

톱밥이용 한우 분뇨처리에 관한 연구

강희설 · 홍성구 · 조원모 · 백봉현 · 박치호 · 이덕수

축산기술연구소

Effects of Sawdust and Rice Hulls Litter on the Waste Management of Hanwoo (Korean Native Cattle)

Kang Hee-Seol, Hong Seong-Koo, Cho Won-Mo, Paek Bong-Hyun,

Park Chi-Ho and Lee Duk-Sou

National Livestock Research Institute, R.D.A

Summary

Litters such as sawdust and rice hulls are used to manage the waste excrements of Hanwoo(Korean Native Cattle). This experiment was conducted to investigate the adequate depth of bedding materials, and the effective substitutive rate of rice hulls and the recycled-dried sawdust mixed with cattle waste for sawdust from 1993 to 1994.

The results were as follows :

1. The most adequate bedding depth of sawdust was 5cm and it was able to be utilized for 38 days. The cost of required sawdust was lower in order of 5, 15, 20 and 10cm in depth of bedding sawdust.
2. Rice hulls was able to be fully substituted for sawdust, but 50% substitution the most effective.
3. Recycled-dried sawdust mixed with cattle waste could be substituted less than 25% for sawdust.

(Key words : Sawdust, Rice Hulls, Beef Cattle Waste)

서 론

최근 한우의 사육규모가 확대됨에 따라 생산비 절감 등을 통한 생산성을 향상시킬 수 있으나 다두사육에 따른 분뇨처리가 문제점으로 대두되게 되었다. 최근 가축분뇨가 환경오염의 한 요인으로 부각되면서 “91. 3월 오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률”을 제정한 이후 가축분뇨에 대한 규제가 대폭 강화되고 있어 한우 사육농가들의 분뇨처리 비용의 부담이 가중될 전망이다. 한우의 분뇨처리 방법은 주로 톱밥(깔짚)등에 의한 퇴비화 방법으로서 개방식형태의 톱밥우사가 많이 이용되고 있다. 톱밥우사

는 우사바닥에 톱밥, 왕겨등을 깔아서 뇨가 우사밖으로 배출되지 않도록 하여 기계등으로 제거하여 퇴비로 이용하는 처리방법이다. 톱밥우사의 깔짚으로 이용할 수 있는 재료로서는 톱밥, 왕겨, 벧짚, 보리짚, 목건초, 세절 신문용지, 골판지, 흙, 모래, 우드칩, 스티로폼, 재처리톱밥, 나무껍질, 나무가지, 화산회토등이 있으나, 우리나라에서는 주로 톱밥, 왕겨 등이 쓰이고 있고 일본의 경우는 톱밥, 삼나무류껍질, 왕겨, 세절 신문용지등을 일부 이용^{3,9)}하고 있다.

톱밥의 이용실태를 보면 주로 우사바닥의 전면 또는 일부만 톱밥, 왕겨등을 깔아쓰고 있으

며 중부지방은 주로 얇게 깔아서 쓰는 반면 남부지역은 두껍게 깔아쓰는 경향으로서 그 두께는 3~60cm까지 다양하게 이용되고 있다. 이러한 방법은 주로 경험에 의한 이용방법으로서 가격이 비싸고 구입하기도 어려운 톱밥이 경제적으로 이용되지 못하고 있는 실정이다.

'93 가변형 축사 표준설계도에서는 톱밥의 두께를 10cm정도 깔아 쓰도록 제시되어 있고 이용기간이 30일정도 이용이 가능하다고 하며 축산폐수 정화시설 표준설계도에서도 10cm로 제시되어 있다.

최근에 톱밥의 수요가 축산분야 뿐만이 아니라 공업용으로도 증가되고 있어서 톱밥의 공급이 원활하지 못하고 톱밥 구입가격이 매년 상승함에 따라 주위에서 손쉽게 구할 수 있는 농산부산물인 왕겨를 이용하고자 하는 농가가 증가하고 있다. 왕겨는 지역적으로 공급이 용이하고 가격이 저렴하므로 경제적 이용가치가 높을 것으로 기대되며 미곡종합처리장을 중심으로 최근에는 분쇄, 팽화 등 물리적 처리에 의한 왕겨의 생산이 가능할 것으로 전망되고 있다.

또한 1차 이용되어진 톱밥우분을 재처리하여 이용하므로써 재활용의 효과를 기대함과 동시에 톱밥 수급문제를 일부 해결할 수 있는 방안을 모색하기 위하여 본 시험에서는 톱밥 이용시 가장 효율적인 톱밥의 이용두께와 톱밥을 대체할 수 있는 왕겨와 再處理 톱밥우분의 대체 가능성을 검토 하였다.

