

지렁이 분말의 급여가 산란계의 생산성 및 난황의 지방산 조성에 미치는 영향

손 장 호†

대구교육대학교 실과교육학과

Effects of Feeding Earth Worm Meal on the Performance of Laying Hens and Fatty Acids Composition in Egg Yolk

J. H. Son†

Department of Practical Arts Education, 1797-6 Daemyung2-Dong, Namgu, Daegu-city, 705-715, South Korea

ABSTRACT : A study was conducted to investigate the effect of supplementing earthworm meal (EWM) on the performance of laying hens and fatty acid composition in egg yolks. A total of 360 laying hens at 55 weeks of age were fed the experimental diets containing 0.0% (Control), 0.1% and 0.2% of EWM for 5 weeks. Eggs were collected and weighted every day and egg production and feed conversion were recorded every weeks during the experimental period. However fatty acid composition of egg yolk were measured at last week of experimental period.

Amount of feed intake tended to increase by supplemental EMW, but feed conversion ratio of birds fed EWM was not different among three groups. Average egg production seemed to increase and significantly improved ($P<0.05$) when fed a 0.1% EWM and 0.2% EWM, respectively. Average egg weight was prone to decrease when fed a 0.1% EWM compared to that fed a 0% (control) or 0.2% EWM. Average daily egg mass tended to improve by the addition of EWM. It was more increased in 0.2% EWM treatment than 0.1% EWM. The ratio of egg yolk n-6/ n-3 fatty acids contents was 5:1 fed a 0.1% and 0.2% EWM. But these ratio was 10:1 in control group.

It is concluded that 0.2% earthworm meal supplementation in the 55 weeks old laying hens diet, improves the laying performance and ratio of egg yolk n-6/ n-3 fatty acids contents ($P<0.05$).

(Key words : earthworm meal, laying hens, performance, egg yolk fatty acids contents)

서 론

지금까지 국민의 단백질 공급에 없어서는 안될 축산업이 좀 더 발전하기 위해서는 환경오염 문제해결이 필수요건으로 대두되고 있다. 지렁이를 활용한 유기성 폐기물 처리방법은 유기성 폐기물 처리 후 발생될 수 있는 제 2차적인 환경오염이 없으며, 이 과정중에 발생되어지는 부산물 또한 안정성이 높아 유기성 폐기물 재활용 방법 중 가장 환경 친화적인 방법으로 21세기에 비약적인 발전이 기대되는 분야로 설명되어지고 있다 (이주삼, 1995; 조익환 등, 1996). 더욱이 지렁이의 몸은 그 자체가 단백질·질소의 접합체로 지렁이 몸체는 조단백질 함유량이 60% 이상으로 (McInroy, 1971; Hilton, 1983), 탁월한 식성을 자랑하는 지렁이는 하루 0.4g

정도의 먹이를 섭취하고 한 마리의 성체 지렁이가 연간 3,000~5,000마리의 번식이 가능하다 (Guerrero, 1983).

최근 국내에서도 세계적인 추세에 동참하여서 지렁이 활용과 관련된 환경 심포지움이 해마다 열려지고 있다 (국립환경연구원, 1999; 경상대학교, 2000; 순천대학교, 2001; 이태복과 최훈근, 2002). 그러나 국내에서는 지렁이를 이용하는 산업은 아직까지 크게 발전하지 않아 현재 우리나라에서 생산되는 지렁이는 대부분이 낚시미끼, 양어장 먹이 및 환경분야 등에 한정되어 보급되고 있다. 한편 지렁이를 양식하는 실제 현장에서의 많은 노동력이 필요하고, 관리기술의 확보와 사계절에 따른 온도 변화문제 등에 따른 해결책 및 정책적인 부분 등의 해결과제들도 산재되어 있는 실정이다. Harwood와 Sabine (1978)은 지렁이 분말의 영양평가시험에

† To whom correspondence should be addressed : jhson@mail.dnue.ac.kr

서 양계사료의 단백질 공급원으로 지렁이 분말 사용의 가능성을 보고하였으며, Orozco Almanza 등 (1988)은 지렁이 분말을 이용한 토끼 사양시험을 통해서 지렁이 분말의 사료내 첨가로 인한 소화율 개선효과 및 대두박 유래 단백질보다 우수한 단백질 공급원의 효과를 보고하였다.

