

닭에 대한 칼슘과 燐의 營養

韓仁圭 · 吳相楨

(서울대학교 農科大學)

Nutrition of Calcium and Phosphorus in Poultry Diets

In, K. Han and Sang, J. Ohh

College of Agriculture Seoul National University

SUMMARY

Calcium and phosphorus are not only indispensable for the bone formation and body fluids equilibrium but also are major components of egg shell. It is nutritionally important, therefore, to investigate the metabolism of calcium and phosphorus and to search for optimum requirement of calcium and phosphorus and the availability of various sources of calcium and phosphorus by poultry. An attempt was made to review the nutrition of calcium and phosphorus in poultry diets.

1. Calcium and phosphorus have great interrelationship with vitamin D in their metabolisms.
2. Most of the plant-origin phosphorus are existing in phytic form and it leads to low availability when used in poultry rations, although calcium and phosphorus present in animal-origin or mineral supplements are highly available in general.
3. Calcium and phosphorus requirement from existing information indicated that 1.0% calcium and 0.7% phosphorus for broiler and egg-type chicks, and 3.5% calcium and 0.4% phosphorus for laying hen.
4. It has been recommended that calcium and phosphorus level should be increased when the feed intake was decreased or when the egg production rate was higher or when the hens are old.
5. Mono-, di-, tri- calcium phosphate, calcium carbonate, bone meal, limestone and oyster shell are the most readily available among various sources of calcium phosphorus supplements. Soft rock phosphate, defluorinated phosphate and gypsum are somewhat inferior to the previous ones in bioavailability.

6. The effect of particle size of calcium supplements on egg shell quality and egg production rate is not yet clearly defined but recent works showed that oyster shell is more available when it was coarse and limestone is more available when it was fine in particle size.
7. Present data indicated that mixed feeding of oyster shell and limestone is superior to the single feeding of each on laying performance.
8. Significant interaction between phosphorus and sodium was observed, that is, excessive sodium decreased egg production in layer and body weight growth in broiler in the low phosphorus diets but increased them in the high phosphorus diets.

I. 結 論

動物的 정상적인 성장과 생명유지를 위해 칼슘과 인은 매우 중요한 역할을 한다. 칼슘은 성장하는 동물의 骨格形成을 위한 주요 영양소일 뿐 아니라 혈액의 응고, 심장박동을 비롯한 근육수축운동, 체내 산염기의 평행에 관계하며 계란의 卵殼形成에도 중요한 역할을 담당한다.

鎂은 골격형성에 관여할 뿐 아니라 체내에서 炭水化合物 및 脂肪의 代謝에 없어서는 아니되는 중요한 영양소이며 세포의 구성인자이며 칼슘과 더불어 체내 산·염기 평형에도 관계한다. 칼슘과 인의 공급은 자연사료내에 존재하는 칼슘과 인만으로는 가축의 생리적인 요구량을 충족시켜 주기에는 부족하므로 별도로 칼슘·鎂飼料를 공급해 주어야 한다.

그러므로 칼슘과 鎂의 생리적 기능을 규명하고, 동물별 요구량, 적절한 급원, 흡수에 영향을 주는 요인등을 밝히는 것은 매우 중요한 의미를 갖는다.

여기서는 이제까지 국내외에서 이루어진 연구결과를 바탕으로 칼슘과 인의 기능 및 각 시기별 요구량, 칼슘과 인의 급원등에 관하여 종합적으로 고찰해 보고자 한다.

II. 칼슘과 鎂의 生理的 機能 및 營養上 特性

1. 骨格形成 및 卵殼形成

체내에서 칼슘과 인의 대표적인 기능은 골격형성 기능과 난각형성 기능으로 대별된다. 동물의 골격을 구성하는 무기질의 대부분은 칼슘과 鎂으로서 탈지건조된 뼈의 경우 칼슘의 함량 1/3 이상이며 체내 총 칼슘함량의 90% 이상 및 총 인함량의 75% 이상이 뼈와 치아에 존재한다.

骨格形成의 기전은 造骨細胞에 의하여 뼈의 간조직에 형성된 기질에 혈액으로부터 이전된 무기질이 침적되는 과정이다. (Termine 등, 1967). 따라서 혈액내에 정상적인 칼슘과 인을 유지시키는 것은 골격형성면에서 매우 중요한 영양학적 의미를 갖는다.

骨格의 주요 구성인자로서 뿐 아니라 가금에 있어서 卵殼形成도 칼슘과 인의 주요한 기능이다. 산란계의 경우 칼슘의 공급은 어느 동물보다도 중요한데 이는 난각의 주성분이 탄산칼슘으로 되어 있어 (계란 1개당 1.6~2.4g) 이를 만족시켜 주기 위한 칼슘의 공급이 수반되어야 하기 때문이다.

卵殼의 형성은 수란관 말단부에 위치하는 卵殼分必腺(shell gland)에서 일어나며 보통 계란 하나의 난각이 형성되는데 20여시간이 소요된다. 난각형성이 활발하게 일어나는 시기에는 시간당 최대 300mg의 칼슘이 혈액으로부터 이전되므로 사료의 칼슘함량이 아무리 높아도 소장에 흡수되는 칼슘만으로는 부족하다. 따라서 이때에는 뼈로부터 칼슘이 유리되어 공급된다. (Hurwitz와 Bar, 1969)

즉 산란기에 이른 조류의 골수에는 medullary bone이라고 하는 특수조직이 있어 여기에 칼슘과 인이 저장되었다가 난각이 형성될 시기에는 혈액을 통하여 수송되어 이용된다(Candish, 1971). 이때 함께 유리된 鎂은 난각형성에 쓰이지 않으므로 주로 배설되고 일부는 혈액에 남아 난각형성시의 혈액내 인의 농도는 증가하게 된다. 卵殼形成時間 외에는 칼슘과 인은 뼈에 재침적하는데 이때는 칼슘과 인이 동시에 필요하게 된다. 따라서 산란계의 鎂의 요구량을 결정하기는 매우 어렵다.

2. 피틴산 인의 영양적 특성.

