

ความสัมพันธ์ของยีน MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจในสุกร

Association of the Melanocortin-4 Receptor (MC4R) with economic traits in pigs

กมล ฉวีวรรณ^{1*}, วิศาล ศรีสุริยา², วโรชา จำปารัตน์¹ และ แสนศักดิ์ นาคะวิสุทธิ³

Kamon Chaweewan^{1*}, Visan Srisuriya² Varocha Jumparat¹ and Sansak Nakavisut³

บทคัดย่อ: ยีน Melanocortin-4 Receptor (MC4R) เป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการกินอาหาร และการเจริญเติบโต การกลายพันธุ์ของยีน MC4R เพิ่มอัตราการเจริญเติบโต ปริมาณการกินได้ และความหนาไขมันสันหลัง การวิจัยครั้งนี้ ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของยีน MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกรที่พัฒนาและปรับปรุงพันธุ์โดยกรมปศุสัตว์ ในสุกรพันธุ์ดิว็อค ลาร์จไวท์ แลนด์เรซ เปี้ยแตรง ปากช่อง 2 ปากช่อง 3 ปากช่อง 4 ปากช่อง 5 และเชียงใหม่ 1 จำนวน 956 ตัว นำ DNA ที่สกัดจากเลือดมาเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนของยีน MC4R ด้วยปฏิกิริยา PCR นำชิ้น DNA ที่ได้ไปตัดด้วยเอนไซม์ *TaqI* เพื่อตรวจสอบลักษณะพันธุกรรม เปรียบเทียบความแตกต่างของความถี่ของอัลลีลของยีน MC4R และวิเคราะห์ disequilibrium ของลักษณะพันธุกรรม วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะพันธุกรรมกับข้อมูลลักษณะทางเศรษฐกิจที่ได้จากการทดสอบพันธุ์ คือ อัตราการเจริญเติบโต (ADG) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) ปริมาณอาหารที่กิน (FI) ความหนาไขมันสันหลัง (BF) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (LEA) และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (Age90) โดยใช้ General Linear Model (GLM) พบว่าสุกรแทบทุกพันธุ์มีการกระจายของลักษณะพันธุกรรมเป็นไปตามกฎสมดุลย์ของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก ยกเว้นสุกรพันธุ์ดิว็อค ($P < 0.05$) ลักษณะพันธุกรรมของยีน MC4R ทั้ง 3 รูปแบบไม่มีอิทธิพลต่อลักษณะ ADG, BF, LEA, FI และ Age90 ในสุกรทุกพันธุ์ ยกเว้นลักษณะ FCR และพบว่าอิทธิพลของลักษณะพันธุกรรม MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจมีอิทธิพลจากชนิดพันธุ์ของสุกร

คำสำคัญ: MC4R, ลักษณะทางเศรษฐกิจ, สุกร

ABSTRACT: Melanocortin-4 Receptor (MC4R) gene has been found to be associated with feed intake regulation and growth performance. The mutation of MC4R gene affected backfat thickness, average daily gain and feed intake. In this study, the association of MC4R genotypes with economic traits of DLD's breeding pigs was studied. Blood samples were taken from 956 pigs of Duroc, Large White, Landrace, Pietrain, Pakchong 2, Pakchong 3, Pakchong 4, Pakchong 5 and Chiangmai 1 and DNA was isolated. The isolated DNA was amplified for MC4R targeted sequence. The amplicons were digested with *TaqI* restriction enzyme for genotyping. Genotypic data were compared between different breeds for MC4R allelic frequencies. Genotypic frequencies were analyzed with Hardy-Weinberg equilibrium assumption. The association of MC4R genotype with economic traits obtained from performance test data was analyzed using General Linear Model (GLM); average daily gain (ADG), feed conversion ratio (FCR), feed intake (FI), backfat thickness (BF), loin eye area (LEA) and age at 90 kilogram body weight (Age90). Linkage disequilibrium analysis revealed that the genotype were not significant different in most of breed, however, the Duroc breed was significantly different ($P < 0.05$). The MC4R genotypes were not associated with ADG, BF, LEA, FI and Age90 except for FCR. The effect of MC4R genotypes on economic traits was dependent on breed.

