

육성비육돈용 자동급이기 사료공급장치 개발에 관한 연구

유용희 · 송준익 · 최희철 · 김재환 · 박규현 · 강희설 · 장동일*

농촌진흥청 국립축산과학원

Development of the Automatic Feeder for Growing-finishing Pigs

Yoo, Y. H., Song, J. I., Choi, H. C., Kim, J. H., Park, K. H.,

Kang, H. S. and Chang, D. I.*

National Institute of Animal Science, RDA

Summary

This study was conducted to develop an prototype automatic feeder (AF) for growing-finishing pigs. The main components of AF were a feed storage hopper, a feeding motor, a feed agitator, a control box and a programmable IC, which were controlled by a personal computer. The powder type feed transfer rate of AF was average $9.83 \pm 0.4 \text{ g s}^{-1}$. In feeding test, growing pigs (Landrace) of about 43 kg live weight were used in the study, and was fed over a 6 weeks in pens with solid concrete floors. For feeding trials with AF, the operation time of the feeding motor was set to 2, 3, 4, 5, and 6 seconds per feeding. Pigs frequently used AF from 05:00 to 11:00 and from 11:00 to 17:00 without relationship to the operation time of the feeding motor. The AF operation time of the feeding motor to minimize feed loss was between 2 and 4 seconds. Pigs fed with AF had same or slightly higher average daily gain (0.8~0.9 kg) than that with a commercial feeder, and average daily feed intake (2.76~2.93 kg) and feed conversion ratio (3.10~3.66) of pigs fed with AF were same or lower than those with the commercial feeder except the operation time of the feeding motor set to 6 seconds. As a result, AF would help to use and improve the productivity of growing-finishing pigs.

(Key words : Growing-finishing pig, Automatic, Feeder)

서 론

오늘날 양돈업은 돼지 사육을 위하여 필수적으로 급이기가 설치되고 있다. 급이기는 돼지의 성장단계별로 어린자돈용, 자돈용, 육

성비육돈용, 모돈용 등 다양하게 생산, 사료를 섭취할 때 허실이 적고, 항상 자유롭게 섭취가 가능하도록 제작한 제품들이 생산 보급되고 있다. 이러한 결과는 돼지용 급이기에 대한 많은 연구결과들과 관련되고 있다.

* 충남대학교 (ChungNam National University)

Corresponding author: Yoo, Yonghee, National Institute of Animal Science, RDA.

Tel : 031-290-1604, E-mail : yooyh@korea.kr

2009년 10월 12일 투고, 2009년 12월 16일 심사완료, 2009년 12월 20일 게재확정

유 등 (2001^a)은 조기이유 자돈용 액상사료 자동급이기 개발 보고와, 역시, 유 등 (2001^b)은 액상사료 자동급이기를 이용 7일령 조기이유자돈의 일당증체, 소장의 변화 등 생산성에 미치는 영향 등을 보고하였다. Nielsen 등 (1995)은 군사(群飼) 모돈용으로 전자 제어계측용을 대체하기 위하여 비전자 제어계측 자동급이기 개발과, Stookey 등 (1993)과, Young and Lawrence (1994)는 급이기에 사료 섭취 측정 및 섭취행동 측정을 위한 컴퓨터가 폭넓게 사용된다고 보고하였다. 현재는 모돈용으로 사료 섭취량의 자동기록 및 제어를 할 수 있는 급이기가 생산되어 현장에서 활용되고 있다. Amornthwaphat 등 (2000)은 비육돈에서 건식급이기 보다 습/건식 급이기에 일당증체 향상, 음수량 절감 효과가 있다고 하였다. Magowan 등 (2005)은 이유에서 비육까지 동일한 급이기와 다른 형태의 급이기 제공시 돼지의 성장률과 행동을 비교 하였다. Gonyou and Lou (2000)는 단식 급이기와 멀티(다구) 급이기에 급수기 설치와 미설치에 따른 육성비육돈의 생산성과 사료섭취행동에 대하여 조사하였다. Hyun 등(1997)은 육성비육돈의 사료섭취량을 기록하기 위하여 컴퓨터 모니터링을 이용 사료섭취 양상을 조사 하였다. Hyun and Ellis (2001)는 전자기록형 급이기와, 관행급이기를 설치 육성돈에서 사육밀도에 따라 성장과 사료 섭취 행동에 관한 연구를 보고 하였다. Hyun and Ellis (2002)는 전자기록형 급이기와, 관행 급이기를 설치 비육돈 돈방당 사육밀도에 따라, 성장과 사료 섭취 행동에 관한 연구 결과 증체율은 급이기 형태와 차이가 없으나 사료효율은 전자기록형 급이기가 매우 높았다고 하였다. Nielsen 등 (1993)은 급이기 종류에 따라서 육성돈에 단식(單食)용 급이기와 사육밀도가 일일 급이기 방문횟수, 급이

