

## FCR 향상을 위한 최신 연구동향과 과학적 접근

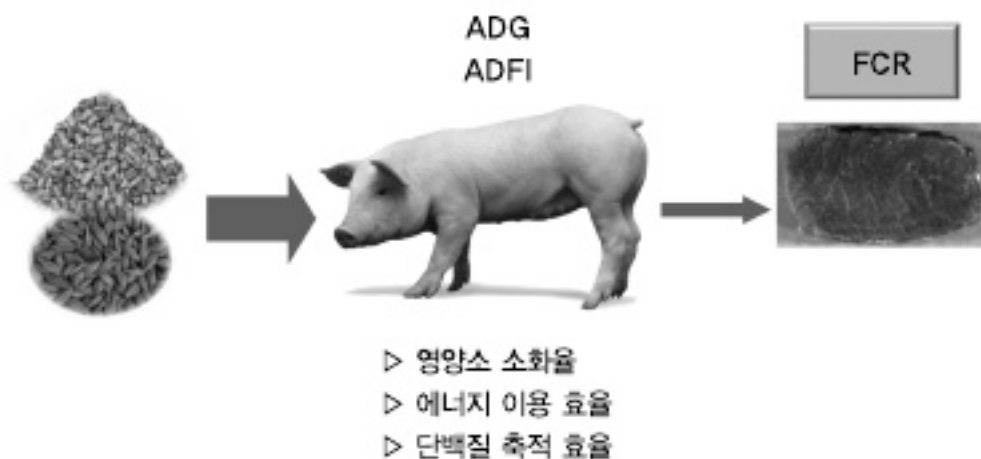


박진성 박사  
전하세일사로

### 사료요구율 FCR

- 사료비 : 생산비에서 가장 큰 비중을 차지(60~70%)
- 사료 요구율(FCR) : 양돈산업에서 가장 중요한 지표(국제적인 관심도 증가)
- 농장의 종합적 관리지표/결과물
- FCR에 영향을 미치는 요인이 많음
- FCR 개선을 위한 과학적인 연구와 접근이 필요

### 효율적인 양돈

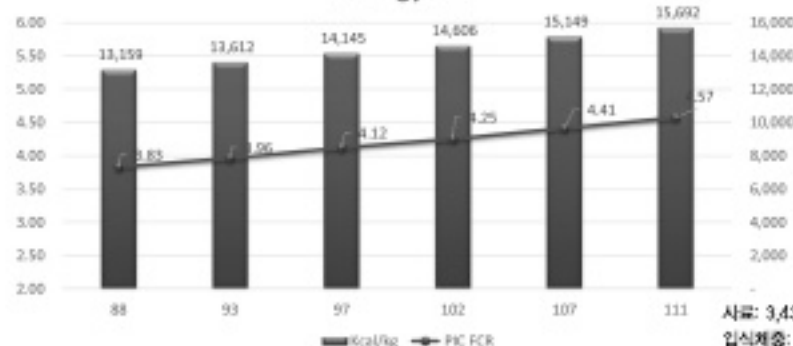


### 사료효율의 정의/측정방법 - 사료 요구율: Feed Conversion Ratio(FCR)

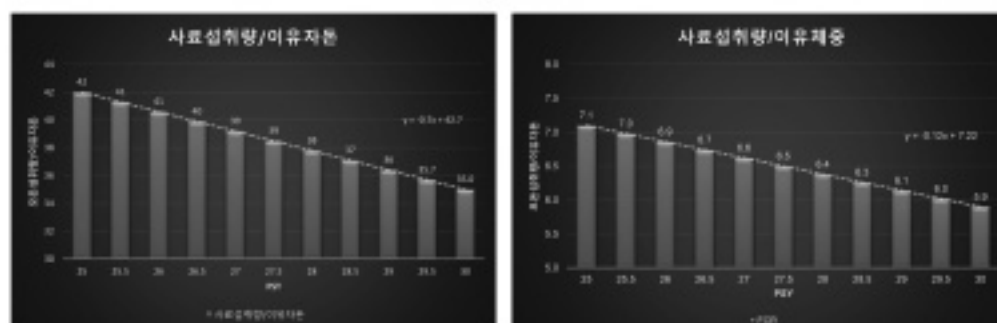
$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ FCR} &= \frac{\text{사료량 섭취량, kg}}{\text{증체량, kg}} & \bullet \text{ FCR2} &= \frac{\text{에너지 섭취량, kcal}}{\text{증체량, kg}} \\
 \bullet \text{ FCR3} &= \frac{\text{사료량 섭취량, kg}}{\text{지육량, kg}} & \bullet \text{ FCR4} &= \frac{\text{사료비용, ₩}}{\text{지육량, kg}} \\
 \bullet \text{ 농장 FCR} &= \frac{\text{총 사료급여량, kg (= 실제섭취량 + 허실)}}{\text{총 출하체중, kg}}
 \end{aligned}$$

### FCR에 대한 생각의 전환?

■ 사료: Feed efficiency   ■ 에너지: Caloric efficiency   ■ 생체중 FCR vs 도체중 FCR(carass)  
Energy Eff.



