

イグサ粉末を添加した飼料が肥育豚の生産性に及ぼす影響

Effects of Dietary Supplementation of Mat rush Powder on Growth Performance and Carcass Traits of Growing-Finishing Pigs

津田健一郎・松窪敬介^{*}・稲永敏明・山下裕昭

Kenichiro TSUDA, Keisuke MATSUKUBO, Toshiaki INENAGA, Hiroaki YAMASHITA

要 約

西南暖地の肉豚生産では、暑熱や疾病のストレスによる生産性（体重増加や肉質）の低下が課題となっている。ところで、熊本県特産のイグサはポリフェノールが豊富であり、抗酸化能や抗菌性が高く、その飼料添加がストレス環境下における肉豚生産性を向上させる可能性がある。本研究では、肥育期配合飼料へのイグサ粉末添加が、肥育期のいくつかの生産性要因に及ぼす効果を明らかにすることを目的とした。すなわち、イグサの粉碎粒度、添加割合および添加期間が、生産性としての1日平均飼料摂取量（DFI）、1日平均増体量（DG）、飼料要求率（FCR）、また健康状態を示す糞中の大腸菌増加量、尾かじり、さらに筋肉内脂肪含量（IMF）、ロースのドリップロスを含む肉質形質などに及ぼす影響を飼育試験で明らかにし、そのコストも考慮した最適条件を示した。さらに、その条件下で農家実証試験も実施した。所内での飼育試験の結果、粗粉碎（粒子径 312 μ m）のイグサ粉末を重量比 0.05%で肥育前後期間飼料に添加しても、肉豚のDFI、DGおよびFCRへの影響は認められなかったが、糞中の大腸菌の増加と尾かじりの発生率を抑制した。さらに、肉質については、イグサの添加によって豚肉中のIMFが有意に低下した。また、農家実証試験でも、同様な結果が得られた。以上のことは、肥育前後期間に粗粉碎のイグサ粉末 0.05%を飼料に添加することにより、肉豚の発育性に影響を与えることなく、尾かじりに起因する肉豚の事故を低減させ、肥育豚の生産性を総合的に改善させるとともに、脂肪の少ないヘルシーな豚肉を生産できる可能性を示している。また、本技術はイグサ主産地である熊本県独自の技術として、イグサ生産にも貢献すると考えられる。

キーワード：イグサ、肥育豚、1日平均増体量、1日平均飼料摂取量、尾かじり

I 緒言

近年、地球の温暖化が進み、栄養生理の視点から、暑熱に対応した効率的な家畜の飼養技術の確立が重要な課題となっている。豚は汗腺が退化し、身体が厚い皮下脂肪で覆われており、高温や高湿度、密飼いなどのストレス環境は、豚の消化能を低下させ、増体を抑制し、飼料の利用性を低下させる。また、下痢や、呼吸器疾病、尾かじりに起因する敗血症等の発生が増加することが知られている¹²⁾。村上ら¹⁵⁾は、暑熱ストレスに着目し、暑熱環境下で飼育した肥育豚では、様々な生産性の低下や免疫能の低下が起こり、豚肉中では脂質の酸化が進むことを報告し、その対策として、飼料中の抗酸化能を高めることが必要であることを考察している。

このような問題に対応するため、豚では、抗酸化能が高い機能性作物として、ポリフェノール含量の多い作物であるブドウ、有色カンショなどの食品残渣や有色素米に着目し、その飼料化が試みられている^{5, 7, 13)}。ワイン絞り粕や焼酎粕の利用は、コスト面でも有利であり、実用化されている。

一方、本県はイグサの主産地であり、イグサ・畳表の生産は、全国の90%を超えるシェアを占めている。しかし、近年の建物の欧米化による畳離れや中国からの安価な製品の輸入によりイグサ製品の需要減退が続き、イグサ農家の作付面積の減少（H16：1,800ha→H24：854ha）、農家戸数の減少（H16：1,260戸→H24：639戸）が進んでいる¹⁶⁾。イグサは畳表等の敷物以外の資源として利用されることは少ないが、食品としてのイグサは、ポリフェノールを多く含んでおり、抗酸化能が高く抗菌作用があるとされている¹⁴⁾。イグサを養豚用補助飼料として活用できれば、イグサの新しい利用と流通が促進され、その生産の拡大につながることを期待される。そこで、イグサの持つ機能性を肉豚生産に活用し、暑熱などのストレス環境下において発生する生産性の低下を緩和するための肉豚生産技術の開発を行った。

II 材料および方法

試験1 添加割合

イグサ粉末を肥育豚に給与するにあたり、生産性が最も

^{*}現 県央広域本部宇城振興局農林部農業普及・振興課

高くなる添加割合を検討した。

当研究所で飼養している系統豚ヒゴサカエ 302 (ランドレース種) 32 頭 (去勢雄 13 頭, 雌 19 頭) を供試豚とした。試験飼料は, 農家での利用を容易にすることを前提に, 市販飼料 (肥育前期用: 可消化養分総量 (Total Digestible Nutrients: TDN) 75.0%~粗蛋白質 (Crude Protein: CP) 15.5%~, 肥育後期用: TDN72.0%~/CP14.5%~) を用いた。試験区分は, 市販飼料にイグサ粉末を 0.2% 添加した 0.2% 区, 0.1% 添加した 0.1% 区, 0.05% 添加した 0.05% 区およびイグサ粉末無添加の対照区の計 4 区とし, 試験豚を性と体重を考慮して各区に 8 頭配置した。試験期間は供試豚の体重が 30kg~110kg までの肥育期間とし, 不断給餌および自由飲水とした。肥育前期飼料と後期飼料の切り替えは, 各区の平均体重がおおよそ 70 kg に達した時点で行った。添加した粉末のイグサ品種は「岡山 3 号」であり, 粉碎粒度 (写真 1) は粒子径 20 μ m の微粉碎を用いた。

