

트랙터 견인형 TMR 배합기의 경제성 분석

Feasibility analysis of a tractor attached TMR mixer

박경규*	장 철*	김혁주*	서상훈*
정회원	정회원	정회원	정회원
K.K.Park	C.Chang	H.J.Kim	S.H.Seo

1. 서론

본 연구의 전반부인 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발에서는 페달형 교반장치, 조사료 세절장치, 배합된 사료의 자동배출장치, 원료계량장치를 가진 최대 배합용량 1.5ton 규모의 다기능 자가 TMR용 배합기를 개발하였는데 50두의 젖소 사육농가에 공급하여 실증 시험한 결과 기계 성능 면에서 매우 만족스러운 결과를 보였으며 농업기계화 연구소에서 실시하는 신기종 형식 검사에 합격판정을 받은 바 있다. 그러나 개발된 TMR 배합기가 실제로 농민에게 공급을 하였을 때, 경제성이 있는가 하는 문제는 매우 중요한 요소가 된다. 특히 본 연구의 목적은 현장에서 농민에게 직접 혜택을 줄 수 있는 문제를 해결을 하는 것이기 때문에 기계에 대한 경제성 분석은 매우 중요한 의미를 가진다 하겠다.

현재 낙농가에서 이루어지고 있는 젖소의 사료 급여 형태를 보면 조사료 및 농후사료를 분리 급여하는 관행의 사료 급여 방식과 TMR사료를 기본으로 하고 조사료 또는 농후사료를 추가 급여하는 TMR 급여 방식으로 나눌 수 있는데 최근에는 전체 낙농가의 30%이상, 40두 이상의 젖소 사육농가의 절반 정도가 TMR사양을 실시하고 있는 것으로 나타났으며 "서울 우유 협동조합 97년 실태조사 결과" 서울우유 납유 TMR목장의 13%가 자가TMR을 실시하고 있는 것으로 나타났다. 이렇듯 자가 TMR의 비율이 낮은 것은 아직 우리 나라 낙농가의 가구당 젖소 사육두수가 30마리 내외로 영세하여 고가의 수입 TMR 배합기를 구입하기 어렵기 때문인 것으로 판단되는데 향후 사육규모의 증가와 더불어 자가 TMR의 비율은 높아질 것으로 판단된다. 또한 각 낙농가에서의 자가 TMR 시스템 사양을 실시함은 낙농경영에 있어 경영비의 약70%를 차지하는 사료비와 전체 노동시간의 약 30%에 이르는 사료 준비 및 급여 시간의 절감을 위한 자신만의 know-how개발에 의한 경쟁력 제고에 필수적이라 사료된다. 이를 위해서는 값싸고 성능 좋은 국산 TMR 배합기의 공급이 이루어져야 하며 전술한 바와 같이 본 연구에서 진행된 국산 시작기의 개발은 성공적인 것으로 평가되었다. 이에 따라 본 연구의 목적은 ①앞의 본 연구에서 개발된 TMR 배합기를 개별 농가에 공급했을 경우와 ②관행에 의한 조사료와 농후사료를 분리하여 급여 했을 경우의 비용 및 수익성을 비교·분석하여 본 연구에서 개발된 자가 TMR 배합기(트랙터 견인형 TMR배합기)가 우리나라의 낙농가에 적용할 수 있는지에 대한 가능성 여부를 제시함에 있다.

=====

* 경북대학교 농업기계공학과

** 본 연구는 1996년, 1997년, 1998년 농림부의 농업특정과제 연구비로 수행되었음

2. TMR 배합기의 이용비용

본 연구에서 개발된 TMR 배합 시스템은 ①배합 기능만을 가진 TMR 배합기(TMR-I) + 볏짚 절단을 위한 범용의 조사료 절단기 + 원료 반입용 포터블 컨베이어등 3 종류의 기계를 이용하는 경우(자가TMR 시스템I), ②TMR 배합기에 세절장치가 부착된 복합 기능을 가진 배합기(TMR-II) + 원료 반입용 포터블 컨베이어를 이용한 2종류의 기계를 이용하는 경우(자가TMR 시스템II)로 구성될 수 있는데 본 연구에서는 위의 2시스템에 대하여 분석하였다. 또한 TMR 배합기의 가격은 업체 판매 가능 가격(50대 이상 판매시의 가격)을 기준으로 하였으며 기타 분석에 사용된 모든 가격은 IMF 이전인 97년 가격을 기준으로 하였다. 기계의 이용비용은 고정비와 변동비로 구분하였으며 구체적 항목을 표1에 나타내었다.

