総 説

豚への飼料用米給与

高田良三

新潟大学農学部, 新潟県新潟市, 950-2181
現所属) 鯉淵学園農業栄養専門学校, 茨城県水戸市, 319-0323

(2020 年 6 月 12 日受付, 2020 年 8 月 7 日受理)

1. 背 景

コメは世界中で、特に東南アジアの諸国で最も重要な食用作物である。わが国においては、「瑞穂の国」といわれるように神がかり的になるほど重要な主食用穀物であり、その歴史は古く、約 3,000 年前の縄文時代にはすでにコメの栽培が始まっていたようである。しかしコメはあくまでも人用の食物であり、残飯としてのコメの給与は別として、豚や牛、鶏などへの飼料としてのコメの給与はそれほど古いものではない。わが国で最初に豚へのコメ（飼料用米）給与の話が出てきたのは昭和 40 年代前半の第 1 次過剰米の時である。しかしこのときは生産調整（減反政策）が始まり、過剰米の問題は早く解消し、飼料用米の話は消えた。その後、昭和 50 年代後半に第 2 次過剰米の問題が起きた。このときは穀実であるコメの給与ではなく、イネ全体を牛に給与する飼料イネの利用検討が本格的に始まった。しかし、その後も主食用米としてのコメの需要は減少し続け、さらに平成 19 年の大豊作によって主食用米の価格は暴落し、ここに至って新規需要米としての飼料用米の利用が始まり、今日に至っている。では、海外での飼料用米の利用はどうであろうか。タイやベトナムはコメの一大産地であり、国内消費よりも多くを生産しており、重要な輸出品目になっている。また、食用には向かない破砕米などは飼料として古くから豚等に利用されていた。欧米諸国ではそもそもコメの生産量は少なく、食用としてもほとん

ど利用されていない。しかし、1990 年代後半には飼料用米は子豚の下痢軽減効果が認められることがオーストラリアの PLUSKE ら（1996）によって報告され、さらに 2006 年にスペインの MATEOS らのグループによって飼料用米はトウモロコシよりも優れた飼養成績を示すことが初めて明らかにされた。

2. 飼料用米の栄養成分と初期の研究報告

表 1 にトウモロコシ、飼料用米（玄米）、大麦、小麦の一般成分含量を示した。いずれの穀物も人による食用としての利用の歴史は古く、栄養成分的な目立った特徴は認められない。すなわち、人、家畜がこれらの穀物を摂取した時、特に大きな違いがみられる可能性は低いと考えられる。したがって現在、濃厚飼料の主体を占めるトウモロコシを飼料用米と代替しても何ら問題はないことが想定される。平成 20 年頃から飼料用米の豚への利用・検討が本格的に始まったが、当初飼料中のトウモロコシ 50～70% 配合のうち 10～20% 程度の飼料用米で代替しても悪影響は認められないという報告が多かった。これは予想された結果であって、本来飼料用米の利用性を検討するのであれば 50～100% トウモロコシと代替すべきであった。また、市販配合飼料に飼料用米を添加する方法で検討を行い、飼料用米の添加割合が増すにつれて飼養成績が低下するという報告も見られた。これについては飼料用米を添加すればするほど飼料中の必須アミノ酸（特にリジン）含量が低下し、その低下割合に応じて飼養成績は悪

Rice Feeding for Pigs

Ryozo TAKADA

Key words : rice feeding, growth performance, pigs

連絡者 : 高田良三 (E-mail : ryo-takada@mail.koibuchi.ac.jp TEL. 029-259-2811)

表 1. 主要穀物の一般成分組成

	水分	粗タンパク質	粗脂肪	NFE	粗繊維	粗灰分
トウモロコシ	14.5	7.6	3.8	71.3	1.7	1.2
玄米	14.8	7.5	2.7	72.9	0.7	1.4
小麦	11.5	12.1	1.8	70.5	2.4	1.7
大麦	11.5	10.6	2.1	69	4.4	2.3
マイロ	13.5	8.8	3-1	71.3	1.9	1.4

数値は現物中 (%)

文献：日本標準飼料成分表 (2009 年版) より抜粋

くなるという、栄養学的な観点からすれば当然の結果であった。この点については最近、詳細な検討が橋本ら (2019) らによって報告されており、必要な栄養素をしっかりと満たせば飼料用米添加によって市販配合飼料と同等の発育を示し、かつ飼料価格は低減できることが示されている。

