

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

แผนที่ 1 เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เวลาเรียนทั้งหมด 10 ชั่วโมง

เวลาเรียน 5 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้

10. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมโดยใช้ดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายหลักการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ (K)
2. อธิบายหลักการโคลนนิ่งหรือโคลนดีเอ็นเอได้ (K)
3. อธิบายหลักการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้ (K)
4. เปรียบเทียบการโคลนนิ่งโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียกับเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอคชันได้ (K)
5. เขียนขั้นตอนการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ได้ (P)
6. เขียนขั้นตอนการโคลนนิ่งหรือโคลนดีเอ็นเอได้ (P)
7. เขียนขั้นตอนการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมได้ (P)
8. มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ มุ่งมั่นในการทำงาน (A)

3. สาระการเรียนรู้

- การใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ สามารถนำไปใช้ในการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยนำยีนที่ต้องการมาตัดต่อใส่ในสิ่งมีชีวิตทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นมีสมบัติตามต้องการ

4. สาระสำคัญ/ความคิดรวบยอด

เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ เป็นการใช้นโยบายเพื่อสร้างดีเอ็นเอสายผสม หรือ DNA รีคอมบิแนนท์ (recombinant DNA) ซึ่งสามารถใช้ตัดแปลง ตัดต่อ เคลื่อนย้าย หรือสร้าง DNA สายใหม่ เพื่อนำไปดัดแปรพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต

การสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์ เป็นการตัดต่อ DNA จากสิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งแล้วนำไปเชื่อมต่อกับ DNA ของสิ่งมีชีวิตอีกชนิด โดยอาศัยคุณสมบัติของเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ตัดจำเพาะ (restriction enzyme) ที่มีคุณสมบัติในการตัดโมเลกุลของ DNA ที่มีตำแหน่งจำเพาะ และเอนไซม์ DNA ไลเกส (DNA ligase enzyme) ที่ช่วยในการเชื่อมต่อสาย DNA ที่ถูกตัด ทำให้ DNA 2 สายเชื่อมต่อกัน กลายเป็น DNA รีคอมบิแนนท์ที่สมบูรณ์

การโคลนดีเอ็นเอ (DNA cloning) เป็นการเพิ่มจำนวน DNA ซึ่งหาก DNA บริเวณนั้นเป็นยีนจะเรียกว่าการโคลนยีน (gene cloning) แบ่งออกเป็น 2 วิธี

- การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย เป็นการเพิ่มจำนวนปริมาณ DNA โดยการตัดชิ้นส่วน DNA แล้วนำไปเชื่อมต่อกับเวกเตอร์ เช่น พลาสมิด (plasmid) ของแบคทีเรีย และนำแบคทีเรียไปเลี้ยงเพิ่มจำนวนเพื่อให้มีปริมาณชิ้นส่วน DNA ที่เพิ่มขึ้น

- การโคลนยีนในหลอดทดลองโดยเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชัน (PCR) ซึ่งต้องอาศัยองค์ประกอบของ DNA แม่แบบ ไพรมเมอร์ นิวคลีโอไทด์ (เบส A C G T) และเอนไซม์ DNA พอลิเมอเรส

การโคลนยีนโดยเทคนิค PCR จะมีความรวดเร็วและจำเพาะสูง แต่การโคลนยีนอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียจะถูกใช้เมื่อต้องการโคลนยีนในปริมาณมาก

การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม เป็นการสร้างสิ่งมีชีวิตที่มีองค์ประกอบทางพันธุกรรมถูกดัดแปลงโดยใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ แบ่งออกเป็น


- การสร้างพืชดัดแปรพันธุกรรม เป็นการตัดต่อยีนที่แสดงลักษณะที่ต้องการให้กับพืช เช่น ต้านทานโรค ทนแล้ง โดยใช้พลาสมิด Ti ที่สามารถแทรกยีนหรือชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ต้องการเข้าสู่โครโมโซมของพืช

