

◀ 주제 7 ▶

녹비작물재배후 토양 플라스틱필름 멀칭에 의한 가을감자의 생산성 향상효과

강봉균 · 송창길
(제주대학교 농과대학)

1. 머리말

제주도는 아열대 권에 위치한 지역환경특성상 무상기간이 270일로 감자의 1년 2기작이 가능하여 겨울, 봄감자뿐만 아니라 가을감자재배에도 최적의 기후조건을 갖추고 있어 1998년에는 7,812ha 재배로 연간 약 1,000억원의 농가 조수입을 올렸다. 하지만 감자 주산지인 남제주군 지역은 겨울감자를 5월경에 수확한 후 8월에 가을감자를 재배함으로써 토양 물리, 화학성이 악화되어 지력저하, 병충해 만연, 수량 및 품질저하의 악순환이 되풀이되고 있다. 더욱이 더덩이병 발병율은 50%를 넘고 있어 감자의 상품율을 크게 떨어뜨리고 있다.

감자 더덩이병균은 放射狀細菌의 일종으로 균의 발육 최적온도는 25~30℃, 최고 온도가 38℃으로 토양중에 널리 퍼져 있고 토양 속 또는 피경에서 월동하여 다음해 1차 전염원이 되며, 발육에 필요한 최저 토양 pH가 5.0, 최적 7.3, 최고 8.5로 이 병균은 알카리성토양에서 잘 번식하는 것으로 알려져 있다(朴 등, 1976). 하지

만 제주에서 분리한 더덩이병균 중에서는 산성토양에서도 생육할 수 있는 것들이 있는 것으로 밝혀졌으며(홍 등, 1996), pH 저하를 위한 공업용 유황가루 살포 등은 토양오염과 산성화만 초래하고 있는(홍, 1998) 등 아직까지 뚜렷한 화학적방제법이 없는 것으로 알려져 있다.

태양열에 의한 토양소독방법은 주로 일본에서 노지보다는 비닐하우스의 연작장애 발생억제를 위해 많은 연구가 이뤄졌고(平野 등, 1996; 驅田 등, 1980), 태양에너지를 이용한 소독은 유기물시용과 토양소독이 동시에 가능하여 미숙유기물, 작물의 잔유물에 의한 생육장애, 병충해방제가 가능하고, 식물에 무해한 內熱性 미생물을 남기게 되고, 2차적으로 殺草효과가 있어 제초노력이 절감되며, 생육이 촉진되는 효과가 있다(宮本, 1995). 文(1998)은 태양열소독효과시험을 제주도 노지포장에서 실시하였는데, 양배추 前作物로 청예수수재배후 경운, 파쇄하고 P·E 멀칭한 처리구에서 양배추시들음병 이병율이 낮아졌다고 보고하였으며, 宋 등(1998)은 녹비작물재배후 토양멀칭에 의한 태양열 소독효과시험에서 가을감자의 생육형질이 향상되고 토양소독효과의 가능성도 있을 것으로 보고하고 있다. 또한 Hooker(1956)는 3년에서 6년간 양파, 콩, 옥수수, 휴경으로 윤작을 하면 감자 연작재배보다 더덩이병이 감소한다고 보고하고 있다.

따라서 본 연구에서는 제주도에서 가을감자 재배시 비닐멀칭에 의한 토양소독효과로 연작에 의해 발생이 심한 더덩이병균을 사멸시키거나 활력을 떨어뜨려 발병을 줄이고, 작부체계상 휴경기에 前作物로 재배한 녹비작물에 의해 유기물투입효과로 수량 및 품질을 향상시킬 수 있는 재배법을 확립하고자 하였다.

2. 시험 수행 방법

본 시험은 1998년 5월부터 동년 12월까지 제주시 아라동에서 이뤄졌으며 시험포장은 아라동으로 암갈색 화산회토였고 3년간 감자를 연작한 토양이었다. 시험내용은 가을감자 파종전에 녹비작물을 재배한 후 생육최성기에 트랙터를 이용, 토양을 갈아 엮은후 비닐로 토양을 피복하여 태양열을 이용하여 토양을 소독처리한 포장에 가을감자를 재배하는 과정으로 이뤄진다.

시험구는 피복, 무피복 비닐멀칭처리를 주구, 녹비작물 종류를 세구로 하여 분할구배치 3반복으로 하였으며, 1구당 면적은 20m²(10 × 2m)로 하였다. 녹비작물은 5월 21일에 두과작물인 콩(백운콩) 10kg/10a, clover(kenland red clover) 1.5kg/10a와 화분과작물인 수수류(pioneer 855F) 4kg/10a, orchardgrass 3kg/10a를 무비상태에서 산파하였으며, 대조구로 나지구를 두어 5수준으로 하였다.

녹비작물 파종 68일후인 7월 29일에 1m²의 면적을 표본예취하여 생초수량을 조사한 후 트랙터 로우터리를 이용, 분쇄·경운하고 계분 1000kg/10a, 부숙축진을 위해 락토(lacto) 3kg/10a를 살포하였다. 피복처리구는 과습상태에서 폴리에틸렌 투명비닐(0.01mm)로 토양을 피복한후 40cm 높이의 비닐터널을 만들어 땅속 5, 10, 20cm 깊이에 지온계를 설치하여 오후 2시경에 조사하였으며, 총 멀칭일수 21일중 쾌청한 날씨였던 13일동안의 지온을 조사하였다. 8월 20일에 비닐을 제거하고 감자전용복비(10-9-12) 150kg/10a를 전 시험구에 살포, 경운후 2~4절한 Dejima 종서를 휴폭 70cm, 주간 25cm로 파종, 일반재배기준에 준하여 관리하였다.

더덩이병 발병율은 감자수확후 30g 이상의 괴경을 대상으로 괴경별 병반면적율을 조사하였으며, 이를 이용하여 발병도를 산출하였다. 산출공식은 발병도(%) = $[(0n) + (1n) + (2n) + (3n) + (4n) / \text{조사총괴경수} \times 4] \times 100$; n: 발생괴경수, 0: 괴경에 더덩이병반 없음, 1: 병반면적율 0.1~5%, 2: 병반면적율 5.1~10%, 3: 병반

면적을 10.1~20%, 4 : 병반면적을 20.1%이상으로 하였다.

가을감자의 초장, 엽록소함량치는 파종 70일후, 지상부 및 수량관련형질은 수확 후 조사하였으며, 엽록소함량치는 chlorophyll-meter(Minolta, 일본, SPAD-502)로 측정하였다.

토양시료는 녹비작물파종전, 비닐피복제거후, 감자수확후 등 3회에 걸쳐 채취하여 토양 수소이온농도는 pH meter(Orion 520A, USA)로, 전질소함량은 窒素自動分析裝置(Buchi 339, Germany)로, 유기물은 Walkley-Black법, K는 原子吸光放出機(Inductively-coupled-plasma Atomic Emmission Spectrometer(model JY 138-Ultrace, Jobin-yvon사, France)를 이용하여 측정하였다. 감자 지상부 및 피경중의 T-N, K, Ca, P 성분의 분석은 토양에서와 같은 방법으로 정량하였다.

3. 결과 및 고찰

1) 녹비작물재배후 비닐피복에 의한 지온상승

제주지방에서 작부체계상 휴경기에 가을감자의 前作物로 두과작물인 콩, red clover와 화분과작물인 수수류(pioneer 855F), orchardgrass를 파종하여 68일후 청예수량을 조사한 결과 pioneer 855F(64.3MT/ha)가 가장 많았으며, 다음으로 콩(25.0MT/ha), red clover(14.8MT/ha), orchardgrass(14.2MT/ha) 순이었다.

생육조사후 트랙터 로우터리를 이용하여 분쇄·경운후 P·E 투명비닐로 터널피복처리하여 지온을 조사한 결과는 <표 1>에서 보는 바와 같다. 총 멀칭일수 21일중 쾌청한 날씨가 13일이었으며, 총 조사기간동안의 지상부(1.5m 높이) 평균온도는 29.2℃였다. 반면 쾌청한 날씨 13일동안의 땅속 5cm 깊이에서 P·E 필름 멀칭+

터널처리시 평균지온이 54.1℃, 최고지온은 60℃까지 상승하였고, 10cm에서는 평균지온이 45.5℃, 최고지온은 53.8℃, 20cm에서는 각각 44.7℃, 53.1℃ 까지 상승하여 무멀칭구보다 약 15℃ 높은 결과를 보였다. 본 시험에서 비닐멀칭+터널처리시 토양 5cm 깊이에서 평균지온이 54.1℃까지 상승하여 토양소독에 상당한 효과가 있는 것으로 보인다.

