

บทความพิเศษ

ความลับของเกรียวยบันไดเวียน สู่การดันพับโครงสร้างรหัสพันธุกรรม (DNA)

สิงคโปร์ คณะกรรมการ
มหาวิทยาลัยคริสตุเมือง

เป็นเวลากว่า 1000 ปีแล้วก่อนการค้นพบโครงสร้างของหน่วยถ่ายรหัสกรรม มนุษย์เราทราบว่ามีประภากลุ่มที่ลักษณะพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตมีการถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง ในงานที่เกี่ยวข้องกับงานปศุสัตว์ถ้าต้องการให้ได้ถูกพันธุ์ต้องมีการคัดเลือกมาจากพ่อแม่พันธุ์ที่มีลักษณะเด่น แต่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเรื่องของการถ่ายทอดพันธุ์นั้นยังไม่มีโครงสร้างจนกระทั่งศตวรรษที่ 20

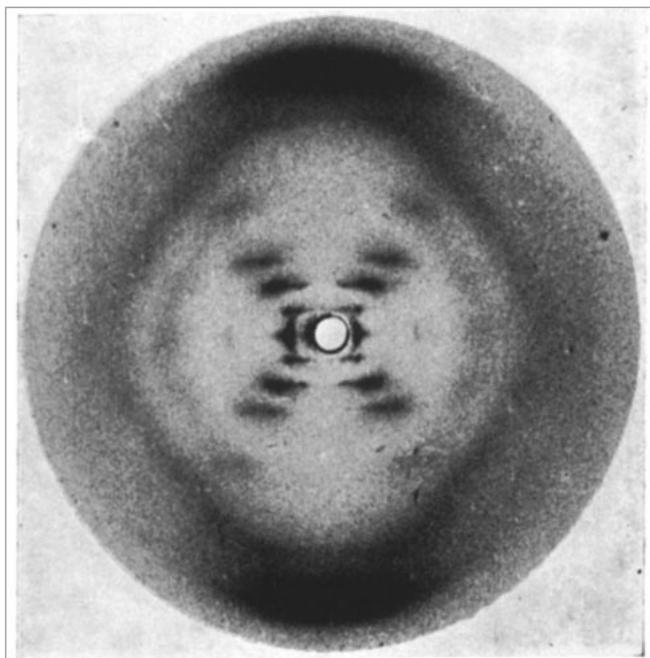
การค้นพบ DNA เริ่มต้นในปี 1860 โดยนักชีวเคมีชาวเยอรมัน เฟรดเดอริก ไมเชอร์ (Friedrich Miescher) ซึ่งทำงานที่ห้องทดลองฟีลิกซ์ โฮปเพเลอร์ (Felix Hoppe-Seyler) ที่มหาวิทยาลัยเทอร์บินเกน (Tubingen) ในเยอรมัน ช่วงเวลาเดียวกับที่นักวิทยาศาสตร์รังอกลีดี้ยังกันเรื่องเกี่ยวกับแนวคิดของเซลล์ ที่ห้องทดลองไมเชอร์ได้ถูกมองหมายให้ทำการวิจัยหาส่วนประกอบของเซลล์เม็ดเลือดขาวและเซลล์ต่อมน้ำเหลือง ไมเชอร์ได้ทำการแยกโมเลกุลที่ประกอบขึ้นเป็นเซลล์ เซลลังกล่าวหาก็จะถูกสกัดแยกออกจากต่อมน้ำเหลืองแต่หากสามารถแยกออกมานำมาศึกษาได้จากแหล่งที่ติดเชื้อ จากนั้นเขาได้ทดลองแยกโมเลกุลออกมายังไห้เป็นสารสีขาวที่มีคุณสมบัติเป็นกรดที่เรียกว่า นิวเคลอีน (Nuclein) ซึ่งพบว่ามีส่วนประกอบของไข้โตรเจนและฟอสฟอร์ส่วนทั้งสองนี้ ไข้โตรเจนและออกซิเจน ผลงานของไมเชอร์ที่เกี่ยวกับกรดนิวเคลอีนยังไม่ได้พิมพ์จนกระทั่งปี 1871 หลังจากนั้น 2 ปีหลังจากการค้นพบเพื่อเป็นการยืนยันให้แน่ใจเข้าจึงได้มีการทดลองซ้ำอีกหลายครั้ง

