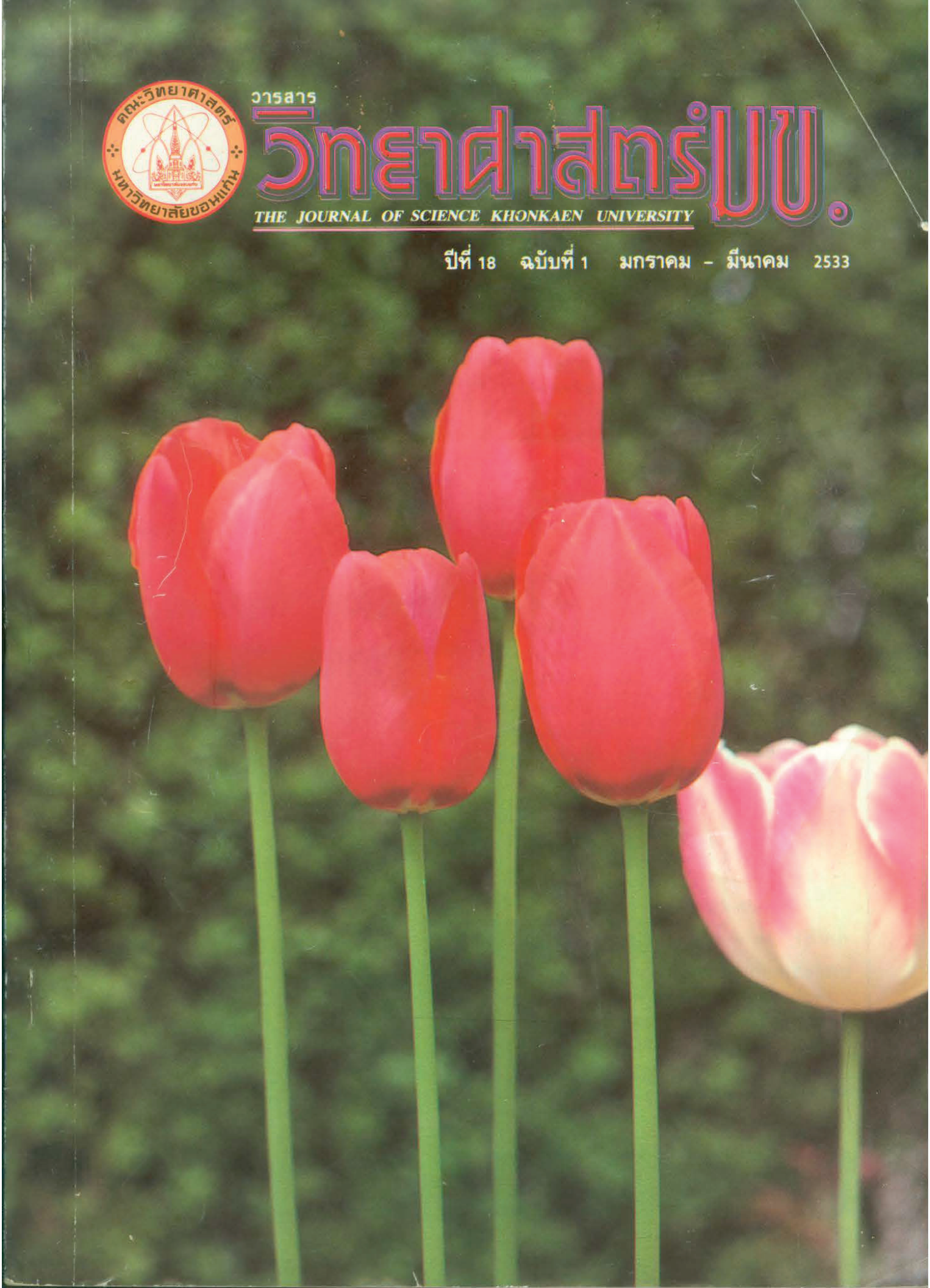
วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2533



ISSN 0125-2364

วารสาร วิทยาศาสตร์ขข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

ตึก 6 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ขายปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

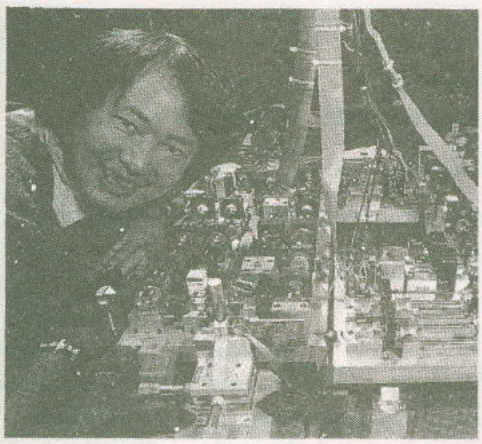
บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

สารบัญ

ISSN 0125-2364

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

สารบัญ ปีที่ 18 ฉบับที่ 1



ISSN 0125-2284

วิทยาศาสตร์ขอนแก่น

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand.

Office

Faculty of Science Library, Building 6, Khon Kaen University.

Objectives

1. To promote and propagate knowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume
Issue no. 1 January - March
Issue no. 2 April - June
Issue no. 3 July - September
Issue no. 4 October - December

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the free paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Boonkoom Lualon, Managing Committee, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

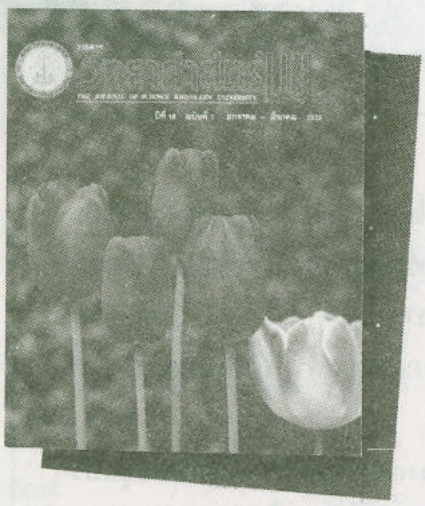
บรรณาธิการแถลง

กาลเวลาผ่านไป ขณะที่กงล้อแห่งวิทยาการก็หมุนตามไปอย่างไม่ยอมหยุดนิ่ง วิทยาสาร มข. พยายามที่จะนำเสนอบทความที่เป็นสาระประโยชน์ต่อท่านผู้อ่านในหลายสาขา กองบรรณาธิการขอขอบพระคุณท่านสมาชิกทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความสนใจและกำลังใจแก่ผู้จัดทำ พวกเรายินดีรับคำติชม และพร้อมที่จะปรับปรุงเสมอ โดยถือคติที่ว่า ผู้ที่ไม่ได้ทำผิด คือผู้ที่ไม่ได้ทำอะไรเลย

ในฉบับที่ 1 ปีที่ 18 นี้ ท่านผู้อ่านซึ่งคงจะรู้จักทองแดง โลหะสำคัญกันดีอยู่แล้ว จะได้รู้จักกับสารประกอบเชิงซ้อนต่าง ๆ ของทองแดงมากขึ้นใน **ว่าด้วยเรื่องรูปทรงของสารประกอบทองแดง** เช่นเดียวกับความเข้าใจที่ว่าอะไรเป็นสาเหตุการเกิด**สารพิษอะฟลาท็อกซินในถั่วลิสง** และการแก้ไข นักปรัชญาหลายท่านจะได้สัมผัสกับแนวคิดเกี่ยวกับ**อภิปรัชญาฟิสิกส์-เอกภพทัศนะใหม่** ซึ่งเผลอ ๆ ก็อาจจะเป็นแนวคิดร่วมตรงกับของท่านอยู่แล้วก็ได้ เหล่านี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งในฉบับ เป็นที่น่าเสียดายว่า น.ส.TINA ต้องอำลาพวกเราไปศึกษาต่อ แต่กรุงศรีอยุธยาไม่สิ้นคนมีฝีมือฉันใด วิทยาสารของเราก็ได้คุณ "ช็อกโกแลต" ผู้มีวิทยายุทธเข้ามารับผิดชอบ **คอลัมน์นี้มีรางวัล**แทน และที่ขาดไม่ได้คือ **แฟ้มวิทยาศาสตร์** กับ **เกร็ดความรู้** ประจำฉบับของเรา อย่าลืมพลิกไปเยี่ยมดูนะคะ

จารุมาลย์ จิตรังษี

๏ คำบรรยายภาพปกหน้าและปกหลัง ๏



"ปกหน้า"

ทิวลิป (Tulip) เป็นไม้ล้มลุกเมืองหนาว มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Tulipa hybrida** จัดอยู่ในวงศ์ Liliaceae มีลำต้นใต้ดินเรียกว่า bulb ใบเป็นใบเดี่ยว รูปหอก ดอกเป็นดอกเดี่ยวที่มีก้านดอกยาว มีหลายสี เช่น ขาว, ครีม, ชมพู, แดง, เหลือง, ม่วง–น้ำเงิน ออกดอกในฤดูใบไม้ผลิ (spring) ประเทศที่ปลูกเป็นสินค้าออกคือ ฮอลแลนด์

ภาพ : อ.ประนอม จันทรโณทัย
บรรยายภาพ : อ.รัชนี ฉวีราช

ตั๊กแตน เป็นชื่อเรียกแมลงหลายชนิดหลายวงศ์ ลำตัวยาว มีขนาดต่าง ๆ กัน อาจมีปีกหรือไม่มีปีกก็ได้ พวกที่มีปีกจะมี 2 คู่ ปีกคู่แรกค่อนข้างหนา แคบยาว และมีเส้นปีกชัดเจน ปีกหลังบางและกว้างใหญ่กว่า พับได้ แบบพัดเข้าไปอยู่ใต้ปีกคู่หน้าเมื่อเวลาเกาะนิ่งอยู่กับที่ ปากเป็นชนิดกัดกิน สันหลังอกอาจกว้างใหญ่หรือแคบยาว หรือสั้นก็ได้ ขาอาจจะเหมือนกันหมดหรือมีขาหน้าใหญ่หรือขาหลังใหญ่ได้ ส่วนใหญ่กินพืชเป็นอาหาร มีหลายชนิดเป็นศัตรูสำคัญของพืชเศรษฐกิจ เช่น ตั๊กแตนปาทังก้า ตั๊กแตนผีทำลายมะพร้าว กล้วย สน และพืชอื่น ๆ บางชนิดเป็นศัตรูในบ้านเรือน แต่บางชนิดมีประโยชน์เช่น ตั๊กแตนตำข้าว ซึ่งช่วยในการทำลายแมลงอื่น ๆ

ตั๊กแตนอยู่ในอันดับ ออร์ทอบเทรา (Order Orthoptera) ชั้นเฮกซาโปดา (Class Hexapoda) และไฟลัมอาร์โทรโปดา (Phylum Arthropoda)

ปกหลัง : ภาพ : อ.ประนอม จันทรโณทัย
บรรยาย : ดร.ณัฐวุฒิ ธานี

ว.วิทย.มข. 18(1) : 1 – 3 (2533)

กองบรรณาธิการ

ญี่ปุ่นไปดวงจันทร์

เมื่อเดือนมกราคมที่ผ่านมานี้ ญี่ปุ่นได้ส่งจรวดขึ้นสู่อวกาศ เพื่อปล่อยยานสำรวจ Muses-A เข้าสู่วงโคจรของดวงจันทร์ ในอดีตกาลที่ผ่านมามีเพียงสองประเทศมหาอำนาจ คือ สหรัฐอเมริกาและรัสเซียเท่านั้น ที่ประสบความสำเร็จในการส่งยานลงดวงจันทร์ หากญี่ปุ่นทำได้ตามแผนที่วางไว้ในครั้งนี้ ญี่ปุ่นก็จะเป็นประเทศที่สามในประวัติศาสตร์ ที่ไปถึงเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุดของโลก

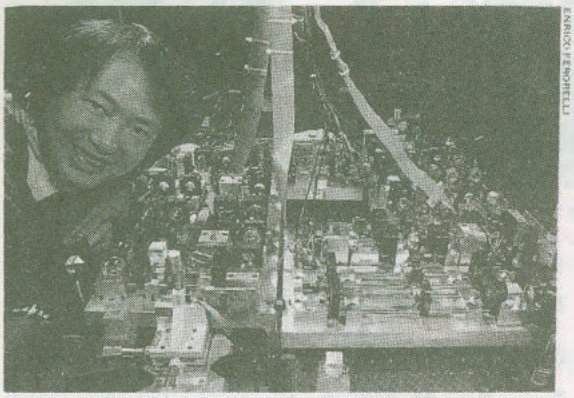
TIME, FEBRUARY 5,1990

คอมพิวเตอร์ระบบควบคุมการทำงานด้วยแสง (ความฝันอันเรืองรอง)

เรา ๆ ท่าน ๆ รู้กันดีอยู่แล้วว่า คอมพิวเตอร์ที่ใช้ ๆ กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ไม่ว่าจะใหญ่หรือเล็กก็ล้วนแล้วแต่ มีระบบควบคุมการทำงานที่มีอิเล็กตรอนเป็นตัวถ่ายทอดสัญญาณ นอกจากนี้เรายังอาจจะได้ยินคำว่าซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ นั่นก็คือ คอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการส่งสัญญาณรวดเร็วยิ่งขึ้น เหนือฟ้ายังมีฟ้า คำโบราณว่าท่าจะจริง เพราะขณะนี้คอมพิวเตอร์ระบบควบคุมการทำงานด้วยแสง ได้ถูกพัฒนาขึ้นแล้ว ลองคิดดูแสงเคลื่อนที่เร็วกว่าอิเล็กตรอนถึงสิบเท่า และเคลื่อนได้ใน free space ส่วนอิเล็กตรอนต้องเคลื่อนที่ในลวดตัวนำ ในขณะที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ก็จะมีการชนกับอิเล็กตรอนตัวอื่น ๆ แต่สำหรับแสงไม่มีมวลไม่มีประจุ ลำของแสงจึงเคลื่อนที่ตัดผ่านกันได้ โดยไม่มีการแทรกสอดว่ากันไปแล้วงานวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ระบบควบคุมการทำงานด้วยแสงได้เริ่มมาตั้งแต่ราว ๆ พ.ศ.2503 ล้มลุกคลุกคลานมาเรื่อย และมาประสบผลเบื้องต้น เมื่อปลายปี พ.ศ.2532 โดยรูปร่างหน้าตายังดูไม่ได้ แถมยังทำงานได้แค่นับเลขง่าย ๆ แต่อย่าพึ่งดูถูก เพราะผู้ประดิษฐ์คิดค้น คือ คุณ Alan Huang และพรรคพวก แห่ง AT & T Bell Laboratories ยืนยันว่า บริษัทผลิตคอมพิวเตอร์จะหันมาใช้แผงวงจรควบคุมโดยแสงมากขึ้นแน่ ๆ ส่วนการผลิตคอมพิวเตอร์ระบบควบคุมการทำงานด้วยแสง เพื่อออกสู่ท้องตลาด ในเชิงการค้านั้นมีผู้คาดการณ์ว่าน่าจะเป็นไปได้ในปี พ.ศ.2543 ก็อีก 10 ปีข้างหน้า หรือไม่ก็ในปี พ.ศ.อนันต์ คือ ชั่วกัปชั่วกัลป์ ก็ทำไม่ได้ แต่อย่าพึ่งตกใจว่าจะไม่ได้ใช้ เพราะขณะนี้ 13 บริษัทยักษ์ใหญ่ ของญี่ปุ่น (เจ้าเก่า) เช่น Mitsubishi, Nippon Electric เป็นต้น ได้ตั้งโครงการระยะยาว 10 ปี สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ ลองญี่ปุ่นได้ทุ่มเทเช่นนี้แล้ว คุณ

Huang และพวกมั่นใจได้เลยว่างานที่คุณทำอยู่นี้ไม่ได้เป็นเรื่องล้อชาวบ้านเล่นแน่ ๆ

TIME, FEBRUARY 12, 1990



Huang กับงานประดิษฐ์ที่ท้าทายของเขา

รางวัลโนเบลสาขาเคมี ปี 1989

ช่วงเวลาที่ผ่านมานักชีววิทยาทราบกันว่าภายในเซลล์ของสิ่งที่มีชีวิตจะมีการแบ่งหน้าที่กันอย่างชัดเจน นั่นคือ กรดนิวคลิอิค DNA และ RNA จะเป็นแหล่งสะสมข้อมูลทางพันธุกรรม ส่วนเอ็นไซม์ซึ่งเป็นโปรตีนอย่างหนึ่งจะเป็นผู้ทำงานทั้งหมด

แต่ในรอบทศวรรษที่ผ่านมานี้ Sidney Altman แห่งมหาวิทยาลัยเยล และ Thomas Cech แห่งมหาวิทยาลัยโคโลราโด ได้เปลี่ยนความคิดของนักวิทยาศาสตร์เก่า ๆ โดยสิ้นเชิงไม่เพียงแต่ความคิดที่ว่าเซลล์ทำหน้าที่อย่างไร แต่รวมทั้งชีวิตในโลกนี้เริ่มต้นอย่างไรด้วย

เป็นการบังเอิญอย่างยิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านต่างทำงานของตนแต่ได้ผลมาพ้องกัน ทั้ง Altman และ Cech พบว่า RNA สามารถทำหน้าที่เป็นเอ็นไซม์ชนิดหนึ่งด้วย ซึ่งสามารถเร่งปฏิกิริยาเคมีเป็นล้าน ๆ เท่า และทำให้ชีวิตสามารถดำรงอยู่ได้ ซึ่งก่อนจะพบเอ็นไซม์นี้ เชื่อกันว่าเอ็นไซม์ทั้งหมดต้องเป็นโปรตีน นอกจากนี้ Cech ยังค้นพบว่า RNA สามารถสร้างแบบตัวเองได้ แสดงว่าสิ่งมีชีวิตเริ่มแรกอาจไม่จำเป็นต้องขึ้นอยู่กับ DNA ทั้งหมดซึ่งเดิมถือกันว่า DNA เป็นแม่แบบหลักของการถ่ายทอดทางพันธุกรรมในพืชสัตว์และแบคทีเรีย

"ปัจจุบันเราทราบว่า RNA สามารถทำหน้าที่ได้ทั้งเป็นตัวถ่ายทอดทางพันธุกรรม และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา และดูเหมือนว่าเป็นไปได้ที่มันจะเป็นโมเลกุลที่เป็นกุญแจไขไปสู่กำเนิดของชีวิต"

ทั้ง Altman และ Cech ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมีประจำปี 1989

1 ใน 100 ประดิษฐกรรมยอดเยี่ยม แห่งปี 1989

ภาพที่เห็นทางด้านซ้ายมือของผู้อ่าน เป็นภาพแสดงลักษณะโครงสร้างอะตอมของผิวกราไฟท์ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใหม่ที่เรียกว่า "Atomic Force Microscope (AFM)" สร้างโดย กลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัยคาลิฟอเนีย เมืองซานตา บาร์บารา นำทีมโดย Paul Hansma

AFM เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่มีหลักการคล้ายกับ "Scanning Tunneling Microscope (STM)" ต่างกันเพียงว่า AFM ใช้ผลของแรงระหว่างอะตอม (interatomic force) ระหว่างหัวบันทึกกับผิวของสารที่จะตรวจสอบ แทนที่จะเป็นการใช้ผลของ tunneling Current อย่างเช่นกรณีของ STM

จุดเด่นของ AFM ก็คือ ผิวที่ตรวจสอบไม่จำเป็นต้องเป็นผิวของสารตัวนำไฟฟ้า ทำให้ขยายขอบเขตการใช้งานไปได้กว้างขวางมาก ทั้งในด้านการผลิตชิ้นส่วนไมโครคอมพิวเตอร์งานทางด้าน Molecular Biology และการผลิตยาฆ่าเชื้อโรค อาจเป็นเพราะเหตุนี้ ทำให้วารสาร Popular Science ฉบับเดือนธันวาคม 1989 จึงจัดให้ AFM เป็น 1 ใน 100 ประดิษฐกรรมยอดเยี่ยม แห่งปี 1989

ครับจะมีบ้างไหมสักปี ใน 50 ปีข้างหน้า ที่หนึ่งในประดิษฐกรรมยอดเยี่ยมแห่งปีเป็นฝีมือของคนไทย.....?

[จาก Popular Science, December 1989 P. 69.]

In this world there is nothing great but man;

In man there is nothing great but mind.....

ว.วิทย.มข. 18(1) : 4 – 6 (2533)

แฟ้มวิทยาศาสตร์

โดย... เอกภพ

แฟ้มวิทยาศาสตร์ เป็นคอลัมน์ที่เปิดกว้างในการนำเสนอสาระทางวิชาการ ในแนววิทยาศาสตร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์, ความเข้าใจ หรือแนวความคิดทางวิทยาศาสตร์ สำหรับผู้สนใจวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป

คุณเคยนึกถึงฉันบ้างไหม ?*

ไม่ ผมไม่เคยนึกถึงคุณเลย ผมใช้เวลาเรียนเรียน เรียนและก็เรียนเท่านั้น ผมรู้จักคุณอย่างผิวเผินและไม่พยายามจะเข้าใจคุณด้วย ไม่ต้องมาถามผมอีกนะ ผมเบื่อคำถามน้ำเน่าแบบนี้

แหม! ถ้าเป็นละครก็คงจะมันส์น่าดูสำหรับบทพูดเช่นนี้ เขียนต่อก็คงจะถึงขั้นแยกทางกันเดินหรือไม่ก็คงจะต้องมีงานเลี้ยงข้าวต้มของใครคนใดคนหนึ่งเป็นแน่ แต่สำหรับแฟ้มวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ จากประโยคคำถามที่เป็นหัวเรื่อง **"ฉัน"** ในที่นี้ หมายถึง ปริมาณต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์ซึ่งปรากฏอยู่ในหนังสือหรือตำราเรียน เช่น ค่าคงที่ต่าง ๆ และปริมาณที่อยู่ในสูตร สมการทุกชนิด ส่วน **"ผม"** ก็หมายถึง นักเรียน นักศึกษานั่นแหละ เพราะเวลาเรียนหนังสือมักจะเรียนแบบท่องจำ ขอเพียงเพื่อสอบให้ผ่าน ให้ได้คะแนนดี ๆ แต่ว่าไม่เคยคิดหรือมองภาพของสิ่งที่เราเรียนให้ลึกลงไป ก็เลยทำให้ขาดความเข้าใจและความต่อเนื่องในเนื้อหาวิชาที่เรียน เมื่อไม่เข้าใจก็พาลเกเร เกลียด แล้วก็ไม่ชอบ ไม่อยากเรียนไม่อยากติดตามวิชานั้น ๆ ผลเสียทั้งนั้นที่ตามมา เราลองมาฝึกมองภาพของปริมาณต่าง ๆ ดูบ้างเป็นไร มันจะได้ไม่น้อยใจ ที่คุณยังเข้าใจมันบ้าง สำหรับปริมาณที่จะนำมาเป็นตัวอย่าง เพื่อให้ลองนึกภาพหรือมองมันให้ลึกซึ้งขึ้นนั้น ได้แก่ ตัวเลขอโวกาโดร (Avogadro's number) และขนาดของนิวเคลียสกับอะตอม

1. ขนาดของตัวเลขอโวกาโดร (Avogadro's number)

ในวิชาเคมี มีตัวเลขแสดงปริมาณอยู่จำนวนหนึ่งที่คุ้นเคยและรู้จักเป็นอันดี คือ ตัวเลขอโวกาโดร ซึ่งบอกจำนวนอนุภาคในหนึ่งโมล และมีขนาดเท่ากับ 6×10^{23} เรารู้ว่าตัวเลขนี้ ถ้าคิดเป็นเงินละก็มากมายมหาศาลแน่ เศรษฐีน้ำมันชาอุอันดับหนึ่งของโลกก็เถอะ ชิดซ้ายไปเลย เราลองมาพิจารณาค่าตัวเลขนี้ด้วยแบบจำลองต่อไปนี้ ที่อาจจะทำให้เรานึกภาพขนาดของมันได้ดีขึ้น

แบบจำลองเงินบาท 1 โมล

สมมติว่าสมปอง (น้องของสมชาย) มีเงินบาทจำนวน 1 โมลในธนาคาร นั่นก็หมายความว่า

เขามีเงินอยู่เป็นจำนวน 6×10^{23} บาท คิดเป็นกี่ล้านเอ่ย

คำตอบ 600,000,000,000,000,000,000,000.– บาท (อ่านว่า หกแสนล้านล้านล้านบาท)

ว๊าว! ถ้าคุณมีเงินขนาดนี้คุณคิดอยากจะทำอะไรบ้าง แต่อย่าลืมนึกถึงผมนะ

ถ้าเขาได้รับดอกเบี้ย 5% จากธนาคาร

ดังนั้น เมื่อครบปีเขาจะได้ดอกเบี้ยคิดเป็นเงิน

$= (5/100)\ (6 \times 10^{23}$ บาท$)$

$= 3 \times 10^{22}$ บาท

ลองคิดอีกนิดว่า ในแต่ละวินาทีเขาจะได้ดอกเบี้ยเท่าไหร่

ระยะเวลา 1 ปี มีจำนวนวินาที = (365 วัน/ปี) (24 ชั่วโมง/วัน) (60 นาที/ชั่วโมง) (60 วินาที/นาที)

$= 3 \times 10^{7}$ วินาที

$\therefore$ ใน 1 วินาทีเขาได้รับดอกเบี้ย

$= (3 \times 10^{22}$บาท$)/(3 \times 10^{7})$

$= 1 \times 10^{15}$ บาท

ถ้าเขาเอาดอกเบี้ย แบ่งให้คนแต่ละคนบนโลก (แน่ะ ใจดีอีก) ประมาณ 5 พันล้านคน

...ใน 1 วินาที แต่ละคนบนโลกจะได้เงิน = $(1 \times 10^{15}$ บาท$)/(5 \times 10^{9})$ เท่ากับ 2×10^{5} บาท

ก็จะได้คนละ 200,000.– บาท (สองแสนบาท) รวยกันเละเลย วันๆ คงไม่ทำมาหากิน ยิ่งถ้าหากเปลี่ยนสกุลของเงินเป็นดอลลาร์ อเมริกัน หรือปอนด์สเตอริงของอังกฤษ ยิ่งจะรวยแบบอภิมหารวย

2. ขนาดของนิวเคลียส (Nucleus) และอะตอม (Atom)

ข้อมูลซึ่งเป็นที่ยอมรับกันสำหรับนิวเคลียสและอะตอม คือ เป็นทรงกลมมีขนาดรัศมีเท่ากับ 10^{-15} m. และ 10^{-10} m. ตามลำดับ อะตอมนั้นมีนิวเคลียสเป็นแกนกลางประกอบด้วยนิวตรอน (Neutron) กับโปรตอน (Proton) ส่วนอิเล็กตรอนเคลื่อนที่อยู่รอบๆ นิวเคลียส ถ้าเราพิจารณาจากตัวเลขขนาดของนิวเคลียสและอะตอมดังที่กล่าวมา จะเห็นว่าอะตอมมันช่างกลวงเสียเหลือเกิน คือมีที่ว่างมากๆ ไม่เชื่อลองพิจารณาดู

ถ้าให้รัศมีของอะตอม 10^{-10} m. แทนด้วยระยะ 1000 km.

