

飼料の夜間制限給与が肥育豚に及ぼす影響

畑佐介、笹沼玲子、劔持麻衣¹⁾、野澤久夫²⁾

1) 現 県北家畜保健衛生所 2) 現 農業大学校

要 約

豚の肥育後期における雌雄混飼及び雌雄別飼いで夜間の制限給与について、飼養試験を実施した。雌雄混飼における餌箱を用いた夜間の制限給与について、日増体量、飼料要求率は両区に有意な差はみられなかったことから、混飼の場合、夜間制限給与を行っても発育への影響はないことが示された。去勢豚における増体管理システム (Pig Performance Testing、以下、PPT) を用いた夜間の制限給与について、不断給餌と比較して、日増体量は低くなったが、飼料摂取量は少なく、飼料要求率は低くなることで、飼料費を削減することができ、粗利益を向上できる可能性が示された。また、餌箱を用いた場合について、PPT で実施した結果よりも顕著な差はみられなかったが、飼料摂取量が少なくなったことから、飼料費を削減できる可能性が示された。

以上のことから、去勢豚における夜間制限給与は、飼料費を削減でき、粗利益を向上できる可能性が示唆された。

目 的

現在の国内の養豚経営においては、配合飼料価格の高止まりを主因とする生産費の圧迫により、所得率が低下する傾向にあり、経営安定を図るための高付加価値化による粗収益増収及び飼料費節減による生産費低減等の対策が必要である。

また、肥育管理技術について、肥育豚の飼養密度や群替え (雌雄別飼、雌雄混飼、体重分け等) の最適な手法の検証が生産現場から求められている。

栃木県畜産酪農研究センター (以下、センター) では、これまで肥育豚の効率的な飼養管理技術を確立するために、PPT を活用した飼養試験を実施してきた。笹木ら¹⁾ は、増体管理システムによって、これまで不明だった豚の摂食行動について調査し、去勢豚は、雌豚と比較して飼料要求率が高く、その要因として夜間の飼料摂取量が多いことが関係していることを挙げており、飼料摂取量を制限することにより、去勢の飼料要求率の改善や背厚の抑制につながる可能性を報告した。

また、現在までに養分要求率量、摂取量、時間等による制限給与についての試験が数多く行われているが、夜間に限定した制限給与についての報告はみられなかった。

そこで本研究では、肥育後期における夜間の飼料給与の制限が発育や経済性に及ぼす影響について検証した。

試験 I 餌箱を用いた雌雄混飼による夜間制限給与試験

材料及び方法

1 供試豚及び試験期間

供試豚は、体重約 65kg の WLD 種 (母豚 4 頭の産子) 24 頭とし、日齢、体重及び母豚の違いに考慮して対照区 12 頭 (去勢 6 頭、雌 6 頭)、試験区 12 頭 (去勢 6 頭、雌 6 頭) に分け、令和 2 (2020) 年 7 月 29 日～9 月 10 日に飼養試験を実施した。

2 飼養管理方法

飼養試験は、センターのウインドウレス豚舎で実施し、LED 照明の点灯管理は職員が行い、点灯時間はおおむね 8 時 45 分～16 時 30 分とした。向かい合わせの 2 豚房の片側に対照区、その反対側に試験区を配置し、去勢 2 頭と雌 2 頭の計 4 頭が豚房内に設置した餌箱 (肥育豚用不断給餌器、株式会社ダイヤ、秋田) から飼料を摂食できる状態で飼養管理した (図 1)。飼料給与について、対照区は、不断給餌とし、試験区は、夜間の飼料給与を制限するため、16 時 30 分から翌 8 時 30 分まで職員が餌箱の扉を閉じることで餌が食べられない状態とした。なお、給与飼料は、両区とも市販の肉豚肥育用飼料 (CP14.0%以上、TDN77.0%以上) とした。また、両区とも給水器 (KOCA カップ (カップ式給水器)、イワタニケンボロー株式会社、東京) が 2 カ所設置された豚房で自由飲水とした。



図1 餌箱での夜間制限給与試験の様子

3 調査項目

調査項目は、飼養成績（開始及び出荷の日齢・体重、日増体量、飼料摂取量及び飼料要求率）、枝肉成績（枝肉重量、枝肉歩留、背脂肪厚及び上物率）、胸最長筋の肉質（ロース芯面積、pH、ドリップロス、クッキングロス、肉色、脂肪色（背脂肪）及びテクスチャー）及び経済性（枝肉金額、生産費及び粗利益（枝肉販売金額-生産費））とした。

胸最長筋の肉質分析のため、供試肉（n=4、両区とも去勢2頭、雌2頭）のサンプリングを以下のとおり実施した。県内のと畜場（芳賀町）で供試豚をと畜した翌日、専門業者が枝肉（冷と体）からロース部分肉を切り出して、一晩から二晩冷蔵室で保管してからセンター職員がセンターの分析室まで運搬した後、2℃に設定した冷蔵庫内で3日間保存した。分析当日、ロース部分肉の第7胸椎～最後胸椎部分の胸最長筋を切り出し、肉質分析のためのサンプルとした。なお、各調査項目におけるサンプリング箇所は全頭そろえた。

