

抗菌剤非依存型畜産のガイドライン

〔 農畜産業振興事業団指定助成事業 〕
〔 農林水産省生産振興総合対策事業 〕

平成 15 年 3 月

財団法人畜産生物科学安全研究所

目 次

I. はじめに	1
II. 有機酸及び生菌剤とは	2
1. 有機酸	2
2. 生菌剤	2
III. わが国における有機酸及び生菌剤の法的規制と指定状況	3
IV. 有機酸及び生菌剤の有用性	5
1. 有機酸の有用性	5
2. 生菌剤の有用性	6
V. わが国における有機酸及び生菌剤の利用実態	7
1. ブロイラーでの有機酸及び生菌剤の利用実態	7
2. 豚での有機酸及び生菌剤の利用実態	8
VI. 有機酸及び生菌剤の有用性実証試験成績	10
1. ブロイラーを用いた試験	10
2. 子豚を用いた試験	15
VII. 有機酸及び生菌剤の利用に当たっての考え方	20
1. 今回行った野外での実証試験から得られた知見	20
2. 有機酸及び生菌剤の選択に当たって	20
3. 有機酸及び生菌剤の使用に当たって	21
4. 有機酸あるいは生菌剤の効果をより確実なものとするために	21
VIII. 参考文献	22

I. はじめに

抗生物質を飼料に微量添加給与すると子豚や雛の成長が促進されることが1950年代に明らかになり、それ以来、成長促進の目的で抗生物質が世界中で広く使用されている。また、その使用により下痢等の発生が減少したとの声が生産現場には多数あり、その有用性は広く認知されている。

しかし、近年、抗生物質の使用が公衆衛生上の観点から規制されるようになり、EUでは2006年には成長促進目的での使用は全面禁止となる予定である。わが国においては昭和51年に「飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律」が施行され、飼料添加物の指定、その使用等が厳しく規制されてきたが、昨今、畜産食品についての安心安全を求める消費者のニーズやEUの動向を見ながら、飼料添加物の指定見直しの議論がなされている。このため、抗生物質に依存しないで健康な家畜を育てる畜産が求められるようになり、その一環として飼育環境の清浄化を目指すHACCP方式も一部の畜産農家に導入されている。

このような趨勢の中で、成長促進目的で使用される抗生物質の代替品として、有機酸、生菌剤、酵素剤等が着目され、これらを用いた抗菌剤非依存型畜産が模索されている。

(財)畜産生物科学安全研究所は、飼料添加物として利用される抗菌剤の代替となる有機酸等の効果及び安全性を確認するため、平成12年度及び平成13年度は農畜産業振興事業団の助成を受け、平成14年度は農林水産省の補助事業として、抗菌剤非依存型畜産調査実証事業を実施した。本ガイドラインは、これらの事業成績を取りまとめたものである。

Ⅱ. 有機酸及び生菌剤とは

1. 有機酸

有機酸とは弱酸性の有機化合物の総称で、カルボキシル基 (-COOH) を1個もつギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、カルボキシル基と水酸基 (-OH) を持つ乳酸、リンゴ酸、酒石酸、クエン酸、二重結合を持つソルビン酸、フマル酸などがある。これら有機酸には抗菌作用があり、食品や飼料の保存剤として使用されている。また、飼料に添加された有機酸の抗菌作用は、家禽のそ嚢と筋胃、豚の胃のような上部消化管において大きく作用し、大腸菌等の増殖を抑制する。抗菌作用のほか、有機酸の添加により飼料の酸性化が促され、その結果として消化管内での消化酵素の活性化や唾液分泌の増加が起こる。このような作用が複合し、家畜の成長促進や飼料効率の改善に効果が上がると言われている。

2. 生菌剤

生菌剤についてフラーは、「腸内微生物のバランスを改善することによって宿主動物に有益に働く生菌添加物」と定義した。生菌とは文字通り生きている細菌で、通常、ある種の効果がある生菌について生菌剤と呼んでいる。人では医薬品や健康食品として乳酸菌等が利用されており、腸の中の有益菌を増やし便秘を整え、有害菌の増殖を抑制するほか、免疫力を増強する効果もあると考えられている。家畜では、生菌剤の効果として、新生仔の下痢の予防、発育促進あるいは腸内菌叢のバランスの改善が報告されており、わが国を始め諸外国の畜産現場で家畜に給与されている。添加されている生菌剤の種類は多数あり、単味あるいは混合製剤として市販されている。

Ⅲ. わが国における有機酸及び生菌剤の法的規制と指定状況

飼料添加物は、飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律（以下「飼安法」と略す。）により規制されている。飼料添加物の用途として、①飼料の品質の低下の防止、②飼料の栄養成分その他の有効成分の補給、③飼料が含有している栄養成分の有効な利用の促進の 3 種類が定められている。飼料添加物とは、これらの用途を目的として飼料に添加、混和、浸潤等により用いられる物で、農林水産大臣が農業資材審議会の意見を聴いて指定するものと定義されている。①の用途として、抗酸化剤、防かび剤、粘結剤、乳化剤、調整剤、②の用途として、アミノ酸、ビタミン、ミネラル、色素剤、③の用途として、合成抗菌剤、抗生物質、着香料、呈味料、酵素、生菌剤、その他が指定されている。

また、疾病の診断、治療又は予防、動物の身体の構造又は機能に影響を及ぼすことを目的とする場合は、たとえ飼料添加物と同一の成分であっても医薬品となり、薬事法の規制を受けることとなる。なお、現在飼料添加物として指定されている有機酸及び生菌剤の種類は次のとおりである。

類 別	添加物の種類
有機酸	プロピオン酸* プロピオン酸カルシウム* プロピオン酸ナトリウム* ギ酸* グルコン酸ナトリウム フマル酸
生菌剤	エンテロコッカス フェカーリス エンテロコッカス フェシウム クロストリジウム ブチリカム バチルス コアグランス バチルス サブチルス バチルス セレウス バチルス バディウス ビフィドバクテリウム サーモフィラム ビフィドバクテリウム シュードロンガム ラクトバチルス アシドフィルス ラクトバチルス サリバリウス

