

給与試験:ベトナムにおける
米国産低フィチン酸大麦の
パンガシウス(Tra)への使用

2009



後援： アイダホ州大麦委員会および
アメリカ穀物協会

提出者：

Mr. Nguyen Cao

Vasa Feed HCMC VAN SANH Co.
Farm

ロクニン、タイニン、ベトナム

作成者： Budi Tangendjaja PhD,
USGC-SEA 技術コンサルタント



給与試験: ベトナムにおける 米国産低フィチン酸大麦の パンガシウス (Tra) への使用

抄録

パンガシウスはベトナムのメコン川デルタ地帯で商業養殖されている主要淡水魚の1種である。この魚は通常、池または平地河川に設置した貯留ケージで飼育される。一般に、パンガシウスの養殖では大豆粕、小麦副産物、魚粉、米副産物およびその他の原材料を含む市販の飼料ペレットが給餌されている。

本プロジェクトの一環として、アメリカ穀物協会は、ベトナム市場条件下で、パンガシウスの混合飼料にフィチン酸の少ない新たな高付加価値大麦品種を導入した。低フィチン酸大麦は豚および魚の商業市場向けに開発されたもので、含まれるフィチン酸は少ない。以前の研究によれば、魚は低フィチン酸大麦の有効リンを素早く吸収することができ、従って排泄される栄養成分が減少する。魚粉主体ミールを代替する低価格の飼料原材料としての可能性があるだけでなく、低フィチン酸大麦はより環境に優しいことも確かである。魚用の栄養成分として低フィチン酸大麦の普及を図るため、アメリカ穀物協会はエンドユーザーに対して利用可能な低フィチン酸大麦の飼料価値に関する技術的情報を提供する必要がある。

低フィチン態リン (P) (全リン含有率が0.35%であるのに対し、非フィチン態リンは0.24%) を含むこの新しい大麦品種は米国で開発された。アメリカ穀物協会は一般的な商業生産条件下でパンガシウスに対する低フィチン酸大麦給与の影響を評価するため給与試験を実施した。パンガシウスの浮餌には、0%、10%、20% および30%の大麦を配合した4種類の混合飼料を含めた。混合飼料のタンパク質含有率は26%、脂肪は5%で、大豆粕、キャッサバ、米ぬか、魚粉および魚油を含めた。大麦を使用する飼料では米ぬかを大麦に置換する飼料設計とした。飼料は試験池に設置したプラスチック製生け簀内の2,000尾のパンガシウス幼魚に給与し、各調製飼料は4回反復とした。パンガシウスは大麦を含む飼料をよく摂取した。大麦飼料を給与したパンガシウスの平均体重は641gで、対照飼料を給与したパンガシウスの平均体重は697gであった。対照飼料

を給与したパンガシウスの飼料要求率（飼料摂取量／増体量）は 2.28 で、大麦を給与したパンガシウスでは 2.5 程度であった。飼料中の大麦の割合が 10%から 30%に増加しても、成績への影響はわずかしかない。試験中の水質測定は 1 日 2 回（朝および午後）実施した。温度は 27°C から 29°C、溶存酸素量は 3.1 mg/L、pH は 7.8~8.1、アンモニアは <2 mg/L で、測定結果は試験飼料による水質変化のないことを示している。アメリカ穀物協会は、水質にいかなる悪影響も及ぼすことなく、パンガシウスへの給与飼料に低フィチン酸大麦を 30%まで含めることができるとの結論に至った。ただし、大麦配合による成績は、大麦を配合しない対照飼料を給与したパンガシウスの成績をわずかに下回った。

緒言

米国の農業大学および研究機関では、動物にとっての栄養価値を高めると同時に水質汚染を低減させる飼料用穀物および油糧種子の新たな品種の開発に従事している。低フィチン酸穀物および大豆の開発は、栄養成分、特に非反芻胃動物におけるミネラルの吸収を増加させ、排泄を低減させることを目的として行われている（Larson ら、1998; Raboy ら、2001; Dorsch ら、2003; Wilcox ら、2000; Hitz ら、2002; Oltmans ら、2005）。多くの植物生産物、特に穀物類はフィチン酸およびフィチン酸塩の形態でリンを含有し、豚、家禽および魚といった単胃動物はこうしたリンを利用することができない。

