ISSN 0125-2364

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 10 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2525

ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

○ เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์

○ เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัยและการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา

○ เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์

สำนักงาน ตึก 3 ห้องสมุด
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ
ม.ค. - มี.ค.
เม.ย. - มิ.ย.
ก.ค. - ก.ย.
ต.ค. - ธ.ค.

ค่าบำรุง ปีละ 30 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

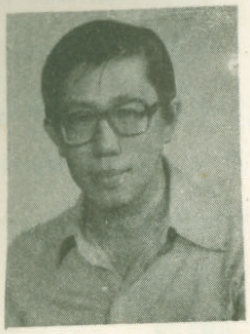
แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สารบัญ

ขอแสดงความยินดีกับผู้ช่วยศาสตราจารย์

ดร.ชัยวัฒน์ คุประตกุล

ที่ได้รับการเสนอชื่อเข้าแข่งขันชิงรางวัลคาลิงกา ประจำปี 2524



- ดร.ชัยวัฒน์ คุประตกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นนักฟิสิกส์ นักการศึกษา นักเขียน และนักจัดรายการวิทยุและโทรทัศน์
- รางวัลคาลิงกา เป็นรางวัลประจำปีที่องค์การยูเนสโก จะพิจารณาให้แก่บุคคลที่มีผลงานดีเด่นในการส่งเสริมให้สาธารณชน ตระหนักถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งบทบาทที่จะช่วยให้ประเทศชาติเจริญก้าวหน้า และช่วยแก้ปัญหาของมนุษยชาติ

พบกันฉบับหน้า มิถุนายน ในวาระครบ
100 ปี ของ ชารลส์ ดาร์วิน
พร้อมด้วย ชีวประวัติ, ผลงานย่อ ๆ, วิจารณ์งานของเขา
การประยุกต์ทฤษฎีวิวัฒนาการ และ อื่น ๆ

บรรณาธิการแถลง

ท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านที่รัก ในวาระครบรอบ 200 ปี ของกรุงรัตนโกสินทร์ทุกหน่วยงานได้จัดให้มีการเฉลิมฉลองกันทั่วหน้า ในโอกาสนี้วารสารวิทยาศาสตร์ มข.ของเราซึ่งมีอายุย่างเข้าปีที่ 10 ในปีนี้ก็จะร่วมเฉลิมฉลองเช่นเดียวกัน การเฉลิมฉลองของเราก็คงจะเป็นการปรับปรุงรูปแบบของวารสาร เนื้อหาวิชาการ รวมทั้งการเพิ่มจำนวนเล่มต่อปีด้วย หากท่านผู้อ่านได้สังเกตรูปแบบของวารสารฉบับนี้ก็คงจะเห็นว่า เราได้นำข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้นมาไว้ก่อน ตามด้วยบทความทางวิชาการแล้วจึงจบลงด้วยรายงานการวิจัย และบทส่งท้ายก็คือลองภูมิ สำหรับคอลัมน์ลองภูมินั้น คณะผู้จัดทำใคร่ของแสดงความยินดีกับอาจารย์ชุมนุมพร แอคะ-รัจน์ ภาควิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษา วิทยาเขตกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นผู้ส่งคำตอบที่ถูกต้องไปยังบรรณาธิการเป็นคนแรก ซึ่งเราถือว่าเป็นผู้ชนะเลิศ ขอให้อาจารย์รอรับรางวัลจากเรา และใคร่ขอเชิญชวนเพื่อสมาชิกและนักเรียน นักศึกษา ได้ร่วมสนุกกับปัญหาลองภูมิและรีบส่งคำตอบไปยังกองบรรณาธิการเพื่อชิงความเป็นเลิศทางวิชาการ

การเปลี่ยนแปลงอีกอย่างหนึ่งเพื่อให้สอดคล้องกับการเพิ่มจำนวนเล่มวารสารต่อปีนั้นก็คือ อัตราค่าสมาชิกเดิมนั้นอัตราค่าสมาชิก 20 บาทต่อ 3 เล่มต่อปี บัดนี้ได้เปลี่ยนอัตราเป็น 30 บาทต่อ 4 เล่มต่อปี หวังว่าสมาชิกและท่านผู้อ่านคงจะเห็นใจเรา อนึ่งในการดำเนินการจัดทำวารสารทางวิชาการนั้น คณะวิทยาศาสตร์ได้ตระหนักถึงความสำคัญของการเผยแพร่วิชาการออกสู่สถาบันต่าง ๆ โดยเฉพาะแหล่งที่อยู่ห่างไกลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทางคณะจึงได้จัดสรรเงินจำนวนหนึ่งให้ดำเนินการเกี่ยวกับงานชิ้นนี้ ในสถานการณ์ปัจจุบันต้นทุนการผลิตสูงขึ้นเกือบเท่าตัว กอร์ปกับจำนวนสมาชิกได้เพิ่มมากขึ้นเราจำเป็นต้องดิ้นรนหาปัจจัยจากแหล่งอื่น ๆ มาช่วยเสริมงบประมาณที่เราได้รับเพื่อให้งานดังกล่าวสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ในการนี้เราได้รับความอนุเคราะห์จากห้างร้านต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง จึงขอขอบคุณอย่างมากไว้ ณ. โอกาสนี้ด้วย พร้อมกันนี้คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณท่านอดีตประธานชมรมนักเขียนคือ คุณปรีชา อมาตยกุล ที่ได้กรุณาเสนอแนะแนวทางการเขียนบทความทางวิชาการ สำหรับผู้อ่านหลายระดับและจดหมายของท่านก็นับได้ว่าเป็นสิ่งที่ให้กำลังใจแก่เราเป็นอย่างมาก ดิฉันใคร่ขอขอบคุณ คุณปรีชา อมาตยกุล เป็นอย่างมากไว้ ณ โอกาสนี้

สำหรับวารสารฉบับต่อไปเราตั้งใจจะจัดให้เป็นฉบับ ชาลส์ ดาร์วิน โดยเฉพาะซึ่งแน่นด้วยเนื้อหาสาระที่น่าอ่านและน่ารู้เป็นอย่างยิ่ง โปรดคอยพบกับเรา

สวัสดี

โทร. 2527987

สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

ในพระบรมราชูปถัมภ์

สำนักงาน ตึกห้องสมุด คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท ก.ท. 5

26 กุมภาพันธ์ 2525

อาจารย์สุภาพ ณ นคร

บรรณาธิการวารสาร มข.

ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เรื่อง ขอบคุณ

เรียน บรรณาธิการ วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ตามที่ได้ส่งวารสารวิทยาศาสตร์ มข. มาให้ชมรมนักเขียนและผู้จัดทำหนังสือวิทยาศาสตร์ จำนวน 6 เล่ม ผมได้รับแล้วด้วยความขอบคุณ และได้มอบให้ประธานชมรมคนใหม่ ศาสตราจารย์ ทวีศักดิ์ ปิยะกาญจน์ กับบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ของชมรมฯ ไปแล้ว

ผมต้องขอชมความอุตสาหะ วิริยะ ของบรรดาอาจารย์ และผู้เขียนบทความที่พยายามถ่ายทอดความรู้ ทางวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ ออกมาให้ประชาชน และนักวิทยาศาสตร์ได้อ่านกัน ทั้งมี ปกิณกะวิทยาศาสตร์ ทำให้ทวีค่าของหนังสือ นับเป็นแนวโน้มในการเผยแพร่วิทยาศาสตร์อย่างดี แต่ควรเน้นหนักให้อ่านเข้าใจง่ายเป็นหลัก

พร้อมนี้ ผมได้แนบโครงการ อชวท. (VISTA) "ธาสาสมัครเพื่อให้ความช่วยเหลือทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแก่ประชาชน" มาให้ 1 ฉบับ หากมีสิ่งสนใจประการใด หรือจะเข้าร่วมชมรม อชวท. ด้วย กรุณาแจ้งให้ผมทราบด้วย จะขอบคุณมาก

ขอแสดงความนับถือ

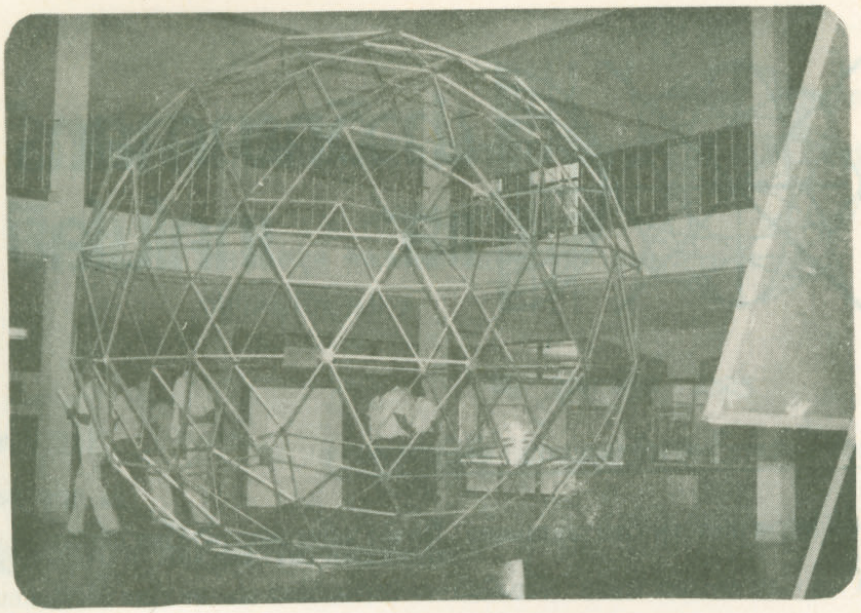
ปรีชา มาลาง

ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จัดนิทรรศการ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้จัดงานนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น ในระหว่างวันที่ 23 - 25 มกราคม 2525 เนื่องในวาระครบรอบวันสถาปนามหาวิทยาลัยขอนแก่น และ ร่วมฉลองสมโภชน์กรุงรัตนโกสินทร์ 200 ปี

อาจารย์เอียน โทมัส แห่งภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
กำลังสาธิต การทำงานของเครื่องวิทยุ



โมเดลรูปโลกขนาดใหญ่

ในการสร้างรูปโลกทรงกลมขนาดใหญ่ ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนหน้าของรูปเหลี่ยมที่บรรจุภายในทรงกลมจาก 20 หน้า เป็น 80 หน้า ถ้าให้โตขึ้นอีกก็เพิ่มหน้าเป็น 180 หน้า แต่เมื่อเพิ่มหน้าเกินกว่า 20 หน้า ขนาดของด้านสั้นจะยาวไม่เท่ากันทำให้ต้องคำนวณหาขนาดความยาวของด้านสั้น โมเดลรูปโลกนี้แสดงถึงการคำนวณความยาวของด้านสั้นด้วย *Euclidean Algarism* เมื่อ 2300 ปีมาแล้ว

จัดแสดงโดยภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นักศึกษาภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
กำลังตรวจตาบอดสีให้กับนักเรียนที่เข้าชมนิทรรศการ

พบวิธีวัดอุณหภูมิของทะเลโดยใช้ดาวเทียม

รองศาสตราจารย์ อัปสรสุดา ศิริพงศ์ แห่งภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวว่า อุณหภูมิของทะเลนับว่ามีความสำคัญต่อกระแสน้ำและการหาแหล่งปลาเพราะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทะเลเป็นอย่างมาก นักวิทยาศาสตร์จึงต้องทำการวัดอุณหภูมิของทะเลแต่ละแห่งเป็นประจำ เพื่อศึกษาถึงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล เพื่อจัดการวางแผน สงวนรักษาทั้งโดยตรงและทางอ้อม แต่การที่จะนำเรือบรรทุกคนและเครื่องมือไปวัดในทะเลนั้น เนื่องจากงบประมาณ เวลาและกำลังคนมีจำกัดทำให้ไม่สามารถวัดครอบคลุมบริเวณทะเลอย่างกว้างขวางในเวลาเดียวกัน และต่อเนื่องตลอดปี จึงได้ทำการวิจัยโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียมชุดไอทอสโนอาทำการวัดอุณหภูมิของทะเลขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยครั้งนี้ได้รับรางวัลชมเชยจาก สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี 2524

จากผลการวิจัยสามารถทราบการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในบริเวณกว้างใหญ่ เป็นพื้นที่ 100,000 ตารางกิโลเมตร ทำให้สามารถนำอุณหภูมิน้ำทะเลไปหาความสัมพันธ์กับเรื่องการแปรเปลี่ยนค่าสูงสุด ต่ำสุดเฉลี่ยและพิสัยต่อปีในบริเวณทะเลต่าง ๆ เนื่องจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นแนวทางชี้ให้เห็นถึงรูปแบบทั่วๆ ไปทางการไหลเวียนของกระแสน้ำที่ผิว คือ แสดงตำแหน่งที่ตั้งของขอบเขตของกระแสน้ำที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันอย่างชัดเจน และสามารถนำไปศึกษาการชี้แยกมวลน้ำต่างๆ รวมทั้งการไหลของมวลน้ำเหล่านั้นที่ผิวน้ำสามารถพยากรณ์การแจกแจงความอุดมสมบูรณ์ของการมีฝูงปลาในช่วงเวลาอันสั้น ๆ โดยอาศัยข้อมูลอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเป็นส่วนประกอบ สามารถช่วยให้ชาวประมงนำไปวางแผนเพื่อการลงทุนและช่วยย่นระยะเวลาที่เสียไปในการค้นหาฝูงปลา นอกจากนี้ยังอาจนำไปศึกษารูปแบบของการไหลของแม่น้ำที่มีสารมลพิษลงสู่ทะเล ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณน้ำจากแม่น้ำ ลม น้ำขึ้นน้ำลง กระแสน้ำเลียบตามชายฝั่ง และใช้เป็นตัวชี้บอกการแพร่กระจายของมลสภาวะความร้อนและเย็นจากโรงงานต่าง ๆ ที่ใช้น้ำทะเลเป็นตัวระบายความร้อนเครื่องจักรแล้วปล่อยลงสู่ทะเล ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

ข่าวสภาวิจัยแห่งชาติ ข่าวที่ 11/2525

รายงานการสัมมนา ระดับนานาชาติ เรื่อง วิธีการสอนฟิสิกส์

(ระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา) ที่มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 11 ถึง 13 พฤศจิกายน 2524

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ คุประตกุล
อาจารย์ปรีชา ณ นคร

การสัมมนาครั้งนี้จัดขึ้นโดยสมาคมฟิสิกส์แห่งเอเชีย (Asian Physical Society, APSO) ร่วมกับมหาวิทยาลัยขอนแก่น Committee on Science and Technology in Developing Countries (COSTED) และ UNESCO นอกจากนี้ยังมีผู้สนับสนุนอื่น ๆ อีกหลายรายทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ เช่น Australian Institute of Physics, Australian Development Bureau (ADAB), Murdoch University (Australia), British Council, International Seminar in Physics (University of Uppsala, Uppsala, Sweden), United States International Communication Agency (USICA), สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) และบริษัทห้างร้านเอกชนอีกหลายราย โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ คุประตกุล เป็นประธานจัดการสัมมนา

วัตถุประสงค์หลักของการสัมมนาคือ เพื่อส่งเสริมการร่วมมือและแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และประสบการณ์ระหว่างนักการศึกษา และอาจารย์ผู้สอนฟิสิกส์ในแถบเอเชียและส่วนอื่นของโลก โดยมีจุดมุ่งหมายที่สำคัญที่สุดในอันที่จะปรับปรุงการศึกษาฟิสิกส์ในเอเชีย โดยเน้นการศึกษาฟิสิกส์ทั้งในแง่ทฤษฎีและปฏิบัติการ ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษา

ศาสตราจารย์สิปปนนท์ เกตุทัต รัฐมนตรีว่าการกระทรวงศึกษาธิการ เป็นผู้ทำพิธีเปิดการสัมมนาครั้งนี้ หลังจากนั้นได้มีการกล่าวปราศรัยโดย Professor S. Raither (ในนามของ UNESCO), Professor S. Radhakrishna (ในนามของ COSTED), Professor C. Singh (ในนามของ APSO), ศาสตราจารย์กวี ทังสุบุตร (อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในนามของมหาวิทยาลัยขอนแก่น), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภักดี ธันวารชร (คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในนามของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

การสัมมนาครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมประชุมอย่างคับคั่ง โดยมีผู้เข้าร่วมประชุมจากประเทศไทย 119 คน (จากกลุ่มโรงเรียน 46 คน กลุ่มวิทยาลัยครู 21 คน กลุ่มมหาวิทยาลัย 52 คน) นอกจากนี้ยังมีผู้เข้าร่วมประชุมจากต่างประเทศอีก 26 คน ซึ่งมาจากทั้งประเทศในเอเชีย และจากแถบอื่นของโลก จำนวนผู้เข้าร่วมการสัมมนาจากแต่ละประเทศมีดังนี้ : จากสาธารณรัฐประชาธิปไตยอัฟกานิสถาน 1 คน อินเดีย

4 คน อินโดนีเซีย 1 คน มาเลเซีย 6 คน สาธารณรัฐประชาชนจีน 1 คน ฟิลิปปินส์ 2 คน สาธารณรัฐเกาหลี 1 คน สหภาพโซเวียต 1 คน ออสเตรเลีย 3 คน ปาปัวนิวกินี 1 คน ฝรั่งเศส 1 คน สวีเดน 1 คน สหราชอาณาจักร 1 คน สหรัฐอเมริกา 1 คน และเยอรมนีตะวันตก 1 คน

การสัมมนาแบ่งออกเป็น 4 ช่วง โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยวัฒน์ คุประตกุล, Professor A.D.C. Grassie, Professor B. Gestblom และ Professor C. Singh เป็นประธานในแต่ละช่วง ซึ่งเริ่มด้วยการเสนอบทความ หลังจากนั้นเป็นการอภิปรายเกี่ยวกับบทความนั้น ในตอนท้ายของแต่ละช่วงมีการอภิปรายเกี่ยวกับ การศึกษาฟิสิกส์โดยทั่ว ๆ ไป บทความที่นำมาเสนอมีรวมทั้งสิ้น 25 บทความ (ในจำนวนนี้ 2 บทความได้รับการแจกจ่ายให้แก่ผู้เข้าร่วมประชุม เพื่อการอภิปรายอย่างไม่เป็นทางการเท่านั้น) บทความเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการศึกษาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษาและอุดมศึกษาในแง่มุมต่างๆ การเสนอบทความทุกบทความเป็นไปด้วยความน่าสนใจและกระตุ้นให้เกิดความคิด ในตอนท้ายของการเสนอบทความแต่ละบท มีการอภิปรายกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งเป็นที่น่าสนใจและบ่อยครั้งกระตุ้นให้เกิดความคิด มีข้อแนะนำหลายข้อที่อาจจะนำมาเป็นหัวข้อในการสัมมนาครั้งต่อ ๆ ไป ในอนาคตได้

ในการกล่าวคำปราศรัยปิดการสัมมนา Professor C. Singh ประธานของ APSO ได้แสดงความเห็นว่า การประชุมครั้งนี้ประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง

หลังการสัมมนารวม 3 วัน ระหว่างวันที่ 11 ถึง 13 พฤศจิกายน 2524 ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในวันต่อมาได้มีการประชุมผู้แทนจากประเทศต่าง ๆ ในเอเชียรวมทั้งผู้แทนจากออสเตรเลีย, ปาปัวนิวกินี และสหภาพโซเวียต เพื่อปรึกษาหารือถึงแนวทางในการที่จะก่อตั้งข่ายงาน สำหรับโครงการร่วมมือในระดับภูมิภาค การประชุมนี้ริเริ่มขึ้นโดย UNESCO และมีขึ้น ณ โรงแรมแก่นอินน์ จังหวัดขอนแก่น

นอกจากนี้ในระหว่างการสัมมนา รวม 3 วัน ณ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ยังมีการแสดงอุปกรณ์ประกอบการสอน, นิทรรศการหนังสือ, นิทรรศการอุปกรณ์ทางการศึกษาและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ซึ่งได้รับความสนใจจากผู้เข้าร่วมการประชุมและบุคคลอื่นๆ เป็นอย่างมาก นิทรรศการนี้จัดขึ้นโดยมหาวิทยาลัยขอนแก่น, สสวท, USICA และบริษัทเอกชนหลายแห่ง

Report of the Conference on Method of Teching Physics (Secondary and Tertiary Levels) held at Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, during 11th-13th November 1981.

by

Assistant Professor Shaiwatna Kupratakuln.

The Conference was organized by the Asian Physical Society (APSO) and Khon Kaen University with COSTED and UNESCO as the two principal sponsors. In addition, there were several associated sponsors and supporters within and outside Thailand, e.g. Australian Institute of Physics, Australian Development Bureau (ADAB), Murdoch University (Australia), British Council, International Seminar in Physics (University of Uppsala, Uppsala, Sweden), United States International Communication Agency (USICA), The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology (IPST) and several private companies. Assistant Professor Shaiwatna Kupratakuln (Khon Kaen University) was the Chairman of the Organizing Committee.

The main objective of the Conference was to promote cooperation and exchange of views and experiences among physics edudators in the Asian region and other parts of the world with the ultimate aim of the improvement of physics education in Asia. Both theoretical and experimental aspects of physics education at the secondary and tertiary education levels were expected to be dealt with.

The Conference was inaugurated by Professor Sippanondha Ketudat, the Minister of Education of Thailand. Several addresses were then given by Professor S. Raither (on behalf of UNESCO), Prof. S. Radhakrishna(on behalf of COSTED), Prof. C. Singh (on behalf of APSO), Professor Kawee Thungsubutra (Rector of Khon Kaen University, on behalf of Khon Kaen University), Assistant Professor Pakdi Thanvarachorn (Dean, Faculty of Science, Khon Kaen University, on behalf of Faculty of Science, Khon Kaen University).

The Conference was well attended by 199 Thai participants (46 from school - group, 21 from teachers College - group and 52 from university - group). There were 26 participants from outside Thailand which came from both Asian and non - Asian regions of the world. The number and the country of the participants from outside Thailand were as follows: 1 from the Democratic Republic of Afghanistan, 4 from India, 1 from Indonesia, 6 from Malaysia, 1 from the People Republic of China, 2 from Philippines, 1 from the Republic of Korea, 1 from the USSR, 3 from Australia, 1 from Papua New Guinea, 1 from France, 1 from Sweden, 1 from the United Kingdom, 1 from the U.S.A. and 1 from West Germany.

