

บรรณานุกรม

หนังสือ

ชัชวาล แพร์ตกุล. เทคนิคการวัดผล. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๘.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. มิติที่ ๓ ทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๑.

นิสิตปริญญาโทบัณฑิต, คณะ. เทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๖.

นิพนธ์ สุขปรีดี. นวัตกรรมเทคโนโลยีการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์วิเศษ, ๒๕๑๔.

เป็รื่อง กุมท. เทคนิคการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรม. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ๒๕๑๔.

ไพโรจน์ ใจเบา. คู่มือการเขียนบทเรียนแบบโปรแกรม. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ๒๕๒๐.

สุชา จันทน์เอม. จิตวิทยาทั่วไป. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๗.

สุนันท์ ปัทมาคม. บทเรียนแบบโปรแกรม. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๒.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. แบบเรียนชีววิทยาสำหรับมัธยมศึกษา ตอนปลาย เล่ม ๔. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, ๒๕๑๘.

เอกสารอื่น ๆ

กวินทร์ ธาตุกิจจาวรคุณ. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมสื่อผสมวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าในบ้าน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓." วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต ภาควิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๒.

ครรรชิต หอมแพน. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาสถิติ เรื่องการจัดความโน้มเอียง เข้าสู่ส่วนกลางและการกระจายสำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ ปริญญา มหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๘.

เดือนใจ ทองสำริด. "บทเรียนสำเร็จรูป," รายงานประกอบการศึกษาริชา Individual Study, ภาควิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๕. (ยึดสำเนา)

ทัศนีย์ ศรีเพ็ชรพันธุ์. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง การสังเคราะห์แสงสำหรับ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๘.

นภาพร ภมรบุตร. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง กรรมพันธุ์ตามหลักเมนเดล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕." วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๗.

ประทีป สยามชัย. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ไฟฟ้าสถิต สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญา มหาบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๒.

ผดุงยศ ดวงมาลา. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง
การจัดจำพวกสัตว์ สำหรับระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา."

วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๘.

มณสิรา ลำซำ. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบ
นิเวศน์สำหรับระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต
แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๑.

วิวัฒน์ วัชรศิริภู. "การศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องทัศน-
อุปกรณ์อย่างง่าย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมและ
การสอนปกติ." วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, ๒๕๑๔.

ศิริพร สิงหนตรง. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมสำหรับพยาบาล เรื่องความรู้
ขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับคลื่นหัวใจ." วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต แผนกวิชา
พยาบาลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๒.

สุจินต์ เสรีธรรมกุล. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยา
ไฟฟ้าเคมี สำหรับมัธยมศึกษาปีที่ ๕." วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบัณฑิต
แผนกวิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๒.

สุนันท์ ปัทมาคม. "เอกสารประกอบการสอนวิชา Programmed Instruction."
ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
๒๕๒๑. (อัดสำเนา)

BIBLIOGRAPHY

Books

Deterline, William A. An Introduction to Programmed Instruction.

Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1962.

Ebel, Robert L. Measuring Education Achievement. Englewood

Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1965.

Fry, Edward B. Teaching Machines and Programmed Instruction.

New York : McGraw-Hill Book Co., 1963.

Garrett, Henry E. Teaching for teachers. 2d ed. New York:

American Book Co., 1959.

Gronlund, Norman E. Constructing Achievement Tests. Englewood

Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1968.

Pai, Anna C. Foundations of Genetics, A Science for Society.

New York : McGraw-Hill Book Co., 1978.

Shuell, Thomas J. Learning and Instruction. New York : Brooks/

Cole Publishing Co., 1971.

Weisz, Poul B. The Science of Biology. New York : McGraw-Hill

Book Co., 1975.

Zeaman David, "Skinner's Theory of Teaching Machine," Automatic

Teaching. New York : John Wiley & Sons. , Inc., 2959.

Articles

Brown Jr., Robert O. "A Comparison Test of Scores of Student
Not Using Programmed Instructional Materials."

The Research on Programmed Instruction (Washington:
United State Government Printing Office, 1964): 26.

Conroy, David E. "The Effect of Age and Sex Upon a Comparison
Between Achievement Gains in Programmed Instruction
and Conventional Instruction in Remedial Algebra I at
at Northern Virginia Community." Dissertation Abstracts
International Vol. 32, No:9 (March 1972) : 5102A.

Parker, Gary G; Mertens, Thomas R. "Programmed Instruction,
Test Performance, and Classroom Discussion." Journal
of College Science Teaching Vol. 4, No:2 (November 1974)
:103-104.

Tamminen, Mildred. "The Effects of a Programmed Supplement
of General Chemistry Problems on the Problem
Solving Skills of College Chemistry Students."
Dissertation Abstract Vol. 1-2, No:76-10 (1976):
7320-A.



ภาคผนวก ก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำแนะนำในการใช้บทเรียน

บทเรียนนี้สร้างขึ้นสำหรับให้ผู้เรียนใช้เรียนด้วยตนเอง ผู้เรียนจะได้รับประโยชน์มาก ถ้าผู้เรียนทำตามคำแนะนำต่อไปนี้อย่างเคร่งครัด

1. บทเรียนนี้จัดทำเนื้อหาเป็นลำดับชั้นอย่างง่าย ๆ เพียงแต่ผู้เรียนตั้งใจอ่านข้อความแต่ละกรอบ โดยใช้ความคิดและทำไปตามลำดับกรอบต่างๆ กรอบจะสามารถตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง โปรดอย่าทำข้ามกรอบ มิฉะนั้นอาจทำให้ไม่เข้าใจบทเรียนนี้ได้

2. บทเรียนนี้มีได้กำหนดเวลาในการทำเอาไว้ ผู้เรียนจะทำเสร็จช้าหรือเร็วแล้วแต่ความสามารถของผู้เรียนเอง ตั้งใจอ่านข้อความ ของแต่ละกรอบ โดยไม่ต้องรีบร้อน แล้วตอบคำถามโดย เติมข้อความ ลงในช่องว่างในกระดาษที่จัดไว้ให้ของแต่ละกรอบ

3. คำตอบ ของแต่ละกรอบจะอยู่ ทางขวามือของกรอบถัดไป เช่น คำตอบของกรอบที่ 1 จะอยู่ทางขวามือของกรอบที่ 2 เป็นต้น

4. ในการทำบทเรียนให้ผู้เรียน ใช้กระดาษแข็ง ที่แนบมากับบทเรียนชุดนี้ ปิดคำตอบที่อยู่ทางขวามือ ของหน้าที่ผู้เรียนกำลังเรียนอยู่ทุกครั้ง

5. เมื่อตอบคำถามตามกรอบหนึ่งเสร็จแล้ว ให้เลื่อนกระดาษแข็ง ลงไปเปิดคำตอบในกรอบถัดไปเพื่อตรวจสอบว่าคำตอบของผู้เรียนถูกหรือผิด

ถ้าตอบถูก ให้อ่านข้อความของกรอบต่อไป

ถ้าตอบผิด ให้อ่านข้อความเดิมซ้ำอีก เพื่อดูว่าทำไมถึงตอบผิด แล้วจึง

ทำกรอบต่อไป

6. บทเรียนนี้จะได้ผลสัมฤทธิ์ความมุ่งหมาย ต่อเมื่อผู้เรียนมีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง คือไม่เปิดคำตอบดูก่อนเป็นอันขาด ซึ่งถ้าผู้เรียนปฏิบัติตามคำสั่ง ผู้เรียนจะพบว่าตัวของผู้เรียนได้รับความรู้ ความเข้าใจในบทเรียนด้วยตนเองอย่างน่าภาคภูมิใจ

7. ขณะทำบทเรียน หากมีข้อสงสัยให้ถามครูเพื่อขอคำแนะนำได้



บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง " ยีนทำงานได้อย่างไร " นี้แบ่งเป็น 3
หน่วยย่อย คือ

- หน่วยที่ 1 ยีนคืออะไรและเกี่ยวข้องกับ **DNA** อย่างไร
- หน่วยที่ 2 **DNA** เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนอย่างไร
- หน่วยที่ 3 เอนไซม์เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

ให้นักเรียน เริ่มเรียนจากหน่วยที่ 1 ก่อนแล้วจึงเรียน หน่วยที่ 2 และ 3
ต่อมาโดยเรียงตามลำดับ

คุนยัวิทยทรพยากร
จุพาลงกรณัมหาวิทยาฬัย

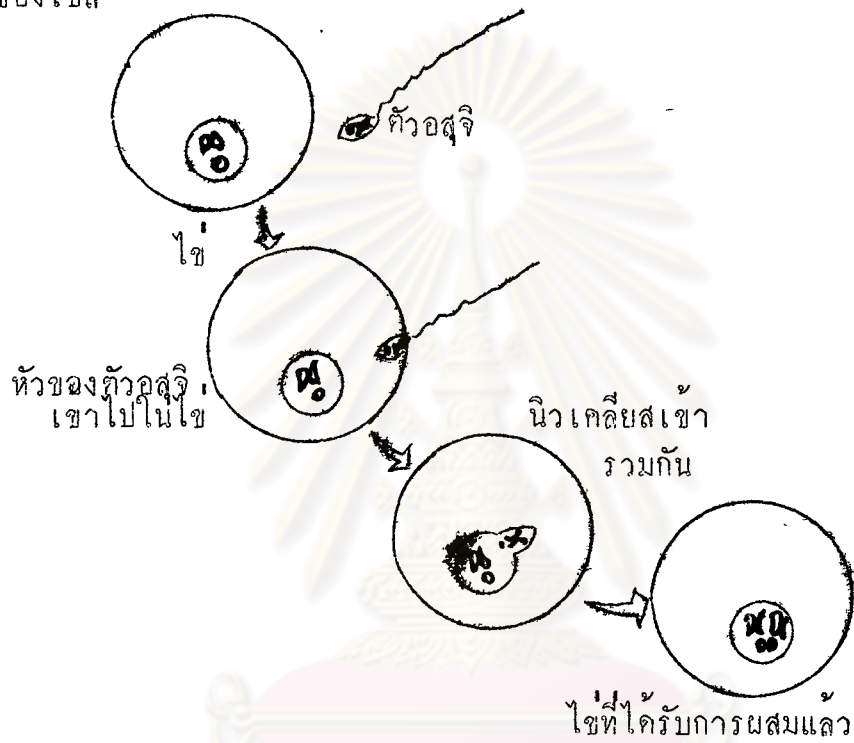
หน่วยที่ 1

ยีนคืออะไรและเกี่ยวข้องกับ DNA อย่างไร

<p>กรอบที่ 1</p>	<p>นักเรียนได้ศึกษาผลงานของ เกรกเกอร์ เมนเดล (Mendel) มาแล้ว เมนเดลเชื่อว่า มีหน่วยพันธุกรรมอยู่ในสิ่งมีชีวิตควบคุมการถ่ายทอดและการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต ซึ่งในปัจจุบันนี้เรียกว่า " ยีน " (gene) ผลงานของเมนเดลเป็นรากฐานสำคัญของ วิชา พันธุศาสตร์สมัยใหม่ จนได้รับการยกย่องว่า เป็นบิดาแห่งพันธุศาสตร์</p> <p style="text-align: center;">ในสิ่งมีชีวิตมี _____ ซึ่งเป็นหน่วยพันธุกรรมที่ควบคุมการถ่ายทอดและการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต</p>	
<p>กรอบที่ 2</p>	<p>ถ้ายีนมีอยู่จริง ดังนั้นยีนจะอยู่ที่ไหน ปัจจุบันนี้กำลังจุลทัศน์ ซึ่งสามารถขยายให้เห็นส่วนประกอบของสิ่งมีชีวิตและพบว่า ฟืชก็คื สัตว์ก็คื ประกอบด้วย เซล (cell) ถ้าเช่นนั้นยีนอยู่ตรงไหนของ เซล</p> <p style="text-align: center;">จากการดูจากกล้องจุลทัศน์พบว่าสิ่งมีชีวิตไม่ว่าพืชหรือสัตว์ประกอบด้วย _____ เป็นจำนวนมาก</p>	<p>ยีน (gene)</p>

กรอบที่ 3

การศึกษาเซลล์สืบพันธุ์ (Sex Cells) จะช่วยให้เราทราบตำแหน่งของยีนใดก็ขึ้น นักเรียนได้ทราบมาแล้วว่าเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตคือตัวอสุจิและไข่ ถ้าตัวอสุจิและไข่ ทำหน้าที่นำยีนจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อไปแล้ว ยีนน่าจะอยู่ในส่วนไหนของเซลล์



ในสิ่งมีชีวิตประกอบไปด้วยเซลล์เป็นจำนวนมาก การศึกษา _____ เป็นการศึกษาคือช่วยให้เราทราบตำแหน่งของยีนใดก็ขึ้น

เซลล์ (cell)

กรอบที่ 4

นักเรียนได้เคยศึกษาโครงสร้างของเซลล์และการแบ่งเซลล์มาแล้ว พบว่าภายในนิวเคลียสมีโครโมโซมที่มีลักษณะคล้ายกันเป็นคู่ๆ เรียกว่า โฮโมโลกัสโครโมโซม (Homologous Chromosome) ในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) โครโมโซมแต่ละคู่จะแยกออกจากกันไปอยู่ในเซลล์สืบพันธุ์ต่างเซลล์กัน ในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ จึงมีจำนวนโครโมโซมครึ่งหนึ่งของเซลล์เดิม โครโมโซมเหล่านั้นมาจากต่างคู่กันทั้งสิ้น ดังนั้นในเซลล์

เซลล์สืบพันธุ์ (Sex Cells)