Table 1. Soil temperature according to the soil treatment of green manual crops and P·E film mulching and tunnel

Depth of soil (cm)	P·E film mulching and tunnel		Non-mulching	
	Aver. of temp.(℃)	Max. of temp.(℃)	Aver. of temp.(℃)	Max. of temp.(℃)
5	54.1	60.0	38.9	40.2
10	45.5	53.8	31.5	34.5
20	44.7	53.1	28.9	32.2

Duration of survey : from July 30 1998 to Aug. 20 1998.

Time of survey : 14 : 00, every.

Aver. of temp. at aboveground(1.5m) : 29.2℃.

비닐멀칭한 토양의 지온상승효과는 토양, 기후조건에 따라 다르나 대체로 토양깊이 5cm에서 최고온도가 50℃까지 올라가는 것으로 조사되고 있다(임 등, 1982; Katan, 1976). 宮本 등(1995)은 식물에 기생하는 병원균이나 토양에 서식하는 해충은 물론 많은 미생물 중에서도 내열성이 비교적 낮은 것은 휴한기에 40~45℃에서 일정기간(14~20일) 태양열을 이용한 토양소독으로 사멸하는 것이 많다고 하였다.

2) 더듬이병 억제 효과

수확후 괴경중의 더듬이병 병반면적율과 발병괴경수로 산출한 더듬이병 발병도(%)는 <표 2>에서 보는바와 같이 P·E 필름멀칭구(1.97)가 무멀칭구(2.41)에 비해

낮은 것으로 조사되었으며, 녹비작물종류별로는 콩(1.74), red clover(1.76), pioneer 855F(2.18)가 발병도가 낮았으며 裸地區(3.48)가 가장 높은 것으로 나타나 녹비작물 前處理가 더덩이병발병을 억제하는데도 작용하는 것으로 나타났으나 P·E 필름 멀칭과 녹비작물재배의 상호작용효과는 인정되지 않았다.

감자 더덩이병균의 생육최고온도가 38℃인데 땅속 5cm 깊이에서 P·E 필름 멀칭 + 터널처리구의 평균지온이 54.1℃, 10cm에서 45.5℃, 20cm에서 44.7℃까지 상승하여 더덩이병균의 활력저하로 인해 발병율을 낮추는데 기여하한 것으로 판단된다.

Table 2. Rate of infected area per potato tuber of common scab by green manual crops and soil solarization in fall potato cropping

Green manual crops	% of infected area per tuber of common scab		
	M	N	Aver.
Fallow	2.96	4.01	3.48
Orchardgrass	2.16	3.69	2.92
Pioneer 855F	1.59	2.78	2.18
Red clover	1.52	1.99	1.75
Soybean	1.62	1.86	1.74
Aver.	1.97	2.86	
LSD _{0.05} (1)			0.74
LSD _{0.05} (2)			0.92
LSD _{0.05} (3)			ns
LSD _{0.05} (4)			ns

LSD_{0.05} (1) : between mulching treatment means,

LSD_{0.05} (2) : between green manual crops means,

LSD_{0.05} (3) : between green manual crops means for the same mulching treatment,

LSD_{0.05} (4) : between mulching treatment means for the same or different green manual crops

*M : P·E film mulching, N : Non-mulching.

駒田 등(1980)은 여름철 노지 토양소독을 하기 위해 유기물과 석회질소를 사용하여 충분히 관수를 한 후에 멀칭하는 방법을 실시하였는데, 양배추 근부병의 경우 이병주율이 13~45%로 낮아져 방지효과가 확인되었다고 보고하였으며, 文(1998)은 양배추 前作物로 청예수수재배후 P·E 필름멀칭구가 토양소독효과로 양배추 시들음병 이병율이 8.7%로 대조구의 41.2%에 비해 낮은 것으로 보고하고 있어 비닐멀칭에 의한 노지 토양소독 효과를 인정하고 있다.

