

บทที่ 14

การสืบพันธุ์และการเจริญของสัตว์และพืช

เค้าโครงเรื่อง

14.1 การสืบพันธุ์และการเจริญของสัตว์

14.1.1 ความหลากหลายของระบบสืบพันธุ์

(1) ระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

(2) ระบบสืบพันธุ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

14.1.2 โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้

14.1.3 โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย

14.1.4 การปฏิสนธิและการควบคุมการปฏิสนธิ

14.1.5 การเจริญของสัตว์

(1) ขั้นตอนการเจริญของสัตว์

(2) การควบคุมการเจริญ

14.2 การสืบพันธุ์ของพืชดอก

14.2.1 โครงสร้างของดอก

14.2.2 การเจริญของละอองเรณู

14.2.3 การเจริญของออวุล

14.2.4 การผสมเกสรและการปฏิสนธิ

14.2.5 การเจริญของเมล็ดและผล

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดเมื่อเจริญมาถึงขั้นโตเต็มที่ (ตัวเต็มวัย) แล้ว ต้องมีการสืบพันธุ์ อาจโดยวิธีไม่อาศัยเพศหรืออาศัยเพศแล้วแต่กรณี ในบทที่ 7 ได้กล่าวถึงการสืบพันธุ์ระดับเซลล์แล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงการสืบพันธุ์ในระดับตัว โดยเน้นที่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและพืชชั้นสูง (พืชดอก)

14.1 การสืบพันธุ์และการเจริญของสัตว์

สัตว์ที่มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ อาจมีการปฏิสนธิภายนอก โดยเพศผู้และเพศเมียปล่อยตัวอสุจิและไข่ออกมาสู่สภาพแวดล้อมที่เป็นของเหลว (น้ำ) ซึ่งได้แก่สัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำ (ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็มเป็นส่วนใหญ่) โดยทั่วไปมักเป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง เมื่อปฏิสนธิแล้วตัวอ่อนเจริญอยู่ภายนอกตัวสัตว์และมีขั้นตอนการเจริญต่างกันออกไป สัตว์อีกกลุ่มหนึ่งสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศโดยมีการปฏิสนธิภายใน สัตว์ในกลุ่มนี้มีอวัยวะเพศภายนอก (โดยเฉพาะเพศผู้) สำหรับสอดใส่เข้าไปในอวัยวะเพศของเพศเมียเพื่อให้ตัวอสุจิเข้าไปปฏิสนธิกับไข่ภายในตัวของเพศเมีย ไซโกตและตัวอ่อนที่จะเจริญต่อมาจะอยู่ภายในโครงสร้างพิเศษสำหรับเลี้ยงตัวอ่อนที่เรียกว่ามดลูก ซึ่งอาจไม่มีลักษณะโครงสร้างเหมือนกับของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่ทำหน้าที่เหมือนกัน สัตว์ในกลุ่มดังกล่าวนี้ ส่วนใหญ่เป็นสัตว์บก จำเป็นที่ต้องมีวิวัฒนาการเพื่อให้เซลล์สืบพันธุ์ไม่แห้งตายก่อนการปฏิสนธิ ตัวกลางหรือสภาพแวดล้อมจึงมีบทบาทสำคัญต่อลักษณะการสืบพันธุ์และการปฏิสนธิโดยไม่จำกัดว่าสัตว์เหล่านั้นจะเป็นสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังหรือสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ในกรณีของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีวิวัฒนาการไปอยู่ในน้ำทั้งที่ส่วนหนึ่งเพื่อการหาอาหาร เช่นพวกสิงห์โตทะเล แมวน้ำ หรือพวกที่อยู่ในน้ำตลอดเวลา เช่นพวกปลาวาฬ สัตว์เหล่านี้เดิมเคยเป็นสัตว์บกมาก่อน จึงมีลักษณะการผสมพันธุ์การปฏิสนธิภายในและการเจริญของตัวอ่อนในมดลูกเช่นเดียวกับสัตว์บก

14.1.1 ความหลากหลายของระบบสืบพันธุ์ สัตว์ทุกชนิดต้องมีอวัยวะและระบบอวัยวะสืบพันธุ์เพื่อให้มีการผลิตเซลล์เพศออกมาสู่การปฏิสนธิได้ อวัยวะเพศที่ง่ายที่สุดคือ โคนเนด (gonad) ซึ่งโครงสร้างภายนอกไม่แสดงความต่างระหว่างเพศผู้กับเพศเมีย อวัยวะสืบพันธุ์มีต่อมและมีท่อตลอดจน โครงสร้างเสริมอื่นมากขึ้น พัฒนาขึ้นเป็นระบบสืบพันธุ์ที่ต่างกันของเพศผู้และเพศเมีย และยังต่างกันในระยะเอียงตัวของสัตว์แต่ละชนิดด้วย ความซับซ้อนของระบบสืบพันธุ์ไม่ได้สัมพันธ์กับการจัดหมวดหมู่สัตว์เสมอไป แต่จะสัมพันธ์กับลักษณะการดำรงชีพ พยาธิตัวแบบดำรงชีพแบบปรสิตรในอวัยวะภายในของสัตว์มีกระดูกสันหลัง ถือเป็นสัตว์ที่มีระบบสืบพันธุ์ซับซ้อนมากที่สุด เพราะมีระบบสืบพันธุ์ทั้งของเพศผู้และเพศเมียอยู่ภายในตัว และสามารถมีการปฏิสนธิของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียของตัวเอง หรือข้ามผสมกับตัวอื่นได้

(1) ระบบสืบพันธุ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ในแต่ละ ไฟลัม มีความหลากหลายของระบบสืบพันธุ์ทั้งในระดับต่าง ไฟลัมและในไฟลัมเดียวกัน ทนอทะเลพวก polychaete (แม่เพรียง) มีอวัยวะสืบพันธุ์ที่ไม่ต่างกันทั้งในตัวเพศผู้และเพศเมีย เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียเมื่อเจริญเต็มที่จะหลุดจากผนังลำตัวมาอยู่ในช่องว่างของลำตัว แล้วถูกปล่อยออกสู่ภายนอกโดยผ่านช่องทางท่อของระบบขับถ่ายหรือตันให้ผนังลำตัวแตกจนตัวพ่อแม่ตาย แล้วมีการปฏิสนธิภายนอกได้ตัวอ่อนเจริญตามขั้นตอนของตัวอ่อนต่อไปจนถึงขั้นโตเต็มวัย ไข่เดือนดินซึ่งเป็นหนอนปล้องในไฟลัมเดียวกันกับทนอทะเล แต่มีระบบสืบพันธุ์ของเพศผู้ที่ต่างกับของเพศเมียเห็นได้ชัดอยู่ภายในตัวเดียวกัน และสามารถจับคู่ผสมพันธุ์แลกเปลี่ยนสุมมาเก็บไว้ในถุง เซลล์ไข่ถูกปล่อยออกมาอยู่ในปลอกที่รักษาความชื้นไว้ได้ แล้วจึงปล่อยยอสุจิออกมาปฏิสนธิตัวอ่อนเจริญอยู่ในปลอกที่หลุดออกมาเรียกคอกกูน (cocoon) จนเมื่ออวัยวะครบจึงไขออกมาหากินภายนอกเจริญเป็นไข่เดือนตัวเต็มวัยต่อไป

