

ผลของระดับฟอสฟอรัสในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกกระทา
Optimal Dietary Phosphorus Levels for Egg Production Performance and Egg Quality in
Japanese Quails

สุขมา จันดาคุณ
Susama Jundakhoon

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

ฟอสฟอรัส เป็นแร่ธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการสร้างเปลือกไข่ การพัฒนากระดูก และสมรรถนะการผลิต โดยเฉพาะในรูปที่ร่างกายสัตว์สามารถดูดซึมได้ (available phosphorus; aP) ซึ่งวัตถุดิบพืชอาหารสัตว์มักมีฟอสฟอรัสอยู่ในรูปแบบที่ดูดซึมได้ต่ำ ทำให้ต้องอาศัยการเสริมฟอสฟอรัสในอาหารเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของนกกกระทา อย่างไรก็ตาม ระดับที่เหมาะสมในอาหารนกกกระทายังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน ดังนั้น สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกกระทาญี่ปุ่น โดยอ้างอิงจากเอกสารวิชาการ 3 ฉบับ ในช่วงปี พ.ศ. 2561–2568 มีการใช้ระดับฟอสฟอรัสในอาหารอยู่ในช่วง 0.10–0.50 % และแคลเซียม 1.70–3.80% ผลการทบทวนพบว่า ในระยะเริ่มต้นของการวางไข่ นกกกระทายังสามารถใช้ฟอสฟอรัสที่สะสมในร่างกายได้ การเปลี่ยนแปลงระดับฟอสฟอรัสจึงไม่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ น้ำหนักไข่ มวลไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมวลไข่ แต่เมื่ออายุเพิ่มขึ้น นกกกระทาต้องพึ่งพาฟอสฟอรัสจากอาหารโดยตรง โดยรูปแบบการตอบสนองส่วนใหญ่เป็นแบบเส้นโค้ง ซึ่งระดับที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 0.37 – 0.44% ร่วมกับแคลเซียม 2.69–3.05% ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกกระทาญี่ปุ่น

คำสำคัญ : ฟอสฟอรัส นกกกระทา ประสิทธิภาพการผลิต คุณภาพไข่

บทนำ

นกกระทาญี่ปุ่น (*Coturnix japonica*) เป็นสัตว์ปีกเศรษฐกิจที่มีความสำคัญในการผลิตไข่เชิงพาณิชย์ ด้วยคุณสมบัติที่เติบโตเร็ว วางไข่เร็ว และต้องการพื้นที่เลี้ยงน้อย การผลิตไข่ของนกกระทาขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะด้านโภชนาการ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการวางไข่ คุณภาพของไข่ รวมถึงสุขภาพของกระดูก ฟอสฟอรัส (P) เป็นแร่ธาตุหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการสร้างเปลือกไข่ การพัฒนาโครงสร้างกระดูก และการทำงานของระบบเมตาบอลิซึม โดยเฉพาะในรูปแบบที่ร่างกายสามารถดูดซึมได้ หรือที่เรียกว่า available phosphorus (aP) ซึ่งมีบทบาทอย่างมากในการเสริมสร้างประสิทธิภาพการผลิตในสัตว์ปีก

ที่ผ่านมา มีการศึกษาหลายฉบับที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดระดับฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในอาหารนกกระทา เช่น งานวิจัยของ Nascimento et al. (2018) ที่ศึกษาเรื่องขนาดอนุภาคของแหล่งฟอสเฟตต่อการดูดซึมฟอสฟอรัสในนกกระทา พบว่า ขนาดอนุภาคของไดแคลเซียมฟอสเฟตส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตไข่โดยตรง ในขณะที่ Mehri et al. (2025) ได้ศึกษาระดับฟอสฟอรัสที่เหมาะสมในอาหารของนกกระทาในช่วงเริ่มให้ไข่โดยควบคุมปัจจัยอื่นร่วม พบว่า แม้ระดับฟอสฟอรัสจะไม่ส่งผลต่อปริมาณไข่โดยตรง แต่ส่งผลต่อคุณภาพไข่และดัชนีทางสรีรวิทยาอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนงานของ Stanquevis et al. (2020) ได้ศึกษาระดับฟอสฟอรัสร่วมกับระดับแคลเซียมในอาหาร พบว่า ทั้งสองแร่ธาตุมีผลร่วมกันต่อ มวลไข่ อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมวลไข่ เปลือกไข่ และความหนาแน่นของกระดูก

