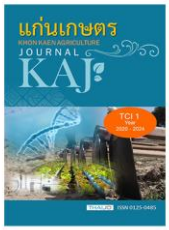
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



อิทธิพลของรูปแบบยีน IGF2 ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตและลักษณะซากในสุกร

Effect of IGF2 genotypes on growth performance and carcass characteristics in swine

คมสัน ตวงสิทธิตานนท์[2], มนต์ชัย ดวงจินดา[1], และพีระพงษ์ แพงไพรี[1]*

Komson Tuangsithtanon[2], Monchai Duangjinda[2], and Pheeraphong Phaengphairee[1]*

[1] บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) 323 ถนนวิภาวดีรังสิต, หลักสี่, กรุงเทพมหานคร, 10210.
[1] Betagro CO..Ltd., 323 Vibhavadi Rangsit Road, Laksi, Bangkok 10210
[2] สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 40002
[2] Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, 4000

บทคัดย่อ: การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของจีโนไทป์ยีน IGF2 ต่อสมรรถนะการเจริญเติบโต และลักษณะซากในสุกร โดยศึกษาตามสภาพจริงภายในฟาร์มสุกรเอกชนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมา สุกรที่ศึกษาเป็นสุกรสายพ่อพันธุ์สำหรับผลิตสุกรขุน ได้แก่ สายพันธุ์ดูร็อค (DR) เปียเทรน (PT) และลูกผสมระหว่างเปียเทรนและดูร็อค (PTxDR) ข้อมูลที่ศึกษาเป็นบันทึกจากการทดสอบพันธุ์ในฟาร์มช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2551 โดยเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบพันธุ์ที่ช่วงอายุ 22-24 สัปดาห์ น้ำหนักในช่วง 90 - 110 กก. เลี้ยงแบบแยกเพศ และให้อาหารที่มีโภชนะตามความต้องการของสุกรตามช่วงอายุตลอดการทดสอบ ข้อมูลจีโนไทป์ของยีน IGF2 เป็นข้อมูลจากการวิเคราะห์ผล DNA โดยตรงและเป็นข้อมูลการทำนายจีโนไทป์จากพันธุ์ประวัติของพ่อแม่ ทำการศึกษาสมรรถนะการเจริญเติบโต ประกอบด้วยความยาวลำตัว (BL) ความกว้างไหล่ (SW) ความกว้างลำตัว (BW) และจำนวนวันเลี้ยงตั้งแต่แรกเกิดจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ (DTF) และลักษณะซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (aLEAN) ความหนาไขมันสันหลัง (aFD) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (aLMA) ถูกใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จากการศึกษาพบว่า อัลลีล B ของ IGF2 จากพ่อ มีผลต่อ aLEAN เพียงอัลลีลเดียวเท่านั้น ($P<0.05$) ยกเว้นลักษณะ aFD และ HW ได้รับอิทธิพลจากอัลลีล B จากพ่อและแม่ร่วมกัน ($P<0.05$) นอกจากนี้ยังพบอีกว่า อัลลีล B จากพ่อมีผลต่อการเพิ่ม aLEAN เท่ากับ 0.58% ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม อัลลีล B จากพ่อและแม่ ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะอื่นๆ ($P>0.05$) ในขณะที่การปรับอิทธิพลของอัลลีล B ในโมเดล เพื่อเปรียบเทียบผลของยีน IGF2 ต่อลักษณะต่างๆ พบว่า การปรับอิทธิพลของอัลลีล B หรือไม่ก็ตาม รูปแบบจีโนไทป์ BB ของยีน IGF2 มีผลต่อที่ดีลักษณะ aFD และ HW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในทางตรงข้าม การไม่ปรับอิทธิพลอัลลีล B ทำให้รูปแบบจีโนไทป์ BB ของ IGF2 มีผลต่อลักษณะ aLEAN ($P<0.05$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) การศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่า การควบคุมแบบ maternal imprinting เกิดขึ้นในลักษณะ aLEAN เท่านั้น และการปรับปรุงลักษณะความหนาไขมันสันหลังและความกว้างสะโพก สามารถพัฒนาให้ดีขึ้น ด้วยการใช้รูปแบบจีโนไทป์ BB ของยีน IGF2 เป็น candidate gene ในการคัดเลือกสุกรได้

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต; ซาก; IGF2

ABSTRACT: The objectives of this study were to investigate the effect of IGF2 genotype on growth performance and carcass characteristics in swine. The study was an on-farm research in Pakchong, Nakornratchasima province. The data for growth and carcass trait of pure breed Duroc (DR), Pietrain (PT) and Pietrain x Duroc crossbred (PTxDR) from tested pigs at final weight of 90-110 kg. and final age of 22-24 wks. from 2005 to 2008 was used in the analysis. All

* Corresponding author: perpan@kku.ac.th

Received: date; February 3, 2021 Accepted: date; June 9, 2021 Published: date; December 5, 2021

pigs were raised separately by gender and fed on requirement. Genotypes of IGF2 gene were analyzed from DNA using PCR-RFLP and predicted from known sire and dam genotypes. Analysis model included effects of IGF2 adjust with gender, breed, Halothane gene and allele B from sire and dam. In model with unadjust allele B effect, the result showed that IGF2 genotype had effect on lean percentage (aLEAN) ($P<0.05$), fat depth (aFD) and ham width (HW) $P<0.01$), but not effect on loin muscle area (aLMA), body length (BL), shoulder width (SW), body width (BW) and day to finish (DTF) ($P>0.05$). In model with adjust allele B effect, the result showed that allele B from sire had significant effect on aLEAN ($P<0.05$), while allele B from dam had non-significant effect ($P>0.05$). The effect of allele B from sire was +0.58%. This result confirmed the paternal expression or maternal imprinting of IGF2 allele on aLEAN. However, allele B from both sire and dam had effect on aFD and ham width (HW) ($P<0.05$). Therefore, no genomic imprinting was found in these traits. IGF2 could be used as a candidate gene for improving carcass characteristics in swine breeding plan.
Keywords: growth performance; carcass; IGF2

บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตสุกรในประเทศไทย ได้มีการนำเทคนิคการปรับปรุงพันธุกรรมเข้าไปเพื่อเพิ่มสมรรถนะในการผลิตและลดต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเช่นลักษณะทางการสืบพันธุ์ (reproductive trait) และลักษณะการให้ผลผลิต (productive trait) การปรับปรุงพันธุ์ให้ความสำคัญกับการคัดเลือกและผสมพันธุ์ โดยพิจารณาจากลักษณะที่ปรากฏนำข้อมูลที่วัดได้จากตัวสัตว์มาประเมินเป็นคุณค่าการผสมพันธุ์สัตว์ (breeding value, BV) ปัจจุบันนิยมใช้วิธีการ Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับจากนักปรับปรุงพันธุ์สัตว์ทั่วไปว่าสามารถประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์สัตว์ได้อย่างแม่นยำ ทำให้ผู้ผลิตสามารถตัดสินใจคัดเลือกสุกรที่มีพันธุกรรมดีเก็บไปใช้ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังได้นำเอาความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์โมเลกุลเข้ามาช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดระยะเวลาในการคัดเลือก โดยการจัดทำแผนที่พันธุกรรมของสัตว์เลี้ยง สามารถนำมาใช้ในการหาตำแหน่งยีนที่สนใจ โดยเฉพาะกลุ่มของยีนที่ควบคุมลักษณะทางเศรษฐกิจ เป็นลักษณะที่มีการควบคุมด้วยยีนหลายคู่ (Quantitative trait loci, QTL) การนำเอาเครื่องหมายดีเอ็นเอ (DNA marker) มาใช้ในการคัดเลือก เป็นวิธีการที่ช่วยให้การพัฒนาด้านการปรับปรุงพันธุ์เป็นไปอย่าง มีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

