

팥땅콩 작부체계와 수확 후 잔존 유기물의 친환경적 효과

金正泰*[†] · 裴石福* · 朴香美* · 尹乙洙* · 金旼兌* · 崔震龍**

*영남농업시험장, **경상대학교 농과대학

Cropping Systems for Vegetable Peanut and Environmental Effect of Residue Incorporation in Soil

Jung-Tae Kim*[†], Suk-Bok Pae*, Hyang-Mee Park*, Yoon-Eul Soo*, Min-Tae Kim*, and Zhin-Ryong Choe**

*National Yeongnam Agricultural Experiment Station, RDA, Milyang 627-130, Korea

**Department of Agronomy, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

ABSTRACT : A new demand for vegetable peanut (*Arachis hypogaea* L.) in Korea has increased farmers' interest in growing vegetable peanut. Compared to grain peanut production, vegetable peanut production enables the growth period to be shortened by 20 or 30 days and farmers to adopt various cropping systems and to return crop residues in the soil. With the purpose of establishing desirable cropping systems for sustainable vegetable peanut production, three field experiments were conducted from 2000 to 2001 at Milyang, the southeastern part of Korea. Main focuses were given into the effect of cropping systems for vegetable peanut production on each crop's yield and soil sustainability. The cropping systems investigated were single vegetable peanut, peanut-radish-green barley, peanut-barley, and peanut-garlic cropping system, with or without crop residue incorporation in the soil. Among the cropping systems investigated for sustainable vegetable peanut production, peanut-only and peanut-radish-green barley cropping systems showed vulnerable to diseases and lodging while peanut-barley and peanut-garlic cropping systems showed higher stability in response to diseases and lodging, consequently leading to higher yield potential of vegetable peanut production. In the peanut-barley cropping system, both barley and peanut residues returned to the soil played an important role in soil improvement as well as in significantly increased grain yield of peanut and barley. A particular notice was taken to the pronounced increase in *Trichoderma* population and the amount of nitrogen mineralization induced by the returned barley residue. Soil structure, compactness, pH, and fertility were positively influenced by the returned crop residues, which apparently increased sustainability in vegetable peanut production systems.

Keywords: vegetable peanut, barley, cropping system, residue, sustainability, *Trichoderma*

땅콩은 불포화 지방산이 높은 양질의 기름과 풍부한 단백질, 독특한 향미를 가지고 있는 고 칼로리 영양식품으로 식용유 외에 버터나 과자, 볶음땅콩 및 기호식품으로서 널리 애용되고 있다. 땅콩은 생태적 적응성이 넓어서 열대로부터 온대에 이르는 광범위한 지역에서 재배되고 있으나 재배 지역간 수량 차이가 큰 작물이다.

우리 나라의 땅콩재배면적은 1998년 7,483 ha에서 2001년에는 4,763 ha로 매년 점차적으로 감소하고 농산물 수입 자유화에 따라 외국으로부터 값싼 건조땅콩을 비롯하여 아몬드, 피스타치오, 해바라기씨 등 외국산 견과류의 수입이 증가하고 있다. 따라서 국내 땅콩생산면적은 지속적으로 감소될 것으로 예상된다.

땅콩의 안전재배를 위해서는 생리·생태적으로 150~180일의 생육기간과 3,600°C 이상의 적산온도가 필요하므로 우리나라의 땅콩 재배는 남부 일부지역을 제외하면 적절한 생육기간과 적산온도의 확보가 어렵다.

총 생육소요일수가 길고 개화 후 100~110일 이후에 종실용 땅콩을 수확하는 관행적인 재배방식은 국제 경쟁력이 떨어져 땅콩 재배농가의 수익을 보장할 수 없으나, 최근에는 국내 땅콩 총 생산량의 약 24%를 생산하고 있는 경북 예천, 구미, 안동 등에서 개화 후 80~90일경에 수확하여 곧 바로 도시 소비처로 출하하는 팥땅콩 생산면적이 증가하고 있다. 이러한 팥땅콩 생산과 소비형태는 호남 지역까지 점차 확대되고 있다.

팥땅콩 생산은 완전종실땅콩 생산에 비하여 총 생육일수를 20~30일 정도 단축시킬 수 있고, 수확 후 많은 잔존 유기물의 토양환원에 의한 토양비옥도 증진 효과도 기대할 수 있다. 또한 팥땅콩 생산은 수확된 땅콩을 건조하는 과정을 생략할 수 있을 뿐만 아니라 외국으로부터 반입도 비교적 어렵기 때문에 이러한 팥땅콩 생산은 농가의 소득을 보장하고 국내 땅콩 생산기반을 유지할 수 있는 유일한 대안이라고 할 수 있다.

현재까지는 완전히 성숙된 종자를 수확하는 종실 땅콩에 대하여 많은 연구가 진행되었으나 최근 생산량이 증대되고 있는

[†]Corresponding author: (Phone) 055-350-1236 (E-mail) kjt6932@rda.go.kr <Received July 8, 2003>

팥콩에 관한 연구는 미흡하며 팥콩의 재배적 특성을 고려한 새로운 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 남부지역에서 팥콩 안정생산 기술을 확립하려는 목적으로 팥콩을 보리, 무, 마늘 등과 작부체계를 구성하여 팥콩으로 수확한 후 잔존 유기물의 토양 환원 유·무에 따른 각 작물의 생육 및 수량과 토양의 이화학성, 미생물상의 변화를 조사 분석 하였다.