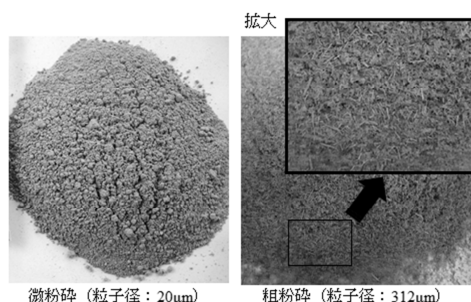


写真 1 イグサ粉末粉碎粒度の違い

調査項目は, 飼料の利用性, 発育および肉質とした。飼料の給与は朝夕の 2 回行い, 給与量と残餌量を計測し, 両者の差を群の延べ飼育日数で除したものを 1 日平均飼料摂取量 (DFI: Daily Feed Intake) とした。また, 試験開始時, 試験飼料の切り替え時および試験終了時に体重を測定し, 1 日平均増体量 (DG: Daily Gain) を計算した。DFI と DG は, 飼料の利用性や発育性といった肥育豚の生産性を評価する指標として用いられる。さらに, 試験期間中の尾かじり (写真 2) の発生頭数を調査した。尾かじりは, ストレス環境下にある肥育豚で発生し, 大きな経済損失を招くことで知られている¹⁸⁾。

肉質の調査では, 試験終了後にと畜し, 枝肉からサンプルを採取した。サンプルは枝肉の左半丸の第 4~5 胸椎間を背線に直角に切断し, それ以後の胸最長筋 (以下「ロース」という) をそれぞれの調査項目に対応した部位で切り出し, マイナス 30℃で冷凍保存した。自然解凍後, 定法⁶⁾により肉色, 脂肪色, 加熱損失率, 剪断応力, 筋肉内脂肪含量 (IMF: Intramuscular Fat) およびドリップロスを調査した。肉色および脂肪色は, 豚肉断面の筋肉と脂肪の色調

で, 肉色は淡いピンク, 脂肪色は白色~薄クリーム色が好まれる²⁾。また, 加熱損失率は, 調理後の重量損失を示し, 値が低いものが望まれており, 剪断応力は肉の硬さ, IMF は肉の脂肪交雑 (霜降り) の度合いを示している。ドリップロスの測定は, 食肉の官能評価ガイドライン³⁾により実施した。上述したサンプルを 4℃の冷蔵庫で保管し, 24 時間後, 48 時間後, 72 時間後および 96 時間後の重量を測定するとともに, その減少率を測定した。ドリップロスは, パックした豚肉からしみ出す水分量を示しており, その数値の少ないものが高品質とされている。



写真 2 尾かじりの様子
(左: 正常尾, 右: 尾かじりされた尾)

統計処理は, 個体の記録を試験単位とし, 添加割合を母数効果とする 1 元配置の分散分析により実施した。

なお, 臍帯ヘルニアが試験 1 で 1 頭 (対照区 1 頭) 発生したため, その豚の発育, 枝肉および肉質の成績は, 各結果から除外した。また, 0.2% 区の一部で, と場での個体識別の不備からデータが得られなかった。

試験 2 添加時期, 粉碎粒度

イグサ粉末添加にかかるコスト低減を図るため, 添加する時期と粉碎粒度を検討するとともに, イグサの機能性を評価するためにイグサ粉末添加による糞中大腸菌数への影響を調査した。

当研究所で飼養している系統豚のヒゴサカエ 302 (ランドレース種) 32 頭 (去勢雄 17 頭, 雌 15 頭) を供試豚とした。試験飼料は, 市販飼料の栄養価が不安定であり, さらに試験 1 で決定された 0.05% という微量のイグサ粉末を飼料に均一に添加する必要があったことから, トウモロコシと大豆粕を主体とした自家配合飼料を用いた。後述する試験 1 の結果から, イグサ粉末の添加割合は 0.05% とした。なお, 添加割合と粉碎粒度に交互作用はないものと仮定した。イグサ粉末の添加時期による影響を見るため, 試験区分は体重 30kg~70kg までの肥育前期, 体重 70kg~110kg までの肥育後期および体重 30kg~110kg までの肥育前後期間の 3 通りとした。また, イグサ粉末の粒子は, 通

常粒子サイズの微粉碎（粒子径 20 μ m : 9,000 円/kg）と粗めの粒子サイズの粗粉碎（粒子径 312 μ m : 7,740 円/kg）の2通りとし（3 \times 2の反復のない2元配置，1豚房あたり4頭の群飼），さらに比較のため，対照区を2反復（4頭／豚房 \times 2）用意した．試験期間は，不断給餌および自由飲水とした．供試豚は，性と体重を考慮して各区に配置した．

調査項目は，試験1に加え，飼料要求率（FCR : Feed Conversion Rate），糞中大腸菌数の増加割合とした．FCRは，増体重1kgあたりに必要な飼料の摂取量で，DGやDFIと同じく肉豚の生産性を評価する指標である．また，糞中大腸菌数は，豚の腸の健康状態を指標する指標として利用されるもので，大腸菌数が多い場合，細菌性の下痢の発症につながり，発育不良や尾かじりの発症と同じく生産性を低下させる要因として考えられている．

