

## 논에서 콩 재배시 보릿짚 시용과 경운방법에 따른 토양 물리성과 수량

이상복<sup>†</sup> · 김병수 · 강종국 · 김 선 · 김재덕

작물과학원 호남농업연구소

### Effects of Barley Straw Application and Tillage Method on Soil Physical Property and Soybean Yield in Paddy Field

Sang-Bok Lee<sup>†</sup>, Byong-Soo Kim, Jong-Gook Kang, Sun Kim, and Jai-Duk Kim

Honam Agricultural Research Institute, NICS, Iksan 570-080, Korea

**ABSTRACT** This study was conducted to investigate the effect of tillage methods such as plowing and rotary tillage (PRT), rotary tillage (RTG), no-tillage after barley straw application (NTB), and barley straw mulching after plowing and rotary tillage (BPR) on the growth and the yield of soybean when cultivated after the cultivation of barley. The methods were compared with the control method in which plowing and rotary tillage after barley straw incineration was applied. Barley straw application resulted in increase in organic matter, total nitrogen, phosphate, and exchangeable cation regardless of tillage methods. Porosity and moisture level in paddy soil was ranked as follows : PRT > RTG > BPR > control > NTB. Decomposition rate of barley straw dramatically increased to 41.7% toward 30 days after soybean sowing, higher in NTB, DRB, and RTG than in BPR. Weed occurrence was decreased 36% in NTB and 40% in BPR. Root activity, nodulation and the dry weight per plant of soybean at flowering stage were highest in NTB and lowest in PRT. Soybean yield in NTB was 3,070 kg/ha increasing 19%, whereas that in PRT was not increased. Therefore in case of a frequent rain during the cultivation of soybean in paddy field PRT could result in excess moisture level in soil, the cultivation without tillage is desirable.

**Keywords** : barley straw, paddy soil, soybean, tillage method, yield

**논 콩** 재배사업은 농림부가 지난 2002년 쌀 생산량을 조절하고 콩의 자급률을 높이기 위해 도입하여 논 콩 수매가를 밭 콩보다 높게 책정하면서 재배면적을 2002년도에 1,890

ha에서 '04년도 6,222 ha로 불과 2~3년 사이에 3배 이상으로 꾸준히 늘려왔다. 그러나 2005년도에 들어서면서 밭 콩과 논 콩을 차등으로 수매하는 것은 바람직하지 못하다는 이유로 가격 격차를 줄임에 따라 농가소득보전에 차질을 빚어 식용콩 자급률 달성에 우려된다.

한편 논외 경지 이용률 제고를 위하여 겨울철에 가장 많이 재배하여 온 작물은 보리로써 재배 후 문제점은 보릿짚을 소각하여 유기물 자원의 소실과 더불어 대기 오염을 유발하므로 합리적인 이용 체계 확립이 절실히 필요하다. 특히 보릿짚, 벧짚과 같은 농산부산물의 논토양 환원은 지력을 증진하여 토양이화학성을 개선하게 된다. 즉, 보릿짚 시용의 경우 경도, 용적밀도, 고상율이 낮아지고 공극율이 증가하여 토양 물리성이 개선된다(Yoo *et al.*, 2001). 또한 잡초발생 억제가 가능하고(Kim *et al.*, 2000), 질소증시 C/N율이 낮아진다(Yoo *et al.*, 2000). 보릿짚을 10년간 연용한 토양의 pH는 저하되고 T-N, T-C, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ca, Mg 등은 증가하나(宗野 등, 1970) 인산, 가리, 나트륨, 염소, 황산이온 등이 용탈(Suh & Kim, 1988)되는 경우도 있으므로 토양에 따라 신중한 투여가 요망된다.