ลักษณะการเจริญเติบโต (growth trait) และลักษณะซาก (carcass trait) เป็นลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นลักษณะที่มีการควบคุมด้วย QTL โดยลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนวันเลี้ยงจนถึงขาย (day to finish) ส่วนลักษณะซากที่สำคัญได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%lean) ความหนาไขมันสันหลัง (fat depth) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin muscle area) การปรับปรุงลักษณะทางเศรษฐกิจดังกล่าว ใช้วิธีการนำเข้าสุกรสายพันธุ์จากต่างประเทศมาผสมกับสุกรในประเทศ เช่น สุกรสายพันธุ์เปียเทรน (Pietrain) ลูกสุกรลูกผสมจึงมีการเจริญเติบโตและเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงขึ้น แต่สุกรขุนก็ได้รับยีนที่ไวต่อความเครียด (stress gene) ผลที่ตามมาคือ ลูกสุกรขุนมีอัตราการตายสูง จากการต่อสู้กัน การขนส่ง และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ นอกจากนี้ยังส่งผลให้เนื้อมีลักษณะแฉะ นิ่ม สีซีด มีน้ำไหลเยิ้มออกจากเนื้อ (pale soft exudative, PSE) การเกิด PSE ในเนื้อจากรายงานของ Sather et al. (1990) ก่อให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจในอุตสาหกรรมการผลิตสุกรของแคนาดาสูงถึงปีละ 30 ล้านเหรียญ และเนื่องด้วยในอดีตนิยมทดสอบโรคเครียดนี้ โดยให้สัตว์ดมแก๊สฮาโลเธน สัตว์ที่เครียดง่ายจะมียีนเครียดที่ไวต่อแก๊สฮาโลเธน บางครั้งนิยมเรียกยีนเครียดนี้ว่ายีนฮาโลเธน (Halothane gene)

ยีน Insulin like growth factor 2 (IGF2) ได้รับความสนใจ ในการช่วยเพิ่มศักยภาพในการคัดเลือกพันธุ์สุกร อย่างแพร่หลาย เนื่องจากยีนดังกล่าว มีบทบาทสำคัญ ไม่เพียงแค่ปรับปรุงเนื้อแดง พื้นที่เนื้อสัน และความหนาไขมันสันหลังให้ดีขึ้น เท่านั้น แต่ยังทำให้เนื้อไม่เกิดปัญหา PSE อีกด้วย อย่างไรก็ตามยีน IGF2 มีการควบคุมลักษณะเป็นแบบ genomic imprinting ซึ่งมีความแตกต่างจากกฎเมนเดล เป็นสภาวะอัลลีลของยีนของพ่อหรือแม่ถูกกดไว้ไม่ให้ทำงาน (อมรา, 2546) โครโมโซมเพศจะเป็นตัวกำหนดว่าการ imprint จะยังคงอยู่ต่อหรือไม่ การแสดงออกของยีนขึ้นอยู่กับว่าเป็นยีนที่ได้รับมาจากโครโมโซมของพ่อหรือแม่ สำหรับยีน IGF2 อัลลีลที่ได้รับจากโครโมโซมแม่จะไม่แสดงออกเรียกว่า maternal imprinting จะมีเฉพาะอัลลีลที่ได้รับจากโครโมโซมพ่อเท่านั้นที่มีการแสดงออก (paternally expressed) (Jeon et al., 1999; de Konig et al., 2000, Van Laere et al., 2003; Braunschweig et al., 2011)

ดังนั้นการตรวจสอบอิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF2 ร่วมกับยีนฮาโลเธน ต่อลักษณะคุณภาพซากและการเจริญเติบโตในฝูงสุกรในประเทศไทย จึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวางแผนการผสมพันธุ์และคัดเลือกสายพันธุ์ในการผลิตสุกรทางการค้าอย่างแม่นยำ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา 1) อิทธิพลของรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF2 ต่อสมรรถนะทางการผลิต (production performance) ได้แก่ จำนวนวันเลี้ยงตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวันสิ้นสุดการทดสอบหรือน้ำหนักสุดท้าย (day to finish) และลักษณะซากของสุกร (carcass characteristics) 2) การถ่ายทอดของยีน IGF2 และเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและลักษณะคุณภาพซากของสุกรจากผลของยีนที่ได้รับการถ่ายทอดผ่านทางพ่อและแม่ในลักษณะ imprinting

วิธีการศึกษา

การทดลองนี้เป็นการศึกษาในฟาร์มเอกชนตามสภาพการจัดการมาตรฐานของฟาร์ม โดยทำการศึกษาอิทธิพลรูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF2 ต่อสมรรถนะทางการเจริญเติบโต (growth performance) และลักษณะซาก (carcass characteristics) ในสุกร โดยกลุ่มสุกรที่ศึกษาเป็นสุกรทดสอบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย ที่คัดเลือกเข้าทดแทนและจำหน่าย โดยสุกรมีอายุระหว่าง 22-24 สัปดาห์และมีน้ำหนักระหว่าง 90-110 กก. สุกรที่ศึกษาเป็นสุกรพันธุ์ดูร็อค (Duroc, DR) สุกรพันธุ์เปียเทรน (Pietrain, PT) และลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ดูร็อคและเปียเทรน (PTxDR) ซึ่งเป็นสุกรพ่อพันธุ์สุดท้าย (terminal sire) ที่ใช้ในการผลิตสุกรขุนซึ่งเน้นในด้านการเจริญเติบโตและลักษณะซาก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (%lean, aLEAN) ความหนาไขมันสันหลัง (fat depth, aFD) และพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin muscle area, aLMA)