본 연구에서는 축분을 먹이로 하여 생산된 지렁이를 산란계의 사료자원으로 활용하기 위해서 산란후기의 산란계 사료중에 지렁이 분말 (EWM)을 0.1% 및 0.2% 첨가·급여시킨 후 산란성적 및 난황의 지방산 조성에 미치는 영향을 구명하였다.

재료 및 방법

1. 공시동물, 시험사료, 사양관리 및 시험설계

본 연구에서는 55주령의 갈색 산란계 (Hy-Line) 360수를 3개 시험구에 4반복으로 5주동안 공시하였다. 기초사료는 옥수수-대두박 위주 조단백질 16.0%, ME 2,800kcal/kg 사료를 급여하였다 (Table 1). 시험구는 대조구, 처리구 1 및 2로 구분하여 각각의 처리구당 120수씩 배치하였다.

대조구는 기초사료를 급여하였고, 처리구 1은 EWM 0.1% 첨가, 처리구 2는 EWM 0.2%를 첨가·급여하였다. 첨가한 지렁이는 경상북도 축산기술연구소내 지렁이 양식장에서 생산된 성체 지렁이로부터 얻어진 것으로 지렁이 생산에 이용된 지렁이 먹이는 경상북도 축산기술연구소에서 생산된 우분, 돈분 및 계분을 6 : 2 : 2로 혼합하였다. 단, 우분속에는 한우사 바닥제로 사용된 톱밥이 약 70% 정도를 차지하고 있다. 본 시험에 사용된 지렁이는 붉은 줄무늬 지렁이 (*Lumbricus rubellus*)로 지렁이의 일반 성분 및 아미노산 조성은 Table 2에 나타내었다.

공시계의 사양관리는 니플이 설치된 2수용 3단 철제 케이지에서 사육하였고 사료와 물은 무제한 급여하였으며 그 외 기타 관리는 경상북도 축산기술연구소 관행법에 준하였다.

2. 조사항목

1) 기초사료 및 성체지렁이의 일반성분 분석 및 아미노산 조성 조사

기초 사료 및 지렁이 분말의 일반성분은 A.O.A.C법 (1996)에 의하여 분석하였으며, 지렁이 체조직내의 아미노산의 함량을 분석하기 위하여, 건조한 지렁이분말 0.1g 정도를 Glass tube에 정밀히 취하여 6N 염산 25ml씩을 주입하고 감

Table 1. Ingredient composition of basal diet for laying hens

Ingredients	%
Yellow corn	67.32
Soybean meal	21.77
Calcium carbonate	8.77
Tricalcium phosphate	0.92
Choline-chloride	0.06
Animal fat	0.50
DL-methionine	0.11
Salt	0.25
Mineral/ vitamin premix*	0.30
Total	100.00
Chemical composition	
ME (kcal/kg)	2,800.00
Crude protein (%)	16.00
Crude fat (%)	3.07
Crude ash (%)	12.18
Ca (%)	3.70
Available P (%)	0.25

*Vitamin premix provides the followings (mg) per kg of diet: vitamin A, 1,600,000 IU; vitamin D₃, 300,000IU; vitamin E, 800 IU; vitamin K₃, 132 mg; vitamin B₂, 1,000 mg; vitamin B₁₂, 1,200mg; niacin, 2,000 mg; pantothenate calcium, 800 mg; folic acid, 60 mg; Mn, 12,000mg; Zn, 9,000 mg; Co, 100 mg; BHT, 6,000 mg; I, 250 mg.

압과 질소충전을 반복한 후 150℃의 가수분해장치 (Pico-Tag workstation, Waters 社)에서 1시간 가수분해시켰다. 가수분해한 시료용액은 방냉후 7.5M NaOH 용액으로 중화하고, 0.2M Sodium citrate loading buffer (pH 2.2)로써 일정량으로 정량한 후 0.22 μm membrane filter로 여과한 것을 아미노산 정량용 시험액으로 하였으며, sodium type의 ionexchange column을 장착한 HPLC를 이용하여 각 시험액의 아미노산 함량을 구하였다. 또한 필수아미노산의 chemical score는 Sheffner (1967)의 방법에 따라서 산출하였다. 이때의 아미노산 분석을 위한 HPLC의 조건은 Table 3에 나타내었다.

