

조사료 종류별 한우 반추위 *in vitro* 메탄발생량 평가

위지수, 성필남, 이유경, 이성신, 김혜란, 김정은
국립축산과학원 동물영양생리과
e-mail: jisoowi@korea.kr

Effect of Different Forage Source on *in vitro* Hanwoo Rumen Methane Production

Jisoo Wi, Pilnam Seong, Yookyung Lee, Seongshin Lee, Hyeran Kim, Jeong-eun Kim
Division of Animal Nutrition & Physiology, National Institute of Animal Science

요약

본 연구는 한우에게 다양한 조사료 급여 시 메탄가스 발생량 및 반추위 발효성상에 미치는 영향을 *in vitro* 환경에서 평가하기 위하여 수행되었다. 조사료로 벣짚, IRG, 호밀을 선정하여 농후사료와 4:6비율로 기질을 조성한 뒤, McDougall 버피와 반추위액을 4:1로 혼합한 배양액과 39°C에서 48시간 동안 배양하였다. 건물소화율은 벣짚이 67%로 가장 낮았으며, IRG와 호밀은 76%, 79%로 높았다. 총 가스 발생량과 소화된 건물 g 당 메탄발생량은 벣짚보다 IRG, 호밀에서 높았다($p < 0.05$). 반추위 발효성상 지표인 휘발성 지방산, 암모니아태 질소 농도에서는 조사료의 영향이 없었으나, 벣짚에 비해 IRG와 호밀이 pH가 낮았다. 이후 한우 급여시험을 통해 증체량 대비 메탄배출량 등의 조사를 통해 조사료 종류별 한우 메탄배출량의 정확한 비교가 가능할 것으로 보인다.

1. 서론

기후변화에 관한 정부간 협의체(이하 IPCC)는 2030년까지 이산화탄소 배출량을 2010년 배출량의 45% 이하로 감축하고, 2050년에는 완전한 탄소중립의 달성을 각국에 촉구한 바 있다. 이에 우리나라는 2050 Net-Zero 선언(2020)을 시작으로 범정부 탄소중립 추진전략을 발표(2020)하여, 탄소중립을 위한 각 산업분야의 연구 필요성이 대두된다. 농축산분야의 온실가스 배출량은 국내 전체 온실가스 배출량의 2.9% 수준으로 타 산업분야에 비해 높지 않으나[1], 이중 축산부문이 44.4%를 차지하고 있어 감축 노력이 필요하다.

우리나라 한·육우 사육과정에서의 온실가스 배출량은 약 4,922 천 톤 CO₂eq. 으로, 이중 장내발효 메탄이 62%(3,046 천 톤 CO₂eq.)를 차지한다[1]. 반추동물의 장내발효 메탄배출량을 줄이는 방법에는 농후사료 급여비 조정, 사료 첨가제(지방산, 식물추출물, 3-NOP) 사용, 양질조사료 급여 등이 있다[2, 3]. 이중 양질조사료를 급여하는 것은 다른 방법에 비해 경제적이고, 토양 내 탄소축적량을 증대할 수 있어 지속가능한 반추동물 장내발효 메탄 저감 방법으로 평가된다[4]. 이에 2030

국가 온실가스 감축 로드맵에 양질조사료 보급 확대를 통한 온실가스 감축계획이 포함되어 있으나[5], 현장에 보급 가능한 관련 연구결과가 부족한 실정이다.

국외의 경우 육우에 다양한 조사료 종류, 수확시기 및 이용 형태에 따른 장내발효 메탄배출량을 평가해온 바 있다[표 1]. 그러나 동물의 메탄 배출량은 지리, 기후적 요인과 품종에 의한 변이가 크므로[9, 10] 국외 연구결과를 우리나라에 적용하는 것은 제한적이다. 따라서 우리나라 실정에 맞게 국내 사육 두수가 많은 한우를 대상으로 다양한 종류의 조사료 급여에 따른 메탄배출량 비교 결과가 요구된다.