3. 離乳子豚への飼料用米給与

離乳子豚において、解決すべき重要な問題の一つに下痢対策であることはよく知られた事実である。豚は人やラットと比べて消化管が未成熟の状態生まれ、この状態は6~7週齢くらいまで続く。一般的に子豚の離乳は3~4週齢で行われるが、その時、子豚は母豚からの突然の分離、母乳から粉末状の人工乳への激変、群の再編成、豚房の移動等、様々なストレスを受け、さらに消化管の未成熟も加わって下痢が多発し、飼養成績に大きく影響を及ぼす。これをできるだけ軽減させるために、現在では抗生物質や重金属 (銅、亜鉛) の多給で対応している。しかし、抗生物質は耐性菌出現の懸念、重金属は環境への汚染と、いずれも使用することには問題を抱えている。このような背景下、オーストラリアのPLUSKEら (1996, 2003) は、飼料用米の子豚への給与が下痢発生の軽減に効果のあることを報告した。その原因として、飼料用米はトウモロコシや大麦、小麦と比べて非でんぷん多糖類 (NSP) 含量が低いことを挙げている。すなわち、大腸へ到達する発酵性物質が少ないと下痢の発生が低いようである。下痢の発生因子は他に多くあると考えられるが、NSP含量の多少もそのうちの1つと思われる。VICENTEら (2009) は離乳子豚に飼料用米を給与するとトウモロコシ給与と比べて回腸における絨毛/陰窩が高くなることを報告した。絨毛/陰窩が高いことは小腸の健全性を示すことになり、このことは飼料用米

下痢指数

図 1. 飼料用米給与は離乳子豚の下痢指数を低減させる (文献：新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業/研究紹介 2012 より改変)

の乾物消化率が優れることとともに、下痢発生の軽減理由にも繋がる。CHEら (2012) は離乳後から6週間にわたる飼養試験において、トウモロコシと比べて飼料用米給与では除去率 (事故率) が明らかに低いことを報告した。このことも飼料用米給与が離乳子豚の健全性促進に貢献しているものと思われる。なお、当研究室においても、近隣の養豚農家から、「飼料用米を給与するようになってから事故率が低くなった」ということを聞いている。新潟県畜産研究センターの藤井らは、下痢指数 (正常便1~水様性便4) が飼料用米給与した子豚ではトウモロコシ給与した子豚よりも明らかに低くなることを報告している (農林水産省, 2012, 図1)。

離乳子豚への飼料用米給与で飼養成績が有意に改善されることを世界で初めて明確にしたのはスペインのMATEOSらのグループ (2006, 2007) であろう。

表 2. 離乳子豚への飼料用米給与が飼養成績に及ぼす影響
Table 2. Growth performance of piglets fed a diet with corn or rice.

	Corn	Rice	Pooled SEM	P-value
Initial body weight (kg)	7.2	7.1	0.292	0.812
Average daily gain (g/d)				
0~1 week	266	284	17	0.473
1~2 week	541	626	21	0.012
0~2 week	404	468	16	0.038
Average feed intake (g/d)				
0~1 week	320	327	18	0.765
1~2 week	659	762	26	0.013
0~2 week	489	545	20	0.076
Feed efficiency (gain/feed)				
0~1 week	0.842	0.875	0.037	0.544
1~2 week	0.811	0.814	0.022	0.942
0~2 week	0.822	0.831	0.018	0.727

Values are means and pooled SEM (n=8)

文献：Yagami and Takada, 2017 より改変

まさにこの頃は我が国が飼料用米利用促進に大きく舵を切った時であった。スペインも日本と同様にコメは主に人の食用として消費され、さらに過剰米の問題が日本と同様に起きていたようである。彼らのグループは離乳子豚を中心にしてブロイラーも含めて飼料用米に関する一連の報告を行っている (GONZALEZ-ALVARADE ら, 2007; JIMENEZ-MORENO ら, 2009; PARERA ら, 2010; VICENTE ら, 2008)。それらの結果を総合すると以下の通りである。①飼養成績について日増体量, 飼料摂取量が増加し, 飼料効率は大きくは変化しない。また, この変動は離乳直後に強く現れ, 数週間するとその効果は弱くなる。②乾物の消化率は飼料用米給与でトウモロコシ給与よりも有意に高くなり, 粗タンパク質の消化率には違いは認められない。③トウモロコシは加熱処理によって消化率は改善されるが, 飼料用米は加熱の有無に関係なく消化率は高い。PLUSKE ら (2007) は, 飼料用米給与で日増体量に違いは認めていないが, 小麦, 大麦給与と比べてと体重量が大となることを報告した。当研究室においても, 離乳子豚への飼料用米給与はトウモロコシ給与と比べて, 飼養成績の改善 (表 2), 小腸における二糖類加水分解酵素およびアミノペプチダーゼ活性の上昇, 血漿尿素体窒

素 (PUN) の有意な低下 (YAGAMI と TAKADA, 2017), および飼料効率の有意な改善, 肝臓におけるリジン分解酵素 (lysine-ketoglutarate reductase, LKR) 活性の低下, 血漿中遊離分岐鎖アミノ酸 (バリンおよびイソロイシン) 濃度の上昇 (TASAKA ら, 2020) を明らかにした。また, 超多収品種として開発された「もちだわら」は離乳子豚に対してきわめて優れた飼養成績を示すことが示された (高田ら, 2020)。

以上, 離乳子豚への飼料用米給与は多くの優れた点がすでに示されていることから, 単に飼料自給率改善のみならず, 養豚の経営効率向上を目指して積極的に利用されることが望まれる。

