국내 TMR의 입자도에 관한 조사 연구

기광석*·김현섭*·정하연*·이현준*·안병석*·김준식*·강수원*·김용국**·하종규***

축산기술연구소*, 충남대학교**, 서울대학교***

The Survey of Particle Size of Total Mixed Ration in Korea

K. S. Ki*, H. S. Kim*, H. Y. Jeong*, H. J. Lee*, B. S. Ahn*, J. S. Kim*, S. W. Kwang*, Y. K. Kim** and J. K. Ha***

National Livestock Research Institute*, Chungnam National University**, Seoul National University***

ABSTRACT

This study was carried out to survey operation system of self-making TMR and particle size of self-making and commercial TMR, then to compare TMR particle size recommended by Penn State Particle Size Separator. Daily mixing time in self-making TMR averaged 48.6±28.0min., 2 augar type of mixer was most by 55.5% and daily 2 times of mixing in summer and other season was 44.4 and 22.2%, respectively. Percentage of residual feed in upper sieve(19mm diameter), middle sieve(8 to 18mm diameter) and lower pen was 21.5~ ~ ~ 1.4%, respectively, at self-making TMR mixer. Percentage of particle sizes of more than 19mm in self-making and commercial TMR was 24.9 ±1.4 and 26.2±1.7%, that of 8-10mm 22.8±1.0 and 12.8±1.2 and that of less than 8mm 52.3±1.7 and 61.0±1.5, respectively, which in particle length of 8~ 3mm in self-making and commercial TMR was lower by 82.6 and 100% compared to that recommended by Penn State particle separator, respectively. Especially there was not particle length of more than 19mm in commercial TMR at all. It is necessary to check the number of cows ruminating in a farm in order to estimate the particle size of TMR; it is recommended to change the TMR mixing time or the TMR formulae if the proportion of ruminating cows in a farm is less than 40 %.

(**Key words** : TMR, Particle size, Survey, Mixer, Mixing time)

I 서 론

Smith 등(1983)은 젖소들의 능력이 점점 고능력화 됨에 따라 고에너지를 요구하게 되고, 이에 따라 젖소 사료에 농후사료 비율이 점차 높아지게 된다고 하였다. 더구나 국내 낙농가에서 자급조사료가 절대적으로 부족한 현실이며, 조사료의 대부분은 볏짚이나 수입건초에 의존하고 있는 실정이다.

젖소는 반추가축이므로 다른 영양소 외에 섬유질을 요구한다(NRC, 1989). Sudweeks 등(1981)은 만약 소들이 필요로 하는 최소 섬유소 요구량을 충족시키지 못했을 때, 소들은 총 건물소화율의 감소, 유지율 저하, 제4위 전위, 반추위 부전 각화증의 발병 증가, 제엽염(啼葉炎 과산증, 과비증후군 등을 나타낸다고 하였다.

또한, 화학적 성분분석에 의한 조사료 추천 요구량이 충족되었다해도 급여 당시 조사료의

Corresponding author : K. S. Ki, National Livestock Research Institute, R. D. A, 330-801, Korea. E-mail : kiks386@rda.go.kr, Tel : 041-580-3334, Fax : 041-580-3385.

물리성, 특히 조사료의 길이가 적정 반추위 환경유지에 매우 중요한 역할을 한다. 즉, 아주 곱게 분쇄된 조사료로서 충분한 NDF를 먹은 소들도 사료중 섬유소 부족에 의한 것 같은 대사성 질병들을 나타낼 수 있다고 하였다(Fahey 등, 1988; Weston 등, 1984). Woodford와 Murphy(1988)은 적절한 조사료 입자길이는 적절한 반추위 기능을 위해 필수적이며, 조사료 입자 크기가 작으면 저작시간 감소, 반추위 산도 저하 등의 현상을 보인다고 하였다. Sudweeks 등(1981)은 평균 입자 크기, 건물 그리고 NDF를 사용하여 사료의 저작시간을 판정하기 위하여 조사료 가치 지수를 개발하였는데, 조사료 입자 길이가 불충분 할 때, 소들은 저작시간이 감소하고, 생산된 침의 양이 감소하므로 반추위 중화가 필요하다고 하였다. Grant 등(1990)에 의하면, 곱게 분쇄된 사료를 먹은 소들은 조악한 사료를 먹은 소들보다 반추시간이 2.5시간 적었다고 하였다. 불충분한 입자 크기는 반추위내 acetic acid와 propionic acid 비율 감소, pH 저하로 유지율 저하를 야기한다고 알려져 있다(Grant 등, 1990; Santini, 1983; Shaver, 1990; Woodford 등, 1986).

반추위내 pH가 6이하로 떨어지면, cellulose 분해 미생물의 성장은 저하되고, acetic acid대 propionic acid의 비율이 감소함으로서 propionic acid를 생성하는 미생물이 증가한다고 알려져 있다(Grant 등, 1990). 조사료 입자크기 감소는 건물섭취량 증가, 소화율 감소, 반추위내 고형물 지체시간 감소를 나타낸다고 하였다(Jaster 등, 1983; Martz 등, 1986; Uden, 1987). 반추위내로 들어가는 조사료 입자 크기가 적으면 초기 저작과 삼킨 후에 입자가 더욱 작아져 빠른 속도로 반추위를 떠나게 되며, 이러한 결과 건물 섭취량은 증가하고 반추위 건물의 하부장기로 이행율도 증가하지만(Fashey 등, 1988; Jaster 등, 1983; Martz 등, 1986; Weston 등, 1984), 미생물 소화에 의한 반추위내 체류하는 시간이 적게 되여, 특히 조섬유 소화율이 감소한다(Uden, 1987).

따라서 본 연구는 자가 TMR농가의 TMR배합기 운영실태와 Penn State Particle Size Separator를 이용하여 국내에서 생산 이용되고 있는 TMR을 대상으로 TMR 배합소에서 생산되는 유통 TMR과 농가에서 직접 제조하여 이용하는 자가 TMR의 입자도를 분석 비교하여 국내 TMR의 적정 입자도를 제시하기 위한 기초자료로 활용하기 위해 수행하였다.

Ⅱ 재료 및 방법

1. 공시재료

본 시험을 위해 국내에서 생산 판매되고 있는 TMR 배합소 샘플 20점과 자가제조 농가 TMR 샘플 20점을 공시하였다.

2. 시험기간 및 장소

본 시험은 2002년 3월에서 10월까지 경기도와 충청도에서 수집한 TMR 샘플을 축산기술연구소에서 분석하였다.

3. 시험설계

본 시험은 국내에서 생산 이용되고 있는 TMR의 입자도를 측정하기 위하여 TMR 배합소 샘플 20점과 자가 TMR 샘플 20점을 각각 2반복씩 미국 Pennsylvania 대학에서 개발한 Penn State Particle Size Separator로 입자도를 측정하였다.

4. 조사항목 및 방법

(1) 자가 TMR 농가의 배합기 가동시간 및 배합회수

자가 TMR 농가의 배합기 가동시간, 배합회수 등은 조사표를 만들어 직접방문하여 조사하였다.

(2) 입자도 측정

Penn State Particle Size Separator를 이용하여 채취한 TMR 샘플을 상위 체에 대략 498.5±142.7g을 놓은 다음, 평평한 바닥에 놓고 체를

Table 1. Time for mixing one batch for self-making TMR[1]

Item	Mixing during raw materials input(A)	Mixing after input (B)	Total mixing (A+B)
Duration (minute)	33.3±23.6	15.2±15.9	48.6±28.0

[1] Mean±S.D.

한 방향으로 5회씩 흔들었다. 한 방향으로 5회 흔든 후 1/4씩 돌려가면서 총 40회가 되게 흔든 다음 각 체에 남아 있는 양의 무게를 달았다. Penn State Particle Size Separator는 3단계 체로 구성되어 있으며, 상위 체의 mesh 크기는 직경이 19mm 이상, 중간 체의 mesh 크기는 직경이 8mm이상～)mm미만 그리고 바닥 체는 mesh가 없는 pan으로 구성되어 있다.

5. 통계분석

본 시험의 모든 성적은 SAS package(Cary, NC., 1997)를 이용하여 통계분석 하였으며, 각 처리 평균간 차이에 대하여 DMRT(Duncan, 1955) 방법을 이용하여 유의성 검정을 하였다.

Ⅲ 결과 및 고찰

1. 자가 TMR농가의 배합기 운용시간 및 1일 배합회수

Table 1에서 보듯이 자가 TMR 농가의 배합기 운용시간을 보면, 최초 사료 투입시부터 마지막 원료사료를 투입할 때까지 배합기 가동시간은 33.3±23.6분이었고, 마지막 원료를 투입하고 난 이후 최종 배합 종료시까지 약 15.2±15.9분을 더 가동하여 자가 TMR 농가의 1일 총 배합시간은 평균 48.6±28.0분으로 조사되었다. 이는 배합기의 종류와 배합되는 원료사료의 종류 등에 따라 배합에 소요되는 시간이 다르겠지만 일반적으로 알려져 있는 마지막 원료사료 투입 후 5분 이상 가동시 조사료 입자도가 감소할 수 있다는 보고(J.G.Linn, 1995) 보다 더 많은 시간을 가동하는 것으로 나타났다. 또한 1일 배합기 운용회수(Table2)는 계절별로 차이가 있었는데, 여름철에는 1일 1회 배합하는 농가는 55.6%였고, 1일 2회 배합하는 농가는 44.4%였으며 다른 계절에는 1일 2회 배합하는 농가는 22.2%, 그리고 1일 1회 배합하는 농가는 77.8%로 나타났다. 이는 여름철 고온으로 인한 사료의 변질을 우려한 낙농가의 선택 때문이라 생각된다. 또한, 위에 언급한바와 같이 일부 낙농가에서는 여름은 물론 계절에 상관없이 신선한 사료의 급여를 위해 연중 1일 2회 혼합하여 급여하는 낙농가도 조사농가의 22.2%가 되었다.

Table 2. The seasonal variation in the number of batch for self-making TMR

(unit : %)

Item		Summer	Other seasons
Mixing frequency (time/day)	1	55.6	77.8
	2	44.4	22.2
Total		100	100

Table 3. The types of TMR mixer for self-making TMR

Item	2 Augar	3 Augar	4 Augar	Vertical
Type of mixer (%)	55.5	-	27.8	16.7

Table 3은 자가 TMR 농가에 주로 많이 보급되어 이용하고 있는 배합기 날 형태를 조사한 성적으로 2오거, 4오거 형태로 55.7 및 27.3%였으며 최근에 개발된 수직형 오거도 16.7%를 사용하고 있었다.

2. 자가 TMR 농가의 배합시간별 입자도

Table 4는 배합기 가동시간에 따른 입자도 분포를 나타낸 성적으로서, 조사된 농가의 자가 TMR 배합기 가동시간별로 입자크기에 따

른 상위, 중간 및 바닥 체에 남은 사료비율은 15～)분 가동한 농가의 경우 각각 23.1±2.0, 22.9±1.4, 54.0±1.9%였으며, 31～ 5분 가동 농가에서는 22.6±3.8, 16.0±2.6, 61.4±3.5%로 나타났다. 배합기 가동시간이 46～)분인 농가에서는 25.6±2.4, 19.4±1.7, 55.0±2.2%였으며, 60분이상 가동 농가의 경우 21.5±2.7, 25.8±1.9, 52.8±2.5%으로 60분 이상 가동한 농가에서 사료의 길이가 8～)mm의 비율이 가장 높게 나타났다(P 〈 .05). 배합시간이 길어질수록 긴 건초 등 조사료가 절단되어 상위 체에 남아 있는 비율이 줄어들 것으로 생각되었으나 본 조사에서는 배합기 가동시간에 따른 입자도 감소에 일정한 경향이 나타나지 않았다. 이는 농가에서 사용하고 있는 배합기에 부착된 cutting 칼날의 마모정도가 다름으로 인한 차이와 입자도를 고려하여 구입시 배합기에 부착된 칼날을 임의로 일부를 제거하거나 추가하였기 때문인 것으로 사료된다.

3. 자가 TMR과 유통 TMR의 입자도 분포

Table 5에서와 같이 자가 TMR과 시중에서 유통되고 있는 TMR에 대하여 입자도를 조사한 결과, 자가 TMR과 유통 TMR 모두에서 상위 체(mesh의 직경이 19mm 이상)에 남아 있는 비율은 각각 24.9±1.4 및 26.2±1.7%였는데 이 비율은 Penn State Particle Size Separator(Jud Heinrichs, 1996)의 추천 비율인 6～)%이상 보다 높게 나타났다. 그러나, 자가 TMR과 유통 TMR의 중간 체(mesh의 직경이 8～)mm)에 남아 있는 비율은 각각 22.8±1.0 및 12.8±1.2%으로 추천 비율인 30～)% 보다 적게 나타났다. 바닥 체(mesh의 직경이 8mm 미만)에 남아 있는 비율은 자가 TMR 및 유통 TMR에서 각각 52.3±1.7 및 61.0±1.5%로 추천 비율인 40～)%를 비교하면 자가 TMR은 추천된 범위에 들었으나 유통 TMR에서는 추천된 범위를 벗어나는 것으로 조사되었다. 이러한 조사결과를 다시 Table 6에서와 같이 추천된 적정 범위에 얼마나 포함되는지를 살펴본 결과, 자가 TMR은 추천 범위에 포함되는 비율은 상위 체, 중간 체, 바닥 체에서 각각 4.4%, 17.4%, 78.2%으로 중간 체에 남아 있는 비율은 82.6%가 추천된 범위보다 낮았다. 반면에 유통 TMR은 추천된 범위에 포함되는 비율은 상위 체, 중간 체, 바닥 체에서 각각 47.1%, 0%, 52.9%로 유통 TMR은 중간 체에 남아 있는 비율은 100%가 추천된 범위보다 낮게 나타났다. 이와 같은 조사결과를 바탕으로 자가 및 유통 TMR에 대한 평균 입자도를 비교한 결과를 Table 5에서 보면, 중간 체의 사료잔량 비율은 추천비율의

Table 4. Mean particle sizes as influenced by mixing times in self-making TMR[1,2] (unit : %)

Item	Mixing time(minute)			
	15～)	31～ 5	46～)	6(〈
Upper sieve(〉19 mm)	23.1 ± 2.0	22.6 ± 3.8	25.6 ± 2.4	21.5 ± 2.7
Middle sieve(8～) mm)	22.9 ± 1.4[ab]	16.0 ± 2.6[c]	19.4 ± 1.7[bc]	25.8 ± 1.9[a]
Bottom pan(〈 8 mm)	54.0 ± 1.9	61.4 ± 3.5	55.0 ± 2.2	52.8 ± 2.5

[1] Mean±S.D.
[2] Means with different superscripts are significantly different(I 〈 .05).

Table 5. Percentage of particle sizes by sieve diameter in self-making and commercial TMR

Item	Upper sieve (>19 mm)	Middle sieve (8～) mm)	Bottom pan (<8 mm)
Recommended TMR particle size(%)	6～)% or more	30～)%	40～)%
Self-making TMR(%)	24.9±1.4	22.8±1.0[a]	52.3±1.7[b]
Commercial TMR(%)	26.2±1.7	12.8±1.2[b]	61.0±1.5[a]

[1] Mean±S.D.
[2] Means with different superscripts are significantly different within same column(I 〈 .05).

Table 6. Percentage of self-making and commercial TMR particie size to recommended TMR particle size by sieves

Item	Recommended TMR particle size		
	Below	Optimum	Over
	····· (%) ·····		
Self-making TMR			
– upper sieve(〉19 mm)	13.0	4.4	82.6
– middle sieve(8～) mm)	82.6	17.4	–
– bottom pan(〈8 mm)	4.4	78.2	17.4
Commercial TMR			
– upper sieve(〉19 mm)	–	47.1	52.9
– middle sieve(8～) mm)	100	–	–
– bottom pan(〈8 mm)	–	52.9	47.1

범위를 모두 벗어나는 것으로 나타났으며, 특히 유통 TMR의 경우가 자가 TMR보다 그 비율이 낮은 것으로 나타났다(I〈.01). 그리고 바닥 체의 경우 반대로 유통 TMR의 잔량 비율이 자가 TMR의 비율보다 높게 나타났으며(I〈.01) 추천비율 범위의 상한값(60%)를 약간 벗어나는 경향을 보였다. 즉 이는 중간 체에 남이 있는 사료의 비율이 낮고 바닥 체에 남이 있는 비율이 높다는 것은 사료, 특히 조사료의 길이가 적정 추천 수준보다 짧다는 것을 의미하며 이로 인하여 조사료의 물리성이 감소하여 반추에 의한 타액생산 감소로 반추위내 pH 감소에 의한 준임상형 및 임상형 산독증과 부제엽에 의해 젖소의 생산성이 감소할 수 있다. Lammers 등(1996)이 조사료와 TMR의 입자도를 측정하는 새로운 방법을 개발하기 위하여 미국 북동부 지역에 있는 8개 주(州)로부터 채취한 26개의 TMR 샘플을 분석한 결과 중간 체(8～)mm)에 남아 있는 입자에 해당되는 것이 90% 이상을 차지하고 있는 것과 비교해보면 국내의 TMR은 사료의 물리성에 많은 문제점이 있음을 알 수 있다. 이러한 조사결과로 국내에서 이용되고 있는 TMR, 특히 유통 TMR에서 입자도의 분포가 고르게 분포되지 못하고 19mm보다 크거나 8mm보다 적은 양쪽 방향으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 부분은 국내에서 사용하는 조사료 종류 및 조:농비율 등을 고려하여 현재 국내에서 생산되는 다양한 종류의 유통 TMR에 대한 적정 조사료 길이 기준제시를 위한 보다 많은 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

Ⅳ 요 약

본 시험은 자가제조 TMR 농가의 TMR 배합기 운용실태와 국내에서 생산 이용되고 있는 TMR을 대상으로 TMR 배합소에서 생산되는 20개 유통 TMR과 농가에서 직접 제조하여 이용하는 20개 자가 TMR의 입자도를 Penn State Particle Size Separator를 이용하여 측정하여 TMR 입자도의 분포를 측정한 결과, 자가 TMR 배합기를 이용하여 TMR을 제조하는 농가의 1일 총 배합에 소요되는 시간은 48.6±28.0분으로 나타났으며, 자가 TMR 농가의 보유 배합기 형태는 2오거가 55.5%로 가장 많았고, 여름철 및 다른 계절에 1일 2회 배합하는 농가가 44.4 및 22.2%였다. 자가 TMR 농가의 배합기 가동시간별 상위 체에 남아 있는 비율이 21.5～ 5.6%, 중간 체에 남아 있는 비율이 16.0～ 5.8% 그리고 바닥 체에 남은 사료의 비율은 52.8～ 1.4%로 많은 차이가 있었다. 자가 및 유통 TMR의 입자 길이가 19mm 이상인 사료의 비율이 각각 24.9±1.4 및 26.2±1.7%, 입자 길이가 8～)mm미만인 사료의 비율이 각

각 22.8±1.0 및 12.8±1.2% 그리고 입자 길이가 8mm 미만인 사료의 비율이 52.3±1.7 및 61.0±1.5%였다. 이는 자가 TMR과 유통 TMR 모두에서 8~ 19mm미만 범위에 있는 입자는 Penn State Separator에서 추천하는 비율보다 각각 82.6%, 100%가 낮은 것으로 나타났는데, 이는 전체적으로 국내에서 생산 이용되고 있는 TMR의 입자도가 긴 것과 짧은 것의 적절한 조화가 이루어지지 않고 있음을 알 수 있다. 따라서 TMR을 급여하고 있는 농가에서 TMR 중 입자도가 적정한지를 평가하기 위한 가장 기본적인 일은 우군의 반추행동을 모니터링하는 일이다. 즉, 전체 우군중 사료를 섭취하고 있는 소를 제외하고 휴식중에 있는 소들중 반추를 하고 있는 소가 40%가 안된다면 전체적으로 입자도가 너무 적거나 조사료의 비율이 너무 낮지 않은지 검토하여 배합시간을 조정하거나 배합비를 재조정해 주어야 할 것이다.

V 인 용 문 헌

1. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. Biometerics. 11:142.
2. Fahey, G. C. and Berger, L. L. 1988. Carbohydrate nutrition of ruminants. Page 269 in The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. D. C. Church, ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
3. Grant, R. J., Colenbrander, V. F. and Mertens, D. R. 1990. Milk fat depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay. J. Dairy Sci. 73:1823.
4. Jaster, E. H. and Murphy, M. R. 1983. Effects of varying particle size of forage on digestion and chewing behavior of dairy heifers. J. Dairy Sci. 66:802.
5. Jud Heinrichs. 1996. Evaluating particle size of forages and TMRs using the Penn State Particle Size Separator. www.das.psu.edu/dcn/catforg/particle/
6. Linn, J. G. Management of TMR feeding programs. Feeding Total Mixed Rations to Dairy Cattle. Management of TMR feeding programs. 1995. U. S. Feeding Grains Council.
7. Lammers, B. P., Buckmaster, D. R. and Heinrichs, A. J. 1996. A simple method for the analysis of particle size of forage and total mixed rations. J. Dairy Sci. 79:922.
8. Martz, F. A. and Belyea, R. L. 1986. Role of particle size and forage quality in digestion and passage by cattle and sheep. J Dairy Sci. 69:1996.
9. National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th Rev. Ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
10. Santini, F. J., Hardie, A. R., Jorgensen, N. A. and Finner, M. F. 1983. Proposed use of adjusted intake based on forage particle length for calculation of roughage indexes. J. Dairy Sci. 66:811.
11. SAS. SAS/STAT. Software for PC, SAS/STAT user's guide : Statistics. SAS inst., Cary, NC(1997).
12. Shaver, R. D. 1990. Forage particle length in dairy rations. Page 58 in Proc. Dairy Feeding Systems Symp. Northeast Reg. Agric. Eng. Service, Harrisburg, PA.
13. Smith, T. R. and Pritchard, D. E. 1983. An overview of. recent developments in individual concentrate feeding equipment and management. Page 150 in Proc. Second NatI. Dairy Housing Conf. Am. Soc. Agric. Eng., St. Joseph, MI.
14. Sudweeks, E. M., Ely, L. 0., Mertens, D. R. and Sisk, L. R. 1981. Assessing minimum amounts and form of roughages in ruminant diets: roughage value index system. J. Anim. Sci. 53:1406.
15. Uden, P. 1987. The effect of grinding and pelleting hay on digestibility, fermentation rate, digesta passage and rumen and faecal particle size in cows. Anim. Feed Sci. Technol. 19:145.
16. Weston, R. H. and Kennedy, P. M. 1984. Various aspects of reticulorumen digestive function in relation to diet and digests particle size. Page 1 in Proc. Techniques in Particle Size Analysis of Feed and Digesta in Ruminants. P. M. Kennedy, ed. Can. Soc. Anim. Sci., Edmonton, AB, Canada.
17. Woodford, J. A., Jorgensen, N. A. and Barrington, G. P. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating cows. J. Dairy Sci. 69:1035.
18. Woodford, S. T. and Murphy, M. R. 1988. Effect of forage physical form on chewing activity, dry matter intake, and rumen function of dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 71:674.

(접수일자 : 2003. 5. 9. / 채택일자 : 2003. 7. 3.)