糞中大腸菌数の増加割合を算出するための大腸菌検査は，肥育前期用飼料給与開始直前から4週間（以下「前期給与試験」という）と肥育後期用飼料切り替え直前から4週間（以下「後期給与試験」という）の2つを実施した．前期給与試験では，体重が間もなく30kgに達する試験開始前，1週間後，2週間後，3週間後および4週間後に大腸菌検査を行い，開始前からの増加割合を示した．後期給与試験では，体重が間もなく70kgに達する後期用飼料切り替え前，切り替え後1週間後，2週間後，3週間後および4週間後に大腸菌検査を行い，飼料切り替え前からの増加割合を示した．なお，大腸菌はDHL寒天培地¹⁷⁾にて培養し，そのコロニー形成数を測定し，試験開始前からの増加割合を計算した．処理区分は，イグサ粉末添加の有無による大腸菌増殖への影響を評価するために，実施した各試験区（8豚房）を添加の有無により2群に分け実施した．前期給与試験においては，前期イグサ粉末無添加群（対照区，微粉碎後期添加区および粗粉碎後期添加区）と前期イグサ粉末添加群（微粉碎前期添加区，粗粉碎前期添加区，微粉碎前後期添加区および粗粉碎前後期添加区）とした．後期給与試験においては，後期イグサ粉末無添加群（対照区）と後期イグサ粉末添加群（微粉碎後期添加区，粗粉碎後期添加区，微粉碎前後期添加区および粗粉碎前後期添加区）とした．

統計処理は，個体記録を試験単位とした1元配置の分散分析を行うとともに，各豚房の平均値を試験単位として，イグサの添加時期（3水準）と粉碎粒度を母数効果とする反復のない2元配置の分散分析を実施した．各平均値間の差異は，Tukey-Kramer法により多重検定を行った．

なお，尾かじりや下痢による発育不良により，対照区2頭と肥育前後期粗粉碎区1頭の肉質の成績が得られなかった．

試験3 農家実証試験

試験1および2の所内試験の結果を熊本県内の農家で実証するため，農家実証試験を実施した．

実証試験の供試豚は，熊本県内の農家が飼養する三元交雑豚（LWD）28頭（去勢雄14頭，雌14頭）を用いた．試験区はトウモロコシと大豆粕主体の自家配合飼料に，イグサ粉末を添加していないイグサ粉末無添加区と，同飼料に粗粉碎のイグサ粉末0.05%を添加したイグサ粉末添加区とした．試験期間は体重30kg～110kgまでとし，イグサ粉末の添加時期は肥育前後期間とした．肥育前期間のみ各区14頭（去勢雄7頭，雌7頭）の群飼を行い，肥育後期に各試験区7頭の2反復で配置し，不断給餌，自由飲水により飼養した．また，疾病の発生状況や環境条件による影響を評価するために，SPF（特定の病原体がない，Specific Pathogen Free : SPF）環境下にある所内での試験を実施した．当所で飼養している系統豚ヒゴサカエ302（ランドレース種）16頭（去勢雄8頭，雌8頭）を各試験区4頭の2反復として配置した．試験飼料は，農家試験と同じものを用いた．調査項目は，DG，DFI，IMF，剪断応力，加熱損失率，枝肉成績および尾かじりの発生率とした．枝肉成績は，と畜後に判定されるもので，枝肉の筋肉と脂肪の量や肉質を評価する指標として用いられる．農家実証試験での肉質は，各区3頭をランダムに選択し，肉質分析を実施した．なお，今回の試験では，農家試験と所内での試験で試験豚の品種を揃えることができなかった．このため，農場間で結果の傾向に差異が生じた場合，環境の影響は正確には把握できないが，実証農家のLWD交雑豚はヒゴサカエ系統であることから，品種間の差異は小さいと仮定した．その他の方法は実証試験と同様とした．実証試験は8月に，所内試験は6月に開始した．

なお，農家試験の各区3頭合計6頭で，尾かじりや下痢による発育不良により，データが得られなかった．

統計処理は，個体の記録を試験単位とし，イグサ粉末添加の有無による平均値の差異をt検定により行った．

III 結果および考察

試験1 添加割合

第1表に，イグサ粉末の添加割合が肥育豚の産肉性と尾かじりの発生に及ぼす影響を示した．DFIにおいて，いずれの区にもイグサ粉末添加による有意な差は認められなかったが，イグサ粉末を0.2%添加した区では，2.4kgと減少する傾向（ $P<0.1$ ）があった．その他の区では，いずれも2.7kgの摂取量で，イグサ粉末添加による影響はないことが窺える．松窪ら¹¹⁾は，生体重60kg～110kgまでイグサ粉末を0.5%添加した飼料の給与試験でもDFIが低下すると報告しており，イグサの飼料への0.5%添加は，飼料の嗜好性を低下させる可能性がある．豚は，一般的に夏場になると消化機能が低下し，DFIが減少する．また，このことが，必須アミノ酸の不足をもたらし，発育を低下させ

る¹²⁾。試験年度は、試験を開始した6月から高温の日が多く、例年より2～3℃高い状態が続いた⁸⁾。イグサの過剰な添加が飼料摂取量を抑制するとすれば、暑熱期におけるイグサの添加割合は、低く抑える必要があると考えられる。これらのことから、0.05%の添加であれば、DFIは低下しないと考えられる。

DGは、対照区911g、0.05%区911g、0.1%区881g、および0.2%区785gで、DFIが最も低かった0.2%区で低下する傾向(P<0.1)があったが、各処理区間に有意な差は認められなかった。このことは、飼料へのイグサ粉末の添加が肉豚の発育性に影響しないことを示している。

尾かじりは、対照区に1頭発生したが、イグサを添加し

た各区には発生が認められなかった。このことは、飼料へのイグサ粉末添加が尾かじりの発生に抑制的に働く可能性を示している。

第2表に、イグサ粉末がロースのドリップロスに及ぼす影響について示した。すべての試験区に対して、処理による有意な差は認められなかった。このことは、イグサ粉末の飼料への添加は、パックされた豚肉に起こる肉汁のしみ出しという問題に対して、影響しないことを示している。

第3表に、イグサ粉末の添加割合が肥育豚の肉質に及ぼす影響について示した。加熱損失率では0.2%区が25.6%と最も低い結果となったが、有意な差は認められなかった。このことは、イグサ粉末の飼料への添加は、豚肉の調理に

第1表. イグサ粉末の添加割合が肥育豚の産肉性と尾かじりの発生に及ぼす影響

項目		対照区	0.05%区	0.1%区	0.2%区	SE
	n	7	8	8	8	
DFI	kg/日/頭	2.72	2.74	2.72	2.40	0.10
DG	g/日/頭	911	911	881	785	37
尾かじりの発生頭数	頭/頭	1/8	0/8	0/8	0/8	-

SE: プールした標準誤差 (standard error), DFIは2反復 (豚房), DGは個体数7で計算.
DFI: 1日平均飼料摂取量 (daily feed intake) は, 2反復 (豚房) の平均値.