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีงานวิจัยหลายฉบับที่ศึกษาเรื่องการใช้ฟอสฟอรัสในอาหารนกกระทา แต่ยังไม่มีการสรุปที่ชัดเจนหรือระดับที่เหมาะสมแน่นอน เนื่องจากผลลัพธ์ของแต่ละงานมีความแปรผันตาม สายพันธุ์ของนกกระทา (Strain) ช่วงอายุ สัดส่วนการใช้ร่วมกับแคลเซียม และแหล่งของฟอสฟอรัสที่ใช้ รวมทั้งสภาพแวดล้อมในการเลี้ยง ดังนั้น รายงานสมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์ข้อสรุปเกี่ยวกับระดับฟอสฟอรัสในอาหารที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อปริมาณการกินได้ (Feed intake ; FI)

Nascimento et al. (2018) ทำการศึกษาผลของระดับฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (Available Phosphorus, aP) และขนาดอนุภาค Dicalcium Phosphate ต่อสมรรถนะการผลิต คุณภาพไข่และลักษณะกระดูกของนกกระทาญี่ปุ่น เพศเมีย อายุ 20-32 สัปดาห์ ทดลองเป็นเวลา 84 วัน โดยทดลองแบบ 5 x 2 Factorial มี 2 ปัจจัยๆ ที่ 1 คือ ระดับ aP 5 ระดับ ได้แก่ 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ 0.50% ปัจจัยที่ 2 คือ อนุภาค Dicalcium Phosphate 2 ขนาด ได้แก่ ขนาดละเอียด (Fine particle size dicalcium phosphate ; FPP) และ ขนาดหยาบ (Coarse particle size dicalcium phosphate ; CPP) ทั้งหมด 10 ทรีทเมนต์ มี 8 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ตัว รวมทั้งหมด 720 ตัว โดยนกกระทาทุกกลุ่มได้รับอาหารที่มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) 2900 Kcal/kg ระดับโปรตีน 20% ให้น้ำแบบกินได้เต็มที่ ภายใต้ช่วงแสง 16 ชั่วโมงสว่างต่อ 8 ชั่วโมงมืด ตลอดการทดลอง พบว่า ปริมาณการกินได้ของนกกระทาที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดละเอียด มีการตอบสนองต่อระดับ aP ในรูปแบบเส้นโค้ง (Q, $P \leq 0.020$) โดยเมื่อให้อาหารที่มีระดับ aP 0.10% นกกระทามีค่า FI 24.55 กรัม และ FI เพิ่มขึ้นตามระดับ aP จนถึงจุดสูงสุดที่ 0.44% aP ซึ่งให้ค่า FI มากที่สุด อย่างไรก็ตาม หากเพิ่มระดับ aP มากกว่า 0.40% ค่า FI จะลดลง แสดงถึงการตอบสนองแบบโค้ง ในขณะที่นกกระทาที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดหยาบ พบว่าปริมาณการกินไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$, Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Stanquevis et al. (2020) ที่ทดลองในนกกระทาญี่ปุ่น เพศเมีย ในช่วงต้นการวางไข่ (อายุ 9-24 สัปดาห์) โดยใช้การทดลองแบบ 4 x 4 Factorial โดยใช้ระดับแคลเซียม (Ca) 4 ระดับ ได้แก่ 1.70, 2.40, 3.10 และ 3.80% และระดับ Available Phosphorus (aP) 4 ระดับ ได้แก่ 0.15, 0.30, 0.45 และ 0.60% รวมทั้งหมด 16 ทรีทเมนต์ มี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว รวม 480 ตัว โดยนกกระทาทุกกลุ่มได้รับอาหารที่มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) 2900 Kcal/kg ระดับโปรตีน 18.8% ให้น้ำแบบกินได้เต็มที่ โดยเริ่มให้แสงที่ 14 ชั่วโมง/วัน จากนั้นเพิ่มทีละ 30 นาทีต่อสัปดาห์ จนถึง 17 ชั่วโมง/วัน ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 16-24 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 57-87 % ตลอดการทดลอง พบว่า ปริมาณการกินได้ของนกกระทามีการตอบสนองในแนวเส้นโค้ง