[표 1] 다양한 조사료 급여에 따른 육우 장내발효 메탄발생량 변화

조건	메탄배출량 변화	참고 문헌
티모시를 알팔파로 대체 급여	감소	[6]
화분과 조사료 30%를 두과로 대체	감소	[7]
성숙도 다른 티모시 초지에 육우 방목	숙기 높을수록 증가	[8]
알팔파 건초를 사일리지로 급여	사일리지에서 감소	[6]

본 연구에서는 한우 급여시험(*in vivo*) 이전 단계로, 실험실 내(*in vitro*) 기법을 통해 벣짚과 이탈리아라이그라스(IRG), 호밀의 메탄발생량을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험설계

2020년 조사료 수급통계표 기준, 국내 유통량이 많은 동계작물로 IRG와 호밀을 선정하고, 이를 볏짚과 비교하였다. 시험 조사료 3종의 일반성분은 표 2와 같다.

[표 2] 조사료 종류별 일반성분 분석결과

구분	사료성분(% DM)				
	조단백	조지방	NFC	NDF	조회분
볏짚	6.7	1.0	18.4	63.5	10.2
IRG	5.4	0.8	32.0	57.9	4.0
호밀	8.4	1.3	25.7	59.5	5.0

각 조사료는 농후사료와 4:6 비율로 혼합되어 필터백에 담겨 반추위 *in vitro* 환경에서 발효되었으며, 메탄발생량에 대한 조사료의 영향을 확인하기 위해 동일한 배합사료를 사용하였다.

2.2 공시축 위액 채취 및 *in vitro* 배양

공시축으로 농촌진흥청 국립축산과학원의 반추위 캐놀라가 시술된 거세한우 3마리를 사용하였다. 반추위액은 오전 사료 급여 전 공시축으로부터 채취하였으며, 4겹의 cheese cloth로 여과하여 사료입자를 제거하고 혐기조건 하에 실험실로 운반하였다.

반추위액과 McDougall buffer[11]를 1:4 비율로 혼합하였다. 이후 배양액은 serum bottle에 주입 전까지 39°C로 가열 교반하면서 CO₂ 가스를 병 headspace에 지속적으로 주입하여 혐기상태를 유지하였다. 배양액은 기질 0.5 g이 들어있는 125 mL serum bottle에 50 mL씩 분주한 후 39°C 배양기에서 48 시간 동안 배양하였다.

2.3 분석항목 및 방법

48시간 배양이 끝난 후 디지털 차압계(TPI645, TPI, Korea)와 눈금실린지를 이용하여 serum bottle 내부 압력이 대기압과 같아지도록 가스를 포집하고 총 가스 발생량을 계산하였다. 포집한 가스는 vacuum tube에 샘플링하여 gas chromatography(NL/450 GC, Bruker, USA)로 메탄가스 농도를 분석하였다.

가스 포집 후 serum bottle에서 기질백을 꺼내어 상온수에 세척 후 60°C 오븐에 48시간동안 건조하여 건물소화율을 계산하였다. 반추위 발효성상을 조사하기 위해 배양액을 2,600

× g, 4°C에서 20분간 원심 분리한 후 상층액을 분리하여 휘발성 지방산(VFA)과 암모니아태 질소(NH₃-N) 농도를 분석하였다[12, 13].

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 한우에게 다양한 조사료를 급여 시 반추위 발효성상과 메탄가스 발생량에 미치는 영향을 *in vitro*로 평가하기 위해 수행되었다.

조사료 종류가 반추위 *in vitro* 메탄발생량 및 건물소화율에 미치는 영향은 표 3에 나타내었다. 총 가스 발생량(TG)과 소화된 건물 g 당 메탄발생량(mL/g DDM) 모두 볏짚에서 각각 37.2, 2.0 mL로 가장 낮았으며, 높은 NDF 함량으로 인해 건물소화율이 67%수준으로 가장 낮았다($p < 0.05$)[14]. 호밀과 IRG는 볏짚보다 건물소화율(DMD)은 9-12% p 높았지만 메탄배출량(mL/g DDM) 또한 높았다($p < 0.05$).