The Conference was divided into four sessions with Assistant Professor Shaiwatna Kupratakuln, Professor A.D.C. Grassie, Professor B. Gestblom and Professor C. Singh as the session Chairmen. Each session began with a paper presentation, followed by discussion related to the paper before proceeding to the next paper. At the end of each session, there was an open discussion related to physics education in general. There were altogether 25 papers (two of which were distributed among the participants for information and informal discussion only) dealing with various aspects of physics education at secondary and tertiary levels. All paper presentations were interesting and stimulating. At the end of each paper presentation, there was active discussion which was interesting and very often thought provoking. There were several suggestions which could serve as the themes for future conferences.

In the closing address, Professor C. Singh, APSO's President remarked that the Conference was a great success.

Following the 3 - days Conference during 11th - 13th November 1981 at Khon Kaen University, there was a meeting of Asian countries representatives, also the representatives from Australia, Papua New Guinea and the USSR, to discuss the possibility of establishing a network for a regional cooperative programme. The meeting was initiated by UNESCO and was held at Kaen Inn Hotel in Khon Kaen.

During the 3 - days Conference at Khon Kaen University. There were also teaching aid demonstration, book exhibition, educational and applied scientific equipment exhibition which attracted great interest from the conference participants and others. The exhibitions were organized by Khon Kaen University, The IPST, USICA and several private companies.

APPENDIX

List of papers presented at the Conference on Method of Teaching Physics (Secondary and Tertiary Levels), 11th - 13th November 1981, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

(1) Papers presented and discussed.

1. Development of the High School Physics Course in Thailand (Wijit Sengaphan, Department of Physics, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand).
2. The Development of the Physics Curriculum at the Upper Secondary Level (Pairat Vorapugdee, the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, Bangkok, Thailand).

3. Aspects of the School - University Interface in Physics Education in England (A.D.C. Grassie, Physics Division, University of Sussex, United Kingdom).
4. The Aristotelian Concept of Motion in the Minds of students (D. Nachtigall, Universitat Dortmund, Institut fur Physik, 4600 Dortmund 50, Emil - Figge - Str. 50, Postfach 500500, West Germany).
5. Physics Education in Sweden: Different Modes of Teaching (B. Gestblom, Institute of Physics, University of Uppsala, Uppsala, Sweden).
6. Designing University Physics Laboratory Curriculum for large Numbers of Students with Defferent Physics Background (M.M. Mazzolini, School of Physics, University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia).
7. Designing Physics Laboratory and Lecture Demonstration (R.L. Wild, Department of Physics, University of California, Riverside, California, U.S.A.).
8. Electornics Laboratory Organization at the University Level (S.V. Subrahmanyam, Department of Physics, Sri Krishnadevaraya University, Anantpur 515 003, India).
9. Problem solving in Physics (J.A. Deacon, School of Physics and Geosciences, Western Australian Institute of Technology, Hayman Road, South Bentley 6102, Western Australia, Australia).
10. Physics Education at Gadjah Mada University (Prayoto, Faculty of Science and Mathematics, Gadjah Mada University, Bulaksumur Yogyakarta, Indonesia).
11. The B.Sc. (Hons) and B.Sc. Ed. (Hons) Courses at the University of Malaya (B.C. Tan, Physics Department, University of Malaya, Kuala Lumpur 22 - 11, Malaysia).
12. Physics Education in the Philippines (F. Mac Academia, Department of Physics, Silliman University, Dumaguete City, Philippines).
13. School Physics Curriculum Reforms in the Philipines and Implications for University Physics Teaching (V.M. Talisayon, Science Education Center, University of Philippines, Diliman, Quezon City, Philippines).
14. Needs to Create More Open Ended Experiments for the Physics Laboratory (S. Radhakrishna, Department of Physics, Indian Institute of Technology, Madras 600 036, India).
15. University Physics Teaching in Thailand (Wijit Senghaphan, Department of Physics, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand).
16. University Physics Curriculum Improvement Project in Thailand (Shaiwatna Kupratakuln, Department of Physics, Khon Kaen University,

Khon Kaen, Thailand).

17. A Teaching - Learning Model for Physics and Its Philosophical and Psychological Justification (D. Nachtigall, Universitat Dortmund, Institute fur Physik, 4600 Dortmund 50, Emill - Figge - Str.50,Postfach 500 500, West Germany).
18. New Trends in Laboratory Curriculum for Physics Education (B. Rama-Chandra Rao, Vice-Chairman, University Grants Commission,Bahadursha Zafar Marg, New Delhi 100 003, India).
19. Physics Education in Malaysia (B.C. Tan, Physics Department, University of Malaya, Kuala Lumpur 22-11, Malaysia).
20. A Teaching Strategy for Undergraduate Physics (J.C.L. Cornish, School of Mathematical and Physical Sciences, Murdoch University, Murdoch, Western Australia 6150, Australia).
21. Physics Teaching in the University of Papua New Ginea(G.T. Emeleus, Presented by K.M. Angat, University of Papua New Guinea, Boroko, Papua New Guinea).
22. Physics Education in the USSR (N. Narozhny, Moscow Physics, Engineering Institute, Kashruskoe Shosse 31, Moscow 115409, USSR).
23. The Status of Physics Education in Afghanistan (M.Q. Jamdar, Polytechnique Institute, Kabul, Democratic Republic of Afghanistan).

(2) <u>Papers distributed for information and informal discussion</u>.

1. On the Uniform Circular Motion (D.V. Sathe, Department of Physics, Acharya Shri. D.B. Dadawala Jr. College, 1433 Kasba Peth, Pune 411 011, India).
2. Physics Experiments in China (Li Chun, Department of Physics,Peking University, Peking, China).

"ผมได้ยินเสียงร้อง "ตายแล้วคนแอบดู" ด้วย"

รูปรายงานการสัมมนาฟิสิกส์

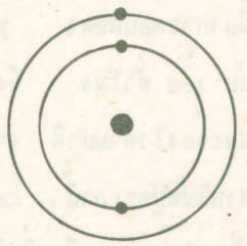
วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๕

ลิเทียมกับโรคประสาทชนิด "มาเนีย"

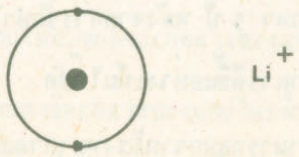
จารุมาลย์ จิตรังษี*

หลายท่านคงจะรู้จักลิเทียม (Li) ดี หรือบางท่านอาจจะเคยผ่านสายตามาบ้างในตารางธาตุ ท่านอาจจะสงสัยว่าธาตุลิเทียมนี้เข้าไปเกี่ยวข้องได้อย่างไรกับโรคประสาทชนิดคลุ้มคลั่งที่เรียกว่า มาเนีย (mania) ซึ่งผู้ป่วยมีความไหวตัวมากเกินไปทั้งร่างกายและจิตใจ มีอารมณ์แรงจัด และมีพฤติกรรมสับสนอารมณ์เปลี่ยนไปมาประเดี๋ยวคลุ้มคลั่งประเดี๋ยวกลับเศร้าสลด แต่อย่างไรก็ตาม ปรากฏว่าหลายคนซึ่งทรมานด้วยโรคนี้อาการดีขึ้นมากเมื่อได้รับการรักษาด้วยเกลือของลิเทียม

ก่อนที่จะพูดถึงความสัมพันธ์ระหว่างลิเทียมกับโรคประสาทนี้เราควรจะรู้จักลิเทียมเสียก่อน ลิเทียม (1) เป็นธาตุที่เบาเป็นที่สามต่อจากไฮโดรเจน (H) และฮีเลียม (He) ในตารางธาตุ นิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอน 3 ตัว และมีอิเลคตรอน 3 ตัวในวงจรรอบนิวเคลียส อิเลคตรอน 1 ตัวอยู่ในวงโคจรรอบนอกสุด จึงพร้อมที่จะสูญเสียอิเลคตรอนเมื่อเกิดปฏิกิริยากับอะตอมอื่น ๆ เกิดเป็นแคตอิออน (อิออนประจุบวก) Li^+



(ก) อะตอมของลิเทียม



(ข) อิออนของลิเทียม

รูปที่ 1

ลิเทียมมีปริมาณน้อยในโลกนี้เมื่อเทียบกับกับธาตุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายกัน เช่น โซเดียม *(Na)* โปแตสเซียม *(K)* แมกนีเซียม *(Mg)* และแคลเซียม *(Ca)* ลิเทียมมักจะแพร่กระจายอยู่ในแร่ต่าง ๆ เป็นส่วนใหญ่ และมีมากในรูปของซิลิเกต *(silicates)*

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

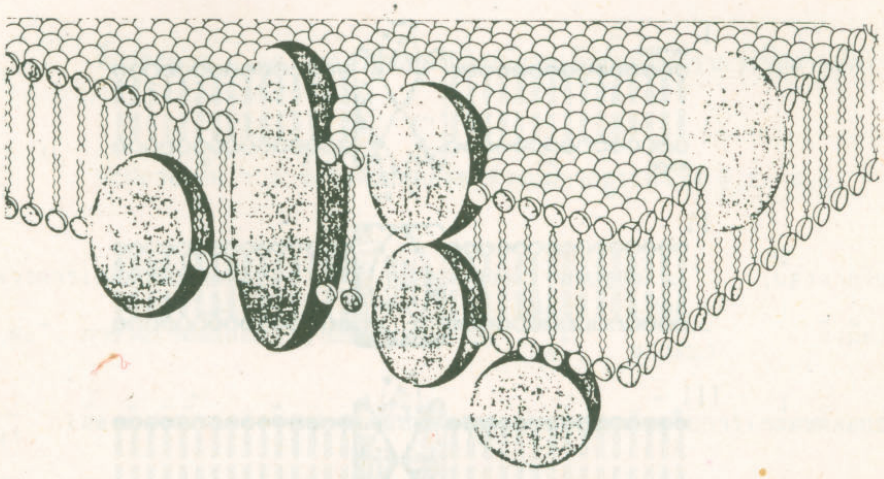
ถ้ามองในแง่ของนักเคมี ลิเทียมมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับโซเดียมและโปแตสเซียม จึงถูกจัดอยู่ในตระกูลเดียวกันในหมู่ I A ของตารางธาตุ แต่สำหรับนักสรีรวิทยา ความสำคัญของธาตุเหล่านี้อยู่ที่ความแตกต่างของมัน(ซึ่งมีอยู่แน่นอน) ทั้งนี้เพราะความสามารถของเยื่อเซลล์ (cell membrane) ที่จะทำให้เกิดสัญญานทางไฟฟ้าขึ้นอยู่กับ ความสามารถของเยื่อเหล่านี้ในการที่จะบอกความแตกต่างระหว่างโซเดียมและโปแตสเซียมได้ ดุจเดียวกับเป็นเครื่องจักรของโมเลกุลที่ต้องจำและแยกธาตุทั้งสองนี้ได้ ซึ่งจะสูบเอาโซเดียมออกมาและโปแตสเซียม เข้า ไปในเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อทำให้เกิดแบตเตอรี่ซึ่งผลักดันสัญญานไฟฟ้า ในทำนองเดียวกันผลของลิเทียมในสิ่งที่มีชีวิต ก็ทำให้เห็นความแตกต่างระหว่างอิออนของตัวลิเทียมเองกับอิออนของธาตุอื่น ๆ ในหมู่ I A และ II A (เช่น แมกนีเซียม, แคลเซียม) ซึ่งมีอยู่ในเซลล์เช่นเดียวกัน ในร่างกายเกลือของลิเทียมเมื่อละลายน้ำก็แตกตัวเป็นอิออนบวกและอิออนลบเช่นเดียวกับเกลืออื่น ๆ ลิเทียมจะมีปฏิกิริยากับเยื่อเซลล์และสิ่งต่าง ๆ ภายในเซลล์ จากการศึกษาพบว่าการถ่ายทอดแรงกระตุ้น ระหว่างเซลล์ประสาทในสมองขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ อย่าง มีระเบียบของอิออนผ่านทะลุแผ่นเยื่อของเซลล์เหล่านั้น เมื่อไม่นานมานี้เป็นที่ปรากฏอย่างชัดแจ้งว่าผู้ป่วยด้วยโรคมาเนียหลายคนมีการถ่ายทอดลิเทียมผ่านเยื่อเซลล์เม็ดเลือดแดงผิดปรกติ ภาวะเช่นนี้มีผลต่อเซลล์สมองด้วย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอารมณ์ ปัจจุบันนี้เป็นที่ทราบกันดีถึงความสัมพันธ์ระหว่างลิเทียม เยื่อเซลล์และโรคมาเนีย (2)

สาเหตุของการพบความสัมพันธ์นี้ เป็นเรื่องของความบังเอิญ โดยที่เมื่อประมาณ 30 ปีมานี้ Cade ซึ่งเป็นจิตแพทย์ในโรงพยาบาลเล็ก ๆ มีคนไข้โรคจิตเรื้อรัง (3) ได้สนใจภาวะที่ทำให้เกิดความยุ่งเหยิงสับสนของผู้ป่วยที่คลุ้มคลั่งและเศร้าสลด เขาให้เหตุผลว่า ภาวะคลุ้มคลั่งอาจจะถูกกระตุ้นให้เกิดและยังคงอยู่ในภาวะนั้นโดยสารใดสารหนึ่งซึ่งอาจจะพบได้ในของเหลวในร่างกายของคนซึ่งกำลังอยู่ในภาวะนั้น Cade ได้เริ่มต้นค้นคว้าหาสารสมมติฐานของเขา โดยการตั้งใจที่จะฉีดน้ำปัสสาวะจากผู้ป่วยดังกล่าวและจากคนปกติเข้าไปในช่องท้องของหนูตะเภา แต่เนื่องจากในปัสสาวะมีกรดยูริค (Uric acid) และเกลือของมันสูงเขาจึงฉีดกรดยูริคในรูปของเกลือยูเรตเข้าไปในสัตว์แทนปัสสาวะ เพื่อให้ละลายน้ำง่ายขึ้น เกลือที่ Cade ใช้คือ ลิเทียมยูเรต และเพื่อที่จะควบคุมผลของลิเทียมที่จะต้านกับยูเรต เขาจึงฉีดสารละลายลิเทียมคาร์บอเนตเข้าไปยัง หนูตะเภา ตัวอื่น ๆ ด้วย ที่น่าประหลาดใจคือ เขาพบว่า หลังจากนั้น 2 ชั่วโมง หนูตะเภาทั้งหมดเริ่มมีอาการหลับในและไม่มีอาการตอบสนอง หนูดังกล่าวจะอยู่ในภาวะเช่นนั้น 1-2 ชั่วโมง จึงกลับมามีพฤติกรรมขลาดกลัวและว่องไวตามปกติ จากผลที่ลิเทียมทำให้เกิดความสงบในหนูตะเภานี้ Cade จึงคิดว่าน่าจะทดลองซ้ำกับคนได้ เขาจึงเริ่มศึกษาผลของการให้เกลือลิเทียมโดยการรับประทานแก่ผู้ป่วยอายุ 51 ปี ซึ่งป่วยในโรงพยาบาลด้วยโรคมาเนียเรื้อรัง มาเป็นเวลา 5 ปี หลังจากการรักษาได้ 5 วัน ผู้ป่วยเริ่มมีอาการดีขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และภายใน 2 เดือนก็สามารถออกจากโรงพยาบาลและกลับไปทำงานได้ในขณะที่ยังคงต้องรักษาด้วยลิเทียมต่อไป

จากนั้นเป็นต้นมา ก็ได้มีการศึกษาบทบาท

ของการรักษาโรคจิตคลุ้มคลั่งด้วยลิเทียมกันมากขึ้นจนกระทั่งปี ค.ศ. 1960 ลิเทียมก็ได้รับการยอมรับให้เป็นวิธีหนึ่งที่จะใช้ในการรักษาโรคมาเนียในออสเตรเลียและยุโรป สำหรับในอเมริกาเพิ่งยอมรับภายหลังเมื่อประมาณ 10 ปีมานี้เอง ทั้งนี้เพราะเคยมีผลเสียหายในการใช้ลิเทียมรักษาโรคหัวใจวายแทนโซเดียมมาแล้ว ดังนั้นแพทย์อเมริกันจึงระมัดระวังเกี่ยวกับการใช้ลิเทียมมาก

กลไกซึ่งลิเทียมอิออน ถูกขนส่งผ่านเยื่อเซลล์ของเม็ดเลือดแดง(4) น่าสนใจมาก ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า แผ่นเยื่อซึ่งกั้นภายในและภายนอกเซลล์รวมทั้งแผ่นเยื่อที่หุ้มสิ่งต่าง ๆ ภายในเซลล์ เช่น ไมโตคอนเดรีย เป็นตัวการทำให้การกระจายและอัตราการเคลื่อนไหวของอิออนในสิ่งที่มีชีวิต เป็นไปอย่างมีระเบียบสม่ำเสมอ แผ่นเยื่อเหล่านี้(รูปที่2) ประกอบด้วยฟอสโฟไลปิด 2 ชั้น ประกบกันโดยหันหัวไฮโดรฟิลลิคหรือส่วนที่ชอบน้ำออกด้านนอกและหางไฮโดรโฟบิค หรือส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าข้างในชนกันโดยมีคอเลสเตอรอล และโปรตีนโมเลกุลชนิดพิเศษแทรกอยู่ตามชั้น ความหนาของเยื่อเซลล์รวมทั้งโปรตีนที่ฝังอยู่ประมาณ 10 นาโนเมตร



รูปที่ 2 โครงสร้างของแผ่นเยื่อหุ้มเซลล์ (2)

ปกติส่วนซึ่งเป็นชั้นของไลปิด มักจะให้โมเลกุลเล็กๆ ซึ่งไม่มีประจุและละลายในไลปิดได้ผ่านเข้าไป เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ แต่จะไม่ให้อิออนมีประจุซึ่งละลายน้ำได้ เช่น Na^+ K^+ และ Li^+ ผ่าน ส่วนใหญ่การขนส่งอิออนผ่านเยื่อเซลล์จะเกิดทางช่องแคบ (Channels) ซึ่งโปรตีนต่าง ๆ แทรกอยู่

วิธีการขนส่งอิออนผ่านช่องแคบโปรตีนดังกล่าวมี 4 แบบ ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงอย่างย่อ ๆ คือ.-

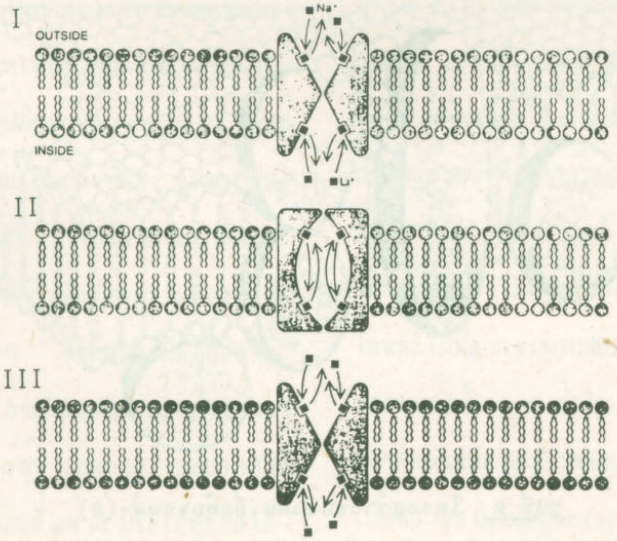
<u>แบบที่ 1</u> ช่องโปรตีนจะให้อิออนต่างชนิดบางตัวเคลื่อนที่ผ่านเข้าหรือออกจากเซลล์ ทั้งนี้โดยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของอิออนนั้น ๆ และศักยไฟฟ้าระหว่างสองข้างของเยื่อเซลล์ การเคลื่อนที่แบบนี้ไม่ต้องใช้พลังงานช่วยเลย

แบบที่ 2 มีเครื่องสูบอิออนซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานของพันธะเคมีให้เป็นงาน และผลักดันให้อิออนเคลื่อนที่เข้าหรือออกจากเซลล์โดยต้านกับความแตกต่างของความเข้มข้นและศักยไฟฟ้าภายนอกและในเซลล์ตัวอย่างแหล่งพลังงานได้แก่พลังงานที่สะสมไว้ในพันธะไฟโรฟอสเฟสของ ATP (Adenosine Triphosphate)

แบบที่ 3 การแพร่กระจายแลกเปลี่ยน (exchange diffusion)ของอิออนระหว่างเยื่อเซลล์ เช่น Na^+ กับ Na^+ หรือ Cl^- กับ HCO_3^- รวมทั้ง Na^+ กับ Li^+ เป็นต้น

แบบที่ 4 การขนส่งร่วมกัน (cotransport) คือสารหรืออิออน 2 ชนิด จะเคลื่อนที่ไปพร้อมๆ กันผ่านเยื่อเซลล์ เช่น Na^+ กับน้ำตาล หรือ Na^+ กับกรดอะมิโนเข้าไปในเซลล์ลำไส้ ในกระบวนการดูดซึมของลำไส้ เป็นต้น

สำหรับลิเทียมอิออนจะทำหน้าที่แทนโซเดียมอิออนได้ทุกวิธีที่กล่าวมานี้ อย่างไรก็ตามจากภาวะที่เห็นได้ชัดในเลือดของผู้ป่วยด้วยโรคมาเนียและรักษาด้วยลิเทียมพบว่า Li^+ เคลื่อนที่ออกจากเยื่อเซลล์เม็ดเลือดแดงโดยวิธีที่ 3 คือ แลกเปลี่ยนอิออนกับ Na^+ (ดังรูปที่ 3)



รูปที่ 3 ระบบการแลกเปลี่ยนอิออน *(ion-exchange system) (2)*

สภาวะเปิด (I) Na^+ และ Li^+ จากสารละลายภายนอกและภายในเซลล์จะแลกเปลี่ยนอิออนที่อยู่ที่เยื่อเซลล์ทั้งสองด้านก่อน ต่อมาถึงสภาวะปิด (II) อิออนที่ตำแหน่งภายในเยื่อเซลล์จะแลกเปลี่ยนที่กันไม่เกี่ยวกับสารละลาย โดย Na^+ จะเคลื่อนเข้า Li^+ เคลื่อนออก และครบวงจรเมื่อถึงสภาวะเปิดอีกครั้ง (III)