รัศมีของนิวเคลียส 10^{-15} m. จะแทนได้ด้วยระยะ 0.01 km. หรือ 10 m. ถ้าเราเลือกเอาเสาธงหน้าตึกอธิการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นจุดศูนย์กลาง รัศมี 10 m. รอบเสาธงเป็นขนาดของนิวเคลียสระยะที่ไกลออกไปจากเสาธงอีก 1000 km. คือขนาดของอะตอมที่เป็นไปได้ หรือถ้านึกภาพไม่ออกก็ขอให้หลับตานึกถึงพื้นที่ทรงกลม ที่มีรัศมีเป็นระยะทางจากขอนแก่นถึงแม่ฮ่องสอนก็แล้วกัน

ดังนั้น จะเห็นว่านิวตรอนกับโปรตอนอยู่กันแบบที่เรียกว่า ชุมชนแออัดหรือประชาชนชาวแฟลตในนิวเคลียส ส่วนอิเล็กตรอนอยู่แบบสบายๆ อย่างเบิร์ด รอบนิวเคลียส มีอาณาบริเวณให้เคลื่อนที่มากมาย จากแนวความคิดที่ว่าสสารทุกอย่างประกอบขึ้นด้วยอะตอมของธาตุต่างๆ อยู่ในสภาวะของแข็ง, ของเหลว และแก๊ส บางคนคงอยากจะแย้งว่า ในของแข็งมันจะมีที่ว่างได้อย่างไร ลองคิดดูสิ ถ้าเราเป็นอิเล็กตรอนที่กำลังเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสขนาดรัศมี 10 m. เรามีที่ว่างอีกตั้งเยอะแยะ **(เนื้อที่ทรงกลมขนาดรัศมี 1000 km.)** ที่จะเคลื่อนที่ไปมารอบนิวเคลียส บางคนก็ชอบอยู่เป็นหลักแหล่ง บางคนก็ชอบอพยพไปเรื่อย ที่กล่าวมานี้ก็เพียงแค่อุปมาอุปไมยเปรียบเทียบเท่านั้นนะ เพราะจริงๆ แล้วในระบบ

ของอะตอมและโมเลกุลอนุภาคต่าง ๆ จะอยู่กันอย่างมีกฎเกณฑ์แน่นอน (**ก็อย่างที่เรียน ๆ มานั่นแหละ**) นอกจากนี้การมองภาพอย่างที่กล่าวมาก็อาจจะช่วยทำให้เรียนเข้าใจได้ดีขึ้น เวลาศึกษาการเกิดปฏิกิริยาหรือมีอันตรกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับอะตอมและโมเลกุล

จากปริมาณทั้งสองอย่างที่กล่าวมาคือตัวเลขอโวกาโดร และขนาดของนิวเคลียสกับอะตอม คงทำให้เราพอที่จะนึกภาพขนาดของปริมาณอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับปริมาณเหล่านี้ เมื่อศึกษาค้นคว้าในวิชาการแขนงต่าง ๆ พร้อมทั้งความสมเหตุสมผลที่เกิดขึ้นและสอดคล้องกันของที่มาแห่งสูตร สมการ กฎเกณฑ์ และทฤษฎี ที่ได้ถูกรวบรวมไว้อย่างงดงามน่าประทับใจ โดยนักวิทยาศาสตร์, ถ้าหากคุณผู้อ่านมีเวลาเหลือเฟือ ขอให้ลองนั่งนึกจินตนาการถึงขนาดของปริมาณอื่น ๆ ที่มีอยู่มากมายกับความสัมพันธ์ของมันที่มีต่อกันและกัน แล้วคุณจะเป็นผู้หนึ่งที่เข้าใจวิทยาศาสตร์, เห็นความสวยงามของวิทยาศาสตร์, รักวิทยาศาสตร์ และในที่สุดก็จะมีวิทยาศาสตร์ เป็นเพื่อนที่แสนดีและเข้าใจคุณด้วย

เอกสารประกอบ

1. Henk van Lubeck, J. Chem. Educ. 1989, 66, 762.

The real is imagined in unreality,
While seeing unreal the truely real;
Roaming fields of ill directed thought
Never do they to the real arrive.....

That which is real they see as real,
Knowing unreal to be unreal;
Roaming feilds of well directed thought
They do indeed to the real arrive.....

ว.วิทย.มข. 18(1) : 7 – 12 (2533)

ว่าด้วยเรื่องรูปทรงของสารประกอบทองแดง

สุจิตรา อดุลเดชา*

เราทราบกันดีว่าทองแดงหรือคอปเปอร์ (Cu) เป็นธาตุแทรนซิชัน หรือโลหะแทรนซิชันที่นำมาใช้ประโยชน์กันมาก ทองแดงจัดว่านำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่สุดในอนุกรมแรกของธาตุแทรนซิชัน และเป็นที่สองรองจากเงิน และเนื่องจากเราสามารถดึงทองแดงนี้ให้เป็นเส้นได้ดีมาก จึงใช้ประโยชน์ในการทำลวดนำไฟฟ้า นอกจากนี้โลหะผสมของทองแดงยังมีความสำคัญต่องานประเภทต่าง ๆ มากมาย เช่น ทองเหลือง (ทองแดง + สังกะสี) ทองสัมฤทธิ์ หรือบรอนซ์ (ทองแดง+ดีบุก) และทองสัมฤทธิ์อีกชนิดเป็นโลหะผสมระหว่างทอง-แดงกับอะลูมิเนียมใช้ทำทองเทียม และถ้าผสมกับนิกเกิลได้ "nickel silver" (ทองแดง+นิกเกิล+สังกะสี) ใช้ทำเหรียญกษาปณ์ ทองแดงในธรรมชาติมีทั้งที่เป็นโลหะอิสระ และเป็นสารประกอบในรูปของแร่ เช่น ชาลโคไพไรต์ (คอปเปอร์ไพไรต์), $CuFeS_2$ คิวไพรต์, Cu_2O มาลาไคต์, $Cu_2CO_3(OH)_2$ เป็นต้น

ทองแดงเป็นธาตุแทรนซิชันอนุกรมที่ 1 หมู่ IB มีการจัดอิเล็กตรอนในอะตอมเป็นแบบ [Ar] $3d^{10}\ 4s^1$ ในสารประกอบ ทองแดงจะมีเลขออกซิ-เดชันได้หลายค่า ตั้งแต่ 0 +1 +2 +3 และ +4 เลขออกซิเดชัน 0 และ +4 เกิดขึ้นน้อยมาก เลขออกซิเดชัน +3 จะพบมากกว่าเล็กน้อย ซึ่งส่วนใหญ่แล้วในสารประกอบของทองแดง จะมีเลขออกซิเดชัน +1 และ +2 โดยที่ +2 เป็นเลขออกซิ-เดชันที่เสถียรและพบมากที่สุด สารประกอบ Cu(I) ไม่ค่อยเสถียรในสารละลาย มักเกิด disproportionation** เป็นโลหะ Cu และ Cu(II) ดังสมการ

$$2Cu^+ \rightarrow Cu + Cu^{2+}$$

สารประกอบ Cu(I) จะเสถียรมากขึ้นถ้าอยู่ในสภาวะของแข็งหรือเป็นสารประกอบ ซึ่งส่วนมากมีสีเหลืองหรือสีส้ม ส่วนสารประกอบ Cu(II) ที่พบกันมากมักมีสีน้ำเงิน สีเขียวหรือสีน้ำเงินแกมเขียว ในที่นี้จะกล่าวถึงสเทอริโอเคมี*** (stereochemistry) เฉพาะของสารประกอบ Cu(II) เท่านั้น เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าในสารประกอบของ Cu(II) นั้น ไอออนของทองแดงจะมีการจัดอิเล็กตรอนเป็นแบบ [Ar] $3d^9$ รูปร่างของโมเลกุลส่วนใหญ่จะบิดเบี้ยวไปจากสมมาตรเดิม เนื่องมาจากปรากฏการณ์ Jahn Teller[1] ทำให้มีสเทอริโอเคมีได้หลายแบบ และมีสารประกอบเชิงซ้อน Cu(II) เพียงไม่กี่ตัวที่มีรูปทรงปกติ (regular geometry) จากเหตุผลนี้ทำให้สเทอริโอเคมีของ

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** การที่อะตอมหรือไอออนของธาตุหนึ่งสลายตัวเป็นธาตุที่มีเลขออกซิเดชันเพิ่มขึ้นและลดลงในขณะเดียวกัน

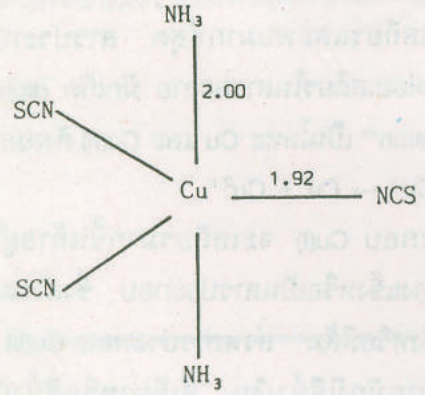
*** การศึกษาการจัดเรียงของอะตอมในโมเลกุลและผลของการจัดเรียงนี้ต่อสมบัติของโมเลกุล

สารประกอบเชิงซ้อน Cu(II) แตกต่างจากสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุแทรนซิชันตัวอื่น ๆ Cu(II) นอกจากจะเกิดเป็นสารประกอบธรรมดา เช่น CuO $Cu(OH)_2$ และ $CuCl_2$ แล้ว ยังเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซึ่งมีรูปทรงและสเทอริโอเคมีแบบต่าง ๆ ได้มากมาย ที่พบบ่อย ๆ ได้แก่

Cl - Cu - Cl

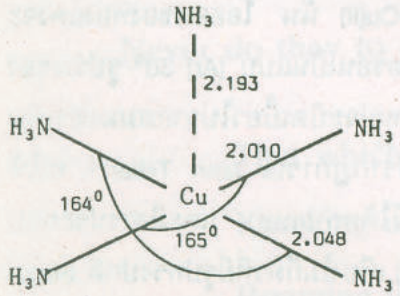
[1] $CuCl_2$

1. เส้นตรง (linear) ตัวอย่างเช่น $CuCl_2$ (สภาวะแก๊ส) [1]



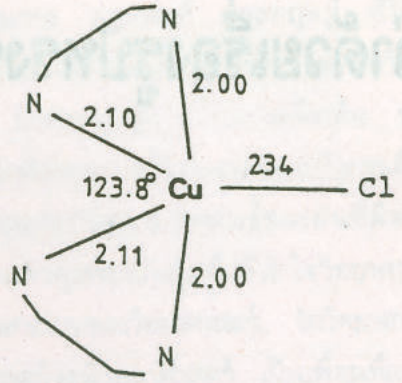
[2] $[Cu(NH_3)_2Ag(SCN)_3]$

2. พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม (trigonal bipyramidal) ดังตัวอย่าง [2]

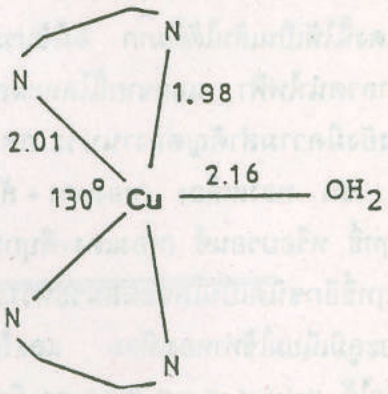


ρ = 0.27 [3] $K[Cu(NH_3)_5][PF_6]_3$

3. พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม (square pyramidal) ดังตัวอย่าง [3]

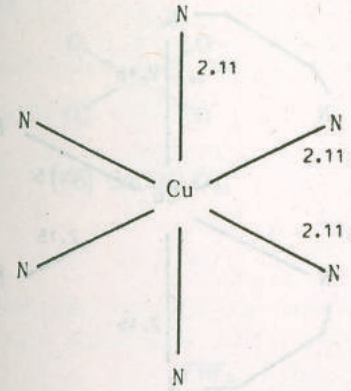


[4] $[Cu(bipy)_2Cl][PF_6]$



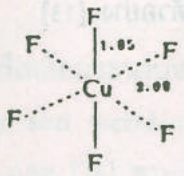
[5] $[Cu(bipy)_2(OH_2)][S_2O_6]$

4. พีระมิดฐานสี่เหลี่ยมบิดเบี้ยวแบบทริโกนัลและเททระฮีดรัล (trigonal distorted square pyramidal and tetrahedral distorted square pyramidal) ดังตัวอย่าง [4] และ [5] ตามลำดับ

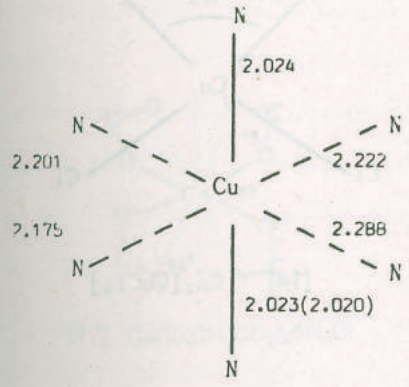


[6] $K_2Pb[Cu(NO_2)_6]$

5. ทรงแปดหน้า (octahedral) : พบว่ามีสารประกอบ [6] ตัวเดียวเท่านั้นที่มีรูปทรงแปดหน้าปกติ (regular octahedral)

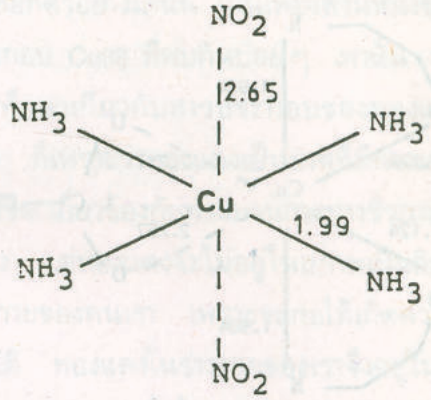


[7] Ba_7CuF_8

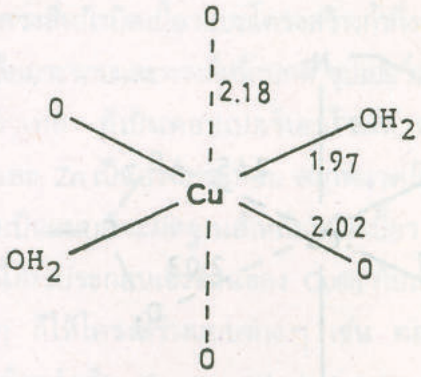


[8] $[Cu(dien)_2][NO_3]_2$

6. ทรงแปดหน้า ชนิดเททระโกนัลที่พันธะหดสั้นแนวแกน Z และทรงแปดหน้าชนิดรอมบิกที่มีพันธะหดสั้นแนวแกน Z (Compressed tetragonal octahedral and compressed rhombic octahedral) ดังตัวอย่าง [7] และ [8] ตามลำดับ



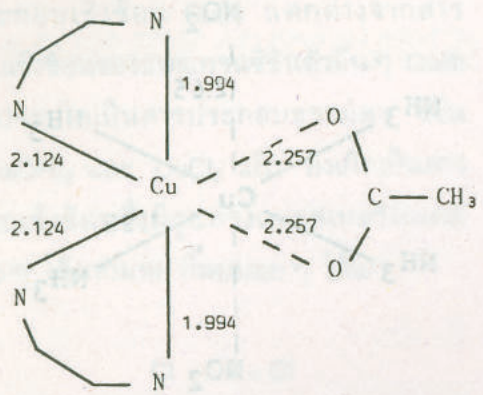
[9] $[Cu(NH_3)_4(NO_2)_2]$



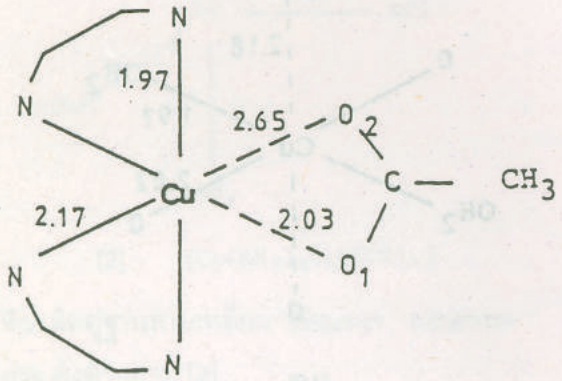
[10]

$Ba_2[Cu(OH_2)_2(O_2CH)_4][HCO_2]_2 \cdot 2H_2O$

7. ทรงแปดหน้าชนิดเททระโกนัล ที่มีพันธะยาวออกแนวแกน Z และทรงแปดหน้าชนิดรอมบิกที่มีพันธะยาวออกแนวแกน Z (elongated tetragonal octahedral and elongated rhombic octahedral) เช่นตัวอย่าง [9] และ [10] ตามลำดับ



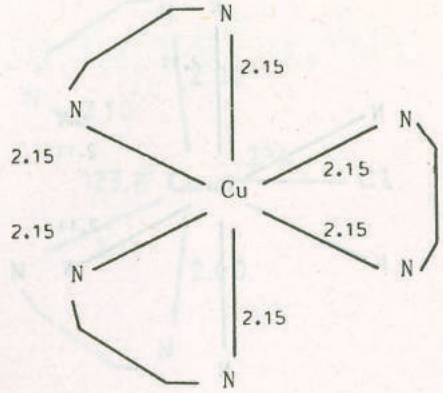
[11] $[Cu(phen)_2(O_2CCH_3)][ClO_4]\cdot 2H_2O$



[12]

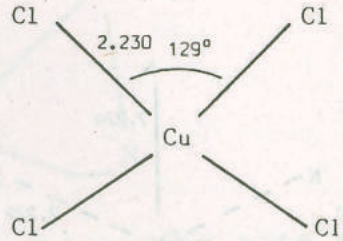
$[Cu(bipy)_2(O_2CCH_3)][ClO_4].H_2O$

8. ทรงแปดหน้าบิดเบี้ยวแบบซิสที่สมมาตร (4+2) และอสมมาตร (4+1+1*) (symmetric cis-distorted octahedral and asymmetric cis-distorted octahedral) เช่นตัวอย่าง [11] และ [2] ตามลำดับ



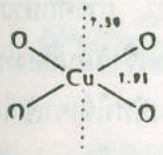
[13] $[Cu(en)_3][SO_4]$

9. ทรงแปดหน้าชนิดทริโกนัล (trigonal octahedral) ดังตัวอย่าง [13]

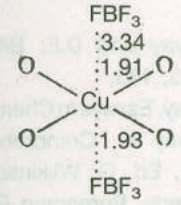


[14] $Cs_2[CuCl_4]$

10. ทรงสี่หน้าชนิดก้ำกึ่งระหว่างสี่เหลี่ยมระนาบและทรงสี่หน้าปกติ (compressed tetrahedral) เป็นชนิดเดียวที่พบสำหรับรูปทรงสี่หน้า ดังตัวอย่าง [14]

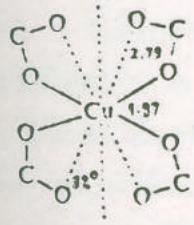


[15] $CaCuSi_4O_{10}$



[16] $Cu(PyNO)_4\ (BF_4)_2$

11. จตุรัสระนาบและสี่เหลี่ยมระนาบชนิดรอมบิก (square coplanar and rhombic coplanar) เช่นตัวอย่าง [15] และ [16] ตามลำดับ



[17] $CaCu(CH_3CO_2)_4 6H_2O$

13. เจ็ด-โอออร์ดิเนตและแปด-โคออร์ดิเนต (seven-coordinate and eight-coordinate) ตัวอย่างเช่น $[Cu(py)_3(O_2NO)_2]$ และ $Ca[Cu(CH_3CO_2)_4].6H_2O$ [17] ตามลำดับ

เท่าที่ยกตัวอย่างมานั้น เป็นเพียงส่วนหนึ่งของสารประกอบ Cu(II) ที่พบกันบ่อย ๆ เท่านั้น การที่มีการศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบของทองแดงกันมาก ก็เพราะว่าทองแดงเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อชีวิต เกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวภาพหลายอย่าง แต่ทองแดงจะไม่อยู่ในสภาพเป็นอิสระในร่างกายของคนเรา เพราะจะก่อให้เกิดความเป็นพิษได้ ทองแดงในร่างกายของเราจึงอยู่ในสภาพเป็นสารประกอบทั้งสิ้น ตามปกติทองแดงจะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีน (คอปเปอร์โปรตีน) หรือเอนไซม์ (คอปเปอร์เอนไซม์) และปฏิกิริยารีดอกซ์ของสารประกอบเชิงซ้อนเหล่านี้เป็นตัวที่มีบทบาทมากตัวหนึ่งในการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในกระบวนการชีวภาพ พลาสโตไซยานินเป็นคอปเปอร์โปรตีนตัวหนึ่งที่มีสเตอริโอเคมีเป็นทรงสี่หน้าบิดเบี้ยวแบบโครงสร้างก้ำกึ่งระหว่างสี่เหลี่ยมระนาบและทรงสี่หน้าปกติ ซุปเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเทส ก็เป็นคอปเปอร์เอนไซม์ตัวหนึ่งที่มี Cu และ Zn เป็นองค์ประกอบ สภาพแวดล้อมของ Cu เป็นแบบพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมบิดเบี้ยว นอกจากนี้สารประกอบเชิงซ้อนของ Cu(II) กับเพปไทด์สั้น ๆ ก็ให้โครงสร้างแบบต่าง ๆ เช่น คอปเปอร์กลัยซิลกลัยซีน (Cu-glycylglycine) และ คอปเปอร์-กลัยซิลกลัยซิลกลัยซีน มีโครงสร้างแบบพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม คอปเปอร์-กลัยซิล ฮิสทิดีน และคอปเปอร์-กลัยซิลฮีสทิดิลกลัยซีน มีโครงสร้างแบบทรงแปดหน้าบิดเบี้ยว ส่วนคอปเปอร์-กลัยซิลกลัยซิลกลัยซีลกลัยซีน (Cu-GlyGlyGlyGly) และ Cu-6-aminohexanoic acid มีโครงสร้างแบบจัตุรัสระนาบ และแปด-โอออร์ดิเนตชนิดรูปสิบสองเหลี่ยมบิดเบี้ยว (distorted dodecahedron)