재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

시험기간은 1993년 8월 24일 부터 94년 11월 5일까지 톱밥의 이용두께, 왕겨 및 재처리 톱밥우분과의 톱밥대체 이용시험을 수행하였다.

가. 톱밥이용 적정두께 시험 :

93. 8. 24 ~ 94. 5. 2

나. 톱밥대체 왕겨 이용 시험 :

94. 8. 18 ~ 94. 9. 22

다. 톱밥대체 재처리 톱밥우분 이용 시험 :

94. 10. 11 ~ 94. 11. 5

2. 축사형태 및 기상조건

축산기술연구소내 비육우사로서 지붕재가 스테이트와 투광성자재(FRP)가 혼합된 지붕 고정식 개방우사에서 실시하였다. 시험기간중 외부 조건 기상변화를 분석하여 보면 예년에 비하여 본 시험기간중 최고온도는 0.6~2.6℃ 높았고 상대습도는 3.6~9.0% 낮았으며 일조는 비슷한 경향이였다. 시험기간중의 기상변화는 Table 1과 같다

시험축은 군사(처리구당 8두)를 하였고 두당 소요면적은 톱밥이용 두께시험 10.2m², 왕겨와 재처리 톱밥우분 시험은 7.3m²로 처리하였다.

3. 시험설계

처리방법은 톱밥 이용두께 결정시험은 톱밥 두께를 5, 10, 15 및 20cm 4개처리로 하였으며 우사내의 톱밥 처리기간을 고려하여 5, 10cm는 3회, 15cm는 2회 20cm는 1회 톱밥 이용기간 시험을 실시 하였으며 계절별 요인은 고려하지 않았다. 톱밥 대체 왕겨이용 시험 및 재처리 톱밥우분 시험은 처리두께는 5cm를 기준으로 하였으며 톱밥 대체비율은 왕겨 및 재처리 톱밥우분을 각각 0, 25, 50, 75, 100%의 5개처리로 실시하였다.

4. 공 시 측

공시측은 거세한 한우로서 체중은 시험개시 시 190kg에서 시험종료시는 520kg이었다

5. 공시재료

Table 1. Meteorological data during experimental periods

Season	Temperature (°C)						Relative humidity (%)			Sunshine duration (hr)		
	Av.			Max.			Exper. yr.	Normal. yr.	Difference	Exper. yr.	Normal. yr.	Difference
	Exper. yr.	Normal. ¹⁾ yr.	Difference	Exper. yr.	Normal. yr.	Difference						
'93												
Fall	14.1	12.8	1.3	19.4	18.8	0.6	71.7	75.3	-3.6	5.9	6.2	-0.3
Winter	-0.3	-2.3	2.0	4.9	3.0	1.9	64.0	69.7	-5.7	5.0	5.7	-0.7
'94												
Spring	11.8	10.4	1.4	17.8	16.4	1.4	62.0	69.3	-7.3	6.7	7.5	-0.8
Summer	26.0	24.3	1.7	30.6	28.0	2.6	70.7	79.7	-9.0	6.5	6.1	0.4
Fall	17.8	16.4	1.4	23.3	22.5	0.8	69.0	77.5	-8.5	6.8	6.6	0.2

*¹⁾ 30 years mean.

공시재료에 이용된 톱밥은 인천과, 왕겨는 수원에서 구입 하였으며 왕겨는 미분쇄 상태로 공시하였다. 재처리 톱밥우분은 본 시험에서 실시한 1차 이용된 톱밥우분을 축산기술연구소에서 개발한 농가형 축분발효기를 이용하여 발효건조시킨 후 이용하였다. 톱밥두께는 부피를 기준으로 무게를 칭량하여 처리하였으며 대체 비율별 시험도 동일한 방법으로 계산하여 처리하였다.

6. 조사항목 및 방법

톱밥상의 수분함량은 개시 후 5일 간격으로 오전 10시경에 처리구당 3점씩을 채취하여 자크식 비닐백에 밀봉하여 분석실로 운반하여 무게를 칭량한 후 건조기에서 70°C로 24시간 건조한 후 건조무게를 측정하여 수분함량을 계산하였다. 톱밥의 교체기준은 수분함량은 65~70%, 牛體清潔度(0~10)을 기준으로 시험축의 위 넓적다리에 물기가 축축히 묻어있는 시기로 결정하였다.