大麦は世界各地の主要飼料穀物のひとつである。大麦に含まれるタンパク質は約 11.3%で、代謝エネルギーは 2,910kcal/kg である（NRC、1998）。トウモロコシの入手が困難な国々では、大麦は豚、家禽、羊および山羊に給与されている。NRC は豚および家禽を対象とした栄養成分および飼料価値について報告しているが（1998、1994）、これに比べると魚を対象とした大麦の飼料価値については知られていない。大麦を魚に給与するための研究はわずかしか実施されていない。

一般的な大麦（6 条大麦品種）には 0.36%のリンが含まれ、生体利用可能リンは 0.1%である。最近になって、米国で大麦の新品種（クリアウォーター）が開発された。この新品種では、全リン含有率 0.35%中のフィチン態リンは 0.11%で、一般的な大麦よりも生体利用可能リン（非フィチン態）の含有量が多いと考えられる。この大麦品種については豚用飼料としての試験が行われ、新たな低フィチン酸大麦はカルシウムおよびリンの保持力を高め、排泄量が減少するという試験結果が得られた（Veum ら、2002、2007）。

材料および方法

給与試験はベトナム、タイニン省ロックニン所在の VAN SANH 社の試験養殖場において、2008 年 10 月から 2009 年 4 月まで実施された。この試験で使用した飼料は以下の 4 種類である。

1. TF-1 低フィチン酸大麦を含まない対照飼料
2. TF-2 低フィチン酸大麦を 10%含む飼料
3. TF-3 低フィチン酸大麦を 20%含む飼料
4. TF-4 低フィチン酸大麦を 30%含む飼料

すべての調製飼料の組成を表 1 に示した。主要原材料は米国産大豆粕、キャッサバ、米ぬか、魚粉および魚油で、DSM Co. Ltd.から入手したビタミン・ミネラル・プレミックスを添加した。

表 1. 低フィチン酸大麦を異なる割合で配合したパンガシウス用飼料の組成

原材料 (Thành phần)	大麦 0%	大麦 10%	大麦 20%	大麦 30%
米国産大豆粕 (Bả Nành)	430	430	430	430
米ぬか (Cám gạo)	300	200	100	0
低フィチン酸大麦	0	100	200	300
キャッサバ (Khoai Mì)	140	140	140	140
魚粉 55% (Bột Cá 55%)	93	93	93	93
魚油 (Dầu cá)	10	10	10	10
塩 (Muối)	1.6	1.6	1.6	1.6
コリン	1	1	1	1
メチオニン	2.1	2.1	2.1	2.1
DCP (可消化粗タンパク質)	11	11	11	11
石灰石 (Bột đá)	7	7	7	7
プレミックス DSM	5	5	5	5

サンプル概略：低フィチン酸大麦新品種（図 1）はアイダホ州で開発された。アイダホ州アバデインに所在する USDA の National Small Grains Germplasm Research Facility の研究によれば、クリアウォーターの名で知られるこの品種は、フィチン酸の含有量が 50%少ない。大麦のサンプルはアイダホ州大麦委員会から提供されたもので、アメリカ穀物協会が海上輸送費の支払の手配をした。約 21 メートルトンの低フィチン酸大麦がベトナムに向けて出荷された。

図 1：試験養殖場に到着した米国産低フィチン酸大麦



表 2. アイダホ州アバディーン所在の USDA、ARS（米国農務省農業研究局中央北部農業研究所）の分析によるアイダホ産クリアウォーター大麦の栄養組成

成分	単位	クリアウォーター大麦
タンパク質	%	12.7
β-グルカン	%	4.5
無機態リン	mg/g	1.24
フィチン態 リン	mg/g	1.04
全リン	mg/g	3.38
テストウエイト	kg/cu. m	673
(かさ当たり重量)	lb/bu	52.3
外皮	%	25

表 3. 低フィチン酸大麦の組成

	単位	クリアウォーター大麦
DM (乾物)	%	92.5
リン	%	0.35
フィチン態リン	%	0.11
灰分	%	1.98
OM (有機物)	%	98
CP (粗タンパク質)	%	12.5
総エネルギー	kJ/kg	18.2
デンプン	%	59.4
アミロース	%	16.8
アミロペクチン	%	39.4

