



คู่มือตรวจรับรองมาตรฐานหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำ
ตามหลักพันธุศาสตร์

กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ
กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คำนำ

ตามที่กรมประมงได้มอบนโยบายให้กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ รับผิดชอบในการช่วยวางแผนการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำให้กับหน่วยผลิตสัตว์น้ำของกรมประมง ให้สามารถบริหารจัดการพันธุ์กรรมพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ถูกต้องเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วประเทศ

กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ จึงได้จัดทำคู่มือตรวจรับรองมาตรฐานหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำ และตรวจรับรองมาตรฐานหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำให้เป็นไปตามหลักพันธุศาสตร์ โดยคู่มือฉบับนี้มีเนื้อหาประกอบด้วย การบริหารจัดการประชากรสัตว์น้ำเพื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ การบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์พร้อมด้วยแบบให้คะแนนและแบบฟอร์มต่างๆ ที่ใช้ประกอบการตรวจประเมิน กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ปฏิบัติงาน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานทั้งในส่วน of หน่วยผลิตสัตว์น้ำและผู้ตรวจประเมินให้บรรลุเป้าประสงค์ต่อไป

กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์กรรมสัตว์น้ำ

สารบัญ

	หน้า
การบริหารจัดการประชากรสัตว์น้ำเพื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ	1
ผลกระทบเชิงพันธุกรรมของการปล่อยสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยง	2
แนวทางในการลดผลกระทบเชิงพันธุกรรมต่อประชากรธรรมชาติ	8
การบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์	11
Effective population size (N_e)	13
การสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมในโรงเพาะฟัก	19
หลักการจัดการพันธุกรรมพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงในโรงเพาะฟัก	22
วิธีการดำเนินการบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์	30
แบบให้คะแนนของผู้ตรวจประเมิน (Checklist) หน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำจืด	42
แบบให้คะแนนของผู้ตรวจประเมิน (Checklist) หน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำชายฝั่ง	52
ใบสมัครเพื่อขอรับการตรวจรับรอง “หน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์” (กพก.ตร.1)	64
แบบให้คะแนน “การตรวจรับรองหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำจืดตามหลักพันธุศาสตร์”(กพก.ตร.2)	65
แบบให้คะแนน “การตรวจรับรองหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำชายฝั่งตามหลักพันธุศาสตร์”(กพก.ตร.2)	68
รายงานข้อบกพร่อง (กพก.ตร.3)	72
แนวทางการแก้ไขจากหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์ (กพก.ตร.4)	73
บรรณานุกรม	75

ภาคผนวก

ภาคผนวก ตารางบันทึกข้อมูล

การบริหารจัดการประชากรสัตว์น้ำเพื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ*

การปล่อยสัตว์น้ำสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมักเกิดจากความตั้งใจปล่อยและไม่ได้ตั้งใจปล่อย ในกรณีแรกมักเกิดจากกิจกรรมการปล่อยสัตว์น้ำเพื่อมุ่งเน้นการเพิ่มผลผลิตสัตว์น้ำในแหล่งน้ำ (stock enhancement) (FAO, 2000) ส่วนในกรณีที่สองมักเกิดจากการหลุดรอดของสัตว์น้ำจากกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การปล่อยสัตว์น้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตมีวัตถุประสงค์แตกต่างกันในแต่ละประเทศ ยกตัวอย่างเช่นการปล่อยสัตว์น้ำเพื่อวัตถุประสงค์ในการเร่งฟื้นฟูทรัพยากรประมงที่ลดลงเนื่องจากการประมงเกินขนาด (overfishing) (ISSESR, 2018) แม้การปล่อยสัตว์น้ำอาจช่วยเพิ่มผลผลิตของทรัพยากรประมงในแหล่งน้ำธรรมชาติ การพิจารณาผลกระทบเชิงพันธุกรรมตลอดจนผลกระทบเชิงระบบนิเวศของการปล่อยสัตว์น้ำสู่แหล่งน้ำมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าการเพิ่มจำนวนสัตว์น้ำ เนื่องจากทรัพยากรทางพันธุกรรมของสัตว์น้ำมีมูลค่าสูงไม่สามารถประเมินได้ อีกทั้งพันธุกรรมสัตว์น้ำในธรรมชาติยังเป็นอีกหนึ่งปัจจัยของความสามารถในการปรับตัวและอยู่รอดของสัตว์น้ำ (fitness) จากการคัดเลือกในธรรมชาติ (natural selection) และยังเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดของการสร้างประชากรพื้นฐานเพื่อการปรับปรุงพันธุ์อีกด้วย ผลกระทบเชิงพันธุกรรมของประชากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติมักถูกกลืนหรือมองข้าม ซึ่งผลกระทบบางประการ เมื่อเกิดขึ้นแล้วอาจไม่สามารถแก้ไขได้ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียแหล่งพันธุกรรมสัตว์น้ำของประเทศอย่างถาวร

ปัจจุบัน ผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่อาจเกิดขึ้นจากการปล่อยสัตว์น้ำในประเทศไทยยังมีการศึกษาค่อนข้างจำกัด ทำให้ไม่สามารถประเมินผลกระทบต่อทรัพยากรสัตว์น้ำของประเทศที่อาจเกิดขึ้นแล้ว อย่างไรก็ตามการศึกษผลกระทบเชิงพันธุกรรมชนิดอื่นในต่างประเทศ เช่น ในปลากลุ่ม salmonids ได้มีการรวบรวมข้อมูลตลอดจนการทบทวนวรรณกรรม และศึกษาผลกระทบเชิงพันธุกรรมมาแล้วเป็นเวลานาน สามารถนำมาใช้เป็นกรณีศึกษาและเพิ่มความเข้าใจต่อผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับทรัพยากรสัตว์น้ำของประเทศไทยได้

ปริมาณการปล่อยสัตว์น้ำสู่แหล่งน้ำธรรมชาติโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ (Intentional and accidental releases)

ในแต่ละปีมีสัตว์น้ำที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติเป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์แตกต่างกัน เช่น การปล่อยเลี้ยงในทะเล (sea ranching) การปล่อยเพื่อการกีฬา หรือการปล่อยเพื่อการประมงพาณิชย์ (commercial fisheries) การปล่อยปลาโดยตั้งใจในต่างประเทศเช่น ปลา Atlantic salmon ในมหาสมุทร North Atlantic และ Baltic drainage จำนวน 8 ล้านตัว และปลาชนิดอื่นในกลุ่ม salmonids เป็นจำนวน 4 พันล้านตัว (Isaksson 1988) ในประเทศไทยกรมประมงปล่อยสัตว์น้ำโดยตั้งใจปีละ 1 พันล้านตัว (ที่มา: แผนปฏิบัติงานกรมประมงประจำปีงบประมาณ 2561) และมีแนวโน้มลดจำนวนการปล่อยลงเหลือ 600 ล้านตัวในปี 2562 ทั้งนี้ จำนวนดังกล่าวไม่รวมสัตว์น้ำจากการเลี้ยงและหลุดรอดลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติในแต่ละปี

*ผู้เขียน (ปัญญา แซ่ลิ้ม ศพก. ปทุมธานี) อ้างอิงบางส่วนจากการแปลเอกสารวิชาการ Genetic Effects of Cultured Fish on Natural Fish Population โดย Hindar *et al.*, 1991

กรณีสัตว์น้ำจากการปล่อยโดยไม่ตั้งใจ จากการรายงานของเอกสารวิชาการพบว่า ปลา Atlantic salmon ที่มีการหลุดจากการเลี้ยงไปสู่แหล่งน้ำตลอดแนวของ Norwegian sea มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นตามจำนวนปลา Atlantic salmon ที่มีการเพาะเลี้ยง ในปี 1989 ปลา Atlantic salmon ที่หลุดไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติในประเทศนอร์เวย์มีปริมาณสูงถึง 115,000 ตัน ส่วนมากมักเกิดจากสภาพอากาศ เช่น พายุ รวมถึงความเสียหายของกระชังเลี้ยงปลา Atlantic salmon ทำให้เกิดการปล่อยปลาโดยไม่ตั้งใจ พายุในช่วงเดือนธันวาคมในปี 1988 ถึงมกราคมในปี 1989 ส่งผลให้มีปลา Atlantic salmon หลุดรอดจากฟาร์มเลี้ยงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมากถึง 1.2 ล้านตัว (1200 ตัน) ในปี 1987-1988 มีการสำรวจอัตราส่วนปลา Atlantic salmon ที่หลุดมาจากการเลี้ยง และมีการวางไข่เทียบกับปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ว่ายน้ำกลับมาวางไข่ในแม่น้ำทางตอนใต้ของประเทศนอร์เวย์ พบว่ามีปลา Atlantic salmon ที่หลุดมาจากการเพาะเลี้ยงโดยเฉลี่ย 13-28% และสูงถึง 80% ในบริเวณที่อยู่ใกล้กับการปลา Atlantic salmon นอกจากนี้มีรายงานการหลุดรอดของปลาในกลุ่ม salmonids ว่ายน้ำไปสู่แม่น้ำในประเทศอื่น เช่น Ireland (4-28%) Scotland (ประมาณ 20%)

สัตว์น้ำที่หลุดไปในแหล่งน้ำธรรมชาติสามารถสืบพันธุ์ได้ เช่นจากการรายงานโดย Jonsson *et al.* (1990) พบว่าปลา Atlantic salmon จากการเลี้ยงสามารถสืบพันธุ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานใน steelhead trout (Chilcote *et al.*, 1986; Leider *et al.*, 1990; Campton *et al.*, 1991) ในประเทศไทย ยังไม่มีการสำรวจปริมาณสัตว์น้ำที่หลุดรอดจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่แน่ชัด ดังนั้นการสำรวจและติดตามการหลุดรอดของสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงจึงมีความจำเป็นมากขึ้นในการบริหารจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำเชิงพันธุกรรมในธรรมชาติต่อไป

ผลกระทบเชิงพันธุกรรมของการปล่อยสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยง

ดังที่กล่าวไว้แล้วในตอนต้นว่าการศึกษาผลกระทบเชิงพันธุกรรมของการปล่อยสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติยังมีน้อย ในส่วนนี้ผู้เขียนจะนำตัวอย่างผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่มีการสังเกตจริง (empirical observations) ในกลุ่มปลา salmonids และมีการรวบรวมใน review paper โดย Hindar *et al.*, 1991 มาใช้เป็นกรณีศึกษาผลกระทบจากการปล่อยสัตว์น้ำต่างถิ่น (exogenous individuals) ต่อประชากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ (wild populations) สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การผสมเลือดชิด (inbreeding) การแข่งขัน (competition) และการปนเปื้อน (contamination) เช่นในประเด็นเรื่องโรคสัตว์น้ำผลกระทบเชิงพันธุกรรมในส่วนของ การผสมเลือดชิดค่อนข้างชัดเจน ในขณะที่อีกสองส่วนที่เหลือจะมีความสัมพันธ์กับพันธุกรรมของสัตว์น้ำท้องถิ่นในแหล่งน้ำธรรมชาติ และจะมีการอธิบายเพิ่มเติมในลำดับถัดไป

1. โครงสร้างทางพันธุกรรม (Genetic structure)

ผลลัพธ์ที่เกิดจากการปล่อยสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติมีหลายรูปแบบ

- 1.1. การหายไปของสัตว์น้ำท้องถิ่น (displacement of indigenous stocks) เนื่องการปล่อยปลาต่างถิ่น (exogenous fish) ในปริมาณมาก ตัวอย่างของการหายไปของสัตว์น้ำท้องถิ่นมีรายงานในปลา chum salmon ในแม่น้ำ Naiba River บนเกาะ Sakhalin, USSR หลังจากมีการย้ายไข่ปลาชนิดดังกล่าวจาก Kalininka River ไปยัง Naiba River ในช่วงอายุถัดมาไม่มีปลาท้องถิ่นอพยพกลับมาที่ Naiba River อีกเลย (Altukhov 1981)
- 1.2. การปนเปื้อนทางพันธุกรรม (introgression) ระหว่างประชากรในดั้งเดิม (native population) กับประชากรสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยง (exogenous cultured population) เช่น ระหว่างปลา brown trout จาก Northern Ireland และ France (Taggart and Ferguson 1986; Guyomard 1989) ระหว่างปลา rainbow trout ใน Washington State กับ ปลาพื้นถิ่นในกลุ่ม cutthroat trout (*Oncorhynchus clarki*) ใน western United States (Allendorf and Leary 1988) ในบางกรณี มีประชากรสัตว์น้ำที่ปนเปื้อนทางพันธุกรรมอยู่ร่วมกับประชากรปลาท้องถิ่นในพื้นที่เดียวกัน ทำให้เกิดความกังวลอย่างมากว่าประชากรปลาท้องถิ่นจะสูญเสียไปกับการปนเปื้อนทางพันธุกรรมทั้งหมดหรือสูญหายไป (displacement) (Allendorf *et al.*, 1980; Ryman 1981b; Allendorf and Leary 1988; Garcia-Marin *et al.*, 1991) ในประเทศไทยการศึกษาด้านนี้ยังมีอยู่น้อย ตัวอย่างชัดเจนที่สุดคือการปนเปื้อนทางพันธุกรรมระหว่างปลาดุกแอฟริกา *Clarias gariepinus* กับปลาดุกอุยพื้นถิ่น (*Clarias macrocephalus*) ทั้งในประชากรธรรมชาติและประชากรโรงเพาะฟักถึง 12 ประชากร (Na-Nakorn *et al.*, 2004)
- 1.3. Simon (1972) ได้เสนอแนวความคิดการลดลงของ genetic divergence ของประชากรปลา chinook salmon จากโรงเพาะฟักหลายแห่งใน Columbia River ตอนล่างของประเทศสหรัฐอเมริกา เนื่องจากการขนย้ายปลาระหว่างโรงเพาะฟักในอัตราสูง ส่งผลให้ความถี่อัลลีล (allele frequencies) ของ 25 ตำแหน่ง (loci) มีความคล้ายคลึงกันระหว่างประชากรในแต่ละโรงเพาะฟัก (Utter *et al.*, 1989) ซึ่งผลกระทบระดับโครงสร้างของพันธุกรรมของประชากรรูปแบบนี้ได้มีการสังเกตพบในประชากรปลา brown trout ธรรมชาติของประเทศ Sweden หลังจากมีการปล่อยปลาจากประชากรโรงเพาะฟักลงแหล่งน้ำธรรมชาติ (Ryman 1981b) ด้วยเช่นกัน
- 1.4. การปล่อยปลากลุ่ม salmonids ในพื้นที่นอกแหล่งอาศัยเดิมของปลาส่งผลให้เพิ่มอัตราการเกิด interspecific hybridization หรือการผสมข้ามระหว่าง species เช่น ระหว่างปลา brown trout ที่มีการปล่อยกับปลา Atlantic salmon พื้นถิ่นใน Newfoundland (Verspoor 1988) และระหว่างปลา rainbow trout ที่มีการปล่อยกับปลา cutthroat trout พื้นถิ่นในแถบทางตะวันตกของ

ประเทศสหรัฐอเมริกา (Allendorf and Leary 1988) นอกจากนี้ในการศึกษาของ Garcia de Leániz and Verspoor (1989) พบว่าการปล่อยปลาชนิดหนึ่งในแหล่งน้ำที่มีปลาอีกสองชนิดอาศัยอยู่ร่วมกันอาจเพิ่มโอกาสการเกิด interspecific hybridization มากขึ้น

- 1.5. ในทางตรงกันข้าม มีรายงานไม่พบการปนเปื้อนทางพันธุกรรมในประชากรพื้นถิ่นแม้มีการปล่อยสัตว์น้ำเป็นจำนวนมากลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งนี้สาเหตุที่เป็นไปได้อาจเกิดจากประชากรสัตว์น้ำที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสูญเสียความสามารถในการขยายพันธุ์ในสิ่งแวดล้อมใหม่ ตัวอย่างหนึ่งที่ชัดเจนคือปลา rainbow trout ในพื้นที่แห้งแล้งทางตอนใต้ของรัฐ Idaho ประเทศสหรัฐอเมริกา (Wishard *et al.*, 1984)

2. อิทธิพลทางพันธุกรรมต่อลักษณะทางศักยภาพ (Genetic effects on performance traits)

- 2.1 ขนาดประชากรสัตว์น้ำมีขนาดเล็กลง สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งในประชากรสัตว์น้ำที่ปล่อย และประชากรสัตว์น้ำพื้นถิ่น ในอดีต ได้เคยมีการปล่อยปลา coho salmon ระยะ presmolt จากโรงเพาะฟัก โดยมีวัตถุประสงค์ในการสร้างประชากรปลาใหม่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ 15 แหล่ง แม้ว่าความหนาแน่นของปลาระยะ juvenile ในแหล่งน้ำที่ปล่อยมีมากกว่าแหล่งน้ำที่ไม่มีการปล่อยปลา 15 แหล่ง ความหนาแน่นของปลาวัย adult ที่ว่ายน้ำกลับมายังแม่น้ำของทั้งสองกลุ่ม (กลุ่มแม่น้ำที่มีการปล่อยและกลุ่มแม่น้ำที่ไม่มีการปล่อย) กลับไม่มีความแตกต่างกัน นอกจากนี้ ปลาในระยะ juvenile ในแม่น้ำที่มีการปล่อยมีจำนวนลดลงกว่าแม่น้ำที่ไม่มีการปล่อยในชั่วอายุถัดมา สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวคือปลา coho salmon จากโรงเพาะฟักมีการวางไข่ในระยะก่อน (early spawning) ที่จะว่ายน้ำไปถึงแหล่งน้ำที่ปล่อยปลา

ในกรณีประชากรสัตว์น้ำท้องถิ่นมีขนาดเล็กลงนั้น ตัวอย่างหนึ่งที่สามารถใช้เป็นการศึกษาได้คือการลดจำนวนปลา Atlantic salmon ในแม่น้ำหลายแห่งของประเทศนอร์เวย์ เนื่องจากการระบาดของปรสิต *Gyrodactylus salaris* ที่ติดมากับปลา Atlantic salmon ที่มาจาก Baltic drainage (Johnsen and Jensen 1986) เนื่องจากปลา Atlantic salmon ในประเทศนอร์เวย์ไม่มีภูมิคุ้มกันโรคปรสิตเหมือนประชากรปลา Atlantic salmon ที่มาจาก Baltic drainage มีผลทำให้ตั้งแต่ปี 1990 ประชากรปลา Atlantic salmon ในแม่น้ำมากกว่า 30 แห่งของประเทศนอร์เวย์มีจำนวนลดลงจากการตายด้วยโรคปรสิตที่ระบาดในแหล่งน้ำ (Bakke *et al.*, 1990)

อีกตัวอย่างหนึ่งที่คล้ายกัน คือ การลดจำนวนลงของปลา coho salmon ใน Yaguina River ซึ่งอยู่ในบริเวณใกล้สถานที่ที่ปล่อยเลี้ยงในทะเล (sea ranching) ขนาดใหญ่ของรัฐ Oregon ประเทศสหรัฐอเมริกา การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (environmental changes) ที่เกิดจากกิจกรรมการปล่อยปลาลงเลี้ยงในทะเลเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ปลา coho salmon ในประชากร

ธรรมชาติมีจำนวนลดลง เนื่องจากผู้ล่าในระบบนิเวศเพิ่มจำนวนมากขึ้น (artificially attracted) จากการที่ปล่อยปลาเลี้ยงในทะเล ส่งผลให้จำนวนปลา coho salmon พื้นถิ่นลดลงจากการถูกล่า

- 2.2 สัตว์น้ำที่มาจาก การเพาะเลี้ยงมักไม่ได้รับโอกาสให้ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมที่ปลาถูกปล่อย จากการศึกษาของ Reisenbichler and McIntyre (1977) พบว่าพันธุกรรมของปลาชนิดเดียวกันแต่มาจากต่างประชากรมีผลต่อความสามารถในการอยู่รอดของปลา steelhead trout ซึ่งปลาจากแหล่งธรรมชาติ (wild stock) มีอัตราการรอดในระยะ juvenile สูงกว่าปลาที่มาจาก การเลี้ยง (exogenous culture fish) หรือลูกผสม (hybrid) ระหว่างปลาทั้งสองกลุ่ม นอกจากนี้ยังพบผลการศึกษาที่คล้ายคลึงกันในปลา masu salmon (Mayama *et al.*, 1989) พบว่าประชากรปลาในโรงเพาะฟักที่ผ่านกระบวนการ domestication อาจเกิดการสูญเสียความสามารถบางประการเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ เช่นความทนทานในการว่ายน้ำ (swimming stamina) (Green 1964) พฤติกรรมหวงถิ่น (territorial behaviour) (Norman 1987) และพฤติกรรมการซ่อนตัว (concealment behaviour) (Vincent 1960) จากการหลายการศึกษา มีการระบุว่าสัตว์น้ำลูกผสมระหว่างประชากรจากการเลี้ยง และจากธรรมชาติ มักมีศักยภาพของลักษณะนั้นอยู่กึ่งกลางระหว่างพ่อแม่ของทั้งสองประชากร (Bams 1976; Brannon 1982; Hemmingsen *et al.*, 1986) ซึ่งเป็นการระบุถึงการปรับตัวให้เข้ากับถิ่นของประชากรสัตว์น้ำในแหล่งน้ำนั้น

ผลกระทบเชิงพันธุกรรมโดยสรุป

จากรายงานผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่ได้มีการรวบรวมมานั้นสนับสนุนความกังวลของผลกระทบเชิงลบที่คาดไว้จากปฏิสัมพันธ์ระหว่างประชากรปลา salmonids จากธรรมชาติและจากการเพาะเลี้ยงดังต่อไปนี้

1. การขยายตัวของการเลี้ยงสัตว์น้ำในทะเล (marine net-pen rearing) ได้ส่งผลให้ปลาจากการเพาะเลี้ยงหลุดรอดโดยไม่ตั้งใจ (accidental escapes) มีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ยกตัวอย่างเช่น จำนวนปลา salmon ที่หลุดไปในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ว่ายน้ำไปวางไข่ในแม่น้ำหลายแห่งในจำนวนที่สูงกว่าปลาจากธรรมชาติ และปลาจากการเลี้ยงหลายตัวประสบความสำเร็จในการวางไข่ผสมพันธุ์
2. ผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่เกิดจากการอยู่ร่วมกันระหว่างปลาจากการเพาะเลี้ยง และปลาพื้นถิ่นมีตั้งแต่การปนเปื้อนทางพันธุกรรมโดยสมบูรณ์ (complete introgression) จนถึงไม่มีผลเลยในเชิงโครงสร้างพันธุกรรมของประชากร
3. ผลกระทบทางอ้อมที่ทำให้ขนาดประชากรสัตว์น้ำธรรมชาติลดลง เมื่อมีการปนเปื้อนทางพันธุกรรมจากการปล่อยสัตว์น้ำจำนวนมาก เป็นผลมาจากการจับสัตว์น้ำ (harvest) ที่เพิ่มขึ้น หรือมีผู้ล่าในธรรมชาติเพิ่มขึ้น

4. แม้ยังมีหลักฐานที่บ่งชี้โดยตรงอย่างจำกัด อย่างไรก็ตาม เป็นที่แน่ชัดว่าประชากรปลาในกลุ่ม salmonids มีการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมที่จำเพาะเจาะจง ดังนั้น ยีนจากภายนอกประชากรที่มีการถ่ายเทเข้าไปในจำนวนมาก ย่อมส่งผลกระทบต่อเชิงลบ ตัวอย่างบางตัวอย่างได้บ่งชี้แล้วว่าจำนวนปลาในแหล่งน้ำธรรมชาติลดลงอย่างรุนแรงหลังจากได้มีการปล่อยปลาจากการเลี้ยงลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

แนวทางในการลดผลกระทบเชิงพันธุกรรมต่อประชากรธรรมชาติ (Strategies for minimizing genetic impact on natural populations)

ความต้องการในการเพาะสัตว์น้ำเพื่อปล่อย และการหลุดรอดของสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่จากผลการศึกษาในหลายกรณี พบว่ากิจกรรมทั้งสองส่วนนี้มีผลกระทบเชิงพันธุกรรมต่อทรัพยากรสัตว์น้ำในธรรมชาติ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการหาวิธีลดผลกระทบเชิงลบที่เกิดขึ้น

1. การเพาะเลี้ยงแบบปิด (closed culture)

วิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดการถ่ายเทยีน (gene flow) คือการป้องกันการหลุดรอดสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงสู่แหล่งน้ำ (escaped fish) วิธีการนี้อาจมีข้อโต้แย้งจากผู้เพาะเลี้ยงว่าจำนวนปลาที่หลุดรอดในปัจจุบันเป็นจำนวนน้อยที่สุด เพราะคงไม่มีใครจะเลี้ยงปลาเพื่อปล่อยให้หลุดรอดไปจนมีผลต่อผลประกอบการของฟาร์มเกษตรกรผู้เลี้ยงปลา อย่างไรก็ตามปลาที่หลุดรอดไปนั้นอาจส่งผลกระทบมากกว่าที่คาดคิด อาจส่งผลกระทบทำให้ประชากรปลาธรรมชาติสูญเสียความเป็นปลาธรรมชาติไป (integrity of the wild populations)

กิจกรรมการเพาะเลี้ยงในแหล่งน้ำธรรมชาติอาจย้ายมาทำบนบกแทน เช่น การเลี้ยงปลา coho salmon ในทะเลในแถบในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เปลี่ยนมาดำเนินการบนบก (land based facility) สาเหตุที่เกษตรกรผู้เลี้ยงย้ายนั้นเนื่องจากปัญหาโรคสัตว์น้ำ ผู้ล่า และปัญหาในการดำเนินกิจกรรมการเลี้ยงในทะเล ซึ่งสามารถใช้เป็นรูปแบบในการประยุกต์ใช้กับสัตว์น้ำชนิดอื่นได้

ในประเทศไทย สัตว์น้ำที่ใช้ในกิจกรรมเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบางชนิดมาจากการปรับปรุงพันธุ์ (selective breeding) ซึ่งมีความแตกต่างเชิงพันธุกรรมกับประชากรพื้นถิ่น (ถ้ามี) มาก การพิจารณาระบบการเลี้ยงตลอดจนสถานที่ดำเนินการเพื่อป้องกันโอกาสของสัตว์น้ำจากการเพาะเลี้ยงหลุดรอดลงสู่แหล่งน้ำทุกช่องทางจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก และต้องมีการควบคุมอย่างเข้มงวด และต่อเนื่องเพื่อลดผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่เกิดขึ้นกับแหล่งพันธุกรรมทรัพยากรประมงต่อไป

2. การทำให้เป็นหมัน (Sterilization)

การทำให้สัตว์น้ำเป็นหมันเป็นแนวทางหนึ่งในการลดการถ่ายเทยีน สามารถใช้ได้ทั้งในการเลี้ยงสัตว์น้ำในระบบปิด และการปล่อยเลี้ยงในทะเล (sea ranching) การทำหมันสามารถทำได้โดยใช้ฮอร์โมน หรือการเพิ่มจำนวนโครโมโซม (triploidy)

อย่างไรก็ตามปลาที่เป็นหมันที่หลุดรอดลงแหล่งน้ำ ยังสามารถเป็นพาหะนำเชื้อโรคไปสู่ประชากรสัตว์น้ำในธรรมชาติ นอกจากนี้จากรายงานพบว่าปลา coho salmon ที่ เป็นหมันและมีการปล่อยลงสู่แหล่งน้ำใกล้กับ Vancouver, British Columbia ในประเทศ Canada (Solar et al., 1986) มีช่วงชีวิตที่ยาวนานขึ้นกว่าปกติ 2 ปีขึ้นไป มีความเป็นไปได้ที่ปลาตัวผู้ที่เป็นหมันยังคงพฤติกรรมผสมพันธุ์และเข้าแย่งผสมพันธุ์กับปลาตัวผู้ที่ไม่เป็นหมัน เนื่องจากปลาที่เป็นหมันยังคงมีการพัฒนาลักษณะของเพศในช่วงที่สอง (secondary sexual characteristics) และยังมีบางส่วนของเนื้อเยื่อ gonad ที่ได้รับการพัฒนา (E. M. Bonaldson, Department of Fisheries and Oceans, pers comm.) แนวทางการแก้ไขปัญหานี้คือใช้ประชากรหมันเพศเดียว เช่นเพศเมียล้วน อย่างไรก็ตามการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความเข้าใจและหาข้อมูลเชิงประจักษ์ยังมีความต้องการอีกมาก การปล่อยปลาเป็นหมันสามารถพิจารณาให้เป็นทางเลือกสำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอย่างรับผิดชอบ (responsible option for aquaculture)

3. การจำกัดบริเวณ (Localization)

การถ่ายเทยีนจากปลาที่มาจากการเลี้ยงสามารถทำให้ลดลงได้ โดยการจำกัดบริเวณของพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ การจำกัดบริเวณปล่อยปลา จากรายงานการศึกษาก่อนหน้าพบว่า อัตราส่วนของปลา Atlantic salmon จากการเลี้ยงมีค่าน้อยลงตามระยะห่างระหว่างแม่น้ำกับจุดที่มีฟาร์มเลี้ยงปลา โดยในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงปลาอย่างหนาแน่น มีค่าอัตราส่วนระหว่างปลาจากการเลี้ยงกับปลาจากธรรมชาติสูงถึง 80% และอัตราส่วนนี้ลดลงเมื่อระยะห่างจากบริเวณที่เลี้ยงปลามากขึ้น (Gausen and Moen 1991) แม้ว่าแม่น้ำที่ห่างไกลจากบริเวณที่มีการเลี้ยงปลาจะไม่ได้รับการปกป้องจากผลกระทบอย่างสมบูรณ์ แต่ปลาจากการเลี้ยงมีโอกาสรอดสู่แหล่งน้ำเหล่านี้ในจำนวนที่น้อยกว่า เมื่อเทียบกับอีกแหล่งน้ำที่อยู่ใกล้บริเวณฟาร์มสัตว์น้ำ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดผลกระทบเชิงพันธุกรรมอยู่อัตราที่ต่ำ

ปลาที่มาจากการเพาะเลี้ยงสามารถอพยพจากทะเลมายังแม่น้ำเพื่อวางไข่ผสมพันธุ์ ดังนั้นการจับปลาเหล่านี้ในขณะที่ยังอยู่ในทะเลจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดการถ่ายเทยีน การพัฒนาเครื่องมือประมงที่ทำให้สามารถเลือกจับเฉพาะปลาที่มาจากการปล่อยเป็นสิ่งที่มีความจำเป็น โดยอาจใช้ความแตกต่างของรูปแบบการอพยพของปลาที่มาจากการเลี้ยงและจากธรรมชาติมาประยุกต์ใช้ (Hansen et al., 1987, 1989; Gunnerød et al., 1988; Jonsson et al., 1990)

การปล่อยเลี้ยงในทะเลควรปล่อยปลาระยะ smolt ในแม่น้ำขนาดใหญ่ที่จุดทางน้ำเข้าทางเดียว เนื่องจากวิธีนี้จะช่วยให้โอกาสที่ปลาเหล่านี้ไปอยู่ที่แม่น้ำอื่นในภายหลังลดน้อยลง (Quinn and Fresh 1984) แหล่งน้ำที่เคยสูญเสียประชากรปลากลุ่ม salmonids เนื่องจากมลภาวะ หรือจากการทำโรงผลิตพลังงานน้ำ จะเป็นแหล่งน้ำที่มีความเหมาะสมในการทำการปล่อยเลี้ยง สำหรับทางเลือกอื่นที่มีความเป็นไปได้คือการจำกัดพื้นที่สำหรับการปล่อยเลี้ยงในทะเล นโยบายนี้ได้มีการใช้ใน Washington State Department of Fisheries โดยมีการแบ่งพื้นที่ 25% ของ Puget Sound สำหรับการปล่อยเลี้ยงปลา coho salmon (ผลิตในโรงเพาะฟัก) ในขณะที่พื้นที่ส่วนที่เหลือจะใช้เพื่อการขยายพันธุ์ของประชากรธรรมชาติ (Wright, 1981) นโยบายนี้สะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของประชากรสัตว์น้ำธรรมชาติ (wild populations) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ทำการประมงที่ขึ้นอยู่กับประชากรที่มาจากทั้งโรงเพาะฟักและจากธรรมชาติ

4. ความแตกต่างทางพันธุกรรมน้อยที่สุดจากประชากรพื้นถิ่น (Minimal genetic differences from indigenous populations)

ผลกระทบจากการถ่ายเทยีนสามารถลดลงได้โดยการลดความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากรปลาที่ทำการเพาะปล่อย (released fish) หรือประชากรปลาที่หลุดรอด (escaping fish) กับประชากรธรรมชาติ โดยการทำการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ทั้งประชากรเพื่อการเลี้ยงและปล่อย) ให้ใช้ประชากรพื้นถิ่นเท่าที่จะเป็นไปได้ กระบวนการนี้ไม่สามารถป้องกันความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่างประชากรเพาะเลี้ยงกับประชากรธรรมชาติ เนื่องจากประชากรเพาะเลี้ยงผ่านการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเลี้ยง (domestication) ตลอดจนการปรับปรุงพันธุ์ (selective breeding) แต่อย่างน้อยที่สุดอาจช่วยป้องกันการนำพายีนที่มาจากต่างถิ่น รวมไปถึงเชื้อโรคมาสู่ประชากรพื้นถิ่นได้ (local wild populations)

การติดตามผลกระทบทางพันธุกรรมของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (Monitoring the genetic effects of aquaculture)

ก่อนปล่อยสัตว์น้ำลงสู่แหล่งธรรมชาติแหล่งหนึ่ง จำเป็นต้องทำการบ่งชี้และประมาณค่าความแตกต่างทางพันธุกรรม (genetic differences) ระหว่างประชากรจากการเพาะเลี้ยงและจากธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าประชากรทั้งสองประชากรมีโอกาสเกิดการถ่ายเทยีนขึ้น ข้อมูลเชิงพันธุกรรมที่เพียงพอของประชากรเพาะเลี้ยงและประชากรในแหล่งน้ำธรรมชาติจึงมีความสำคัญ และควรมีไว้ใช้ในการจัดการทรัพยากรประมง

โดยปกติแล้วประชากรสัตว์น้ำสำหรับการเพาะเลี้ยงไม่ได้ถูกสร้างเพื่อให้สามารถตรวจสอบหรือจำแนกออกจากประชากรธรรมชาติได้ การใช้เครื่องหมายทางพันธุกรรมจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่มีความจำเป็นมาใช้ประโยชน์ สำหรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำระยะสั้นโดยใช้พ่อแม่พันธุ์จากแหล่งน้ำที่จะทำการปล่อยมาใช้ในการขยายพันธุ์ (Allendorf and Ryman 1987) การใช้เครื่องหมายพันธุกรรมในการบ่งชี้หรือจำแนกประชากร

ปลาจากการเพาะเลี้ยงออกจากประชากรธรรมชาติเป็นกระบวนการที่สำคัญขั้นแรกในการศึกษาผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่เกิดขึ้นจากการปล่อยปลาลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ และช่วยให้ผู้ปฏิบัติได้เข้าใจถึงผลกระทบที่แท้จริง

ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่อาจเป็นประโยชน์ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในประชากรคือความแปรปรวนของลักษณะทางสัณฐานวิทยา ซึ่งสามารถวัดได้จากการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของลักษณะที่ไม่สมมาตร (asymmetry of bilateral characters) (Leary *et al.*, 1985) การเพิ่มขึ้นของลักษณะที่ไม่สมมาตรเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรม (Allendorf and Ryman 1987)

การติดตามลักษณะไม่สมมาตรในประชากรธรรมชาติจากการเกิดการถ่ายเทยีนระหว่างประชากรที่ปล่อยโดยไม่ตั้งใจหรือตั้งใจกับประชากรเพาะเลี้ยงนั้น จะสามารถดำเนินการได้ก็ต่อเมื่อมีข้อมูลที่เพียงพอเพื่อใช้ในการจำแนกประชากรทั้งสองประชากรออกจากกัน การปนเปื้อนทางพันธุกรรมเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องแก้ไขโดยการปรับเปลี่ยนแนวทางการปฏิบัติงานในกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ นอกจากนี้ การติดตามผลกระทบเชิงพันธุกรรมต้องไม่ถูกนำมาใช้เป็นข้ออ้างในการ “ไม่ทำอะไร” กับกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ทั้งสำหรับการปล่อยและการเลี้ยง) ที่ส่งผลกระทบเชิงพันธุกรรม

ข้อเสนอแนะจาก Fish Gene Pools Symposium

1. กิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรมีการดำเนินการโดยลดโอกาสการเกิดการถ่ายเทยีน (gene flow) ไปสู่ประชากรธรรมชาติ (wild populations) ให้มากที่สุด
2. อุปกรณ์ เครื่องมือ และฟาร์มที่ใช้ในการดำเนินการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ควรถูกออกแบบเพื่อลดโอกาสการหลุดรอดหรือหลบหนีของประชากรปลาจากการเพาะเลี้ยงไปสู่แหล่งน้ำธรรมชาติให้ได้มากที่สุด
3. สถานที่ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและจุดที่ทำการปล่อยสัตว์น้ำ ควรถูกเลือกหรือควรถูกกำหนดโดยพิจารณาจากการลดผลกระทบต่อประชากรธรรมชาติให้น้อยที่สุด นอกจากนี้ควรมีการจัดทำพื้นที่ที่มีการป้องกันโดยสมบูรณ์ (complete protection) เพื่อรักษาประชากรธรรมชาติและควรจัดตั้งในจุดที่ได้รับผลกระทบจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือการปล่อยสัตว์น้ำให้มากที่สุด
4. การย้ายสัตว์น้ำจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่ง ควรดำเนินการอย่างเข้มงวดและป้องกันการขนย้ายสัตว์น้ำที่เป็นพาหะเชื้อก่อโรค (pathogen) ไปสู่อีกแหล่งหนึ่งที่ไม่มีความคุ้มกันสำหรับโรคที่มากับสัตว์น้ำต่างถิ่น
5. ข้อมูลลักษณะทางพันธุกรรมของประชากรธรรมชาติ เช่น ความถี่อัลลีล จำนวนครั้งในการผสมพันธุ์ ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับชีวประวัติ และอื่นๆที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงพันธุกรรมโดยประชากรปลาที่มาจาก การเลี้ยงที่ถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำธรรมชาติ ควรถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามผลกระทบในภายหลังด้วย

6. ประชากรสัตว์น้ำที่ใช้ในการปล่อย ควรมีลักษณะบางประการที่ถ่ายทอดทางพันธุกรรมและสามารถใช้ในการจำแนกปลาที่ปล่อยออกจากปลาที่มาจากธรรมชาติได้ เพื่อใช้ในการติดตามผลกระทบของการปนเปื้อนทางพันธุกรรม
7. ควรมีการดำเนินการศึกษาโดยออกแบบแผนการทดลองเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบเชิงพันธุกรรมที่เกิดขึ้นจากการปล่อยสัตว์น้ำลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมที่มีการปล่อยหรือเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวนมาก
8. ควรสนับสนุนการเลี้ยงปลาที่เป็นหมัน ซึ่งอาจผลิตจากลูกผสมที่ให้ผลที่เป็นหมัน การทำ triploidy หรือการเหนี่ยวนำด้วยฮอร์โมน อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพื่อเพิ่มความเข้าใจผลกระทบทั้งในเชิงระบบนิเวศและเชิงพันธุกรรมของการปล่อยสัตว์น้ำที่เป็นหมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปล่อยหรือเลี้ยงสัตว์น้ำจำนวนมาก

การบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์

สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์ หมายถึง สัตว์น้ำที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกและจับคู่ผสมพันธุ์ เพื่อให้ได้ลักษณะที่ดีตามที่ต้องการ การที่จะดำรงพันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์ให้คงอยู่ต่อไปนั้น จำเป็นต้องมีการบริหารจัดการพันธุ์กรรมของพ่อแม่พันธุ์ (broodstock management) ซึ่งเริ่มตั้งแต่กระบวนการในการวางแผนการผสมพันธุ์ ทั้งในด้านจำนวนพ่อแม่พันธุ์ วิธีการผสม การทดแทนปลารุ่นพ่อแม่ในชุดเก่า รวมไปถึงการควบคุมกิจกรรมภายในโรงเพาะฟักทั้งหมด เพื่อรักษาความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์ และหลีกเลี่ยงการผสมเลือดชิดที่อาจเกิดขึ้น

1. ความสำคัญของความหลากหลายทางพันธุกรรม

ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) เป็นรากฐานที่สำคัญของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด หมายถึงความผันแปรของยีนหรือหน่วยพันธุกรรม ความผันแปรนี้สามารถตรวจสอบได้จากความหลากหลายของอัลลีล (allele) และจีโนไทป์ (genotype) ในกลุ่มของประชากรหรือในสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ โดยความหลากหลายทางพันธุกรรมของประชากรมักได้รับการพิจารณาใน 2 ระดับคือความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากร และความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างประชากร (หรือความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างประชากร, genetic differentiation) ความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งสองระดับมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของประชากรและต่อการจัดการพันธุกรรมของประชากร

ประชากรหมายถึงกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันและมีการผสมพันธุ์และแลกเปลี่ยนยีนกันภายในกลุ่ม ดังนั้นประชากรจึงเป็นแหล่งรวมของยีนหรือจีโนไทป์ชนิดต่าง ๆ ของประชากรการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมเป็นการศึกษาพันธุศาสตร์ประชากรโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานของทฤษฎีสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก (Hardy-Weinberg equilibrium) ที่ว่า “ประชากรที่มีขนาดใหญ่มีการผสมพันธุ์แบบสุ่มไม่มีการกลายไม่มีการคัดเลือกและไม่มีการอพยพย้ายถิ่นในประชากรนั้นความถี่ของยีนและความถี่ของจีโนไทป์จะคงที่ในทุกชั่วอายุ”

ความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรเป็นความแปรปรวนที่เกิดขึ้นระหว่างสมาชิกในประชากรเดียวกันโดยอาศัยกลไกการแลกเปลี่ยนและสลับที่ในการรวมตัวของยีนเพื่อสร้างประชากรรุ่นใหม่ที่เราเรียกว่ารีคอมบิเนชัน (recombination) ซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) ในสิ่งมีชีวิตที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศรวมทั้งการกลาย (mutation) สามารถประเมินได้จากเครื่องหมายพันธุกรรมหลายประเภทเช่น เครื่องหมายพันธุกรรมระดับโปรตีน (อัลโลไซม์) หรือเครื่องหมายพันธุกรรมระดับดีเอ็นเอ (ไมโคร แซทเทลไลต์ดีเอ็นเอ) ค่าที่ใช้วัดระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรอย่างแพร่หลาย คือ ค่าเฮเทอโรไซโกซิตี (heterozygosity, H) ซึ่งเป็นสัดส่วนของจีโนไทป์ที่มีอัลลีลไม่เหมือนกัน (heterozygotes) เมื่อเทียบกับจำนวนจีโนไทป์ทั้งหมด และค่าจำนวนอัลลีลเฉลี่ยต่อตำแหน่ง (average number of alleles per locus, A) ค่าเฮเทอโรไซโกซิตีประกอบด้วยค่าจากการสังเกต (observed heterozygosity, H_o) และค่าจากการ

ค่านวน (expected heterozygosity, H_e) ซึ่งค่าที่มีความหมายในแง่ที่จะสะท้อนถึงระดับของ effective population size (N_e) คือค่า H_e ส่วนค่า A นี้เป็นค่าที่เปรียบเสมือนข้อมูลดิบเพราะนับทุกอัลลีลไม่ว่าจะมีมากหรือน้อย ดังนั้นจึงมีการปรับค่านี้ให้สะท้อนความเป็นจริงมากขึ้นโดยการนำความถี่อัลลีลมาถ่วงด้วยได้ค่าที่เรียกว่า effective number of alleles per locus (A_e) อย่างไรก็ตามค่านี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของจำนวนปลาที่ศึกษาต่อประชากร (sample size) เพราะถ้าเก็บตัวอย่างมาน้อยจำนวนอัลลีลที่เป็นไปได้ก็จะน้อยตามไปด้วยในระยะหลังจึงมีแนวโน้มจะใช้ค่า allelic richness (A_r) ซึ่งเป็นจำนวนอัลลีลต่อตำแหน่งที่เป็นอิสระจากจำนวนตัวอย่างแทน A และ A_e

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าความหลากหลายทางพันธุกรรมสำคัญต่อศักยภาพในการวิวัฒนาการและการอยู่รอด (fitness) ของประชากรโดยความผันแปรทางพันธุกรรมเป็นปัจจัยสำคัญอันเป็นพื้นฐานสำหรับกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ สัตว์แต่ละตัวในประชากรหนึ่งอาจมีความแตกต่างกันทางด้านความสามารถ ในการสืบพันธุ์และการอยู่รอดได้ดีกว่าสัตว์ตัวอื่น ๆ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม โดยค่าเฮเทอโรไซโกซิตี (H) สัมพันธ์กับการตอบสนองต่อการคัดเลือกทั้งโดยมนุษย์และการคัดเลือกตามธรรมชาติสำคัญต่อการปรับตัวในระยะสั้นในขณะที่ความหลากหลายของอัลลีลจะเกี่ยวข้องกับความอยู่รอดในระยะยาวเช่นความสามารถในการบินทนของนกสมมุติว่ามียืนควบคุมอยู่ 1 คู่ โดยประชากร A มี 2 อัลลีล ความถี่เท่ากับ 0.5 เท่ากัน โดย ทั้งสองอัลลีลควบคุมความสามารถในการบินทนในระดับ 1 และ 1.1 หน่วย ประชากร B มีอัลลีล 3 อัลลีล โดย 2 อัลลีลแรกมีความถี่เท่ากันและควบคุมความสามารถในการบินในระดับ 1 และ 1.1 หน่วยเช่นเดียวกับประชากร A และมีอัลลีลที่ 3 ซึ่งมีความถี่ 0.1 และควบคุมความสามารถในการบินทน 1.2 หน่วย ส่วนประชากร C มีเพียง 2 อัลลีล คืออัลลีลที่ควบคุมความสามารถในการบินทน 1 หน่วย (ความถี่ 0.99) และ 1.2 หน่วย (ความถี่ 0.01) หากนำประชากรนี้ปล่อยไปในป่าความสามารถในการบินทนจะช่วยให้สามารถหลบหลีกศัตรูได้ ดังนั้นจะเกิดการคัดเลือกในระยะแรกประชากร A และ B จะตอบสนองต่อการคัดเลือกในระยะเริ่มต้นได้ดีเพราะทั้งสองประชากรนี้จะมีความสามารถในการบินทนดีเท่า ๆ กัน เพราะมีค่า H สูง $\{H(A)=1-(p_1^2+p_2^2)= [1-(0.5)^2+(0.5)^2]; H(B)= 1-[(0.45)^2+(0.45)^2+(0.1)^2] ; H(C)=1-[(0.99)^2+(0.01)^2]\}$ ส่วนประชากร C เนื่องจากมีค่า H ต่ำในระยะแรกจะตอบสนองต่อการคัดเลือกไม่ดีนัก และอัลลีลที่แสดงความสามารถในการบินทนระดับสูงก็ยังไม่แสดงผลมากนักเพราะมีในความถี่ต่ำ แต่ในระยะยาวประชากร B และ C ซึ่งมีอัลลีลที่ 3 ซึ่งมีความสามารถในการบินทน ในระดับสูงจะตอบสนองต่อการคัดเลือกได้ดีกว่า

ในแง่ของนักเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำความหลากหลายทางพันธุกรรมระหว่างประชากรย่อยจะเป็นแหล่งของสายพันธุ์ที่นักเพาะเลี้ยงจะสามารถเลือกมาใช้ในการเลี้ยงให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และเป็นแหล่งของพันธุกรรมที่นักปรับปรุงพันธุ์จะสามารถเลือกมาใช้เพื่อปรับปรุงพันธุ์ต่อไปได้

2. Effective population size (N_e)

ในประชากรอุดมคติ ถือว่าสมาชิกทุกตัวในประชากรจะร่วมในการผสมพันธุ์ และส่งต่ออัลลีลไปให้รุ่นลูก แต่ในสภาพที่เป็นจริง สมาชิกจำนวนหนึ่งเท่านั้นที่มีส่วนร่วมในการส่งต่ออัลลีลไปให้รุ่นลูก ซึ่งอาจเป็นเพราะ สมาชิกบางตัวไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ หรือผสมพันธุ์แต่ลูกตายหมด หรืออาจให้ลูกจำนวนน้อยกว่าพ่อแม่คู่อื่น ๆ ดังนั้นในการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้น จึงใช้คำว่า Effective population size หรือ N_e แทนจำนวนพ่อแม่พันธุ์ โดย N_e หมายถึง จำนวนสมาชิกบางส่วนในประชากรที่สามารถสืบพันธุ์ได้ และส่งต่ออัลลีลไปยังประชากรรุ่นต่อไป