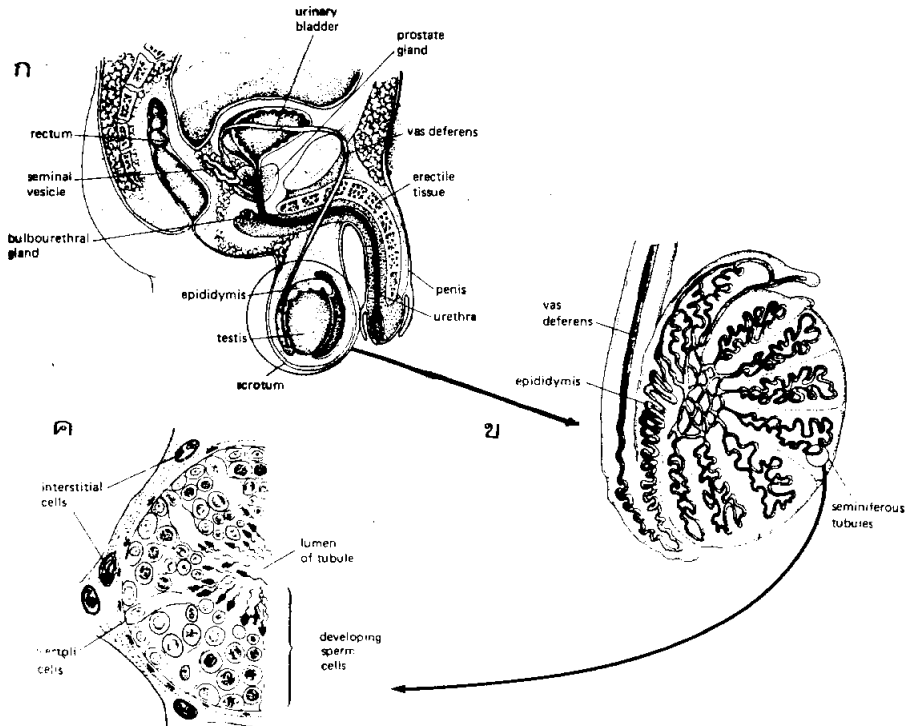
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอื่นที่มีระบบสืบพันธุ์ซับซ้อนยิ่งขึ้นคือ สัตว์ขาปล้อง ซึ่งเป็นพวกแยกเพศ อวัยวะสืบพันธุ์ต่างกัน มีโครงสร้างสำหรับสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ท่อนำเซลล์สืบพันธุ์ออกสู่ภายนอก ตลอดจนมีต่อมหรือโครงสร้างอื่นที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ เช่น เพศเมียมีถุงเก็บตัวอสุจิ (spermatheca) มีต่อมสร้างเปลือกไข่และไข่แดง บางชนิดมีรยางค์เปลี่ยนแปลงเพื่อใช้สำหรับการวางไข่ (ovipositor) ด้วย

(2) ระบบสืบพันธุ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง โครงสร้างระบบสืบพันธุ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยทั่วไปคล้ายคลึงกัน คือประกอบด้วยส่วนทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ (อัณฑะหรือรังไข่) ส่วนที่เป็นท่อนำเซลล์สืบพันธุ์ ช่องเปิด (ท่อปัสสาวะหรือช่องคลอด) อวัยวะสืบพันธุ์เสวริมภายนอก (clasper ลิงค์ แคมมอกและแคมใน) และต่อมต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนหรือสารอื่นที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ สัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงโดยทั่วไปมีช่องเปิดอิสระทั้งของเพศผู้และของเพศเมีย ส่วนใหญ่ช่องเปิดของเพศผู้ใช้ร่วมกับทางออกของปัสสาวะ สัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำบางชนิดเช่นพวกปลาฉลาม มีทวารหนักร่วม (cloaca) เพื่อใช้เป็นทางออกของของเสีย (อุจจาระและปัสสาวะ) และทางออกของเซลล์สืบพันธุ์ (อสุจิหรือไข่) การศึกษาระบบสืบพันธุ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังนิยมใช้สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเป็นหลัก โดยเฉพาะระบบสืบพันธุ์ของมนุษย์

14.1.2 โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ โครงสร้างสำหรับผลิตเซลล์สืบพันธุ์ คือ หลอดสร้างอสุจิ (seminiferous tubule) (รูป 14-1 ข.) ซึ่งอยู่ภายใน อัณฑะ (รูป 14-1 ก.) ลักษณะรูปไข่ 2 ก้อนอยู่ภายในถุง 2 ถุงเรียก ถุงหุ้มอัณฑะ (scrotum หรือ scrotal sac) เซลล์สืบพันธุ์ได้รับการกระตุ้นให้มีการแบ่งจากเซลล์แม่โดยฮอร์โมนเทสโทโรน (ผลิตจากเซลล์ระหว่างหลอดสร้างอสุจิ) เพื่อเจริญเป็นตัวอสุจิแล้วจะเกาะอยู่ที่เซอร์โทลลีเซลล์ (Sertoli cell) (รูป 14-1 ค) อสุจิจะว่ายมาตามหลอดนำอสุจิเข้าสู่โครงสร้างเสริมของเซลล์สืบพันธุ์ คือ ถุงเก็บอสุจิ (seminal vesicle) 2 ถุงและได้รับอาหารหล่อเลี้ยงจากน้ำอสุจิผลิตโดย ต่อมลูกหมาก (prostate gland) ต่อม bulbo-urethral ทำหน้าที่ผลิตน้ำหล่อลื่น ท่อปัสสาวะ (urethra) เป็นส่วนสุดท้ายก่อนการหลั่งออกสู่ภายนอก เมื่อถึง จุดสุดยอด (climax) ตัวอสุจิและน้ำอสุจิจะถูกฉีดออกมาทางท่อปัสสาวะและสู่ส่วนปลายของลึงค์ เพื่อการผ่านเข้าสู่ปากมดลูกของอวัยวะเพศหญิงต่อไป

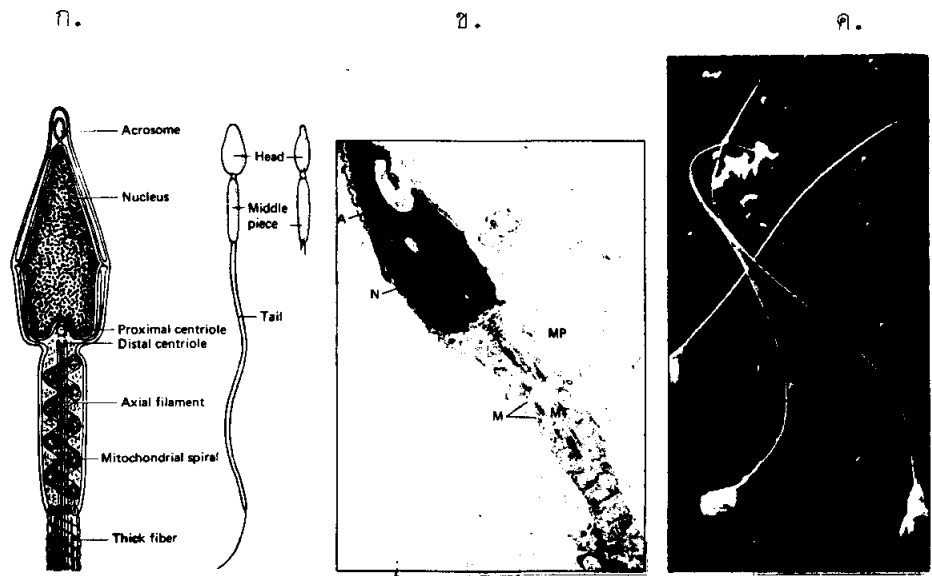
รูป 14-1 แผนภาพแสดงรายละเอียดโครงสร้างอวัยวะเพศชาย ก. ภาคตัดด้านข้างแสดงความสัมพันธ์ของ โครงสร้างอวัยวะเพศหลักและอวัยวะเสริม ข. ภาคตัดด้านข้างของ อัณฑะแสดงหลอดสร้างอสุจิ ค. ภาคตัดขวางหลอดสร้างอสุจิแสดงการสร้างตัวอสุจิ

จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986



เพศชายเมื่อเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ (puberty) ฮอร์โมนโกนาโดโทรฟินจากต่อมใต้สมองจะกระตุ้นให้มีการเจริญเต็มที่ของอัณฑะมีผลให้เซลล์ระหว่างหลอดสร้างอสุจิผลิตฮอร์โมนเทสโทสเทโรน กระตุ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสร้างตัวอสุจิอยู่ตลอดเวลา (ดู ข้อ 7.2.2) จนล่วงเข้าสู่วัยสูงอายุ ระดับฮอร์โมนลดลงการสร้างตัวอสุจิลดลง ยืนนำลักษณะถ่ายทอดทางพันธุกรรมอยู่ในนิวเคลียส ที่ส่วนหัวของตัวอสุจิ มีเอนไซม์สำหรับเจาะเข้ารูไมโครไพล์ของไข่ อยู่ในส่วนที่เรียกว่า **acrosome** ไมโทคอนเดรียในส่วนกลางของตัวอสุจิทำหน้าที่ให้พลังงานสำหรับการเคลื่อนที่ของไมโครทิวบูล ซึ่งเริ่มตั้งแต่เซนทริโอลยาวไปตลอดความยาวของส่วนหาง (รูป 14-2)

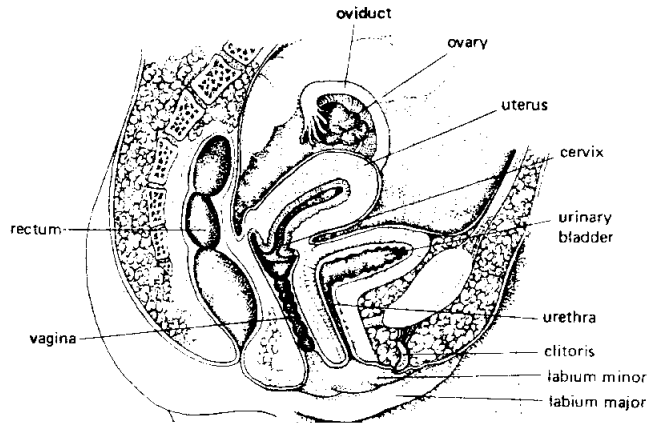
รูป 14-2 โครงสร้างตัวอสุจิของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ก. แผนภาพแสดงส่วนหัว ส่วนกลาง และส่วนหาง ข. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน N คือนิวเคลียส M คือไมโทคอนเดรียและ Mt คือไมโครทิวบูล ค. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด



จาก Vilee, Claude A., et al. 1989

14.1.3 โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย โครงสร้างหลักที่ทำหน้าที่สร้างไข่คือ รังไข่ มี 2 อันอยู่ชิดกับส่วนปลายสุดของ ท่อนำไข่ (oviduct) ซึ่งทำหน้าที่นำไข่เข้าสู่โครงสร้างเสริมคือ ปีกมดลูก (fallopian tube) แล้วเข้าสู่โพรงมดลูก ถ้าไข่ไม่ได้รับการปฏิสนธิจะหลุดออกจากโพรงมดลูกปนมากับของเหลวรอบเดือน (ระดู) ผ่านทางปากมดลูก (cervix) ช่องคลอด (vagina) ออกสู่ภายนอกร่างกาย (รูป 14-3)

รูป 14-3 แผนภาพภาคตัดด้านข้างแสดง โครงสร้างและตำแหน่งอวัยวะสืบพันธุ์ของสตรี

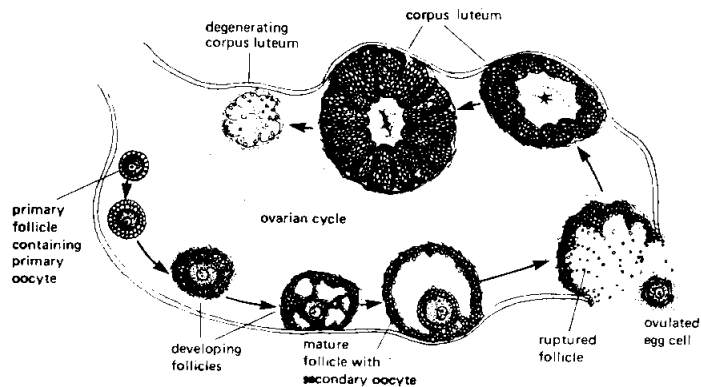


จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986

การสร้างไข่ (ดูข้อ 7.2.2) เกิดขึ้นในฟอลลิเคิลของรังไข่ (รูป 14-4) โดยมีกลไกการผลิตภายใต้การควบคุมของฮอร์โมน (รูป 14-5) จากต่อมใต้สมองคือ FSH และ LH ร่วมด้วยฮอร์โมนจากรังไข่ คือ estrogen และ progesterone ทำให้มีการ ตกไข่ (ovulation) ทุก 28 วัน เพื่อให้มีความพร้อมต่อการตั้งครรภ์ เรียกว่าการมีระดูหรือการมีรอบเดือน (menstruation) สตรีจะเริ่มมีรอบเดือนเมื่ออายุเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์เรื่อยมาจนถึงการหมดมีรอบเดือน (menopause) ช่วงเวลาการมีรอบเดือนต่างกันบ้างในแต่ละบุคคล โดยทั่วไปอยู่ระหว่างอายุ 15-50 ปี

รูป 14-4 แผนภาพแสดงการเจริญของฟอลลิเคิลจนมีการตกไข่และฟอลลิเคิลเจริญเปลี่ยนแปลงเป็นคอร์ปัสลูเทียม ทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมน โพรเจสเตอโรน ในกรณีที่ไม่มี การตั้งครรภ์ คอร์ปัสลูเทียมจะสลายตัว

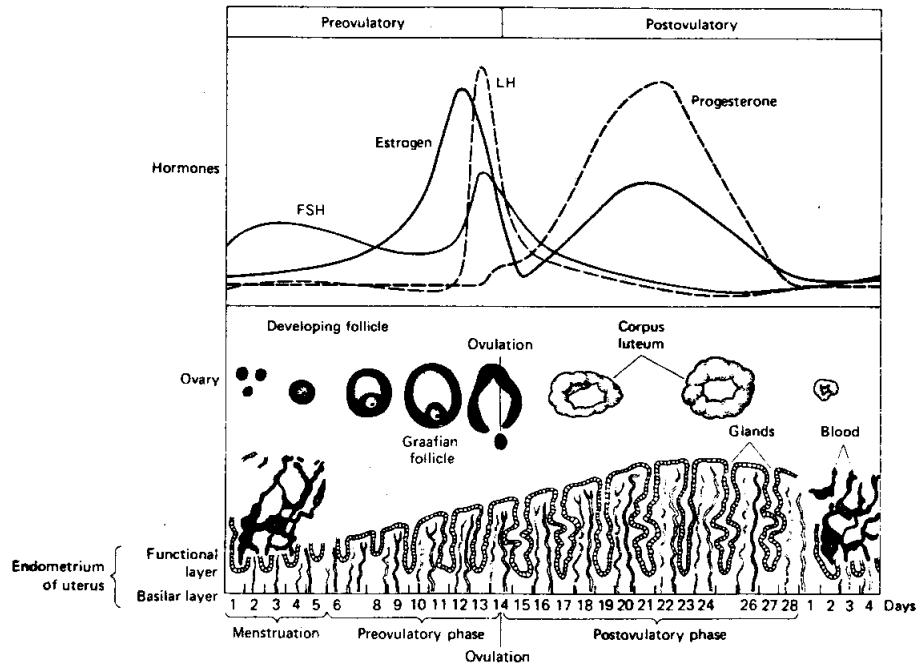
จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986