วิธีการเลี้ยงและจัดการฟาร์ม

ศึกษาจากสุกรที่เลี้ยงในฟาร์มเอกชนขนาดใหญ่ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ที่มีการเลี้ยงสุกรแบบครบวงจรและมีระบบการบริหารจัดการที่เป็นมาตรฐาน ผลิตสุกรจำหน่ายทั้งสุกรพันธุ์ และสุกรขุน โดยสุกรขุนจะเข้าโรงชำแหละและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์จำหน่ายให้กับลูกค้าภายในและภายนอกประเทศ ระบบการเลี้ยงภายในฟาร์มเป็นแบบโรงเรือนปิด (evaporative cooling system) และแบบเปิดยกพื้นสูง มีการนำเข้าสุกรพ่อแม่พันธุ์แท้จากต่างประเทศเพื่อปรับปรุงพันธุกรรม โดยวางแผนการผสมพันธุ์เพื่อผลิตสุกรพันธุ์แท้และสุกรพันธุ์ลูกผสม มีการทดสอบพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ไว้ใช้ในฟาร์มตนเองและจำหน่ายให้ลูกค้า โดยสุกรทุกตัวจะมีข้อมูลพันธุ์ประวัติ (pedigree) บันทึกไว้เพื่อใช้ในขบวนการผลิตตลอดช่วงอายุ สภาพการจัดการในฟาร์ม ลูกสุกรทุกตัวที่เกิดและหย่านมจะมีการชั่งน้ำหนักเป็นรายตัว หย่านมช่วงอายุ 21-24 วัน สุกรหย่านมจะถูกเลี้ยงในโรงเรือนอนุบาลโรงเรือนเปิดยกพื้นสูง พื้นคอกเป็นแสลทพลาสติก คัดสุกรเข้าเลี้ยงโดยคัดแยกสายพันธุ์ คัดแยกเพศ และคัดขนาดน้ำหนัก ใช้พื้นที่การเลี้ยง 0.50 ตารางเมตร/ตัว เลี้ยงในโรงเรือนอนุบาลจนถึงอายุ 11 สัปดาห์ ทำการคัดแยกเลี้ยงสุกรเข้าเลี้ยงต่อในโรงเรือนสุกรรุ่น โดยเลี้ยงในสภาพโรงเรือนเปิดยกพื้นสูง พื้นคอกเป็นแสลทปูน สุกรขุนและสุกรพันธุ์ใช้พื้นที่การเลี้ยง 1.50 ตารางเมตร/ตัว ส่วนสุกรที่เป็นสุกรพันธุ์จะถูกนำเข้าทดสอบพันธุ์ที่อายุ 12 สัปดาห์ น้ำหนักประมาณ 30 กิโลกรัม ใช้พื้นที่การเลี้ยง 2.00 ตารางเมตร/ตัว ทำการทดสอบแบบกลุ่มและสิ้นสุดการทดสอบที่อายุ 24 สัปดาห์ น้ำหนักประมาณ 90-110 กิโลกรัม ให้อาหารตามอายุของสุกร อาหารสำหรับสุกรอายุ 1-3, 4-6, 6-9, 9-12, 12-16, 16-20 สัปดาห์และ 20 สัปดาห์-ขาย มีโปรตีน (crude protein, CP) 22, 20, 18, 16, 15, 14 และ 14 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อาหารที่กินทุกช่วงอายุเป็นอาหารอัดเม็ด และสุกรได้รับน้ำกินอย่างเต็มที่ทุกช่วงอายุการเลี้ยง

การจัดเก็บข้อมูลจากฟาร์มและรายละเอียดการบันทึกข้อมูล

ข้อมูลที่ศึกษาได้จากบันทึกซึ่งเป็นพันธุ์ประวัติ และข้อมูลสมรรถนะการผลิตของสุกรพ่อพันธุ์ทดสอบ และสุกรแม่พันธุ์ที่คัดเลือกเข้าทดแทน ข้อมูลที่ใช้ประกอบด้วย 3 แฟ้มข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลที่ต้องทำการจัดเก็บดังนี้ (1) แฟ้มข้อมูลพันธุ์ประวัติ (pedigree file) ประกอบด้วย หมายเลขประจำตัวสุกร (animal ID), หมายเลขประจำตัวพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ (Sire ID and

Dam ID) เพศสุกร (sex, male: M, female: F), วันเดือนปีที่เกิดของตัวสุกร (birth date, BD), วันสุดท้ายของการทดสอบ (date off test) (2) แฟ้มข้อมูลสมรรถนะการผลิต (production performance) ประกอบด้วย น้ำหนักสุกรมีชีวิต ณ วันสิ้นสุดการทดสอบ (liveweight: LWT, kg), จำนวนวันเลี้ยงตั้งแต่แรกเกิดจนถึงวันสิ้นสุดการทดสอบ ที่น้ำหนักปรับ 104 กก. (day to finish: DTF*), พื้นที่หน้าตัดเนื้อสันที่น้ำหนักปรับ 104 กก. (adjust loin muscle area: aLMA*, cm^2.), ความหนาไขมันสันหลังบริเวณซี่โครงซี่ที่ 10 ที่น้ำหนักปรับ 104 กก. (adjust fat depth: aFD*, cm.), เปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่น้ำหนักปรับ 104 kg. (adjust lean: aLEAN*, %), ความยาวลำตัว (body length: SW, cm.), ความกว้างไหล่ (shoulder width: SW, cm.), ความกว้างลำตัว (body width: BW, cm.), ความกว้างสะโพก (ham width: HW, cm.) (หมายเหตุ * เป็นข้อมูลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง Ultrasound แบบ B-mode และแปลผล โดยโปรแกรม AUSKEY), และ (3) แฟ้มข้อมูลจีโนไทป์ (genotype file) ประกอบด้วย ข้อมูลจีโนไทป์ของยีน IGF2 ของตัวสุกรและพ่อแม่ และข้อมูลจีโนไทป์ของยีนฮาโลเธน ของตัวสุกรและพ่อแม่

โครงสร้างของประชากรและข้อมูลสัตว์ทดลอง

ประชากรเป็นสุกรสายพ่อพันธุ์ (terminal sire) ที่มีแผนการปรับปรุงพันธุ์ โดยให้ความสำคัญกับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจ คือ ลักษณะการเจริญเติบโต และลักษณะคุณภาพซาก โดยประเมินลักษณะเหล่านี้เป็นค่า BV เพื่อจัดทำเป็นดัชนีการคัดเลือก (selection index) ใช้ในการคัดเลือกสุกรทดแทน ซึ่งมีประชากรสุกรในฝูงทั้งหมด 350 แม่ ข้อมูลของสัตว์ทดลองเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดสอบพันธุ์สุกรเพศผู้และเพศเมีย ซึ่งมีการชั่งน้ำหนักสุกรเพื่อเป็นข้อมูลการเจริญเติบโต มีการวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เพื่อเป็นข้อมูลคุณภาพซาก มีการวัดความยาวลำตัว ความกว้างไหล่ ความกว้างลำตัวและความกว้างสะโพก เพื่อเป็นข้อมูลของลักษณะรูปร่างสุกร (conformation) ใช้ประเมินในการคัดเลือกเป็นสุกรทดแทน ข้อมูลจีโนไทป์ของยีน IGF2 ของสุกรที่ศึกษา เป็นข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ DNA โดยตรงและจากการทำนายจากจีโนไทป์ของพ่อแม่ โดยแบ่งเป็นจีโนไทป์ของยีน IGF2 ที่ทราบผลจากการวิเคราะห์ DNA ของตัวสุกรโดยตรง (**Table 1**) และจีโนไทป์ของยีน IGF2 ที่ทราบผลโดยทำนายจากจีโนไทป์ของพ่อแม่ (**Table 2**)

