



บรรณานุกรม

- กรรณนิการ์ พวงเกษม. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องแรงลมแรงน้ำ." วิทยานิพนธ์
ครุศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหา
วิทยาลัย ๒๕๑๘. (อัครสำเนา)
- จินดา วงศ์สุวรรณกิต. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง สัตว์มีกระดูกสันหลังสำหรับ
ชั้นประถมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ๒๕๑๗. (อัครสำเนา)
- จุมพล รัตนคุณุประการ. "การสร้างบทเรียนทบทวนแบบโปรแกรมเรื่องชนิดของมม สำหรับ
ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๕." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๗. (อัครสำเนา)
- จรรยา วงศ์สายัณห์. "คำนำ" ประมวลบทความเกี่ยวกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีการศึกษา.
กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, ๒๕๑๕.
- ชัยมงคล พรหมวงศ์. คำบรรยายการสอนวิชา Programmed Instruction. แผนก
วิชาโสตทัศนศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปีการศึกษา ๒๕๑๖.
- "พัฒนาเครื่องช่วยสอนและการสอนแบบโปรแกรม." เอกสารประกอบการ
บรรยายวิชา Programmed Instruction. แผนกวิชาโสตทัศนศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ปีการศึกษา ๒๕๑๖. (อัครสำเนา)
- นาภาพร ภมรบุตร. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง กรรมพันธุ์ตามหลักของเมนเดล
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๗. (อัครสำเนา)
- ประคอง กรรณสุต., สถิติศาสตร์ประยุกต์สำหรับครู. พระนคร: ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๕.

ประทีป สยามชัย. "บทเรียนสำเร็จรูป" ชุดทางวิชาการ. รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่หนึ่ง, ๑ - ๕ สิงหาคม, พระนคร: สหกรณ์ชายส่ง, ๒๕๑๐.

_____ . "บทเรียนสำเร็จรูป" เรื่องนารุโณวงการศึกษา. กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

ประไพรัตน์ ศิริศิธรชัย. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง เปิดโลกสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๖. (อัคร์สำเนา)

ปรีชา คุณวัลลี. "การเปรียบเทียบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษา ปีที่ ๕ โดยใช้บทเรียนแบบโปรแกรมกับการสอนปกติ." ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๕. (อัคร์สำเนา)

เป็รื่อง กุญฑ. "การตั้งจุดมุ่งหมายในการสอน," แบบเรียนโปรแกรม. พระนคร: โรงพิมพ์มิตรสยาม, ๒๕๑๒.

_____ . การสร้างบทเรียนสำเร็จรูป. เอกสารประกอบการเรียนวิชา Multi-media Approach for Programmed Instruction สาขาโสตทัศนศึกษา วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๖. (อัคร์สำเนา)

พิเชษฐ ศรีวรกุล. "การสอนบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง การเปลี่ยนสถานะของสสารสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ ๓." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๖. (อัคร์สำเนา)

พิมพ์ใจ สิทธิสรศักดิ์. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์เรื่องผลของความร้อนสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ ๖." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๖. (อัคร์สำเนา)

พิทักษ์ รัชพลเดช. พฤติกรรมการทางวิทยาศาสตร์กับการพัฒนาประเทศ. วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร พระนคร ๒๕๑๒.

ลัดดาวัลย์ พรศรีสมุทร. "การสร้างบทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง กรดและเบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕." วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ๒๕๑๘. (อัดสำเนา)

วิจิตร ศรีสะอาด. "เทคนิควิทยาทางการศึกษา," ศูนย์ศึกษา, ๑๖ (กันยายน - ตุลาคม, ๒๕๑๒).

ลีปพนธ์ เกตุทัต. "บทบาทของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี," ประมวลบทความเกี่ยวกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา. พระนคร: โรงพิมพ์คุรุสภา, ๒๕๑๕.

สุภา ภูซงคกุล. "Programmed Instruction," ประมวลบทความเกี่ยวกับนวัตกรรมและเทคโนโลยีทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา, ๒๕๑๕.

สุวัฒน์ นิยมคำ. การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์วัฒนาพานิช, ๒๕๑๓.

อาภรณ์ ชาติบุรุษ. "การเรียนเป็นรายบุคคล" วารสารคุรุศาสตร์, ปีที่ ๔, ฉบับที่ ๑-๒ (กุมภาพันธ์ - พฤษภาคม, ๒๕๑๓).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

- Barlow, John A. "Programmed Instruction in Perspective: Yesterday Today, and Tomorrow," Perspective, in Programming. Edited by Robert T. Filep, New York: The Macmillan Company, 1963.
- Becker, George C. Introducer Concept of Biology. New York: The Macmillan Company, Inc., 1972.
- Bean, Donald. "A Comparison of Linear and Branching Techniques of Plane Geometry," Urbana I U: Teaching Research Laboratory, U.S.A. University of Illinois, 1962.
- Brown, James W. A-V Instructional Materials and Methods. New York: Mc Graw-Hill Book Company, 1964.
- Dale, Edgar. Audiovisual Methods in teaching. New York: Dryden Press, 1954.
- Dessart, Donald Joseph. "A Study of Programmed Learning with Superior Eight Grade Students," A.V. Communication Review, 14 (Fall, 1966).
- Deterline, William A., and Others. An Introduction of Programmed Instruction. New Jersey. Prentice-Hall, Inc., 1963.
- Encyclopedia of Education Research. 4 th. ed, New York: The Macmillan Company, 1969.

Erickson, Carlton W.H. and Curl, David H. Fundamental of Teaching with Audiovisual Teachnology. New York: The Macmillan Company, 1972.

Fine, Benjamin. Teaching Machine. New York: Sterling Publishing Company, Inc., 1961, 1962.

Fry Edward B. Teaching Machine and Programmed Instruction. New York: Mc Graw-Hill Book Company, Inc., 1963.

Garrett, Henry E. Statistics in Psychology and Education. New York: David McKay Company, Inc., 1971.

_____. Testing for Teachers. New York: American Book Company, 1959.

Gibbs, William., Hunt, Donal L., and Fahrner, William F. "A Comparative Study of Conventional an Programmed Instruction in Bookkeeping," The Journal of Education Research, Vol.61 (September - August, 1967-68).

Glaser, Robert Teaching Machines and Programmed Learning, II: Data and Directions. Washington, D.C. : Association For Education Communications and Technology 1965.

Krishnamurthy V. A Hand book of Programmed Learning. Gujarat State: Anand Press, nd 1970.

Lamb, R.T.B. Aid to Modern Teaching. London: Sir Issac Pitman and Son Ltd., 1967.

- Lawson, Dene R. "Who thought of it first?: A Review of Historical Reference to. Programmed Instruction," Using Programmed Instruction. Englewood Cliffs, New Jersey: Education Technology Magazine, Reprinted.
- Leith, G.O.M. "Teaching by Machinery: A Review of Research." A.V. Communication Review, 14 (Summer, 1966).
- Mager, Robert F. Preparing Instructional Objectives. California: Fearon Publishers, Inc., Copy right, 1962.
- Mc Elroy, William D., Swanson, Carl P. Foundation of Biology. New York: The Macmillan Company, Inc., 1972.
- Meadowcroft, B.A. "Comparison of Two Methods of Using Programmed Learning," A.V. Communication Review, 15 (Summer, 1967).
- Montemuro, Micheal Paul. "A Comparative Analysis of three Modes of Instruction Programmed Text. Audio Projected Program and Lecture Demonstration," Dissertation Abstract International, Xerox University microfilm, A Serox Co., 31 No. 12 (June, 1971).
- Oxenhorn, Joseph M. Pathway in Biology. New York: Globe book Company, Inc., 1971.

66

Randolph, Paul M. "An Experiment in Programmed Instruction in Junior High School," A.V. Communication Review, 13 (Winter 1965).

Saettler, Paul. "The Rise of Programmed Instruction," A History of Instruction Technology. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1968.

Schramm, Wilbur. Programmed Instruction: Today and Tomorrow. New York: The Fund for the Advancement of Education Library of Congress, 1962.

Silverman, Robert E. How to write A Program. New York: Carlisle Publisher Inc., 1970.

Smith, Wendell I., and Moore. Programmed Learning. Theory and Research D. Van Nostrand Company, Inc., 1968.

Stolurrow, Lawrence M. Teaching by Machine. Washington: United States Government Printing Office, 1961.

Sund, Robert B. and Trawbridge, Leslie W. Teaching Science by Inquiry in the Secondary School. Columbus Ohio, Charles E. Merrill, 1967.

Tisana Tiansame. "A Proposal for Programmed Approach to Teaching Vocabulary and Spelling Skills in English as a Second Language for the Fifth Grade in Chulalongkorn

66

Demonstration School, Thailand." Unpublished Master's Thesis, Presented to the Faculty of Chico State College, California, 1970.

Tisher, R. P., Power, C.N. and Endean, L. Fundamental Issues in Science Education. Sydney: John Willey & Sons Australia Pty. Ltd., 1972.

Wittich, Walter Arno, and Schuller, Charles Francis. Audiovisual Materials: Their Nature and Use. Tokyo: John Weatherhill, 1968.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่อง การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิตมีวัตถุประสงค์ทั่วไปและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมดังนี้

วัตถุประสงค์ทั่วไป

ต้องการให้นักเรียน

๑. เห็นความสำคัญของการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต
๒. ทราบว่าสิ่งมีชีวิตมีการลำเลียงสารอะไรบ้าง
๓. รู้จักโครงสร้างของอวัยวะที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ คือ
 - ก. สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างของอวัยวะลำเลียงอย่างง่าย
 - ข. สิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างของอวัยวะลำเลียงที่ซับซ้อน
๔. เข้าใจขบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียง

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากนักเรียนเรียนบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนควรจะสามารถ

๑. บอกเหตุผลได้ว่า เหตุใดจึงต้องมีการลำเลียงสาร เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต
๒. บอกได้ถูกต้องว่าสารที่จำเป็นต้องลำเลียงในสิ่งมีชีวิต ได้แก่ สารอาหาร ก๊าซ ของเสีย และสารเคมีอื่น ๆ เช่น ฮอรโมน เกลือแร่ บางชนิด เป็นต้น
๓. อธิบายโครงสร้างอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต ตั้งแต่ที่มีโครงสร้างง่าย ๆ เช่น สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว จนถึงสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างซับซ้อน คือ พืชที่มีระบบลำเลียงและสัตว์ชั้นสูง
๔. กล่าวถึงทวิกลางในการพาสารลำเลียงไปทั้งในพืชและสัตว์ ทั้งที่มีโครงสร้างง่าย ๆ และโครงสร้างซับซ้อน
๕. อธิบายขบวนการที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารซึ่งได้แก่ ขบวนการต่อไปนี้ การแพร่, ออสโมซิส, capillary action, cohesion Active transport และ root pressure.