### 모든 FCR

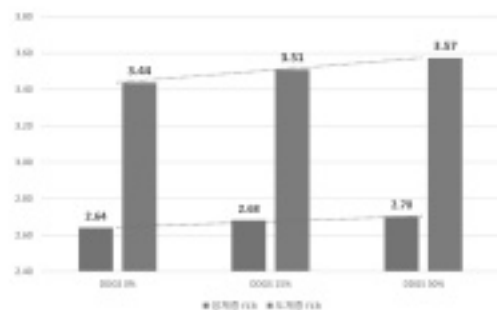


• 모든 사료섭취량: 1,052kg/년   • 2,27kg/입(임신) / 5.9kg/입(포유)   • 모든최전율: 2.45

## 경제적 가치를 고려한 FCR의 측정

- 사료의 영양소 성분(섬유소)에 따라 도체중에 영향
  - 섬유소가 높은 사료를 급여: 소화기의 용적과 무게가 증가 → 지육률 감소
  - 에너지와 아미노산 요구량에도 영향
  - 도체중 FCR은 의미있는 분석

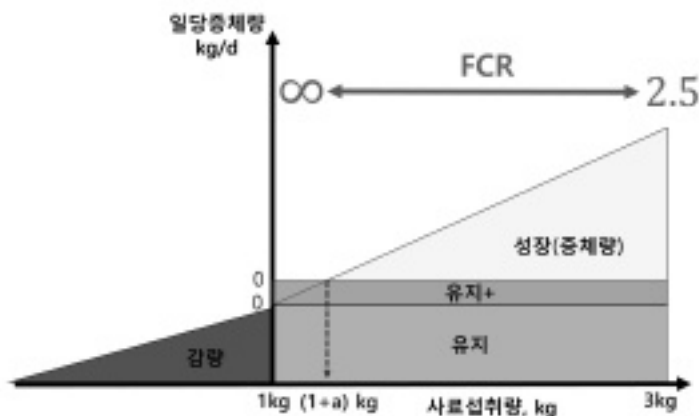
	DOGS, %		
	0	15	30
개시체중	5.86	5.86	5.81
종료체중	123.6	123.7	124.2



## 사료섭취량의 중요성

- 사료 섭취량: 돼지의 증체량에 중요한 요소로 작용
- 단백질의 축적량은 섭취량에 비례하여 PDmax까지 증가
- 최대 단백질 축적 잠재력 양수에 따라 차이(비거세돈 > 암컷 & 거세돈)
  - 이러한 차이는 비거세돈의 높은 섭취량에 기인
- 단백질 축적량은 PDmax에 도달시까지 에너지 섭취량에 따라 비례적으로 증가, 그 후에는 체내 지방 축적량이 증가
- 그러므로, 일일 평균 단백질 축적량을 기준으로 체중별 요구량과 예상 섭취량을 예측하여 영양소 할량을 결정하는 것이 필요

## 사료섭취량과 FCR의 관계



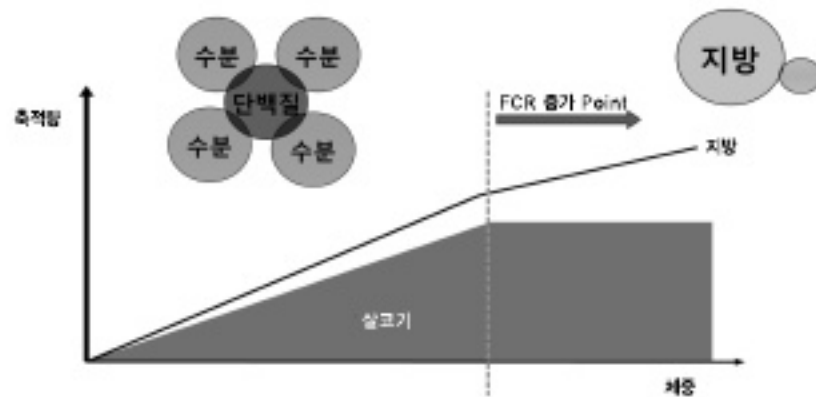
## 체조직 축적 에너지 효율

## ■ 살코기(Lean Tissue)

- 축적에 필요한 에너지 = 11.5Kcal/g
- 단백질(20%) + 수분(80%)

## ■ 지방조직(Adipose Tissue)

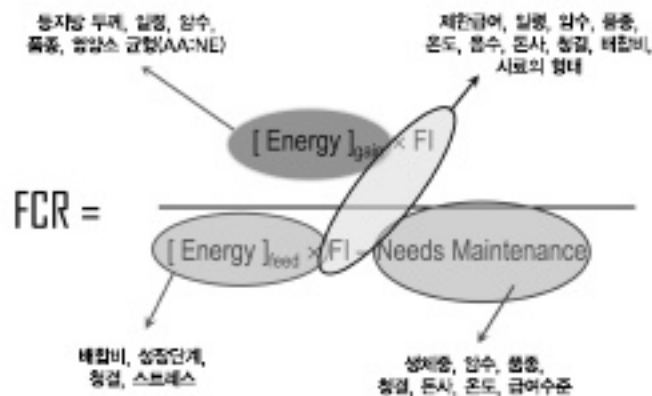
- 축적에 필요한 에너지 = 12.8Kcal/g
- 지방(90%) + 수분(10%)



## FCR Management

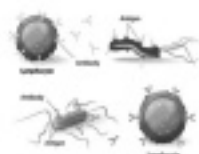
## ■ FCR에 영향을 미치는 요인

- 품종(유전력)
- 사료/영양
- 환경
- 돼지 관리
- 건강
- 질병/면역상태
- 사양관리
- Etc.