สปีพันธุ์แต่ละเซลล์จึงมีโครโมโซมไม่เหมือนกันเลย

จำนวนโครโมโซมในเซลล์สปีพันธุ์จะมีจำนวน _____

_____ ของเซลล์เดิม

กรอบที่ 5

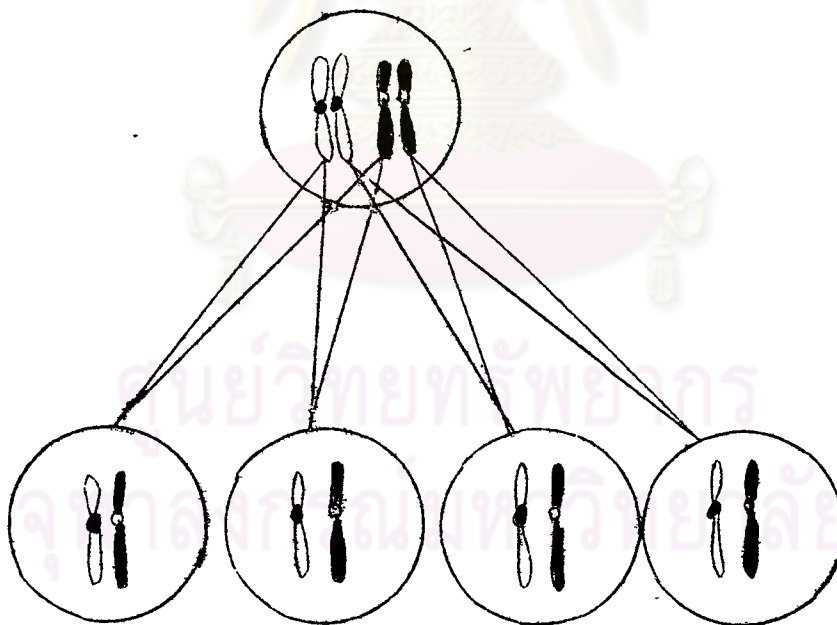
การแยกตัวของโฮโมโลกัสโครโมโซมมีลักษณะที่สำคัญคือ

ครึ่งหนึ่ง

1. โฮโมโลกัสโครโมโซมแต่ละเส้นจะแยกออกจากกัน เมื่อมีการสร้างเซลล์สปีพันธุ์

2. ในเซลล์สปีพันธุ์แต่ละเซลล์จะมีอยู่หลายโครโมโซม แต่จะมีโครโมโซมเพียงเส้นเดียวจากโฮโมโลกัสโครโมโซมแต่ละคู่ ดังนั้นจำนวนของโครโมโซมในเซลล์สปีพันธุ์จึงเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย

3. โครโมโซมที่อยู่ในเซลล์สปีพันธุ์จะไม่ใช่โครโมโซมที่เป็นโฮโมโลกัสโครโมโซม



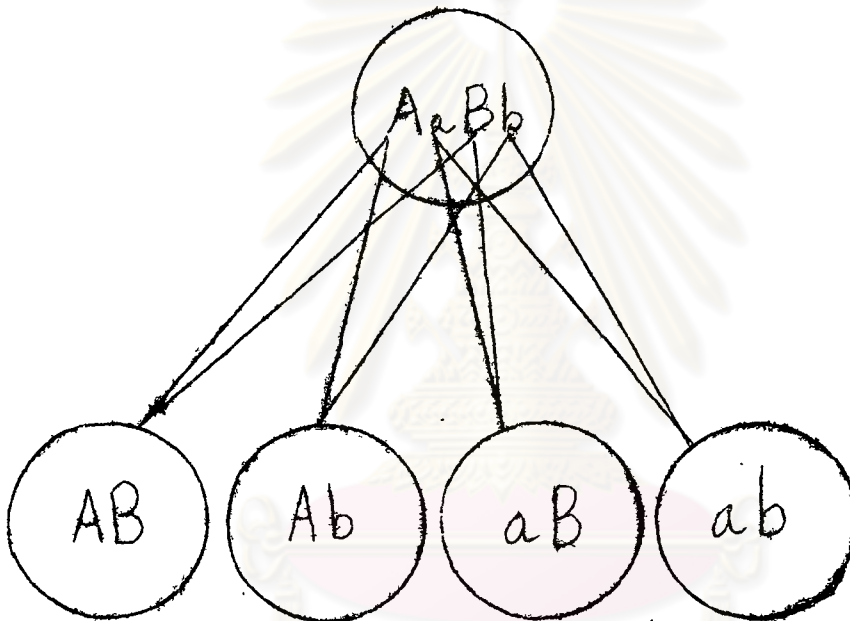
การแยกของโครโมโซมในเซลล์สปีพันธุ์

จำนวนโครโมโซมในเซลล์สปีพันธุ์มีจำนวนเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกายเพราะมี _____

กรอบที่ 6

ส่วนการแยกตัวของยีนมีลักษณะที่สำคัญ คือ

1. ยีนแต่ละยีนของคู่ใดคู่หนึ่งจะแยกออกจากคู่กันเมื่อมีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์
2. ในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์ย่อมจะมีอยู่หลายยีน แต่จะมียีนเพียงยีนเดียว จากแต่ละคู่ ดังนั้นจำนวนของยีน จึงลดลงครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย
3. ยีนที่อยู่ในเซลล์สืบพันธุ์จะไม่ใช้ยีนที่เป็น อัลลีล (allele) กันคือไม่ได้อยู่บนโครโมโซมเดียวกัน



การแยกของยีนในเซลล์สืบพันธุ์

ในเซลล์สืบพันธุ์แต่ละเซลล์มีหลายยีน แต่ยีนเหล่านั้นมีเพียงยีนเดียวจากแต่ละคู่ ดังนั้นจำนวนของยีนจึงมี _____ ของเซลล์ร่างกาย

โครโมโซม
เพียงเส้น
เดียวจาก
โฮโมโลกัส
โครโมโซม
แต่ละคู่

กรอบที่ 7

จะเห็นได้ว่าการแยกของโฮโมโลกัสโครโมโซมมีลักษณะคล้ายกับการแยกตัวของยีนตามที่เมนเดลค้นพบโดยทั้งยีนและโครโมโซมต่างก็มีแบบแผนของการแยกคล้ายคลึงกัน อาจเป็นไปได้หรือไม่ว่ายีนอยู่บนโครโมโซม ประจักษ์พยานที่สำคัญที่ยืนยันว่ายีนอยู่บนโครโมโซมที่สำคัญคือ ถ้ายีนอยู่บนโครโมโซมจริงแล้ว โครโมโซม

เพียงครึ่งเดียว

ส่วนที่ขาดหายไปก็ย่อมจะทำให้ยื่นที่อยู่บนส่วนนั้นหายไปด้วย ซึ่ง
ย่อมจะมีผลต่อการแสดงออกทางลักษณะทางกรรมพันธุ์ได้ด้วย

ถ้ายื่นอยู่บนโครโมโซมแล้ว และมีบางส่วนของโครโม
โซมหายไป ย่อมจะมีผลต่อการแสดงออกทางลักษณะของ _____
_____ ได้

กรอบที่ 8

กรรมพันธุ์



ถ้านักเรียนพิจารณาลักษณะของเด็กจากภาพจะพบ
ได้ทันทีว่า มีลักษณะผิดปกติเกิดขึ้นกับเด็ก จากการวิเคราะห์พบ
ว่ามีโครโมโซมคู่หนึ่งจากจำนวน 23 คู่ คือคู่ที่ 4 แตกต่างจาก
โครโมโซมคู่อื่น คือมีความยาวไม่เท่ากัน ซึ่งโครโมโซมแต่ละคู่
ควรจะมีขนาดและความยาวเท่ากัน แสดงว่าความผิดปกติของ
เด็กคนนี้น่าจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับการขาดหายไปของยีนบางส่วน



โครโมโซมคู่ที่ 1-5 ของเด็กในภาพส่วนหนึ่งของ
คู่ที่ 4 ขาดหายไป

การที่เด็กในภาพเกิดมีลักษณะผิดปกติขึ้นเพราะ

กรอบที่ 9

โครโมโซมหนึ่งๆ จะมียีนอยู่เป็นจำนวนมาก ยีนเหล่านี้เรียกว่า ยีนบนโครโมโซมเดียวกัน (**Linked Genes**) เช่นยีนของมะเขือเทศที่แสดงต้นสูงกับยีนไม่มีขนเป็นยีนบนโครโมโซมเดียวกัน ส่วนยีนที่แสดงต้นเตี้ยกับยีนมีขนเป็นยีนบนโครโมโซมเดียวกัน แต่เนื่องจากยีนทั้ง 4 นี้ อยู่บนโฮโมโลกัสโครโมโซมคู่เดียวกัน จึงถือว่าเป็นยีนกลุ่มเดียวกัน ส่วนในแมลงหวี่มีโครโมโซมอยู่ 4 คู่ จึงมียีนบนโครโมโซมเดียวกันอยู่ 4 กลุ่ม

ในคนมีโครโมโซมอยู่ 23 คู่ จะมียีนบนโครโมโซมเดียวกันอยู่ _____ กลุ่ม

ความยาวของโครโมโซมคู่ที่ 4 ขาดหายไปบางส่วน

กรอบที่ 10

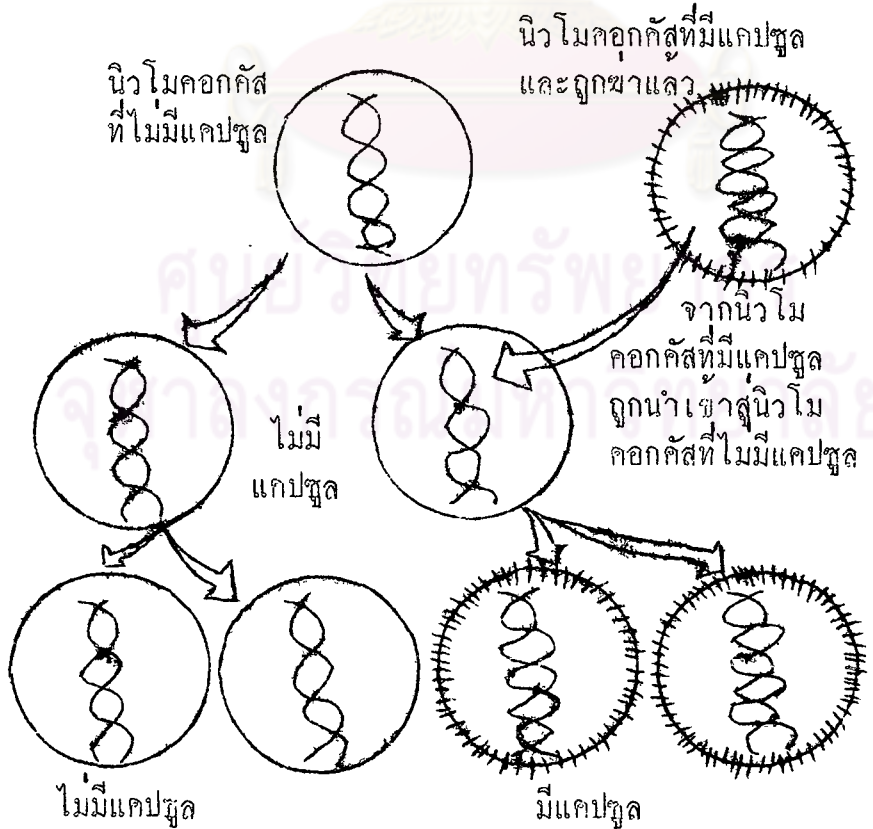
วอลเทอร์ เอส ซัทตัน (**Walter S. Sutton**) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสพบว่าการถ่ายทอดโครโมโซมจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง โดยผ่านการสืบพันธุ์มีลักษณะการถ่ายทอดคล้ายคลึงกับการถ่ายทอดของยีน ซัทตัน จึงสรุปว่า ยีนอยู่บนโครโมโซม จากข้อสรุปนี้ทำให้ เจมส์ ดี วัตสัน และ ฟรานซิส เอส ซี กรีก (**Janes D. Watson and Francis H.C. Crick**) ศึกษาค้นคว้าและวิเคราะห์ส่วนประกอบของโครโมโซม พบว่าโครโมโซมประกอบไปด้วย โมเลกุลของกรดนิวคลีอิก (**Nucleic Acid**) นอกจากนี้นักพันธุศาสตร์ยังได้พบว่า นิวเคลียสของสิ่งมีชีวิตต่างก็มีกรดนิวคลีอิกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกด้วย

จากการศึกษาค้นคว้าของ เจมส์ ดี วัตสัน และ ฟรานซิส เอส ซี กรีก พบว่า ส่วนประกอบที่สำคัญของโครโมโซม คือ โมเลกุลของ _____

23 กลุ่ม

กรดนิวคลีอิกประกอบด้วยกรดที่สำคัญ 2 ชนิด คือ กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (**deoxyribonucleic acid**) และ กรดไรโบนิวคลีอิก (**ribonucleic acid**)

การค้นคว้าที่น่าสนใจมากได้แก่การทดลองของ โอที อะเวอรี (**O.T. Avery**) ซี เอ็ม แมคเคลลาด์ (**C.M. Macleod**) และแมคคาร์ที (**McCarty**) เป็นการทดลอง และศึกษากับแบคทีเรียจำพวกนิวโมคอกคัส (**pneumococcus**) ซึ่งมีหลายชนิด มีชนิดหนึ่งสร้างแคปซูลหุ้มเซลล์ และความสามารถในการสร้างแคปซูลได้หรือไม่เป็นลักษณะพันธุกรรม แบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดต่างก็ถ่ายทอดลักษณะของตนไปยังรุ่นต่อไปโดยการแบ่งตัวออกเป็น 2 เซล ใน การทดลองนั้น หุ่นทั้ง 3 สามารถสกัดสารจากแบคทีเรียที่มีแคปซูลได้ สารชนิดนี้เป็นกรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก **DNA** และเมื่อนำเอา **DNA** ชนิดนี้ไปใส่ไว้ในตัวของแบคทีเรียพวกที่ไม่มีแคปซูล ปรากฏว่าแบคทีเรียพวกหลังนี้ สามารถสร้างแคปซูลได้ ดังนั้นจึงเป็นการแสดงว่า **DNA** สามารถเปลี่ยนลักษณะพันธุกรรมได้



แผนภาพการแสดงการถ่ายทอด **DNA** ในนิวโมคอกคัส

จากการค้นคว้าของท่านทั้ง 3 คน จึง เท่ากับเป็น
การแสดงให้เห็นว่า DNA ทำหน้าที่บางอย่างเหมือนยีนและอาจ
เป็นสารพันธุกรรมของเซลล์ ดังนั้น ยีนต้องมีความสัมพันธ์กับสาร
ภายในเซลล์อย่างแท้จริง

เมื่อนำ DNA จากนิวโมคอคคัสที่มีแคปซูลมาใส่ให้
แบคทีเรียนิวโมคอคคัสที่ไม่มีแคปซูล ปรากฏว่าแบคทีเรียสามารถ
สร้างแคปซูลได้เพราะ _____

กรอบที่ 12

ในปัจจุบันนักพันธุกรรมศาสตร์ได้ทำการศึกษาเกี่ยว
กับยีนและ DNA อยู่ตลอดเวลา โดยการศึกษาเกี่ยวกับทั้ง 2 สิ่ง
นี้ต่างกัน คือ

การศึกษาเกี่ยวกับยีนเป็นการศึกษาในแง่ของชีว-
วิทยาและสัติติ โดยการศึกษาจากลักษณะของรุ่นต่อไป ส่วน
การศึกษาเกี่ยวกับ DNA เป็นการศึกษาที่นำเอาความรู้ ทางเคมี
และฟิสิกส์ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

