

# 계분 처리 (발효건조)

\*유기질비료 생산의 측면

하 재 기

제일양계기구제작소

## 1. 계분의 양과 이용가치

계분은 양계장에서 매일 발생하며 더우기 함수량이 높아서 악취도 심하므로 그 처리에 어려운 점이 많다. 특히 채란양계에 있어서는 음수량도 많아서 연간 무려 170만톤이 넘는 막대한 양이 배설되고 있다. <표-1 참조>

표 1. 채란계의 계분발생

체 중(kg)	1.4~1.6
1일 계분량(kg)	0.15~0.17
1년간 수당계분량(kg)	58(함수율 85%일 때)
사육수*	30,000,000
총계분량(톤)	1,740,000

\* 사육수는 배합사료 생산실적에서 추산한 것임.  
(월간양계 5월)

이러한 계분을 발효건조시켜 평형수분 상태인 함수율 15%로 유기비료화 하였을 때는 그 비료적가치는 화학비료상당가격으로 환산하면 kg당 90원이 되는 것으로써 처리비용을 회수하고도 충분함을 알 수 있다. <표-2>

표 2. 발효계분의 비료성분 및 가격

비료성분	중 량 (kg)	비료가격 (원/kg)	금 액
질 소	0.46	620	285
인 산	0.72	690	497
가 리	0.36	190	68
칼 슈	1.53	110	168
계			1,018

표-2는 채란계 1수당 연간 발생되는 58kg의 계분을 함수율 15%로 비료화 하였을 때의 유기비료중량 11.2kg중의 유기성분을 평가한 것으로 채란양계장에서 계분을 발효건조시켜 유기비료화 하였을 때에 한마리당 연간 1,018원의 수익을 가능케하며 5만수의 양계장에서는 연간 5천만원의 추가 수익이 가능하다.

## 2. 계분처리의 현황

계분처리에 있어서도 양계장의 대형화와 환경 보전에 대한 규제(수질오염, 악취)등으로 그 처리에 있어서 적극적인 수단을 요구하게 되었다. 또한 화학비료를 오래 사용한 토양의 지력 회복이나 특용작물용의 유기비료의 사용량이 증가하는 등 국내의 대단위 양계장에서는 향후 2~3년 이내에 계분처리시스템을 양계설비의 일부로 갖추게 될 것으로 본다.

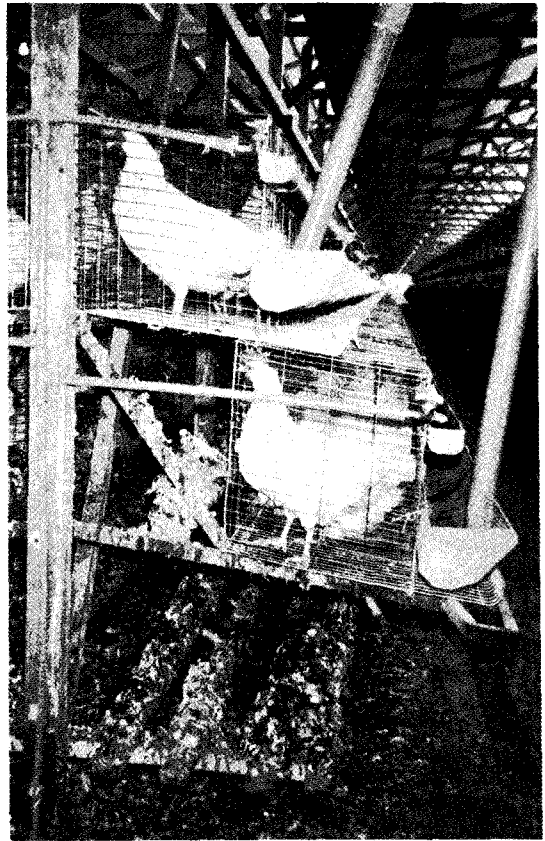
현재는 유기질비료 생산업자에게 공급되는 원료로서 중간취급업자에게 발생하는 계분을 일괄하여 위입처리하거나 직접 처리시설을 운영하여도 처리방법의 불완전 등으로 상품가치의 하락과 저장기간이 길고 판매시기의 제한(9월~ 이듬해 4월)등으로 어려움이 많다.

