

한우 및 낙농 단지용 소형 TMR 플랜트 모델 개발(II) - 모델의 성능시험 및 경제성분석 -

하유신 홍동혁 박경규

Modeling of a Small Group Scale TMR Plant for Beef Cattle and Dairy Farm in Korea (II) - Performance Test and Cost Analysis of the Model Plant -

Y. S. Ha D. H. Hong K. K. Park

Abstract

A Model of small scale total mixed rations (TMR) plant which can be utilized round bales was developed, tested and analyzed in this study. This study consist of two parts. One is development of a small scale TMR plant model which was already reported at the previous paper. This is the second part of the study. For the study, a series of tests of the model plant were performed and its costs was analyzed. Also, the break-even point of the model plant by comparing with market price of commercial TMR feed was determined.

As the results of mixing test, the average coefficient of variation (CV) value for mixing of the feed was 13.0% at the gate of the mixer. The production cost was estimated as 8,298 won/head for dairy cattle farm and 2,495 won/head for beef cattle farm, when producing 8 batch a day. Also, it is recommended to utilize the model plant when farm size is over 79 heads for dairy cattle farm and 113 heads for beef cattle farm.

As an overall conclusion, the model plant designed for farm size TMR feed mill will be very useful model for both beef cattle and dairy farms in Korea. Also it is expected that the capital investment for the model plant can be recovered with 8 months compare with purchasing commercial TMR feed if the model plant feeds 1,000 beef cattle approximately.

Keywords : TMR plant, Round bale, Mixing test, Break-even point, Cost analysis

1. 서론

본 연구는 국내산 원형배일을 원료로 하여 우리나라의 조 사료 문제점을 개선하고, 규모화에 저해되는 노동력을 최소화 하고, 사료생산비용을 절감시킬 수 있고, 1,000 여두 내외 규모의 공동사육이 가능한 완전혼합사료(total mixed rations, TMR) 일관 조제를 위한 농가 단지형 소형 플랜트의 모델을 개발하는 것이다. 본 연구의 제 1보(Ha et al., 2009b)에서는 모델 개발과 개발된 모델의 적응시험에 관하여 보고한 바 있다. 적응시험을 통하여 생산된 TMR 사료는 한우나 젖소에 급

여시 품질이 양호하여야 한다. 여러 종류의 조사료와 농후사 료의 원료가 혼합되어 있기 때문에 변이가 적어야 품질이 좋 은 TMR 사료가 될 수 있다. 변이가 발생하는 요인은 여러 가지가 있으나 가공에 따른 변이와 배합과정에서 발생하는 변이로 구분할 수 있으며, 좋은 품질의 원료라 함은 필요한 영양소의 함량이 높은 원료라고 정의하기 쉬우나 생산되는 원료 내 배합비의 변이도 적어야 한다(Han, 1993). 또한, 소 의 적절한 반추위 기능을 위해서는 TMR 사료에 포함된 조 사료의 세절 길이가 너무 길거나 너무 짧아도 문제가 되 며, 전체 조사료 중 15~20%는 5 cm 이상을 급여해야 된

This study was supported financially by the Agricultural R&D Promotion Center (ARPC). The article was submitted for publication on 2010-01-13, reviewed on 2010-02-03, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2010-02-24. The authors are Yu Shin Ha, KSAM member, Graduate Student, Dong Hyuck Hong, KSAM member, Graduate Student, and Kyung Kyoo Park, KSAM member, Professor, Bio-Industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University. Corresponding author: K. K. Park, Professor, Dept. of Bio-industrial Machinery Engineering, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea; Fax: +82-53-950-6780; E-mail: <kkpark@knu.ac.kr>.

다(Ki, 2003).

개발된 모델의 효율적인 이용과 운영은 축산농가에게 직접적인 경제적 혜택을 줄 수 있는 요소이다. 따라서 모델에 적용된 기계는 작업자가 만족스럽게 TMR 작업을 수행할 수 있는 성능과 생산용량에 맞게 일할 수 있는 능률을 지니고 있어야 하며, 아울러 모델의 이용비용이 경제성이 있는가 하는 문제도 매우 중요한 요소가 된다.

따라서 본 연구의 목적은 제 1보에서 보고된 TMR 플랜트 모델의 성능과 모델 플랜트에서 생산된 TMR 사료의 품질을 검정하고, 개발된 모델과 관행 TMR 사료생산 모델의 이용비용을 비교 분석하여 우리나라의 축산농가에 적용할 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

2. 재료 및 방법

가. TMR 사료 균질도

공시재료는 표 1과 같이 주로 농산부산물 원료를 이용하였으며, 조사료는 총채보리과 마른벼짚 사용하였다. 함수율이 약 40%(w.b.) 내외가 되도록 1 배치의 총 배합량을 2,000 kg으로 하였으며, 배합프로그램을 통하여 성분비를 조절하였다. 공시재료의 함수율은 적외선수분계(FD-720, Kett, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다.