写真2：パンガシウス大麦給与試験に使用した池。新たに建設された池で、適切な取水・排水システムを備えている。この池には約10万尾の幼魚を収容した。



写真3. 5m x 10m の浮生け簀 16 基が池に設置された。



ホーチミン市に所在する Van Sanh 社の飼料工場は同社の浮餌調製仕様に従って飼料を作成した。いずれの飼料もタンパク質含有率が 26%程度、脂肪が最低 5%となるよう調製した。試験初期のペレットのサイズは平均 3~4mm とし、魚体成長に従って後に 6~8mm のサイズに変更した。いずれの飼料もパンガシウスの体重が 50 グラムに達した後に給与した。6,000 平方メートルの池に設置した 16 基のナイロン製の網生け簀(メッシュ 1)それぞれに 2,000 尾を収容して飼育した。各飼料は 4 回反復とした。本試験は、供試魚が市場流通サイズである 1kg に達するまでの 6 ヶ月間継続することとした。

給与システム

幼魚ブリーダーから 50g のパンガシウスの幼魚 100,000 尾以上を購入し、試験開始までしばらく新しい生け簀条件に馴染ませた。初期飼料は 5%のバイオマスとし、1 日 2 回、7:30am および 3:00pm に給与した。初期の飼料給与量は飽食量の 95%とした。当初 5 日間の給与量は魚が 10 分以内に摂取することのできる量に 90%を乗じた量とした。続く 5 日間は 100%とした。この飼料給与管理は 10 日のサイクルで繰り返した。

計測

供試魚を抽出し、個体別体重測定を毎月実施し、総体重の測定については試験期間の中程および市場流通サイズである約 1kg 到達時に実施した。斃死率および飼料摂取量は毎日記録した。試験終了時、供試魚はばらつきを測定するため、サイズ別に仕分けた。その後、供試魚サンプルを用いて、魚体に含まれるタンパク質、脂肪および灰分を測定するための魚肉評価を行うこととした。飼料要求率を算出し、斃死体重修正を加え、増体量 kg 当たりの飼料コストを算出することとした。飼料 (250g) のサンプルを採取し、試験室で評価した。

統計分析

本試験には 1 個の反復試験用生け簀に付き 2,000 尾の供試魚を用い、4 種飼料、4 反復の完全無作為化法を採用した。データはコンピュータ・プログラム SAS のバージョン 6.12 を用いて分析した。飼料調製に基づく有意差は更にダンカン法を用いて分析した。

試験日程

開始 :	2008 年 10 月
中間試験報告 :	2009 年 2 月
終了 :	2009 年 4 月
最終試験報告 :	2009 年 5 月

要件

幼魚：	50g の幼魚 36,000 尾
飼料：	54,400 kg を 4 種の飼料に配分 (FCR 1.7、魚体重 1 kg、生存率 95%として)
生け簀：	5m x 10m の生け簀 16 基
池の面積：	6,000 平方メートル
サンプル：	8,160 kg (飼料総量 54,400 kg 平均配合率 15%)

結果および考察

飼料の物理特性

米国産低フィチン酸大麦を含む複合飼料は浮遊性に優れ、粉塵の少ない良質のペレット化が可能である。ペレットの色は米ぬか同様の淡い黄褐色で、他の飼料原材料の色に類似している。大麦にはベータグルカンが十分に含まれていることが知られている。ベータグルカンによりペレットの結合力が得られている可能性がある。

魚体成績

2ヶ月間新品種大麦を給与したパンガシウスの成績を表4に、6ヶ月間の試験終了時の成績を表5に示した。新品種大麦を給与した魚の体重(179.5g)は、大麦を含まない対照飼料を給与した魚の体重(205.1g)を下回った。大麦を給与した魚の飼料摂取量は、特に10%および30%の大麦を含む飼料を給与した場合にわずかに上回った。大麦を給与した魚の飼料要求率(4.5~5.0)は、大麦を含まない対照飼料を給与した魚の要求率(4.0)を上回った。

表4. 米国産低フィチン酸大麦を3ヶ月給与した後のパンガシウスの成績

調製飼料	試験開始時		試験中盤				
	魚数	体重 (g/尾)	魚数	体重 (g/尾)	飼料 摂取量 (g/尾)	斃死率 (%)	飼料 要求率
対照飼料 (0%)	2000	52	1980.3	205.1	605.3 ^b	0.99	4.00 ^b
大麦 10%	2000	52	1980.0	179.5	625.9 ^a	1.00	4.98 ^a
大麦 20%	2000	52	1977.5	179.5	568.3 ^c	1.54	4.53 ^{ab}
大麦 30%	2000	52	1969.3	179.5	625.8 ^a	1.13	4.98 ^a
SEM (標準偏差 平均)			5.1	7.5	1.5	0.26	0.26
P (リン) 値			0.421	0.077	0.000	0.421	0.059