또한 본 시험에서 두과 녹비작물재배에 의해 감자 더덩이병의 발병이 감소되는 효과가 인정되었는데 Rich(1993)의 콩과 알파파로 윤작을 하면 심하게 발생하는 더덩이병이 감소한다는 보고, 渡辺(1988)의 콩을 녹비로 사용할 때 더덩이병의 발병을 억제하지만 보리를 녹비로 사용할때는 발병이 증가한다는 보고 및 홍(1998)의 가을감자 前作物로 보리, 콩, 옥수수 등을 파종하여 청예로 이용후 감자재배 결과 더덩이병의 발생을 억제하는 효과가 있었다는 보고 등이 이 결과를 뒷받침하고 있다.

3) 가을감자 생육형질 변화

녹비작물재배후 비닐피복에 의한 가을감자의 초장, 엽록소함량치, 경중은 표 3에 서와 같이 초장은 멀칭처리구가 무멀칭구에 비해 커지는 것으로 나타났으며, 녹비작물종류간에는 녹비작물재배구가 裸地區에 비해 커지는 경향을 보였으나 통계적 유의성은 없었다. 엽록소함량치는 녹비작물종류별로 차이가 인정되어 red clover, 콩 재배구가 높았으며 裸地區가 가장 낮게 나타났다.

Table 3. Plant height, SPAD reading and number of stems by green manual crops and soil solarization in fall potato cropping

Green manual crops	Plant height(cm)			SPAD reading			No. of stems/plant		
	M*	N*	Aver.	M	N	Aver.	M	N	Aver.
Fallow	55.55	53.70	54.62	38.92	38.87	38.92	1.94	1.97	1.95
Orchardgrass	63.85	54.85	59.35	39.62	38.91	39.62	2.30	1.97	2.13
Pioneer 855F	63.30	59.15	61.22	39.98	39.21	39.98	2.46	2.10	2.28
Red clover	66.44	59.75	63.09	40.73	39.40	40.73	2.73	2.60	2.66
Soybean	65.06	60.45	62.75	40.53	39.66	40.53	2.90	2.47	2.68
Aver.	62.84	57.58		39.95	39.21		2.46	2.22	
LSD _{0.05} (1)			3.19			ns			ns
LSD _{0.05} (2)			ns			0.69			ns
LSD _{0.05} (3)			ns			ns			ns
LSD _{0.05} (4)			ns			ns			ns

LSD_{0.05} (1) : between mulching treatment means,

LSD_{0.05} (2) : between green manual crops means,

LSD_{0.05} (3) : between green manual crops means for the same mulching treatment,

LSD_{0.05} (4) : between mulching treatment means for the same or different green manual crops

*M : P · E film mulching, N : Non- mulching.

4) 가을감자 괴경수량변화

괴경수량(표 4)은 멀칭처리구가 19.57MT/ha로 무멀칭구 17.77MT/ha 보다 많은 것으로 나타났으며, 녹비작물 종류별로는 콩, red clover, pioneer 855F 처리구가 orchardgrass 처리구 및 裸地區보다 많은 것으로 조사되었다. 지상부생체중도 괴경수량에서와 유사한 경향치를 보였다.

조사된 감자의 모든 생육형질에 있어서 P · E 필름멀칭과 녹비작물재배의 상호작용효과는 통계적으로 유의성을 보이지 않았다. 하지만 전반적인 생육 및 수량관련 형질이 양호해지는 것으로 나타났다.

비닐피복에 의한 태양열 토양소독방법은 수량증진뿐만 아니라 잡초경감효과도 높

고(Elad et al., 1980 ; Katan, 1980 ; 임 등, 1982), 유기물 사용과 토양 소독이 동시에 가능하여 미숙 유기물, 작물체 잔재물에 의한 생육장해, 병해충 방제도 가능해져(宮本 등, 1995) 작물의 생육이 양호해지고 결과적으로 수량이 증대된다(Katan, 1981 ; 清水 등 ; 1987). 또한 文(1998)은 제주지방에서 청예수수재배후 비닐멀칭 토양소독효과에 의해 양배추수량이 증가되었다고 보고하고 있다.

이상과 같은 결과를 종합해볼 때 녹비작물에서 유래된 유기물 등이 비닐피복에 의해 부숙이 촉진되어 결과적으로 지력이 향상된 결과 가을감자의 수량이 증가한 것으로 보인다.

