

참깨의 연작장애 경감 녹비작물 선발 및 윤작효과

남상영*, 김인재, 김민자, 강효중, 윤 태, 노창우, 민경범, 이철희
충북농업기술원

Effects of Green Manure Crops and Rotational Cropping System on Growth and Yield of Sesame (*Sesamum indicum* L.)

Sang-Young Nam*, In-Jae Kim, Min-Ja Kim, Hyo-Jung Kang, Tae Yun,
Chang-Woo Rho, Kyeong-Beom Min and Cheol-Hee Lee
Chungbuk Province ARES, Cheongwon 363-880, Korea

Abstract - The green manure crops such as rye, hairy vetch and scotch oat were applied to reduce the injury by continuous cropping system (CCS) of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivation, which manure crops was sowed in latter-September or mid-October and returned to soil in the next year of May. The growth and yields were increased as 33% (65.0 kg/10a) in the rotational cropping system (RCS) compared to continuous cropping system of 48.9 kg/10a. In the CCS of sesame, it was increased as 10~15% in the green manure crop cultivation, and rye cultivation was the most effective crop to reduce the injury of continuous cropping in the green manure crops. The RCS displayed lower disease outbreak and *Fusarium oxysporum* density in the soil compared with the CCS, and the green manure crop showed good effect in the CCS of sesame. In the RCS, the porosity was most high in the RCS and CCS of rye cultivation, while rye and hairy vetch was effective way to reduce the injury of continuous cropping. The outbreaks of wilt disease and phytophthora blight were increased as the CCS years, however displayed lowest outbreaks of disease and the yields showed highest in the rye cultivation.

Key words - Sesame, Green manure, Rye, Hairy vetch, Scotch oat

서 언

참깨(*Sesamum indicum* L.)는 유료작물 중에서 재배역사가 가장 길며, 50% 내외의 기름과 22% 내외의 단백질·탄수화물·비타민·칼슘 및 인 등의 중요한 영양분을 함유하고 있다. 이와 함께 sesamin과 sesamol인 등의 강력한 항산화물질을 함유하고 있어서 산패에 대한 안정성이 높아 국민 보건 상 매우 중요한 전통식품으로 이용되어 왔다(이 등, 1996).

우리나라에서 참깨에 발생하는 병해의 종류는 18종이 알려져 있는데(Cho *et al.*, 1982), 그 중에서 토양전염성병인 *Fusarium spp*에 의한 시들음병의 피해가 크며(박, 1965), 방제법으로써 화학적 방제와 멀칭 등의 경종적 관리에 의존하고 있는 실정이고, 연작시 주로 문제가 되는 병은 역병, 시들음병, 입고병 등의 토양전염성병(강 등, 1991)이다. 참깨 병해발생은

연작장애가 가장 큰 요인이며(松田 등, 1970; 이 등, 1982), 경감대책으로 윤작을 도입하는데, 옥수수+참깨와 콩+참깨 윤작시 생육 및 수량이 양호하여 연작대비 41% 증수한다고 하였으며(Kim *et al.*, 1998), 강 등(1986)은 땅콩+참깨와 밭벼+참깨 윤작에서, 이 등(1996)도 2년 1기로 윤작이 연작에 비하여 생육 및 수량의 증가를 가져왔다고 하였다. Chung 등(1989)은 연작시 가밀도, 경도 등의 증가로 토양 물리성이 악화되어 지하부 환경이 불량해짐으로써 수량감소의 원인이 된다고 하였으며, Paik 등(1988)도 참깨 연작년수가 경과할수록 토양 중의 *F. oxysporum* 밀도와 시들음병의 이병주가 증가되어 수량이 현저히 감소된다고 하였다.

강 등(1991)은 참깨수량은 1년 재배에 비해 연작연수가 증가함에 따라 감소되어 2년~5년 연작까지 32~64%까지 감소하고, 생육 및 수량구성요소가 부진하다고 하였으며, Chung 등(1989)은 참깨 1년작에 비하여 4년 연작에서 33% 감소한다고 하였다.

