

การสืบพันธุ์ของ สิ่งมีชีวิต

การสืบพันธุ์ หมายถึง การกำเนิดสมาชิกใหม่แก่ประชากรพร้อมกับการถ่ายทอด gene หรือ ลักษณะทางพันธุกรรมไปด้วย เพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ไม่ให้สูญหายไปจากโลก ซึ่งในบทเรียนนี้จะกล่าวถึงการสืบพันธุ์ของสัตว์

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ



การสืบพันธุ์แบบนี้จะได้รูปแบบจากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) ลักษณะทางพันธุกรรมของลูกเหมือนพ่อแม่ทุกประการมักพบในสัตว์จำพวกไม่มีกระดูกสันหลัง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

การแตกหน่อ (budding)

- การแตกหน่อภายนอก (external budding)
- การแตกหน่อภายใน (internal budding)

ไบนารีฟิสชัน (Binary fission)

แฟรกเมนเทชัน(fragmentation)

การเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย (somatic embryogenesis)

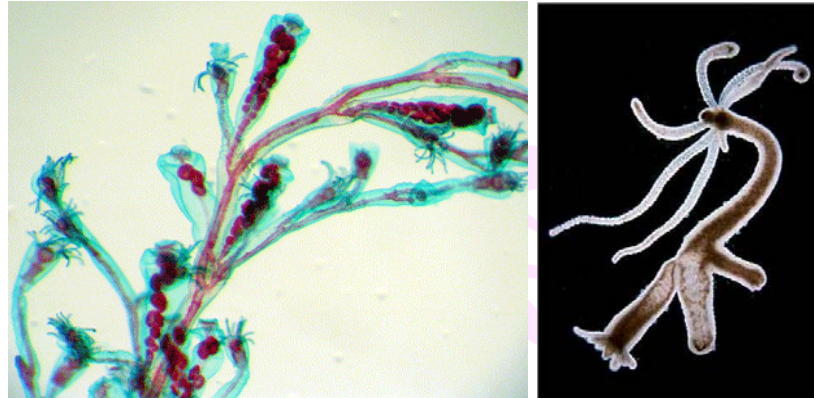
การสร้างสปอร์ (sporulation or spore formation)

พาร์ทิโนจีเนซิส (parthenogenesis)

1. การแตกหน่อ (budding)

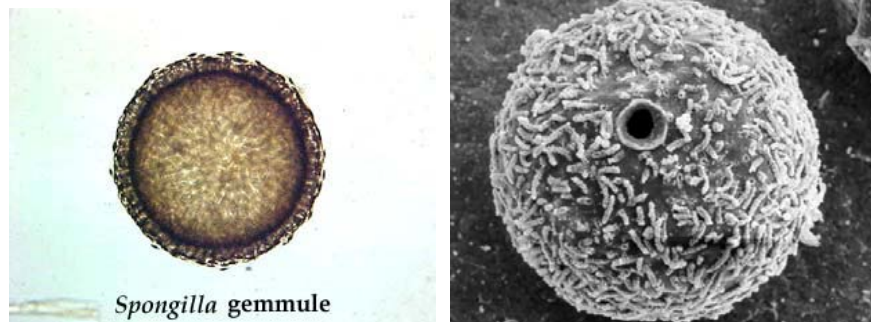
การสืบพันธุ์แบบนี้สิ่งมีชีวิตตัวใหม่เจริญจากกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า หน่อ ซึ่งงอกออกมาจากตัวพ่อแม่ แล้วหลุดออกเจริญกลายเป็นตัวเต็มวัยต่อไป ซึ่งแบ่งออกเป็น

- 1) การแตกหน่อภายนอก (external budding) พบในพวกฟองน้ำ พวกไนดาเรีย ไคแทไธดรา โอบิเลีย เป็นต้น



ภาพ : การแตกหน่อของโอบิเลีย ไฮดรา

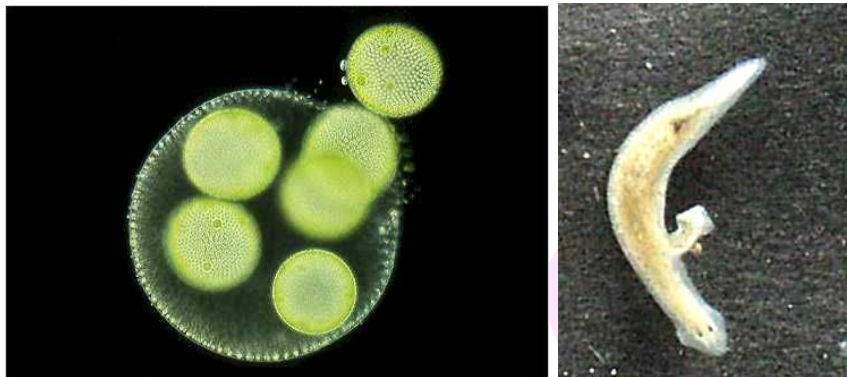
- 2) การแตกหน่อภายใน (internal budding) หรือ การสร้างเจมมูล (gemmule formation) เป็นการสืบพันธุ์ที่สร้างหน่ออีกแบบหนึ่งอยู่ในร่างกายของพ่อแม่ จะเจริญเป็นสิ่งมีชีวิตตัวใหม่ได้เมื่อถูกปล่อยออกมานอกร่างกายพ่อแม่ พบในสิ่งมีชีวิตจำพวกฟองน้ำ ซึ่งจะพบมากในฟองน้ำจืดแต่จะพบในฟองน้ำทะเลบางชนิดเท่านั้น โดยการสร้างเจมมูลมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือแสงและอุณหภูมิ เจมมูลของฟองน้ำเกิดจาก อาร์คีโอไซต์มารวมตัวกันอยู่ในมีโซฮิลแล้วมีเปลือกไคตินหุ้ม เมื่อตัวแม่ตายไป เจมมูลยังคงอยู่รอดได้ ซึ่งจัดเป็นลักษณะการดำรงพันธุ์แบบหนึ่ง การฟักตัวของเจมมูลไม่เกี่ยวข้องกับฤดูกาล แต่เชื่อว่าเกิดจากความตึงเครียดภายในและความต้องการอาหาร



ภาพ : ลักษณะของเจมมูล

2. ไบนารีฟิสชัน (Binary fission)

การสืบพันธุ์แบบนี้เซลล์พ่อแม่จะแบ่งออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน การแบ่งอาจแบ่งได้ตามขวาง (transverse) หรือตามยาว (longitudinal) ได้สิ่งมีชีวิตใหม่ 2 ตัวตัวอย่างที่พบเช่น พารามีเซียม (paramecium) พลาเนเรีย (planaria)



ภาพ : การฟิสชันของวอลวอกและพลาเนเรีย

3. แฟรกเมนเทชัน (fragmentation)

การสืบพันธุ์แบบนี้สิ่งมีชีวิตตัวใหม่เจริญจากส่วนร่างกายของพ่อแม่ที่หลุดออกเป็นท่อนๆ หรือเป็นส่วนๆ พบในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์เช่น หนอนตัวแบน และพวกสาหร่ายหลายชนิด เป็นต้น

4. การเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย (somatic embryogenesis)

บางครั้งอาจเรียกว่า การงอกใหม่ (regeneration) ซึ่งจริงๆ แล้วนั้นการงอกใหม่หมายถึงความสามารถในการงอกใหม่เพื่อเสริมสร้างส่วนที่ได้รับบาดเจ็บหรือขาดหายไป เช่นการงอกใหม่ของหางจิ้งจก หรือการงอกใหม่ของฟองน้ำเมื่อได้รับบาดเจ็บ เป็นต้น แต่ในกรณีที่ร่างกายถูกตัดขาด หรือกลุ่มเซลล์มารวมตัวกันแล้วเจริญเติบโตเป็นตัวใหม่จะเรียกว่า การเกิดเอ็มบริโอจากเซลล์ร่างกาย (somatic embryogenesis) เช่น ถ้าแยกเซลล์ในฟองน้ำออกจากกันหมดแล้วปล่อยให้ลอยทิ้งไว้จะเกิดการรวมตัวเป็นเซลล์กลุ่มเล็กๆ ซึ่งชั้นของฟองน้ำแต่ละชั้น และกลุ่มเซลล์ของฟองน้ำแต่ละกลุ่มสามารถเติบโตขึ้นมาเป็นฟองน้ำใหม่ได้ หรือการเจริญเป็นตัวใหม่ของพลาเนเรียเมื่อถูกตัดขาดเป็นชิ้นทั้งตามยาวและตามขวาง เป็นต้น

5. การสร้างสปอร์ (sporulation or spore formation)

เป็นการฟิชชันชนิดหนึ่ง กล่าวคือเซลล์จะแบ่งออกได้เป็นหลายๆเซลล์ โดยหลังจากนั้นแต่ละเซลล์จะสร้างผนังหนามาห่อหุ้ม เพื่อป้องกันเซลล์จากสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ และเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญสปอร์เหล่านี้ก็จะเจริญเติบโต พบมากในจุลินทรีย์ พืช และสัตว์ชั้นต่ำ เช่น เฟิร์น รา เป็นต้น

6. พาร์ทิโนจีเนซิส (parthenogenesis)

เซลล์สืบพันธุ์เพศเมียเจริญเติบโตไปเป็นสิ่งมีชีวิตตัวใหม่อย่างสมบูรณ์ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการปฏิสนธิ สิ่งมีชีวิตที่มีการสืบพันธุ์แบบนี้ตามปกติมักจะมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศด้วย แต่มีระยะหนึ่งของชีวิตที่ไข่ซึ่งไม่ถูกผสมเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนได้เลยสิ่งมีชีวิตที่มีการสืบพันธุ์แบบนี้ได้แก่ พวกโรติเฟอร์ ผีเสื้อ มด ต่อ แตน ไรแดง (water flea: *Moina macrocopa*) หรือตัวหนอนของแมลงบางชนิด เช่น *Miaser* (Diptera) สามารถสืบพันธุ์แบบพาร์ทิโนจีเนซิสได้ทั้งที่ยังเป็นตัวอ่อน เรียกว่าวิธินี้ว่า พีโอเจเนซิส (paedogenesis)

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ



เป็นการสืบพันธุ์ที่มีการรวมตัวระหว่างนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (male gamete) หรืออสุจิ (sperm) กับนิวเคลียสของเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (female gamete) หรือไข่ (egg) ซึ่งได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การรวมตัวของนิวเคลียสดังกล่าวเรียกว่า การปฏิสนธิ (fertilization)

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์จะมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียจะสร้างในรังไข่ เพศผู้สร้างอสุจิในอัณฑะ เมื่อนิวเคลียสของไข่และอสุจิผสมกันจะเกิดการปฏิสนธิ ซึ่งการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของสัตว์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ

1. กลุ่มที่มีอวัยวะสืบพันธุ์ทั้งสองเพศอยู่ในตัวเดียวกันหรือสัตว์ที่เป็นกะเทย (hermaphrodite) มีการปฏิสนธิ 2 แบบ คือ

- 1) การปฏิสนธิในตัวเอง (self fertilization) การเจริญของเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 ชนิดของสัตว์พวกนี้จะพร้อมกัน จึงสามารถปฏิสนธิในตัวเองได้ เช่น พยาธิตัวตืด
- 2) การปฏิสนธิข้ามตัว (cross fertilization) การเจริญของเซลล์สืบพันธุ์ทั้ง 2 ชนิดของสัตว์พวกนี้จะไม่พร้อมกัน จึงมีการปฏิสนธิข้ามตัว เช่น พลานาเรีย ไส้เดือน

2. กลุ่มที่มีอวัยวะสืบพันธุ์อยู่แยกเพศผู้เพศเมียกัน

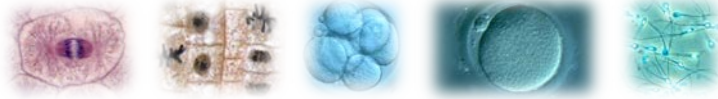
มักพบในสัตว์ชั้นสูง มีการแยกเพศให้เห็นกันอย่างชัดเจนต่างจากไฮดราหรือไส้เดือนดินที่มีสองเพศอยู่ในตัวเดียวกัน สำหรับตัวผู้มักจะมีสีฉูดฉาดหรือสีเข้มกว่าตัวเมีย หรือมีเสียงร้องไพเราะกว่า เพราะจะเป็นฝ่ายดึงดูดให้ตัวเมียเข้ามา ซึ่งมักเป็นไปในทางตรงข้ามกับมนุษย์ การปฏิสนธิแบ่งเป็น 2 ประเภท

- 1) การปฏิสนธิภายนอก (**external fertilization**) ในการผสมพันธุ์ของสัตว์ที่แยกเพศกันอยู่คนละตัว การปฏิสนธิอาจมีทั้งภายนอกและภายใน สำหรับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังส่วนใหญ่ การปฏิสนธิมักเกิดภายนอกตัว เช่น หอยบางกลุ่ม กุ้งหรือปู การปฏิสนธิภายนอกนั้นมักเกิดกับสัตว์น้ำ โดยสัตว์ที่ผสมพันธุ์กันจะปล่อยอสุจิและไข่ออกมาโดยไม่ต้องจับคู่ ซึ่งแต่ละตัวต่างก็ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาเป็นจำนวนมาก เซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรืออสุจิจะว่ายน้ำและมุ่งตรงไปยังไข่อย่างถูกต้อง เพราะไข่มีสารเคมีเป็นตัวกระตุ้นอสุจิให้เข้ามา ทำให้เซลล์สืบพันธุ์ทั้งสองมีโอกาสได้พบกันมากขึ้น แต่ถ้าไม่พบกันเซลล์สืบพันธุ์ก็จะตายและสลายไป

สำหรับสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังที่มีการปฏิสนธิภายนอกตัวจะมีการจับคู่กันผสมพันธุ์ในน้ำได้แก่ ปลาหลายชนิดและสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเช่น กบ คางคก อึ่งอ่าง เป็นต้น หลังจากปฏิสนธิแล้วไข่จะกลายเป็นไซโกต ไซโกตจะแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนต่อไป

- 2) การปฏิสนธิภายใน (**internal fertilization**) สัตว์บางชนิดมีการปฏิสนธิภายในตัวแม่โดยตัวผู้และตัวเมียจะจับคู่กัน แล้วตัวผู้ปล่อยอสุจิเข้าไปในร่างกายของตัวเมียเกิดการปฏิสนธิได้ ไซโกต (ยกเว้นสัตว์บางชนิดเพศเมียจะปล่อยไข่เข้าสู่ร่างกายของเพศผู้ เช่น ม้าน้ำ) จากนั้นไซโกตเจริญไปเป็นเอ็มบริโอ ซึ่งเอ็มบริโออาจเจริญภายนอกตัวแม่ เช่น สัตว์ปีก พวกกบ ไก่ เป็ด หรือสัตว์เลี้ยงลูกน้ำนมเช่น ชุน ปากเปิด

การแบ่งเซลล์



การแบ่งเซลล์มี 2 ขั้นตอน คือ

1. การแบ่งนิวเคลียส (Karyokinesis) จะมี 2 แบบ คือ

- 1) การแบ่งแบบ ไมโทซิส (mitosis)
- 2) การแบ่งแบบ ไมโอซิส (meiosis)

2. การแบ่งไซโทพลาสซึม (Cytokinesis) มี 2 แบบ คือ

- 1) แบบที่เยื่อหุ้มเซลล์คอดกึ่งจาก 2 ข้าง เข้าใจกลางเซลล์ เรียกว่า Furrow type ซึ่งพบในเซลล์สัตว์
- 2) แบบที่มีการสร้างเซลล์เพลท (Cell plate) มาก่อตัว บริเวณกึ่งกลางเซลล์ขยายไป 2 ข้างของเซลล์ เรียกว่า Cell plate type ซึ่งพบในเซลล์พืช

I. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (Mitosis)

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ของร่างกายในการเจริญเติบโต ในสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ หรือในการแบ่งเซลล์ เพื่อการสืบพันธุ์ ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และหลายเซลล์บางชนิด เช่น พืช

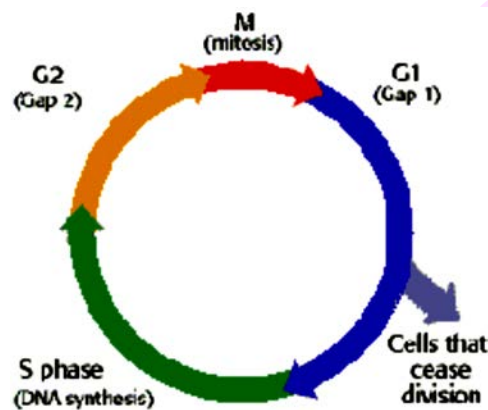
- ▶ ไม่มีการลดจำนวนชุดโครโมโซม ($2n$ ไป $2n$ หรือ n ไป n)
- ▶ เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์จะได้ 2 เซลล์ใหม่ที่มีโครโมโซมเท่าๆกันและเท่ากับเซลล์ตั้งต้น
- ▶ พบที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด ปลายราก แคมเบียม ของพืชหรือเนื้อเยื่อบุผิว ไชกระดูก ในสัตว์ การสร้างสเปิร์ม และไข่ของพืช
- ▶ มี 5 ระยะ คือ อินเตอร์เฟส (interphase) โพรเฟส (prophase) เมทาเฟส (metaphase) แอนาเฟส (anaphase) และเทโลเฟส (telophase)

➤ วัฏจักรของเซลล์ (cell cycle)

วัฏจักรของเซลล์ หมายถึง ช่วงระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ ในขณะที่เซลล์มีการแบ่งตัว ซึ่งประกอบด้วย 2 ระยะได้แก่ การเตรียมตัวให้พร้อม ที่จะแบ่งตัว และกระบวนการแบ่งเซลล์

I. ระยะอินเตอร์เฟส (Interphase)

ระยะนี้เป็นระยะเตรียมตัว ที่จะแบ่งเซลล์ในวัฏจักรของเซลล์ แบ่งออกเป็น 3 ระยะย่อย คือ