외국에서는 오일쇼크 이전에는 계분중의 유효성분이 적고 안정된 처리능력의 확보가 가능한 화력건조법이나 활성오니법에 의한 처리법을 사용하여 왔으나 회전로나 벡치식의 화력건조설비는 설비투자비와 운전경비의 부담으로 경제성을 상실하여가고 최근에는 발효건조법에 의한 유기질비료 제품생산으로서 경제성을 개선하고 있다.

국내에서도 발효건조 조건의 조성을 기계화한 설비가 도입되거나 국내에서 생산되어 공급되고 있다.

계분처리설비는 처리방식, 규모, 부대시설, 장치 등이 다양해서 투자범위를 간단하게 결정하기는 어렵다. 양계장으로서의 처리비용과 경제성을 검토하여 처리시설의 투자범위를 결정하고 필요에 따라서 투자시설의 범위를 확장해 가는 것이 바람직하다.

또한 일본등지에서는 계분만의 발효비료 성분만으로는 토양의 무기질균형이 어려우며 시비대상 식물에 필요한 영양성분의 조절을 위해 기타 유효성분을 혼합 처리한 비료가 배합유기 비료라는 이름으로 금년초부터 판매되고 있으며 이들 배합유기비료는 단순 발효계분비료보다 좋은



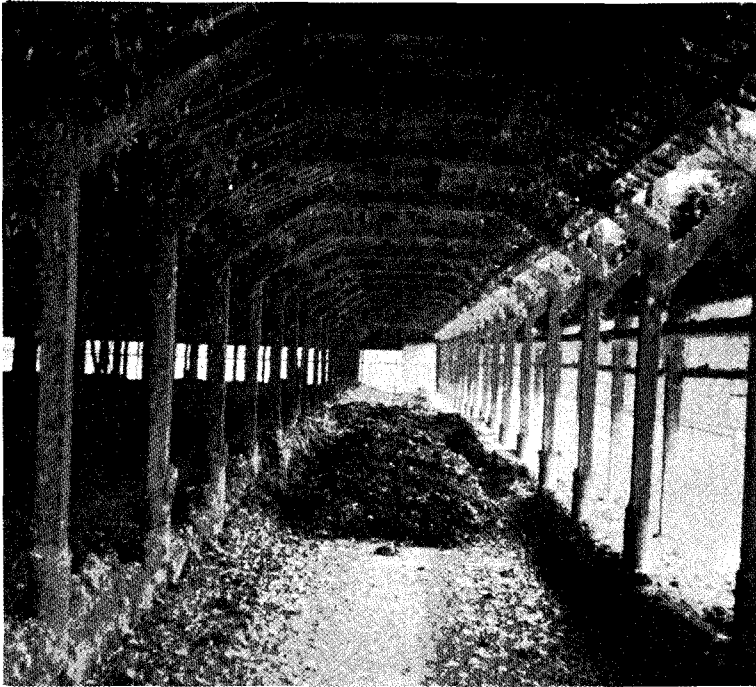
〈저상식계사의 계분받이〉

가격으로 판매되고 있으며 이들 배합비료는 속효성과 지효성을 갖추고 있어 농가에의 호응도가 높다.

배합비료의 원료에는 계분 이외에 어분, 골분, 제오라이트, 쌀겨, 깻묵 등이 사용되고 있다.

## 3. 계분처리 기술상의 문제점

계분처리라는 것은 일단 유기비료로써 이용하는 것으로 볼 때에 건조나 발효처리에 있어서 수분을 감소시켜야 하는 것이 전제조건이 되며 처리중에 미생물의 분해작용에 의해 쉽게 분해되어 악취를 발생시키므로 수분제거와 악취확산방지가 가장 큰 문제가 되고 있으며 또한 앞에서



“ 계분은 이제 비료  
만의 생각으로 그쳐서는  
안된다  
외국 수입의존도가 큰  
사료면에서 볼 때  
계분의 이용가치는  
점차 높아가고 있다”

〈고상식계사의 계분받이〉

비교한 화학비료상당 가치의 가격이 유통에서 확보되지 않는 점이 외적인 문제가 되고 계분의 처리과정 즉 계사-반출-저장-처리-판매의 시스템이 확립되어야 하며 이 시스템 중에서 일부의 기능이 마비될 때는 전체에 영향을 미치게 된다.

