ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง | ชีววิทยาประมง

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง ชีววิทยาประมงของปูม้า: กรณีศึกษาจากการประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง

Fisheries Biology of Blue Swimming Crab: A Case Study from Small-Scale Fisheries in Trang Province

นามผู้วิจัย นายอภิรักษ์ สงรักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์ธนิษฐา ทรรพนันทน์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วินัย โพธิ์สุวรรณ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อนงค์ จีรภัทร์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ชีววิทยาประมงของปูม้า : กรณีศึกษาจากการประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง

Fisheries Biology of Blue Swimming Crab: A Case Study from Small-Scale Fisheries in Trang Province

โดย

นายอภิรักษ์ สงรักษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)
พ.ศ. 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภิรักษ์ สงรักษ์ 2558: ชีววิทยาประมงของปูม้า: กรณีศึกษาจากการประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยาประมง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ธนิษฐา ทรรพนันทน์, ปร.ด. 121 หน้า

ตัวอย่างปูม้าจากการประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง ถูกรวบรวมจากชุมชนชายฝั่ง โดยใช้เครื่องมือประมงจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ลอบเหลี่ยม, ลอบกลมแบบพับ, ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 ได้ปูม้าทั้งสิ้น 9,582 ตัว มีพิสัยความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัวเท่ากับ 4.24-13.71 เซนติเมตร และ 10.00-430.00 กรัม ตามลำดับ ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านใน (ICW) และน้ำหนัก (W) อยู่ในรูปสมการ $W=0.234ICW^{2.768}$ มีรูปแบบการเติบโตแบบอัลโลเมตริก มีความดกไข่ของปูม้าเพศเมียเฉลี่ย 481,753$\pm$ 221,503 ฟอง ปูม้าสามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้ตลอดทั้งปี และมีช่วงการสืบพันธุ์วางไข่สูงสุด 2 ช่วง คือช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน มีขนาดแรกสืบพันธุ์ที่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย เท่ากับ 8.02 และ 8.09 เซนติเมตร ช่วงการเป็นแม่พันธุ์ที่ดีอยู่ระหว่าง 7.88-8.30 เซนติเมตร

ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเติบโตของฟอนเบอร์ทาแลนฟี่พบว่าค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ เท่ากับ 14.80 เซนติเมตร ค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.41 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม การตายโดยการประมง และการตายโดยธรรมชาติ เท่ากับ 7.14, 5.23 และ 1.91 ต่อปีตามลำดับ ขนาดความกว้างกระดองด้านในแรกทดแทนเท่ากับ 4.0-4.5 เซนติเมตร จำนวนการทดแทนเท่ากับ 13,227,418 ตัว โดยมีอัตราการใช้ประโยชน์ในปีปัจจุบัน เท่ากับ 0.78 ผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนเท่ากับ 211.67 ตันต่อปี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด เท่ากับ 26.23 ล้านบาทต่อปี การประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของปูม้าขนาดเล็ก เท่ากับ 495,795 บาทต่อปี การใช้ประโยชน์ปูม้าที่ขนาดความกว้างกระดองด้านในตั้งแต่ 9.50 เซนติเมตร และการควบคุมผลจับไม่เกิน 206 ตันต่อปี จะเป็นการจัดการทรัพยากรปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรังให้มีความยั่งยืนตลอดไป

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Apirak Songrak 2015: Fisheries Biology of Blue Swimming Crab: A Case Study from Small-Scale Fisheries in Trang Province. Doctor of Philosophy (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Thanitha Darbanandana, Ph.D. 121 pages.

The samples of blue swimming crab from small-scale fisheries in Trang province were collected monthly during October 2010 to September 2011 **by** using four types of fishing gear operated along the coast of the province, i.e. fixed box trap, collapsible vertical trap, collapsible box trap and gill net. A total number of caught crabs were 9,582. The study showed that inner carapace width (ICW) and body weight (W) of crabs ranged between 4.24-13.71 cm and 10.00-430.00 g, respectively. The relationship between ICW and W was $W=0.234ICW^{2.768}$ and the growth pattern was allometric. The average fecundity was 481,753$\pm$ 221,503 eggs and spawning season was all the year. However, the highest spawning periods were occurred during December to February and July to September. The size at first maturity of male and female were 8.02 and 8.09 cm, the size of actively breeder of female crab ($ICW_{25\%}$ - $ICW_{75\%}$) was 7.88-8.30 cm. The ICW of good female broodstock ranged between 7.88-8.30 cm.

The results on growth parameters showed that the asymptotic inner carapace width (ICW_{∞}) was 14.80 cm, curvature parameter was 1.41 yr^{-1}. The total mortality coefficient (Z), fishing mortality coefficient (F) and natural mortality coefficient (M) were 7.14, 5.23 and 1.91 yr^{-1}, respectively. The inner carapace width at first recruitment ranged between 4.00-4.50 cm and the number of substitutes was 13,227,418. The exploitation rate (E) was 0.73, the maximum sustainable yield (MSY) was 211.67 $tons.yr^{-1}$ and the maximum economic yield (MEY) was 26.23 million $Baht.yr^{-1}$. The economic loss of young crab was 495,795 $Baht.yr^{-1}$. The results of the study indicated that the fishing of blue swimming crab at more than 9.50 cm in the size of ICW and control the crab yield at lower than 206 $tons.yr^{-1}$ are recommended to ensure sustainability of the blue swimming crab stock in Trang province.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ธนิษฐา ทรรพนันทน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย โพธิ์สุวรรณ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งสำเร็จสมบูรณ์ กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน ประธานกรรมการสอบ และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวงทอง จุฑาเกตุ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณสมาชิกห้องปฏิบัติการวิจัยพลวัตการประมงทุกคนที่ได้ช่วยเก็บตัวอย่าง ช่วยวิเคราะห์ตัวอย่าง และเป็นกำลังใจให้ด้วยดีเสมอมา ขอขอบคุณนักศึกษาวิชาเอกการจัดการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมงที่ช่วยทำงานเก็บข้อมูลภาคสนาม และประสานการทำงานในพื้นที่ ขอบคุณนายไพทูรย์ นงค์นวล นายบรรจง นฤพรเมธี นายบุญครื้น พรเดชอนันต์ ที่คอยอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล และขอขอบคุณชาวประมงพื้นบ้านทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ และเอื้อเฟื้อการเก็บข้อมูลตลอดเวลา

ขอขอบคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนทุนเพื่อการศึกษาในระดับปริญญาเอก และทุนวิจัยสาขาวิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สุวัจน์ ธัญรส คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรังที่ให้การสนับสนุนการศึกษาและวิจัยในระดับปริญญาเอกด้วยดีตลอดมา

ผลประโยชน์จากงานวิจัยที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณแม่และพี่น้องในครอบครัวสงรักษ์ทุกคน ที่ได้เป็นกำลังใจ อบรมสั่งสอน และให้การสนับสนุนการเรียนด้วยดีเสมอมา และขออุทิศให้กับคุณพ่อรุ่ม สงรักษ์ ที่ตั้งความหวังความก้าวหน้าทางการศึกษาของลูกคนนี้มาอย่างยาวนาน

อภิรักษ์ สงรักษ์

มกราคม 2558

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	33
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล	49
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	95
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	99
ภาคผนวก	110
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	121

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	รายชื่อหมู่บ้านทำประมงปูม้า สำหรับกำหนดเป็นพื้นที่เก็บตัวอย่างปูม้า	33
2	จำนวนและขนาดของปูม้าที่มีการพัฒนารังไข่ของปูม้า ระยะที่ 3 และ 4	66
3	อัตราส่วนเพศของปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง	70
4	พารามิเตอร์การเติบโตของทรัพยากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง	74
5	สมการความสัมพันธ์การเติบโตของปูม้า ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	76
6	พารามิเตอร์การตายและการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรปูม้า ในบริเวณจังหวัดตรัง	78
7	ตัวแบบการทำนายของธอมพ์สันและเบลล์ที่ใช้ฐานความกว้างกระดองด้านในของปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง	79
8	ผลจับปูม้าจากเครื่องมือประมงปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	85
9	ค่าพารามิเตอร์การเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้าในจังหวัดตรัง	86
10	ค่าปัจจัยการเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง	89

ตารางผนวกที่

1	การพัฒนาระยะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศผู้ ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	111
2	การพัฒนาระยะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	112
3	ดัชนีสมบูรณ์เพศของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	113
4	ความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของตัวอย่างปูม้าเพศผู้บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	114
5	ความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของตัวอย่างปูม้าเพศเมียบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	115
6	ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง	115
7	ความถี่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศผู้ บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	116
8	ความถี่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศเมีย บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	117
9	ความถี่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้า บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	118

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
10	การประมาณปูม้าที่เข้าทดแทนที่ด้วยวิธีวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำของโจนส์	119
11	ราคาปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง ณ ปี 2553-2554	120

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงที่ตั้งชุมชนชายฝั่งทะเลบริเวณจังหวัดตรัง	6
2	ลักษณะภายนอกของปูม้า (A) เพศเมีย และ (B) เพศผู้	8
3	แผนที่แสดงชุมชนประมงชายฝั่งที่ทำการประมงและจุดเก็บตัวอย่าง	34
4	ลักษณะภายนอกและภายในของปูม้าเพศผู้ในบริเวณจังหวัดตรัง	50
5	ลักษณะภายนอกและภายในของปูม้าเพศเมียในบริเวณจังหวัดตรัง	50
6	ลักษณะภายนอกของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะไม่สมบูรณ์เพศ	51
7	ลักษณะภายนอกของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสมบูรณ์เพศ	51
8	ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ resting gonad	52
9	ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ beginning of maturation	52
10	ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ mature	53
11	ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ pre-spawning	53
12	ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส (spermatogenesis)	54
13	ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส	55
14	ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปอร์มิเอชั่น (spermiation)	55
15	ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปอร์มิเอชั่น	56
16	ลักษณะมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 1 (oogonia)	57
17	ลักษณะมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 2 (primary oocyte)	57
18	ลักษณะมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 3 (secondary oocyte)	58
19	ลักษณะทางมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 3 (full growth oocyte)	59
20	การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศผู้ ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	60
21	การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	61
22	ค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศ (GSI) ของปูม้า ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	62
23	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์กับความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศผู้	64

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์กับความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศเมีย	64
25	ลักษณะและขนาดของไข่ปูม้า ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	67
26	ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และความกว้างกระดองด้านในของปูม้า	67
27	ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าเพศผู้	71
28	ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าเพศเมีย	72
29	ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าทั้งหมด	72
30	เส้นโค้งการเติบโต (VBGF) ของปูม้าเพศผู้ในบริเวณจังหวัดตรัง	74
31	เส้นโค้งการเติบโต (VBGF) ของปูม้าเพศเมียในบริเวณจังหวัดตรัง	75
32	เส้นโค้งการเติบโต (VBGF) ของปูม้าทั้งหมดในบริเวณจังหวัดตรัง	75
33	ผลผลิต มวลชีวภาพเฉลี่ย และมูลค่าผลผลิตของการประมงปูม้า ณ ระดับการทำประมง X-factor ต่าง ๆ กัน	82
34	เครื่องมือประมงปูม้าในจังหวัดตรัง	84
35	เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงลอบเหลี่ยม ขนาดตาอวน 4.3 เซนติเมตร	86
36	เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงลอบกลมแบบพับ ขนาดตาอวน 5.0 เซนติเมตร	87
37	เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงลอบเหลี่ยมแบบพับ ขนาดตาอวน 3.0 เซนติเมตร	87
38	เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงอวนจมปู ขนาดตาอวน 5.0 เซนติเมตร	88
39	เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือปูม้าจำนวน 4 ชนิด ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง	88

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ

a	=	จุดตัดแกน Y ในสมการความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองและน้ำหนัก
b	=	ค่าความชันในสมการความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองและน้ำหนัก
BW	=	น้ำหนักตัวของสัตว์น้ำ
B	=	มวลชีวภาพ
$\overline{B}/R$	=	มวลชีวภาพเฉลี่ยต่อหน่วยการทดแทนสัมพัทธ์
C	=	ผลจับเป็นจำนวนตัวในการวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำ
$C(L,L_\infty)$	=	ผลจับเป็นสะสมของปูม้าที่มีความยาว L
CPUE	=	ผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง
E	=	อัตราการใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ
ELEFAN-1	=	โปแกรมการประมาณค่าพารามิเตอร์อายุและการเติบโตด้วยวิธี restructured Method ด้วยระบบคอมพิวเตอร์
FiSAT	=	โปรแกรมการประเมินสภาวะทรัพยากรประมง
F	=	สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง
Fe	=	ความดกไข่ของปูม้า
f	=	การลงแรงประมง
F-factorX	=	ปัจจัยที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ในวิธีของธอมสันและเบลล์)
F_L	=	สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงในแต่ละช่วงความยาว
GSI	=	ดัชนีสมบูรณ์เพศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

GW	=	น้ำหนักอวัยวะสืบพันธ์
H	=	ปัจจัยการตายโดยธรรมชาติในวิธีวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำของโจนส์ที่ใช้ข้อมูลฐานความยาว
ICW	=	ความกว้างกระดองด้านในของปูม้า
ICW_∞	=	ความกว้างกระดองด้านในอนันต์ของปูม้า
K	=	ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง
L	=	ความยาวของสัตว์น้ำ
L_∞	=	ความยาวอนันต์ของสัตว์น้ำ
L_c	=	ความยาวแรกถูกจับ
$L_{25\%}$	=	ขนาดแรกสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 25
$L_{50\%}$	=	ขนาดแรกสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50
$L_{75\%}$	=	ขนาดแรกสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 75
L_r	=	ความยาวแรกทดแทน
L_t	=	ความยาวสัตว์น้ำที่เวลา t ใดๆ
M	=	สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ
m	=	ขนาดช่องตาอวนของเครื่องมือประมง
m_o	=	ขนาดช่องตาอวนที่เหมาะสม
MEY	=	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด
MSY	=	ผลจับถาวรสูงสุดที่ยั่งยืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำอธิบายสัญลักษณ์และอักษรย่อ (ต่อ)

OCW	=	ความกว้างกระดองด้านนอกของปูม้า
OCW_∞	=	ความกว้างกระดองด้านนอกอนันต์ของปูม้า
P_L	=	สัดส่วนของสัตว์น้ำวัยเจริญพันธุ์ทั้งหมดจำแนกตามความยาว
SF	=	ปัจจัยการเลือกจับ
t	=	อายุของสัตว์น้ำ
t_0	=	อายุสมมติของสัตว์น้ำที่ความยาวเท่ากับศูนย์
t_c	=	อายุแรกจับ
t_m	=	อายุที่สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50
t_r	=	อายุแรกทดแทน
v	=	ราคาต่อกิโลกรัมเฉลี่ยของสัตว์น้ำ
V	=	มูลค่าของสัตว์น้ำ
VBGF	=	ตัวแบบการเติบโตของฟอนเบอร์ทาแลนฟี
VPA	=	การวิเคราะห์ประชากรเสมือน
W	=	น้ำหนักของสัตว์น้ำ
W_∞	=	น้ำหนักอนันต์ของสัตว์น้ำ
X	=	ปัจจัยที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ในวิธีของธอมสันและเบลล์)
Y	=	ผลผลิต (ผลจับในหน่วยน้ำหนัก)
Z	=	ผสัมประสิทธิ์การตายรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชีววิทยาประมงของปูม้า: กรณีศึกษาจากการประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง

Fisheries Biology of Blue Swimming Crab: A Case Study from Small-Scale Fisheries in Trang Province

คำนำ

ทรัพยากรสัตว์น้ำจัดเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่สามารถทดแทนได้ (renewable) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามหากเกิดสภาวะไม่เหมาะสม เช่นเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ได้แก่การเปลี่ยนแปลงด้านแหล่งอาหาร คุณภาพน้ำ โรคและปรสิต รวมถึงผู้ล่า (predator) และผู้แข่งขัน (competitor) หรือการใช้ประโยชน์ที่มากเกินกว่ากำลังผลิต (overfishing) ทรัพยากรสัตว์น้ำก็อาจจะคืนรูปได้ไม่ทัน (ธนิษฐา, 2552; Supongpan, 2005) ทรัพยากรสัตว์น้ำในประเทศไทยถูกกำหนดให้เป็นทรัพยากรประมงร่วม (common property) กล่าวคือทุกคนมีสิทธิ์ในการใช้ประโยชน์ภายใต้กฎหมายว่าด้วยการทำประมง จึงทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงเกินความสามารถของธรรมชาติ ส่งผลให้ปริมาณสัตว์น้ำมีโอกาสที่จะมีจำนวนลดลง และกระทบต่อชาวประมงในระยะยาวต่อไป (มะลิ, 2555) ผลจากความต้องการปริมาณสัตว์น้ำที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทำให้เกิดแรงกดดันในการทำประมง (fishing pressure) มากขึ้น ประกอบกับการเลี้ยงสัตว์น้ำเชิงพาณิชย์ (culture fisheries) ยังคงอยู่ในวงจำกัดเฉพาะสัตว์น้ำบางกลุ่ม เช่นปลาน้ำจืด ปลาชายฝั่งบางชนิด และกุ้งทะเล ส่วนสัตว์ทะเล ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของประชากรแหล่งใหญ่นั้น ยังต้องพึ่งพาการประมงแบบจับ (capture fisheries) อยู่เช่นเดิม จะเห็นได้จากผลผลิตสัตว์น้ำที่ถูกจับขึ้นมาใช้ประโยชน์ใน พ.ศ. 2554 ส่วนใหญ่เป็นผลผลิตสัตว์น้ำที่จับได้จากทะเลทั้งจากการประมงพาณิชย์ และการประมงพื้นบ้านรวมประมาณ 1,610,400 เมตริกตัน หรือคิดเป็นร้อยละ 53.03 ของปริมาณสัตว์น้ำทั้งหมด (กรมประมง, 2556)

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เป็นทรัพยากรสัตว์ทะเลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย มีการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากธรรมชาติมากกว่าการเลี้ยงเชิงพาณิชย์ ปูม้าเป็นสัตว์น้ำที่นิยมบริโภคในประเทศโดยทั่วไป และยังเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของภาคอุตสาหกรรมสัตว์น้ำ จากสถิติการประมงพบว่าใน พ.ศ. 2554 มีผลผลิตปูม้าจำนวน 28,800 เมตริกตัน คิดเป็นมูลค่า 3,243.01 ล้านบาท (กรมประมง, 2556; วารินทร์, 2556) นอกจากนี้ยังมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อปูกระป๋องชนิดต่างๆ ส่งออกไปยังประเทศคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส แคนาดา และญี่ปุ่น (วารินทร์, 2556) เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความต้องการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปูม้าเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาเครื่องมือประมงประเภทลอบปูแบบพับ เพื่อเพิ่มอัตราผลจับทรัพยากรปูม้าให้มากขึ้น อย่างไรก็ตามในระยะต่อมาการใช้เครื่องมือประเภทนี้ มีส่วนทำให้ทรัพยากรปูม้าในธรรมชาติมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ

จากสถิติการประมงในพ.ศ. 2540 ผลผลิตปูม้ามีจำนวน 40,089 เมตริกตัน (กรมประมง, 2555) และลดลงเหลือเพียง 28,800 เมตริกตัน ใน พ.ศ. 2554 แสดงให้เห็นว่าผลจับปูม้าของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง ร้อยละ 20-30 ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (กรมประมง, 2556) แสดงให้เห็นว่าทรัพยากรปูม้าของประเทศไทยถูกจับใช้ประโยชน์เกินกำลังทดแทนตามธรรมชาติ และอยู่ในสภาพถดถอย ทั้งนี้อาจเกิดสภาวะการประมงมากเกินกำลังผลิต (overfishing) (วารินทร์, 2556) และมีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างต่อเนื่องในอนาคต ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อมรา และ อัจฉรา (2545) ที่รายงานสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544 มีแนวโน้มลดลง Songrak and Choopunth (2006) รายงานผลการประเมินทรัพยากรปูม้าในพื้นที่อ่าวสิเกา จังหวัดตรัง ระหว่าง พ.ศ. 2546-2547 พบว่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าเกินระดับที่เหมาะสม ประมาณร้อยละ 40 และ Sawasdee and Songrak (2009) รายงานผลการประเมินทรัพยากรปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง ระหว่าง พ.ศ. 2549-2550 พบว่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าเกินระดับผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (maximum sustainable yield) ประมาณร้อยละ 40 โดยพบว่ามีการนำปูม้าที่ไม่ได้ขนาด และการนำปูม้าที่มีไข่นอกกระดองขึ้นมาใช้ประโยชน์ จากปัญหาดังกล่าวภาครัฐได้นำมาตรการต่างๆมาใช้ในการจัดการทรัพยากรประมงปูม้า เช่นการควบคุมจำนวนหน่วยการประมง การควบคุมประสิทธิภาพและชนิดของเครื่องมือประมง การห้ามทำประมงบางพื้นที่หรือบางฤดูกาล การกำหนดขนาดต่ำสุดของตาอวน หรือการห้ามจับปูม้าเพศเมียที่มีไข่นอกกระดอง เป็นต้น (พิภพ, 2534; วารินทร์, 2556)

การกำหนดมาตรการอนุรักษ์ต่าง ๆ เพื่อป้องกันการจับสัตว์น้ำวัยอ่อนโดยเฉพาะปูม้า ที่ถูกจับมาใช้ประโยชน์อย่างไม่คุ้มค่า ทั้งการควบคุมเครื่องมือประมงประเภทต่าง ๆ และการรักษาพื้นที่แหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน รวมทั้งโครงการผลิตพันธุ์ปูม้าเพื่อปล่อยคืนธรรมชาติ หรือที่เรียกว่าธนาคารปูม้า (crab bank) เพื่อนำไปสู่การจัดการทรัพยากรประมงปูม้าให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด พบว่ายังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร (อภิรักษ์ และคณะ, 2553) ทั้งนี้การจะกำหนดรูปแบบหรือมาตรการสำหรับจัดการทรัพยากรปูม้า ที่ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของชาวประมง โดยเฉพาะชาวประมงพื้นบ้านมีความจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลด้านชีววิทยาของปูม้าและด้านสภาวะการประมงปูม้าของแต่ละพื้นที่ เพื่อประกอบการตัดสินใจ ทั้งนี้ข้อมูลทางชีววิทยาประมงที่สำคัญ ได้แก่ชีววิทยาการสืบพันธุ์ การเติบโต การตาย การทดแทน และการประเมินสภาวะการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้า ซึ่งการกำหนดมาตรการเพื่อจัดการทรัพยากรปูม้าที่เหมาะสม ต้องคำนึงถึงข้อมูลด้านชีววิทยาของปูม้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในเชิงพื้นที่ เพื่อให้ได้วิธีการจัดการประมงปูม้าที่มีประสิทธิภาพ และเป็นที่ยอมรับของชาวประมงอย่างแท้จริง

สำหรับพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามัน ครอบคลุมชายฝั่งทะเลรวม 6 จังหวัด มีสภาพภูมิประเทศของชายฝั่งทะเลที่คล้ายคลึงกัน จึงส่งผลให้ชุมชนประมงชายฝั่งประกอบอาชีพการประมงปูม้าเป็นอาชีพหลัก แต่พบว่ายังไม่มีการศึกษาทางด้านชีววิทยาประมงของปูม้าอย่างจริงจัง ดังนั้นเพื่อให้การใช้ประโยชน์และการจัดการทรัพยากรปูม้าในบริเวณชายฝั่งอันดามันเกิดความยั่งยืนตลอดไป จึงกำหนดเลือกพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง เป็นพื้นที่นำร่องในการศึกษาชีววิทยาประมงของปูม้าของจังหวัดฝั่งทะเลอันดามัน เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจสังคมของครอบครัวชาวประมงฝั่งทะเลอันดามันมีความคล้ายคลึงกัน (วุฒิชัย และคณะ, 2549; จารุภา และคณะ, 2550; นิภา และคณะ, 2550; สัมพันธ์ และคณะ, 2550)

จังหวัดตรังมีชาวประมงชายฝั่งที่ประกอบอาชีพการประมงปูม้าเป็นจำนวนมาก ชุมชนมีการรวมกลุ่มที่เข้มแข็ง พร้อมให้ความร่วมมือด้านการเก็บรวบรวมข้อมูลผลผลิตปูม้าเป็นอย่างดี และมีความร่วมมือทางวิชาการในการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสภาวะการประมง การประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าในบริเวณอ่าวสิเกาและพื้นที่ชายฝั่งของจังหวัดตรัง ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเปรียบเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันร่วมกับข้อมูลด้านชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง สามารถใช้ประกอบการตัดสินใจเสนอแนวทางการประมงปูม้าต่อคณะกรรมการบริหารจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งจังหวัดตรัง ซึ่งมีส่วนสำคัญในการกำหนดมาตรการเพื่อการจัดการทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่งของจังหวัดตรัง รวมถึงใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างแนวทางการจัดการประมงปูม้าของพื้นที่จังหวัดอื่นๆ บริเวณชายฝั่งอันดามันและพื้นที่อื่นๆ ของประเทศไทยต่อไป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. วัตถุประสงค์ภาพรวม

เพื่อให้ทราบสถานภาพของทรัพยากรปูม้า บริเวณพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง ซึ่งเป็นพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีศักยภาพในการประมงปูม้าได้ตลอดทั้งปี และการประมงปูม้าเป็นอาชีพหลักของชาวประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนและบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งทะเลจังหวัดตรัง ให้เกิดการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนและเป็นธรรมกับชาวประมง

2. วัตถุประสงค์หลัก

การศึกษาในครั้งนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์หลักออกเป็น 4 ประการได้แก่

2.1 ศึกษาชีววิทยาของปูม้าบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง ได้แก่ชีววิทยาการสืบพันธุ์ ความดกไข่ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ ความยาวแรกสืบพันธุ์ ฤดูกาลสืบพันธุ์ ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองและน้ำหนัก

2.2 ศึกษาพลวัตประชากรของทรัพยากรปูม้า ได้แก่การประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต ตัวแบบการเติบโต การประมาณค่าพารามิเตอร์การตาย และอายุของปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

2.3 เพื่อประเมินสภาวะการประมง การเลือกจับของเครื่องมือ ตัวแบบผลจับต่อหน่วยทดแทน การวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำ และประชากรเสมือนของปูม้าในจังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. จังหวัดตรัง

จังหวัดตรังตั้งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็น 1 ใน 6 จังหวัดที่มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย มีความยาวตามแนวชายฝั่งทะเลประมาณ 119 กิโลเมตร มีเนื้อที่ทั้งสิ้นประมาณ 4,941 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,088,399 ไร่ (สำนักงานประมงจังหวัดตรัง, 2551) จังหวัดตรังเป็นเมืองท่าโบราณที่มีความสัมพันธ์กับต่างแดนและปรากฏชื่อมายาวนาน ที่มาของคำว่า “ตรัง” จึงมีข้อสันนิษฐานว่ามาจากภาษาต่างประเทศ ดังนี้ (ภาคภูมิ, 2553)

1.) มีที่มาจากคำภาษามลายูว่า Terang แปลว่า สว่าง แจ่มแจ้ง จึงตีความว่า “เมืองตรังเป็นเมืองแห่งรุ่งอรุณ”

2.) มีที่มาจากคำภาษาสันสกฤตว่า ตรงฺค หรือตรังคะ แปลว่าคลื่น จึงตีความว่า “เมืองตรังเป็นเมืองแห่งคลื่น” ซึ่งอาจจะหมายถึงคลื่นลมในทะเลหน้าเมืองตรังก็เป็นได้

1.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของจังหวัดตรัง อยู่ทางฝั่งทะเลด้านตะวันตกติดกับมหาสมุทรอินเดีย อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครตามเส้นทางสายเพชรเกษม 825 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อ ดังนี้ (สำนักงานประมงจังหวัดตรัง, 2551; ภาคภูมิ, 2553)

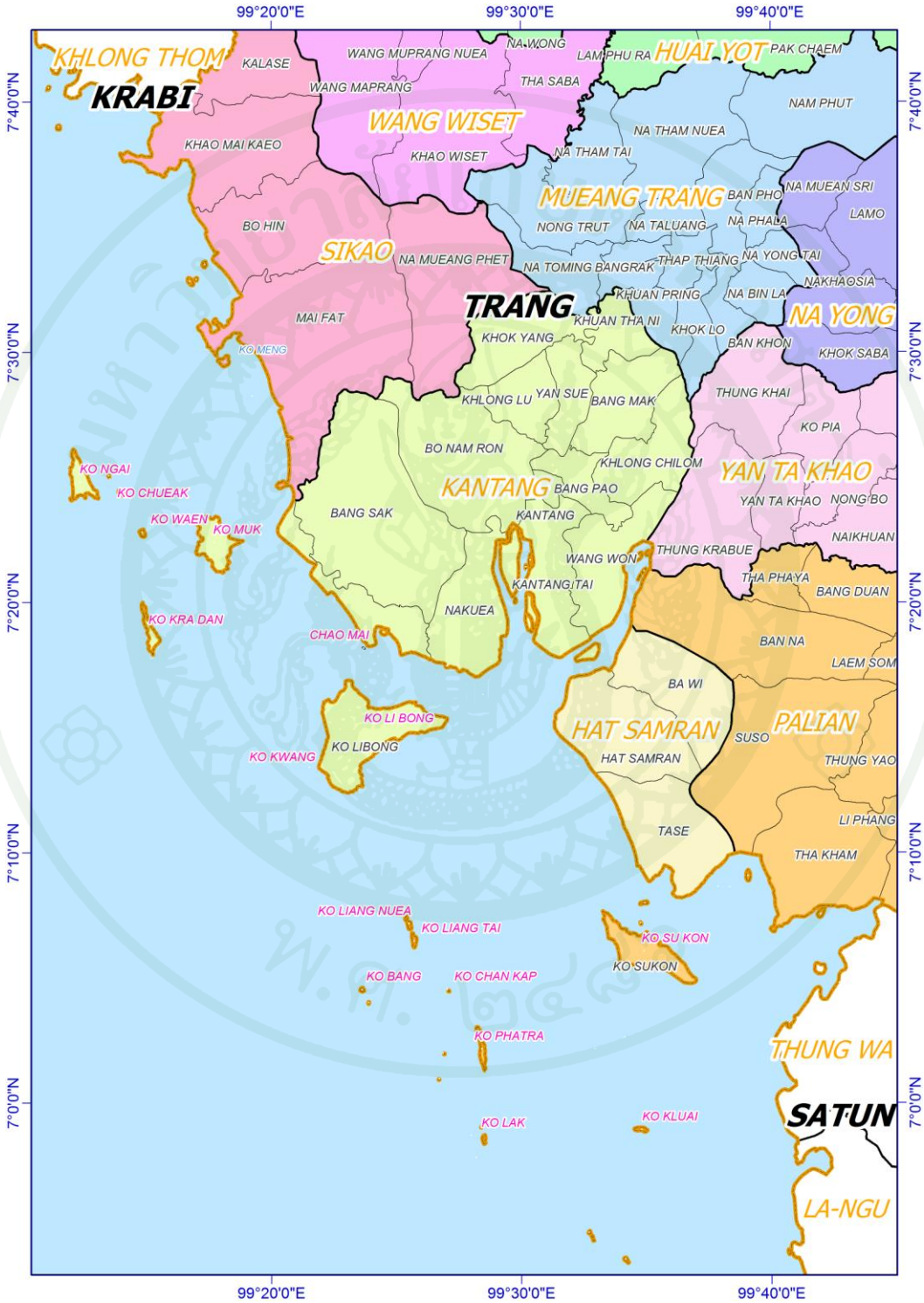
ทิศเหนือมีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช และอำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่

ทิศใต้มีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอทุ่งหว้า จังหวัดสตูล อำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา และทะเลอันดามัน

ทิศตะวันออกมีอาณาเขต ติดต่อกับอำเภอศรีนครินทร์ อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง โดยมีเทือกเขาบรรทัดกั้นตลอดแนว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิศตะวันตกมีอาณาเขต ติดต่อกับอำเภอคลองท่อม อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่และทะเลอันดามัน



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงที่ตั้งชุมชนชายฝั่งทะเลบริเวณจังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดตรัง แบ่งฤดูกาลออกได้ 3 ฤดู ได้แก่ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เป็นผลมาจากฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดนำความแห้งแล้งจากประเทศจีนมาปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิโดยทั่วไปลดลง มีอากาศหนาวเย็น อย่างไรก็ตามจังหวัดตรังตั้งอยู่ทางชายฝั่งทะเลด้านตะวันตก จึงได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือน้อย ฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม เป็นช่วงที่ปราศจากลมมรสุม ซึ่งหลังจากสิ้นสุดลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว อากาศจะเริ่มร้อนและจะร้อนมากที่สุดในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน และฤดูฝนเริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม เป็นผลมาจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลักษณะเป็นลมร้อนและชื้นจากมหาสมุทรอินเดียพัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้มีฝนตกทั่วไป โดยเฉพาะทางภาคใต้ฝั่งตะวันตก จะได้รับอิทธิพลมากที่สุด (สำนักงานประมงจังหวัดตรัง, 2551)

1.3 ภูมิประเทศของจังหวัดตรัง

ลักษณะด้านภูมิประเทศชายฝั่งทะเลของจังหวัดตรัง มีพื้นที่ครอบคลุม 4 อำเภอได้แก่ อำเภอสิเกา อำเภอกันตัง อำเภอปะเหลียน และอำเภอหาดสำราญ ลักษณะบริเวณชายฝั่งทะเลมีความลาดชันน้อย จนเกือบเป็นพื้นราบ บริเวณชายฝั่งทั่วไปมีลักษณะเป็นอ่าวเล็กน้อย รองรับการไหลออกของแม่น้ำสายสำคัญคือแม่น้ำตรัง และแม่น้ำปะเหลียน บริเวณใกล้ฝั่งประกอบด้วยหมู่เกาะ จำนวน 46 เกาะ ส่วนใหญ่จะอุดมสมบูรณ์ด้วยแนวปะการังธรรมชาติ และมีพื้นที่แหล่งหญ้าทะเลที่มีความสมบูรณ์ประมาณ 30,000 ไร่ ส่งผลให้มีพื้นที่ชายฝั่งทะเลมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรสัตว์น้ำ โดยเฉพาะสัตว์น้ำเศรษฐกิจที่เป็นเป้าหมายของชาวประมงขนาดเล็ก เช่นปูม้า หมึก กุ้งทะเล หอยและปลาทะเลหลายชนิด (ธงชัย และคณะ, 2548) เขตชายฝั่งทะเลจึงเป็นเขตที่ตั้งของชุมชนประมงชายฝั่งหรือที่เรียกว่าตรังเล เป็นหมู่บ้านริมชายฝั่งทะเลที่ยังคงวิถีประมงพื้นบ้านเป็นส่วนใหญ่ เกาะต่าง ๆ ในทะเลตรัง มีทั้งเกาะใหญ่ที่ตั้งชุมชนมาช้านาน เช่น เกาะลิบง เกาะมุกด์ เกาะสุกร มีความสำคัญทั้งด้านการท่องเที่ยวและแหล่งรายได้ของจังหวัดตรัง บางเกาะเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียง เช่น เกาะกระดาน และบางเกาะเป็นเขาหินปูน แหล่งอาศัยของนกนางแอ่นอันเป็นทรัพยากรชายฝั่งที่สำคัญ เช่น เกาะเหลาเหลียง เกาะม้า เกาะแหวน (ภาคภูมิ, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ชีววิทยาของปูม้า

ปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เป็นปูขนาดใหญ่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง แพร่กระจายอยู่ทั่วไปในเขตร้อนบริเวณใกล้ชายฝั่ง ทางฝั่งมหาสมุทรอินโด-แปซิฟิคตั้งแต่แถบประเทศแอฟริกามาถึงประเทศอินเดีย ในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ประเทศออสเตรเลีย (Lee and Hus, 2003; Xiao and Kumar, 2004; Johnson *et al*., 2010; Songrak *et al.,* 2013) สำหรับในประเทศไทยพบปูม้าแพร่กระจายทั้งชายฝั่งทะเลอันดามันและฝั่งอ่าวไทย ซึ่งพบว่ามีความสำคัญต่อวิถีการประมงของชาวประมงชายฝั่ง (จินตนา และคณะ, 2551; วารินทร์, 2556)

2.1 อนุกรมวิธานของปูม้า

ปูม้าจัดเป็นปูทะเลในครอบครัว Portunidae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า blue swimming crab บางครั้งจะเรียกว่า blue crab หรือ swimming crab โดย Svane and Hooper (2004) อธิบายการจำแนกอนุกรมวิธานของปูม้าดังนี้

Phylum Arthopoda
Class Crustacea
Order Decapoda
Family Portunidae
Genus *Portunus*
Species *P. pelagicus*

ภาพที่ 2 ลักษณะภายนอกของปูม้า (A) เพศเมีย และ (B) เพศผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ลักษณะรูปร่างของปูม้า

ปูม้าโดยทั่วไปสามารถแบ่งลักษณะของรูปร่างออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) ส่วนหัวและอกจะอยู่ติดกันรวมเรียกว่า cephalothorax มีกระดอง (carapace) หุ้มอยู่ตอนบน ทางด้านข้างทั้งสองของกระดองจะเป็นรอยหยักคล้ายฟันเลื่อย ลักษณะเป็นหนามข้างละ 9 อัน เรียกว่า anterolateral teeth โดยหนาม 8 อัน จะมีขนาดเท่าๆ กัน หนามอันที่ 9 มีขนาดใหญ่สุดและชี้ออกไปทางด้านข้างของกระดอง ส่วนหน้าของกระดองมีหนาม 4 อัน โดยทั่วไปกระดองมีความยาวประมาณ 2 เท่าของความกว้าง ปูม้ามีขาหน้าจำนวน 5 คู่ คู่แรก (great chela) มีลักษณะเป็นก้ามใหญ่ใช้ป้องกันตัวและจับอาหาร ขาคู่ที่ 2, 3 และ 4 (walking legs) มีขนาดเล็กปลายแหลมใช้สำหรับเดิน ขาคู่ที่ 5 (swimming leg) มีลักษณะแบนเป็นใบพายเพื่อว่ายน้ำ ขาของปูม้าแต่ละขา ประกอบด้วยข้อปล้องจำนวน 7 ปล้อง ซึ่งมีชื่อเรียกเรียงลำดับจากโคนขาด้านในออกมายังปลายขาด้านนอก ดังนี้ coxa, basis, ischium, merus, carpus, propodus และปล้องสุดท้ายเรียกว่า dactylus (เขียน, 2520; สุเมธ, 2527; Stephenson, 1972; Svane and Hooper, 2004)

ปูม้าเพศผู้มีลำตัว ก้ามขาเป็นสีฟ้าและสีฟ้าอ่อน พื้นหลังเป็นสีขาว บริเวณกระดอง ก้ามและขาว่ายน้ำมีจุดสีขาวกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนปูม้าเพศเมียมีกระดองเป็นตุ่มขรุขระสีน้ำตาลอ่อนและที่ปลายขามีสีแดงม่วง ปูม้าเพศผู้เมื่อเจริญเป็นตัวเต็มวัยส่วนของก้ามจะยาวกว่าความยาวของกระดองประมาณ 3 เท่า และพบว่าก้ามของปูม้าเพศผู้จะยาวกว่าปูม้าเพศเมีย โดยก้ามด้านซ้ายและด้านขวามีขนาดต่างกันเล็กน้อย ความแตกต่างของปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมียจะสังเกตเห็นได้ชัดบริเวณจับปิ้ง (abdomen) โดยปูม้าเพศผู้จะมีจับปิ้งเป็นรูปสามเหลี่ยม แบ่งออกเป็นปล้องจำนวน 6 ปล้อง โดยที่ปล้องที่ 1 มีลักษณะเรียวแคบ ปล้องที่ 2 และ 3 มีลักษณะสันคม พาดตลอดแนวกว้าง ปล้องที่ 3, 4 และ 5 จะเชื่อมติดกัน และปล้องที่ 6 มีความยาวมากกว่าความกว้าง ส่วนปูม้าเพศเมียลักษณะจับปิ้งจะแผ่กว้างและทุกปล้องมีขนละเอียด บริเวณขอบด้านข้างของจับปิ้ง (เขียน, 2520; สุเมธ, 2527; จินตนา, 2544; Svane and Hooper, 2004)

2.3 พฤติกรรมการกินอาหาร

ปูม้ามีพฤติกรรมการกินอาหารในเวลากลางคืน โดยปูม้าสามารถกินได้ทั้งซากพืช ซากสัตว์ และสัตว์น้ำขนาดเล็กที่มีชีวิต และพบว่าหอยทะเลเป็นอาหารที่ปูม้าชอบ หรือแม้แต่สาหร่ายทะเลบางชนิดปูม้าสามารถกินได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่าปูม้าจะมีนิสัยชอบกินกันเองสูง โดยเฉพาะช่วงที่มีการลอกคราบใหม่ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุที่มีความสำคัญประการหนึ่ง เมื่อปล่อยปูม้าไปในธนาคารปูม้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำนวนปูม้าจะลดจำนวนลงโดยไม่ทราบสาเหตุ (เขียน, 2520; ธงชัย และคณะ, 2548; บรรจง, 2550; อภิรักษ์ และคณะ, 2553)

2.4 การสืบพันธุ์ของปูม้า

ปูม้าจะสามารถแยกความแตกต่างภายนอกของเพศจากกันได้อย่างชัดเจนด้วยสีและความแตกต่างของจับปิ้ง ปูม้ามีการผสมพันธุ์แบบอาศัยเพศ (heterosexual) เมื่อถึงฤดูวางไข่ปูม้าเพศเมียจะมีไข่ติดอยู่บริเวณรยางค์ส่วนที่เรียกว่าจับปิ้ง โดยในระยะแรกไข่จะอยู่ภายในกระดองต่อมากระดองทางหน้าท้องเปิดออกมาทำให้สามารถเห็นไข่ปูม้าชัดเจน จึงมักเรียกปูม้าในระยะนี้ว่าปูม้าที่มีไข่นอกกระดอง ไข่นอกกระดองนี้ในขณะที่เจริญแบ่งเซลล์อยู่ภายในเปลือกไข่ สีของไข่จะทยอยเปลี่ยนจากสีเหลืองอมส้มเป็นสีเหลืองปนเทา สีเทาและสีเทาอมดำ ปูม้าที่มีไข่สีเทาอมดำนั้นจะวางไข่ภายใน 1-2 วัน (จินตนา, 2544; วารินทร์ และ ภมรพรรณ, 2548)