4. 肥育・繁殖豚への飼料用米給与

大武らは 1971 年に肥育豚への飼料用米給与と実験の報告を行った。ここでは対照区の穀物 (トウモロコシ, 大麦それぞれ 30% ずつ配合) を飼料用米に 15%, 30%, 45%, 60% (全量) 代替し, ランドレース種の去勢雄, 雌 4 頭ずつを各区に配して体重 30 kg~90 kg の間の飼養試験を行った。その結果, 日増体量, 飼料要求率に差は認められなかったとしている。しかし, 対照区と 60% 区の日増体量はそれぞれ 685 g, 746 g であり, また試験期間 (90 kg

表 3. 肥育豚への玄米給与が胸最長筋中の TBARS 濃度に及ぼす影響

Table 3. Effect of brown rice on thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) values of pork loin

0% brown rice blend (n=6)	10% brown rice blend (n=6)	20% brown rice blend (n=6)	40% brown rice blend (n=6)
17.6±4.5	17.4±3.4	13.8±1.8	14.2±2.1

Data represent mean ± SD

Unit: nmol/g loin

文献：脇屋ら（2013）より改変

到達時に順次と畜）は88日および80日であり、いずれも60%区が高くなっている。用いた実験動物が純粋種、雄雌同数ではあるものの混飼していること、用いた飼料用米は古古米であったことを考慮すると、飼料用米はトウモロコシ、大麦よりも飼料価値が高い可能性を示唆している。1980年代前半に、わが国において肥育豚への飼料用米給与の試験がいくつか行われた。小林と柳川（1984）はランドレースの肥育後期を用いてトウモロコシを玄米で代替する試験を行った。その結果、玄米代替区（20%、40%、60%、80%代替）はトウモロコシ区よりも飼養成績（日増体量、飼料摂取量、飼料要求率）は向上したと報告している。一方、桑田（1986）はトウモロコシ、マイロ、大麦をそれぞれ22%配合した対照区と玄米66%配合した飼料用米区では飼養成績に差はなかったとしている。その理由として個体差が大きかったことを挙げている。わが国で行われている多くの試験において、同一試験区内に去勢雄と雌を混飼している例が多い。様々な事情があると思われるが、去勢雄と雌では飼養成績は明らかに異なるため、雌雄別飼あるいはどちらか単独で実験に用いることが、より明確に飼料の影響を評価できる。トウモロコシ主体飼料と比べて飼料用米主体飼料の給与は飼養成績に影響はみられなかったとする報告は多いが（PLUSKEら、2007；ZHANGら、2002）、飼料用米の配合割合が30%以上であれば増体量、飼料摂取量はトウモロコシ主体飼料と比べておおよそ高くなるようである（勝俣ら、2009, 2015）。飼養成績以外では、脂肪組織中の脂肪酸組成を検討した報告が多い（勝俣ら、2009, 2015；脇屋ら、2013；石田ら、2015）。これらの報告のうち、多くは飼料用米給与でリノール酸割合の低下、オレイン酸割合の上昇が示されており、トウモロコシと飼料用米の間における粗脂肪含量および脂肪酸組成の違いがそのまま豚の脂肪組織に明確に現れている。なぜな

ら、日本標準飼料成分表（2009年版）ではトウモロコシ中の粗脂肪含量（3.8%）は玄米中のそれ（2.7%）よりも高い（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構、2009）。さらに、トウモロコシ中のリノール酸含量は2.16%であるのに対し、玄米中のそれは0.9%（香川、2002）で、これもトウモロコシが玄米よりも高い。この脂肪酸組成の違いが豚肉の食味にどのような影響を与えるかは明確ではないが、牛肉中のオレイン酸含量が高いと食味が優れるとされており、同様なことが豚肉でも当てはまるかもしれない。ところで、コメ油中には抗酸化能のきわめて高いトコトリエノールが多く含まれていることが知られている。そこで飼料用米中のこの機能を期待して実験を行った報告が見られる。脇屋ら（2013）は夏季における肥育後期豚に玄米を給与したところ、玄米を20%以上配合すると、有意差はみられないものの血漿抗酸化能の低下は抑制され、ロース肉中の過酸化脂質（TBARS）は低値を示したとしている（表3）。中島ら（2019）はトコトリエノールを多く含有することを特徴とする飼料用米「オオナリ」を肥育後期豚に給与した実験を行った。その結果、トウモロコシを主体とした慣行区と比べて「オオナリ」給与区ではロース中のTBARSは有意に低下し、さらに増体量も明らかに高くなった。以上、脂肪組織中の脂肪酸組成および抗酸化能に関するこれらの報告をまとめると、飼料用米給与は飼養成績のみならず、肉質に対しても好結果を与える可能性を示している。

繁殖豚への飼料用米給与の報告は比較的少ないが、ここでは2つの例を紹介する。稲永ら（2017）はトウモロコシの全量を玄米で置換して5か月間にわたって繁殖雌豚に給与した。その結果、対照区よりも玄米給与区で1腹総体重において重くなる傾向が認められたものの、他の繁殖成績には違いは見られなかった。また繁殖雄豚に対しても同様に実験を

