국내 양돈 사료 내 저단백질 정책과 대책



김 유 용 교수
서울대학교 농업생명과학대학

목 차

- 저단백질 양돈 사료
- 지구온난화 현상
- 미국 및 한국의 양돈 사양표준
- EU의 양돈 사료 성분분석
- 종합 결론



26-42 김유용 원고.indd 26 2023-02-11 오전 9:23:15

양돈용 저단백질 사료

- **국내에서는 2006년부터 양돈용 경제사료의 필요성 주장됨.**
  - 양돈 선진국인 EU에 비해 CP가 4~6%가 높은 상황
- **정부에서 온실가스 저감을 위한 탄소중립 정책 방향을 제시**
  - 2030년에 2017년 대비 24.4% 감축, 2050년 탄소중립
  - 온실가스 중 농업 분야 배출은 전체의 3%, 축산은 1.35%
- **2022년 초 농림축산식품부 저탄소, 저메탄사료 청와대에 보고**
  - 축종별 저단백질 사료개발 과제 시작(2021, IPET)
  - 양돈 사료부터 저단백질 사료공정규격 공고(2022.7)
  - 향후 저메탄사료, 저단백질 사료 사용 시 인센티브도 고려 중
- **정부에서는 저메탄사료 개발에 다양한 연구비 투입 중**
  - 지난 30여 년 동안 뚜렷한 성과는 3-NOP가 유일함.

저단백질 사료와 메탄저감 사료

- **체내에서 사용되지 못하는 잉여 단백질의 배출이 문제**
  - 돼지, 닭 사료 내 단백질의 저감 효과
  - 사료 내 과잉의 단백질을 줄이는 것은 사료비 절감, 악취 감소
- **분뇨 속으로 배출된 질소(N) 성분은 아산화질소(N_2O)의 원인**
  - 다양한 경로를 거쳐 지구온난화의 원인
  - 이산화탄소에 비해 약 310배나 강력한 물질
- **반추동물에서 메탄저감을 위한 사료 개발**
  - 반추동물의 생리를 역행하는 시도임.
  - 오랫동안 연구되어 왔지만, 가시적인 성과는 없음.
- **국내에서는 갈조류로 메탄 저감용 사료첨가제 개발이 시도됨.**

26-42 김유용 원고.indd 27 2023-02-11 오전 9:23:16

지구온난화지수 변이표

(nationalecocredit.com)

온실가스 간 변이계수 (conversion factor)	지구온난화지수 (index of global warming)	대기 체류시간(년)	온실 효과 기여도(%)	발 생 원
이산화탄소 (CO_2)	1	5~200	65	온실가스 배출량의 약 80%, 온실가스 단위의 기본 화석연료가 탈 때 식물의 광합성 작용 시
메탄 (CH_4)	21	12.4	15	LNG의 주성분, 음식물/가축 배설물에서 발생
아산화질소 (N_2O)	310	121	6	농경지 및 축분 내 질소 공급원에서 발생 (질소비료 및 축분 내 배설된 단백질)
염화불화탄소 (CFC)	4,600~10,200	45~100	24	프레온가스로 널리 알려짐, 몬트리올 의정서(1989) 이후에 꾸준히 감소하고 있음
수소불화탄소 (HFCs)	11,700	65~130		냉장고 및 에어컨의 냉매로 사용, 프레온가스의 대체재로 사용, 미국과 EU는 2035년까지 85%, 개발도상국은 2045년까지 80% 감축 예정
과불화탄소 (PFCs)	131,000	65~130		전자산업과 도금산업에서 세정용으로 사용, 특히 반도체 세척용으로 많이 사용됨, 일본의 세계시장 점유율 약 70%
육불화황 (SF6)	23,900	3,200		고전압 전력장치, 변압기 등의 절연체에 사용

국가별 온실가스 총배출량 및 감축목표

(환경부, 2020)

구분	기준 목표 연도	NDC 비율	2030년 목표 배출량	2010~2030년 감축목표		2018~2030년 감축목표	
				2010년 총배출량	감축률	2018년 총배출량	감축률
미국	2005 2030	50~52%	3,548 ~3,696	6,991	47.1 ~49.2%	6,671	44.6~ 46.8%
영국	1990 2030	68%	255	609	58.1%	467	45.3%
EU	1990 2030	55%	2,542	4,780	46.8%	4,223	39.8%
캐나다	2005 2030	40~45%	401~438	703	37.7~42.9%	728	39.9~44.9%
일본	2013 2030	46%	760	1,300	41.5%	1,245	38.9%
한국	2018 2030	35%	473	656	27.9%	728	35%