Keywords: MC4R, Economic Traits, Pigs

¹ ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์นครราชสีมา อ.ปากช่อง จ. นครราชสีมา 30130

Nakornratchasima Livestock Breeding and Research Center, Pakchong, Nakornratchasima 30130

² กลุ่มพัฒนาวิชาการปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ 10400

Livestock Development Research Group, Department of livestock development, BKK 10400

³ กลุ่มวิจัยและพัฒนาสัตว์เล็ก กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ 10400

Small Livestock Research and Development, DLD, Bangkok 10400

* Corresponding author: kamonc@dld.go.th

บทนำ

ในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์สุกรนอกจากจะใช้ขั้นตอนวิธีการในการคัดเลือกพันธุ์แล้ว ปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีด้านอณูพันธุศาสตร์ (Molecular Genetics) เข้ามาช่วยในการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อให้ได้พันธุ์สุกรที่มีลักษณะพันธุกรรม (Genotype) ตรงตามที่ต้องการ ยีน Melanocortin-4 Receptor (MC4R) มีหน้าที่หลักในการควบคุมสมดุลของพลังงานเกี่ยวข้องกับปริมาณการกินอาหาร ยีน MC4R เป็นยีนที่อยู่บนโครโมโซมที่ 1 (SSC1) ตำแหน่งที่ q22-q27 ในสุกร การกลายพันธุ์ของยีน MC4R จากเบส G เปลี่ยนไปเป็น A ส่งผลให้การถอดมิโนที่ตำแหน่ง 298 เปลี่ยนจาก Aspartic (Asp) เป็น Asparagine (Asn) มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความหนาไขมันสันหลัง (BF) อัตราการเจริญเติบโต (ADG) และปริมาณการกินได้ (FI) มีรายงานการกลายพันธุ์ของยีนนี้ในสุกรหลากหลายพันธุ์และสายพันธุ์ (Kim et al., 2000) สุกรที่ไม่มีการกลายพันธุ์จะมีลักษณะ BF บางกว่า ADG ต่ำกว่า และ FI น้อยกว่า (Kim et al., 2000; Hernáñez-Sánchez et al., 2003; Chen et al., 2004; Houston et al., 2004; Ovilo et al., 2005; Meidtnet et al., 2006) ดังที่ มนวิไล และ อมรรัตน์ (2551) สรุปไว้ว่าการกลายพันธุ์ของยีน MC4R มีผลให้ความหนาไขมันสันหลัง อัตราการเจริญเติบโต และปริมาณการกินอาหารสูงขึ้น ซึ่ง van den Maagdenberg et al. (2007) รายงานว่าการกลายพันธุ์ของยีน MC4R มีผลต่อ ADG และปริมาณไขมันซาก (carcass fatness) แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อ แต่ก็มีรายงานที่ขัดแย้งกันที่พบว่าการกลายพันธุ์ของยีน MC4R ไม่ได้ส่งผลให้ลักษณะ FI หรือ BF แตกต่างกันในสุกรลูกผสมพันธุ์ลาร์จไวท์กับสุกรป่า (Park et al., 2002) ในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ (Kim et al., 2000) หรือในสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์และแลนด์เรซของประเทศโปแลนด์ (Stachowiak et al., 2006) ปัจจุบันมีการใช้ยีน MC4R เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมสำหรับคัดเลือกหรือ Marker assisted selection (MAS) ในการคัดเลือกสุกรตามลักษณะทางเศรษฐกิจ (Chen et al., 2004; Kim

et al., 2006; Meidtnet et al., 2006) โดยคัดเลือกลักษณะเจริญเติบโตเร็ว กินอาหารเก่ง (ลักษณะพันธุกรรม AA) หรืออีกทางหนึ่งจะคัดเลือกสุกรที่กินอาหารน้อย มีไขมันบาง และให้ปริมาณเนื้อแดงสูง (ลักษณะพันธุกรรม GG)

จากการที่ยีน MC4R เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมที่นำมาใช้ในการคัดเลือกสุกรอย่างแพร่หลาย เพราะเกี่ยวข้องกับลักษณะทางเศรษฐกิจที่สำคัญ ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของรูปแบบยีน MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจของสุกรซึ่งเป็นฝูงประชากรสุกรที่พัฒนาและปรับปรุงพันธุ์โดยกรมปศุสัตว์ เพื่อใช้เครื่องหมายพันธุกรรมนี้เป็นเครื่องมือในการพัฒนาพันธุ์ และนำไปกระจายพันธุ์ส่งเสริมให้เกษตรกรได้ใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสมต่อไป