ความดกไข่ (fecundity) ของปูม้าขึ้นอยู่กับขนาด พื้นที่ และความสมบูรณ์ของปูม้าเพศเมีย (ธงชัย และคณะ, 2548; วารินทร์, 2556; Kumar *et al*., 1999; Sudtongkong, 2006) ในประเทศไทยพบว่าปูม้าฝั่งอ่าวไทยมีความดกไข่มากกว่าปูม้าฝั่งอันดามัน โดยปูม้าเพศเมียฝั่งอ่าวไทยที่มีความกว้างกระดองมากกว่า 10 เซนติเมตร มีความดกไข่เฉลี่ย 700,000 ฟอง ส่วนปูม้าเพศเมียฝั่งอันดามันที่มีความกว้างกระดองมากกว่า 10 เซนติเมตร มีความดกไข่เฉลี่ย 500,000 ฟอง (วารินทร์, 2556) สุเมธ (2527) รายงานความดกไข่ของปูม้าฝั่งอ่าวไทยตอนล่าง ขนาดปูม้าเพศเมียความกว้างกระดองระหว่าง 14.00-17.50 เซนติเมตร มีความดกไข่ระหว่าง 300,000-1,900,000 ฟอง

จินตนา (2544) รายงานปูม้าเพศเมียที่ความกว้างกระดอง 7.00 เซนติเมตรขึ้นไป สามารถสืบพันธุ์ได้ สอดคล้องกับรายงานของธงชัย และคณะ (2548) ที่พบว่าปูม้าขนาดความกว้างกระดองด้านใน 5.00 เซนติเมตร มีไข่นอกกระดองแล้ว และปูม้าที่ความกว้างกระดองประมาณ 8.00-12.00 เซนติเมตร มีความดกไข่ประมาณ 80,000-3,000,000 ฟอง มีความดกไข่เฉลี่ยประมาณ 700,000 ฟอง บุญศรี และ เจต (2527) รายงานความดกไข่ของปูม้าบริเวณฝั่งทะเลอันดามัน ที่ขนาดความกว้างกระดอง 10.10-15.20 เซนติเมตร มีความดกไข่ระหว่าง 261,000-1,102,800 ฟอง และ กมลรัตน์ และคณะ (2555) รายงานผลการศึกษาปูม้าเพศเมียบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกที่ขนาดแรกสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 มีขนาดความกว้างกระดองเท่ากับ 9.84 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การผสมพันธุ์ของปูม้าเป็นแบบผสมพันธุ์ภายใน (internal fertilization) และเกิดขึ้นในขณะที่ปูม้าเพศเมียทำการลอกคราบในระยะแรก โดยก่อนที่ปูม้าเพศเมียจะลอกคราบประมาณ 2-3 วัน ปูม้าเพศผู้จะอุ้มปูม้าเพศเมียไว้ เมื่อปูม้าเพศเมียลอกคราบปูม้าเพศผู้จะพลิกด้านท้องขึ้นมาประกบกัน และสอดจับปิ้งเข้าไปในจับปิ้งปูม้าเพศเมีย เพื่อทำการถ่ายน้ำเชื้อผ่านเข้าไปใน reproductive hole ปูม้าเพศเมียจะเก็บน้ำเชื้อไว้ในถุงเก็บ ซึ่งปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมียจะประกบกันในลักษณะนี้ประมาณ 12 ชั่วโมง (สุเมธ, 2527; วารินทร์, 2556) หลังจากผสมกันแล้ว 21-35 วัน ปูม้าเพศเมียจะพัฒนาไข่มาผสมกับน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ที่เก็บไว้ ไข่ที่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อจะถูกปล่อยออกมาเกาะติดที่หน้าท้องบริเวณรยางค์อก โดยมีจับปิ้งปิดอุ้มไว้ (จินตนา, 2544; วารินทร์, 2556; Svane and Hooper, 2004)

พัฒนาการของปูม้าวัยอ่อน เริ่มจากระยะ zoea ซึ่งมีระยะย่อย 4 ระยะ คือ zoea 1, zoea 2, zoea 3 และ zoea 4 แต่ในบางครั้งจะพบระยะ prezoea ก่อนระยะ zoea โดยมักพบเมื่อปูม้าวางไข่ในสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่นการเปลี่ยนแปลงของความเค็ม อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง (pH) ซึ่งจะส่งผลให้ปูม้าวัยอ่อนมีอัตราการตายสูง สำหรับการพัฒนาของปูม้าวัยอ่อนระยะ zoea จะใช้เวลาประมาณ 10 วัน จึงจะเริ่มลอกคราบเป็นระยะ megalopa และเมื่อปูม้าวัยอ่อนอายุประมาณ 15 วัน จะเริ่มลอกคราบเข้าสู่ระยะ first crab (วารินทร์ และคณะ, 2548; วารินทร์ และ ธรรมนูญ, 2549; จินตนา และคณะ, 2552)

2.5 ฤดูสืบพันธุ์ของปูม้า

ฤดูสืบพันธุ์ของปูม้าจะมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิของน้ำทะเล จึงทำให้การวางไข่แตกต่างกันออกไป และพบว่าในเขตอากาศหนาวปูม้าจะมีช่วงฤดูกาลสืบพันธุ์เมื่ออุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น (de Lestang *et al*., 2003; Johnson *et al*., 2010) ในประเทศญี่ปุ่นพบปูม้าจะวางไข่ตั้งแต่เดือนเมษายนจนถึงเดือนตุลาคม และมีช่วงการวางไข่สูงสุดในกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนกันยายน ในมหาสมุทรอินเดียฝั่งตะวันตกปูม้าจะวางไข่ตั้งแต่เดือนสิงหาคมจนถึงเดือนมีนาคม และมีช่วงการวางไข่สูงสุดในเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม ในขณะที่บริเวณอินเดียฝั่งตะวันตกปูม้าจะวางไข่ในเดือนพฤศจิกายน มกราคมและเดือนมิถุนายน โดยวางไข่สูงสุดในเดือนพฤศจิกายนและเดือนมกราคม ส่วนชายฝั่งของประเทศไทยพบปูม้าสามารถวางไข่ได้ตลอดทั้งปี ปูม้าที่อาศัยอยู่ในทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก มีการวางไข่มากในช่วงเดือนมกราคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน สิงหาคม และพฤศจิกายน และฝั่งตะวันตกจะวางไข่มากที่สุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม (เขียน, 2520; ธงชัย และคณะ, 2548; วารินทร์, 2556; Kumar *et al*., 1999; Arshad *et al*., 2006; Sudtongkong, 2006) สอดคล้องกับจินตนา และคณะ (2552) ที่รายงานผลการศึกษาฤดูกาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สืบพันธุ์ของปูม้า ในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ออกเป็น 2 ช่วงคือระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม

2.6 การแพร่กระจายของปูม้า

ปูในครอบครัว Portunidea มีการแพร่กระจายที่กว้างมาก โดยทั่วไปจะพบในเขตร้อนบริเวณชายฝั่งโดยเฉพาะบริเวณมหาสมุทรอินเดียทั้งฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตก มหาสมุทรแฟซิฟิก ปูม้าจะชอบอาศัยอยู่บริเวณหาดทราย หาดโคลนและโคลนปนทราย ที่ระดับความลึกของน้ำระหว่าง 10-50 เมตร และพบปูม้าแพร่กระจายในบริเวณที่มีความเค็มระหว่าง 28-32 psu และอุณหภูมิที่มากกว่า 20 องศาเซลเซียส ปกติจะอาศัยในบริเวณอุณหภูมิระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส (วารินทร์ และ ภมรพรรณ, 2548) ส่วน Kangas (2000) รายงานว่าปูม้ามีการอพยพจากบริเวณใกล้ฝั่งไปสู่ทะเลเปิดเพื่อวางไข่ และพบว่าปูม้ามีความสามารถในการว่ายน้ำได้เป็นอย่างดี โดยภายใน 1 วัน ปูม้าสามารถเดินทางได้ไกลกว่า 20 กิโลเมตร

3. การประมงปูม้า

ปูม้าเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจทางทะเลที่สำคัญของการประมงในประเทศไทย และชาวประมงสามารถทำประมงได้ตลอดทั้งปี ขึ้นอยู่กับพื้นที่และเครื่องมือที่ใช้ทำประมง และขนาดปูม้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือทำประมงปูม้า

กรมประมง (2540) ได้จำแนกเครื่องมือประมงปูม้าไว้ 2 ประเภท ได้แก่อวนจมปูและลอบปูม้า โดยอวนจมหรืออวนลอยปู จัดว่าเป็นเครื่องมือประมงพื้นบ้านที่พบมากที่สุด เกือบทุกหมู่บ้าน ชาวประมงในบางพื้นที่นิยมใช้ตลอดปี แต่ชาวประมงบางกลุ่มก็จะมีการปรับเปลี่ยนเครื่องมือตามฤดูกาล และความชุกชุมของสัตว์น้ำ

ลักษณะของอวนจมปูม้าโดยทั่วไปจะมีความยาวตั้งแต่ 350-1,500 เมตร ขึ้นอยู่กับจำนวนอวนที่นำมาต่อกัน จำนวนอวนหนึ่งชุดหรือหนึ่งห่อ จะมีความยาวประมาณ 300-500 เมตร เนื้ออวนมี 2 ชนิด ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คืออวนเอ็นขนาดเบอร์ 0.20, 0.25 หรือ 0.30 มิลลิเมตร ขนาดตาอวนที่ใช้มีหลากหลายขึ้นอยู่กับขนาดของปูม้า ได้แก่ ขนาดตา 75-120 มิลลิเมตร ความลึกอวนส่วนใหญ่ 14-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

25 ตา ทุ่นพยุงอวนชนิดที่นิยมใช้กันมากเป็นทุ่นพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.80 เซนติเมตร น้ำหนักถ่วงอวนคร่าวล่างเป็นตะกั่ว ขนาด 10 กรัม/ลูกน้ำหนักถ่วง ปลายสุดผืนอวนข้างละ 1-7 กิโลกรัม การประมงด้วยเครื่องมืออวนจมปูม้า สามารถทำได้ทั้งกลางวันและกลางคืนในบริเวณน้ำลึกตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป จนถึง 40 เมตร ส่วนใหญ่จะปล่อยอวนทิ้งไว้ 12-24 ชั่วโมง การวางอวนจะปล่อยอวนเป็นแนวตรงตามแนวชายฝั่งจำนวน 1-3 แถว มีทุ่นบอกแนวอวนที่ปลายสุดผืนอวนทั้งสองข้าง เมื่อกู้อวนแล้วจะนำอวนที่ติดปูม้ามาปลดที่ริมฝั่ง (กรมประมง, 2540; ธงชัย และคณะ, 2548)

ลักษณะของลอบปูม้า เป็นเครื่องมือที่มีขนาดเล็กและต้องใช้เหยื่อล่อ ซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนาให้สามารถพับได้ ทำให้ชาวประมงมีความสะดวกในการบรรทุกเพื่อออกไปทำประมง ลักษณะของลอบ โครงลอบทำด้วยเหล็กเส้น ดัดเป็นรูปกล่องสี่เหลี่ยมขนาดกว้าง 30-40 เซนติเมตร ยาว 50-60 เซนติเมตร สูง 20-25 เซนติเมตร หุ้มด้วยเนื้ออวนขนาดตา 40 มิลลิเมตร ถ้าเป็นลอบแบบพับจะเปิดออกที่กึ่งกลางด้านบนแล้วพับให้แบนได้ (ธงชัย และคณะ, 2548; วุฒิชัย และคณะ, 2550)

การทำประมงด้วยเครื่องมือลอบ จะใช้ปลาสดหรือปลาหมักใส่ในถุงเล็กๆ แขวนไว้ภายในลอบ สำหรับเป็นเหยื่อล่อปูม้า โดยจำนวนของการใช้ลอบจะขึ้นอยู่กับขนาดเรือที่ใช้ในการบรรทุก และความสามารถของชาวประมงในการเก็บกู้ลอบ วิธีการวางลอบปูม้าโดยส่วนใหญ่จะทำประมงในบริเวณน้ำลึกระหว่าง 3-10 เมตร นิยมวางลอบเป็นแนวยาวแยกครั้งละลูก มีสายทุ่นและทุ่นลอยบอกตำแหน่งลอบ ที่จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย การวางลอบในคลองน้ำกร่อยส่วนใหญ่ห่างกันประมาณ 10-15 เมตร แต่ถ้าวางในทะเลจะห่างกันประมาณ 20-40 เมตร หากเป็นการประมงพาณิชย์จะใช้เทคนิคการวางแบบราว โดยแบ่งเป็นชุดๆ ละ 50 ลูก แต่ละชุดมีทุ่นธงบอกตำแหน่งแนวลอบใต้น้ำ ลอบแต่ละลูกห่างกัน 15-20 เมตร ทำประมงในบริเวณน้ำลึกตั้งแต่ 10-40 เมตร เมื่อทำการเก็บกู้จะใช้เครื่องจักรช่วยในการเก็บกู้ลอบ การทำประมงด้วยลอบสามารถทำได้ 2 ช่วงเวลาคือการวางลอบในช่วงเช้ามืดและปล่อยวางทิ้งไว้ประมาณ 4 ชั่วโมง จึงเก็บกู้ลอบ และการวางลอบในเวลาตอนเย็นปล่อยทิ้งไว้ทั้งคืน แล้วจึงกู้ลอบในตอนเช้าตรู่ ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน (กรมประมง, 2540; ธงชัย และคณะ, 2548; วุฒิชัย และคณะ, 2549)

3.2 ขนาดของปูม้าที่เริ่มเข้าข่ายการประมง

เครื่องมือประมงประเภทลอบสามารถจับปูม้าได้ตั้งแต่ขนาดเล็ก โดยที่ปูม้าขนาดเล็กสุดที่เริ่มถูกจับ มีความกว้างกระดองประมาณ 5.1 เซนติเมตร หรือมีความยาวกระดอง 2.3 เซนติเมตร ส่วนเครื่องมือประเภทอวนจมปูและอวนลากจะจับปูม้าที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดความกว้างกระดอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตั้งแต่ 7.6 เซนติเมตร หรือมีความยาวกระดองตั้งแต่ 3.5 เซนติเมตรขึ้นไป (สุเมธ, 2527) ส่วนวุฒิชัย และคณะ (2549) รายงานขนาดของปูม้าฝั่งอ่าวไทยและอันดามันที่ถูกจับโดยเครื่องมือลอบปูม้า มีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 2.50-19.50 เซนติเมตร และพบว่าปูม้าขนาดเล็กที่ถูกจับมีขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ย 7.55 เซนติเมตร ส่วนปูม้าฝั่งอ่าวไทยและอันดามันที่ถูกจับโดยเครื่องมืออวนจมปูม้า มีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 4.00-20.50 เซนติเมตร และพบว่าปูม้าขนาดเล็กที่ถูกจับมีขนาดความกว้างกระดองเฉลี่ย 8.50 เซนติเมตร (วุฒิชัย และคณะ, 2549)

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการจับปูม้า

การประมงปูม้ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการเก็บเกี่ยวผลผลิตของชาวประมง ซึ่งนอกจากประสิทธิภาพด้านเครื่องมือประมงหรือทักษะของชาวประมง ในส่วนของปัจจัยทางด้านทะเลยังมีความสำคัญต่อการเพิ่มหรือลดอัตราการประมงปูม้าในประเทศไทย ซึ่งสามารถสรุปปัจจัยที่สำคัญได้ดังนี้ (จิตติมา, 2544; จินตนา และคณะ, 2552; วารินทร์, 2556)

1. ความลึก โดยพบว่าความลึกของท้องทะเลเป็นปัจจัยที่สำคัญในการดำรงชีวิตของปูม้า ซึ่งปูม้าชอบที่ตื้นมากกว่าที่ลึก จากการศึกษาพบว่า แนวโน้มของอัตราการจับปูม้าในระดับน้ำตื้น 7-20 เมตร มีอัตราการจับสูงสุด และอัตราการจับจะลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้นในระดับ 20-30 เมตร และจะไม่พบปูม้าในระดับความลึกมากกว่า 50 เมตร

2. ช่วงเวลาในรอบวัน แสงสว่างเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการจับปูม้า โดยทั่วไปปูม้าจะนิยมจับในเวลากลางคืนมากกว่ากลางวัน ซึ่งอัตราการจับในกลางคืนสูงกว่ากลางวันถึง 4 เท่า และจากการศึกษาพบว่า อัตราการจับโดยเฉลี่ยของปูม้าในช่วงเวลาหลังดวงอาทิตย์ตกดินเป็นต้นไปจนถึงเวลาก่อนดวงอาทิตย์ขึ้นมีค่าค่อนข้างสูง แต่ในช่วงเวลาเช้าถึงเวลาเย็นอัตราการจับโดยเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ โดยช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนเป็นช่วงเวลาที่มีอัตราการจับสูงสุด และช่วงเวลาก่อนเที่ยงวันเป็นช่วงเวลาที่มีอัตราการจับต่ำสุด

3. ฤดูกาล การแพร่กระจายของปูม้าไม่สม่ำเสมอในช่วงฤดูกาล โดยบางฤดูกาลพบว่าผลจับปูม้ามีจำนวนมาก บางฤดูกาลพบผลจับมีจำนวนปูม้าลดต่ำลง เนื่องจากฤดูกาลจะมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งโดยทั่วไปในเขตร้อนบริเวณที่พบปูม้าแพร่กระจายชุกชุมจะมีอุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส ในประเทศไทยสามารถพบปูม้าชุกชุมในช่วงเดือนตุลาคมถึง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เดือนธันวาคม เนื่องจากปูม้าจะชอบวางไข่ในช่วงอุณหภูมิต่ำกว่าปกติ ในขณะที่ปูม้าตัวเต็มวัยจะชอบอยู่ในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น แต่จะพบปูม้าได้น้อยในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส

4. ความเค็ม พบว่าความเค็มจะมีผลต่ออัตราการจับ โดยทั่วไปความชุกชุมของปูม้ามีแนวโน้มลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ซึ่งจะพบว่าปริมาณปูม้าที่จับได้สูงสุดอยู่ในช่วงความเค็มระหว่าง 28-30 psu หรือต่ำกว่านั้น โดยในช่วง 31-32 psu พบว่าปูม้าจะลดลงอย่างรวดเร็ว และในช่วงที่ความเค็มสูงกว่า 32 psu จะพบปูม้าอาศัยอยู่น้อยมาก

5. ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ พบว่าปริมาณออกซิเจนที่สูง จะพบปูม้าอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก โดยปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำมากกว่า 4 ppm มีความเหมาะสมสำหรับปูม้ามาก แต่อัตราการจับปูม้าจะมีแนวโน้มลดลง บริเวณที่น้ำทะเลที่มีปริมาณออกซิเจนระหว่าง 2.5-3.5 ppm สำหรับปริมาณออกซิเจนที่ต่ำกว่า 2.5 ppm พบว่าไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของปูม้า

4. สภาวะการประมงทรัพยากรปูม้า

อมรา และ อัจฉรา (2545) ได้ศึกษาค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้าในอ่าวไทยตอนบน โดยใช้ข้อมูลในปี 2542-2543 จากเครื่องมืออวนลากคานถ่าง พบว่าปูม้ามีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 3.5-16.5 เซนติเมตร ได้ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K) เท่ากับ 1.64 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านนอกอนันต์ (OCW_{∞}) เท่ากับ 18.48 เซนติเมตร สอดคล้องกับ Yunanda (2004) ได้ทำการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยและอ่าวไทยตอนบน ระหว่างปี 2545-2546 จากเครื่องมืออวนลากแผ่นตะเฆ่ พบว่าปูม้าในอ่าวไทยมีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 3.25-17.75 เซนติเมตร ได้ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง เท่ากับ 1.30 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านนอกอนันต์ เท่ากับ 19.48 เซนติเมตร ส่วนปูม้าในบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 3.25-16.75 เซนติเมตร ได้ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง เท่ากับ 1.30 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านนอกอนันต์ เท่ากับ 18.99 เซนติเมตร จินตนา และคณะ (2551) ได้ทำการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในระหว่างปี 2546-2547 จากเครื่องมืออวนจมปู ลอบปูพื้นบ้าน ลอบปูพาณิชย์ และเครื่องมือประเภทอวนลาก พบว่าปูม้ามีขนาดความกว้างกระดองระหว่าง 3.25-19.25 เซนติเมตร ได้ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง เท่ากับ 1.47 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านนอกอนันต์ เท่ากับ 19.83 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธงชัย และคณะ (2548) ได้รายงานการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าในอ่าวสิเกา จังหวัดตรัง พบว่าปูม้ามีขนาดความกว้างกระดองด้านใน (ICW_{∞}) ระหว่าง 2.50-15.00 เซนติเมตร มีค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K) เท่ากับ 1.49 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านในอนันต์ เท่ากับ 16.10 เซนติเมตร ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) เท่ากับ 7.00 ต่อปี และค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) เท่ากับ 5.38 ต่อปี โดยมีค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ (E) เท่ากับ 0.77 และ Sawusdee and Songrak (2009) ได้รายงานการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง พบว่าปูม้ามีขนาดความกว้างกระดองด้านนอกระหว่าง 5.50-17.00 เซนติเมตร มีค่าพารามิเตอร์ความโค้ง เท่ากับ 1.50 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านนอกอนันต์ เท่ากับ 17.30 เซนติเมตร และมีขนาดความกว้างกระดองด้านในระหว่าง 4.00-15.50 เซนติเมตร มีค่าพารามิเตอร์ความโค้ง เท่ากับ 1.50 ต่อปี และมีความกว้างกระดองด้านในอนันต์ เท่ากับ 16.70 เซนติเมตร โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม เท่ากับ 8.96 ต่อปี โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง เท่ากับ 7.35 ต่อปี และมีค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ เท่ากับ 0.82 ผลการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้า พบว่าผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนของปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง เท่ากับ 364.33 ตัน และผลจับที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดเท่ากับ 25.29 ล้านบาท ซึ่งพบว่าการประมงปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง มีการใช้เกินกำลังผลิตของธรรมชาติ

5. พลวัตประชากรสัตว์น้ำ

ประชากรสัตว์น้ำมีการเปลี่ยนแปลงในด้านจำนวนและน้ำหนักอยู่ตลอดเวลา โดยปัจจัยที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงคือการเกิด (natality) การทดแทน (recruitment) การเติบโต (growth) ซึ่งเป็นปัจจัยทางบวกทำให้น้ำหนักของสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น และการตาย (mortality) ซึ่งเป็นปัจจัยทางลบ ถ้าหากว่าปัจจัยทางบวกมีปริมาณมากกว่าปัจจัยทางลบ จะทำให้ขนาดของเพิ่มขึ้น แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าหากว่าปัจจัยทางบวกมีค่าน้อยกว่าปัจจัยทางลบ ขนาดของประชากรจะลดลง และถ้าหากว่าปัจจัยทางบวกเท่ากับปัจจัยทางลบ ขนาดประชากรจะไม่เปลี่ยนแปลง และกล่าวได้ว่าประชากรอยู่ในภาวะสมดุล (ธนิษฐา, 2552) และในระยะยาวประชากรในธรรมชาติมักอยู่ในสภาวะที่สมดุล สำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของประชากรสัตว์น้ำของนักชีววิทยาประมง พิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับประชากรที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ (usable stock) ที่มีขนาดโตพอที่จะถูกจับได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงในประชากรกลุ่มนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเติบโต การตาย และการทดแทน โดย Russell (1942) ได้เสนอสมการทางคณิตศาสตร์อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของประชากรดังนี้คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$S_2 = S_1 + (R+G) - (D+Y).....(1)$$

เมื่อ S_2 = น้ำหนักของประชากรที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ตอนปลายปี

S_1 = น้ำหนักของประชากรที่นำมาใช้ประโยชน์ได้ตอนต้นปี

G = น้ำหนักของประชากรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเติบโตระหว่างปี

R = น้ำหนักของประชากรที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการทดแทนที่ระหว่างปี

D = น้ำหนักของประชากรที่ตายโดยธรรมชาติระหว่างปี

Y = น้ำหนักของประชากรในส่วนที่ถูกจับระหว่างปี

สมการของ Russell (1942) ไม่ได้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ เช่นน้ำหนักของกลุ่มสัตว์น้ำที่ลดลงเนื่องจากการประมงจะขึ้นอยู่กับจำนวนสัตว์น้ำที่มีชีวิตรอดและมีโอกาสจะถูกจับกับองค์ประกอบขนาดของกลุ่มสัตว์น้ำ จำนวนสัตว์น้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณที่ตายไปโดยธรรมชาติ และจำนวนสัตว์น้ำรุ่นใหม่ที่เข้าทดแทนที่ ในขณะเดียวกันองค์ประกอบขนาดของสัตว์น้ำยังจะมีความสัมพันธ์กับการเติบโต ดังนั้นแม้จะทราบจำนวนประชากรสัตว์น้ำที่ระดับสมดุล ก็ไม่สามารถคาดการณ์ได้ว่าถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของปัจจัยเหล่านี้ สภาวะทรัพยากรสัตว์น้ำในอนาคตจะเปลี่ยนแปลงเช่นใด แต่ทฤษฎีของ Russell เป็นที่ยอมรับว่าเป็นทฤษฎีประมงแบบใหม่ และเป็นรากฐานสำคัญของทฤษฎีต่างๆ ด้านการประมงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (ธนิษฐา, 2552; ฉัตรชัย, 2555)

ธนิษฐา (2552) ให้นิยามของพลวัตประชากรสัตว์น้ำ (population dynamics) ว่าเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณทั้งในด้านของจำนวนและน้ำหนัก ของสัตว์น้ำในกลุ่มประชากร ซึ่งจัดอยู่ในสาขาหนึ่งของการศึกษาชีววิทยาประมง (Cushing, 1968) นอกจากนี้พลวัตประชากรสัตว์น้ำยังถือเป็นสาขาหนึ่งของการศึกษานิเวศวิทยาเชิงปริมาณ ที่มีการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับทรัพยากรมีชีวิตในธรรมชาติ ทั้งด้านทรัพยากรประมง ทรัพยากรป่าไม้ และทรัพยากรสัตว์ป่า เพื่อการอนุรักษ์และการควบคุมปริมาณทรัพยากรให้เกิดความเหมาะสม (Lack, 1954)

ทรัพยากรประมงเป็นผลผลิตที่เกิดจากการประมงจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งผลจับนี้เป็นข้อมูลเชิงปริมาณโดยตรง โดยปริมาณสัตว์น้ำเป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า ดังนั้นการศึกษาเพื่อที่จะให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรสัตว์น้ำ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาพลวัตประชากรและการประเมินสภาวะทรัพยากรประมง การศึกษาพลวัตประชากรมีเป้าหมายเพื่อเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรสัตว์น้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ และไม่ทำให้เกิดผลเสียต่อประชากรสัตว์น้ำในระยะยาว ส่วนการประเมินสภาวะทรัพยากรประมง จำเป็นต้องอาศัยข้อมูล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เบื้องต้นจากพลวัตประชากร เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสัตว์น้ำในประชากร กำลังผลิตของประชากร ขนาดของประชากรที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ผลผลิตสูงสุด และการหาระดับการประมงที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้ผลจับสูงสุดเฉลี่ยโดยไม่เกิดผลเสียต่อประชากรสัตว์น้ำในระยะยาว เพื่อให้ผู้กำหนดนโยบายด้านการจัดการทรัพยากรประมงได้นำความรู้ที่ได้จากการศึกษาทั้งสองส่วน ใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการต่อการจัดการทรัพยากรประมงอย่างยั่งยืนต่อไป (ธนิษฐา, 2552)

5.1 การเติบโต

การเติบโตหมายถึงการเพิ่มขนาด ความยาว และน้ำหนัก เมื่อสัตว์มีอายุหรือเวลาเพิ่มขึ้น ทำให้มวลชีวภาพของสัตว์น้ำมีปริมาณและน้ำหนักเพิ่มขึ้น เป็นการทดแทนส่วนที่ตายไปจากสองสาเหตุได้แก่การตายโดยธรรมชาติและการตายโดยการประมง ดังนั้นการเติบโตเป็นปัจจัยทางบวกที่ทำให้สัตว์น้ำไม่สูญพันธุ์ (ธนิษฐา, 2552) ซึ่งการเติบโตเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาสองกระบวนการได้แก่ กระบวนการเปลี่ยนอาหารให้เป็นเนื้อหรือกระบวนการสร้าง (anabolism) และกระบวนการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่สะสมไว้ให้เป็นพลังงานหรือกระบวนการสลาย (catabolism) ดังนั้นการเติบโตจึงขึ้นอยู่กับผลต่างของสองกระบวนการดังกล่าว (Ricker, 1975) ซึ่งมีดังนี้

5.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก

King (2007) กล่าวว่า โดยทั่วไปแล้วน้ำหนักของปลาและสัตว์น้ำไม่มีกระดูกสันหลัง จะเป็นสัดส่วนกับความยาวตามความสัมพันธ์ของ Ricker (1975) ดังนี้

$$W = qL^b \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ W = น้ำหนักของสัตว์น้ำ (กรัม)

L = ความยาวของสัตว์น้ำ (เซนติเมตร)

q = ค่าคงที่เกี่ยวกับปัจจัยสภาวะ (condition factor)

b = ค่าคงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต

โดยที่ค่า q และ b จะแตกต่างกันไปในสัตว์น้ำแต่ละชนิด ต่างกลุ่มสัตว์น้ำ หรือแม้แต่เป็นสัตว์น้ำชนิดเดียวกันและกลุ่มสัตว์น้ำเดียวกัน ก็อาจมีความแตกต่างกันได้ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าคงที่ที่เกี่ยวกับปัจจัยสภาวะ ได้แก่เพศ ฤดูกาล การตาย ทำให้เกิดการเปลี่ยน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แปลงค่า q ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่า b เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัตว์น้ำ การเปลี่ยนแปลงของค่า b มีความผันแปรน้อยกว่าค่า q ซึ่งหากค่า b ไม่เปลี่ยนแปลงตลอดชีวิต ความสัมพันธ์ของน้ำหนักและความยาวจะเป็นสัดส่วนที่เรียกว่ากฎกำลังสาม (cube law) หรือน้ำหนักตัวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลังสาม และถ้าหากว่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเมื่อความยาวเพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 3 สัตว์น้ำจะมีรูปแบบการเติบโตแบบไอโซเมตริก (isometric growth) นั่นคือการเติบโตในทุกส่วนของร่างกายจะมีการเติบโตอย่างเป็นสัดส่วนกันโดยตรง แต่ถ้า b มีค่าไม่เท่ากับ 3 จะเป็นการเติบโตแบบอัลโลเมตริก (allometric growth) นั่นคือการเติบโตทุกส่วนของร่างกายไม่เป็นสัดส่วนกันโดยตรง ค่ายกกำลังในสมการจะไม่เท่ากับ 3 (ธนิษฐา, 2552; Ricker, 1975; King, 2007)

5.1.2 ทดสอบรูปแบบการเติบโต

การทดสอบรูปแบบการเติบโตของสัตว์น้ำ โดยใช้สมมติฐานหลักที่ว่าการเติบโตของสัตว์น้ำเป็นแบบไอโซเมตริก กล่าวคือรูปร่างและความถ่วงจำเพาะของสัตว์น้ำไม่เปลี่ยนแปลง การเติบโตทุกส่วนของสัตว์น้ำเป็นสัดส่วนเดียวกันตลอดเวลาที่มีการเติบโต และน้ำหนักของสัตว์น้ำจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลังสาม (ธนิษฐา, 2552; Ricker, 1975) การทดสอบการเติบโตของสัตว์น้ำ จะใช้วิธีการทดสอบค่าคงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต (b)

การทดสอบทางสถิติค่าคงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต (b) โดยใช้ *t-test* ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 กรณียอมรับสมมติฐานหลักของการทดสอบค่า b มีค่าเท่ากับ 3 สรุปได้ว่ารูปแบบการเติบโตของสัตว์น้ำเป็นแบบไอโซเมตริก (ทวีป, 2536; ธนิษฐา, 2543; ธนิษฐา, 2552) ดังสมการ

$$t = \frac{\hat{b} - 3}{s_b} \quad \text{.....(3)}$$

โดยที่

$$S_b^{\,2} = \frac{1}{n-2} \times \left(\frac{S_y^{\,2}}{S_x^{\,2}} - \hat{b}^2 \right)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.1.3 ปัจจัยสภาวะ

ปัจจัยสภาวะมีประโยชน์ในการตรวจสอบสภาวะการกินดีอยู่ดี (well-being) ของสัตว์น้ำ (King, 2007) ที่เนื่องมาจากความอุดมสมบูรณ์ของอาหารหรือความสมบูรณ์เพศของสัตว์น้ำ ปัจจัยสภาวะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากความผันแปรของฤดูกาลในรอบปี อาหารในธรรมชาติ โครงสร้างสายใยอาหาร และชีวประวัติของสัตว์น้ำ เช่นฤดูสืบพันธุ์วางไข่ และการเคลื่อนที่หรือการอพยพย้ายถิ่นของสัตว์น้ำ (ธนิษฐา, 2552) โดยอาศัยสมการดังนี้

$$K_n = \frac{W_{m_i}}{W_{\exp i}} \quad \text{.....(4)}$$

เมื่อ W_{mi} = น้ำหนักเฉลี่ยของสัตว์น้ำ (กรัม) ในเดือนที่ i ใดๆ

W_{expi} = น้ำหนักคาดคะเนที่คำนวณจากตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักที่แทนค่าด้วยค่าเฉลี่ยของความยาวในเดือนที่ i ใดๆ (กรัม)

5.1.4 ตัวแบบการเติบโตของฟอนเบอร์ทาแลนฟี

ตัวแบบการเติบโตของฟอนเบอร์ทาแลนฟี (von Bertalanffy's growth model; VBGF) (Bertalanffy, 1938) เป็นตัวแบบที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายการเติบโตของสิ่งมีชีวิต โดยมีพื้นฐานทางสรีรวิทยาเป็นหลัก และเป็นตัวแบบที่มีลักษณะสอดคล้องกับเส้นโค้งการเติบโตของสัตว์น้ำหลายชนิด มีสมการทางคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างง่าย และสะดวกในการทำความเข้าใจ มีพารามิเตอร์ที่อธิบายได้ทางสรีรวิทยาพอสมควร และการประมาณค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวทำได้ไม่ยากนัก จึงเป็นที่นิยมมาจนถึงปัจจุบัน VBGF เป็นตัวแบบที่มีความสำคัญต่อการศึกษาพลวัตประชากรรวมทั้งการประเมินสภาวะการประมง เนื่องจากค่าพารามิเตอร์การเติบโต จะถูกนำมาใช้เป็นตัวประมาณนำเข้า (input estimator) ในการศึกษาการตายของสัตว์น้ำ เพื่อสร้างตัวแบบมวลชีวภาพของกลุ่มสัตว์น้ำ (stock biomass) และตัวแบบผลจับ (yield model) ที่ได้จากกลุ่มสัตว์น้ำในระยะยาว ตลอดจนใช้ในการวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำ (cohort analysis) การวิเคราะห์ประชากรเสมือน (virtual population analysis) และการประเมินสภาวะการประมง (ธนิษฐา, 2552; Ricker, 1975)

นอกจากนี้ VBGF ได้อาศัยแนวความคิดหลักทางสรีรวิทยาเกี่ยวกับกระบวนการเมแทบอลิซึมที่ว่า การเติบโตเป็นผลลัพธ์ของกระบวนการสร้างและกระบวนการสลาย โดยมีข้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กำหนด 3 ข้อ (ธนิษฐา, 2552) คืออัตราการสร้างเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ผิวในการดูดซับอาหาร, อัตราการสลาย เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลสารหรือน้ำหนักตัวของสิ่งมีชีวิต และมีตัวรูปแบบการเติบโตเป็นแบบไอโซเมตริก โดยตัวแบบการเติบโตในรูปของความยาวและน้ำหนักของสัตว์น้ำได้แก่

$$L_t = L_\infty(1-e^{-K(t-t_0)}).....(5)$$

$$W_t = W_\infty(1-e^{-K(t-t_0)})^n.....(6)$$

เมื่อ L_t = ความยาวของสิ่งมีชีวิตเมื่ออายุ t (เซนติเมตร)

W_t = น้ำหนักของสิ่งมีชีวิตที่มีอายุ t (กรัม)

L_∞ = ความยาวอนันต์ของสัตว์น้ำ (asymptotic length; เซนติเมตร)

W_∞ = น้ำหนักอนันต์ของสัตว์น้ำ (asymptotic weight; กรัม)

t = อายุของสัตว์น้ำ (ปี)

t_o = อายุสมมติของสัตว์น้ำเมื่อความยาวเป็นศูนย์ (ปี)

K = ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (curvature parameter; ต่อปี)

n = ค่าคงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต (b)

ธนิษฐา (2552) รายงานว่า VBGF สอดคล้องกับเส้นโค้งการเติบโตของสัตว์น้ำหลายชนิดทั้งในรูปของความยาวและน้ำหนัก เมื่อพิจารณาสมการที่ (5) จะเห็นว่าความยาวเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งสัตว์น้ำมีความยาวเท่ากับความยาวอนันต์ เมื่ออายุเข้าใกล้ค่าอนันต์ และอัตราการเติบโตจะเข้าใกล้ศูนย์ ส่วนในรูปของน้ำหนักพบว่าเส้นโค้งการเติบโตมีลักษณะคล้ายรูปตัว S หรือเรียกว่าฟังก์ชันเส้นโค้งเชิงเส้นกำกับแบบซิกมอยด์อสมมาตร (asymmetry asymptotic sigmoid curve) กล่าวคือในระยะแรกน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามอายุด้วยอัตราเร่ง จนกระทั่งมีน้ำหนักเท่ากับ $0.296W_\infty$ ซึ่งอัตราการเติบโตจะมีค่าสูงสุด หลังจากจุดนี้อัตราการเติบโตจะลดลงเรื่อยๆ จนเท่ากับศูนย์เมื่อสัตว์น้ำโตจนถึงที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของ VBGF คือ K , L_∞ และ t_0 (ธนิษฐา, 2552; King, 2007)

5.1.5 การประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต

การประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตสามารถกระทำได้ทั้งแบบเชิงเส้น (linear function) และไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinear function) สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแบบไม่เป็นเชิงเส้น มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อดีกว่าแบบเชิงเส้น กล่าวคือจะสอดคล้องกับตัวแบบของฟอนเบอร์ทาแลนฟี ซึ่งเป็นฟังก์ชันเส้นโค้งแบบไม่เป็นเชิงเส้น โดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (non-linear regression) วิธีการนี้จะทำให้ได้ค่าประมาณที่ไม่มีความเอนเอียง (unbias) หรือมีความเอนเอียงน้อยและมีค่าผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน (sum of squares error) มีค่าน้อยที่สุด (ธนิษฐา, 2552) หลักการวิเคราะห์คือการใช้เทคนิคความควรจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) ที่ต้องมีตัวประมาณนำเข้าของค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการแล้วเกิดกระบวนการคำนวณทวนซ้ำ (iterative calculation) จนกว่าจะได้ผลรวมเศษตกค้างกำลังสอง (sum of squared residuals, SSR) ต่ำที่สุดจึงหยุดกระบวนการคำนวณทวนซ้ำ ค่าพารามิเตอร์การเติบโตประกอบด้วย ค่าความยาวอนันต์ (L_∞) ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K) ค่าอายุของสัตว์น้ำเมื่อมีความยาวเท่ากับศูนย์ (t_o) ค่าขนาดของความอ่อนไหวระหว่างฤดูกาล (C) และค่าจุดในฤดูร้อน (t_s) (ธนิษฐา, 2552)

5.2 การตายและการประมาณค่าอัตราการตาย

การตายเป็นปัจจัยทางลบในการควบคุมประชากร ทั้งในแง่ของจำนวนและน้ำหนัก เพื่อป้องกันไม่ให้มีจำนวนสัตว์น้ำมากเกินไป จนเกินความสามารถของระบบนิเวศที่จะรองรับได้ การตายจึงเป็นกระบวนการที่ทำให้ประชากรสัตว์น้ำอยู่ในภาวะสมดุล นักชีววิทยาประมงแบ่งสาเหตุการตายของสัตว์น้ำออกเป็นสองสาเหตุคือการตายโดยธรรมชาติ (natural mortality; M) และการตายโดยการประมง (fishing mortality; F) ซึ่งตามปกติสาเหตุการตายของสัตว์น้ำจะเกิดควบคู่กันไปและแข่งขันกัน แต่ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งนั้น สัตว์น้ำมีโอกาสตายเพียงสาเหตุเดียวเท่านั้น (ธนิษฐา, 2552; King, 2007)

การศึกษาการตายในพลวัตประชากร ธนิษฐา (2552) เสนอให้ศึกษาการตายสองสาเหตุรวมกัน ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) จึงมีค่าเท่ากับสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงบวกกับสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ สมการที่ (7) และการศึกษาการตายในช่วงเวลาที่เกี่ยวข้องจำเป็นต้องอาศัยข้อสมมติสองประการ ได้แก่ประชากรสัตว์น้ำเป็นประชากรปิดไม่มีการอพยพเข้าและไม่มีการอพยพออก และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสัตว์น้ำเฉพาะในรุ่นเดียวกันเท่านั้นตามอายุที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการศึกษาการตายในพลวัตประชากรสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$Z = F + M \quad \text{.....(7)}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อ Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)

F = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ต่อปี)

M = สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (ต่อปี)

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายทั้ง 3 ค่า สามารถประมาณได้ด้วยวิธีการดังนี้ สัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ใช้วิธีวิเคราะห์เส้นโค้งผลจับเชิงเส้นที่เปลี่ยนเป็นความยาว (Linearized length converted catch curve) (Sparre and Venema, 1998) และวิธีนี้ใช้ได้ดีกับข้อมูลองค์ประกอบความยาวของสัตว์น้ำเขตร้อน ที่มีช่วงเวลาแปรผันและไม่เป็นเส้นตรง ตัวประมาณนำเข้าที่จำเป็นต้องใช้ได้แก่ L_∞ และ K ดังนั้นการประมาณค่าอัตราการตายรวมสามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\ln\frac{C_i}{t_{i+1}-t_i} = c - Z * t\left[\left(L_i + L_{i+1}\right)/2\right] \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)

C_i = ปริมาณการจับเป็นจำนวนตัวของสัตว์น้ำในอัตรภาคชั้นที่ i

t_i = อายุของสัตว์น้ำที่ความยาวของอัตรภาคชั้นที่ i (ปี)

t_{i+1} = อายุของสัตว์น้ำที่ความยาวของอัตรภาคชั้นที่ i+1 (ปี)

t = อายุของสัตว์น้ำ (ปี)

L_i = ความยาวขีดจำกัดล่างของอัตรภาคชั้นที่ i (เซนติเมตร)

