



เอกสารประกอบการเรียนรู้ โดย นายจิรวัดน์ จวนทองรักษ์  
รายวิชา วิทยาศาสตร์ 9 เรื่อง พันธุกรรม

ชื่อ..... เลขที่.....

## 1. ความหมายของพันธุกรรม

**พันธุกรรม หรือ กรรมพันธุ์ ( Heredity )** หมายถึง การถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง หรือจากบรรพบุรุษไปสู่ลูกหลาน เช่น ลักษณะสีผิว สีผม สีขนตา ความสูง เป็นต้น

**พันธุศาสตร์ ( Genetics )** คือ การศึกษาพันธุกรรม และนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยหลักเกณฑ์ของการถ่ายทอดลักษณะของสิ่งมีชีวิตจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไป

## 2. การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ลักษณะต่าง ๆ ทางพันธุกรรม สามารถถ่ายทอดไปยังรุ่นต่อไปได้ กล่าวคือ เมื่อนำพันธุ์พ่อ มาผสมกับพันธุ์แม่ จะได้ลูกผสมรุ่นที่ 1 ( $F_1$ ) ลักษณะต่าง ๆ ของพ่อแม่จะถ่ายทอดทางจีน ( Gene ) ของเซลล์สืบพันธุ์จากพ่อแม่ ไปรวมกันเป็นจีนของลูก เมื่อนำลูกรุ่นที่ 1 มาผสมกันจะได้รุ่นหลาน ( $F_2$ ) ลักษณะของลูกก็ถ่ายทอดไปทางเซลล์สืบพันธุ์ไปให้หลานตามลำดับไปเรื่อย ๆ

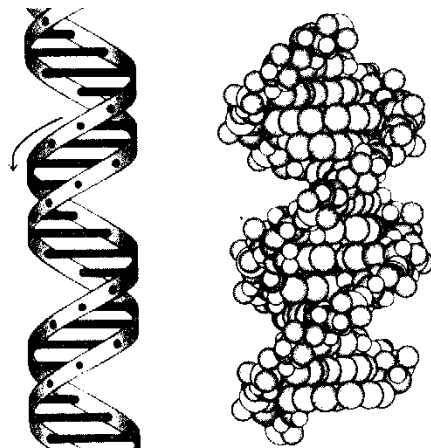
### 2.1 สารพันธุกรรม

หน่วยพันธุกรรมที่ทำหน้าที่ในการควบคุมลักษณะทางด้านพันธุกรรม หรือสารพันธุกรรมที่สำคัญ ประกอบด้วย

**2.1.1 จีน ( Gene )** คือ หน่วยที่ควบคุมลักษณะต่าง ๆ จากพ่อแม่พันธุ์โดยผ่านทางเซลล์สืบพันธุ์ไปยังลูกหลาน จีนมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ สารประกอบ DNA ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

**2.1.2 DNA ( Deoxyribonucleic Acid )** คือสารพันธุกรรมที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่ พบในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าพืช สัตว์ คน หรือสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น แบคทีเรีย เป็นต้น DNA เกิดจากการต่อกันเป็นเส้นโมเลกุลย่อย สาย DNA จะสั้นหรือยาวแค่ไหน ขึ้นอยู่กับปริมาณของโมเลกุลย่อย ในคน จะมีมากถึง 4,000 ล้านหน่วย

