

## 사과 무비료, 무퇴비 재배를 위한 효과적인 초생재배 연구

전춘섭\* / 한마음영농조합

오혜림\*\* · 박언정\*\* / 장성군농업기술센터

### 연구 필요성

우리나라 친환경 인증 농가 수는 매년 증가하고 있으며 환경보전과 안전한 농산물에 대한 소비자의 관심 증대, 친환경 농업을 정책적으로 적극 추진하는 등 친환경농업은 이제 굳이 강조하지 않아도 우리 농업의 미래가 되었다. 특히 유기농업은 소비자의 건강을 증진하고 국내 농산물 경쟁력 제고로 수입을 억제하여 생산자의 소득을 보장하며 생물 다양성, 생물순환, 토양생물 활동 촉진으로 자연 생태계를 보전하는 일석삼조의 효과가 있는 미래 지향적인 농업이다.

초생재배 작물은 토양의 단립화, 보비력의 증가, 미생물상의 증가 등으로 토양의 물리성, 화학성, 생물성을 개선하는 효과가 있다. 유기재배 사과를 생산하기 위해 관행적 방법으로 미생물을 이용하여 작물 생육을 도모하고 있으나 사용이 번거롭고 비용이 많이 소요되는 문제점이 대두된다. 본 연구에서는 작물의 생육과 토양의 상태를 모두 고려하고자 우리 지역에서 재배되고 있는 ‘후지’ 사과의 무비료, 무퇴비 재배를 위한 효과적인 초생재배 방법을 연구하였다. 또한 토양변화, 과실에 미치는 영향 등을 조사하여, 유기재배 사과의 우수성을 확보하고자 한다.

---

\* **전춘섭**: 전남 장성에 있는 친환경농업법인 ‘한마음공동체’에서 유기농사를 짓고 있다. 농약과 퇴비를 쓰지 않는 사과유기재배를 하며, 효과적인 초생 재배 방법을 연구하고 있다.

## 초생재배 효과 검증

### 1. 연구 장소

본 연구의 주 실험장소는 전남 장성군 남면 평산리 140-12번지에 위치한 사과원으로 비료와 퇴비를 전혀 사용하지 않고 자연 그대로 유지하며 지속가능한 농업을 실현하는 과수원이다.

또한 주 실험장소에서 생산된 과실의 품질 및 저장성을 비교 실험하고자 일반(관행)재배 농가 사과원을 선정하였다. 실험 참여 농가 현황은 <표 1>과 같다.

<표 1> 실험 참여 농가 현황

과종(품종)	구분	수령(년생)	농가명	주소
사과 (후지)	유기재배	4	전춘섭	장성군 남면 평산리
	일반재배	4	이계준	장성군 남면 분향리

### 2. 연구 방법

본 연구를 위해 2012년 3월 30일 유기재배 사과원에 초생재배 작물인 헤어리베치, 레드클로버, 호밀을 파종하였다. 추파 파종량의 30%를 증량하여 녹비종자를 산파하고 로터리 작업을 하여 종자를 복토한 후, 파종 후 60~90일경 각각의 녹비작물을 예취하였다. 초생재배 작물 예취 전인 2012년 5월 30일과 6월 30일경 초생재배 작물의 종류별 녹비 생체중, 녹비 피복률, 잡초 발생률, 용적밀도, 녹비 초장을 조사하였으며 토층별로 20cm, 40cm에서 각각 토양을 분석했다.

토양분석은 pH와 EC를 1:5(v/v) 희석법을 사용하여 pH/EC meter(915PDC, Istek)로 측정하였다. 토양내 무기이온 함량은  $H_2SO_4-HClO_4$  분배법에 의해 시료 0.5g을 분해용 삼각플라스크에 정량하여  $H_2SO_4$  1ml와 50%  $HClO_4$  용액 10ml를 가하여 분해한 뒤 현탁액은 여과지(Whatman, No. 6)로 거른 후 유도결합 플라즈마 분광계(ICP spectrometer; Atomscan 25; Thermo Jarrel Ash)를 이용하여 K, Ca, Mg 등의 무기이온 함량을 분석하였다. 그리고 초생재배 작물 종류별 사과의 당도를 조사하였다.