---

bipy = 2,2'-bipyridyl dien = diethylenetriamine

en = ethylenediamine phen = 1, 10-phenantroline py = pyridine

ตามลำดับ สเทอริโอเคมีของสารประกอบเชิงซ้อนคอปเปอร์โปรตีนเหล่านี้เป็นสเทอริโอเคมีที่เหมาะสมของ Cu ที่เลขออกซิเดชันหนึ่ง ๆ จึงทำให้การถ่ายโอนอิเล็กตรอนเกิดขึ้นได้รวดเร็ว แสดงให้เห็นว่าสเทอริโอเคมีมีบทบาทมากในกระบวนการชีวภาพ

ปริมาณทองแดงในระบบต่าง ๆ ของคนเราจะมีปริมาณไม่เท่ากันเนื่องจากบทบาททางชีวเคมีของทองแดงในอวัยวะต่าง ๆ แตกต่างกัน ในตับ สมอง และหัวใจ จะมีปริมาณทองแดงสูงสุด เมื่อคิดต่อหน่วยน้ำหนัก แต่ถ้าดูปริมาณรวมทั้งหมด กระดูกและกล้ามเนื้อจะมีปริมาณทองแดงสูงสุด นอกจากนี้ของเหลวในร่างกายทุกชนิด เช่น เลือด น้ำดี ไขสันหลัง เหงื่อ จะมีสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดงอยู่ด้วย โดยเฉพาะเลือดซึ่งเป็นของเหลวที่สำคัญที่สุดในร่างกาย ทองแดงจะอยู่เป็นสารประกอบเชิงซ้อน คอปเปอร์-เซรูโรพลาสมิน คอปเปอร์-อัลบูมิน หรือคอปเปอร์-กรดอะมิโน

ดังนั้นจะเห็นว่า การศึกษาเกี่ยวกับสเทอริโอเคมีของสารประกอบเชิงซ้อนของทองแดง อาจให้ข้อมูลหลาย ๆ อย่างที่ทำให้เราเข้าใจถึงบทบาทและการทำหน้าที่ของทองแดงในระบบชีวภาพได้

บรรณานุกรม

1. F.A. Cotton and G Wilkinson, "Advanced Inorganic Chemistry", Wiley Interscience, New York, 5th edn., 1988.
2. B.J. Hathaway and D.E. Billing, Coord. Chem. Rev., 1970, 5, 143.
3. B.J. Hathaway, Essays in Chemistry, 1972, 3, 61.
4. B.J. Hathaway in "Comprehensive Coordination Chemistry" , Ed. G. Wilkinson, R.D. Gillard and J.A. McCleverly, Pergamon Press, Oxford, 1988, (a) Vol. 5, Sec. 53 (b) Vol. 2, Sec. 15.5.
5. B.J. Hathaway, Struct. Bonding (Berlin), 1984, 57, 55.
6. ตริตาภรณ์ ชูศรี "เคมีอนินทรีย์เชิงชีวภาพ" ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น. 2532.
7. บุญพฤกษ์ จาฎามะ (บรรณาธิการ), "เคมีเล่ม 2" ทบวงมหาวิทยาลัย, อักษรเจริญทัศน์ กรุงเทพฯ, 2524, บทที่ 15.

Better late than never.....

ว.วิทย.มข. 18(1) : 13 – 15 (2533)

สารพิษอะฟลาท๊อกซินในถั่วลิสง : สาเหตุและแนวทางการแก้ไข

*สนั่น จอกลอย**

อะฟลาท๊อกซิน (aflatoxin) เป็นสารอินทรีย์พวก secondary metabolite ประเภท heterocyclic compound ที่ถูกสร้างขึ้นโดยเชื้อราบางชนิดใน genus Aspergillus บนอาหารแห้งหรือเมล็ดพืชบางชนิด เช่น ถั่วลิสง หากมนุษย์บริโภคถั่วลิสงที่มีสารอะฟลาท๊อกซินชนิดนี้เข้าไปจะก่อให้เกิดอันตรายหลายอย่าง เช่น ทำให้เกิดมะเร็ง ในตับไต และ ระบบทางเดินอาหาร เป็นอันตรายต่อหัวใจ และสมอง นอกจากนี้ยังพบว่า เด็กที่เป็นโรคขาดธาตุอาหาร หากได้รับสารชนิดนี้เข้าไปในปริมาณมาก จะเสียชีวิตภายใน 48 ชั่วโมง (ธวัชชัย, 2523) จึงจัดได้ว่าอะฟลาท๊อกซินเป็นสารพิษที่ร้ายแรงชนิดหนึ่ง มนุษย์ได้ตระหนักถึงภัยอันร้ายแรงนี้ จึงลดปริมาณการบริโภคถั่วลิสงลงเป็นผลให้ความต้องการของตลาดถั่วลิสงทั้งภายในและภายนอกประเทศลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อเกษตรกรผู้ปลูกถั่วลิสง จึงนับว่าอะฟลาท๊อกซินในถั่วลิสงเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องแก้ไขโดยเร่งด่วน เพื่อที่จะช่วยให้เกษตรกรขายผลผลิตได้ราคาดีขึ้น และเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคถั่วลิสงโดยตรง

เชื้อสาเหตุและการสร้างสารอะฟลาท๊อกซิน

สารพิษชนิดนี้ถูกสร้างโดยเชื้อราบางชนิด เช่น *Aspergillus parasiticus* Speare หรือ *A. flavus* Link. ซึ่งเป็นเชื้อราที่มีเส้นใยสีขาวและมีสปอร์สีเขียวกำมะหยี่พบขึ้นเจริญทั่วไปในเขตร้อนชื้น ตามโรงเรือนที่อับชื้น ตามไม้ผุ ในดิน และโดยเฉพาะตามเมล็ดพืชที่ตากไม่แห้งสนิท หรือเมล็ดพืชที่เก็บไว้ในที่อับชื้น จะพบราชนิดนี้เจริญอยู่และสร้างสารพิษขึ้น 4 ชนิด เรียกว่า B1, B2, G1 และ G2 ชนิด B1 นับว่ามีพิษร้ายแรงที่สุด เชื้อราทั้ง 2 ชนิด จะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 10-45°C และมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 75% (Feakin, 1973) แต่พบว่าการสร้างสารอะฟลาท๊อกซินของเชื้อราชนิดนี้ได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิประมาณ 25–30°C และมีความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 85% หรือเมล็ดมีความชื้นสูงกว่า 9% (Kolte, 1984 และ Feakin, 1973)

สารอะฟลาท๊อกซินปะปนในถั่วลิสงได้อย่างไร?

ถั่วลิสงเมื่อสร้างฝักจะส่งส่วนของฝักเจริญ

* อาจารย์ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

เติบโตลงไปในดิน ซึ่งในระยะนี้อาจจะมีเชื้อรา *A. flavus* หรือ *A. parasiticus* เจริญอยู่ ฉะนั้นโอกาสที่เชื้อราชนิดนี้จะเจริญบนฝักถั่วลิสงจึงมีมาก อย่างไรก็ตามจากการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วลิสงจากไร่ ในระยะก่อนการเก็บเกี่ยวจะพบเชื้อราชนิดนี้เจริญเติบโตในเมล็ดน้อยกว่า 1% (Diener และ คณะ, 1982) และเมื่อถั่วลิสงแก่พร้อมเก็บเกี่ยวได้จะพบปริมาณของเชื้อราชนิดนี้สูงขึ้น แต่ยังมีการสร้างอะฟลาท๊อกซินในปริมาณต่ำ (อรุณศรี และคณะ, 2526) แต่เชื้อราจะสร้างสารอะฟลาท๊อกซินสูงขึ้นตามฝัก และเมล็ดหลังจากการเก็บเกี่ยว ถ้าหากเกษตรกรไม่สามารถลดความชื้นของฝักและเมล็ดให้ต่ำลง พวงทอง (2527) และ พวงทอง และสนั่น (2526) ได้สุ่มตัวอย่างฝักถั่วลิสงของเกษตรกรมากกว่า 15 ตัวอย่าง พบว่าถ้าเกษตรกรตากฝักถั่วลิสงเพียง 2–3 แดดแล้วส่งขายให้กับพ่อค้าในขณะที่ฝักและเมล็ดยังมีความชื้นสูง และพบสารอะฟลาท๊อกซินเกือบทุกตัวอย่างในปริมาณที่อาจจะเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ และจากการสุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบสารพิษชนิดนี้ในเมล็ดถั่วลิสงกระเทาะเปลือกแล้ว ในถั่วป่นและในถั่วสำหรับหีบน้ำมัน พบว่า 9 ตัวอย่างใน 15 ตัวอย่าง มีเชื้อราชนิดนี้เจริญอยู่และมีการสร้างสารอะฟลาท๊อกซินในปริมาณที่สูงอีกด้วย (อรุณศรี และคณะ, 2526)

แนวทางแก้ไขปัญหาอะฟลาท๊อกซิน

จากอันตรายร้ายแรงของสารพิษชนิดนี้ต่อผู้บริโภคถั่วลิสง ทำให้ประเทศไทยได้กำหนดปริมาณของสารนี้ ให้มีปะปนในถั่วลิสงได้ไม่เกิน 20 พีพีบี (1 พีพีบี เท่ากับ 1 ส่วนใน 1,000 ล้านส่วน) แต่ในทางปฏิบัติยังไม่มีมาตราการควบคุมได้ตามที่กำหนด (อารันต์, 2528) ดังนั้นจึงสมควรแก้ไขปัญหาของสารพิษชนิดนี้โดยเร่งด่วน และดำเนินงานเป็นขั้นตอน เพื่อขจัดสารพิษนี้ให้ลดต่ำลงกว่าระดับที่ทางการกำหนด ซึ่งพอที่จะสรุปแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้ ดังนี้

1. ไม่ควรปลูกถั่วลิสงซ้ำ ๆ ในที่เดิม ติดต่อกันหลายปี ทั้งนี้พบว่า จะมีเชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลายถั่วลิสงในปริมาณที่สูงขึ้น ฉะนั้นจึงควรปลูกถั่วลิสงหมุนเวียนกับการปลูกพืชตระกูลอื่น ๆ (Diener และคณะ 1982) เพื่อลดปริมาณของเชื้อราในดินให้น้อยลง

2. เลือกใช้พันธุ์ต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา และการสร้างสารอะฟลาท๊อกซินจากการทดลองในต่างประเทศพบว่า ถั่วลิสงหลายสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อเชื้อราชนิดนี้ เช่น PI 387409, PI 337394F, UF 734022, UF 71513, US 26, Asirvia และ J-11 (Kolte, 1984 และ Diener และคณะ, 1982) แต่พันธุ์ถั่วลิสงเหล่านี้ให้ผลผลิตต่ำ และคุณภาพไม่ดี จึงสมควรที่จะได้ปรับปรุงพันธุ์ในประเทศไทยต่อไป ปัจจุบันกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้มีความต้านทานต่อเชื้อรา มีผลผลิตสูงและคุณภาพดี แต่ปัจจุบันนี้ยังไม่พบว่ามีพันธุ์ต้านทานที่อยู่ในขั้นจะส่งเสริมให้กสิกรปลูกได้ (อารันต์, 2528) ฉะนั้นนักปรับปรุงพันธุ์ควรจะได้ร่วมมือเร่งปรับปรุงพันธุ์เพื่อที่จะให้กสิกรได้ปลูกต่อไป

3. ควรป้องกันโรคและแมลงบางชนิด เนื่องจากว่าโรคและแมลงบางชนิดเช่น ไส้เดือนฝอย ปลวก และเสี้ยนดิน เป็นต้น จะทำให้เกิดแผลบนฝักของถั่วลิสง ทำให้เชื้อรา *A. flavus* เข้าทำลายฝักและเมล็ดถั่วลิสงได้ง่ายขึ้น ทำให้มีอะฟลาท๊อกซินในปริมาณที่สูงขึ้น ดังนั้นหากมีการ

ป้องกันกำจัดศัตรูเหล่านี้ ก็จะช่วยลดปัญหาอะฟลาท๊อกซินได้อีกประการหนึ่ง

4. เก็บเกี่ยว และปฏิบัติการหลังเก็บเกี่ยวให้เหมาะสม โดยการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงในระยะที่เหมาะสม อย่าปล่อยให้ฝักแก่มากเกินไป ขณะเก็บเกี่ยวไม่ควรทำให้ฝักถั่วลิสงเป็นแผล หลังจากนำถั่วลิสงขึ้นจากดินแล้ว ควรรีบปลิดฝักและนำฝักไปตากแห้งโดยเร็ว ให้ความชื้นเมล็ดลดลงเหลือประมาณ 8% ก็จะช่วยไม่ให้เชื้อราเจริญเติบโต และสร้างสารอะฟลาท๊อกซินได้

5. คัดฝักและเมล็ดที่เสียออกทิ้ง ก่อนการกะเทาะเปลือกควรทำการคัดฝักที่มีเชื้อราขึ้นออกทิ้ง และหลังจากการกะเทาะเปลือกแล้วก็ทำการคัดเมล็ดที่มีเชื้อราและเมล็ดที่แตกหักทิ้งไป ก็จะช่วยลดปัญหาอะฟลาท๊อกซินได้มาก

6. ไม่ควรบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วลิสง เช่น ถั่วลิสงป่นที่ทำจากถั่วลิสงที่แตกหักไม่แห้งสนิทและป่นไว้นานหลายวัน เพราะว่าอาจจะมีสารอะฟลาท๊อกซินสร้างจากเชื้อราที่เจริญอยู่ตามถั่วลิสงเหล่านั้น

นอกจากการปฏิบัติดังกล่าว แล้วยังสามารถจะทำลายสารอะฟลาท๊อกซิน (detoxifying) ที่เชื้อราสร้างขึ้นได้โดยใช้ความร้อน ที่อุณหภูมิสูงกว่า 260°C หรือการใช้สารละลายอัมโมเนีย 1% ทำปฏิกิริยากับเมล็ดถั่วลิสงก็จะลดสารพิษชนิดนี้เหลือต่ำกว่า 20 พีพีบี หากแต่ทั้งสองวิธีนี้จะทำให้คุณภาพของถั่วลิสงเสียไปด้วย จึงไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมที่จะขจัดสารพิษชนิดนี้ (เกศรา, 2527) แต่น่าจะเหมาะสมต่อการขจัดสารพิษในถั่วลิสงที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ ฉะนั้นการดำเนินการดังกล่าวข้างต้นในการป้องกันกำจัดเชื้อราไม่ให้สร้างสารพิษชนิดนี้ขึ้น จึงน่าจะเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาสารพิษชนิดนี้ได้โดยแท้จริง อันจะก่อให้เกิดประโยชน์กับเกษตรกรผู้ผลิตถั่วลิสงและผู้บริโภคถั่วลิสงโดยทั่วไป

เอกสารอ้างอิง

เกศรา นุตาสัย 2527. งานวิจัยเกี่ยวกับอะฟลาท๊อกซินในถั่วลิสง. รายงานการสัมมนางานวิจัยเรื่องถั่วลิสงครั้งที่ 3 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 19–21 เมษายน 2527.

พวงทอง ยินอัศวพรรณ. 2527. การสำรวจการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสงของกสิกร. รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 3 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 19–21 เมษายน 2527.

พวงทอง ยินอัศวพรรณ และสนั่น จอกลอย. 2526. การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการปฏิบัติของกสิกรหลังการเก็บเกี่ยวถั่วลิสง รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ นครสวรรค์ 11–13 กุมภาพันธ์ 2526.

ธวัชชัย ทีฆชุณหเถียร. 2523. ถั่วลิสง. โครงการพืชสำหรับเขตค่อนข้างแห้งแล้ง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 92 หน้า.

อรุณศรี วงษ์อุไร, ปริศนา เหมสุจิ, ประวัติ ตันบุญเอก และดารา พวงสุวรรณ. 2526. งานวิจัยอะฟลาท๊อกซินในถั่วลิสง. รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสง ครั้งที่ 2 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ นครสวรรค์ 11–13 กุมภาพันธ์ 2526.

อารันต์ พัฒโนทัย. 2528. อะฟลาท๊อกซินปัญหาของถั่วลิสง แก่นเกษตร 13(1). 45–48.

Diener, U. L., R. E. Petti and R. J. Cole. 1982. Aflatoxin and other mycotoxins in peanuts. In Pattee, H. E and C. T. Yong (eds.) *Peanut science and technology. American Peanut Research and Education Society, Inc., Yoakum, Texas.*

Feakin, S.D. 1973. Pest control in groundnuts. PANS Manual No.2 Centre for overseas pest research.

Kolte, S.J. 1984. Disease of annual edible oilseed crops-peanut diseases. CRC Press, Inc. Florida.

ว.วิทย.มข. 18(1) : 16 – 19 (2533)

อภิปรัชญาฟิสิกส์-เอกภพ ทัศนะใหม่

สุพล บริพันธุ์*

เอกภพเกิดขึ้นได้อย่างไร? มีขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์อะไร? คำถามนี้คงถือได้ว่าเป็นสุดยอดของความอยากรู้ของมนุษย์ แม้มนุษย์จะอยากรู้อย่างยิ่งยวดว่าตนเอง หรือชีวิตนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร? ชีวิตเกิดขึ้นมาเพื่อวัตถุประสงค์อะไร? ถ้าสามารถตอบคำถามเกี่ยวกับเอกภพดังกล่าวได้แล้ว คำถามเกี่ยวกับชีวิตนี้คงสามารถหาคำตอบได้ง่ายเข้า ความพยายามในการค้นหาคำตอบของคำถามเหล่านี้จะมีมานานเพียงใดก็ไม่อาจทราบ คาดว่าคงจะมีมานานเท่า ๆ กับการวิวัฒนาการทางสติปัญญาในสิ่งมีชีวิตเช่นมนุษย์เรานี้เกิดขึ้นมาแล้ว การแสวงหาคำตอบมีกันมากมายหลากหลายวิธี ผลพวงของการค้นหาคำตอบเหล่านี้บางส่วนได้เปลี่ยนแปลงพัฒนามาเป็นศาสนาต่าง ๆ หรืออภิปรัชญา (metaphysics) ที่เข้าถึงได้ยากที่รู้ ๆ กันนั่นเอง

การค้นคว้าในทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันได้เข้ามาถึงข้อสรุป (ในปัจจุบันนี้) ว่าเอกภพทั้งมวลประกอบด้วยสิ่งที่อาจถือได้ว่าเป็นพื้นฐานที่สุด คือ อวกาศ-กาล และมวล-พลังงาน การเข้ามาประกอบกันของเหตุและปัจจัยจากการมีอยู่ของ 2 อย่างนี้ ได้ทำให้เกิดปฏิกิริยาวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงเรื่อยมา จนเป็นเอกภพที่เรารู้จักอยู่ในทุกวันนี้ ความสัมพันธ์ของเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาวิวัฒนาการเรื่อยมาจนเป็นเอกภพเช่นทุกวันนี้ได้เป็นสิ่งที่เราถือว่าเป็น กฎธรรมชาติ (Natural law) เชื่อว่าจนถึงปัจจุบันนี้ได้มีผู้ค้นพบกฎธรรมชาตินี้ในแง่มุมและระดับต่าง ๆ กันเป็นจำนวนไม่น้อยอย่างเช่นกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน กฎของแรงทางไฟฟ้า หรือแม้แต่กฎแห่งกรรมในศาสนาเป็นต้น กฎต่าง ๆ เหล่านี้อาจทำให้เรารู้สึกว่า ธรรมชาติมีกฎมากมาย นั่นเป็นเพียงกฎเกณฑ์ปลีกย่อยในระดับต่าง ๆ เท่านั้น ในระดับสุดยอดที่ควบคุมความเป็นไปของเอกภพทั้งมวลนั้น มีผู้เชื่อว่ามีเพียงกฎเกณฑ์ง่าย ๆ เพียงข้อเดียวเท่านั้น อย่างเช่น ไอน์สไตน์ เชื่อว่าเอกภพจะสามารถอธิบายได้ด้วยสมการคณิตศาสตร์เพียงสมการเดียว เขาได้พยายามค้นหาสมการดังกล่าวตลอดระยะเวลากว่า 25 ปี ในช่วงตอนปลายของชีวิต โดยการพยายามรวมเอาทฤษฎีเกี่ยวกับสนามของแรงต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่โครงสร้างของฟิสิกส์ทั้งหมดตั้งอยู่นี้เข้าด้วยกันเป็น "ทฤษฎีสนามรวม" (Unified field theory) ซึ่งยังไม่ประสบความสำเร็จ แม้ว่าในปัจจุบันนี้ยังมีผู้พยายามศึกษาค้นคว้าอยู่ต่อมาก็ตาม

นักฟิสิกส์เชื่อว่าโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของเอกภพ 2 อย่างคือ อวกาศ-กาล และมวล-พลังงาน นั้น อวกาศ-กาล มีสภาพต่อเนื่องเป็น

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เนื้อเดียวกันโดยตลอด ส่วนมวล-พลังงาน นั้นมีการอธิบายด้วยทฤษฎีที่ขัดแย้งกันโดยคุณลักษณะพื้นฐานแต่ร่วมเข้าด้วยกัน คือ ทฤษฎีคลื่น-อนุภาค ดังนั้น การที่จะเข้าใจว่าวัตถุ เช่น ก้อนหินหรือ ตัวเราเองนี้มีสภาพเป็นคลื่นที่มีความต่อเนื่องไปในอวกาศ-กาล ของเอกภพเท่ากับที่มีสภาพเป็นตัวตนเป็นก้อน ๆ อย่างที่เห็น ๆ กันอยู่นี้จึงเป็นสิ่งที่ค่อนข้างจะยากเย็นอยู่ไม่น้อยแม้ว่าฟิสิกส์จะสามารถพิสูจน์เรื่องนี้ได้โดยตรรกของคณิตศาสตร์ และการทดลองสังเกตปรากฏการณ์ได้ก็ตาม สภาพของมันจริง ๆ จะเป็นอย่างไรยังไม่มีใครทราบ ทราบแต่คุณสมบัติที่เป็นทั้งคลื่นและอนุภาคที่มันมีอยู่ด้วยกันทั้งสองอย่างเท่านั้น ต่อความเข้าใจในสภาพจริง ๆ ของสิ่งนี้จึงยังเป็นถึงอภิปรัชญา ที่ต้องอาศัยสหัชญาณ (Intuition) ซึ่งเป็นระดับความรู้ความเข้าใจที่ปรากฏกับใจ ที่กล่าวได้ว่าเป็นปัจจัตตัง รู้ชัดเฉพาะใจตนยากที่จะให้ผู้อื่นรู้ตามได้ด้วยการอธิบายเรื่องปัจจัตตังนี้เคยมีผู้ถามศาสตราจารย์ Brian McCusker นักนิวเคลียร์ฟิสิกส์ชาวออสเตรเลียที่ได้รับการยกย่องอย่างสูงท่านหนึ่งว่า ภาวะสมาธินั้นเป็นอย่างไร? [ศาสตราจารย์ท่านนี้เป็นผู้อุทิศตนฝึกฝนในการทำสมาธิแบบ Transcendental Meditation (TM) ซึ่งเป็นวิธีการทำสมาธิแบบหนึ่งที่เผยแพร่อย่างกว้างขวาง ในยุโรปและอเมริกา โดยโยคีชาวอินเดีย] ท่านได้ตอบว่า ท่านสามารถที่จะอธิบายได้ แต่จะทำให้ผู้ฟังเข้าใจได้เหมือนกับการที่เราพยายามอธิบายการเล่นหมากรุกให้สุนัขฟัง ซึ่งไม่ว่าจะอธิบายได้ชัดเจนละเอียดเพียงไรก็ตาม สุนัขก็คงจะเข้าใจได้เพียงลาง ๆ อย่างมาก ๆ เท่านั้นเอง ท่านหมายถึงให้ไปมีประสบการณ์เองเท่านั้นจึงจะรู้ได้

