

## TAO농법이란 무엇인가?

이 명 규(교수, 상지대학교 환경공학과)

현대 세계 각 국가에서의 농업은 화학비료를 중심으로 한 작물대량생산 형태를 띠고 있다. 화학비료란 무기성분(질소, 인산, 칼리) 및 기타 무기이온물질을 포함한 속효성 비료로써 최근에는 완효성 비료생산 방식도 포함하고 있다.

이러한 화학비료는 장기간 사용할 경우, 토양의 물리성, 화학성, 생물상에 좋지 않은 영향을 미치지만 작물의 생육에 초점을 맞춘 실용적인 시비기술로써 오랫동안 이용되어 왔다. 그러나, 이러한 화학비료에 의존한 화학농법으로 인해 토양이 생명력을 잃어가고 식품의 안전성이 위협받고 있다.

이에 반해 과거 전통적인 유기성분중심의 농업은 작물생육뿐만 아니라 토양의 3상(相) 및 안전성, 환경 보전성을 위한 농업으로 발전을 계속하면서 농법 또한 유기농법(비료성분), 자연농법(비료 시용 방법), 오리농법(제초제), 지렁이 농법(제초제), 태평농법, 혐기농법(미생물 관계) 등 방법에 따라 다양한 이름의 농법이 연구 개발되면서 일반에게도 널리 소개되고 있다. 이러한 유기농법은 일반적으로 유기질 거름을 생산하여 비료로 이용함으로써 작물의 안전성을 확보하고 품질을 향상시키고 있다.

거름으로 이용되는 대표적인 원료로는 가축분뇨를 주로 사용하고 있으며 생산시 가축분뇨 중 분리된 분(糞)을 톱밥 등 수분 조절제를 첨가하여 생산하고 있으나 처리된 거름의 수급이 부족한 상태이고 품질에 있어서도 균일성이 부족하며 농가로써도 경제성이 낮아 실제 이용 면에 한계가 있다. 또한 축산농가 입장에서 보면 처리를 한다 할지라도 분리된 뇨(尿)는 별도로 정화방류 처리해야 하는 부담이 있는 상태이므로 분뇨처리라는 측면에서는 한국실정에 적합한 새로운 자원화 처리방법이 모색되어야 한다.

모색하는 방법 중 하나로 가축분뇨를 분리하지 않고 혼합하여 발효처리 할 수 있는 방법이 있는데 이를 '액상 퇴비화'라 한다. 액상 퇴비화는 작물 재배시 무기성 화학물질을 사용하지 않아 화학비료로 인한 환경문제를 해결할 수 있으며, 톱밥 등 수분 조절제가 필요 없고, 퇴비품질의 균일성, 비료효과 등의 문제를 해결할 수 있다.

'TAO (Thermophilic Aerobic Oxidation, 고온 호기 산화방식) 농법'이란 이러한 액상 퇴비화 공법을 개선하여 고온(55℃이상)에서 호기발효 처리함으로써 바이러스 등 병원성 미생물의 활성을 저감시키고, 물질을 안정시켜 고농도의 폐수를 환경적으로 안전하게 처리함과 동시에 화학비료를 대체한 비료로써 속효성 및 완효성 효과를 동시에 갖출 수 있도록 제조한 후 이를 농지 및 각종작물재배 방법에 적합하게 시용(施用)하는 농법을 말한다.

즉 TAO 농법이란 ① 가축분뇨와 같은 환경오염원을 제거함과 동시에 ② 장기간 사용되어왔던 화학비료의 환경적 문제를 한꺼번에 해결하면서 폐자원을, 가치있는 다양한 유기질비료로 생산함으로써 일석이조(一石二鳥)의 역할을 수행하는 친환경 농법 중의 하나이다.