(1) 수분의 건조방법

채란계의 계분은 생분상태에서는 계종이나 사료, 음수량, 계사환경 등에 따라서 함수량의 차이가 있으나 함수량이 낮다고 해도 70% 정도이고 여름철에 음수량이 많을 때에는 80~85% 가

지 상승한다.

그러나 발효건조에 있어서의 초기 수분함량은 60~65%가 이상적이다. 따라서 어떻게 해서든지 계사내에서의 환경조건을 개선하여 예비건조가 가능하도록 하는 것이 바람직하다.

즉 계사구조에 있어서도 무창식계사 보다는 개방식계사가 예비건조에 유리하며, 저장식계사보다는 고상식계사가 유리하다.

또한 계분을 계사외로 반출하는 제분장치도 매일제분하는 것보다는 1~2주일에 한번씩 정도의 제분으로 가능한 계분받이방식이 예비건조가 빠

표 3. 제분간격과 함수율

계 사 종 류	제 분 간 격	함 수 율	계분량(gr/수)	제 분 방 식
개 방 계 사 (계분받이)	매 일	80~85%	126~168	스 크 레 파
	1~2 주	70~80%	84~126	스 크 레 파
	1 개 월	60~65%	63~72	로 더
무 창 계 사	매 일	80~85%	126~168	스 크 레 파
고 상 식	1 년	40~45%	40~50	로 더

르며 계사의 단열, 특히 지붕의 단열을 충분히 하여 하절기에도 신선한 환경을 만들어 주어 음수량을 줄이거나 시간급수로써 음수량의 조절을 하는방법도 유효하다.

현재는 편의성으로 인해 국내 대부분의 계사가 저장식이고 스크레파식 계분방식이 채택되고 있어 매일 재분하여야 하는 것은 계분의 발효처리에 있어서는 반드시 개선되어야 할 부분이다.

표-3에서 보면 수분함량이 85%일 때는 168gr/일수, 70%일때는 84gr/일수가 되어 수분함량 15%의 차이가 계분발생량을 반으로 줄일 수 있음을 보여주고 있다. 이것은 계분발효시설의 용량결정에 있어서 커다란 차이를 보여주며 또한 발효처리의 효율적인 유지관리를 가능케 한다.

그러므로 현재와 같이 저장식계사에서 스크레파를 사용하여 매일 재분하는 경우에는 발효처리공정에 앞서서 수분함량을 60~65%까지 조절하는 공정이 반드시 필요하다.

① 수분조정제

계분의 건조나 발효처리에 있어서 수분조정제를 첨가하면 용이하게 수분조절이 된다. 수분조정제로써는 표-4의 것들이 사용되며 흡수율도 높다. 또한 이러한 수분조정제는 악취도 흡착하므로 악취대책에도 유효하게 쓰인다.

표 4. 수분조정제와 흡수율

재 료	흡 수 율(중량 %)
벧 질	300
밀 질	285
보 리 질	226
툽 밥	420~450
왕 겨	74

이중에서 왕겨와 툽밥이 가장 많이 쓰이고 있으며 왕겨의 경우는 용적이 크므로(흡수율 12%일때 1㎡의 중량이 130kg임)분쇄시켜서 용적을 줄이고 흡수율을 개선시키기도 한다.

그러나 왕겨 등은 점점 구하기가 어려워지고

있으며 툽밥 등을 사용하면 리그닌의 함량이 20~30%나 되어 완전 부숙하는데에는 중온 발효에서 6개월이나 걸리므로 호기성 고온 발효로서 4주일 정도로 처리하는 계분발효공정에는 적합하지 않다.

이상에서의 수분조정제와는 달리 건조계분 자체를 함수율이 높은 생분과 혼합할 때에는 이러한 문제는 해소된다.

② 천일건조법

하우스내에서 계분을 10~15cm정도 퇴적시키 교반장치를 이용하여 하루에 1~3회씩 교반시켜 수분을 증산시키는 것으로 이때의 수분증산량을 결정하는 요소로서는 일조량, 외부기온, 습도 풍량 등이 있으며 실측한 자료에 의하면 약 1.5~5.0kg/㎡·일로써 겨울철에는 1.5kg/㎡·일, 여름철에는 4.5~5.0kg/㎡·일로써 겨울철에는 여름철에 비해 3배의 면적이 필요하게 된다.

여기에서 필요한 수분증산량은 다음 계산으로 구할 수 있다.