*：飼料の品質の低下防止の用途（防かび剤又は調整剤）として指定。その他の有機酸及び生菌剤は、飼料が含有している栄養成分の有効な利用の促進の用途で指定。

飼料添加物として指定を受けるためには、その物の規格（例えば、製造方法、性状、安定性等）、効果を裏付ける試験成績、毒性や安全性を証明した試験成績等を提出しなければならない。特に毒性や安全性については、医薬品と同様の試験成績が求められている。例えば、毒性試験として、単回及び反復投与毒性試験の他、催奇形性や変異原性試験等の特殊毒性試験が求められ、安全性に関しては、吸収、分布、代謝、排泄等の生体内運命に関する試験、対象家畜を用いた飼養試験、植物毒性や魚毒性等の自然環境に及ぼす影響試験等が求められている。また、生菌剤では、製造に用いる細菌についての詳細な試験成績が求められる。

これらの試験成績は、農業資材審議会で慎重に審査され、農林水産大臣により飼料添加物として指定される。一旦指定されたものであっても、最新の科学知見から見直しが常に行われるため指定を取り消されるものもある。

このように厳密な試験成績を基に農林水産大臣により指定されて初めて、飼料添加物の製造・輸入が可能となるが、飼安法ではその製造や表示について規制すると共に、飼料添加物の成分規格を定め、その使用や保存方法についても詳細に規制している。

IV. 有機酸及び生菌剤の有用性

飼料添加物としての有機酸及び生菌剤の有用性については、わが国を含め各国の研究者から多くの報告がなされている。

1. 有機酸の有用性

(1) 鶏

成長促進効果については、フマル酸の飼料添加給与によりブロイラーの増体量又は飼料効率は有意に良好であったと報告されている^{27),22),23)}。フマル酸を給与したブロイラーの枝肉歩留まり及び腹腔内脂肪量を調査し、フマル酸はそれらに影響を及ぼさなかったと報告されている²⁷⁾。一方、有機酸の効果が家禽において一定でないため¹¹⁾、有機酸の価値について不安を招いていると言われている。

(2) 豚

成長促進効果については、フマル酸の飼料添加給与により離乳子豚の増体量及び飼料効率は有意に良好であったと報告されている^{13),4)}。また、2ギ酸カリウムについては、2ギ酸カリウム群の増体量及び飼料効率は無添加群より有意に良好であり、特に、育成期間中で顕著であったと報告されている²¹⁾。46件の離乳子豚を用いた試験及び23件の肥育豚を用いた試験を分析した総説¹¹⁾の中で、ギ酸、フマル酸、クエン酸及び2ギ酸カリウムは飼料要求率を有意に改善し、また、ギ酸及び2ギ酸カリウムは増体量と飼料摂取量も有意に改善するということが紹介されている。

腸内細菌叢については、フマル酸及び2ギ酸カリウムは総嫌気性菌数又は大腸菌数を減少させた^{21),1),9)}、あるいは不変²⁴⁾であったという相反する報告がある。大腸菌の感染試験²⁵⁾ではフマル酸及びクエン酸は大腸菌の感染を防除できなかったと報告されている。

飼料消化率については、2ギ酸カリウムはアミノ酸の腸吸収を改善したと報告されている²⁶⁾。

安全性については、有機酸の肉質や胃粘膜に及ぼす影響について調査されており、いずれの調査結果においてもその安全性に問題はないと報告されている^{21),24),9)}。

2. 生菌剤の有用性

(1) 鶏

成長促進効果については、多数の研究報告があり、ブロイラーでは、生菌剤の給与により増体量又は飼料効率が改善されたと報告されている^{7), 10), 18), 12)}。また、レイヤーでは、生菌剤の給与により産卵日量（1日1羽当たりの生産卵重）又は飼料利用率（飼料摂取量/卵重量）が向上したと報告されている^{14), 19), 20)}。

腸内細菌叢については、生菌剤給与により盲腸内の大腸菌数及びサルモネラ菌数が減少したとの報告¹²⁾があるが、糞尿堆積物中の大腸菌数及びサルモネラ菌数を減少させなかったとの報告もある^{2), 3)}。

飼料消化率については、生菌剤は飼料の滞留時間を延長し、その結果、飼料の利用率が向上すると報告されている¹⁴⁾。

生菌剤の副作用の報告はみあたらない。

(2) 豚

成長促進効果については、生菌剤の給与により離乳豚の増体量又は飼料効率が改善されたとの研究報告がある^{6), 17), 8), 16)}。

腸内細菌叢については、生菌剤は肥育豚の糞便中の大腸菌数及び乳酸菌数に影響を及ぼさなかったと報告されている¹⁵⁾。細菌感染防除については、ある種の生菌剤は大腸菌の腸管内の定着を阻止して下痢の発生を防ぐ効果があると総説の中で解説されている⁵⁾。

飼料消化率については、アミラーゼ活性の高い乳酸菌は離乳豚のデンプン消化率を高めたと報告されている¹⁷⁾。

生菌剤の副作用の報告はみあたらない。

V. わが国における有機酸及び生菌剤の利用実態

わが国において有機酸や生菌剤がどのように利用されているかを知るために、全国のブロイラー農場及び養豚場にアンケート調査（平成13年3月）を実施した。

1. ブロイラーでの有機酸及び生菌剤の利用実態

全国51のブロイラー農場にアンケート調査を行った。その86%の農場は、年間50万羽以上のブロイラーを出荷していた。

(1) 有機酸

有機酸の使用経験がある農場は、36%で、現在も使用している農場は16%であった。一方、有機酸のことを知っているが使用しないと答えた農場が43%あった。

有機酸の使用経験	農場数	%
現在も使用	8	16
過去に使用	10	20
有機酸のことを知らない	8	16
知っているが使用しない	22	43
使用したことがないが使用したい	2	4
無回答	1	2