기 점유시간, 방문당 사료섭취량에는 유의적인 차이가 있으나 일일 사료섭취량, 일당증체량, 사료효율에는 차이가 없다 하였다. Schneider 등 (2007)은 육성비육돈에게 1일 2회, 6회 급여를 비교한 결과 6회 급여가 2회 급여보다 성장이 개선되는 것으로 보고 하였다. Walker (1990) 습/건식 단식 급이기에서는 건식 단식급이기에 비해 가루사료와 펠렛사료 급여시 사료섭취량 증가와 증체율이 약 3~10% 개선되었으나, 등지방(P2지점) 두께가 두꺼워진다고 하였다. Morrwo and Walker (1994^b)는 무제한 단식 급이기에 1회당 사료 1회 배출량은 7g 정도가 최대 성장을 및 동물복지 제공과 사료허실 증가를 줄일 수 있다는 보고와 이 결과를 기준 Gonyou and Lou (2000)도 사료 1회 배출량은 6g 정도 되었다고 보고하였다. 따라서 본 연구 목적은 육성비육돈에 사료급여량 조절과 허실 최소화 및 사료공급 시간을 동시에 자동 제어할 수 있는 육성비육돈용 급이기 개발을 위한 기초 연구 자료를 확보하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 급이기 제작 및 구성

육성비육돈용 자동급이기 개발 설계시방서를 제작 후 설계도면을 작성, 급이기 5대를 제작하였다. 제작한 급이기에 대한 작동시험과, 급이기를 제어하기 위하여 자동컨트롤러와 프로그램을 제작 문제점이 없는지 개발을 진행하였다. Fig. 1과 Table 1에서 보는 것처럼 개발 시작형 자동급이기의 사료 저장조는 저장된 사료가 원활하게 하강하도록 한쪽 측면은 직각이며, 다른 두 쪽 측면은 삼각타원형, 한쪽측면의 반대측면은 삼각지붕형을 형성하여 공급된 사료가 원활하게 하강토록 제

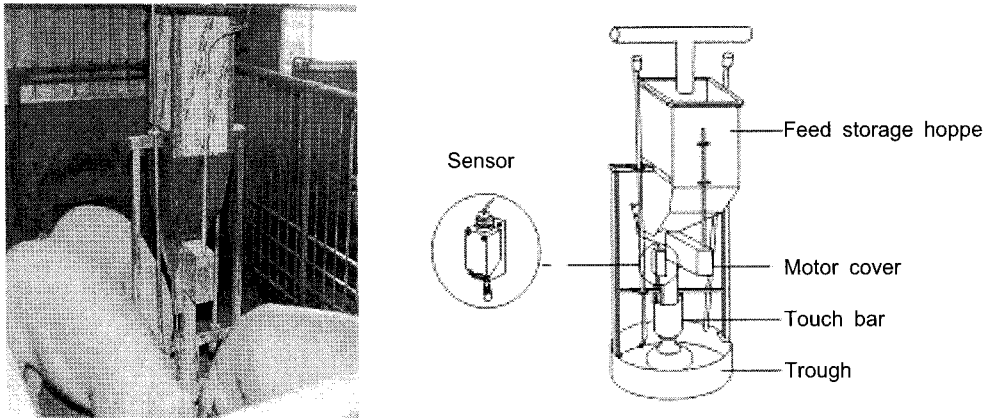


Fig. 1. Development of the prototype automatic feeder for growing-finishing pigs.

