

家畜糞 乾燥, 醱酵 複合施設 開發 研究

I. 乾燥方法別 含水率 變化

尹淳康* · 鄭光溶* · 禹基大* · 柳順昊**

A study on the Development of a Drying and Fermentation Process of Domestic Animal Manure

I. Change in Water Content of Pig Manure under Different Drying Conditions

Sun-Gang Yun*, Kwang-Yong Jung*, Ki-Dae Woo*, Sun-Ho Yoo**

Abstract

This study was conducted to obtain practical information on the efficient drying of animal manure under the sunny dry condition. The effects of the height of manure pile (5, 10, 15, and 20cm), stirring times (0, 1, 2, and 4 times/day), the addition of dried manure (30%, w/w), and the type of drying bed on the removal of water from fresh pig manure were investigated in a plastic house.

Pig manure was dried very well by lowering the height of manure pile and the drying efficiency was the highest at 10cm height. Water evaporation rate was the greatest at the twice-stirring per day treatment. The addition of dried manure as bulking material enhanced the water evaporation rate of wet pig manure. The amounts of water removed for 19 days under the condition of 10cm height of manure pile and twice-stirring in spring, summer, autumn and winter were 75.6, 73.3, 54.6 and 32.6kg/1.2m², respectively.

* 農業技術研究所 農化學科(Agricultural Sciences Institute, RDA, Suwon)

** 서울대학교 農業生命科學大學 農化學科(College of Agric. and Life Sci., Seoul National University, Suwon)

— 본 論文은 農村振興廳 特定研究 課題로 遂行되었음

緒 論

國內의 家畜(소, 돼지, 닭) 糞尿 발생량은 1991년에 3,700여 만톤으로 이는 1970년에 비하여 2배 이상이 증가한 것이다. 家畜糞尿 發生量 증가는 國家經濟發展과 더불어 국민들의 食生活 樣式의 變化로 肉類消費量이 증가하여 이에 따라 家畜飼育頭數가 많아졌기 때문이다. 家畜糞尿의 發生量은 앞으로 더욱 증가할 것으로 推定되며 따라서 環境에 安定的인 家畜분뇨 處理技術開發이 시급한 실정이다^{1,2,3)}.

家畜廢棄物은 크게 廢水와 固形物로 구분되며 廢水는 직접적으로 環境汚染을 誘發할 뿐만 아니라 인 집농가에 被害를 惹起할 수 있는 원인이 되므로 상당수 畜産農家에서는 簡易 또는 대형 廢水淨化施設을 設置 運用하고 있다. 固形 畜産廢棄物인 家畜분은 일부 作物栽培 전에 耕作地에 使用될 수 있지만 作物이 생육하는 동안에는 遊休地에 放置되고 있는 실정이어서 강우시 유실로 環境汚染을 誘發할 수 있다^{4,5)}. 그러나 家畜이 排泄한 糞은 食物에 有用한 多量 및 微量元素을 함유하고 있어서 肥料代替源으로 재활용이 가능한 廢棄物이므로 적절한 處理過程을 거쳐 作物에 施用하면 肥料使用量을 줄이고 環境汚染도 방지할 수 있다^{6,7,8)}.

家畜糞의 水分含量은 畜種에 따라 다르지만 80% 이상에 달하기 때문에 곧 바로 耕作地에 施用하기 곤란할 뿐만 아니라 톱밥등과 같은 水分調節劑의 첨가 없이는 腐熟하기에 부적당하다. 그러나 水分調節劑로 많이 사용되는 톱밥은 需要量의 증대로 가격이 비싸고 필요시기에 적절히 공급되기 어려운 실정이다. 또한 生豚糞은 運搬하기에 곤란하여 共同處理場과 같은 시설이 있다 하여도 현실적으로 衛生的인 輸送方法이 개발되지 않는 한 공동처리가 어려운 실정이다. 소규모 농가에서는 발생된 축분을 裸地에 堆積하여 두는 것이 일반적이며³⁾ 이럴 경우 畜糞의 내부에는 수분함량이 높아서 腐熟되기 어렵고 作物에 施用하였을 때 否定的인 영향을 招來할 수 있다. 따라서 家畜糞의 效率的인 처리기술에서

가장 우선적으로 해결되어야 하는 문제는 水分을 제거하는 것이며 水分含量을 60% 이하로 낮출수 있으면 醱酵에 적당하여 水分調節劑를 사용하지 않아도 될 뿐만 아니라 運搬과 輸送에도 容易하게 된다.