*교신저자(E-mail) : nsangy@cbares.net

Table 1. Chemical properties of the experimental field

pH (1:5)	OM (%)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	EX-cation (cmol/kg)			C.E.C (cmol/kg)
			K	Ca	Mg	
7.2	1.2	214	0.18	3.6	1.1	11.6

이상과 같이 연작에 관하여 많은 연구가 이루어졌으나, 연작에 의하여 병해발생의 증가로 종합적인 병해 방제체계가 시급한 실정이며, 녹비작물재배에 따른 참깨 연작경감에 대해서는 더욱 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 녹비작물을 참깨파종 전년도 10월 중순에 파종 재배 후 이듬해 5월 상순 토양에 환원한 다음 참깨를 재배하여 녹비작물 간에 생육, 수량 및 병해발생 정도를 구명하여 연작장해 경감을 위한 재배법 개선에 필요한 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

본 시험은 연작장해 경감 녹비작물을 선발하고자 2004년부터 2006년에 걸쳐 충청북도농업기술원 특작시험 포장에서 실시하였으며, 시험 전 토양의 이화학적 특성은 Table 1과 같다.

시험품종은 수원개였으며, 작부방법은 참깨(단일재배), 땅콩+참깨, 헤어리벳치+참깨, 호밀+참깨, 귀리+참깨 등 5처리로 수행하였다. 녹비작물인 헤어리벳치는 전년 9월 하순에 3kg/10a, 호밀과 귀리는 10월 중순에 12kg/10a 파종 후 이듬해 5월 상순 경운 후 토양에 환원하였다. 시비는 표준시비량을 계산하여 시비하였으며, 참깨는 5월 중순에 재식거리는 휴폭 100 cm(2열), 주간 10cm로 하여 참깨전용배색비닐을 피복 후 파종하였고, 기타재배방법은 충북농업기술원 표준재배법에 준하였으며, 시험구배치는 난괴법 3반복으로 하였고, 각 시험구 면적은 30.0 m²로 하였다.

토양분석은 농촌진흥청 토양화학분석법(농촌진흥청, 1988)에 준하였고, 3상은 core를 이용 측정하였다. 생육조사에 있어서 경장은 지면에서 줄기 정단까지의 길이를, 착삭부위장은 처음 달린 삭의 부위에서 끝에 달린 삭의 부위까지의 길이를, 수

량은 입모가 균일한 지점의 2m² 면적에서 얻은 종실중을 환산 측정하였다. 주당삭수는 포기당 꼬투리의 총수를, 유효분지수는 포기당 삭이 달린 분지의 수(주경제외)를 조사하였다. 시들음병균(*Fusarium oxysporum*)의 밀도는 Komada 배지를 이용하여 토양내에서 측정하였으며, 처리구별로 채취한 토양시료 1g을 증류수 9ml와 혼합 후 다시 이것을 1/10과 1/100로 희석하여 3가지 농도의 시료를 각각 100μl씩 배지에 도말하고 25℃에서 7일간 배양 후 형성된 시들음병균 콜로니의 수를 측정하였다. 생육조사는 수확시기에 하였으며, 그 외의 형질은 농촌진흥청 농사시험연구조사기준에 준하였고(농촌진흥청, 1995), 시험결과는 PC용 통계팩키지인 MYSTAT(최, 1998)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

땅콩+참깨(윤작), 연작으로 참깨(단일), 녹비작물(호밀, 헤어리벳치, 귀리)+참깨 등 작부방법을 달리하였을 때의 참깨생육은 Table 2에서와 같다. 연작에 비하여 윤작에서 생육이 양호하였는데, 이는 참깨는 연작시 윤작에 비해서 생육이 감소한다는 이등(1991)의 보고와 일치한 결과였으며, 연작 간에는 녹비작물재배에서 양호한 경향이었고, 녹비작물 간에 경장은 호밀재배에서 94 cm로 다른 녹비작물에 비하여 2~4cm 길었다. 착삭부위장은 호밀과 헤어리벳치재배에서는 차이가 인정되지 않았으나, 귀리재배에서는 58.0cm로 다소 작았다. 그러나 주당 유효분지수는 귀리재배에서 호밀과 헤어리벳치재배에 비하여 0.1~0.2개 많아 상반된 경향을 보였다. 경직경은 녹비작물 간에 차이가 없었다.