ภายในร่างกายความเข้มข้นของโซเดียมภายในเซลล์จะน้อยกว่านอกเซลล์ โดยปกติเมื่ออัตราส่วนของความเข้มข้นในเซลล์ต่อพลาสมา สำหรับลิเทียมมากกว่าอัตราส่วนของโซเดียมแล้ว ระบบการแลกเปลี่ยน

อิออนนี้จะทำให้ลิเทียมเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ แต่ในคนไข้ที่ป่วยด้วยโรคมาเนียบางคนพบว่า ระบบนี้ไม่ปกติ ทำให้ อัตราส่วนในเซลล์ต่อพลาสมาของลิเทียมสูงมากกว่าธรรมดา

Tosteson สงสัยว่าระบบการแลกเปลี่ยนอิออนระหว่าง Na^+ และ Li^+ น่าจะมีในเยื่อเซลล์เม็ดเลือดแดงของคน (2) เขาได้ทำการทดลองร่วมกับคนอื่นและพบว่าเป็นจริง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Duhm และเพื่อน ๆ (4) ทำให้หลักฐานเกี่ยวกับเมตาโบลิซึมของลิเทียมชัดเจนยิ่งขึ้น

สภาวะที่ความเข้มข้นของ Li^+ ค่อนข้างคงที่ในเซลล์เม็ดเลือดแดงเป็นผลเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ซึม (leak) ผ่านเยื่อเซลล์เข้าไปและการเคลื่อนที่ออกโดยวิธีแลกเปลี่ยนกับ Na^+ หมุนเวียนกันอยู่ในสมดุลย์ ซึ่งการรักษาด้วยลิเทียมมักให้ความเข้มข้นของ Li^+ ในพลาสมาของคนไข้มีประมาณ 1×10^{-3} โมลาร์ เพื่อรักษาสมดุลย์ดังกล่าวนี้

ถ้าการซึมเข้าไปในเซลล์มีน้อยหรือไม่มีเลย $\frac{[Li^+]\ \text{เซลล์}}{[Li^+]\ \text{พลาสมา}}$ จะใกล้เคียงกับของ

$\frac{[Na^+]\ \text{เซลล์}}{[Na^+]\ \text{พลาสมา}}$ คือประมาณ 0.08 แต่ถ้าวิธีแลกเปลี่ยนอิออนเกิดขึ้นน้อยกว่าการซึมผ่านอัตราส่วน

$\frac{[Li^+]\ \text{เซลล์}}{[Li^+]\ \text{พลาสมา}}$ จะกลายเป็น 1.2 ซึ่งในคนปกติอัตราส่วนนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.6

ทิศทางการเคลื่อนที่เข้าออกของ Li^+ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ Na^+ เนื่องจากในร่างกายความเข้มข้นของ Na^+ ภายในเซลล์น้อยกว่าภายนอกมาก ดังนั้น $\frac{[Na^+]\ \text{เซลล์}}{[Na^+]\ \text{พลาสมา}}$ จึงมีค่าน้อยกว่า $\frac{[Li^+]\ \text{เซลล์}}{[Li^+]\ \text{พลาสมา}}$ เมื่อเป็นดังนี้ Li^+ จึงมักเคลื่อนที่ออกจากเซลล์ซึ่งแนวโน้มในการเคลื่อนที่ออกของ Li^+ โดยกระบวนการนี้จะสูงกว่า Na^+ ประมาณ 20 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากพบว่า ความเข้มข้นภายในเซลล์ที่จะกระตุ้นให้เกิดการขนส่งโดยวิธีนี้ในความเร็วที่เป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วสูงสุดสำหรับ Li^+ จะเป็นเพียง 0.5×10^{-3} โมลาร์ แต่ของ Na^+ ต้องมีถึง 10×10^{-3} โมลาร์

นอกจากอัตราส่วนของความเข้มข้นในเซลล์ต่อพลาสมาของลิเทียม จะมีความสำคัญแล้วอัตราสูงสุดของการแลกเปลี่ยน (maximum transport rate) ของ $Li^+ - Na^+$ ก็มีความสำคัญคือแต่ละคนมีไม่เท่ากัน มีช่วงตั้งแต่ $0 - 0.7 \times 10^{-3}$ โมลต่อลิตรของเม็ดเลือดแดง/ชั่วโมง Pandey และ Duhm บอกว่า ความแปรปรวน (variation) นี้เกี่ยวข้องกับความแตกต่างของ $\frac{[Li^+]\ \text{เซลล์}}{[Li^+]\ \text{พลาสมา}}$ จากการศึกษาฝาแฝดและครอบครัวต่าง ๆ ทั้งผู้ป่วยและคนปกติพบว่า อัตราสูงสุดของการแลกเปลี่ยน $Li^+ - Na^+$ นี้เป็นลักษณะบ่งด้วยพันธุ-กรรม

สิ่งที่เกี่ยวข้องกันระหว่าง Li^+ เยื่อหุ้มเซลล์และโรคมาเนียก็คือ ในผู้ป่วยด้วยโรคมาเนียอัตราสูงสุดของการแลกเปลี่ยน $Li^+ - Na^+$ ในเม็ดเลือดแดงจะต่ำกว่าคนปกติหรือคนที่ป่วยด้วยโรคประสาทแบบอื่นDorusได้ศึกษาครอบครัวของผู้ป่วยและคนปกติพบว่าอัตราที่ลดต่ำของระบบแลเปลี่ยน$Li^+ - Na^+$ มักจะปรากฏในญาติลำดับแรก คือ พ่อแม่ หรือลูกของผู้ป่วยบ่อยกว่าคนอื่น ๆ ดังนั้นน่าจะเป็นไปได้สำหรับสมมติฐานที่ว่า อัตราลดต่ำของการแลกเปลี่ยน$Li^+ - Na^+$ นี้สามารถถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ประกอบกับยีนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแสดงออกมีส่วนให้มีแนวโน้มที่จะเป็นโรคประสาทมาเนียได้ แต่เนื่องจากว่าไม่ใช่ผู้ป่วยทุกคนจะมีอัตราแลกเปลี่ยนต่ำลงแสดงว่าสมมติฐานนี้ใช้ได้สำหรับผู้ป่วยโรคมาเนียกลุ่มย่อยเท่านั้นซึ่งก็ไม่น่าประหลาดอะไรทั้งนี้เพราะมียีน(genes)หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับแนวโน้มที่ทำให้เกิดโรคประสาทซึ่งอันนี้ควรจะได้ศึกษาต่อ ๆ ไป ถึง ความเกี่ยวข้องระหว่างความสามารถในการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ของระบบ $Li^+ - Na^+$ และแนวโน้มที่จะทำให้เกิดโรคมาเนีย (ซึ่งปัจจุบันกำลังศึกษากันมากขึ้น)

ถ้าสมมติฐานที่ว่ามานี้เกี่ยวข้องกันจริงอะไรเป็นตัวเชื่อมให้ปรากฏการณ์ทั้งสองนี้มา เกี่ยวข้องกันได้ ดูไม่น่าเป็นไปได้ที่เหตุการณ์ในเยื่อเซลล์ของเม็ดเลือดแดงจะกำหนดอารมณ์ได้ สิ่งหนึ่งที่อาจจะเป็นไปได้ก็คือ ระบบแลกเปลี่ยน $Li^+ - Na^+$ ในเม็ดเลือดนี้ทำหน้าที่คล้ายคลึงกับในเซลล์อื่น ๆ รวมทั้งเซลล์ในสมองด้วย แต่การแลกเปลี่ยนอิออนของ Na^+ ในเซลล์สมองจะต่างกับเซลล์อื่นเล็กน้อยคือNa^+ สามารถแลกเปลี่ยนกับ Ca^{2+} หรืออิออนประจุบวกหนึ่งอื่น ๆ ซึ่งเป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณทางประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง และจากเซลล์ประสาทไปยังเซลล์กล้ามเนื้อ จากการทดลองพบว่า Li^+ เข้าไปยุ่งเกี่ยวกับระบบแลกเปลี่ยนอิออนของ $Na^+ - Ca^{2+}$ ในเยื่อเซลล์ของเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อ และยังทำปฏิกิริยากับระบบที่เกี่ยวกับตัวถ่ายทอดสัญญานทางประสาท (neurotransmitters) ในสมองอีกด้วย ซึ่งความผิดปกติของระบบต่าง ๆ เหล่านี้ในสมองอาจจะมีส่วนทำให้เกิดสภาวะผิดปกติของสมองและจิตใจ ที่เรียกว่า มาเนียได้

อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบว่า มาเนียเป็นการทำงานผิดปกติของเซลล์สมองกลุ่มเล็ก ๆ หรือทั่วไปทั้งหมดและการรักษาด้วย Li^+ นั้นเปลี่ยนการทำงานของเซลล์กลุ่มเล็กๆ หรือทั้งหมด แต่ที่ทราบคือการทำงานของ Li^+ ไม่เกี่ยวข้องกับอัตราสูงสุดของการแลกเปลี่ยน $Li^+ - Na^+$ ในเซลล์เม็ดเลือดแดงเพราะการรักษาโรคมาเนียด้วย Li^+ มีผลเท่าๆ กันสำหรับผู้ป่วยที่มีระบบแลกเปลี่ยนนี้ดี และในผู้ป่วยที่มีระบบนี้ผิดปกติ

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือ ช่วงความปลอดภัยของปริมาณ Li^+ ค่อนข้างแคบ จึงต้องระวังในการใช้ ตัวอย่างเช่น อาจทำให้ไตไม่ตอบสนองต่อฮอร์โมนที่กลั้นหรือห้ามการปัสสาวะออก ดังนั้นจึงทำให้ปัสสาวะบ่อยกว่าปกติ

น่าประหลาดที่ลิเทียม ซึ่งเป็นเพียงอิออนจากเกลือง่ายๆ สกัดจากหินสามารถที่จะเปลี่ยนสมบัติอันละเอียดอ่อนทางจิตใจ เช่น อารมณ์ได้ โดยปกติเรามักคุ้นกับสารอินทรีย์ที่ซับซ้อนมากกว่า เช่น ฝิ่น โคเคน อัลกอฮอล์ ซึ่งมักจะมีผลกับสภาวะต่างๆ ของอารมณ์ดังที่ทราบกันดีอยู่แล้ว แต่ถ้าเราพิจารณาถึงความคล้ายคลึงทางเคมีและกายภาพของ Li^+ กับ

Na^+ และ K^+ ซึ่งเป็นอิออนที่มีความสำคัญทางหน้าที่ต่าง ๆ ในร่างกายและเกิด โดยธรรมชาติแล้วก็ไม่น่าแปลกใจที่ Li^+ ซึ่งมีความเข้มข้นสูงสามารถที่จะเกิดปฏิกิริยากับส่วนประกอบต่างๆ ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตได้เช่นกัน □

เอกสารอ้างอิง

1. Cotton, F.A. and Wilkinson, G., Basic Inorganic Chemistry, Wiley International Edition, 1st edition (1976), Page 217-221
2. Tosteson, D.C., Scientific American, April, 130-137 (1981)
3. Cade, J.F.J., The Medical Journal of Australia, 160-165, (1949)
4. Duhem, J. and Becker, B.F., "Red Cell", Prog. Clin. Biol. Res. 21, 551-73 (1978), Eng.
5. Frazer, A., Psychopharmacol. Bull. 16(3), 77-8 (1980), Eng.

"อิทธิพลจากหนังแท้ ๆ"

การผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวจากมูลสุกร

ประสาท โพธิ์นิ่มแดง*

ในปัจจุบันนี้ ราคาของอาหารเลี้ยงสัตว์ได้ถีบตัวสูงขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารเลี้ยงเป็ด ไก่ และสุกร ผลที่ติดตามมาก็คือ ราคาเนื้อสดจากสัตว์เลี้ยงเหล่านี้จะมีราคาสูงขึ้นไปด้วย เพื่อเป็นการผ่อนคลายปัญหานี้ นักวิจัยหลายท่านทั้งในประเทศไทยและจากต่างประเทศก็พยายามหาลู่ทางในการลดค่าใช้จ่ายของอาหารเลี้ยงสัตว์ให้น้อยลง วิธีที่จะสามารถช่วยเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์ก็คือหาอาหารเสริมที่มีคุณค่าทางอาหารสูงมาผสมกับอาหารเลี้ยงสัตว์จากผลงานวิจัยที่ทำกันมา จุลินทรีย์จำพวกยีสต์จะได้รับความสนใจมากที่สุด ศัพท์ที่นิยมใช้เรียกยีสต์ที่นำมาเป็นอาหารเสริมก็คือ โปรตีนเซลล์เดี่ยว (single cell protein) ด้วยเหตุที่ว่ายีสต์เจริญเติบโตได้เร็ว สามารถทำการเก็บเกี่ยวโปรตีนเซลล์เดี่ยวในระยะเวลาอันสั้นและได้ปริมาณมาก ส่วนอาหารที่ใช้เลี้ยงยีสต์ ในเชิงอุตสาหกรรมเท่าที่ทราบมาในระยะ 5 ถึง 10 ปีที่ผ่านมานี้ ก็ใช้สารอาหารจำพวก hydrocarbons เป็นวัตถุดิบในรูปของแก๊สมีเทน ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ บริษัทที่ผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวจนเป็นอุตสาหกรรมใหญ่โต โดยใช้แก๊สมีเทนเป็นอาหารเลี้ยงก็คือ บริษัทเชลล์และบริษัท ไอ.ซี.ไอ.(Imperial Chemical Industries) ในประเทศอังกฤษ สำหรับประเทศไทยเองนั้นยังขาดแคลนวัตถุดิบดังกล่าว และการที่จะใช้แก๊สมีเทนเป็นวัตถุดิบเลี้ยงยีสต์นั้นก็ต้องใช้เทคโนโลยีสูงมาก จะทำให้ราคาการผลิตสูงเกินไป นักวิจัยหลายท่านในประเทศไทยก็ได้ทำการทดลองเพาะเลี้ยง โปรตีน-เซลล์เดี่ยว โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่แล้วในประเทศไทยซึ่งก็เป็นผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร เช่น ชานอ้อย กากน้ำตาล และมันสัมปะหลัง ด้วยการปรุงแต่งวัตถุดิบเหล่านี้ให้เหมาะสม แก่การเพาะเลี้ยงโปรตีนเซลล์-เดี่ยว ในขณะนี้การวิจัยก็ยังอยู่ในขั้นทดลองอยู่เท่านั้น

การพบโปรตีนเซลล์เดี่ยวในมูลสุกร

เมื่อปี ค.ศ.1976 ดร.เฮนรี่ แห่งมหาวิทยาลัยควีนสแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย สังเกตุเห็นว่าจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งเจริญอย่างมากมายบนผิว น้ำเสียในบ่อกักน้ำล้างคอกสุกร เขาจึงจัดส่งตัวอย่างจุลินทรีย์นี้ไปยังห้องปฏิบัติการชื่อ Centraalbureau voor Schimmelculture ประเทศเนเทอร์แลนด์ ผลที่ได้รับจากการจำแนกเชื้อจุลินทรีย์นี้ปรากฏว่าเป็นเชื้อยีสต์ชื่อ Candida ingens รายละเอียดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับเชื้อ C. ingens ก็เป็นที่พอใจ ดร.เฮนรี่มาก เพราะว่า C. ingens นอกจากจะเจริญง่ายในมูลสุกรตามธรรมชาติแล้ว เซลล์เองก็

*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มีส่วนประกอบที่พร้อมมูลไปด้วยสารอาหารอย่างมากมาย เช่น edible crude proteins, essential amino acids, non-essential amino acids (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 : Nutrient contents per 100 gram of *Candida ingens*

	Weight in gram
Total crude protein	100
Edible crude protein	100
Essential amino acids	
Arginine	3.9
Histidine	1.7
Isoleucine	2.7
Leucine	5.7
Lysine	5.7
Methionine	1.7
Phenylalanine	3.9
Threonine	4.3
Valine	3.6
Non-essential amino acids	
Alanine	6
Aspartic acid	7.7
Cystine	1.3
Glutamic acid	10.7
Glycine	4.3
Proline	2.6
Serine	3.9
Tyrosine	6

ข้อสำคัญอีกประการหนึ่งคือ เชื้อ *C. ingens* ไม่ปรากฏว่ามีสารพิษเจือปนอยู่ในเซลล์เลย

คุณค่าทางอาหารที่บ่งชี้ว่าเชื้อ *C. ingens* สามารถนำไปใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์เลี้ยงได้นั้น ได้มาจากการสรุปของ ดร.เฮนรี่ จากผลการทดลองใช้เชื้อ *C. ingens* เป็นอาหารเสริมโปรตีน

ในการเลี้ยงหนูทดลอง การทดลองครั้งนี้ ดร.เฮนรี่แยกหนูเป็นสองกลุ่ม ในกลุ่มแรกให้ข้าวสาลีบดผสมกับเชื้อ C. ingens ส่วนกลุ่มที่สองให้ข้าวสาลีบดผสมกับโปรตีน casein ด้วยอัตราส่วน 20 : 80 ของอาหารเสริมโปรตีนทั้งสองชนิดกับข้าวสาลีบด ผลปรากฏว่าหนูทดลองทั้งสองกลุ่มมีอัตราการเพิ่มน้ำหนักไม่แตกต่างกันเลยนอกจากนี้หนูกลุ่มที่เลี้ยงด้วยข้าวสาลีบดผสมกับเชื้อ C. ingens ก็มิได้แสดงอาการผิดปกติใด ๆ ทั้งสิ้น จากผลการทดลองนี้ ดร.เฮนรี่สรุปว่าเชื้อ C. ingens เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์เลี้ยงในรูปของโปรตีนเซลล์เดี่ยวได้ เพื่อเป็นการเน้นผลสรุปของ ดร.เฮนรี่เอง เขาได้ใช้เชื้อ C. ingens เป็นอาหารเสริมโปรตีนในการเลี้ยงสุกรในฟาร์มของภาควิชาสัตววิทยานั่นเอง ผลการทดลองที่สมบูรณ์ก็ยังมิได้มีการตีพิมพ์จนบัดนี้ เท่าที่ทราบมา ดร.เฮนรี่พอใจกับผลการทดลองครั้งนี้มาก เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการเพิ่มน้ำหนักของสุกรจากอาหารเลี้ยงสัตว์ธรรมดา และอาหารเลี้ยงสัตว์ผสมกับเชื้อ C. ingens

สารอาหารที่สำคัญในมูลสุกรที่เหมาะสมต่อการเจริญของยีสต์ Candida ingens

การเน่าเปื่อยของซากพืช ซากสัตว์ มูลสัตว์ รวมทั้งสิ่งปฏิกูลทั้งหลายนั้น เป็นการย่อยสลายตัวตามธรรมชาติ สิ่งปฏิกูลเหล่านี้ถูกย่อยสลาย (decomposed) จากการทำงานตามปกติของจุลินทรีย์จำพวกราและแบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากแบคทีเรียในกลุ่มที่เรียกว่า "facultative anaerobic bacteria" จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ดังกล่าวข้างต้น ซึ่งอยู่ในรูปของโมเลกุลใหญ่ ๆ ของโปรตีนและเซลลูโลส ให้กลายเป็นโมเลกุลย่อย ๆ คือ กรดอะมิโนและน้ำตาลชนิดต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีสารอินทรีย์อีกหลายชนิดถูกปลดปล่อยออกมาเป็นจำนวนมากเช่นกัน สารอินทรีย์กลุ่มที่น่าสนใจและเป็นกลุ่มที่เป็นต้นเหตุของการเกิดกลิ่นเหม็นจนต้องเบือนหน้าหนีก็คือ สารอินทรีย์ในกลุ่มที่เรียกว่า "Votatile Fatty Acid" (V.F.A.) ถ้าการย่อยสลายของสิ่งปฏิกูลถูกปล่อยให้เป็นไปเรื่อย ๆ ตามธรรมชาติ แก๊สไข่เน่า (hydrogen sulphide gas) และแก๊สมีเทน (methane gas) หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่าเป็นแก๊สชีวภาพ (biogas) จะถูกปลดปล่อยออกมาจากแบคทีเรียกลุ่มที่มีชื่อว่า "methanogenic bacteria".