วิธีการศึกษา

สัตว์ทดลอง

ใช้สุกรของกรมปศุสัตว์ซึ่งเลี้ยงและพัฒนาพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์รัตนนครราชสีมา และศูนย์วิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ จำนวน 956 ตัว เป็นสุกรพันธุ์ดอร์ค จำนวน 208 ตัว พันธุ์ลาร์จไวท์ จำนวน 46 ตัว พันธุ์แลนด์เรซ จำนวน 77 ตัว พันธุ์เปียแตง จำนวน 98 ตัว พันธุ์ปากช่อง 2 จำนวน 129 ตัว พันธุ์ปากช่อง 3 จำนวน 49 ตัว พันธุ์ปากช่อง 4 จำนวน 28 ตัว พันธุ์ปากช่อง 5 จำนวน 247 ตัว พันธุ์เชียงใหม่ 1 จำนวน 74 ตัว โดยสุกรพันธุ์ปากช่อง 2 ปากช่อง 3 ปากช่อง 4 ปากช่อง 5 และเชียงใหม่ 1 เป็นสุกรที่พัฒนาเพื่อใช้เป็นสายพ่อพันธุ์สุดท้าย

ข้อมูลสมรรถนะการผลิต

รวบรวมข้อมูลการทดสอบสมรรถนะการผลิตที่ได้จากสุกรทดลอง ซึ่งให้กินอาหารสูตรทดสอบพันธุ์ที่มีโปรตีน 18% โดยให้กินเต็มที่ (*Ad libitum*) เริ่มทดสอบเมื่อสุกรมีน้ำหนักประมาณ 30 กก. และสิ้นสุดการทดสอบที่น้ำหนัก 90 กก. เก็บข้อมูล BF พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (LEA) คำนวณ ADG FI ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร (FCR) และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. (Age90)

การสกัดดีเอ็นเอจากเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดสุกรจากเส้นเลือด Jugular vein ใส่หลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (EDTA) จากนั้นนำมาสกัด DNA โดยใช้ชุดสกัด DNA ของ AxyPrep™ Blood Genomic DNA Miniprep Kit (AxyGen Biosciences, China) นำ DNA ไปตรวจสอบคุณภาพด้วยและเก็บที่ตู้แช่แข็ง -80°C เพื่อนำมาทำ PCR ต่อไป

การตรวจสอบลักษณะพันธุกรรม

เพิ่มจำนวนชิ้นส่วนของยีน MC4R ขนาด 226 bp ด้วยปฏิกิริยา PCR โดยใช้ Primer คือ forward: 5'-TAC CCT GAC CAT CTT GAT TG-3' และ reverse: 5'-ATAGCAACAGATGATCTCTTTG-3' ตามรายงานของ Kim et al. (2000) นำผลผลิตจากปฏิกิริยา PCR ไปตรวจสอบด้วย 1% agarose gel electrophoresis จากนั้นนำชิ้น DNA ที่ได้ไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* (Fermentas, Canada) ตรวจสอบผลการตัดด้วย 2% agarose gel electrophoresis จำแนกลักษณะพันธุกรรมของยีน MC4R เป็น 3 รูปแบบ โดยอัลลีล G ได้ขนาด 156 และ 70 bp และอัลลีล A ได้ขนาด 226 bp ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลลักษณะพันธุกรรมของยีน MC4R โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของความถี่ของอัลลีลของยีน MC4R ในสุกรพันธุ์ต่างๆ และวิเคราะห์

disequilibrium ของจำนวนลักษณะพันธุกรรมที่ตรวจสอบได้ วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลรวมสุกรทุกพันธุ์ และข้อมูลสุกรแต่ละพันธุ์ โดยใช้ General Linear Model (GLM) วิเคราะห์อิทธิพลของลักษณะพันธุกรรม MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจที่ได้จากการทดสอบพันธุ์ โดยปรับอิทธิพลของน้ำหนักเริ่มต้นเข้าทดสอบและเพศของสุกร โดยมีโมเดลดังนี้

$$y_{ijklm} = \mu + W_i + S_j + G_k + B_l + G^*B_{kl} + e_{ijklm}$$

โดย y_{ijklm} เป็นค่าสังเกต μ เป็นค่าเฉลี่ยของประชากร W_i เป็นปัจจัยคงที่น้ำหนักเริ่มต้นเข้าทดสอบ S_j เป็นปัจจัยคงที่ของเพศ G_k เป็นค่าปัจจัยคงที่ของลักษณะพันธุกรรม MC4R เป็นค่า B_l ปัจจัยคงที่ของชนิดพันธุ์สุกร G^*B_{kl} เป็นค่าปฏิสัมพันธ์ของลักษณะพันธุกรรม MC4R และชนิดพันธุ์สุกร และ e_{ijklm} เป็นค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การตรวจสอบลักษณะพันธุกรรม