แต่อย่าไรก็ตาม ยีนและ DNA ต่างก็เป็นสารที่
ควบคุมลักษณะทางพันธุกรรมได้เหมือนกัน

การศึกษาเกี่ยวกับยีนเป็นการศึกษาในแง่ของสัติติ
และ _____

แบคทีเรียทั้ง
2 ชนิดต่างก็
มี DNA
เปลี่ยนลักษณะ
ของกรรมพันธุ์
ได้

กรอบที่ 13

ในปัจจุบันเรารู้ว่ายีนเป็นหน่วยหนึ่งในการแสดง
ออกทางพันธุกรรม และเป็นสารทางกรรมพันธุ์ด้วยก็เพราะเหตุ
ผลที่ว่า ยีนมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ยีนเป็นสารที่แสดงออกโดยการมีความหมายได้
ในตัวเอง (**Biological Useful
Information**) ซึ่งเป็นสารที่มีคุณสมบัติสร้างสิ่งซึ่งสามารถ
ควบคุมขบวนการต่างๆ ในแต่ละหน่วยหรือในแต่ละช่วงไม่เหมือนกัน
แล้วแต่ในแต่ละหน่วยว่ามีหน้าที่ต่างกันอย่างไร

ชีววิทยา

2. ยีนเป็นสารที่สามารถสร้างสิ่งเหมือนตัวเองได้เสมอๆ (**Self-Replication**) โดยสิ่งเหมือนตัวมันเองจะมีลักษณะเป็นคู่ (**Complement**) กับของเดิมที่มีอยู่แล้ว และสิ่งที่สร้างขึ้นนั้นจะเหมือนเดิมทุกประการ โดยไม่ต้องมีการลอกแบบ (**Copy**)

3. ยีนมีคุณสมบัติควบคุมกลไกในการแสดงออกของโมเลกุลภายในเซลล์ (**Regulation**)

4. ยีนมีคุณสมบัติคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงง่าย (**Stable**) แต่บางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างภายในเซลล์ก็ได้

คุณสมบัติสำคัญของยีน คือ

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

กรอบที่ 14

จากการที่ยีนอยู่บนโครโมโซม และส่วนประกอบที่สำคัญของโครโมโซมคือ DNA ฉะนั้น ในการแบ่งเซลล์ย่อมต้องมีการสร้าง DNA ขึ้นใหม่ และมีการแยก DNA ออกไปอยู่ต่างเซลล์คล้ายเหมือนกับการแยกตัวของยีนและโฮโมโลกัสโครโมโซมซึ่ง DNA ที่สร้างขึ้นมาใหม่และที่แยกออกจากกันจะต้องเหมือนกันทุกประการ มิฉะนั้น เซลล์ที่ได้นั้นจะมี DNA แตกต่างกันไปเสมอๆ

ในขณะที่มีการแบ่งเซลล์ DNA จะมีการแยกตัวออกไปอยู่ต่างเซลล์กันเหมือนกับการแยกตัวของ _____ และ _____

1. **Biological Useful Information**
2. **Self-Replication**
3. **Regulation**
4. **Stable**

กรอบที่ 15

สรุปใจความสำคัญ

1. สิ่งมีชีวิตทุกชนิดประกอบด้วยเซลล์ และเซลล์ที่ใช้ศึกษาว่า ยีนอยู่บนโครโมโซมได้อย่างไรชัดเจน คือ เซลล์สืบพันธุ์ ซึ่งได้แก่ตัว อสุจิ และไข่
2. ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโครโมโซม คือ ยีน และ DNA
3. ยีน คือหน่วยควบคุมลักษณะทางกรรมพันธุ์เรียงตัวกันอยู่บนโครโมโซม และยีนเหล่านี้จะอยู่กันเป็นกลุ่มๆ เรียกว่า ยีนเหล่านี้เป็น อัลลีล (allele) กัน
4. ยีนและ DNA ต่างก็อยู่บนโครโมโซมเหมือนกัน และมีคุณสมบัติอย่างเดียวกันคือ ถ่ายทอดลักษณะทางกรรมพันธุ์ไปสู่รุ่นต่อไปได้
5. ยีนและ DNA ต่างเป็นสารประกอบทางเคมีและมีพฤติกรรมต่างๆเหมือนกัน ซึ่งสรุปได้ว่า ยีนและ DNA เป็นสิ่งเกี่ยว ในปัจจุบันนักพันธุกรรมศาสตร์กำลังศึกษาค้นคว้าหาคำตอบอยู่ตลอดเวลา

ยีนและโฮโมโลกัส
โครโมโซม

จบหน่วยที่ 1

ให้นักเรียน เรียนหน่วยที่ 2 แล้วจึงเรียนหน่วยที่ 3

ต่อไปตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยที่ 2

DNA เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนอย่างไร

กรอบที่ 1	<p>นักพันธุศาสตร์อธิบายว่า ลักษณะผิวเผือกเป็นลักษณะทางพันธุกรรม ส่วนนักสรีรวิทยาได้อธิบายว่า ลักษณะผิวเผือกเกิดจากร่างกายไม่สามารถสร้างเมลานิน (Melanin) ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ผิวหนัง ในเส้นผมและม่านตา การที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเมลานินได้เพราะขาดเอนไซม์บางชนิดไป ดังนั้นจะเป็นไปได้หรือไม่ว่าลักษณะทางพันธุกรรมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ ถ้า DNA มีคุณสมบัติเหมือนยีน ปัญหาต่อไป คือ DNA เกี่ยวข้องกับเอนไซม์อย่างไร</p> <p>การที่ร่างกายไม่สามารถสร้างเมลานินได้เพราะร่างกายขาด _____</p>	
กรอบที่ 2	<p>จากการศึกษาพบว่าเอนไซม์ทุกชนิดเป็นโปรตีน ถ้าเช่นนั้นปัญหาต่อไปคือ การสร้างโปรตีนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร</p> <p>ถ้าเอนไซม์ทุกชนิดเป็นโปรตีน ดังนั้นการสร้างโปรตีนจึงต้องมีการเกี่ยวข้องกับ _____</p>	เอนไซม์บางชนิด
กรอบที่ 3	<p>นักวิทยาศาสตร์ได้พบหลักฐานมากมายที่ยืนยันว่าการสร้างโปรตีนทุกชนิดเกิดขึ้นในไซโทพลาสซึม แต่ DNA เป็นสารเคมีที่มีอยู่ในนิวเคลียสเท่านั้น ดังนั้นจะต้องมีสารบางอย่างซึ่งได้รับมอบหมายจาก DNA ให้มาควบคุมการสร้างโปรตีนในไซโทพลาสซึม สิ่งนั้นคือ กรดไรโบนิวคลีอิก (Ribonucleic Acid) ซึ่งเรียกกันว่า RNA</p>	DNA

nucleus

DNA มีอยู่ใน _____ เท่านั้น ดังนั้นจึง
 มอบหมายให้ _____ มาควบคุมการสร้าง _____
 _____ ใน _____

กรอบที่ 4

จากการศึกษาถึงสารที่เป็นองค์ประกอบของ เซลพบ
 ว่า RNA มีโครงสร้างคล้าย DNA มาก และโดยเฉพาะ
 RNA พบว่ามีอยู่ทั่วไปทั้งในนิวเคลียสและในไซโทพลาสซึม
 ส่วน DNA มีอยู่แต่ในนิวเคลียสเท่านั้น

RNA

โปรตีน

ไซโทพลาสซึม

เราพบ RNA ในเซลล์บริเวณ _____

กรอบที่ 5

ทั้ง DNA และ RNA ต่างก็ประกอบไป
 ด้วยหน่วยย่อยๆ 3 หน่วยเหมือนกันคือ

1. กลุ่มฟอสเฟต (phosphate group)
2. น้ำตาล (sugar)
3. เบสชนิดใดชนิดหนึ่ง (base)

โดยหน่วยย่อยทั้ง 3 นี้จะอยู่รวมกันโดยอาศัยตัว
 พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen Bond) เป็นตัว
 เชื่อมโยงให้อยู่ด้วยกัน

นิวเคลียสและ

ไซโทพลาสซึม

DNA และ RNA ต่างก็ประกอบไปด้วยกลุ่ม

ฟอสเฟต น้ำตาล และ _____

กรอบที่ 6

จากหน่วยย่อยทั้ง 3 หน่วยของ DNA และ RNA
 นักเรียนเปรียบเทียบสารที่เป็นองค์ประกอบของ DNA
 และ RNA ได้ดังนี้

เบสชนิดใด

ชนิดหนึ่ง

สารใน DNA

- กลุ่มฟอสเฟต (phosphate group)
- น้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose sugar)
- เบส 4 ชนิด คือ
 - ไซโทซีน (cytosine C)
 - อะดีนีน (adenine A)
 - กวานีน (guanine G)
 - ไทมีน (thymine T)

สารใน RNA

- กลุ่มฟอสเฟต (phosphate group)
- น้ำตาลไรโบส (ribose sugar)
- เบส 4 ชนิด คือ
 - ไซโทซีน (cytosine C)
 - อะดีนีน (adenine A)
 - กวานีน (guanine G)
 - ยูราซิล (uracil U)

นักเรียนจะเห็นได้ว่าสารใน DNA และ RNA

มีส่วนใกล้เคียงกันมาก

เบสที่แตกต่างกันใน DNA และ RNA

คือเบส _____

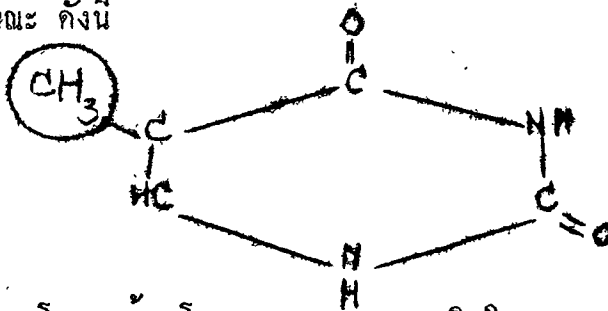
กรอบที่ 7

โครงสร้างของเบสไทมีน และ เบสยูราซิล
มีส่วนคล้ายคลึงกันมาก ดังนี้

ไทมีนและ
ยูราซิล

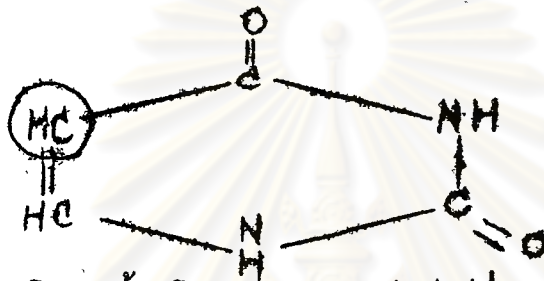
โครงสร้างโมเลกุลของเบสไธมีนใน DNA มี-

ลักษณะ ดังนี้



โครงสร้างโมเลกุลของเบสยูราซิลใน RNA มี-

ลักษณะ ดังนี้



โครงสร้างโมเลกุลของเบสไธมีนมีส่วนคล้ายกับ

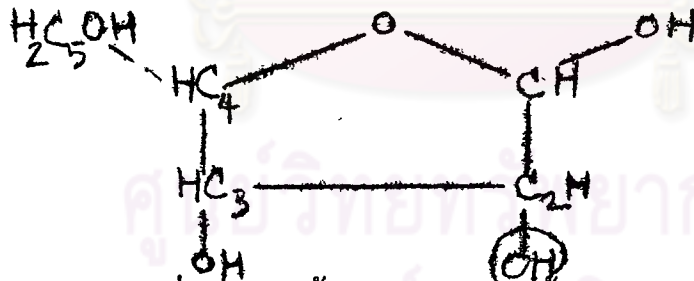
โครงสร้างของเบส _____

กรอบที่ 8

โครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลดีออกซีไรโบสใน

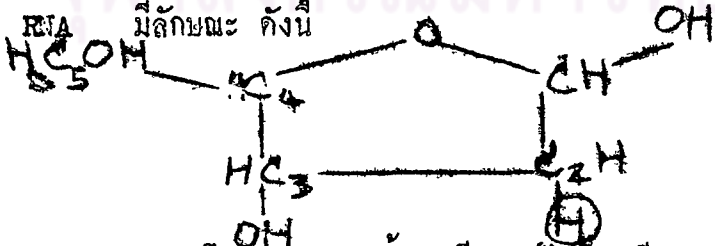
ยูราซิล

DNA มีลักษณะ ดังนี้



ส่วนโครงสร้างโมเลกุลของน้ำตาลไรโบสใน

RNA มีลักษณะ ดังนี้



โมเลกุลของน้ำตาลดีออกซีไรโบสมีอะตอมของธาตุ

มากกว่าในโมเลกุลของน้ำตาลไรโบสอยู่ 1

อะตอม

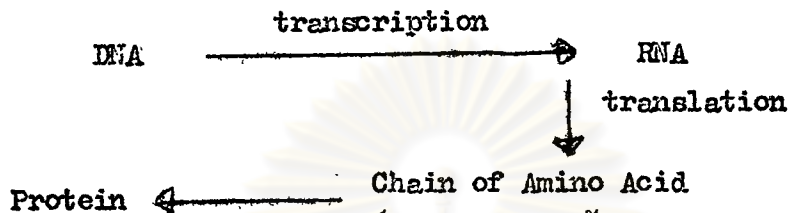
<p>กรอบที่ 9</p>	<p>นอกจากนี้ DNA และ RNA ทางก็ประกอบไปด้วยนิวคลีโอไทด์ต่างๆกัน อย่างละ 4 ชนิด ซึ่งในแต่ละนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) ประกอบด้วยหน่วยย่อยๆ 3 หน่วยคือ กลุ่มฟอสเฟต น้ำตาล และเบสชนิดใดชนิดหนึ่ง โดยชื่อของนิวคลีโอไทด์แต่ละชนิดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเบสที่มาอยู่ร่วมกับน้ำตาล เช่น อะดีนีนิวคลีโอไทด์ (adenine nucleotide) คือ นิวคลีโอไทด์ที่มีเบสอะดีนีนมาอยู่ร่วมกับน้ำตาลและกลุ่มฟอสเฟต</p> <p>ไซโทซีนนิวคลีโอไทด์เป็นนิวคลีโอไทด์ที่ประกอบด้วย กลุ่มฟอสเฟต น้ำตาล และเบส _____ อยู่ร่วมกัน</p>	<p>ออกซิเจน</p>
<p>กรอบที่ 10</p>	<p>จากความคล้ายคลึงกันขององค์ประกอบของสารใน DNA และ RNA ทำให้เราทราบว่า สารทั้ง 2 ชนิด จะต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด</p> <p>ถ้า DNA และ RNA มีความคล้ายคลึงกันมากเราจะตั้งสมมุติฐานได้ว่า ทั้ง DNA และ RNA ควรจะต้อง _____</p>	<p>ไซโทซีน</p>
<p>กรอบที่ 11</p>	<p>นักวิทยาศาสตร์พบว่า DNA และ RNA มีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดในขบวนการสังเคราะห์โปรตีนของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นขบวนการที่สำคัญมากในการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต</p> <p>_____ DNA และ RNA มีความสัมพันธ์กันมากในขบวนการ _____</p>	<p>สัมพันธ์กัน อย่างใกล้ชิด</p>