ภาคผนวก ข.

แบบสอบก่อนเรียนและหลังเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม
เรื่อง การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต

จงเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

๑. ข้อใดเป็นเมตาโบลิซึม

- ก. การกินอาหาร, การขับถ่ายของเสีย
- ข. การหายใจ, การเจริญเติบโต
- ค. การย่อยอาหาร, การสืบพันธุ์
- ง. ถูกทั้ง ก, ข, ค.

ค. สารต่าง ๆ ที่เข้าและออกจากเซลล์ใน
ขบวนการ เมตาโบลิซึม

ง. สารต่าง ๆ ที่ประกอบกันอยู่ภายในไซโท
พลาสซึม

๒. เมตาโบลิซึมเป็นขบวนการที่เกี่ยวข้องกับ

- ก. รูปร่าง, ขนาด, ลักษณะ
- ข. สติปัญญา, ความนึกคิด
- ค. การเคลื่อนไหว, ความว่องไว
- ง. การมีชีวิตอยู่



ออกซิเจนจากเซลล์ ก. เคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ ข.
ได้เมื่อ

ก. โมเลกุลของออกซิเจนในเซลล์ ก.
หนาแน่นกว่าในเซลล์ ข.

ข. ปริมาตรของไซโทพลาสซึมในเซลล์ ก.
มากกว่าเซลล์ ข.

ค. อุณหภูมิในเซลล์ ก. สูงกว่าเซลล์ ข.

ง. ตัวกลางพาออกซิเจนของเซลล์ ก.
เคลื่อนที่ได้เร็วกว่าของเซลล์ ข.

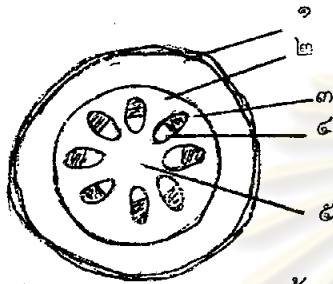


ภาพนี้มุ่งหมายให้นักเรียนได้รับความรู้เกี่ยวกับ

- ก. สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์
- ข. สารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ
และการขับถ่ายของเสีย

๕. สารต่าง ๆ เข้าและออกจากเซลล์โดยผ่าน
- ผนังเซลล์
 - เยื่อหุ้มเซลล์
 - ผิวเซลล์
 - ผนังนิวเคลียส
๖. สิ่งมีชีวิตชั้นสูงจำเป็นต้องมีระบบลำเลียงเนื่องจาก
- โมเลกุลของสารมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา
 - เซลล์ต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตมีทางติดต่อถึงกัน
 - ต้องการกระจายสารไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย
 - ตัวกลางที่พาสารต้องมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา
๗. ลักษณะสำคัญของโครงสร้างที่ทำหน้าที่ลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตชั้นสูง คือ
- เป็นท่อกดลง
 - เป็นแผ่นบาง
 - เป็นรูปทรงกลม
 - รูปทรงไม่แน่นอน
๘. ตัวกลางที่พาสารจากสิ่งแวดล้อมเข้าและออกจากเซลล์เป็น
- ของแข็ง
 - ของเหลว
 - ก๊าซ
 - ทั้ง ก, ข, ค.
๙. โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงสารในสัตว์ชั้นสูง
- กระเพาะอาหาร, เส้นเลือด, ปอด
 - หัวใจ, กระเพาะอาหาร, เส้นเลือด
 - หัวใจ, เส้นเลือด, ท่อน้ำเหลือง
 - ปอด, หัวใจ, เส้นเลือด
๑๐. เส้นเลือดฝอยมีความสำคัญในระบบหมุนเวียนโลหิตแบบปิด เพราะ
- นำเลือดมาไกลบริเวณผิวหนังเพื่อระบายความร้อน
 - ทำให้เลือดนำอาหารและของเสียต่าง ๆ ไปทั่วร่างกาย
 - แลกเปลี่ยนก๊าซอาหารของเสียระหว่างเลือดกับเซลล์ของร่างกาย
 - ทำให้เลือดหยุดไหลได้รวดเร็ว

- ๑๑. โครงสร้างที่ทำหน้าที่ลำเลียงในพืชชั้นสูงคือ
 - ก. ไซเลมและโฟลเอ็ม
 - ข. ช่องว่างระหว่างเซลล์และเซลล์คุม
 - ค. ไซเลม
 - ง. โฟลเอ็ม



๑๒.

หมายเลขใดในแผนภาพแสดงลำต้นตัดตามขวาง ซึ่งทำหน้าที่ในการลำเลียง

- ก. ๑, ๒
 - ข. ๓, ๔
 - ค. ๕, ๘
 - ง. ๒, ๕
- ๑๓. ออสโมซิส เป็นกระบวนการเกี่ยวกับ
 - ก. การสืบพันธุ์
 - ข. การดูดซึมสาร
 - ค. การกินอาหาร
 - ง. การเคลื่อนไหว
 - ๑๔. การแพร่เกิดขึ้นเมื่อมี
 - ก. ความแตกต่างของปริมาณของสาร
 - ข. ความแตกต่างของอุณหภูมิของสาร
 - ค. ความแตกต่างของความเข้มข้นของสาร
 - ง. ความแตกต่างของสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของสาร

- ๑๕. ข้อใดเป็นหน้าที่ของเลือดซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับ การลำเลียง
 - ก. นำอาหารที่ย่อยแล้วไปให้เซลล์
 - ข. รับออกซิเจนจากปอดเข้าสู่เลือด
 - ค. พาของเสียออกจากเซลล์
 - ง. ทำให้เลือดหยุดไหล

๑๖. ปุ๋ยและเกลือแร่ผ่านเข้าสู่รากขนอ่อนได้เนื่องจากมีกระบวนการ

- ก. ออสโมซิส
- ข. แรงดันรากขนอ่อน
- ค. การคายน้ำ
- ง. active transport

๑๗. ตัดลำต้นของพืชที่มีรากอยู่ในดินที่ชุ่มชื้นพบว่าตรงบริเวณพื้นที่ผิวของ รอยตัดของลำต้นมี

- ขของเหลวซึมออกมาตลอดเวลาแสดงว่า
 - ก. ไอน้ำในอากาศรอบ ๆ รวมตัวกันเป็นหยดน้ำ เกาะตรงรอยตัดของลำต้น
 - ข. มีแรงดันทำให้ออกของเหลวจากรากเคลื่อนที่ขึ้นมา
 - ค. นำจากดินระเหยขึ้นไปจับกันเป็นหยดน้ำ
 - ง. ถูกทั้ง ก, ข, ค.

๑๘. อาร์ทอรี (artery) คือเส้นเลือด

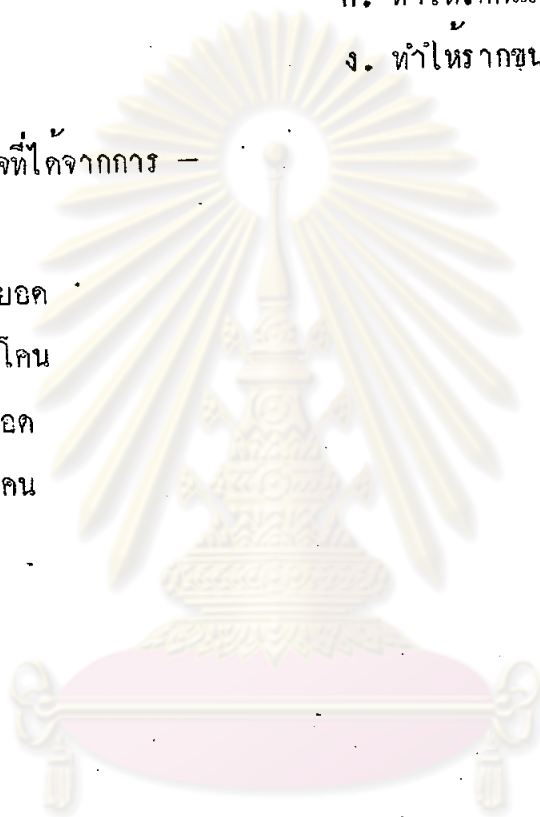
- ก. นำเลือดออกจากหัวใจ
- ข. นำเลือดเข้าสู่หัวใจ
- ค. นำเลือดออกจากร่างกาย
- ง. ถูกทั้ง ก, ข, ค,

๒๐. ขั้วโคเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากพืชคายน้ำ ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช

- ก. ลดความชื้นในใบ
- ข. ทำให้เกิดแรงดึงระหว่างโมเลกุลของน้ำ
- ค. ทำให้เกิดแรงดึงน้ำให้ไหลติดต่อกันเป็นสาย
- ง. ทำให้รากขนอ่อนมีความเข้มข้นสูงกว่าในดิน

๑๙. พืชลำเลียงอาหารสำเร็จที่ได้จากการ -

- สังเคราะห์แสงโดยผ่าน
- ก. โพลีเอมจากโคนใบยอด
- ข. โพลีเอมจากยอดไปโคน
- ค. ซิลิเอมจากโคนใบยอด
- ง. ซิลิเอมจากยอดไปโคน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์แบบสอบวิชาชีววิทยาเรื่อง การลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต

เพื่อหาอำนาจจำแนกและระดับความยากของแบบสอบ

$$\text{สูตร} \quad P = \frac{R_U + R_L}{2n} \times 100$$

$$D = \frac{R_U - R_L}{n}$$

$$P = \text{ระดับความยาก}$$

$$D = \text{อำนาจจำแนก}$$

$$R_U = \text{จำนวนคนกลุ่มคะแนนสูงที่ทำแต่ละข้อถูก}$$

$$R_L = \text{จำนวนคนกลุ่มคะแนนต่ำที่ทำถูกต้องและข้อ}$$

$$n = \text{จำนวนคนกลุ่มคะแนนสูงหรือกลุ่มคะแนนต่ำ}$$

จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงเท่ากับจำนวนนักเรียนในกลุ่มต่ำเท่ากับ ๓๐ คน

จากการวิเคราะห์ข้อสอบจำนวน ๔๗ ข้อ และเลือกมาจำนวน ๒๐ ข้อ ใน ๒๐ ข้อนี้
หาค่าอำนาจจำแนกและระดับความยากของแต่ละข้อได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