Table 1 The number of pigs in each genotypes analyze by DNA

Breed	n	IGF2 genotype		
		AA	AB	BB
DR	112	8	60	44
PT	90	-	33	57
PT x DR	389	9	127	253
Total	591	17	220	354

Table 2 The number of pigs in each genotypes analyze from genotype of sire and dam

Breed	n	IGF2 genotype		
		AA	AB	BB
DR	4	-	2	2
PT	57	-	2	55
PT x DR	913	-	11	902
Total	974	-	15	959

การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดสุกรเพื่อใช้ในการตรวจหายีน IGF2 จากสุกรพันธุ์ดูร็อค จำนวน 112 ตัว สุกรพันธุ์เปียเทรน 90 ตัว และลูกผสมระหว่างสายพันธุ์ดูร็อคและเปียเทรน 389 ตัว โดยเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณลำคอใส่หลอดเก็บตัวอย่างเลือด (test tube) ที่มี 0.5M EDTA (Ethylene Diamine Tetraacetic Acid) อยู่ 1 มล. โดยทำการเก็บเลือดปริมาณ 10 มล./ตัว และนำไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C เพื่อรอการสกัด genomic DNA

การสกัด genomic DNA และตรวจสอบคุณภาพและปริมาณ DNA

ทำการสกัด genomic DNA โดยใช้วิธี silica gel-GuHCl ซึ่งดัดแปลงจากวิธีการของ William et al. (2007) จากนั้นตรวจสอบคุณภาพ DNA ที่ได้ด้วย 0.8% agarose gel โดยใช้ genomic DNA 1 µl ผสมให้เข้ากับ 1X loading dye 5 µl หยอดลงในหลุมบนแผ่นเจล ซึ่งเป็นตัวกลางสำหรับแยกขนาด DNA ในบัฟเฟอร์ 0.5X TAE ผ่านสนามไฟฟ้า โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ 100 โวลต์ เป็นเวลา 30 นาที นำแผ่นเจลที่ได้ไปย้อม DNA ด้วย gel star (Gelstar INC. NY) ดูการเคลื่อนที่ของแถบ DNA ภายใต้แสง UV ทำการบันทึกภาพการปรากฏของแถบ DNA จากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพ DNA โดยเครื่อง Spectrophotometer โดยปรับค่าการทำงานของเครื่องวัด Spectrophotometer (UV-Visible spectrophotometer, Camspec M350 Double Beam) เตรียม DNA ให้มีความเข้มข้น 1:100 ปริมาตร 200 µl (DNA 2 µl กับ น้ำกลั่น 198 µl) เพื่อวัดความเข้มข้นแล้วอ่านค่า optical density (OD) หรือค่า absorbance (A) ที่มีความยาวคลื่น 260 และ 280 nm เพื่อคำนวณความเข้มข้นของ DNA วัดความบริสุทธิ์ของ DNA จากค่า OD ratio โดย

$$\text{OD ratio} = A_{260} / A_{280}$$

เมื่อ A_{260} = ค่าการดูดกลืนช่วงแสงของ DNA

A_{280} = ค่าการดูดกลืนแสงของโปรตีน

ค่าความบริสุทธิ์ของ genomic DNA พิจารณาจาก

OD ratio น้อยกว่า 1.65 แสดงว่า DNA มีโปรตีนปนเปื้อนอยู่สูง

OD ratio มีค่าระหว่าง 1.65-1.85 แสดงว่า DNA มีความบริสุทธิ์ เหมาะที่จะนำไปใช้งานต่อไป

OD ratio มากกว่า 1.85 แสดงว่า DNA มี RNA ปนเปื้อนอยู่สูง

การวิเคราะห์หายีน IGF2 ด้วยวิธี PCR-RFLP

ทำการเพิ่มชิ้นส่วนของยีน IGF2 ที่บริเวณ Intron 7 โดยใช้ไพรเมอร์ มีลำดับเบสดังนี้ Forward primer 5′-CAC AGC AGG TGC TCC ATC GG -3′ และ Reverse primer 5′-GAC AGG CTG TCA TCC TGT GGG -3′ ได้ชิ้นส่วนของยีนที่มีขนาด 336 bp (Vykoukalova et al., 2006) นำ genomic DNA ที่ได้มาเพิ่มจำนวนชิ้นส่วน DNA โดยใช้เทคนิค PCR ในแต่ละปฏิกิริยาประกอบด้วย DNA ต้นแบบ (DNA template) ที่สกัดจากตัวอย่างเลือดสุกร ที่มีความเข้มข้น 50 ng/µl จำนวน 1 µl, 50 mM $MgCl_2$ จำนวน 0.8 µl, 10XPCR-buffer จำนวน 1 µl, dNTPs (1.25 mM) จำนวน 1 µl, IGF2 forward primer และ IGF2 reverse primer (5 µM) อย่างละ 1 µl, 0.5 U Taq DNA polymerase จำนวน 0.1 µl และปรับปริมาตรสุดท้ายด้วย sterile water 4.1 µl ได้ปริมาตรรวมทั้งหมด 10 µl โดยมีวงรอบการทำ PCR ดังนี้ เริ่ม initial denaturation ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นทำปฏิกิริยา 30 รอบ มีรายละเอียดดังนี้ denaturation ที่อุณหภูมิ 95 °C เป็นเวลา 20 วินาที primer annealing ที่อุณหภูมิ 62 °C เป็นเวลา 30 วินาที primer extension ที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นเวลา 1 นาที และจบด้วย final extension ที่ 72 °C เป็นเวลา 7 นาที และ cooling ที่ 4 °C ทำการแยกขนาดชิ้นส่วน DNA ที่ได้จากการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วน DNA เพื่อตรวจหายีน IGF2 ด้วย 2% Agarose gel Electrophoresis โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์ นาน 25 นาที นำแผ่นเจลที่ได้ไปย้อม DNA ด้วย gel star (Gelstar INC. NY) ดูการเคลื่อนที่ของแถบ DNA ภายใต้แสง UV ทำการบันทึกภาพการปรากฏของแถบ DNA จากนั้นนำ PCR-product ที่ได้จากการเพิ่มจำนวน DNA และ

ผ่านการตรวจการปรากฏของแถบ DNA แล้วไปทำการตัดด้วยเอ็นไซม์ NciI (NEB, Biolabs Inc.) เพื่อจำแนกความแตกต่างของยีน IGF2 โดยตำแหน่งลำดับนิวคลีโอไทด์ของ recognition sequences ของเอนไซม์ มีดังนี้

5'...C C▼C G G...3'
3'...G G▲G C C...5'