26-42 김유용 원고.indd 28 2023-02-11 오전 9:23:16

국내 축산분야 온실가스 배출량

(국가온실가스 인벤토리 보고서, 2021)

● 가축의 장내발효 배출량

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
4A1 소	3,907	3,939	4,046	4,002	4,140	3,980	3,946	3,998	4,054	4,164
4A1 젖소	1,078	995	1,023	1,044	1,090	1,072	1,043	1,022	1,008	1,004
4A1 한·육우	2,829	2,943	3,023	2,959	3,051	2,908	2,903	2,975	3,046	3,160
4A3 양(면양)	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
4A4 염소(산양)	27	26	26	26	26	27	31	36	45	53
4A6 말	11	11	11	11	11	9	9	9	10	11
4A8 돼지	309	239	300	318	311	319	328	354	358	358
4A10 사슴	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3
합계	**4,262**	**4,222**	**4,390**	**4,363**	**4,493**	**4,339**	**4,318**	**4,400**	**4,471**	**4,589**

› 가금류(닭, 오리) 배출계수는 IPCC GL에서 제공하지 않으므로 미산정(NE)하였음.

● 가축분뇨에서의 배출량

부문	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
4B1 소	2,533	2,552	2,615	2,638	2,700	2,510	2,404	2,431	2,516	2,579
4B1a 젖소	711	656	674	684	701	671	635	639	640	640
4B1b 한·육우	1,822	1,896	1,942	1,954	1,999	1,838	1,768	1,792	1,876	1,939
4B3 양(면양)	0.5	0.5	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
4B4 염소(산양)	99	97	98	98	98	102	115	134	168	197
4B6 말	12	12	12	12	12	10	10	10	11	11
4B8 돼지	1,314	1,014	1,176	1,201	1,146	1,166	1,188	1,375	1,400	1277
4B9 가금류	816	821	752	772	734	790	773	700	829	822
4B10 사슴	29	25	22	19	17	15	14	12	11	11
합계	**4,803**	**4,522**	**4,676**	**4,739**	**4,707**	**4,592**	**4,504**	**4,662**	**4,936**	**4,897**



26-42 김유용 원고.indd 29 2023-02-11 오전 9:23:16

아산화질소(N_2O)의 발생원



→ 아산화질소의 발생 원인은 가축이 섭취한 사료 내 단백질 중 이용되지 못한 단백질이 체외로 분, 요로 배설된 것에서 기인함.

아산화질소(N_2O)의 특성

- **CO_2, CH_4와 함께 지구온난화의 원인으로 분류**
  - **CO_2 : CH_4 : N_2O = 1 : 30 : 310배로 가장 위험**
  - 지구온난화 기여도 CO_2 : CH_4 : N_2O = 65 : 15 : 6
- **아산화질소의 이용**
  - 대기 중 열을 흡수, 수술 시 흡입마취제로도 사용
  - 최근에는 로켓엔진의 연료로도 사용(저비용)
- **아산화질소는 오존층을 파괴**하여 지구온난화의 주범
  - 고도 25~30km(성층권)에서 자외선을 차단하는 오존층 파괴
- **아산화질소의 주요 배출원인**
  - **질소비료(43%), 작물 재배, 축산분뇨**
  - 유럽에서 화학비료의 규제로 지난 20년간 배출량 21% 감소
- **아산화질소는 대기 중에 120여 년 존속**, 연간 약 1,700만톤 생산되며, 약 1,350만톤이 소멸되며 **연간 약 350만톤 순증**
  - 대기 중 농도 1750년 270ppb, 2018년 331ppb

26-42 김유용 원고.indd 30 2023-02-11 오전 9:23:16

토양에서 아산화질소의 생성

(이성근 등, 2013)