재료 및 방법

시험 수행방법과 처리내용

본 시험은 2모작 재배시 팥콩을 전작물 또는 후작물로서 재배할 경우 타작물과의 작부체계 및 잔존유기물의 환원유무에 따른 토지생산성과 유기물 환원효과를 구명코자 2000년부터 2001년까지 2년간 수행되었으며, 시험 시작 직전 포장의 토양특성은 표 1과 같다.

작부체계별 유기물 환원의 효과 분석을 위하여 ① 팥콩 단작 ② 팥콩-무-녹비보리 ③ 팥콩-보리 ④ 팥콩-마늘의 4가지 작부체계를 주구로 하고 유기물 환원 유무를 세구로 하여 분할구 배치법 3반복으로 시험구를 배치하였다. 팥콩줄기를 환원한 양은 팥콩을 前作物로서 재배시 10a 당 680 kg, 後作物로 재배시 365 kg, 녹비보리는 생체로서 350 kg 정도가 토양에 투입되었다. 팥콩-보리의 작부체계에서 보릿짚은 보리재배 후 850 kg이 환원되어졌다. 그리고 각 작부체계에서 재배된 작물들의 시험품종, 파종시기, 재식밀도 및 시비량은 표 2와 같다.

토양과 유기물 분석

토양 이화학성 및 미생물: 토양의 경도는 산중식 경도계

(KM 351, Hitachi)를 이용하여 시험 전후에 측정되었으며, 자연상태의 토양 표토(0~15 cm)와 심토(15~30 cm)를 100 ml core로 6반복을 채취하여 토양 삼상과 공극율 및 토양 이화학성을 농촌진흥청 토양 및 식물체분석법에 준하여 분석하였다 (임 등, 1978). 토양 미생물체 탄소량은 훈증추출법으로 측정되었으며, 형광성 *Pseudomonas*속 균은 Kato(1983)의 배지를 이용하여 회석평판법으로 계수되었고, *Trichoderma*속(Chet, 1987)균의 분석은 *Trichoderma* 선택배지(표 3)를 이용하여 계수되었다.

수확 후 잔존 유기물원별 질소무기화 정도: 수확 후 잔존 유기물 공급원별 질소무기화 정도는 Stanford and Smith (1972)의 방법에 따라 0.01 M CaCl₂ 용액으로 무기화된 질소를 용탈시켜 Kjeldahl법을 이용하여 NH₄-N로 분석되었으며, 무기화된 질소의 용탈 후에는 N-free solution(0.2 mM CaSO₄ · 2H₂O, 0.2 mM MgSO₄ · 7H₂O, 0.5 mM Ca(H₂PO₄)₂ · H₂O, 2.5 mM K₂SO₄)을 보충한 후 8주간 35°C 항온 배양하면서 2주 간격으로 무기화된 질소가 분석되었다.

투입 유기물의 질소무기화 잠재능에 대한 신속한 분석방법을 탐색하기 위하여 측정된 배양 1일간의 토양미생물 호흡량

Table 3. Cultural medium composition for *Trichoderma* ssp..

Components	Concentration (g l ⁻¹)
NH ₄ NO ₃	1.0
Glucose	3.0
MgSO ₄ · 7H ₂ O	0.1
K ₂ HPO ₄	0.2
Pentachloronitrobenzene	0.9
Rose bengal	0.15
Agar	20.0

Table 1. Physico-chemical properties of soil used for field experiment.

Soil texture	pH (1:5)	OM (g kg ⁻¹)	Av. P ₂ O ₅ (mg kg ⁻¹)	Ex. cations (cmol kg ⁻¹)			Soil hardness (kg cm ⁻²)
				K	Ca	Mg	
Silty clay loam	6.2	14.0	167.6	0.73	4.17	1.98	2.61

Table 2. Cultivar, sowing date, planting density, and fertilization rate for cropping systems consisted of peanut, radish, barley, and garlic.

Crop	Cultivar	Sowing date	Planting density (cm)	Fertilization rate (10a ⁻¹)				
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca(OH) ₂	Compost
Peanut	Palkwang	Apr.15 [†] June 20	40×25 [‡]	3	10	10	100	1,000
Radish	Baeja	Sept. 1	70×20	20	20	20	-	1,000
Barley	Keunal	Oct. 20	40×20	10	8	8	-	1,000
Garlic	Euisung	Oct. 20	20×20	20	20	20	-	1,000

*Peanut was grown with transparent PE film mulching.

[†]Peanut was sown on April 15 in peanut only and peanut-radish-green barley cropping systems, and sown on June 20 in peanut-barley or garlic cropping systems.

[‡]Peanut was planted with 2 rows within 100cm ridge width.

Table 4. Chemical properties of crop residues used for the experiment.