豚肉のロース芯面積は、デジタル画像処理し変換したPDFより算出した。pHは、pHメーター（Seven Compact™ pH meter S220、メトラー・トレド社、東京）の電極（pH electrode InLab Solids Pro-ISM、メトラー・トレド社、東京）をサンプルに挿入して測定した。ドリップロスは、サンプルを縦4cm×横4cm×厚さ1cmの大きさに整形し、濾紙（No.2）2枚を敷いたシャーレの上に置き、4℃に設定した冷蔵庫内で24時間保管した後に重量を測定し、保管前後の重量から水分損失量を割合で算出した。クッキングロスは、4cm角の大きさに整形したサンプルをポリエチレン製の袋に入れ、70℃に設定したスチームコンベクションオープン（MIC-6SA3、ホシザキ株式会社、愛知）で60分間加熱し、流水で30分間冷却後サンプルの重量を測定し、加熱前後の重量から水分損失量を割合で算出した。肉色及び脂肪色は、L*（明度）、a*（赤色度）、b*（黄色度）を色彩色差計（CR-400、コニカミノルタジャパン株式会社、東京）で測定した。また、テクスチャーは、クッキングロ

スを測定した後のサンプルを1.5cm角の大きさに整形し、前歯の形をしたアダプター（歯形(A)、株式会社サン科学、東京）を装着したレオメーター（CR-100、株式会社サン科学、東京）で測定を行い、付属のデータ解析ソフト（Rheo Data Analyzer PRO）でテクスチャー（硬さ1（一噛み目に必要な力に相当）、硬さ2（二噛み目に必要な力に相当）、もろさ、弾力性、凝集性及びそしゃく性）を解析した。なお、アダプターのサンプルへの進入設定は、回数2回、進入速度60 mm/min、進入距離10.5 mm、最大荷重100Nとした。

経済性における販売額は、各個体の枝肉重量に令和2（2020）年4月～令和3（2021）年3月の枝肉単価平均（宇都宮、上：544円、中：508円、並：455円）を乗じて算出した。生産費（飼料費）は、各豚房における飼料摂取量の平均に農業経営診断指標（H26年版、栃木県）、農林水産統計「令和元年肥育豚生産費」及び当センターの令和2年度に購入した飼料費をもとに算出し、生産費（飼料費以外の物材費および労働費）は、農林水産統計「令和元年肥育豚生産費」から試算した。

4 統計解析

統計解析は、統計フリーソフトR（version 4.1.2）のlmerTestパッケージを用いて、各調査項目を応答変数、性及び区を固定効果、母豚をランダム効果とした混合モデル分析を行い、5%未満の水準で（ $p < 0.05$ ）区の効果が見られた場合に有意差ありと判定した。また、試験区の去勢と雌における飼養成績及び枝肉成績、肉質分析結果の違いについては、固定効果を性とした線型モデル分析を実施した。

結果及び考察

飼養成績を表1に示した。出荷日齢及び肥育日数について、出荷時に枝肉の個体識別を行うため、出荷日をずらした影響で、それぞれ対照区の方が有意に短くなった。笹木ら¹⁾は、PPTにおける不断給与では、去勢と雌の混飼と別飼では、ブタの摂食行動のパターンが異なることを報告している。本試験の飼養成績において、処理区、性差及び交互作用で差がみられなかったことから、混飼における夜間の制限給与では、去勢もしくは雌の影響で十分な効果が得られないことが推察された。

表1 飼養成績

	対照区 (n=12)	試験区 (n=12)	p値
開始日齢 (日)	107.0 ± 1.37	107.0 ± 1.37	-
出荷日齢 (日)	148.3 ± 1.39	149.3 ± 1.39	0.043
開始体重 (kg)	67.5 ± 0.98	65.5 ± 1.27	0.167
出荷体重 (kg)	108.3 ± 1.19	107.3 ± 1.46	0.540
肥育日数 (日)	41.3 ± 0.28	42.3 ± 0.28	0.030
増体量 (kg)	40.7 ± 0.91	41.7 ± 0.93	0.430
日増体量 (kg/日)	0.98 ± 0.02	0.98 ± 0.02	0.976
飼料摂取量 (kg/日)	2.99	2.92	-
飼料要求率	3.05	2.98	-
平均値 ± 標準誤差			

枝肉成績を表2に示した。上物率は、対照区50% (「上」6頭、「中」3頭、「並」3頭)、試験区42% (「上」5頭、「中」6頭、「並」1頭)となった。各区の格落ち要因について、対照区は、背脂肪厚及び被覆5頭、腰厚及びシミ1頭、試験区は、被覆1頭、背脂肪厚及び被覆3頭、背脂肪厚、肩厚及び腰厚1頭、背脂肪厚及び腰厚1頭、重量小1頭であった。上物率について、処理区間で有意差はみられなかったが、性で分類すると、雌67%、去勢25%となり、雌の方が去勢より上物率が高い傾向がみられた ($p < 0.1$)。鈴木ら²⁾は、肥育期において去勢は雌よりも脂肪の蓄積が多くなることを報告しており、本試験においても、去勢豚の背厚及び被覆による格落ちについて、脂肪量蓄積による厚脂が原因であると考えられた。