(Q, $P < 0.0001$) (Table 2) ต่อทั้งระดับ Ca และ aP โดยไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่าง $Ca \times aP$ ต่อค่า FI โดยเมื่อระดับ Ca อยู่ที่ 1.70% และ aP 0.15% นกกระทามีค่า FI สูงสุด (32.50 กรัม) แต่เมื่อเพิ่ม Ca เป็น 3.10% และที่ระดับ aP เท่ากัน ค่า FI ลดลงเหลือ 28.70 กรัม สะท้อนว่าการให้ Ca สูงเกินไปอาจลดปริมาณการกินได้ เนื่องจากเกิดการจับตัวของ Ca กับ aP ในลำไส้ ทำให้การดูดซึม aP ลดลงและส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการกินอาหารได้ลดลง โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 2.79% Ca และ 0.37% aP แต่ขัดแย้งกับงานวิจัยของ Mehri et al. (2025) ที่ทำการศึกษาในนกกระทาญี่ปุ่น เพศเมีย ในช่วงต้นการวางไข่ (อายุ 10–16 สัปดาห์) โดยใช้ระดับแคลเซียมคงที่ 2.50% และ Available Phosphorus (aP) 5 ระดับ ได้แก่ 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45% aP แต่ละระดับมี 5 ซ้ำ ซ้ำละ 15 ตัว รวมทั้งหมด 375 ตัว โดยนกกระทาทุกกลุ่มได้รับอาหารที่มีค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) 2900 Kcal/kg ระดับโปรตีน 20% ให้น้ำแบบกินได้เต็มที่ ภายใต้ช่วงแสง 18 ชั่วโมงสว่างต่อ 6 ชั่วโมงมืด ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 20 ± 2.2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 55 ± 3.5 % ตลอดการทดลอง พบว่า ปริมาณการกินได้ของนกกระทาที่ได้รับ aP ทั้ง 5 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$, Table 3) ระหว่างระดับ aP ที่ใช้ แสดงว่านกกระทาที่มีอายุอยู่ในช่วง 10–16 สัปดาห์ ยังสามารถใช้ฟอสฟอรัสสะสมในร่างกายได้ จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของผลการทดลองทั้งสามงานมีสาเหตุมาจาก ช่วงอายุของนกกระทาที่ใช้ในการทดลอง ระดับโปรตีนในอาหาร ขนาดอนุภาคของ Dicalcium Phosphate การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ต่างกัน รวมถึงสมมูลระหว่างแคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งมีบทบาทต่อกลไกการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสที่ต่างกันในแต่ละระยะการผลิต ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การจัดสมมูลของแคลเซียมและฟอสฟอรัส โดยเฉพาะในระดับ Ca ประมาณ 2.79–3.05 % และ aP ประมาณ 0.37–0.44% เป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อปริมาณการกินได้และประสิทธิภาพการผลิต

ผลของระดับฟอสฟอรัสต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมูลไข่ (FCR)