표1. TMR 배합기의 고정비 및 변동비의 구성 요소

고정비	변동비
감가상각비, 수리비 이자, 차고비	연료비, 윤활유비, 노임 전력비(사용요금) 트랙터(원동기)이용비용

(1) 고정비

가. 감가상각비와 수리비

TMR 배합기와 조사료 절단기에 대해서는 현재 분류된 자료가 없어 감가상각비의 경우 내구연한을 트랙터용 작업기 수준인 8년으로 정하고 기계의 폐기 가격은 구입 가격의 10%로 가정하였으며 감가상각비는 직선법(straight-line method)을 이용하여 추정하였다. 또한 수리비계수는 TMR 배합기의 경우 트랙터용 로타리의 연간 수리비계수(0.0625)를 적용하여 계산하였으며 조사료 절단기는 전자동 탈곡기의 연간 수리비계수(0.025)를 적용하였다.

나. 이자 및 차고비

이자는 농림부의 농기계 구입 자금 지원 규정인 기계구입가의 90% 용자(연리 3%)조건을 적용하였으며 나머지 10%에 대해서는 농협 일반 대출 금리(연리 13%)를 적용하였다. 또한 차고비는 기계 구입가의 1%로 하였다. 이상의 내용을 표2에 나타내었다.

표2. 기계 구입가격 및 고정비 계수

작업기의 종류	TMR 배합기		포터블 컨베이어	조사료 절단기
	TMR-I	TMR-II		
구입가격(천원)	18,000	25,000	2,000	1,200
고정비 계수	0.2081	0.2081	0.2081	0.2081
년간고정비(천원)	3,746	5,203	416	250

주) 1. 사료절단기: 5ps 모터 장착, 컨베이어: 2ps 모터 장착

(2) 변동 비용

TMR 배합기 및 사료 절단기 이용시의 변동비용은 식(1) 로 산출하였다.

$$VC = H \times (F+O+L+E+T) \text{ ----- (1)}$$

- 주) VC : 변동비용 (원/년) , H : 연간 기계 이용 시간 (시간/년)
 F : 1시간 작업시의 소모 연료비용 (원/시간), O : 1시간 작업시의 소모 윤활유 비용 (원/시간)
 L : 시간당 노동 임금 (원/시간) , E : 시간당 소모 전력비 (원/시간)
 T : 원동기의 시간당 이용 비용 (원/시간)

가. TMR 배합기 연간 이용 시간

개발된 TMR 배합기의 최대 배합 용량은 1.5 ton으로 젖소 1일 두당 평균 사료 급여량 25kg으로 할 경우 1회 배합시 60두의 사료 급여가 가능하다. 사료 배합은 1일 1회, 사료 급여는 1일 2회 사료 급여하는 것으로 가정하였으며 사육두수가 60두를 초과할 경우 1일 2회 배합 실시하는 것으로 계산하였다. 실제로 배합에 소요된 시간을 측정한 결과 개발된 배합기의 최대 용량인 1.5ton의 사료 배합에 소요된 시간은 원료투입 40분, 원료 배합에는 15분, 배합된 사료의 배출에는 5분이 각각 소요되었다. 이를 기준으로 사육두수별 배합기 이용 시간을 추정하여 표3 에 나타내었다.