การมีรอบเดือนเริ่มจากระยะมีการไหลของเลือดออกจากการคั่งที่เยื่อบุผนังมดลูก (endometrium) เรียกว่าระยะเมเนสทรูอัล (menstrual phase หรือ flow phase) อาจกินเวลา 3-5 วันขึ้นอยู่กับแต่ละบุคคล ต่อมได้สมองส่วนหน้าเริ่มหลั่ง FSH ภายใต้การควบคุมของฮอร์โมนโกนาโดโทรฟินจากไฮโปทาลามัส FSH กระตุ้นฟอลลิเคิลเพียง 2-3 ฟอลลิเคิลให้เจริญ เซลล์ในเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของฟอลลิเคิลจะผลิตฮอร์โมนเอสโตรเจนเพิ่มตามขนาดของฟอลลิเคิลที่เจริญควบคุมไข่ ขณะเดียวกันเอสโตรเจนก็กระตุ้นการเจริญของเยื่อบุภายในผนังมดลูกให้ซ้อนกันมากขึ้น เรียกระยะนี้ว่า ระยะก่อนการตกไข่ (preovulatory phase) การเพิ่มความเข้มข้นของเอสโตรเจนอย่างรวดเร็วกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่งฮอร์โมน LH ออกมามากด้วย ทั้งเอสโตรเจนและ LH กระตุ้นให้เกิดการตกไข่ในวันที่ 14 (นับจากวันที่มีการไหลของรอบเดือน) เมื่อไข่หลุดออกมาเข้าสู่ปากแตรของท่อน้ำไข่ เอสโตรเจนลดลงเนื่องจากฟอลลิเคิลถูก LH กระตุ้นให้เจริญเป็นคอร์ปัสลูเทียม ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนโพรเจสเตโรน กระตุ้นการเจริญของเยื่อบุภายในผนังมดลูกต่อไป ขณะเดียวกันก็มีกลไกย้อนกลับไปยังการหลั่งฮอร์โมนของไฮโปทาลามัสที่ทำหน้าที่ควบคุมการหลั่ง LH ของต่อมใต้สมองส่วนหน้าด้วย สำหรับเอสโตรเจนมีกลไกย้อนกลับยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัสที่ควบคุมการหลั่งฮอร์โมน FSH จากต่อมใต้สมองส่วนหน้าเช่นเดียวกันด้วย (รูป 14-6) ระยะตั้งแต่มีการตกไข่จนถึงเยื่อบุภายในมดลูกหนาตัวสูงสุดเรียกว่าระยะหลังการตกไข่ (postovulatory phase) นับต่อเนื่องมาจากวันตกไข่ 14 วัน รวมหนึ่งรอบเป็น 28 วัน ถ้าไข่ไม่ได้รับการปฏิสนธิคอร์ปัสลูเทียมจะสลายไป ระดับฮอร์โมนโพรเจสเตโรนและเอสโตรเจนลดลง หลอดเลือดฝอยในเยื่อบุภายในผนังมดลูกหดตัว ทำให้เนื้อเยื่อขาดออกซิเจน เซลล์ตาย ทำให้หลอดเลือดแตกไหลออกมาเป็นรอบเดือน

14.1.4 การปฏิสนธิและการควบคุมการปฏิสนธิ การปฏิสนธิคือการรวมนิวเคลียสของตัวอสุจิและไข่ได้เป็นไซโกตมีจำนวนโครโมโซมเป็นดิพลอยด์ (2n) เมื่อมีการปฏิสนธิแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อความพร้อมสำหรับการฝังตัวของตัวอ่อนระยะแรกที่จะฝังตัวเข้าไปที่เยื่อบุผนังภายในของมดลูกเรียกว่า คอนเซ็ปชัน (conception) หลังจากนั้นตัวอ่อนเจริญต่อมามีการสร้างรกและนำอาหารจากแม่มายังตัวอ่อนผ่านทางหลอดเลือดจึงจะเรียกว่ามีการตั้งครรภ์ (pregnancy หรือ gestation)

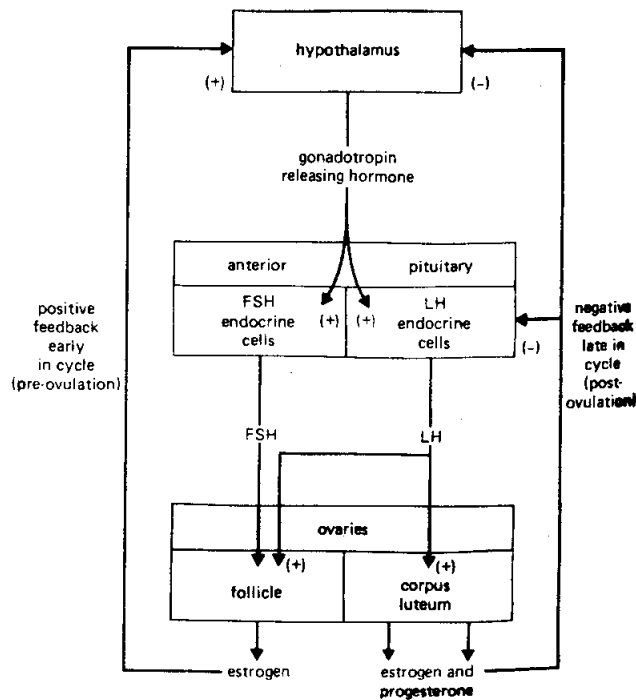
รูป 14-5 แผนภาพเปรียบเทียบความเข้มข้นระดับฮอร์โมน การตกไข่ และการหนาตัวของเซลล์เยื่อภายในผนังมดลูกของการมีรอบเดือน



จาก Villet, Claude A., et al. 1989

การปฏิสนธิที่ตีควรถูกเกิดขึ้นภายในเวลา 5 นาทีหลังจากการหลั่งอสุจิเข้าไปในช่องคลอด ถ้าการมีเพศสัมพันธ์เหมาะสมปากมดลูกจะเปิดให้ตัวอสุจิว่ายเข้าไปในโพรงมดลูกผ่านปากมดลูกเข้าไปปฏิสนธิกับไข่ที่อยู่ในท่อนำไข่ (ถ้าพ้นจากส่วนนี้แล้วจะไม่มี การปฏิสนธิ) การที่ตัวอสุจิเข้าถึงไข่ได้อย่างรวดเร็วเชื่อว่า ฮอร์โมน prostaglandin ที่มีอยู่ในน้ำอสุจิช่วยให้ปากมดลูกบีบตัวเสริมให้ตัวอสุจิเดินทางได้เร็วขึ้น ตัวอสุจิ 1 ใน 100,000 ตัวเท่านั้นที่จะเดินทางถึงท่อนำไข่ และเพียง 1-20 ตัวเท่านั้นที่จะหาไข่พบ ดังนั้นในการผสมพันธุ์แต่ละครั้งจะมีตัวอสุจิประมาณ 100-200 ตัวไปถึงไข่ มีเพียงตัวเดียวที่อยู่ในตำแหน่งพอเหมาะกับรูไมโครพิลล์ของไข่และไข่เอนไซม์ในอะโครโซมละลายเยื่อหุ้มเซลล์ ต้นส่วนหัวเข้าไป สลัดส่วนกลางและหางไว้ข้างนอก เยื่อหุ้มภายนอกเซลล์ไข่จะถูกกระตุ้นให้มีการสร้างสารมาล้อมเซลล์ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว ตัวอสุจิอื่นจึงไม่สามารถเข้าไปในไข่ได้อีก ลักษณะการปฏิสนธิระหว่างเซลล์ไข่หนึ่งเซลล์และเซลล์เพศผู้อีกหนึ่งเซลล์นี้เรียกว่าการปฏิสนธิครั้งเดียว (single fertilization) ซึ่งเป็นลักษณะปกติของการปฏิสนธิในสัตว์

