

ブロイラー育成を成功に導くために極めて重要なポイントは、特に寒が厳くなる冬期に糞料の状態を見好に保つことである。そのために栄養学者ができる対応策がいるいとある。

あらゆる腸管の異常は、糞料の状態に影響を与える。また、図によって、飼料中に抗菌性成長促進剤、動物性タンパク質、魚粉を使わなくなってきたが、そのことが糞料の状態に影響している。異常の程度、重症度は地域、鶏の飼養形態、季節によって異なる。

腸管の異常としては、クロストリジウム・パーフリンゲンズによる「壊死性腸炎」と腸内の細菌叢の異常増殖による「正常細菌叢の乱れ (dysbacteriosis)」が知られている。

成長促進剤の「代替品」が出て来ており、いくつかの養鶏企業に使われ続けているものもある。そのなかにはプロバイオティクス（非生物製剤）、プロバイオティクス（生物製剤）、病原体殺菌剤、有機酸、エッセンシャルオイルなどがあり、これらを組み合わせで利用している。養鶏産業はこれぞ万能薬という、なにかひとつの代替食品にたよるのではなく、有効な手段をいろいろ組み合わせることによって腸炎対策を知り込んでいる。

今日の養鶏管理者にとって大切なことは、昨今叫ばれている環境コントロールをしっかりすると同時に、疾病の早期発見、早期治療など腸の異常を防ぐための事前の対応をとることである。

腸炎を防止する上で栄養学者の役割は、ますます重くなってきている。つまり、従来の抗菌性成長促進剤に代わって、今日では「腸に優しい」飼料を給与することによって腸炎を防止していかなくてはならない。

腸の健康を考えた給餌の前提となっているコンセプトは、基本的には腸内細菌叢を安定させることである。細菌叢が安定するほど腸内の異常は減り、生産性はあがる。タンパク質・アミノ酸、エネルギー（糖や脂肪）、繊維、ミネラルレベルと電解質のバランスなどの栄養素が腸内細菌叢に及ぼす影響について考慮しなければならない。

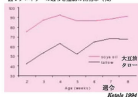
以下、特定の原料の影響、飼料添加物、飼料製造技術などについて述べる。また、穀物、最適な酵母の利用法、脂質、粒子サイズ、腸胃の発達、ペレット化などについても述べる。

腸内環境に影響する栄養要素

飼料中の脂肪供給源

脂肪の由来により消化率が異なることは既によく知られている。不飽和脂肪を多く含む脂肪は消化がよい。図1は動物性脂肪（飽和脂肪）の代表であるタローと植物性脂肪（不飽和脂肪）の代表である大豆油の消化率を比較したもので、大豆油はタローより消化率が高い。また、幼鳥は運動の速いものほど脂肪や油を消化できないことも知られている。

図1 ブロイラーの養命と脂肪の消化率 (%)



小麦やライ麦が主成分となっている飼料中の、キシターゼ中心の酵素は、成長という観点から見ると飼料中の脂肪のタイプに強く影響されることが、実験的に証明されている（表1）。また、大豆油飼料と比べて動物性脂肪飼料の方が、飲水量が多く、リッター水分の上昇を招くと考えられる。

表1: コンドキシターゼ添加のブロイラー成績に及ぼす影響上、脂肪供給源と飲水量の関係（1～21日齢）

餌	脂肪源	酵素添加	増産 (g)	飼料摂取量 (g/羽日)	水: 飼料比
1	大豆油	—	6.63	4.8.7	1.8.8
2	大豆油	+	6.3.8	4.7.3	1.8.8
3	動物	—	6.6.7	4.7.3	1.9.7
4	動物	+	6.2.1	4.8.6	1.9.5

Longhurst 1988

脂肪は小腸内の飼料の滞留時間に影響を与えることが知られている。不飽和脂肪酸（植物性脂肪）はキームス（小腸内容）の小腸内での滞留時間を伸ばす。これらの脂肪は十二指腸から腸胃へのキームスの逆流を刺激していると考えられている。従って、

脂肪のタイプは消化率だけでなく、小腸内での微生物活性にも影響していると推測される。未発表ではあるが、オランダの ILOB で行われた実験では、鶏の回腸における微生物活性を分析するため、10%の大豆油または動物油を含む飼料を与えたところ、大豆油を与えた群の方が、微生物活性が低かった。したがって、飽和脂肪（動物性脂肪）の方が細菌叢の安定にマイナスに作用すると思われる。腸内細菌叢を不安定にすることは腸のコンディションに影響する。