Table 4. Tuber yield, Fresh weight of stem and % of infected area per by green manual crops and soil solarization in fall potato cropping

Green manual crops	Tuber yield(MT/ha)			Fresh weight of stems(g/plant)		
	M*	N*	Aver.	M	N	Aver.
Fallow	15.46	13.93	14.69	323.33	297.33	310.33
Orchardgrass	18.89	14.50	16.69	383.50	329.50	356.50
Pioneer 855F	19.91	19.31	19.61	467.33	440.33	453.83
Red clover	21.81	20.27	21.04	492.33	454.00	473.16
Soybean	21.78	20.87	21.32	464.00	448.33	456.16
Aver.	19.57	17.77		426.09	393.89	
LSD _{0.05} (1)			0.54			ns
LSD _{0.05} (2)			2.86			86.01
LSD _{0.05} (3)			ns			ns
LSD _{0.05} (4)			ns			ns

LSD_{0.05} (1) : between mulching treatment means,

LSD_{0.05} (2) : between green manual crops means,

LSD_{0.05} (3) : between green manual crops means for the same mulching treatment,

LSD_{0.05} (4) : between mulching treatment means for the same or different green manual crops

*M : P · E film mulching, N : Non-mulching.

5) 식물체의 무기성분 변화

가을감자 수확후 지상부 줄기중의 T-N, K, Ca 및 P의 함량을 조사한 결과는 <표 5>와 같다. T-N는 P·E 필름멀칭구가 4.06%, 무멀칭구가 3.84%로 나타났으며, 녹비작물+감자재배구의 평균치가 3.83~4.15%, 나지+감자재배구는 3.68%로 나타났으나 통계적 유의성은 보이지 않았다. K함량치는 2.58~3.02%로 T-N 함량과 유사한 경향을 보였으며, Ca은 P·E 필름멀칭구가 무멀칭구에 비해 함량이 높은 것으로 조사된 반면 P의 함량치는 일정한 경향을 보이지 않았다.

괴경중의 T-N, K, Ca 및 P의 함량은 <표 6>에서 보는 바와 같이 줄기중의 함량변화와 비슷한 경향을 나타냈으며, T-N는 P·E 필름멀칭구가 무멀칭구에 비해 함량이 높은 것으로 나타났다.

Table 5. Content of T-N, K, Ca and P of potato stems by green manual crops and soil solarization in fall potato cropping

Green manual crops	T-N(%)			K(%)			Ca(%)			P(%)		
	M*	N*	Aver.	M	N	Aver.	M	N	Aver.	M	N	Aver.
Fallow	3.76	3.60	3.68	2.71	2.58	2.64	0.85	0.47	0.66	0.23	0.20	0.21
Orchardgrass	3.92	3.74	3.83	2.77	2.76	2.76	0.76	0.45	0.60	0.22	0.22	0.22
Pioneer 855F	4.12	3.87	3.99	2.88	2.68	2.78	0.87	0.46	0.66	0.21	0.23	0.22
Red clover	4.19	3.94	4.06	2.73	2.98	2.85	0.69	0.87	0.78	0.22	0.21	0.21
Soybean	4.27	4.04	4.15	3.02	2.72	2.87	0.84	0.75	0.79	0.25	0.20	0.22
Aver.	4.05	3.83		2.82	2.74		0.80	0.60		0.22	0.21	
LSD _{0.05} (1)			ns			ns			0.18			ns
LSD _{0.05} (2)			ns			ns			ns			ns
LSD _{0.05} (3)			ns			ns			ns			ns
LSD _{0.05} (4)			ns			ns			ns			ns

LSD_{0.05} (1) : between mulching treatment means,

LSD_{0.05} (2) : between green manual crops means,

LSD_{0.05} (3) : between green manual crops means for the same mulching treatment,

LSD_{0.05} (4) : between mulching treatment means for the same or different green manual crops

*M : P·E film mulching, N : Non-mulching.