表2 枝肉成績

	対照区 (n=12)	試験区 (n=12)	p値
枝肉重量 (kg)	72.8 ± 0.86	72.5 ± 1.23	0.828
歩留 (%)	67.2 ± 0.25	67.6 ± 0.38	0.306
背脂肪厚 (cm)	2.50 ± 0.11	2.37 ± 0.09	0.347
上物率 (%)	50	42	0.683
格落ち要因	背脂肪厚、肩厚、腰厚、腹厚、シミ	背脂肪厚、肩厚、腰厚、腹厚、重量小	
平均値 ± 標準誤差			

胸最長筋の肉質分析結果を表3に示した。対照区と比較して、試験区では肉色L*が低い傾向であり、脂肪色a*が高い傾向であった ($p < 0.1$)。

泉本³⁾は、筋肉内のミオグロビンがと殺後の時間経過や水素イオン濃度などの影響を受け様々な色調に変化すると報告している。また、入江⁴⁾は、と畜あるいはカット直後の肉面はミオグロビンにより、暗赤色(紫赤色)をしているが、酸化することで、食肉本来の鮮やかな色になる。さらに時間が経過すると、変化して褐色化し好ましくない色調になることを報告している。分析を行った豚肉については、対照区の豚の方が試験区より1日早くと畜

を行っているため、時間経過により肉色が明るくなった可能性が考えられた。また、脂肪色は白色がよいとされ、黄色化すると黄豚と呼ばれ、価値が低下する。牛脂肪における調査では、脂肪組織中にわずかに残留した血中ヘモグロビンの量や化学的変化、結合組織や脂肪の蛍光が脂肪色に影響を及ぼすことを報告しており⁵⁾、本試験でも何らかの要素が影響した可能性があり、例数を増やす等のさらなる検証が必要であると考えられた。

表3 胸最長筋の肉質分析結果

	対照区 (n=4)	試験区 (n=4)	p値
ロース芯面積 (cm ²)	39.4 ± 3.4	37.7 ± 2.9	0.492
pH整形直後	5.55 ± 0.02	5.53 ± 0.01	0.477
ドリッポロス整形24h後 (%)	9.0 ± 1.7	8.6 ± 1.0	0.604
加熱損失 (%)	28.8 ± 0.4	27.9 ± 0.3	0.194
肉色L*	54.45 ± 1.13	52.32 ± 0.49	0.087
肉色a*	6.75 ± 0.32	6.70 ± 0.26	0.907
肉色b*	8.33 ± 0.35	7.78 ± 0.34	0.368
脂肪色L*	81.23 ± 0.40	80.75 ± 0.41	0.561
脂肪色a*	3.09 ± 0.13	3.91 ± 0.19	0.076
脂肪色b*	6.82 ± 0.23	6.97 ± 0.14	0.138
硬さ1 (×10 ³ N/m ²)	4.25 ± 0.19	4.24 ± 0.24	0.680
硬さ2 (×10 ³ N/m ²)	3.59 ± 0.18	3.64 ± 0.22	0.678
もろさ (N)	33.81 ± 1.57	33.03 ± 2.13	0.575
弾力性 (%)	45.85 ± 1.28	44.33 ± 0.87	0.700
凝集性 (%)	46.67 ± 2.15	47.38 ± 1.37	0.515
そしゃく性 (N)	7.32 ± 0.51	7.20 ± 0.40	0.370
平均値 ± 標準誤差			

出荷豚における経済性を表4に示した。単価、販売額、生産費及び粗利益に大きな差はみられない結果となった。

表4 出荷豚における経済性

	対照区 (n=12)	試験区 (n=12)	p値
単価 (円)	513 ± 11	519 ± 8	0.674
販売額 (円)	37,267 ± 775	37,565 ± 710	0.787
生産費 (円)	28,672 ± 62	28,669 ± 15	-
粗利益 (円)	8,595 ± 796	8,896 ± 712	-
平均値 ± 標準誤差			

試験II PPTを用いた去勢豚における夜間制限給与試験

材料及び方法

1 供試豚及び試験機関

供試豚は、体重約70kgのWLD種(母豚3頭の産子)去勢12頭とし、対照区6頭、試験区6頭に分け、令和3(2021)年5月31日～7月7日に飼養試験を実施した。

2 飼養管理方法

飼養試験は、センターのウインドウレス豚舎で実施し、対照区、試験区ともに、PPT (Nedap 社、オランダ) を活用して飼養管理を行った (図2)。試験区6頭のブタの耳にそれぞれICタグを取り付け、PPT本体の給餌スペース(1頭ずつしか入れない広さ)に入った個体をセンサーで識別して、給餌スペースへの訪問回数、給餌スペースでの滞在時間、飼料摂取量、訪問時刻及び体重を自動で測定し、遠隔地のパソコン(専用ソフト)に測定値を送信・記録した。試験期間中の各測定値を集計し、個体ごとの飼料要求率を算出した。飼料給与について、対照区は、不断給餌とし、試験区は、夜間の飼料給与を制限するため、16時30分から翌8時30分まで職員が給餌スペースの入り口に自作した扉を設置し、餌が食べられない状態とした(図3)。なお、給与飼料・飲水方法は試験Iと同様とした。