- ระยะ G1 เป็นระยะก่อนการสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโตเต็มที่ ระยะนี้ จะมีการสร้างสารบางอย่าง เพื่อใช้สร้าง DNA ในระยะต่อไป
- ระยะ S เป็นระยะสร้าง DNA (DNA replication) โดยเซลล์มีการเจริญเติบโตและมีการสังเคราะห์ DNA อีก 1 ตัว หรือมีการจำลองโครโมโซม อีก 1 เท่าตัว แต่โครโมโซมที่จำลองขึ้น ยังติดกับท่อนเก่าที่ปมเซนโทรเมียร์ (Centromere) หรือไคเนโตคอร์ (Kinetochore) ระยะนี้ใช้เวลานานที่สุด
- ระยะ G2 เป็นระยะหลังสร้าง DNA ซึ่งเซลล์มีการเจริญเติบโต และเตรียมพร้อม ที่จะแบ่งโครโมโซม และไซโทพลาสซึมต่อไป

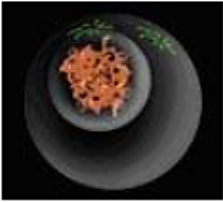
II. ระยะ M (M-phase)

ระยะ M (M-phase) เป็นระยะที่มีการแบ่งนิวเคลียส และแบ่งไซโทพลาสซึม ซึ่งโครโมโซม จะมีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอน ก่อนที่จะถูกแบ่งแยกออกจากกัน ประกอบด้วย 4 ระยะย่อย คือ โพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟส และเทโลเฟส

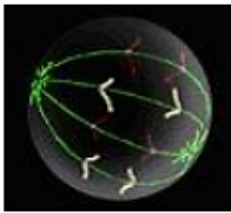
ในเซลล์บางชนิด เช่น เซลล์เนื้อเยื่อเจริญของพืช เซลล์ไขกระดูก เพื่อสร้างเม็ดเลือดแดง เซลล์บุผิว พบว่า เซลล์จะมีการแบ่งตัว อยู่เกือบตลอดเวลา จึงกล่าวได้ว่า เซลล์เหล่านี้ อยู่ในวัฏจักรของเซลล์ตลอด แต่เซลล์บางชนิด เมื่อแบ่งเซลล์แล้ว จะไม่แบ่งตัวอีกต่อไป นั่นคือ เซลล์จะไม่เข้าสู่วัฏจักรของเซลล์อีก จนกระทั่งเซลล์ชราภาพ (Cell aging) และตายไป (Cell death) ในที่สุด แต่เซลล์บางชนิด จะพักตัวชั่วคราวระยะเวลาหนึ่ง ถ้าจะกลับมาแบ่งตัวอีก ก็จะเข้าสู่วัฏจักรของเซลล์ต่อไป

ซึ่งขั้นตอนต่างๆในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังตาราง

ตารางแสดง ลักษณะขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงในระยะการแบ่งเซลล์แบบ Mitosis

ระยะการแบ่ง	การเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ
อินเตอร์เฟส (Interphase) 	- เพิ่มจำนวนโครโมโซม (Duplication) ขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง และติดกันอยู่ที่เซนโทรเมียร์ (1 โครโมโซม มี 2 โครมาทิด) - มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมากที่สุด (metabolic stage) - เซนทริโอล แบ่งเป็น 2 อัน - ใช้เวลานานที่สุด , โครโมโซมมีความยาวมากที่สุด
โพรเฟส (Prophase) 	- โครมาทิดหดสั้น ทำให้มองเห็นเป็นแท่งชัดเจน - เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสหายไป - เซนทริโอลเคลื่อนไป 2 ข้างของเซลล์ และสร้างไมโทติก - สปินเดิลไฟเบอร์ที่เซนโทรเมียร์ ระยะนี้จึงมีเซนทริโอล 2 อัน
เมทาเฟส (Metaphase) 	- โครโมโซมเรียงตัวตามแนวกึ่งกลางของเซลล์ - เหมาะต่อการนับโครโมโซม และศึกษารูปร่างโครงสร้างของโครโมโซม - เซนโทรเมียร์จะแบ่งครึ่ง ทำให้โครมาทิดเริ่มแยกจากกัน - โครโมโซมหดสั้นมากที่สุด สะดวกต่อการเคลื่อนที่

แอนาเฟส (Anaphase)



- โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกัน กลายเป็นโครโมโซมอิสระ
- โครโมโซมภายในเซลล์เพิ่มเป็น 2 เท่าตัว หรือจาก $2n$ เป็น $4n$ (tetraploid)
- มองเห็นโครโมโซม มีรูปร่างคล้ายอักษรรูปตัว V, J, I
- ใช้เวลาสั้นที่สุด

เทโลเฟส (Telophase)



- โครโมโซมลูก (daughter chromosome) จะไปรวมอยู่ชั่วคราวข้างของเซลล์
- เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ
- มีการแบ่งไซโทพลาสซึม เซลล์สัตว์ เยื่อหุ้มเซลล์คอดเข้าไป บริเวณกลางเซลล์ เซลล์พืช เกิดเซลล์เพลท (Cell plate) กั้นแนวกลางเซลล์ ขยายออกไปติดกับผนังเซลล์เดิม
- ได้ 2 เซลล์ใหม่ เซลล์ละ $2n$ เหมือนเดิมทุกประการ

II. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis)

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์ ซึ่งเกิดในวัยเจริญพันธุ์ ของสิ่งมีชีวิต โดยพบในอัณฑะ (Testes) รังไข่ (Ovary) และเป็นการแบ่ง เพื่อสร้างสปอร์ (Spore) ในพืช ซึ่งพบในอับละอองเรณู (Pollen sac) และอับสปอร์ (Sporangium) หรือโคน (Cone) หรือในออวูล (Ovule) มีการลดจำนวนชุดโครโมโซมจาก $2n$ เป็น n ซึ่งเป็นกลไกหนึ่ง ที่ช่วยให้ จำนวนชุดโครโมโซมคงที่ ในแต่ละสปีชีส์ ไม่ว่าจะเป็นโครโมโซม ในรุ่นพ่อ - แม่ หรือรุ่นลูก - หลานก็ตาม

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มี 2 ขั้นตอน คือ

1. ไมโอซิส I (Meiosis - I)

ไมโอซิส I (Meiosis - I) หรือ Reductional division ขั้นตอนนี้จะมีการแยก homologous chromosome ออกจากกันมี 5 ระยะย่อย คือ

- 1) Interphase- I
- 2) Prophase - I
- 3) Metaphase - I
- 4) Anaphase - I
- 5) Telophase - I

2. ไมโอซิส II (Meiosis - II)

ไมโอซิส II (Meiosis - II) หรือ Equational division ขั้นตอนนี้จะมีการแยกโครมาทิด ออกจากกันมี 5 ระยะย่อย คือ

- 1) Interphase - II
- 2) Prophase - II
- 3) Metaphase - II
- 4) Anaphase - II
- 5) Telophase - II

เมื่อสิ้นสุดการแบ่งจะได้ 4 เซลล์ที่มีโครโมโซมเซลล์ละ n (Haploid) ซึ่งเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ตั้งต้น และเซลล์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ ไม่จำเป็นต้องมีขนาดเท่ากัน

➤ ขั้นตอนในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

1. Meiosis - I มีขั้นตอน ดังนี้

▶ Interphase - I

- มีการสังเคราะห์ DNA อีก 1 เท่าตัว หรือมีการจำลองโครโมโซม อีก 1 ชุด และยั้งติดกันอยู่ที่ปมเซนโทรเมียร์ ดังนั้น โครโมโซม 1 ท่อน จึงมี 2 โครมาทิด

▶ Prophase - I

- เป็นระยะที่ใช้เวลานานที่สุด
- มีความสำคัญต่อการเกิดวิวัฒนาการ ของสิ่งมีชีวิตมากที่สุด เนื่องจากมีการแปรผันของยีนเกิดขึ้น
- โครโมโซมที่เป็นคู่กัน (Homologous Chromosome) จะมาเข้าคู่ และแนบชิดติดกัน เรียกว่าเกิดไซแนปซิส (Synapsis) ซึ่งคู่ของโฮโมโลกัสโครโมโซม ที่เกิดไซแนปซิสกันอยู่นั้น เรียกว่า ไบแวลেন্ট (Bivalent) ซึ่งแต่ละไบแวลেন্টมี 4 โครมาทิดเรียกว่า เทแทรด (Tetrad) ในคน มีโครโมโซม 23 คู่ จึงมี 23 ไบแวลেন্ট
- โฮโมโลกัส โครโมโซม ที่ไซแนปซิสกัน จะผละออกจากกัน บริเวณกลางๆ แต่ตอนปลาย ยังไขว้กันอยู่ เรียกว่า เกิดไคแอสมา (Chiasma)
- มีการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนโครมาทิด ระหว่างโครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสกัน กับบริเวณที่เกิดไคแอสมา เรียกว่า ครอสซิงโอเวอร์ (Crossing over) หรืออาจมีการเปลี่ยนแปลง ชิ้นส่วนของโครมาทิด

ระหว่างโครโมโซม ที่ไม่เป็นโฮโมโลกัสกัน (Nonhomologous chromosome) เรียกว่าทรานส-โลเคชัน(Translocation) กรณีทั้งสองทำให้เกิดการผันแปรของยีน (Gene variation) ซึ่งทำให้เกิดการแปรผัน ของลักษณะสิ่งมีชีวิต (Variation)

► **Metaphase - I**

- โบนวเลนท์จะมารีงตัวกัน อยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์ (โฮโมโลกัสโครโมโซม ยังอยู่กันเป็นคู่ๆ)

► **Anaphase - I**

- ไมโทติก สปินเดิล จะหดตัวดึงให้ โฮโมโลกัส โครโมโซม ผละแยกออกจากกัน
- จำนวนชุดโครโมโซมในเซลล์ ระยะนี้ยังคงเป็น $2n$ เหมือนเดิม ($2n$ เป็น $2n$)

► **Telophase - I**

- โครโมโซมจะไปรวมอยู่ แต่ละขั้วของเซลล์ และในเซลล์บางชนิด ในระยะนี้ จะมีการสร้าง เยื่อหุ้มนิวเคลียส มาล้อมรอบโครโมโซม และแบ่งไซโทพลาสซึม ออกเป็น 2 เซลล์ เซลล์ละ n แต่ในเซลล์บางชนิดจะไม่แบ่งไซโทพลาสซึม โดยจะมีการเปลี่ยนแปลง ของโครโมโซม เข้าสู่ระยะโพรเฟส II เลย

2. Meiosis - II มีขั้นตอน ดังนี้

► **Interphase - II**

- เป็นระยะพักตัว ซึ่งมีหรือไม่ได้ ขึ้นอยู่กับชนิดของเซลล์
- ไม่มีการสังเคราะห์ DNA หรือจำลองโครโมโซมแต่อย่างใด

► **Prophase - II**

- โครมาทิดจะหดสั้นมากขึ้น
- ไม่มีการเกิดไซแนปซิส ไคแอสมา ครอสซิงโอเวอร์ แต่อย่างใด

► **Metaphase - II**

- โครมาทิดมารีงตัว อยู่ในแนวกึ่งกลางเซลล์

► **Anaphase - II**

- มีการแยกโครมาทิดออกจากกันทำให้จำนวนชุดโครโมโซมเพิ่มจาก n เป็น $2n$ ชั่วขณะ

► **Telophase - II**

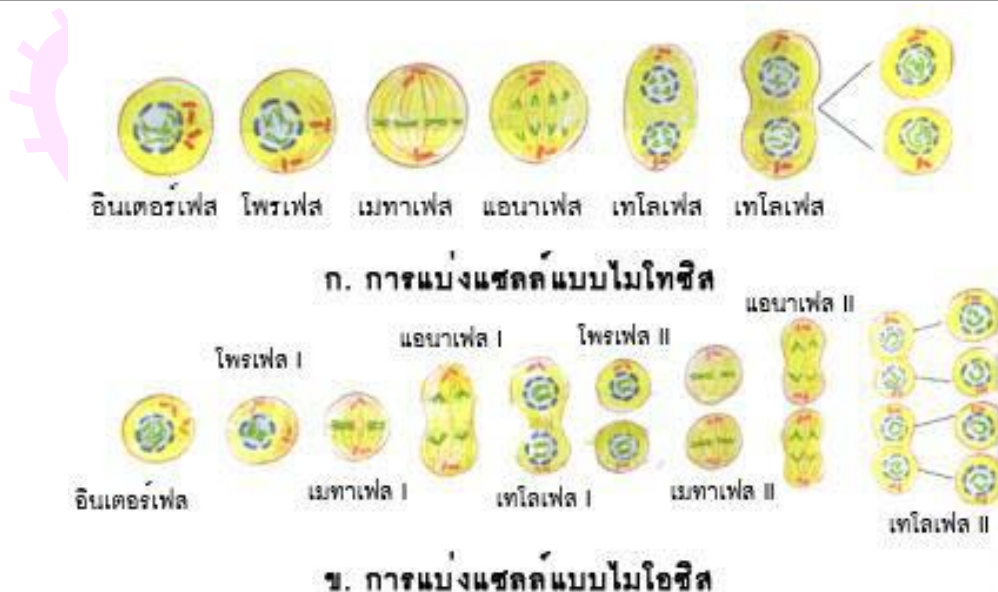
- มีการแบ่งไซโทพลาสซึม จนได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ ซึ่งแต่ละเซลล์ มีโครโมโซม เป็น n
- ใน 4 เซลล์ที่เกิดขึ้นนั้น จะมียีนเหมือนกันอย่างละ 2 เซลล์ ถ้าไม่เกิดครอสซิงโอเวอร์ หรืออาจจะมียีนต่างกันทั้ง 4 เซลล์ ถ้าเกิดครอสซิงโอเวอร์ หรืออาจจะมียีนต่างกันทั้ง 4 เซลล์ถ้าเกิด ครอสซิงโอเวอร์

ตารางแสดงลักษณะขั้นตอนการแบ่งเซลล์ในระยะต่างๆของการแบ่งเซลล์แบบ Meiosis

ระยะ	การเปลี่ยนแปลงสำคัญ
อินเตอร์เฟส I	จำลองโครโมโซมขึ้นมาอีก 1 เท่าตัว แต่ละโครโมโซม ประกอบด้วย 2 โครมาทิด
โพรเฟส I	ไฮโมโลกัส โครโมโซม มาจับคู่แนบชิดกัน (synapsis) ทำให้มีกลุ่มโครโมโซม กลุ่มละ 2 ท่อน (bivalent) แต่ละกลุ่ม ประกอบด้วย 4 โครมาทิด(tetrad) และเกิดการแลกเปลี่ยน ชิ้นส่วนของโครมาทิด (crossing over)
เมตาเฟส I	คู่ของไฮโมโลกัส โครโมโซม เรียงตัวอยู่ตามแนวศูนย์ กลางของเซลล์
แอนาเฟส I	ไฮโมโลกัส โครโมโซม แยกคู่ออกจากกัน ไปยังแต่ละข้างของขั้วเซลล์
ทีโลเฟส I	เกิดนิวเคลียสใหม่ 2 นิวเคลียส แต่ละนิวเคลียส มีจำนวนโครโมโซม เป็นแฮพลอยด์ (n)
อินเตอร์เฟส II	เป็นระยะพักชั่วคราว แต่ไม่มีการจำลอง โครโมโซมขึ้นมาอีก
โพรเฟส II	โครโมโซมหดสั้นมาก ทำให้เห็นแต่ละ โครโมโซม มี 2 โครมาทิด
เมตาเฟส II	โครโมโซมจะมาเรียงตัว อยู่แนวศูนย์ กลางของเซลล์
แอนาเฟส II	เกิดการแยกของโครมาทิด ที่อยู่ในโครโมโซมเดียวกัน ไปยังขั้วแต่ละข้างของเซลล์ ทำให้โครโมโซม เพิ่มจาก n เป็น $2n$
ทีโลเฟส II	เกิดนิวเคลียสใหม่เป็น 4 นิวเคลียส และแบ่งไซโทพลาสซึม เกิดเป็น 4 เซลล์ สมบูรณ์ แต่ละเซลล์ มีจำนวนโครโมโซม เป็นแฮพลอยด์ (n) หรือ เท่ากับครึ่งหนึ่งของเซลล์เริ่มต้น

ข้อเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

ไมโทซิส	ไมโอซิส
1. โดยทั่วไป เป็นการแบ่งเซลล์ของร่างกาย เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ เพื่อการเจริญเติบโต หรือการสืบพันธุ์ในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว	1. โดยทั่วไป เกิดกับเซลล์ ที่จะทำหน้าที่ ให้กำเนิดเซลล์สืบพันธุ์ จึงเป็นการแบ่งเซลล์ เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. เริ่มจาก 1 เซลล์แบ่งครั้งเดียวได้เป็น 2 เซลล์ใหม่	2. เริ่มจาก 1 เซลล์ แบ่ง 2 ครั้ง ได้เป็น 4 เซลล์ใหม่
3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 2 เซลล์ สามารถแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้อีก	3. เซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น 4 เซลล์ ไม่สามารถแบ่งตัวแบบไมโอซิสได้อีก แต่อาจแบ่งตัวแบบไมโทซิสได้
4. การแบ่งแบบไมโทซิส จะเริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ ระยะไซโกต และสืบเนื่องกันไปตลอดชีวิต	4. ส่วนใหญ่จะแบ่งไมโอซิส เมื่ออวัยวะสืบพันธุ์เจริญเต็มที่แล้ว หรือเกิดในไซโกต ของสหายและบางชนิด
5. จำนวนโครโมโซม หลังการแบ่งจะเท่าเดิม (2n) เพราะไม่มีการแยกคู่ ของโฮโมโลกัสโครโมโซม	5. จำนวนโครโมโซม จะลดลงครึ่งหนึ่งในระยะไมโอซิส เนื่องจากการแยกคู่ ของโฮโมโลกัสโครโมโซม ทำให้เซลล์ใหม่มีจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม (n)
6. ไม่มีไซแนปซิส ไม่มีไคแอสมา และไม่มีครอสซิงโอเวอร์	6. เกิดไซแนปซิส ไคแอสมา และมักเกิดครอสซิงโอเวอร์
7. ลักษณะของสารพันธุกรรม (DNA) และโครโมโซมในเซลล์ใหม่ ทั้งสองจะเหมือนกันทุกประการ	7. ลักษณะของสารพันธุกรรม และโครโมโซมในเซลล์ใหม่ อาจเปลี่ยนแปลง และแตกต่างกัน ถ้าเกิดครอสซิงโอเวอร์