Table 1 Ingredient formulation for mixing test

Ingredient	Weight (kg)	Moisture content (%w.b.)
Silage barley	500	60.2
Rice straw	150	14.4
Mushroom medium	340	59.6
Soy sauce cake	330	23.7
Rice cakes by-product	400	28.1
Malt meal	220	55.1
Cotton seed	40	-
Probiotics	20	-
Total	2,000	43.4

TMR 사료 제조시 원료사료의 투입순서에 따라 혼합에 많은 영향을 미친다. 따라서 Buckmaster와 Muller(1992)가 제시한 TMR 배합시 원료투입 순서에 따라 배합을 실시하였다. 먼저 소량의 광물질, 생균제 등은 무게를 측정하여 예비 혼합한 후, 세절기로 마른벼짚을 세절하여 투입하고 면실(cotton seed)을 투입한 다음 총채보리를 세절하여 투입하였다. 다음으로 버섯배지 등 수분이 많은 부산물 원료를 투입하고, 마지막으로 첨가제를 투입한 후 총 20분간 배합을 실시하였다. 그림 1은 배합된 TMR 사료의 샘플을 나타내었다.

TMR 사료 균질도의 분석은 배합기와 플랜트의 각 공정의 성능을 판별하는데 중요하다. 본 연구에서는 배합원료 중에서 가장 비중이 낮은 면실의 배합 변이계수(coefficient of variation, CV)값을 측정하여 판별하였다. 면실은 서로 엉기어 있고 비중이 낮기 때문에 잘 배합이 되지 않을 가능성이 있다. 따라서 이러한 면실이 골고루 배합되어 있다면 배합기는 좋은 성능을 가졌다고 판단해도 좋다.



Fig. 1 A photo of TMR feed in the experiment.

시험은 배합 전 공시재료에 면실을 전체 공시재료의 약 2%를 투입하였다. 샘플의 채취는 배합 후 배합기 배출구 및 포장기 배출구(2개 지점)와 각 배출공정단계별 10%, 50%, 90% (3개 공정)에서 각각 1,000 g씩 총 10개를 채취하였다. 식 (1)과 같이 샘플 무게 당 면실의 무게를 측정하여 CV값을 산출하여 분석하였다.

$$CV = \frac{1}{m} \sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}} \times 100 \quad (1)$$

Where, CV : Coefficient of variation (%)

n : Number of times

m : Average of each measuring data (g)

$\sum x$: Sum of each measuring data (g)

$\sum x^2$: Sum of squared value of each measuring data (g)

나. 조사료 세절길이 분포도

샘플의 채취는 세절기로 세절된 원형베일 조사료와 세절된 조사료를 배합기에 투입하여 배합이 완료된 후의 조사료 100g씩을 각각 채취하여 5 cm 이하, 5~10 cm, 10~15 cm, 15 cm 이상 세절 길이에 대한 중량비의 백분율(%)로 분포도를 나타내었다.

다. 작업능률 및 작업효율

앞서 1 배치에 2톤의 공시재료를 투입하여 반입 → 세절 → 배합 → 배출 → 제품저장 → 계량·포장까지 소요되는 작업 시간과 생산량을 각각 측정하여 다음 식 (2)를 이용하여 실제 작업능률을 산출하였다. 작업효율은 이론작업능률과 실제작업능률의 비로 산출하였다. 제 1보(Ha et al., 2009b)에서 이론작업능률은 1 배치(batch) 2톤 작업시 소요시간은 25분으로 4800 kg/h이다. 실제작업능률에서 작업시간은 1 배치는 37분이었으나, 연속적인 작업시 작업사이클은 25분, 4 배치는 112분, 8 배치는 212분이 소요되었다.

$$T = \frac{m}{t} \times 60 \quad (2)$$

Where, T : Production rate (kg/h)
 t : Operating time (min)
 m : Amount of production in a given operation time (kg)

라. 전력소비량 시험

본 모델에 소요되는 정격전력은 표 2와 같이 66.6 kW이지만 실제 가동시간과 비교하였을 경우 계산되는 정격전력은 1 배치에 21 kWh로 나타났다. 따라서 실제로 소비되는 전력을 적산전력계를 이용하여 측정하였다.

Table 2 Rated electric power and operating time of machinery

Machinery	Required electric power (kW)	Operating time (min/batch)
Mixer	37	25
Dust collection Fan	0.4	10
Conveyor 1, 2	5	15
Surge bin	22	20
Compressor	2.2	5
계	66.6	

마. 경제성 분석

본 연구에서 개발된 소형 TMR 플랜트 모델(모델 시스템)은 1 배치에 2 톤 규모의 TMR 사료를 생산할 수 있는 시스템이다. 관행의 자가 TMR 모델은 원형베일 조사료를 사료절단기로 세절하고, 1 배치에 2 톤 규모의 트랙터 견인형 TMR 배합기로 배합한 후 급여하는 모델이며, 관행의 TMR 사료 구입 모델은 상업용 TMR 플랜트에서 판매되는 한우 및 젓소용 TMR 사료를 구입하는 모델이다. 경제성 분석 방법은 시스템의 투자비용과 이용비용으로 나누어 산출하였다.