Crop	T-C	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	C/N ratio
			----- g kg ⁻¹ -----					
Peanut	3,681	16.3	3.1	31.3	10.8	4.81	1.01	23:1
Barley	362	7.5	4.8	28.4	5.3	1.63	2.58	48:1

은 Alan 등(1995)의 방법에 따랐으며 CO₂ 분석은 GC(Model 5890 series, Hewlett Packard)로 이루어졌다. 분석에 이용된 유기물의 화학적 특성은 표 4와 같다.

땅콩의 병해 및 도복정도

땅콩의 병해정도는 땅콩 개체별 검은무늬병(*Mycosphaerella berkeley Jenkins*)과 갈색무늬병(*Mycosphaerella arachidicola Jenkins*)의 병반이 발생한 잎의 분포 비율로 달관조사 하였고, 도복정도는 시험구 전체면적에 대한 도복된 면적의 비율로 산출하였다.

결과 및 고찰

풋땅콩 작부체계별 구성작물의 생육 및 수량

풋땅콩의 성장과 수량: 작부체계별 풋땅콩의 성장과 수량은

표 5와 같다. 풋땅콩 단작과 풋땅콩-무-녹비 작부체계의 풋땅콩은 2모작의 前作物으로서 과중 및 수확하였고, 풋땅콩-보리 작부체계와 풋땅콩-마늘 작부체계는 2모작의 後作物으로서 재배하였다.

전작물로 재배된 풋땅콩의 경우 분지수는 후작물로 재배된 풋땅콩에 비해 많았으나 장마기 이후 다소 과번무되어 도복이 심하였고, 검은무늬병 및 갈색무늬병도 심한 편이었다. 후작물로 재배된 풋땅콩은 전작물로 재배된 풋땅콩에 비해 분지수가 적고 병해 및 도복발생이 적었다. 풋땅콩 수량은 전작물로서 재배된 풋땅콩 단작과 풋땅콩-무-녹비의 작부체계에 비하여 후작물로서 재배된 풋땅콩-보리 작부체계와 풋땅콩-마늘의 작부체계에서 상대적으로 높았다.

전작물로서 재배된 풋땅콩은 유기물을 환원시킨 것이 제거한 것에 비해 병해가 더욱 심하여 풋땅콩 단작과 풋땅콩-무-녹비 작부체계에서는 유기물 환원에 따른 풋땅콩의 증수효과

Table 5. Effect of cropping systems and residue incorporation on the growth characteristics and yield in vegetable peanut.

Cropping systems	Residue	year	Disease	Lodging	No. of branches /plant	No. of matured pods/plant	Fresh pod yield
			%	%			kg 10a ⁻¹
Vegetable peanut only	Removed	2000	50	90	34	27	660bc [‡]
		2001	50	90	32	27	530d
	Returned	2000	70	90	32	26	658bc
		2001	70	90	32	25	556cd
		Mean	65	90	33	26	601B
Peanut-radish-green barley	Removed	2000	50	90	33	26	632bc
		2001	50	90	36	24	582cd
	Returned	2000	70	90	30	25	621bc
		2001	70	90	32	22	565cd
		Mean	65	90	33	24	600B
Peanut-barley	Removed	2000	30	10	24	29	647bc
		2001	30	10	24	34	743ab
	Returned	2000	30	10	24	31	660bc
		2001	30	10	26	30	664bc
		Mean	30	10	25	31	678A
Peanut-garlic	Removed	2000	30	10	24	32	651bc
		2001	30	10	26	34	677b
	Returned	2000	30	10	27	32	663bc
		2001	30	10	27	35	785a
		Mean	30	10	26	33	694A

[‡]Means with different letters within the same column are significantly different at 5% level by DMRT.

는 없을 것으로 추정되었다. 후작물로서 재배된 팥땅콩-보리 작부체계와 팥땅콩-마늘 작부체계의 팥땅콩 수량은 작부체계 간에는 큰 차이가 없었으나 팥땅콩 단작의 수량에 비해서는 증수되었고 특히 도복이 크게 감소되었다. Ayers(1989)는 땅콩은 윤작과 작부체계 구성이 아주 중요하며, 땅콩을 다른 두과 작물과 윤작 혹은 동일장소에서 연작하면 많은 종류의 병과 선충피해를 입어 수량이 감소한다고 하였으며, Jordan 등(2002)은 땅콩을 연작하거나 땅콩-콩의 작부형태에서는 *Cylindrocladium parasiticum*의 밀도가 높아져 검은부패병이 유발되고, 땅콩-옥수수 또는 화분과작물의 작부체계에서는 땅콩의 생육이 양호하였다고 하였다. 따라서 팥땅콩의 안정적인 재배를 위해서는 땅콩 단작의 연속재배는 하지 않아야 하며, 화분과작물과 작부체계를 구성하여야 할 것으로 판단되었다.