การสืบพันธุ์ของพืชชั้นสูง



เป็นกระบวนการที่สิ่งมีชีวิตสร้างสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันเพื่อดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ ซึ่งการสืบพันธุ์เป็นสมบัติที่สำคัญประการหนึ่งของพืช

โดยทั่วไปจะแบ่งการสืบพันธุ์ของพืชออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ
2. การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ

❖ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของพืชดอก มีดอก (Flower) เป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่สืบพันธุ์ โดยทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ คือ ละอองเรณู (Microspore) ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และไข่ (Egg) ซึ่งเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียขึ้นมาสวมพันธุ์กันเป็นเซลล์ไซโกต (Zygote) และเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งเซลล์ (Cell Division) ที่จะเติบโตและเปลี่ยนแปลงเซลล์ไปทำหน้าที่เฉพาะ (Cell Growth and Differentiation) อย่างเป็นขั้นตอน สร้างรูปร่าง (Form) ที่เหมาะสมกับหน้าที่ (Function) เฉพาะของต้นพืชที่เรียกว่าการเจริญ (Development)

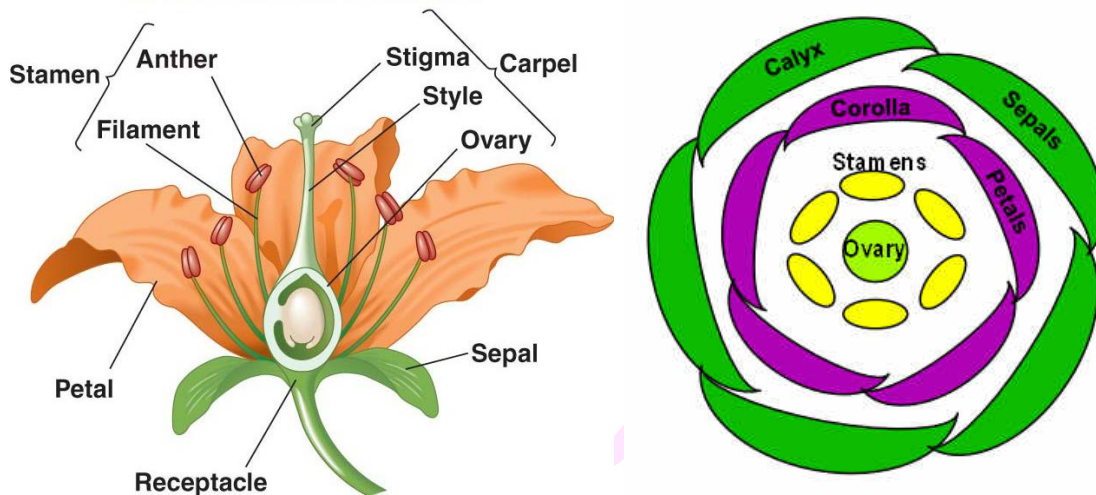
➤ ดอกและส่วนประกอบของดอก

ดอก (Flower) คือ ส่วนที่เปลี่ยนแปลงมาจากกิ่งและใบเพื่อทำหน้าที่สืบพันธุ์และแพร่พันธุ์เพื่อการดำรงพันธุ์มิให้สูญสิ้นไปจากโลก กิ่งที่เปลี่ยนมาเป็นดอกจะมีปล้องสั้นมาก ซึ่งแตกต่างจากกิ่งทั่วไปถือว่าเป็นกิ่งพิเศษ เป็นกิ่งที่การเจริญเติบโตมีขอบเขตจำกัด คือ จะไม่มีการเจริญที่ส่วนปลาย (Apical Growth) ต่อไปอีก ส่วนประกอบที่สำคัญของดอก ได้แก่ กลีบเลี้ยง (Sepal) กลีบดอก (Petal) เกสรตัวผู้ (Stamen) และเกสรตัวเมีย (Pistil) ทั้งหมดนี้เป็นส่วนที่เปลี่ยนแปลงมาจากใบ โดยกลีบเลี้ยงและกลีบดอกจัดเป็นอวัยวะช่วยสืบพันธุ์ (Accessory Organs) ส่วนเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย จัดเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ (Reproductive Organs)

ตา (Bud) ที่ให้กำเนิดดอกอาจเป็นตาดอก (Flower Bud) ซึ่งจะเป็นดอกอย่างเดียวหรือตาผสม (Mixed Bud) คือ ตาที่เป็นทั้งกิ่งใบและดอกร่วมกัน เกิดได้ทั้งที่ปลายยอดหรือปลายกิ่งของลำต้น การพัฒนาตาไปเป็นดอกของพืชต้องอาศัยปัจจัยต่าง ๆ ทั้งภายนอกและภายในของพืช ปัจจัยภายนอก ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ น้ำ แร่ธาตุ และสารอาหารที่พืชสร้างขึ้น ปัจจัยภายใน ได้แก่ อายุ พันธุกรรม และฮอร์โมนพืช

➤ โครงสร้างของดอก (Structure of Flower)

ดอกที่มีส่วนประกอบครบ (Complete Flower) จะจัดเรียงตัวเป็นชั้นหรือวงติดกัน 4 ชั้น จากชั้นนอกเข้าไป ดังนี้



ภาพ : ดอกไม้แสดงส่วนประกอบของดอกครบ (ซ้าย) และแผนภาพแสดงชั้นต่าง ๆ ของดอก (ขวา)

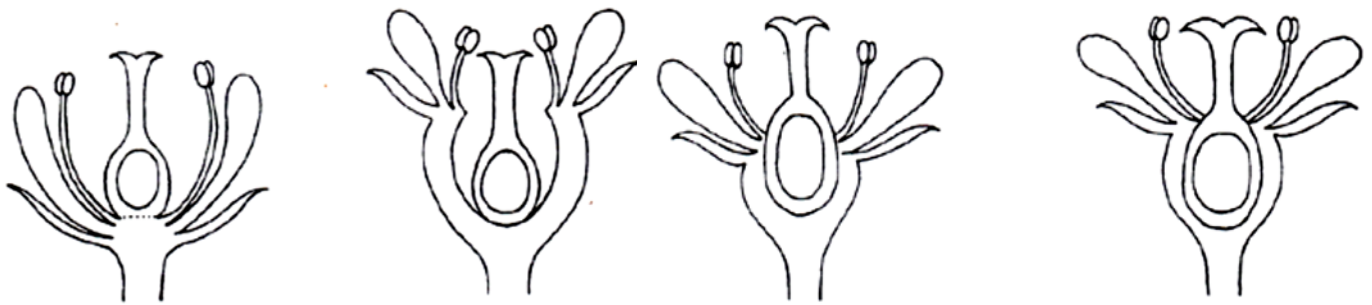
- I. **ชั้นกลีบเลี้ยง (Calyx)** ประกอบด้วย กลีบเลี้ยง (Sepals) ดอกไม้ทั่วไป กลีบเลี้ยงมีสีเขียว แต่อาจมีสีอื่นได้ มีผิวเรียบ บางชนิดมีหนาม และขน ทำหน้าที่ห่อหุ้มส่วนที่อยู่ข้างในไว้ทั้งหมด จึงช่วยป้องกันอันตราย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น รวมถึงแมลงและศัตรูอื่น ๆ พืชแต่ละชนิดมีกลีบเลี้ยงจำนวนไม่เท่ากัน ดอกไม้บางอย่างมีกลีบเลี้ยงติดกันเป็นหลอดหุ้มดอก (Synsepalous Flower) บางชนิดมีกลีบเลี้ยงแยกกัน (Polysepalous Flower) ดอกบางชนิดมีกลีบสีเขียวเป็นเส้นเล็ก ๆ ที่ใต้กลีบเลี้ยง เรียกว่า ริ้วประดับ (Epicalyx)
- II. **ชั้นกลีบดอก (Corolla)** ประกอบด้วย กลีบดอก (Petals) สีต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากสารสีชนิดต่าง ๆ ที่อยู่ในเซลล์ บางชนิดมีกลิ่นหอมที่เกิดจากน้ำมันหอมระเหย (Essential Oil) ที่กลีบดอกสร้างขึ้น บางชนิดมีต่อมน้ำหวาน (Nectary Gland) ที่โคนกลีบสร้างน้ำหวาน (Nectar) ได้ ทั้งสี กลิ่น และน้ำหวาน เป็นสิ่งที่ช่วยล่อแมลงให้เข้ามาถ่ายละอองเรณู (Pollination) พืชแต่ละชนิดมีกลีบดอกจำนวนไม่เท่ากัน แต่มักจะเท่ากับหรือทวีคูณของกลีบเลี้ยง กลีบดอกอาจมีโคนกลีบเชื่อมติดกันหรือติดกันตลอดทั้งกลีบ (Sympetalous Flower) หรือแยกกันเป็นกลีบ ๆ หรือแยกเฉพาะปลายกลีบ (Polypetalous Flower)

III. **ชั้นเกสรตัวผู้ (Androecium)** ประกอบด้วย เกสรตัวผู้ (Stamen) ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ เกสรตัวผู้มีจำนวนแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด พวกที่มีหลายอันอาจติดกันหรือแยกกัน และอาจมีส่วนที่ไปเชื่อมติดกับส่วนอื่นของดอกก็ได้ เกสรตัวผู้แต่ละอันประกอบด้วย ก้านเกสรตัวผู้ (Filament) มีลักษณะเป็นเส้นเล็กยาว ตอนปลายมีอับเรณู (Anther) ลักษณะเป็นทรงกระบอก กลมรี แบ่งเป็น 2 พูติดกัน ภายในแต่ละพู ประกอบด้วย ถุงเรณู (Pollen Sac) 2 ถุง อับเรณู 1 อัน จึงมีถุงเรณู 4 ถุง ภายในถุงมี Microspore Mother Cell ที่ทำหน้าที่สร้างละอองเรณู (Microspore หรือ Pollen Grain) ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ จำนวนมาก ละอองเรณูทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Male Gametes) เมื่อละอองเรณูแก่ อับเรณูจะแตก ละอองเรณูจะปลิวออกมา และอาจตกลงบนยอดเกสรตัวเมียทำให้เกิดการผสมพันธุ์ได้

IV. **ชั้นเกสรตัวเมีย (Gynaecium)** ประกอบด้วย เกสรตัวเมีย (Pistil or Carpel) เป็นส่วนที่อยู่สูงสุดในดอก ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย ส่วนล่างสุดของเกสร ตัวเมีย คือ รังไข่ (Ovary) มีลักษณะเป็นกระเปาะพองโต ถัดขึ้นมาเป็นก้านเกสรตัวเมีย (Style) ซึ่งอาจจะยาวหรือสั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลายสุดของก้านเกสรตัวเมีย คือ ยอดเกสรตัวเมีย (Stigma) มักมีน้ำเหนียว ๆ สำหรับยึดติดกับละอองเรณู ดอกบางชนิด ไม่มีก้านเกสรตัวเมีย ยอดเกสรตัวเมียจึงติดอยู่บนรังไข่ (Sessile Stigma) พืชบางชนิดมีเกสรตัวเมียหลายอัน เช่น จำปี จำปา กุหลาบ เป็นต้น

รังไข่ (Ovary) เป็นส่วนที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชโดยภายในรังไข่มีโอวูล (Ovule) ซึ่งภายในมี Megaspore Mother Cell ที่ทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย คือ เซลล์ไข่ (Egg Cell) โอวูล เป็นโครงสร้างที่ประกอบด้วยผนังโอวูล (Integument) 1-2 ชั้น โดยมีรูเปิดเล็ก ๆ เรียกว่า ไมโครไพล์ (Micropyle) อยู่ด้านตรงข้ามกับก้านโอวูล (Funiculus) ภายในมีกลุ่มเซลล์นิวเคลียส (Nucellus) ซึ่งจะเจริญและพัฒนาเป็น Megaspore Mother Cell ที่จะสร้างเซลล์ไข่ ต่อไปส่วนประกอบของดอกทั้ง 4 ชั้นติดตั้งบนฐานรองดอก (Receptacle) ซึ่งติดต่อกับก้านดอก (Pedicel หรือ Peduncle) การติดตั้งของรังไข่บนฐานรองดอกมีแบบต่าง ๆ ได้แก่

- 1) **Superior Ovary** คือ รังไข่ที่อยู่บนฐานรองดอกในตำแหน่งที่สูงกว่าส่วนประกอบอื่น ๆ ของดอก คือ กลีบเลี้ยง กลีบดอกและเกสรตัวผู้
- 2) **Inferior Ovary** คือ รังไข่ที่อยู่บนฐานรองดอกในตำแหน่งที่ต่ำกว่ากลีบเลี้ยง กลีบดอกโดยมีผนังรังไข่ เชื่อมติดกับส่วนประกอบของดอก
- 3) **Half Inferior หรือ Subinferior Ovary** คือ รังไข่ที่ติดตั้งบนฐานรองดอกในลักษณะกึ่งได้ชั้นกลีบเลี้ยง กลีบดอก และเกสรตัวผู้ เนื่องจากลักษณะฐานรองดอกเป็นรูปถ้วย



รังไข่เหนือวงกลีบ (superior ovary)

รังไข่กึ่งใต้วงกลีบ
(half-inferior ovary;
subinferior ovary)

รังไข่ใต้วงกลีบ
(inferior ovary)

➤ ประเภทของดอก (Type of Flower)

I. จำแนกตามส่วนประกอบของดอก แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- 1) **ดอกสมบูรณ์ (Complete Flower)** คือ ดอกที่มีส่วนประกอบครบทั้ง 4 ชั้น
- 2) **ดอกไม่สมบูรณ์ (Incomplete Flower)** คือ ดอกที่มีส่วนประกอบไม่ครบทั้ง 4 ชั้น

II. จำแนกตามลักษณะของเพศ แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- 1) **ดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect Flower)** คือ ดอกที่มีทั้งเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน เช่น พุระหง กุหลาบ บัว เฟื่องฟ้า เป็นต้น
- 2) **ดอกไม่สมบูรณ์เพศ (Imperfect Flower)** คือ ดอกที่มีเกสรตัวผู้หรือเกสรตัวเมียเพียงอย่างเดียว ดอกที่มีเกสรตัวผู้เรียกว่า ดอกเพศผู้ (Staminate Flower) ดอกที่มีเกสรตัวเมีย เรียกว่า ดอกเพศเมีย (Pistillate Flower)

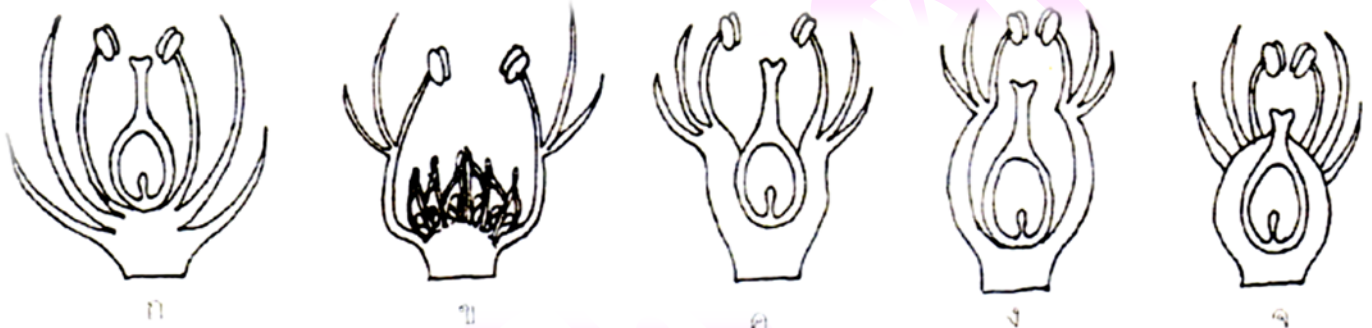
พืชที่มีดอกเพศผู้ และดอกเพศเมียอยู่ในต้นเดียวกัน เรียกว่า พืชแยกเพศร่วมต้น (Monoecious Plant) เช่น หมาก มะพร้าว ข้าวโพด เป็นต้น ส่วนพืชที่มีดอกเพศผู้และดอกเพศเมีย อยู่กันคนละต้น เรียกว่า พืชแยกเพศต่างต้น (Dioecious Plant) เช่น พักทอง

III. จำแนกตามจำนวนดอก แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่

- 1) **ดอกเดี่ยว (Solitary Flower)** คือ ดอกเดี่ยวบนก้านดอกเดียว
- 2) **ดอกช่อ (Inflorescence Flower)** คือ กลุ่มดอกบนก้านดอกเดียวกันแต่ละดอกย่อย (Floret) จะมีก้านดอกย่อย (Pedicel) ติดอยู่บนก้านของช่อดอก