2) 사료섭취량, 산란율, 난중, 1일 산란량

5주간의 총 시험기간 동안 산란수와 난중은 매일 오후 3시에 측정하였고, 사료섭취량은 1주 간격으로 조사하였다. 산란율은 산란수를 사육수수로 나눈 값 (Hen day egg production)으로 표시하였으며, 평균 난중은 기형란 및 연란

Table 2. Chemical composition and amino acid contents of earthworm

Item	Earth worm
Chemical composition	
Moisture (%)	72.3
Ether extracts (%)	16.0 ^a
Crude protein	62.7 ^a
Ash (%)	14.8 ^a
Amino acid contents ^a (%)	
Aspartic acid	10.74
Threonine	4.40
Serine	3.78
Glutamic acid	15.28
Glycine	6.32
Alanine	8.71
Valine	8.06
Isoleucine	6.70
Leucine	10.70
Tyrosine	3.44
Phenylalanine	5.06
Lysine	6.87
Histidine	2.57
Arginine	5.32
Cystine	0.94
Methionine	1.11

^aAll values are expressed on a dry matter basis.

Table 3. Condition of HPLC for amino acids analysis

Instrument	Water Model 510
Column	Amino acid analysis column (25cm×0.46cm ID)
Injection Volume	20 μl
Flow rate	0.4ml/min
Detector	Fluorescence, Water Model 420-AC
Mobile phase	Buffer A : Sodium citrate pH 3.05 Buffer B : Sodium nitrate pH 9.60

을 제외하고 계산하였다. 1일 산란량 (daily egg mass)은 1일 평균 산란율과 평균 난중을 곱하여 계산하였고, 사료섭취량은 1일 평균 수당 섭취량으로 표시하였으며, 사료요구율은 수당 1일 사료섭취량을 1일 산란량으로 나누어 계산하였다.

Table 4. Condition of GC for fatty acids analysis

Instrument	Shimadzu GC-2010
Column	Capillary 30m×0.25mm ID, 0.32 μm film
Detector	FID
Oven temp.	200℃
Injection/ Detection temp.	260℃/ 260℃
Carrier gas/ Flow rate	N ₂ / 50ml/ min

3) 난황중 지방산 분석

난황내 지방산 조성에 대한 분석은 시험개시 5주째에 얻어진 계란중에서 처리구별로 4개씩을 무작위 선별하여 24시간 실온에서 방치시킨 다음 Folch 등 (1957)의 방법을 기초로 하여 지질을 분리하여 methylation을 시킨 후, hexane에 용해시킨후 gas chromatograph (Shimadzu-2010)로 분석하였다. 이때 GC 조건은 Table 4와 같다.

3. 통계분석

시험 및 분석 등을 통해서 얻어진 성적들은 SAS package (1996)의 GLM procedure로 분산분석을 실시하고, Duncan의 New multiple range test를 이용하여서 유의성 검정을 실시하였다 (Steel and Torrie, 1980).

결과 및 고찰

Table 5는 산란율과 난중, 1일 산란량을 5주간의 시험기간 동안 매주 간격으로 나타내었다. 59~60주령 때의 EWM 0.1% 첨가구를 제외하고 산란율은 EWM 첨가에 의해서 증가되는 경향이 인정되었다. 따라서 5주간의 시험기간 동안의 평균 산란율은 대조구 대비 EWM 0.1% 첨가구가 3.8%, EWM 0.2% 첨가구가 7.5% (P<0.05) 증가하였다. 1983년도의 중국 화남 사범대학 생물학과에서 보고된 지렁이 사료화 시험에서 메추리 사료에 EWM 5%와 어분 6%를 각각 첨가하여 90일 동안 시험한 결과 EWM 첨가가 어분 첨가구보다 산란율이 6.4% 증가하고 난중도 15% 정도 증가하였다고 하였다 (김건상, 2001). 한편 Orozco Almanza 등(1988)도 사료 단백질원의 30%를 지렁이 분말로 대처한 토끼시험에서 대두박 유래 단백질원을 이룬 대조구보다 소화율 5.09% (P<0.05) 개선시켜서 어분과 육분 유래의 단백질과 동일한 효과를 나타내었다고 하였다. 이처럼 지렁이 유래 단백질은

