

ผลของ Modified Estradiol/Progesterone และ hCG เพื่อกำหนดเวลาผสมเทียมต่อ สมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ในแม่โคนม

Effect of Modified Estradiol/Progesterone and hCG Protocol for Time Artificial Insemination on Reproductive Performance in Dairy Cows

ศราวุธ เจริญสลุณ,¹ พชรพร เอี่ยมสอาด,¹ วิสูตร ไผ่ตรีจิตต์,¹ ทวี เหล่าดี,¹
ทวีพร เรืองพริ้ม¹ และ สุธิษา มาเจริญ^{1*}

*Sarawut Chareansalung,¹ Phacharaphon Eamsaad,¹ Wisut Maitreejet,¹ Thawee Laodim,¹
Taweeporn Raungprim¹ and Sutisa Majarune^{1*}*

Received 14 May 2025, Revised 16 June 2025, Accepted 19 June 2025

ABSTRACT

This study evaluated estrus synchronization protocols using estradiol (E2), progesterone (P4) and human chorionic gonadotropin (hCG) in dairy cows. Fifteen Holstein-Friesian crossbred cows were randomly divided into three groups: Group 1 (E2+P4, n=5); Group 2 (E2+P4+hCG, n=5); and Group 3 (E2+P4+double dose hCG, n=5). On day 0, cows received intramuscular (IM) injections of estradiol benzoate (2 ml, 1 mg/ml) and insertion of a progesterone device (CIDR, 1.38 g). On day 7, CIDR was removed, and cows received prostaglandin (2 ml, 0.25 mg/ml cloprostenol). Additionally, Group 2 received 300 IU hCG on day 7 while Group 3 received 300 IU hCG on days 7 and 8. On day 8, all cows received estradiol cypionate (1 ml, 1 mg/ml), and artificial insemination was performed on day 10. Results showed no significant differences ($P>0.05$) among groups regarding uterine and ovarian characteristics. The diameter of the largest follicle on day 10 was also not significantly different ($P=0.45$). On day 20, no significant differences were found among groups regarding ovulation rate ($P=0.72$), corpus luteum diameter ($P=0.24$), and blood flow score ($P=0.26$). In conclusion, adding hCG to an E2/P4-based estrus synchronization protocol did not improve reproductive performance in dairy cows compared to protocols without hCG.

Keyword: Estrus synchronization, E2/P4 based program, hCG, Dairy cow

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดด้วย estradiol (E2) progesterone (P4) ร่วมกับ hCG ในแม่โคนม ทำการศึกษาในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรียเซียน จำนวน 15 ตัว แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว กลุ่มที่ 1 E2 + P4, กลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และ กลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG

^{1*}ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Animal Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

*Corresponding author: E-mail address: sutisa.ma@ku.th

วันที่ 0 ฉีด EB 2 ml (1 mg/ml) และสอดแท่ง P4 (CIDR) วันที่ 7 ฉีด PG 2 ml (0.25 mg/ml cloprostenol) และถอดแท่ง P4 โคกลุ่มที่ 2 ฉีด hCG 300 IU วันที่ 7 ในกลุ่มที่ 3 ฉีด hCG 300 IU เพิ่มวันที่ 8 และโคทั้ง 3 กลุ่ม วันที่ 8 ฉีด ECP 1 ml (1 mg/ml) และทำการผสมเทียมในวันที่ 10 จากการศึกษาไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลองในด้านลักษณะของมดลูก รังไข่ การแสดงการเป็นสัด ขนาดของ largest follicle ($P=0.45$) อัตราการตกไข่ ($P=0.72$) และขนาดของ CL ($P=0.24$) การศึกษาในครั้งนี้นักวิจัยเพิ่ม hCG ในโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด E2/P4 ไม่สามารถช่วยปรับปรุงความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่โคนมเมื่อเทียบกับโคที่ไม่ได้รับ hCG

คำสำคัญ: การเหนี่ยวนำการเป็นสัด E2/P4 based program hCG แม่โคนม

บทนำ

ในประเทศไทย เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมมักเผชิญปัญหาการที่โคไม่สามารถผสมติดได้ภายใน 3 เดือนหลังคลอด โคไม่แสดงการเป็นสัด หรือกลับสัดไม่สม่ำเสมอ และอัตราการตั้งท้องที่ลดลง เพื่อให้ประสบความสำเร็จในการเลี้ยงโคนม โคควรกลับเป็นสัดภายใน 60 วัน และผสมติดภายใน 90 วันหลังคลอดลูก นอกจากนี้ โคนมยังสามารถให้น้ำนมได้สูงสุดเฉลี่ย 305 วันในแต่ละรอบการให้น้ำนม (day in milk, DIM) ได้สูงสุดเฉลี่ย 305 วัน (Innes *et al.*, 2024) ซึ่งให้น้ำนมสูงสุด (peak milk) 2 เดือน หลังจากที่โคคลอดลูก หากแม่โคผสมไม่ติดในครั้งแรก จะส่งผลทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง และต้นทุนในการเลี้ยงสูงขึ้น การนำเทคโนโลยีโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัด (estrus synchronization) ร่วมกับการผสมเทียมแบบกำหนดเวลา (fixed time artificial insemination; FTAI) มาช่วยจัดการกับฝูงแม่โคนม สามารถช่วยเพิ่มศักยภาพทางการสืบพันธุ์ ด้านการเป็นสัด การตกไข่ และช่วยเพิ่มอัตราการตั้งท้องต่อการผสมติด (Bihon *et al.*, 2021; Ferre *et al.*, 2025) โปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดเป็นการใช้ฮอร์โมนจากภายนอก (exogenous hormonal) มาควบคุมวงจรรอบการเป็นสัด ควบคุมการพัฒนาของฟองไข่เด่น และกระตุ้นการตกไข่ นอกจากนี้สามารถช่วยเพิ่มอัตราการตั้งท้อง และมีส่วนช่วยในการจัดการฟาร์มที่สะดวกในการจัดชุดคลอด ซึ่งจากหลายการศึกษาโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดและตกไข่เพื่อกำหนดเวลาผสมเทียม Ovsynch ในโคนมโดย (Cardoso Consentini *et al.*, 2021) แสดงให้เห็นว่า Ovsynch สามารถเพิ่มอัตราการตั้งท้องใน

โคนมที่ให้นม (lactating dairy cow) โดยเฉพาะในโคที่มีรอบการเป็นสัดที่ไม่ปกติ (irregular estrous cycles) ซึ่งโปรแกรมนี้อาจมีประสิทธิภาพในการทำให้การตกไข่เกิดขึ้นพร้อมกัน และนำไปสู่การหาเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์ที่ดีขึ้น แต่เนื่องจากโปรแกรม Ovsynch มีการใช้ฮอร์โมน GnRH เป็นฮอร์โมนพื้นฐานในการเหนี่ยวนำการเป็นสัด ซึ่งในประเทศไทยมีการใช้ buserelin acetate และ gonadorelin ซึ่งมีราคาที่สูง ประกอบกับมีการขึ้นราคาของ buserelin acetate ส่งผลต่อต้นทุนของโปรแกรม Ovsynch ที่สูงขึ้น

โปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดทางเลือกที่สามารถใช้ทดแทนโปรแกรม Ovsynch โดยพิจารณาต้นทุนที่ต่ำ ซึ่งได้แก่โปรแกรม estradiol/progesterone base protocol (E2/P4-based) โดยใช้ estrogen และ progesterone เป็นฮอร์โมนพื้นฐานในการเหนี่ยวนำการเป็นสัด เพื่อให้ estrogen กระตุ้นการตกไข่ และ progesterone เพิ่มระดับ progesterone ในเลือด และยับยั้งการหลั่งของ GnRH ทำให้ไม่เกิดการพัฒนาฟองไข่ไปเป็นฟองไข่พร้อมตก (ovulatory follicle) ซึ่งช่วยควบคุมการเป็นสัดได้มีประสิทธิภาพ (Cedeno *et al.*, 2021; Pfeifer *et al.*, 2017) และจากรายงานการศึกษาโปรแกรม E2/P4-based พบว่ามีประสิทธิภาพในการเหนี่ยวนำให้กระตุ้นให้เกิดการสร้าง follicular waves รอบใหม่ และช่วยเพิ่มอัตราการตั้งท้องในโคนม (da Silva *et al.*, 2022) นอกจากนี้ยังมีการนำฮอร์โมนตัวอื่นมาใช้ในการเหนี่ยวนำการเป็นสัด เช่น hCG (human chorionic gonadotropin) จากการศึกษา พบว่า การให้ hCG ปริมาณที่ต่ำ (100–400 IU) สามารถช่วยกระตุ้นการ

พัฒนาของฟองไข่ (Prata *et al.*, 2018) และการให้ hCG ปริมาณที่มากกว่า 500 IU ช่วยกระตุ้นให้เกิดการตกไข่ (Burns *et al.*, 2008; Garcia-Ispuerto *et al.*, 2018) และการให้ hCG ในช่วงวันที่ 5 ถึง 7 ของวงจรการเป็นสัดสามารถกระตุ้นการเป็นสัด เพิ่มระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดในช่วง diestrus และเพิ่มอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียม (Cunha *et al.*, 2021) โดยการให้ hCG 300 IU หลังการเป็นสัดนอกจากนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มอัตราการตั้งท้องต่อการผสมเทียม Cortes *et al.* (2021) จากการศึกษาที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการใช้ hCG ที่ปริมาณต่ำ 300 IU สามารถใช้เพื่อกระตุ้นการพัฒนาของฟองไข่หลังจากถอดแท่ง progesterone และเหนี่ยวนำให้เกิดการสลาย corpus luteum (CL) ด้วย prostaglandin (PG) หรือเมื่อเริ่มเข้าสู่ follicular phase อย่างไรก็ดีตามยังขาดข้อมูลด้านจำนวนครั้งในการให้ hCG หลังจากถอดแท่ง progesterone ดังนั้น การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนาโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัด modified estradiol/progesterone ร่วมกับ hCG เพื่อกำหนดเวลาผสมเทียมต่อความสมบูรณ์พันธุ์ในแม่โคนม โดยคาดหวังว่าการให้ hCG ที่ปริมาณต่ำ และมีจำนวนครั้งในการให้ที่เหมาะสมจะช่วยให้พัฒนาของฟองไข่ การเป็นสัด และการตกไข่ในแม่โคนม

อุปกรณ์และวิธีการ

สัตว์ทดลองและการจัดการ

แม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน (มีสายเลือดโฮลสไตน์ฟรีเชียน มากกว่า 75 %) จำนวน 15 ตัว ซึ่งเป็นแม่โคที่อยู่ในช่วงให้นม และมีจำนวนครั้งการให้ผลผลิตน้ำนมอยู่ระหว่าง 2-4 และมีคะแนนร่างกายอยู่ระหว่าง 2.5-3.0 จากนั้นแม่โคถูกจัดเป็น 3 กลุ่ม โดยแม่โคที่ทำการทดลองทั้งหมดเป็นแม่โคที่เลี้ยงแบบขังคอกในโรงเรือนระบบเปิด ทำการให้อาหารข้น (22% โปรตีน) 10 กก/วัน แบ่งให้เป็น 4 เวลา คือ เข้า 2 ครั้ง (ครั้งที่ 1 เวลา 4.00 - 5.00 น.)

(ครั้งที่ 2 เวลา 09.00 - 10.00 น.) และ เย็น 2 ครั้ง (ครั้งที่ 3 เวลา 15.00 - 16.00 น.) (ครั้งที่ 4 เวลา 19.00 - 20.00) และให้อาหารหยาบเต็มที่ (หญ้าแพงโกล่าตัดสด ร่วมกับฟางข้าว และอื่นๆ) มีแร่ธาตุเสริม และน้ำสะอาดให้สัตว์กินภายในคอกพักอย่างเต็มที่ ซึ่งแบ่งสัตว์ทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว ตามโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด ดังนี้

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยทำการสุ่มแม่โคนมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน ที่มีจำนวนครั้งการให้ผลผลิตน้ำนมระหว่าง 2-4 และมีคะแนนร่างกายอยู่ระหว่าง 2.5-3 โดยให้โคทุกกลุ่มมีจำนวนครั้งการให้ผลผลิตน้ำนม และคะแนนร่างกายที่ใกล้เคียงกัน แบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ตัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 E2+P4 (n=5)

กลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG (n=5)

กลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG (n=5)

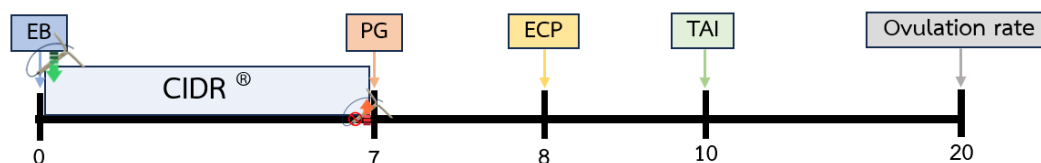
การทดลองนี้ได้รับอนุญาตใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ ตามเอกสารอนุญาตหมายเลข ACKU66-AGK-033 จากคณะกรรมการดูแล และการใช้สัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฮอร์โมนที่ใช้ในการเหนี่ยวนำ