사료내에 들어있는 인은 그 이용성이 중요한데 일반적으로 곡류 및 박류에 들어있는 인은 대부분 (60~80%) 피틴산과 결합되어 있어 이 피틴산이 칼슘과 불용성의 화합물을 형성하므로 단위동물이나 가금에는 잘 이용되지 못한다. 따라서 사료내 인의 함량은 총인 함량보다 동물에 이용될 수 있는 유효인 (available phosphorus)의 함량이 더욱 큰 의미를 갖는다.

가금에 있어서 피틴산 인의 이용율은 가금의 연령이 높을수록 증가하며 (Gillis 등, 1953; Maddai-ah 등, 1963), 사료내 비타민 D₃의 함량이 높으면 피틴산 인의 이용율이 다소 증가한다고 한다 (Nelson, 1967). NRC (1977)에서는 가금에 있어서 식물성 사료에 포함되어 있는 인의 30% 정도가 유효인이라고 하는데 이는 여러 가지 식물성 사료가 혼합된 사료의 평균 이용율이므로 각각의 사료마다 그 이용율은 큰 차이가 있음을 증시하여야 한다. (Singsen 등, 1969)

Singsen과 Mitchell (1944)에 따르면 사료내 phytase의 함량이 높은 경우 피틴산 인의 이용율을 높이는 데 병아리에 대한 주요 식물성 사료의 인의 이용성에 관해 알아보면 table 1과 같다. 표에서 보면 식물성 사료내에 존재하는 인의 이용성이 상당히 낮은 것을 알 수 있으며 특히 옥수수에 포함된 인은 밀이나 보리에 포함된 인보다 이용성이 더욱 낮은 것을 알 수 있다. 이는 옥수수에 비해 밀이나 보리의 phytase의 함량이 높기 때문인데 아무튼 식물성 사료내 포함된 인은 그 함량도 낮고 이용성도 낮아 동물의 정상적인 성장과 생산을 위해서는 무기태인의 보충급여가 꼭 필요하다.

Table 2. Body weight gain, feed intake and feed conversion in broilers fed different levels of calcium, phosphorus and vitamin D₃.

Treatment Items	Ca (%)			0.45			0.9			0.7		
	0	200	400	0	200	400	0	200	400	0	200	400
Initial body weight (g)	74.3	74.2	74.2	74.2	74.1	74.2	74.1	74.1	74.3	74.2	73.9	74.2
Final body weight (g)	436.6	765.0	819.6	356.4	694.3	737.7	601.7	784.5	843.1	663.8	856.5	876.0
Body weight gain (g)	362.3	695.8	745.4	282.2	620.2	663.6	527.7	710.4	768.7	579.7	782.6	801.8
Feed intake (g)	875.21	387.91	457.6	774.71	292.01	347.31	104.41	415.41	481.11	240.91	491.81	494.0
Feed/Gain	2.42	1.99	1.96	2.75	2.08	2.03	2.09	1.99	1.93	2.14	1.91	1.86

(Han and Ohh, 1981)

Table 1 Effect of source of phosphorus on bone traits of growing chicks

P. source Items	Corn	Hard Wheat	Soft Wheat	Barley	NaH ₂ PO ₄ · H ₂ O
Grain phosphorus, %	0.19	0.19	0.19	0.19	0
NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O phosphorus, %	0.06	0.06	0.06	0.06	0.25
Total phosphorus, %	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Tibia strength, kg	1.05	2.28	2.90	2.57	4.39
Tibia ash, %	20.1	22.2	23.2	23.3	30.9
P. Availability, %	12	43	58	50	100

(Hayes and Cramwell, 1979)

3. 칼슘과 인 및 비타민 D₃의 상호작용

동물체내에서 칼슘과 인의 이용은 비타민 D와 밀접한 관계를 가진다. 일반적으로 비타민 D는 장내에서 calcium-binding protein의 형성을 도와 칼슘의 腸內 吸收를 증가시키며 (Wasserman과 Taylor, 1968; Hurwitz와 Bar, 1970) 인의 흡수도 간접적으로 돕는다 (Wasserman과 Taylor, 1973; Soares 등, 1977). 뿐만 아니라 비타민 D는 뼈에 축적되어 있는 칼슘과 인의 혈액으로의 유리를 조절하는 것으로 알려져 있다 (Holick 등, 1972). 즉 비타민 D는 혈액내 칼슘과 인의 수치를 일정하게 유지하기 위해 필수적이다. 여기서 사료내 칼슘과 인 그리고 비타민 D₃의 급여에 따른 상호작용이 병아리의 성장능력에 미치는 효과를 살펴보면 table 2와 같다.

표에서 보는 바와 같이 여러 수준의 칼슘과 인 급여구에서 비타민 D₃의 급여에 따라 성장율이 크게 향상되는 것을 알 수 있으며, 특히 칼슘과 인의 급여가 부족한 경우 비타민 D₃의 급여효과는 더욱 크게 나타남을 알 수 있다.

Ⅲ. 칼슘과 인의 要求量 및 勸奨量

가축의 적절한 칼슘과 인의 급여수준을 결정하기 위하여 칼슘과 인의 공급수준별 성장능력 및 가축의 생산능력에 미치는 영향에 관하여 많은 연구가 이루어져 왔는데 최근의 연구결과를 중심으로 가금의 칼슘과 인의 요구량을 알아보려고 하겠다.

부르일러 및 어린병아리에 대한 칼슘의 공급은 최저 0.7%이상이어야 하며 1.0%정도 급여하면 정상적인 성장을 유지할 수 있다(Scott, 1976). 어린 병아리에 대한 인의 공급수준별 成長能力은 table 3 과 같은데 인의 공급수준이 0.63~0.72%일때 가장 성장율이 높았으며, Waldroup등(1963)도 부르일러 용 병아리의 인의 적정 공급수준은 0.59~0.70%라고 제시하였다. NRC(1971, 1977)에서는 병아리에 대한 인의 요구량을 0.7%로 제시했으며 Scott

(1976)도 有效磷으로 0.5%를 권장하고 있어 병아리의 인의 요구량은 0.7% 수준일것으로 사료된다.