Table 5. Effect of dietary EW on laying performance

Treatments (%)	Egg production (%)					
	55~56	~57	~58	~59	~60	55~60
	-----Weeks-----					
0.0%	80.31	80.37	76.70	72.44	76.20 ^{ab}	77.00 ^a
0.1%	87.23	87.22	84.24	73.62	71.54 ^b	80.80 ^{ab}
0.2%	81.94	86.31	85.70	80.12	87.72 ^a	84.50 ^b
SEM	0.82	0.79	0.77	0.99	0.88	0.90
Treatments (%)	Egg weight (%)					
	55~56	~57	~58	~59	~60	55~60
	-----Weeks-----					
0.0%	63.27	62.72	61.72	62.10	61.50	62.27
0.1%	61.96	60.75	59.41	62.58	61.84	61.31
0.2%	63.57	61.93	61.58	62.55	62.00	62.33
SEM	0.20	0.24	0.27	0.25	0.14	0.21
Treatments (%)	Daily egg mass (g/d)					
	55~56	~57	~58	~59	~60	55~60
	-----Weeks-----					
0.0%	50.8	50.4	47.3	45.0	46.9	48.0
0.1%	54.0	53.0	50.0	46.1	44.2	49.5
0.2%	52.1	53.5	52.8	50.1	54.4	52.7
SEM	0.41	0.47	0.42	0.50	0.51	0.47

^{ab} Means with different superscripts within a column differ significantly ($P < 0.05$).

아미노산 균형이 좋고 생물가 또한 높아서 (Sabine, 1988) 동물체내의 소화율 개선에도 효과가 있음을 알 수 있다. 이을연 등 (1995)은 산란계에 아미노산 균형이 좋고 생물가가 높은 효모 배양물을 0.5% 수준 급여할 경우 산란율은 대조구에 비하여 3.6% 개선효과가 있음을 보고하여, 본 연구에서 얻어진 결과를 간접적으로 뒷받침하고 있다고 할 수 있겠다. 그러나 55주령 이상의 산란계에 지렁이 분말 첨가 수준과 산란율 등의 경제성을 고려할 경우 지렁이 분말 수준이 어느 정도가 가장 적합한지에 대한 연구는 연속된 시험을 통한 경제성 분석도 같이 연구될 필요성이 있으리라 사료된다.

5주간의 시험 전 기간의 평균 난중은 EWM 0.1% 첨가구가 대조구 대비 0.96g 정도 낮은 경향을 보인 반면 EWM 0.2% 첨가구는 대조구와는 차이는 인정되지 않았다. 산란계의 생리상 일반적으로 산란율이 증가하면 난중은 감소하는 경

향이 있다. 그러나 본 연구에서의 EWM 0.2% 첨가에 따른 산란율의 증가 효과 ($P < 0.05$)는 난중의 감소에는 영향을 미치지 않았다. 따라서 평균 1일 산란량은 EWM 0.2% 첨가구가 대조구 및 EWM 0.1% 첨가구 보다 높아지는 경향이 인정되었다.

Table 6은 사료섭취량과 사료요구율을 5주간의 시험기간 동안 매주 조사한 결과를 나타내었다. 5주간의 시험기간 동안 사료섭취량은 EWM 첨가에 따라서 증가하는 경향이 인정되었다. 5주간의 평균 사료섭취량은 대조구 대비 EWM 0.1% 첨가구가 2.1%, EWM 0.2% 첨가구가 3.4% 증가하였다. Pepler (1982)는 식이성 glutamic acid는 사료의 풍미를 증진하여서 사료 섭취량을 증가시킨다고 보고하였다. Table 2는 지렁이의 몸체중 glutamate의 함량이 상대적으로 높은 것을 보여주고 있다. 따라서 지렁이 분말 첨가에 따른 사료

섭취량의 증가는 지렁이 분말의 섭취로 인한 소화율 증진효과 (Orozco Almanza 등, 1988)와 더불어서 사료 섭취량의 증가 효과도 인정되었다. 한편 사료요구율은 EWM 0.1% 첨가구는 대조구와 차이는 인정되지 않았지만, 산란율 및 일일산란량이 증가한 EWM 0.2% 첨가구에서 감소하는 경향이 인정되었다.