## FCR 관련 주요 연구분야

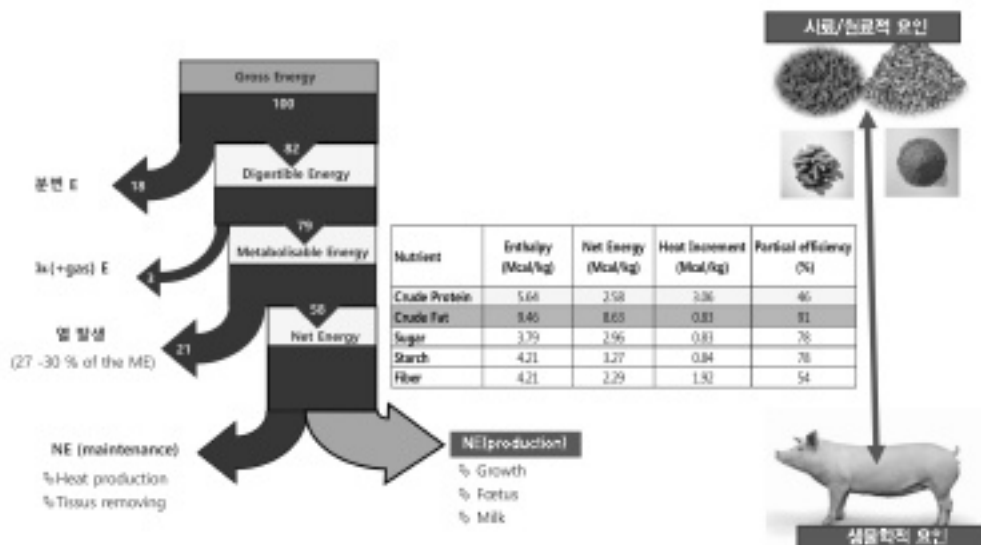
- Pig health(질병)
- Nutrition(영양)
- Physiology(생리학)
- Genetics(유전)
- Pork quality & animal health(육질/돼지 건강)
- Feed processing(사료가공)
- The sow herd(모돈)



## 사료 에너지와 에너지 대사

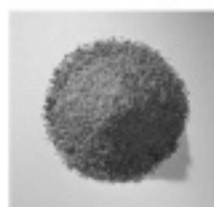
- 사료 내 에너지 비용 - 50% 이상을 차지
- 탄소를 함유하고 있는 영양소  
- 탄수화물, 지방, 단백질의 산화 → 에너지를 발생
- 생성된 에너지 → 유지에너지, 성장(체단백질, 체지방, 뼈의 합성)  
영양소 흡수를 위한 에너지 및 기계적 활동에 이용
- 사료 내 에너지 이용률 + 돼지의 체내 에너지 대사 효율 → FCR에 영향

## 에너지 이용효율(Energetic Efficiency)



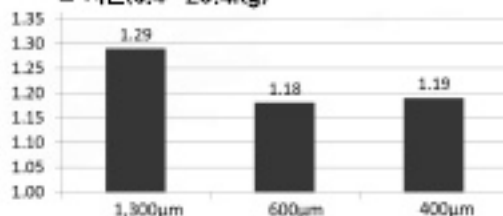
## 사료가공의 효과, 입자도

- FCR 1% 개선/100 $\mu$ m 감소
- 사료 가공 효과
  - 4 to 8% 개선(ADG and FCR) vs 가루 사료
- 주요 요인
  - 소화성 증가
  - 사료하실 감소
  - 열처리에 따른 영양소의 소화율 증가 가능성
  - 입자도 감소(500 $\mu$ ) : 사료 효율성 문제 없음  
(입자도가 큰 가루 사료 대비 펠렛의 가공 효과는 더 큼)
- 펠렛의 장점
  - 곡물의 입자도를 작게 하면서 사료의 효율성에 문제가 없이 급여 가능
  - 섬유소 함량이 높은 비중이 낮은 원료의 사용이 용이 → 비중 증가

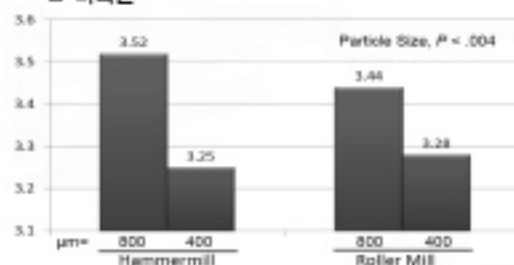


## 입자도

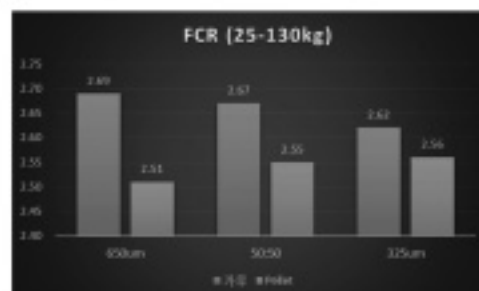
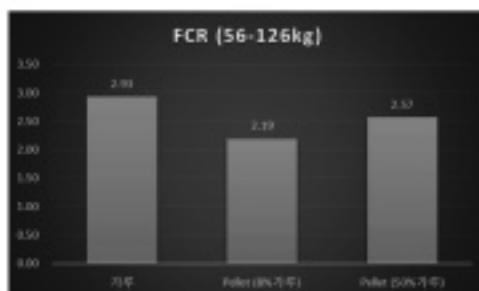
## ■ 자돈(5.4~20.4kg)