Table 1. Specification comparison of AF with a commercial feeder

Item	Commercial feeder	AF
Feed storage hopper	Install	Install
Water nipple	Install	Install
Trough	Install	Install
Agitating bar	Non-install	Install
Motor	Non-install	Install
Feeding	Ad Libitumn	Limit, Ad Libitumn
Feed intake recording	Impossible	Possible
Digging	Possible	Possible
Control of the feed intake	Manual	Automatic
Rat-hole	Occurrence	Non-occurrence

작 하였다. 사료저장용량은 최대 35 kg이 가능토록 제작하였다. 사료 이송 토출부는 저장조 하단에 설치, 돼지가 원통형 터치바를 주둥이나, 콧등으로 누를 경우 제어부에 신호를 보내 사료 저장조 밑에 부착된 사료이송 장치 구동모터 샤프트에 평기어를 연결 사료진타기와 스크류가 연결되어 사료를 사조에 원활하게 토출시키도록 제작 하였다. 사료이송시간은 자동컨트롤러와 프로그램을 개발 컴퓨터에 연결 제어하였다(Fig. 2). 사조는 깊이가 12 cm인 원통형으로 구성되었

다. 급이기 사조 칸막이는 설치하지 않았고 사료를 먹고 싶은 돼지들은 급이기에 접근 사료를 먹을 수 있도록 하였다. 그리고 급수기는 사료를 섭취하면서 급이기내 부착된 급수기로부터 물을 먹을 수 있도록 제작하였다.

2. 검증시험

본 검증 시험은 국립축산과학원(구, 축산기술연구소)에서 실시하였고, 돈방은 전면 콘크리트 바닥이었다. 시험 개시 체중은 43 kg 내

Table 2. Feed composition used in this study

Item	Composition (%)
Yellow corn	77.45
Soybean meal	19.2
Fish meal	1.2
Limestone	0.75
Calcium phosphate	0.65
Salt	0.25
L-lysine	0.1
Vit.-min mixture ^A	0.2
Biotin ^B	0.1
Antibiotics	0.1
Total	100
Chemical Composition ^C	
Digestible energy (Kcal/kg)	3,300
Crude protein (%)	16
Lysine (%)	0.8
Calcium (%)	0.6
Phosphorus (%)	0.5

^A Vit-min mixture contains as followings in 1 kg : Vitamin A, 2,000,000 IU; Folic acid, 200 mg; Vitamin D₃, 400,000 IU; Biotin, 20 mg; Vitamin E, 250 IU; Choline chloride 25,000 mg; Vitamin k₃, 10 mg; Mn, 12,000 mg Vitamin B₁, 100mg; Zn, 15,000 mg; Vitamin B₂, 300 mg; Fe, 4,000 mg; Vitamin B₆, 200 mg; I, 250 mg; Vitamin B₁₂, 1.2 mg; Co, 100 mg; Niacin, 2,000 mg; Mg, 2,000 mg; Pantothenic calcium, 1,000 mg; B.H.T. 5,0

^B Biotin contains as followings in 1kg : Biotin 100 mg

^C Calculated values.

외 육성돈(랜드레이셔)을 시험축으로 공시 6 주 동안 사양시험을 실시하였다. 검증 사양 시험을 위해 개발 시작형 자동급이기별 1회 당 2초, 3, 4, 5, 6초로 사료이송장치 구동시간을 두당기준 설정한 후 사료를 이송하도록 하고, 각 설정된 시간만큼 사료가 이송된 후

급이기 정지시간은 각 급이기별로 설치된 자동콘트롤러에서 제어 하였다. 그리고 대조구로는 생산 시판되고 있는 육성비육돈용 급이기를 설치하였다. 급여사료는 Table 2에서 보는 것처럼 CP 16%, DE 3,300 Kcal/kg인 육성돈 사료다. 사료 형태는 육성비육돈에게 대부분 가루사료 형태로 급여하기 때문에 본 연구에서도 펠렛 또는 익스트루전 된 사료에 대해서는 처리를 두지 않고, 가루사료를 이용하였다.

