บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่สัมพันธ์กับสัณฐานของปลาดุกสกุล *Clarias*

ปลาดุกสกุล *Clarias* จัดอยู่ในอันดับ Siluriformes ครอบครัว Clariidae มีลักษณะสำคัญคือ รูปร่างยาว แบบแองกูลิฟอร์ม(anguilliform body) ลำตัวไม่มีเกล็ด มีสีเทาปนดำ อาจมีจุดหรือไม่มี ส่วนหัวแบนมาก มีแผ่นกระดูกบางๆ ต่อกันเป็นชิ้นๆ ปกคลุมทั้งด้านบนและด้านล่าง ภายในกะโหลกศีรษะมีอวัยวะที่ช่วยในการหายใจ(aborescent organ) ซึ่งมีลักษณะคล้ายพุ่มไม้สีขาวติดกับส่วนของบราเชียล อาร์ช(branchail arch) อันที่ 2 และที่ 4 สำหรับกะโหลกด้านบน(cranial roof) ประกอบด้วยกะโหลก 2 ชิ้น ซึ่งแต่ละชิ้นมีรอยบุ๋มลงไป คือ รอยบุ๋มตรงส่วนกระดูกชิ้นหน้า(frontal fontanel) และรอยบุ๋มตรงส่วนกระดูกชิ้นหลัง(occipital fontanel) ปากเฉียงลงอยู่ทางปลายสุดของหัว มีหนวด 4 คู่ และรูจมูก 2 คู่ โดยคู่หน้าอยู่หลังริมฝีปากบนมีลักษณะเป็นท่อสั้นๆ ส่วนรูจมูกคู่หลังอยู่ติดกับหนวดที่จมูกมีลักษณะไม่เป็นท่ออย่างคู่แรก และกว้างกว่าคู่แรก ตามีขนาดเล็ก ฐานครีบหลังยาวเกือบตลอดส่วนหลัง อาจจะติดหรือไม่ติดกับครีบหาง ไม่มีก้านครีบแข็ง จำนวนก้านครีบอยู่ระหว่าง 48-106 ก้าน ฐานครีบก้นยาวกว่าครึ่งของฐานครีบหลัง มีจำนวนก้านครีบอยู่ระหว่าง 40-95 ก้าน ครีบอกมีก้านครีบแข็งใหญ่ 1 ก้าน(pectoral spine) ลักษณะสำคัญ คือ จะมีซี่ฟันเฉพาะด้านหน้าด้านเดียวหรือทั้ง 2 ด้าน ครีบท้องมีก้านครีบ 6 อัน ลักษณะฟันของปลาสกุลนี้เป็นฟันซี่เล็กๆ (villiform teeth) รวมกันอยู่เป็นแถบ ผนังปิดช่องเหงือกไม่ติดกับส่วนของซอกคอ(isthmus) กระดูกเหงือกซี่ในโค้ง(gill raker) มีจำนวน 13-30 อัน และกระดูกซูกระพุ้งแก้ม(branchiostegal ray) 7-9 อัน(โสภา อารีรัตน์, 2513, หน้า 3)

ลักษณะทั่วไปที่ใช้จำแนกชนิดของปลาดุกในประเทศไทยในครอบครัว Clariidae ได้จัดจำแนกออกเป็น 2 สกุล คือ *Clarias* และ *Prophagorus* โดยใช้ความแตกต่างของการเชื่อมติดกันระหว่าง ครีบหลัง ครับก้น และครีบหาง ซึ่งพบว่าปลาในสกุล *Clarias* ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางแยกออกจากกันขณะที่ปลาในสกุล *Prophagorus* ครีบหลัง ครีบก้น และครีบหางเชื่อมติดกัน ในปัจจุบันนักอนุกรมวิธานได้จัดปลาทั้ง 2 สกุลนี้อยู่ในสกุลเดียวกัน คือสกุล *Clarias* (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดของปลาดุกในประเทศไทยโดยใช้ลักษณะทางสัณฐาน

ลักษณะที่ใช้จำแนก	ชนิดของปลาดุก						
	ปลาดัก *C. melanoderma*	ปลาดุกด้าน *C. batrachus*	ปลามอด *C. teysmanni*	ปลาดุกอุย *C. macrocephalus*	ปลาดุก *C. leiacanthus*	ปลาดุกลำพัน *C. nieuhofii*	ปลาดุกภูเขา *C. cataractus*
ลักษณะปลายกะโหลกท้ายทอย	ป้านคล้ายดุกอุย	แหลมมาก	แหลม	โค้งมน	แหลม	แหลมเล็กน้อย	แหลมเล็กน้อย
ความลึกของลำตัว	1 ใน 5.5 – 7 ของ SL	1 ใน 6-7.5 ของSL	1 ใน 7.5 – 8.6 ของSL			1ใน 8– 9.3 ของ SL	1ใน 6.5 ของ SL
ความยาวส่วนหัว	1ใน 5 – 5.75 ของ SL	1 ใน 3.5 –3.6 ของSL				1 ใน 6.2 ของ TL	1 ใน 4.5 ของTL
ความยาวจากปลายจงอยปากถึงปลายกะโหลกท้ายทอย(SCL)	1 ใน 4-4.25 ของ SL		1 ใน 4.5 ของ SL				
ระยะจากปลายกะโหลกท้ายทอยถึงจุดเริ่มต้นของครีบหลัง	1 ใน 6 ของ SCL	1 ใน 4.5 ของ SCL	1 ใน 2 ของ SCL	1 ใน 5-7 ของSCL	1 ใน 2.5 ของ SCL	1 ใน 2.6 ของ SCL	
ความกว้างของฐาน occipital process		2 ของความยาว		3-5 ของความยาว			
ครีบหลัง	52 – 61 ก้าน	65 – 77 ก้าน	70-75 ก้าน	68 – 72 ก้าน	76 – 78 ก้าน	87 – 106 ก้าน	65 - 67 ก้าน
ครีบก้น		41 – 58 ก้าน	57 – 63 ก้าน	47 – 52 ก้าน	60 – 62 ก้าน	69 – 95 ก้าน	51 – 54 ก้าน
ซี่กรองเหงือก(gill raker)	15 ซี่	16 – 19 ซี่	15 ซี่	32 ซี่	14 ซี่		

ที่มา: โสภา อารีรัตน์(2513, หน้า 7-14.)

