

## 콩 논 재배시 연차별 토양특성 및 생산력변화

김민태<sup>†</sup> · 서종호 · 조현숙 · 성기영 · 이종기 · 엄순표 · 전원태 · 이장용

농촌진흥청 작물과학원

### Annul Variation of Soil Properties and Yield of Soybean in Paddy Field

Min-Tae Kim<sup>†</sup>, Jong-Ho Seo, Hyeoun-Suk Cho, Ki-Yeong Seong, Jong-Ki Lee, Sun-Pyo Eom, Weon-Tai Jeon, and Jang-Yong Lee

National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

**ABSTRACT** This study was carried out to investigate the soil chemical and physical properties by annul variation and yield properties according to cropping rotation system of paddy field which was cultivated rice and soybean of each 1 year by turns, each 2 year by turns, 1 year of rice and 3 years of soybean and 4 years of soybean continuously. This study was conducted for 3 years from 2002 to 2004 in National Institute of Crop Science (NISC), Korea. Study was controlled by Shinpaldal 2 of mid-matured species, sow a field with soybean by 60×15 cm in 27 May. Chemical fertilizer was spread in the field by N 3.0 kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.0 kg, K<sub>2</sub>O 3.4 kg per 10a. This experiment was carried for increase the degree of self sufficiency of soybean from detect the better cropping system in paddy field. The results of the study were as follows; Soil prosoity was increased 17.4% in each one year rotation and 21.8% in the sector of cultivated soybean for four years. Results was indicated that 5~9 cm of stem length, 0.5~1.0 ea of branch number and 3.5~7.0 of SPAD value was decreased in the sector of cultivated soybean for 3~4 years compared to 1~2 year cultivated sector. The soybean yield was reduced 12.9% (222 kg/10a) in the 2 year cultivated sector and 21% (201 kg/10a) in the 3 year cultivated sector compare with paddy-upland switching cultivation(255 kg/10a). Root nodule weight and number was tend to decrease according to the increasing duration of cultivated soybean.

**Keywords** : soybean, cropping system, paddy field, yield, root nodule

콩은 쌀에서 부족한 단백질과 지방질이 많이 들어 있기 때문에 우리 국민에게 없어서는 안 될 중요한 작물이다. 특히

최근에는 성인병을 예방하고 항암효과를 가지고 있다는 연구결과가 밝혀지면서 콩은 기능성 건강식품으로써 각광을 받고 있다(Om, 2001). 그러나 최근 우리나라의 콩 재배면적은 점차 줄어 전체 수요량의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 실정이며, 따라서 정부에서는 『식용콩 자급률 제고 대책』 사업을 추진하고 있으며, 쌀 증산정책을 통해 주곡 자급을 달성하였으나 재고량이 증가함에 따라 쌀 수급 안정을 위한 정책의 전환이 요구되는 시점에 있어 벼 재배 면적을 줄이고 콩 재배 면적을 확대하여 식용콩 자급률 높이기 위해서는 콩 논 재배 안정 다수확을 위한 종합적인 생산기술을 확립 하여야 한다. 논을 밭으로 전환하여 콩을 재배하면 콩 수량이 1~2년차까지는 밭보다 많고(Cho, 1998; Park, 1998), 전환 년차가 증가할수록 점차 수량이 감소하여 답전순환으로 인한 증수효과는 2~3년간 지속 된다(Okubo, 1993). 이때 논을 밭으로 전환하면 과습과 탈수, 산화와 환원이 반복됨에 따라 논에서 분해되지 않았던 토양 유기물 분해가 촉진되어 질소, 인산, 칼리 등 무기영양분의 공급이 많아지고(Kim, 1990), 콩은 흡비력이 벼와는 달라서 밭에서 콩을 연작하는 것보다 무기양분의 공급이 좋다. 그리고 콩을 연작함으로 발생하는 입고병, 흑색뿌리썩음병, 시스트 선충 등 연작장해가 경감되고(Okub, 1993), 밭보다 뿌리의 신장은 크지 않으나 근류균의 발달이 좋고(Chea, 1988) 배수를 잘하여 과습의 피해를 줄이면 밭보다 토양수분의 보존력이 커서 생육과 수량이 더 좋을 수 있다. 그러나 논을 밭으로 전환하면 관개수에 의한 염기 증가는 없어지고, 논의 밭 전환 후 3~4년이 되면 강우에 의하여 Ca, K 등이 용탈되어 토양이 산성화될 뿐만 아니라, 유기물의 분해가 촉진되어 토양 유기물 함량은 낮아지고(Ahn, 1992), 연작장해가 일어날 수 있다.