3. 주요 조사항목

가. 작동 정확도 및 1회당 배출량

개발 시작형 자동급이기의 사료이송 모터 구동, 사료낙하, 그리고 프로그램과 상호 연결하여 돼지가 사료를 섭취하는데 1회당 사료이송 시간을 5, 10, 15, 20, 25초로 모터 구동 시간을 설정한 후에 배출되는 사료의 량을 전자저울을 (CAS 전자저울, 최소 계량 단위 0.5g) 이용조사 하였다. 배출량 조사용 사료는 가루형태로 국립축산과학원에서 배합 생산된 것을 이용하였다.

나. 섭취행동

사료섭취행동 조사는 Fig. 2에서 보는 것처럼 개발 시작형 자동급이기가 설치된 돈방의 급이기별 섭취횟수 분석이 가능하도록 자동 콘트롤러에 프로그램과 연계된 컴퓨터에서 읽을 수 있도록 구성하였다. 이때, 사료이송 시간을 2초, 3, 4, 5, 6초로 두당기준 설정한 사료이송 모터의 온/오프를 제어하도록 연결된 접점센서와 접점센서를 터치 해주는 원통형 터치바 신호를 프로그램에서 센서의 접점 회수를 리딩하는 방법으로 섭취 행동을 조사

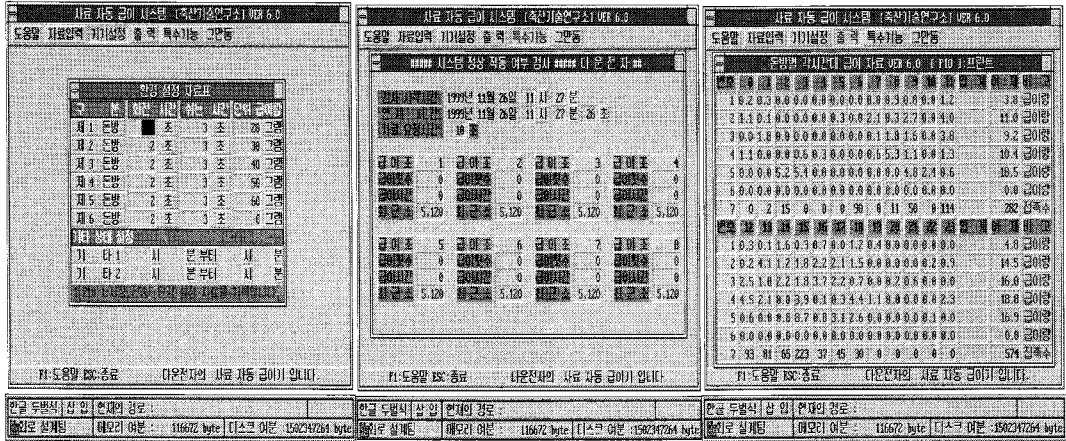


Fig. 2. Screen of AF management program.

하였다.

다. 사료 허실량

사료이송장치 구동 시간을 개발 시작형 자동급이기별 1회당 2초, 3, 4, 5, 6초로 설정 구동 후 정지시간은 동일하게 설정 설치 후 돼지가 사료를 섭취하도록 하면서, 돈방 바닥에 허실된 상태를 조사자가 관찰과 사진을 찍어 조사하였다.

라. 증체량 및 사료 섭취량

시험에 공시된 돼지는 계량 단위가 최저 100g 단위인 저울을 이용 시험개시시 완료시 2회 체중을 측정 평균하여 개시체중 및 완료

체중으로 하였으며, 그 후 2주 간격으로 체중변화를 조사하였다. 사료 섭취량은 시험개시부터 종료 시까지 사료를 급여할 때마다 사료의 무게를 칭량하여 급여하였고, 시험 종료 시에 급이기에 남아있는 사료의 전량을 전부 수거 무게를 조사 한 후 총 급여량에서 잔량의 무게를 공제 사료 섭취량으로 하였다.