Table 7은 EWM을 섭취한 후 생산된 계란의 난황중의 지방산 조성을 나타내었다. EWM 0.2% 첨가에 의해서 난황중에 18:1의 유의하게 감소하였지만 (P<0.05), 반대로 18:2 및

18:3은 유의하게 증가하였다 (P<0.05). 한편 EWM 0.2%의 첨가로 인해서 난황중에 DHA (22:6)비율이 유의하게 증가하였다 (P<0.05). 그러나 난황중에 포화지방산 비율 및 불포화지방산의 비율은 처리구간에 차이는 인정되지 않았다. FAO와 WHO에서 권장하는 육류에서 가장 이상적인 지방산 조성은 n-6/ n-3의 비가 10:1~5:1로 규정되었으며, 모유에서도 4:1~10:1로 규정되어 있다 (Hirata et al., 1985; 이양자, 1990). 본 연구에서 EWM의 첨가급여로 난황중의 n-6/ n-3의 비가 5:1 정도로 대조구 및 일반적인 계란중의 10:1 (박구부 등, 1997)

Table 6. Effect of dietary EW on laying performance

Treatments (%)	Feed intake (g/hen/d)					Feed conversion (Feed/egg mass)						
	55~56	~57	~58	~59	~60	55~60	55~56	~57	~58	~59	~60	55~60
	-----Weeks-----											
0.0%	136.3	137.0	135.1	137.8	136.1	136.7	2.68	2.72	2.85	3.06	2.90	2.85
0.1%	142.5	139.2	137.3	139.2	139.0	139.6	2.64	2.63	2.75	3.02	3.14	2.82
0.2%	143.7	141.2	137.7	142.1	143.2	141.4	2.76	2.64	2.61	2.84	2.63	2.69
SEM	0.68	0.61	0.76	0.77	0.73	0.69	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

Table 7. Effect of dietary supplemental earthworm meal on the fatty acid composition of egg yolk

Fatty acid	Control	Earth worm meal		SEM
		0.1%	0.2%	
C14:0	0.39	0.31	0.34	0.27
C16:0	21.42	19.74	20.12	1.71
C16:1	3.00	4.33	7.86	1.01
C18:0	7.72	8.21	7.70	0.37
C18:1	50.73 ^a	40.46 ^a	20.42 ^b	7.01
C18:2(n-6)	10.20 ^b	16.43 ^b	29.05 ^a	1.42
C18:3(n-3)	0.30 ^b	1.77 ^{ab}	2.64 ^a	0.67
C20:3	2.31	4.01	5.05	3.30
C22:1	0.01	0.01	0.01	0.01
C22:5(n-3)	0.01	0.01	0.01	0.01
C22:6(n-3)	0.79 ^b	1.90 ^{ab}	3.28 ^a	0.65
Total	96.88	97.18	96.48	0.21
USFA ¹	67.35	68.92	68.32	0.21
SFA ²	29.58	28.26	28.16	0.12
USFA/SFA	2.28	2.44	2.43	0.07
n-6/n-3	9.27 ^a	4.46 ^b	4.90 ^b	0.69

Values are means of 4 egg yolks.

¹USFA: Unsaturated fatty acid, ²SFA: Saturated fatty acid.

^{ab} Means with different superscripts within a row differ significantly (P<0.05).

보다 낮았다. 이는 지렁이 급여로 인한 18:3 및 22:6 지방산의 증가로 인한 것으로 사료되거나 지렁이 분말이 어떤 이유로 난황중의 18:3 및 22:6의 비율을 증가시키는데 대한 구체적인 이유를 본 연구만으로는 찾지를 못하였다. 차후 심도 깊은 연구가 요구되어진다.

결론적으로 산란계 사료에 지렁이 분말 (EWM) 0.2%의 첨가는 산란율 및 난황중 n-6/ n-3비율을 개선시킬 가능성이 인정되었다.

적 요

본 연구는 산란계의 생산성과 난황지방산 조성에 미치는 지렁이 분말 (EWM)의 첨가 효과를 구명하기 위해서 실시되었다. 총 360수의 55주령의 산란계를 공시하여서 EWM 0.0% (대조구), 0.1% 및 0.2%를 첨가한 사료로 5주 동안의 사양시험을 실시하였다. 계란은 매일 수집하여 난중을 측정하였고 산란율 및 사료요구율은 시험기간동안 매주단위로 조사하였다. 뿐만 아니라 시험 마지막 주에는 난황 중의 지방산 조성도 조사하였다.

사료섭취량은 지렁이분말 첨가에 의해서 증가하는 경향이 인정되었지만 사료요구율은 처리구간에 차이는 인정되지 않았다. 평균 산란율은 EWM 0.1% 급여구에서 증가하는 경향이 0.2% 급여구에서는 유의하게 증가하였다 ($P<0.05$). 평균 난중은 EWM 0.1% 급여구에서 대조구 및 지렁이분말 0.2% 급여구에 비해서 감소하는 경향이 인정되었다. 평균 산란량은 EWM 첨가로 개선되어지는 경향이 인정되었으며, 그 개선 정도는 EWM 0.2% 급여구가 0.1% 급여구보다 크게 나타났다. 난황중의 n-6/ n-3지방산의 비는 지렁이 분말 0.1% 및 0.2% 급여구에서 5:1이었지만 대조구에서는 10:1이었다.

결론적으로 55주령의 산란계에 0.2% 지렁이분말의 첨가는 산란계의 생산성 및 난황중의 n-6/ n-3비를 개선시켰다 ($P<0.05$).

(색인 : 지렁이 분말, 산란계, 생산성, 난황 지방산 조성)

인용문헌

- AOAC 1996 Association of Official Analysis Chemists. Arlington VA USA.
- Folch J, Lees M, Sloan-Stanlet GHS 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids form animal tissues. J Biol Chem 226:497-509.
- Guerrero RD 1983 The culture and use of Perionvx excavalus as a protein resource in the Philippines. In Earthworm Ecology:From Darwin to Vermiculture. pp. 309-313. Edited by J.E. Satchell. Chapman and Hall, London.
- Harwood M, Sabine JR 1978 The nutritive values of worm meal. In Proceedings of Second Australasian Poultry Stockfeed Convention Sydney. pp. 164-171. Australian Poultry Industry Association, Sydney.
- Hilton JW 1983 Potential of freeze-dried worm meal as a replacement for fish meal in trout diet formulations. Aquaculture 32: 277-283.
- Hirata A, Nishino M, Kimura T, Ohtake Y 1985 Effects of dietary fat on fatty acid composition of egg yolk lipids and functional properties of eggs (Japanese). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi 32(12):892-898.
- McInroy DM 1971 Evaluation of the earthworm '*Eisenia foerida*' as food for man and domestic animals. Feedstuffs 20th, pp. 36-47.
- Orozco Almanza MS, Ortega Cerrilla ME, Perez-Gil Romo F 1988 Use of earthworms as a protein supplement in diets for rabbits. Arch Latinoam Nutrition 38(4) 946-955.
- Peppler HJ 1982 Yeast extracts. In : Rose, AH ed Fermented Foods. Academic Press London PP 293.
- Sabine JR 1988 Earthworms as animal feed. SPB. Academic Publishing. The Hague, The Netherlands.
- SAS/STAT 1996 SAS User Guide, Release 6. 12th edition SAS Inst Inc Cary NC.
- Scheffner AL 1967 *In vitro* protein evaluation. In Newer Methods of Nutritional Biochemistry (Ed). Albanese, AA pp 125.
- Steel RGD, Torrie JH 1980. Principles and Procedure of statistics. McGraw Hill NY.
- 김건상 2001 중국에서의 지렁이 산업 현장과 발전현황. 제3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 국제 심포지움. 순천대학교.
- 국립환경연구원 1999 제 1회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 심포지움 (1999. 12).
- 경상대학교 2000 제 2회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 심포지움 (2000. 6).
- 박구부 김진형 김진상 진상근 신택순 이정일 박태선 성필남 1997 올리브기름, 카놀라기름 및 정어리기름의 급여가

- 계란의 지방산조성 및 콜레스테롤 함량에 미치는 영향. 한국가금학회지 24(3) : 145-151.
- 순천대학교 2001 제 3회 지렁이를 이용한 폐기물 처리와 환경보존 국제 심포지움 (2001. 11).
- 이양자 1994 유지영양의 문제점과 개선방향. 식품과학과 산업 23(2):13-30 한국식품과학회.
- 이을연 이봉덕 지설하 박홍석 1995 생효모 배양물의 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향. 한국가금학회지 22(2) : 77-84.
- 이주삼 1995 Vermicomposting에 의한 우분의 처리-먹이의 탄질율과 사육밀도가 지렁이의 생육과 분립의 생산에 미치는 영향. 축산시설환경학회지 1(1):65-75.
- 이태복 최훈근 2002 지렁이사육상 자동화 장치 개발 및 활용. 한국유기성폐자원학회 춘계학술대회 143-150.
- 조익환 이주삼 전하준 1996 Vermicomposting에 의한 유기성 폐기물의 처리. 한국유기농업학회지 5(1):125-135.