Table 6. Content of T-N, K, Ca and P of tubers by green manual crops and soil solarization in fall potato cropping

Green manual crops	T-N(%)			K(%)			Ca(%)			P(%)		
	M*	N*	Aver.	M	N	Aver.	M	N	Aver.	M	N	Aver.
Fallow	1.32	1.34	1.33	2.25	2.39	2.32	0.45	0.31	0.38	0.18	0.20	0.19
Orchardgrass	1.39	1.30	1.34	2.44	2.47	2.45	0.75	0.20	0.47	0.21	0.18	0.19
Pioneer 855F	1.38	1.31	1.34	2.55	2.44	2.49	0.46	0.70	0.58	0.21	0.19	0.20
Red clover	1.44	1.34	1.39	2.87	2.32	2.59	0.38	0.43	0.40	0.17	0.31	0.24
Soybean	1.47	1.41	1.44	2.75	2.76	2.75	0.49	0.52	0.50	0.24	0.21	0.22
Aver.	1.40	1.34		2.57	2.47		0.50	0.43		0.20	0.21	
LSD _{0.05} (1)			0.05			ns			ns			ns
LSD _{0.05} (2)			ns			ns			ns			ns
LSD _{0.05} (3)			ns			ns			ns			ns
LSD _{0.05} (4)			ns			ns			ns			ns

LSD_{0.05} (1) : between mulching treatment means,

LSD_{0.05} (2) : between green manual crops means,

LSD_{0.05} (3) : between green manual crops means for the same mulching treatment,

LSD_{0.05} (4) : between mulching treatment means for the same or different green manual crops

*M : P · E film mulching, N : Non-mulching.

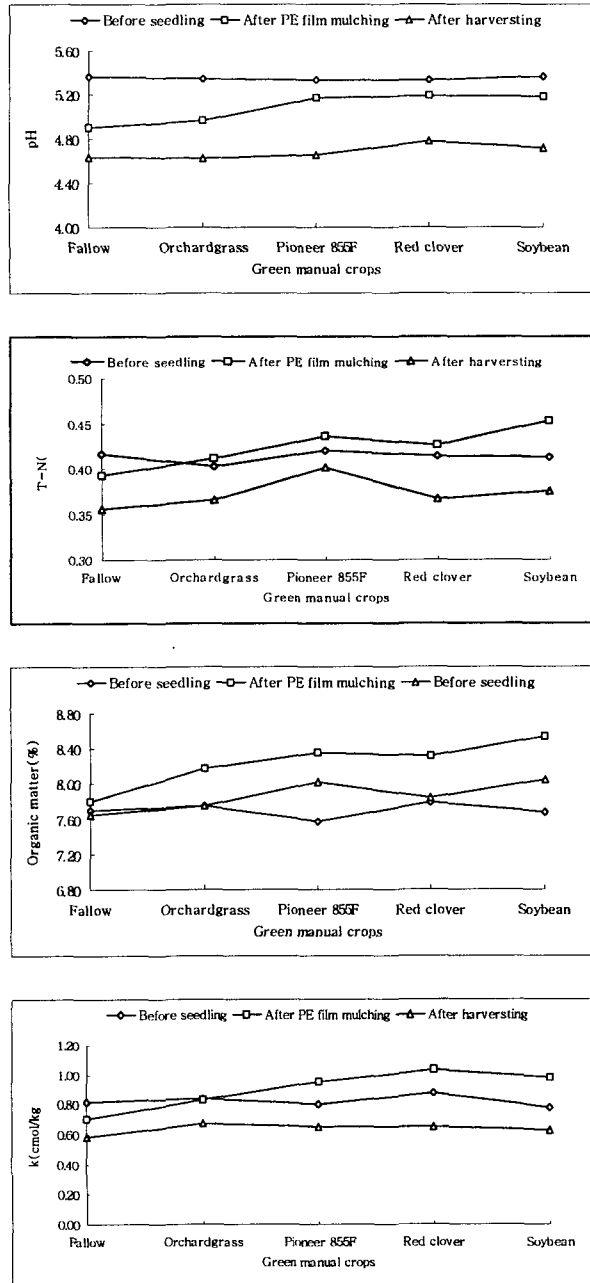


Fig. 1. Changes on pH, T-N, organic matter and K contents of soils by green manual crops and soil solarization in fall potato cropping

6) 토양중의 무기성분 변화

녹비작물 파종전, P·E 필름멀칭후와 가을감자 수확후 토양중의 pH, 유기물, K의 함량치를 측정된 결과는 그림 1에서 보는 바와 같다.

pH는 파종전보다 P·E필름 멀칭후, 감자수확후 낮아지는 추세를 보였으며, 前作物별로는 pioneer 855F, clover, 콩+감자재배구가 나지+감자재배구보다 높아지는 경향을 보였다. 토양중 T-N함량치는 녹비작물 파쇄·경운, P·E 필름멀칭후 높아졌다가 감자 수확후 다시 낮아지는 형태를 보였다.