결과 및 고찰

1. 초당 사료 이송량

Table 3에서 보는 것처럼 개발 시작형 자동급이기로 가루사료를 이송한 결과 5초, 10초, 15초에서 초당 이송량은 9.60~9.98 g 이었

Table 3. The weight of feed transferred per operation time of the feeding motor

Time (Sec.)	5	10	15	20	25
Total (g)	45.8±5.4	96.7±7.8	149.7±4.2	203.5±4.0	254.9±7.8
Sec. (g)	9.16	9.67	9.98	10.17	10.19
Difference (g)	0	0.51	0.82	1.01	1.03

±: STD, ※ The difference of the weight of feed transferred from the weight of feed at 5 sec.

다. 그리고 20초, 25초에서는 10.17~10.19 g 이었다. 평균 9.83 g을 이송하였다. 이것은 Morrow and waker (1994b)에 의한 단식 무제한 급이기에서의 1회당 배출량은 7.8g 정도가 동물복지, 최대성장율과, 사료 허실량을 줄일 수 있다고 보고한 결과와 비교 해볼 때, 개발 시작형 자동급이기와 이송량이 다르나, 이는 개발 시작형 자동급이기의 제작 사양 차이 때문으로 판단된다. 초당사료 사료 이송량은 비교적 차이가 없으나, 5초간 이송한 가루사료를 기준 초당 이송량은 사료 이송 모터 구동이송 시간이 많아짐에 따라 증가되는 경향을 나타냈다 (Fig. 3). 이는 사료이송장치의 구동 시 사료저장조에 저장된 가루사료가 쉽게 사조에 낙하되도록 설치된 사료진타기의 진타 증가에 의해 초당 이송량 차이가 발생된 원인이 아닌지 사료되었다.

2. 섭취행동

Fig. 4에서 보는 것처럼 두당 2초, 3, 4, 5, 6초로 설정된 시간만큼 사료가 이송된 후 정지시간은 사료이송 시간에 관계없이 동일하게 설정 후 조사 하였다. 그 결과 급이기 방문 빈도는 사료이송 구동시간에 관계없이 05

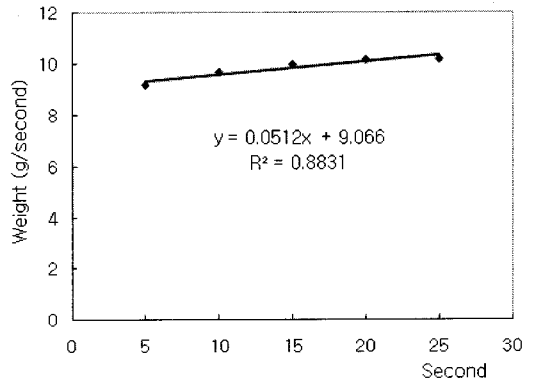


Fig. 3. The feed transfer rate per operation time of the feeding motor.

시부터 11시 사이와 11시부터 17시 사이에 집중적으로 나타났다. 이러한 결과는 Hyun and Ellis (2002)는 사료섭취 전자 기록형 급이기와, 관행 급이기를 설치 돈방당 2두, 4, 8, 12의 사육밀도에 따라, 비육돈의 1일 사료 섭취 행동을 조사하였다. 그 결과, 2두와 4두에서는 06시부터 12시 사이와 17시부터 21시 까지 두 번의 사료섭취 피크가 있으며, 8두 12두에서는 2두, 4두에서 보다 피크가 적었다 보고 하였다. Nielsen and Lawrence(1993)도 24시간 중 두 번의 사료섭취 피크가 있다 하였다. Hyun 등(1997)은 급이기의 방문은 09시부터 11시 사이가 가장 높고 20시부터