ปัจจุบันนี้ วิทยาการด้านคอมพิวเตอร์ได้ก้าวหน้าไปมาก คอมพิวเตอร์ทำงานได้โดยอาศัยหลักการมีหรือไม่มีสภาพทางไฟฟ้า ที่สามารถอธิบายได้โดยวิธีการของคณิตศาสตร์เลขฐาน 2 กล่าวได้ว่าการค้นพบเรื่อง บิท (BIT = BInary digiT) ในทางคอมพิวเตอร์เป็นก้าวสำคัญยิ่งใหญ่ต่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้านนี้ บิท เป็นหน่วยข้อมูลที่เล็กที่สุดในระบบการทำงานของคอมพิวเตอร์ แต่สำคัญที่สุดต่อการทำงานของคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำงานตามคำสั่งหรือ ข้อมูลข่าวสาร (information) ที่กำหนดอยู่ในบิทเรียงตามลำดับ ข้อมูลข่าวสารในบิทนี้จะสามารถอธิบายได้โดยระบบเลขฐาน 2

ความสำคัญของข้อมูลข่าวสารในรูปของบิทได้เข้ามามีบทบาทต่อความคิดในเรื่องเอกภพที่น่าสนใจขึ้น โดยแนวความคิดของ Edward Fredkin ผู้ซึ่งได้รับแต่งตั้งให้เป็นถึงศาสตราจารย์ทางด้านคอมพิวเตอร์ในสถาบัน M.I.T. สหรัฐอเมริกา เมื่ออายุได้เพียง 34 ปี (ราว ค.ศ.1968 นี้เอง) โดยที่ตนเองไม่เคยศึกษาจบปริญญาใดจากสถาบันไหนมาก่อนเลย Fredkin เป็นผู้ริเริ่มและสอนวิชา Digital Physics ในสถาบันแห่งนี้

Fredkin เชื่อว่าสิ่งที่เป็นมูลฐานของเอกภพนั้นนอกจาก อวกาศ-กาล และมวล-พลังงานแล้ว ยังมีอีกสิ่งหนึ่งที่สำคัญเสียยิ่งกว่า 2 อย่างแรก คือ ข้อมูลข่าวสาร (Information) สิ่งนี้เป็นพื้นฐานกำหนดความเป็นไปของเอกภพเช่นเดียวกับที่ บิท กำหนดการทำงานของคอมพิวเตอร์ เขาเชื่อว่าสรรพสิ่งทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็น อะตอม โปรตอน อีเล็กตรอน หรือควาร์ก (Quarks) ก็ตาม เป็นเพียง "บิท" ที่ประกอบกันเข้าเท่านั้น เป็นเพียงกลุ่มรูปแบบของหน่วยข้อมูลแบบเลขฐาน 2

(binary units) ของข้อมูลข่าวสารแบบเดียวกับในคอมพิวเตอร์เท่านั้น ข้อมูลข่าวสารนี้แฝงอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ของมวลพลังงาน ในทำนองเดียวกับที่กระแสอีเล็กตรอนที่อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์หรือในสายใยเซลล์ประสาทสมองของคนเราที่เป็นตัวทำให้เกิดการทำงานขึ้นมาได้

Fredkin เชื่อว่าเอกภพไม่ได้มีสภาพต่อเนื่องอย่างที่เข้าใจกันมา จากสาระสำคัญพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของเอกภพตามแนวทฤษฎีของเขา คือ สภาพบิท ข้อมูลข่าวสารของเอกภพ ทำให้อวกาศ–กาลมีสภาพเป็นเม็ด ๆ หรือหน่วยเล็ก ๆ (grain) และสภาพเป็นหน่วยเล็ก ๆ หรือเม็ด ๆ ของอวกาศ–กาล นี้ไม่อาจแบ่งให้เล็กลงไปได้อีก ความเป็นไปทั้งมวลในเอกภพจึงเปรียบได้กับการทำงานของคอมพิวเตอร์มหึมาเครื่องหนึ่ง Fredkin ได้ยกตัวอย่างความมีอยู่ของสภาพบิท ข้อมูลที่เห็นได้ง่าย ๆ เช่น รหัสชีวิตที่มีอยู่ในจีนส์ (genes) ของสิ่งมีชีวิต ที่ควบคุมความเป็นไปในการสร้างสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ และความเป็นไปของปฏิกิริยาต่าง ๆ ของชีวิตนั้น ๆ ที่ทำให้กระบวนการดำเนินไป การโคจรของอีเล็กตรอนรอบนิวเคลียสของอะตอม หรือการเกิดขึ้นของดวงดาว หรืออุบัติการณ์ต่าง ๆ ในเอกภพนั้น Fredkin ไม่เชื่อว่าจะเกิดขึ้นจากเหตุบังเอิญ แต่เป็นไปตามข้อมูลข่าวสาร (Information) พื้นฐานเอกภพเป็นตัวกำหนดมา และควบคุมความเป็นไปในระบบข้อมูลแบบตัวเลข (digital information)

แนวความคิดดังกล่าวนี้ของ Fredkin แทบจะกล่าวได้ว่าทำให้เขาต้อง "โดดเดี่ยว" หาผู้สนับสนุนความคิดเห็นด้วยยากมาก ความคิดที่ล้ำสมัยสืบเนื่องมาจากการค้นพบทฤษฎี Cellular automaton ที่กำลังได้รับการศึกษาและพัฒนานำมาใช้ประโยชน์ในเทคโนโลยีระดับสูงโดยห้องปฏิบัติการทางคอมพิวเตอร์ของสถาบัน M.I.T. ทำให้ทั้งผู้ที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วยบางคนที่ไม่มองข้ามความมีอัจฉริยะของเขาถึงกับกล่าวว่าแนวความคิดของ Fredkin อาจเปรียบได้กับเมื่อครั้งที่เซอร์ไอแซค นิวตัน เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องที่วัตถุสามารถส่งแรงไปกระทำกับวัตถุอื่นในระยะไกลได้โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกัน (ทฤษฎีสนามของแรงความโน้มถ่วง) ได้นั้น ยากที่จะทำให้นักวิทยาศาสตร์ในยุคนั้นจะยอมรับได้ พวกเขากล่าวว่า นักฟิสิกส์ส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะมุ่งหน้าเจาะทะลวงค้นคว้าหาความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติไปในอุโมงค์แห่งทัศนะ (tunnel vision) ที่ล้อมรอบอยู่ด้วยกฎของธรรมชาติ (natural law) เชื่อมั่นต่อกฎในทางฟิสิกส์โดยไม่ได้สนใจที่จะสอบสวนว่าทำไมสิ่งทั้งหลายจึงต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์นั้น ๆ ด้วย นักฟิสิกส์ส่วนใหญ่จึงไม่ได้เป็นผู้ที่สร้างทฤษฎีใหม่ ๆ แต่อย่างใด ดังนั้น เมื่อมีการปฏิรูปทางความคิดอย่างเช่นที่ Fredkin กระทำอยู่ จุดที่จะเป็นเรื่องในการสนทนากันต้องเป็นนักฟิสิกส์อย่างเช่น Feynman หรือ Einstein หรือ Pauli เท่านั้น ส่วนที่เหลือคงต้องคุยกันในหัวข้อใครจะได้เป็น ส.ส. หรือพรรคไหนจะได้จัดตั้งรัฐบาลในการเลือกตั้งครั้งต่อไป นักฟิสิกส์รางวัลโนเบลอย่าง Richard Feynman เคยได้กล่าวถึง Fredkin ว่าเป็นผู้เฉลียวฉลาดและมีความคิดริเริ่ม แม้ว่าแนวความคิดจะ "แผลง" ในบางครั้ง แต่ Fredkin ก็เป็นผู้ที่มองฟิสิกส์ด้วยแนวทางอย่างใหม่ ๆ ที่มีอยู่น้อยคน บางคนก็ว่า Fredkin นั้น "เพี้ยน" ออกนอกแนวทางแต่ที่แน่ ๆ คือ โดยอาศัยความสามารถของสติปัญญาของเขาเอง ทำให้เขาเรียนรู้ด้วยตนเองจนได้รับเชิญเป็นศาสตราจารย์ในสถาบัน M.I.T. และผลงานสิ่งประดิษฐ์เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ทำให้เขากลายจาก

ฐานะธรรมดาเป็นเศรษฐีมีเงินหลายล้านเหรียญตั้งแต่ก่อนเป็นศาสตราจารย์

คำถามมากมายที่เกิดขึ้นติดตามแนวความคิดเรื่องเอกภพของเขาเช่น ใครสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เอกภพนี้ขึ้นมา? ใครหรืออะไรที่เป็นผู้กำหนดข้อมูลคำสั่งให้คอมพิวเตอร์นี้ทำงาน? เพื่ออะไร? มีพระผู้เป็นเจ้าสร้างเครื่องคอมพิวเตอร์เอกภพนี้ขึ้นมาใช่หรือไม่? คำตอบของ Fredkin เป็นไปในรูปแบบของปรัชญา เขากล่าวว่าการแสวงหาคำตอบในคำถามเหล่านี้จะทำให้พลาดไปจากจุด เขาให้เหตุผลว่าไม่มีหนทางใดเลยที่จะรู้คำตอบของบางคำถามได้เร็วไปกว่าที่กำลังเป็นอยู่ (ของกระบวนการตอบคำถามนั้น) Fredkin กล่าวว่า เขาไม่เชื่อว่ามีพระเจ้า ไม่เชื่อเรื่องพระเจ้าของคริสต์หรือยูดายหรือศาสนาใด ๆ ก็ตาม เขาไม่ใช่พวกเชื่อในการปฏิเสธความมีอยู่ของพระเจ้า และไม่ใช่พวกที่เชื่อแต่เฉพาะในสิ่งที่เห็นปรากฏการณ์ได้จริงอย่างเดียวนั้นด้วย เขาเป็นเพียงผู้อยู่ในฐานะธรรมดาเขาไม่รู้ว่าพระเจ้าจะมีจริงหรือไม่ และไม่สนใจว่าจะมีจริงหรือไม่ ไม่สนใจว่าจะมีมหิทธานุภาพสักเพียงใดก็ตาม เขารู้สึกเพียงว่าเอกภพกำลังเป็นไปคล้ายกับการทำงานของคอมพิวเตอร์ เพื่อหาคำตอบอะไรบางอย่าง และคำตอบนั้นไม่มีทางที่จะรู้ได้เร็วไปกว่าที่มันกำลังเป็นไปตามขั้นตอนของมัน เช่นเดียวกับที่คอมพิวเตอร์ทำงานหาคำตอบไปที่ละขั้นของบิทข้อมูลคำสั่งตามลำดับไม่มีทางลัดข้ามขั้นได้เลย Fredkin เชื่อว่าทั้งหมดนี้เป็นผลของอะไรบางอย่างที่เขาเรียกว่า Intelligent (ปัญญาสากล?)

ทฤษฎีเอกภพของ Fredkin ช่วยตอบคำถามเกี่ยวกับเอกภพได้เพียงว่า ทำไมสิ่งต่าง ๆ จึงต้องเป็นไปตามกฎแห่งธรรมชาติได้เท่านั้นเอง ซึ่งคำตอบคือ เพราะความเป็นไปของสิ่งต่าง ๆ ในเอกภพถูกควบคุมด้วย ข้อมูลข่าวสาร (Information) และกระบวนการทั้งหมดดำเนินไปภายใต้กฎเกณฑ์ง่าย ๆ เพียงอย่างเดียวที่ Fredkin เรียกว่า "The prime mover of everything" จากทฤษฎีนี้ดูเหมือนจะเป็นทั้งข่าวดีและข่าวร้ายสำหรับทุกชีวิตที่เกิดมา ข่าวดีคือ เราอาจจะเกิดมาอย่างมีจุดมุ่งหมายที่จะช่วยในการหาคำตอบที่ล้ำลึกยิ่งใหญ่อะไรสักอย่างหนึ่ง อันเป็นความมุ่งหมายที่มีขึ้นมาของเอกภพ และข่าวร้ายคือเราอาจจะเป็นเหมือนส่วนประกอบในอีเล็กตรอนที่กำลังไหลไปในตัวนำต่าง ๆ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานเพื่อหาค่าตำแหน่งที่เก้าอสงไขยหลังจุดทศนิยมของค่า π ของตัวจอมกวนอะไรสักอย่างหนึ่งก็ได้

ฤาจะมีพระเจ้าที่กำลังใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เอกภพหาค่าของ 1 หารด้วย 0 เพื่อความเป็นผู้ถึงที่สุดของความรอบรู้เพื่อทรงมหิทธานุภาพอย่างสุดประมาณได้จริง ๆ?

เอกสารประกอบ

1. Wright, Robert. 1988. Did The Universe Just Happen?
The Atlantic Monthly, April 1988.
2. Camm, Mark. 1988. Does The Universe Run on Bits?
Sydney Morning Herald, July 25, 1988.

ว.วิทย.มข. 18(1) : 20 – 25 (2533)

การเปรียบเทียบ Orthogonal Contrasts ใน Fixed Effects ONE-WAY ANOVA*

** เอนก พัชรินทร์ศักดิ์

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการทดลองแบบ Single-Factor และมีการแจกแจงทางเดียว (One-Way Classification) นั้นเป็นการทดสอบรวมโดยใช้ F test (Overall F test) โดยตั้งสมมุติฐานไว้ว่า ผลอันเกิดจาก treatment ทั้งหลายมีค่าไม่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะเป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากร คือ $H_o : \mu_i = \mu_j, \forall i \neq j$ หรืออาจจะเป็นการทดสอบผลรวมของแต่ละ treatment คือ $H_o : t_i = t_j \ \forall i=j$ ทั้งนี้เพราะเราdefine ว่า $t_i = \mu_i - \mu$ ใน model $Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$

$i = 1,2,...,p$ (จำนวนทรีทเมนต์)

$j = 1,2,...r$ (จำนวนซ้ำ)

$$Y_{i.} = \sum_{j=1}^{r} Y_{ij.} = \frac{y_{i.}}{r}$$

และค่ากะประมาณของ $\hat{\mu}_i = \bar{y}_{i.}$

เมื่อการทดสอบ overall F test ในตาราง ANOVA มีนัยสำคัญ ปัญหาที่จะต้องพิจารณามี 2 กรณี คือ การทดสอบขั้นต่อไปจะเป็นแบบ priori (หรือ planned comparisons) หรือเป็นแบบ posteriori (หรือ post hoc comparisons) ทั้งนี้เพื่อต้องการทดสอบว่ามี treatment คู่ใดบ้างที่ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

หากการทดสอบระหว่างคู่ได้มีการกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนการทดลอง เราเรียกว่าเป็น priori comparisons และเพื่อเป็นการป้องกันมิให้ระดับนัยสำคัญ α ที่กำหนดไว้เดิมใน overall F test มีค่าเปลี่ยนไปเราจะใช้วิธีที่เรียกว่า Orthogonal Contrasts ส่วนการทดสอบแบบ posteriori มีหลายวิธี เช่น วิธีของ Tukey, Duncan, Schefie ; LSD และ SNK เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ Orthogonal Contrasts

ถ้าให้ $Y_{i.}$ เป็น treament total ของ treatment ที่ i

r เป็นจำนวนซ้ำ (ให้มีค่าเท่ากัน) ของแต่ละทรีทเมนต์

---

* พิมพ์เรียบเรียงใหม่จากวารสารสถิติ ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 พฤศจิกายน 2525 โดยผู้เขียนคนเดียวกัน

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เป็นต้นว่า ถ้าการทดลองมี 3 ทรีทเมนต์ เราอาจต้องการเปรียบเทียบ $Y_{1.} - Y_{2.}, Y_{1.} + Y_{2.} - 2Y_{3.}$ ซึ่งหมายถึง $H_o : \mu_1 = \mu_2$ และ $H_o : \mu_1 + \mu_2 = 2\mu_3$ ตามลำดับ การเปรียบเทียบระหว่างคู่ที่จะเรียกว่าเป็นการเปรียบเทียบแบบ contrast หมายความว่าการเปรียบเทียบแต่ละชุดเป็นอิสระกัน กล่าวคือ จะไม่มีการเปรียบเทียบชุดใดชุดหนึ่ง เข้าไปรวมอยู่ในการเปรียบเทียบชุดอื่น ตามตัวอย่างข้างต้นจะเป็น contrast 2 ชุด ซึ่งเป็นอิสระกันมีข้อสังเกตว่าการเปรียบเทียบดังกล่าว มีลักษณะเป็น linear combination ของทรีทเมนต์และผลรวมของสัมประสิทธิ์เป็น 0

นิยาม linear function ใด ๆ เช่น

$$Z_w = l_{w1} Y_{1.} + l_{w2} Y_{2.} + \ldots + l_{wk} Y_{k.}$$

จะเรียกว่าเป็น contrast ระหว่าง t_i's ถ้า

$$l_{w1} + l_{w2} + \ldots + l_{wk} = 0$$

นิยาม Contrasts Z_1 และ Z_2 จะเป็น orthogonal contrast ถ้า

$$l_{11}\, l_{21} + l_{12}\, l_{22} + \ldots + l_{1k}\, l_{2k} = 0$$

ตัวอย่างเช่น จาก model $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$ การทดลองมี 4 ทรีทเมนต์ (d. f. = 3) เราจะจัด contrast ได้ 3 ชุด คือ

$Z_1 = Y_{1.} - Y_{4.}$	เป็นการเปรียบเทียบ	ของทรีทเมนต์ 1 กับ 4	
$Z_2 = Y_{2.} - Y_{3.}$	" "	"	" 2 กับ 3
$Z_3 = Y_{1.} - Y_{2.} - Y_{3.} + Y_{4.}$	" "	"	" 1 และ 4 กับ 2 และ 3

แต่ละ orthogonal จะมีสัมประสิทธิ์ดังตาราง

สัมประสิทธิ์	ผลรวมของสัมประสิทธิ์
Z_1 +1 0 0 −1	$(+1) + (-1) = 0$
Z_2 0 +1 −1 0	$(+1) + (-1) = 0$
Z_3 +1 −1 −1 +1	$(+1) + (-1) + (-1) + (+1) = 0$
Z_1 และ Z_2 orthogonal กันเพราะ	$(+1)(0) + (0)(+1) + (0)(-1) + (-1)(0) = 0$
Z_1 และ Z_3 orthogonal กันเพราะ	$(+1)(+1) + (0)(-1) + (0)(-1) + (-1)(+1) = 0$
Z_1 และ Z_3 orthogonal กันเพราะ	$(0)(+1) + (+1)(-1) + (-1)(-1) + (0)(+1) = 0$

เราพูดว่า Z_1, Z_2, และ $(_3$ ต่างก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน (mutually orthogonal contrast)

กฎ ถ้า Z_w เป็น contrast ระหว่าง τ_i's แล้ว

$$\frac{Z^2_w}{D_w} \quad \text{เมื่อ } D_w = r\,(l^2_{w1} + l^2_{w2} + \ldots + l^2_{wk})$$

จะเป็นส่วนประกอบหนึ่ง (a component) ของ Treatment sum of squares (SSTr) โดยมี d.f. = 1

หากกล่าวโดยทั่วไป ถ้ามีจำนวนทรีทเมนต์ = p เราจะได้

ผลบวกของกำลังสองของ contrast Z_k' $SS_{z_k} = \dfrac{Z^2_k}{r\sum_{i=1}^{P} l^2_{ki}}$

2. ทฤษฎีของ Orthogonal contrast

ผลบวกของกำลังสองของ mutually orthogonal contrast ของ treatment ย่อมเท่ากับ Treatment sum of squares (SSTr)

การพิสูจน์ ให้ p = จำนวนทรีทเมนต์ (จะได้จำนวน contrast = p−1 ชุด)

r = จำนวนซ้ำในแต่ละทรีทเมนต์

$Y_{i.}$ = ผลรวมของ treatment effect ที่ i, i = 1,2,...,p

จากการคำนวณในตาราง ANOVA

Treatment sum of squares คือ $SSTr = \sum_{i=1}^{p} \frac{y^2_{i.}}{r} - \frac{G^2}{rp}$ เมื่อ G = grand total =y..

ให้ contrast k คือ $Z_k = \sum_{i=1}^{p} c_{ki}\, y_{i.}$ โดยที่ $\sum_{i=1}^{p} c_{ki} = 0$

และ contrast l คือ $Z_l = \sum_{i=1}^{p} c_{li}\, Y_{i.}$ โดยที่ $\sum_{i=1}^{p} c_{li} = 0$

ถ้า Z_k และ Z_ℓ เป็น mutually orthogonal contrast หมายความว่า

$$Z_k \perp Z_l \leftrightarrow \sum_{i=1}^{p} c_{ki}\, c_{li} = 0$$

ดังนั้นถ้าให้ Z_j (j=1,2,...,p−1) เป็น contrast ใด ๆ ของการทดลองที่มี p ทรีทเมนต์เราต้องการพิสูจน์ให้เห็นว่า

$$\frac{\sum_{i=1}^{p} Y^2_{i.}}{r} - \frac{G^2}{rp} = \sum_{j=1}^{p-1} \frac{Z^2_j}{r\sum_{i=1}^{p} c^2_{ji}}$$

หรือ SSTr = ผลบวกของ SS_{Zj} ; j=1, 2,...,p−1 เมื่อ Z_j คือ contrast

ให้ $Z_p = \sum_{i=1}^{p} Y_{i.}$ = G = ผลรวมของ treatment total = y..