Mehri et al. (2025) พบว่า การให้อาหารที่มีระดับ aP 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45% ภายใต้ Ca คงที่ 2.50% ไม่ทำให้อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมูลไข่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$, Table 3) โดยนกกระทากลุ่มที่ได้รับ Ca 2.50% และ aP 0.35% ให้ค่า FCR ต่ำที่สุด ในขณะที่ Nascimento et al. (2018) ศึกษาที่ระดับ aP 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ 0.50% ร่วมกับขนาดอนุภาค dicalcium phosphate สองขนาด พบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมูลไข่ของนกกระทาที่ได้ dicalcium phosphate ขนาดละเอียด มีการตอบสนองในแนวเส้นตรง (L, $P \leq 0.02$) ต่อระดับ aP โดยเมื่อให้อาหารที่มีระดับ aP 0.10% ค่า FCR อยู่ที่ 2.964 กรัมอาหารต่อ 1 กรัมมูลไข่ แต่เมื่อระดับ aP เพิ่มขึ้นเป็น 0.20–0.40% ค่า FCR มีแนวโน้มลดลงมาอยู่ที่ 2.690–2.777 กรัมอาหารต่อ 1 กรัมมูลไข่ ซึ่งสะท้อนว่านกกระทาสามารถใช้ฟอสฟอรัสจากอาหารได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อได้รับ aP ในระดับที่สูงขึ้น ขณะที่นกกระทาที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดหยาบ มีการตอบสนองในแนวเส้นตรงต่อระดับ aP เช่นกัน (L, $P \leq 0.011$) โดยค่า FCR จะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อระดับ aP เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Stanquevis et al. (2020) พบว่า ระดับ Ca และ aP มีอิทธิพลร่วมกันต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมูลไข่ (FCR) โดยมีแนวโน้มการตอบสนองในแนวเส้นโค้งต่อทั้งระดับ Ca และ aP (Q, $P < 0.0001$) โดยที่เมื่อให้อาหารที่มี 0.15% aP ร่วมกับ 1.70% Ca พบว่าค่า FCR สูงถึง 4.19 ซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพต่ำที่สุด ขณะที่เมื่อเพิ่มระดับ aP เป็น 0.30–0.45% ภายใต้ Ca ระดับปานกลาง ค่า FCR ลดลงต่อเนื่องจนเหลือประมาณ 2.35–2.32 แสดงถึงการใช้ฟอสฟอรัสได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตาม หากเพิ่มระดับ aP เป็น 0.60% โดยเฉพาะภายใต้ Ca สูง ค่า FCR จะกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้ง สะท้อนถึงลักษณะการตอบสนองแบบเส้นโค้ง (Quadratic) ที่มีจุดเหมาะสมที่สุดคือ เมื่อใช้ Ca 2.75% และ aP 0.39% ซึ่งให้ค่า FCR ต่ำที่สุด โดยสรุป ความแตกต่างของผลการทดลองทั้งสามงานอาจเกิดจากช่วงอายุของสัตว์ทดลอง ระดับโปรตีนในอาหาร ตลอดจนสภาพแวดล้อมการเลี้ยงที่ต่างกัน รวมถึงสมมูลระหว่าง Ca และ aP ที่มีบทบาทสำคัญต่อการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสในแต่ละระยะการผลิต โดยระดับ Ca ประมาณ 2.7–2.8% และ aP ประมาณ 0.39–0.50 % เป็นแนวทางที่เหมาะสมต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมูลไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

Table 1 Performance of japanese quail fed diets containing different aVP levels from fine (FPP) or coarse (CPP) phosphate particle size

Ca (%)	AvP (%)	Feed intake (g)		FCR		Laying rate (%)		Egg mass (g)		Egg weight (g)	
		FPP	CPP	FPP	CPP	FPP	CPP	FPP	CPP	FPP	CPP
3.05	0.10	24.55	24.55	2.946	2.946	71.63	71.63	8.35	8.35	11.66	11.66
	0.20	24.98	24.98	2.690	2.768	79.35	77.91	9.31	9.05	11.74	11.62
	0.30	24.96	24.96	2.763	2.733	78.64	79.20	9.13	9.20	11.62	11.62
	0.04	25.86	25.86	2.777	2.753	80.73	78.10	9.37	9.01	11.60	11.53
	0.50	25.28	25.28	2.731	2.708	81.70	79.67	9.34	9.20	11.44	11.55
Sig		P≤0.02	p≤0.055	P≤0.02	P≤0.011	P≤0.002	P≤0.074	P≤0.02	P≤0.075	P≤0.039	P>0.05
Effect		Q	Q	L	L	Q	Q	Q	Q	Q	NS
Parameter		Equation				R ²		Max point		Estimate level (%)	
FI (FPP)		FI = 23.88 + 7.03FPP – 7.83FPP ²				0.66		25.40 g		0.44	
FI (CPP)		FI = 23.89 + 9.33CPP -16.24CPP ²				0.77		25.22 g		0.28	
FCR (FPP)		FCR = 2.88 -0.34FPP				0.78		-		> 0.5	
FCR (CPP)		FCR = 0.29 -0.49CPP				0.59		-		> 0.5	
LR (FPP)		LR = 66.61 + 67.40FPP -76.53FP ² 2				0.88		81.46 %		0.44	
LR (CPP)		LR = 66.52 + 66.84CPP -84.30CPP ²				0.78		79.77 %		0.26	
EM (FPP)		EM = 7.71 + 8.73FPP -11.15FPP ²				0.90		9.42		0.392	
EM (CPP)		EM = 7.78 + 7.50CPP -9.73CPP ²				0.74		9.23		0.385	
EW (FPP)		EW = 11.59 + 1.08FPP -2.76FPP ²				0.74		11.70		0.196	