### 3. 연구 결과

#### 가. 초생재배 생육 및 잡초 방제 효과

초생재배 효과 검증을 위해 유기 재배 과수원에 파종한 녹비작물을 예취하기 전인 2012년 5월 30일과 6월 30일 2차례 초생재배 작물별 녹비 생체중, 녹비 피복률, 잡초 발생률, 용적 밀도, 녹비 초장 등을 조사했다. <표 2>에서 보는 바와 같이 5월 30일 조사시 녹비 생체중은 호밀 > 헤어리베치 > 레드클로버 순이었으며 녹비 피복률은 호밀 > 헤어리베치 > 레드클로버, 잡초 발생률은 레드클로버 > 헤어리베치 > 호밀, 용적 밀도는 레드클로버 > 호밀 > 헤어리베치, 초장은 호밀 > 헤어리베치 > 레드클로버 순이었다. 6월 30일 조사시는 녹비 생체중은 헤어리베치 > 호밀 > 레드클로버 순이었으며 녹비 피복률은 호밀 > 헤어리베치 > 레드클로버, 잡초 발생률은 레드클로버 > 헤어리베치 > 호밀, 초장은 호밀 > 헤어리베치 > 레드클로버 순으로 나타났다. 종합적으로 녹비 생체중은 헤어리베치가 가장 많았고 녹비 피복률은 호밀이 가장 높았다. 잡초 발생률은 레드클로버가 가장 높았다. 본 연구를 통해 살펴본 작물의 종류별 생육과 잡초발생 측면을 고려한다면 헤어리베치와 호밀이 초생재배에서 효과적이라 판단했다.

<표 2> 유기재배 사과원 녹비 초종별 생육 및 잡초발생량 조사

작물명	녹비생체중 (kg/10a)		녹비피복률 (%)		잡초발생률 (%)		용적밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	녹비 초장 (cm/녹비)
	5월 30일	6월 30일	5월 30일	6월 30일	5월 30일	6월 30일	5월 30일	5월 30일
헤어리베치	1,755	6,429	96.2	90.5	6.7	8.3	1.19	39.8
호밀	4,036	4,242	97.5	98.5	3.5	1.4	1.25	45.9
레드클로버	785	4,153	68.3	69.3	20.0	31.7	1.33	12.4

\* 조사일 : 5월 30일, 6월 30일

#### 나. 초생재배가 미치는 토양 효과 검증

초생재배가 토양에 어떤 유효한 영향을 미치는지 확인하고자 초생재배 작물별, 토층 깊이별 토양내 무기성분 변화를 알아보는 토양분석을 실시했다. 그 결과 <표 3>에서 보는 바와 같이 산도와 유기물은 녹비작물 3종류 모두 비슷한 경향이었고, 유효인산, 칼륨은 헤어리베치 > 레드클로버 > 호밀, 칼슘은 호밀 > 헤어리베치 > 레드클로버, 마그네슘은 호

밀 > 레드클로버 > 헤어리베치 순이었다. 전기 전도도는 녹비작물에 따른 차이를 보이지 않았다. 토층의 깊이별로 무기성분 변화를 비교해 보면 토층이 깊을수록 산도, 유기물, 유효인산, 칼륨은 줄어들었고 칼슘, 마그네슘은 증가하는 경향이었으며 전기 전도도 또한 증가하였다.

〈표 3〉 초생재배 작물별, 토층 깊이별 토양분석 결과

작물명	토층 깊이	산도 (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmolH/kg)			전기전도도 (dS/m)
					칼륨	칼슘	마그네슘	
적정범위		6.0~6.5	25~35	450~550	0.7~0.8	5~6	1.5~2.0	2.0 이하
헤어리베치	20	6.88	32	470	0.70	8.37	2.03	0.120
	40	6.73	30	445	0.54	8.75	2.34	0.154
레드클로버	20	6.78	33	459	0.63	8.03	1.94	0.120
	40	6.73	27	404	0.48	8.11	2.26	0.155
호밀	20	6.74	31	460	0.60	8.58	2.09	0.125
	40	6.74	29	454	0.47	8.96	2.41	0.151

## 다. 초생재배가 상품에 미치는 효과 검증

본 연구에서는 초생재배를 통해 생산한 유기재배 사과와 일반(관행)재배 사과의 상품성을 비교 조사하여 초생재배를 통한 유기 사과재배의 우수성을 확보하고자 했다. 사과 품질과 저장성에 대한 조사는 상온 25℃에서 저장 당일과 30일, 60일, 90일 등 총 4차례에 실시하였다. 품질 요소는 당도, 경도, 비중, 총산, 색도, 감모율 등을 조사하였고 성분 요소로 수분, 회분, 조단백, 무기질 조사, 기호성을 조사하는 한편, 기능성 요소로 총페놀성 화합물, 항산화 활성 등을 조사하였다.

