

จุดสำคัญในการปรับปรุงอายุการใช้งาน และผลผลิตตลอดชั่วอายุของแม่สุกร

Key Points to Improve Sow Longevity and Productive Life

สรรพสิทธิ แปลงแก้ว^{1/} และ มนต์ชัย ดวงจินดา^{1/*}
Suppasit Plaengkaeo^{1/} and Monchai Duangjinda^{1/*}

(Received: 1 September 2014; Accepted: 13 July 2015)

Abstract: Sow longevity is very important in pig production. Sow longevity affects production cost and production efficiency in pig production systems because it associated with the lifetime productivity of sows. Sow longevity is a complex trait and definition can be different depending on purpose of study. Longevity can be selected from direct selection such as length of productive life, lifetime production and stayability. Additionally, Longevity also can be selected from indirect selection can select by a genetically highly correlated trait as feet and leg soundness. Heritability of longevity has ranged from low to moderate (0.03-0.27). Estimated breeding value of longevity traits can divide into two types of data 1) Continuous database lifetime productivity, which can be analyzed by proportional hazard model or survival model. 2) Binary data as stayability, it represents the probability that a sow is in herd at fixed parity. Molecular genetics technology and genetic markers to assist in the selection of longevity, which associated with sow longevity such as Keratin 8 (*KRT8*), Fas-associated factor 1 (*FAF1*) and Parathyroid hormone type I receptor (*PTH1R*), which this gene associated with leg weakness and bone mineral density. It is possible to improve genetic for sow longevity. Moreover feeding and other management are important to increase sow longevity. The aim of this review was to investigate the factors that influence the sow longevity and approach to improve production efficiency in pig production.

Keywords: Longevity, lifetime productivity, sow

^{1/} ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

^{1/} Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Khon Kean University, Khon Kaen 40002, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: monchai@kku.ac.th

บทคัดย่อ: การปรับปรุงอายุการใช้งานของแม่สุกรนั้นมีความสำคัญมากในการผลิตสุกร โดยส่งผลต่อต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิตและมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตตลอดชั่วชีวิตของแม่สุกร อายุการใช้งานของแม่สุกรเป็นลักษณะที่มีความซับซ้อนสามารถแปลความได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา สามารถคัดเลือกได้โดยตรงจากลักษณะ ระยะเวลาการให้ผลผลิตตลอดชั่วชีวิต การให้ผลผลิตตลอดชั่วชีวิตหรือ การคงอยู่หรือไม่อยู่ในฝูง ในช่วงที่กำหนด การคัดเลือกโดยอ้อมจากลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูง เช่น โครงสร้างของกีบและขา ค่าอัตราพันธุกรรมอายุการใช้งานของแม่สุกรอยู่ในช่วงต่ำถึงปานกลาง (0.03-0.27) ในการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value; EBV) ซึ่งสามารถแบ่งการวิเคราะห์ อายุการใช้งานของแม่สุกร ได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ลักษณะที่เก็บข้อมูลแบบต่อเนื่อง (continuous traits) เช่น การให้ผลผลิตตลอดชั่วชีวิต โดยใช้การวิเคราะห์ด้วย proportional hazard model หรือ survival แบบที่ 2 ลักษณะที่เก็บข้อมูลแบบ ไบนารี (binary) เช่น การแสดงการคงอยู่หรือไม่อยู่ในฝูงในช่วงที่กำหนด (stayability) การใช้เทคโนโลยีทางด้านอนุพันธุศาสตร์และเครื่องหมายพันธุกรรมมาช่วยในการคัดเลือกลักษณะอายุการใช้งาน โดยมีเครื่องหมายที่เกี่ยวข้องกับการอยู่รอดของแม่สุกรเช่น Keratin 8 (*KRT8*), Fas-associated factor 1 (*FAF1*) และ Parathyroid hormone type I receptor (*PTH1R*) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอาการขาอ่อนแอและความหนาแน่นมวลกระดูกจึงมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงพันธุกรรมอายุการใช้งานในแม่สุกร นอกจากนี้ยังต้องให้ความสำคัญการเลี้ยง, การให้อาหารและการจัดการอื่น ๆ รวมด้วย เพื่อเป็นการช่วยส่งเสริมให้สุกรสามารถแสดงศักยภาพออกมาให้มากที่สุดอีกด้วย ในการตรวจเอกสารครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร เพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของแม่สุกรต่อไป

คำสำคัญ: อายุการใช้งาน ผลผลิตตลอดชั่วอายุ แม่สุกร

คำนำ

อายุการใช้งานของแม่สุกรมีความสำคัญมากในการผลิตสุกรเชิงพาณิชย์มีผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพและต้นทุนการผลิต อายุการใช้งานที่สั้นส่งผลให้มีการทดแทนสุกรสาวที่เพิ่มขึ้น, ประสิทธิภาพการผลิตและผลกำไรลดลง ผู้เลี้ยงสุกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการซื้อสุกรสาวทดแทนซึ่งมีราคาสูงทำให้ต้นทุนเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยหากแม่สุกรถูกการคัดทิ้งก่อนลำดับท้องที่ 3 (Lucia *et al.*, 2000) โดยเฉลี่ยแล้วแม่สุกรลำดับท้องที่ถูกคัดทิ้งอยู่ที่ 3.1- 4.6 ท้อง และถูกคัดทิ้งในลำดับท้องที่ 1 ประมาณ 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ (Boyle *et al.*, 1998; López-Serrano *et al.*, 2000; Lucia *et al.*, 2000) โดยสามารถแยกเป็นสาเหตุการคัดทิ้งที่เป็นไปตามแผน (planned removal) เช่น การคัดทิ้งเมื่อสุกรอายุมาก (old age) หรือ ให้ผลผลิตต่ำ (low productivity) และสาเหตุการคัดทิ้งสุกรที่ไม่ได้วางแผนไว้ (unplanned removal) เช่น สาเหตุจากระบบสืบพันธุ์ล้มเหลว (reproductive

failure) ขาอ่อนแอ (leg weakness) หรือ ความอ่อนแอของกีบและขา (feet and leg weakness) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแม่สุกรที่อายุน้อย (young sow) และถูกคัดทิ้งจากและอยู่ในลำดับท้องที่ 1 ถึง 3 (Boyle *et al.*, 1998; Rodriguez-Zas *et al.*, 2003; Akos and Bilkei, 2004) ซึ่งการคัดทิ้งสุกรที่ไม่ได้วางแผนไว้นี้มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต จากรายงานของ Sehested (1996) พบว่าหากปรับปรุงอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งลำดับท้องจะส่งผลกระทบเช่นเดียวกับการปรับปรุงเนื้อแดงเพิ่มขึ้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และหากแม่สุกรถูกคัดทิ้งหลังจากลำดับท้องที่ 5 จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นทำอย่างไรจึงจะสามารถปรับปรุงอายุการใช้งานของแม่สุกรให้ยาวนานขึ้นได้ การตรวจเอกสารครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมประเด็นสำคัญที่จะสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ลักษณะอายุการใช้งานที่มีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร และใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตของแม่สุกรในประเทศไทยต่อไป