โดยการ transformation $Z_k \rightarrow W_k$ และ $Z_\ell \rightarrow W_\ell$ โดยให้

$$W_k = \frac{\sum_{i=1}^{p} C_{ki} Y_{i.}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}}} = \sum_{i=1}^{p} b_{ki} Y_{i.} \quad \text{เมื่อ } b_{ki} = \frac{c_{ki}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}}}$$

$$\text{และ } W_\ell = \frac{Z_\ell}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} c^2_{\ell i}}} = \sum_{i=1}^{p} b_{\ell i} Y_{i.} \quad \text{เมื่อ } b_{\ell i} = \frac{c_\ell}{\sqrt{\quad}}$$

W_k และ W_l ต่างก็เป็น mutually orthogonal contrast เพราะ $\Sigma b_{ki} = 0$, $\Sigma b_{li} = 0$ และ $\sum_i b_{ki} b_{li} = 0$

$$\text{ให้ } W_p = \frac{Z_p}{\sqrt{p}} = \frac{\sum_{i=1}^{p} Y_{i.}}{\sqrt{p}} = \frac{G}{\sqrt{p}}$$

พิจารณาเมตริกซ์ $\underline{W} = \underline{B}\,\underline{Y}$

$$\begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ W_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11}\, b_{12} & \cdots & b_{1p} \\ b_{21}\, b_{22} & \cdots & b_{2p} \\ & \cdots\cdots & \\ b_{p-1,1}, b_{p-1,2}, & \cdots & b_{p-1,p} \\ & & \\ \frac{1}{\sqrt{p}}\ \frac{1}{\sqrt{p}} & & \frac{1}{\sqrt{p}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_{1.} \\ Y_{2.} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_{p.} \end{bmatrix}$$

จะได้ B เป็น orthogonal matrix กล่าวคือ $\underline{B}^{-1} = \underline{B}$ (หรือ $\underline{B}'\underline{B} = I = \underline{B}\underline{B}'$)

$$\text{จากข้างต้น } b_{ki} = \frac{c_{ki}}{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}}$$

$$\text{Squaring, } b^2_{ki} = \frac{c^2_{ki}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}}}$$

หาผลรวม, $\sum_{i=1}^{p} b^2_{ki} = \sum_{i=1}^{p} [\frac{c^2_{ki}}{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}}] = \frac{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}}{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ki}} = 1$

เช่นเดียวกันสำหรับ b_{li} จะได้

$$b^2_{li} = \frac{c^2_{li}}{\sum_{i=1}^{p} c^2_{li}} \text{ และ } \sum_{i=1}^{p} b^2_{li} = 1$$

และ $\sum_{i=1}^{p} b_{ki}b_{li} = \frac{\sum_{i} c_{ki} \quad c_{li}}{\sqrt{\sum c^2_{ki}}\sqrt{\sum c^2_{li}}} = \frac{0}{\sqrt{\sum c^2_{ki}}\sqrt{\sum c^2_{li}}} = 0$

ดังนั้น

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1p} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2p} \\ & & \cdots\cdots & \\ b_{p-1,1} & b_{p-1,2} & \cdots & b_{p-1,p} \\ \frac{1}{\sqrt{p}} & \frac{1}{\sqrt{p}} & \cdots & \frac{1}{\sqrt{p}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{21} & \cdots & b_{p-1,1} & \frac{1}{\sqrt{p}} \\ b_{12} & b_{22} & \cdots & b_{p-1,2} & \frac{1}{\sqrt{p}} \\ & & \cdots\cdots & & \\ b_{1,p-1} & b_{2,p-1} & \cdots & b_{p-1k,p-1} & \frac{1}{\sqrt{p}} \\ b_{1p} & b_{2p} & \cdots & b_{p-1,p,} & \frac{1}{\sqrt{p}} \end{bmatrix} = \underline{B}\,\underline{B}'$$

นั่นคือ

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & & 1 \end{bmatrix} = \underline{B}\,\underline{B}' = I$$

$\therefore \underline{B}\,\underline{B}' = \underline{B}'\,\underline{B} = I$

และ $\underline{B}\,\underline{B}'\,\underline{B}\,\underline{B}' = I$

จาก $\underline{W} = \underline{B}\,\underline{Y}$ จะได้ $\underline{Y} = \underline{B}'\,\underline{W}$

แสดงว่าเมื่อกำหนดค่าเฉพาะของ $Y_{i.}$ เราจะได้

$$Y_{i.} = \sum_{j=1}^{p-1} b_{ij}W_j + \frac{W_p}{\sqrt{p}}$$

$$\text{squaring, } Y^2_{i.} = [\sum_{j=1}^{p-1} b_{ij}W_j]^2 + \frac{2W_p}{\sqrt{p}} \sum_{j=1}^{p-1} b_{ij}W_j + \frac{W^2_p}{p}$$

$$= \sum_{j=1}^{p-1} b^2_{ij} W^2_j + \sum_{\substack{j=1 \\ i\neq l}}^{p-1} W_{lj} + \frac{2W_p}{\sqrt{p}} \sum_{j=1}^{p-1} b_{ij}W_{ij} + \frac{W^2_p}{p}$$

หาผลบวกทั้งสองข้าง

$$\sum_{i=1}^{p} Y_{i.} = \sum_{i=1}^{p} [\sum_{j=1}^{p-1} b^2_{ij}W^2_j] + \sum_{i=1}^{p} \sum_{\substack{J=1 \\ i\neq l}}^{p-1} b_{ij}W_{lj} + \frac{2W_p}{\sqrt{p}} \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=l}^{p-1} b_{ij}W_{ij} + \sum_{i=1}^{p} \frac{W^2_p}{p}$$

เนื่องจากเป็นการหาผลรวมชนิด finite เราสามารถเปลี่ยน $\sum_i$ และ $\sum_j$ สลับที่กันได้

$$\sum_{i=1}^{p} Y^2_{i.} = \sum_{j=1}^{p-1} W^2_j \underbrace{\sum_{i=1}^{p} b^2_{ij}}_{=1} + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq l}}^{p-1} W_{lj} \underbrace{\sum_{i=1}^{p} b_{ij}}_{=0} + \frac{2W_p}{\sqrt{p}} \sum_{j=1}^{p-1} W_{ij} \underbrace{\sum_{i=1}^{p} b_{ij}}_{=0} + W^2_p$$

$$= \sum_{j=1}^{p-1} W^2_j + \frac{G^2}{p} \qquad [\because W_p = \frac{G}{\sqrt{p}}]$$

$$= \sum_{j=1}^{p-1} [\frac{Z^2_j}{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ji}}] + \frac{G^2}{p}$$

$$\text{เอา r หารตลอด, } \frac{1}{r} \sum_{i=1}^{p} Y^2_{i.} = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^{p-1} [\frac{Z^2_j}{\sum_{i=1}^{p} c^2_{ji}}] + \frac{G^2}{rp}$$

$$\text{ย้ายข้าง, } \frac{\sum_{i=1}^{p} Y^2_{i.}}{r} - \frac{G^2}{rp} = \sum_{j=1}^{p-1} \frac{Z^2_j}{r \sum_{i=1}^{p} c^2_{ji}}$$

นั่นคือ SSTr = ผลบวกของกำลังสองของ contrasts ทั้งหมด (ซึ่งมีจำนวน p−1 ชุด).

ว.วิทย.มข. 18(1) : 26 – 30 (2533)

อิทธิพลของความชื้นในเมล็ดต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

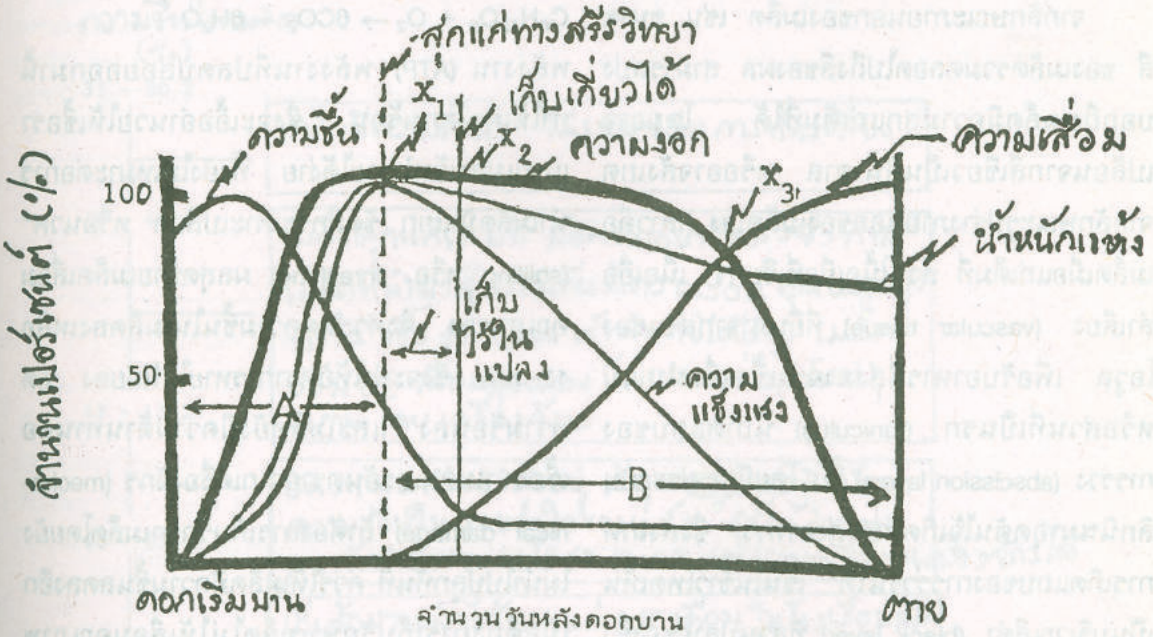
เตือนใจ โก้สกุล*

เมล็ดที่เก็บไว้นาน ๆ มักจะมีปัญหาเมื่อนำเมล็ดไปปลูก มีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ จนบางครั้งเมล็ดอาจไม่งอกเลย ซึ่งแสดงว่าเมล็ดไม่มีความมีชีวิต โดยทั่วไปแล้วหลังจากที่เก็บเกี่ยวเมล็ดมาจากแปลง ควรดำเนินการปลูกในทันที ทั้งนี้เมล็ดเหล่านี้จะให้เปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถนำเมล็ดมาปลูกได้ทันที ทั้งนี้ต้องนำเมล็ดไปเก็บรักษาไว้ก่อนจนกว่าจะถึงฤดูกาลที่เหมาะสม จึงนำออกมาปลูกได้ เมล็ดที่จัดเป็นพวกเมล็ดออโธะดอคซ (orthodox seed) ซึ่งสามารถเก็บรักษาไว้ให้มีชีวิตได้ยาวนานเป็นปี เช่น ข้าวโพด ข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ถั่วเขียว ถั่วดำ ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง บวบ มะเขือเทศ เมล็ดไม้ป่าบางชนิด คือ เมล็ดกระถิน กระถินเทพา เลี่ยน ยูคาลิปตัส และเมล็ดสนสามใบ ส่วนเมล็ดที่จัดเป็นพวกเมล็ดริแคลซิทแร็นท (recalcitrant seed) ไม่สามารถเก็บรักษาให้คงความมีชีวิตได้ยาวนาน เพราะเมล็ดเหล่านี้ไม่อาจลดความชื้นในเมล็ดลงให้ต่ำ (8–20%) ได้ เพราะจะทำให้เมล็ดได้รับอันตรายและตายไปในที่สุด เช่น เมล็ดส้มพันธุ์ต่าง ๆ ขนุน เงาะ ทุเรียน เมล็ดไม้ป่าบางชนิดคือเมล็ดพืชในตระกูลยาง ประดู่ ยมป่า และเมล็ดสัก นอกจากนี้เมล็ดที่ส่วนประกอบมีน้ำมันสูง (เมล็ดถั่วเหลือง ถั่วลิสง ละหุ่ง) ก็ไม่สามารถเก็บรักษาให้คงความมีชีวิตได้เป็นเวลานานเช่นกัน

หลังจากที่ดอกเริ่มบาน (anthesis) ละอองเรณูก็จะตกที่ยอดเกสรตัวเมีย แล้วเข้าไปผสมกับไข่ที่อยู่ในโอวูล (ovule) และพัฒนาการต่อไปจนเกิดเป็นเมล็ดขึ้น ช่วงระยะเวลาที่ดอกเริ่มบานจนเกิดการถ่ายละอองเรณู (pollination) และการปฏิสนธิระหว่างไข่กับสเปิร์ม (fertilization) ใช้เวลาต่างกันในพืชต่างชนิด ในข้าวโพดใช้เวลาไม่เกิน 2 วัน ส่วนใหญ่ในสนเขา (*Pinus*) ใช้เวลาเป็นเดือน หลังจากที่ไข่ได้รับการปฏิสนธิแล้ว โอวูลจะเจริญเป็นเมล็ดก็ใช้ระยะเวลาที่แตกต่างกันในพืชแต่ละชนิดซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรม (A) จนได้เมล็ดที่สุกแก่เต็มที่ (physiological maturity) ที่ X_1 ซึ่งในขณะนี้เมล็ดยังคงมีความชื้นสูง (18–40%) ปกติแล้วความชื้นมีมากที่สุดในขณะที่เริ่มมีการสร้างเมล็ด (ไข่ผสมกับสเปิร์ม) กล่าวคือ ความชื้นจะสูงขึ้นเล็กน้อยหลังจากที่เกิดการปฏิสนธิซ้อน (double fertilization) มีความชื้นใน

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมล็ดถึง 80% และลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงระยะหนึ่งความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นระยะที่เมล็ดเข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา จากนั้นความชื้นในเมล็ดก็จะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดสมดุลย์กับบรรยากาศ (equilibrium moisture content) ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของเมล็ด ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) และอุณหภูมิของอากาศ ดังนั้นความชื้นในเมล็ดจึงขึ้น ๆ ลง ๆ ตามสภาพแวดล้อมในบรรยากาศ (ดังแสดงในรูปที่ 1) (18–40%) จึงยังไม่เหมาะในการเก็บเกี่ยว รอจนความชื้นในเมล็ดลดลงจนถึงที่ X_2 มีความชื้นประมาณ 13–18% ในช่วง X_1 ถึง X_2 นั้นสามารถเก็บเมล็ดไว้ในแปลงได้ ซึ่งจะไม่กระทบกระเทือนต่อความมีชีวิตในเมล็ดแต่อย่างไรหรือมีผลน้อยมาก ระยะนี้จึงเรียกว่าเก็บไว้ในแปลง (field storage) หลังจากนั้นควรเก็บเกี่ยวเมล็ดได้ (field maturity หรือ harvesting maturity) เพราะถ้าปล่อยเมล็ดไว้ในแปลงต่อไปจนเลยจุดที่ X_3 ความ



รูปที่ 1 ช่วงชีวิตของเมล็ดที่แสดงระยะเวลาต่าง ๆ ที่เมล็ดเริ่มเกิดขึ้นจนสุกแก่เต็มที่ และตายไปในที่สุด

ที่ X ซึ่งเมล็ดมีความสุกแก่ทางสรีรวิทยา (physiological maturity) หรือสุกแก่อย่างเต็มที่นี้พบว่า เมล็ดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด (maximum dry weight) ทั้งยังมีความมีชีวิตหรือเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด (maximum germination) และท้ายสุดเมล็ดยังมีความแข็งแรงสูงสุด (maximum vigeroius seed) เนื่องจากในขณะที่เมล็ดมีความสุกแก่ทางสรีรวิทยานี้เมล็ดยังคงมีความชื้นสูงอยู่ แข็งแรงของเมล็ดจะลดลงอย่างมาก กล่าวคือ เมล็ดที่เก็บเกี่ยวหลังจากผ่านเวลาที่ X_3 ไปแล้ว เมื่อนำเมล็ดไปเพาะในพื้นที่ที่สภาพแวดล้อมไม่อำนวยต่อการเจริญเติบโต อาทิเช่น เกิดความแห้งแล้งน้ำไม่พอ อุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปจะมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ และใช้เวลาการงอกนาน เนื่องจากเมล็ดที่มีความแข็งแรงลดลง แต่ถ้าเมล็ดที่เก็บในช่วง X_1 ถึง X_2 เมล็ดยังคงมีความแข็งแรง

มากกว่า ซึ่งจะทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

อย่างไรก็ตาม หลังจากที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาอย่างเต็มที่แล้ว ทิ้งช่วงระยะเวลาไปเรื่อย ๆ เมล็ดจะเริ่มเสื่อมคุณภาพ (seed deterioration) จากจุดนี้จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพ 100% ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เมล็ดสุกแก่เต็มที่จนถึงเสื่อมคุณภาพ 100% นี้ (B) ใช้เวลามากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพทางพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม

จากลักษณะภายนอกของเมล็ด เช่น ขนาด สี ของเมล็ดรวมตลอดไปถึงสีของผล สามารถบ่งบอกถึงเมล็ดมีความสุกแก่เต็มที่ได้ โดยอาจเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาล หรืออาจสังเกตจากลักษณะรูปร่างภายนอกของเมล็ดเอง กล่าวคือ เมล็ดเมื่อแก่เต็มที่ ส่วนเนื้อเยื่อที่เรียกว่า เนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) ที่ยื่นมาจากส่วนของโอวูล เพื่อรับอาหารที่ส่งมาจากเนื้อเยื่อฝ่ายแม่หรือส่วนที่เป็นรก (funiculus) นี้เกิดแถบของการร่วง (abscission layers) ขึ้น โดยมีสารประกอบลิกนินมาอุดตันไว้เกิดหยุดส่งอาหาร ซึ่งสังเกตการเกิดแถบของการร่วงนี้ได้ เช่นในข้าวโพดเห็นเป็นบริเวณสีดำ (black layer) ที่ส่วนปลายของขั้วเมล็ด ในเมล็ดถั่วเห็นส่วนที่เป็นฮิลลัม (hillum) ที่อยู่บริเวณด้านข้าง หรือในเมล็ดแตงโมเห็นเส้นใยสีขาวซึ่งเป็นส่วนของรก หรือเมล็ดถั่วที่อยู่ในฝักเมื่อเขย่าฝักจะมีเสียงดังแสดงว่าส่วนของรกหายไป ทำให้เมล็ดหลุดออกจากขั้วซึ่งหมายความว่าเมล็ดแก่เต็มที่แล้ว

เมล็ดที่เก็บรักษาไว้นาน ๆ จำเป็นต้องมีการทดสอบความงอกตลอดเวลา เพื่อให้แน่ใจว่าเมล็ดยังคงมีชีวิตอยู่ ในโอกาสที่เมล็ดจะเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดในระหว่างที่เก็บรักษา คือความชื้นในเมล็ดหลังจากที่เมล็ดสุกแก่ทางสรีรวิทยาแล้วเก็บเกี่ยวในทันทีโดยที่ความชื้นในเมล็ดยังสูงอยู่ (ประมาณ 18–40%) แล้วนำเมล็ดมากองสุ่มไว้ ส่วนของเมล็ดที่อยู่ตรงกลางแทบจะไม่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศภายนอก เมล็ดยังคงมีความชื้นสูงอยู่ทำให้เกิดอัตราการหายใจสูง ผลสุดท้ายจากการเกิดการหายใจขึ้นทำให้ได้พลังงานออกมามากมาย ดังสมการ

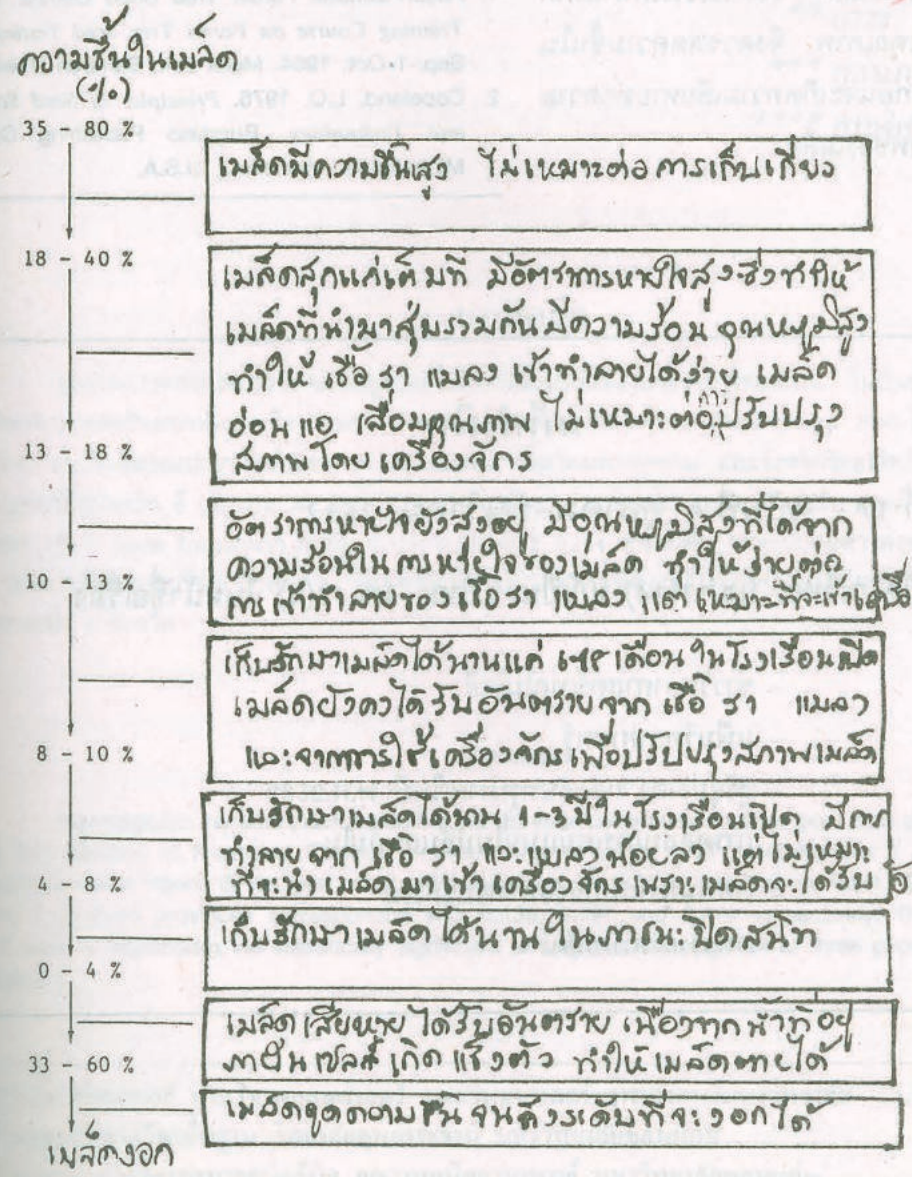
$C_6H_{12}O_6 + O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O +$ พลังงาน (ATP) พลังงานที่ปลดปล่อยออกมานี้ทำให้เกิดความร้อน ซึ่งจะเอื้ออำนวยให้เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย ทั้งยังไม่เหมาะต่อการนำเมล็ดมาแยก ขัดสีกระเทาะเปลือก หรือนวด* (shilling หรือ threshing) ผลสุดท้ายเมล็ดเสื่อมคุณภาพลง จึงควรลดความชื้นในเมล็ดลงเหลือ 13–18% ซึ่งจะทำให้อัตราการหายใจน้อยลง ลดความร้อนลง และเมล็ดยังมีความต้านทานต่อเชื้อรา แมลงและอันตรายจากเครื่องจักร (mechanical damage) ถ้าต้องการเก็บรักษาเมล็ดโดยยังไม่นำไปปลูกทันที ควรให้เมล็ดมีความชื้นลดลงอีก เมื่อต้องการเก็บรักษาเมล็ดไม่ให้เสื่อมคุณภาพ เช่น เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องในที่ภาชนะไม่มีฝาปิดนาน 6–18 เดือน ก็ควรลดความชื้นในเม็ดลงเหลือ 10–13% แต่ถ้าต้องการเก็บรักษาเมล็ดไว้เป็นปี (1–3 ปี) ในภาชนะเช่นเดียวกับอันแรกก็ควรจะลดความชื้นในเมล็ดให้เหลือ 8–10% และถ้าต้องการเก็บไว้ในที่ภาชนะมีฝาปิดสนิท (sealed storage) เพื่อป้องกันความชื้นในเมล็ดไม่ให้สูญเสียไปก็ควรลดความชื้นในเมล็ดให้เหลือ 4–8% ซึ่งจะเก็บเมล็ดไม่ให้เสื่อมคุณภาพได้เป็นสิบ ๆ ปี

---

*การนำเมล็ดมาแยก ขัดสีกระเทาะเปลือก หรือนวด โดยใช้เครื่องจักร เป็นขั้นตอนหนึ่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ด (seed condition) ซึ่งพยายามขจัดสิ่งที่ไม่ พึงประสงค์ออกจากเมล็ด

แต่ถ้าลดความชื้นในเมล็ดลงไปอีกเหลือเพียง 0–4% จะไม่มีผลดีเลย เพราะทำให้เมล็ดมีสภาพแข็งขึ้น (hardseededness) เนื่องจากน้ำที่อยู่ระหว่างเซลและภายในของเมล็ดเกิดแข็งตัว (freezing) ซึ่งมีผลทำให้เมล็ดได้รับอันตราย (water damage) และตายไปในที่สุด และเมื่อต้องการให้เมล็ดงอกก็ควรให้เมล็ดได้ดูดรับความชื้นเข้าไปอีกครั้งหนึ่ง (rehydration) จนถึง 33–60% เมล็ดก็จะงอกได้ (ดังแสดงในรูปที่ 2)

อย่างไรก็ตามในสภาวะปกติ เมล็ดดูดและคายความชื้นในตัวเองให้แก่บรรยากาศรอบข้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าความดันไอน้ำ (vapour pressure) ที่แตกต่างกัน ถ้าความดันไอน้ำในเมล็ดสูงกว่าความดันไอน้ำในบรรยากาศ เมล็ดก็จะคายความชื้นแก่บรรยากาศ ในทำนองเดียวกันถ้าความดันไอน้ำของบรรยากาศสูงกว่าเมล็ดก็จะดูดความชื้นจากบรรยากาศเข้าเก็บรักษาไว้ในตัวของเมล็ดเองจนกว่าจะถึงระดับที่มีความดันไอน้ำเท่ากัน ซึ่ง



รูปที่ 2 ไดอะแกรมแสดงบทบาทและความสำคัญของ ความชื้นในเมล็ดต่อช่วงชีวิตที่เกิดขึ้นในเมล็ด

เป็นความชื้นสมดุลย์ (equilibrium moisture content) ระดับความชื้นที่สมดุลย์ในเมล็ดนี้อาจเปลี่ยนแปลงไปตามอากาศรอบข้าง กล่าวคือ อากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) สูงมีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นสมดุลย์สูงตามไปด้วย แต่ถ้าอากาศมีอุณหภูมิสูงความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ทำให้ความชื้นสมดุลย์ในเมล็ดลดต่ำลง ดังนั้นในขณะที่เก็บเกี่ยวเมล็ดมากองสุมไว้ หากปล่อยให้เกิดสมดุลย์เองโดยเมล็ดที่อยู่กองกลางไม่มีโอกาสสัมผัสกับอากาศภายนอก ซึ่งต้องใช้เวลานานมาก ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพ จึงควรลดความชื้นในเมล็ดให้เร็วที่สุดก่อนจะเกิดความเสียหายต่อความมีชีวิตและคุณภาพของเมล็ด

นอกจากนั้นเมล็ดที่ตากหรืออบจนแห้งดีแล้วจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 8% สามารถเก็บไว้ในที่อุณหภูมิสูงถึง 90 องศาฟาเรนไฮต์หรือที่อุณหภูมิห้องได้อย่างปลอดภัย ในทางตรงข้ามเมล็ดที่มีความชื้นสูง จะเก็บรักษาไว้ให้มีชีวิตโดยไม่เสื่อมคุณภาพได้เฉพาะในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาฟาเรนไฮต์เท่านั้น จึงควรเก็บไว้ในห้องเย็นหรือตู้เย็น

เอกสารอ้างอิง

1. Asean-Canada Forest Tree Seed Centre. 1984. *Training Course on Forest Tree Seed Testing*. 17 Sep.-1 Oct. 1984. Muak Lek, Saraburi. Thailand.
2. Copeland, L.O. 1976. *Principles of Seed Science and Technology*. Burgress Publishing Comp. Minneapolis, Minnesota. U.S.A.