제거하여야할 수분증산량

$$= \text{계분증량} \times \frac{\text{현함수율} - \text{목표함수율}}{(100 - \text{목표함수율})}$$

예를들면 85% 함수량의 계분 10kg에서 65%의 계분을 얻으려면 위의 식을 이용하여

$$10 \times \frac{(86 - 65)}{(100 - 65)} = 5.7$$

5.7kg의 수분을 증산 제거시켜야 한다.

이것은 겨울철의 경우는 약 3.8㎡ 겨울철의 하우스면적(5.7÷1.5=3.8)이 필요함을 추산할 수 있다.

표 5. 하우스면적(㎡), 계분 10kg당

성분함수율	겨울철 (1.5kg/㎡·일)	여름철 (4.5kg/㎡·일)
70%	1.0	0.3
75	1.9	0.6
80	2.9	0.1
83	3.4	1.2
85	3.8	1.3
90	4.8	1.6

성분을 하우스에서 함수율 65%의 계분까지 건조시킬 때에 필요한 시설면적은 표-5와 같다.

## (2) 악취방지대책

악취를 내는 물질은 다른 유해물질과 같이 직접적으로 사람의 건강이나 생명을 해치는 것은 비교적 적으며 혐오감을 주는 것이 대부분이다.

계분의 악취발생은 수분함량과 온도에 의해 많은 영향을 받으며 음수량이 많은 연변시에 특히 악취가 강하므로 계사내에서의 예비 건조를 할 때에는 악취발생이 억제된다.

또한 발생한 악취는 외기가 건조한 계절에는 바람에 의해 대기중에 빨리 확산되어 문제가 적으나 습도가 높은 장마철에는 계사나 발효처리장, 건조장근처에 축적되어 농도가 짙어져 문제를 발생시킨다.

겨울철에는 가까운 주거지에서도 창이나 문을 닫고 있지만 여름철과 같이 기온이 높은 때에는 창을 열기 때문에 악취의 발생방지와 함께 계절적인, 시간적인 배려가 필요하다.

### ① 토양탈취

발생한 악취를 흡인하여 지하구조층으로 유도시켜 토양에 흡착탈취시키는 방법이나 공기용량이 하우스용적에 대해서 시간당 10~15회전이나 되는 큰 용량이 되어 상시 운전하지 않으면 안된다.

토양탈취의 경우는 하우스면적과 거의 같은 탈취면적이 필요하다.

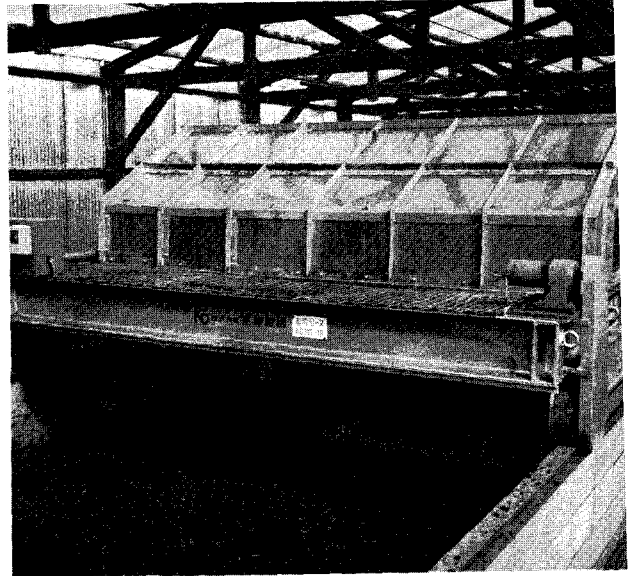
### ② 열분해법

본 법은 화력건조법을 채택할 때에 발생하는 강한 악취의 제거를 위한 방법으로 이용되었으나 건조에 필요한 것과 거의 같은 연료비가 드는 단점이 있다.

이밖에도 톱밥에 탈취하는 방법과 수세처리방법 등이 있으나 수세처리방법은 배수처리의 2차 문제가 있다.

## 4. 발효처리

계분의 유기비료생산공정의 발효는 호기성발효로써 호기성발효조건이 알맞을 발효발열에 의해 온도가 70~80℃까지 상승하여 발효는 가속



(KS-L 형)

도적으로 추진되어 성분이 균일한 유기비료가 얻어진다.

