

## 착유시스템별 세척수 발생량에 관한 연구

최동운 · 강희설 ·곽정훈 · 최희철 · 김재환 · 김태일 · 이덕수 · 권두중 · 한정대  
농촌진흥청 축산기술연구소

## Research on the Amount of Wastewater Produced from the Different Milking System

Choi D. Y., Kang H. S., Kwag J. H., Choi H. C., Kim J. H., Kim T. I.,  
Lee D. S., Kwon D. J. and Han J. D.  
National Livestock Research Institute, R.D.A.

### Summary

This research was carried out to investigate the daily amount and characteristics of wastewater produced from bucket milkers, pipeline, tandem and herringbone milking system for washing operations after milking included 28 dairy farms. The average amount of wastewater produced from milking system was 9.8 l/head/day. The amount of wastewater varied from a low of 8.2 litters/head/day(pipeline milking system) to 13.4 litters/head/day(herringbone milking system). The moisture content, Biochemical Oxygen Demand(BOD<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand(COD<sub>Mn</sub>), Suspended Solids(SS), Total Nitrogen(T-N) and Total Phosphorus(T-P) concentration of wastewater were 99.9%, 394.5mg/l, 417.3mg/l, 1,201.3mg/l, 3.78mg/l, 0.51mg/l.

(Key words : Milking system, Wastewater, Water pollutant, Environment)

### 서 론

낙농가의 관리작업중 필수적으로 수행해야 하는 작업은 착유라 할 수 있다. 착유작업은 시간이 많이 소요되고 힘든 작업이지만 최종산물을 생산한다는 점에서 볼 때 매우 중요한 일이 아닐 수 없다. 착유는 궁극적으로는 낙농가의 소득에 직접적인 영향을 미치기 때문에 착유작업은 무엇보다 세심한 관리가 필요하다. 고품질의 우유를 생산하기 위해서는 착유기의 위생적인 관리가 필수적이며, 그러기 위해서는 철저한 세척작업이 필요하다. 젖소의 경우 점차적으로 중·대규모 사육으로 전환됨에 따라 착유시 발생하는 세척수의 발생량도 증가하고 있어 이에 따른

적절한 관리가 요구되고 있는 실정이다. 착유시 세척작업은 착유기세척, 냉각기세척, 착유우 유방세척, 착유실 바닥세척, 기타 단계로 크게 나눌 수 있다. 따라서 착유시 소요되는 세정수량도 착유시스템별, 착유작업 단계별로 다르게 나타난다. 우리 나라의 착유시스템은 계류식 우사에서 바켓식이 널리 이용되어 왔으나 파이프라인식으로 많이 바뀌었고, 방사식 우사에서는 텐덤식 또는 헤링본식이 널리 이용되고 있다. 서울우유협동조합에 가입되어 있는 3,700농가를 대상으로 착유시스템 유형을 조사한 바에 의하면, 조사대상의 63.4%가 파이프라인식, 25.0%는 바켓식, 6.6%는 텐덤식, 5.1%는 헤링본식을 보유하고 있는 것으로 나타났다(최태일, 2000).

上野(1988)가 계류식 우사와 방사식 우사에서 착유시스템별 세척수 발생량을 조사한 결과, 착유두수가 30~50두인 계류식 우사에서는 두당 20~29 ℓ, 착유두수가 50~80두인 방사식 우사에서는 두당 21~36 ℓ가 발생되는 것으로 보고하였고, MWPS(1985)는 parlor식 착유기는 284~474 ℓ, 바켓식 착유기 114~152 ℓ, 착유우 세척 두당 7.6 ℓ가 발생된다고 보고하였다.

이와같이, 착유작업에서 발생하는 세척수의 양은 착유시스템 형태별로 다르게 나타나기 때문에 이에 대한 정확한 양과 성분분석 등이 조사되어야 한다. 따라서 본 연구는 착유시스템별 세척수 발생량 및 이화학적 특성을 구명하여 합리적인 세척수처리 계획을 수립하는데 필요한 자료를 제시하고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

착유시스템별 세척수 조사는 4계절에 걸쳐 바켓식, 파이프라인식, 텐덤식 및 헤링본식을 대상으로 경기, 충남·북 일원의 농가 1~2호를 선정하여 조사하였다(Table 1).