หมายเหตุ :SL หมายถึงความยาวมาตรฐาน

:TL หมายถึงความยาวทั้งหมด

:SCL หมายถึงความยาวจากปลายจงอยปากถึงปลายกะโหลกท้าย

งานวิจัยที่สัมพันธ์กับการศึกษาสัณฐานของปลาดุก

การศึกษาชนิดของปลาดุกในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยนักอนุกรมวิธาน ได้พบปลาดุกชนิดต่างๆ ในภูมิภาคนี้ ไม่น้อยกว่า 20 ชนิด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ชนิดของปลาดุกสกุล *Clarias* ที่พบในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ลำดับ	ชนิดของปลาดุกสกุล *Clarias*(ชื่อนักอนุกรมวิธานและปีที่รายงาน)
1	*C. batrachus* (Linnaeus, 1758)
2	*C. fuscus* (La Cepede, 1803)
3	*C. jagur* Hamilton, 1822
4	*C. magur* (Hamilton, 1822)
5	*C. punctatus* Valenciennes, in Cuvier & Valenciennes, 1840
6	*C. nieuhofii* Valenciennes, in Cuvier & Valenciennes, 1840
7	*C. meladerma* Bleeker, 1846
8	*C. pentapterus* Bleeker, 1851b
9	*C. macrocephalus* Gunther, 1864
10	*C. olivaceus* (Fowler, 1904)
11	*C. pulcher* Popta, 1904
12	*C. gilli* Smith & Seale, 1906
13	*C. thienemanni* Ahl, 1934
14	*C. cataractus* (Fowler, 1939)
15	*C. planiceps* (Ng, 1999)
16	*C. anfractus* Ng, 1999
17	*C. batu* Lim & Ng, 1999
18	*C. intermedius* Teugels et al., 2001
19	*C. microstomus* Ng, 2001
20	*C. insolitus* Ng, 2003
21	*C. nigricans* Ng, 2003
22	*C. pseudonieuhofii* Sudarto et al., 2004

การจำแนกชนิดของปลาดุกสกุล *Clarias* ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้ใช้ลักษณะทางสัณฐาน ที่กำหนดวิธีการศึกษาในการวัดจากจุดถึงจุดบนตัวปลาและการนับส่วนต่างๆ เช่นเดียวกับการศึกษาชนิดของปลาดุกในทวีปแอฟริกาซึ่งกำหนดวิธีการโดยTeugels(1986, pp. 1-199) และนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดจำแนกกลุ่มปลาดุกในภูมิภาคนี้โดย Ng(1999, p. 25) ได้จัดกลุ่มของปลาดุกออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. กลุ่มที่มีลำตัวสั้น จำนวนก้านครีบหลัง 60-76 ก้าน และระยะระหว่างปลายสุดของกระดูกกะโหลกท้ายทอยจนถึงจุดเริ่มต้นของฐานครีบหลังยาวเป็น 2.1-4.7 % ของความยาวมาตรฐาน เช่น *C. batrachus* *C. fuscus* *C. jagur* *C. macrocephalus* *C. magur* *C. meladerma* และ *C. punctatus*

2. กลุ่มที่มีลำตัวสั้น จำนวนก้านครีบหลัง 62-74 ก้าน และระยะระหว่างปลายสุดของกระดูกกะโหลกท้ายทอยจนถึงจุดเริ่มต้นของฐานครีบหลัง ยาวเป็น 7.1-12.5 % ของความยาวมาตรฐาน เช่น *C. batu* *C. cataractus* *C. leiacanthus* *C. olivaceus* *C. pulcher* *C. teijsmanni* และ *C. thienemanni*

3. กลุ่มที่มีลำตัวยาวสมส่วน จำนวนก้านครีบหลัง 87-106 ก้าน และระยะระหว่างปลายสุดของกระดูกกะโหลกท้ายทอยจนถึงจุดเริ่มต้นของฐานครีบหลัง ยาวเป็น 6.6-9.3 % ของความยาวมาตรฐาน เช่น *C. gilli* *C. nieuhofii* *C. pentapterus* เป็นต้น

การศึกษาสัณฐานเปรียบเทียบเพื่อแสดงถึงปลาชนิดใหม่ต้องปฏิบัติควบคู่ไปกับการเปรียบเทียบตัวอย่างที่มีการเก็บรักษาไว้ในพิพิธภัณฑ์ระดับสากลและจากแหล่งตัวอย่างในพิพิธภัณฑ์ท้องถิ่น ซึ่งตัวอย่างพิพิธภัณฑ์ที่นักอนุกรมวิธานใช้อ้างอิงเปรียบเทียบชนิด เช่น

Musee Royal de l' Afrique Central, (Belgium) หรือ (MRAC)

Museum National d' Histoire Naturelle, Paris(France) หรือ (MNHN)

Museum Zoologicum Bogoriense, Cibinong(Indonesia) หรือ (MZB)

Zoological Reference Collection, Singapore หรือ (ZRC)

Museum Naturalis, Leiden(The Netherlands) หรือ (RMNH)

Natural History Museum, London(England) หรือ (BMNH)

Academy of Natural Science, Philadelphia หรือ (ANSP)

California Academy of Sciences, San Francisco หรือ (CAS)

Collection of Maurice Kottelat, Cornol หรือ (CMK)

Malaysian Department of Wildlife, Kuala Lumpur หรือ (MDW)

สำหรับการวัดระยะจากจุดถึงจุดและการนับทางสัณฐานที่นำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการจำแนกชนิดของปลาดุกสกุล *Clarias* (ตารางที่ 3)ต้องมีการกล่าวถึงจำนวนตัวอย่างที่ศึกษาและนำผลที่ได้จากการวัดจากจุดถึงจุดปริเวณลำตัวเปรียบเทียบร้อยละกับความยาวมาตรฐาน ส่วนผลการวัดจากจุดถึงจุดบริเวณหัวจะนำมาเปรียบเทียบร้อยละกับความยาวหัว พร้อมเสนอ ตารางข้อมูลค่าต่ำสุด และค่าสูงสุดของข้อมูล(ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 การวัดระยะต่างๆ จากจุดถึงจุด และการนับเพื่อจำแนกชนิดของปลาดุก

การวัดจากจุดถึงจุด/การนับ	อักษรย่อ	คำอธิบาย
Total length	TL	ความยาวทั้งหมดวัดจากปลายสุดของปากถึงปลายสุดของหาง
Standard length	SL	ความยาวมาตรฐานวัดจากปลายสุดของปากถึงกระดูกข้อพับของหาง
Maximal body depth	MBD	ความลึกที่สุดของลำตัวนิยมวัดตรงตำแหน่งทวารหนัก
Caudal peduncle depth	CPD	ความลึกของคอดหาง
Head length	HL	ความยาวหัววัดจากปลายปากถึงปลายสุดของกระดูกท้ายทอย
Head width	HW	ความกว้างของหัว
Snout length	SNL	จะงอยปากคือระยะจากปลายสุดของปากถึงระหว่างตา
Interorbital width	IOW	ระยะห่างระหว่างตา
Eye diameter	ED	ขนาดของตา
Nasal barbel length	NBL	ความยาวของหนวดตรงจมูก
Maxillary barbel length	MBL	ความยาวของหนวดที่ขากรรไกรบน
Inner mandibular barbel length	IMBL	ความยาวของหนวดเส้นในของขากรรไกรล่าง
Outer mandibular barbel length	OMBL	ความยาวของหนวดเส้นนอกของขากรรไกรล่าง
Occipital process length	OPL	ความยาวของกระดูกท้ายทอย
Occipital process width	OPW	ความกว้างของกระดูกท้ายทอย
Frontal fontanelle length	FFL	ความยาวของรอยบุ๋มบนกะโหลกด้านหน้า
Frontal fontanelle width	FFW	ความกว้างของรอยบุ๋มบนกะโหลกด้านหน้า
Occipital fontanelle length	OFL	ความยาวของรอยบุ๋มบนกะโหลกท้ายทอย
Occipital fontanelle width	OFW	ความกว้างของรอยบุ๋มบนกะโหลกท้ายทอย
Premaxillary toothplate width	PMW	ความกว้างของแผ่นฟันชิ้นแรกของขากรรไกรบน

