小麦胚芽の養魚飼料効果に関する研究—I.

コイに対する飼料効果について

福田 博 業・袈裟丸倉基

(1971 年 7 月 12 日受理)

Studies on the Nutritive Value of Wheat Germ as an Ingredient
in Feeds for Cultured Fish—I.
Acceptability for Young Carp*

Hironari FUKUDA and Kuraki KESAMARU**

Many reports have been published on the nutritive values of wheat germ as feed for poultry though no study has still been performed on wheat germ as feed for fish.

The present studies were carried out by the authors, for over a period of several years, to determine the feed efficiency of wheat germ for young carp, *Cyprinus carpio*, in their early stages of growth.

Results of our experiments indicated that wheat germ was excellent a feed for carps as was certain animal feeds, such as white fish meal, pupa of silk worm and neomysis.

The value of other vegetable feeds were proved to be markedly lower than wheat germ.

小麦胚芽（以下胚芽と略記）の飼料効果については、かなり古くから研究が行なわれており、胚芽中の蛋白質が高い生物価を有すると報告されており、CREEK ら¹⁾、WILLINGHAM ら²⁾、ADAMS ら³⁾によると胚芽を水または稀酸で処理し、あるいは酵素処理や蒸煮処理などを行なうことにより、ヒナに対する飼料効果が向上することを報告している。

しかし、魚類は陸上の動物とことなり、その生存環境や栄養要求を異にするため、上の結果をそのまま魚類にあてはめることは適当でない。魚類に対する胚芽の飼料効果については、従来、まったく研究が行なわれていない。胚芽は、小麦の精白および製粉の工程において、原料の 2% 内外が副産物として得られる。わが国の小麦消費量は年をおつて増加しており、昭和 44 年度の農林統計によると年間 500 万トンにのぼっている。

したがって、国内で副生している胚芽の量は年間 5~10 万トンと推定される。しかも、その単価は動物性飼料材（特にホワイトフィッシュミール）にくらべてはるかに安価である。

胚芽がすぐれた飼料材であることが立証されるならば、養魚飼料として幅広い用途を開くことができるものと考えられる。

著者らは 1965 年以来、胚芽の飼料的価値に着目して研究を重ね、胚芽が有効な飼料材であることを認めたので、以下に報を重ねて報告する。なお、本実験に使用した胚芽は、主として日清製粉(株)中央研究所から寄贈をうけたものである。ここに記して謝意を表する。

* 昭和 44 年 4 月 4 日、日本水産学会年会で講演した。

** 宮崎大学農学部水産増殖学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Miyazaki University. Funatsuka-cho Miyazaki, Japan)

Table 1. General composition of feed stuffs used.

Components (%)	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrate
Materials					
Raw wheat germ (A)	7.78~11.22	28.66~31.35	10.94~12.45	3.82~ 4.39	40.46~48.80
Defatted wheat germ (A)	8.53~10.50	29.80~35.05	0.81~ 0.95	4.53~ 4.73	48.56~56.33
" " (B)	7.15~13.25	27.01~34.00	0.41~ 1.77	3.90~ 4.82	51.23~56.64
" " (C)	8.66~ 8.72	11.57~17.80	0.57~ 0.63	3.35~ 4.80	68.12~75.80
" soy bean	10.12~12.96	39.55~46.36	1.38~ 1.53	5.45~ 5.77	36.34~41.12
" ground nuts	13.25~13.80	38.08~43.37	2.70~ 4.17	6.48~ 6.81	32.40~38.93
" sesame	10.13~10.45	42.32~44.93	1.21~ 1.27	12.53~13.02	30.71~33.43
Dried chlorella	10.66~13.04	47.35~52.43	4.97~ 6.89	4.90~ 6.70	22.66~30.11
White fish meal	8.01~ 9.23	64.28~67.25	6.48~ 7.55	15.15~17.46	1.48~ 3.11
Dried pupa of silk worm	7.42~10.63	45.06~53.72	24.49~26.66	3.74~ 3.79	8.41~16.08
" neomysis	7.70~10.79	59.21~61.98	2.56~ 5.43	10.36~12.00	12.57~17.47

Table 2. Comparison of the feed efficiency of various vegetable feed stuffs for carp.
 Each diet was composed of 95% of the vegetable feed stuffs, 2% of vitamin mixture*, 1% of mineral mixture** and 2% of binder***. Water temperature was maintained at 23~25°C. Feeding period: 30 days.