図2 PPTでの夜間制限給与試験の様子



図3 給餌スペース入り口への扉の設置

3 調査項目

調査項目は、飼養成績(体重、日増体量、飼料摂取量及び飼料要求率)、枝肉成績(枝肉重量、枝肉歩留、背脂肪厚及び上物率)、胸最長筋の肉質(ロース芯面積、pH、ドリップロス、クッキングロス、肉色、脂肪色(背脂肪)及

びテクスチャー)、摂食行動(給餌スペースへの訪問回数、給餌スペースでの滞在時間、飼料摂取量及び訪問時刻)及び経済性(枝肉金額、生産費及び粗利益(枝肉販売金額-生産費))とした。

なお、胸最長筋の肉質分析は、各区3頭ずつについて、試験Iと同じ方法で実施した。

経済性における枝肉金額は、各個体の枝肉重量に試験豚の出荷期間中である令和3(2021)年4月~令和4(2022)年3月の枝肉単価平均(宇都宮、上:512円、中:493円、並:440円)を乗じて算出した。生産費(飼料費)は、各個体における飼料摂取量に農業経営診断指標(H26年版、栃木県)、農林水産統計「令和元年肥育豚生産費」及び当センターの令和3年度に購入した飼料費をもとに算出し、生産費(飼料費以外の物材費および労働費)は、農林水産統計「令和2年肥育豚生産費」から試算した。

4 統計解析

統計解析は、統計フリーソフトR(version 4.1.2)のlmerTestパッケージを用いて、各調査項目を応答変数、区を固定効果、母豚をランダム効果とした混合モデル分析を行い、5%未満の水準で($p < 0.05$) 区の効果が見られた場合に有意差ありと判定した。

結果及び考察

飼養成績を表5に示した。増体量が対照区41.3kg、対照区35.1kg、日増体量が対照区1.15kg/日、試験区0.97kg/日となり、それぞれ対照区の方が有意に多かったが($p < 0.05$)、飼料摂取量が対照区3.86kg/日、試験区2.89kg/日、飼料要求率が対照区3.37、試験区2.97となり、それぞれ試験区の方が有意に低くなった($p < 0.01$)。

制限給餌は不断給餌より、増体が劣るが、体脂肪量が少なくなり、厚脂肪と飼料効率の改善に有効とされる⁶⁾。本試験についても、対照区と比較して、試験区は増体が劣ったが、飼料摂取量が約25%少なくなり、飼料要求率が大きく低減する結果となった。

表5 飼養成績

	対照区 (n=6)	試験区 (n=6)	p値
開始日齢 (日)	103.0 ± 0.60	103.0 ± 0.60	—
出荷日齢 (日)	139.0 ± 0.40	139.0 ± 0.40	—
開始体重 (kg)	68.8 ± 3.54	72.8 ± 2.65	0.195
出荷体重 (kg)	110.1 ± 3.96	107.9 ± 2.85	0.534
肥育日数 (日)	36.0 ± 0.37	36.0 ± 0.37	—
増体量 (kg)	41.3 ± 1.42	35.1 ± 1.48	0.016
日増体量 (kg/日)	1.15 ± 0.05	0.97 ± 0.04	0.020
飼料摂取量 (kg/日)	3.86 ± 0.13	2.89 ± 0.11	<0.001
飼料要求率	3.37 ± 0.10	2.97 ± 0.06	0.006
平均値±標準誤差			

枝肉成績を表6に示した。各項目に有意な差はみられなかった。上物率は、対照区17%（「上」1頭、「中」3頭、「並」2頭）、試験区33%（「上」2頭、「中」4頭）となった。各区の格落ち要因について、対照区は、背厚及び被覆3頭、被覆1頭、重量大1頭、試験区は、背厚及び被覆2頭、背厚及び肩厚1頭、胸椎奇形1頭であった。

西ら⁷⁾は、飼料摂取量の制限が脂肪蓄積に及ぼす影響は豚体の部位により異なり、去勢豚は肥育前期で皮下脂肪の蓄積量が減少し、肥育後期では筋間脂肪の蓄積量が減少したと報告しており、福田⁸⁾は、背脂肪厚の低減のためには、体重70kgより早い段階で制限給与を開始することで、効率的に行える可能性を報告している。

本試験と福田の試験では、条件等に違いがあるため一概には言えないが、対照区だけでなく、制限給与を行っていた試験区においても、背厚や被覆での格落ちがみられたため、背脂肪厚低減のためには、体重70kgよりも早い段階での制限給与が有効である可能性が考えられた。

