

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

แนวโน้มการจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมของกลุ่มตัวอย่าง

การจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม โดยใช้ข้อมูลจากเครื่องหมายพันธุกรรม 6 และ 5 ตำแหน่ง ให้ผลการจัดกลุ่มคล้ายกัน โดยค่าระยะห่างทางพันธุกรรม (F_{ST} และ Genetic Distance) และการจัดกลุ่มลูกเกาดอกแดง แสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมใน 2 ระดับ คือ

1. ความแตกต่างระหว่างพื้นที่ คือ กลุ่มตัวอย่างจากจังหวัดตรัง และจังหวัดจันทบุรี
2. ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างลูกปลาที่รวบรวมจากจังหวัดตรัง ต่างช่วงเวลา โดยกลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมในเดือนกรกฎาคม ต่างจากกลุ่มตัวอย่างลูกปลาที่รวบรวมช่วงเวลาอื่นในรอบปี

ลูกปลาที่รวบรวมจากจังหวัดตรัง (ทะเลอันดามัน) มีความแตกต่างทางพันธุกรรมจากลูกปลาจันทบุรี (อ่าวไทย) อาจเนื่องจากคาบสมุทรลาลูญจำกัดปริมาณการถ่ายเทยีนระหว่างสัตว์สองกลุ่มนี้ ซึ่งความต่างทางพันธุกรรมในลักษณะนี้สามารถพบได้ในสัตว์ทะเลหลายชนิดของประเทศไทย เช่น กุ้งแชบ๊วย (*Penaeus merguensis*; ศรีรัตน์ สอดสุข และพนม สอดสุข, 2541) กุ้งกุลาดำ (*P. monodon*; ศรีรัตน์ สอดสุข, 2541) หอยนางรม (*Crassostrea* spp.; Day et al., 2000) และหอยเป่าฮือ (*Haliotis* spp.; Tang, Tassanakajon, Klinbunga, Jarayabhand, & Menasveta, 2004)

กลุ่มตัวอย่างลูกปลาเกาดอกแดงที่รวบรวมในรอบปีภายในจังหวัดตรังอาจประกอบด้วยลูกปลาที่มาจากพ่อแม่พันธุ์ต่างกลุ่ม โดยลูกปลาที่รวบรวมในเดือนกรกฎาคมทั้ง 2 ขนาด (JUM และ JUL) มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกับลูกปลาที่รวบรวมจากเดือนอื่น ๆ แม้ว่าความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างในรอบปี ($F_{ST}=0.026$) จะมีค่าต่ำกว่าค่าความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างเกาดอกแดง ในต่างพื้นที่ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ($F_{ST}=0.161$; Antoro et al., 2006) แต่ F_{ST} ระหว่างกลุ่มตัวอย่างนี้มีค่าสูงกว่าค่า F_{ST} ที่แสดงความแตกต่างทางพันธุกรรมของตัวอย่างที่เก็บต่างช่วงเวลา (Temporal Samples) เช่น พ่อแม่พันธุ์ปลา Herring (*Clupea* sp.) ที่รวบรวมจากต่างระลอกของการวางไข่ในช่วง 3 เดือนที่แหล่งวางไข่ Rugen, Southern Baltic Sea ($F_{ST}=0.0061$; Jorgensen, Hansan, & Loescheke, 2005) และพ่อแม่พันธุ์ปลา Atlantic Bluefin Tuna (*Thunnus thynnus*) บริเวณ Eastern North Atlantic Ocean ที่รวบรวมในช่วงเดือนสิงหาคม และเดือนตุลาคม ของปี 1999 และ 2000

($F_{ST}=0.0015$; Carlsson, MacDowell, Carlsson, Olafsdottir, & Graves, 2006) นอกจากนี้ค่า F_{ST} กลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมต่างช่วงเวลาในรอบปีในการศึกษานี้ ยังใกล้เคียงกับระดับค่า F_{ST} ที่พบในตัวอย่างที่รวบรวมต่างปีที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปลาหลายชนิด เช่น ปลา White Sea Bream (*Diplodus sargus*) บริเวณทะเล Mediterranean ที่รวบรวมทุก ๆ ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1994-1996 $F_{ST}=0.0168$ (Planes & Lenfant, 2002) และปลา Red Drum (*Sciaenops ocellatus*) บริเวณ South Carolina ที่รวบรวมทุก ๆ ปี ระหว่างปี ค.ศ. 1990-1996 $F_{ST}=0.0247$ (Chapman, Ball, & Mash, 2002) เนื่องจากข้อมูลการวางไข่ การอพยพย้ายถิ่น และชีววิทยา อื่น ๆ ของประชากรปลาเก๋าดอกแดง ของประเทศไทยค่อนข้างจำกัด จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของปลาชนิดใกล้เคียงกันในประเทศไทย และต่างประเทศ ในการอธิบายความแตกต่างในรอบปี ซึ่งอาจสันนิษฐานว่าความแตกต่างทางพันธุกรรมในรอบปีของลูกปลาเก๋าดอกแดง เกิดจาก (1) มีกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ที่ผสมพันธุ์วางไข่ต่างช่วงเวลา และ (2) ลูกปลาถูกพัฒนามาจากต่างแหล่งผสมพันธุ์วางไข่