行い、両区間で精子性状に差はみられなかったと報告している。石田ら(2018)は、対照区のトウモロコシ65%の全量を飼料用玄米で代替し、授乳豚へ給与して子豚の増体および母豚の免疫能に及ぼす影響を検討した。その結果、子豚の飼養成績および母豚の発情回帰には影響は見られなかったものの、飼料用米区で血漿中の免疫グロブリン(Ig)G濃度が上昇することが示された。さらに母豚の血漿中遊離イソロイシン、バリニン濃度が飼料用米区で高くなることが示されており、これは離乳子豚で報告されている結果(TASAKAら, 2020)と同様であった。このように、2つの報告を総合すると繁殖豚に飼料用米を給与してもとくに悪影響はなく、トウモロコシと同様に飼料原料として十分使えるようである。ただし、繁殖成績は肥育豚の飼養成績などと比べるとバラツキが大きいとされており、より正確な結果を得るためにはさらに多くの繁殖豚を用いた実験が必要であろう。

飼料用米の給与試験では玄米を粉碎して用いる報告が多い。しかし現場レベルでは手間暇かからず、さらに飼料価格が高くなることが要求される。そこで手間やコストが掛からず、さらに貯蔵性の問題を玄米より優れる粳米の利用性について京谷らが検討している(京谷ら, 2014)。粳米は玄米と比べてエネルギー含量が低いため、多量に配合すると飼料中のエネルギー含量が低下する。この報告では粳米40%配合ではトウモロコシ主体の対照区と比べて日増体量、飼料要求率は低下するが、30%配合では対照区との差はみられなかったとしている。30%を超えない粳米の配合であれば飼養成績に悪影響はないようである。

5. 飼料用米の持つ栄養機能

これまでの離乳子豚や肥育豚を対象にした飼料用米の研究を総合すると、飼料摂取量が向上し、それに伴って増体量も高くなることが一般的のようである。トウモロコシよりも飼料用米は嗜好性に優れるということで説明できるかもしれない。しかし、一部では飼料効率が飼料用米で優れるという報告もある。最近、TASAKAら(2020)は飼料中のリジン含量を十分に高くして(1.5~1.6%)離乳子豚に飼料用米を給与した。その結果、トウモロコシ主体飼料と比べて飼料用米主体飼料では飼料摂取量に違いは見られないものの、日増体量は高くなり、飼料効率も有意に高くなった。日本飼養標準豚(独立行政法

人農業・食品産業技術総合研究機構, 2013)では体重5~10kgおよび10~20kgのリジン要求量は1.24%, 1.13%と示されている。しかし最近の豚の成長速度は速くなっており、それに伴ってリジンの要求量は高まっていることが考えられる。最新のNRC(NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2012)では体重7~11kgのリジン要求量は1.53%としている。日本飼養標準豚(2013)では、期待される増体量に基づいて計算によってリジン要求量を求めることになっているが、この方法で計算するとNRCのそれとほぼ同様なリジン要求量が得られる。したがって、飼料用米給与によって飼料摂取量が増加するのは、飼料中のリジン含量がやや不足するため、それを補うために飼料摂取量が高くなる可能性も一部考えられる。リジン要求量の設定は増体量に基づいて算出することが望ましい。一方、飼料用米給与によって血漿中尿素態窒素(BUN)が低下するという報告もみられ(PIAOら, 2002; YAGAMIとTAKADA, 2017; TASAKAら, 2020; 高田ら, 2020)、この結果はタンパク質蓄積量が増大していることを示唆している。さらに肝臓のリジン分解酵素活性(LKR)が低下することも興味深い(TASAKAら, 2020)。これらの結果を総合して考えると、インスリン作用の促進が推定される。この点に関して、MENOYOら(2011)は生トウモロコシと比べて飼料用米給与で血中インスリン濃度は高くなるが、加熱トウモロコシ給与との間では違いは見られないと報告されている。現在のわが国では加熱圧ぺんトウモロコシの利用が一般的であることから血中インスリン濃度の違いは関係なさそうである。血中インスリン濃度は血液のサンプリング条件によって異なり、絶食再給餌後のサンプリングではインスリン濃度は飼料用米区で有意に上昇し(DENGら, 2010; TASAKAら, 2020)、不断給餌条件下では有意差は見られないものの、むしろ飼料用米区で低くなる結果が得られている(高田と田坂, 2020)。したがって血中インスリン濃度の変動ではなく、インスリンの感受性の変化が関与している可能性が示唆され、この領域での飼料用米研究のさらなる研究の進展が期待される。さて、それでは飼料用米中のどの成分が原因でこのような変化が生じるのであろうか。この点について、KUBOTAら(2013)は興味深い実験をラットで行っている。糖尿病性腎症発症のラットにコメタンパク質を給与するとその発症が軽減されるという。コメタンパク質中の何かがインスリンの作用を改善させたのかも