表6 枝肉成績

	対照区 (n=6)	試験区 (n=6)	p値
枝肉重量 (kg)	73.0 ± 2.40	71.3 ± 1.59	0.425
歩留 (%)	66.4 ± 0.58	66.1 ± 0.44	0.778
背脂肪厚 (cm)	2.52 ± 0.20	2.2 ± 0.15	0.247
上物率 (%)	17	33	0.545
格落ち要因	背脂肪厚、肩厚、 腰厚、腹厚、 重量大	背脂肪厚、肩厚、 腰厚、腹厚、 胸椎奇形	
平均値 ± 標準誤差			

胸最長筋の肉質成績を表7に示した。肉色のb*値は対照区7.60、試験区7.04となり、対照区の方が有意に高く ($p < 0.05$)、脂肪色のL*値は、対照区81.19、試験区78.62となり、対照区の方が有意に高い結果となった ($p < 0.05$) が、肉眼での観察では識別できないレベルであった。

脂肪色について、入江⁵⁾は、脂肪色に暗い印象を与えるのはメトヘモグロビン形成が原因とされ、ビタミンEなどの飼料添加が有効であるとしている。また、西部⁹⁾は、体脂肪の着色はビタミンEなどの抗酸化物質の不足によるものであることを報告している。本試験で用いた給与飼料にもビタミンEは含まれており、試験区で飼料摂取量が少なくなったことが影響した可能性が考えられた。また、渋谷ら¹⁰⁾は脂肪の明度と背脂肪厚の関係について、脂肪の明度が75を超えるものは背脂肪厚2.3~2.4cmと厚脂であることを報告している。本試験の豚肉分析を実施した豚の背脂肪厚は、対照区2.9cm、試験区2.1cmと対照区の方が厚く、脂肪の明度はどちらも75を超えているため、背脂肪の厚さが脂肪色の明度に影響を与えた可能性も考えられた。

表7 胸最長筋の肉質分析結果

	対照区 (n=3)	試験区 (n=3)	p値
ロース芯面積 (cm ²)	38.3 ± 1.8	40.2 ± 0.7	0.614
pH整形直後	5.31 ± 0.00	5.31 ± 0.01	1.000
ドリップロス整形24h後 (%)	10.22 ± 0.80	9.35 ± 0.28	0.612
加熱損失 (%)	27.93 ± 0.41	26.88 ± 0.02	0.273
肉色L*	53.59 ± 0.60	54.71 ± 0.56	0.297
肉色a*	6.63 ± 0.24	6.30 ± 0.18	0.427
肉色b*	7.60 ± 0.17	7.04 ± 0.15	0.013
脂肪色L*	81.19 ± 0.24	78.62 ± 0.33	0.042
脂肪色a*	3.67 ± 0.06	4.18 ± 0.24	0.258
脂肪色b*	6.32 ± 0.04	6.78 ± 0.22	0.362
硬さ1 (×10 ⁷ N/m ²)	5.00 ± 0.15	4.85 ± 0.12	0.516
硬さ2 (×10 ⁷ N/m ²)	4.12 ± 0.22	3.96 ± 0.14	0.744
もろさ (N)	39.74 ± 1.21	38.68 ± 0.98	0.595
弾力性 (%)	46.46 ± 0.63	47.90 ± 0.90	0.529
凝集性 (%)	48.69 ± 2.48	47.01 ± 1.75	0.779
そしゃく性 (N)	8.91 ± 0.68	8.76 ± 0.68	0.936
平均値 ± 標準誤差			

PPTにおける摂食行動の違いについて表8に示した。1日当たりの給餌スペースへの訪問回数は対照区15.9回、試験区3.6回、1日当たりの給餌スペースでの滞在時間は対照区98.0分、試験区77.7分となり、それぞれ対照区の方が有意に長くなった ($p < 0.01, 0.05$)。

また、1回当たりの給餌スペースでの滞在時間は対照区6.6分、試験区26.8分となり、試験区が有意に長く、1回当たりの飼料摂取量は対照区253.4g、試験区1036.8gとなり、試験区が有意に多くなった ($p < 0.01$) が、採食速度に差はみられなかった。

真鍋ら¹¹⁾は、肉豚の1日に放出される熱のうち、行動に伴う熱は10~15%、飼料摂取に伴う熱増加は18~22%と推測しており、対照区と比較して、試験区は、行動回数が少ないことから休息時間が増加し、エネルギーの消費が少なくなったために、飼料要求率が低くなった可能性が考えられた。

表8 PPTにおける摂食行動の違い

	対照区 (n=6)	試験区 (n=6)	p値
訪問回数/日	15.9 ± 0.8	3.6 ± 0.4	<0.001
滞在時間/日	98.0 ± 7.0	77.7 ± 5.9	0.038
滞在時間/回	6.6 ± 0.4	26.8 ± 1.8	<0.001
飼料摂取量/回	253.4 ± 17.4	1036.8 ± 118.9	<0.001
飼料摂取量/分	39.7 ± 2.8	37.8 ± 2.7	0.428
平均値 ± 標準誤差			