ในปี 1865 พระชาวอสเตรีย เกรгор เมนเดล (Gregor Mendel) พบว่าหน่วยที่ถ่ายทอดพันธุ์จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งนั้นจะเป็นหน่วยที่เรียกว่ายีนส์ (Genes) ผลงานของเมนเดลไม่ค่อยได้รับความสนใจมากนักในช่วงที่เขาค้นพบจนกระทั่งศตวรรษที่ 20 หลังจากนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงได้ยืนยันผลการทดลองของเมนเดลเกี่ยวกับกฎของการถ่ายทอดพันธุ์ หลังจากที่นักชีวเคมีชาวเยอรมันไมเชอร์ได้พัฒนาระบบไอลีเมอร์สายยาวของนิวเคลอีโน่ให้ติดต่อกันจนได้ชื่อว่า Ribose หรือ Deoxyribose ซึ่งจะเป็นส่วนประกอบของ RNA และ DNA ตามลำดับ ในช่วงที่ไมเชอร์ค้นพบกรดนิวเคลอีนที่พระชาวอสเตรีย เกรเกอร์ เมนเดล (Gregor Mendel) และนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชาลส์ ดาร์วิน (Charles Darwin) ที่ได้พิมพ์ผลงานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพันธุกรรมจากการศึกษาพันธุ์ถั่วและทุขหญ้าวิวัฒนาการแต่ก็ยังไม่มีการให้ความสนใจกับการค้นพบสารประกอบที่ไมเชอร์พบ ซึ่งจะเป็นกุญแจสำหรับเรื่องราวทั้งหมด ว่าที่จริงแล้ว DNA คือส่วนสำคัญที่ควบคุมการถ่ายทอดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ในปี 1943 ชาวอเมริกันสองคน อเวอร์ (Oswald Avery) นักวิจัยที่สถาบันริอิกี้เฟลเลอร์ที่นิวยอร์กได้พิสูจน์ว่า DNA ทำหน้าที่เก็บข้อมูลทางด้านพันธุกรรมและเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพันธุ์ โดยเขาได้อธิบายว่ายีนส์หรือสิ่งที่สืบทอดมาของสิ่งมีชีวิตนั้นคือ DNA ซึ่งในขณะนั้นคนส่วนใหญ่จะเชื่อว่ายีนส์หรือข้อมูลทางพันธุกรรมอยู่ในรูปของโปรตีน ไม่ใช่กรดนิวเคลอีก จนกระทั่งปี 1940 จึงเป็นที่ยอมรับกันว่า DNA เป็นโมเลกุลที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพันธุกรรม แต่โครงสร้างของ DNA นั้นก็ยังไม่มีโครงสร้าง เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงหลักการในการถ่ายทอดพันธุ์ จากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ก็ยังคงต้องค้นหาต่อว่าโครงสร้างของโมเลกุลนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร

ร่างกายของคนเราประกอบด้วยเซลล์เป็นล้าน ๆ เซลล์ที่ทำงานเหมือนวงคุณตระวิ่งใหญ่ที่ทำงานประสานกันในทุกส่วนของเซลล์ร่างกายจะประกอบไปด้วยหน่วยพันธุกรรมหรือ DNA ที่ประกอบด้วยรหัสของเบส 4 ชนิดคือ Adenine (A) Cytosine (C) Guanine (G) และ Thymine (T) ซึ่งลำดับของเบสนี้จะมีการเรียงตัวเหมือนกันในทุกๆ เซลล์ของคนๆ นั้น DNA เป็นส่วนที่สามารถใช้ระบุตัวตนของบุคคลในทางนิติเวชได้ถึงแม้มันจะแต่ละเซลล์ในร่างกายจะมีรหัส DNA ที่เหมือนกันแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่ต่างกัน ในตอนเริ่มต้นเซลล์ในร่างกายจะมีลักษณะเหมือนกับเซลล์ที่ให้กำเนิด จากนั้นจะมีการเปลี่ยนรูปร่างไปตามหน้าที่มีจะนั้นเซลล์จะมีสภาพไม่ต่างไปจากเซลล์ไป การที่เซลล์มีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ชนิดใหม่เป็นผลมาจากการกำหนดใน DNA ว่าให้ปิดหรือเปิด โดยขึ้นกับรหัสคำสั่งที่เก็บไว้ ในทุกๆ เซลล์ยกเว้นเซลล์เม็ดเลือดแดงจะมีนิวเคลียสหรือแกนที่อยู่กลางเซลล์ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเสมือนศูนย์ควบคุมกำหนดการเจริญเติบโตของร่างกาย การเผาผลาญอาหารและหน้าที่อื่นๆ ที่ส่วนต่างๆ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลด้านพันธุกรรมของมนุษย์หรือที่เรียกว่า จีโนม (Genome) ในจีโนมของคนเราจะประกอบด้วย 2 เซ็ตของโครโมโซม 23 คู่หรือ 46 โครโมโซม ซึ่งจะได้มาจากการพ่อและแม่เมื่อยัง胎ครรภ์ กว่า 97 %ของจีโนมจะประกอบด้วยลำดับที่ไม่ทราบหน้าที่ ที่เหลือจะเป็นส่วนที่กำหนดครูปแบบกว่า 70,000 แบบหรือที่เรียกว่ายีนส์ ในทางชีววิทยาคำว่าจีโนม (Genome) ของสิ่งมีชีวิตหมายถึงข้อมูลทั้งหมดที่มีการสืบทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง โดยจะมีการเข้ารหัสไว้ใน DNA ถ้าเป็นในไวรัสก็จะเป็น RNA ซึ่งจะรวมถึงยีนส์และลำดับเบสที่ไม่มีความหมาย คำว่าจีโนมเป็นคำที่ดึงขึ้นโดยชานส์ วิงค์เลอร์ (Hans Winkler) ศาสตราจารย์ทางด้านพุทธศาสตร์ที่มหาวิทยาลัยแม่เบริกในเยรมันหรือเรียกอีกในแบบหนึ่งได้ว่าจีโนมเป็นลำดับของ DNA ที่ครบชุดของโครโมโซมหนึ่งชุดนั่นเอง ในปี 1948 ลินัส พอลลิง (Linus Pauling) ได้ค้นพบว่ามีโปรตีนหลายชนิดที่มีรูปร่างเป็นแบบอัลฟ่าไฮลิก (α -helix) ที่มีลักษณะหมุนตัวเป็นเกรียวเหมือนคาดสาปริ้ง