FPP = Fine particle size dicalcium phosphate , CPP = Coarse particle size dicalcium phosphate

Source: Nascimento et al. (2018)

Table 2 Performance of japanase quail in the laying phase (64-168 D of age) with levels of calcium and available phosphorus

Ca (%)	1.70				2.40				3.10				3.80			
AvP(%)	0.15	0.30	0.45	0.60	0.15	0.30	0.45	0.60	0.15	0.30	0.45	0.60	0.15	0.30	0.45	0.60
DFI (g)	32.50	29.55	30.11	31.61	29.37	25.56	25.30	29.97	28.70	24.54	24.99	29.10	30.63	30.37	29.46	31.52
FCEM	4.19	3.33	3.33	3.61	3.34	2.35	2.32	3.01	3.02	2.33	2.32	3.24	3.81	3.40	3.30	3.92
EP (%)	82.80	86.79	86.62	88.38	84.17	96.55	96.82	93.95	88.37	96.96	96.81	87.34	85.00	88.49	89.33	83.69
EM(g)	7.79	8.86	9.05	8.75	8.85	10.87	10.92	9.97	9.46	10.53	10.76	8.99	8.06	8.93	8.93	8.04
EW (g)	9.40	10.21	10.45	9.90	10.50	11.26	11.28	10.61	10.74	10.86	11.12	10.30	9.48	10.10	9.99	9.62

Regression equation	R ²	P value			Estimate	
		Ca	aP	Ca x aP	Ca	aP
DFI = 61.9427 - 20.0890Ca + 3.5990Ca ² - 48.4681aP + 62.2500aP ²	0.76	<0.0001 (Q)	<0.0001 (Q)	0.7139	2.79	0.37
FCEM = 11.9447 - 5.1687Ca +0.8890Ca ² -13.6504Pd + 15.1204P ² + 0.7235Ca x aP	0.90	<0.0001 (Q)	<0.0001 (Q)	0.0024	2.75	0.39
EP = 19.4562 + 38.4014Ca- 6.3618Ca ² +123.74541aP-124.0833aP ² - 28.7406Ca x aP	0.72	<0.0001 (Q)	<0.0001 (Q)	0.0107	2.74	0.40
EM = -5.5681 + 8.81452Ca -1.5259Ca ² + 23.08904aP -24.7130P ² -1.3432Ca x aP	0.85	<0.0001 (Q)	<0.0001 (Q)	0.0081	2.71	0.39
EW = 2.4236 + 5.1720Ca - 0.9596Ca ² + 10.0686aP - 13.1204aP ²	0.78	<0.0001 (Q)	<0.0001 (Q)	0.4445	2.69	0.38

DFI = Dairy Feed intake, FCEM = Feed conversion egg mass, EM = Egg Mass, EW = Egg Weight

Source: Stanquevis et al. (2020)

ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อผลผลิตไข่ (Egg production)