ตารางที่ 3(ต่อ)

การวัดจากจุดถึงจุด/การนับ	อักษรย่อ	คำอธิบาย
Vomerine toothplate width	VMW	ความกว้างของแผ่นฟันชิ้นที่สองของขากรรไกรบน
Predorsal length	PDL	ระยะจากปากถึงจุดเริ่มของครีบหลัง
Preanal length	PAL	ระยะจากปากถึงจุดเริ่มของครีบก้น
Prepelvic length	PPL	ระยะจากปากถึงจุดเริ่มของครีบท้อง
Prepectoral length	PPEL	ระยะจากปากถึงจุดเริ่มของครีบหู
Dorsal fin length	DFL	ความยาวของฐานครีบหลัง
Length between dorsal and caudal fin	DCL	ระยะห่างระหว่างครีบหลังกับหาง
Length between occipital process and dorsal fin base	OPDF	ระยะห่างระหว่างปลายสุดของกระดูกท้ายทอยถึงจุดเริ่มต้นของครีบหลัง
Pectoral spine length	PESL	ความยาวของก้านครีบแข็งของครีบหู
Pectoral fin length	PEFL	ความยาวของฐานครีบหู
Pelvic fin length	PFL	ความยาวของฐานครีบท้อง
Anal fin length	AFL	ความยาวของฐานครีบก้น
Number of gill rakers on the first branchial arch	GR	จำนวนซี่กรองเหงือกบนแผ่นเหงือกที่ 1
Number of dorsal fin rays	DFR	จำนวนก้านครีบหลัง
Number of anal fin rays	AFR	จำนวนก้านครีบก้น
Total abdominal and caudal vertebre	TV	จำนวนชิ้นของกระดูกสันหลัง
Number of serrations on the anterior side of the pectoral spine		จำนวนฟันของก้านครีบแข็งที่อยู่ด้านหน้าของครีบหู
Shape of the occipital process		รูปร่างของกะโหลกท้ายทอย
Shape of the frontal fontanelle		รูปร่างของรอยบุ๋มบนกะโหลกด้านหน้า
Shape of the pectoral spine		รูปร่างของก้านครีบแข็ง
The position of the secondary openings of the lateral line system		ตำแหน่งของเส้นข้างลำตัวบนตัวปลา
The position of dorsal, caudal and anal fins		ตำแหน่งของครีบหลัง ครีบหางและครีบก้น
coloration		สีลำตัวและจุดบนลำตัว

ที่มา: Lim and Ng(1999, pp. 157-167)

ตารางที่ 4 การวัดระยะจากจุดถึงจุด และการนับของปลาดุกชนิดต่างๆ

การวัดและนับ	*C. macrocephalus* (Teugels et al.,1999)	*C. nieuhofii* (Sudarto et al, 2004)	*C. batu* (Lim&Ng, 1999)	*C. microstomus* (Ng, 2001)	*C. insolitus* (Ng, 2003)
TL (mm)	162.0-220.0	185.0-447.0			
SL (mm)	141.0-193.0	163.0-405.0	245-263	52.3-130	53.5-139.7
ผลการวัดเปรียบเทียบร้อยละกับความยาวมาตรฐาน(% Standard length)					
MBD	16.8–19.2	9.7-14.3	9.0-11.4	13.0-13.5	9.9-11.5
CPD	5.9-6.6	3.3-5.7	5.5-7.1	5.8-6.4	6.3-7.8
HL	26.3-30.4	16.7-21.1	21.2-23.7	21.4-22.5	22.3-23.9
HW	18.2-20.4	11.7-15.0	15.8-17.9	16.2-17.2	14.0-15.6
PDL	29.9-34.0	22.2-29.6	31.4-34.5	33.8-35.9	32.7-34.8
PAL	50.3-54.0	34.0-42.2	43.9-48.0	45.6-47.8	46.4-49.6
PPL	41.4-45.6	30.9-39.0	36.6-41.8	40.8-41.5	40.2-42.9
PPEL	20.0-22.9	13.0-16.3	16.4-19.8	17.8-19.1	18.3-21.1
DFL	66.9-72.7	72.3-80.1	65.4-70.9	65.2-66.8	65.7-70.8
OPDF	2.2-4.4	4.7-9.4	9.9-11.8	12.8-13.1	10.3-12.4
PESL	10.6-13.8	3.8-7.7	5.6-8.8	5.9-8.6	6.3-8.4
PEFL	12.8-15.0	6.3-10.8	9.2-12.3	11.4-12.6	11.4-14.7
PFL	8.9-10.6	3.8-6.3	7.2-8.4	6.9-7.6	6.7-8.4
AFL	46.4-50.2	59.7-66.8	51.4-59.8	51.7-54.0	49.4-54.0
ผลการวัดเปรียบเทียบร้อยละกับความยาวหัว(% head length)					
SNL	18.1-21.4	19.3-26.7	26.2-32.0	30.5-34.4	32.5-37.7
IOW	40.6-44.2	37.6-45.5	46.2-49.2	46.7-50.2	39.4-43.6
ED	6.4-7.9	4.6-7.4	4.8-6.7	4.8-6.0	5.7-7.4
OPL	4.7-7.8	7.6-13.8	8.7-12.8		24.4-29.5
OPW	27.4-33.1	25.0-33.5	20.8-35.7		11.4-22.7
FFL	15.0-20.0	7.9-18.7	12.8-16.1	8.3-10.9	12.3-20.1
FFW	5.9-9.2	3.9-9.4	4.6-8.3	2.1-3.6	4.2-6.5
PMW	21.9-25.7	20.7-29.9	30.3	21.3-24.9	
VMW	19.3-21.5	20.1-27.1	26.7		
ผลการนับจำนวน(Meristic counts)					
GR	28-33	15-24	17-18	15-16	12-14
DFR	64-73	82-105	67-75	65-72	67-76
AFR	49-57	73-96	61-70	55-63	53-63
TV	57-61	67-79	67-71	61-64	61-63

ทฤษฎีที่สัมพันธ์กับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาว และรูปแบบการเติบโต

การเติบโตเป็นกระบวนการที่สำคัญและจำเป็นในการทำให้ประชากรสิ่งมีชีวิตคงอยู่ได้ โดยไม่เกิดการเสื่อมโทรมหรือสูญพันธุ์ การเติบโตจะขึ้นอยู่กับผลต่างระหว่างกระบวนการสร้าง (anabolism)กับกระบวนการสลาย(catabolism)ของร่างกาย กรณีสิ่งมีชีวิตมีการเติบโตแบบไอโซเมตริก พบว่าการเติบโตในทุกส่วนของร่างกายมีการเติบโตอย่างเป็นสัดส่วนกัน โดยน้ำหนักตัว(W)จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลังสาม(L^3) หรือ พื้นที่ผิวของร่างกาย(S)จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลังสอง(L^2)(ธนิษฐา ทรรพนันทน์, 2543 หน้า 43) ดังสมการ(1) และ(2)

$$W = qL3 \qquad (1)$$

$$S = pL2 \qquad (2)$$ เมื่อ q และ p เป็นค่าคงที่

สำหรับกรณีที่การเติบโตเป็นแบบอัลโลเมตริก คือ การเติบโตของร่างกายทั้งน้ำหนักและพื้นที่ผิวของร่างกายจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกันกับค่ายกกำลังของความยาวในสมการที่(1)และ(2) คือค่ายกกำลังจะไม่เท่ากับ 3 และ 2 ตามลำดับ ดังนั้นสมการของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวจะเป็นดังสมการ(3)

$$W = cL^n \qquad (3)$$

เมื่อ c เป็นค่าคงที่ที่เกี่ยวกับความถ่วงจำเพาะ

n เป็นค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต

โดยทั่วไป ค่า n จะอยู่ระหว่าง 2-4 และถ้า n ไม่เท่ากับ 3 การเติบโตจะเป็นแบบอัลโลเมตริก ซึ่งค่า c และ n จะแตกต่างกันในสัตว์แต่ละชนิด และแหล่งที่อยู่ การเปลี่ยนแปลงของค่า n มีความผันแปรน้อยมากยกเว้นความผันแปรที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์ที่มีระยะการพัฒนาตัวอ่อนเป็นขั้นๆ ขณะที่ค่า c จะมีความผันแปรอันเกิดจาก เพศ การตาย และฤดูกาล(ธนิษฐา ทรรพนันทน์, 2543 หน้า 24)

งานวิจัยที่สัมพันธ์กับความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวและรูปแบบการเติบโต

การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับความยาวและน้ำหนักของปลาดุกด้าน โดยใช้ปลาดุกจากธรรมชาติและบ่อทดลองจำนวน 308 ตัว มาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์มีค่า 0.864 แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ของความยาวลำตัวและน้ำหนักตัวปลาเป็นไปในทางเดียวกันและมีน้ำหนักของ ลำตัวเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความถ่วงจำเพาะ 0.0068 ของความยาวยกกำลัง 2.999 ดังสมการที่(4) คือ

$$\text{น้ำหนักของปลาดุกด้าน} = 0.0068 \times \text{ความยาว}^{2.999} \qquad (4)$$

และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวลำตัวกับน้ำหนักของปลาดุกลำพันในพื้นที่พรุจังหวัดนราธิวาสจำนวน 139 ตัว พบความสัมพันธ์การเติบโตของร่างกายทั้งน้ำหนักจะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกันกับค่ายกกำลังของความยาวที่มีการเติบโตแบบไอโซเมตริกดังสมการที่(5) และ(6)

$$\text{น้ำหนักปลาดุกลำพันเพศผู้} = 0.02059 \times \text{ความยาวปลาดุกลำพันเพศผู้}^{2.6289} \qquad (5)$$

$$\text{น้ำหนักปลาดุกลำพันเพศเมีย} = 0.0972 \times \text{ความยาวปลาดุกลำพันเพศเมีย}^{2.1822} \qquad (6)$$

และสามารถกล่าวได้ว่าปลาดุกลำพันเพศผู้และเพศเมียที่มีน้ำหนักเท่ากัน เพศผู้จะมีความยาวมากกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญ(ศราวุธ เจะโส๊ะ, สุวิล สี่หิรัญวงศ์ และพรพนม พรหมแก้ว, 2538 หน้า 329-348)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาดุกอุยจำนวน 200 ตัวที่เลี้ยงในบ่อดินในอัตราความหนาแน่น 30 ตัวต่อตารางเมตร โดยแบ่งศึกษาเพศผู้ 100 ตัว และเพศเมีย 100 ตัว พบว่ามีความสัมพันธ์ดังสมการ(7) และ8 คือ

$$\text{น้ำหนักปลาดุกอุยเพศผู้} = 0.19002 \times \text{ความยาวปลาดุกลำพันเพศผู้}^{2.7245} \qquad (7)$$

$$\text{น้ำหนักปลาดุกอุยเพศเมีย} = 0.34822 \times \text{ความยาวปลาดุกลำพันเพศเมีย}^{2.3562} \qquad (8)$$

กล่าวได้ว่าปลาดุกอุยเพศผู้และเพศเมียที่มีน้ำหนักเท่ากัน เพศผู้จะมีความยาวมากกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(พรรณศรี จริโมภาส, ภานุ เทวรัตน์มรีกุล, สุปราณี ชินบุตร และอรรถพล วงศ์อมฤต, 2538 หน้า 250-271)

ทฤษฎีที่สัมพันธ์กับฤดูกาลสืบพันธุ์ของปลา

การศึกษาฤดูวางไข่ของปลาจะสัมพันธ์กับแหล่งผสมพันธุ์วางไข่ของปลาแต่ละชนิดมีความจำเพาะแตกต่างกัน โดยแหล่งวางไข่แต่ละแหล่งต้องเหมาะสมต่อการฟักเป็นตัวและมีอาหารเลี้ยงตัวอ่อนอย่างสมบูรณ์ ปลาที่วางไข่ในแหล่งน้ำไหล(flowing waters) ส่วนใหญ่มีไข่แบบครึ่งจมครึ่งลอยเพราะต้องอาศัยแรงพัดพาจากน้ำคอยพยุงไม่ให้ไข่จมอยู่กับที่ และปลาแต่ละชนิดต้องการแหล่งน้ำไหลแรง เช่น ปลายี่สกไทย ปลาเฉา ปลาพลวงหิน ในขณะที่ปลาบางชนิดต้องการน้ำไหลเอื่อยๆ ให้เพียงพอแก่การพยุงไข่ไม่ให้จม เช่น ปลาตะเพียนขาว ปลาซ่ง ปลาเล่ง สำหรับปลาที่วางไข่ในแหล่งน้ำนิ่ง ได้แก่ ปลาที่มีไข่แบบไข่ลอยและไข่จม ปลาที่มีไข่ลอย เช่น ปลาหมอไทย ปลาหมอตาล ปลาแรด ปลาสลิด จะวางไข่ในน้ำนิ่งและมักมีพ่อแม่ปลาคอยดูแลไข่ สำหรับปลาที่มีไข่แบบจมติดวัตถุนั้นวางไข่ในแหล่งน้ำนิ่งแทบทั้งหมด เช่น ปลาบู่ทราย ปลากราย ปลาดุกอุย ปลาดุกด้าน ปลาไน ปลาไพค์ ปลาเพิช เป็นต้น ปลาบางชนิดมีการอพยพย้ายถิ่นเป็นระยะทางไกลเพื่อวางไข่ในแหล่งที่เหมาะสม เช่นการอพยพจากทะเลมาวางไข่ยังแหล่งน้ำจืด (anadromous fish) เช่น ปลาเซลมอล มีการเติบโตและเจริญพันธุ์ในทะเลเมื่อต้องการวางไข่จะอพยพกลับมายังต้นน้ำในแหล่งน้ำจืดที่แม่ปลาเคยใช้วางไข่ ในทางตรงกันข้ามปลาบางชนิดเติบโตและเจริญพันธุ์ในแหล่งน้ำจืดแต่มีการอพยพไปวางไข่ในทะเล(catadromous fish) เช่นปลาไหลญี่ปุ่น สำหรับปลาบึกมีการอพยพทวนน้ำอยู่ภายในแหล่งน้ำจืดแถบลำน้ำโขงเมื่อถึงฤดูกาลสืบพันธุ์วางไข่ เป็นลักษณะของการอพยพแบบพาโทโมโดรมี(potamodromy) แหล่งผสมพันธุ์วางไข่มีความสำคัญต่อการเพิ่มเผ่าพันธุ์ของปลาทุกชนิดจึงกลายเป็นอาณาเขตของพ่อแม่พันธุ์อันเป็นบริเวณที่มีลักษณะทางกายภาพเหมาะสมแก่การวางไข่ ซึ่งมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น ความขุ่น อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจนในน้ำ เป็นต้น(วีระพงศ์ วุฒิพันธุ์, 2536 หน้า 57)

การศึกษาการเจริญพันธุ์และฤดูวางไข่ของปลานับว่าจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเพาะพันธุ์ปลาแต่ละชนิด เพื่อทราบข้อมูลด้านต่างๆ ที่นำมาใช้ดำเนินกิจกรรมการเพาะ เช่น การกำหนดเวลา การออกแบบวิธีการเพาะที่ใกล้เคียงธรรมชาติของปลาชนิดนั้น การเพาะโดยวิธีผสมเทียม เป็นต้น สัตว์น้ำแต่ละชนิดมีฤดูวางไข่ใกล้เคียงกันแต่ไม่เหมือนกัน เช่น ปลาในเขตหนาว เช่น ปลาเทร้ามีฤดูวางไข่เริ่มในเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ ปลาในเขตอบอุ่นร้อน อาจจะวางไข่ได้เกือบทั้งปี ขึ้นอยู่กับเดือนที่เหมาะสมจะวางไข่มากที่สุด เช่น ปลาตะเพียนวางไข่ในตอนต้นฤดูฝน มีนาคม-พฤษภาคม ปลาไน,ปลายี่สกเทศ วางไข่เดือนพฤษภาคม-กรกฎาคม ปลาดุก ปลาสวาย

เดือนกรกฎาคม-กันยายน เป็นต้น สำหรับฤดูวางไข่จะสัมพันธ์กับข้อมูลที่ต้องศึกษาดังนี้(อุทัยรัตน์ ณ นคร, 2538 หน้า 35)

1.การดูสัดส่วนเป็นร้อยละของน้ำหนักอวัยวะสืบพันธุ์เทียบกับน้ำหนักตัวเป็นระยะ ๆ ตลอดปี เรียกว่า สัมประสิทธิ์การเจริญพันธุ์(maturity coefficient) หรือ โกนาโดโซมาติกอินเด็กซ์ (gonadosomatic Index) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า จีเอสไอ(GSI) ซึ่งหาได้ดังนี้

$$GSI = \frac{\text{น้ำหนักของรังไข่หรืออัณฑะ} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวปลา}}$$

ค่าโกนาโดโซมาติกอินเด็กซ์ มีความแตกต่างกันตามชนิดของปลา และจะมีค่าสูงขึ้นเรื่อยๆ จนสูงสุดในฤดูวางไข่ ซึ่งปลาโดยทั่วไปที่มีไข่แก่มีค่าโกนาโดโซมาติกอินเด็กซ์ 8-10 % แต่ปลานิลมีค่า 0.16-1.45 %

2. การพิจารณาจากลักษณะภายนอกของรังไข่และอัณฑะ ซึ่งแบ่งได้ 5 ระยะ

ระยะที่ 1 ระยะพักตัว(inactive) เป็นระยะที่มองเห็นเม็ดไข่และอัณฑะไม่ชัดเจน

ระยะที่ 2 ระยะเริ่มแรกของการพัฒนา(active) เริ่มเห็นเฉพาะในส่วนของเพศเมียที่มีเม็ดไข่ ขนาดสม่ำเสมอภายในรังไข่ และเส้นเลือดบริเวณรังไข่มีสีแดงชัดขึ้น

ระยะที่ 3 ระยะก่อนการสุก(active to ripe) รังไข่ยังมีลักษณะเหมือนรังไข่ในระยะที่ 2 แต่เริ่มเห็นเม็ดไข่ขนาดต่าง ๆกัน อัณฑะมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าระยะที่ 2

ระยะที่ 4 ระยะสุก(ripe) รังไข่โป่งพองเห็นได้ชัดเจน เม็ดไข่มีขนาดโตสม่ำเสมอ และส่วนผนังรังไข่มีลักษณะเปราะ อัณฑะขยายขนาดขึ้นและถ้าใช้มือกดที่อัณฑะโดยตรงจะมีน้ำเชื้อไหลออกมา

ระยะที่ 5 ระยะสุกไหล(ripe running) ลักษณะของไข่และอัณฑะเป็นเช่นเดียวกับระยะที่ 4 แต่สามารถรีดไข่และน้ำเชื้อได้จากภายนอก

3. การศึกษาขนาดของไข่และความดกของไข่

ขนาดของไข่ วัดเส้นผ่าศูนย์กลาง มีส่วนสัมพันธ์กับฤดูวางไข่ของปลา โดยปลาส่วนมากขนาดของไข่ที่ขยายใหญ่ขึ้น จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการสุกของไข่ พบได้ชัดในปลาที่มีไข่ขนาดใหญ่ เช่น ปลาเทร้า เมื่อไข่สุกและใกล้ถึงเวลาวางไข่ ไข่จะมีขนาด 0.5 มิลลิเมตร ส่วนไข่ที่ยังไม่สุกสมบูรณ์มีขนาดเล็ก 0.2 มิลลิเมตร และมักติดกันเป็นกลุ่มก้อน แต่ไข่ที่สมบูรณ์สุกแล้วพร้อมที่จะหลุดออกจากรังไข่จะมีขนาดขยายขึ้น 5-10 เท่า และจะไม่จับกันเป็นกลุ่มก้อน สำหรับความดกของไข่ (fecundity) ก็บอกถึงการสุกและเวลาวางไข่ได้เช่นกัน แต่อาจไม่ค่อยแน่นอนเท่าใดนัก แต่โดยรวมแล้ว ความดกของไข่จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อถึงฤดูการวางไข่ การศึกษาความดกของไข่ อาจนับโดยตรง

สำหรับไข่ขนาดใหญ่ ถ้าขนาดเล็กอาจสุ่มมา 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบ จำนวนไข่จะผันแปรโดยตรงกับน้ำหนักและความยาวของปลา

งานวิจัยที่สัมพันธ์กับฤดูกาลสืบพันธุ์ของปลา

ปลาดุกมีลักษณะเพศภายนอกที่แตกต่างกันชัดเจนระหว่างเพศผู้กับเพศเมีย โดยเมื่อเริ่มเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์อวัยวะที่แสดงเพศซึ่งเรียกว่าติ่งเพศ(genital papillae)พบว่าของเพศผู้มีลักษณะเรียวยาว และแหลมตอนปลาย ขณะที่เพศเมียมีลักษณะกลมและมีขนาดสั้นกว่า ขนาดของปลาดุกด้านที่สามารถแยกเพศได้ชัดเจนต้องเป็นปลาที่มีขนาดยาวกว่า 15 เซนติเมตร ในแหล่งน้ำธรรมชาติปลาดุกด้านมีอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 1:1.7 ซึ่งสามารถยืนยันได้ว่าปลาดุกด้านมีการสืบพันธ์วางไข่แบบจับคู่กัน ขณะที่รายงานการวิจัยในปลาดุกอุยพบว่า การแยกเพศปลาจากลักษณะภายนอกสามารถกระทำได้เมื่อปลาอายุ 3.5 เดือนซึ่งมีความยาวกว่า 15 เซนติเมตร น้ำหนักกว่า 30 กรัม และเมื่อปลามีอายุ 9 เดือนมีความสมบูรณ์เพศ โดยมีขนาดความยาวกว่า 25 เซนติเมตร น้ำหนักกว่า 155 กรัม ปลาดุกอุยสามารถวางไข่ได้ปีละ 2 ครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนพฤศจิกายนและมีวัยเจริญพันธุ์ดีที่สุดเมื่อมีค่าโกนาโดโซมาติกอินเด็กซ์ ของปลาเพศเมียสูงร้อยละ 7.74±1.09 และเพศผู้มีค่าสูงร้อยละ 0.67±0.16 โดยทั่วไปแล้วปลาดุกมีพฤติกรรมการสร้างรังวางไข่ สำหรับปลาดุกด้านชอบสร้างโพรงวางไข่ตามริมตลิ่งที่ลึกจากระดับผิวน้ำ 20–25 เซนติเมตร ซึ่งโพรงของปลาดุกด้านมีขนาดกว้าง 25 เซนติเมตร และลึก 25 เซนติเมตร การขุดโพรงวางไข่จะกระทำในแหล่งน้ำที่เงียบสงัดปราศจากสิ่งรบกวน โดยปลาตัวผู้จะเป็นฝ่ายสร้างโพรง และเมื่อปลาตัวเมียปล่อยไข่ออกมาติดดินหรือรากหญ้าที่ก้นโพรงจนหมดปลาตัวผู้จะเฝ้าดูแลรักษาไข่ในโพรงจนกระทั่งไข่ฟักเป็นตัว ซึ่งพฤติกรรมการสืบพันธุ์วางไข่แบบนี้เป็นลักษณะเดียวกับปลาดุกอุยเพียงแต่ปลาดุกอุยจะไม่ขุดโพรงวางไข่แต่จะสร้างแอ่งวางไข่โดยปลาตัวเมียจะขุดแอ่งตามพื้นท้องนากว้างประมาณ 30 เซนติเมตร ลึก 5-8 เซนติเมตร และภายในหลุมจะมีรากหญ้าเพื่อให้ไข่ที่ถูกปล่อยออกมาไปติดและตัวผู้จะเฝ้าดูแลรักษาไข่ในโพรงจนกระทั่งไข่ฟักเป็นตัว(พรรณศรี จริโมภาส, ภานุ เทวรัตน์มรีกุล, สุปราณี ชินบุตร และ อรรถพล วงศ์อมฤต, 2538 หน้า 250-271)

ไข่ปลาดุกอุยมีสีน้ำตาลอมแดง เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.2-1.6 มิลลิเมตร สำหรับแม่ปลาที่มีความสมบูรณ์เพศขนาดน้ำหนัก 300-800 กรัม จะวางไข่ได้ครั้งละ 5,000 – 7,000 ฟอง ไข่จะฟักออกเป็นตัวภายในเวลา 20 – 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25-32 °C สำหรับไข่ของปลาดุกด้าน

เป็นเม็ดกลมสีเหลืองอ่อน มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1-1.6 มิลลิเมตร ปลาดุกด้านเพศเมียที่สมบูรณ์เพศขนาดความยาว 20.0 – 32.3 เซนติเมตร มีปริมาณไข่ตั้งแต่ 5,200 – 25,210 ฟอง ขณะที่ลักษณะไข่ของปลาดุกลำพันที่อาศัยในพื้นที่ป่าพรุจังหวัดนราธิวาส มีไข่ลักษณะกลมสีน้ำตาลแก่ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 2 มิลลิเมตร เป็นประเภทไข่จมติดวัตถุ ปลาเพศเมียที่สมบูรณ์เพศขนาดความยาว 42.93 เซนติเมตร หนัก 451.00 กรัม มีจำนวนไข่ประมาณ 6,900 ฟอง โดยมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดกไข่กับความยาวและน้ำหนักดังนี้

ความดกไข่ = 0.0418 X ความยาว$^{3.186}$ เมื่อค่าสหสัมพันธ์ = 0.987

ความดกไข่ = 0.0418 X น้ำหนัก $^{1.005}$ เมื่อค่าสหสัมพันธ์ = 0.979

(ศราวุธ เจะโส๊ะ, สุวิล สี่หิรัญวงศ์ และ พรพนม พรหมแก้ว, 2538 หน้า 329-348)

ทฤษฎีที่สัมพันธ์กับการศึกษาเนื้อเยื่ออวัยวะสืบพันธุ์ของปลา

ระบบสืบพันธุ์ของปลาดุกมีลักษณะเช่นเดียวกับปลากระดูกแข็งทั่วๆ ไป โดยมีลักษณะพื้นฐานต่าง ๆ เช่น เซลล์สืบพันธุ์(germ cell) และ เซลล์ชนิดต่าง ๆ ที่ประกอบขึ้นเป็นอวัยวะเหล่านั้นก็ยังคงคล้ายคลึงกันและมีหน้าที่หลักเช่นเดียวกัน คือ สร้างเซื้อสืบพันธุ์(gamete) และสร้าง สเตอรอยด์ฮอร์โมนเพื่อควบคุมการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์ รังไข่และอัณฑะเจริญมาจากเซลล์ ต้นกำเนิดต่างกัน รังไข่จะมีการสร้างไข่(Ocgenesis) เป็น 3 ระยะ คือ การเพิ่มจำนวนของโอโอ โกเนีย(Oogonia proliferation) การสร้างและสะสมโยล์ค(Vitellogenesis) การเจริญขั้นสุดท้ายของโอโอไซท์(Oocyte final maturation) และภายหลังการแบ่งเซลล์ขั้นต่าง ๆ แล้วจะมีการตกไข่เกิดขึ้นบริเวณช่องท้องของปลา ส่วนอัณฑะ จะมีการสร้างเชื้อตัวผู้ (Spermatogenesis) เกิดขึ้นภายใน การสร้างเชื้อตัวผู้มี 2 ขั้นตอน โดยมีการสร้างสเปอร์มาติดและสเปอร์มาโตซัว สำหรับการจำแนกขั้นตอนการพัฒนาตามสภาพการมองเห็นด้วยตาเปล่าและใช้กล้องจุลทรรศน์ตามวิธีของ Kesteven (1960, pp. 44-56) มีดังต่อไปนี้

ระยะที่ 1 เวอร์จิน(Virgin) อวัยวะสืบพันธุ์ของปลามีลักษณะบางคล้ายเส้นด้าย โปร่งแสงและแนบติดกับผนังช่องท้องด้านบนยากที่จะแยกออกว่าเป็นไข่หรืออัณฑะต้องแยกด้วยลักษณะทางเนื้อเยื่อและลักษณะภายนอก

ระยะที่ 2 แมทัวริงเวอร์จิน(Maturing Virgin) เห็นอัณฑะเป็นสีชมพูจาง รังไข่สีชมพูเข้มกว่าเล็กน้อยแต่ยังมีลักษณะโปร่งใส ต่างจากระยะแรก ซึ่งโกแนดจะมีสีเข้มขึ้นเนื่องจากมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงมาก

ระยะที่ 3 ดิเวลลอป(Developed) อัณฑะขยายกว้างออกเล็กน้อยเป็นสีขาวต่างจากรังไข่ชัดเจนรังไข่มีการพัฒนา ทึบแสงมากขึ้นจนสังเกตได้ด้วยตาเปล่าเมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเริ่มเห็นเม็ดไข่

ระยะที่ 4 ดิเวลลอปปิงจ์(Developing) เห็นอัณฑะเป็นสีขาวขุ่นมีผิวเรียบ รังไข่ขยายออกเห็นเป็นสีเหลืองและมองเห็นเม็ดไข่ด้วยตาเปล่า

ระยะที่ 5 กราวิจ(Gravid) อัณฑะมีน้ำเชื้อเต็ม เมื่อกดช่องท้องเบา ๆ จะมีน้ำเชื้อไหลออกมา และผนังของทูนิกาแอลบูจิเนีย(tunica albuginea)บางมาก ส่วนรังไข่บวมเต็มที่เยื่อหุ้มไข่บาง เนื่องจากการขยายตัวของรังไข่จนเต็มช่องท้องเห็นเม็ดไข่เรียงแยกจากกันพร้อมที่จะวางไข่

ระยะที่ 6 สปอนนิงจ์(Spawning) ถุงอัณฑะจะยุบลงเล็กน้อยแต่ยังคงเป็นสีขาว ปริมาณน้ำเชื้อลดลงแต่ก็ยังคงมีปริมาณมากพอที่จะใช้ในการผสมพันธุ์ รังไข่มีเส้นเลือดกระจายอยู่ทั่วไปไข่ร่วนและแยกจากกันได้ง่ายและมีไข่บางส่วนที่หลุดร่วงไปบ้างแล้ว

ระยะที่ 7 สเพนท์(Spent) ถุงอัณฑะยุบลงมีสีขาวเหลืองและมีลักษณะเหี่ยวย่นมีน้ำเชื้อค้างอยู่บ้างแต่ไม่พอในการใช้ผสมพันธุ์ ในปลาเพศเมียจะวางไข่ไปแล้วทำให้รังไข่ยุบลงเห็นเม็ดไข่กระจายอยู่ห่าง ๆ รังไข่มีสีแดงช้ำ เนื่องจากการยืดขยายของผนังรังไข่แล้วยุบลงอย่างกระทันหัน

ระยะที่ 8 เรสติงจ์(Resting) อัณฑะมีลักษณะเหี่ยวและแฟบมีสีชมพูจางและมีเลือดมาหล่อเลี้ยงมากและหยุดพักเพื่อปรับสภาพเตรียมพร้อมสำหรับฤดูกาลต่อไป รังไข่เหี่ยวมีสีแดงจัดเนื่องจากมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงจำนวนมากยุบลงมาอยู่ใกล้กันภายในรังไข่ถูกดูดซับกลับคืนเกือบหมดและพักตัวเพื่อเตรียมพร้อมในการสร้างไข่ฤดูกาลต่อไป

การศึกษารังไข่ปลาโดยวิธีทางเนื้อเยื่อเพื่อแบ่งพัฒนาการของระบบสืบพันธุ์ ซึ่งจะเปรียบเทียบกับการพัฒนาการของไข่ปลาเป็น 6 ระยะ (ชลอ ลิ้มสุวรรณ, ปวีณา กิจสวัสดิ์ และสุปราณี ชินบุตร, 2530 หน้า 79)

ไข่ระยะที่ 1 (Oocyte stage 1) ไข่มีขนาดเล็กมากและยังอยู่ในรูปของโอโอโกเนีย (oogonia) เป็นกลุ่มก้อนมีเยื่อบางๆ คลุม ไซโตพลาสซึม ติดสีชมพูจาง อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันล้อมรอบมีนิวเคลียสกลมขนาดใหญ่ตรงกลางเซลล์

ไข่ระยะที่ 2 (Oocyte stage 2) ไข่จะมีขนาดใหญ่ขึ้น ไซโตพลาสซึมติดสีน้ำเงินเข้ม นิวเคลียสจะมีขนาดใหญ่มากอยู่ตรงกลางเซลล์ โครมาตินกระจายติดสีจางกว่าไซโตพลาสซึม ไข่ในระยะนี้เป็นระยะโพรเฟส(prophase) ของ ไมโอซีส(meiosis) ขณะที่ ไพรมารี โอโอไซต์ (primary oocyte) เจริญเติบโตจะมี ฟอลลิคูลา อิพิเทลเลียม(follicular ephithelium) บางๆ

ชั้นเดียวมาห้อมล้อม ระยะนี้เริ่มปรากฏอวัยวะสืบพันธุ์ ในช่องท้องมีลักษณะเป็นเส้นใส ๆ แต่ไม่สามารถแยกเป็นรังไข่หรืออัณฑะได้

ไข่ระยะที่ 3 (Oocyte stage 3) ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นค่อนข้างเป็นรูปสามเหลี่ยมนิวเคลียสอาจไปอยู่ด้านใดด้านหนึ่งของไข่ปลามีการพัฒนาของเซลล์ฟอลลิเคิล ไซโตพลาสซึมติดสีน้ำเงินเข้มภายในนิวเคลียสเริ่มเห็นโปรวิเทลลิน นิวคลีโอไล(proviteline nucleoli) กระจายทั่วไป ระยะนี้เริ่มปรากฏรังไข่มีลักษณะเป็นเส้นใส ๆ ภายในมีไข่ขนาดเล็กสีเหลืองอ่อนใส ห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน

ไข่ระยะที่ 4 (Oocyte stage 4) ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นเป็นรูปร่างมักเป็นเหลี่ยม พบว่ามีโปรวิเทลลิน นิวคลีโอไล เคลื่อนที่ไปอยู่ที่ขอบของนิวเคลียส นิวเคลียสติดสีชมพู ไซโตพลาสซึมติดสีน้ำเงินจางกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับไข่ระยะที่ 2 และ 3 เริ่มเห็นโยล์ค กรานูล(yolk granules) และ แฟต แวคคิวโอล(fat vacuole) รังไข่ระยะนี้มีขนาดใหญ่ขึ้นมีสีเหลืองภายในมีไข่สีเหลืองขนาดใหญ่ขึ้นเป็นรูปร่างค่อนข้างกลม

ไข่ระยะที่ 5 (Oocyte stage 5) ไข่มีขนาดใหญ่ขึ้น ระยะนี้จะมีโยล์ค กรานูล(yolk granules) และ แฟต แวคคิวโอล(fat vacuole) เพิ่มจำนวนมากขึ้นไซโตพลาสซึม โดยจะเริ่มจากด้านนอกก่อน นิวเคลียสยังคงติดสีชมพูเห็นชัดเจน พบชั้นโซนา เรดิเอตา(zona radiata) และชั้นเยื่อบุฟอลลิคูล่า บริเวณขอบเซลล์ไข่ และจะเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์รูปทรงสี่เหลี่ยมหรือสีเหลี่ยมทรงสูง รังไข่มีขนาดใหญ่ขึ้นสีเหลืองเข้มภายในมีไข่ขนาดใหญ่ จำนวนมากสีเหลืองเข้ม ซึ่งเป็นลักษณะใกล้เจริญพันธุ์

ไข่ระยะที่ 6 (Oocyte stage 6) ไข่มีขนาดใหญ่มากขึ้น ลักษณะเด่นของไข่ระยะนี้คือไซโทพลาสซึมมี โยล์ค กรานูล ขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งติดสีแดงเข้มเต็ม และกระจายใน แฟต แวคคิวโอล ซึ่งมีปริมาณมาก นิวเคลียสมีขนาดเล็กติดสีชมพู จะสังเกตเห็นผนังที่ล้อมรอบไข่ ระยะนี้จะหนาไม่เท่ากันตลอด และเห็นชั้นโซนา เรดิเอตา ชั้นเยื่อบุฟอลลิคูล่า และธีคา(theca) ชัดเจน ระยะนี้รังไข่มีลักษณะสมบูรณ์ กล่าวคือมีผิวตึงสีน้ำตาลเข้ม ภายในมีไข่ขนาดใหญ่จำนวนมาก

สำหรับการพัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ที่ศึกษาตามวิธีทางเนื้อเยื่อ แบ่งออกเป็น 5 ระยะ(สุปราณี ชินบุตร, กัลยา จำเริญรัตนะ และ ชลอ ลิ้มสุวรรณ, 2536 หน้า 86)

ระยะที่ 1 สเปอร์มาโตโกเนีย(Spermatogonia) เกิดขึ้นในโกนาดอล ลาเมลลา (gonadal lamella) นิวเคลียสค่อนข้างใหญ่ติดสีชมพู พบในปลาทั่วไป เริ่มปรากฏอัณฑะมีลักษณะเป็นเส้นใส ๆ ภายในมีสเปอร์มาโตโกเนีย จำนวนมาก พัฒนาการของอัณฑะของระยะนี้เรียกว่า อิมแมททัว (immature testis)

ระยะที่ 2 ไพรมารี สเปอร์มาโตไซต์(Primary spermatocytes) มีขนาดเล็กกว่าสเปอร์มาโตโกเนีย โดยเกิดจากการแบ่งเซลล์ของสเปอร์มาโตโกเนีย และเมื่อย้อมสีจะติดสีชมพูเข้มกว่าสเปอร์มาโตโกเนีย นิวเคลียสติดสีเข้มซึ่งเป็นกลุ่มของโครมาติน(chromatin) ระยะนี้อัณฑะมีลักษณะเป็นริ้วแตกแขนงสั้น ๆ สีขาวครีม

ระยะที่ 3 เซคคันดารี สเปอร์มาโตไซต์(Secondary spermatocytes) มีจำนวนมากกว่าและขนาดเล็กกว่าไพรมารี สเปอร์มาโตไซต์ โดยเกิดจากการแบ่งเซลล์ของไพรมารี สเปอร์มาโตไซต์ นิวเคลียสติดสีชมพูเข้ม ระยะนี้อัณฑะมีลักษณะเป็นริ้วแตกแขนงเพิ่มขึ้นคล้ายนิ้วมือ สีขาวครีมพัฒนาการของอัณฑะระยะที่ 2 และ 3 รวมเรียกว่า แมททัวริง(maturing testis)

ระยะที่ 4 สเปอร์มาติด(Spermatids) มีขนาดเล็กกว่า เซคคันดารี สเปอร์มาโตไซต์ เกิดจากการแบ่งเซลล์ของเซคคันดารี สเปอร์มาโตไซต์ นิวเคลียสยังคงติดสีน้ำเงินเข้ม ระยะนี้อัณฑะใกล้เจริญพันธุ์มีลักษณะเป็นริ้วและแขนงยาวขึ้นมีสีขาวขุ่น

ระยะที่ 5 สเปอร์มาโตซัว(Spermatozoeas) เกิดจากการเปลี่ยนรูปร่างจากสเปอร์มาติดโดยไม่ได้แบ่งเซลล์ แต่เปลี่ยนรูปร่างโดยมีหางเกิดขึ้น จะติดสีชมพู อัณฑะถึงระยะเจริญพันธุ์มีลักษณะเป็นริ้วและแขนงยาวขึ้นคล้ายนิ้วมือ สีขาวผิวตึง พัฒนาการของอัณฑะระยะที่ 4 และ 5 รวมเรียกว่า แมททัวร์(mature testis)