大切なポイントは、特にスターター飼料には、消化の良い油脂原料を使うようにすることである。

飼料中のタンパクレベル

飼料中のタンパク質が多すぎると、代謝後腎臓を経て尿酸として排泄される。これは水を大量に消費することにつながる。目安として1%タンパク質を増やすと3%飲水量が増えると考えてよい。飲水量が増加するのは、タンパク質含有量が増えるためだけでなく、大豆由来のカリウムが増えるためでもある。ほとんどの飼料において主要なタンパク供給源といえば大豆であり、これはまた他の原料と比較して、かなりの量のカリウムを含んでいる。カリウム含量が多いと飲水量が増え、当然水の排泄が増えることになる。したがって、大豆由来の高タンパク飼料を与えると飼料中のカリウム量が増え、飲水量が増加し、排泄物の水分が増加することになる。飼料中のミネラルレベルの項参照。

敷料が湿るのは、やわらかい糞便によるのではなく、腎臓での水分の過剰排泄によるものであることに注意すべきである。

粗タンパクや総アミノ酸ではなく、可消化アミノ酸に注意して飼料給与を考えると窒素の排泄を減らし、ひいては敷料の状態を改善するのに有効であることがわかってきた。過剰にタンパク質を摂取すると、窒素が腎臓で脱アミノ化されて、尿酸として分泌されるので、飲水量の増加を招く。

可消化アミノ酸を基に飼料成分を設計し、タンパク質給与とは必要最小限にする。

スターチの消化性

最近の研究によると、スターチの由来により消化速度が異なり、そのことが鶏の育成に影響していることがわかってきた。研究者たちは鶏に2種類の飼料、つまり早く分解されるスターチの割合が高い飼

料と割合が低い飼料を与える実験を行ったところ（表2）、消化の遅いスターチの割合が多い飼料を与えた群の方が消化の遅いスターチの少ない群よりも良好な成績を示した。消化の遅いスターチは、タンパク質やアミノ酸の消化効率を高めるといわれている。スターチの消化速度は、小腸内でのアミノ酸利用率に影響するだけでなく、腸内細菌叢の形成に影響する。消化の遅いスターチ（エンドウ豆やトウモロコシ）を給与した実験では、腸内細菌叢に変化が起こり、消化の早いスターチ（タピオカや小麦）を給与した群に比べ、腸炎の起因菌であるクロストリジウム・パーフリングェンスが減少し、善玉菌である乳酸菌が増加する傾向であった。

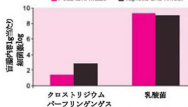
表2：選消化性スターチ（SDS）を多く与えた場合（H）と少なく与えた場合（L）のプロイラーメスの体重、増体、飼料摂取量、FCR（N=6）

期間 (日)	パラメーター	H	L	SEM	スターチ 効果 P値
0~38	体重(g)	1823	1729	13	<0.01
	飼料摂取量(g)	3093	3002	32	0.07
	FCR	1.734	1.777	0.009	0.01

P.J. van der Aar et al 2003

スターチの消化速度とアミノ酸吸収速度は、盲腸内細菌叢が成長するのに必要な養分の利用率に影響することが示唆されている（図2）。

図2：飼料配合がプロイラーの盲腸内細菌数に及ぼす影響
エンドウとトウモロコシ タピオカと小麦



E Weurding 2002

また飼料の加熱処理方法によって、スターチの消化速度が著しく影響されることが明らかになっている。つまり、熱処理がしっかりされているほど、消化速度が速くなると考えられる。スターチの消化をほどよくすることが、細菌叢の形成に良い影響を与える。

最近の研究では小腸内の部位によって、スターチ消化が著しく違うことがわかってきた（表3）。飼料原料を大きく2つに分類すると、遅消化性原料と早消化性原料に分かれる。

表3：様々なスターチ源を含む飼料をブロイラーに給与した際の小腸内の各部位での消化率

スターチ源	十二指腸後部	回腸前部	回腸後部	全腸管
	摂取されたスターチ			
小麦	88.2	92.9	94.4	93.8
トウモロコシ (ハンマーミル)	88.8	95.3	96.9	97.4
大麦	89.8	97.3	98.1	98.3
マメ	36.1	62.9	72.3	74.5
モロコシ	83.7	93.0	95.3	95.4
エンドウ	57.4	73.0	80.4	81.0
ホースビーン	57.0	74.8	81.6	81.6
タピオカペレット	97.7	98.7	98.9	98.9
ローボテスターチ	19.8	25.3	32.9	31.7