Diets	Wheat germ	Soy bean	Ground nuts	Sesame	Chlorella	Control Pupa of silk worm
Number of fish	100	100	100	100	100	100
Initial total body-weight (g)	505	505	505	505	505	505
" mean body-weight (g)	5.05	5.05	5.05	5.05	5.05	5.05
Final total body-weight (g)	992	693	662	596	703	963
" mean body-weight (g)	9.92	6.93	6.62	5.96	7.03	9.63
Body-weight increased (g)	487	188	157	91	198	458
" (%)	96.2	35.4	30.9	18.0	39.2	90.7
Rate of survival (%)	100	100	100	100	100	100
Feed intake (g)	612	489	539	312	391	570
" (%)	121.2	96.8	106.7	61.8	77.4	112.9
Feed efficiency (%)	73.3	36.5	28.9	29.0	50.1	80.3
Protein intake (g)	206	206	203	129	209	331
Protein efficiency (%)	236.4	90.8	77.3	70.5	94.7	138.4
General composition of diet						
Moisture (%)	12.8	11.2	10.2	10.5	10.7	10.6
Crude protein (%)	33.7	42.4	37.7	41.3	53.4	58.1
" fat (%)	1.4	1.4	1.8	1.3	7.0	24.5
" ash (%)	5.0	5.7	6.5	12.5	4.9	3.7
Carbohydrate (%)	47.2	39.2	43.9	34.4	24.0	3.1

* Vitamin mixture contained the following: (mg per kg diet) thiamine 24, riboflavin 60, pyridoxine 16, cyanocobalamin 0.04, choline chloride 800, p-aminobenzoic acid 140, Ca-pantothenate 112, nicotinic acid 100, inositol 120, biotin 0.2, folic acid 8, ascorbic acid 200, α -tocopherol 60, menadion 2 mg, A₁ 10,000 and D₃ 2,000 IU.

** McCollums salt No. 185.

*** Locust bean gum (Produced by Ueno Pharmaceutical Co. LTD.).

実 験 方 法

供試魚 学内の養魚池で孵化育成したコイ *Cyprinus carpio* の幼魚で、体重 2~10 g、体長 4~9 cm までのものを、その都度篩選別して供試した。供試魚は選別、薬浴（硫酸キニーネ 10 万分の 1、硫酸銅ネグボン 100 万分の 1）を行なつたのち、実験用水槽で 15 日間以上、市販ペレットで充分馴致し、本実験開始前日に再度選別して各群を均等に配置した。

飼育条件 飼育室内に並列して配置した飼育水槽（40 l 容ガラス水槽または 200 l 容コンクリート水槽）を用いて飼育した。飼育用水は、地下水を主タンク内で水温 20~25°C に加温したのち、各実験槽に注水した。各飼育槽の換水率は 40 l 槽で 8 回/日、200 l 槽で 4 回/日程度に調整し、充分に通気した。

投餌 投餌は 1 日 3 回（9:00, 12:00, 15:00）行ない、毎回飽食するまで給与し、残餌がでないように特に留意した。

以上の方法で 30 日間飼育実験を行なつた。

飼料の調製 市販の胚芽を粉碎し、粒度を 20 mesh 以下に篩別、ビニール袋に脱気密封して 5°C の冷蔵庫中に貯蔵し 1 ヶ月を越えないうちに使用した。脱脂胚芽の場合、上記の胚芽をヘキサンで脱脂した。他の飼料材についてもほぼ同じに取り扱い、飼料材とした。

飼料は各試験区ごとの表に示した割合で配合し、適量の水を加えて十分に練り合わせたのち、チョッパーを用いて成型し径 2 mm、長 2~3 mm の風乾ペレットに調製した。

なお、飼料の調製にあたり、飼料主材料以外の配合物として混合ビタミンはニジマス用で長野県水産指導

Table 3. The results of feeding experiment with the diets compound of wheat germ and wheat bran in different rates. Water temperature was maintained at 20~23°C. Feeding period: 30 days.