しれない。最近、コメ蒸留副産物を子豚に給与すると飼養成績が改善されたと報告された (CONG ら, 2020)。蒸留副産物であるからでんぷんはほとんど消費されており, やはりこれもコメタンパク質が何らかの役割を果たしている可能性を示唆している。

6. 飼料用米給与時の留意点

保存性: わが国では米ぬかを飼料として利用する際に, 劣化しやすいという理由から生米ぬかではなく脱脂米ぬかとしての利用が主体であった。玄米を利用するときも米ぬかと同じ状況と考えられる。勝俣ら (2013) は玄米と粳米の保管条件について検討を行った。それによると, 28℃相対湿度 80% で保管すると 4℃で保管するよりも脂肪酸度は高くなり, 玄米として保管するほうが粳米として保管するよりも脂肪酸度は高くなった (表 4)。28℃, 80% で保管すると玄米では 4 週, 8 週と脂肪酸度は高くなるが, 粳米では変化しなかった。脂肪酸度が高くなると豚による飼料摂取量は低下することが予想されるため, できれば保管は粳米で行い, 玄米はできるだけ早く使用することが望まれる。豚に飼料用米を給与すると, トウモロコシ給与と比べて日増体量, 飼料要求率が低下することを示した報告がわずかにある (LI ら, 2007)。しかし多くの報告とは異なる結果であることを考慮すると, おそらく飼養成績の低下の原因は何らかの栄養素不足か, 飼料用米の保管状態が悪かった可能性が考えられる。

粗タンパク質含量: 飼料用米中のタンパク質含量は栽培時の窒素施肥量に影響される。一般に, 食用米を古くから栽培してきた稲作農家では, 食味の優れる, タンパク質含量の低い米を生産するため, 窒素施肥量はできるだけ低く抑えてきた。しかし, 飼料用米として米を利用するときはその逆で, タンパク質 (アミノ酸) 栄養の観点からタンパク質含量は高いほうがよい。飼料用米を栽培する農家にはこの

ような, 食用米栽培とは異なる意識を期待したい。勝俣ら (2013) は平成 20 年と 21 年産の飼料用米 (玄米 25 サンプル, 粳米 17 サンプル) を収集し, その化学組成を分析した。粗タンパク質含量は最大値 12.2%, 最小値 6.9%, 平均値 7.9%, 変動係数 13.4% であった。トウモロコシの粗タンパク質含量は 7.6%, 変動係数 3.9% (日本標準飼料成分表, 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構, 2009) であり, 飼料用米の粗タンパク質含量のバラツキは大きいようである。飼料用米の配合割合が高い場合には飼料全体のタンパク質 (アミノ酸) 含量に大きく影響を与えるため, 用いる飼料用米の粗タンパク質 (アミノ酸) 含量を事前に知っておいたほうがよい。

回腸末端アミノ酸消化率: 豚では飼料中のアミノ酸消化率 (有効性) を最も正確に表す指標は回腸末端アミノ酸消化率とされている。この回腸末端アミノ酸消化率について, 石田ら (2014) は飼料用米の 2 品種, 「ふくひびき」および「モミロマン」をトウモロコシと比較検討している。「ふくひびき」はすべてのアミノ酸の回腸末端消化率及びその平均値にトウモロコシとの差はなかったものの, 「モミロマン」はイソロイシン, ロイシン, フェニルアラニン, バリン, アスパラギン酸, チロシンで回腸末端消化率がトウモロコシよりも低かった。また, 「モミロマン」の全アミノ酸回腸末端消化率の平均値はトウモロコシよりも低かった。これらの結果は, 飼料用米の品種の違いによってアミノ酸の消化率 (有効率) が異なることを示している。とくに飼料用米の配合割合を高くしたときには飼料中の利用可能なアミノ酸含量に品種の違いの影響が現れやすく, アミノ酸要求量を十分に満たしているか否かのチェックが必要である。そのときはアミノ酸の要求量自体を, 回腸末端における可消化アミノ酸含量で示した値を用いる。

表 4. 保管条件, コメの形態, 保管期間が飼料用米の脂肪酸度におよぼす影響

Table 4. Effects of conditions of storage on fat acidity index of rice for forage

	保管条件		コメの形態		保管期間		Pooled SE	P 値		
	4℃	28℃, 80%	玄米	粳米	4 週間	8 週間		条件	形態	期間
脂肪酸度 [†]	7.7	12.4	13.1	6.9	10.5	9.5	0.7	**	**	ND