또한 유기물함량도 T-N함량의 변화와 유사한 형태를 보였으며, 청예수량이 많았던 pioneer와 콩재배구에서 유기물함량이 높게 나타나는 추세를 보였다. 청예수량이 pioneer 보다 40%정도에 불과한 콩, clover+가을감자재배구의 피경수량 및 토양중의 유기물, 무기성분함량이 pioneer+가을감자재배구와 비슷하게 나타난 것으로 볼 때 토양의 물리화학적성질을 개선시켜 지력을 향상시키는 데는 화분과보다 두과작물이 더 유리하다는 결과를 보여주고 있다.

이상과 같은 결과를 종합해볼 때 제주지역에 있어 전년도에 파종한 겨울감자 수확직후인 5월하순에 콩 등의 두과 녹비작물을 재배한 후 7월 하순에 트랙터 로우터리를 이용하여 파쇄·경운하고 20~30일간 P·E 비닐멀칭+터널처리하여 지온을 50℃이상까지 상승시켜 토양소독후 가을감자를 재배할 경우 더덩이병 등 토양병원균의 사멸 및 활력 저하의 효과뿐만 아니라 유기물투입효과로 인해 생육이 양호해지고 피경수량이 증가해지는 것으로 조사되어 이러한 작부체계를 이용한 가을감자 재배시 지력향상 및 유기농법 실천이 가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Elad, Y., J. Katan, and I. Chet. 1980. Physical, biological, and chemical control intergrated for soilborne diseases in potatoes. *Phytopathology* 70(5) : 418~422.
2. 홍순영. 1998. 감자 더덩이병을 일으키는 *Streptomyces* spp.의 동정 및 방제. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
3. 홍순영 · 임성언 · 강상훈 · 정순경. 1996. 제주지역에서 발생하는 감자 더덩이병의 특징. *한국식물병리학회지*. 12(4) : 488.
4. Hooker, W. J. 1956. Survival of *Streptomyces scabies* in peat soil planted with various crops. *Phytopathology*. 46 : 677~681.
5. 임상철 · 박한영. 1982. 토양소독 방법에 관한 연구. 원예시험장보고. pp.443~455.
6. 平野哲司, 中込暉雄, 瀧本雅章, 大澤梅雄, 金原義浩. 1996. 太陽熱消毒による濕地性カラ-疫病の防除. *愛知農總試研報* 28 : 241~246.
7. Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control : status and prospects. *Plant disease*. 64 : 405~454.
8. , J. 1981. Solar heating of soil for control of soil borne pests. *Ann. Rev. Phytopath.* 19 : 211~236.
9. , J., A. Greenberger, H. Alon, and A. Grinstein. 1976. Solar heating by polyethylene mulching for the control of diseases caused by soil-borne pathogens. *Phytopath.* 66 : 683~688.
10. 駒田旦, 加藤喜重郎, 吉野正義, 戸崎正弘, 米山伸吾, 木曾幹夫, 後藤昭. 1980. 太陽熱 利用等による土壤病害蟲 防除 對策, 特に關東東山東海地域連絡試驗を中

- 心として. 太陽熱利用による土壤消毒に 關する實證的研究. pp.135~146.
11. 文英仁. 1998. 太陽熱 土壤消毒에 의한 양배추 安全栽培技術開發. 제주대학교 대학원 석사학위논문.
 12. Rich A. E. 1993. Potato disease. APSS. pp.14~18.
 13. 宮本重信, 小玉孝司. 1995. 太陽熱お利用した 土壤消毒の開發 普及. 農業技術. 50(3) : 8~11.
 14. 朴鍾聲 외. 1976. 植物病理學. 향문사. p.253.
 15. 송창길 · 박양문 · 강봉균. 1998. 가을감자 生産性向上을 위한 綠肥作物栽培와 太陽熱 土壤消毒의 效果. 한국유기농업학회지. 7(1) : 79~90.
 16. 清水寛二. 1987. 太陽熱消毒と藥劑施用および マルチ繼續栽培の組み合わせによ る 露地野菜の土壤病害 防除. 今月の農業. pp.38~44.
 17. 渡辺文吉郎. 1988. 土壤病害-發生, 生態と防除. 全國農村教育協會. pp.171~180.