착유시스템별 세척수 발생량은 각 시스템별로 아침 및 저녁 착유시에 수돗물 유출구 또는 세척수 배출구에 유량계를 설치하여 세척작업 단계별(착유기세척, 냉각기세척, 유방세척, 착유실청소, 세탁기사용, 기타 등)로 발생하는 물의 양을 측정하였으며, 이화학적

성분분석을 위한 시료는 세척작업후 방류되는 세척수를 채취하였다. 시료의 수분 함량은 72℃로 조정된 강제송풍 열풍기에 3일간 건조한 후 조사하였고, pH는 Digital pH meter (DMP-600)를 이용하여 측정하였다. 시료의 오염물질인 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, SS, T-N, T-P 등의 수질분석은 수질오염 공정시험법(환경부, 1992)에 의하여 분석하였으며, 기타 분석은 축산기술연구소 분석기준(축산기술연구소, 1996)에 준하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 착유시스템별 세척수 발생량

착유시 세척작업은 착유기세척, 냉각기세척, 착유우 유방세척, 착유실 바닥세척, 기타 단계로 크게 나눌 수 있고, 착유시 소요되는 세정수량도 각 착유작업 단계 및 계절에 따라 다르게 나타났다(Table 2, 3, 4, 5).

착유기 세척과 냉각기 세척에 사용되는 세정수량은 계절과 기후에 관계없이 거의 일정한 양이 소요되는 것으로 나타났으나, 착유우 유방세척, 착유실 바닥세척 및 기타 작업에 소요되는 세정수의 양은 계절이나 기후, 운동장의 상태, 젖소의 청결도 등에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

착유기 세척의 경우, 바켓식은 농장에 따라 다소 차이는 있었으나 대략 일일 72.0~118.0 ℓ, 파이프라인식은 237.1~320.0 ℓ, 텐

Table 1. Reference number of dairy farms in different milking system

(Household)

Milking system	Summer ('98)	Autumn ('98)	Winter ('99)	Spring ('99)	Total
Bucket milkers	1	1	2	2	6
Pipeline	2	2	2	2	8
Tandem	2	2	2	2	8
Herringbone	1	1	2	2	6
Total	6	6	8	8	28

Table 2. The daily amount of wastewater produced from the different milking system at farms in summer 1998

Item	Bucket milkers	Pipeline		Tandem		Herring-bone	Average
	A	B	C	D	E	F	
Milking apparatus	72.0	320.0	320.0	420.0	320.0	480.0	
Parlor floor	-	-	-	318.6	289.4	196.0	
Milk cooling tank	24.0	55.6	64.7	167.5	135.4	94.1	
Udder washing	132.0	156.0	60.0	57.0	73.1	66.0	
Miscellaneous	48.0	125.8	107.8	209.4	111.4	83.6	
Total	276.0	657.4	552.5	1,172.5	929.3	919.7	
No. of heads	41	50	68	142	75	65	
Average body weight(kg/head)	456.9	475.9	389.3	428.6	482.4	402.5	435.8
Wastewater per head(ℓ/day)	6.7	13.2	8.1	8.3	12.4	14.2	10.5

<sup>1</sup>Note : A-F : Dairy farms.

Table 3. The daily amount of wastewater produced from the different milking system at farms in autumn 1998.

Item	Bucket milkers	Pipeline		Tandem		Herring-bone	Average
	G	H	I	J	K	L	
Milking apparatus	108.0	240.0	280.0	490.0	320.0	480.0	
Parlor floor	-	-	-	216.0	240.8	210.0	
Milk cooling tank	30.0	27.0	30.0	162.4	140.0	240.0	
Udder washing	240.0	60.0	240.0	34.2	56.3	24.6	
Miscellaneous	38.0	108.0	60.2	214.8	120.8	206.8	
Total	416.0	435.0	610.2	1,117.4	877.9	1,161.4	
No. of heads	45	109	52	140	78	102	
Average body weight(kg/head)	374.1	382.0	433.2	416.2	481.7	419.6	417.6
Wastewater per head(ℓ/day)	9.2	4.0	11.7	8.0	11.3	11.4	9.3

<sup>1</sup>Note : G-L : Dairy farms.

덥식은 320.0~490.0 ℓ, 헤링본식은 448.0~480.0 ℓ를 사용하는 것으로 나타났으며, 우유 냉각기 세척은 오픈형과 밀폐형, 냉각기의 용량에 따라 차이가 있으나 오픈형은 12.6~64.7 ℓ, 밀폐형은 129.6~240.0 ℓ가 소요되는 것으로 나타났다.

유방세척의 경우, 마켓식이 48.0~204.8 ℓ, 파이프라인식이 32.0~240.0 ℓ가 소요된 반면에, 탠덤식은 34.2~73.1 ℓ, 헤링본식은 24.6~73.0 ℓ로 마켓식, 파이프라인식에 비하여 훨씬 적게 소요되는 것으로 나타났다.