Mehri et al. (2025) พบว่า การให้อาหารที่มีระดับ aP 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45% ภายใต้ Ca คงที่ 2.50% แม้ว่าในกลุ่มที่ได้รับ 0.35% aP จะมีค่าเฉลี่ยผลผลิตไข่สูงสุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, Table 3) แสดงให้เห็นว่านกกระทาที่มีอายุอยู่ในช่วง 10-16 สัปดาห์ยังสามารถใช้ประโยชน์จากฟอสฟอรัสสะสมในร่างกายได้ ในขณะที่ Nascimento et al. (2018) ศึกษาที่ระดับ aP 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ 0.50% ร่วมกับขนาดอนุภาค dicalcium phosphate สองขนาด พบว่า ผลผลิตไข่ของนกกระทาที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดละเอียด มีการตอบสนองต่อระดับ aP ในรูปแบบเส้นโค้ง (Q, $P \leq 0.002$) โดยที่ระดับ aP 0.10% ให้ผลผลิตต่ำที่สุด จากนั้นผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นเมื่อใช้ aP 0.20% ก่อนจะลดลงเล็กน้อยเมื่อใช้ aP 0.30% และกลับเพิ่มขึ้นอีกครั้งเมื่อใช้ aP 0.40% จนถึง 0.50% ซึ่งยังคงมีแนวโน้มสูงต่อเนื่อง แสดงว่านกกระทาสามารถใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสจากอาหารได้มีประสิทธิภาพ แม้ได้รับในระดับที่สูงกว่า 0.40% ในขณะที่เมื่อใช้ dicalcium phosphate ขนาดหยาบ ให้ผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกระดับการใช้ aP ($P > 0.05$, Table 1) อย่างไรก็ตาม Stanquevis et al. (2020) พบว่า ระดับ Ca และ aP มีอิทธิพลร่วมกันต่อผลผลิตไข่ โดยมีแนวโน้มการตอบสนองในแนวเส้นโค้งต่อทั้งระดับ Ca และ aP (Q, $P < 0.0001$) โดยเมื่อให้อาหารในระดับต่ำที่สุด คือ 0.15% aP ร่วมกับ 1.70% Ca พบว่าผลผลิตไข่ต่ำที่สุด สะท้อนถึงการได้รับแร่ธาตุไม่เพียงพอ แต่เมื่อเพิ่มระดับ aP เป็น 0.30–0.45% ภายใต้ Ca ระดับปานกลาง อัตราการให้ไข่เพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงค่าสูงสุด (≈ 85 – 90%) แสดงถึงการใช้ประโยชน์ฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม หากเพิ่มระดับ aP เป็น 0.60% โดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับ Ca สูง ผลผลิตไข่กลับลดลงอีกครั้ง โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ 2.74% Ca และ 0.40% aP โดยสรุปความแตกต่างของผลการทดลองทั้งสามงาน สะท้อนให้เห็นว่า ช่วงอายุการผลิตของนกกระทามีผลสำคัญต่อการตอบสนองต่อฟอสฟอรัส โดยในระยะเริ่มต้นนกกระทายังใช้ฟอสฟอรัสสะสมได้ดี ผลผลิตไข่จึงไม่แตกต่าง (Mehri et al., 2025) แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงกลาง นกกระทาต้องพึ่งพาฟอสฟอรัสจากอาหารมากขึ้น ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามระดับ aP โดยขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของแหล่งฟอสฟอรัส (Nascimento et al., 2018) และในช่วงปลาย ผลผลิตไข่ได้รับอิทธิพลร่วมจากทั้ง Ca และ aP โดยมีจุดเหมาะสมเมื่อใช้ Ca 2.74–3.05 % และ aP 0.40–0.44% (Stanquevis et al., 2020)

ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อมวลไข่ (Egg mass)