ในปี 1950 นักชีวเคมี เออร์วิน ชากราฟ (Erwin Chargaff) พยายการเรียงตัวของในโครงเจนที่เป็นค่าใน DNA มีการเปลี่ยนแปลงได้หากายแบบแต่ตัวราส่วนของด่างจะมีค่าเป็นหนึ่งต่อหนึ่ง การค้นพบทั้งสองนี้มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อมาภายหลังสำหรับการค้นพบโครงสร้าง DNA ในเดือนปี 1950 การแบ่งขั้นการค้นหาโครงสร้างของ DNA เริ่มต้นที่มหาวิทยาลัยเคมบริดจ์คึกคักยาระดับบัณฑิตศึกษา แฟรงซิส คริก (Francis Crick) และผู้ช่วยวิจัยเจมส์ วัตสัน (James Watson) ได้สนใจงานที่พอลลิงทำการวิจัย ในขณะเดียวกันที่ King's College ในลอนดอน มอริส วิลคิน (Maurice Wilkins) และโรสชาลิน แฟรงกิน (Rosalind Franklin) ที่กำลังศึกษาโครงสร้างของ DNA ด้วยชั้นกัน ทีมของมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ใช้การสร้างแบบจำลองทางพิสิกส์เพื่อสร้างภาพโครงสร้างของโมเลกุล ในขณะที่ทีมของ King's College จะใช้การทดลองคุณภาพการหักเหของพลักก์ โดยรังสีเอ็กซ์ สำหรับโรสชาลิน แฟรงกิน นั้นเธอจับปริญญาจากมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์ในปี 1945 และในปี 1951 เธอก็ได้มาทำงานเป็นนักวิจัยกับจอห์น แรนดอล (John Randall) ที่ King's College ในขณะที่ทำการวิจัยกับร่องของ DNA นั้น โรสชาลินได้พบว่า DNA สามารถถูกพลักก์ได้เป็น 2 แบบคือแบบ A และแบบ B จากนั้นเธอได้ทำการวิเคราะห์หาโครงสร้างโดยอาศัยเทคนิคการหักเหของรังสีเอ็กซ์ในพลักก์หรือที่เรียกว่า X-ray Crystallography ของ DNA ภาพที่ได้เป็นภาพถ่ายที่ยืนยันโครงสร้างของ DNA ว่าเป็นแบบเกรียวบันไดเวียนหรือ (Helix) ภาพที่ได้นี้ถูกเรียกว่า Photo 51 เป็นภาพที่มีชื่อเสียงมากและเป็นกุญแจสำคัญที่ช่วยให้วัตสันและคริกอธิบายโครงสร้างของ DNA ได้ถูกต้อง ต่อมาในปี 1953 ภาพถ่ายที่ได้นี้ถือว่าเป็นกุญแจสำคัญทางประวัติศาสตร์ของการค้นพบทางวิทยาศาสตร์ เทคนิคที่โรสชาลินใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างของ DNA คือการหักเหของรังสีเอ็กซ์ในพลักก์ เป็นเทคนิคที่นำอาแพลลิก

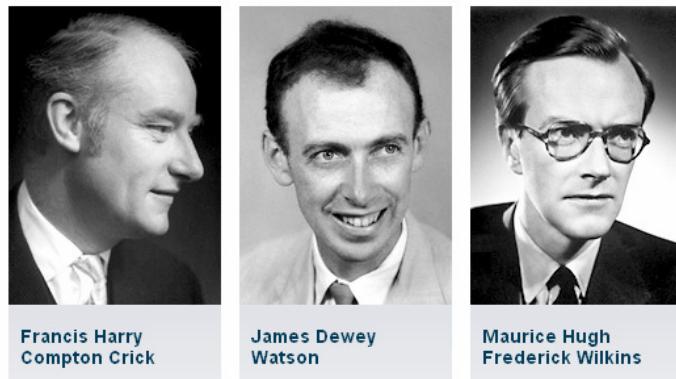
ไปผ่านรังสีเอ็กซ์เพื่อให้ได้ภาพการหักเห (Diffraction Pattern) ถ้าผลลัพธ้มีความบริสุทธิ์พอและการสร้างภาพการหักเหนี้แม่นขึ้นจะทำให้สามารถทราบตำแหน่งของอะตอมที่ประกอบขึ้นเป็นโมเลกุลที่เป็นส่วนประกอบของผลึกได้



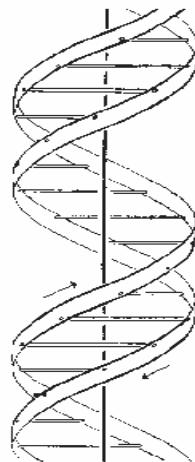
ภาพถ่ายแสดงการหักเหของผลึก DNA โดยรังสีเอ็กซ์ ที่มีชื่อภาพว่า Photo 51