[표 3] 조사료 종류별 반추위 *in vitro* 메탄발생량 및 건물소화율

구분	볏짚	IRG	호밀
Total Gas, mL	37.2 ^b	52.3 ^a	57.6 ^a
CH ₄ , mL	2.0 ^b	3.2 ^a	3.5 ^a
CH ₄ , mL/g DDM	6.0 ^b	8.1 ^a	8.6 ^a
DMD, %	66.9 ^c	76.2 ^b	79.1 ^a

반추위 발효성상 분석결과에는 표 4에 정리되었다. 반추위 내 pH는 반추위 내 발효특성을 파악할 수 있는 기본적인 지표로, 유입된 사료가 빠르게 분해될 경우 반추위 pH는 낮아진다[14, 15]. 본 연구에서는 IRG와 호밀에서 pH가 유의적으로 낮아 볏짚에 비해 발효 속도와 정도가 높았음을 알 수 있다. VFA와 암모니아태 질소 농도는 IRG와 호밀이 볏짚에 비해 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$).

[표 4] 조사료 종류별 *in vitro* 반추위 발효성상

구분	볏짚	IRG	호밀
pH	6.4 ^a	6.31 ^b	6.31 ^b
Total VFA, mM	58.0	62.5	62.6
Acetate, mM	31.6	35.3	35.6
Propionate, mM	17.4	18.4	18.2
A:P ratio	1.8	2.0	2.0
NH ₃ -N, mg/L	10.5	11.5	12.1

4. 결론

본 연구에서는 한우에게 다양한 조사료 급여 시 메탄가스 발생량 및 반추위 발효성상에 미치는 영향을 *in vitro* 환경에서 평가하였다. 벚짳, IRG, 호밀을 조:농 비율 4:6으로 혼합하여 48시간 배양한 결과, IRG와 호밀은 벚짳에 비해 건물소화율이 높았으나 메탄발생량 또한 많았다. 또한 조사료 종류에 따른 반추위 발효성상 지표(VFA, 암모니아태 질소)에는 유의한 차이가 없었다. 향후 급여시험을 통해 생산성(증체량 등)대비 메탄배출량을 조사해야 조사료 종류별 메탄배출량의 정확한 비교가 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- [1] 환경부, “국가온실가스 인벤토리 보고서”, 2020년.
- [2] Boadi 등, “Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review”, *Can. J. Anim. Sci.*, 84.3, pp.319-335, 2004년.
- [3] Martin 등, “Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale”, *Animal* 4.3, pp. 351-365, 2010년.
- [4] Johnson 등, “Livestock methane: Current emissions and mitigation Potential”, Lewis Publishers, New York, NY, pp. 219-234, 1996년.
- [5] 2030 국가 온실가스 감축 로드맵, 환경부, 2020년.
- [6] Benchaar 등, “Evaluation of dietary strategies to reduce methane production in ruminants: A modelling approach”, *Can. J. Anim. Sci.*, 81, pp. 563 - 574, 2001년.
- [7] McCaughey 등, “Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows”, *Can. J. Anim. Sci.*, 79, pp. 221 - 226, 1999년.
- [8] Pinares-Partin 등, “Methane emission by alpaca and sheep fed on lucerne hay or grazed on pastures of perennial ryegrass/white clover or birdsfoot trefoil”, *J. Agri. Sci.*, 140, pp. 215 - 226, 2003년.
- [9] Mathison 등, “Reducing methane emissions from ruminant animals”, *J. Appl. Anim. Res.*, 14, pp. 1 - 28, 1998년.
- [10] Moss 등, “Methane production by ruminants: its contribution to global warming”, *Ann. Zootech.*, 49, pp. 231 - 253, 2000년.
- [11] Troelsen과 Hanel, “Ruminant digestion *in vitro* as affected by inoculum donor, collection day, and fermentation time”, *Can. J. Anim. Sci.* 46, pp. 149-156, 1966년.
- [12] Erwin 등, “Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography”, *J. Dairy Sci.* 44, 9, pp. 1768-1771, 1961년.
- [13] Chaney와 Marbach, “Modified reagents for determination of urea and ammonia”, *Clinic. Chem.*, 8, 130, 1962년.
- [14] 이진욱 등, “조사료의 종류와 사료 내 영양소 수준이 흑염소의 반추위 *in vitro* 발효성상과 메탄생성에 미치는 영향”, *Korean J. Org. Agric.* 27, 4, pp. 529-540, 2019년.
- [15] Plaizier 등, “Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences”, *Vet. J.* 176, pp. 21-31, 2009년.