무의 생장과 수량: 팥땅콩-무-녹비 작부체계에서 파종 후 75 일경에 수확한 무의 잎, 뿌리의 생장과 수량은 표 6과 같다. 유기물 환원구가 제거구에 비해 지상부의 엽장과 엽중 및 지하부의 근경과 근장뿐만 아니라 뿌리의 수량에 있어서도 차이가 없었다. 무는 다비재배와 단기성 작물이기 때문에 유기물 환원으로 인한 토양의 양분 공급효과가 무의 생육 및 수량에 영향을 미치지 못했던 것으로 추정하였다.

Table 6. Effect of returning residue on growth characteristics and yield of radish in vegetable peanut-radish-green barley cropping system.

Residue	Year	Leaf			Root	
		Length	Weight	Diameter	Length	Yield
		cm	g plant ⁻¹	cm	cm	kg 10a ⁻¹
Removed	2000	45	392	7.6	17.4	7.990a [†]
	2001	49	436	8.0	17.0	8.065a
	Mean	47	414	7.8	17.2	8.027A
Returned	2000	45	404	7.8	18.0	8.572a
	2001	47	448	7.9	17.6	8.380a
	Mean	46	426	7.9	17.8	8.480A

[†]Means with same letters are not significantly different at 5% level by DMRT.

보리의 생육과 수량: 팥땅콩-보리의 작부체계에서 보리생육과 수량은 표 7과 같다. 시험 1년차 보리 생육은 유기물 환원구는 제거구에 비해 수수가 더 많았고 천립중도 무거웠다. 반면 2년차는 유기물환원구가 제거구에 비하여 출수기는 3일 늦었다. m²당 수수 및 수당립수는 많았으며 성숙중기 이후 도복이 유발되었다. 任(1978)과 김 등(1992)도 유기물 함량이 너무 많은 경우에는 토양수분의 과다현상을 유발할 수있고, 토양 입단화를 저해하여 토양의 경도가 낮아지므로 뿌리건조현상 및 도복이 유발되기 쉽다고 하였다. 팥땅콩-보리 작부체계의 유기물 환원시에는 3년차 부터 보리의 과번무가 우려되므로 토양 비옥도 변화에 따른 균형시비가 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 또한 팥땅콩-보리의 작부체계에서 매년 생산되는 팥땅콩과 보리의 유기물 전량을 연속적으로 토양에 재투입할 때 유기물 과잉집적에 따른 대책도 연구되어야 할 것이다.

마늘의 생장과 수량: 팥땅콩-마늘 작부체계에서 마늘의 생장과 수량은 표 8과 같다. 시험 1년차에서 마늘의 경장과 엽장, 지상부 무게는 비슷하였으나, 인경무게와 마늘수량은 환원구에서 다소 적었다. 2년차에서는 유기물 환원구가 제거구에 비하여 초장, 엽장, 지상부와 인경의 무게가 무거웠고 마늘수량도 증가되었다. 동일 년도내에서는 유기물환원 유무에 따른 마늘수량의 차이가 인정되지 않았지만 년차간에는 1년차에 비해 2년차에서 수량이 증대되었으며 특히 유기물 환원구에서 년차별 수량 증가폭이 컸다. 생육기간이 길고 다비성 작물인 마늘은 본 시험에서 2회 재배로 유기물환원효과는 뚜렷하지 않았으나 1년차에 비하여 2년차에서 마늘수량이 현저히 증가한 것으로 보아서 마늘은 팥땅콩과의 작부체계가 바람직하며 팥땅콩의 유기물환원효과가 커질 것으로 추정되었다.

유기물 환원에 따른 토양환경 및 미생물상 변화

토양 이화학적: 팥땅콩 작부체계별 시험을 수행한 후 조사한 토양 경도를 2개년 평균한 결과는 표 9와 같다. 토양의 경도는 표토와 심토 모두 팥땅콩을 단작으로 재배할 경우 가장 높았고 팥땅콩-무-녹비, 팥땅콩-보리, 팥땅콩-마늘은 작물의 연속재배 및 유기물 환원으로 토양 경도는 낮아졌다. 따라서 땅

Table 7. Effect of returning residue on growth characteristics and yield in vegetable peanut-barley cropping system.

Residue	Year	Heading date	Lodging	Culm length	No. of spikes	No. of grains/spike	1,000-grain wt.	Grain yield
Removed	2000	Apr. 21	0	79	246	46	38.9	386b [†]
	2001	Apr. 14	0	84	494	46	41.7	467b
	Mean	Apr. 17	-	82	370	46	40.3	427B
Returned	2000	Apr. 21	0	81	277	45	39.3	476b
	2001	Apr. 17	50	84	567	45	34.5	647a
	Mean	Apr. 19	-	83	422	45	36.9	562A

[†]Means with different letters are significantly different at 5% level by DMRT.

Table 8. Effect of returning residue on growth characteristics and yield of garlic in vegetable peanut-garlic cropping system.

Residue	Year	Stalk length	Leaf length	Shoot weight	Bulb weight	Bulb yield
		---- cm ----		g plant ⁻¹	g plant ⁻¹	kg 10a ⁻¹
Removed	2000	58	35	15	26	638b [†]
	2001	75	45	26	33	824a
	Mean	67	40	21	30	731A
Returned	2000	57	36	19	24	587b
	2001	79	47	31	35	883a
	Mean	68	42	25	30	735A

[†]Means with different letters are significantly different at 5% level by DMRT.