B Wearding 2002

基本的なポイントとして、栄養学者は、原料のスターチ消化率のことばかり考えないで、消化速度と腸内細菌叢の影響にも注意すべきである。

飼料のミネラルレベル

カリウムは血液の水分と酸塩基平衡の維持に関与している。飼料中のカリウムレベルが一定以上に達すると、飲水量が増えることはよく知られている。一般的に飼料中のカリウムレベルが0.9%を超えるると水の飲み過ぎの状態になると考えられている。飼料中のカリウム含量を増やした実験でも明らかに飲水量が増えた。栄養学者は普通、飼料成分値の最大レベルを0.9~0.95%の間に設計している。

飼料中の主なカリウム供給源は大豆である。したがって飼料中の大豆をなるべく少なくすることが重要である。カリウム過剰を防ぐため、通常大豆製品と最大配合割合は約35%である。

カリウム同様、ナトリウムも飲水量増加に関与しているが、特に食塩をサプリメントとして与えて高Naレベルの場合によく見られる。一般的にNaレベルが0.24を超えるると排泄物の水分含量が増加すると考えられている。

電解質バランス

電解質は体液とイオン平衡を維持し、鶏は血液電解質バランスを制御することで、pHを一定に維持している。鶏の電解質バランスを主に調整しているのはNa、K、Clである。栄養学者はこれら3つの電解質バランスを考えて飼料設計をしている。Monginの公式による指針ではおよそ250mEq/kgとされている。最新の研究によるとスターターでは246~315、グロウワーでは249~257が理想とされている。その他、増体、FCRを最高にするにはそれぞれ236、207としている研究もある。しかし、ブロイラー飼料の目標電解質レベルは確立されていないので、飼料設計者は今のところ推奨されている250mEq/kgに合わせてるのがよいだろう。

腸内コンディションに影響する飼料原料

穀物類

穀物は非でんぷん多糖体（NSP）とよばれる繊維を含み、その中には水溶性で腸内容の粘度に作用するものがある。腸内の粘度が上昇すると、栄養素の消化と吸収が妨げられ、水分の消費が増し、排泄物の水分量が増え、糞料の状態が悪化する。穀物はその種類によって含まれる非でんぷん多糖体レベルが違う（表4）。トウモロコシが最も少なく、大麦が最も多い。あるNSPは他のNSPより腸内の粘度により強く影響する。βグルカンやアラビノキシランがもつとも影響が大きい。NSPのタイプは穀物の種類によって異なり、大麦は他の穀物と比べてβグルカンレベルが高い。よって、小麦と大麦が主成分の飼料ではその他の飼料より、腸内粘度に与える影響は大きい傾向がある。

表4：各穀物における非でんぷん多糖体（NSP）含量

	大麦	トウモロコシ	小麦
アラビノキシラン(g/kg)	65	44	58
βグルカン(g/kg)	40	—	7

添加酵素

小麦と大麦主体の飼料や時にはトウモロコシと大豆主体の飼料でも酵素が使われている。これらの酵素は大きな複合多糖体となっている炭水化物を分解して粘度を下げ、間接的に腸内細菌叢の成長を調節している。その結果、

- エネルギー、タンパク質（アミノ酸）、ミネラル、また特に脂肪の消化率が上昇する。
- 排泄物の粘度を下げる。
- 水分排泄が減少し、糞料の状態が改善される。

飼料原料に応じて最適な酵素を使う必要がある。ブローラー飼料はコスト、規制、使用できる原料に応じて原料の配合割合が変わるため、飼料中のNSPレベルや種類が影響を及ぼす。動物性タンパクを使わず、大豆粕やエンドウなどの植物性タンパクを増やす傾向が出て来ている国もある。栄養学者にとって重要なことは、酵素を利用することが有効かどうか評価すること、最高の活性を示す酵素を選ぶこと、そして穀物の種類を突然変えないようにすることである。

推奨する酵素の選び方

- 一有効量や活性はin vitro（試験管内）での実験データに基づいたものでないこと。
- 一腸内の低pHに耐えられて、かつ広いpH範囲でよく作用すること。
- 一由来や投与量、国際酵素番号、登録番号が明記されていること。
- 一熱に対する安定性のデータを調査すること。

粒子サイズと腸胃に対する刺激

大粒の全粒穀物、もしくは大きい繊維粒子（例えば殻付きエン麦など）を与えると、腸胃サイズは大きくなる。腸胃運動が刺激となって胃十二指腸の逆流、腸胃活性に影響を与える。下図は飼料として全粒小麦とひき割小麦を与えた際の腸胃の発達を示したものである（図3）。また、難溶性粗繊維を与えるとスターチの消化率が上昇し、腸内通過時間が延長されたという実験データもある。