N_e เป็นค่าที่สำคัญมาก เพราะในประชากรโรงเพาะฟักซึ่งมักเป็นประชากรขนาดเล็ก มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ไม่มาก แม้จะพยายามหลีกเลี่ยงการผสมเลือดชิด แต่ถ้าไม่มีการติดตามพันธุ์ประวัติ การผสมพันธุ์แบบสุ่มอย่างเดียวย่อมทำให้เกิดการผสมเลือดชิดอย่างแน่นอน ทั้งนี้ด้วยความจริงที่ว่า N_e มีความสัมพันธ์ในทางกลับกันกับระดับการผสมเลือดชิด ดังนั้นถ้าต้องการหลีกเลี่ยงการผสมเลือดชิดจึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับค่านี้ให้ดี

ปัจจัยและการปฏิบัติบางประการที่ทำให้ขนาด N_e ในประชากรเปลี่ยนแปลง และส่งผลกระทบต่ออัตราการผสมเลือดชิดในประชากร ได้แก่ 1) การใช้พ่อแม่พันธุ์ในสัดส่วนต่างกันในการเพาะพันธุ์ปลา 2) ความแตกต่างของขนาดครอบครัวปลา และ 3) การใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนไม่เท่ากันในแต่ละชั่วอายุ

1) การใช้พ่อแม่พันธุ์ในสัดส่วนต่างกันในการเพาะพันธุ์ปลา

ในโรงเพาะฟักส่วนใหญ่ มักผสมพันธุ์ปลาโดยใช้พ่อพันธุ์จำนวนน้อยกว่าแม่พันธุ์ ซึ่งการใช้พ่อพันธุ์และแม่พันธุ์จำนวนไม่เท่ากันนี้เป็นการเพิ่มโอกาสการผสมเลือดชิด โดยทำให้ค่า N_e ลดลง ถ้าสมมติให้ N_m เป็นจำนวนพ่อพันธุ์ และ N_f เป็นจำนวนแม่พันธุ์ เมื่อใช้พ่อแม่พันธุ์สัดส่วนเท่ากัน N_e จะเท่ากับ N_m บวก N_f แต่ถ้าจำนวนพ่อพันธุ์ และแม่พันธุ์ที่ใช้เพาะพันธุ์ไม่เท่ากัน N_e จะลดลง โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\frac{1}{N_e} = \left(\frac{1}{4N_m} + \frac{1}{4N_f} \right)$$

หรือ

$$N_e = \frac{(4N_m N_f)}{N_m + N_f}$$

จะเห็นว่าอัตราการผสมเลือดชิดที่เพิ่มขึ้นในหนึ่งชั่วอายุมีค่าเท่ากับ

$$\Delta F = \frac{1}{2N_e} = \left(\frac{1}{8N_m} + \frac{1}{8N_f} \right)$$

ถ้าจำนวนพ่อพันธุ์เท่ากับจำนวนแม่พันธุ์หรือ $N/2$ แล้ว $N_e = N$

ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนด N_e คือ จำนวนของเพศปลาที่น้อยกว่า เช่น ถ้าใช้แม่พันธุ์ปลา 1 ตัว ผสมกับน้ำเชื้อจากพ่อปลา 10 ตัว N_e มีค่าประมาณ 4 ซึ่งเท่ากับการใช้แม่พันธุ์และพ่อพันธุ์อย่างละ 2 ตัว

$$N_e = \frac{4(10)(1)}{10+1} \approx 4$$

ตัวอย่างถ้าใช้พ่อปลา 2 ตัว ผสมกับแม่ปลา 50 ตัว

$$N_e = \frac{4(2)(50)}{50+2} = 7.7 \approx 8$$

$$\Delta F = \frac{1}{2(7.7)} = 0.065$$

เมื่อพิจารณาอัตราการผสมเลือดชิด ในกรณีนี้ การใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวน 52 ตัว เสมือนใช้พ่อปลาและแม่ปลาอย่างละ 4 ตัว ค่าประมาณของ N_e สามารถคำนวณได้จากใช้จำนวนปลาเพศที่น้อยกว่าโดยไม่ต่อนำจำนวนปลาเพศมากกว่ามาคิด ตามตัวอย่างข้างบน คำนวณเฉพาะจำนวนพ่อปลาได้ดังนี้

$$\frac{1}{N_e} = \frac{1}{4N_m} = \frac{1}{4(2)} = \frac{1}{8}$$

$$\Delta F = \frac{1}{2(8)} = 0.0625$$

2) ความผันแปรของขนาดครอบครัวปลา (Variance in family sizes)

ขนาดครอบครัว ในที่นี้หมายถึงจำนวนของรุ่นลูกที่สามารถเจริญพันธุ์ไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ในชั่วอายุต่อไป ตามข้อกำหนดของประชากรอุดมคติ พ่อแม่แต่ละตัวมีโอกาสเท่าเทียมกันในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพื่อเกิดลูกในชั่วอายุถัดมา แต่ในสภาพความเป็นจริง ลูกจากพ่อแม่แต่ละคู่มีโอกาสรอดชีวิตถึงวัยเจริญพันธุ์แตกต่างกัน ทำให้เกิดความผันแปรของขนาดครอบครัว ตามข้อกำหนดของประชากรอุดมคติที่ว่าพ่อแม่จะถูกแทนที่ในทุกชั่วอายุและเพื่อให้จำนวนพ่อแม่เท่ากันทุกชั่วอายุนั้น จำนวนเฉลี่ยของลูกต่อพ่อหรือแม่แต่ละตัวต้องเท่ากับ 1 ทำให้ค่าเฉลี่ยลูกต่อครอบครัวเท่ากับ 2 แม้ว่าในความเป็นจริงจำนวนลูกในแต่ละครอบครัวมีจำนวนมากกว่า 2 ซึ่งตัวอย่างที่ชัดเจนคือ สัตว์น้ำ แต่ข้อกำหนดนี้ยังใช้ได้ประชากรสัตว์น้ำเมื่อคำนึงถึงว่าลูกส่วนใหญ่ มีโอกาสน้อยในการรอดตายจนถึงวัยเจริญพันธุ์

ตามข้อกำหนดขนาดครอบครัวที่เท่ากันในประชากรและการผสมพันธุ์แบบสุ่ม ค่า N_e ที่เป็นฟังก์ชันของขนาดครอบครัวสามารถประมาณได้ดังนี้

$$N_e \approx \frac{4N}{2 + V_k}$$

โดย N = จำนวนพ่อแม่ และ V_k คือ variance ของขนาดครอบครัว เมื่อ $V_k = 2$ แล้ว N_e มีค่าเท่ากับขนาดประชากรที่แท้จริง ความสัมพันธ์นี้เป็นจริงสำหรับครอบครัวปลาที่มีการผสมพันธุ์โดยผสมเป็นคู่ ๆ (single-pair mating) เมื่อความผันแปรขนาดครอบครัวมีค่าเท่ากันในปลาทั้งสองเพศ

ความผันแปรของขนาดครอบครัวในประชากรปลาจากโรงเพาะฟักเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การคัดพันธุ์โดยการเลือกปลาบางครอบครัวมาเพาะ หรือการเลี้ยงปลาต่างครอบครัวในบ่อเดียวกัน เมื่อนำรุ่นลูก ไปเป็นพ่อแม่พันธุ์ มีโอกาสจะได้ลูกจากแต่ละครอบครัวจำนวนไม่เท่ากัน ในธรรมชาติความผันแปรของขนาดครอบครัวเกิดขึ้นเนื่องจากการที่ไข่หรือตัวอ่อนเป็นเหยื่อปลาชนิดอื่น เช่น ในปลาแซลมอนในธรรมชาติจะมีแหล่งวางไข่เฉพาะที่ ถ้าถูกศัตรูเข้ามากินไข่ ก็อาจจะไม่เหลือลูกสำหรับชั่วอายุถัดไป

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาขนาดครอบครัวในปลาเรนโบว์เทราท์ จากโรงเพาะฟักพบว่า V_k มีค่าเท่ากับ 6 ในปลาทั้งสองเพศ ที่มีการผสมพันธุ์โดยผสมเป็นคู่ ๆ (Gall 1987) ถ้าในประชากรปลา 50 ตัว (สัดส่วนเพศ = 1:1)

$$N_e = \frac{4(50)}{2 + 6} = 25$$

3) การใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนไม่เท่ากันในแต่ละชั่วอายุ

เราสามารถหาค่าเฉลี่ยของ N_e ในประชากรโรงเพาะฟักที่มีการใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนแตกต่างกันในแต่ละชั่วอายุ ได้จากค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก (Harmonic mean) ของทุก ๆ ชั่วอายุ ดังนี้

$$\frac{1}{N_e(\text{average})} = \frac{1}{t} \left[\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} + \dots + \frac{1}{N_t} \right] \quad \text{โดย } t \text{ คือจำนวนชั่วอายุ}$$

เนื่องจากค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก มีค่าผกผันกับขนาด N_e ในแต่ละชั่วอายุ ค่า N_e ที่น้อยที่สุดจะส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ย N_e มากที่สุด แม้ว่าการเพาะฟักปลาบางรุ่นจะใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนมากก็ไม่สามารถกำจัดผลที่เกิดจากการใช้ N_e จำนวนน้อยในการเพาะฟักครั้งอื่น ๆ ดังตัวอย่าง ในการเพาะพันธุ์ปลา 4 ชั่วอายุมีการใช้พ่อแม่พันธุ์ในแต่ละชั่วอายุดังนี้ 10, 10, 50, และ 10 ตัว ค่าเฉลี่ย N_e ต่อชั่วอายุในประชากรโรงเพาะฟักนี้เท่ากับ

$$\frac{1}{N_e(\text{average})} = \frac{1}{4} \left[\frac{1}{10} + \frac{1}{10} + \frac{1}{50} + \frac{1}{10} \right] = \frac{1}{4} (0.32) = 0.08$$

$$N_e(\text{average}) = \frac{1}{0.08} = 12.5 \approx 13$$

ดังนั้นอัตราการผสมเลือดชิดในประชากรโรงเพาะฟักในเวลา 4 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับอัตราการผสมเลือดชิดที่เกิดจากการใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวน 13 ตัว ในทุกชั่วโมง

ในที่นี้ขอสรุปข้อสังเกตเกี่ยวกับค่า N_e ของประชากรโรงเพาะฟัก เพื่อช่วยให้การจัดการพ่อแม่พันธุ์ทำได้ถูกต้อง ดังนี้

1. N_e ไม่เท่ากับจำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้เพาะพันธุ์ทั้งหมด แต่จะรวมถึงพ่อแม่พันธุ์ที่นำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไปเท่านั้น

2. N_e จะเท่ากับจำนวนพ่อ+แม่ เมื่อมีการผสมพันธุ์แบบ 1:1 (พ่อ=แม่) เท่านั้น หากจำนวนพ่อ ไม่เท่ากับแม่ N_e คำนวณได้จากสูตร $N_e = 4N_m N_f / (N_m + N_f)$

3. N_e จะมีค่าลดลงเมื่อนำลูกจากแต่ละครอบครัวไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ไม่เท่ากัน (variance of family size) N_e คำนวณได้จาก $N_{eUR} = 4N_e / (V_k + 2)$

กรณีนี้เกิดขึ้นได้บ่อยมาก เมื่อพิจารณาจากความจริงที่ว่าถ้าการผสมพันธุ์ทำโดยปล่อยให้ไข่ปลาฟักรวมกัน อัตราฟักอาจไม่เท่ากัน นอกจากนั้นอัตราการรอดก็อาจไม่เท่ากัน วิธีการเดียวที่จะลดความแปรปรวนอันเนื่องมาจากจำนวนลูกต่อครอบครัว ก็โดยการเลี้ยงปลาแต่ละครอบครัวแยกกัน จนกว่าปลาจะแข็งแรงและมีอัตราการรอดตายสูง แล้วจึงนำลูกจำนวนเท่า ๆ กันจากแต่ละครอบครัว มาเลี้ยงเป็นพ่อแม่พันธุ์ต่อไป

4. ชั่วโมงที่มี N_e ต่ำจะมีอิทธิพลทำให้ค่าเฉลี่ย N_e สะสมจากหลายชั่วโมงลดลง เช่น ตลอดช่วงเวลา 5 ชั่วโมงของประชากรพ่อแม่พันธุ์ประชากรหนึ่งมีค่า N_e เท่ากับ 50, 10, 65, 85 และ 100 ตามลำดับ สามารถคำนวณค่า N_e เฉลี่ยได้จาก harmonic mean

$$\begin{aligned} 1/N_{e\text{ mean}} &= 1/5(1/50 + 1/10 + 1/65 + 1/85 + 1/100) \\ &= 0.2(0.02 + 0.10 + 0.01538 + 0.01176 + 0.01) \\ &= 0.031428 \end{aligned}$$

$$N_{e\text{ mean}} = 31.82$$

จะเห็นว่า เมื่อ N_e ลดลงเหลือ 10 ในชั่วอายุที่ 2 แม้จะเพิ่มขึ้นกว่า 6 เท่าใน 3 ชั่วอายุ ต่อมาก็ช่วยเพิ่ม N_e ได้ไม่มากนัก

การลดลงของ N_e ในสถานการณ์จริง

แม้นักเพาะพันธุ์จะพยายามปฏิบัติตามคำแนะนำ เพื่อการหาค่า N_e ให้สูงที่สุด โดยการใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนมาก ใช้พ่อแม่ปลาจำนวนเท่ากับแม่ปลา ผสมพันธุ์ในสัดส่วน 1:1 และนำลูกจากทุกครอก จำนวนเท่า ๆ กันไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ ในบางกรณีข้อแนะนำเหล่านี้อาจถูกละเมิดโดยไม่ตั้งใจ มีผลให้ค่า N_e ต่ำกว่าที่คาด เช่น

การผสมพันธุ์แบบกลุ่ม (mass spawning) ปลาหลายชนิดผสมพันธุ์แบบกลุ่ม เช่น ปลากะพงขาว ปลาเก๋า ปลาตะเพียนขาว (ในกรณีปล่อยให้ผสมพันธุ์กันเอง) มักจะมี N_e ต่ำกว่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ ที่ปล่อยไปเสมอ สาเหตุแรกคือ ปลาไม่ได้ผสมพันธุ์ทุกตัว สาเหตุต่อมาคือการใช้สัดส่วนเพศผู้/เพศเมียที่ผสมพันธุ์ จริง ๆ อาจไม่เท่ากัน และสาเหตุสุดท้ายคือ สัดส่วนของลูกที่ได้จากพ่อแม่แต่ละคู่ไม่เท่ากัน เหล่านี้เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ N_e ลดลง

จากความก้าวหน้าของการศึกษาเครื่องหมายพันธุกรรม ทำให้สามารถศึกษาเรื่องดังกล่าวได้ Brown *et al.* (2005) ศึกษาในปลา gilthead seabream (*Sparus auratus*) โดยการผสมพันธุ์ปลาชนิดนี้ซึ่งเป็นปลาทะเลที่ผสมพันธุ์แบบกลุ่ม แล้วใช้เครื่องหมาย microsatellite แยกปลาแต่ละครอก ดังนั้นเขาจะทราบว่าลูกปลาที่ได้ เกิดจากปลาเพศผู้/เพศเมียตัวใด จากนั้นคำนวณค่า N_e ผลที่ได้แสดงว่า แม้จะใช้พ่อแม่จำนวนระหว่าง 48-58 ตัว (ในการเพาะ 4 ครั้ง) แต่ค่า N_e ที่ได้มีค่าเพียง 14.00-18.34 ซึ่งจะทำให้เกิดการผสมเลือดชิดถึง 2.7-3.6% ต่อชั่วอายุ

ปลานิลก็เป็นอีกชนิดหนึ่งที่แม้ในธรรมชาติจะไม่ได้ผสมพันธุ์แบบกลุ่ม แต่ในสภาพการเพาะพันธุ์ในโรงเพาะฟัก จะปล่อยปลาตัวผู้ตัวเมียรวมกันในบ่อ หรือในกระชัง แล้วเก็บลูกปลาขึ้นจากบ่อเพาะเป็นระยะ ๆ ทำให้การผสมพันธุ์เกิดขึ้นหลากหลายรูปแบบคล้ายการผสมพันธุ์แบบกลุ่ม จากการศึกษาปลาที่เพาะในกระชัง 2 ชุด โดยแต่ละชุดใช้ปลาเพศผู้ 12 ตัว ต่อปลาเพศเมีย 25 ตัว ศึกษาโดยใช้ microsatellite 11 ตำแหน่งเพื่อแยกแยะปลาแต่ละครอบครัว เก็บลูกปลาจากการผสมพันธุ์แต่ละรอบรวม 76 รอบ พบว่า การผสมพันธุ์แบบที่มีสัดส่วนเพศ 1:1 เกิดขึ้นเพียง 30% ของการผสมทั้งหมด การผสมแบบที่มีสัดส่วนพ่อแม่ไม่เท่ากัน มีถึง 70% โดยบางชุดพบการผสมที่พ่อปลา 4 ตัว ผสมพันธุ์กับแม่ปลาตัวเดียวกัน ในทางตรงกันข้ามก็พบว่าปลาตัวผู้ 1 ตัว อาจผสมกับเพศเมียหลาย ๆ ตัว ระดับความสำเร็จในการผสมพันธุ์ของปลาเพศผู้แต่ละตัวต่างกัน โดยขึ้นกับดัชนีความสมบูรณ์ (fecundity) ปลาที่มีดัชนีความสมบูรณ์สูงมีแนวโน้มจะผสมพันธุ์ได้มากกว่า สิ่งเหล่านี้มีผลให้ N_e ต่ำกว่า ที่ควรจะเป็น โดยแทนที่จะมี $N_e = 32.43$ [ตามสูตร $4N_mN_f / (N_m + N_f)$] กลับมีค่าเพียง 15.6 และ 16.0 ในกระชังที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Fessehay *et al.*, 2006)

การผสมเทียมแบบไม่แยกคู่ผสม การผสมเทียมจะช่วยให้ผสมพันธุ์ปลาเป็นคู่ ๆ ได้สะดวก และสามารถจับคู่ได้ตามต้องการ แต่ในฟาร์มส่วนมากจะผสมเทียมโดยรีดไข่และน้ำเชื้อจากปลาหลาย ๆ ตัว รวมกัน โดยไม่แยกผสมเป็นคู่ ๆ วิธีการแบบนี้มีผลในทางลด N_e เพราะความสามารถในการเข้าผสมของเชื้อตัวผู้จากปลาแต่ละตัวไม่เท่ากัน ทำให้ได้ลูกจากแต่ละครอบครัวในสัดส่วนไม่เท่ากัน ส่งผลให้เกิดความแปรปรวนของขนาดครอบครัว (variance of family size) ซึ่งจะทำให้ N_e ลดลง โดยมีผลการทดลองยืนยันในปลาซีกุน ชัลมอน (*Oncorhynchus tshawytscha*) ทั้งนี้ความสามารถในการเข้าผสม ไม่ขึ้นกับระดับความสมบูรณ์ของน้ำเชื้อ แต่น่าจะเป็นเรื่องของโอกาสมากกว่า (Withler, 1988)

การผสมน้ำเชื้อรวมกับไข่ที่รีดมาจากแม่ปลาหลาย ๆ ตัวรวมกัน จะมีผลให้ระดับการผสมเลือดชิดเพิ่มขึ้นในชั่วอายุต่อ ๆ มา เพราะการผสมรวมดังกล่าว ทำให้เกิดครอบครัวที่มีความสัมพันธ์ทางเครือญาติ เพิ่มขึ้น เช่นหากทำการผสมเทียมโดยใช้ไข่จากแม่ปลา 3 ตัว พ่อปลา 3 ตัว โดยผสมแบบแยกเป็นคู่ ๆ ก็จะได้ลูกปลาฟูล-สิบ (full-sib) 3 ครอบครัว ที่ไม่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรม แต่ถ้ารวมน้ำเชื้อจากปลา 3 ตัว กับไข่จากปลา 3 ตัว จะได้ครอบครัวที่เป็นปลาฟูล-สิบ 9 ครอบครัว ที่มีความสัมพันธ์ในลักษณะเป็น ฮาล์ฟ-สิบ (half-sib) โดยรวมพ่อต่างแม่ และรวมแม่ต่างพ่อเพิ่มขึ้นอีก

สถานะที่ N_e ลดลงในชั่วอายุหนึ่ง ๆ อาจเรียกว่า สถานะคอขวด (genetic bottleneck) จะทำให้ heterozygosity ลดลง โดยสามารถคำนวณสัดส่วน H ที่ลดลงได้จากสูตร $H_t = (1 - \frac{1}{2N_e})^t \times H_0$, t = จำนวนชั่วอายุ, H_t = heterozygosity ในชั่วอายุ t และ H_0 = heterozygosity เริ่มต้น

Allendorf (1986) ได้คำนวณสัดส่วน heterozygosity ที่จะคงเหลืออยู่ภายหลังจากเกิดสถานะคอขวดหลาย ๆ ระดับ เมื่อผ่านไป 1, 10 และ 100 ชั่วอายุ ดังแสดงในตาราง (กำหนดให้ $H_0 = 1$)

จำนวนพ่อแม่/ชั่วอายุ (N)	ชั่วอายุ		
	1	10	100
2	0.75	0.06	0
4	0.88	0.26	0
10	0.95	0.60	0.01
25	0.98	0.82	0.13
50	0.99	0.90	0.37
100	1.00	0.95	0.61

ในทำนองเดียวกัน สถานะคอขวดก็จะมีผลในทางลดความหลากหลายของอัลลีลเช่นเดียวกัน แต่ระดับความรุนแรงจะขึ้นกับจำนวนและความถี่อัลลีล

ทั้งนี้อาจกล่าวในภาพรวมว่า หากประชากรมีจำนวนอัลลีลน้อยอยู่แล้ว ความสูญเสียอัลลีลจะเกิดในอัตราไม่สูงนัก แต่ถ้าเริ่มจากประชากรที่มีจำนวนอัลลีลต่อตำแหน่งสูง อัตราการสูญหายของอัลลีลจะสูง

อย่างไรก็ตามการลดลงของ N_e เนื่องจากการเบี่ยงเบนของสัดส่วนเพศจาก 1:1 จะมีผลไม่มากนัก กับความหลากหลายของอัลลีล ตัวอย่างเช่น ถ้ามีแม่พันธุ์ 100 ตัว พ่อ 1 ตัว การสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรม จะเท่ากับการที่มีพ่อแม่พันธุ์ประมาณ 4 ตัว ซึ่งอาจถูกต้องสำหรับค่า H แต่ความหลากหลายของอัลลีลจะสูญเสียมากหรือน้อย ขึ้นกับจำนวนลูกที่จะนำไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ หากใช้ลูกจากแม่ทุก ๆ ตัวเป็นพ่อแม่พันธุ์การสูญเสียของอัลลีลจะเกิดขึ้นน้อยมาก

3. การสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมในโรงเพาะฟัก

จากการศึกษาในสัตว์น้ำ พบว่าประชากรโรงเพาะฟักส่วนใหญ่ จะมีความหลากหลายทางพันธุกรรมลดลงเมื่อเทียบกับประชากรธรรมชาติ สาเหตุหลักที่ทำให้สูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรม มี 3 สาเหตุคือการขาดช่วงทางพันธุกรรม (genetic drift) การผสมเลือดชิด (inbreeding) และการคัดเลือก (selection)

1) การเกิดการขาดช่วงทางพันธุกรรมในประชากรโรงเพาะฟัก

วิธีการอธิบายการขาดช่วงทางพันธุกรรมง่าย ๆ ก็คือ การที่ความถี่อัลลีลเปลี่ยนแปลงไปมาไม่มีทิศทางแน่นอน เนื่องจากเกิดความผิดพลาดในการสุ่ม (sampling error) หมายความว่า การนำสัตว์จำนวนน้อยมาเป็นพ่อแม่พันธุ์จะมีโอกาสทำให้พันธุกรรมที่ได้มาไม่เป็นตัวแทนของพันธุกรรมดั้งเดิมทั้งหมด และทำให้ความผันแปรทางพันธุกรรมของสายพันธุ์เปลี่ยนแปลงไป ผลเสียที่เห็นได้ชัดเจน คือ เกิดการสูญหายของอัลลีลที่มีความถี่ต่ำ ๆ

ถ้าอัลลีลมีความถี่ใกล้เคียงกัน ผลที่เกิดขึ้นเมื่อมีการขาดช่วงทางพันธุกรรมจะไม่รุนแรง แต่เมื่ออัลลีลความถี่ต่ำในประชากร การขาดช่วงทางพันธุกรรมอาจทำให้อัลลีลนั้นสูญหายไปตลอดกาล โดยโอกาสที่อัลลีลใด ๆ จะสูญหายไปจากประชากรแปรผันตาม effective population size (N_e) จากการคำนวณพบว่า เมื่อ N_e ลดจาก 50 เป็น 10 โอกาสที่อัลลีลจะสูญหายจะเพิ่มขึ้น 4,588 เท่า

ในสภาพโรงเพาะฟักจำนวนพ่อแม่พันธุ์อาจลดลงโดยไม่ตั้งใจ เนื่องจากไม่ได้ใส่ใจในเรื่องจำนวนพ่อแม่พันธุ์ หรืออาจเกิดจากโรคระบาดที่ทำให้พ่อแม่พันธุ์ตายไปเป็นจำนวนมาก หรืออาจเกิดระหว่างการรับพ่อแม่พันธุ์จากฟาร์มหนึ่งเพื่อไปใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในอีกฟาร์มหนึ่ง ซึ่งมักไม่สะดวกที่จะขนพ่อแม่พันธุ์จำนวนมาก หรือฟาร์มที่เป็นผู้ให้อาจตั้งใจมอบให้ในจำนวนน้อย

จะเห็นได้ว่าการเกิดการขาดช่วงทางพันธุกรรม มีสาเหตุจากการใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนน้อย ซึ่งจะนำไปสู่การผสมเลือดชิดได้เช่นเดียวกัน

2) การผสมเลือดชิดในโรงเพาะฟัก

การผสมเลือดชิด หมายถึง การผสมพันธุ์ระหว่างสัตว์ที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมมากกว่าค่าเฉลี่ยของประชากร หรืออาจกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นการผสมพันธุ์ระหว่างเครือญาตินั่นเอง โดยทั่วไปนักเพาะพันธุ์ปลาเข้าใจดีถึงผลเสียของการผสมเลือดชิด ที่ทำให้เกิดการเสื่อมถอยของลักษณะ (inbreeding depression) ซึ่งมักแสดงออกในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์และระบบทางสรีรวิทยาของประชากร เช่น ความดกไข่ คุณภาพน้ำเชื้อ อัตราการรอดตาย อัตราการเจริญเติบโตหรือการสูญเสียความสมบูรณ์เพศและความแข็งแรง ทั้งนี้เป็นเพราะการผสมเลือดชิดทำให้สมาชิกที่เป็น homozygote ในประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ยีนด้อยมีโอกาสแสดงออกมากขึ้น จึงได้พยายามหลีกเลี่ยง

อย่างไรก็ตามเนื่องจากประชากรพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ในโรงเพาะฟักเป็นประชากรขนาดเล็ก หากไม่มีการติดเครื่องหมายติดตามพันธุ์ประวัติอย่างถูกต้อง การผสมเลือดชิดจะเกิดขึ้นแน่นอน ทั้งนี้โดยมีระดับการเกิดแสดงได้ด้วยค่า สัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิด (F -inbreeding coefficient) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนพ่อแม่พันธุ์ ตามสูตร

$$F = \frac{1}{2Ne}$$

นอกจากนั้นการผสมเลือดชิดอาจเกิดขึ้นจากการเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์หลายรุ่นในบ่อเดียวกัน ทำให้มีโอกาสผสมระหว่างพ่อ-แม่ กับลูกได้

3) การสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมเนื่องจากการคัดเลือก

สภาพแวดล้อม หรือ กิจกรรมของมนุษย์ หรือ แนวทางปฏิบัติในโรงเพาะฟัก อาจเอื้อให้จีโนไทป์ (genotype) บางจีโนไทป์มีโอกาสรอดและถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้มากกว่าจีโนไทป์อื่น กระบวนการที่ทำให้โอกาสในการรอดของจีโนไทป์ไม่เท่ากันเรียกว่า การคัดเลือก (selection) และโอกาสที่แต่ละจีโนไทป์ในประชากรจะได้รับการถ่ายทอดไปสู่รุ่นถัดไป เรียกว่า fitness (W) การคัดเลือกอาจเกิดในประชากรธรรมชาติ โดยสภาพแวดล้อม หรือ กิจกรรมของมนุษย์ (natural selection) หรือ เกิดในประชากรโรงเพาะฟักโดยการปฏิบัติ ในโรงเพาะฟัก (domestication selection หรือ unintentional selection) หรือ โดยความตั้งใจในการปรับปรุงพันธุ์ (artificial selection, selective breeding) การคัดเลือกก่อให้เกิดการปรับตัว (adaptation) ของประชากรให้อยู่รอดในสภาพแวดล้อม

ค่า fitness เป็นค่าที่วัดในทางปฏิบัติค่อนข้างยาก แต่นักพันธุศาสตร์ก็ได้พยายามจะอธิบาย ค่า fitness ในรูปอัตราการรอด (survival rates) ความดกของเซลล์สืบพันธุ์ (fecundity, fertility) และความสำเร็จในการผสมพันธุ์ (reproductive success) และมักจะนำเสนอค่า relative fitness ซึ่งเป็นค่าสัมพัทธ์ระหว่าง จีโนไทป์ที่ยีนแต่ละตำแหน่ง ค่า relative fitness มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดย 1 แสดงถึง fitness ที่มากที่สุด

ในโรงเพาะฟักการคัดเลือกซึ่งอาจเกิดโดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจ มีผลให้สูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมโดยในระยะแรกอัลลีลที่มีความถี่ต่ำมาก ๆ จะสูญหายไปก่อน โดยระดับ heterozygosity จะเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เพราะอัลลีลที่มีความถี่ต่ำมีอิทธิพลต่อค่า heterozygosity น้อย ตัวอย่างการศึกษาของ Appleyard and Ward (2006) ศึกษาประชากรหอยนางรม (*Crassostrea gigas*) ในทัสเมเนีย ที่ผ่านการคัดเลือกแบบหมู่ (mass selection) 3ชั่วอายุ ได้ผลยืนยันความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว โดยพบว่า การคัดเลือกมี ผลให้จำนวนอัลลีลของ microsatellite ต่อตำแหน่ง (allelic richness) ลดลงจาก 5.91-6.56 เป็น 4.15-5.76 ในขณะที่ค่า heterozygosity เปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (0.315-0.444 ในประชากรธรรมชาติ และ 0.310-0.445 ในประชากรปรับปรุงพันธุ์)

ผลของการคัดเลือกต่อ heterozygosity จะเกิดขึ้นชัดเจนเมื่ออัลลีลที่มีความถี่สูง ๆ มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ โดยถ้าอัลลีลที่มีอยู่มีความถี่ใกล้เคียงกัน heterozygosity ก็สูง แต่เมื่อความถี่อัลลีลเริ่มเปลี่ยนแปลง จะทำให้ความถี่อัลลีลแตกต่างกันมากขึ้น มีผลให้ระดับ heterozygosity ลดลง (Beaumont and Hoare, 2003)

วิธีปฏิบัติหลาย ๆ อย่างในโรงเพาะฟัก อาจส่งผลให้เกิดการคัดเลือกทางอ้อม เช่น นักเพาะปลาจำนวนหนึ่งชนิดที่จะใช้แม่ปลาขนาดค่อนข้างเล็กมาเป็นแม่พันธุ์ เนื่องจากรีดไข่ได้สะดวก เมื่อปฏิบัติติดต่อกันไปหลาย ๆ ชั่วอายุ ก็จะมีผลเท่ากับการคัดเลือกให้ได้ปลาขนาดเล็ก การเจริญเติบโตของปลาจากฟาร์มนั้นก็ลดลง การคัดปลาที่เจริญพันธุ์เป็นรุ่นแรกมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ ในที่สุดก็จะทำให้เกิดสายพันธุ์ที่เจริญพันธุ์เร็ว ซึ่งในปลา ส่วนใหญ่จะมีผลให้ปลามีขนาดเล็กลง

ในปลา brook trout ที่ได้รับอาหารเพียงครั้งเดียว ขนาดของแม่ปลาจะสัมพันธ์กับความดกของไข่มาก ในขณะที่ความสัมพันธ์ดังกล่าวต่ำในปลาที่ได้รับอาหารเต็มที่ ดังนั้นหากเลี้ยงปลา brook trout โดยให้อาหารเพียงครั้งเดียว ปลาที่เจริญเติบโตเร็วจะมีลูกมากกว่า และทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงในชั่วอายุต่อไป เหมือนกับการคัดเลือกเพื่อเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับการคัดปลาที่โตช้าทิ้ง 25% (Doyle, 1983)

จากการศึกษาโดย Eknath and Doyle (1985) ในฟาร์มเพาะปลายี่สกเทศ (*Labeo rohita*) ฟาร์มหนึ่งในประเทศอินเดีย พบว่าเกษตรกรคัดพ่อแม่พันธุ์โดยจะเลือกปลาที่เจริญพันธุ์มา จากนั้นก็คัดตัวที่มีขนาดใหญ่เป็นพ่อแม่พันธุ์ วิธีปฏิบัตินี้ดูเผิน ๆ คล้ายกับจะถูกต้อง แต่เนื่องจากเกษตรกรเก็บปลาหลาย ๆ รุ่นไว้ในบ่อ ประกอบกับพบว่าปลาที่เจริญพันธุ์เร็วมักเป็นปลาที่โตเร็ว ส่วนปลาโตช้าก็จะเจริญพันธุ์ช้า ดังนั้นเมื่อนำปลาที่เจริญพันธุ์ออกมาคัดขนาด ก็จะประกอบด้วยปลา 2 ประเภทคือ

1. ปลาอายุน้อยที่โตเร็ว (จึงเจริญพันธุ์เร็ว) แต่มีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับปลาประเภทที่ 2
2. ปลาอายุมาก ขนาดใหญ่ เนื่องจากไม่ถูกคัดไปในปีแรก เพราะยังไม่เจริญพันธุ์ (โตช้า)

เมื่อเกษตรกรคัดพันธุ์ จึงได้ปลาประเภทที่ 2 ในสัดส่วนที่มากกว่าประเภทแรกไปเพาะ จึงทำให้เกิดการคัดเลือกทางอ้อม ที่ให้ผลเสมือนกับการคัดปลาโตเข้าเพาะพันธุ์

สัตว์น้ำหลายชนิดตัวที่เจริญเติบโตเร็วกว่า จะเจริญพันธุ์เร็วกว่า โดยมีรายงานในปลา Atlantic salmon (Moller *et al.*, 1979) ปลาไน (Hulata *et al.*, 1974) ปลาเทราท์ (Gall and Gross, 1978) และในกุ้งก้ามกรามก็เช่นเดียวกัน การศึกษาโดยการคำนวณ พบว่าการที่เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งก้ามกราม ในประเทศไทย ใช้กุ้งเพศเมียที่เจริญพันธุ์เป็นชุดแรกไปเป็นแม่พันธุ์ จะมีผลเสมือนมีการคัดเลือกเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโต (เท่ากับการคัดกุ้งโตเข้าทั้ง 55%) แต่ถ้าใช้แม่พันธุ์รุ่นหลังมาเป็นแม่พันธุ์ จะได้ผลเหมือนการคัดเลือกทางลบต่อลักษณะการเจริญเติบโต ทั้งนี้เพราะกุ้งก้ามกรามที่เจริญพันธุ์เร็วจะเจริญเติบโตเร็วด้วย (Doyle *et al.*, 1983) อย่างไรก็ตามข้อมูลนี้ควรจะมีการทดลองจริง ๆ เพื่อพิสูจน์ต่อไป

4. หลักการจัดการพันธุ์กรรมพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์ในโรงเพาะฟัก

การจัดการพันธุ์กรรมพ่อแม่พันธุ์ประชากรเพื่อการเพาะเลี้ยงในโรงเพาะฟักมีวัตถุประสงค์หลัก คือ ต้องการให้ได้สายพันธุ์ปลาที่ปรับตัวได้ดีในสภาพการเลี้ยงในที่กักขัง ในขณะที่สามารถรักษาระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมไว้ ควบคุมการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมให้เป็นไปในทิศทางที่ดี และจำกัดการผสมเลือดชิดให้เกิดน้อยที่สุด ทั้งนี้โดยยอมให้มีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม ซึ่งเกิดจากการคัดเลือก (โดยธรรมชาติ หรือโดยมนุษย์) เพื่อให้ได้ลักษณะที่ต้องการได้ในประชากรที่อยู่ในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ โดยมีหลักการใน เรื่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) การป้องกันการผสมเลือดชิด

ในความเป็นจริง การผสมเลือดชิดมีทั้งประโยชน์และโทษ โดยสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงพันธุ์อีกวิธีหนึ่ง เป็นประโยชน์ในการสร้างประชากรเพื่อการผสมข้าม หรือเพื่อกำจัดลักษณะไม่ดีที่เกิดจากยีนแฝงออกไป แต่ถ้าปล่อยให้การผสมเลือดชิดเกิดขึ้นโดยไม่มีการควบคุม ก็จะทำให้เกิดผลเสียจากการผสมเลือดชิดได้

แม้จะมีหลักการอยู่ว่าการผสมเลือดชิดสามารถหลีกเลี่ยงได้ในประชากรขนาดใหญ่ แต่ค่อนข้างจะเป็นไปไม่ได้ที่จะเลี้ยงประชากรพ่อแม่พันธุ์จำนวนมากขนาดนั้น จึงมาถึงคำถามที่ว่า จะยอมให้มีการผสมเลือดชิดได้ในปริมาณเท่าไร จึงจะไม่กระทบกระเทือนการผลิต การศึกษาในเรื่องนี้มีน้อย โดยเฉพาะในปลาบางการศึกษาที่ใช้ประชากรโรงเพาะฟักซึ่งอาจสะสมของปริมาณการผสมเลือดชิดมาแล้วระยะหนึ่ง ผลที่ได้จึงอาจไม่ถูกต้องนัก นอกจากนั้นผลกระทบของการผสมเลือดชิดยังแตกต่างกันไปตามชนิด ประชากร และลักษณะ

จากการศึกษาในปลา rainbow trout พบว่าถ้าระดับการผสมเลือดชิดเท่ากับ หรือมากกว่า 18% จะเกิดผลเสียต่อลักษณะต่างๆอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลที่แสดงว่า ระดับ

inbreeding เท่าไรจึงจะเริ่มเกิดผลเสีย Tave (1999) แนะนำว่าเกษตรกรควรกำหนดระดับการผสมเลือดชิดที่ประมาณ 5-10% เป็นระดับที่ยอมรับได้ แต่ต้องยอมรับว่า ถ้าตั้งค่าที่สามารถยอมรับได้ต่ำ ก็จะต้องใช้วิธีการจัดการพ่อแม่พันธุ์ที่ยุ่งยาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ในขณะที่ถ้ายอมรับ inbreeding ในระดับสูงการจัดการจะง่าย ไม่สิ้นเปลืองมาก แต่ผลเสียทางพันธุกรรมก็เกิดขึ้นแน่นอน

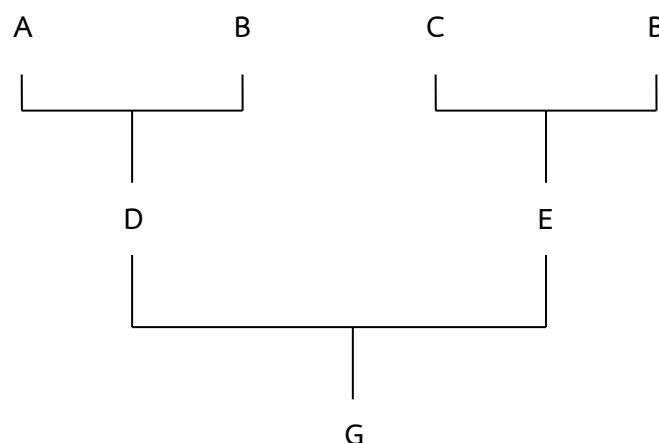
การจัดการเพื่อป้องกันการผสมเลือดชิด สามารถปฏิบัติได้ต่าง ๆ กัน ขึ้นกับว่ามีการเก็บข้อมูลพันธุ์ประวัติของพ่อแม่พันธุ์หรือไม่

กรณีติดเครื่องหมายพ่อแม่พันธุ์ และมีข้อมูลพันธุ์ประวัติ สามารถวางแผนการผสมพันธุ์ได้โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิด โดยคำนวณได้ 2 วิธี คือ คำนวณจากค่า covariance และการคำนวณจากแผนภูมิแสดงการถ่ายทอดพันธุกรรม (path diagram) จากนั้นเลือกคู่ผสมที่จะทำให้เกิดการผสมเลือดชิดน้อยที่สุด การจัดการในลักษณะนี้เหมาะที่จะใช้กับปลาที่มีอายุยืนยาว และอาจเป็นปลาขนาดใหญ่ที่ไม่สามารถเลี้ยงพ่อแม่จำนวนมาก ๆ ได้

วิธีการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิด

สามารถคำนวณได้ 2 วิธีดังต่อไปนี้

1. คำนวณจากค่า *covariance* สมมุติว่าในฟาร์มฟาร์มหนึ่ง มีพ่อแม่ปลาอยู่ 6 ตัว (A, B, C, D, E และ G) โดยปลาแต่ละตัวมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมตามพันธุ์ประวัติดังแสดงในภาพ ปลาทุกตัวมีการติดเครื่องหมายจึงสามารถแยกได้ว่าเป็นปลาตัวใด



เมื่อนำปลาแต่ละตัวมาใส่ในตารางเพื่อจับคู่ จะได้รูปแบบตามตารางโดยช่องพ่อ/แม่แสดงพ่อแม่ของปลาในแถว นั้น โดยดูจากพันธุ์ประวัติ เช่น ช่องปลา D พ่อแม่คือปลา A และ B ส่วนปลา A ไม่รู้พ่อแม่ จึงใส่เครื่องหมาย – แทน

พ่อ/แม่		A	B	C	D	E	G
-/-	A	ช่องที่ 1					
-/-	B	ช่องที่ 2	ช่องที่ 7				
-/-	C	ช่องที่ 3	ช่องที่ 8	ช่องที่ 12			
A/B	D	ช่องที่ 4	ช่องที่ 9	ช่องที่ 13	ช่องที่ 16		
C/B	E	ช่องที่ 5	ช่องที่ 10	ช่องที่ 14	ช่องที่ 17	ช่องที่ 19	
D/E	G	ช่องที่ 6	ช่องที่ 11	ช่องที่ 15	ช่องที่ 18	ช่องที่ 20	ช่องที่ 21

ค่า Covariance ระหว่างคู่ผสมแต่ละคู่ สามารถคำนวณได้ตามสูตรข้างล่างนี้ และนำไปกรอกลงในช่องตารางที่ตรงกับคู่ผสมนั้นๆ โดยเลือกกรอกเฉพาะตารางชุดด้านบน หรือด้านล่างของเส้นทะแยงเท่านั้น

สูตรที่ใช้คำนวณ คือ

$$COV_{BI} = \frac{COV \text{ IND 1 with SIRE IND 2} + COV \text{ IND 1 with DAM IND 2}}{2}$$

เมื่อ COV_{BI} = Covariance ของปลา 2 ตัว

$COV \text{ IND 1 with SIRE IND 2}$ = Covariance ของปลาตัวที่ 1 กับพ่อของปลาตัวที่ 2

$COV \text{ IND 1 with DAM IND 2}$ = Covariance ของปลาตัวที่ 1 กับแม่ของปลาตัวที่ 2

เช่น $COV_{AB} = \frac{COV \text{ ของ A กับพ่อของ B} + COV \text{ ของ A กับแม่ของ B}}{2}$

แต่เราไม่มีข้อมูลของพ่อและแม่ของ B

ดังนั้น $COV_{AB} = \frac{COV \text{ A/-} + COV \text{ A/-}}{2} = \frac{0+0}{2} = 0$

$$COV_{BD} = \frac{COV \text{ ของ B กับพ่อของ D (ซึ่งได้แก่ A)} + COV \text{ ของ B กับแม่ของ D (ซึ่งได้แก่ B)}}{2}$$

$$= \frac{COV \text{ B/A} + COV \text{ B/B}}{2}$$

$$COV_{BA} = COV_{AB} = 0$$

ส่วน COV_{BB} คำนวณจากสูตร COV_{Ind}

ช่องที่เป็นสีเทา แสดงถึงค่า COV ของปลาแต่ละตัว คำนวณได้จากสูตร

$$COV_{Ind} = 1 + \frac{COV \text{ of the parents}}{2}$$

เมื่อ COV_{Ind} = Covariance ของปลาตัวหนึ่ง

COV of the parents = COV_{BI} ของพ่อแม่

จากตัวอย่างคำนวณได้ดังนี้

$$\begin{aligned} COV_{Ind} \text{ ของปลา A} &= 1 + \frac{COV \text{ -/-}}{2} \\ &= 1 + 0 = 1.00 \text{ นำไปเติมในช่องที่ 1} \end{aligned}$$

คำอธิบาย: COV of the parents ของ A
= $COV(-/-)$ = 0 เพราะไม่มี
ข้อมูลพ่อแม่ของ A

$$\begin{aligned} COV_{AB} &= \frac{COV A/- + COV A/-}{2} \\ &= \frac{0 + 0}{2} = 0 \text{ นำไปเติมในช่องที่ 2} \end{aligned}$$

$$COV_{DD} = 1 + \frac{COV A/B}{2} = 1 + \frac{0}{2} = 1$$

เมื่อคำนวณทุกคู่แล้ว จะได้ตารางดังนี้

พ่อ/แม่	A	B	C	D	E	G
-/- A	1.00					
-/- B	0.0	1.00				
-/- C	0.0	0.0	1.00			
A/B D	0.5	0.5	0.0	1.00		
C/B E	0.0	0.5	0.5	0.25	1.00	
D/E G	0.25	0.5	0.25	0.625	0.625	1.125

COV_{Ind} ใช้คำนวณค่า สัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิดได้จากสูตร

$$F_{Ind} = COV_{Ind} - 1.0$$

ในกรณี F ที่เกิดจากแต่ละคู่ผสม คำนวณได้จากสูตร

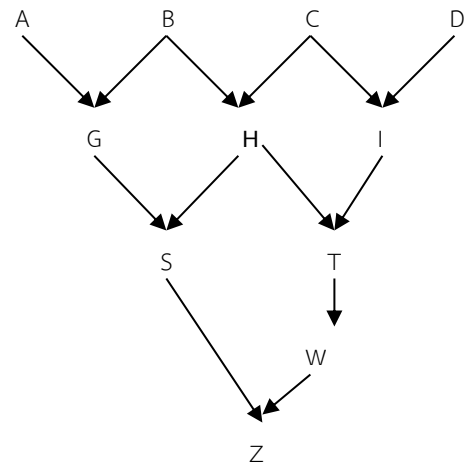
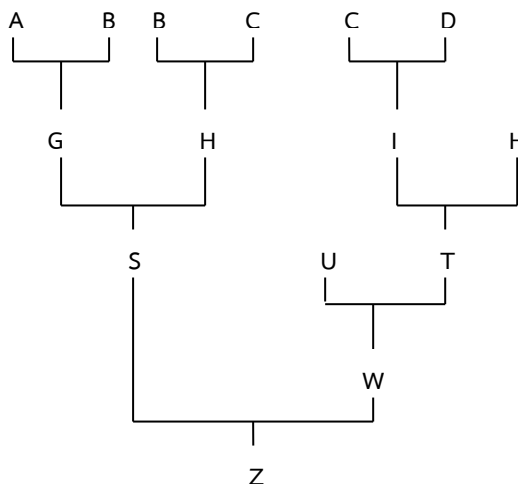
$$F_{BI} = \frac{COV_{BI}}{2}$$

เช่น การผสมระหว่าง C กับ G จะเกิดการผสมเลือดชิดในระดับ $(0.25)/2 = 0.125$ หรือ 12.5%

ดังนั้นก็จะสามารถวางแผนการผสมได้จากตาราง หากไม่ต้องการให้เกิดการผสมเลือดชิดเลย ก็ต้องผสมระหว่าง A-B, A-C, B-C, C-D, A-E คู่ผสมที่ทำให้เกิดการผสมเลือดชิด แต่มีค่าสัมประสิทธิ์ต่ำที่สุด คือคู่ระหว่าง A-G, C-G และ D-E

2. คำนวณจาก path diagram (แผนภูมิแสดงการถ่ายทอดพันธุกรรม)

จากพันธุ์ประวัติสามารถแปลงเป็น path diagram ได้ โดยยึดหลักว่า ลูกศรจะเริ่มจากพ่อหรือแม่ ไปยังลูก ดังนั้นลูก 1 ตัวจะมีลูกศรที่พุ่งมาหา 2 อันคือจากพ่อและจากแม่ ดังภาพ



วิธีการคำนวณ สัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิด ใช้สูตร

$$\text{สัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิด (F)} = \sum (0.5)^{(m+n+1)} (1+F_A)$$

โดย m = จำนวนชั่วอายุจากแม่ไปยังบรรพบุรุษร่วม

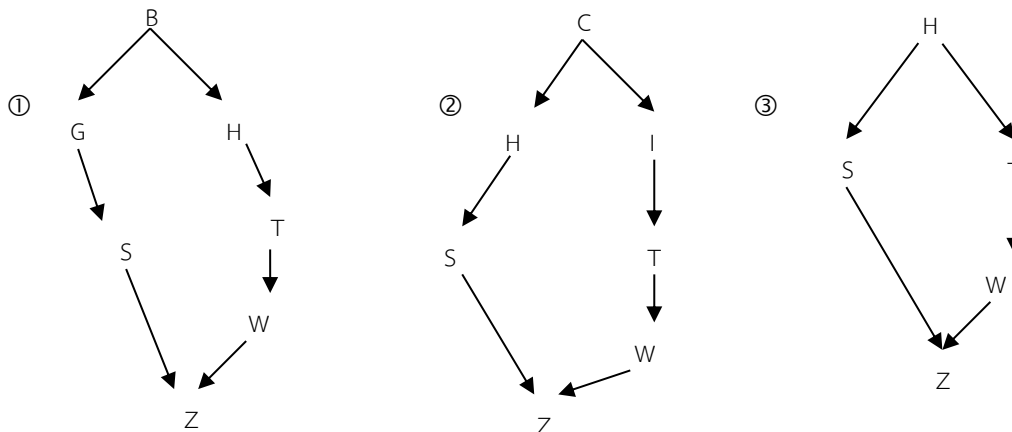
n = จำนวนชั่วอายุจากพ่อไปยังบรรพบุรุษร่วม

F_A = สัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิดของบรรพบุรุษร่วม

การคำนวณสัมประสิทธิ์การผสมเลือดชิดของ Z สามารถทำได้ง่ายๆตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. หาบรรพบุรุษร่วม ซึ่งก็คือสัตว์ตัวที่มีลูกสรพ่งจากตัว 2 อัน ในที่นี้คือ B, C และ H และทุกตัวไม่มีประวัติการผสมเลือดชิดดังนั้น F_B, F_C และ $F_H = 0$

2. ดึง path diagram ของบรรพบุรุษร่วมแต่ละตัว (ที่สามารถลากเส้นต่อเนื่องจากลูกผ่านแม่ขึ้นไปถึงบรรพบุรุษร่วมแต่ละตัว และโยงกลับมาถึงพ่อได้) ได้แก่



ดังนั้นจากสูตร

$$F_Z \text{ ที่เกิดจาก path diagram สายที่ ①} = (0.5)^{(2+3+1)}(1+0) = 0.0156$$

$$F_Z \text{ ที่เกิดจาก path diagram สายที่ ②} = (0.5)^{(2+3+1)}(1+0) = 0.0156$$

$$F_Z \text{ ที่เกิดจาก path diagram สายที่ ③} = (0.5)^{(1+2+1)}(1+0) = 0.0625$$

$$F_Z = 0.0156 + 0.0156 + 0.0625$$

$$= 0.0937$$

จากวิธีการคำนวณดังกล่าวนี้ก็จะทราบว่า เมื่อจะผสมปลาตู้ใด ๆ จะทำให้เกิดการผสมเลือดชิดเท่าใด

กรณีไม่ติดเครื่องหมายพ่อแม่พันธุ์ ถ้าไม่ติดเครื่องหมายพ่อแม่พันธุ์ ก็ไม่สามารถจัดการโดยการติดตามพันธุ์ประวัติได้ การจัดการเพื่อป้องกันปัญหาจากการผสมเลือดชิด ทำได้โดยการบริหารเพื่อให้มีค่า N_e สูงสุดเพียงอย่างเดียว

N_e เท่าไรจึงจะไม่ทำให้เกิดการผสมเลือดชิด แม้หลักการในการรักษา N_e ให้สูงเพื่อลดระดับการผสมเลือดชิด จะเป็นที่ยอมรับกันทั่วไป แต่เนื่องจากปัญหาด้านต้นทุนและการที่มีทรัพยากรจำกัด ทำให้โรงเพาะฟักส่วนใหญ่ มีแนวโน้มจะใช้พ่อแม่พันธุ์จำนวนไม่มาก

มีผู้เสนอแนะระดับ N_e ที่ยอมรับได้ไว้ต่าง ๆ กัน Tave (1993) แนะนำว่า ประชากรสำหรับการเพาะเลี้ยงควรมีค่า N_e ระหว่าง 45-50 ในขณะที่ Gjerd (1993) และ Jørstad and Naevdal (1996) แนะนำว่าในการจัดการประชากรปลากลุ่มซัลโมนิด์ ควรรักษาระดับ N_e ไว้ไม่ต่ำกว่า 100 ต่อชั่วอายุ ส่วน Pante *et al.* (2001) แนะนำว่าในการจัดการพันธุ์กรรมปลาเรนโบว์เทราท์ (*Oncorhynchus mykiss*) ควรรักษาค่า N_e ในระดับปานกลาง (25-94) พร้อมไปกับการจับคู่ผสมพันธุ์อย่างเข้มงวด เพื่อไม่ให้เกิดการผสมเลือดชิด Tave (1999) ได้คำนวณ N_e ที่ต้องการ เพื่อจะรักษาระดับการผสมเลือดชิด ให้ต่ำเท่าที่ยอมรับได้ (1-15%) ในชั่วอายุต่างๆ (1-60) (N_e ปัดให้เป็นเลขลงตัว) ดังแสดงในตาราง

จำนวน ชั่วอายุ	ระดับการผสมเลือดชิดที่ยอมรับได้														
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%
1	50	25	17	13	10	9	8	7	6	5	5	5	4	4	4
2	100	50	34	25	20	17	15	13	12	10	10	9	8	8	7
3	150	75	50	38	30	25	22	19	17	15	14	14	12	11	10
4	200	100	67	50	40	34	29	25	23	20	19	17	16	15	14
5	250	125	84	63	50	42	36	32	28	25	23	21	20	18	17
6	300	150	100	75	60	50	43	38	34	30	28	25	24	22	20
7	350	175	117	88	70	59	50	43	39	35	32	30	27	25	24
8	400	200	134	100	80	67	58	50	45	40	37	34	31	29	27
9	450	225	150	113	90	75	65	57	50	45	41	38	35	33	30
10	500	250	167	125	100	84	72	63	56	50	46	42	39	36	34
15	750	375	250	188	150	125	108	94	84	75	69	63	58	54	50
20	1000	500	334	250	200	167	143	125	112	100	91	84	77	72	67
25	1250	625	417	313	250	209	179	157	139	125	114	105	97	90	84
30	1500	750	500	375	300	250	215	188	167	150	137	125	116	108	100
35	1750	875	584	438	350	292	250	219	195	175	160	146	135	125	117
40	2000	1000	667	500	400	334	286	250	223	200	182	167	154	143	134
45	2250	1125	750	563	450	375	322	282	250	225	205	186	174	161	150
50	2500	1250	834	625	500	417	358	313	278	250	228	209	193	179	167
55	2750	1375	917	688	550	459	393	344	306	275	250	230	212	197	184
60	3000	1500	1000	750	600	500	429	375	334	300	273	250	231	215	200

2) การป้องกันการขาดช่วงทางพันธุกรรม

ดังได้กล่าวมาแล้วว่าการขาดช่วงทางพันธุกรรม เป็นสาเหตุของการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำให้อัลลีลสูญหายไปจากประชากร ดังนั้นจึงต้องป้องกันให้เกิดขึ้นน้อยที่สุด การป้องกันการขาดช่วงทางพันธุกรรม ทำได้โดยการรักษาระดับ N_e ให้สูง อย่างไรก็ตามเนื่องจากสภาพทรัพยากรที่ค่อนข้างจำกัด เกษตรกรจึงต้องวางแผนในเรื่องนี้อย่างรัดกุม และจะต้องยอมรับว่าเป็นไปไม่ได้ที่จะรักษาทุกอัลลีลไว้ตลอดไป โดยเฉพาะการใช้ประชากรขนาดจำกัดในการเพาะพันธุ์ จึงต้องกำหนดว่าจะยอมรับการสูญเสียอัลลีลได้ในระดับใด และจะยอมสูญเสียอัลลีลที่มีความถี่น้อยที่สุดเท่าใด จากนั้นก็จะสามารถคำนวณ N_e ที่ต้องการได้ ซึ่ง Tave (1999) ได้คำนวณค่า N_e ที่ต้องการในแต่ละชั่วอายุเพื่อรักษาอัลลีลที่มีความถี่ (f) ต่าง ๆ กันระหว่าง 0.1 - 0.001 โดยมีประสิทธิภาพในการรักษาอัลลีลนั้น ๆ ได้ 95 และ 99% (ถ้ามี 100 อัลลีลจะสามารถรักษาไว้ได้ 95 และ 99 อัลลีล ตามลำดับ) (N_e ปิดให้เป็นเลขลงตัว) ดังแสดงในตาราง

จำนวน ชั่วอายุ	f = 0.1		f = 0.05		f = 0.01		f = 0.005		f = 0.001	
	95%	99%	95%	99%	95%	99%	95%	99%	95%	99%
1	15	22	30	45	150	230	299	460	1498	2302
2	18	26	36	52	183	264	367	529	1838	2647
3	20	28	40	56	203	284	407	569	2038	2847
4	21	29	43	59	218	298	436	598	2181	2993
5	22	30	45	61	229	309	458	620	2292	3104
6	23	31	47	63	238	319	476	638	2382	3195
7	24	32	48	64	245	326	491	654	2459	3272
8	24	32	50	66	252	333	505	667	2526	3339
9	25	33	51	67	258	339	516	679	2584	3398
10	26	33	52	68	263	344	527	689	2637	3450
15	27	35	56	72	283	364	567	730	2839	3653
20	29	37	59	75	297	378	596	758	2983	3797
25	30	38	61	77	308	390	618	780	3094	3908
30	31	38	63	78	318	399	636	799	3185	3999
35	31	39	64	80	325	406	651	814	3262	4076
40	32	40	65	81	332	413	665	827	3329	4143
45	33	40	67	82	338	419	677	839	3388	4202
50	33	41	68	83	343	424	687	850	3440	4255
55	34	41	69	84	348	429	697	859	3488	4302
60	34	42	69	85	352	433	705	868	3531	4346

3) การป้องกันการคัดเลือกทางลบ

ดังได้กล่าวมาแล้วว่า วิธีการปฏิบัติในโรงเพาะฟัก อาจมีผลให้เกิดการคัดเลือกโดยไม่ได้ตั้งใจ ซึ่งมักทำให้เกิดผลเสียต่อลักษณะสำคัญ ๆ เช่น ลดการเจริญเติบโต เจริญพันธุ์เร็วขึ้น ดังนั้นจึงต้องสังเกต และติดตามผลของการจัดการในโรงเพาะฟัก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการคัดเลือกทางลบ นอกจากนั้นเมื่อทำการคัดเลือกเพื่อปรับปรุงพันธุ์ นอกจากลักษณะที่เป็นเป้าหมายแล้ว จะต้องติดตามความเปลี่ยนแปลงของลักษณะอื่น ๆ ที่สำคัญด้วย เพราะอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ไม่ต้องการได้

5. วิธีการดำเนินการบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์

1) การบริหารจัดการภายในหน่วยเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (ภาคผนวก 1)

- ดำเนินการปฏิบัติทางการประมงที่ดี (Good Aquaculture Practices, GAP)
- ดำเนินการปฏิบัติตามมาตรฐานฟาร์มเพาะเลี้ยงกุ้ง (Code of Conduct)
- ดำเนินการปฏิบัติการจัดการฟาร์มพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์
- ดำเนินการปฏิบัติตามมาตรฐานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2) การดำรงพันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์

ประชากรพ่อแม่พันธุ์เริ่มต้นในโรงเพาะฟัก ควรเป็นประชากรที่มีแนวโน้มจะมีลักษณะทางเศรษฐกิจดีกว่าประชากรอื่น โดยไม่จำเป็นต้องนำปลาพ่อแม่พันธุ์มาจากทุกประชากรในธรรมชาติ แม้ประชากรเหล่านั้นจะมีพันธุกรรมต่างกัน หรืออาจเป็นประชากรที่ได้รับการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์มาแล้ว ซึ่งจะได้รับผลตอบแทนที่รวดเร็ว เนื่องจากสัตว์น้ำที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์แล้วมีศักยภาพสูงกว่าสัตว์น้ำที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ อย่างไรก็ตาม หากผู้ผลิตไม่มีการจัดการพ่อแม่พันธุ์ที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ตามหลักพันธุศาสตร์ ศักยภาพของสัตว์น้ำอาจเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ปัจจัยหลักที่ผู้ผลิตต้องคำนึงถึงมี 2 ปัจจัย ประกอบด้วย อัตราการผสมเลือดชิด และการป้องกันการคัดเลือก

แนวทางการดำรงพันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์

ตามหลักพันธุศาสตร์ หากประชากรมีขนาดเล็ก อัตราการผสมเลือดชิดย่อมเกิดขึ้น ดังนั้นเป็นไปได้ยากที่จะป้องกันไม่ให้มีอัตราการผสมเลือดชิดเพิ่มขึ้นเลย สิ่งที่คุณผลิตสามารถทำได้ คือ การชะลออัตราการเพิ่มขึ้นของการผสมเลือดชิดเท่านั้น วิธีการที่สะดวกที่สุด คือ การนำ effective population size (N_e) มาใช้ในการควบคุมอัตราการผสมเลือดชิด ผู้ผลิตสามารถดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดอัตราการผสมเลือดชิดที่คาดหวัง เช่น อัตราการผสมเลือดชิด 1 เปอร์เซ็นต์ต่อรุ่น หรือ 5% เปอร์เซ็นต์ เมื่อผ่านการดำรงพันธุ์ไปแล้ว 5 รุ่น
2. หาค่า effective population size (N_e) ที่สอดคล้องกับอัตราการผสมเลือดชิดที่คาดหวังไว้ โดยใช้ตารางของ Tave (1999) ในกรณีตัวอย่างในข้อ 1 นั้น N_e มีค่าเท่ากับ 50
3. วิธีการจัดการการผสมพ่อแม่พันธุ์เพื่อให้ได้ N_e เท่ากับ 50 นั้น สามารถดำเนินการได้โดยควบคุมการผสมพันธุ์ให้ได้อัตราส่วนพ่อพันธุ์ : แม่พันธุ์ เท่ากับ 25:25 หรือ 1:1 เนื่องจากการผสมพันธุ์ในอัตราส่วน 1:1 นั้น ผู้ผลิตสามารถคำนวณ N_e ได้โดยตรงจากจำนวนรวมของพ่อพันธุ์กับแม่พันธุ์ หากไม่สามารถ จับคู่ผสมในอัตราส่วนนี้ได้ จำนวนพ่อแม่พันธุ์ในการผสมรวมกันแล้วต้องมากกว่า 50 ตัว ขึ้นไป จึงจะได้ N_e มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียง 50 ทั้งนี้ต้องใช้จำนวนพ่อแม่พันธุ์และอัตราส่วนการผสมพันธุ์แบบเดียวกันนี้ในทุกรุ่นจึงจะได้อัตราการผสมเลือดชิดตามเป้าหมายที่ยกตัวอย่างในข้อ 1
4. การผสมพันธุ์แบบรวมไข่ปลาจากแม่พันธุ์หลาย ๆ ตัว และใช้น้ำเชื้อจากพ่อพันธุ์จำนวนน้อย จะส่งผลให้ N_e ลดลง เช่น ใช้ไข่ปลาจากแม่ปลา 10 ตัว ผสมกับน้ำเชื้อพ่อปลา 3 ตัว จะส่งผลให้ N_e น้อยกว่า 13 เป็นอย่างมาก และอาจทำให้อัตราการผสมเลือดชิดเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นผู้ผลิตควรหลีกเลี่ยงการผสมพันธุ์รูปแบบดังกล่าวนี้
5. หากผู้ผลิตต้องการควบคุมอัตราการผสมเลือดชิดให้เพิ่มขึ้นในอัตราที่ช้าลงกว่าที่ยกตัวอย่าง ในข้อ 1 เช่น มีอัตราการผสมเลือดชิดเกิดขึ้นเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ เมื่อผ่านการดำรงพันธุ์ไปแล้ว 5 รุ่น หรือ 0.2 เปอร์เซ็นต์ต่อรุ่น จะส่งผลให้ N_e ในการผลิตเพิ่มสูงขึ้นเป็น 250 ตัว หรือ 125 คู่ ซึ่งอาจเป็นจำนวนที่สูงมากเกินไปกว่ากำลังการผลิต ดังนั้น ในการกำหนดอัตราการผสมเลือดชิดที่คาดหวังไว้ ควรพิจารณาถึงความพร้อมทางด้านงบประมาณและสถานที่ประกอบด้วย อย่างไรก็ตาม อัตราการผสมเลือดชิดที่แนะนำต่อรุ่นไม่ควรเกิน 1 เปอร์เซ็นต์

6. นอกเหนือจากการพิจารณาค่า N_e ในการควบคุมอัตราการผสมเลือดชิดแล้ว ยังสามารถพิจารณารูปแบบการผสมพันธุ์ประกอบด้วย เช่น การผสมพันธุ์รูปแบบสลับ (rotational mating) และการหลีกเลี่ยงการผสมพันธุ์ระหว่างสัตว์น้ำที่มาจากครอบครัวเดียวกัน หรือมีความสัมพันธ์ทางเครือญาติกัน ทั้งนี้ หากผู้ผลิตต้องการดำเนินการในส่วนของรูปแบบการผสมพันธุ์ที่ยกตัวอย่างดังกล่าวนี้ จำเป็นต้องมีข้อมูลครอบครัวสัตว์น้ำ หรือพันธุ์ประวัติเพื่อใช้ในการจัดการผสมพันธุ์

7. ในกรณีที่สัตว์น้ำมีข้อจำกัดเรื่องการจับคู่ผสมพันธุ์ เช่น สัตว์น้ำบางชนิดจำเป็นต้องผสมแบบหมู่ (mass spawning) เท่านั้น วิธีการนี้อาจมีผลให้ค่า N_e ลดลงกว่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้จริง วิธีการแก้ไข คือ การกระจายกลุ่มสัตว์น้ำออกเป็นหลาย ๆ บ่อ เช่น ใช้กระชังหรือบ่อหลาย ๆ บ่อ เพื่อจับกลุ่มการผสมพันธุ์แทนการใส่พ่อแม่พันธุ์ทุกตัวลงในบ่อเดียวกัน ซึ่งจะทำให้ N_e เข้าใกล้ค่าที่คาดหวังมากขึ้น

การคัดเลือกเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ศักยภาพของสัตว์น้ำที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์เปลี่ยนแปลงไป ยกตัวอย่างเช่น การเลือกสัตว์น้ำที่โตเร็วไปจำหน่ายให้กับเกษตรกรก่อน และนำสัตว์น้ำที่เหลือซึ่งโตช้ากว่ามาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ จะส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตโดยเฉลี่ยลดลงในรุ่นถัดไป อีกตัวอย่างหนึ่งคือ การคัดเลือกสัตว์น้ำที่เจริญเติบโตเร็วมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ โดยการคัดเลือกดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโต ในรุ่นถัดไปก็ตาม แต่อาจส่งผลทางอ้อมต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการผสมเลือดชิดในรุ่นถัดไปด้วย นอกเหนือจากนี้ ในทางปฏิบัติอาจหลีกเลี่ยงการคัดเลือกได้ยาก ยกตัวอย่างเช่น การเลือกสัตว์น้ำที่เจริญพันธุ์เร็วมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ ถือได้ว่าเป็นการคัดเลือกรูปแบบหนึ่ง รวมไปถึงสัตว์น้ำที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเลี้ยงของผู้ผลิตและตายไปก็ถือว่าเป็นการคัดเลือกรูปแบบหนึ่งโดยไม่ตั้งใจ แม้ว่าในทางปฏิบัติอาจหลีกเลี่ยงการคัดเลือกไม่ได้ทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) ผู้ผลิตควรพยายามใช้การจัดการเข้ามาประกอบเพื่อลดการคัดเลือกทั้งทางตรงและทางอ้อมให้มากที่สุด แนวทางในการหลีกเลี่ยงการคัดเลือกอาจกระทำดังนี้

1. หลังจากผสมพันธุ์เพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแล้ว ให้สุ่มลูกพันธุ์ตั้งแต่ยังมีขนาดเล็กและพันธุ์วัยที่มีอัตราการรอดต่ำไปแล้ว โดยสุ่มจำนวนตัวเท่ากันในแต่ละครอบครัว และดำเนินการเลี้ยงรวมกัน

2. หากจำนวนครอบครัวมีน้อย ควรสุ่มตัวอย่างจากแต่ละครอบครัวเพิ่มมากขึ้น เช่น หากมีปลาจำนวน 25 ครอบครัว อาจสุ่มครอบครัวละ 40 ตัว จะได้จำนวนปลารวม 1,000 ตัว ในขณะที่หากมีปลาจำนวน 50 ครอบครัว อาจสุ่มครอบครัวละ 20 ตัว ส่วนลูกพันธุ์ที่เหลือจากการสุ่มในแต่ละครอบครัวอาจนำไปใช้เป็น พ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตลูกพันธุ์เพื่อจำหน่ายต่อไป

3. หลีกเลี่ยงการคัดเลือกปลาที่เจริญพันธุ์ก่อนมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ เนื่องจากลักษณะการเจริญพันธุ์เร็วอาจจะสัมพันธ์กับลักษณะอื่น ๆ เช่น การเจริญเติบโตช้า จึงควรเลี้ยงพ่อแม่พันธุ์แยกเพศจนถึง

วัยเจริญพันธุ์เพื่อป้องกันการผสมพันธุ์กันเอง และเมื่อมีสัตว์น้ำถึงวัยเจริญพันธุ์ในปริมาณมากระดับหนึ่งแล้วจึงทำการสุ่มขึ้นมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์

ตัวอย่างแนวทางการดำรงพันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์ ประกอบด้วย

- (1) พันธุ์สัตว์น้ำที่มีรูปแบบการผสมพันธุ์แบบกลุ่ม (mass spawning)

ตัวอย่าง: ปลานิลแดง และ กุ้งก้ามกราม

- (2) พันธุ์สัตว์น้ำที่มีรูปแบบการจับคู่ผสมพ่อแม่พันธุ์ : แม่พันธุ์ เท่ากับ 1:1 (single-pair mating)