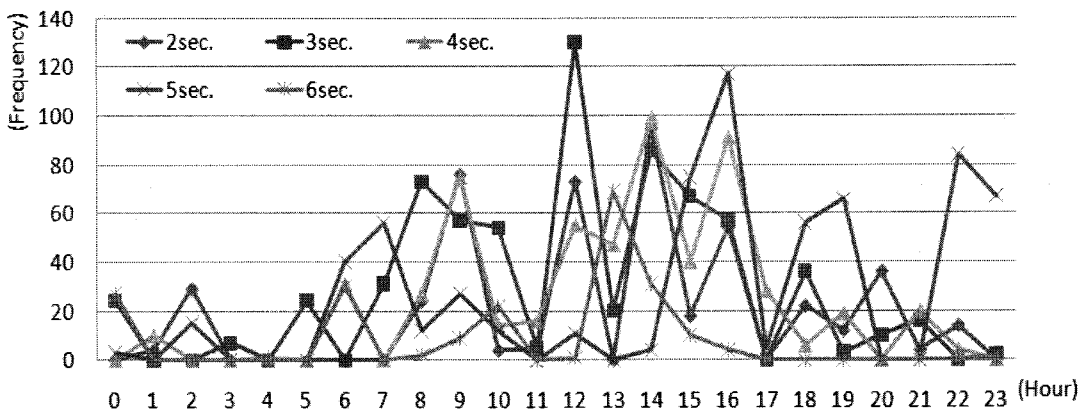


Fig. 4. The frequency of the use of AF by pigs during a day.

04시 사이가 가장 낮았다 보고 하였다. Morr and Walker (1994⁸⁾)는 2개의 사양 피크 중 정오 전에 약간의 활동과 오후에 더 많은 활동이 있다고 보고 하였다. 따라서 본 연구 결과, 비록 시험방법은 다르나 개발 시작형 자동급이기에서도 사료섭취 행동은 비슷한 경향을 보였다.

3. 사료 허실량

사료 허실량 조사는 일정량의 사료가 이송 사조에 낙하된 뒤 일정한 시간 간격 동안에는 돼지가 원통형 텃치바를 주둥이로 누르더라도 구동모터 작동시간이 자동컨트롤러에 설정되어 있기 때문에 사료이송 구동모터는 작동이 정지한 상태에서 실시하였다. Fig. 5에서 보는 것처럼 돈방 바닥에 허실된 사료는 분(糞)과 돼지에서 떨어진 털 등이 혼합되어있고 돼지 발굽에 묻혀 있어서, 사료 허실량을 모아 정확하게 계량을 할 수 없어 조사자가 관찰하였다. 비록 관찰 조사이나, 이송시간의 설정에 따라 사료 허실량은 2초, 3초에서는 돈방 바닥과, 사료가 담겨지는 사조에 사료가 거의 없었다. 4초에서는 사료가 담겨지는 사조에 사료가 많이 남아있으나 돈방 바닥에 사료허실은 없었다. 5초, 6초에서는 사료가 사조에 많이 남아 있었으며 돈방

바닥에도 사료 허실량이 많은 것으로 나타났다. 본 개발 시작형 자동급이기는 5초 이상 사료 공급시 돼지가 기호성이 높은 사료만 섭취하고, 사조에 남아있는 사료는 주둥이로 헤집고 돈방 바닥에 흘뜨려 이로 인하여 발생할 수 있을 것으로 나타났다. 따라서 본 개발 시작형 자동급이기는 4초 이내로 사료를 공급하면 돈방 바닥에 허실된 사료를 줄일 수 있을 것으로 사료 되었다.

4. 증체 및 사료섭취량

Table 4에서 보는 것처럼 개발 시작형 자동급이기의 사양 시험은 각 설정된 시간만큼 사료가 이송된 후 정지시간은 사료 이송시간에 관계없이 동일하게 설정하고, 관행 급이기는 무제한 급여로 사양시험을 실시하였다. 개발한 시작형 자동급이기에서 사료이송 시간별로 비교한 결과, 시험 전기간 평균 두당 일당증체는 2초, 3초, 5초에서 0.8 kg으로 사료이송에 관계없이 차이가 없으나, 4초에서 0.9 kg으로 12.5% 더 증체하였고, 6초에서는 0.7 kg으로 낮은 증체를 보였다. 관행 급이기에 일당증체는 0.8 kg을 보였다. 개발 시작형 자동급이기의 시험 전기간 평균 일당증체를 관행 급이기와 비교한 결과 2초, 3초, 5초에서 차이가 없으나, 4초에서는 12.5 % 더