IV. จำแนกตามการติดตั้งบนฐานรองดอก แบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

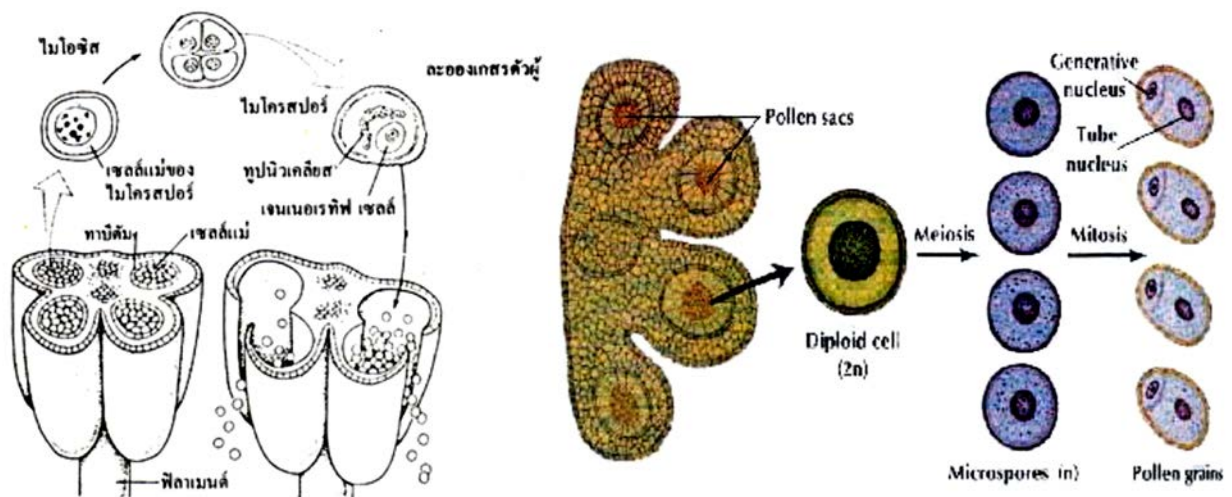
- 1) **Hypogenous Flower** คือ ดอกที่มีฐานรองดอก หนุนสูง เกสรตัวเมียจึงอยู่สูงกว่าส่วนของกลีบเลี้ยง กลีบดอกและเกสรตัวเมีย ดอกชนิดนี้จึงมีรังไข่ชนิด Superior Ovary
- 2) **Epigynous Flower** คือ ดอกที่ส่วนของกลีบเลี้ยง กลีบดอก และเกสรตัวผู้ติดบนฐานรองดอกที่อยู่เหนือเกสรตัวเมีย เป็นดอกที่มีรังไข่ชนิด Inferior Ovary ได้แก่ แตงกวา บวบ ฟักทอง ชมพู เป็นต้น
- 3) **Perigynous Flower** คือ ดอกที่มีส่วนของกลีบเลี้ยง กลีบดอกและเกสรตัวผู้อยู่ติดบนฐานรองดอกในระดับเดียวกับรังไข่ เพราะลักษณะที่โค้งรูปถ้วยของฐานรองดอก ดอกชนิดนี้จึงแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ Half Superior Ovary และ Half Inferior Ovary ขึ้นอยู่กับลักษณะของฐานรองดอก



➤ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในพืชดอก

✚ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้หรือไมโครสปอร์ (Microspore genesis)

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ของพืชดอก เกิดขึ้นภายใน Pollen Sac ของอับเรณู (Anther) โดยกลุ่มเซลล์ Microspore Mother Cell ซึ่งเป็นเซลล์เนื้อเยื่อเจริญ (Meristematic Cell) ที่มี $2n$ โครโมโซมจะแบ่งตัวแบบไมโอซิสได้ไมโครสปอร์ 4 เซลล์ (4 Microspore Cell) ที่เป็นเซลล์ n โครโมโซม แต่ละเซลล์จะแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส 1 ครั้ง ได้ 2 นิวเคลียสที่เป็น n โครโมโซม นิวเคลียสอันหนึ่ง คือ Generative Nucleus อีกนิวเคลียส คือ Tube Nucleus (ซึ่งต่อไป Generative Nucleus จะแบ่งไมโทซิสอีก 1 ครั้ง ได้เป็น 2 Sperm Nucleus เพื่อที่จะไปผสมกับไข่และโพลาร์นิวเคลียส ต่อไป) ในขณะเดียวกัน Microspore ก็สร้างผนังให้หนาขึ้น ผนังชั้นนอกอาจมีการพัฒนาไปเป็นลักษณะต่าง เช่น เป็นหนามเล็ก ๆ Microspore ภายใต้นี้จะมีรูปร่างต่าง ๆ ตามชนิดของพืช และเรียกว่าละอองเรณู (Pollen Grain)

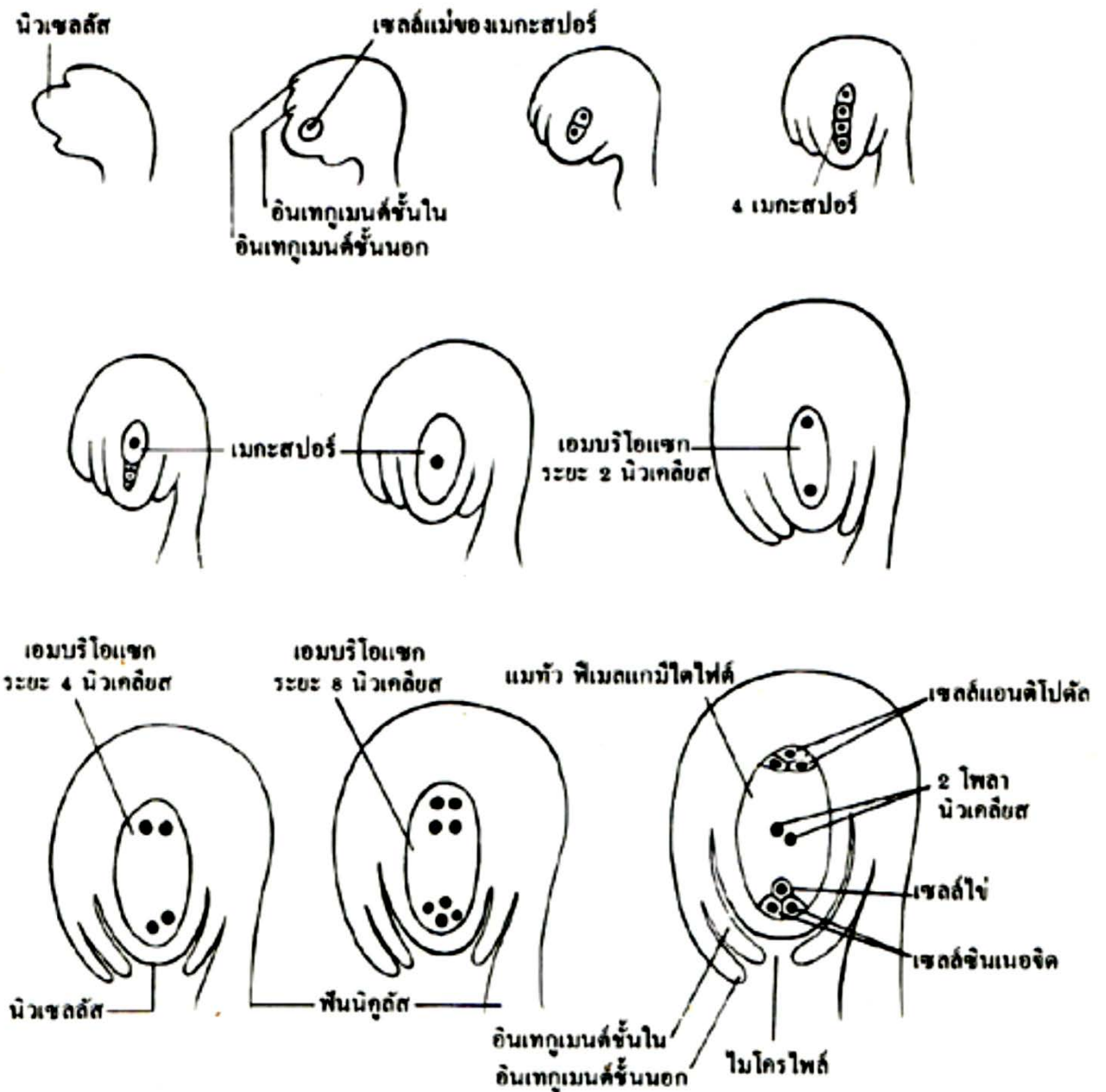


ภาพ : การสร้าง Microspore ของอับเรณู (ซ้าย) การแบ่งไมโอซิสของ Microspore (Pollen) Mother Cell และไมโทซิสของ Microspore (ขวา)

✚ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย หรือเมกะสปอร์ (Megaspore genesis)

การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย คือ เซลล์ไข่ของพืชดอก เกิดในโอวูลซึ่งอยู่ในรังไข่ กลุ่มเซลล์ในโอวูลที่เรียกนิวเคลียส (Nucellus) ที่อยู่ก่อนไปทางด้านไมโครไพล์ มีเซลล์ขนาดใหญ่ คือ Megaspore Mother Cell ($2n$) แบ่งตัวแบบไมโอซิสได้ 4 เซลล์ คือ Megaspore Cell (n) เรียงตัวในแนวตั้ง ต่อมา 3 เซลล์ ทางไมโครไพล์ สลายตัวไป 1 Megaspore ที่เหลือเจริญขึ้น และแบ่งนิวเคลียสแบบไมโทซิส 3 ครั้ง ได้ 8 นิวเคลียสที่ไม่มีผนังหุ้ม และจัดแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ๆ ละ 4 นิวเคลียส แยกกันไปอยู่ทางด้านไมโครไพล์ กับด้านตรงข้ามไมโครไพล์ คือ คาลาซา (Chalaza) ต่อมานิวเคลียสของแต่ละกลุ่มจะมารวมกันบริเวณกลาง เกิดเป็นนิวเคลียส 3 กลุ่ม ระยะนี้ Megaspore จะมีสภาพเป็นถุงตันอ่อน (Embryo Sac) กลุ่มนิวเคลียส 2 กลุ่มที่ไมโครไพล์และคาลาซา จะมีเยื่อบาง ๆ แบ่งไซโทพลาสซึมเกิดเป็นเซลล์ คือ 3 Anti Podal Cell อยู่ทางด้านคาลาซา ด้านไมโครไพล์ ประกอบด้วย เซลล์ไข่ (Egg Cell) ซึ่งมีขนาดใหญ่อยู่ตรงกลาง และ 2 Synergid Cell อยู่ 2 ข้างของเซลล์ไข่ 2 นิวเคลียสที่อยู่ตรงกลาง คือ Polar Nuclei ซึ่งต่อมาจะรวมกันเป็น 2 n โครโมโซม และเปลี่ยนเป็น Endosperm Mother Cell ดังนั้นเมื่อสิ้นสุดกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย ภายใน Embryo Sac จึงมีเซลล์ทั้งหมด 7 เซลล์ ที่เปลี่ยนแปลงมาจาก 8 นิวเคลียส โดยมีเซลล์ไข่ (Egg Cell) เป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (Female Gamete)

4krภาพ



ภาพ : การสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียของพืชดอก

➤ การถ่ายละอองเรณู (Pollination)

การถ่ายละอองเรณู คือ การที่ละอองเรณูตกลงบนยอดเกสรตัวเมีย โดยมีชนหรือสารเหนียวที่ ยอดเกสรตัวเมีย เป็นตัวช่วยยึดจับเอาไว้เมื่อละอองเรณูแก่เต็มที่ ผนังของ Pollen Sac จะฉีกขาดพร้อมกับอับเรณูแตกออก ทำให้ละอองเรณูปลิวออกมา การถ่ายละอองเรณูจำเป็นต้องอาศัยสื่อ (Pollinating Agent) พาไป ซึ่งมีหลายชนิด ได้แก่ลม พืชที่ละอองเรณูต้องอาศัยลมพาไป มักมีดอกขนาดเล็ก กลีบดอกไม่สวย ไม่มีสี ไม่มีต่อมน้ำหวานที่จะดึงดูดแมลง ดอกพวกนี้ละอองเรณูแห้งและเบาบาง ชนิดมีปีกช่วยให้ปลิวไปได้ไกล ขณะเดียวกัน ยอดเกสรตัวเมียของพืชที่ต้องอาศัยลมในการถ่ายละอองเรณู มักจะมีโครงสร้างช่วยยึดเกาะ เช่น มีขนมาก มีกิ่งแตกเป็นแขนงเล็ก ๆ มีสารเหนียว เป็นต้น พืชพวกนี้ ได้แก่ หญ้า ข้าว

แมลง แมลงมากชนิดอาศัยน้ำหวานจากดอกไม้เป็นแหล่งอาหาร การเข้ามาดูดน้ำหวานทำให้ละอองเรณูติดตัวไปตกบนยอดเกสรตัวในดอกเดียวกันหรืออื่น ๆ ได้ แมลงที่เป็นสื่อมากที่สุด คือ ผึ้ง และผีเสื้อ จึงได้ชื่อว่าเป็นแมลงนักผสมพันธุ์พืช

นอกจากนี้ ยังมีน้ำเป็นสื่อในการถ่ายละอองเรณูที่สำคัญของพืชน้ำ รวมถึงสัตว์อื่น ๆ เช่น นก หอยทาก ก็มีส่วนช่วยในการถ่ายละอองเรณู

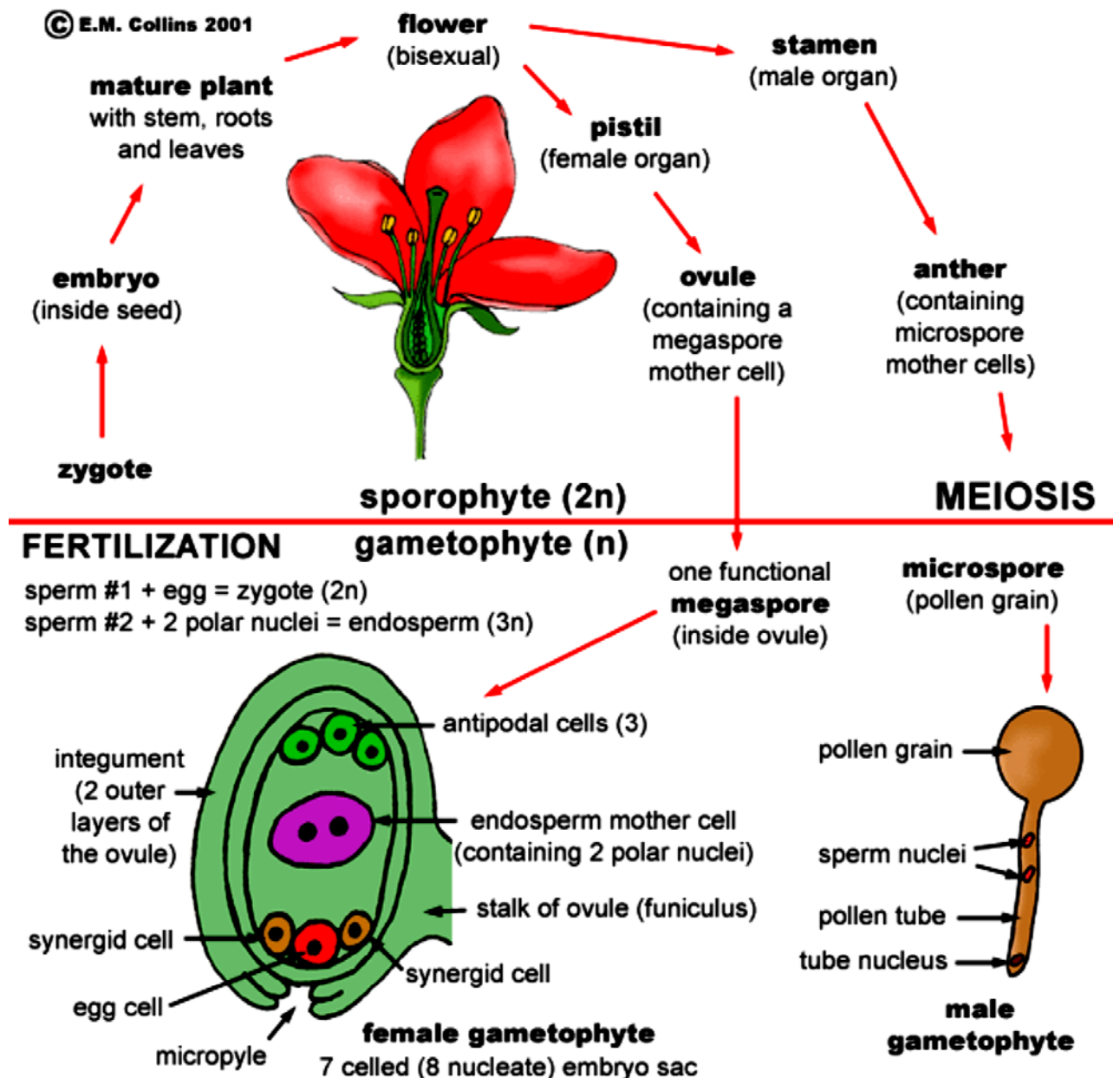
✚ การถ่ายละอองเรณูของพืช เกิดได้ 2 แบบ คือ

- 1) **Self Pollination** คือ การถ่ายละอองเรณูในดอกเดียวกัน หรือต่างดอกในต้นเดียวกัน หรือ ต่างดอกต่างต้นที่เป็นพันธุ์บริสุทธิ์ ในพืชที่เป็นสายพันธุ์เดียวกัน
- 2) **Cross Pollination** คือ การถ่ายละอองเรณูในพืชต่างต้นที่มีคุณสมบัติทางกรรมพันธุ์ต่างกัน โดยเป็น Species เดียวกัน หรือต่าง Species ต่าง Genus กันก็ได้

➤ การปฏิสนธิ (Fertilization)

เมื่อละอองเรณูตกลงบนยอดเกสรเพศเมีย จะได้รับความชื้นและอาหารพวกน้ำตาลจากยอดเกสรเพศเมีย งอกหลอดเรณู (Pollen Tube) อัตราความเร็วในการงอกแตกต่างกันในพืชแต่ละชนิด ซึ่งอาจใช้เวลาเป็นวัน สัปดาห์ หรือเดือน หลังการถ่ายละอองเรณูก็ได้ หลอดเรณูจะแทงลงไปในเนื้อเยื่อของยอดเกสรเพศเมีย ผ่านไปตามก้านเกสรเพศเมีย เพื่อนำ Generative Nucleus ไปที่โอวูล เมื่อหลอดเรณูมาถึงโอวูล จะเข้าสู่ Embryo Sac ทางไมโครไพล์ Tube Nucleus จะสลายไปพร้อมกับปลายหลอดเรณูแตกออก ซึ่งก่อนหน้านี้ Generative Nucleus จะแบ่งตัวแบบไมโทซิส ได้เป็น 2 Nuclei ที่เรียกว่า Sperm Nucleus เมื่อปลายหลอดเรณูแตกออก Sperm Nucleus ทั้ง 2 จะเข้าสู่ Embryo Sac Sperm Nucleus หนึ่งจะผสมกับไข่ได้เป็นไซโกต (Zygote) (2n) Sperm Nucleus อีกอันหนึ่งจะผสมกับ Polar Nuclei ได้เป็น Primary Endosperm Cell (3n) ไซโกตจะ