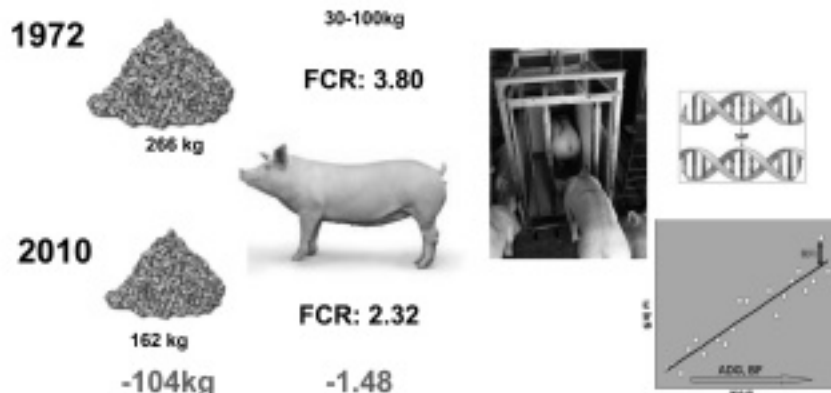
## ■ 비육돈



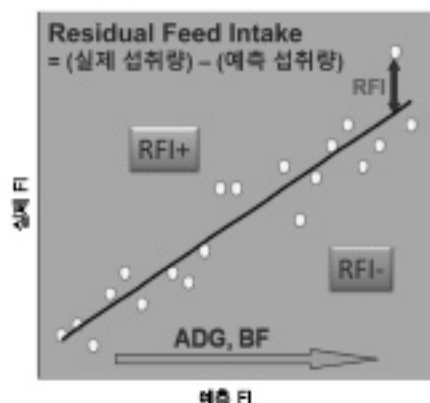
## Pellet 품질과 입자도



## 품종 개량에 따른 FCR 개선효과



## 유전적 요인- Residual Feed Intake (RFI)



■ 효율적인 품종 선발을 위한 지표

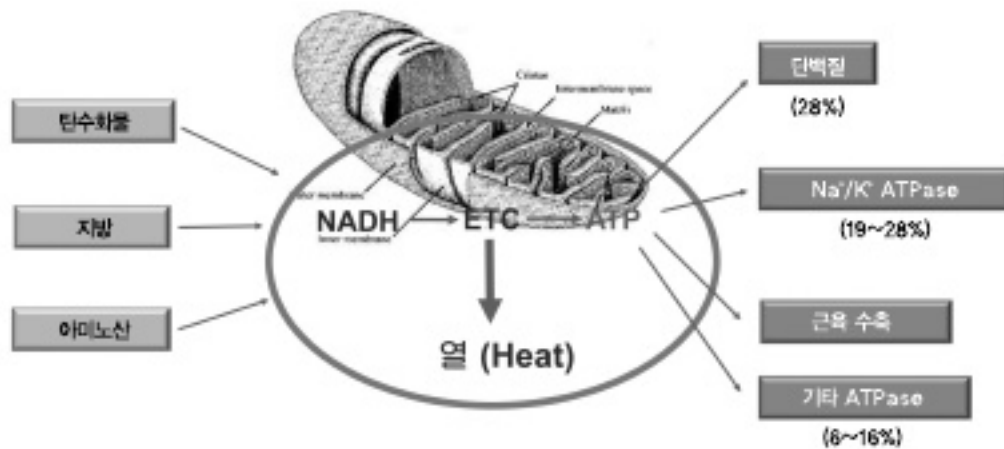
■ RFI : FCR과 높은 상관관계

- 내성적 섭취량에 따른 품종 선발
- 예상값보다 높은/낮은 섭취량(RFI+, RFI-)

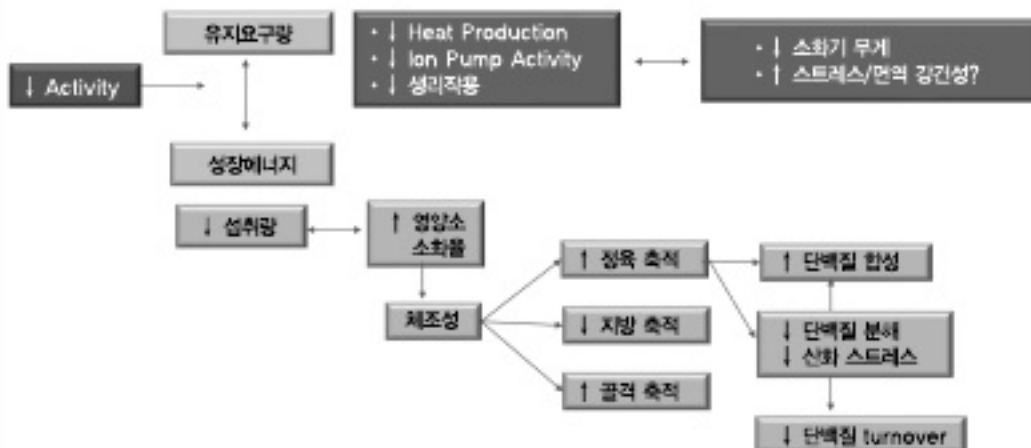
■ RFI- 돼지의 특성(vs RFI+)

1. 성장성, 사료효율 개선(Gilbert et al., 2007)
2. 근섬유, glycogen 함량 높음(Leflaucheur et al., 2011)
3. 근내 산화 관련 효소량 낮음(Le Naou et al., 2012; Faure et al., 2013)
4. 근육 내 영양소의 이용률 높음

### 에너지 이용 효율



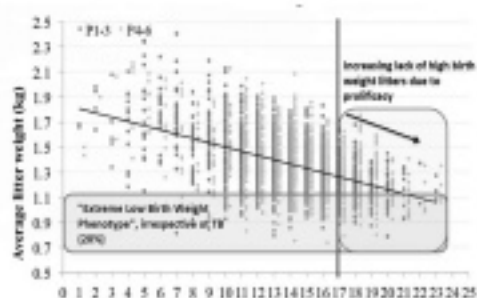
### 사료효율이 좋은 돼지(RFI-)의 특성





## 생시 체중 낮은 자돈의 FCR

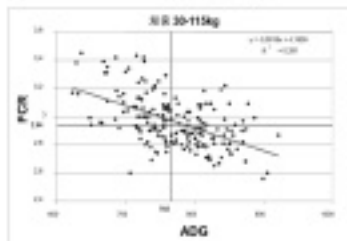
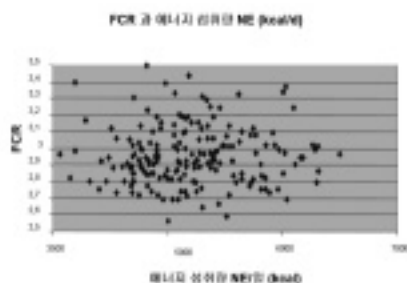
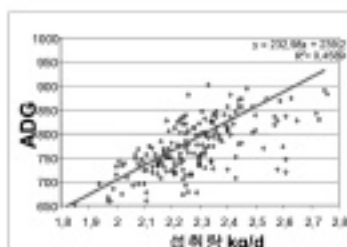
- 고능력 모돈의 산자수 증가 저체중 자돈수 증가
- 근섬유 감소(Myogenesis; ~임신 30일) → 단백질 축적 감소 → ADG 저하
- 낮은 생시 체중 → 이유 후 ADG, FCR에 문제 발생



	생시체중		이유체중	
	Heavy	Light	Heavy	Light
생시체중	1.75	1.31	1.53	1.53
이유체중	7.56	6.71	7.41	6.87
출하체중	125.4	124.1	124.8	124.8
ADG	0.877	0.844	0.859	0.862
ADFI	2.08	2.04	2.06	2.06
FCR	2.37	2.42	2.40	2.39

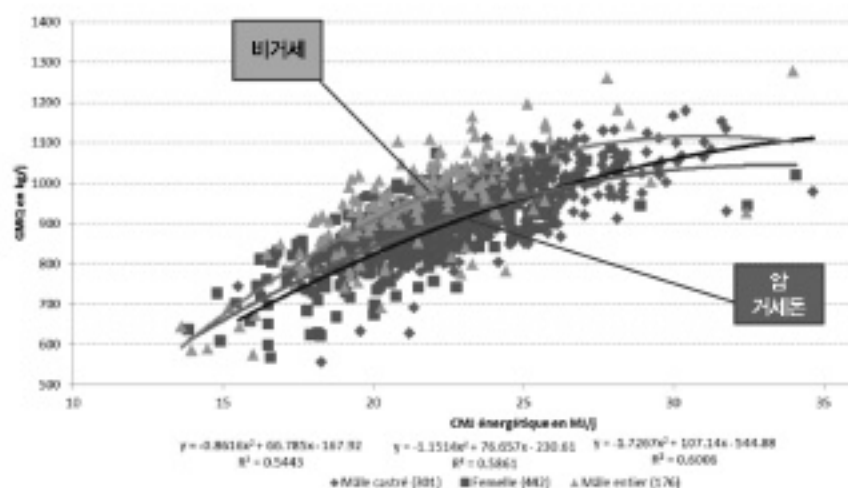
## 사료내 에너지 함량과 FCR

- 일반적으로 사료 내 에너지 함량이 높을수록 FCR이 개선
- 그러나 이러한 상관관계는 시험간, 농장간 비교에서는 낮음
- 에너지섭취량(DE, NE, kcal/d)과 FCR의 상관관계 ( $r=0.12-0.14$ )
- 에너지함량뿐만 아니라 다른 변수들에 의해 영향을 받음