ขบวนการย่อยสลายสิ่งปฏิกูลในสภาวะกึ่งมีออกซิเจนและกึ่งไม่มีออกซิเจน สามารถแยกออกเป็นสองขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ:- (ในที่นี้จะคำนึงถึงเฉพาะวัตถุดิบเริ่มต้นจากสารเซลลูโลส)

I. Acidogenic Phase (Volatile Fatty Acid Forming Phase)

$$\text{Cellulose} \xrightarrow[\text{common mold}]{\text{thermophilic actinomycete}} \underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} + \text{range of monosaccharides}$$

$$\underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{facultative anaerobic bacteria}} \underset{\text{pyruvic acid}}{2CH_3COCOOH} + 2H_2$$

$$2CH_3COCOOH \xrightarrow{\text{facultative anaerobic bacteria}} \underset{\text{acetic acid}}{2CH_3COOH} + 2H_2 + 2CO_2$$

II. Methanogenic Phase

$$2CH_3COOH \xrightarrow{\text{methanogenic bacteria}} 2CH_4 + 2CO_2$$

acetic acid → methane

$$4H_2 + CO_2 \xrightarrow{\text{methanogenic bacteria}} 2CH_4 + 2CO_2$$

methane

$$\therefore C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 3CH_4 + 3CO_2$$

glucose → methane carbon dioxide

จากการย่อยสลายเซลลูโลสทั้งสองขั้นตอนนี้ จะเห็นได้ว่า acetic acid เป็นเพียงหนึ่งในจำนวน volatile fatty acids ที่ถูกปลดปล่อยออกมา กว่าสารอินทรีย์จำพวกvolatile fatty acids และแก๊สมีเทนจะถูกปล่อยออกมา ก็ต้องอาศัยความร่วมมือของแบคทีเรียและเชื้อราหลายกลุ่ม จุลินทรีย์เพียงกลุ่มหนึ่งกลุ่มใดจะไม่สามารถทำงานได้ทั้งหมด ผลลัพธ์ของแต่ละปฏิกริยาจะกลายเป็นวัตถุดิบ หรือสารอาหารของจุลินทรีย์กลุ่มที่จะรับงานต่อ ในที่สุดผลลัพธ์ของขบวนย่อยสลายกึ่งมีออกซิเจนนี้ ก็จะได้ผลลัพธ์เป็นแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ V.F.A. ที่ได้ก่อนถูกเปลี่ยนต่อไปจะกลายเป็นสารอาหารสำหรับ C. ingens

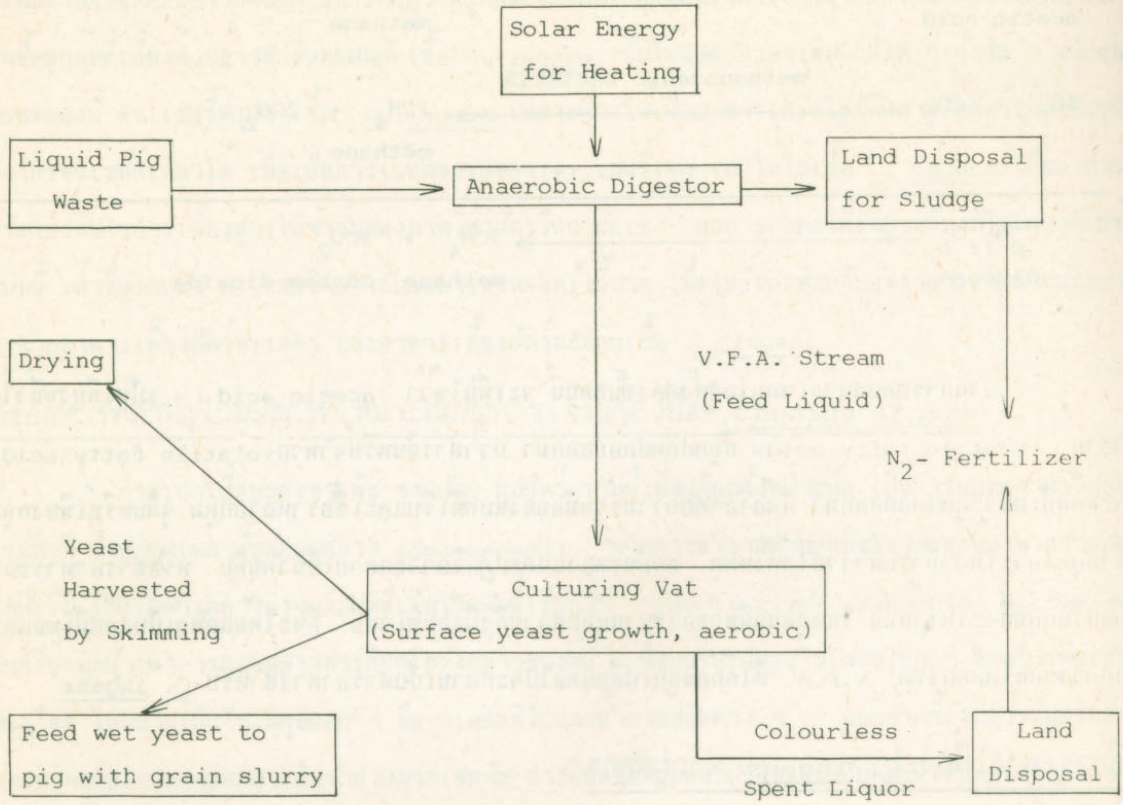
วิธีการเพาะเลี้ยง C. ingens จากมูลสุกร

มูลสุกรประกอบด้วยกากอาหารหลงเหลือจากการย่อย ซึ่งยังมีทั้งโปรตีนและเซลลูโลสปะปนอยู่มากมาย เมื่อมูลสุกรถูกย่อยสลายภายใต้สภาวะกึ่งมีออกซิเจนและกึ่งไม่มีออกซิเจนแล้วผลลัพธ์ก็จะได้เพียงแก๊สมีเทนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น แต่ถ้าขั้นตอนที่ II ของขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ถูกยับยั้ง ไม่ให้ดำเนินต่อไป ผลลัพธ์ของขั้นตอนที่ I ก็คือ Volatile fatty acid (V.F.A.) จะถูกสะสมและมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นมาเรื่อย ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ C. ingens ต่อไป

จากการวิเคราะห์ V.F.A. โดยกรรมวิธีของ gas chromatography พบว่า V.F.A. มีอยู่ด้วยกัน 7 ชนิดคือ acetic acid, propionic acid, butyric acid, isobutyric acid, valeric acid, isovaleric acid และ caproic acid ส่วนลำดับการเลือกใช้ก่อนหลังของ V.F.A. เป็นสารอาหารของเชื้อ C. ingens นั้นเป็นไปตามลำดับดังนี้ caproic > valeric > acetic > butyric / isovaleric > propionic > isobutyric

การเตรียมมูลสุกรให้เหมาะสมสำหรับใช้เพาะเลี้ยงเชื้อ C. ingens สามารถทำได้ดังนี้

SCHEMATIC DIAGRAM OF CANDIDA INGENS PROCESS



จากการทำความสะอาดคอกสุกร จะได้น้ำเสียที่มีทั้งมูลและปัสสาวะของสุกรปะปนอยู่ในน้ำคิดเป็นอัตราส่วนประมาณ 8-10 เปอร์เซ็น (liquid pig waste) แล้วจึงปล่อยให้ไหลไปกักในถังหมักคอนกรีต (anaerobic digestor) ที่ฝังอยู่ในดินข้างคอก ปล่อยให้เกิดขบวนการหมักภายใต้สภาวะกึ่งมีออกซิเจนเป็นเวลา 4 - 5 วัน Volatile Fatty Acids ก็จะถูกปล่อยออกมาจากกลุ่มของแบคทีเรียที่เป็น acid forming anaerobic bacteria ซึ่งมีอยู่แล้วในมูลสุกร (ขั้นนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่ I ของขบวนการย่อยสลายภายใต้สภาวะกึ่งมีออกซิเจน) จากนั้นก็สูบ digested liquid ขึ้นจากถังหมักผ่านตะแกรงกรอง เพื่อแยกชิ้นส่วนใหญ่ ๆ ที่หลงเหลือออก (sludge) คงเหลือแต่ส่วนที่เป็นของเหลว (feed liquid) แล้วจึงส่งลงรางเพาะเลี้ยงที่ทำด้วย fibre glass (culturing vat) ปรับความเป็นกรดของfeed liquid ให้อยู่ในสภาวะความเป็นกรด (pH 5) ด้วยกรดกำมะถัน (sulphuric acid) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของ methanogenic bacteria และจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่สามารถแย่ง Volatile Fatty Acids ไปใช้เป็นสารอาหาร (ขั้นตอนนี้ถือได้ว่าเป็นการยับยั้งขั้นตอนที่ II ของการย่อยสลายภายใต้สภาวะกึ่งมีออกซิเจนไม่ให้ดำเนินต่อไป) หลังจากนั้นจึงเขี่ยเชื้อบริสุทธิ์ของ C. ingens ลงบนผิวของ feed liquid ปล่อยเชื้อให้เจริญไปเรื่อย ๆ จนสามารถสังเกตุเห็นเชื้อเจริญเป็นแพบาง ๆ แผ่กระจายทั่วผิวของ feed liquid จึงเริ่มทำ

การกวนเบา ๆ ใต้ผิว feed liquid โดยไม่รบกวนเชื้อที่เจริญเป็นแพมากนัก 24 ชั่วโมงต่อมา เชื้อก็เจริญพอที่จะทำการเก็บเกี่ยวได้แล้ว การเก็บเกี่ยว (harvesting) ก็ทำได้โดยใช้ตะแกรงสานทำด้วยโลหะคล้ายมุ้งลวดช้อนเชื้อ C. ingens ขึ้นมาจาก feed liquid ถึงแม้ว่าจะทำการเก็บเกี่ยวแล้วก็ยังมีเชื้อ C. ingens หลงเหลืออยู่ใน feed liquid อีกมากมาย ไม่จำเป็นต้องเขี่ยเชื้อลงไปอีกปล่อยให้เชื้อเจริญต่อไปอีก 24 ชั่วโมง ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้อีก ปฏิบัติเช่นนี้จนเห็นว่าเชื้อ C. ingens ไม่ค่อยเจริญแล้ว จึงทำการถ่าย feed liquid ออกจากรางเพาะเลี้ยง ซึ่งในขณะนี้เรียกว่าเป็น spent liquor หลังจากนี้ก็เติม feed liquid ลงรางเพาะเลี้ยงอีกครั้งหนึ่งพร้อมกับปรับ pH ให้เท่ากับ 5 โดยไม่ต้องเขี่ยเชื้อ C. ingens ลงไปอีก ปฏิบัติเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ ก็จะได้โปรตีนเซลล์เดี่ยวเป็นจำนวนมาก เชื้อ C. ingens ที่เก็บเกี่ยวขึ้นมานี้อาจนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงสุกรโดยตรงเลยก็ได้ หรือจะนำไปตากแห้งเพื่อเก็บไว้เป็นอาหารเลี้ยงสุกรภายหลังก็ได้เช่นกัน ส่วน sludge ที่ได้จากการกรองในขั้นต้นและ spent liquor ยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับพืชได้เป็นอย่างดี เพราะยังมีสารไนโตรเจนอยู่ในรูปของแอมโมเนียผสมอยู่อย่างมากมาย

ในขณะนี้ ดร.เฮนรี่ก็ยังติดตามผลการทดลองในการใช้เชื้อ C. ingens เป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงสุกรอยู่ ตั้งแต่เริ่มโครงการผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวนี้ ดร.เฮนรี่ก็ทำการผสมเป็นอาหารเสริมทันที สุกรภายในฟาร์มทดลองก็มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความผิดปกติของร่างกายและอวัยวะภายในก็ไม่ปรากฏขึ้นเลย

ผลสรุปการผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวจากเชื้อ C. ingens

1. C. ingens utilises 0.05 moles (3 g) V.F.A./litre/24 h.
2. C. ingens yields 0.75 g (dry matter)/g V.F.A.
3. Anaerobic digester 8% faecal solids yields 0.14 moles of V.F.A./litre.

   ∴ 100 g pig waste/litre yields 0.175 moles V.F.A./litre

   ∴ C. ingens yields (dry matter) 7.8 g/100 g pig waste dried mass.
4. คอกที่มีสุกรอยู่ 100 ตัว จะได้โปรตีนเซลล์เดี่ยวประมาณ 5 ตันต่อปี
5. Odourless spent liquid จากคอกสุกร 100 ตัว จะสามารถใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนเทียบเป็นน้ำหนักได้ประมาณ 12 ตันของปุ๋ยยูเรียต่อปี

จากผลสรุปของการผลิตโปรตีนเซลล์เดี่ยวจากเชื้อ C. ingens ดังข้างบนนี้ เราควรให้ความสนใจทางด้านนี้ให้มากขึ้น เพราะว่าในประเทศไทยเรามีการเลี้ยงสุกรกันอย่างกว้างขวาง กรรมวิธีนี้ก็เปรียบเสมือนผลพลอยได้ วัตถุดิบที่ใช้ก็เป็นมูลสุกรที่ไม่ต้องการอยู่แล้ว ปัญหาที่ต้องเผชิญก็คือการลงทุนสร้างถังหมักและรางเพาะเลี้ยงเชื้อ แต่ในช่วงเวลายาวนานแล้วก็คุ้มค่า เพราะอาหารเลี้ยงสุกรในปัจจุบันพบว่าจะมีราคาสูง

ขึ้นทุกที สภาพแวดล้อมและอากาศที่อบอุ่นอย่างเมืองไทยก็เหมาะสมมากสำหรับการลงทุนประเภทนี้ จะได้ทุนค่าใช้จ่ายทางด้านอาหารสัตว์ให้ชาวเกษตรกรได้บ้างไม่มากก็น้อย

บรรณานุกรม

1. Barber, R.S., Braude, R., Mitchell, K.G. and Myres, A.W. : 1971 The value of hydrocarbon grown yeast as a source of protein for growing pigs. British Journal of Nutrition 25 : 285.
2. Braude, R. and Mitchell, K.G. : 1975 "A new source of protein for growing pigs." 10th International Congress of Nutrition, Kyoto, Japan.August.
3. Henry, D.P. and Greenfield, P.F. 1979 "An on-farm effluent treatment and protein production." Proceeding of the Third Australasian Poultry and Stock Feed Convention, Brisbane, Australia. September.
4. Henry, D.P., Greenfield, P.F., Ouano, E.A., Thomson, R.H., Fleming, G. and Minson, D.J. 1978 "Efficiency of protein production from yeast grown in liquor dereived from anaerobically fermented tropical pasture." Nature, 274(5671) : 619-620.
5. Henry, D.P. 1976 "A new role for anaerobic fermentation in single cell protein." Search 7 : 161-163.
6. Henry, D.P. and Greenfield, P.Fl : 1978 "Protein production from cellulose wastes." Proceeding of International conference on Water Pollution Control in Developing Countries, Bangkok, Thailand. February, pp. 279-286.
7. Waldroup, P.W. : 1972 "The future of petroleum-derived protein sources for livestock." Distillation Feed Research Council Conference Proceeding 27 : 34.
8. Waldroup, P.W. and Payne, J.A. : 1974 "Feeding value of methanol-derived single cell protein for broiler chicks." Poultry Science 53 : 1039.

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๔

กระเป๋าความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์

สมพร เฉลิมสุข*

ปัจจุบันทุกวงการให้ความสนใจกับปัญหาพลังงานเป็นอย่างมาก เพราะเป็นสาเหตุที่ทำให้ปัญหาอื่นๆ ตามมามากมาย ปัญหาที่เห็นได้ชัดคือ ปัญหาเศรษฐกิจ ความเดือดร้อนต่างๆที่เกิดขึ้นตกอยู่ที่ประชาชนทุกคนไม่ใช่คนใดคนหนึ่ง นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และช่างเทคนิคในประเทศที่เจริญแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนาต่างก็สนใจในความรู้เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น โดยมุ่งหวังที่จะพัฒนาเทคนิคการนำพลังงานที่สะอาดและไม่เปลืองนี้มาใช้ให้เป็นประโยชน์มากที่สุด (1) เพื่อช่วยแก้ปัญหาพลังงานในอนาคต กระเป๋าความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Energized Body Warmer Using Latent Heat) นับว่าเป็นเทคนิคในการนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้โดยใช้กล่องร้อน (Hot Box) ดังแสดงในรูปที่ 1 ทำหน้าที่กักเก็บพลังงานตามหลักของกรีนเฮาส์ (2) และมีภาชนะบรรจุ (Container) ในกล่องร้อนซึ่งมีวัตถุสะสมความร้อน (Heat Storage Material) เป็นตัวสะสมความร้อนในรูปของความร้อนแฝง (Latent Heat) (3)

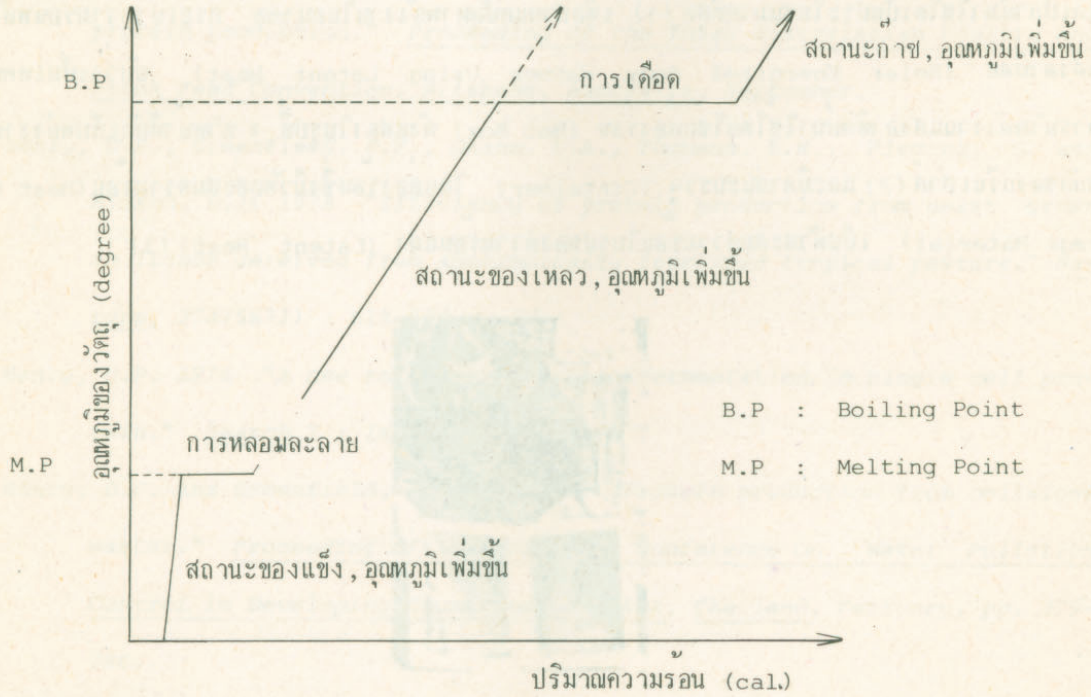
รูปที่ 1 กล่องร้อนสองกล่องติดกัน เปิดได้คล้ายหนังสือ

การศึกษาเกี่ยวกับกระเป๋าความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ที่จะกล่าวถึงนี้ Fujinaka และคณะได้ทำการทดลองที่มหาวิทยาลัย Tokyo Denki ในประเทศญี่ปุ่น (3) แนวความคิดที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้เนื่องมาจากเครื่องมือที่เรียกว่า "Anka" ซึ่งเป็นเครื่องให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายในประเทศญี่ปุ่นใช้ถ่านเป็นเชื้อเพลิง ถ้าใช้พลังงานแสงอาทิตย์แทนจะดีกว่าถ่าน เช่น เรื่องความสะอาด ประหยัด และไม่ต้องกลัวอุบัติเหตุจากไฟไหม้

* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ความหมายของความร้อนแฝง (Latent Heat) คือ ปริมาณความร้อนที่วัตถุดูดกลืนไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะ (Change of Phase) โดยอุณหภูมิของวัตถุไม่เปลี่ยนแปลง (4) มีหน่วยเป็นแคลอรี่ ความร้อนแฝงมีสองชนิด คือ ความร้อนแฝงของการหลอมละลาย (Latent Heat of Fusion) และความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent Heat of Vaporization)

ในการเปลี่ยนสถานะของวัตถุจากของแข็งกลายเป็นไอจะต้องมีการเพิ่มความร้อนให้แก่วัตถุ และความร้อนแฝงจะสะสมอยู่ในวัตถุในช่วงของการเปลี่ยนสถานะนั่นเอง เมื่อปล่อยวัตถุที่มีความร้อนสะสมอยู่ไว้เฉย ๆ โดยอุณหภูมิของวัตถุสูงกว่าอุณหภูมิห้องความร้อนที่สะสมไว้ในวัตถุ ก็จะถูกถ่ายเทให้กับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ วัตถุจนกว่าวัตถุจะอยู่ในสมดุลย์ความร้อนกับสิ่งแวดล้อม เราจึงนำคุณสมบัติข้อนี้ของวัตถุมาใช้ประโยชน์ การเปลี่ยนแปลงสภาวะของวัตถุสรุปเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของวัตถุ เมื่อวัตถุดูดกลืนความร้อนเข้าไป

การคิดประมาณความร้อนที่วัตถุได้รับพิจารณาเป็นสองแบบ (4, 5) คือ เมื่อวัตถุเปลี่ยนจาก T_1 °C เป็น T_2 °C คือ

$$Q_1 = Mc_s(T_2 - T_1) \qquad (1)$$

Q_1 : ปริมาณความร้อนที่วัตถุมวล M gm. ได้รับทั้งหมด ทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนจาก T_1 °C เป็น T_2 °C(cal)

M : มวลของวัตถุทั้งหมด (gm.)

c_s : ความร้อนจำเพาะของวัตถุ (cal/gm. °C)

และเมื่อวัตถุได้รับความร้อนแล้วทำให้วัตถุเปลี่ยนสถานะ

$$Q_2 = ML \qquad (2)$$

Q_2 : ปริมาณความร้อนที่ทำให้วัตถุมวล M gm. เปลี่ยนสถานะทั้งหมด (cal)

M : มวลของวัตถุ (gm.)

L : ความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ (cal/gm.)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองที่สำคัญ คือ

1. วัตถุสะสมความร้อน (Heat Storage Material) Fujinaka ใช้ Polyethylene Glycol (PEG) ซึ่งเป็นวัตถุที่หลอมละลายได้ด้วยความร้อนที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ และอุณหภูมิที่หลอมละลายไม่สูงนัก

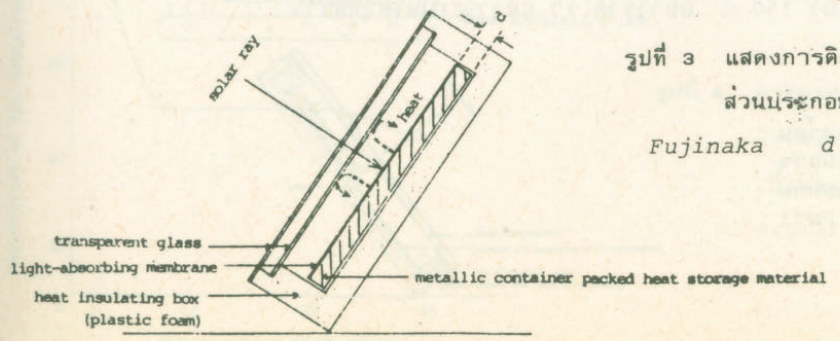
คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของ PEG คือ

น้ำหนักโมเลกุล	=	1,490
จุดเยือกแข็ง	=	45.8 °C
ความร้อนแฝงในการหลอมละลาย	=	37 cal/gm.
ความร้อนจำเพาะ (ของเหลว)	=	0.54 cal/gm. °C
ความดันไอ	=	2×10^{-12} mm Hg at 100 °C
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	=	1.1
จุดเดือด	=	126 °C

2. ภาชนะบรรจุ PEG และผนึกอย่างดี ผนังด้านนอกของภาชนะบรรจุฉาบ (coated) ด้วยเยื่อดูดกลืนแสง (Light - absorbing Membrane)

3. กล่องร้อน (Hot Box) สำหรับใส่ภาชนะบรรจุ ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนและปิดด้วยแผ่นกระจกใส

นำอุปกรณ์ทั้งหมดประกอบกันเข้าดังรูปที่ 3



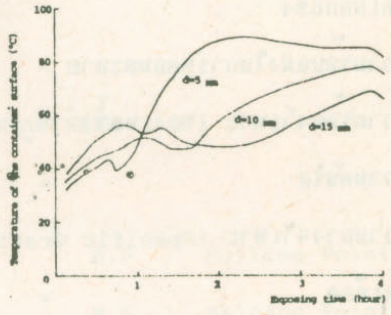
รูปที่ 3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์รับแสงอาทิตย์ และส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ทดลองของ *Fujinaka* *d* : ความหนาของภาชนะบรรจุ

เมื่อนำอุปกรณ์ดังรูปที่ 3 วางในบริเวณที่มีแสงอาทิตย์ แสงอาทิตย์จะผ่านเข้าไปในแผ่นกระจกทะลุไปตกกระทบที่เยื่อดูดกลืนแสง แสงอาทิตย์จะถูกดูดกลืนเปลี่ยนเป็นความร้อน ความร้อนจะถูกกักในกล่องร้อนโดยแผ่นกระจกตามหลักของกรีนเฮาส์(2) แล้วความร้อนจะเปลี่ยน PEG จากสถานะของแข็งเป็นของเหลว ดังนั้นความร้อนส่วนใหญ่ที่อยู่ใน PEG จะอยู่ในรูปของความร้อนแฝงของการหลอมละลาย

เราสามารถนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ได้มากที่สุดในระบบนี้ เพราะภาชนะบรรจุทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานความร้อน หรือเป็นทั้งแหล่งสะสมความร้อนและแหล่งจ่ายความร้อน

Fujinaka ได้ทำการทดลองในฤดูหนาวที่โตเกียวในตอนกลางวันอุณหภูมิประมาณ 9-13 °C ในตอนกลางคืนอุณหภูมิประมาณ 8-10 °C เขาได้ทำการทดลองเป็นสามการทดลอง คือ

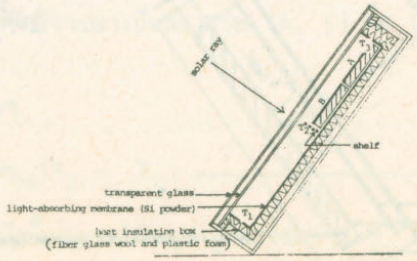
การทดลองที่ 1 ใช้ภาชนะบรรจุ 3 แบบ ขนาดกว้าง 25 ซม. ยาว 35 ซม. และหนา .5,1, และ 1.5 ซม. ตามลำดับ ภาชนะบรรจุทำจากแผ่นโลหะบางภายในบรรจุ PEG ขนาด 0.5, 1 และ 1.5 กก. ตามลำดับ ผิวของภาชนะบรรจุฉาบด้วยแลคเกอร์สีดำ ใส่ภาชนะบรรจุไว้ในกล่องร้อนที่ปิดด้วยกระจกและวางรับแสงอาทิตย์ไว้ อุณหภูมิที่พื้นผิวของภาชนะบรรจุในระหว่างที่วัตถุสะสมความร้อนกำลังสะสมความร้อน แสดงผลดังในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงอุณหภูมิที่พื้นผิวของภาชนะบรรจุ ซึ่งทำจากโลหะหลังจากได้รับแสงอาทิตย์

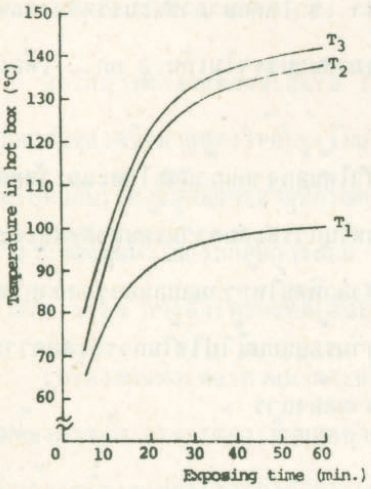
ปริมาณความร้อนที่สะสมไว้ประมาณ 18, 37 และ 55 Kcal สำหรับภาชนะบรรจุหนา .5, 1 และ 1.5 ซม. ตามลำดับ ในที่นี้ไม่ได้รวมความร้อนที่สะสมไว้ในรูปอื่นนอกจากในรูปของความร้อนแฝง

การทดลองที่ 2 มีจุดมุ่งหมายเพื่อประหยัดเวลาในการสะสมความร้อน เพื่อให้ได้ความร้อนแฝงสูงสุด โดยการปรับปรุงกล่องร้อนรับแสงอาทิตย์ในแนวดิ่งซึ่งอาศัยคุณสมบัติในการพาความร้อนของอากาศภายในกล่องช่วย ซึ่งกล่องร้อนส่วนบนมีอุณหภูมิสูงกว่าส่วนล่างแต่ไม่เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความสูงของกล่อง Fujinaka พบว่าในกล่องร้อนจะมีอุณหภูมิสูงถึง 150 °C อย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะเป็นในฤดูหนาว

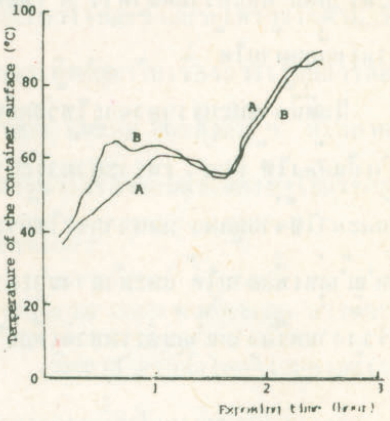


รูปที่ 5 แสดงการออกแบบกล่องร้อนเพื่อประหยัดเวลา ในการสะสมพลังงานความร้อนตามการทดลองที่ 2 ของ *Fujinaka*

ลักษณะกล่องร้อนดังแสดงในรูปที่ 5 ใช้ผงซิลิกอนจากพื้นดินหรือจากวัตถุที่เหลือใช้จากอุตสาหกรรม สารกึ่งตัวนำก็ได้ ฉาบบนผนังภายในของกล่องร้อนเพื่อทำหน้าที่เป็นเยื่อดูดกลืนแสงช่วยเพิ่มอุณหภูมิกล่องร้อน Fujinaka ศึกษาพบว่า ตำแหน่งที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดจะอยู่สูงกว่าส่วนล่างของกล่องประมาณ 60.0 ซม. ในรูปใช้กล่องร้อนเตรียมภาชนะบรรจุสองอัน ซึ่งภาชนะบรรจุแต่ละอันมี PEG บรรจุอยู่ 1.5 กก. มีการวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปเมื่อนำกล่องร้อนไปรับแสงอาทิตย์ดังแสดงในรูปที่ 6 T_1 เป็นอุณหภูมิที่ส่วนล่างภายในกล่องร้อน T_2 เป็นอุณหภูมิที่ส่วนกลางของกล่องร้อนและ T_3 เป็นอุณหภูมิที่ส่วนบนของกล่องร้อน เมื่อนำภาชนะบรรจุสองอันวางไว้ในกล่องร้อน ความร้อนจากแสงอาทิตย์จะถูกสะสมถึงค่าสูงสุดในเวลา 2 ชั่วโมง ซึ่งประหยัดเวลากว่าตอนแรกดังแสดงผลการสะสมความร้อน ตามรูปที่ 7

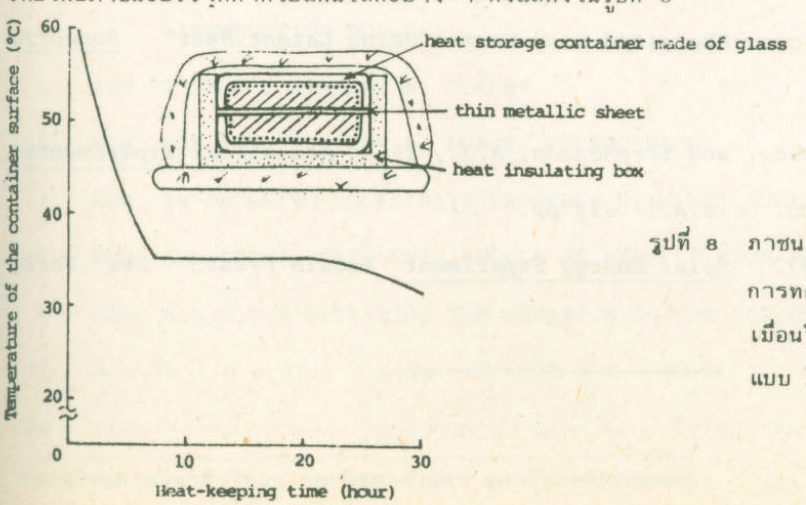


รูปที่ 6 อุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ในกล่องร้อนรูปที่ 5 เมื่อรับแสงอาทิตย์เวลาต่างกัน



รูปที่ 7 อุณหภูมิที่พื้นผิวของภาชนะบรรจุ ทำด้วยโลหะ เมื่อนำมาสะสมความร้อนในกล่องร้อน ตามรูปที่ 5 และ 6

การทดลองที่ 3 มีจุดมุ่งหมายให้ภาชนะบรรจุใช้ PEG น้อยลงและสามารถใช้งานได้ทั้งคืนเช่นเดียวกับภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแผ่นโลหะบาง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 ภาชนะบรรจุสองอันที่สร้างตามลักษณะการทดลองที่ 3 ของ *Fujinaka* เมื่อนำมาให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย—แบบ *Anka*

การทดลองได้ทำภาชนะบรรจุด้วยกระจกใส รูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.0 ซม. ตัดมาส่วนหนึ่งหนา 1.5 ซม. ผิวด้านในภาชนะบรรจุฉาบ (Coated) ด้วยเยื่อดูดกลืนแสงและบรรจุ PEG 0.75 กก. ด้านหลังของภาชนะบรรจุทำด้วยโลหะบาง ๆ เพื่อป้องกันภาชนะบรรจุแตกเมื่อวัสดุสะสมความร้อนขยายตัว ในการทดลองใช้วัสดุสะสมความร้อน คือ PEG และซิลิกอนเป็นเยื่อดูดกลืนแสง ในการสะสมความร้อนนำเอาภาชนะบรรจุเหล่านี้วางในแผ่นความร้อนที่ใช้กระจกแผ่นเดียว เวลาใช้พลังงานก็นำภาชนะบรรจุแบบนี้สองอันมาประกบกันโดยให้แผ่นโลหะชนกัน ความร้อนจะเคลื่อนจากภาชนะบรรจุอันล่างสู่ภาชนะบรรจุอันบน และพลังงานความร้อนจะถูกนำไปใช้ที่ละน้อยทำให้ภาชนะบรรจุแบบนี้ให้พลังงานความร้อนทั้งคืน เช่นเดียวกันกับภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแผ่นโลหะบาง แม้วัสดุสะสมความร้อนจะน้อยกว่า

สรุปจากรายงานการทดลองของ Fujinaka นี้พบว่า เขาได้ศึกษาภาชนะบรรจุสองลักษณะทั้งแบบเหลี่ยมและทรงกลม และความหนาต่าง ๆ เพื่อที่จะให้น้ำหนักของภาชนะบรรจุไม่เกิน 2 กก. เพื่อเด็กหรือคนชราสามารถเคลื่อนย้ายได้

ในที่นี้ภาชนะบรรจุอาจจะใช้วัสดุอื่น ๆ ที่เหมาะสมทำได้นอกจากแก้วและโลหะและวัสดุสะสมความร้อนก็ไม่จำเป็นต้องใช้ PEG เพราะสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพในการสะสมความร้อนสูงสุดและสะดวกสบายในการใช้และทำใช้ง่ายถูกลง นอกจากจะใช้กระเป๋าความร้อนแสงอาทิตย์ให้ความอบอุ่นแก่ร่างกายโดยตรงแล้วยังจะใช้ทำน้ำอุ่นเพื่ออาบได้ และยังอาจนำเอาหลักการสะสมความร้อนแบบนี้ไปใช้ในการสะสมความร้อน ที่สูญเปล่าจากโรงงานหรือจากน้ำอุ่นธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ตามต้องการ

หนังสืออ้างอิง

1. Walton, J.D. 1980 Solar Energy for Rulal Development in the Asia and Pacific Region. FAO Regional Office, Bangkok, 40 pp.
2. สมพร เฉลิมสุข 2523 "กรีนเฮาส์เอฟเฟคท์" วิทยาศาสตร์ มข.8(3) : 36-41.
3. Fujinaka, M. 1981 "Solar-Energized Body Warmer Using Latent Heat" Sunworld 5 : 2-5
4. Ference, M., Lemon, M.B., and Stephenson, R.J., 1967 Analytical Experimental Physics Chicaco, U.S.A., 622 pp.
5. Norton, Thomas W., 1977 Solar Energy Experiment Rodale Press, New York, 129 pp.

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๕

การนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ประกอบการเรียนการสอน

วิชาพันธุศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ

โดย ไพรัช ทาบสีแพร *

กลไกการทำงานของดีเอ็นเอ (DNA) เป็นเรื่องที่เข้าใจค่อนข้างยากเพราะไม่สามารถนำเหตุการณ์ที่เหมือนกับของจริงมาแสดงให้กับผู้เรียนเห็นได้ ดังนั้นมักจะเกิดปัญหาในเรื่องการเรียนการสอนอยู่เสมอ ในการสอนเกี่ยวกับเรื่องนี้ผู้สอนจะนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่หุ่นจำลอง แผนภูมิ และสิ่งอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับดีเอ็นเอและการทำงานของมันมาใช้ประกอบการสอน ในที่นี้จะกล่าวถึงการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้ประกอบการสอนวิชาพันธุศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ (DNA replication)

เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนมากจะนำมาใช้เกี่ยวกับการคำนวณ และการเก็บข้อมูล การที่จะให้เครื่องทำงานตามต้องการนั้น เราจะต้องเขียนชุดคำสั่ง (program) ขึ้นมาสำหรับสั่งให้ทำงานตามที่เราต้องการ นอกจากนั้นแล้วเครื่องคอมพิวเตอร์ยังสามารถทำให้เกิดภาพที่สามารถเคลื่อนไหวเลียนแบบของจริง (animation) ได้อีกด้วย จากคุณสมบัตินี้ เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ด้านการสอนชีววิทยา วิชาพันธุศาสตร์ เรื่องการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ สำหรับชุดคำสั่งเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวที่คิดขึ้นโดย เอกเคิร์ท เพื่อใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Radio Shack TRS - 80 (Eckert, 1981) มีดังต่อไปนี้

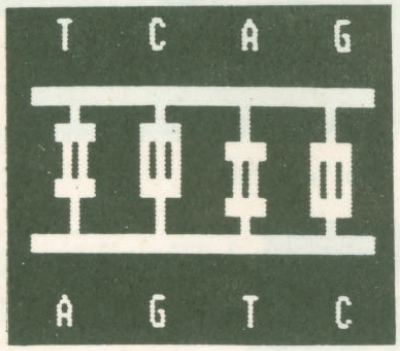
```
1   REM  "THE REPLICATION OF DNA--A TRS-80 COMPUTER ASSISTED
          INSTRUCTION MODULE"
2   REM  AUTHOR : RICHARD R. ECKERT
3   REM  BOX 145, STATION 6, PONCE, PUERTO RICO.
4   REM  IN ORDER TO COORDINATE PROPERLY WITH THE AUDIO TEXT I HAVE ON TAPE,
5   REM  ALL (REM) STATEMENTS SHOULD BE REMOVED FROM THE PROGRAM.
9   REM  A,B,C,D,E DETERMINE THE POSITION ON THE SCREEN OF THE VARIOUS FIGURES
10  A = 16 : B = 41 : C = 24 : D = 35 : E = 63
20  CLS
```

*อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

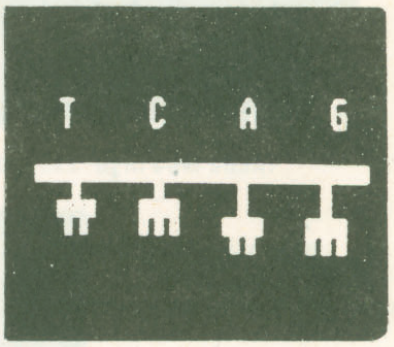
```
30 PRINT"THIS IS A COMPUTER ASSISTED INSTRUCTION MODULE.
40 PRINT"GET THE TAPE RECORDER READY."
50 INPUT"WHEN YOU'RE ALL SET HIT  ENTER ";XX
60 CLS
70 PRINT@394,"R E P L I C A T I O N   O F   D N A"
79 REM  SET DELAY TIME FOR UPCOMING AUDIO MATERIAL; SUBROUTINE CONTROLS RECORDER
80 TM=17.2:GOSUB950
90 CLS
100 Y=A
109 REM  DRAW UPPER HALF OF DNA MOLECULE
110 GOSUB580
120 Y1=C:S=C
129 REM  DRAW LOWER HALF OF DNA MOLECULE
130 GOSUB670
140 TM=7.4:GOSUB950
150 CLS
160 Y=A
170 GOSUB580
180 PRINT@277," T     C     A     G";
190 TM=20.5:GOSUB950
200 CLS
209 REM  PREPARE TO DRAW NUCLEOTIDE WITH THYMINE POINTING DOWNWARD
210 Q=1:Z=1:X=8:Y=A
219 REM  DRAW IT
220 GOSUB890
230 PRINT@396,"THYMINE";
240 TM=11.2:GOSUB950
248 REM  PREPARE TO DRAW NUCLEOTIDE WITH ADENINE POINTING UPWARD
249 REM  SINCE S=Y1, IT WILL NOT MOVE
250 Q=2:S=D:Y1=D
259 REM  DRAW IT
260 GOSUB760
270 PRINT@716,"ADENINE";
280 TM=18.0:GOSUB950
289 REM  PREPARE TO DRAW CITOSINE
290 Q=1:Z=2:Y=A:X=E
299 REM  DRAW IT
300 GOSUB890
310 PRINT@422,"CITOSINE";
320 TM=8.7:GOSUB950
329 REM  PREPARE TO DRAW GUANINE (STATIONARY)
330 Q=2:Y1=D:S=D
340 GOSUB760
349 REM  DRAW IT
350 PRINT@742,"GUANINE";
360 TM=10.0:GOSUB950
370 CLS
380 PRINT@466,"G E N E T I C   C O D E";
390 TM=24.5:GOSUB950
400 CLS
410 Y=A
419 REM  LINES 420-460 DRAW DNA MOLECULE COMPLETELY LABELED
420 GOSUB580
430 Y1=C:S=C
440 GOSUB670
450 PRINT@277," T     C     A     G";
460 PRINT@597," A     G     T     C";
470 TM=17.0:GOSUB950
479 REM  LINES 480-490 ELIMINATE ONE-HALF OF THE MOLECULE
480 FORX=41TO63:RESET(X,20):NEXT
490 FORY=21TO29:FORX=41TO84:RESET(X,Y):NEXT:NEXT
500 TM=16.0:GOSUB950
510 PRINT@790,"A     G     T     C";
519 REM  PREPARE FOR REPLICATION;  SINCE S<Y1, NUCLEOTIDES WILL MOVE
520 Y1=D:S=C
529 REM  PLACE MOVING NUCLEOTIDES ON SCREEN TO DEMONSTRATE REPLICATION
530 GOSUB670
540 PRINT@597," A     G     T     C";
550 PRINT@790,"REPLICATION COMPLETE";
560 TM=24.8:GOSUB950
570 END
579 REM  SUBROUTINE 580-660 DRAWS THE UPPER HALF OF THE DNA MOLECULE
580 FORN=1TO2
590 X=30+N*11:Q=1:Z=N
600 GOSUB890
610 NEXT
620 FORN=1TO2
630 X=52+N*11:Q=2:Z=N
640 GOSUB890
650 NEXT
660 RETURN
669 REM  SUBROUTINE 670-750 DRAWS THE LOWER HALF OF THE DNA MOLECULE
670 FORN=1TO2
680 X=30+N*11:Q=2:Z=N
690 GOSUB760
700 NEXT
710 FORN=1TO2
720 X=52+N*11:Q=1:Z=N
730 GOSUB760
740 NEXT
750 RETURN
756 REM  SUBROUTINE 760-880 DRAWS ONE NUCLEOTIDE FACING UPWARD.
757 REM  THE NUCLEOTIDE DRAWN DEPENDS ON THE VALUES OF Q & Z.
758 REM  IF S=Y1, THE NUCLEOTIDE REMAINS STATIONARY; IF NOT IT MOVES
759 AND EVENTUALLY MATES WITH ITS PARTNER ON THE UPPER HALF OF THE CHAIN.
760 FORY=Y1TOSSTEP-1
770 FORI=XTOX+10:SET(I,Y):NEXT
780 FORJ=1TOQ:SET(X+5,Y-J):NEXT
790 FORI=X+3TOX+7:SET(I,Y-Q-1):NEXT
800 IFZ=1THENFORI=X+4TOX+6STEP2:SET(I,Y-Q-2):NEXT
810 IFZ=2THENFORI=X+3TOX+7STEP2:SET(I,Y-Q-2):NEXT
820 FORK=1TO10:NEXT
830 IFY=STHENRETURN
840 IFQ=1ANDY=S+1THEN860
850 FORI=X+3TOX+7:RESET(I,Y-5):NEXT
860 FORI=X+3TOX+7:FORJ=Y-1TOY-4STEP-1:RESET(I,J):NEXT:NEXT
870 FORI=XTOX+10:RESET(I,Y):NEXT
880 NEXT
888 REM  SUBROUTINE 890-940 DRAWS ONE NUCLEOTIDE FACING DOWNWARD.
889 REM  THE NUCLEOTIDE DRAWN DEPENDS ON THE VALUES OF Q & Z.
890 FORI=XTOX+10:SET(I,Y):NEXT
900 FORJ=1TOQ:SET(X+5,Y+J):NEXT
910 FORI=X+3TOX+7:SET(I,Y+Q+1):NEXT
920 IFZ=1THENFORI=Y+4TOX+6STEP2:SET(I,Y+Q+2):NEXT
930 IFZ=2THENFORI=X+3TOX+7STEP2:SET(I,Y+Q+2):NEXT
940 RETURN
948 REM  SUBROUTINE 950-1000 TURNS ON THE CASSETTE RECORDER, DELAYS
949 REM  ACCORDING TO THE VALUE OF TM, AND THEN TURNS OFF THE RECORDER.
950 OUT255,5
960 TM=TM*485
970 FORIM=0TOTM:NEXT
980 TM=0
990 OUT255,16
1000 RETURN
```