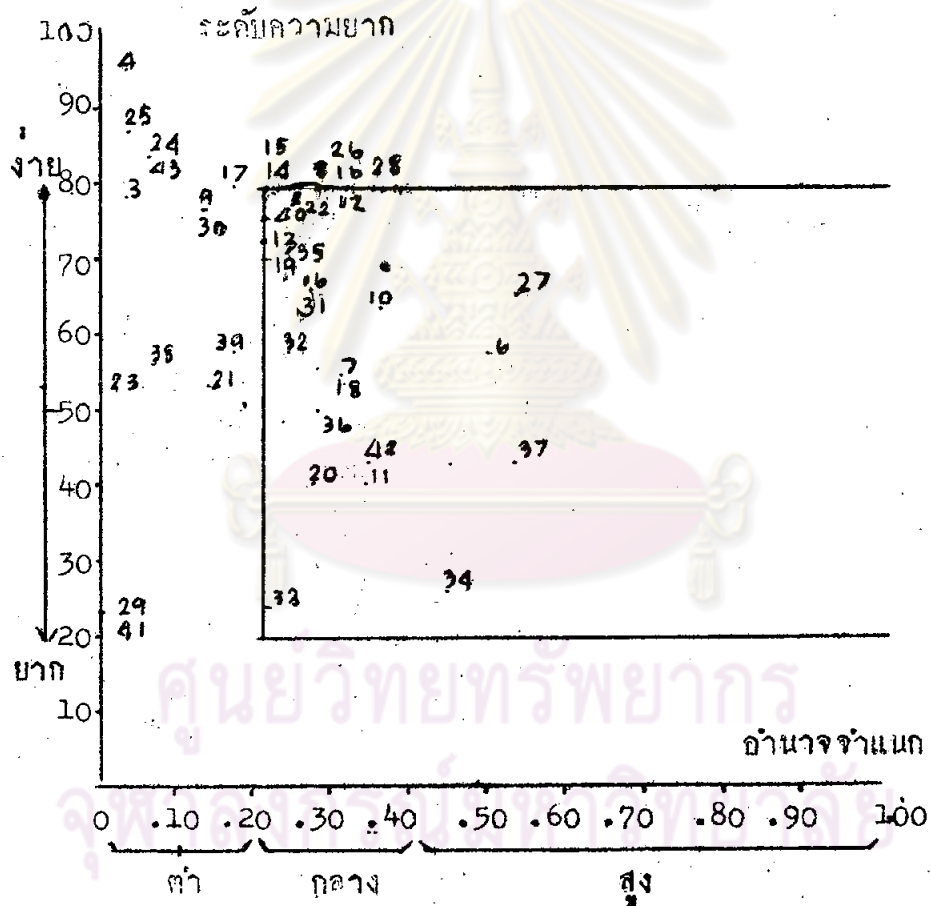
ปี	R _u	R _L	$P = \frac{R_u + R_L}{2n} \times 100$	$D = \frac{R_u - R_L}{n}$	หมายเหตุ
๑	๓๐	๓๐	๑๐๐	๐	/
๒	๒๗	๒๐	๗๘	.๒๓	/
๓	๒๔	๒๓	๗๘	.๑๐๓	
๔	๒๕	๒๘	๕๕	.๐๓	
๕	๒๕	๒๑	๘๐	.๒๒	/
๖	๒๕	๑๐	๕๘	.๕๐	/
๗	๒๑	๑๒	๕๕	.๓๐	
๘	๒๕	๒๑	๘๐	.๒๒	/
๙	๒๕	๒๑	๗๖	.๑๓	
๑๐	๒๔	๑๕	๖๓	.๓๓	/
๑๑	๑๗	๗	๕๐	.๓๓	/
๑๒	๒๘	๒๐	๘๐	.๒๒	/
๑๓	๒๕	๑๕	๗๓	.๒๐	/
๑๔	๒๐	๑๕	๘๐	.๒๐	/
๑๕	๒๐	๑๕	๘๐	.๒๐	
๑๖	๒๕	๑๖	๖๖	.๒๒	/
๑๗	๒๕	๒๕	๘๐	.๑๖	
๑๘	๒๑	๑๒	๕๕	.๓๐	
๑๙	๒๔	๑๘	๗๐	.๒๐	/
๒๐	๑๖	๘	๕๐	.๒๒	/
๒๑	๑๘	๑๕	๕๓	.๑๓	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

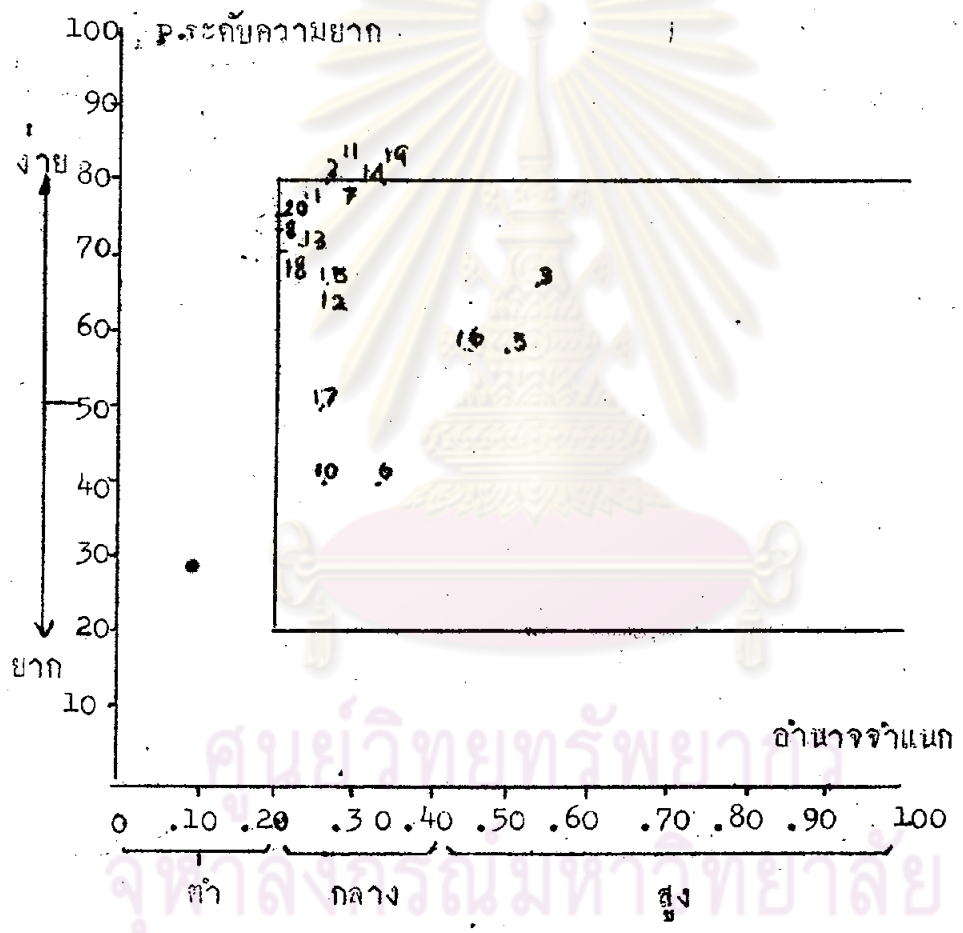
ลำดับ เลข	R_u	R_L	$P = \frac{R_u + R_L}{2n} \times 100$	$D = \frac{R_u - R_L}{n}$	หมายเหตุ
๒๒	๒๓	๒๐	๓๘	.๒๓	
๒๓	๘	๘	๕๓	๐	
๒๔	๒๘	๒๒	๕๓	.๐๖	
๒๕	๒๓	๒๖	๘๘	.๐๓	
๒๖	๒๘	๒๐	๘๐	.๒๖	✓
๒๗	๒๘	๑๒	๖๖	.๕๓	✓
๒๘	๒๘	๒๐	๘๐	.๒๖	✓
๒๙	๓	๓	๒๓	๐	
๓๐	๒๕	๒๑	๓๖	.๑๓	
๓๑	๒๕	๑๖	๖๖	.๒๖	✓
๓๒	๒๑	๑๕	๕๘	.๒๓	
๓๓	๑๐	๕	๒๓	.๒๐	
๓๔	๑๓	๕	๕๓	.๒๖	
๓๕	๒๕	๑๘	๓๑	.๒๓	✓
๓๖	๑๕	๑๑	๕๐	.๒๖	✓
๓๗	๒๑	๕	๕๓	.๕๓	
๓๘	๑๘	๑๖	๕๖	.๐๖	
๓๙	๒๐	๑๕	๕๘	.๑๖	
๔๐	๒๖	๒๐	๓๖	.๒๐	✓
๔๑	๓	๓	๒๓	๐	
๔๒	๑๓	๕	๕๓	.๒๖	✓
๔๓	๒๓	๒๓	๕๓	.๐๖	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุดกราฟแสดง ระดับความยากและอำนาจจำแนกของแบบสอบจำนวน 20 ข้อ



จุดกราฟแสดง ระดับความยากและอำนาจจำแนกของแบบสอบจำนวน 20 ข้อ



ภาคผนวก ง.

คำนวณความแปรปรวนของคะแนนและค่าความเที่ยงของแบบสอบ

x	f	fx	fx ²
๒๐	๓	๖๐	๑๒๐๐
๑๙	๖	๑๑๔	๒๑๖๖
๑๘	๔	๗๒	๑๒๙๖
๑๗	๕	๑๕๓	๒๖๐๑
๑๖	๑๑	๑๗๖	๒๘๑๖
๑๕	๑๒	๑๘๐	๒๙๑๐
๑๔	๑๐	๑๔๐	๑๙๖๐
๑๓	๑๓	๑๖๙	๒๑๙๗
๑๒	๖	๗๒	๘๖๔
๑๑	๗	๗๗	๘๔๗
๑๐	๕	๕๐	๕๐๐
๙	๕	๔๕	๔๐๕
๘	๒	๑๖	๑๒๘
๗	๓	๒๑	๑๔๗
๖	๑	๖	๓๖
๕	๑	๕	๒๕
๔	๒	๘	๓๒
N = ๑๐๐			$\sum fx = ๑๓๖๔$
			$\sum fx^2 = ๑๙๘๒๐$

σ_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด

$$\begin{aligned} \sigma_t^2 &= \frac{N \sum fx^2 - (\sum fx)^2}{N(N-1)} \\ &= \frac{100 \times 98520 - (10264)^2}{100(100-1)} \\ &= \frac{131956}{9900} \\ &= 13.2322 \end{aligned}$$



หาความเที่ยงของแบบทดสอบนี้

สูตร
$$r_{tt} = \frac{n\sigma_t^2 - M(n - M)}{(n-1)\sigma_t^2}$$

r_{tt} = สัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยงของแบบสอบ (Reliability Coefficient)

σ_t^2 = ความแปรปรวนของคะแนนทั้งหมด (Total Variance)