** 同一列の異なる上付文字は有意差のあることを示す (P<0.05)。

表 5. 米国産低フィチン酸大麦を 6 ヶ月給与した後のパンガシウスの成績

調製飼料	魚数	平均体重 (g/尾)	飼料摂取量 (g/尾)	斃死率 (%)	飼料要求率
対象飼料 (0%)	1970.8	697.0 ^{a*}	1585.8 ^b	1.46	2.28 ^c
大麦 10%	1975.0	641.0 ^b	1602.8 ^a	1.25	2.50 ^a
大麦 20%	1964.3	641.3 ^b	1550.5 ^c	1.79	2.42 ^b
大麦 30%	1972.5	641.3 ^b	1605.0 ^a	1.38	2.50 ^a
SEM	4.9	6.4	3.8	0.24	0.02
P 値	0.478	0.000	0.000	0.473	0.000

*同一列の異なる上付文字は有意差のあることを示す (P<0.05)。

表 5 は大麦給与が体重、1 尾当たりの飼料摂取量および飼料要求率に及ぼす有意な影響のあることを示しているが、パンガシウスの生存率すなわち斃死率への有意な影響は認められない。パンガシウスへの大麦給与では、わずかに体重が劣るという結果となった。対照飼料給与では 697g、大麦給与では 641g で、飼料に含まれる大麦の割合による影響は認められない。パンガシウスは大麦を含む飼料を積極的に摂取し、大麦含有率が 20% の場合を除き、飼料に大麦が含まれると飼料摂取量が増加する傾向が見られた。飼料摂取量がわずかに上回る一方で体重が下回ったため、パンガシウスの飼料に大麦が含まれると、飼料要求率が対照飼料よりも増加する結果となった。対照飼料を給与したパンガシウスの飼料要求率 (FCR) は 2.28 で、大麦を給与した場合の FCR はこれを上回る 2.4~2.5 であった。

表 1 に示した飼料調製に基づき、パンガシウス飼料の大麦配合割合を引き上げて試験し、複合飼料中の米ぬかの同量を大麦に置換可能であることを見いだした。成績データは、新品種大麦の飼料価値が米ぬかの飼料価値と正に等価であり、飼料効率は米ぬかの値をわずかに下回ることを示した。低フィチン酸大麦と米ぬかとの詳細な比較、および豚に給与する場合のエネルギー価 (パンガシウスに関する情報は入手不能なため) を表 6 に示した。

表 6. エネルギー、タンパク質およびリン含有に関する米国産低フィチン酸大麦と米ぬかとの比較

栄養成分	単位	新品種大麦	米ぬか
可消化エネルギー	Kcal/kg	3050*	3100*
代謝エネルギー	Kcal/kg	2910*	2850*
脂肪	%	1.9*	13*
タンパク質	%	12.5+	13.3*
全リン	%	0.35+	1.61*
非フィチン態リン	%	0.24+	0.40*

- 1998年 NRC (米国学術研究会議) による豚を対象とした数値から抜粋、およびアイダホ州 ARS USDA の報告書から抜粋、乾物比

表 6 から、新品種大麦の栄養組成が米ぬかと類似していることは明らかである。米ぬかのフィチン態リンの含有量は多い（全リンの 75%）が、米ぬかでは全リンの含有レベルが高い（1.6%）ため、新品種大麦（0.24%）よりも米ぬか（0.40%）の方が非フィチン態リンの量が多いという結果になる。従って、本試験では新品種大麦に非フィチン態リンが多く含まれることによる利点を示すことができなかった。一方、米ぬかに含まれる脂肪量は新品種大麦の脂肪量を大幅に上回り、魚にとっては有益であることがあり、これが米ぬかを給与したパンガシウスの飼料要求率を好成績にしている可能性がある。いずれにせよ、新品種大麦の栄養成分の消化性に関するさらなる研究が必要である。

水質

生け簀の水質データ測定は1日2回、8amと4pmに実施した。測定結果を表7に示した。

表7. 新品種大麦配合率別のパンガシウス養殖池の温度、溶存酸素量、pH およびアンモニアのレベル

調製飼料	温度 (°C)		溶存酸素量 (mg/L)		pH		アンモニア (mg/L)	
	AM	PM	AM	PM	AM	PM	AM	PM
対照飼料 (0%)	26	28.5	3.1	3.1	7.8	8.1	< 2	< 2
大麦 10%	26	28.5	3.1	3.1	7.8	8.1	< 2	< 2
大麦 20%	26	28.5	3.1	3.1	7.8	8.1	< 2	< 2
大麦 30%	26	28.5	3.1	3.1	7.8	8.1	< 2	< 2

給与飼料に含まれる大麦の割合が変化しても、供試魚収容生け簀内の水質に変化は見られなかった。朝の水温は26°Cで、午後は28.5°Cであったが、これは日光の影響と考えられる。溶存酸素(DO)レベルは昼夜を通じて比較的安定しており、3.1mg/L程度で、魚の養殖には適切なレベルと考えられる。水のpH値はわずかにアルカリ性を示(7.8-8.1)し、魚の養殖には最適であると考えられるが、午後のpH値は朝の値をわずかに上回った。アンモニアレベルは<2で、検出限度を下回った。

結論

アイダホ州で開発された新品種大麦は、ベトナムのパンガシウス用飼料に30%まで配合することが可能である。パンガシウスは大麦を含む飼料を積極的に摂取したので、嗜好性に問題はない。新品種大麦の化学組成は現地で入手可能な米ぬかと同等であるが、新品種大麦の給与では、米ぬか給与魚と比較して飼料要求率がわずかに高かった。新品種大麦の給与による水質への影響は認められず、大麦の配合率を30%まで引き上げてもこの影響は見られなかった。

謝辞

低フィチン酸大麦のサンプルはアイダホ州大麦委員会により寄贈されたものである。本試験はアメリカ穀物協会とベトナム側のパートナーであるHCMC VAN SANH社が共同で実施した。

アイダホ州大麦委員会 : www.idahobarley.org

アメリカ穀物協会 : www.grains.org

References

- Dorsch, J. A., A. Cook, K. A. Young, J. M. Anderson, A. T. Bauman, C. J. Volkmann, P. P. N. Murthy, and V. Raboy. 2003. Seed phosphorus and inositol phosphate phenotype of barley *low phytic acid* genotypes. *Phytochemistry* 62:691–706.
- Hitz, W. D., T. J. Carlson, P. S. Kerr, and S. A. Sebastian. 2002. Biochemical and molecular characterization of a mutation that confers a decreased raffinose and phytic acid phenotype on soybean seeds. *Plant Physiol.* 128:650–660.
- Larson, S. R., K. A. Young, A. Cook, T. K. Blake, and V. Raboy. 1998. Linkage mapping of two mutations that reduce phytic acid content of barley grain. *Theor. Appl. Genet.* 97:141–146.
- NRC (1993). *Nutrient Requirements of Fish*. National Academy Press, Washington DC.
- NRC (1994). *Nutrient Requirements of Poultry*. National Academy Press, Washington DC.
- NRC (1998). *Nutrient Requirements of Swine*. National Academy Press, Washington DC.
- Oltmans, S. E., W. R. Fehr, G. A. Welke, V. Raboy, and K. Peterson. 2005. Agronomic and seed traits of soybean lines with low-phytate phosphorus. *Crop Sci.* 45:593–598.
- Raboy, V., K. A. Young, J. A. Dorsch, and A. Cook. 2001. Genetics and breeding of seed phosphorus and phytic acid. *J. Plant Physiol.* 158:489–497.
- Veum, T.L., D. R. Ledoux and V. Raboy. 2007. Low-phytate barley cultivars improve the utilization of phosphorus, calcium, nitrogen, energy, and dry matter in diets fed to young swine. *J. Anim. Sci.* 2007. 85:961–971.
- Veum, T. L., D. R. Ledoux, D. W. Bollinger, V. Raboy, and A. Cook., 2002. Low-phytic acid barley improves calcium and phosphorus utilization and growth performance in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 80:2663–2670.
- Wilcox, J. R., G. S. Premachandra, K. A. Young, and V. Raboy. 2000. Isolation of high seed inorganic P, low-phytate soybean mutants. *Crop Sci.* 40:1601–1605.