표3. 자가 TMR 배합시스템의 예상 소요 시간(unit: hour/day)

사육두수	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1일 급여량(kg)	250	500	750	1,000	1,250	1,500	1,750	2,000	2,250	2,500	3,000
소요시간	0.67	0.73	0.80	0.87	0.93	1.00	1.67	1.73	1.80	1.87	2.00

- 주) 1. 배합시간과 배출시간은 배합할 원료의 양에 관계없이 각각 15분과 5분으로 함
 2. 배합중량에 따른 투입 시간은 10-50두의 경우 10두 감소시 마다 60두 기준 소요시간의10%를 감소시키고 70-120두의 경우는 60두 기준 소요시간에 10-50두 소요시간을 추가함

나. 조사료 절단기의 연간 사용시간

젖소의 연간 두당 평균 볏짚 급여량은 1,772kg이며(97년도 축산물 생산비 조사보고) 사료 절단기의 작업능률을 1,000kg/hr로 하여(97년도 농업기계화 연구소 검사 결과) 사육두수별 사료절단기의 1일 작업 시간을 계산하여 표4 에 나타내었다.

표4. 볏짚 세절용 사료절단기의 예상 이용 시간(unit: hour/day)

사육두수(두)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	120
1일 볏짚 급여량(kg)	49	98	147	196	245	294	343	392	441	490	588
소요시간	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.29	0.34	0.39	0.44	0.49	0.60

다. 연료비 및 윤활유비

- ①TMR 배합기에 의한 사료의 배합시 트랙터의 소요동력은 다음과 같이 산출을 하였다.
 $41\text{kw}(55\text{ps}) \times 0.85(\text{P.T.O 효율}) \times 0.7(\text{부하율}) / 2.445(\text{kwh}/\ell) \times 264\text{원}/\ell = 2,635\text{원}/\text{시간}$
- ②윤활유 비용은 연료비의 15%로 가정하였다.

라. 전력비(사용요금) 및 시간당 노임

전력비는 기본료 1,070원/kw-월 과 사용료 36.7원/kw-h의 합으로 계산되는데 기본료는 고정비로, 사용료는 변동비로 분류하여 산출을 하였으며 시간당 노임은 97년 9월 농촌 노동 임금 전국 평균치인 성인 남자 1인의 경우 4,892원/시간으로 하였다(97.9 농협 조사월보).

마. 트랙터 사용에 의한 시간당 이용 비용

트랙터 사용시의 시간당 이용비용은 (기계구입가 x 고정비 계수)/년간 트랙터 사용시간(=년간 평균사용시간 500시간+TMR 배합시간)이 된다. 트랙터의 고정비 계수는 앞에서 기술한 바와 같이 계산하여 트랙터의 구입가와 함께 표5 에 나타내었다.

표5. 트랙터 구입가격 및 고정비 계수

항목 트랙터	구입가(원)	고정비 계수				
		감가상각비	수리비	이자	차고비	합계
55ps	22,890,000	0.09	0.07	0.0231	0.01	0.1931

바. 사료급여에 따르는 노동비

순수한 사료 급여에 따르는 소요 노동 시간에 대한 자료는 아직은 조사가 된 바가 없으며 각 농가의 사양 형태에 따라 달라질 수 있다. 본 연구는 실증 시험에 의해서 농가에서의 급여시간을 조사한 결과 60두 사육까지는 1회 급여시 약 10분 소요가 되었으며 이 후 10두가 증가 함에 따라 1분씩을 증가 시켜 사육두수에 따른 급여 시간을 정하였다.

3. 결과 및 고찰

(1) 작업시스템에 따르는 TMR배합기의 이용 비용비교

이상에서 언급한 내용을 토대로 TMR-I, TMR-II 시스템에 대한 사육 두수에 따르는 이용 비용을 그림1과 표6 에 나타내었으며 1일 두당 비용을 회귀분석을 통해 추정하여 본 바, 식(2), 식(3) 과 같이 나타냈다