使用経験のある18農場では、プロピオン酸が8農場と最も多く（44%）、フマル酸及びギ酸はそれぞれ1農場（6%）であった。これら有機酸添加の目的としては、成長促進及びカビ防止がそれぞれ30%、悪臭対策が20%であり、その他としてサルモネラ対策と回答した農場もあった。添加濃度は、プロピオン酸及びフマル酸で0.1~0.3%、ギ酸で0.3~0.5%であった。

(2) 生菌剤

生菌剤の使用経験がある農場は、59%で、現在も使用している農場は39%であった。今後使用したいとの農場を含めると、2/3の農場が使用に前向きであった。一方、生菌剤のことを知っているが使用しないと答えた農場は27%であった。

生菌剤の使用経験	農場数	%
現在も使用	20	39
過去に使用	10	20
生菌剤のことを知らない	1	2
知っているが使用しない	14	27
使用したことがないが使用したい	4	8
無回答	2	4

添加された生菌剤の品目は20種類と多様であったが、約半数の農場では枯草菌等のバチルスを添加していた。また、1/3の農場では複数の品目を回答しており、日齢による使い分けあるいは効果のあがる品目選択をしていることが推察された。生菌剤添加の目的として、成長促進あるいはサルモネラ対策と回答した農場が、それぞれ約20農場ある他、整腸、悪臭対策、下痢予防、床の改善等を挙げた農場もあり、生菌剤への期待の大きさが窺われた。

2. 豚での有機酸及び生菌剤の利用実態

全国113の養豚場にアンケート調査を行った。その70%が一貫経営で、残りの30%が繁殖経営であった。一貫経営では、年間の出荷頭数が500頭以下の養豚場が、30%と多かったが、500頭から5,000頭以上の養豚場がまんべんなく含まれていた。繁殖経営での年間の出荷頭数は、80%の養豚場で1,000頭以下であったが、5,000頭以上の養豚場もあった。

(1) 有機酸

有機酸の使用経験がある養豚場は、23%で、現在も使用している養豚場は15%であった。一方、有機酸のことを知っているが使用しないと答えた養豚場は34%であった。なお、これらの割合は、一貫経営と繁殖経営とも同様であった。

有機酸の使用経験	農場数	%
現在も使用	17	15
過去に使用	9	8
有機酸のことを知らない	26	23
知っているが使用しない	38	34
使用したことがないが使用したい	11	10
無回答	12	11

使用経験のある 28 養豚場では、ギ酸が 7 養豚場と最も多く (25%)、プロピオン酸が 6 養豚場 (21%)、フマル酸が 2 養豚場 (7%) であった。これら有機酸添加の目的としては、成長促進及び悪臭対策が主であった。添加濃度は、プロピオン酸及びフマル酸で 0.1~0.5%、ギ酸で 0.1~0.3% であった。

(2) 生菌剤

生菌剤の使用経験がある養豚場は 35% で、現在も使用している養豚場は 25% であった。今後使用したいとの養豚場を含めると、約 50% の養豚場が使用に前向きであった。一方、生菌剤のことを知っているが使用しないと答えた養豚場は 32% であった。豚とブロイラーを比較すると、ブロイラーの方で生菌剤がよく使用されている。

生菌剤の使用経験	農場数	%
現在も使用	28	25
過去に使用	11	10
生菌剤のことを知らない	12	11
知っているが使用しない	36	32
使用したことがないが使用したい	15	13
無回答	11	10

添加された生菌剤の品目は 22 種類と多様であったが、約 25% の養豚場では乳酸菌を添加していた。生菌剤添加の目的では、悪臭対策が最も多く (41%)、次いで下痢対策 (30%)、成長促進 (24%) の順であった。

VI. 有機酸及び生菌剤の有用性実証試験成績

抗菌剤に依存しないで健康な家畜を育てる畜産が求められていることから、ブロイラーと豚を用いて、有機酸及び生菌剤が抗菌剤の代替となり得るかを実証する試験を行った。まず、研究所内で4種類の有機酸及び2種類の生菌剤から抗菌剤と同等の効果を上げるものを選定する予備試験を実施し、次に、選定した有機酸及び生菌剤を用いて野外の農場でその有用性を検討した。

1. ブロイラーを用いた試験

(1) ブロイラー前期（初生から3週齢）

① 有機酸選定のための予備試験

ブロイラー前期用飼料に4種類の有機酸（フマル酸：0.75%、2ギ酸カリウム：1%、ギ酸カルシウム：1%及びグルコン酸ナトリウム：0.25%）を添加し、ブロイラーに初生から3週齢まで給餌した場合の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、有機酸無添加群及び既指定の抗菌性物質製剤（以下「抗菌剤」と略す。）（エンラマイシン：10ppm）添加群と比較検討した。なお、コクシジウム症予防のため、サリノマイシンナトリウム（50ppm）を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、20羽で5区、計100羽として、試験は2回実施した。

表1 ブロイラー前期における有機酸の効果成績

試験群	増体量 (g/羽/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	33.0 ^{a,c}	1.50	99.5
抗 菌 剤	34.0 ^a	1.45	99.5
フ マ ル 酸	32.8 ^{a,b}	1.51	97.5
2 ギ酸カリウム	32.2 ^{b,c}	1.51	98.0
ギ酸カルシウム	31.4 ^b	1.59	100
グルコン酸ナトリウム	33.0 ^{a,c}	1.51	99.0

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表1に示したように、増体量については、抗菌剤群が最も良好であったが、フマル酸群、グルコン酸ナトリウム群及び無添加群とに有意差はみられなかった。また、フマル酸群、2ギ酸カリウム群及びギ酸カルシウム群に有意差はみられなかった。