녹비작물 재배 유무에 따른 주당 참깨 삭수는 윤작 57.5개,

Table 2. Sesame growth according to existence and nonexistence of green manure crop cultivation

Cropping systems	Stem length (cm)	Stem length bearing capsules (cm)	No. of branche per plant	Stem diameter (mm)
² RCS Sesame+Sesame	86 c	54.2 c	0.2 b	7.6 b
Rye+Sesame	94ab	64.3 b	0.3ab	8.6 a
Hairy vetch+Sesame	92 b	65.2 b	0.4ab	8.3 a
Oat+Sesame	90bc	58.0 c	0.5 a	8.6 a
Mean	92	62.6	0.4	8.4

¹CCS : continuous cropping system, ²RCS : rotational cropping system.

[†]The same letters are not significantly different at 0.05 probability level according to Duncan's multiple range test.

연작 41.2~54.2개로 윤작에서 3.3~16.3개 많았으며(Table 3), 연작 간에는 호밀 재배에서 54.2개로 다른 처리보다 2.6~13.0개 많았는데 이러한 결과는 옥수수, 콩 재배 시 주당 삭수가 연작에 비하여 윤작에서 많다는 보고(Kim *et al.*, 1997)와 같은 결과였다. 천립중도 삭수와 같은 경향으로 윤작에서 2.69g으로 연작의 2.31~2.58g에 비해 0.11~0.38g 무거웠으며, 연작 간에는 녹비작물재배에서 2.50~2.58g으로 무처리외의 2.31g에 비하여 0.19~0.27g 무거웠고, 녹비작물 간에는 귀리와 호밀재배에서 무거웠다. 10a당 수량은 윤작 65.2kg에 비해 연작은 48.9~56.3kg 수준이었는데, 이는 참깨 윤작을 하면 수량이 감소한다는 보고(Chung *et al.*, 1989; Paik *et al.*, 1988; 이 등, 1991)와 일치되는 결과였으며, 연작 간에는 녹비작물재배에서 단일연작의 48.9kg에 비하여 10~15% 증수되었고, 녹비작물 간에는 호밀재배에서 56.3kg으로 다른 녹비작물재배 보다 1.8~2.5 kg 증수되었다.

연작기간 별 수량변화는 참깨 단일연작 대비 윤작 및 녹비작물재배에서 재배년수가 경과할수록 수량이 높아, 윤작은 재배기간에 따라 1년 13%, 2년 20% 3년 65% 증수되었으며, 녹비작물재배에서는 1년과 2년에서는 1~6%의 미미한 수량증가를 보였으나, 3년에서는 25~34%의 높은 수량증가를 나타내었고, 녹비작물 간에는 호밀재배에서 더 많은 수량증가를 나타내었다.

이는 참깨 연작(5년) 대비 1년씩 참깨+땅콩 또는 옥도의 윤작은 20~26%, 2년씩 참깨+땅콩 또는 옥도의 윤작은 30~38%, 참깨 1년 재배 후 땅콩 또는 옥도 3년 재배 한 다음 참깨재배 시 54~57% 증수하였다는 보고(Paik *et al.*, 1988)와 비슷한 결과였다.

참깨 병해발생 중 시들음병 및 역병의 발생은 작부방법에 따라서는 연작의 40.0~49.7%에 비하여 윤작은 28.3%로 적게 발생되었으며(Table 4), 연작 간에는 녹비작물 재배에서 발생량이 적었고, 녹비작물 간에는 차이가 인정되지 않았다. 연작기간이 경과할수록 병발생이 증가하여 1년 26.0%, 2년 45.0%, 3년 48.7% 발생되었고, 토양 시들음병균 밀도는 윤작과 연작의 호밀, 헤어리벳치 재배에서는 토양 1g당 검출된 시들음병균 번식체의 수는 2,178~3,588개로 적었으나, 연작의 무처리와 귀리 재배에서는 10,817~12,388개로 높았는데 이와 같은 결과는 같은 작물을 재배하면 토양 내 병원미생물상이 증가되어 결국 기주작물에 큰 영향을 준다는 보고(이 등, 1987)와 참깨 시들음병 원균의 토양밀도는 연작토양에서 높다는 결과(Paik *et al.*, 1988)와 비슷한 경향이였다. 엽고병은 작부방법에 따른 차이가 없었다.