따라서 본 연구는 논에서 콩을 연속으로 재배 하였을 때

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6770  
(E-mail) kmt6108@rda.go.kr <Received October 18, 2007>

연차별 토양 특성 및 생산력 변화를 구명하여 식용콩 자급률을 높이는 기초 자료를 제공하고자 시험을 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 시험은 2002년부터 2004년까지 3개년에 걸쳐 경기도 수원시 서둔동에 소재한 작물과학원 포장 강서동에서 수행하였다. 논밭 윤환에 따른 연차별 토양 특성과 생산력을 구명하기 위하여 벼 1년 콩 1년 재배, 벼 2년 콩 2년 재배, 벼 1년 콩 3년 재배, 콩 4년 연속 재배를 하였으며, 시험품종은 중생종인 신팔달2호를 5월 27일에 조간 60 cm 주간 15 cm 로 파종하였다. 시비량은 10a당 N 3.0kg, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3.0 kg, K<sub>2</sub>O 3.4 kg를 시험전 토양을 분석하여 시비량 설정기준에 의거 점정시비량으로 환산하여 전량 기비로 사용하였다. 생육형

질, 수량형질, 10a당 수량 등은 농사시험연구 조사기준(농촌진흥청, 1995)에 준하였다.

토양시료는 표토(0~15 cm), 심토(15~30 cm)로 구분하여 채취 하였고, 토양삼상은 core법으로 측정하였으며, 토양경도는 표토(0~15 cm), 심토(15~30 cm)를 Yamanaka 경도계로 측정하였다.

토양분석은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준해 pH는 소자전극법, 유기물은 Tyurin법, 치환성양이온은 토양 및 식물체 분석법(농업과학기술원, 2000)의 단일침출액에 의한 다성분 동시추출법으로 침출하여 ICP(GBC SDS-270)를 이용하여 측정하였고, 유효인산은 Lancaster법에 따라 분석하였다.

시험전 토양의 화학적 성질은 표 1과 같이 일반 논에 비하여 인산함량이 낮은 수준이었다.

**Table 1.** Chemical properties of soil in experimental paddy field

soil horizon	crop rotaton	pH (1 : 5)	O.M (g kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cat. (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )		
					K	Ca	Mg
0~10 cm	Rice 1yr-Soy 1yr	6.0	17.8	73	0.41	3.20	0.71
	Rice 2yr-Soy 2yr	5.9	17.5	49	0.42	2.86	0.59
	Rice 1yr-Soy 3yr	6.1	17.6	28	0.31	3.77	0.81
	Soy 4yr	6.0	18.1	37	0.30	3.68	0.82
10~20 cm	Rice 1yr-Soy 1yr	6.2	18.6	74	0.43	3.25	0.69
	Rice 2yr-Soy 2yr	6.0	17.9	47	0.35	3.28	0.69
	Rice 1yr-Soy 3yr	6.4	18.0	32	0.45	3.24	0.70
	Soy 4yr	6.0	17.5	43	3.22	0.37	0.66

**Table 2.** Meteorological element soybean growing season

		May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Total, mean
Mean temperature (°C)	2003	17	22.6	24.8	26.1	21.3	14.4	21.0
	2003	18.8	21.3	23.8	24.2	21	13.6	20.5
	2002	16.4	21	24.7	23.7	21.5	11.6	19.8
	mean(A)	17.40	21.63	24.43	24.67	21.27	13.20	20.4
	mean(B)	17.6	22.0	25.1	25.1	21.1	13.8	20.8
	A-B	-0.2	-0.4	-0.7	-0.5	0.2	-0.6	-0.4
Duration of sunshine (hour)	2003	189	158	94	165	172	250	1029
	2003	230	128	117	98	126	219	921
	2002	213	225	147	69	163	205	1024
	mean(A)	210	170	119	110	153	224	991
	mean(B)	211	168	133.7	143.5	167.7	199.3	1023
	A-B	-0.7	3.0	-13.8	-32.7	-13.4	25.8	-31.8
Precipitation (mm)	2003	125.2	135.7	382	157.4	183.4	2	985.7
	2003	85.5	159	341.9	293.7	271.5	30.6	1182.2
	2002	77	52	257.8	487.3	31.3	73.8	979.2
	mean(A)	95.90	115.57	327.23	312.80	162.07	35.47	1049.0
	mean(B)	69.0	137.4	365.4	306.4	136.1	37.2	1051.6
	A-B	26.9	-21.9	-38.2	6.4	26.0	-1.8	-2.6