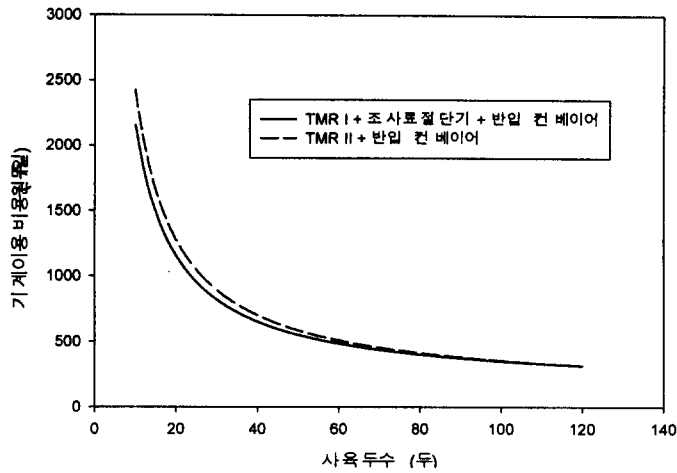


그림1. TMR 급여 시스템별 기계이용비용 비교 그래프

표6. TMR 배합기 및 조사료 절단기의 이용 비용 분석 내용

구분		10두	20두	30두	50두	70두	80두	100두	120두
TMR-I+ 컨베이어 ㉠	고정비(천원/년)	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181	4,181
	변동비(천원/년)	3,409	3,656	3,959	4,489	7,296	7,499	8,001	8,447
	합계(원/1일-1두)	2,079	1,074	743	475	449	400	334	288
조사료절단기 ㉡	고정비(천원/년)	265	265	265	265	265	265	265	265
	변동비(천원/년)	89	179	268	446	624	714	893	1,072
	합계(원/1일-1두)	97	61	49	39	35	34	32	31
자가TMR 시스템 I(㉠+㉡)	2,176	1,135	792	514	484	434	366	319	
TMRII+컨베이어 자가TMR시스템II	고정비(천원/년)	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638	5,638
	변동비(천원/년)	3,409	3,656	3,959	4,489	7,296	7,499	8,001	8,447
	합계(원/1일-1두)	2,479	1,171	876	555	506	450	374	322

$$y = 150 + 20,040/x, R^2 = 0.997 \text{ ----- (2)}$$

주)1. x : 사육두수, y : TMR급여시스템 I의 이용비용

2. TMR I + 조사료 절단기 + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 기계이용비용

$$y = 124 + 22,996/x, R^2 = 0.994 \text{ ----- (3)}$$

주)1. x : 사육두수, y : TMR급여 시스템 II의 이용비용

2. TMR II + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 기계이용비용

(2) 자가 TMR사료 급여시스템의 경제성 분석

가. 관행 시스템의 사료급여에 대한 기존의 조사 결과 요약

축협중앙회의 1997년도 축산물 생산비 조사보고에 의하면 관행 즉 인력에 의한 사료급여 비용을 표7 과 같이 보고를 하였으며 또한 사료비를 표8 과 같이 보고하고 있다.

표7. 낙농가의 사료급여에 소요되는 노동력 및 비용

10두미만	10두 - 30두	30두이상
34.7시간/두-년	30.4시간/두-년	24.1시간/두-년
465원/일-두	407원/일-두	323원/일-두

자료: '97축산물 생산비 보고(1997, 축협중앙회)

표8. 낙농가의 사료비(원/두-년)

비 목	10두미만	10두 - 20두	30두이상
농후사료	1,171,106	1,233,680	1,246,517
조 사 료	297,392	244,886	249,686
사료비 합계	1,468,498	1,488,839	1,496,206

자료: '97축산물 생산비 보고(1997, 축협중앙회)

나. TMR배합사료비용 및 급여방법에 따른 사양효과

서울우유협동조합의 조사보고서(1997년)에 의하면 TMR사료급여를 할 경우 사료에 대한 기호성이 높아 젖소의 사료급여량이 증가하게 되며 따라서 순수사료비는 관행에 비하여 약 2.7% 더 높아지고 반면 젖소의 착유량이 증가한다고 하였다. 따라서 순수하게 사료비용 측면에서 TMR급여시스템과 관행시스템을 비교하면 그림2와 같이 TMR급여시스템이 관행시스템에 비하여 높게 나타나고 있는 것으로 분석되고 있다. 그러나 본 TMR 배합기를 이용하는 경우 사육두수가 증가함에 따라 비용의 차이가 급격하게 줄어드는 것을 볼 수 있다.