그 동안 우리나라는 밭 위주로 콩을 재배하여 재배 규모가 영세하고 생력 기계화가 미흡하여 생산성이 낮아 자급률이 저조하였다. 그러나 논에 재배할 경우에는 위와 같은 제약조건은 다소 완화할 수 있으나 논은 토양물리 화학성이 밭과 다르고 배수가 불량하여 콩 재배시 습해로 적정 입모 확보 뿐만 아니라 생육 후기 도복으로 안전한 수량 확보에 걸림돌이 되며, 국내의 경우 보리 후작 콩을 파종할 시기부터 생육 초기에 걸쳐 장마로 인한 과습으로 생육지연을 초래하는 등 안전 재배법이 요망되고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 지금까지 논토양에 적합한 품종 선정

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2268  
(E-mail) leesbok@rda.go.kr <Received September 28, 2006>

과 재배적지 기준설정(National Institute of Crop Science, 2005), 적정파종시기(Cho *et al.*, 2004a), 재식밀도(Cho *et al.*, 2004b), 습해경감을 위한 재배 방법(Son *et al.*, 1997; Seong *et al.*, 1999; Seong *et al.*, 2000; Cho *et al.*, 2006) 등의 연구를 수행하였으나 보리 후작 콩 재배시 습해 경감을 위한 기술 체계는 밝혀지지 않은 실정이다.

따라서 본 시험은 보리 후작 논에서 콩 생력 안전 생산 기술 체계를 확립하고자 보릿짚 시용 후 무경운, 로타리, 경운 로타리 등 경운방법을 달리하여 시험한 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 2004년부터 2005년에 걸쳐 호남농업연구소 시험포장인 전북통 평야지에서 콩 품종은 풍산나물콩으로 시험을 수행하였다. 보릿짚은 수확시 콤바인 카터로 절단하여 전량 살포하였다. 처리내용은 보릿짚 소각 후 경운 로타리(이하 소각후로타리)를 대조로 트랙터를 이용한 경운 로타리, 무경운 로타리(이하, 로타리), 무경운 무로타리(이하, 무경운) 및 경운 로타리 후 보릿짚 피복(이하, 경운로타리 피복) 등 5처리를 두었다. 경운과 로타리의 깊이는 각각 15 cm와 5 cm로 조절하여 보릿짚이 골고루 섞이도록 하였다. 평야지 논의 배수를 위하여 골은 관리기를 사용하여 1.2 m 마다 30 cm 폭에 15 cm 깊이로 작조한 토양을 각 처리마다 동일하게 복토하였다. 콩 파종은 재식거리 70×10 cm로 첫해는 6월 16일에, 그 이듬해는 6월 17일에 황금파종기를 이용하여 2~3립씩 파종 후 최종 2분을 유지하여 재배하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 하였고, 시비량은 ha당 N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O=30-30-34 kg로 전량 기비로 사용하였다.

시험포장의 토양화학성은 콩 파종전과 수확 후에 0~15

cm 깊이의 토양을 채취하여 토양화학 분석법(농촌진흥청, 1988)에 준하여 분석하였으며, 토양물리성은 시험년도 2년간의 평균 강수량이 콩 파종 후 생육초기인 35일까지 460.2 mm로 평년 296.0 mm에 비하여 164.2 mm가 더 많아 처리 간에 파습영향을 비교하기 위해서 35일째인 제4복엽 완전 전개기(V5)와 55일경인 개화성기(R2)를 택하여 0~5 cm 깊이의 용적밀도, 고상율, 공극율 및 수분함량을 조사하였다(崔 등, 1983). 보릿짚 분해는 별도로 10 g씩 정확히 평량하여 직경 0.25 mm인 망사자루에 넣은 후 각 처리의 경우에 의한 보릿짚 매몰 깊이를 감안하여 경운로타리구는 10 cm, 로타리구는 5 cm, 무경운구는 2 cm 깊이에 매몰하였고, 보릿짚 피복구는 토양표면에 고정하였다. 그 후 경시적으로 채취하여 보릿짚에 붙은 토양을 흐르는 물로 제거한 후 85℃에서 24시간 건조하여 초기 건물량에 대한 감량으로 조사하였다(Choi *et al.*, 1991). 잡초발생량은 파종후 35일째 잡초본수와 건물량을 조사하였고, 뿌리활력은 역시 제4복엽 완전 전개기(V5)와 55일경인 개화성기(R2)에 TTC를 이용하여 환원력을 측정하였는데 즉, 2시간동안 30℃ 항온수조에서 formazon으로 발색하여 470 nm에서 측정하였다(Lee *et al.*, 1996). 콩 개화기의 경장, 경태, 절수 엽면적, 근류수 및 수확기의 분지수, 협수, 종실 등 수량형질은 농업과학기술연구 조사분석기준(농촌진흥청, 2003)에 준하여 조사하였다.