L_{i+1} = ความยาวขีดจำกัดล่างของอัตรภาคชั้นที่ i+1 (เซนติเมตร)

c = ค่าคงที่

สำหรับสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) ของสัตว์น้ำในกลุ่มครัสเตเซียน หรือสัตว์น้ำในกลุ่มไม่มีกระดูกสันหลังนั้น ธนิษฐา (2552) แนะนำว่าควรใช้การประมาณค่า M ด้วยวิธีของ Rikhter and Efanov (1976) ซึ่งเสนอสูตรการประมาณค่าอัตราการตายโดยธรรมชาติ ที่มีความสัมพันธ์กับอายุที่สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 (age at 50% maturity, t_m) ดังนี้

$$M = \frac{1.521}{t_m^{0.72}} - 0.155 \quad \text{.....(9)}$$

เมื่อ M = สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (ต่อปี)

t_m = อายุที่สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) นั้น สามารถดัดแปลงสมการที่ (7) เพื่อประมาณค่า F ได้ดังนี้ (ธนิษฐา และ อมรศักดิ์, 2550; ธนิษฐา, 2552; Beverton and Holt, 1956)

$$F = Z - M \quad \text{.....(10)}$$

เมื่อ F = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ต่อปี)
Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)
M = สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (ต่อปี)

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงภายในรุ่นสัตว์น้ำ จะเกี่ยวข้องกับเวลาหรืออายุของสัตว์น้ำ โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนสัตว์น้ำในประชากร สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงโดยใช้ตัวแบบการลดลงแบบชี้กำลัง (exponential decay model) สมการที่ (11) ซึ่งถือว่าเป็นตัวแบบที่สำคัญของทฤษฎีการลดลงของสัตว์น้ำที่ใช้ประโยชน์ได้ โดยมีข้อสมมติที่ว่าประชากรสัตว์น้ำเป็นระบบปิดคือไม่มีการอพยพเข้าออกของประชากร และเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนสัตว์น้ำเฉพาะในรุ่นเดียวกันเท่านั้น ตามอายุที่เพิ่มขึ้น (ธนิษฐา, 2552)

$$N_t = N_0 e^{-Zt} \quad \text{.....(11)}$$

เมื่อ N_t = จำนวนสัตว์น้ำที่ใช้ประโยชน์ได้ปีที่ t (ตัว)
N_0 = จำนวนสัตว์น้ำที่ใช้ประโยชน์ได้ปีที่เริ่มต้น (ตัว)
Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)
t = อายุของสัตว์น้ำ (ปี)

6. การประเมินสภาวะทรัพยากรประมง

6.1 วิเคราะห์ประชากรเสมือน

การวิเคราะห์ประชากรเสมือน (Virtual Population Analysis: VPA) คือการพิจารณาจำนวนสัตว์น้ำหรือผลจับที่อยู่ในรูปจำนวนทั้งหมดที่จับได้ด้วยการประมงพาณิชย์ ซึ่งแตกต่างจากการตายที่พิจารณาเพียงประชากรขนาดเล็กที่ได้จากการสำรวจหรือจากเรือประมงพาณิชย์เท่านั้น (Sparre and Venema, 1998) VPA มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการประมาณค่าจำนวนประชากรสัตว์น้ำ และเพื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์ผลกระทบของการประมงที่มีต่อกลุ่มสัตว์น้ำในแต่ละกลุ่มอายุหรือความยาว และเป็นตัวประมาณนำเข้า สำหรับการประเมินสภาวะการประมงโดยใช้แบบจำลองการทำนาย (prediction model) ซึ่งมีความเฉพาะกว่าแบบจำลองผลผลิตส่วนเกิน (surplus production model) เนื่องจากแบบจำลองผลผลิตส่วนเกินใช้ตัวประมาณนำเข้าคือ ผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (catch per unit of effort: CPUE) กับปริมาณการลงแรงประมง (fishing effort; *f*) เพื่อทำนายสภาวะการประมงในอนาคต แต่แบบจำลองการทำนายหรือ VPA จะใช้การวิเคราะห์ย้อนไปในอดีต (historical) ซึ่งก็คือการตรวจสอบดูว่าจำนวนสัตว์น้ำทั้งหมดที่เหลือรอดมาให้จับในปีปัจจุบัน เป็นผลเนื่องจากปริมาณทรัพยากรที่มีอยู่ตอนเริ่มต้นของต้นปีก่อนทำการประมง โดยต้องการข้อมูลนำเข้าคือผลจับทั้งหมดในรูปจำนวนตัว (total catch in number) ซึ่งต้องทำการปรับค่า (raising) ข้อมูลผลจับทั้งหมดของสัตว์น้ำให้อยู่ในรูปการแจกแจงแบบฐานข้อมูลความยาว หากข้อมูลผลจับในรูปน้ำหนัก สามารถใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักมาประยุกต์ใช้ได้ แต่ควรคำนึงถึงพื้นที่ของแหล่งประมงอันเป็นที่มาของข้อมูลด้วย และผลจับทั้งหมดในรูปจำนวนที่ได้มาต้องทำการจัดชั้นตามอายุหรือตามความยาวต่อเดือนหรือต่อปีก่อนนำมาวิเคราะห์ VPA (มาลา และ เจริญ, 2544; ธนิษฐา, 2552)

การวิเคราะห์ประชากรเสมือน (VPA) ถูกพัฒนาครั้งแรกโดยใช้ข้อมูลฐานอายุ (age-based cohort analysis) หรือ Pope's cohort analysis สมการที่ (12) ต่อมาได้พัฒนาเป็นการใช้ข้อมูลฐานความยาว (length-based) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่มีพื้นฐานอยู่บนผลจับจากการประมงพาณิชย์ร่วมกับความรู้เกี่ยวกับชีวประวัติของกลุ่มสัตว์น้ำในแง่ของการจำแนกชั้นปีหรือกลุ่มความยาว ดังนั้น VPA จึงหมายถึงประชากรกลุ่มหนึ่งที่ประเมินได้มาจากวิธีใช้ข้อมูลผลจับทั้งหมดจริงและใช้ข้อสมมติระดับการตายโดยธรรมชาติ (*M*) และการตายโดยการประมงขั้นสุดท้าย (terminal fishing mortality) (Sparre and Venema, 1998) ดังนั้นหากทราบค่าผลจับทั้งหมดในรูปจำนวนตัว ระดับการตายโดยธรรมชาติ และระดับการตายโดยการประมงที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ก็จะทำให้การวิเคราะห์ VPA มีความน่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์ประชากรเสมือนมีสมการดังนี้

$$N_t = \left[\left(N_{t+\Delta t} e^{M\frac{\Delta t}{2}} \right) + C_{(t,t+\Delta t)} \right] e^{M\frac{\Delta t}{2}} \quad \text{.....(12)}$$

สำหรับในเขตร้อนการพิจารณาอายุของสัตว์น้ำเป็นความยุ่งยาก ดังนั้นจึงใช้วิธีวิเคราะห์ VPA จากฐานข้อมูลความยาว หรือวิธีการวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำของโจนส์ที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว (Jones' length-base cohort analysis) โดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบการเติบโตของ von Bertalanffy (มาลา และ เจริญ, 2544) ดังนี้คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$t_{L1} = t_0 - \frac{1}{K}\ln\left[1 - \frac{L_1}{L_\infty}\right] \text{.....(13)}$$

$$\Delta t = t_{L2} - t_{L1} = \frac{1}{K}\ln\left[\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right] \text{.....(14)}$$

จากสมการที่ใช้ฐานข้อมูลอายุ สมการที่ (12) สามารถนำมาดัดแปลงเป็นสมการที่ใช้ฐานข้อมูลความยาวนั้น มีเพียงค่า $e^{M*\frac{\Delta t}{2}}$ เท่านั้นที่จะต้องเปลี่ยนรูปไป ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการแทนค่า Δt ในสมการที่ (14) (มาลา และ เจริญ, 2544) จะได้ดังนี้

$$e^{M*\frac{\Delta t}{2}} = e^{\left[\frac{M}{2}*\frac{1}{K}*\ln\left(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right)\right]} = e^{\left[\ln\left(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right)^{\frac{\Delta t}{2K}}\right]} = \left[\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right]^{\frac{M}{2K}} \text{.....(15)}$$

เมื่อ $N_{(L1)} = N_{t(L1)}$ = จำนวนสัตว์น้ำที่มีความยาว L_1
= จำนวนสัตว์น้ำที่มีอายุ $t_{(L1)}$

$N_{(L2)} = N_{t(L1+\Delta t)}$ = จำนวนสัตว์น้ำที่มีความยาว L_2
= จำนวนสัตว์น้ำที่มีอายุ $t_{(L2)} = t_{(L1)} + \Delta t$

$C_{(L1,L2)} = C_{(t,t+\Delta t)}$ = จำนวนสัตว์น้ำที่ถูกจับในช่วงความยาว L_1 ถึง L_2
= จำนวนสัตว์น้ำที่ถูกจับมีอายุระหว่าง $t_{(L1)}$ ถึง $t_{(L2)}$

$H_{(L1,L2)} = \left[\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right]^{\frac{M}{2K}}$ = สัดส่วนของ $N_{(L1)}$ ที่รอดชีวิตโดยธรรมชาติ ระหว่างเวลา $_{(L1)}$ ถึง $[t_{L1} + \frac{\Delta t}{2}]^{-1}$

ดังนั้นสามารถเขียนสมการที่ (12) ใหม่โดยใช้สัญลักษณ์ของฐานข้อมูลความยาว ดังนี้

$$N_{(L1)} = \left\lfloor (N_{(L2)} \times H_{(L1,L2)}) + C_{(L1,L2)} \right\rfloor \times H_{(L1,L2)} \text{.....(16)}$$

การคำนวณจะเริ่มต้นจากกลุ่มความยาวสุดท้าย และใช้สมการผลจับฐานข้อมูลความยาวได้ดังนี้

$$C_{(L1,L2)} = N_{(L1)} \times \frac{F}{Z} \times \left[1 - e^{-Z*\Delta t}\right] \text{.....(17)}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนการประมาณค่า F สามารถใช้สมการได้ดังนี้

$$F_{(L1,L2)} = M \times \frac{\left[\frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}\right]}{\left[1-\frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}\right]} \quad \text{.....(18)}$$

โดยที่ $\frac{F}{Z}$ เป็นอัตราการนำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งมีที่มาจากสมการที่ (19) ดังนี้

$$E = \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}} = \frac{C_{(L1,L2)}}{N_{(L1)} - N_{(L2)}} \quad \text{.....(19)}$$

6.2 จำนวนเฉลี่ยและมวลชีวภาพ

มาลา และ เจริญ (2544) อธิบายการประมาณจำนวนสัตว์น้ำเฉลี่ยที่มีอยู่ในทะเลและมวลชีวภาพของสัตว์น้ำนั้น จำนวนสัตว์น้ำที่รอดตาย (N_{L1}) จะได้ค่าที่ไม่ถูกต้อง เพราะถ้ามีการเปลี่ยนช่วงความกว้างของช่วงอันตรภาคชั้น จะทำให้ได้ค่าผลรวมที่แตกต่างออกไป ทั้งนี้เนื่องจากค่า (N_{L1}) เป็นเพียงค่าของจำนวนสัตว์น้ำที่มีความยาว L_1 ใดๆ ที่มีชีวิตอยู่ วิธีการที่เหมาะสมคือการคำนวณจำนวนเฉลี่ยในแต่ละอัตรภาคชั้นและถ่วงน้ำหนักด้วยระยะเวลา (Δt) ที่สัตว์น้ำมีอายุอยู่ในช่วงความยาวนั้น ซึ่งจะได้สมการดังนี้

$$\overline{N}_{(L1,L2)} \times \Delta t = \frac{N_{L1} - N_{L2}}{Z} \quad \text{.....(20)}$$

สำหรับมวลชีวภาพเฉลี่ยรายปีของแต่ละกลุ่มความยาว ประมาณได้จากการคูณด้วยน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มความยาว ($\overline{w}_{(L1,L2)}$) โดยต้องอาศัยตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก ดังนั้นมวลชีวภาพเฉลี่ยสามารถประมาณได้ดังนี้

$$\overline{B}_{(L1,L2)} \times \Delta t = \overline{N}_{(L1,L2)} \times \Delta t \times \overline{w}_{(L1,L2)} \quad \text{.....(21)}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยสามารถคำนวณค่าน้ำหนักตัวของสัตว์น้ำได้จากสมการ

$$\overline{w}_{(L1,L2)} = q \times \left[\frac{L_1 + L_2}{2} \right]^b \text{.....(22)}$$

โดยที่ q และ b เป็นค่าคงที่ของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก

การคำนวณผลจับรวมในรูปน้ำหนัก สามารถประมาณได้ดังนี้

$$Y_{(L1,L2)} = \overline{w}_{(L1,L2)} \times C_{(L1,L2)} \text{.....(23)}$$

6.3 ประมาณค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ (E)

Pauly (1987) อธิบายถึงการประมาณค่าอัตราการใช้ประโยชน์ในรูปของอัตราการตาย ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$E = \frac{F}{F + M} = \frac{F}{Z} \text{.....(24)}$$

เมื่อ E = อัตราการใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำ

F = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ต่อปี)

M = สัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (ต่อปี)

Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)

มาลา และ เจริญ (2544) ได้อธิบายว่าอัตราการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมสำหรับกลุ่มสัตว์น้ำควรมีค่าเท่ากับอัตราการตายโดยธรรมชาติ (M) ดังนั้น สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมจึงมีค่าเท่ากับ 0.5 ซึ่งเป็นจุดที่มีการใช้ประโยชน์กลุ่มสัตว์น้ำอยู่ที่ระดับศักย์การผลิต หากสัดส่วนการใช้ประโยชน์มีค่ามากกว่า 0.5 แสดงว่ามีการใช้ประโยชน์ของกลุ่มสัตว์น้ำนั้นๆ เกินศักย์การผลิต และหากสัดส่วนการใช้ประโยชน์มีค่าน้อยกว่า 0.5 แสดงว่ามีการใช้ประโยชน์ของกลุ่มสัตว์น้ำนั้นๆ ต่ำกว่าศักย์การผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.4 ตัวแบบของธอมพ์สันและเบลล์ที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว

ตัวแบบของธอมพ์สันและเบลล์ที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว (Thompson and Bell, 1934) ใช้ตัวประมาณนำเข้าจากการวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว ซึ่งประกอบด้วยสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงที่จำแนกตามกลุ่มความยาว (ค่า F ตามกลุ่มความยาว) จำนวนสัตว์น้ำในกลุ่มความยาวที่สั้นที่สุดและสัดส่วนที่รอดชีวิตในธรรมชาติ ซึ่งต้องเป็นค่าเดียวกันกับการวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำ ตัวประมาณนำเข้าเพิ่มเติมคือ ค่าพารามิเตอร์ของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนัก และราคาต่อกิโลกรัมเฉลี่ยของสัตว์น้ำในแต่ละกลุ่มความยาว ผลที่ได้จากตัวแบบดังกล่าว คือจะได้ค่าจำนวนสัตว์น้ำที่ความยาวขีดจำกัดล่างของกลุ่มความยาวนั้น (N_{Ll}) จำนวนของผลจับ ผลผลิตเชิงน้ำหนัก มวลชีวภาพคูณด้วยค่า Δt เช่น ช่วงเวลาที่สัตว์น้ำใช้ในการเติบโตจากความยาวขีดจำกัดล่างจนถึงความยาวขีดจำกัดบนของกลุ่มความยาว และมูลค่า ดังนั้นผลสุดท้ายจะได้ผลจับทั้งหมด มวลชีวภาพเฉลี่ยคูณ Δt ผลผลิต และมูลค่า จากนั้นให้ทำการคำนวณซ้ำโดยการปรับค่าปัจจัย *X –factor* ให้มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลง โดยกำหนดว่าที่ระดับการประมงในปัจจุบันให้ *X-factor* เท่ากับ 1 หาก *X-factor* มีการเปลี่ยนแปลง 0.1 หมายความว่าระดับการประมงจะเปลี่ยนแปลงจากเดิมร้อยละ 10 นำผลลัพธ์จากขั้นสุดท้ายนั้นนำมาลงจุดคู่ลำดับรูปกราฟ ซึ่งตัวแบบของธอมพ์สันและเบลล์ที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว โดยจะดัดแปลงสมการที่ (19) (มาลา และ เจริญ, 2544) ได้ดังนี้

$$C_{(L1,L2)} = \left[N_{(L1)} - N_{(L2)}\right]\frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}} \quad \text{.....(25)}$$

จากนั้นสมการที่ (25) จะถูกแทนค่าลงในสมการที่ (16) ซึ่งจะได้

$$N_{(L1)} = \left[N_{(L2)}H_{(L1,L2)} + \frac{N_{(L1)} - N_{(L2)}}{Z_{(L1,L2)}} F_{(L1,L2)} \right] H_{(L1,L2)} \quad \text{....(26)}$$

เมื่อ $H_{(L1,L2)} = \left[\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right]^{\frac{M}{2K}}$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ซึ่งก็คือค่าปัจจัยการตายโดยธรรมชาติ และเมื่อปรับแก้สมการดังกล่าวแล้ว จะได้ดังนี้

$$N_{(L2)} = N_{(L1)} \frac{\frac{1}{H_{(L1,L2)}} - \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}}{H_{(L1,L2)} - \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}} \text{.....(27)}$$

ส่วนในการคำนวณผลผลิต (ผลจับเชิงน้ำหนัก) ตามกลุ่มความยาว สามารถคำนวณได้โดยการคูณผลจับ (จำนวน) ด้วยน้ำหนักเฉลี่ยของน้ำหนักสัตว์น้ำตามกลุ่มความยาว ($\overline{w}_{(L1,L2)}$) ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากสมการที่ (22) (มาลา และ เจริญ, 2544) ส่วนการประมาณผลผลิตตามกลุ่มความยาว จะสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (23) และการคำนวณหามูลค่าของผลผลิตตามกลุ่มความยาวจะคำนวณจากสมการดังนี้ (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$V_{(L1,L2)} = Y_{(L1,L2)} * \overline{v}_{(L1,L2)} \text{.....(28)}$$

เมื่อ $\overline{v}_{(L1,L2)}$ = ราคาต่อกิโลกรัมเฉลี่ยของสัตว์น้ำที่มีความยาวระหว่าง L_1 และ L_2

โดยในระหว่างช่วงเวลา $\Delta t_{(L1,L2)}$ ที่รุ่นสัตว์น้ำใช้ในการเติบโตจากความยาว L_1 ถึง L_2 จำนวนสัตว์น้ำที่รอดชีวิตลดลงจาก $N_{(L1)}$ เป็น $N_{(L2)}$ จำนวนสัตว์น้ำเฉลี่ยที่รอดชีวิตตามกลุ่มความยาวนั้นคำนวณได้ดังนี้ (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$\overline{N}_{(L1,L2)} \Delta t_{(L1,L2)} = \frac{N_{(L1)} - N_{(L2)}}{Z_{(L1,L2)}} \text{.....(29)}$$

โดยที่มวลชีวภาพเฉลี่ยคูณ Δt ตามกลุ่มความยาว คำนวณได้ดังนี้

$$\overline{B}_{(L1,L2)} \Delta t_{(L1,L2)} = \overline{N}_{(L1,L2)} \Delta t_{(L1,L2)} \overline{w}_{(L1,L2)} \text{.....(30)}$$

จากนั้นให้คำนวณผลผลิตและมูลค่ารายปี โดยการรวมผลผลิตและมูลค่าของทุกกลุ่มความยาว ซึ่งคำนวณได้ดังนี้ (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$Y = \sum_{i=1}^{n} Y_i \text{.....(31)}$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$V = \sum_{i=1}^{n} V_i \text{.....(32)}$$

สำหรับค่าประมาณของมวลชีวภาพเฉลี่ยตลอดช่วงอายุขัยของรุ่นสัตว์น้ำ หรือของทุกรุ่นในช่วงเวลา 1 ปี คำนวณได้จากสมการที่ (33) (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$B = \sum_{i=1}^{n} B_i * \Delta t \text{.....(33)}$$

6.5 การประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง

การสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง เกิดจากในบางเวลาพบว่าผลจับสัตว์น้ำ จะประกอบด้วยสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจแต่ยังมีขนาดเล็ก ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด มีราคาจำหน่ายต่ำในท้องตลาด ซึ่งหากปล่อยให้เติบโตในธรรมชาติต่อไปอีกระยะหนึ่ง จนถึงขนาดที่ตลาดมีความต้องการ หรือกลายเป็นสัตว์น้ำเศรษฐกิจ จะสามารถเพิ่มมูลค่าสินค้าสัตว์น้ำให้สูงขึ้น รวมทั้งสามารถเปิดโอกาสให้สัตว์น้ำเหล่านั้นแพร่ขยายพันธุ์ เพื่อเพิ่มปริมาณการทดแทนทรัพยากรสัตว์น้ำในธรรมชาติด้วย การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐกิจของกลุ่มสัตว์น้ำวัยอ่อน จะสามารถชี้ให้เห็นถึงความสูญเสียที่ไม่เพียงเฉพาะทางด้านเศรษฐกิจเท่านั้น แต่รวมไปถึงผลกระทบต่อขนาดของทรัพยากรในระดับที่เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดการลดลงของการทดแทนประชากรสัตว์น้ำได้ด้วย (มาลา และ เจริญ, 2544)

การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง มีปัจจัยนำเข้าได้แก่ ราคาสัตว์น้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของสัตว์น้ำ ข้อมูลผลจับในรูปของน้ำหนัก ที่มีการประมาณผลจับเฉพาะของสัตว์น้ำขนาดเล็กที่ยังไม่เป็นต้องการของตลาด เพื่อคำนวณหาอายุเฉลี่ยของสัตว์น้ำขนาดเล็ก ซึ่งสามารถคำนวณหาจำนวนสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ ด้วยสมการที่ (34) (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$N_{t2} = N_{t1} e^{-Z\Delta t} \text{.....(34)}$$

เมื่อ N_{t2} = จำนวนตัวที่เหลือรอดขนาดที่ตลาดต้องการ

N_{t1} = จำนวนตัวของสัตว์น้ำขนาดเล็กที่ถูกมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน

Δt = อายุของสัตว์น้ำ (ปี)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยสามารถคำนวณหาน้ำหนักของสัตว์น้ำที่เหลือรอด จนได้ขนาดที่ตลาดต้องการจากสมการที่ (35) (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$Y_{t2} = W_{t2} N_{t2} \quad \text{.....(35)}$$

เมื่อ Y_{t2} = น้ำหนักของจำนวนตัวที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (กรัม)
N_{t1} = จำนวนตัวของสัตว์น้ำขนาดเล็กที่ถูกมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบัน
W_{t1} = น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวของขนาดสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (กรัม)

จากนั้นจะคำนวณหามูลค่าของสัตว์น้ำที่เหลือรอด จนได้ขนาดที่ตลาดต้องการจากสมการที่ (36) (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$V_{t2} = Y_{t2} P_{t2} \quad \text{.....(36)}$$

เมื่อ V_{t2} = มูลค่าของสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (บาท)
Y_{t2} = น้ำหนักของจำนวนตัวที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (กิโลกรัม)
P_{t1} = ราคาเฉลี่ยต่อกิโลกรัมของสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (บาท)

ส่วนประเมินมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (37) (มาลา และ เจริญ, 2544)

$$EL = V_{t2} - V_{t1} \quad \text{.....(37)}$$

เมื่อ EL = ความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของสัตว์น้ำ (บาท)
V_{t2} = มูลค่าของสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ (บาท)
V_{t1} = มูลค่าของสัตว์น้ำขนาดเล็กที่ถูกใช้ประโยชน์ก่อนขนาดที่ตลาดต้องการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 2 ตำแหน่ง และเครื่องชั่งน้ำหนักภาคสนาม ขนาด 500 กรัม
2. เครื่องวัดความยาวขนาดความละเอียด 0.01 เซนติเมตร (Vernier caliper)
3. บัฟเฟอร์ฟอร์มาลินความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์
4. แอลกอฮอล์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์
5. สีย้อม Hematoxylin และสีย้อม Eosin
6. ภาชนะบรรจุตัวอย่างปูม้า ชุดเครื่องมือภาคสนาม
7. กล้องสเตอริโอ (stereo microscope) และกล้องจุลทรรศน์ (compound microscope)
8. คอมพิวเตอร์และโปรแกรมสำเร็จรูปในการวิเคราะห์ข้อมูล
9. แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียมชายฝั่งจังหวัดตรัง

วิธีการ

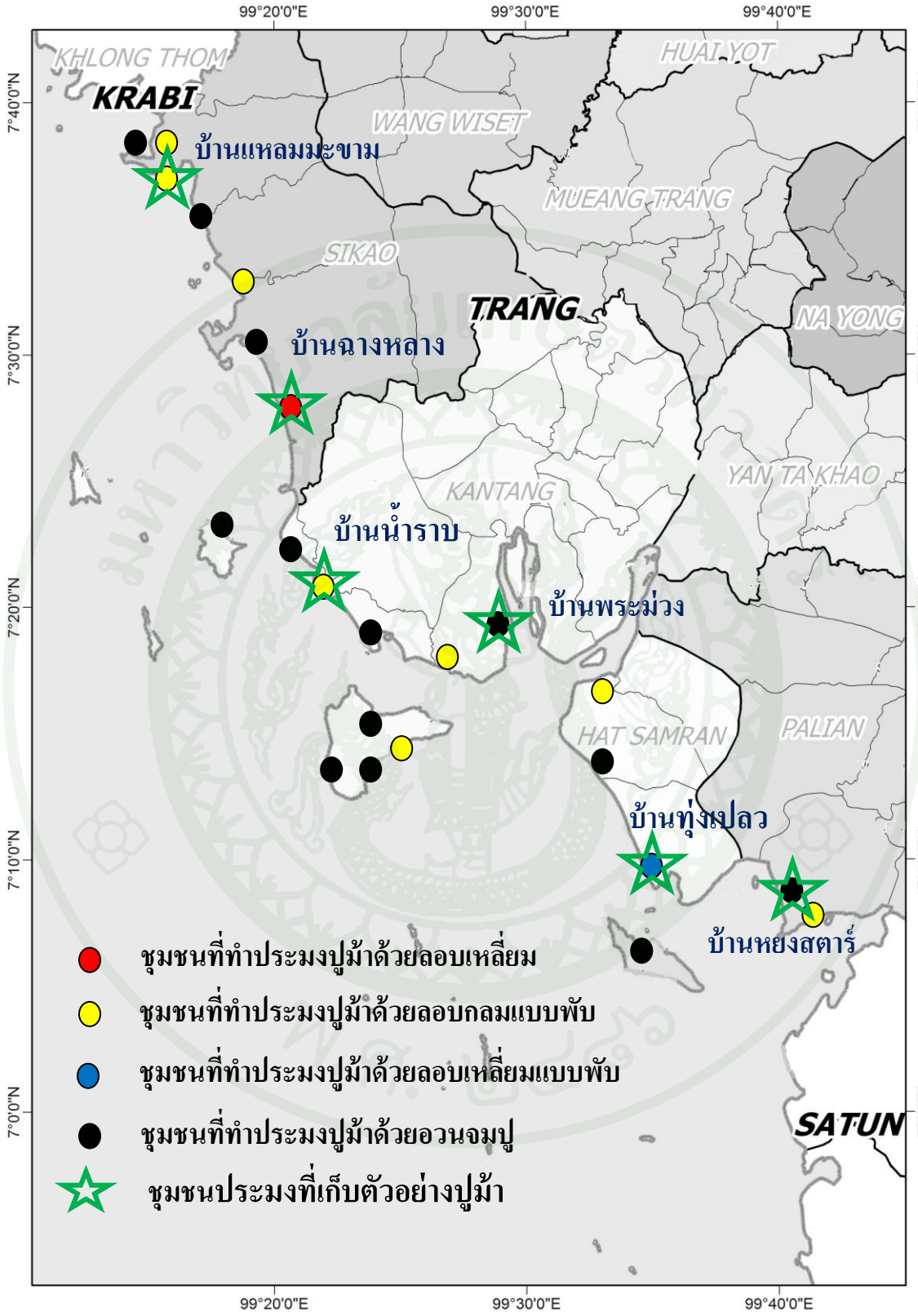
1. การเก็บตัวอย่างปูม้า

เก็บตัวอย่างปูม้าจากชุมชนชายฝั่งจำนวน 6 หมู่บ้าน ครอบคลุมชนิดเครื่องมือประมงปูม้าเป็นประจำทุกเดือน ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 รวม 12 เดือน ประกอบด้วยหมู่บ้านชายฝั่งจำแนกตามเครื่องมือประมงปูม้า ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายชื่อหมู่บ้านทำประมงปูม้า สำหรับกำหนดเป็นพื้นที่เก็บตัวอย่างปูม้า

อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	ชนิดเครื่องมือ
สิเกา	เขาไม้แก้ว	แหลมมะขาม	ลอบกลมแบบพับ
	ไม้ฝาด	ฉางหลาง	ลอบเหลี่ยม (ลอบแดง)
กันตัง	บางสัก	น้ำราบ	ลอบกลมแบบพับ
	นาเกลือ	พระม่วง	อวนจมปู
หาดสำราญ	ตะเสะ	ทุ่งเปลว	ลอบเหลี่ยมแบบพับ
ปะเหลียน	ท่าข้าม	หยงสตาร์	อวนจมปู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงชุมชนประมงชายฝั่งที่ทำการประมงปูม้าและจุดเก็บตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บตัวอย่างปูม้า

กำหนดการสุ่มเพื่อให้ครอบคลุมขนาดของปูม้า โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างปูม้าเพื่อชั่งวัดจำนวน 120 ตัวอย่างต่อหมู่บ้านต่อเดือน แบ่งการสุ่มตัวอย่างปูม้าออกเป็น 3 ขนาดได้แก่ปูม้าขนาดเล็ก ปูม้าขนาดกลาง และปูม้าขนาดใหญ่ จำนวน 40 ตัวอย่างต่อขนาด นำมาวัดความกว้างกระดองด้านใน (Inner Carapace Width: *ICW*) และชั่งน้ำหนักตัว (Body Weight: *W*) บันทึกข้อมูลจำแนกตามเพศ

3. การเก็บตัวอย่างปูม้าเพื่อศึกษาในห้องปฏิบัติการ

กำหนดการสุ่มตัวอย่างปูม้าเพศเมียจำนวน 20 ตัวอย่างต่อหมู่บ้านต่อเดือน รวมทั้งสิ้น 120 ตัวอย่างต่อเดือน เพื่อศึกษาการพัฒนาของรังไข่และความดกไข่ เก็บตัวอย่างปูม้าเพื่อศึกษาพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ โดยสุ่มตัวอย่างปูม้าเพศผู้และเพศเมีย กำหนดเพศละ 3 ตัวจากแต่ละหมู่บ้าน รวมจำนวน 36 ตัวอย่างต่อเดือน ทำการเก็บรักษาตัวอย่างด้วยบัฟเฟอร์ฟอร์มาลินความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำไปศึกษาในห้องปฏิบัติการ

4. การเก็บข้อมูลผลผลิตและราคาปูม้า

เก็บข้อมูลผลผลิตปูม้า จำแนกเป็นรายเดือนจากแพรับซื้อปูม้า ในแต่ละหมู่บ้านที่ทำการประมงปูม้า รวมทั้งสำรวจราคาการจำหน่ายปูม้าจำแนกตามขนาดและในแต่ละช่วงเวลาตลอดรอบปีที่ศึกษา จากแพรับซื้อปูม้าในหมู่บ้าน จากตลาดในระดับจังหวัด และห้างสรรพสินค้าพื้นที่จังหวัดตรัง

5. การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้า โดยนำตัวอย่างปูม้าในแต่ละเดือน มาวัดความกว้างกระดองด้านในและชั่งน้ำหนักตัว จำแนกตามหมู่บ้าน จากนั้นนำตัวอย่างปูม้ามาแกะกระดองเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์เพศ จำแนกระยะการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์ของทั้งสองเพศด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง เพื่อศึกษาค่าอัตราส่วนเพศ ความดกไข่ ดัชนีความสมบูรณ์เพศ และขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์

6.1.1 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

6.1.1.1 ลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ สังเกตสี ขนาด และลักษณะต่างๆที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ตามวิธีการของ Abello (1989) โดยแบ่งได้ดังนี้

1.) ลักษณะถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะ ตามวิธีการของ Abello (1989) คือระยะไม่สมบูรณ์เพศ (immature) และระยะสมบูรณ์เพศ (mature)

1.1) ระยะไม่สมบูรณ์เพศ (immature) ระยะนี้ถุงน้ำเชื้อมีลักษณะเป็นริ้วยาวและบาง ขนาดเล็กขยายไม่เต็มบริเวณขอบกระดอง มีสีขาวขุ่น พบมากในปูเพศผู้ขนาดเล็ก

1.2) ระยะสมบูรณ์เพศ (mature) ระยะนี้ถุงน้ำเชื้อมีขนาดใหญ่และหนา ขยายเต็มบริเวณขอบกระดอง มีสีขาวขุ่นหรือสีเหลืองอ่อน พบมากในปูเพศผู้ที่มีขนาดใหญ่

2.) ลักษณะรังไข่ของปูม้าเพศเมีย ระยะนี้สามารถแบ่งรังไข่ปูม้าเพศเมียออกเป็น 4 ระยะ ตามวิธีการของ Abello (1989) คือ resting gonad, beginning of maturation, mature และ pre-spawning ได้ดังนี้

2.1) รังไข่ระยะ resting gonad ระยะนี้รังไข่จะมีขนาดเล็กและบาง สังเกตเห็นลักษณะเป็นเส้นเรียวยาว สีขาวขุ่น

2.2) รังไข่ระยะ beginning of maturation ระยะนี้ปูม้าเพศเมียจะมีรังไข่มีสีเหลืองอ่อน ถึงสีส้มอ่อน สังเกตมีการเพิ่มขึ้นของขนาดและความยาว แต่ยังไม่เต็มบริเวณช่องว่างของขอบกระดอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3) รังไข่ระยะ mature ระยะนี้ปูม้าเพศเมียจะมีรังไข่สีส้มสว่าง มีความยาวเพิ่มขึ้นจนสุดขอบของกระดอง ขนาดของรังไข่จะเพิ่มขึ้น แต่ไม่เต็มบริเวณช่องว่างของขอบกระดอง ไม่สามารถเห็นไข่เป็นเม็ดชัดเจน

2.4) รังไข่ระยะ pre-spawning ระยะนี้ปูม้าเพศเมียจะมีรังไข่สีส้มเข้มถึงสีส้มแก่ มีขนาดและความยาวเต็มบริเวณช่องว่างของขอบกระดอง สามารถเห็นไข่เป็นเม็ดชัดเจน

6.1.1.2 ลักษณะทางมิญชวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์

เก็บรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ จากตัวอย่างปูม้า เก็บตามวิธีของ Johnson (1980) โดยเริ่มจากตัดกระดองจากปล้องด้านล่างที่อยู่ข้างขาขวา ตัดยาวไปถึงด้านบนบริเวณขอบหัว จากนั้นตัดด้านซ้ายของกระดองให้ขนานไปกับที่ตัดครั้งแรก แล้วก็ตัดตามขอบกระดองทั้งด้านบนและด้านล่าง ซึ่งจะเห็นรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ อยู่บริเวณด้านบนของหัวใจ กระเพาะอาหาร และอยู่ใต้ขอบของกระดองทั้งสองด้าน ซึ่งรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ จะอยู่ติดกับตับ มีเหงือกตั้งอยู่ที่ด้านข้างของรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ จากนั้นก็เก็บรังไข่ หรือถุงน้ำเชื้อออกมา ชั่งน้ำหนักรังไข่ หรือถุงน้ำเชื้อ (กรัม) และเก็บรักษาสภาพด้วยแอลกอฮอล์ เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นจึงจะนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไปนี้

1.) นำตัวอย่างมาผ่านขั้นตอนการเตรียมเนื้อเยื่อ ตามวิธีของ ศุภลักษณ์ (2545) ด้วยเครื่องเตรียมเนื้อเยื่ออัตโนมัติ (automatic tissue processor)

2.) นำเนื้อเยื่อที่ผ่านกรรมวิธีด้วยเครื่อง automatic tissue processor มาฝังในพาราฟิน เพื่อทำบล็อกเนื้อเยื่อตามวิธีของ ศุภลักษณ์ (2545)

3.) นำบล็อกเนื้อเยื่อมาตัดแต่งหน้าบล็อค แล้วนำไปตัดให้เป็นแผ่นบางที่ 5-6 ไมโครเมตร ด้วย เครื่อง microtome แล้วนำไปลอยน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 45-50 องศาเซลเซียส ก่อนลอยตัวอย่าง หยดด้วยแอลกอฮอล์ เข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยในการขยายตัวของแผ่นเนื้อเยื่อ จากนั้นใช้แผ่นสไลด์ที่ทา adhesive ทิ้งไว้ มาช้อนแผ่นตัวอย่างขึ้น แล้ววางสไลด์ไว้บนเครื่องอุ่นสไลด์ (slide warmer) ทิ้งไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.) นำสไลด์ที่มีเนื้อเยื่อติดแน่นแล้ว มาผ่านกระบวนการย้อมสี hematoxylin และ eosin ตาม วิธีการของ ศุภลักษณ์ (2545)

5.) นำสไลด์ที่ผ่านกระบวนการย้อมสี มาปิดกระจกปิดสไลด์ ทำเป็นสไลด์ถาวร แล้วตากทิ้งไว้ให้ permount แห้ง และทำความสะอาดสไลด์

6.) นำสไลด์ถาวรมาศึกษาส่วนประกอบภายในของอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ บันทึกรายละเอียดและการแบ่งระยะการพัฒนาของอวัยวะสืบพันธุ์

6.1.1.3 พัฒนาการทางมิญชวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

1.) การศึกษาด้านมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้

ถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้สามารถจัดแบ่งออกเป็น 2 ระยะตามวิธีของจักรพัณน์ (2545) ได้แก่ สเปิร์มมาโทเจเนซีส (spermatogenesis) และสเปอร์มิเอชั่น (spermiation)

1.1) ระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส (spermatogenesis) ระยะนี้จะพบเซลล์มีขนาดใหญ่ รูปร่างกลม นิวเคลียสติดสีน้ำเงินเข้มของ hematoxylin ไซโตพลาสซึมติดสีชมพูของ eosin เซลล์มีความหนาแน่นน้อย

1.2) ระยะสเปอร์มิเอชั่น (spermiation) ระยะนี้เซลล์มีขนาดเล็กลง รูปร่างเป็นวงรีคล้ายแคปซูล เห็นนิวเคลียสติดสีน้ำเงินเข้มชัดเจน มีความหนาแน่นของเซลล์มาก

2.) การศึกษาด้านมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าเพศเมีย

สามารถจัดแบ่งรังไข่ออกเป็น 4 ระยะ ตามวิธีของ Catalina (2009) และ Ravi *et al*. (2012) คือ oogonia, primary oocyte, secondary oocyte และ full growth oocyte ดังนี้

2.1) รังไข่ระยะที่ 1 (oogonia) ระยะนี้ oocyte มีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นวงรี นิวเคลียสติดสีน้ำเงินของ hematoxylin พบที่บริเวณ germinal zone

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2) รังไข่ระยะที่ 2 (primary oocyte) ระยะนี้ oocyte มีขนาดใหญ่ขึ้น และมีช่องว่างภายใน เกิดจากการลดลงของ ooplasm เพื่อใช้ในการสร้าง organelles มีการสร้าง Perinuclear yolk complex จะเห็นเป็นจุดวงกลมสีชมพู สังเกตเห็น nucleus และ nucleus membrane ชัดเจน อาจเห็น nucleolus ได้ follicle cell มีลักษณะกลม และไม่จับกับผนัง oocyte

2.3) รังไข่ระยะที่ 3 (secondary oocyte) ระยะนี้ oocyte มีขนาดใหญ่ขึ้น เกิดกระบวนการ vitellogenesis ส่วนของ Perinuclear yolk complex จะมีขนาดใหญ่ขึ้นเห็นเป็นวงกลมสีชมพูจำนวนมาก ซึ่งเรียกว่า yolk globule มีจุดสีขาวบริเวณ ooplasm คือส่วนที่เรียกว่า oil droplets มี germinal zone น้อย follicle cell เป็นรูปวงรีล้อมรอบเซลล์ ทำให้เห็น oocyte แยกออกจากกัน เห็น nucleus และ nucleus membrane ชัดเจน

2.4) รังไข่ระยะที่ 4 (full growth oocyte) ระยะนี้ oocyte มีขนาดใหญ่ที่สุดและมีขนาดค่อนข้างคงที่ yolk globule เป็นสีชมพูเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน สังเกตเห็น nucleus ชัดเจน แต่จะไม่เห็น nucleus membrane ส่วน follicle cell มีลักษณะเป็นแผ่นล้อมรอบ oocyte

6.1.2 ดัชนีสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index; *GSI*)

การศึกษาความสมบูรณ์เพศของปูม้า โดยใช้ตัวอย่างปูม้าเพศเมีย ของแต่ละเดือนมาทำการชั่งน้ำหนักตัว เกาะกระดองปูม้าเพื่อชั่งน้ำหนักของอวัยวะเพศ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ดัชนีสมบูรณ์เพศ ตามวิธีของ Nikolsky (1963) และ ธนิษฐา และ อมรศักดิ์ (2550) ดังนี้คือ

$$GSI = \left(\frac{W_g}{W} \right) \times 100 \qquad \text{.....(38)}$$

เมื่อ W_g = น้ำหนักอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า (กรัม)

W = น้ำหนักตัวของปูม้า (กรัม)

การประมาณค่าดัชนีสมบูรณ์เพศจะตรวจสอบแยกตามรายเดือน และแยกศึกษาระหว่างเพศผู้และเพศเมีย เพื่อใช้ดัชนีสมบูรณ์เพศอธิบายช่วยฤดูสืบพันธุ์ที่เหมาะสมของปูม้าในพื้นที่ศึกษา (ธนิษฐา และ อมรศักดิ์, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1.3 ขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ($ICW_{m50\%}$)

ประมาณค่าขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 โดยใช้ฟังก์ชันลอจิสติก (logistic function) ระหว่างสัดส่วนของสัตว์น้ำวัยเจริญพันธุ์ต่อสัตว์น้ำทั้งหมด โดยใช้โปรแกรม R (R Development Core Team, 2009) ตามวิธีการของธนิษฐา และ อมรศักดิ์ (2550) และปรับใช้ค่าความกว้างกระดองด้านในของปูม้าแทนความยาวดังนี้คือ

$$P_L = \frac{1}{1+e^{(a+b*ICW)}} \quad \text{.....(39)}$$

เมื่อ P_L = สัดส่วนของสัตว์น้ำวัยเจริญพันธุ์ต่อสัตว์น้ำทั้งหมด

ICW = ค่ากลางของความกว้างกระดองด้านใน

a,b = ค่าคงที่

โดยทำการตรวจสอบระยะการเป็นแม่พันธุ์ที่ดีของปูม้า ด้วยวิธีการประมาณช่วงความน่าจะเป็นที่ 0.25 ถึง 0.75 ตามวิธีการของธนิษฐา และ อมรศักดิ์ (2550) ดังนี้

$$ICW_{m25\%} = \frac{(a-\ln 3)}{b} \quad \text{.....(40)}$$

$$ICW_{m50\%} = \frac{a}{b} \quad \text{.....(41)}$$

$$ICW_{m75\%} = \frac{(a+\ln 3)}{b} \quad \text{.....(42)}$$

6.1.4 ความดกไข่

วิเคราะห์ความดกไข่ จากตัวอย่างปูม้าเพศเมียในแต่เดือน ที่สุ่มตัวอย่างมาศึกษาความสมบูรณ์เพศในห้องปฏิบัติการ นำตัวอย่างปูม้าเพศเมียที่มีพัฒนาของระยะไข่ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 มาสุ่มนับความดกไข่ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในกับความดกไข่ ตามวิธีการของธนิษฐา และ อมรศักดิ์ (2550) โดยวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น และปรับสมการด้วยวิธี nonlinear least squares (*nls*) ของ Verzani (2005) ด้วยโปรแกรม R ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$Fe = a * ICW^{b} \quad \text{.....(43)}$$

เมื่อ Fe = ความดกไข่ (ฟอง)

ICW = ความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)

a,b = ค่าคงที่

โดยสามารถประมาณช่วงความดกไข่ของแม่พันธุ์ที่ดีของปูม้า ด้วยวิธีการใช้ช่วงความกว้างกระดองด้านในของแม่พันธุ์ที่ดี $ICW_{m25\%}$ -$ICW_{m75\%}$ แทนค่าในสมการที่ (43)

6.2 การศึกษาชีววิทยาประมง

6.2.1 อัตราส่วนเพศ (Sex ratio)

การวิเคราะห์อัตราส่วนเพศ จากข้อมูลจำนวนปูม้าที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่จังหวัดตรัง โดยการแยกเพศรวมทั้งสิ้น 12 เดือน โดยใช้วิธี binomial test (Conover, 1999) ด้วยโปรแกรม R (R Development Core team, 2009) ซึ่งจะให้ความแม่นยำสูงในกรณีที่ตัวแปรมีจำนวนน้อยกว่า 3 โดยกำหนดสมมติฐานดังนี้

H_o : สัดส่วนของเพศเมียเท่ากับสัดส่วนของเพศผู้

H_1 : สัดส่วนของเพศเมียไม่เท่ากับสัดส่วนของเพศผู้

6.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกว้างกระดองด้านในและน้ำหนัก

นำข้อมูลความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัวของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย ทั้ง 12 เดือน มาศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนัก โดยวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม R (R Development Core team, 2009) ตามตัวแบบความสัมพันธ์ของ Ricker (1975); ธนิษฐา (2552) วิเคราะห์แบบแยกเพศ ตามวิธีการของธนิษฐา (2552); King (2007) ดังสมการที่ (2)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2.3 ทดสอบรูปแบบการเติบโตของปูม้า

การทดสอบรูปแบบการเติบโตของปูม้า โดยอาศัยสมการความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัว ตามสมการที่ (2) โดยกำหนดสมมติฐานคือค่า b มีค่าเท่ากับ 3 รูปแบบการเติบโตเป็นแบบไอโซเมตริก ในทางตรงกันข้ามถ้าค่า b มีค่าไม่เท่ากับ 3 รูปแบบการเติบโตจะเป็นแบบอัลโลเมตริก ซึ่งกำหนดใช้วิธีการทดสอบทางสถิติ ตามวิธีการของ ธนิษฐา (2543); ธนิษฐา และ อมรศักดิ์ (2550) ตามสมการที่ (3)

6.3 การศึกษาพลวัตประชากรของปูม้า

6.3.1 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเติบโต

ตัวแบบการเติบโตของฟอนเบอร์ทาแลนฟี ใช้ข้อมูลการแจกแจงความถี่ของความยาว (length frequency data; LFD) ของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย จำนวน 12 เดือน นำมาประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต ตามวิธีการของ (ธนิษฐา, 2552) โดยวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้นด้วยโปรแกรม FiSAT (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) โดยใช้เมนูคำสั่งย่อย Powell-Wetherall Plot (Gayanilo *et al*., 2002) สำหรับตัวประมาณนำเข้าของการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น (L_∞, K และ t_o) ได้มาจากวิธีการต่างๆ ดังนี้

ค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ (ICW_∞) จากข้อมูล LFD ของปูม้าเพศผู้และเพศเมียนำมาประมาณค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ (ICW_∞) โดยใช้โปรแกรม FiSAT (Gayanilo *et al*., 2002)

ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K) โดยใช้โปรแกรม FiSAT และใช้เมนูคำสั่งย่อย ELEFAN- I เพื่อสแกนค่า K โดยนำค่า ICW_∞ จากวิธีของ Powell- Wetherall Plot เป็นตัวประมาณนำเข้า (Gayanilo *et al*., 2002)

การประมาณค่าอายุของสัตว์น้ำเมื่อมีความยาวเท่ากับศูนย์ (t_o) นำค่าพารามิเตอร์ ICW_∞ และ K ไปหาค่าอายุ t_o ที่ได้จากการดัดแปลง VBGF โดยใช้ค่าความกว้างกระดองแรกฟัก (ICW_0) ของปูม้าจากศูนย์วิจัยและพัฒนาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งสมุทรสาคร มีค่าเท่ากับ -0.041 ปี ตามรายงานของจินตนา (2544); จินตนา และคณะ (2551) โดยใช้สูตรดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$L_0 = L_\infty\left(1-e^{-Kt_0}\right).....(44)$$

ตัวประมาณนำเข้า t_o โดยใช้นิยามของค่าความยาวแรกฟักจะสามารถประมาณค่า t_o ได้จาก

$$t_0 = \frac{1}{K}\ln\left(1-\frac{L_0}{L_\infty}\right).....(45)$$

เมื่อ t_o = อายุสมมติของสัตว์น้ำที่ความยาวเท่ากับศูนย์ (ปี)

K = ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (ต่อปี)

L_∞ = ความยาวอนันต์ (เซนติเมตร)

L_0 = ความยาวของสัตว์น้ำที่อายุแรกฟักเป็นตัว (เซนติเมตร)

6.3.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การตาย

ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ค่า โดยใช้วิธีวิเคราะห์เส้นโค้งผลจับเชิงเส้นที่เปลี่ยนเป็นความยาว (linearized length converted catch curve) (Sparre and Venema, 1998) ดังสมการที่ (8) การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) ใช้สูตรของ Rikhter and Efanov's Formula (Rikhter and Efanov, 1976) สมการที่ (9) การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) ด้วยสมการที่ (10)

6.4 การประเมินสภาวะทรัพยากรประมง

6.4.1 มวลชีวภาพต่อหน่วยทดแทนสัมพัทธ์ (B'/R) และผลจับต่อหน่วยทดแทนสัมพัทธ์ (Y'/R)

การวิเคราะห์มวลชีวภาพต่อหน่วยทดแทนสัมพัทธ์ (B'/R) และผลจับต่อหน่วยทดแทนสัมพัทธ์ (Y'/R) ใช้เพื่อประเมินอัตราการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมของทรัพยากรปูม้า โดยใช้วิธีของ Beverton and Holt (1957) ซึ่งปรับปรุงโดย Gulland (1969) ดังนี้

$$Y'/R = F\times e^{-M(t_c-t_r)}\times W_\infty\times\left[\frac{1}{Z}-\frac{3S}{Z+K}+\frac{3S^2}{Z+2K}-\frac{S^2}{Z+3K}\right].....(46)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยกำหนดให้

$$S = e^{-K*(t_c - t_0)} \quad \text{.....(47)}$$

เมื่อ t_o = อายุสมมติของสัตว์น้ำที่ความยาวเท่ากับศูนย์ (ปี)

t_c = อายุแรกจับ (ปี)

W_∞ = น้ำหนักอนันต์ของปูม้า (กรัม)

6.4.2 วิเคราะห์ประชากรเสมือน

ประมาณประชากรปูม้าที่เหลือรอดในชายฝั่งทะเลจังหวัดตรัง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ VPA ด้วยวิธีการวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำของโจนส์ที่ใช้ฐานข้อมูลฐานความยาว (Jones' length-based cohort analysis) (Jones and van Zalinge, 1981) โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรที่เกิดขึ้นเนื่องจากการลงแรงประมงในระดับต่างๆ กัน จากนั้นประมาณค่าจำนวนปูม้าเฉลี่ย มวลชีวภาพ และผลผลิตเฉลี่ย ตามสมการที่ (20), (21), (22) และสมการที่ (23) ตามลำดับ

6.4.3 อัตราการใช้ประโยชน์ (Exploitation rate: *E*)

การประมาณค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรปูม้าตามวิธีของพอลลี (Pauly, 1987) ด้วยสมการที่ (24)

6.4.4 ตัวแบบการทำนายของธอมพ์สันและเบลล์ที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว

การทำนายผลผลิตในอนาคตของปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง โดยใช้ตัวแบบการทำนายของธอมพ์สันและเบลล์ ตามสมการที่ (26) และ (27) คำนวณผลผลิตและมูลค่าปูม้าที่จำแนกตามกลุ่มความยาวจากสมการที่ (23) และ (28) ประมาณจำนวนสัตว์น้ำเฉลี่ยที่รอดชีวิตตามกลุ่มความยาว ตามสมการที่ (29) คำนวณมวลชีวภาพเฉลี่ยคูณ Δt ตามกลุ่มความยาว ตามสมการที่ (30) และคำนวณผลผลิตและมูลค่ารายปี โดยการรวมผลผลิตและมูลค่าของทุกกลุ่มความยาว ตามสมการที่ (31) และ (32) ประมาณค่ามวลชีวภาพเฉลี่ยตลอดช่วงอายุของรุ่นสัตว์น้ำหรือของทุกรุ่นในช่วงเวลา 1 ปี ตามสมการที่ (33) ผลผลิต มวลชีวภาพ และมูลค่า ที่ได้จากการทำประมงที่กำหนดให้ *F-factorX* มีค่าเท่ากับ 1 มากกว่า 1 หรือน้อยกว่า 1 จากนั้นนำค่าผลรวมของผลผลิต มวลชีวภาพต่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หน่วยเวลา และมูลค่า ที่ค่า *F-factorX* ต่างๆ มาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ จะพบว่าระดับที่มีผลผลิตสูงสุดคือจุดผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (MSY) และระดับที่มีมูลค่าสูงสุด คือจุดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด (MEY) (มาลา และ เจริญ, 2544) โดยค่า *F-factorX* คำนวณได้ดังนี้

$$F - factorX = F_L - currentX \quad \text{.....(48)}$$

เมื่อ $F\text{-}factorX$ = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงใหม่

$F_L\text{-}currentX$ = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงเดิม

X = ค่าปัจจัยที่ปรับค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง

ระดับผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด จะนำไปเปรียบเทียบกับสภาวะการทำประมงปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง เพื่อประกอบการตัดสินใจในการบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าในอนาคต

6.5 การประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง

การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง จะดำเนินการวิเคราะห์โดยการคำนวณหาจำนวนสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ ด้วยสมการที่ (34) และสามารถคำนวณหาน้ำหนักของสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการจากสมการที่ (35) จากนั้นจะคำนวณหามูลค่าของสัตว์น้ำที่เหลือรอดจนได้ขนาดที่ตลาดต้องการ จากสมการที่ (36) และคำนวณมูลค่าความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของทรัพยากรประมง ได้ดังสมการที่ (37)

6.6 การเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า

การศึกษาแบบจำลองการเลือกจับ (selectivity model) ที่เหมาะสม รวมทั้งการประมาณค่าความยาวแรกจับ (length at first capture; L_c ในกรณีปูม้าจะใช้ ICW_c) มีความสำคัญต่อการจัดการประมงในปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง โดยการเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า ซึ่งมีทั้งประเภทลอบและอวนจมปู กำหนดใช้ข้อมูลนำเข้าเป็นผลจับปูม้าจากการใช้เครื่องมือประมงปูม้าในแต่ละประเภท จำนวน 12 เดือน โดยใช้วิธี probability of capture method (Boutson *et al*., 2009) และปรับใช้เส้นโค้งการเลือกจับแบบลอจีสติก (logistic curve) ดังสมการที่ (49) (มาลา และ เจริญ, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$S_L = \frac{1}{1+e^{(S_1 - S_2 * ICW)}} \quad \text{.....(49)}$$

เมื่อ S_L = ค่าการเลือกจับในแต่ละอัตรภาคชั้น

ICW = ค่ากลางความกว้างกระดองด้านใน

S_1, S_2 = ค่าคงที่

ซึ่งสามารถปรับสมการที่ (49) เป็นสมการเส้นตรงได้ดังนี้

$$\ln\left(\frac{1}{s_L} - 1\right) = S_1 - S_2 * ICW \quad \text{.....(50)}$$

โดยกำหนดให้ค่าคงที่ $S_1 = a$ และ $S_2 = b$

การประมาณช่วงพิสัยการเลือกจับ (selection range) หรือช่วงการเลือกจับ โดยจะมีความสอดคล้องกับความกว้างกระดองด้านในของปูม้าที่ระดับ $ICW_{c25\%}$, $ICW_{c50\%}$ และ $ICW_{c75\%}$ ดังนั้นช่วงความกว้างกระดองด้านในระหว่าง $ICW_{c25\%}$ ถึง $ICW_{c75\%}$ จึงเป็นช่วงพิสัยการเลือกจับ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$ICW_{c25\%} = \frac{(S_1 - \ln 3)}{S_2} \quad \text{.....(51)}$$

$$ICW_{c50\%} = \frac{S_1}{S_2} \quad \text{.....(52)}$$

$$ICW_{c75\%} = \frac{(S_1 + \ln 3)}{S_2} \quad \text{.....(53)}$$

การประมาณค่าปัจจัยการเลือกจับ (selection factor; SF) ของเครื่องมือประมง ซึ่งเป็นดัชนีที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่ทำให้สัตว์น้ำติดเครื่องมือประมงร้อยละ 50 และเป็นค่าคงที่ของสัตว์น้ำแต่ละชนิดต่อเครื่องมือประมงนั้น เนื่องจากโอกาสที่สัตว์น้ำจะลอดผ่านตาอวนนั้นขึ้นอยู่กับรูปร่างของสัตว์น้ำ เปรียบเทียบกับขนาดตาอวนของเครื่องมือประมง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้สามารถกำหนดสัดส่วนระหว่างความกว้างกระดองปูม้าที่ถูกจับไว้ 50 % กับขนาดของตาอวน ดังสมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$ICW_{c50\%} = SF * m \quad \text{.....(54)}$$

ซึ่งสามารถปรับสมการได้เป็น

$$SF = \frac{ICW_{c50\%}}{m} \quad \text{.....(55)}$$

เมื่อ SF = ค่าปัจจัยการเลือกจับ

$ICW_{c50\%}$ = ความกว้างกระดองปูม้าที่ถูกจับไว้ได้ 50 %

m = ขนาดช่องตาอวนของเครื่องมือประมง

เมื่อทราบค่าปัจจัยการเลือกจับของเครื่องมือประมงแล้ว จะสามารถใช้ค่าปัจจัยการเลือกจับไปประมาณค่า $ICW_{c50\%}$ ของเครื่องมือประมงขนาดช่องตาอวนต่างๆ เพื่อประโยชน์ในการปรับเปลี่ยนเครื่องมือประมงปูม้า สำหรับการวางแผนการจัดการประมง โดยสามารถแทนค่าขนาดตาอวนลงในสมการที่ (54)

นอกจากนี้ค่าปัจจัยการเลือกจับของเครื่องมือประมง ยังสามารถคำนวนหาค่าขนาดช่องตาอวนที่เหมาะสมในการเลือกจับสัตว์น้ำ ที่มีขนาดความกว้างกระดองด้านในโตมากกว่าขนาดสัตว์น้ำวัยเจริญพันธุ์ เมื่อทราบขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ดังนี้

$$m_o = \frac{ICW_{m50\%}}{SF} \quad \text{.....(56)}$$

เมื่อ m_o = ขนาดช่องตาอวนที่เหมาะสม

$ICW_{m50\%}$ = ขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50

SF = ค่าปัจจัยการเลือกจับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

7.1 สถานที่ศึกษาวิจัย

7.1.1 สถานที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ชุมชนชายฝั่งในจังหวัดตรัง แบ่งพื้นที่ให้ครอบคลุมทั้ง 4 อำเภอ ซึ่งมีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลและมีชาวประมงในชุมชนประกอบอาชีพประมงปูม้าเป็นหลัก

7.1.2 สถานที่สำหรับดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

7.2 ระยะเวลาศึกษาวิจัย

7.2.1 กำหนดระยะเวลาดำเนินการศึกษาตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 รวม 12 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาสภาวะการประมงปูม้าในจังหวัดตรัง เพื่อให้ทราบถึงชีววิทยาการสืบพันธุ์ พลวัตประชากรและการประเมินสภาวะการประมง รวมถึงการศึกษาการเลือกจับของเครื่องมือประมง จากการประมงพื้นบ้าน เพื่อนำไปสู่การจัดการทรัพยากรปูม้า ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง มีผลศึกษาดังต่อไปนี้

1. การศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างปูม้าเป็นรายเดือน รวมจำนวน 12 เดือน เพื่อศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้า ผลการศึกษาได้ตัวอย่างปูม้าทั้งหมด 431 ตัว (เพศผู้ 217 ตัว และเพศเมีย 214 ตัว) พบว่าปูม้าเพศผู้และเพศเมียมีความกว้างกระดองด้านใน อยู่ในช่วง 7.07 -11.11 เซนติเมตร และ 7.02 - 11.24 เซนติเมตร มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วง 50-200 กรัม และ 46-190 กรัม ตามลำดับ โดยมีผลการศึกษาชีววิทยาการสืบพันธุ์ดังนี้

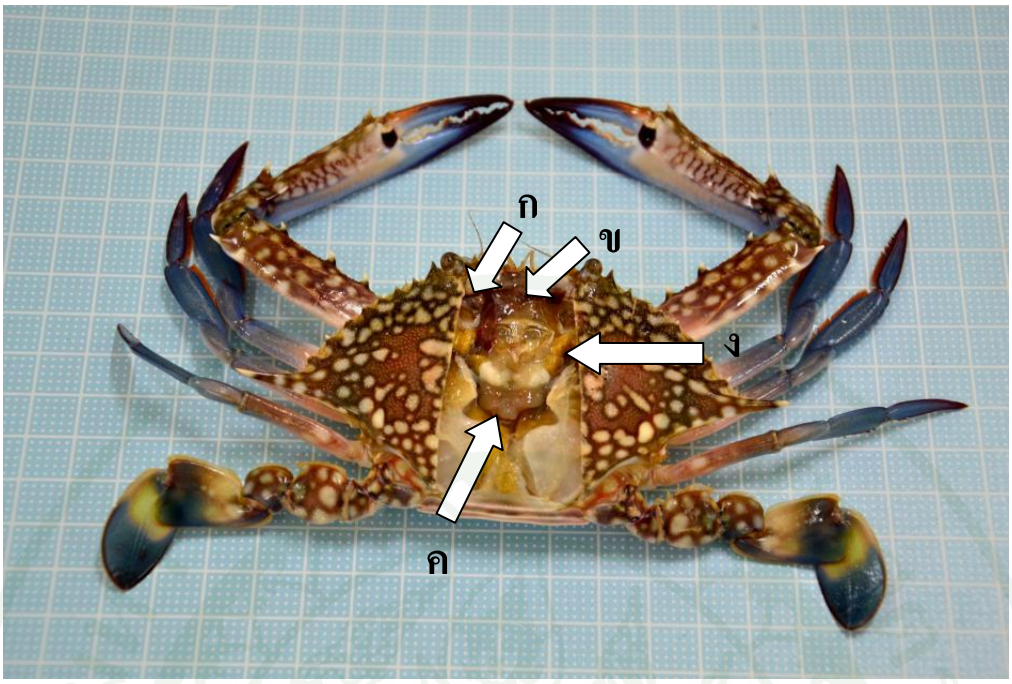
1.1 ลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

การศึกษาลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ ตามวิธีการของ Abello (1989) และศึกษาลักษณะทางมิญชวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์ จะเห็นรังไข่ หรือถุงน้ำเชื้อ อยู่บริเวณด้านบนของหัวใจกระเพาะอาหารอยู่ใต้ขอบของกระดองทั้งสองด้าน ซึ่งรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อจะอยู่ติดกับตับ มีเหงือกตั้งอยู่ที่ด้านข้างของรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ (ภาพที่ 4-5)

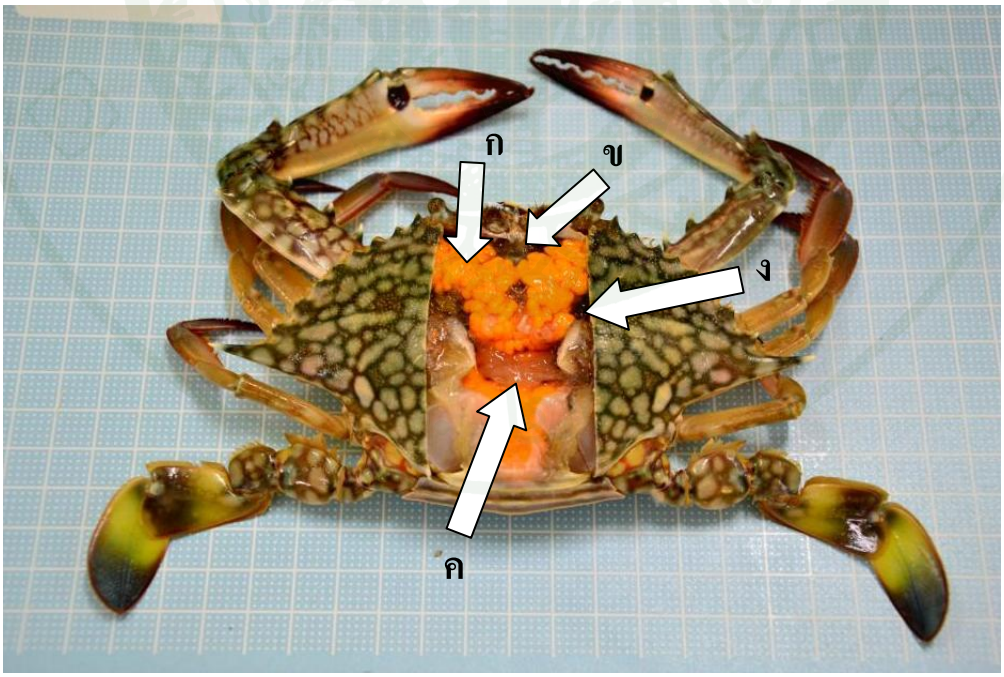
1.2 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

1.2.1 ถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ในการศึกษาครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ระยะ ตามวิธีของ Abello (1989) คือระยะไม่สมบูรณ์เพศ (immature) (ภาพที่ 6) และระยะสมบูรณ์เพศ (mature) (ภาพที่ 7)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 ลักษณะภายนอกและภายในของปูม้าเพศผู้ในบริเวณจังหวัดตรัง
(ก) =ถุงน้ำเชื้อ, (ข)= กระเพาะอาหาร, (ค)= หัวใจ และ (ง)= ตับ



ภาพที่ 5 ลักษณะภายนอกและภายในของปูม้าเพศเมียในบริเวณจังหวัดตรัง
(ก)=รังไข่, (ข)= กระเพาะอาหาร, (ค)= หัวใจ และ (ง)= ตับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

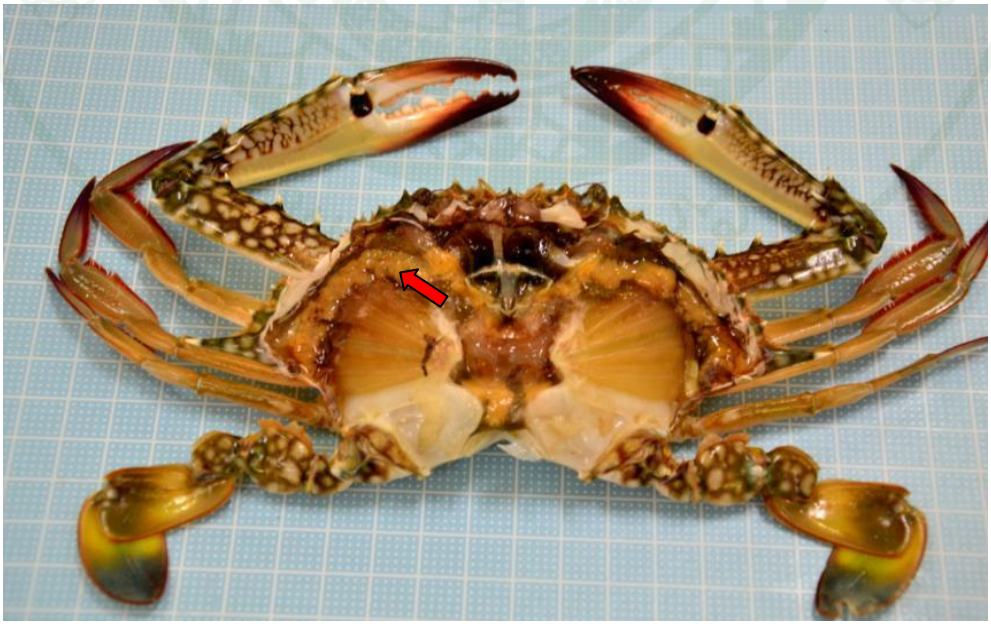
ภาพที่ 6 ลักษณะภายนอกของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะไม่สมบูรณ์เพศ

ภาพที่ 7 ลักษณะภายนอกของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสมบูรณ์เพศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 รังไข่ของปูม้าเพศเมีย จากการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ตามวิธีการของ Abello (1989) คือรังไข่ระยะ resting gonad (ภาพที่ 8) ระยะ beginning of maturation (ภาพที่ 9) ระยะ mature (ภาพที่ 10) และระยะ pre-spawning (ภาพที่ 11) ดังนี้

ภาพที่ 8 ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ resting gonad



ภาพที่ 9 ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ beginning of maturation

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 10 ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ mature

ภาพที่ 11 ลักษณะภายนอกของรังไข่ปูม้าเพศเมีย ระยะ pre-spawning

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

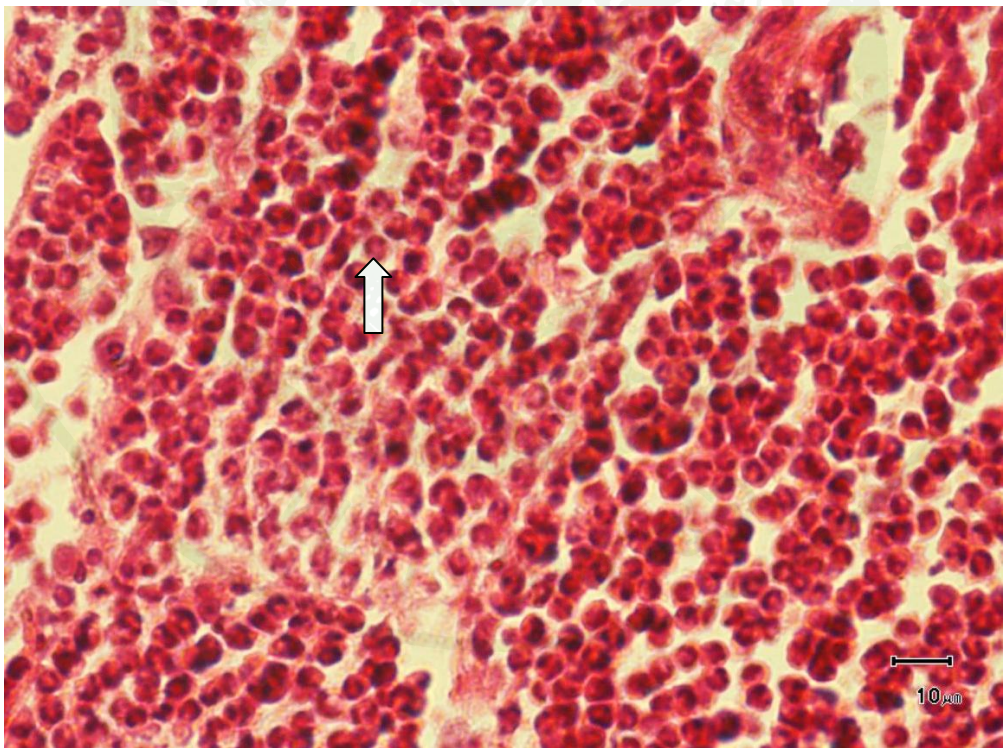
1.3 การพัฒนาการทางมิญชวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

1.3.1 การศึกษาด้านมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้

ถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ ออกเป็น 2 ระยะตามวิธีของ จักรพัณน์ (2545) ได้ดังนี้

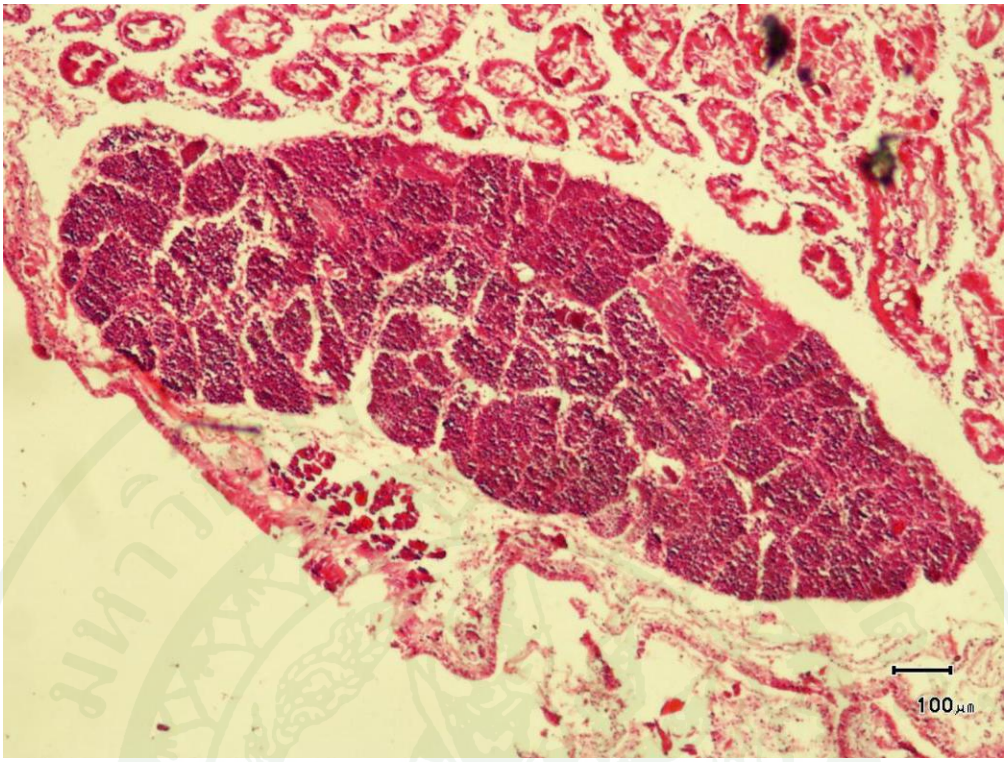
1.3.1.1 ระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส (spermatogenesis) ระยะนี้จะพบเซลล์มีขนาดใหญ่ รูปร่างกลม นิวเคลียสติดสีน้ำเงินเข้มของ hematoxylin ไซโตพลาสซึมติดสีชมพูของ eosin เซลล์มีความหนาแน่นน้อย (ภาพที่ 12, 13)

1.3.1.2 ระยะสเปอร์มิเอชั่น (spermiation) ระยะนี้เซลล์มีขนาดเล็กลง รูปร่างเป็นวงรีคล้ายแคปซูล เห็นนิวเคลียสติดสีน้ำเงินชัดเจน มีความหนาแน่นของเซลล์มาก (ภาพที่ 14, 15)

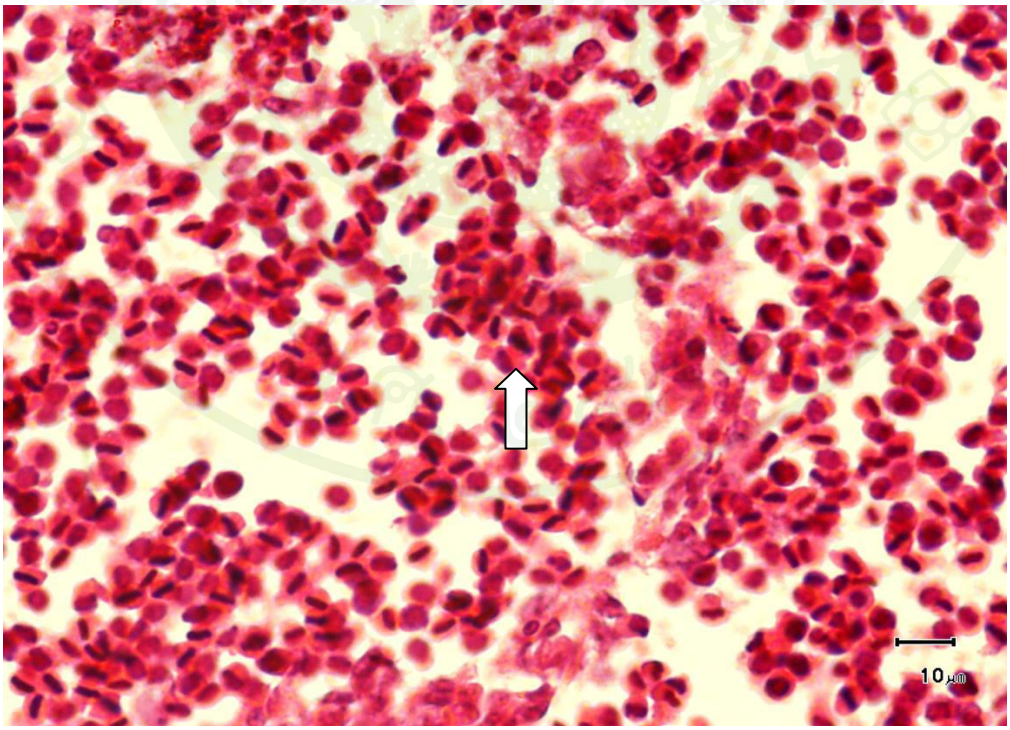


ภาพที่ 12 ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส (spermatogenesis) ลูกศร = nucleus ของ sperm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



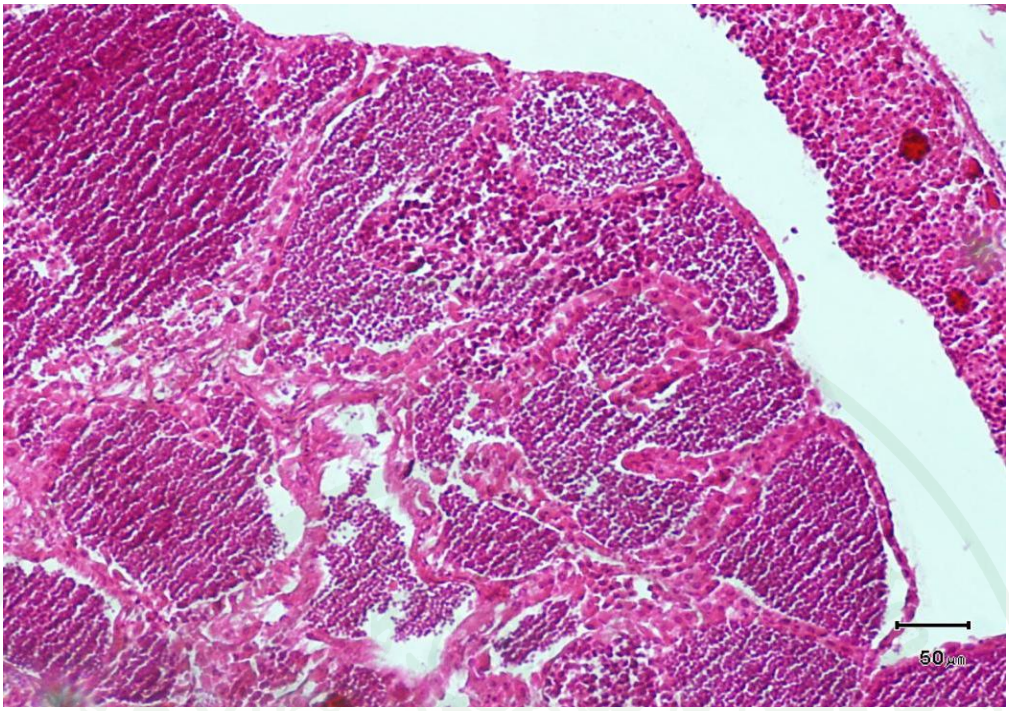
ภาพที่ 13 ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส



ภาพที่ 14 ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปอร์มิเอชั่น (spermiation)

ลูกศร = nucleus ของ sperm

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 15 ลักษณะทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ระยะสเปอร์มิเอชั่น

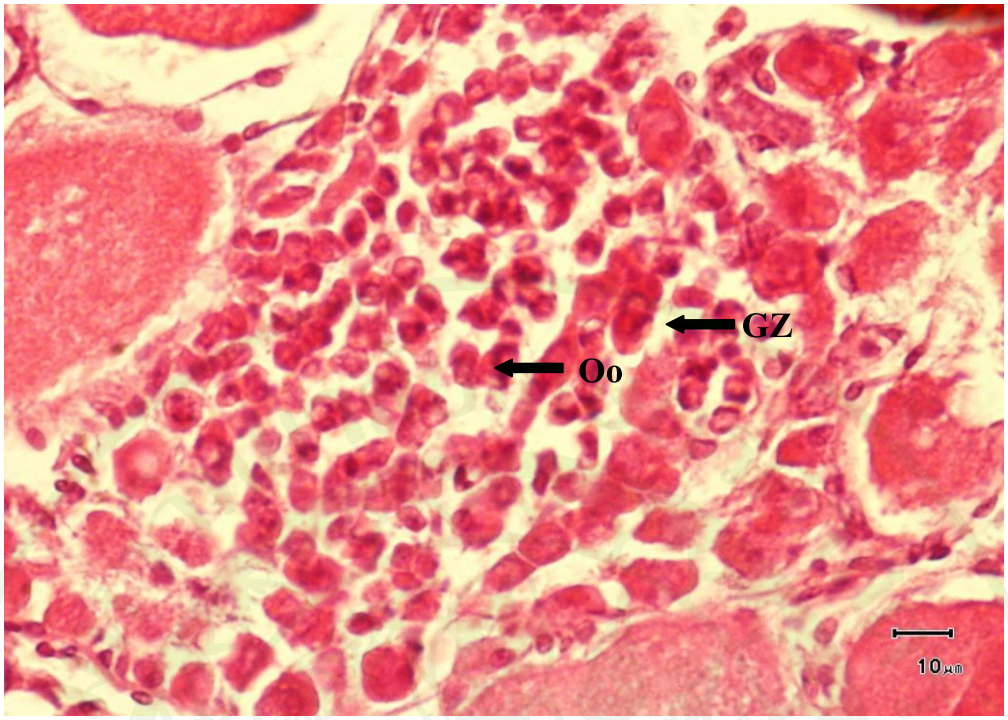
1.3.2 การศึกษาด้านมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าเพศเมีย

การศึกษาด้านมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าเพศเมียในครั้งนี้ สามารถจัดแบ่งรังไข่ออกเป็น 4 ระยะ โดยมีผลการศึกษาดังนี้

1.3.2.1 รังไข่ระยะที่ 1 (oogonia) ระยะนี้ oocyte มีขนาดเล็ก ลักษณะเป็นวงรี nucleus ติดสีน้ำเงินของ hematoxylin พบที่บริเวณ germinal zone (ภาพที่ 16)

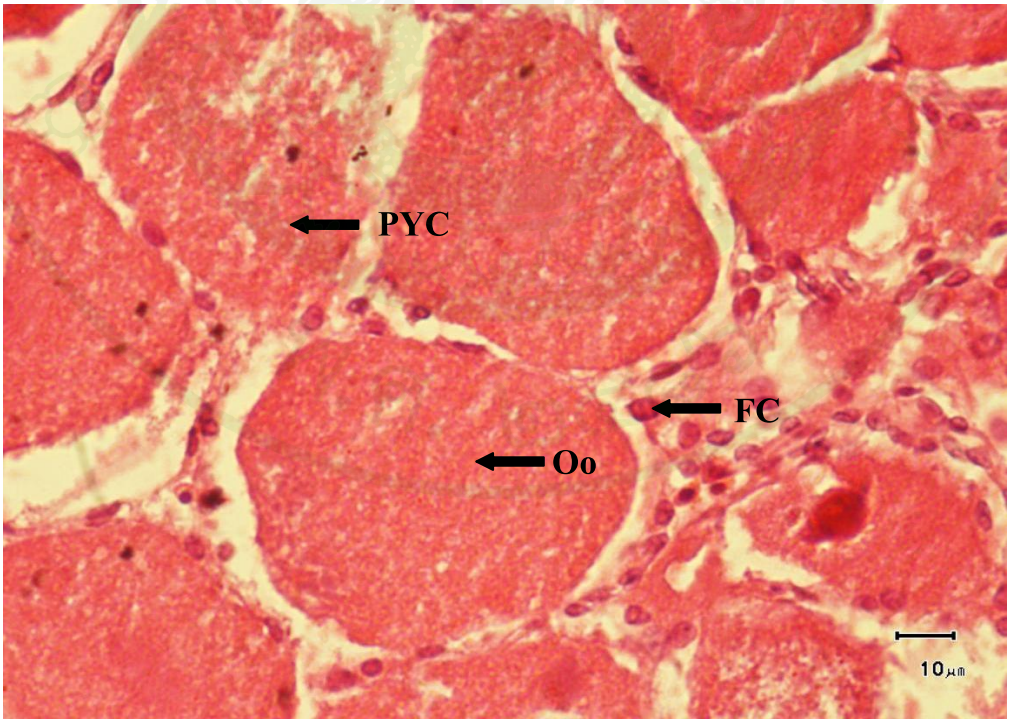
1.3.2.2 รังไข่ระยะที่ 2 (primary oocyte) ระยะนี้ oocyte มีขนาดใหญ่ขึ้น มีการสร้าง perinuclear yolk complex เห็นเป็นจุดวงกลมสีชมพู มองเห็น nucleus และ nucleus membrane ชัดเจน อาจเห็น nucleolus ได้ follicle cell มีลักษณะกลมและไม่จับกับผนัง oocyte (ภาพที่ 17)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 ลักษณะมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 1 (oogonia)

GZ = Germinal Zone, Oo = Oogonia



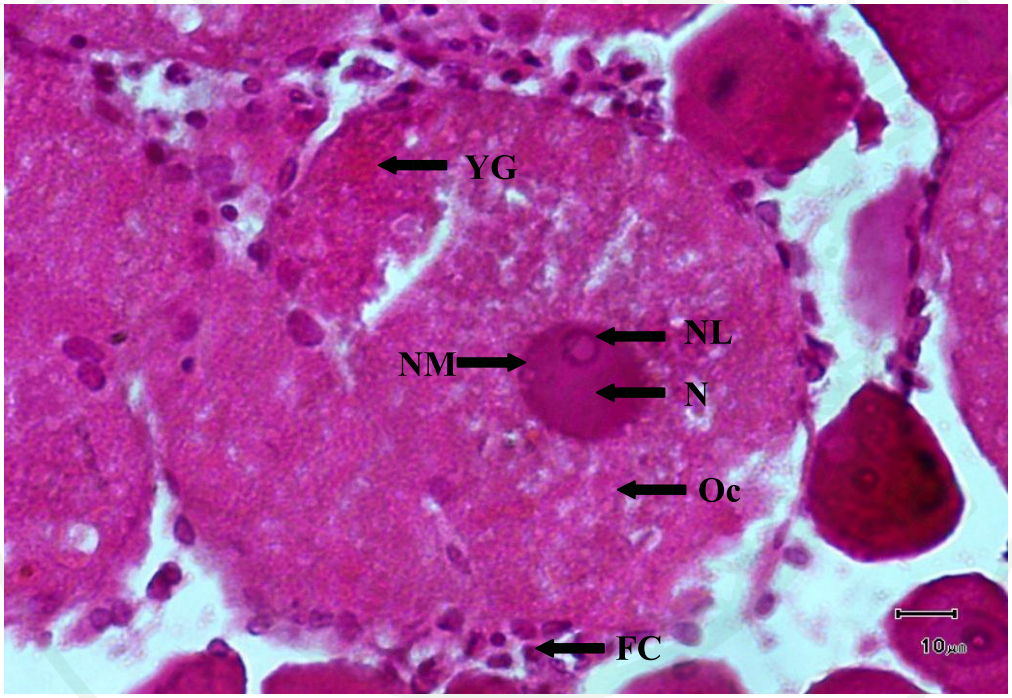
ภาพที่ 17 ลักษณะมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 2 (primary oocyte)

Oc = Oocyte, FC = Follicle Cell, PYC = Perinuclear Yolk Complex

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.3.2.3 รังไข่ระยะที่ 3 (secondary oocyte) ระยะนี้ oocyte มีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนของ perinuclear yolk complex มีขนาดใหญ่ขึ้นเห็นเป็นวงกลมสีชมพูจำนวนมาก ซึ่งเรียกว่า yolk globule มีจุดสีขาวบริเวณ ooplasm และ follicle cell เป็นรูปวงรีล้อมรอบเซลล์ ทำให้เห็น oocyte แยกออกจากกัน มองเห็น nucleus และ nucleus membrane ชัดเจน (ภาพที่ 18)

1.3.2.4 รังไข่ระยะที่ 4 (full growth oocyte) ระยะนี้ oocyte มีขนาดใหญ่ที่สุด มีขนาดค่อนข้างคงที่ yolk globule เป็นสีชมพูเห็นเป็นเนื้อเดียวกัน เห็น nucleus ชัดเจน แต่จะไม่เห็น nucleus membrane ส่วน follicle cell มีลักษณะเป็นแผ่นล้อมรอบ oocyte (ภาพที่ 19)

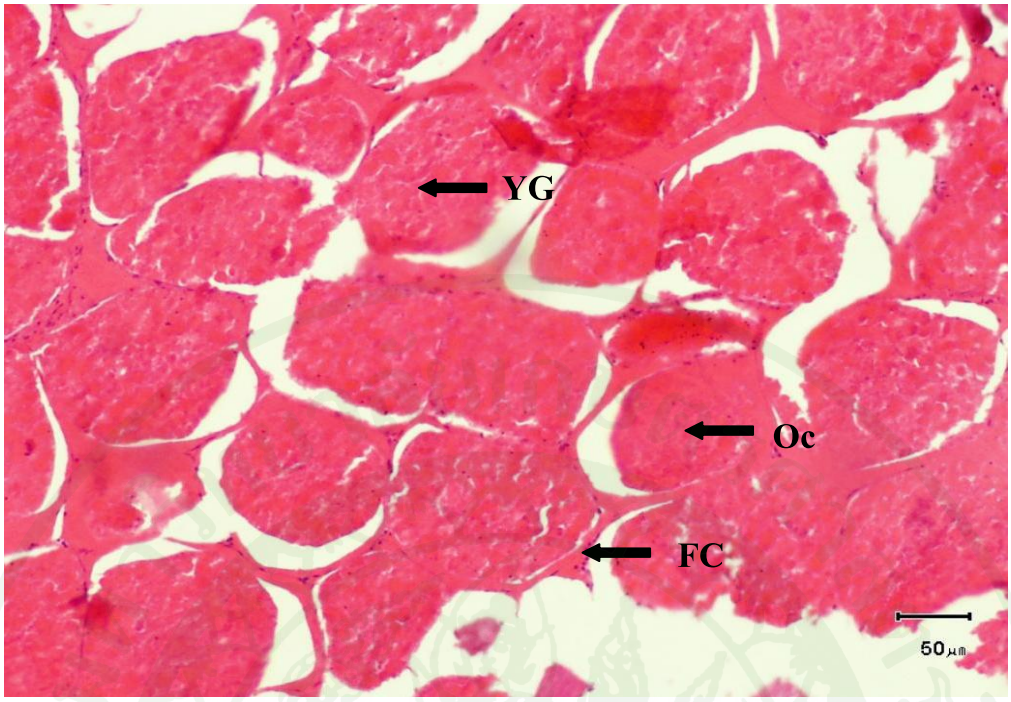


ภาพที่ 18 ลักษณะมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 3 (secondary oocyte)

Oc = Oocyte, YG = Yolk Globule, N = Nucleus, NM = Nuclear Membrane,

NL = Nucleolus, FC = Follicle Cell

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 19 ลักษณะทางมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าระยะที่ 4 (full growth oocyte)

Oc = Oocyte, YG = Yolk Globule, FC = Follicle Cell

ผลการศึกษาการพัฒนาถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ พบว่าปูม้าเพศผู้ที่สมบูรณ์เพศ (ปูม้าเพศผู้ที่มีการพัฒนาถุงน้ำเชื้ออยู่ในระยะที่ 2) สูงสุดในเดือนธันวาคมและกันยายน ส่วนการพัฒนารังไข่ของปูม้าเพศเมีย พบว่าปูม้าเพศเมียในระยะที่สมบูรณ์เพศสูงสุดในเดือนสิงหาคม (ปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่อยู่ในระยะที่ 4 หรือปูม้าไข่แก่) อย่างไรก็ตามสามารถพบการพัฒนาระยะอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้าทั้งเพศผู้และเพศเมียในระยะสมบูรณ์เพศตลอดทั้งปี แสดงว่าปูม้าสามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้ตลอดทั้งปี (all year round spawner) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจินตนา และคณะ (2552) ได้ศึกษาการประมงปูม้าในบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าปูม้ามีการวางไข่ตลอดทั้งปี

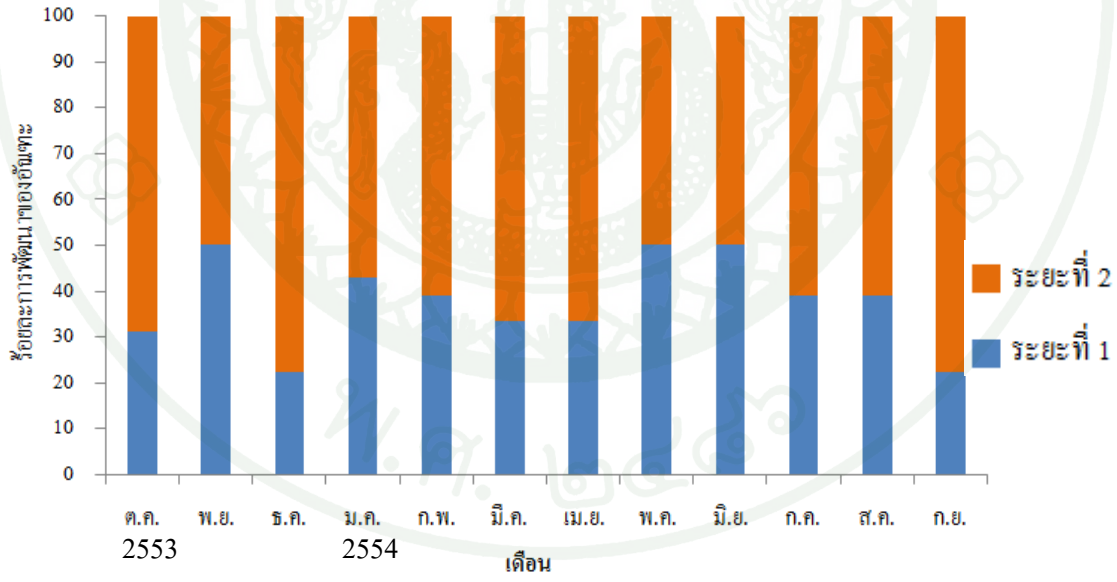
จากการศึกษาการพัฒนาระยะของอวัยวะสืบพันธุ์ปูม้าทั้งเพศผู้และเพศเมียด้วยวิธีการทางมิญชวิทยา จะพบว่าอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง สามารถพบการพัฒนาของระยะสืบพันธุ์ได้มากกว่าสองระยะขึ้นไป แต่จะมีระยะเด่นเพียง 1-2 ระยะเท่านั้น แสดงให้เห็นว่าปูม้ามีการพัฒนาระยะของอวัยวะสืบพันธุ์เป็นชุดๆ ซึ่งกล่าวได้ว่าปูม้าจะมีการทยอยวางไข่เป็นชุด ได้ 2-3 ชุดต่อการผสมพันธุ์ 1 ครั้ง (สุเมธ, 2527; Kangas, 2000; Johnson *et al*., 2010)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

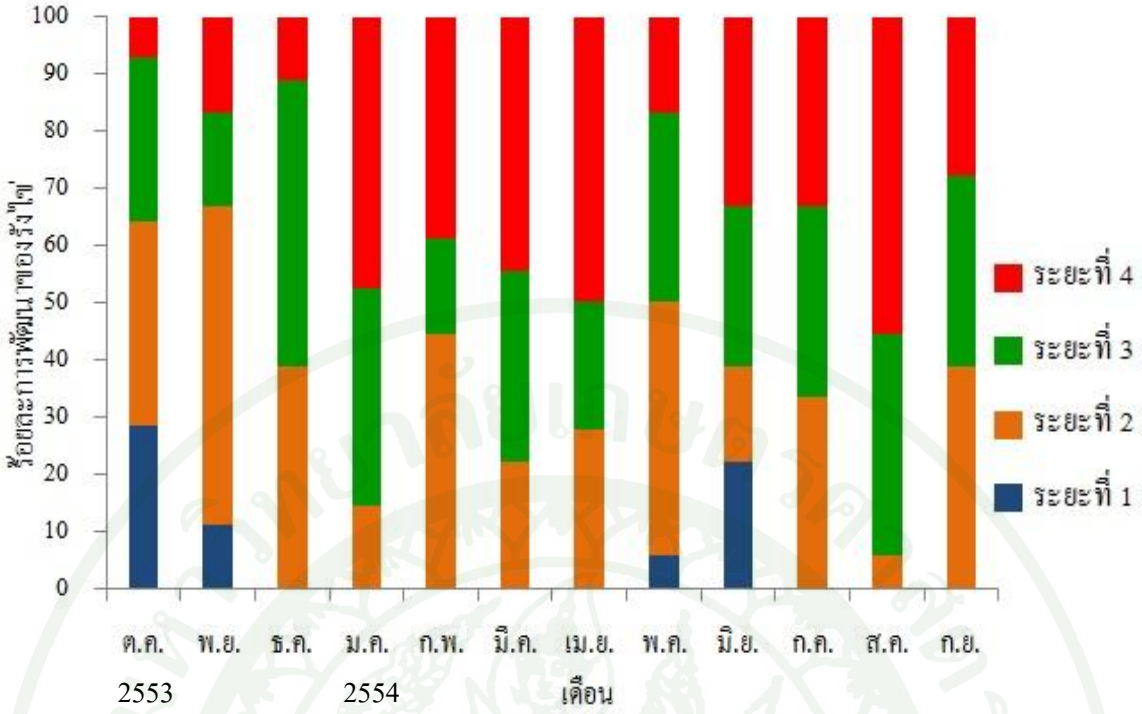
การพัฒนาถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ พบว่าปูม้าเพศผู้ที่ยังไม่สมบูรณ์เพศ (ปูม้าเพศผู้ที่มีการพัฒนาถุงน้ำเชื้อในระยะที่ 1) มากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน พฤษภาคม และมิถุนายน เท่ากันคือร้อยละ 50 และปูม้าเพศผู้ที่สมบูรณ์เพศ (ปูม้าเพศผู้ที่มีการพัฒนาถุงน้ำเชื้อในระยะที่ 2) พบมากในเดือนธันวาคมและกันยายนเท่ากันคือร้อยละ 77.78 (ภาพที่ 20, ตารางผนวกที่ 1)

ส่วนการพัฒนารังไข่ของปูม้าเพศเมีย พบว่าปูม้าเพศเมียที่ยังไม่สมบูรณ์เพศ (ปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่ในระยะที่ 1) พบมากที่สุดในเดือนตุลาคม ร้อยละ 28.57 ส่วนปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่ ในระยะที่ 2 พบมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ร้อยละ 55.56 ปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่ ระยะที่ 3 (ปูม้าไข่อ่อน) พบมากที่สุดในเดือนธันวาคม ร้อยละ 50.00 และปูม้าเพศเมียในระยะที่สมบูรณ์เพศ (ปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่ในระยะที่ 4 หรือปูม้าไข่แก่) พบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม ร้อยละ 55.56 (ภาพที่ 21, ตารางผนวกที่ 2)



ภาพที่ 20 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศผู้ ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 21 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

จากผลการศึกษาพบว่าการพัฒนาระยะของถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ระยะสมบูรณ์เพศ (ระยะที่ 2) พบสูงสุดในเดือนธันวาคมและกันยายน ซึ่งมีความสอดคล้องกับการพัฒนาระยะของรังไข่ของปูม้าเพศเมียระยะสมบูรณ์เพศ (ระยะที่ 4) ที่พบสูงสุดในเดือนมกราคมและสิงหาคม แต่อย่างไรก็ตามพบว่าการพัฒนาระยะอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้าทั้งเพศผู้และเพศเมีย มีการพัฒนาของอัณฑะและรังไข่ในระยะสมบูรณ์เพศตลอดทั้งปี แสดงว่าปูม้าสามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้ตลอดทั้งปี (สุเมธ, 2527; Svane and Hooper, 2004) และพบว่าปูม้าสามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้มากกว่า 1 ครั้งในฤดูการสืบพันธุ์ โดยพบว่าประมาณ 8-10 วัน หลังจากได้วางไข่ครั้งแรกไปแล้ว แม่ปูม้าจะมีการพัฒนาของรังไข่ครั้งที่สองได้อีกครั้ง (Meagher, 1971; Kumer *et al*., 2003)

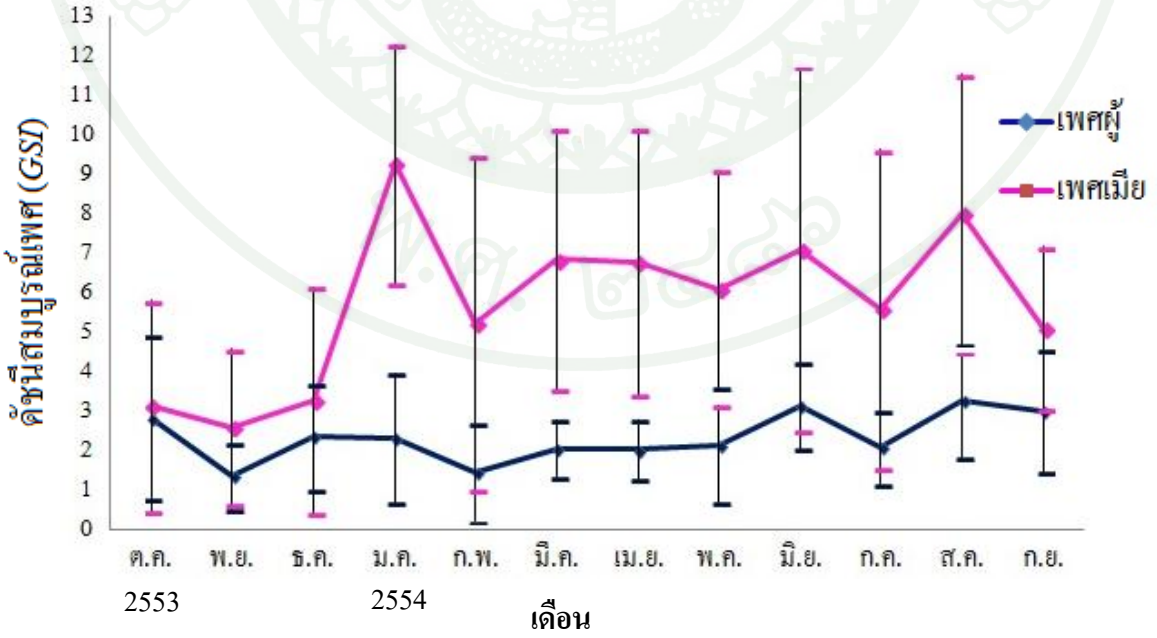
1.5 การศึกษาดัชนีสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index; *GSI*)

การศึกษาช่วงการสืบพันธุ์ของปูม้า โดยศึกษาค่าดัชนีสมบูรณ์เพศ พบว่าปูม้าเพศผู้มีค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศ *GSI* อยู่ในช่วง 1.34-3.25 พบมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 1.34±0.84 และมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 3.25±1.44 (ภาพที่ 22, ตารางผนวกที่ 3) ส่วนปูม้าเพศเมียมีค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศ *GSI* อยู่ในช่วง 2.60-9.24 โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 2.60±1.97 และมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 9.24±3.04 (ภาพที่ 22, ตารางผนวกที่ 3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการศึกษาค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศของปูม้า พบว่าปูม้ามีช่วงการสืบพันธุ์วางไข่อย่างน้อย 2 ช่วงใน 1 ปี คือเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ และเดือนกรกฎาคมถึงเดือนกันยายน โดยจะเริ่มผสมพันธุ์ในเดือนธันวาคมและเดือนกรกฎาคม หลังจากนั้นจะเริ่มปล่อยไข่ในเดือนมกราคมและเดือนสิงหาคม สอดคล้องกับการศึกษาของสุเมธ (2527); จินตนา (2544) ซึ่งได้ศึกษาปูม้าบริเวณอ่าวไทยพบมีการสืบพันธุ์วางไข่ตลอดทั้งปี ส่วน Pillai and Nair (1971) ศึกษาปูม้าในบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตกของประเทศอินเดีย พบช่วงการสืบพันธุ์วางไข่ 2 ช่วง คือในเดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม และเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน และ Ehsan *et al*. (2010) ได้ศึกษาปูม้าในอ่าวเปอร์เซีย พบปูม้ามีช่วงการสืบพันธุ์วางไข่ 2 ช่วง คือเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม และเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุเมธ (2527); กมลรัตน์ และคณะ (2555) ซึ่งได้ศึกษาปูม้าในบริเวณอ่าวไทย พบว่าปูม้าในบริเวณอ่าวไทยมีช่วงการสืบพันธุ์วางไข่ตลอดทั้งปี

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาระยะการสืบพันธุ์ของปูม้าในจังหวัดตรัง พบว่าจะมีช่วงการสืบพันธุ์ 2 ช่วง และมีระยะช่วงสมบูรณ์เพศเพียง 3 เดือนซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ จินตนา และคณะ (2552) ที่รายงานการศึกษาชีววิทยาปูม้าในบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่าปูม้ามีช่วงการสืบพันธุ์ 2 ช่วง คือระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์และช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม ซึ่งมีระยะเวลามากกว่า 4-5 เดือนในแต่ละช่วงการสืบพันธุ์ เนื่องจากปัจจัยในการพัฒนาการสืบพันธุ์ของปูม้าจะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเล (วารินทร์, 2556)



ภาพที่ 22 ค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศ (*GSI*) ของปูม้า ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

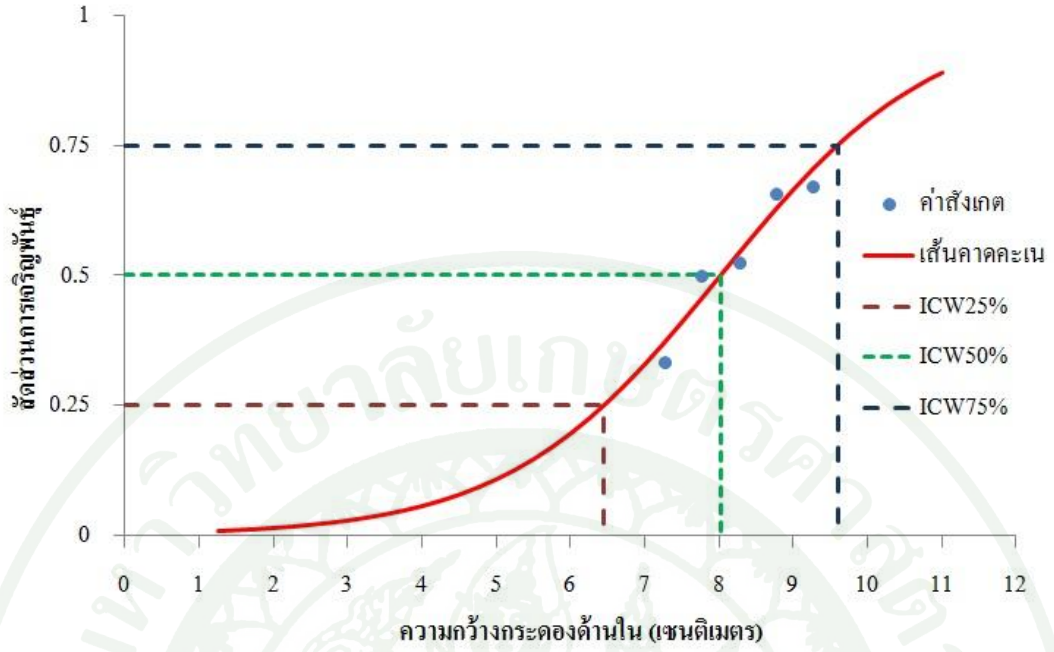
1.6 การศึกษาขนาดสืบพันธุ์ของปูม้า

ผลการศึกษาขนาดสืบพันธุ์ของปูม้า พบว่าปูม้าเพศผู้ที่สัดส่วนวัยเจริญพันธุ์ (P_{ICW}) เท่ากับ 0.5 คือความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ($ICW_{m50\%}$) ปูม้าเพศผู้จะมีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 8.02 เซนติเมตร และสัดส่วนของวัยเจริญพันธุ์ที่ 0.25 และ 0.75 คือความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 25 ($ICW_{m25\%}$) และร้อยละ 75 ($ICW_{m75\%}$) จะมีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 6.43 และ 9.58 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่23) ส่วนขนาดสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย พบว่าความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ($ICW_{m50\%}$) มีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 8.09 เซนติเมตร และความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 25 ($ICW_{m25\%}$) และร้อยละ 75 ($ICW_{m75\%}$) จะมีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 7.88 และ 8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 24)

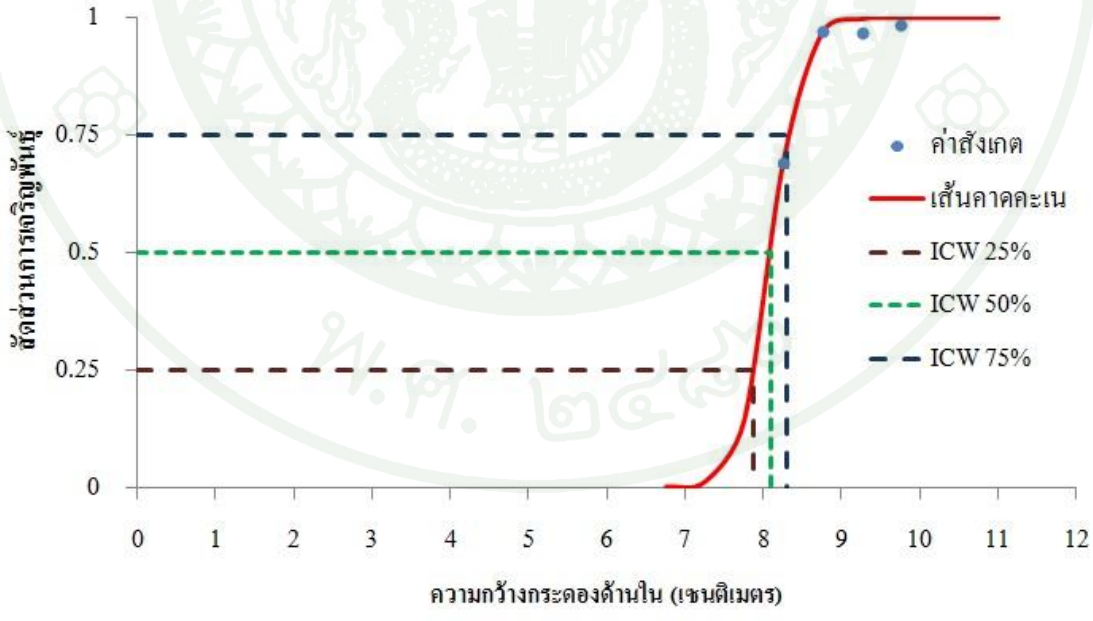
จากผลการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปูม้าที่สมบูรณ์เพศต่อปูม้าทั้งหมดเป็นแบบ logistic function โดยมีสมการความสัมพันธ์ของปูม้าเพศผู้และเพศเมียคือ $P_{ICW} = \frac{1}{1+e^{(5.57-0.69*ICW)}}$ และ $P_{ICW} = \frac{1}{1+e^{(5.57-0.69*ICW)}}$ ตามลำดับ และพบว่าสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์ของปูม้าที่ร้อยละ 25 ถึงสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์ของปูม้าที่ร้อยละ 75 เป็นช่วงที่ปูม้ามีความสามารถในการเจริญพันธุ์ได้ดี ซึ่งพบว่าช่วงการสืบพันธุ์ที่ดีของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย มีความกว้างกระดองด้านใน เท่ากับ 6.43-9.58 เซนติเมตร และ 7.88-8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ

จากผลการศึกษาพบว่าขนาดสืบพันธุ์และช่วงที่ปูม้ามีความสามารถในการเจริญพันธุ์ได้ดี มีความใกล้เคียงกับรายงานการศึกษาในหลายพื้นที่ ได้แก่การศึกษาของสุเมธ (2527) รายงานการศึกษาปูม้าบริเวณอ่าวไทย พบว่าปูม้าเพศเมียมีขนาดสืบพันธุ์ที่ความกว้างกระดองเท่ากับ 9.50 เซนติเมตร และเพศผู้มีขนาดสืบพันธุ์ที่ความกว้างกระดองเท่ากับ 6.80 เซนติเมตร ส่วนกมลรัตน์ และคณะ (2555) รายงานการศึกษาขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ของปูม้าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก มีความกว้างกระดองเท่ากับ 9.84 เซนติเมตร วารินทร์ (2556) พบว่าปูม้าเพศผู้ที่สามารถผสมพันธุ์ได้มีความกว้างกระดองเท่ากับ 6.50 เซนติเมตร และปูม้าเพศเมียสามารถผสมพันธุ์ได้มีความกว้างกระดองเท่ากับ 8.60 เซนติเมตร ส่วน de Lastang *et al.* (2003) ได้ศึกษาปูม้าที่ปากแม่น้ำ Peel Harvey และปากแม่น้ำ Leschenault พบว่าปูม้าเพศเมียมีขนาดสืบพันธุ์ที่ความยาวกระดองเท่ากับ 4.30 เซนติเมตร ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Smith *et al.* (2004) ที่รายงานผลการศึกษาปูม้าเพศเมียในอ่าวชาร์ค พบว่ามีขนาดสืบพันธุ์ที่ความยาวกระดองเท่ากับ 4.50 เซนติเมตร และ Johnson *et al.* (2010) ได้รายงานผลการศึกษาปูม้าบริเวณปากแม่น้ำทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศออสเตรเลีย พบว่ามีขนาดสืบพันธุ์ที่ความยาวกระดองเท่ากับ 4.60 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์กับความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศผู้



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์กับความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศเมีย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.7 ความดกไข่ของปูม้า

การศึกษาความดกไข่ของปูม้าเพศเมีย โดยกำหนดสุ่มตัวอย่างปูม้าเพศเมียจำนวน 120 ตัวต่อเดือน จากชาวประมงตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 ถึงเดือนกันยายน 2554 พบว่าปูม้ามีความกว้างกระดองด้านในอยู่ในช่วง 7.42-12.01 เซนติเมตร และมีน้ำหนักตัวระหว่าง 60-180 กรัม (ตารางที่ 2) สุ่มเลือกปูม้าที่มีการพัฒนาของรังไข่ในระยะที่ 3 และระยะที่ 4 จำนวน 280 ตัว เพื่อศึกษาลักษณะของไข่และความดกไข่ ผลการศึกษาพบว่าไข่ของปูม้ามีลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 318.07 ไมโครเมตร (ภาพที่ 25) และพบว่ารังไข่ของปูม้าเพศเมียมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 2.30-22.25 กรัม มีความดกไข่อยู่ในช่วง 98,627-1,325,786 ฟอง โดยพบค่าเฉลี่ยของความดกไข่คือ 481,753$\pm$221,503 ฟอง และการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น ได้สมการความสัมพันธ์ของความดกไข่กับความกว้างกระดองด้านในคือ $Fe = 697.44*ICW^{2.89}$ (ภาพที่ 26)

ผลการศึกษาความดกไข่ของปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรังครั้งนี้ มีความแตกต่างกับรายงานการศึกษาในพื้นที่ต่างๆ แต่พบว่าการกระจายของจำนวนความดกไข่จะมีความคล้ายกัน กล่าวคือจะมีช่วงการกระจายความดกไข่ที่กว้าง ได้แก่การศึกษาของจินตนา (2544) ที่ได้ศึกษาชีววิทยาของปูม้าในบริเวณอ่าวไทย พบปูม้ามีความดกไข่ระหว่าง 229,538-2,859,061 ฟอง และมีความดกไข่เฉลี่ย 998,292 ฟอง Ehsan *et al.* (2010) ที่รายงานการศึกษาชีววิทยาปูม้าในบริเวณชายฝั่ง Bandar Abbas อ่าว Northern Persian มีความดกไข่อยู่ในช่วง 277,421-1,114,348 ฟอง และมีความดกไข่เฉลี่ย 662,978 ฟอง Smith (1982) รายงานความดกไข่ของปูม้าอยู่ในช่วง 480,000-1,600,000 ฟอง และ Johnson *et al.* (2010) รายงานความดกไข่ของปูม้าในออสเตรเลีย อยู่ในช่วง 463,000-1,751,000 ฟอง อย่างไรก็ตามความดกไข่ของปูม้าจะขึ้นอยู่กับขนาดของปูม้า และจำนวนครั้งที่ปูม้าพัฒนารังไข่ต่อการได้รับการผสมพันธุ์จากปูม้าเพศผู้ ซึ่งหากเป็นพัฒนารังไข่ครั้งที่ 2 หรือครั้งที่ 3 พบว่าความดกไข่ของปูม้าจะมีจำนวนลดลง (Bezerra and Cascon, 2007; Kamrani *et al*., 2010; Johnson *et al*., 2010)

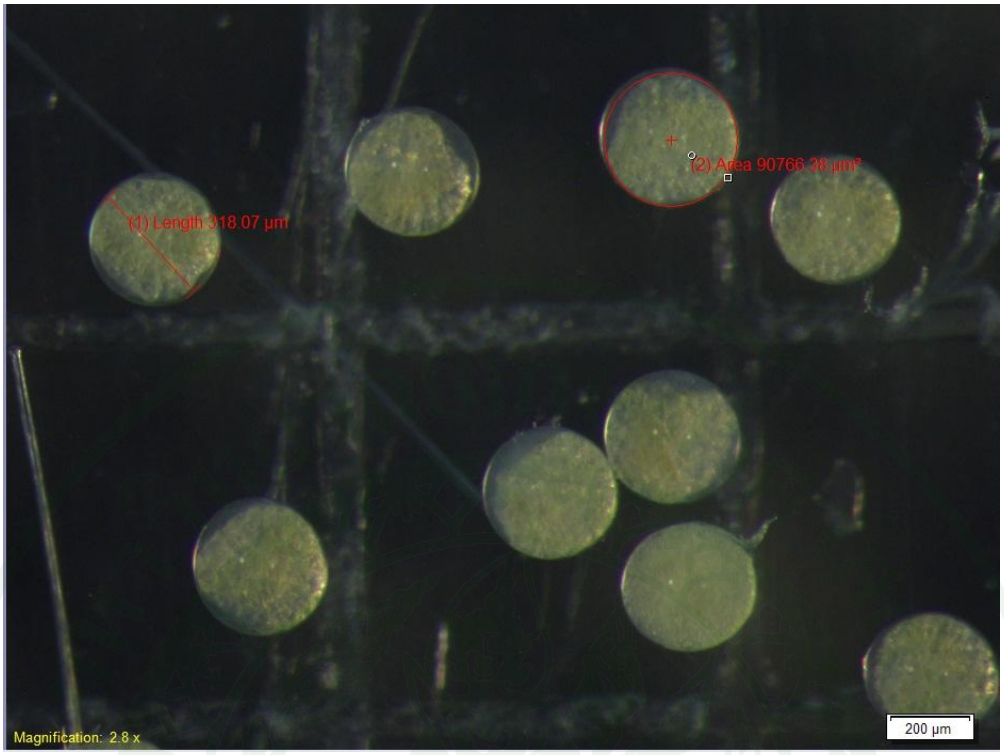
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 จำนวนและขนาดของปูม้าที่มีการพัฒนารังไข่ของปูม้า ระยะที่ 3 และ 4

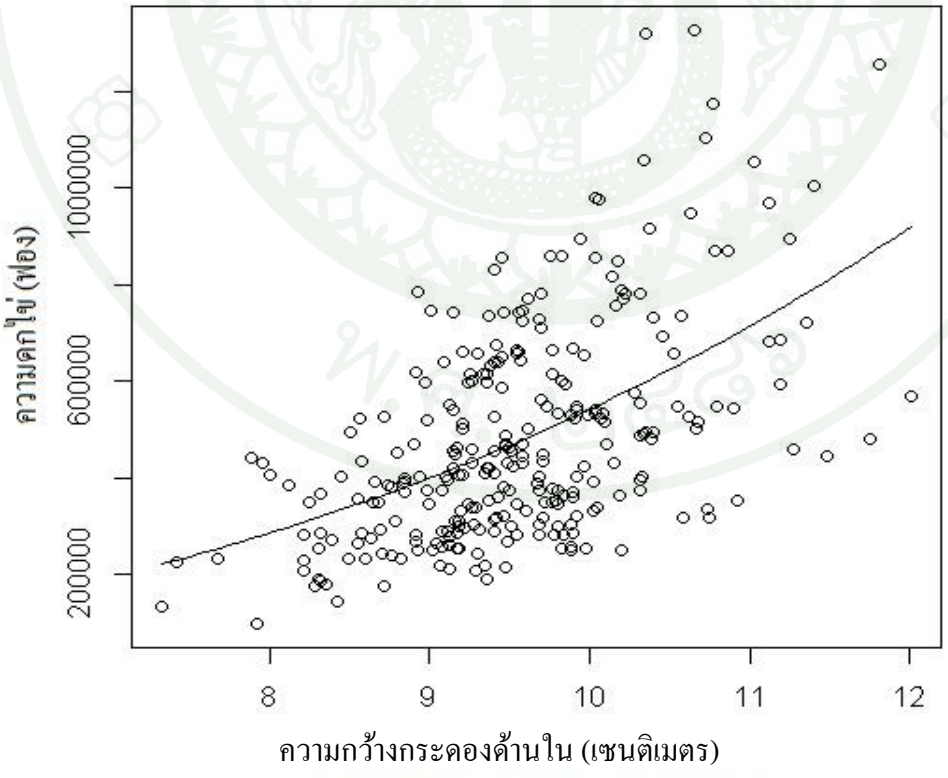
เดือน	จำนวนปูม้า ระยะที่ 3-4	ขนาดความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	น้ำหนักตัว (กรัม)	น้ำหนักรังไข่ (กรัม)
ต.ค. 53	33	7.76-11.37	98-180	3.57-17.85
พ.ย. 53	35	7.42-11.35	65-195	2.29-15.57
ธ.ค. 53	34	8.33-11.27	65-250	3.74-22.25
ม.ค. 54	29	8.74-12.01	95-230	4.71-19.00
ก.พ. 54	44	8.76-11.81	100-220	4.51-19.88
มี.ค. 54	19	8.92-11.12	98-170	7.19-18.81
เม.ย. 54	46	8.31-10.58	84-156	3.79-15.03
พ.ค. 54	45	8.22-10.66	74-156	4.22-13.10
มิ.ย. 54	47	7.68-10.02	60-128	2.88-12.58
ก.ค. 54	33	7.33-9.84	50-145	3.42-11.95
ส.ค. 54	65	8.12-10.38	82-154	3.85-14.64
ก.ย. 54	32	8.24-11.08	80-180	4.63-18.52
รวม	462	7.42-12.01	50-250	2.29-22.25

การศึกษาพิสัยของปูม้าที่สามารถสืบพันธุ์ได้ดี โดยอาศัยข้อมูลขนาดสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมียพบว่าโอกาสที่จะพบปูม้าวัยเจริญพันธุ์ร้อยละ 25, 50 และ 75 ในตัวอย่างปูม้าทั้งหมด มีขนาดความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 7.88, 8.09 และ 8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสามารถประมาณความดกไข่ของปูม้าเพศเมียที่ขนาดแรกสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 จะมีความดกไข่เท่ากับ 481,753 ฟอง และความดกไข่ของช่วงสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย ($ICW_{m25\%}$-$ICW_{m75\%}$) เท่ากับ 133,669-606,026 ฟอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 25 ลักษณะและขนาดของไข่ปูม้า ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่และความกว้างกระดองด้านในของปูม้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การศึกษาชีววิทยาประมง

2.1 ผลจับในรูปของจำนวนและน้ำหนักของปูม้า

ผลการศึกษาสภาวะการประมงปูม้าในจังหวัดตรัง จากข้อมูลตัวอย่างผลจับในรูปของจำนวนและน้ำหนักของปูม้า ในพื้นที่ 6 ชุมชนชายฝั่งของจังหวัดตรัง โดยใช้เครื่องมือประมงจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ลอบเหลี่ยม (ลอบแดง) ลอบกลมแบบพับ (ไซหยอง) ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู โดยสุ่มเก็บข้อมูลความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนัก จากชุมชนชายฝั่งทุกเดือนเป็นเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 เก็บรวบรวมตัวอย่างปูม้าได้ทั้งสิ้น 9,582 ตัว แบ่งเป็นปูม้าเพศผู้จำนวน 4,890 ตัว มีพิสัยความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัวเท่ากับ 4.24-13.71 เซนติเมตร และ 12-400 กรัม โดยมีความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ยเท่ากับ 9.11 ± 1.44 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 115.76 ± 51.49 กรัม ส่วนปูม้าเพศเมียจำนวน 4,692 ตัว มีพิสัยความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัวเท่ากับ 4.46-13.90 เซนติเมตร และ 10-430 กรัม โดยมีความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ยเท่ากับ 9.18 ± 1.48 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 114.28 ± 51.84 กรัม (ตารางผนวกที่ 4, 5)

ผลการศึกษาพบขนาดของปูม้าความแตกต่างจากการศึกษาในพื้นที่อื่นๆ ของประเทศไทย โดยวุฒิชัย และคณะ (2549); วุฒิชัย และคณะ (2550) รายงานความกว้างกระดองของปูม้าจากการประมงในฝั่งทะเลอ่าวไทยและอันดามัน พบว่าผลจับจากการประมงด้วยลอบปูม้ามีค่าอยู่ในช่วง 2.50-19.50 เซนติเมตร และผลจับจากอวนจมปู มีความกว้างกระดองในช่วง 4.00-20.50 เซนติเมตร ส่วนจินตนา และคณะ (2551) รายงานศึกษาการประมงปูม้าในบริเวณอ่าวไทยตอนบน มีค่าอยู่ในช่วง 3.25-19.25 เซนติเมตร ศันสนีย์ และจินดา (2549) รายงานความกว้างกระดองของปูม้าจากการประมงด้วยลอบปูบริเวณอ่าวไทนตอนกลาง พบว่าปูม้าเพศผู้มีค่าระหว่าง 9.39-15.04 เซนติเมตร และปูม้าเพศเมียมีค่าระหว่าง 9.24-14.60 เซนติเมตร

ความกว้างกระดองของปูม้าจากการศึกษาในครั้งนี้ มีช่วงการกระจายน้อยกว่ารายงานการศึกษาจากพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะในบริเวณฝั่งอ่าวไทย เนื่องจากการประมงปูม้าในฝั่งอ่าวไทยเป็นการประมงพาณิชย์ ใช้เรือขนาดใหญ่ออกทำประมงไกลจากชายฝั่งมากกว่า 5 กิโลเมตร มีระดับน้ำลึกมากกว่า 15 เมตร พบปูม้าขนาดใหญ่และขนาดกลางแพร่กระจายมากกว่าปูม้าขนาดเล็ก (วุฒิชัย และคณะ, 2549; วารินทร์, 2556) ส่วนการประมงปูม้าบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง เป็นการประมงพื้นบ้านหรือการประมงขนาดเล็ก คือจะทำการประมงใกล้ชายฝั่ง ส่วนใหญ่จะออกจากฝั่งไม่เกิน 5 กิโลเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับน้ำลึกไม่เกิน 15 เมตร ซึ่งบริเวณดังกล่าวจะพบปูม้าขนาดเล็กและขนาดกลาง มากกว่าปูม้าขนาดใหญ่ ผลจับปูม้าจากการประมงพื้นบ้านจึงพบปูม้าขนาดเล็กกว่าการประมงพาณิชย์ และมีช่วงการกระจายของความกระดองที่น้อยกว่า (วารินทร์, 2556)

ผลการศึกษาพบขนาดความกว้างกระดองมีขนาดเล็กกว่ารายงานในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย เนื่องจากการศึกษาของกรมประมง ส่วนใหญ่จะกำหนดการวัดค่าความกว้างกระดองด้านนอก (outer carapace width; *OCW*) เพราะเป็นการเก็บตัวอย่างสัตว์น้ำหลายชนิด จึงนิยมใช้วิธีวัดด้วยกระดาษวัดความยาว (punch paper) แต่พบว่าความกว้างกระดองด้านนอก ส่วนหนามแหลมด้านนอกของกระดองปูม้ามีโอกาสหักได้ระหว่างการประมง จึงอาจทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อน และ Sawasdee and Songrak (2009) ได้รายงานการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองกับน้ำหนักของปูม้าในจังหวัดตรัง พบว่าความกว้างกระดองด้านในกับน้ำหนัก มีความสัมพันธ์มากกว่าความกว้างกระดองด้านนอกกับน้ำหนัก อย่างไรก็ตามหากต้องการทราบความกว้างกระดองด้านนอกสามารถคำนวณได้ด้วยสมการความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านนอกกับความกว้างกระดองด้านใน (ธงชัย และคณะ, 2548)

2.2 การศึกษาอัตราส่วนเพศของปูม้า

การศึกษาอัตราส่วนเพศของปูม้า จากข้อมูลจำนวนปูม้าเพศผู้และเพศเมียที่สุ่มเก็บตลอดระยะเวลา 1 ปี เป็นปูม้าเพศผู้จำนวน 4,890 ตัว และปูม้าเพศเมียจำนวน 4,692 ตัว พบว่าอัตราส่วนระหว่างเพศโดยรวมระหว่างปูม้าเพศผู้และเพศเมียตลอดปีเท่ากับ 1.0:0.96 ผลการทดสอบสัดส่วนระหว่างเพศของปูม้าเพศเมียและเพศผู้โดยรวมตลอดปี ด้วยวิธีการทดสอบแบบทวินาม (binomial test) โดยกำหนดสมมติฐานว่าสัดส่วนของเพศเมียเท่ากับสัดส่วนของเพศผู้ ผลการทดสอบพบว่าสัดส่วนของปูม้าเพศเมียไม่เท่ากับสัดส่วนของปูม้าเพศผู้ (*P-value* =0.044) (ตารางที่ 3) แต่หากพิจารณาจำแนกเป็นรายเดือน พบว่าสัดส่วนของปูม้าเพศเมียเท่ากับสัดส่วนปูม้าเพศผู้ในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม กุมภาพันธ์ มีนาคม กรกฎาคม และสิงหาคม (ตารางที่ 3)

จากผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนเพศของปูม้าในจังหวัดตรัง มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน สอดคล้องกับรายงานของจินตนา (2544) ที่ศึกษาชีววิทยาปูม้าในอ่าวไทยตอนบน พบอัตราส่วนเพศของปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมีย เท่ากับ 1:1.03 และ เขียน (2520) พบอัตราส่วนเพศของปูม้าเพศผู้ต่อปูม้าเพศเมียเท่ากับ 0.91:1 ส่วนสุเมธ (2527) พบอัตราส่วนเพศของปูม้าเพศผู้ต่อปูม้าเพศเมียเท่ากับ 1:1.4 ซึ่งไม่เป็นไปตามทฤษฎีคืออัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1:1 (ธนิษฐา และ อมรศักดิ์, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และกล่าวได้ว่าในพื้นชายฝั่งจังหวัดตรังพบโครงสร้างทางสังคมของทรัพยากรปูม้ามีเพศผู้มากกว่าเพศเมียประมาณ 1.04 เท่า อาจเนื่องจากปูม้ามีพฤติกรรมการหลบซ่อนแบบฝังตัวอยู่บริเวณพื้นทราย มีการว่ายน้ำเพื่อการเดินทาง การหากิน และการสืบพันธุ์เป็นส่วนใหญ่ (บรรจง, 2551; วารินทร์, 2556; Hosseini *et al*., 2012) จึงมีโอกาสพบอัตราส่วนเพศแบบ 1:1 ได้ยาก และ Ikhwanuddin *et al*. (2011) ได้ศึกษาชีววิทยาของปูในประเทศมาเลเซีย พบว่าปูเพศเมียมีการอพยพออกไปไกลฝั่งในช่วงฤดูสืบพันธุ์วางไข่ และจะกลับมาอาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งหลังจากการวางไข่เสร็จสิ้นแล้ว และเป็นไปได้ว่าปูม้าเพศผู้จะมีพฤติกรรมปกป้องเพศเมียในช่วงการลอกคราบ ซึ่งปูม้าเพศเมียที่ไม่มีเพศผู้เฝ้าดูแลจะมีโอกาสเป็นเหยื่อของสัตว์น้ำอื่นๆได้ง่าย (กอบศักดิ์ และคณะ, 2553)

ตารางที่ 3 อัตราส่วนเพศของปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง

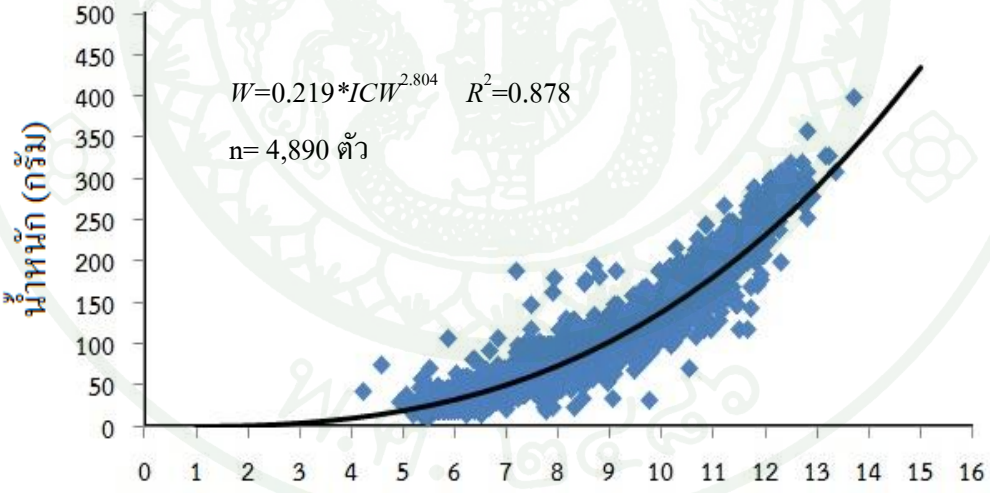
เดือน	จำนวน		สัดส่วนของเพศเมีย	ช่วงความเชื่อมั่น 95%*C.I.*	*P-value*
	เพศผู้	เพศเมีย			
ต.ค. 2553	855	807	0.49	(0.46,0.51)	0.249
พ.ย. 2553	379	341	0.47	(0.44,0.51)	0.168
ธ.ค. 2553	345	375	0.52	(0.48,0.56)	0.280
ม.ค. 2554	399	321	0.45	(0.41,0.48)	0.004
ก.พ. 2554	375	345	0.48	(0.44,0.52)	0.280
มี.ค. 2554	340	380	0.53	(0.49,0.57)	0.146
เม.ย. 2554	412	308	0.43	(0.39,0.47)	0.000
พ.ค. 2554	322	398	0.55	(0.52,0.59)	0.005
มิ.ย. 2554	327	393	0.55	(0.51,0.58)	0.015
ก.ค. 2554	384	336	0.47	(0.43,0.50)	0.080
ส.ค. 2554	340	380	0.53	(0.49,0.57)	0.146
ก.ย. 2554	412	308	0.43	(0.39,0.47)	0.000
รวมทั้งปี	4,890	4,692	0.49	(0.48,0.50)	0.044

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกว้างกระดองด้านในและน้ำหนัก

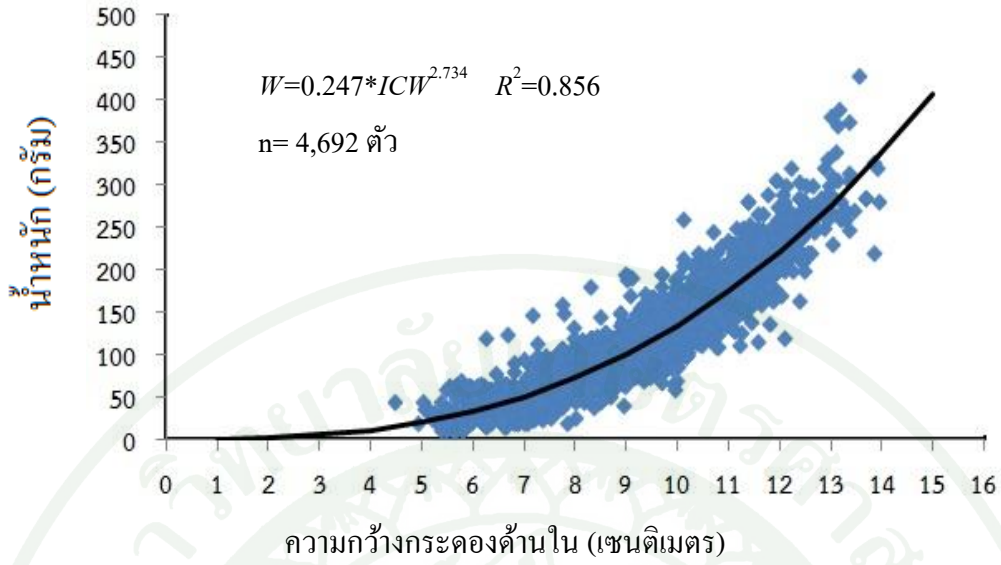
จากการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนัก ของปูม้าบริเวณพื้นที่ชายฝั่งในจังหวัดตรัง นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านใน (inner carapace width; *ICW*) กับน้ำหนักตัวของปูม้า (body weight; *W*) โดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าทั้งหมด ปูม้าเพศผู้ และปูม้าเพศเมีย (ตารางผนวกที่ 6, ภาพที่ 27-29)

การทดสอบรูปแบบการเติบโตของปูม้าทั้งหมด ปูม้าเพศผู้ และปูม้าเพศเมีย พบว่ารูปแบบการเติบโตของปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรังเป็นแบบอัลโลเมตริก โดยมีค่าคงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต (ค่าความชัน; b) โน้มเอียงเข้าใกล้ 3 แต่ยังไม่เป็นไปตามกฎกำลังสาม (cube law) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (ธนิษฐา และ อมรศักดิ์, 2550) ซึ่ง King (2007) ได้อธิบายว่าสัตว์น้ำกลุ่มไม่มีกระดูกสันหลัง โดยเฉพาะในไฟลั่ม Arthopoda จะมีรูปแบบการเติบโตแบบอัลโลเมตริก

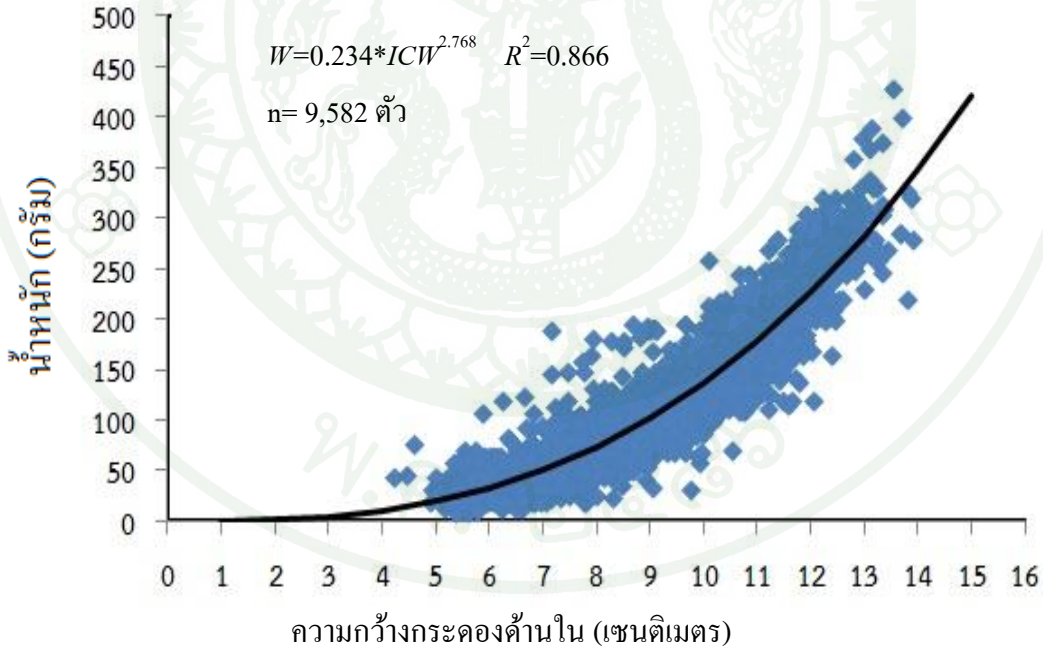


ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าเพศผู้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าเพศเมีย



ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้าทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาพลวัตประชากรของปูม้า

3.1 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้าบริเวณชายฝั่งในจังหวัดตรัง

การวิเคราะห์การกระจายความกว้างกระดองปูม้า ที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2553 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2554 โดยการจำแนกตามเพศ ทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์การเติบโต ตามตัวแบบการเติบโตของ von Bertalanffy (1938) ด้วยวิธี ELEFAN –I เพื่อประมาณหาค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ (ICW_{∞}) และค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K) โดยการนำผลการศึกษาการจัดการปูม้าในอ่าวไทยของ Yunanda (2004) ที่รายงานว่าปูม้าในบริเวณอ่าวไทยมีค่าความกว้างกระดอง (Carapace width; CW_{∞}) เท่ากับ 19.48 เซนติเมตร และค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.3 ต่อปี เพื่อนำมาใช้เป็นค่าเริ่มต้นในการวิเคราะห์ด้วยวิธี ELEFAN –I และ Sawusdee and Songrak (2009) ได้ประมาณอายุสมมติ (t_0) เท่ากับ -0.041 ปี สามารถประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้าโดยการจำแนกตามเพศพบว่าปูม้าทั้งหมด ปูม้าเพศผู้ และปูม้าเพศเมียมีค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์เท่ากับ 14.80, 14.70 และ 14.80 เซนติเมตร และมีค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.39, 1.41 และ 1.41 ต่อปี (ตารางที่ 4 และภาพที่ 30-32) ผลการศึกษาแตกต่างจากการศึกษาของจินตนาและคณะ (2551) ที่รายงานผลการศึกษาชีววิทยาและการประเมินทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่ามีค่าความกว้างกระดองอนันต์เท่ากับ 19.83 เซนติเมตร และค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.47 ต่อปี และ ทิวารัตน์ (2555) รายงานผลการศึกษาการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก พบว่ามีค่าความกว้างกระดองอนันต์เท่ากับ 20.03 เซนติเมตร และค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.64 ต่อปี และแตกต่างจากการศึกษาของ Ehsan *et al*. (2010) ซึ่งได้รายงานการศึกษาประชากรปูม้าในอ่าว Northern Persian พบค่าความกว้างกระดองอนันต์เท่ากับ 17.25 เซนติเมตร และค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 0.98 ต่อปี

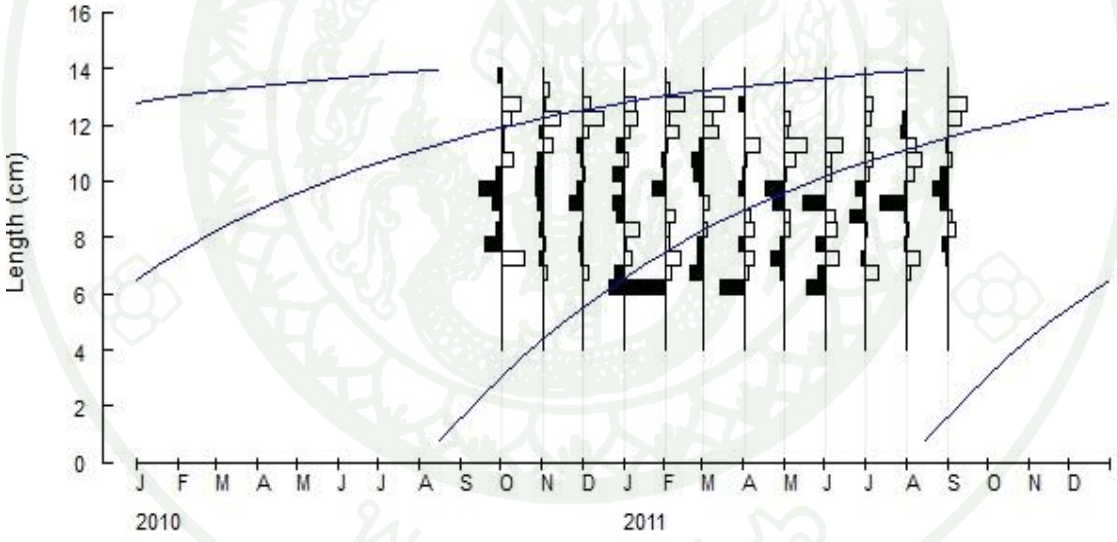
ส่วนรายงานการศึกษาของ Sawusdee and Songrak (2009) ที่ศึกษาพลวัตประชากรปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง ช่วงปี พ.ศ.2549-2550 ได้ค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ของปูม้าทั้งหมด เท่ากับ 16.70 เซนติเมตร และค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.50 ต่อปี โดยมีค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย มีค่าเท่ากับ 16.70 และ 16.50 เซนติเมตร และค่าพารามิเตอร์ความโค้งเท่ากับ 1.40 และ 1.50 ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ จะมีความแตกต่างจากการศึกษาในครั้งนี้ ขณะที่ค่าพารามิเตอร์ความโค้งจะมีค่าที่ใกล้เคียงกัน แสดงว่าผลจับประชากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรังมีขนาดตัวเล็กลง สอดคล้องกับรายงานผลจับปูม้าจากเครื่องมือประเภทลอบปูและอวนจมปู ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบมีสัดส่วนปูม้าขนาดเล็กมากกว่าปู

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ม้าขนาดกลางและปูม้าขนาดใหญ่ (วุฒิชัย และคณะ, 2549; วุฒิชัย และคณะ, 2550; Songrak *et al*., 2013)

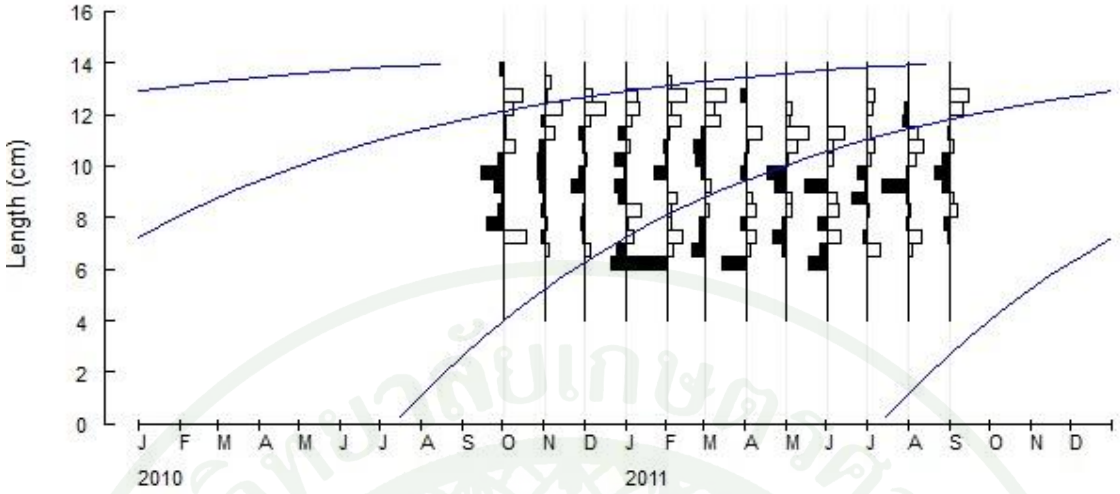
ตารางที่ 4 พารามิเตอร์การเติบโตของทรัพยากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง

ทรัพยากรปูม้า	ค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์ (ICW_∞ เซนติเมตร)	ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K ต่อปี)
เพศผู้	14.80	1.39
เพศเมีย	14.70	1.41
ปูม้าทั้งหมด	14.80	1.41

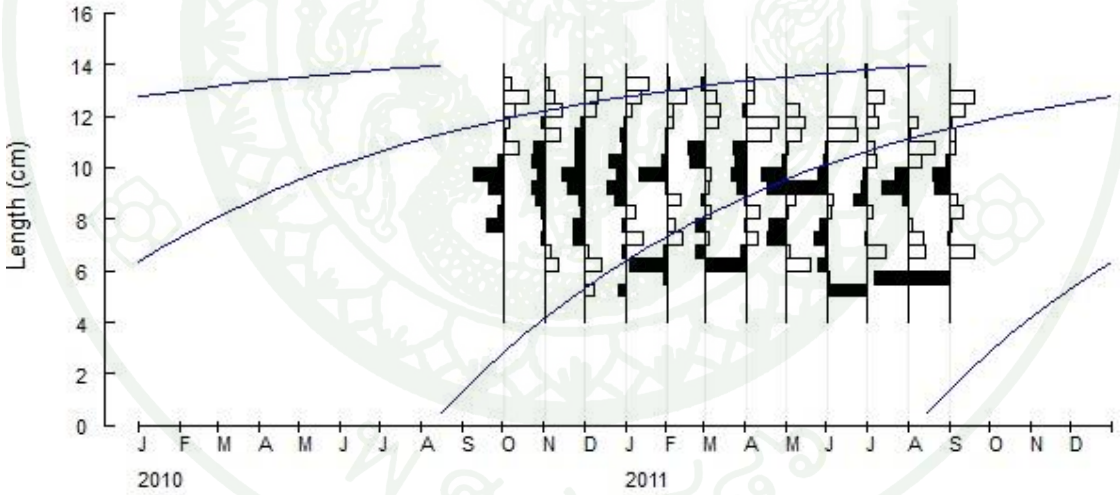


ภาพที่ 30 เส้นโค้งการเติบโต (VBGF) ของปูม้าเพศผู้ในบริเวณจังหวัดตรัง (Rn=253)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 31 เส้นโค้งการเติบโต (VBGF) ของปูม้าเพศเมียในบริเวณจังหวัดตรัง (Rn=253)



ภาพที่ 32 เส้นโค้งการเติบโต (VBGF) ของปูม้าทั้งหมดในบริเวณจังหวัดตรัง (Rn=207)

จากผลการศึกษาค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้า ในบริเวณจังหวัดตรัง พบว่ามีความกว้างกระดองด้านในอนันต์น้อยกว่าปูม้าในบริเวณอ่าวไทย ส่วนค่าพารามิเตอร์ความโค้งมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจินตนา และคณะ (2551); Yunanda (2004) ได้รายงานค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้าในบริเวณอ่าวไทยที่เกิดจากการประมงอวนลากจึงทำให้สามารถพบปูม้าที่มีขนาดใหญ่ ส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลจากชาวประมงทะเลพื้นบ้านที่ทำประมงใกล้ฝั่ง ปูม้าจึงมีขนาดเล็กกว่า และการกำหนดวิธีวัดค่าความกว้างกระดองที่แตกต่างกัน เนื่องจากการศึกษาของนักวิชาการกรมประมงในฝั่งอ่าวไทยนิยมใช้การวัดค่าความกว้างกระดองด้านนอก (outer carapace width; *OCW*) (ทิวารัตน์, 2555) แต่การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการวัดค่าความกว้างกระดองด้านใน (inner carapace width; *ICW*) ซึ่ง Sawusdee and Songrak (2009) ได้รายงานความกว้างกระดองด้านในมีความสัมพันธ์กับน้ำหนัก มากกว่าความกว้างกระดองด้านนอก ส่วนความแตกต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ความโค้งของเพศผู้และเพศเมียของปูม้า พบว่ามีค่าพารามิเตอร์ความโค้งใกล้เคียงกัน แต่ปูม้าเพศเมียจะพัฒนาการเติบโตช้ากว่าเล็กน้อย เพราะต้องทำหน้าที่พัฒนาการสืบพันธุ์วางไข่ (สุเมธ, 2527; Sawusdee and Songrak, 2009)

การศึกษาตัวแบบการเติบโตโดยวิธีของ von Bertalanffy (1938) จะนำค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้า มาแทนในสมการที่ (5 และ 6) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในกับอายุ และน้ำหนักกับอายุของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในกับอายุและน้ำหนักกับอายุ ด้วยการสมมติอายุที่ต่าง ๆ กัน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมการความสัมพันธ์การเติบโตของปูม้า ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

ทรัพยากรปูม้า	สมการความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในกับอายุ	สมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับอายุ
เพศผู้	$ICW_t = 14.80\,(1\text{-}e^{-1.39(\,t+0.041)})$	$W_t = 424.34\,(1\text{-}e^{-1.39(t+0.041)})^{2.804}$
เพศเมีย	$ICW_t = 14.70\,(1\text{-}e^{-1.41\,(t+0.041)})$	$W_t = 383.83\,(1\text{-}e^{-1.41(t+0.041)})^{2.734}$
ปูม้าทั้งหมด	$ICW_t = 14.80\,(1\text{-}e^{-1.41\,(t+0.041)})$	$W_t = 405.98\,(1\text{-}e^{-1.41(t+0.041)})^{2.768}$

3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์การตาย

การประมาณค่าอัตราการตายรวมของปูม้า ที่ถูกจับมาใช้ประโยชน์จากทะเล บริเวณจังหวัดตรัง โดยใช้ข้อมูลปริมาณการจับนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมตาม โดยใช้วิธีวิเคราะห์เส้นโค้งผลจับเชิงเส้นที่เปลี่ยนเป็นความยาว (linearized length converted catch curve) (Sparre and Venema, 1998) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมของปูม้าเพศผู้เท่ากับ 7.75 ต่อปี ของปูม้าเพศเมียเท่ากับ 7.26 ต่อปี และค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมของปูม้าเท่ากับ 7.14 ต่อปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ โดยวิธีของ Rikhter and Efanov formula (Sparre and Venema, 1998) ใช้ค่าอายุที่สืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ที่ได้จากการศึกษาปูม้าที่มีไข่นอกกระดองในบริเวณจังหวัดตรัง ด้วยการแทนค่าความกว้างกระดองด้านในของปูม้าที่ขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ($ICW_{m50\%}$) ลงในสมการที่ (45) พบว่าขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ของปูม้าเพศผู้มีความกว้างกระดองเท่ากับ 8.02 เซนติเมตร และของปูม้าเพศเมีย เท่ากับ 8.09 เซนติเมตร ได้ค่าอายุ T_m ของเพศผู้ เท่ากับ 7.8 เดือน (0.65 ปี) และของเพศเมีย เท่ากับ 8.3 เดือน (0.69 ปี) นำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติของปูม้าเพศผู้และเพศเมียในบริเวณจังหวัดตรังเท่ากับ 1.91 และ 1.83 ต่อปี ตามลำดับ

การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงของปูม้า ในบริเวณจังหวัดตรัง จะอาศัยหลักความสัมพันธ์ของ Beverton and Holt (1957) จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงของปูม้าเพศผู้เท่ากับ 3.68 ต่อปี ของปูม้าเพศเมียเท่ากับ 5.43 ต่อปี และค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงของปูม้าในบริเวณจังหวัดตรังเท่ากับ 5.23 ต่อปี เมื่อทราบค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมและค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงของปูม้า สามารถคำนวณหาค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง โดยพบว่าค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมียมีค่าเท่ากัน คือเท่ากับ 0.75 และค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของปูม้าทั้งหมดในบริเวณจังหวัดตรังเท่ากับ 0.73

ผลจากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายในครั้งนี้ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการศึกษาของจินตนา และคณะ (2551) ที่รายงานการศึกษาชีววิทยาและการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมเท่ากับ 7.84 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติเท่ากับ 2.63 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงเท่ากับ 5.21 ต่อปี และค่าอัตราการใช้ประโยชน์เท่ากับ 0.66 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sawusdee and Songrak (2009) ที่รายงานค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมของปูม้าเท่ากับ 8.92 ต่อปี และค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง เท่ากับ 7.35 ต่อปี โดยมีค่าอัตราการใช้ประโยชน์เท่ากับ 0.82 และการศึกษาของ ทิวารัตน์ (2555) ที่รายงานค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมของปูม้าเท่ากับ 11.66 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติเท่ากับ 2.82 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง เท่ากับ 8.84 ต่อปี โดยมีค่าอัตราการใช้ประโยชน์เท่ากับ 0.76 แต่ผลศึกษาแตกต่างจากรายงานของ Ehsan *et al.* (2010) ที่รายงานประชากรปูม้าในอ่าว Northern Persian พบว่ามีค่าอัตราการใช้ประโยชน์เท่ากับ 0.51

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการศึกษาพบว่าอัตราการใช้ประโยชน์ของปูม้าในปัจจุบันมีการนำทรัพยากรปูม้ามาใช้ประโยชน์ในอัตราที่สูงทั้งเพศผู้และเพศเมีย ซึ่งเกินระดับของการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมในปัจจุบัน โดย Gulland (1962) กล่าวว่าถ้าหากค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของสัตว์น้ำมีค่ามากกว่า 0.5 (E>0.5) แสดงว่าการใช้ประโยชน์ของกลุ่มสัตว์น้ำอยู่ในสภาวะเกินศักย์การผลิต ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าบริเวณจังหวัดตรังในปัจจุบันเกินระดับที่เหมาะสม

ตารางที่ 6 พารามิเตอร์การตายและการใช้ประโยชน์ของทรัพยากรปูม้า ในบริเวณจังหวัดตรัง

ทรัพยากรปูม้า	Z (ต่อปี)	M (ต่อปี)	F (ต่อปี)	$E = F/Z$
เพศผู้	7.75	1.91	3.68	0.75
เพศเมีย	7.26	1.83	5.43	0.75
ปูม้าทั้งหมด	7.14	1.91	5.23	0.73

4. การประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง

4.1 จำนวนประชากรปูม้าที่เข้ามาทดแทน

จากอัตราการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้า ในบริเวณจังหวัดตรัง ในรอบ 1 ปี สามารถนำมาปรับหาจำนวนทรัพยากรปูม้าในแต่ละช่วงความยาว (ตารางผนวกที่ 7-9) ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณหาจำนวนประชากรปูม้าที่จะเข้ามาทดแทน โดยวิธีของโจนส์ (Jones' Length – Based Cohort Analysis) กำหนดอัตราการใช้ประโยชน์ที่ความยาวช่วงสุดท้าย (13.50-14.00 เซนติเมตร) มีค่าเท่ากับ 0.73 ต่อปี พบว่าจำนวนประชากรปูม้าเข้าทดแทนในแหล่งประมง ที่ขนาดความกว้างกระดอง 4.00-4.50 เซนติเมตร เท่ากับ 13,227,418 ตัว มีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม ที่คำนวณได้จากวิธีของโจนส์ อยู่ในช่วง 1.92-8.73 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง อยู่ในช่วง 0.74-6.81 ต่อปี (ตารางผนวกที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาของทิวารัตน์ (2555) ที่รายงานผลการประเมินจำนวนประชากรปูม้าในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ที่มีความกว้างกระดอง 4.00 เซนติเมตร เป็นขนาดความกว้างกระดองแรกเข้าทดแทน มีจำนวนเท่ากับ 145.08 ล้านตัว

ความต้องการปูม้าของตลาดสัตว์น้ำ อยู่ที่ขนาดความกว้างกระดองตั้งแต่ 8.50 เซนติเมตรขึ้นไปจัดเป็นปูม้าขนาดกลาง มีราคาการซื้อขายอยู่ระหว่าง 100-130 บาทต่อกิโลกรัม และปูม้าขนาดความกว้างกระดองตั้งแต่ 10.50 เซนติเมตรขึ้นไป จัดเป็นปูม้าขนาดใหญ่ มีราคาการซื้อขายอยู่ระหว่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

130-180 บาทต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 11) พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมและค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง ของปูม้าขนาดกลางและปูม้าขนาดใหญ่จะสูงกว่าปูม้าที่มีขนาดเล็ก ซึ่งพบว่าปูม้าที่ขนาดความกว้างกระดองด้านใน 13.50 เซนติเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวมและค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงสูงสุด คือ 8.73 และ 6.81 ต่อปี ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 10)

4.2 สภาวะทรัพยากรปูม้าและการใช้ประโยชน์

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านใน กับค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงของปูม้า นำมาวิเคราะห์หาปริมาณปูม้าที่จะถูกจับ โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณแรงงานในการทำประมง เพื่อประเมินค่าผลผลิต (yield) มวลชีวภาพเฉลี่ย (biomass) และมูลค่าที่จะได้รับผลตอบแทน (value) โดยผลที่ได้จากการคำนวณหาผลผลิต และมูลค่าจากปูม้ารุ่นใหม่ ที่เริ่มเข้ามาทดแทนกลุ่มประชากรในแหล่งประมง ประกอบกับค่าพารามิเตอร์การเติบโต และค่าสัมประสิทธิ์การตาย รวมทั้งมูลค่าที่จะได้รับผลตอบแทนของแต่ละขนาดความกว้างกระดองด้านในของปูม้า ในการวิเคราะห์หาผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (*MSY*) และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด (*MEY*) โดยใช้วิธี Length - based Thompson and Bell Analysis (Sparre and Venema, 1998) พร้อมทั้งกำหนดให้ราคาปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรังคงที่ตลอดทั้งปีที่มีการศึกษา (ตารางผนวกที่ 11) ซึ่งจะได้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องกับปัจจุบัน เนื่องจากวิธีนี้จะกำหนดให้ค่า *X-factor* แสดงถึงลักษณะการประมง โดยเป็นการเพิ่มการประมง เมื่อ ค่า *X-factor* มีค่ามากกว่า 1 และเป็นการลดการประมงเมื่อ ค่า *X-factor* มีค่าน้อยกว่า 1 ทั้งนี้ในสถานภาพปัจจุบันจะกำหนดให้ *X- factor* มีค่าเท่ากับ 1 โดยนำค่าปริมาณปูม้าเริ่มต้นที่เข้าทดแทนจากวิธีการของ Jones' Length based cohort analysis มีจำนวนปูม้าที่เข้าทดแทนการประมงที่ขนาดความกว้างกระดอง 4.00-4.50 เซนติเมตร เท่ากับ 13,227,418 ตัว ผลการทดสอบตัวแบบการทำนายของธอมพ์สันและเบลล์ของปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตัวแบบการทำนายของธอมพ์สันและเบลล์ที่ใช้ฐานความกว้างกระดองด้านในของปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง

ปัจจัย *X-factor*	ผลผลิตรวม (ตัน)	มวลชีวภาพเฉลี่ย(ตัน)	มูลค่ารวม(ล้านบาท)
0.0	0.00	291.71	0.00
0.1	110.92	208.11	15.32
0.2	161.77	162.11	21.84
0.3	186.94	133.8	24.70

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ปัจจัย *X-factor*	ผลผลิตรวม (ตัน)	มวลชีวภาพเฉลี่ย(ตัน)	มูลค่ารวม(ล้านบาท)
0.4	199.91	115.88	25.88
0.5	206.63	101.91	26.23
0.6	209.96	92.16	26.16
0.7	211.37	84.68	25.89
0.8	211.67	78.76	25.51
0.9	211.30	73.95	25.08
1.0	210.53	69.97	24.63
1.1	209.52	66.60	24.18
1.2	208.37	63.70	23.73
1.3	207.14	61.19	23.30
1.4	205.86	58.97	22.88
1.5	204.58	57.00	22.48
1.6	203.29	55.23	22.09
1.7	202.02	53.63	21.79
1.8	200.77	52.18	21.36
1.9	199.54	50.84	21.02
2.0	198.34	49.61	20.68
2.1	197.17	48.48	20.36
2.2	196.02	47.42	20.05
2.3	194.91	46.43	19.76
2.4	193.82	45.51	19.47
2.5	192.77	44.64	19.19
2.6	191.74	43.83	18.92
2.7	190.74	43.05	18.66
2.8	189.76	42.32	18.41
2.9	188.81	41.63	18.16
3.0	187.88	40.97	17.93

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

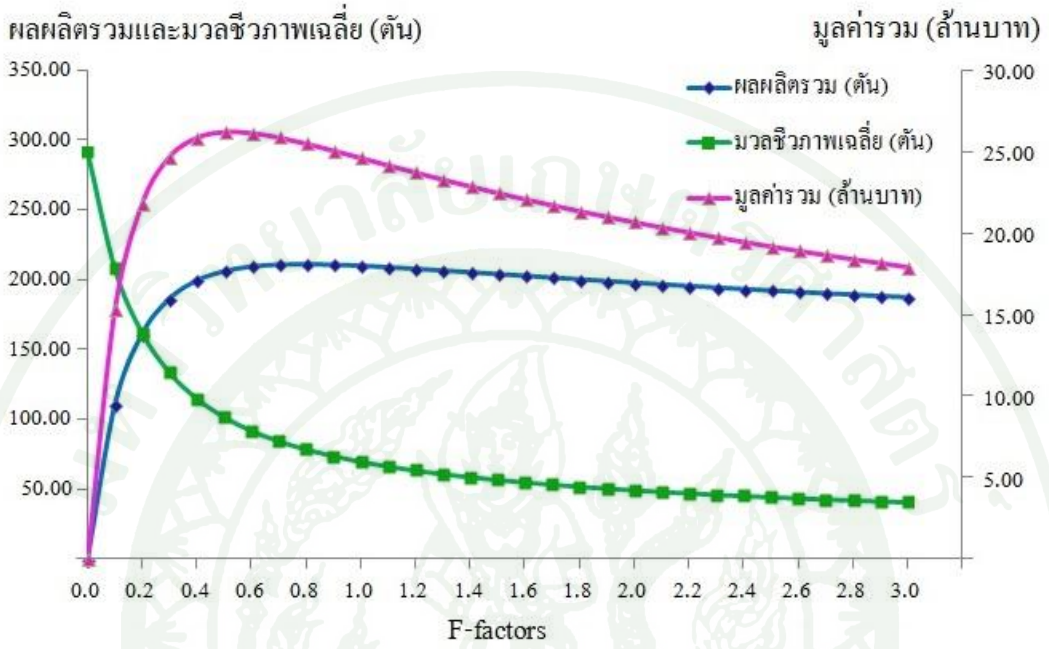
จากผลการศึกษาในสภาวะการประมงปีปัจจุบัน พบว่าทรัพยากรปูม้ามีมวลชีวภาพ 69,966.94 กิโลกรัม สามารถทำประมงได้ผลผลิต เท่ากับ 210,531.29 กิโลกรัม มีมูลค่าสัตว์น้ำเท่ากับ 24.63 ล้านบาท เมื่อทดลองปรับเพิ่มระดับการลงแรงประมงในระดับต่าง ๆ พบว่าผลผลิต มวลชีวภาพ และมูลค่ารวม จะมีค่าต่ำลงกว่าปีปัจจุบัน แต่เมื่อปรับลดระดับการลงแรงงานประมงต่ำกว่าปีปัจจุบัน พบว่าผลผลิต มวลชีวภาพ และมูลค่ารวม มีค่าเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 33) ซึ่งการทดสอบปรับลดระดับการลงแรงประมงในระดับต่าง ๆ พบว่าระดับที่ให้ผลผลิตปูม้าสูงสุด หรือผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (*MSY*) เท่ากับ 211,669.14 กิโลกรัม เมื่อลดปริมาณการลงแรงงานประมงลงจากเดิมประมาณร้อยละ 20 ส่วนมูลค่ารวมของปูม้าสูงสุด หรือระดับที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด (*MEY*) เท่ากับ 26.23 ล้านบาท เมื่อลดการลงแรงงานประมงลงจากเดิมร้อยละ 50 ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับการศึกษาของจินตนา และคณะ (2551) ที่รายงานผลการศึกษาชีววิทยาและการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน พบว่ามีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าเกินระดับการประมงที่ให้ผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนร้อยละ 15 และเกินระดับผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุดร้อยละ 30 ซึ่งได้เสนอการลดระดับการทำประมงลงจากเดิมลงร้อยละ 15-30 เพื่อรักษาความสมดุลในการประมงปูม้าบริเวณอ่าวไทยให้เกิดความยั่งยืน

จากการประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง พบว่าปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าเกินศักย์การผลิต หากต้องการให้มีการจัดการทรัพยากรปูม้าเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน และให้เกิดความมั่นใจต่อการกำหนดมาตรการอนุรักษ์และจัดการทรัพยากรปูม้าให้เป็นธรรม และสนองต่อความต้องการในระยะยาว ควรควบคุมการประมงปูม้าให้อยู่ในระดับที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด โดยการลดปริมาณการลงแรงงานประมงลงจากปัจจุบันประมาณร้อยละ 50 เพื่อให้สามารถรักษาระดับผลจับปูม้าในจังหวัดตรังให้มีผลผลิตสูงและสร้างรายได้ต่อการประมงพื้นบ้านของชาวประมงบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดตรัง ทั้งจะต้องคำนึงถึงสัดส่วนการประมงของเครื่องมือประมงปูม้าจากแต่ละชุมชน

มาตรการขยายช่องตาอวนของเครื่องมือทำการประมงปูม้า มีประสิทธิภาพสูงต่อการลดการจับปูม้าขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์ ซึ่งสามารถนำมาพิจารณาปรับเปลี่ยนขนาดช่องตาอวนของเครื่องมือประมงปูม้าประเภทลอบปูม้าชนิดต่าง ๆ ที่นิยมใช้แตกต่างอยู่ในแต่ละชุมชนชายฝั่ง แต่อย่างไรก็ตามการลดการลงแรงงานประมงจำนวนมาก อาจส่งผลกระทบต่อชาวประมงและผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ ดังนั้นในระยะแรกจำเป็นที่จะต้องใช้มาตรการช่วยเหลือจากภาครัฐเข้าไปบริหารจัดการ และสนับสนุนการมีส่วนร่วมของชุมชนชายฝั่ง นอกจากนี้การกำหนดวิธีการหรือมาตรการควบคุมการประมงปูม้า เพื่อลดการลงแรงงานประมงอาจคำนึงถึงปัจจัยทางชีววิทยาของปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เป็นสำคัญ และต้องพิจารณามิติทางด้านสภาวะเศรษฐกิจและสังคมของชาวประมงทะเลพื้นบ้านในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรังควบคู่ไปด้วยกัน



ภาพที่ 33 ผลผลิต มวลชีวภาพเฉลี่ย และมูลค่าผลผลิตของการประมงปูม้า ณ ระดับการทำประมง X-factor ต่าง ๆ กัน

5. การประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของปูม้า

การประเมินความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรังพบว่าปูม้าขนาดเล็กซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งปัจจุบันมีราคาจำหน่ายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 40 บาท และแพรับซื้อจะนำมาต้มเพื่อแกะเอาเนื้อปู โดยแบ่งประเภทเป็นเนื้อก้อนและเนื้อผง ซึ่งพบว่าปูม้าขนาดเล็กจะมีขนาดความกว้างกระดองด้านในตั้งแต่ 4.00-8.50 เซนติเมตร มีความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ยเท่ากับ 7.62 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 64.40 กรัม ประมาณอายุได้เท่ากับ 0.49 ปี ผลผลิตที่ถูกจับมาใช้ประโยชน์เท่ากับ 15,542 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่าปูม้าขนาดเล็กประมาณ 621,687 บาทต่อปี

การปล่อยให้ปูม้าขนาดเล็กเติบโตเป็นปูม้าขนาดกลาง ที่ขนาดความกว้างกระดองด้านในระหว่าง 8.50-10.50 เซนติเมตร หรือมีความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ย 9.51 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 119.35 กรัม จะเป็นขนาดปูม้าที่ต้องการของตลาดและมีราคาจำหน่ายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 120 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประมาณอายุได้เท่ากับ 0.72 ปี สามารถคำนวณปริมาณปูม้าที่เหลือรอดจากปูม้าขนาดเล็กได้เท่ากับ 9,312 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่าปูม้าขนาดกลางประมาณ 1,117,482 บาทต่อปี ซึ่งสามารถประเมินความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ประโยชน์ปูม้าขนาดเล็ก เท่ากับ 495,795 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 45 ของรายได้ที่สูญเสียไปจากการที่ชาวประมงจับปูม้าขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์ก่อนขนาดตลาด หากชาวประมงปล่อยให้ปูม้าเติบโตต่อไปอีกประมาณ 1-2 เดือน จะสามารถเพิ่มรายได้จากการประมงปูม้าได้มากขึ้น ซึ่งหากชาวประมงสามารถปรับเปลี่ยนขนาดตาอวนของเครื่องมือประมงปูม้า เพื่อให้ปูม้าขนาดเล็กหลุดรอดได้ เป็นประโยชน์ต่อการเพิ่มรายได้แก่ชาวประมงในอนาคต และยังสามารถช่วยให้ปูม้าได้มีโอกาสสืบพันธุ์วางไข่เพิ่มขึ้นอีกด้วย

6. การเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า

การศึกษาในพื้นที่จังหวัดตรังพบเครื่องมือทำการประมงปูม้า จำนวน 4 ชนิด ได้แก่

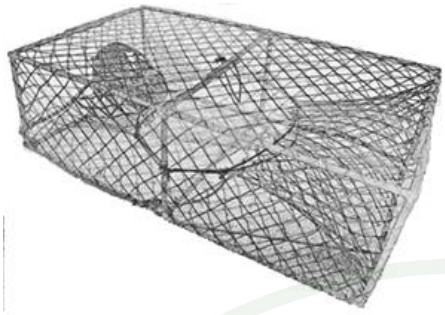
1. ลอบเหลี่ยม หรือลอบแดง (fixed box trap) มีขนาดของลอบกว้าง 30.00 เซนติเมตร ยาว 45.00 เซนติเมตร และสูง 20.00 เซนติเมตร หุ้มด้วยเนื้ออวนโพลีเอททีลีนสีแดง ขนาดตาอวน 4.30 เซนติเมตร ชาวประมงจะใช้ทำประมงประมาณ 80-120 ลอบต่อเที่ยว (ภาพที่ 34 ก)

2. ลอบกลมแบบพับ หรือไซหยอง (collapsible vertical trap) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45.00 เซนติเมตร หุ้มด้วยเนื้ออวนโพลีเอททีลีนสีเขียว ขนาดช่องตาอวน 5.00 เซนติเมตร ชาวประมงใช้ประมาณ 180-250 ลอบต่อเที่ยว (ภาพที่ 34 ข)

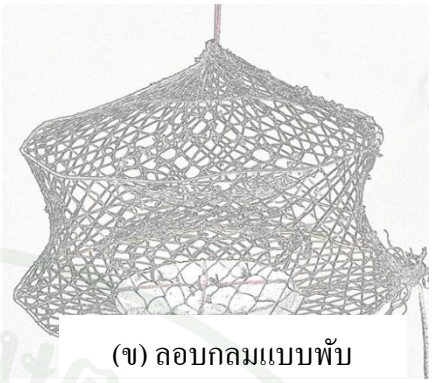
3. ลอบเหลี่ยมแบบพับ หรือลอบพับ (collapsible box trap) มีขนาดกว้าง 35.00 เซนติเมตร ยาว 50.00 เซนติเมตร และสูง 20.00 เซนติเมตร หุ้มด้วยเนื้ออวนโพลีเอททีลีนสีเขียว ช่องตาอวน 3.00 เซนติเมตร ชาวประมงนิยมใช้ 500-700 ลอบต่อเที่ยว (ภาพที่ 34 ค)

4. อวนจมปู (bottom gill net) อวน 1 ชุด จะประกอบด้วยผืนอวนที่มีความยาวประมาณ 500 เมตร เนื้ออวนมีลักษณะเป็นเส้นเอ็นสีขาว ขนาดช่องตาอวน 5.00 เซนติเมตร ชาวประมงนิยมทำประมง คนละ 3-4 ชุดต่อเที่ยว (เปลต่อเที่ยว) (ภาพที่ 34 ง)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

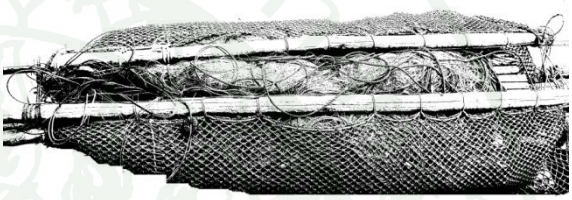


(ก) ลอบเหลี่ยม



(ข) ลอบกลมแบบพับ

(ค) ลอบเหลี่ยมแบบพับ



(ง) อวนจมปู

ภาพที่ 34 เครื่องมือประมงปูม้าในจังหวัดตรัง

การศึกษาประสิทธิภาพการเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า โดยจำแนกตามหมู่บ้านดังนี้ ประเภทลอบเหลี่ยม (ลอบแดง) จากชุมชนบ้านฉางหลาง ประเภทลอบกลมแบบพับ (ไซหยอง) จากบ้านแหลมมะขามและบ้านน้ำราบ ประเภทลอบเหลี่ยมแบบพับจากบ้านตะเสะ และประเภทอวนจมปูม้าจากพระม่วงและบ้านหยงสตาร์ ได้ข้อมูลผลจับจากลอบเหลี่ยม มีจำนวนตัวอย่าง 1,252 ตัว (เพศผู้: 657 ตัว และเพศเมีย: 595 ตัว) ลอบกลมแบบพับ มีจำนวนตัวอย่าง 2,640 ตัว (เพศผู้: 1,339 ตัว และเพศเมีย: 1,301 ตัว) ลอบเหลี่ยมแบบพับ มีจำนวนตัวอย่าง 1,320 ตัว (เพศผู้: 702 ตัว และเพศเมีย: 618 ตัว) และอวนจมปู มีจำนวนตัวอย่าง 2,655 ตัว (เพศผู้: 1,340 ตัว และเพศเมีย: 1,315 ตัว) มีช่วงความกว้างกระดองด้านในของปูม้าระหว่าง 4.58-13.28, 4.46-13.90, 5.70-13.53 และ 5.44-13.88 เซนติเมตร ในแต่ละเครื่องมือตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลจับปูม้าจากเครื่องมือประมงปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

จำนวน: ตัว; ความกว้างกระดองด้านใน: เซนติเมตร

ปูม้า	เครื่องมือประมงปูม้า							
	ลอบเหลี่ยม		ลอบกลมแบบพับ		ลอบเหลี่ยมแบบพับ		อวนจมปู	
	จำนวน	ความกว้างกระดองด้านใน	จำนวน	ความกว้างกระดองด้านใน	จำนวน	ความกว้างกระดองด้านใน	จำนวน	ความกว้างกระดองด้านใน
เพศผู้	657	4.58-11.54	1,339	5.56-13.35	702	5.70-13.15	1,340	5.44-13.24
เพศเมีย	595	4.91-13.28	1,301	4.46-13.90	618	6.16-13.53	1,315	5.56-13.88
ทั้งหมด	1,252	4.58-13.28	2,640	4.46-13.90	1,302	5.70-13.53	2,655	5.44-13.88

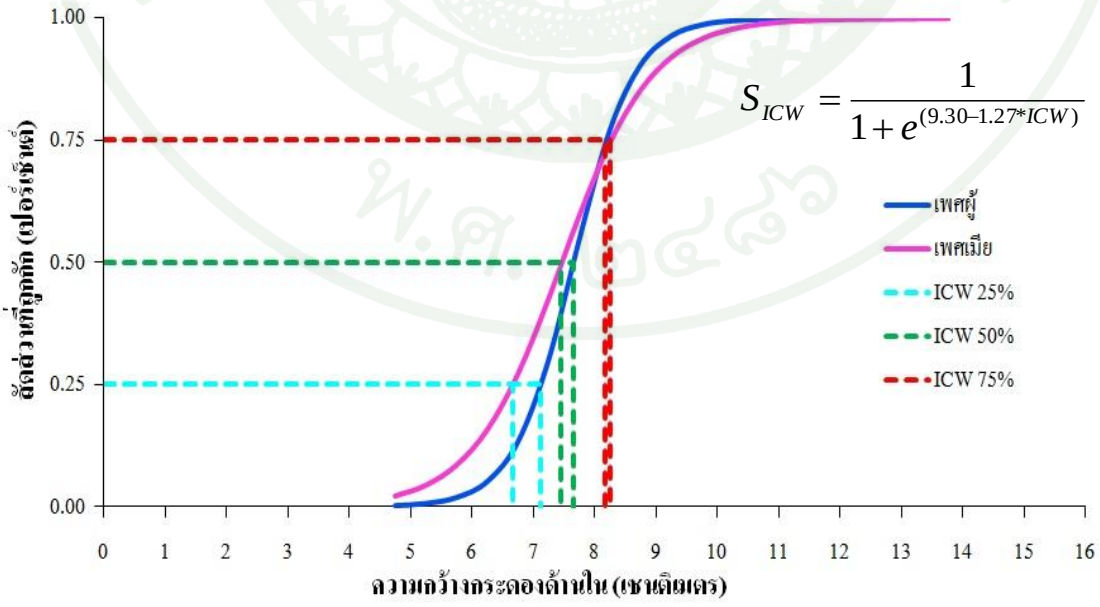
การศึกษาเส้นโค้งการเลือกจับของแต่ละเครื่องมือ เพื่อหาค่าคงที่ของ (*a, b*) สำหรับใช้ในการประมาณค่าขนาดแรกจับได้ร้อยละ 50 ($ICW_{c50\%}$) และช่วงเลือกจับที่เหมาะสม ($ICW_{c25\%}$-$ICW_{c75\%}$) พบว่าลอบเหลี่ยม ที่ขนาดตาอวน 4.30 เซนติเมตร มีขนาดความกว้างกระดองด้านในแรกจับ ($ICW_{c50\%}$) เท่ากับ 7.29 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 6.43-8.15 เซนติเมตร ลอบกลมแบบพับที่ขนาดตาอวน 5.00 เซนติเมตร มีขนาดแรกจับ เท่ากับ 9.15 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 8.50-9.80 เซนติเมตร ลอบเหลี่ยมแบบพับที่ขนาดตาอวน 3.00 เซนติเมตร มีขนาดแรกจับ เท่ากับ 9.76 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 9.06-10.46 เซนติเมตร ส่วนอวนจมปูที่ขนาดตาอวน 5.00 เซนติเมตร มีขนาดแรกจับ เท่ากับ 9.35 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 8.55-10.15 เซนติเมตร (ตารางที่ 9 และภาพที่ 35-39) โดยมีสมการเส้นโค้งการเลือกจับของปูม้าจากเครื่องมือลอบเหลี่ยม ลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู เป็นแบบลอจีสติก (ภาพที่ 35-38) ในแต่ละเครื่องมือตามลำดับ

การศึกษาประสิทธิภาพการเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า ซึ่งเป็นเครื่องมือประมงพื้นบ้านที่นิยมใช้ในพื้นที่จังหวัดตรัง คือลอบเหลี่ยม ลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู พบว่าเครื่องมือประมงทั้ง 4 ชนิด มีผลจับปูม้าที่ขนาดความกว้างกระดองด้านในไม่แตกต่างกัน ส่วนการประมาณขนาดแรกจับของปูม้า พบว่าขนาดแรกจับของปูม้าจากทุกเครื่องมือประมง มีความใกล้เคียงกับค่าความกว้างกระดองแรกสืบพันธุ์ของปูม้าในพื้นที่ แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือทำประมงปูม้าทุกชนิดมีโอกาสในการจับปูม้าขนาดเล็กได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากทุกเครื่องมือทำประมงปูม้าในบริเวณชายฝั่ง ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของปูม้าขนาดเล็ก (วารินทร์, 2556; Boutson *et al*., 2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

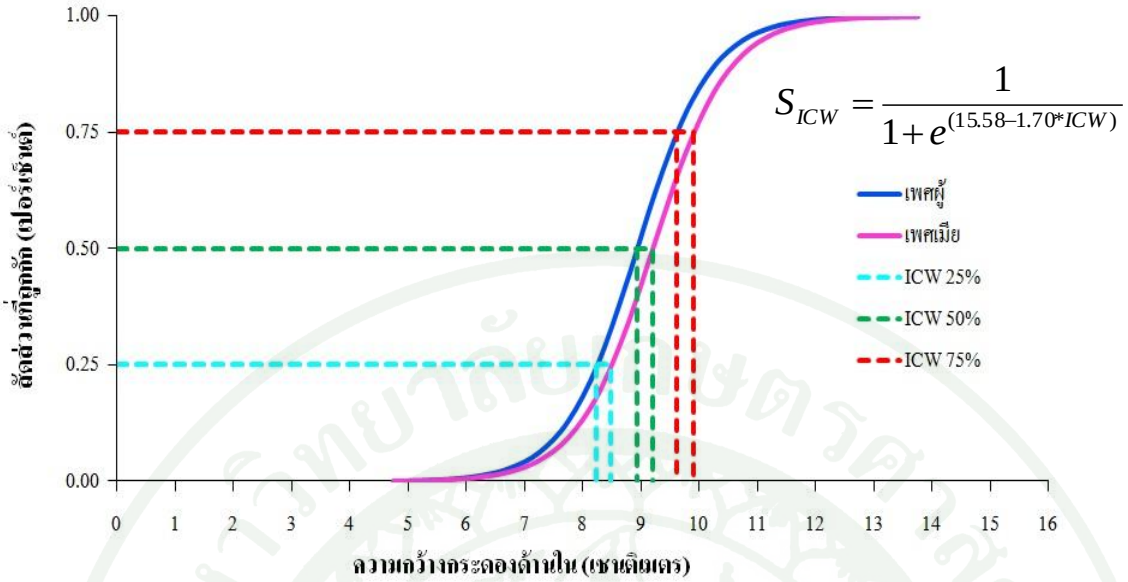
ตารางที่ 9 ค่าพารามิเตอร์การเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้าในจังหวัดตรัง

เครื่องมือ	ปูม้า	ขนาดตาอวน (เซนติเมตร)	ค่าคงที่ *a*	ค่าคงที่ *b*	ขนาดแรกจับ ($ICW_{c50\%}$) (เซนติเมตร)	ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม ($ICW_{c25\%}$-$ICW_{c75\%}$) (เซนติเมตร)
ลอบเหลี่ยม	เพศผู้	4.30	15.81	2.06	7.65	7.12 - 8.18
	เพศเมีย		10.24	1.37	7.46	6.66 - 8.26
	ทั้งหมด		9.30	1.27	7.29	6.43 - 8.15
ลอบกลม	เพศผู้	5.00	14.32	1.60	8.93	8.24 - 9.61
แบบพับ	เพศเมีย		14.33	1.55	9.20	8.49 - 9.90
	ทั้งหมด		15.58	1.70	9.15	8.50 - 9.80
ลอบเหลี่ยม	เพศผู้	3.00	15.98	1.64	9.73	9.06-10.40
แบบพับ	เพศเมีย		14.12	1.44	9.79	9.03-10.56
	ทั้งหมด		15.33	1.57	9.76	9.06-10.46
อวนจมปู	เพศผู้	5.00	14.37	1.53	9.34	8.62-10.05
	เพศเมีย		11.92	1.26	9.39	8.52-10.25
	ทั้งหมด		12.80	1.36	9.35	8.55-10.15

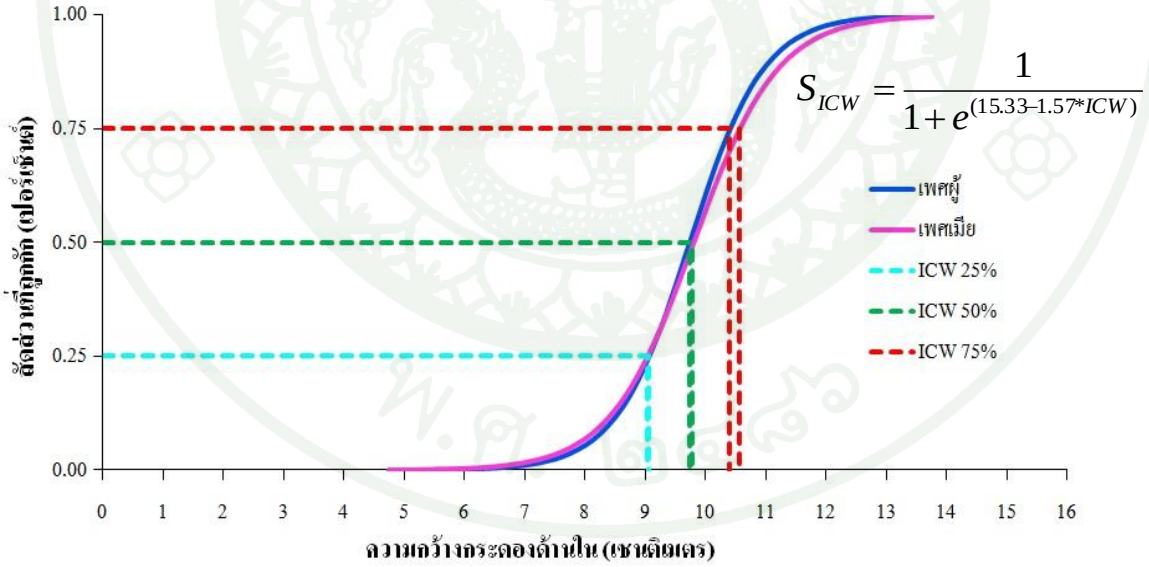


ภาพที่ 35 เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงลอบเหลี่ยม ขนาดตาอวน 4.3 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

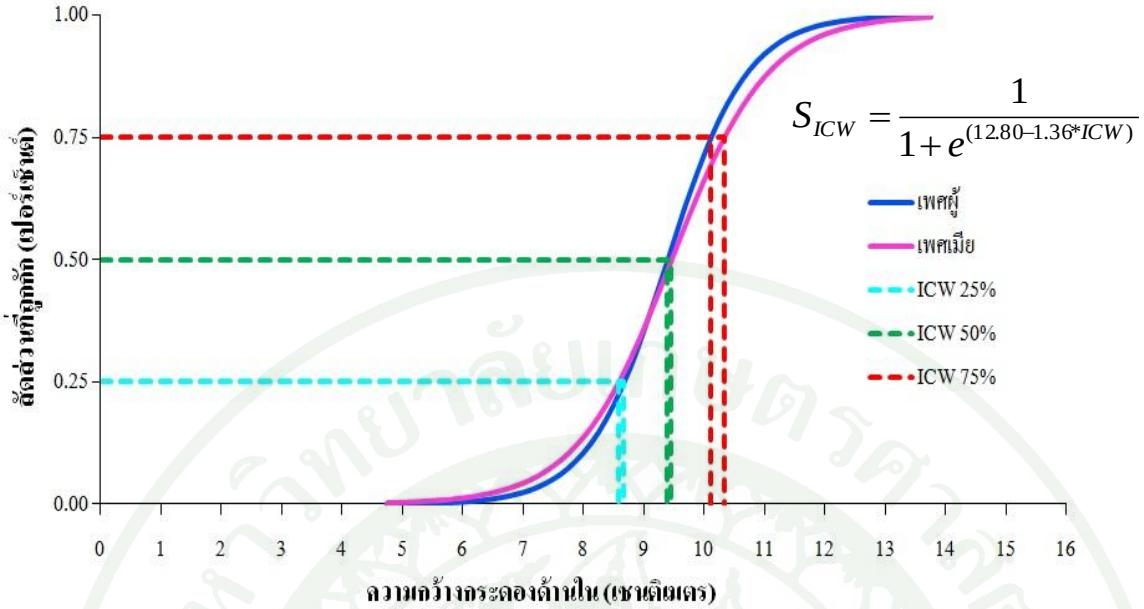


ภาพที่ 36 เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงลอบกลมแบบพับ ขนาดตาอวน 5.0 เซนติเมตร

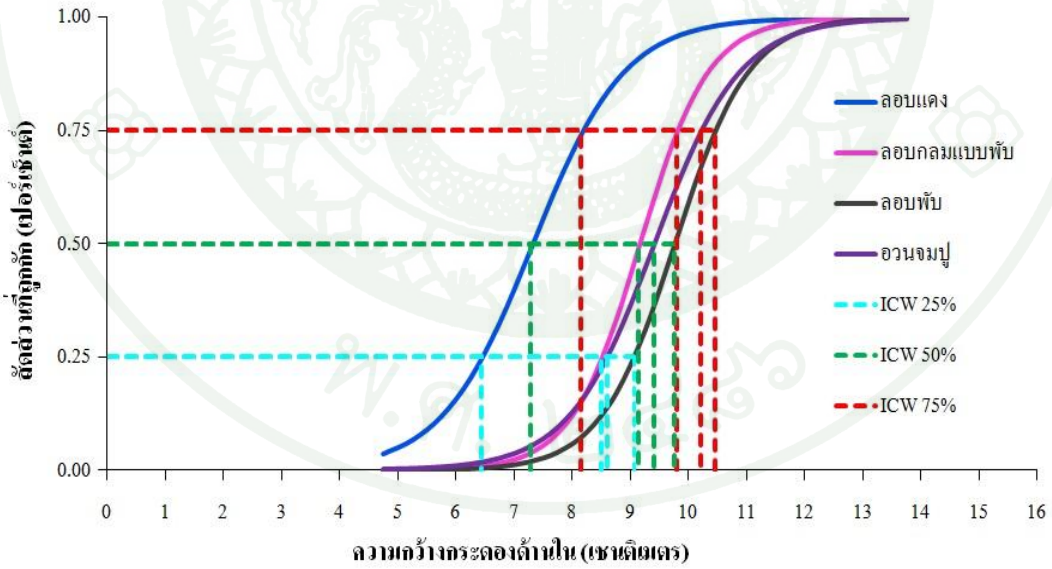


ภาพที่ 37 เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงลอบเหลี่ยมแบบพับ ขนาดตาอวน 3.0 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 38 เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือประมงอวนจมปู ขนาดตาอวน 5.0 เซนติเมตร



ภาพที่ 39 เส้นโค้งการเลือกจับของเครื่องมือปูม้าจำนวน 4 ชนิด ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการศึกษาค่าปัจจัยการเลือกจับของแต่ละเครื่องมือ พบว่าเป็นสัดส่วนระหว่างขนาดแรกจับ ($ICW_{c50\%}$) กับขนาดตาอวนซึ่งค่าปัจจัยการเลือกจับของลอบเหลี่ยม ลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู เท่ากับ 1.69, 1.83, 3.25, และ 1.87 ตามลำดับ เมื่อนำมาประมาณค่าขนาดตาอวนที่เหมาะสมของเครื่องมือประมง ที่จะมีประสิทธิภาพในการเลือกจับปูม้าขนาดไม่ต่ำกว่า 9.00 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดปูม้าที่ไม่กระทบต่อวัยเจริญพันธุ์ ($ICW_{m50\%}$ เท่ากับ 8.09 เซนติเมตร) พบว่าเครื่องมือประเภทลอบเหลี่ยม ลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู มีขนาดตาอวนที่เหมาะสม ที่ขนาดช่องตาอวนเท่ากับ 5.30, 4.90, 2.77 และ 4.81 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

จากผลการศึกษาพบว่าขนาดช่องตาอวนที่เหมาะสมของเครื่องมือประมงประเภทลอบเหลี่ยม มีค่ามากกว่าขนาดช่องตาอวนของลอบเหลี่ยมที่ใช้ในปัจจุบัน (ขนาดช่องตาอวน 4.3 เซนติเมตร) ซึ่งหากต้องการให้มีการเลือกจับปูม้าด้วยเครื่องมือลอบเหลี่ยม ไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรปูม้าในอนาคต ควรปรับขนาดของช่องตาอวนให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ไม่น้อยกว่า 5.30 เซนติเมตร ส่วนขนาดตาอวนของเครื่องมือประมงปูม้าประเภทลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู พบว่ามีขนาดช่องตาอวนที่เหมาะสม มีขนาดต่ำกว่าขนาดช่องตาอวนที่ใช้ในปัจจุบันเล็กน้อย แสดงว่าเครื่องมือประมงดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะใช้ทำการประมงในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการใช้เครื่องมือประมงปูม้า จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงแหล่งประมงหรือฤดูกาลทำประมงควบคู่ไปด้วย เพื่อให้เกิดความมั่นใจในคุณภาพของเครื่องมือประมงชนิดดังกล่าว จะไม่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรปูม้าขนาดเล็ก หรือช่วงฤดูสืบพันธุ์วางไข่ของปูม้า เนื่องจากทรัพยากรปูม้าจะอยู่อาศัยกระจายบริเวณชายฝั่งทะเลเดียวกัน (Boutson *et al*., 2009)

ตารางที่ 10 ค่าปัจจัยการเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้าในพื้นที่ชายฝั่งจังหวัดตรัง

เครื่องมือประมง	ขนาดแรกจับ ($ICW_{c50\%}$; เซนติเมตร)	ขนาดตาอวนปัจจุบัน (เซนติเมตร)	ค่าปัจจัยการเลือกจับ	ขนาดตาอวนที่เหมาะสม (เซนติเมตร)	ความเหมาะสมของตาอวน
ลอบเหลี่ยม	7.29	4.30	1.69	5.30	ต้องเพิ่มขึ้น
ลอบกลมแบบพับ	9.15	5.00	1.83	4.90	เหมาะสม
ลอบเหลี่ยมแบบพับ	9.76	3.00	3.25	2.77	เหมาะสม
อวนจมปู	9.35	5.00	1.87	4.81	เหมาะสม

หมายเหตุ ค่า I$CW_{m50\%}$ ของปูม้าเพศเมียที่ไม่กระทบต่อวัยเจริญพันธุ์ เท่ากับ 9.00 เซนติมเตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากผลการศึกษาชีววิทยาประมงของปูม้า จากการประมงพื้นบ้านในจังหวัดตรัง พบว่าผลการศึกษามีความแตกต่างกับข้อมูลในพื้นที่อื่นๆ และมีข้อมูลที่ไม่มีการศึกษาในพื้นที่จังหวัดตรังมาก่อน และจะเป็นประโยชน์ในการใช้ประกอบการตัดสินใจ เสนอแนวทางการจัดการทรัพยากรประมงปูม้า ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ชีววิทยาการสืบพันธุ์

1.1 ลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

ลักษณะภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า จะพบรังไข่ หรือถุงน้ำเชื้อ อยู่บริเวณด้านบนของหัวใจ กระเพาะอาหารอยู่ใต้ขอบของกระดองทั้งสองด้าน ซึ่งรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อจะอยู่ติดกับตับ มีเหงือกตั้งอยู่ที่ด้านข้างของรังไข่หรือถุงน้ำเชื้อ

1.2 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

ถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ สามารถ แบ่งเป็น 2 ระยะ คือระยะไม่สมบูรณ์เพศ (immature) และระยะสมบูรณ์เพศ (mature) ส่วนรังไข่ของปูม้าเพศเมีย สามารถแบ่งออกเป็น 4 ระยะคือรังไข่ระยะ resting gonad ระยะ beginning of maturation ระยะ mature และระยะ pre-spawning

1.3 การพัฒนาการทางมิญชวิทยาของอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

การพัฒนาทางมิญชวิทยาของถุงน้ำเชื้อปูม้าเพศผู้ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระยะตามวิธี คือระยะสเปิร์มมาโทเจเนซีส (spermatogenesis) และระยะสเปอร์มิเอชั่น (spermiation) ส่วนการพัฒนาด้านมิญชวิทยาของรังไข่ปูม้าเพศเมีย สามารถจัดแบ่งรังไข่ออกเป็น 4 ระยะ คือรังไข่ระยะที่ 1 (oogonia), รังไข่ระยะที่ 2 (primary oocyte), รังไข่ระยะที่ 3 (secondary oocyte) และรังไข่ระยะที่ 4 (full growth oocyte)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ พบว่าปูม้าเพศผู้ที่สมบูรณ์เพศ (ปูม้าเพศผู้ที่มีการพัฒนาถุงน้ำเชื้ออยู่ในระยะที่ 2) สูงสุดในเดือนธันวาคมและกันยายน ส่วนการพัฒนารังไข่ของปูม้าเพศเมีย พบว่าปูม้าเพศเมียในระยะที่สมบูรณ์เพศสูงสุดในเดือนสิงหาคม (ปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่อยู่ในระยะที่ 4 หรือปูม้าไข่แก่)

1.4 การพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์ของปูม้า

การพัฒนาถุงน้ำเชื้อของปูม้าเพศผู้ พบว่าปูม้าเพศผู้ที่ยังไม่สมบูรณ์เพศ มากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน พฤษภาคม และมิถุนายน เท่ากันคือร้อยละ 50 และปูม้าเพศผู้ที่สมบูรณ์เพศ พบมากในเดือนธันวาคมและกันยายนเท่ากันคือร้อยละ 77.78ส่วนการพัฒนารังไข่ของปูม้าเพศเมีย พบว่าปูม้าเพศเมียที่ยังไม่สมบูรณ์เพศ พบมากที่สุดในเดือนตุลาคม ร้อยละ 28.57 ส่วนปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่ ในระยะที่ 2 พบมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน ร้อยละ 55.56 ปูม้าเพศเมียที่มีการพัฒนารังไข่ระยะที่ 3 พบมากที่สุดในเดือนธันวาคม ร้อยละ 50.00 และปูม้าเพศเมียในระยะที่สมบูรณ์เพศ พบมากที่สุดในเดือนสิงหาคม ร้อยละ 55.56

1.5 การศึกษาดัชนีสมบูรณ์เพศ (Gonadosomatic index; *GSI*)

ค่าดัชนีสมบูรณ์เพศของปูม้า พบว่าปูม้าเพศผู้มีค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศ *GSI* อยู่ในช่วง 1.34-3.25 พบมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 1.34±0.84 และมีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 3.25±1.44 ส่วนปูม้าเพศเมียมีค่าเฉลี่ยดัชนีสมบูรณ์เพศ *GSI* อยู่ในช่วง 2.60-9.24 โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนพฤศจิกายน เท่ากับ 2.60±1.97 และมีค่าสูงสุดในเดือนมกราคม เท่ากับ 9.24±3.04

1.6 การศึกษาขนาดสืบพันธุ์ของปูม้า

ขนาดสืบพันธุ์ของปูม้า พบว่าปูม้าเพศผู้ที่สามารถสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ($ICW_{m50\%}$) มีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 8.02 เซนติเมตร และความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 25 ($ICW_{m25\%}$) และร้อยละ 75 ($ICW_{m75\%}$) มีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 6.43 และ 9.58 เซนติเมตร ส่วนขนาดสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย พบว่าความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 ($ICW_{m50\%}$) มีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 8.09 เซนติเมตร และความสามารถในการสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 25 ($ICW_{m25\%}$) และร้อยละ 75 ($ICW_{m75\%}$) จะมีความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 7.88 และ 8.30 เซนติเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนปูม้าที่สมบูรณ์เพศต่อปูม้าทั้งหมด มีสมการความสัมพันธ์ของปูม้าเพศผู้และเพศเมียคือ $P_{ICW} = \frac{1}{1+e^{(5.57-0.69*ICW)}}$ และ $P_{ICW} = \frac{1}{1+e^{(5.57-0.69*ICW)}}$ ตามลำดับ และพบว่าช่วงที่ปูม้ามีความสามารถในการเจริญพันธุ์ได้ดี ของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย มีความกว้างกระดองด้านใน เท่ากับ 6.43-9.58 เซนติเมตร และ 7.88-8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ

1.7 ความดกไข่ของปูม้า

ปูม้ามีไข่เป็นลักษณะกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 318.07 ไมโครเมตร และพบว่ารังไข่ของปูม้าเพศเมียมีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 2.30-22.25 กรัม มีความดกไข่อยู่ในช่วง 98,627-1,325,786 ฟอง โดยพบค่าเฉลี่ยของความดกไข่คือ 481,753$\pm$221,503 ฟอง และมีสมการความสัมพันธ์ของความดกไข่กับความกว้างกระดองด้านในคือ $Fe = 697.44*ICW^{2.89}$

ช่วงพิสัยของปูม้าที่สามารถสืบพันธุ์ได้ดี โดยอาศัยข้อมูลขนาดสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย พบว่าโอกาสที่จะพบปูม้าวัยเจริญพันธุ์ร้อยละ 25, 50 และ 75 ในตัวอย่างปูม้าทั้งหมด มีขนาดความกว้างกระดองด้านในเท่ากับ 7.88, 8.09 และ 8.30 เซนติเมตร ตามลำดับ สามารถประมาณความดกไข่ของปูม้าเพศเมียที่ขนาดสืบพันธุ์ได้ร้อยละ 50 พบมีความดกไข่เท่ากับ 481,753 ฟอง และความดกไข่ของช่วงสัดส่วนวัยเจริญพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย ($ICW_{m25\%}$-$ICW_{m75\%}$) เท่ากับ 133,669-606,026 ฟอง

2. การศึกษาชีววิทยาประมง

2.1 ผลจับในรูปของจำนวนและน้ำหนักของปูม้า

เก็บรวบรวมตัวอย่างปูม้าได้ทั้งสิ้น 9,582 ตัว แบ่งเป็นปูม้าเพศผู้จำนวน 4,890 ตัว มีพิสัยความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัวเท่ากับ 4.24-13.71 เซนติเมตร และ 12-400 กรัม โดยมีความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ยเท่ากับ 9.11 $\pm$ 1.44 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 115.76 $\pm$ 51.49 กรัม ส่วนปูม้าเพศเมียจำนวน 4,692 ตัว มีพิสัยความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักตัวเท่ากับ 4.46-13.90 เซนติเมตร และ 10-430 กรัม โดยมีความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ยเท่ากับ 9.18 $\pm$ 1.48 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 114.28 $\pm$ 51.84 กรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การศึกษาอัตราส่วนเพศของปูม้า

อัตราส่วนเพศของปูม้าเพศผู้และเพศเมียตลอดปีเท่ากับ 1.0:0.96 ผลการทดสอบสัดส่วนระหว่างเพศของปูม้าเพศเมียและเพศผู้โดยรวมตลอดปี ด้วยวิธีการทดสอบแบบทวินาม (binomial test) โดยกำหนดสมมติฐานว่าสัดส่วนของเพศเมียเท่ากับสัดส่วนของเพศผู้ ผลการทดสอบพบว่าสัดส่วนของปูม้าเพศเมียไม่เท่ากับสัดส่วนของปูม้าเพศผู้ (*P-value* =0.044)

2.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกว้างกระดองด้านในและน้ำหนัก

ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านใน (inner carapace width; *ICW*) กับน้ำหนักตัวของปูม้า (body weight; *W*) โดยการวิเคราะห์การถดถอยแบบไม่เชิงเส้น พบว่ารูปแบบการเติบโตของปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรังเป็นแบบอัลโลเมตริก โดยมีค่าคงที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต (ค่าความชัน; b) โน้มเอียงเข้าใกล้ 3 แต่ยังไม่เป็นไปตามกฎกำลังสาม (cube law) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. การศึกษาพลวัตประชากรของปูม้า

3.1 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้าบริเวณชายฝั่งในจังหวัดตรัง

ค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปูม้าโดยการจำแนกตามเพศพบว่าปูม้าทั้งหมด ปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมียมีค่าความกว้างกระดองด้านในอนันต์เท่ากับ 14.80, 14.70 และ 14.80 เซนติเมตร และมีค่าพารามิเตอร์ความโค้ง เท่ากับ 1.39, 1.41 และ 1.41 ต่อปี

3.2 การประมาณค่าพารามิเตอร์การตาย

สัมประสิทธิ์การตายรวมของปูม้าเพศผู้ ปูม้าเพศเมีย และปูม้าทั้งหมดเท่ากับ 7.75, 7.26 และ 7.14 ต่อปี ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ ของปูม้าเพศผู้และปูม้าเพศเมีย เท่ากับ 1.91 และ 1.83 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงของปูม้าเพศผู้ ปูม้าเพศเมีย ปูม้าทั้งหมดเท่ากับ 3.68, 5.43 และ 5.23 ต่อปี ตามลำดับ และค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของปูม้าเพศผู้ และปูม้าเพศเมียมีค่าเท่ากัน คือเท่ากับ 0.75 ส่วนค่าอัตราการใช้ประโยชน์ของปูม้าทั้งหมด เท่ากับ 0.73

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้าในบริเวณจังหวัดตรัง

4.1 จำนวนประชากรปูม้าที่เข้ามาทดแทน

จำนวนประชากรปูม้าที่จะเข้ามาทดแทน โดยวิธีของโจนส์ (Jones' Length – Based Cohort Analysis) พบจำนวนประชากรปูม้าเข้าทดแทนในแหล่งประมง ที่ขนาดความกว้างกระดอง 4.00-4.50 เซนติเมตร เท่ากับ 13,227,418 ตัว มีค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม ที่คำนวณได้จากวิธีของโจนส์ อยู่ในช่วง 1.92-8.73 ต่อปี ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง อยู่ในช่วง 0.74-6.81 ต่อปี

4.2 สภาวะทรัพยากรปูม้าและการใช้ประโยชน์

สภาวะการประมงปีปัจจุบัน พบว่าทรัพยากรปูม้ามีมวลชีวภาพ 69,966.94 กิโลกรัม สามารถทำประมงได้ผลผลิต เท่ากับ 210,531.29 กิโลกรัม มีมูลค่าสัตว์น้ำ เท่ากับ 24.63 ล้านบาท ระดับที่ให้ผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (*MSY*) เท่ากับ 211,669.14 กิโลกรัม เมื่อลดปริมาณการลงแรงงานประมงลงจากเดิมประมาณร้อยละ 20 ส่วนระดับที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด (*MEY*) เท่ากับ 26.23 ล้านบาท เมื่อลดการลงแรงงานประมงลงจากเดิมร้อยละ 50

5. การประเมินความสูญเสียเชิงเศรษฐศาสตร์ของปูม้า

ความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรังพบว่าปูม้าขนาดเล็กซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งปัจจุบันมีราคาจำหน่ายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 40 บาท พบว่าปูม้าขนาดเล็กจะมีขนาดความกว้างกระดองด้านในตั้งแต่ 4.00-8.50 เซนติเมตร ความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ยเท่ากับ 7.62 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 64.40 กรัม ประมาณอายุได้เท่ากับ 0.49 ปี ผลผลิตที่ถูกจับมาใช้ประโยชน์เท่ากับ 15,542 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่าปูม้าขนาดเล็กประมาณ 621,687 บาทต่อปี

ปูม้าขนาดกลางที่ตลาดมีความต้องการ มีขนาดความกว้างกระดองด้านในระหว่าง 8.50-10.50 เซนติเมตร ความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ย 9.51 เซนติเมตร น้ำหนักตัวเฉลี่ย 119.35 กรัม ราคาจำหน่ายเฉลี่ยกิโลกรัมละ 120 บาท ประมาณอายุได้เท่ากับ 0.72 ปี ปริมาณปูม้าที่เหลือรอดจากปูม้าขนาดเล็กได้เท่ากับ 9,312 กิโลกรัมต่อปี มูลค่าปูม้าขนาดกลางประมาณ 1,117,482 บาทต่อปี เกิดความสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้ประโยชน์ปูม้าขนาดเล็ก เท่ากับ 495,795 บาทต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 45 ของรายได้ที่สูญเสียไปจากการจับปูม้าขนาดเล็กมาใช้ประโยชน์ก่อนขนาดตลาด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. การเลือกจับของเครื่องมือประมงปูม้า

การศึกษาในพื้นที่จังหวัดตรังพบเครื่องมือทำการประมงปูม้า จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ลอบเหลี่ยม หรือลอบแดง (fixed box trap) ลอบกลมแบบพับ หรือไซหยอง (collapsible vertical trap) ลอบเหลี่ยมแบบพับ หรือลอบพับ (collapsible box trap) และอวนจมปู (bottom gill net)

ลอบเหลี่ยม ที่ขนาดตาอวน 4.30 เซนติเมตร มีขนาดความกว้างกระดองด้านในแรกจับ ($ICW_{c50\%}$) เท่ากับ 7.29 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 6.43-8.15 เซนติเมตร ลอบกลมแบบพับที่ขนาดตาอวน 5.00 เซนติเมตร มีขนาดแรกจับ เท่ากับ 9.15 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 8.50-9.80 เซนติเมตร ลอบเหลี่ยมแบบพับที่ขนาดตาอวน 3.00 เซนติเมตร มีขนาดแรกจับ เท่ากับ 9.76 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 9.06-10.46 เซนติเมตร และอวนจมปูที่ขนาดตาอวน 5.00 เซนติเมตร มีขนาดแรกจับ เท่ากับ 9.35 เซนติเมตร ช่วงเลือกจับที่เหมาะสม เท่ากับ 8.55-10.15 เซนติเมตร

ค่าปัจจัยการเลือกจับของลอบเหลี่ยม ลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู เท่ากับ 1.69, 1.83, 3.25, และ 1.87 ตามลำดับ สามารถประมาณค่าขนาดตาอวนที่เหมาะสมของเครื่องมือประมง ที่จะมีประสิทธิภาพในการเลือกจับปูม้าขนาดไม่ต่ำกว่า 9.00 เซนติเมตร พบว่าเครื่องมือประเภทลอบเหลี่ยม ลอบกลมแบบพับ ลอบเหลี่ยมแบบพับ และอวนจมปู มีขนาดตาอวนที่เหมาะสม ที่ขนาดช่องตาอวนเท่ากับ 5.30, 4.90, 2.77 และ 4.81 เซนติเมตร ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

การจัดการประมงปูม้าในพื้นที่จังหวัดตรัง มีความจำเป็นเร่งด่วน เนื่องจากผลการศึกษามีความสอดคล้องกับสถานการณ์การประมงปูม้าในพื้นที่อื่นๆ ที่ยืนยันว่าการใช้ประโยชน์ทรัพยากรปูม้าในปัจจุบันเกินระดับที่เหมาะสม การรักษาระดับการใช้ประโยชน์เพื่อให้เกิดความยั่งยืน และให้เพียงพอต่อความต้องการของประชาชน จึงจำเป็นที่หน่วยงานเกี่ยวข้องทั้งส่วนกลางคือกรมประมง และส่วนภูมิภาค ได้แก่ระดับจังหวัด ระดับอำเภอ รวมถึงองค์การบริหารส่วนตำบล ควรเร่งสร้างแนวทางการจัดการประมง การกำหนดมาตรการที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับร่วมกันของผู้ใช้ประโยชน์ในท้องถิ่น โดยมีข้อเสนอแนะจากการศึกษาในครั้งนี้คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ข้อเสนอแนะทางวิชาการ

1.1 การศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาของปูม้า ควรใช้ความกว้างกระดองด้านใน (*ICW*) แทนความกว้างกระดองด้านนอก (*OCW*) เนื่องจากมีรายงานการศึกษาของ Sawusdee and Songrak (2009) ที่พบว่าความกว้างกระดองด้านในกับน้ำหนัก มีความสัมพันธ์สูงกว่าความกว้างกระดองด้านนอกกับน้ำหนักตัว ซึ่งจะทำให้ผลการศึกษาเกี่ยวกับปูม้าจากพื้นที่ต่างๆ มาจากฐานข้อมูลแบบเดียวกัน สามารถนำผลการศึกษามาเปรียบเทียบและปรับใช้ใช้ได้สะดวกรวดเร็ว และจะเป็นการสร้างมาตรฐานการศึกษาวิจัยทรัพยากรปูม้าของประเทศไทย

1.2 การศึกษาเกี่ยวกับชีววิทยาประมงของปูม้าในอนาคต ควรสนใจการศึกษาเกี่ยวกับแหล่งที่อยู่อาศัยของปูม้า แหล่งอนุบาลของปูม้า ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของปูม้า เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลปูม้าในแต่ละพื้นที่เป็นสำคัญ เนื่องจากมาตรการในการจัดการประมงปูม้าให้เกิดความเหมาะสมและเป็นธรรม ต้องใช้ข้อมูลในระดับพื้นที่ในการตัดสินใจ

1.3 ควรศึกษาเกี่ยวกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมของชาวประมงที่ทำประมงปูม้าเป็นอาชีพหลักให้เป็นฐานข้อมูลปัจจุบัน เพื่อเป็นข้อมูลตัดสินใจบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าให้เป็นธรรมต่อทุกฝ่าย และไม่ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตของชุมชนประมงชายฝั่ง

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าอย่างยั่งยืน

2.1 จากผลการศึกษาเพื่อให้การบริหารจัดการทรัพยากรปูม้ามีความยั่งยืน จึงควรกำหนดระดับการประมงที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดทางเศรษฐกิจ (MEY) ซึ่งจะต้องลดระดับการประมงลงจากปัจจุบันประมาณร้อยละ 50 เพื่อให้มีความมั่นใจว่าทรัพยากรปูม้าจะมีการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน และลดความสุ่มเสี่ยงในการประมงทรัพยากรปูม้าเกินระดับที่เหมาะสม ซึ่งอาจจะส่งผลให้การใช้ประโยชน์ปูม้าเสื่อมโทรมได้ อย่างไรก็ตามการเลือกระดับการประมงที่ให้ผลตอบแทนสูงสุดทางเศรษฐกิจ (MEY) อาจจะกระทบต่อชาวประมงในพื้นที่ ซึ่งควรมีแนวทางความช่วยเหลือชาวประมงที่จะได้รับผลกระทบจากการบริหารจัดการดังกล่าว เช่นการสร้างอาชีพเสริมหรืออาชีพทางเลือก การสร้างแรงจูงใจด้านราคาปูม้าให้เพิ่มขึ้น ต่อกลุ่มชุมชนประมงชายฝั่งที่มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรปูม้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อย่างไรก็ตามในช่วงแรกของการกำหนดระเบียบกติกา หรือมาตรการควบคุม จะได้รับความร่วมมือจากชาวประมงในเกณฑ์ต่ำ จึงจำเป็นต้องใช้มาตรการด้านอนุรักษ์ควบคู่ไปด้วย ซึ่งกรมประมงได้กำหนดแผนแม่บทการจัดการประมงทะเลไทย ระหว่างปี 2552-2561 และผลักดันเรื่องการจัดการปูม้าอย่างยั่งยืนเป็นแผนงานหลัก จึงมีความเป็นไปได้สำหรับการสร้างระบบการประมงปูม้าอย่างมีความรับผิดชอบ โดยนำหลักการและข้อมูลทางวิชาการมาปรับใช้เพื่อกำหนดแนวทางอนุรักษ์ร่วมกับชุมชน และการให้การรับรองชุมชน ที่เข้าร่วมโครงการและประสบผลสำเร็จในการจัดการประมงปูม้า โดยการเพิ่มราคาสินค้าสัตว์น้ำให้ชาวประมงผ่านระบบกลไกตลาดที่เหมาะสม หรือการออกเครื่องหมายรับรองกลุ่มประมงที่มีมาตรฐานทางการประมง หรือการประมงอย่างมีความรับผิดชอบเพื่อสร้างคุณค่าให้ชุมชน

2.2 การพิจารณากำหนดควบคุมการประมงปูม้าช่วงฤดูสืบพันธุ์วางไข่ในพื้นที่จังหวัดตรังจากเดิมระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคม เป็นช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ หรือกำหนดห้ามทำประมงปูม้ามีไข่นอกกระดอง อย่างน้อย 1 เดือน เพื่อให้ชาวประมงยอมรับได้ในระยะแรกและเป็นหลักประกันว่าทรัพยากรปูม้าจะมีโอกาสได้ฟื้นตัวจากการจัดการประมงร่วมกัน ทั้งนี้อาจจะเริ่มต้นการทำงานโดยการสนับสนุนกิจกรรมอนุรักษ์ปูม้าโดยชุมชนมีส่วนร่วม ได้แก่การเพาะปูม้าคืนสู่ทะเล (ธนาคารปูม้า) เพื่อให้ชุมชนมีส่วนช่วยเพิ่มพันธุ์ปูม้าคืนสู่ธรรมชาติ และจะเป็นการช่วยเร่งการสร้างจิตสำนึกให้กับชาวประมงได้มากขึ้น และเกิดความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างภาครัฐกับชาวประมง

ธนาคารปูม้าโดยให้ชุมชนนำปูม้ามีไข่นอกกระดองมาเพาะฟักให้ปูม้าปล่อยไข่และฟักเป็นตัว ซึ่งวิธีการเพาะฟักปูม้าแบบโรงเพาะฟักสามารถดำเนินการได้ในชุมชน และเทคนิคทางวิชาการพร้อมถ่ายทอดให้ชุมชนผลิตลูกปูม้าที่มีอัตราการรอดตายสูง ชาวประมงจะเห็นคุณค่าของทรัพยากรปูม้า และเกิดแรงจูงใจให้ความร่วมมือต่อการอนุรักษ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้ทดลองนำร่องในหมู่บ้านน้ำราบ อำเภอกันตัง และบ้านพรุจูด อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง พบว่าสามารถกระตุ้นให้ชุมชนเกิดความตระหนักและเกิดการยอมรับต่อการอนุรักษ์ปูม้าได้มากขึ้น ผลที่เกิดขึ้นคือชุมชนจะช่วยกันกำหนดกติกาการจัดการประมงปูม้าเพิ่มเติม เมื่อเห็นความสำเร็จของการเพิ่มลูกพันธุ์ปูม้าที่ชุมชนมีส่วนร่วม และพร้อมจะให้ความร่วมมือต่อมาตรการควบคุมการประมงปูม้าที่ชุมชนมีส่วนร่วมในการกำหนดและวางแผนร่วมกัน ดังนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการขยายผลในพื้นที่ต่างๆ ต่อไป

2.4 การผลักดันโครงการปรับเปลี่ยนขนาดช่องตาอวนของเครื่องมือประมงปูม้าประเภทลอบปูม้า ให้มีขนาดช่องตาอวนไม่ต่ำกว่า 2.5 นิ้ว โดยการให้ความรู้ความเข้าใจ ควบคู่กับมาตรการความช่วยเหลือชาวประมงอย่างต่อเนื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การกำหนดมาตรการห้ามใช้เครื่องมือลอบปูม้าที่มีขนาดช่องตาท้องลอบต่ำกว่า 2.5 เซนติเมตร ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อลดการใช้ประโยชน์ปูม้าขนาดเล็ก โดยการปรับขนาดช่องตาเครื่องมือประมงให้มากขึ้น เพิ่มโอกาสการหลุดรอดของปูม้า พบว่าไม่มีประสิทธิภาพในทางปฏิบัติ เนื่องจากขนาดปูม้าที่จับได้มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้เครื่องมือประมง แหล่งทำการประมง และวิธีการหลุดรอดของปูม้า อย่างไรก็ตามมาตรการกำหนดขนาดของตาอวนของลอบปูม้า ต้องใช้ระยะเวลาในการทำความเข้าใจกับชาวประมง และกำหนดมาตรการช่วยเหลือชาวประมง สร้างความเชื่อมั่นให้กับชาวประมงที่จะปรับเปลี่ยนรูปแบบเครื่องมือประมงปูม้า เพื่อให้เกิดการยอมรับจากชาวประมงอย่างแท้จริง

2.5 ควรสนับสนุนมาตรการจัดการประมง และแสวงหาวิธีการสร้างแรงจูงใจ เพื่อลดการจับปูม้าขนาดเล็กที่ขนาดความกว้างกระดองด้านในตั้งแต่ 4.00-8.50 เซนติเมตร โดยหากปล่อยให้เติบโตอีกประมาณ 1-2 เดือน จะสามารถเพิ่มมูลค่าปูม้าได้ไม่น้อยกว่า 600,000 บาท ซึ่งจะสร้างรายได้เพิ่มขึ้นแก่ชาวประมงในอนาคตได้อย่างต่อเนื่อง

2.6 ภาครัฐและนักวิชาการควรมีการติดตามและประเมินทรัพยากรปูม้าอย่างต่อเนื่อง พร้อมกับติดตามข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนประมง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทบทวนมาตรการและการดูแลช่วยเหลือชาวประมงให้เกิดความเป็นธรรมและยั่งยืน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลรัตน์ พุทธรักษา, อุดม เครือเนียม และ บุญฤทธิ์ เจริญสมบัติ. 2555. **ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้าบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก.** สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมประมง. 2540. **คำนิยามและการจำแนกเครื่องมือประมงทะเลของไทย.** ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2555. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทยปี 2553**. เอกสารฉบับที่ 12/2555. งานสถิติการประมง, ฝ่ายเศรษฐกิจการประมงและแผนงาน, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2556. **สถิติการประมงแห่งประเทศไทยปี 2554.** เอกสารฉบับที่ 12/2556. งานสถิติการประมง, ฝ่ายเศรษฐกิจการประมงและแผนงาน, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบศักดิ์ เกตุเหมือน, วิลาสินี คงเล่ง, สุกัญญา เจริญสี และ สุภาวดี จิตต์หมั่น. 2553. **การเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) โดยการแยกเพศ.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 12/2553. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสงขลา, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เขียน สินอนุวงศ์. 2520. **การศึกษาชีววิทยาของปูม้าในอ่าวไทย**. รายงานวิชาการฉบับที่ 14. งานสัตว์น้ำอื่นๆ. กองประมงทะเล. กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จักรพัณน์ ปิ่นพุทธศิลป์. 2545. **ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูจักจั่น (*Ranina ranina* Linnaeus, 1758) บริเวณทะเลอันดามัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท วิทยาศาสตร์การประมง. คณะบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิตติมา อายุตตะกะ. 2544. **การศึกษาเบื้องต้นประชาคมสิ่งมีชีวิตพื้นทะเล.** สำนักพิมพ์เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จินตนา จินดาลิขิต. 2544. **ชีววิทยาการสืบพันธุ์ของปูม้า *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยตอนบน**. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จินตนา จินดาลิขิต, จักรพัณน์ ปิ่นพุทธศิลป์, ขนิษฐา เสรีรักษ์ และ สุวรักษ์ วงษ์โท. 2551. **ชีววิทยาและการประเมินทรัพยากรปูม้าบริเวณอ่าวไทยตอนบน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 3/2551. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จินตนา จินดาลิขิต, ธิดารัตน์ คงชัย, กมลรัตน์ พุทธรักษา และบุญศรี จารุธรรมโสภณ. 2552. **ฤดูวางไข่ ความดกไข่ และอัตราส่วนเพศของปูม้าในน่านน้ำไทย**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 2/2552. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ฉัตรชัย ปรีชา. 2555. **ชีววิทยาและพลวัตรประชากรของปลาเผาะ (*Pangasius bocourti* Sauvage, 1880) ในแม่น้ำโขง บริเวณจังหวัดหนองคาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก คณะบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทวีป บุญวานิช. 2536. **ความสัมพันธ์ของขนาดและการเจริญพันธุ์ของกุ้งแชบ๊วยในอ่าวไทยตอนล่าง**. ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง กองประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ทิวารัตน์ สินอนันต์. 2555. **การประเมินสภาวะทรัพยากรปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก.** สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย นิติรัฐสุวรรณ, อภิรักษ์ สงรักษ์ และชาญยุทธ สุดทองคง. 2548. **การจัดการประมงปูม้าในอำเภอสิเกา จังหวัดตรัง**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธนิษฐา ทรรพนันทน์. 2543. **ชีววิทยาประมง.** ภาควิชาชีววิทยาประมง คณะประมง, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนิษฐา ทรรพนันทน์ ใจดี และ อมรศักดิ์ สวัสดี. 2550. **คู่มือชีววิทยาประมง ภาคปฏิบัติ.** มิสเตอร์ก๊อบปี้, กรุงเทพฯ.

ธนิษฐา ทรรพนันทน์ ใจดี. 2552. **พลวัตประชากรสัตว์น้ำในเขตร้อน**. มิสเตอร์ก๊อบปี้ฯ กรุงเทพฯ.

บรรจง เทียนส่งรัศมี. 2550. **การเพาะเลี้ยงปูม้าในทะเลชายฝั่งแบบชุมชนมีส่วนร่วม**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

_____. 2551. **ถอดรหัสปูม้า**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

บุญศรี วงศ์จิตต์ชื่น และ เจต พิมลจินดา. 2527. **การศึกษาชีวประวัติบางประการของแม่ปูม้า** (*Portunus pelagicus*) ที่ใช้ในการเพาะฟัก. เอกสารวิชาการ. สถานีประมงทะเลจังหวัดสตูล, กองประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิภพ เหล่าพัดจัน. 2534. **การจัดการประมงและการอนุรักษ์ทรัพยากรประมงทะเลในน่านน้ำเขตอำนาจของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ภาคภูมิ วิธานติรวัฒน์. 2553. **ประวัติศาสตร์ของตรังเมืองเก่า.** เอกสารเผยแพร่ ประจำปี 2553. มูลนิธิอันดามัน, จังหวัดตรัง.

มะลิ บุณยรัตผลิน. 2555. **การจัดการประมงไทยแนวใหม่.** สำนักวิชาการ, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มาลา สุพงษ์พันธุ์ และ เจริญ นิติธรรมยง. 2544. **การประเมินสภาวะทรัพยากรสัตว์น้ำในเขตร้อนเล่มที่ 1: คู่มือ.** องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ สำนักงานประจำภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิค, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วารินทร์ ธนาสมหวัง และ ภมรพรรณ ฉัตรภูมิ. 2548. **ผลของความเค็มของน้ำต่ออัตราการฟักของไข่ปูม้าในตับปิ้งปูไข่ไข่นอกกระดอง**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 1/2548. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ ธนาสมหวัง, สุพิศ ทองรอด และ ลิลา เรืองแป้น. 2548. **รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ "การผลิตพันธุ์และการเลี้ยงปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) เชิงพาณิชย์".** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ.

วารินทร์ ธนาสมหวัง และ ธรรมนูญ วุ่นซิ่งซี่. 2549. **ผลของความเป็นกรด-ด่างของน้ำต่ออัตราการรอดตายและการเจริญเติบโตของลูกปูม้า (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) ที่อนุบาลในถังไฟเบอร์.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 38/2549. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาคร, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ ธนาสมหวัง. 2556. **การบริหารจัดการทรัพยากรปูม้าเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน.** สำนักวิชาการ, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย วังคะฮาด, เฉลิมชาติ อรุณโรจน์ประไพ, กมลพันธุ์ อวัยวานนท์, อนุชา ส่งจิตต์สวัสดิ์, ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม, วราภรณ์ เดชบุญ และ กำพล ลอยชื่น. 2549. **การประมงลอบปู**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 30/2549. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน (ภูเก็ต), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วุฒิชัย วังคะฮาด, ธีรยุทธ ศรีคุ้ม, กมลพันธุ์ อวัยวานนท์, ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม, อำนาจ ศิริเพชร, เฉลิมชาติ อรุณโรจน์ประไพ และ กำพล ลอยชื่น. 2550. **การประมงอวนจมปู**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 13/2550. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลฝั่งอันดามัน (ภูเก็ต), สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และ จินดา เพชรกำเนิด. 2549. **การประมงลอยปูบริเวณอ่าวไทยตอนกลาง.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 15/2549. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนกลาง, สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศุภลักษณ์ โรมรัตนพันธ์. 2545. **เทคนิคเนื้อเยื่อสัตว์.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัมพันธ์ ปานจรัตน์, มนตรี สุมณฑา, กำพล ลอยชื่น, วิทยา พันธะกิจ และ วรรลี สิงห์ธงยาม. 2550. **ทัศนคติของชาวประมงต่อการจัดการทรัพยากรปูม้าทางฝั่งทะเลอันดามัน.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 14/2550. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุเมธ ตันติสกุล. 2527. **ชีววิทยาการประมงของปูม้าในอ่าวไทย.** เอกสารเผยแพร่วิชาการ ฉบับที่ 1/2527. ฝ่ายสัตว์น้ำอื่นๆ กองประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานประมงจังหวัดตรัง. 2551. **รายงานประจำปีสำนักงานประมงจังหวัดตรัง ประจำปี 2550**. สำนักงานประมงจังหวัดตรัง, จังหวัดตรัง.

อภิรักษ์ สงรักษ์, วัฒนา วัฒนกุล และ บุญครื้น พรเดชอนันต์. 2553. **ธนาคารปูม้า: การอนุรักษ์และการจัดการโดยชุมชน**. สำนักงานประมงจังหวัดตรัง, จังหวัดตรัง.

อมรา ชื่นพันธุ์ และ อัจฉรา วิภาศิริ. 2545. **การประเมินสภาวะทรัพยากรและแนวทางการจัดการประมงปูม้าในอ่าวไทยตอนบน**. เอกสารวิชาการฉบับที่ 16/2545. กองประมงทะเล, กรมประมง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Abello, P. 1989. Reproductive biology of *Macropipus tuberculatus* (Roux 1830) (Brachyura : Portunidae) in the Northwestern Mediterranean. **Ophelia**. 30 (1) : 47-53. *Cited* Pinputtasin, J. 2545. Reproductive biology of Red Frog Crab, *Ranina ranina* (Linnaeus, 1758), in the Andaman Sea. Master Thesis. Fishery Science, Kasetsart University, Bangkok.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Arshad, A., Efrizal, M.S. Kamarudin and C.R. Saad. 2006. Study on fecundity, embryology and Larval development of blue swimming crab *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) under laboratory conditions. **Research Journal of Fisheries and Hydrobiology,** 1(1): 35-44.

Bertalanffy, L. von. 1938. A Aquantitative Theory of Organic Growth. (Inquires on Growth law.2). **Human Biology**. 10 (2) : 181-213.

Beverton, R. J. H., and S. j. Holt. 1956**.** A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Exploited Fish Populations, with Species to Sources of Bias in Catch Sampling. **Rapp. P. –v. Reun. CIEM** 140: 67-83.

_____and_____1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. **Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food G. B. (2 Sea Fish),** 19: 533 p.

Bezerra, L.E.A. and H.M. Cascon. 2007**.** Population and reproductive biology of the fiddler crab *Uca thayeri* Rathbun, 1900 (Crustacea: Ocypodidae) in a tropical mangrove from Northeast Brazil. **Acta Oecologica,** 31: 251-258.

Boutson, A., C. Mahasawasde, S. Mahasawasde, S. Tunkijanukij and T. Arimoto. 2009. Use of Escape vents to improve size and species selectivity of collapsible pot for blue swimming crab *Portunus pelagicus* in Thailand. **Fisheries Science**, *75:* 25-33.

Catalina, E. B. 2009. **Ovarian Morphology, Oogenesis, and changes through the annual reproductive cycle of the Female Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Tampa Bay**. Master Thesis, University of South Florida.

Conover, W. J. 1999. **Practical Non-parametric Statistics.** Third Edition. Wiley Series in Probability and Staistics: Applied Probability Stayistics Section. New York.

Cushing, D. H. 1968. **Fishery biology: a study in population dynamics**. Madison, University of Wisconsin Press.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

de Lestang, S., N.G. Hall and I.C. Potter. 2003. Reproductive biology of the blue swimmer crab (*Portunus pelagicus*, Decapoda: Portunidae) in five bodies of water on the west coast of Australia. **Fisheries Bulletin,** 101:745-757.

Ehsan, K., N.S. Abdul and Y. Marziar. 2010. Stock Assessment and Reproductive Biology of the Blue Swimming Crab, Portunud pelagicus in Bandar Abbas Coastal Wasters, Northern Persian Gulf. **Journal of the Persian Gulf**, 11 (2): 11-22.

Gayanilo, F.C., P. Sparre and D. Pauly. 2002. **The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT II) Program Package**. FAO, Rome.

Gulland, J.A., 1962. **Manual of Sampling methods for fisheries biology.** FAO Fish. Biol. Tech. Pap. No. 26: 70-75.

_____ 1969. **Manual of Methods for Fish Stock Assessment. Part I. Fish Population Analysis**. FAO Man. Fish. Sci., (4): 150-154.

Hosseini, M., A. Vazirizade, Y. Parsa and A. Mansori. 2012. Sex ratio, size distribution and seasonal Abundance of blue swimming crab, *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1758) in Persian Gulf coasts, Iran. **World Applied Sciences Journal,** 17(7): 919-925.

Ikhwanuddin, M., G. Azmie, H.M. Juariah, M.Z. Zakaria and M.A. Ambak. 2011. Biological information and population features of mud crab, genus Scylla from mangrove areas of Sarawak, Malaysia. **Fisheries Research,** 108 (2011): 299–306.

Johnson, P. T. 1980. Histology of the Blue Crab, *Callinectes sapidus*, a Model for the Decapoda. **Praeger Publishers**, New York. 440 p. *Cited* Catalina E. B. 2009. Ovarian Morphology, Oogenesis, and changes through the annual reproductive cycle of the Female Blue Crab, *Callinectes sapidus* Rathbun, in Tampa Bay. Master Thesis., Marine Science, University of South Florida, Florida.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Johnson, D.D., C.A. Gray and W.G. Macbeth. 2010. Reproductive biology of *Portunus pelagicus* in a south-east Australian estuary. **Journal of Crustacean Biology,** 30(2): 200-205.

Jones, R. and N.P. van Zalinge. 1981. Estimates of Mortality Rate and Population Size for Shrimp in Kuwait Water. **Kuwait Bulletin Marine Science**, 2: 273-288.

Kamrani, E., A.N. Sabili and M. Yahyavi. 2010. Stock assessment and reproductive biology of the blue swimming crab, *Portunus pelagicus* in Bandar Abbas coastal waters, Northern Persian Gulf. **Journal of the Persian Gulf (Marine Science),** 1(2): 11-22.

Kangas, M.I. 2000. **Synopsis of the biology and exploitation of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, in Western Australia.** Fisheries Research Division, WA Marine Research Laboratories, Fisheries Western Australia, No. 121: 22-25.

King, M.G. 2007. **Fisheries Biology, Assessment and Management**, 2nd ed. Blackwell Publishing, Singapore.

Kumar, M.S., Y. Xiao and H. Williams. 1999. **Blue crab-Assessment Update and Review of Biological Indicators and Reference Points**. South Australian. Fisheries Assessment Series, 99/02. SARDI.

Kumar, M.S., Y. Xiao, S. Venema and G. Hooper. 2003. Reproductive cycle of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus*, off southern Australia. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,** 83: 983-994.

Lack, D. 1954. **The Natural Regulation of Animal Number**. Oxford University Press, UK.

Lee, H.H., and C.C. Hus. 2003. Population biology of the swimming crab *Portunus sanguinolentus* in the waters off northern Taiwan. **Journal of Crustacean Biology,** 23(3): 691-699.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Meagher, T. D. 1971. **Ecology of the crab, *Portunus pelagicus* in South Western Australia.** Ph.D. Thesis. University of Western Australia, Aistralia.

Nikolsky, G. V. 1963. **The Ecology of Fishes**. Acdemic Press. London and New York.

Pauly, D. 1980. A Selection of Simple Methods for the Assessment of Tropical Fish Stock. **FAO Fish. Circ**., (729): 1-54.

_____. 1987. A Review of the ELEFAN System for Analysis of Length-Frequency Data in Fish and Aquatic Invertebrate. **ICLARM Conf. Proc**., (13): 7-34.

Pillai, K.K., and N.B. Nair. 1971. The annual reproductive cycles of *Uca annulipes, Portunus pelagicus* and *Metapenaeus affinis* (Decapoda: Crustacea) from Southwest coast of India. **Marine Biology**, 11: 152-166.

Ravi R., Manisseri M.K. and N.K. Sanil. 2012. Ovarianmaturation and oogenesis in the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* (Decapoda: Portunidae). **Acta Zoologica. doi**: 10.1111/j.1463-6395.2011.00555.

R Development Core Team. 2009. **R: A language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: http://www.R-project.org.

Ricker, W. E. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada**, 191: 382.

Rikhter, V. A., and V. N. Efanov. 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. **ICNAF Res. Doc**., 76/VI/8: 12 p.

Russell, E.S. 1942. **The Overfishing Problem**. Cambridge University Press. London.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sawusdee, A. and A. Songrak. 2009. Population Dynamics and Stock Assessment of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linnaeus, 1758) in the Coastal Area of Trang Province, Thailand. **Walailak Journal of Science and Technology**, 6: 189-202.

Smith, H. 1982. Blue crabs in South Australia-their status, potential and biology. **SAFIC,** 6(5): 6-9.

Smith, K. D., N.G. Hall, S. De Lestang and I.C. Potter. 2004. Potential bias in estimates of the size of maturity of crabs derived from trap samples. **ICES Journal of Marine Science,** 61: 906-912.

Songrak. A., and P. Choopunth. 2006. **Stock Assessment of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus* Linaeus, 1758) in Sikao Bay Trang Province Southern Thailand**. Proceedings International Conference on "Coastal Oceanography and Sustainable Marine Aquaculture, Confluence & Synergy", Sabah, Malaysia.

Songrak, A., W. Bodhisuwan and T. Thapanand. 2013. Selectivity of Traps for Blue Swimming Crab in Trang Province. **Maejo International Journal of Science and Technology**, 7(special Issue): 36-42.

Sparre, P. and S.C. Venema. 1998. **Introduction to Tropical Fish Stock Assessment**. Fishery Assessment report to PIRSA for the Blue Crab Fishery Management Committee. South Australian Research and Development Institute. Adelaide. RD 03/0274-2.

Stephenson, W., 1972. An Annotated Check List and Key to the Indo-West-Pacific Swimming Crabs (Crastacea: Decapoda: Portunidae). **Bulletin of Royal Society of New Zealand**, 10: 1-64.

Sudtongkong, C. 2006. **Reproductive biology of *P. pelagicus*, Linnaeus in Sikao Bay Southern Thailand.** Proceedings International Conference on "Coastal Oceanography and Sustainable Marine Aquaculture, Confluence & Synergy", Sabah, Malaysia.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Supongpan, M., 2005. **Future Direction for Marine Capture Fisheries Management**. Marine Fishery and Technology Development Institute, Department of Fisheries. Ministry of Agricuture and Cooperatives. Thailand.

Svane, I. and G.E. Hooper. 2004. **Blue swimmer Crab (*Portunus pelagicus*) Fishery**. Fishery Assessment Report to PIRSA for the Blue Crab Fishery Management Committee. SARDI Aquatic Sciences Publication No: RD 03/0274-2.

Thompson, W. F. and F. H. Bell. 1934. Biological Statistics of the Pacific Halibut Fishery II. Effect of Changes in Intensity Upon Total Yield and Yield Per Unit of Gear. **Rep. Int. Fish. Comm**., 8: 49.

Verzani, J. 2005. **Using R for Introductory Satistics**. Chapman&Hall, A CRC Press Company, Boca Raton.

Xiao, Y. and M. Kumar. 2004. Sex ratio, and probability of sexual maturity of females at size, of the blue swimmer crab, *Portunus pelagicus* Linnaeus, off southern Australia. **Fisheries Research,** 68: 271-282.

Yunanda, T. 2004. **Management of Blue Swimming Crab (*Portunus pelagicus*) Fishery in the Gulf of Thailand**. Master Thesis, Kasetsart University, Bangkok.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 การพัฒนาระยะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศผู้ ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

จำนวน : ตัว

เดือน		ระยะที่ 1		ระยะที่ 2	
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ตุลาคม	2553	5	31.25	11	68.75
พฤศจิกายน		9	50.00	9	50.00
ธันวาคม		4	22.22	14	77.78
มกราคม	2554	9	42.86	12	57.14
กุมภาพันธ์		7	38.89	11	61.66
มีนาคม		6	33.33	12	66.67
เมษายน		6	33.33	12	66.67
พฤษภาคม		9	50.00	9	50.00
มิถุนายน		9	50.00	9	50.00
กรกฎาคม		7	38.89	11	61.11
สิงหาคม		7	38.89	11	61.11
กันยายน		4	22.22	14	77.78
รวม		82	37.79	135	62.21

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 การพัฒนาระยะสืบพันธุ์ของปูม้าเพศเมีย ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

จำนวน : ตัว

เดือน	ระยะที่ 1		ระยะที่ 2		ระยะที่ 3		ระยะที่ 4	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ตุลาคม 2553	4	28.57	5	35.71	4	28.51	1	7.14
พฤศจิกายน	2	11.11	9	55.56	3	16.67	3	16.67
ธันวาคม	0	0 .00	7	38.89	9	50.00	2	11.11
มกราคม 2554	0	0.00	3	14.29	8	38.1	10	47.62
กุมภาพันธ์	0	0.00	8	44.44	3	16.67	7	38.89
มีนาคม	0	0.00	4	22.22	6	33.33	8	44.45
เมษายน	0	0.00	5	27.78	4	22.22	9	5.000
พฤษภาคม	1	5.56	8	44.44	3	33.33	6	16.67
มิถุนายน	4	22.22	3	16.67	5	27.78	6	33.33
กรกฎาคม	0	0.00	6	33.33	6	33.33	6	33.34
สิงหาคม	0	0.00	1	5.56	7	38.89	10	55.56
กันยายน	0	0.00	6	37.89	7	33.33	5	27.78
รวม	11	5.14	65	30.37	65	30.37	73	34.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 ดัชนีสมบูรณ์เพศของปูม้าเพศผู้และเพศเมีย ในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

หน่วย : เซนติเมตร

เดือน		เพศผู้		เพศเมีย	
		ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตุลาคม	2553	2.828	2.079	3.115	2.671
พฤศจิกายน		1.341	0.837	2.598	1.971
ธันวาคม		2.349	1.334	3.258	2.867
มกราคม	2554	2.295	1.632	9.238	3.039
กุมภาพันธ์		1.437	1.237	5.217	4.242
มีนาคม		2.042	0.742	6.827	3.293
เมษายน		2.016	0.768	6.764	3.365
พฤษภาคม		2.126	1.439	6.088	2.997
มิถุนายน		3.141	1.095	7.094	4.640
กรกฎาคม		2.068	0.921	5.570	4.032
สิงหาคม		3.246	1.440	7.977	3.530
กันยายน		2.914	1.543	5.117	3.150

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 ความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของตัวอย่างปูม้าเพศผู้บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

เดือน	จำนวน (ตัว)	ความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ย (เซนติเมตร)	พิสัยความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	พิสัยน้ำหนัก (กรัม)
ต.ค. 53	855	9.17 ± 1.27	4.22-13.71	110.75 ± 46.63	15.00-400.00
พ.ย. 53	379	9.07 ± 1.63	5.44-13.35	119.43 ± 64.22	20.00-360.00
ธ.ค. 53	345	9.12 ± 1.48	4.58-13.24	116.14 ± 56.43	15.00-330.00
ม.ค. 54	399	9.59 ± 1.46	5.26-12.88	132.78 ± 54.13	20.00-300.00
ก.พ. 54	375	9.33 ± 1.54	5.38-13.15	121.41 ± 54.83	15.00-330.00
มี.ค. 54	340	9.33 ± 1.59	5.47-12.80	120.63 ± 57.44	12.00-320.00
เม.ย. 54	412	9.18 ± 1.30	5.39-12.81	111.92 ± 38.39	22.00-255.00
พ.ค. 54	322	8.61 ± 1.40	4.29-12.01	100.83 ± 42.94	20.00-242.00
มิ.ย. 54	327	8.19 ± 1.47	5.15-11.21	91.86 ± 42.38	22.00-218.00
ก.ค. 54	384	8.79 ± 1.29	5.24-12.14	111.54 ± 45.48	20.00-302.00
ส.ค. 54	340	8.95 ± 1.06	5.85-12.14	110.08 ± 45.34	23.00-302.00
ก.ย. 54	412	9.69 ± 1.28	5.24-12.70	139.94 ± 51.38	20.00-320.00
ทั้งหมด	4,890	9.11 ± 1.44	4.24-13.71	115.76 ± 51.49	12.00-400.00

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 ความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของตัวอย่างปูม้าเพศเมียบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง

เดือน	จำนวน (ตัว)	ความกว้างกระดองด้านในเฉลี่ย (เซนติเมตร)	พิสัยความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	พิสัยน้ำหนัก (กรัม)
ต.ค. 53	807	9.03 ± 1.24	5.97-13.81	103.42 ± 43.36	20.00-326.00
พ.ย. 53	341	9.02 ± 1.50	5.34-13.10	108.87 ± 52.39	10.00-305.00
ธ.ค. 53	375	9.74 ± 1.55	4.91-13.53	131.46 ± 63.05	12.00-430.00
ม.ค. 54	321	9.61 ± 1.62	5.18-13.67	125.34 ± 55.82	22.00-310.00
ก.พ. 54	345	9.56 ± 1.58	5.61-13.88	129.23 ± 62.59	15.00-370.00
มี.ค. 54	380	9.99 ± 1.48	5.36-13.90	141.29 ± 59.58	11.00-390.00
เม.ย. 54	308	9.32 ± 1.45	5.43-13.27	112.99 ± 42.59	23.00-270.00
พ.ค. 54	398	8.74 ± 1.46	5.03-12.24	103.58 ± 46.69	20.00-260.00
มิ.ย. 54	393	8.45 ± 1.47	4.46-11.96	98.19 ± 45.81	20.00-266.00
ก.ค. 54	336	8.71 ± 1.40	5.01-13.67	105.17 ± 45.70	12.00-305.00
ส.ค. 54	380	8.88 ± 1.15	5.64-12.35	105.46 ± 42.87	12.00-305.00
ก.ย. 54	308	9.44 ± 1.21	5.64-12.21	122.68 ± 40.45	36.00-260.00
ทั้งหมด	4,692	9.18 ± 1.48	4.46-13.90	114.28 ± 51.84	10.00-430.00

ตารางผนวกที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในและน้ำหนักของปูม้า ในบริเวณจังหวัดตรัง

ปูม้า	จำนวน (ตัว)	ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างกระดองด้านในกับน้ำหนัก	สหสัมพันธ์ (R^2)
เพศผู้	4,890	$W = 0.219 * ICW^{2.804}$	0.878
เพศเมีย	4,692	$W = 0.247 * ICW^{2.734}$	0.856
ทั้งหมด	9,582	$W = 0.234 * ICW^{2.768}$	0.866

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 ความถี่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศผู้ บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง (อัตรภาคชั้นเท่ากับ 0.5, จำนวน : ตัว)

ความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	2553			2554			เดือน					
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
4.01-4.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.51-5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.01-5.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.51-6.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.01-6.50	0	0	0	0	19	0	19	0	19	0	0	0
6.51-7.00	0	7	7	7	7	15	15	15	23	7	7	0
7.01-7.50	10	16	16	7	7	16	10	26	13	23	7	10
7.51-8.00	75	20	26	16	11	23	33	27	31	35	31	19
8.01-8.50	86	32	32	15	17	18	19	26	20	40	43	21
8.51-9.00	105	37	36	47	23	26	41	30	25	72	58	37
9.01-9.50	141	47	54	65	41	24	65	51	58	48	98	65
9.51-10.00	171	49	45	55	69	40	83	56	33	55	47	84
10.01-10.50	101	44	32	68	52	47	68	27	22	26	22	69
10.51-11.00	41	35	28	36	48	47	45	12	11	17	5	39
11.01-11.50	33	14	21	38	30	31	5	2	3	12	4	33
11.51-12.00	17	15	9	16	12	9	0	3	0	8	5	19
12.01-12.50	7	3	2	7	9	6	0	1	0	4	4	6
12.51-13.00	2	4	2	3	2	1	1	0	0	2	0	2
13.01-13.50	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0
13.51-14.00	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
รวม	789	324	313	380	350	303	403	276	259	349	331	403

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 ความถี่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้าเพศเมีย บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง (อัตรภาคชั้นเท่ากับ 0.5, จำนวน : ตัว)

ความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	2553			2554		เดือน						
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
4.01-4.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.51-5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.01-5.50	0	0	1	2	0	0	0	0	3	1	0	0
5.51-6.00	0	0	0	0	11	0	0	0	11	0	11	11
6.01-6.50	0	6	6	6	6	0	6	6	6	0	0	0
6.51-7.00	0	7	7	7	11	7	7	11	7	4	4	4
7.01-7.50	55	14	14	7	7	7	9	33	35	23	14	9
7.51-8.00	68	24	17	19	8	23	5	42	19	35	19	10
8.01-8.50	84	30	19	26	18	20	16	36	35	32	44	14
8.51-9.00	98	47	34	34	16	34	37	25	32	57	62	29
9.01-9.50	141	51	40	48	37	36	44	55	74	57	74	68
9.51-10.00	151	39	65	45	71	32	51	55	44	36	70	66
10.01-10.50	86	40	49	41	45	71	40	42	35	19	25	40
10.51-11.00	32	29	41	31	31	65	41	28	20	16	10	28
11.01-11.50	27	9	29	16	27	35	11	13	1	13	12	12
11.51-12.00	10	9	21	16	21	19	4	3	2	2	1	9
12.01-12.50	6	3	12	10	11	8	6	2	0	3	1	3
12.51-13.00	1	1	5	4	5	7	1	0	0	0	0	0
13.01-13.50	2	1	1	1	4	8	1	0	0	0	0	0
13.51-14.00	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
รวม	762	310	363	313	332	373	280	352	326	299	348	303

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 ความถี่ความกว้างกระดองด้านในของปูม้า บริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง (อัตรภาคชั้นเท่ากับ 0.5, จำนวน : ตัว)

ความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	2553			2554		เดือน						
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.
4.01-4.50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.51-5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.01-5.50	0	0	1	2	0	0	0	0	3	1	0	0
5.51-6.00	0	0	0	0	11	0	0	0	11	0	11	11
6.01-6.50	0	6	6	6	25	0	25	6	25	0	0	0
6.51-7.00	0	15	15	15	18	22	22	26	30	11	11	4
7.01-7.50	65	30	30	14	14	23	19	59	48	46	21	19
7.51-8.00	143	45	43	35	20	46	38	70	50	70	50	29
8.01-8.50	170	61	51	40	35	38	35	62	55	72	87	35
8.51-9.00	203	84	70	81	39	60	77	54	57	129	120	66
9.01-9.50	282	98	94	113	79	60	109	106	133	106	172	134
9.51-10.00	322	88	110	100	139	72	134	112	77	91	117	150
10.01-10.50	187	83	81	110	97	118	109	69	57	45	48	109
10.51-11.00	73	64	69	67	80	112	86	41	32	33	15	67
11.01-11.50	61	22	50	54	57	66	16	15	4	25	16	44
11.51-12.00	27	24	30	31	33	28	4	6	2	10	6	28
12.01-12.50	13	6	14	17	21	14	6	3	0	7	5	9
12.51-13.00	3	5	7	7	7	8	2	0	0	2	0	2
13.01-13.50	2	2	2	1	6	8	1	0	0	0	0	0
13.51-14.00	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
รวม	1,551	634	676	694	682	677	683	629	585	649	679	706

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 การประมาณปูม้าที่เข้าทดแทนด้วยวิธีวิเคราะห์รุ่นสัตว์น้ำของโจนส์

ความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	ผลจับ (x 1,000 ตัว)	จำนวนรอดตาย (x 1,000 ตัว)	อัตราการใช้ประโยชน์ ($E=F/Z$)	สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F)	สัมประสิทธิ์การตายรวม (Z)
4.0-4.5	0.93	13,227.42	0.001	0.002	1.922
4.5-5.0	1.39	12,303.59	0.002	0.003	1.923
5.0-5.5	22.22	11,405.32	0.025	0.049	1.969
5.5-6.0	69.91	10,513.53	0.077	0.160	2.080
6.0-6.5	126.86	9,604.63	0.136	0.303	2.223
6.5-7.0	181.03	8,674.38	0.192	0.456	2.376
7.0-7.5	273.16	7,731.21	0.277	0.736	2.656
7.5-8.0	309.74	6,744.97	0.321	0.906	2.826
8.0-8.5	361.13	5,778.69	0.378	1.167	3.087
8.5-9.0	472.25	4,823.64	0.476	1.743	3.663
9.0-9.5	694.95	3,831.08	0.621	3.147	5.067
9.5-10.0	698.19	2,712.11	0.692	4.320	6.240
10.0-10.5	518.55	1,703.61	0.716	4.832	6.752
10.5-11.0	329.65	979.01	0.722	4.977	6.897
11.0-11.5	193.07	522.21	0.723	5.048	6.968
11.5-12.0	99.08	255.71	0.714	4.787	6.707
12.0-12.5	52.78	116.89	0.728	5.142	7.062
12.5-13.0	18.52	44.40	0.677	4.020	5.940
13.0-13.5	10.65	17.04	0.757	5.980	7.900
13.5-14.0	2.31	2.97	0.780	6.807	8.727

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวก ที่ 11 ราคาปูม้าในบริเวณชายฝั่งจังหวัดตรัง ณ ปี 2553-2554

(จำแนกตามกลุ่มความยาว)

ขนาดปูม้า	ความกว้างกระดองด้านใน (เซนติเมตร)	ช่วงราคาปูม้า (บาทต่อกิโลกรัม)	ราคาปูม้าเฉลี่ย (บาทต่อกิโลกรัม)
ปูม้าขนาดเล็ก	4.00-8.50	30-60	40
ปูม้าขนาดกลาง	8.50-10.50	100-130	120
ปูม้าขนาดใหญ่	10.50-14.00	130-180	160

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นายอภิรักษ์ สงรักษ์
เกิดวันที่	12 มกราคม พ.ศ. 2517
สถานที่เกิด	อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วท.ม. (การจัดการประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สาขาเทคโนโลยีการประมง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง
ผลงานดีเด่นหรือรางวัลทางวิชาการ	การนำเสนอผลงานวิจัยดีเด่นในการประชุมวิชาการของ มหาวิทยาลัยโนโลยีราชมงคลครั้งที่ 2
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนพัฒนาข้าราชการ จากกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2552 เพื่อศึกษาปริญญาเอก ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์