ตรวจสอบพันธุกรรมสุกรจำนวน 956 ตัว โดยชิ้นส่วนของยีน MC4R ที่เพิ่มจำนวนจากปฏิกิริยา PCR มีขนาด 226 bp เมื่อนำไปตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะ *TaqI* สามารถจำแนกลักษณะพันธุกรรมของสุกรได้ 3 รูปแบบ คือ GG, AA และ GA โดยได้ชิ้น DNA ขนาด 156, 70 bp และ 226 bp และ 226, 156, 70 bp ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 1

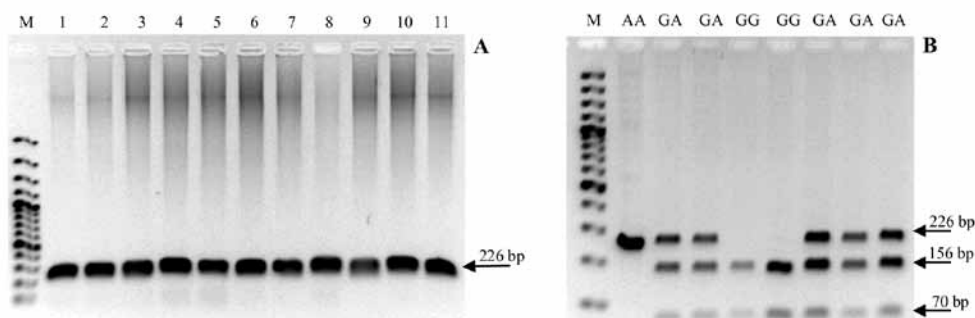


Figure 1 (A) The PCR products of MC4R fragment, 226 bp, lane 1 to 11. (B) MC4R fragments were digested with *TaqI* produced 156 and 70 bp, GG, uncut 226 bp, AA and 226, 156 and 70 bp, GA. M: DNA ladder marker.

ความถี่ของลักษณะพันธุกรรมและความถี่ของอัลลีล

จากการตรวจสอบลักษณะพันธุกรรมของยีน MC4R จะได้ความถี่ของรูปแบบยีน (allele frequencies) และความถี่ของลักษณะพันธุกรรม (Genotype frequencies) แสดงดัง Table 1 พบว่าสุกรพันธุ์ดอร์คแลนด์เรซ เปียแตรง ปากช่อง 2 และเซียงใหม่ 1 มีสัดส่วนของอัลลีล A ต่ำกว่าอัลลีล G ซึ่งอัลลีล A มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินอาหาร ในขณะที่อัลลีล G มีความสัมพันธ์กับปริมาณเนื้อแดงสูง สุกรกลุ่มนี้เป็นสุกรที่มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาพันธุ์ให้เป็นสุกรสายพ่อพันธุ์ (Sire line) ที่ให้ปริมาณเนื้อแดงสูง จึงคัดเลือกโดยเน้นลักษณะปริมาณเนื้อแดง ส่งผลให้ความถี่ของรูปแบบยีนเปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความถี่ของรูปแบบยีนจะเกิดขึ้นเมื่อมีการคัดเลือกไปแล้ว 7 ชั่วอายุขึ้นไป (Houston et al., 2004) ในขณะที่สุกรพันธุ์แลนด์เรซที่เป็นสุกรสายแม่พันธุ์ (Dam line) แต่การคัดเลือกพันธุ์ให้มีเนื้อแดงสูง กล้ามเนื้อชัดเจน ทำให้อัลลีล A ถูกคัดเลือกออกไป ในขณะที่สุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ ปากช่อง 3 และปากช่อง 4 เป็นกลุ่มสุกรที่มีความถี่ของอัลลีล A สูง แสดงว่าเป็นสุกรที่กินอาหารเก่ง โตเร็ว แต่ในการกำหนดเป้าหมายในการพัฒนาพันธุ์นั้น สุกรพันธุ์ปากช่อง 3 และปากช่อง 4 มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาพันธุ์ให้เป็นสุกรที่มีปริมาณเนื้อแดงมากเนื่องจากเป็นสุกรที่มีระดับเลือดของสุกรพันธุ์เปียแตรงสูง ส่งผลให้เป็นสุกรที่โตช้าและมีปริมาณเนื้อแดงสูง จึงจำเป็นต้องคัดเลือกลักษณะโตเร็วไปพร้อมๆ กัน ส่งผลให้มีความถี่ของอัลลีล A ในระดับสูง เช่นเดียวกับสุกรพันธุ์ลาร์จไวท์ที่มีการคัดเลือกโดยเน้นที่ลักษณะโตเร็วเช่นเดียวกัน จึงเห็นว่าความถี่ของอัลลีลที่แตกต่างกันในสุกรแต่ละพันธุ์เกิดขึ้นเนื่องจากการคัดเลือกที่ลักษณะพันธุกรรมหรือตำแหน่งของยีนที่แตกต่างกัน ดังรายงานของ Bruun et al. (2006) ที่พบความถี่ของอัลลีล A เพิ่มขึ้นในสุกรพันธุ์แลนด์เรซและดอร์ค แต่ไม่พบในสุกรพันธุ์ยอร์กเชียร์ ซึ่งเกิดจากการคัดเลือกลักษณะที่โตเร็วในสุกรพันธุ์แลนด์เรซและดอร์ค ในขณะที่การคัดเลือกลักษณะโตเร็วในสุกรพันธุ์ยอร์กเชียร์เป็นการคัดเลือกที่ตำแหน่งของยีนอื่น

จากการทดสอบความสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Hardy-Weinberg equilibrium) พบว่าสุกรแทบทุกพันธุ์ ยกเว้นสุกรพันธุ์ดอร์ค (Table 1) เป็นไปตามกฎสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก แสดงว่าลักษณะพันธุกรรมของยีน MC4R ในสุกรส่วนใหญ่ไม่ได้รับผลกระทบจากการคัดเลือกพันธุ์ปรับปรุงพันธุ์ ดังเช่นผลการศึกษาของ Stachowiak et al. (2006) สุกรพันธุ์ดอร์คที่ไม่เป็นไปตามกฎสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก อาจเกิดจากผลจากการคัดเลือกที่เน้นไปที่ลักษณะทางเศรษฐกิจที่ต้องการหลายรูปแบบไปพร้อมๆ กันในสุกรแต่ละกลุ่ม เช่น ลักษณะโตเร็ว ลักษณะเนื้อแดงสูง ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของรูปแบบยีนไปจากความถี่ที่เกิดจากการผสมพันธุ์แบบสุ่มตามธรรมชาติ

ผลของลักษณะพันธุกรรมต่อลักษณะทางเศรษฐกิจ

ลักษณะพันธุกรรม MC4R ทั้ง 3 รูปแบบไม่มีผลต่อลักษณะ ADG BF LEA FI และ Age90 ในสุกรทุกพันธุ์ ยกเว้นลักษณะFCR ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 สอดคล้องกับ Stachowiak et al. (2006) ที่พบว่าการกลายพันธุ์ของยีน MC4R ไม่มีผลต่อลักษณะ FI และ BF แต่ขัดแย้งกับผลการวิจัยส่วนใหญ่ที่พบว่าลักษณะพันธุกรรม MC4R มีอิทธิพลต่อลักษณะทางเศรษฐกิจ โดยการกลายพันธุ์ของยีน MC4R จะส่งผลต่อ ADG BF LEA และ FI (Kim et al., 2000; Houston et al., 2004; Meidtnet et al., 2006; Van den Maagdenberg et al., 2007; Fan et al., 2009; Piórkowska et al., 2010) ปริมาณเนื้อแดงในซากลดลง (Van den Maagdenberg et al., 2007; Piórkowska et al., 2010; Szyndler-Nędzka et al., 2010) ปริมาณไขมันในซาก ในกล้ามเนื้อ และคุณภาพเนื้อ (Piórkowska et al., 2010) ซึ่ง Piórkowska et al. (2010) แนะนำว่าควรคัดเลือกอัลลีล A เพื่อปรับปรุงขนาดครอกและความสามารถในการเลี้ยงลูกในสายแม่พันธุ์ (Dam line) และเพิ่มความถี่ของอัลลีล G ในสายพ่อพันธุ์ (Sire line) เพื่อให้ได้สุกรที่มีปริมาณเนื้อแดงสูง

จากการศึกษาปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ระหว่างลักษณะพันธุกรรม MC4R ของลักษณะทางเศรษฐกิจกับชนิดพันธุ์สุกรพบว่าลักษณะ ADG FCR และ Age90 มีปฏิสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P < 0.01$) และลักษณะ BF และ FI มีปฏิสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของลักษณะพันธุกรรม MC4R ต่อลักษณะทางเศรษฐกิจเป็นผลมาจากชนิดพันธุ์ (Breed) หรือสายพันธุ์ (Line) ของสุกรด้วย (Bruun, 2006) ดังผลการศึกษาที่พบว่า ยีน MC4R ในสุกรพันธุ์เปียแตตรงที่มีการกลายพันธุ์ (AA) จะส่งผลชัดเจนต่อ ADG ($P < 0.05$) และนำไปสู่อิทธิพลต่อ Age90 ($P < 0.05$) ดัง Table 3 สอดคล้องกับงานศึกษาของ Meidtner et al. (2006) ดังนั้นจึงสามารถใช้การคัดเลือกลักษณะโตเร็วในสุกรพันธุ์เปียแตตรงซึ่งเป็นสุกรที่โตช้า เช่นเดียวกับสุกรพันธุ์ปากช่อง 5 ที่มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ได้สุกรพ่อพันธุ์สุดท้ายที่โตเร็ว จึงส่งผลให้ลักษณะพันธุกรรม AA มีอิทธิพลต่อการที่สุกรมีอายุถึงน้ำหนัก 90 กก. เร็วขึ้น ($P < 0.05$) ในขณะที่สุกรพันธุ์ปากช่อง 3 ที่มีเป้าหมายในการพัฒนาพันธุ์ให้ได้เป็นพ่อพันธุ์สุดท้ายที่ให้ ปริมาณเนื้อแดงสูง รูปร่างลำสันมัดกล้ามเนื้อชัดเจน ทำให้ลักษณะพันธุกรรม GG ในสุกรพันธุ์ปากช่อง 3 ที่เกิดจากการคัดเลือกให้มีพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันใหญ่ขึ้น ($P < 0.05$) เช่นเดียวกับการรายงานของ Piórkowska et al. (2010) และ Stachowiak et al. (2006) ที่พบว่าอิทธิพลของลักษณะพันธุกรรม MC4R จะให้ผลที่แตกต่างกันในสุกรแต่ละพันธุ์ โดย Bruun et al. (2006) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่า อาจจะเกิดจากอิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ของ Epistatic ระหว่างลักษณะ QTL อื่นๆ ที่ส่งผลต่อลักษณะทางเศรษฐกิจที่ปรากฏออกมาควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงอิทธิพลร่วมของยีน MC4R กับยีนต่อลักษณะทางเศรษฐกิจ ดังที่ได้มีการศึกษาร่วมกับยีน HMGA1 ที่เกี่ยวข้องกับการสะสมไขมัน (Kim et al., 2006) ร่วมกับยีน IGF-2 หรือยีน Myostatin ซึ่งเกี่ยวข้องกับการพัฒนาของกล้ามเนื้อ (Burgos et al., 2006;

Stinckens et al., 2009) ร่วมกับยีน LEP ที่ควบคุมปริมาณการกินอาหาร (D'Andrea et al., 2008)

สรุป

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าความถี่อัลลีลและความถี่ลักษณะพันธุกรรม MC4R ในสุกรกรมปศุสัตว์เป็นไปตามกฎสมมูลของฮาร์ดีไวน์เบิร์ก โดยรูปแบบลักษณะพันธุกรรม MC4R ไม่มีผลต่อลักษณะอัตราการเจริญเติบโต ความหนาไขมันสันหลัง พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน ปริมาณอาหารที่กินได้ และอายุเมื่อน้ำหนัก 90 กก. ยกเว้นประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร โดยสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ในการคัดเลือกสุกรพันธุ์เปียแตตรงในส่วนของลักษณะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ลักษณะทางเศรษฐกิจที่ปรากฏเกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างลักษณะพันธุกรรม MC4R และชนิดพันธุ์สุกร

ข้อเสนอแนะ

การจะนำยีน MC4R ไปใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกพันธุ์ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในประชากรสุกรที่เกิดจากการผสมพันธุ์แบบสุ่ม เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการกลายพันธุ์ของยีน MC4R กับลักษณะทางเศรษฐกิจที่เกี่ยวข้อง และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความสัมพันธ์ของยีนอื่นๆต่อยีน MC4R ที่มีผลต่อลักษณะทางเศรษฐกิจที่สำคัญในสุกร เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการคัดเลือกปรับปรุงพันธุ์สุกรต่อไป

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณนายประภาส มหินชัย ศุนยวิวิจัยและบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่ ที่ดำเนินการเก็บข้อมูลทดสอบพันธุ์ และเจาะเลือดสุกร

Table 1 Genotypic and allelic frequencies of MC4R gene polymorphism. HWE: Hardy-Weinberg equilibrium.

Breeds	n	MC4R genotype			MC4R allele		HWE <i>p</i> -value
		AA	AG	GG	A	G	
Duroc	208	25	69	114	0.29	0.71	0.025*
Landrace	77	5	24	48	0.22	0.78	0.711
LargeWhite	46	29	14	3	0.78	0.22	0.774
Pietrain	98	5	47	46	0.29	0.71	0.273
Pakchong 2	129	17	62	50	0.37	0.63	0.949
Pakchong 3	49	23	24	2	0.71	0.29	0.375
Pakchong 4	28	12	14	2	0.68	0.32	0.741
Pakchong 5	247	59	140	48	0.52	0.48	0.102
ChiangMai 1	74	7	32	35	0.31	0.69	0.997
Total	956	182	426	348	0.41	0.59	0.043

* Predicts genotype frequencies significant difference from observed genotype frequencies ($P < 0.05$).

Table 2 Least square means (LSM) of economic traits by MC4R genotypes of all breeds (n=956).

Traits	Genotype <i>p</i> -value	Breed x Genotype <i>p</i> -value	MC4R (\bar{X})			SEM
			AA	AG	GG	
ADG (gram/day)	0.2903	0.0008**	839.55	827.22	818.75	3.44
FCR	0.0370*	0.0078**	2.33	2.40	2.36	0.01
BF (mm.)	0.8168	0.0319*	0.87	0.88	0.87	0.01
LEA (mm ²)	0.5646	0.2393	37.35	37.66	37.72	0.09
FI (kg)	0.3954	0.0428*	129.88	131.82	130.19	0.79
Age at 90 kg.(day)	0.8566	0.0001**	162.07	162.24	163.10	0.53

* Significant difference ($P < 0.05$)

** Highly significant difference ($P < 0.01$)

Table 3 Least square means (LSM) of economic traits by MC4R genotypes of individual breeds.

Trait	Breed	No. of Pig	Genotype			SEM
			AA	AG	GG	
ADG	DR	208	839.03	845.61	831.44	7.36
	LR	77	858.62	880.86	863.01	10.72
	LW	46	873.68	849.87	761.21	12.25
	PT	98	850.40*	779.74*	756.51*	8.55
	PC2	129	801.34	813.77	782.50	9.89
	PC3	49	768.09	765.79	738.64	13.57
	PC4	28	719.04	812.62	856.61	25.93
	PC5	247	867.07	842.36	836.79	6.70
	CM1	74	843.68	815.78	838.91	9.85
LEA	DR	208	35.43	35.70	35.78	0.16
	LR	77	34.77	35.39	34.87	0.24
	LW	46	35.76	36.45	35.09	0.29
	PT	98	40.63	40.24	40.32	0.23
	PC2	129	37.52	38.85	38.43	4.29
	PC3	49	40.36*	38.42*	41.27*	0.41
	PC4	28	38.70	40.37	41.56	0.44
	PC5	247	36.77	36.93	36.70	0.19
	CM1	74	35.93	37.45	37.54	0.25
Age90	DR	208	163.53*	160.06*	162.02*	0.95
	LR	77	155.97	151.7	156.13	1.44
	LW	46	151.80	150.85	157.28	1.58
	PT	98	131.37*	164.38*	166.86*	1.37
	PC2	129	169.67	169.56	171.80	1.37
	PC3	49	171.76	167.00	182.22	2.42
	PC4	28	199.79	183.70	188.31	5.05
	PC5	247	161.06*	165.72*	165.50*	0.88
	CM1	74	157.78	160.20	154.76	1.17

* Significantly different of economic traits in each breed (by row), $P < 0.05$

เอกสารอ้างอิง

- มนวิไล เสรีบุตร และ อมรรัตน์ โมพี. 2551. การใช้ยีน MC4R และยีน IGF2 เป็นเครื่องหมายเพื่อช่วยในการคัดเลือกสุกร. วารสารสัตวบาล 18: 29-39.
- Bruun, C. S., C. B. Jørgensen, V. H. Nielsen, L. Andersson and M. Fredholm (2006). Evaluation of the porcine melanocortin 4 receptor (MC4R) gene as a positional candidate for a fatness QTL in a cross between Landrace and Hampshire. *Animal Genetics* 37: 359-362.
- Burgos, C., J. A. Carrodegua, C. Moreno, J. Altarriba, L. Tarrafeta, J. A. Barcelona and P. Lopez-Buesa (2006). Allelic incidence in several pig breeds of a missense variant of pig melanocortin-4 receptor (MC4R) gene associated with carcass and productive traits; its relation to IGF2 genotype. *Meat Science* 73: 144-150.
- Chen, M., A. Wang, J. Fu and N. Li (2004). Different allele frequencies of MC4R gene variants in Chinese pig Breeds. *Archiv für Tierzucht, Dummerdorf* 47: 463-468.
- D'Andrea, M., F. Pilla, E. Giuffra, D. Waddington and A. L. Archibald (2008). Structural analysis and haplotype diversity in swine LEP and MC4R genes. *J. Anim. Breed. Genet.* 125: 130-136.
- Fan, B., S. K. Onteru, G. S. Plastow and M. F. Rothschild (2009). Detailed characterization of the porcine MC4R gene in relation to fatness and growth. *Animal Genetics* 40: 401-409.
- Hernández-Sánchez, J., P. Visscher, G. Plastow and C. Haley (2003). Candidate gene analysis for quantitative traits using the transmission disequilibrium test: the example of the melanocortin 4-receptor in pigs. *Genetics and Molecular Biology* 164: 637-44.
- Houston, R. D., N. D. Cameron and K. A. Rance (2004). A melanocortin-4 receptor (MC4R) polymorphism is associated with performance traits in divergently selected large white pig populations. *Animal Genetics* 35: 386-390.
- Kim, K. S., N. Larsen, T. Short, G. Plastow and M. F. Rothschild (2000). A missense variant of the porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene is associated with fatness, growth, and feed intake traits. *Mammalian Genome* 11: 131-135.
- Kim, K. S., J. J. Lee, H. Y. Shin, B. H. Choi, C. K. Lee, J. J. Kim, B. W. Cho and T. H. Kim (2006). Association of melanocortin 4 receptor (MC4R) and high mobility group AT-hook 1 (HMGA1) polymorphisms with pig growth and fat deposition traits. *Animal Genetics* 37: 419-421.
- Meidtner, K., A.-K. Wermter, A. Hinney, H. Renschmidt, J. Hebebrand and R. Fries (2006). Association of the melanocortin 4 receptor with feed intake and daily gain in F2 Mangalitsa x Pie'train pigs. *Animal Genetics* 37: 245-247.
- Ovilo, C., A. Fernandez, M. Nieto and C. Rodriguez (2005). Efectos del gen MC4R sobre rendimientos en piezas nobles y calidad de carne en cerdos. *ITEA Extra*: 6-8.
- Park, H. B., O. Carlborg, S. Marklund and L. Andersson (2002). Melanocortin-4 receptor (MC4R) genotypes have no major event on fatness in a Large White & Wild Boar intercross. *Animal Genetics* 33: 155-157.
- Piórkowska, K., M. Tyra, M. Rogoz, K. Ropka-Molik, M. Oczkiewicz and M. Rózycki (2010). Association of the melanocortin-4 receptor (MC4R) with feed intake, growth, fatness and carcass composition in pigs raised in Poland. *Meat Science* 85: 297-301.
- Stachowiak, M., M. Szydłowski, M. Obarzanek-Fojt and M. Świtoński (2006). An effect of a missense mutation in the porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene on production traits in Polish pig breeds is doubtful. *Animal Genetics* 37: 55-57.
- Stinckens, A., T. Luyten, K. V. d. Maagdenberg, S. Janssens, S. D. Smet, M. Georges and N. Buys (2009). Interactions between genes involved in growth and muscularity in pigs: IGF-2, myostatin, ryanodine receptor 1, and melanocortin-4 receptor. *Domestic Animal Endocrinology* 37: 227-235.
- Szyndler-Nędzka, M., M. Tyra, T. Blicharski and K. Piórkowska (2010). Effect of mutation in MC4R gene on carcass quality in Pulawska pig included in conservation breeding programme. *Animal Science Papers and Reports* 28: 37-45.
- van den Maagdenberg, K., A. Stinckens, E. Claeys, M. Seynaeve, A. Clinquart, M. Georges, N. Buys and S. De Smet (2007). The Asp298Asn missense mutation in the porcine melanocortin-4 receptor (MC4R) gene can be used to affect growth and carcass traits without an effect on meat quality. *Animal* 8: 1089-1098.