## 결과 및 고찰

논토양 보릿짚 처리 후 경운방법에 따른 토양의 이화학성은 Table 1과 같다. pH는 시험 전에 비하여 큰 차이가 없었고, 유기물 함량은 시험 전 26 g/kg이었으나 시험 후에는 소각후 로타리를 제외하고 로타리 또는 무경운 처리에서

Table 1. Changes in chemical properties of soil according to tillage methods after barley straw application.

Sampling time	Tillage methods	pH (1:5)	O.M (g/kg)	T-N (%)	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cat. (cmol <sub>c</sub> / kg)		
						Ca	Mg	K
Before sowing	-	5.3	26	0.12	115	4.8	2.3	0.28
	Control	5.2	25	0.11	109	4.8	2.2	0.25
	PRT	5.2	30	0.14	119	4.9	2.4	0.29
After harvest	RTG	5.3	30	0.15	121	4.9	2.4	0.30
	NTB	5.3	30	0.15	121	5.0	2.4	0.29
	BPR	5.2	28	0.13	117	4.7	2.3	0.29

Control : plowing and rotary tillage after barley straw incineration, PRT : plowing and rotary, RTG : rotary tillage, NTB : no-tillage, BPR : barley straw mulching after plowing and rotary tillage.

30 g/kg으로 증가하였다. 또한 T-N과 인산 함량도 로타리 및 무경운 처리에서 각각 0.15%, 121 mg/kg으로 약간씩 증가경향으로 나타났다. 이와 같은 요인은 보릿짚 시용 후 경운방법에 따른 미생물의 보릿짚 분해양상 차이로 인한 토양 이화학적 개선 및 지력 향상의 효과라고 생각되며, 이는 Park et al.(1995), Kim et al.(2000)의 보고와 일치하였다.

논에서 콩 재배시 문제점 중의 하나는 배수관계로 알려져 있다. 즉 토양의 수분함량은 콩의 생육과 밀접한 관계가 있는데 초기에 과습하게 되면 뿌리부위에 산소공급의 불량으로 생육이 억제되거나 심하면 고사되는 것으로 알려져 있다 (權 & 李, 1988). Table 2는 경운방법별 논 토양물리성으로 제4복엽 완전 전개기(V5)와 개화성기(R2)에 조사한 결과이다. 먼저 용적밀도를 보면 V5시기는 1.06~1.17 Mg/m<sup>3</sup>, R2시기는 1.06~1.20 Mg/m<sup>3</sup>였으나 처리간 유의차가 없었고, 고상은 이들 두 시기에 무경운에서 각각 45.4%, 45.8%로 가장 높은 반면 공극은 54.6%, 54.2%로 낮았으며 경운로타리에서 59.5%, 57.4%로 높았다. 또한 수분함유율은 공극과 마찬가지로 무경운에서 각각 41.8%, 20.5%로 가장 낮았으나 경운로타리에서 51.8%, 23.5%로 가장 높았으며 V5시기가 R2시기보다 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 생육초기에 잦은 강우의 영향이 컸음을 보여주며 특히 보릿짚을 시용할수록 그 영향이 더 크게 나타난다. 따라서 이런 경우에는 무경운이 경운로타리 또는 로타리보다 액상이 낮아지고 그 결과 토양의 함수량도 낮아지기 때문에 평야지 논에서 콩을 재배할 경우 과습에 의한 피해는 감소할 것으로 생각된다.

토양중 보릿짚 분해율은 생육 전기가 후기보다 그리고 토양표면에 피복한 처리보다 토양중에 매몰한 3처리에서 빨

랐다. 파종 후 30일째에 토양중에 매몰된 3처리를 비교하여 보면 10 cm 깊이의 경운로타리에서 41.7%, 5 cm 깊이의 로타리에서 46.2% 그리고 2 cm 깊이의 무경운처리에서 50.4%로, 깊이가 얕을수록 분해율이 높게 나타났다. 그러나 생육 후기인 120일 경에는 경운로타리 피복처리를 제외한 3처리에서 75.7~79.2%로 근소한 분해율의 차이를 보였다. 이는 토양 중 미생물의 분해작용임을 암시할 수가 있는데 즉, 매몰초기의 보릿짚 중에는 이분해성 물질이 다량 함유하고 있을 뿐만 아니라 토양 표면일수록 호기적인 미생물의 작용 (Lee et al., 1995)으로 분해가 빨랐던 것이 아닌가 생각된다.

파종 후 35일째 조사된 잡초발생은 주로 피, 여뀌바늘, 방동사나 그리고 황새냉이 등으로 소각후 로타리구와 경운로타리에서 많은 발생량을 보였고 경운로타리 피복과 무경운에서 적은 발생량을 보여 관행대비 각각 40%, 36% 억제효과를 보였다. 이는 보릿짚은 잡초발생을 억제하는 물질 (Kwak & Kim, 1984)이 존재하고 있을 뿐만 아니라 무경운의 경우 보릿짚이 표면 가까이에서 피복되어 있고 앞 작물 재

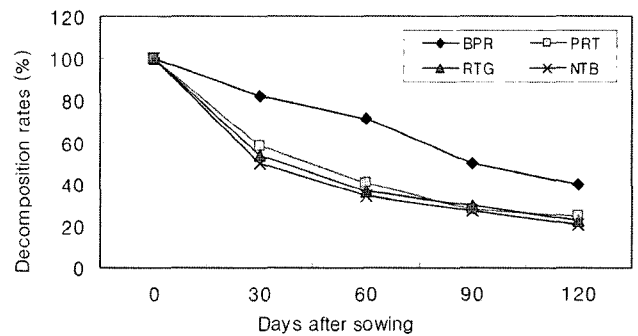


Fig. 1. Decomposition rates of barley straw in soil according to tillage methods. See footnotes on Table 1.

Table 2. Comparison of physical properties as affected by tillage methods after barley straw application.

Tillage methods <sup>†</sup>	Bulk density (Mg/m <sup>3</sup> )		Solid phase		Porosity %		Moisture ratio	
	V5	R2	V5	R2	V5	R2	V5	R2
Control	1.13	1.18	44.6	45.2	55.4	54.8	43.5	21.9
PRT	1.08	1.06	40.5	42.6	59.5	57.4	51.8	23.5
RTG	1.06	1.14	42.9	43.5	57.1	56.5	47.3	22.9
NTB	1.17	1.20	45.4	45.8	54.6	54.2	41.8	20.5
BPR	1.14	1.16	43.8	44.5	56.3	55.5	44.3	22.1
LSD (5%)	NS	NS	2.84	2.11	3.15	3.03	4.15	2.22

<sup>†</sup>See footnotes on Table 1.

V5 : 5th node (at 35 days after seeding), R2 : Full bloom.

NS : not significant at 5% probability level

배시 이미 표면의 잡초가 발아하여 발생량이 적었을 것으로 보며, 보릿짚 표면 피복구의 경우는 광 차단 효과가 작용한 것으로 생각된다.

콩은 토양수분에 민감한 작물로서 논에서 습해를 받으면 뿌리호흡이 억제되어 무기양분의 흡수를 떨어뜨리고 질소 고정균의 활력을 저하시켜 생장을 억제(杉本 등, 1988)하게 된다. 보릿짚 시용 논에서 경운방법에 따른 콩의 뿌리활력과 근류형성은 Table 4와 같다. 뿌리활력은 V5시기에 있어서 무경운에서 1.77로 가장 높고 다음은 경운로타리 피복, 소각후 로타리, 로타리 및 경운로타리의 순으로 낮았으나 R2시기에는 처리간 차이가 인정되지 않았다. 근류수 역시 무경운에서 V5시기와 R2시기에 각각 m<sup>2</sup>당 952개, 2,021개로 가장 많았으나 경운로타리에서 422개, 1,652개로 가장 적었고 근류무게도 근류수와 유사한 경향을 나타냈다. 이와 같은 결과는 토양물리성에서 밝혔듯이 논 토양의 수분함량

과 크게 밀접한 관련이 있으므로 평야지 논에서 보릿짚 환원 후 콩 재배시 경운로타리는 과습 피해 우려를 짐작해 주는 결과라 생각된다.

콩 개화기의 생육은 무경운에서 경장 40.2 cm, 경태 6.6 mm, 엽면적이 개체당 1,324 cm<sup>2</sup>, 건물중이 8.7 g으로 가장 높은 값을 보였고, 다음은 경운로타리 피복, 소각후 로타리, 로타리 및 경운로타리의 순으로 낮은 값을 보였다. 이러한 경향은 보릿짚 시용 후 경운로타리 또는 로타리를 할 경우 초기 과습으로 인한 뿌리활력 저하와 더불어 근류균의 질소 고정 능력에 영향을 입어 생육이 저조하였을 것으로 판단된다.

경운방법별 수량은 무경운에서 307 kg/10a으로 소각후 로타리에 비하여 19%로 가장 높은 증수를 보였으며 다음은 로타리, 경운로타리 피복 그리고 경운로타리 순으로 낮았다. 수량구성 요소도 무경운에서 가장 높은 값을 보였고 경운로타리에서 가장 낮은 값을 보여 수량과 같은 경향으로 나타났다.

이상의 결과에서 나타났듯이 평야지 논 토양에서 콩 재배시 보릿짚 시용 후 경운로타리는 강우가 잦은 경우 토양 중 수분보유능의 증가로 과습을 초래하여 초기 생육을 억제하게 되며 그 결과 후기 생육은 물론 수량에까지 영향을 끼치게 된다. 따라서 지속적인 강우가 예상되는 해에는 무경운 상태하에서 골만 작조하여 재배함이 바람직하리라 판단된다. 특히 보릿짚 토양 환원은 토양이화학성 개선은 물론 잡초억제 등의 효과가 크므로 소각하지 말고 경운방법을 개선하여 토양에 환원하므로써 부속축진은 물론 초기생육장해 경감으로 증수가능성이 크다는 것을 최대한 활용해야 할 것이다.

**Table 3.** Weed occurrence as affected by tillage methods and barley straw application at 35 days after sowing in soybean field.

Tillage methods <sup>†</sup>	No. of weeds (m <sup>2</sup> )	Dry wt. of weeds. (g/m <sup>2</sup> )
Control	154	7.5
PRT	130	7.7(-3)
RTG	92	5.5(27)
NTB	79	4.8(36)
BPR	85	4.5(40)
LSD (5%)	23.5	1.6

<sup>†</sup>See footnotes on Table 1. ( ) : control rate

**Table 4.** The root activity and nodulation of soybean as affected by tillage methods after barley straw application.

Tillage methods <sup>†</sup>	Root activity (mg formazan/g D.W. hr)		No. of nodules (no./m <sup>2</sup> )		Dry wt. of nodules (g/m <sup>2</sup> )	
	V5	R2	V5	R2	V5	R2
Control	1.41	1.63	624	1,835	1.3	6.8
PRT	1.04	1.52	422	1,655	0.9	4.4
RTG	1.28	1.64	514	1,824	1.2	5.5
NTB	1.77	1.69	952	2,021	1.8	7.5
BPR	1.45	1.62	636	1,824	1.3	6.6
LSD(5%)	0.72	NS	105.2	245.3	0.2	1.1

<sup>†</sup>See footnotes on Table 1.