หลังจากที่ค้นพบว่า DNA จะมีได้สองรูปแบบ โรสชาลิน แฟรงกิน ที่ได้ใช้ความพยายามสร้างผลึกของ DNA เพื่อที่จะหารูปแบบการหักเห เชื่อได้ประสบความสำเร็จในการสร้างภาพการหักเหโดยรังสีเอ็กซ์จากผลึกของ DNA และพบว่าโครงสร้างหลักประกอบด้วยน้ำตาลและฟอสฟอสเป็นส่วนที่อยู่ด้านนอกของโมเลกุลและพบว่าสายที่พันกันของ DNA มีสองสายไม่ใช่สามสายตามแบบจำลองที่มีการเสนอขึ้นมาก่อนหน้านี้ ภาพถ่ายผลงานของเชอร์ล่าเบลล์ เอิคท์ทั้งขนาดและรูปร่างเกริบของ DNA คงเหลือแค่เพียงส่วนของ การค้นพบวิธีการถ่ายทอดพันธุ์ที่จะค้นพบต่อมาโดยวัตสันและคริก หลังจากที่เรนดาลได้อาราชลและเอิดการค้นพบของแฟรงกินที่ยังไม่ได้ตีพิมพ์มาสรุปในงานสัมนาและทั้งวัตสันและคริกก็ได้ทราบรายละเอียดนี้ ซึ่งกล่าวเป็นว่าทั้งวัตสันและคริกที่เป็นคนที่ต่อปริศนาทั้งหมดเข้าด้วยกันจากข้อมูลหลายๆ ที่ รวมทั้งจากผลงานของ โรสชาลิน แฟรงกิน จากนั้นวัตสันและคริกก็ได้ก้ามสู่ก้าวที่สำคัญที่อธิบายว่าโมเลกุลสร้างขึ้นจากสายของ นิวคลีอ�다เกอร์สองส่วนและมีลักษณะบันไดเวียนตามที่แฟรงกินค้นพบ แต่ละข้างของสายจะพันกันกับ โดยข้างหนึ่งจะพันขึ้นและอีกข้างหนึ่งจะพันลง คริกได้เรียนรู้จากการค้นพบของชาร์ก้าฟ (Chargaff) กรณีที่เขาค้นพบการเรียงเป็นคู่ของเบส คริกได้โยงเรื่องการค้นพบของชาร์ก้าฟในเรื่องอัตราส่วนของเบสเข้ากับแบบจำลองโดยอธิบายว่า DNA มีโครงสร้างเป็นเกริบคู่ที่มีระยะระหว่างสายเป็นค่าคงที่และมีขั้นของเบสที่จับกันเป็นคู่ ๆ ที่ตรงกางหนึ่งกับหนึ่ง ทั้งวัตสันและคริกก็ได้แสดงให้เห็นว่าสายของ DNA โมเลกุลจะทำหน้าที่เป็นเสมือนแม่พิมพ์ให้กับสาย DNA เส้นอื่นในระหว่างการแบ่งตัวของเซลล์ สายของ DNA จะมีการแยกออกครึ่งหนึ่ง โดยวิธีนี้ DNA สามารถถูกสร้างขึ้นมาใหม่ได้โดยไม่เปลี่ยนโครงสร้าง ยกเว้นแต่ในกรณีที่มีการผ่าเหล้า (mutation) แบบจำลองของ DNA ที่เสนอโดยวัตสันและคริกได้ลงตีพิมพ์ในวารสาร Nature ในเดือนเมษายนปี 1953 ถึงวันนี้ก็เป็นเวลากว่า 54 ปีแล้ว

ภาพถ่ายการหักเหของผลลัพธ์โดยรังสีอีกซึ่งของ โรสชาลิน แฟรงกิน นั้นมีบทบาทอย่างมากในการค้นพบโครงสร้างของ DNA