### (1) 당도

초생재배 작물이 과일의 당도에 미치는 영향을 조사했다. 〈표 4〉에서 보는 바와 같이 당도는 9~10브릭스로 초생재배 작물에 따른 차이가 거의 나타나지 않았으며, 일반재배 후지의 경우 14~15브릭스를 나타냈다.

〈표 4〉 초생재배 작물 종류별 당도조사 결과

구 분	초생재배 작물			일반재배(후지)
	헤어리베치	레드클로버	호밀	
당도(Brix)	9~10	9~10	9~10	14~15

### (2) 무게 손실률

유기재배 사과와 일반재배 사과의 저장기간에 따른 무게 손실률을 비교하였다. 30일, 60일, 90일로 1개월 단위로 무게 손실률을 조사한 결과, 〈표 5〉에서 보는 바와 같이 90일 무게 손실비율은 일반재배 21.24%, 유기재배 16.15%로 유기재배 사과가 일반재배 사과보다 5~6% 적게 감소하는 것으로 조사되었다. 따라서 장기 저장시 유기재배가 일반재배보다 무게손실이 적어 저장성이 높은 품종 재배에 초생재배가 효과적일 것으로 예상되었다.

〈표 5〉 유기재배 사과와 일반재배 사과의 저장기간별 무게손실비율 비교

품종	구분	저장기간별 무게 손실률(%)			
		저장 당일	30일	60일	90일
사과 (후지)	유기재배	0	7.30	9.74	16.15
	일반재배(후지)	0	1.12	4.67	21.24

### (3) 저장기간별 물리적 특성

유기재배 사과와 일반재배 사과의 저장기간별 물리적 특성을 당도, 과실의 pH, 총산, 경도, 무게 등으로 조사했다. 〈표 6〉에서 보는 바와 같이 재배방식에 상관없이 저장기간이 길어질수록 당도는 약간 증가했고 pH, 총산, 무게는 감소했다. 유기재배 사과가 일반재배 사과보다 무게, 당도, pH가 낮으나 총산, 경도는 높았으며, 90일 동안 경도 변화없이 저장성이 좋았다.

〈표 6〉 유기재배 사과와 일반재배 사과의 저장기간별 물리적 특성 비교

구분	저장기간 (일)	당도 (Brix)	pH	총산 (%)	경도 (g/cm <sup>2</sup> )	무게	
						(g/개)	%
유기재배 사과 (후지)	저장 당일	11.17	4.01	0.56	2759.7	293.8	100
	30	11.23	4.28	0.39	2983.9	272.3	92.70
	60	11.56	3.62	0.38	2899.8	265.2	90.26
	90	12.77	3.06	0.36	2701.3	246.4	83.85
일반재배 사과 (후지)	저장 당일	14.16	4.14	0.42	2606.0	358.1	100
	30	14.67	3.90	0.48	2617.7	380.8	98.88
	60	15.93	3.78	0.43	2839.9	367.1	95.33
	90	16.20	3.66	0.35	2905.4	303.3	78.76

#### (4) 유기질 및 무기질 성분

유기재배 사과와 일반재배 사과의 유기질 성분과 무기질 성분을 분석, 비교하였다. 조사 결과는 〈표 7〉에서 보는 바와 같다. 유기질 성분인 수분율은 유기재배 사과 88.412%, 일반재배 사과 85.055%로 유기재배 사과가 2% 높았다. 무기질 성분인 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 붕소, 망간, 철은 유기재배 사과와 일반재배 사과의 분석 결과가 비슷하거나 일반재배가 다소 높게 나타났다. 그러나 무기질 성분인 구리와 아연은 유기재배 사과가 일반재배 사과보다 높게 나타났으며 특히 면역체계와 관련된 아연은 유기재배 사과가 일반재배 사과보다 4.5배 많았다.