V5 : 5th node stage (at 35 days after sowing), R2 : Full bloom stage.

NS: not significant at 5% probability level.

**Table 5.** Growth characteristics of soybean at flowering time as affected by tillage methods and barley straw application.

Tillage methods <sup>†</sup>	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	No. of node per plant	Leaf area per plant (cm <sup>2</sup> )	Dry matter wt. per plant (g)
Control	23.9	5.3	10.6	628	5.4
PRT	23.8	3.9	7.9	576	4.5
RTG	29.5	5.3	10.2	847	5.6
NTB	40.2	6.6	11.2	1,324	8.7
BPR	31.4	5.2	10.4	900	6.6
LSD (5%)	8.7	1.4	2.7	253	2.1

<sup>†</sup>See footnotes on Table 1.

**Table 6.** Yield and its components as affected by tillage methods and barley straw application.

Tillage methods <sup>†</sup>	No. of branches per plant	No. of pods per plant	No. of seeds per plant	100-seed weight (g)	Yield (kg/ha)	Yield index
Control	4.1	53	101	10.9	2,580	100
PRT	3.6	41	87	10.9	2,600	101
RTG	4.1	58	121	11.6	2,840	110
NTB	5.1	68	143	11.6	3,070	119
BPR	3.6	52	106	11.1	2,750	106
LSD (5%)	1.2	12.5	28.7	0.7	403.4	-

<sup>†</sup>See footnotes on Table 1.

**적 요**

보리 후작 평야지 논에서 콩 안전 재배기술을 확립코자 보릿짚 사용 후 무경운, 경운로타리 등 경운방법을 달리하여 시험한 결과는 다음과 같다.

1. 보릿짚 사용으로 경운 유무에 관계없이 토양 중 유기물함량, 총질소, 인산 및 치환성 양이온 등이 증가하였다.
2. 토양물리성 중 공극과 토양수분함량은 경운로타리 > 로타리 > 경운로타리 후 보릿짚피복 > 보릿짚소각 후 경운로타리 > 무경운 순으로 높았다.
3. 보릿짚 분해율은 파종후 30일째까지 빨랐고 그 이후는 서서히 분해되었으며, 알갱이 매몰된 무경운이 경운로타리보다 빨리 분해되었고, 잡초발생량은 무경운과 보릿짚 피복에서 관행대비 각각 36%, 40% 억제되었다.
4. 콩의 뿌리활력과 근류형성능 및 콩 개화기의 생육은 무경운에서 가장 높은 값을 보였고 보릿짚 사용 후 경운로타리에서 낮은 값을 보였다.
5. 수량은 벧짚사용 후 무경운 처리에서 3,070 kg/ha으로 보릿짚 소각한 관행에 비하여 19% 증수되었으나 경운로타리는 관행수준이었다.

따라서 평야지 논에서 콩 재배시 강우가 잦을 경우 보릿짚 사용 후 경운로타리는 토양과습을 더욱 조장하므로 무경운 골 작조 후 재배함이 가장 적절하다고 판단된다.

**인용문헌**

Cho, J. W., J. J. Lee, and C. S. Kim. 2004a. Effects of planting dates on growth and yield of soybean cultivated in drained-paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 49(4) : 325-330.

Cho, J. W., J. J. Lee, Y. J. Oh, J. D. Lee, and S. B. Lee. 2004b. Effect of planting densities and maturing type on growth and yield of soybean in paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 49(2) : 105-109.

Cho, J. W., J. J. Lee, Y. J. Oh, J. D. So, J. Y. Won, and C. H. Kim. 2006. Soybean growth and yield as affected by spacing of drainage furrows in paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 51(1) : 26-31.

崔炆, 金鼎濟, 申榮五. 1983. 土壤學 實驗. 學文社, pp. 15-16.