†mean (B) : mean data of 2000~2004

## 결과 및 고찰

### 기상상황, 주요 생육특성

5월부터 10월까지 콩 생육기간중의 기상상황은 표 2와 같다. 3개년간의 평균기온은 9월을 제외하면 평년에 비해 0.2~0.7°C 낮은 저온으로 경과되었다. 일조시간은 6월에는 3시간, 10월에는 25.8시간 많았으나 다른 시기는 평년에 비하여 0.7~32.7시간 적었다. 강수량은 6~7월과 10월은 평년에 비해 2~38 mm 적었으나, 평균적으로 평년과 비슷한 기상이었다.

논-밭 윤환에 따른 토양 물리성 변화는 표 3과 같이 콩 1년 재배지에 비하여 공극률이 약간 변화를 보였다. 표토의 기상률은 매년 윤환구에서 17.4%였으나 콩 4년 재배구에서는 21.8%로 증가하였고, 액상률은 29.0%에서 24.5%로 낮아졌으며, 심토도 비슷한 경향을 나타내었는데 이는

(1993) 등과 유사한 결과로서 논을 밭으로 윤환함에 따른 토양물리성이 변화되어 일반 밭 토양수분의 호적한 수준인 25% 범위 내에 분포 하였으며, 토양경도의 변화는 윤환 년차가 경과됨에 따라 증가하는 경향을 보였으며, 특히 표 4와 같이 콩 연작에 따른 밭 토양화 지수가 콩 1년 재배지에서 0.24이던 것이 콩 4년 재배지에서는 0.45으로 일반 밭 토양 수준으로 진전 되는 것을 알 수 있었다.

논-밭 윤환에 따른 토양 화학성분의 변동 상황은 표 5와 같이 콩 1년 재배지에 비하여 유기물은 콩 1년 재배지 21.5 g kg<sup>-1</sup>보다 2년 재배지가 21.8 kg<sup>-1</sup>로 약간 높아졌다가 3년 부터는 떨어지는 경향이였으며, 치환성칼리는 약간 감소하는 경향이였으나 그밖에 무기성분은 증가하는 경향이었는데 이는 大久保(1976) 등이 보고한 바와 같이 전전환의 토양에서는 Ca, Mg 함량은 증가하나 K함량은 감소된다는 보고와 비슷한 경향을 나타내었으며, 유효인산함량은 증가하

**Table 3.** Physical composition of soil as affected by rotation paddy field

Crop rotation	Soil hardness (m.m)	Texture ratio (%)				Prosity
		Solid phase	Water phase	Air phase		
Rice 1yr-Soy 1yr	Topsoil	20	53.6	29.0	17.4	46.4
	Subsoil	20	59.7	35.1	5.3	40.3
Rice 2yr-Soy 2yr	Topsoil	20	53.0	26.7	20.3	47.0
	Subsoil	19	58.0	33.1	9.0	42.0
Rice 1yr-Soy 3yr	Topsoil	18	54.2	27.0	18.8	45.8
	Subsoil	19	57.5	33.2	9.3	42.5
Soy 4yr	Topsoil	21	53.7	24.5	21.8	46.8
	Subsoil	19	56.9	30.8	12.3	43.1

**Table 4.** Sediment volume and to the dry field index according to crop rotation

Crop rotation	Sediment volume (ml/g)	dry field index
Rice 1yr-Soy 1yr	1.33	0.24
Rice 2yr-Soy 2yr	1.30	0.32
Rice 1yr-Soy 3yr	1.30	0.41
Soy 4yr	1.32	0.45

**Table 5.** Chemical properties as affected by crop rotation

Soil horizon	Crop rotation	pH (1:5)	O.M (g kg <sup>-1</sup> )	Av.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Ex. cat. (cmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )		
					K	Ca	Mg
0~10 cm	Rice 1yr-Soy 1yr	6.1	21.5	72	0.4	6.2	1.2
	Rice 2yr-Soy 2yr	5.0	21.8	86	0.4	6.0	1.1
	Rice 1yr-Soy 3yr	5.3	20.9	109	0.4	6.5	1.2
	Soy 4yr	5.9	20.4	90	0.3	6.4	1.2
10~20 cm	Rice 1yr-Soy 1yr	6.6	19.5	86	0.4	4.7	1.5
	Rice 2yr-Soy 2yr	6.3	19.9	99	0.4	6.6	1.4
	Rice 1yr-Soy 3yr	6.3	20.4	101	0.4	6.7	1.4
	Soy 4yr	6.3	19.9	97	0.3	6.8	1.4