กรอบที่ 12

ขบวนการสังเคราะห์โปรตีนแบ่งเป็นขั้นตอนสำคัญใหญ่ๆ
ได้ 2 ขั้นตอน คือ

- ขบวนการนำรหัส (transcription)
- ขบวนการแปลรหัส (translation)

ซึ่งเขียนเป็นขบวนการง่ายๆได้ ดังนี้



ขบวนการสังเคราะห์โปรตีนประกอบด้วยขบวนการ

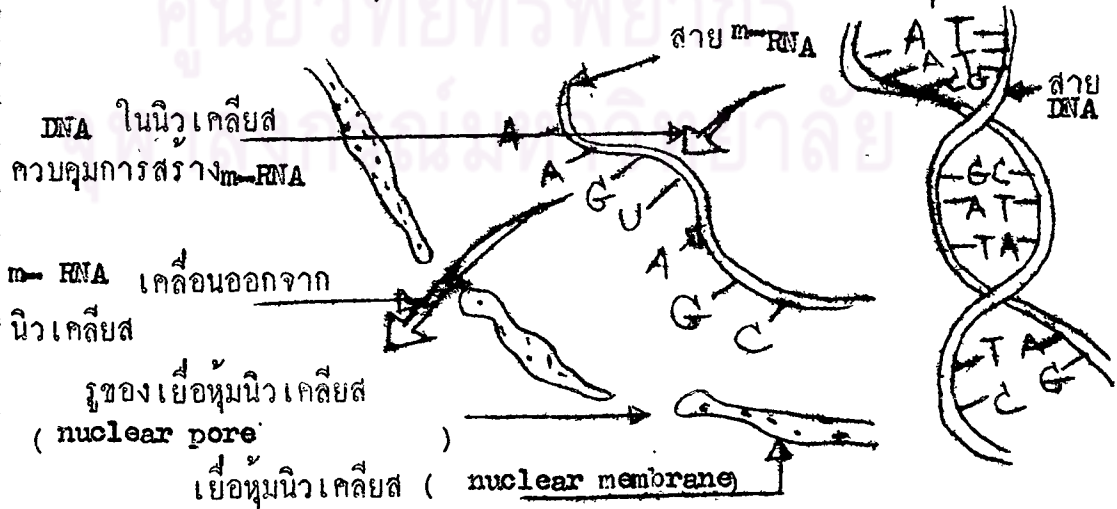
2 ขั้นตอน คือ _____ และ _____

สังเคราะห์
โปรตีน

กรอบที่ 13

ขบวนการนำรหัสเริ่มโดยการที่ DNA ในนิวเคลียส
ควบคุมการสร้าง RNA และ RNA ก็จะเคลื่อนออกมาอยู่
ในไซโทพลาสซึม โดย RNA ดังกล่าวนี้เรียกว่า messenger
(m- RNA) โดยจะทำหน้าที่เป็นผู้รับคำสั่ง
จาก DNA ในนิวเคลียส ให้มาสร้างโปรตีน

การเคลื่อนตัวของ RNA จากนิวเคลียสมายังอยู่ใน
ไซโทพลาสซึมจะผ่านทางรูของเยื่อหุ้มนิวเคลียส (nuclear
pore) ครอบคลุมเยื่อหุ้มนิวเคลียส (nuclear membrane)

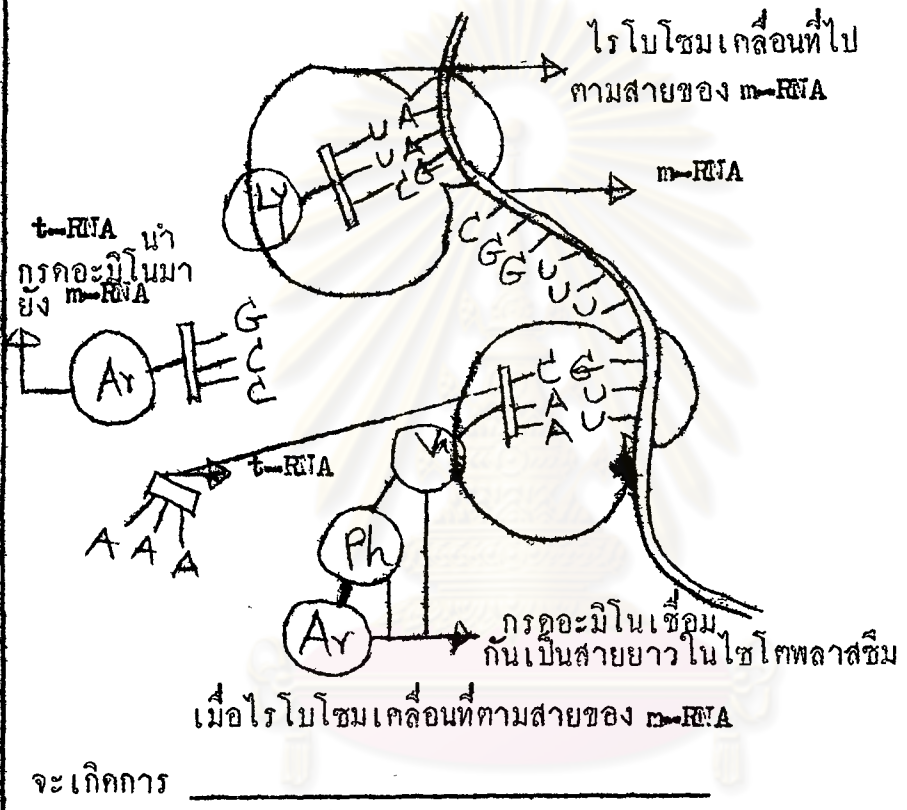


ขบวนการนำรหัสเป็นขบวนการที่ DNA ในนิวเคลียส
สร้าง m-RNA แล้ว _____

ขบวนการนำ
รหัสและขบวนการแปลรหัส

กรอบที่ 15

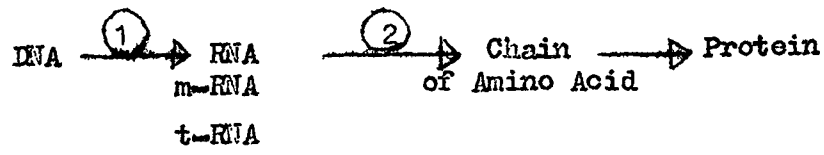
t-RNA ที่มีลักษณะจับกับกรดอะมิโนเป็น code
 แล้วจะเคลื่อนไปยัง m-RNA ตรงบริเวณที่มีไรโบโซม
 เกาะอยู่ และในขณะที่ไรโบโซมเคลื่อนที่ไปตามสายของ m-RNA
 นั้นจะมีการรวบรวมกรดอะมิโนจาก t-RNA ขบวนการนี้เรียกว่า
 ขบวนการแปลรหัส (translation)



- ไรโบโซม
 - เบส 3 เบส
 จะจับกับกรด
 อะมิโนเพียง
 1 ชนิดเท่านั้น
 และเบสชนิดใด
 ก็จะจับกับกรด
 อะมิโนชนิดนั้น
 เท่านั้น

กรอบที่ 16

หลังจากที่มีการรวบรวมกรดอะมิโนจาก t-RNA
 แล้วจะกลายเป็นสายของกรดอะมิโนซึ่งเชื่อมติดกันจนได้เป็น
 โมเลกุลของโปรตีนไปในที่สุด



- ① คือขบวนการ _____
- ② คือขบวนการ _____

รวบรวมกรด
 อะมิโนจาก
 t-RNA

กรอบที่ 17

สรุปขั้นตอนของขบวนการสังเคราะห์โปรตีนที่สำคัญ

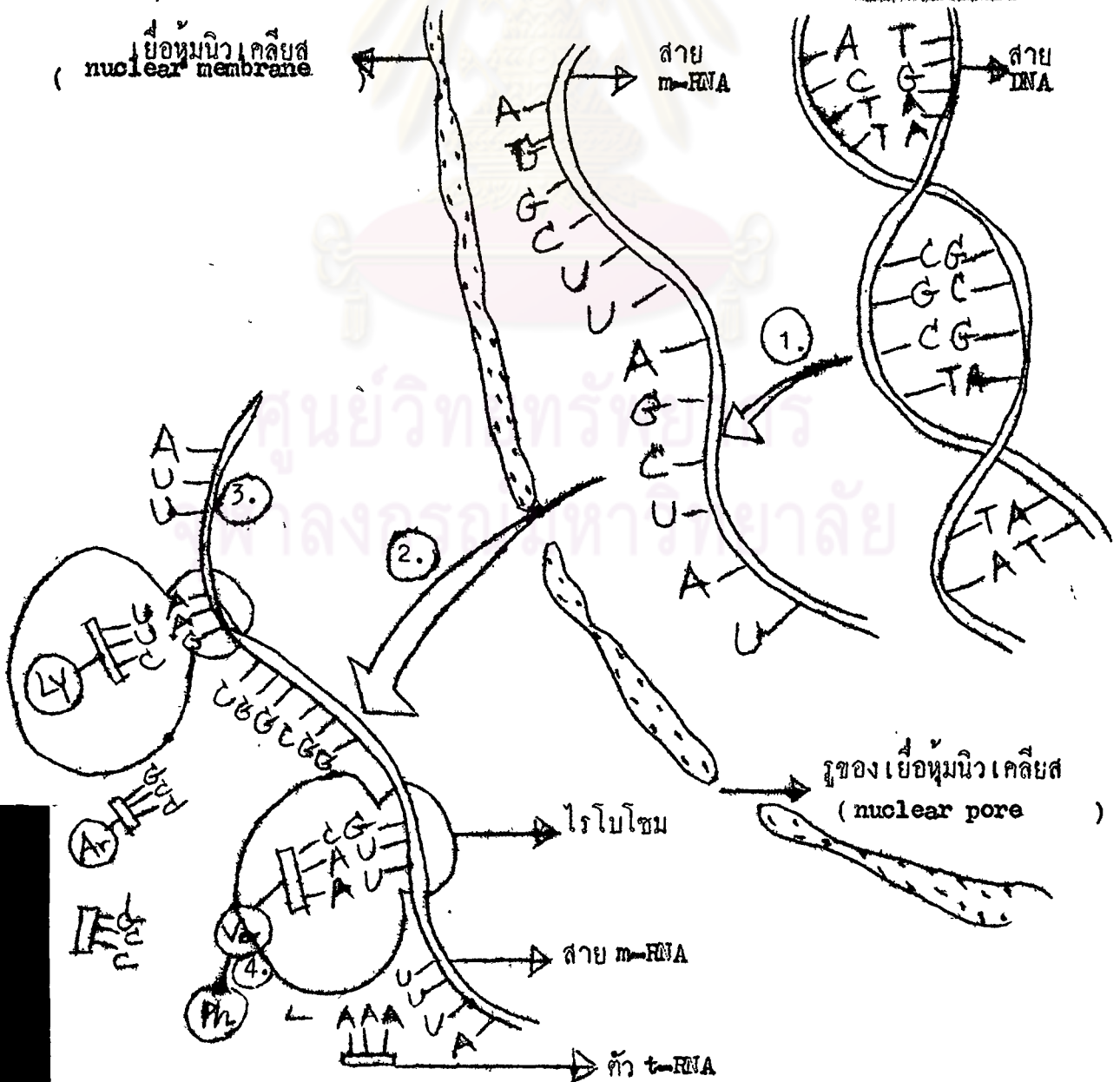
-นำรหัส
-แปลรหัส

มี ดังนี้

1. DNA ในนิวเคลียสควบคุมการสร้าง RNA
 2. m-RNA เคลื่อนออกจากนิวเคลียสมาอยู่ในไซโทพลาสซึมโดยรับคำสั่งจาก DNA ในนิวเคลียสเป็นขั้นตอนของการนำรหัส (transcription)
 3. m-RNA จะเกาะอยู่กับไรโบโซม และในไซโทพลาสซึมจะมี t-RNA ทำหน้าที่จับกับกรดอะมิโนตามโคดในลักษณะของ code
 4. ขณะที่ไรโบโซมเคลื่อนไปตามสายของ m-RNA จะมีการรวบรวมกรดอะมิโนจาก t-RNA จนได้โมเลกุลของกรดอะมิโนเชื่อมกันเป็นสายยาวกลายเป็นโมเลกุลของโปรตีน ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนของการแปลรหัส (translation)
- ขั้นตอนต่างๆในขบวนการสังเคราะห์โปรตีน

ไซโทพลาสซึม

นิวเคลียส



กรอบที่ 18

DNA เป็นตัวควบคุมที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีนชนิดต่างๆ ความแตกต่างของยีนที่แสดงลักษณะเด่นกับลักษณะด้อย เนื่องจากการลำดับเบสใน DNA แยกต่างหาก และการที่ร่างกายขาดเอนไซม์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ก็เนื่องมาจากโครงสร้างของ DNA นั้นเอง

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังมีการค้นหาปัญหาอีกมากมาย เรากำลังค้นคว้าและหาคำตอบของปัญหาต่างๆ เหล่านี้อยู่ตลอดเวลา

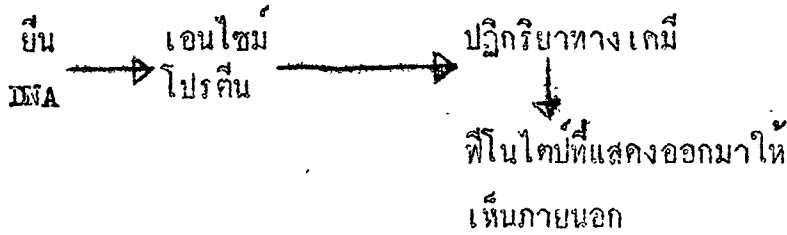
จบหน่วยที่ 2 ให้นักเรียนเริ่มเรียน
หน่วยที่ 3 ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน่วยที่ 3