Mehri et al. (2025) พบว่า การให้อาหารที่มีระดับ aP 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45% ภายใต้ Ca คงที่ 2.50% ไม่ทำให้มวลไข่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$, Table 3) โดยกลุ่มที่ได้รับ 0.40% aP มีค่ามวลไข่สูงที่สุด (≈ 10.4 กรัม/ตัว/วัน ในทางตรงกัน Nascimento et al. (2018) ศึกษาที่ระดับ aP 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 และ 0.50% ร่วมกับขนาดอนุภาค dicalcium phosphate สองขนาด พบว่า นกกระทาที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดละเอียด มีการตอบสนองต่อระดับ aP ในแนวเส้นโค้ง (Q, $P \leq 0.02$) โดยที่ระดับ aP 0.10% ให้มวลไข่ต่ำที่สุด จากนั้นเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ aP 0.20% ก่อนจะลดลงเล็กน้อยเมื่อใช้ aP 0.30% และกลับเพิ่มขึ้นต่อเนื่องเมื่อใช้ aP 0.40–0.50% โดยจุดเหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 0.44% aP ขณะที่กลุ่มที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดหยาบ ให้มวลไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Q, $P \leq 0.075$) (Table 1) ทั้งนี้ เมื่อใช้ dicalcium phosphate ขนาดหยาบ ในระดับ aP ต่ำ ($\approx 0.28\%$) ก็สามารถรักษาค่า มวลไข่ ได้ในระดับที่ใกล้เคียง เมื่อใช้ dicalcium phosphate ขนาดละเอียด แสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคของแหล่งฟอสฟอรัสมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ในนกกระทาที่มีอายุ 20–32 สัปดาห์ ในทำนองเดียวกัน Stanquevis et al. (2020) พบว่า ระดับ Ca และ aP มีอิทธิพลร่วมกันต่อมวลไข่ โดยมีแนวโน้มการตอบสนองในแนวเส้นโค้งต่อทั้งระดับ Ca และ aP (Q, $P < 0.0001$) โดยเมื่อให้อาหารที่มี 0.15% aP ร่วมกับ 1.70% Ca พบว่าได้ค่ามวลไข่ต่ำที่สุด แต่เมื่อเพิ่มระดับ aP เป็น 0.30% ภายใต้ Ca ระดับปานกลาง (2.40%) ผลผลิตไข่เพิ่มขึ้นต่อเนื่องจนถึงค่าสูงสุด (≈ 10.92 กรัม/ตัว/วัน) แสดงถึงประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม เมื่อเพิ่มระดับ aP เป็น 0.60% โดยเฉพาะในกลุ่มที่ได้รับ Ca สูง ผลผลิตไข่กลับลดลงอีกครั้ง ดังนั้นค่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 2.71–3.05% Ca : 0.39% aP ซึ่งให้ค่ามวลไข่สูงที่สุด ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการจัด

สมดุล Ca และ aP อย่างเหมาะสมมีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตไข่ของนกกระทา ความแตกต่างของผลลัพธ์ระหว่างสามงานนี้จึงอาจเกิดจากอายุสัตว์ทดลอง ระดับโปรตีนในอาหาร รวมถึงการควบคุมสภาพแวดล้อมการเลี้ยงที่ต่างกัน

Table 3 Laying quail performance over time in response to different dietary level of calcium and available phosphorus

Ca (%)	2.50					SEM	Probabilities	
AvP (%)	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45		L	Q
Feed intake (g/b)	36.8	36.4	36.9	37.9	35.8	0.71	0.562	0.931
Feed conversion ratio	3.87	3.79	3.71	3.86	4.22	0.22	0.753	0.187
Egg production (%)	56.1	56.7	58.3	57.9	55.0	1.59	0.936	0.173
Egg mass (g)	9.77	9.93	10.1	10.4	8.94	0.53	0.829	0.225
Egg weight (g)	12.8	12.8	12.6	13.0	12.7	0.18	0.560	0.353

Source: Mehri et al. (2025)

ผลของระดับฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักไข่ (Egg wight)