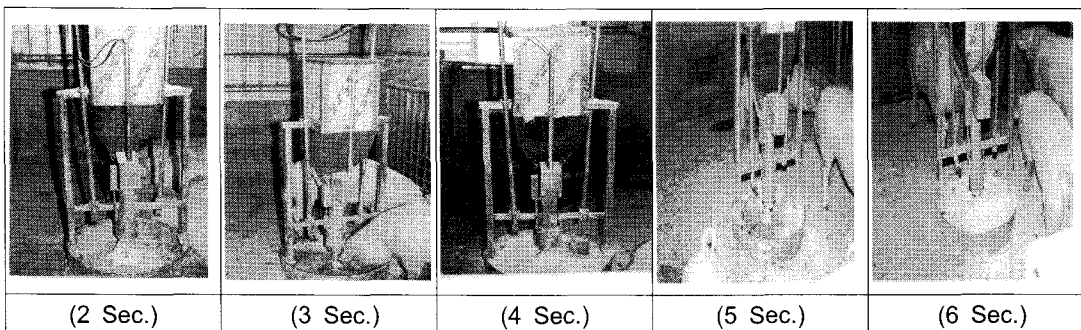


Fig. 5. The feed loss on the floor around AF depending on the operation time of the feeding motor.

Table 4. Comparison of AF with the commercial feeder for the performance of pigs

Item	AF					CF*
	2	3	4	5	6	<i>Ad libitum</i>
Feeding time						
Initial weight (kg)	43.23 ± 6.7	43.50 ±11.32	43.13 ±10.20	43.63 ±11.50	42.28 ± 7.90	42.25 ±11.55
Final weight (kg)	75.35 ± 4.03	76.43 ±12.88	79.63 ±11.07	76.13 ±16.35	73.58 ±12.62	76.70 ±14.14
Weight gain (kg)	32.13 ± 4.02	32.93 ± 2.80	36.50 ± 2.12	32.50 ± 4.94	30.70 ± 7.03	34.45 ± 3.44
ADG (kg)	0.8 ± 0.1	0.8 ± 0.0	0.9 ± 0.0	0.8 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.1
Feed intake (head/kg)	115.75	123.25	117.00	122.00	119.50	122.00
ADFI (kg/days)	2.76	2.93	2.79	2.90	2.85	2.90
FCR	3.45	3.66	3.10	3.62	4.07	3.62

± : STD, ADG : Average Daily Gain, ADFI : Average Daily Feed Intake, FCR : Feed Conversion Ratio, CF* : Commercial Feeder.

증체하였고, 6초에서는 낮은 증체를 보였다. 시험 전기간 두당 일일 평균 사료섭취량은 개발한 시작형 자동급이기에서는 2.76~2.93 kg으로 2초에서 낮은 사료섭취량을 보였고, 관행 급이기와 비교한 바, 낮거나 같은 것으로 나타났다. 시험 전기간 두당 사료요구율은 개발한 시작형 자동급이기에서는 4초에서 3.10으로 가장 낮은 경향을 보였고, 6초에서 4.07로 높은 것으로 나타났으며 이것은 사료 허실량도 영향을 미친 것으로 여겨진다. 관행 급이기의 사료요구율 3.62와 비교한 결과 6초를 제외하고 개발한 시작형 자동급이기에 3.10~3.66으로 관행 급이기와 사료요구율이 낮거나 같은 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 사료 급여량 자동조절 및 사료

의 허실을 최소화하며 구조가 간단한 육성비육돈용 자동급이기 개발을 위해 수행하였다. 개발 시작형 자동급이기의 주요 구성은 사료 저장조, 사료이송장치, 사료이송제어장치, 사료진타장치, 프로그램머블 IC, 개인용 컴퓨터로 구성되었다. 개발 시작형 자동급이기의 가루사료의 초당 평균 이송량은 9.83±0.4 g이었다. 개발 시작형 자동급이기를 이용 체중 43 kg 내외 육성돈(렌드레이서)을 공시 6주 동안 콘크리트 돈방에서 사양 시험을 실시하였다. 개발 시작형 자동급이기는 사료공급 시간을 2초, 3, 4, 5, 6초로 설정, 검증 시험을 수행 하였다. 개발 시작형 자동급이기 일일 급이기 방문 빈도는 사료이송 구동시간에 관계없이 05~11시와 11시부터 17시 사이에 집중적 이었다. 사료허실을 줄이기 위하여 개발 시작형 자동급이기 사료이송 시간은 2~4초 이내가 적절한 것으로 나타났다. 개

