벼 재배시험을 수행하면서 얻은 결과를 통하여 무경운답 재배요령을 <표 4-3-3>에 나타내었다.

<표 4-3-3> 무경운답에서 벼 재배요령

구 분	재 배 기 술	유 의 사 항
재배 적지	<ul style="list-style-type: none"> · 물이 잘 빠지지 않는 1모작논 · 콤바인 수확시 벧짚을 절단 전량살포한 논 · 수리가 안전한 평탄지대일 것 	사질토양 단계논 부적당
사전포장관리	<ul style="list-style-type: none"> · 수확직후 물고를 막고 자연 강수량 담수활용 · 이앙전 담수로 벧짚 및 벼 그루터기 부숙촉진 · 논 표층을 부드럽게하여 이앙작업이 용이토록 유도 	논조건에 따라 관리방법 조절
직파 또는 이앙적기	<ul style="list-style-type: none"> · 기계이앙 : 기존 재배기준과 동일 · 직파 : 기존 파종 한계기내에서 5월 하순 · 종자소독 및 최아종자 사용(0.5mm) · 직파재배시 새 피해 방지 	결주방지 수온상승으로 입모율 향상
본답초기 물관리	<ul style="list-style-type: none"> · 이앙(파종)후 1주일정도 간단 관수 실시 · 활착 및 입모율 향상 · 괴불발생시 대책 강구 	-
시비방법	<ul style="list-style-type: none"> · 연속 무경운 재배시 논 표층에 유기물층 및 인산성분 집적 · 질소, 인산질 비료 감량 또는 저인산질 비료사용 	인산 축적은 괴불발생 원인
제초방법	<ul style="list-style-type: none"> · 4월하순 비선택성 제초제 살포로 독새풀 등 잡초를 파종전에 제거 · 이앙(파종)후 잡초방제는 보통 직파재배와 동일 	계속연구 필요

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

수확시 토양에 환원한 유기물의 부숙과 논 표층 연화를 위하여 담수기간을 늘릴 필요가 있다. 따라서 수확 직후 물고를 막아 자연 강수량을 최대한 활용하고 가능하면 파종 전 3-4회 담수하는 것이 파종상 구성에 좋은 조건을 제공하게 될 것으로 보인다.

무경운 직파 파종 재배법에서 파종 시기는 기존 경운답과 같이 파종 한계기내(남부지방에서 5月下旬)에 실시하되 최아종자를 하는 것이 조기 입모에 유리할 것으로 사료된다.

무경운답에서 기계이앙을 실시할 때에는 결주와 부모율감소를 위하여 이앙기의 이앙심도 조절장치를 가장 깊게 심기도록 조절하여야 하며, 본답 초기 물관리는 파종후 1주일 정도 간단 관수를 실시하여 입모율을 향상시키고, 연속 무경운재배시 논 표층에 유기물층과 인산성분이 집적되어 괴불발생이 우려되므로 인산질 비료를 감량하거나 저인산 복합비료를 사용하여야 한다.

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

2. 무경운 직파재배시 토양종류에 따른 미질변화

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

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

<표 4-3-4>는 종류가 다른 토양에서 무경운 직파재배한 벼의 수량구성요소와 수량변화를 경운 직파재배와 비교하여 나타내었다.

<표 4-3-4> 무경운 직파재배시 토양종류에 따른
수량구성요소 및 수량변화

토양종류	재배양식	출수기	입수	등숙율	천립중	정현비	도복	수량	지수
			월.일	천개/m ²	%	g			
식 토	무경운	8.22	30.7	83.6	21.5	82.1	5	467	101
		8.21	26.1	85.7	21.1	83.1	3	463	100
식 양 토	무경운	8.25	22.4	93.0	22.8	81.5	5	503	103
		8.20	21.5	92.4	22.5	82.3	5	486	100
양 토	무경운	8.22	20.9	83.2	22.7	80.3	0	423	95
		8.23	16.3	83.1	22.5	80.7	0	447	100
미사질양토	무경운	8.22	30.0	78.3	21.5	80.5	5	553	94
		8.23	33.5	91.0	21.9	81.6	5	590	100
사 양 토	무경운	8.24	21.0	94.2	23.6	82.6	7	464	85
		8.23	22.9	91.9	23.5	81.7	5	543	100
평 균	무경운	8.22	26.6	86.5	22.4	81.4	4	482	95
		8.22	24.1	88.8	22.3	81.9	4	506	100