PPTにおける1時間ごとの飼料摂取量の違いについて図4に示した。対照区は8時から16時の間に2.25kg、17時から7時の間に1.61kg飼料を摂取し、試験区は8時

から16時の間に2.89 kg飼料を摂取していた。8時から16時の時間ごとの飼料摂取量について、対照区と比較して、試験区は9時、10時、11時台の飼料摂取量が有意に多く ($p < 0.05$)、16時台の飼料摂取量が有意に少なかった ($p < 0.01$)。

給餌開始(制限解除)直後の数時間は、制限を行っていたため、試験区の摂食行動が活発になることから、飼料摂取量が多くなり、16時台については、豚の摂食行動が給餌開始直後と比較して、ある程度落ち着くことや30分しか食べることが出来ないため、飼料摂取量が少なくなったと考えられた。

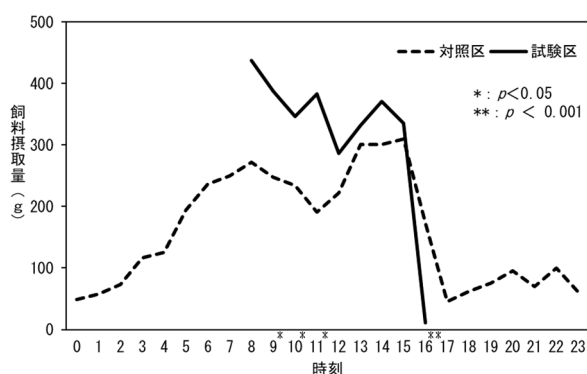


図4 摂食行動の推移

出荷豚における経済性について表9に示した。単価及び販売額に差はみられなかったが、対照区と比較して、試験区の飼料摂取量が約25%少なくなったことにより、生産費が対照区30,516円、試験区28,841円となり、対照区の方が、有意に高くなり ($p < 0.01$)、その結果、粗利益は、試験区の方が2,400円高くなった ($p < 0.1$)。

表9 出荷豚における経済性

	対照区 (n=6)	試験区 (n=6)	p値
単価 (円)	479 ± 13	499 ± 4	0.152
販売額 (円)	34,890 ± 1,282	35,615 ± 813	0.453
生産費 (円)	30,516 ± 168	28,841 ± 179	0.000
粗利益 (円)	4,374 ± 1,255	6,774 ± 769	0.051

平均値 ± 標準誤差

試験Ⅲ 餌箱を用いた去勢豚における夜間制限給与試験

材料及び方法

1 供試豚及び試験期間

供試豚は、体重約65kgのWLD種(母豚5頭の産子)21頭とし、日齢、体重及び母豚の違いに考慮して対照区去勢11頭、試験区去勢10頭に分け、令和4(2022)年5月16

日～6月24日に飼養試験を実施した。

2 飼養管理方法

飼養試験は、試験Ⅰと同様の方法で実施した。なお、1豚房3～4頭で飼養した。

3 調査項目

調査項目は、飼養成績(体重、日増体量、飼料摂取量及び飼料要求率、水消費量)、枝肉成績(枝肉重量、枝肉歩留、背脂肪厚及び上物率)、胸最長筋の肉質(ロース芯面積、pH、ドリップロス、クッキングロス、肉色、脂肪色(背脂肪)及びテクスチャー)及び経済性(枝肉金額、生産費及び粗利益(枝肉販売金額-生産費))とした。

なお、胸最長筋の肉質分析は、各区3頭ずつについて、試験Ⅰと同じ方法で実施した。

経済性における枝肉金額は、各個体の枝肉重量に試験豚の出荷期間中である令和4(2022)年4月～令和5(2023)年3月の枝肉単価平均(宇都宮、上:574円、中:557円、並:500円)を乗じて算出した。生産費(飼料費)は、各豚房における飼料摂取量の平均に農業経営診断指標(H26年版、栃木県)、農林水産統計「令和3年肥育豚生産費」及び当センターの令和4年度に購入した飼料費をもとに算出し、生産費(飼料費以外の物材費および労働費)は、農林水産統計「令和3年肥育豚生産費」から試算した。

4 統計解析

統計解析は、統計フリーソフトR(version 4.1.2)のlmerTestパッケージを用いて、各調査項目を応答変数、区を固定効果、母豚をランダム効果とした混合モデル分析を行い、5%未満の水準で($p < 0.05$)区の効果が見られた場合に有意差ありと判定した。

結果及び考察

飼養成績を表10に示した。出荷体重、肥育日数、増体量及び日増体量に差はみられなかった。飼料摂取量及び水消費量は、群管理であったため統計処理は行えないが、飼料の制限を行っていた試験区で少なかった。

日増体量を低減させることなく、試験Ⅱと同様に、飼料摂取量が少なくなったことから、去勢豚の夜間制限給与は、飼料の給与方法に関わらず、飼料費を削減できることがわかった。

Brardら¹²⁾は、飼料摂取量の制限や繋留等による行動の制限は、飲水行動を誘引することを報告している。本試験では、試験区の方が水の消費量が少ない結果となったが、試験区と比較して、対照区は飼料摂取量が多かったことや試験区の飼料制限時間が夜間であったため、エサを食べられないことによるストレスが少なかったことが影