[†] 100 g 中和するのに必要な KOH の mg 数

** : P<0.01

文献: 勝俣ら (2013) より改変

市販飼料への飼料用米配合方法：実際に現場レベルで飼料用米を利用するとき、市販飼料に粉碎した飼料用米を混ぜる方法が一般的とおもわれる。しかし、このとき、市販飼料と比べて飼料用米は各栄養素の濃度が低いため、注意を要する。この問題を念頭に置いて、橋本ら（2019）は以下のような実験を行った。①対照区は市販飼料、②飼料用米区は市販飼料に飼料用米を40%配合、③アミノ酸区は飼料用米区にアミノ酸添加、④タンパク質区はアミノ酸区（③）のアミノ酸の半量を大豆粕で代替、⑤乳成分区はタンパク質区（④）の大豆粕の半量を脱脂粉乳に代替。これらの飼料を離乳子豚に給与し、3週間の飼養試験を行った。その結果、対照区である①に対して日増体量は②で有意に低下し、③では数値はやや低いものの有意差はなくなり、④と⑤では①と同等の日増体量を示した。これらの結果から、1)市販飼料に飼料用米のみを配合すると日増体量は低下する、2)そこに不足するアミノ酸（リジン、トレオニン、メチオニン）を添加すると日増体量は回復するものの、十分ではない、3)添加するアミノ酸の半分を大豆粕で供給すると日増体量は完全に回復し、このことは添加した3つのアミノ酸以外の必須アミノ酸が不足していた可能性が考えられる、4)①と④、⑤で飼料中の脱脂粉乳含量に差はある（④が低い）ものの日増体量に差は見られなかったことから、飼料中の脱脂粉乳含量は現状よりも低下させることが可能、以上のことが明らかとなった。このように市販飼料に飼料用米を添加するとき、不足することが予想される栄養素を添加すれば何の遜色もなく子豚は成長することがわかる。しかし、この実験では対照区よりも飼料用米区で日増体量が上回るという結果は得られなかった。この理由は不明であるが、飼料用米添加の③、④、⑤で飼料効率が有意差は見られないものの①よりも低い値となっている。このことは飼料用米区が何らかの栄養素がやや不足していた可能性が考えられる。また、最近の豚の成長速度はかなり早くなっており、それに応じてアミノ酸要求量も高くなっているはずであるから、すべての試験区でアミノ酸がやや不足していたのかもしれない。なお、この報告では、コスト計算も行っており、増体当たりの飼料費は①の283円/kgに対して④は211円/kgと算出している。現在の状況下では飼料用米の利用は経営コスト的にもプラスに働くものと思われる。

7. おわりに

以上、飼料用米給与の実験結果をまとめてみたが、全体的に言えることは、飼料用米はすくなくともトウモロコシよりも豚に対する栄養価は優れるということである。同様なことがブロイラーにおいても確認されている（EBLINGら、2015；FUJIMOTOら、2018, 2020；GONZALEZ-ALVARADEら、2007；JIMENEZ-MORENOら、2009）。したがってさらに多くの飼料用米を豚用飼料原料として利用されることを期待したい。飼料用米の栽培に関しては、様々な問題が含まれており、急激に増産とはいかないと思われるが、少なくとも休耕田が多く存在することを考慮すると飼料用米の生産は今後とも増えていく可能性を秘めている。食糧安保の問題もあり、自国で消費する食糧はできるだけ自国で生産することが国としての基本姿勢と思われる。

文 献

- CHE, T.M., V.G. PEREZ, M. SONG and J.E. PETTIGREW : 2012, Effect of rice and other cereal grains on growth performance, pig removal, and antibiotic treatment of weaned pigs under commercial conditions, *J. Anim. Sci.*, **90**, 4916-4924.
- CONG, O.N., B. TAMINIAU, D.P. KIM, G. DAUBE, G.N. VAN, J. BINDELLE, P.A. FALL, T.V. DINH and J.L. HORNICK : 2020, Effect of increasing levels of rice distiller's by-product on growth performance, nutrient digestibility, blood profile and colonic microbiota of weaned piglets, *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, **33**, 788-801. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0278>
- DENG, J., X. WU, S. BIN, T.J. LI, R. HUANG, Z. LIU, Y. LIU, Z. RUAN, Z. DENG, Y. HOU and Y.L. YIN : 2010, Dietary amylose and amylopectin ratio and resistant starch content affects plasma glucose, Lactic acid, hormone levels and protein synthesis in splanchnic tissues, *J. Anim. Physi. Anim. Nutr.*, **94**, 220-226.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構：2009, 「(2) 一般成分組成, 消化率, 栄養価：豚および鶏」, 日本標準飼料成分表（2009年版）, 106-107, 中央畜産会, 東京.
- 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構：2013, 1.2, 養分要求量の示し方, (2) アミノ酸および蛋白質, 1) 子豚, 肥育豚, 8, 表2.2.2.1, 必須アミノ酸要求量—総アミノ酸としての風乾飼料中含量（%）—, 18, 日本飼養標準豚（2013年版）,

中央畜産会, 東京.