รูป 14-6 แผนผังกลไกควบคุมการมีรอบเดือนด้วยฮอร์โมนเครื่องหมาย + แสดงการทำงานแบบกระตุ้น เครื่องหมาย - แสดงการทำงานแบบยับยั้ง ให้สังเกตว่ากลไกการทำงานย้อนกลับของฮอร์โมนมีทั้งการกระตุ้นและยับยั้ง



จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986

การป้องกันการปฏิสนธิ หมายถึงการป้องกันมิให้ไข่มีโอกาสปฏิสนธิกับตัวอสุจิ ถือเป็นวิธีการหนึ่งของการคุมกำเนิด (contraception หรือ birth control) การป้องกันที่มีผลกระทบต่อความรู้สึกที่ว่าผิดธรรมชาติคือการเลือกช่วงเวลาการมีเพศสัมพันธ์ที่เหมาะสมคือช่วงเวลา 7 วันก่อนหรือหลังการมีรอบเดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ยังไม่มีมีการตกไข่ หรือเมื่อไข่ตกออกมาอยู่ในโพรงมดลูกแล้ว วิธีการอื่น ๆ ควรได้รับคำแนะนำจากหน่วยงานวางแผนครอบครัว อย่างไรก็ตามยังไม่มีการป้องกันการปฏิสนธิวิธีใดที่ให้ผลสมบูรณ์

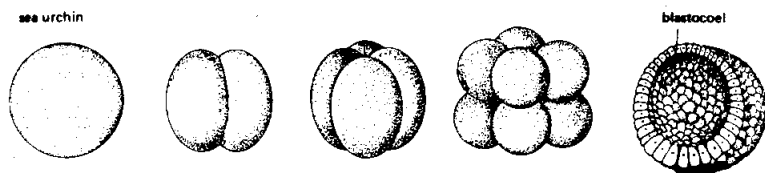
14.1.5 การเจริญของสัตว์ ไข่เป็นเซลล์พิเศษที่นอกจากมีนิวเคลียสและไซโทพลาซึมตามปกติแล้ว ยังมีส่วนที่เป็นอาหารสะสมไว้เพื่อใช้เลี้ยงตัวอ่อนที่จะเกิดขึ้น อาหารสะสมนี้อยู่ในรูปของโปรตีน (ไข่ขาว) หรือในรูปของไขมันและวิตามิน (ไข่แดง หรือ yolk) ปริมาณของอาหารที่มีอยู่ในไข่สัมพันธ์กับวิวัฒนาการการเจริญของสัตว์ พวกที่เจริญภายในมดลูก ไข่ไม่จำเป็นต้องมีอาหารสะสม พวกที่เจริญภายนอกมดลูก อาหารสะสมจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะ

การเจริญเป็นตัวอ่อน ถ้าตัวอ่อนเจริญเร็วและหาอาหารกินเองได้ จะมีไข่แดงน้อย เช่น ไข่สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ถ้าเป็นสัตว์ที่ตัวอ่อนเจริญแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และนก จำเป็นต้องมีไข่แดงและอาหารอย่างมาก ไข่จึงมีขนาดใหญ่และเปลือกหุ้มแข็งแรง ป้องกันการสูญเสียความชื้น การติดเชื้อ ตลอดจนศัตรูจากภายนอก

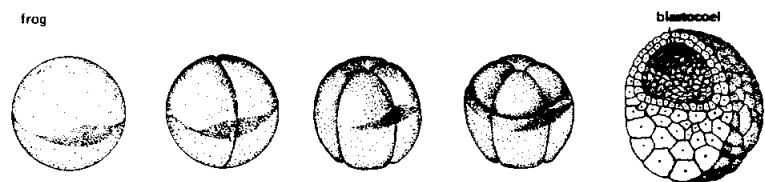
(1) **ขั้นตอนการเจริญของสัตว์** ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว (ไซโกต) จะมีการแบ่งเซลล์เรียก **คลีเวจ (cleavage)** จนได้เซลล์ขนาดเล็กจำนวนมาก เรียก **มอรูลา (morula)** แล้วเซลล์จะเรียงกันอยู่รอบนอกทำให้เกิดช่องข้างในเรียก **บลาสโทซีส (blastocoel)** จึงเรียกระยะของการเจริญช่วงนี้ว่า **บลาสทูลา (blastula)** เซลล์ที่ถูกกำหนดให้เป็นเนื้อชั้นในคือ **เอนโดเดิร์ม (endoderm)** จะบุตัวเข้าด้านในช่องบลาสโทซีส ทำให้ได้เนื้อชั้นนอกคือ **เอ็คโทเดิร์ม (ectoderm)** และเนื้อชั้นในคือ **เอนโดเดิร์ม** ได้ช่องว่างช่องใหม่เรียก **อาร์เคนเทรอน (archenteron)** ช่วงการเจริญระยะนี้เรียกว่า **แกสทรูลา (gastrula)** (รูป 14-7) แล้วมีการเจริญของเนื้อชั้นเมโซเดิร์ม (mesoderm) แทรกเข้ามาระหว่างชั้นของเอ็คโทเดิร์มและเอนโดเดิร์ม ลักษณะการเจริญเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนจากไซโกต --> มอรูลา --> บลาสทูลา --> แกสทรูลา ต่างกันในสัตว์แต่ละไฟลัมหรือแต่ละชั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลของอาหารสะสม (ไข่แดง) (รูป 14-8)

รูป 14-7 แผนภาพเปรียบเทียบขั้นตอนการเจริญจากไซโกตจนถึงระยะบลาสทูลาของ ก. หอยเม่น (sea urchin) ข. กบ ค. นก