แบ่ง PCR products จากการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วน DNA ใส่ microtube จำนวน 4 µl นำไปตัดด้วยเอ็นไซม์โดยมีสารประกอบต่างๆ ในปฏิกิริยาการตัดด้วยเอ็นไซม์ ดังนี้ 10X reaction buffer จำนวน 2 µl, เอ็นไซม์จำนวน 0.5 µl, BSA จำนวน 0.2 µl เติม sterile water ให้ครบ 20 µl นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 °C นาน 2 ชั่วโมง ทำการแยกขนาดชิ้นส่วน DNA ที่ได้จากการตัดด้วยเอ็นไซม์ตัดจำเพาะ เพื่อตรวจหารูปแบบจีโนไทป์ของยีน IGF2 ด้วย 2% Agarose gel Electrophoresis โดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า 100 โวลต์ นาน 25 นาที นำแผ่นเจลที่ได้ไปย้อม DNA ด้วย gel star (Gelstar INC. NY) ดูการเคลื่อนที่ของแถบ DNA ภายใต้แสง UV ทำการบันทึกภาพการปรากฏของแถบ DNA พบว่าขนาดของชิ้นยีน IGF2 ดังนี้ รูปแบบจีโนไทป์ AA ได้ขนาด 308 bp รูปแบบจีโนไทป์ AB ได้ขนาด 308, 208 และ 100 bp ส่วนรูปแบบจีโนไทป์ BB ได้ขนาด 208 และ 100 bp (Figure 1)

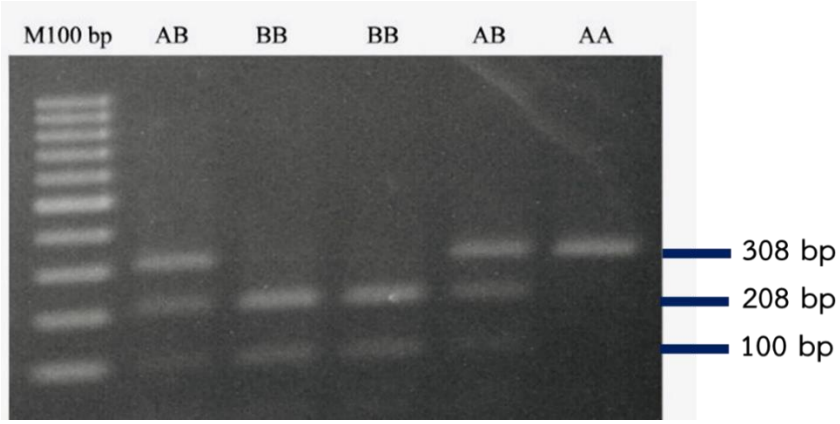


Figure 1 The DNA fragment and IGF2 genotype in Pig, the fragment were digested by NciI produced AA (308 bp), AB (308, 208 and 100 bp) and BB (208 and 100 bp). M = 100 bp DNA ladder marker

โมเดลทางสถิติ

วิเคราะห์อิทธิพลของจีโนไทป์ยีน IGF2 ต่อลักษณะที่ศึกษา โดยมีการปรับใช้อัลลีลยีน IGF2 ที่ถ่ายทอดมาจากพ่อและแม่เป็นตัวแปรในการวิเคราะห์

$$y_{ijklmno} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \varphi_l + \delta_m + IGF_n + B_o^{\ i} + \varepsilon_{ijklmno}$$

โดย $y_{ijklmno}$ = ค่าสังเกตลักษณะที่ทำการศึกษา, μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ทำการศึกษา (overall mean), α_i = อิทธิพลเนื่องจากสายพันธุ์สุกร, β_j = อิทธิพลเนื่องจากเพศสุกร, γ_k = อิทธิพลเนื่องจากอายุ (วันเลี้ยง), φ_l = อิทธิพลเนื่องจากเดือนปีที่เกิด, δ_m= อิทธิพลเนื่องจากยีนฮาโลเธน, IGF_n= อิทธิพลเนื่องจากยีน IGF2, B_o^i= อิทธิพลเนื่องจากอัลลีล B ของยีน IGF2 ที่ได้รับจากพ่อ (i=S) หรือจากแม่ (i=D), $\varepsilon_{ijklmno}$ = อิทธิพลเนื่องจากความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีการแจกแจงเป็นแบบปกติ (normal distribution) โดยพิจารณาจากความใกล้เคียงกันของค่าเฉลี่ย (mean) ค่ามัธยฐาน (median) และค่าฐานนิยม (mode) นอกจากนี้ยังพิจารณา ค่าความเบ้ (skewness) และค่าความหนาของหาง (kurtosis) รวมทั้งพิจารณาจาก กราฟ normality plot และจาก Box-Plot เนื่องจากลักษณะที่ทำการศึกษาเป็นลักษณะทางด้านปริมาณ ข้อมูลที่เก็บบันทึกจึงมีความผันแปรและเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม อีกทั้งจำนวนของข้อมูลในแต่ละชั้นของอิทธิพลต่างๆ มีจำนวนไม่เท่ากัน ดังนั้นก่อนที่จะทำการวิเคราะห์จึงต้องทำการตรวจสอบการกระจายของข้อมูลเพื่อแก้ไขข้อมูลที่ผิดพลาด หรือตัดข้อมูลที่มีค่าสูงหรือค่าต่ำกว่าปกติ (outlier) โดยใช้ชุดคำสั่ง PROC UNIVARIATE และเปรียบเทียบผลจีโนไทป์ของยีน IGF2 ต่อลักษณะการเจริญเติบโต ลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน และลักษณะรูปร่าง ได้แก่ ความกว้างไหล่ ความกว้างลำตัว และความกว้างสะโพก ที่ได้รับการถ่ายทอดยีนผ่านทางพ่อและแม่ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้ General linear model (GLM) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์ (Least square means, LSMEAN) ของแต่ละจีโนไทป์ของลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากที่ปรับอิทธิพลของ สายพันธุ์ เพศ อายุและอิทธิพลอื่นๆ และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยลีสท์สแควร์ด้วย PDIFF โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS 6.12 for window (Statistical Analysis System. 1998)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากข้อมูลรายงานการทดสอบของสุกรพันธุ์ ซึ่งมี 3 สายพันธุ์ที่สำคัญในการผลิตเป็นพ่อพันธุ์สุดท้าย (terminal sire) สำหรับการผลิตสุกรขุน ซึ่งให้ความสำคัญต่อประสิทธิภาพการผลิตในด้านการเจริญเติบโต และลักษณะซากที่ดี มีผลการศึกษาดังนี้

ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษา

วิเคราะห์โดยไม่ปรับอิทธิพลอัลลีล B ที่ได้รับจากพ่อและแม่ พบว่าค่าเฉลี่ยของลักษณะที่ศึกษาได้แก่ลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (aLEAN) ความหนาไขมันสันหลัง (aFD) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (aLMA) ความยาวลำตัว (BL) ความกว้างไหล่ (SW) ความกว้างลำตัว (BW) ความกว้างสะโพก (HW) และจำนวนวันเลี้ยงตั้งแต่แรกเกิดจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ (DTF) ซึ่งทุกลักษณะได้ปรับไปที่น้ำหนัก 104 กก. จำแนกตามสายพันธุ์ (**Table 3**) สุกรพันธุ์เปียเทรนมีเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่สูงกว่า และมีความหนาไขมันสันหลังที่บางกว่า สุกรลูกผสมและสุกรดูร็อค ตามลำดับ ส่วนขนาดของพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันมีขนาดใหญ่ใกล้เคียงกับสุกรดูร็อค และลูกผสม สอดคล้องกับรายงานการทดสอบพันธุ์ของ ปิยะวรรณ์ และคณะ (2547) ระบุว่าสุกรเปียเทรนมีความหนาไขมันสันหลังเพียง 0.94 ซม. พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน 39.24 ตร.ซม. สูงกว่าสุกรพันธุ์อื่นในการทดสอบ ลักษณะรูปร่างสุกรเปียเทรนมีความยาวลำตัวสั้นกว่าสุกรพันธุ์อื่น แต่จะมีลักษณะเด่นที่แสดงออกถึงการมีกล้ามเนื้อที่มากกว่าคือ มีความกว้างไหล่ ความกว้างลำตัว และความกว้างสะโพก สูงกว่าสุกรพันธุ์อื่นๆ สุกรลูกผสมจะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า มีวันเลี้ยงจนถึงน้ำหนักสุดท้ายสั้นกว่า สุกรเปียเทรน และสุกรดูร็อค นอกจากนั้นยังมีลักษณะซาก รูปร่างที่ดีกว่าสุกรดูร็อค ดังนั้นลูกผสมจึงมีลักษณะของเฮตเตอร์โรซีส (heterosis) หรือไฮบริดวิกเกอร์ (hybrid vigor) กล่าวคือลูกที่เกิดจากพ่อแม่ต่างพันธุ์กันนำมาผสมพันธุ์จะให้ประสิทธิภาพการผลิตดีกว่าค่าเฉลี่ยของการให้ผลผลิตของพ่อแม่พันธุ์

Table 3 Mean and standard deviation of traits in Duroc, Pietrain and PietrainxDuroc crossbred

Traits	Breed					
	Duroc (DR) (n=143)		Pietrain (PT) (n=90)		PietrainxDuroc crossbred (PTxDR) (n=1,789)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
aLEAN (%)	55.85	1.32	56.37	1.57	56.08	1.28
aFD (cm)	1.11	0.21	0.89	0.20	0.99	0.20
aLMA (cm^2)	37.49	3.40	37.02	3.51	37.05	2.82
BL (cm)	111.69	4.80	110.68	4.06	111.46	4.45
SW (cm)	30.80	1.80	33.54	1.47	32.46	1.83
BW (cm)	25.24	1.74	26.77	1.70	26.14	1.78
HW (cm)	30.41	1.92	32.93	1.61	31.83	1.89
DTF (day)	176.47	11.47	168.57	13.55	166.04	12.23

Remark : aLEAN = lean percentage at adjust weight 104 kg, aFD = backfat depth at adjust weight 104 kg, aLMA = loin muscle area at adjust weight 104 kg, BL = body length, SW = shoulder width, BW = body width, HW = hip width, DTF = day to finish day

อิทธิพลของยีน IGF2 เมื่อไม่ปรับอิทธิพลของอัลลีล B ที่ได้รับจากพ่อและแม่

อิทธิพลของยีน IGF2 เมื่อไม่ปรับอิทธิพลของอัลลีล B ที่ได้รับจากพ่อและแม่ พบว่า ยีน IGF2 มีอิทธิพลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ($P<0.05$) ความหนาไขมันสันหลัง ($P<0.01$) และความกว้างสะโพก ($P<0.01$) โดยรูปแบบจีโนไทป์ BB ส่งผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงสูงกว่าจีโนไทป์ AB ($P<0.05$) ความหนาไขมันสันหลังบางกว่าจีโนไทป์ AB และ AA ($P<0.05$) และความกว้างสะโพกสูงกว่า จีโนไทป์ AA ($P<0.05$) ในทางกลับกันการไม่ปรับอิทธิพลของอัลลีล B ไม่ทำให้ยีน IGF2 มีผลต่อลักษณะอื่นๆ ($P>0.05$) (**Table 4**) สอดคล้องกับรายงานของ Joen et al. (1999) ได้ทดสอบยืนยัน QTL บนโครโมโซมที่ 2 ในประชากรกลุ่มเดียวกันพบว่า QTL ดังกล่าวมีผลต่อปริมาณเนื้อในสะโพก (ham) และความหนาของไขมันสันหลัง ซึ่งพบว่า QTL ดังกล่าวตั้งอยู่บริเวณเดียวกันกับที่ตั้งของยีน IGF2 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Nezer et al. (1999) พบ QTL ที่มีผลต่อลักษณะเนื้อและการสะสมไขมันในฝูงประชากรของสุกรพันธุ์ลูกผสมระหว่างเปียเทรนกับลาร์จไวท์ ตั้งอยู่บนโครโมโซมที่ 2 (SSC2p) พบว่ามียีน IGF2 ตั้งอยู่ในบริเวณดังกล่าว และจากรายงานของ Buys (2003a) รายงานว่ายีน IGF2 สามารถควบคุมความผันแปรของเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงถึง 25% ทำให้ซากสุกรขุนมีความสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น และ Buys (2003b) ยังรายงานว่ายีน IGF2 นอกจากจะช่วยเพิ่มปริมาณเนื้อแดงแล้ว ยังทำให้รูปร่างของสุกรขุนมีความสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น 25% โดยพ่อสุกรที่มีรูปแบบอัลลีล +/+ สามารถเพิ่มปริมาณเนื้อแดงในลูกได้ แต่ถ้าพ่อสุกรมีรูปแบบอัลลีล -/- ก็จะทำให้ปริมาณเนื้อแดงในลูกลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Vykoukalova et al. (2006) ที่พบว่า IGF2 รูปแบบอัลลีล A-C/A-C (BB, ++) ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงและลดความหนาไขมันสันหลังของสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ได้ และสอดคล้องกับรายงานของ เกศรา และคณะ (2561) พบว่า สุกรพันธุ์กระโดนที่มีจีโนไทป์ CC มีความหนาไขมันสันหลังน้อยที่สุด แต่แตกต่างจากรายงานของ Kolarikova et al. (2003) ที่พบว่า รูปแบบอัลลีล AB และ BB มีความแตกต่างกันในลักษณะน้ำหนักตัว (body weight) ($P<0.05$) แต่ลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะซากอื่นๆ ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$)

Table 4 Least square mean of traits in each genotypes of IGF2 unadjust allele B from sire and dam

Traits	genotype				significant
	AA	AB	BB	SEM	level
aLEAN (%)	56.52^{ab}	56.26^{a}	56.72^{b}	0.35	*
aFD (cm)	1.03^{a}	0.91^{a}	0.82^{b}	0.06	**
aLMA (cm^2)	38.63	37.07	37.63	0.75	ns
BL (cm)	110.65	113.73	113.91	1.76	ns
SW (cm)	34.41	32.16	32.47	0.64	ns
BW (cm)	27.68	26.35	26.33	0.71	ns
HW (cm)	31.24^{a}	31.91^{ab}	33.02^{b}	0.42	**
DTF (day)	168.91	163.71	165.30	3.50	ns