飼料要求率は、いずれの試験群間にも有意差はみられなかった。

腸内細菌叢については、総菌数に大きな変動はみられなかったが、有用菌とされているラクトバチルスが、抗菌剤群、2ギ酸カリウム群及びグルコン酸ナトリウム群において無添加群より増加する傾向がみられた。

安全性については、いずれの試験群とも一般状態、育成率及び剖検所見に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、増体量及び飼料要求率が良好で、ラクトバチルスの菌数と様相が抗菌剤群と類似している 2ギ酸カリウム及びグルコン酸ナトリウムを選定した。

② 有機酸と生菌剤の組み合わせのための予備試験

ブロイラー前期用飼料に有機酸（2ギ酸カリウム：1%、グルコン酸ナトリウム：0.25%）と生菌剤（バチルス セレウス 10^6 個/g、ラクトバチルス アシドフィルス 10^7 個/g）を併用して添加し、ブロイラーに初生から3週齢まで給餌した場合の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び既指定の抗菌剤（エンラマイシン：10ppm）添加群と比較検討した。なお、コクシジウム症予防のため、サリノマイシンナトリウム（50ppm）を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、20羽で5区、計100羽として、試験は2回実施した。

表2 ブロイラー前期における有機酸と生菌剤の効果成績

試験群	増体量 (g/羽日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	31.7 ^{a,c}	1.51	100
抗 菌 剤	32.7 ^a	1.47	100
2ギ酸カリウム+バチルス	31.0 ^{b,c}	1.50	99.5
2ギ酸カリウム+ラクトバチルス	30.9 ^b	1.50	98.5
グルコン酸ナトリウム+バチルス	32.5 ^a	1.46	98.5
グルコン酸ナトリウム+ラクトバチルス	32.3 ^{a,c}	1.49	99.5

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表2に示したように、増体量は、抗菌剤群及びグルコン酸ナトリウム+生菌剤群と無添加群との間に有意な差はみられないものの、抗菌剤群及びグルコン酸ナトリウム+生菌剤群のほうが優れる傾向がみられた。一方、2ギ酸カリウム+生菌剤群は、無添加群よりやや劣る傾向がみられ、抗菌剤群やグルコン酸ナトリウム+生菌剤群よりも明らかに劣っていた。

飼料要求率は、各試験群間で有意差がみられなかったが、グルコン酸ナトリウム+バチルス群及び抗菌剤群で最も良好であった。

腸内細菌叢については、総数菌数ではいずれの群間で有意差がみられず、有用菌の増加と増体量及び飼料要求率向上効果との関係は明らかでなかった。

安全性については、いずれの試験群でも一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、グルコン酸ナトリウムと生菌剤を併用した場合、抗菌剤添加とほぼ同等の増体及び飼料要求率の向上効果が得られることが示唆された。

(2) ブロイラー後期 (3 週齢から 7 週齢)

① 有機酸選択のための予備試験

ブロイラー後期用飼料に 4 種類の有機酸 (フマル酸 : 0.5%、2 ギ酸カリウム : 0.6%、ギ酸カルシウム : 1% 及びグルコン酸ナトリウム : 0.25%) を添加し、ブロイラーに 3 週齢から 7 週齢まで給餌した場合の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、有機酸無添加群及び既指定の抗菌剤 (エンラマイシン : 10ppm) 添加群と比較検討した。なお、コクシジウム症予防のため、サリノマイシンナトリウム (50ppm) を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、20 羽で 5 区、計 100 羽として、試験は 2 回実施した。

表 3 ブロイラー後期における有機酸の効果成績

試験群	増体量 (g/羽/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	77.1	1.99	94
抗 菌 剤	78.4	1.97	97
フ マ ル 酸	78.8	2.03	98
2 ギ酸カリウム	77.3	2.01	95
ギ酸カルシウム	76.3	2.05	96
グルコン酸ナトリウム	78.7	1.97	98

表 3 に示したように、増体量については、フマル酸群が最も良好で、次にグルコン酸ナトリウム群、抗菌剤群、2 ギ酸カリウム群、無添加群、ギ酸カルシウムの順であったが、いずれの試験群間にも有意差はみられなかった。

飼料要求率については、グルコン酸ナトリウム群と抗菌剤群が最も良好で、次に無添加群、2 ギ酸カリウム群、フマル酸群、ギ酸カルシウム群の順であっ

たが、いずれの試験群間にも有意差はみられなかった。

総菌数は、開始前より増加する傾向がみられたが、終了時の総菌数にいずれの試験群間にも有意差はみられなかった。

安全性については、いずれの試験群でも一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、増体量、飼料要求率、育成率ともに良好であったグルコン酸ナトリウムを選択した。他の3つの有機酸には差はなかったため、ブロイラー前期試験で選択した2ギ酸カリウムを選択することとした。

② 有機酸と生菌剤の組み合わせのための予備試験

ブロイラー後期用飼料に有機酸（2ギ酸カリウム：1%、グルコン酸ナトリウム：0.25%）と生菌剤（バチルス セレウス 10^6 個/g、ラクトバチルス アシドフィルス 10^7 個/g）を併用して添加し、ブロイラーに3週齢から7週齢まで給餌した場合の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び既指定の抗菌剤（エンラマイシン：10ppm）添加群と比較検討した。なお、コクシジウム症予防のため、サリノマイシンナトリウム（50ppm）を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、20羽で5区、計100羽として、試験は2回実施した。

表4 ブロイラー前期における有機酸と生菌剤の効果成績

試験群	増体量 (g/羽/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	83.3 ^{a,b}	1.93 ^b	98
抗 菌 剤	85.9 ^a	1.82 ^a	94
2ギ酸カリウム+バチルス	80.9 ^b	1.96 ^b	98
2ギ酸カリウム+ラクトバチルス	82.2 ^b	1.95 ^b	97
グルコン酸ナトリウム+バチルス	82.4 ^{a,b}	1.95 ^b	97
グルコン酸ナトリウム+ラクトバチルス	82.3 ^{a,b}	1.98 ^b	97