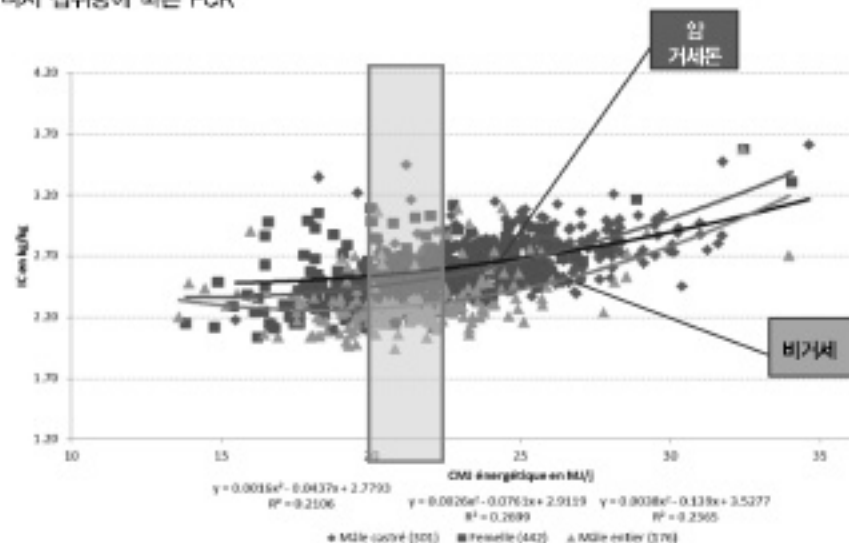
### 암수에 따른 성장성 차이

#### ■ 에너지 섭취량에 따른 증체량 차이



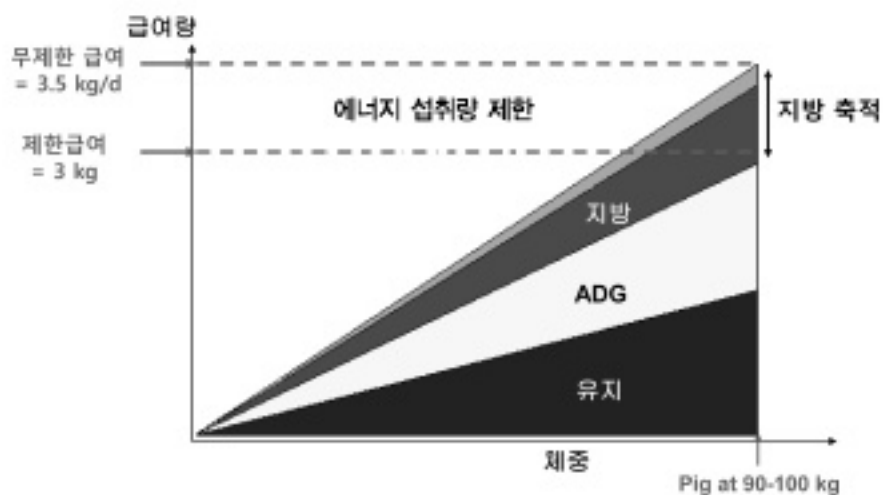
### 암수에 따른 FCR 차이

#### ■ 에너지 섭취량에 따른 FCR



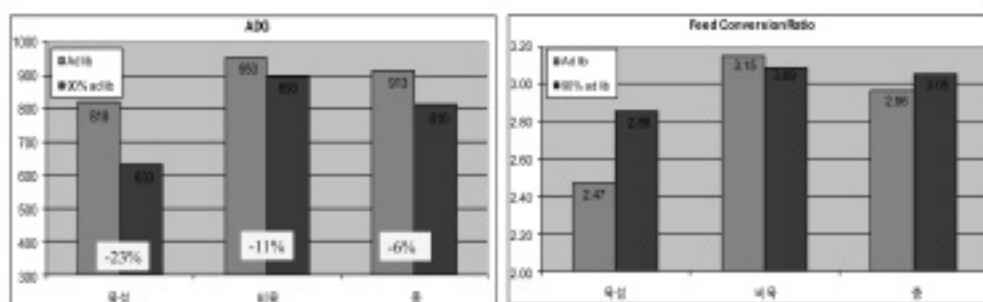
## 체조성 변화에 따른 급여량 조절

## ■ 출하체중, 암수에 따른 급여 프로그램 적용 필요



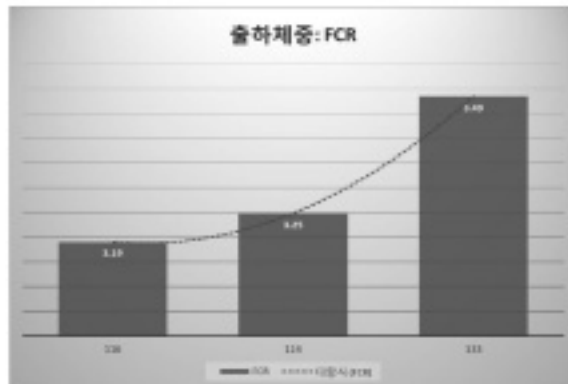
## 제한급여의 단계별 영향

## ■ 육성단계: 에너지 섭취량 제한 → 단백질 축적량 감소

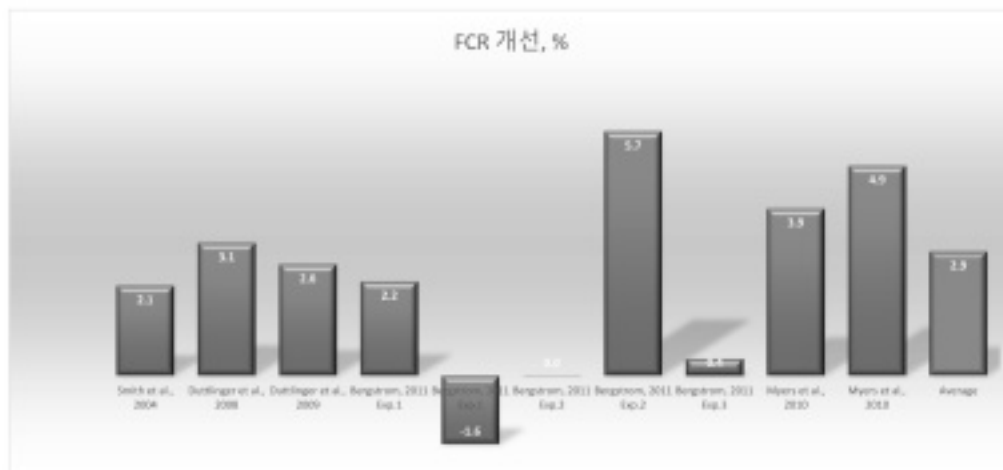


## 체중 증가에 따른 FCR 변화

출하체중, kg	116	124	133
개시체중	74.9	74.7	74.8
<b>ADG</b>	843	788	769
<b>ADFI</b>	2.69	2.56	2.68



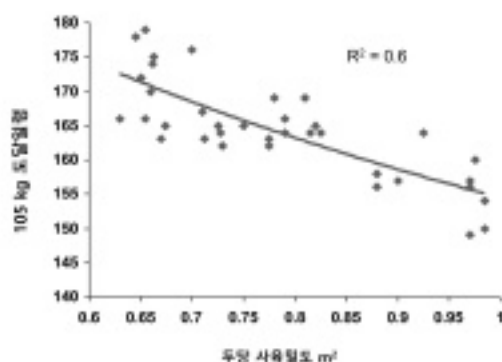
## 급이기 관리에 의한 FCR 개선 효과



■ 자돈구간, 6구 건식급이기, 9.2~31.5mm 급이구 높이 조절, 크럼블 사료

