

บทที่ ๑๘
**Gametogenesis (Meiosis),
Fertilization and Sex-Determination**

อารัมภบท การศึกษาบทนี้ ควรจะได้อ่านเรื่อง gametogenesis จากตำรามาก่อน เพราะจะได้อ่านก็ศึกษามีความรู้ (อย่างน้อยที่สุดก็เบื้องต้น) เกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในการได้มาซึ่งเซลล์สืบพันธุ์ (germ cells) ในที่สุด นอกจากนั้นยังต้องคุ้นเคยกับศัพท์เฉพาะที่จำเป็นควบคู่กันไปควบ รูปต่าง ๆ ในหนังสือหรือในแผ่นภาพ นับว่าเป็นประโยชน์ในการศึกษาเรื่องที่ยากจะเข้าใจได้ยากนี้ แต่อย่างไรก็ตามรูปนั้นเป็นเพียงแผนภาพเท่านั้น นักศึกษาจึงควรมีโอกาสได้ดูและศึกษาของจริงจากในกล้องจุลทรรศน์ ถ้าไม่มีสไลด์ให้นักศึกษาแต่ละคนดู (คือมีสไลด์ไม่พอให้นักศึกษาทุก ๆ คนได้ใช้) ควรจะหาวัสดุโลกต่าง ๆ ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ ๆ ของเซลล์สืบพันธุ์ก่อนที่จะเจริญถึงที่สุด

เซลล์ในร่างกายของสัตว์ต่าง ๆ มีจำนวนโครโมโซมจำกัด เซลล์จำนวนมหาศาลของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ได้มาจากการแบ่งตัวครั้งแล้วครั้งเล่า และการเติบโตของเซลล์ซึ่งเริ่มต้นมาจากไข่ที่ถูกปฏิสนธิแล้วของตัวพ่อแม่ ไข่ที่ถูกปฏิสนธิแล้วนี้มีจำนวนโครโมโซมเป็น diploid (2N) หรือ ๒ ชุดของ haploid (N) ไข่ที่เจริญเต็มที่หรือเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจะกระจายโครโมโซมชุดเดียว (N) ซึ่งประกอบด้วยโครโมโซมชนิดละ ๑ ชิ้น และสเปิร์มก็กระจายโครโมโซมชุดเดียว (N) ที่คล้ายกันในขณะที่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น ดังนั้นจำนวนโครโมโซมสองชุด (2N) จึงยังคงไว้ใน zygote ในรูปของ homologous pairs โครโมโซมทั้ง ๒ ชั้นของแต่ละคู่มี genes (หรือตัวควบคุมลักษณะทางพันธุกรรม) ที่สอดคล้องกัน

ร่างกายของสัตว์ประกอบด้วยเซลล์ ๒ ชั้น คือ somatic (body) cells ซึ่งทำหน้าที่ทั้งหมดของร่างกาย นอกจากการสืบพันธุ์ และมีชื่อรวมว่า somatoplasm กับ germ (sex) cells ซึ่งทำหน้าที่ของขบวนการสืบพันธุ์ และมีชื่อรวมว่า germ plasm เซลล์ร่างกายทั้งหมดและเซลล์สืบพันธุ์เริ่มแรกเท่านั้น ที่มีโครโมโซม ๒ ชุด (diploid หรือ zygotic number) เซลล์สืบพันธุ์ที่เจริญเต็มที่ มีโครโมโซมชุดเดียว (haploid หรือ gametic number)

Gametogenesis เซลล์เพศ (gametes) ที่เจริญเต็มที่แล้วมี ๒ ชั้น คือเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (sperms หรือ spermatozoa) และเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (eggs หรือ ova) Gametogenesis เป็นศัพท์ทั่วไปที่หมายถึงการสร้างสเปิร์มและไข่จากเซลล์เพศเริ่มแรก (primordial germ cells) ของเพศผู้และเพศเมียตามลำดับ ซึ่งเรียกขบวนการนี้ว่า spermatogenesis ในเพศผู้ และ oögenesis ในเพศเมีย เหตุการณ์ที่สำคัญที่สุดใน gametogenesis ของทั้ง ๒ เพศ คือ reduction division หรือการเปลี่ยนจาก diploid ไปเป็น haploid number ของโครโมโซม และที่สำคัญ

คือ โครโมโซมไม่แยกกัน คือ segregation (disjunction) ของโครโมโซมทั้ง ๒ ชั้นของ
แต่ละคู่ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นในการแบ่งตัว ๒ ครั้งสุดท้ายระหว่าง spermatogenesis และ oogenesis ซึ่งเรียกว่า maturation divisions และขบวนการทั้งหมดรวมเรียกว่า meiosis ทำไม reduction division จึงจำเป็นในการ maturation ของเซลล์สืบพันธุ์ในทั้ง ๒ เพศ ?