เอนไซม์เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตอย่างไร

<p><u>กรอบที่ 1</u></p>	<p>เราค้นพบมาแล้วว่าเอนไซม์เป็นโปรตีน และทราบว่า DNA ควบคุมการสร้างโปรตีนชนิดต่างๆ ดังนั้นเราจึงสรุปว่า DNA ควบคุมการสร้างเอนไซม์ และถ้าเอนไซม์มีความสัมพันธ์ กับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต เราก็สรุปได้ว่า DNA ควบคุม กับการแสดงลักษณะต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต</p> <p align="center">DNA ควบคุมการสร้างโปรตีนแต่เอนไซม์เป็น โปรตีน ฉะนั้น DNA ต้องควบคุมการสร้าง _____ ควบ</p>	
<p><u>กรอบที่ 2</u></p>	<p>โดยเหตุที่ว่าเรามักจะคุ้นกับการบอกลักษณะของสิ่งมี ชีวิตซึ่งอาศัยการสังเกตด้วยวิธีการง่ายๆ ในแง่ของขนาด สี น้ำ หนัก และรูปร่าง เป็นต้น แต่ถ้าเป็นสิ่งมีชีวิตบางชนิด เช่น รา หรือ แบคทีเรีย เราจะบอกลักษณะโดยอาศัยวิธีการอื่นๆ เป็นต้น ว่าความสามารถในการสังเคราะห์อาหาร ซึ่งลักษณะที่เราสังเกต เห็นได้เหล่านี้เป็น ฟีนোটป์ (phenotype) ทั้งสิ้น ซึ่งเราจะไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยวิธีง่ายๆ</p> <p align="center">ความสามารถในการสังเคราะห์อาหารของรบบาง ชนิดจึงถือว่าเป็นการแสดงของสิ่งมีชีวิตทาง _____ เท่านั้น</p>	<p>เอนไซม์</p>
<p><u>กรอบที่ 3</u></p>	<p>ฟีนোটป์ที่แสดงออกมาเป็นผลสืบเนื่องมาจากปฏิกิริยา ทางเคมีในร่างกาย ซึ่งเป็นการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของ สิ่งมีชีวิตซึ่งมีลักษณะ เป็นขั้นตอน ดังนั้น</p>	<p>ฟีนোটป์</p>



ปฏิกริยาทางเคมีในร่างกายเกิดขึ้นได้เนื่องจาก
 การทำงานของ _____ ภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

กรอบที่ 4

ส่วนจีโนไทป์นั้นจะเป็นอย่างไรนั้นคงไม่มีทางทราบได้โดย เอนไซม์
 วิธีการสังเกตอย่างง่าย ๆ แบบฟีโนไทป์ นอกจากจะอาศัยผล
 ของการผสมพันธุ์ และการคาดคะเนจากฟีโนไทป์ที่แสดงออกมา
 เท่านั้น

จีโนไทป์นี้เราจะทราบได้โดยการสังเกตอย่างง่าย ๆ
 ไม่ได้ แต่เราจะทราบได้ก็องอาศัยผลของการ _____

กรอบที่ 5

นักวิทยาศาสตร์ ได้ค้นพบพยานเป็นจำนวนมากที่แสดง
 ว่าเอนไซม์มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิต เช่น
 ในกรณีที่ร่างกายไม่สามารถสร้าง เมลานิน (Melanine)
 ได้ก็เพราะว่าร่างกายขาดเอนไซม์ที่สร้าง เมลานินจากอาหาร
 โปรตีนได้ ทำให้แสดงลักษณะออกมภายนอกโดยมีฟีโนไทป์เป็น
 ลักษณะผิวเผือกออกมา

การที่ร่างกายไม่สามารถสร้าง เมลานินได้เพราะ
 ร่างกายขาด _____ ที่จะใช้ในการสร้างนั้น

ผสมพันธุ์

<p>กรอบที่ 6</p>	<p>ตัวอย่างที่แสดงในราชมมิ่งมีลักษณะแสดง ออกมาภายนอกไม่ชัดเจน ซึ่งเราสังเกตเห็นได้ยากกว่าสิ่งมีชีวิตชั้นสูง ขั้วพันธุ์ราสตรีจึงบอกลักษณะของราโดยอาศัยเทคนิคของอาหารที่ร่าทองการ ซึ่งลักษณะเหล่านี้ถ่ายทอดได้ เช่นเดียวกับลักษณะผิวเผือกที่เราสังเกตเห็นได้ชัดเจนในคน</p> <p>ราชมมิ่งบางชนิดแสดงออกมาภายนอกไม่ชัดเจนแต่เรามองลักษณะของราได้โดยอาศัย _____</p>	<p>เวเนโรน</p>
<p>กรอบที่ 7</p>	<p>นิวรอสไปรา (<i>neurospora</i>) เป็นราขมบับารชนิดหนึ่ง มีสีชมพูซึ่งขึ้นได้งอกงามในอาหารอาหารที่มีพวกซูโครส ไบโกลูโคส เกลือแร่ และวิตามินจำพวก ไบโอติน</p> <p>วิตามินที่ว่าพวก _____ เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อกรเจริญเติบโตของราชมมิ่งจำพวกนิวรอสไปรา</p>	<p>ชนิดของอาหารที่ร่าทองการ</p>
<p>กรอบที่ 8</p>	<p>ถ้าขาดอาหารที่จำเป็นต่างๆ ของร่านิวรอสไปร่าแล้ว ราพวกนี้จะเจริญไม่ได้ เราถือว่า สารอาหารเหล่านั้นเป็นสารอาหารที่ร่าทองการอย่างน้อยที่สุด เราเรียกว่า สารอาหารขั้นต่ำ (<i>minimal media</i>) ซึ่งสารอาหารขั้นต่ำนี้มีความสำคัญต่อร่ามากและร่าก็สังเคราะห์ขึ้นเองไม่ได้</p> <p>สารอาหารขั้นต่ำมีความสำคัญต่อร่าจำพวกนี้มากเพราะร่าจำพวกนี้ _____</p>	<p>ไบโอติน</p>

กรอบที่ 9

นอกจากสารอาหารชั้นต่ำแล้วร่ายังต้องการสารอื่นๆ อีกโดยเฉพาะอย่างยิ่งกรโคอะมีโนต่างๆ แต่เราก็สามารถสร้างชั้นได้เองจากสารอาหารชั้นต่ำนั้นได้

ในสารอาหารชั้นต่ำที่ไม่มีสารอาหารชนิดอื่น ราก็ยังเจริญงอกงามได้เพราะเราสามารถสังเคราะห์อาหารที่ต้องการจากสาร _____ ได้

ไม่สามารถสังเคราะห์ชั้นเองได้

กรอบที่ 10

จี คัมบลิว บีเกิล (G.W: Beadle) และ อี แอล เทตัม (E.L. Tatum) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องนี้โดยใช้การฉายแสงรังสีเอกซ์ (X -- Ray) ไปยังนิวโรสโปราที่ขึ้นอย่างงอกงามในสารอาหารชั้นต่ำ เพื่อค้นคว้าว่ารังสีเอกซ์จะทำให้ยีนในนิวโรสโปราเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่อย่างไร

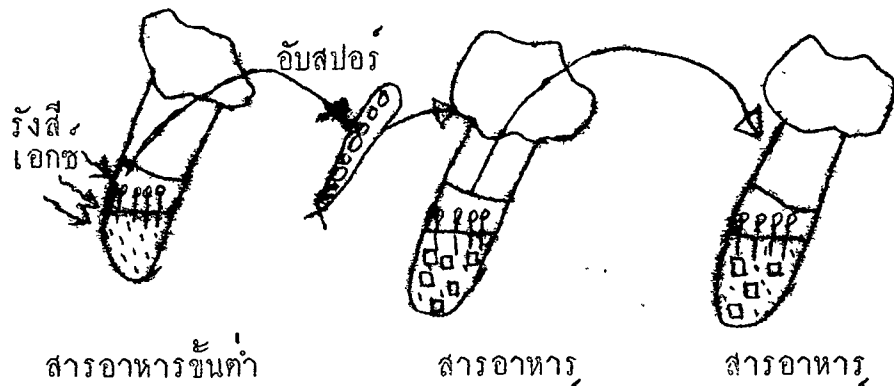
การทดลองของ จี คัมบลิว บีเกิลและ อี แอล เทตัม ใช้วิธีการ _____ เพื่อดูว่ามีการเปลี่ยนแปลงในรานิวโรสโปราหรือไม่

อาหารชั้นต่ำ

กรอบที่ 11

เมื่อนำสปอร์ของรานิวโรสโปราที่ถูกฉายด้วย รังสีเอกซ์ แล้วไปเพาะในสารอาหารสมบูรณ์ (complete media) ที่มีสารอาหารครบทุกชนิดที่เราต้องการปรากฏว่า รานั้นเจริญงอกงามก็ตามปกติ

ฉายรังสีเอกซ์

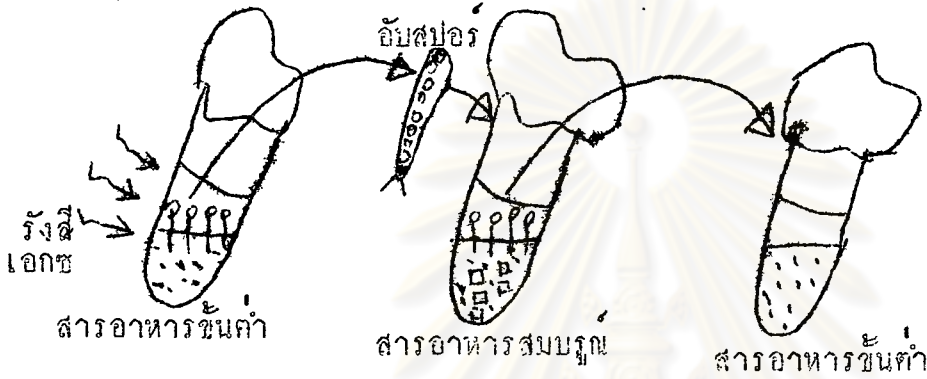


เมื่อนำสปอร์ของราที่ไวต่อรังสีเอกซ์ไปเพาะในอาหารสมบูรณ์ปรากฏว่า _____

กรอบที่ 12

แต่เมื่อนำสปอร์จากราที่เจริญงอกงามดีในสารอาหารสมบูรณ์ไปเพาะในสารอาหารขั้นต่ำจะปรากฏว่าสปอร์ของราที่ไวต่อรังสีเอกซ์ไม่สามารถเจริญได้ในสารอาหารขั้นต่ำเสียแล้ว

เจริญงอกงามดี

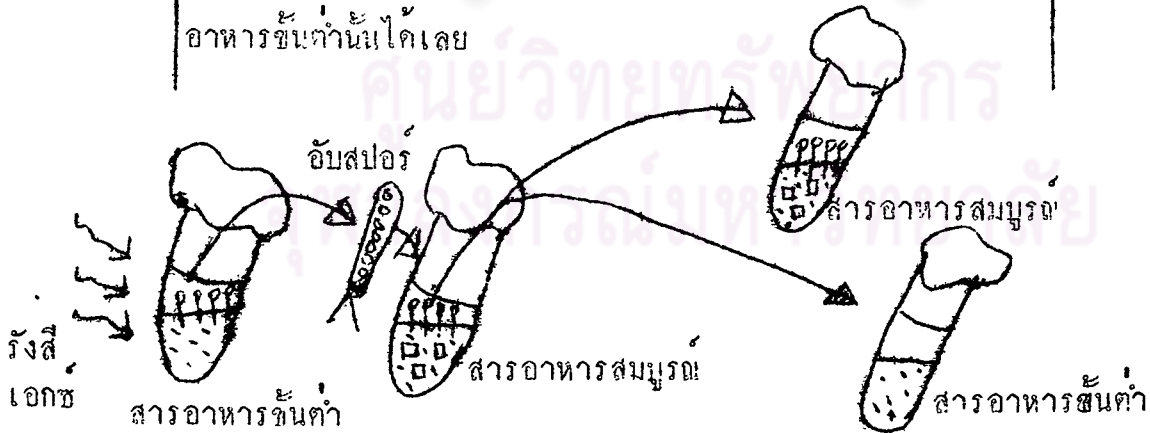


เมื่อนำสปอร์ของราที่ถูกรังสีเอกซ์ไปเพาะในสารอาหารขั้นต่ำปรากฏว่า _____

กรอบที่ 13

จากกรอบที่ 11 และ กรอบที่ 12 นักเรียนจะสังเกตได้ว่า รังสีเอกซ์ก่อให้เกิดยีนบางตัวในสปอร์ของราที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งเราไม่สามารถสร้างสารอาหารที่ต้องการจากสารอาหารขั้นต่ำนั้นได้เลย

ไม่สามารถเจริญเติบโตได้



การที่เราไม่สามารถเจริญในสารอาหารขั้นต่ำเพราะ _____

กรอบที่ 14

ในการสังเคราะห์โปรตีนและกรดอะมิโนของสิ่งมีชีวิต
 ย่อมต้องอาศัยเอนไซม์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้สิ่งมีชีวิตไม่
 สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนเป็นเพราะว่าได้เกิดการเปลี่ยนแปลง
 ของยีนหรือ DNA ซึ่งทำให้การผลิตเอนไซม์ภายในสิ่งมีชีวิต
 เกิดเปลี่ยนแปลงไป เช่น ในการทดลองที่เกี่ยวกับไวรัสว่าพวกนิว
 รอสส์พบว่า

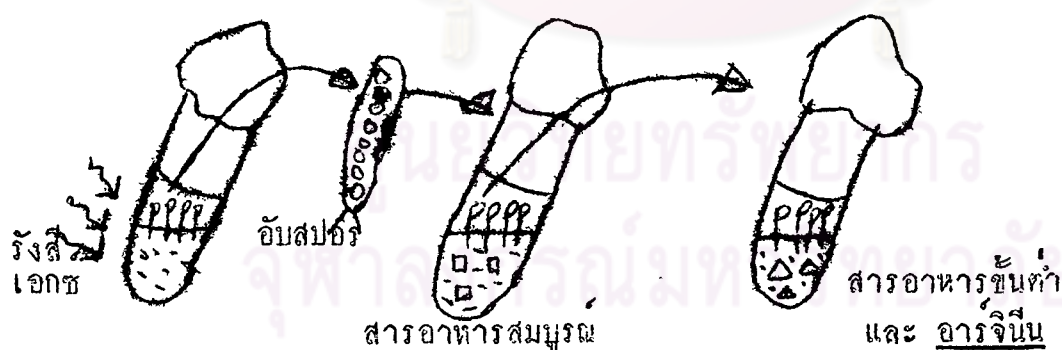
รังสีเอกซ์ทำ
 ให้ยีนบางตัว
 ของไวรัสเกิดการ
 เปลี่ยนแปลงไป