- EBLING, P.D., A.M. KESSLER, A.P. VILLANUEVA, G.C. PONTALTI, G. FARINA and A.M. RIBEIRO : 2015, Rice and soy protein isolate in pre-starter diets for broilers, *Poult. Sci.*, **94**, 2744-2752.
- FUJIMOTO, H., N. FUJITA and R. TAKADA : 2018, Effects of a rice diet and phytase addition on growth performance, tissue weights, phosphorus and nitrogen retention, and on liver threonine dehydrogenase, malic enzyme and fatty acid synthase activities in broiler chicks, *Anim. Sci. J.* **89**, 770-776. <https://doi.org/10.1111/asj.12991>
- FUJIMOTO, H., K. MATSUMOTO, M. KOSEKI, H. YAMASHIRO, T. YAMADA and R. TAKADA : 2020, Effects of rice feeding and carnitine addition on growth performance and mRNA expression of protein metabolism-related genes in broiler grower chicks, *Anim. Sci. J.*, 1-6. e13390, <https://doi.org/10.1111/asj.13390>
- GONZALEZ-ALVARADE, J.M., E. JIMENEZ-MORENO, R. LAZARO and G.G. MATEOS : 2007, Effect of type of cereal, heat processing of the cereal, and inclusion of fiber in the diet on productive performance and digestive trial of broilers, *Poult. Sci.*, **86**, 1705-1715.
- 橋本果林・遠藤斗南・高田良三 : 2019, 飼料用米を活用した離乳子豚の飼料費削減技術の開発, *日豚会誌*, **56**, 1-7.
- 稲永敏明・津田健一郎・山下裕昭・家入誠二 : 2017, 種雄豚および繁殖雌豚への玄米の長期給与が繁殖性に及ぼす影響, *日豚会誌*, **54**, 142-149.
- 石田藍子・芦原 茜・小林裕之・勝俣昌也 : 2014, 育成豚における飼料用玄米の回腸末端アミノ酸消化率, *日豚会誌*, **51**, 159-167.
- 石田藍子・芦原 茜・勝俣昌也 : 2015, 生産現場における肥育豚への飼料用玄米およびカンショ残さの併給が飼養成績および肉質に及ぼす影響, *日豚会誌*, **52**, 64-72.
- 石田藍子・芦原 茜・井上寛暁・松本光史・田島清 : 2018, 授乳期の母豚への飼料用玄米給与が子豚の増体および母豚の免疫能に及ぼす影響, *日畜会報*, **89**, 47-54.
- JIMENEZ-MORENO, E., J.M. GONZALEZ-ALVARADE, R. LAZARO and G.G. MATEOS : 2009, Effects of type of cereal, heat processing of the cereal, and fiber inclusion in the diet on gizzard pH and nutrient utilization in broilers at different ages, *Poult. Sci.*, **88**, 1925-1933.
- 香川芳子 : 2002, 五訂食品成分表, 女子栄養大学出版部, 東京.
- 勝俣昌也・佐々木啓介・斉藤真二・石田藍子・京谷隆侍・本山三知代・大塚 誠・澤田一彦・三津本充 : 2009, 肥育後期豚への玄米の給与が皮下脂肪の性状に及ぼす影響, *日畜会報*, **80**, 63-69.
- 勝俣昌也・石田藍子・豊田裕子 : 2013, 生産現場で収穫した飼料用米の化学組成ならびに保管条件が玄米と粳米の脂肪酸度におよぼす影響, *日豚会誌*, **50**, 164-172.
- 勝俣昌也・芦原 茜・石田藍子・小林裕之 : 2015, 玄米によるトウモロコシの全量代替および玄米とカンショの供給が肥育豚の飼養成績と肉質に及ぼす影響, *日豚会誌*, **52**, 17-28.
- 小林博史・柳川道夫 : 1984, 豚の肉質改善に関する試験 (第5報) 飼料用米の給与が豚肉質に及ぼす影響, *埼玉試研報*, **22**, 71-77.
- KUBOTA, M., R. WATANABE, H. KABASAWA, N. IINO, A. SAITO, T. KUMAGAI and M. KADOWAKI : 2013, Rice protein ameliorates the progression of diabetic nephropathy in Goto-Kakizaki rats with high-sucrose feeding, *Br. J. Nutr.*, **110**, 1211-1219. <https://doi.org/10.1017/S0007114513000354>
- 桑田 滋 : 1986, 玄米の養豚飼料としての価値, *佐賀大農彙*, **60**, 17-26.
- 京谷隆侍・西牧由佳・菅野美樹夫 : 2014, 粳米の配合割合の違いが肥育後期豚の飼養成績, 枝肉成績および肉質に及ぼす影響, *日豚会誌*, **51**, 191-197.
- LI, T.J., R.L. HUANG, G.Y. WU, T.C. LIN, Z.Y. JIANG, X.F. KONG, W.Y. CHU, Y.M. ZHANG, P. KANG, Z.P. HOU, M.Z. FAN, Y.P. LIAO and Y.L. YIN : 2007, Growth performance and nitrogen metabolism in weaned pigs fed diets containing different sources of starch, *Livest. Sci.*, **109**, 73-76.
- MATEOS, G.G., F. MARTIN, M.A. LATORRE, B. VICENTE and R. LAZARO : 2006, Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice, *Anim. Sci.*, **82**, 57-63.
- MATEOS, G.G., E. LOPEZ, M.A. LATORRE, B. VICENTE and R.P. LAZARO : 2007, The effect of inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize, *Anim. Feed Sci. and Tech.*, **135**, 100-112.
- MENOYO, D., M.P. SERRANO, V. BARRIOS, D.G. VALENCIA, R. LAZARO, J. ARGENTE and G.G. MATEOS : 2011, Cereal type and heat processing of the cereal affect nutrient digestibility and dynamics of serum insulin and ghrelin in weanling pigs, *J. Anim. Sci.*, **89**, 2793-2800.
- 中島郁世・木村俊之・斉藤慎二 : 2019, 「オオナリ」給与による高トコトリエノール豚肉の開発, 自給飼料を活用した豚肉, 鶏肉, 鶏卵の差別化技術および低コスト生産技術の開発, 研究成果パンフ