^{ab} Value on the same row with difference superscripts differed (P<0.05)

ns = P>0.05, ** = P< 0.01 , * = P< 0.05

aLEAN = lean percentage at adjust weight 104 kg, aFD = backfat depth at adjust weight 104 kg, aLMA = loin muscle area at adjust weight 104 kg, BL = body length, SW = shoulder width, BW = body width, HW = hip width, DTF = day to finish day

อิทธิพลของอัลลีล B ที่ได้รับจากพ่อและแม่ต่อการเกิดลักษณะ imprinting

อิทธิพลของยีน IGF2 เมื่อปรับอิทธิพลของอัลลีล B ที่ได้รับจากพ่อและแม่ พบว่า อัลลีล B ของ IGF2 ทั้งจากพ่อและแม่ มีอิทธิพลที่ดี ต่อลักษณะความหนาไขมันมันสันหลัง (P<0.01) และความกว้างสะโพก (p<0.05) เท่านั้น ในขณะที่ อัลลีล B จากพ่อเท่านั้น มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (P<0.05) ส่วนอัลลีล B จากแม่ ไม่มีอิทธิพลต่อเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (P>0.05) และพบว่าอัลลีล B จากพ่อและแม่ ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะอื่นๆ (P>0.05) (**Table 5**) การศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การถ่ายทอดแบบ maternal imprinting ของยีน IGF2 เกิดขึ้นกับเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง เพียงลักษณะเดียว โดยส่งผลต่อลักษณะเปอร์เซ็นต์เนื้อแดงที่เพิ่มขึ้น 0.58% (P<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chao et al. (2008) ที่พบว่ามีการเกิดลักษณะ imprinting ของยีน IGF2 ในสุกรพื้นเมือง (*Sus scrofa*) และจากรายงานของ Buys (2003a) พบว่า ลักษณะการถ่ายทอดแบบ maternal imprinting ส่งผลต่อการสร้างเนื้อแดงและลดความหนาไขมันสันหลัง แต่ไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพเนื้อ

Table 5 least square mean of traits in each genotypes of IGF2 adjust allele B from sire and dam

traits	genotype					Allele effect	
	A A	A B^D	A B^S	B^S B^D	SEM	B^S	B^D
aLEAN (%)	56.59	56.00	56.54	56.78	1.12	+0.58*	+0.24
aFD (cm)	1.01[a]	0.96[a]	0.89[a]	0.79[b]	0.07	-0.17**	-0.11**
aLMA (cm^2)	38.78	37.25	37.09	37.81	0.83	-0.02	+0.39
BL (cm)	110.31	111.73	113.63	113.63	1.92	+2.26	+0.39
SW (cm)	34.17	32.35	32.11	32.27	0.70	-0.63	-0.17
BW (cm)	27.73	26.12	26.73	26.34	0.77	-0.27	-0.55
HW (cm)	30.98[a]	31.93[ab]	32.23[ab]	32.73[b]	0.71	+1.46*	+0.81*
DTF (day)	168.60	159.82	163.51	165.08	3.81	+2.17	+0.61

[ab] Value on the same row with difference superscripts differed (P<0.05)

B^S = allele B of IGF2 gene from sire, B^D = allele B of IGF2 gene from dam

* = P< 0.05 , ** = P< 0.01

aLEAN = lean percentage at adjust weight 104 kg, aFD = backfat depth at adjust weight 104 kg, aLMA = loin muscle area at adjust weight 104 kg, BL = body length, SW = shoulder width, BW = body width, HW = hip width, DTF = day to finish day

สรุป

จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า จีโนไทป์ BB ของยีน IGF2 มีอิทธิพลต่อลักษณะซาก โดยส่งผลต่อ aLEAN ที่สูงกว่าจีโนไทป์ AB (P<0.05) และ aFD ที่บางกว่าจีโนไทป์ AB และ AA (P<0.05) ในส่วนของรูปร่างสุกรซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณเนื้อแดงพบว่าจีโนไทป์ BB มีอิทธิพลต่อ HW สูงกว่า จีโนไทป์ AA (P<0.05) ส่วน DTF ทุกจีโนไทป์ให้ผลไม่แตกต่างกัน (P>0.05) นอกจากนี้ผลของจีโนไทป์ของยีน IGF2 ก่อนและหลังปรับอิทธิพลอัลลีล B พบว่าการปรับอิทธิพลของอัลลีล B หรือไม่ก็ตาม รูปแบบจีโนไทป์ BB ของยีน IGF2 มีผลต่อที่ดีลักษณะ aFD และ HW อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ในทางตรงข้ามการไม่ปรับอิทธิพลอัลลีล B ทำให้รูปแบบจีโนไทป์ BB ของ IGF2 มีผลที่ดีต่อลักษณะ aLEAN อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และเมื่อปรับอิทธิพลของอัลลีล B มีเพียงอัลลีล B ที่ได้รับจากพ่อเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อ aLEAN แสดงว่า ยีน IGF2 มีการควบคุมลักษณะ aLEAN แบบ maternal imprinting

เอกสารอ้างอิง

เกศรา อำพาภรณ์, พิลาสลักษณ์ ปานประเสริฐ, ชเวง สารคล่อง และมนต์ชัย ดวงจินดา. 2561. ผลของยีน IGF-II ต่อลักษณะการเจริญเติบโตและคุณภาพซากในสุกรพันธุ์กระโดน. แก่นเกษตร. 46(3): 533-542.

จุฑารัตน์ ศรีพรหมมา. 2528. ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างเนื้อแดงของสุกร. สุกรสาส์น. 12(45): 15-22.

ปิยะวรรณ์ เปินสูงเนิน, ธำรง ทองจำรูญ, สุภาวัลย์ บรรเลงทอง, สัมฤทธิ์ แสนบัว, วิศาล แสงสุริยะ, วโรชา เจียมรัมย์ และไพจิตร อินตรา. 2547. อิทธิพลของปัจจัยคงที่ที่มีผลต่อต่อลักษณะทางเศรษฐกิจและอัตราพันธุกรรมของสุกรทดสอบพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา. น. 396-407. ในการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547 สาขาสัตวศาสตร์/สัตวบาล เรื่องปศุสัตว์ไทย อาหารมาตรฐานโลก 27-28 มกราคม 2547. โรงแรมโซฟิเทล ราชาออคิด, ขอนแก่น.

อมรา คัมภิรานนท์. 2546. พันธุศาสตร์ของเซลล์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Andersson, L., C.S. Haley, H. Ellegren, S.A. Knott, M. Johansson, K. Andersson, L. Andersson-Eklund, I. EdforsLilja, M. Fredholm, I. Hansson, J. Hakansson, and K. Lundstrom. 1994. Genetic mapping of quantitative trait loci for growth and fatness in pigs. Science. 263: 1771-1774.

Andersson-Eklund, L., L. Marklund, K. Lundström, C. S. Haley, K. Andersson, I. Hansson, M. Moller, and L. Andersson. 1998. Mapping quantitative trait loci for carcass and meat quality traits in a wild boar x Large White intercross. Journal of Animal Science. 76: 694-700.

Bell, A. C., and G. Feisemfeld. 2000. Methylation of a CTCF-dependent boundary controls imprinted expression of the IGF2 gene. Nature. 405: 482-485.

Bjurstrom, S., J. Carlsten, and L. Jonsson. 1996. Absence of skeletal muscle lesions after experimental restraint stress induced by pancuronium in normal and stress-susceptible pigs. Journal of Veterinary Medicine Series A. 43: 129-138.

Braunschweig. M. H., M. Owczarek-Lipska, and N. Stahlberger-Saitbekova. 2011. Relationship of porcine IGF2 imprinting status to DNA methylation at the H19 DMD and the IGF2 DMRs 1 and 2. BMC Genetics. 12: 47.

Buys, N. 2003a. The use of a paternally expressed QTL influencing muscle mass in marker assisted selection in commercial pig populations. Available: http://www.nsif.com/Conference/ 2003/pdf%5CIGF2.pdf. Accessed Apr. 2, 2009.

Buys, N. 2003b. About IGF2 Gene Gene fore leanness and uniformity. Available: http://www.ccsi.ca/ Reports/Reports-2003/nsif_report.pdf. Accessed Apr. 2, 2009.

Chao, L., B. Yanfang, C. Carol, Y. Lan, F. Dingyuan, J. Qingyan, O. Michael, T.X. Cindy, and Z. Shouquan. 2008. Genetics imprinting of H19 and *IGF2* in domestic pigs (*Sus scrofa*). Animal Biotechlogy. 19: 22-27.

Florini, J.R. 1987. Hormonal control of muscle growth. Muscle&Nerve. 10: 577-598.

Jeon, J.T., O. Carlborg, A. Tornsten, E. Giuffra, V. Amarger, P. Chardon, L. Andersson-Eklund, K. Andersson, I. Hansson, K. Lundstrom, and L. Andersson. 1999. A paternally expressed QTL affecting skeletal and cardiac muscle mass in pigs maps to the IGF2 locus. Nature Genetics. 21: 157-158.

Knoll, A., L. Putnova, J. Dvorak, and S. Cepica. 2000. A NciI PCR-RFLP within intron 2 of the porcine insulin–like growth factor 2 (*IGF2*) gene. Animal Genetics. 31: 150-151.

Knott, A.S., L. Marklund, C.S. Haley, K. Andersson, W. Davies, H. Ellegren, M. Fredholm, I. Hansson, B. Hoyheim, K. Lundstrom, M. Moller, and L. Andersson. 1998. Multiple marker mapping of quantitative trait loci in a cross between outbred wild boar and large white pigs. Genetics. 149: 1069–1080.

Kolarikova, O., L. Putnova, T. Urban, J. Adamek, A. Knoll, and J. Dvorak. 2003. Associations of the IGF2 gene with growth and meat efficiency in Large White pigs. Journal of Applied Genetics. 44: 509-513.

Koning, D.J., A.P. Rattink, B. Harlizius, J.A.Van Arendonk, E.W. Brascamp, and M.A. Groenen. 2000. Genome-wide scan for body composition in pigs reveals important role of imprinting. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 97(14): 7947-7950.

MacLennan, D. H., and M. S. Phillips. 1992. Malignant hyperthermia. Science. 256: 689-794.

Malek, M., M.F. Rothschild, J.C. Dekkers, H.K. Lee, E.J. Huff-Lonergan, T.J. Baas, and K.J. Prusa. 2001. Quantitative trait loci analysis for growth and meat quality traits in the pig. Available: https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1020&context=swinereports_2000. Accessed May. 7, 2021.

Nezer, C., L. Moreau, B. Brouwers, W. Coppieters, J. Detilleux, R. Hanset, L. Karim, A. Kvasz, P. Leroy, and M. Georges. 1999. An imprinted QTL with major effect on muscle mass and fat deposition maps to the *IGF2* locus in pig. Nature Genetics. 21: 155-156.

Nii, M., T. Hayashi, S. Mikawa, F. Tani, A. Niki, N. Mori, Y. Uchida, N. Fujishima-Kanaya, M. Komatsu, and T. Awata. 2005. Quantitative trait loci mapping for meat quality and muscle fiber traits in a Japanese wild boar X Large White intercross. Journal of Animal Science. 83: 308-315.

Nishi, M., A. Yasue, S. Nishimatu, T. Nohno, T. Yamaoka, M. Itakura, K. Moriyama, H. Ohuchi, and S. Noji. 2002. A missense mutant myostatin causes hyperplasia without hypertrophy in the mouse muscle. Biochemical and Biophysical Research Communications. 293: 247-251.

Ovilo, C., M. Perez-Enciso, C. Barragan, A. Clop, C. Rodriquez, M. A. Oiver, M. A. Toro, and J. L. Noruera. 2000. A QTL for intramuscular fat and backfat thickness is located on porcine chromosome 6. Mammalian Genome. 11: 344-346.

Sather, A. P., A. L., Schaefer, A. K. W. Tong, C. Gariepy, and S. M. Sawadski. 1990. Muscle and rectal temperature response curves to a short-term halothane challenge in eight-week-old piglets with known genotype at the halothane locus. Canadian Journal of Animal Science. 70: 9-14.

Shimpson, S. P., and A. J. Webb. 1989. Growth and carcass performance of British Landrace pigs heterozygous at the halothane locus. Animal Science. 49: 503-509.

Van Laere, A. S., M. Nguyen, M. Braunschweig, C. Nezer, C. Collette, L. Moreau, A.L. Archibald, C.S.Haley, N. Buys, M. Tally, G. Andersson, M. Georges, and L. Andersson. 2003. A regulatory mutation in IGF2 causes a major QTL effect on muscle growth in the pig. Nature. 425: 832-836.

Varona, L., C. Ovilo, A. Clop, J. L. Noguera, M. Perez-Enciso, A. Coll, J. M. Folch, C. Barragan, M. A.Toro, D. Babot, and A. Sanchez. 2002. QTL mapping for growth and carcass traits in an Iberian by Landrace pig intercross: additive, dominant and epistatic effects. Genetical Research. 80: 145-154.

Vykoukalova, Z., A. Knoll, J. Dvorak, and S. Cepica. 2006. New SNPs in the IGF2 gene and association between this gene and backfat thickness and lean meat content in Large White pigs. Journal of Animal Breeding and Genetics. 123: 204-207.

Wang, L., T. P. Yu, C. K. Tuggle, H. C. Liu, and M. F. Rothschild. 1998. A directed search for quantitative trait loci on chromosome 4 and 7 in pigs. Journal of Animal Science. 76: 2560-2567.

William, G., L. Adrian, and H. Sibte. 2007. An Introduction to Forensic Genetics. John Wiley & Sons Ltd., Oxford.