第2表. イグサ粉末の添加割合が豚肉のドリップロスに及ぼす影響 単位 (%)

経過時間		対照区	0.05%区	0.1%区	0.2%区	SE
	n	7	7	8	6	
24時間		12.41	9.68	11.96	12.11	0.98
48時間		14.69	12.07	14.43	14.79	1.04
72時間		16.23	13.71	16.10	16.63	1.06
96時間		17.91	15.18	17.43	18.28	1.04

SE: プールした標準誤差 (standard error), 個体数6として計算.

第3表. イグサ粉末の添加割合が肥育豚の肉質に及ぼす影響

項目		対照区	0.05%区	0.1%区	0.2%区	SE
	n	7	8	8	6	
ロースの肉色	L*	47.8	45.4	45.1	46.4	1.4
	a*	4.7	5.6	5.0	5.2	0.6
	b*	9.7	9.5	9.1	9.3	0.5
脂肪色	L*	79.3	80.0	79.7	80.0	0.7
	a*	1.7	1.9	1.7	1.4	0.2
	b*	8.1	8.2	8.5	7.7	0.3
剪断応力	N	15.3	15.9	16.8	14.2	0.9
加熱損失率	%	28.0	26.7	28.0	25.6	1.2
IMF	%	2.2	2.4	2.4	2.2	0.3

SE: プールした標準誤差 (standard error), 個体数を6として計算.

IMF: 筋肉内脂肪含有量 (intramuscular fat).

L*: 明度 (L=0は黒、L=100は白の拡散色)

a*: 赤色度 (負値は緑寄り、正值は赤寄り)

b*: 黄色度 (負値は青寄り、正值は黄寄り)

伴う重量のロスに対して、影響しないことを示している。また、剪断応力および IMF についても有意な差はなかったが、IMF は、対照区を含めて、全体として一般的な豚肉中の値 3% よりも少なく、暑熱による DFI の減少による影響が考えられた。

イグサ粉末を普及させる場合、そのコストが大きな課題となると考えられる。現在、イグサ粉末は一部菓子原料などに利用されているが、現状ではいぐさ粉末 1 kg を生産するのに 9,000 円かかるため、その飼料への添加割合はコスト面に大きく関わる。イグサ粉末を 0.2% 添加した飼料を給与すると、他の添加割合と比較して DFI も DG も低下する傾向を示したが、0.1% 添加した区と 0.05% 添加した区では有意な差が無いことから、生産性への影響とともにコスト面も考慮して 0.05% が添加割合として妥当と考えられた。

試験 2 添加時期, 粉碎粒度

第 4 表に、試験区ごとの成績を異なるイグサ粉末粉碎粒度と添加時期による生産性と肉質の基本統計量として示した。データは各試験豚から得られた記録をベースにした場合の平均値と標準偏差で示したが、DFI と FCR については、群飼育のため各豚房の平均値のみを示した。尾かじりは発生頭数と飼育頭数の比で示した。分散分析を行っていない尾かじりを除く全ての項目で、1 元配置の分散分析の結果、有意差は認められなかった。

尾かじりは、試験 1 と同様に、対照区で 1 頭発生したが、イグサを添加したそれ以外の区では発生が見られなかつ

た。

第 5 表に、豚房の平均値を単位とする繰り返しのない 2 元配置による、イグサの添加時期と粉碎粒度が暑熱期に肥育された肉豚の生産性と肉質に及ぼす影響を示した。この表は、第 4 表に示したイグサを給与された各群の平均値を試験単位として、イグサの添加時期と粉碎粒度の影響を評価するため、繰り返しのない 2 元配置による分散分析の結果を示したものである。個体記録を実験単位とした場合、各区の分散には、個体の差異に起因する分散成分が含まれ、標準誤差が大きくなり、区間の有意差の検出力が低下することから、豚や肉用鶏など群飼育される動物を用いた飼養試験では、豚房(群)の平均値を試験単位としたほうが処理間の差を容易に検出できる¹⁹⁾。ただし、今回の実験では反復が得られていないことから、添加時期と粉碎粒度の間の交互作用は考慮していない。

要因分散分析の結果、DG においては、イグサ粉末添加時期および粉碎粒度の違いによる差は認められなかった。DFI においては、添加時期や粒度が影響する傾向 (P=0.05) があつたが、有意な差とはならなかった。FCR は、イグサ粉末を肥育前期のみ、あるいは肥育後期のみに添加した区より肥育前後期に給与した区の方が有意に (P<0.01) 低い値を示し、微粉碎よりも粗粉碎の方が有意に (P<0.05) 低い値を示した。このことは、肉豚生産においてイグサ粉末を利用する場合、粗粉碎のイグサ粉末を肥育前後期間添加することが、飼料の利用性に対して効果的であることを示している。

第 4 表. 異なるイグサ粉末の粉碎粒度と添加時期による生産性と肉質の基本統計量 (試験区ごとの成績)

項目	単位	対照区	微粉碎			粗粉碎		
			前期添加	後期添加	前後期添加	前期添加	後期添加	前後期添加
	n	8	4	4	4	4	4	4
生産性								
DFI	kg/日/頭	2.51 ± 0.03	2.68	2.62	2.53	2.58	2.58	2.49
DG	g/日/頭	807 ± 40	823 ± 17	799 ± 36	811 ± 28	810 ± 37	794 ± 27	815 ± 24
FCR		3.11 ± 0.11	3.26	3.29	3.12	3.19	3.25	3.05
尾かじり	頭/頭	1/8	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4	0/4
肉質								
剪断応力	N	22.37 ± 1.73	22.11 ± 3.07	27.33 ± 4.19	22.18 ± 1.58	22.38 ± 3.00	27.56 ± 3.81	23.69 ± 1.87
加熱損失率	%	27.40 ± 0.67	28.32 ± 1.16	26.35 ± 0.91	27.13 ± 0.80	25.44 ± 0.18	26.90 ± 1.22	26.11 ± 0.32
IMF	%	2.58 ± 0.20	3.03 ± 0.63	1.97 ± 0.30	2.32 ± 0.40	2.51 ± 0.48	1.41 ± 0.27	1.90 ± 0.24

DG: 1 日平均増体量(daily gain).