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表4に示すように、増体量については、グルコン酸ナトリウム+生菌剤群、抗菌剤群及び無添加群が良好で、これらの群間には有意差はみられなかったが、抗菌剤群が最も良好であった。有機酸+生菌剤群を比較すると、グルコン酸ナトリウム+生菌剤群がやや優れていた。抗菌剤群を除く5群間には有意差がみられなかったが、2ギ酸カリウム+バチルス群の増体量は劣っていた。

飼料要求率については、抗菌剤群が最も良好であったが、残りの5群間に

有意差はみられなかった。有機酸＋生菌剤群ではグルコン酸ナトリウム＋バチルス群と 2-ギ酸カリウム＋ラクトバチルスがやや優れていた。

総菌数については、抗菌剤群を除き、開始前よりやや増加した。有用菌とされているラクトバチルスは、抗菌剤群でやや少なかったが、他の群間で著差はみられなかった。

安全性については、いずれの試験群でも一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、増体量及び飼料要求率がやや良好であったグルコン酸ナトリウムとバチルスの組み合わせが、有用と思われた。なお、この組み合わせは、ブロイラー前期試験においても同様な成績であったため選択された。

(3) 野外応用試験

野外環境下のブロイラーにおいて、有機酸(グルコン酸ナトリウム:0.25%)、生菌剤(バチルス セレウス $10^5 \sim 10^6$ 個/g) 又はその組み合わせ(有機酸＋生菌剤)が、初生から出荷時(49日齢又は56日齢)までの発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び抗菌剤添加群(エンラマイシン:2.5～5ppm、硫酸コリスチン:5ppm、バージニアマイシン:5ppm)と比較検討した。

試験群の設定は、農場Aでは180羽を1区及び150羽を2区、計480羽、農場Bでは100羽で3区、計300羽とした。

表5 ブロイラーにおける有機酸と生菌剤の野外試験成績(2農場の解析)

試験群	増体量(g/羽/日)	飼料要求率	育成率(%)
無 添 加	54.5 ^a	2.02 ^a	98
抗 菌 剤	55.3 ^a	1.97 ^a	98
有 機 酸	55.0 ^a	1.99 ^a	99
生 菌 剤	51.2 ^b	2.09 ^b	98
有機酸＋生菌剤	55.4 ^a	1.98 ^a	98

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表5に示すように、1日当たりの増体量は、有機酸＋生菌剤群が最も良好で、次いで抗菌剤群、有機酸群、無添加群、生菌剤群であったが、生菌剤群を除く4群間には有意差がみられなかった。飼料要求率は、抗菌剤群が最も良好で、次いで有機酸＋生菌剤群、有機酸群、無添加群、生菌剤群の順であったが、生菌剤群を除く4群間には有意差がみられなかった。育成率は、各試験群間で有

意差はみられなかった。

以上の成績から、有機酸又は生菌剤の添加は、ブロイラーの発育や飼料効率に好影響を及ぼし、安全性にも問題がないことが示された。特に、有機酸の添加あるいは有機酸と生菌剤との併用が、抗菌剤の添加と同等以上の増体及び飼料要求率を示したことから、抗菌剤の代替として有用であると思われる。

2. 子豚を用いた試験

(1) ほ乳期（離乳から 30 kg）

① 有機酸選定のための予備試験

離乳後の子豚に、4種類の有機酸（フマル酸：2%、2ギ酸カリウム：1.8%、ギ酸カルシウム：1%及びグルコン酸ナトリウム：0.5%）を添加したほ乳期用飼料（対象体重範囲：離乳～体重 30 kg）を7週間給与して、それらが子豚の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び既指定の抗菌剤添加群（硫酸コリスチン：40ppm とエフロトマイシン：16ppm の併用）と比較検討した。なお、豚回虫症予防のため、クエン酸モランテル（30ppm）を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、4頭で5区、計20頭として、試験は2回実施した。

表6 ほ乳期子豚における有機酸の効果成績

試験群	増体量 (kg/頭/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	0.78	2.23	98
抗 菌 剤	0.82	2.18	98
フ マ ル 酸	0.78	2.18	98
2ギ酸カリウム	0.76	2.16	98
ギ酸カルシウム	0.78	2.22	98
グルコン酸ナトリウム	0.76	2.21	100

表6に示すように、増体量は、各試験群間には有意差はみられなかったが、抗菌剤群が最も優れ、2ギ酸カリウム群及びグルコン酸ナトリウム群でやや劣っていた。飼料要求率は、いずれの試験群間にも有意差はみられなかったが、2ギ酸カリウム群が最も良好で、次にフマル酸と抗菌剤群が同程度であった。総菌数については、いずれの試験群間にも有意差はみられなかった。有用菌と考えられるラクトバチルスは、いずれの試験群においても試験開始時には最も優勢であった。しかし、いずれの試験群とも7週では減少する傾向

がみられ、ストレプトコッカスと優勢順位が逆転した。安全性については、いずれの試験群とも供試子豚の一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、増体量及び飼料要求率が良好であったフマル酸及び2ギ酸カリウムを選択した。

② 有機酸と生菌剤の組み合わせのための予備試験

離乳後の子豚に、有機酸（フマル酸：2%、2ギ酸カリウム：1.8%）と生菌剤（バチルス セレウス 10⁹ 個/g、ラクトバチルス アシドフィルス 10⁷ 個/g）を併用して添加したほ乳期用飼料（対象体重範囲：離乳～体重 30 kg）を7週間給与して、それらが子豚の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び既指定の抗菌剤添加群（硫酸コリスチン：40ppm とエフロトマイシン：16ppm の併用）と比較検討した。なお、豚回虫症予防のため、クエン酸モランテル（30ppm）を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、4頭で5区、計20頭として、試験は2回実施した。