- การสร้างสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม เป็นการตัดต่อยีนที่แสดงลักษณะที่ต้องการให้กับสัตว์ เช่น มีไขมันต่ำ ผลิตน้ำนมมากขึ้น โดยอาศัยการฉีดยีนที่ต้องการเข้าสู่นิวเคลียสของเซลล์ไข่เพื่อให้ยีนดังกล่าวแทรกเข้าสู่จีโนมของนิวเคลียส จากนั้นจึงทำการปฏิสนธิในหลอดทดลอง (*in vitro fertilization*) แล้วจึงถ่ายฝากเข้าสู่ตัวแม่เพื่อให้เจริญเป็นลูกตัวใหม่ที่มียีนที่ต้องการ

5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

| สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน | คุณลักษณะอันพึงประสงค์ |
|--------------------------------|------------------------|
| 1. ความสามารถในการสื่อสาร | 1. มีวินัย |
| 2. ความสามารถในการคิด | 2. ใฝ่เรียนรู้ |
| 1) ทักษะการเปรียบเทียบ | 3. มุ่งมั่นในการทำงาน |
| 2) ทักษะการวิเคราะห์ | |
| 3) ทักษะการรวบรวมข้อมูล | |
| 4) ทักษะการเชื่อมโยง | |
| 5) ทักษะการให้เหตุผล | |
| 6) ทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล | |
| 3. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี | |

6. กิจกรรมการเรียนรู้

 แนวคิด/รูปแบบการสอน/วิธีการสอน/เทคนิค : สืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ชั่วโมงที่ 1

ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engage)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนด้วยคำถาม “นักเรียนอยากลองมีไดโนเสาร์เป็นของตัวเองไหม ?” พร้อมกับให้ดูภาพประกอบจากภาพยนตร์เรื่อง Jurassic world และ Jurassic park (แนวการตอบ ไม่มีคำตอบตายตัว เนื่องจากเป็นการสำรวจความคิดเห็นเกี่ยวกับมุมมองความเป็นไปได้ของการคืนชีพไดโนเสาร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์)
2. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ด้วยรูปแบบเกมตอบปัญหา ZEP Quiz จำนวน 10 ข้อ
3. ครูถามคำถาม “จากที่นักเรียนได้ศึกษาเกี่ยวกับสารพันธุกรรมมาแล้ว นักเรียนพอทราบหรือไม่ว่าความรู้ทางด้าน DNA มีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างไรบ้าง” (แนวตอบ ความรู้ทางด้าน DNA ทำให้ทราบถึงการควบคุมการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกายสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นผลจากการควบคุมของยีน ดังนั้น จึงสามารถนำความรู้เหล่านี้มาใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น ทางการแพทย์ในการรักษาโรคหรืออาการที่เกิดจากความผิดปกติของยีน ด้านการเกษตรในการปรับปรุงสายพันธุ์สิ่งมีชีวิตให้มีคุณสมบัติที่ดีและมีลักษณะที่ต้องการได้)

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูนำคลิปวิดีโอข่าวเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมจากภาพยนตร์ต่าง ๆ มาให้นักเรียนได้วิเคราะห์ร่วมกันว่า “จากสิ่งมีชีวิตในภาพยนตร์ต่าง ๆ นี้ นักเรียนคิดว่าสามารถเกิดขึ้นได้ในชีวิตจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด” (แนวตอบ ปัจจุบันมนุษย์สามารถดัดแปรพันธุกรรมสิ่งมีชีวิตได้ แต่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดต่าง ๆ หรือนักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นได้หลากหลาย)
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า ความรู้ทางด้านดีเอ็นเอถูกนำมาดัดแปรพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตให้มีลักษณะตามที่ต้องการ โดยอาศัยเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ ซึ่งเรียกสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ว่า สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม และกระบวนการดัดแปรพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตจะต้องคำนึงถึงหลักชีวจริยธรรม
3. ครูถามคำถาม “สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม (GMOs) หมายถึงอะไร” (แนวตอบ สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม หมายถึง สิ่งมีชีวิตที่ถูกดัดแปรพันธุกรรม โดยนำยีนจากสิ่งมีชีวิตที่สนใจมาแทรกเข้าสู่ยีนของสิ่งมีชีวิตอีกชนิด ทำให้สิ่งมีชีวิตที่ถูกแทรกยีนเข้าไปมีคุณสมบัติของยีนที่สนใจ)
4. ครูให้นักเรียนช่วยกันยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่รู้จัก (แนวตอบ อาทิ หนูเรืองแสง ข้าวโพดหลากสี สับปะรดสีชมพู ส่วนกรณีงุ่นไร่เมล็ดไม่ใช่ GMO แต่เป็นสายพันธุ์หนึ่งของงุ่น)
5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอเป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ซึ่งในกระบวนการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์อาศัยคุณสมบัติของเอนไซม์ 2 ชนิด ได้แก่ เอนไซม์ตัดจำเพาะ และเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส

6. ครูให้นักเรียนศึกษา เอนไซม์ตัดจำเพาะที่สามารถตัดสายดีเอ็นเอได้อย่างจำเพาะ ซึ่งพบในสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย และมีความสามารถในการตัดสาย DNA ได้อย่างจำเพาะที่แตกต่างกัน

7. ครูถามนักเรียนว่า “เอนไซม์ตัดจำเพาะมีความจำเพาะในการตัดสายดีเอ็นเออย่างไร และเอนไซม์แต่ละชนิดมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร” (แนวตอบ เอนไซม์ตัดจำเพาะจะมีบริเวณตัดจำเพาะในตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งเอนไซม์แต่ละชนิดจะจดจำตำแหน่งตัดจำเพาะในสายดีเอ็นเอที่มีตำแหน่งตัดจำเพาะที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจตัดสายดีเอ็นเอได้เป็นปลายทู่หรือปลายเหนียวขึ้นอยู่กับชนิดของเอนไซม์ตัดจำเพาะ)

8. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า เอนไซม์ตัดจำเพาะจะตัดสาย DNA อย่างจำเพาะ ซึ่งเอนไซม์แต่ละชนิดจะมีตำแหน่งตัดจำเพาะที่แตกต่างกัน เอนไซม์บางชนิดตัดสาย DNA เป็นปลายเหนียว ที่จะมีนิวคลีโอไทด์สายเดี่ยวยื่นออกมา เอนไซม์บางชนิดตัดสาย DNA เป็นปลายทู่ ที่จะไม่ทำให้เกิดนิวคลีโอไทด์สายเดี่ยว

9. ครูให้นักเรียนศึกษา เอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส ที่ทำหน้าที่เชื่อมสายดีเอ็นเอที่ถูกตัดเข้าด้วยกัน

10. ครูให้นักเรียนศึกษา ขั้นตอนการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์

11. ครูถามนักเรียนว่า “เอนไซม์ตัดจำเพาะและเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส ถูกใช้ในการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์อย่างไร” (แนวตอบ การสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์จะใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะตัดสายดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิต ทำให้ได้สายดีเอ็นเอที่มีปลายแบบต่าง ๆ แล้วนำโมเลกุลดีเอ็นเอที่สนใจจากสิ่งมีชีวิตอื่นที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะชนิดเดียวกันและมีปลายที่เหมือนกัน มาเชื่อมกับสายดีเอ็นเอที่ถูกตัดด้วยเอนไซม์ตัดจำเพาะโดยอาศัยเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเอนไซม์ตัดจำเพาะและเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์
3. ครูให้นักเรียนทำใบงาน การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการโคลนนิ่ง

ชั่วโมงที่ 2

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้จากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสซิงเซป
2. ครูให้นักเรียนแบ่งเป็น 5 กลุ่ม ทำกิจกรรม การสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์ เพื่อจำลองขั้นตอนการสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์ ที่ใช้คุณสมบัติของเอนไซม์ตัดจำเพาะ และเอนไซม์ดีเอ็นเอไลเกส

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม การสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์
2. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลกิจกรรม การสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์