M = ค่าเฉลี่ยของคะแนนทั้งหมด (Total Mean)

n = จำนวนข้อของแบบสอบ (Item)

$$\sigma_t^2 = 13.2322$$

$$M = \frac{\sum fx}{N} = \frac{10264}{100}$$

$$= 102.64$$

$$n = 20$$

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร} \quad r_{tt} &= \frac{n s_t^2 - M(n-M)}{(n-1) s_t^2} \\
 \text{แทนค่า} \quad r_{tt} &= \frac{20(๑๓.๒๘๓๒) - ๑๓.๖๔(๒๐-๑๓.๖๔)}{(20-๑) ๑๓.๒๘๓๒} \\
 &= \frac{๒๖๕.๖๖๔ - ๑๓.๖๔ \times ๖.๓๖}{๑๘ \times ๑๓.๒๘๓๒} \\
 &= \frac{๑๓๘.๙๑๔}{๒๕๒.๓๘๐} \\
 &= ๐.๕๕๑๘
 \end{aligned}$$

∴ ค่าความเที่ยงของแบบสอบถามเท่ากับ ๐.๕๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

ตารางแสดงผลการทดลองชั้นหนึ่งต่อหนึ่ง

ทดลองกับนักเรียนจำนวน ๒ คนไม่พร้อมกัน เวลาในแต่ละกรอบใช้เฉลี่ยและรวบรวมความคิดเห็นของนักเรียนทั้งสองคนเข้าด้วยกัน

กรอบที่	เวลาที่ใช้	การตอบสนองของเด็ก	ความเห็นของเด็ก	กรอบที่ต้องปรับปรุง	หมายเหตุ
๑	๒๕ วินาที	ตอบได้ทันที	ง่ายมาก	—	
๒	๓๐ วินาที	ตอบได้ถูกต้อง	อ่านเนื้อหาดีมาก แต่คำถามง่าย	✓	ต้องปรับปรุงคำถาม ใหม่ให้รัดกุม
๓	๓๕ วินาที	ตอบได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	—	✓	ตอบถูกต้องแต่ไม่ครบ ถ้วน ต้องปรับปรุง คำถาม
๔	๑ $\frac{๑}{๒}$ วินาที	คิดนาน, อ่านหลาย ครั้ง และตอบไม่ได้	ยังไม่เข้าใจ จะตอบอย่างไร	✓	นักเรียนยังไม่เข้าใจ การเขียนสมการ
๕	๓๐ วินาที	ทำได้	ค่อนข้างง่าย	—	
๖	๒๕ วินาที	อ่านแล้วตอบได้ทันที	ค่อนข้างง่าย	—	

กรอบที่	เวลาที่ใช้	การตอบสนองของเด็ก	ความเห็นของเด็ก	กรอบที่ต่อ ปรับปรุง	หมายเหตุ
๗	๒ นาที	อ่านหลายครั้ง ตอบผิด	ไม่ทราบว่า จะตอบ อย่างไร	✓	รูปในหัวคิดเร็ว จึงไม่สื่อความหมาย
๘	๓๐ วินาที	ตอบได้ทันที	ง่าย	—	
๙	๒๕ วินาที	ตอบได้ทันที	ง่าย	—	
๑๐	๑ นาที	ตั้งใจอ่าน	ไม่ยากแต่ต้องใช้เวลา อ่านนาน	—	—
๑๑	๒ นาที	อ่านอย่างเบื่อง่าย	คำถามไม่คุ้มกับเนื้อหา ที่ท่องอ่าน	✓	ควรแบ่งเนื้อหาให้ สั้นลงแยกกรอบย่อย ลงอีก
๑๒	๑ ๒๒ นาที	อ่านหลายครั้ง ไม่รู้เรื่อง	เนื้อหายาวเกินไป	✓	ควรแบ่งกรอบ ย่อยลงอีก
๑๓	๑ ๒๒ นาที	อ่านแล้วเบื่อ	เนื้อหายาวไป	✓	ควรแบ่งกรอบ ย่อยลงอีก
๑๔	๕๕ วินาที	ตอบถูก	ไม่ยาก	—	

กรอบที่	เวลาที่ใช้	การตอบสนองของเด็ก	ความเห็นของเด็ก	กรอบที่ทอง ปรับปรุง	หมายเหตุ
๑๕	๓๕ วินาที	ตอบถูก	ไม่ยาก	-	
๑๖	๒๕ วินาที	ตอบได้ทันที	ง่าย	-	
๑๗	๓๕ วินาที	คิดสักครู่แล้วตอบ	ไม่ยาก	-	
๑๘	๔๐ วินาที	คิดสักครู่แล้วตอบ	ไม่ยาก	-	
๑๙	๓๕ วินาที	ตอบได้ ชอบทำ	ฝึกเล่นเน้นคำตอบ ให้แล้ว	-	
๒๐	๔๕ วินาที	อ่านและพิจารณารูป ถ้อยคำ	ไม่รู้ เรื่องคำภาษา อังกฤษซึ่งมีมากมาย	✓	ควรลดคำศัพท์ทาง ชีววิทยาซึ่งไม่จำเป็น
๒๑	๒ นาที	ตอบถูกหมด แต่เกิด ความเบื่อหน่าย	มีคำศัพท์ภาษาอังกฤษมาก จำไม่ได้	✓	ควรตัดบางข้อความ ซึ่งไม่จำเป็นทิ้งบาง
๒๒	๑ ๒ นาที	อ่านแล้วยังงง แต่ ตอบถูกต้อง	อ่านเข้าใจยาก รูปภาพ ไม่สื่อความหมาย	✓	ปรับปรุงรูปและ ถ้อยคำ
๒๓	๑ ๒ นาที	เช่นเดียวกับกรอบที่ ๒๑	เช่นเดียวกับกรอบที่ ๒๑	✓	เช่นเดียวกับกรอบ ที่ ๒๑

กรอบที่	เวลาที่ใช้	การตอบสนองของเด็ก	ความเห็นของเด็ก	กรอบที่ต้องปรับปรุง	หมายเหตุ
๒๔	๑ นาที	ตอบได้ถูกต้อง	อ่านแล้วคลุมเคลือ รูปภาพไม่ค่อยสื่อ ความหมาย	/	ปรับปรุงรูปและ ข้อความ
๒๕	๔๕ วินาที	ตอบได้ถูกต้อง	ไม่ยาก	-	-
๒๖	๔๐ วินาที	ตอบได้ถูกต้อง	ไม่ยาก	-	-
๒๗	๒ นาที	อ่านหลายครั้ง	ตอบถูกเพราะมี เส้นชี้คบอกคำตอบ	✓	แบ่งกรอบไทยออก
๒๘	๑ นาที	เสียเวลาอ่าน แต่ ตอบถูกต้อง	เนื้อหาที่ให้อ่านมาก แต่ถามคำถามง่าย และไม่ครอบคลุมเนื้อหา ที่ได้อ่านจากบทเรียน	✓	แบ่งกรอบย่อยลง และเพิ่มคำถามให้ มากขึ้น
๒๙	๒ นาที	อ่านอย่างเบื่อง่าย	ยากมาก	✓	คำถามให้นักเรียน ตอบข้อความยาวมาก ไป

กรอบที่	เวลาที่ใช้	การตอบสนองของเด็ก	ความเห็นของเด็ก	กรอบที่ต้องปรับปรุง	หมายเหตุ
๓๐	๓๕ วินาที	อ่านอย่างตั้งใจ	ค่อนข้างยาก แต่ก็เข้าใจ	-	-
๓๑	๑ นาที	อ่านอย่างตั้งใจ	ค่อนข้างยาก แต่เข้าใจ	✓	ไม่จำเป็น ต้องมีรูปประกอบ
๓๒	๔๕ วินาที	สนใจอ่าน	ไม่ยาก	-	-
๓๓	๒๕ วินาที	อ่านเข้าใจดี	ไม่ยาก	-	-
๓๔	๒๑ ๒	อ่านนานมาก ค่อนข้างเบื่อ	เนื้อหาซ้ำกับกรอบแรก ๆ ทำให้กรอบนี้ยาวเกินไป	✓	ปรับปรุงเนื้อหา ความ

ผลการทดลองชั้นหนึ่งต่อไปนี้

๑. ประสิทธิภาพของบทเรียนได้ ๔๔.๖๖/๕๒.๕๐
๒. คะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำแบบสอบถามก่อนเรียนบทเรียนได้ ๒๒.๕๐
๓. คะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำแบบสอบถามหลังเรียนบทเรียนได้ ๕๒.๕๐
๔. คะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยร้อยละ ๓๐.๐๐

ภาคผนวก ฅ.

ผลการทดสอบชั้นกลุ่มเล็ก

นักเรียนคนที่	คะแนนทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนทำแบบสอบ หลังเรียนบทเรียน	คะแนน ความก้าวหน้า	คะแนนบทเรียน
๑	๗	๑๒	๕	๗๑
๒	๕	๑๐	๕	๖๘
๓	๖	๑๒	๖	๗๔
๔	๘	๑๕	๗	๗๒
๕	๑๐	๑๗	๗	๗๐
๖	๖	๑๓	๗	๖๘
๗	๗	๑๖	๙	๗๑
๘	๑๑	๑๖	๕	๖๘
๙	๗	๑๔	๗	๖๙
๑๐	๘	๑๕	๗	๖๘
รวมคะแนนทั้งหมด	๗๗	๑๔๐	๖๓	๖๙๕
ค่าเฉลี่ย	๗.๗	๑๔.๐	๖.๓	๖๙.๕
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	๓๘.๕	๗๐.๐๐	๓๑.๕	๕๑.๕๗

หมายเหตุ

๑. บทเรียนแบบโปรแกรมประกอบด้วยเนื้อหา ๓๘ กรอบ
ซึ่งมีคำถามจำนวนทั้งหมด ๗๖ คำถาม
๒. แบบสอบก่อนเรียนบทเรียนและหลังเรียนบทเรียนใช้ชุด
เดียวกัน มีจำนวน ๒๐ ข้อ

ผลการทดลองกลุ่มเล็กปรากฏว่า

๑. ประสิทธิภาพของบทเรียนได้ ๘๑.๘๗/๑๐๐.๐๐
๒. คะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำแบบสอบก่อนเรียนบทเรียนได้ ๓๘.๕
๓. คะแนนเฉลี่ยร้อยละของการทำแบบสอบหลังเรียนบทเรียนได้ ๗๐.๐๐
๔. คะแนนความก้าวหน้าเฉลี่ยร้อยละ ๓๑.๕