เจริญต่อไปเป็น Embryo ในขณะที่ Primary Endosperm Cell เจริญต่อไปเป็น Endosperm Tissue ทำหน้าที่สะสมอาหารให้ Embryo ส่วน Antipodal และ Synergid Cell จะสลายตัวไป จะเห็นว่ามีการเกิดการผสม 2 ครั้ง เรียกการผสมพันธุ์นี้ว่า การปฏิสนธิซ้อน (Double Fertilization) ซึ่งจะเกิดขึ้นกับพืชดอกเท่านั้น



การสืบพันธุ์ของสัตว์ชั้นสูง

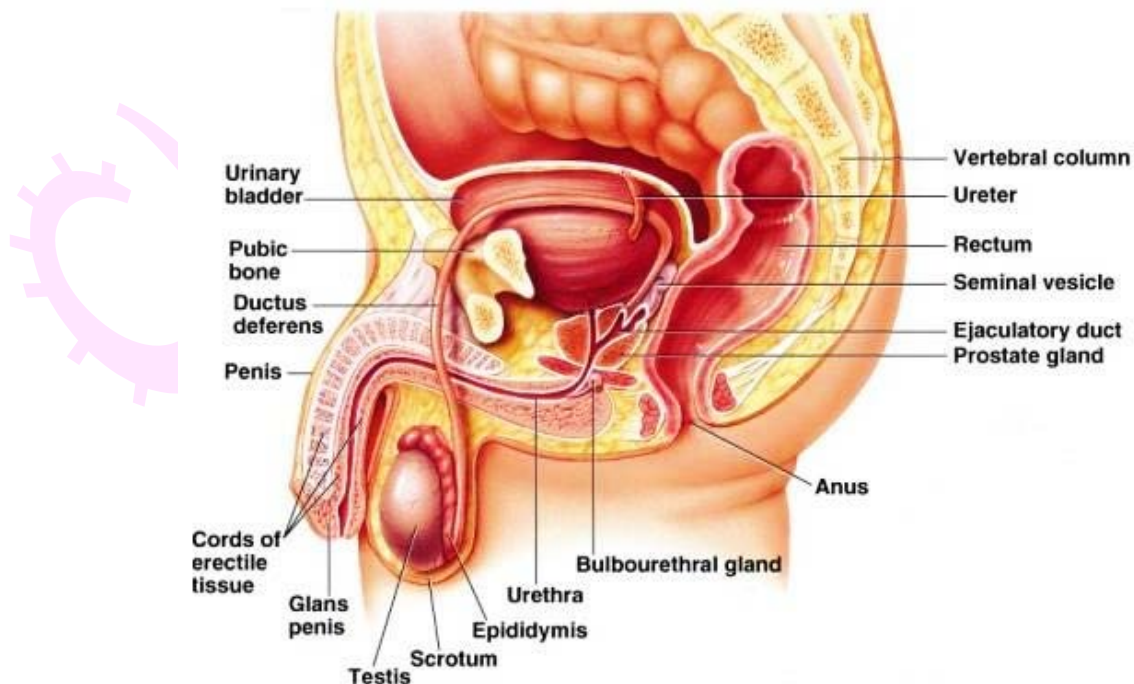


การสืบพันธุ์ของมนุษย์เป็นแบบอาศัยเพศ โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์ซับซ้อน การสืบพันธุ์ไม่เป็นไปตามฤดูกาลเหมือนสัตว์ชนิดอื่น มีกลไกในร่างกายควบคุมระบบการสืบพันธุ์ ซึ่งกลไกนี้เกี่ยวข้องกับระบบฮอร์โมนหลายชนิด

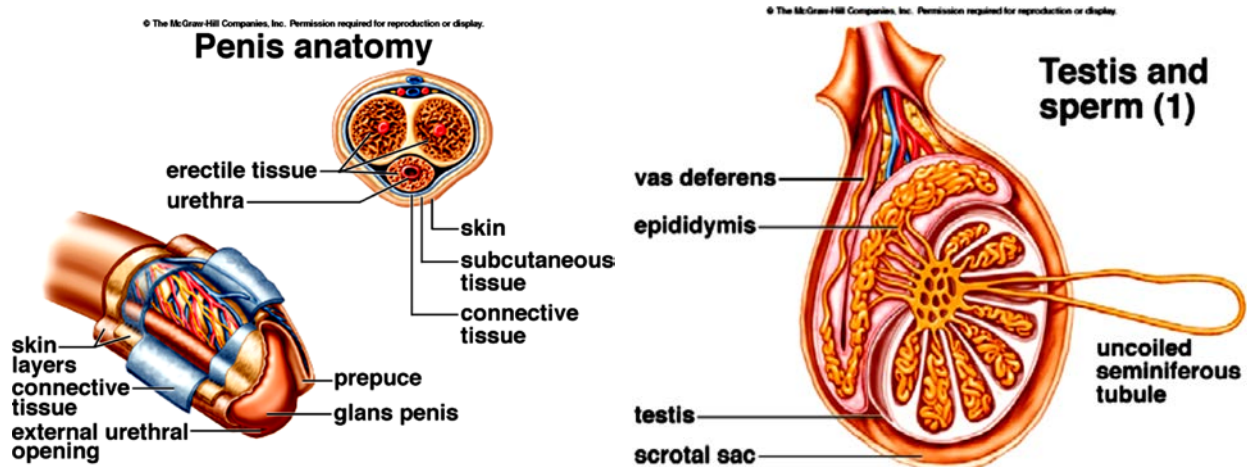
❖ โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์

➤ โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์เพศชาย (reproduction anatomy of the human male) ได้แก่

ส่วนที่อยู่ด้านนอก คือถุงอัณฑะ (scrotum) เพนิส (penis) และส่วนที่อยู่ด้านในได้แก่ อัณฑะ (testes) ต่อม (accessory glands) และท่อต่าง ๆ (associate ducts) อัณฑะเป็นโครงสร้างที่เจริญและพัฒนาอยู่ในช่องท้องของทารก ก่อนคลอดประมาณ 2 เดือน อัณฑะจะถูกดันจากช่องท้องให้เข้าไปอยู่ในถุงอัณฑะนอกร่างกาย เนื่องจากภายในช่องท้องมีอุณหภูมิไม่เหมาะสมต่อการเจริญและพัฒนาของสเปิร์ม ในกรณีที่อัณฑะออกมาไม่ได้ ในที่สุดชายคนนั้นจะเป็นหมัน ถุงอัณฑะมีลักษณะยื่นออกมานอกช่องท้องและมีช่องทางติดต่อกับช่องท้อง เรียกว่าช่องอินกวัยนอล (inguinal canals) ซึ่งเป็นช่องทางที่ค่อนข้างเปราะบางการยกของหนักเกินไปอาจมีผลทำให้เยื่อที่คลุมอยู่ฉีกขาด ทำให้ลำไส้บางส่วนไหลไปอุดบริเวณปากถุงอัณฑะ ซึ่งเรียกอาการที่เกิดขึ้นว่า ลำไส้เลื่อน (ingunial hernia)



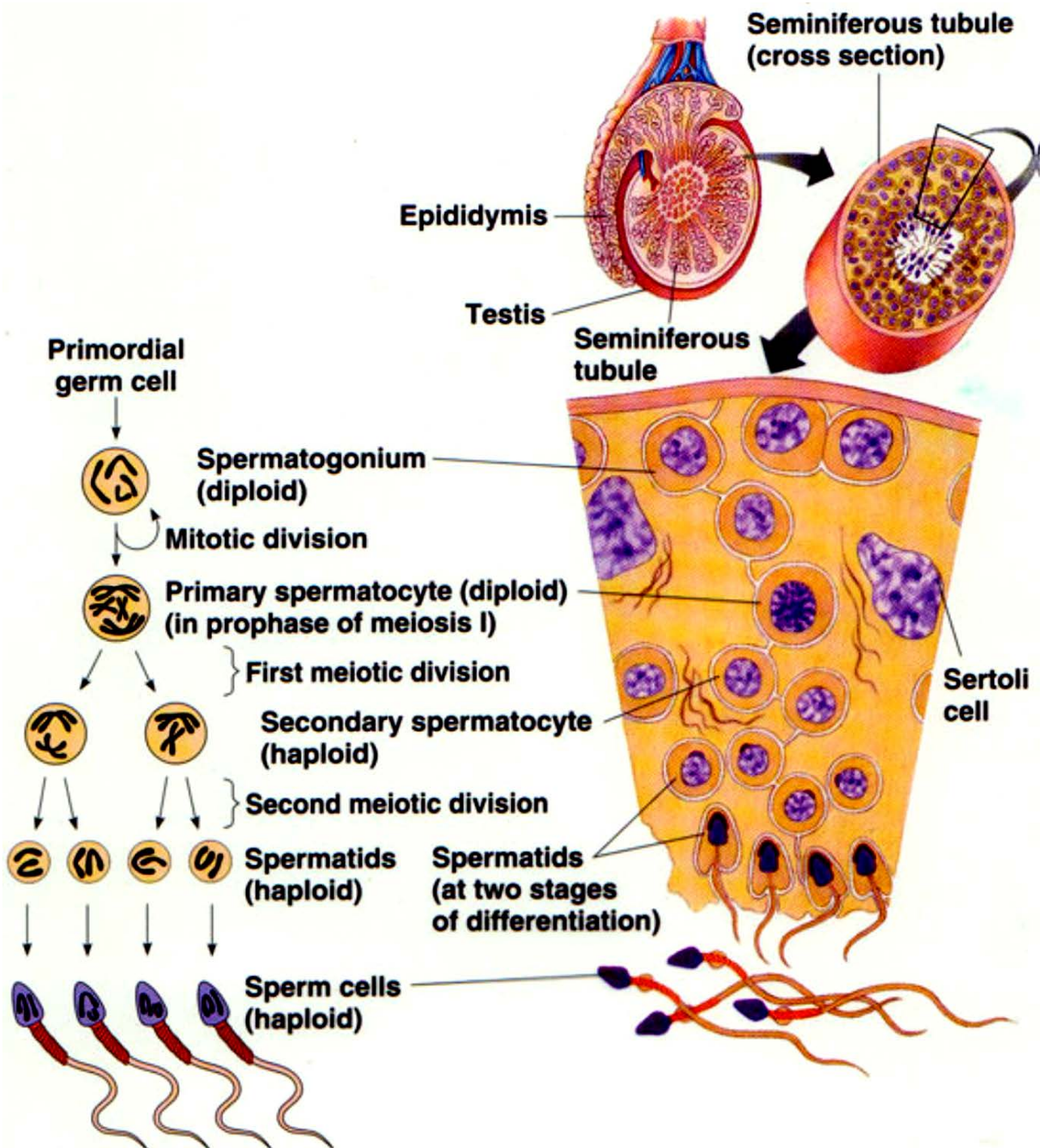
ภาพ : แสดงอวัยวะสืบพันธุ์เพศชาย



ภาพ : แสดงส่วนประกอบขององคชาติ และอัณฑะ

ภายในอัณฑะประกอบด้วยท่อขนาดเล็กม้วนขดอยู่ภายในเรียกว่า ท่อเซมินิเฟอรัสทิวบูล (seminiferous tubules) ทำหน้าที่สร้างสเปิร์ม ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ หรือสเปอ์มาโทจีเนซิส (spermatogenesis)

สเปอ์มาโทจีเนซิส (spermatogenesis) เป็นกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เมื่อเพศชายเข้าสู่วัยเจริญพันธุ์ โดยเริ่มต้นจากเซลล์ที่เรียกว่า **สเปอ์มาโทโกเนีย (spermatogonia)** เจริญและพัฒนาไปเป็น **สเปอ์มาโทไซต์ ขั้นที่หนึ่ง (primary spermatocyte)** จากนั้นสเปอ์มาโทไซต์ขั้นที่หนึ่งจะเข้าสู่กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) เป็นระยะไมโอซิส ขั้นแรก (meiosis I) ได้เซลล์ใหม่เรียกว่า **สเปอ์มาโทไซต์ ขั้นที่สอง (secondary spermatocyte)** จากนั้น สเปอ์มาโทไซต์ขั้นที่สอง จะแบ่งเซลล์ต่อไปในระยะ ไมโอซิส ขั้นที่สอง (meiosis II) ได้ **เซลล์สเปอ์มาทิด (spermatid)** ในการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์แต่ละครั้งนั้น สเปอ์มาโทไซต์ ขั้นที่หนึ่ง 1 เซลล์ เมื่อแบ่งแล้วจะได้ สเปอ์มาทิด 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้เซลล์สเปิร์มต่อไป



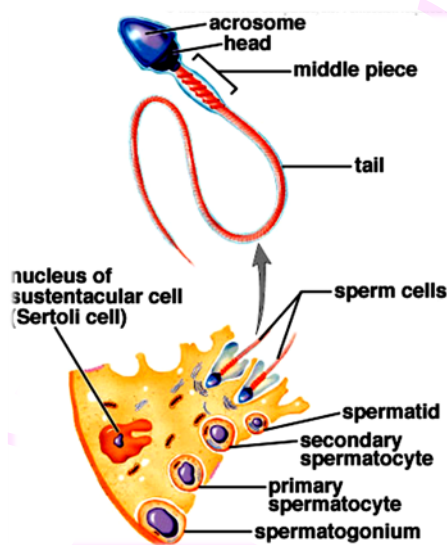
ภาพ : กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศชาย

► สเปิร์ม

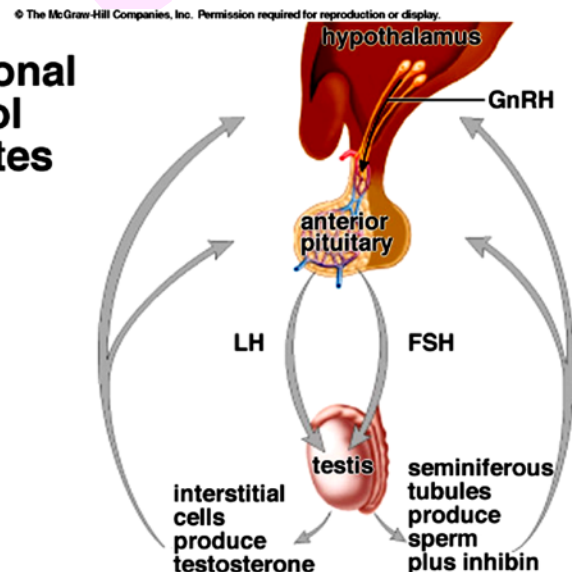
ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ หัว (head) คอและลำตัว (midpiece) หาง (flagellum) โดยส่วนหัวภายในบรรจุไว้ด้วยนิวเคลียสและปลายสุดของหัวถูกห่อหุ้มไว้ด้วย อะโครโซม (acrosome) ซึ่งบรรจุเอนไซม์สำหรับเข้าเจาะไข่

ในเพศชาย สเปิร์มาโทโกเนียแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวนตลอดด้วยเจริญพันธุ์ ซึ่งส่วนหนึ่งจะสำรองไว้เพื่อทวีจำนวนต่อไป และอีกส่วนหนึ่งเจริญไปเป็นตัวอสุจิ ดังนั้นจึงสร้างอสุจิได้ตลอดอายุที่ร่างกายยังสมบูรณ์และฮอร์โมนเพศยังหลั่งตามปกติ

ส่วนท้ายสุดของท่อในองคชาติ (penis) เรียกท่อฉีดน้ำอสุจิ (ejaculatory duct) มีกล้ามเนื้อแข็งแรง ดังนั้นเมื่อหดตัวจะดันให้ตัวอสุจิและน้ำเมือกเรียกว่า น้ำอสุจิ (semen) ผ่านไปในท่อขององคชาติ (urethra) และออกสู่ภายนอกตรงปลายองคชาติ บริเวณท่อที่ตัวอสุจิผ่านไปก่อนถึงองคชาติจะมีต่อมต่าง ๆ เช่น ต่อมลูกหมาก (prostate gland) ต่อมคาวเปอร์ (Cowper' gland) หรือ ต่อมบัลโบยูรีทาล (bulbourethral glands) เป็นต้น ทำหน้าที่สร้างน้ำเมือกสำหรับเป็นอาหารและให้ตัวอสุจิลอยอยู่



Hormonal control of testes



ภาพ : โครงสร้างของสเปิร์ม และฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับระบบสืบพันธุ์เพศชาย

จะเห็นได้ว่าในระบบสืบพันธุ์เพศชายมีต่อมชนิดต่าง ๆ ทำหน้าที่หลั่งของเหลวเข้าร่วมกับสเปิร์ม ได้เป็น semen ซึ่งในการหลั่งแต่ละครั้ง semen มีปริมาตรประมาณ 3.5 มิลลิลิตร และประกอบด้วยสเปิร์มประมาณ 400 ล้านเซลล์ ต่อมต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่

► ต่อมเซมินัลเวสิเคิล(seminal vesicle)

มี 1 คู่ทำหน้าที่หลั่งของเหลวที่เป็นเมือกเหนียว(mucus), กรดอะมิโน (amino acid), น้ำตาลฟรุคโตส (fructose) เป็นแหล่งสร้างพลังงานแก่เซลล์สเปิร์มนอกจากนี้ยังมีโปรสตาแกลนดินเป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นให้เกิดการหดตัวของท่อนำไข่เพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ของสเปิร์ม จากการศึกษาพบว่าปริมาณของเหลวที่หลั่งออกมาจากต่อมนี้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ของของเหลวในซีเมนทั้งหมด