แก้คำผิด

ปีที่ 17 ฉบับที่ 4 ตุลาคม–ธันวาคม 2532

คำผิด ว.วิทย. มข.17(14) แก้เป็น ว.วิทย. มข.17(4) ในหน้าชื่อเรื่อง

- ข่าววิทยาศาสตร์เทคโนโลยี
- แฟ้มวิทยาศาสตร์
- สุริยุปราคา และจันทรุปราคาในปี พ.ศ.2533
- การดุลสมการเคมีแบบไม่มีลับลมคมใน
- โรคพิษสุรากับปัจจัยทางพันธุกรรม
- การรวมตัวแบบเย็น

ว.วิทย.มข. 18(1) : 31 – 38 (2533)

การศึกษาภาวะฮีโมโกลบิน อี ในประชากรเขตทุรกันดารของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย

Study on Haemoglobin E in Poor Area Population of Northeast Thailand

*พรรณี ชิโนรักษ์
**ถาวร สุภาพรม
***กุลนภา ฟู่เจริญ
****สมพิศ โตตระกูล

บทคัดย่อ

ผลจากการตรวจสอบชนิดของอณูของฮีโมโกลบินในกลุ่มของประชากรไทยอีสาน ในถิ่นทุรกันดารในเขต 3 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 348 คน ในระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2530 โดยวิธีการสุ่มเลือกตัวอย่าง พบว่ากลุ่มของประชากรในเขตจังหวัดขอนแก่น จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดร้อยเอ็ดมีจำนวนร้อยละของผู้มีอณูของฮีโมโกลบิน อี (ทั้งแบบ AE และ EE) เท่ากับ 23.603, 37.08 และ 36.84 ตามลำดับ และมีค่าความถี่ของตัวนำลักษณะ Hb E (gene frequency) เท่ากับ 0.139, 0.197 และ 0.214 ตามลำดับ การกระจายตัวของชนิดอณูฮีโมโกลบินในประชากรที่ศึกษาอยู่ในภาวะสมดุล โดยความแปรปรวนของชนิดอณูฮีโมโกลบินไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในกลุ่มประชากรทั้ง 3 จังหวัด

Abstract

Haemoglobin variants (haemoglobin E; Hb E) were determined in three poor area population groups from 348 persons of Northeast Thailand between May to June, 1987. Haemoglobin E comprised 23.60 percent in Khon Kaen, 37.08 percent in Mahasarakam and 36.84 percent in Roiet. Gene frequencies of Hb E in three provinces corresponded with 0.139, 0.197 and 0.214 respectively. The distribution of Hb E were in equilibrium, no statistically significant among the haemoglobin of three poor area population groups.

---

* รองศาสตราจารย์ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
** อาจารย์ ภาควิชาพื้นฐาน วิทยาลัยอุบลราชธานี มหาวิทยาลัยขอนแก่น
*** อาจารย์ ภาควิชาจุลทรรศน์คลีนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**** พยาบาล กองโอสถกรรมแผนกทารกแรกเกิด โรงพยาบาลเจริญกรุงประชารักษ์ กรุงเทพฯ

บทนำ

ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) เป็นโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในเม็ดเลือดแดง (erythocyte; red blood cell) ของคนและสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังชั้นสูงทุกชนิด มีหน้าที่นำออกซิเจนจากปอดไปยังเซลล์และเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย โมเลกุลของฮีโมโกลบินประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือส่วนฮีม (haeme; heme) และส่วนที่เป็นโปรตีนโกลบิน (globin) ส่วนที่เป็นฮีมนั้น ประกอบไปด้วยโมเลกุลของเหล็ก และ porphyrin รวมกันเป็น ferroprotoporphyrin complex ส่วนโกลบินเป็นโปรตีนที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโน (amino acid) มาต่อกันเป็นสายโพลีเป็ปไตด์ (polypeptide) 1 โมเลกุลหรืออณูของฮีโมโกลบินประกอบด้วย globin chain ที่เหมือนกัน 2 คู่ เช่น Hb A ประกอบด้วย α-globin chain 2 เส้นและ β-globin chain 2 เส้นแต่ละเส้นจะมีฮีมจับอยู่ 1 ตัว การสร้างฮีโมโกลบินในคนนั้นจะสัมพันธ์กับขั้นตอนของการเจริญเติบโตตั้งแต่เป็นตัวอ่อน (embryo) ทารก (foetus) และวัยผู้ใหญ่ (adult)

ยีนที่ควบคุมการสร้างฮีโมโกลบินในคนมีอยู่ 2 กลุ่มคือ กลุ่ม α-like globin gene cluster มีตำแหน่งอยู่บนแขนสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 16 ประกอบด้วยยีน alpha (α)-globin และ Zeta (ζ)-globin ซึ่งจะควบคุมการสร้าง α-globin chain และ ζ -globin chain ที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 141 ตัว กลุ่มที่ 2 เป็น β-like globin gene cluster มีตำแหน่งอยู่บนแขนสั้นของโครโมโซมคู่ที่ 11 ประกอบด้วยยีน beta (β)-globin, delta (δ)-globin, gramma (γ)-globin และ epsilon (ε)-globin จะควบคุมการสร้างโปรตีนโกลบินชนิดเบต้า, เดลต้า, แกมมาและเอปซิลอนตามลำดับที่ประกอบด้วยกรดอะมิโน 146 ตัว

ในเม็ดเลือดแดงของผู้ใหญ่ปกติจะพบฮีโมโกลบินอยู่ 3 ชนิดดังนี้ Hb A ($\alpha_2\beta_2$) มีประมาณ 97%, Hb A_2 ($\alpha_2\delta_2$) ประมาณ 2.5%, และ Hb F ($\alpha_2\gamma_2$) ประมาณน้อยกว่า 1% ซึ่งจะเห็นว่าฮีโมโกลบินที่สังเคราะห์ขึ้นส่วนใหญ่เป็น Hb A ดังนั้นโรคธาลัสซีเมียและฮีโมโกลบินผิดปกติที่สำคัญในวัยผู้ใหญ่จึงเกี่ยวข้องกับความผิดปกติในการสังเคราะห์สาย α-และ β-globin chain.

ฮีโมโกลบินผิดปกติตัวแรกที่ถูกค้นพบและรายงานไว้คือ Hb S (S ย่อมาจาก sickle) ตั้งแต่ปี ค.ศ.1949 โดยคณะวิจัยของ Pauling ที่ได้ชี้ให้เห็นว่า Hb S นั้นมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์แตกต่างไปจาก Hb A ต่อมาในปี ค.ศ.1957 Ingram ก็ค้นพบว่า Hb S มีกรดอะมิโนตัวที่ 6 ของสายเบต้าโกลบินเปลี่ยนจาก glutamic acid เป็น valine (Hb S; $\alpha_2\beta_2^{6Glu\rightarrow Val}$) จึงทำให้โครงสร้างของอณูมันเปลี่ยนไปโดยเม็ดเลือดแดงของคนไข้พวกนี้จะมีลักษณะคล้ายรูปเคียว (sickle cell) นับตั้งแต่นั้นมาก็มีการค้นพบฮีโมโกลบินผิดปกติชนิดอื่น ๆ เพิ่มขึ้นอีกมากมาย จนปัจจุบันนี้มีรายงานไว้ถึง 420 ชนิด (สุทัศน์และปราณี, 2528) เป็นความผิดปกติที่พบที่สาย α-globin chain 126 ชนิด, สาย β-globin chain 215 ชนิด และที่เหลือนอกนั้นก็พบที่สายโกลบินชนิดอื่น ๆ ฮีโมโกลบินผิดปกติจะถูกถ่ายทอดทางพันธุกรรมเพราะความผิดปกติดังกล่าวสืบเนื่องมาจากตัวนำลักษณะทางพันธุกรรมหรือยีน (gene) ที่ได้รับมาจากพ่อแม่ ดังนั้นอุบัติการการเกิดหรือโอกาสที่จะพบฮีโมโกลบินผิดปกติเหล่านี้จึงแตกต่างกันในประชากรที่มีเชื้อชาติ และเผ่าพันธุ์ที่แตกต่างกันเช่น Hb S พบมากในเผ่าพันธุ์ของนิโกรแถบอาฟริกากลาง Hb C;

$\alpha_2\beta_2^{6Glu \rightarrow Lys}$ พบมากในแถบประเทศ west coast of Africa, Hb D-punjab; $\alpha_2\beta_2^{121Glu \rightarrow Gln}$ พบมากในเขตตะวันออกเฉียงเหนือของอินเดียและ Hb E; $\alpha_2\beta_2^{26Glu \rightarrow Lys}$ พบมากในทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Na-Nakorn, 1956) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตบริเวณชายแดนที่ติดต่อระหว่างประเทศไทย-ลาว -เขมร ที่เราเรียกว่า Hb E Triangle จะพบอุบัติการของฮีโมโกลบินอีสูงมาก (Na-Nakorn and Wasi, 1979) ความผิดปกติในอณูของฮีโมโกลบินที่ทำให้เกิด Hb E ก็คือ ในสายเบต้าโกลบิน (beta globin) กรดอะมิโนตำแหน่งที่ 26 เปลี่ยนจากกรดกูลตามิก (glutamic acid) ไปเป็นไลซีน (lysine) โดยปกติคนที่เป็น Hb E ไม่มีความผิดปกติทางร่างกายแต่อย่างไรยกเว้น Hb E ไปเกิดเป็น heterozygote ร่วมกับ β-thalassemia เป็น β-thalassemia/Hb E ถึงจะเกิดเป็นโรคที่มีอาการรุนแรง

ประเทศไทยนับเป็นดินแดนส่วนหนึ่งของโลกที่พบอุบัติการฮีโมโกลบิน อี (haemoglobin E; Hb E) และโรคธาลัสซีเมีย (thalassemia) สูง มีคนไทยประมาณ 20 ล้านคนเป็น "พาหะ" (carrier) ของโรคธาลัสซีเมียหรือฮีโมโกลบินผิดปกติชนิดใดชนิดหนึ่งซึ่งในจำนวนนี้พบมากที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (วิจารณ์, 2524) ดังนั้นการศึกษาภาวะฮีโมโกลบินอีในประชากรเขตทุรกันดารของไทยครั้งนี้จึงมีความสำคัญในแง่ของการให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างทางกรรมพันธุ์ของประชากรดังกล่าว อันจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการวางแผนพัฒนาทางด้านสาธารณสุขมูลฐานต่อไปในอนาคต

ในการรายงานครั้งนี้ คณะวิจัยขอเสนอภาวะการฮีโมโกลบินอี ในกลุ่มประชากรเขตทุรกันดารในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยที่อยู่ในเขตจังหวัดขอนแก่น, มหาสารคามและจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 348 คน ทำการศึกษาในระหว่างเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน 2530

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

ผู้ถูกทดสอบทั้งหมดเป็นนักเรียนและชาวบ้านที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตทุรกันดารของ 3 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย คือ จังหวัดขอนแก่น, จังหวัดมหาสารคามและจังหวัดร้อยเอ็ด รวมทั้งสิ้น 348 คน แบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นนักเรียนและชาวบ้านที่มีภูมิลำเนาอยู่ในหมู่บ้านโนนเขวา, บ้านบึงสวาง บ้านหนองบัว ต.บ้านเหล่า อ.บ้านฝาง จ.ขอนแก่น จำนวน 126 คน

กลุ่มที่ 2 เป็นชาวบ้านที่มีภูมิลำเนาอยู่ในหมู่บ้านโนนเหลี่ยม ต.ราษฎร์เจริญ อ.พยัคฆภูมิพิสัย จ.มหาสารคาม จำนวน 89 คน

กลุ่มที่ 3 เป็นชาวบ้านที่มีภูมิลำเนาอยู่ในหมู่บ้านโนนจาน ต.เกษตรวิสัย อ.เกษตรวิสัย จ.ร้อยเอ็ด จำนวน 133 คน

เลือดที่ได้จากการเจาะจะถูกเก็บไว้ใน EDTA (ethylene diamine tetra acetate) bottle (5 ml) ที่ปิดฝาให้แน่นและแช่อยู่ในภาชนะที่มีอุณหภูมิ 2-8 °C จากนั้นนำเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาชนิดของฮีโมโกลบินที่ผิดปกติได้ใช้เทคนิค starch gel electrophoresis tris-EDTA-borate buffer pH 8.6 (กุลนภา, 2529)

ผลการศึกษา

การกระจายของชนิดฮีโมโกลบินที่พบในประชากรถิ่นทุรกันดารของ 3 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงชนิดของฮีโมโกลบินและเปอร์เซ็นต์ที่พบในประชากรทั้ง 3 กลุ่ม

ประชากรที่ใช้ศึกษา	ชนิดของฮีโมโกลบิน					
	AA		AE		EE	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
กลุ่มที่ 1	95	75.397	27	21.428	4	3.175
กลุ่มที่ 2	56	62.92	31	34.83	2	2.247
กลุ่มที่ 3	84	63.41	41	30.83	8	6.01

ตารางที่ 2 แสดงการกระจายของชนิดฮีโมโกลบินและการเบี่ยงเบนออกจากอัตราส่วนคาดคะเนเมื่อประชากรสมดุล

ประชากรที่ใช้ศึกษา		จำนวนชนิดของฮีโมโกลบิน			ค่าความถี่ของยีน Hb E	x^2 (2,0.05) P	
		AA	AE	EE			
กลุ่มที่ 1	ค่าสังเกต	95	27	4	0.139	1.364	P>0.500[2/]
	(ค่าคาดคะเน)[1/]	93.45	30.16	2.44			
กลุ่มที่ 2	ค่าสังเกต	56	31	2	0.197	1.309	P>0.500[2/]
	(ค่าคาดคะเน)[1/]	59.12	26.84	3.05			
กลุ่มที่ 3	ค่าสังเกต	84	41	8	0.214	0.952	P>0.500[2/]
	(ค่าคาดคะเน)[1/]	82.17	44.47	6.09			

หมายเหตุ

1/ คาดคะเนความถี่ของ AA, AE และ EE ตามกฎของ Hardy & Weinberg เมื่อ P เป็นความถี่ของ A และ q เป็นความถี่ของ E ความถี่ของคู่แสดงลักษณะ AA, AE และ EE เท่ากับ p^2, 2pq และ q^2 ตามลำดับ

2/ ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

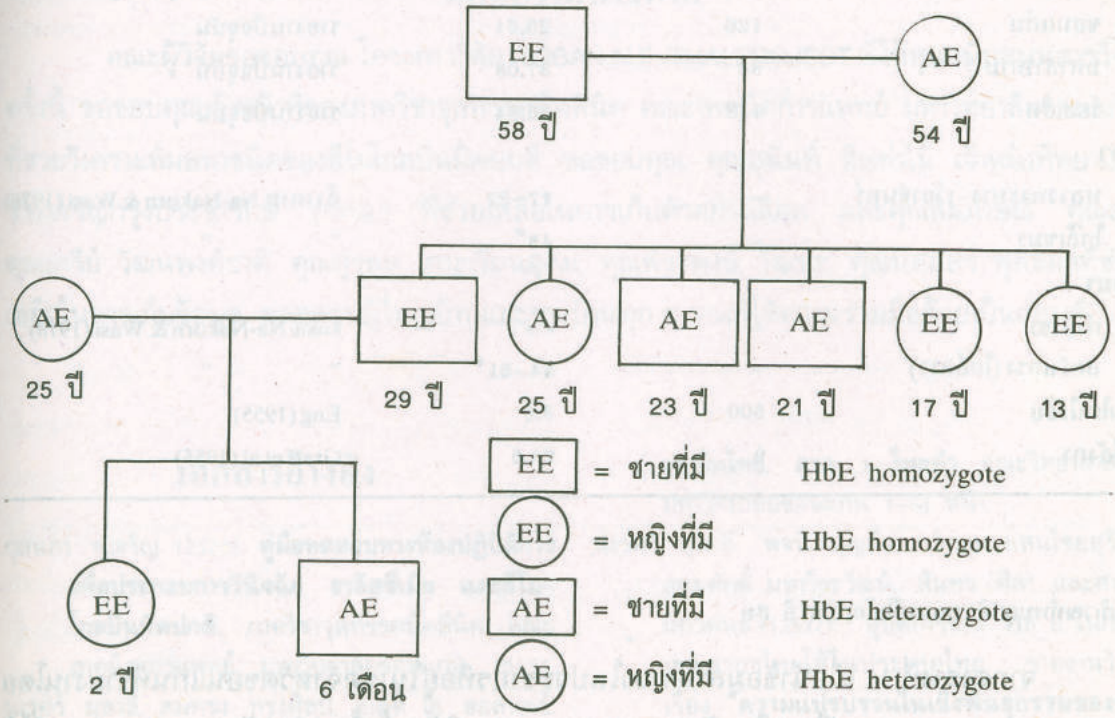
สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากการศึกษาครั้งนี้พบฮีโมโกลบินที่ผิดปกติเพียงชนิดเดียวคือ Hb E ซึ่งพบเพียง 2 รูปแบบ คือ สภาพที่เป็น heterozygote ร่วมกับ Hb A(AE), สภาพ homozygote (EE) คิดเป็นร้อยละของผู้มี Hb E (ทั้งที่เป็นแบบ AE และ EE) ในกลุ่มประชากรไทยอิสานในถิ่นทุรกันดารที่มีภูมิลำเนาอยู่ในเขตจังหวัด

ขอนแก่นเท่ากับ 23.603, ในเขตจังหวัดมหาสารคามเท่ากับ 37.08 และในเขตจังหวัดร้อยเอ็ดเท่ากับ 36.84 และค่าความถี่ของตัวนำลักษณะ Hb E ที่คาดคะเนตามกฎของ Hardy & Weinberg เท่ากับ 0.139 ในกลุ่มประชากรที่ 1, เท่ากับ 0.197 ในกลุ่มประชากรที่ 2, เท่ากับ 0.214 ในกลุ่มประชากรที่ 3 และจากการทดสอบโดยใช้ "ไคสแควร์" ของชนิดฮีโมโกลบินในประชากรกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 พบว่าค่าที่เบี่ยงเบนไปจากสัดส่วนที่คาดคะเนนั้นเป็นไปได้โดยโอกาสเท่านั้น ความแตกต่างดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวอย่างของประชากรที่สุ่มมานั้นเป็นตัวแทนของประชากรที่อยู่ในสมดุล

จากผลการศึกษาครั้งนี้ฐานะทางเศรษฐกิจไม่มีผลต่อการกระจายตัวของยีน Hb E เมื่อเปรียบเทียบกับที่มีผู้รายงานไว้แล้ว (Wasi และคณะ, 1967; นเรศร์ และคณะ, 2526) อุบัติการของฮีโมโกลบิน อี ในประชากรไทยมีสูงมาก มีผู้คาดคะเนว่ามีคนไทยประมาณ 7 ล้านคนที่เป็น "พาหะ" ของยีน Hb E (วิจารณ์, 2524) ซึ่งข้อดีหรือข้อได้เปรียบ (fitness) ของยีน Hb E ที่ทำให้มีการกระจายที่สูงนี้ยังไม่มีใครทราบหรืออธิบายได้ จากการรายงานของ Na-Nakorn และคณะในปี ค.ศ.1956 ที่ศึกษาการต่อต้านมาลาเรียของฮีโมโกลบิน อี ก็พบว่า ไม่แสดงให้เห็นเด่นชัดถึงการต่อต้านมาลาเรียเหมือนเช่นใน Hb S และมีผู้ตั้งข้อสังเกตว่าคนที่มี Hb E อาจจะมีข้อได้เปรียบกว่าคนที่ไม่มี Hb E ในบางเรื่องอย่างเช่น ความอดทน, ความขยันขันแข็ง หรือการมีอายุยืนยาวก็ได้ (วิจารณ์,2524) อย่างไรก็ตามก็เป็นเพียงข้อคิดเห็นและข้อสังเกตเท่านั้น ยังไม่มีหลักฐานมาสนับสนุน

ในการศึกษาครั้งนี้คณะวิจัยได้ศึกษาแบบแผน (pattern) ของลักษณะการถ่ายทอดยีน Hb E ในครอบครัวหนึ่งที่เป็น Hb E ทั้งตระกูล ดังไดอะแกรมที่ 1



รูปที่ 1 แสดง Genetic representation ในครอบครัวที่มียีนของฮีโมโกลบิน อี

ตารางที่ 3 แสดงการกระจายของ Hb E ในประชากรไทยแหล่งต่าง ๆ (ดัดแปลงจาก นเรศร์ และคณะ (2525))

ประชากร	จำนวนที่ศึกษา	ร้อยละของผู้มี Hb E	คณะผู้ศึกษา
ไทย			
อุบลราชธานี	565	44.60	Wasi et al (1967)
ขอนแก่น	150	43.33	" "
อุดรธานี	315	36.83	" "
เชื้อชาติจีนแท้	213	0	Na-Nakorn et al (1956)
เชื้อชาติไทยหรือไทย-จีน	1,006	13.6	" "
ภาคกลาง	554	13.3	" "
ภาคเหนือ	99	8.0	" "
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	49	32.7	" "
ภาคตะวันออกเฉียงใต้	48	18.7	" "
ภาคใต้	126	12.7	" "
สุรินทร์	–	53*	อ้างตาม Na-Nakorn & Wasi (1978)
ไทยอิสาน	38	26.3	นเรศร์ และคณะ (2525)
ไทยดำ	132	20.5	นเรศร์ และคณะ (2525)
ไทยโซ่แท้	402	72.14*	นเรศร์ และคณะ (2527)
ลูกครึ่งไทยโซ่	52	51.92*	นเรศร์ และคณะ (2527)
ผู้ไทย	388	42.78	Sriboonlue et al (1983)
คนป่า เผ่าผีตองเหลือง	16	18.75	พรรณี และคณะ (2527)
ขอนแก่น	126	23.61	รายงานปัจจุบัน
มหาสารคาม	88	37.08	รายงานปัจจุบัน
ร้อยเอ็ด	133	36.84	รายงานปัจจุบัน
ลาว			
หลวงพระบาง–เวียงจันทร์	–	17–27	อ้างตาม Na-Nakorn & Wasi (1978)
ใกล้เขมร	–	48*	" "
เขมร			
กำปงธม	–	6–9	อ้างตาม Na-Nakorn & Wasi (1978)
สตรังเตรง (ใกล้ลาว)	–	44–61*	" "
อินโดนีเซีย	500	3.6	Eng (1955)
ศรีลังกา	9	22.6	Graff et al (1955)

*บริเวณที่พบอุบัติการของฮีโมโกลบิน อี สูง

จากตารางที่ 3 เมื่อนำข้อมูลที่ศึกษาในประชากรที่อยู่ในเขตจังหวัดขอนแก่นที่รายงานโดย Wasi และคณะ 1967 มาเปรียบเทียบกับการรายงานของคณะวิจัยครั้งนี้พบว่าค่าร้อยละของ Hb E ที่ได้แตกต่างกัน ความแตกต่างนี้น่าจะเกิดจากการสุ่มตัวอย่างและจำนวนประชากรที่ใช้ศึกษามากกว่ามาจาก