Spermatogenesis การศึกษาขบวนการนี้ขึ้นอยู่กับสไลด์ ที่แสดงเซลล์ชั้นต่าง ๆ ของอวัยวะของ Anasa tristis (squash bug) ตัวอย่างนี้หาได้ง่ายและเหตุการณ์ที่สำคัญ ๆ ของ spermatogenesis สามารถติดตามได้ในเวลาอันจำกัดที่มีอยู่เพื่อศึกษาในวิชา Anasa ให้ประโยชน์เพิ่มขึ้นเพราะว่ามี sex-chromosome (X-chromosome) และอำนวยความสะดวกสำหรับการศึกษา sex-determination ดังนั้นจึงเป็นรากฐานที่ดีสำหรับเรื่องของ sex-linked inheritance

ก่อนอื่น จงดูรูปที่ ๒๐๑-๒๐๓ ทดไปให้ดูเซลล์ชั้นต่าง ๆ ด้วยกำลังขยายต่ำและสังเกตบริเวณความยาวซึ่งถูกแบ่งย่อยต่อไปอีก เป็นโครงสร้างที่คล้าย cyst ซึ่งแต่ละอันจะมีเซลล์จำนวนจาก ๒๐ ถึง ๒๐ เซลล์ เซลล์กลม ๆ ที่อยู่ทางปลายด้านหนึ่งของช่องความยาวคือ spermatogonia และเซลล์ยาว ๆ ที่มีขนที่อยู่ทางอีกปลายหนึ่งคือสเปิร์มที่เจริญสุดแล้ว ระยะเวลาของ spermatogenesis รวมทั้ง meiosis อาจพบได้ในบริเวณที่เริ่มจาก spermatogonia ไปจนถึง sperms หนึ่งเปลี่ยนไปคล้ายกำลังขยายสูง และด้วยความช่วยเหลือจากรูปที่ ๒๐๑-๒๐๒ ให้ดู spermatogonia ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระยะ interphase แต่อาจจะเห็นบริเวณเล็ก ๆ ที่แสดง mitotic activity ด้วย ในระยะ metaphase (polar view) ของเซลล์ที่เหมาะสม จะเห็นโครโมโซม ๒๐ ชั้น เป็นโครโมโซมธรรมดาหรือ autosomes (พบทั้งสองเพศ) ๒๐ ชั้น ส่วนอีก ๑ ชั้นนั้นเป็นโครโมโซม X ขนาดใหญ่ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ ๒๐๑-๒๐๒ ในรูปด้านข้างของระยะ early anaphase จงสังเกตแต่ละ dyad รวมทั้ง dyad ของ X-chromosome จะแบ่งตัวทำให้มีจำนวนโครโมโซมเต็มโพลี (diploid) ไปตลอดการแบ่งเซลล์คือ ๆ มา จนกระทั่งได้ spermatogonia มากมาย การแบ่งเซลล์เหล่านี้เหมือนกับการแบ่งเซลล์ของเซลล์ร่างกาย คือแบ่งในแนว equational เพราะองค์ประกอบจำนวนเต็มของโครโมโซมในลักษณะของ monads หรือ chromatids ๒๐ ชั้น จะผ่านเข้าไปอยู่ในเซลล์ใหม่

เมื่อเพศผู้เจริญวัยเต็มที่แล้ว spermatogonia บางเซลล์จะมีขนาดใหญ่ขึ้นมากและกลายเป็น primary spermatocytes (ดูรูปที่ ๒๐๓-๒๐๔) ในระยะ prophase ของ primary spermatocytes โครโมโซมซึ่งเป็นเส้นเล็กยาวและเป็น homologous กัน จะมาจับคู่กัน โดยที่เส้นหนึ่งมาจากแม่ (maternal) และอีกเส้นหนึ่งมาจากพ่อ (paternal) ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่า synapsis ซึ่งเกี่ยวกับการมาจับคู่กัน