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

คะแนนการทำแบบสอบก่อนและหลังจากที่นักเรียนเรียนบทเรียนแบบวีซี ดีแกรม

นักเรียนคนที่	คะแนนการทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนการทำแบบสอบ หลังเรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า d	d ²
๑	๓	๑๔	๓	๙
๒	๓	๑๓	๔	๑๖
๓	๖	๑๔	๓	๙
๔	๓	๑๘	๓	๙
๕	๒	๑๘	๑๐	๑๐๐
๖	๓	๑๕	๖	๓๖
๗	๔	๑๕	๑๑	๑๒๑
๘	๑๐	๑๗	๓	๙
๙	๑๑	๑๗	๖	๓๖
๑๐	๒	๑๕	๖	๓๖
๑๑	๓	๑๘	๒	๔
๑๒	๒	๑๕	๖	๓๖
๑๓	๓	๑๖	๖	๓๖
๑๔	๑๐	๑๓	๓	๙
๑๕	๑๐	๑๘	๒	๔
๑๖	๓	๑๘	๓	๙
๑๗	๑๐	๑๘	๒	๔
๑๘	๑๑	๑๙	๒	๔
๑๙	๑๑	๑๙	๒	๔
๒๐	๓	๑๙	๑๐	๑๐๐

นักเรียนคนที	คะแนนการทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนการทำแบบสอบ หลังบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า d	d ²
๒๑	๑๑	๒๐	๙	๘๑
๒๒	๑๓	๑๘	๕	๒๕
๒๓	๙	๑๒	๓	๙
๒๔	๘	๑๙	๑๑	๑๒๑
๒๕	๘	๑๗	๙	๘๑
๒๖	๑๐	๑๗	๗	๔๙
๒๗	๙	๑๖	๗	๔๙
๒๘	๑๑	๑๗	๖	๓๖
๒๙	๗	๑๐	๓	๙
๓๐	๙	๑๖	๗	๔๙
๓๑	๑๑	๑๕	๔	๑๖
๓๒	๑๒	๑๕	๓	๙
๓๓	๘	๑๗	๙	๘๑
๓๔	๑๕	๑๗	๓	๙
๓๕	๑๕	๑๘	๓	๑๖
๓๖	๗	๑๕	๘	๖๔
๓๗	๑๓	๑๙	๖	๓๖
๓๘	๘	๑๕	๗	๔๙
๓๙	๑๑	๑๗	๖	๓๖
๔๐	๖	๑๕	๙	๘๑
๔๑	๖	๑๓	๗	๔๙
๔๒	๖	๑๕	๙	๘๑

นักเรียนคนที่	คะแนนการทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนทำแบบสอบ หลังเรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า d	d^2
๕๓	๙	๑๔	๕	๒๕
๕๔	๖	๑๐	๔	๑๖
๕๕	๗	๑๕	๘	๖๔
๕๖	๑๓	๑๖	๓	๙
๕๗	๑๐	๑๕	๕	๒๕
๕๘	๖	๑๐	๔	๑๖
๕๙	๑๔	๑๕	๑	๑
๕๐	๑๐	๑๓	๓	๙
๕๑	๙	๗	-๒	๔
๕๒	๙	๑๖	๗	๔๙
๕๓	๙	๑๑	๒	๔
๕๔	๙	๖	-๓	๙
๕๕	๖	๑๐	๔	๑๖
๕๖	๑๐	๑๔	๔	๑๖
๕๗	๕	๙	๔	๑๖
๕๘	๑๕	๑๗	๒	๔
๕๙	๑๔	๑๗	๓	๙
๖๐	๑๑	๑๕	๔	๑๖
๖๑	๗	๑๘	๑๑	๑๒๑
๖๒	๙	๑๕	๖	๓๖
๖๓	๑๑	๑๗	๖	๓๖
๖๔	๑๒	๑๖	๔	๑๖

นักเรียนคนที่	คะแนนทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนการทำแบบสอบ หลังเรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า d	d ²
๒๕	๙	๑๘	๙	๘๑
๒๖	๑๒	๑๓	๙	๘๑
๒๗	๙	๑๘	๙	๘๑
๒๘	๑๑	๑๘	๗	๔๙
๒๙	๑๒	๑๘	๖	๓๖
๓๐	๑๔	๑๘	๔	๑๖
๓๑	๗	๑๖	๙	๘๑
๓๒	๑๑	๑๖	๕	๒๕
๓๓	๙	๑๓	๔	๑๖
๓๔	๑๐	๑๓	๓	๙
๓๕	๑๐	๑๓	๓	๙
๓๖	๑๓	๑๘	๕	๒๕
๓๗	๗	๑๘	๑๑	๑๒๑
๓๘	๗	๑๘	๑๑	๑๒๑
๓๙	๑๑	๑๘	๗	๔๙
๔๐	๖	๑๕	๙	๘๑
๔๑	๑๒	๑๘	๖	๓๖
๔๒	๑๐	๑๕	๕	๒๕
๔๓	๑๐	๑๕	๕	๒๕
๔๔	๑๕	๑๕	๐	๐
๔๕	๙	๑๓	๔	๑๖
๔๖	๙	๑๓	๔	๑๖

นักเรียนคนที่	คะแนนทำแบบสอบ ก่อนเรียนบทเรียน	คะแนนทำแบบสอบ หลังเรียนบทเรียน	คะแนนความก้าวหน้า d	d^2
๘๗	๙	๑๓	๔	๑๖
๘๘	๑๔	๑๘	๔	๑๖
๘๙	๑๔	๑๙	๕	๒๕
๙๐	๕	๑๓	๑๒	๑๑๔
๙๑	๑๒	๑๓	๕	๒๕
๙๒	๑๕	๑๘	๓	๙
๙๓	๑๐	๑๓	๓	๙๙
๙๔	๙	๑๕	๖	๓๖
๙๕	๑๓	๑๓	๔	๑๖
๙๖	๑๐	๑๓	๓	๙๙
๙๗	๑๐	๑๖	๖	๓๖
๙๘	๙	๑๖	๗	๙๙
๙๙	๑๕	๑๙	๔	๑๖
๑๐๐	๑๑	๑๖	๕	๒๕
คะแนนรวม	๙๖๓	๑๖๐๒	$\sum d = ๖๓๙$	$\sum d^2 = ๖๖๘๗$
คะแนนเฉลี่ย	๙.๖๓	๑๖.๒๐	๖.๓๙	
ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย	๘๘.๑๕	๘๐.๑๐	๓๑.๕๕	

ภาคผนวก ข.

การทดสอบความมีนัยสำคัญ

๑. ตั้งสมมุติฐานว่า คะแนนเฉลี่ยของการสอบก่อนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมไม่แตกต่างกับคะแนนเฉลี่ยของการสอบหลังเรียนเรียนบทเรียนแบบโปรแกรม

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

๒. กำหนดเมตริกัมเลขคณิตของผลต่าง

$$\begin{aligned} \bar{d} &= \text{เมตริกัมเลขคณิตของผลต่าง} = \frac{\sum d}{N} \\ d &= \text{ผลต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อนเรียนบทเรียน} \\ &\quad \text{และคะแนนทดสอบหลังเรียนบทเรียน} \\ &\quad (\sum d = 636 \text{ คะแนน}) \\ N &= \text{จำนวนผู้เข้าสอบ} \quad 100 \text{ คน} \\ \bar{d} &= 6.36 \end{aligned}$$

๓. กำหนดความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่าง

$$S.D_{\bar{d}} = \text{ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่าง}$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\frac{\sum d^2}{N} - \left(\frac{\sum d}{N}\right)^2} \\ &= \sqrt{\frac{66.87}{100} - \left(\frac{63.6}{100}\right)^2} \\ &= \sqrt{66.87 - (6.36)^2} \\ &= \sqrt{66.87 - 40.4521} \\ &= \sqrt{26.4179} \\ &= 5.14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\bar{d}} &= \text{ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของผลต่าง} \\
 &= \frac{S \cdot D_{\bar{d}}}{\sqrt{N - 1}} \\
 &= \frac{2.457}{\sqrt{100 - 1}} \\
 &= \frac{2.457}{\sqrt{99}} \\
 &= \frac{2.457}{9.94987} \\
 &= 0.246
 \end{aligned}$$

๔. คำนวณอัตราส่วนวิกฤติ (Critical ratio, C.R.)

$$\begin{aligned}
 Z &= \text{อัตราส่วนวิกฤติ} \\
 &= \frac{\bar{d}}{\sigma_{\bar{d}}} \\
 &= \frac{6.35}{0.246} \\
 &= 25.81
 \end{aligned}$$

ที่ระดับความมีนัยสำคัญ $.01$ $Z = 2.58$ แต่ Z ที่ได้จากการคำนวณ $25.81 > 2.58$ ดังนั้น มีขีดมีเลขคณิตของคะแนนทดสอบทั้งสองคราวต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงปฏิเสธสมมุติฐานที่ว่า $\mu_1 = \mu_2$ ผลการสอบครั้งหลังดีกว่าครั้งแรกด้วย

ภาคผนวก ๗

บทเรียนแบบโปรแกรมเรื่องการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต

คำแนะนำในการใช้บทเรียนแบบโปรแกรม

สิ่งที่อยู่ตรงหน้านักเรียนนี้เรียกว่า "บทเรียนแบบโปรแกรม" ซึ่งจะสอนให้นักเรียนมีความรู้เรื่องการลำเลียงสารในสิ่งมีชีวิต โดยให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง ไม่ใช่ข้อสอบ ไม่มีการให้คะแนน ถ้านักเรียนมีปัญหาหรือข้อสงสัยให้ถามครูเพื่อขอคำแนะนำชี้แจง

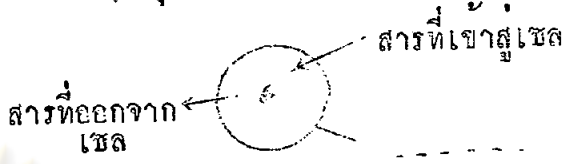

ในการเรียนบทเรียนแบบโปรแกรมนี้นักเรียนควรปฏิบัติดังนี้

๑. เปิดบทเรียนแบบโปรแกรมอ่านไปทีละหน้าๆ ตั้งแต่แรกจนถึงหน้าสุดท้ายตามลำดับ นักเรียนไม่ควรเปิดข้ามหน้า เพราะจะทำให้เนื้อเรื่องไม่ต่อกัน
๒. ใช้กระดาษแข็งที่ห่อบัตรคำตอบทางซ้ายมือก่อนที่จะเรียนบทเรียน
๓. อ่านกรอบใบจบแล้วให้คิดอย่างรอบคอบ เพื่อหาคำตอบ เมื่อได้คำตอบแล้วให้เขียนคำตอบลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ ถ้ากรอบใบเป็นคำถามแบบเลือกตอบ ๔ ตัวเลือก ให้วงกลมล้อมรอบข้อที่เลือก ถ้าข้อใดเป็นคำถามแบบ ๒ ตัวเลือก ให้เขียนเส้นใต้ข้อความที่เลือก บางคำถามอาจต้องให้นักเรียนเติมลูกศรลงในภาพที่กำหนดให้
๔. คู่มือคำตอบทางขวามือที่อยู่ในแนวเดียวกัน โดยเลื่อนกระดาษแข็งที่ปกนั้นลงมา เพื่อตรวจคำตอบว่าถูกตองหรือไม่
๕. ตอบถูกแล้วให้ทำกรอบต่อไป
๖. ตอบข้อใดผิดให้อ่านคำอธิบายในฉบับอีกครั้งหนึ่งให้เข้าใจถูกต้องก่อน แล้วจึงเริ่มทำกรอบต่อไป
๗. มีความซื่อสัตย์ต่อตนเอง โดยไม่เปิดดูคำตอบก่อนที่จะทำในแต่ละข้อ