Table 9. Effect of cropping system and residue management on soil hardness.

Soil layer	Residue	Vegetable peanut only	Peanut-radish-green barley	Peanut-barley	Peanut-garlic
		-----kg cm ⁻² -----			
Top soil	Removed	3.9±0.4 [†]	3.0±0.3	2.8±0.3	3.1±0.4
	Returned	3.4±0.3	2.6±0.2	2.4±0.3	2.5±0.3
Sub-soil	Removed	5.9±0.5	5.4±0.4	5.2±0.6	5.0±0.3
	Returned	5.4±0.4	4.5±0.5	4.3±0.5	5.1±0.4

[†]Data are means of two crop years in 2000 and 2001.

콩 단작 후 겨울동안 휴경하는 것보다는 하작물과 동작물을 결합하여 연속재배 및 유기물을 재투입하는 것이 토양경도를 낮출 수 있었다.

작부체계별 시험 후 토양 삼상 및 공극율은 표 10과 같다. 공극율은 풋땅콩 단작보다 전후작으로 무, 녹비, 보리, 마늘을 재배하였을 때 높아졌으며 특히 수확후 잔존 유기물을 토양에 재투입한 것이 제거한 것에 비하여 높았다. 작부체계별로는 풋땅콩 단작에서 가장 낮았고 풋땅콩-무-녹비, 풋땅콩-마늘, 풋땅콩-보리 순으로 높아지는 경향이였다. 토양의 고상율은 수확후 잔존 유기물을 토양에 재투입함으로써 모든 작부체계에서 낮아졌으며 액상 비율은 반대로 높아졌고 기상율은 일정하지 않았다. 농업 생태계는 다양성과 원상 회복력이 부족하며

(Bullock *et al.*, 1993; McLaren, 1996), 대규모 농장의 생산성 유지는 미숙된 유기물을 지속적으로 환원함으로써 토양의 이화학적성을 유지 개선할 수 있다는 연구결과를 Jordan 등 (2002)은 보고했다. 본 시험 결과에서도 풋땅콩 단작에 비해 후작으로 보리와 무, 마늘을 재배할 경우 토양의 공극률이 높아짐으로서 통기성뿐만 아니라 투수성도 증가하는 경향이였다. 그 결과 토양 물리성이 개선될 것으로 추측되며 특히 수확 후 잔존 신선 유기물의 재투입은 공극률 증대에 직접적인 요인이 된 것으로 보였으나 처리간에 차이가 있다고 할 수 있을 만큼 충분한 증거는 얻지 못하였다.

작부체계별 시험 후 토양의 화학성을 분석한 결과는 표 11과 같다. 토양의 전기전도도, 유효인산, 치환성 칼리 및 마그

Table 10. Effect of cropping system and residue management on soil phases and porosity.

Cropping system	Residue	Phases			Porosity
		Solid	Liquid	Gaseous	
----- % -----					
Vegetable peanut only	Removed	54.6±4.6 [†]	26.5±2.4	19.1±1.5	45.6±3.4
	Returned	53.5±4.2	27.5±2.8	19.0±1.4	46.5±4.0
Peanut-radish-green barley	Removed	54.5±4.2	26.5±2.2	19.1±2.1	45.6±4.2
	Returned	52.5±3.8	28.3±2.4	19.3±1.4	47.6±4.5
Peanut-barley	Removed	52.5±4.0	23.5±2.0	24.1±2.1	47.6±3.8
	Returned	51.3±3.4	24.7±2.7	24.1±1.8	48.8±4.4
Peanut-garlic	Removed	52.5±4.2	27.9±2.4	19.8±1.2	47.7±4.1
	Returned	51.9±4.4	29.8±2.2	18.4±1.4	48.2±3.9

[†]Data are means of two crop years in 2000 and 2001.

Table 11. Chemical properties of soil after experiment.

Cropping system	Residue	pH	EC	OM	Av. P ₂ O ₅	Ex. cations		
						K	Ca	Mg
		1:5	dS m ⁻¹	g ⁻¹	mg kg ⁻¹	-- cmol ⁻¹ --		
Vegetable peanut only	Removed	7.62	0.34	12.2	354	0.54	5.69	0.90
	Returned	7.57	0.29	14.5	331	0.63	6.60	1.15
Peanut-radish-green barley	Removed	7.33	0.42	11.3	460	0.83	5.63	1.12
	Returned	7.40	0.58	12.5	407	1.10	6.11	1.23
Peanut-barley	Removed	7.70	0.58	13.0	419	0.71	7.03	1.06
	Returned	7.86	0.59	13.8	440	0.96	7.25	1.17
Peanut-garlic	Removed	7.45	0.43	14.7	414	0.79	6.21	1.18
	Returned	7.47	0.44	14.0	383	0.70	7.06	1.08