表7 ほ乳期子豚における有機酸と生菌剤の効果成績

試験群	増体量 (kg/頭/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	0.75 ^b	2.06	98
抗 菌 剤	0.83 ^a	2.04	100
フマル酸+バチルス	0.74 ^b	2.09	100
フマル酸+ラクトバチルス	0.77 ^{a,b}	2.05	100
2ギ酸カリウム+バチルス	0.77 ^{a,b}	2.01	100
2ギ酸カリウム+ラクトバチルス	0.78 ^{a,b}	2.00	100

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表7に示すように、増体量については、抗菌剤群が最も良好であった。有機酸+生菌剤群では2ギ酸カリウム+ラクトバチルス群が最も良好で、フマル酸+バチルス群を除いて抗菌剤群との間に有意差はなかった。飼料要求率については、2ギ酸カリウム+ラクトバチルス群と2ギ酸カリウム+バチルス群がやや良好であったが、いずれの試験群間とも有意差がみられなかった。総菌数については、いずれの試験群間とも有意差がみられなかった。安全性については、いずれの試験群とも供試子豚の一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、増体量及び飼料要求率が良好であった 2 ギ酸カリウムとラクトバチルスを組み合わせて使用することにより、抗菌剤と同等の生産性の改善効果が得られる可能性が示唆された。

(2) 子豚期 (30 kg から 70 kg)

① 有機酸選定のための予備試験

体重約 30 kg の子豚に、4 種類の有機酸 (フマル酸 : 2%、2 ギ酸カリウム : 1.8%、ギ酸カルシウム : 1% 及びグルコン酸ナトリウム : 0.5%) を添加した子豚期 (体重約 30~70 kg) 用飼料を 7 週間給与した場合の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び既指定の抗菌剤添加群 (硫酸コリスチン : 20ppm とエフロトマイシン : 16ppm の併用) と比較検討した。なお、豚回虫症予防のため、クエン酸モランテル (30ppm) を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、4 頭で 5 区、計 20 頭として、試験は 2 回実施した。

表 8 子豚期子豚における有機酸の効果成績

試験群	増体量 (kg/頭/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	0.97 ^b	2.98	100
抗 菌 剤	1.02 ^a	2.94	100
フ マ ル 酸	0.99 ^{a,b}	2.93	95
2 ギ酸カリウム	1.00 ^{a,b}	2.95	100
ギ酸カルシウム	0.96 ^b	2.99	100
グルコン酸ナトリウム	0.97 ^b	2.97	100

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表 8 に示すように、増体量は、抗菌剤群が最も優れ、2 ギ酸カリウム群、フマル酸群の順であったが、これら 3 群間に有意差はなかった。抗菌剤群を除く 5 群間には有意差はみられなかったが、ギ酸カルシウム群は無添加群より劣っていた。飼料要求率はいずれの試験群間でも有意差はみられなかったが、フマル酸群及び抗菌剤群でやや優れていた。総菌数については、いずれの試験群とも試験の前後で大きな変動はみられなかったが、フマル酸群及びギ酸カリウム群は抗菌剤群より少なく、有意差がみられた。その他の群間に有意差はみられなかった。有用菌と考えられるラクトバチルスの菌数は、いずれの試験群においても有意差がみられず、試験の前後の変動もみられな

かった。

安全性については、いずれの試験群とも供試子豚の一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず問題はなかった。

以上の成績から、増体量及び飼料要求率が抗菌剤に次いで良好であった 2 ギ酸カリウム及びフマル酸を選択した。

② 有機酸と生菌剤の組み合わせのための予備試験

体重約 30 kg の子豚に、有機酸（フマル酸：2%、2 ギ酸カリウム 1.2%）と生菌剤（バチルス セレウス 10⁹ 個/g、ラクトバチルス アシドフィルス 10⁷ 個/g）を併用して添加した子豚期（体重約 30～70 kg）用飼料を 7 週間給与した場合の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び既指定の抗菌剤添加群（硫酸コリスチン：20ppm とエフロトマイシン：16ppm の併用）と比較検討した。なお、豚回虫症予防のため、クエン酸モランテル（30ppm）を全ての飼料に添加した。

試験群の設定は、4 頭で 5 区、計 20 頭として、試験は 2 回実施した。

表 9 子豚期子豚における有機酸と生菌剤の効果成績

試験群	増体量 (kg/頭/日)	飼料要求率	育成率 (%)
無 添 加	0.926 ^b	2.95 ^b	100
抗 菌 剤	0.99 ^a	2.79 ^a	100
フマル酸+バチルス	0.933 ^{a,b}	2.86 ^{a,b}	98
フマル酸+ラクトバチルス	0.94 ^{a,b}	2.86 ^{a,b}	100
2 ギ酸カリウム+バチルス	0.96 ^{a,b}	2.88 ^{a,b}	100
2 ギ酸カリウム+ラクトバチルス	0.94 ^{a,b}	2.88 ^{a,b}	100

異符号間に有意差あり ($p \leq 0.05$)

表 9 に示すように、増体量については、抗菌剤群が最も良好で、次いで有機酸＋生菌剤群であり、無添加群が最も劣っていた。有機酸＋生菌剤の 4 群間には有意差がみられなかった。飼料要求率については、抗菌剤群が最も良好であったが、有機酸＋生菌剤群と有意差はみられなかった。総菌数については、いずれの試験群間とも有意差がみられなかった。安全性については、いずれの試験群とも供試子豚の一般状態、育成率、剖検所見及び臓器重量に異常は認められず、問題はなかった。