TAO System

TAO 농법에서 사용되는 유기질 비료는 발효액상물과 발효고형물 두 가지로 볼 수 있다. 발효액상물은 가축분뇨를 원료로 할 경우 분뇨혼합물(흔히 슬러리라 함)을 ‘TAO System’이라는 스테인레스 재질의 반응조에 투입한 후 수중(水中) 젯트 모터를 이용하여 강력하게 교반시키면서 공기가 투입되도록 하면, 다량의 기포가 발생되면서 온도가 상승되게 된다. 기포발생과 온도상승은 반응조 내에 설치된 거품제거 장치를 거쳐 기포가 깨지고 증기가 외부로 배출되면서 수분의 감량과 동시에 깨어진 기포로부터 액상물이 반응조 외부로 배출된다. 이렇게 배출되어진 액을 ‘TAO 발효액비’라 한다.

TAO 발효액비는 고형물 함량이 5%~5.5% 정도 함유되어 있어, 간단한 스크린 장치로 분리하면 수분 80%와 고형물과 고형물 3%정도의 액상물로 나뉘어지는데 이 액상물과 고형물이 앞에서 서술한 발효액상물과 발효고형물이 되는 것이다.

발효액상물은 비교적 악취가 없으며 질소함량이 약 4,000 ppm, 인산은 900 ppm정도로, 생 분뇨혼합물인 원액에 비해

BOD 90%, 질소, 인산은 총량기준으로 각각 50%, 70%, 휘발성지방산은 99% 정도가 제거된 상태로 가축의 생분뇨와는 환경오염 측면에서 훨씬 개선된 친환경적 액상비료 물질이다. 특히 최근의 연구에서 가축분뇨에 함유된 바이러스의 대부분이 본 처리방법에 의해 제거된다는 사실이 밝혀지면서 환경적, 자원적 측면과 동시에 방역적 측면에 있어서도 매우 효과적인 방법임이 증명되었다.

TAO System으로 처리된 TAO 발효액비는 2001. 4월 현재 경기, 강원, 호남, 영남, 제주 등 전국 40여 개 농가가 설치, 사용하고 있으며 축산농가를 중심으로 농·축산이 복합되어 각 지역에서 특산농산물을 생산하는데 이용되고 있다. 특히 경종농가의 반응이 매우 긍정적인 것으로 보고되고 있다.

‘TAO 발효액비’의 비효성(肥效性)에 대해서는 본 연구실을 포함한 여러 연구기관에서 수년간 포장실험 결과가 보고되고 있으며 최근에는 일본에서도 민간기관과 현립농업연구소에서 다양한 작목을 통해 비료로써의 특성을 연구 중에 있다. 본 지면에서는 지면상의 관계로 지난 10여 년 간의 모든 자료를 소개할 수는 없고 대표적인 연구사례 몇 가지를 소개하고자 한다.

사례 1은 TAO 발효액비를 논에 기비(基肥)로 사용하여 연간 생육량을 현장포장에서(약 8,500평 규모) 실시한 자료이다. 양돈분뇨는 일반적으로 수도작에 이용하는 것을 꺼려하는데 발효처리한 액비인 경우 평균 정조수량이 화학비료의 평균수량(640kg/10a)보다 동등이상의 결과가 나타남을 보여주고 있다.

이러한 결과를 기초하여 최근에는 강원도 철원, 경기도 여주, 이천 등 전국 각지에서 비료로써의 가능성을 보고하고 있으며 국가에서도 지원하고 있는 상황이다.

### 사례1. TAO 발효액비의 시비량을 달리한 수도재배에서의 수량평가와 수량구성 요소

구분(포장규모)		2,500평	2,500평	3,000평	500평	
품종명		秋靑벼	秋靑벼	통일벼	신선찰벼	
TAO 발효 액비	시비량 (권장대비)	25ton (130%)	40ton (210%)	60ton (260%)	5ton (130%)	
	시비시기	'97. 12. - '98. 1	'97. 12. - '98. 1	'97. 12. - '98. 1	'98. 5. (모내 기5일전)	
추비	가지비료	X	X	요소100kg		
	이삭비료	urea 50kg	urea 50kg	urea 50kg		
수량 조사	총립무게 (kg/10a)	647.30	832.47	862.23	765.90	
	총립무게 (kg/10a) *등숙율	625.78	783.80	830.79	707.45	
수량 구성 요소	포기당 이삭수	12	12.8	10.4	16.2	
	이삭당 립수	78.2	65	76.8	125.8	
	등숙율	불임수	2.6	3.8	2.8	9.6
		임실수	75.6	61.2	74	116.2
		률 (%)	96.67	94.15	96.35	92.36
	천립중 (g)	24.88	25.28	28.41	21.84	