호기성균의 증식은 공기를 공급하면 수분이 많아도 유기물의 분해는 되지만 이때에는 저온균만으로써 온도도 35~40℃ 정도까지만 오르게 되어 수분의 증산도 적고 건조된 비료를 얻을 수도 없게 된다.

단기간에 건조되고 성숙된 제품을 얻는 데에는 고온균의 증식조건을 만들어 줄 필요가 있다.

그 조건으로서는

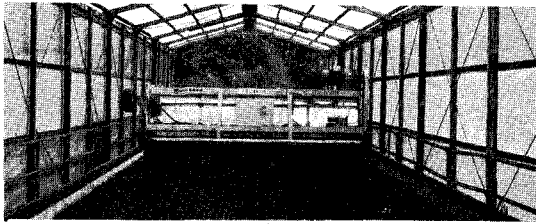
① 계분의 함수율을 60% 정도까지 조정하여야 한다.

② 적당한 산소를 공급하지 않으면 안된다.

③ N/C의 비율을 알맞은 조건으로 하여야 한다.

④ 가능하면 온도를 30~40℃로 하면 보다 빨리 고온균 증식이 촉진된다.

이러한 고온발효, 즉 호기성발효조건이 갖추어졌다고 하여도 4~5일 간에 발효가 완료되지는 않는다. 이러한 발효비료는 완전히 발효가 되지 않은 것으로 잔류유기물이 있는 그대로 시비할 때에는 토양의 수분과 지열에 의해 재발효가 일



(KS-D형)

어나 식물의 뿌리에 해를 입힌다.

완전발효까지는 적어도 20일이 필요하며 완전 발효가 된 비료에 있어서는 냄새가 전혀없다.

물론 발효열 자체는 생계분 자체가 갖고 있는 열량으로 발효계분과 생계분의 열량을 비교하면 발효과정에서 이용가능한 유효에너지를 구할 수 있다.

표 6. 축분의 유효에너지(축분 1kg당)

축 분	생 분 뇨	발효계분	유효에너지
계 분	5,000Kcal	3,500Kcal	1,500Kcal
돈 분	4,000Kcal	3,000Kcal	1,000Kcal
우 분	4,000Kcal	3,500Kcal	500Kcal

표-6에 의하면 계분의 경우는 함수량 70% 일때에는 자체의 열량으로 수분의 증산이 가능함을 알 수 있다.

호기성발효조건을 기계화하고 여러가지 기능을 갖춘 계분발효장치가 개발되어 공급되고 있다.

발효처리장은 대부분 1열 또는 수열의 피트로 구성되고 이 피트내에 계분을 퇴적시켜 축열시키면서, 통기성과 발효를 고르게 진행시키기 위한

교반 및 반송장치가 갖추어져 있으며 기계의 내구성을 위해 특수히 설계제작되고 내식처리도 특별히 처리한 것이 개발되고 있다.

발효처리장 피트의 용적결정에 있어서는 처리일수와 1일 발생하는 수분조절된 계분의 중량으로 결정한다.

예를들면 산란계 5만수의 양계장에서 함수율 65%의 계분 3500kg을 처리할 때에 처리일수가 20일이라고 하면 피트의 용적은  $3.5 \times 20 = 70m^3$ 의 용적과 안전율 30%를 추가하면  $70 \times 1.3 = 91m^3$ 의 용적이 필요하다. (계분의 비중은 1로 봄)

이러한 경우에 만약 계분발효건조기의 기계폭이 3m, 생계분 퇴적교반 깊이가 50cm라고 하면 피트길이는 다음과 같이 계산된다.

$$91 \div (3 \times 0.5) = 61m$$

즉 피트를 2열로 한다면 폭 8m, 길이 35m 정도의 발효처리장에서 채란계 약 5만수의 계분처리가 가능하다.

물론 계분의 처리는 3절에서와 같이 계분의 반출-저장-처리-판매의 시스템이 요구된다. 따라서 이 시스템을 구성하기 위해서는 발효기본체 이외에 생분의 이송장치, 수분의 조절설비, 처리과정에 있어서도 퇴적깊이가 1m인 경우에는 산소의 공급을 위한 압축공기의 공급장치, 그리고 발효완료된 계분의 상품화를 위한 분쇄포장시설 등이 필요하게 된다.

이러한 설비는 기계적인 내구성과 기능도 중요하지만 발효조건의 조절과 정확한 공정관리를 위해 숙련된 운전관리 기술을 필요로 한다.

## 5. 발효처리기

현재 일본에서 대형 유기비료생산공장에까지 납품되고 소규모에서 대규모양계장에까지 적용할 수 있는 여러 기종과 부가장치를 생산공급하는 주식회사 고신의 발효처리기를 소개한다. 물론 이러한 시스템이 일본에서도 3~4개 사에서 제작판매되나 고신시스템은 에너지절약 형으로 운전경비가 적게 들고 호기성발효기구를 가장 충

분히 이해하고 설계된 것으로 표준적인 발효시스템으로 인정받고 있다.

(1) 고산화머

계분의 교반, 피트간의 이송, 주행 등이 원격 제어되고 피트를 4열로 했을 때에는 본기 1대로써 1일 50~60톤의 계분처리가 가능하며 특수부 로아에 의해 산소공급장치가 부가된다. 피트의 유효폭은 2m이고 퇴적깊이는 1m임.

(2) KS-LL

중규모의 농장을 대상으로 제작된 것으로 피트전방에 원료계분을 투입하고 로터에 의해 투입된 계분을 앞으로 이동시키며 발효처리한다.

피트폭은 6m까지 가능하며 기계 1대로 원료계분을 하루에 약 6톤씩처리 가능한 기계이다.

(3) KS-L

원료계분은 왕복교반되며 빈 피트에 원료계분을 넣고 발효촉진에 맞추어 교반시켜 주는 것으로 완숙된 균일한 제품생산이 가능한 기종이다.

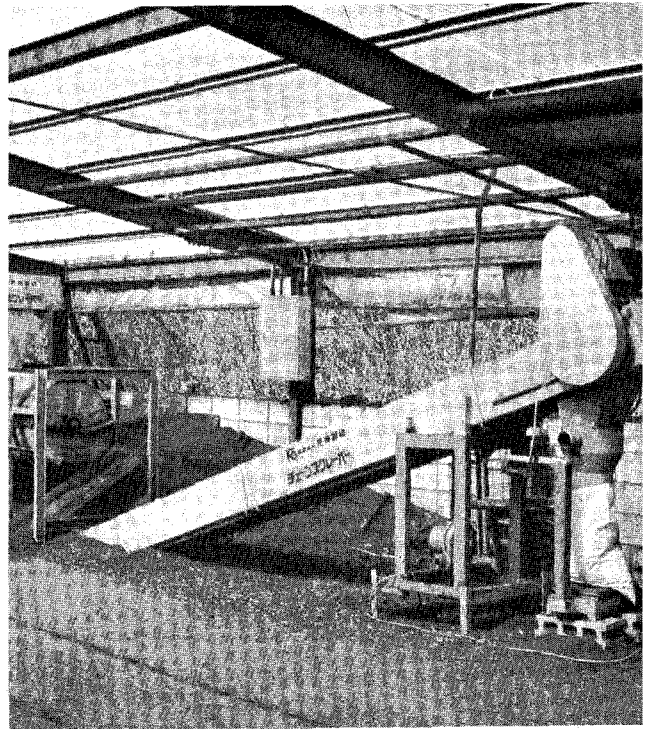
(4) KS-D

하우스건조시스템에 개량한 것으로 발효 병용형으로 소규모 양계장의 계분처리에 가장 적합하다.

계분의 퇴적깊이는 50cm이며 피트폭은 6m까지 가능하다.

(5) KS

본기는 천일건조를 목적으로 설계된 것으로 다른 시스템의 수분조절용으로 병용하는 것도 바람직한 기종이다.



이 가장 경제적인 방법이나 계분의 수분 함량에 따른 계분발생량의 변화는 발효처리시스템의 용량(투자규모)에도 많은 영향을 끼친다.

즉 계사구조, 계분방식, 수분조절방식, 발효처리공정의 선택, 생산제품의 저장 및 판매에 이르기까지 세밀한 검토가 필요하다.

소규모의 양계장에서는 계사내 건조를 최대한 활용하여 순차적인 투자가 바람직하며 대규모의 양계장에는 안정된 처리능력과 2차문제가 발생하지 않는 확실한 설비의 투자가 중요하다. ■

## 6. 결 론

현재의 처리방법중에서 유기발효비료생산공정

# 철저한 방역으로 양계질병 예방하자

\*각종 질병문의 ☎ (752) 3571~2, 6917