อย่างถูกต้องของ homologous chromosomes คือ chromomere คือ chromomere หรือแม้กระทั่ง gene คือ gene (รูปที่ ๒๐๔) ในระหว่างการเจริญเติบโต โครโมโซมแต่ละเส้นจะเพิ่มตัวเองขึ้นเป็นสองเท่า กลายเป็น dyad ดังนั้นหลังจากการ synapsis ซึ่งโครโมโซมหดตัวสั้นมาก จึงเกิดเป็น quadripartite (๒ dyads จับคู่กัน) และเรียกว่า tetrads (รูปที่ ๒๐๕) Tetrads เป็น bivalent แต่ dyads เป็น univalent โครโมโซม X ยังคงเป็น dyad เพราะมันไม่มีคู่ในตัวผู้ (ในตัวเมียมีโครโมโซม X ๒ เส้น ซึ่งเป็น homologous กัน และจะจับคู่กันเช่นเดียวกับ homologous autosomes)

Tetrads จะมาเรียงตัวกันในระยะ metaphase ของ primary spermatocyte แล้วก็แยกออกตรงจุดที่จับคู่กัน ดังนั้น ๑๐ dyads จึงไปที่ขั้วหนึ่งของ meiotic spindle และอีก ๑๐ dyads พร้อมกับ X-dyad ก็จะไปยังอีกขั้วหนึ่ง ผลคือได้ secondary spermatocytes ๒ เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์มีโครโมโซมชุดเดียว (รูปที่ ๒๐๖-๒๐๘) นี่เป็นการแบ่งแบบ meiotic หรือ maturation division ครั้งแรก และเป็นระยะ reduction division จากนั้น secondary spermatocytes ก็จะแบ่งตัว (รูปที่ ๒๐๙) นี่คือการแบ่งแบบ meiotic หรือ maturation division ครั้งที่ ๒ และเป็น equational ไม่ใช่ reductional แต่ละเซลล์ซึ่งมี autosomes เพียง ๑๐ เส้น จะแบ่งตัวได้เป็น spermatids ๒ เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์มี ๑๐ autosomes (haploid) ในโครโมโซมอื่น ๆ ทั้งหมด รวมทั้งโครโมโซม X จะแบ่งตัวได้เป็น spermatids ๒ เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์มี ๑๑ โครโมโซม (๑๐ autosomes และ ๑ X-chromosome) (รูปที่ ๒๐๙-๒๑๐) ดังนั้นจากแต่ละ primary spermatocyte เราจะได้ spermatids ๔ ตัว ซึ่งจะเปลี่ยนรูปร่างไปเป็น sperms (รูปที่ ๒๑๐-๒๑๒) จึงสังเกตระยะต่าง ๆ ในการเจริญของสเปิร์ม นิวเคลียสเคลื่อนที่ไปที่ขอบของ spermatid ต่อมายืดตัวยาวขึ้น และในที่สุดก็จะกลายเป็นหัวซึ่งติดเส้นผมของสเปิร์ม ในขณะที่หางซึ่งยาวคล้ายเส้นค้ำยเจริญมาจากส่วนประกอบของ cytoplasm และสเปิร์มที่ถูกสร้างขึ้นมาจะมี ๒ ชนิด จำนวนเท่า ๆ กัน ครั้งหนึ่ง (๕๐ เปอร์เซ็นต์) เป็นโครโมโซม X ซึ่งกำหนดความเป็นเพศเมียของลูก ส่วนอีกครึ่งหนึ่งกำหนดความเป็นเพศผู้ เซลล์ของเพศเมียมีโครโมโซม X ๒ ชิ้น และหลังจาก maturation division ไข่แก่ทุก ๆ เซลล์จะมีโครโมโซม X ๑ ชิ้นและ autosomes ๑๐ ชิ้น เพศของลูกถูกกำหนดในขณะปฏิสนธิโดยสเปิร์มทั้ง ๒ ชนิด ดังที่ได้แสดงไว้ข้างล่างนี้ (รูปที่ ๒๑๓ ค่าย)

<u>Egg</u>	<u>Sperm</u>	<u>Zygote</u>
10 + X	and 10 + X	= 20 + XX = Female
10 + X	and 10 + O	= 20 + X = Male

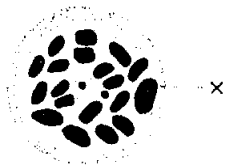


Fig. 201. Spermatogonium — meta- phase polar view— 20 autosomes and X-chromosome.