ชุดคำสั่งดังกล่าวเป็นภาษา BASIC (BASIC language) ซึ่งเป็นภาษาสำหรับใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์แบบหนึ่ง เมื่อสั่งให้เครื่องทำงานด้วยชุดคำสั่งนี้จะได้ภาพปรากฏบนจอภาพของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer) เป็นขั้นตอนการสังเคราะห์ดีเอ็นเอที่สามารถเคลื่อนไหวได้เหมือนกับของจริงแต่ไม่มีเสียงบรรยาย คำบรรยายประกอบภาพที่เกิดขึ้นมีดังนี้

"โครงสร้างโมเลกุลของดีเอ็นเอจะเป็นเกลียวคู่ (double helix) ประกอบด้วยดีเอ็นเอ 2 เส้นพันรอบกันคล้ายบันไดเวียน แต่ละเส้นของดีเอ็นเอประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์ (nucleotide) เป็นจำนวนมาก แต่ละนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยฟอสเฟต (phosphate) น้ำตาลดีออกซีไรโบส (deoxyribose sugar) และเบส (base) ชนิดไธมีน (thymine, T) หรืออะดีนีน (adenine, A) หรือไซโตซีน (citosine, C) หรือกวานีน (guanine, G) ชนิดใดชนิดหนึ่ง, แต่ละเส้นของดีเอ็นเอจะมีฟอสเฟตและน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นกระดูกสันหลัง (back bone) หรือแกนของโครงสร้างโดยมีเบสต่าง ๆ หันตัวเข้าสู่ส่วนในตั้งฉากกับแกนของโครงสร้างดังภาพที่ปรากฏบนจอภาพ (รูปที่ 1)



(1 A)



(1 B)

<u>รูปที่ 1</u> แสดงภาพที่ปรากฏบนจอภาพเป็นโครงสร้างของดีเอ็นเอ โดยมีลำดับดังนี้

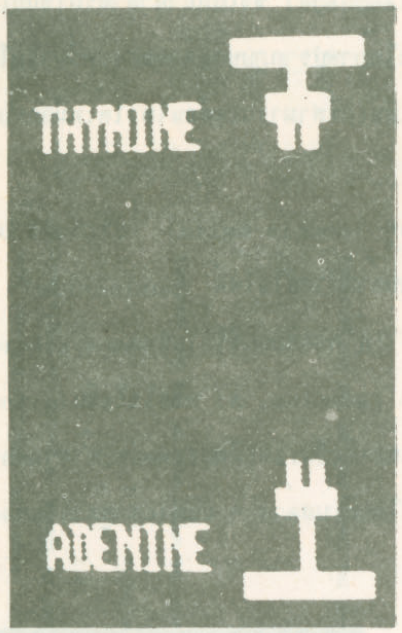
รูป *1 A* แสดงโครงสร้าง 2 สาย

รูป *1 B* แสดงโครงสร้าง 1 สาย

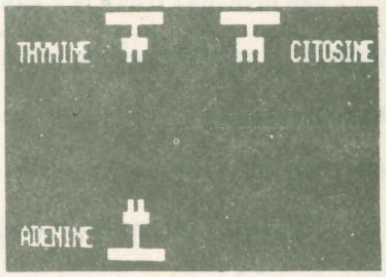
(T = Thymine, A = Adenine, C = Citosine, G = guanine)

เบสของดีเอ็นเอแต่ละเส้นจะเรียงอยู่ในพื้นราบเดียวกัน และจับคู่กับเบสของอีกสายหนึ่งโดยอาศัยแรงจากไฮโดรเจนบอนด์ (hydrogen bond) โดย T จับกับ A และ C จับกับ G ด้วยแรง 2 และ 3 ไฮโดรเจนบอนด์ตามลำดับ ซึ่งเป็นกฎการจับคู่ของเบส (base pairing) ดังภาพที่ปรากฏบนจอภาพ (รูปที่ 2)

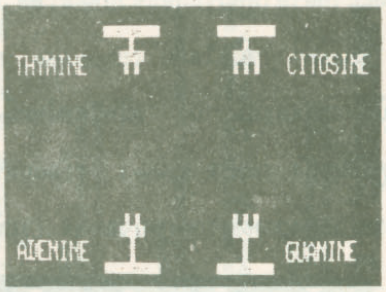
(2 A)



(2 B)



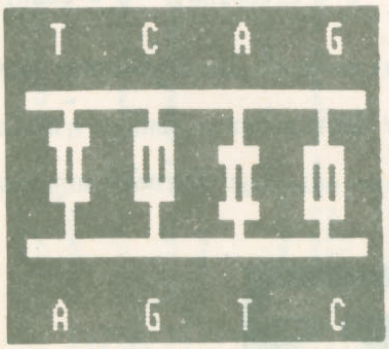
(2 C)



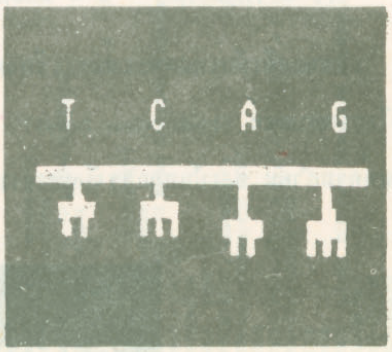
(2 D)

รูปที่ 2 แสดงภาพที่ปรากฏบนจอภาพในลำดับต่อมา เป็นลักษณะและการจัดคู่ของเบสชนิดต่าง ๆ โดยมีลำดับจากรูป *2A, 2B, 2C* และ *2D* ตามลำดับ

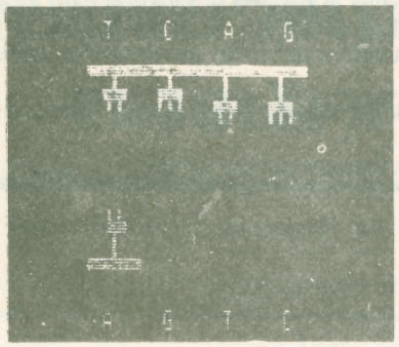
ข้อความทางพันธุกรรม (genetic information) ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดบรรจุอยู่ในดีเอ็นเอ ลำดับของนิวคลีโอไทด์ในโมเลกุลของดีเอ็นเอเรียกว่า รหัสทางพันธุกรรม (genetic code) ที่แตกต่างกันในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด การสังเคราะห์ดีเอ็นเอ คือการสร้างดีเอ็นเอใหม่ให้เหมือนดีเอ็นเอตัวเดิม เริ่มจากการแยกออกจากกันเป็นสายเดี่ยวแล้วแต่ละเส้นจะสร้างดีเอ็นเอเส้นใหม่ประกบคู่กับเส้นเก่า โดยใช้กฎการจับคู่ของเบส ทั้งนี้จะได้ดีเอ็นเอ 2 คู่ แต่ละคู่ประกอบด้วยดีเอ็นเอเดิมและดีเอ็นเอใหม่อย่างละ 1 เส้น ดังภาพที่ปรากฏบนจอภาพ (รูปที่ 3)



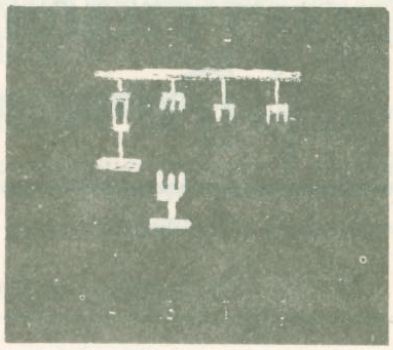
(3 A)



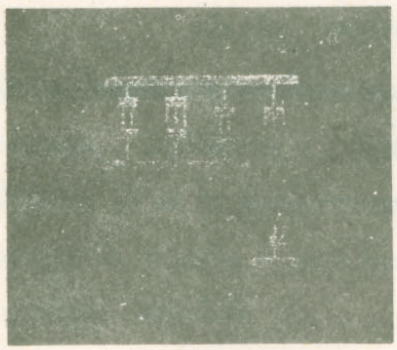
(3 B)



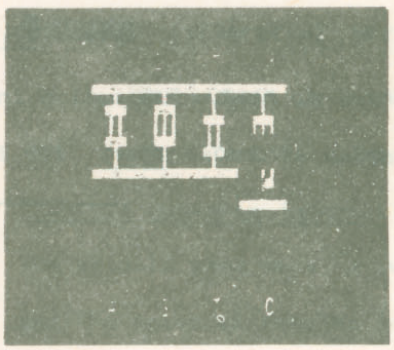
(3 C)



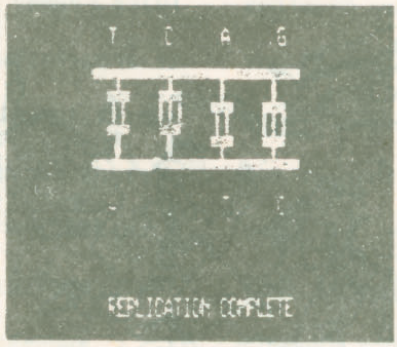
(3 D)



(3 E)



(3 F)



(3 G)

<u>รูปที่ 3</u> แสดงภาพที่ปรากฏบนจอภาพในระยะต่อมา แสดงการสังเคราะห์ดีเอ็นเอ โดยมีลำดับดังนี้
รูป *3 A* แสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอ เส้นเดิม
รูป *3 B, 3 C, 3 D, 3 E, 3 F,* และ *3 G* แสดงโครงสร้างของดีเอ็นเอหลังจากแยกเป็นสายเดี่ยว(แสดงเพียง 1 สาย) แล้วสร้างสายใหม่มาประกบคู่

ดีเอ็นเอ เป็นองค์ประกอบสำคัญของโครโมโซม (chromosome)การสังเคราะห์ดีเอ็นเอเกิดก่อนที่จะมีการแบ่งตัวจากหนึ่งเซลเป็นสองเซล ดังนั้นจึงทำให้เซลลูกหลานมีคุณสมบัติเหมือนกับเซลแม่ และไม่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลของสิ่งมีชีวิตอื่น

ภาพที่ปรากฏบนจอภาพของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เราสามารถถ่ายเป็นวีดีโอเทป (VIDEO Tape) เก็บไว้ เมื่อเราต้องใช้ครั้งต่อ ๆ ไป ก็นำไปใช้กับเครื่องฉายวีดีโอ ธรรมดาทั่วไป จะเป็นการสะดวกดี สำหรับชุดคำสั่งนี้เขียนขึ้นมาเพื่อใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ยี่ห้อ Radio Shack TRS-80 เมื่อนำชุดคำสั่งนี้ไปใช้กับยี่ห้ออื่น อาจจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขเล็กน้อยตามตัวแปลภาษา BASIC (BASIC language interpreter) ของแต่ละยี่ห้อ

บรรณานุกรม

มนตรี จุฬาวัฒนฬล. (บรรณาธิการ). 2516. ชีวเคมี. พระนคร : บำรุงกิจ

Eckert, Richard R. 1981. "Animation in Computer Assisted Instruction The Replication of DNA". Byte. 7 : 358-366.

"นี่แหละครับ อุกาบาตรละ"

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๕

ผลของช่วงแสงต่อการออกไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น*

Effect of photoperiod on egg production of Japanese quail (Coturnix coturnix japonica)

โดย สุภาพ ณ นคร **

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาอิทธิพลของช่วงแสงที่มีต่อการออกไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น โดยใช้นกอายุ 4 อาทิตย์ในจำนวนตัวเมียต่อตัวผู้ 30 ต่อ 12 ต่อกลุ่มการทดลอง การทดลองแบ่งออกเป็น 3 แบบคือ 1. กลางวันแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง กลางคืนมืด (12L : 12D) 2. กลางวันแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง กลางคืนเปิดไฟฟ้าด้วยหลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์อีก 4 ชั่วโมง (16L : 8D) และ 3. กลางวันแสงธรรมชาติ 12 ชั่วโมง กลางคืน เปิดไฟฟ้าด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ตลอดคืน (24LL) ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูล 11 เดือน ผลปรากฏว่า การให้แสงทั้ง 3 แบบไม่มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยของไข่ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อายุเริ่มไข่ฟองแรกของนกในแสงแบบที่ 1, 2 และ 3 คือ 62, 44 และ 42 วันตามลำดับ จำนวนไข่ทั้งหมด เมื่อสิ้นสุดการทดลองของนกกลุ่มที่ 1 2 และ 3 คือ 4780, 5846 และ 6449 ฟอง ตามลำดับ พบว่า การเพิ่มแสงจากธรรมชาติมีผลทำให้นกไข่ดีขึ้นกว่าแสงปกติอย่างมีนัยสำคัญ

Abstract

The effect of photoperiod on egg production of Japanese quail Coturnix coturnix japonica was studied. The animals used were 4 weeks of age and the ratio of females and males in each group were 30 and 12. Three light regimens were used in the experiment. The regimens of light (L) and dark (D) were : 12L : 12D, 16L : 8D and 24LL per 24 hours. Duration of treatments were 11 months. The results showed that there were no significant difference in egg weight. The age of hens when they lay the first egg were 62, 44 and 42 days respectively. The total number of egg production from treatments 1, 2 and 3 were 4780, 5846 and 6449 respectively. Increasing of light period was found to increase the egg production significantly.

* ได้รับทุนอุดหนุนวิจัย จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ทุนอุดหนุนวิจัย เลขที่ วท.2/2523

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ในขณะที่โลกเราหมุนรอบตัวเอง และหมุนรอบดวงอาทิตย์ไปพร้อม ๆ กันนั้น ทำให้เกิดปรากฏการณ์สว่าง-มืดสลับกันไปในเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งสภาพการณ์นี้ทำให้เกิดเป็น Photoperiod ขึ้น Photoperiod เป็นภาษากรีกประกอบขึ้นด้วยคำ 2 คำ คือ Photos หมายถึง แสงสว่าง และ Periodos หมายถึง หมุนไปรอบ ๆ เป็นวงกลม เนื่องจากโลกหมุนรอบตัวเอง 1 รอบ ใช้เวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้น period ของโลกจึงหมายถึง 24 ชั่วโมง เพราะเหตุดังกล่าว คำ Photoperiod จึงใช้สำหรับอธิบายจำนวนชั่วโมงของความสว่างและความมืดที่เกิดขึ้นในเวลา 24 ชั่วโมง Photoperiod ที่เกิดขึ้นนี้จะมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลกมากมายทีเดียว (Beck, 1963) อิทธิพลของแสงสว่างจะไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของขบวนการทางสรีรวิทยา (physiological processes) ของสิ่งมีชีวิตบนพื้นโลก Bissonnette (1936) ได้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะสืบพันธุ์ของพืชและสัตว์ที่เป็นไปตามฤดูกาลนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวของช่วงกลางวันและกลางคืน รวมทั้งความเข้มของแสงสว่างด้วยและในบางกรณีอาจจะขึ้นอยู่กับสี และ ความยาวคลื่น ของแสงที่ใช้ด้วย นอกจากนี้เขายังได้รายงานผลการศึกษาของคนอื่น ๆ ไว้ด้วยดังนี้ Rowan ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงช่วง ความ ยาววันต่อการย้ายถิ่นของ Snow bird (Junco biemalis) โดยการเปิดไฟฟ้าตอนช่วงมืดในฤดูหนาวเพื่อเป็นการยืดช่วงกลางวัน ให้คล้ายกับฤดูใบไม้ร่วง ผลปรากฏว่าอวัยวะเพศของนกจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และจะผลิตสเปอร์มได้ในฤดูหนาวแทนที่จะ เป็นฤดู สืบพันธุ์ตามปกติ คือเดือนเมษายนหรือพฤษภาคมเขาได้สรุปว่า การย้ายถิ่นของนกกลุ่มนั้นจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะเพศ ความจริงแล้วปัญหาไม่ได้อยู่ที่การย้ายถิ่นแต่เขาสนใจการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะเพศที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงช่วงความยาววัน เขาได้เสนอแนะว่า อวัยวะสำคัญที่เป็นแหล่งตอบรับแสงและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะเพศนั้นก็คือต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior Hypophysis) Bissonnette (1936) ยังได้รายงานเพิ่มเติมอีกว่าในประเทศญี่ปุ่น Miyazaki ได้ศึกษากับนกสีเขียวที่เรียกว่า mejiro (Zosterops palpebrosa japonica) โดยการเพิ่มความเข้มของแสงในตอนกลางคืน ซึ่งสภาพนี้เรียกว่า "yogai" หลังจากฝึกให้นกชินกับสภาพนี้ในหลาย ๆ ชั่วอายุแล้ว ก็พบว่านกจะมีความกระปรี้กระเปร่าทางเพศได้ถึงปีละ 3 ครั้ง แทนที่จะเป็นปีละ 1 ครั้ง และนกสามารถร้องเพลงเพื่อการผสมพันธุ์ได้เร็วขึ้น การลดช่วงแสงต่อวันพบว่าทำให้เกิดการสลัดขน (moulting)

เกษตรกรที่เลี้ยงสัตว์ปีก เพื่อเป็นสัตว์เศรษฐกิจได้นำวิธีการเพิ่มแสงในช่วงกลางคืน เพื่อเพิ่มผลผลิตการออกไข่มาใช้เป็นเวลานานแล้ว การใช้แสงสว่างช่วยเร่งการเจริญเติบโตและการออกไข่ของสัตว์ปีกนั้นได้มีผู้ทำการศึกษาโดยการให้แสงสว่างและความเข้มของแสงสว่างที่แตกต่างกันไป Sturkie (1965) ได้รายงานว่าจากการศึกษาของ Romanoff และ Romanoff (1949), Benoit (1950), Bissonnette (1936), Van Tienhoven (1961 a) และ Quisenberry (1963) พบว่าแสงมีผล

ทำให้สัตว์ปีกไข่เร็วขึ้นกว่าปกติ แต่อย่างไรก็ตามแสงก็ไม่ได้ช่วยให้อัตราการไข่โดยเฉลี่ยต่อปีเพิ่มขึ้นWilson และ Abplanalp (1956) ได้รายงานว่าการให้แสงสว่างสลับกับความมืดทุกๆ 4 ชั่วโมงอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ แม่ไก่ไข่ดีกว่า การให้แสงต่อเนื่องกัน สำหรับแม่ไก่ที่ถูกเลี้ยงในห้องมืดติดต่อกัน 5 อาทิตย์จะให้ไข่ลดลงอย่างมาก แต่เมื่อนำออกสู่ข้างนอกที่มีแสงปกติ จำนวนผลผลิตของไข่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Wilson และ Woodard, 1958) Lanscn และ Sturkie (1961) ได้ทำการทดลองให้แสงแบบต่าง ๆ กัน 8 แบบแก่แม่ไก่ โดยเฉลี่ยแล้วในแต่ละแบบแม่ไก่จะได้รับแสง 14 ชั่วโมง มืด 10 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า การออกไข่ของแม่ไก่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เขาได้เสนอแนะว่าแม้ว่าแม่ไก่จะให้ไข่สูงสุดในช่วงแสงต่อเนื่อง 13 ชั่วโมง ต่อวันก็ตาม แต่อัตราการออกไข่ก็ไม่ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนชั่วโมงของช่วงแสงที่ได้รับ ต่อมา Cooper และ Barnett (1977) ได้ทำการทดลองกับแม่ไก่โดยให้แสงแบบต่าง ๆ กัน 4 แบบดังนี้ สว่าง 14 ชั่วโมง มืด 10 ชั่วโมง สว่าง 2 ชั่วโมง มืด 2 ชั่วโมงสลับกันไป สว่าง 4 ชั่วโมง มืด 4 ชั่วโมงสลับกันไป และสว่าง 2 ชั่วโมง มืด 6 ชั่วโมงสลับกันไป ในเวลา 24 ชั่วโมง ผลปรากฏว่า ผลผลิตของไข่ต่อวันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับในห่านนั้น กนก ผลารักษ์ และคณะ (2521) ได้ทำการสำรวจเอกสารเกี่ยวกับผลของแสงต่อการออกไข่ของห่านและได้รายงานไว้ดังนี้ Wunder and Krasnova (1955) พบว่า ในห่าน Kholmogor เมื่อเลี้ยงโดยให้แสงเริ่มด้วย 7 ชั่วโมงแล้วเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 14 ชั่วโมงต่อวัน จะทำให้ห่านเริ่มไข่ในขณะที่พวกที่ไม่ได้รับแสงดังกล่าว ไม่ไข่เลย ยิ่งกว่านั้นการทดลองครั้งต่อมายังพบว่า เมื่อให้แสงวันละ 13 ชั่วโมง ห่านจะไข่ได้มากกว่าพวกที่ได้รับแต่แสงธรรมชาติ ห่านจีนในไซบีเรีย (Borisov, 1958) ซึ่งได้รับ 15 ชั่วโมงต่อวัน จะไข่ได้มากกว่าพวกที่ไม่ได้รับแสงเพิ่ม และพวกรับแสงเพิ่มยังให้ไข่ได้ตลอดปีอีกด้วย แม้ว่าจะไม่สม่ำเสมอก็ตาม ห่านจีนขาวให้ไข่ได้สูงสุดถึง 132.19 ฟอง Kopylov (1957) รายงานว่า เมื่อห่านได้รับแสง 12-17 ชั่วโมงต่อวัน จะเริ่มไข่เร็วกว่าพวกปกติถึง 3 เดือนและยังไข่ต่อไปถึง 184 วัน เมื่อเทียบกับพวกปกติที่ไข่ได้เพียง 90-95 วันเท่านั้น เมื่อเทียบจำนวนไข่พบว่า พวกได้รับแสงเพิ่มให้ไข่มากกว่าพวกไม่ได้รับแสงถึง 56-58% ในความคิดที่จะบังคับให้ห่านไข่นอกฤดู ทำให้ Kinney et. al. (1959) ทดลองให้แสงเพิ่มกับห่าน และพบว่าการให้แสงเพิ่มเป็นวันละ 16 ชั่วโมง ทำให้ห่านไข่ได้เหมือนฤดูไข่ปกติ Borisov (1966) พบว่า การเพิ่มแสงให้จาก 9 เป็น 15 ชั่วโมง มีผลทำให้ห่านเริ่มไข่เร็วขึ้น และรายงานต่อว่าห่านจีนจะเริ่มไข่เมื่ออายุเพียง 150 วัน และสามารถให้ไข่ได้ถึง 120.2 ฟอง เขาสรุปในตอนท้ายว่าการให้แสงเพิ่มนั้นไม่ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อการไข่ของห่านเลยตลอดปี รายสุดท้ายที่ใครจะกล่าวถึงเป็นการทดลองแสงกับการไข่ของห่านในประเทศเยอรมัน Luhmann (1968) ทดลองแสงกับห่าน Rhenish ในปีแรกที่ทดลองพบว่า การได้รับแสง 14 ชั่วโมงต่อวัน ทำให้ห่านดังกล่าวไข่เพิ่มขึ้น 55% ส่วนการให้แสงติดต่อกันไปจะเพิ่มการไข่ได้ 48.9% ในปีที่สองพบว่า พวกที่ได้รับแสงตลอดเวลานั้นไข่ได้มากกว่าพวกไม่ได้รับแสงเพิ่ม