響していると考えられた。

表 10 飼養成績

	対照区 (n=11)	試験区 (n=10)	p値
開始日齢 (日)	103.5 ± 1.90	103.1 ± 2.00	—
出荷日齢 (日)	141.4 ± 1.80	141.0 ± 2.00	0.994
開始体重 (kg)	64.6 ± 2.70	63.1 ± 2.29	0.658
出荷体重 (kg)	112.9 ± 2.92	109.9 ± 3.16	0.483
肥育日数 (日)	37.9 ± 0.34	37.9 ± 0.31	0.985
増体量 (kg)	48.3 ± 1.08	46.8 ± 1.43	0.421
日増体量 (kg/日)	1.27 ± 0.03	1.24 ± 0.04	0.430
飼料摂取量 (kg/日)	3.58 ± 0.04	3.33 ± 0.03	—
飼料要求率	2.84 ± 0.01	2.75 ± 0.01	—
水消費量 (L/日)	7.56 ± 3.10	6.59 ± 1.77	—
平均値±標準誤差			

枝肉成績を表 11 に示した。各項目に有意な差はみられなかった。上物率は、対照区 27% (「上」3 頭、「中」5 頭、「並」3 頭)、試験区 40% (「上」4 頭、「中」5 頭、「並」1 頭) となった。各区の格落ち要因について、対照区は、背厚及び肩・腰・腹のいずれか 1 つ以上の厚脂が 3 頭、肩・腰・腹のいずれか 1 つ以上の厚脂が 2 頭、重量大、背厚及び肩厚が 2 頭、重量小 1 頭、試験区は、背脂肪厚 1 頭、肩厚、腰厚及び内出血 1 頭、背厚及び腰厚 1 頭、背厚、被覆及び肉付 1 頭、重量大 1 頭、重量小、肉付及び肩厚 1 頭であった。試験Ⅱと同様に、両区で厚脂による格落ちが多くみられた。

表 11 枝肉成績

	対照区 (n=11)	試験区 (n=10)	p値
枝肉重量 (kg)	73.0 ± 2.40	71.3 ± 1.59	0.425
歩留 (%)	66.4 ± 0.58	66.1 ± 0.44	0.778
背脂肪厚 (cm)	2.52 ± 0.20	2.2 ± 0.15	0.247
上物率 (%)	27	40	0.545
格落ち要因	背脂肪厚、肩厚、腰厚、腹厚、重量大、重量小	背脂肪厚、肩厚、腰厚、腹厚、重量大、重量小、内出血、肉付	
平均値±標準誤差			

胸最長筋の肉質成績を表 12 に示した。脂肪色の L*値が対照区 82.76、試験区 81.16 となり、対照区の方が有意に明るくなった ($p < 0.05$)。また、脂肪色の a*値及びテクスチャーにおける硬さ 2、もろさがそれぞれ試験区の方が高い傾向となった ($p < 0.1$)。脂肪色 L*値は、試験Ⅱと同様に、抗酸化物質の不足等が影響している可能性が考えられた。沖谷ら¹³⁾は、脂肪組織は他の構造体に比べ物理的な強度が小さいため、筋内脂肪量が多ければ「やわらかさ」は増すとしている。また、前述した西ら⁷⁾は、制限給与により筋間脂肪の蓄積量が減少したと報告しており、本

試験においても、これらの要因がテクスチャーに影響した可能性が考えられた。

表 12 胸最長筋の肉質分析結果

	対照区 (n=3)	試験区 (n=3)	p値
ロース芯面積 (cm ²)	31.6 ± 0.25	34.3 ± 3.84	0.536
pH整形直後	5.76 ± 0.02	5.78 ± 0.03	0.484
トリップ [®] 肉整形 24h 後 (%)	11.8 ± 0.54	9.6 ± 0.85	0.118
加熱損失 (%)	27.2 ± 0.59	28.6 ± 0.06	0.153
肉色 L*	53.01 ± 1.21	51.47 ± 0.22	0.303
肉色 a*	8.64 ± 0.09	7.96 ± 0.49	0.307
肉色 b*	8.42 ± 0.45	7.19 ± 0.31	0.153
脂肪色 L*	82.76 ± 0.21	81.16 ± 0.45	0.043
脂肪色 a*	3.41 ± 0.11	4.00 ± 0.14	0.053
脂肪色 b*	6.42 ± 0.04	6.26 ± 0.16	0.343
硬さ 1 ($\times 10^7 N/m^2$)	4.90 ± 0.05	5.27 ± 0.16	0.139
硬さ 2 ($\times 10^7 N/m^2$)	4.02 ± 0.12	4.25 ± 0.07	0.057
もろさ (N)	37.78 ± 0.87	41.32 ± 1.34	0.053
弾力性 (%)	45.99 ± 3.03	49.09 ± 1.98	0.481
凝集性 (%)	39.68 ± 8.10	43.21 ± 3.19	0.725
そしゃく性 (N)	7.49 ± 1.80	8.73 ± 0.65	0.580
平均値±標準誤差			