네습 함량이 팻땅콩을 단작으로 재배한 것에 비해 전·후작으로 무, 녹비, 보리, 마늘을 재배한 경우 상대적으로 높았으며, 수확잔존 유기물을 토양에 환원시켰을 경우 무기성분 함량이 더욱 높아졌다. 이러한 결과는 전·후작물 재배시에 사용된 비료와 투입 유기물 때문인 것으로 판단되었다. 본 시험의 결과는 땅콩 연작지에서 재배년수가 길수록 토양중의 인산, K, Ca, Mg의 함량이 적게 나타난 백(1990)의 연구 결과와 K, Mg는 같은 경향이었으나 인산과 Ca는 오히려 크게 증가되었다. 시험전 토양의 화학성과 비교하여 pH, P₂O₅, Ca는 높아졌고, 유기물 함량은 땅콩-마늘 작부체계에서는 높았으나 다른 작부체계에서는 낮아졌다. 정확한 결과를 얻기 위해서는 더 오랜 기간의 검토가 필요하다고 판단되었다.

미생물상 변화: 작부체계 및 수확후 잔존 유기물의 투입여부별 토양 미생물체 탄소량은 그림 1과 같다. C/N율이 높은 보리의 지상부를 환원한 처리구를 제외하고는 처리간 차이가 크지 않았다. 이러한 결과는 신선 유기물인 보리짚을 재투입할 경우 이들을 분해하고자 하는 미생물의 밀도가 급격히 증가한데 기인한 것으로 생각된다. Elkins(1979)에 의하면 농경지 토양에서 미생물체의 구성은 세균의 세포와 사상균의 균사 및 포자로 구성되어 있으며, 이들 미생물체 중에서 세균과 사상균이 차지하는 비율은 37~79%라고 하였다. 한편, Anderson 등(1978)과 Vance 등(1987)의 연구에 의하면 토양 미생물체 총량(microbial biomass)은 토양 비옥도의 차이, 식생, 경운방법 및 시료 채취시기 등 다양한 요인의 영향을 받는다고 하나 일반적으로 전 유기탄소량의 0.27~7.0%에 해당하며 연속재배시에는 2.3%, 그리고 휴한시에는 2.7%로 미생물체의 무게와 부피가 연작재배시보다 휴한기에 증가되었다고 하였다. 토양 미생물체 탄소량은 C/N율이 낮은 땅콩줄기보다는 C/N율이 높은 보리짚의 투입과 밀접한 관계가 있었으며 결국 땅콩 줄기의 N는 미생물의 균체를 구성하는데 이용되었고 보리짚의 C는 에너지원으로 이용된 것으로 추정되었다.

농경지 토양의 건전성 평가지표로 이용되고 있는 형광성 *Pseudomonas* spp 균의 밀도와 유기물을 분해 및 항생물질 분비

능을 이용한 생물적 방제에서 가장 관심의 대상이 되고있는 *Trichoderma* spp 균의 밀도를 조사한 결과는 그림 2와 같다.

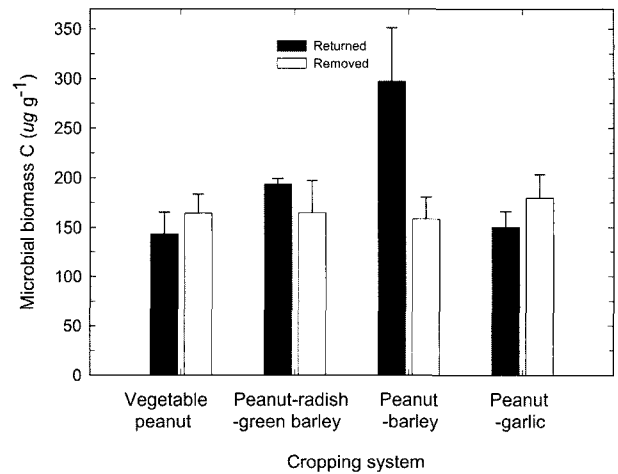


Fig. 1. Soil microbial biomass carbon affected by cropping system and residue management.

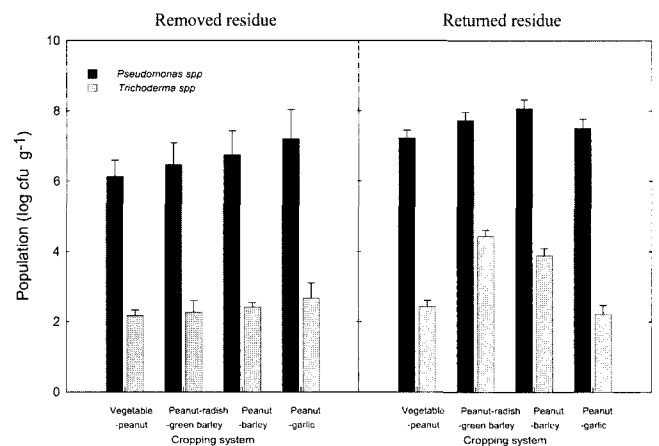


Fig. 2. Population of fluorescent *Pseudomonas* spp. and *Trichoderma* spp. in the soil affected by different cropping system and residue management.