Diets	Wheat germ* (%)	10	30	50	70	90	100
	Wheat bran* (%)	90	70	50	30	10	0
Number of fish (g)		15	15	15	15	15	15
Initial total body-weight (g)		195	195	195	195	195	195
" mean body-weight (g)		13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Final total body-weight (g)		231	232	270	299	329	351
" mean body-weight (g)		15.4	15.5	18.0	19.9	22.0	23.4
Body-weight increased (g)		36	37	75	103	134	156
" (%)		18.3	19.1	38.6	53.0	68.8	79.8
Rate of survival (%)		100	100	100	100	100	100
Feed intake (g)		168	171	237	256	270	290
" (%)		86.2	87.8	121.5	131.2	138.3	148.5
Feed efficiency (%)		21.2	21.8	31.7	43.4	49.8	53.7
Protein intake (%)		30	38	60	74	97	111
Protein efficiency (%)		117.1	97.1	124.5	138.8	138.6	140.7
General composition of diet							
Moisture (%)		11.4	11.4	11.4	11.3	11.3	11.3
Crude protein (%)		15.9	19.7	22.4	25.7	31.8	33.9
" fat (%)		0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4
" ash (%)		5.0	4.8	4.7	4.5	4.5	4.5
Carbohydrate (%)		67.4	63.8	61.2	52.0	52.0	49.9

* Wheat germ and wheat bran used was defatted.

所処方のもの 2%, 混合無機塩は McCOLLUM の処方のもの 1%, 結着剤は上野製薬(株)製のロビンガムを 2% それぞれ使用した。増量材を必要とする場合は α -澱粉を用いた。したがって、単味の飼料材を用いる試験区では、主材料の配合割合は 95% であり、2 種類以上の飼料素材を主材料として配合する試験区では、その合計が 95% である。

飼料効果の判定 摂餌率、増体重率、飼料効率および生残率などから、総合的に飼料効果を判定した。

結果と考察

1) **胚芽と他の植物性飼料材との比較** 植物性飼料材として胚芽の他に脱脂大豆、脱脂落花生、脱脂胡麻および乾燥クロレラを使用した。これらの植物性飼料材の一般成分組成は Table 1 に、飼育試験の結果は Table 2 に示した。

その結果を摂餌率、増体重率および飼料効率などについて比較すると、胚芽がすべてについて最も高い効果を示した。各群の間の平均体重における t 検定の結果、胚芽と他の飼料材との間には 1% の危険率で有意の差がみとめられた。これらのことから、胚芽はコイに対して嗜好性にすぐれ、飼料効率も高い飼料材であることをみとめた。

2) **胚芽の品位による飼料効果の差異** 一般に胚芽と呼ばれるものでも、その品位により成分の組成に差があることが知られている^{4,5)}。そこで、著者らは純度の高い胚芽と胚芽分の少ない小麦ふすま(以下ふすまと略記)とを種々の割合で混合した飼料を調製し、コイの飼育試験を行ない、その結果を Table 3 に示した。

その結果、胚芽分が多いほど摂餌率、増体重率および飼料効率ともに高い値を示し、飼料中の胚芽分が多

Table 4. Comparison of wheat germ and animal feed stuffs as ingredients of carp feed. Water temperature was maintained at 20~23°C. Feeding period: 30 days.