<p>เซลล์</p>	<p>ก. ๑</p> <p>เซลล์ คือ หน่วยโครงสร้างที่เล็กที่สุดของสิ่งมีชีวิต ดังนั้น ร่างกายของสิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จึง ประกอบด้วยหน่วยโครงสร้างที่เล็กที่สุด ซึ่งเรียกว่า</p>
<p>เมตาบอลิซึม (Metabolism)</p> <p>การหายใจ, การขับถ่ายของเสีย, การ การสืบพันธุ์ ฯลฯ</p>	<p>ก. ๒</p> <p>สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เนื่องจาก มีขบวนการ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นภายในเซลล์ เช่น การหายใจ, การขับถ่ายของเสีย, การสืบพันธุ์ เป็นต้น</p> <p>ขบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวรวมเรียกว่า <u>เมตาบอลิซึม</u></p> <p>ขบวนการเปลี่ยนแปลงเคมีภายในเซลล์ ซึ่ง ทำให้<u>สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้</u>เรียกว่า</p> <p>ยกตัวอย่างขบวนการ Metabolism ๓ อย่างได้แก่</p>
<p>สิ่งแวดล้อมภายนอก</p> <p>อาหาร, ออกซิเจน, น้ำ, ฮอโมน, น้ำย่อย</p>	<p>ก. ๓</p> <p>สารต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับขบวนการ เมตาบอลิ- ซึมได้มาจาก สิ่งแวดล้อมภายนอก</p> <p>สารต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่ อาหาร, ออกซิเจน, น้ำ, ฮอโมน, น้ำย่อย เป็นต้น</p> <p>อาหาร, อากาศ, น้ำ, ฮอโมน, น้ำย่อย จำเป็นสำหรับขบวนการ เมตาบอลิซึม ซึ่งได้มาจาก</p> <p>สารที่จำเป็นสำหรับขบวนการ เมตาบอลิ- ซึมได้แก่</p>


<p>ก. ๔</p> <p>น้ำ, ยูเรีย, คาร์บอนไดออกไซด์, เกลือแร่บางชนิด</p>	<p>จากขบวนการเมตาบอลิซึม จะมีสารต่าง ๆ เกิดขึ้น ซึ่งเซลล์จะขับออก สารต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่ น้ำ, ยูเรีย, คาร์บอนไดออกไซด์, เกลือแร่บางชนิด</p> <p>สารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังจากขบวนการ เมตาบอลิซึม ซึ่งเซลล์จะขับออก ได้แก่</p>
<p>ก. ๕</p> <p>ทิศทางการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นในขบวนการเมตาบอลิซึม</p>	<p>๑. ถ้าหัวลูกศรแสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของ สาร <u>จงเติมลูกศรลงในภาพ</u> ที่แสดงทิศ ทางการเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ซึ่งจำเป็น ในขบวนการ เมตาบอลิซึม</p> <p>๒. ภาพนี้มีจุดมุ่งหมายแสดง</p>



<p>เยื่อหุ้มเซลล์</p>	<p>ก.๖</p> <p>สารต่าง ๆ ที่เคลื่อนที่เข้าและออกจากเซลล์ได้ โดยผ่าน เยื่อหุ้มเซลล์</p>  <p>• จงเติมคำลงในช่องว่างที่เว้นไว้ในรูป</p>
<p>มากกว่า</p> <p>เยื่อหุ้มเซลล์</p> <p>น้อยกว่า</p> <p>น้อยกว่า</p>	<p>ก.๗</p> <p>การเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของโมเลกุลของสารนั้น</p>  <p>เซลล์ ก เซลล์ ข.</p> <p>ถ้าเซลล์ ก. มีออกซิเจน ๑๐ โมเลกุล เซลล์ ข. มีออกซิเจน ๒ โมเลกุลจะเห็นได้ว่า เซลล์ ก. มีออกซิเจน (มากกว่า/น้อยกว่า) เซลล์ ข.</p> <p>สักครู่ต่อมาพบว่าทั้งเซลล์ ก. และ เซลล์ ข. ต่างมีโมเลกุลเท่ากัน คือ เท่ากับ ๒ โมเลกุล แสดงว่ามีการเคลื่อนที่ของออกซิเจนจาก ...</p> <p>.....</p> <p>ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า สารจะเคลื่อนที่จาก บริเวณที่มีความหนาแน่นของสาร (มากกว่า/น้อยกว่า) ไปสู่บริเวณที่มีความหนาแน่นของสาร (มากกว่า/น้อยกว่า)</p>

<p>ก.๔</p> <p>การแพร่ (diffusion)</p>	<p>การเคลื่อนที่ของสารจากบริเวณที่มีความหนาแน่นของสารมากกว่าไปสู่บริเวณที่มีความหนาแน่นของสารน้อยกว่า เรียกว่า <u>การแพร่</u> (diffusion)</p> <p>สาร A ๑๐ โมเลกุล สาร A ๕ โมเลกุล</p> <p>จากรูป สาร A เคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์โดยกระบวนการที่เรียกว่า</p>
<p>ก.๕</p> <p>น้อยกว่า</p> <p>พลังงานภายในเซลล์มาช่วย</p>	<p>บางกรณีพบว่า สารสามารถเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีความหนาแน่นของสารน้อยกว่า เข้าสู่เซลล์ซึ่งมีความหนาแน่นของสารมากกว่าได้ เนื่องจากจากเซลล์อาศัยพลังงานภายในเซลล์มาช่วย</p> <p>สาร X ๕ โมเลกุล สาร X ๑๒ โมเลกุล</p> <p>สาร X สามารถเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์ได้ทั้ง ๆ ที่ภายนอกเซลล์มีความหนาแน่นของสาร (มากกว่า/น้อยกว่า) ภายในเซลล์ เพราะเซลล์อาศัย</p>

ศูนย์วิจัยทรัพยากรชีวภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<p>active transport)</p>	<p>ก.๑๐</p> <p>การเคลื่อนที่ของสารจากบริเวณที่มีความหนาแน่นของสารน้อยกว่า ไปสู่บริเวณที่มีความหนาแน่นของสารมากกว่าเรียกว่า <u>active transport</u>)</p> <p>เซลล์ที่รากขนอ่อนสามารถดูดเกลือแร่เข้าไปได้ทั้ง ๆ ที่ใน รากขนอ่อนมีความเข้มข้นของสารละลายเกลือแร่มากกว่า สารละลายในดิน เนื่องจากอาศัยขบวนการ</p>
<p>เจือจาง ออสโมซิส</p>	<p>ก.๑๑</p> <p>น้ำเคลื่อนที่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์จากสารละลายที่เจือจางกว่าไปสู่สารละลายที่เข้มข้นกว่า ซึ่งเรียกขบวนการการเคลื่อนที่ของน้ำนี้ว่า ออสโมซิส (osmosis)</p>  <p>น้ำจะเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์เมื่อสารละลายภายนอกเซลล์ (เจือจาง/เข้มข้น) กว่าภายในเซลล์ ขบวนการเคลื่อนที่ของน้ำเรียกว่า</p>
<p>การแพร่ ออสโมซิส active transport</p>	<p>ก.๑๒</p> <p>สารต่าง ๆ สามารถเคลื่อนที่ผ่านเข้าออกจากเซลล์โดยผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้นั้น เกิดขึ้นเนื่องจากขบวนการต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ๓ ขบวนการ คือ</p> <ol style="list-style-type: none"> ๑. ๒. ๓.

<p>ก. ๑๓</p> <p>ข้อ ง.</p>	<p>การเคลื่อนที่ของสารต่าง ๆ ไปยังเซลล์ทั่วร่างกายและออกจากเซลล์ไปยังอวัยวะต่าง ๆ เรียกว่า "การลำเลียง"</p> <p>สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงในสิ่งมีชีวิต</p> <p>ก. น้ำ</p> <p>ข. ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์</p> <p>ค. อาหาร</p> <p>ง. แสงสว่าง</p>
<p>ก. ๑๔</p> <p>๑. การแพร่</p> <p>๒. ออสโมซิส</p> <p>๓. active transport</p>	<p>สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ที่มีโครงสร้างง่าย ๆ เช่น พยาธิตัวแบนและพืชน้ำ การลำเลียงสารโดยขบวนการแพร่ active transport และออสโมซิส นับว่าเพียงพอที่จะทำให้สารต่าง ๆ กระจายไปได้ทั่วถึงทุกเซลล์ในเวลาอันรวดเร็ว</p> <p>ฉนั้น ขบวนการที่ช่วยในการลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำที่มีโครงสร้างง่าย ๆ คือ</p> <p>๑.</p> <p>๒.</p> <p>๓.</p>

ก. ๑๕

ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงที่มีโครงสร้างซับซ้อน การลำเลียงสาร โดยอาศัย การแพร่ active transport และออสโมซิสเท่านั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้อวัยวะต่าง ๆ กระจายไปทั่วร่างกายอย่างรวดเร็ว ดังนั้น ในสิ่งมีชีวิตชั้นสูงจึงต้องมี "ระบบลำเลียง" เกิดขึ้น

ระบบลำเลียงจำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตที่มีโครงสร้างซับซ้อน เพราะระบบลำเลียงช่วยให้

.....