ชั่วโมงที่ 3

ขั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบพอสังเขป
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า DNA รีคอมบิแนนท์ ที่สร้างขึ้นจะถูกเพิ่มจำนวนเพื่อให้เพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ เรียกการเพิ่มจำนวนนี้ว่า การโคลน DNA และหากสาย DNA ดังกล่าวเป็นยีนจะเรียกว่า การโคลนยีน
3. ครูให้นักเรียนศึกษา การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย
4. ครูถามนักเรียนว่า “เพราะเหตุใดจึงเลือกพลาสมิดของแบคทีเรียเป็นพาหะในการโคลนยีน” (แนวตอบ พลาสมิดของแบคทีเรีย เป็น DNA สายคู่ที่อยู่นอกโครโมโซมของแบคทีเรีย ซึ่งพลาสมิดของแบคทีเรียเป็นที่นิยมใช้ เนื่องจากมีจุดเริ่มต้นของการจำลอง DNA มียีนต้านยาปฏิชีวนะ มีตำแหน่งของเอนไซม์ตัดจำเพาะหลายชนิดซึ่งเหมาะสมกับการโคลนยีน)
5. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียเป็นการเพิ่มจำนวนโดยใช้พลาสมิดเป็นเวกเตอร์ในการเพิ่มจำนวน โดยการตัดต่อยีนที่สนใจให้กับพลาสมิดของแบคทีเรีย แล้วนำแบคทีเรียมาเพิ่มจำนวน ซึ่งยีนที่ผ่านการตัดต่อจะเพิ่มจำนวนตามการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรีย
6. ครูให้นักเรียนศึกษา การโคลนยีนในหลอดทดลองโดยเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชัน ที่สามารถควบคุมสภาวะต่าง ๆ ในการเพิ่มจำนวนของยีนหรือดีเอ็นเอได้
7. ครูถามนักเรียนว่า การโคลนยีนในหลอดทดลองโดยเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชัน มีกระบวนการอย่างไร (แนวตอบ การโคลนยีนในหลอดทดลองเริ่มจากการแยก DNA ออกเป็นสายเดี่ยวเพื่อใช้เป็นแม่แบบ จากนั้นไพเมอร์จะเข้ามาจับกับ DNA แม่แบบเพื่อเริ่มการสังเคราะห์ โดย RNA พอลิเมอเรสจะนำนิวคลีโอไทด์อิสระมาเข้าคู่กับนิวคลีโอไทด์ของสายแม่แบบ เมื่อสิ้นสุดกระบวนการสังเคราะห์จะได้ยีนที่มีลักษณะเหมือนกันเพิ่มขึ้น)
8. ครูถามนักเรียนว่า “หากต้องการยีนจำนวน 500 โมเลกุล จากยีนเริ่มต้นเพียงโมเลกุลเดียว จะต้องกำหนดรอบของการทำ PCR กี่รอบ” (แนวตอบ 9 รอบ เพราะ 2^9 เท่ากับ 512 ซึ่งจะเพียงพอต่อจำนวนยีนที่ต้องการ)
9. ครูถามนักเรียนว่า “การโคลนยีนโดยเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชัน มีข้อดีและข้อเสียอย่างไร” (แนวตอบ การโคลนยีนโดยเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอกชันจะมีความรวดเร็วและจำเพาะสูง แต่อาจเกิดความผิดพลาดในการโคลนปริมาณมาก เนื่องจากเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาอาจไม่ทำงาน และไม่มีสมบัติการตรวจสอบความถูกต้องของนิวคลีโอไทด์เหมือนกับของแบคทีเรีย ซึ่งอาจทำให้มีจำนวนชุด DNA ที่ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น)

10. ครูถามคำถาม “หากต้องการโคลนยีนปริมาณมากจากยีนเริ่มต้นปริมาณน้อยมาก และมีเวลาที่จำกัด ควรเลือกการโคลนยีนด้วยวิธีใด เพราะเหตุใด” (แนวตอบ ควรเลือกใช้การโคลนยีนโดยเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอคชัน เนื่องจากมีเป็นเทคนิคที่ความจำเพาะสูง และมีความรวดเร็ว)

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรียและเทคนิค PCR
2. ครูและนักเรียนร่วมกันเปรียบเทียบข้อดี/ข้อเสีย การโคลนยีนโดยอาศัยพลาสมิดของแบคทีเรีย และเทคนิคพอลิเมอเรสเชนรีแอคชัน
3. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดในแบบฝึกหัดชีววิทยา ม.4 เล่ม 2

ชั่วโมงที่ 4

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้จากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสซิง
2. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสร้าง DNA รีคอมบิแนนท์และการโคลน DNA จะถูกนำมาใช้สร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม ทั้งพืชและสัตว์ แต่จะมีกระบวนการสร้างที่แตกต่างกัน
3. ครูให้นักเรียนศึกษา ขั้นตอนการสร้างพืชดัดแปรพันธุกรรม ที่อาศัยพลาสมิด Ti ในการแทรกยีนหรือชิ้นส่วนดีเอ็นเอเข้าสู่โครโมโซมของพืชได้
4. ครูถามนักเรียนว่า “เพราะเหตุใดจึงพลาสมิด Ti จากแบคทีเรีย *A. tumefaciens* เป็นเวกเตอร์ในการแทรกยีนสู่เซลล์พืช” (แนวตอบ เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้จะสามารถบุกรุกเข้าสู่เซลล์พืช และส่งผ่านพลาสมิด Ti เข้าสู่โครโมโซมของเซลล์พืชได้โดยตรง)
6. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสร้างพืชดัดแปรพันธุกรรม เริ่มจากการตัดต่อยีนที่สนใจเข้าสู่พลาสมิด Ti โดยใช้กระบวนการสร้างดีเอ็นเอรีคอมบิแนนท์ จากนั้นนำแบคทีเรียที่ประกอบด้วยยีนที่สนใจที่อยู่ใน พลาสมิด Ti มาเลี้ยงร่วมกับเซลล์พืช ให้มีการแทรกยีนที่สนใจเข้าสู่โครโมโซมพืช เมื่อนำเซลล์พืชมาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะได้พืชต้นใหม่ที่มียีนที่สนใจอยู่
7. ครูให้นักเรียนศึกษา ขั้นตอนการสร้างสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม ที่อาศัยการฉีดยีนที่ต้องการเข้าไปในนิวเคลียสของเซลล์ไข่ เพื่อให้ยีนแทรกเข้าสู่จีโนมของนิวเคลียสและแสดงคุณสมบัติที่ต้องการออกมา
8. ครูถามนักเรียนว่า “เพราะเหตุใด การสร้างสัตว์ดัดแปรพันธุกรรมจึงมีกระบวนการที่แตกต่างจากการสร้างพืชดัดแปรพันธุกรรม” (แนวตอบ เนื่องจากสัตว์มีความสามารถในการรับยีนจากภายนอกได้น้อยกว่าพืช จึงต้องฉีดยีนที่ต้องการที่ต้องการเข้าสู่นิวเคลียสของเซลล์ไข่เพื่อให้ยีนแทรกเข้าสู่จีโนมของนิวเคลียสโดยตรง และทำให้มีแสดงออกของยีนที่ต้องการได้)

9. ครูอธิบายให้นักเรียนฟังว่า การสร้างสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม จะใช้การฉีดยีนเข้าสู่นิวเคลียสของเซลล์ไข่ เพื่อให้ยีนแทรกเข้าสู่นิวเคลียสโดยตรง เนื่องจากสัตว์มีศักยภาพในการรับยีนน้อยกว่าพืช จากนั้นจึงนำไปปฏิสนธิในหลอดทดลอง แล้วนำไปฝากเข้าสู่ผู้รับเพื่อให้เกิดการพัฒนาเป็นตัวอ่อน ซึ่งตัวอ่อนที่คลอดออกมาจะแสดงคุณสมบัติหรือลักษณะของยีนที่แทรกเข้าสู่นิวเคลียสของเซลล์ไข่

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสร้างพืชและสัตว์ดัดแปรพันธุกรรม
2. ครูให้นักเรียนทำใบงาน เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการโคลนยีน

ชั่วโมงที่ 5

ชั้นสำรวจค้นหา (Explore)

1. ครูทบทวนความรู้จากชั่วโมงที่แล้วให้นักเรียนทราบบอสองเซป
2. ครูให้นักเรียนแบ่งเป็น 5 กลุ่ม สืบค้นข้อมูล เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม โดยให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนและที่สืบค้น นำมาสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมสายพันธุ์ใหม่ที่แสดงคุณสมบัติหรือลักษณะที่ต้องการ ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับยีนที่สนใจ สิ่งมีชีวิตที่สนใจ พร้อมอธิบายถึงสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมที่สร้างขึ้น จะสามารถนำมาแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้อย่างไร แล้วจัดทำเป็นอินโฟกราฟิกด้วย Notebook LM แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

ชั้นอธิบายความรู้ (Explain)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
2. ครูให้นักเรียนสรุป เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

ชั้นขยายความเข้าใจ (Elaborate)

1. ครูนำความรู้เกี่ยวกับการผลิตวัคซีน มาอธิบายให้นักเรียนฟัง ซึ่งเป็นผลจากเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอและให้ที่มาของข้อมูลเพื่อให้นักเรียนสามารถเข้าไปศึกษาดูเพิ่มเติมได้

ชั้นตรวจสอบผล (Evaluate)

1. ครูตรวจสอบผลจากแบบทดสอบก่อนเรียน
2. ครูตรวจสอบผลจากใบงาน เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรมและการโคลนยีน
3. ครูตรวจสอบผลจากการสรุปและการนำเสนออินโฟกราฟิก เรื่อง การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม

7. การวัดและประเมินผล

| รายการวัด | วิธีวัด | เครื่องมือ | เกณฑ์การประเมิน |
|--|--|--|------------------------------|
| 7.1 การประเมินชิ้นงาน/ ภาระงาน (รวบยอด) | - ตรวจสอบโฟกราฟิก เรื่อง การสร้างสิ่งมีชีวิตดัดแปร พันธุกรรม - ตรวจสอบรูป เรื่อง สิ่งมีชีวิต ดัดแปรพันธุกรรม | - แบบประเมินชิ้นงาน | - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ |
| 7.2 ประเมินก่อนเรียน - แบบทดสอบก่อนเรียน | - ตรวจสอบแบบทดสอบก่อนเรียน | - แบบทดสอบก่อนเรียน | - ประเมินตามสภาพจริง |
| 7.3 ประเมินระหว่าง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ | | | |
| 1) เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ | - ตรวจสอบใบงาน เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม และการโคลนยีน | - ใบงาน เรื่อง สิ่งมีชีวิตดัด แปรพันธุกรรมและการ โคลนยีน | - ร้อยละ 60 ผ่านเกณฑ์ |
| 2) การนำเสนอผลงาน | - ประเมินการนำเสนอ ผลงาน | - ผลงานที่นำเสนอ | - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ |
| 3) พฤติกรรม การทำงานรายบุคคล | - สังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล | - แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานรายบุคคล | - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ |
| 4) พฤติกรรม การทำงานกลุ่ม | - สังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม | - แบบสังเกตพฤติกรรม การทำงานกลุ่ม | - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ |
| 5) คุณลักษณะ อันพึงประสงค์ | - สังเกตความมีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมุ่งมั่น ในการทำงาน | - แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึงประสงค์ | - ระดับคุณภาพ 2 ผ่านเกณฑ์ |

8. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

- 1) หนังสือเรียนชีววิทยา ม.4 เล่ม 2 หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- 2) วิดีทัศน์ต่าง ๆ จาก YouTube
- 3) เว็บไซต์ตอบปัญหา ZEP Quiz เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ
- 4) Canva presentation เรื่อง พันธุศาสตร์และเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ

8.2 แหล่งการเรียนรู้

- 1) ห้องเรียน
- 2) ห้องสมุด
- 3) สื่อออนไลน์