15.9% ทั้งพวกที่ได้รับแสงเพิ่มและพวกที่ไม่ได้รับแสงเพิ่มต่างไข่มากขึ้นในปีที่สอง

สัตว์ปีกชนิดสุดท้ายที่จะกล่าวถึงคือนกกระทาญี่ปุ่น (Coturnix coturnix japonica) ปัจจุบันนกชนิดนี้มีบทบาทสำคัญทั้งทางด้านงานวิจัยสาขาต่างๆ และทางการเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นอาหารของมนุษย์เนื่องด้วยนกกระทาเป็นนกที่มีความต้านทาน เติบโตเร็ว ไข่ดก และชีพจักรสั้น การเลี้ยงดูเกือบไม่มีปัญหายุ่งยาก ดังนั้นนกชนิดนี้จึงอยู่ในความสนใจของผู้เลี้ยงระดับอาชีพของเมืองไทยมากว่า 20 ปีแล้ว

ในวงการของนักวิจัย นกกระทาญี่ปุ่นได้ถูกนำมาใช้ในการวิจัยสาขาต่าง ๆ มากมาย เป็นต้นว่า สุวรรณ เกษตรสุวรรณ และคณะ (2518) ได้ศึกษาปรับปรุงปริมาณไข่กับขนาดของไข่ พบว่า นกกระทาไข่ดกถึง 300 กว่าฟองต่อปี เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และคณะ (2521) ได้ศึกษาการเลี้ยงนกกระทาเป็นสัตว์เศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้สรุปว่านกกระทาญี่ปุ่นสามารถที่จะเลี้ยงเป็นสัตว์เศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เป็นอย่างดี นรินทร์ ทองวิทยา (2524) ได้ศึกษาระยะเวลาในการออกไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น รายงานว่า ในช่วงเวลา 16.30-21.30 น. เป็นช่วงที่นกกระทาออกไข่มากที่สุดคือ 58.03% รองลงไปได้แก่ ช่วง 12.30 - 16.30, 21.30-7.30 และ 7.30-12.30 โดยออกไข่คิดได้ 17.88, 15.00 และ 9.00% ตามลำดับ สำหรับปริมาณอาหารที่ต้องการสำหรับนกกระทาญี่ปุ่นนั้น นรินทร์ ทองวิทยา และสมพงษ์ ศรีสะอาด (2524) ได้รายงานว่า นกที่ได้อาหารเต็มที่วันละ 24.14 กรัม/ตัว เป็นพวกที่ให้ผลผลิตทั้งจำนวนไข่ น้ำหนักไข่และประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหารดีที่สุด

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับ อิทธิพลของแสงสว่างต่อการออกไข่ของนกกระทาญี่ปุ่นนั้น พบว่าการเพิ่มแสงจากธรรมชาติจะช่วยให้นกไข่ได้ดีขึ้น Wilson et. al. (1962) ได้รายงานว่านกกระทาจะให้ไข่ดกเมื่ออายุได้ 7-8 อาทิตย์ ในช่วงวัน (day-length) 14 ชั่วโมงหรือมากกว่า การเพิ่มช่วงแสงในแต่ละวันจะทำให้การเจริญเติบโตของอวัยวะเพศดีขึ้น แต่ถ้ามีการลดช่วงแสงลงการเจริญเติบโตของอวัยวะเพศจะช้าและจำนวนไข่จะลดลงด้วย ข้อมูลนี้สอดคล้องกับของ Tanaka et. al, (1965) ซึ่งได้รายงานว่า การให้แสงสว่างเพิ่มขึ้นจากธรรมชาติคือมากกว่า 12 ชั่วโมง ใน 24 ชั่วโมง จะมีผลไปกระตุ้นให้อวัยวะเพศของนกเจริญเติบโตดีขึ้น สุวรรณ เกษตรสุวรรณ (2519) ได้รายงานว่า นกที่ได้รับแสงสว่าง 16 ชั่วโมงสลับกับความมืด 8 ชั่วโมงทุกวันจะทำให้ตัวผู้เป็นหนุ่มเต็มที่ เมื่ออายุ 36 วัน ตัวเมียจะไข่ได้ 50% ของฝูงเมื่ออายุ 52 วัน วรรณพร ผูกเกษตร และคณะ (2524) ได้ศึกษาอิทธิพลของแสงสว่างต่อการออกไข่ของนกกระทาญี่ปุ่นโดยให้แสง 5 แบบ คือ (1) แสง 12 ชั่วโมง (2) แสง 12 ชั่วโมง + 3 ชั่วโมง(หลอดฟลูโอเรสเซนต์ 20 แรงเทียน) (3) แสง 12 ชั่วโมง + 15 นาที ทุก 1 ชั่วโมง (หลอดฟลูโอเรสเซนต์ 20 แรงเทียน) (4) แสง 12 ชั่วโมง + 3 ชั่วโมง(หลอดไฟธรรมดา 60 แรงเทียน) และ (5) แสง 12 ชั่วโมง + 15 นาที ทุก 1 ชั่วโมง(หลอดไฟธรรมดา 60 แรงเทียน) ผลปรากฏว่า อายุเมื่อไข่ได้ 50% และ 80%ของฝูงโดยเฉลี่ยของนกกลุ่มที่ 1 เท่ากับ 101 วัน และ 143 วัน มากกว่าอีกทั้ง 4 กลุ่ม(47-56, 69-81 วัน) อย่างมีนัยสำคัญยิ่งโดยอายุเมื่อให้ไข่ฟองแรกไม่แตกต่างกันทางสถิติผลผลิตไข่เฉลี่ยต่อตัวตลอดการทดลอง (ช่วง

อายุ 3-33 สัปดาห์) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.7, 118.1, 128.3, 117.2 และ 125.6 ฟอง สำหรับนกที่ได้รับแสงทั้ง 5 แบบตามลำดับ ผู้ทดลองยังพบอีกว่า แสงสว่างทั้ง 5แบบมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อน้ำหนักอัณฑะ (Testis) และรังไข่ (Ovary) ของนก ในช่วงอายุ 4 - 24 สัปดาห์ โดยกลุ่มที่ 1 มีน้ำหนักอัณฑะโดยเฉลี่ย 0.82 กรัมและรังไข่ 1.09 กรัม ต่ำกว่าอีกทั้ง 4 กลุ่ม (2.5-2.9 กรัม, 4.24-5.04 กรัม)

อุปกรณ์และวิธีการ

(ก) สถานที่เลี้ยงและแหล่งที่มาของนกกระทาญี่ปุ่น

ลูกนกกระทาอายุ 3 วันจากฟาร์มสัตว์ปีกคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถูกนำมากกด้วยเครื่องกก (รูปที่ 1) ที่ห้องทดลองภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เครื่องกกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เมตร ภายในมีหลอดไฟธรรมดาขนาด 40 วัตต์ 4 หลอด เปิดไว้ตลอดเวลา 24 ชั่วโมงเป็นเวลา 2 อาทิตย์ เครื่องกกจะถูกวางอยู่เหนือพื้นห้องที่ใช้เลี้ยงนกเป็นระยะสูงประมาณ 1 เมตร บนพื้นห้องที่ใช้กกลูกนกจะปูด้วยขี้เลื่อย ลูกนกอายุตั้งแต่ 3 วันจนถึง 6 อาทิตย์จะเลี้ยงด้วยอาหารสำหรับนกกระทาเล็กและรุ่น(เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และคณะ, 2521) ลูกนกเมื่ออายุครบ 4 อาทิตย์แล้วจะถูกแยกเพศเพื่อเข้ากลุ่มการทดลอง การแยกเพศนั้นได้พิจารณาประกอบกัน 2 วิธีคือ

1. โดยวิธีสังเกตลักษณะของปากหวารหนักหรือโคลเอกา (cloaca) ในตัวเมียโคลเอกาจะมีลักษณะยาวรีกว่าของตัวผู้ วิธีนี้บางทีก็สังเกตได้ยากเพราะความสั้นยาวของแสงธรรมชาติตามฤดูกาล (Sachs, 1967)

2. โดยวิธีสังเกตขนบริเวณหน้าอก นกตัวผู้จะมีขนหน้าอกสีเหลืองแกมน้ำตาลปนขาวหรือน้ำตาลปนแดง ส่วนตัวเมียขนบริเวณคอและหน้าอกจะมีสีไม่ค่อยเข้มหรืออาจมีสีน้ำตาลปนเทาและมีลายดำปนขาว หรือน้ำตาลปนดำ หลังจากทำการแยกเพศนกแล้ว ได้ย้ายจากห้องกกลูกนกมาเลี้ยงที่ห้องทดลองของภาควิชาชีววิทยา (รูปที่ 2) กรงที่ใช้เลี้ยงนกเป็นกรงชั้น ใน 1 กรงจะมี 4 ชั้น แต่ละชั้นแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนมีขนาดยาว × กว้าง × สูง = 18" × 12.5" × 6" และมีความเอียง 2-3" (รูปที่ 3) ใน 1 ส่วนนี้ใช้เลี้ยงนกตัวเมียจำนวน 5 ตัวและตัวผู้จำนวน 2 ตัว จำนวนนกทั้งหมดที่ใช้ในการทดลองคือ ตัวเมีย 30 ตัวต่อตัวผู้ 12 ตัว ต่อกรงต่อกลุ่มการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มคือ

1) กลุ่มที่หนึ่ง ได้รับแสงกลางวันตามธรรมชาติ 12 ชั่วโมง กลางคืนมืด 12 ชั่วโมง (12L : 12D)

2) กลุ่มที่สอง ได้รับแสงกลางวันตามธรรมชาติ 12 ชั่วโมง กลางคืนได้รับแสงเพิ่มจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 40 พ. ช่วงหัวค่ำ 2 ชั่วโมง และช่วงเช้ามืด 2 ชั่วโมง (16L : 8D)

3) กลุ่มที่สาม ได้รับแสงกลางวันตามธรรมชาติ 12 ชั่วโมง กลางคืนได้รับแสงเพิ่มจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 40 พ. ตลอดคืน (24LL)

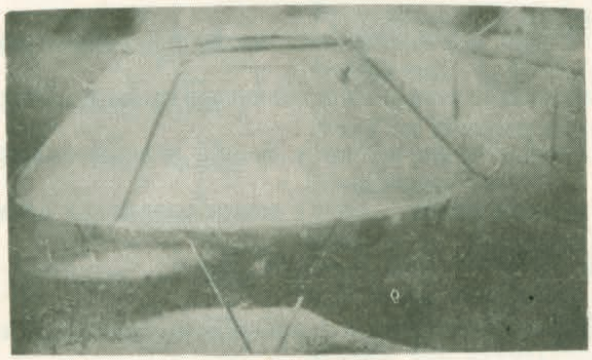
นกที่ได้แยกเข้ากลุ่มการทดลองเรียบร้อยแล้วเมื่ออายุครบ 6 อาทิตย์ จะได้เปลี่ยนอาหารเป็นชนิดสำหรับนกไข่ (เยาวมาลย์ ค้าเจริญ และคณะ, 2521) และจะใช้อาหารสูตรนี้ไปตลอดเสร็จสิ้นการทดลอง

(ข) การเก็บข้อมูล และการวิจัย

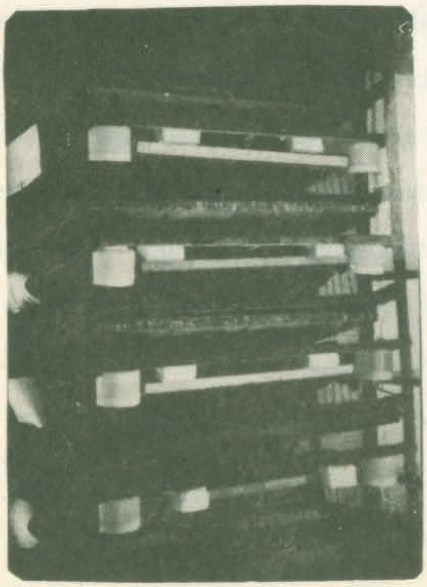
ข้อมูลที่เก็บได้แก่ อายุเริ่มไข่ สถิติการไข่ประจำวัน น้ำหนักไข่รวมทั้งข้อสังเกตต่าง ๆ ด้วย

การดูแลต่าง ๆ น้ำและอาหารมีให้ตลอดเวลา การเพิ่มแสงสว่างจากธรรมชาติในสองกลุ่มการทดลองนั้น ใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 40 พ. วางในแนวตั้งห่าง 1 เมตรจากกรงนก

ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 11 เดือน



รูปที่ 1 : แสดงเครื่องกกไข่



รูปที่ 3 : แสดงกรงเลี้ยงนกแบบชั้น

รูปที่ 2 : ห้องทดลอง

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักไข่โดยเฉลี่ยต่อเดือนต่อกลุ่มการทดลอง

เดือน	น้ำหนักไข่ (กรัม)		
	12L : 12D	16L : 8D	24LL
1	-	8.388	8.339
2	8.659	9.863	10.244
3	10.691	10.588	10.771
4	11.727	11.370	11.591
5	11.461	11.531	11.649
6	11.063	11.225	11.304
7	10.399	10.749	11.304
8	10.964	10.544	11.247
9	11.361	10.685	11.406
10	11.089	10.620	11.338
11	10.648	10.721	11.045
Total	108.062	116.284	120.366
Mean	10.806	10.571	10.942
Sd	0.806	0.856	0.952

จากการตรวจสอบความแตกต่างของน้ำหนักไข่โดยเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มโดยใช้ t-test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 2 แสดงอายุเมื่อออกไข่ครั้งแรกและออกไข่สูงสุดของฝูง

การออกไข่	การทดลอง		
	12L : 12D	16L : 8D	24LL
ออกไข่ครั้งแรก (วัน)	62	44	42
จำนวน (ฟอง)	1	1	1
ออกไข่สูงสุด (อาทิตย์ที่)	22	18	11
จำนวน (ฟอง)	173	165	179

ตารางที่ 3 แสดงผลผลิตไข่ต่อเดือนต่อกลุ่มการทดลอง

เดือนที่	จำนวนไข่ (ฟอง)		
	12L : 12D	16L : 8D	24LL
1	-	8	23
2	22	430	636
3	392	650	749*
4	648	669*	700
5	674*	641	696
6	658	646	665
7	516	609	629
8	543	615	677
9	490	603	593
10	427	548	583
11	410	427	498
Total	4780	5846	6449
Mean	435.54	531.45	586.27

*ผลผลิตไข่ที่สูงที่สุด

โดยการวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (จรัญ จันทลักขณา,2523) ได้ผลดังนี้

ANOVA TABLE

Source of Variation	df	SS	MS	F
Treatment	2	129,864.42	64,932.21	7.27**
Block	10	1,124,208.73	112,420.87	12.60**
Error	20	178,582.91	8,929.15	
Total	32	1,432,656.06		

ตรวจสอบความแตกต่างของกลุ่มการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test พบว่า การเพิ่มแสงจากธรรมชาติทำให้นกไข่ดีขึ้นกว่าแสงปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 5% ผลการตรวจสอบยังพบอีกด้วยว่า ผลผลิตไข่ต่อเดือนต่อกลุ่มการทดลองก็มีความแตกต่างกันทางสถิติด้วย

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การเพิ่มแสงสว่างจากธรรมชาติมีผลทำให้นกกระทาไข่เร็วขึ้น และไข่ดกขึ้นจริง ทั้งนี้เพราะเหตุว่านกกลุ่มที่ได้รับแสงเพิ่มขึ้นจากธรรมชาติจะออกไข่สูงสุดเมื่ออายุได้ 11 สัปดาห์ และ 18 สัปดาห์ ในขณะที่กลุ่มที่ได้รับแสงปกติจะออกไข่สูงสุดเมื่ออายุได้ 22 สัปดาห์ การที่นกในกลุ่มการทดลองออกไข่ได้สูงสุดนั้นแสดงว่า นกทุกตัวมีอวัยวะเพศเจริญเติบโตเต็มที่แล้วพร้อมที่จะออกไข่ได้ทุกตัว ข้อมูลนี้จะสอดคล้องกับสถิติผลผลิตไข่ต่อเดือน เพราะได้พบว่านกกลุ่มที่ได้รับแสงสว่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงจะให้ไข่สูงสุดในเดือนที่ 3 ของการออกไข่หรือเมื่อนกมีอายุระหว่าง 11 - 14 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับแสง 16 ชั่วโมงจะให้ไข่สูงสุดในเดือนที่ 4 ของการออกไข่ หรือเมื่อนกมีอายุระหว่าง 15 - 18 สัปดาห์ และนกกลุ่มที่ได้รับแสงตามธรรมชาติจะให้ไข่สูงสุดในเดือนที่ 5 ของการออกไข่หรือเมื่อนกมีอายุระหว่าง 19 - 22 สัปดาห์ การที่แสงสว่างมีอิทธิพลต่อการออกไข่ของนกนั้นก็เพราะเหตุว่า แสงสว่างจะเป็นปัจจัยไปกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Anterior Hypophysis หรือ Anterior Pituitary) หลั่งฮอร์โมน gonadotropins ซึ่งฮอร์โมนชนิดนี้จะไปกระตุ้นให้รังไข่เจริญเติบโตเร็วขึ้น ความจริงแล้วต่อมใต้สมองส่วนหน้าจะสร้างฮอร์โมนชนิดนี้ตั้งแต่ระยะเอมบริโอมีอายุ 18 วัน ในไก่ (Sturkie, 1965) ก่อนระยะฟักเพราะไก่จะฟักเมื่ออายุ 21 วัน สำหรับนกกระทาจะฟักออกเป็นตัวเมื่ออายุได้ 16 - 17 วัน ซึ่งในระยะนี้ลูกนกจะต้องมีฮอร์โมนชนิดดังกล่าวเรียบร้อยแล้ว ดังนั้นการที่เราจะใช้แสงไปกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าผลิตฮอร์โมนมากขึ้น เพื่อที่จะไปกระตุ้นให้รังไข่เจริญเติบโตดีขึ้นนั้น ก็ควรจะเพิ่มแสงตั้งแต่ระยะลูกนกฟักออกมาเป็นตัว ไปจนถึงระยะที่นกมีรังไข่โตเต็มที่พร้อมที่จะออกไข่ อย่างไรก็ตาม วรรณพร ผูกเกษตร และคณะ (2524) ได้รายงานว่า แสงสว่างจะมีอิทธิพลต่อน้ำหนักรังไข่ในช่วงอายุ 4 - 24 สัปดาห์ สำหรับผลการวิจัยครั้งนี้ซึ่งได้พบว่า นกกลุ่มที่ได้รับแสงสว่างต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง จะออกไข่สูงสุดเมื่ออายุได้ 11 สัปดาห์นั้น ใคร่ขอเสนอแนะว่า สำหรับเกษตรกรที่ประสงค์จะเพิ่มผลผลิตการออกไข่ของนกกระทาควรจะให้แสงสว่างต่อเนื่องกัน 24 ชั่วโมง ตั้งแต่แรกเกิดไปจนถึงระยะนกมีอายุครบ 11 สัปดาห์ ก็ควรจะเพียงพอแล้ว หลังจากนั้นก็เลี้ยงในสภาพแสงปกติได้เพราะเหตุว่ารังไข่ของนกได้ถูกกระตุ้นให้โตเต็มที่เรียบร้อยแล้ว นกก็จะไข่ไปเรื่อย ๆ ขณะที่ปัจจัยอื่น ๆ เช่น น้ำ อาหาร มีอย่างเพียงพอ

คำขอบคุณ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น โครงการวิจัยที่ วท.2/2523 ขอขอบคุณอาจารย์อมรา วินิจสานนัท์ ที่อนุเคราะห์ให้ยืมกรงเลี้ยงนกกระทา ขอบคุณอาจารย์รังสรรค์ เนียมสนิท ที่

ช่วยวิเคราะห์ตัวเลขในทางสถิติให้ ขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เจ้าของสถานที่ที่ใช้เลี้ยงนกกระทา และที่จะลืมขอบคุณไม่ได้ก็คือ อาจารย์โรจน์ชัย ศัตรวาหา ที่ช่วยกรุณาแนะนำและขัดเกลารายงานการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กนก ผลารักษ์ และคณะ 2521. รายงานประจำปี 2520 - 2521 งานวิจัยการเลี้ยงห่านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จรัญ จันทลักขณา 2523 สถิติวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิชย์ กรุงเทพมหานคร

นรินทร์ ทองวิทยา 2524 "การศึกษาระยะเวลาในการออกไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น" รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 : 57

นรินทร์ ทองวิทยา และสมพงษ์ ศรีสะอาด 2524 "ปริมาณอาหารที่ต้องการสำหรับนกกระทาญี่ปุ่น 2" รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 : 47

เยาวมาลย์ ค้าเจริญ กนก ผลารักษ์ สาโรช ค้าเจริญ ณรงค์ กิจพาณิชย์ สุรชัย จุระเสถียร สุวิทย์ ธีรพันธุวัฒน์ พรรณศรี สากิยะและสนอง เทียบศรี 2521. "การศึกษาการเลี้ยงนกกระทาเป็นสัตว์เศรษฐกิจในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1 การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการเลี้ยงนกกระทา" รายงานผลการวิจัยโครงการวิจัยที่ ก6/02/21 มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วรรณพร ผูกเกษตร สุวรรณ เกษตรสุวรรณ และรัตนา โชติสังกาศ 2524 "อิทธิพลของแสงสว่างต่อการเจริญเติบโตการไข่ลักษณะบางประการทางการสืบพันธุ์ และค่าโลหิตวิทยาของนกกระทาญี่ปุ่น" รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 19 : 63-64.