참깨재배지 녹비작물 재배유무에 따른 토양 물리적 특성은 Table 5에서와 같다. 재배방법에 따른 고상의 비율은 차이가

Table 3. Sesame yield and yield composition element according to existence and nonexistence of green manure crop cultivation

Cropping systems	No. of clusters per plant	1,000 seed weight (g)	Seed yield		Yield index variation		
			kg/10a	Index	1st year	2nd year	3rd year
¹ CCS Peanut+Sesame	57.5 a [†]	2.69 a	65.2 a	133	113 a	120 a	165 a
² RCS Sesame+Sesame	44.4 c	2.31 c	48.9 c	100	100 b	100 b	100 d
Rye+Sesame	54.2ab	2.55ab	56.3 b	115	104 b	106ab	134 b
Hairy vetch+Sesame	51.6 b	2.50 b	53.8 b	110	103 b	101 b	125 c
Oat+Sesame	41.2 c	2.58ab	53.2 b	111	103 b	102 b	119 c
Mean	49.8	2.53	55.5				

¹CCS : continuous cropping system, ²RCS : rotational cropping system.

[†]The same letters are not significantly different at 0.05probability level according to Duncan's multiple range test.

Table 4. Sesame disease outbreak and *Fussarium oxysporum* density in the soil to existence and nonexistence of green manure crop cultivation

Cropping systems	<i>Fussarium oxysporum</i> and <i>phytophthora nicotianae</i> (%)				Density [†] (cfu/g soil)	Leaf blight (%)
	1years	2years	3years	Mean		
¹ CCS Peanut+Sesame	19.7 b [†]	28.4 c	36.8 c	28.3 c	2,178 b	14.2 a
² RCS Sesame+Sesame	36.8 a	54.2 a	58.1 a	49.7 a	12,388 a	14.9 a
Rye+Sesame	22.2 b	47.4 b	49.4 b	40.0 b	3,343 b	15.9 a
Hairy vetch+Sesame	25.1 b	50.1ab	50.5 b	41.5 b	3,588 b	16.9 a
Oat+Sesame	25.0 b	49.2ab	55.4ab	43.20	10,817 a	16.3 a
Mean	26.0	45.0	48.7	39.9	6,463	15.5

¹CCS : continuous cropping system, ²RCS : rotational cropping system.

[†]The same letters are not significantly different at 0.05probability level according to Duncan's multiple range test.

[†]Colony forming unit per gram soil.

Table 5. Soil physical a special quality according to existence and nonexistence of green manure crop cultivation

Cropping systems	3 phase (%)			Porosity (%)
	Soild	Liquid	Gaseous	
¹ CCS Peanut+Sesame	43.5 a [†]	12.1 b	44.4 a	56.5 a
² RCS Sesame+Sesame	45.3 a	15.5 a	39.2 b	54.7 b
Rye+Sesame	43.6 a	14.0ab	42.5ab	56.5 a
Hairy vetch+Sesame	44.0 a	14.1ab	41.9ab	56.0ab
Oat+Sesame	44.7 a	14.3ab	41.0ab	55.3ab
Mean	44.2	13.3	40.7	56.1

¹CCS : continuous cropping system, ²RCS : rotational cropping system.

[†]The same letters are not significantly different at 0.05probability level according to Duncan' s multiple range test.

없었으나, 액상은 참깨 단일연작에서, 기상은 윤작에서 높았다. 이는 토양의 물리적 성질은 작물의 생육에 대단히 중요한데, 연작년수가 증가할수록 토양입단 형성이 불량하여 고상의 비율이 높아지고, 기상이 낮아진다고 한 결과(Chung *et al.*, 1989)와 일반적으로 토양입단이 잘 형성되어 있는 토양은 고상보다 기상이 차지하는 비율이 높다는 보고(조 등, 1985)를 종합해 볼 때 연작년수가 증가할수록 토양물리성이 악화되어 수량감소의 원인이 되었을 것으로 추정된다. 공극률은 윤작<연작녹비작물>단일연작 순으로 큰 경향이었으며, 녹비작물 간에는 호밀재배에서 가장 높았고, 헤어리벤티치와 귀리재배에서는 차이가 인정되지 않았다.