착유실 바닥 청소에는 세정수 사용

Table 4. The daily amount of wastewater produced from the different milking system at farms in winter 1999

Item	Bucket milkers		Pipeline		Tandem		Herringbone		Average
	M	N	O	P	Q	R	S	T	
Milking apparatus	118.0	75.3	237.1	273.4	476.0	310.2	474.3	462.0	
Parlor floor	-	-	-	-	212.4	190.2	228.4	184.0	
Milk cooling tank	32.0	25.0	28.0	32.0	161.8	148.0	238.6	92.2	
Udder washing	204.8	155.4	63.2	218.6	66.8	46.3	30.6	73.0	
Miscellaneous	58.0	70.8	92.0	84.0	242.7	130.7	204.2	79.8	
Total	412.8	326.5	420.3	608.0	1159.7	825.4	1176.1	891.0	
No. of heads	42	39	74	55	145	88	98	72	
Average body weight(kg/head)	429.4	470.5	457.1	420.0	439.0	434.6	430.3	402.2	434.5
Wastewater per head(ℓ/day)	9.8	8.4	5.7	11.1	8.0	9.4	12.0	12.4	9.6

<sup>†</sup>Note ; M~T : Dairy farms.

Table 5. The daily amount of wastewater produced from the different milking system at farms in spring 1999

Item	Bucket milkers		Pipeline		Tandem		Herringbone		Average
	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	
Milking apparatus	72.0	143.5	288.0	256.0	448.0	316.0	448.0	465.6	
Parlor floor	-	-	-	-	198.4	168.4	300.2	164.8	
Milk cooling tank	12.6	24.0	129.6	36.0	155.2	153.6	220.8	180.4	
Udder washing	48.0	175.8	32.0	162.0	46.0	44.3	69.6	48.0	
Miscellaneous	24.0	81.6	64.0	54.0	217.4	164.4	220.2	65.6	
Total	156.6	424.9	513.6	508.0	1065.0	846.7	1258.8	924.4	
No. of heads	42	40	87	50	140	96	90	64	
Average body weight(kg/head)	448.5	478.5	435.7	459.1	449.3	434.3	469.3	461.4	452.0
Wastewater per head(ℓ/day)	6.5	10.6	5.9	10.2	7.6	8.8	14.0	14.4	9.8

<sup>†</sup>Note ; U~BB : Dairy farms.

량을 조사해 본 결과, 계류형태로 착유를 하는 바켓식과 파이프라인식에서는 세척수 발생이 없었고, 텐덤식과 헤링본식은 164.8~318.6 ℓ를 사용하고 있는 것으로 나타났으며 기타 세정수 사용량은 24.0~247.7 ℓ였다.

上野(1988)는 착유두수가 30~50두인 계류식 우사에서 착유단계별 세척수량이 파이프라인 세척 15~20, 냉각기 세척 3~5, 유방 세척 1~2, 우유처리실 세척 1~2ℓ/두로서 두당 세척수량이 총 20~29ℓ이었으며, 착유

두수가 50~80두인 방사식 우사에서의 착유 단계별 세척수량은 파이프라인 세척 10~15, 냉각기 세척 3~5, 유방세척 2~4, 우유처리실 세척 1~2, 착유실 세척 5~10 l/두로서 두당 총 세척수량이 21~36 l 였다고 보고하였다.

또한 MWPS(1985)는 착유시스템별로 소요되는 세척수량을 조사하였는데 자동형 밀폐 원유냉각기에 소요되는 세척수량이 1회당 190~227 l, parlor식 착유기는 284~474 l, 바켓식 착유기 114~152 l, 착유우세척 두당 7.6 l, 원유저장실 바닥 38~76 l, 착유실 바닥 76~114 l, 기타 114 l 가 소요된다고 발

표하였다. 이와같은 결과는 전체 사육두수를 기준으로 한 본 실험결과와 다소 차이를 나타내었는데, 외국의 경우 착유우를 기준으로 나타낸 성적의 결과로 판단된다.

따라서 착유시스템 형태에 따른 평균 일일 세척수 사용량은 바켓식 335.4 l, 파이프라인식 538.2 l, 탠덤식 999.3 l, 헤링본식 1,050.2 l 로 나타났다. 이를 젖소 표준체중 450kg을 기준으로 세척수 사용량을 환산했을 경우, 바켓식 8.8 l, 파이프라인식 8.2 l, 탠덤식 8.9 l, 헤링본식 13.4 l/두/일로 전체평균 세척수 발생량은 9.8 l/두/일로 나타났다(Table 6).

Table 6. The average amount of wastewater produced from the different milking system

Item	Bucket milkers	Pipeline	Tandem	Herringbone	Average
Milking apparatus	98.1	276.8	387.5	468.3	307.7
Parlor floor	-	-	229.3	213.9	110.8
Milk cooling tank	24.6	50.4	153.0	177.7	101.4
Udder washing	159.3	124.0	53.0	46.9	95.8
Miscellaneous	53.4	87.0	176.5	143.4	115.1
Total	335.4	538.2	999.3	1,050.2	730.8
No.of heads	38.5	68.1	113.0	81.8	73.4
Average body weight(kg/head)	443.0	431.5	445.8	430.9	437.8
Wastewater per head( l /day)	8.7 (8.8)	7.9 (8.2)	8.8 (8.9)	12.8 (13.4)	9.6 (9.8)

\* ( ) is recalculated value based on the body weight, 450kg.

Table 7. Characteristics of wastewater produced from milking and storage equipments

Item	BOD <sub>5</sub> (mg/ l )	COD <sub>Mn</sub> (mg/ l )	SS (mg/ l )	T-N (mg/ l )	T-P (mg/ l )	pH
Milking apparatus	308.6	408.6	405.2	4.30	0.64	9.4
Parlor floor	293.7	824.7	2,710.0	3.93	0.36	8.7
Milk cooling tank	447.2	337.8	429.7	4.16	0.54	6.5
Udder washing	54.3	109.2	178.3	4.33	0.36	6.3
Miscellaneous	240.5	89.0	139.0	4.29	0.35	8.7
Wastewater mixed	394.5	417.3	1,201.3	3.78	0.51	8.0

2. 세척수의 이화학적 특성

세척수의 이화학적 특성은 분뇨와는 달리 오염성분 및 비료성분 등이 낮은 수준이었다. 착유과정에서 발생하는 세척수의 수분 함량은 평균 99.9%였고, BOD<sub>5</sub>는 원유냉각기 세척시 발생하는 세척수가 447.2mg/ℓ로 가장 높았으며, 유방세척시 가장 낮은 54.3mg/ℓ로 나타났다. COD<sub>Mn</sub>, SS 등은 착유실 바닥 청소시 가장 높은 경향을 보였다. T-N, T-P 는 모든 착유단계에서 비슷한 수준을 보였다. pH는 6.3~9.4의 범위로 착유작업 단계에 따라 많은 차이를 나타냈었는데, 이는 세척과정중에 사용되는 산 및 알카리세제에 의한 영향 때문인 것으로 사료된다. 따라서 모든 착유작업 단계에서 발생되어 착유실 외부로 흘러나오는 혼합세척수의 BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, SS, T-N, T-P는 각각 394.5, 417.3, 1,201.3, 3.78, 0.51mg/ℓ로 나타났다(Table 7).

적 요

착유작업후 발생하는 세척수량을 조사하기 위하여 바켓식, 파이프라인식, 헤링본식, 텐덤식 등 착유시스템별로 농가를 선정하여 착유후 세척수 발생량을 조사한 결과, 착유시스템에 따른 일일 두당 세척수 사용량은 젖소체중 450kg을 기준으로 평균 9.8 ℓ/두/일였으며, 파이프라인식이 8.2 ℓ/두/일로 가장 적었고, 헤링본식이 13.4 ℓ/두/일로 가장 높게 나타났다.

착유후 세척과정에서 발생되어 착유실 밖으로 배출되는 혼합세척수의 수분 함량은 99.9%였고, BOD<sub>5</sub>, COD<sub>Mn</sub>, SS, T-N, T-P 농도는 각각 394.5, 417.3, 1,201.3, 3.78, 0.51mg/ℓ로 나타났다.

인 용 문 헌

1. 농림부. 2000. 가축분뇨자원화 및 이용기술개발.
2. 정태영. 1998. 중소규모 낙농목장의 재건 Model 개발 최종연구보고서. 농림부.
3. 최태일. 2000. '99년 목장종합실태조사. 서울우유협동조합 서울우유誌 5월호. p 34-49.
4. 축산기술연구소. 1996. 표준사료성분분석법.
5. 한국농촌경제연구원. 1990. 가축분뇨 및 축산폐수 처리대책에 관한 연구.
6. 한정대, 강희실, 광정훈, 권두중, 유용희, 이덕수, 전병수, 최동윤, 최희철, 고은미, 김영후, 서은기, 정연배. 2000. 가축분뇨 발생량 및 주요성분 파악. 가축분뇨자원화 및 이용기술개발 최종연구보고서. 농림부.
7. 환경부. 1992. 수질오염 공정시험법.
8. 上野克美. 1988. 牛のふん尿處理方式選定. 畜産の研究. 4(1):141-149.
9. Graves, R. E. 1992. Animal Manure-Milking Center. Water Quality and Waste Management. Pennsylvania State University.
10. House, H. K. 1993. Milking Centre Wastewater Disposal. Manure and Waste Management. Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
11. M. W. P. S. 1985. Animal Waste Characteristics. Livestock Waste Facilities Handbook. 2nd Edition. Iowa State University.
12. M. W. P. S. 1985. Dairy Housing and Equipment Handbook. Iowa State University.