Table 3. Growing performance of starting chick fed different levels of phosphorus

Treatments Items	Level of total phosphorus (%)				
	0.44	0.54	0.63	0.72	0.82
Body wt. gain (g)	353.6	425.1	454.3	432.0	411.1
Feed intake (g)	1130.0	1146.9	1220.4	1168.8	1142.5
Feed/gain	2.91	2.70	2.69	2.71	2.78

(Han et al, 1980a)

산란제에 대해 칼슘요구량은 産卵率 및 연령에 따라 차이가 나며 기온 및 사료섭취량에 따라, 사육방법 및 칼슘의 급원에 따라 변이가 심하므로 정확한 요구량을 결정하기가 매우 어렵다. 칼슘의

Table 4. Egg production, egg weight and feed efficiency fed different level of calcium

Item	Level of calcium (%)				
	1.75	2.25	2.74	3.25	3.75
Hen-day egg production (%) ^a	61.25 ^a	68.46 ^b	73.22 ^c	76.17 ^{cd}	76.91 ^d
Av. egg weight (g)	61.09	60.80	61.29	61.08	61.38
Av. egg mass/hen-day (g)	37.42	41.62	44.88	46.52	47.21
Feed intake/hen-day (g)	113.55	116.33	117.41	116.20	177.07
Feed/g. egg mass ^a	3.03 ^a	2.80 ^b	2.62 ^c	2.50 ^d	2.48 ^d
Shellless egg production (%)	0.90	0.82	0.59	0.37	0.47

(Han et al, 1981b)

* Values with different superscript letters are significantly different at 5% level.

Table 5. Effects of calcium level upon egg production, feed consumption and egg quality in laying hen

Calcium content of diet	Calcium consumed	Feed consumption	Egg production	Specific gravity	Shell thickness	Egg weights
%	, g/hen/day	g/hen/day	%		mm	g
2.5	2.78	111 ^a	71 ^a	1.082 ^d	0.368 ^c	59
3.0	3.19	106 ^b	68 ^{ab}	1.084 ^c	0.376 ^{bc}	59
3.5	3.78	108 ^{ab}	70 ^a	1.085 ^{ab}	0.386 ^a	59
4.0	4.35	109 ^{ab}	66 ^{bc}	1.083 ^c	0.371 ^c	59
4.5	4.79	106 ^b	65 ^c	1.084 ^{bc}	0.381 ^{ab}	58
5.0	5.05	101 ^c	64 ^c	1.086 ^{ca}	0.386 ^a	58

(Scott et al, 1971)

Numbers not followed by same letter are significantly different (P < 0.05)

급여수준이 산란율 및 난중, 난각후도에 미치는 영향은 table 4 및 5 와 같다. Han 등(1981a)에 의하면 사료내 칼슘의 함량이 3.25 ~ 3.75%일때 산란율 및 난중이 우수하였을며, Scott 등(1971)도 3.0~3.5% 수준에서 우수한 산란율을 기록하였고 4.0%이상 급여한 경우 오히려 산란율이

저하되었다. 산란제에 대한 NRC의 칼슘요구량도 1971년 2.75%수준에서 1977년에는 3.25%를 제시하였다. 이제까지 여러 연구를 종합하여 본다면 산란제에 대한 칼슘의 적정 급여수준은 3.5% 정도로 생각되며 칼슘의 이용율이 감소하는 노계의 경우는 3.75%정도 급여해 주는 것이 바람직하다.

Table 6. Egg production, egg weight and feed efficiency in laying hens fed different level of phosphorus (21 - 45 wks)

Treatment Item	Level of total phosphorus (%)				
	0.43	0.53	0.62	0.72	0.81
Hen-day egg production (%)	85.2	84.3	85.7	85.5	84.4
Av. egg weight (g)	54.3	54.8	55.1	55.3	54.7
Av. egg mass/hen-day (g)	46.3	46.2	47.2	47.3	46.2
Feed intake/hen-day (g)	125.5	123.4	127.0	125.8	123.0
Gram feed/gram egg	2.71	2.67	2.69	2.66	2.66
Shellless egg (%)	1.20	0.90	0.85	0.91	1.15

(Han et al, 1980b)

Table 7. Effects of calcium and phosphorus level on egg production in laying hens*

Treatment Calcium	Available phosphorus	Production (hen day)	Calories/g.*egg	Uncollectable eggs (hen day)	Mortality
2.75	0.35	80.5	6.99	4.0	4.3
3.75		82.1	6.72	4.3	6.4
4.75		79.9	6.81	7.5	5.7
3.75~2.75		82.0	6.74	5.9	8.6
3.75~4.75		80.1	6.73	5.2	7.1
2.75	0.45	81.3	6.85	5.1	7.1
3.75		79.7	6.88	4.1	7.1
4.75		79.2	6.81	6.6	6.4
3.75~2.75		82.2	6.70	3.7	6.4
3.75~4.75		81.6	6.69	6.0	7.9
Average		80.8	6.79	5.2	6.7
Coefficient of variation (%)		2.7	2.5	...	...

(Ousterhout, 1980)

* All data are from averages of averaged data for each 28-day period except uncollectable eggs and mortality which are determined from totals per treatment.

**Metabolizable calories fed per gram of egg collected.

산란계에 대한 인의 요구량은 일중 요구량의 변화가 크므로 정의 하기가 매우 어렵다. Han등 (1981b)의 사료내 인의 供給水準별 산란능력의 차이는 table 6 과 같으며 Ousterhout (1980)의 사료내 칼슘과 인의 공급수준에 따른 산란율의 차이는 table 7에 제시된 바와 같다.

Table 7에서 보면 산란계 사료내 인의 공급수준을 0.43%에서 0.81%까지 급여한 결과 産卵率 및 卵重에 차이가 없었으며, Ousterhout (1980)의 연구도 사료내 인水準 0.35%와 0.45%간에 산란율에 차이가 없음을 알 수 있다. NRC에서도 1977년 개정시 산란계의 인 공급수준을 다소 낮추어 0.5%를 제시하였으며 Bletner와 McGhee (1975)는 0.35% Crowley등 (1961)은 0.41% Salman등 (1969)과 Pepper등 (1958)은 0.3~0.34%의 인을 공급해도 산란율 및 계란의 품질에 차이가 없었다고 한다.

이상의 연구를 종합하여 보면 산란계에 대한 인의 적정 급여 수준은 NRC (1977)의 0.5% 수준보다 다소 낮은 0.4%수준까지 급여해도 무방할 것

으로 판단된다.