以上の成績から、増体量及び飼料要求率が良好であり、ほ乳期で選択した2ギ酸カリウムとラクトバチルスとの組み合わせを選択した。

(3) 野外応用試験

体重約8kgの子豚に、有機酸(2ギ酸カリウム:1.8~1.2%)、生菌剤(ラクトバチルス アシドフィルス $10^5 \sim 10^6$ 個/g)又はその組み合わせ(有機酸+生菌剤)が、野外条件下で子豚の発育、飼料効率及び安全性等に及ぼす影響を、無添加群及び抗菌剤添加群(硫酸コリスチン:40~3ppm、エフロトマイシン:12~3ppm)と比較検討した。

試験群の設定は、農場Aでは6頭で3区、計18頭、農場Bでは13~14頭で3区、計41頭とした。

表10 子豚における有機酸と生菌剤の野外試験成績(2農場の解析)

試験群	増体量 (kg/頭/日)	飼料要求率	育成率(%)
無添加	0.59	2.41	100
抗菌剤	0.61	2.35	100
有機酸	0.61	2.33	94
生菌剤	0.59	2.36	100
有機酸+生菌剤	0.62	2.38	94

表10に示すように、1日当たりの増体量は、各群間で有意差がみられなかったが、有機酸+生菌剤群が最も優れており、次いで抗菌剤群と有機酸群で、生菌剤群と無添加群の増体量が劣っていた。飼料要求率及び育成率は、各群間で有意差はみられなかった。

以上の成績から、有機酸又は生菌剤の添加は、子豚の発育や飼料効率に好影響を及ぼし、安全性にも問題がないことが示された。特に、有機酸の添加あるいは有機酸と生菌剤の併用が、抗菌剤の添加と同等の増体及び飼料要求率を示したことから、抗菌剤の代替として有用と思われた。

Ⅶ. 有機酸及び生菌剤の利用に当たっての考え方

有機酸の添加は、それ自体の抗菌作用の他、飼料の酸性化を促し、消化管内での消化酵素の活性化作用等で家畜の増体や飼料効率の改善に効果が上がると言われている。また、生菌剤の添加は、腸内細菌叢を正常化し、下痢や軟便の抑制効果や悪臭の発生軽減効果を上げ、家畜の増体や飼料効率の改善に役立つと言われている。

実際に、ブロイラー及び豚における有機酸及び生菌剤について研究所内の予備試験と野外での有用性実証試験を実施したところ、有機酸の添加あるいは有機酸と生菌剤の併用は、抗菌剤添加とほぼ同等の増体及び飼料要求率の向上効果が得られることが示された。これら有機酸あるいは生菌剤の効果は、常に一定でないとも言われているので、これら一連の試験のみで結論づけるはできないが、今回得られた試験成績や情報から有機酸あるいは生菌剤の利用に当たっての一般的な注意事項等を取りまとめた。

1. 今回行った野外での実証試験から得られた知見

(1) ブロイラー

初生のブロイラーには、有機酸としてグルコン酸ナトリウムを 0.25% 添加または同じ有機酸と生菌剤（バチルス セレウス） $10^5 \sim 10^6$ 個/g を組み合わせて添加し、約 50 日齢まで給餌した。

(2) 豚

離乳直後の子豚に、有機酸として 2 ギ酸カリウムを 1.8%、9~10 週齢からは 1.2% 添加または同じ有機酸と生菌剤（ラクトバチルス アシドフィルス） $10^5 \sim 10^6$ 個/g を組み合わせて添加し、15~17 週齢まで給餌した。

その結果、ブロイラー及び豚ともに、有機酸の添加あるいは有機酸と生菌剤の併用は、抗菌剤添加とほぼ同等の増体及び飼料要求率の向上効果が得られることが示され、安全性に関しても何ら問題がみられなかった。一方、今回の試験では、有機酸と生菌剤の併用は、それぞれを単体で使用したときよりも高い効果は得られなかったことから、それぞれの製品の特徴と期待される効果を勘案しながら慎重に選択して使用する必要があると考えられる。

2. 有機酸及び生菌剤の選択に当たって

- ① 飼料添加物としての有機酸あるいは生菌剤は、安全性、有効性等が審査されて農林水産大臣より指定されているので、指定されているものは安心して使用できる。現在、飼料添加物として指定されている有機酸及び

生菌剤のリストは、3 ページに記載してある。なお、今回の試験で使用した 2 ギ酸カリウムは、まだ指定されていないため、市販されていない。

② 製品にはそれぞれ特徴があるので、パンフレットや販売員の説明を参考にする。

3. 有機酸及び生菌剤の使用に当たって

③ 飼料への推奨添加量を守る。

④ 推奨する投与プログラムに従って使用する。

⑤ 生菌剤には保存性が悪いものもあるので有効期間内に使用する。特に、飼料に混合したものは早く使用する。

4. 有機酸あるいは生菌剤の効果をより確実なものとするために

家畜を健康に育て、収益性を上げるための基本は、衛生的な飼養管理を徹底することであり、有機酸や生菌剤を利用する場合においてもこの基本が前提となる。このためには、健康な素畜を導入し、清潔で衛生的な環境で飼育管理し、特定の病原微生物を制御あるいは一定のレベルまで低下させる管理方法を採用することが重要である。より具体的には、

⑥ 健康な家畜の導入

⑦ 適切なプログラムでのワクチン投与

⑧ 畜舎環境の整備（畜舎・器具の清掃、消毒）

⑨ オールイン・オールアウトシステムの採用

⑩ 鼠族、昆虫、野鳥等の駆除や侵入防止

⑪ 部外者及び車輛等の立入制限

⑫ 飼料、飲水の衛生的管理

等に注意を払うことが重要と考えられる。

このような衛生的な飼養管理を徹底することにより、有機酸や生菌剤の効果が更に上がるものと推察される。

近年、日本の消費者は、安全で安心な畜産物を求めており、ヨーロッパにおける飼料に添加する成長促進用の抗菌剤の禁止を受けて、飼料添加物としての抗菌剤の使用に懸念を示すようになった。今回得られた試験成績から、有機酸の添加あるいは有機酸と生菌剤の併用が抗菌剤添加の代替となりうることが示され、今後の畜産経営に役立つとともに消費者のニーズに答えられるものと期待される。