Mehri et al. (2025) พบว่าระดับ avP 0.25, 0.30, 0.35, 0.40 และ 0.45% ในอาหาร ที่มี Ca 2.5% ทำให้น้ำหนักไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$, Table 3) ในขณะที่ Nascimento et al. (2018) พบว่านกกระทาที่ได้รับ dicalcium phosphate ขนาดละเอียด มีการตอบสนองในแนวเส้นโค้ง (Q , $P \leq 0.039$) โดย เมื่อให้อาหารที่มีระดับ aP 0.10% จะให้น้ำหนักไข่อยู่ที่ 11.66 กรัม และเมื่อเพิ่มระดับ aP เป็น 0.20% น้ำหนักไข่ก็จะเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้ aP 0.30% ขึ้นไป น้ำหนักไข่จะลดลง ขณะที่เมื่อใช้ dicalcium phosphate ขนาดหยาบ มีค่าน้ำหนักไข่ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, Table 1) โดยค่าที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ระดับ 0.196% aP ซึ่งให้ค่าน้ำหนักไข่สูงสุด ผลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคของแหล่งฟอสฟอรัสและระดับ aP มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาน้ำหนักไข่ของนกกระทาในช่วงกลางการผลิตไข่ โดยไข่มีแนวโน้มใหญ่ขึ้นเมื่อได้รับฟอสฟอรัสเพียงพอ เนื่องจากฟอสฟอรัสมีบทบาทต่อการสร้างพลังงาน (ATP) และการลำเลียงสารอาหารไปยังรังไข่ จึงส่งผลต่อการพัฒนาของไข่แดงและน้ำในไข่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stanquevis et al. (2020) ที่พบว่า น้ำหนักไข่ของนกกระทามีการตอบสนองในแนวเส้นโค้ง (Q , $P < 0.0001$) (Table 2) ต่อทั้งระดับ Ca และ aP โดยไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่าง $Ca \times aP$ ต่อค่า EW โดยเมื่อระดับ Ca อยู่ที่ 1.70% และ aP 0.15% นกกระทามีน้ำหนักไข่ต่ำสุดอยู่ที่ 9.40 กรัม แต่เมื่อเพิ่ม Ca เป็น 3.10% ที่ระดับ aP เท่ากัน ค่าน้ำหนักไข่ เพิ่มขึ้นเป็น 10.74 กรัม (Q , $P < 0.0001$) อย่างไรก็ตาม หากเพิ่ม Ca ในระดับสูงสุด 3.80% ที่ระดับ aP เท่ากัน พบว่าค่าน้ำหนักไข่ ลดลง สะท้อนให้เห็นว่าการจัดสมดุลระหว่าง Ca และ aP ไม่เพียงส่งผลต่อการสร้างเปลือกไข่ แต่ยังส่งผลต่อความสามารถในการสะสมสารอาหารในไข่แดง ทำให้ได้ไข่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยสรุป ผลต่างของน้ำหนักไข่ระหว่างทั้งสามงาน อาจเกิดจากความแตกต่างของช่วงอายุสัตว์ทดลอง ระดับโปรตีนในอาหาร และบทบาทของแคลเซียม-ฟอสฟอรัสต่อการกระบวนการสร้างไข่แดงและเปลือกไข่ที่ไม่เหมือนกันในแต่ละระยะการผลิต โดยเมื่อใช้ Ca 2.69-3.05 % และ aP 0.196-0.38% เป็นแนวทางที่เหมาะสมต่อน้ำหนักไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

สรุป

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยจำนวน 3 ฉบับ ที่มีการศึกษาผลของระดับฟอสฟอรัสและแคลเซียมต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น ที่ตีพิมพ์ช่วง พ.ศ. 2561-2568 ที่มีช่วงการใช้ระดับฟอสฟอรัส 0.10-0.50% และแคลเซียม 1.70-3.80% สามารถสรุปได้ว่า การจัดระดับฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่เหมาะสม คือ ใช้ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 0.37-0.44% และแคลเซียม 2.69-3.05% เป็นช่วงที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น

อย่างไรก็ตาม หากใช้ฟอสฟอรัสในระดับที่ต่ำกว่า 0.20% และแคลเซียมที่สูงกว่า 3.05% จะส่งผลเสียต่อปริมาณการกินได้ ผลผลิตไข่ มวลไข่ และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นมวลไข่ แม้ว่าจะมีแนวโน้มให้น้ำหนักไข่สูงขึ้น แต่เนื่องจากไข่นกกระทา ไม่ได้ถูกจัดจำหน่ายโดยแยกเกรดหรือขนาดเหมือนไข่ไก่ แต่ขายเป็นฟอง จึงไม่ถือว่าเป็นข้อได้เปรียบเชิงเศรษฐกิจ

เอกสารอ้างอิง

- Mehri, M., Sargazi, M., Ghazaghi, M., Bagherzadeh-Kasmani, F., Asghari-Moghadam, M., Behboodi, H.R., and Rokouei, M. 2025. "Phosphorus requirements of laying Japanese quails". **Poultry Science** 104(7): 1-5.
- Nascimento, M., Vargas Junior, J., Pinto, C., Demuner, L., Petrucci, F., and Vieites, F. 2018. "Optimal available phosphorus levels in diets containing different dicalcium phosphate particle sizes for Japanese quails". **Brazilian Journal of Poultry Science** 21(4): 1-8.
- Stanquevis, C., Furlan, A., Marcato, S., Oliveira-Bruxel, T., Perine, T., Finco, E., Grecco, E., Benites, M., and Zancanela, V. 2020. "Calcium and available phosphorus requirements of Japanese quails in early egg-laying stage". **Poultry Science** 100(2):147-158.