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ สุขุม อุตะเดช กระจ่าง วิสุทธารมย์ และสุภาพร อิสระโยดม 2518 "รายงานเบื้องต้นของการศึกษาเพื่อปรับปรุงปริมาณไข่กับขนาดของไข่ของนกกระทาญี่ปุ่น 1. การเจริญเติบโตและการไข่" รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 15 : 157-164

สุวรรณ เกษตรสุวรรณ 2519. นกกระทา โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร

Beck, S.D. 1963. Animal Photoperiodism. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.

Benoit, J. 1950. Trait' deZoologic, edited by P.P. Grasse'. Tome XV : Oiseaux, p. 459 Masson & Co., Paris.

Bissonnette, T.H. 1936. " Sexural Photoperiodicity" Quart. Rev. Biol.11 (4) : 371-386.

Borisov, V.A. 1958. "Egg production throughout the year by geese" Animal Breeding Abstract 26 : 323-324.

_____ 1966. "Early sexual maturity and egg production of geese." Ibid 35 : 504.

Cooper, J.B. and B.D. Barnett. 1977. "Photoperiod study with chicken hens." Poultry Sci 56 : 1832-1835.

Kinney, T., R.E. Burger and R.N. Shoffner. 1959. "Response of Embden goose to light." Ibid 38 : 1469-1470.

Kopylov, V.S. 1957. "The effect of light and temperature on the production of geese." Animal Breeding Abstract 27 : 241.

Lanson, R,K. and P.D. Sturkie. 1961. "The influence of light and darkness upon the reproductive performance of the fowl." Poultry Sci 40 : 1751.

Luhmann, M. 1968. "On the influence of supplementary lighting on laying performance in geese." Ibid 37 : 309-310.

Quisenberry, J. 1963. "Light control for growing pullets and laying hens." Compilation of publications appearing in Poultry Science and British Poultry Science 1959 to date. Mimeographed material from Texas A & M College.

Romanoff, A.L., and A.J. Romanoff 1949. The Avian Egg. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Sach, B.D., 1967. "Photoperiodic Control of the cloacal gland of the Japanese quail." Science 157 : 201-203.

Sturkie, P.D. 1965. Avian Physiology 2nd ed. Comstock Publishing Associates. A division of Cornell University Press. Ithaca, New York.

Tanaka, K., F.B. Mather, and W.D. Wilson 1965. "Effect of photoperiods on early growth of gonads and on potency of gonadotropins of the anterior pituitary in coturnix." Poultry Sci 44 : 662-665.

Van Tienhoven, A. 1961 a Endocrinology of reproduction in birds. Chapter 28, Vol, II, Sex and Internal Secretions, William C. Young, Williams & Wilkins Company, Baltimore.

Wilson, W.D. and H. Abplanalp. 1956. "Intermittent light stimuli in egg production of chickens." Poultry Sci. 35 : 532-538.

Wilson, W.D. and A.E. Woodard. 1958. "Egg production of chickens kept in darkness." Ibid 37 : 1054-1057.

Wilson, W.D., H. Abplanalp and L. Arrington. 1962. "Sexual development of coturnix as affected by changes inphotoperiods." Ibid 41 : 17-22.

Wunder, P.A. and A.M. Krasnova. 1955. "The effect of the light regime on the egg production of geese." Animal Breeding Abstract 25 : 307.

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ ๑๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค. - มี.ค. ๒๕๒๕

เกร็ดความรู้

แมลงสาบและการกำจัด*

ดาเรศ แสงวิมลรุ่งเรือง**

ในบ้านเรือนของเราตั้งแต่ห้องนอนจนถึงครัว เราจะเห็นแมลงสาบกันอยู่เสมอซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญแก่เรามาก ไม่เฉพาะแต่ในเมืองไทยเท่านั้นที่มีแมลงสาบชุกชุม แมลงสาบเข้ามารุกรานชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ทั่วทุกหนทุกแห่งในโลก ในประเทศสหรัฐอเมริกา อังกฤษ เยอรมนี ฟินแลนด์ ฯลฯ ต่างก็ประสบกับภัยรุกรานจากแมลงสาบด้วยกันทั้งสิ้น แมลงสาบมีความเป็นมาอย่างไรและมีอันตรายต่อมนุษย์อย่างไร เราจะได้ศึกษาถึงเรื่องราวของแมลงสาบ ตลอดจนวิธีกวาดล้างศัตรูร้ายกาจนี้

แมลงสาบ เป็นสัตว์อยู่ชั้น อินเสคต้า (Class Insecta), อันดับ ออร์ทอพเตร่า (Order Orthoptera), วงศ์ แบลตติดี้ (Family Blattidae) วิวัฒนาการของแมลงสาบ มีมาตั้งแต่ยุคคาร์โบนิเฟอรัส (Carboniferous) ประมาณ 250 ล้านปีมาแล้ว แมลงสาบเป็นแมลงที่อายุยืนกว่าแมลงชนิดอื่น ๆ ขยายพันธุ์ได้รวดเร็วและสามารถปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี พบมากในประเทศเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทยของเราก็มีแมลงสาบมากที่สุดประเทศหนึ่ง

จากการรวบรวมของนักกีฏวิทยาพบว่า มีแมลงสาบอยู่ในโลกประมาณ 3,500 ชนิด และที่พบมากอยู่ตามบ้านเรือนทั่ว ๆ ไปมีอยู่ 3 ชนิด คือ

1. แมลงสาบอเมริกัน (American cockroach, Periplaneta americana L.) ลักษณะโดยทั่วไป มีขนาดใหญ่ ลำตัวยาว ตัวสีน้ำตาลแดง ปีกยาวแข็งแรง บินได้รวดเร็ว แมลงสาบอเมริกันตัวเมีย 1 ตัว วางไข่ได้เกือบ 1,000 ฟอง มันมีอายุยืนมาก วงจรชีวิตของมันประมาณ 1 - 3 ปี แมลงสาบอเมริกันส่วนใหญ่พบโดยทั่วไปในประเทศไทย

2. แมลงสาบเยอรมัน (German cockroach, Blattella germanica L.) ลักษณะโดยทั่วไป ลำตัวมีสีน้ำตาลอ่อนปนเหลือง ขนาดลำตัวค่อนข้างเล็ก มีแถบสีดำพาดผ่านอก หนวดยาวกว่าลำตัว บินเก่ง วงจรชีวิตของมันประมาณ 2 เดือน - 1 ปี แมลงสาบเยอรมันสามารถแพร่และขยายพันธุ์ได้รวดเร็วมาก มีรายงานกล่าวว่าตัวเมียตัวหนึ่งวางไข่ได้ถึง 30,000 ฟอง ต่อ 1 ปี ประเทศสหรัฐอเมริกามีแมลงสาบเยอรมันอยู่ทั่ว ๆ ไป ปัจจุบันแมลงสาบเยอรมันสามารถสร้างความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงได้หลายชนิด

3. แมลงสาบโอเรนตัล (Oriental cockroach, Blatta orientalis L.) ลักษณะโดย

---

* อภินันทนาการจากกองสนเทศวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

**บรรณารักษ์ 3 กองสนเทศวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ทั่วไป มีสีเข้มกว่าแมลงสาบเยอรมันและมีลำตัวยาวกว่า มีปีกสั้น บินไม่ได้ วงจรชีวิตของมันประมาณ 1 - 2 ปี วางไข่ได้น้อยกว่าแมลงสาบเยอรมัน ในประเทศอังกฤษมีแมลงสาบชนิดนี้มาก

แมลงสาบมีการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ ระยะไข่ (egg), ตัวอ่อน (nymph) และตัวแก่ (adult) ตัวเมียจะวางไข่เป็นฝักไข่ ในฝักไข่จะมีไข่เรียงอยู่ภายในเป็น 2 แถว ลักษณะของฝักไข่ของแมลงสาบแต่ละชนิดจะไม่เหมือนกัน ตัวอ่อนจะฟักตัวออกจากฝักไข่ทางแนวตะเข็บด้านบนของฝักไข่ ตัวอ่อนที่ออกมาระยะแรกจะมีสีขาวครีม ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนตัวแก่แต่ไม่มีปีก มีการเจริญเติบโตทีละขั้นโดยการลอกคราบ เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตใกล้จะสู่ระยะตัวแก่จะมีตุ่มปีกเกิดขึ้น พอลอกคราบครั้งสุดท้ายจะเป็นตัวแก่

แมลงสาบเป็นศัตรูตัวสำคัญของมนุษย์ เรามักจะพบแมลงสาบเพ่นพ่านอยู่ทั่วไปตามอาคารบ้านเรือน ภัตตาคาร ร้านค้า โรงแรม โรงภาพยนตร์ ตลอดจนโกดังเก็บสินค้า เรือสินค้า และสถานที่อื่น ๆ โดยมันอาศัยกัดกินและทำลายข้าวของให้เสียหาย กัดกินอาหารและยังปล่อยกลิ่น และสิ่งขับถ่ายลงในอาหาร แมลงสาบสามารถกินอาหารได้ทุกชนิด แต่อาหารที่มันชอบมากคือ อาหารพวกแป้ง นอกจากนั้นมันยังกัดกินกระดาษ หนังสือ เสื้อผ้า ขนสัตว์และสิ่งอื่น ๆ อีกด้วย นับว่ามันได้สร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจให้กับเรามากพอควรทีเดียว นอกจากนั้นแล้ว มันยังเป็นพาหะนำโรคหลายชนิดมาสู่คนและสัตว์เลี้ยง ได้แก่ โรคทางเดินอาหารที่มาจากเชื้อแบคทีเรีย เช่น กาฬโรค ไข้รากสาดใหญ่ อหิวาตกโรค โรคพวกไวรัส เช่น โรคเรื้อน โรคตับอักเสบ และในปัจจุบันยังได้พบอีกว่าแมลงสาบบางชนิดยังขับถ่ายสารที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งอีกด้วย

การรักษาความสะอาดเป็นสิ่งสำคัญในการควบคุมแมลงสาบ ควรจัดเก็บอาหารให้มิดชิด เก็บรวบรวมและกำจัดขยะมูลฝอยให้ถูกสุขลักษณะ

ในปัจจุบันมนุษย์พยายามหาวิธีการต่าง ๆ เพื่อกำจัดแมลงสาบ เช่นการฉีดยาฆ่าแมลงต่างๆ เช่น ไบกอน ไพเรทริน คลอเดน ไดอาซินอน ฯลฯ การฉีดยาฆ่าแมลงนี้มีผลตามมาคือ แมลงเหล่านี้ได้ปรับตัวให้มีความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงทีละเล็กทีละน้อย ทำให้มนุษย์ต้องเพิ่มขนาดของยาฆ่าแมลงมากขึ้นตามลำดับ หรือต้องเปลี่ยนชนิดของยาฆ่าแมลง นอกจากนั้นวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้กันได้แก่ การใช้กับดักแมลงสาบ การรมด้วยโซเดียมไซยาไนด์ในห้องที่ปิดมิดชิด และการใช้ยาเบื่อที่เป็นพิษต่อแมลงสาบ

สูตรยากำจัดแมลงสาบมีอยู่หลายสูตร บางสูตรได้มาจากเอกสารสิทธิบัตรของประเทศญี่ปุ่น และเบลเยี่ยม ซึ่งมีอยู่ในห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์บริการ แต่ละสูตรประกอบด้วยส่วนผสมของกรดบอริคกับอาหารพวกแป้ง กรดบอริค มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว ละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์และกลีเซอรีน มีพิษต่อสิ่งมีชีวิต อาหารพวกแป้งเป็นอาหารที่แมลงสาบชอบเป็นพิเศษ สูตรเหล่านี้เป็นสูตรค่อนข้างง่าย ใช้ส่วนผสมไม่กี่ชนิด และมีราคาถูก สามารถนำไปใช้ได้ทั้งในอาคารบ้านเรือนตลอดจนโกดังเก็บสินค้าถ้าคุณผู้อ่านสนใจรายละเอียดเกี่ยวกับสูตรยากำจัดแมลงสาบเหล่านี้ ศูนย์สนเทศสิทธิบัตร กรมวิทยาศาสตร์บริการ ยินดีบริการจัดหาเอกสารให้ได้

คอลภูมิ

คอลัมน์นี้จะจัดเป็นประจำในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. จุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านได้ทดลองใช้ภูมิปัญญาในการตีความหมายของประโยคปริศนา และหาคำตอบที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคำถามที่สุด นอกจากนี้จำนวนอักษรในคำตอบจะต้องเท่ากับจำนวนช่องที่กำหนดไว้ด้วย ผู้ที่ตอบปัญหาได้ถูกต้องและส่งไปถึงบรรณาธิการเป็นคนแรก จะได้รับรางวัลตอบแทนพร้อมทั้งได้รับการลงชื่อเพื่อประกาศความสามารถในเล่มถัดไป

แถวนอน (1) นี่คุณ อย่ากินทิ้งกินขว้างสิ นึกถึงเด็กตามชนบทที่เป็นโรคขาดอาหารกลุ่มนี้บ้าง

(2) อะไรเอ่ยอยู่ในอากาศ ถ้าเราขาดก็จะต้องตาย

(3) สารอะไรมีมากมายตามชายหาด

(4) เอาเจ้านี่มาทำผีกระสือหลอกคนขี้กลัวกันไหม

1 P R O T E I N S

2 O X Y G E N

3 S I L I C A

4 P H O S P H O R U S

เฉลยปัญหาฉบับที่แล้ว

แถวตั้ง สารพวก amphipathic molecule ซึ่งใช้ในชีวิตประจำวัน

ผู้ที่ชนะเลิศ คือ อาจารย์ชุมนุมพร แอคะรัจน์ ภาควิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษาวิทยาเขตเกษตรกาฬสินธุ์ จ.กาฬสินธุ์

ปัญหาประจำฉบับ

แถวนอน (1) ถ้าคุณเป็นโรคกระเพาะก็ไม่ควรกินยาแก้ปวดหัวตัวนี้

(2) อนุภาคอะไรน๊ะที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น

(3) คุนายคนนี้สิ มองเห็นแต่ฟันสีขาวเท่านั้นเอง

(4) หนูอย่าหัดสูบบุหรี่เลย เดี๋ยวจะติดอย่างน้าหรอก

แถวตั้ง ก๊าซชนิดนี้เฉื่อยจริง ๆ ด้วย

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร
"วิทยาศาสตร์ มข."

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสาร หรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าว วิชาการย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทยศัพท์ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน

4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อและแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุป และวิจารณ์

5. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย

6. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกสีดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

7. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น

8. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว 8 × 11 นิ้ว (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่ : กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

การอ้างถึงเอกสารอ้างอิงในบทความอาจทำได้ 2 แบบ ตามความนิยม คือ

I) ใส่หมายเลขเอกสารอ้างอิงไว้ในเครื่องหมายวงเล็บเช่น "จากผลงานวิจัย ของ G.A. Somorjai (1)....."

II) ใส่ชื่อผู้แต่งของเอกสารนั้นพร้อมทั้งปีที่พิมพ์ไว้ในเครื่องหมายวงเล็บเช่น "ต่อจากนั้นก็นำสไลด์ไปย้อมในสารย้อมสี Giemasa ซึ่งมี pH ประมาณ 7 (Arrighi and Hsu, 1971)....."

การจัดเรียงรายชื่อเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายของบทความจึงอาจจัดได้ 2 แบบ คือเรียงตามลำดับหมายเลข หรือเรียงตามลำดับตัวอักษร ถ้าเรียงตามลำดับตัวอักษรให้เรียงรายชื่อผู้แต่งภาษาไทยก่อนแล้วจึงเรียงลำดับผู้แต่งที่เป็นภาษาอังกฤษ ชื่อผู้แต่งภาษาไทยให้ขึ้นต้นด้วยชื่อตัวก่อนชื่อสกุล ชื่อผู้แต่งภาษาอังกฤษให้เรียงชื่อสกุลก่อนชื่อตัว ในการอ้างถึงเอกสารอ้างอิงแต่ละชิ้นไม่ว่าจะเป็นแบบเรียงตามหมายเลขหรือเรียงตามลำดับตัวอักษรควรปฏิบัติตามหลักเกณฑ์ต่อไปนี้

1) เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือควรใส่ชื่อผู้แต่ง, ชื่อหนังสือ พร้อมทั้งขีดเส้นใต้ชื่อหนังสือ, ชื่อสำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์ ครั้งที่พิมพ์, ปีที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บ, และหน้าที่ใช้อ้างอิง เช่น

จารุพันธ์ ทองแถม ม.ล. <u>เฟิร์น : การปลูกเลี้ยงและการใช้ประโยชน์</u>, โรงพิมพ์ชวนชื่น, กรุงเทพฯ, พิมพ์ครั้งที่ 1 (2523) หน้า 7 - 45.

Vogel, A.I., <u>A Text Book of Quantitative Inorganic Analysis</u>, Longmans, Green and Co. Ltd., London, 3rd edition (1961), Page 61-65.

2) เอกสารอ้างอิงที่มาจากหนังสือที่มีบรรณาธิการ ให้อ้างชื่อผู้แต่ง, ชื่อหนังสือพร้อมทั้งขีดเส้นใต้, ชื่อบรรณาธิการ, ชื่อสำนักพิมพ์, เมืองที่พิมพ์ ครั้งที่พิมพ์ ปีที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บและหน้าที่ใช้อ้างอิง เช่น

Emsley, J., in <u>The Charackrization of Metal Surfaces</u>, Gregory, J.M., and Dawson B. E., eds., Academic Press, New York, 1st edition(1975), Page 275-302.

3) เอกสารอ้างอิงที่มาจากวารสารให้อ้างชื่อผู้แต่ง, ชื่อหัวข้อเรื่องในเครื่องหมายอัญญประกาศ, ชื่อวารสารพร้อมทั้งขีดเส้นใต้, หมายเลขปีที่ (volume number) หมายเลขเล่มที่ (issue number) ในเครื่องหมายวงเล็บ, หน้าที่ใช้อ้างอิงและปีที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บ เช่น

โชติ จิตรังษี, "การติดต่อสื่อสารด้วยสารเคมีในแมลง", <u>วิทยาศาสตร์ มข.</u>8(2), 1-12 (2523)

ในบางกรณีอาจไม่จำเป็นต้องเอ่ยถึงชื่อหัวข้อเรื่องก็ได้ เช่น

Zajone, R.B., <u>Science</u> 192 (4236), 227-235 (1976).

4) วิทยานิพนธ์ ให้อ้างชื่อผู้เขียน, หัวข้อวิทยานิพนธ์พร้อมทั้งขีดเส้นใต้, ชื่อมหาวิทยาลัย, ชื่อเมือง, และปีที่พิมพ์เช่น

Philip, O.C., Ph.D. Thesis, The Influence of Ovid-on Lucan's Bellum Civile, University of Chicago, Chicago, (1962).

อนึ่งในกรณีที่อ้างถึงชื่อผู้แต่งและชื่อปีที่พิมพ์ในบทความ อาจย้ายตำแหน่งของปีที่พิมพ์จากท้ายสุดมาไว้หลังชื่อผู้แต่ง เช่น

จารุพันธ์ ทองแถม ม.ล., 2523 เฟิร์น : การปลูกเลี้ยงและการใช้ประโยชน์, โรงพิมพ์ชวนชื่น, กรุงเทพฯ พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 7-45

Zajone, R.B., 1976, Science, 192 (4236), 222-235.

สิทธิ์ของกองบรรณาธิการ

1) กองบรรณาธิการจะพิจารณาคัดเลือกและแก้ไขเรื่องหรือบทความใด ๆ เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ และมาตรฐานของวารสาร

2) กองบรรณาธิการจะไม่ส่งต้นฉบับคืน

วัยนั้นสำคัญยิ่ง

ขณะที่นักการเมืองยิ่งอายุมากยิ่งมีชื่อเสียง ตรงข้ามกับนักวิทยาศาสตร์ที่ยิ่งอายุเยาว์ยิ่งปราชญ์เปรื่อง ด้วยเหตุนี้ เลฟ ลานเดา นักทฤษฎีฟิสิกส์ ผู้มีชื่อเสียงไปพบนักวิจัยคนหนึ่งจึงถามว่า

" คุณอายุเท่าไหร่แล้ว "

" ยี่สิบแปดครับ " ชายหนุ่มตอบ

" อะไรกัน อายุน้อยจนป่านนี้ ยังไม่มีชื่อเสียงอีก "

□ สมาชิกใหม่

ใบสมัครเป็นสมาชิก "วิทยาศาสตร์ มข."

□ ต่ออายุ

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า.....

ที่ทำงาน.....

ที่อยู่.....

มีความประสงค์จะรับวารสาร"วิทยาศาสตร์ มข." ตั้งแต่ฉบับที่.....ปีที่.....

จนถึงฉบับที่.....ปีที่.....รวม.....ฉบับ พร้อมนี้ได้ส่งเงิน

จำนวน.....บาท มาทาง.....

ลายเซ็น.....**ผู้สมัคร**

(วารสารวิทยาศาสตร์ มข. พิมพ์ปีละ 4 ฉบับ ค่าบำรุงปีละ 30 บาท ขายปลีกเล่มละ 8 บาท)

หมายเหตุ ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ฝ่ายผลิตเอกสาร สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นายเฉลิม คิดชัย ผู้พิมพ์และโฆษณา

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร. 236141 (ข้างทันตแพทย์ "อิน")