出荷豚における経済性を表 13 に示した。単価及び販売額に差はみられなかったが、生産費は試験区の方が低くなったため、粗利益は試験区の方が約 720 円高い結果となった。

表 13 出荷豚における経済性

	対照区 (n=11)	試験区 (n=10)	p値
単価 (円)	546 ± 9	558 ± 7	0.239
販売額 (円)	40,421 ± 1,377	40,518 ± 1,289	0.805
生産費 (円)	34,898 ± 119	34,276 ± 106	—
粗利益 (円)	5,522 ± 1,352	6,242 ± 1,342	—
平均値±標準誤差			

総括

本研究では、肥育後期における飼養管理方法 (去勢と雌の混飼、去勢豚のみ) 及び給与方法 (餌箱、PPT) の違いによる夜間の制限給与試験を実施した。

試験Ⅰでは、餌箱を用いた雌雄混飼における不断給餌と 16 時 30 分から 8 時 30 分まで (夜間) の制限給与を比較したところ、飼養成績に違いがみられなかったことから、混飼の場合、夜間における飼料の制限は発育等への影響がないことが確認された。これは、雌と去勢の混飼と別飼いでは、豚の行動パターンが異なるため、効果がみられなかったことが考えられた。

雌と去勢の混飼における夜間の制限給与では効果がみられなかったため、試験Ⅱでは、PPT を用いた去勢豚における不断給餌と夜間の制限給与を比較したところ、夜間

の制限給与を実施すると、不断給餌より日増体量は低くなったが、飼料摂取量を約 25%少なくでき、飼料要求率を低く出来ることから、大きく飼料費を削減でき、粗利益を向上できる可能性が示された。

雌雄別飼いによる去勢豚では、夜間の制限給与の効果がみられたため、試験Ⅲでは、農家で飼養形態に近い餌箱を用いた形で試験を実施した。試験Ⅱほどの顕著な差はみられなかったが、遜色ない飼養成績で、飼料摂取量が少なくなったため、飼料費を削減できる可能性が示された。

以上のことから、夜間の制限給与が飼料費低減に有効

な手法であることがわかったが、現在の肥育豚の飼養管理方法として一般的な去勢と雌の混飼では、効果がみられなかったことから、去勢と雌の別飼いで実施することに留意が必要である。

また、飼養形態等によって、制限時刻・制限時間の調節や制限給与の開始時期を検討することにより、新たな知見が得られる可能性が考えられた。

今後、飼料費低減のための 1 つの手法として、養豚農家へ紹介していきたい。

引用文献

- 1) 笹木俊、剣持麻衣、佐田竜一、野澤久夫、菅沼京子. 2021. 増体管理システムを活用した肥育豚の効率的な飼養管理技術の確立に関する研究. 栃木県畜産酪農研究センター研究報告第 8 号 : 34-41.
- 2) 鈴木啓一、西清志. 1992. 系統間三元交雑豚 (LWD) の発育に伴うタンパク質と脂肪蓄積の性別比較. 日本養豚学会誌 29 号 : 63-69.
- 3) 泉本勝利. 1995. 食肉・肉製品の色調現象の理化学. 食肉の科学 34 (2) : 149-155, 157-162.
- 4) 入江正和、石橋晃. 2008. 飼料学 (45). 畜産の研究, 62 巻 2 号 : 293-298.
- 5) 入江正和. 2002. 豚肉質の評価法. 日豚会誌 39 巻 4 号 : 221-254.
- 6) 中央畜産会. 2013. 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構編 日本飼養標準 豚 (2013 年版).
- 7) 西清志ら. 1993. 飼料給与量の制限が肥育豚の脂肪蓄積に及ぼす影響. 日豚会誌 30 巻 3 号 : 226-233.
- 8) 福田孝彦. 2023. 肥育後期における飼料の制限給与が大山ルビーの背脂肪厚に及ぼす影響について. 中小家畜試験場研究報告第 62 号 : 25-28.
- 9) 西部慎三. 1972. 豚脂の性状と飼料条件との関係に関する解析的研究. 北海道農業試験場研究報告 102 号 : 1-59.
- 10) 渋谷立人、後藤美津夫、友野邦夫. 1999. 豚肉の品質改善に関する調査. 群馬県畜産試験場研究報告 6 号 : 46-52.
- 11) 真鍋昌嗣、伊藤敏男、山本禎紀. 1994. 肉豚の採食行動と熟産生量に及ぼすエサの性状および給餌回数の影響. 日本家畜管理研究会誌 30 巻 1 号 : 10-11.
- 12) Brard, J, G. Bee. 2010. Effects of dietary L-arginine supplementation to gilts during early gestation on foetal survival, growth and myofiber formation. Animal, Volume 4 : 1680-1687.
- 13) 沖谷明紘、松石昌典、西村敏英. 1992. 食肉のおいしさと熟成. 調理科学 Vol. 25, No. 4 : 314-326.

Effects of nightly restricted feeding on fattening pigs