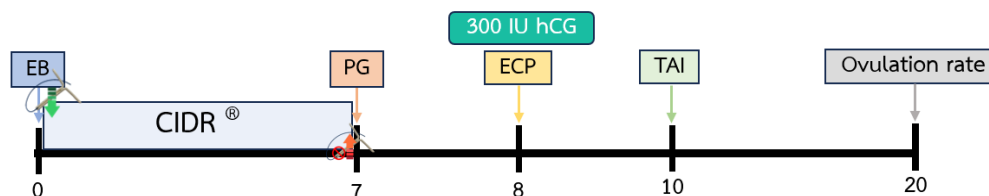
1. ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนชนิดสอดช่องคลอด (1.38 g progesterone, CIDR[®], Zoetis)
2. ฮอร์โมนพรอสตาแกลนดิน PG ชนิดฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (0.25 mg/ml cloprostenol, Estrumate[®], MSD animal health)
3. ฮอร์โมน Human chorionic gonadotropin ชนิดฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (1,500 IU/5 ml hCG, Chorulon[®], MSD animal health)
4. ฮอร์โมน Estradiol benzoate ชนิดฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (1 mg/ml estradiol benzoate, Sigma)
5. ฮอร์โมน Estradiol cypionate ชนิดฉีดเข้ากล้ามเนื้อ (1 mg/ml estradiol cypionate, Sigma)

Estrus Synchronization

Group 1 E2+P4 (n=5)



Group 2 E2+P4+hCG (n=5)



Group 3 E2+P4+Double Dose hCG (n=5)

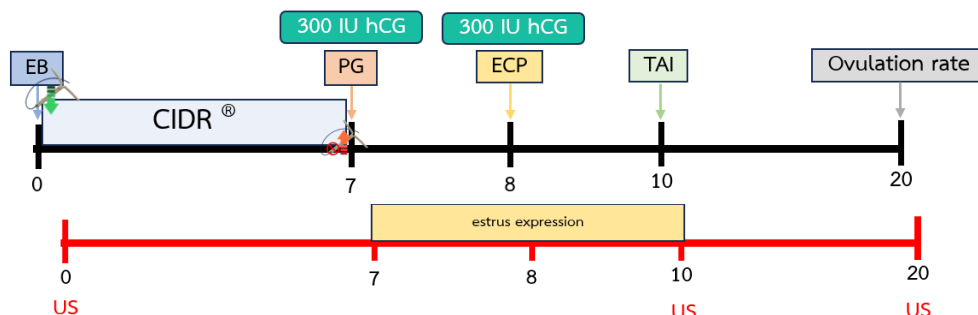


Figure 1 Schematic representation of treatment groups used to synchronize dairy cows. CIDR: controlled Intravaginal drug releasing device (1.38 g progesterone, CIDR®, Zoetis), EB: estradiol benzoate (2 ml IM, 1 mg/ml estradiol benzoate, Sigma), hCG: human chorionic gonadotropin (300 IU IM, 1,500 IU/5 ml hCG, Chorulon®, MSD animal health), ECP: estradiol cypionate (1 ml IM, 1 mg/ml estradiol cypionate, Sigma) PG: prostaglandin (2 ml IM, 0.25 mg/ml cloprostenol, Estrumate®, MSD animal health), TAI: time artificial insemination, US: B-mode ultrasound

การเก็บข้อมูล

1. เก็บข้อมูลระบบสืบพันธุ์โค ด้วยเครื่อง Ultrasound (SonoScape S2 ultrasonography, B-mode 2-16 MHz rectal probe, Medical Corp, China) ในวันที่ 0, 10 และ 20 ของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดที่ทำการศึกษา เพื่อประเมินค่าทางระบบสืบพันธุ์ดังนี้

1.1 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของคอมดลูก (diameter of cervix (cm))

1.2 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของปีกมดลูกทั้งด้านขวา/ซ้าย (diameter of the right/left uterine horn (cm))

1.3 การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของรังไข่ที่มีฟองไข่เด่น (diameter of the right/left ovary (cm) และพื้นที่ของรังไข่ area of the right/left ovary (cm²))

1.4 การวัดขนาดของฟองไข่ใบที่ใหญ่ที่สุด (largest follicle: LF) โดยขนาดของ LF ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.8 เซนติเมตร การวัดขนาดพื้นที่ของ LF (diameter of LF (cm) and area of LF (cm²))

2. ตรวจอาการเป็นสัด และจดบันทึกการเป็นสัด จะสังเกต 2 เวลาต่อวัน (ช่วงเช้า 7.30 น. และช่วงเย็น 17.00 น.) หลังจากถอดแท่งโปรเจสเตอโรนในวันที่ 7 ทำการสังเกตการเป็นสัด โดยการปล่อยโค

รวมกันทุกตัว สังเกตพฤติกรรมการขึ้นทับกันของสัตว์ รวมถึงการตรวจสอบการมีเมือกที่บริเวณอวัยวะเพศ การส่งเสียงร้องกระวนกระวาย การบวมของอวัยวะเพศ การมีบาดแผลหรือรอยขีดข่วนจากการปีนป่ายกันโดยทำการตรวจสอบตลอดทั้งวัน หากพบลักษณะดังกล่าว จะนับเป็นชั่วโมงที่เริ่มเป็นสัตว์ เมื่อโคยืนนิ่ง ยอมให้ตัวอื่นทับจะนับเป็นชั่วโมงที่โคยืนนิ่ง (standing heat time, hr) และหากโคไม่ยอมให้ตัวอื่นขึ้นทับแล้วแสดงว่าโคหมดการเป็นสัตว์ หรือไม่พบพฤติกรรมดังที่กล่าวมาในโคตัวไหนเลยถือว่าโคตัวนั้นไม่แสดงการเป็นสัตว์ ทำการผสมเทียม ที่ 12-18 ชั่วโมง หลังโคยืนนิ่ง

3. การประเมินคุณภาพของ corpus luteum (CL) โดยการตรวจด้วยเครื่องอัลตราซาวด์ (SonoScape S2 ultrasonography, B-mode 2- 16 MHz rectal probe, Medical Corp, China) ซึ่งใช้ transrectal probe ผ่าน DPI mode (doppler power imaging) ในวันที่ 20 ของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัตว์ที่ทำการศึกษา เพื่อประเมินคุณภาพ CL ดังนี้

3.1 ตรวจการตกไข่ด้วยการปรากฏของ CL ในรังไข่ วันที่ 20 หากพบ CL แสดงว่าโคตัวนั้นตกไข่

3.2 การเก็บข้อมูลวัดขนาดของ CL โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ CL (diameter of CL (cm)) พื้นที่ของ CL (area of CL, (cm²)) และการวัดปริมาตร CL (CL Volume, (cm³)) ตามการคำนวณจากสูตรของ Rocha *et al.* (2019) โดยทำการวัดขนาดรัศมี (r) ของ CL และค่า π เท่ากับ 3.14159

$$\text{CL Volume} = \frac{4 \times \pi \times r^3}{3}$$

3.3 การประเมินคะแนน CL doppler blood flow เพื่อตรวจการไหลเวียนของเลือดใน CL ทำการประเมินตามวิธีของ Yanez *et al.* (2023) โดยใช้ระดับให้คะแนน 1 ถึง 4 โดยที่ คะแนน 1 คือ การไหลเวียนของเลือดครอบคลุมน้อยกว่า <10% ของพื้นที่ CL, คะแนน 2 คือ ครอบคลุมระหว่าง 11–30%, คะแนน 3 คือ ครอบคลุมระหว่าง 31–50%, และคะแนน 4 การไหลเวียนของเลือดครอบคลุมมากกว่า 51% ของพื้นที่ที่มีสีทั้งหมดใน CL

การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ

ข้อมูลความหนาคอมดลูก ความหนาปีกมดลูก ขนาดของรังไข่ องค์ประกอบของรังไข่ ขนาดฟองไข่ และต้นทุนของแต่ละกลุ่มการทดลองตามโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัตว์ ถูกนำมาตรวจสอบความถูกต้องและสมบูรณ์ของข้อมูล ก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด ค่ากลาง ค่าฐานนิยม ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูลโดยภาพรวมที่ได้จากโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัตว์แต่ละโปรแกรม จากนั้นทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ เพื่อทดสอบสมมติฐานของการทดลอง ก่อนทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองด้วยวิธี วิธี Duncan ที่ระดับ $\alpha < 0.05$ ในด้านอัตราการแสดงการเป็นสัตว์ อัตราการตกไข่ และข้อมูลที่เป็น binary ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับผลลัพธ์ที่เป็น binary data ด้วยวิธี logistic regression โดยใช้โปรแกรม SAS OnDemand for Academics

ผล

ผลของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัตว์ E2+P4, E2+P4+hCG และ E2+P4+double dose hCG ต่อการตอบสนองของระบบสืบพันธุ์ในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน

จากการศึกษาโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัตว์และตกไข่ที่ต่างกัน ต่อสมรรถภาพทาง การสืบพันธุ์ และองค์ประกอบของรังไข่ด้านที่มี LF วันที่ 10 ในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน พบว่าโคกลุ่มที่ 1 E2+P4, กลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และกลุ่มที่ 3 E2+P4+double dose hCG มีเส้นผ่านศูนย์กลางของคอมดลูก เส้นผ่านศูนย์กลางของปีกมดลูก เส้นผ่านศูนย์กลางของรังไข่ และพื้นที่ของรังไข่ มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ของโคที่มี LF พบว่า โคกลุ่มที่ 1 E2+P4 และ กลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG มีค่าสูงกว่า กลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.77$) มีค่าเท่ากับ 60 % (3/5 ตัว), 60 % (3/5 ตัว) และ 40 %

(2/5 ตัว) ตามลำดับ การศึกษาเส้นผ่านศูนย์กลางของ LF และพื้นที่ของ LF พบว่า มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.45$ และ $P=0.58$ ตามลำดับ) (Table 1)

Table 1 Study of the uterus characteristics and ovarian components in Holstein crossbred cows following estrus synchronization protocols using E2+P4, E2+P4+hCG, and E2+P4+double-dose hCG treatments on day 10

Items	E2+P4	E2+P4+hCG	E2+P4+Double hCG	SEM	P-value
Number of animals, n	5	5	5		
Diameter of cervix, cm	3.10	2.80	2.83	0.13	0.64
Diameter of uterine horn, cm	1.35	1.18	1.37	0.09	0.73
Diameter of ovary, cm	2.77	2.97	2.76	0.14	0.87
Area of ovary, cm ²	3.85	3.74	3.72	0.41	0.99
Percentage of cow presenting with LF, %	60 (3/5)	40 (2/5)	60 (3/5)	-	0.77
Diameter of LF, cm	1.34	1.05	1.14	0.08	0.45
Area of LF, cm ²	0.91	0.77	0.65	0.10	0.58

Note: SEM = standard error of mean, LF = largest follicle, (n/n) = number of cows presented LF/total number of cows, the diameter and thickness of the uterine horn and diameter and area of the ovary were measured in relation to the ipsilateral the LF.

ผลของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด E2+P4, E2+P4+hCG และ E2+P4+Double Dose hCG ต่ออัตราการแสดงการเป็นสัด ชั่วโมงการยืนนิ่ง และอัตราการตกไข่ในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน

จากการการศึกษาโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและตกไข่ที่ต่างกัน ต่ออัตราการเป็นสัด ชั่วโมงที่ยืนนิ่ง และอัตราการตกไข่ ในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน พบว่า อัตราการเป็นสัดของโคกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG มีค่าสูงกว่า กลุ่มที่ 1 E2+P4 และ กลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.82$) โดยมีค่าเท่ากับ 100.00 % (5/5 ตัว), 60.00 % (3/5 ตัว) และ 40.00 % (2/5 ตัว) ตามลำดับ (Table 2)

การศึกษาชั่วโมงที่ยืนนิ่ง พบว่า ช่วงเวลาการยืนนิ่งหลังจากฉีด PGF_{2α} โคกลุ่มที่ 1 E2+P4 มีระยะการยืนนิ่งที่เร็วกว่ากลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และ กลุ่มที่ 3 E2+P4+double dose hCG มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.46$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 64.80, 74.40 และ 79.20 ชั่วโมง ตามลำดับ

การศึกษาเวลาในการผสมเทียมจากโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดแบบ time AI พบว่า โคกลุ่มที่ 3 E2+P4+double dose hCG มีเวลาในการผสมเทียมหลังจากฉีด PGF_{2α} ที่สูงกว่ากลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และ กลุ่มที่ 1 E2+P4 ซึ่งแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.86$) มีค่าเท่ากับ 91.20, 86.40 และ 86.40 ชั่วโมง ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Study of the estrus expression, standing heat time, time AI and ovulation rate in Holstein crossbred cows following estrus synchronization protocols using E2+P4, E2+P4+hCG, and E2+P4+double-dose hCG treatments

Items	E2+P4	E2+P4+hCG	E2+P4+double hCG	SEM	P-value
Number of animals, n	5	5	5		
Estrus expression, %	60.00 (3/5)	40.00 (2/5)	100.00 (5/5)	-	0.82
Onset of standing heat, hr. (after PGF _{2α} administration)	64.80	74.40	79.20	4.61	0.46
Time AI, hr.	86.40	86.40	91.20	3.82	0.86
Ovulation rate, %	80.00 (4/5)	80.00 (4/5)	60.00 (3/5)	-	0.72

SEM = standard error of mean, (n/n) = number of cows showed estrus or ovulation/total number of cows, ovulation rate was evaluated by detecting the presence of corpus luteum (CL) in the ovaries on days 7–8 following artificial insemination

ผลของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด E2+ P4, E2+ P4+hCG และ E2+ P4+ Double Dose hCG ต่อคุณภาพของ corpus luteum หลังจากตกไข่ ในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน

จากการศึกษาโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดและตกไข่ ต่อคุณภาพของ corpus luteum (CL) หลังจากตกไข่ วันที่ 20 ในแม่โคนมลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเชียน พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของ CL และพื้นที่ของ CL ของโคกลุ่มที่ 1 E2+ P4, กลุ่มที่ 2 E2+ P4+hCG และกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P=0.24$ และ $P=0.34$ ตามลำดับ) เส้นผ่านศูนย์กลางของ CL มีค่าเท่ากับ 1.78, 2.26 และ 1.92 เซนติเมตร ตามลำดับ พื้นที่ของ CL มีค่าเท่ากับ 1.94, 2.71 และ 3.11 ตร.ซม. (cm^2) ตามลำดับ (Table 3)

ในด้านปริมาตรของ CL (CL Volume) พบว่าโคกลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG มีปริมาตรของ CL ที่สูงกว่ากลุ่มที่ 1 E2+P4 และกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P=0.24$) มีค่าเท่ากับ 6.26, 3.89 และ 3.53 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3) ตามลำดับ (Table 3)

คะแนนของ CL โดยการประเมินคะแนนการไหลเวียนของเลือด (blood flow score 1-4) ดัง (Figure 2) พบว่า โคกลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG มีคะแนนการไหลเวียนของเลือดที่สูงกว่า กลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG และ กลุ่มที่ 1 E2+P4 มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P=0.26$) มีค่าเท่ากับ 2.60, 1.80 และ 1.60 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Evaluation of corpus luteum (CL) quality in Holstein crossbred cows following estrus synchronization protocols using E2+P4, E2+P4+ hCG, and E2+P4+ double-dose hCG treatments.

Items	E2+P4	E2+P4 +hCG	E2+P4+Double hCG	SEM	P- value
Number of cows, n	5	5	5		
Diameter of CL, cm	1.78	2.26	1.92	0.12	0.24
Area of CL, cm ²	1.94	2.71	3.11	0.28	0.34
Volume of CL, cm ³	3.53	6.26	3.89	0.71	0.24
Blood flow score, 1-4 score	1.60	2.60	1.80	0.26	0.26

Note: SEM = standard error of mean, CL quality was evaluated by B-mode and Doppler ultrasonography on days 7–8 following artificial insemination, the CL blood flow was assessed using a scoring system from 1 to 4, where score 1 indicates blood flow covering less than 10% of the CL area, score 2 indicates blood flow covering between 11-30%, score 3 indicates blood flow covering between 31-50%, and score 4 indicates blood flow covering greater than 51% of the total colored area of the CL.

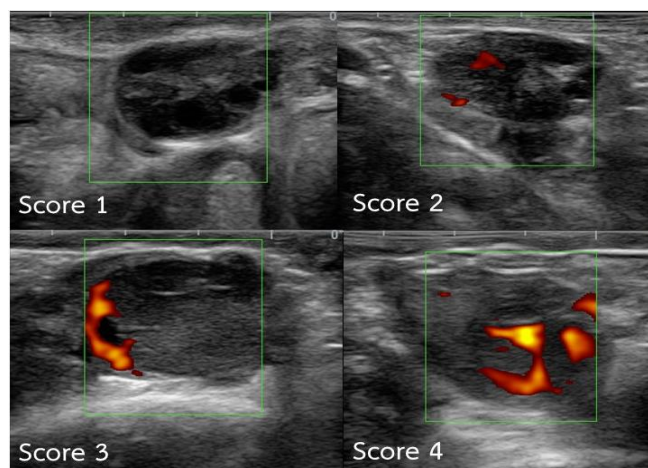


Figure 2 Ultrasonographic images illustrating representative CL blood flow scores in Holstein crossbred cows. The CL blood flow was assessed using a scoring system from 1 to 4, where score 1 indicates blood flow covering less than 10% of the CL area, score 2 indicates blood flow covering between 11-30%, score 3 indicates blood flow covering between 31-50%, and score 4 indicates blood flow covering greater than 51% of the total-colored area of the CL.

ต้นทุนของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด และ ตกไข่ ด้วย E2+P4, E2+P4+hCG และ E2+P4+Double Dose hCG

จากการศึกษาโปรแกรมการเหนี่ยวนำการเป็นสัดที่ต่างกัน โคกลุ่มที่ 1 E2+P4, กลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG ต่อต้นทุนการเหนี่ยวนำการเป็นสัด พบว่า ต้นทุนการเหนี่ยวนำการเป็นสัดของกลุ่มโคที่ได้รับการเหนี่ยวนำ

ด้วยโปรแกรม E2+P4 มีต้นทุนต่ำกว่ากลุ่มโคที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยโปรแกรม E2+P4+hCG และ E2+P4+Double Dose hCG มีเท่ากับ 2,562.50, 2,962.50 และ 3,362.50 บาท ตามลำดับ โดยมีต้นทุนเฉลี่ยต่อตัวเท่ากับ 512.50, 592.50 และ 672.50 บาท ต่อตัว ตามลำดับ และมีต้นทุนของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดต่อการตกไข่ เท่ากับ 640.63, 740.63 และ 1,120.83 บาท ตามลำดับ (Table 4)

Table 4 The cost of TAI protocols.

Protocol	Cows (n)	Cost (Bath)	Cost/Cow (Bath)	Ovulation (n)	Average Cost/Ovulation (Bath)
E2 + P4	5	2,562.50	512.50	4	640.63
E2+P4+ hCG	5	2,962.50	592.50	4	740.63
E2+P4+Double Dose hCG	5	3,362.50	672.50	3	1,120.83

Note: The cost of TAI protocol based on hormone market prices available in Thailand during the period of 2024–2025

วิจารณ์

จากการศึกษาด้าน LF ในวันที่ 10 ของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดในครั้งนี ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ของโคที่มี LF และขนาดของ LF ในโคทั้ง 3 กลุ่มมีค่าไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจากโคทั้ง 3 กลุ่มได้รับการเหนี่ยวนำการเป็นสัดด้วย E2/P4 based protocol เหมือนกัน โดยทำการให้ ECP หลังจากถอดแท่ง progesterone 24 ชั่วโมง โดยวางแผนการให้ ECP ตามการศึกษาของ Colazo *et al.* (2004) ที่ได้รายงานช่วงเวลาในการฉีด ECP ซึ่งทำการให้หลังถอด CIDR 24 ชั่วโมง จะมีผลช่วยกระตุ้น LH ทำให้เกิดการพัฒนาของฟองไข่ นอกจากนั้น การให้ ECP สามารถเพิ่มระดับ estrogen ในกระแสเลือดให้อยู่ในระดับที่สูง มีผลควบคุมให้มีการหลั่ง LH surge เพื่อเหนี่ยวนำการตกไข่ และช่วยเพิ่มอัตราการตั้งท้อง (Taghizadeh *et al.*, 2024) เพิ่มเติมจาก E2/P4 based protocol ในการศึกษาครั้งนี้ คือรูปแบบการให้ hCG ที่เพิ่มขึ้นมา เพื่อคาดหวังด้านความสามารถในการกระตุ้นการพัฒนาของฟองไข่เด่น แต่อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาจากผลการทดลองในการศึกษาครั้งนี้ การไม่ให้ hCG หรือ การให้ hCG 1 dose หรือ hCG 2 dose ให้ผลที่ไม่แตกต่างกันในด้านลักษณะของรังไข่ และองค์ประกอบของรังไข่ โดยเฉพาะลักษณะของ LF ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากจำนวนหน่วยทดลองที่ใช้ในการทดลองมีจำนวนน้อย จึงอาจเป็นผลทำให้ไม่สามารถทราบความแตกต่างของแต่ละโปรแกรมที่ชัดเจนได้ การศึกษาในครั้งนี้อาจได้ผลไม่สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ Prata *et al.* (2018) ที่ศึกษาโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด E2/P4 based protocol

และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้ eCG หรือ hCG ในวันที่ 8 ของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดในโคเนื้อเขตร้อน จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการให้ eCG และ hCG ที่ระดับ 300 IU ส่งผลให้ขนาดและอัตราการเจริญเติบโตของ LF เพิ่มขึ้น และการให้ hCG ที่ระดับ 200 IU และ 100 IU ไม่สามารถเพิ่มขนาดและอัตราการเจริญเติบโตของ LF ได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาก่อนหน้านี้ศึกษาในแม่โคเนื้อเขตร้อน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ศึกษาในแม่โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซียน ซึ่งแม่โคเนื้อและโคนม มีความแตกต่างของระดับความเข้มข้นของฮอร์โมน progesterone ในกระแสเลือด ส่งผลให้การตอบสนองของระบบสืบพันธุ์ต่อการให้ฮอร์โมนจากภายนอกให้ผลที่แตกต่างกันด้วย โดยแม่โคนมที่ให้นม (lactating dairy cows) มีระดับของฮอร์โมน progesterone ในกระแสเลือดที่สูงกว่าโคเนื้อ ส่งผลให้แม่โคนมที่อยู่ในระยะให้นม มี LH pulse ลดลง ฟองไข่เด่นมีอัตราการเจริญเติบโตช้า เพื่อป้องกันการตกไข่หลายใบ ซึ่งข้อดีในส่วนนี้จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของตัวอ่อน ส่งผลให้ลดการสูญเสียการตั้งท้อง (pregnancy loss) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โคเนื้อ ที่มีระดับฮอร์โมน progesterone ในกระแสเลือดที่ต่ำกว่าโคนม ส่งผลให้ LH pulse เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของฟองไข่ที่รวดเร็ว และผลิตฮอร์โมน estrogen ได้สูง ซึ่งข้อดีในส่วนนี้ส่งผลให้แม่โคเนื้อ มีการแสดงอาการเป็นสัดที่ชัดเจนกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแม่โคนม (Cardoso Consentini *et al.*, 2021; Sartori *et al.*, 2023)

นอกจากนี้ hCG เป็น glycoprotein hormone ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ (ประมาณ 38,000 ดาลตัน) และ

มีองค์ประกอบหลักเป็นโปรตีน เชื่อมต่อกับหน่วยย่อยของคาร์โบไฮเดรต (glycosylation) ส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของ hCG ในร่างกายสัตว์เพิ่มสูงขึ้นเป็นระยะเวลานานหลังจากการฉีด hCG โดยตรวจพบปริมาณ hCG ในระดับที่มีนัยสำคัญได้นานกว่า 30 ชั่วโมง (Giordano *et al.*, 2013) ดังนั้น อาจส่งผลให้โคที่ได้รับ hCG 1 dose หรือ hCG 2 dose ไม่พบความแตกต่างในด้านการพัฒนาของฟองไข่หลังถอดแท่ง progesterone ในการศึกษาครั้งนี้

จากการทดลองในโคกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG มีการแสดงการเป็นสัด ชั่วโมงยืนนิ่ง และชั่วโมงในการผสมเทียมที่สูงกว่าโคในกลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และกลุ่มที่ 1 E2+P4 อันเนื่องมาจากกลุ่มที่ 3 ได้รับการฉีด hCG ปริมาณ 300 IU ในวันที่ 7 และวันที่ 8 ซึ่งมีการออกฤทธิ์คล้ายกับ LH สามารถกระตุ้นการพัฒนาของฟองไข่ และกระตุ้นการตกไข่ จากการศึกษาช่วงเวลาในการเป็นสัด โดยปกติการออกฤทธิ์ของ hCG จะออกฤทธิ์ยาวนานถึง 30 ชั่วโมง ชั่วโมง (Giordano *et al.*, 2013) การได้รับ hCG ในครั้งที่ 2 อาจจะใช้ระยะเวลาในการออกฤทธิ์ที่ยาวนานขึ้นจากปกติ ดังนั้นการได้รับ double hCG อาจส่งผลให้มีปริมาณ hCG ที่สูง จึงไปส่งผลทำให้กระตุ้นการพัฒนาของฟองไข่ ที่ยาวนานขึ้น ส่งผลให้ ชั่วโมงยืนนิ่ง และชั่วโมงการผสมเทียมที่สูงกว่ากลุ่มอื่น

จากการศึกษาในครั้งนี้ ในวันที่ 7 โคทุกกลุ่มได้รับการฉีด PGF_{2α} พร้อมกับถอดแท่ง progesterone เพื่อทำให้เกิดการสลาย CL ในกลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG และกลุ่มที่ 3 E2+P4+double dose โคในกลุ่มที่ 2 ได้รับการฉีด hCG ในวันที่ 7 ส่วนโคในกลุ่มที่ 3 ได้รับการฉีด hCG ครั้งแรกวันที่ 7 และครั้งที่สองวันที่ 8 ซึ่งจากการรายงานของ Prata *et al.* (2018) ทำการให้ hCG ในโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด E2/P4 โดยทำการฉีด hCG ปริมาณ 300 IU ในวันที่ 8 พบว่าสามารถกระตุ้นการพัฒนาของฟองไข่ และเหนี่ยวนำการตกไข่ได้ดีกว่าโคที่ไม่ได้รับ hCG และทั้ง 3 กลุ่มในวันที่ 8 ได้รับการฉีด ECP ซึ่งเป็นเอสโตรเจนของ ertrogen ที่มีความสามารถในการละลายน้ำ