ผลงานของวัตสันและคริกในการค้นพบโครงสร้างที่เป็นบันไดเกรียงวู่ที่เรียกว่า Double Helix ทำให้ทั้งวัตสันและคริกได้รับรางวัลโนเบลร่วม กันในปี 1962 ทางสาขา Physiology และทางการแพทย์ร่วมกับมอริส วิลคิน สำหรับการค้นพบโครงสร้างของโมเลกุลของกรดนิวคลีอิกที่มีความสำคัญในการถ่ายทอดข้อมูลในสิ่งมีชีวิต แต่เป็นที่น่าเหลือเชื่อ โรสชาลิน แฟรงกิน ผู้ที่ได้มีส่วนเป็นกุญแจสำคัญในการค้นนี้พบได้เสียชีวิตในปี 1958 เนื่องจากโรคมะเร็งซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่เธอได้รับรังสีอีกซึ่งร้ายๆ ในการทำการทดลองสำหรับการอนรงวัลโนเบลจะมอบให้กับผู้ที่ยังมีชีวิตเท่านั้น จากนั้นก็เป็นจุดเริ่มต้นให้มีการศึกษาทางด้านพันธุกรรมกันอย่างมาก



โครงสร้างของ DNA ที่เป็นแบบบันไดเกรียงวู่ (Double Helix)

กล่าวโดยสรุปกรณ์นิวคลีอิกหรือ DNA เป็นโมเลกุลที่เก็บรายละเอียดของข้อมูลทางพันธุกรรมที่เป็นตัวกำหนดหน้าที่ต่างๆ ในสิ่งมีชีวิตซึ่งเปรียบได้กับพิมพ์เขียว ใน DNA จะมีคำสั่งที่ใช้ในการสร้างเซล ส่วนของ DNA ที่เก็บรายละเอียดทางพันธุกรรมจะเรียกว่าชีนส์ ภายในเซล DNA จะมีการจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างที่เรียกว่าโครโนโซม และชุดของโครโนโซมภายในเซลก็จะเป็นจีโนม (Genome) โครโนโซมจะมีการทำดำเนินช่วงก่อนที่จะมีการแบ่งเซลล์เรียกชั้นตอนนี้ว่า DNA Replication ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูง (Eukaryotic) อย่างสัตว์และพืชจะมี DNA อยู่ภายในนิวเคลียสของเซล แต่ในสิ่งมีชีวิตอย่างแบคทีเรีย (Prokaryotes) DNA จะอยู่นอกนิวเคลียสของเซล ภายในโครโนโซมนี้อาศัยโครงสร้างโครโนโซม

มาตรฐานของโปรตีนอย่างฮิสโตติน (Histones) ที่เกาะกันแน่นจัดเรียง DNA และช่วยควบคุมการทำงานกับโปรตีนอื่นๆ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมการถอดรหัสของยีนส์ DNA จะมีการพันออยู่รอบโครงสร้างของโปรตีนที่เรียกว่า Histones โดย DNA ไม่เลกุลจะประกอบด้วยเบส 4 ชนิดคือ อดีนีน Adenine (A) ไซโตซีน Cytosine (C) กัวานีน Guanine (G) และไทดอน Thymine (T) ส่วนของ DNA นั้นจะประกอบด้วยน้ำตาลและฟอสเฟตและเบนสมาร์วเรียกว่า นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) โครงสร้างของสาย DNA เป็นเกรียวคู่ที่เรียกว่า Double Helix ที่ว่างสวนทิศกันและมีการจับคู่ของเบส A จับกับ T และ G จับกับ C การที่มีลักษณะเป็นเช่นนี้เป็นการทำให้แน่ใจได้ว่าเมื่อมีการสร้างสายของ DNA ขึ้นมาใหม่ข้อมูลทางพันธุกรรมจะถูกถ่ายทอดต่อไปได้ DNA หรือครดีอิอกซ์ไรโนนิวคลีอิก (Deoxyribose Nucleic Acid) เป็นส่วนหนึ่งของเซลล์มีชีวิต การค้นพบโครงสร้างของ DNA ทำให้สามารถเข้าใจขั้นตอนของการถ่ายทอดพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต แต่กว่าที่จะทราบถึงโครงสร้างและหลักการทำงานของครดที่เป็นส่วนประกอบหลักในสิ่งมีชีวิตนี้ต้องใช้เวลากว่าครึ่งศตวรรษ นับตั้งแต่ปี 1950 วิทยาการด้านพันธุกรรมก็ได้มีความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วโดยยาศัยพื้นฐานการค้นพบที่นำโดย Franklin, Avery, Morgan, Mendel และนักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ อีกหลายคน



ในการศึกษาข้อมูลหัสทางพันธุกรรมซึ่งมีเป็นรายละเอียดมากนั้น ในการจัดเก็บรายละเอียดต้องอาศัยระบบฐานข้อมูล (Database) ในปี 1985 มีการจัดการประชุมที่มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่ชาครุสเกิร์วัลกับการจัดลำดับของจีโนมในมนุษย์ (Human Genome Database) หลังจากนั้นต่อมาอีก 10 ปีก็ได้มีการถอดรหัสลำดับพันธุกรรมในมนุษย์จัดเก็บเป็นฐานข้อมูลขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีโครงการในลักษณะเดียวกันนี้ เช่น โครงการจีโนมของพันธุ์สุนัข (Dog Genome Project) ของสถาบัน National Human Genome Research Institute และพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์อื่น ๆ อีกหลายโครงการ ฐานข้อมูลที่รวมรวมจะเป็นลำดับการเรียงของรหัสเบสในสิ่งมีชีวิต จะเห็นว่าความก้าวหน้าในเรื่องของการโคลน (Cloning) และการปรับปรุงพันธุ์ล้วนมาจากความเข้าใจในวิทยาการทำงานด้านพันธุศาสตร์

1 Mb RH Map: CFA01 Markers - Mozilla Firefox

File Edit View History Bookmarks Tools Help

http://research.nhgri.nih.gov/dog_genome/guyon2003/guyonmarkers_data/CFA01MarkerTable.htm

Customize Links Free Hotmail Windows Marketplace Windows Media Network of Aquacult... port scan smtp - ล็อก... : Windows

Canine Chromosome 1 (Guyon et. al. 2003)

Marker_Name	Marker_Type	Chromosome	Position_Number	Position_TSPunits	Position_Mb	Forward_Primer
REN285G14	Microsatellite	cfa01	1	0	0	AACATGGTGACGAGAAAGCT
FH3325	Microsatellite	cfa01	2	186	2.1	GCGTAGATTCAACAAAATAGTACTGG
REN303J04	Microsatellite	cfa01	3	265	2.9	ATTTTCGCTCTTCCCTTA
BAC_385-M17	BAC	cfa01	4	463	5.1	GTGAAGTGAGAACAAATGTGCAG
BAC_381-G24	BAC	cfa01	5	648	7.2	AGGTGGCGTTCTTACAAGTAG
REN138G03	Microsatellite	cfa01	6	720	8	GGTATCATTGGGAAAAGAAA
BAC_372-E8	BAC	cfa01	7	876	9.7	GTATCCAGAATGAACTTTCCCTT
BAC_373-K23	BAC	cfa01	8	952	10.6	AAAAAGAAAAACGATAAAAACAGTGA
FH3646	Microsatellite	cfa01	9	1043	11.6	GCACAGGATAAGGTGACTCC
FH2663	Microsatellite	cfa01	10	1180	13.1	TGAGGATTTTGCTCTCTG
REN242N13	Microsatellite	cfa01	11	1364	15.2	GCACATGTTGAGAATG
BAC_376-I21	BAC	cfa01	12	1424	15.8	AATAAGCTCTCGCTGTCAAC

Done

ตัวอย่างระบบฐานข้อมูลจีโนมของสุนัขซึ่งจะมีรายการที่จัดเก็บข้อมูลการเรียงลำดับของเบส