단위면적당 입수를 5개 토양종류를 평균하여 보면 무경운답이 경운답보다 다소 높았으며, 토양 종류별로 비교하여 볼 때 미사질양토에서 가장 높고, 다음이 식토이었으며, 양토에서 가장 적었다. 등숙율은 무경운답이 경운답에 비하여 낮았으며, 특히 미사질양토의 무경운답에서 매우 낮았는데, 이는 초기의 도복에 기인한 것으로 보인다. 천립중과 정현비의 차이는 일정한 경향이 없었으며, 수량은 무경운답이 경운답의 95% 수준이었다. 토양 종류별로 수량을 비교하여 보면 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 4-3-5>에서 보면 완전미 비율은 경운유무간에 일정한 경향이 없었다. 무경운답에서 토양종류별로 쌀의 품위를 비교하여 보면 미사질양토에서 불완전미중 사미의 비율이 높았기 때문에 완전미 비율이 가장 낮았으

며, 이는 조기에 포장에서 도복이 발생하였기 때문으로 사료된다. 이와 같이 무거운 직파 재배벼의 몇가지 도정 형질이 부정적으로 나타난 것은 도복에 기인하고 있으므로 도복을 방지할 수만 있으면 이러한 문제는 해결될 것으로 보인다.

<표 4-3-5> 무경운 직파재배시 토양종류에 따른 쌀 품위비교

토양종류	재배양식	완전미	불완전미				
			계	청미	사미	수미	쇄미
			%				
식 토	무경운	90.4	9.6	3.8	3.6	0.2	2.0
	경 운	89.2	10.8	2.2	7.0	0.2	1.4
식양토	무경운	91.6	8.4	0.2	7.0	0.2	1.0
	경 운	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
	경 운	91.4	8.6	0.2	4.6	0.2	3.6
미사질양토	무경운	84.0	16.0	3.0	7.0	0.2	5.8
	경 운	87.0	13.0	3.8	7.0	0.2	2.0
사양토	무경운	93.2	6.8	1.8	3.0	0.4	1.6
	경 운	88.6	11.4	1.4	6.0	0.2	3.8
평 균	무경운	90.6	9.4	1.9	4.8	0.2	2.5
	경 운	90.0	10.3	1.6	6.0	0.2	2.5

3. 무경운 지속기간 및 질소시비량 차이에 따른 미질변화

가. 무경운 지속기간의 차이에 따른 미질비교

무경운 지속기간을 달리할 때 수량구성요소와 수량변화를 <표 4-3-6>에서 보면, 입수, 등숙율, 천립중, 정현비등 수량구성요소의 차이는 일정한 경향을 볼 수 없었으나, 수량은 무경운이 지속되면

점차 증가하는 경향을 볼 수 있었다.

<표 4-3-6> 무경운 지속기간의 차이에 따른 수량구성요소 및 수량

수량구성요소 및 수량	무경운 지속기간		
	2년	5년	8년
출 수 기 (월· 일)	8.26	8.26	8.25
입 수 (천개/m ²)	26.2	29.3	26.9
등 숙 율 (%)	91.9	92.3	90.4
천 립 중 (g)	21.5	21.7	21.6
정현비율 (%)	82.1	81.9	82.1
수 량 (kg/10a)	481	501	511

그리고 같은 조건에서 수확한 쌀의 품위를 <표 4-3-7>에서 보면, 완전미 비율은 무경운 8년차 답에서 다소 높아지는 경향을 나타내었으며, 이는 사미의 비율이 낮았기 때문이라고 할 수 있다.

<표 4-3-7> 무경운 지속기간의 차이에 따른 쌀의 품위비교

쌀 품 위	무경운 지속기간		
	2년	5년	8년
완 전 미 (%)	88.0	87.6	91.6
사 미 (%)	7.8	6.8	4.6
기 타 (%)	4.2	5.6	3.8

나. 무경운답에서 질소시비량 차이에 따른 미질비교

무경운답에서는 경운답보다 표토에 유기물과 P₂O₅, K, Mg 및 SiO₂등의 함량이 집적되는 경향을 나타내고 있다. 특히 무경운답이

경운답에 비하여 유기물과 인산 및 규산의 함량이 증가하는 것을 볼 수 있었다.

<표 4-3-8>은 무경운 지속 기간의 차이에 따른 토양의 이화학적 인 성질을 나타낸 것이다.