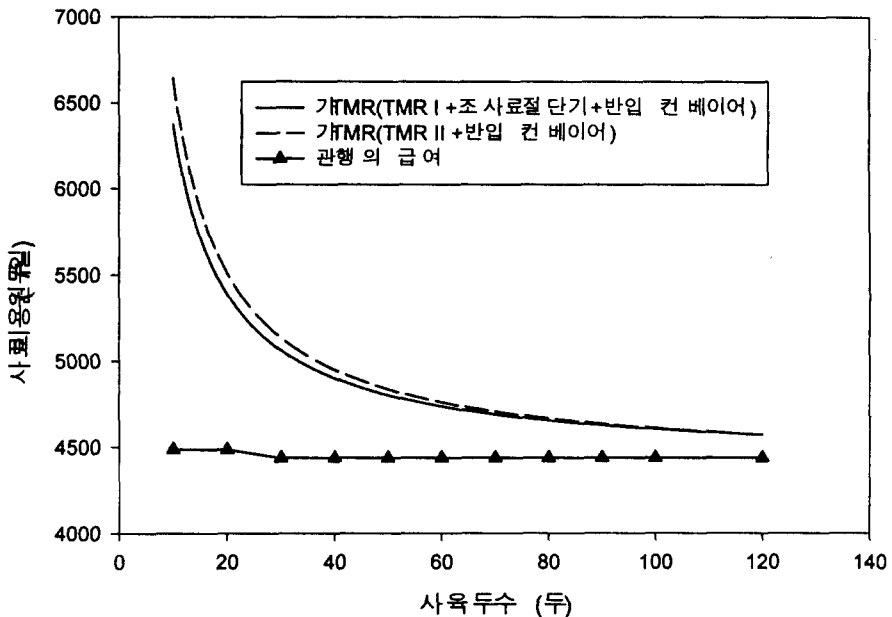


그림2. 사료 급여 시스템별 사료비용 비교 그래프

본 분석의 계산결과 사육두수 50두의 경우 1일 두당 사료 비용이 관행작업보다 331원 높아 자가TMR배합 급여시의 1일 두당 평균 사료비용은 4,769원의 10%미만으로 나타났다. 그러나 TMR시스템에 의한 사양의 효과는 사료비가 증가하는 반면 두당 산유량의 증가와 유지율 증가, 세균수와 체세포 수 감소로 인한 우유등급 상승에 의해 유대 수입을 증가시키는데 서울우유 협동조합의 조사 결과에 의하면 TMR배합에 의한 사료를 급여했을 경우 1일 1두당 산유량이 2kg 증가가 된 것으로 보고되어 있다(표9).

표9. TMR 사료 급여와 비TMR 사료급여에 대한 급여 효과 비교

구분	목장수 (호)	평균사육 두수(두)	두당 산유량 (kg)	세균수 (만)	체세포수 (만)	유지율 (%)	유대단가 (원)	두당유대 수입(원)
TMR사양(A)	650	38.40	21.30	5.00	44.50	3.81	505.5	10,752.0
비TMR사양(B)	3,648	33.30	19.30	5.68	47.9	3.78	500.20	9,643.8
A/B(%)	17.8	115.3	110.9	88.0	92.90	100.8	101.1	111.4

자료:서울우유 협동조합('97 평균치)

이는 이(1995) 등이 발표한 내용과 거의 일치하고 있으며 따라서 본 분석에서는 TMR배합에 의한 사양이 비TMR 사양보다 두당 산유량이 2kg 증가되는 것으로 계산하였고, 두당 산유량 및 kg당 유대 수입은 97년도 축산물 생산비 보고상의 통계치를 이용하였다. 표10은 TMR배합에 의한 사료급여와 관행에 의한 사료급여를 비교 분석한 것이고 식 (4)와 (5)는 이에 대한 산출식이다.