DFI: 1 日平均飼料摂取量(daily feed intake).

FCR: 飼料要求率(feed conversion rate).

IMF: 筋肉内脂肪含有量 (intramuscular fat).

尾かじりを除き、値は平均値±標準偏差で表示。

DFIおよびFCRは豚房(反復)の平均。対照区は2反復。その他は反復なし。

第5表. イグサの添加時期と粉碎粒度が暑熱期に肥育された肉豚の生産性と肉質に及ぼす影響 (繰り返しのない2元配置による要因分散分析の結果)

項目	n	添加時期			SE	粉碎粒度		SE	P値	
		前期	後期	前後期		微粉碎	荒粉碎		添加時期	粉碎粒度
生産性		2	2	2		3	3			
DG	g/日	817	796	813	4	811	806	4	0.13	0.43
DFI	cm	2.63	2.60	2.51	0.01	2.61	2.55	0.01	0.05	0.06
FCR	kg/kg	3.22 ^A	3.27 ^A	3.08 ^B	0.01	3.22 ^a	3.16 ^b	0.01	0.01	0.04
肉質										
剪断応力	N	22.24 ^b	27.44 ^a	22.93 ^b	0.30	23.87	24.54	0.37	0.02	0.25
加熱損失率	%	26.88	26.63	26.62	0.70	27.27	26.15	0.86	0.97	0.38
IMF	%	2.78 ^A	1.69 ^B	2.11 ^{AB}	0.04	2.44 ^A	1.94 ^B	0.03	0.00	0.01

要因内の異文字間で有意差あり, A-B: P<0.01, a-b: P<0.05.

DG: 1日平均増体量(daily gain).

DFI: 1日平均飼料摂取量(daily feed intake).

FCR: 飼料要求率(feed conversion rate).

IMF: 筋肉内脂肪含有量 (intramuscular fat).

SE: プールした標準誤差 (standard error).

肉質において, IMFは, 肥育前期添加では2.78%, 肥育後期添加では1.69%, 肥育前後期添加では2.11%となり, 肥育後期にイグサ粉末を添加することにより, 有意 (P<0.01) に脂肪の蓄積が少なくなった. また, 粉碎粒度の違いによる影響では, 粗粉碎を添加することで有意 (P<0.01) にIMFが少なくなった. 一方, 第4表に示したように, 個体レベルの分析では, 個体差が大きく各区分間に有意差は出ていない. しかし, 肥育の前期に添加した場合, 3%程度の値を示し, 肥育後期あるいは前後期に添加すると低下することから, イグサ粉末の飼料への添加は, 筋肉中の脂肪蓄積を抑制する働きを持つ可能性がある. 一般的に, 豚肉中のIMFは3%程度であり, IMFが低下すると肉の食味が低下する⁶⁾. したがって, イグサ粉末添加に伴うこの特性は, 現状の豚肉生産には不利であるが, 脂肪の少ないヘルシーな豚肉生産には適していると考えられ, その普及にあたっては, このことを考慮した新しい流通戦略が必要となるだろう.

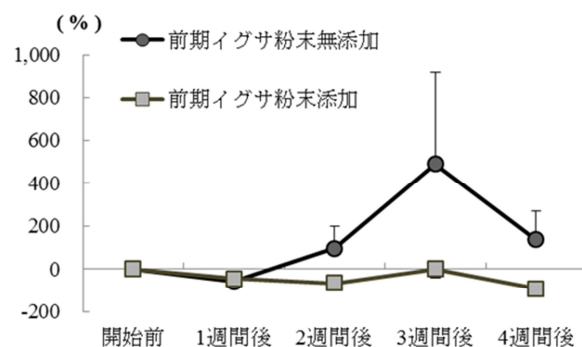
加熱損失においては, 添加時期と粉碎粒度の違いによる有意な差は認められなかった. また, 剪断応力では, 肥育後期添加で有意 (P<0.05) に大きくなる結果となった. これは, 筋肉中の剪断応力と粗脂肪含量との間に負の相関関係がある⁴⁾ことから, 肥育後期添加の脂肪含量が最も少なかったことによる影響と考えられる.

なお, 全ての項目において, 粉碎粒度を添加時期のブロック因子, 添加時期を粉碎粒度のブロック因子として, 1元配置の分散分析も同時に行ったが, 表に示したそれぞれの各因子の平均値と, 対照区の平均値間には有意差は認められなかった. 1元配置の誤差分散に, 考慮しなかった他の要因による分散成分が交絡 (Confounding) し, 2元配

置の場合より標準誤差が大きくなっている.

図表には示さなかったが, ロースの肉色および皮下脂肪内層の脂肪色においては, ロース, 皮下脂肪内層ともに, 添加時期および粉碎粒度による差は認められなかった.