Experimental No. Diets	(I)		(II)			
	Raw wheat germ	Dried pupa of silk worm	Defatted wheat germ	Dried pupa of silk worm	Dried neomysis	White fish meal
Number of fish	200	200	100	100	100	100
Initial total body-weight (g)	460	460	648	650	648	648
" mean body-weight (g)	2.30	2.30	6.48	6.50	6.48	6.48
Final total body-weight (g)	952	764	1176	1381	1149	1161
" mean body-weight (g)	4.76	3.82	12.00	14.09	11.72	11.84
Body-weight increased (g)	492	286	528	731	501	513
" (%)	107.2	59.8	81.5	112.5	77.3	79.2
Rate of survival (%)	100	100	98	98	99	98
Feed intake (g)	672	496	709	770	713	888
" (%)	146.1	103.8	109.4	118.5	110.0	137.0
Feed efficiency (%)	73.2	57.7	74.2	94.9	70.3	57.8
Protein intake (g)	199	258	239	448	441	595
Geneaal composition of diet						
Moisture (%)	11.0	10.1	11.0	10.8	11.4	9.0
Crude protein (%)	29.6	52.1	33.7	58.2	61.9	67.0
" fat (%)	9.1	24.5	1.1	22.8	2.5	4.7
" ash (%)	3.5	4.3	4.0	4.5	11.6	13.5
Carbohydrate (%)	54.8	9.1	50.2	4.7	12.6	5.8

Table 5. Composition of diets containing 17 and 25% protein.

[illegible]

Table 6. Results of feeding experiment with the diet containing 17 and 25% of protein. Water temperature was maintained at 24~25°C. Feeding period: 30 days.

Diets	Protein level at 17% groups						Protein level at 25% groups				
	Defatted wheat germ			Defatted pupa of silk worm	White fish meal	Commercial diet	Defatted wheat germ		Defatted pupa of silk worm	White fish meal	Commercial diet
	(A)	(B)	(C)				(A)	(B)			
Number of fish	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Initial total body-weight (g)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
" mean body-weight (g)	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Final total body-weight (g)	846	986	837	824	883	859	962	994	847	786	1051
" mean body-weight (g)	16.9	21.4	17.1	16.5	17.7	17.2	19.2	19.9	18.9	15.7	21.0
Body-weight increased (g)	346	486	337	324	383	359	503	534	387	326	590
" (%)	69.3	97.1	67.4	64.8	76.7	71.8	109.3	116.1	84.2	70.8	128.3
Rate of survival (%)	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Feed intake (g)	756	906	616	612	663	956	962	959	711	839	901
" (%)	151.3	181.2	123.3	122.3	132.7	191.1	209.1	208.4	154.5	182.3	195.8
Feed efficiency (%)	45.7	53.5	54.6	52.9	57.7	37.5	52.2	55.7	54.4	38.8	65.4
Protein intake (g)	132	160	108	104	109	162	251	250	182	214	232
Protein efficiency (%)	262.8	303.5	311.0	310.1	351.8	221.6	200.1	213.8	213.7	162.5	255.0
General composition of diet											
Moisture (%)	10.0	11.9	9.8	12.4	12.0	10.5	10.1	11.4	14.6	13.6	12.8
Crude protein (%)	17.4	17.7	17.6	17.1	16.4	17.0	26.1	25.9	25.6	25.5	25.7
" fat (%)	0.6	0.4	0.9	0.5	0.4	1.0	1.6	0.5	2.0	0.5	1.6
" ash (%)	3.1	4.7	5.2	3.6	3.7	4.7	5.5	6.0	0.3	4.9	6.7
Carbohydrate (%)	68.9	65.3	66.5	66.4	68.5	66.8	56.7	56.0	58.5	55.5	53.2

くなるほど総合的に飼料効果の高まることが知られた。

この実験では飼育水温がやや低かった (20~23°C) ために、幾分飼料効果が低い、胚芽とふすまとの配合比率が 70 対 30 までは実用的な効果が期待できることをみとめた。

3) 胚芽と動物性飼料材との比較 動物性飼料材として一般的に広く使用されているホワイトフィッシュミール (以下ホワイトミールと略記)、蚕蛹およびイサザアミと胚芽との比較試験を行なった。用いた飼料材の一般成分組成は先の Table 1 に示した通りである。