**Table 6.** Agronomic characteristic in flowering of soybean

Crop rotation	Stem length (cm)	Branch no. (ea/trunk)	Node no. (number)	Stem diameter (mm)	†SPAD value
Rice 1yr-Soy 1yr	42.1	2.5	12.2	6.7	37.6
Rice 2yr-Soy 2yr	37.3	1.0	10.7	5.8	37.7
Rice 1yr-Soy 3yr	36.9	1.0	11.2	5.6	30.6
Soy 4yr	27.9	0.5	10.0	5.6	34.2

†The value of index by Minolta chlorophyll measuer(SPAD-502)

**Table 7.** Comparison of Nodule weight and number of root according to growth stage

Crop rotation	Nodule weight (g/ea)			Root length (cm)
	R1	R4	R7	
Rice 1yr-Soy 1yr	0.18	0.42	0.25	20.4
Rice 2yr-Soy 2yr	0.14	0.28	0.23	20.1
Rice 1yr-Soy 3yr	0.09	0.28	0.20	19.1
Soy 4yr	0.09	0.26	0.18	18.6

**Table 8.** Yield of soybean as affected by crop rotation

Crop rotation	Yield (kg/10a)				
	'01	'02	'03	'04	
Rice 1yr-Soy 1yr	-	320	-	255a	
Rice 2yr-Soy 2yr	-	-	320	222b	
Rice 1yr-Soy 3yr	-	292	320	201c	
Soy 4yr	308	274	291	200c	

는 경향이었는데 이는 발상태가 지속되었기 때문에 산화상태에서 알루미늄이나 철에 의한 인산의 고정이 많았기 때문으로 北田(1992) 등과 비슷한 결과를 나타내었다.

연작재배시 토양의 지력을 증진시키기 위해서는 大久保(1976)와 吉田(1983)가 보고한바와 같이 윤환답에서는 밭에서 콩 재배와 같이 우량한 퇴비를 10a에 1,500 kg정도 넣고 석회와 같은 토양개량제 등을 사용하여 지력유지대책을 강구하는 것이 필요 할 것으로 판단되며, 특히 겨울동안 헤어리베치와 자운영 같은 콩과녹비작물과 호밀 같은 화분과 녹비작물을 혼파 재배하여 이용하면 화학비료도 줄일 수 있고 양질의 유기물을 이용하여 친환경 안전 농산물을 생산할 수 있을 것으로 생각된다.

콩 생육은 표 6과 같이 콩 1~2년 재배구에 비하여 콩 3~4년 연작구가 경장도 5~9 cm 짧고 분지수도 0.5~1.0 개 적었으며, 엽색도도 3.5~7정도 낮았다. 이는 연작기간이 길어질수록 생육이 떨어지는 것을 알 수가 있었는데 그 원인으로는 여러 가지가 있을 수 있는데 그중에서도 가장 큰 요인은 유기물중 콩이 흡수 이용할 수 있는 성분이 콩 재배 연수가 경과함에 따라 줄어든다(Ahn, 1992). 그래서 근장이 짧아지고, 지하부의 뿌리혹 건물중이 생육시기에 관

계없이 적어지는 것으로 생각된다.

논-밭 윤환하여 콩을 재배 할 때 공중질소 고정의 중요한 역할을 하는 근류수에 대하여 Chae(1988) 등은 논 재배시 근류수와 근류중 모두 증가한다고 하였고, Choi(1994)는 품종에 따라 반응이 서로 다르며 대체로 근류수는 증가하지만 건물중은 감소한다고 하여 서로 다른 결과를 보고 하였다. 표 7에서와 같이 주요 생육시기별 뿌리혹 착생정도를 조사 해본결과 콩 재배 연수가 증가함에 따라 생육시기에 관계없이 근류중이 감소하였는데 이는 Choi(1994)의 보고와 일치 하였다.