VIII. 参考文献

- 1) 磯部 禎夫、柴田 章夫、小牧 弘、鎌田 章 1994. 離乳子豚におけるフマル酸給与が腸内菌叢に及ぼす影響。日畜会報 65: 59-66.
- 2) 額田 和敬、古川 陽一 ら 1996. *B. subtilis* の生菌製剤を添加したブロイラーの肥育 (I) 添加量が発育に及ぼす影響 岡山総畜セ研報 7: 37-41.
- 3) 額田 和敬、古川 陽一 ら 1996. *B. subtilis* の生菌製剤を添加したブロイラーの肥育 (II) 投与方法が発育に及ぼす影響 岡山総畜セ研報 7: 43-47.
- 4) 古谷 眞、大西 千佳子、中村 慶逸 1993. 子豚に対するフマル酸の効果試験。青森畜試研究成績 22-26
- 5) 光岡 知足 1991. 家畜生産における生菌剤の利用。ビフィズス 5: 1-18.
- 6) 山本 英二 ら 1998. 生菌剤、血漿蛋白質、トルラ酵母添加飼料の給与が早期離乳子豚の発育と免疫能に及ぼす効果。福岡農総試研報 17: 158.
- 7) Abdulrahim, S. M., Haddadin, M. S. Y. etc 1998. Effect of *Lactobacillus acidophilus* and zinc bacitracin as dietary additives for broiler chickens. *British Poult. Sci.* 40: 91-94.
- 8) Abe, F., Ishibashi, N. etc 1995. Effect of administration of *bifidobacteria* and *lactic acid bacteria* to newborn calves and piglets. *J. Dairy Sci.* 78: 2838-2846.
- 9) Canibe, N., Steien, S. H. etc 2001. Effect of L-k-diformate in starter diets on acidity, microflora, and the amount of organic acids in the digestive tract of piglets, and on gastric alterations. *J. Anim. Sci.* 79: 2123-2133.
- 10) Cavazzoni, V., Adami, A. etc 1998. Performance of broiler chickens supplemented with *Bacillus coagulans* as probiotic. *British Poult. Sci.* 39: 526-529.
- 11) Dibner, J. J. and Buttin, P. 2002. Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora on nutrition and metabolism. *J. Appl. Poult. Res.* 11: 453-463.
- 12) Endo, T. and Nakano, M. 1999. Influence of a probiotic on productivity, meat components, lipid metabolism, caecal flora and metabolites, and raising environment in broiler production. *Anim. Sci. J.* 70: 207-218.
- 13) Giesting, D. W., Roos, M. A. etc 1991. Evaluation of the effect of fumaric acid and sodium bicarbonate addition on performance of starter pigs fed diets of different types. *J. Anim. Sci.* 69: 2489-2496.
- 14) Grimes, J. L., Maurice, D. V. etc 1997. The effect of dietary FERMACTO on layer hen performance. *J. Appl. Pout. Res.* 6: 399-403.
- 15) Kornegay, E. T. and Risley, C. R. 1996. Nutrient digestibilities of a corn-soybean meal diet as influenced by *Bacillus* products fed to finishing swine. *J. Anim. Sci.* 74: 799-805.

- ¹⁶⁾ Lundeen, T. 2001. Yeast mya improve performance in diets with growth promotants. 2001. *Feedstuffs* 73, 4 (Jan. 22).
- ¹⁷⁾ Lundeen, T. 2001. *Lactobacilli* may improve starch utilization, growth in young pigs. 2001. *Feedstuffs* 73, 36 (Aug. 27).
- ¹⁸⁾ Mohhan, B., Kadirvel, R. etc 1996. Effect of probiotic supplementation on growth, nitrogen utilization and serum cholesterol in broilers. *British Poult. Sci.* 37: 395-401.
- ¹⁹⁾ Nahashon, S. N., Nakaue, H. S. etc 1994. Production variables and nutrient retention in single Comb white leghorn laying pullets fed diets supplemented with direct-fed microbials. *Poult. Sci.* 73: 1699-1711.
- ²⁰⁾ Nahashon, S. N., Nakaue, H. S. etc 1994. Performance of single Comb white leghorn layers fed corn-soybean meal and barley-corn-soybean meal diets supplemented with a direct-fed microbial. *Poult. Sci.* 73: 1712-1723.
- ²¹⁾ Overland, M., Granli, T. etc 2000. Effect of dietary formats on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora, and stomach alterations in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 78: 1875-1884.
- ²²⁾ Partanen, K. 2001. Organic acids- Their efficacy and modes of action in pigs. Page 201 in Gut environment of pigs. Nottingham University Press, UK.
- ²³⁾ Patten, J. D. and Waldroup, P. W. 1998. Use of organic acids in broiler diets. *Poult. Sci.* 67: 1178-1182.
- ²⁴⁾ Risley, C. R., Kornegay, E. T. etc 1992. Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs. . *J. Anim. Sci.* 70: 196-206.
- ²⁵⁾ Risley, C. R., Kornegay, E. T. etc 1993. Effect of feeding organic acids on gastrointestinal digesta measurements at various times postweaning in pigs challenged with enterotoxigenic *Escherichia coli*. 1993. *Can. J. Anim. Sci.* 73: 931-940.
- ²⁶⁾ Roth F. X., Windisch, W. etc 1998. Effect of potassium diformate (FormiTM LHS) on nitrogen metabolism and nutrient digestibility in piglets at graded dietary lysine supply. *Agribiol. Res.* 51: 167-175.
- ²⁷⁾ Skinner, J. T., Izat, A. L. etc 1991. Fumaric acid enhances performance of broiler chickens. *Poult. Sci.* 70: 1444-1447