Fig. 202. Spermatogonium- anaphase side view-all chro- mosomes divide.



Fig. 203. Primary sperma- tocyte—early prophase- chromosomal threads before synapsis.

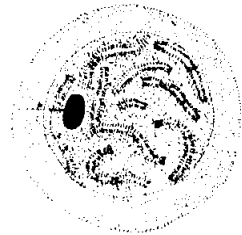


Fig. 204. Primary sperma- tocyte—later prophase- chromosomal threads af- ter synapsis.

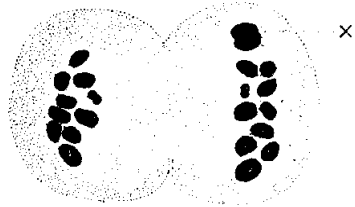


Fig. 207. Primary spermatocyte— telophase—10 autosomes go to both new cells-X-chromosome only to one-first meiotic di- vision.

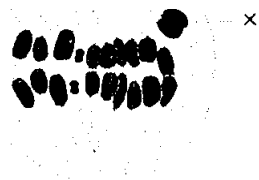


Fig. 206. Primary spermato- cyte — anaphase — tetrads divide — X + chromosome dyad goes to one pole un- divided

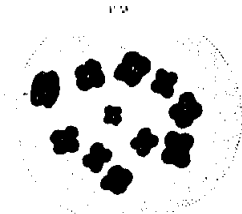


Fig. 205. Primary spermato- cyte—10 autosome tetrads and one X-chromosome dyad.



Fig. 209. Two types of secondary spermatoc- ytes — anaphase showing division of all chromosomes.

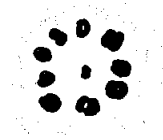


Fig. 208. Two new secondary spermatocytes— each with 10 autosome dyads—only one has X-chromosome dyad.



Fig. 210. Four newly formed spermatids-two types

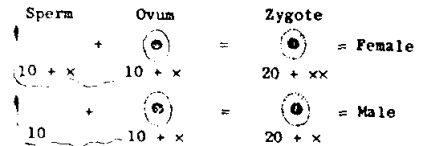


Fig. 213. Schematic representation of fertilization and sex-determination.

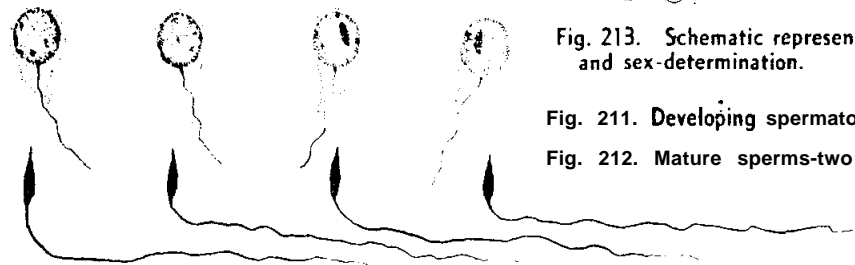


Fig. 211. Developing spermatozoa.

Fig. 212. Mature sperms-two types,

Spermatogenesis in -squash bug (*Anasa tristis*) showing synapsis, meiosis, spermiogenesis, and sex-determination.

ในสัตว์จำนวนมาก และบางทีก็ในคนด้วย จะมีโครโมโซม Y ซึ่งมีขนาดเล็กมาก แทนโครโมโซม X ขึ้นหนึ่งในตัวผู้ ดังนั้นโครโมโซมที่กำหนดเพศจึงเป็นชนิด XX-XY สัตว์โครโมโซมที่เป็น zygotic (diploid) ของคนทั้งสองเพศ โคนัก

เพศหญิง = 44 autosomes และ XX

เพศชาย = 44 autosomes และ XY

ไข่ทั้งหมดมีโครโมโซมชุดเดียว (haploid number) คือ $22 + X$; ในตัวผู้ 20 เปอร์เซ็นต์ของสเปิร์ม = $22 + X$ และ 20 เปอร์เซ็นต์ = $22 + Y$. นี้ก็เช่นกันที่เพศของลูกถูกกำหนดในขณะปฏิสนธิ ดังนั้น

Ovum

Sperm

$22 + X$ and $22 + X = 44 + XX = \text{Female}$

$22 + X$ and $22 + Y = 44 + XY = \text{Male}$

การวาดรูป หน้าว่างเปล่าที่ให้ไว้บน Plate LIII สำหรับนักศึกษาจะ
ใ้วาดรูปตามที่คุณควบคุมสั่ง หรือนักศึกษาจะวาดไว้เองเพื่อใช้อ้างอิงต่อไปก็ได้

การสาธิต

- (๑) สไลด์ แสดง เซกชั้นของอวัยวะของสัตว์คุณม
- (๒) สไลด์ แสดง สเปิร์มชนิดต่าง ๆ
- (๓) สเปิร์มที่ยังมีชีวิตอยู่
- (๔) Spermatogenesis ในรูปอื่น ๆ

Oögenesis และ Fertilization ตัวอย่างที่ดีเพื่อใช้ศึกษาเกี่ยวกับ

กับเรื่องนี้ คือที่พบในท่อสืบพันธุ์ของ ascaris ตัวเมีย (Parascaris equorum ซึ่งแต่ก่อนเรียกว่า Ascaris megalocephala และคำว่า ascaris ปัจจุบันใช้เป็นชื่อสามัญ) สไลด์ที่มีขายนั้นจะแตกต่างกันบ้างในส่วนต่าง ๆ ของท่อสืบพันธุ์ อันนี้ผู้ควบคุมจะช่วยอธิบายให้ฟัง รูปต่าง ๆ เพื่อช่วยแนะที่มีอยู่ในหนังสือนี้ได้มาจากสไลด์ของตัวอย่างที่ดีเยี่ยมเป็นส่วนใหญ่

ระบบสืบพันธุ์ตัวเมียของ ascaris ประกอบด้วยรังไข่ที่คล้ายเส้นค้ายชไปมา ซึ่งจะรวมกันแล้วกลายเป็นท่อขนาดใหญ่ขึ้นมาก เรียกว่า uterus. Primordial germ cells ในรังไข่จะแบ่งตัวแบบ mitosis ได้เป็น oögonia จำนวนหลายล้านเซลล์ ซึ่งจะสังเกตได้โดยไม่มีเปลือก (รูปที่ ๒๑๔) การปฏิสนธิเกิดขึ้นใน uterus จึงสังเกตสเปิร์มขนาดเล็กที่ไม่มีหาง (ดูรูปที่ ๒๑๔) ก้านหัวของสเปิร์มมีนิวเคลียส แต่ส่วนหลังเล็กกว่า และมี refractive body สเปิร์มบางตัวเป็นอิสระอยู่ระหว่าง oögonia และ oö-

cytes ในขณะที่ตัวอื่น ๆ อาจจะเข้าไปใน oöcyte แล้ว จมมอฆาสเปิร์มที่เข้ามา ใน oöcyte โครโมโซมจำนวนคู่ของสปีชีส์นี้เท่ากับ ๔ (2N) เซลล์เพชฌุ์เจริญเติบโต ในระบบสืบพันธุ์ของ ascaris ตัวผู้ ดังนั้นสเปิร์มจึงมีโครโมโซมชุดเดียวคือ ๒ ชั้น (N) ซึ่ง จะถูกส่งเข้าไปใน uterus ของตัวเมียในระหว่างการผสมพันธุ์

ในรังไข่ของสัตว์หลายอย่าง รวมทั้งของคนด้วย ไข่จะสุกก่อนที่การปฏิสนธิจะ เกิดขึ้น แต่ใน ascaris การสุกของไข่จะถูกกระตุ้นหลังจากที่สเปิร์มเข้าไปใน oöcyte ทันทีที่สเปิร์มได้เข้าไป จะมีเมฆงหนาเกิดขึ้นมาหุ้มไข่ที่กำลังเจริญอยู่ และจะมีช่องว่าง (perivitelline space) เกิดขึ้นระหว่างเปลือกและ plasma membrane มีโครโมโซม ๔ ชั้น (2N) ในตัวเมียเช่นเดียวกับในตัวผู้ ในระหว่างระยะ prophase ของ primary oöcyte ที่กำลังเจริญอยู่ โครโมโซมที่เป็น homologous กันจะจับคู่กันโดยการ synapsis แล้วก็จะปรากฏเป็น ๒ tetrads (รูปที่ ๒๑๕)

โดยอาศัยรูปที่ ๒๑๔-๒๒๒ นักศึกษาควรรักษาจากสไลด์ และหากระยะต่าง ๆ ไม่แต่เพียงที่มีอยู่ในรูปเท่านั้น แต่ควรหาระยะที่อยู่ระหว่างนั้น ๆ ด้วย หน้าว่างบน Plate LIII มีไว้สำหรับให้นักศึกษาวาดรูประยะต่าง ๆ ตามคำสั่งของผู้ควบคุม หรือตามความต้องการของนักศึกษาเอง การวาดรูปจะต้องขีดออกชื่อส่วนต่าง ๆ ให้ครบถ้วน

Tetrads จะเคลื่อนที่ไปสู่ขอมเซลล์ มี spindle เกิดขึ้น และมีการแบ่งตัวแบบ meiotic division ครั้งที่ ๑ (ซึ่งเป็น reduction division) ผลก็คือจะเกิด first polar body (๒ dyads) และ secondary oöcyte ซึ่งมี ๒ dyads ด้วยเช่นกัน (รูปที่ ๒๑๕-๒๑๖) Dyads ทั้งสองของ secondary oöcyte จะแบ่งตัวได้เป็น ๒ chromatids ซึ่งจะออกไปกับ second polar body (รูปที่ ๒๑๗-๒๑๘) ในขณะที่อีก ๒ dyads (haploid number) ยังคงอยู่ใน mature ovum ซึ่งเป็นแหล่งที่มันเข้าไปสร้างเป็น female pronucleus นักศึกษาจะต้องเข้าใจว่า second meiotic division นี้เป็น equational และไม่ใช่ reductional ในขณะเดียวกัน first polar body อาจจะแบ่งตัวด้วย ซึ่งอาจจะเห็นอยู่ใน perivitelline space หรืออยู่ติดกับนิวเคลียสในของเปลือก ถ้าสิ่งนี้เกิดขึ้น ผลลัพธ์สุดท้ายของ primary oöcyte จะได้นัก โครงสร้างขนาดจิ๋ว ๓ อัน (ซึ่งจะหลุดไป) กับ mature egg ขนาดใหญ่ ๑ เซลล์ อันนี้จะเปรียบเทียบได้อย่างไรกับผลลัพธ์สุดท้ายของ primary spermatocyte ในตัวผู้ ?

ในระหว่าง maturation divisions ของ oöcytes สเปิร์มจะเสียบรูปไป และหัวซึ่งมีโครโมโซม ๒ ชั้นจะกลายเป็น male pronucleus รูปกลม ๆ (รูปที่ ๒๑๕-๒๑๘) Pronuclei ทั้งสองจะเคลื่อนที่ไปสู่จุดศูนย์กลางของไข่และเพิ่มขนาดขึ้นมาก เกิดอะไรขึ้นกับสาร chromatin ของ monads ทั้งสองซึ่งเข้าไปใน pronucleus แต่

ละอันก่อนที่มันจะปรากฏเป็นรูปร่างของโครโมโซมอีกครั้งหนึ่ง? เยื่อหุ้มนิวเคลียสของ pro-nucleus แต่ละอันจะหายไป และโครโมโซมแม่ ๒ ชิ้นกับโครโมโซมพ่อ ๒ ชิ้นจะเข้าประจำที่ในระยะ metaphase ซึ่งพร้อมที่จะมีการแบ่งเซลล์ครั้งแรก (first cleavage) ของไข่ที่ถูกปฏิสนธิแล้ว (ดูรูปที่ ๒๑๔-๒๒๒) โครโมโซมในระยะ metaphase เป็น monads, dyads, หรือ tetrads? ไข่ที่ถูกปฏิสนธิแล้วจะแบ่งตัวครั้งแรกแล้วครั้งเล่าและเจริญเติบโตไปเป็นสัตว์ตัวใหม่ สิ่งที่น่าสนใจมากในที่นี้ก็คือเซลล์ทั้งสองที่เกิดจากการแบ่งเซลล์ครั้งแรกของไข่ ascaris จะมีลักษณะแตกต่างกันเล็กน้อย และสามารถจะติดตามได้ว่าเซลล์หนึ่งจะนำไปสู่การสร้าง germ plasm ส่วนอีกเซลล์หนึ่งจะนำไปสู่การสร้าง somatoplasm ของ ascaris ที่เกิดใหม่

การสาธิต

- (๑) ระยะต่าง ๆ ของ oögenesis ในรูปอื่น ๆ
- (๒) สไลด์ แสดง เซลล์ชั้นของรังไข่ของสัตว์คุณม



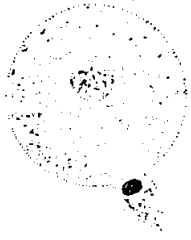


Fig. 214. Fertilization — sperm penetrating early stage of egg -no shell is present.

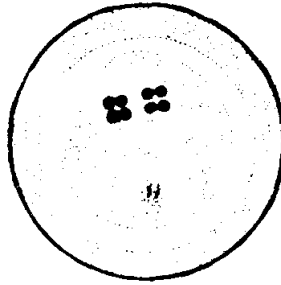


Fig. 215. Primary oocyte showing two tetrads dividing to form secondary oocyte and first polar body—first meiotic division.

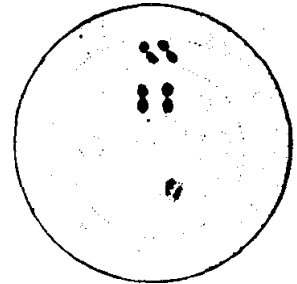


Fig. 216. Secondary oocyte and first polar body—note male pronucleus.

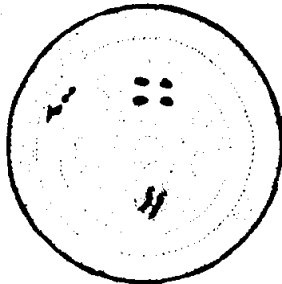


fig. 217. Secondary oocyte dyads dividing to form second polar body and the mature ovum — first polar body may also divide -second meiotic division.

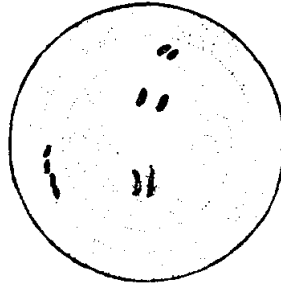


Fig. 218. Ovum with two monads -male pronucleus-and three second polar bodies.

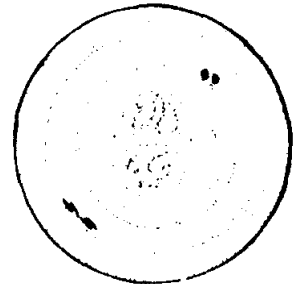


Fig. 219. Mature ovum with the female pronucleus (above) and the male pronucleus—each carrying the haploid or reduced number of chromosomes.

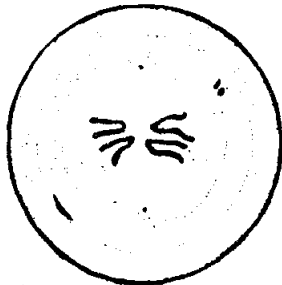


Fig. 220. Metaphase of fertilized ovum with the diploid number of chromosomes restored.

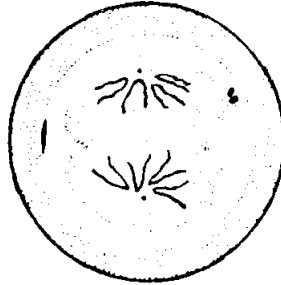


Fig. 221. Telophase of first cleavage of the fertilized egg.

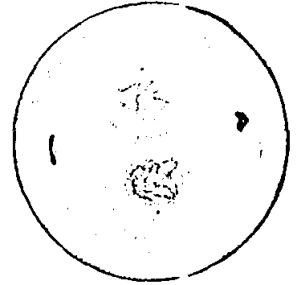


Fig. 222. Two-cell stage of the embryo.

Fertilization, meiosis, polar body formation, and cleavage of the ovum in ascaris (*Parascaris equorum*)

PLATE LIII