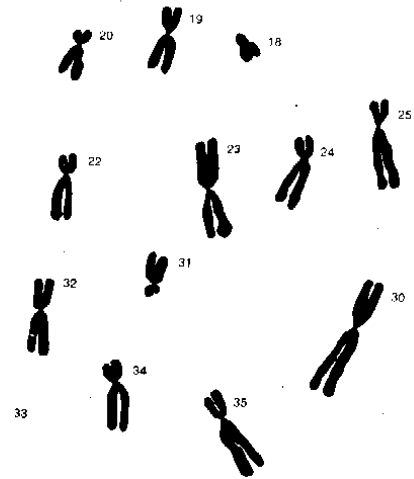
ปกติ DNA ในเซลล์จะอยู่เป็นเกลียวคู่ โดยมีเบสเป็นตัวยึดให้เกลียวไม่คลาย เบสแต่ละคู่จะมีคู่เฉพาะของตัวเอง ดังนั้น ถ้าเรารู้การเรียงลำดับของเบสบน DNA เส้นหนึ่ง เราก็จะสามารถบอกการเรียงตัวของเบสบนเส้น DNA อีกเส้นหนึ่งได้แม่นยำ ซึ่งต่อมาใช้หลักการนี้ในการพิสูจน์สายเลือดของพ่อแม่ลูก



รูปแสดงโครงสร้างจำลองของ DNA

### 2.1.3 โครโมโซม (Chromosome) เป็นชุด

ของสารพันธุกรรมที่อยู่ภายในนิวเคลียสของเซลล์ มองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีลักษณะเป็นแท่ง ๆ ส่วนประกอบของโครโมโซมคือ DNA และโปรตีน รวมกันเรียกว่า นิวคลีโอโปรตีน (Nucleoprotein) มีไขมัน และ RNA ในเซลล์ของร่างกาย มีส่วนประกอบของน้ำตาลไรโบส (Ribose) และ ยูราซิล (Uracil) ตามปกติโครโมโซมนี้จะมียูเป็นคู่ มีนิวคลีโอโปรตีน 2 ชุด ที่เหมือนกันทุกประการ ชุดหนึ่งได้มาจากพ่อ และอีกชุดหนึ่งได้มาจากแม่ เรียกโครโมโซมเช่นนี้ว่า โฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome)



ภาพแสดงโครโมโซมของมนุษย์

ตารางแสดงจำนวนโครโมโซมในสิ่งที่มีชีวิตต่าง ๆ

ชนิดสิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม		ชนิดสิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม	
	ในเซลล์ร่างกาย	ในเซลล์สืบพันธุ์		ในเซลล์ร่างกาย	ในเซลล์สืบพันธุ์
ถั่วลิสงเตา	14	7	แมว	38	19
ข้าวบาร์เลย์	14	7	หมู	40	20
หัวหอม	16	8	หนู	40	21
ข้าวโพด	20	10	กระต่าย	44	22
กล้วย	22	11	มนุษย์	46	23
แตงโม	22	11	ลิง	48	24
มะเขือเทศ	24	12	ตัวไหม	56	28
ชา	30	15	วัว	60	30
ยุงก้นปล่อง	6	3	ม้า	64	32
แมลงหวี่	8	4	ไก่	78	39
แมลงวัน	12	6	สุนัข	78	39
กบ	26	13	นกพิราบ	80	40

## 2.2 กระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม

กระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม มี 3 แบบ คือ

2.2.1 การถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบอนุรักษ์ คือ เมื่อ DNA เพิ่มตัวเองเป็น 4 ชุด แล้ว DNA เส้นเก่าจะพันกันเอง และ DNA เส้นใหม่ 2 ชุด ก็พันกันเองเช่นกัน

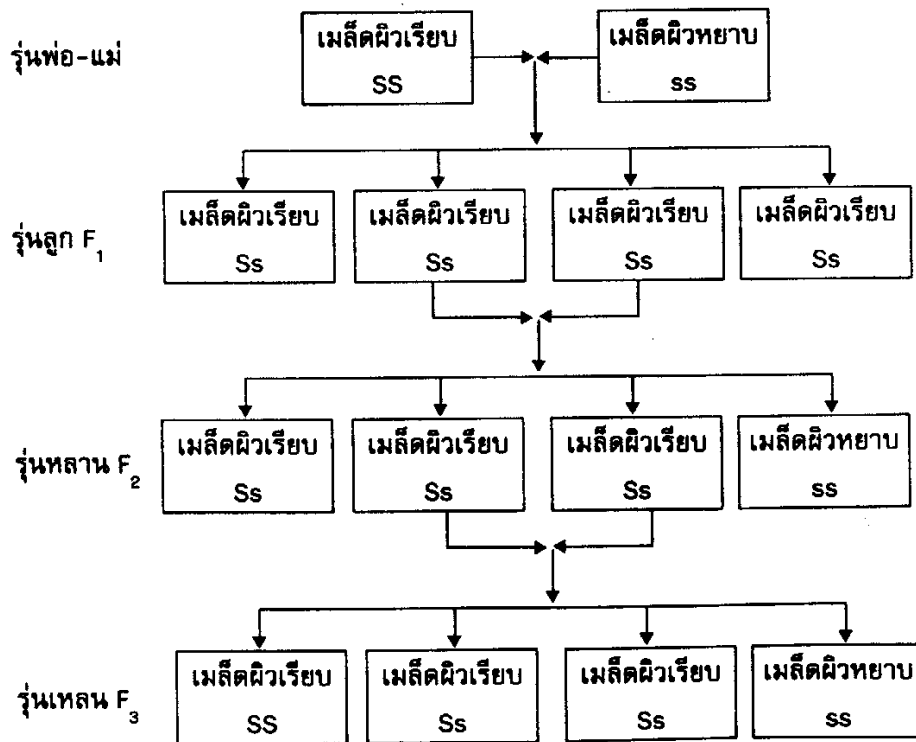
2.2.2 การถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบกึ่งอนุรักษ์ คือ เมื่อมีการเพิ่ม DNA เป็น 4 ชุดแล้ว DNA เส้นใหม่จะพันกับเส้นเก่าอย่างละคู่

2.2.3 การถ่ายทอดสารพันธุกรรมแบบกระจาย คือ การที่เส้น DNA ใหม่ประกอบด้วยช่วงหนึ่งเป็น DNA จากเส้นเก่าต่อเข้ากับช่วงหนึ่งของ DNA ชุดใหม่สลับกันไป และเส้น DNA เส้นใหม่จะพันกันเองเป็นเกลียวของ DNA ชุดใหม่

### 2.3 การทดลองของเมนเดล

การถ่ายทอดสารพันธุกรรมหรือเรียกทั่วไปกันว่า การถ่ายทอดจีน ได้มีการศึกษาเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมมาเป็นเวลานาน ผู้ที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักกันว่าเป็น “บิดาแห่งวิชาพันธุศาสตร์” คือ เกรกอร์ โยฮัน เมนเดล (Gregor Johan Mendel) บาทหลวงชาวออสเตรีย เขาได้ใช้ถั่วลันเตา (*Pisum Sativum*) เป็นพืชทดลองเมื่อ พ.ศ. 2408 เพราะถั่วลันเตาเป็นพืชปลูกง่าย และลักษณะโครงสร้างของดอกเอื้ออำนวยให้ควบคุมการผสมพันธุ์ได้ง่าย

ในการทดลองครั้งแรก เขาได้เลือกถั่วลันเตาชนิดที่มีเมล็ดเรียบและเมล็ดขรุขระเป็นพ่อพันธุ์แม่พันธุ์ เมื่อเอาถั่วลันเตาแต่ละชนิดที่ผสมพันธุ์กันเองหลายชั่วอายุ จนได้พันธุ์แท้แล้วมาผสมข้ามพันธุ์กับอีกชนิดหนึ่ง ได้ลูกออกมาแล้วสังเกตผิวของถั่วลันเตาชุดที่ 1 ( $F_1$ ) พบว่าได้ถั่วลันเตาที่มีเมล็ดเรียบทั้งหมด ได้ลูกรุ่นที่ 2 ( $F_2$ ) พบว่าในลูกรุ่นที่ 2 จำนวน 700 ต้น จะมีเมล็ดผิวเรียบ 3 ส่วน ผิวหยาบ 1 ส่วน ในจำนวนเมล็ดผิวเรียบ 3 ส่วนนี้เป็นชนิดเมล็ดผิวพันธุ์แท้ 1 ส่วน คือ ถ้าผสมกันเองจะได้ชนิดผิวเรียบทั้งหมด ส่วนนอก 2 ส่วนจะเป็นผิวเรียบลูกผสม คือมีจีนชนิดเมล็ดหยาบแฝงอยู่ด้วย ถ้าเอาชนิดผิวเรียบลูกผสมมาทำการผสมกันเองต่อไปจะได้ลูกรุ่นที่ 3 ( $F_3$ ) ชนิดเมล็ดผิวเรียบกับชนิดเมล็ดผิวหยาบในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 ดังแผนภูมิ



ภาพที่ 8.1 แสดงผลของการผสมพันธุ์ถั่วลันเตาของเมนเดล

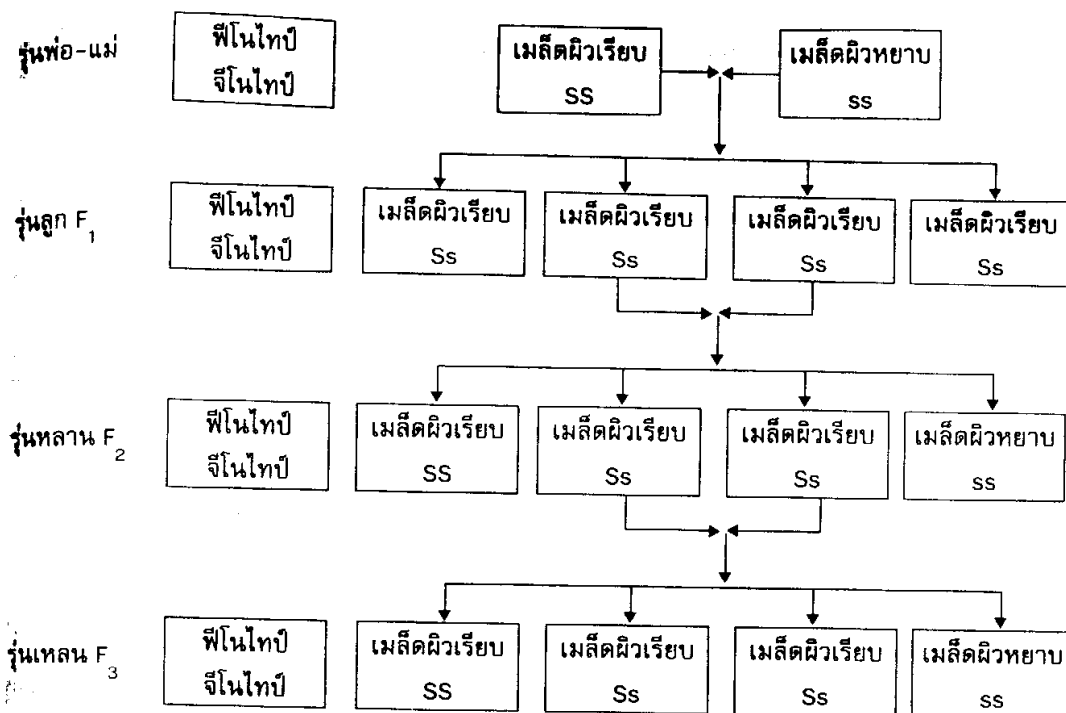
นอกจากการสังเกตเรื่อง ความเรียบและความหมายของผิวเมล็ดถั่วลันเตาแล้วเมนเดลยังได้สังเกตลักษณะอย่างอื่นอีก เช่น สีของเมล็ด คือ ชนิดเมล็ดสีเหลืองและสีเขียว เมื่อทำการทดลองผสมพันธุ์กันแล้วจะได้ผลที่อธิบายอย่างเดียวกัน คือ ในรุ่น  $F_1$  จะได้เมล็ดสีเหลืองทั้งหมดและในรุ่น  $F_2$  จะได้เมล็ดสีเหลืองและสีเขียวในอัตรา 3 : 1 เช่นเดียวกับผิวของเมล็ดหรือการสังเกตลักษณะอื่นๆ เมนเดลได้แสดงผลดังตาราง

ตาราง แสดงลักษณะต่างๆ ของถั่วลิสงเตาที่เมนเดลสังเกต

รูปร่างเมล็ด	เมล็ดกลม	เด่นกว่า	เมล็ดย่น
สีของเมล็ด	เมล็ดสีเหลือง	เด่นกว่า	เมล็ดสีเขียว
สีเปลือกหุ้มเมล็ด	เปลือกมีสี	เด่นกว่า	เปลือกสีขาว
รูปร่างฝัก	ฝักพอง	เด่นกว่า	ฝักเหี่ยวแฟบ
สีฝัก	ฝักสีเขียว	เด่นกว่า	ฝักสีเหลือง
ตำแหน่งดอก	ดอกตรงข้อกิ่ง	เด่นกว่า	ดอกปลายกิ่ง
ความยาวของกิ่ง	กิ่งยาว	เด่นกว่า	กิ่งสั้น

จากผลการทดลอง เมนเดลสรุปว่าแต่ละลักษณะที่แสดงออกมา เช่น เมล็ดสีเขียวหรือสีเหลือง เมล็ดผิวเรียบหรือผิวหยาบ มีหน่วยควบคุม 2 หน่วย เรียกว่า อัลลีล (Allele) อาจจะมีเหมือนกันทุกประการ (Homozygous) เช่น ลักษณะที่เป็นพันธุ์แท้ หรืออาจจะแตกต่างกัน (Heterozygous) เช่น ลักษณะที่เป็นพันธุ์ผสม ในกรณีที่หน่วยควบคุมต่างกันจะมีลักษณะหนึ่งที่ปรากฏเด่นออกมา เช่น เมล็ดผิวเรียบ หรือเมล็ดสีเหลือง เรียกว่า ลักษณะเด่น (Dominance) อีกลักษณะหนึ่งก็ยั้งแฝงอยู่แต่ถูกข่มเอาไว้ เช่น เมล็ดผิวหยาบ หรือสีเขียวเรียกว่า ลักษณะด้อย (Recessive)

ลักษณะที่ปรากฏให้เห็นนี้เรียกว่า ลักษณะภายนอก (Phenotype) ซึ่งควบคุมด้วยอัลลีลที่อยู่ภายใน การแสดงสัญลักษณ์ของอัลลีลที่คุมลักษณะเด่นจะใช้ตัวอักษรอังกฤษตัวใหญ่แทนลักษณะเด่นและอักษรตัวเล็กแทนลักษณะด้อย การแสดงสัญลักษณ์เช่นนี้เราเรียกว่าลักษณะภายใน (Genotype) ดังแผนภูมิ



ภาพที่ 8.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างฟีโนไทป์และจีโนไทป์

ลักษณะเช่นนี้เราสามารถจะทดลองและวิเคราะห์ได้จากสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่น สีขนของกระต่าย สีขนของหนู ตะเพา สีขนของแมวสีสวาด คนเผือก สีตาของแมลงหวี่ หมู่เลือดของคน เป็นต้น อย่างไรก็ตามในลักษณะต่างๆ ของ

สิ่งมีชีวิตอาจจะมีเงินหรืออัลลีลควบคุมมากกว่า 1 คู่ ทำให้การคัดพันธุ์ยากกว่าลักษณะที่ควบคุมเงินคู่เดียวดังที่ปรากฏตามตัวอย่างที่กล่าวมาแล้ว

## 2.4 ความแปรผันทางพันธุกรรม

สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดย่อมมีความแตกต่างกันไปไม่มากก็น้อย เช่น บางคนขาว บางคนดำ บางคนสูง บางคนเตี้ย เป็นต้น ความแตกต่างของลักษณะดังกล่าว มีสาเหตุมาจากพันธุกรรมที่แตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่า ความแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic Variation) ความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตจะมีมากน้อยลดหลั่นกันไปตามปริมาณของการแปรผันทางพันธุกรรมที่สืบทอดไปในแต่ละรุ่นนั้นจะถ่ายทอดอย่างมีกฎเกณฑ์ ลักษณะทั้งหลายที่ถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นต่อไปเรียกว่า ลักษณะทางพันธุกรรม (Genetic Variation)

2.4.1 ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันต่อเนื่อง (Continuous Variation) เป็นความแปรผันหรือความแปรผันทีละน้อย ไม่สามารถแยกความแตกต่างได้อย่างชัดเจนมักถูกควบคุมโดยเงินหลายคู่ (Polygene หรือ Multiple Gene) ซึ่งจะแปรผันได้ง่าย เช่น ลักษณะของสีผิว ความสูง น้ำหนัก เป็นต้น

2.4.2 ลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความแปรผันไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous Variation) เป็นความแปรผันที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนและมักถูกควบคุมโดยเงินน้อยคู่ การแปรผันไม่ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างลักษณะความแปรผันแบบไม่ต่อเนื่อง เช่น การมีลักยิ้ม ความสามารถในการห่อลิ้น จำนวนชั้นของหนังตา การถนัดซ้ายหรือขวา เป็นต้น

## 3. พันธุวิศวกรรม

การปรับปรุงพืชและสัตว์ให้มีคุณค่าทางเศรษฐกิจในอดีตที่ผ่านมา โดยมากเป็นการใช้ความรู้ทางด้านพันธุศาสตร์ (Genetics) มาเป็นส่วนใหญ่ โดยอาจจะอยู่ในรูปของการนำพันธุ์ที่ดีจากต่างประเทศเข้ามาเลี้ยงหรือผสมกับพันธุ์พื้นเมือง การคัดเลือกพันธุ์เพื่อหาสายพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะดีตามความต้องการ หรือการสร้างพันธุ์ใหม่โดยการชักนำให้เกิดมิวเทชันขึ้นมาก็ได้ ทั้งนี้ล้วนอาศัยหลักพื้นฐานของการรวมกลุ่มและการแลกเปลี่ยนเงินอย่างอิสระที่เกิดขึ้นอยู่เสมอในการสืบพันธุ์ แบบอาศัยเพศของสิ่งมีชีวิตทั่วไป แต่ในช่วงระยะเวลาสิบกว่าปีมานี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบและพัฒนาเทคนิคที่สามารถควบคุมการแสดงออกของพันธุกรรมบางประการของสิ่งมีชีวิตอย่างได้ผลโดยการนำเงินของสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งไปใส่ให้กับสิ่งมีชีวิตอีกชนิดหนึ่งเพื่อนำมาแสดงลักษณะทางพันธุกรรมที่ต้องการออกมาได้ เราเรียกกระบวนการตัดต่อเงินในสิ่งมีชีวิตดังกล่าวมานี้ว่า พันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) ซึ่งถือว่าเป็นวิทยาการทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพ (Biotechnology) ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทางด้านเกษตรและการแพทย์ในอนาคต

ในทศวรรษหลังนี้ได้มีการพัฒนาความรู้ทางด้านพันธุกรรมมากขึ้น จนสามารถทำโคลนนิ่งสัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนม เช่น แกะหรือวัวได้ นอกจากนั้นยังค้นพบวิธีตัดต่อ DNA ของสิ่งมีชีวิตต่างสายพันธุ์เข้าเป็นเส้นเดียวกันได้ เช่น ต่อ DNA ของคนกับแบคทีเรียจนทำให้แบคทีเรียสร้าง

โปรตีนของคนได้ หรือตัดต่อ DNA ของคนกับมันฝรั่งจนทำให้คนที่รับประทานมันฝรั่งชนิดนั้นมีภูมิต้านทานโรคบางอย่างได้ ในพืชก็มีการศึกษาเรื่องการตัดต่อ DNA เช่นเดียวกัน การตัดต่อ DNA เพื่อให้พืชมีความต้านทานโรค ทนต่อความแห้งแล้ง สามารถสร้างแอมโมเนียจากไนโตรเจนในอากาศ ทำให้สามารถปลูกพืชในที่ทุรกันดารหรือประหยัดปุ๋ยแอมโมเนีย เป็นต้น

อย่างไรก็ตามพันธุวิศวกรรมยังคงทำได้เพียงระดับเซลล์เท่านั้น ในระดับเนื้อเยื่อหรืออวัยวะยังทำไม่ได้ จึงทำให้การปรับปรุงพันธุ์หรือการแก้ไขจุดด้อยบางอย่าง เช่น แก้ไขโรคเบาหวาน ที่มีสาเหตุมาจากเงินที่ทำให้มีการสร้างปริมาณอินซูลินผิดปกติ หรือการแก้ไขโรคทาลัสซีเมียจากความผิดปกติของเม็ดเลือดก็ยังทำไม่ได้ เพราะโรคดังกล่าวเป็นการทำงานของกลุ่มเซลล์ที่ประกอบกันเป็นเนื้อเยื่อหรืออวัยวะ

ผลงานทางด้านพันธุวิศวกรรมอาจจะมีผลทั้งทางบวกและทางลบ ในทางบวกก็อาจทำให้มนุษย์สามารถใช้ประโยชน์จากพืชและสัตว์มากยิ่งขึ้นแต่ในทางลบอาจทำให้ธรรมชาติเสียสมดุลไป ซึ่งอาจจะมีผลกระทบต่อธรรมชาติเป็นลูกโซ่อย่างร้ายแรงยาวนาน

#### 4. โรคหรือความผิดปกติทางพันธุกรรม

โรคหรือความผิดปกติทางพันธุกรรมเกิดจากความผิดปกติของโครโมโซม เช่น รูปร่างโครงสร้าง จำนวนโครโมโซม ความผิดปกติของโครโมโซมแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

- 1) อาการที่ผิดปกติของโครโมโซมเพศ เช่น อาการเทอร์เนอร์ ซินโดรม จะมีลักษณะรูปร่างเตี้ย ไม่มีประจำเดือน เป็นหมัน และปัญญาอ่อน อาการโคลน์เฟลเตอร์ ซินโดรม มักเกิดในเพศชายจำทำให้อวัยวะเพศมีขนาดเล็ก ไม่มีการสร้างเชื้ออสุจิ เป็นหมัน อาการดาวน์ซินโดรม เป็นอาการในชายที่เกิดจากการมีโครโมโซม Y มากเกินไป ทำให้รูปร่างสูงกว่าปกติ เป็นสิวมมาก อวัยวะเพศใหญ่ ปัญญาต่ำ ใจเร็ว ไม่โง่ง่าย
- 2) อาการที่ผิดปกติของโครโมโซมร่างกาย เช่น โรคตาบอดสี กลุ่มอาการมาร์ทเพน คือ กลุ่มที่มีอาการแขนขา ยาว ร่างกายผอมสูง หัวใจผิดปกติ โรคเลือดต่างๆ เช่น โรคทาลัสซีเมีย จะแสดงอาการซีดเหลือง อ่อนแอ ตับ ม้ามโต เป็นต้น

โรคที่เกิดจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรมเป็นโรคที่ไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ ส่วนการรักษาที่มีอยู่ขณะนี้ เป็นเพียงวิธีการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดเหตุการณ์นั้น เช่น แนะนำให้ผู้ใช้เป็นโรคนี้คุมกำเนิด และผู้ที่เป็นโรคนี้ไม่ควรแต่งงาน