สาเหตุอื่น และเมื่อเปรียบเทียบอุบัติการของฮีโมโกลบิน อี ที่พบในประชากรแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะเห็นว่าบริเวณที่มีอุบัติการของฮีโมโกลบิน อี สูง (*) จะเป็นบริเวณชายแดนที่เป็นรอยต่อระหว่างไทย, ลาว และเขมร ซึ่งเราเรียกว่า "Hb E Triangle" บริเวณนี้มีผู้ตั้งสมมุติฐานว่าน่าจะเป็นจุดหรือแหล่งกำเนิดของฮีโมโกลบิน อี อย่างไรก็ตามสมมุติฐานนี้ยังต้องอาศัยข้อมูลและหลักฐานมาสนับสนุนอีกมาก นเรศร์และคณะในปี พ.ศ.2525 ได้แสดงความคิดเห็นสนับสนุนสมมุติฐานนี้เมื่อศึกษาอุบัติการของฮีโมโกลบินอีในชาวไทยดำ และนอกจากนี้ในปี พ.ศ.2527 นเรศร์และคณะก็ได้รายงานอุบัติการฮีโมโกลบินอี ในชนกลุ่มน้อยชาวไทยโซ่แท้ถึงร้อยละ 72.14 นับเป็นรายงานที่พบอุบัติการฮีโมโกลบิน อี ที่สูงที่สุดเท่าที่เคยมีรายงานไว้

ความสำคัญของความถี่ของฮีโมโกลบิน อี ที่พบสูงในประชากรไทยนี้ ก่อให้เกิดปัญหาทางสาธารณสุข โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการกระจายตัวของโรคธาลัสซีเมียค่อนข้างสูงดังได้กล่าวมาในข้างต้น เมื่อความผิดปกติที่ทำให้เกิดโรคธาลัสซีเมียมาเกิดร่วมกับความผิดปกติที่ทำให้เกิดฮีโมโกลบิน อี แล้วจะก่อให้เกิดอาการของโรคโลหิตจางทางพันธุกรรมที่ทำให้เกิดความผิดปกติของร่างกายหลาย ๆ อย่างและส่งผลต่อไปในแง่สังคมและเศรษฐกิจของประเทศชาติ ผลที่ได้รับจากการศึกษาครั้งนี้อันหนึ่งก็คือ เกี่ยวกับการให้คำแนะนำแก่ครอบครัวที่เราพบว่าเป็นโรคโลหิตจางอันเนื่องมาจากภาวะทุโภชนาการ ซึ่งเราพบอยู่เป็นจำนวนมากข้อแนะนำเบื้องต้นเกี่ยวกับเรื่องนี้ที่คณะวิจัยได้ให้คำแนะนำจึงคิดว่ามีประโยชน์มากต่อคุณภาพชีวิตของประชากรในกลุ่มที่เราศึกษาในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการวิจัย TOBAN N.E. THAI PROJECT ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาจุลทรรศน์คลีนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่ช่วยวิเคราะห์ผลหาชนิดของฮีโมโกลบินผิดปกติ ขอขอบคุณ คุณสุนันท์ ฮินท่าไม้ เจ้าหน้าที่พยาบาล ร.พ.เจริญกรุงประชารักษ์ (กทม.) ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างเลือด และคุณสัมภาษณ์ คุณสุข, คุณอารีย์ วัฒนพงค์ชาติ. คุณสุรพล เกาะเรียนอุดม, คุณพีระพงษ์ วัฒนะ, คุณนิสภัสร์ พุทธผลที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ตลอดจนผู้ใหญ่บ้านและชาวบ้านทุก ๆ คนที่ให้ความร่วมมือด้วยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

กุลนภา ฟูเจริญ (2529). **คู่มือทดสอบทางห้องปฏิบัติการเพื่อประกอบการวินิจฉัย ธาลัสซีเมีย และฮีโมโกลบินผิดปกติ.** ภาควิชาจุลทรรศน์คลีนิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 30-35.

นเรศร์ มุลาลี, สมทรง ทรงศิลป์, เบดตี้ เอ. ฮอลาเดย์, กฤตยา กองสุวรรณ์ และศาสตรี เสาวคนธ์ (2525). **โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรย่อยในไทย. ภาค 1 ไทยดำ** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 1-63 หน้า.

นเรศร์ มุลาลี พจน์ บุญลือ, ภัทระ แสนไชยสุริยา, อุดมศักดิ์ มหาวีระวัฒน์, สินทร ศิลา และศาตร์ เสาวคนธ์ (2527). "อุบัติการของ Hb E ในกลุ่มประชากรไทยโส้ในประเทศไทย "รายงานวิจัยเรื่อง **ความแปรปรวนในเชิงพันธุกรรมของชนกลุ่มน้อยในประเทศไทย ภาค 3 : โส้** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หน้า 59-66.

พรรณี ชิโนรักษ์, มุกดา ณัฏฐสมบูรณ์ และสุมิตรา คงชื่นสิน (2527). "การสำรวจลักษณะพันธุกรรมบางอย่างในคนป่าเผ่าผีตองเหลือง" **จุลสารพันธุศาสตร์.** 3(2):18–22.

วิจารณ์ พานิช (2524). ธาลัสซีเมียโรคพันธุกรรมที่พบบ่อยในประเทศไทย. **ใกล้หมอ.** 5:5–7:23–34.

สุทัศน์ ฟู่เจริญและปราณี ฟู่เจริญ (วินิจจะกุล) (2528). กลุ่มโรค Thalassaemia และ Haemoglobin ที่สังเคราะห์ผิดปกติ. ใน: ถนอมศรี ศรีชัยกุล, วิชัย อติชาติการ, และแสงสุรีย์ จูฑา **คู่มือโลหิตวิทยา เล่ม 1 การวินิจฉัยและการรักษาโรคเลือดที่พบบ่อยในประเทศไทย.** สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร. 130–176 หน้า.

Chernoff A. I., Minnich S., Na-Nakorn S., Tuchinds S., Kashemant C. and R. chernoff (1956). Studies on Haemoglobin E I. Clinical, Haematological and Genetic Characteristics of the Hb E Syndromes, *J. Lab. & Clin, Med.* 47(3):455-489.

Eng L. i. (1955). Haemoglobin E in Indonesia. Nature. 176:469-470.

Fucharoen (Winichagoon) P. and S. Fucharoen (1986). Molecular Mechanism of Thalassemia in Thailand. *J. Sci. Soc.* Thailand. 12:9-21.

Graff J. A. E., Ikin E.W., Lehmann H., Mourant A. E., Parkin D.M., and Wickremasinghe R.L. (1955). Haemoglobin E and Blood Groups in the Veddas. *J. Physio.* 127:41p.

Ingram V., M. (1957). Gene Mutation in Human Haemoglobin : The Chemical difference between normal and Sickle cell anemia. *Nature* 130: 326-328.

Na-Nakorn S., Minnich V., and A.I. Chernoff (1956). Studies on Haemoglobin E II. The Incidence of Haemoglobin E in Thailand. *J. Lab. & Clin. Med.* 47(3):490-498.

Na-Nakorn S., and P. Wasi (1978). Distribution of Haemoglobin E Triangle in Southeast Asia. *J. Med. Ass. Thailand.* 61(1):65.

Sriboonlue, P, Mularlee, N., Prasongwatana, V., Prasong-watana, J., Sanchaisuriya, P., Moonamard, 5, and S. Sao wakon tha (1983) Haemoglobin E frequencies of the Eth groups in Thailand. รายงานการวิจัย เรื่อง **ความแปรปรวนในเชิงพันธุกรรมของชนกลุ่มน้อยในประเทศไทย ภาค 2 ผู้ไทย** คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 77–83 หน้า.

Wasi P. (1978). Thalassemia syndrome in Thailand. *J. Med. Ass. Thailand* 61(1):49.

Wasi P., Pootrakul P., Pravatmung P., Winichagoon P., and S. Fucharoen. (1980). Thalassemia in Thailand. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 344:352-363.

Wasi P., Na-Nakorn S. and A. Suingdumrong (1967). Studies on the Distribution of Haemoglobin E, Thalassemias and Glucose-6-phosphate Dehydrogenase Deficiency in Northeastern Thailand. 214:501.

Science is a great help to seeker after Truth.....

Gandhi

ว.วิทย.มข. 18(1) : 39 – 44 (2533)

ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณวิตามินซี กับความเปรี้ยวของผลไม้และผักพื้นเมือง

ดาวัลย์ บุญยะรัตน์*

บทคัดย่อ

การหาปริมาณวิตามินซี ในผลไม้และผักพื้นเมืองอิสาน ทำได้โดยการนำผักหรือผลไม้มาไตเตรตด้วย 1% 2, 6-ไดคลอโรฟีโนอินโดฟีนอล สำหรับการหาจำนวนกรดใช้ 0.2 N NaOH ไตเตรตจน pH เป็นกลาง (=7) จุดประสงค์ ในการทำวิจัยเรื่องนี้เพื่อหาความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณวิตามินซี กับจำนวนกรดหรือความเปรี้ยวของผลไม้และผัก และพบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินซี กับจำนวนกรดเป็นกรัมต่อ 100 กรัมของกรดซิตริกของผลไม้หรือผักจะมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก หรืออาจไม่มีเลย

Abstract

The determination of vitamine C in local vegetables and fruits was done by titration with 1% 2,6-dichlorophenoindophenol. The determination of acid was done by titration with 0.2 N NaOH.

This study aims to find the correlation between vitamin C and acid in local vegetables and fruits and it is found that the amount of vitamin C and acid are not correlative.

บทนำ

วิตามินซี สิ่งธรรมดาที่เราคุ้นเคยจนบางครั้งลืมนึกถึงความสำคัญได้ แท้จริงแล้ววิตามินซีมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีพอย่างมาก Linus Pauling นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันผู้เคยได้รับรางวัลโนเบิล สาขาเคมีถึง 2 ครั้ง ได้กล่าวว่าวิตามินซีนอกจากจะป้องกันโรคลักปิดลักเปิดแล้วยังสามารถรักษาอาการหวัดได้ Pauling ได้แนะนำว่าคนปกติควรจะได้รับวิตามินซีเพื่อป้องกันหวัดวันละอย่างน้อย 1 กรัม แต่สำหรับคนที่กำลังเป็นหวัดควรจะได้รับวิตามินซีครั้งละ 1 กรัม ทุก ๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งอาการหวัดหายไปจึงค่อยลดปริมาณลงเหลือวันละ 1 กรัม ตามเดิม Dr.Albert S. Turgey นักวิทยาศาสตร์ผู้เคยได้รับรางวัลโนเบิลจากการค้นพบวิตามินซีในสัตว์ได้กล่าวว่าวิตามินซีเป็นสารที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย สำหรับอาการแพ้วิตามินซีปริมาณสูงที่ได้พบแล้ว

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คือ อาการท้องเสีย และยังไม่พบอาการที่มากกว่านี้เลย

หลังจากนั้นอีก 3 ปีต่อมา Prof.C.Wilson และนายแพทย์ R.Cathcart ได้สนับสนุนข้อคิดของ Pauling ในการใช้วิตามินซีรักษาโรคหวัด

ในปี 1977 A.Hanck และ G.Ritzel ได้เขียนหนังสือรายงานการวิจัยเกี่ยวกับวิตามินซีในการประชุมที่ประเทศบราซิลโดยนักวิจัยทั่วโลก และที่ประชุมได้สรุปว่า วิตามินซีปริมาณสูงจะป้องกันหวัดได้

ต่อมา Pauling และนายแพทย์ Carmeron ได้ทำการวิจัยร่วมกันและพบว่าปริมาณวิตามินซีสูง (10 กรัมต่อวัน) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของมะเร็ง เขาพบว่าผู้ป่วยโรคมะเร็งจะมีปริมาณวิตามินซีลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ฉะนั้นร่างกายของคนจึงต้องการวิตามินซีมาก ๆ เพื่อต่อต้านเซลล์มะเร็งและพบว่าวิตามินซี 10 กรัมต่อวันจะยืดอายุผู้ป่วยโรคมะเร็งได้ 3 เท่า และ 10 เปอร์เซ็นต์ของผู้ป่วยนี้ วิตามินซีสามารถยืดอายุได้ถึง 20 เท่า

นอกจากนี้ Ginter นักชีวเคมีชาวเชคโก-สโลวาเกียและคณะ ได้แสดงหลักฐานเกี่ยวกับวิตามินซีสามารถลดระดับซีรัมคอเลสเตอรอลได้ ทั้งนี้เพราะคอเลสเตอรอลเมื่อรวมกับวิตามินซีสามารถละลายน้ำได้ จากข้อมูลของ Ginter พบว่าในผู้ใหญ่ที่อายุเกิน 40 ปี ถ้าได้รับวิตามินซีติดต่อกัน 47 วัน จะมีระดับคอเลสเตอรอลลดลง 10 เปอร์เซ็นต์

วิตามินซีกับสารไนโตรซามีนก็ได้รับความสนใจเช่นกันเพราะวิตามินซีสามารถทำปฏิกิริยากับสารไนเตรตแล้วเปลี่ยนเป็นสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่ไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสาเหตุในการเกิดโรคมะเร็งในปอด, ในตับ หรือในกระเพาะปัสสาวะ ยกตัวอย่างเช่น ผู้ที่สูบบุหรี่ 1 ซอง จะได้รับไนโตรซามีน 0.8 มิลลิกรัม หรือหมูเบคอน 4 ชิ้น จะมีไนโตรซามีน 5.5 มิลลิกรัม

อย่างไรก็ตามวิตามินซีเป็นที่น่าสนใจอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ในการป้องกันและรักษาโรคที่เกิดจากไวรัส ฉะนั้นท่านที่เข้าใจความสำคัญของวิตามินซีแล้ว ควรจะได้ทราบแหล่งวิตามินซีบ้าง หลายคนอาจเข้าใจว่า ถ้าต้องการรับประทานวิตามินซีจะต้องรับประทานผลไม้เปรี้ยวเพื่อความกระจ่าง ผู้เขียนได้ทำการหาปริมาณวิตามินซีในผลไม้และผักพื้นเมืองพร้อมทั้งเปรียบเทียบปริมาณกรดด้วย

จุดประสงค์

– เพื่อหาปริมาณวิตามินซี และจำนวนกรดในผลไม้และผักโดยจะเน้นผลไม้และผักที่ประชาชนภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมบริโภค

– เพื่อศึกษาว่าปริมาณวิตามินซีมีความสัมพันธ์กับจำนวนกรดหรือความเปรี้ยวอย่างไร

วิธีการทดลอง

การหาปริมาณวิตามินซีใช้วิธีของเบสซี่ (Bessey mothod) โดยการนำผลไม้หรือผัก (บดให้ละเอียดถ้าจำเป็น) ละลายใน 4% metaphosphate กรอง นำน้ำกรองซึ่งเก็บจากของเหลวที่ผ่านกระดาษกรอง มาไตเตรตด้วย 1% 2,6-dichlorophenoindophenol จนกระทั่งเกิดเป็นสีชมพูอ่อนอยู่นานอย่างน้อย 15 วินาที คำนวนหาปริมาณวิตามินซีเป็นมิลลิกรัมของวิตามินซีต่อ 100 มิลลิลิตร หรือ 100 กรัมของผักผลไม้ โดยการเปรียบเทียบกับค่าวิตามินซีมาตรฐาน สำหรับการหาปริมาณกรดในผักผลไม้ไตเตรตด้วย 0.2 N NaOH จน pH เป็นกลาง (=7) และจากปริมาตร

ที่ใช้สามารถคำนวนปริมาณของกรดเป็นกรัมเทียบกับ % ของกรดซิตริก

$$\text{ปริมาณวิตามินซี (มิลลิกรัม /100 กรัม)} = \frac{0.02 \times (T-B) \times 100}{S-B}$$

T = ปริมาณ 0.1% ของ 2,6-dichlorophenoindophenol ที่ใช้ในการไตเตรตกับสารตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร

B = ปริมาณ 0.1% 2,6-dichlorophenoindophenol ที่ใช้ในการไตเตรตกับ 4% metaphosphate

S = ปริมาณ 0.1% 2,6-dichlorophenoindophenol ที่ใช้ในการไตเตรตกับวิตามินซีมาตราฐาน (0.02 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)

ผลการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 1, 2 และ 3

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณวิตามินซีและจำนวนกรดในผลไม้ที่ใช้น้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม

ชนิดของผลไม้	ปริมาณวิตามินซี มิลลิกรัม/100 กรัมของผลไม้	pH	จำนวนกรดเป็นกรัมเทียบกับ % กรดซิตริก
1. มะขามเทศ	436	5.1	0.75
2. มะละกอ	212	6.3	0.10
3. กล้วยน้ำว้า	50	4.8	1.00
4. ละมุด	48	5.8	0.20
5. มันแกว	47	6.1	0.08
6. กล้วยไข่	36	5.5	0.69
7. พุดทรา	24	5.6	0.26
8. แตงโม	23	5.8	0.12
9. องุ่น	22	4.1	2.36
10. กล้วยหอม	11	5.0	1.02
11. ฝรั่งญวน	9	4.3	1.25
12. สับปะรด	5	4.9	0.77
13. พุดทราไข่	3	5.6	0.26
14. ชมพู่	2	4.3	0.74
15. สาลี่	1	4.2	0.68
16. เนื้อมะพร้าว	0	6.9	0.02
17. แอบเปิ้ล	0	4.2	0.96
	$\Sigma x = 927$		Σy 11.24

$\Sigma x^2 = 245,145$ $\Sigma xy = 521.64$

$\Sigma y^2 = 12.959$ $n = 17$

$$\text{ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ } (w) = \frac{\Sigma xy - \frac{(\Sigma x)(\Sigma y)}{n}}{\sqrt{[\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}]\ [\Sigma y^2 - \frac{(\Sigma y)^2}{n}]}}$$

$$= -0.0886$$

ค่าความสัมพันธ์ทางสถิติเข้าใกล้ 0 แสดงว่าปริมาณของวิตามิน ซี มีความสัมพันธ์กับปริมาณกรดน้อยมาก

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณวิตามินซีและจำนวนกรดในผลไม้ที่ใช้ปริมาตร เริ่มต้น 1 มล.

ชนิดของผลไม้	ปริมาณวิตามินซี มิลลิกรัม/100 กรัมของผลไม้	pH	จำนวนกรดเป็นกรัมเทียบกับ % กรดซิตริก
1. ส้มโอ	833	4.6	1.6
2. ส้มเช้ง	425	5.9	0.28
3. ส้มเขียวหวาน	213	5.4	0.34
4. มะนาว	213	3.2	22.95
5. น้ำมะพร้าว	0	5.8	0.09
n=5	$\Sigma x = 1,684$ $\Sigma x^2 = 966,133$		$\Sigma y = 25.26$ $\Sigma y^2 = 529.25$

$$\Sigma xy = 6435.78$$

$$w = -0.1643$$

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณวิตามินซีและจำนวนกรดในผักที่ใช้น้ำหนักเริ่มต้น 5 กรัม

ชนิดของผัก	ปริมาณวิตามินซี มิลลิกรัม/100 กรัมของผัก	pH	จำนวนกรดเป็นกรัมเทียบกับ % กรดซิตริก
ผักลาย	172	5.8	0.44
ผักชีลาว	153	6.1	0.37
ต้นตาลปัตรฤกาษี	71	5.4	0.43
ดอกกะหล่ำ	68	6.4	0.17
ผักปัง	59	5.7	0.33
ผักคื่นฉ่าย	48	6.0	0.20
มะกอก	46	2.9	10.14
ถั่วลันเตา	39	6.0	0.28
มะเขือเทศ	23.7	12.6	0.97
ถั่วฝักยาว	20.7	5.5	0.33
ผักชี	20.7	5.8	0.35
ผักตั้งโอ๋	12.3	6.1	0.18
ดอกหอม	10.3	5.8	0.24
ยี่หร่า	8.5	5.9	0.42
ต้นหอม	8.0	5.8	0.12
ผักเม็ก	0	3.4	3.07
กระชาย	0	6.2	0.32
ผักบุ้ง	0	6.9	0.03
ผักแมงลัก	0	6.1	0.44
ใบบัวบก	0	5.6	0.55
ผักสะระแหน่	0	6.6	0.24
โหระพา	0	6.3	0.35
หอมแดง	0	5.6	0.24
ใบมะกรูด	0	5.8	0.44
ผักกระโดน	0	5.7	0.8
ใบกระเพรา	0	6.4	0.30
ต้นกระสังข์	0	5.7	1.2
ผักติ้ว	0	3.5	6.5

$n = 28$

$\Sigma x = 760$

$\Sigma x^2 = 73,984$

$\Sigma y = 29.5$

$\Sigma y^2 = 100.227$

$\Sigma xy = 724.33$

$W = -0.0294$

ค่า w หรือค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของผักก็เช่นเดียวกับผลไม้ พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างประมาณวิตามินซี มีความสัมพันธ์น้อยมากกับปริมาณกรด

สรุป

หากดูความสัมพันธ์ทางสถิติจะพบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณวิตามินซีกับจำนวนกรดเป็นกรัมต่อ 100 กรัมของกรดซิตริกของผลไม้หรือผักจะมีความสัมพันธ์กันน้อยมากหรืออาจไม่มีความสัมพันธ์กันเลย

กล่าวโดยสรุป ผักหรือผลไม้ที่มีรสเปรี้ยวไม่จำเป็นต้องมีปริมาณวิตามินซีมาก เช่น มะนาวเปรี้ยวมากแต่มีปริมาณวิตามินซีน้อยกว่าส้มโอหรือผลไม้ที่มีวิตามินซีมาก เช่น มะขามเทศจะมีจำนวนกรดน้อยกว่าองุ่นซึ่งมีปริมาณวิตามินซีน้อย

และการที่ใช้กรดซิตริกเป็นหน่วยเปรียบเทียบก็เพราะผลไม้ส่วนใหญ่มีปริมาณของกรดซิตริกเป็นองค์ประกอบอยู่มาก แต่ทั้งนี้ผลไม้บางชนิดอาจไม่มีกรดซิตริกเป็นองค์ประกอบก็ได้

บรรณานุกรม

Cameron, E. and L. Pauling, 1973. Ascorbic acid and the glycosaminglycan, Onocology 27:181.

Cameron, E., Pauling, L. and B. Leibouitz, 1979. Cancer Research, 39:663-668.

Cathcant, R. 1978. Chem. Tech. 8:76.

Ginter, E. 1973. Science. 179:702.

"I see you adding calcium nitrate. . . I see you adding sodium sulfate. . . And, ka-boom. . . I see it blowing up in your face."

ว.วิทย.มข. 18(1) : 45 – 55 (2533)

การเปรียบเทียบความสามารถในการทนต่อความเค็มระหว่างออสซิลลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) และสไปรูไลน่า (*Spirulina* sp.)

Comparison of Salt Tolerance Between *Oscillatoria* sp. and *Spirulina* sp.

*สุมนทิพย์ บุนนาค**
*ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์**

บทคัดย่อ

จากการศึกษาความสามารถในการทนต่อความเค็มของออสซิลลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) และ สไปรูไลน่า (*Spirulina* sp.) โดยเลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิดในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ที่เติมเกลือโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0,2,4,6,8,10,12,14,16, 18,20,22,24,26,28,30,32,34,36,38 และ 40 ppt. ผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่สูงที่สุดที่ออสซิลลาทอเรียสามารถทนได้เท่ากับ 28 ppt. (ค่าการนำไฟฟ้า 29.0 mmho./cm.) จัดเป็นความเค็มระดับเค็มจัดและความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของออสซิลลาทอเรียเท่ากับ 2 ppt. (ค่าการนำไฟฟ้า 2.2 mmho./cm.) จัดเป็นความเค็มระดับเค็มน้อย สำหรับสไปรูไลน่านั้น จากการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ ที่สูงที่สุดที่สไปรูไลน่าสามารถทนได้เท่ากับ 16 ppt. (ค่าการนำไฟฟ้า 17.0 mmho./cm.) จัดเป็นความเค็มระดับเค็มจัดและความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสไปรูไลน่าเท่ากับ 2. ppt. เช่นเดียวกัน

Abstract

The experiments were carried out by culturing *Oscillatoria* sp. and *Spirulina* sp. on Modified Allen's medium consisting sodium chloride concentrations : 0,2,4,6,8,10,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34, 36,38 and 40 ppt. (W./V.). The results showed that *Oscillatoria* sp. could tolerate the maximal salt concentration at 28 ppt. (electrical conductivity was 29.0 mmho./cm.) and the optimal salt concentration was 2 ppt. (electrical conductivity was 2.2 mmho./cm.) For those of *Spirulina* sp. the maximal salt concentration was 16 ppt. (electrical conductivity was 17.0 mmho./cm.) and the optimal salt concentration was 2 ppt. either.