발 시작형 자동급이기의 사료이송 기준 6초를 제외하고, 개발 시작형 자동급이기가 관행 급이기보다 시험 전기간 평균 일당 증체량(0.8~0.9 kg)은 같거나 높고, 일일 사료섭취량과(2.76~2.93 kg), 사료요구율(3.10~3.66)은 같거나 낮은 것으로 나타났다. 이상 결과를 일당증체, 사료섭취량, 사료요구율, 사료허실량 등을 종합 해보면 육성비육돈용으로 개발 시작형 자동급이기 이용이 가능할 것으로 사료된다.

인 용 문 헌

1. Amornthewaphat., N., J. D. Hancock, K. C. Behnke, L. J. McKinney, C. L. Jones, J. S. Park and D. W. Dean. 2000. Effects of feeder design and pellet quality on finishing pigs, Kansas State University, Swine Day 2000. 127-131.
2. Gonyou., H. W. and Z. Lou. 2000. Effects of eating space and availability of water in feeders on Productivity and eating behavior of grower/finisher pigs, J. Anim. Sci, 78: 865-870.
3. Hyun., Y., M. Ellis, F. K. McKeith and E. R. Wilson. 1997. Feed intake pattern of group-housed growing-finishing pigs monitored using a computerized feed intake recording system, J. Anim. Sci, 75:1443-1451.
4. Hyun., Y. and M. Ellis. 2001. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in growing pigs, J. Anim. Sci. 79:803-810.
5. Hyun., Y. and M. Ellis. 2002. Effect of group size and feeder type on growth performance and feeding patterns in finishing pigs, J. Anim. Sci. 80:568-574.
6. Magowan., E., M. Elizabeth., E. McCann, and N. E. O'Connell. 2005. The effect of feeder type and change on pig performance and behaviour, Agri Food Biosciences Institute. 1-15.
7. Morrow., A. T. S. and N. Walker. 1994^a. Effect of number and siting of single-space feeders on performance and feeding behaviour of growing pigs (abstract), J. Agri. Sci. 122:465-470.
8. Morrow., A. T. S. and N. Walker. 1994^b. The behavioural and production responses of finishing pigs to increasing workload to obtain food *libitum* from hopper feeders, Anim. Prod. 59:125-129.
9. Nielsen., B. N. and A. B. Lawrence. 1993. The effect of group size on the behaviour and performance of growing pigs using computerised single-space feeder, Pig News and Information, Vol 14. No. 3:127-129.
10. Nielsen., B. N, A. B. Lawrence and C. T. Whittemore. 1995. Effects of single-space feeder design on feeding behaviour and performance of growing pigs, Anim. Sci. 61:575-579.
11. Schneider., J. D, M. D. Tokach., S. S. Dritz., R. D. Goodband., J. L. Nelssen, and J. M. DeRouchey. 2007. Effect of restricted feed intake on finishing pigs weighing between 150 and 250 lb fed twice or six times daily, Kansas State University, Swine Day 2007. 190-199.
12. Stookey., J. M., E. M. Barber and G. I. Christison. 1993. Developement of a non-computerized electronic sow feeder for group-housed sows, Livestock environment

- IV, American society of Agri. Engi. 582-587.
13. Walker. N. 1990. The influence of hopper-type feeders on performance of pigs, Pig news and information, Vol 11. No. 1: 33-33.
14. Young., R. J. and A. B. Lawrence. 1994. Feeding behaviour of pig in groups monitored by a computerized feeding system, Anim. Prod. 58:145:152.
15. 유용희, 정일병, 한정대, 이덕수, 강희설, 최희철, 전병수, 박홍석. 2001^a. 조기이유 자돈용 액상사료 자동급이기 개발, 한국축산시설환경학회지. 7(1):1-12.
16. 유용희, 정일병, 한정대, 장병귀, 이덕수, 박준철, 박홍석. 2001^b. 액상사료 자동급이기를 이용한 포유자돈의 조기이유가 자돈의 생산성에 미치는 영향, 한국동물자원과학회지. 43(4):587-598.