ต่ำ ซึ่งทำให้การปลดปล่อยจากบริเวณที่ฉีดล่าช้า ความเข้มข้นของ ertrogen ในพลาสมาจะยาวนานขึ้น (98-170 ชั่วโมง) (Vynckier *et al.*, 1990) การให้ ECP จะช่วยกระตุ้นให้เกิด LH surge ส่งผลทำให้เกิดการตกไข่ (Colazo *et al.*, 2004) แต่หากมีการสังเกตเปรียบเทียบช่วงเวลาการเป็นสัดกับกลุ่มที่ได้รับ hCG จะมีช่วงเวลาการเป็นสัดที่ยาวนานขึ้น เนื่องจาก hCG ที่ให้มีปริมาณที่ต่ำจะไปช่วยกระตุ้นทำให้เกิดการพัฒนาของฟองไข่ การฉีด hCG ในครั้งที่ 2 ไม่สามารถช่วยกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของฟองไข่ได้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พื้นที่ และปริมาตรของ CL และคะแนนการไหลเวียนของเลือด (blood flow score) ใน CL จากการศึกษาในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างกัน แต่ในโคกลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ CL ปริมาตรของ CL ที่มากกว่าทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งเส้นผ่านศูนย์กลางของ CL และปริมาตรของ CL หากมีค่าสูงจะบ่งบอกถึงความสามารถในการผลิต P4 เนื่องจาก CL ทำหน้าที่ในการผลิตฮอร์โมน progesterone ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งท้องของโค หากโคมีพื้นที่ของ CL ที่มาก อาจทำให้โคผลิต progesterone ได้ดีขึ้น เพราะภายใน CL จะมี luteal cells ทำหน้าที่ผลิต progesterone สัตว์มีเส้นผ่านศูนย์กลางของ CL และปริมาตรของ CL ที่มาก อาจมีโอกาสดังตั้งท้องได้ดีขึ้น จากการรายงานของ Pandey *et al.* (2018) ขนาดของ CL ที่มีขนาดเหมาะสม จะสามารถผลิตและหลั่ง progesterone ในระดับที่เพียงพอสำหรับการตั้งท้อง ซึ่งขนาดของ CL นั้นเป็นลักษณะที่สำคัญ เพื่อใช้ประเมินการอัตราการท้องในแม่โค (Valchuk *et al.*, 2023) นอกจากนี้โคในกลุ่มที่ 2 มีคะแนนการไหลเวียนของเลือดที่บริเวณ CL เฉลี่ยที่สูงกว่า โคในกลุ่มที่ 1 E2+P4 และกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG สามารถบ่งบอกถึงการทำงานของ CL ที่มีความสมบูรณ์ (Herzog *et al.*, 2010) โดยโคที่ได้รับการเหนี่ยวนำด้วยโปรแกรม E2+P4+hCG มีคะแนนการไหลเวียนของเลือดที่สูงกว่าทั้ง 2 โปรแกรม และอาจมีความสัมพันธ์กับปริมาตรของ CL ที่ใหญ่ ซึ่งอาจนำไปสู่การเพิ่มโอกาสในการตั้งท้องของโค ยิ่งไปกว่านั้น hCG มี

ความสามารถในการเป็น luteotropic โดยการศึกษาในวางแผนในการให้ hCG ในปริมาณต่ำในระยะใกล้การตกไข่ (periovulatory period) ซึ่งมีผลส่งเสริมในการฟอรัมตัวของ CL หรือ luteal cells ในระยะ luteal phase (De Rensis *et al.*, 2010) จากข้อมูลดังกล่าว จึงอาจส่งผลให้โคกลุ่มที่ 2 E2+P4+hCG ซึ่งได้รับ hCG 300 IU ในวันที่ 8 ซึ่งเป็นระยะใกล้การตกไข่ มีคุณภาพของ CL ที่ดีกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Rodriguez *et al.* (2023) ได้ทำการศึกษาคูณภาพของ CL ในโคตัวรับ ซึ่งทำการเหนี่ยวนำโดยการกำหนดระยะเวลาในการย้ายฝากตัวอ่อน (TET) ด้วย E2/P4 โดยใช้ฮอร์โมน hCG 150 IU เปรียบเทียบกับ eCG 300 IU ในวันที่ 7 พร้อมกับถอดแท่ง progesterone และให้ PGF_{2α} พบว่าโคที่ได้รับ hCG ส่งผลให้ CL doppler score และการไหลเวียนของเลือดใน CL สูงกว่าการได้รับ eCG อย่างไรก็ตาม โคในกลุ่มที่ 3 E2+P4+Double Dose hCG ซึ่งได้รับ hCG 300 IU 2 ครั้ง ในวันที่ 7 และ 8 ไม่สามารถปรับปรุงคุณภาพของ CL อาจเป็นปริมาณที่มากเกินไป ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตและหลังฮอร์โมนตัวอื่นก็อาจเป็นไปได้

ซึ่งทั้ง 3 โปรแกรมมีต้นทุนที่ต่ำกว่า โปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดมาตรฐาน เช่น Co-Synch และ Ov-Synch อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านต้นทุนของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัด สามารถประเมินประสิทธิภาพของโปรแกรมได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นหากพิจารณาต้นทุนของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดต่อการตั้งท้อง

สรุป

ศึกษาการตอบสนองของระบบสืบพันธุ์และสมรรถภาพทางการสืบพันธุ์ของแม่โคนมลูกผสมไฮลสไนด์ฟรีเซียนที่ได้รับโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดและตกไข่ด้วย E2+P4, E2+P4+hCG และ E2+P4+Double Dose hCG ไม่พบความแตกต่างระหว่างโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดต่อลักษณะของมดลูก และรังไข่ องค์ประกอบภายในรังไข่ การแสดงการเป็นสัด คุณภาพของ CL อัตราการเป็นสัด และอัตราการตกไข่ แต่การศึกษานี้ต้องมีการเพิ่มเติมด้าน

อัตราการตั้งท้อง และต้นทุนการเหนี่ยวนำต่ออัตราการตั้งท้อง ประกอบกับจำนวนสัดในการศึกษานี้ มีจำนวนน้อย จึงอาจไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพของโปรแกรมเหนี่ยวนำการเป็นสัดที่ชัดเจนได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสุรศักดิ์ แดรี่ฟาร์ม อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ ตัวสัตว์ทดลอง และขอขอบคุณฟาร์มโคเนื้อ และกระบือภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนสนับสนุนโครงการวิจัยวิทยาเขตกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีงบประมาณ 2566 ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนในการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Bihon, A., Assefa, A., & González-Redondo, P. (2021). Prostaglandin based estrus synchronization in cattle: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1932051>
- Burns, M. G., Buttrey, B. S., Dobbins, C. A., Martel, C. A., Olson, K. C., Lamb, G. C., & Stevenson, J. S. (2008). Evaluation of human chorionic gonadotropin as a replacement for gonadotropin-releasing hormone in ovulation-synchronization protocols before fixed timed artificial insemination in beef cattle. *Journal of Animal Science*, 86(10), 2539-2548. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1122>
- Cardoso Consentini, C. E., Wiltbank, M. C., & Sartori, R. (2021). Factors that optimize reproductive efficiency in dairy herds with an emphasis on timed artificial insemination programs. *Animals (Basel)*, 11(2), 301. <https://doi.org/10.3390/ani11020301>