本松(1990) 등은 콩을 연작하면 수량이 감소되는데 2년 연작시 10%, 3년 연작시 20% 정도 감소되고, 토성간에는 점토함량이 낮은 토양이 높은 토양보다 많은 영향 보이며, 유기물함량이 높은 토양에서는 2년 연작에 의한 감소는 거의 볼 수 없었다고 하였는데 본 시험지는 사양질로서 논-밭 윤환시 255 kg/10a에 비하여 2년 연작시 222 kg/10a로 12.9%, 3년 연작시 201 kg/10a 21%로 감소하여 비슷한 경향을 나타내었다. 그래서 논에서 콩을 2년 연속 재배 후에는 벼를 재배를 하거나 밭에서 콩 재배와 같이 유기물을 넣고 재배를 하여야 할 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 논에서 콩을 연속으로 재배 하였을 때 연차별 토양 특성 및 생산력 변화를 구명하여 식용콩 자급률을 높이기 위한 기초 자료를 제공하고자 시험한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 논·밭 순환에 따른 토양 물리성은 표토의 기상률은 매년 순환구에서 17.4%였으나 콩 4년 재배구에서는 21.8%로 증가하였고, 액상률은 29.0%에서 24.5%로 낮아졌으며, 심토도 비슷한 경향을 나타내었다.

2. 토양 화학성분의 변동은 콩 1년 재배지에 비하여 유기물은 콩 1년 재배지 21.5 g kg<sup>-1</sup>보다 2년 재배지가 21.8 g kg<sup>-1</sup>로 약간 높아졌다가 3년부터는 떨어지는 경향이었으며, 치환성가리는 약간 감소하는 경향이었으나 그밖에 무기성분은 증가하는 경향을 보였다.

3. 콩 생육은 콩 1~2년 재배구에 비하여 콩 3~4년 연작구가 경장도 5~9 cm 짧고 분지수도 0.5~1.0개 적었으며, 엽색도도 3.5~7정도 낮았는데 이는 연작기간이 길어질수록 생육이 떨어지는 것을 알 수가 있었다.

4. 콩 수량은 논·밭 순환시 255 kg/10a에 비하여 2년 연작시 222 kg/10a로 12.9%, 3년 연작시 201 kg/10a로 21% 감소하였으며, 생육시기별 뿌리혹 건물중 및 뿌리혹 착생은 1년 재배지에 비하여 재배 년수가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다.

## 인용문헌

Ahn, S. B. 1992. Mineralization of nitrogen in soils under paddy-upland switching cultivation systems. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 25(2) : 133-137.

Cho, H. J. 1998. Effects of soil physical properties and crop productivity on the different paddy-upland rotation systems. Kong Ju Natl. Univ. M. S Thesis. pp. 37.

Choi K. J. 1994. Effects of excessive water stress on the growth and yield of soybean. Seoul Nati. Ph. D. Thesis pp. 74.

Chae, J. C. 1988. Effects of different water table treatments on growth and yield of soybean varieties in paddy field. Res. Rept. RDA (Agri. Institutional Cooperation) 31 : 235-241.

Kim, L. Y., 1990. Changes of soil characteristics and crop productivity by the paddy-upland rotation system. 1. Changes of soil physical properties. Res. Rept. RDA (S&F) 32(2) : 1-7.

Okubo, T. 1993. Paddy-upland rotation and promoting efficiency in the utilization of agricultural lands. RDA. Symp. 21 : 74-92.

Om, A. S., 2001. Effects of Soy Isoflavones in AOM-Induced Colon Cancer Rats on Tumor Growth. Korea Soybean Digest. 18(1) : 43-46.

Park, C. K., J. 1998. Weed occurrence on different cropping years at soybean

吉田稔, 1983. 水稻輪作, 田畑の高度利用. 日本土壤肥料學會編. pp. 5-21.

農村振興廳. 1995. 農業科學技術 研究調查分析基準.

北田敬字, 龜川建一, 秋山豐, 下田英雄, 山縣眞人. 1992. 畑地土壤化指數による 輪奐田土壤の養分動態の評價. 日土肥誌 63(3) : 340-351

大久保隆弘. 1976. 作物輪作技術. pp. 253-292. 農山漁村文化協會.

李浹成, 1993. 土壤의 理化學的 特性 變化樣相 解明과 地力維持 培養技術의 確立, 日·

韓農業共同研究土業報告書 pp. 44-53.

農業科學技術院. 2000. 土壤 및 植物體 分析法.