이상으로 가금에 대한 칼슘 및 인의 要求量에 관해 최근의 연구결과를 바탕으로 고찰하였는데 참고로 NRC가 최근 제시한 칼슘 및 인의 요구량을 요약하면 table 8 과 같으며 Scott (1976)의 칼슘 및 인의 권장량은 table 9와 같다. 이 밖에 주의 하여야 할 점은 산란계의 경우 산란율 및 사료섭취량에 따라 칼슘의 급여수준을 조절해 주는 것이 좋다.

IV. 主要飼料의 칼슘과 인의 含量

가금의 사료로서 널리 쓰이고 있는 원료사료의 칼슘과 인의 함량은 table 10과 같다. 표에서 보는 바와 같이 대부분의 식물성사료는 칼슘과 인의 함량이 상당히 낮은 뿐 아니라 인의 함량중 60~80% 정도가 피인태 인으로 존재함을 알 수 있다. 동물성 사료중 어분과 육분등은 상당량의 칼슘과 인을 함유하고 있으며 일반적으로 동물성 사료내에 존재하는 인은 생체내에서 거의 전부 이용되는 것으로 평가되고 있다.

Table 8. Calcium and phosphorus requirement of poultry (%)

Animals	Phase	Calcium		Phosphorus	
		1971	1977	1971*	1977**
Poultry	Starting chicken (0~8weeks)	1.0	0.9	0.7	0.7
	Growing chicken (8-18weeks)	0.8	0.6	0.4	0.4
	Laying hen	2.75	3.25	0.6	0.5
	Breeding hen	2.75	2.75	0.6	0.5

(NRC : 1971, 1977)

- * At least 0.5% of the total feed of starting chickens should be inorganic phosphorus. A portion of the phosphorus requirement of growing chickens and laying and breeding hens must also be supplied in inorganic form.
- ** Minimum level of available inorganic phosphorus be provided by inorganic and/or animal product sources.

Table 9. Recommended practical level of calcium and phosphorus in feeds for chicken (%)

Ingredients	Starting chicks and broilers	Growing chicks and broilers	Laying hen	Breeding hens
Calcium	1.0	0.8	3.7*	3.7
Phosphorus, available	0.5	0.4	0.4	0.4

(Scott et al, 1976)

- * Recommended level for 2nd laying phase.

Table 10. Calcium and phosphorus content of feed ingredients

Ingredient	Calcium*	Phosphorus		Phytic acid**
		Phytate phosphorus	% of total phosphorus	
	(%)	(%)		(%)
Protein sources				
Cottonseed meal, 50 % protein	0.20	71±10	0.92±0.15	3.3
Cottonseed meal, solvent, 41% protein	0.15	70±7	0.75±0.09	2.7
Soybean meal, 50 % protein	0.27	61±5	0.37±0.03	1.4
Grains and grain by products				
Corn	0.02	66±7	0.17±0.02	0.6
Barley	0.03	56±5	0.19±0.02	0.7
Milo	0.03	68±4	0.21±0.03	0.7
Oats, whole and rolled	0.06	89±4	2.42±0.16	8.6
Wheat bran	0.14	70±7	0.96±0.11	3.4
Specialty				
Alfalfa meal, 17% protein	1.44	0	0.01	0
Corn gluten meal, 41% protein	0.23	60±15	0.35±0.09	0.2
Corn meal, degermed	-	69±16	0.07±0.02	0.3
Isolated soybean protein	0.02	60+8	0.48±0.08	1.7
Other				
Corn gluten meal, 60 % protein	-	62	0.36	1.3
Distillers dried grains with solubles (corn)	0.17	43	0.33	1.2
Distillers dried solubles (corn)	0.35	7	0.10	0.4
Fermentation solubles (corn)	-	59	0.65	2.3
Hulled oats	0.13	78	0.35	1.2
Rice bran	0.07	86	1.44	5.1
Sesame meal	1.99	81	1.03	3.6
Soybean meal, 44 % protein	0.29	58	0.38	1.3
Wheat	-	67	0.20	0.7
Wheat standard middlings	0.12	74	0.35	1.2
Animal origin*				
Blood meal, vat dried	0.55		0.42	
Casein, dried	0.61		1.00	
Fish meal, menhaden	5.11		2.88	
Meat meal	8.27		4.10	
Skim milk, dried	1.28		1.02	
Whey, dried	0.97		0.76	
Yeast, brewers	0.12		1.40	

* NRC (1977)

(Nelson et al, 1968)

** Expressed as free phytic acid

그러나 대부분의 원료사료내 칼슘과 인만으로는 가축의 생리적인 요구량을 만족시키지 못하므로 칼슘과 인의 供給劑가 널리 사용되고 있는데 주요 칼슘인 공급제의 칼슘과 인의 함량은 table 11과 같다.

칼슘·인 공급제에 포함되어 있는 칼슘과 인은 동물체내에서 이용성이 높지만 주의할 요하는 것은 공급제의 종류에 따라 불소함량이 높은 것이 있으므로 불소중독을 조심하여야 한다는 점이다.

Table 11. Calcium, phosphorus, sodium, fluoride, and selenium content of common mineral sources

Ingredient	International Feed No.	Calcium (%)	Phosphorus (%)	Sodium (%)	Fluoride (%)	Selenium (ppm)
Bone meal	6-00-400	29	12.6	0.37	0.05	
Calcium carbonate	6-01-069	38	0	0.02	0	0
Fish meal, menhaden	6-02-009	5.1	2.9	0.4 ^a	0.01	1.7
Limestone, ground ^a	6-02-632	38	0	0.05	0.01	0.2
Meat and bone meal	6-00-385	8.3	4.1	1.4	0.05	0.3
Oyster shell	6-03-481	38	0	0.2	0.29	0
Phosphate, curacao	6-05-586	36	14	0.3 ^a	0.54	2.0
Phosphate, defluorinated	6-01-780	32	18	5.7 ^a	0.16	1.4
Phosphate, dicalcium	6-01-080	21	18.5	0.6 ^a	0.14	0.2
Phosphate, mono + di, calcium	6-01-081	16	21	0.6 ^a	0.20	
Phosphate, soft rock	6-03-947	17	9	0.1	1.2	0.3
Sodium chloride	6-14-013	0	0	39.2	0	0

(NRC, 1977)

a Some contain different sodium levels, Check with manufacturer.

b High calcium

V. 칼슘과 인의 供給源 및 供給方法

1. 供給源 및 利用率

칼슘과 인의 공급제는 그 공급원에 따라 이용성에 차이가 있는데 널리 쓰이는 칼슘공급제의

가급에 대한 이용율은 table12와 같다. 표에서 보면 탄산칼슘을 100으로 했을때 제 2 제 3 인산칼슘, 골분, 석회석등은 그 이용성이 매우 좋으며 연인광석, 석고, 탈불인광석등은 다소 떨어짐을 알 수 있다.