작부체계별 형광성 *Pseudomonas* spp 균의 밀도는 풋땅콩 단작에 비해 후작으로 마늘을 재배할 경우 가장 높았으나 다른 처리에서는 차이가 없었다. Meyer 등(1986)은 *Pseudomonas*속의 세균은 콩과작물의 공생균이 *Rhizobium*속 세균과 같이 토양에 주로 서식하는 세균이지만, 작물과의공생능력이 뛰어나고 콩과 공생균의 일종인 균근(VA-mycorrhiza)과도 공생력이 높다고 하였다. *Trichoderma* spp 균의 밀도는 보리의 유기물을 환원하였을 경우에 높았다. 이는 풋땅콩 단작에 비해 다른 작물과 연속재배 및 수확 후 잔존 유기물을 환원할 때 토양속에 잔류되는 유기물이 많아짐에 따라 이들 유기물에 대한 분해능을 갖는 미생물의 밀도가 높아진 것으로 추측되었다.

잔존 유기물별 질소무기화 정도

수확후 잔존 유기물원별 배양기간에 따른 누적 무기화 질소량을 도시한 것은 그림 3과 같다. 배양후 8주까지는 C/N율이 낮은 땅콩줄기를 투입하였을 때는 무투입 처리에 비해 무기화 질소량에는 큰 차이가 없었던 반면, C/N율이 높은 보릿짚을 사용하였을 때는 무기화 질소량이 월등히 높았다. 이러한 결과는 C/N율이 높은 보릿짚을 투입하였을 경우 미생물의 활동에 의해 보릿짚이 무기화가 이루어진 반면, C/N율이 낮은 땅콩줄기의 경우에는 자발적인 평형에 의한 무기화가 일어난 것에 기인된 것으로 해석된다(McLaren & Cameron, 1996). 그러므로 미생물의 활동에 의해 분해되는 무기화능은 유기물 무시용 토양과 차이가 없는 것으로 추측되었다.

유기물의 무기화 잠재능을 구명하기 위하여 CO₂-C/day를 분석한 결과는 그림 4와 같다. 배양 1일간의 미생물 호흡량을 측정하기 위하여 토양 20 g을 50 ml polyethylene관에 넣고 밀봉하여 35°C에서 1일간 배양한 후 가스 시료를 채취하여 GC로 분석한 CO₂량은 누적적 무기화 질소량과 동일한 경향으로 유기물을 투입하지 않은 토양과 땅콩줄기를 투입한 토양에서의 무기화탄소량(CO₂-C/day)은 비슷하였으나, 보릿짚 시용 토양에서는 월등히 높게 나타났다. 특히, 8주 쯤 누적 질소

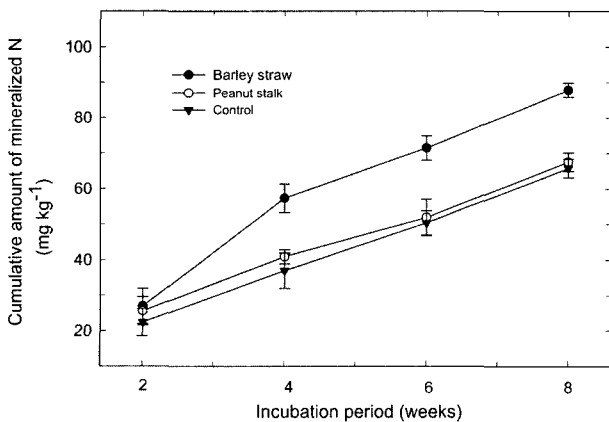


Fig. 3. Amount of nitrogen mineralized during incubation of the residues of peanut and barley.

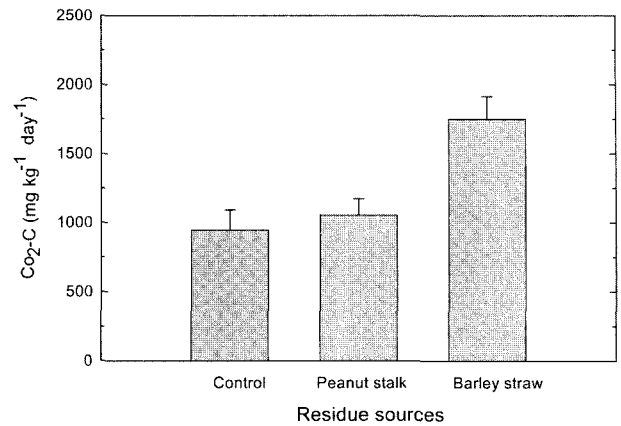


Fig. 4. Respiration rate of soil microbes incubated with peanut stalk and barley straw in 24 hours.

무기화량이 땅콩줄기에 비해 보릿짚이 1.7배 높았으며 배양 1일간의 미생물 호흡량 측정에서도 같은 결과를 얻었다. 작부 체계에 따라 미생물상의 변화가 있었고, 환원되는 유기물의 종류에 따라 질소 무기화량이 차이가 있었다. 풋땅콩-보리와 풋땅콩-마늘의 작부체계에서 *Pseudomonas* spp 균과 *Trichoderma* spp 균의 밀도가 높았을 뿐만 아니라 병 및 도복발생도 감소하여 환경보존형 작부체계양식으로 사료되었다.