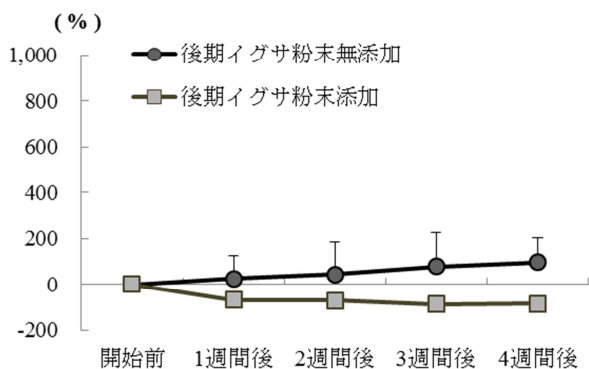
第1図に, 前期イグサ粉末無添加群 (4反復) と前期イグサ粉末添加群 (4反復) における, イグサ粉末が糞中の大腸菌数の増加割合に及ぼす影響を示した. 図に示したように, 試験開始から1週間後は, 前期イグサ粉末無添加群と添加しない前期イグサ粉末添加群では同じ推移を示した. しかし, 2週間後から調査終了の4週間後においては, 前期イグサ粉末添加群が増加傾向を示した. 各反復による



第1図. 肥育前期のイグサ粉末が糞中の大腸菌数の増加割合に及ぼす影響 (平均値±標準誤差) イグサ粉末無添加群 (4反復: 微粉碎前期添加区, 粗粉碎前期添加区, 微粉碎前後期添加区および粗粉碎前後期添加区), イグサ粉末添加群 (4反復: 微粉碎後期添加区, 粗粉碎後期添加区, 微粉碎前後期添加区および粗粉碎前後期添加区).

t検定の結果、個体差が大きく、前期イグサ粉末添加群と前期イグサ粉末無添加群の各測定日の値に統計的な差異は認められなかったが、イグサ粉末添加により糞中の大腸菌数の増加が抑えられる可能性が示された。

第2図に、後期イグサ粉末無添加群（2反復）と後期イグサ粉末添加群（4反復）における、イグサ粉末が糞中の大腸菌数の増加割合に及ぼす影響を示した。肥育後期の試験開始から1～4週間後の期間において、イグサ粉末を添加していない後期イグサ粉末無添加群（2反復）は大腸菌数が増加した。一方、イグサ粉末を添加した後期イグサ粉末添加群（4反復）では、試験開始から1週間後に減少し、それ以降変化なく推移したが、各測定日の両者の値に有意な差は認められなかった。



第2図. 肥育後期のイグサ粉末が糞中の大腸菌数の増加割合に及ぼす影響（平均値±標準誤差）
後期イグサ粉末無添加群（2反復：対照区），後期イグサ粉末添加群（4反復：微粉碎後期添加区，粗粉碎後期添加区，微粉碎前後期添加区および粗粉碎前後期添加区）。

糞中の大腸菌の増加は、下痢や浮腫病の発症などをおとして、肥育豚の生産性に大きな悪影響を与える。特に、この影響は離乳後30日以上が経過して、母豚からの移行抗体が消滅し、さらに自己免疫機能が十分発達していない肥育前期に多発する⁴⁾。本研究の結果からも、肥育の前半における、イグサ粉末無添加群の大腸菌数が高くなっており、これを支持する結果となっている。本研究においては、大腸菌数において、イグサ粉末添加による有意な差は示すことができなかった。しかし、イグサには抗菌作用があるとされており、イグサ粉末添加によって、肥育豚の下痢や浮腫病の発症を抑制できる可能性がある。

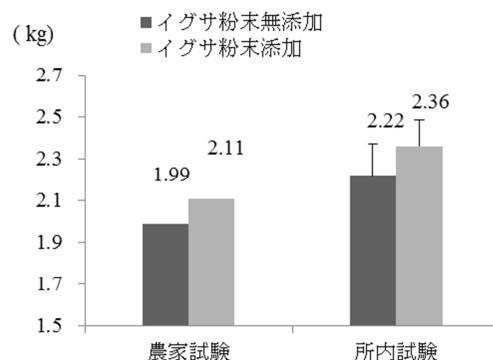
本試験において、粗粉碎のイグサの肥育豚飼料への添加は微粉碎の場合より肥育豚の飼料の利用性を向上させた。最近の研究では、ハーブの葉を添加した飼料や発酵飼料が、子豚の成長、供給効率、飼料の消化率、免疫と血液パラメ

ータを改善することが報告されている^{2, 9, 10)}。また、Zhangら²⁰⁾は、家禽に対する同様の試験で、飼料への葉草ハーブの添加による家畜の成長性等の改善効果をもたらす要因として、飼料へのハーブ類の添加による腸内細菌叢の改善を考察している。本研究における大腸菌の推移は、彼らの考察を支持している。

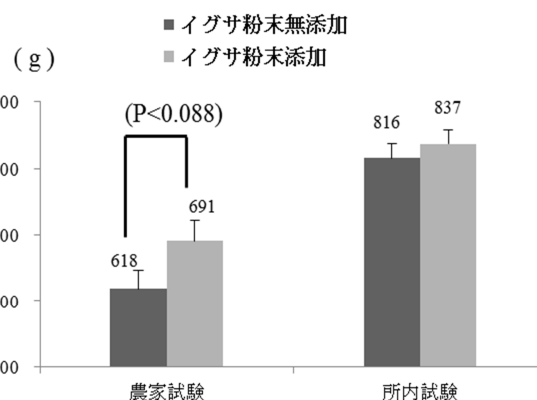
試験3 農家実証試験

第3図と第4図に、イグサ粉末の添加の有無が肥育豚のDFI, DGに及ぼす影響をそれぞれ示した。

DFIについては、有意な差は認められなかったが、イグサ粉末添加区が無添加区に比べ、実証試験および所内試験ともに高い値を示した。DGについては、実証試験および所内試験ともに、イグサ粉末添加区が無添加区に比べて高い値を示した。実証試験においては、イグサ粉末添加区690g、イグサ粉末無添加区618gで、イグサ粉末添加により発育が向上する傾向（ $P<0.1$ ）があったが、有意差は認められなかった。



第3図. イグサ粉末の添加の有無が肥育豚のDFIに及ぼす影響（平均値±標準誤差。農家実証試験では、全体の平均値しか得られなかったことから、平均値のみを示した。）



第4図. イグサ粉末の添加の有無が肥育豚のDGに及ぼす影響（平均値±標準誤差）

第6表に、イグサ粉末の添加の有無が肉豚の肉質、枝肉成績および尾かじりに及ぼす影響を示した。肉質は、IMF、剪断応力および加熱損失率ともにイグサ粉末添加の有無による影響は認められなかった。また、枝肉成績についても同様にイグサ粉末添加の有無による影響は認められなかった。尾かじりは、農家実証試験では、イグサ粉末無添加区では2頭発生した(14.3%)が、イグサ粉末添加区では発生が見られなかった。また、所内試験ではその発生は認められなかった。

図表には示さなかったが、試験1~3をとおしたトータルの尾かじり発生率は、イグサ粉末無添加で10.5%(4/38)、イグサ粉末添加で0%(0/70)であった。豚は豚舎間の移動時、群編成時、暑さ、飼育密度の高さなど、様々なストレスを感じると、他の豚の尾をかじる「尾かじり」行動を行う。尾かじりは、体重20kg~70kgになる時期で行われると報告されている¹⁷⁾。尾かじりを受けた個体は尾の外傷だけでなく、外傷部分からの二次感染によって膿瘍や脊髄炎を起こし、膿毒症や敗血症を引き起こす。外傷の痛みによって、食欲減退、それに伴う発育不良や起立不能、死亡に至ることもあり、生産性および経済性に悪影響を及ぼす。イグサには、ストレス軽減作用があると言われており¹⁴⁾、このような効果が尾かじり等の他個体への攻撃性行動に違いをもたらせた可能性が示唆された。

以上のことを要約すると、試験1では、イグサ粉末の添加割合は、0.1%添加と0.05%添加で、肥育豚の生産性について大きく変わらなかったことから、コストを考慮し0.05%を推奨添加割合とした。試験2では、粗粉碎(粒子径312 μ m:7,740円/kg)が、微粉碎(粒子径20 μ m:9,000円/kg)より、IMFで劣り、FCRで優れる結果となり、肥

育前後期をとおして添加するとFCRが優れることが明らかになった。また、大腸菌に対する抗菌作用をもつ可能性が示された。試験3では、イグサ粉末の添加飼料は、実際の農家においても利用できることが明らかになった。さらに、試験全体をとおした尾かじりの発生率から、イグサ粉末の飼料への添加により、豚の攻撃性行動を下げる効果が期待できることも示された。ただ今回の結果では、尾かじりとストレスの関係性を示す調査がなかったため、青山ら¹⁾が唾液中のコルチゾール濃度を調査しているように、ストレスマーカーを用いた調査をする必要があるだろう。

これらは、粗粉碎のイグサ粉末0.05%を肥育前後期間、飼料に添加することにより、肉豚の発育性に影響を与えることなく、尾かじりに起因する肉豚の事故を軽減させ、肥育豚の生産性を総合的に改善させる可能性を示している。さらに、本技術はイグサ主産地である熊本県独自の技術としてイグサ生産にも貢献すると考えられる。

IV 引用文献

- 1) 青山真人, 沼野井憲一, 塚原均, 渡邊哲夫 (2008) : ミネラル給与によるブタの問題行動、特に尾かじりの防止とその生理的メカニズムに関する研究。平成20年度女性研究報告会集I, 宇都宮大学農学部, 栃木県, http://www.saltscience.or.jp/general_research/2008/200815.pdf (2015年1月5日閲覧)
- 2) Cho JH, Zhang ZF, Kim IH (2013) : Effects of fermented grains as raw cereal substitutes on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and fecal noxious gas emission in growing pigs. *Livestock Science*, 154, 131-136.

第6表. 粗粉碎イグサ粉末の肥育前後期添加の有無が肉質、枝肉成績および尾かじりに及ぼす影響

区分	農家試験		所内試験			
	いぐさ無添加 (肉質各n=3、枝肉成績各n=11)	いぐさ添加	いぐさ無添加	いぐさ添加		
肉質						
IMF	%	3.9 ± 2.7	3.9 ± 0.6	3.2 ± 0.7	2.9 ± 1.0	
剪断応力	N	21.4 ± 2.5	28.1 ± 10.4	24.0 ± 2.9	24.9 ± 5.9	
加熱損失率	%	26.4 ± 2.5	28.8 ± 1.0	27.5 ± 1.5	28.6 ± 1.3	
枝肉成績						
と体長	cm	93.2 ± 2.8	92.7 ± 2.1	97.4 ± 2.5	97.2 ± 2.8	
背腰長II	cm	66.5 ± 2.5	67.2 ± 2.1	71.8 ± 1.9	71.1 ± 2.5	
屠体幅	cm	34.5 ± 1.5	34.1 ± 1.1	34.1 ± 1.0	34.3 ± 1.0	
脂肪厚 (cm)	肩	cm	3.9 ± 0.5	4.0 ± 0.4	4.0 ± 0.4	4.1 ± 0.4
	背	cm	2.1 ± 0.4	2.2 ± 0.3	1.9 ± 0.3	1.8 ± 0.5
	腰	cm	3.0 ± 0.4	3.1 ± 0.4	3.1 ± 0.5	3.2 ± 0.6
尾かじり	頭/頭	2/14	0/14	0/8	0/8	

IMF: 筋肉内脂肪含有量 (intramuscular fat).
尾かじりを除き、値は平均値±標準偏差で表示。

- 3) 独立行政法人家畜改良センター (編) (2005): 「食品の官能評価ガイドライン」, 財団法人 日本食肉消費総合センター.
- 4) 独立行政法人 農業・生物系特定産業技術研究機構 (編) (2005): 「日本飼養標準・豚」, 中央畜産会.
- 5) 古屋元宏, 赤尾友雪, 片山努, 西村敏英 (2012): 仕上げ期の豚に乾燥ブドウ搾り粕飼料を給与すると枝肉格付成績が向上する. 山梨県畜産試験場成果情報, 山梨県,
http://www.pref.yamanashi.jp/chikushi/documents/24seika_2_budousiborikasu.pdf (2015年1月5日閲覧)
- 6) 入江正和 (2002): 豚肉質の評価法. 日本養豚学会誌, 39, 221-254.
- 7) 梶田聖孝, 芝田猛, 村田達郎, 多賀直彦, 安田伸, 松田靖, 本田憲昭, 荒木朋洋 (2012): アントシアニン含有イモを活用した機能性成分の有効利用に関する研究. 総合農学研究所所報 28, 東海大学, 熊本県,
<http://www.u-tokai.ac.jp/institutions/agriculture/index/pdf/shohou2012.pdf>
- 8) 気象庁 (2011): 2011年(平成23年)の日本の天候, 報道発表資料, 気象庁, 東京,
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/stat/tenko2011.pdf> (2015年1月5日閲覧)
- 9) Kong XF, Wu GY, Liao YP, Hou ZP, Liu HJ, Yin FG, Li TJ, Huang RL, Zhang YM, Deng D, Xie MY, Deng ZY, Xiong H, Ruan Z, Kang P, Yang CB, Yin YL, Fan MZ (2007): Dietary supplementation with Chinese herbal ultra-fine powder enhances cellular and humoral immunity in early-weaned piglets. *Livestock Science*, 108, 94-98.
- 10) Lee SD, Kim HY, Song YM, Jung HJ, Ji SY, Jang HD, Ryu JW, Park JC, Moon HK, Kim IC (2009): The effect of *Eucommia ulmoides* leaf supplementation on the growth performance, blood and meat quality parameters in growing and finishing pigs. *Animal Science Journal*, 80, 41-45.
- 11) 松窪敬介・清水隆夫・大村誠・家入誠二 (2011): 色落ち海苔, 温州みかん皮およびイグサの飼料への添加が肥育豚に及ぼす影響. *日本暖地畜産学会報*, 54, 280
- 12) 松本光史, 村上斉, 阪谷美樹, 井上寛暁, 梶雄次 (2008): 暑熱環境が肥育後期豚の深部体温と消化吸収能力に及ぼす影響. *栄養整理研究会報*, 52, 43-48.
- 13) 松本光史, 井上寛暁, 山崎信, 村上斉, 梶雄次 (2012) 人工消化による赤米および紫黒米の抗酸化能評価と種雌豚への短期給与が酸化ストレス指標に及ぼす影響. *日本養豚学会誌*, 49, 109-116.
- 14) 森田洋 (2002): い草の機能性について. 北九州市立大学国際環境工学部, 福岡,
http://www.yasukagawa.com/html/Mat_rushmorita1.htm (平成26年9月30日閲覧)
- 15) 村上斉, 松本光史, 井上寛暁, 梶雄次 (2007): 高温環境下の肥育豚は酸化ストレスが亢進している. 九州沖縄農業研究センター成果情報, 農研機構, 熊本,
<http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/karc/2007/konarc07-36.html> (2015年1月5日閲覧)
- 16) 農林水産省 (2013): 平成25年産「い」の作付面積, 収穫量および豊表生産量(主産県), 農林水産省大臣官房統計部, 東京,
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokutei_sakumotu/pdf/syukaku_Mat_rush_13.pdf (平成26年9月30日閲覧)
- 17) 坂崎利一, 田村和満, 吉崎悦郎, 三木寛二 (1990): 「新細菌培地学講座・下II 第二版」, 近代出版.
- 18) 武田浩輝 (2008): 「Dr.武田の養豚管理ノート 尾かじりの原因と対策」, 養豚界, 8
- 19) 吉田実 (1975): 「畜産を中心とする実験計画法」, 養賢堂.
- 20) Zhang XH, Zhao LG, Cao FL, Ahmad H, Wang GB, Wang T (2013): Effects of feeding fermented *Ginkgo biloba* leaves on small intestinal morphology, absorption, and immunomodulation of early lipopolysaccharide-challenged chicks. *Poultry Science*, 92, 119-130.

Summary

Effects of Dietary Supplementation of Mat Rush Powder on Growth Performance and Carcass Traits of Growing-Finishing Pigs

Kenichiro TSUDA, Keisuke MATSUKUBO, Toshiaki INENAGA, Hiroaki YAMASHITA

In southern part of Japan, including Kumamoto, severe heat stress impairs the efficiency of pig-raising in summer. Mat rush made a lot in Kumamoto is known to contain some kinds of polyphenols and has antioxidative and antibiotic potentials. It is expected that mat rush raises the quantity and the quality of pork production under the stressful environment with these bioactive ingredients. In this study, we conducted three trials using growing-finishing pigs in summer from 2012 to 2014 and estimated growth performances and physical conditions of the pigs. In the first trial, we investigated the optimal supplementation level of mat rush

powder. In the second trial, the suitable periods and particle size for supplementation were examined in order to lower the costs. These first and second trials were conducted in our testing farm. But in the last trial, same studies were done in a farm under business and in our testing farm to confirm the beneficial effects of dietary supplementation of the mat rush powder. From these trials, although there was no difference between pigs with and without mat rush in their growth performances, lower intramuscular fat contents were observed in muscles of pigs fed mat rush. In addition, mat rush supplementation repressed increasing of coliforms in feces and the occurrence of tail biting. These results were observed not only in our testing farm but also in the farm under business. From these results, it was indicated that supplementation of mat rush powder to the diets of growing-finishing pigs brought some beneficial effects on pork production without any effects on growth performance. If this technique to use mat rush for pig-raising became popular, more amount of mat rush will be needed and it will make more benefits producing mat rush in Kumamoto.