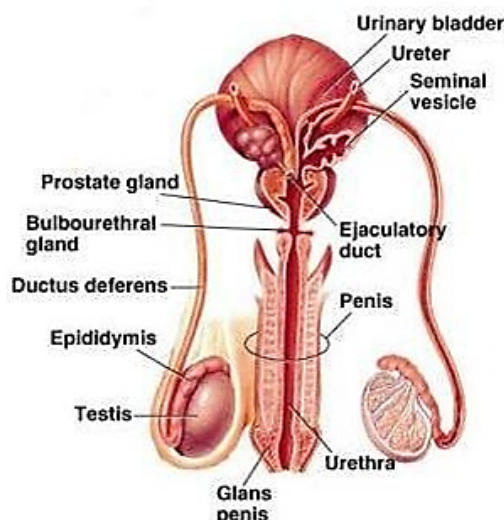
► ต่อมลูกหมาก (prostate gland)

เป็นต่อมที่มีขนาดใหญ่ 1 ต่อมล้อมรอบและเปิดเข้าท่อปัสสาวะ ต่อมนี้ทำหน้าที่หลั่งสารซึ่งประกอบด้วย เอนไซม์หลายชนิด และมีคุณสมบัติเป็น ด่าง(alkaline) อย่างอ่อนและของเหลวที่หลั่งจากต่อมนี้ทำให้ซีเมน มีสีขาวคล้ายน้ำนม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความเป็นกลางในท่อปัสสาวะชาย และช่องคลอดของเพศหญิง พยาธิสภาพที่มักเกิดกับต่อมนี้คือ มะเร็งต่อมลูกหมากในชายวัย 50 ปีขึ้นไป สาเหตุไม่สามารถระบุได้อย่างชัดเจน แต่มีความเข้าใจว่าเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนที่เปลี่ยนแปลงไป

► ต่อมบัลโบยูรีทัล (bulbourethral glands)

มี 1 คู่ขนาดเล็กเชื่อมต่อกับส่วนของท่อปัสสาวะบริเวณฐานของเพนิส หลั่งเมือกที่เป็นยางเหนียวออกมาก่อนการหลั่งของซีเมน หน้าที่เข้าใจว่าทำให้ท่อปัสสาวะ มีความเป็นกลางและหล่อลื่นส่วนปลายของเพนิส

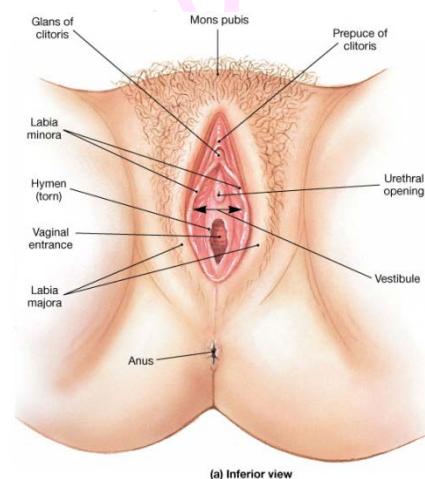
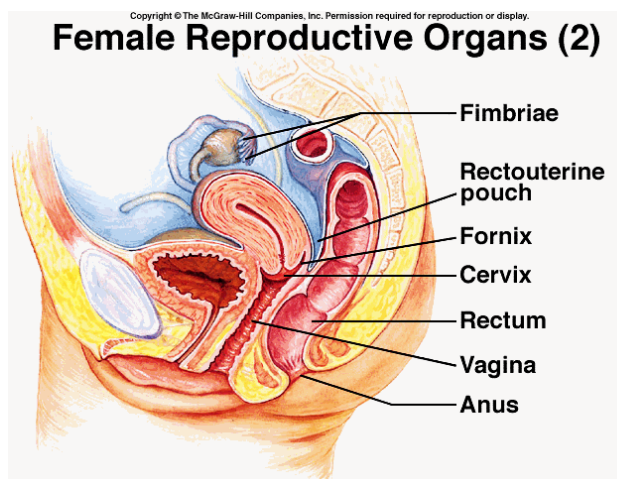
การเป็นหมันของเพศชายมีสาเหตุหลักอยู่ที่ปริมาณการผลิตสเปิร์มออกมาต่ำกว่าระดับปกติเช่นชายมีสเปิร์มต่ำกว่า 35 ล้านเซลล์ต่อซีซี จัดว่าอยู่ในขั้นผิดปกติ ถ้าน้อยกว่า 30 ล้านเซลล์ต่อซีซี ถือว่าเป็นหมัน



ภาพ : แสดงต่อมต่าง ๆ ที่หลั่งสารซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำอสุจิ

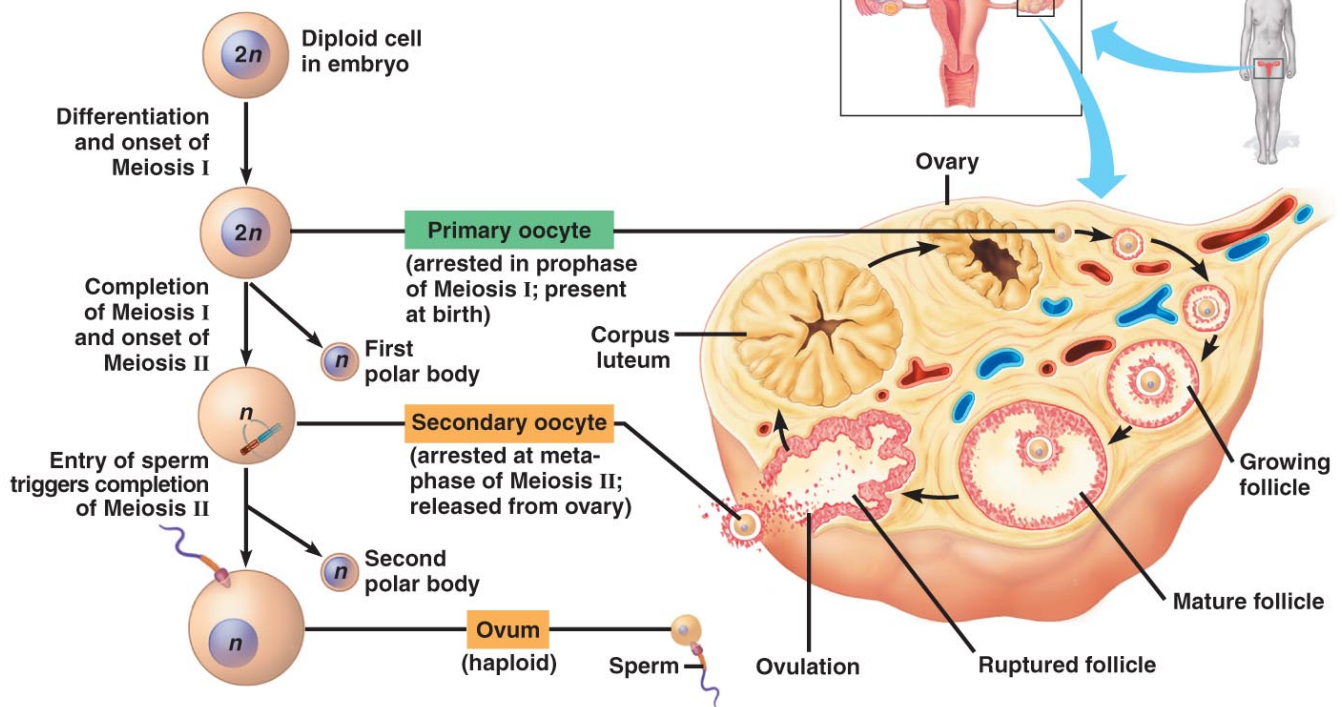
➤ โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง(female reproduction)

โครงสร้างของระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิง มีความซับซ้อนกว่าของเพศชาย เพราะประกอบด้วยโครงสร้างสำหรับสร้างเซลล์สืบพันธุ์หรือ เซลล์ไข่ (immature gamete) ร่องรับสเปิร์ม สร้างฮอร์โมนเพศและเป็นที่ฝังตัวเพื่อการเจริญ และพัฒนาของตัวอ่อน โครงสร้างที่ทำหน้าที่ดังกล่าวได้แก่รังไข่ (ovaries) โครงสร้างนี้ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนและเซลล์สืบพันธุ์หรือไข่ กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ หรือไข่ (oogenesis) เกิดขึ้นที่นี่



ภาพ : แสดงส่วนประกอบของอวัยวะสืบพันธุ์เพศหญิง

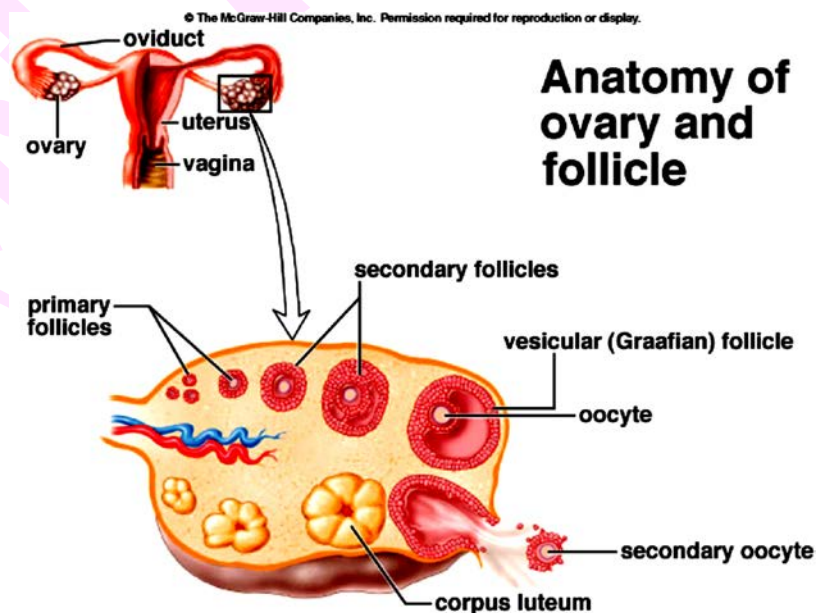
กระบวนการสร้างเซลล์ไข่ เริ่มจากเซลล์ที่จะเจริญไปเป็นเซลล์สืบพันธุ์หรือเรียกว่า โอโอโกเนีย (oogonia) จากการศึกษาพบว่าโอโอโกเนียนีมีในรังไข่ของทารกหญิงก่อนคลอดเป็นจำนวนมากและไปเป็นโอโอไซต์ ขั้นที่หนึ่ง (**primary oocyte**) เมื่อถึงเวลาใกล้คลอดจะเจริญและพัฒนาเป็นโอโอไซต์ขั้นที่หนึ่ง ระยะโพรเฟส I (prophase I) และจะหยุดอยู่ในระยะนี้จนกระทั่ง ทารกเพศหญิงเจริญเข้าสู่วัยรุ่น และวัยเจริญพันธุ์ โอโอไซต์ ขั้นที่หนึ่ง และเซลล์ที่ล้อมรอบเรียกว่า ฟอลลิเคิล (follicle) ฟอลลิเคิลบางส่วนจะเจริญและขยายขนาดขึ้น ทุกๆ รอบของวงจรประจำเดือน ขณะที่ฟอลลิเคิลเจริญขึ้น โอโอไซต์ขั้นที่หนึ่ง จะเข้าสู่การแบ่งเซลล์สืบพันธุ์โดยการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นไมโอซิสขั้นแรก แต่เนื่องจากการแบ่งโอโอไซต์ ขั้นที่หนึ่งนี้มีการแบ่งไซโตพลาสซึมไม่เท่ากัน ได้เซลล์ที่มีขนาดใหญ่เรียกโอโอไซต์ ขั้นที่สอง (**secondary oocyte**) และเซลล์ที่มีขนาดเล็กเรียกว่า โพลาร์บอดี ที่หนึ่ง (**first polar body**) โดยมากเมื่อมีการเจริญมาถึงขั้นนี้จะถึงระยะเวลาการตกไข่ (ovulation) เมื่อมีการปฏิสนธิ โอโอไซต์ ขั้นที่สอง จะแบ่งเซลล์ระยะไมโอซิสขั้นที่สองต่อไปและให้ โพลาร์บอดี ที่สอง (**second polar body**) และโอวูม (**ovum**) จะสังเกตว่ากระบวนการแบ่งเซลล์สืบพันธุ์ในแต่ละครั้ง ในแต่ละโอโอไซต์ ขั้นที่หนึ่ง จะให้เซลล์ไข่ที่เจริญเต็มที่ครั้งละเพียง 1 เซลล์นอกนั้นจะสลายไป



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

ภาพ : กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศหญิง

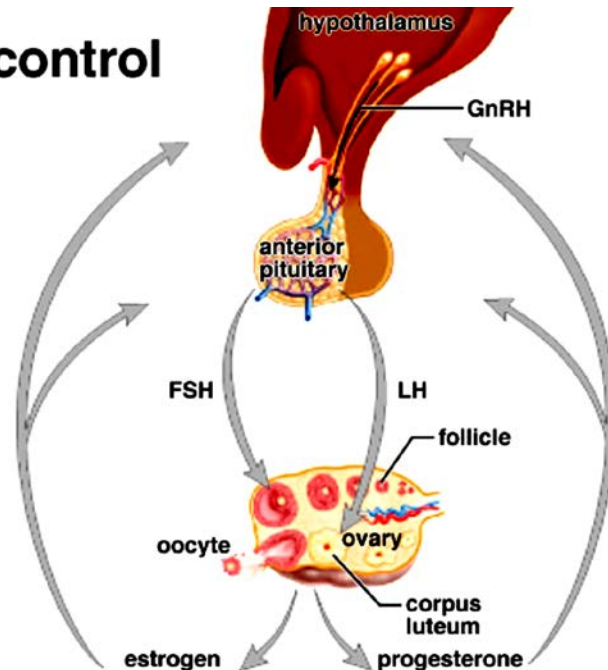
ขณะที่ฟอลลิเคิลเข้าสู่ระยะมาทิว (mature) จะเคลื่อนที่เข้าใกล้ผนังรังไข่รูปร่างคล้ายถุงน้ำ เซลล์ของฟอลลิเคิลจะหลั่งเอนไซม์โปรตีโอไลติก (proteolytic enzyme) ย่อยผนังรังไข่ทำให้ โอโอไซต์ ชั้นที่สอง ผ่านผนังรังไข่ออกเข้าสู่ช่องท้อง ฟอลลิเคิลที่เหลืออยู่ในรังไข่จะเจริญและพัฒนาเป็น คอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum)



ภาพ : แสดงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์สืบพันธุ์เพศหญิงในรังไข่

ฮอร์โมน FSH เป็นตัวกระตุ้นให้ฟอลลิเคิลเจริญและขยายขนาดขึ้นได้ และเมื่อฟอลลิเคิลเจริญขึ้นจะสร้างและหลั่งฮอร์โมน เอสโตรเจน (estrogen) ส่วนคอร์ปัสลูเทียมสร้างและหลั่งเอสโตรเจน (estrogen) และโปรเจสเตอโรน (progesterone) ซึ่งมีหน้าที่ควบคุมลักษณะชั้นที่สองของเพศหญิง ได้แก่ การมีเสียงแหลม นอกจากนั้นยังเกี่ยวข้องกับการเจริญของมดลูก การมีประจำเดือน

Hormonal control of ovaries

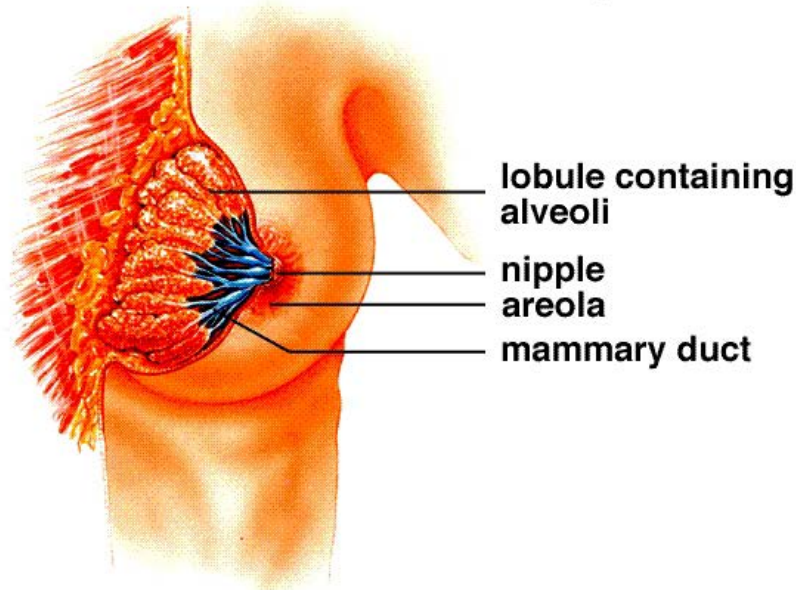


ภาพ : ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบสืบพันธุ์เพศหญิง

ท่อนำไข่ (fallopian tube หรือ uterine tube) ภายในท่อประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบ และ ซิเลีย (cilia) ช่วยในการเคลื่อนที่ของไข่ และบริเวณท่อนำไข่ส่วนต้นเป็นตำแหน่งสำคัญคือ บริเวณที่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น และถ้าไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้น ไข่จะสลายไปในที่สุดในกรณีท่อนำไข่เคยติดเชื้อมาก่อนแล้วบริเวณนั้นกลายเป็นแผลเป็น ส่วนนี้อาจเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของไข่ ทำให้เกิดการท้องนอกมดลูกขึ้นได้ หรือสตรีที่มีการอุดตันของท่อนำไข่ก็เป็นสาเหตุหนึ่งของการเป็นหมันได้

มดลูก (uterus) เป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างเหมือนลูกชมพู่หัวคว่ำลง ยาวประมาณ 7 เซนติเมตรกว้างประมาณ 4 – 5 เซนติเมตร ประกอบด้วยกล้ามเนื้อหนา ด้านในถูกบุด้วยเยื่อบุ มดลูกชั้นใน หรือที่เรียกว่าชั้นเอนโดมีเทรียม (endometrium) ในสตรีวัยเจริญพันธุ์ แต่ละเดือนผนังมดลูกชั้นในจะถูกกระตุ้นให้เจริญและเพิ่มความหนาเพื่อรองรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ (embryo) ในกรณีที่โอเอสโตรเจน ชั้นที่สองได้รับการผสมจะได้ไซโกต ไซโกตจะเคลื่อนที่เข้ามาฝังตัวที่ผนังมดลูกที่ชั้นเอนโดมีเทรียม เพื่อเจริญเติบโตและพัฒนารูปร่าง อวัยวะโดยอาศัยอาหารและออกซิเจนจากรก (placenta) แต่ถ้าไม่มีการปฏิสนธิเกิดขึ้นเอนโดมีเทรียมจะหลุดลอกออกมาปนกับเลือดกลายเป็นประจำเดือน

Breast Anatomy

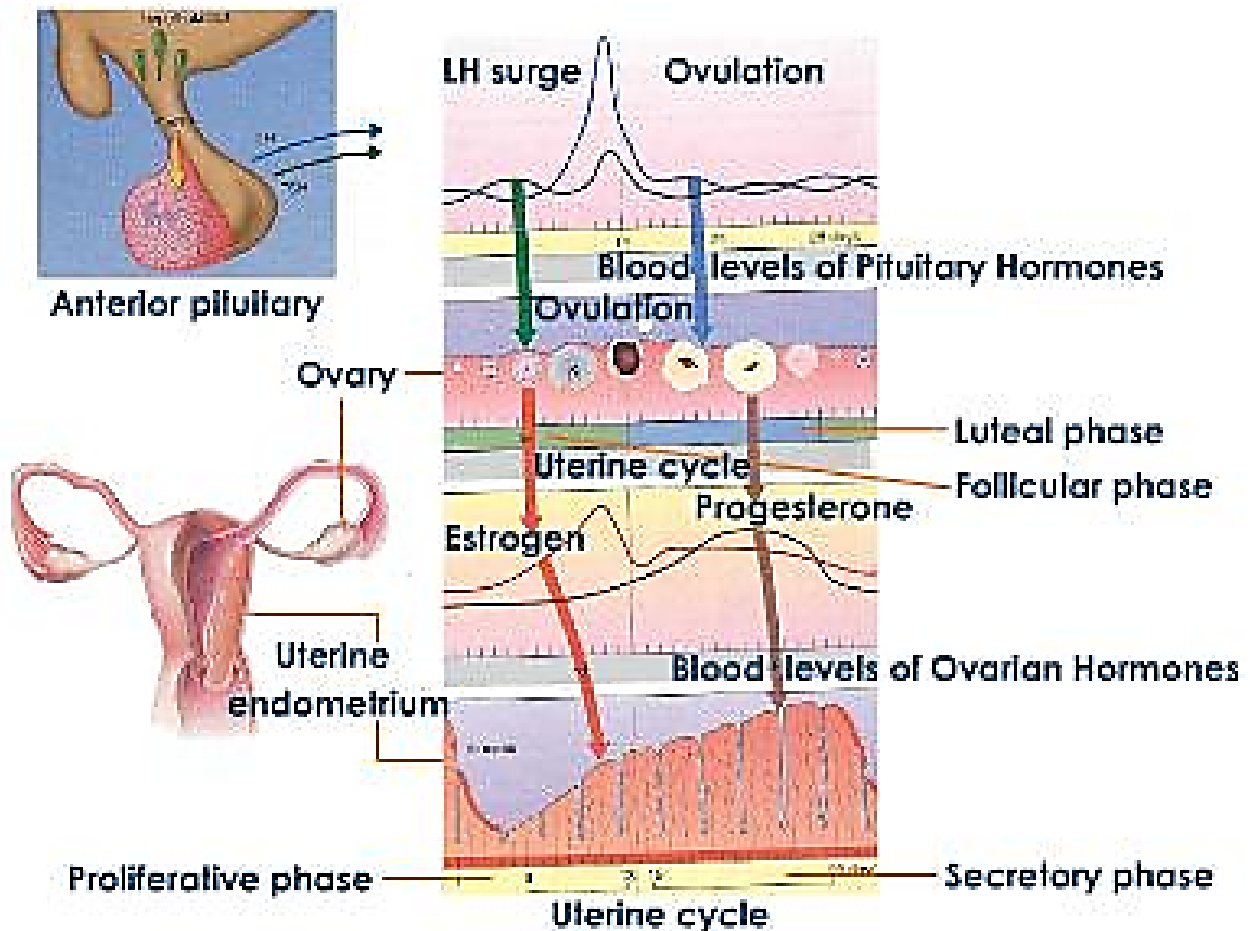


ภาพ : แสดงส่วนประกอบของเต้านม

การเลี้ยงบุตรด้วยน้ำนมจะส่งเสริมให้มดลูกเข้าอู่ไวขึ้นเพราะออกซีโทซินที่หลั่งออกมา ระหว่างการดูดนมจะกระตุ้นให้มดลูกเกิดการหดตัวเข้าสู่สภาพเดิม นอกจากนั้นบุตรที่ดื่มน้ำนม มารดาจะมีสุขภาพดี เพราะในน้ำนมมีสารที่จำเป็นต่อร่างกาย มีแอนติบอดี เป็นต้น นอกจากนี้ยัง เป็นการส่งเสริมความสัมพันธ์ระหว่างมารดาและบุตรให้มีความใกล้ชิดกัน

การทำงานของฮอร์โมนในระบบสืบพันธุ์เพศหญิง (hormone regulates reproduction)
ฮอร์โมนควบคุมการทำงานในระบบสืบพันธุ์เพศหญิงมีความซับซ้อนกว่าที่เกิดในเพศชาย ประกอบด้วยฮอร์โมนที่สำคัญอย่างน้อย 5 ชนิด ที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องและสัมพันธ์กันในวงจร ประจำเดือนและวงจรไข่(ovarian cycle) กลไกการทำงานของฮอร์โมนแบ่งออกเป็น 2 แบบคือกลไก สมองกลับแบบกระตุ้นและกลไกสมองกลับแบบยับยั้ง การทำงานที่ประสานกันของฮอร์โมน คือ ใน แต่ละเดือนขณะที่มีการเจริญเติบโตของฟอลลิเคิลและตกไข่ นั้น ส่วนของผนังมดลูกได้มีการ เตรียมพร้อมสำหรับการฝังตัวของเอ็มบริโอไปพร้อมกัน

เอสโตรเจน ทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญของระบบสืบพันธุ์ เมื่อเพศหญิงย่างเข้าสู่วัยรุ่น การ เจริญเติบโตของร่างกายและควบคุมลักษณะทางเพศขั้นที่ 2 ได้แก่การขยายของเต้านม กระดูกเชิงกรานการเจริญและพัฒนากล้ามเนื้อและการสะสมไขมันใต้ผิวหนัง



ภาพ : แสดงระดับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนเพศหญิงและผนังมดลูกในแต่ละรอบเดือน

การมีประจำเดือนของเพศหญิงเริ่มตั้งแต่วัยเข้าสู่วัยรุ่น จนถึงวัยอายุประมาณ 50 ปี วงจรประจำเดือนเกิดทุกๆ 28 วัน วันแรกของวงจรคือวันที่มีประจำเดือนไหลออกมาจากช่องคลอด ส่วนการตกไข่จะเริ่มจากวันที่ 14 ของวงจรประจำเดือน โดยฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัส ต่อมใต้สมองส่วนหน้าและจากรังไข่ จะทำหน้าที่ควบคุมวงจรประจำเดือน

ประชากรกับการคุมกำเนิด



การคุมกำเนิด(contraception)เป็นวิธีป้องกันการตั้งครรภ์สำหรับหญิงที่ไม่พร้อมจะมีบุตร การคุมกำเนิดมีหลายวิธีให้เลือกใช้ตามความเหมาะสม แบ่งออกเป็น 3 วิธีใหญ่ๆ คือ การป้องกันการเกิดปฏิสนธิ(prevent sperm and egg from meeting) การป้องกันการฝังตัวของตัวอ่อน (prevent implantation)และการยับยั้งการตกไข่และสเปิร์ม (prevent release of gamete)

1. การป้องกันการปฏิสนธิ (prevent sperm and egg from meeting)

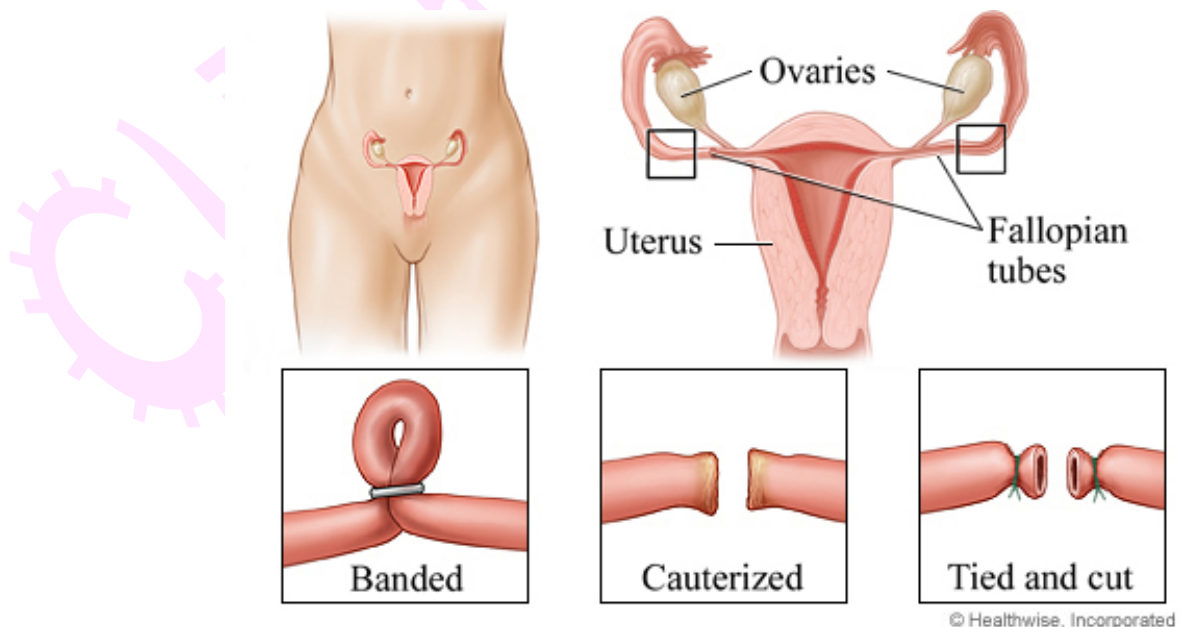
การมีประจำเดือนของเพศหญิงเริ่มตั้งแต่วัยเข้าสู่วัยรุ่น จนถึงวัยอายุประมาณ 50 ปี วงจรประจำเดือนเกิดทุกๆ 28 วัน วันแรกของวงจรคือวันที่มีประจำเดือนไหลออกมาจากช่องคลอด ส่วนการตกไข่จะเริ่มจากวันที่ 14 ของวงจรประจำเดือน โดยฮอร์โมนจากไฮโปทาลามัส ต่อมใต้สมองส่วนหน้าและจากรังไข่ จะทำหน้าที่ควบคุมวงจรประจำเดือน

1.1. การคุมกำเนิดแบบนับวัน (rhythm method) เป็นวิธีการหลีกเลี่ยงการมีเพศสัมพันธ์ในช่วงไข่ตก จากการศึกษพบว่าไข่ที่ตกออกมาสามารถมีชีวิตอยู่ในท่อนำไข่ได้นาน 24 ถึง 24 ชั่วโมง ส่วนสเปิร์มอยู่ในท่อนำไข่ได้นานถึง 72 ชั่วโมง ดังนั้นการคุมกำเนิดโดยวิธีนี้จึงควรหลีกเลี่ยงการมีเพศสัมพันธ์ในช่วง 7 วันก่อนและหลังไข่ตก ประสิทธิภาพของการคุมกำเนิดด้วยวิธีนี้ต้องใช้ควบคู่ไปกับการรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในร่างกาย การเปลี่ยนแปลงของเมือกในช่องคลอด เป็นต้น อัตราการตั้งครรภ์จากการคุมกำเนิดแบบนับวัน คือ 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

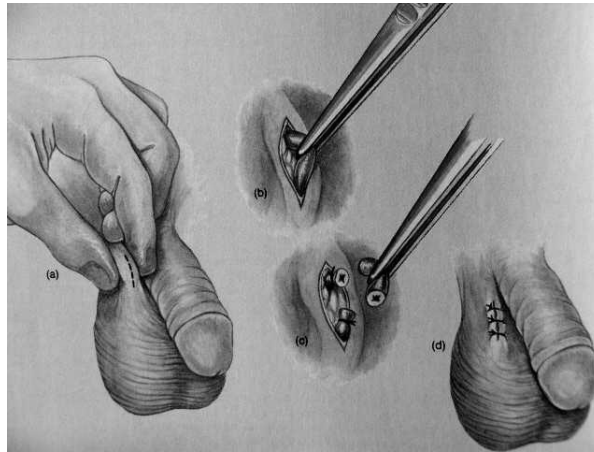
1.2. การใช้ถุงยางอนามัย (condoms method) เป็นกลไกคุมกำเนิดที่ใช้กับฝ่ายชาย เป็นวิธีป้องกันสเปิร์มเข้าไปในระบบสืบพันธุ์ของเพศหญิงข้อดีของวิธี การใช้ถุงยางอนามัยนอกจากใช้คุมกำเนิดแล้ววิธีนี้ยังสามารถป้องกันโรคเอดส์และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ได้

1.3. การใช้ไดอะแฟรม (diaphragm) เป็นวิธีการคุมกำเนิดโดยใช้ฝาครอบปากมดลูก เพื่อป้องกันการเข้าไปปฏิสนธิของสเปิร์ม การคุมกำเนิดโดยวิธีนี้ก่อนใช้มักจะทาครีมลงบนไดอะแฟรมเพื่อฆ่าสเปิร์ม อัตราการตั้งครรภ์โดยวิธี การใช้ถุงยางอนามัยและ การใช้ไดอะแฟรม น้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

- 1.4. การหลั่งภายนอก (**withdrawal method**) วิธีคุมกำเนิดโดยฝ่ายชายจะหลั่งซีเมนภายนอกกระบบสืบพันธุ์เพศหญิง การคุมกำเนิดด้วยวิธีนี้พบว่าโอกาสในการตั้งครรภ์มีสูงถึง 22 เปอร์เซ็นต์
- 1.5. การทำหมันถาวร (**sterilization**) การคุมกำเนิดแบบถาวร อัตราการตั้งครรภ์ 0.15 เปอร์เซ็นต์ การคุมกำเนิดแบบถาวรมี 2 ประเภท
- 1) การทำหมันหญิง (**tubal ligation**) โดยการตัดท่อนำไข่ แล้วผูกปลายแต่ละส่วนที่ตัดออก เป็นวิธีการคุมกำเนิดที่นิยมอย่างแพร่หลายในสตรีที่มีอายุเกิน 30 ปี โดยพบว่าวิธีนี้เพศหญิง 1 ใน 4 เลือกใช้
 - 2) การทำหมันชาย (**vasectomy**) โดยการตัดท่อนำสเปิร์มหรือวาสดิเฟรนส์แล้วผูกปลายแต่ละส่วนที่ถูกตัดออกเพื่อยับยั้งการเคลื่อนที่ของสเปิร์มออกนอกร่างกาย ไม่มีผลข้างเคียงเกิดขึ้น การผลิตสเปิร์มปกติ แต่อาจช้าลงและถูกเซลล์เม็ดเลือดขาวจับกิน ส่วนของปริมาณซีเมนต์ผลิตได้ในปริมาณปกติ การผ่าตัดกลับคืนสู่สภาพเดิมพบว่าประสบความสำเร็จ 70 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการทำหมันเกิน 70 ปีขึ้นไป โอกาสจะกลายเป็นหมันสูงถึง 70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพราะการพัฒนาแอนติบอดีในร่างกายที่เข้าทำลายสเปิร์มของตนเอง



ภาพ : การทำหมันหญิง (tubal ligation)



ภาพ : การทำหมันชาย (vasectomy)

2. การป้องกันการฝังตัวของตัวอ่อน (prevent implantation)

เป็นวิธีการคุมกำเนิดโดยวิธีการใส่ห่วง (intrauterine device หรือ IUD) ซึ่งเป็นพลาสติกรูปกลมหรือโค้งขนาดเล็ก สอดเข้าไปในมดลูกโดยแพทย์ผู้ชำนาญ การใส่ครั้งหนึ่งอาจทิ้งไว้ได้นานถึง 10 ปีหรือจนต้องการมีบุตร วิธีการคุมกำเนิดแบบนี้มีประสิทธิภาพถึง 90 เปอร์เซ็นต์ กลไกการทำงานของวิธีการนี้ยังไม่สามารถระบุได้ชัด แต่พบว่าร่างกายผลิตเม็ดเลือดขาวออกมาต่อต้านสิ่งแปลกปลอมข้อเสียของการคุมกำเนิดแบบใส่ห่วงคือ เลือดไหลกระปริดกระปอยและเป็นลิ่ม เสี่ยงต่อการอักเสบของมดลูก ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้

3. การยับยั้งการตกไข่และสเปิร์ม (prevent release of gamete)

เป็นการคุมกำเนิดโดยการใช้ออร์โมน เป็นการป้องกันการตกไข่ มีหลายประเภทให้เลือกใช้ เช่น รับประทานยาคุมกำเนิด (oral pill) การฉีดยาคุมกำเนิด (DMPA หรือ Depo-Provera) การฝังแคปซูลใต้ผิวหนัง (norplant)

3.1. รับประทานยาเม็ดคุมกำเนิด เป็นการป้องกันการตกไข่ จากการสำรวจพบว่า 80 เปอร์เซ็นต์ที่สตรีทั่วโลกนิยมใช้ ยาเม็ดคุมกำเนิดเป็นยาที่ประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด คือ ฮอร์โมนโพรเจสทิน (โพรเจสเทอโรนสังเคราะห์) และเอสโตรเจน (เอสโตรเจนสังเคราะห์) ซึ่งมีผลไปยับยั้งการหลั่ง LH และ FSH วิธีการใช้ คือรับประทานครั้งละ 1 เม็ดเป็นเวลา 3 สัปดาห์แล้วหยุดสัปดาห์ต่อไปจะเว้นการรับประทาน แต่บางบริษัทจะให้รับประทานน้ำตาลหรือวิตามินอัดเม็ดโดยไม่มีการเว้น หลังจากนั้นเมื่อขาดฮอร์โมนประจำเดือนจะไหล พบว่าเมื่อใช้อย่างถูกวิธีการคุมกำเนิดด้วยวิธีนี้จะมีประสิทธิภาพสูงถึง 99.7 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาพบว่าการใช้ยาคุมกำเนิดที่ใช้โดสต่ำๆ พบว่าเป็นผลดีต่อสตรีที่ไม่สูบบุหรี่จนเข้าสู่วัยทอง แต่สตรีที่มีอายุเลย 35 ปีขึ้นไปที่มีพฤติกรรมในการสูบบุหรี่หรือมีความดันโลหิตสูง การใช้ยาคุมกำเนิดจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ

3.2. การคุมกำเนิดแบบฉุกเฉิน (emergency contraception) ยาเม็ดคุมกำเนิดแบบฉุกเฉินนี้ เป็นยาที่ใช้หลังการมีเพศสัมพันธ์ ภายใน 72 ชั่วโมง แพทย์ให้ใช้สำหรับสตรีที่ถูกข่มขืน และกรณีอื่นๆ ที่ไม่สามารถป้องกันได้ในขณะมีเพศสัมพันธ์ได้ ยาที่ใช้ต้องมีความเข้มข้น(dose)ที่สูงมากและไปมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในผนังมดลูกชั้นเอนโดมีเทรียม มีประสิทธิภาพในการป้องกันการตั้งครรภ์

ได้ 75 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าถ้าใส่ห่วงเข้าไปเสริมทันทีในสัปดาห์แรก มีประสิทธิภาพถึง 95 เปอร์เซ็นต์ การคุมกำเนิดด้วยวิธีการนี้ไม่จัดเป็นการทำแท้ง เพราะถ้าการคุมกำเนิดไม่ได้ผลและเกิดการตั้งครรภ์ขึ้นทารกจะไม่ได้รับอันตรายแต่อย่างใด

3.3. การฉีดยาคุมกำเนิด เป็นการป้องกันการตกไข่ได้อีกวิธีหนึ่ง เป็นการฉีดฮอร์โมนโปรเจสติน ฮอร์โมนนี้ออกฤทธิ์โดยกดการทำงานของต่อมใต้สมองส่วนหน้า วิธีใช้ คือฉีดเข้ากล้ามเนื้อเนื้อของสตรีที่ต้องการคุมกำเนิดทุก ๆ 3 เดือน

3.4. การฝังแคปซูลเข้าใต้ผิวหนัง เป็นการฝังฮอร์โมนโปรเจสตินที่เป็นแคปซูลบริเวณใต้ท้องแขน ฮอร์โมนนี้จะถูกปล่อยออกจากแคปซูลแต่น้อย ๆ อย่างต่อเนื่องในกระแสเลือด ไปมีผลยับยั้งการตกไข่และกระตุ้นการหลั่งเมือกเหนียวในช่องคลอด การฝังแคปซูลนี้จะอยู่ได้ 5 ปี แต่มีผลข้างเคียงสำหรับผู้ใส่ คือ การมีประจำเดือนกระปริดกระปอยอาจนานถึง 1 ปี

4. การแท้ง (abortion) หมายถึง ภาวะสิ้นสุดการตั้งครรภ์ก่อนถึงกำหนดคลอดตามปกติ เนื่องจากการตายของตัวอ่อนหรือทารก จากการสำรวจทั่วโลกพบว่าแต่ละปีมีการทำแท้งบุตรเกิดขึ้น 40 ล้านคน การทำแท้งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

- 4.1. การแท้งเอง (spontaneous abortion)** การแท้งแบบนี้เกิดจากความผิดปกติของตัวอ่อนเองพบประมาณ 1 ใน 3 ของหญิงตั้งครรภ์
- 4.2. การทำแท้งเพื่อการรักษา (therapeutic abortion)** เป็นวิธีการทำแท้งเพื่อรักษาชีวิตของแม่ที่มีปัญหาด้านสุขภาพทางกายหรือจิตใจ หรือเมื่อพบความผิดปกติของตัวอ่อน
- 4.3. การทำแท้งเพื่อการคุมกำเนิด** ซึ่งเป็นการทำแท้งที่ใช้แตกต่างกันตามอายุทารก เช่น ช่วง 3 เดือนแรก อาจใช้วิธีการดูดออก หลังจาก 3 เดือนขึ้นไปอาจใช้วิธีการถ่างขยายปากมดลูกและดูดออก เป็นต้น

โครงสร้างของประชากรมนุษย์

ประชากร คือ กลุ่มสิ่งมีชีวิตสปีชีส์เดียวกัน ในแหล่งที่อยู่เดียวกัน และ ช่วงเวลาเดียวกัน

➡ ขนาดประชากร (Population size) : ขึ้นอยู่กับ



➡ ความหนาแน่นของประชากร (Population density)

$$\text{ความหนาแน่นของประชากร} = \frac{\text{จำนวนสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกัน}}{\text{พื้นที่หรือปริมาตร}}$$

▶ การวัดขนาดของประชากร

1. โดยการนับทั้งหมด : ลักษณะของประชากรที่จะใช้วิธีนี้ได้ คือ

- ต้องมีจำนวนไม่มากเกินไป
- ชอบอยู่กันเป็นกลุ่มก้อน
- พื้นที่ไม่กว้างใหญ่มาก

2. โดยการสุ่มตัวอย่าง : เป็นการนับประชากรบางส่วน ซึ่งสุ่มเอาโดยไม่มีอคติแล้วนำมาคำนวณหาจำนวนประชากร โดยการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ วิธีนี้ เหมาะกับสิ่งมีชีวิตที่ไม่เคลื่อนที่ เช่น พืช หรือเพรียงหิน เป็นต้น

3. โดยการทำเครื่องหมายแล้วปล่อยกลับไปเพื่อจับใหม่ :

- Mark and recapture method
- นิยมใช้กับสัตว์ป่า
- จับสิ่งมีชีวิตมาติดเครื่องหมายแล้วปล่อยกลับไป แล้วสุ่มจับสิ่งมีชีวิตกลับมาใหม่อีกรอบ (สิ่งมีชีวิตใหม่ + สิ่งมีชีวิตที่ติดเครื่องหมาย) แล้วนำมาคำนวณโดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{จำนวนประชากร} = \frac{\text{จำนวนสัตว์ที่ติดเครื่องหมายในครั้งแรก} \times \text{จำนวนสัตว์ที่จับได้ทั้งหมด}}{\text{จำนวนที่ถูกติดเครื่องหมายในครั้งต่อมา}}$$

- ตัวอย่าง : ณ หุ่นจำลองสัตว์นา นักวิทยาศาสตร์ จะทำการสำรวจประชากรมัลลาย โดยทำการสุ่มจับมัลลายมาทำเครื่องหมาย 10 ตัว จากนั้นปล่อยกลับเข้าไปรวมกับฝูงตามเดิม ผ่านไป 1 สัปดาห์ นักวิทยาศาสตร์ได้สุ่มจับมัลลายฝูงเดิมอีกรอบ เป็นจำนวน 20 ตัว และพบว่ามัลลายที่เคยทำเครื่องหมายในครั้งแรก จำนวน 5 ตัว จงหาจำนวนประชากรมัลลาย

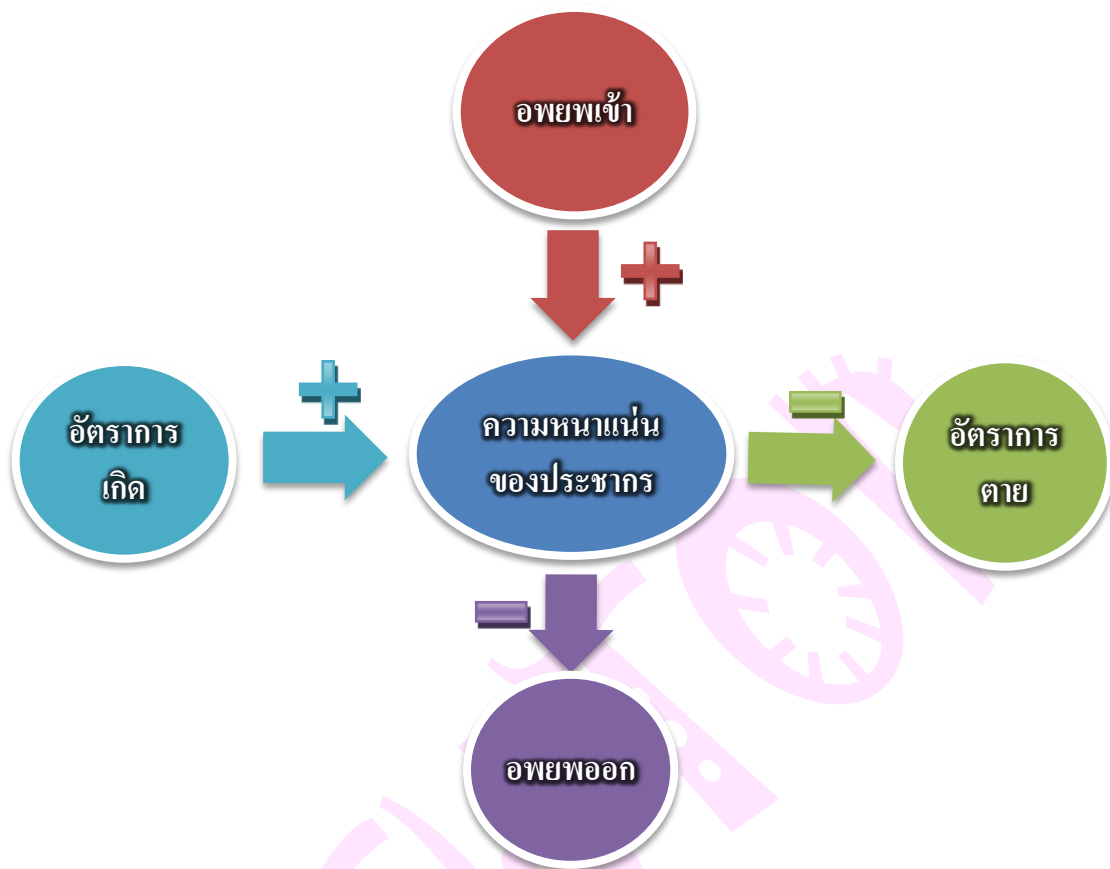
4. โดยดูจากร่องรอยของสัตว์: เช่น รอยเท้า เสียงร้อง กลิ่น อุจจาระ วิธีนี้ใช้เป็นเพียงแค่การประเมินอย่างคร่าว ๆ เท่านั้น

► ความหนาแน่นของประชากร : มี 2 ประเภท

1. ความหนาแน่นอย่างหยาบ : คัดจำนวนประชากรต่อพื้นที่ทั้งหมด
2. ความหนาแน่นเชิงนิเวศ : คัดจำนวนประชากรต่อพื้นที่ที่อาศัยอยู่จริง

► ตัวกำหนดความหนาแน่นของประชากร : คือสิ่งที่ทำให้ความหนาแน่นของประชากรเปลี่ยนแปลง เพิ่มขึ้น หรือลดลง ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง ได้แก่

1. อัตราการเกิด (Birth rate หรือ natality)
2. อัตราการตาย (Death rate หรือ mortality)
3. อัตราการอพยพเข้า (immigration)
4. อัตราการอพยพออก (emigration)

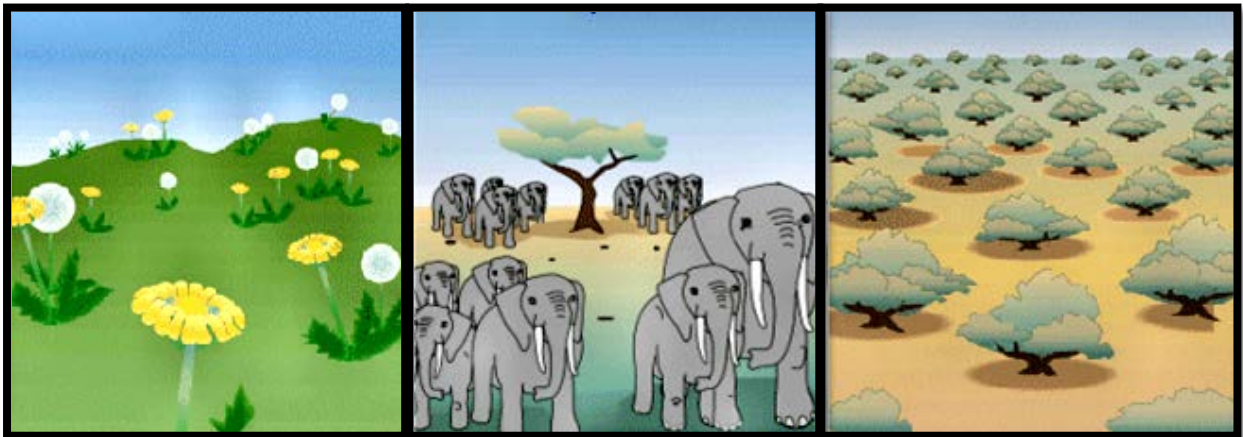


▶ สิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อตัวกำหนดความหนาแน่นของประชากร

- I. ปัจจัยทางกายภาพ : ได้แก่ แสงสว่าง อุณหภูมิ ลม ความชื้น พื้นที่ที่จำกัด
- II. ปัจจัยทางชีวภาพ : ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่ทำหน้าที่เป็นผู้ล่าหรือปรสิต

➡ **การแพร่กระจายของประชากร** : ซึ่งสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพและทางชีวภาพ แบ่งเป็น 3 รูปแบบ

- 1) **แพร่กระจายแบบสุ่ม (random distribution)** คือปัจจัยอุดมอย่างสม่ำเสมอ อยู่ที่ไหนก็เหมือนกัน เช่น ต้นไม้ในป่าดงดิบ
- 2) **แพร่กระจายแบบกลุ่ม (clumped distribution)** คือปัจจัยกระจายไม่สม่ำเสมอ จึงต้องอาศัยอยู่ในที่มีปัจจัยนั้นๆ เช่น ผึ้งสัตว์ที่โอเอซิสกลางทะเลทราย
- 3) **แพร่กระจายแบบสม่ำเสมอ (uniform distribution)** คือปัจจัยขาดแคลนทั่วกัน จึงอยู่ห่างๆเท่ากัน จะได้ไม่แก่งแย่งปัจจัย เช่น พืชที่อยู่กลางทะเลทราย



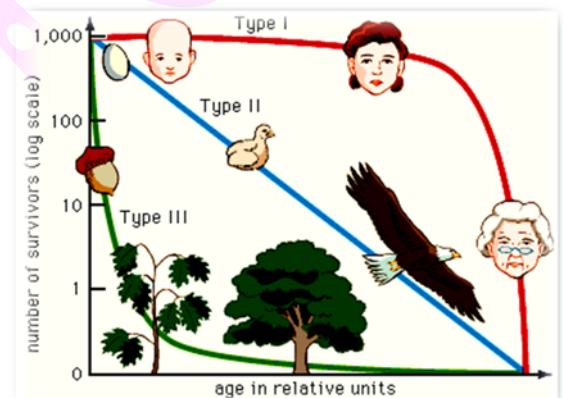
Random

Clumped

Uniform

➡ อัตราการอยู่รอดของประชากร : แบ่งสัตว์เป็น 3 พวก อธิบายได้ดังกราฟ

- I. ตอนเด็กๆ มีโอกาสรอดสูงเพราะมีพ่อแม่ดูแล เมื่อแก่ขึ้นจึงค่อยๆ ตายด้วยความแก่ เช่น สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
- II. ไม่ว่าอายุเท่าไรอัตราการรอดชีวิตก็เท่ากัน เช่น นก เต่า
- III. ตอนเด็กๆ พ่อแม่จะออกลูกทีละมากๆ แต่รอดโตมาได้นิดเดียว เช่น ปลา หอย แมลง ต้นไม้



➡ รูปแบบการเพิ่มของประชากร : มี 2 ชนิด

- 1) Exponential growth : เป็นกราฟรูปตัว J แบ่งออกเป็น 2 ระยะ
 - I. Lag phase → เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ
 - II. Exponential growth phase → เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
- 2) Logistic growth : เป็นกราฟรูปตัว S หรือ sigmoid graph แบ่งเป็น 4 ระยะ
 - I. เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ
 - II. เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
 - III. เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ
 - IV. แทบจะไม่เพิ่มขึ้นเลย

➡ โครงสร้างอายุ (age structure) : ในมนุษย์แบ่งช่วงอายุออกเป็น

วัยก่อนเจริญพันธุ์	วัยเจริญพันธุ์	วัยหลังเจริญพันธุ์
• เกิด - 14 ปี	• 15 - 44 ปี	• 45 ปี ขึ้นไป

แสดงได้ด้วยแผนภาพโครงสร้างอายุของประชากรเป็นพีระมิดแยกชายหญิง มี 4 ชนิด ได้แก่

1. แบบฐานกว้างยอดแหลม

- ขนาดประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
- มีเด็กมาก อัตราการเกิดสูงกว่าอัตราการตาย
- เกเนีย ไนจีเรีย

2. แบบกรวยปากแคบ

- ขนาดประชากรเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ
- อัตราการตายลดลง อายุขัยมากขึ้น
- อเมริกา แคนาดา ออสเตรเลีย ไทย

3. แบบระฆังคว่ำ

- ขนาดประชากรคงที่ คนแก่มากขึ้น
- สเปน เดนมาร์ก ออสเตรีย อิตาลี

4. แบบดอกบัวตูม

- อัตราการเกิดและตายต่ำ ขนาดประชากรลดลง
- อายุขัยมากขึ้น
- สิงคโปร์