การสร้างกรดอะมิโนของสิ่งมีชีวิตต้องอาศัย _____
 _____ ซึ่งได้จากการควบคุมของยีนและ DNA

กรอบที่ 15

เมื่อทำการทดลองต่อไปปรากฏว่า สปอร์ของไวรัส
 เจริญงอกงามได้ในสารอาหารชั้นต่ำที่เติมอาร์จินีน ลงไปด้วย
 โดยอาร์จินีนเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อไวรัส ทำให้ไวรัสที่
 ไม่สามารถงอกงามได้กลับเจริญได้อีก

เอนไซม์

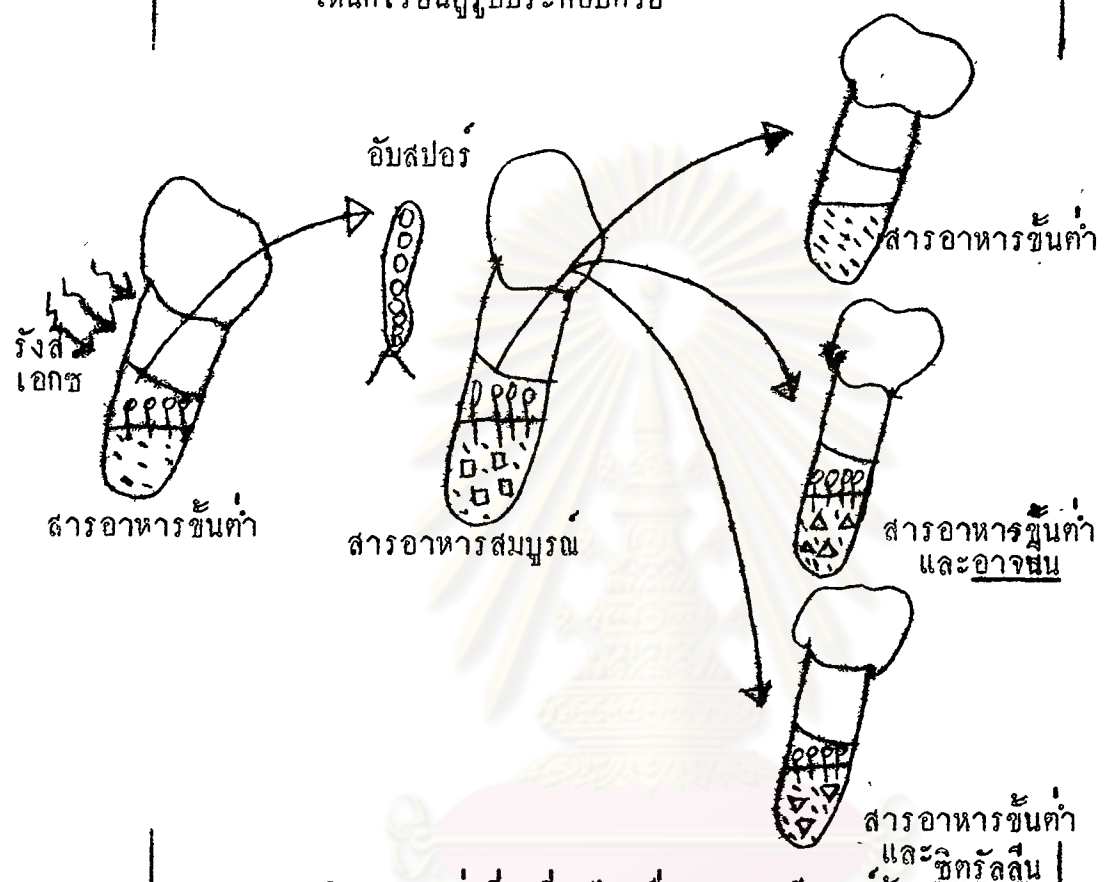


เมื่อเติมอาร์จินีนลงไป ในสารอาหารชั้นต่ำปรากฏ
 ว่าไวรัส _____

กรอบที่ 16

นอกจากการเติมอาร์จินีนแล้ว จากการทดลองยังพบว่า
เราจะเจริญเติบโตในสารอาหารขั้นต่ำที่จำเป็นต้องเติมซิทรูลีน
(**citrulline**) ลงไปในสารอาหารขั้นต่ำนั้นด้วย
ให้นักเรียนดูรูปประกอบด้วย

จะเจริญเติบโต



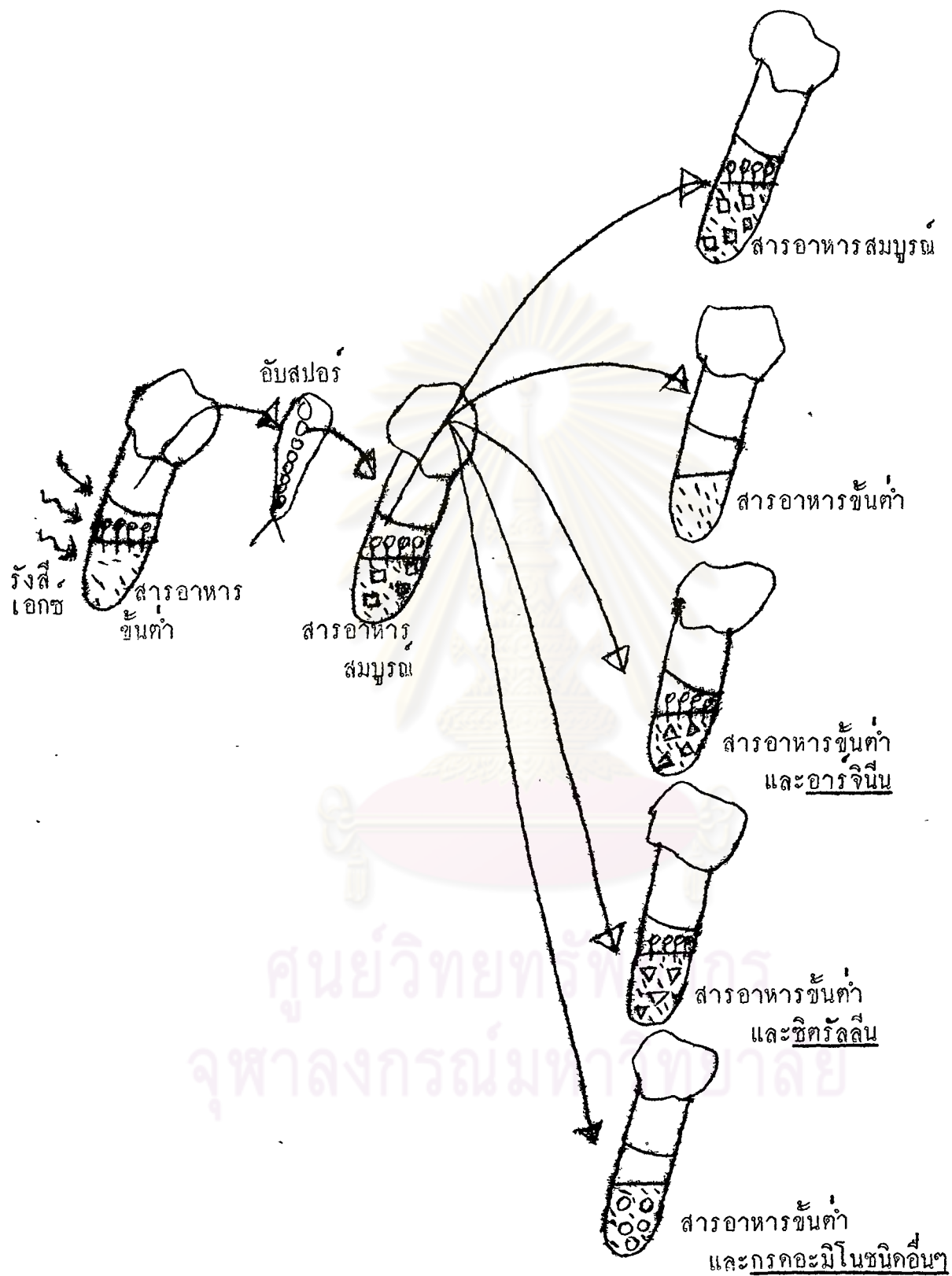
นิเวศสปอราที่เปลี่ยนไปเนื่องจากริงส์เอกซนั้นจะเจริญ
โตได้ดีถ้าเติมอาร์จินีนหรือ _____ ซึ่งเป็นสารอาหารที่
จำเป็นลงในสารอาหารขั้นต่ำ

กรอบที่ 17

เมื่อทำการทดลองต่อไปโดยการเติมสารอาหารชนิด
อื่นที่ไม่ใช่กรดอะมิโนจำพวกอาร์จินีนและซิทรูลีน ลงในสารอาหาร
ขั้นต่ำ แล้วนำสปอร์ของเราไปเพาะ ปรากฏว่าเราจะไม่เจริญออก-
งามเลย

ซิทรูลีน

ให้นักเรียนดูรูปประกอบด้วย



ถ้าเติมกรดอะมิโนในอื่นๆที่ไม่ใช่อาร์จินีนและซิทริลลีนลงในสารอาหารชั้นต่ำแล้ว นำสปอร์ของราที่ถูกรังสีเอกซ์ไปเพาะจะปรากฏว่า _____

กรอบที่ 18

เราทราบมาแล้วว่าการที่ราปรกติสามารถเจริญงอก-
งามในสารอาหารชั้นต่ำได้เพราะว่าเราสามารถสร้างสารที่จำเป็น
ต่อการดำรงชีวิตจากสารต่างๆที่อยู่ในสารอาหารชั้นต่ำนั้น แต่ราที่
ถูกรังสีเอกซ์แล้วนั้นจะไม่สามารถเจริญงอกงามและดำรงชีวิต
อยู่ได้ เนื่องจากยีนบางตัวในราเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งทำ
ให้ไม่สามารถควบคุมการสร้างเอนไซม์ไปควบคุมการสร้างสาร
อาหารที่จำเป็นจากสารอาหารชั้นต่ำอีกทีหนึ่ง

ราจะไม่เจริญ
งอกงามเลย

ราปรกติสามารถเจริญงอกงามในสารอาหารชั้นต่ำ
ได้แต่ราที่ถูกรังสีเอกซ์ไม่สามารถเจริญในสารอาหารชั้นต่ำได้
เนื่องจาก _____ ทำให้ไม่สามารถสร้าง
เอนไซม์ไปควบคุมการสังเคราะห์อาหารที่จำเป็นได้จากสาร
อาหารชั้นต่ำนั้นได้

กรอบที่ 19

ถ้าจะดูโครงสร้างของกรกอะมิโนต่างๆ จะพบว่า
กรกอะมิโนแต่ละตัวมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลง
จากสารที่มีอยู่ในสารอาหารชั้นต่ำจนเป็นกรกอะมิโนนั้น จะต้อง
มีหลายขั้นตอนย่อมต้องอาศัยเอนไซม์ต่างชนิดกันด้วย

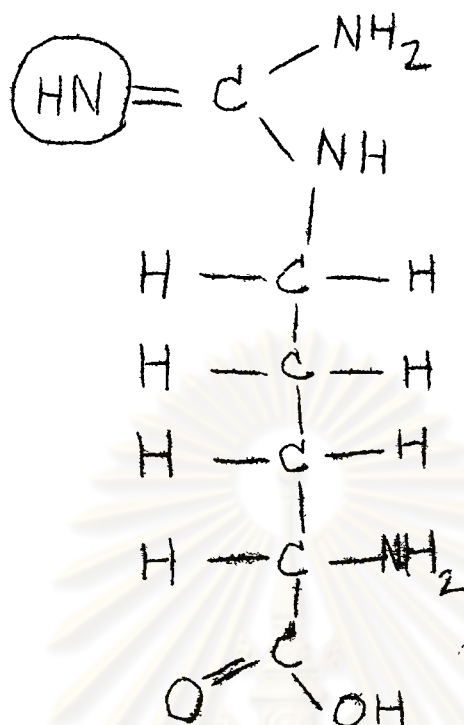
ยีนบางตัวเกิด
เปลี่ยนแปลงไป

จะเห็นว่าโครงสร้างของกรกอะมิโนมีโครงสร้าง
ที่ซับซ้อนมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงกรกอะมิโนเหล่านี้ต้องอาศัย
_____ เป็นตัวควบคุมด้วย

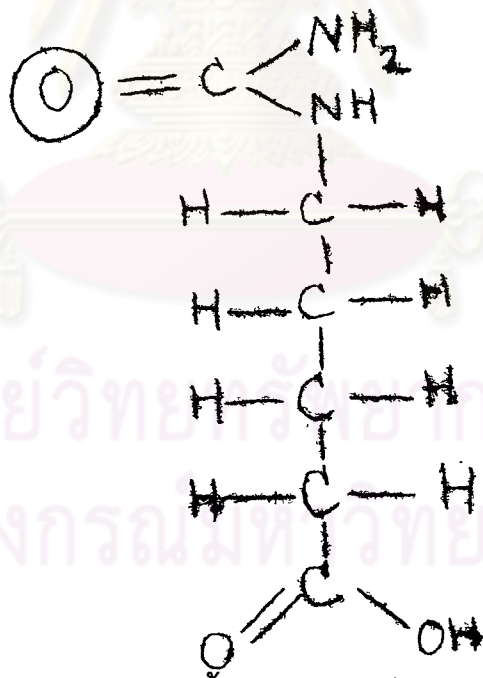
กรอบที่ 20

เมื่อพิจารณาดูโครงสร้างของอาร์จินีนและซิทรูลีน
จะพบว่าคล้ายคลึงกันมาก

เอนไซม์



สูตรโครงสร้างของอาร์จินีน



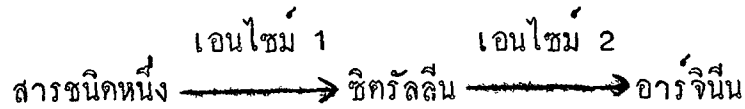
สูตรโครงสร้างของซิทรูลีน

จากการที่อาร์จินีนมีโครงสร้างใกล้เคียงกับซิทรูลีน ฉะนั้นอาร์จินีนจึงถูกสังเคราะห์มาจากซิทรูลีนได้