飼育試験の結果を Table 4 に示した。この結果から総合的にみて、胚芽がホワイトミールや蚕蛹などと比べて、ほぼ同等の高い飼料効果を有することをみとめた。

この実験に使用した胚芽飼料中の蛋白質含量は、動物性飼料中の蛋白質含量の約 2 分の 1 程度であるにもかかわらず、コイに対してすぐれた飼料効果を示したことは、コイにおける飼料材として、胚芽が特異な要素をもつものではないかと考える。

4) 飼料中の蛋白質含量をほぼ等しくした場合の飼料効果の比較 胚芽の蛋白質含量が動物性飼料材のそれにくらべて、はるかに少ないにもかかわらず、動物性飼料材に匹敵する飼料効果を示したことから、次に、飼料中の蛋白質含量を均等にして、それらの飼料効果にどのような差異があるかをみた。

試験した蛋白質レベルは 17% と 25% であるが、17% レベルの場合は蛋白質含量が最も低い胚芽 C に合わせ、25% レベルの場合は胚芽 B の蛋白質含量に合わせた。なお、蛋白質含量が基準より高いものは α -澱粉を増量材として加えて蛋白質レベルを調整した。これらの飼料の配合表を Table 5 に、飼育試験の結果を Table 6 に示した。

まず、17% 蛋白質レベルの飼料群についてみると、増体重率では胚芽 B 区が最も高い値を示し、飼料効率では胚芽 B 区と C 区が、ホワイトミール区について高い効率を与えた。

また、蛋白質効率ではホワイトミールに劣るが、蚕蛹とはほぼ同等の効率が胚芽 B 区と C 区にみとめられた。

次に、25% 蛋白質レベル飼料群についてみると、増体重率、飼料効率および蛋白質効率において、市販の配合飼料区 (市販の配合飼料ペレットを粉碎して再調製) が最も高く、胚芽 A 区と B 区がこれについて高い値を示した。

以上の結果を総合的に比較すると、一貫して胚芽は高い飼料効果を示し、従来いわれてきたように、植物性蛋白質の栄養価が動物性蛋白質のそれに劣るということは、胚芽については例外的であると考えられる。

従って胚芽を飼料材として使用する場合、比較的に低蛋白であるがコイに対しては動物性飼料材に匹敵する飼料効果を有することが明らかである。

要 約

胚芽のコイに対する飼料効果を検討し、次の結果を得た。

- 1) 胚芽は脱脂大豆その他の植物性飼料材にくらべて、はるかに高い飼料効果をもつことをみとめた。
- 2) 胚芽の品位の良いもの、すなわち、胚芽分の多いもの程、飼料効果が高い。
- 3) 胚芽はホワイトミール、蚕蛹およびその他の動物性飼料材にくらべて、低蛋白質含量にもかかわらず、それらと同等の高い飼料効果を示した。
- 4) 飼料中の蛋白レベルを 17% および 25% に調製した飼料でコイを飼育した場合にも、胚芽区はホワイトミール、蚕蛹などの動物性飼料区と同等かまたはそれ以上の高い飼料効果を示した。

References

- 1) R. D. GREEK, V. VASAITIS, and G. SCHUMAIER: *Poultry sci.*, **40**, 822~824, (1961).
- 2) H. E. WILLINGHAM, K. C. LEONG, J. M. GINNIS, and L. S. JENSEN: *Poultry sci.*, **40**, 1470, (1961).
- 3) O. L. ADAMS, and E. C. NABER: *Poultry sci.*, **40**, 1369~1370, (1961).
- 4) H. S. BAYLEY, J. D. SUMMERS and S. J. SLINGER: *Poultry sci.*, **45**, 557~563, (1968).
- 5) E. M. OLSEN, J. D. SUMMERS, and S. J. SLINGER: *Can. J. Animal sci.*, **48**, 215~220, (1968).