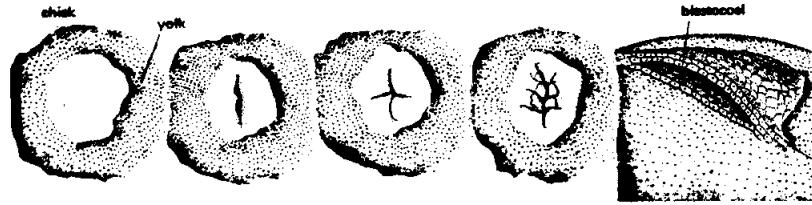
ก. หอยเม่น



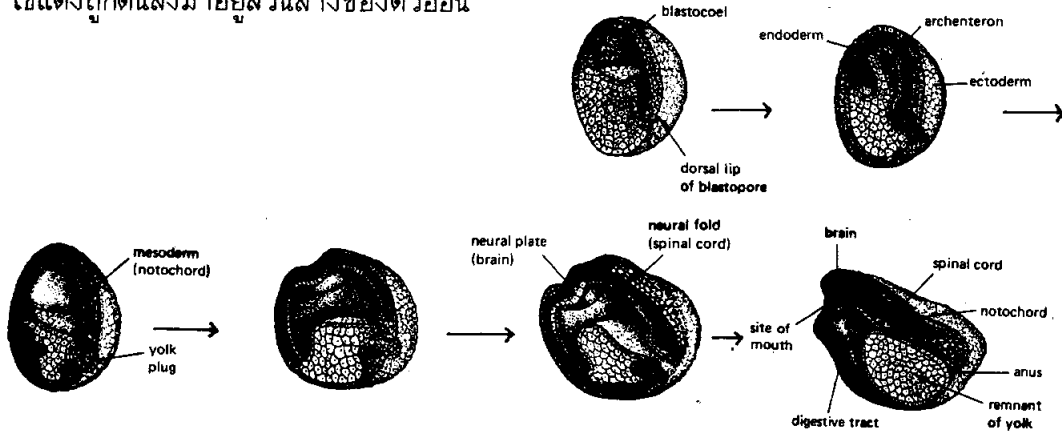
ข. กบ



ค. นก

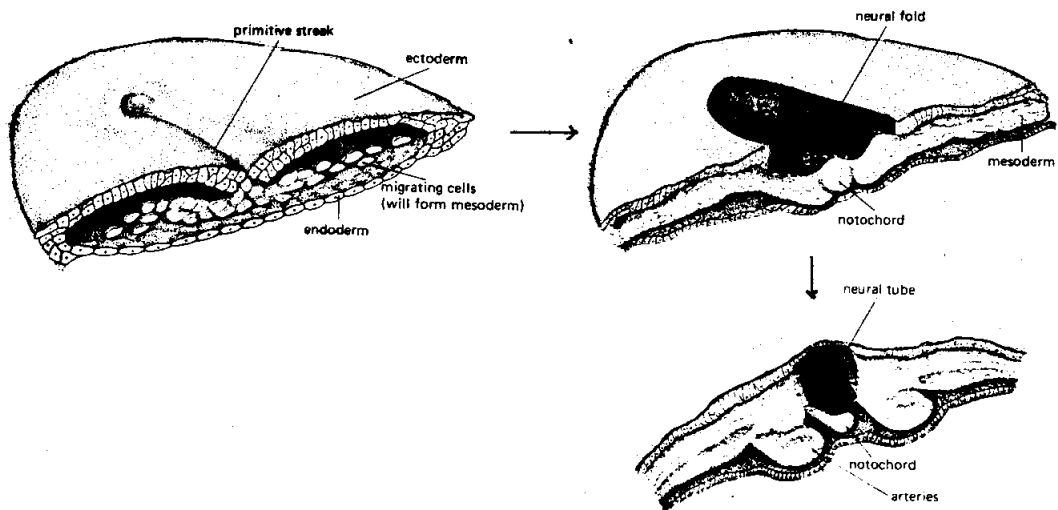


รูป 14-8 แผนภาพเปรียบเทียบการเจริญเข้าสู่ระยะแกสทรูลาของ
 ก. กบ เนื้อชั้นเมโซเดิร์มเคลื่อนที่เข้าไปในช่องบลาสโทพอร์ ดันช่องช่องบลาสโทซิลให้หมดไป
 ไข่แดงถูกดันลงมาอยู่ส่วนล่างของตัวอ่อน



ข. นก เนื้อชั้นเมโซเดิร์มเคลื่อนที่เข้าทาง primitive streak เข้าไปแทรกอยู่ระหว่าง
 epiblast (เอ็คโทเดิร์ม) และ hypoblast (เอนโดเดิร์ม) แล้วมีการเจริญต่อไปเป็นนิว
 รัลทิวบ์ (neural tube)

จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986



ถัดจากระยะแกสทรูลา เนื้อชั้นเอ็คโทเดิร์มที่ถูกกำหนดให้เป็นเนื้อเยื่อประสาทจะยกตัวขึ้นมาบรรจบกันเป็น นิวรัลทิวบ์ เรียกระยะนี้ว่า นิวรูลา (neurula) แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการเจริญเป็นอวัยวะ (organogenesis) ต่าง ๆ ต่อไป

เนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายสัตว์เจริญเปลี่ยนแปลงมาจากเนื้อชั้น 3 ชั้นของตัวอ่อนระยะแรกดังนี้คือ

ก. เอ็คโทเดิร์ม เปลี่ยนแปลงเป็นระบบประสาท (จากนิวรัลทิวบ์และนิวรัลเครสต์) ผิวหนัง ตลอดจนส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปจากชั้นผิวหนัง (ขน ต่อมเหงื่อ ต่อมมัน ต่อมไขมัน) เล็บ เยื่อช่องปากและจมูก เยื่อช่องทวารหนัก เลนส์ลูกตา หูส่วนใน ต่อมใต้สมองส่วนหน้า และเคลือบฟัน (enamel)

ข. เมโซเดิร์ม เปลี่ยนแปลงเป็นชั้นหนัง กล้ามเนื้อ ระบบโครงกระดูก ระบบหมุนเวียนโลหิต ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ ผนังชั้นนอกของระบบหายใจ และระบบทางเดินอาหาร และฟันส่วนที่เรียกว่าเนื้อฟัน (dentine)

ค. เอนโดเดิร์มเปลี่ยนแปลงเป็น เยื่อผนังภายในของระบบหายใจและระบบทางเดินอาหาร ตับและตับอ่อน

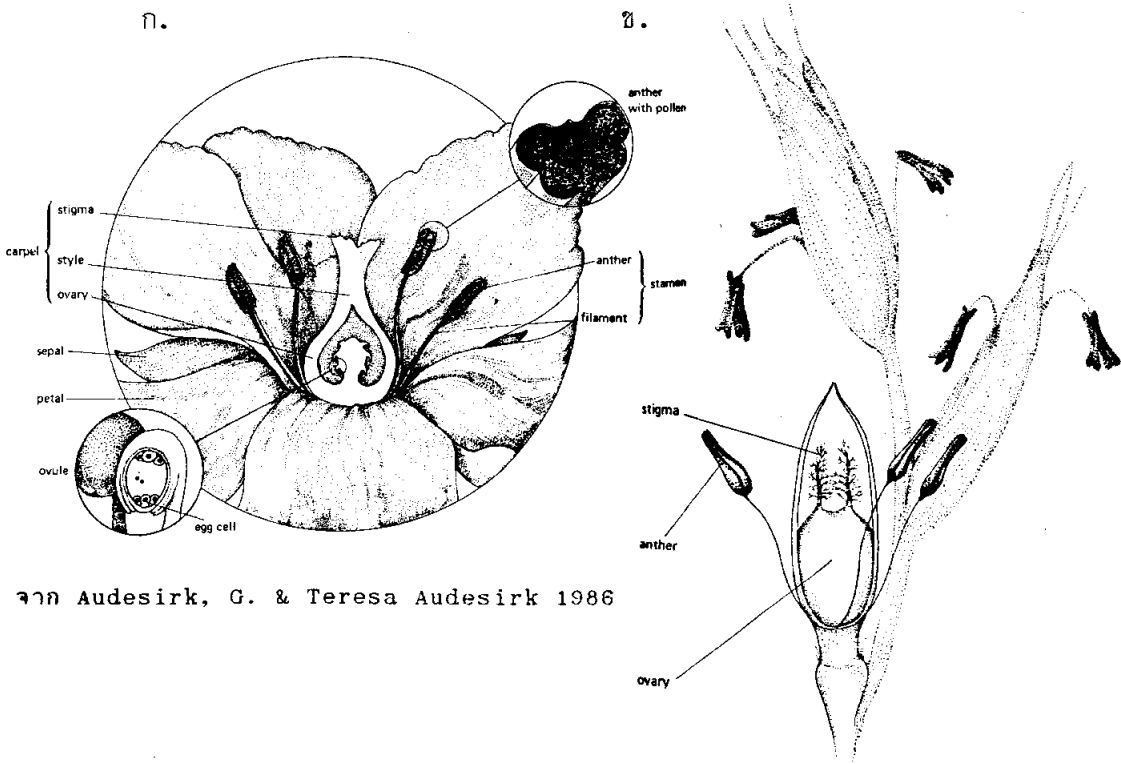
(2) การควบคุมการเจริญ กลไกที่ควบคุมการเจริญเป็นเนื้อเยื่อและอวัยวะต่าง ๆ เป็นเรื่องซับซ้อนมาก ข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่มาจากการทดลองทางด้านชีวเคมี ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญให้มีลักษณะปกติเหมือนพ่อแม่ โดยทั่วไปมีประมาณ 5 ปัจจัย ทำงานเกี่ยวข้องผสมกัน คือ ก. ปัจจัยที่มีอยู่ภายในไซโทพลาซึม ซึ่งเป็นสารเคมีทำหน้าที่ควบคุมการแบ่งเซลล์ เช่น actinomycin D ทำให้ไซโทเด็งตามปกติ ข. การควบคุมโดยยีน ค. อิทธิพลของเซลล์อื่นที่อยู่ข้างเคียง โดยที่เซลล์เหล่านั้นผลิตสารเคมีที่เรียกว่า inducer มาทำให้เกิดการเจริญเป็นเนื้อชั้นต่าง ๆ ง. อิทธิพลจากสภาพแวดล้อมซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อการเจริญของตัวอ่อนระยะแรก ทดลองได้จากการศึกษาการเจริญในสภาพปกติ เปรียบเทียบกับการเจริญเมื่ออยู่ในสภาพเพาะเลี้ยง (in vitro) และ จ. ปัจจัยที่เกิดจากอันตรกิริยาระหว่างยีนและสิ่งที่ไม่ใช่ยีน ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้เป็นเรื่องยากที่จะศึกษาให้เข้าใจในระดับนี้

14.2 การสืบพันธุ์ของพืชดอก

พืชดอกถือเป็นกลุ่มของพืชที่มีวิวัฒนาการสูงสุด โดยเฉพาะพืชใบเลี้ยงเดี่ยว โครงสร้างที่ใช้เพื่อการสืบพันธุ์คือ เกสรตัวผู้ (stamen) และ เกสรตัวเมีย (pistil หรือ carpel) อยู่ในส่วนของดอก ซึ่งถือว่าเป็นตาที่เปลี่ยนแปลงเพื่อการสืบพันธุ์โดยเฉพาะ

14.2.1 โครงสร้างของดอก เกสรตัวเมียอยู่ส่วนในสุด (กลาง) ของดอก วงถัดออกมาคือเกสรตัวผู้ล้อมรอบด้วย กลีบดอก (petal) กลีบเลี้ยง (sepal) ทั้งหมดตั้งอยู่บนฐานรองดอก (receptacle) (รูป 14-9) ดอกสมบูรณ์เพศ (perfect หรือ complete flower) คือดอกที่มีทั้งเกสรตัวเมียและเกสรตัวผู้ ดอกไม่สมบูรณ์เพศ (imperfect หรือ incomplete flower) คือดอกที่มีเกสรตัวผู้หรือเกสรตัวเมียเพียงอย่างเดียว ต้นพืชที่มีทั้ง

รูป 14-9 แผนภาพเปรียบเทียบลักษณะดอกของพืชใบเลี้ยงคู่ (ก) และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (ข) ให้สังเกตการจัดเรียงส่วนของเกสรตัวเมียที่อยู่ในส่วน ล้อมรอบด้วยเกสรตัวผู้ ให้สังเกตละอองเรณู (pollen grain) ภายในแอนเทอรั (anther) และอวุล (ovule) ภายในรังไข่



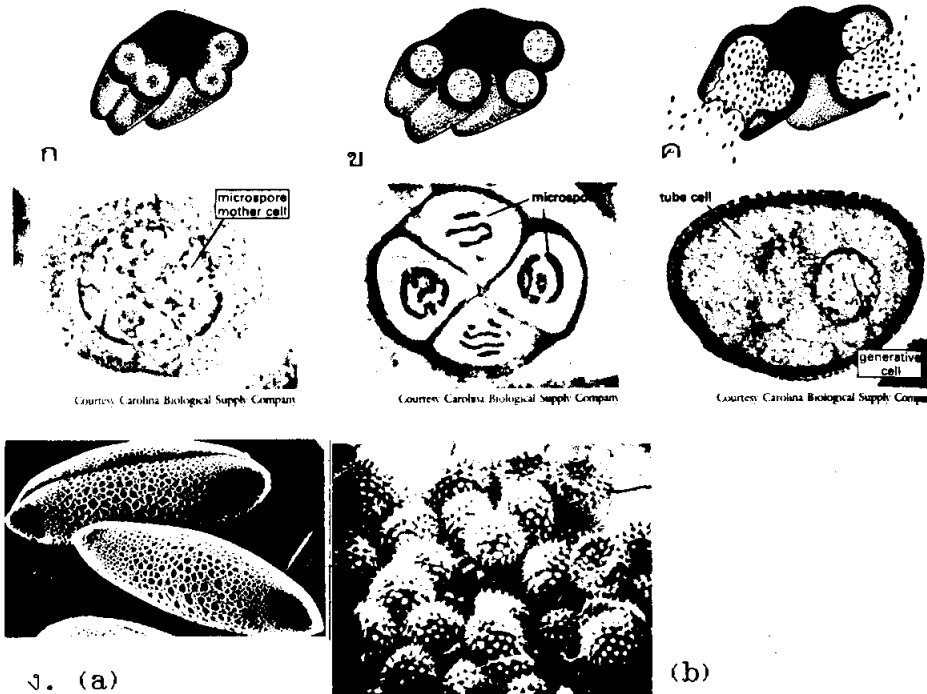
จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986

ดอกเกสรตัวผู้และดอกเกสรตัวเมีย หรือมีดอกสมบูรณ์เพศเรียกว่า **monoecious** ส่วนต้นพืชที่มีดอกเกสรตัวผู้หรือดอกเกสรตัวเมียเพียงอย่างเดียวเรียกว่า **dioecious** มะละกอเป็นพืชที่มีความหลากหลายของลักษณะการมีดอก กล่าวคือ อาจมีต้นตัวผู้ที่มีเฉพาะดอกเกสรตัวผู้ และต้นตัวเมียที่มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย หรือเป็นดอกสมบูรณ์เพศ

14.2.2 การเจริญของละอองเรณู ต้นที่ทำหน้าที่สร้างดอกและเซลล์สืบพันธุ์ เรียก **ต้นแกมีโทไฟท์ (gametophyte)** ภายในแอนเทอรั ของเกสรตัวผู้มีเซลล์ที่เรียกว่า **microsporocyte** ($2n$) แบ่งตัวแบบไมโอซิสได้ **microspore** (n) 4 เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์จะแบ่งแบบไมโอซิสอีกครั้งหนึ่งก่อนการปฏิสนธิ โดยแบ่งเป็น **generative nucleus** และ **tube nucleus** ผนังหุ้มไมโครสปอร์จะหนาขึ้นและมีลวดลายต่าง ๆ กันตามลักษณะเฉพาะของชนิดพืชเรียกไมโครสปอร์นี้ว่า **ละอองเรณู** เมื่อละอองเรณูหล่นหรือถูกพาไปติดอยู่บน

รูป 14-10 การเจริญของละอองเรณู ก. ภายในแอนเทอรั มีเซลล์แม่ที่จะทำหน้าที่สร้างไมโครสปอร์ ข. เซลล์แม่แบ่งแบบไมโอซิสได้ 4 ไมโครสปอร์ (n) ค. ไมโครสปอร์เจริญเป็นละอองเรณูแตกออกจากแอนเทอรั ง. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด แสดงให้เห็นลวดลายละอองเรณูของ (a) amaryllis และ (b) ฝ้าย

จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986



สติกมา (stigma) ของเกสรตัวเมีย เจเนเรทีฟนิวเคลียสจะแบ่งอีกครั้งหนึ่งได้ 2 sperm nuclei ทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (รูป 14-10)

14.2.3 การเจริญของอวุล ภายในรังไข่ของเกสรตัวเมียมีกลุ่มเซลล์รูปโดมเจริญเป็นอวุล ภายในมีเซลล์ megasporocyte ($2n$) แบ่งแบบไมโอซิสได้ 4 megaspore (n) เพียงหนึ่งเมกะสปอร์เท่านั้นที่จะเจริญต่อไป โดยแบ่งแบบไมโทซิส 3 ครั้ง ได้เซลล์ขนาดใหญ่ที่มี 8 นิวเคลียส โดยมีเยื่อบางหุ้มเรียกว่า ถุงเอ็มบริโอ (embryo sac) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย นิวคลีโอไทต์ทั้ง 8 มีอันหนึ่งขนาดใหญ่ทำหน้าที่เป็นไข่ ขนาดข้างด้วย นิวคลีโอไทต์ขนาดเล็ก 2 อัน เรียก synergids ด้านตรงข้ามกับไข่มี 3 นิวคลีโอไทต์เรียก antipodal nuclei ระหว่างไข่และแอนติพอดัลมี 2 นิวคลีโอไทต์ เรียก polar nuclei (รูป 14-11 ค และ ง)

14.2.4 การผสมเกสรและการปฏิสนธิ การผสมเกสรหมายถึงการที่ละอองเรณูไปตกบนสติกมาของเกสรตัวเมีย (รูป 14-11 ก) อาจโดยวิธีปลิวไปกับลม ปนไปกับน้ำ หรือสัตว์พาไป (เช่นตามขาของแมลงหรือติดไปกับขนสัตว์ชนิดอื่น) ละอองเรณูจะงอกเป็น pollen tube โดยมีทิว์นิวเคลียสนำ ตามด้วยสเปิร์มนิวเคลียส 2 อัน (รูป 14-11 ข.) พอลเลนทิว์ไซผ่านถุงเอ็มบริโอ นำสเปิร์มนิวเคลียสอันหนึ่งไปปฏิสนธิกับเซลล์ไข่ ได้ไซโกต ($2n$) และสเปิร์มนิวเคลียสอีกอันหนึ่งไปปฏิสนธิกับโพลาร์นิวคลีโอไทต์ได้เซลล์เริ่มต้นของ เอ็นโดสเปิร์ม ($3n$) (รูป 14-11 ค. และ ง.) การปฏิสนธิแบบนี้เรียกว่า ปฏิสนธิซ้อน (double fertilization)

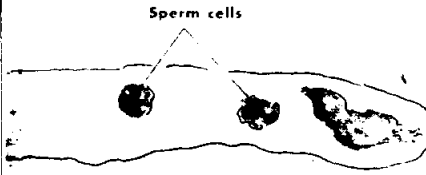
14.2.5 การเจริญของเมล็ดและผล ภายหลังจากการปฏิสนธิ ส่วน integument ที่หุ้มอวุล จะเจริญเป็นสารเหนียวแข็งน้ำซึมผ่านไม่ได้เรียกว่า เปลือกหุ้มเมล็ด (seed coat) ไซโกตเจริญเป็นเอ็มบริโอ โดยได้รับอาหารจากเอ็นโดสเปิร์ม เซลล์ของรังไข่เจริญเป็นเนื้อผลไม้ (รูป 14-12)

รูป 14-11 การผสมเกสรและการปฏิสนธิ ก. ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดแสดงให้เห็นละอองเรณูจำนวนมากติดอยู่บนสติกมาของเกสรตัวเมีย ข. สเปิร์มนิวเคลียส 2 อันภายในพอลเลนทิว์ ค. และ ง. แผนภาพแสดงการเดินทางของสเปิร์มนิวเคลียสไปตามพอลเลนทิว์ เข้าสู่อวุลจนเข้าไปปฏิสนธิกับไข่และโพลาร์นิวคลีโอไทต์

ก.



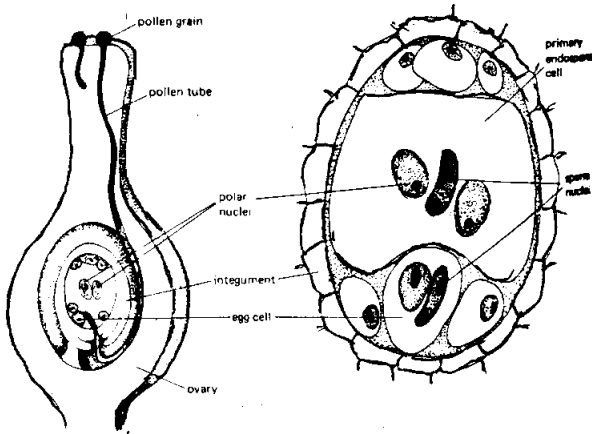
ข.



Courtesy Carolina Biological Supply Company

ค.

ง.

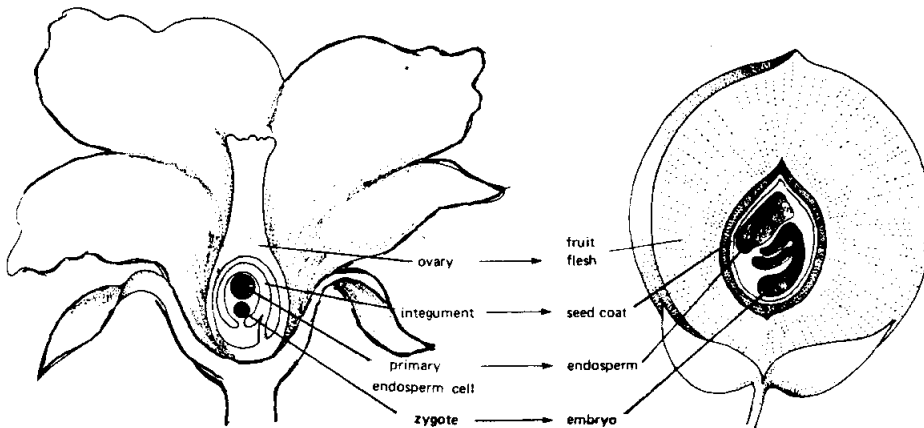


จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986

รูป 14-12 แผนภาพการเจริญจากดอกเป็นผลภายหลังการปฏิสนธิ

ก. ดอก

ข. ผล



จาก Audesirk, G. & Teresa Audesirk 1986

เมื่อผลสุกหล่นลงดินหรือถูกกินโดยสัตว์ แล้วถ่ายอุจจาระลงดิน เมล็ดเป็นส่วนที่ไม่ถูกย่อยเมื่อได้รับความชื้นพอเหมาะจะคุดน้ำเข้าสู่ภายในอกเป็นต้นอ่อน โดยใช้อาหารจากเอ็นโดสเปิร์มด้วยการทำงานของเอ็นไซม์ ต้นอ่อนได้รับอาหารระยะแรกจากใบเลี้ยงจนรากสามารถหาอาหารจากดินและน้ำได้ เจริญเป็นต้นพืช (ต้นสไปโรไฟท์) เมื่อโตเต็มที่จะออกดอก เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียในดอกทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์จึงถือเป็นส่วนของแกมีโทไฟท์ พืชดอกจึงมีวัฏจักรการสืบพันธุ์แบบสลับระหว่างแกมีโทไฟท์และสไปโรไฟท์เช่นเดียวกับพืชชั้นต่ำซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 22