7. 사양관리

사양관리방법은 급수는 無加溫 급수기를 이

용하여 자유섭취토록 하였으며 조사료로는 볏짚을 자유채식토록 하였고 배합사료는 축산기술연구소의 고급육생산 프로그램에 준하여 급여하였으며 톱밥상갈짚의 뒤집기 작업은 실시하지 않았다.

8. 경제성 분석

경제성 분석은 한우 비육농가의 평균 사육면적인 두당 6.6m²를 기준하여 갈짚 소요량, 자가 노력비, 대농구비를 계산하여 경영비를 산출하였고, 톱밥 이용두께, 왕겨 및 재처리 톱밥우분 시험 모두 동일하게 적용하였다.

결과 및 고찰

1. 톱밥의 효율적인 이용두께

톱밥우사는 기존의 한우 분뇨처리 방법보다 노동력이 적게 들고 기계화도 용이한 장점이 있으나 톱밥의 구입가격이 비싸고 필요시 제대로 수급이 원활하지 않아서 어려움을 겪고 있다. 본 시험에서는 한우농가에서 톱밥을 가장 효과적으로 이용할 수 있는 이용두께를 알아 보고자 시험을 수행하였으며 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Treatment time and amount of sawdust required in each bedding depth

Items	Depth of sawdust bedding (cm)			
	5	10	15	20
Treatment period (days)	38	42	80	90
Amount of sawdust required (m ³ /head/yr)	4.9	8.9	7.0	8.4

- Experimental period : 93. 8. 24 ~ 94. 5. 2
- Experimental cattle : 190~380 kg steer Hanwoo
- Area : 10.2m²/head
- Amount of sawdust required (m³/head/yr) :
Area(m²/head) × Depth of sawdust bedding(cm) × (Treatment time(day)/365 days)

톱밥의 이용기간은 5cm 처리가 38일정도를 이용하였고 톱밥두께별로 42일, 80일, 90일을 이용하여 톱밥두께가 두꺼울수록 이용기간이 길어졌으나 두당 톱밥의 연간소요량은 4.9m³로 5cm처리가 가장 적게 소요 되었다. '94 가변형 축사 표준설계도의 10cm와는 차이가 있었으며^{3),6)} 권 등²⁾은 착유우 톱밥 우사 이용시 톱밥두께 10cm에서 일주일 간격으로 뒤집어 줄때 1년 정도 이용할 수 있다고 보고 한 것과는 다른 경향이었고 기 등⁴⁾의 톱밥우사 설치농가 조사결과인 지붕 고정식은 12.6cm, 개폐식은 7.5cm에서 이용한다고 보고와 1회 처리당 이용기간이 고정식은 50일, 개폐식은 46일 이용한다고 한 것과는 비슷한 경향이였다.

한우 사육농가에서는 톱밥(왕겨)이용 분뇨처리방법이 확대되고 있는 현실로서 톱밥의 이용두께는 5cm 내외가 알맞을 것으로 사료된다.

단, 이용기간이 짧으므로 교체노동력이 다른 처리보다 약간 더 소요되기는 하나 제거 장비의 기동력이 뛰어나 톱밥교체에 따른 시간은 많이 소요되지 않는다. 따라서 얇게 깔아 이용하는 것이 톱밥소요량을 절감하고 청결한 환경을 유지할 수 있다. 또한 사육밀도, 지붕자재의 종류에 따라서도 이용기간과 밀접한 관련이 있을 것으로 사료된다. 톱밥 두께별 수분함량 변화를 비교하기 위하여 우사내에서 간이 수분증발시험을 실시하였다. 이유는 실제적으로 톱밥두께와 수분증발과의 관계를 살펴보기로서 톱밥두께별 시험과 비교를 하고자 실시하였다. 측정시 용기는 가로 30cm×세로 40cm×높이 20cm의 고무용기에 톱밥을 넣고 300kg 한우의 배설량을 기준하여 수분을 공급하였으며 수분증발에 대한 변화는 Table 3와 같다.

위 결과로 보아 톱밥의 두께가 얇을수록 수분

Table 3. Change in waste content by each of sawdust bedding in supplying water

(Unit : g)

Items	Depth of sawdust bedding (cm)			
	5	10	15	20
Ini. wt. of sawdust	1.025	2.050	3.075	4.000
Amount of supplied water	3.240	3.240	3.240	3.240
Final wt of sawdust	2.554	3.994	5.286	6.172
Amount of Evaporated water	1.711	1.296	1.029	1.068
Index	100	76	60	62

- Experimental period : 94. 4. 7 ~ 4. 16(10 days)
- Method of experiment : Water was supplied for 6 days after the beginning of experiment.

증발량이 높다는 것을 알 수 있으며 톱밥의 두께가 얇을수록 소가 이동시 톱밥을 뒤집어 주는 역할을 하므로서 수분증발 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. 톱밥두께가 10cm정도만 되어도 톱밥이 다져지는 현상이 나타나게 되고 다져진 바닥부분의 톱밥은 수분만을 간직한 채 뒤집어지지 않아 증발효과를 기대할 수 없는 경우가 있다.

2. 왕겨의 톱밥대체 효과

왕겨는 실리카와 리그닌이 33%를 차지하고 있고 수분흡수력이 톱밥보다는 낮다. 톱밥의 수분흡수력은 250%정도이며 미분쇄 상태의 왕겨 수분 흡수력은 74%정도로 보고되고 있다.¹⁷⁾ 우리나라의 왕겨생산량은 1,813천톤이며 미곡종합 처리장 등 전국에서 구입이 가능하다는 장점이 있고 톱밥에 비하여 가격이 낮아 깔짚으로서의 이용 가치가 높다. 우사의 깔짚 기능으로서 수분흡수력면에서는 낮으나 농산부산물인 왕겨를 이용하므로서 톱밥구입의 어려움을 일부 해소하고 구입비용을 절감하고자 왕겨 대체이용 시험을 수행한 바 결과는 Table 4와 같다.

톱밥을 왕겨로 몇 %까지 대체하여도 이용이

가능한지에 대한 시험을 실시한 결과 이용기간은 차이가 있으나 톱밥 100% 처리구가 30일을 이용한 반면 톱밥 75%+왕겨 25%처리구와 톱밥 50%+왕겨 50% 처리구가 각각 25일을 이용하였다. 또한 왕겨 100%처리구도 15일을 이용하여 톱밥이용기간의 50% 수준정도 이용하였다. 정 등^{15, 16)}은 톱밥발효돈사에서 왕겨를 50%까지 대체가 가능하고 효율적인 대체비율은 25% 수준으로 보고한 것과 비슷한 경향이었고 탁 등²¹⁾도 왕겨를 가축분뇨와 혼합하여 수분조절제 및 공극제로서 퇴비화시 톱밥 대신 왕겨를 100% 대체가 가능하다고 하였다. 따라서 톱밥우사에 대체제로서 왕겨를 톱밥의 50% 수준까지 대체가 가능할 것으로 사료되며 톱밥을 구입하기 어려운 조건하에서는 왕겨를 100% 이용하는 것도 타당할 것으로 생각된다. 또한 톱밥 이용일수가 톱밥두께 시험과 다른 것은 처리시기 및 공시축의 체중이 다르기 때문이다. 앞으로도 왕겨의 수분흡수율을 증대시키기 위한 물리·화학적 처리방법이 계속적으로 개발되어야 할 것이며, 최근에 원심력이나 팽화처리에 의한 분쇄방법이 부분적으로 연구되고 있어 왕겨의 이용효율을 증대시킬 수 있을 것으로 기대가 된다.

Table 4. Substitutive effect of rice hulls for sawdust

Items	Substitutive rate of rice hulls for sawdust (%)				
	0	25	50	75	100
Treatment period(days)	30	25	25	15	15
Amount of litter required (m ³ /head/yr)					
- Sawdust	4.4	4.0	2.7	2.2	-
- Rice hull	-	1.3	2.7	6.7	8.9

- Experimental period : 94. 8. 18 ~ 9. 22
- Experimental cattle : 470kg steer Hanwoo.
- Area : 7.3m²/head

3. 재처리 톱밥우분의 톱밥대체 효과

톱밥우사에서 이용되어진 톱밥우분은 주로 퇴비수집업자나 원예, 과수농가들이 유기질 비

료로 많이 이용하고 있다. 그동안 수입되던 원목도 현지에서 가공되어 수입되기 때문에 톱밥생산이 원활하지 못한 실정이다. 따라서 톱밥구입에 따른 농가부담을 최소화하고 톱밥을 자원

적인 측면에서 재활용코자 1차 이용되어진 톱밥우분을 축산기술연구소에서 개발한 농가용 축분 발효기를 이용하여 처리하였으며 재처리

한 톱밥우분의 수분함량은 40.5%였으며 생톱밥에 대한 대체가능성을 검토코자 시험한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Substitutive effect of recycled-dried sawdust mixed with cattle waste for fresh sawdust

Items	Substitutive rate of recycled-dried sawdust mixed with cattle waste for fresh sawdust (%)				
	0	25	50	75	100
Treatment period(days)	25	25	15	15	20
Amount of litter required(m ³ /head/yr)					
- Sawdust	5.3	4.0	4.4	2.2	-
- Recycled-dried sawdust mixed with cattle waste	-	1.3	4.4	6.6	6.7

- Experimental period : 94. 10. 11 ~ 11. 5
- Experimental cattle : 520kg steer Hanwoo.
- Area : 7.3m²/head

톱밥의 이용기간에는 다소 차이가 있으나 재처리 톱밥우분을 25%정도 대체하여도 이용기간에는 톱밥 100%처리구와 차이가 없었으며 재처리 톱밥우분만을 이용하여도 가능성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 재처리 작업을 위한 기계등의 구입이 개인적으로는 어려우므로 공동처리 생산이 뒤따라야 할 것이다. 대규모 사육농가에서는 퇴비사를 활용한 자연발효 방법을 이용하여 발효건조 후 재활용하는 방법도 검토해 볼 필요가 있다.

4. 경 제 성

한우의 분뇨처리를 위해 깔짚을 이용한 톱밥의 적정 이용두께, 왕겨와 재처리 톱밥우분의 톱밥 대체비율등을 알아 보았다. 톱밥우사의 경우 깔짚 구입비용이 경영비에서 차지하는 비중이 높기때문에 구입에 따른 소요되는 비용을 절감하는데 목적이 있는 만큼 처리별로 경제성을 분석한 결과는 Table 6, 7, 8과 같다.

톱밥의 적정 이용두께에 대한 경영비 분석 결

Table 6. Production cost by each depth of sawdust bedding

Items	Depth of sawdust bedding (cm)			
	5	10	15	20
Treatment period (days)	38	42	80	90
Amount of required sawdust* (m ³ /head/yr)	3.2	5.7	4.6	5.4
Sawdust cost (won/head/yr)	40,320	71,820	57,960	68,040
Family labor cost (won/head/yr)	6,600	12,160	9,730	11,460
Depreciation on large implement (won/head/yr)	14,240	14,240	14,240	14,240
Management cost (won/head/yr)	61,160	98,220	81,930	93,740
Index	100	161	134	153

- * Basis on required area of 6.6m² per head.
- Sawdust price : 12,600 won/m³ ('94. 10).

과 Table 6에서와 같이 5cm 두께에서 톱밥 구입 비용이 40,320원이었고 자가 노력비를 포함한 두당 경영비에서도 61,160원으로 가장 낮았다. 기 등⁴⁾은 지붕개폐식 우사(7.5cm)에서 톱밥분뇨 청소에 따른 투입비용이 51,863원으로 보고하였다.

왕겨대체시의 결과는 Table 7과 같이 톱밥 100% 대비 왕겨 50% 대체구의 깔짚 구입비용이 44,160원으로서 톱밥 100%구의 60,480원보

다 적게 소요되었으며 경영비면에서도 왕겨 50% 대체구가 유리한 것으로 나타났고 톱밥에 대한 왕겨의 50% 대체가 가능하였다. 권 등³⁾은 착유우에서 왕겨를 이용시 톱밥보다 연간 톱밥 비용을 52% 절감할 수 있다고 하였다.

1차 이용된 톱밥의 재활용시험 결과는 Table 8에서와 같이 재처리 톱밥우분을 25~100% 대체가 가능할 것으로 사료된다.

Table 7. Production cost in substituting rice hull for sawdust

Items	Substitutive rate of rice hull for sawdust (%)				
	0	25	50	75	100
Treatment period (days)	30	25	25	15	15
Amount of required litter (m ³ /head/yr)					
- Sawdust	4.0	3.7	2.4	1.9	-
- Rice hull	-	1.2	2.4	6.1	8.0
Litter cost (won/head/yr)	50,400	53,580	44,160	59,320	46,400
Family labor cost (won/head/yr)	6,600	7,990	7,990	13,200	13,200
Depreciation on large implement (won/head/yr)	14,240	17,090	17,090	28,480	28,480
Management cost (won/head/yr)	71,240	78,660	69,240	101,000	88,000
Index	100	110	97	142	124

- Rice hull price : 5,800 won/m³ ('94. 10).

Table 8. Production cost in substituting recycled-dried sawdust mixed with cattle waste for fresh sawdust

Items	Recycled-dried sawdust mixed with cattle waste (%)				
	0	25	50	75	100
Treatment period (days)	25	25	15	15	20
Amount of required litter (m ³ /head/yr)					
- Sawdust	4.8	3.6	4.0	1.7	-
- Rice hull	-	1.2	4.0	6.3	6.0
Litter cost (won/head/yr)	60,480	47,880	58,800	34,650	12,600
Family labor cost (won/head/yr)	6,600	6,600	11,210	11,210	8,690
Depreciation on large implement (won/head/yr)	14,240	14,240	24,210	24,210	18,510
Management cost (won/head/yr)	81,230	68,720	94,220	70,070	39,800
Index	100	85	116	86	49

- Recycled-dried sawdust mixed with cattle waste : 2,100 won/m³ (estimated price, '94. 11).

적 요

최근 분뇨처리방법의 한 방법으로 퇴비화방법이 있으며 그중 깔짚을 이용한 처리를 한우 사육농가가 사용하고 있어 1993년부터 1994년까지 축산기술연구소에서 한우를 대상으로 톱밥이용 두께와 왕겨 및 재처리 톱밥우분 대체시험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 톱밥우사내 효율적인 톱밥두께는 5cm였으며 이용기간은 38일정도 이용이 가능하였으며 비용면에서도 5cm, 15cm, 20cm, 10cm 순으로 많이 소요되었다.

2. 톱밥에 대한 왕겨의 대체비율은 50%가 효율적이었으며 톱밥구입이 곤란할 때는 왕겨 100% 단독사용도 가능하였으며 비용면에서도 왕겨 50% 처리구가 효과적이었고 톱밥 부족난을 일부 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

3. 1차 이용한 톱밥우분을 재처리하여 활용할 경우 이용기간은 톱밥의 25% 정도 절감이 가능할 것으로 기대된다. 퇴비사 및 처리시설 설치에 따른 비용이 추가 소요되므로 공동구입 활용이 필요하다.

인 용 문 헌

1. 국립종축원. 1992: 외국의 축산폐수처리 대책.
2. 권두중, 권응기, 기광석, 정석근, 이기종, 진영화. 1994: 착유우의 톱밥우사 이용 연구. 시험연구보고서. 축산기술연구소. 335-361.
3. _____. 1995: 착유우의 톱밥 발효우사 이용연구.
4. 기필도, 이해길, 박민근, 강봉순. 1994: 톱밥우사의 경영경제적 효과분석. 시험연구보고서. 경기도 농촌진흥원. 74-80.
5. 농림수산부, 환경처. 1992: 축산폐수 정화시

설 설계도.

6. 농림수산부, 축협중앙회. 1994: '93 가변형 축사표준설계도.
7. 농림수산부. 1994: 축산정책해설.
8. _____. 1995. 3: 가축통계.
9. 농산어촌문화협회. 1995: 축산환경 대사전. 일본.
10. 농촌진흥청. 1993: 작목별 작업단계별 노동력 투하시간.
11. _____. 1993: 농축산물 표준소득 조사 분석 요령.
12. _____. 1993, 1992: '92, '93. 농축산물 표준소득.
13. 박용윤, 장원경. 1986: 톱밥발효돈사가 육성비육돈의 발육에 미치는 영향. 시험연구보고서. 축산기술연구소. 238-243.11.
14. 박창식, 이봉덕, 지설하, 이광원, 이성호. 1992: 톱밥 발효상이 비육돈의 계절별 성장능력에 미치는 영향. 한축지. 34(4) 219-224.
15. 정숙근. 1990: 발효돈사 양돈의 특성과 실용화 방안. 무공해 발효돈사 양돈 기술 세미나 자료. 10-26.
16. 정숙근, 정일병. 1990: 발효상 양돈에 관한 연구. 한축지. 32(11) 685-689.
17. 축산중앙회. 1985: 퇴비화시설 설계 메뉴얼. 일본.
18. 축협중앙회. 1992: 축산물생산비 조사해설.
19. _____. 1993: 축산물생산비 조사보고.
20. 탁태영, 광정훈, 전병수. 1993: 톱밥토양여과법에 의한 축산폐수 정화효과 연구. 농진청 농업논문집. 35(1):607-613.
21. 탁태영, 이장형, 광정훈, 전병수, 이진우. 1994: 축산폐수 처리에 관한 연구. 농촌경제연구원, 축산기술연구소. C94-5. 133-184.