Table 12. Biological availability of calcium from various sources for the young chick

Calcium source	Relative availability				
	Motzok ^a %	Hurwitz ^b %	Dilworth ^c %	Blair ^d %	Stillmak %
Calcium carbonate	100	100	100	100	100
Limestone	...	...	...	102	...
Dolomite	...	...	...	...	...
Gypsum	...	90	...	...	66
Bone meal	...	...	...	109	...
Low-F. rock	70	...	90	...	...
Soft phosphate	...	...	68	...	...
Defluorinated phosphate A	...	...	95	...	...
Defluorinated phosphate B	...	...	92	...	...
Tricalcium phosphate	...	...	...	115	...
Dicalcium phosphate	100	...	...	113	...

a Motzok, Arthur and Branion (1965).

b Hurwitz and Rand (1965).

c Dilworth, Day and Hill (1964).

d Blair, English and Michie (1965).

e Stillmak and Sunde (1971).

Han등 (1981a)이 산란제에 대한 패분, 석회석, 방해석의 이용성을 비교한 결과는 Table 13과 같은데 산란제의 경우 패분, 석회석, 방해석간에 산란율 및 난중에 차이가 없어 그 이용성은 같은 것으로 평가 되었다.

가급에 대한 인 供給劑의 생물학적 가치를 알

아본 결과는 table14와 같은데 인산칼슘제 및 골분의 이용성이 높은 반면 인광석 종류는 다소 떨어져지며 pyrophosphate, metaphosphospte, phytate의 이용율은 상당히 낮은 것으로 평가되고 있다.

2. 供給方法 및 粒子度

산란제의 경우 칼슘의 공급원 및 粒子度가

Table 13. Egg production, egg weight and feed efficiency as affected by the source of calcium

Item	Treatment		
	Oyster shell	Limestone	Calcitic limestone
Hen-day egg production (%)	72.82	74.20	74.05
Av. egg weight (g)	61.28	61.42	60.72
Av. egg mass /hen-day (g)	44.62	45.57	44.96
Feed intake /hen-day (g)	118.06	117.65	114.55
Feed /g. egg mass	2.65	2.58	2.55
Shelless egg production (%)	0.63	0.47	0.59

(Han et al, 1981a)

Table 14. Comparative biological value of inorganic phosphates in poultry

	Biological value *
Reagent grade orthophosphates	
Beta-tricalcium phosphate(anhydrous)	100
Dicalcium phosphate(hydrated)	110
Dicalcium phosphate(anhydrous)	90
Monocalcium phosphate(hydrated)	113
Potassium phosphate monobasic(anhydrous)	109
Sodium phosphate monobasic(hydrated)	103
Feed grade phosphates	
Dicalcium phosphate	97
Dicalcium phosphates which also contain some monocalciumphosphate	105- 110
Defluorinated phosphates	
Calcined	94
Fused	82
Precipitated	99
Raw rock phosphates	
Curacao Island phosphate	50-87
Tennessee brown rock	**
Colloidal phosphate	**
Bone products	
Steamed bone meal	90-100
Foreign bone meal	87
Spent bone char	84
Bone ash	89
Pyrophosphates	
α , β and γ Calcium pyrophosphates	0
Acid pyrophosphates	
Calcium acid pyrophosphate	60
Metaphosphates	
β and γ Calcium metaphosphate	0
Vitreous calcium metaphosphate	45
Sodium metaphosphate	2
Potassium metaphosphate	0
Calcium phytate	0

(Scott et al, 1976)

* Values based on bone calcification in chicks from each source of phosphate compared with beta-tricalcium phosphate, which was assigned a value of 100.

** Availability too low to rate with purified diet. With practical type diet the following values were obtained: Tennessee brown rock 25, colloidal phosphate 25, sodium metaphosphate 28.

Table 15. Feed consumption, egg production, egg weight and feed efficiency as affected by particle size.

Treatment Item	Oyster shell			Limestone		
	coarse	medium	fine	coarse	medium	fine
Feed consumption (g/hen/day)	109.1	108.3	109.8	108.2	108.5	109.5
Egg production (g/hen/day)	78.4	76.5	79.4	78.6	78.3	80.3
Av. egg weight	59.4	59.6	59.1	59.4	59.0	58.9
Feed efficiency	2.34	2.41	2.36	2.32	2.35	2.31

(Song et al, 1981)

Table 16. Effect of particle sizes of oyster shell and limestone on performance of laying hen

Treatment	Final body wt (kg)	Egg weight (g)	Feed consumption (g/hen- day)	Feed conver- sion (kg/doz)	Egg produc- tion * (%)	Mort- ality (%)	Poorly shelled eggs (%)
Ground limestone	1.97	59.0	108	1.73	74.8	8.4	4.0
Ground oyster shell	1.93	58.9	108	1.74	72.5	12.6	2.5
Coarse limestone	2.01	59.7	108	1.78	72.3	15.5	2.9
Pullet oyster shell	2.10	59.5	110	1.80	70.6	18.7	6.5
Hen oyster shell	2.03	59.0	110	1.78	74.3	17.1	4.9

* Hen-day basis

(Miller and Sunde, 1975)

산란능력에 미치는 효과에 관한 연구가 최근 많이 진행되고 있는데 Song 등(1981) 이 발표한 패분 및 석회석의 입자도가 산란능력에 미치는 영향은 table 15와 같이 나타났는데 패분과 석회석 간에 산란율의 차이가 없었으며 석회석의 경우 입자도가 작을때 산란율이 높았다.

Miller와 Sunde (1975)가 패분 및 석회석의 입자도에 관해 실험한 결과는 table 16과 같은데 역시 패분과 석회석간에 산란능력의 차이는 없었으며, 석회석은 미세한 입자일수록 패분의 경우 입자도가 클수록 산란능력이 우수한 경향을 보이고 있다.

Kuhl 등(1977)은 사료의 칼슘수준과 粒子度가 산란능력에 미치는 영향을 조사하였는데 그 결과는 table 17과 같다. 표에서 보면 칼슘수준(2.5~3.0%) 간에 産卵率 및 卵重에 차이가 없었으며 칼슘공급계의 입자도 간에는 산란율 및 난중의 차이는 없었다.

부르일러에 대한 칼슘의 供給源 및 粒子度의 영향은 table 18과 같은데 패분과 석회석간에 성장율의 차이는 없었으며 패분의 경우 입자도가 미세할 때 성장율이 가장 나빴으며 석회석의 경우에는 입자도가 미세하거나 굵은 경우에 성장율이 높은 경향이다.

최근들어 패분과 석회석의 혼용효과에 관한 연

Table 17. Influence of dietary Ca level and particle size on percent egg production, feed efficiency and egg size

Particle size	Dietary Ca level, %			Mean ¹
	2.5	3.0	3.5	
% Egg prod. (hen/housed)				
Finely ground	63.1	62.9	63.7	63.9
Medium ground	67.1	69.9	66.4	67.8
Coarse ground	64.5	64.4	65.7	64.8
Chick bits	70.0	60.7	66.0	65.2
Hen bits	66.3	63.7	64.9	65.0
Mean ¹	66.0	64.3	65.7	
kg. feed/doz. eggs				
Finely ground	2.05	2.21	2.09	2.11
Medium ground	2.06	2.01	2.23	2.10
Coarse ground	2.18	2.18	2.10	2.15
Chick bits	1.96	2.21	2.07	2.08
Hen bits	2.08	2.15	2.02	2.08
Mean ¹	2.07	2.15	2.10	
Egg wt., g.				
Finely ground	63.4	62.5	62.3	62.8
Medium ground	61.7	61.7	61.5	61.7
Coarse ground	62.2	63.2	61.9	62.4
Chick bits	61.3	62.4	62.6	62.1
Hen bits	62.2	61.0	62.1	61.8
Mean ¹	62.2	62.2	62.1	

(Kuhl et al, 1977)

Within each response parameter, main effect means not followed by the same letter differ significantly (P < 0.05)

Table 18. Effect of calcium sources, calcium particle size and calcium level on broiler performance

Calcium Source ¹	Range in Particle size. U. S. B. S. sieve. series	Three week results					
		Mean body wt., g.			Tibia ash, %		
		0.15% Ca	0.45% Ca	Mean ²	0.15% Ca	0.15% Ca	Mean ²
Oyster shell	6-8	221	326	273 ^c	26.9	33.8	30.4
Oyster shell	40-50	212	408	311 ^c	28.7	35.4	32.0 ^c
Oyster shell	270-Pan	224	394	309 ^{bc}	27.7	34.1	30.9 ^c
	Mean	219	376	298	27.8	34.6	31.1
Limestone	6-8	220	357	289 ^c	26.9	34.2	30.5 ^c
Limestone	40-50	200	353	277 ^c	28.2	35.5	31.8 ^{bc}
Limestone	270-Pan	229	390	310 ^{bc}	27.4	35.1	31.3 ^{bc}
	Mean	216	367	292	27.5	34.9	31.2

1. No significant differences due to calcium sources.

(McNaughton et al, 1974)

2. Means within a column and without a common superscript are significantly different ($P < 0.05$).

Table 19. Effect of substituting limestone with oyster shell on egg production and egg shell strength in laying hen

Treatment	Feed/hen/day	Egg		Shell strength	
		Production		1st mo.	2nd mo.
		g	%	kg	kg
All ground limestone	94	58.4	2.78	2.74	
All ground oyster shell	93	59.4	2.82	2.88	
1/3 oyster shell + 2/3 limestone	94	66.2	2.79	2.66	
2/3 oyster shell + 1/3 limestone	98	66.1	2.91	2.78	

(Scott et al, 1974)

Table 20. Effect of sodium and phosphorus level on egg production (%)

Na treatment	P level (%)		Mean
	0.30	0.70	
0.35% NaCl	67.5	70.0	68.7
1.40% NaCl	65.0	74.7	69.8
0.35% NaCl + 1.50% NaHCO_3	59.0	76.9	68.0
Mean	63.8 ^c	73.9 ^c	

($P < 0.01$)

(Choi et al, 1981)

Table 21. Effect of sodium and phosphorus level on growing performance in broiler chicks

Treatment	P level (%)	0.40		0.70		1.40	
		0.15	0.45	0.15	0.45	0.15	0.45
Item	Na level (%)	0.15	0.45	0.15	0.45	0.15	0.45
Body wt. gain (g)		455.2	468.1	636.2	580.2	529.4	584.2
Daily feed intake (g)		30.7	29.6	40.2	38.5	34.2	35.6
Feed efficiency		1.89	1.77	1.77	1.86	1.81	1.71

(Kim, 1981)

구가 많이 이루어졌는데 패분과 석회석을 혼용하면 그 이용율이 더욱 증가하는 것으로 알려지고 있다. Scott 등 (1971) 이 패분과 석회석의 혼용이 産卵率 및 卵殼의 質에 미치는 영향을 조사한 바는 table 19와 같은데 패분과 석회석을 1 : 2, 2 : 1

로 혼용한 결과 산란율이 크게 향상되었으며 난각의 강도에는 석회석구, 패분구, 혼용구간에 차이가 없었다.