สูตรโครงสร้างของอาร์จินีนมีลักษณะคล้ายคลึงกับ _____ มาก

กรอบที่ 21

ขบวนการสังเคราะห์อาร์จินีนจากซิทรูลีน เป็นไปตาม
ลำดับขั้น ดังนี้



ถ้าไม่มีเอนไซม์ 2 าก็ไม่สามารถสังเคราะห์อาร์จินีน
หรือถ้าไม่มีเอนไซม์ 1 าก็สังเคราะห์อาร์จินีนไม่ได้ เช่นเดียว
กัน ถ้าไม่มีเอนไซม์ 2 มีทางแก้ทางเดียวคือ ต้องเติมอาร์จินีน
ในอาหาร แต่ถ้าไม่มีเอนไซม์ 1 มีทางแก้ 2 ทางคือ เติม
อาร์จินีนหรือซิทรูลีนก็ได้เพราะซิทรูลีนอาจเปลี่ยนไปเป็น
อาร์จินีนได้

ถ้าไม่มีเอนไซม์ 1 นอกจากจะเติมอาร์จินีนแล้วจะ
เติม _____ แทนก็ได้

ซิทรูลีน

กรอบที่ 22

จากตัวอย่างการทดลอง เกี่ยวกับราชาพวกนิรอสปอรา
กับตัวอย่างคนผิวเผือกนี้ นักเรียนจะสรุปได้ว่า DNA เกี่ยว
ข้องกับเอนไซม์ และเอนไซม์เกี่ยวข้องกับการแสดงลักษณะของสิ่ง
มีชีวิต

ลักษณะคนผิวเผือกเกิดขึ้นเพราะร่างกายขาดเอนไซม์
ในการสังเคราะห์เมลานินจากอาหารโปรตีน ส่วนลักษณะที่รา
ไม่เจริญงอกงามในสารอาหารขั้นต่ำเพราะรังสีเอกซ์ทำให้โครง
สร้างของ DNA และยีนเปลี่ยนไปจากเดิม จึงไม่สามารถสร้าง
เอนไซม์ซึ่งจะไปสังเคราะห์อาหารที่จำเป็นจากสารอาหารขั้นต่ำ
นั้นได้

จากตัวอย่างคนผิวเผือกและราชาพวกนิรอสปอราสิ่ง
ที่สำคัญที่สุดในการสร้างและควบคุมเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิตคือ _____

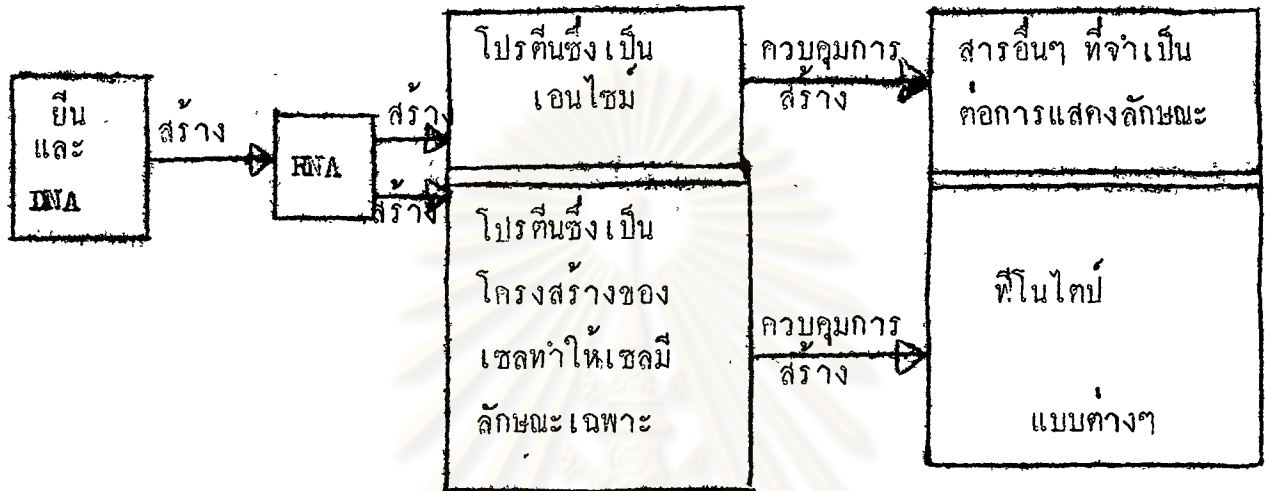
ซิทรูลีน

กรอบที่ 23

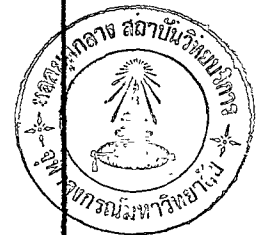
สรุป

ยื่นทำงานโดยการสร้างเอนไซม์และควบคุม
 ขบวนการต่างๆ ของสิ่งมีชีวิต
 เขียนเป็นขบวนการได้ ดังนี้

ยื่นและ



ทั้งเช่นการทดลองของ บีเคิล และ เทคัม ที่ปรากฏผลออกมาว่า ราวพวกที่ไม่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนชนิดใดได้ก็ยังมีปรากฏอีกในรุ่นต่อไป ซึ่งถ้ารังสีเอกซ์มีผลทำให้โครงสร้างของยีนเปลี่ยนแปลงไป อาการเช่นนั้นก็จะมีปรากฏขึ้นได้อีกในรุ่นต่อไป



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ข

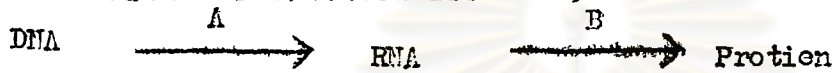
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

20. ความแตกต่างของการแสดงลักษณะเด่นและถ้อยของยีนเกิดขึ้นได้เพราะ
- ก. โครงสร้างของ DNA เปลี่ยนไป ข. โครงสร้างของ RNA เปลี่ยนไป
- ค. ร่างกายขาดเอนไซม์บางชนิด ง. ถูกทุกข้อ

21. สิ่งที่สำคัญที่สุดในการสังเคราะห์โปรตีนคือ

- ก. r-RNA ข. m-RNA
- ค. t-RNA ง. ถูกทุกข้อ

จากขบวนการข้างล่างนี้ใช้ตอบข้อ 22-23



22. A หมายถึงขบวนการ

- ก. Transcription ข. Translation
- ค. Copy ง. Replication

23. B หมายถึงขบวนการ

- ก. Transcription ข. Translation
- ค. Copy ง. Replication

24. เซลล์พืชจะมีการแบ่งเซลล์แบบใด

- ก. Mitosis ข. Amitosis
- ค. Meiosis ง. แบบใดก็ได้ไม่จำกัด

25. สิ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับยีนมากที่สุดคือ

- ก. นิวเคลียส ข. DNA
- ค. RNA ง. ไรโบโซม

ชื่อ _____ ชั้น _____
โรงเรียน _____

แบบทดสอบก่อนเรียน

จง เลือกข้อที่ถูกข้อที่ผิดแล้วทำเครื่องหมาย X ทับบนข้อที่ถูกนั้นเพียงข้อเดียว

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. ก ช ค ง | 2. ก ช ค ง |
| 3. ก ช ค ง | 4. ก ช ค ง |
| 5. ก ช ค ง | 6. ก ช ค ง |
| 7. ก ช ค ง | 8. ก ช ค ง |
| 9. ก ช ค ง | 10. ก ช ค ง |
| 11. ก ช ค ง | 12. ก ช ค ง |
| 13. ก ช ค ง | 14. ก ช ค ง |
| 15. ก ช ค ง | 16. ก ช ค ง |
| 17. ก ช ค ง | 18. ก ช ค ง |
| 19. ก ช ค ง | 20. ก ช ค ง |
| 21. ก ช ค ง | 22. ก ช ค ง |
| 23. ก ช ค ง | 24. ก ช ค ง |
| 25. ก ช ค ง | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้คะแนนรวม _____ คะแนน

ชื่อ _____ ชั้น _____
โรงเรียน _____

แบบทดสอบหลังเรียน

จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย ทับบนข้อที่ถูกต้องนั้นเพียงข้อเดียว

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. ก ข ค ง | 2. ก ข ค ง |
| 3. ก ข ค ง | 4. ก ข ค ง |
| 5. ก ข ค ง | 6. ก ข ค ง |
| 7. ก ข ค ง | 8. ก ข ค ง |
| 9. ก ข ค ง | 10. ก ข ค ง |
| 11. ก ข ค ง | 12. ก ข ค ง |
| 13. ก ข ค ง | 14. ก ข ค ง |
| 15. ก ข ค ง | 16. ก ข ค ง |
| 17. ก ข ค ง | 18. ก ข ค ง |
| 19. ก ข ค ง | 20. ก ข ค ง |
| 21. ก ข ค ง | 22. ก ข ค ง |
| 23. ก ข ค ง | 24. ก ข ค ง |
| 25. ก ข ค ง | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้คะแนนก่อนเรียนรวม _____ คะแนน
ได้คะแนนหลังเรียนรวม _____ คะแนน
แตกต่างกัน _____ คะแนน

ชื่อ _____ ชั้น _____
 โรงเรียน _____

กระดาษคำตอบแบบฝึกหัด หน่วยที่ 1

- กรอบที่ 1. _____
 กรอบที่ 2. _____
 กรอบที่ 3. _____
 กรอบที่ 4. _____
 กรอบที่ 5. _____
 กรอบที่ 6. _____
 กรอบที่ 7. _____
 กรอบที่ 8. _____
 กรอบที่ 9. _____
 กรอบที่ 10. _____
 กรอบที่ 11. _____
 กรอบที่ 12. _____
 กรอบที่ 13. 1. _____
 2. _____
 3. _____
 4. _____
 กรอบที่ 14. _____ และ _____

ได้คะแนนรวม _____ คะแนน

ชื่อ _____ ชั้น _____

โรงเรียน _____

กระดาษคำตอบแบบฝึกหัดหน่วยที่ 2

กรอบที่ 1.

กรอบที่ 2.

กรอบที่ 3.

กรอบที่ 4.

_____ และ _____

กรอบที่ 5.

กรอบที่ 6.

_____ และ _____

กรอบที่ 7.

กรอบที่ 8.

กรอบที่ 9.

กรอบที่ 10.

กรอบที่ 11.

กรอบที่ 12.

_____ และ _____

กรอบที่ 13.

กรอบที่ 14.

กรอบที่ 15.

กรอบที่ 16.

1. _____

2. _____

ได้คะแนนรวม _____ คะแนน

ชื่อ _____ ชั้น _____

โรงเรียน _____

กระดาษคำตอบแบบฝึกหัด หน่วยที่ 3

- กรอบที่ 1. _____
- กรอบที่ 2. _____
- กรอบที่ 3. _____
- กรอบที่ 4. _____
- กรอบที่ 5. _____
- กรอบที่ 6. _____
- กรอบที่ 7. _____
- กรอบที่ 8. _____
- กรอบที่ 9. _____
- กรอบที่ 10. _____
- กรอบที่ 11. _____
- กรอบที่ 12. _____
- กรอบที่ 13. _____
- กรอบที่ 14. _____
- กรอบที่ 15. _____
- กรอบที่ 16. _____
- กรอบที่ 17. _____
- กรอบที่ 18. _____
- กรอบที่ 19. _____
- กรอบที่ 20. _____
- กรอบที่ 21. _____
- กรอบที่ 22. _____ และ _____

ได้คะแนนรวม _____ คะแนน



ภาคผนวก ค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๔

ตารางวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (Vi) และค่าระดับความยาก (Di) ของแบบสอบ

ข้อที่	Rh	Rl	Vi	Di
๑	๒๓	๘	๐.๕๔	๐.๖๒
๒	๓๔	๑๒	๐.๗๙	๐.๙๒
๓	๓๑	๖	๐.๘๙	๐.๗๔
๔	๒๖	๕	๐.๗๖	๐.๖๒
๕	๒๕	๕	๐.๙๕	๐.๖๘
๖	๒๘	๒	๐.๙๗	๐.๖๐
๗	๒๘	๗	๐.๗๖	๐.๗๐
๘	๓๒	๕	๑.๐๐	๐.๗๒
๙	๓๒	๘	๐.๘๗	๐.๘๐
๑๐	๓๐	๘	๐.๗๘	๐.๗๖
๑๑	๒๕	๖	๐.๘๓	๐.๗๐
๑๒	๓๒	๖	๐.๙๗	๐.๗๖
๑๓	๓๖	๘	๑.๐๐	๐.๘๘
๑๔	๓๓	๖	๐.๙๗	๐.๗๘
๑๕	๓๓	๖	๐.๙๗	๐.๗๘
๑๖	๓๐	๗	๐.๘๓	๐.๗๔
๑๗	๒๒	๕	๐.๖๕	๐.๕๒
๑๘	๒๗	๖	๐.๗๖	๐.๖๖
๑๙	๒๘	๓	๐.๘๙	๐.๖๒
๒๐	๓๑	๕	๐.๙๗	๐.๗๒

ข้อที่	Rh	Rl	Vi	Di
๒๑	๒๔	๓	๐.๔๗	๐.๖๔
๒๒	๒๔	๗	๐.๗๔	๐.๗๒
๒๓	๒๒	๕	๐.๖๑	๐.๕๕
๒๔	๓๗	๑๐	๐.๔๗	๐.๔๕
๒๕	๓๒	๖	๐.๗๔	๐.๗๖

$$D_i = \frac{R_h + R_l}{N_h + N_l}$$

$$V_i = \frac{R_h + R_l}{N_h}$$

($N_h = ๒๔$ คน , $N_l = ๒๒$ คน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๕

ตารางวิเคราะห์หาค่าความเชื่อถือ (Reliability) ของแบบสอบ

คะแนน (X)	ความถี่ (f)	fx	fx ²
๗	๒	๑๔	๙๘
๘	๑	๘	๖๔
๙	๐	๐	๐
๑๐	๐	๐	๐
๑๑	๐	๐	๐
๑๒	๐	๐	๐
๑๓	๒	๒๖	๓๓๘
๑๔	๐	๐	๐
๑๕	๒	๓๐	๔๕๐
๑๖	๓	๔๘	๗๖๘
๑๗	๘	๑๓๖	๒๓๑๒
๑๘	๔	๗๒	๑๒๙๖
๑๙	๓	๕๗	๑๐๘๓
๒๐	๒	๔๐	๘๐๐
๒๑	๐	๐	๐
๒๒	๓	๖๖	๑๔๕๒
๒๓	๑	๒๓	๕๒๙
๒๔	๘	๑๘๔	๔๖๐๘
๒๕	๔	๑๐๐	๒๕๐๐
๒๖	๒	๕๒	๑๓๕๒
๒๗	๒	๕๔	๑๔๕๘

คะแนน (x)	ความถี่ (f)	fx	fx ²
๒๘	๑	๒๘	๗๘๔
๒๙	๐	๐	๐
๓๐	๒	๖๐	๑๘๐๐
๓๑	๐	๐	๐
๓๒	๐	๐	๐
ผลรวม (Σ)	N = ๔๐	fx = ๑๐๐๖	fx ² = ๒๑๖๔๒

$$\begin{aligned}
 ๑. \quad \bar{X} &= \frac{fx}{N} \\
 &= \frac{๑๐๐๖}{๔๐} \\
 &= ๒๕.๑๕
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ๒. \quad S.D. &= \sqrt{\frac{\Sigma fx^2}{N} - \left(\frac{\Sigma fx}{N}\right)^2} \\
 &= \sqrt{\frac{๒๑๖๔๒}{๔๐} - \left(\frac{๑๐๐๖}{๔๐}\right)^2} \\
 &= ๕.๓๙
 \end{aligned}$$

$$S^2 = ๒๙.๐๓$$

$$\begin{aligned}
 \text{ก. } r_{K-21} &= \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\bar{y}(K - \bar{x})}{KS^2} \right] \\
 &= \frac{๓๒}{๓๒-๑} \left[๑ - \frac{๒๐.๑๒(๓๒-๒๐.๑๒)}{๓๒(๒๔.๐๓)} \right] \\
 &= ๑.๐๓ \times ๐.๗๔ \\
 &= ๐.๗๒๔
 \end{aligned}$$



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๖ ตารางวิเคราะห์บทเรียนชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง หน่วยที่ ๑

กรอบที่	การตอบสนองของผู้เรียน	ความเห็นของผู้เรียน	ต้องปรับปรุง
๑	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	
๒	ทำเสร็จแล้ว	ง่าย	
๓	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๔	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๕	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๖	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๗	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๘	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	
๙	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๐	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๑	อ่านซ้ำเรียนไปมา	ค่อนข้างยาก	✓
๑๒	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๓	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	✓
๑๔	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	
๑๕	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	

ตารางที่ ๗ ตารางวิเคราะห์บทเรียนชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง หน่วยที่ ๒

กรอบที่	การตอบสนองของผู้เรียน	ความเห็นของผู้เรียน	ต้องปรับปรุง
๑	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๒	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๓	ทำเสร็จเร็ว	ปานกลาง	
๔	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๕	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๖	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	
๗	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๘	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๙	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	
๑๐	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๑	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๒	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๓	ทำเสร็จเร็ว	ปานกลาง	
๑๔	อ่านวกไปเรียนมา	ค่อนข้างยาก	✓
๑๕	อ่านซ้ำ ๔ ครั้ง	ค่อนข้างยาก	✓
๑๖	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	
๑๗	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๑๘	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	

ตารางที่ ๘ ตารางวิเคราะห์หัตถเรียนชั้นหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยที่ ๓

กรอบที่	การตอบสนองของผู้เรียน	ความเห็นของผู้เรียน	ต้องปรับปรุง
๑	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๒	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๓	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๔	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๕	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๖	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๗	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๘	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๙	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๐	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๑๑	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๑๒	ทำเสร็จเร็ว	ปานกลาง	
๑๓	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๑๔	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๑๕	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ปานกลาง	
๑๖	อ่านทวนไปมาหลายครั้ง	ค่อนข้างยาก	✓
๑๗	อ่านซ้ำ ๓ ครั้ง	ค่อนข้างยาก	✓
๑๘	อ่านซ้ำ ๓ ครั้ง	ค่อนข้างยาก	✓
๑๙	ทำเสร็จเร็ว	ง่าย	
๒๐	ทำเสร็จเร็ว	ปานกลาง	
๒๑	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ค่อนข้างยาก	✓
๒๒	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ค่อนข้างยาก	
๒๓	อ่านซ้ำ ๒ ครั้ง	ง่าย	

ตารางที่ ๔ ตารางวิเคราะห์บทเรียนชั้นกลุ่มเล็ก จำนวน ๑๐ คน

นักเรียน	คะแนนทดสอบก่อนเรียน	คะแนนทดสอบหลังเรียน	คะแนนบทเรียน
๑	๑๖	๒๔	๖๕
๒	๑๔	๒๒	๖๕
๓	๑๒	๒๐	๖๕
๔	๑๒	๒๒	๖๓
๕	๑๓	๒๒	๖๖
๖	๑๑	๒๐	๖๕
๗	๑๐	๒๐	๖๒
๘	๑๔	๒๒	๖๓
๙	๑๓	๒๑	๖๓
๑๐	๑๓	๒๐	๖๕
ค่าเฉลี่ย	๑๒.๘	๒๑.๓	๖๓.๘
ร้อยละของค่าเฉลี่ย	๕๑.๒	๘๕.๒	๘๕.๓

ตารางที่ 10 ตารางวิเคราะห์บทเรียนชั้นกลุ่มใหญ่ หน่วยที่ 1

คนที กรอบที	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม	ร้อยละ
1																														30	100	
2										X		X					X	X								X					25	83.34
3																						X	X								28	93.34
4					X			X															X				X				26	86.67
5							X		X		X											X					X				25	83.34
6														X								X									27	90.00
7		X		X										X																	27	90.00
8																															26	86.67
9																				X			X								28	93.34
10		X																		X							X		X		26	86.67
11																									X	X					28	93.34
12									X					X			X														27	90.00
13												X												X							28	93.34
												X											X	X							27	90.00
												X																			29	96.67
												X														X					28	93.34
14							X			X																					28	93.34
							X			X																					28	93.34

คนท กรอมท	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม	ร้อยละ
รวมค่า ตอบที่ ถูกต้อง	18	16	17	17	17	18	15	16	16	16	15	14	18	14	18	18	18	15	16	16	18	15	15	16	16	15	16	17	18	17	491	90.93
ร้อยละ	100	889	944	944	944	100	834	889	889	889	834	778	100	778	100	100	100	834	889	889	100	834	834	889	889	834	889	944	100	944		

หมายเหตุ เครื่องหมาย X หมายถึงข้อที่นักเรียนตอบผิด

หน่วยที่ 1 คะแนนแบบฝึกหัดจำนวนเต็ม 18 คะแนน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11 ตารางวิเคราะห์หัตถเรียนชั้นกลุ่มใหญ่ หน่วยที่ 2

กรอบที่	คนที																														รวมค่าตอบที่ถูกต้อง	ร้อยละ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
1																															30	100
2																															30	100
																															30	100
3										X																					29	96.67
									X																						29	96.67
							X									X							X								27	90.00
4									X		X																				28	93.34
									X		X																				28	93.34
5																						X									29	96.67
6									X						X																28	93.34
7										X	X															X	X				26	86.67
8															X						X	X							X		26	86.67
9													X								X	X			X	X					25	83.34
10										X												X									28	93.34
11						X								X								X			X	X					25	83.34
12							X																								27	90.00
							X																								25	83.34
13								X				X							X												26	86.67
							X				X								X				X			X					27	90.00

อันดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวมค่าตอบ ที่ถูกต้อง	ร้อยละ
14																			X		X										28	93.34
																					X										29	96.67
												X							X												28	93.34
												X																			29	96.67
15							X				X			X								X		X	X	X				23	76.67	
16														X																	29	96.67
														X																	29	96.67
รวมค่าตอบ ที่ถูกต้อง	26	26	26	26	26	25	22	24	23	23	21	22	25	22	25	24	26	23	24	24	22	21	23	23	21	23	25	25	26	26	718	
ร้อยละ	100	100	100	100	100	96.2	84.6	92.3	88.5	88.5	80.8	84.6	96.2	84.6	96.2	92.3	100	88.5	92.3	92.3	84.6	80.8	88.5	88.5	80.8	88.5	96.2	96.2	100	100		95.73

หมายเหตุ เครื่องหมาย X หมายถึง ข้อที่นักเรียนตอบผิด
หน่วยที่ 2 คะแนนแบบฝึกหัดจำนวนเต็ม 26 คะแนน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12 ตารางวิเคราะห์หัตถเรียนชั้นกลุ่มใหญ่ หน่วยที่ 3

กรอบที่	คนที																														รวมค่าตอบที่ถูก	ร้อยละ	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
1																															30	100	
2																																30	100
3																																30	100
4										X																					29	96.67	
5								X			X			X												X					26	86.67	
6																									X		X				28	93.34	
7															X												X				28	93.34	
8		X								X																					28	93.34	
9							X	X																	X		X				26	86.67	
10															X																29	96.67	
11				X			X			X																					27	90.00	
12												X													X						28	93.34	
13				X	X																X		X	X							24	80.00	
14		X										X	X																		26	86.67	
15											X															X					28	93.34	
16		X	X						X			X									X	X									24	80.00	
17			X				X	X																							27	90.00	

คนไข้ อุบัติเหตุ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวมค่าตอบ ที่ถูกต้อง	% ร้อยละ
18											X											X	X								27	90.00
19								X	X											X											27	90.00
20																															30	100
21																															30	100
22																			X												29	96.67
																			X												30	96.67
รวมค่า ที่ถูกต้อง	23	20	21	21	21	23	20	19	20	20	21	20	21	23	20	23	23	23	21	21	21	22	21	21	21	21	20	23	23	23	640	
ร้อยละ	100	869	913	913	913	100	869	826	869	869	913	869	913	100	869	100	100	100	913	913	913	957	913	913	913	913	869	100	100	100		92.78

หมายเหตุ เครื่องหมาย X หมายถึง ข้อที่นักเรียนตอบผิด
หน่วยที่ 3 คะแนนแบบฝึกหัดจำนวนเต็ม 23 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑๓ ตารางวิเคราะห์ บทเรียนชั้นกลุ่มใหญ่ หน่วยที่ ๑-๓

รายการ	จำนวนนักเรียน	คะแนนบทเรียน	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละของ ค่าเฉลี่ย
หน่วยที่ ๑	๓๐	๔๕๑	๑๖.๓๗	๕๐.๕๓
หน่วยที่ ๒	๓๐	๗๑๘	๒๓.๙๔	๕๕.๗๓
หน่วยที่ ๓	๓๐	๖๔๐	๒๑.๓๔	๕๒.๗๘
ผลรวม	๓๐	๑๘๐๙	๖๑.๖๕	๕๒.๐๐

จากตารางที่ ๑๓ แสดงให้เห็นว่านักเรียนแต่ละคนทำแบบฝึกหัดบทเรียน
ได้เฉลี่ยคนละ ๖๑.๖๕ คะแนน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ ๕๒.๐๐

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑๔ ตารางเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนจากแบบสอบก่อนและ
หลังเรียนบทเรียน

นักเรียน	คะแนนทดสอบก่อน เรียนบทเรียน	คะแนนทดสอบหลัง เรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า $d = (2) - (1)$	d^2
	(๑)	(๒)		
๑	๑๔	๒๓	๙	๖๔
๒	๑๖	๒๔	๙	๖๔
๓	๑๖	๒๓	๗	๔๙
๔	๑๐	๒๒	๑๒	๑๔๔
๕	๙	๒๒	๑๓	๑๖๙
๖	๑๐	๒๔	๑๔	๑๙๖
๗	๙	๒๓	๑๔	๑๙๖
๘	๑๕	๒๔	๙	๘๑
๙	๑๕	๒๓	๙	๖๔
๑๐	๙	๒๑	๑๒	๑๖๙
๑๑	๑๑	๒๐	๙	๘๑
๑๒	๑๕	๒๒	๗	๔๙
๑๓	๑๑	๒๑	๙	๘๑
๑๔	๑๐	๒๐	๑๐	๑๐๐
๑๕	๑๐	๒๐	๑๐	๑๐๐
๑๖	๙	๒๓	๑๕	๒๒๕
๑๗	๙	๒๒	๑๕	๒๒๕
๑๘	๑๕	๒๓	๙	๖๔
๑๙	๙	๒๓	๑๕	๒๒๕
๒๐	๑๑	๒๓	๑๒	๑๔๔

นักเรียน	คะแนนทดสอบก่อน เรียนบทเรียน	คะแนนทดสอบหลัง เรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า $d = (2) - (1)$	d^2
	(๑)	(๒)		
๒๑	๘	๒๐	๑๒	๑๔๔
๒๒	๘	๒๑	๑๓	๑๖๙
๒๓	๘	๒๑	๑๓	๑๖๙
๒๔	๙	๒๓	๑๔	๑๙๖
๒๕	๘	๒๐	๑๒	๑๔๔
๒๖	๑๐	๒๐	๑๐	๑๐๐
๒๗	๑๑	๒๒	๑๑	๑๒๑
๒๘	๑๑	๒๐	๙	๘๑
๒๙	๘	๒๓	๑๕	๒๒๕
๓๐	๘	๒๓	๑๕	๒๒๕
ผลรวม	๓๑๙	๖๕๘	๓๓๙	๔๐๓๕
ค่าเฉลี่ย	๑๐.๖๓	๒๑.๙๓	๑๑.๓	๑๒๖.๕
ร้อยละ	๔๒.๕๔	๘๗.๗๔	๕๑.๕๑	๔๑.๕๑

การคำนวณหาความมีนัยสำคัญของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของบทเรียนแบบโปรแกรม เรื่อง "ยีนทำงานได้อย่างไร"

๑. ตั้งสมมุติฐานว่า คะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนไม่มีความแตกต่างกัน

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

๒. คำนวณหามัชฌิมเลขคณิตของผลต่าง

$$\begin{aligned} \bar{d} &= \frac{\sum d}{N} \\ &= \frac{339}{30} \\ &= 11.3 \end{aligned}$$

๓. คำนวณหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง

$$\begin{aligned} S.D.d &= \sqrt{\frac{\sum d^2}{N} - \left(\frac{\sum d}{N}\right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{4035}{30} - \left(\frac{339}{30}\right)^2} \\ &= 2.61 \end{aligned}$$

$$SD^2 d = 6.81$$

๔. คำนวณหาความคาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่าง

$$\begin{aligned} \sigma_s &= \frac{S.D.d}{\sqrt{N-1}} \\ &= \frac{2.61}{\sqrt{30-1}} \end{aligned}$$

๕. คำนวณหาอัตราส่วนวิกฤติโดยหาค่าที่ (t-test)

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}} \\
 &= \frac{11.3}{0.49} \\
 &= 23.06
 \end{aligned}$$

ค่า t ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 23.06 แต่ค่า t ที่ได้จากตารางคือ 2.76 ฉะนั้น จึงแสดงให้เห็นว่า ที่ระดับความมีนัยสำคัญ 0.01 $df=29$ t มีค่า 2.76 t ที่คำนวณได้ 23.06 $>$ 2.76 ดังนั้นคะแนนของแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ นางสาว ยุพดี งามศรีลลิตศักดิ์

วุฒิการศึกษา ครุศาสตรบัณฑิต จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา ๒๕๒๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย