

전남지역 논 조건에서 무경운 재배가 콩의 생육, 수량 및 잡초 발생에 미치는 영향

김 동 관 · 천 상 욱 · 허 북 구*

전라남도농업기술원 · (주)캐리스 · (재)나주시천연염색문화재단*

Effect of No-Tillage on Soybean Yield and Weed Emergence in Drained Paddy Field Condition in Jeonnam Province

Kim, Dong Kwan · Chon, Sang Uk · Heo, Buk Gu*

Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju, Korea

Callus Co. Ltd., TBI Center, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju, Korea

Naju Foundation of Natural Dyeing Cultural, Naju, Korea*

ABSTRACT

This study was conducted to compare soybean growth and yield and the degree of weed emergence according to no-tillage and conventional tillage system in two different drained paddy fields, loam of Chilgok series and silty clay loam of Deokpyeong series. In both soil conditions, the maturing time of the soybeans by the no-tillage system was two days earlier than that by the conventional tillage system. In the loam of Chilgok series, the stem length of the soybeans in the no-tillage system was 5.7 cm longer than that in the conventional tillage system. The miss-planted rate and diseased plants of black root rot (*Calonectria iliocola*) in the no-tillage system were 9.2% and 2.8% lower, respectively than those in the conventional tillage system. Also, the nodulation and seed yield in the no-tillage system were 32% and 13% more, respectively, than those in the conventional tillage system. In the silty clay loam of Deokpyeong series, the stem length of the soybeans in the no-tillage system was 4.6cm shorter than in the conventional tillage system. The diseased plants of black root rot (*Calonectria iliocola*) in the no-tillage system were 4.2% lower than those in the conventional tillage system. Also, no significant difference in the seed yield between the no-tillage and conventional tillage systems was observed. On the other hand, there was a lower occurrence of weed in the no-tillage system than in the conventional tillage system, and the income increased by 19% owing to yield increase and reduced management costs.

Key words: soybean, drained paddy field, no-tillage, seed yield, weed occurrence, economic return.

I. 서론

친환경 농산물 생산을 위한 작부체계상 필수적으로 필요한 작물인 콩은 최근 국산 콩에 대한 소비자의 인식 고양, 식용 콩 자급률 향상 및 쌀 수급안정 대책 등으로 인해 재배가 장려되고 있다(Kim et al. 2005). 콩은 우리나라에서 대부분 경운재배 되고 있으나 미국 등 일부 나라에서는 관행 경운 재배에 비해 토양교란을 줄이고 토양 표면 피도향상과 같은 장점을 가지고 있는 무경운 재배가 적극적으로 도입되고 있다(Chase & Duffy 1991). 특히 미국에서는 지난 10년간 무경운 재배가 2배가량 증가하였으며, 콩의 경우 재배면적의 33%를 점유하고 있는데, 8년에서 15년 동안 콩 윤작 재배시 무경운 재배의 콩 수량과 경제성은 경운 재배와 큰 차이가 없었다(Xinhua & Mahdi 2004)는 보고가 있다.

콩 무경운 재배시 성장속도는 관행 경운재배에 비해 제1복엽기(V₂)에는 20% 정도 낮으나 개화성기(R₂)에는 차이가 없고 이후 잎 비대성기(R₆)에는 높아 결국 종실수량에는 차이가 없다(Yusuf et al. 1999). 무경운 재배는 토양 물리성과 유기물 변화(Douglas & Goss 1982), aggregate stability (Heard et al. 1988), macroporosity (Lal et al. 1990) 등의 종합적 또는 개별적인 변화로 작물 생육에 영향을 미친다(Ehlers et al. 1983; Voorhees & Lindstrom 1984; Dao 1993). 일반적으로 무경운 재배는 유기물 함량이 낮고 토양구조가 좋지 않은 토양에서 시행할 경우 유기물 함량이 많고 토양구조가 좋은 토양에서 적용할 때 보다 작물생육과 수량에 긍정적인 영향을 미친다(Kladivko et al. 1986). 또 Oliveira와 Pavan(1996)은 무경운 재

배시에 백운암을 기준 이하의 산성토양에 표면 살포할 경우 석회를 표면 살포하는 것 보다 토양 개선에 더 효과적이고 콩 수량도 증가된다고 하였다.

이와 같이 콩 재배시 무경운 재배는 노동비 절감, 토양교란 감소 및 토양표면 피도향상과 같은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 우리나라에서는 이 부분에 대한 연구가 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 위의 선행 연구결과를 바탕으로 전남지역에서 콩 논 재배시 무경운 재배에 따른 생육, 내재해성, 수량 등에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였으며, 이는 콩 논 재배면적 확대를 통한 쌀 수급안정 등에 기여할 것으로 기대된다.

II. 연구방법

1. 시료

본 연구는 2004년에 맥후작 콩 논 재배조건에서 수행하였다. 시험품종은 장류용 콩인 태광콩과 장원콩, 나물용 콩인 소원콩과 풍산나물콩을 이용하였다.

2. 시험 토양

시험토양은 칠곡양토(7-15% 경사, 전남 장흥군 용산면 모산리)와 덕평미사질양토 (전남농업기술원 작물연구과 수도연구실 시험포장, 전남 나주시)를 이용하였고, 토양 pH는 토양검정 후 석회를 사용하여 6.5로 교정하였다. 칠곡양토 포장은 약 20년간 수도/맥류 작부체계와 축산퇴비를 지속적으로 사용하였고, 덕평미사질양토 포장은 약 15년간 벼 단작체계와 극소량의 퇴비를 사용하였

Table 1. Chemical and physical properties of dry paddy fields investigated before soybean cultivation.

Field ^a	pH (1:5)	O.M. (%)	P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex.(cmol ⁺ kg ⁻¹)			Soil type (%)		
				K	Ca	Mg	Sand	Silt	Clay
LCS	6.1	3.4	404	1.17	7.16	2.05	17	56	27
SCLDS	5.7	2.7	39	0.45	5.65	1.99	7	66	27

^aLCS : Loam of Chilgok series (Jangheung, Jeonnam, Korea), SCLDS : Silty clay loam of Deokpyeong series (Naju, Jeonnam, Korea)

다. 따라서 칠곡양토 포장에 비해 토양 pH가 높고, 유기물, 인산, 치환성 칼리 등의 함량이 높다(Table 1).

3. 재배조건

시험기간 동안 전남 장흥과 나주 지역의 기상은 Table 2와 같았으며, 전작물(前作物)인 맥류 잔류물은 콤바인 수확과 동시에 절단하여 토양에 다시 투입 하였다. 파종은 칠곡양토의 경우 6월 12일, 덕평미사질양토의 경우 6월 14일에 60×15 cm로 하였다. 두둑은 경운 재배의 경우 깊이 15 cm로 2회 로터리 후 폭 1.2m로 작성하였고 무경운 재배의 경우 맥류 두둑(폭 1.2m)을 활용하였다. 무비재배를 수행하였고 기타 재배방법은 표준재배법에 준하였다.

4. 조사내용

식물체 생육과 잎 비대성기에 병해에 대한 이병성 정도를 파악하고자 검은뿌리썩음병에 대한 이병주율을 조사하였다. 무경운 재배와 경운 재배에 따른 수량구성요소인 개체당 협수, 협당 립수 및 100립중 그리고 근류형성 정도는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준에 준하여 조사하였다. 발생한 잡초의 개체수와 건물중은 각

처리구별로 측정하였으며, 경제성을 검토하고자 조수익, 경영비 및 소득을 산정하였다.

5. 통계분석

재배 시험구는 토성별로 난피법 3반복 배치하였고 자료는 SAS(SAS Institute 1998)를 이용하여 최소유의차 검정법(LSD: Least Significant Difference)으로 분석하였으며, 자료해석은 관행 경운법과 비교하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 무경운 조건에서 콩의 생육특성 및 이병 정도

칠곡양토에서 무경운과 경운 재배에 따른 콩 생육특성은 무경운 재배에서 개화기는 경운 재배와 차이가 없는 반면 성숙기는 2일 가량 빠른 경향이였다(Table 3). 성숙기의 경장은 무경운 재배구의 콩이 경운 재배구에 비해 6cm 가량 크고 주경절수와 분지수는 차이가 없었다. 개화성기의 결주율과 잎 비대성기의 검은뿌리썩음병 이병주율은 무경운 재배구가 상대적으로 매우 낮아 수량 확보에 유리하였을 뿐만 아니라 근류형성량도 많았다. 칠곡 양토 무경운 재배에서 경장이 큰

Table 2. Climatic data at Jangheung and Naju areas from June to October in 2004.

Month	Air temperature (°C)			Sunshine duration (hr month ⁻¹)	Precipitation (mm month ⁻¹)
	Mean	Maximum	Minimum		
Jangheung					
June	20.9	26.0	16.3	214.5	232.5
July	25.3	29.5	22.1	206.8	302.5
Aug.	25.3	30.4	21.1	224.3	516.5
Sep.	21.5	26.7	17.3	146.7	432.5
Oct.	14.3	22.2	7.3	257.2	6.5
Naju					
June	22.6	27.7	18.4	154.8	153.8
July	26.1	30.4	23.0	154.0	409.5
Aug.	26.3	31.3	22.6	180.2	570.5
Sep.	22.0	26.8	18.7	127.8	242.0
Oct.	15.9	22.0	10.6	239.6	3.4

이유는 생육초기부터 차이가 있었고, 경운 재배 시 생육 중·후기에 보상 생육을 하지 못하였기 때문이었다(Fig. 1). 이와 같이 무경운 재배구에서 상대적으로 생육이 양호하고 결주율이 낮은 이유는 파종기 전·후의 건조와 수분스트레스를 상대적으로 덜 받았기 때문으로 생각된다. 즉, 파종(2004년 6월 12일) 전의 적은 강우량과 건조한 대기 등으로 인해 토양수분이 매우 부족하고 파

종 후 5일간 건조하여 한발스트레스가 있었던 것으로 추정된다. 또한 Table 2와 같이 파종 후 6일째부터 5일간 계속된 강우로 토양 과습과 산소부족으로 인해 종자활력이 급감하였을 것으로 추정된다.

검은뿌리썩음병은 잎 비대성기인 9월 중순에 Table 2와 같이 집중적인 강우로 인해 발생량이 많았다. 즉, 무경운 재배의 경우 토양교란이 적

Table 3. The growth characteristics of soybean according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field with loam of Chilgok series.

Tillage system	Cultivar	Flowering date	Maturation date	Stem length (cm)	Branch no. per plant	Missplanted rate(%)	Black root rot (%)	Nodulation (No. plant ⁻¹)
No-tillage	Taegwang	July 28	Sep. 29	46.3	5.1	4.5	1.5	22
	Jangwon	July 25	Sep. 30	53.1	3.6	2.4	1.2	17
	Sowon	July 29	Oct. 4	46.0	5.1	4.5	0.9	13
	Pungsannamul	Aug. 2	Oct. 7	40.5	6.5	4.5	1.1	49
	Mean	July 29	Oct. 3	46.5	5.1	4.0	1.2	25
Conventional tillage	Taegwang	July 28	Sep. 30	40.6	4.3	16.0	5.6	13
	Jangwon	July 25	Oct. 2	47.8	3.9	9.0	2.2	15
	Sowon	July 29	Oct. 3	38.8	4.4	15.1	3.9	15
	Pungsannamul	Aug. 3	Oct. 11	36.0	5.6	12.8	4.2	34
	Mean	July 29	Oct. 7	40.8	4.6	13.2	4.0	19
LSD(0.05)				3.8	NS	6.0	0.9	5.1
CV(%)				5.2	9.5	26.5	33.5	39.6

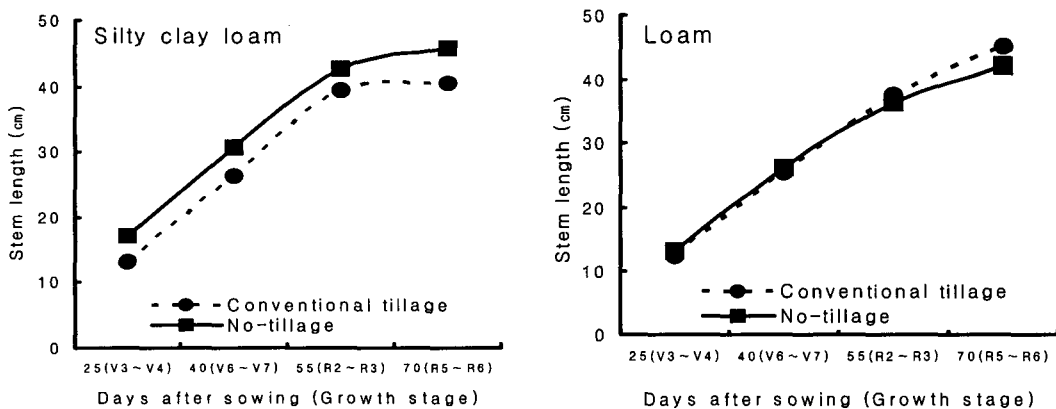


Figure 1. Change of stem length during the growth period according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field.

고, 수평배수가 좋은 반면 경운 재배의 경우 수직배수가 많고, 수평배수가 상대적으로 불리하기 때문에 병 유발을 조장하였던 것으로 판단된다. 콩 개체당 근류형성량은 무경운 재배가 25개로 경운 재배에 비해 6개 많았다. 이는 Ferreiar 등 (2000)의 콩/밀, 콩/밀/옥수수 작형에서 무경운 재

배가 경운 재배에 비해 *Bradyrhizobium*이 3배 정도 많이 발생하고, genomic pattern 수도 많아 질소 고정량이 많다는 보고와 유사한 결과를 보였다. 덕평미사질양토에서 무경운 재배와 경운 재배에 따른 콩 생육특성은 무경운 재배에서 개화기는 경운 재배와 차이가 없었던 반면에 성숙기는

Table 4. The growth characteristics of soybean according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field with silty clay loam of Deokpyeong series.

Tillage system	Cultivar	Flowering date	Maturation date	Stem length (cm)	Branch no. per plant	Missplanted rate(%)	Black root rot (%)	Nodulation (No. plant ⁻¹)
No-tillage	Taegwang	July 29	Oct. 1	39.1	5.1	1.3	3.3	29
	Jangwon	July 27	Oct. 2	43.8	4.2	1.3	2.3	92
	Sowon	July 30	Oct. 6	47.7	4.3	2.5	5.0	26
	Pungsannamul	Aug. 4	Oct. 10	39.8	4.7	2.5	2.3	31
	Mean	July 30	Oct. 5	42.6	4.6	1.9	3.2	45
Conventional tillage	Taegwang	July 30	Oct. 3	46.7	5.1	1.3	15.0	34
	Jangwon	July 27	Oct. 4	48.9	4.1	1.3	3.3	67
	Sowon	July 30	Oct. 8	49.9	4.4	2.5	5.7	22
	Pungsannamul	Aug. 4	Oct. 12	42.9	4.7	2.5	5.7	52
	Mean	July 30	Oct. 7	47.1	4.6	1.9	7.4	44
LSD(0.05)				3.8	NS	NS	3.6	NS
CV(%)				3.3	5.9	72.6	52.0	27.5

Table 5. Yield components and seed yield of soybean according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field with loam of Chilgok series.

Tillage system	Cultivar	Pod no. per plant	Grain no. per pod	100-grain weight (g)	Seed yield (kg 10a ⁻¹)
No-tillage	Taegwang	42.0	1.8	25.0	297
	Jangwon	38.5	1.8	29.2	286
	Sowon	74.7	2.2	11.7	336
	Pungsannamul	84.8	2.0	11.7	274
	Mean	60.0	2.0	19.4	298
Conventional tillage	Taegwang	40.9	1.8	24.8	272
	Jangwon	36.1	1.7	29.6	269
	Sowon	73.6	2.3	11.5	272
	Pungsannamul	82.1	1.8	11.6	241
	Mean	58.2	1.9	19.4	264
LSD(0.05)		NS	NS	NS	30.2
CV(%)		9.5	4.7	4.8	8.3

2일 정도 빠른 경향이였다(Table 4). 성숙기의 경장은 무경운 재배구가 경운 재배구에 비해 4.5cm 가량 작았고, 주경절수, 분지수, 결주율 및 근류형성량에는 차이가 없었다. 잎 비대성기 검은뿌리썩음병 이병주율은 무경운 재배구에서 상대적으로 낮아 수량 확보에 유리하였다. 즉, 덕평미사질양토에서는 칠곡 양토와 달리 경운 재배구가 무경운 재배구에 비해 경장이 크고, 결주율 차이가 없었으며, 검은뿌리썩음병 이병율 차이도 상대적으로 적었다. 그 원인은 파종 40일(V₆-V₇) 전·후까지는 무경운 재배에서 경장이 길었는데 그 이후에는 경운 재배에서 생육량이 많았기 때문이고, 토양특성상 칠곡 양토에 비해 보수력이 좋고 파종(2004년 6월 14일) 후 3일 만에 비가 내려 상대적으로 한발과 수분 스트레스를 덜 받았기 때문인 것으로 보여 진다(Figure 1). 콩 개체당 근류형성량은 칠곡양토와 달리 처리간 유의차 없었다. 이는 Table 1에서와 같이 사질 함량이 적고 미사질 함량이 상대적으로 많아 근류형성량에 유·불리한 조건 모두가 존재하였기 때문으로 해석된다.

2. 무경운 재배조건에서 콩의 수량성

칠곡 양토에서 무경운과 경운 재배에 따른 수량구성요소와 수량은 개체당 협수, 협당 립수 및

100립중은 통계적 유의차가 없었던 반면에 수량은 무경운 재배가 경운 재배에 비해 품종에 따라 6-24%(평균 13%) 정도 많았다(Table 5). 이와 같이 수량구성요소에 차이가 없었으나 수량이 많은 이유는 전술한바와 같이 칠곡 양토에서 무경운 재배가 경운 재배에 비해 결주율과 검은뿌리썩음병이 각각 9.2% 및 2.8% 정도 낮았기 때문인 것으로 생각된다.

반면에 덕평 미사질양토에서는 무경운 재배가 경운 재배에 비해 품종에 따라 수량이 5-11% (평균 8%) 정도 많았으나, 수량구성요소와 수량 모두 통계적 유의차가 없었다(Table 6). 칠곡 양토와 달리 수량의 통계적 유의차가 없는 이유는 전술한 바와 같이 덕평 미사질양토에서는 칠곡 양토에 비해 무경운 재배와 경운 재배의 결주율 차이가 없고, 검은뿌리썩음병 이병주율 차이 또한 상대적으로 크지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 이와 같은 결과는 무경운 재배가 경운 재배에 비해 콩 수량에 긍정적인 영향을 미친다(Dick et al. 1991; Johnson 1994)는 보고와 일치하였다. 콩 무경운 재배시 토양배수와 전작물의 특성에 따라 콩 수량이 좌우되고(Dick & VanDoren 1985; Guy & Oplinger 1989), 본 연구결과와 같이 무경운 재배가 경운 재배에 비해 수량이 많거나 수량

Table 6. Yield components and seed yield of soybean according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field with silty clay loam of Deokpyeong series.

Tillage system	Cultivar	Pod no. per plant	Grain no. per pod	100-grain weight (g)	Seed yield (kg 10a ⁻¹)
No-tillage	Taegwang	43.8	1.8	24.9	275
	Jangwon	38.6	1.6	30.9	280
	Sowon	82.8	2.1	11.5	329
	Pungsannamul	82.2	1.9	12.8	305
	Mean	61.8	1.8	20.0	297
Conventional tillage	Taegwang	42.6	1.8	22.6	247
	Jangwon	41.4	1.5	30.6	267
	Sowon	77.2	2.0	11.3	297
	Pungsannamul	76.7	1.8	12.0	286
	Mean	59.5	1.8	19.1	274
LSD(0.05)		NS	NS	NS	NS
CV(%)		10.8	5.9	4.9	9.1

차이가 없다(Brown et al. 1989; Lund et al. 1993; Messe et al. 1991)는 보고 또는 배수불량 토양에서는 오히려 수량이 적다(McIssac et al. 1990; West et al. 1996)는 보고 등을 종합해 볼 때 재배 토양의 이화학적, 기상 및 전작물 등을 고려하여 무경운 재배를 도입하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3. 무경운 재배조건에서의 잡초발생

콩 무경운 재배와 경운 재배에 따른 잡초 발생량은 관행의 경운조건에서 답전환전 3년차인 양토에서 콩 파종 40일 후 전체 발생 잡초의 건물중은 34.1gm⁻²이었고, 무경운 재배구는 28.6gm⁻²으로 16% 감소하였으며 깨풀이 가장 우점 하였다. 반면에 답전환전 1년차인 미사질양토에서 콩

파종 40일 후 전체 발생 잡초의 건물중은 양토조건보다 매우 적은 발생량을 보여 경운 재배조건에서 0.5gm⁻²이었고, 무경운 재배조건에서 0.4gm⁻²으로 나타나 20%정도 감소하였고, 강아지풀이 우점 하였다(Table 7). 이와 같은 결과는 답전환전에서 동일 작목 2년 이상 연작하거나 밭 재배가 길어질수록 잡초발생량이 크게 증가한다는 Kim 등(1995)과 Yoo 등(1995)의 보고와 유사하였다. 그리고 파종 후 무경운 재배가 관행 경운 재배에 비해 발생 잡초의 개체수가 적었고, 건물중이 낮은 이유는 무경운 재배가 관행의 경운 재배에 비해 토양교란을 줄이고(Xinhua & Mahdi 2004), 전작물인 맥류 절단 투여에 따른 토양피복 등의 장점을 가지고 있기 때문인 것으로 생각된다.

Table 7. Occurrence of weed according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field with loam of Chilgok series and silty clay loam of Deokpyeong series.

Field ^a	Tillage system	Weed emergence ^b		Dominant weed species
		Individual(no./m ²)	Dry weight(g/m ²)	
LCS	No-tillage	46.7(73) ^c	28.6(84)	<i>Acalypha australis</i>
	Conventional tillage	63.9(100)	34.1(100)	
SCLDS	No-tillage	47.3(71)	0.4(80)	<i>Setaria viridis</i>
	Conventional tillage	66.6(100)	0.5(100)	

^aLCS : Loam of Chilgok series(Jangheung, Jeonnam, Korea), SCLDS : Silty clay loam of Deokpyeong series(Naju, Jeonnam, Korea)

^bWeed species were assessed at 40 days after sowing

^cValus in parentheses represent % of conventional tillage

Table 8. Economic returns of soybean according to no-tillage and conventional tillage under barley sequential cropping system in dry paddy field.

Tillage system	Seed yield ¹ (kg 10a ⁻¹)	Gross income (₩ 10a ⁻¹)	Managing cost (₩ 10a ⁻¹)	Income (₩ 10a ⁻¹)
No-tillage	298 (113) ^b	1,074,000 (111)	132,000 (75)	942,000 (119)
Conventional tillage	264 (100)	970,000 (100)	175,000 (100)	795,000 (100)

¹Soybean average seed yield under loam of Chilgok series and silty clay loam of Deokpyeong series.

^bValus in parentheses represent % of conventional tillage

4. 무경운 재배의 경제성 분석

칠곡 양토와 덕평 미사질양토에서 콩 무경운 재배와 경운 재배에 따른 경제성은 무경운 재배가 경운 재배에 비해 10a 당 조수입은 1,074천원으로 11% 많은 반면 경영비는 132천원으로 25% 적어 소득은 942천원으로 19% 향상되었다(Table 8). 이와 같은 결과는 콩 재배시 무경운 재배가 관행 경운 재배에 비해 경제적이고, 농약비, 윤작 작물, 인건비 등과 같은 요인 때문에 유리하다 (Chase & Duffy 1991)는 보고와 유사하였다. 더욱이 본 연구의 경우는 토양처리 제초제를 사용하지 않았고 경운과 휴림작업을 생략하였기 때문에 경제적 보상효과도 얻을 수 있었다. 따라서 콩 재배시 경영비와 소득 등을 고려해 볼 때 무경운 재배의 도입을 권장할 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

칠곡 양토와 덕평 미사질양토에서 콩 재배시 무경운과 관행의 경운 재배에 따른 생육 및 수량 그리고 잡초발생 정도를 조사하였다. 성숙기는 두 토양 모두 무경운 재배가 경운 재배에 비해 2일 가량 빨랐다. 칠곡 양토에서는 무경운 재배가 경운 재배에 비해 경장이 5.7cm 정도 더 컸으며, 결주율과 검은뿌리썩음병 이병주율은 각각 9.2% 및 2.8% 낮았고, 근류형성량과 종실수량은 각각 32% 및 13%로 더 높게 나타났다. 덕평 미사질양토에서는 무경운 재배가 경운 재배에 비해 경장은 4.6cm 더 작았고, 검은뿌리썩음병 이병주율은 4.2% 정도 낮았으며 종실수량은 유의차가 없었다. 한편, 무경운 재배는 경운 재배에 비해 잡초발생량이 더 적게 나타났고, 수량 증대와 경영비 절감으로 소득이 19% 향상되는 것으로 나타났다.

참고문헌

Brown HJ, Cruse RM, Colvin T(1989) Tillage system effects on crop growth and production costs for a corn-soybean rotation. *J Prod Agric* 2, 273-279.

Chase CA, Duffy MD(1991) An economic analysis of the Nashua tillage study : 1978-1987. *J Prod Agric* 4, 91-98.

Dao TH(1993) Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage. *Soil Sci* 57, 1586-1595.

Dick WA, VanDoren DM(1985) Continuous tillage and rotation combinations effects on corn, soybean, and oat yields. *Agron J* 77, 459-465.

Dick WA, McCoy EL, Edwards WM, Lal R(1991) Continuous application of no-tillage to Ohio soils. *Agric J* 83, 65-73.

Douglas JT, Goss MJ(1982) Stability and organic matter content of surface soil aggregates under different methods of cultivation and in grassland. *Soil Tillage Res* 2, 155-175.

Ehlers W, Kopke U, Hesse F, Bohm W(1983) Penetration resistance and root growth for oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res* 3, 261-375.

Ferreira MC, Andrade DS, Chueire LMO, Takemura SM, Hungria M(2000) Tillage method and crop rotation effects on the population sizes and diversity of bradyrhizobia nodulating soybean. *Soil Biology & Biochemistry* 32, 627-637.

Guy SO, Oplinger ES(1989) Soybean cultivar performance as influenced by tillage system and seed treatment. *J Prod Agric* 2, 57-62.

Heard JR, Kladvko EJ, Mannering JR(1988) Soil macro-porosity, hydraulic conductivity, and air permeability of silty soils under long-term conservation tillage in Indiana. *Soil Tillage Res* 11, 1-18.

Johnson RR(1994) Influence of no-tillage on soybean cultural practices. *J Prod Agric* 7, 43-49.

Kapusta G(1979) Seedbed tillage and herbicide influence on soybean(Glycine max) weed control and yield. *Weed Sci* 27, 520-526.

Kim KU, Shin DH, Park SJ, Jeong JW, Yeo MH(1995) Weed occurrence in paddy-upland rotating field. *Kor J Weed Sci* 15(4), 305-312.

Kim S, Im IB, Kang JK, Kim JD(2005) Growth and yield of soybeans as affected by density of *Echinochloa crus-galli* in paddy field. *Kor J Weed Sci* 25(3), 157-162.

Kladvko EJ, Griffith DR, Mannering JV(1986) Conservation tillage effects on soil properties and yield of corn and soybean in Indiana. *Soil Tillage Res* 8, 277-287.

Lal R, Vleeschauer D, Ngaje RM(1990) Changes in properties of a newly cleared tropical Alfisol as affected by mulching. *Soil Sci Soc Am J* 44, 823-827.

Lund MG, Carter PR, Oplinger ES(1993) Tillage and crop rotation affect corn, soybean, and winter

- wheat yields. *J Prod Agric* 6, 207-213.
- McIsaac GF, Siemans JC, Hummel JW, Tyrrell AT(1990) Economic comparisons of six corn and soybean tillage systems, two soybean spacings on three farm sizes. *Appl Eng Agric* 6, 557-564.
- Meese BG, Carter PR, Oplinger ES, Pendleton JW(1991) Corn/soybean rotation effect as influenced by tillage, nitrogen, and hybrid/cultivar. *J Prod Agric* 4, 74-80.
- Oliveira EL, Pavan MA(1996) Control of soil acidity in no-tillage system for soybean production. *Soil & Tillage Research* 38, 47-57.
- Unger P, McCalla TM(1980) Conservation tillage systems. *Adv Agron* 33, 1-58.
- Voorhees WB, Lindstrom MJ(1984) Long-term effects of tillage method on soil tilth independent of wheel traffic compaction. *Soil Sci Soc Am J* 48, 152-156.
- West TD, Griffith DR, Steinhardt GC, Kladvko EJ, Parsons SD(1996) Effect of tillage and rotation on agronomic performances of corn and soybean : Twenty-year study on dark silty loam soil. *J Prod Agric* 9, 241-248.
- Xinhua Y, Mahdi MA(2004) Periodic response of soybean yields and economic returns to long-term no-tillage. *Agron J* 96, 723-733.
- Yoo CH, Yang CH, Kim JG, Rhee GS, Han SS(1995) Effect of the alternation of lowland-upland field and the cropping pattern on weed population. *Kor J Weed Sci* 15(4), 298-304.
- Yusuf RI, Siemans JC, Bullock DG(1999) Growth analysis of soybean under no-tillage and conventional tillage system. *Agron J* 91, 928-933.