표10. 사료 급여 시스템별 사료비용 및 수익 계산 결과 (단위: 원/두-일)

사육두수		10두	20두	30두	50두	70두	80두	100두	120두
TMR 시스템I	사료비용	6,390	5,374	5,056	4,769	4,736	4,684	4,615	4,565
	우유 수입	8,434	8,833	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165
	사료비공제 수입	2,044	3,459	4,109	4,396	4,429	4,481	4,550	4,600
TMR 시스템II	사료비용	6,693	5,410	5,140	4,810	4,758	4,700	4,623	4,568
	우유 수입	8,434	8,833	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165	9,165
	사료비공제 수입	1,741	3,423	4,025	4,355	4,407	4,465	4,542	4,597
관행급여 시스템	사료비용	4,488	4,486	4,438	4,438	4,438	4,438	4,438	4,438
	우유 수입	7,477	7,845	8,173	8,173	8,173	8,173	8,173	8,173
	사료비공제 수입	2,989	3,359	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735	3,735

$$y = 4409 - 19,657/x, \quad R^2 = 0.998 \quad \text{-----} \quad (4)$$

1) x : 사육두수, y : TMR급여시스템 I의 사료 비용

2) TMR I + 조사료 절단기 + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 사료 비용 관계식

$$y = 4383 - 22,613/x, \quad R^2 = 0.995 \quad \text{-----} \quad (5)$$

1) x : 사육두수, y : TMR 급여시스템 II의 사료비용

2) TMR II + 원료 반입용 컨베이어 사용시의 기계이용비용 관계식

다. 자가TMR 배합시스템과 관행시스템의 경제성 비교

TMR배합에 의한 사료의 급여는 이용 비용면에서는 ①사육두수가 증가함에 따라 감소하는 경향이 있으며, 사료비는 ②관행에 비하여 약 2.7% 더 높아지고, 우유 수입 측면에서는 ③산유량의 증가, 유지율 및 체세포의 감소로 관행에 비하여 11.4% 더 수입이 높은 것으로 분석 및 보고되고 있다. 이러한 분석 및 조사 자료를 근거로 TMR배합시스템에 의한 젖소의 수익과 이에 상응하는 관행 시스템과의 수익을 비교 검토하여 표10 과 그림3 에 나타냈는데 분석 결과를 살펴보면 자가 TMR배합시스템은 관행 시스템에 비하여 사육두수가 영세할 경우에는 기계 투자비용으로 인해 초기의 수익성이 낮으나 사육두수 18두 이상에서 자가 TMR급여 시스템이 높아지고 있는 것으로 분석되어 손익분기점이 18두임을 알 수가 있었다. 그리고 50두 경영규모에서는 TMR배합시스템 I 이 1일1두당 4,396원의 수익이 생겨 관행의 3,735원 보다 약661원 정도 더 수익이 있는 것으로 나타났다. 다음의 식(6)과 (7)은 TMR 급여 시스템에 따르는 수익 예측 곡선식이다.

$$y = 4887 - 27,936/x \quad , \quad R^2 = 0.990 \quad \text{-----} \quad (6)$$

- 1) x : 사육두수 , y : TMR 급여시스템 I의 수익
- 2) 자가 TMR(TMR I+조사료 절단기+원료 반입용 컨베이어 사용)시의 수익 관계식

$$y = 4912 - 30,893/x \quad , \quad R^2 = 0.991 \quad \text{-----} \quad (7)$$

- 1) x : 사육두수 , y : TMR 급여시스템의II의 수익
- 2) 자가 TMR(TMR II + 원료 반입용 컨베이어 사용)시의 수익 관계식