( 98. 충북 진천)

사례 2는 TAO 발효액비를 관비로 했을 때 오이의 생육에 미친 결과이다. 보통 관비는 화학비료를 희석하여 적정한 배양액으로 만든 후 사용하고 있으나 돈분 액비의 경우 시판 액비보다 15배, 30배, 45배 희석한 처리구에서 평균 30% 이상 증수되었다. 이것은 화학비료를 대체할 수 있는 관비(양액재배)로써의 가능성을 시사한다는 면에서 큰 의의가 있다.

## 사례 2. TAO 발효액비를 이용한 오이의 생육비교 및 수량성

처리내용	초장 (cm)	경정 (cm)	엽 (cm)			수량 (kg/10a)	수량 지수
			장	폭	수(매)		
15배액	106	0.78	18.6	29.1	13.8	8161	148
30배액	108	0.75	19.0	29.3	13.5	7579	137
45배액	110	0.79	18.7	29.4	13.2	7171	130
시판액비	95	0.75	15.0	22.8	12.2	5511	100

(2000, 강원도 농업기술원)

사례 3은 결구상추와 적채와 같은 엽채류의 노지(관비)재배에 발효액비를 이용했을 경우의 생육특성을 연구한 결과이다. 생육시험 결과 25 배, 50 배 희석액을 이용하여 재배한 처리구가 관행구, 대조구에 비해 높은 수량을 나타내고 있다. 이것은 엽채류의 생육에 있어서도 TAO 발효액비의 효과가 높다는 점을 보여주고 있으며 동시에 비료로써의 사용 가능성을 충분히 보여주고 있다는 점에서 주목된다.

사례 3. TAO 발효액비 결구상추, 적채의 생육조사

구 분	외엽수 (매)	외엽장 (cm)	외엽폭 (cm)	생체중(g/주)		구중 (g/주)	구고 (cm)	구폭 (cm)	내엽수 (매)	
				엽중	근중					
결 구 상 추	5배액	9.1	20.7	22.4	480.5	9.3	352.4	13.2	16.3	19.7
	10배액	11.5	23.7	23.6	568.3	12.1	430.7	14.4	16.2	21.0
	25배액	10.5	24.6	22.1	625.9	12.6	430.3	13.9	16.8	23.2
	50배액	10.4	24.3	24.3	640.1	14.7	443.5	14.7	17.3	24.2
	대조구	9.2	20.5	20.5	497.4	11.1	365.0	14.7	15.5	22.3
	관행구	8.2	19.3	19.3	468.1	8.8	358.0	14.3	15.4	22.0
적 채	5배액	7.5	30.3	23.7		46.0	651.3	11.8	12.8	25.0
	10배액	7.5	30.6	22.4		51.2	783.8	13.5	14.0	30.0
	25배액	7.4	31.2	25.8		65.5	1406.3	14.3	16.6	34.0
	50배액	7.2	32.4	27.5		100.2	1956.7	17.3	17.8	41.0
	대조구	7.6	29.4	22.1		51.3	905.7	12.3	12.6	29.0
	관행구	7.4	27.7	20.5		43.2	696.2	12.4	13.5	25.3

( 2000. 강원도 고냉지 원예 시험장)

사례 4는 가축분뇨의 처리형태와 시용 수준별 목초의 건물(乾物)수량과 조단백질(粗蛋白質)의 함량을 비교한 것이다. 2년 간의 재배실험 결과, 화학비료에 비해서는 약간 수량이 떨어지나 톱밥발효돈분, 무톱밥발효돈분에 비해서는 높은 수량을 나타내고 있다.