사료내 Na의 농도와 磷의 要求量이 밀접한 관계를 가지고 있음이 최근 밝혀지고 있는데 Han 등

1981c. 이 사료내 인산염 및 Na의 수량이 산란능력에 미치는 영향을 조사한 바는 table 20과 같다. 표에서 보면 인의 수준이 낮은 구에서는 Na의 급여수준도 낮은 구에서 산란율이 우수하나 인의 급여수준이 높은 경우에는 Na의 급여수준도 높은 구에서 산란율이 우수하였다. 즉 사료내 Na의 농도가 높을수록 인의 급여량도 증가시켜 주는 것이 바람직하다. Na와 인의 상호작용은 부로일러에 있어서도 연구되었는데 table 21에 의하면 산란제와 마찬가지로 인의 수준이 높으면 Na수준도 높을때, 인의 수준이 낮으면 Na수준도 낮을때 증체 성적이 좋은 것으로 나타났다. 즉 가금에 있어서 인의 공급은 사료내 Na의 공급과 균형을 맞추어야 함을 보여주고 있다.

VI. 要 約

칼슘과 인은 동물의 骨格形成 및 体 平衡維持에 필수적인 뿐 아니라 卵殼의 중요한 구성물질이다. 그러나 가금의 주요 원료사료인 식물성사료는 대부분 칼슘과 인의 함량이 낮으며 그 이용성도 낮아 별도로 추가공급이 필요하다. 따라서 칼슘과 인의 기능을 밝히고 要求量을 찾아내며, 그 공급원 및 이용성을 조사하는 것은 매우 중요하다. 이제까지 칼슘과 인의 영향적 특성 및 공급에 관해 고찰하였는 바 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 칼슘과 인은 정상적인 기능을 수행하기 위해 비타민D 및 Na등과 긴밀한 相互作用을 가지고 있다.
2. 대부분의 식물성 사료내에 들어있는 인은 피린테로서 單胃 動物에는 이용성이 낮으며 가축의 연령이 증가하거나 비타민D의 급여가 증가하면 피린테 인의 이용률도 다소 증가한다. 일반적으로 동물성사료 및 무기질사료내 존재하는 칼슘과 인은 利用性이 상당히 높다.

3. 가금의 칼슘과 인의 요구량은 부로일러 및 산란용 초생추의 경우 칼슘 1.0% 인 0.7% 내외이며, 산란제의 경우 칼슘 3.5% 인 0.4% 수준으로 요약되었는데 이는 최근 NRC (1977)의 要求量 水準과 비슷하다.
4. 칼슘과 인의 공급은 사료섭취량이 적은 경우 供給水準을 증가시켜 주는 것이 바람직하며 산란제의 경우 산란율이 높거나 연령이 오래된 닭의 경우 칼슘의 供給量을 증가시켜 3.75%까지 급여하는 것이 좋다. 실제 사육시에는 칼슘과 인의 이용율을 고려하여 요구량 수준보다 20%정도 증가시켜 주는 것이 바람직하다.
5. 칼슘과 인 供給劑의 이용성은 제 1, 제 2, 제 3 인산칼슘, 탄산칼슘, 골분, 석회석, 패분등이 가장 우수하였으며 연인광석, 탈인광석, 석고등은 다소 떨어졌다. 산란제의 경우 칼슘공급제로서 방해석은 석회석이나 패분과 비교해 볼때 거의 같은 효과를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 방해석은 새로운 칼슘공급제로서 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.
6. 칼슘공급제의 粒子度가 산란능력에 미치는 영향은 아직 확정지을만한 결과를 얻지 못하고 있으나 일반적으로 패분은 입자도가 줄어들때 석회석은 입자도가 미세할 때 산란능력이 우수하였다.
7. 산란제에 있어서 패분과 석회석을 單用 하는 것보다 混用하면 그 이용성이 증가하였다.
8. 사료내 Na의 농도가 높으면 인의 급여량도 높여 주는 것이 산란능력 향상에 도움이 되었으며 인의 수준이 낮은 경우는 인의 급여수준도 낮추는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

〈參 考 文 獻〉

1. Blair, R., P.R. English and W. Michie. 1965. Effect of calcium source on calcium retention in the young chick. Brit. Poultry Sci. 44:355-362.

2. Bletner, J.K. and G.C. McGhee. 1975. The effect of phosphorus on egg specific gravity and other production parameters. *Poultry Sci.* 54:1736 (Abstr.).
3. Candlish, J.K. 1971. The formation of mineral and organic matrix of fowl cortical and medullary bone during shell calcification. *Br. Poultry Sci.* 12:119-126.
4. Choi, J.H., R.D. Miles and R.H. Harms. 1980. Interaction of dietary phosphorus and sodium chloride levels on blood phosphorus and egg production of hens. *Poultry Sci.* 59:1897-1900.
5. Crowley, T.A., M.W. Pasvogel, A.R. Kemmerer, M.G. Vavich and A.A. Kumick. 1961. Effects of soft phosphate and dicalcium phosphate on a reproductive performance and egg quality. *Poultry Sci.* 40:74-80.
6. Dilworth, B.C. and E.J. Day. 1964. Phosphorus availability studies with feed grade phosphates. *Poultry Sci.* 43:1039-1045.
7. Gillis, M.B., L.C. Norris and G.F. Heuser. 1953. Phosphorus metabolism and requirements of hens. *Poultry Sci.* 32:977-984.
8. Han, I.K., S.J. Ohh, K.H. Myung, J.M. Park and C.S. Kim. 1978. Studies on the nutritive values of various phosphate supplements. II. Utilization of phosphorus from various phosphate supplements by broiler-type chicks fed a small amount of fish meal. *Korean J. Animal Sci.* 20:559-565.
9. Han, I.K., K.S. Sohn and C.S. Kim. 1980a. Studies on determination of optimum dietary level of phosphorus in poultry. II. Effects of level of phosphorus on performance of egg-type growing chicks. *Korean J. Animal Sci.* 22:127-134.
10. Han, I.K., K.S. Sohn, J.I. Kim and C.S. Kim. 1980b. Studies on determination of optimum dietary level of phosphorus in poultry. III. Effects of level of phosphorus on performance of laying hens. *Korean J. Animal Sci.* 22:135-142.
11. Han, I.K., K.H. Lee, S.J. Lee, T.H. Kang and K. Kwon. 1981a. Studies on the nutritive values of various calcium supplements in laying hen diets. I. Comparative studies on the nutritive values of oyster shell, limestone and calcitic limestone. *Korean J. Animal Sci.* 23:193-198 (in press).
12. Han, I.K., K.H. Lee, S.J. Lee, T.H. Kang and K. Kwon. 1981b. Studies on the nutritive values of various calcium supplements in laying hen diets. II. Effects of varying levels of dietary calcium on egg production, feed efficiency and egg shell quality. *Korean J. Animal Sci.* 23: (in press).
13. Han, I.K. and S.J. Ohh. 1981. Studies on the relationship of calcium, phosphorus and vitamin D₃ in broiler-type chicks. *Korean J. Animal Sci.* 23: (in press)
14. Han, I.K., J.H. Choi and Y.C. Rhee. 1981c. Interaction of dietary phosphorus and sodium level on the performance of laying hen. (unpublished)
15. Hayes, S.H. and G.L. Cromwell. 1979. Availability of phosphorus in corn, wheat and barley for the chick. *J. Animal Sci.* 49:992-999.
16. Holick, M.F., M. Garabedian and H.F. DeLuca. 1972. 1, 25-dihydroxy-cholecalciferol: metabolite of vitamin D₃ active on bone in anephric rats. *Science.* 176:1146-1147.
17. Hurwitz, S. and N.T. Rand. 1965. Utilization of calcium sulfate by chicks and laying hens. *Poultry Sci.* 44:177-183.
18. Hurwitz, S. and A. Bar. 1969. Calcium reserves in bones of laying hens: Their presence and utilization. *Poultry Sci.* 48:1391-1396.
19. Hurwitz, S. and A. Bar. 1970. The site of calcium and phosphate absorption in the chick. *Poultry Sci.* 49:324-325.
20. Kim, S.K. 1981. The effect of dietary level of sodium on the interaction of calcium and phosphorus in the broiler chick. M.S. thesis of Seoul Natl. Univ.
21. Kuhl, H.J. Jr., D.P. Holder and T.W. Sullivan. 1977. Influence of dietary calcium level, source and particle size on performance of laying chickens. *Poultry Sci.* 56:605-611.
22. Maddaiah, V.T., B.J. Hulett, A.A. Kurnick and B.L. Reid. 1963. Availability of calcium phytate, sodium phytate and dicalcium phosphate in chicks, hens and rats. *Poultry Sci.* 42:1286 (Abstr.).
23. McNaughton, J.L., B.C. Dilworth and E.J. Day. 1974. Effect of particle size on the utilization