- レット, 農林水産省.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL : 2012, Nutrient Requirements of Swine, The National Academic Press, Washington D.C.
- 農林水産省 : 2012, 豚への飼料用米給与による新規栄養機能の解明およびその実用化, 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業/研究紹介 2012, 26.
- 大武由之・中里孝之・真田 武・新井忠夫・滑川治朗 : 1971, 玄米給与が豚脂の脂肪酸ならびにトリグリセリド組成におよぼす影響, 日畜会報, **42**, 551-558.
- PARERA, N., R.P. LAZARO, M.P. SERRANO, D.G. VALENCIA and G.G. MATEOS : 2010, Influence of the inclusion of cooked cereals and pea starch in diets based on soy or pea protein concentrate on nutrient digestibility and performance of young pigs, J. Anim. Sci., **88**, 671-679.
- PIAO, X.S., D. LI, I.K. HAN, Y. CHEN, J.H. LEE, D.Y. WANG, J.B. LI, and D.F. ZHANG : 2002, Evaluation of Chinese Brown Rice as an alternative energy source in pig diets, Asian-Aust. J. Anim. Sci., **15**, 89-93.
- PLUSKE, J.R., P.M. SIVA, D.W. PETHICK, Z. DURMIC, B.P. MULLAN and D.J. HAMPSON : 1996, The incidence of swine dysentery in pigs can be reduced by feeding diets that limit the amount of fermentable substrate entering the large intestine, J. Nutr., **126**, 2920-2933.
- PLUSKE, J.R., B. BLACK, D.W. PETHICK, B.P. MULLAN and D.J. HAMPSON : 2003, Effects of different sources and levels of dietary fibre in diets on performance, digesta characteristics and antibiotic treatment of pigs after weaning, Anim. Feed Sci. Tech., **107**, 129-142.
- PLUSKE, J.R., L. MONTAGNE, F.S. CAVANEY, B.P. MULLAN, D.W. PETHICK and D.J. HAMPSON : 2007, Feeding different types of cooked white rice to piglets after weaning influences starch digestion, digesta and fermentation characteristics and the faecal shedding of β -haemolytic *Escherichia coli*, Brit. J. Nutr., **97**, 298-306.
- 高田良三・佐野拓哉・香川竜太郎 : 2020, 離乳子豚へのもちだわら, コシヒカリ給与が飼養成績・乾物および窒素消化率・血液性状・肝臓リジン分解酵素活性に及ぼす影響, 日豚会誌, **57**, 23-32.
- 高田良三・田坂雄介 : 2020, 第112回日本養豚学会講演要旨, 18.
- TASAKA, Y., K. TACHIHARA, R. KAGAWA and R. TAKADA : 2020, Effects of rice feeding on growth performance and protein (amino acids) metabolism in weanling piglets, Anim. Sci. J., **91** : e13311, 1-6, DOI: 10.1111/asj.13311.
- VICENTE, B., D.G. VALENCIA, M.P. SERRANO, R. LAZARO and G.G. MATEOS : 2008, The effects of feeding rice in substitution of corn and the degree of starch gelatinization of rice on the digestibility of dietary components and productive performance of young pigs, J. Anim. Sci., **86**, 119-126.
- VICENTE, B., D.G. VALENCIA, M.P. SERRANO, R. LAZARO and G.G. MATEOS : 2009, Effects of feeding rice and the degree of starch gelatinization of rice on nutrient digestibility and ileal morphology of young pigs, Brit. J. Nutr., **101**, 1278-1281.
- 脇屋裕一郎・大曲秀明・ト部大輔・河原弘文・宮崎秀雄・明石真幸・永渕成樹・井上寛暁・松本光史 : 2013, 玄米, 大麦および製茶加工残さの混合給与における玄米配合割合が夏季の肥育後期豚の飼養成績と肉質成績に及ぼす影響, 日豚会誌, **50**, 165-172.
- YAGAMI, K. and R. TAKADA : 2017, Dietary rice improves growth performance, mucosal enzyme activities and plasma urea nitrogen in weaning piglets, Anim. Sci. J., **88**, 2010-2015.
- ZHANG, D., D. LI, X.S. PIAO, I.K. HAN I.K., C.J. YANG, I.S. SHIN, J.G. DAI and J.B. LI : 2002, Effects of replacing corn with brown rice or brown rice with enzyme on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs, Asian-Aust. J. Anim. Sci., **15**, 1334-1340.