ตัวอย่าง: ปลายี่สกเทศ และ ปลาไน

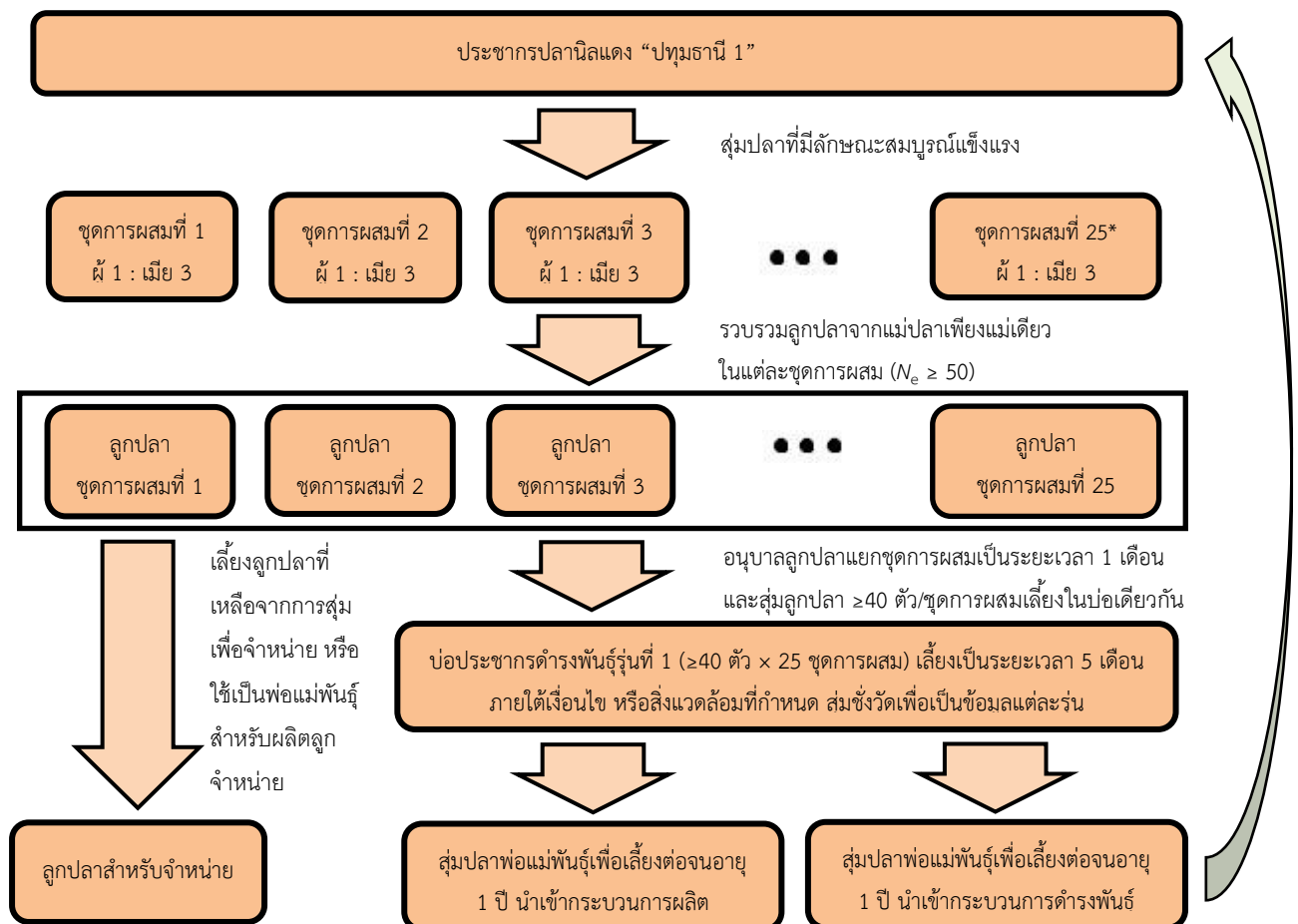
- (1) พันธุ์สัตว์น้ำที่มีรูปแบบการผสมพันธุ์แบบกลุ่ม (mass spawning)

ขั้นตอนการดำรงพันธุ์ปลานิลแดง “ปทุมธานี 1”

1. สุ่มปลาจากประชากรปลานิลแดง “ปทุมธานี 1” ที่มีลักษณะดี อวัยวะครบถ้วน และมีสุขภาพดี เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์
2. จับคู่ผสมพันธุ์ปลานิลแดง “ปทุมธานี 1” เป็นชุดการผสม (เพศเมีย 3 ตัว : เพศผู้ 1 ตัว) ในบ่อคอนกรีตหรือกระชังที่มีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตร ไม่น้อยกว่า 25 ชุดการผสม ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน พร้อมทั้งผสมวิตามินอี
3. รวบรวมลูกปลาในแต่ละชุดการผสม ๆ ละ 1 แม่ปลา แยกอนุบาลลูกปลาที่ได้ในบ่อ/กระชังขนาดไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตร เป็นเวลา 1 เดือน ให้อาหารผงสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน
4. สุ่มลูกปลาอายุ 1 เดือน ในแต่ละชุดการผสมจำนวน ≥ 40 ตัว นำลงเลี้ยงรวมในบ่อดิน/บ่อคอนกรีต/กระชัง ที่ความหนาแน่น 3 ตัว/ตารางเมตร เป็นระยะเวลา 5 เดือน ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน
5. สังเกตลักษณะปรากฏของปลานิลแดงเพื่อเก็บเป็นข้อมูลในแต่ละรุ่นที่ดำรงพันธุ์ สุ่มปลานิลแดงอายุ 5 เดือน ที่มีสุขภาพดี ร่างกายสมบูรณ์ อวัยวะครบถ้วน เลี้ยงต่อจนปลาอายุได้ 1 ปี จึงนำเข้ากระบวนการผลิตต่อไป

6. สุ่มปลานิลแดงที่อายุ 5 เดือน ที่มีสุขภาพดี ร่างกายสมบูรณ์ อวัยวะครบถ้วน เลี้ยงต่อจนปลาอายุได้ 1 ปี จึงนำกลับเข้ากระบวนการดำรงพันธุ์

แผนผังขั้นตอนการดำรงพันธุ์ปลานิลแดง “ปทุมธานี 1”



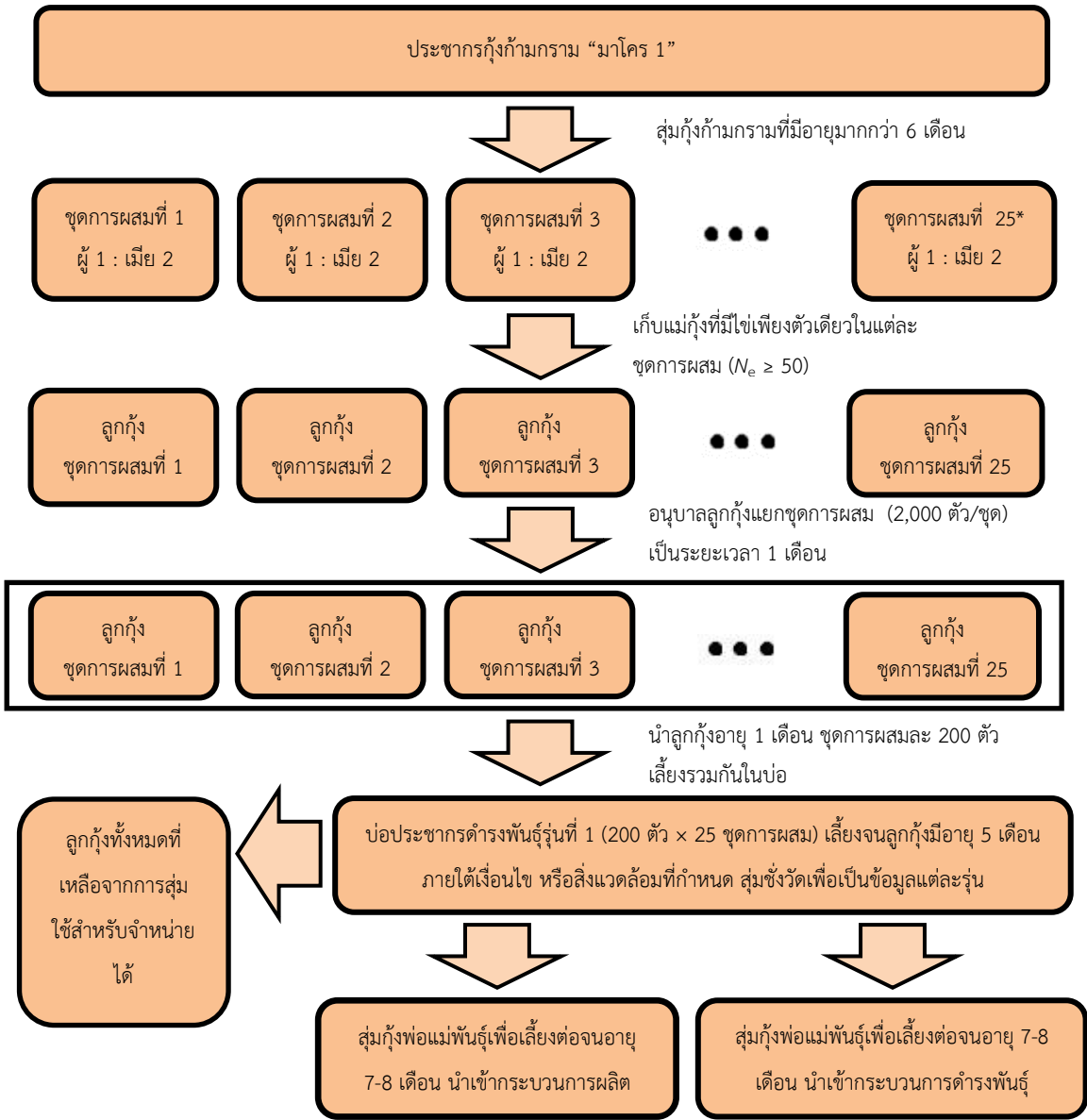
* จำนวนลูกสัตว์น้ำต่อชุดการผสมที่สุ่มมาใช้เป็นประชากรดำรงพันธุ์ขึ้นกับ facility ของหน่วยผลิต และอัตราการตายของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

* อัตราการผสมเลือดชิดที่แนะนำต่อรุ่น ไม่ควรเกิน 1% ซึ่งมีค่า effective population size (N_e) ≥ 50

ขั้นตอนการดำรงพันธุ์กึ่งก้ำกักราม “มาโคร 1”

1. สุ่มพ่อแม่พันธุ์กึ่งก้ำกักราม “มาโคร 1” ที่มีอายุมากกว่า 6 เดือน มาจับคู่ผสมพันธุ์ ปั่นชุดการผสมในบ่อซีเมนต์/กระชัง ขนาดไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตร โดยใช้อัตราส่วนของเพศผู้ต่อเพศเมีย เท่ากับ 1 : 2 จับคู่ไม่น้อยกว่า 25 คู่ผสม (ครอบครัว) เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ด้วยอาหารกึ่งชนิดเม็ดจมน้ำผสมกับอาหาร สำหรับขุนพ่อแม่พันธุ์ ให้อาหารวันละ 2 มื้อ
2. ปลอຍให้พ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์กันตามธรรมชาติ จนสังเกตเห็นไข่บริเวณหน้าท้อง พัฒนาเป็นสีเทาดำ จึงแยกแม่พันธุ์ออกมาพักในถังพลาสติก 250 ลิตร ถึงละ 1 แม่ (ครอบครัว) ไม่น้อยกว่า 25 ครอบครัว ใช้น้ำสะอาดที่มีความเค็ม 15 ส่วนในพัน โดยแม่พันธุ์จะใช้เวลา 5 - 7 วัน ในการสลัดไข่ออกจากหน้าท้อง จากนั้นนำ แม่พันธุ์กลับไปเลี้ยงในบ่อซีเมนต์เพื่อรอผสมพันธุ์ครั้งต่อไป
3. อนุบาลลูกกุ้งในถังพลาสติก โดยให้อากาศตลอดเวลา ให้อาหารมีชีวิตเป็นอาร์ทีเมีย แรกพัก วันละ 3 มื้อ จนลูกกุ้งมีอายุ 10 วัน ให้อาหารเป็นอาร์ทีเมียแรกพักผสมอาร์ทีเมียตัวเต็มวัยแช่แข็ง วันละ 3 มื้อ ใช้เวลาในการอนุบาล 25 - 30 วัน ลูกกุ้งจะพัฒนาจนถึงระยะคว่ำ แล้วจึงค่อย ๆ ปรับลดความเค็มของน้ำ ให้เหลือ 0 ส่วนในพัน แล้วจึงนำลูกกุ้งไปเลี้ยงต่อในถังพลาสติกขนาด 1,500 ลิตร แยกเลี้ยงถึงละ 1 ครอบครัว
4. การเลี้ยงกุ้งในถังพลาสติกขนาด 1,500 ลิตร แยกครอบครัว สุ่มลูกกุ้งระยะคว่ำจาก แต่ละครอบครัว ลงเลี้ยงถึงละประมาณ 2,000 ตัว ให้กินอาหารเม็ดจมน้ำวันละ 2 มื้อ เลี้ยงกุ้งจนมีอายุครบ 5 เดือน โดยสุ่มชั่งวัดการเจริญเติบโตทุกเดือน
5. สุ่มกึ่งก้ำกักรามที่อายุ 5 เดือน ที่มีสุขภาพดี เลี้ยงต่อจนกึ่งก้ำกักรามมีอายุได้ 7-8 เดือน จึงนำเข้ากระบวนการผลิตต่อไป
6. สุ่มกึ่งก้ำกักรามที่อายุ 5 เดือน (เพศเมีย 300-500 ตัว และเพศผู้ 300-500 ตัว) ที่มีสุขภาพดี เลี้ยงต่อจนกึ่งก้ำกักรามมีอายุได้ 7-8 เดือน จึงนำกลับเข้ากระบวนการดำรงพันธุ์

แผนผังขั้นตอนการดำรงพันธกิจก้ามกราม “มาโคร 1”



* จำนวนลูกสัตว์น้ำต่อชุดการผสมที่นำมาใช้เป็นประชากรดำรงพันธุ์ขึ้นกับ facility ของหน่วยผลิต และอัตราการตายของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

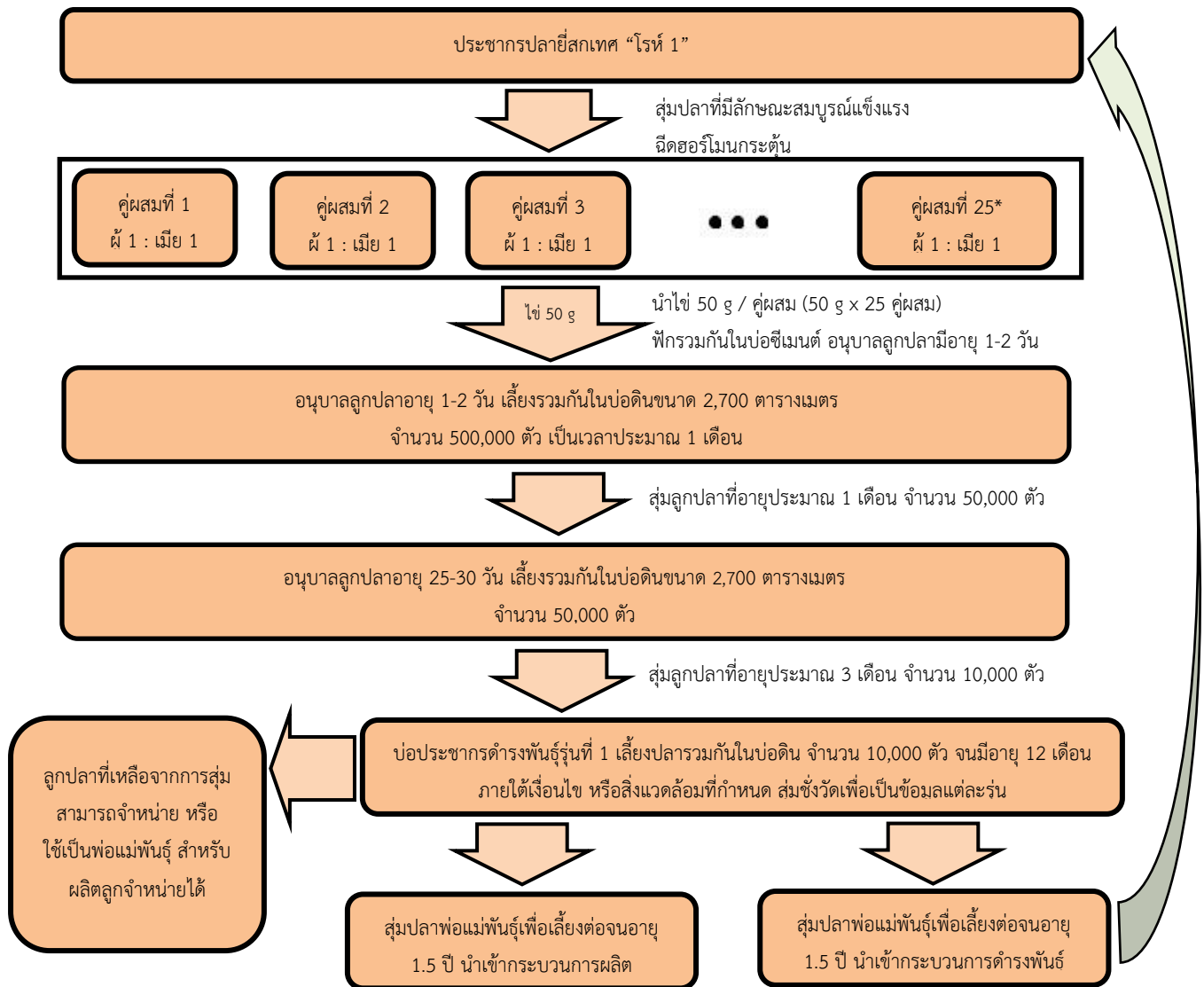
* อัตราการผสมเลือดชิดที่แนะนำต่อรุ่น ไม่ควรเกิน 1% ซึ่งมีค่า effective population size (N_e) ≥ 50

(2) พันธุ์สัตว์น้ำที่มีรูปแบบการจับคู่ผสมพ่อพันธุ์ : แม่พันธุ์ เท่ากับ 1 : 1
(single-pair mating)

ขั้นตอนการดำรงพันธุ์ปลาอีสกเทศ “โรห์ 1”

1. เตรียมพ่อแม่พันธุ์ปลาอีสกเทศ “โรห์ 1” โดยเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ดีไม่หนาแน่น (1 ตัว/4 ตารางเมตร) เปลี่ยนถ่ายน้ำทุก 15 วัน เสริมอาหารสดสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ให้อาหารโปรตีน 30 เปอร์เซ็นต์ วันละ 1 มื้อ โดยผสมวิตามินและอาหารเสริม
2. สุ่มพ่อแม่พันธุ์ปลาอีสกเทศ “โรห์ 1” ที่มีอายุมากกว่า 1.5 ปี สมบูรณ์เพศ มีลักษณะดี อวัยวะครบถ้วน และมีสุขภาพดี เพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ จำนวน 50 คู่ นำมาเพาะพันธุ์ด้วยวิธีการผสมเทียม โดยใช้อัตราส่วนของเพศผู้ต่อเพศเมีย เท่ากับ 1 : 1
3. นำไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิกับน้ำเชื้อแล้วจากแม่ปลาแต่ละตัวในปริมาณเท่า ๆ กัน ไปฟักรวมกันในบ่อซีเมนต์ ให้อากาศ เปิดน้ำไหลผ่านเบา ๆ โดยใช้ผ้าโอล่อนแก้วกันไข่หลุดลอดออก ไข่ใช้ระยะเวลาฟักเป็นตัวประมาณ 13 - 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27 - 29 องศาเซลเซียส รอให้ลูกปลาวัยน้ำแข็งแรงในบ่อซีเมนต์ 1 - 2 วัน
4. สุ่มลูกปลาอนุบาลในบ่อดินขนาด 2,700 ตารางเมตร จำนวน 500,000 ตัว ให้อาหารด้วยไรแดงและไข่แดงปั่นเป็นเวลา 3 - 5 วัน หลังจากนั้นค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นปลาป่นผสมรำ โดยอาหารสดให้ตัวบ่อ วันละ 3 มื้อ อนุบาลลูกปลาเป็นระยะเวลา 25 - 30 วัน ลูกปลามีขนาดความยาว 3 - 4 เซนติเมตร และน้ำหนัก 0.3 - 0.5 กรัม
5. สุ่มลูกปลาอนุบาลในบ่อดินขนาด 2,700 ตารางเมตร จำนวน 50,000 ตัว ให้อาหารด้วย ปลาป่นผสมรำและอาหารปลาตุ๊กเล็กในปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน อนุบาลจนลูกปลาจะมีอายุ 75 - 80 วัน
6. สุ่มลูกปลาอนุบาลในบ่อดินขนาด 2,700 ตารางเมตร จำนวน 10,000 ตัว ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน อนุบาลจนลูกปลาจะมีอายุ 12 เดือน
7. สุ่มปลาอีสกเทศ “โรห์ 1” ที่อายุ 12 เดือน (เพศเมีย 500 ตัว และเพศผู้ 500 ตัว) ที่มีสุขภาพดี ร่างกายสมบูรณ์ อวัยวะครบถ้วน เลี้ยงต่อจนปลาจะมีอายุได้ 1.5 ปี จึงนำกลับเข้ากระบวนการดำรงพันธุ์

แผนผังขั้นตอนการดำรงพันธุ์ปลาอีสกเทศ “โรห์ 1”



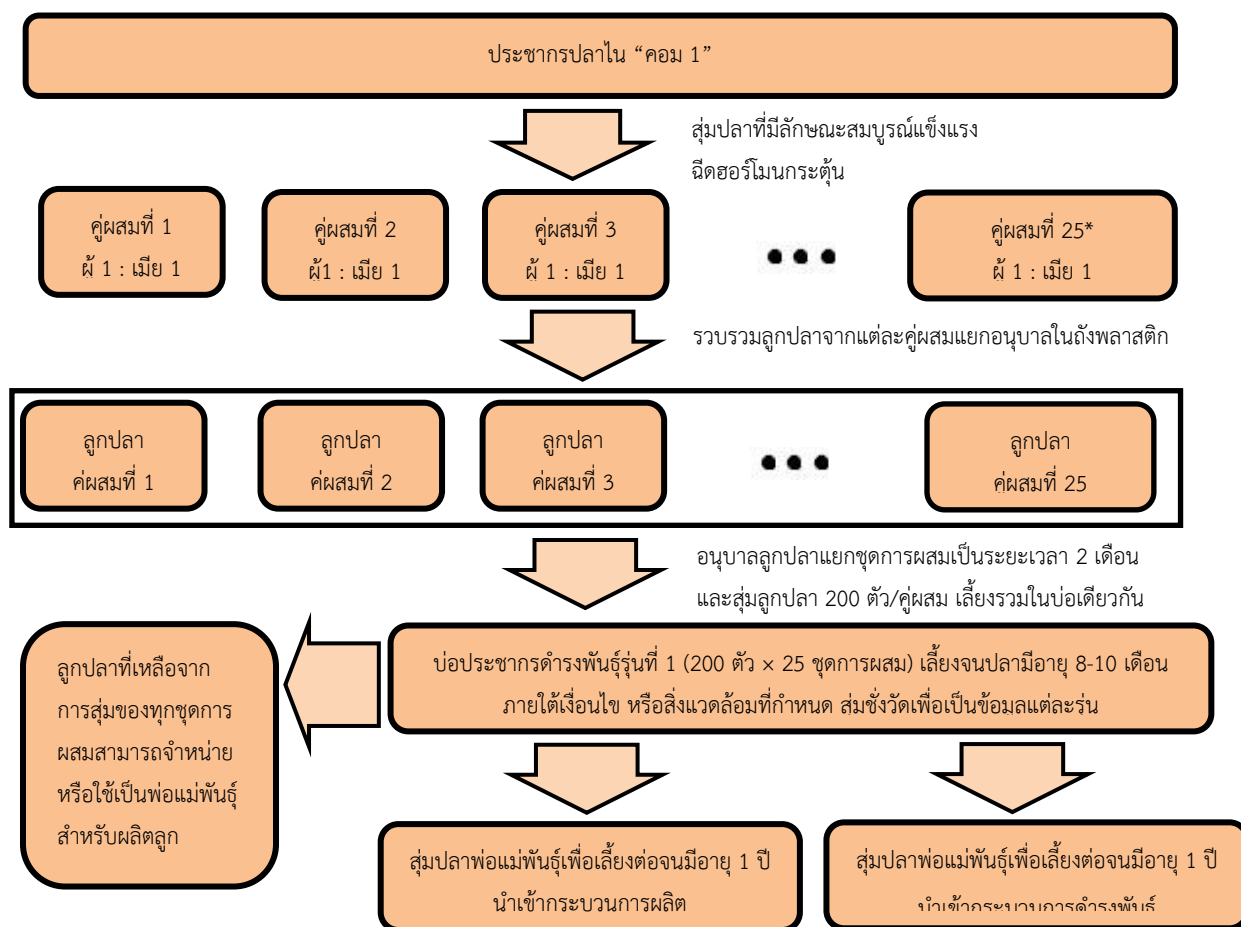
* จำนวนลูกสัตว์น้ำต่อชุดการผลิตที่นำมาใช้เป็นประชากรดำรงพันธุ์ขึ้นกับ facility ของหน่วยผลิต และอัตราการตายของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

* อัตราการผสมเลือดชิดที่แนะนำต่อรุ่น ไม่ควรเกิน 1% ซึ่งมีค่า effective population size (N_e) ≥ 50

ขั้นตอนการดำรงพันธุ์ปลาใน “คอม 1”

1. สุ่มพ่อแม่พันธุ์ปลาจากประชากรปลาใน “คอม 1” ที่มีลักษณะดี อวัยวะครบถ้วน และ มีสุขภาพดีเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์
2. จับคู่ผสมพันธุ์ปลาในเป็นคู่ผสม (เพศเมีย 1 ตัว : เพศผู้ 1 ตัว) โดยการฉีดฮอร์โมนกระตุ้นและปล่อยให้พ่อแม่พันธุ์ผสมพันธุ์กันตามธรรมชาติ ในถังพลาสติกขนาด 500 ลิตร/บ่อคอนกรีตหรือกระชัง ที่มีขนาดพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตร จับคู่ไม่น้อยกว่า 25 คู่ผสม (ครอบครัว) ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 1 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน พร้อมทั้งผสมวิตามินอี
3. รวบรวมลูกปลาในแต่ละครอบครัว แยกอนุบาลลูกปลาที่ได้ในบ่อ/กระชังขนาดไม่น้อยกว่า 1 ตารางเมตร เป็นเวลา 1 เดือน ให้อาหารผงสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน
4. สุ่มลูกปลาอายุ 2 เดือน ในแต่ละครอบครัว จำนวน 200 ตัว นำลงเลี้ยงรวมในบ่อดิน/บ่อคอนกรีต/กระชัง ที่ความหนาแน่น 3-5 ตัว/ตร.ม. เป็นระยะเวลา 6-8 เดือน ให้อาหารเม็ดสำเร็จรูปปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 3 เปอร์เซ็นต์/น้ำหนักตัว/วัน
5. สังเกตลักษณะปรากฏของปลาในเพื่อเก็บเป็นข้อมูลในแต่ละรุ่นที่ดำรงพันธุ์ สุ่มปลาที่อายุ 8-10 เดือน ที่มีสุขภาพดี ร่างกายสมบูรณ์ อวัยวะครบถ้วน เลี้ยงต่อจนปลาอายุได้ 1 ปี จึงนำเข้ากระบวนการผลิตต่อไป
6. สุ่มปลาในที่อายุ 8-10 เดือน (เพศผู้ 500 ตัว และเพศเมีย 500 ตัว) ที่มีสุขภาพดี ร่างกายสมบูรณ์ อวัยวะครบถ้วน เลี้ยงต่อจนปลาอายุได้ 1 ปี จึงนำกลับเข้ากระบวนการดำรงพันธุ์

แผนผังขั้นตอนการดำรงพันธุ์ปลาใน “คอม 1”



* จำนวนลูกสัตว์น้ำต่อชุดการผสมที่สุมมาใช้เป็นประชากรดำรงพันธุ์ขึ้นกับ facility ของหน่วยผลิต และอัตราการรอดตายของสัตว์น้ำแต่ละชนิด

* อัตราการผสมเลือดชิดที่แนะนำต่อรุ่น ไม่ควรเกิน 1% ซึ่งมีค่า effective population size (N_e) ≥ 50

3) การจัดบันทึก

(1) บันทึกแหล่งที่มาของปลาพ่อแม่พันธุ์แต่ละตัว

- แบบฟอร์มที่ 1: แบบบันทึกข้อมูลพ่อแม่สัตว์น้ำพันธุ์ปรับปรุง
- แบบฟอร์มที่ 2: แบบบันทึกการสร้างประชากรสัตว์น้ำพันธุ์ปรับปรุงรุ่นทดแทน

(2) บันทึกการใช้งานพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์

- แบบฟอร์มที่ 3: แบบบันทึกการเพาะและอนุบาลสัตว์น้ำพันธุ์ปรับปรุง
- แบบฟอร์มที่ 4: แบบบันทึกการเลี้ยงสัตว์น้ำพันธุ์ปรับปรุงเพื่อใช้ทดแทน

(3) บันทึกข้อมูลสนับสนุนการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์

- แบบฟอร์มที่ 5: แบบบันทึกสุขภาพสัตว์น้ำปรับปรุงพันธุ์ที่นำเข้าสู่ฟาร์มจากภายนอก
- แบบฟอร์มที่ 6: แบบบันทึกคุณภาพน้ำ
- แบบฟอร์มที่ 7: แบบบันทึกการนำเข้า และการใช้อาหาร
- แบบฟอร์มที่ 8: แบบบันทึกการผสมอาหาร
- แบบฟอร์มที่ 9: แบบบันทึกการให้อาหาร
- แบบฟอร์มที่ 10: แบบบันทึกสุขภาพสัตว์น้ำ
- แบบฟอร์มที่ 11: แบบบันทึกการเกิดโรคในฟาร์ม

แบบให้คะแนนของผู้ตรวจประเมิน (Checklist)

หน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำจืด

วันที่.....	ลำดับที่
ชื่อหน่วยผลิต	
ที่ตั้ง..... โทรศัพท์	
ชื่อผู้แทนหน่วยผลิต/ผู้ให้ข้อมูล ตำแหน่ง.....	
โทรศัพท์	
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต (10 คะแนน)	
ความสำคัญ เป็นหน่วยผลิตที่มีการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี ผ่านมาตรฐานที่รับรองโดยกรมประมง	
ข้อกำหนด	คะแนน
รายการตรวจประเมิน	
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต	
1.1 เป็นหน่วยผลิตพันธุ์สัตว์น้ำที่ได้รับการรับรองมาตรฐานโดยกรมประมง (10 คะแนน)	☐ ผ่านการรับรองมาตรฐานโรงเพาะฟักและอนุบาลสัตว์น้ำจืดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีของหน่วยงานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ/ GAP (10 คะแนน) ☐ ไม่ผ่านการรับรองมาตรฐานโรงเพาะฟักและอนุบาลสัตว์น้ำจืดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีของหน่วยงานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ/ GAP (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2. การจัดการด้านพันธุศาสตร์ (70 คะแนน) ต้องผ่าน 80 %	
ความสำคัญ การจัดการด้านพันธุศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เช่น การวางแผนผังพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำพันธุ์เพาะเลี้ยง มีความสำคัญต่อการดำรงพันธุ์ และการวางแผนปรับปรุงพันธุ์ เพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม และรักษาคุณภาพทางพันธุกรรม ส่วนการจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ มีความสำคัญต่อการลดการสูญเสียแหล่งพันธุกรรม ลดการปนเปื้อนทางพันธุกรรม เพื่อคงไว้ซึ่งแหล่งทรัพยากรพันธุกรรม	

2.1 การวางแผนผังบ่อ (20 คะแนน)

เหตุผลความจำเป็น เพื่อให้สามารถบริหารจัดการฟาร์มแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแบ่งพื้นที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม โดยต้องเลี้ยงแยกชนิด แยกสายพันธุ์ และแยกรุ่น เพื่อดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ ลดความเสี่ยงของการผสมเลือดชิด

[illegible]

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2.1.2 การเลี้ยงแยกชนิด (เพื่อป้องกันกรณีที่สัตว์น้ำสามารถผสมข้ามชนิดในธรรมชาติได้) (5 คะแนน)		☐ มีการเลี้ยงแยกชนิด แยกเพศ และมีการจดบันทึกข้อมูลเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการเลี้ยงแยกชนิด แยกเพศ แต่การจดบันทึกข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ ไม่มีการเลี้ยงแยกชนิด แต่ปลาต่างชนิดเหล่านั้นไม่สามารถผสมกันเองได้ในธรรมชาติ (3 คะแนน) ☐ ไม่มีการเลี้ยงแยกชนิด และไม่แยกเพศ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.1.3 มีการเลี้ยงแยกรุ่น เพื่อป้องกันการผสมข้ามระหว่างรุ่น (5 คะแนน)		☐ มีการเลี้ยงแยกแต่ละรุ่นไม่ให้ปะปนกัน และมีการจดบันทึกเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการเลี้ยงแยกแต่ละรุ่น แต่การจดบันทึกไม่เป็นปัจจุบัน (3 คะแนน) ☐ ไม่เลี้ยงแยกรุ่น (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2.1.4 มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ เพื่อป้องกันการผสมต่างสายพันธุ์ (5 คะแนน)		☐ มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ และมีการจดบันทึกการเลี้ยงแยกสายพันธุ์เป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ แต่การจดบันทึกการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ไม่เป็นปัจจุบัน (3 คะแนน) ☐ ไม่มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.2 การจัดการพ่อแม่พันธุ์ (40 คะแนน) <u>เหตุผลความจำเป็น</u> เพื่อดำรงรักษาและ/หรือปรับปรุงคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ โดยมีระบบการผสมพันธุ์ที่ถูกต้องเพื่อผลิตลูกพันธุ์คุณภาพดี เป็นการดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมผนวกกับการลดความเสี่ยงที่จะเกิดการผสมเลือดชิด เพื่อผลิตลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพ และมีพันธุกรรมดีเหมือนพ่อแม่พันธุ์หรือดีกว่าพันธุ์เริ่มต้น และคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม		
*2.2.1 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยง (20 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 20 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 40 คะแนน		
ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (5 คะแนน)		☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำครบถ้วน (5 คะแนน) ☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำไม่ครบถ้วน (3 คะแนน) ☐ ไม่มีบันทึกชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
4. ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่เหมาะสม (ผ่านวัยเจริญพันธุ์แล้ว) (5 คะแนน)		☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่เหมาะสมตามแต่ละชนิด (5 คะแนน) ☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่ไม่เหมาะสม (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
*2.2.2 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ (20 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 20 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 40 คะแนน		
1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (5 คะแนน)		☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำครบถ้วน (5 คะแนน) ☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำไม่ครบถ้วน (3 คะแนน) ☐ ไม่มีบันทึกชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2. แหล่งของพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)		☐ ใช้พันธุ์ธรรมชาติในแหล่งน้ำเดิม (5 คะแนน) ☐ ใช้พันธุ์ธรรมชาติในแหล่งน้ำเดิมที่ผ่านการเพาะเลี้ยง (3 คะแนน) ☐ ใช้พันธุ์เพาะเลี้ยง (2 คะแนน) ☐ ใช้พันธุ์ปรับปรุง หรือพันธุ์ต่างถิ่น (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
3. การใช้พ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)		☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ครั้งเดียว โดยใช้สัดส่วนและจำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม (5 คะแนน) ☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในการเพาะหลายรุ่น แต่มีค่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (effective population size, N_e) ที่เหมาะสม ที่ส่งผลให้อัตราการผสมเลือดชิดไม่เกิน 1% (4 คะแนน) ☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในการเพาะหลายรุ่น โดยไม่คำนึงถึงค่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (effective population size, N_e) ที่เหมาะสม ส่งผลให้อัตราการผสมเลือดชิดมากกว่า 1% (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
4. การลดการ domesticate (5 คะแนน)		☐ เพาะพันธุ์เสร็จแล้วปล่อยคืนสู่ธรรมชาติทั้งลูกพันธุ์และพ่อแม่พันธุ์ โดยไม่มีการอนุบาลต่อ (5 คะแนน) ☐ ปล่อยเฉพาะลูกพันธุ์ พ่อแม่พันธุ์ไม่ปล่อย (4 คะแนน) ☐ เพาะพันธุ์เสร็จแล้วมีการอนุบาลต่อ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.3 ระบบการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำ (10 คะแนน) <u>เหตุผลความจำเป็น</u> เพื่อให้สัตว์น้ำปลอดโรค โดยมีเป้าหมายในการกำจัดเชื้อโรคออกไปจากพื้นที่การเลี้ยงและจากสัตว์น้ำ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดหรือลดโอกาสในการนำเชื้อก่อโรคเข้ามาในฟาร์ม หรือนำเชื้อก่อโรคออกไปนอกฟาร์ม		
2.3.1 การเฝ้าระวังสุขภาพสัตว์น้ำในระบบการเลี้ยง (5 คะแนน)		☐ มีการตรวจปรสิตสัตว์น้ำและคุณภาพน้ำ (5 คะแนน) ☐ มีการตรวจปรสิตสัตว์น้ำหรือคุณภาพน้ำอย่างใดอย่างหนึ่ง (3 คะแนน) ☐ ไม่มีการตรวจปรสิตสัตว์น้ำและคุณภาพน้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2.3.2 การฆ่าเชื้อในระบบการเพาะ การเลี้ยง และการอนุบาล (กรณีมีโรคระบาด) (5 คะแนน)		☐ มีการฆ่าเชื้อในน้ำ บ่อ โรงเรือน อุปกรณ์ และมีการจดบันทึกเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการฆ่าเชื้อในน้ำ บ่อ โรงเรือน อุปกรณ์ แต่ไม่มีการจดบันทึกเป็นปัจจุบัน (2 คะแนน) ☐ ไม่มีการฆ่าเชื้อ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

3. การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (20 คะแนน)

ความสำคัญ การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ การจดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน และการจดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแต่ละรอบการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นในการปฏิบัติตามหลักพันธุศาสตร์ที่ดี ทำให้การผลิตลูกพันธุ์สายพันธุ์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้

ข้อกำหนด	คะแนน	ข้อสังเกตของกรรมการ
3.1 มีการจดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน (10 คะแนน)		☐ มีข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดเป็นปัจจุบัน (10 คะแนน) ☐ มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ทั้งหมดแต่ไม่เป็นปัจจุบัน (8 คะแนน) ☐ มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ไม่ครบทุกชนิดแต่เป็นปัจจุบัน (6 คะแนน) ☐ มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ไม่ครบทุกชนิดและไม่เป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ ไม่มีข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	ข้อสังเกตของกรรมการ
3.2 การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (5 คะแนน)		☐ มีการวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (5 คะแนน) ☐ ไม่มีการวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
3.3 มีการจดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ แต่ละรอบการผลิต (5 คะแนน)		☐ บันทึกทุกครั้งและเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ บันทึกทุกครั้งแต่ไม่เป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ บันทึกน้อยกว่ารอบการผลิต 1 รอบ (3 คะแนน) ☐ บันทึกบางครั้ง (2 คะแนน) ☐ ไม่มีบันทึก (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ลงชื่อผู้ตรวจประเมิน.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบให้คะแนนของผู้ตรวจประเมิน (Checklist)

หน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำชายฝั่ง

วันที่.....	ลำดับที่
ชื่อหน่วยผลิต	
ที่ตั้ง..... โทรศัพท์	
ชื่อผู้แทนหน่วยผลิต/ผู้ให้ข้อมูล ตำแหน่ง.....	
โทรศัพท์	
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต (10 คะแนน)	
ความสำคัญ เป็นหน่วยผลิตที่มีการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี ผ่านมาตรฐานที่รับรองโดยกรมประมง	
ข้อกำหนด	คะแนน
รายการตรวจประเมิน	
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต	
1.1 เป็นหน่วยผลิตพันธุ์สัตว์น้ำที่ได้รับการรับรองมาตรฐานโดยกรมประมง (10 คะแนน)	☐ ผ่านการรับรองมาตรฐานโรงเพาะฟักและอนุบาลสัตว์น้ำจืดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีของหน่วยงานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ/ GAP (10 คะแนน) ☐ ไม่ผ่านการรับรองมาตรฐานโรงเพาะฟักและอนุบาลสัตว์น้ำจืดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีของหน่วยงานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ/ GAP (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2. การจัดการด้านพันธุศาสตร์ (70 คะแนน) ต้องผ่าน 80 %	
ความสำคัญ การจัดการด้านพันธุศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เช่น การวางแผนผังบ่อ การจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำพันธุ์เพาะเลี้ยง มีความสำคัญต่อการดำรงพันธุ์ และการวางแผนปรับปรุงพันธุ์ เพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม และรักษาคุณภาพทางพันธุกรรม ส่วนการจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ มีความสำคัญต่อการลดการสูญเสียแหล่งพันธุกรรม ลดการปนเปื้อนทางพันธุกรรม เพื่อคงไว้ซึ่งแหล่งทรัพยากรพันธุกรรม	

2.1 การวางแผนผังบ่อ (20 คะแนน)

เหตุผลความจำเป็น เพื่อให้สามารถบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแบ่งพื้นที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม โดยต้องเลี้ยงแยกชนิด แยกสายพันธุ์ และแยกรุ่น เพื่อดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ ลดความเสี่ยงของการผสมเลือดชิด

[illegible]

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2.1.2 การเลี้ยงแยกชนิด (เพื่อป้องกันกรณีที่สัตว์น้ำสามารถผสมข้ามชนิดในธรรมชาติได้) (5 คะแนน)		☐ มีการเลี้ยงแยกชนิด แยกเพศ และมีการจดบันทึกข้อมูลเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการเลี้ยงแยกชนิด แยกเพศ แต่การจดบันทึกข้อมูลไม่เป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ ไม่มีการเลี้ยงแยกชนิด แต่ปลาต่างชนิดเหล่านั้นไม่สามารถผสมกันเองได้ในธรรมชาติ (3 คะแนน) ☐ ไม่มีการเลี้ยงแยกชนิด และไม่แยกเพศ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.1.3 มีการเลี้ยงแยกรุ่น เพื่อป้องกันการผสมข้ามระหว่างรุ่น (5 คะแนน)		☐ มีการเลี้ยงแยกแต่ละรุ่นไม่ให้ปะปนกัน และมีการจดบันทึกเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการเลี้ยงแยกแต่ละรุ่น แต่การจดบันทึกไม่เป็นปัจจุบัน (3 คะแนน) ☐ ไม่เลี้ยงแยกรุ่น (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2.1.4 มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ เพื่อป้องกันการผสมต่างสายพันธุ์ (5 คะแนน)		☐ มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ และมีการจดบันทึกการเลี้ยงแยกสายพันธุ์เป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ แต่การจดบันทึกการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ไม่เป็นปัจจุบัน (3 คะแนน) ☐ ไม่มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.2 การจัดการพ่อแม่พันธุ์ (30คะแนน) เหตุผลความจำเป็น เพื่อดำรงรักษาและ/หรือปรับปรุงคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ โดยมีระบบการผสมพันธุ์ที่ถูกต้องเพื่อผลิตลูกพันธุ์คุณภาพดี เป็นการดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมผนวกกับการลดความเสี่ยงที่จะเกิดการผสมเลือดชิด เพื่อผลิตลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพ และมีพันธุกรรมดีเหมือนพ่อแม่พันธุ์หรือดีกว่าพันธุ์เริ่มต้น และคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม		
*2.2.1 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยง (15 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 15 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 30 คะแนน		
ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (4 คะแนน)		☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำครบถ้วน (4 คะแนน) ☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำไม่ครบถ้วน (3 คะแนน) ☐ ไม่มีบันทึกชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2. การใช้พ่อแม่พันธุ์แต่ละรุ่นเพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (4 คะแนน)		☐ ไม่มีการผสมข้ามรุ่นหรือสายพันธุ์ (4 คะแนน) ☐ มีการผสมข้ามรุ่นหรือสายพันธุ์ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
3. การใช้สัดส่วนพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)		☐ สัดส่วนพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำเหมาะสมมีค่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (effective population size, N_e) ที่ส่งผลให้อัตราการผสมเลือดชิดไม่เกิน 1% ต่อรุ่น (5 คะแนน) ☐ สัดส่วนพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำไม่เหมาะสมไม่คำนึงถึงค่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (effective population size, N_e) ส่งผลให้อัตราการผสมเลือดชิดมากกว่า 1% ต่อรุ่น (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
4. ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่เหมาะสม (ผ่านวัยเจริญพันธุ์แล้ว) (2 คะแนน)		☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่เหมาะสมตามแต่ละชนิด (2 คะแนน) ☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่ไม่เหมาะสม (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
*2.2.2 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ (15 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 15 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 30 คะแนน		
1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (4 คะแนน)		☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำครบถ้วน (4 คะแนน) ☐ มีบันทึกการนำเข้าชนิดพันธุ์สัตว์น้ำไม่ครบถ้วน (3 คะแนน) ☐ ไม่มีบันทึกชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2. แหล่งของพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)		☐ ใช้พันธุ์ธรรมชาติในแหล่งน้ำเดิม (5 คะแนน) ☐ ใช้พันธุ์ธรรมชาติในแหล่งน้ำเดิมที่ผ่านการเพาะเลี้ยง (3 คะแนน) ☐ ใช้พันธุ์เพาะเลี้ยง (2 คะแนน) ☐ ใช้พันธุ์ปรับปรุง หรือพันธุ์ต่างถิ่น (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
3. การใช้พ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (4 คะแนน)		☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ครั้งเดียว โดยใช้สัดส่วนและจำนวนพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม (4 คะแนน) ☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในการเพาะหลายรุ่น แต่มีค่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (effective population size, N_e) ที่เหมาะสมที่ส่งผลให้อัตราการผสมเลือดชิดไม่เกิน 1% (3 คะแนน) ☐ ใช้พ่อแม่พันธุ์ในการเพาะหลายรุ่น โดยไม่คำนึงถึงค่าจำนวนพ่อแม่พันธุ์ (effective population size, N_e) ที่เหมาะสม ส่งผลให้อัตราการผสมเลือดชิดมากกว่า 1% (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
4. การลดการ domesticate (2 คะแนน)		☐ เพาะพันธุ์เสร็จแล้วปล่อยคืนสู่ธรรมชาติทั้งลูกพันธุ์และพ่อแม่พันธุ์ โดยไม่มีการอนุบาลต่อ (2 คะแนน) ☐ ปล่อยเฉพาะลูกพันธุ์ พ่อแม่พันธุ์ไม่ปล่อย (1 คะแนน) ☐ เพาะพันธุ์เสร็จแล้วมีการอนุบาลต่อ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.3 ระบบความมั่นคงทางชีวภาพ (Biosecurity system) (20 คะแนน) เหตุผลความจำเป็น เพื่อให้สัตว์น้ำปลอดโรค โดยมีเป้าหมายในการกำจัดเชื้อโรคออกไปจากพื้นที่การเลี้ยงและจากสัตว์น้ำ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดหรือลดโอกาสในการนำเชื้อก่อโรคเข้ามาในฟาร์ม หรือนำเชื้อก่อโรคออกไปนอกฟาร์ม		
2.3.1 การเฝ้าระวังสุขภาพสัตว์น้ำในระบบการเลี้ยง (4 คะแนน)		☐ มีการตรวจประวัติสัตว์น้ำและคุณภาพน้ำ (4 คะแนน) ☐ มีการตรวจประวัติสัตว์น้ำหรือคุณภาพน้ำอย่างใดอย่างหนึ่ง (3 คะแนน) ☐ ไม่มีการตรวจประวัติสัตว์น้ำและคุณภาพน้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	รายการตรวจประเมิน
2.3.2 การฆ่าเชื้อในระบบการเพาะ การเลี้ยง และการอนุบาล (กรณีมีโรคระบาด) (4 คะแนน)		☐ มีการฆ่าเชื้อในน้ำ บ่อ โรงเรือน อุปกรณ์ และมีการจดบันทึกเป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ มีการฆ่าเชื้อในน้ำ บ่อ โรงเรือน อุปกรณ์ แต่ไม่มีการจดบันทึกเป็นปัจจุบัน (2 คะแนน) ☐ ไม่มีการฆ่าเชื้อ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.3.3 การจัดการน้ำใช้และน้ำทิ้งของระบบการเพาะ การอนุบาล และการเลี้ยงสัตว์น้ำ (4 คะแนน)		☐ มีบ่อพักน้ำใช้ มีการตรวจเช็คคุณภาพน้ำใช้และน้ำทิ้งคุณภาพน้ำไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (4 คะแนน) ☐ มีบ่อพักน้ำใช้ มีการตรวจเช็คคุณภาพน้ำใช้และน้ำทิ้งคุณภาพน้ำเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (3 คะแนน) ☐ มีบ่อพักน้ำใช้ มีการตรวจเช็คคุณภาพน้ำใช้หรือน้ำทิ้งคุณภาพน้ำไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (2 คะแนน) ☐ มีบ่อพักน้ำใช้ มีการตรวจเช็คคุณภาพน้ำใช้หรือน้ำทิ้งคุณภาพน้ำเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (1 คะแนน) ☐ ไม่มีการจัดการน้ำใช้และน้ำทิ้ง (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.3.4 แนวทางการปฏิบัติของเจ้าหน้าที่ก่อนและหลังการปฏิบัติงานในระบบ (SOP) (4 คะแนน)		☐ มีการชำระร่างกาย และเปลี่ยนชุดปฏิบัติงานก่อนเข้าระบบมีการเปลี่ยนรองเท้าและฆ่าเท้าในอ่างฆ่าเชื้อ มีการลงชื่อและเวลาเข้าออก (4 คะแนน) ☐ มีการเปลี่ยนรองเท้าและฆ่าเท้าในอ่างฆ่าเชื้อ (2 คะแนน) ☐ ไม่มีแนวทางการปฏิบัติของเจ้าหน้าที่ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
2.3.5 แนวทางการปฏิบัติกรณีเกิดโรคระบาด (ตามที่ OIE ระบุ) ในระบบการเพาะ การอนุบาล และการเลี้ยงสัตว์น้ำ (4 คะแนน)		☐ หยุดกิจกรรมทุกอย่างในระบบที่เกิดโรคระบาด มีการทำลายสัตว์ หรือซากสัตว์ที่เป็นโรค ทำความสะอาดบ่อ และทำความสะอาดโรงเรือน (4 คะแนน) ☐ หยุดกิจกรรมทุกอย่างในระบบที่เกิดโรคระบาด มีการทำลายสัตว์ หรือซากสัตว์ที่เป็นโรค ทำความสะอาดบ่อ (3 คะแนน) ☐ หยุดกิจกรรมทุกอย่างในระบบที่เกิดโรคระบาด มีการทำลายสัตว์ หรือซากสัตว์ที่เป็นโรค (2 คะแนน) ☐ หยุดกิจกรรมทุกอย่างในระบบที่เกิดโรคระบาด (1 คะแนน) ☐ ไม่มีแนวทางการจัดการ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

3. การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (20 คะแนน)		
ความสำคัญ การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ การจดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน และการจดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแต่ละรอบการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นในการปฏิบัติตามหลักพันธุศาสตร์ที่ดี ทำให้การผลิตลูกพันธุ์สายพันธุ์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้		
ข้อกำหนด	คะแนน	ข้อสังเกตของกรรมการ
3.1 มีการจดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน (10 คะแนน)		☐ มีข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดเป็นปัจจุบัน (10 คะแนน) ☐ มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ทั้งหมดแต่ไม่เป็นปัจจุบัน (8 คะแนน) ☐ มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ไม่ครบทุกชนิดแต่เป็นปัจจุบัน (6 คะแนน) ☐ มีจำนวนพ่อแม่พันธุ์ไม่ครบทุกชนิดและไม่เป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ ไม่มีข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ
3.2 การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (5 คะแนน)		☐ มีการวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (5 คะแนน) ☐ ไม่มีการวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ข้อกำหนด	คะแนน	ข้อสังเกตของกรรมการ
3.3 มีการจดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ แต่ละรอบการผลิต (5 คะแนน)		☐ บันทึกทุกครั้งและเป็นปัจจุบัน (5 คะแนน) ☐ บันทึกทุกครั้งแต่ไม่เป็นปัจจุบัน (4 คะแนน) ☐ บันทึกน้อยกว่ารอบการผลิต 1 รอบ (3 คะแนน) ☐ บันทึกบางครั้ง (2 คะแนน) ☐ ไม่มีบันทึก (0 คะแนน) ผลตรวจพินิจ

ลงชื่อผู้ตรวจประเมิน.....

(.....)

ตำแหน่ง.....

สังกัด.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ใบสมัครเพื่อขอรับการตรวจรับรอง“หน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์”

วันที่สมัคร :	วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....		
ชื่อหน่วยงาน:	ชื่อหน่วยงาน.....		
ชื่อผู้ให้ข้อมูล	นาย/นาง/น.ส.นามสกุล.....ตำแหน่ง.....		
ที่ตั้ง	เลขที่.....หมู่ที่.....ตำบล.....อำเภอ.....จังหวัด..... โทร.....โทรสาร.....E-mail.....		
เงื่อนไข คุณสมบัติหน่วยงาน	หน่วยผลิต..... ผ่านมาตรฐาน GAP วันที่.....เดือน.....พ.ศ.		
รายละเอียด ของหน่วยผลิต	พื้นที่.....ไร่.....งาน.....ตารางวา		
	ขนาดของพ่อแม่พันธุ์		ขนาดของพ่อแม่พันธุ์
	ขนาด.....	จำนวน.....พ่อแม่	ขนาด.....จำนวน.....พ่อแม่
	ขนาด.....	จำนวน.....พ่อแม่	ขนาด.....จำนวน.....พ่อแม่
	ขนาด.....	จำนวน.....พ่อแม่	ขนาด.....จำนวน.....พ่อแม่
	ขนาดโรงเพาะฟัก		ขนาดของพ่อแม่เก็บน้ำ
	ขนาด.....	จำนวน.....พ่อแม่	ขนาด.....จำนวน.....พ่อแม่
	ขนาด.....	จำนวน.....พ่อแม่	ขนาด.....จำนวน.....พ่อแม่
	ขนาด.....	จำนวน.....พ่อแม่	ขนาด.....จำนวน.....พ่อแม่
แผนที่ตั้งโดยสังเขป :			

(ผู้ให้ข้อมูล)

ลงนาม.....

(.....)

ตำแหน่ง

วันที่.....

(หัวหน้าหน่วยงาน)

ลงนาม.....

(.....)

ตำแหน่ง

วันที่.....

แบบให้คะแนน“การตรวจรับรองหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำจืดตามหลักพันธุศาสตร์”

วันที่.....		ลำดับที่.....				
ชื่อหน่วยงาน.....						
ที่ตั้งเลขที่..... หมู่..... ตำบล..... อำเภอ..... จังหวัด.....						
โทร.....						
ชื่อผู้แทนหน่วยผลิต/ผู้ให้ข้อมูล..... ตำแหน่ง.....						
โทร.....						
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต (10 คะแนน)						
ความสำคัญ เป็นหน่วยผลิตที่มีการปฏิบัติตามการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี ผ่านมาตรฐานที่รับรองโดยกรมประมง						
ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต (10 คะแนน)						
1.1 เป็นหน่วยผลิตพันธุ์สัตว์น้ำที่ได้รับการรับรองมาตรฐานโดยกรมประมง (10 คะแนน)						
2. การจัดการด้านพันธุศาสตร์ (70 คะแนน)						
ความสำคัญ การจัดการด้านพันธุศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เช่น การวางแผนผังบ่อ การจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำพันธุ์เฉพาะเลี้ยง มีความสำคัญต่อการดำรงพันธุ์ และการวางแผนปรับปรุงพันธุ์ เพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม และรักษาคุณภาพทางพันธุกรรม ส่วนการจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ มีความสำคัญต่อการลดการสูญเสียแหล่งพันธุกรรม ลดการปนเปื้อนทางพันธุกรรม เพื่อคงไว้ซึ่งแหล่งทรัพยากรพันธุกรรม						
ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.1 การวางแผนผังบ่อ (20 คะแนน)						
เหตุผลความจำเป็น เพื่อให้สามารถบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแบ่งพื้นที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม โดยต้องเลี้ยงแยกชนิด แยกสายพันธุ์และแยกรุ่น เพื่อดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ ลดความเสี่ยงของการผสมเลือดชิด	2.1.1 การแบ่งพื้นที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน (เพื่อเพาะเลี้ยงหรือเพื่อการอนุรักษ์) มีป้ายชื่อแสดงข้อมูลชนิด/สายพันธุ์ และแผนผังการใช้บ่อ รวมถึงบันทึกรายละเอียดของแผนผังการใช้บ่อ (5 คะแนน)					
	2.1.2 การเลี้ยงแยกชนิด (เพื่อป้องกันกรณีที่มีสัตว์น้ำสามารถผสมข้ามชนิดในธรรมชาติได้) (5 คะแนน)					
	2.1.3 มีการเลี้ยงแยกรุ่น เพื่อป้องกันการผสมข้ามระหว่างรุ่น (5 คะแนน)					
	2.1.4 มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ เพื่อป้องกันการผสมต่างสายพันธุ์ (5 คะแนน)					

ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.2 การจัดการพ่อแม่พันธุ์ (40 คะแนน)						
เหตุผลความจำเป็น เพื่อดำรงรักษาและ/หรือปรับปรุงคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ โดยมีระบบการผสมพันธุ์ที่ถูกต้อง เพื่อผลิตลูกพันธุ์คุณภาพดี เป็นการดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมผนวกกับการลดความเสี่ยงที่จะเกิดการผสมเลือดชิด เพื่อผลิตลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพ และมีพันธุกรรมดีเหมือนพ่อแม่พันธุ์หรือดีกว่าพันธุ์เริ่มต้น และคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม						
*2.2.1 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยง (20 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 20 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 40 คะแนน	1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (5 คะแนน)					
	2. การใช้พ่อแม่พันธุ์แต่ละรุ่นเพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
	3. การใช้สัดส่วนพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
	4. ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่เหมาะสม (ผ่านวัยเจริญพันธุ์แล้ว) (5 คะแนน)					
*2.2.2 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ (20 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 20 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 40 คะแนน	1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (5 คะแนน)					
	2. แหล่งของพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
	3. การใช้พ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
	4. การลดการ domesticate (5 คะแนน)					
ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.3 ระบบการจัดการสุขภาพสัตว์น้ำ (10 คะแนน)						
เหตุผลความจำเป็น เพื่อให้สัตว์น้ำปลอดโรค โดยมีเป้าหมายในการกำจัดเชื้อโรคออกไปจากพื้นที่การเลี้ยงและจากสัตว์น้ำ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดหรือลดโอกาสในการนำเชื้อโรคเข้ามาในฟาร์ม หรือนำเชื้อโรคออกไปนอกฟาร์ม						
2.3.1 การเฝ้าระวังสุขภาพสัตว์น้ำในระบบการเลี้ยง (5 คะแนน)						
2.3.2 การฆ่าเชื้อในระบบการเพาะ การเลี้ยง และการอนุบาล (กรณีมีโรคระบาด) (5 คะแนน)						

3. การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (20 คะแนน)					
ความสำคัญ การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ การจัดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน และการจัดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแต่ละรอบการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นในการปฏิบัติตามหลักพันธุศาสตร์ที่ดี ทำให้การผลิตลูกพันธุ์สายพันธุ์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้					
ข้อพึงปฏิบัติ	ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
3.1 มีการจัดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน (10 คะแนน)					-
3.2 การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (5 คะแนน)					-
3.3 มีการจัดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแต่ละรอบการผลิต (5 คะแนน)					-
(คะแนนเฉลี่ยกรรมการ 3 คน)					

- หมายเหตุ 1. ผ่านการรับรองมาตรฐานโรงเพาะฟักและอนุบาลสัตว์น้ำจัดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีของหน่วยงานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ/ GAP
2. การตัดสินให้ 'ผ่าน' การตรวจประเมิน ใช้เกณฑ์ดังนี้
- 2.1 ได้คะแนนรวมในทุกหัวข้อทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 100 คะแนน
 - 2.2 ได้คะแนนในหัวข้อ 2 (การจัดการด้านพันธุกรรม) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม 70 คะแนน
 - 2.3 ใช้คะแนนจากกรรมการทุกคนมาเฉลี่ยรวมกัน โดยกรรมการที่รับผิดชอบในการตรวจประเมินแต่ละครั้งมีจำนวนไม่น้อยกว่า 3 คน

ลงชื่อผู้ให้คะแนน..... ก1
(.....)
ตำแหน่ง.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลงชื่อผู้ให้คะแนน..... ก2
(.....)
ตำแหน่ง.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลงชื่อผู้ให้คะแนน..... ก3
(.....)
ตำแหน่ง.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบให้คะแนน “การตรวจรับรองหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำชายฝั่งตามหลักพันธุศาสตร์”

วันที่.....		ลำดับที่.....				
ชื่อหน่วยงาน.....						
ที่ตั้งเลขที่..... หมู่..... ตำบล..... อำเภอ..... จังหวัด.....						
โทร.....						
ชื่อผู้แทนหน่วยผลิต/ผู้ให้ข้อมูล..... ตำแหน่ง.....						
โทร.....						
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต (10 คะแนน)						
ความสำคัญ เป็นหน่วยผลิตที่มีการปฏิบัติทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ดี ผ่านมาตรฐานที่รับรองโดยกรมประมง						
ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
1. คุณสมบัติหน่วยผลิต (10 คะแนน)						
1.1 เป็นหน่วยผลิตพันธุ์สัตว์น้ำที่ได้รับการรับรองมาตรฐานโดยกรมประมง (10 คะแนน)						
2. การจัดการด้านพันธุศาสตร์ (70 คะแนน)						
ความสำคัญ การจัดการด้านพันธุศาสตร์ในด้านต่าง ๆ เช่น การวางแผนผังบ่อ การจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำพันธุ์เฉพาะเลี้ยง มีความสำคัญต่อการดำรงพันธุ์ และการวางแผนปรับปรุงพันธุ์ เพื่อคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม และรักษาคุณภาพทางพันธุกรรม ส่วนการจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ มีความสำคัญต่อการลดการสูญเสียแหล่งพันธุกรรม ลดการปนเปื้อนทางพันธุกรรม เพื่อคงไว้ซึ่งแหล่งทรัพยากรพันธุกรรม						
ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.1 การวางแผนผังบ่อ (20 คะแนน)						
เหตุผลความจำเป็น เพื่อให้สามารถบริหารจัดการพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การแบ่งพื้นที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสม โดยต้องเลี้ยงแยกชนิด แยกสายพันธุ์และแยกรุ่น เพื่อดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ ลดความเสี่ยงของการผสมเลือดชิด	2.1.1 การแบ่งพื้นที่เลี้ยงพ่อแม่พันธุ์ตามวัตถุประสงค์การใช้งาน (เพื่อเพาะเลี้ยงหรือเพื่อการอนุรักษ์) มีป้ายชื่อแสดงข้อมูลชนิด/สายพันธุ์ และแผนผังการใช้บ่อ รวมถึงบันทึกรายละเอียดของแผนผังการใช้บ่อ (5 คะแนน)					
	2.1.2 การเลี้ยงแยกชนิด (เพื่อป้องกันกรณีที่สัตว์น้ำสามารถผสมข้ามชนิดในธรรมชาติได้) (5 คะแนน)					
	2.1.3 มีการเลี้ยงแยกรุ่น เพื่อป้องกันการผสมข้ามระหว่างรุ่น (5 คะแนน)					
	2.1.4 มีการเลี้ยงแยกสายพันธุ์ เพื่อป้องกันการผสมต่างสายพันธุ์ (5 คะแนน)					

ข้อพึงปฏิบัติ		ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.2 การจัดการพ่อแม่พันธุ์ (30 คะแนน) เหตุผลความจำเป็น เพื่อดำรงรักษาและ/หรือปรับปรุงคุณภาพทางพันธุกรรมของพ่อแม่พันธุ์ โดยมีระบบการผสมพันธุ์ที่ถูกต้อง เพื่อผลิตลูกพันธุ์คุณภาพดี เป็นการดำรงรักษาคุณภาพทางพันธุกรรมผนวกกับการลดความเสี่ยงที่จะเกิดการผสมเลือดชิด เพื่อผลิตลูกพันธุ์ที่มีคุณภาพ และมีพันธุกรรมดีเหมือนพ่อแม่พันธุ์หรือดีกว่าพันธุ์เริ่มต้น และคงไว้ซึ่งความหลากหลายทางพันธุกรรม						
*2.2.1 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการเพาะเลี้ยง (15 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 15 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 30 คะแนน	1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (4 คะแนน)					
	2. การใช้พ่อแม่พันธุ์แต่ละรุ่นเพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (4 คะแนน)					
	3. การใช้สัดส่วนพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
	4. ใช้พ่อแม่พันธุ์ในอายุที่เหมาะสม (ผ่านวัยเจริญพันธุ์แล้ว) (2 คะแนน)					
*2.2.2 พันธุ์สัตว์น้ำเพื่อการอนุรักษ์ (15 คะแนน) *ถ้ามีทั้งหัวข้อ 2.2.1 และ 2.2.2 ให้หัวข้อละ 15 คะแนน แต่ถ้ามีหัวข้อเดียวให้เป็น 30 คะแนน	1. มีข้อมูลระบุชนิดสายพันธุ์ แหล่งที่มา จำนวนของพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำได้ชัดเจน (4 คะแนน)					
	2. แหล่งของพ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
	3. การใช้พ่อแม่พันธุ์เพื่อผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ (4 คะแนน)					
	4. การลดการ domesticate (2 คะแนน)					

ข้อพึงปฏิบัติ	ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
2.3 ระบบความมั่นคงทางชีวภาพ (Biosecurity system) (20 คะแนน) <u>เหตุผลความจำเป็น</u> เพื่อให้สัตว์น้ำปลอดโรค โดยมีเป้าหมายในการกำจัดเชื้อโรคออกไปจากพื้นที่การเลี้ยงและจากสัตว์น้ำ เพื่อป้องกันการแพร่ระบาดหรือลดโอกาสในการนำเชื้อโรคเข้ามาในฟาร์ม หรือนำเชื้อโรคออกไปนอกฟาร์ม					
2.3.1 การเฝ้าระวังสุขภาพสัตว์น้ำในระบบการเลี้ยง (4 คะแนน)					
2.3.2 การฆ่าเชื้อในระบบการเพาะ การเลี้ยง และการอนุบาล (กรณีมีโรคระบาด) (4 คะแนน)					
2.3.3 การจัดการน้ำใช้และน้ำทิ้งของระบบการเพาะ การอนุบาล และการเลี้ยงสัตว์น้ำ (4 คะแนน)					
2.3.4 แนวทางการปฏิบัติของเจ้าหน้าที่ก่อนและหลังการปฏิบัติงานในระบบ (SOP) (4 คะแนน)					
2.3.5 แนวทางการปฏิบัติกรณีเกิดโรคระบาด (ตามที่ OIE ระบุ) ในระบบการเพาะ การอนุบาล และการเลี้ยงสัตว์น้ำ (4 คะแนน)					

3. การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (20 คะแนน)					
ความสำคัญ การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ การจัดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน และการจัดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแต่ละรอบการผลิต เป็นสิ่งจำเป็นในการปฏิบัติตามหลักพันธุศาสตร์ที่ดี ทำให้การผลิตลูกพันธุ์สายพันธุ์ต่าง ๆ มีประสิทธิภาพ มีความน่าเชื่อถือ และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้					
ข้อพึงปฏิบัติ	ก1 คะแนน	ก2 คะแนน	ก3 คะแนน	เฉลี่ย	ข้อสังเกตของกรรมการ
3.1 มีการจัดบันทึกข้อมูลรายละเอียดจำนวนพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำทั้งหมดของหน่วยงาน (10 คะแนน)					
3.2 การวางแผนการผลิตสัตว์น้ำ (5 คะแนน)					
3.3 มีการจัดบันทึกข้อมูลการผลิตพันธุ์สัตว์น้ำแต่ละรอบการผลิต (5 คะแนน)					
(คะแนนเฉลี่ยกรรมการ 3 คน)					

- หมายเหตุ 1. ผ่านการรับรองมาตรฐานโรงเพาะฟักและอนุบาลสัตว์น้ำจืดตามมาตรฐานการปฏิบัติทางการประมงที่ดีของหน่วยงานผลิตพันธุ์สัตว์น้ำ/ GAP
2. การตัดสินให้ 'ผ่าน' การตรวจประเมิน ใช้เกณฑ์ดังนี้
- 2.1 ได้คะแนนรวมในทุกหัวข้อทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 100 คะแนน
 - 2.2 ได้คะแนนในหัวข้อ 2 (การจัดการด้านพันธุกรรม) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม 70 คะแนน
 - 2.3 ใช้คะแนนจากกรรมการทุกคนมาเฉลี่ยรวมกัน โดยกรรมการที่รับผิดชอบในการตรวจประเมินแต่ละครั้งมีจำนวนไม่น้อยกว่า 3 คน

ลงชื่อผู้ให้คะแนน..... ก1
(.....)
ตำแหน่ง.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลงชื่อผู้ให้คะแนน..... ก2
(.....)
ตำแหน่ง.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ลงชื่อผู้ให้คะแนน..... ก3
(.....)
ตำแหน่ง.....
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

รายงานข้อบกพร่อง

เลขที่คำขอ.....ชื่อหน่วยงาน.....

ผู้ให้ข้อมูล 1..... คณะผู้ตรวจประเมิน 1..... 2..... 3.....	หน้า...../..... ☐ ตรวจสอบประเมินเพื่อการรับรอง ☐ ตรวจสอบต่ออายุการรับรอง ติดตามผลครั้งที่..... ติดตามผลการแก้ไขครั้งที่..... วันที่.....
ข้อ (ดูผลจาก Checklist) 	รายงานข้อบกพร่อง
ลงชื่อ.....หัวหน้าคณะผู้ตรวจประเมิน วันที่.....	

แนวทางการแก้ไขจากหน่วยผลิตพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำตามหลักพันธุศาสตร์

วันที่.....

ข้าพเจ้า.....ตำแหน่ง.....

ชื่อหน่วยงาน.....

รับทราบข้อบกพร่องแล้ว และขอส่งแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องจากการ

☐ ตรวจสอบประเมินเพื่อการรับรอง วันที่.....

☐ ตรวจสอบต่ออายุการรับรอง วันที่.....

☐ ติดตามผลครั้งที่ วันที่.....

รายการข้อบกพร่อง.....

.....

แนวทางการแก้ไขข้อบกพร่อง.....

.....

.....

กำหนดแล้วเสร็จ.....

.....

ลงนาม.....หัวหน้าหน่วยงาน

วันที่.....

ผลการพิจารณาของคณะผู้ตรวจประเมิน

☐ เห็นชอบกับแนวทางการแก้ไข ☐ เห็นควรปรับปรุงเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงนาม.....หัวหน้าคณะผู้ตรวจประเมิน
วันที่.....

การตรวจสอบการดำเนินการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

สรุปผล : ☐ แก้ไขเรียบร้อยแล้ว ☐ ยังแก้ไขไม่เรียบร้อยดูรายงานข้อบกพร่องฉบับใหม่

ลงนาม.....หัวหน้าคณะผู้ตรวจประเมิน
วันที่.....

บรรณานุกรม

สมชัย จันทะสวาท และ พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. 2546. พันธุศาสตร์ประชากร. พิมพ์ครั้งที่ 1.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 218 หน้า.

อุทัยรัตน์ ณ นคร. 2543. พันธุศาสตร์สัตว์น้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 203 หน้า.

อุทัยรัตน์ ณ นคร และ วงศ์ปฐม กมลรัตน์ (บรรณาธิการ). 2551. พันธุศาสตร์ประชากรเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ.

พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. 228 หน้า.

Tave, D. 1993. Genetics for Fish Hatchery Managers. 2nd edition. Kluwer Academic Publishers, Boston. 299 pp.

Tave, D. 1999. Inbreeding and Broodstock Management. FAO Fisheries Technical Paper 392. FAO, Rome. 122 pp.

ภาคผนวก

ตารางบันทึกข้อมูล

แบบฟอร์มที่ 1: แบบบันทึกข้อมูลพ่อแม่พันธุ์สัตว์น้ำ

☐ พันธุ์ปรับปรุง ☐ ปล่อยแหล่งน้ำธรรมชาติ ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 2: แบบบันทึกการสร้างประชากรสัตว์น้ำพันธุ์ปรับปรุงรุ่นทดแทน

ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 3: แบบบันทึกการเพาะและอนุบาลสัตว์น้ำ

☐ พันธุ์ปรับปรุง ☐ ปล่อยแหล่งน้ำธรรมชาติ ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 4: แบบบันทึกการเลี้ยงสัตว์น้ำพันธุ์ปรับปรุงเพื่อใช้ทดแทน

ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 5: แบบบันทึกสุขภาพสัตว์น้ำที่นำเข้าสู่ฟาร์มจากภายนอก

☐ พันธุ์ปรับปรุง ☐ ปล่อยแหล่งน้ำธรรมชาติ ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 6: แบบบันทึกคุณภาพน้ำ

ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ.....

ประเภทบ่อ ☐ บ่อพักน้ำ ☐ บ่อพ่อแม่พันธุ์ ☐ บ่อเพาะ ☐ บ่ออนุบาล ☐ บ่อเลี้ยง

รหัสบ่อ.....

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 7: แบบบันทึกการนำเข้า และการใช้อาหาร

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 8: แบบบันทึกการผสมอาหาร

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 9: แบบบันทึกการให้อาหาร

ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ.....

รหัสบ่อ.....

ประเภทบ่อ ☐ บ่อพ่อแม่พันธุ์ ☐ บ่อเพาะ ☐ บ่ออนุบาล ☐ บ่อเลี้ยง

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 10: แบบบันทึกสุขภาพสัตว์น้ำ

ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำ.....

ประเภทข้อ ☐ ข้อพ่อแม่พันธุ์ ☐ ข้อเพาะ ☐ ข้ออนุบาล ข้อเลี้ยง

รหัสบ่อ.....

[illegible]

แบบฟอร์มที่ 11: แบบบันทึกการเกิดโรคในฟาร์ม

วัน/เดือน/ปี

ชนิดพันธุ์สัตว์น้ำอายุ

รหัสบ่อที่เกิดโรคประเภทบ่อ ☐ บ่อพ่อแม่พันธุ์ ☐ บ่อเพาะ ☐ บ่ออนุบาล ☐ บ่อเลี้ยง

โรคที่เกิด อัตราปลาที่ตายในบ่อ

อาการ

.....

.....

.....

.....

การรักษา

.....

.....

.....

.....

การกำจัดปลาที่ตาย

.....

.....

.....

.....

วิธีการเตรียมบ่อหลังกำจัดปลาที่ตาย

.....

.....

.....

.....