ความหมายของอายุการใช้งานของแม่สุกร

อายุการใช้งานของแม่สุกร (sow longevity) หรือเรียกอีกอย่างว่าระยะเวลาการให้ผลผลิตตลอดช่วงอายุ (length of productive life; LPL) เป็นจำนวนวันที่เริ่มต้นอาจเป็นวันเกิดหรือวันที่ผสมครั้งแรกจนกระทั่งถึงวันที่คัดทิ้งของแม่สุกร (Serenius and Stalder, 2004) และสามารถแปลความได้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับคำจำกัดความกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 1 อายุการใช้งานของแม่สุกรสามารถแยกได้ 2 กลุ่ม ดังนี้ 1) หมายถึง ลำดับท้องที่คัดทิ้ง (Removal parity; RP), การให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิต (lifetime productivity; LTP)

และจำนวนลูกมีชีวิตตลอดช่วงชีวิต (lifetime pigs born alive; PBA) (Sasaki and Koketsu, 2008) 2) การคงอยู่หรือไม่อยู่ในฝูงในช่วงที่กำหนด (stayability; STAY) เช่น การคงอยู่ถึงลำดับท้องที่กำหนดหรือการคงอยู่ถึงเวลาที่กำหนด ซึ่งเป็นลักษณะข้อมูลแบบ binary (Serenius and Stalder, 2006a)

นอกจากนี้อายุการใช้งานของแม่สุกรยังรวมถึงลักษณะที่เกี่ยวข้องทางอ้อมที่ถูกใช้เป็นตัววัดอายุการใช้งานโดยลักษณะดังกล่าวสามารถวัดหรือบันทึกข้อมูลได้ในช่วงก่อนสุกรเข้าทดแทนในฝูง เช่น ความอ่อนแอของกีบและขา (feet and leg weakness) ซึ่งเป็นสาเหตุการ

Table 1 Definition and measurement of sow longevity traits

Country	Trait definition	Measurement	References
Finland	1. Length of Productive life	Number of days from the date of first farrowing to the date of culling or censoring	Serenius and Stalder, (2004)
	2. Lifetime production	Number of piglets (born alive) produced during the LPL of the sow	
Germany	Stayability STAY12 and STAY123	Stayability from first to second litter and Stayability from first to third litter	López-Serrano <i>et al.</i> (2000)
Spain	Length of Productive life	The difference in days between the date of culling and date at first farrowing	Tarrés <i>et al.</i> (2006a)
Spain	Length of Productive life	Time interval between the first fertile mating and culling or death	Sevilla <i>et al.</i> (2008)
Sweden	1. Length of Productive life	Number of days from the first farrowing to culling	Engblom <i>et al.</i> (2009)
	2. Lifetime production	Number of piglets born alive during the LPL of sow	
	3. Stayability STAY12 and STAY13	Stayability from first to second litter and Stayability from first to third litter	
Switzerland	Length of Productive life	Number of days between first farrowing and culling	Tarrés <i>et al.</i> (2006b)
USA	Length of Productive life	Time from sow entry to the breeding herd to culling or censoring date	Serenius <i>et al.</i> (2006a)
USA	1. Sow lifetime	Days from birth to removal or termination of data collection	Nikkilä <i>et al.</i> (2013a)
	2. Lifetime reproductive traits	Lifetime total number born, lifetime number born alive, number born alive per lifetime	
	3. Removal parity	days	

บาดเจ็บและถูกคัตทิ้งในที่สุดและมีความสัมพันธ์กับอายุการใช้งานของแม่สุกร (Jørgensen and Sørensen, 1998)

สาเหตุการคัตทิ้งของแม่สุกรและปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร

การคัตทิ้งแม่สุกรโดยปกติในอุตสาหกรรมการผลิตสุกร 40-50 เปอร์เซ็นต์ จะถูกคัตทิ้งก่อนถึงลำดับท้องที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าสุกรถูกคัตทิ้งออกจากฝูงที่อายุน้อย ซึ่งสาเหตุการคัตทิ้งส่วนใหญ่เนื่องจากระบบสืบพันธุ์ล้มเหลว (reproductive failure) และปัญหาเกี่ยวกับขา (Serenius and Stalder, 2004)

ความสัมพันธ์เกี่ยวกับการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิตของแม่สุกรนั้นถูกคัตทิ้งจากสาเหตุระบบสืบพันธุ์ล้มเหลวเช่นมีจำนวนลูกมีชีวิตตลอดช่วงชีวิตต่ำ และแม่สุกรที่คัตทิ้งอายุน้อยจะมีอัตราการเกิดปัญหาระบบสืบพันธุ์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแม่สุกรที่คัตทิ้งอายุมากกว่า (Lucia *et al.*, 2000; Engblom *et al.*, 2007; Koketsu *et al.*, 2000) การคัตทิ้งสุกรที่อายุมากและให้ผลผลิตต่ำในการผลิตสุกรถือเป็นเรื่องปกติหรือเรียกว่าการคัตทิ้งที่เป็นไปตามแผน (planned removal) ส่วนการคัตทิ้งสุกรที่ไม่ได้วางแผนไว้ (unplanned removal) เป็นแม่สุกรที่คัตทิ้งจากสาเหตุระบบสืบพันธุ์ล้มเหลว ขาเจ็บ และตายและสาเหตุอื่น ๆ ซึ่งในฟาร์มสุกรพันธุ์ส่วนใหญ่จะประสบปัญหานี้ ซึ่งมีการคัตทิ้งแม่สุกรจากสาเหตุระบบสืบพันธุ์ล้มเหลว อายุมาก ให้ผลผลิตต่ำและความผิดปกติในการเคลื่อนไหว (locomotors disorder) ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสาเหตุการคัตทิ้งเหล่านี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาระบบสืบพันธุ์และปัญหาเกี่ยวกับขา นั้นมาจากหลายสาเหตุ เช่น สภาพแวดล้อม การจัดการ การตรวจสัตว์

หลายสาเหตุ เช่น สภาพแวดล้อม การจัดการ การตรวจสัตว์ ที่ถูกต้อง พันธุกรรม การจัดการสุกรสาว สุขภาพและการให้อาหารช่วงอู่นท้องและช่วงเลี้ยงลูก เป็นต้น ซึ่งล้วนส่งผลต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร

ปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร

1. การพัฒนาการของสุกรสาว (gilt development)

การพัฒนาการของสุกรสาวมีความสำคัญที่จะช่วยให้สุกรสามารถแสดงศักยภาพได้อย่างเต็มที่ และเป็นจุดสำคัญที่จะใช้ในการกลายเป็นแม่สุกรที่ให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิตได้ดี ซึ่งการพัฒนาการของสุกรสาวเป็นการเตรียมความพร้อมให้แก่สุกรสาวทั้งทางด้าน ระบบสืบพันธุ์, น้ำหนักตัว, อายุเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (age at puberty) ทั้งหมดส่งผลต่อขนาดครอกของสุกร (Gaughan *et al.*, 1995) ประสิทธิภาพการเจริญเติบโต (growth performance) มีความสัมพันธ์กันในทางลบกับการคงอยู่หรือไม่อยู่ในฝูงของแม่สุกรและสุกรสาวที่มีโครงสร้างของขาที่แข็งแรงช่วยเพิ่มอายุการใช้งานของแม่สุกร (López-Serrano *et al.*, 2000) การคัตสุกรสาวเข้าทดแทนนอกจากจะให้ความสำคัญของประสิทธิภาพการเจริญเติบโตแล้วยังต้องคำนึงถึงลักษณะความแข็งแรงของขาและก้นอีกด้วย การเจริญเติบโตในช่วงระยะสุกรรุ่นมีผลในทางลบกับระยะเวลาการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิตหรืออายุการใช้งานของแม่สุกร (López-Serrano *et al.*, 2000; Tummaruk *et al.*, 2001) อย่างไรก็ตาม (Yazdi *et al.*, 2000) ไม่พบผลของอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย (ADG) ต่ออายุการใช้งานของแม่สุกรพันธุ์แลนด์เรซ สวีเดน

อายุการใช้งานของแม่สุกรกับการให้อาหารพลังงานสูงทำให้น้ำหนักตัวของสุกรสาวเพิ่มขึ้นเร็วเกินไป ส่งผลให้สุกรสาวถูกคัตทิ้งจากสาเหตุขาและการเดินได้

Table 2 Proportion of removed sows by removal reason

Reproductive failure	Old age	Locomotors disorder	Low productivity	Death	Miscellaneous	References
33.6	8.7	13.2	20.6	7.4	16.5	Lucia Jr. <i>et al.</i> (2000)
30.4	35.7	5.8	-	-	28.1	Sasaki and Koketsu, (2011)
25.1	36.6	9.0	4.5	-	24.9	Sasaki and Koketsu, (2008)
26.9	18.7	8.6	9.5	4.3	32.0	Engblom <i>et al.</i> (2007)
31.9	34.9	9.0	7.9	-	16.3	Knauer <i>et al.</i> (2006)

อีกทั้งยังส่งผลต่อการเจริญของเต้านมอีกด้วย (Han *et al.*, 2000) ในสุกรพันธุ์ดอร์คซุสกรสาวที่มีการเจริญเติบโตสูง มักจะถูกคัดทิ้งเพิ่มขึ้น (Tarrés *et al.*, 2006a)

2. อายุถึงวัยเจริญพันธุ์ (age at puberty) และ อายุที่คลอดท้องแรก (age at first farrowing)

อายุถึงวัยเจริญพันธุ์และอายุที่คลอดท้องแรกมีความสัมพันธ์กันกับอายุการใช้งานของแม่สุกร หากแม่สุกรถึงวัยเจริญพันธุ์และคลอดลูกท้องแรกได้เร็วก็ทำให้โอกาสที่แม่สุกรเริ่มให้ผลผลิตตั้งแต่อายุน้อยจึงส่งผลต่ออายุการใช้งานของมาสุกรยาวนานขึ้นได้ โดยทั่วไปแล้ว การผลิตสุกรต้องการให้สุกรสาวเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ให้เร็วจะช่วยเพิ่มระยะเวลาการให้ผลผลิตและส่งผลต่ออายุที่ผสมครั้งแรกของสุกรสาวเพิ่มขึ้นจาก 209-229 เป็น 272-365 จำนวนลูกมีชีวิตตลอดช่วงชีวิตลดลงจาก 18.2 เป็น 15.3 ตัว และลำดับท้องเฉลี่ยที่คัดทิ้งลดลงจาก 4.8 เป็น 4.1 ท้อง อีกทั้งยังมีช่วงอายุนมถึงผสมสั้นกว่า (Saito *et al.*, 2011) อายุของสุกรสาวที่เพิ่มขึ้นมีผลทางด้านลบกับอายุการใช้งานของสุกรและเพิ่มโอกาสในการคัดทิ้ง (Schukken *et al.*, 1994) ระยะเวลาการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิตมีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับลักษณะจำนวนลูกหย่านมและอายุที่คลอดครั้งแรกปานกลาง ขณะที่ไม่พบความสัมพันธ์ของระยะเวลาหย่านมถึงผสมกับระยะเวลาการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิต (Serenius *et al.*, 2008)

3. โภชนะ (nutrient)

การที่แม่สุกรได้รับโภชนะที่เพียงพอต่อความต้องการในช่วงการอู่นมและช่วงการเลี้ยงลูกจะช่วยส่งเสริมให้แม่สุกรมีอายุการใช้งานที่นานขึ้นและส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งโภชนะในอาหารที่ไม่เพียงพอส่งผลให้เกิดอาการขาเจ็บในแม่สุกร (lameness) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งในการคัดทิ้งสุกร ส่วนโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรตในอาหารยังไม่ทราบกลไกแน่ชัด แต่แร่ธาตุในอาหารมีความเกี่ยวข้องกับกระดูก (Van Riet *et al.*, 2013) แคลเซียมและฟอสฟอรัสในอาหารแม่สุกรมีผลกระทบโดยตรงต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร โดยมีความสัมพันธ์กับอาการลุกไม่ขึ้นของแม่สุกร (downer sow syndrome)

ซึ่งหากแม่สุกรได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจากการกินอาหารน้อยลง แคลเซียมและฟอสฟอรัสจะถูกสลายออกจากกระดูก โดยจะสลายออกมากจากส่วนที่เป็นกระดูกซี่โครงและกระดูกเชิงกราน (rib and pelvis) ทำให้มีโอกาสที่กระดูกอ่อนแอและอาจแตกร้าวได้ส่งผลให้แม่สุกรเกิดอาการลุกไม่ขึ้นได้ (Rozeboom and Johnston, 2001) ในแม่สุกรที่มีน้ำหนักครอกหย่านมมากกว่า 60 กก. ที่ 21 วัน ควรได้รับแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่เพียงพอ (Mahan and Newton, 1995) การวางกลยุทธการให้อาหารในการเพิ่มไขมันสำรองของร่างกายสามารถช่วยเพิ่มอายุการใช้งานในแม่สุกรที่เป็นมีเนื้อแดงมากได้ (O'Dowd *et al.*, 1997) นอกจากนี้การให้อาหารพลังงานสูงระหว่างตั้งท้องและเลี้ยงลูกสามารถลดจำนวนวันหย่านมถึงเป็นสัดได้ (Coffey *et al.*, 1994)

4. ระยะเวลาในการเลี้ยงลูก (lactation length)

แม่สุกรต้องการพลังงานเพิ่มมากขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตน้ำนมในช่วงเลี้ยงลูก หากแม่สุกรมีการสะสมไขมันหรือมีการกินได้ในช่วงเลี้ยงลูกต่ำจะส่งผลทำให้แม่สุกรได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายจึงจำเป็นต้องนำพลังงานที่สะสมไว้มาใช้ เพื่อสร้างน้ำนม หากมีการสลายไขมันและโปรตีนในร่างกายมากเกินไป อาจมีผลต่อความสมบูรณ์พันธุ์ โดยพบว่าแม่สุกรที่สูญเสียน้ำหนักตัวมากเกินไปในช่วงเลี้ยงลูก จะมีช่วงหย่านมถึงเป็นสัดยาวนานขึ้น (Clowes *et al.*, 2003) สุกรที่คัดทิ้งส่วนใหญ่มีช่วงวันเลี้ยงลูกสั้นกว่าแม่สุกรที่อยู่ในฝูงปกติ โดยแม่สุกรที่เลี้ยงลูก 7 วันหรือน้อยกว่ามีเปอร์เซ็นต์สูงที่จะกลับสัดไม่ปกติเมื่อเทียบกับแม่สุกรที่เลี้ยงลูก 14-16 วัน ซึ่งระยะเวลาเลี้ยงลูกที่สั้นมีผลทางลบต่ออายุการใช้งานของแม่สุกร (Xue *et al.*, 1997; Koketsu *et al.*, 1995)

5. ความแข็งแรงของขาและกีบ (feet and leg soundness)

ปัจจุบันสุกรได้ถูกพัฒนาปรับปรุงพันธุกรรมให้มีประสิทธิภาพการผลิตและการสืบพันธุ์ให้ดีขึ้น อีกทั้งให้ความสำคัญของอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น ความแข็งแรงของขาและกีบก็เป็นลักษณะโดยอ้อมอีกอันหนึ่งที่

ใช้ในการคัดเลือกปรับปรุงให้สุกรมีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้น ซึ่งปัญหาขาและกีบก็เป็นอีกสาเหตุของการคัดทิ้งสุกร และมีผลต่อความเสี่ยงให้สุกรถูกคัดทิ้งเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่นและมีผลต่ออัตราการคัดทิ้ง (Tarrés *et al.*, 2006b) ค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะโครงสร้างขาที่มีค่าต่ำถึงปานกลาง 0.07-0.31 และมีความสัมพันธ์ในทางลบกับลักษณะจำนวนวันเลี้ยงและความหนาไขมันสันหลัง (Nikkilä *et al.*, 2013a; Serenius *et al.*, 2001) ซึ่งลักษณะการเจริญเติบโตและความหนาไขมันมีผลต่ออายุการใช้งานสุกรเช่นกัน (Yazdi *et al.*, 2000) ดังนั้นการคัดเลือกสุกรสาวทดแทนที่มีลักษณะความแข็งแรงของขาจึงมีความสำคัญ หากสุกรสาวทดแทนมีโครงสร้างขาไม่แข็งแรงอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการสืบพันธุ์ได้ โดยโครงสร้างขาและกีบที่ไม่แข็งแรงเป็นสาเหตุการเกิดปัญหาขาเจ็บในสุกร จากรายงานของ (Pluym *et al.*, 2013) พบว่า สุกรที่เป็นแผลที่กีบมีโอกาสพบมัมมี่ (mummified fetuses) มากกว่าสุกรที่มีสุขภาพดีถึงสองเท่า อาการเจ็บปวดจากแผลที่กีบและแผลอักเสบ (inflammation) อาจทำให้แม่สุกรกินอาหารลดลงส่งผลต่อคะแนนรูปร่าง (body condition) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเกิดมัมมี่ในแม่สุกร (Knauer *et al.*, 2006) อีกทั้งยังสามารถถ่ายทอดลักษณะดังกล่าวไปยังรุ่นลูกได้ โดยเฉพาะในฝูงสุกรปุ๋ยาพันธุ์ และส่งผลต่ออายุการใช้งานให้สั้นลง (Nikkilä *et al.*, 2013b) นอกจากนี้ปัญหาขาเจ็บ (lameness) และแผลที่กีบ (claw lesion) ก็เป็นอีกสาเหตุในการคัดทิ้งของแม่สุกรก่อนที่จะถึงลำดับท้องที่ 3 ซึ่งเป็นการคัดทิ้งสุกรที่อายุน้อยและถูกคัดทิ้งก่อนที่แม่สุกรจะให้ผลผลิตสูงสุด (Anil *et al.*, 2009)

การปรับปรุงพันธุ์ลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกร

การปรับปรุงพันธุ์ลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกร ไม่ได้ถูกนำไปใช้ในแผนการปรับปรุงพันธุ์มากนัก แต่ในปัจจุบันได้ให้ความสำคัญมากขึ้น เนื่องจากอายุการใช้งานของแม่สุกรส่งผลกระทบต่อต้นทุนและประสิทธิภาพการผลิต จึงถูกนำเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในแผนการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งสามารถแยกตามลักษณะที่ใช้ในการคัดเลือกหรือแยกตามวิธีการที่ใช้ในการวิเคราะห์

ลักษณะที่ใช้ในการคัดเลือกลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกร

การคัดเลือกปรับปรุงลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกรสามารถคัดเลือกโดยตรง (direct selection) จากลักษณะจำนวนวันที่อยู่ในฝูง ลำดับท้องที่คัดทิ้ง หรือการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิต และ การคัดเลือกโดยอ้อม (indirect selection) จากลักษณะที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูง เช่น การคงอยู่หรือไม่อยู่ในฝูงในช่วงที่กำหนด และ ความอ่อนแอของกีบและขา เป็นต้น การคัดเลือกจากลักษณะโดยตรง เช่น จำนวนวันที่อยู่ในฝูงนั้นจะรวมเอาวันที่ไม่ให้ผลผลิต (non-productive days) อยู่ด้วยซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการ อีกทั้งใช้ระยะเวลานานในการเก็บข้อมูลตลอดช่วงชีวิตของสุกร ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยเทคนิคทางสถิติและโมเดลที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่สามารถนำข้อมูลที่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์ (censored) มาร่วมในการวิเคราะห์ด้วย (Serenius and Stalder, 2006) การคัดเลือกจากลักษณะโดยอ้อมนี้อาศัยความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างสองลักษณะที่สามารถวัดได้ตั้งแต่ช่วงต้นของสุกร ซึ่งไม่จำเป็นต้องรอเก็บข้อมูลเมื่อสุกรถูกคัดทิ้งหรือเวลาที่กำหนด เช่น ลักษณะความแข็งแรงของขา (leg soundness traits), ลักษณะทางการสืบพันธุ์ (reproductive traits) ความสัมพันธ์ของลักษณะความแข็งแรงของขา เช่น ลักษณะของข้อขาหน้าที่โค้งงอ (bucked kneed) และ ขอหลังอ่อนแอ (weak rear legs) มีความสัมพันธ์ทางลบกับการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิต (López-Serrano *et al.*, 2000) ลักษณะทางการสืบพันธุ์มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับอายุการใช้งานแม่สุกร เช่น อายุที่คลอดครั้งแรก (age at first farrowing) ช่วงหย่านมถึงเป็นสัดหลังหย่านม (wean to estrus interval) (Serenius *et al.*, 2008)

เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในการคัดเลือกลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกร

ในการประเมินค่าความแปรปรวนและค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเพื่อใช้ในการประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ (estimated breeding value; EBV) ลักษณะอายุการใช้งานที่ใช้ในการคัดเลือกดังที่กล่าวมาแล้ว

สามารถแยกตามลักษณะการวัดข้อมูลได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ลักษณะที่เก็บข้อมูลแบบต่อเนื่อง (continuous traits) เป็นการเก็บข้อมูลเป็นตัวเลขต่อเนื่อง เช่น จำนวนวันตั้งแต่ววันที่คลอดท้องแรกถึงวันที่คัดทิ้งหรือถึงวันที่ศึกษา หรือจำนวนวันการให้ผลผลิตตลอดช่วงชีวิต ผู้วิจัยจำเป็นต้องเก็บบันทึกข้อมูลวันที่สุกรเข้าฝูงหรือวันที่สุกรคลอดท้องแรกและวันที่และสาเหตุที่แม่สุกรถูกคัดออกจากฝูง แบบที่ 2 ลักษณะที่เก็บข้อมูลแบบ ไบนารี (binary traits) เป็นการให้รหัสข้อมูลเป็น 0 หรือ 1 โดยที่รหัส 0 คือ แม่สุกรยังคงอยู่ในฝูงหรือคงอยู่ถึงลำดับท้องที่ 1, 2 และ 3 ส่วนรหัส 1 คือ แม่สุกรที่ไม่คงอยู่ในฝูงหรืออยู่ไม่ถึงลำดับท้องที่ 1, 2 และ 3 เช่น การแสดงการคงอยู่หรือไม่อยู่ในฝูงในช่วงที่กำหนด (stayability) (Mote *et al.*, 2009; Serenius *et al.*, 2006b) ซึ่งลักษณะข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปวิเคราะห์ด้วยโมเดลทางสถิติ (statistical model) เพื่อประเมินพันธุกรรมต่อไป

ในการวิเคราะห์ด้วยโมเดลทางสถิติของลักษณะอายุการใช้งานสามารถจำแนกได้ 2 แบบ คือ แบบที่ 1 การวิเคราะห์ด้วยโมเดลเชิงเส้น (linear model analysis) เป็นวิธีการที่ใช้ในการประเมินลักษณะอายุการใช้งานสามารถใช้ การวิเคราะห์ด้วยโมเดลสัตว์หลายลักษณะ (multiple-trait animal model) ในข้อมูลที่บ้านทิกแบบ stayability หรือ ไบนารี โมเดลการอยู่รอด (stayability model) ข้อมูลที่มีการบันทึกซ้ำสามารถนำไปใช้วิเคราะห์อัตราซ้ำ (repeatability) หรือ โมเดลรีเกรสชันสุ่ม (random regression model) ในการวิเคราะห์ linear model การแปลผลคุณค่าการผสมพันธุ์จะใช้หน่วยเช่นเดียวกันกับหน่วยของลักษณะนั้น ๆ (Meuwissen *et al.*, 2002; Veerkamp *et al.*, 1999) แบบที่ 2 การวิเคราะห์ด้วยโมเดลการอยู่รอด (survival model analysis) ในการวิเคราะห์อายุการใช้งานจะถูกให้ความหมายว่าโอกาสที่แม่สุกรถูกคัดทิ้งเมื่อเกิดเหตุการณ์ (failure rate at time t) เมื่อแม่สุกรยังคงอยู่หรือไม่คงอยู่ในฝูง ซึ่งในโมเดลสามารถใส่อิทธิพลคงที่ต่าง ๆ เข้าได้ร่วมวิเคราะห์ด้วย เช่น พันธุ์สัตว์ ฝูง-ปี-ฤดูกาลและอายุที่ผสมครั้งแรก เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ด้วย proportional hazard model หรือ survival model analysis โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์โดยทั่วไปเรียกว่า

Survival kit (Ducrocq *et al.*, 2010) นอกจากนี้ยังมีวิธีการวิเคราะห์แบบ Multivariate Bayesian analysis of Gaussian สามารถนำสัตว์ที่ยังคงอยู่ในฝูงหรือไม่สถานะร่วมในการประเมินได้ และใช้ประโยชน์จากลักษณะที่เป็นแบบ categorical trait ในการประเมิน (co) variance parameter ด้วย อีกทั้งยังลดเวลาในการคำนวณอีกด้วย (Korsgaard *et al.*, 2003) จากตารางที่ 3 ค่าอัตราพันธุกรรมลักษณะ LPL และ LTP ของแม่สุกรพบว่าจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ survival analysis ให้ค่าอัตราพันธุกรรมสูงกว่าวิเคราะห์ด้วยวิธี linear model ซึ่งวิธีการ survival analysis จะเหมาะสมกว่าในการประเมินลักษณะอายุการใช้งานสุกรเนื่องจากสามารถเอาข้อมูลของแม่สุกรที่ยังไม่คัดออกจากฝูง (censored) ถูกนำมาร่วมวิเคราะห์กับแม่สุกรที่ถูกคัดทิ้งแล้ว (uncensored) และเมื่อประเมินคุณค่าการผสมพันธุ์ลักษณะอายุการใช้งานด้วยวิธีการ survival analysis จะให้ความแม่นยำในการประเมินสูงกว่า แต่อย่างไรก็ตามวิธีการ survival analysis มีข้อจำกัดในการคำนวณโมเดลสัตว์หลายลักษณะ ที่ต้องนำเอาลักษณะอายุการใช้งานประเมินร่วมกับลักษณะที่สำคัญทางเศรษฐกิจอื่น ๆ ซึ่งจากการประเมินด้วยวิธีการ linear model สามารถจะวิเคราะห์โมเดลสัตว์หลายลักษณะได้ และพบว่าลักษณะอายุการใช้งานมีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (genetic correlation) กับลักษณะขนาดครอก ระยะห่างการคลอด และลักษณะโครงสร้างขา (leg conformation) (Serenius and Stalder, 2004)

การใช้เทคโนโลยีทางด้านอนุพันธุศาสตร์ได้มี การค้นหาเครื่องหมายพันธุกรรม (genetic makers) สำหรับคัดเลือกอายุการใช้งานของแม่สุกรพบความสัมพันธ์เครื่องหมายพันธุกรรมยีน Chemokine (C-C motif) receptor 7 (CCR7) สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องหมายในการคัดเลือกปรับปรุงลักษณะการอยู่รอดของแม่สุกร ถึงลำดับท้องที่ 1 และ ยีน Insulin-like growth factor binding protein 1 (IGFBP1) ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางการสืบพันธุ์ และ ยีน Carnitine palmitoyltransferase 1A (CPT1A) ที่มีความสัมพันธ์ทั้งการอยู่รอดของแม่สุกรและลักษณะทางการสืบพันธุ์ด้วย (Mote *et al.*, 2009)

Table 3 Analysis method to evaluate sow longevity

Country	Breed	Trait	Analysis method	h^2	References
Finland	Landrace	Length of Productive life	Multivariate Bayesian analysis of Gaussian, right censored	0.22	Serenius <i>et al.</i> (2008)
Finland	Landrace, Large White	1. Length of Productive life	Survival Analysis, Linear Animal Model	0.16-0.19 0.05-0.10	Serenius and Stalder (2004)
Germany	Landrace, Large White	2. Overall leg action Stayability - STAY12 - STAY13	Linear Animal Model Survival Analysis	0.06-0.07 0.07-0.08 0.10-0.11	López-Serrano <i>et al.</i> (2000)
Spain	Duroc	Length of Productive life	Survival Analysis	0.05-0.07	Sevilla <i>et al.</i> (2008)
Sweden	Landrace	Length of Productive life	Survival Analysis	0.11-0.27	Yazdi <i>et al.</i> (2000)
Sweden	Crossbred	1. Length of Productive life	Linear Animal Model,	0.06-0.12 0.04-0.05	Engblom <i>et al.</i> (2009)
		2. Lifetime production	Survival Analysis	0.03-0.08	
		3. Piglets born alive in parity 1	Linear Animal Model	0.06-0.12	
		4. Stayability - STAY12 - STAY13	Linear Animal Model Linear Animal Model	0.03-0.04 0.05-0.06	
USA	Commercial	1. Lifetime production	Linear Animal Model	0.14	Nikkilä <i>et al.</i> (2013a)
		2. Removal parity	Linear Animal Model	0.16	
		3. Lifetime reproductive Traits - Lifetime total number born - Lifetime number born alive - Number born alive per lifetime days	Linear Animal Model	0.16 0.17 0.16	
Finland	Landrace	Overall leg action	Linear Animal Model	0.02-0.19	Serenius <i>et al.</i> (2001)
	Large White		Linear Animal Model	0.01-0.19	

นอกจากนี้ลักษณะขาอ่อนแอ (leg weakness) ที่เกิดจากกระบวนการเสื่อมในกระดูกและเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน (osteochondrosis) ยังพบว่ามียีนที่เกี่ยวข้องคือ Keratin 8 (*KRT8*) Fas-associated factor 1 (*FAF1*) และ Parathyroid hormone type I receptor (*PTH1R*) โดยยีน *KRT8* มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นมวลกระดูก (bone mineral density) และยีน *FAF1* มีความสัมพันธ์กับคะแนนของ osteochondrosis ที่ได้จากการสำรวจ และยีน *PTH1R* มีนัยสำคัญกับการแสดงปฏิกริยาร่วมระหว่างยีน (dominance effects) ต่อคะแนนของ osteochondrosis (Rangkasenee *et al.*, 2013) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ Marker-assisted selection ในการคัดเลือกปรับปรุงลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกรได้

ความเป็นไปได้ในการพัฒนาสายพันธุ์ให้มีอายุการใช้งาน

ในการปรับปรุงอายุการใช้งานของแม่สุกร จาก การตรวจเอกสารมีการรายงานค่าอัตราพันธุ์กรรมอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ตารางที่ 3) แสดงว่าลักษณะอายุการใช้งานมีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงพันธุ์กรรม ในการประเมินพันธุ์กรรมลักษณะอายุการใช้งานของแม่สุกร สามารถใช้การวิเคราะห์ด้วย linear model หรือการวิเคราะห์ด้วย survival model analysis ซึ่งให้ความแม่นยำในการประเมินกว่า แต่อย่างไรก็ตาม ในการประเมินควรจะนำข้อมูลลักษณะการให้ผลผลิตและลักษณะทางการสืบพันธุ์เข้ามาช่วยในการประเมินด้วย เพื่อความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ การใช้เครื่องหมายพันธุ์กรรม

(genetic makers) ร่วมในคัดเลือกอายุการใช้งานของแม่สุกรโดยเฉพาะลักษณะความแข็งแรงของขาช่วยปรับปรุงให้ความก้าวหน้าทางพันธุกรรมได้รวดเร็วและมีความแม่นยำมากขึ้น อีกทั้งช่วยให้ได้แม่สุกรมีความแข็งแรงทนทาน (robust sow) สามารถให้ผลผลิตได้ยาวนานมากขึ้น

สรุป

การเพิ่มอายุการใช้งานของแม่สุกรเป็นโอกาสในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสุกร มีหลายปัจจัยส่งผลต่อการคัดทั้งแม่สุกร เช่น โภชนะ สภาพแวดล้อมโรงเรือน พันธุกรรมและการจัดการต่าง ๆ ทั้งหมดนี้เป็นความท้าทายในการทำให้อายุการใช้งานของแม่สุกรเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงการนำเอาเทคโนโลยีด้านการปรับปรุงพันธุ์มาใช้ในการเพิ่มอายุการใช้งานและผลผลิตตลอดชั่วอายุของแม่สุกรมีความเป็นไปได้ และนอกจากนี้ ต้องให้ความสำคัญการเลี้ยง การให้อาหารและการจัดการอื่น ๆ เพื่อเป็นการช่วยส่งเสริมให้สุกรสามารถแสดงศักยภาพออกมาให้มากที่สุดอีกด้วย

การตรวจเอกสารครั้งนี้พบว่าอายุการใช้งานของแม่สุกรเป็นลักษณะที่มีความซับซ้อนมีหลากหลายปัจจัยที่มากเกี่ยวข้องกับผลผลิตตลอดชั่วอายุของแม่สุกร ดังนั้นกุญแจสำคัญในการปรับปรุงอายุการใช้งานและผลผลิตของแม่สุกรให้ยาวนานขึ้น คือการปรับปรุงพันธุกรรมสุกรและการจัดการสภาพแวดล้อมควบคู่กัน ดังนั้น การปรับปรุงพันธุกรรมสุกรสามารถเลือกลักษณะที่ใช้ในการปรับปรุงได้ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมร่วมกับการใช้เทคนิคในการวิเคราะห์คุณค่าการผสมพันธุ์ อีกทั้งยังสามารถให้เทคโนโลยีทางด้านอนุพันธุศาสตร์มาช่วยในการคัดเลือกสุกรขาอ่อนแอ (leg weakness) ที่เกิดจากกระบวนการเสื่อมในกระดูกและเนื้อเยื่อกระดูกอ่อน (osteochondrosis) โดยใช้ Marker-assisted selection เช่น Keratin 8 (*KRT8*) Fas-associated factor 1 (*FAF1*) และ Parathyroid hormone type I receptor (*PTH1R*) ช่วยให้การปรับปรุงพันธุ์ได้รวดเร็วขึ้น การจัดการสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งที่ไม่ได้คือการให้ความสำคัญทางด้านโภชนะสุกรสาวควรได้รับแคลเซียมและ

ฟอสฟอรัสให้เพียงพอ สภาพแวดล้อมโรงเรือนการเลี้ยงดู และการจัดการต่าง ๆ เช่น การเตรียมความพร้อมให้แก่สุกรสาวทั้งทางด้าน ระบบสืบพันธุ์ น้ำหนักตัว อายุเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ และคัดเลือกสุกรสาวทดแทนที่มีโครงสร้างขาและกีบแข็งแรง ที่จะส่งเสริมการปรับปรุงอายุการใช้งานและผลผลิตตลอดชั่วอายุของแม่สุกรในประเทศไทยยาวนานขึ้นสามารถก้าวสู่การแข่งขันในประชาคมอาเซียนอย่างมั่นคงในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Akos, K., and G. Bilkei. 2004. Comparison of the reproductive performance of sows kept outdoors in Croatia with that of sows kept indoors. *Livestock Production Science* 85: 293-298.
- Anil, S. S., L. Anil, and J. Deen. 2009. Effect of lameness on sow longevity. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 235: 734-738.
- Boyle, L., F. C. Leonard, B. Lynch and P. Brophy. 1998. Sow culling patterns and sow welfare. *Irish Veterinary Journal incorporating Irish Veterinary Times* 51: 354-357.
- Clowes, E. J., F. X. Aherne, A. L. Schaefer, G. R. Foxcroft, and V. E. Baracos. 2003. Parturition body size and body protein loss during lactation influence performance during lactation and ovarian function at weaning in first-parity sows. *Journal of Animal Science* 81: 1517-1528.
- Coffey, M. T., B. G. Diggs, D. L. Handlin, D. A. Knabe, C. V. Maxwell, P. R. Noland, T. J. Prince, and G. L. Gromwell. 1994. Effects of dietary energy during gestation and lactation on reproductive performance of sows: a cooperative study. S-145 Committee on Nutritional Systems for Swine

- to Increase Reproductive Efficiency. *Journal of Animal Science* 72: 4-9.
- Ducrocq, V., J. Sölkner, and G. Mészáros. 2010. Survival Kit v6-A software package for survival analysis. In 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.
- Engblom, L., N. Lundeheim, A. -M. Dalin, and K. Andersson. 2007. Sow removal in Swedish commercial herds. *Livestock Production Science* 106: 76-86.
- Engblom, L., N. Lundeheim, M. del P. Schneider, A.-M. Dalin, and K. Andersson. 2009. Genetics of crossbred sow longevity. *Animal*. 3: 783-790.
- Gaughan, J. B., R. D. A. Cameron, G. McL. Dryden, and M. J. Josey. 1995. Effect of selection for leanness on overall reproductive performance in Large White sows. *Journal of Animal Science* 61: 561-564.
- Han, I. K., P. Bosi, Y. Hyun, J. D. Kim, K. S. Sohn, and S. W. Kim. 2000. Recent advances in sow nutrition to improve reproductive performance. 335-355.
- Jørgensen, B., and M. T. Sørensen. 1998. Different rearing intensities of gilts: II. Effects on subsequent leg weakness and longevity. *Livestock Production Science* 54: 167-171.
- Knauer, M. T., K. J. Stalder, L. Karriker, C. Johnson, and L. Layman. 2006. Factors influencing sow culling. *Proc NSIF Ann Mtg*. 31: 2915-2922.
- Koketsu, Y., G. D. Dial, W. E. Marsh, J. E. Pettigrew and V. L. King. 1995. Path analysis of factors affecting feed intake and reproductive performance in lactating sows. *Journal of Animal Science* 72: (Supplement 1). 333 (Abstract).
- Koketsu, Y. 2000. Retrospective analysis of trends and production factors associated with sow mortality on swine-breeding farms in USA. *Preventive Veterinary Medicine* 46: 249-256.
- Korsgaard, I., M. Lund, D. Sorensen, D. Gianola, P. Madsen and J. Jensen. 2003. Multivariate Bayesian analysis of Gaussian, right censored Gaussian, ordered categorical and binary traits using Gibbs sampling. *Genetics Selection Evolution* 35: 159.
- López-Serrano, M., N. Reinsch, H. Looft and E. Kalm. 2000. Genetic correlations of growth, backfat thickness and exterior with stayability in large white and landrace sows. *Livestock Production Science* 64: 121-131.
- Lucia, T., Jr, G. D. Dial, and W. E. Marsh. 2000. Lifetime reproductive and financial performance of female swine. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 216: 1802-1809.
- Mahan, D. C. and E. A. Newton. 1995. Effect of initial breeding weight on macro- and micromineral composition over a three-parity period using a high-producing sow genotype. *Journal of Animal Science* 73: 151-158.
- Mote, B. E., K. J. Koehler, J. W. Mabry, K. J. Stalder, and M. F. Rothschild. 2009. Identification of genetic markers for productive life in commercial sows. *Journal of Animal Science* 87: 2187-2195.
- Meuwissen, T. H. E., R. F. Veerkamp, B. Engel and S. Brotherstone. 2002. Single and multitrait estimates of breeding values for survival using sire and animal models. *Journal of Animal Science* 75: 15-24.

- Nikkilä, M. T., K. J. Stalder, B. E. Mote, M. F. Rothschild, F. C. Gunsett, A. K. Johnson, L. A. Karriker, M. V. Boggess and T. V. Serenius. 2013a. Genetic associations for gilt growth, compositional, and structural soundness traits with sow longevity and lifetime reproductive performance. *Journal of Animal Science* 91: 1570-1579.
- Nikkilä, M. T., K. J. Stalder, B. E. Mote, M. F. Rothschild, F. C. Gunsett, A. K. Johnson, L. A. Karriker, M. V. Boggess and T. V. Serenius. 2013b. Genetic parameters for growth, body composition, and structural soundness traits in commercial gilts. *Journal of Animal Science* 91: 2034-2046.
- O'Dowd, S., S. Hoste, J. T. Mercer, V. R. Fowler and S. A. Edwards. 1997. Nutritional modification of body composition and the consequences for reproductive performance and longevity in genetically lean sows. *Livestock Production Science* 52: 155-165.
- Pluym, L. M., A. Van Nuffel, S. Van Weyenberg and D. Maes. 2013. Prevalence of lameness and claw lesions during different stages in the reproductive cycle of sows and the impact on reproduction results. *Animal* 7: 1174-1181.
- Rangkasenee, N., E. Murani, R. Brunner, K. Schellander, M. U. Cinar, A. M. Scholz, H. Luther, A. Hofer, S. Ponsuksili and K. Wimmers. 2013. KRT8, FAF1 and PTH1R gene polymorphisms are associated with leg weakness traits in pigs. *Molecular Biology Reports* 40: 2859-2866.
- Van Riet, M. M. J., S. Millet, M. Aluwé and G. P. J. Janssens. 2013. Impact of nutrition on lameness and claw health in sows. *Livestock Production Science* 156: 24-35.
- Rodriguez-Zas, S. L., B. R. Southey, R. V. Knox, J. F. Connor, J. F. Lowe and B. J. Roskamp. 2003. Bioeconomic evaluation of sow longevity and profitability. *Journal of Animal Science* 81: 2915-2922.
- Rozeboom D. W. and L. J. Johnston. 2001. Nutritional Aspects of Sow Longevity. (online). Available: <http://www.pork.org/filelibrary/Factsheets/PIGFactsheets/NEWfactSheets/07-01-01g.pdf> (Aug. 10, 2013).
- Saito, H., Y. Sasaki and Y. Koketsu. 2011. Associations between age of gilts at first mating and lifetime performance or culling risk in commercial herds. *Journal of Veterinary Medical Science* 73: 555-559.
- Sasaki, Y. and Y. Koketsu. 2008. Sows having high lifetime efficiency and high longevity associated with herd productivity in commercial herds. *Livestock Production Science* 118: 140-146.
- Sasaki, Y. and Y. Koketsu. 2011. Reproductive profile and lifetime efficiency of female pigs by culling reason in high-performing commercial breeding herds. *Journal of Swine Health and Production* 19: 284-291.
- Sehested, E. 1996. Economy of sow longevity. *Proceedings of Nordiska Jordbruksforskarens Förening, Seminar no. 265. Research Centre Foulum, Denmark*, pp. 101-108.
- Schukken, Y. H., J. Buurman, R. B. Huirne, A. H. Willemse, J. C. Vernooy, J. Van den Broek, and J. H. Verheijden. 1994. Evaluation of optimal age at first conception in gilts from data collected in commercial swine herds. *Journal of Animal Science* 72: 1387-1392.

-
- Serenius, T., M.-L. Sevón-Aimonen, and E. Mäntysaari. 2001. The genetics of leg weakness in Finnish Large White and Landrace populations. *Livestock Production Science* 69: 101-111.
- Serenius, T., K. J. Stalder, and M. Puonti. 2006a. Impact of dominance effects on sow longevity. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123: 355-361.
- Serenius, T. and K. J. Stalder. 2004. Genetics of length of productive life and lifetime prolificacy in the Finnish Landrace and Large White pig populations. *Journal of Animal Science* 82: 3111-3117.
- Serenius, T. and K. J. Stalder. 2006a. Selection for sow longevity. *Journal of Animal Science* 84: E166-E171.
- Serenius, T., K. J. Stalder, T. J. Baas, J. W. Mabry, R. N. Goodwin, R. K. Johnson, O. W. Robison, M. Tokach, and R. K. Miller. 2006b. National Pork Producers Council Maternal Line National Genetic Evaluation Program: A comparison of sow longevity and trait associations with sow longevity. *Journal of Animal Science* 84: 2590-2595.
- Serenius, T., K. J. Stalder and R. L. Fernando. 2008. Genetic associations of sow longevity with age at first farrowing, number of piglets weaned, and wean to insemination interval in the Finnish Landrace swine population. *Journal of Animal Science* 86: 3324-3329.
- Sevilla, X. F. de, E. Fàbrega, J. Tibau and J. Casellas. 2008. Effect of leg conformation on survivability of Duroc, Landrace, and Large White sows. *Journal of Animal Science* 86: 2392-2400.
- Tarrés, J., J. P. Bidanel, A. Hofer and V. Ducrocq. 2006a. Analysis of longevity and exterior traits on Large White sows in Switzerland. *Journal of Animal Science* 84: 2914-2924.
- Tarrés, J., J. Tibau, J. Piedrafità, E. Fàbrega and J. Reixach. 2006b. Factors affecting longevity in maternal Duroc swine lines. *Livestock Production Science* 100: 121-131.
- Tummaruk, P., N. Lundeheim, S. Einarsson and A. -M. Dalin. 2001. Effect of birth litter size, birth parity number, growth rate, backfat thickness and age at first mating of gilts on their reproductive performance as sows. *Animal Reproduction Science* 66: 225-237.
- Veerkamp, R. F., S. Brotherstone, T. H. E. Meuwissen. 1999. Survival analysis using random regression models. *InterbullBull.* 26: 36-40
- Xue, J., G. D. Dial, W. E. Marsh and T. Lucia. 1997. Association between lactation length and sow reproductive performance and longevity. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 210: 935-938.
- Yazdi, M., L. Rydhmer, E. Ringmar-Cederberg, N. Lundeheim and K. Johansson. 2000. Genetic study of longevity in Swedish Landrace sows. *Livestock Production Science* 63: 255-264.
-