図3：ブローラーの腸胃の発達に及ぼす、全粒小麦と挽き割り小麦の影響



全粒小麦



挽き割り小麦

Hotland et al 2003

腸胃の機能を刺激するため、全粒小麦を使うのは有効だが、最高の成績を維持するためには栄養価の高いバランサー飼料を同時に用いることが望ましい。

キーポイントは、飼料設計者、製造者は、現行の市販飼料よりも腸胃を大きくすることのできる飼料を作ることができることである。

原料の粉砕

腸炎を誘発させるためクロストリジウム・パーフレングス（Clostridium perfringens）を接種された鶏での研究では、ハンマーミル小麦よりローラーミル小麦を含む飼料の方が、減耗率が低くなることがわかった（表5）。

減耗率の差は粉砕された原料の粒子サイズによる。ローラーミル小麦はほとんどが顆粒状粒子で、7.3%だけが粉末粒子であるのに対し、ハンマーミル小麦は22.7%が粉末粒子である。前に述べたように、粒子サイズが小さいほど腸胃の機能が向上し、消化がよくなると考えられる。

このデータからわかる重要ポイントは、特に小麦ベースの飼料を使う場合、粒子の細かい粉状のものなるべく少なくすることである。これは成長促進剤を使っていない場合、特に重要と思われる。

表5：致死性腸炎の原因菌であるクロストリジウム・パーフレングスとコクシジウムを感染させたブローラーにおける穀物の粉砕方法と飼料中の穀物成分の影響

処理	飼料の種類		42日齢での成績		致死率
	穀物	粉砕方法	体重	飼料重量	
1	トウモロコシ	ハンマー	1.749	1.946	2.9
2	小麦	ローラー	1.733	1.834	18.1
3	小麦	ハンマー	1.659	1.861	28.9
4	トウモロコシ/小麦	ハンマー/ローラー	1.765	1.902	3.4
5	トウモロコシ/小麦	ハンマー/ローラー	1.757	1.871	12.6

Branton et al 1987

加熱処理

小麦をエクストルーダーやペレットにすると、飲水量に影響することが知られている。ペレットにする際の温度を60℃から90℃に上げると、水：飼料の比は上がる。小麦ベースの飼料を与えられている鶏では飲水量が増加すると、飼料の粘度が増す。すなわち、これは温度が上昇してNSPの溶解性が増したからだと考えられる。したがって小麦や大麦をベースにした飼料を使う場合は酵素を使わなくてはならない。

植物性タンパク質

動物性タンパクや魚粉を使わなくなった地域では、植物性タンパクの使用が増えている。植物性タンパク源にはオリゴサッカライドのような不消化性炭水化物を含み、消化吸収を阻害する。飲水量増加や糞中の水分含有量に影響する腸の問題や消化異常が増える傾向がある。

表6：鶏用飼料に使用される主な植物成分と、その中で腸の健康に影響を与える可能性のある成分

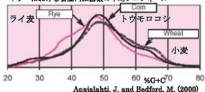
原料	問題を起こす可能性のある成分
トウモロコシ	レクチン、フィチン、抵抗性スターチ
小麦	アラビノキシラン、小麦胚芽アグルニン フィチン、抵抗性スターチ
大麦	β グルカン、抵抗性スターチ
コメ	フィチン、アラビノキシラン
マイロ	タンニン、抵抗性スターチ
ライ麦	アラビノキシラン、ポリフェノール
大豆粕	オリゴサッカライドとNSP トリプシン阻害物、レクチン
エンドウ	抵抗性スターチ、タンパク質、サポニン
マメ	タンニン、トリプシン阻害物、レクチン オリゴサッカライド、NSP
ルピナス	オリゴサッカライド、NSP、タンパク質
菜種粕	オリゴサッカライド、NSP、タンニン、 グルコシノレート
ヒマワリ粕	オリゴサッカライド、NSP

NSP, Non-Starch Polysaccharide. Acmovic 2001

今後の展望

最新の研究では腸内の細菌数を測定できるようになっている。下図はさまざまな穀物を与えた場合の腸内細菌叢に与える影響を、盲腸内細菌のDNAの測定に基づいて見たものである。盲腸内の細菌数は、特別な細菌DNAのGC%を測定することでわかる。飼料の種類によって細菌叢が変化するのとは明らかである。食品添加物や飼料原料効果も定量可能となるであろう。

図4：小麦、トウモロコシ及びライ麦主体飼料を与えたブロイラーにおける盲腸内細菌叢の平均プロフィール



結論

- 栄養学者が、腸内細菌叢に関する飼料原料や製造技術の効果を評価するには、より多くの情報が必要である。
- 最新の研究によれば腸内細菌数を測定することができ、食品添加物や飼料原料の効果も定量化可能である。
- 一方で腸の健康を考えた場合、飼料効果を高めるために、栄養学者や飼料製造業者ができることは、いろいろあると思われる。