<표 4-3-8> 무경운 지속기간의 차이에 따른 토양 이화학적 변화

토양화학적성	무경운 지속기간			경 운
	2년	5년	8년	
pH	5.5	5.6	5.4	6.1
OM(%)	5.7	4.6	5.2	3.2
Mg(me/100g)	1.50	1.68	1.37	1.36
K(me/100g)	0.43	0.38	0.42	0.29
P2O5(ppm)	167	218	133	146
SiO2(ppm)	106	129	176	116

무경운 지속기간의 차이에 따라 질소시비량을 달리하여 수량구성 요소와 수량차이를 <표 4-3-9>에서 보면 질소시비량이 증가할수록 m²당 입수는 증가하였고, 등숙율과 정현비는 일정한 경향이 없었으며, 수량은 증가하는 경향이였다.

**<표 4-3-9> 무경운답에서 질소시비량 차이에 따른
수량구성요소 및 수량**

무 경 운 지속기간	질 소 시비량	출수기	입수	등숙율	천립중	정현비	수량
		kg/10a	월.일	천개/m ²	%	g	
2년	11	8.24	28.2	91.7	21.3	82.2	500
	7	8.24	27.8	92.0	21.2	81.9	491
	3	8.24	27.4	94.1	21.9	82.5	483
	무비	8.24	27.1	93.1	21.2	81.8	453
	평균	8.24	27.6	92.7	21.4	82.1	482
5년	11	8.25	34.2	89.0	21.1	82.4	499
	7	8.25	34.3	90.4	21.1	82.3	484
	3	8.25	31.4	90.1	21.2	81.9	471
	무비	8.25	29.9	91.1	21.1	82.4	458
	평균	8.25	32.5	90.2	21.1	82.3	478
8년	11	8.25	31.6	92.7	20.5	81.4	574
	7	8.25	31.3	93.0	20.9	81.4	567
	3	8.25	31.3	93.0	20.7	81.5	538
	무비	8.25	27.8	93.5	20.6	81.5	530
	평균	8.25	30.5	93.1	20.7	81.5	552
관행	11	8.24	24.1	94.8	21.7	81.0	505
	무비	8.24	13.4	95.7	21.3	83.0	404

4. 무경운답에서 자운영 활용방법 및 그에 따른 미질변화

자운영은 토양근류균에 의한 공중질소의 고정량이 190kg/10a이 되는 작물로서 가축의 기호성이 높고 소화율도 높은 양질의 사료이면서 동시에 밀원 식물로서 그 용도가 다양한 작물이다. 이러한 자운영을 한번 파종하여 영속적으로 유지할 수 있는 재배법 개발은 가장 경제적으로 유기태 질소를 얻을 수 있게 되며, 자운영을 대규모로 영속 재배하게 되면 밀원식물로도 활용하게 된다. 이렇게 사용측면이 다양한 자운영을 재배한 포장에서 그 활용방법을 달리할 때 토양 이화학적인 성분을 경운답과 비교하여 보면 <표 4-3-10>에서 보는 바와 같이 전 토양 화학성분은 다같이 차이가 크지 않은

것을 볼 수 있었는데, 이러한 토양 이화학적 변화는 계속적으로 검토되어야 할 것으로 사료된다.

<표 4-3-10> 자운영 활용방법차이에 따른 토양 이화학적 변화

자 운영 활용방법	pH (1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	Ex. cat. (me/100g)			SiO ₂ (ppm)
				K	Ca	Mg	
자운영답 방치 예취제거 제초제처리 경운	6.3	3.0	85	0.38	5.39	1.74	116
	6.2	3.1	92	0.34	4.23	1.68	100
	6.9	2.7	96	0.30	4.70	2.29	134
	6.0	3.6	65	0.40	5.51	1.66	97
관행 (경운)	6.0	3.3	79	0.32	4.25	1.75	108

자운영 활용방법차이에 따른 수량구성요소 및 수량은 <표 4-3-11>에서 나타내었다. 관행 경운과 비교하여 볼 때 수수는 자운영 경운답이 가장 많고 다른 처리는 비슷하였으며, 입수도 수수와 같은 경향을 나타내었다.

<표 4-3-11> 자운영 활용방법차이에 따른 수량구성요소 및 수량변화

자 운영 처리방법	수수	입수	등숙율	천립중	정현비	수량
	개/m ²	천개/m ²	%	g	%	kg/10a
자운영 방치	282	25.1	92.0	21.1	81	473
자운영예취제거	280	24.1	92.1	21.1	81	472
자운영제초제처리	285	23.9	92.9	21.9	81	453
자운영경운	367	31.2	93.8	20.5	82	525
관행 (경운)	309	24.1	94.8	21.7	81	505

등숙율은 관행 경운이 가장 높고 다음이 자운영 경운이었으며, 다른 처리는 비슷하였고, 천립중은 관행 경운이 가장 높았고, 자운영 경운이 가장 낮았으며, 다른 처리는 일정한 경향을 볼 수 없었다. 수량은 수수 및 입수와 같이 자운영 경운답이 가장 높고, 다음이 관행 경운이었으며, 자운방치답에서는 관행의 94% 수준이었다.

자운영 활용방법차이에 따른 쌀 품위를 <표 4-3-12>에서 보면 완전미 비율은 자운영답에서 무경운(방치, 예취제거)을 할 경우 관행 경운답에 비하여 다소 높아지는 경향이였다.

<표 4-3-12> 자운영 활용방법 차이에 따른 쌀 품위비교

자운영 처리방법	완전미	불완전미				
		청미	사미	수미	쇄미	계
자 운영 방 치	91.2	0.6	4.8	0.4	3.0	8.8
자운영+ 예취 제거	93.8	0.2	3.2	0.2	2.6	6.2
자운영+제초제처리	88.8	1.4	5.8	0.2	3.8	11.8
자운영+ 경 운	87.6	1.6	4.8	0.2	5.8	12.4
관 행 (경 운)	89.5	1.6	5.2	0.1	3.6	10.5

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 환경보존측면에서 강조되고 있는 지속적 농업(Sustainable agriculture)을 구현하는 차원에서 제안된 벼 재배법, 즉 논 무경운체계에서 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생

산기술 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 따라 무경운 직파재배시 수량은 미사질양토와 식토에서 높은 경향을 나타내었으며, 전지역을 평균하여 볼 때 경운재배의 95%수준이었다.

쌀의 외관품위는 경운답과 비슷한 경향이었으며, 토양 종류별로 비교하여 보면 미사질양토에서 도정형질이 떨어졌으며 이는 포장도복과 연관이 있을 것으로 보인다.

4. 무경운 지속기간이 길어짐에 따라 수량은 점차 증가하는 경향을 보였으며, 쌀의 품위 중 완전미 비율도 수량과 비슷한 경향을 나타내었다.
5. 무경운답 토양은 경운답 토양에 비하여 유기물, P_2O_5 , K, Mg, SiO_2 등의 함량이 높아지는 경향이었으며, 이러한 특성을 갖는 무경운토양에서는 시비량이 증가할수록 수량도 증가하는 경향을 나타내었으며, 무경운 지속기간이 길어질수록 전체적인 수량도 증가하는 경향을 보였다.

무경운답에서 질소비료를 사용하지 않을 때 표준시비량을 사용할 때에 비하여 수량이 90% 수준인데 비하여 관행 경운답에서 질소비료를 사용하지 않을 때 수량은 표준구에 비하여 80%수준

이었다.

6. 자운영재배답에서 벼를 무경운 직파재배시 수량은 관행경운답의 90~94%수준이었으며, 자운영 경운답은 관행 경운답의 104%수준이었다. 이때 쌀의 품위 중 완전미 비율은 자운영재배답에 벼를 무경운재배할 때 관행경운에 비하여 다소 높아지는 경향을 나타내었다.

이상의 결과와 함께 각각의 처리에서 수확한 시료를 대상으로 쌀의 물리·화학적인 특성과 식미검사를 통하여 무경운 직파재배법에 의한 고품질 쌀 생산기술 확립과 동시에 지속농법 확립을 위한 기준을 설정할 수 있을 것으로 사료되었다.

참 고 문 헌

1. Cagampang, G. B., C. M. Perez and B. O. Juliano, 1973, A gel consistency test for eating 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 단백질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, *Jpn 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, *Jour. 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 崩壞性的 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, 本多康邦, 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. 443-524.
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 gelatinization 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. 김성곤, 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 아미로스슴량과 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 特性和 物理的인 特性和의 關係, 韓作誌, 28(3) : 281-284.
21. 洪光杓, 金愷碩, 李秉正, 金長鏞, 姜東柱, 李柚植, 1993, 栽培地域, 栽培樣式 및 有機物 試用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.

제 6 장 종합 고찰 및 건의

벼-자운영 무경운 작부체계는 자운영과 벼를 조화롭게 결합시킴으로써 환경 친화력을 높일 수 있고 생산비를 절감할 수 있는 새로운 벼 재배법이라 할 수 있다.

제 1 차년도에 벼씨를 무경운 직파 할때 입모율은 관행구에 비하여 떨어지는 경향을 나타내었으나 m^2 당 입모수는 대체로 만족할만한 수준이었고, 수량도 크게 떨어지지 않았다는 사실을 확인할 수 있었다.

한가지 고려할 점은 자운영 군락을 그대로 두거나 제초제를 처리하여 마른 자운영 위에 벼씨를 파종하였을 때 초기 생육이 둔화되는 현상이다. 생육 후기의 초장이 회복되기는 하나 초기 생육이 부진하여 분얼수가 떨어지고 수량 구성 요소의 성립과정에서 영향을 미칠 것으로 생각된다.

이러한 관점에서 이 연구에서는 질소비료를 4수준(0, 5.5, 11, 15 kgN/10a)으로 처리하고 벼 생육 상태중 관찰하였던 바 질소비료에 대한 반응이 좋았다는 것이다.

이는 우리가 원래 기대한 질소비료 절감효과를 어렵게 하는 현상이라고 할 수 있다. 그러나 만약 이러한 조건에서 벼 초기 생육이 지연되는 원인이 구명된다면 이 문제도 해결될 수 있으리라 기대된다.

여기서 다른 한가지 매우 주요한 사실은 자운영 군락에서는 끝동 매미충과 같은 해충의 서식밀도가 크게 감소되고 있었고, 그 이유는 황산적거미와 별늑대거미와 같은 천적이 이들을 포식하기 때문이라고 생각한다.

무경운 직파재배시 입모초기에 발생하기 쉬운 오갈병과 같은 virus이병을 자운영재배로 감소시킬 수 있다는 가능성을 시사하고 있다.

벼짚을 속성분해할 수 있는 미생물은 고온에서는 쉽게 구할 수 있으나 저온성 벼짚 분해 미생물은 개발하기 어려운 과제라고 한다.

이 연구에서 그 효과가 인정되고 있는 P.C. SC-26과 Mad698-M277은 각각 저온 조건과 고온조건에서 경제적으로 활동할 수 있는 균주라고 생각되며 이제 이에 대한 집중적인 연구가 진행되어야 할 것으로 보인다.

무경운 직파재배 조건에 적응할 수 있는 벼 유전자원을 기존 품종에서 발견하기는 어려울 것이므로 국내외에서 수집된 각종 직파재배벼의 특성을 검토하였다. 그러나 담수조건에서도 쉽게 발아하고, 유묘 성장(유근신장 포함)의 속도가 빠른 것을 찾기 위하여 자연상태에서 그 성장을 유지하여온 액미(wild rice)자원에서 탐색하였고 SWR 5016, 5297, 5314는 그 가능성이 높은 자원이라고 하였다.

끝으로 벼-자운영 무경운 직파재배체계에서 재배된 벼의 품질은 크게 떨어지지 않으나 시간적 제한으로 이 보고서에서는 그 결과를 수록하지 못하였다. Auto analyzer와 Near infrared Spectrophotometer를 이용한 미질 분석결과를 토대로 생산비를 절감하고 품질이 좋은 쌀 생산체계를 구축할 수 있게 될 것이라 전망한다.

이상과 같은 결과를 토대로 다음 몇가지를 제안하는 바이다.

1. 벼-자운영 무경운 직파재배체계는 자운영의 내한성이 허락하는 한 기술적응지역을 중부이북으로 확대시킬 수 있을 것이므로 앞으로 연구는 자운영 유전자원개발에 역점을 둘 필요가 있다.

2. 벼-자운영 무경운 재배체계에서는 천적이 증가하고 해충이 감소하는 명확한 연구 결과가 있으므로 농민에게 자운영 재배를 적극 권장할 필요가 있다.
3. 자운영의 생체에서 유리될 수 있는 생장억제 물질의 구명을 위한 기초연구가 필요하다.
4. 저온에서 벳짚을 신속히 분해할 수 있는 미생물의 포장에서 장기적인 효과를 구명할 필요가 있다.
5. 무경운 직파재배에서 적용할 수 있는 벼 유전자원을 무경운 조건에서 현지 평가할 필요가 있으며, 지금까지 발견된 유전자원을 육종계획에 활용할 수 있도록 해야한다.