본 研究에서는 家畜糞의 公害防止와 再活用 資源化를 위하여 비닐하우스를 이용한 天日 乾燥條件에서 家畜糞 수분제거를 위한 乾燥條件을 구명하고 農家에서 活用할 수 있는 乾燥 및 腐熟技術開發을 위한 基礎資料를 얻고자 수행하였다.

材料 및 方法

試驗에 사용한 家畜糞은 豚糞으로 水原에 위치한 畜産試驗場 및 隣近 養豚農家에서 운반하여 사용하였으며, 乾燥床은 면적이 1.2 m²로 防水合板을 이용하여 製作하였고 비닐하우스 내에 설치하였다. 家畜糞 乾燥時 돈분 두께별 乾燥效率를 比較하기 위하여 乾燥床의 높이를 5, 10, 15, 20cm로 하였고 이때의 家畜糞 投入量은 각각 60, 120, 180, 200kg/1.2m²였다.

豚糞 건조시 攪拌過程이 건조효율에 미치는 影響을 구명하기 위하여 乾燥床 높이를 10cm로 고정하고 1일 攪拌回數를 0, 1, 2, 4, 回 人力으로 攪拌하여 含水率 變化를 조사하였으며 이때의 豚糞 투입량은 120kg/1.2 m²였다. 水分調節劑로서 이미 乾燥된 豚糞의 添加效率를 검토하기 위하여 生豚糞 부피의 1/3에 해당되는 乾燥糞(40kg)을 生豚糞과 혼합하여 生豚糞 만을 처리한 것과 乾燥效率를 비교하였다.

乾燥床 바닥의 형태별 效果를 검토하기 위하여 乾燥床 바닥을 시멘트 콘크리트, 裸地, 10cm 두께의 톱밥, 왕겨, 모래 및 下部에 20cm 공간을 둔 나무 평상으로 區分하여 시험을 수행하였다.

각 처리별 계절 간 乾燥效率를 검토하기 위하여 여름(6월 30일-7월 18일), 봄(4월 10-29일), 가을(10월 10-29일), 겨울철(1월 5-24일)에 含水率 變化를 조사하였고 調查期間은 각각 19일 동안씩 실시하였다. 水分含量은 重量法으로 정량하였고 化

學成分은 農業技術研究所 標準分析法에 準하여 定 量하였다⁹⁾.

結果 및 考察

試驗에 사용한 豚糞의 含水率은 대체로 70 % 내 외로서 季節別 차이가 없이 일정한 傾向이었다. 豚糞 두께별 水分蒸發量은 表 1 에서 보는 바와 같이 여름>봄>가을>겨울 順으로 높았으며 豚糞層의 두께가 낮을수록 높은 傾向을 보였다. 여름철에 糞 두께 5cm 處理에서의 水分蒸發率은 95%로 가장 높았으며 20cm 處理에서도 86.9%로 가을, 겨울철의 同一 處理에 비하여 매우 높은 것이었다. 가을철에는 豚糞 두께 5cm 處理에서 水分 蒸發率이 93%에

달하였으나 20cm 처리에서는 25%로 낮았다. 겨울철에는 5cm 處理에서 水分蒸發率이 57.2%로 봄, 가을철에 비하여 매우 낮은 결과를 보였다. 여름철에 水分蒸發率이 많은 것은 계절별 水分蒸發率에 여러 가지 環境要因이 작용하지만 그중 氣溫, 相對濕度, 日射量 등 조건이 가을, 겨울철에 비하여 여름철에 家畜糞의 乾燥에 적합하였기 때문으로 생각된다.

家畜糞의 하우스 건조시 乾燥效率은 공기와 接觸 하는 表面積에 비례하므로 乾燥床 바닥에 퇴적된 豚糞은 攪拌을 하여야 乾燥效率을 촉진할 수 있다. 본 試驗에서도 계절에 관계없이 攪拌過程은 水分蒸發에 顯著한 효과를 보였다. 表 2에서 나타난 것처럼 봄철과 겨울철에 豚糞을 攪拌하지 않았을 때 水分蒸發率은 12-13%에 不過하였지만 1일에 2회 攪

Table 1. Water evaporation rate of pig manure at different thickness.

Season	Thick.	Initial			After drying			Amount of evaporated water	Evapo. rate
		APM	WC	AW	FAPM	WC	AW		
	cm	kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%
Spring	5	60	65.2	39.1	23.0	9.3	2.1	37.0	94.5
	10	120	67.5	81.0	47.2	17.3	8.2	72.8	89.9
	15	180	68.0	122.4	87.0	33.8	29.4	93.3	76.2
	20	240	64.4	154.6	148.8	42.6	63.4	91.2	58.9
Summer	5	60	66.1	39.7	22.3	8.9	2.0	37.7	95.0
	10	120	65.8	79.0	46.0	10.7	4.9	74.0	93.8
	15	180	63.8	114.8	75.6	13.8	10.4	104.4	90.9
	20	240	64.6	155.0	105.3	19.3	20.3	134.7	86.9
Autumn	5	60	69.3	41.6	21.3	13.7	2.9	38.7	93.0
	10	120	71.3	85.6	68.9	50.0	34.3	51.1	59.8
	15	180	69.6	125.3	127.0	56.9	72.2	53.0	42.3
	20	240	69.3	166.3	218.3	57.1	124.7	41.7	25.1
Winter	5	60	70.3	42.2	36.8	49.1	18.1	24.1	57.2
	10	120	70.9	85.1	85.2	59.0	50.3	34.8	40.9
	15	180	69.3	124.7	147.8	62.6	92.5	32.3	25.9
	20	240	69.4	166.6	209.2	64.9	135.8	30.8	18.5

APM : Initial amount of pig manure before drying.

WC : Water content

AW : Amount of water

FAPM : Final amount of pig manure after drying for 19 days.

Table 2. Water evaporation rate of pig manure by stirring process.

Season	Stirring times/day	Initial			After drying			Amount of evaporated water kg	Evapo. rate %
		APM kg	WC %	AW kg	FAPM kg	WC %	AW kg		
Spring	0	120	69.1	82.9	109.8	66.2	72.7	10.2	12.3
	1	120	65.8	78.9	53.7	23.4	12.6	66.3	84.0
	2	120	68.7	82.4	46.0	18.3	6.9	75.6	91.7
	4	120	65.7	78.8	65.3	16.9	11.0	67.8	86.0
Summer	0	120	66.6	79.9	116.5	65.6	76.4	3.5	4.4
	1	120	65.5	78.6	47.9	13.5	6.5	72.1	91.8
	2	120	64.8	77.8	46.7	9.6	4.5	73.3	94.2
	4	120	64.4	77.3	46.5	8.1	3.8	73.5	95.1
Autumn	0	120	70.8	85.0	108.7	67.8	73.7	11.2	13.2
	1	120	70.4	84.5	70.0	49.3	34.5	50.0	59.1
	2	120	69.6	83.5	65.5	44.3	29.0	54.6	65.3
	4	120	68.3	82.0	76.9	50.6	38.9	43.0	52.5
Winter	0	120	73.6	88.3	95.1	66.7	63.5	24.9	28.2
	1	120	72.1	86.5	93.0	64.0	59.5	27.0	31.2
	2	120	71.0	85.2	87.4	60.2	52.6	32.6	38.2
	4	120	74.3	89.2	79.7	61.3	48.9	40.3	45.2

– APM : Initial amount of pig manure before drying. WC : Water content
 AW : Amount of water FAPM : Final amount of pig manure after drying for 29 days.

Table 3. Water evaporation rate of pig manure with or without the addition of dried pig manure.

Season	Treat.	Initial			After drying			Amount of evaporated water kg	Evapo. rate %
		APM kg	WC %	AW kg	FAPM kg	WC %	AW kg		
Spring	Without	120	69.7	83.6	48.3	24.6	11.8	71.8	85.9
	With	120	58.8	70.6	57.4	14.0	8.0	62.6	88.6
Summer	Without	120	68.1	81.7	43.0	11.0	4.7	77.0	94.2
	With	120	63.0	75.6	49.4	10.2	5.0	70.6	93.3
Autumn	Without	120	69.1	82.9	70.7	47.5	33.6	49.3	59.5
	With	120	61.9	74.3	60.6	24.5	14.8	59.4	50.0
Winter	Without	120	72.0	86.4	90.6	62.9	57.0	12.8	14.9
	With	120	61.3	73.6	92.0	49.5	45.5	28.0	38.1

– APM : Initial amount of pig manure before drying. WC : Water content
 AW : Amount of water FAPM : Final amount of pig manure after drying for 19 days.

伴하였던 처리에서는 65-92%로 5-9배의 乾燥效率을 보였다. 豚糞의 하우스 건조에는 건조상에서 豚糞의 乾燥效率을 높이기 위한 手段으로 攪伴이 필수적으로 要求되며 겨울철에는 攪伴回收를 늘리는 것이 유리하나 1일에 2회 攪伴이 가장 적합한 것으로 나타났다.

乾燥床에 豚糞을 투입하기 前에 水分調節劑로서

일정량의 乾燥糞을 生豚糞과 混合한 後 건조하였을 때는 表 3에서 보는 바와 같이 生豚糞만 乾燥하였을 때 보다 乾燥效率이 높아지는 傾向을 보였다. 이같은 傾向은 겨울철에 높았으며 生豚糞만 乾燥하였을 때에 비하여 水分蒸發이 2.6배 높은 것이었다.

表 4는 乾燥床 바닥의 형태별 水分蒸發量을 처리별로 算出한 것이다. 糞 두께별 또는 攪拌回數別

Table 4. Water evaporation rate of pig manure at different types of drying bed.

Season	Types of drying bed.	Initial			After drying			Amount of evaporated water	Evapo. rate
		APM	WC	AW	FAPM	WC	AW		
		kg	%	kg	kg	%	kg	kg	%
Spring	Wooden bed	120	71.2	85.4	44.0	21.3	9.4	76.0	89.0
	Bare soil	120	68.4	82.1	44.6	15.3	6.8	75.3	91.3
	Sawdust	120	68.5	82.2	42.8	11.9	5.1	77.1	93.8
	Rice hull	120	72.3	86.8	37.1	10.8	4.0	82.8	95.4
	Sand	120	69.6	83.5	41.5	12.1	5.0	78.5	93.9
	Concrete	120	71.5	85.8	41.1	16.9	7.0	78.9	91.9
Summer	Wooden bed	120	65.1	78.1	46.9	10.6	5.0	73.2	93.6
	Bare soil	120	64.8	77.8	46.7	9.6	4.5	73.3	94.2
	Sawdust	120	66.8	80.2	44.3	10.1	4.5	75.7	94.4
	Rice hull	120	68.8	82.6	42.4	11.7	5.0	77.6	94.0
	Sand	120	67.0	80.4	43.4	8.7	3.8	76.6	95.3
	Concrete	120	65.4	78.5	47.6	12.8	6.1	72.4	92.2
Autumn	Wooden bed	120	71.3	85.2	70.2	50.5	35.4	49.8	58.4
	Bare soil	120	67.1	80.5	94.7	41.7	39.5	41.0	50.9
	Sawdust	120	66.4	79.7	67.6	40.4	27.3	52.4	65.7
	Rice hull	120	64.6	77.5	64.5	34.1	22.0	55.5	71.6
	Sand	120	65.4	78.5	65.1	36.3	23.6	54.5	69.9
	Concrete	120	65.2	78.2	67.0	37.7	25.2	53.0	67.7
Winter	Wooden bed	120	71.3	85.6	86.8	60.3	52.3	33.3	38.9
	Bare soil	120	70.0	84.0	88.7	59.4	52.7	31.3	37.3
	Sawdust	120	72.5	87.0	86.4	61.8	53.4	33.6	38.6
	Rice hull	120	71.6	85.9	91.6	62.8	57.5	28.4	33.0
	Sand	120	67.8	81.4	89.0	56.6	50.4	31.0	38.1
	Concrete	120	67.1	80.5	101.5	61.1	62.0	18.5	23.0

- APM : Initial amount of pig manure before drying.
- WC : Water content
- AW : Amount of water
- FAPM : Final amount of pig manure after drying for 19 days

처리에서와 같은 水分蒸發率 차이는 나타나지 않았으나 대체로 왕겨 乾燥床이 계절에 관계없이 높은 水分蒸發率을 나타내었으며 겨울철에는 콘크리트 乾燥床이 다른 處理 보다 낮은 水分蒸發率을 나타내었다.

處理別 豚糞乾燥에 필요한 乾燥床 面積을 表 1-4의 결과로 부터 算出한 결과는 表 5와 같다. 필요한 면적의 算出은 龜岡¹⁰⁾의 방법을 변형하여 다음과 같이 계산하였다.

비닐하우스 乾燥床 面積 = 豚糞重量 (kg) × (a - b) / 1일 水分蒸發量 (kg/m²) × (100 - b)

- a : 生豚糞의 含水率 (%)

- b : 乾燥床 내에서 目標 含水率 (%)

본 試驗條件에서 糞 두께를 10cm로 하고 1일 2회 攪拌을 실시한 경우 봄, 여름, 가을, 겨울철에 1.2m²

面積에서 19日 동안 水分蒸發量은 각각 75.6, 73.3, 54.6, 32.6kg 범위였다.

비닐하우스를 利用한 家畜糞의 天日 건조시에 要求되는 乾燥床의 面積은 表 5의 결과와 같이 계절별 차이가 顯著하였으며 봄, 여름, 가을, 겨울철 중 어느 한 계절의 1日 水分蒸發量을 基準으로 결정하는 것이 매우 重要하다. 表 5는 生豚糞 100kg을 含水率이 40% 以下로 낮추는데 要求되는 1일 乾燥床 面積을 算出한 것으로 처리 간에 큰 차이를 보이고 있다. 豚糞 두께를 10cm로 하였을 때 소요되는 乾燥床 面積은 봄, 여름, 가을, 겨울철에 각각 14.4, 13.2, 23.2, 33.9m²로 동일한 처리 간에 계절별 차이가 2배 이상을 나타내고 있다. 그러나 表 5의 結果는 실제 농가의 乾燥床 設置에 응용할 수 있다. 즉 表 5의 攪拌回數 1日 2회, 乾燥期間 15日, 目標含水率

Table 5. Area of drying bed required for pig manure drying under sunny dry condition.

Treatment		Area of drying bed(m ²)			
		Spring	Summer	Autumn	Winter
Tickness (cm)	5	25.9	13.2	28.7	47.6
	10	14.4	13.2	23.3	33.9
	15	11.4	13.0	21.3	34.4
	20	10.2	13.9	26.8	36.3
Stirring (times/day)	0	107.8	295.6	104.8	51.4
	1	14.8	13.4	23.1	45.3
	2	14.4	12.9	20.6	36.1
	4	14.4	12.6	25.1	32.3
Addition of dried PM	without	15.7	13.9	22.5	95.2
	with	11.4	12.4	14.0	29.1
Types of drying bed	Wooden bed	15.6	13.0	23.9	35.7
	Bare soil	14.3	12.9	25.1	36.5
	Sawdust	14.1	13.5	19.1	36.8
	Rice hull	14.8	14.1	16.9	42.5
	Sand	14.3	13.4	17.6	34.1
	Concrete	15.2	13.3	18.1	55.8

#) PM : pig manure

*) 100kg of fresh pig manure was based, final water content of dried pig manure was purposed as 40% (w/w)

40%, 돼지 頭當 糞 排泄量 3.4kg을 基準으로 봄철 결과를 適用하면 돼지 200頭 飼育農家の 경우 103m² 면적의 乾燥床이 必要함을 算出할 수 있다. 그러나 겨울철에는 1일 水分蒸發率이 낮으므로 乾燥床 면적이 2.5배가 더 커야 同一 돼지 飼育條件에서의 豚糞을 目標로 하는 含水率 상태로 건조가 가능하게 된다. 따라서 乾燥床 면적확보가 문제시되지 않는 농가에서는 이 方法의 적용이 가능하지만 그렇지 못한 농가에서는 겨울철에 비닐 하우스 乾燥法을 적용하기는 容易하지 않을 것으로 생각되며 따라서 水分蒸發率이 적은 겨울철에는 副材料를 이용하는 腐熟法을 복합 적용하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

要 約

固形 家畜糞의 效率的인 乾燥를 위한 基礎資料를 얻고자 비닐하우스를 이용한 天日 乾燥條件에서 豚糞의 두께, 攪拌回數, 水分調節劑 첨가 및 乾燥床 바닥의 형태별 乾燥效率를 調査分析한 결과는 다음과 같다.

豚糞 두께가 얇을수록 乾燥가 빨랐으며 10cm 처리에서 乾燥效率이 높았고 처리 간에 水分蒸發率은 큰 차이가 없었다. 攪拌回數別 水分蒸發率은 1日 2回 條件에서 가장 높았다. 乾燥된 豚糞을 水分調節劑로 사용하였을 때 水分蒸發率이 크게 증가하였다. 攪拌回數를 1日 2회로 하고 豚糞 두께를 10cm로 하였을 때 1일 水分蒸發量은 봄, 여름, 가을, 겨울철에 각각 1.2m²당 75.6, 73.3, 54.6, 32.6kg이었다.

理方案. 서울大學校 獸醫科學大學. 1991년도 産學協同 세미나.

2. 西村 洋. (1990) : 畜産ふん尿の乾燥處理施設と運用の實際. 畜産の研究. **4(1)** : 175-182.
3. 柳哲昊, 許德, 李錫浩. (1990) : 家畜糞尿 및 家畜廢水 處理對策에 관한 연구. 韓國農村經濟研究院.
4. Hollen,B.F., J.R.Owen. and J.I.Sewell. (1982) : Water quality in a stream receiving dairy feedlot effluent. *J. Environ. Qual.* **11** : 5-9.
5. Hamataka,T. (1990) : The effect of animal waste on water pollution and agricultural environment. *International symposium on environmental pollution.* pp.59-70.
6. Van Dijk, T.A., and H.Sturm. (1983) : Fertilizer value of animal manure on the continent. *The Fertilizer Soc., London.*
7. Prince,W.H., and J.J.Neeteson. (1988) : Current recommendation for nitrogen fertilization within the EEC in relation to nitrate leaching. Proceeding No. 276. *The Fertilizer Soc. London.*
8. Barrow,N.J. (1992) : Returns of nutrients by animals. In. *Soil Science and Managment.* (ed. Plaster,E.D., Delmar Publishers) pp. 181-186.
9. 農村振興廳. (1988) : 土壤化學 分析法 (土壤, 植物體, 土壤微生物).
10. 龜岡俊則. (1990) : 畜産ふん尿の乾燥處理施設と運用の實際. 畜産の研究. **44(1)** : 183-192.