ข้อสันนิษฐานที่ 1

ลูกปลาเก๋าดอกแดง (*E. coioides*) ที่รวบรวมต่างเวลาในรอบปี ในจังหวัดตรัง มาจากพ่อแม่ปลาเก๋ามากกว่า 1 กลุ่ม ที่อาศัยบริเวณเดียวกัน แต่มีช่วงเวลาสืบพันธุ์วางไข่ต่างกัน

การผสมพันธุ์วางไข่ลักษณะที่เป็นระลอก (Spawning Wave) โดยกลุ่มของสมาชิกในประชากรวางไข่ไม่พร้อมกัน อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มาจากพ่อแม่พันธุ์วางไข่ต่างช่วงเวลา การวางไข่ลักษณะนี้สามารถพบได้ในปลาทะเลหลาย ๆ ชนิด เช่น ปลา Herring (*Clupea harengus*; McPherson, Stephenson, & Taggart, 2003) ที่อาศัยบริเวณ Devastation Shoal ใน Scotian Shelf ที่พบความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มพ่อแม่ปลาที่วางไข่ ซึ่งรวบรวมต่างกัน 6 วัน ($F_{ST}=0.0058$) ในช่วงฤดูวางไข่ และตัวอ่อนปลา Cod (*Gadus morhua*; Ruzzeante, Taggart & Cook, 1996) ที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรม ($R_{ST}=0.0269$) จากพ่อแม่ที่วางไข่ต่างช่วงเวลาในช่วง 3 อาทิตย์ บริเวณ Scotian Shelf ในมหาสมุทร Atlantic

การวางไข่ในลักษณะนี้อาจเกิดขึ้นได้ในเก๋าดอกแดง บริเวณทะเลอันดามัน ซึ่งอนุมานจากพฤติกรรมการวางไข่ของปลาเก๋าหลายชนิดที่มีความสัมพันธ์กับช่วง Lunar Cycle (Rhode & Sadovy, 2002; Colin, 1992) และการมีช่วงวางไข่สูงสุด (Peak) ในแต่ละปี ของปลาเก๋า *Epinephelus* ที่อาศัยบริเวณอื่น เช่น ปลาเก๋าดอกแดง บริเวณ Arabian Gulf ในตะวันออกเฉียงใต้ที่มีช่วงการวางไข่สูงสุดในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม (Grandcourt et al., 2005; Al Janhi et al.,

2002) และปลาเก๋าดอกดำ (*E. malabaricus* บริเวณอ่าวไทย; เจนจิตต์ คงกำเนิด, 2540; เรณู ยาชิโร, เจนจิตต์ คงกำเนิด, วิชัย วัฒนกุล และนิเวศน์ เรืองพานิช, 2536) ที่มีช่วงวางไข่สูงสุด ยาวนานประมาณ 4-5 เดือนระหว่างเดือนตุลาคมถึงกุมภาพันธ์ และปลาทะเลชนิดอื่นในทะเลอันดามันที่มีฤดูกาลสืบพันธุ์คล้ายกัน เช่น ปลาทูลายขาว (*Scolopsis taeniopterus*; ทศพล กระจำจ dara และสายจิตร์ เหมทานนท์, 2543) ปลาหูแขก (*Decapterus* sp.; สกฤต สุพงษ์พันธุ์, ทศพล กระจำจ dara และพนิดา ชาลี, 2546) และปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta*; เพิ่มศักดิ์ เฟิงมาก และกำพล ลอยขึ้น, 2544)

เมื่ออนุมานช่วงเวลาสืบพันธุ์ของลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่รวบรวมต่างช่วงเวลาในรอบปี จากจังหวัดตรัง ตามอัตราการเจริญเติบโตจากข้อมูลในโรงเพาะฟัก (ประมาณ 2-2.5 เซนติเมตร ต่อเดือน; วุฒิ คุปตะวาทีน และกฤษณา จันทน์แก้ว, 2544; สุนิตย์ โจรนพิทยากุล, เจนจิตต์ คงกำเนิด และเยาวนิตย์ ดนยดิล, 2547; ตารางที่ 14) พบว่า ช่วงการวางไข่ของปลาเก๋าดอกแดง น่าจะมีสองช่วง คือ พฤษภาคมถึงสิงหาคม และพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับการสังเกตช่วงการวางไข่ปลาเก๋าดอกแดงที่เลี้ยงใน 5 กระชัง (25 ตัวต่อกระชัง) ที่ประเทศ อินโดนีเซีย ซึ่งมีปลาเก๋าดอกแดงวางไข่สองครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ และตุลาคม ปี 2001 และ 2002 แต่ในปี 2003 ปลาเก๋าดอกแดงเดิมกลับวางไข่ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคม (Sudaryanto et al., 2004) และปลาเก๋าดอกดำ *E. quernus* บริเวณหมู่เกาะ Hawaii มีฤดูวางไข่ปกติ อยู่ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม แต่ปลาเก๋าดอกดำ *E. quernus* บางตัวที่สืบพันธุ์วางไข่ในเดือน มิถุนายนหรือสิงหาคม (Everson, 1992) แม้ว่าตัวอย่างที่รวบรวมในเดือนกรกฎาคม อาจเกิดจาก พ่อแม่ที่วางไข่ในช่วงเวลาที่ไม่แตกต่างจากช่วงเวลาดังกล่าว ลักษณะของการวางไข่ที่เป็นระลอก ที่มีพ่อแม่พันธุ์ไม่มากนักในแต่ละระลอก และ/ หรือ พ่อแม่พันธุ์ที่สืบพันธุ์ต้น หรือท้ายช่วง การวางไข่สูงสุด (มีนาคมถึงเมษายน และกันยายนถึงตุลาคม) และอาจทำให้ตรวจพบ ความแตกต่างทางพันธุกรรมระหว่างกลุ่มลูกปลา การขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพฤติกรรม การวางไข่ของปลาเก๋าดอกแดงในทะเลอันดามันทำให้การคาดคะเนสาเหตุที่แท้จริงของ ความแตกต่างทางพันธุกรรมค่อนข้างยาก

นอกจากนั้นการวางไข่ลักษณะที่เป็นระลอก (Spawning Wave) เพียงอย่างเดียว อาจ ไม่เพียงพอที่จะอธิบายความแตกต่างทางพันธุกรรมของต่างช่วงเวลาได้ ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผล ร่วมด้วย ได้แก่ การปนกันในแต่ละกลุ่มตัวอย่างของลูกปลาที่เกิดจากต่างระลอกของการวางไข่ หรืออาจเกิดจากการปนกันของลูกปลาที่เกิดจากพ่อแม่ที่อาศัยต่างบริเวณ (ข้อสันนิษฐานที่ 2)

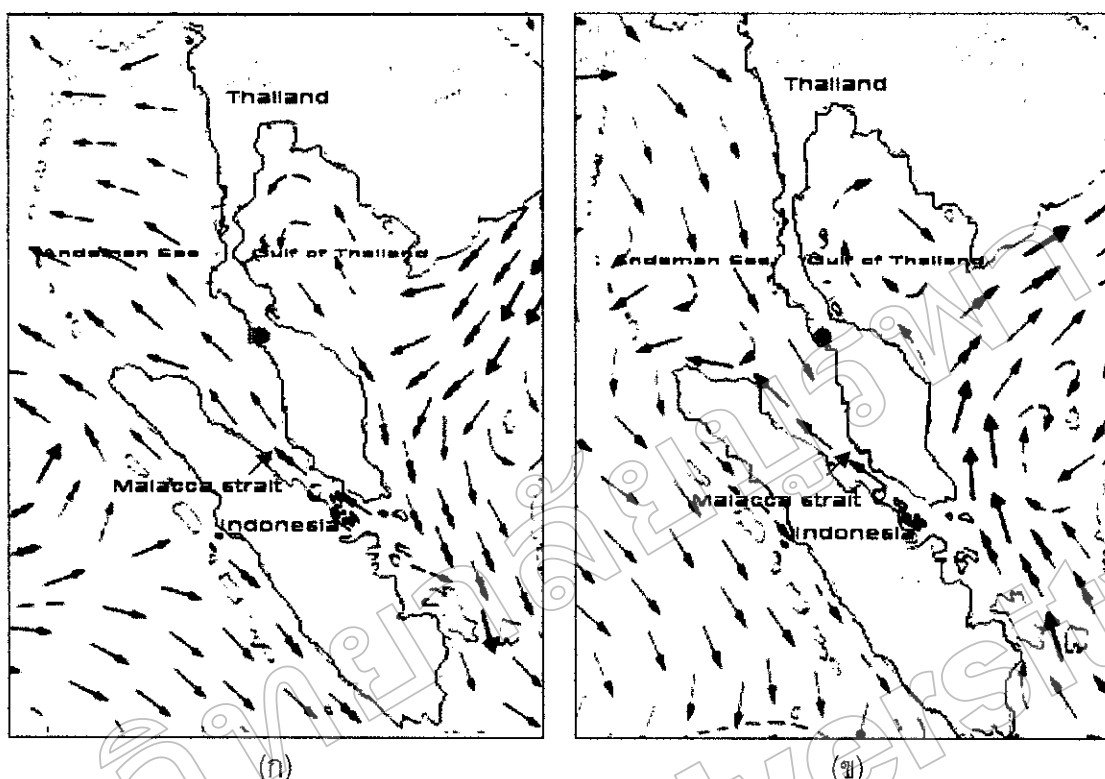
การที่ลูกปลาที่รวบรวมในเดือนมกราคม เมษายน และพฤศจิกายน (JAS, JAL, APS, APL, NOS และ NOL) มีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม อาจเกิดจากการที่ปลาหนึ่งตัวสามารถ

วางไข่ได้หลายครั้งในช่วงฤดูวางไข่ (Asynchronous) ซึ่งกรณีปลาเก๋าดอกแดง แม้ยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับพฤติกรรมนี้ แต่การศึกษาทางเนื้อเยื่อวิทยาของเซลล์สืบพันธุ์ของปลาเก๋าดอกดำ (*E. malabaricus*) ที่จังหวัดสงขลา พบว่า ภายในรังไข่ของปลาตัวหนึ่ง ๆ มีไข่ที่กำลังพัฒนาอยู่ในระยะต่าง ๆ กัน หลังจากวางไข่รุ่นหนึ่งไปแล้วภายในรังไข่ยังคงมีไข่ที่กำลังพัฒนาอยู่ในระยะอื่น ๆ (เจนจิตต์ คงกำเนต, 2540; เรณู ยาชิโร และคณะ, 2536) ทำให้พฤติกรรมวางไข่ของปลาเก๋าดอกดำ มีการวางไข่ได้หลายครั้งในช่วงฤดูวางไข่ นอกจากนั้นพฤติกรรมนี้ ยังพบในปลาเก๋าดอกดำ หลายชนิด เช่น *E. aeneus*, *E. alexandrinus* และ *E. guaza* ทางตอนใต้ของประเทศ Tunisia (Bouain & Siau, 1983); *E. guttatus* บริเวณ Puerto Rico (Sadovy, Rosario, & Roman, 1994); *E. polyphekadion* บริเวณ Micronesia (Rhodes & Sadovy, 2002)

ข้อสันนิษฐานที่ 2

ลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่รวบรวมในต่างเวลาที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง เกิดจากกลุ่มพ่อแม่ปลาเก๋าดอกแดง ที่อาศัยต่างบริเวณ

ปลาทะเลที่ออกลูกเป็นไข่ และมีระยะตัวอ่อนล่องลอยในทะเล มักจะได้รับอิทธิพลจากมวนน้ำพัดพาลูกปลาในระยะตัวอ่อนกระจายไปในระยะทางไกลจากสถานที่วางไข่ ซึ่งอาจทำให้ตัวอย่างจาก 2 แหล่งที่อยู่ห่างกัน มีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรม หรือหากมีการปรากฏของหลายมวนน้ำที่มีทิศทางการไหลที่ต่างกัน ก็อาจทำให้เกิดความต่างพันธุกรรมระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน (Planes, 2002) เช่น ลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่รวบรวมจากทางตอนใต้ของประเทศอินโดนีเซีย (Lampung, Jepara and Flores) มีรูปแบบความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมไม่สอดคล้องกับความห่างของระยะทาง โดยตัวอย่างจาก Jepara คล้ายกับ Flores (ระยะห่าง 1,044 กิโลเมตร) มากกว่า Lampung (638 กิโลเมตร) ผู้วิจัยสันนิษฐานว่ารูปแบบการจัดกลุ่มทางพันธุกรรม เกิดจากอิทธิพลของมวนน้ำในอ่าวไทยช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีมวนน้ำไหลมาจากทะเลจีนใต้สู่อ่าวไทยพัดพาลูกปลาวัยอ่อนจาก Jepara สู่ Flores ในขณะที่มวนน้ำที่ไหลผ่าน Lampung มีทิศทางต่างออกไป (Antoro et al., 2006) นอกจากนั้นปลาเก๋ *E. quernus* แสดงรูปแบบความแตกต่างทางพันธุกรรมภายใน Hawaii Archipelago บริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก ระหว่างหมู่เกาะทางตะวันออกเฉียงใต้ (เกาะ Hawaii ถึง Nihoa) และหมู่เกาะทางตะวันตกเฉียงเหนือ (เกาะ Maro/ N. Hampton ถึง เกาะ Pearl และ Hermes) โดยผู้วิจัยสันนิษฐานว่าความต่างทางพันธุกรรมระหว่างหมู่เกาะทางตะวันออกเฉียงใต้ และหมู่เกาะทางตะวันตกเฉียงเหนือ เกิดจากความต่างทิศทางของมวนน้ำที่พัดพาลูกปลาในระยะวัยอ่อน คือ มวนน้ำ North Hawaiian Ridge Current (NHRC) ซึ่งไหลผ่านหมู่เกาะทางตะวันออกเฉียงใต้ไปทางทิศตะวันออก และมวนน้ำ Sub Tropical Counter Current (STCC) ไหลผ่านหมู่เกาะทางตะวันตกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันตก (Rivera, Kelley, & Roderick, 2004)



หมายเหตุ ● คือ จุดเก็บตัวอย่าง จังหวัดตรัง

ภาพที่ 5 ทิศทางการไหลของน้ำผ่านช่องแคบมะละกา (Camerlengo & Demmler, 1997)

(ก) คือ ช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายนถึงเมษายน)

(ข) คือ ช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (พฤษภาคมถึงตุลาคม)

แหล่งเก็บตัวอย่างที่จังหวัดตรัง เป็นแหล่งอนุบาลสัตว์ทะเลวัยอ่อน สัตว์น้ำวัยอ่อน ที่อาศัยในบริเวณนี้ จึงน่าจะถูกพัดพามาจากแหล่งวางไข่หลายแหล่ง โดยอิทธิพลจากกระแสน้ำ ขึ้น-ลง และความแรงของมวลน้ำที่เปลี่ยนแปลงในต่างฤดูมรสุม แม้ว่าในทะเลอันดามันจะปรากฏสองมวลน้ำตลอดทั้งปีคือ (1) มวลน้ำที่ไหลผ่านช่องแคบมะละกาจากทางตอนใต้ของอินโดนีเซียสู่ทะเลอันดามัน และ (2) มวลน้ำที่พัดมาจากอ่าวเบงกอล (Camerlengo & Demmler, 1997; Khokiattiwong, n.d.) แต่มวลน้ำที่ไหลผ่านช่องแคบมะละกา (มวลน้ำที่ 1) จะมีความแรงเพิ่มขึ้นในฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน) (ภาพที่ 5 ก และ ข) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำ ที่พัดจากทะเลจีนใต้สู่อ่าวไทย เมื่อเทียบกับช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม) ลูกปลาที่เกิดช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ (ตารางที่ 14) น่าจะได้รับอิทธิพลจาก ฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (พฤศจิกายนถึงเมษายน) ที่

พัดพาลูกปลาวัยอ่อนบางส่วนจากบริเวณปลายแหลมมลายู สู่บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรังผ่าน ช่องแคบมะละกา ส่วนลูกปลาที่เกิดช่วงเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม น่าจะได้รับอิทธิพลจาก ฤดูกาลมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ที่พัดพาลูกปลามาจากอ่าวเบงกอล

แม้ว่าลูกปลาที่รวบรวมได้ในเดือนกรกฎาคม อาจเกิดในช่วงเดียวกับ ลูกปลาบางกลุ่ม (ตารางที่ 14) แต่ความแตกต่างทางพันธุกรรมที่เห็นอาจสะท้อนถึงแหล่งวางไข่ของปลาที่แตกต่างกัน ซึ่งการปรากฏของลูกปลาในแหล่งอนุบาล เป็นผลโดยรวมของ ช่วงเวลาการเป็นตัวอ่อน ทิศทางและความแรงของมวลน้ำ และระยะห่างของแหล่งวางไข่ จากแหล่งอนุบาล ดังนั้น ปลาขนาดเล็ก (เช่น APS) อาจมาจากแหล่งวางไข่ที่อยู่ใกล้กับ แหล่งอนุบาล มากกว่า ลูกปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า (เช่น JUL) เมื่อปัจจัยอื่น ๆ คงที่ การใช้แหล่งอนุบาลร่วมกันของหลายประชากร เป็นประเด็นที่นักวิทยาศาสตร์เริ่มพบมากขึ้นเรื่อย ๆ ในประชากรปลาทะเล (Ablan, 2006) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันเกี่ยวกับแหล่งวางไข่ของประชากรปลาเก๋าดอกแดง ยังไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนสมมติฐานนี้อย่างชัดเจน ประเด็นสืบเนื่องที่สำคัญต่อการจัดการประมงพ่อแม่พันธุ์ปลาเก๋า คือ ขอบเขตของประชากรที่ใช้แหล่งอนุบาลแหล่งนี้ร่วมกัน และผลกระทบของการจับลูกปลาในแหล่งอนุบาลต่อประชากรเหล่านั้น

ความหลากหลายพันธุกรรมภายในตัวอย่าง

ความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในกลุ่มตัวอย่างลูกปลาเก๋าดอกแดงในการศึกษาในครั้งนี้ มีค่าใกล้เคียงกันกับค่าความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรปลาเก๋าดอกแดง ที่อาศัยในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในการศึกษาของ Antoro et al. (2006) (ค่าเฉลี่ยจำนวนอัลลีลต่อตำแหน่ง, $A=2-22$ และค่าเฉลี่ยเฮตเทอโรไซโกซิตีได้จากค่าคาดหวัง $H_e=0.453-0.713$) เมื่อพิจารณาเฉพาะเครื่องหมายพันธุกรรมไมโครแซตเทลไลท์ตำแหน่งที่ใช้ร่วมกันทั้งสองการศึกษา (EM07, EM08 และ EM10) ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเครื่องหมายตำแหน่งดังกล่าว ของการศึกษาในครั้งนี้ ($A=5-23$ และค่าเฉลี่ย $H_e=0.475-0.902$) สูงกว่าค่าที่ตรวจพบในการศึกษาของ Antoro et al. (2006) โดยพบจำนวนอัลลีลต่อตำแหน่งมากกว่า 2-3 อัลลีลในแต่ละตำแหน่ง ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเกิดจากจำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ($n=358$) มีมากกว่าจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์ในการศึกษาของ Antoro et al. (2006) ($n=45$)

ความหลากหลายทางพันธุกรรมของเครื่องหมายไมโครแซตเทลไลท์ 6 ตำแหน่ง ภายในกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ($A=6.3-7.8$ และ $H_o=0.512-0.629$) มีค่าต่ำกว่าปลาหลายชนิดในสกุล *Epinephelus* เช่น ปลาเก๋า *E. morio* ($A=12.7-16$ และ $H_o=0.664-0.680$; Zatcoff, Ball

& Sedberry, 2004) ปลาเก๋า *E. marginatus* ($A=7.7-13.8$ และ $H_o=0.51-0.69$; De Innocentiis et al., 2000) และปลาเก๋า *E. polyphekadion* ($A=18-22.6$ และ $H_o=0.734-0.798$; Rhodes et al., 2003) และปลาชนิดอื่นที่มีการปล่อยไข่กลางน้ำ และตัวอ่อน (Larvae) ล่องลอยไปตามกระแสน้ำ เช่น ปลา Shortfin Mako Shark (*Isurus oxyrinchus*; $A=14-46$ และค่า $H_o=0.77-0.91$; Schrey & Heist, 2003) ปลา Red Mullet (*Mullus barbatus*; $A=12.3-13.3$ และค่า $H_o=0.0.756-0.808$; Garoia, Guarniero, Piccinetti, & Tinti, 2004) และปลา Toothfish (*Dissostichus eleginoides*; $A=8.5-21.6$ และค่า $H_o=0.734-0.798$; Rogers, Morley, Fitzcharles, Jarvis, & Belchier, 2006)

ความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในกลุ่มตัวอย่างเก๋าดอกแดง ที่มีค่าต่ำกว่าปลาที่มีชีววิทยาค้ำยันกันหลายชนิดอาจจะสะท้อนถึงสถานภาพของประชากร เช่น ประชากรขนาดเล็ก (N) และ คุณลักษณะของประชากรอื่น ๆ ที่ส่งผลให้ความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ หรือค่า Effective Population Size (N_e) ต่ำ ประชากรที่มีค่า N_e ต่ำจะสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมได้เร็วกว่ากลุ่มที่มี N_e สูง (โดยกระบวนการ Genetic Drift) คุณลักษณะของประชากร อาจทำให้ประชากรเก๋าดอกแดง มีค่า N_e ต่ำ ได้แก่ สัดส่วนเพศที่ไม่สมดุล (Skewed Sex Ratio) ประชากรขนาดเล็กที่มีการแลกเปลี่ยนยีนระหว่างกลุ่มน้อย และความแปรปรวนของขนาดครอบครัวระหว่างรุ่น ค่า N_e ที่ประเมินเบื้องต้นจากข้อมูลชุดนี้ โดยวิธี Linkage Disequilibrium (โปรแกรม N_e Estimator Version 1.3; Peel, Ovenden, & Peel, 2004) มีค่าต่ำ ($N_e=101$, 95% CI=64-199 และ $N_e=240$, 95% CI=183-332) ในกลุ่มปลาเดือนกรกฎาคม และ มกราคม เมษายน และพฤศจิกายน ตามลำดับ)

โดยธรรมชาติปลาสกุล *Epinephelus* มีแนวโน้มที่จะมีสัดส่วนปลาเพศเมียมากกว่าปลาเพศผู้ (ตารางที่ 2) เนื่องจากสมาชิกในประชากรปลาเก๋าจะพัฒนาเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีก่อนที่จะพัฒนาเป็นปลาเพศผู้เมื่อถึงอายุ และขนาดที่เหมาะสม (ตารางที่ 1; Coleman et al., 1996) ปลาเพศผู้ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าปลาเพศเมียจึงเสี่ยงต่อการจับโดยเครื่องมือประมงมากกว่าปลาเพศเมีย การทำประมงปลา *Epinephelus* อย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลให้ระดับความเบี่ยงเบนของสัดส่วนเพศมีค่ามากขึ้น ดังเช่น ในปลาเก๋า *Mycteroperca microlepis* ที่มีการทำประมงบริเวณ Gulf of Mexico ทำให้สัดส่วนเพศผู้ในประชากรช่วง 20 ปี ลดลงจาก 17% เหลือ 1% (Coleman et al., 1996) ผลกระทบของสัดส่วนเพศที่เบี่ยงเบนมีผลต่อค่า N_e อธิบายตามสมการ

$$N_e = \frac{(4 * N_f * N_m)}{(N_f + N_m)} \quad (\text{Allendorf \& Luikart, 2006})$$

โดยที่ N_m = จำนวนสัตว์เพศผู้ และ N_f = จำนวนสัตว์เพศเมีย

โดยระดับการเบี่ยงเบนของสัดส่วนเพศจากอัตราส่วนที่มากขึ้นจะทำให้ ค่า N_e ที่ประเมินได้ก็จะมีค่าต่ำลง ดังนั้นประชากรปลาเก๋ที่มีแนวโน้มของสัดส่วนเพศที่เบี่ยงเบนจาก 1: 1 จากสาเหตุธรรมชาติ และการทำประมง จึงมีโอกาสได้รับผลกระทบจาก Genetic Drift ได้มาก และส่งผลให้ประชากรมีความหลากหลายทางพันธุกรรมต่ำ

ประชากรปลาเก๋ดอกแดง อาจมีความเสี่ยงต่อการมีประชากรขนาดเล็ก (Antoro et al., 2006) เนื่องจากมีอัตราการทดแทนประชากรในวัยเจริญพันธุ์ตามธรรมชาติต่ำ มีการทำประมงอย่างแพร่หลาย และลักษณะทางชีววิทยาที่เสี่ยงต่อการถูกจับโดยเครื่องมือประมง (Grandcourt et al., 2005) ปลากลุ่ม *Epinephelus* มักเป็นปลาที่เจริญเติบโตช้า (Slow Growth Rate) ช่วงอายุที่ถึงวัยเจริญพันธุ์ช้า (Late Age at Maturity) และมีช่วงอายุที่ยาวนาน (Long Live Span) (Rhodes, 2002) เมื่อมีการทำประมงอย่างต่อเนื่อง อัตราการทำประมงมักจะเกินกำลังผลิตของประชากร (Grandcourt et al., 2005) นอกจากนี้การทำประมงในช่วงที่ปลาเก๋มีการรวมกลุ่มผสมพันธุ์ อาจทำให้ปริมาณปลาเก๋ขนาดใหญ่ที่พร้อมสืบพันธุ์ลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ประชากรยังอาจได้รับผลกระทบทางพันธุกรรมจากการที่ประชากรตั้งต้นมีขนาดเล็ก ถึงแม้ว่าในอนาคตจำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นก็ตาม โดยค่า N_e ที่ได้รับผลกระทบจากปรากฏการณ์คอขวด (Bottleneck) อธิบายตามสมการ

$$N_e = \frac{t}{\sum_{i=1}^t} \left(\frac{1}{N_i} \right) \quad (\text{Halliburton, 2004})$$

โดย N_i = ขนาดประชากรที่ Generation i

งานวิจัยหลายชิ้นได้เริ่มพิสูจน์ว่าจำนวนลูกต่อครอบครัวของสัตว์ทะเลมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง (Hedgecock, 1994) ความแปรปรวนของขนาดครอบครัว (Variance in Family Size) ที่สูงจะทำให้ N_e มีค่าต่ำอธิบายตามสมการ

$$N_e = \frac{4N - 2}{V_k + 2} \quad (\text{Allendorf \& Luikart, 2006})$$

โดยที่ N = ขนาดประชากรที่นับได้ และ V_k = ความแปรปรวนของขนาดครอบครัว ความแปรปรวนของขนาดครอบครัวขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความดกไข่ ความสมบูรณ์ของเซลล์สืบพันธุ์ และอัตราการรอดของตัวอ่อน (Allendorf & Luikart, 2006) ในกรณีปลาเก๋ ความแปรปรวนของการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีค่าค่อนข้างสูง เช่น ความแปรปรวนของความดกไข่ในปลาเก๋ *E. striatus* มีค่าตั้งแต่ 3.5×10^5 ถึง 6.5×10^6 (Sadovy & Eklund, 1999)

สมดุล Hardy-Weingberg

ความถี่จีโนไทป์ของเครื่องหมายไมโครแซทเทลไลท์ EM10 เบี่ยงเบนจากสมดุล Hardy-Weingberg ในกลุ่มตัวอย่าง 7 จาก 9 กลุ่มตัวอย่าง โดยมีความถี่ของโฮโมไซโกตมากกว่าค่าคาดหวัง (Homozygote Excess: Heterozygote Deficiency) ซึ่งแสดงโดยค่า F_{IS} ที่เป็นค่าบวก ($p < 0.05$) โดยปกติการเบี่ยงเบนของความถี่จีโนไทป์อาจเกิดได้หลายสาเหตุ เช่น การผสมพันธุ์ระหว่างเครือญาติ (Inbreeding), Wahlund Effect, การปรากฏของ Null Allele และจำนวนตัวอย่างไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามการเบี่ยงเบนจากสมดุล Hardy-Weingberg ในการศึกษาที่เกิดขึ้นที่เฉพาะตำแหน่ง EM10 จึงน่าจะเกิดจากคุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องหมายพันธุกรรมตำแหน่งนี้ ซึ่งได้แก่ระดับความหลากหลายทางพันธุกรรม (จำนวนอัลลีลต่อตำแหน่ง) ที่สูงกว่าเครื่องหมายพันธุกรรมตำแหน่งอื่น ทำให้เสี่ยงต่อการปรากฏของ Null Allele และการวิเคราะห์จำนวนตัวอย่างที่ไม่เพียงพอ

Null Allele เป็นอัลลีลที่ไม่สามารถเพิ่มจำนวน ได้จากการทำ PCR เนื่องจากเกิดการกลายในบริเวณที่ไพรเมอร์มาเกาะ ดังนั้นจีโนไทป์ที่เป็นเฮเทอโรไซโกตที่มี Null Allele จึงปรากฏสภาพเหมือนกับโฮโมไซโกตของอัลลีลปกติ มีผลทำให้มีจำนวนโฮโมไซโกตมากกว่าที่ควรจะเป็น (Allendorf & Luikart, 2006) Null Allele สามารถพบได้บ้างในการวิเคราะห์เครื่องหมายพันธุกรรมไมโครแซทเทลไลท์ในปลาทะเลชนิดอื่น (เช่น De Innocentiis, Sola, Cataudella, & Bentzen, 2001; Chapman et al., 1999) การตรวจสอบโอกาสการเกิด Null Allele ในกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้ โดยใช้โปรแกรม MICRO-CHECKER Version 2.2.3 (Oosterhout, Hutchinson, Wills, & Shipley, 2003) และใช้วิธีการคำนวณของ Brookfield (1996) พบว่า EM10 เป็นตำแหน่งที่มีโอกาสเกิด Null Allele ได้ในทุกกลุ่มตัวอย่างที่ทำ การทดสอบ โดยมีความถี่ของ Null Allele (r) ตั้งแต่ 0.0823 (NOS) ถึง 0.206 (JUL) ซึ่งความถี่นี้ต่ำกว่าค่าที่พบในประชากรปลาเก๋า *E. marginatus* (0.13-0.30, De Innocentiis et al., 2001) และ ที่พบในประชากรปลาเก๋า *M. microlepis* (0.2245, Chapman et al., 1999) นอกจากนี้ EM10 เป็นตำแหน่งที่มีจำนวนอัลลีลมากถึง 23 อัลลีล จึงทำให้มีจำนวนจีโนไทป์ที่เป็นไปได้ถึง 276 ตัวอย่าง ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่วิเคราะห์อาจไม่เพียงพอที่จะเป็นตัวแทนของจีโนไทป์ทั้งหมด

จากการทดสอบ Genotypic Disequilibrium ระหว่างตำแหน่งในประชากร พบว่า จีโนไทป์ที่ตำแหน่งไมโครแซทเทลไลท์ EM07 มีการถ่ายทอดไม่เป็นอิสระจากจีโนไทป์ที่ตำแหน่งไมโครแซทเทลไลท์ EM10 (ตารางที่ 9) แสดงให้เห็นว่า อาจประกอบด้วยกลุ่มลูกปลาเก๋าดอกแดงที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรม

สรุปผลการวิจัย

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในกลุ่มตัวอย่างลูกปลาเก๋าดอกแดง ในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่าปลาที่มีชีวิตวัยคล้ายกันหลายชนิด อาจเนื่องจากการเบี่ยงเบนสัดส่วนเพศ (Skewed Sex Ratio) ปรากฏการณ์คอขวด (Bottleneck) และความแปรปรวนของขนาดครอบครัว (Variance in Family Size)
2. กลุ่มตัวอย่างลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่รวบรวมจากจันทบุรี มีความแตกต่างทางพันธุกรรมกับกลุ่มตัวอย่างที่รวบรวมจาก จังหวัดตรัง
3. ตัวอย่างลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่รวบรวมในเดือนกรกฎาคมทั้ง 2 ขนาด มีความแตกต่างทางพันธุกรรมจากลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่รวบรวมจากเดือนมกราคม เมษายน และ พฤศจิกายน ซึ่งกลุ่มลูกปลาเก๋าดอกแดงที่มีความแตกต่างทางพันธุกรรม อาจเกิดจากกลุ่มพ่อแม่พันธุ์ที่ (1) มีระลอกของการวางไข่ไม่พร้อมกัน และ/ หรือ (2) อาศัยต่างแหล่ง แต่ลูกปลาถูกพัดพามาอยู่ที่เดียวกัน โดยอิทธิพลของมวนน้ำในช่วงฤดูลมมรสุม

ข้อเสนอแนะ

1. Effective Population Size ที่ประเมินได้มีค่าค่อนข้างต่ำ อาจแสดงถึงความเสี่ยงต่อการสูญเสียความหลากหลายทางพันธุกรรมในอัตราสูง ดังนั้นควรมีการติดตามการเปลี่ยนแปลงขนาดประชากรลูกปลาเก๋าดอกแดง (*E. coioides*) ที่บริเวณ อำเภอกันตัง
2. เนื่องจากลูกปลาที่รวบรวมในรอบปี มีความแตกต่างทางพันธุกรรมของลูกปลาทั้งสองกลุ่ม (เดือนกรกฎาคมกับเดือนมกราคม เมษายน และพฤศจิกายน) ดังนั้นอาจใช้ช่วงเวลาเป็นเครื่องมือในการจัดการประมง หากจำเป็นต้องแยกจัดการลูกปลาทั้งสองกลุ่ม
3. ควรมีการศึกษาถึงชีวิตวัยปลาเก๋าดอกแดง บริเวณทะเลอันดามัน
 - 3.1 ชีวิตวัยการสืบพันธุ์ปลาเก๋าดอกแดง และลักษณะการสืบพันธุ์วางไข่ เพื่อดูความเป็นไปได้ในการเกิดการสืบพันธุ์วางไข่เป็นระลอก
 - 3.2 รูปแบบการแทนที่ของลูกปลาเก๋าดอกแดงในรอบปี
 - 3.3 โครงสร้างอายุ เพศ อัตราการเจริญเติบโต สัดส่วนเพศ ในประชากร อัตราการตายจากธรรมชาติ และอัตราการตายจากการประมง
4. ควรมีการวิเคราะห์ความหลากหลายทางพันธุกรรมลูกปลาเก๋าดอกแดง ที่บริเวณอำเภอกันตัง อย่างต่อเนื่องในปีต่อ ๆ ไป เพื่อดูแนวโน้มการจัดกลุ่มว่าให้ภาพลักษณะเดิมหรือไม่ และยังให้ดูการเปลี่ยนแปลงความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการประมงลูกปลาเก๋าดอกแดง