1) 투자비용

투자비용은 토지구입비, 토목·건축비, 기계설비비, 전기시설비, 기타 비용으로 구분하여 분석하였다.

토지구입비는 기계설비의 배치, 원료와 TMR 사료의 저장 공간, 운반 등을 고려하여 토지면적을 구하여 비용을 산출하였다. 본 연구에서의 모델 플랜트의 토지면적은 약 500 m²이 필요한 것으로 나타났다. 토지비용은 전국의 광역시를 제외한 기타 비목지의 2009년도 표준공시지가 52,889 원/m²을 기준으로 하였다(KAPA, 2009).

토목·건축비는 일반적으로 농산물 보관창고와 같은 건축물과 토목공사 설계비 산정 기준을 적용하였다(RDA, 2008). 여기서 설계, 건축, 토목공사, 각종 인허가사항 등을 포함하여 182,000 원/m²을 기준으로 산정하였으며, 이때 모델 플랜트의 건평은 약 330 m²으로 나타났다.

기계설비의 가격은 농업기계 가격집과 기계 제작회사에 의뢰하여 조사하였다(KAMICO, 2009). 여기서 모델 플랜트와 관행의 자가 TMR 모델에 소요된 기계 제원 및 시설비용은 다음의 표 3과 같다. 기계 제원은 전동기로 구동되는 기계의 소요동력을 나타내었고, 관행의 자가 TMR 모델에서 TMR 배합기는 트랙터 견인형을 이용하였다.

전기시설비는 전술한 기계시설과 유틸리티에 필요한 소요 동력을 계산하여 수변전공사 비용과 전기공사 비용으로 나누어 적용하였다. 수변전공사 비용과 전기공사 비용은 한국전력공사에서 고시한 단가 70,400 원/kW와 60,000 원/kW를 적용하였다(KEPCO, 2009).

유틸리티는 에어실린더 등을 제어하기 위한 공기압축기 구입비와 각각의 배관 공사비 등을 계산하였으며, 운반장비는 33 kW급 스키드러더 구입비와 스키드러더에 장착할 수 있는 각종 사료운반에 필요한 장비 개조비를 포함하였다(KPRC, 2009).

Table 3 Specification and machine cost

Items	Power requirement (kW)		Cost (1,000 won)	
	Model plant	Traditional system	Model plant	Traditional system
Cutter	-	2.2	15,000	1,100
Cyclone	0.4	-	3,000	-
Mixer	37	-	25,000	25,000
Conveyor 1, 2	2.2×2	-	10,000	-
Surge bin	11×2	-	19,000	-
Packer	-	-	5,000	-
Total	63.9	2.2	77,000	26,100

표 4와 같이 모델 플랜트의 기계시설비 투자비용은 약 77,000 원이지만, 부지 구입비, 토목·건축비, 전기시설비, 유틸리

티 그리고 운반장비 등을 포함한 모델 플랜트의 투자비용은 총 199,241천원으로 나타났으며, 관행의 자가 TMR 모델에 의한 투자비용은 26,491천원으로 나타났다.

Table 4 Capital investment (Unit: 1,000 won)

Items	Model plant	Traditional system
Land purchase	26,444	-
Construction cost	60,060	-
Machine purchase	77,000	26,100
Electricity purchase	8,737	391
Utility	2,000	-
Carriage equipment	25,000	-
Total	199,241	26,491

2) 이용비용

본 연구에서는 TMR 사료 생산에 소요되는 이용비용을 고정비와 변동비로 구분하였다. 모델 시스템의 원형베일 세절기와 관행의 자가 TMR 모델의 TMR 배합기는 트랙터를 이용하는 것으로 하였다. 이때 40 kW급 트랙터는 이미 보유하고 있는 것을 이용하는 것으로 가정하였다.

(가) 고정비

기계 이용시의 고정비용은 감가상각비, 수리비, 이자, 전력비(기본요금) 등의 합으로 계산되며, 작업에 이용된 기계의 구입가격은 농업기계 가격집을 기준으로 하였다.

모델 플랜트의 건물 및 시설비용에 대한 감가상각비는 직선법을 적용하여 산출하였다(Park, 2008). 내구연한은 문헌 등을 참조하여(RDA, 2008), 건물의 경우 40년, 기계류는 8년, 운반장비는 10년으로 하였으며, 폐기가격은 구입가격의 5%로 가정하였다. 전기시설은 수변전설비의 경우 20년으로 폐기가격은 0%로, 전기공사의 경우 10년으로 폐기가격은 5%를 각각 적용하였다.

이자 총 투자비용에 대하여 적용하였는데, 농림부의 사료제조시설지원조건에서 융자 70%에 대하여는 연리 4%를 적용하고 자부담 30%에 대해서는 농업인 대출금리 3%를 적용한 다음(MIFAFF, 2008a), 변동금리를 감안하여 일률적으로 4%의 이자를 적용하였다. 보험은 우리나라 농업기계에 대해서는 아직 적용되지 않고 있으므로 관행의 자가 TMR 모델에서는 제외하였고(Park, 2008), 모델 플랜트의 경우는 건물과 시설 투자비용에 대해서만 연간 0.1%를 적용하였다.

건물 및 시설의 수리비는 고정비에 포함시켜 결정하였는데, 문헌을 참조하여(Park, 2008) 일반적으로 적용되는 연간 3%를 수리비로 적용하였다. 기계류의 경우 소요되는 부속품과 작동시 부하변동이 큰 배합기, 세절기 등의 경우는 기계구입가의 연간 6.5%를 적용하였으며, 나머지는 연간 3%를 적

용하였다. 차고비는 관행의 자가 TMR 모델에서는 배합기와 세절기를 보관할 창고가 필요하기 때문에 기계 구입가의 1%로 하였으며(Park, 2008), 모델 플랜트의 경우는 건축물을 보유하고 있기 때문에 제외하였다.

모델 플랜트 및 관행의 자가 TMR 모델은 축산농가 개인이 운영하는 시설이며, 원료의 공급이 원활하지 못하여 원료 변경 등의 문제점이 발생할 수 있기 때문에 특정 단체로부터 배합비율 등과 같은 전문지식을 전달받을 수 있는 정보 공급 체계가 필요하다. 따라서 외부 컨설턴트를 통한 배합프로그램 작성비용은 500 천원/월을 적용하였다.

(나) 변동비

모델 플랜트의 이용시 변동비용은 다음의 식 (3)으로 산출하였다.

$$VC = H(F + O + L + E + T) \quad (3)$$

Where; VC : Variable cost (won/year)

H : Machinery utilization time per year (h/year)

F : Fuel used cost per hour (won/h)

O : Lubrications used cost per hour (won/h)

L : Wages per hour (won/h)

E : Electricity used cost per hour (won/h)

T : Cost of using tractor per hour (won/h)

연간 이용시간은 적응시험 및 성능시험을 통하여 산정된 모델 플랜트의 소요기계별 이용시간을 적용하였으며, 이를 이용해 환산하였다. 관행의 자가 TMR 모델의 사료절단기의 작업능률은 원형베일 1개를 세절하는데 약 2시간 정도 소요되는 것으로 조사되었다(Ha et al., 2009a; Hong et al., 2007).

연료비는 세절기와 스키드러에 대하여 동일하게 적용하였다. 연료비는 세절기에 의한 원형베일 세절시 트랙터의 부하를 추정하여 시간당 소요연료량을 구하여 산출하였다. 산출근거는 다음과 같다. 트랙터 PTO 출력은 40 kW 트랙터의 PTO 효율 85%로 기준으로 하고, 트랙터 최대 출력에 대한 부하율 0.7로 가정하였다. 트랙터의 연료소모량은 2.445 kWh/L로 하였으며(Park, 2008), 면세유 가격은 668 원/L을 적용하였다(MIFAFF, 2008b). 작업시 소요되는 윤활유 비용은 연료비의 15%를 적용하였다(Park, 2008).

전력비는 농업용 병을 기준으로 기본료 1,070 원/kW·월과 사용료 36.4 원/kWh의 합으로 계산되는데(KEPCO, 2009), 기본료는 고정비로 사용료는 변동비로 분류하여 산출하였다.

시간당 노임은 농촌 노동임금 전국평균치인 성인 남자 1인의 경우 7,674 원/h로 하였다(MIFAFF, 2008b).

트랙터 사용 시의 시간당 이용비용은 기계의 구입가×고정비 계수에 연간 트랙터 총 사용시간을 나눈 값으로 정의하였

으며, 트랙터 총 사용시간은 세절기의 세절시간과 세절 이외의 작업시간을 합한 것으로서 원형배일 세절 이외의 작업시간은 수도작 평균사용시간 500 시간으로 하였다(Park, 2008). 따라서 트랙터의 고정비 계수는 앞에서 기술한 바와 같이 계산하여 트랙터의 구입가와 함께 표 5에 나타내었다.

Table 5 Purchasing price of tractor and coefficients fixed costs

Price (1,000 won)	Coefficients fixed costs				
	Depreciation	Repair	Interest	Warehouse	Total
28,790	0.119	0.063	0.040	0.010	0.232

모델 플랜트에서 TMR 사료 계량·포장 시에 소요되는 톤백은 5,320 원/개를 적용하였다(RDA, 2008). 포장시에 톤백으로 반출이 50%, 트레일러 등으로 벨크 반출이 50%로 가정하였으며, 톤백의 재사용 횟수 등을 감안하여 연간 20%의 교체 필요하다고 가정하였다.

3) 사료비용

개발된 모델 플랜트의 배합용량은 2 톤/배치로 TMR 사료의 평균 함유율은 40%(w.b.)로 가정하였다. 본 모델의 분석은 한우의 경우 설치되어 운영 중인 전라북도 정읍시 정우면 보리마을의 농가를 대상으로 하였으며, 젖소의 경우 경상북도 경주시 안강읍의 자가 TMR을 실시하여 운영 중인 낙농가를 대상으로 하였다. 이때 젖소 1일 두당 평균 사료급여량은 25 kg으로 나타났으며, 1회 배합시에 약 80두의 사료급여가 가능하다. 한우 1일 두당 평균 사료급여량은 13 kg으로 조사되었으며, 1회 배합시에 약 154두의 사료급여가 가능하다. 또한, 사료원료비는 2009년 8월을 기준으로 한우의 경우는 원료의 평균비용이 2,340 원으로 조사되었으며, 젖소의 경우 구입되는 원료의 평균비용은 8,000 원으로 조사되었다. 조사대상의 인근 TMR 공장 또는 TMR 생산자단체로부터 시판되는 TMR 사료의 가격은 젖소의 경우 380 원/kg, 한우는 260 원/kg으로 조사되었다.

이를 1일 두당 이용비용과 사료원료비를 계산하여 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용과 관행의 자가 TMR 모델의 TMR 사료 생산비용으로 나타내었으며, 관행의 TMR 사료 구입 모델의 TMR 사료 구입 비용과 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. TMR 사료 균질도

표 6은 배합기 및 포장기 배출구의 2개 지점에서 각 배출구별로 배합된 사료가 10%, 50%, 90%가 배출된 3개 공정에 대한 평균 CV값의 분석결과를 나타낸 것이다. 조사된 면실

의 배합 결과는 면실의 무게에 대한 CV값이 배합기 출구에서는 13.0%, 포장기 출구에서는 14.2%로 국립농업과학원 농업공학부의 배합성능 적합 판정 기준 30% 보다 낮아(NAAS, 2008), 배합정도가 양호한 것으로 나타났다.

공정별로 CV값은 조금의 차이를 나타내고 있는데, 공정별 10%와 90%는 배합기와 저장빈 내에서 배합시간의 차이가 약 4분 정도로 나타나는데, 배합시간이 조금 길어질수록 CV값이 더 낮게 나타나는 경향이 있다. 지점별로는 배합기 출구에서보다 포장기 출구에서의 CV값이 높게 나타나는 경향이 있어 벨트 컨베이어에서 제품의 재분리 현상이 일어난 것으로 판단되었다.

Table 6 CV for mixing of TMR feed by process rate and sampling location

Process rate / Location	10% (%)	50% (%)	90% (%)	Average (%)
Outlet of mixer	14.4	13.0	11.7	13.0
Outlet of packer	15.7	14.0	12.9	14.2

나. 조사료 세절길이 분포도

그림 2는 배합 후에 조사료의 길이를 측정하기 위하여 채취한 샘플이다. 표 7은 세절 후에 조사료 크기의 분포도를 나타내고 있다. 조사료 길이별 무게비는 15 cm 이하 80%, 15 cm 이상 20%이었던 것이 배합 후에는 5 cm 이하 40%, 5~10 cm 60%로 나타났다. 따라서 Ki(2003)가 제시한 바와 같이 본 모델 플랜트에서 생산된 조사료 세절길이 분포도는 적절한 것으로 판단되었다.



Fig. 2 Fiber length of roughage in cutting.

Table 7 Fiber length distribution of roughage after cutting and mixing

Fiber length class (cm)	After cutting (weight %)	After mixing (weight %)
Below 5	-	40
5~10	14	60
10~15	66	-
Above 15	20	-

다. 작업능률 및 작업효율

TMR 사료 배출 후에 배합기에 남아 있는 잔량은 약 55 kg 이었으나, 스크루를 역회전하여 잔량배출 한 후에는 약 17 kg 으로 0.85%의 잔량이 발생하였으며, 이는 배합기 빈의 벽면과 스크루 사이의 틈새간격 때문인 것임을 알 수 있다. 또한, 포장 후에 실제 투입량 대비 약 37 kg으로 1.85%가 부족한 것으로 측정되었는데 이는 저장빈의 벽면과 스크루 사이의 틈새간격과 반송시 손실에 기인한 것으로 생각된다. 따라서 총 투입량 2,000 kg 대비 약 54 kg(2.7%)의 잔량손실이 발생하였다.

Table 8 Result of effective work capacity and working efficiency

Items	1 batch	4 batch	8 batch
Effective production capacity (kg/h)	3,155	4,170	4,406
Working efficiency (%)	65.7	86.9	91.8

따라서 표 8과 같이 공정별 총 소요작업시간과 투입량 대비 잔량손실에 따른 실제작업능률은 1 배치일 경우 3,155 kg/h로 나타났으며, 작업효율은 약 65.7%로 나타났다. 연속적인 작업시의 실제작업능률과 작업효율은 4 배치 작업시 4,170 kg/h와 86.9%, 8 배치 작업시 4,406 kg/h와 91.8%로 나타났다. 따라서 본 모델 플랜트의 작업능률 및 효율은 연속작업이 효율적인 것으로 판단되었다.

라. 전력소비량

적산전력계를 이용하여 모델 플랜트의 전력소비량을 측정 한 결과 1 배치 당 약 16 kWh로 측정되었다. 이는 여유를 두고 모터를 선정했기 때문에 다 소비되지 않고 정격전력 21 kWh/배치의 약 76% 정도가 되어 여유가 있는 것으로 나타났다.

마. 연간이용비용

이상에서 언급한 내용을 기초로 모델 시스템을 이용했을 경우에 TMR 사료 생산량별 연간 이용비용을 계산하여 그 결과를 표 9에 나타내었다. 연간 고정비는 약 37,032 천원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1 배치 생산의 경우 59,119 원/톤, 4 배치 생산의 경우 18,850 원/톤, 8 배치 생산의 경우 11,943 원/톤으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되고 있는 것으로 나타났다.

관행의 자가 TMR 모델을 이용하였을 경우에 TMR 사료 생산량별 연간 이용비용을 계산하여 그 결과를 표 10에 나타내었다. 관행의 자가 TMR 모델은 1 배치 작업시 원형배일을 수작업으로 다시 풀어서 세절하는데 약 2시간이 소요되고 세

Table 9 Annual operation cost of the model plant (Unit: 1,000 won)

Items		1 batch	4 batch	8 batch
Fixed cost	Depreciation	13,800	13,800	13,800
	Interest	7,970	7,970	7,970
	Repair	8,229	8,229	8,229
	Electric power (contract)	860	860	860
	Insurance	173	173	173
	Warehouse	0	0	0
	Etc.	6,000	6,000	6,000
	Sub total	37,032	37,032	37,032
Variable cost	Labor	3,361	8,403	15,125
	Fuel	770	3,078	6,157
	Lubrication	115	461	924
	Tractor use	979	2,466	3,303
	Electric power (used)	123	493	985
	Etc.	777	3,107	6,214
	Sub total	6,125	18,008	32,707
	Total	43,157	55,040	69,739
Production cost (won/ton)		59,119	18,850	11,943

Table 10 Annual operation cost of the traditional model (Unit: 1,000 won)

Items		1 batch	2 batch
Fixed cost	Depreciation	3,178	3,178
	Interest	1,044	1,044
	Repair	1,697	1,697
	Electric power (contract)	39	39
	Insurance	0	0
	Warehouse	348	348
	Etc.	6,000	6,000
	Sub total	12,304	12,304
Variable cost	Labor	12,603	25,208
	Fuel	377	754
	Lubrication	57	113
	Tractor use	1,125	1,882
	Electric power (used)	468	935
	Sub total	14,630	28,892
Total		26,935	41,196
Production cost (won/ton)		36,897	28,217

절된 조사료와 농후사료 등을 수작업으로 TMR 배합기에 투입하는데 약 30분 이상 소요되어 총 2.5시간이 소요되며(Ki,

2003; Ha et al., 2009a; Hong et al., 2007), 다른 작업도 수행하여야 하기 때문에 1일 2 배치 이상의 작업을 수행할 수 없는 모델이 된다. 연간 고정비는 약 12,304 천원/년으로 나타났으며, 고정비와 변동비를 합한 연간 이용비용은 1 배치 생산의 경우 36,897 원/톤, 2 배치 생산의 경우 28,217 원/톤으로 나타났다.

바. TMR 사료 생산비용

젖소와 한우의 경우 모델 플랜트의 TMR 사료 생산비용과 관행의 자가 TMR 모델의 TMR 사료 생산비용, 관행의 TMR 사료 구입 모델의 TMR 사료 구입비용을 표 11과 표 12에 나타내었다.

Table 11 Production cost of TMR feed for dairy cattle (Unit: won/head·day)

Items		1batch	4batch	8batch
Dairy cattle (head)		80	320	640
Raw materials cost (a)		8,000	8,000	8,000
Model plant	Operation cost (b)	1,478	471	298
	Production cost (a+b)	9,478	8,471	8,298
Traditional system	Operation cost (c)	922	-	-
	Production cost (a+c)	8,922	-	-
Market price of commercial TMR feed		9,500	-	-

Table 12 Production cost of TMR feed for beef cattle (Unit: won/head·day)

Items		1batch	4batch	8batch
Beef cattle (head)		154	615	1,231
Raw materials cost (a)		2,340	2,340	2,340
Model plant	Operation cost (b)	768	245	155
	Production cost (a+b)	3,108	2,585	2,495
Traditional system	Operation cost (c)	480	-	-
	Production cost (a+c)	2,820	-	-
Market price of commercial TMR feed		3,380	-	-

1일 1 배치 생산시 젖소의 사육 가능두수는 약 80두, 한우는 약 154두로 나타났으며, 모델 플랜트의 이용비용은 젖소의 경우 1,478 원/두·일, 한우는 768원/두·일로 나타났다. 이때 생산비용은 젖소는 9,478 원/두·일, 한우는 3,108 원/두·일로 나타났다. 관행의 자가 TMR 모델의 이용비용은 젖소의 경우 922 원/두·일, 한우는 480 원/두·일이며 생산비용은 8,922 원/두·일, 한우는 2,820 원/두·일로 나타났다.

1일 8 배치 생산시 젖소와 한우의 사육 가능두수는 각각 640두, 1,231두로 나타났으며, 모델 플랜트의 경우 이용비용과 생산비용은 각각 298 원/두·일과 8,298 원/두·일, 155 원/

두·일과 2,495 원/두·일로 나타났다.

사육두수에 따른 1일 두당 생산비용을 회귀분석 결과식을 4, 5, 6, 7로 나타내었다. 그림 3과 4에서 모델 시스템의 사육두수가 증가함에 따라 생산비용은 급격히 감소하고 있으며, 젖소의 경우 약 120두 경영규모, 한우의 경우는 약 300두 경영규모에 이르면 감소세가 완만한 것으로 나타났다.

그림 3과 4에서 관행의 TMR 사료 구입 모델과 비교할 때 모델 플랜트의 손익분기점은 젖소의 경우는 사육규모가 79두, 한우의 경우는 113두로 나타났으며, 관행의 자가 TMR 시스템과 비교할 때 젖소의 경우 사육규모가 160두, 한우의 경우는 300두 이상에서는 모델 시스템이 유리한 것으로 나타났다.

$$y_1 = 8,129 + 108,307/x_1 \tag{4}$$

$$y_2 = 2,407 + 108,307/x_2 \tag{5}$$

$$y_3 = 8,474 + 36,293/x_1 \tag{6}$$

$$y_4 = 2,587 + 36,293/x_2 \tag{7}$$

Where, y_1 : Production costs for dairy cattle on the model plant (won)

y_2 : Production costs for beef cattle on the model plant (won)

y_3 : Production costs for dairy cattle on the traditional system (won)

y_4 : Production costs for beef cattle on the traditional system (won)

x_1 : Feeding heads for dairy cattle (head)

x_2 : Feeding heads for beef cattle (head)

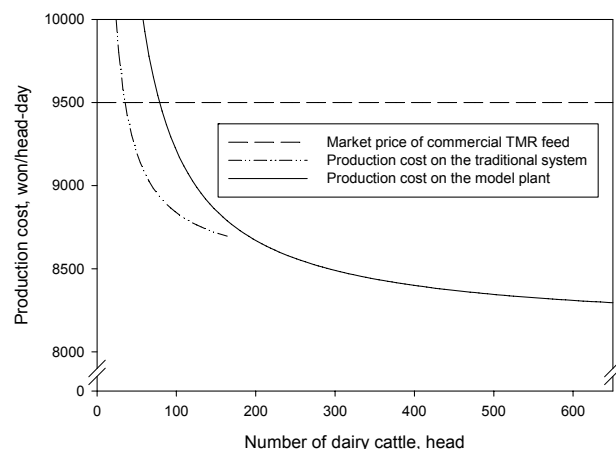


Fig. 3 Production cost of TMR feed for dairy cattle.

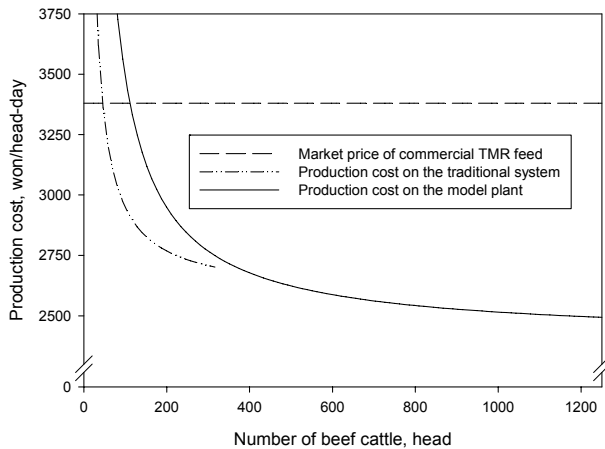


Fig. 4 Production cost of TMR feed for beef cattle.

또한 한우의 경우 1,000두 정도, 젖소의 경우 600두 정도 사육할 경우에 관행의 TMR 사료 구입 모델과 비교하여 8개월 정도면 본 연구에서 개발된 모델 플랜트의 투자비용을 모두 회수할 수 있는 것으로 분석되었다. 종합적으로 결론을 내리면, 본 연구에서 개발된 모델 플랜트는 기능적인 면에서, 경제적인 측면에서 한우 및 젖소 사육농가에 유익한 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 개발된 단위농가에 적합한 소형 TMR 플랜트의 성능을 시험하고 플랜트에서 생산된 사료의 품질을 검증하였으며, 관행의 자가 TMR 모델과 관행의 TMR 사료 구입 모델의 생산비용을 비교 분석하였다. 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) TMR 사료 균질도를 분석한 결과, 평균 CV값이 배합기 출구에서는 13.0%, 포장기 출구에서는 14.2%로 나타났다.
- (2) 배합 후 조사료 길이별 무게비는 5 cm 이하 40%, 5~10 cm 60%로 나타났다.
- (3) 모델 플랜트의 실제작업능률 및 작업효율은 1 배치일 경우 3,155 kg/h와 65.7%, 연속적인 작업시에 4 배치는 4,170 kg/h와 86.9%, 8 배치는 4,406 kg/h와 91.8%로 나타났다.
- (4) 모델 플랜트의 연간 이용비용은 1 배치 생산의 경우 59,119 원/톤, 4 배치는 18,850 원/톤, 8 배치는 11,943 원/톤으로 생산량이 증가할수록 이용비용은 절감되는 것으로 나타났다.
- (5) 모델 플랜트의 이용비용과 생산비용은 8 배치 생산시 각각 젖소는 298 원/두·일과 8,298 원/두·일, 한우는

155 원/두·일과 2,495 원/두·일로 나타났다.

- (6) 관행의 TMR 사료 구입 모델과 비교할 때 모델 플랜트의 손익분기점은 젖소의 경우는 사육규모가 79두, 한우의 경우는 113두로 나타났으며, 관행의 자가 TMR 시스템과 비교할 때 젖소의 경우 사육규모가 160두, 한우의 경우는 300두 이상에서는 모델 시스템이 유리한 것으로 나타났다.
- (7) 한우의 경우 1,000두 정도, 젖소의 경우 600두 정도 사육할 경우에 관행의 TMR 사료 구입 모델과 비교하여 8개월 정도면 본 연구에서 개발된 모델 플랜트의 투자비용을 모두 회수할 수 있는 것으로 분석되었다. 종합적으로 결론을 내리면, 본 연구에서 개발된 모델 플랜트는 기능적인 면에서, 경제적인 측면에서 한우 및 젖소 사육농가에 유익한 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Buckmaster, D. R. and L. D. Muller. 1992. How do we characterize an adequate TMR mix. 1992 ASAE Winter Meeting Paper 92-1542. ASAE, St. Joseph, MI, USA.
2. Ha, Y. S., D. H. Hong and K. K. Park. 2009a. Development of a tractor attached roughage cut-feeder for round bale(2) -Recent trend of traditional cutting system and feasibility study-. Journal of Biosystems Engineering 34(4):228-233. (In Korean)
3. Ha, Y. S., D. H. Hong and K. K. Park. 2009b. Modeling of a small group scale TMR plant for beef cattle and dairy farm in Korea(I) -development of TMR plant model-. Journal of Biosystems Engineering 34(5):342-350. (In Korean)
4. Han, I. K. 1993. Feed Science and Processing Technology. Sunjinmoonhwa Co., Seoul, Republic of Korea.
5. Hong, D. H., K. K. Park, Y. S. Ha, H. J. Kim, J. K. Kwon and T. W. Kim. 2007. Development of a tractor attached roughage cut-feeder for round bale(I) - Development of a cutting mechanism and a performance test -. Journal of Biosystems Engineering 32(5):292-300. (In Korean)
6. KAMICO. 2009. Agricultural Machinery in Korea. Korea Agricultural Machinery Industry Cooperative, Seoul, Republic of Korea.
7. KAPA. 2009. The Official Land Value. Korea Association of Property Appraisers, Seoul, Republic of Korea.
8. KEPCO. 2008. Electric Rates Table. Korea Electric Power Corporation, Seoul, Republic of Korea.
9. Ki, K. S. 2003. Studies on effects of feeding and establishment of optimal condition of TMR in dairy cattle. Ph. D. dissertation, Chungnam National University, Daejeon, Korea

10. KPRC. 2009. Price Data. Korea Price Research Center, Seoul, Republic of Korea.
11. MIFAFF. 2008a. A Guide Book for Agriculture and Forestry-Vol.4:Livestock. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Gwacheon, Republic of Korea.
12. MIFAFF. 2008b. Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Gwacheon, Republic of Korea.
13. NAAS. 2008. Inspection Criteria of Feed Mixer-NAMRI T 8060. National Academy of Agriculture Science, Suwon, Republic of Korea.
14. Park, J. G. 2008. Bio-production Machinery Engineering. CIR, Seoul, Republic of Korea.
15. RDA. 2008. Information Resources for Economic Analysis on Research. Rural Development Administration, Suwon, Republic of Korea.