→ 지구상의 가혹한 조건하에서도 생존할 수 있는 미생물

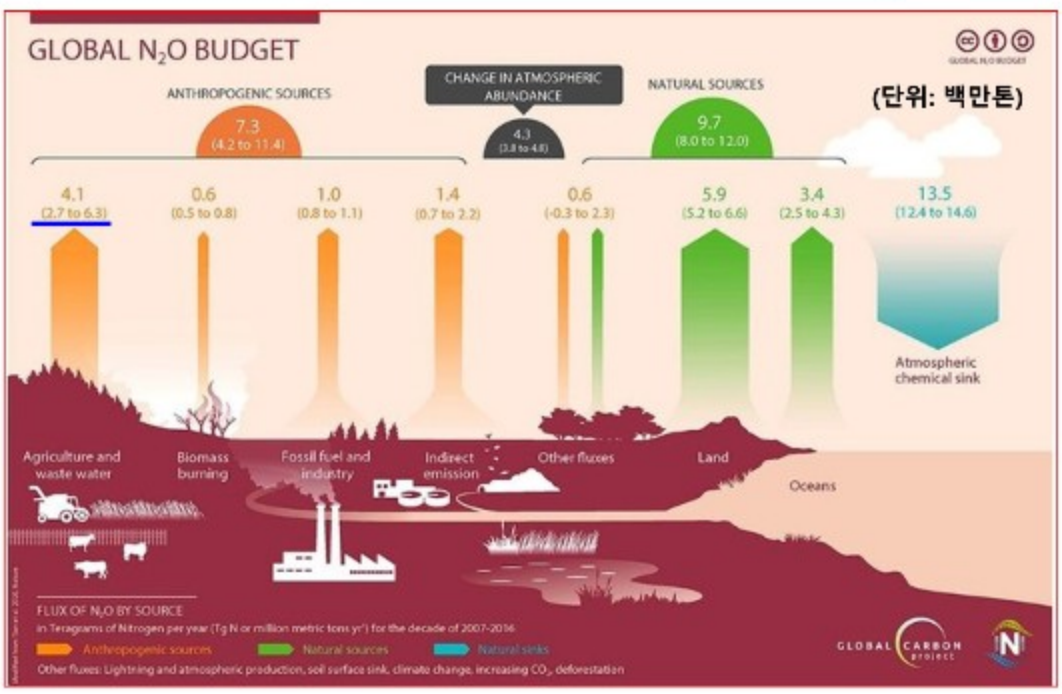
- 높은 염도, 온천, 혐기조건 및 산성에 살아남을 수 있음.

→ 지구상 총 바이오매스의 약 20%를 차지함.

- 지구의 생성 초기부터 생존한 미생물

아산화질소의 공급원 및 흡수원

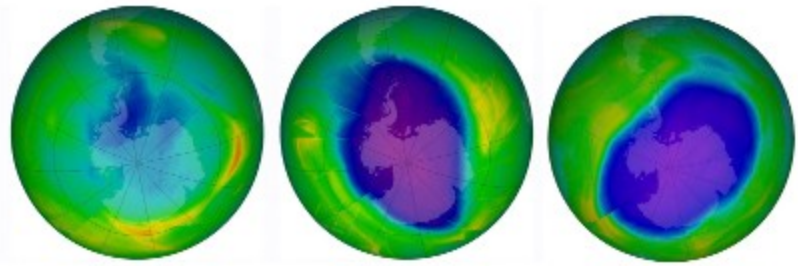
Tian et al, Nature (2020)



26-42 김유용 원고.indd 31 2023-02-11 오전 9:23:16

남극 오존층의 변화

(Ozone Hole 2022, NASA)

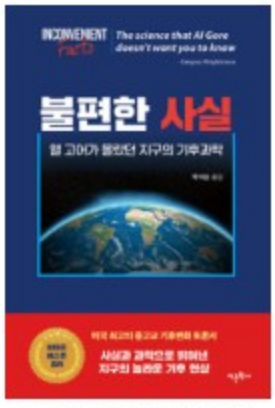


1979년 오존층 | 2009년 오존층 | 2022년 오존층

오존층 파괴의 주원인 ➔ 에어컨 냉매, 스프레이 등에 있는 프레온가스

- 1989년 몬트리올 의정서에 따라 프레온가스(CFC)의 사용 금지
- 현재 국제사회의 CFC 사용은 99% 감소됨.
- **남극의 오존층은 2066년이 되어야 1980년 수준으로 회복될 것으로 예상**

이산화탄소가 과연 문제인가??



그레고리 라이트스톤 씀

- **지구온난화 ➔ "기후변화"로 용어 변경**
  - 지구온난화는 1690년 전후부터 이미 시작되었음.
- **현재 지구의 대기 중 CO_2 농도는 406ppm(2017)**
  - 지난 6억 년 동안 지구의 CO_2 평균 농도 2,600ppm
- **CO_2는 농작물의 성장에 매우 중요한 영양소**
  - 도심지 가로수는 공기오염 속에서 어떻게 잘 자랄까?
  - EU에서 유리온실 내 작물의 성장 촉진을 위해 CO_2 가스를 온실에 추가로 주입함.
  - 지구의 CO_2 농도 증가로 작물 생산량은 30~40% 증가되었음.
    지구에 공룡이 살 수 있었던 이유
- **CO_2는 만들어지는 물질이 아니며 지구에서 순환됨.**
  - 농업 분야에서는 CO_2의 효율적인 이용에 노력해야
  - 농업 생산성 향상을 위해 CO_2는 필수물질임.

26-42 김유용 원고.indd 32 2023-02-11 오전 9:23:16

양돈용 저단백질 사료의 필요성

돼지에게 과량의 조단백질 사료를 공급한다면

- **잉여 단백질은 분, 요를 통해서 체외로 배출**
- **사료 내 과량의 조단백질 첨가 사료비의 증가 요인**
  – 2% 증가 시 약 20~30원/kg의 생산비 상승
- **분, 요로 배출된 잉여 단백질은 악취 민원의 원인** 및 하천 부영양화의 원인이 됨.
- **과잉의 아산화질소(N_2O)가 토양 및 대기에 축적**되어 오존층의 파괴를 가져옴.

따라서 가축이 체내에서 최대한 이용할 수 있는 적정량의 사료 내 단백질의 공급이 필요 → 사료비 절감, 환경개선

양돈 사료 내 조단백질(CP) 함량

- **EU, 미국, 한국의 사양표준에서는 CP의 표시가 없음.**
- **국내에서는 CP 함량이 2016년 11월까지 최소치로 설정**
  – 사료회사들이 경쟁적으로 CP를 높이는 원인이었음.
  – 2022년 7월부터 1~3%씩 의무적 감축
- **아직도 국내 양돈 사료의 CP가 EU에 비하여 약 2~4% 높게 측정되고 있음.**
- **최근에는 CP보다 총 아미노산 함량, SID 아미노산 요구량 등으로 사료배합이 이루어지고 있음.**



26-42 김유용 원고.indd 33 2023-02-11 오전 9:23:17

미국 NRC 사양표준(2012)

● 자돈, 육성/비육돈의 영양소 요구량(에너지, 사료섭취량, 아미노산)

Item	Body Weight Range (kg)						
	5-7	7-11	11-25	25-50	50-75	75-100	100-135
NE content of the diet (kcal/kg)[b]	2,448	2,448	2,412	2,475	2,475	2,475	2,475
Effective DE content of diet (kcal/kg)[b]	3,542	3,542	3,490	3,402	3,402	3,402	3,402
Effective ME content of diet (kcal/kg)[b]	3,400	3,400	3,350	3,300	3,300	3,300	3,300
Estimated effective ME intake (kcal/day)	904	1,592	3,033	4,959	6,989	8,265	9,196
Estimated feed intake + wastage (g/day)[c]	280	493	953	1,582	2,229	2,636	2,933
Body weight gain (g/day)	210	335	585	758	900	917	867
Body protein deposition (g/day)	—	—	—	128	147	141	122
	Calcium and phosphorus (%)						
Total calcium	0.85	0.80	0.70	0.66	0.59	0.52	0.46
STTD phosphorus[d]	0.45	0.40	0.33	0.31	0.27	0.24	0.21
ATTD phosphorus[e,f]	0.41	0.36	0.29	0.26	0.23	0.21	0.18
Total phosphorus[f]	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52	0.47	0.43
	Amino acids[a,b] *Standardized ileal digestible basis (%)*						
Arginine	0.68	0.61	0.56	0.45	0.39	0.33	0.28
Histidine	0.52	0.46	0.42	0.34	0.29	0.25	0.21
Isoleucine	0.77	0.69	0.63	0.51	0.45	0.39	0.33
Leucine	1.50	1.35	1.23	0.99	0.85	0.74	0.62
Lysine	**1.50**	**1.35**	**1.23**	**0.98**	**0.85**	**0.73**	**0.61**
Methionine	0.43	0.39	0.36	0.28	0.24	0.21	0.18
Methionine + cysteine	0.82	0.74	0.68	0.55	0.48	0.42	0.36
Phenylalanine	0.88	0.79	0.72	0.59	0.51	0.44	0.37
Phenylalanine + tyrosine	1.38	1.25	1.14	0.92	0.80	0.69	0.58
Threonine	0.88	0.79	0.73	0.59	0.52	0.46	0.40
Tryptophan	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.13	0.11
Valine	0.95	0.86	0.78	0.64	0.55	0.48	0.41
Total nitrogen	3.10	2.80	2.56	2.11	1.84	1.61	1.37

● 자돈, 육성/비육돈의 영양소 요구량(아미노산 총량, %)

Item	Body Weight Range (kg)						
	5-7	7-11	11-25	25-50	50-75	75-100	100-135
	Total basis (%)						
Arginine	0.75	0.68	0.62	0.50	0.44	0.38	0.32
Histidine	0.58	0.53	0.48	0.39	0.34	0.30	0.25
Isoleucine	0.88	0.79	0.73	0.59	0.52	0.45	0.39
Leucine	1.71	1.54	1.41	1.13	0.98	0.85	0.71
Lysine	**1.70**	**1.53**	**1.40**	**1.12**	**0.97**	**0.84**	**0.71**
Methionine	0.49	0.44	0.40	0.32	0.28	0.25	0.21
Methionine + cysteine	0.96	0.87	0.79	0.65	0.57	0.50	0.43
Phenylalanine	1.01	0.91	0.83	0.68	0.59	0.51	0.43
Phenylalanine + tyrosine	1.60	1.44	1.32	1.08	0.94	0.82	0.70
Threonine	1.05	0.95	0.87	0.72	0.64	0.56	0.49
Tryptophan	0.28	0.25	0.23	0.19	0.17	0.15	0.13
Valine	1.10	1.00	0.91	0.75	0.65	0.57	0.49
Total nitrogen	3.63	3.29	3.02	2.51	2.20	1.94	1.67

➔ 사료 내 아미노산 함량도 중요하지만, 돼지의 사료섭취량을 정확히 알아야 아미노산 섭취량을 계산할 수 있음.

26-42 김유용 원고.indd 34 2023-02-11 오전 9:23:17

한국사양표준(2022)

● 자돈, 육성/비육돈 사료의 아미노산 함량 권장량(%)

	체중(kg)					
	7~11	11~25	25~45	45~65	65~85	85~120
DE 함량(kcal/kg)	3,542	3,490	3,402	3,402	3,402	3,402
ME 함량(kcal/kg)	3,400	3,350	3,300	3,300	3,300	3,300
NE 함량(kcal/kg)	2,448	2,412	2,475	2,475	2,475	2,475
사료섭취량(g/일)	475	906	1,442	1,952	2,278	2,673
아미노산 요구량(%)[a]						
라이신	1.56	1.39	1.22	1.01	0.91	0.76
메티오닌	0.47	0.42	0.37	0.30	0.27	0.23
메티오닌 + 시스틴	0.94	0.83	0.73	0.61	0.55	0.46
트레오닌	1.01	0.90	0.79	0.66	0.59	0.50
트립토판	0.28	0.25	0.22	0.18	0.16	0.14
아이소류신	0.94	0.83	0.73	0.61	0.55	0.46
류신	1.56	1.39	1.22	1.01	0.91	0.76
발린	1.09	0.97	0.86	0.71	0.64	0.53

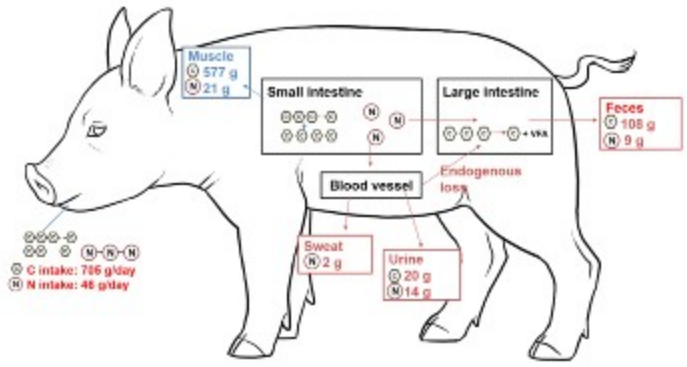
● 자돈, 육성/비육돈의 1일 총 아미노산 요구량(g/일)

	체중(kg)					
	7~11	11~25	25~45	45~65	65~85	85~120
DE 함량(kcal/kg)	3,542	3,490	3,402	3,402	3,402	3,402
ME 함량(kcal/kg)	3,400	3,350	3,300	3,300	3,300	3,300
NE 함량(kcal/kg)	2,448	2,412	2,475	2,475	2,475	2,475
사료섭취량(g/일)	475	906	1,442	1,952	2,278	2,673
아미노산 요구량(g/일)[b]						
라이신	7.41	12.60	17.62	19.81	20.71	20.38
메티오닌	2.22	3.78	5.29	5.94	6.21	6.11
메티오닌 + 시스틴	4.45	7.56	10.57	11.88	12.43	12.23
트레오닌	4.82	8.19	11.46	12.87	13.46	13.25
트립토판	1.33	2.27	3.17	3.56	3.73	3.67
아이소류신	4.45	7.56	10.57	11.88	12.43	12.23
류신	7.41	12.60	17.62	19.81	20.71	20.38
발린	5.19	8.82	12.34	13.86	14.50	14.26
페닐알라닌	3.70	6.30	8.81	9.90	10.36	10.19
페닐알라닌 + 타이로신	7.04	11.97	16.74	18.81	19.68	19.36
히스티딘	2.37	4.03	5.64	6.34	6.63	6.52
아지닌	3.11	5.29	7.40	8.32	8.70	8.56

26-42 김유용 원고.indd 35 2023-02-11 오전 9:23:17

돼지에서 탄소, 질소의 배설량

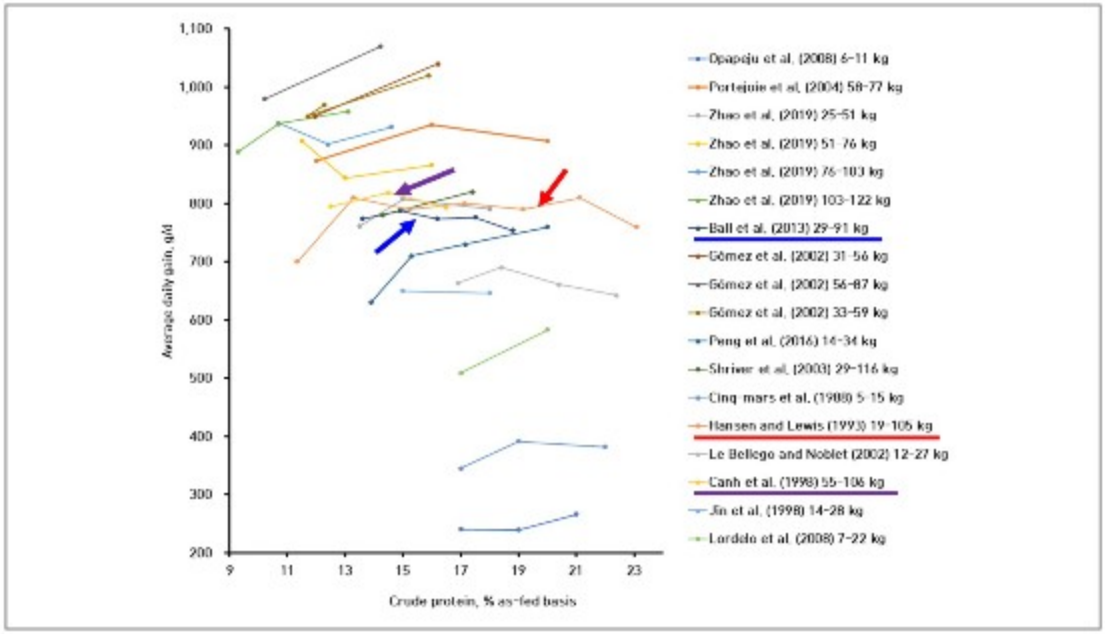
(JØrgensen et al., 2013)



탄소 ➔ 섭취량의 약 18%가 체외로 배설(128/705g)
질소 ➔ 섭취량의 약 54%가 체외로 배설(25/46g)

사료 내 단백질 함량에 따른 성장 성적

(한국양돈사양표준, 2022)

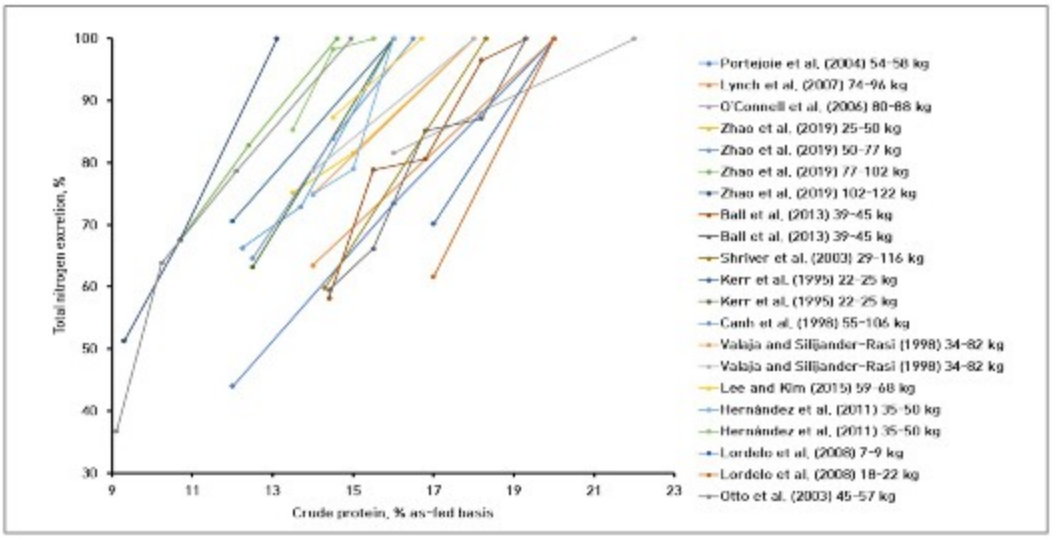


➔ 사료 내 단백질 함량이 높다고 성장이 빠른 것이 아님.

26-42 김유용 원고.indd 36 2023-02-11 오전 9:23:17

단백질 함량에 따른 질소 배출량

(한국양돈사양표준, 2022)

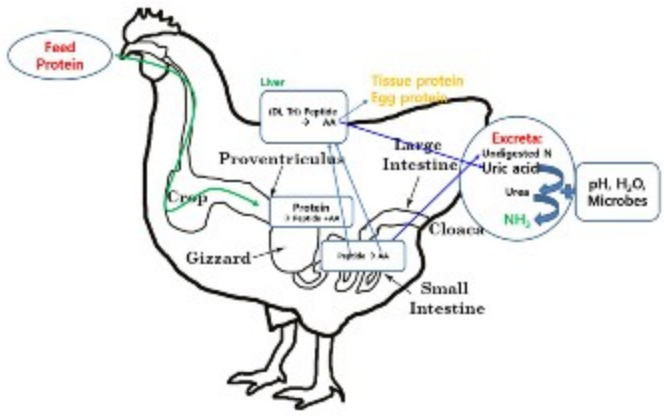


➔ 사료 내 단백질 함량이 높을수록 분, 요로 배출되는 질소는 급격히 증가

➔ 사료 내 단백질 1%가 증가할수록 분뇨 내 암모니아 배출은 약 10% 증가

닭에서 탄소, 질소의 배설량

(공창수, 2020)



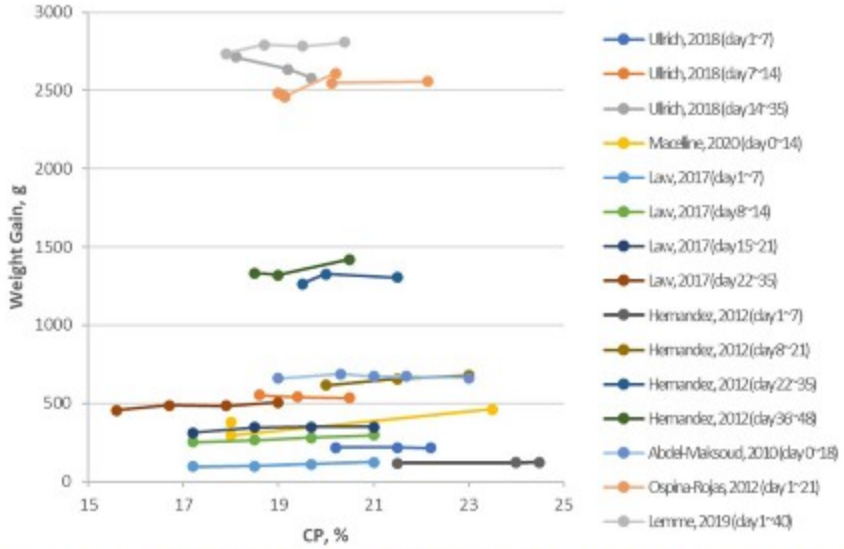
➔ 소화되지 않은 단백질, 요산이 체외로 배설됨.

– 아산화질소(N_2O)의 원인이 되는 암모니아(NH_3) 발생 증가

26-42 김유용 원고.indd 37 2023-02-11 오전 9:23:17

사료 내 단백질 함량에 따른 닭의 성장 성적

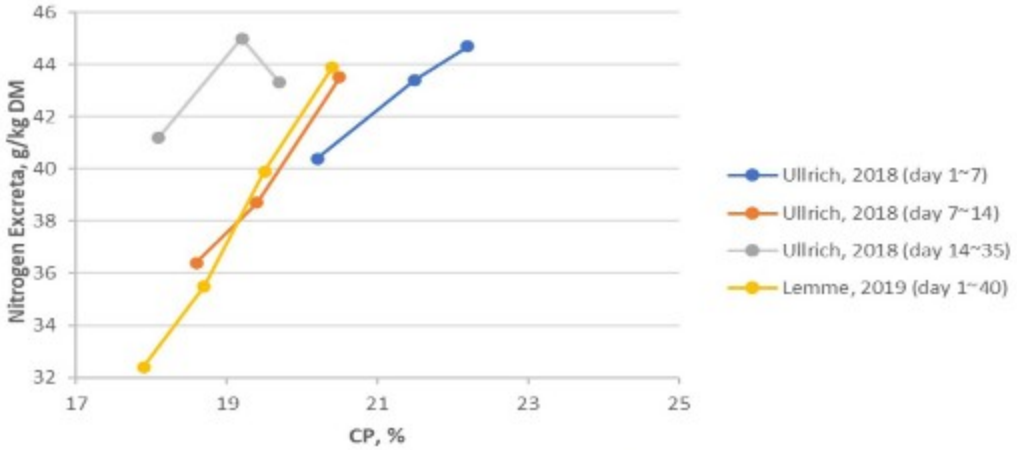
(한국양돈사양표준, 2022)



➔ 닭 사료 내 단백질 함량이 높다고 육계의 성장이 빨라지는 것이 아님.

사료 내 단백질 함량에 따른 닭의 질소 배출량

(한국양돈사양표준, 2022)



➔ 사료 내 단백질 함량이 높을수록 요로 배출되는 질소는 급격히 증가

➔ 사료 내 단백질 1%가 증가할수록 암모니아 배출은 약 10% 증가

26-42 김유용 원고.indd 38 2023-02-11 오전 9:23:17

종합 결론

- **양돈 사료 내 단백질 2%를 줄이면**
  - 사료비를 20~30원/kg 절감
  - 성장단계별 사료 급여 시 육성 전기와 비육 전기 사료 가격 차이는 약 30~40원 차이
- **사료 내 과량의 단백질 함량과 가축의 성장과는 무관**
  - 사료 내 아미노산의 함량, 아미노산 간의 비율이 중요
- **EU에 비해 높은 양돈 사료 내 과량의 잉여 단백질 함량을 제도적으로 줄여나가야 함.**
- **가축 사료 내 과량의 잉여 단백질을 줄이는 것**
  - 분뇨로 배출되는 NH_3가 감축
  - 사료 내 CP 1% 절감 시 NH_3 10% 감축, 악취 민원 예방
  - 지구온난화 요인인 아산화질소(N_2O)를 줄이는 방법



26-42 김유용 원고.indd 42 2023-02-11 오전 9:23:18