

사업구분 : 농업특정	Code 구분 : LS0201	벼(전반기)
연구과제 및 세부과제명	연구기간	연구책임자
소경목을 이용한 수도작용 지효성 비료개발	'04 ~ '05	강원도원 작물경영연구과 함진관
수종별 시용효과 평가 및 시비적량구명	'04 ~ '05	강원도원 작물경영연구과 함진관
색인용어	벼, 소경목, 완효성, 수량, 품질, 병충해	

ABSTRACT

This study was carried out to examine the effects of wood-chip fertilizer on rice in paddy field. The wood-chip complex fertilizer made of *Quercus*, *P. tomentiglandulosa*, *P. densiflora* was treated in the year, there were some differences from the previous year's data. It was much short of leaf color, yield and yield components of rice, and dry weight of the plant after harvest, comparing to standard fertilizing. Thus, the wood-chip fertilizer used in the year was examined by the contents of fertilizer components, and it was recognized that there were short of the components. In conclusion, this trial should be tested again.

1. 연구목표

최근 급속한 산업화에 따라 환경오염 문제가 심각해지면서 농업과 환경을 조화시켜 농업의 생산을 지속적으로 가능하게 하며 농업에 의한 환경부화를 최소화하는 환경친화적 농업에 대한 관심이 국내외적으로 높아졌다.

벼농사에서 환경친화형 재배기술이란 생산과 그 바탕이 되는 환경을 자연에 맞게 조화시켜 생태계를 보전하면서 그 속에서 지속적인 생산 활동을 통하여 경제성을 확보하고 농산물의 안전성을 추구 농약, 화학비료 등 오염원을 감소시키고 폐자원을 재생산자원으로 활용 농경지 지력증진, 수질개선 등 농업환경을 유지 개량하는 것이다.(강원도원 2003)

벼 재배시 속효성질소비료를 기비로 많은 양을 사용하면 용탈 및 휘산 등으로 유실되는 양이 많아지고 또한 과잉흡수하면 도열병 등 병해의 피해가 증가할 수 있으며 생육 중 절간신장기에 질소성분이 많이 남아있으면 식물체가 웃자라 도복을 유발시켜 수발아에 의한 쌀 품질 저하로 상품성이 낮아져 결국 농가소득이 낮아지는 경향을 보이고 있다.(박 등 1996)

따라서 속효성 질소비료 사용에는 작물 생육시기에 맞추어 비료공급이 적절히 되도록 분시하여야 하지만 그 시기와 양을 결정하기 어렵고, 시비노력도 많이 소요되는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선하고자 국내에서도 여러 종류의 완효성 및 지효성비료 제품들이 개발 생산 보급되고 있으나 그 효과가 지역 및 기상에 따라 다소 상이하게 나타나고 있는 현실을 감안 시판되고 있는 비료에 대해 좀더 세밀한 검토가 요구되고 있다..

본 연구는 지효성비료를 개발하고자 산림 조림시 발생하는 폐목을 이용하여 지효성 비료를 제조 벼의 생육, 수량 및 수량구성요소, 토양의 화학적 특성변화에 미치는 영향 등을 조사 비효를 검토 사용가능성에 대한 기초 자료를 얻고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시험재료

시험재료는 강원대학교 산림과학대학 임산가공학과에서 소나무, 은사시나무, 참나무속의 목재 칩에 질산암모늄(NH_4NO_3) 포화수용액 214g/100ml, 인산칼륨(K_2HPO_4) 포화수용액 159g/100ml과 염화칼륨(KCl) 포화수용액 34g/100ml를 가압법으로 소나무, 은사시나무 및 참나무속 목재 칩에 주입한 재료를 이용하였다. Chip은 제조기로 2~3cm 크기로 chipping하여 4kg/cm³ 3시간의 조건에서 포화수용액을 침투시켰으며 동일 조건에서 6회 반복 실시하여 목재 캡슐비료를 제작하였다. 시험품종은 조생종인 오대버를 사용하였으며 시험장소는 춘천, 강릉, 철원에서 춘천 5월30일 강릉, 철원 5월20일에 종묘(30일묘)를 이양하였으며, 시비량은 질소 11, 인산 4.5, 칼리 5.7kg/10a를 사용하였다.

나. 처리내용

혼합수종 우드칩 비료는 목재 칩에 표준시비량 수준의 비료를 주입시킨 재료를 이용하였고 전량 기비로 사용하였고, 표준시비량은 성분량으로 N-P₂O₅-K₂O 11-4.5-5.7kg/10a를 사용하였으며, 분시방법은 질소는 기비-분얼비-수비를 50-30-20%로 분시하였고 인산은 전량기비로, 칼리는 기비-수비를 70-30%로 분시하였다. 벼 이앙은 30일묘를 5월25일에 재식거리 30×15cm 기계 이앙을 하였고, 시험구 배치는 지역간 단구제 3반복 이용 시료를 채취하였다.

다. 토양, 식물체 등 성분분석

토양분석 시료는 시험 전과 수확 후에 채취하였으며, 풍건 후 2mm체를 통과시켰다. pH는 토양과 증류수를 1:5로 하여 초자전극법으로, 유기물 함량은 Tyurin법, CEC는 토양 5g을 1M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (pH7.0) 50ml로 3시간 세척 토양교질에 NH_4^+ 을 흡착시키는 치환침출법을 사용하였다. 유효인산은 Lancaster법을, 치환성 Ca, Mg, K는 초산암모늄 침출법, 유효규산은 NaOAc 침출법으로 분석하였다, 시험전 토양 화학성은 Table 1과 같다.

식물체 시료는 수확 후 잎, 줄기,이삭을 채취하여 90℃ 2시간, 60℃에서 24시간 이상 충분히 건조 후 분쇄한 시료를 산분해액($\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4=10:1$)으로 습식 분해하여 질소는 Kjeldahl법, 인산은 vanadate법, 칼리는 원자흡광분광법으로 측정하였다. 생육, 수량, 병충해 및 품질조사는 농촌진흥청 농사시험연구 조사기준에 준하여 실시하였다.

엽색도 측정은 SPAD-502(Minolta, 일본)를 이용하였고, 쌀 백미품위 및 품질분석은 RN-500(스웨덴), 식미치는 TOYO(미도메타, 일본)를 사용하였고, 쌀 색도는 Minolta제품의 CR-10을 사용하였다.

우드칩 성분분석은 우드칩을 분말상태로 만들어 0.5g을 취하여 $\text{H}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$ 습식분해하고 질소, 인산 및 가리의 함량을 조사하였다.

<Table 1> Chemicals of soil before culture

Region	pH	O.M.	P ₂ O ₅	Ca	K	Mg	CEC	SiO ₂
	(1:5)	(g/kg)	(mg/Kg)	(cmol(+)/kg)				
Chunchon	5.7	33	178	5.4	0.34	0.82	10.29	168
Gangneung	5.6	31	318	4.2	0.36	0.84	8.54	328
Cheorwon	5.7	31	328	4.8	0.36	1.03	8.21	208

시험 전 토양분석결과는 Table 1과 같이 pH 및 유기물함량은 지역간 큰 차이를 보이지 않았으나 인산함량은 강릉, 철원지역에서 높았으며 양이온치환용량은 춘천이 높았으나 규산함량은 타 지역에 비해 다소 낮은 경향을 보였다.

3. 결과 및 고찰

가. 초장 및 분얼수

이앙 30일후 지역 및 재배방법에 따른 생육조사 결과는 Table 2와 같다. 무처리를 제외한 초장은 춘천 표준재배에서 가장 길고 강릉에서 다소 짧았으며, 경수는 철원지역에서 가장 많고 춘천에서 적었다. 처리별 생육 중 혼합수종은 표준시비 대비 지역간 큰 차이 없이 초장 및 경수가 비슷하게 나타났으나, 철원에서는 초장 및 경수가 많아 초기생육이 양호한 것을 볼 수 있어 기온변화의 영향을 많이 받은 것으로 사료되었다.

<Table 2> Plant height and numbers of tiller after transplanting

Sectorial	Chunchon			Gangneung			Cheorwon		
	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing
Plant height (cm)	45	42	32	32	33	28	42	43	38
No. of tiller	13	12	6	16	15	12	20	24	13

※ standard fertilizer application : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

나. 생육시기별 엽색도 분석

작물을 재배하는데 있어서 외에 있는 엽록소나 질소함량을 안다는 것은 재배관리 면에서나 재해 경감 및 수량향상에 매우 중요하다(이 등 1971, 조 등 1984). 그러므로 SPAD-502는 간편하게 녹색에 대한 정도를 측정하므로 잎의 엽록소 함량이나 질소함량을 예측할 수 있어 SPAD값은 벼의 질소 요구량을 결정하는데 이용되고 있다. SPAD-502를 이용 무처리를 제외한 생육시기별 조사결과, 철원에서 최고 분얼기 및 출수기에 그 값이 높았고 강릉에서 낮았다.

표준시비 대비 혼합수종의 엽색도는 지역간 큰 차이 없이 다소 낮아 화학비료에 비해 질소 용출속도가 느린 것으로 사료되었다(Table 3).

<Table 3> Growth stage of leaf color(SPAD)

Sectoial	Chunchon			Gangneung			Cheorwon		
	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing
Maximum tillering stage	39.8	36.4	24.6	38.9	36.2	24.5	40.1	37.2	28.4
Heading stage	37.3	35.7	23.0	36.8	34.5	23.6	38.4	35.2	24.5

※ Standard fertilizer application: Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

다. 수량 및 수량구성요소

지역 및 처리별 수량 및 수량구성요소는 Table 4와 같다. 지역별 혼합수종 처리의 간장 및 수장은 철원에서 다소 길고 강릉에서 짧았으며 춘천은 철원과 비슷한 생육을 보였다 주당 수수확보는 강릉, 철원, 춘천 순으로 나타났으며 수당립수는 춘천이 78개로 가장 많고 철원이 가장 적었다. 수량에 미치는 영향이 가장 큰 등숙율은 철원, 춘천, 강릉 순으로 나타났으며 철원이 높았던 것은 수당립수가 적어 양분공급이 유리한 것에 의한 것으로 사료되었다. 표준시비 대비 혼합수종의 간장 및 수장은 춘천, 철원에서는 차이가 적었으나 강릉에서는 다소 차이를 보였다. 수수는 춘천에서 다소 적었을 뿐 지역간 차이는 없었고, 수당립수는 춘천, 철원에서 많았으나 강릉에서는 적었다. 전체수량은 춘천, 철원, 강릉 순으로 나타났다. 혼합수종 시용구에서 표준시비 대비 수량이 다소 낮은 것은 우드칩 재분석결과, 비료량이 다소 부족하게 제조된 원인으로 판단되어 금후 정밀한 비료제작이 요구되었다.

<Table 4> Yield and yield components of rice

Region	Treatment	Culm length (cm)	Panicle length (cm)	No. of hills	No. of spikelet	Ripened grain (%)	Yield (kg/10a)	Yield index
Chunchon	Standard fertilizing	68	20	13	82	92.8	526a [†]	100
	Mixed woodchip	62	19	11	78	93.6	490a	92
	No fertilizing	56	19	8	73	92.9	243b	46
Gangneung	Standard fertilizing	60	20	15	73	93.2	480a	100
	Mixed woodchip	55	18	15	68	91.3	418b	91
	No fertilizing	52	13	11	51	94.1	320c	66
Cheorwon	Standard fertilizing	69	16	14	61	95.7	537a	100
	Mixed woodchip	66	16	14	45	97.5	490b	91
	No fertilizer	62	20	11	37	94.2	249c	46

※ Standard fertilizer application : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

† : means with the same letter are not significantly different

라. 쌀(백미)품위

수확, 건조, 정선, 도정 후 쌀 품위를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 쌀 품위를 결정짓는 백미 완전미율은 춘천, 강릉, 철원 순으로 나타났고, 표준시비 대비 혼합수종의 쌀 품위는 춘천에서 가장 높았으며, 강릉에서는 쌀알의 표면이 백색 불투명한 유백미율이 다소 높았다, 특히 철원에서 완전미율이 낮았는데 이것은 쌀알에 하나 혹은 여러 개의 금이 간 동할미율이 높은 것이 원인인 것으로 판단되었으며, 지역별 처리간 완전미율에 대한 통계처리결과, 표준시비와 비슷한 수준이었다.

<Table 5> Apparent quality of milled rice according to the soil and cropping system (%)

Region	Treatment	Head rice	Milky white rice	Checked rice	Opaque-kernel rice
Chunchon	Standard fertilizing	94.7a [†]	1.9	2.9	0.5
	Mixed woodchip	96.6a	0.7	2.6	0.1
	No fertilizing	97.6b	1.2	1.0	0.2
Gangneung	Standard fertilizing	86.6a	3.4	8.7	1.3
	Mixed woodchip	88.6a	5.8	4.5	1.1
	No fertilizing	85.4a	3.7	6.7	4.2
Cheorwon	Standard fertilizing	80.8a	0.2	14.8	4.2
	Mixed woodchip	78.5a	0.3	14.6	6.6
	No fertilizing	68.5b	9.1	14.2	8.2

※ Standard fertilizer application : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

마. 쌀(백미)품질

식미를 좌우하는 요인으로는 품종, 산지, 기상, 토양, 재배방법 등이 있으며, 그중 미립의 전분이나 단백질 등의 성분이 집적하는 조건이 식미에 영향을 미친다(유 등, 1998, 농촌진흥청 고품질쌀연구 2004). 특히 재배방법 중 질소비료는 단백질 함량과 깊은 관계가 있어 다비재배시 쌀의 단백질 함량을 증가시켜 식미가 저하된다. 혼합수종 처리시 표준시비 대비 성분변화 및 밥맛을 측정된 결과는 Table 6과 같다. 단백질 및 아밀로스함량은 무처리에서 낮아지는 경향을 보였을 뿐 표준시비 대비 혼합수종처리에 의한 차이는 없었다. 식미치는 지역 및 처리간 통계상 유의성은 인정되지 않았으나, 수치상은 다소 증가되는 경향을 보여 혼합수종 처리시 밥맛이 향상되는 것을 볼 수 있었다.

<Table 6> Physicochemical characteristics and palatability of milled rice according to the cropping system(%)

Region	Treatment	Moisture	Protein	Amylose	Whiteness	Toyo taste
Chunchon	Standard fertilizing	14.6	8.7a [†]	15.6	46.4	78a [†]
	Mixed woodchip	14.3	7.9a	15.8	44.1	80a
	No fertilizing	15.9	8.6b	15.0	39.6	78a
Gangneung	Standard fertilizing	14.2	6.6a	15.7	48.5	82a
	Mixed woodchip	13.9	7.3a	16.1	46.6	84a
	No fertilizing	13.7	5.2b	21.3	43.7	84a
Cheorwon	Standard fertilizing	13.4	7.6a	16.9	44.0	83ab
	Mixed woodchip	13.7	7.3a	16.3	44.7	86a
	No fertilizing	14.0	6.8a	18.0	43.4	80.b

※ standard fertilizer application : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

바. 식물체 건물중

생육기별 식물체 건물중은 Table 7과 같다. 전체 건물중은 춘천이 가장 높았고 강릉이 가장 낮았다. 지역별 생육기에 따른 차이는 출수기에는 큰 차이를 보이지 않았으나, 최고분얼기와 수확기에 혼합수종처리가 표준시비 대비 건물중이 낮게 나타나 건물중이 수량에 미치는 영향을 고려할 때 혼합수종처리에서 수량이 낮았던 원인중 하나로 사료되었다.

<Table 7> Dry weight of the plant after harvest

Growth stage	Chunchon			Gangneung			Cheorwon		
	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing
Maximum tillering stage	4.32	3.49	2.36	4.49	3.39	2.32	4.47	4.29	2.44
Heading stage	82.93	77.89	70.55	75.10	72.43	67.80	87.13	79.53	72.50
Harvesting stage	59.21	47.73	18.45	55.53	35.68	16.58	61.72	45.53	19.22

※ Standard fertilizer application: Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

사. 식물체중 무기 성분

수확 후 식물체중 무기성분 함량은 Table 8과 같다. 지역간 다소 차이는 있으나 전체적으로 식물체 내에는 칼리가 가장 많았고 마그네슘이 적었다. 칼리는 질소와 함께 체내 함유량이 가장 많고 생육후기에 많이 흡수되는 것으로 보고되어있다(조 등. 1997, 조 등 1987). 벼 재배시 병원균이나 해충의 침입을 막는 등 벼의 건전한 생육에 크게 기여 하고 있는 규산함량은 지역 및 처리 간 그 차이를 뚜렷하게 구별 할 수 없었으나 철원 및 강릉지역에서 높았다. 표준 시비 대비 혼합수종 사용은 규산성분을 제외하고 무기성분 함량이 대체로 낮은 경향이었다.

<Table 8> The content of minerals in plants after harvest

(%)

Mineral Nutrient	Chunchon			Gangneung			Cheorwon		
	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing	Standard fertilizing	Mixed woodchip	No fertilizing
T-N	1.50	1.21	1.43	3.06	2.23	1.98	2.18	1.45	1.69
P ₂ O ₅	0.89	0.65	0.71	0.45	0.35	0.85	0.80	0.74	0.72
K ₂ O	1.40	1.28	1.41	2.61	2.06	2.43	2.74	2.53	2.35
CaO	0.27	0.34	0.25	0.19	0.17	0.25	0.24	0.21	0.19
MgO	0.17	0.13	0.13	0.17	0.16	0.14	0.13	0.09	0.07
SiO ₂	6.70	6.91	7.18	5.77	6.93	7.66	5.06	7.93	6.33

※ Standard fertilizer application : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P₂O₄-K₂O) 11-4.5-5.7kg/10a

아. 토양 화학성변화

시험 후 토양의 화학적 특성은 Table 9와 같았다. 토양의 산도, 유기물 및 인산 함량은 시험전보다 다소 증가하였다. 유기물함량은 평균 33mg·kg⁻¹으로 매우 높은 편이었으며, 우드칩 사용시 표준시비 대비 1~2mg·kg⁻¹ 가량 높은 것은 우드칩 지효성비료 중 나무성분이 부식화에 의한 것으로 판단되었다. 규산함량은 246mg·kg⁻¹ 으로 벼 재배시 기준치 130mg kg⁻¹보다 많았으나 시험 전보다는 지역간 차이는 있으나 감소되는 경향을 보였고, 특히 무처리를 제외하고 양이온치환용량이 증가되어 완효성비료 사용시 인산 및 양이온은 시험 후에 증가한다고 보고된(이 등. 1991, 최 등. 1968) 것과 연구결과가 일치하였다.

혼합수종처리는 표준 시비대비 유기물함량 및 양이온치환용량이 증가되었고 강릉을 제외하고 인산 및 규산 함량은 감소되는 경향을 보였다.

<Table 9> Chemicals of soil after culture

Region	Treatment	pH (1:5)	O.M (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ca	K	Mg	CEC (cmol(+)/kg)	SiO ₂ (mg/kg)
					(cmol(+)/kg)				
Chunchon	Standard fertilizing	5.6	33	171	6.2	0.52	1.09	11.38	171
	Mixed woodchip	5.8	34	134	5.6	0.50	1.04	12.11	150
	No fertilizing	5.6	31	125	5.7	0.48	0.99	10.71	154
Gangneung	Standard fertilizing	5.9	31	383	5.6	0.10	0.85	8.40	336
	Mixed woodchip	5.7	33	476	5.7	0.11	0.89	8.30	425
	No fertilizing	5.6	29	126	4.8	0.10	0.76	7.87	243
Cheorwon	Standard fertilizing	5.7	32	334	4.0	0.38	1.02	7.30	213
	Mixed woodchip	5.8	34	123	3.4	0.44	0.81	8.01	180
	No fertilizing	5.6	31	104	4.1	0.48	1.07	9.01	195

※ Standard fertilizer application : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

※ Mixed woodchip : Chemical fertilizer(N-P2O4-K2O) 11-4.5-5.7kg/10a

4. 적 요

본 연구는 산림 조림시 발생되고 있는 폐목(참나무속, 은사시나무, 소나무)을 이용 우드칩 지효성비료를 개발하여 벼재배 시용효과를 검토하고자 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- 가. 이앙 후 30일 지역 및 재배방법에 따른 생육 중 초장은 춘천 표준시비에서 가장 길고 강릉에서 짧았으며, 경수는 철원에서 가장 많고 춘천에서 적었다. 혼합수종은 표준시비 대비 지역간 처리별 큰 차이는 나타나지 않았다.
- 나. 수량 및 수량구성요소 중 간장과 수장은 철원에서 다소 길고, 강릉에서 짧았으며 수량에 미치는 영향이 가장 큰 등숙율은 철원>춘천>강릉 순으로 나타났고, 전체수량은 춘천>철원>강릉 순으로 나타났으며 춘천에서 혼합수종은 표준시비 대비 유의성이 인정되었음.
- 다. 쌀 품위 및 품질은 표준시비 대비 혼합수종처리에서 지역 및 처리간 다소 차이는 있었으나 그 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았음.
- 라. 생육기별 식물체 건물중은 최고분얼기에는 춘천이 가장 높았고 강릉이 낮았으며 출수기 및 수확기에는 철원 표준시비에서 가장 높았다. 혼합수종은 표준시비 대비 건물중이 다소 떨어졌으며, 특히 생육후기에는 그 차이가 뚜렷하였다.
- 마. 수확 후 식물체중 무기성분은 칼리가 가장 많고 마그네슘이 적었으며 혼합수종은 표준시비 대비 규산성분을 제외하고 무기성분 함량이 낮게 나타났다.

바. 시험후 토양의 화학성분은 산도, 유기물, 인산, 함량은 시험전보다 다소 증가되었으며, 특히 유기물함량 증가가 뚜렷하였다. 혼합수종처리는 표준시비 대비 유기물함량 및 양이온치환용량이 증가되었고 강릉을 제외하고 인산 및 규산함량은 낮은 경향을 보였다.

5. 인용문헌

- 강원도농업기술원 2003. 친환경농자재의 올바른 사용방법 : 11-71
- 농촌진흥청. 2004. 고품질쌀 생산과 품질관리의 화학성분
- 박래경, 조수연. 1990. 쌀 품질의 고급화 육종현황과 금후전략.'90수입개방대책45:30-40
- 박석홍. 1996. 벼 재배환경과 조건이 미질에 미치는 영향. 영구와지도 제37권 제8호 : 77-80
- 조재영, 윤상현, 이은운. 1984. 재배학원론. 향문사
- 조백현, 조성진. 1987. 비료학. 향문사
- 이주열, 이선용, 조수연, 1971. 시비위치에 따른 엽신 질소농도 변화가 수량구성요소에 미치는 영향. 한작지7: 28-32
- 이종훈, 오윤진. 1991. N.P.K 및 유기물의 23년간 연용이 수도의 수량생성과 미질에 미치는 영향. 한작지36(4)
- 최현옥, 이종훈, 배성호. 1968. 수도생육과정에 따른 질소의 추비가 제 생육형질과 수량에 미치는 영향. 농시연보 11권(3) : 3-8

6. 연구성과 활용제목

- 환경친화적 농자재개발 ----- (2005, 기초자료활용)