บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าการรวมฝูงของปลาหัวตะกั่วเริ่มขึ้นเมื่อปลามีความยาวประมาณ 8.0 มม. ขึ้นไป โดยมีจำนวนครั้งที่ปลาว่ายขนานกับเพื่อนรวม species แตกต่างจากกลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญ จากกราฟที่ 1 จะเห็นได้ว่าจำนวนตัวและจำนวนครั้งที่ปลาหัวตะกั่วว่ายขนานกับเพื่อนรวม species มากขึ้นตามความตัวที่เพิ่มซึ่งความสัมพันธ์นี้มีนัยสำคัญในทางสถิติ คือ มีค่า correlation coefficient (r) = 0.5275 แต่จำนวนตัวและจำนวนครั้งที่ปลาว่ายขนานกับกลุ่ม control มิได้มากขึ้นตามความยาวตัวที่เพิ่ม ที่เป็นเช่นนี้สันนิษฐานว่าเป็นเพราะกลุ่ม control ไม่มีสิ่งเร้าอันเหมาะสมที่จะใช้กระตุ้นพฤติกรรมนี้ให้เกิดขึ้นได้ ฉะนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าการรวมฝูงของปลาเริ่มเกิดขึ้นเมื่อปลามีลำตัวยาวประมาณ 8.0 มม. และเมื่อความยาวของลำตัวเพิ่มขึ้น พฤติกรรมในการรวมฝูงก็จะเกิดได้ดีขึ้นตามลำดับ ผลที่ได้นี้สอดคล้องกับผลการทดลองที่ Shaw (1960) ทำในปลา Menidia ซึ่งพบว่าเมื่อปลามีขนาดเพิ่มขึ้น การว่ายตามและขนานกับเพื่อนรวม species ก็จะเพิ่มขึ้นตามความยาวลำตัวที่เพิ่ม การที่ปลาหัวตะกั่วรวมฝูงได้ดีเมื่อมีขนาดเพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะอวัยวะรับความรู้สึกของมันเจริญพอที่จะรับสิ่งเร้าซึ่งเป็นสัญญาณที่จะก่อให้เกิดการรวมฝูงได้ดีขึ้น และอวัยวะรับความรู้สึกนี้จากผลการทดลองที่ได้ก็คือนัยน์ตาของปลา

จากตารางที่ 2 และกราฟที่ 2 จะเห็นได้ว่าการตอบสนองของปลาหัวตะกั่วความยาว 6.0 – 7.9 มม. ที่มีต่อเพื่อนรวม species ไม่แตกต่างจากกลุ่ม control ในทางสถิติ ที่เป็นเช่นนี้อาจกล่าวได้ว่าปลาที่ความยาวขนาดนี้ยังมีประสบการณ์ต่อเพื่อนรวม species ที่อยู่ในหลอดไม่เพียงพอ (Shaw , 1960) หรืออาจเนื่องจากปลายังไม่มีความสามารถพอที่จะ orient ตัวเองได้ เพราะกล้ามเนื้อต่าง ๆ ยังทำงานได้ไม่เต็มที่ และอาจเป็นไปได้ว่า อวัยวะรับความรู้สึกของปลายังเจริญไม่ดีพอที่จะรับสัญญาณซึ่งก่อให้เกิดการรวมฝูงได้ อวัยวะรับความรู้สึกที่ปลาเหล่านี้ใช้อาจจะเป็นเส้นข้างตัว (lateral line)

ซึ่ง Cahn และ Shaw (1962, 1963) รายงานว่าการเจริญของเส้นข้างตัวนี้ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับการวางตัวขนานกันของปลาในฝูง และ Shaw (1960) รายงานว่าปลา Menidia ขนาดเล็กกว่า 7.0 มม. ไม่สามารถว่ายขนานกันได้ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปลาขนาดดังกล่าวมี neuromast ซึ่งยังไม่มีเส้นประสาทไปเลี้ยง (Cahn et al, 1968) และเมื่อปลาหัวตะกั่วเจริญเติบโตขึ้นมีความยาวตั้งแต่ 8.0 – 15.9 มม. จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งที่ปลาว่ายเข้าใกล้และขนานกับเพื่อนรวม species จะแตกต่างจากกลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งอธิบายได้ว่าเนื่องจากปลาเหล่านี้เริ่มรู้จักเพื่อนรวม species ของมันด้วยสายตา ฉะนั้นเมื่อมันได้เห็นรูปร่างและการเคลื่อนไหวของเพื่อนรวม species ที่อยู่ในหลอดแก้ว มันจึงโต้ตอบโดยการว่ายขนานและตามกันไป การทดลองนี้สอดคล้องกับผลงานของ Shaw (1960) ที่รายงานไว้ว่า ปลา Menidia ที่ความยาวประมาณ 8.0 มม. ขึ้นไป สามารถว่ายเข้าใกล้และว่ายขนานกับปลาชนิดเดียวกันที่อยู่ในหลอดได้ และสอดคล้องกับผลงานของ **Shlaifer** (1940) ที่รายงานว่าการสื่อสารกันด้วยสายตา (Visual contact) ของปลาทอง Carassius auratus ที่มีต่อเพื่อนรวม species สามารถชักนำให้เกิดการรวมกลุ่มได้

เมื่อพิจารณาถึงการตอบสนองของปลาหัวตะกั่วที่มีต่อภาพของตัวเอง จากตารางที่ 2 และกราฟที่ 2 จะเห็นได้ว่าปลาหัวตะกั่วขนาด 6.0 – 10.9 มม. และขนาด 14.0 – 14.9 มม. จำนวนครั้งที่ปลาว่ายขนานกับภาพตัวเอง แตกต่างไปจากกลุ่ม control อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่าปลาหัวตะกั่วได้เห็นภาพของตัวเองในกระจกเงา และภาพนี้ทำหน้าที่เป็นสิ่งเร้าที่ดี เพราะมีรูปร่าง ขนาด เหมือนกับตัวเองทุกอย่างจึงเป็นผลทำให้ปลาว่ายตามเงาตัวเอง ผลที่ได้จากการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Spooner (1931) ที่รายงานไว้ว่าปลา Morone labrax สามารถรวมฝูงได้เมื่อเห็นภาพตัวเองในกระจกเงา แต่เมื่อนำการตอบสนองของปลาหัวตะกั่วที่มีต่อภาพตนเองในกระจกเงามาเปรียบเทียบกับการตอบสนองต่อเพื่อนรวม species ที่ว่ายอยู่ในหลอดทดลอง (กราฟที่ 3) จะเห็นได้ว่าจำนวนครั้งที่ปลาหัวตะกั่วว่ายขนานกับภาพของตัวเองในกระจกเงาจะค่อย ๆ ลดลงตามความยาวตัวที่เพิ่มขึ้น แต่จำนวนครั้งที่ปลาว่ายขนานกับเพื่อนรวม

species กลับพบว่ามากขึ้นตามความยาวตัวที่เพิ่ม นอกจากนี้ข้อสังเกตที่ได้จากการทดลองก็คือ ขณะที่ทำการทดสอบการมองเห็นของปลาหัวตะกั่วขนาด 11.0 – 15.9 มม. ที่มีต่อภาพของตนเองในกระจกเงา พบว่าขณะทดลองนั้น ปลามิได้แสดงพฤติกรรมตอบสนองแต่อย่างใด มันว่ายกระจัดกระจายอยู่ทั่วตู้ ฉะนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าสิ่งเร้าที่เคยมีผลต่อพฤติกรรมนี้ไม่มีผลต่อมันอีกต่อไปแล้วในช่วงความยาวนี้ ซึ่งน่าจะเนื่องมาจากว่าภาพของตนเองในกระจกเงาไม่มีการตอบสนองเป็นขั้นตอนในลักษณะ จึงทำให้ปลาที่ใช้ทดสอบ ไม่สามารถแสดงพฤติกรรมตอบโต้ได้ถูกต้อง เพราะก่อนที่ปลาจะรวมกันเป็นฝูงนั้นจะต้องมีแบบแผนของการวางตัวหลายขั้นตอนด้วยกัน หรืออาจจะเป็นผลมาจากความชัดเจนในการมองเห็นของปลาหัวตะกั่วที่มีต่อภาพของตนเองและเพื่อนรวม species แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เพราะระยะทางที่ปลามองเห็นภาพตัวเองที่เกิดขึ้นหลังกระจกเงามีระยะทางไกลกว่าระยะทางที่ปลามองเห็นเพื่อนรวม species ที่อยู่ในหลอด หรืออาจเนื่องมาจากขนาดของมุมที่ตามองภาพเพื่อนรวม species และภาพตัวเองในกระจกเงามีความแตกต่างกันอีกด้วย (Hemmings ,1966) ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Hemmings (1966) ที่พบว่าปลา Rutilus และปลา Mugil มีการตอบสนองต่อภาพตัวเองที่เกิดจากกระจกเงาน้อยกว่าการตอบสนองต่อปลาชนิดเดียวกันที่อยู่ในหลอด และอาจจะเป็นไปได้ว่าปลาที่มีความยาวขนาด 11.0 – 15.9 มม. เป็นระยะที่จะต้องใช้สัญญาณซึ่งรับได้จากอวัยวะรับความรู้สึกอื่นเข้าช่วยในการที่จะรักษาพฤติกรรมนี้ให้คงอยู่ต่อไป

จากตารางที่ 2 และกราฟที่ 2 แสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้ปลาเข็มเป็นสิ่งเร้าสำหรับทดสอบการมองเห็น จำนวนครั้งที่ปลาหัวตะกั่วว่ายขนานกับปลาเข็มไม่แตกต่างไปจากกลุ่ม control เลย ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปลาเข็มมีรูปร่างต่างจากปลาหัวตะกั่วอย่างเห็นได้ชัด คือปลาเข็มมีรูปร่างผอมและยาวเรียวกว่าปลาหัวตะกั่ว นอกจากนี้แบบแผนการว่ายก็ยังต่างกันออกไปอีกด้วย และธรรมชาติของปลาเข็มเป็นปลาว่ายบนผิวน้ำ ซึ่งผิดกับปลาหัวตะกั่วที่ว่ายต่ำกว่าระดับผิวน้ำ ซึ่งอาจทำให้ปลาหัวตะกั่วได้รับภาพของปลาเข็มในลักษณะที่ผิดไปจากปกติ หรืออาจรับภาพไม่ได้เลยก็เป็นได้ มันจึงไม่มีการตอบสนอง มีรายงานของ Shlaifer ในปี 1940 สนับสนุนข้อสันนิษฐานนี้ เขาใช้ปลา

Aequidens portalegrensis เป็นสิ่งเร้าทดสอบการรวมกลุ่ม (aggregation) ของปลาทอง C. auratus พบว่าไม่มีการรวมกลุ่มเกิดขึ้น แสดงว่าการตอบสนองต่อการมองเห็นของปลาทองที่มีต่อรูปร่างของสิ่งเร้าเป็นปัจจัยสำคัญในการชักนำให้เกิด aggregation

เมื่อใช้หุ่นรูปปลาและหุ่นรูปกลมขนาด 10 มม. เป็นสิ่งเร้าสำหรับทดสอบ จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าปลาหัวตะกั่วที่ความยาวต่าง ๆ ตั้งแต่ 6.0 – 15.9 มม. ไม่มีการตอบสนองต่อหุ่นทั้งสองชนิดเลย ทั้งนี้อาจเนื่องจากหุ่นรูปปลาและหุ่นรูปกลมมีรูปร่างไม่เหมือนกับปลาหัวตะกั่ว และอาจเป็นเพราะหุ่นทั้งสองชนิดอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนไหว จึงทำให้ปลาหัวตะกั่วไม่แสดงพฤติกรรมโต้ตอบ ปลาไม่ว่ายเข้าใกล้และไม่ว่ายขนานกับหุ่นเหล่านี้เลย มีรายงานของ Shlaifer (1940) สนับสนุนข้อสันนิษฐานนี้ โดยเขาทดลองใช้ปลาเทียม (sunfish model) ใส่ลงไปรวมกับปลาทอง ผลก็คือไม่มีการจับกลุ่มของปลาเกิดขึ้น และ Shlaifer ได้สรุปว่าปลาต่าง species และหุ่นรูปปลา (inanimate fish-like object) ไม่มีความสามารถเพียงพอที่จะชักนำให้เกิดการรวมกลุ่มได้ ทั้งนี้เนื่องจากปลาต่างชนิดและหุ่นมีรูปร่างไม่เหมือนกับปลาทอง

ผลการทดลองเกี่ยวกับการมองเห็นของปลาหัวตะกั่วนี้สอดคล้องกับรายงานของ Parr (1927), Shlaifer (1940), Morrow (1948), Atz (1953), Keenleyside (1955), Breder (1959), Steven (1959) และ Shaw (1960, 1962) ที่กล่าวว่านัยน์ตาเป็นอวัยวะรับความรู้สึกที่สำคัญอันแรกที่จะมีผลทำให้เกิดการรวมฝูงของปลาขึ้นได้ ดังจะเห็นได้จากการที่ปลาหัวตะกั่วมีการตอบสนองต่อเพื่อนร่วม species และภาพของตัวเองในกระจกเงาได้ดีกว่าการตอบสนองที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่มีรูปร่างและการเคลื่อนไหวต่างไปจากตัวเอง (ปลาเข็ม) ตลอดจนสิ่งไร้ชีวิตที่มีรูปร่างต่างไปจากมัน และเคลื่อนไหวไม่ได้ (หุ่นรูปปลาและหุ่นรูปกลม) แสดงว่ารูปร่าง ขนาด ตลอดจนการเคลื่อนไหวของปลามีความสำคัญในการก่อให้เกิดการรวมฝูงของปลาชนิดนี้ เช่นเดียวกับที่พบว่า สำคัญในปลาชนิดอื่น ๆ ซึ่งได้ศึกษามาแล้วโดยนักวิทยาศาสตร์ท่านอื่น ๆ ดังที่กล่าวไว้ข้างบน

การตอบสนองของปลาหัวตะกั่วขนาดต่าง ๆ 6.0 – 15.9 มม. ที่มีต่อน้ำที่เคยมีปลาชนิดเดียวกันอยู่ ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม control (ตารางที่ 4 และกราฟที่ 4) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปลาหัวตะกั่วมิได้ผลิตสารที่มีกลิ่นออกมา หรือ ความเข้มข้นของสารที่ปลาขับออกมา หรือสร้างออกมามีไม่มากพอที่ปลาตัวอื่นจะรับได้ หรือ อาจเป็นไปได้ว่าการออกแบบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองยังไม่ดีพอ การได้กลิ่นอาจมีบทบาทช่วยในการรวมฝูงของปลาบางชนิดได้ Hemmings (1966) รายงานว่า ปลา Rutilus สามารถที่จะตอบสนองต่อกลิ่นเราจากเพื่อนร่วม species ได้ และได้รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วฝูงของปลามักแตกแยกกระจัดกระจายในเวลากลางคืน ทั้งนี้เนื่องจากขาดแสง หรือ อาจเนื่องจากความข้นของน้ำมีผลทำให้การใช้สายตาของปลาแต่ละตัวไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร ซึ่งในสภาพเช่นนี้กลิ่นที่ปลาปล่อยออกมาก็จะเข้ามามีบทบาทในการป้องกันการแตกฝูงในเวลากลางคืนได้ จากการสังเกตพบว่าปลาหัวตะกั่วนี้ไม่รวมฝูงในเวลากลางคืน ฉะนั้นอาจเป็นไปได้ว่าในปลาชนิดนี้ กลิ่นมิใช่สิ่งเร้าที่ทำให้เกิดพฤติกรรมการรวมฝูง

ผลการศึกษาแบบแผนพฤติกรรมในการรวมฝูงของปลาหัวตะกั่ว (แผนภาพที่ 5, 6 และ 7) จะเห็นได้ว่าปลาหัวตะกั่วความยาวมาตรฐาน 6.0 – 15.9 มม. มีขั้นตอนที่สำคัญในการวางตัวก่อนที่จะมารวมกันเป็นฝูงคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ในระยะแรกมันจะเอาหัวเข้าใกล้กัน (approach head) ต่อมาค่อย ๆ เคลื่อนที่เปลี่ยนเป็นเอาหัวเข้าใกล้หาง (approach tail) แล้วว่ายตามกัน (following) จากนั้นปลาจะหยุดเคลื่อนที่พร้อมกับเรียงตัวขนานกัน (stop and parallel) แล้วจึงว่ายขนานกันไป (swim parallel) จะเห็นได้ว่า แม้ว่าแบบแผนพฤติกรรมก่อนการรวมฝูงของปลาเหล่านี้จะคล้ายคลึงกันเป็นส่วนมาก แต่ก็มีข้อน่าสังเกตุว่า ในปลาขนาดโตขึ้น พฤติกรรมบางขั้นตอนจะถูกข้ามไป ทั้งนี้อาจเนื่องจากว่า ปลาโต ๆ สามารถจะจัดตัวให้อยู่ในรูปแบบที่ต้องการได้คล่องแคล่วขึ้น เพราะกล้ามเนื้อเจริญดีขึ้น ทำให้ลดขั้นตอนพฤติกรรมบางตอนไปได้ และผลการศึกษาแบบแผนนี้พบว่าได้ผลคล้ายคลึงกับผลของ Shaw (1960) ที่รายงานเกี่ยวกับการวางตัวของปลา Menidia จากการศึกษาแบบแผนของพฤติกรรมการรวมฝูงของปลาหัวตะกั่ว พบว่าพฤติกรรม

ในการรวมฝูงของมันมีแบบแผนที่สม่ำเสมอในปลาขนาดต่าง ๆ กัน กล่าวคือ ปลาเมื่ออยู่รวมกันเป็นกลุ่มแล้วมันจะเรียงตัวขนานกันโดยที่จะรักษาระยะห่างระหว่างปลาแต่ละตัวเท่า ๆ กัน หันหัวไปในทิศทางเดียวกัน พฤติกรรมเช่นนี้จะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการรวมฝูงของปลาหัวตะกั่วเป็นแบบ

การรวมฝูงอย่างมีทิศทางเป็นการปรับตัวอย่างหนึ่งที่ให้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตต่อปลาหลายประการด้วยกัน เช่น ช่วยพรางตาศัตรู เนื่องจากเป็นปลาที่มีขนาดเล็ก ฉะนั้นเมื่ออยู่รวมกันเป็นฝูง จึงช่วยลวงตาศัตรูว่าเป็นปลาที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ศัตรูตกใจ นอกจากนี้ช่วยในการจับคู่และผสมพันธุ์ (mating) โดยที่ปลาตัวผู้จะได้มีโอกาสพบปลาตัวเมียมากขึ้น ทำให้การปฏิสนธิมีมากขึ้น

จากการศึกษา Histology ส่วน Retina ของปลาหัวตะกั่ว พบว่าโครงสร้างของ Retina มีส่วนประกอบต่าง ๆ เหมือนกันในปลาทุกขนาดและเหมือนกับ Retina ของปลากระดูกแข็งทั่วไป (Brett,1957) คือประกอบด้วยชั้น pigmented epithelium cell,ชั้น photoreceptor cell ซึ่งมีทั้ง rod และ cone cells ชั้น inner nuclear layer และชั้น ganglion cells จากการสังเกตุในห้องปฏิบัติการพบว่าปลาหัวตะกั่วจะเริ่มต้นรวมฝูงได้เมื่อลำตัวยาว 6.0 มม. ขึ้นไป ในขณะที่ถ้าใช้ตาเป็นอวัยวะรับความรู้สึกแต่เพียงอย่างเดียว ดังที่ได้ทำการทดลองในการทดลองที่ 2.1.1 มันจะเริ่มต้นรวมฝูงเมื่อความยาว 8.0 มม. และถ้าเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้เพื่อนร่วม species กับใช้ภาพตัวมันเองเป็นสิ่งเร้า จะเห็นได้ว่าการตอบสนองของปลาหัวตะกั่วต่อเพื่อนร่วม species จะเพิ่มขึ้นเมื่อลำตัวยาวขึ้น แต่การตอบสนองของมันที่มีต่อภาพตัวมันเองในกระจกเงาจะเพิ่มตามขนาดของลำตัวในระยะแรก (6.0 – 10.9 มม.) เท่านั้น แต่ต่อมากลับลดลงเมื่อปลาหัวตะกั่วยาว 11.0 – 15.9 มม. แสดงให้เห็นว่าปลาหัวตะกั่วที่ความยาวขนาดนี้ ตาของมันน่าจะมีประสิทธิภาพดีมากพอที่จะแยกได้ว่าสัญญาณที่มันได้รับจากสิ่งเร้าทั้งสอง คือ เพื่อนร่วม species และภาพของตัวเองนั้นต่างกัน

ผลจากการทดลองเกี่ยวกับการใช้สายตาพบว่า ถ้าปลาใช้สายตาเพียงอย่างเดียว พฤติกรรมในการรวมฝูงจะเกิดขึ้นได้เมื่อลำตัวยาว 8.0 มม. ขึ้นไป แต่ถ้ามันอยู่ในธรรมชาติ จะเริ่มมีพฤติกรรมนี้เมื่อลำตัวยาวเพียง 6.0 มม. เท่านั้น ผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่าในการรวมฝูงนั้นสัตว์จะต้องอาศัยสัญญาณจากสิ่งเร้าหลายแบบ และเพื่อที่จะรับสัญญาณเหล่านี้ได้ครบ สัตว์จะต้องใช้อวัยวะรับความรู้สึกทุกอันของมันช่วยกันทำงาน และด้วยเหตุนี้เองถ้าสัตว์ได้มีโอกาสใช้อวัยวะรับความรู้สึกของมันทุกอันเต็มที่เท่าที่มันกระทำในธรรมชาติ พฤติกรรมในการรวมฝูงจึงเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าที่มันใช้สายตาได้แต่เพียงอย่างเดียว แม้ว่าการใช้สายตาอาจจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในการที่จะทำให้เกิดพฤติกรรมในการรวมฝูงขึ้นก็ตาม