〈표 7〉 유기재배 사과와 일반재배 사과의 유기질 및 무기질 성분 비교

구분	조사항목	유기재배 사과	일반재배 사과
유기질 성분	수분율(%)	88.412	85.055
	회분율(%)	0.251	0.248
	조단백(%)	0.143	0.160
무기질 성분	K <sub>2</sub> O(%)	0.070	0.110
	CaO(%)	0.010	0.010
	MgO(%)	0.010	0.010
	Na <sub>2</sub> O(%)	0.020	0.020
	B(ppm)	0.047	0.107
	Mn(ppm)	-	0.147
	Cu(ppm)	0.220	0.173
	Fe(ppm)	0.023	0.043
	Zn(ppm)	0.157	0.035

### (5) 기호성 및 효능

유기재배 사과와 일반재배 사과의 기호성과 효능을 조사한 결과는 <표 8>에서 보는 바와 같다. 유기재배 사과는 일반재배 사과보다 총 페놀, 플라보노이드, 항산화효과가 높았고, 일반재배 사과는 저장기간이 길어질수록 이들의 분석수치가 비슷하거나 감소하는 반면 유기재배 사과는 분석수치가 오히려 증가했다. 특히, 유기재배 사과의 총 페놀과 플라보노이드 함량은 330mg/100g, 276mg/100g로 일반재배 사과보다 각각 23%와 6% 높았고 60일 저장된 시료에서는 총 페놀과 플라보노이드 함량이 크게 증가하였다.

발암물질 유발요소인 아질산염을 소거하는 효과는 저장기간이 길어질수록 유기재배 사과가 다소 높았으며 일반재배 사과는 감소했다. 유기재배 사과는 저장 당일 19%로 일반재배 사과와 유사하였으나 저장 60일에서는 22%로 증가하였다.

항산화효과는 유기재배 사과와 일반재배 사과 모두 저장기간이 길어질수록 다소 증가하는 경향을 보였다. 그 증가율은 수확당시 유기재배 사과 43%, 일반재배 사과 34%로 유기재배 사과가 9% 높았고 60일 저장시에는 유기재배 사과 53%, 일반재배 사과 36%로 유기재배 사과가 17% 높게 분석되었다.

<표 8> 유기재배 사과와 일반재배 사과의 기호성 및 효능 비교

조사 항목	유기재배			일반재배			
	저장 당일	30일	60일	저장 당일	30일	60일	
총 당(mg/g)	16.84	19.29	30.34	20.66	21.28	17.37	
환원 당(mg/g)	18.95	18.39	16.24	18.70	18.79	18.28	
총 페놀(mg/100g)	323	325	424	262	281	303	
플라보노이드(mg/100g)	277	263	330	259	260	276	
아질산염 소거(%)	19.83	17.55	22.58	19.88	19.50	16.63	
항산화 효과	%	43.80	45.95	53.77	34.83	34.25	36.70
	vitC eq [mM]	14.92	15.65	18.31	11.86	11.66	12.50

## 사과 유기 재배 연구 경과

2012년 6~8월 사이 3차례에 걸친 큰 태풍으로 인해 사과잎이 많이 떨어졌으며 태풍후 갈반병 발생으로 사과생육을 도모할 수 있는 잎수를 거의 확보하지 못하였다. 그 결과 일반재배 사과는 성목의 경우 주당 80개 사과를 수확한 반면 본 연구의 유기재배 사과는 주당 10~15주의 사과를 수확하였다. 따라서 2012년 본 연구의 사과원 수량을 표로 제시하지 않았다.



사과원에 초생재배(2012년 4월 10일경)



사과눈 맺힘(2012년 4월 25일경)



개화(2012년 5월)



6~8월 3차례 태풍 피해를 입은 사과원(2012년 10월)



태풍과 갈반병 발생으로 1주당 10~15개 수확하는데 그쳤다.(2012년 10월)



수확한 사과

## 기대 효과

초생재배 작물은 주로 두과 작물과 화분과 작물을 이용한다. 전통적으로는 공중질소를 고정하는 두과 작물을 초생재배에 이용해 왔는데, 두과 작물이 생태계 내의 자연에너지를 이용해서 거름을 생산하기 때문이다. 또한 공중질소 고정뿐 아니라 균근균이 많아 토양과 식물을 연결하는 역할을 한다. 본 연구에서는 두과와 화분과 작물을 이용하여 녹비 생체중, 녹비 피복률, 잡초 발생률, 용적 밀도, 녹비 초장 등을 조사하였다. 그 결과 헤어리베치가 녹비 생체중이 가장 높았고 호밀은 녹비 피복률이 높으며 잡초 발생률은 낮았다. 레드 클로버는 잡초 발생률이 높은 편으로 나타났다. 따라서 본 연구에 사용한 초생재배 작물의 생육(생체중, 피복률 등)과 잡초 발생률을 고려하면 헤어리베치와 호밀이 효과적이라 판단한다.

유기재배 사과의 무게손실은 일반재배 사과보다 5~6% 적어 저장력이 양호할 것으로 예상되며 유기재배 사과는 무게, 당도, pH가 낮으나 총산, 경도는 높았으며, 90일 동안 경도 변화없이 저장력이 높았다.

유기재배 사과는 일반재배 사과보다 수분율이 높으며 무기질 성분인 구리와 아연 함량이 높게 나타났으며 특히 면역체계와 관련된 아연은 유기재배 사과가 일반재배 사과보다 87% 더 함유된 것으로 분석되어 건강에 관심이 높은 현대인이 아주 선호할 것으로 기대된다.

또한, 유기재배 사과는 일반재배 사과보다 총 페놀, 플라보노이드, 항산화 효과, 발암물질 유발요소인 아질산염 소거 효과가 뛰어난 것으로 나타나 소비자의 요구가 높을 것으로 생각하며 생산량만 어느 정도 유지된다면 소득이 높아질 것으로 기대할 수 있을 것이다.

## [참고문헌]

1. 박진면 · 송양익 · 신건철 · 최진호, 「친환경농업을 위한 과수원 토양관리와 비료」, 세명문화사, 2006.
2. 김종국 외, 양질 조사료 생산 및 재배 확대를 위한 겨울철 사료작물 생산과 이용기술, 전라남도농업기술원, 2012.
3. 농촌진흥청, 토양 및 식물체분석법, 농촌진흥청 농업과학기술원, 2000.
4. \_\_\_\_\_, 농업기술보급 기본서 조사료, 농촌진흥청 농촌지원국, 2012.
5. Botella, M.A., V. Martinez, J. Pardines, and A. Cerda, 'Salinity induced potassium deficiency in maize plants', *J. Plant Physiol.* 150:200-205, 1997.
6. Boyer, J.S., 'Plant productivity and environment science', *Science* 218: 443-448, 1982.
7. Chow, W.S., M.C. Ball, and J.M. Anderson, 'Growth and photosynthetic responses of spinach to salinity: Implications of K<sup>+</sup> nutrition for salt toleranc', *Aust. J. Plant Physiol.* 17:563-578, 1990.
8. Cramer, G.R., A. Lauchli, and V.S. Polito, 'Displacement of Ca<sup>2+</sup> by Na<sup>+</sup> from plasmalemma of root cells', *Plant Physiol.* 79:207-211, 1985.
9. Gebauer, J., K. El-Siddig, A.A. Salin, and G. Ebert, 'Tamarindus indica L. seedlings are moderately salt tolerant when exposed to NaCl-induced salinity', *Scientia Hort.* p1-8(in press), 2004.
10. Grattan, S.R. and C.M. Grieve, 'Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops', *Scientia Hort.* 78:127-157, 1999.
11. Greenway, H. and R. Munns, 'Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes', *Annu. Rev. Plant Physiol.* 31:149-190, 1980.
12. Lopez, M.V. and S.M.E. Satti, 'Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress', *Plant Sci.* 114:19-27, 1996.
13. Lynch, J. and A. Lauchli, 'Pottassium transport in salt-stressed barley roots', *Planta* 161:295-301, 1984.

14. Martinez-Ballesta, M.C., V. Martinez, and M. Carvajal, 'Osmotic adjustment, water relations and gas exchange in pepper plants grown under NaCl or KCl', *Environ. Exp. Bot.* 52:161-174, 2004.
15. Munns, R. and A. Termaat, 'Whole plant response to salinity', *Aust. J. Plant Physiol.* 13:143-160, 1986.
16. Parida, A.K. and A.B. Das, 'Salt tolerance and salinity effects on plants', *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 60:324-349, 2004.
17. Seeman, J.D. and C. Critchley, 'Effects of salt stress on the growth, ion content, stomatal behavior and photosynthetic capacity of a salt-sensitive species', *Phaseolus vulgaris L. Planta.* 164:151-162, 1985.