- of calcium supplements by the chick. *Poultry Sci.* 53:1024-1029.
24. Miller, P.C. and M.L. Sunde. 1975. The effect of various particle sizes of oyster shell and limestone on performance of laying leghorn pullets. *Poultry Sci.* 54:1422-1433.
 25. Motzok, I., D. Arthur and H.D. Branion. 1965. Factors affecting the utilization of calcium and phosphorus from soft phosphate by chicks. *Poultry Sci.* 44:1261-1270.
 26. Nelson, T.S. 1967. The utilization of phytate phosphorus by poultry—A review. *Poultry Sci.* 46:862-871.
 27. Nelson, T.S. and L.W. Ferrara. 1968. Phytate phosphorus content of feed ingredients derived from plants. *Poultry Sci.* 47:1372-1374.
 28. NRC. 1971. Nutrients requirements of pultry. 6th ed. NAS-NRC. Washington, D.C.
 29. NRC. 1977. Nutrients requirements of poultry. 7th ed. NAS-NRC. Washington, D.C.
 30. Ousterhout, L.E. 1980. Effects of calcium and phosphorus levels on egg weight and egg shell quality in laying hens. *Poultry Sci.* 59:1480-1484.
 31. Pepper, W.F., S.J. Slinger and J.B. Summers. 1958. On the phosphorus requirement of laying hens. *Poultry Sci.* 37:1233 (Abstr.).
 32. Salman, A.J., M.S. Ali and J. McGinnis. 1969. Effect of level and source of phosphorus and different calcium levels on productivity and phosphorus utilization by laying hens. *Poultry Sci.* 48:1004-1009.
 33. Scott, M.L., S.J. Hull and P.A. Mullenhoff. 1971. The calcium requirements of laying hens and effects of dietary oyster shell upon egg shell quality. *Poultry Sci.* 50:1055-1063.
 34. Scott, M.L., M.C. Nesheim, and R.J. Young. 1976. Nutrition of chicken. M.L. Scott & Associates. Ithaca. N.Y.
 35. Singen, E.P. and H.H. Mitchell. 1944. Soybean meal chick rations need no inorganic phosphorus supplements. *Poultry Sci.* 23:152-153.
 36. Singen, E.P., L.D. Matterson, J.J. Tlustohowicz and W.J. Pudelkiewicz. 1969. Phosphorus in the nutrition of adult hen. 2. The relative availability of phosphorus from several source for caged layers. *Poultry Sci.* 48:387-392.
 37. Soares, J.H. Jr., M.R. Swerdel and E.H. Rossard. 1978. Phosphorus availability. 1. The effect of chick age and vitamin D metabolites on the availability of phosphorus in defluorinated phosphate. *Poultry Sci.* 57:1305-1312.
 38. Song M.K., I.K. Han, K.H. Lee and C.H. Kwack. 1981. Studies on the nutritive values of various calcium supplements in laying hen diets. III. Effects of particle size and source of calcium supplements on the egg production and egg shell quality. *Korean J. Animal Sci.* 23: (in press).
 39. Stillmak, S.L. and M.L. Sunde. 1971. The use of high magnesium limestone in the diet of the laying hen. 2. Calcium and magnesium availability. *Poultry Sci.* 50:564-572.
 40. Termine, J.D., R.E. Wuthier and A.S. Posner. 1976. Amorphous crystalline mineral changes during endochondral and periosteal bone formation. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 125:4-9.
 41. Waldroup, P.W., C.B. Ammerman and R.H. Harms. 1963. The relationship of phosphorus, calcium and vitamin D in the diet of broiler type chicks. *Poultry Sci.* 42:982-988.
 42. Wasserman, R.H. and A.N. Taylor. 1968. Vitamin D-dependent calcium-binding protein: response to some physiological and nutritional variables. *J. Biol. Chem.* 243:3987-3993.
 43. Wasserman, R.H. and A.N. Taylor. 1973. Intestinal absorption of phosphate in the chick: effect of vitamin D, and other parameters. *J. Nutr.* 103:586-599.