- Cedeño, A. V., Cuervo, R., Tríbulo, A., Tríbulo, R., Andrada, S., Mapletoft, R., Menchaca, A., & Bó, G. A. (2021). Effect of expression of estrus and treatment with GnRH on pregnancies per AI in beef cattle synchronized with an estradiol/progesterone-based protocol. *Theriogenology*, 161, 294–300. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.12.014>
- Colazo, M. G., Kastelic, J. P., Whittaker, P. R., Gavaga, Q. A., Wilde, R., & Mapletoft, R. J. (2004). Fertility in beef cattle given a new or previously used CIDR insert and estradiol, with or without progesterone. *Animal Reproduction Science*, 81(1-2), 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.09.003>
- Côrtes, L. R., Souza-Fabjan, J. M. G., Dias, D. S., Martins, B. B., Maia, A. L. R. S., Veiga, M. O., Arashiro, E. K. N., Brandão, F. Z., Oliveira, M. E. F., Bartlewski, P. M., & Fonseca, J. F. (2021). Administration of a single dose of 300 IU of human chorionic gonadotropin seven days after the onset of estrus improves pregnancy rate in dairy goats by an unknown mechanism. *Domestic Animal Endocrinology*, 74, 106579. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106579>
- Cunha, T. O., Martinez, W., Walleiser, E., & Martins, J. P. N. (2021). Effects of GnRH and hCG administration during early luteal phase on estrous cycle length, expression of estrus and fertility in lactating dairy cows. *Theriogenology*, 173, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2021.06.010>
- da Silva, A. G., Nishimura, T. K., Rocha, C. C., Motta, I. G., Neto, A. L., Ferraz, P. A., & Pugliesi, G. (2022). Comparison of estradiol benzoate doses for resynchronization of ovulation at 14 days after timed-AI in suckled beef cows. *Theriogenology*, 184, 41-50.
- De Rensis, F., Lopez-Gatius, F., Garcia-Ispuerto, I., & Techakumpu, M. (2010). Clinical use of human chorionic gonadotropin in dairy cows: an update. *Theriogenology*, 73(8), 1001-1008. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.11.027>
- Ferre, L. B., Cervino, M. N., Jaeschke, J., Itterman, M., McLean, J., Aragon, A., & de la Sota, R. L. (2025). Evaluation of GnRH- versus estradiol-based protocols for ovulation synchronization in postpartum *Bos taurus* grazing beef cows submitted to fixed-time artificial insemination. *Theriogenology*, 233, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.11.008>
- Garcia-Ispuerto, I., De Rensis, F., Casas, X., Caballero, F., Mur-Novales, R., & Lopez-Gatius, F. (2018). Reproductive performance of lactating dairy cows after inducing ovulation using hCG in a five-day progesterone-based fixed-time AI protocol. *Theriogenology*, 107, 175-179. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.11.012>

- Giordano, J. O., Edwards, J. L., Di Croce, F. A., Roper, D., Rohrbach, N. R., Saxton, A. M., & Schrick, F. N. (2013). Ovulatory follicle dysfunction in lactating dairy cows after treatment with Folltropin-V at the onset of luteolysis. *Theriogenology*, 79(8), 1210-1217. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.02.020>
- Herzog, K., Brockhan-Ludemann, M., Kaske, M., Beindorff, N., Paul, V., Niemann, H., & Bollwein, H. (2010). Luteal blood flow is a more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size. *Theriogenology*, 73(5), 691-697. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.11.016>
- Innes, D. J., Pot, L. J., Seymour, D. J., France, J., Dijkstra, J., Doelman, J., & Cant, J. P. (2024). Fitting mathematical functions to extended lactation curves and forecasting late-lactation milk yields of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(1), 342-358. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23478>
- Pandey, A. K., Ghuman, S. P. S., Dhaliwal, G. S., Honparkhe, M., Phogat, J. B., & Kumar, S. (2018). Effects of preovulatory follicle size on estradiol concentrations, corpus luteum diameter, progesterone concentrations and subsequent pregnancy rate in buffalo cows (*Bubalus bubalis*). *Theriogenology*, 107, 57-62. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.10.048>
- Pfeifer, L. F. M., Castro, N. A., Neves, P. M. A., Cestaro, J. P., & Schneider, A. (2017). Comparison between two estradiol-progesterone based protocols for timed artificial insemination in blocks in lactating Nelore cows. *Animal Reproduction Science*, 181, 125-129. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.03.025>
- Prata, A. B., Drum, J. N., Melo, L. F., Araujo, E. R., & Sartori, R. (2018). Effect of different chorionic gonadotropins on final growth of the dominant follicle in *Bos indicus* cows. *Theriogenology*, 111, 52-55. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.01.011>
- Rocha, C. C., Martins, T., Cardoso, B. O., Silva, L. A., Binelli, M., & Pugliesi, G. (2019). Ultrasonography-accessed luteal size endpoint that most closely associates with circulating progesterone during the estrous cycle and early pregnancy in beef cows. *Animal Reproduction Science*, 201, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.12.003>
- Rodriguez, A. M., Maresca, S., Lopez-Valiente, S., Bilbao, M. G., Moran, K. D., Bartolome, J. A., & Long, N. M. (2023). Comparison of the 7-day CO-Synch and 8-day estradiol-based protocols for estrus synchronization and timed artificial insemination in suckled *Bos taurus* cows. *Theriogenology*, 200, 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2023.02.003>

- Sartori, R., Consentini, C. E. C., Alves, R., Silva, L. O., & Wiltbank, M. C. (2023). Review: Manipulation of follicle development to improve fertility of cattle in timed-artificial insemination programs. *animal*, 17, Suppl 1, 100769. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100769>
- Taghizadeh, E., Barati, F., Fallah, A. A., Hemmatzadeh-Dastgerdi, M., & Nejabati, M. S. (2024). Estrogens improve the pregnancy rate in cattle: A review and meta-analysis. *Theriogenology*, 220, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.03.005>
- Valchuk, O. A., Kovpak, V. V., Kovpak, O. S., Salizhenko, M. I., Derkach, S. S., & Mazur, V. M. (2023). Concentration of progesterone in the blood serum and size of the corpus luteum as criteria for selection of recipient cows for embryo transfer. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 14(4), 564-569. <https://doi.org/10.15421/022382>
- Vynckier, L., Debackere, M., De Kruif, A., & Coryn, M. (1990). Plasma estradiol-17 β concentrations in the cow during induced estrus and after injection of estradiol-17 β benzoate and estradiol-17 β cypionate—a preliminary study. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 13(1), 36-42. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2885.1990.tb00745.x>
- Yanez, U., Murillo, A. V., Becerra, J. J., Herradon, P. G., Pena, A. I., & Quintela, L. A. (2023). Comparison between transrectal palpation, B-mode and Doppler ultrasonography to assess luteal function in Holstein cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1162589. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1162589>