

친환경 천연액비 관주를 통한 토양 및 작물생육 변화

홍인표* / 햇살담은 홍인표농장 대표

김경남 / 귀농 10년 차 농민

연구 필요성

농민으로서 농사를 지으며 어느 정도 수익을 보장받기 위해 친환경 시설하우스에서 농사를 시작하였다. 시설하우스 재배는 초기 투자비용이 들어가지만, 해충유입 방지, 관수량 조절 등의 기능이 있어 친환경 농사에 유리하며, 수익 면에서도 낫다고 여겨진다. 반면 비닐로 덮여있어, 빗물이 차단되고 온도가 높게 유지되어 지표면 수분 증발량이 많아 토양의 염류가 지속해서 집적되는 문제가 있다.

토양의 염류집적을 해결하고 건전한 토양을 만들기 위해 벅짚, 미생물 투입, 녹비 작물 재배 등 여러 가지 방법을 사용하였지만, 토질은 쉽게 개선되지 않았다. 특히, 다비성 작물인 방울토마토와 애호박 재배에는 지속적인 비료투입이 필수였다. 최대한 적정량의 비료를 투입하고자 하였지만, 비료 성분도 점점 토양에 누적되었다.

시간이 지날수록 토양 위에 하얀가루가 나타나는 염류집적 현상이 점점 더 심해졌으며, 작물에 필요한 칼륨과 칼슘의 잦은 투입으로 토양의 염류농도가 점점 더 악화되었다. 다만 노지는 빗물에 노출되어 염류집적 문제는 유발되지 않았다. 토양의 염류집적 및 비료 성분의 누적 문제를 해결해 보고자 천연액비에 관심을 갖게

* **홍인표**: 2015년 전북 임실군으로 귀농해서 현재까지 무농약으로 방울토마토, 애호박, 비트 등을 재배하고 있으며, 자연과 사람이 공존하는 조화로운 삶을 꿈꾸고 있다.

되었고, 본 연구를 통해 천연액비가 화학비료 대비 토양에 미치는 영향을 연구하고자 한다.

연구 방법

전북 임실군 청응면에 소재한 시설하우스와 노지에서 각각 대조군과 실험군으로 나누어 총 4필지에서 약 2년간 연구를 진행하였다. 봄에는 방울토마토, 가을에는 애호박을 재배하면서 작물 및 토양상태를 비교하였다.

〈표 1〉 연구 세부 내용

구분	시설하우스		노지	
	실험군	대조군	실험군	대조군
재배작물	방울토마토, 애호박		고추	
재배면적	660m ² (1동)	660m ² (1동)	83m ²	248m ²
비료투입	천연액비	화학비료	천연액비	무투입
연구기간	2018년 5월 ~ 2020년 2월			

가. 시설하우스

시설하우스는 대조군과 실험군의 품종과 재식거리, 재식주수, 수확기간 등을 동일하게 하여 진행하였으며, 화학비료와 천연액비 투입만 다르게 하였다.

〈표 2〉 시설하우스 실험 내용

재배작물	방울토마토(미니찰)	애호박(진안애호박)
재식거리	20cm	45cm
재식주수	3,300주	1,500주
수확기간	50일	60일

2018년, 2019년 2년간 재배작물별 정식일과 첫 수확일, 마지막 수확일을 동일하게 하여 대조군과 실험군의 수확량과 토양의 변화를 살펴보았다.

〈표 3〉 시설하우스 실험 일정

구분	방울토마토		애호박	
	2018	2019	2018	2019
정식일	4. 6.	4. 3.	7.28.	7.25.
첫 수확일	6.12.	6.10.	8.25.	8.23.
마지막 수확일	7.23.	7.22.	11. 2.	11. 1.

나. 노지

노지는 대조군과 실험군으로 나누어 고추를 재배하였으며, 대조군과 실험군이 모두 화학비료 투입이 불가한 유기필지이므로 시설하우스와 달리 액비 무투입과 투입으로 비교하였다.

수확은 4회차까지 진행하였으며, 긴 장마로 인해 탄저병 확산이 있었던 5회차 수확은 데이터로 사용하지 않았다. 이후 매 수확 시 고추의 무게를 재서 대조군과 실험군의 수확량을 비교하였다.

〈표 4〉 노지 고추재배 실험 내용

구분	실험군(액비 투입)	대조군(액비 무투입)
재배면적	83m ²	248m ²
재식거리	30cm	30cm
재식주수	250주	750주
수확기간	7.28.~8.20.(4회)	

연구 진행

액비는 화학비료보다 토양의 물리성, 화학성 및 미생물상을 개선한다고 알려져 있다. 고로 자연환경 및 경제성을 고려하여, 가능한 지역 내에서 나온 천연재료를 사용하여 제조하고자 하였다. 시설하우스에는 액비를 물과 희석하여 관주할 수 있도록 장치를 별도로 설치하고 노지에도 동일한 액비를 사용하였다.

가. 액비 제조

생선액비, 미강액비, 골분액비, 나뭇재액비, 패화석액비 등을 제조하기 위해 2018년 5월 액비 재료를 구하고 발효통을 구비하여 하우스 근처에서 발효를 시작하였다. 이와 함께, 액비를 관주할 수 있는 별도 장치를 구성하였다.

액비는 200ℓ 용기에 재료를 넣고 물 180ℓ를 채웠다. 재료인 생선액비, 미강액비, 골분액비, 패화석액비는 용기당 20kg, 나뭇재액비는 재료를 약 10kg을 넣었다. 혐기발효를 기본으로 하여 별도로 공기를 주입하지는 않았다. 2018년 5월 발효를 시작하여, 3개월간의 부숙 기간을 거쳐 8월부터 애호박 작물에 관주하였다.

〈표 5〉 액비 재료 구입 및 사용법

액비 종류	구입처	사용법	가격(원/kg)
생선액비	전주 수산물 시장	질소비료 대체 재배기간 전체 사용	1,000
미강액비	농협 제공	질소/인산비료 대체 재배기간 초기/중기 사용	무료
골분액비	인터넷 쇼핑몰	질소/인산비료 대체 재배기간 초기 사용	2,000
나뭇재액비	죽은 나무 태워 자가 제조	칼륨비료 대체 재배기간 중기/후기 사용	무료
패화석액비	인터넷 쇼핑몰	칼슘비료 대체 재배기간 중기/후기 사용	1,500



생선부산물



나뭇재

[그림 1] 액비 재료 준비

나. 액비 성분 분석

액비 발효는 액비재료와 물 및 EM을 통에 넣고 밀봉하였고, 가끔 휘저어주면서 상태를 확인하였다. 약 3개월 발효 후에 전북농업기술원에 성분분석을 의뢰하였다. 잘 발효된 액비는 <표 6>과 같은 성분을 가지는데 직접 제조한 액비는 생선액비의 질소함량이 너무 적다거나 패화석의 칼슘함량이 없다는 점에서 예상을 벗어났다.

<표 6> 농촌진흥청 국립농업과학원 액비 성분분석 결과

시료	pH	EC(ds/m)	질소(%)	인산(%)	칼륨(%)	칼슘(%)
미강, 깻묵	5.4	5.3	4.0	0.9	0.6	0.6
생선	4.6	9.3	1.6	0.6	0.3	0.5
미강, 골분	5.6	8.0	2.4	0.4	0.4	0.2
패화석	4.9	28.1	0.02	0.01	0.01	0.3

자료: 농촌진흥청(2014) 재정리

전북농업기술원에서는 충분한 발효가 되지 않아 발생한 결과로 예상되며 추후 발효가 진행된다면 결과치가 변할 것이라는 답변을 받았다. 예상과 다른 성분분석 결과였지만 점점 발효되고 있다는 가정하에 가을 애호박 재배부터 액비 관주를 하기로 결정하였다.

<표 7> 자가 제조 액비 성분분석 결과

시료	pH	EC(ds/m)	질소(%)	인산(%)	칼륨(%)	칼슘(%)
미강	5.1	0.01	0.49	0.72	0.42	0.01
생선	7.2	0.02	0.10	0.07	0.03	불검출
골분	7.7	불검출	0.11	불검출	불검출	불검출
나뭇재	12.5	0.01	0.09	불검출	0.20	불검출
패화석	8.2	0.82	0.10	불검출	불검출	불검출

자료: 전북농업기술원 의뢰 성분검사(2018. 8. 9.)

다. 시범포장 준비

시범포로 사용할 시설하우스 2동은 실험 전인 2017년 11월 10일에 녹비작물인 호밀 20kg를 파종하였으며, 2018년 3월 15일에 트랙터로 경운하였다. 그리고 2018년 4월 농업기술센터에 의뢰하여 토양검증을 실시하였다.

〈표 8〉 시범포장 토양상태

구분	pH	유기물 (g/kg)	EC (dS/m)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol+/kg)		
					칼륨	칼슘	마그네슘
대조군 시설하우스	6.6	25.0	1.6	411	1.9	5.0	3.2
실험군 시설하우스	6.8	24.0	1.5	425	2.3	5.3	3.7

자료: 흙토람(검증일자: 2018. 4. 6.)

녹비작물을 재배한 이후라 토양상태는 양호하였으나 인산, 칼륨, 마그네슘 등이 적정범위를 초과하여, 염류집적이 진행된 상태였다. 액비를 관주할 실험군이 화학비료를 관주할 대조군보다 전반적으로 토양상태가 좋지 않았다.

노지 역시 실험 전에 토양분석을 진행하였으며 전체적으로 기준치보다 약간 높은 상태를 나타냈다.

〈표 9〉 노지 토양상태

구분	pH	유기물 (g/kg)	EC (dS/m)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol+/kg)		
					칼륨	칼슘	마그네슘
대조군 노지	6.6	25.0	1.6	411.0	1.9	5.0	3.2
실험군 노지	7.0	18.0	0.7	701.0	1.1	6.8	3.0

자료: 흙토람(검증일자: 2018. 3. 8.)

라. 작물 재배

1) 시설하우스

2018년 가을부터 2019년 가을까지 3작기 동안 실험군과 대조군에 애호박과 방울토마토를 재배하였으며, 실험 진행 일정은 <표 10>과 같다.



[그림 2] 액비 관주 준비

액비의 비료 성분함량이 낮아 일반적인 비료함량 계산식을 적용하기 어려웠으며, 액비를 소량 추가 투입하였다. 2018년과 2019년 가을 애호박 재배는 실험군은 미강액비와 생선액비, 나뭇재액비 위주로 관주하였고, 대조군은 요소, 칼슘, 칼륨을 위주로 관주하였다. 이는 애호박의 특성상 질소와 칼륨, 칼슘을 주로 요구하는 작물 특성을 반영한 것이다. 2019년 방울토마토 실험군은 생선액비와 나뭇재액비 위주로, 대조군은 질산칼슘과 질산칼륨 위주로 관주하면서 실험을 진행하였다.



실험군(액비 관주)



대조군(화학비료 관주)

[그림 3] 애호박 재배

〈표 10〉 작물별 실험 상세일정

작물	시비일	시비량 (ℓ /660㎡)	배합비	
			실험군	대조군
애호박	2018. 8.25.	500	생선액비 10 ℓ 미강액비 10 ℓ	질산칼슘 500g 요소 500g
	2018. 9.11.	500	생선액비 10 ℓ 미강액비 10 ℓ	질산칼슘 500g 요소 200g
	2018. 9.17.	500	미강액비 10 ℓ	질산칼슘 300g 요소 300g
	2018. 9.26.	500	생선액비 20 ℓ	질산칼슘 150g 요소 150g
	2018.10. 3.	500	생선액비 20 ℓ	질산칼륨 5kg 요소 150g
	2018.10.14.	500	생선액비 20 ℓ	질산칼슘 500g 질산칼륨 3kg
	2019. 9.17.	500	미강액비 10 ℓ	요소 300g 칼슘 2kg
	2019. 9.20.	500	생선액비 20 ℓ 나뭇재 20 ℓ	질산칼륨 2kg 칼슘 2kg
	2019.10.13.	500	생선액비 20 ℓ 나뭇재 20 ℓ	질산칼륨 2kg 칼슘 2kg
	2019.10. 5.	500	생선액비 20 ℓ 나뭇재 20 ℓ	질산칼륨 2kg 칼슘 2kg
방울 토마토	2019. 5.12.	250	생선액비 5 ℓ 나뭇재 5 ℓ	질산칼륨 3kg
	2019. 5.21.	250	생선액비 5 ℓ 나뭇재 5 ℓ	질산칼륨 4kg
	2019. 6. 6.	500	생선액비 25 ℓ 나뭇재 25 ℓ	질산칼륨 4kg 칼슘 2kg
	2019. 6.27.	500	생선액비 25 ℓ 나뭇재 25 ℓ	질산칼륨 4kg 칼슘 2kg

2) 노지 고추재배

고추 재배면적 중 실험군은 25%, 대조군은 75%로 나누었으며, 고추를 심기 전에 4년 동안 숙성시켜 만든 소풍퇴비를 대조군, 실험군 토지에 골고루 살포한 후 로타리를 치고 두둑을 만들었다. 이후 고추 수확 1주일 전부터 액비를 실험군에 엽면시비하였다. 사용한 액비는 골분, 나뭇재, 생선, 패화석 액비이며, 매번 동일한 비율로 시비를 하였다. 또한 액비를 침투를 도와주기 위해 직접 제조한 자닢오일을 액비에 같이 섞어서 사용하였다.

2018년 7~8월 총 6회 살포하였으며, 1회당 시비량은 50ℓ 였다. 배합비는 물 50ℓ, 골분 0.5ℓ, 나뭇재, 생선, 패화석 각각 0.25ℓ, 자닢오일 0.15ℓ 로 엽면시비하였다.

〈표 11〉 액비 엽면시비 일정(2018년)

시비일	시비량	배합비
7.23., 7.24., 7.29., 7.30., 8. 6., 8. 7. (총 6회)	50ℓ / 83㎡(25평)	물 50ℓ, 골분 0.5ℓ, 나뭇재 0.25ℓ, 생선 0.25ℓ, 패화석 0.25ℓ, 자닢오일 0.15ℓ



[그림 4] 고추 수확 및 세척

연구 결과

1. 시설하우스

기간으로는 2년, 작기로는 4작기 동안 액비 관주와 화학비료를 비교, 실험하였다. 연구자의 주 재배작물인 방울토마토와 애호박의 특성을 고려하고, 기술센터에서 받은 토양검증결과를 반영하여, 액비와 화학비료 투입량을 정하였다.



두둑 만들기



방울토마토 정식

[그림 5] 농사 준비(2019년)

실험기간 동안 작물의 상태, 수확량, 특히 토양상태를 연구하였다. 결과로 작물의 상태나 수확량은 실험군과 대조군 간에 차이가 발생하지 않았다. 장기적 실험에서는 차이가 발생할 수 있지만 비료의 종류 차이 때문이 아니라, 액비와 화학비료가 토양에 미치는 영향에 따른 결과로 예상된다. 본 연구자가 중점을 두었던 부분이 토양의 상태 변화, 특히나 염류집적에 미치는 영향도 변화였기에, 이에 대한 변화를 위주로 관찰을 진행하였다.

가. 작물상태 변화

작물의 생육, 수확량, 열매의 당도 및 저장성에 미치는 결과를 관찰하였으나 이번 연구에서는 비교가 될 만한 결과가 나오지 않았다. 작물의 생육, 수확량 등은 액비 관주와 화학비료 관주의 차이보다는 다른 요소들이 더 큰 영향을 미치는 것으로 판

단된다. 즉, 온도, 광, 물, 유기물 등의 요소가 작물의 상태, 수확량, 열매의 당도 및 저장성 등에 미치는 영향이 크다고 볼 수 있다.



실험군(액비 관주)



대조군(화학비료 관주)

[그림 6] 방울토마토 재배

나. 토양상태 변화

시설하우스의 토양상태는 실험 전, 실험 중, 실험 후 3회에 걸쳐 농업기술센터를 통해 토양검증을 진행하였다. 결과 비교는 국립농업과학원의 연도별 토양의 화학성 변동현황을 참고하였다. 우리나라 시설하우스 토양상태는 적정범위를 벗어나 화학성이 지속적으로 증가하는 경향이며, 이는 시설하우스의 염류집적이 점점 심해지고 있다는 표시이다.

〈표 12〉 시설하우스 연도별 토양의 화학성 변동현황 및 적정범위

성분 연도	pH	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	칼륨	칼슘	마그네슘
2000	6.3	2.8	34	975	1.6	7.7	3.4
2004	6.4	3.2	35	947	1.7	9.5	3.6
2008	6.4	3.7	35	1,072	1.5	10.4	3.4
2012	6.6	3.1	37	1,049	1.6	10.6	3.3
2016	6.5	3.7	39	1,053	1.6	11.1	3.4
적정범위	6.0~7.0	2.0이하	25~35	300~550	0.5~0.8	5.0~6.0	1.5~2.5

자료: 국립농업과학원(2016), 흠토람

연구를 통한 실험군과 대조군의 토양변화는 <표 13>과 <표 14>와 같다. 토양에 영향을 미치는 요소는 다양하기에, 실험을 진행하면서 실험군과 대조군에 액비나 화학비료나 관주 차이 이외에는 전혀 다른 차이를 두지 않았다. 따라서 토양검증을 통해 받은 분석결과는 액비가 토양에 미치는 결과를 반영했다고 할 수 있다.

<표 13> 실험군 시설하우스 토양변화

실험군	pH	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol+/kg)		
					칼륨	칼슘	마그네슘
2019. 4.	6.5	3.5	25	419	1.2	5.4	0.6
2019. 8.	6.8	1.0	27	459	0.6	4.6	2.0
2020. 3.	6.4	2.0	26	315	0.5	5.1	2.3

자료: 흥토람

<표 14> 대조군 시설하우스 토양변화

대조군	pH	EC (dS/m)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성양이온(cmol+/kg)		
					칼륨	칼슘	마그네슘
2019. 4.	6.7	2.9	25	338	1.1	4.9	0.2
2019. 8.	6.9	0.6	24	389	0.7	4.2	1.6
2020. 3.	6.8	1.4	22	345	0.7	5.2	2.3

자료: 흥토람

연구결과는 전체적으로 액비가 화학비료보다 토양에 긍정적인 효과를 미친다는 것을 보여준다. 염류집적에 영향을 주는 인산, 칼륨, 칼슘의 농도가 실험군이 대조군보다 좋은 결과를 보여주었고, pH 또한 대조군이 점점 높아지는¹⁾ 반면에 실험군은 pH 6.5 근처에서 안정적인 상태를 보여준다. 다만, 액비를 관주한 실험군이 대조군보다 EC가 높게 나온 점은 우려할 만한 부분이다. 액비는 화학비료보다 성분 함량을 정확히 알기 어렵고, 투입량이 정확하지 않아서 발생하는 결과로 판단하였다. 따라서 액비의 정확한 성분분석과 이를 통한 투입량 조절이 액비 관주를 지속할 때 매우 중요한 부분이라 판단한다.

1) 하우스 재배에서는 염류집적 현상으로 pH가 올라가는 게 일반적이다

다. 수확량 비교

작물 수확량은 화학비료를 투입한 대조군이 액비를 투입한 실험군보다 많을 것이라 예상했다. 실험 결과 방울토마토는 예상처럼 대조군의 수확량이 6% 정도 많았으나 애호박은 오히려 실험군이 5% 더 많이 수확되었다. 이같은 결과를 볼 때 작물 수확량에는 화학비료나 액비의 차이보다는 토양의 상태가 가장 큰 영향을 준다고 판단하였다.

물론 작물 수확량은 비료와 토양상태 외에도 일조량, 온도, 관수량 등에 큰 영향을 받으나 이런 요소들은 제한된 실험 환경 내에서 최대한 동일하게 실험하였기에 토양의 영향이라 여기게 되었다.

〈표 15〉 방울토마토 수확량 비교

(단위: kg/10a)

수확일 (2019)	실험군(액비)			대조군(화학비료)			합계
	정상 토마토	비정상 토마토	합계	정상 토마토	비정상 토마토	합계	
6.20.	120	0	120	125	0	125	245
7. 1.	150	0	150	160	0	160	310
7.10.	160	0	160	180	0	180	340
7.15.	140	0	140	140	0	140	280
합계	570	0	570	605	0	605	1,175

〈표 16〉 애호박 수확량 비교

(단위: kg/10a)

수확일 (2019)	실험군(액비)			대조군(화학비료)			합계
	정상 애호박	비정상 애호박	합계	정상 애호박	비정상 애호박	합계	
9.10.	150	30	180	140	25	165	345
9.15.	180	10	190	160	7	167	357
9.20.	190	5	195	200	7	207	402
9.25.	160	7	167	150	6	156	323
합계	680	52	732	650	45	695	1,427

2. 노지 고추재배

노지는 오랫동안 유기농법으로 일궈왔던 곳으로 농약과 화학비료를 일절 사용하지 않았기 때문에 천연액비와 화학비료를 이용한 고추 생산량 증대가 아닌 액비 투입과 무투입으로 비교실험을 하였다. 고추 수확은 7월 28일부터 8월 20일까지 1주일 간격으로 총 4회 실시하였다.

〈표 17〉 생고추 수확량 비교(재배면적을 각각 10a로 환산 시)

(단위: kg/10a)

수확일 (2019)	실험군(액비 투입)			대조군(액비 무투입)			합계
	정상 고추	비정상 고추	합계	정상 고추	비정상 고추	합계	
7.28.	244	23	267	222	15	237	504
8. 5.	503	19	522	522	22	544	1,066
8.13.	622	14	636	519	8	527	1,163
8.20.	140	10	150	130	7	137	287
합계	1,509	66	1,575	1,393	52	1,445	3,020

실험군은 전체 재배면적의 25%이고 대조군은 75%인데, 수확 결과 실험군은 총 131.2kg을 수확하여 전체수확량의 26.6%, 대조군은 총 361.4kg을 수확하여 전체수확량의 73.4%로 나타났다. 10a로 환산하여보면 실험군에서 9%가량 수확량이 더 많은 것을 확인할 수 있다. 따라서 액비 투입이 고추 수확량 증대로 이어진다고 판단한다.

결론

연구를 시작하면서, 처음에는 과연 액비가 토양의 상태를 좋게 변화시킬지 궁금했다. 연구를 진행하면서 토양의 상태가 좋아지는 것을 눈으로, 분석결과로 확인하고 액비 투입에 대한 확신이 들었다. 또한 노지 고추재배를 통해서 천연액비가 수확량 증대에 어느정도 기여한다는 사실을 확인할 수 있었다.

토양을 건강하게 유지하여 자연에 도움을 주는 것, 건강하고 안전한 농산물을 수확하여 수익을 얻는 일, 이 두 가지는 친환경 농사를 고집하는 연구자의 목표이자 꿈이다. 지역 내에서 나오는 재료를 이용한 액비 제조는 이런 목표를 이루기 위한 중요한 수단이다. 물론 천연액비 재료를 구하는 일, 액비 제조를 위한 공간을 확보하는 일, 액비를 관주할 장치를 구성하는 일 등 실제로 일을 진행하면 어느 하나 쉬운 것이 없다. 특히 액비 제조 시 발생한 악취로 인해 주위의 따가운 시선을 받아야 했으나 어려운 만큼 보람은 크고 결과는 좋았다. 연구를 진행한 노지의 유기농 밭은 특성상 화학비료를 줄 수 없어서 천연액비와 화학비료 간의 비교실험을 진행할 수 없었던 아쉽다.

본 연구를 통해 다시금 토양의 중요성을 느꼈고, 액비는 토양을 이롭게 만드는 데 큰 영향을 준다는 결과를 얻을 수 있어 의의가 있다.

참고문헌

- 농촌진흥청. 2014. 『쉽게 배우는 액비제조 및 활용2』. 국립농업과학원.
- 농촌진흥청. 2016. 『농업환경변동조사사업 보고서』. 국립농업과학원.
- 농촌진흥청. 2019. 『시설원예 토양관리』.
- 농협중앙회. 2019. 『액비 농사법』.
- 전라북도 농식품인력개발원. 2018. 『미생물활용 토양관리』.
- 흙토람. soil.rda.go.kr.