## 제16회 양돈기술 지상세미나 | 한돈업계 현안도출을 위한 양돈산업 최신 연구동향

## 사육밀도



두당 사육밀도 (m²)	0.65	0.75	0.85
두수	200	173	153
ADG (g/d)	770	805	841
FCR	2.86	2.73	2.62
출하일령, 일	178	174	170
출하체중, kg	112	112	112

## 사육밀도와 온도관리에 따른 성장성 차이

1,024g/d

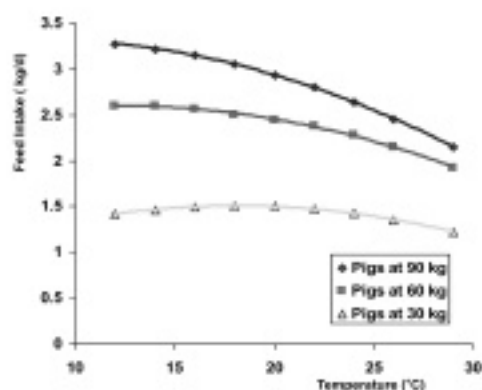
802g/d

온도 (°C)	20 °C			28 °C		
두당사육밀도(m²)	0.66	0.84	1.02	0.66	0.84	1.02
ADG (g/d)	963 b	1068 a	1043 a	787 b	796 ab	825 a
ADFI (g/d)	2.51	2.63	2.67	2.02	2.03	2.1
FCR	2.57	2.46	2.60	2.58	2.58	2.51

## 돈사 온도가 섭취량에 미치는 영향

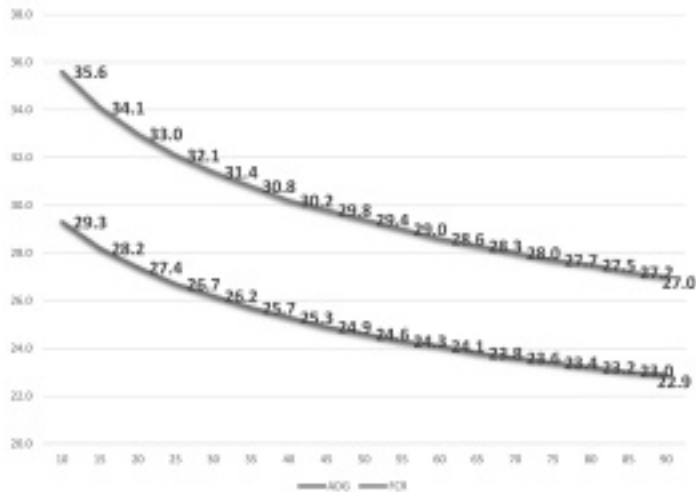
■ 체중이 증가할수록 고온에 대한 영향이 커짐

온도, °C	17	20	24	28	Statistical Test
섭취량 (g/d), Exp 1	2,450	2,360	2,210	1,990	p < 0.001
섭취량 (g/d), Exp 2	2,500	2,420	2,260	2,000	p < 0.001



