

최 종
연구보고서

라텍스를 이용한 피복비료 제조기술
개발 및 상품화

Development and commercialization of
coated fertilizer using latex

연구기관
(주) 경농

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “라텍스를 이용한 피복비료 제조기술 개발 및 상품화” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004 년 11 월 11 일

주관연구기관명 : (주)경농

총괄연구책임자 : 황 인 천

세부연구책임자 : 황 인 천

위탁연구기관명 : 충북대학교

위탁연구책임자 : 이 철 원

위탁연구기관명 : 전남농업기술원

위탁연구책임자 : 김 희 권

요 약 문

I. 제 목

라텍스를 이용한 피복비료 제조기술의 개발 및 상품화에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구는 농업의 경쟁력 증가와 환경오염 감소를 위해 완효성 피복비료의 제조기술을 개발하여 상품화하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 비료 피복에 적합하고 용출조절능이 있는 피복물질을 선별하여, 피복조건을 확립하고, 작물의 비료요구에 적합한 다양한 용출기간의 피복비료를 제조하여, 작물생육에 적합한 비종을 찾는 것을 목적으로 한다.

우리나라의 농업은 일반적으로 속효성비료의 사용이 많고, 강우가 여름에 집중되어 시비된 비료가 유실되거나 증발되어 실제 작물의 비료 이용율은 50%를 넘지 못한다. 또한 속효성 비료를 사용할 경우 수회에 걸쳐 추비를 해야 한다. 2005년부터 비료에 대한 정부보조가 없어지면 비료구입비가 현재보다 30%이상 상승하여 농가의 부담이 더욱 증가하게 된다. 농촌노동력의 고령화가 심화되어 가고 있는 상황에서 시비노력의 절감이 가능하고, 환경부하의 경감이 가능한 완효성비료의 필요성이 어느 때보다 더 강조되고 있다. 현재 우리나라에서 보급중인 완효성비료는 많으나, 국내 기술에 의해 개발되어 보급되는 비료는 2종뿐이고, 그 외는 외국으로부터 수입하여 보급되고 있다. 따라서 본 연구에서는 외국 수입품과 경쟁할 수 있는 완효성피복비료를 개발하여, 농업의 국제경쟁력을 확보하고자 한다.

III. 연구개발 내용 및 범위

본 연구는 경쟁력 있는 완효성피복비료 개발을 위해 비료피복에 적합하고

용출조절능이 있는 피복물질을 선발하고 제조시험을 통해 다양한 용출기간 조절이 가능한 제조방법을 확립하고자 하였으며, 비효시험을 통해 작물의 생육에 적합한 완효성복합비료 비중을 확립하고, 대량생산 시험을 통해 대량생산 가능성을 판단하고자 하였다.

이를 위해 2년에 걸쳐 연구를 수행하였으며, 1차년에는 주관기관인 (주)경농에서 피복물질의 선발, 피복조건 확립, 시제품 제조, 피복비료 용출특성과약, 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 위탁기관인 전남농업기술원에서는 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 전남의 대표적인 조생종, 중생종, 중만생종을 대상으로 시제품의 비효시험을 수행하여 각 품종의 생육에 적합한 비중을 선발하고자 하였다. 또한 토양 및 용탈수의 질소성분분석을 통해 시제품의 환경부하 특성도 파악하고자 하였다. 충북대학교에서도 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 충북의 대표적인 조생종, 중생종, 중만생종을 대상으로 시제품의 비효시험을 수행하여 각 품종의 생육에 적합한 비중을 선발하고자 하였으며, 시제품의 토양중 용출시험을 수행하였다.

2차 년도에는 (주)경농에서는 피복비료의 용출기간, 용출형 다양화를 위해 피복시험을 수행하여 피복조건을 확립하였다. 대량생산시험을 통해 대량생산 조건을 확립하였으며, 공정특허명세서를 작성하여 출원 준비중이다. 시제품 제조, 피복비료 용출특성과약, 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 담수직파재배시험을 통해 담수직파재배에 적합한 비중을 선발하였다. 전남농업기술원에서는 1차년도와 마찬가지로 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 벼 2모작재배에 적합한 비중을 선발하고자 하였으며, 환경부하시험을 수행하였다. 충북대학교에서도 충북의 만기재배에 적합한 비중을 선발하기 위해 비효시험을 수행하여 비중을 선발하였다.

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

본 연구를 수행한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 피복물질 선발 및 피복조건 확립

비료의 피복에 적합한 피복물질을 선발하기위해 국내외의 피복물질을 탐색한 결과 염화비닐리덴, 아크릴, 스타이렌부타디엔 계열을 선발하였다. 3가지 계열의 고분자 특성이 다른 수종의 시료를 확보하여 피복시험을 수행하였으며, 이

들을 각각 blend하여 피복시험을 수행하였다. 그 결과 염화비닐리덴 계열과 아크릴계열을 blend한 피복물질이 기계적 물성과 용출특성 우수하고, 용출기간 조절이 용이하고, 시그모이드형의 용출형을 갖는 피복비료의 피복조건을 확립하였다. 스티렌부타디엔 계와 아크릴계에서는 유리전이온도(Tg) 및 수분투과성이 상이한 물질을 2종 이상 blend한 결과 용출기간 조절이 가능하였고, 직선형의 용출형을 갖는 피복비료의 피복조건을 확립하였다.

2. 다양한 용출기간의 피복비료 피복조건 확립

수분투과성이 상이한 염화비닐리덴과 아크릴 고분자를 blend하여 피복시험한 결과 시그모이드형의 용출형을 갖는 피복비료 제조가 가능하였으며, 2가지 고분자의 배합비를 조절하여 용출기간을 조절할 수 있었으며, 용출기간은 10일부터 최장 150일 정도 까지 다양한 피복비료를 제조할 수 있었다.

스티렌부타디엔계 고분자의 경우 Tg 및 수분투과성이 상이한 2종류 이상의 고분자를 blend하여, 이중 피복하여 고온저장성이 염화비닐리덴과 아크릴 blend 피복비료와 비교하여 떨어지지 않는 피복비료 제조조건을 확립하였다. 1차 막은 용출기간 및 용출형을 조절하는 역할을 하며, 2차 막은 고온저장성과 같은 물리적 안정성을 향상시키는 역할을 한다.

3. 시험용 시료 제조

벼의 양분 요구에 맞게 용출기간이 각각 30일, 60일, 90일인 피복비료를 제조하였다. 농촌진흥청의 벼에 대한 권장시비량을 기준으로 기비로 작용하는 속효성복합비료와 위의 3가지 피복요소의 혼합비를 달리하여 시제품 6종을 제조하여 벼에 대한 비효시험용 시료로 사용하였다.

4. 대량생산조건 확립 및 특허출원

대량생산 시험을 통해 1batch 500kg 생산시설에서 생산조건을 확립하였으며, 특허출원은 “수증기투과도가 상이한 2종류 이상의 라텍스 혼합물로 피복된 완효성 입상비료 및 이의 제조방법”이라는 제목으로 특허명세서를 작성하여 특허출원 준비중이다.

5. 벼에 대한 비효시험

전남, 경북, 충북 3지역에서 각각 비효시험을 수행하였으며, 품종별 비중확립

시험결과 지역별로 차이는 있었으나, 전체적으로 조생종의 경우 전체 질소중 완효성질소 함량이 30%였던 비종이 수량이 가장 많았으며, 중생종과 중만생종의 경우 농촌진흥청의 시비권장량에 맞춘 비종이 수량이 가장 많았다. 담수직과벼에 대한 비효시험결과 전체 질소함량중 완효성질소함량이 50%이고, 이중 60일형과 90일형 피복요소를 배합한 비종이 수량이 가장 많았다. 이모작재배에서는 조생종과 유사하게 완효성질소 함량이 30%였던 비종에서 관행보다 증수되었다. 감비시험 결과 시비권장량의 80%수준에서도 관행과 동등의 수량을 얻을 수 있었다.

0. 활용건의

피복비료에 대한 연구를 수행한 결과, 용출기간 및 용출형이 다양한 피복비료를 제조할 수 있었으며, 벼 품종 및 재배양식에 적합한 비종을 선발 하였다. 1 batch 당 500kg를 생산할 수 있는 시설에서 피복시험한 결과 대량생산조건을 확립하였으며, 상품화 추진 중이다. 또한 제조방법과 관련된 특허는 특허명세서를 작성하여 출원 추진 중이다. 따라서 본 연구에서 얻어진 피복비료 제조기술은 상업적 가치가 매우 높은 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 벼에 대한 비효시험만을 수행하였으나, 후속 연구를 통해 타 작물에 대한 적용확대가 절실히 요구된다.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title

Development and commercialization of controlled release fertilizer using latex.

II. Objective and significance of the research

This study was carried out to develop controlled release fertilizer to increase competitiveness of Korean agriculture and to reduce environmental burden. To achieve this objective, we tried to select coating materials which have adequate coating property and solubility of fertilizer and establish coating condition and find adequate fertilizer composition for Rice.

In agriculture of our country, application amount of chemical fertilizer is large, and rainfall is concentrated in summer. Therefore, the availability of fertilizer is less than 50 percent. After 2005, national financial aid for fertilizer have to disappear. and the purchasing burden of fertilizer increase about 30 percent.

The main objective of this research is to develop controlled release fertilizer which is competitive to the imported fertilizers, and achieve international competitive power of agriculture.

III. Result

Summary of this research is as follows :

1. Selection of coating material and establishment of coating condition.

We searched domestic and foreign coating materials, and selected Vinylidenechloride, Acryl and Styrenebutadiene polymer latex. Coating tests were carried out using individual and blends of these materials. Among them, blends of Vinylidenechloride and Acyl latex were good in mechanical properties and solubility of fertilizer and have sigmoid elution characteristic. In the condition of Styrenebutadiene and Acryl latex, Individuals and blends of them which has different glass transition temperature(Tg) and water permeability were possible to control of elution of fertilizer showed and have linear elution characteristic.

2. Establishment of coating condition

Blend of vinylidenechloride and Acryl latex have sigmoid elution characteristic. Elution time of fertilizer was variable between 10 and 150 day by change of blending ratio of them.

Styrenebutadiene which has different glass transition temperature(Tg) and water permeability have linear elution characteristic. Coating condition of Styrenebutadiene was established as follows : Coating temperature was between 43°C and 50°C, concentration of latex was between 20 and 25 percent, coating rate was more than 6 percent of fertilizer, curing temperature was between 50°C and 80°C, and curing time was more than 20 minute

3. Formulation of fertilizer

Controlled release compound fertilizers which was used in fertilization test of paddy rice were formulated in combination of chemical granular compound fertilizer and three coated granular urea which had elution time of 30, 60, and 90 day. Six fertilizers were tested for paddy rice.

4. Establishment of coating condition for mass production and Application of Patent

We established coating condition for mass production through mass production test using 500kg per 1batch coating machine. We are preparing to

apply the patent of "SLOW-RELEASE GRANULAR FERTILIZERS COATED WITH A LATEX MIXTURE COMPRISING AT LEAST TWO KINDS OF LATEXES HAVING DIFFERENT VAPOR PERMEABILITY AND METHOD FOR THE PREPARATION THEREOF"

5. Fertilization test for paddy rice

Tests were performed separately in Chonnam, Chungbuk, and Kyungbuk. In the test of Precocious varieties of paddy rice, yield of fertilizer which had 30 percent coated nitrogen of total nitrogen was largest among tested fertilizers. In the test of middle and late varieties of paddy rice, yield of fertilizer which had 50 percent coated nitrogen of total nitrogen was largest among tested fertilizers. In test of reduced application, Yields of 80% reducing fertilizer were equal to conventional application.

CONTENTS

Chapter 1 Introduction	11
Chapter 2 Development of domestic and foreign technology	13
Chapter 3 Methods and results of research	16
3.1. Selection of coating materials and establishment of coating method	16
3.1.1. Materials and methods	16
3.1.2. Results	19
3.2. Establishment of controlled release fertilizer for Paddy rice	37
3.2.1. Establishment of controlled release fertilizer for Rice varieties	37
3.2.2. Establishment of controlled release fertilizer for cultivation method.....	44
3.3. Establishment of controlled release fertilizer for Paddy rice	53
3.3.1. Materials and methods	53
3.3.2. Results	53
3.3.3. Conclusion	81
Chapter 4 Contribution to related technology	83
Chapter 5 Plan for application of the results	83
Chapter 6 Reference	84

목 차

제 1 장	연구개발과제의 개요	11
제 2 장	국내외 기술개발 현황	13
제 3 장	연구개발 수행 내용 및 결과	16
제 1절	피복물질 선발 및 피복조건 확립	16
1.	재료 및 방법	16
2.	연구내용 및 결과	19
제 2절	수도용 완효성 복비 비중확립시험(충북대학교)	37
1.	품종별 비중확립 시험	37
2.	재배양식별 비중확립 시험	44
제 3절	수도용 완효성 복비 비중확립시험(전남농업기술원)	53
1.	재료 및 방법	53
2.	결과 및 고찰	53
3.	적요	81
제 4 장	목표달성도 및 관련분야에의 기여도	83
제 5 장	연구개발결과의 활용계획	83
제 6 장	참고문헌	84

제 1 장 연구개발과제의 개요

본 연구는 농업의 경쟁력 증가와 환경오염 감소를 위해 완효성 피복비료의 제조기술을 개발하여 상품화하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 비료 피복에 적합하고 용출조절능이 있는 피복물질을 선별하여, 피복조건을 확립하고, 작물의 비료요구에 적합한 다양한 용출기간의 피복비료를 제조하여, 이들을 작물에 적용하여 작물생육에 적합한 비종을 찾는 것을 목적으로 한다.

우리나라의 농업은 일반적으로 속효성비료의 사용이 많고, 강우가 여름에 집중되어 시비된 비료가 유실되거나 증발되어 실제 작물의 비료 이용율은 50%를 넘지 못한다. 또한 속효성 비료를 사용할 경우 수확에 걸쳐 추비를 해야 한다. 2005년부터 비료에 대한 정부보조가 없어지면 비료구입비가 현재보다 30%이상 상승하여 농가의 부담이 더욱 증가하게 된다. 농촌노동력의 고령화가 심화되어 가고 있는 상황에서 시비노력의 절감이 가능하고, 환경부하의 경감이 가능한 완효성비료의 필요성이 어느 때보다 더 강조되고 있다. 현재 우리나라에서 보급중인 완효성비료는 많으나, 국내 기술에 의해 개발되어 보급되는 비료는 2종뿐이고, 그 외는 외국으로부터 수입하여 보급되고 있다. 따라서 본 연구에서는 외국 수입품과 경쟁할 수 있는 완효성피복비료를 개발하여, 농업의 국제경쟁력을 확보하고자 한다.

본 연구는 경쟁력 있는 완효성피복비료 개발을 위해 비료피복에 적합하고 용출조절능이 있는 피복물질을 선별하고 제조시험을 통해 다양한 용출기간 조절이 가능한 제조방법을 확립하고자 하였으며, 비효시험을 통해 작물의 생육에 적합한 완효성복합비료 비종을 확립하고, 대량생산 시험을 통해 대량 생산이 가능성을 판단하고자 하였다.

이를 위해 2년에 걸쳐 연구를 수행하였으며, 1차년에는 주관기관인 (주)경농에서는 피복물질의 선별, 피복조건 확립, 시제품 제조, 피복비료 용출특성과약, 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 위탁기관인 전남농업기술원에서는 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 전남의 대표적인 조생종, 중생종, 중만생종을 대상으로 시제품의 비효시험을 수행하여 각 품종의 생육에 적합한 비종을 선별하고자 하였다. 또한 토양 및 용탈수의 질소성분분석을 통해 시제품의 환경부하 특성도 파악하고자 하였다. 충북대학교에서도 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 충북의 대표적인 조생종, 중생종, 중만생종을 대상으로 시제품의 비효시험을

수행하여 각 품종의 생육에 적합한 비종을 선발하고자 하였으며, 시제품의 토양 중 용출시험을 수행하였다.

2차 년도에는 (주)경농에서는 피복비료의 용출기간, 용출형 다양화를 위해 피복시험을 수행하여 피복조건을 확립하였고, 시제품 제조, 피복비료 용출특성 파악, 벼에 대한 비효시험을 수행하였고, 담수직파재배시험을 통해 담수직파재배에 적합한 비종을 선발하고자 하였다. 전남농업기술원에서는 1차 년도와 마찬가지로 벼에 대한 비효시험을 수행하였으며, 벼 2모작재배에 적합한 비종을 선발하고자 하였다. 환경부하시험도 수행하였다. 충북대학교에서도 충북의 만기재배에 적합한 비종을 선발하기 위해 비효시험을 수행하였으며, 토양용출시험을 수행하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

우리나라 농업이 성장하기까지는 시비기술의 발전에 따라 비료의 역할이 지대한 것이었으나 최근에 와서 다비의 영농활동이 생활환경에 불리한 영향을 미치고 있다.

토양이 척박하였던 1960년대에는 토양 비옥도 수준을 높이는데 목표를 두고 화학비료를 많이 사용하도록 권장하였고, 1970년대는 식량 증대를 위한 집약적 농법이 성행하여 농가에서는 시비기준을 훨씬 상회하는 과비 풍조가 만연하였다. 그러나 1990년대에 와서는 농업과 환경의 조화로 지속적인 농산물을 생산해 보자는 환경농업이 대두되어 농업생산성의 경제성확보와 함께 환경친화형 시비 개념으로 전환되어 이에 초점을 맞추어 연구가 이루어져왔다.(이, 1998). 지금까지 사용한 요소비료는 전량을 기비로 시용하면 유실되는 양이 많고, 작물의 양분 이용률이 감소되면 이를 보충하기 위해 시비횟수를 늘려 주어야 하므로 비료 구입비용과 노동력이 추가로 필요하게 된다. 심화되어가고 있는 농촌노동력의 부녀화, 고령화의 농촌현실과 값싼 외국농산물의 국내시장 점유율 증가를 감안할 때 시비노력의 절감이 가능한 비료의 필요성이 한층 더 강조되고 있다. 뿐만 아니라 유실된 질소는 순환과정에서 질산염 및 아질산염으로 전환되어 하천 및 지하수 오염을 유발하는 원인이 되기도 한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 질소비료의 용출을 조절하는 완효성 비료를 개발하기 위한 연구가 진행되어 왔다.

완효성비료의 개발은 세계적으로는 1910년대부터 시작되었는데, 미국에서는 urea form(UF)을 1955년에 생산하기 시작하였다. 완효성비료의 제조방법은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 피복비료로서 속효성비료의 입자표면에 물의 접촉을 차단할 수 있는 난용성물질을 피복하는 물리적방법이고, 두 번째는 합성비료로서 비료물질 혹은 비료성분을 함유한 물질을 화학적으로 반응시켜 물에 난용성인 염이나 토양미생물에 쉽게 분해 되지 않는 난분해성 물질로 제조하는 방법이다. 피복비료에 대한 시도는 1950년대 후반에 속효성비료의 입자표면에 물에 잘 녹지 않는 물질을 피복하므로써 양분의 용출을 조절할 수 있었으며 일본에서는 1960년대에 시작되었다. 수용성인 비료입자의 용출율은 물에 대한 침투를 제한하거나 억제하여 조절하는데, 이것은 피복물질의 종류, 피복량, 피복층수 등에 따라서 특성이 달라진다. 피복물질의 종류는 유황과 플라스틱물질로 나누고 플라스틱물질은 다시 열경화성 수지와 열가소성 수지로 세분한다.

비료입자의 종류에는 확산에 의해 생긴 내부 삼투압으로 막이 파괴되어 비료성분이 용출되는 반투수성막과 물이 막을 통과하여 내부로 들어가서 비료성분을 녹이고 구멍을 크게 하여 비료성분을 용출시키는 미세구멍이 있는 불투수성막, 물리화학적 또는 미생물의 활동에 의하여 피복물질을 분해 시켜 비료성분이 용출되는 불투수성막 등으로 구분한다.

화학적인 방법으로 합성된 완효성비료는 Urea-Formaldehydes를 비롯하여 IBDU, CDU, Guanyl urea 등이 있는데 이들 비료에 대한 개발은 1910년부터 시작되었으나 실질적으로 산업화하여 생산하기 시작한 것은 1955년 미국이 처음이다.

현재 개발되어 판매되고 있는 SCU는 1961년 미국 TVA(Tennessee Valley Authority)의 국립비료개발센터(NFDC, National Fertilizer Development Center)에서 개발하였으며 1971년에 시간당 1톤 생산능력을 갖는 공정을 개발하였다. 영국의 ICI(Imperial Chemical Industries) 회사는 TVA기술로 SCU 생산에 성공하여 "Gold-N"의 상품명으로 시판하였으나 생산을 중단하고 그 후 캐나다에서 연간 3만 톤 규모로 생산하였다. 1978년에 Lesco 회사(Ag Industries Manufacturing)는 미국 TVA로부터 특허를 구매하여 피복요소와 복합비료를 "Lesco"란 이름으로 생산하였으며 1983년에는 O.M.Scott회사에서도 피복요소를 생산하였다. 일본에서 미쯔이도우아쓰에서 유황피복후 왁스를 피복하여 유황피복의 단점을 보완하여 판매하고 있다. SCU는 요소에 유황을 피복한 것으로 피복량은 약 12%정도이고 질소의 함유량은 30-38%로 피복량에 따라 다르며 피복물질로는 유황, Wax 및 Coaltar 등이 사용되고 있다. 유황은 여러 피복물질 중에서 경제성과 효율성이 우수하여 선발되었으나 최초의 연구에서 수분침투를 적당히 방지하지 못한 것으로 나타났으며 유황피복 위에 봉합제(Oily wax sealant)를 첨가함으로써 성공적으로 피복을 할 수 있었다. SCU는 요소에 비하여 약 50%정도 고가이나 완효성 비료 중에서는 가장 값이 싼 편이다.

Meister는 일본에서 1980년에 개발되었으며 피복물질로는 Polyolefin계 수지와 Polyvinylidenechloride을 사용하였으며 질소의 함유량이 40%이고 피복량은 약12% 정도이다. 이 비료는 20℃ 포장조건하에서 80% 용출율을 기준으로 6가지 형태의 비료가 생산되고 있다. 우리나라에서는 비왕(주)에서 수입하여 현재 판매되고 있다.

Ceracoat는 1988년 일본 Central Glass회사에서 개발하여 생산 판매되고 있는 비료로 요소, 유안 및 가리비료에 피복한 3제품이 있다. 피복물질은 열경화

성 수지인 Alkyd 수지를 사용하였는데 Alkyd수지는 천연식물성기름의 지방산을 이용하였다. 요소에 피복한 제품의 질소 함량은 40%이며 피복량은 약 10%이다.

Nutricote는 1976년 일본 Asahi회사에서 개발한 것으로 피복물질은 분자량이 많은 Olefin 수지인데 이 비료는 인산, 황산가리, 질산태질소를 함유하는 복합비료를 피복하여 제품화하였다.

Osmocote는 1964년 미국 Archer Daniels Midland(ADM)회사에서 개발한 제품으로 피복물질의 주성분은 Dicyclopentadiene과 Glycerol ester의 Copolymer이다. 이 비료는 ADM 회사로부터 독점허가를 받은 Sierra 화학회사에서 3가지 상품을 생산 판매하고 있다. 이들 외에 현재 판매되고 있는 피복비료는 Coated Urea('84.일본), Shocote('88.일본), Coated Compound 비료('89.일본), Plant Cote('82.독일), Sierrablen(미국), Agriform (미국) 등이 있다.

우리나라의 완효성비료에 대한 현황은 (주)조비가 1985년 한국과학기술원 과학기술용역으로 개발한 LCU가 국내에서 최초로 개발된 비종으로 판매를 확장하고 있으며, (주)비왕산업이 일본과 계약에 의해 1993년부터 CDU와 CDU함유복비를 판매하고 있고, Meister와 Meister함유복비는 1994부터 판매하고 있다. 경기화학(주)은 IBDU와 IBDU함유복비를 1993년에 공정규격을 설정하여 생산 판매하고 있다. 남해화학(주)이 1992년부터 한국과학기술원 및 농업기술연구소와 기술용역에 의한 공동연구를 계약하여 한국과학기술원 에서는 식물성 천연수지(Rosin)를 개발하였으나, 유통과정중의 문제로 사업화에는 실패하였다. 최근 남해화학(주)은 금강고려화학과 공동연구를 통해 수분산성에 멀전을 이용한 피복비료 개발을 2004년도에 완료하여 공장신설중이며, (주)풍농에서는 UF계열의 화학적 완효성비료인 MU비료를 개발하여 시판하고 있다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 피복물질 선발 및 피복조건 확립

1. 재료 및 방법

가. 피복물질

피복물질로는 염화비닐리덴계, 아크릴계, 스티렌부타디엔계 고분자를 선발하였으며, 이중 염화비닐리덴계 라텍스는 국내 생산이 되지 않아 외국의 grade가 다른 10종의 제품을 확보하여 시험에 사용하였다. 아크릴계 라텍스는 국내에서 생산되므로 grade가 다른 10종의 제품을 확보하여 시험에 사용하였다. 스티렌부타디엔계 라텍스도 국내에서 생산되므로 grade가 다른 12종의 제품을 확보하여 시험에 사용하였다.

나. 피복시험

피복시험에 사용한 피복기로는 독일 Glatt 사의 유동층피복기와 자체 제작하여 보유하고 있던 드럼피복기를 사용하였다. 유동층피복기의 1회 피복량은 입상요소기준으로 3kg이며, 피복물질은 피복기 하부로부터 2류체 노즐을 통해 유동중인 입상요소에 분무하면서 피복시켰다. 드럼피복기의 경우 1회 피복량은 입상요소 기준으로 1kg이며, 피복물질은 피복기 전방으로부터 2류체 노즐을 통해 유동중인 입상요소에 분무하면서 피복시켰다. 피복조건을 확립하기 위해 사용한 피복물질의 농도, 피복시간, 피복온도, 풍량, 피복량, 분무속도 등 피복에 관련된 parameter를 체크하여 기록하였다.

다. 대량생산 시험

생산량이 1batch당 500kg인 유동층피복기를 사용하여 대량생산시험을 수행하였다. 유동층피복기의 1회 피복량은 입상요소 500kg이며, 피복물질은 피복기 하부로부터 2류체 노즐을 통해 유동중인 입상요소에 분무하면서 피복시켰다. 피복조건을 확립하기 위해 사용한 피복물질의 농도, 피복시간, 피복온도, 풍량, 피

복량, 분무속도 등 피복에 관련된 parameter를 체크하여 기록하였다.

라. 피복비료 용출시험

1) 수중용출시험

피복요소의 용출량을 조사하기 위해 피복요소 10g를 증류수 300ml에 담고, 25°C 항온조건에서 저장하면서 일정기간별로 물을 채취하여, UV-Vis Spectrophotometer를 사용하여 파장 440nm에서 피복비료에서 용출되어 나온 요소의 양을 측정하여 용출량을 계산하였다.

2) 논 토양중 용출시험

피복요소의 논 토양중 용출량을 조사하기 위해 피복요소 20g를 망사주머니 넣고, 이것을 벼가 이앙된 논토양 깊이 10cm 부근에 심었다. 시기별로 시료를 채취하여 증류수로 깨끗이 씻은 후 건조하여 용출되고 남은 요소의 양을 측정하여, 용출율을 계산하였다.

마. 비효시험

1) 복합비료 시료제조

벼에 대한 비효시험을 위해 벼의 생육단계에 적합한 비종을 제조하여 시험에 사용하였다. 비종은 18-7-9+1(N-P-K+Mg)로 하였으며, 인산과 칼륨, 마그네슘은 전량 속효성 비료성분으로 첨가하였고, 질소는 속효성과 완효성 피복비료의 혼합비를 Table 1-1과 같이 달리 하여 시험에 사용하였다. CDR-SS, CDR-S, CDR-M, CDR-7, CDR-8은 피복물질로 염화비닐리덴과 아크릴을 사용한 피복요소를 사용하여 제조하였으며, SCDR-S는 스티렌부타디엔을 피복물질로 사용한 피복요소를 사용하여 제조하였다.

Table 1-1. 비효시험에 사용한 시제품 중 질소성분의 혼합비

(단위:%)

비종	속효성질소	30일형 피복요소	80일형 피복요소	120일형 피복요소
CDR-SS	70	0	20	10
CDR-S	50	20	20	10
CDR-M	50	17	17	17
SCDR-S	50	20	20	10
CDR-7	50	0	30	20
CDR-8	50	10	20	20

2) 비효시험

품종별 비종확립시험에는 전남의 경우 삼천벼, 화성벼, 남평벼를 사용하였고, 충북에서는 상주벼, 광안벼, 일품벼를 사용하였다. 이모작용 비종확립시험에는 전남에서는 남평벼를 사용하였고, 충북에서는 오대벼를 사용하였다. 담수직파용 비종확립시험에는 동진벼를 사용하였다. 이모작용 비종확립시험은 일모작보다 15일 후인 6월 14일경에 이앙하여 시험을 수행하였다.

생육조사는 주요생육기별로 엽색과 초장, 분얼수를 조사하였으며, 수량조사는 수확 후 수량구성요소와 식미를 조사하였다.

2. 연구 내용 및 결과

가. 피복물질 선발

피복물질로 염화비닐리덴계, 아크릴계, 스티렌부타디엔계 고분자를 선발하였으며, 이중 염화비닐리덴계 라텍스는 grade가 다른 10종, 아크릴계 라텍스도 grade가 다른 10종, 스티렌부타디엔계 라텍스도 grade가 다른 12종의 제품을 확보하여 피복시험을 수행하였다.

염화비닐리덴라텍스는 MFT(minimum film forming temperature)가 10°C이며, 수분투과성이 10 cc/m².24hr.atm 인 것이 피복특성 및 용출특성이 우수하였다. 아크릴라텍스는 Tg가 20°C인 것이 피복과정 중 요소입자들끼리의 응집(blocking)이 발생하지 않았으며, 용출기간도 피복량에 따라 증가하는 특성을 가졌다. 스티렌부타디엔라텍스는 아크릴과 유사한 특성을 가졌으며, Tg가 20°C 정도인 것이 피복과정 중 응집발생이 없었으며, 용출기간도 피복량에 따라 증가하는 특성을 보였다. 염화비닐리덴라텍스는 용출기간 조절을 위해서 계면활성제를 첨가해야 하였고, 아크릴과 스티렌부타디엔라텍스는 피복량의 증가에 따라 용출기간이 길어지는 경향이였다. 염화비닐리덴라텍스는 고온저장 중 caking발생이 없었으나, 아크릴과 스티렌부타디엔 라텍스는 고온저장 중 caking이 발생하였다. 아크릴과 스티렌부타디엔 라텍스는 caking 문제 때문에 라텍스 피복 후 무기물을 피복하여 caking을 방지 할 수 있었다.

나. 다양한 용출기간의 피복비료 피복조건 확립

1) 염화비닐리덴 라텍스

염화비닐리덴라텍스는 수분투과성이 극히 낮아 단독으로는 용출기간 조절이 불가능하였고, Fig. 1-1에서 보듯이 계면활성제를 첨가량에 따라 정확한 용출기간 조절은 어려웠으며, 용출기간은 계면활성제 첨가량이 증가함에 따라 짧아지는 경향이였다.

PVDC latex의 경우 피복물질농도 25%, 피복시간 70분, 피복률 입상요소 중

량의 7%, 피복온도 50~60℃, Curing온도 70℃, Curing 시간은 10분 조건에서 피막형성이 양호하였다.

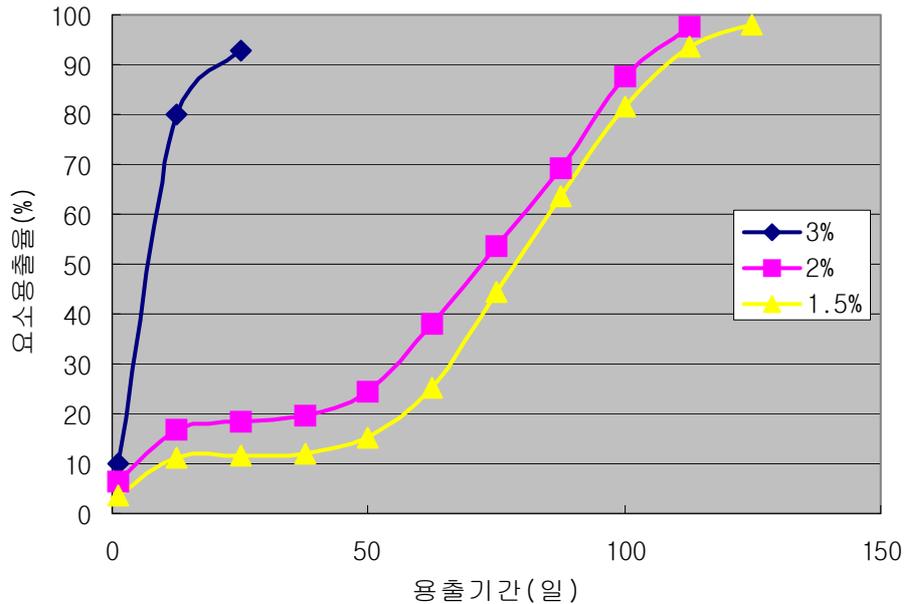


Fig. 1-1 계면활성제가 첨가된 PVDC latex 피복요소의 용출시험결과

2) 염화비닐리텐+아크릴 Blend

염화비닐리텐라텍스는 수분투과성이 극히 낮아 단독으로는 용출기간 조절이 불가능하여 아크릴라텍스와 blend하여 본 결과 용출기간 조절이 가능하였다. Blend에 사용한 아크릴 라텍스는 Tg가 30℃인 것이 피복과정 중 응집발생이 없었으며, 고온저장 중 caking발생이 없었다. 용출특성은 Fig. 1-2에서 보는 바와 같이 시그모이드형 용출특성을 보였으며, 용출기간은 아크릴라텍스의 첨가량이 증가할수록 짧아지는 경향을 보였다. 25℃ 수중용출시험결과 아크릴라텍스의 첨가량에 따라 30일, 60일, 90일의 용출기간 조절이 가능하였다.

PVDC +Acryl latex blend의 경우 피복물질농도 25%, 피복시간 70분, 피복률 입상요소 중량의 7%, 피복온도 55~60℃, Curing온도 80℃, Curing 시간은 10분 조건에서 피막형성이 양호하였다. 피복조건은 아크릴라텍스 첨가량이나 용

출시간에 상관없이 일정하였다.

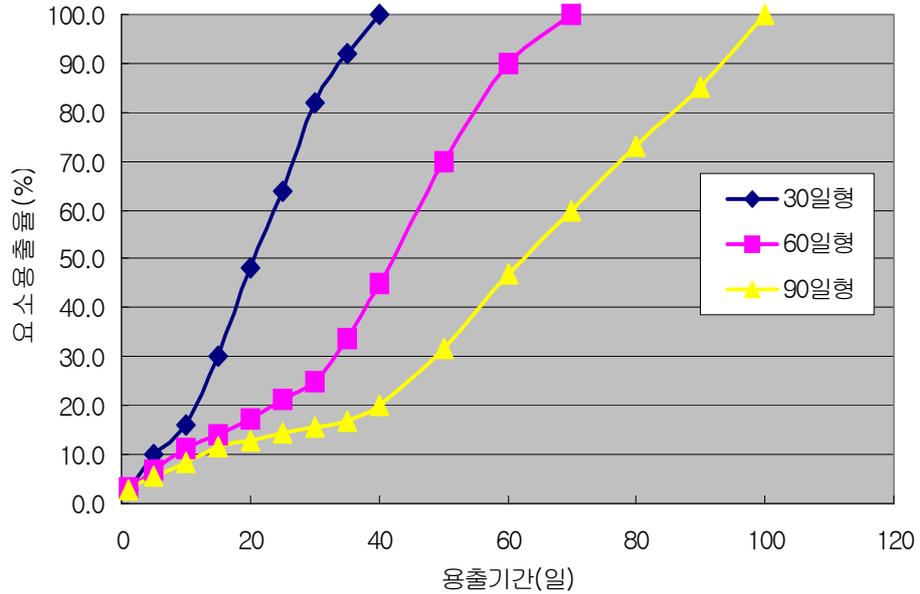


Fig. 1-2 PVDC+Acyl blend latex로 피복한 피복요소의 25℃ 수중 용출시험결과

3) 아크릴 라텍스

아크릴라텍스는 Tg가 20~30℃인 것이 피복과정 중 요소입자들끼리의 응집이 발생하지 않았으며, 용출기간조절은 PVDC와는 달리 피복량으로 조절이 가능하였다. 피복과정 중 응집발생을 막기 위해서는 피복 후 Curing 과정에서 탈크와 같은 무기물을 첨가하거나, Tg가 높은 피복물질을 2차로 피복하여 응집을 막을 수 있었다. 용출기간은 Fig. 1-3에서 보듯이 피복률에 따라 다양한 용출기간 조절이 가능하였다.

아크릴라텍스의 피복물질농도는 30%, 피복시간은 60분, 피복률은 입상요소 중량의 8%이상, 피복온도는 35~40℃, Curing 온도는 60℃이상, Curing 시간은 60분 조건에서 피막형성이 양호하였다. Acryl latex blend의 경우 피복물질농도 25%, 피복시간 70분, 피복률 입상요소 중량의 7%, 피복온도 55~60℃, Curing온도 80℃, Curing 시간은 10분 조건에서 피막형성이 양호하였다.

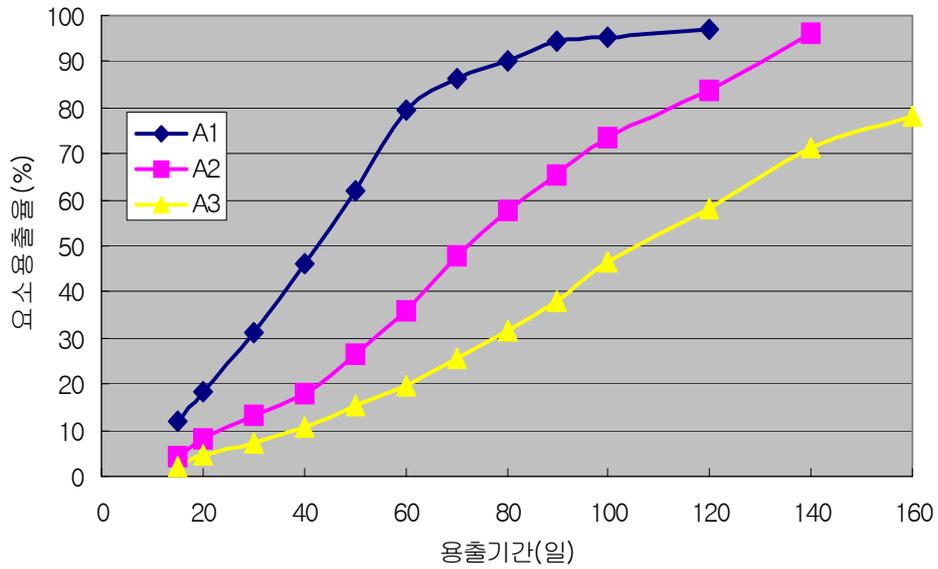


Fig. 1-3. Acryl latex 피복요소의 25℃ 수중용출시험 결과

4) 스티렌부타디엔 라텍스

스티렌부타디엔라텍스는 Tg가 20~30℃인 것이 피복과정 중 요소입자들끼리의 응집이 발생하지 않았으며, 용출기간조절은 아크릴과 마찬가지로 피복량으로 조절이 가능하였다. 피복과정 중 응집발생을 막기 위해서는 피복 후 Curing 과정에서 탈크와 같은 무기물을 첨가하거나 Tg가 높은 피복물질을 2차로 피복하여 응집을 막을 수 있었다. 용출기간은 Fig. 1-4에서 보듯이 피복률에 따라 다양한 용출기간 조절이 가능하였다.

스티렌부타디엔라텍스의 피복물질농도는 20~25%, 피복시간은 80분, 피복률은 입상요소 중량의 6%이상, 피복온도는 43~50℃, Curing 온도는 50~80℃, Curing 시간은 20분이상의 조건에서 피막형성이 양호하였다.

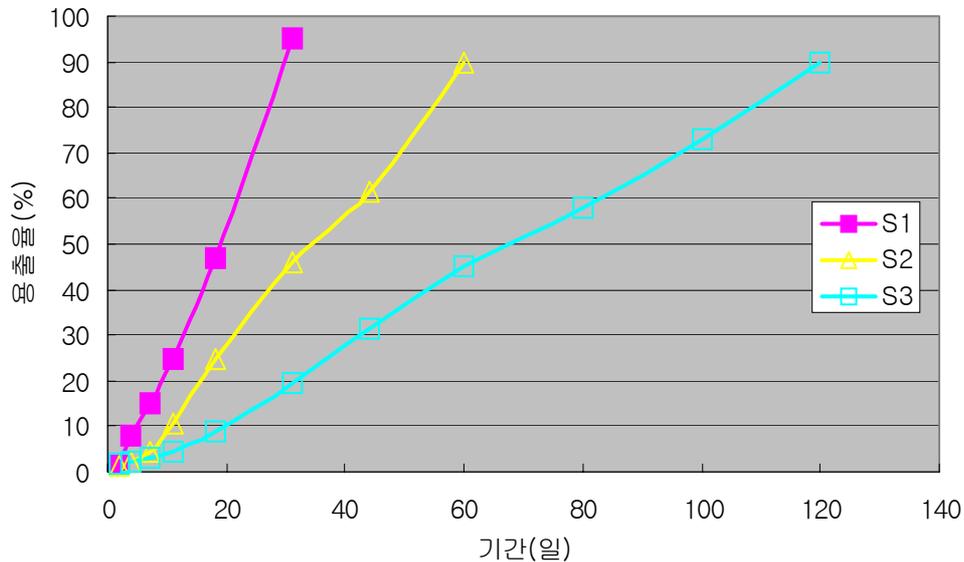


Fig. 1-4. 스티렌부타디엔라텍스 피복요소의 25℃ 수중 용출시험결과

다. 대량생산조건 확립

생산량이 1batch당 500kg인 유동층피복기를 사용하여 염화비닐리덴라텍스와 아크릴라텍스와 blend하여 대량생산시험을 수행한 결과, 피복조건은 시험실 수준의 피복조건과 큰 차이를 보이지 않았다. 생산된 피복요소의 용출특성은 시험실수준에서 제조된 피복요소와 같이 시그모이드형 용출특성을 보였으며, 용출기간은 아크릴라텍스의 첨가량이 증가할수록 짧아지는 경향을 보였다.

라. 피복비용 용출시험

1) 수중용출시험

라텍스로 피복한 피복요소의 용출은 미생물이나 토양조건에 따라 영향을 거의 받지 않고, 토양중 수증기함량과 온도에 의해 용출율이 변한다. 피복요소의 온도변화에 따른 용출율변화를 조사하면 실제 포장에서의 용출율 예측에 큰 도움이 된다. 일반적으로 논토양은 전체 작기에 걸쳐 담수되어 있는 상태를 유지하므로 토양중 온도변화는 대기 중의 온도변화와 비교하여 크지 않고 거의 25℃ 수준을 유지한다. 우리나라의 경우 비료공정규격에 피복비용의 용출율시험

에 관해 30℃에서 시험하게 되어있으나, 이 규격은 등록을 위한 사항일 뿐 실제 포장에서의 피복비료의 용출과는 관련성이 적다. 일본의 경우 피복비료의 용출 시험조건을 25℃로 기준을 두어 시험하도록 되어있으며 실제 포장에서의 용출율과 큰 차이를 보이지 않는다. PVDC + Acryl latex blend의 경우 Fig. 1-5에서 보는 바와 같이 다양한 용출기간을 갖는 피복요소 제조가 가능하였다.

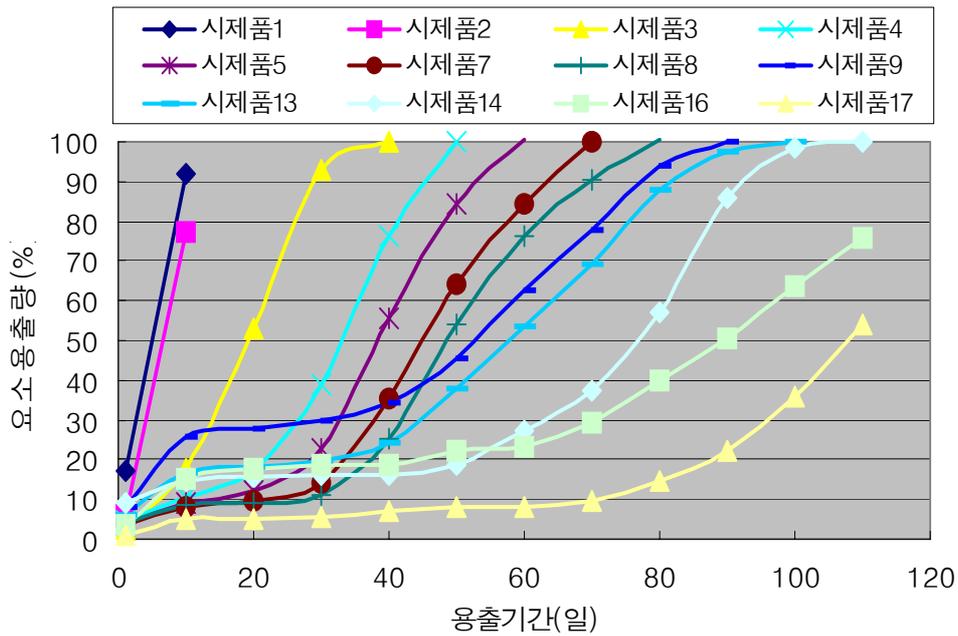


Fig. 1-5. PVDC+Acryl latex 피복요소의 25℃ 수중용출시험결과

토양중 온도변화에 의한 피복요소의 용출율변화를 예측하기 위해서 수중에서 온도별로 용출시험을 수행한 결과는 Fig. 1-6에서 보는 바와 같이 30일형 피복요소의 경우 Q_{10} (10℃ 온도차에 따른 용출율 차이)은 약 2 정도인 특성을 보였다. Fig. 1-7에서 보는 바와 같이 Acryl latex 피복요소의 Q_{10} 은 약 2 정도인 특성을 보였다. 이러한 결과로부터 겨울철 토양온도가 15℃정도로 유지 된다면 30일형 피복요소의 겨울철 용출기간은 약 60일이 되는 것으로 예측할 수 있다.

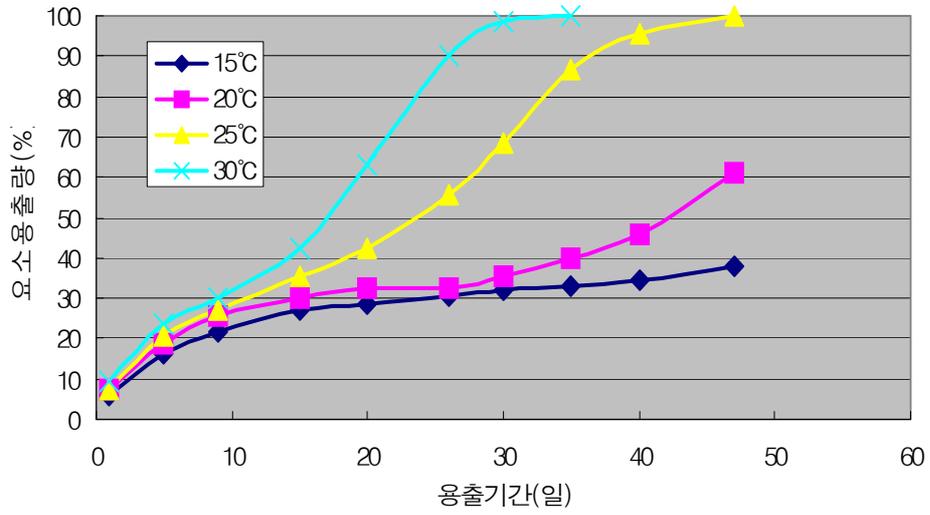


Fig. 1-6. 30일형 피복요소의 온도별 수중용출시험결과

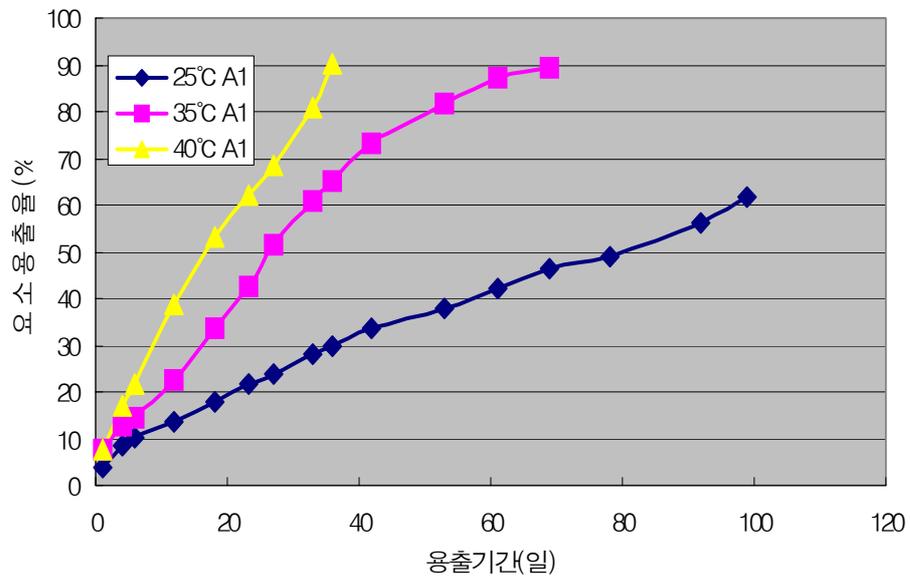


Fig. 1-7. Acryl 피복요소의 온도별 수중용출시험결과

2) 논토양 중 용출시험

피복요소의 실제 토양 중 용출율과 25℃ 수중용출을 비교를 위해 벼를 이앙한 논토양에서 비효시험에 사용한 피복요소의 토양 중 용출시험을 수행한 결과 Fig. 1-8에서 보는 바와 같이 논토양에서의 피복요소의 용출은 25℃ 수중용출과 거의 유사한 경향을 보였다.

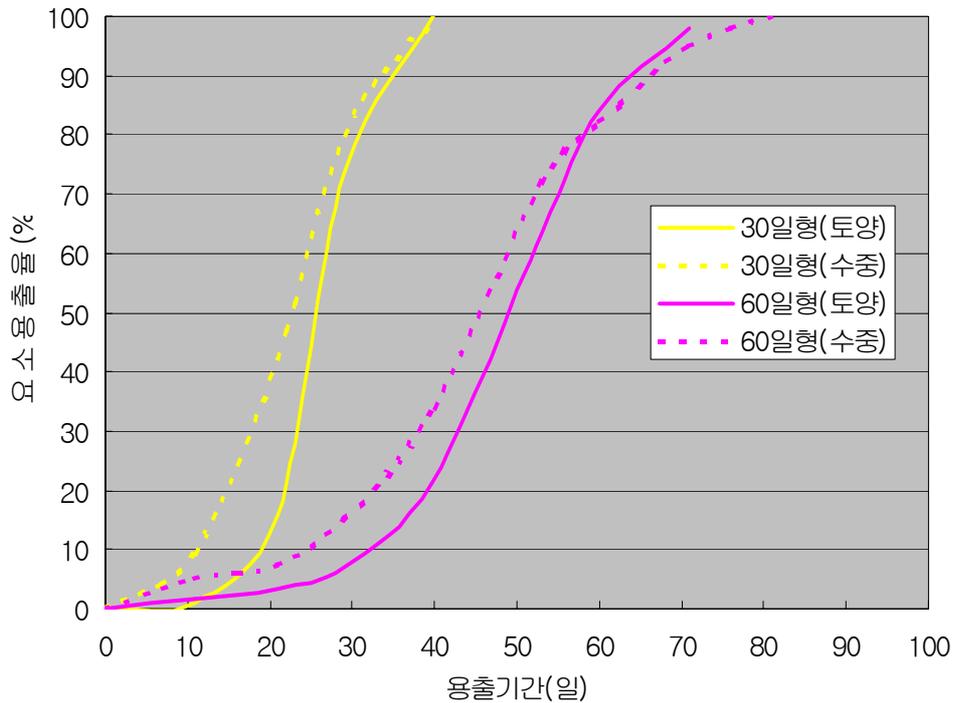


Fig. 1-8. 30일, 60일형 피복요소의 25℃ 수중 및 토양중 용출시험결과

마. 토양온도 자료화

피복요소의 실제 포장에서의 용출율에 가장 큰 영향을 미치는 인자인 토양 온도를 자료화하고, 토양중 용출율 변화와 25℃ 수중용출을 변화 관계를 파악하기 위해 실제 피복요소가 시비되는 논토양 깊이 10cm 부분에 온도계를 설치하여 벼 전체 작기 동안 대기와 토양 중 온도변화를 측정된 결과 Fig. 1-9와 같이 계절 및 날씨에 따라 일중 최고온도와 최저온도의 차이는 많게는 10℃ 정도 까지도 나지만, 토양온도는 변화가 크지 않았다. Fig. 1-10에서 보는 바와 같이 대기

평균온도와 토양평균온도는 큰 차이를 보이지 않았다. 향후 자료를 기준으로 실내 수중용출시험결과 및 토양중 용출시험결과와 비교하여 대기온도 자료를 분석하여 포장에서의 용출율을 예측할 수 있는 자료를 얻고자 하였다.

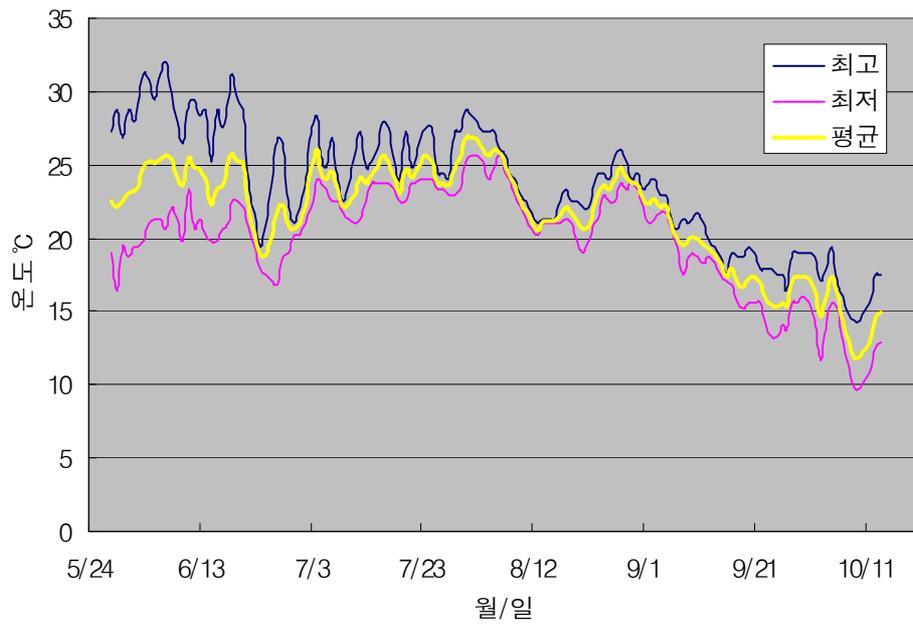


Fig. 1-9. 벼 재배 토양 중 온도 변화

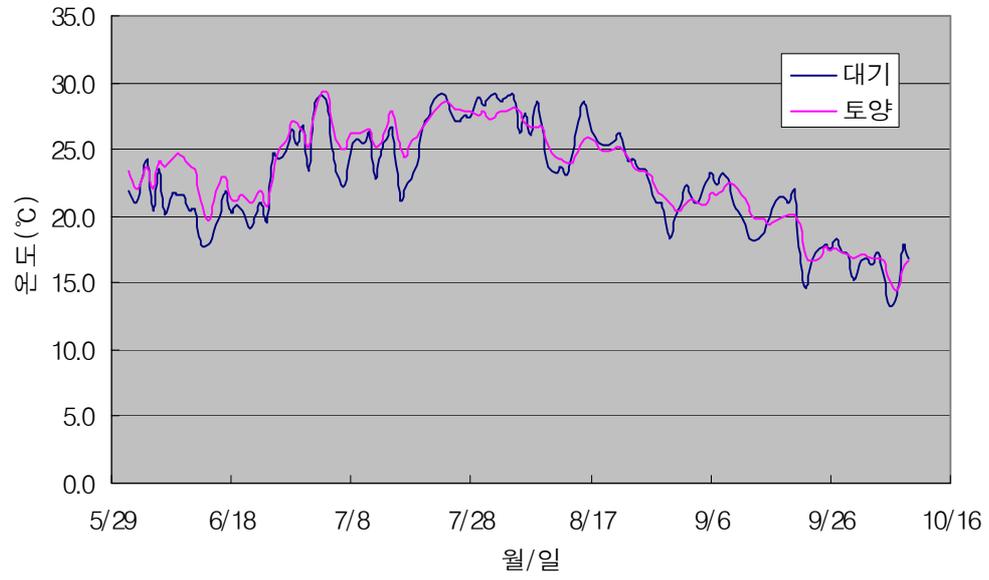


Fig. 1-10. 벼 재배기간 동안의 대기과 토양온도의 변화

바. 수도용 완효성복비 비중확립

1) 피복비료 혼합비 확립시험

가) 공시작물(품종) : 일품벼

나) 경종개요

2003년 5월 23일에 씨레질 전 비료를 시비하고, 5월 28일에 기계이앙 하였다.

다) 처리내용 및 처리방법

비중선발을 위해 시험한 피복요소복합비료의 비중 및 처리방법은 아래의 Table 2와 같다.

Table 1-2. 처리비중 및 처리방법

구분	처리비중	처리성분량(kg/10a)			처리방법
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
시제품1	18-7-9	11	4.5	5.7	전량기비, 전층시비
시제품2	18-7-9	"	"	"	"
시제품3	18-7-9	"	"	"	"
시제품4	18-7-9	"	"	"	"
시제품5	18-7-9	"	"	"	"
관행		"	"	"	관행시비
무처리		0	"	"	관행시비

마) 결과

초장은 Fig. 1-11에서 보는 바와 같이 무처리구를 제외하고 처리별로 큰 차이를 보이지 않았다. 출수기에는 수량에서 관행보다 많았던 시제품1과 시제품6은 관행과 비슷한 수준이었고, 시제품3과 시제품4는 관행보다 5cm 정도 작았다.

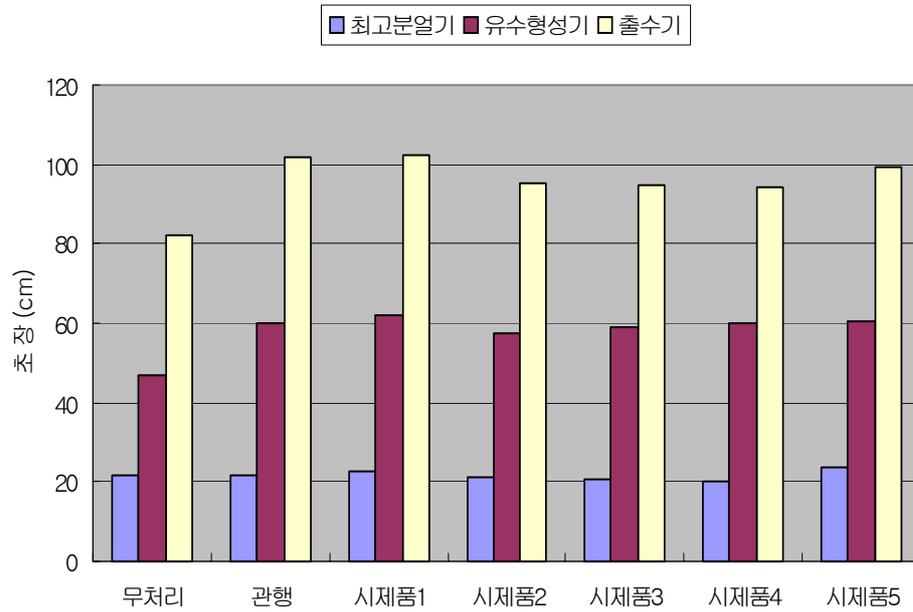


Fig. 1-11 처리비중 별 주요생육시기별 초장변화

분얼수도 Fig. 1-12에서 보듯이 초장과 비슷한 경향을 보였으며, 수량과 직접관련이 있는 유효분얼수에 해당하는 출수기의 분얼수는 수량이 많았던 시제품1, 시제품5가 관행보다 많았으며, 특이하게 관행보다 수량이 많았던 시제품2는 분얼수가 관행보다 적었다.

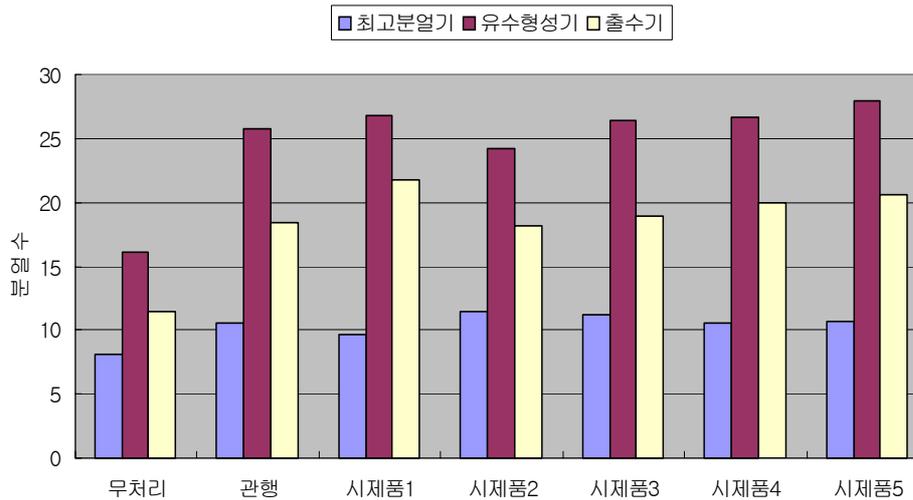


Fig. 1-12. 처리비중 별 주요생육시기별 분얼수 변화

엽색은 Fig. 1-13에서 보는 바와 같이 초장이나 분얼수와 비슷한 경향을 보였으며, 수량이 많았던 시제품1과 시제품6, 시제품2가 관행과 비슷한 수준을 유지하였다. 따라서 이 3비종이 질소비효가 관행과 유사하게 전 생육기간을 걸쳐 적절하게 유지된 것으로 판단된다.

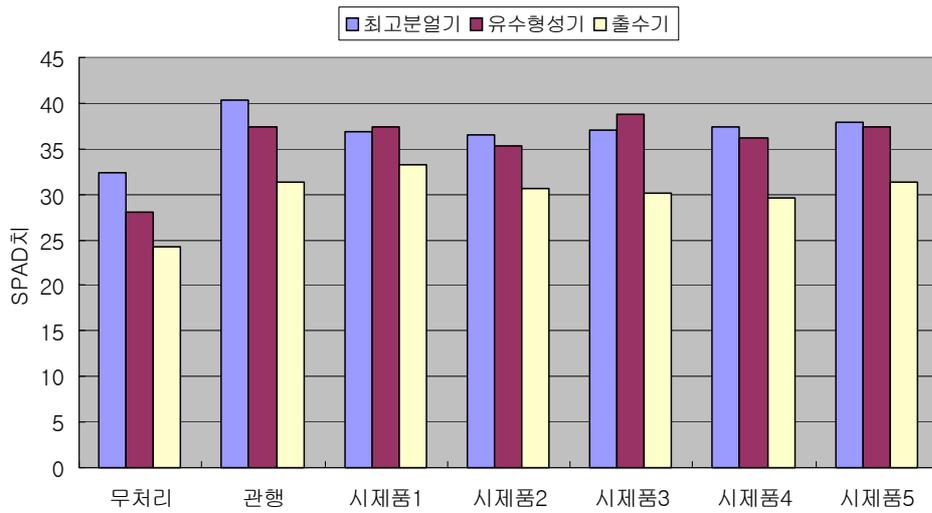


Fig. 1-13. 처리비종 별 주요생육시기별 엽색 변화

수량 및 수량구성요소는 Table 1-3에서 보는 바와 같이 생육이 좋았던 시제품1, 시제품2, 시제품6에서 관행과 동등한 수량을 얻을 수 있었다. 수량에 가장 큰 영향을 미치는 수량구성요소는 시제품1의 주당수수이였으며, 시제품2는 수당 입수와 천립중이었고, 시제품5는 천립중이었다. 이렇게 비종별로 수량에 미치는 영향에 차이를 보였다.

Table 1-3. 비종 별 수량 및 수량구성요소

구분	주당수수 (개/주)	수당입수 (개/수)	천립중 (g)	정조중 (kg/10a)	수량지수
무처리	13.7	89.4	24.2	445.3	68.8
관행	21.7	95.2	23.6	647.3	100
시제품1	22.0	93.2	23.7	659.6	101.9
시제품2	19.7	96.3	24.4	664.0	102.6
시제품3	21.7	96.9	24.5	591.4	91.4
시제품4	21.3	93.2	23.8	586.8	90.7
시제품5	20.7	94.9	24.3	650.2	100.4

2) 담수직파재배용 비종확립 시험

가) 공시작물(품종) : 동진벼

나) 경종개요

2004년 5월 4일 비료시비하고, 5월 6일 낙종하였다.

다) 처리내용 및 처리방법

비종선발을 위해 시험한 피복요소복합비료의 비종 및 처리방법은 아래의 Table 1-4와 같으며, 완효성으로 용출기간이 다른 2종의 피복요소를 사용하였다.

Table 1-4. 처리비종 및 처리방법

구분	처리비종	처리성분량(kg/10a)			처리방법
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
DCDR1	18-7-9	11	4.5	5.7	전량기비, 전층시비
DCDR2	18-7-9	"	"	"	"
DCDR1 80%	18-7-9	8.8	3.6	4.6	"
DCDR2 80%	18-7-9	"	"	"	"
관행		11	4.5	5.7	관행시비
무처리		0	"	"	관행시비

마) 결과

초장은 Fig. 1-14에서 보는 바와 같이 무처리구를 제외하고 처리별로 큰 차이를 보이지 않았다. 출수기인 이앙 후 90일차에서는 수량에서 관행보다 많았던 피복비료 처리구 모두 관행보다 작았으며, 원인은 관행구의 경우 속효성 이삭거름을 시비하였기 때문으로 판단된다. 피복비료구내에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, DCDR1보다 DCDR2 처리구의 초장이 큰 경향이였다.

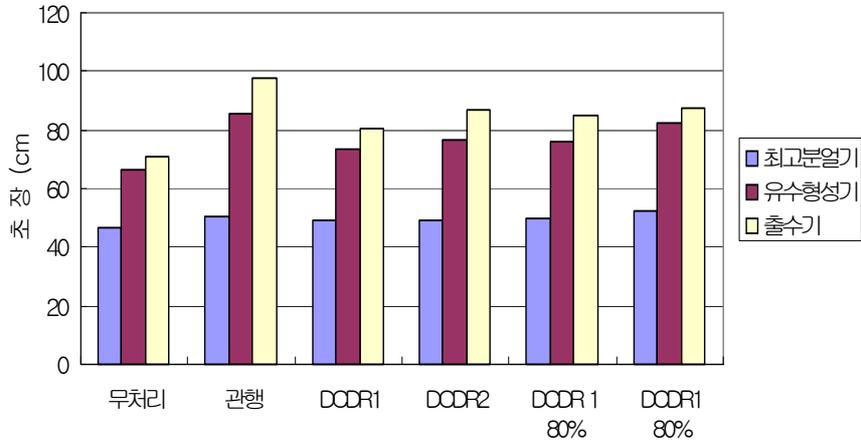


Fig. 1-14 주요 생육시기별 초장변화

분얼수는 이앙재배와는 달리 처리구간에 큰 차이를 보이지 않았다. 관행구와 무처리구의 경우 최고분얼기 이후 분얼수가 감소하는 경향이었으나, 피복비료 처리구의 경우 최고분얼기의 분얼수가 출수기까지 그대로 유지되는 경향을 보였다. 이는 피복요소와 질소성분이 장기간에 걸쳐 서서히 용출되어 나오기 때문에 속효성비료와는 달리 비효가 끊이지 않고 지속되었기 때문으로 판단된다.

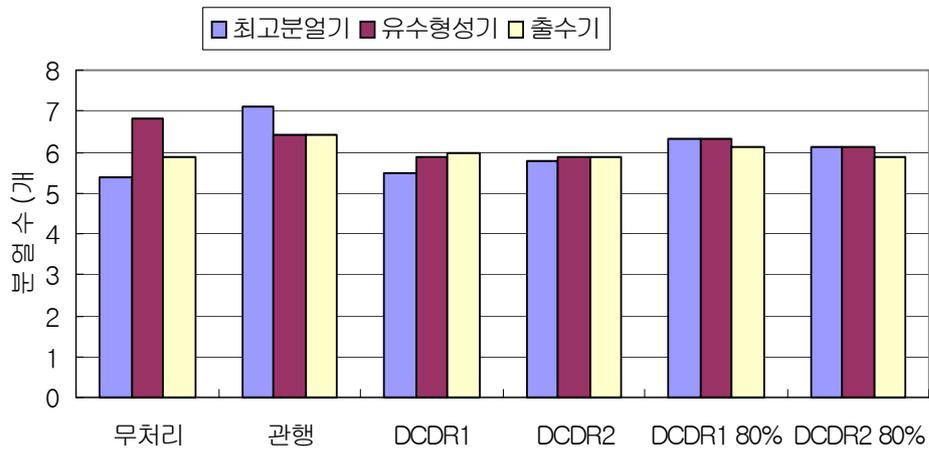


Fig. 1-15 주요 생육시기별 분얼수 변화

엽색은 최고분얼기와 유수형성기에는 관행구가 가장 높았으나, 수량과 관련

이 많은 출수기에는 DCDR2구가 가장 높았다. 피복비료구내에서도 DCDR2구가 다른 처리구에 비해 전 생육기간에 걸쳐 약간 높게 유지되었다. 이것은 60일, 90일형 피복비료 량이 다른 처리구에 비해 많았기 때문으로 생각된다.

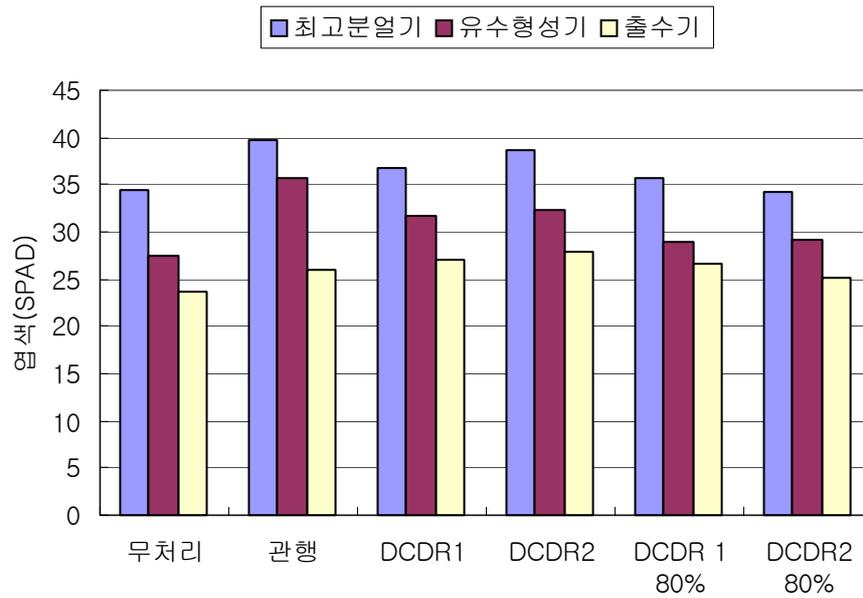


Fig. 1-16 주요생육시기별 엽색변화

수량 및 수량구성요소는 Table 1-5에서 보는 바와 같이 생육이 좋았던 DCDR2구에서 관행과 동등한 수량을 얻을 수 있었으며, 수량에 가장 큰 영향을 미치는 수량구성요소는 DCDR1의 경우 천립중과 등숙율 이었고, DCDR2의 경우 수수, 천립중, 등숙율 이었고, DCDR2 80%의 경우 DCDR2와 마찬가지로 수수, 천립중, 등숙율이었다.

Table 1-5. 비종 별 수량 및 수량구성요소

구분	수수 (개/m ²)	수당입수 (개/수)	천립중 (g)	등숙율 (%)	정조중 (kg/10a)	수량지수
무처리	396	88.3	23.7	93.1	402.2	70.8
관행	565.3	102.0	21.4	82.1	567.8	100.0
DCDR1	552.3	80.2	24.3	91.7	553.4	97.5
DCDR2	577.3	82.7	23.3	89.1	573.8	101.1
DCDR1 80%	473.3	92.2	24.5	93.4	493.7	86.9
DCDR2 80%	568.0	79.8	23.9	90.7	553.8	97.5

제 2절 수도권 안호성복비 비중확립 시험(충북대학교)

1. 품종별 비중확립 시험(1년차)

가. 공시작물(품종) : 조생종(상주벼), 중생종(광안벼), 중만생종(일품벼)

나. 경종개요 : 2003년 5월 23일 비료시비, 5월 28일 이앙

다. 처리내용 및 비중

Table 2-1 품종별 시험 비중

조생종(상주벼)		중생종(광안벼)		중만생종(일품벼)	
무질소 관행	CDR-SS	CDR-S	무질소 관행	CDR-S	CDR-M

라. 결과

생육조사 결과 초장은 조생종의 경우 관행구가 가장 컸으며, 피복비료 처리구에서는 CDR-S보다 CDR-SS구가 출수기 때 초장이 더 컸다. 중생종의 경우 피복비료 처리구 모두 관행과 큰 차이를 보이지 않았으며, CDR-S보다 CDR-M구가 더 컸다. 중만생종의 경우 중생종과 마찬가지로 관행과 큰 차이가 없었으며, CDR-M구가 관행보다 더 컸다.

생육조사 결과 초장은 조생종의 경우 관행구가 가장 컸으며, 피복비료 구에서는 CDR-S보다 CDR-SS구가 출수기 때 초장이 더 컸다. 중생종의 경우 피복비료 구 모두 관행과 큰 차이를 보이지 않았으며, CDR-S보다 CDR-M구가 더 컸다. 중만생종의 경우 중생종과 마찬가지로 관행과 큰 차이가 없었으며, CDR-M구가 관행보다 더 컸다.

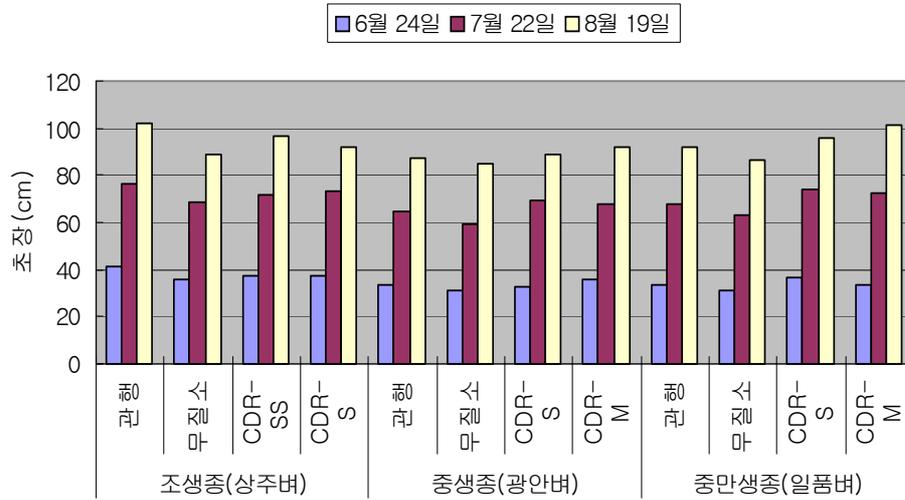


Fig. 2-1 주요 생육시기별 초장 변화

분얼수는 조생종의 경우 관행구가 가장 많았으며, 피복비료 구에서는 수량이 많았던 CDR-SS구가 CDR-S구가 분얼이 더 많았다. 중생종의 경우 피복비료구 중 CDR-S구가 관행보다 분얼이 많았다. 중만생종의 경우 CDR-M, CDR-S 모두 관행보다 분얼이 많았다.

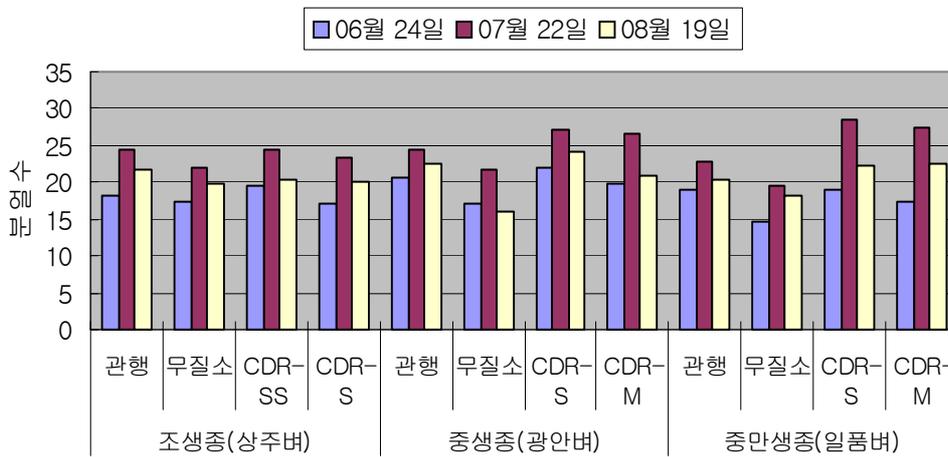


Fig. 2-2 주요 생육시기별 분얼수 변화

엽색은 조생종의 경우 관행구가 가장 컸으며, 피복비료 구에서는 큰 차이를 보이지 않았다. 중생종의 경우 피복비료 구 모두 관행과 큰 차이를 보이지 않았다. 중만생종의 경우 중생종과 마찬가지로 관행과 큰 차이가 없었으며, CDR-M구가 CDR-S구보다 약간 높았다.

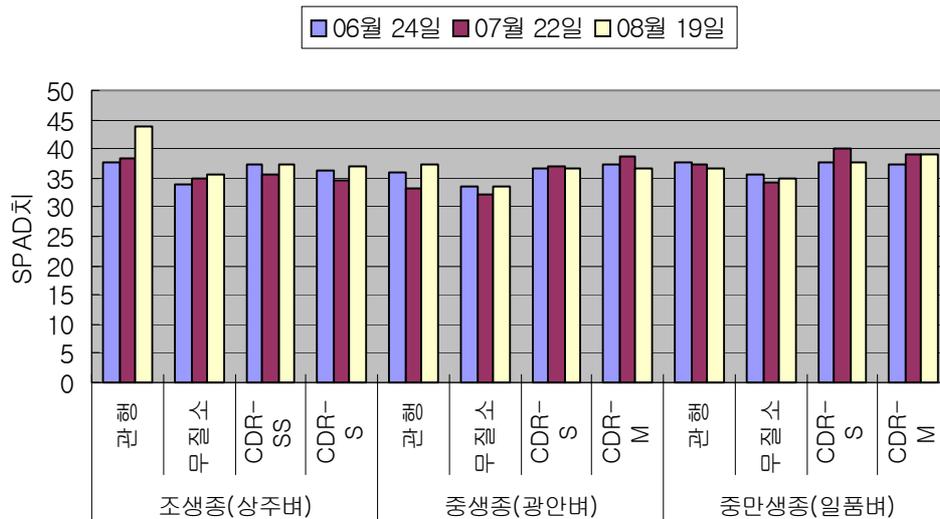


Fig. 2-3 주요 생육시기별 엽색 변화

엽면적지수는 출수기에 조사하였으며, 조생종의 경우 피복비료구가 관행보다 컸으며, 피복비료구중에서는 CDR-SS구가 CDR-S구보다 컸다. 중생종에서는 CDR-S구와 관행구와는 차이가 없었으나, CDR-M구는 관행보다 낮았다. 중만생종의 경우 중생종과 비슷한 경향이었다.

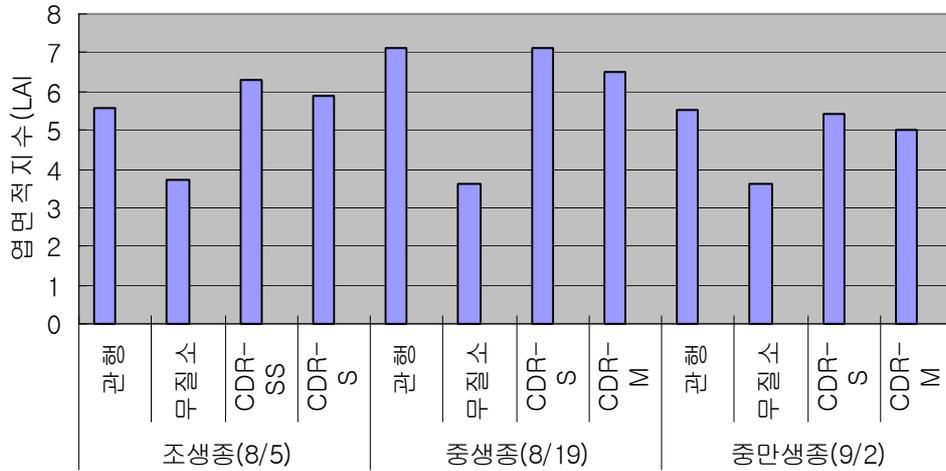


Fig. 2-4 비종별 출수기 엽면적지수

생육시기별 벼 잎 중 전질소 함량 변화를 조사한 결과 생육이 진전됨에 따라 잎의 전질소 함량은 감소하였고, 전체적인 경향은 엽색변화와 유사한 경향을 보였다. 조생종의 경우 생육후반기에는 피복비료구가 관행구보다 전질소함량이 높았으나, 중생종과 중만생종은 관행과 차이가 없었다.

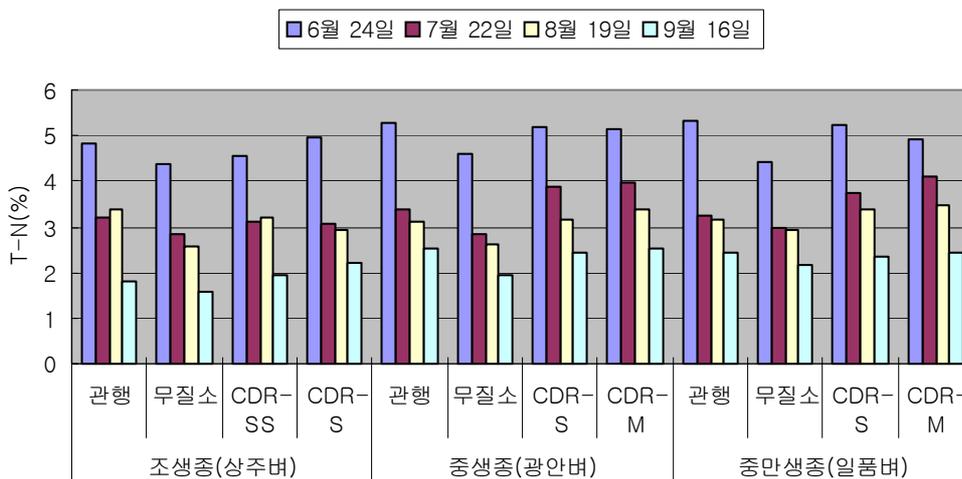


Fig. 2-5 벼 잎의 전질소 함량

수량은 조생종의 경우 CDR-SS구가 가장 많았으며, 증수요인은 단위면적당 이삭수 이었다. CDR-S구는 관행과 차이가 없었다. 중생종의 경우 CDR-S구가 가장 수량이 많았으며, 증수요인은 단위면적당 이삭수와 등숙율이었다. CDR-M구는 관행과 차이가 없었다. 중만생종에서는 CDR-S와 CDR-M구 모두 관행보다 수량이 많았으며, 증수요인은 단위면적당 이삭수와 천립중이었다.

Table 2-2 수량구성요소 및 수량

		이삭수 (개/m ²)	이삭당 영화수 (개)	등숙률 (%)	천립중 (g)	수 량 (kg/10a)
	관행	330	86	82.2	22.6	527
조생종 (상주벼)	무질소	289	81	82.4	21.8	421
	CDR-SS	334	88	80.6	22.4	531
	CDR-S	329	87	80.9	22.7	526
	관행	335	90	79.6	22.3	535
중생종 (광안벼)	무질소	294	82	84.6	21.4	436
	CDR-S	340	89	83.6	21.7	549
	CDR-M	338	86	83.5	22.0	534
	관행	337	94	82.0	20.6	535
중만생종 (일품벼)	무질소	304	83	85.1	19.8	425
	CDR-S	341	92	80.6	21.6	547
	CDR-M	340	90	81.4	21.8	543

미질은 조생종의 경우 수량이 많았던 CDR-SS구가 완전미율이 가장 높았으나 식미치는 관행보다 낮았다. 중생종에서는 CDR-S와 CDR-M구 모두 완전미율은 관행보다 높았으나, 식미치는 CDR-S만 관행보다 높았고, CDR-M은 관행보다 낮았다. 중만생종에서는 CDR-S와 CDR-M구 모두 완전미율은 관행보다 높았으며, 식미치도 관행구보다 높았다.

Table 2-3 처리구별 미질차이

		완전미율 (%)	Amylose (%)	Amylopectin (%)	Toyo식미치
조생종	관행	74.1	22.3	77.7	83.2
	무질소	65.7	20.5	79.5	77.2
	CDR-SS	75.3	21.2	78.8	74.9
	CDR-S	74.7	20.2	79.8	69.5
중생종	관행	72.9	22.7	77.3	62.2
	무질소	64.9	22.8	77.2	61.6
	CDR-S	75.5	22.0	78.0	64.6
	CDR-M	75.3	22.0	78.0	59.2
만생종	관행	71.3	22.3	77.7	62.9
	무질소	62.5	22.2	77.8	65.8
	CDR-S	74.2	21.1	78.9	65.5
	CDR-M	73.9	20.4	79.6	64.9

시험전후 토양의 이화학적 변화를 알아보기 위해 토양분석을 수행한 결과 처리구간 뚜렷한 차이를 볼 수 없었다.

Table 2-4 시험 전, 후 토양분석 결과

구분		pH		유기물함량(%)		T-N(%)	
		시험전	시험후	시험전	시험후	시험전	시험후
조생종	관행	5.12	4.95	2.18	2.25	0.122	0.119
	무질소	5.07	5.04	1.46	2.05	0.117	0.148
	CDR-SS	5.15	5.06	1.39	1.65	0.123	0.109
	CDR-S	4.90	4.87	1.52	1.46	0.122	0.109
중생종	관행	5.16	4.73	1.52	0.99	0.110	0.103
	무질소	4.98	4.58	2.18	1.26	0.124	0.111
	CDR-S	5.00	4.59	2.18	1.32	0.121	0.103
	CDR-M	5.05	4.63	2.18	1.06	0.120	0.092
만생종	관행	5.30	4.64	1.92	1.39	0.150	0.098
	무질소	5.35	4.54	2.05	1.92	0.146	0.127
	CDR-S	5.04	4.61	1.59	1.32	0.115	0.093
	CDR-M	5.01	4.59	1.39	1.26	0.114	0.083

구분		K		Ca		Mg		Na		P	
		시험 전	후	전	후	전	후	전	후	전	후
조생종	관행	0.59	0.91	1.93	2.55	0.43	0.53	0.15	0.22	0.03	0.07
	무질소	0.56	1.04	1.41	2.31	0.30	0.45	0.15	0.21	0.06	0.08
	CDR-S	0.68	0.73	1.75	1.38	0.37	0.27	0.15	0.12	0.07	0.06
	S	0.69	0.66	1.63	1.73	0.32	0.37	0.18	0.13	0.08	0.04
중생종	관행	0.69	0.68	2.11	1.34	0.49	0.27	0.16	0.12	0.05	0.06
	무질소	0.75	0.75	2.10	1.39	0.53	0.31	0.15	0.09	0.03	0.04
	CDR-S	0.61	0.65	1.94	1.53	0.39	0.29	0.17	0.11	0.09	0.05
	CDR-M	0.62	0.68	1.79	1.53	0.37	0.33	0.16	0.12	0.08	0.04
만생종	관행	1.12	0.70	1.92	1.69	0.34	0.38	0.19	0.12	0.11	0.03
	무질소	0.87	0.79	1.93	1.61	0.37	0.39	0.19	0.13	0.10	0.02
	CDR-S	1.00	0.63	1.78	1.41	0.40	0.29	0.13	0.11	0.06	0.05
	CDR-M	0.97	0.62	2.59	1.18	0.64	0.25	0.15	0.11	0.06	0.03

2. 재배양식별 비종확립시험(2년차)

가. 공시품종 : 평야지 재배(광안벼), 이모작 재배(오대벼)

나. 경종개요

- 1) 평야지 : 2004년 5월 20일 비료시비, 5월 24일 이앙
- 2) 이모작 : 2004년 6월 10일 비료시비, 6월 14일 이앙

다. 처리내용

표 2-5 처리내용

이모작재배(오대벼)					평야지재배(광안벼)				
무질소	관행	CDR-SS	CDR-SS 80%	CDR-S 80%	무질소	관행	CDR-M	CDR-M 80%	CDR-S 80%

라. 결과

초장은 평야지재배의 경우 무질소 구를 제외하고 처리구간 차이가 없었으며, 80% 감비구에서도 100%구와 차이를 보이지 않았다. 이모작 재배에서도 마찬가지로 처리구간 차이가 없었다.

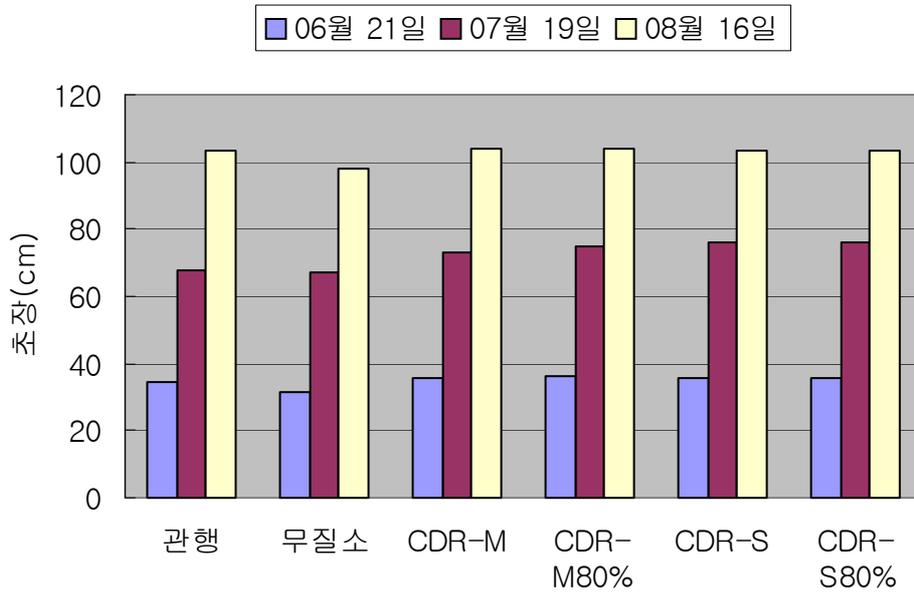


Fig. 2-6 평야지재배에서 주요 생육시기별 초장변화

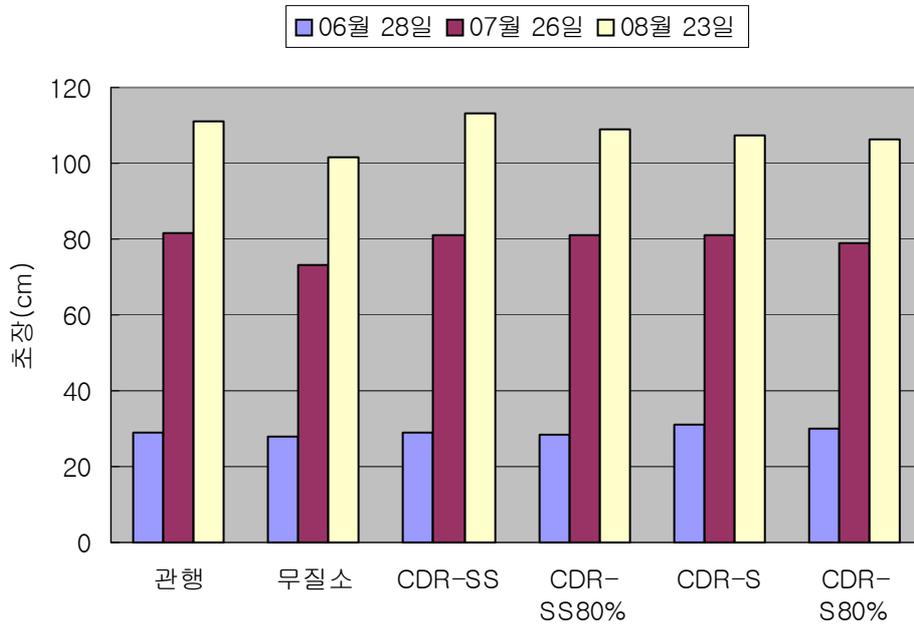


Fig. 2-7 이모작 재배에서 주요 생육시기별 초장변화

분얼수는 평야지재배의 경우 무질소 구를 제외하고 처리구간 큰 차이가 없었으나, CDR-M 처리구는 관행보다 많았으며, CDR-S구는 관행과 차이가 없었다. 감비구인 CDR-M80%구와 CDR-S80%구 모두 100% 처리구와 차이를 보이지 않았다.

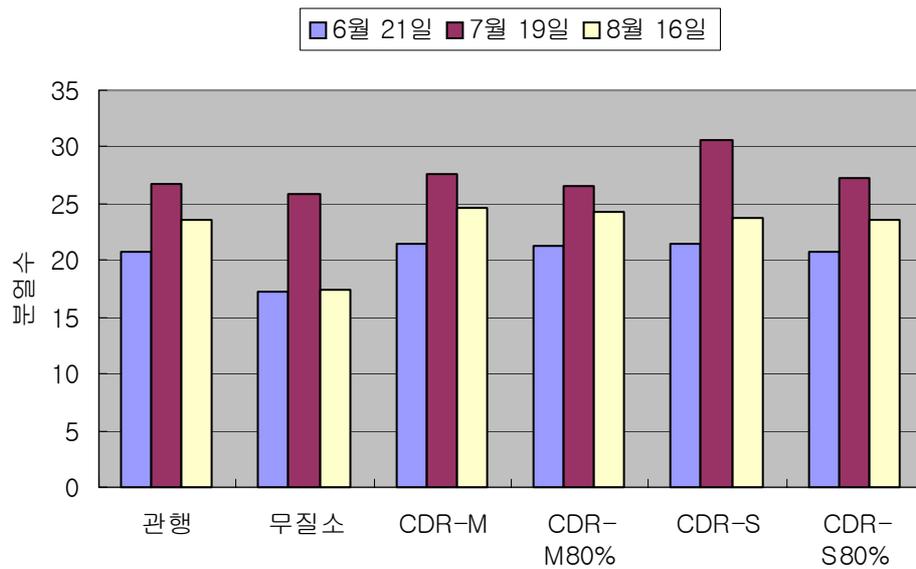


Fig. 2-8 평야지재배에서 주요 생육시기별 분얼수 변화

이모작 재배의 경우 피복비료구가 관행보다 분얼수가 떨어지는 경향이였다. 피복비료 구 중 CDR-SS구가 CDR-S구보다 분얼수가 많았으며, 80% 감비구들은 100% 처리구와 떨어지는 경향이였다..

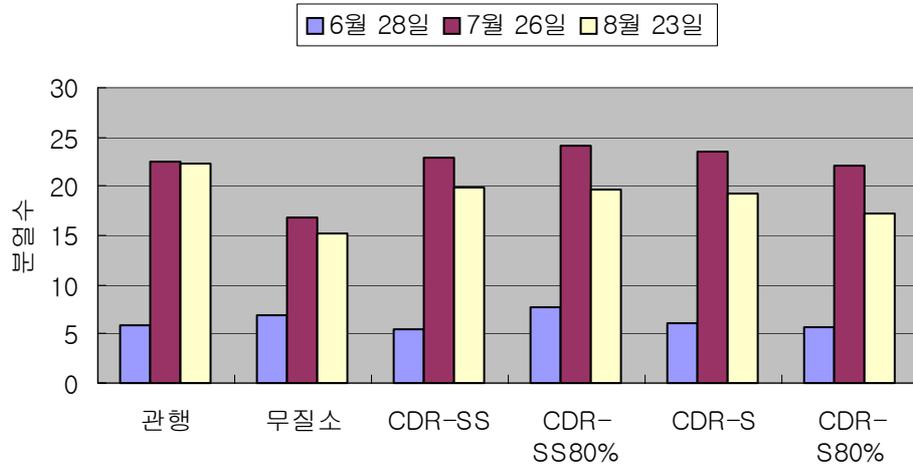


Fig. 2-9 이모작 재배에서 주요 생육시기별 분얼수 변화

엽색은 평야지재배의 경우 피복비료 구 모두 관행보다 높았으며, 감비구인 CDR-M80%구와 CDR-S80%구 모두 100% 처리구와 차이를 보이지 않았다. 이모작재배에서도 피복비료 구 모두 관행보다 높았으며, 감비구인 CDR-M80%구와 CDR-S80%구 모두 100% 처리구와 차이를 보이지 않았다.

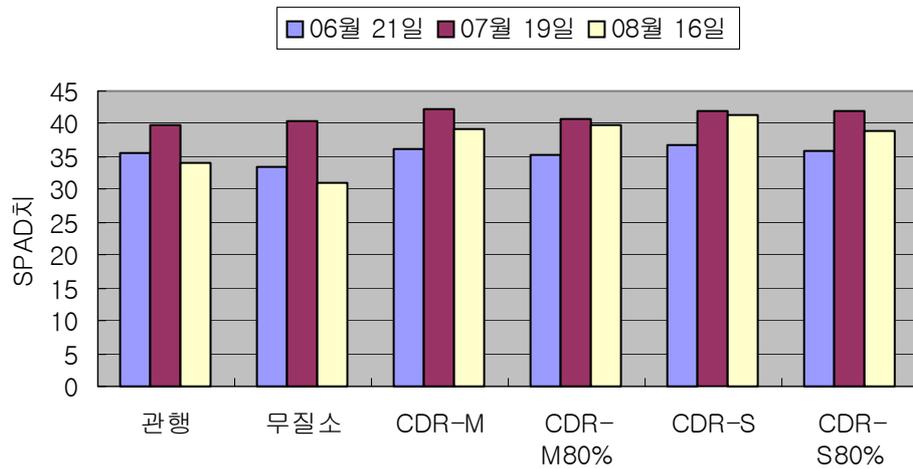


Fig. 2-10 평야지재배에서 주요 생육시기별 엽색 변화

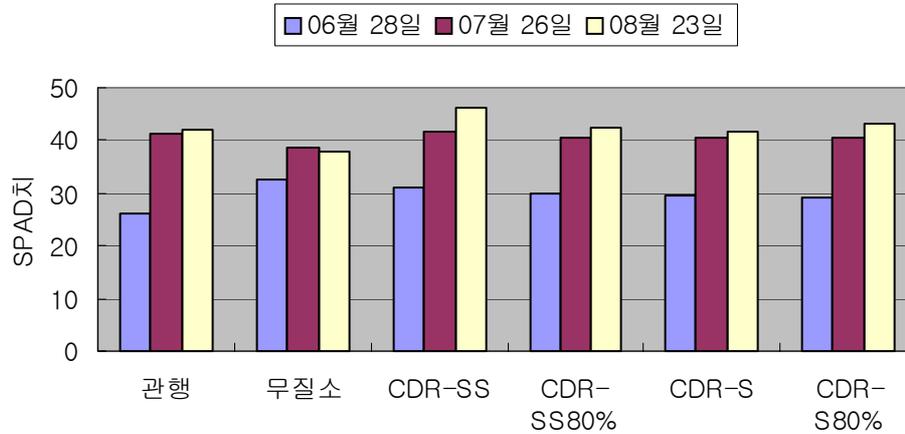


Fig. 2-11 이모작 재배에서 주요 생육시기별 엽색 변화

출수기 엽면적지수는 평야지재배의 경우 CDR-S구가 관행과 동등한 수준이었으며, 이모작재배에서는 CDR-S와 CDR-SS구 모두 관행과 동등한 수준이었다. 평야지재배와 이모작재배 모두에서 감비구들의 엽면적지수는 100% 처리구보다 떨어지는 경향이였다.

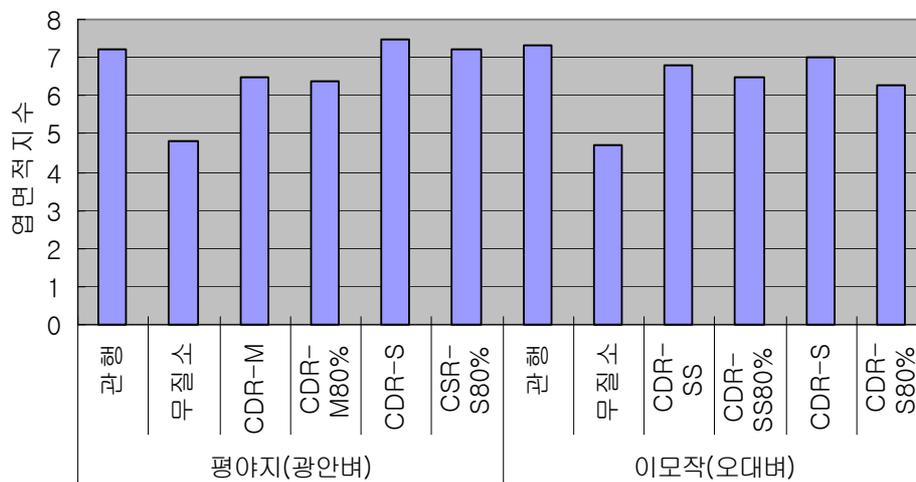


Fig. 2-12 재배양식별 출수기 엽면적지수

벼 잎중 전질소 함량은 평야지재배의 경우 무질소구를 제외하고 큰 차이를

보였 않으며, 무질소구와 처리구 간에는 0.5%정도의 전질소 함량 차이가 유지 되었다. 처리구내에서는 관행구, CDR-M80%, CDR-S80%구가 비슷한 경향이었으며, CDR-M과 CDR-S는 관행보다 약간 높은 경향을 보였다. 이것은 완효성피복비료는 전체 생육기간에 걸쳐 서서히 용출되어 벼에 흡수되었기 때문으로 판단된다. 이모작재배에서도 평야지재배와 비슷한 경향을 보였으며, 무질소구와 처리구간의 차이는 평야지 재배보다 적었다.

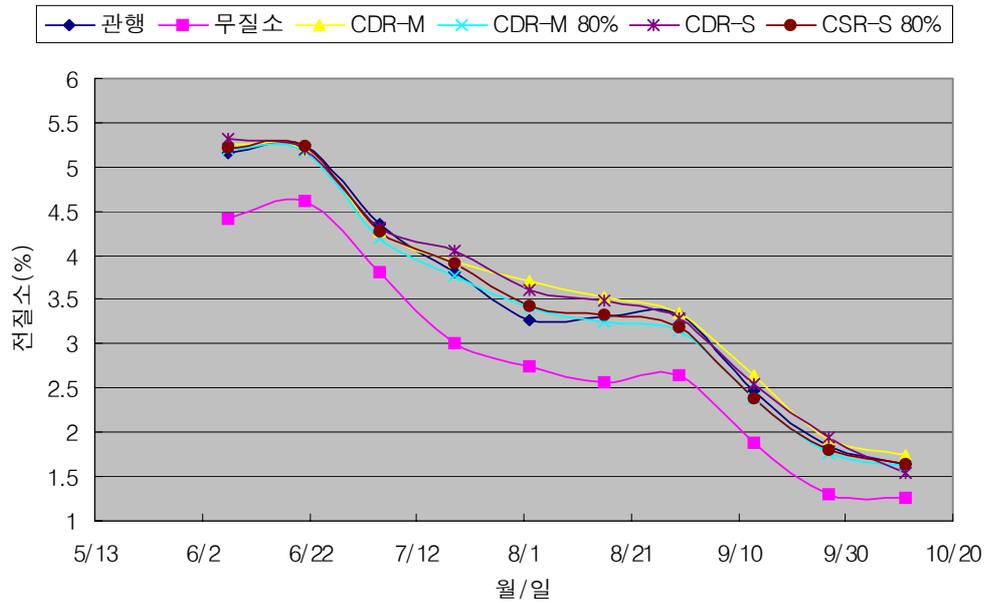


Fig. 2-13 평야지 재배(광안벼)의 생육시기별 벼 잎중 전질소 함량 변화

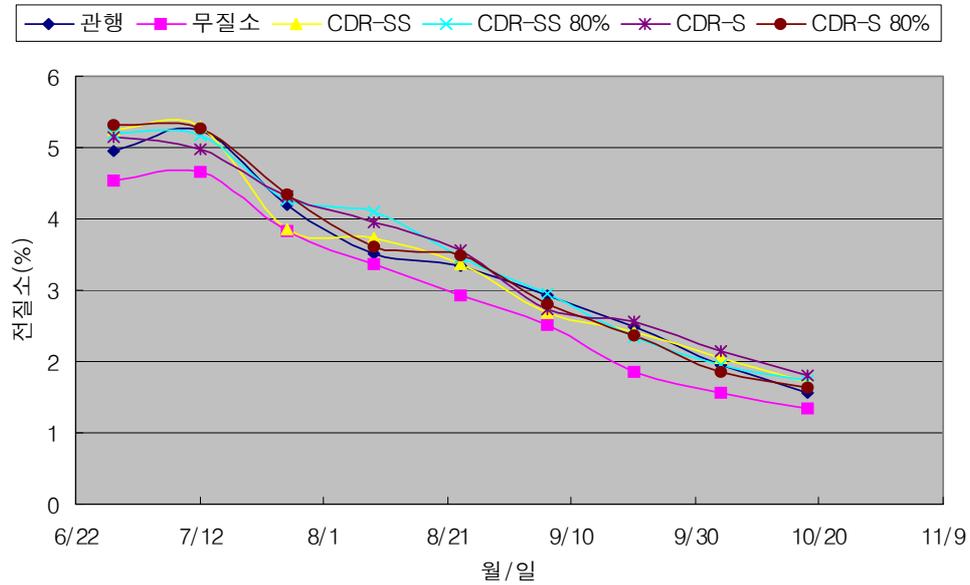


Fig. 2-14 이모작 재배(오대벼)의 생육시기별 벼 잎중 전질소 함량 변화

수량 및 수량구성요소는 표 2-6에서 보는 바와 같이 평야지재배 광안벼에서는 CDR-M과 CDR-S 각각 수량지수가 101과 104로 관행보다 증수되었으며, 증수요인은 CDR-M처리구는 천립중과 등숙율이었으며, CDR-S처리구는 단위면적당수수이었다. 감비구인 CDR-M80%와 CDR-S80%는 각각 수량지수가 97과 99로 관행과 동등한 수량을 얻을 수 있었다. 이모작재배 오대벼에서는 광안벼와 유사한 경향을 보였으며, CDR-SS과 CDR-S80% 각각 수량지수가 102와 101로 증수되었으며, 증수요인은 CDR-SS처리구는 단위면적당수수이었고, CDR-S80%는 수당입수 이었다. 감비구인 CDR-SS80%와 CDR-S80%는 관행과 동등한 수량일 얻을 수 있었다.

표 2-6 수량 및 수량구성요소

	No. of panicles /m ²	Spikelet per panicles	Percent ripened grain (%)	1,000 grain weight (g)	Yield (kg/10a)	Yield index	
관행	407.5	97	84.2	22.1	736	100	
무질소	319.0	86	85.6	21.6	507	69	
평야지 (광안벼)	CDR-M	404.8	97	84.7	22.3	742	101
	CDR-M80 %	396.0	95	84.9	22.4	715	97
	CDR-S	422.4	98	85.0	21.8	767	104
	CDR-S80 %	409.2	96	83.7	22.2	730	99
	관행	413.6	95	84.6	22.3	741	100
이모작 (오대벼)	무질소	325.6	85	85.0	22.1	520	70
	CDR-SS	418.0	96	84.5	22.2	753	102
	CDR-SS8 0%	405.4	96	85.0	22.5	744	100
	CDR-S	398.5	98	83.7	22.4	732	99
	CDR-S80 %	410.0	97	84.7	22.2	748	101

시험전후 토양의 이화학적 변화를 알아보기 위해 토양분석을 수행한 결과 시험전과 시험후 특성은 큰 변화가 없었다.

표 2-7 시험전·후 토양분석 결과

		pH		OM		P ₂ O ₅		EC		NH ₄ -N		NO ₃ -N	
		(1:5)		(%)		(mg/kg)		(ds/m)		(mg/kg)		(mg/kg)	
		Pre-	Post	Pre-	Post	Pre-	Post	Pre-	Post	Pre	Post	Pre	Post
평야지 (광안벼)	관행	5.5	5.4	1.3	1.0	112.2	108.7	0.3	0.2	3.2	3.3	3.3	3.3
	무질소	5.2	5.0	1.3	1.4	92.4	87.9	0.2	0.2	3.7	3.6	3.4	3.3
	CDR-M	5.3	5.3	1.0	0.8	95.3	92.5	0.2	0.1	5.1	4.9	3.0	2.7
	CDR-M80%	5.4	5.3	1.0	0.9	110.1	101.4	0.2	0.2	6.1	6.1	3.1	3.1
	CDR-S	5.3	5.2	1.5	1.4	94.0	92.2	0.2	0.2	4.5	4.3	2.3	2.0
	CDR-S80%	5.5	5.3	1.2	0.9	91.6	90.7	0.1	0.0	5.0	4.9	1.9	1.7
이모작 (오대벼)	관행	5.6	5.6	1.3	1.2	149.2	151.4	0.4	0.2	4.4	4.3	3.0	3.0
	무질소	5.8	5.7	1.4	1.5	195.7	196.3	0.3	0.4	3.8	3.8	3.2	3.3
	CDR-SS	5.4	5.4	1.8	1.6	140.3	138.0	0.3	0.3	4.7	4.8	3.8	3.9
	CDR-SS80%	5.4	5.3	1.2	1.0	122.4	120.0	0.3	0.2	4.6	4.6	3.7	3.6
	CDR-S	5.4	5.3	1.2	1.0	119.5	118.2	0.4	0.2	4.6	4.5	3.3	3.2
	CDR-S80%	5.3	5.3	1.1	0.9	106.7	107.5	0.2	0.1	4.2	4.0	2.8	2.9

		K		Ca		Mg		CEC	
		----- (cmol(+)/kg) -----							
		Pre-	Post	Pre-	Post	Pre-	Post	Pre-	Post
평야지 (광안벼)	관행	0.2	0.1	3.0	2.7	0.8	0.6	6.1	5.8
	무질소	0.1	0.2	3.0	2.9	0.9	0.8	6.5	6.6
	CDR-SS	0.1	0.1	3.1	2.9	0.9	0.6	6.8	6.8
	CDR-SS80%	0.3	0.2	2.5	2.3	0.6	0.5	7.0	6.7
	CDR-S	0.1	0.2	2.6	2.8	0.6	0.6	6.5	6.4
	CDR-S80%	0.1	0.2	2.2	2.1	0.5	0.5	6.1	5.9
이모작 (오대벼)	관행	0.2	0.1	2.9	2.9	0.8	0.7	6.7	6.7
	무질소	0.3	0.2	2.5	2.4	0.7	0.6	7.3	7.5
	CDR-M	0.3	0.2	2.7	2.5	0.6	0.6	5.8	5.5
	CDR-M80%	0.2	0.2	2.6	2.5	0.6	0.7	7.0	7.1
	CDR-S	0.1	0.2	2.6	2.4	0.7	0.7	7.2	7.3
	CDR-S80%	0.2	0.1	2.2	2.1	0.8	0.6	7.0	6.5

제 3절 수도용 완효성복비비종확립 시험(전남농업기술원)

1. 재료 및 방법

가. 2003년

완효성복비 CDR - SS, CDR - S 및 CDR - M의 비에 대한 효능을 검증하기 위하여 비 3품종 즉 조생종(삼천벼), 중생종(화성벼), 만생종(남평벼)을 5월 8일에 10a 당 4 kg 파종하여 28일 묘를 재식거리 30 × 14 cm로 6월 5일에 이앙 하였다.

토양, 토양용액 및 표층수 중의 $\text{NH}_4\text{-N}$ 과 $\text{NO}_3\text{-N}$ 및 엽색을 14일 간격으로 조사하였으며, 이앙 후 25일, 유수형성기, 출수기 및 수확기에 초장 및 경수를 조사하였다.

토양용액 채취는 토양용액 채취기를 사용하여 채취하고 채취된 토양용액은 토양과 함께 농촌진흥청 농업과학기술원의 토양화학분석법(1988)에 준하여 분석하였다. 지중온도는 전라남도농업기술원 포장에 설치된 AWS를 이용하여 측정된 자료를 이용하였다.

나. 2004년

완효성복비 CDR - SS, CDR - S 및 CDR - M의 이앙시기에 따른 비에 대한 효능을 검증하기 위하여 남평벼를 1 모작은 6월 4일에 2모작은 6월 14일에 이앙하여 엽색은 14일간 격으로 토양 중 $\text{NH}_4\text{-N}$ 과 $\text{NO}_3\text{-N}$, 초장, 경수는 생육 시기별로 조사하고 엽면적은 출수기에 조사하였다.

2. 결과 및 고찰

가. 2003년

1) 시험전 토양화학성과 지중온도

시험에 사용된 토양은 전남농업기술원 식물환경연구과 시험포장의 덕평미사질 토양으로써 산도 5.6, 유기물함량 19.2 g/kg, 인산 43 mg/kg으로 토양 중 인산과 유기물함량이 농진청 권장수준인 유기물 30 g/kg, 인산 100 mg/kg 보다

낮았으며(Table 1), 벼를 이앙하여 수확 할 때까지의 시험포장 지중온도는 20℃ 이상을 유지 하였고, 벼 이앙직후인 6월 5일부터 7월 25일까지는 점차 상승하여 25℃에 달하고 그 이후는 25℃를 전후하여 등락을 반복하는 추세였다(Fig. 3-1).

Table 3-1. 시험전 토양화학성

pH (1:5)	T-N (%)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cat.(cmol ⁺ /kg)		
				K	Ca	Mg
5.6	0.14	19.2	43	0.16	4.31	1.23

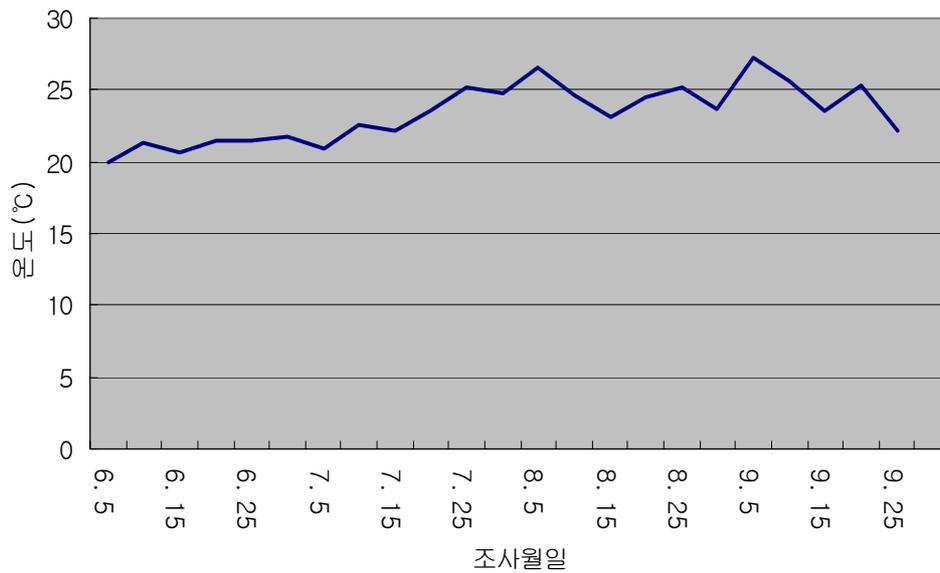


Fig. 3-1. 벼 재배기간 지중온도

2) 토양중 질소함량 변화

완효성 복합비료 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M을 사용하여 조생종인 삼천벼를 재배한 시험구의 토양 중 암모니아태질소의 함량은 대체로 이앙 후 30일이 경과한 7월 4일까지 15 ppm 수준으로 증가하지만, 그 후 8월 14일까지는 5

ppm 수준으로 급격히 감소하다가 8월 14일 이후부터는 서서히 감소하였다. 관행구의 토양 중 암모니아태 질소는 7월 4일 까지 증가하고 7월 18일까지 일정한 수준을 유지하다가 점차 감소하였다. 무비구의 암모니아태질소의 함량은 6월 20일 조사시작 기점을 정점으로 수확기까지 감소하였다

완효성복합비료 중 CDR-SS를 사용한 시험구의 토양중 암모니아태 질소의 함량은 7월 4일부터 수확기까지 가장 높은 수준을 유지하였으며, CDR-S를 사용한 시험구의 토양 중 암모니아태질소 함량은 8월 14일 이전까지는 CDR-SS나 CDR-M보다 낮은 수준을 유지하였으나 8월 14일 이후에는 CDR-SS와 비슷한 수준을 유지하였다(Fig. 3-2).

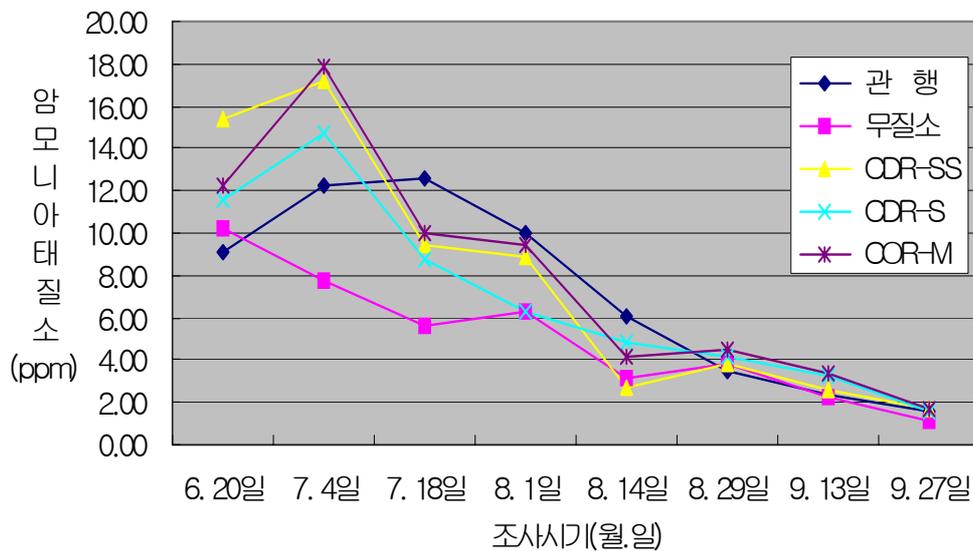


Fig. 3-2. 삼천벼 재배토양 중 암모니아태 질소 함량 변화

완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S, CDR-M을 사용하여 화성벼를 재배한 토양의 암모니아태질소 함량도 삼천벼를 재배한 토양과 마찬가지로 7월 4일경에 최고 수준에 도달하였고 8월 1일까지 급격히 감소하다가 8월 1일 이후에는 서서히 감소하였다. 그러나 화성벼를 재배한 토양의 7월 4일경 암모니아태질소의 함량은 삼천벼를 재배한 토양보다 5~10 ppm정도 높은 반면에 5 ppm 수준으로 감소하는데 걸리는 시간은 2주정도 짧은 것으로 조사되었다. 완효성 복합비료

중 CDR-SS를 사용한 시험구의 암모니아태질소 함량은 6월 20일경에 12 ppm에서 7월 4일경에 27 ppm까지 증가했다가 7월 18일경에는 8 ppm까지 감소한 반면에 CDR-S와 CDR-D를 사용한 시험구의 암모니아태 질소의 함량은 7월 4일에 각각 19, 21 ppm에서 7월 18일에는 각각 16, 18 ppm으로 비교적 감소 폭이 적지만 그 후 급격히 감소하는 경향으로 나타났다(Fig. 3-3).

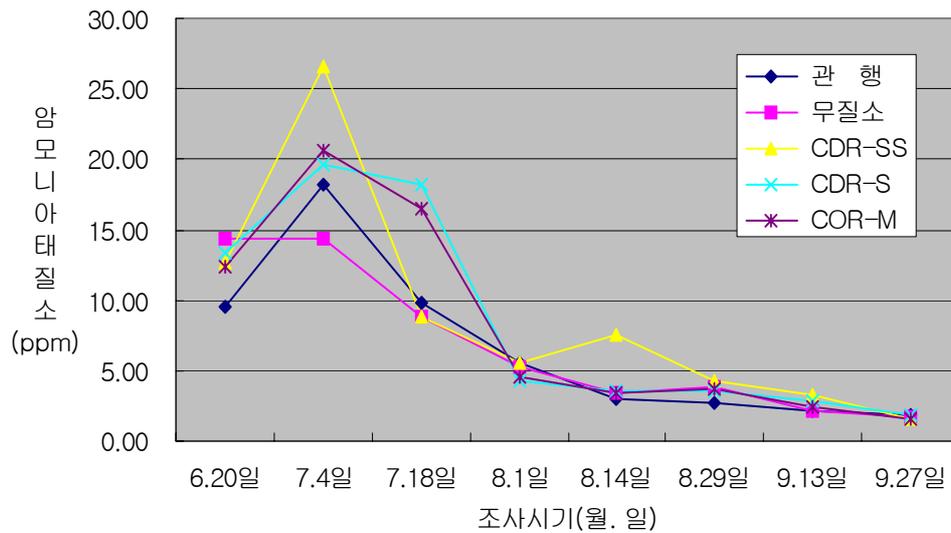


Fig. 3-3. 화성벼 재배토양 중 암모니아태 질소 함량 변화

완효성복합비료를 사용하여 남평벼를 재배한 토양중의 암모니아태질소 함량 변화도 대체로 화영벼를 재배한 토양의 암모니아태질소 함량 변화와 거의 비슷한 경향이며(Fig. 3-4), 토양중의 암모니아태질소 함량은 삼천벼 8월 14일, 화영벼와 남평벼는 8월 1일 이후에는 5 ppm 이하를 유지하였다.

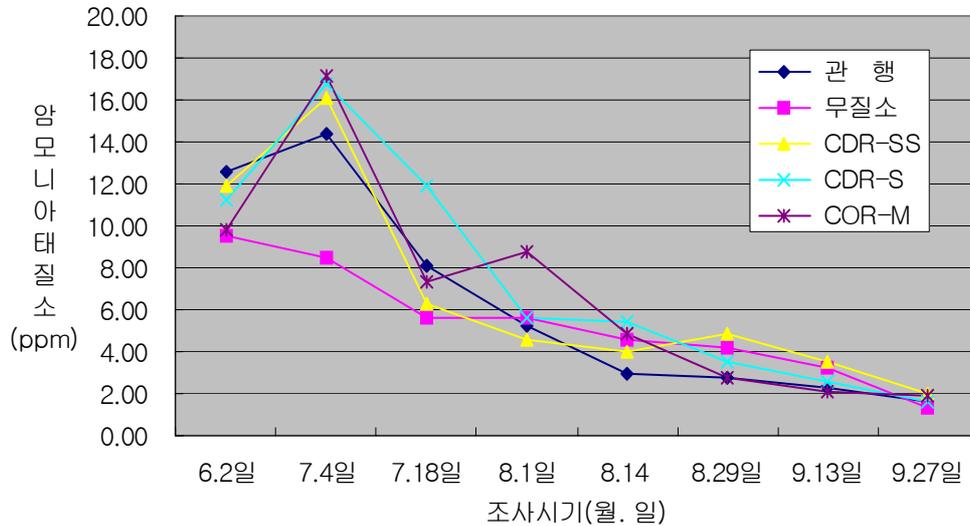


Fig. 3-4. 남평벼 재배토양 중 암모니아태질소 함량 변화

삼천벼를 재배한 토양의 질산태 질소는 관행의 경우 6월 20일에서 7월 4일 사이에 4 ppm에서 5 ppm으로 단지 1 ppm이 증가하였으나, 7월 4일에서 7월 18일 사이에는 5 ppm에서 9 ppm으로 4 ppm이 증가한 후 8월 14일까지는 급격히 감소하여 2 ppm 수준까지 떨어지고 그 후에는 큰 변화가 없었다. 완효성 복합비료 CDR-M을 사용한 토양중의 질산태 질소는 7월 4일에 최고에 도달한 후 8월 1일까지 빠른 속도로 감소하고 그 이후에는 서서히 감소하였다. CDR-SS를 사용한 토양의 질산태 질소는 8월 1일까지 비교적 서서히 증가하여 최고 수준에 도달한 후 8월 14일까지 빠른 속도로 감소하고 그 후에는 완만하게 감소하였다. CDR-S를 사용한 토양의 질산태 질소는 7월 4일에 6 ppm까지 증가한 후 8월 1일에 5 ppm으로 감소한 후 8월 14일에는 2 ppm까지 감소하였다. 한편 무비구의 토양 질산태 질소는 7월 18일까지 완만하게 증가하고 8월 1일까지 일정한 수준을 유지하다가 8월 14일에는 2 ppm 수준으로 급격히 떨어졌다(Fig. 3-5).

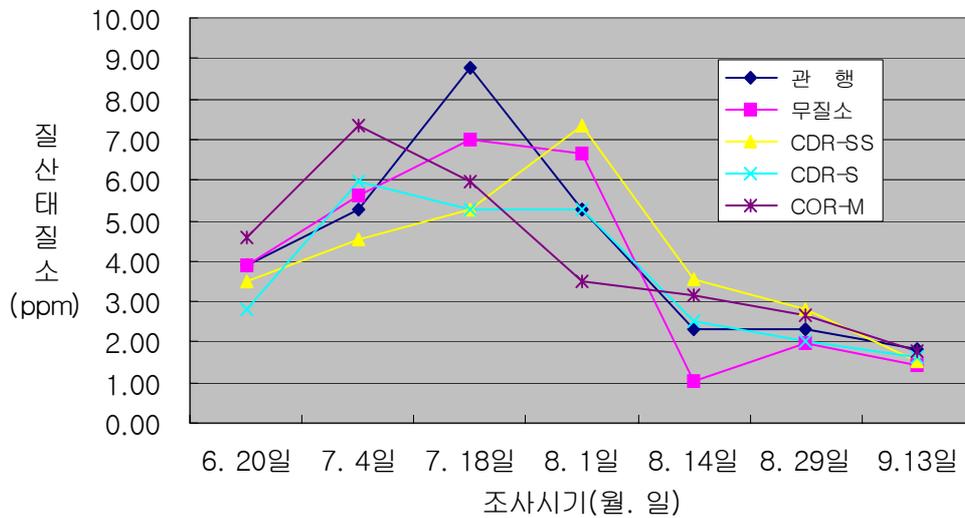


Fig. 3-5. 삼천벼 재배토양 중 질산태 질소 함량 변화

완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S, CDR-M을 사용하여 화영벼를 재배한 토양의 질산태 질소는 6월 20일에서 7월 18일까지 증가하여 5 ppm 수준내외가 되고 그 후 계속 감소하여 9월 27일에는 1 ppm 이하로 떨어졌다. 그러나 관행구의 토양 질산태 질소는 6월 20일에서 8월 1일까지 직선적으로 증가하고 그 이후 다시 직선적으로 감소하였다(Fig. 3-6).

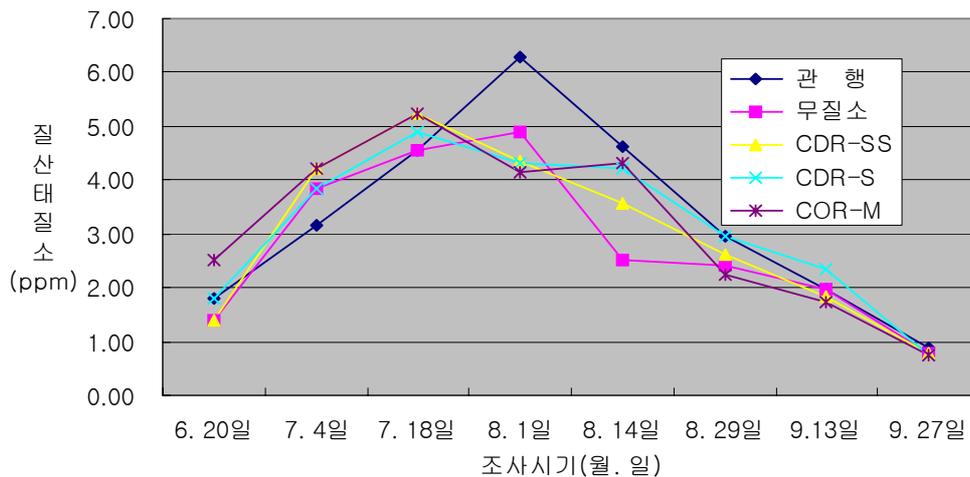


Fig. 3-6. 화성벼 재배토양 중 질산태 질소 함량 변화

남평벼를 재배한 토양의 질산태질소는 관행과 완효성복합비료 중 CDR-S 및 CDR-M을 사용한 시험구 토양은 6월 20일경 1 ppm 수준에서 7월 18일경에 5 ppm까지 상승한 후 점차 감소한 반면에 무질소구와 CDR-SS를 사용한 시험구의 토양 질산태 질소는 7월 4일경에 5 ppm 수준에 도달한 후 점차 감소하는 경향이였다. 처리 간에 토양 질산태 질소 함량은 조사 시기에 따라 그 수준이 일정하지 않으나 CDR-SS와 CDR-M은 관행과 비슷한 수준이지만 CDR-M은 관행보다 낮은 수준이었다(Fig. 3-7).

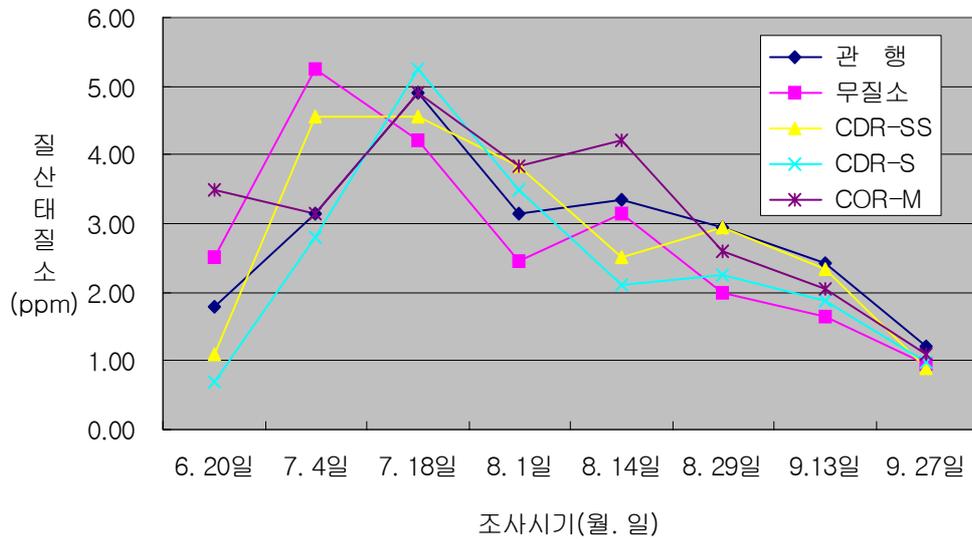


Fig. 3-7. 남평벼 재배토양 중 질산태 질소 함량 변화

3) 토양 지표수 및 용출수 중의 질소 함량 변화

완효성 복합비료 CDR-SS, CDR-S, CDR-M을 사용하여 삼천벼를 재배한 논 의 지표수중 암모니아태질소 함량은 6월 20일경에 0.5 ppm내외의 수준 이었 고, 7월 4일경에는 검출되지 않았으며, 7월 18일경에는 0.14~0.30 ppm 수준으로 다시 상승하였으나 그 이후에는 검출되지 않았다. 화성벼를 재배한 논 의 지표수 중 암모니아태질소는 6월 20일경에 0.55 ppm 수준에서 7월 4일경에는 약 0.5 ppm 수준으로 낮아지고 7월 18일경에는 0.1~ 0.25 ppm 까지 낮아진 후 검출되 지 않았다. 남평벼를 재배한 논 의 지표수중 암모니아태질소는 단지 8월 1일경 에 0.06~0.16 ppm이 검출되었을 뿐이었다(Table 3-2).

Table 3-2. 지표수중 암모니아태질소 함량 변화

(단위 : ppm)

품 종	처 리	6. 20 (월.일)	7. 4	7. 18	8. 1	8 14	8. 29	9. 13	9. 27
삼천벼	관 행	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	무질소	0.51	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-SS	0.52	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.54	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-M	0.47	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
화성벼	관 행	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	무질소	0.56	0.47	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-SS	0.55	0.49	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.55	0.46	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-M	0.00	0.45	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
남평벼	관 행	0.00	0.44	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	무질소	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-SS	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
	CDR-M	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00

삼천벼를 재배한 논 의 지표수 중 질산태 질소는 6월 20일경에 0.42~0.57 ppm에서 7월 4일경에는 0.51~0.58 ppm으로 약간 상승하였고, 7월 18일경에는

0.96~1.08ppm 수준으로 2배 가까이 상승하였으나 8월 1일 경에는 다시 6월 20일경 수준으로 감소한 후 9월 13일 이후에는 검출되지 않았다. 화성벼나 남평벼를 재배한 논외 지표수중 질산태 질소의 변화도 삼천벼를 재배한 논외 지표수중 질산태 질소 변화와 유사하였으며, 완효성복합비료 간에 질산태 질소의 함량은 큰 차이가 없었다(Table 3-3).

Table 3-3. 지표수 중 질산태 질소 함량변화

(단위 : ppm)

품 종	처 리	6. 20 (월.일)	7. 4	7. 18	8. 1	8. 14	8. 29	9. 13	9. 27
삼천벼	관 행	0.44	0.51	1.08	0.45	0.38	0.20	0.06	0.02
	무질소	0.49	0.56	0.96	0.52	0.35	0.19	0.03	0.00
	CDR-SS	0.57	0.53	1.00	0.43	0.35	0.00	0.01	0.00
	CDR-S	0.45	0.58	0.98	0.60	0.34	0.21	0.00	0.00
	COR-M	0.42	0.52	0.97	0.43	0.33	0.20	0.00	0.01
화성벼	관 행	0.48	0.54	0.99	0.42	0.33	0.22	0.04	0.00
	무질소	0.44	0.51	0.97	0.49	0.32	0.21	0.00	0.00
	CDR-SS	0.45	0.56	0.96	0.42	0.34	0.21	0.03	0.00
	CDR-S	0.47	0.53	0.97	0.42	0.31	0.21	0.05	0.01
	COR-M	0.49	0.57	0.99	0.44	0.32	0.22	0.00	0.00
남평벼	관 행	0.44	0.52	0.96	0.42	0.32	0.22	0.00	0.00
	무질소	0.47	0.46	0.95	0.45	0.32	0.19	0.00	0.00
	CDR-SS	0.43	0.63	0.94	0.43	0.35	0.21	0.03	0.01
	CDR-S	0.46	0.48	0.96	0.45	0.33	0.21	0.03	0.01
	COR-M	0.42	0.33	0.94	0.44	0.34	0.23	0.04	0.00

벼를 재배한 논외 용탈수중 암모니아태질소 함량 변화는 삼천벼를 재배한 논외는 6월 20일경에 관행 0.61 ppm, CDR-M 시용구 0.74 ppm이 검출된 것 외에는 다른 완효성복합비료를 사용한 시험구 용탈수에서는 암모니아태질소가 검출되지 않았으며, 7월 18일 경에는 0.96~2.16 ppm 수준으로 CDR-M을 사용한 시험구의 용탈수 중 암모니아태질소 함량이 가장 많았으며, 7월 18일 이후에는 검출되지 않았다. 화성벼를 재배한 논외 용탈수 중 암모니아태질소 함량 변화는 6

월 20일경에 무질소, CDR-SS 및 CDR-S 시용구에서 각각 0.68, 0.47 및 0.45 ppm 이 검출 되었으며, 7월 18일경에는 모든 처리에서 암모니아태질소가 검출 되었으나 같은 시기의 삼천벼를 재배한 토양 용출수중의 암모니아태질소의 절반 수준이었다. 남평벼를 재배한 토양 용출수 중의 암모니아태질소 함량 변화는 삼천벼를 재배한 토양 용출수와 같은 경향이였다(Table 3-4).

Table 3-4. 용탈수중 암모니아태질소 함량 변화

(단위 : ppm)

품 종	처 리	6. 20 (월. 일)	7. 4	7. 18	8. 1	8. 14	8. 29	9. 13	9. 27
삼천벼	관 행	0.61	0.00	0.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	무질소	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-SS	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-M	0.74	0.00	2.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
화성벼	관 행	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	무질소	0.68	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-SS	0.47	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.45	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-M	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
남평벼	관 행	1.04	0.64	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	무질소	0.50	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-SS	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.00	0.00	1.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	CDR-M	3.76	2.00	1.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M을 사용하여 삼천벼를 재배한 토양의 용출수중에 질산태 질소 함량은 이양 후 7월 4일까지 0.32 ppm 수준이었으나 8월 18일경에는 1.81 ppm으로 상승하였다가 8월 1일경에는 1.5 ppm으로 약간 감소하고 그 이후에는 소량이 검출되었다. 한편 관행과 무질소구는 6월 20일경에 각각 0.58 ppm 0.61 ppm이었으나 7월 4일경부터는 무질소구에서 질산태 질소가 검출되지 않는 것 외에는 완효성복합비료 시용구의 용탈수와 유사한 경향이였다. 화성벼를 재배한 토양 용출수 중의 질산태 질소 함량은 6월 20일경에는 삼천벼를 재배한 토양의 용출수보다 높게 검출되었으나 7월 4일과 8

월 18일에는 같은 수준이 검출되었고 8월 1일경에는 검출되지 않았으며 그 이후에는 소량이 검출되었을 뿐이었다. 남평벼를 재배한 토양 용출수 중의 질산태 질소 함량은 삼천벼를 재배한 토양 용출수와 비슷한 경향이었다(Table 3-5).

Table 3-5. 용탈수 중 질산태 질소 함량 변화

(단위 : ppm)

품 종	처 리	6. 20 (월. 일)	7. 4	7. 18	8. 1	8. 14	8. 29	9. 13	9. 27
삼천벼	관 행	0.58	0.32	1.83	1.57	0.00	0.35	0.23	0.06
	무질소	0.61	0.00	1.85	0.00	0.36	0.00	0.05	0.00
	CDR-SS	0.32	0.32	1.81	1.51	0.00	0.00	0.03	0.00
	CDR-S	0.32	0.32	1.81	1.50	0.31	0.22	0.06	0.00
	COR-M	0.32	0.33	1.81	1.50	0.15	0.00	0.04	0.00
화성벼	관 행	0.33	0.32	1.83	0.00	0.00	0.20	0.07	0.00
	무질소	1.06	0.32	1.84	0.00	0.30	0.22	0.11	0.03
	CDR-SS	1.09	0.33	1.82	0.00	0.00	0.75	0.02	0.00
	CDR-S	1.48	0.33	1.81	0.00	0.00	0.69	0.04	0.00
	COR-M	1.07	0.33	1.86	0.00	0.33	0.77	0.04	0.00
남평벼	관 행	0.32	0.32	0.00	1.65	0.30	0.22	0.03	0.00
	무질소	0.31	0.32	1.84	1.57	0.00	0.00	0.04	0.01
	CDR-SS	0.33	0.32	1.81	0.00	0.41	0.00	0.00	0.00
	CDR-S	0.32	0.32	1.85	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00
	COR-M	0.32	0.31	1.85	1.59	0.33	0.27	0.12	0.03

4) 식물체 중 총질소 함량 변화

완효성복합비료 CDR-SS와 CDR-S를 사용하여 재배한 삼천벼 식물체중의 총질소 함량은 최고분얼기에 2.0%로 최고 수준이었으며 그 후 거의 직선적으로 감소하여 수확기에는 0.8%수준으로 감소하였다. 관행과 CDR-M을 사용하여 재배한 시험구의 벼 식물체중 총질소 함량 변화도 CDR-SS나 CDR-S와 유사한 경향이나 유수형성기에 1%내외로 감소하였다가 출수기에는 다시 다른 처리와 같은 수준으로 높아졌다(Fig 3-8).

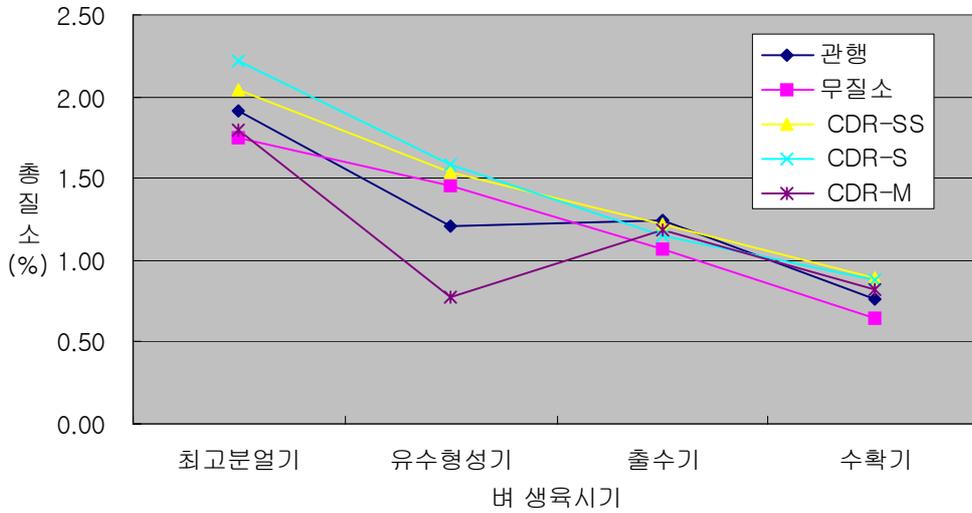


Fig. 3-8. 삼천벼 식물체중 총질소 함량 변화

화성벼 식물체중의 총질소 함량은 CDR-S를 사용했을 때 최고분얼기에 1.7%로 유수형성기까지 같은 수준을 유지하다가 출수기부터 감소하였다. CDR-M을 사용한 시험구 벼 식물체중의 총질소 함량은 최고분얼기에 2.1%로 가장 높은 수준이었으나 유수형성기에는 1.5% 이하로 감소하고 그 이후에는 CDR-SS 사용구와 같은 경향이였다. 관행구와 CDR-S를 사용한 시험구의 벼 식물체중의 총질소 함량은 최고분얼기에도 1.5%이하의 가장 낮은 수준으로 출수기까지 유지 하였고 그 이후에는 다른 처리와 비슷하였다(Fig. 3-9).

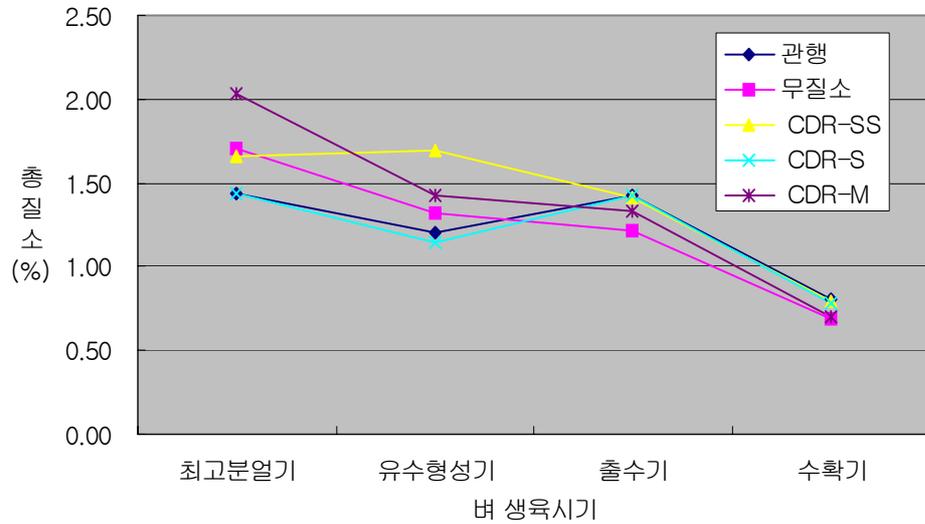


Fig. 3-9. 화성비 식물체중 총질소 함량 변화

완효성복합비료를 사용하여 재배한 남평벼의 최고 총질소 함량은 최고분얼기부터 출수기까지 삼천벼나 화성벼보다 낮고 수확기에는 같은 수준이었으며, 대체로 관행보다 완효성비료를 사용한 벼의 총질소 함량이 낮게 유지되었다. 완효성복합비료 종류별로는 큰 차이는 없으나 CDR-M을 사용한 남평벼의 총질소 함량이 다른 비료보다 낮은 경향이었으며, 전 생육시기별 총질소 함량 변화는 삼천벼나 화성벼와 유사하였다(Fig. 3-10).

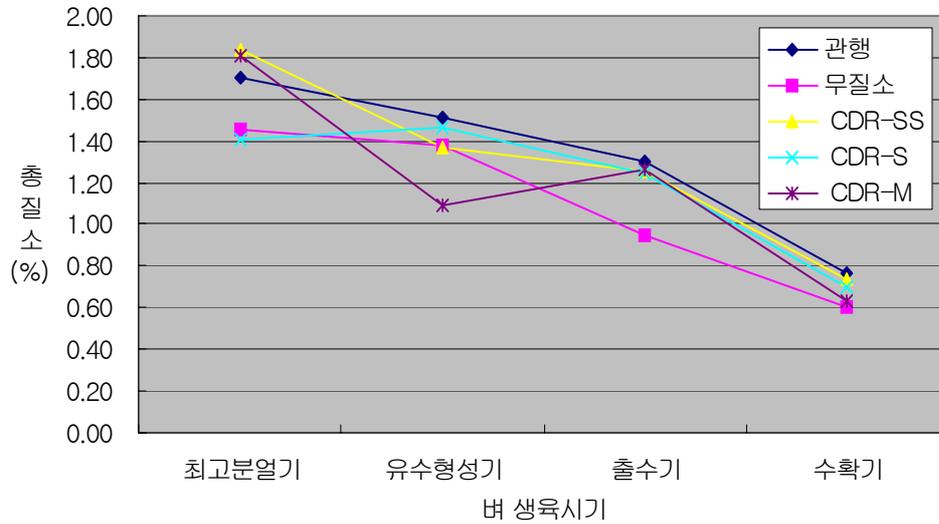


Fig. 3-10. 남평벼 식물체중 총질소 함량 변화

5) 완효성 복합비료 시용에 따른 엽색도, 엽면적 및 질소 이용율

가) 벼 엽색도 변화

삼천벼의 엽색도는 대체로 6월 20일경에 30 부근에서 7월 18일경에 40 내외 까지 상승하다가 그 이후 아주 완만하게 감소하여 9월 27일경에는 35 내외로 떨어졌다. 비료 종류별로는 관행과 CDR-M을 시용한 시험구의 벼 엽색도가 CDR-SS나 CDR-S를 시용한 시험구의 벼 엽색보다 짙은 것으로 조사되었으며, 무질소구의 벼 엽색도가 가장 낮았다(Fig. 3-11).

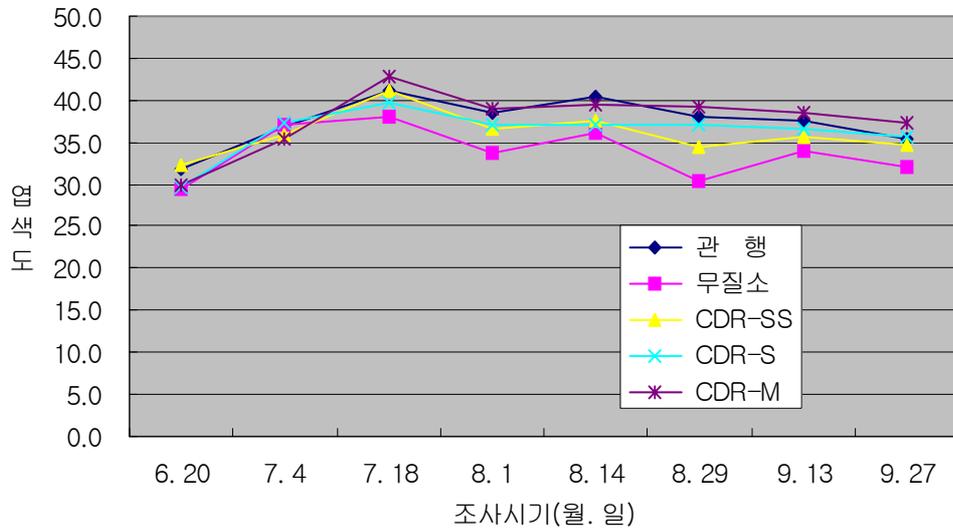


Fig. 3-11. 삼천벼

화성벼의 전 생육기 동안 검색도 변화양상은 삼천벼와 비슷하지만 비료종류 별로는 삼천벼와 달리 생육기별로 뚜렷한 경향을 보이지 않고 다만 무질소구의 검색도가 관행이나 완효성복합비료 시용구의 벼 검색도보다 낮았다(Fig. 3-12).

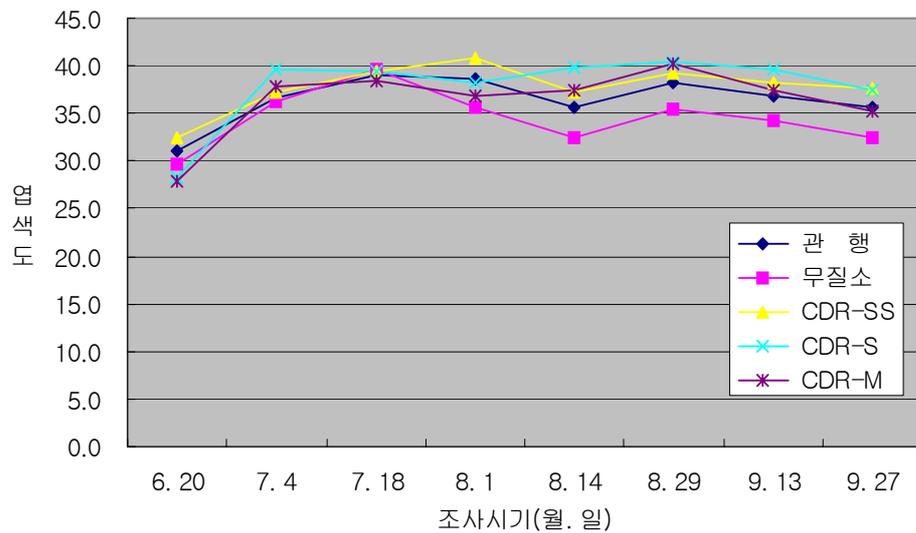


Fig. 3-12. 화성벼

남평벼의 전 생육기 동안 엽색도 변화양상도 역시 삼천벼나 화성벼와 같지만 다른 것은 엽색도가 삼천벼나 화성벼보다 5 정도 낮으며 비료 종류간의 차이도 작았다(Fig. 3-13).

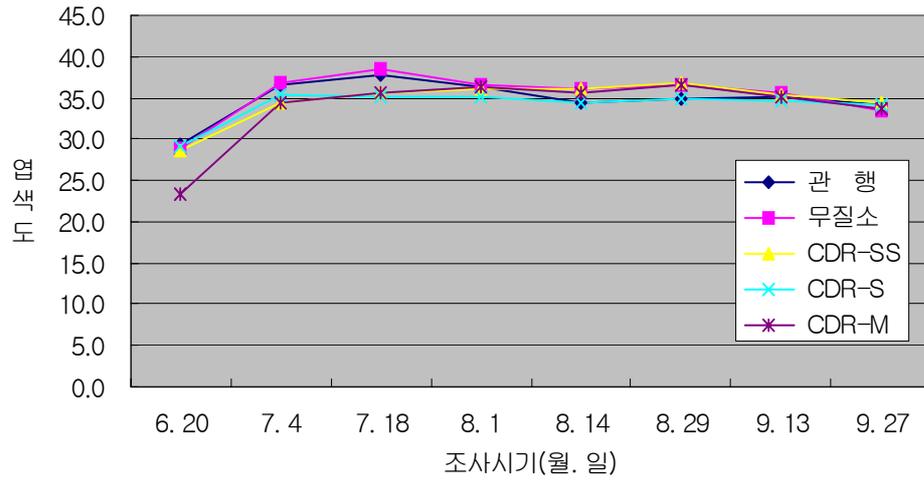


Fig. 3-13. 남평벼

나) 엽면적지수

완효성복합비료를 사용하여 재배한 벼의 엽면적은 품종 간에 약간의 차이가 있었으며 삼천벼가 가장 작고, 남평벼가 가장 큰 것으로 조사되었다. 삼천벼의 엽면적지수는 무질소구 4.8에서 CDR-S 시용구 5.6, 화성벼는 무질소구 5.0에서 CDR-S 시용구 5.9, 남평벼는 무질소구 5.2에서 CDR-S 시용구 5.9 범위였다. 완효성복합비료 비중별로는 CDR-S를 사용한 시험구의 엽면적이 품종에 관계없이 가장 크며, CDR-M, CDR-S순으로 작아졌다(Fig. 3-14).

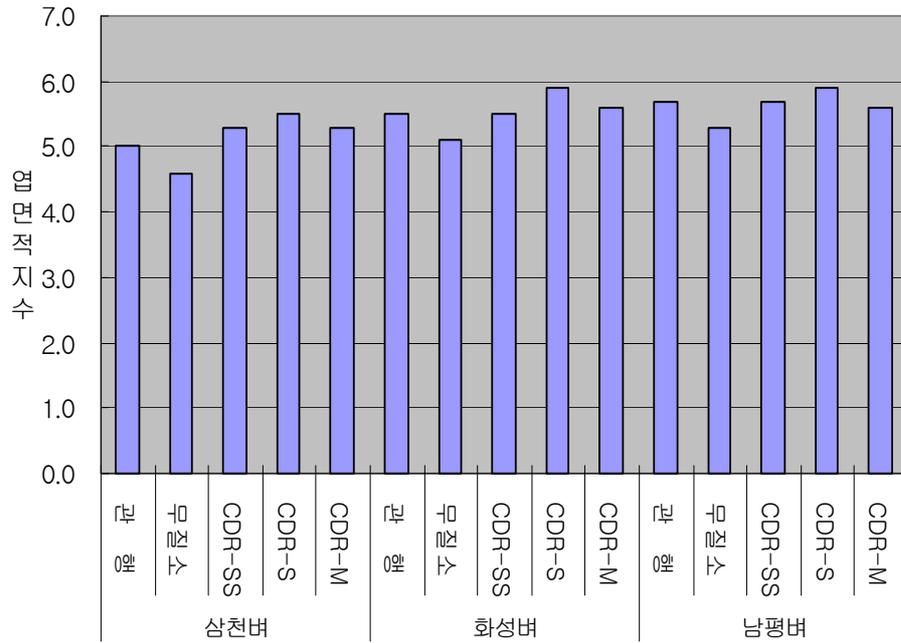


Fig. 3-14. 완효성복비 시용에 따른 엽면적지수

다) 질소 이용율

질소 이용율은 품종 간에 상당한 차이가 있었으며, 삼천벼가 36~40%로 가장 낮고, 화성벼가 42~43%이며, 남평벼는 52~62%로 가장 높았다. 품종별 질소 이용율은 엽면적이 시험에 사용된 다른 품종에 비하며 비교적 큰 남평벼가 질소 이용율도 높은 것으로 조사되었다. 완효성복합비료 비종별로는 CDR-S를 사용한 시험구의 질소 이용율이 삼천벼, 화성벼 및 남평벼에서 각각 40%, 44% 및 62%로 가장 높고, CDR-SS와 CDR-M은 삼천벼와 화성벼에서는 같은 수준이며, 남평벼는 CDR-SS가 CDR-M보다 5% 정도 높게 낮았다(Fig. 3-15).

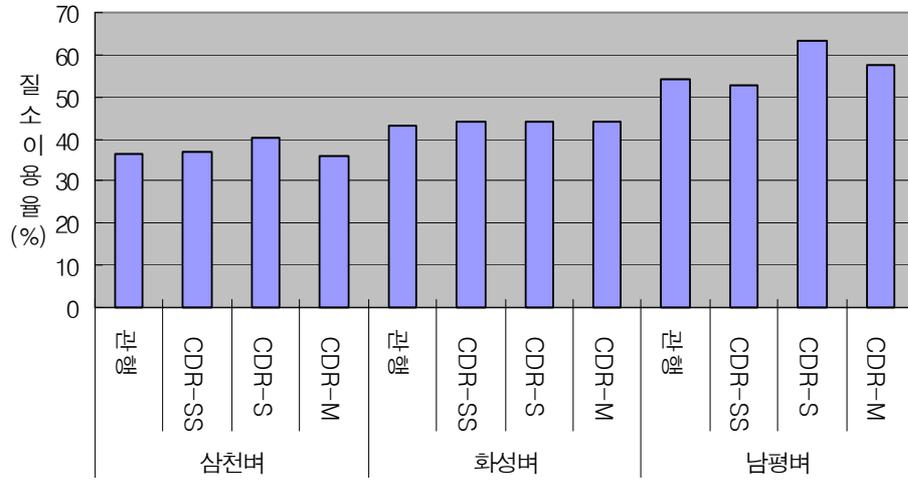


Fig. 3-15. 완효성 복합비료 종류에 따른 질소 이용율

6) 수량 및 수량 구성요소

삼천벼의 수량은 CDR-S를 사용한 시험구에서 관행보다 3% 증수하였으나 CDR-SS 및 CDR-M 시험구의 것은 관행보다 감수하였다. CDR-S 시험구의 수량이 증수한 원인은 주당수수와 입수가 충분히 많을 뿐만 아니라 천립중이 무겁고 등숙율이 좋았기 때문인 것으로 생각된다. CDR-M은 주당 수수는 많지만 수당입수가 CDR-S보다 적으며, CDR-SS는 주당 수수와 입수가 관행보다 적을 뿐만 아니라 천립중도 가볍고, 등숙율이 낮아 수량이 감소한 것으로 사료된다.

화성벼는 완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M을 시험구의 수량이 관행의 556 kg/10a보다 각각 9, 6 및 4% 감수하였다. CDR-SS 시험구는 천립중이 관행의 것보다 무거웠지만 주당수수와 등숙율이 낮았으며, CDR-S를 사용한 시험구의 수당입수가 많고, 천립중이 무거우며, 등숙율은 높지만 주당수수가 적은 것으로 조사되었다, 또한 CDR-M을 사용한 시험구는 수당입수가 적어 수량이 관행보다 감수한 것으로 추측되었다.

남평벼는 완효성복합비료를 사용한 시험구의 벼 생육이 관행보다 좋지 않았으며, CDR-S를 사용한 시험구만이 수량이 관행의 503 kg/10a보다 1% 증수하는데 그쳤다. 한편 CDR-M을 사용한 시험구의 천립중과 등숙율은 관행이나 CDR-S를 사용한 시험구의 것보다 무겁거나 높지만 주당수수와 수당입수가 작

아 수량이 감소한 것으로 보인다(Table 3-6).

Table 3-6. 수량 및 수량구성 요소

품 종	비 중	간 장 (cm)	수 장 (cm)	수 수 (개/주)	수당입 수 (개)	천립중 (g)	등숙 율(%)	수량 (kg/10a)	수량 지수
삼천벼	관 행	56.9	18.7	13.4	75.3	23.2	84.6	462	100
	무질소	55.2	17.5	11.0	69.8	21.8	84.1	404	87
	CDR-SS	58.5	18.1	12.3	75.8	22.2	82.9	414	90
	CDR-S	61.9	18.4	13.9	88.9	22.8	84.1	477	103
	CDR-M	60.4	18.5	15.0	83.2	22.4	84.1	427	93
화성벼	관 행	70.4	20.2	13.1	86.1	25.2	88.7	556	100
	무질소	66.1	19.2	12.1	73.1	25.3	89.0	423	76
	CDR-SS	69.4	19.8	13.0	80.0	26.3	85.0	504	91
	CDR-S	70.2	20.3	12.0	90.1	27.0	89.0	525	94
	CDR-M	70.2	17.9	13.5	78.3	27.4	88.8	535	96
남평벼	관 행	72.1	18.5	14.4	99.5	23.8	73.0	503	100
	무질소	67.0	18.4	12.4	72.6	23.3	80.0	440	87
	CDR-SS	64.0	18.2	13.4	91.1	23.3	75.0	441	88
	CDR-S	67.3	18.0	13.7	97.0	23.6	75.0	510	101
	CDR-M	65.0	17.7	12.5	90.0	25.3	77.0	464	92

삼천벼 LSD 0.5, 33.1 kg/10a, CV 9.5

화성벼 LSD 0.5, 30.9 kg/10a, CV 3.1

남평벼 LSD 0.5, 87.0 kg/10a, CV 9.2

7) 시험 후 토양화학성

토양 화학성은 시험전에 비하여 산도, 유효인산 및 치환성양이온이 약간 높아지는 경향이거나, 총질소와 유기물 함량은 큰 변화가 없었으며, 완효성복합비료 시험구간에도 역시 차이가 없는 것으로 조사되었다(Table 3-7).

Table 3-7. 시험 후 토양화학성

품 종	처 리	pH (1:5)	T-N (%)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cat.(cmol ⁺ /kg)		
						K	Ca	Mg
삼천벼	관 행	5.7	0.13	19.2	53	0.26	5.41	1.50
	무질소	5.8	0.11	19.3	38	0.24	5.30	1.38
	CDR-SS	6.0	0.15	19.2	55	0.28	5.35	1.56
	CDR-S	6.0	0.15	19.2	57	0.27	5.36	1.53
	CDR-M	5.9	0.14	19.1	60	0.27	5.42	1.64
화성벼	관 행	5.6	0.14	18.5	55	0.24	5.23	1.52
	무질소	5.7	0.12	18.9	44	0.21	5.12	1.36
	CDR-SS	5.8	0.13	19.1	57	0.25	5.31	1.57
	CDR-S	5.8	0.13	19.1	53	0.26	5.41	1.56
	CDR-M	5.9	0.14	19.3	58	0.25	5.37	1.53
남평벼	관 행	5.8	0.15	19.3	62	0.27	5.27	1.50
	무질소	5.7	0.12	18.7	39	0.24	5.40	1.46
	CDR-SS	6.0	0.14	18.9	56	0.26	5.42	1.52
	CDR-S	6.1	0.14	19.5	55	0.27	5.36	1.55
	CDR-M	5.9	0.16	19.3	57	0.27	5.37	1.52

나. 2004년

1) 시험전 토양화학성과 지중온도

시험전 토양산도는 5.7이며, 유기물함량은 19.2 g/kg, 인산함량 55mg/kg으로 인산함량과 유기물함량이 비교적 낮은 토양으로 2003년도에 비슷하였다 (Table 3-8).

Table 3-8. 시험전 토양화학성

pH (1:5)	T-N (%)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex. cat.(cmol ⁺ /kg)		
				K	Ca	Mg
5.7	0.13	19.2	55	0.27	5.27	1.50

2) 토양중 질소함량 변화

완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M을 표준시비량을 사용하여 남평벼를 재배한 토양의 암모니아태질소는 벼 이앙 후 25일경에 22~23 mg/kg 정도의 수준이나 관행구의 29 mg/kg 보다는 낮은 것으로 조사되었다. CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M을 표준시비량의 80%를 사용한 시험구 토양의 암모니아태질소는 17~19 mg/kg으로 표준시비량보다 낮은 수준을 유지하였으나 무비구 보다는 높은 것으로 조사되었다. 복합비료별로는 CDR-S를 사용한 시험구 토양의 암모니아태 질소가 다른 처리에 비하여 높게 조사되었다(Fig. 3-16). 2모작의 경우도 1모작과 같이 완효성복합비료 표준시비량을 사용한 시험구토양의 암모니아태질소 함량은 높고, 표준시비량의 80%를 사용한 토양에서는 낮으나 전체적인 수준이 관행을 제외하고는 1모작보다 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 3-17).

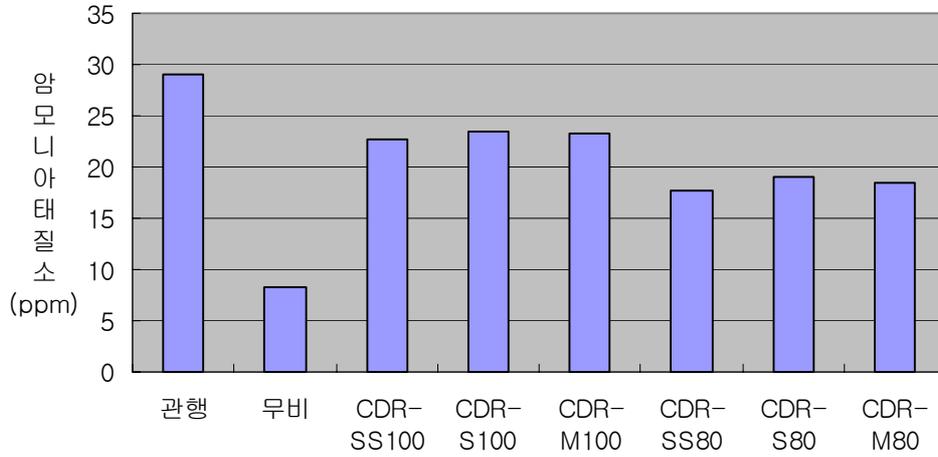


Fig. 3-16. 1모작 최고분얼기(이앙 후 25일) 토양 중 암모니아태질소 함량

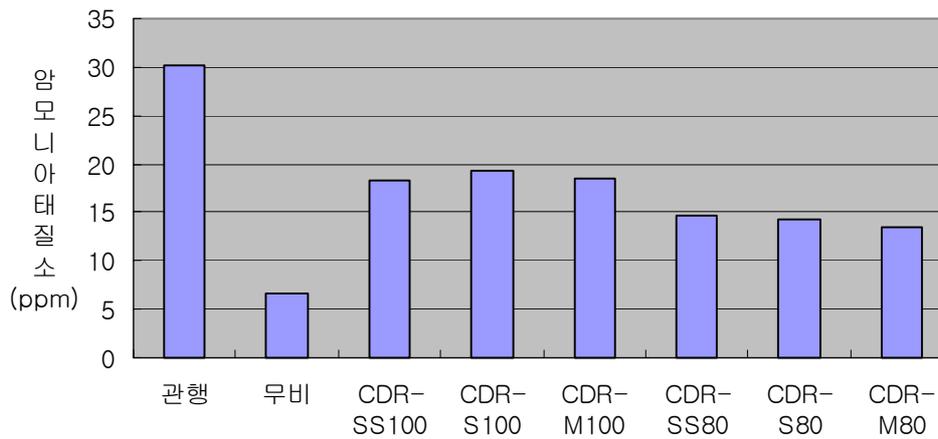


Fig. 3-17. 2모작 최고분얼기(이앙 후 25일) 토양 중 암모니아태질소 함량

남평벼 1모작 재배에서 이앙 후 25일경 토양 중 질산태 질소의 함량은 암모니아태질소보다 적은 것으로 조사되었고 그 수준은 관행구의 것이 8.5 mg/kg으로 가장 높고, 무비구의 것이 4.1 mg/kg으로 가장 낮으며 완효성 복합비료를 전량 기비로 사용한 시험구 토양의 질산태 질소는 5.0~6.7 mg/kg이고, 완효성 복합비료를 표준시비량의 80%를 사용한 시험구의 토양 질산태 질소는 5.2~5.7 mg/kg이었다. 복합비료별로는 CDR-S를 전량 기비로 사용한 시험구의 토양

질산태 질소 함량이 가장 높고 CDR-M을 표준시비한 시험구의 질산태 질소 함량이 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 3-18). 벼 2모작 재배에서도 전체적인 양상은 1모작과 비슷하지만, 완효성복합비료별 질산태 질소의 함량은 1모작과는 달리 CDR-M을 표준시비한 시험구의 것이 5.5 mg/kg 으로 가장 높고, CDR-SS 시용구의 것이 낮았다(Fig. 3-19).

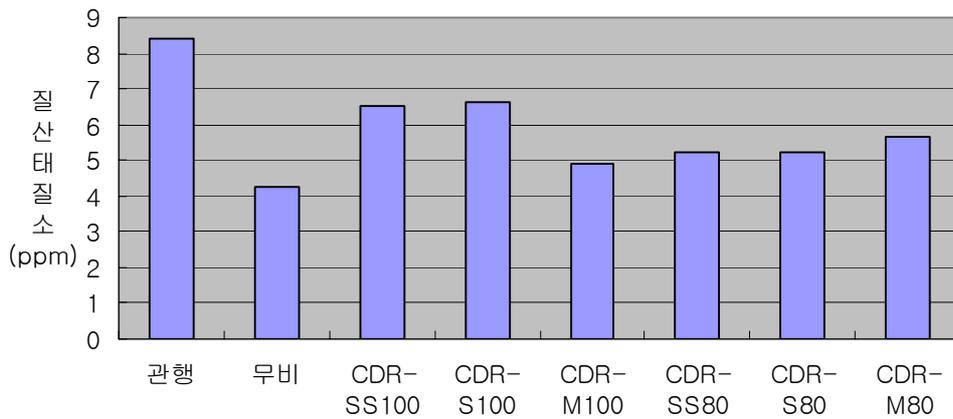


Fig. 3-18. 최고분얼기(이앙 후 25일경) 토양 중 질산태 질소 함량

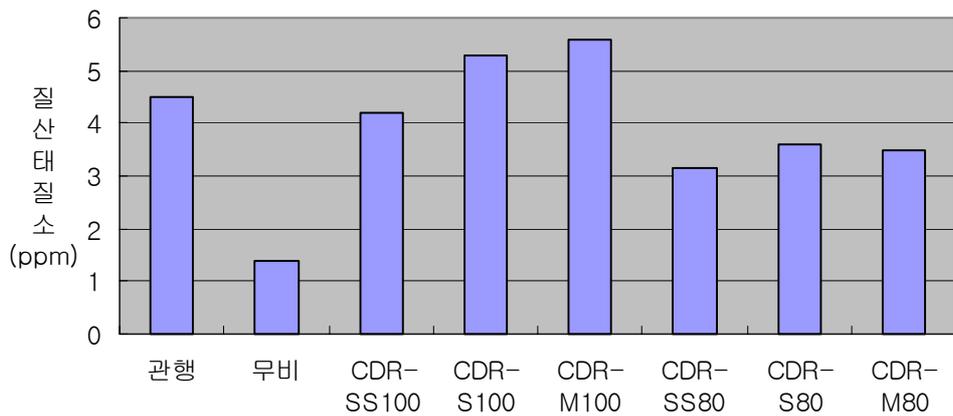


Fig. 3-19. 2모작 최고분얼기(이앙 후 25일경) 토양 중 질산태 질소 함량

4) 식물체 중 총질소 함량

완효성복합비료를 사용하여 남평벼를 이앙한 후 25일경의 벼 식물체 중의 총질소 함량은 1모작의 경우 관행구 3.6%로 가장 높고, 무비구의 것이 가장 낮으며, 완효성복합비료를 전량 기비로 사용한 시험구의 것은 모두 3% 이상이나 CDR-S를 사용한 시험구의 것이 다른 두 복합비료에 비해 약간 높았다. 완효성복합비료를 표준시비구의 80%를 사용한 시험구의 식물체중 총 질소 함량은 2.8~2.9%로 3%이하이며 비종 간에 차이가 거의 없었다(Fig 3-20). 남평벼 2모작 재배구에서 완효성복합비료를 표준시비한 시험구의 총 질소 함량은 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M 사용구 모두 3.5%이상으로 관행보다 높을 뿐만 아니라 1모작에서 완효성복합비료를 사용한 시험구보다도 높았다. 그러나 완효성복합비료를 표준시비구의 80%를 사용한 시험구의 식물체중 질소 함량은 1모작의 수준과 비슷하였다(Fig.3-21).

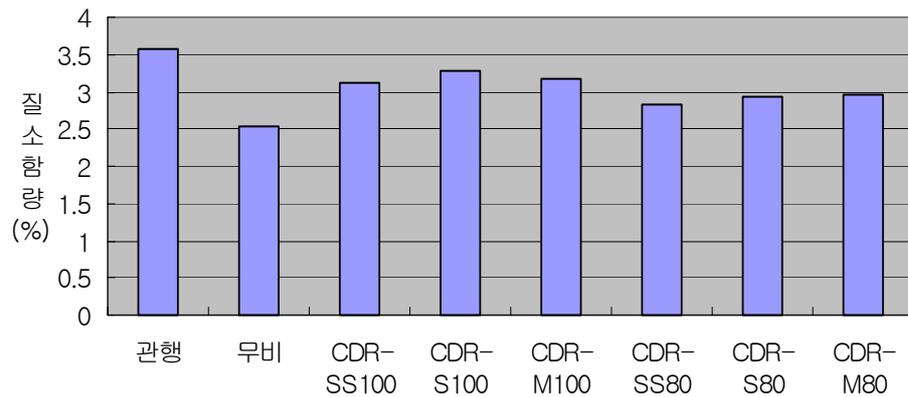


Fig.3-20 1모작 이앙 후 25일경 벼 식물체 중 질소 함량

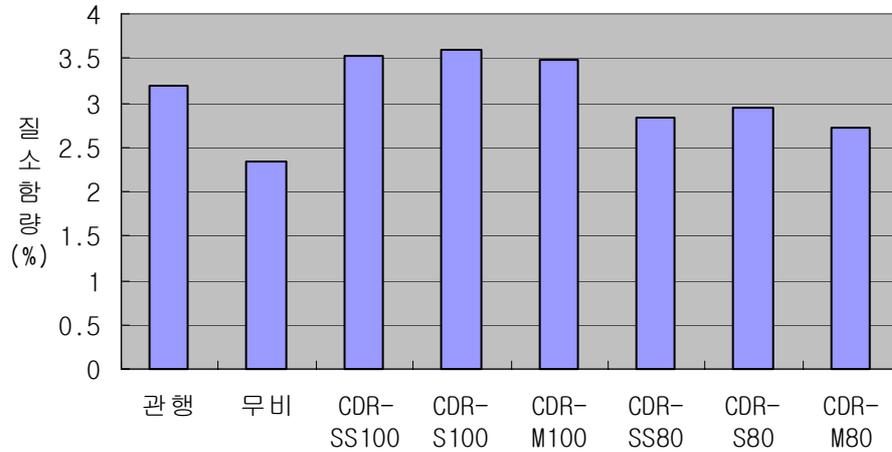


Fig. 3-21. 2모작 이앙 후 25일경 벼 식물체 중 질소 함량

5) 완효성 복합비료 시용에 따른 엽색도, 엽면적

가) 엽색도

완효성복합비료 표준시비량을 전량 기비로 사용하여 1모작한 남평벼의 엽색도는 완효성복합비료를 표준시비량의 80%를 전량 기비한 시험구의 엽색도보다 높은 수준을 유지하였고, 완효성복합비료별로는 CDR-SS를 표준시비한 시험구의 엽색도가 CDR-S나 CDR-M을 표준시비한 시험구의 엽색도보다 낮은 것으로 조사되었다. 전체적인 엽색도 변화는 6월 18일(이앙 후 14일경)에서 6월 29일까지는 엽색도가 높아지고 그 이후 거의 일정한 수준을 유지하다가 7월 28일경부터 점차 낮아져 30이하가 되었다(Fig. 3-22). 2모작한 남평벼의 엽색도 1모작의 경우와 크게 다르지 않으나, 초기 엽색도가 1모작 보다 낮은 대신 7월 9일까지 가파르게 상승하였으며 그 이후에는 오히려 1모작 보다 약간 높은 수준을 유지하였다(Fig 3-23).

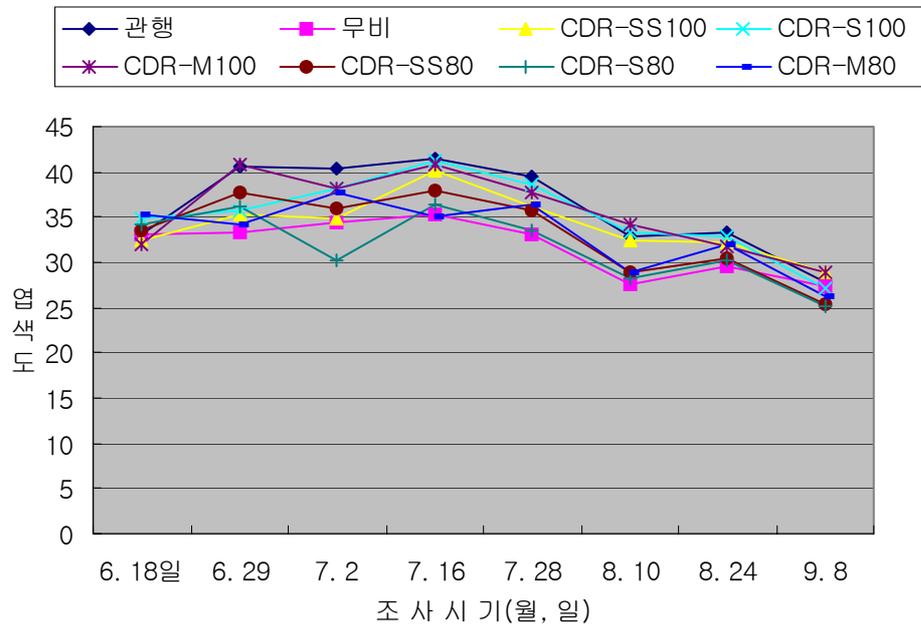


Fig. 3-22. 1모작 버 엽색도 변화

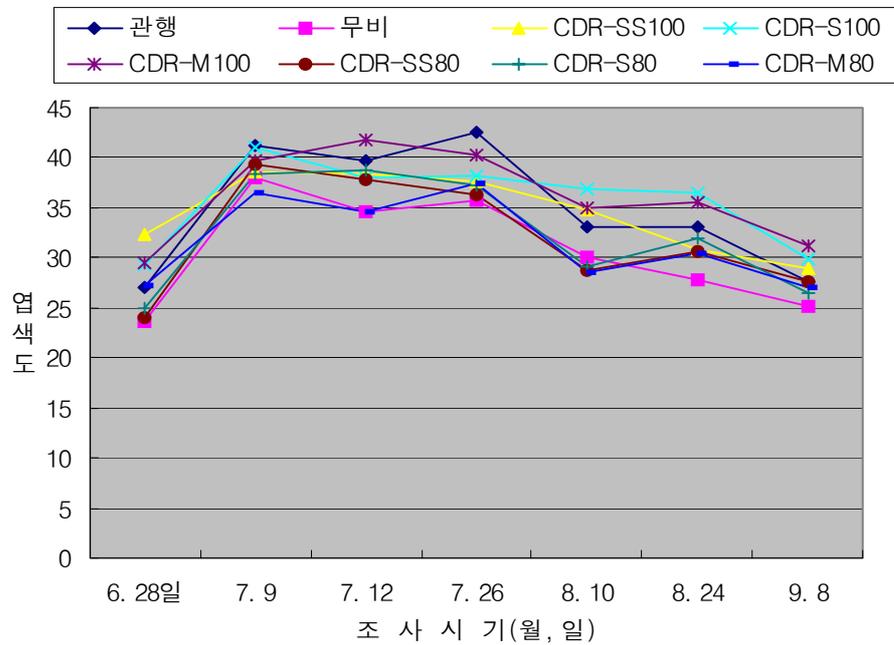


Fig. 3-23. 2모작 버 엽색도 변화

나) 엽면적(출수기: 8월 31일경)

완효성복합비료 표준시비량을 전량 기비하여 1모작한 출수기 벼의 엽면적지수는 5.3~ 5.8이고, 완효성복합비료 표준시비량의 80%를 기비한 시험구의 벼 엽면적지수는 4.8~5.1로 표준시비량을 사용한 시험구의 벼 엽면적보다 낮았다. 완효성 복합비료별로는 큰 차이는 없으나 CDR-S를 사용한 시험구의 벼 엽면적이 다른 두 복합비료보다 큰 것으로 조사되었다(Fig 3-24). 2모작의 엽면적지수의 패턴도 1모작과 크게 다르지 않으나 완효성복합비료를 표준시비량의 80%를 기비한 시험구의 벼 엽면적이 1모작의 벼 엽면적보다 약간 낮은 것으로 조사되었다(Fig. 3-25)

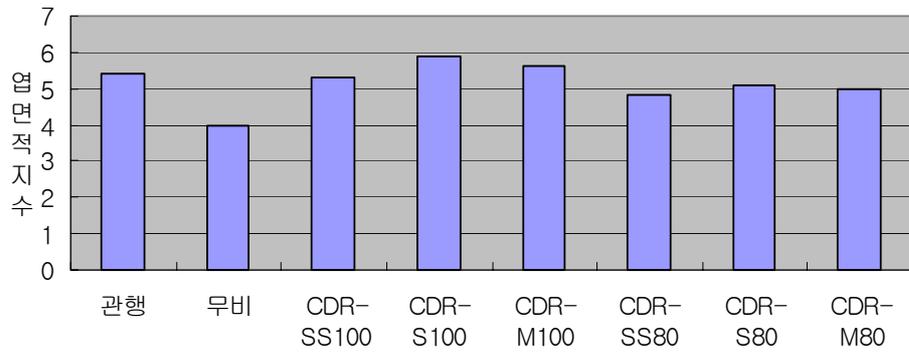


Fig. 3-24. 1모작 벼 출수기 엽면적지수

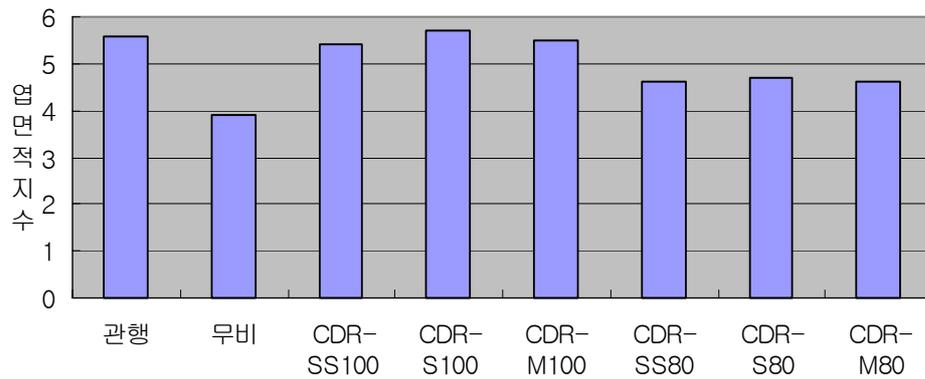


Fig. 3-25. 2모작 벼 출수기 엽면적

6) 벼 생육

출수기 벼의 초장은 1모작의 경우 92.3~95.6cm이며 완효성복합비료를 표준시비한 시험구의 초장이 완효성복합비료를 표준시비량의 80%를 시비한 시험구의 벼 초장보다 짧으며, 2모작의 벼 초장은 90.7~95.8cm로 1모작보다 약간 짧았다. 벼 1모작의 경수는 CDR-M을 사용한 시험한 시험구의 것이 16.9개로 가장 많았으며 완효성복합비료 표준시비량을 시비한 시험구의 경수가 완효성복합비료를 표준시비량의 80%를 시비한 시험구의 경수보다 많으며, 2모작도 1모작과 같은 패턴이나 1모작의 벼 경수가 2모작 보다 많은 것으로 조사되었다(Table 3-9).

Table 3-9. 출수기 벼 생육

구 분	1모작		2모작	
	초장(cm)	경수(개/주)	초장(cm)	경수(주/개)
관 행	95.3	15.9	95.8	13.7
무 비	92.3	13.4	90.7	11.4
CDR-SS100	95.4	15.7	94.2	13.7
CDR-S100	95.6	16.5	95.3	14.3
CDR-M100	95.0	16.9	95.6	15.8
CDR-SS80	93.5	14.3	91.9	12.9
CDR-S80	94.5	15.5	93.2	13.1
CDR_M80	93.9	14.7	93.4	12.8

3. 적 요

가. 2003년

완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M에 대한 효과를 검증하기 위하여 삼천벼(조생종), 화성벼(중생종), 남평벼(중만생종)를 시험품종으로 하여 시험한 결과는 다음과 같다.

토양중 암모니아태질소 함량은 이앙 후 30일경(7월 4일)에 최고에 도달하고 그 후 감소하여 수확기에는 2 ppm정도로 낮은 수준이 되었으며, 완효성복합비료 간에는 품종과 조사 시기에 따라 일정한 경향을 보이지 않았다. 토양 중 질산태 질소는 암모니아태질소가 최고에 도달한 15일 후(7월 18일) 최고에 달하고, 수확기에는 1 ppm내외로 낮아졌다. 삼천벼에서는 CDR-SS와 CDR-S를, 화성벼에서는 CDR-S, 남평벼에서는 관행 시비량을 사용한 시험구의 벼 질소 함량이 다른 비료를 사용한 시험구의 질소 함량에 비하여 높았다. 엽색도는 6월 20일경에 30에서 7월 18일경에 35~40으로 상승하였으며, 남평벼의 엽색도가 가장 낮았다. 엽면적은 CDR-S를 사용한 시험구의 엽면적이 시험에 사용된 모든 품종에서 가장 크고, CDR-M, CDR-S순으로 작아졌으며, 품종 간에는 차이가 없었다. 질소 이용율은 CDR-M이 가장 높으나, 수량은 CDR-S를 사용한 시험구에서 증수 하였다.

나. 2004년

완효성복합비료 CDR-SS, CDR-S 및 CDR-M에 대한 효과를 검증하기 위하여 남평벼를 시험품종으로 하여 1모작 및 2모작 재배시험 결과는 다음과 같다. 완효성복합비료를 표준시비한 1모작 시험구의 토양 중 암모니아태 질소는 22~23 mg/kg 이고, 표준시비량의 80%를 시비한 시험구의 토양 중 암모니아태 질소는 17~19 mg/kg으로 2모작 보다 높은 수준이었다. 1모작 벼 식물체중의 총 질소 함량은 완효성복합비료를 표준시비한 시험구의 것이 3%이상이며, 표준시비량의 80%를 사용한 시험구의 것은 2.8~2.9%이며, 2모작의 식물체중 총 질소 함량보다 낮았다. 1모작 벼의 엽색도는 완효성복합비료 중 CDR-SS를 사용한 시험구의 것이 다른 두 비종을 사용한 것보다 낮으며, 생육기 동안 6월 29일부터 7월 28일까지는 높은 엽색도를 유지하다가 그 이후에는 점차 낮아졌다. 1모작 벼의 엽면적은 완효성복합비료를 표준시비한 시험구에서 5.3~5.8, 표준시비량의 80%를 사용한 시험구에서는 4.8~5.1 이었다. 벼의 생육은 2모작 보다 1모작이 양호하며, 주당 경수가 2모작보다 1모작에서 1~2개 더 많으며 완효성복합비료 중 CDR-M과 CDR-S가 각각 1모작에서 16.5, 16.9이고, 2모작에서는 14.3,

15.8개였다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

피복물질 탐색을 통해 피복물질을 선발하였고, 선발된 피복물질 3종에 관해 피복시험을 통해 피복조건을 확립하였으며, 용출기간이 30, 60, 90, 120일인 피복요소 피복조건을 확립하였다. 수중 온도별 용출시험 및 토양중 용출시험을 통해 피복요소의 용출특성을 파악하여, 직선형 및 시그모이드형의 용출특성을 확인하였으며, 피복물질의 조성변화 및 blend를 통해 용출형 및 용출기간이 다양한 피복비료를 제조할 수 있었다. 대량생산시험을 통해 시험실수준의 피복조건이 대량생산에도 큰 차이 없이 적용되는 것을 확인하였다. 또한 피복비료 제조 방법에 관한 특허출원을 위해 특허명세서를 작성하여 출원 추진 중이다.

개발된 피복비료를 사용하여 벼에 대한 비효시험을 통해 벼 품종별 조생종, 중생종, 중만생종에 적합한 비종을 선발하였고, 재배양식별로는 답수직파와 이모작재배에 대한 시험을 통해 이러한 재배양식에 적합한 비종을 선발하였다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

피복비료에 대한 연구를 수행한 결과, 용출기간 및 용출형이 다양한 피복비료를 제조할 수 있었으며, 대량생산시험을 통해 대량생산이 가능함을 확인하였다. 또한 벼에 대한 비효시험을 통해 품종 및 재배양식에 적합한 비종을 선발하였으므로, 향후 대량생산을 통해 상품화가 가능할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 얻어진 피복비료 제조기술은 상업적 가치가 매우 높은 것으로 사료된다. 또한 본 연구에서는 벼에 대한 비효시험만을 수행하였으나, 후속 연구를 통해 타 작물에 대한 적용확대가 절실히 요구된다. 또한 본 연구를 통해 얻은 자료를 기초로 피복비료의 B.B.비료화를 통해 보다 환경친화적인 비료의 공급이 가능할 것으로 생각된다.

제 6 장 참고문헌

Wada, G., R.C.Aragones and H. Ando. 1991. Effect of slow release fertilizer(Meister) on the nitrogen uptake and yield of the plant in the tropics. Japan Jour. Crop Sci. 60(1) : 101-106

권혜영. 1996. 벼 건답직파에서 완효성복합비료의 접촉시비효과 구명시험. 영남 농업시험장시험연구보고서. p 674-678

농림부. 2000. 완효성비료 개발에 관한 연구

농촌진흥청 농업과학기술원. 1988. 토양화학 분석법

柳喆鉉, 申福雨, 丁智鎬, 韓相秀, 金成朝. 1998. latex被覆尿素施用과 高溫이 乾畚直播 벼의 窒素利用效率과 收量에 미치는 영향. 韓土肥誌. 31(4):324-329

朴慶培. 1993. 緩效性肥料의 全層施肥가 벼 生育과 收量에 미치는 영향. 韓作誌. 37(6): 499-505

박경배. 1994. 벼 재배양식별 피복요소 복합비료의 시비량이 생육 및 미질에 미치는 영향. 한국토양비료학회지 27(3) : 226~231

박기도, 권혜영, 박창영, 전원태, 김춘식. 2002. 벼 건답직파재배시 완효성 복합비료의 접촉시비효과. 한국토양비료학회지. 35(2) : 112~117

박영선. 황정효. 1971. 완효성질소비료의 시용이 벼의 생육 및 양분흡수에 미치는 영향. 식물환경연구소 시험연구보고서. p 889-916

肥料年鑑. 2000. 第47版. 日本 肥料協會新聞部

肥料便覽. 伊達昇, 塩崎尙郎. 2001. 農文協. 第5版

上野正夫, 熊谷勝巳, 左藤之信, 井上每子, 田中伸幸. 1990. 土壤窒素と緩効性被覆肥料を利用した全量基肥施肥技術 I. 水稻の理想的窒素吸収パターンと緩効性肥料の溶出パターン特性. 農業および園藝. 65(7):828-834

신제성. 1988. 비료의 개발 이용. 한국토양비료학회지. 21(S. 1) : 119~125

壓子貞雄. 1995. 新農法への非戦 生産, 資源, 環境との 調和. 傳友社 p59~95

유철현, 신복우, 이상복, 정지호, 한상수, 김성조. 1997. 벼 무논골부림 재배시 Latex 입힌 요소의 시용이 질소이용과 수량에 미치는 영향. p114~121

이승호. 1998. 폐섬유를 이용한 완효성질소비료의 특성 및 작물에 미치는 영향. 영남대학교대학원 석사학위논문

이춘수. 1998. 시비. 한국토양비료학회지 31(S. 1) : 64~75

장명환, 백준호, 이승호, 이상조, 임준여, 김복진. 2001. 벼 담수직파재배시 완효성질소비료의 시용 효과. 한국토양비료학회지 34(6) : 401~406

趙東三 등. 1991. 벼의 生理와 生態. 郷文社. p83-85

早瀬達郎. 1991. 肥料窒素の溶脱と緩効性肥料. 農業および 園藝 66(5) : 615-740

側條施肥에 의한 肥料節減이 生育 및 收量에 미치는 영향. 農試論文集(水稻編). 33(2):34-40

和田源七, 庄子貞雄, 高橋重郎, 奮公夫, 新保致. 1971. 水田における窒素の動態と水稻による窒素吸収について 第3報 追肥窒素の土壤中における行動なら びに水稻による吸収. 日本作物學會紀事. 第40券:287-293

Sada shoji, A. T. Gandenza. 1992. Controlled ralease fertilizers with polyolefin resin coating. pp 92

Sada shoji, A. T. Gandenza and K. Kimura. 1991. simulation of crop response poyolefin coated urea. Nitrogen uptake by dent corn. Soil Sci. Soc. Am. J. 55 : 1468~1473

Juliano. B. O. 1985. Criterial and tests for rice grain qualities. Rice:chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists. pp.443-524.