사례 4. 가축분뇨의 처리형태와 시용수준별 목초의 건물수량과 조단백질의 함량

분뇨시 용수준	성분	화학비료	톱밥 발효돈분	무톱밥 발효돈분	액상 발효돈분
100kg 질소/ha	건물수량(t/ha)	12.3	10.0	10.0	12.1
	조단백질(%)	13.5	13.1	13.1	13.5
	질소생산량(kg/ha)	258	207	203	257
200kg 질소/ha	건물수량(t/ha)	13.8	10.8	11.9	12.2
	조단백질(%)	14.3	13.4	13.7	14.0
	질소생산량(kg/ha)	312	231	256	266
400kg 질소/ha	건물수량(t/ha)	15.4	11.1	11.6	13.3
	조단백질(%)	15.9	14.0	13.7	14.9
	질소생산량(kg/ha)	390	251	250	320
평균	건물수량(t/ha)	13.8	10.6	11.2	12.5
	조단백질(%)	14.6	13.5	13.5	14.1
	질소생산량(kg/ha)	320	229	236	281

( 2000. 건국대학교 육완방 교수)

사례 5는 일본 나가노현 농업시험장에서 본 연구실과 공동으로 TAO 발효액비를 이용하여 재배실험한 연구 결과 중 그 일부인 사과생육에 미치는 영향을 보여주고 있다. 관행구에 비해 과일의 색도나 당도가 높아짐을 알 수 있다. 본 연구는 사과이 외에 오이, 포도, 수도작 등 다양한 분야에서 연구가 진행중이다.

#### 사례 5. TAO 발효액비 사과(후지)재배

구 분	1果重(g)	果色			糖度	
		地色	陰	陽	陰	陽
TAO액비	314.6	2.7	1.9	3.8	14.9	16.0
관행구	342.5	2.7	1.5	3.1	13.9	14.3

( 2000. 일본 長野縣)

지금까지 TAO System에 의해 생산되는 TAO 발효액비의 재

배성적을 중심으로 그 사례를 설명하였다. TAO농법은 우리 생활주변에서 발생하는 부패성 폐기물, 즉 가축분뇨를 포함하여 인분, 음식 잔반, 도축폐기물, 수산가공, 식품가공폐기물 등 국내에서만 년 간 수억 톤에 이르는 폐기물을 환경오염원에서 고급액상비료로 전환하고, 다양한 작물, 식물 등에 유효한 비료자원으로 이용토록 하는 진정한 친환경농법이다. 특히 환경오염원인 폐기물이 자원으로 전환함으로써 지구상의 모든 화학비료를 완전히 대체할 수 있는 신유기농법이라고 할 수 있다.

적용분야에 있어서도 지금까지의 식량작물에 국한되지 않고, 산림, 조경, 화훼, 도시녹화 등 다양한 분야로 그 대상을 확대할 수 있으며, 실내 인테리어 등 가정원예분야에도 접목하여 생활공간 안에 식물을 접하게 함으로써 청소년을 포함한 도시민의 정서함양 및 병약자, 노약자 등의 정서적인 환경개선에도 도움이 될 수 있는 새로운 비료자원으로써도 방법을 강구하기 위해 계속 연구할 것이다.

특히 이러한 기술은 한국 뿐 아니라 외국에서도 시급한 문제로, 전 인류에게 봉사할 수 있는 중요한 친환경 농업기술이기도 하다. 우리는 지식의 한계, 인식의 한계를 본질적 한계로 오해하는 경우가 있다. TAO 농법도 이러한 한계를 새로운 기법과 동시에 폐기물간의 혼합처리를 통해 얼마든지 자연 법칙인 물질순환에 입각한 유용한 물질로 전환할 수 있다는 것을 보여주는 지혜의 산물이다. 향후 다각적 연구를 통해 이용성을 확대할 수 있는 각 지역의 공동적 대응체제가 필요한 시점이다.