적 요

참깨 연작장해 경감 녹비작물을 선발하기 위하여 9월 하순~10월 중순에 호밀, 헤어리벤티치, 귀리 등을 파종 후 이듬해 5월 상순 환원하여 2004년부터 3년간 시험한 결과, 윤작에서 생육 및 수량이 양호하여 단일연작 48.9kg/10a 대비 33% 증수되었으며, 연작 간에는 녹비작물재배 시 양호하여 10~15% 증수되었고, 녹비작물재배 간에는 호밀재배에서 가장 양호한 경향이 있었다. 윤작 시 연작에 비하여 병발생, 토양의 시들음병균 밀도가 낮은 경향이었으며, 연작 간에는 녹비작물재배 시 양호한 경향이 있었다. 녹비작물재배 간에는 호밀과 헤어리벤티치재배에서 양호하였고, 공극률은 윤작과 연작의 호밀재배에서 가장 높았다. 연작기간이 경과할수록 시들음병 및 역병 발생이 많았으며, 연작 간에는 호밀재배에서 가장 적게 발생되었고, 수량도 가장 많았다.

인용문헌

Cho, E.K., N.Y. Heo, S.H. Choi and S.C. Lee. 1982. Studies on sesami disease in Korea. I. Incidences of phytophthora blight. Korean J.

Phant Prot 21: 211-215.

조인상, 허봉구, 이종모, 주낙섭. 1985. 고추 연작지실태 현지조사. 농기연구보고서 pp. 121-124

최봉호. 1998. NEW MYSTAT. 충남대학교 pp. 36-106.

최진용, 김정효, 김두현, 조상철, 이유식. 1989. Brittle벼의 재배법 확립과 벳짚의 사료이용에 관한 연구. 농시논문집(산학협동편) 32: 149-155.

Chung, C.H., J.H. Jeon, H.K. Kim and K.H. Park. 1989. Effects of the continuous cultivating years of the hot-peper, sesame and peanut on yields and soil microorganism. J. Korean Soc Soil Sci. Fert. 22: 67-71.

강승원, 김성기, 이장우, 유창재. 1991. 참깨 연작장해 원인구명 시험. 경기도 시험연구보고서 pp. 148-157.

강승원, 이장우, 채규창. 1986. 참깨 연작체계 시험. 경기도 시험 연구보고서 pp. 211-218.

농촌진흥청. 1988. 토양화학분석법 (토양, 식물체, 토양미생물).

농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준 pp. 485-552.

Kim, D.H., J.H. Seo, C.G. Kim, S.H. Choi and M.H. Koh. 1997. Effect of short-term rotation on growth, yield and the uptake of inorganic nutrient in sesame (*sesamum indicum* L.). RDA. J. Indus. Crop Sci. 39: 1-7.

Kim, D.H., J.H. Seo, C.G. Kim, S.H. Choi, M.H. Koh and I.B. Heo. 1998. Effect of crop rotation on the growth of sesame (*sesamum indicum* L.) and soil properties. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 31: 216-224.

이두희, 양장석, 한만중. 1987. 참깨 입고성병원균에 대한 연구. 경기농업연구 pp. 137-142

이현욱, 김충희, 남기욱. 1991. 작부체계에 의한 고추역병 발생 억제. 한식지 7: 140-146.

이정일, 채영암, 강광희, 조재성. 1996. 공예작물학. 향문사 pp. 34-50.

이정일, 강철환, 이승우. 1982. 참깨 입고병에 대한 종자소독제의

효과. 한작지 27: 78-83.

Paik, S.B., E.S. Do, J.S. Yang and M.J. Han. 1988. Occurrence of wilting disease (*fusarium* spp) according to crop rotation and continuous cropping of sesame (*sesamum indicum* L.). Korean J. Mycol. 16: 220-225.

박종성. 1965. 참깨 Fusarium 위조병에 관한 연구. 충남대논문집

pp. 29-75.

宋田明, 尾崎克巳, 下張根鴻. 1970. 作物の連輪作とフサリウム病發生との關係. 日植病報 36: 163.

(접수일 2007. 5. 30; 수락일 2007. 7. 25)