อวัยวะต่าง ๆ กระจายไปทั่วร่างกายอย่างรวดเร็ว

ก. ๑๖

ก่อนน้ำดี

หลังน้ำดี

เมื่อน้ำดีที่กระจัดอยู่ในน้ำดีแดง สักครู่ต่อมาจะเห็นรอยสีแดงเป็นทางไปตามท่อลำเลียงน้ำภายในลำต้น


แสดงว่า รากดูดน้ำดีแล้วเคลื่อนที่ขึ้นไปตามจากรากสู่ลำต้น

ท่อลำเลียงน้ำ

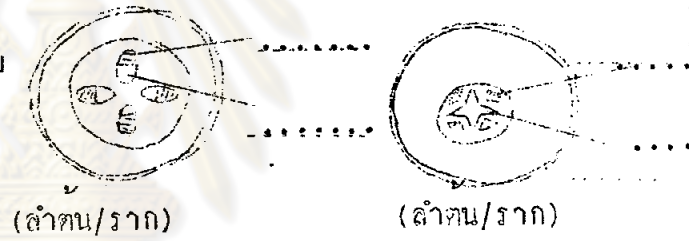
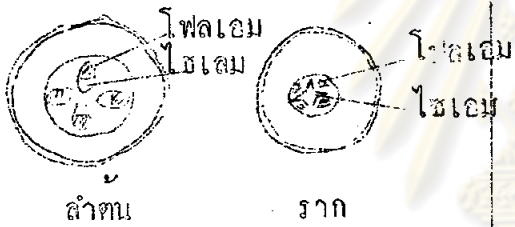
<p>น้ำ</p>	<p>ก. ๑๓</p> <p>สารต่าง ๆ เคลื่อนที่ไปตามท่อลำเลียง ได้ โดยมีช่องเหลวคือ น้ำพาไป ทิวกลางที่พา สารต่าง ๆ เคลื่อนที่ไปตามท่อลำเลียงคือ.....</p>
<p>ลำต้นและใบ</p> <p>ลำต้นและราก</p>	<p>ก. ๑๔</p> <p>น้ำ</p> <p>รากดูดน้ำและเกลือแร่ในดินแล้วลำเลียง ไปยังลำต้นและใบ เพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์ แสง อาหารสำเร็จที่ใบจะถูกลำเลียงลงสู่ลำต้นและ ราก</p> <p>ดังนั้น การลำเลียงสารในพืชจึงมี ๒ ชนิดคือ</p> <ol style="list-style-type: none"> ๑. ลำเลียงน้ำและเกลือแร่จากรากไป ยัง.....และ..... ๒. ลำเลียงอาหารสำเร็จจากใบไปยัง... และ.....
<p>ไซเลม</p> <p>โฟลเอ็ม</p>	<p>ก. ๑๕</p> <p>พืชลำเลียงน้ำและเกลือแร่จากรากไปยัง ลำต้นและใบ โดยผ่านไปตาม<u>ไซเลม</u> และลำเลียง อาหารสำเร็จจากใบไปยังลำต้นและรากโดยผ่าน ไปตาม <u>โฟลเอ็ม</u></p> <p>โครงสร้างภายในรากหรือลำต้น ซึ่งทำ หน้าที่ลำเลียงน้ำและเกลือแร่ คือ</p> <p>และทำหน้าที่ลำเลียงอาหารสำเร็จคือ</p>

ก. ๒๐

ลำต้นมีไซเลมและโฟลเอ็มเรียงซ้อนกันใน
รัศมีเดียวกัน ส่วนในรากจะอยู่ทางรัศมีกัน ไซเลม
และโฟลเอ็มกลุ่มหนึ่ง ๆ เรียก vascular bundle

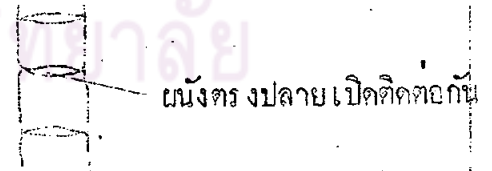
 นี่คือนแผนภาพแสดง vascular bundle
ในลำต้น ถ้าส่วนที่มีขีดคือ โฟลเอ็ม ส่วนที่ไม่มีขีดคือ
ไซเลม

จงเติมช่องว่างและตอบ ทภาพแสดงลำต้น
และรากพืช เมื่อผ่าตามขวาง



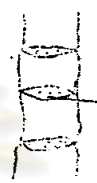
ก. ๒๑

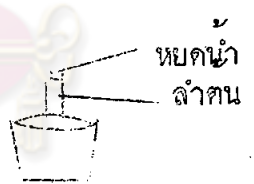
ท่อลำเลียงน้ำและเกลือแร่ในไซเลมประกอบ
ด้วย เวสเซล (vessel) ซึ่งเป็นท่อยาว ซึ่งเกิดจาก
เซลล์เรียงต่อกันตามยาวผนังเซลล์ที่ต่อกัน จะหายไปจึง
ทำให้เป็นท่อใหญ่ ผนังตรงปลายเปิดติดต่อกันเป็นท่อ
ยาว ทำให้หน้าและเกลือแร่ลำเลียงไปได้



เวสเซล

การลำเลียงน้ำและเกลือแร่ส่วนใหญ่เกิดใน....
ของไซเลม

<p>ข้อ ก.</p>	<p>ก. ๒๒</p> <p>ท่อลำเลียงอาหารในโพลีเอมประกอบด้วย ซีฟทิวบ์ (sieve tube) ซึ่งมีเซลล์เรียงตัวกันตาม แนวตั้ง ผนังเซลล์ที่ต่อกันมีลักษณะเป็นรูเหมือนตะแกรง ลวด ทำให้อาหารสำเร็จลำเลียงไปได้</p>  <p>เป็นรูเหมือนตะแกรงลวด</p> <p>อาหารสำเร็จถูกลำเลียงไปตาม..... ของโพลีเอม</p>
<p>ข้อ ก.</p>	<p>ก. ๒๓</p> <p>ทั้งท่อลำเลียงน้ำและท่อลำเลียงอาหารมี ลักษณะเหมาะสมกับการทำหน้าที่ลำเลียงสารเนื่อง จากมีเซลล์ที่เรียงตัวกันแล้ว</p> <ul style="list-style-type: none"> ก. มีทางติดต่อกันได้ ข. มีผนังหนาแข็งแรง ค. มีรูปร่างคงที่ ง. มีลักษณะยึดหดได้

<p>ก. ๒๔</p> <p>เจือจาง</p>	<p>เมื่อดินมีสารละลายเกลือแร่ <u>เจือจาง</u> กว่าในเซดรากชนอน รากชนอนดูดน้ำจากดิน ได้โดยขบวนการออสโมซิส แล้วน้ำเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่ท่อลำเลียงน้ำของราก เพื่อลำเลียงไปสู่ ลำต้น และใบต่อไป</p> <p>รากชนอนจะดูด <u>น้ำ</u> ในดินโดยขบวนการออสโมซิส เมื่อสารละลายในดิน (เข้มข้น/เจือจาง) กว่าในเซดรากชนอน</p>
<p>ก. ๒๕</p> <p>แรงดันที่รากดันให้น้ำเคลื่อนที่จากรากขึ้นมาตามลำต้น</p>	<p>เมื่อตัดลำต้นของพืชซึ่งปลูกในกระถางที่มีน้ำขุ่นขึ้น ตามปากตัดขวาง ปรากฏว่า ทรงบริเวณพื้นที่ผิวของรอยตัดมีน้ำซึมออกมาตลอดเวลา</p>  <p>ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากมี <u>แรงดันที่รากดัน</u> <u>ให้น้ำเคลื่อนที่จากรากขึ้นมาตามลำต้น</u> ถึงบริเวณ รอยตัด แรงดันนี้เรียกว่า "<u>แรงดันของราก</u>"</p> <p>แรงดันของรากคือ</p>

ก. ๒๖

ราก, ลำต้น, ใบ

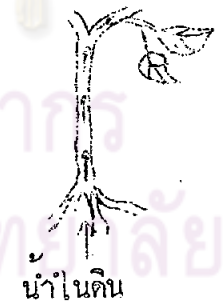
ในเวลากลางวัน พืชมีการคายน้ำ เพื่อ
 ขจัดน้ำที่เหลือให้ออกสู่ภายนอกทาง ใบ เมื่อน้ำที่
 ไบระเหยออกไป น้ำที่ ลำต้น ถูกดูดขึ้นมาแทนที่และ
 ที่รากถูกดูดแทนที่น้ำในลำต้น ตามลำดับ ทำให้เซลล์
 ที่รากขนอนมีความเข้มข้นมากกว่าสารละลายในดิน
 นำถูกดูดเข้าสู่อากขนอน

จะเห็นได้ว่า การคายน้ำของพืชที่ใบ
 ทำให้น้ำในดินถูกรากขนอนดูดแล้วลำเลียงของ
 ส่วนต่าง ๆ ของพืชตามลำดับดังนี้ คือ จาก.....
 ผ่านสู่.....

ก. ๒๗

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (โคฮีชัน)

น้ำมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล
 (Cohesion) การดึงดูดซึ่งกันและกันของโมเลกุล
 ของน้ำ จึงทำให้น้ำในใบ, ลำต้น และรากติดต่อกัน
 เป็นสาย



น้ำในดิน

ดังนั้น น้ำไหลติดต่อกันเป็นสายจากราก
 ผ่านลำต้นสู่ใบได้ เนื่องจากน้ำมี

ก.๒๘

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับผนังด้านข้างของท่อลำเลียงน้ำ
(Capillary action)

ส่วนการที่น้ำสามารถไหลขึ้นไปตามท่อลำเลียงน้ำ ซึ่งอยู่ในแนวตั้งได้สูง เนื่องจากท่อลำเลียงน้ำมีลักษณะเป็นท่อเล็ก ๆ จึงทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับผนังด้านข้างของท่อลำเลียงน้ำ (Capillary action)

การที่ท่อลำเลียงน้ำมีลักษณะเป็นท่อเล็ก ๆ มีประโยชน์มากในการลำเลียงน้ำขึ้นไปได้สูง เพราะลักษณะท่อเล็ก ๆ เช่นนี้ทำให้เกิด

.....

.....

.....