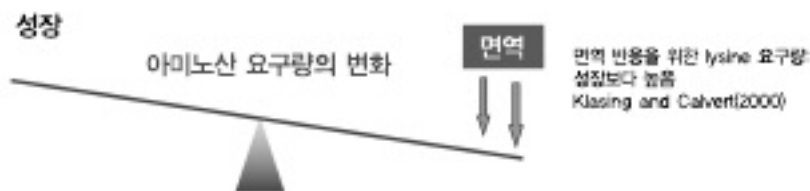
## 체중별 ADG, FCR에 영향을 미치는 최고임계온도

- 외부기온: 돼지의 체온유지를 위한 에너지 대사에 영향
- 체온유지를 위한 대사활동: 총 열발생량(Heat production)의 70~72%



- 품종개량과 더위 스트레스
  - 체중 50kg 돼지 기준
  - 기온상승시(20°C → 30°C) 섭취량 반응
  - ~1990 : -12g/°C
  - ~1999 : -18g/°C
  - ~2009 : -25g/°C

## 면역 반응에 따른 단백질 축적효율 변화



- PRRS: 성장률을 15%~20% 감소

Parameter*	대조군	PRRSV+	P-value
Lean, g/d	657	568	<0.001
Protein, g/d	131	112	<0.001
Fat, g/d	230	184	<0.001

질병	균형		면역	
	FCR	90 kg 도달일령	FCR	90 kg 도달일령
유형성 폐렴	0.1 - 0.4	+ 7 - 30	0.1 - 0.3	+ 4 - 15
위축성 폐렴	0.1 - 0.2	+ 4 - 15	0.1 - 0.2	+ 4 - 15
만성호흡질환	0.1 - 0.4	+ 7 - 30	0.1 - 0.3	+ 7 - 20
유형성 폐렴	0.1 - 0.4	+ 10 - 21	0.05 - 0.1	+ 3 - 21
외부기생충	0.1	+ 7 - 18	0.1	+ 5 - 8
연쇄상구균	0.05	+ 1 - 3	0.05	0
돈독리	0.1 - 0.3	+ 5 - 20	0.3	+ 4 - 5
TGE	0.1	+ 4 - 10	0 - 0.15	+ 0 - 3

## 질병발생이 성장성에 미치는 영향

Parameter	Control <sup>1</sup>	PRRS <sup>2</sup>	PED <sup>3</sup>	PRRS + PED <sup>2</sup>	SEM	P-value			
						Overall	PRRS <sup>2</sup>	PED <sup>3</sup>	Infection <sup>4</sup>
0-14 d Performance									
ADG, kg	0.62 <sup>a</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.61 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>	0.03	<0.001	<0.001	0.506	0.003
ADFI, kg	0.95 <sup>a</sup>	0.67 <sup>b</sup>	0.94 <sup>a</sup>	0.76 <sup>b</sup>	0.05	0.001	<0.001	0.441	0.032
G:F	0.65 <sup>a</sup>	0.53 <sup>b</sup>	0.65 <sup>a</sup>	0.55 <sup>ab</sup>	0.03	0.020	0.003	0.861	0.095
15-21 d Performance									
ADG, kg	0.86 <sup>a</sup>	0.63 <sup>b</sup>	0.35 <sup>b</sup>	0.20 <sup>b</sup>	0.04	<0.001	0.083	<0.001	0.001
ADFI, kg	1.22 <sup>a</sup>	1.02 <sup>b</sup>	0.88 <sup>ab</sup>	0.67 <sup>b</sup>	0.07	0.003	0.026	<0.001	0.005
G:F	0.54 <sup>ab</sup>	0.62 <sup>a</sup>	0.39 <sup>b</sup>	0.31 <sup>b</sup>	0.05	0.001	1.000	<0.001	0.189
0-21 d Performance									
ADG, kg	0.63 <sup>a</sup>	0.44 <sup>b</sup>	0.51 <sup>ab</sup>	0.34 <sup>b</sup>	0.04	<0.001	<0.001	0.001	<0.001
ADFI, kg	1.04	0.78	0.92	0.73	0.04	0.002	<0.001	0.076	0.002
G:F	0.61 <sup>a</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.56 <sup>b</sup>	0.47 <sup>b</sup>	0.02	0.005	0.006	0.008	0.019

<sup>1</sup>n=3 pens per treatment; healthy, virus naive (Control)<sup>2</sup>n=6 pens per treatment; PRRSV infected (PRRS)<sup>3</sup>Orthogonal contrast for PRRSV naive vs PRRSV infected<sup>4</sup>Orthogonal contrast for PEDV naive vs PEDV infected<sup>5</sup>Orthogonal contrast of virus naive vs virus challenged

a,b: P &lt; 0.05 represents treatment differences

edited (PED), co-infected (PRP)

• ADG : 20~50% 감소

• ADFI : 10~30% 감소

• GF: 10~20% 감소

## Optimum FCR을 위한 급여프로그램

## ■ ADG &amp; 출하체중 &amp; FCR