Choi, Y. H., S. B. Lee, J. S. Hong, J. D. So, and K. H. Park. 1991. Studies on the rice straw decomposition by micro-organism. 2. Effect of rice straw application methods affecting its decomposition in soil. *Res. Rept. RDA (S&F)* 33(3) : 12-18.

- Kim, S. K., B. Y. Son, D. H. Kim, E. S. Kim, and D. J. Kang. 2000. Effects of barley straw application on growth and yield in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 45(6) : 387-391.
- Kwak, S. S. and K. U. Kim. 1984. Effect of major phenolic acids identified from barley residues on the germination of paddy weeds. *Korean J. Weed Sci.* 4(1) : 39-51.
- 權容雄, 李弘祐. 1988. 콩의 생리와栽培環境上의 問題點. - 콩作物的 水分生理 -. 農振廳 심포지엄, 3 : 68-95.
- Lee, S. B., Y. H. Choi, K. B. Lee, C. H. Yoo, and G. S. Rhee. 1995. Seasonal changes of microflora in paddy soil with long-term application of organic matter. *J. Korean Soc. Soil Sci. Fert.* 28(4) : 356-362.
- Lee, S. Y., C. S. Kim, J. W. Cho, and Y. G. Kang. 1996. Physiological response of barley seedlings to salt stress. *Korean J. Crop Sci.* 41 : 665-671.
- 宗野重徳, 直原毅, 日下昭二, 今井太夫磨雄. 1970. 土壤の理化學性におよぼす稻・麥わら施用影響. I. 稻・麥わら施用にする土壤理化學性におよぼす變化. 中國 農業試驗場. 中國地域共同研究成果集録 第5. pp. 62-172.
- National Institute of Crop Science, RDA. 2005. Establishment of the synthetic cultivation technology system for soybean production in paddy field. p. 450.
- 農村振興廳. 1988. 土壤化學分析法.
- 농촌진흥청. 2003. 농업과학기술 연구조사 분석기준. 제4장 작물, 콩. pp. 327-333.
- Park, S. T., D. Y. Hwang, B. C. Kim, and Y. J. Oh. 1995. Change of rice yields and soil chemical properties in 5-year direct seeding on dry paddy after barley. *Korean J. Crop Sci.* 40(5) : 562-568.
- Seong, R. C., J. G. Kim, and C. J. Nelson. 1999. Dry matter accumulation and leaf mineral contents as affected by excessive soil water in soybean. *Korean J. Crop Sci.* 44(2) : 129-133.
- Seong, R. C., J. Y. Sohn, and S. I. Shim. 2000. Response of soybean cultivars to excessive soil moisture imposed at different growth stages. *Korean J. Crop Sci.* 45(5) : 282-287.
- Son, B. Y., D. H. Kim, E. S. Kim, S. K. Kim, D. J. Kang, W. K. Shon, and H. S. Lee. 1997. Effect of planting dates and drainage methods on growth and yield of sprout soybeans in converted upland from paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 42 : 323-332.
- 杉本秀樹, 雨宮昭, 佐藤亨, 竹之内篤. 1988. 水田轉換におけるダイズの過濕障害. 第1報 土壤の過濕處理が乾物生産と子實收量におよぼす影響. 日昨紀. 57(10) : 71-76.
- Suh, J. S. and K. S. Kim. 2001. The effects of barley straw on the eluviation of components in the submerged paddy soil. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 21(4) : 409-415.
- Yoo, C. H., C. H. Yang, S. B. Lee, S. W. Kang, S. S. Han, and S. J. Kim. 2000. Effects of amount of nitrogen application on decomposition of barley straw and growth & yield of rice in paddy field of double cropping. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 33(3) : 167-174.
- Yoo, C. H., C. H. Yang, S. W. Kang, S. S. Han, and S. J. Kim. 2001. Effects of barley straw application on soil physico-chemical properties and nutrient uptake in rice paddy field of double cropping. *Korean J. Soil Sci. Fert.* 34(2) : 110-116.