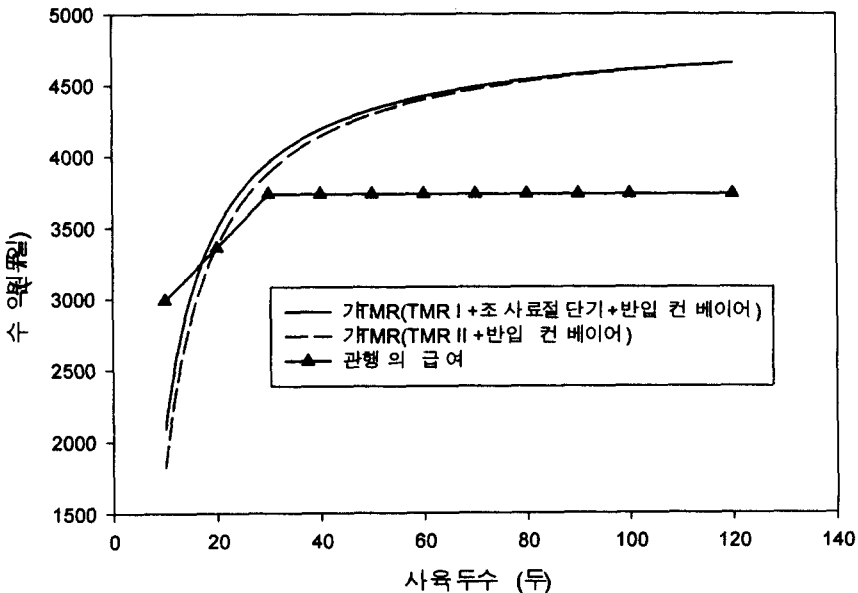


그림3. 사료 급여 시스템별 수익 비교 그래프

4. 결론 및 요약

본 연구에서 개발된 TMR배합기의 경제성을 검정하기 위하여 관행 시스템에 의한 사료급여 시스템과 TMR 배합에 의한 급여시스템의 비용을 분석하고 동시에 각각의 사료급여에 대한 효과를 비교 검토하였다. TMR 배합에 의한 급여 시스템은 ①자가TMR 시스템I과 ②자가TMR 시스템II의 2가지 급여시스템으로 분석하였으며 관행시스템에 의한 사료급여비용은 기존의 조사자료를 기준으로 분석하였는데 그 결과는 다음과 같이 요약할 수가 있었다.

1) 자가 TMR 배합에 의한 사료급여시스템의 이용 비용은 사육두수가 증가함에 따라 급격히 감소하는 경향을 보이는데 전체적으로 기계구입비가 가장 큰 시스템 II(TMRII+컨베이어)를 이용한 비용이 보다 높게 나타났다. 이는 기계 구입에 따르는 초기의 투자 비용이 높아 고정비가 크게 작용을 한 것으로 사료되었다.

2) 자가 TMR 배합시스템과 관행 시스템의 비교에서는 사육규모가 50두 규모에서 사료의 급여 비용은 관행의 비용보다 1일 두당 331원 정도 높은 것으로 나타났으나 1일 두당 평균 사료비 4,226원의 10%미만으로 나타났다.

3) 반면 자가 TMR 배합시스템에 의한 사양효과는 사료비용을 공제한 우유 수익이 사육두수 18두 이상인 경우 관행급여시보다 높게 나타났다. 그리고 사육두수의 증가에 따라 TMR 배합시스템에 의한 우유의 수익성 차이가 점점 커지고 있으며 50두 사육규모의 경우 TMR 급여 시스템이 관행에 비하여 1일 1두당 약 661원 더 수익이 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발된 TMR 배합기가 우리나라의 낙농가에 적용 가능한 것으로 판단된다.

5. 참고 문헌

- 1) 농림사업 시행 지침서 .1998. 농림부
- 2) 농업기계 검사 성적서 .1997. 농업 기계화 연구소
- 3) 농협 조사월보 .1998. 농협
- 4) 박경규 외 .1998. 트랙터 견인형 TMR 배합기의 개발. 농업기계학회 하계 학술대회
- 5) 박경규 외 .1996. 축산 기계 및 시설. 문운당
- 6) 박종수 .1997. 우리나라 낙농산업의 과제와 발전적인 정책 방향.농산진흥연구소보24:61-78
- 7) 박홍서 .1998. TMR 급여 목장의 생산성 향상. 낙농육우 '98.7
- 8) 박희만 .1996. 전업 농가용 TMR 조제기 개발. 농업기계화연구소 시험연구 보고서,
- 9) 이정진.1995.낙농에 있어 공동 배합 형태에 의한 TMR 사양의 효과 조사와 발전 방향. 고려대학교
- 10) 이정호 .1998. IMF 시대의 낙농산업 생존 전략. 낙농육우 '98.2
- 11) 정창주 외 .1997. 농작업 기계학 원론. 서울대학교 출판부
- 12) 정인걸 .1998. 고능력우의 TMR 사양관리. 서울우유 '98.3
- 13) 축산물 생산비 보고 .1997. 축협 중앙회