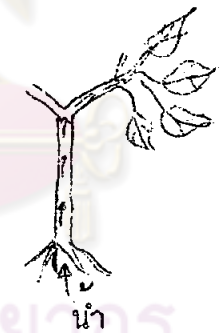
ก. ๒๙

ออสโมซิส

ก. แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำ

ข. แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำกับผนังด้านข้างของท่อลำเลียง

๓. การคายน้ำ



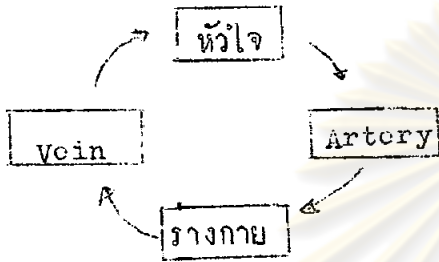
ในการลำเลียงน้ำของพืช จะมีขบวนการหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เกี่ยวข้องดังนี้

๑. รากดูดน้ำโดยขบวนการ
๒. ในท่อลำเลียง น้ำไหลติดต่อกันเป็นสายขึ้นไปได้เรื่อย ๆ เนื่องจากแรง ๒ ชนิด คือ
 - ก.
 - ข.
๓. ที่ใบมี.....จึงทำให้น้ำไหลขึ้นไปทดแทน

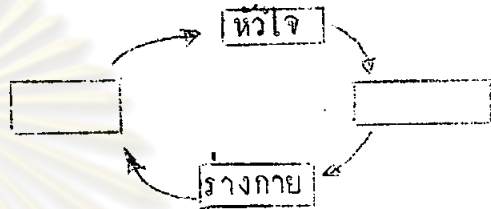
<p>น. ๓๐</p> <p>เส้นเลือด เลือด</p>	<p>ในสัตว์ชั้นต่ำเช่น ไส้เดือนดิน แมลงและ ในสัตว์ชั้นสูง เช่น สัตว์มีกระดูกสันหลัง มีระบบ - ลำเลียงสารต่าง ๆ ลำเลียงไปกับ<u>เลือด</u> ไปตาม <u>เส้นเลือด</u></p> <p>โครงสร้างที่ทำหน้าที่เป็นท่อลำเลียง ในสัตว์คือ ของเหลวที่เป็นตัวกลางพาสารในสัตว์ คือ</p>
<p>น. ๓๑</p> <p>สารอาหาร, เกลือแร่ ยูเรีย ฮอรโมน ออกซิเจน ไม่ได้</p>	<p>ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง เลือดประกอบ ไปด้วย<u>เม็ดเลือด</u>และ<u>น้ำเลือด</u> สารอาหาร เกลือ- แร่ ยูเรีย ฮอรโมน จะละลายไปกับ<u>น้ำเลือด</u> ส่วน <u>ออกซิเจน</u> จะรวมตัวกับฮีโมโกลบินใน<u>เม็ดเลือดแดง</u> เพื่อลำเลียงไปให้เซลล์ สารซึ่งนำเลือดลำเลียงไปให้เซลล์ได้แก่ สารที่เม็ดเลือดแดงลำเลียงไปให้เซลล์ได้แก่ ถ้าเลือดไม่มีฮีโมโกลบิน เลือดจะนำกาซออกซิเจน ไป (ได้/ไม่ได้)</p>

<p>น้ำเลือด</p>	<p>ก. ๗๒</p> <p>ในไส้เคঁอนคิน สารฮีโมโกลบินละลาย อยู่ในน้ำเลือด ดังนั้น เมื่อดสารฮีโมโกลบินรวม ตัวกับออกซิเจน ออกซิเจนก็จะถูกน้ำเลือดพาไป ควย</p> <p>ในไส้เคঁอน ออกซิเจน ถูกลำเลียงไป กับ (น้ำเลือด/ เม็ดเลือด)</p>
<p>ฮีโมไซยานิน</p>	<p>ก. ๗๓</p> <p>สัตว์ในไฟลัมอาร์โธรโปดา เช่น กุ้ง แมลง ปู เลือดไม่มีสีแดง เพราะเม็ดเลือดแดงไม่มีฮีโม- โกลบิน แต่มีฮีโมไซยานิน ทำหน้าที่แทนฮีโมโกลบิน</p> <p>แมลงมีการลำเลียงออกซิเจนโดยออก- ซิเจนจะรวมตัวกับ</p>
<p>สูกจับส่งเลือดไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย</p>	<p>ก. ๗๔</p> <p>เขตทั่วร่างกายของสัตว์ได้รับสารต่าง ๆ โดยผ่านมากับเลือด การที่เลือดหมุนเวียนได้เป็น เพราะหัวใจทำหน้าที่สูบฉีดส่งเลือดไปยังส่วน ต่าง ๆ ของร่างกาย</p> <p>หัวใจมีส่วนเกี่ยวข้องกับ การลำเลียงสาร เพราะหัวใจทำหน้าที่</p>

ก. ๓๕



เลือดไหลออกจากหัวใจผ่านเส้นเลือด
 ซึ่งเรียกว่า Artery ไปสู่ส่วนต่าง ๆ ของร่าง
 กาย แล้วไหลกลับหัวใจโดยผ่านเส้นเลือดซึ่ง
 เรียกว่า Vein



จงเติมชนิดของเส้นเลือดในช่องที่
 ว่างไว้ เพื่อแสดงระบบหมุนเวียนโลหิตของ
 ร่างกาย

ก. ๓๖

ระหว่างเส้นเลือดค้ำกับเส้นเลือดแดง
 ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง จะมีเส้นเลือดฝอย
 เชื่อมเส้นเลือดทั่วไปให้ติดต่อกัน ที่เส้นเลือด
 ฝอยนี้เองที่มีการแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ ระหว่าง
 เส้นเลือดกับเซลล์ของร่างกาย

เส้นเลือดฝอย



Artery Vein

๑. จงเติมชื่อที่ว่างไว้ในรูป
๒. ที่เส้นเลือดฝอยจะมีการแลกเปลี่ยน
 สารต่าง ๆ ระหว่าง.....
 กับ.....

เลือด
 กับเซลล์

<p>ก. ๓๓</p> <p>ตลอดเวลา</p> <p>เส้นเลือดฝอย</p>	<p>ในสัตว์มีกระดูกสันหลังและในไส้เดือนคืบ การหมุนเวียนของเลือดที่ไหลที่ไหลเวียนอยู่ภายในหลอดเลือดตลอดเวลา โดยออกจากหัวใจไปตามเส้น artery เข้าเส้นเลือดฝอย เพื่อแลกเปลี่ยนสารต่าง ๆ แล้วผ่านไปตามเส้น vein กลับสู่หัวใจ วิธีการไหลเวียนของเลือดเช่นนี้ เรียกว่า ระบบหมุนเวียนโลหิตแบบปิด</p> <p>ระบบหมุนเวียนโลหิตแบบปิด เลือดจะไหลเวียนอยู่ในหลอดเลือด (ตลอดเวลา/ไม่ตลอดเวลา) และการแลกเปลี่ยนสารระหว่างเซลล์กับเลือดเกิดขึ้นที่</p>
<p>ก. ๓๔</p> <p>ช่องว่างระหว่างเนื้อเยื่อ</p> <p>เส้นเลือดฝอย</p>	<p>ในสัตว์บางชนิด เช่น แมลงมีการหมุนเวียนของเลือดชนิดที่เลือดไม่ได้ผ่านท่อโดยตลอด แต่ผ่านของว่างระหว่างเนื้อเยื่อ (Hæmocœl) แล้วจึงผ่านเข้าหัวใจ วิธีการไหลเวียนของเลือดเช่นนี้ เรียกว่า ระบบหมุนเวียนโลหิตแบบเปิด ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า ระบบหมุนเวียนโลหิตแบบเปิด ไม่มี เส้นเลือดฝอย</p> <p>เลือดของแมลงก่อนที่จะไหลกลับเข้าสู่หัวใจ จะไหลผ่าน..... ซึ่งเป็นเหตุให้แมลงมีระบบหมุนเวียนโลหิตแบบเปิด นอกจากนี้แมลงยังไม่มี</p>

<p>บางกว่า เมื่กลี๊ดแดง</p>	<p>ก.๕๑</p> <p>สัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนโลหิตแบบปิด มักจะมีเส้นน้ำเหลือง ซึ่งมีลักษณะคล้ายเส้นเลือด แต่ผนังบางกว่าของหลอดเลือดในสัตว์สี่เท้าหรือออบ เรียกว่า น้ำเหลือง ซึ่งมีส่วนประกอบคล้ายเลือด เพียงแต่ไม่มีเม็ดเลือดแดงเท่านั้น</p> <p>ลักษณะของเส้นน้ำเหลืองต่างกับเส้นเลือดตรงที่เส้นน้ำเหลืองมีผนัง (บางกว่า/หนากว่า) และน้ำเหลืองต่างกับน้ำเลือด เนื่องจากในน้ำเหลืองไม่มี</p>
<p>ไขมัน</p>	<p>ก.๕๒</p> <p>น้ำเหลืองคูดไขมันจากลำไส้เล็กแล้ว ลำเลียงไปให้เซลล์ทั่วร่างกาย ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า น้ำเหลืองทำหน้าที่ลำเลียง.....ไปให้เซลล์ทั่วร่างกาย</p>

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางวิเคราะห์บทเรียน (ตอ)

กรอบ กณฑ์	กณฑ์																				จำนวนค่า ตอบที่ถูก
	๑	๒	๓	๔	๕	๖	๗	๘	๙	๑๐	๑๑	๑๒	๑๓	๑๔	๑๕	๑๖	๑๗	๑๘	๑๙	๒๐	
๒๖.๑																					๕๖
๒๖.๒																					๕๖
๒๖.๓																					๕๖
๒๗			X																		๕๖
๒๘																					๑๐๐
๒๘.๑								X													๕๖
๒๘.๒																					๕๕
๒๘.๓																					๕๕
๒๘.๔																					๕๕
๓๐.๑																					๕๕
๓๐.๒																					๕๕
๓๐.๓																					๕๕
๓๑.๑		X																			๕๕
๓๑.๒																					๕๕
๓๑.๓																					๕๕
๓๒																					๕๕
๓๓																					๕๕
๓๔																					๑๐๐
๓๕.๑																					๕๕
๓๕.๒																					๕๕
๓๖.๑																					๕๕
๓๖.๒																					๕๕
๓๖.๓																					๕๕
๓๗.๑																					๕๕
๓๗.๒																					๕๕
๓๗.๓																					๕๕
๓๗.๔																					๕๕
๓๘.๑																					๕๕
๓๘.๒																					๕๕
๓๘.๓																					๕๕
๓๘.๔																					๕๕
๔๐.๑																					๕๕
๔๐.๒																					๕๕
๔๐.๓																					๕๕
๔๐.๔																					๕๕
๔๐.๕																					๕๕
๔๑.๑																					๕๕
๔๑.๒																					๕๕
๔๒																					๕๕

จำนวนค่าตอบทั้งหมด ๘๓๐๐
 จำนวนค่าตอบที่ถูก ๓๕๖๓
 ค่าตอบที่ถูกเฉลี่ยร้อยละ ๔๕.๕๓

หมายเหตุ เครื่องหมาย X หมายถึงค่าตอบที่นักเรียนตอบผิด

ประวัติการศึกษา

ชื่อ

นางสาวสุภาภรณ์ เลิศลักษณ์วงศ์

วุฒิการศึกษา

ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต ปีการศึกษา ๒๕๑๘

ตำแหน่งหน้าที่การงาน

ครูตรีโรงเรียนสายปัญญา กรมสามัญศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย