육성 · 비육돈의 영양수준이 증체율, 등지방두께 및 육질에 미치는 영향



이철영 교수
경남과학기술대학교

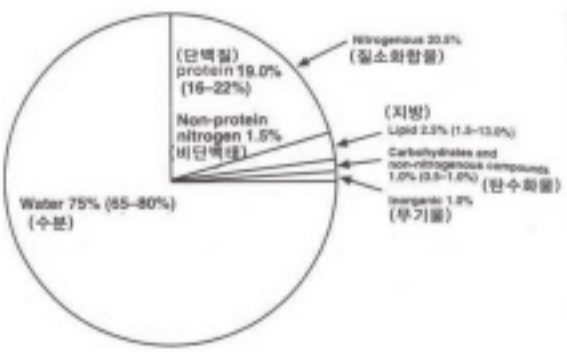
주요내용

- 돼지의 성장과 생산성 - 개괄
- 영양과 성장 - 개괄
- 보상성장
- 영양수준이 성장성적 및 육질에 미치는 영향
  - 사양시험 결과
  - 농장 도축성적 사례

돼지의 성장과 생산성 - 개괄

근육의 화학적 조성

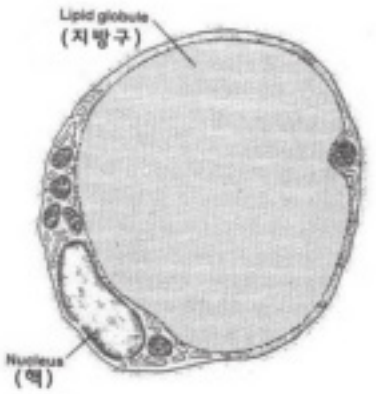
돼지 정육은 대략 수분 70%, 단백질 20% 및 지방 4-8%로 구성
(근육은 공백체중(empty body weight)의 약 45-55%)



<자료: Lawrence and Fowler (1997); de Lange et al., 2001>

017-052본문.indd 28 2018-10-22 오전 10:20:45

지방조직의 구조



- **지방조직의 구조물**
  - 소엽: 지방세포(지방구 저장세포) 뭉치
  - 격막: 지방소엽을 분리하는 기질
- **지방조직의 분포**
  - 주요 분포 장소: 피하, 신장 주변, 장간막, 근육 주변과 내부 등
  - 지방 침착 순서
    : 내장 → 피하 → 근간 → 근내[상강(marbling)]

지방세포 및 지방조직 성장

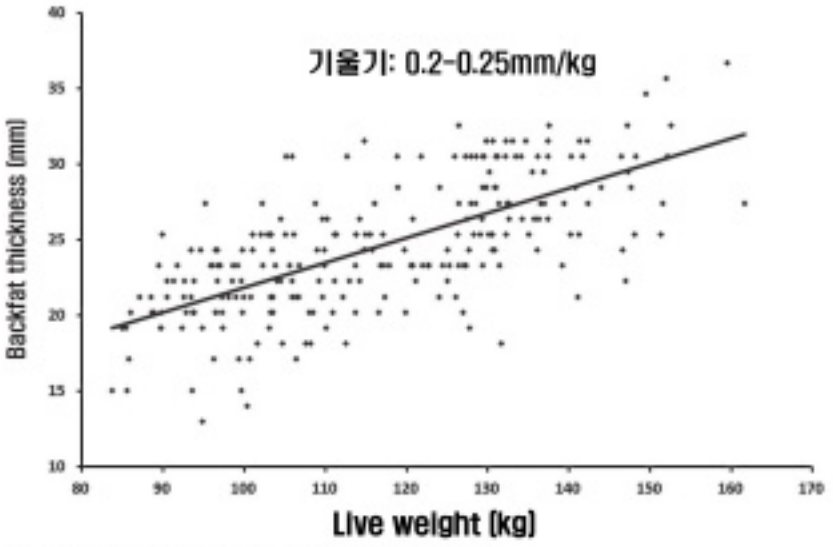
돼지는 성장하면서 지방세포의 수도 증가하고 크기도 증가한다.

항목 \ 체중(kg)	8	16	43	73	106
지방조직, kg	1.2	2.1	6.9	18	31
지방세포 부피, pL	150	155	298	838	1,515
지방세포수/개체($\times 10^9$)	5	8.2	20	31	35

<출처: Anderson and Kauffman, J. Lipid Res. 14:160(1973)>

017-052본문.indd 29 2018-10-22 오전 10:20:46

생체중 증가에 따른 등지방두께 증가



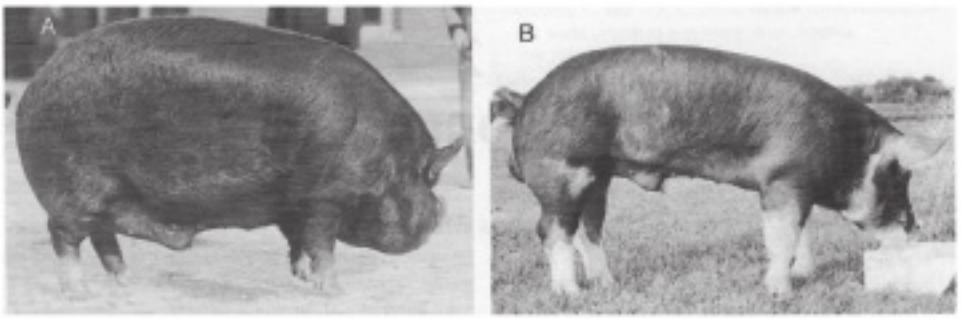
<출처: 박 등, 동물자원과학회지 55:196(2013)>

살코기 & 지방 침착 vs 사료효율

- 증체량은 단백질합성량과 지방합성량에 의해 결정된다.
- 합성에 필요한 energy: 10.6kcal/g 단백질; 12.5kcal/g 지방
- 근육 단백질은 3배 이상 수분 흡인
- 지방조직은 약 85%가 지방이고, 지방세포에 지방이 합성되면 수분을 축출하기 때문에 지방조직 증가는 많은 에너지를 요한다.
- 따라서 지방조직은 근육에 비해 단위 중량당 약 4배의 에너지를 요구하므로 지방 침착률이 높을수록 증체량 ↓ 사료효율 ↓

017-052본문.indd 30 2018-10-22 오전 10:20:47

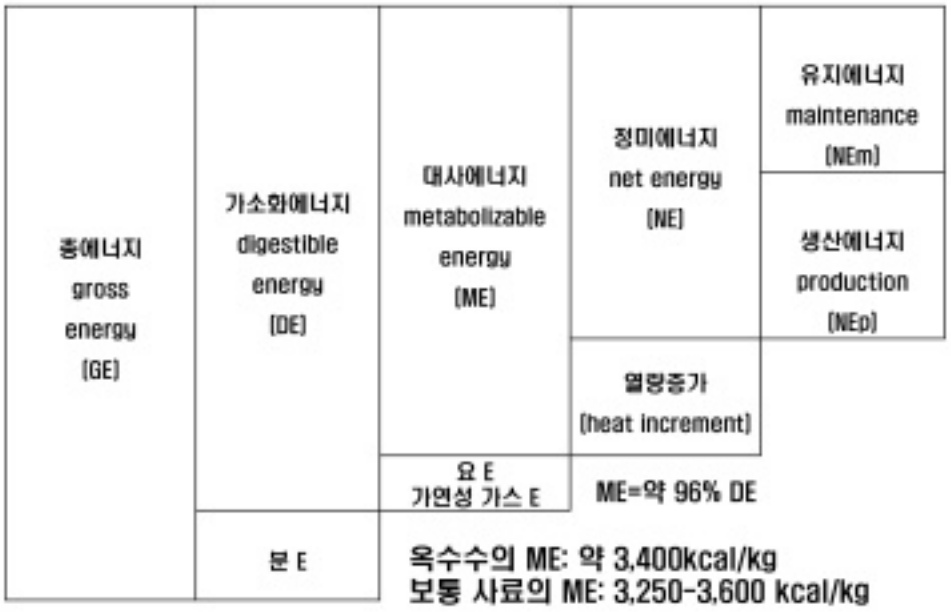
■ 돼지의 외모 변화: 1920(A) vs 현재(B)



<출처: Biology of Growth of Domestic Animals. ed. C. G. Scanes. Iowa State Press (2003)>

영양과 성장 - 개괄

■ 섭취한 에너지 분획



017-052본문.indd 31 2018-10-22 오전 10:20:48

영양수준이 증체에 미치는 영향 - 에너지

- **에너지 섭취량**
  - 동물은 근본적으로 에너지 요구량을 채우기 위해 음식을 먹는다.
  - 사료의 에너지 함량이 높으면 덜 먹고 낮으면 더 먹는다.
  - 사료의 에너지 수준이 높을수록 총 에너지 섭취량은 약간씩 증가
- **증체량**
  - 증체량은 단백질 합성량과 지방 합성량에 의해 결정
  - 사료의 단백질 수준이 같으면 에너지 수준이 높을수록
    - 총에너지 섭취량이 약간씩 증가하여 증체율 증가
    - 단백질합성은 거의 증가하지 않고 지방 침착 증가

비육돈에서 사료의 에너지 수준과 성장성적

항 목	DE 함량[1] (Mcal/kg)					표준 오차	확률값 (p-value)
	3.09	3.24	3.34	3.42	3.57		
개시체중, kg	31.2	31.1	31.5	31.2	31.1	0.2	
종료체중, kg	115.1	115.5	115.3	115.0	115.6	0.4	
일당증체량, kg	1.00	1.02	1.04	1.02	1.03	0.01	0.03
일당사료섭취량, kg	2.66	2.62	2.62	2.52	2.44	0.09	<0.01
사료효율	0.39	0.40	0.41	0.42	0.44	0.004	<0.01
일당 DE 섭취량, Mcal	8.22	8.49	8.76	8.61	8.71	0.10	<0.01
증체량:DE, g/Mcal	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.001	0.01
등지방두께, mm	16.8	17.8	18.3	18.6	19.4	0.5	<0.01

[1]20-50, 50-80 및 80-120kg 체중 단계별 x 성 조합별로 lysine:DE 비율을 조절; 체중 단계 x 성 조합별 5개 공시사료의 lysine:DE 비율은 동일.

<출처: Beaulieu et al., JAS 87:965(2009)>

017-052본문.indd 32 2018-10-22 오전 10:20:49

에너지 섭취량 vs 성장(48-90kg 암퇘지)

에너지 섭취량이 계속 증가하면 단백질로 축적되는 에너지는 일정 한도까지만 증가하고 지방 침착은 계속 증가하므로 사료요구률은 감소 후 다시 증가

항 목	사료(3,500 kcal DE/kg) 급여량(kg)				자유급이
	1.54	1.80	2.17	2.47	
단백질 침착율(g/일)	63.4	84.5	103.0	102.0	99.0
일당 증체량(g/일)	358	552	654	742	795
사료 요구률	4.6	3.6	3.4	3.5	3.6
지방 침착율(g/일)	293	332	353	368	397

<Campbell et al. [Anim. Prod. 40:497(1985)] 각색>

거세 비육돈에서 제한급이의 효과

항 목	사료섭취량(자유급이: 100%)			표준오차
	100%	92.5%	85.0%	
개시체중, kg	37.2	38.2	38.0	0.89
사육일수	84	84	84	—
일당증체량	833	802	771	17
사료섭취량, kg/두/일	3.16^{a}	2.89^{b}	2.68^{c}	0.012
사료요구율	3.81^{a}	3.63^{ab}	3.49^{b}	0.08
등지방두께, mm	31.5^{a}	29.6^{ab}	27.8^{b}	0.7
단백질축적률, g/일	62.9	61.1	59.3	2.2
지방축적률, g/일	205^{a}	176^{b}	153^{b}	6

<출처: Leymaster & Mersmann, JAS 69:2837(1991)>

017-052본문.indd 33 2018-10-22 오전 10:20:50

Lysine이 단백질합성에 미치는 영향

- 단백질합성량: lysine(제1 제한 아미노산) 섭취량에 비례
- Lysine 섭취량: 거의 사료 lysine:calorie(ME) 비율에 이해 결정
  (∵ 총 에너지 섭취량은 사료의 에너지 수준의 영향이 작음)

Lysine 함량이 지방침착에 미치는 영향

- 지방합성량: (생산에너지 – 단백질합성 에너지 량)에 비례
- Lysine:ME가 높으면 지방침착 감소(∵ 단백질 합성 ↑)
- Lysine:ME가 낮으면 지방침착 증가(∵ 단백질 합성 ↓)
- 사료의 lysine:ME 및 ME도 낮으면 지방침착도 낮아질 수 있음
  (∵ Lysine 섭취량 뿐만 아니라 에너지섭취량이 낮아지기 때문)
- 즉 일정 범위 내에서 lysine:ME 비율이 지방 및 단백질(살코기) 축적율 및 사료효율을 결정짓는 영양수준의 실질적 '대표 척도'

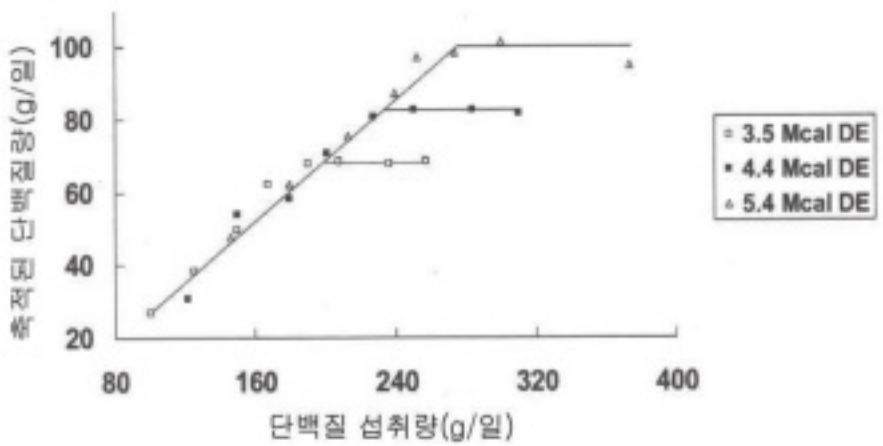
017-052본문.indd 34 2018-10-22 오전 10:20:51

단백질 및 에너지 섭취량 대비 성장

- **육성돈**
  - 에너지섭취량이 높을수록 단백질 축적량:섭취량 비율이 증가
  - 에너지섭취량이 증가할수록 단백질 축적량과 지방 축적량이 비율적으로 증가
  - 즉 사료섭취량이 클수록 과비의 위험이 거의 없이 증체율 ↑
- **비육돈**
  - 에너지섭취량 대비 단백질 축적량 비율이 육성돈보다 낮다
  - 에너지섭취량이 높아지면 일정 한도까지만 단백질 축적 증가
  - 즉 사료섭취량(에너지섭취량)이 커질수록 과비 가능성 증가

에너지섭취량 대비 단백질 축적량: 20-45kg 육성돈

에너지(사료) 섭취량이 클수록 최대 단백질 축적률이 커진다.

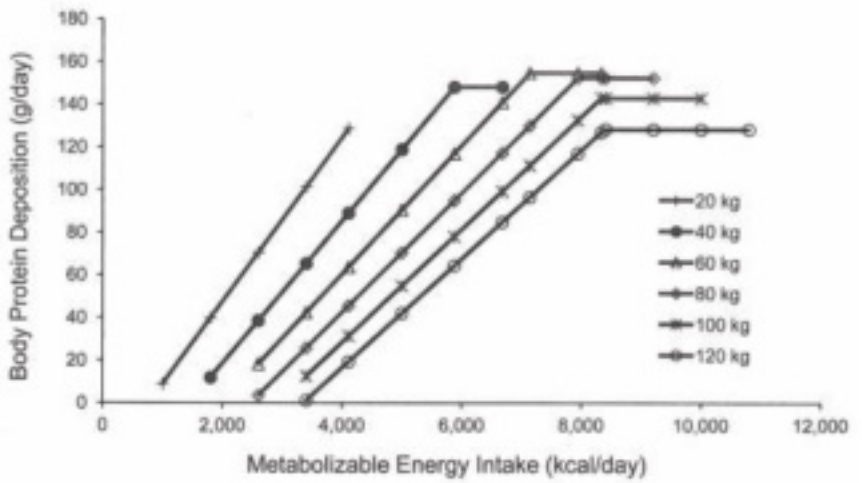


<출처: Campbell et al., Anim Prod. 40:489(1985)>

017-052본문.indd 35 2018-10-22 오전 10:20:52

전형적인 돼지의 체중별 ME 섭취량 vs 단백질 축적량 (NRC, 2012)

체중이 커질수록 에너지섭취량 중 단백질합성에 배분되는 에너지 비율이 낮고 여분의 에너지는 대부분 지방합성에 배분된다.



육성 · 비육돈에서 사료의 lysine 수준의 영향

항 목	Lysine 농도(%) [DE 함량: 3.04-3.13 Mcal/kg]					표준오차	선형효과 (p-value)
	0.48	0.57	0.65	0.75	0.81		
개시체중, kg	25.7	25.4	25.3	25.5	25.4	0.1	—
종료체중, kg	95.5	98.0	98.4	98.0	98.7	1.0	—
일당증체량, g	704	832	875	904	905	23	**
일당사료섭취량, kg	2.68	2.71	2.67	2.64	2.79	0.07	NS
사료효율	0.255	0.300	0.323	0.333	0.321	0.005	**
등지방두께, mm	26.8	24.8	24.6	24.5	24.4	0.6	**
등심단면적, cm^2	23.3	27.3	29.1	30.2	27.2	0.5	**
등심근 지방함량, %	3.51	3.37	2.25	1.62	1.44	0.31	**
등심 가열육 풍미	7.8	7.8	7.2	7.2	7.2	0.22	*
연도	8.2	8.4	8.1	6.0	7.0	0.50	**
다즙성	7.7	7.6	6.3	5.7	6.0	0.41	**

*P<0.05; **P<0.01.

<출처: Castell et al., Can J. Anim. Sci. 74:519(1994)>.

017-052본문.indd 36 2018-10-22 오전 10:20:52

Lysine:ME 비율 증가에 따른 성장성적 변화

	거세돼지			암돼지			
체중 범위(kg)	43-70	69-93	102-120	36-60	60-85	78-103	100-120
Lysine:ME(g/Mcal)	2.21~3..91	1.53~2.78	1.40~2.40	2.55~4.25	1.96~3.36	1.53~2.78	1.40~2.40
일당증체량	↗↘	↗	↗	↗↘	↗↘	↗↘	↗
일당사료섭취량	↗↘	→	→	↗↘	→	→	→
사료효율	↗↘	↗	↗	↗↘	↗↘	↗↘	↗
등지방 침착	↘	↘	→	↘	↘	↘	→
살코기 비율	N/A	N/A	↗→	N/A	N/A	↗→	→
최적 수준							
Lysine:ME	2.89	2.53~2.78	2.20	3.23	2.80	2.28~2.53	2.20
Lysine %(3.3 Mcal 기준)	0.95	0.83~0.92	0.73	1.07	0.92	0.75~0.83	0.73

<자료: Main et al., JAS 86:2190(2008) 각색: N/A, not available>

비육돈에서 저 Lysine 사료 & 고온의 영향

(에너지 수준: 3.4 Mcal ME/kg)

항 목	Lysine 수준(%)		환경온도(℃)		표준오차
	0.48	0.64	18	28	
개시체중, kg	89.6	89.8	91.3	89.3	1.16
종료체중, kg	125.4	127.2	125.1	127.5	2.10
일당증체량, g	853	890	**967**[a]	**779**[b]	10
사료효율	0.267[b]	0.295[a]	0.272	0.290	0.009
등지방두께, cm	**2.11**[a]	**1.85**[b]	1.98	1.98	0.11
살코기 비율(도체), %	**50.77**[b]	**52.21**[a]	51.57	51.43	0.53
등심근의 상강도, %	2.09	1.71	1.94	1.86	0.19
등심근의 지방 함량, %	3.48[a]	2.93[b]	3.25	3.15	0.22

<출처: Witte et al., JAS 78:1272(2000)>

017-052본문.indd 37 2018-10-22 오전 10:20:53

저 에너지-저 Lysine 사료의 효율

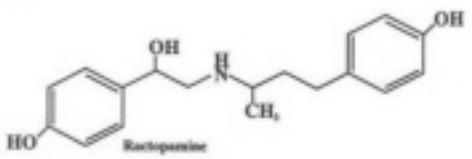
항 목	사료의 ME(Mcal) & Lys(%) 함량			성		
	3.33/1.00	2.88/0.68	표준오차	거세	암	표준오차
개시체중, kg	50.2	48.8	1.1	47.2	51.9*	1.1
종료체중, kg	125.4	118.7*	1.1	120.1	124.0	1.1
일당증체량, g	985	801*	25	904	881	25
일당사료섭취량	2.84	2.93	0.08	2.90	2.86	0.08
사료효율	0.346	0.275*	0.007	0.311	0.310	0.007
ME 섭취량, Mcal/일	9.46	8.42	0.24	9.00	8.88	0.24
증체량:ME, g/kg	104.1	95.13	2.0	100.4	99.2	2.0
Lysine 섭취량, g/일	28.4	19.9*	0.6	24.3	24.0	0.6
증체량:lysine, g/g	34.6	40.4*	0.7	37.7	37.4	0.7
등지방두께[1], mm	24.6	22.2*	0.5	23.9	22.7	0.5

*P<0.05; [1]120kg 생체중에 보정.
<자료: 최 등, 동물자원연구(인쇄중)>

β-adrenergic agonists(BBA)

- **BBA 제제**
  - 정의: 부신수질에서 분비되는 epinephrine & norepinephrine의 표적세포에서 β-type 수용체를 통하여 작용하는 호르몬 물질
  - Ractopamine[상품명: Paylean®]은 FDA가 돼지사료에의 첨가 허가]

- **효과**
  - ↑단백질합성[단백질(lysine) 요구량↑]
  - 100-135kg 비육돈에서 Ractopamine 첨가시 lysine 권장 수준(NRC) : 0, 5 & 10ppm 첨가 시: 각각 0.71, 0.89 & 0.95%
  - ↓인슐린분비→지방합성↓→지방침착↓
  - ↑성장률
  - 장기간 투여시 생체에 내성이 생겨 효과↓ [∴비육말기 2~3주 사용]



017-052본문.indd 38 2018-10-22 오전 10:20:54

비육돈에서 Ractopamine 첨가의 효과

항 목	Ractopamine 첨가 효과		10ppm 첨가 시 Lysine:ME의 효과				
			Lys:ME (g/Mcal)			p-value	
	0 ppm	10 ppm	1.7	2.4	3.1	선형	2차
개시체중, kg	68		84.3	84.4	84.4	—	—
종료체중, kg	107		103.7	106.6	108.1	—	—
일당증체량, kg	0.84	0.95**	0.58^{c}	0.66^{b}	0.74^{a}	<0.01	0.99
사료효율	0.26	0.31	0.272^{c}	0.310^{b}	0.355^{a}	<0.01	0.76
지육율, %	77.6	78.6**	73.4	74.2	73.5	0.39	0.03
등지방두께, cm	3.18	2.89**	1.84^{a}	1.75^{ab}	1.72^{b}	0.04	0.47
등심단면적, cm^2	35.2	42.5**	36.7^{b}	40.0^{a}	40.3^{a}	<0.01	0.03

<출처: Apple et al., JAS 82:3277(2004)>

표준 무지방 살코기(standardized fat-free lean; SFFL)[National Swine Nutrition Guide (NSNG, 2010)]

- **대부분의 사양표준은 무지방 살코기 증가량 기준으로 설정**
  (지방은 살코기(lean)]을 축적하기 위해 부차적으로 축적되는 성분)

- **육성돈 SFFL 계산**
  SFFL[파운드(lg] = 0.418 × 생체중 - 3.65 [[1lb = 0.4536kg]]
  (예: 생체중 50lb 육성돈의 SFFL = 17.25lb(=7.825kg)

- **비육돈의 SFFL 계산**(SFFL은 도체 중량의 48-58%)
  1) 제 10늑골 부위 등지방두께[BFT[인치(in)]와 등심단면적(in^2) 이용
  SFFL(lb) = 8.588 + (0.465 × 도체중량, lb) - (21.896 × BFT[in])
  + (3.005 × 등심단면적(in^2)] [[1인치 = 25.4mm]]
  2) 마지막 늑골 부위 BFT만 있는 경우:
  SSFL(lb) = 23.568 + (0.503 x 도체중량(lb)] - (21.348 x BFT I(in)]

017-052본문.indd 39 2018-10-22 오전 10:20:55

표준 무지방 적육(SFFL) - 계속

3) BFT, LMA 및 도체율 등의 정보가 없을 경우:

SFFL(lb) = 생체중(lb) × 0.74(평균 도체율) × 0.54(평균 정육률)

(예: 260lb 출하돈의 SSFL = 260 × 0.74 × 0.54 = 140.4lb(=47.13kg)

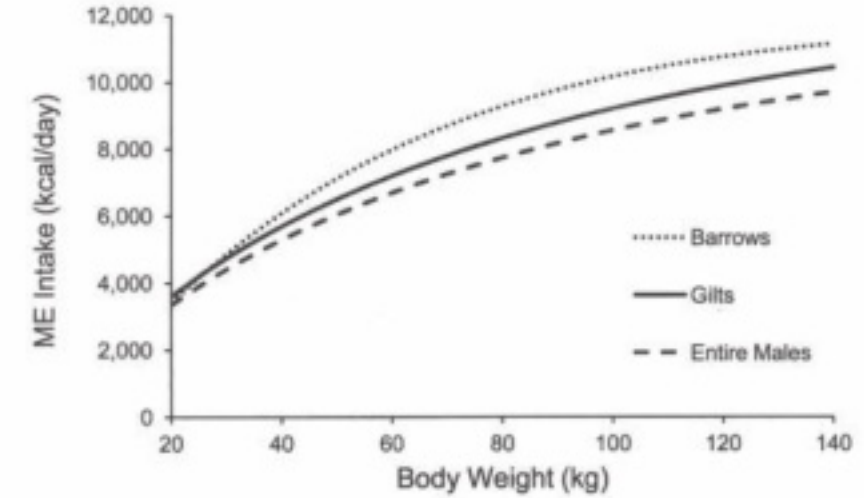
예: 50~260파운드 성장하는데 120일이 소요된 경우

SFFL 축적율 = (47.13 - 6.704kg)/120일 = 337g(0.74lb/일)

'Rule of thumb' : SFFL = 생체중의 약 40%

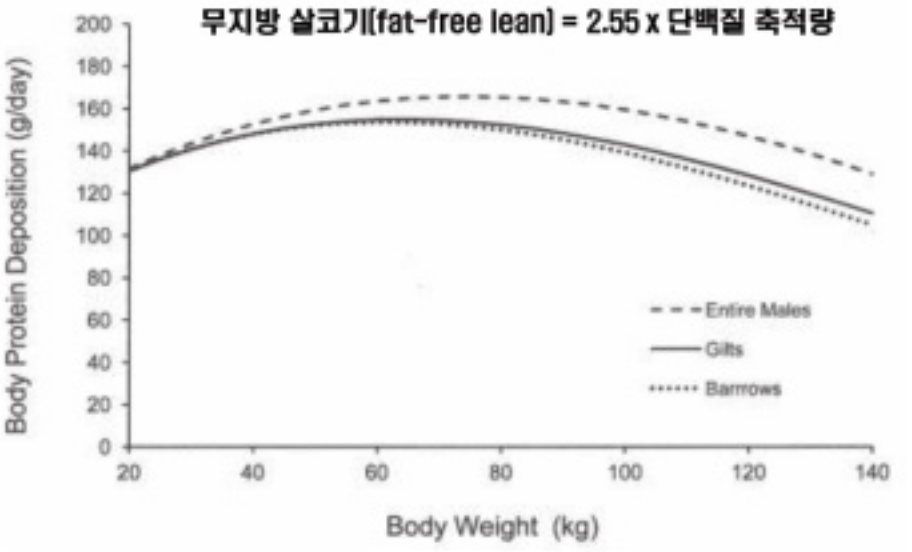
- **무지방 살코기 축적 능력 구분:** 체중 20-30kg(육성기 개시)부터 계산
  - High SFFL: 363g/일 이상
  - Medium SFFL: 295-363g/일
  - Low SFFL: 295g/일 미만

전형적인 육성 · 비육돈의 체중 vs ME 섭취량 (NRC, 2012)



017-052본문.indd 40 2018-10-22 오전 10:20:56

전형적인 육성 · 비육돈의 체중 vs 단백질축적량(NRC, 2012)



전형적인 육성 · 비육돈의 성장성적

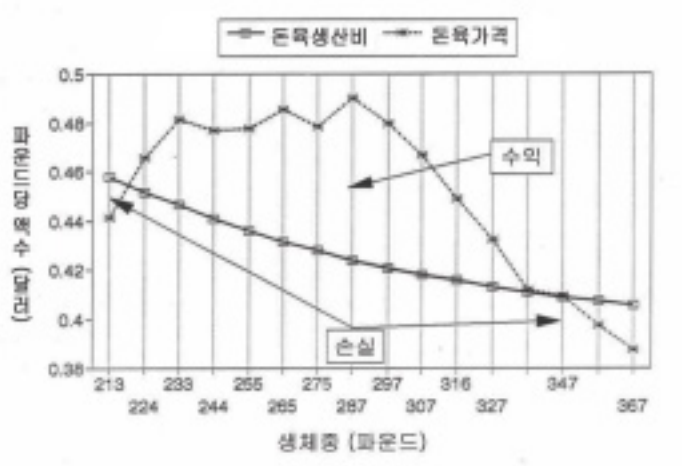
항 목	암퇘지	거세돼지	수퇘지
예상 종료체중 [1], kg	130.6	130.5	130.2
ME 섭취량, kcal/일	6,825	7,345	6,583
사료섭취량[2], g	2,177	2,343	2,100
일당증체량, g	819	857	841
단백질 축적률, g/일	132	130	143
지방 축적률, g/일	234	277	207
사료효율[2]	0.376	0.366	0.401
등지방두께, mm	17.5	20.9	14.3

[1]개시체중: 20 kg; [2]사료허실 5% 기준.

017-052본문.indd 41 2018-10-22 오전 10:20:57

비육돈의 출하체중 증가에 따른 수익 변화(미국)

287파운드(130kg)에 출하할 때 최대 수익



<자료: Weaver, 2003>

비육돈의 생산성적 비교: 미국 vs 한국

항 목	미국	한국
출하체중, kg	129	115
일당증체량, kg	0.85	0.8-0.85
사료요구율	2.9	3.25
등지방두께, cm	1.9	2.15

*국내 돼지는 이유후 치사율 및 체지방 함량이 높아 사료요구율이 높다.
**115kg 출하체중시 한국 돼지가 미국 돼지보다 등지방이 약 5mm 이상 두껍다.

017-052본문.indd 42 2018-10-22 오전 10:20:58

종모돈의 영향: 적육형 vs 비적육형

항 목	적육형 웅돈 자손				비적육형 웅돈 자손			
	암퇘지	거세돈	오차	유의성	암퇘지	거세돈	오차	유의성
개시체중, kg	80.0	80.1	0.9		79.8	79.8	0.4	
종료체중, kg	122.4	126.5	0.8	**	120.6	115.0	1.7	
일당증체량, kg	0.89	0.98	0.03	**	0.78	0.73	0.04	
사료효율	0.266	0.270	0.009		0.252	0.259	0.010	
등지방두께, mm	21.1	22.5	1.0		22.4	26.7	1.0	**
지방침착도	1.71	1.79	0.18		1.63	2.31	0.16	**

*P<0.05; **P<0.01.
<자료: 박 등[동물자원과학회지 51:143(2009)]에서 발췌>

보상성장

보상성장의 정의

- **보상성장 영문 표기**
  Compensatory growth, catch-up growth, rebound growth, rehabilitative growth 등

- **정의**
  일정 기간 동안 영양, 질병, 혹은 부적절한 환경 등의 영향으로 성장이 일시 지연된 후 영양 공급, 건강, 혹은 환경 등이 정상이 되었을 때 동물의 성장 속도가 정상 이상으로 가속되는 정상적인 생리학적 현상

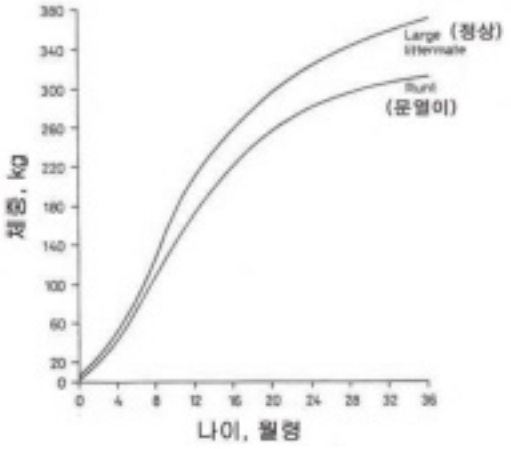
017-052본문.indd 43 2018-10-22 오전 10:20:59

보상성장의 기전 및 주요 대사

- 보상성장의 발생 여부와 보상 정도는 영양부족의 내역과 영양부족 이후의 영양상태에 따라 가변적(어릴수록, 영양부족이 클수록 영향이 크다)
- 영양분 공급 우선순위(중추신경계→뼈→근육→지방조직)이 바뀔 수 있음 (단백질 보상성장이 지방 성장에 우선(지방 침착은 저하될 수도 있음))
- 영양 부족 시 기초대사량이 저하된 후 영양공급 정상화 이후에도 지속
- 사료효율 및 단백질(lysine) 이용효율(증체량:섭취량 비율) 증가 ('저영양→정상영양' 을 이용한 사료효율 증진 전략의 실용성은 미지)
- 대체로 사료섭취량과 지방축적률이 증가하지만 항상 그렇지는 않음

태아기 성장지연의 영향

- **출생체중의 영향**
  - 이유전폐사율과 부의 상관관계 (1.3±0.1 kg: 4%, 0.8kg 이하: 35%)
  - 출생~출하까지의 증체율과 정의 상관관계 (12g 일당증체량/0.1kg 생체중)
- **문열이(runt)**
  - 정의: 동복 평균 출생체중의 2/3 이하
  - 발생: 첫 번째 태어난 새끼에 빈발
  - 결과: 생후 평생 지연된 성장



017-052본문.indd 44 2018-10-22 오전 10:21:00

전형적인 보상성장 중 체지방 비율 변화

(91kg 돼지)

	영양 수준			
	고→고	고→저	저→고	저→저
도체지방(%)	38	33	44	28
살코기비율(%)	62	67	56	72
저→저 대비 살코기비율(%)	86	93	78	100

<원자료: McMeekan, J. Agri. Sci. 30:276, 387 & 511(1940)>

육성기 아미노산 제한 이후 비육기 보상성장

육성 (20kg 개시) ·비육돈에서 제한아미노산 농도 제한의 영향(Millet 등, 2011)*

항 목	고 1 & 2단계		저 1 & 2단계		표준 오차	아미노산제한 P-value		
	고 3단계	저 3단계	고 3단계	저 3단계		1 & 2 단계	3 단계	상호 작용
제 2단계(40-70kg)**								
개시체중, kg	42.9	41.6	40.7	40.6	0.4	0.02	—	—
일당증체, g	837	826	756	753	12	<0.01	—	—
사료요구율	2.16	2.14	2.42	2.35	0.03	<0.01	—	—
Lys, g/kg 증체	24.4	24.2	20.3	19.8	0.6	<0.01	—	—
제 3단계(70-110kg)								
개시체중, kg	75.1	74.2	71.9	71.7	0.6	0.02		0.62
종료체중, kg	110.2	110.6	109.8	108.0	0.6	0.25	0.59	0.38
일당증체, g	799	747	892	764	19	0.01	<0.01	0.06
사료섭취량, kg/일	2.37	2.36	2.42	2.33	0.03	0.83	0.39	0.45
사료요구율	2.96	3.16	2.71	3.06	0.05	<0.01	<0.01	0.18
Lys, g/kg 증체	30.5	23.1	27.9	22.3	0.9	<0.01	<0.01	0.08
살코기비율, %	63.7	63.1	64.2	61.7	0.3	0.23	<0.01	0.06
지방두께, mm	11.4	11.5	11.3	12.2	0.3	0.15	0.05	0.16

*1, 2 &3단계 저영양구는 고영양구에 비해 lysine 포함 제한아미노산 농도를 각각 20%, 30% 및 30% 저감
**1단계의 고영양구와 저영양구의 상대적인 성적은 2단계 성적과 같았음.

017-052본문.indd 45 2018-10-22 오전 10:21:01

영양수준이 성장성적 및 육질에 미치는 영향 - 사양시험 결과

여름철 육성기 고온 스트레스 이후 보상성장

(실험 개시일: 2012년 8월 1일)

항 목	고 영양		저 영양		표준	확률값(P-value)		
	거세	암	거세	암	오차	영양	성	상호작용
개시체중, kg	14.79	15.70	15.77	16.22	0.50			
종료체중, kg								
1단계(27-29일)	30.1	31.3	27.5	27.6	0.8			
2단계([28/29일)	51.6	52.3	43.8	44.2	1.7			
3단계(28/35일)	77.1	78.9	71.8	72.1	2.1	<0.01	0.61	0.72
4단계(39-46일)	112.0	112.2	116.7	114.2	2.2	0.13	0.59	0.58
일당증체량, kg								
1단계	0.59	0.60	**0.45**	**0.44**	0.02			
2단계	0.72	0.72	**0.58**	**0.59**	0.03			
3단계	**1.01**	**0.92**	0.80	0.77	0.04	**<0.01**	0.58	0.65
4단계	0.85	0.85	**0.98**	**0.93**	0.04	**0.01**	0.55	0.62
등지방두께, mm	25.3	22.0	25.8	**26.4**	1.1	**0.03**	0.21	0.06

<자료: Ha 등(JAST 56:22(2014)에서 발췌>

동절기 육성·비육돈의 영양수준 효과

공시사료의 영양적 조성

	육성 전기			육성 후기			비육기		
	고	중	저	고	중	저	고	중	저
ME, Mcal/kg	3.34	3.30	3.26	3.35	3.33	3.25	3.35	3.25	3.25
Total lysine, %	1.20	1.10	1.00	1.10	1.02	0.93	0.90	0.80(0.85)	0.72
Lysine:ME, g/Mcal	3.59	3.33	3.07	3.29	3.06	2.86	2.69	2.46(2.62)	2.22

실험설계

단 계	세 분	체중(kg)	고영양	중영양	저영양 1	저영양 2
육성기	전기	23-43	고	중	저	저
	후기	43-70	고	중	저	저
비육기	전기	70-95	고	중	중	중
	후기	95-116	고	중	중	저

017-052본문.indd 46 2018-10-22 오전 10:21:02

주요 결과 및 결론 - 육성기

- 육성전기 중영양구와 저영양구 일당증체량은 고영양구(663g)에 비해 통계적인 유의차 없이 각각 5%와 9% 낮았다.
- 육성전기 중영양구 및 저영양구 사료효율은 고영양구(0.566)에 비해 각각 15%와 16% 낮아($p<0.05$) 사료비 측면에서도 고영양이 가장 효율적이었다.
- 육성후기 저영양구 일당증체량(969g)이 중영양구(907g)보다 높고 고영양구(990g)와 차이가 없어 저영양구에 보상성장이 일어났음을 시사하였다.
- 육성후기 중영양구와 저영양구의 사료효율은 고영양구(0.438)에 비해 유의차 없이 각각 9%와 6% 낮았다.

주요 결과 및 결론 - 비육기

- 비육전기 중영양구 일당증체량(1.01kg)이 저영양구(0.92kg; 저영양 1구 + 저영양 2구)보다 높고 고영양구(1.01kg)와 차이가 없어 중영양구에 보상성장이 일어났음을 시사하였다.
- 비육후기 일당증체량은 고영양구(1.01kg), 중영양구(0.98kg) 및 저영양구(0.96kg) 간에 차이가 없었다.
- 비육후기 저영양 1구와 저영양 2구의 일당증체량(0.96kg) 차이가 없었으므로 비육후기에는 lysine 함량 0.72%로 충분함을 시사하였다.
- 중영양구와 저영양구의 115kg 출하체중 도달일령은 고영양구(168.4일)보다 각각 4.5 & 6.5일 길어 전체적인 성장수준이 잘 반영되었다. (육성후기 이후 성별 사양프로그램을 조정하면 다소 달라질 수 있음)

017-052본문.indd 47 2018-10-22 오전 10:21:02

주요결과 및 결론 - 등지방 및 육질

- 도축 시 저영양구의 115kg-생체중에 보정된 등지방두께(22.9mm)는 고영양구(21.4mm; $p<0.05$)보다 컸고, 중영양구(21.9mm)와 고영양구 및 중영양구와 저영양구 간에는 유의적인 차이가 없었다.
- 즉 육성기 영양(lysine)이 부족하면 등지방이 두꺼워짐을 시사하였으나 언제 등지방이 두꺼워졌는지에 대해서는 추가의 연구가 요망된다.
- 등심의 품질과 관련된 이화학적 특성 및 등심 신선육의 관능품질은 사실상 영양수준과는 무관하였고, 등심 가열육의 관능 품질은 저영양구가 중영양구보다 우수하였으나 고영양구와 차이는 없었다.
- 즉 육성 · 비육기 영양수준이 육질에 미치는 영향에 대해서는 본 연구결과만으로는 단정적인 결론을 내릴 수 없었다.

고영양 vs 저영양 농장 도축성적 사례

사료 급여량 퍼센트(2017년 9월 ~ 2018년 5월)

고영양 사료 급여 농장[1]						저영양 사료 급여 농장[1]		
농장 A			농장 B			농장 C		
육성전기	육성후기	비육	육성전기	육성후기	비육	육성전기	육성후기	비육
16	48	36	24	51	25	7	15	78

[1]A, B & C 농장의 자돈사료 비율: 각각 11%, 5% & 2%.

도축성적(2018년 1월 ~ 2018년 9월)

항 목	고영양 사료 급여 농장[1]		저영양 사료 급여 농장[1]
	농장 A	농장 B	농장 C
총 도축두수	2,378	4,399	1,831
도체중량, kg	86.5	89.0	87.6
등지방두께[2], mm	20.0	21.8	23.4

[1]전 농장 동일한 교배조합; [2]88kg 도체중에 보정된 수치.

017-052본문.indd 48 2018-10-22 오전 10:21:03

하절기 육성·비육돈의 영양수준 효과

(2018. 5. 21 개시)

실험설계[3(육성후기 영양) x 2(성) x 2(비육기 영양) 요인분석]

육성 후기	고영양				중영양				저영양			
	거세		암		거세		암		거세		암	
비육기	고	저	고	저	고	저	고	저	고	저	고	저

공시사료의 영양적 조성

	육성 후기(44-70kg)			비육기(70-110kg)	
	고	중	저	고	저
ME, Mcal/kg	3.40	3.38	3.30	3.40	3.25
Total lysine, %	1.15	1.07	0.97	0.95	0.80
Lysine:ME, g/Mcal	3.38	3.17	2.94	2.79	2.46

주요 결과 및 결론 - 육성후기

- 고영양으로 육성전기(44kg)까지 사육된 육성후기 돼지의 체중 약 70kg까지 일당사료섭취량, 일당증체량 및 사료효율은 동절기에 비해 각각 각각 11%, 7% 및 3% 낮았다.
- 중영양구와 저영양구의 일당증체량은 고영양구(906g)에 비해 각각 2%와 4% 낮고, lysine 섭취량은 각각 9%와 16% 낮았다.
- 중영양구와 저영양구의 사료효율은 고영양구(0.446)에 비해 각각 0%와 4% 낮았다.
- 증체량:lysine 섭취량 비율은 고영양구에 비해 중영양구와 저영양구가 각각 8%와 14% 높아 중영양구와 저영양구는 lysine이 부족해서 증체율은 감소하고 lysine 이용효율은 증가했음을 시사하였다.

017-052본문.indd 49 2018-10-22 오전 10:21:04

주요 결과 및 결론 - 비육기

- 비육 전기(6월 19-7월 20일)와 후기(7월 20일-8월 21일) 13시 환경온도 평균±표준오차는 각각 31.9±2.7℃ 및 33.0±1.8℃ 이었다.
- 전 비육 기간 동안 일당사료섭취량, lysine 섭취량 및 일당증체량은 동절기에 비해 공히 약 30% 감소하고 사료효율은 4.4% 감소하였다.
- 비육기 전 성장성적 변수는 육성기 영양수준의 영향을 받지 않았다. [동절기에 나타났던 보상성장은 없었다(사료섭취량 저하 때문)].
- 전기 저영양구 일당증체량(653g) 및 lysine 섭취량은 고영양구보다 13 % 낮아 전자의 성장 저하가 lysine 섭취 부족 때문이었음을 시사하였다.
- 후기 저영양구는 고영양구에 비해 일당증체량이 6% 낮았다. 즉 돼지가 성장하면서 lysine 요구량이 낮아져 두 영양구간 증체량 차이가 줄었다.

주요 결과 및 결론 - 비육기

- 등지방두께는 육성 후기에 고 혹은 중 영양 수준이었을 때는 비육기 고영양구와 저영양구 간에 차이가 없었으나, 육성후기에 저영양 수준이었을 때는 비육기 저영양구(25.5mm)가 고영양구(22.2mm)보다 컸다.
- 등심의 지방함량은 비육기 저영양구가 고영양구보다 높았고, 여타 이화학적 특성 및 관능 평가 품질은 영양수준과는 무관하였다.
- 즉 이상의 결과는 비육기 저영양 시에는 근내지방 침착이 증가하고, 육성후기-비육기 저영양 시에는 등지방 침착이 증가함을 시사하나 등지방 침착 증가 시기에 대해서는 확인 실험이 요망된다.
- 결론적으로, 30℃를 상회하는 하절기에 고온으로 인한 사료섭취량 및 성장률 저하를 최소화하고 과도한 지방 침착을 방지하기 위해서는 비육기에는 절대적으로 고영양 사료 급여가 필요함을 시사한다.

017-052본문.indd 50 2018-10-22 오전 10:21:05