적 요

땅콩의 완전종실생산을 위해서는 150~180일의 생육기간이 소요되나 풋땅콩용으로 출하하면 총생육일수를 20~30일 정도 단축할 수 있을 뿐만 아니라 수확후 지상부 잔존유기물도 많이 남게 된다. 땅콩재배기간 단축에 따른 풋땅콩-무, 보리, 마늘과의 relay-cropping system에서 수확후 잔존 유기물의 토양 환원 유무에 따른 각 작물들의 생육과 토양의 이화학성, 미생물상의 변화양상에 관한 기초자료를 얻어 남부지역 풋땅콩 안정생산기술을 확립하고자 수행한 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 작부체계별 시험후 토양경도는 풋땅콩 단작에서 가장 높았고, 토양 공극율은 풋땅콩 단작 대비무, 보리, 마늘과 2모작 작부체계 처리에서 높았으며 수확후 잔존유기물을 환원하였을 때 더욱 높아졌다.
2. 단작의 풋땅콩은 보리, 마늘과 2모작 작부체계상에서 재배된 풋땅콩에 비하여 도복 및 병 발생이 심하였다. 작부체계별 풋땅콩 수량은 단작에 비하여 풋땅콩-보리 및 풋땅콩-마늘 작부체계에서 증수하였으나, 유기물 환원에 따른 수량 차이는 없었다.
3. 풋땅콩 후작의 마늘과 보리의 수량은 유기물 환원에 의하여 증대되었다.
4. C/N율이 높은 보릿짚의 토양 환원에서 질소무기량이 증가하였고, 풋땅콩-보리와 풋땅콩-마늘의 작부체계에서

Pseudomonas spp.군 및 *Trichoderma* spp.군의 밀도가 높아져 풋땅콩의 친환경 작부체계로 추 정되었다.

인 용 문 헌

- Alan, J. F., L. H. Richard, and M. H. Frank. 1995. Soil nitrogen mineralization potential for improved nitrogen fertilizer recommendations and decreased nitrate contamination of groundwater. Texas Water Resources Institute Technical Rep. 171 : 1-25.
- Anderson, J. P., and K. H. Domsch. 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biol. Bio- Chem.* 10 : 215-221.
- Ayers, A. R., H. E. Duncan, K. R. Barker, and M. K. Beute. 1989. Effects of crop rotation and nonfumigant nematicides on peanut and corn yields in fields infested with *Cricone-mella* species. *J. Nematol.* 21 : 268-275.
- Bullock, G. F., I. M. William, and G. I. Johnson. 1993. Crop ecology, production and management, growth analysis of corn growth with or without starter fertilizer. *Crop Sci.* 33 : 112-117.
- Chet, I. 1987. *Trichoderma*-application, mode of action and potential as a biocontrol agent of soil-borne plant pathogenic fungi. *Innovative Approaches to Plant Disease Control.* Wiley, New York. p. 137-160.
- Elkins, D. M. 1979. No-tillage maize production in chemically suppressed grass sod. *Agron. J.* 71 : 101-105.
- Jordan, D. L., J. E. Bailey, J. S. Barnes, C. R. Bogle, S. G. Bullem, A. B. Brown, K. L. Edmisten, E. J. Dunphy, and P. D. Johnson. 2002. Yield and economic return of ten peanut-based cropping systems. *Agron. J.* 94 : 1289-1294.
- Kato, K. and K. Itho. 1983. New selective media for *Pseudomonas* strains producing fluorescent pigment. *Soil sci. Plant Nutri.* 29 : 525-532.
- 김정태, 조은기, 권순중, 서득룡, 서형수. 1992. 벧짚환원이 트랙타 용 맥류 세조파기의 파종상태 및 잡초 발생과 보리 생육에 미치는 영향. *농시논문집(전특작편).* 34 : 23-28.
- 김수경, 손범영, 김대호, 김은석, 강동주. 2000. 보릿짚 사용이 콩의 생육 및 수량에 미치는 영향. *韓作誌.* 45 : 387-391.
- 任正男. 1978. 土壤의 物理性과 有機物. *韓土肥誌.* 11 : 145-160.
- McLaren R. G., and K. C. Cameron. 1996. *Soil science, sustainable production and environmental protection* (2nd ed). Oxford, New York. p. 143-158.
- Meyer, J. R., and R. G. Linderman. 1986. Responses of subterranean clover to dual inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. and a plant growth promoting bacterium, *Pseudomonas putida*. *Soil Biol. and Biochem.* 10 : 277-281.
- 백수봉. 1990. 땅콩 연작지에서 *Fusarium* spp.의 밀도변화와 병원성. *건국대농자원개발논문집.* 15 : 25-30.
- Stanford, G., and S. J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potentials of soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36 :465 -472.
- Vance, E. D., P. C. Brookers, and D. S. Jenkinson. 1987. Microbial bio-mass measurement in forest soils : The use of the chloroform fumiga- tion method in strongly acid soils. *Soil Biol. Biochem.* 19:697-702.