คำนำ

เมื่อพูดถึงอิสาน คนส่วนใหญ่จะนึกถึงความแห้งแล้งและสภาพของดินเค็มที่เสื่อมโทรมขาดความอุดมสมบูรณ์ จากการสำรวจพื้นที่ดินเค็มทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณหนึ่ง

* อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ในสามของพื้นที่ทั้งหมดของประเทศ ประมาณ 106 ล้านไร่และพบว่าประมาณ 17.8 ล้านไร่ มีสภาพดินเค็ม และมีความเค็มอยู่ระหว่าง 2-16 มิลลิโมล์/ซม. (เพิ่มพูน กีรติกสิกร, 2527, กองบริรักษ์ที่ดิน, 2527, ชัยทัศน์ ไพรินทร์, 2526) ในขณะที่พืชหลายชนิดมีปัญหา คือ ไม่สามารถขึ้นได้หรือขึ้นได้แต่ไม่ค่อยเจริญเติบโต แต่พบว่าสาหร่ายสไปรูไลน่า (*Spirulina* sp.) มักเรียกกันว่าสาหร่ายเกลียวทองและออสซิลลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.) สามารถเจริญเติบโตอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งมีความเค็มได้ แสดงว่าสาหร่ายทั้งสองตัวนี้สามารถทนต่อความเค็มของเกลือในแหล่งน้ำนั้น ๆ ได้ แต่ก็ยังเป็นที่สงสัยว่าสาหร่ายตัวใดจะสามารถทนต่อความเค็มได้ดีกว่ากันและการเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองในความเค็มระดับต่าง ๆ กัน จะแตกต่างกันหรือไม่

ในปัจจุบันการนำสาหร่ายมาผลิตเป็นโปรตีนเซลเดี่ยว (SCP) ได้รับความสนใจมาก เมื่อองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) ได้จัดตั้งหน่วยงานที่เรียกว่า Protein Advisory Group ขึ้นในปี ค.ศ.1955 (Kumnuanta, 1978) เพื่อหาโปรตีนแหล่งใหม่สำหรับมนุษย์

สไปรูไลน่าเป็นสาหร่ายที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำมาทำเป็น single cell protein เนื่องจากมีปริมาณนิวคลีอีกและเซลลูโลสต่ำ มีคุณค่าทางโภชนาการสูง คือมีค่าโปรตีนอยู่ประมาณ 55-68% (Venkataraman, 1983) สำหรับออสซิลลาทอเรีย คณะผู้วิจัยในภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กำลังทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณค่าทางอาหารระหว่างสาหร่ายทั้งสองชนิดนี้ว่า จะมีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกันหรือไม่ และเหมาะสมเพียงใดในการที่จะนำมาประกอบเป็นอาหารเสริมให้ชาวชนบทที่ประสบปัญหาขาดแคลนโปรตีน ทั้งนี้เนื่องจากว่าสาหร่ายทั้งสองชนิดนี้ เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน อยู่ใน Family Oscillatoriaceae. Class Cyanophyceae และ Division Cyanophyta เช่นเดียวกัน ต่างกันตรง รูปร่าง คือสาหร่ายสไปรูไลน่าจะมีสายเซล (trichrome) บิดตัวเป็นเกลียว ส่วนออสซิลลาทอเรีย สายเซลไม่แตกแขนง เรามักพบสาหร่ายทั้งสองชนิดนี้ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีความเค็ม โดยเฉพาะทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยกันเสมอ จึงทำให้คณะผู้วิจัยมองเห็นปัญหาและความสำคัญที่จะทำการวิจัยครั้งนี้ เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการทนต่อความเค็มของสาหร่ายทั้งสองชนิด สำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานว่าสาหร่ายตัวใด จะสามารถทนต่อความเค็มของเกลือโซเดียมคลอไรด์ได้มากกว่ากัน เพื่อจะได้แนะนำให้ชาวชนบทได้ทำการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้งสอง

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้

เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการทนต่อความเค็มของสาหร่ายออสซิลลาทอเรียและสไปรูไลน่า ว่าสาหร่ายตัวใดจะสามารถทนทานต่อระดับความเข้มข้นของเกลือไซเดียมคลอไรด์ได้ดีกว่ากัน และที่ระดับความเค็มใดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับสาหร่ายทั้งสองชนิดนี้

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 พืชทดลอง (Plant material)

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 2 ชนิด คือ ออสซิลลาทอเรีย และสไปรูไลน่า

1.2 สารเคมีที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิด

สูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย ใช้ตามสูตรอาหารของ Modified Allen's Medium

1.3 เครื่องมือและเครื่องแก้วที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิด

2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.1 เก็บตัวอย่างสาหร่ายออสซิลลาทอเรียและสไปรูไลน่า

เก็บตัวอย่างสาหร่ายออสซิลลาทอเรียและสไปรูไลน่า จากแหล่งน้ำธรรมชาติในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

2.2 การเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หลังจากเก็บสาหร่ายแล้วนำมาทำ Single Cell Isolation และเลี้ยงในหลอดทดลองประมาณ 10–15 วัน ก็นำมาเลี้ยงต่อในขวดแก้วรูปชมพู่ โดยให้แสงตลอดเวลาพร้อมกับใช้เครื่องปั๊มอากาศด้วยหลังจากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์ นำมาเลี้ยงในขวดโหลแก้วขนาดสูง 19 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 ซม. เลี้ยงในอาหารสูตร Allen's Medium ปริมาตร 4 ลิตร

2.3 การเลี้ยงสาหร่ายในระดับความเค็มต่าง ๆ กัน เพื่อหาความสามารถในการทนต่อความเค็มของออสซิลลาทอเรีย และสไปรูไลน่า

นำสาหร่ายที่ได้มาเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มล. บรรจุอาหารสูตร Modified Allen's Medium ที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ตั้งแต่ความเข้มข้น 0,2,4,...,40 ppt. ทั้งหมด 4 ซ้ำ แล้วนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า หลังจากนั้นนำออสซิลลาทอเรีย และสไปรูไลน่ามาเลี้ยงในอาหารที่เตรียมไว้ โดยใช้ค่า OD เริ่มต้น 0.05 ให้ได้รับแสงตลอดเวลาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 60 W. และใช้เครื่องปั๊มอากาศช่วยเพิ่มออกซิเจนเลี้ยงไว้ 16 วัน และทำการวัดค่า OD และ ชั่งหาน้ำหนักแห้งของสาหร่ายทั้งสองชนิดทุก 4 วัน

ผลการทดลอง

ผลการทดลองตามวิธีดำเนินการทดลองแจกแจงเป็นตารางตามตารางที่ 1,2,3,4 และ 5 และกราฟรูปที่ 1,2,3,4 ดังนี้

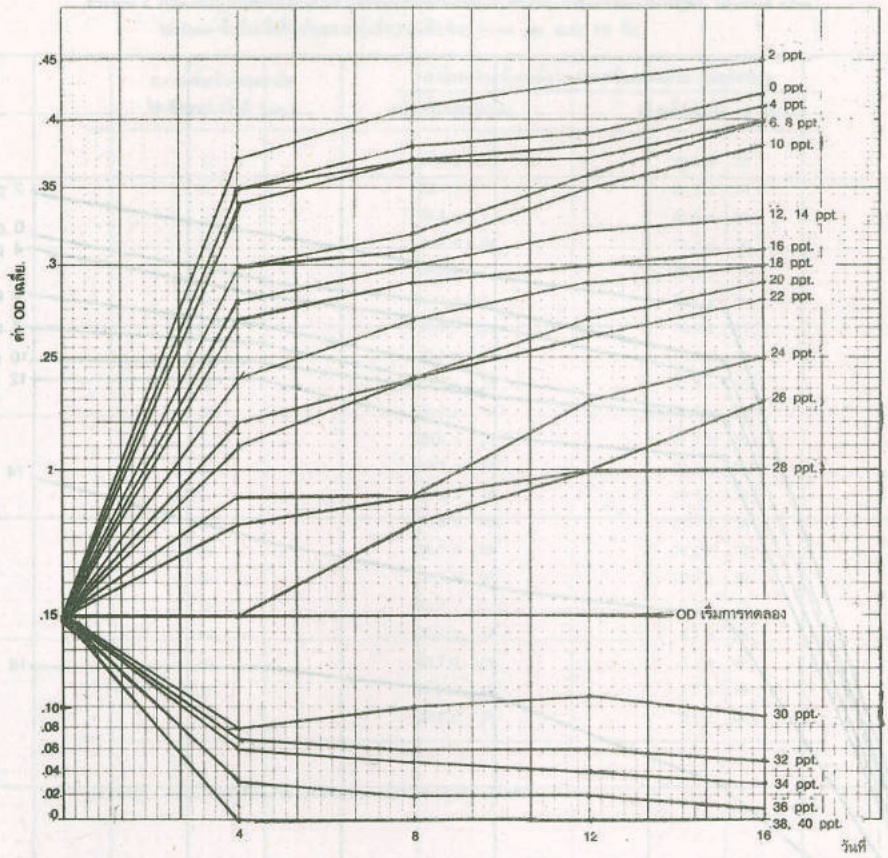
ตารางที่ 1 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายสูตร Modified Allen's Medium ที่ใช้เลี้ยงออสซิลลาทอเรีย และสไปรูไลน่า ที่เติมโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับความเค็ม 0–40 ppt.

ระดับความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ppt.)	ค่าการนำไฟฟ้า (mmho./cm.)	จัดอยู่ในระดับความเค็ม
0	0.5	ไม่เค็ม
2	2.2	เค็มน้อย
4	4.5	เค็มปานกลาง
6	6.8	เค็มปานกลาง
8	8.8	เค็มมาก
10	11.0	เค็มมาก
12	13.0	เค็มมาก
14	14.5	เค็มมาก
16	17.0	เค็มจัด
18	18.5	เค็มจัด
20	21.5	เค็มจัด
22	23	เค็มจัด
24	25	เค็มจัด
26	27.5	เค็มจัด
28	29.0	เค็มจัด
30	30.5	เค็มจัด
32	32.5	เค็มจัด
34	34.8	เค็มจัด
36	37.0	เค็มจัด
38	39.0	เค็มจัด
40	41.5	เค็มจัด

ตารางที่ 2 แสดงค่า OD เฉลี่ยของออสซิลลาทอเรีย เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0–40 ppt. นาน 4,6,8,12 และ 16 วัน (ค่า OD เริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 0.15)

ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ppt.)	ค่า OD เฉลี่ย			
	วันที่ 4	วันที่ 8	วันที่ 12	วันที่ 16
0	.35 ± 0	.38 ± 0	.39 ± .006	.42 ± .006
2	.37 ± .006	.41 ± .006	.43 ± .006	.45 ± .006
4	.35 ± .006	.37 ± .006	.38 ± .006	.41 ± .006
6	.34 ± .006	.37 ± .006	.37 ± .006	.40 ± .006
8	.30 ± .006	.32 ± .01	.36 ± .01	.40 ± .006
10	.30 ± .01	.31 ± .01	.35 ± .006	.38 ± .006
12	.28 ± .006	.30 ± .01	.32 ± .006	.33 ± .006
14	.28 ± .006	.30 ± .006	.32 ± .006	.33 ± .01
16	.27 ± .01	.29 ± .006	.30 ± .01	.31 ± .01
18	.24 ± .006	.27 ± .01	.29 ± .006	.30 ± .006
20	.22 ± .006	.14 ± .006	.27 ± .01	.29 ± .01
22	.21 ± .01	.24 ± .01	.26 ± .01	.28 ± .006
24	.19 ± .006	.19 ± .006	.23 ± .006	.25 ± .006
26	.18 ± .006	.19 ± .006	.20 ± .01	.23 ± .006
28	.15 ± .006	.18 ± .006	.20 ± .0	.20 ± .0
30	.08 ± .01	.10 ± .006	.11 ± .006	.09 ± .006
32	.07 ± .0	.06 ± .006	.06 ± .006	.05 ± .0
34	.06 ± .006	.05 ± .006	.04 ± .0	.03 ± .0
36	.03 ± .006	.02 ± .006	.02 ± .006	.01 ± .0
38	0	0	0	0
40	0	0	0	0

หมายเหตุ : ที่ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 30–40 ppt. ออสซิลลาทอเรียเป็นสีเหลือง

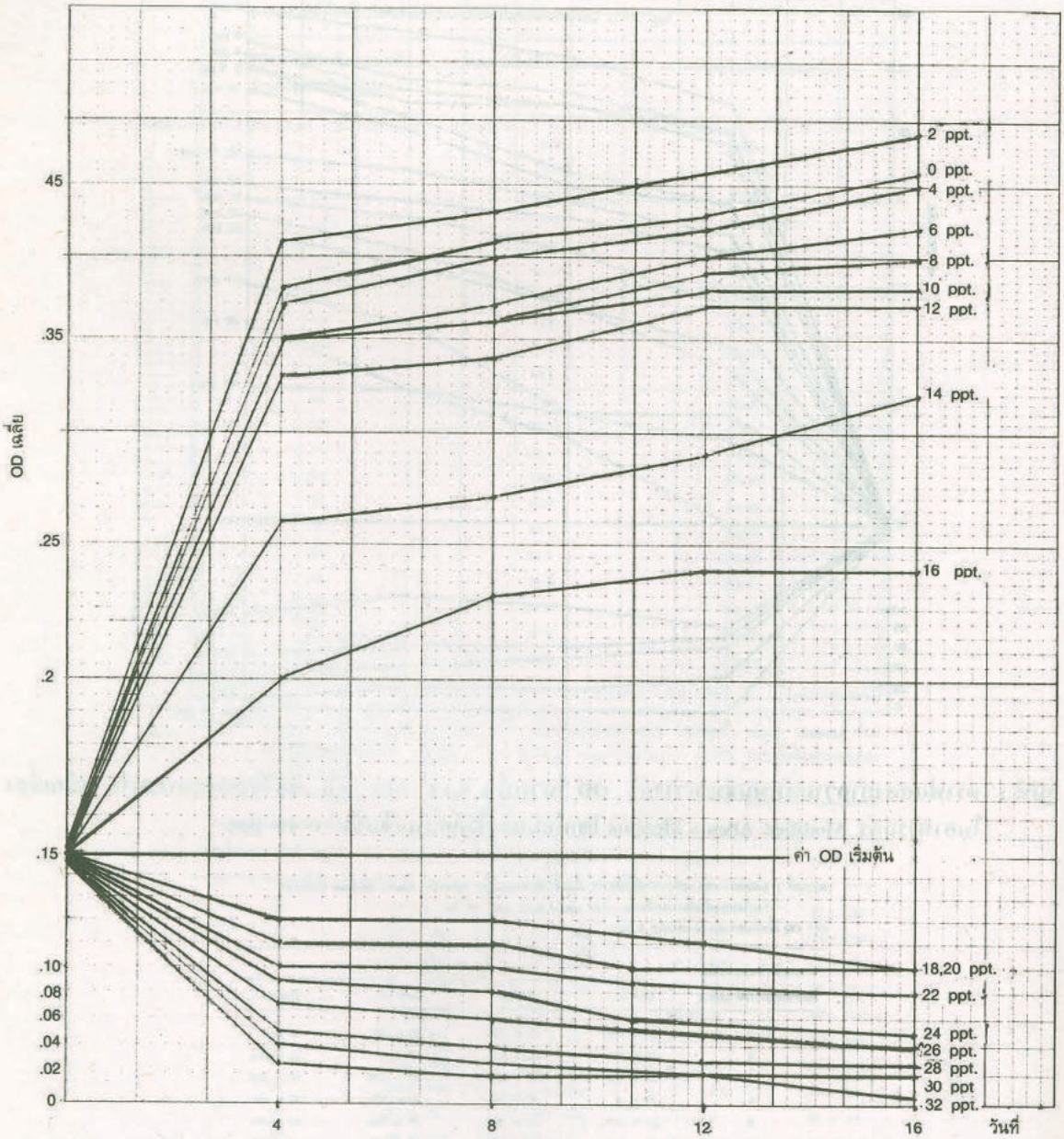


รูปที่ 1 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า OD ในวันที่ 4,8,12 และ 16 ของออสซิลลาทอเรีย เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Modified Allen's Medium โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0-40 ppt.

ตารางที่ 3 แสดงค่า OD เฉลี่ยของสไปรูไลน่า เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0-40 ppt. 4,8,12 และ 16 วัน
(ค่า OD เริ่มต้นการทดลองเท่ากับ 0.15)

ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ppt.)	ค่า OD เฉลี่ย			
	วันที่ 4	วันที่ 8	วันที่ 12	วันที่ 16
0	.38 ± .006	.41 ± .006	.43 ± .006	.46 ± .0
2	.41 ± .01	.43 ± .006	.45 ± .0	.49 ± .006
4	.37 ± .006	.40 ± .006	.42 ± .006	.45 ± .006
6	.35 ± .0	.37 ± .006	.40 ± .006	.42 ± .01
8	.35 ± .006	.36 ± .006	.39 ± .006	.40 ± .006
10	.35 ± .01	.36 ± .006	.38 ± .006	.38 ± .006
12	.33 ± .01	.34 ± .006	.37 ± .01	.37 ± .01
14	.26 ± .006	.27 ± .006	.29 ± .0	.32 ± .006
16	.20 ± .006	.23 ± .006	.24 ± .006	.24 ± .006
18	.12 ± .006	.12 ± .006	.11 ± .006	.10 ± .0
20	.11 ± .006	.11 ± .006	.10 ± .006	.10 ± .0
22	.10 ± .006	.10 ± .006	.09 ± .0	.08 ± .0
24	.09 ± .0	.08 ± .0	.06 ± .006	.05 ± .0
26	.07 ± .01	.06 ± .006	.05 ± .0	.04 ± .0
28	.05 ± .006	.04 ± .0	.03 ± .0	.03 ± .006
30	.04 ± .006	.03 ± .0	.02 ± .0	.02 ± .0
32	.03 ± .0	.02 ± .006	.02 ± .0	.01 ± .006
34	0	0	0	0
36	0	0	0	0
38	0	0	0	0
40	0	0	0	0

หมายเหตุ : ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ 18-40 ppt. ลักษณะของสไปรูไลน่าเป็นสีเหลือง



รูปที่ 2 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่า OD ในวันที่ 0,4,8,12 และ 16 ของสไปรูไลน่า เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร **Modified Allen's Medium** ที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0–40 **ppt.**

ตารางที่ 4 แสดงค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเป็นมิลลิกรัมของออสซิลลาทอเรีย เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0–40 ppt. นาน 16 วัน

ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ppt.)	ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของออสซิลลาทอเรีย (มิลลิกรัม)	
	เมื่อเริ่มการทดลอง	เมื่อเลี้ยงนาน 16 วัน
0	20.1 ± 0.1	80.3 ± .29
2	20.4 ± 0.1	88.8 ± .29
4	20.8 ± 0.1	80.6 ± .32
6	20.8 ± 0.06	78.5 ± .50
8	20.6 ± 0.1	77.2 ± .29
10	20.7 ± 0.3	76.4 ± .40
12	20.3 ± .26	74.5 ± .25
14	20.5 ± .45	73.2 ± .29
16	20.3 ± .25	72.3 ± .26
18	20.7 ± .10	70.3 ± .26
20	20.6 ± .25	68.5 ± .50
22	20.7 ± .10	67.3 ± .26
24	20.8 ± .10	49.3 ± .58
26	20.6 ± .10	38.7 ± .58
28	20.7 ± .06	24.1 ± .32
30	20.8 ± .06	10.5 ± .50
32	20.5 ± .5	8.6 ± .32
34	20.4 ± .10	4.2 ± .29
36	20.7 ± .10	3.5 ± .50
38	20.9 ± .10	1.7 ± .29
40	20.8 ± .29	0.1 ± .06

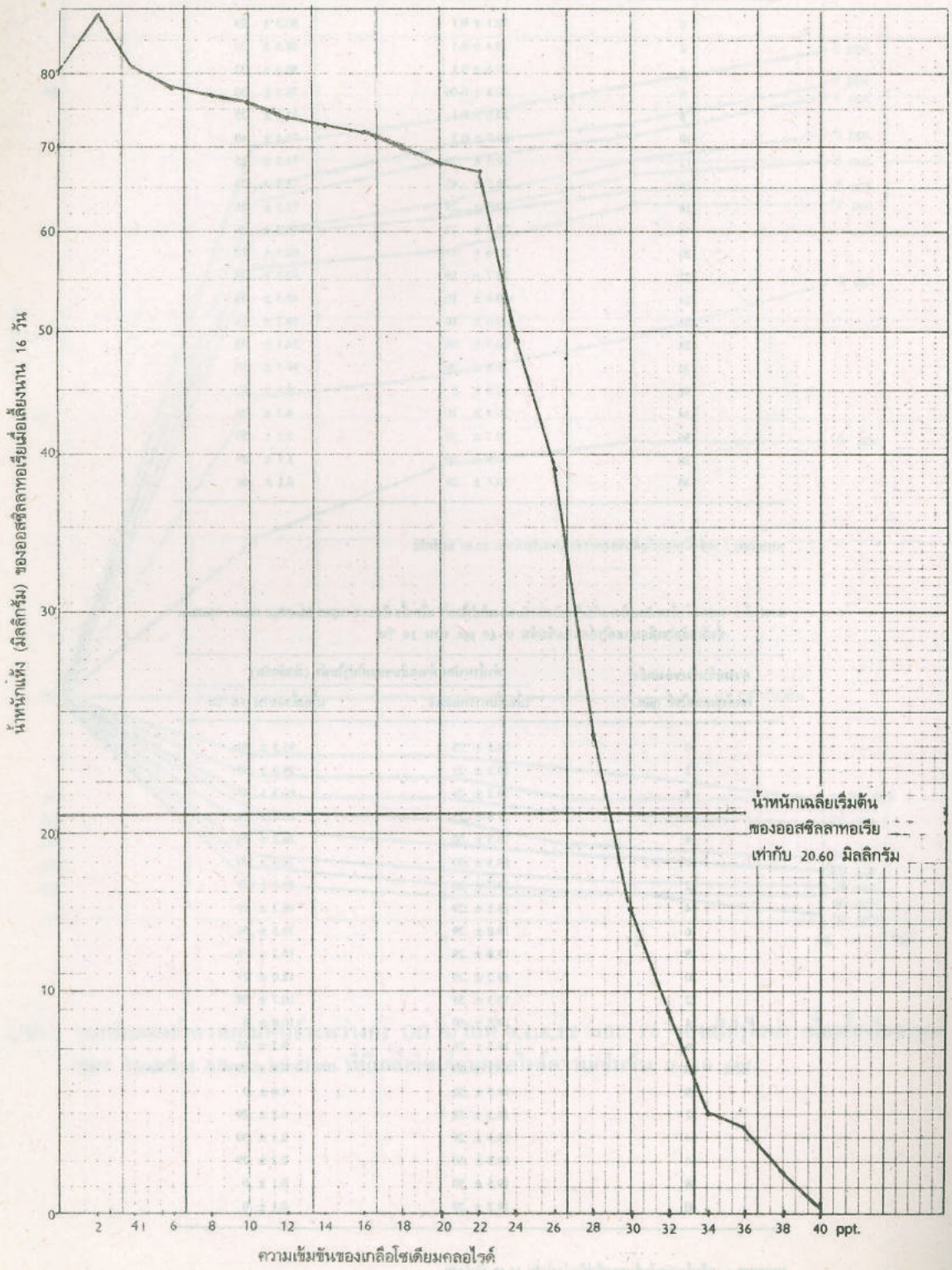
หมายเหตุ : เฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นของออสซิลลาทอเรียเท่ากับ 20.60 มิลลิกรัม

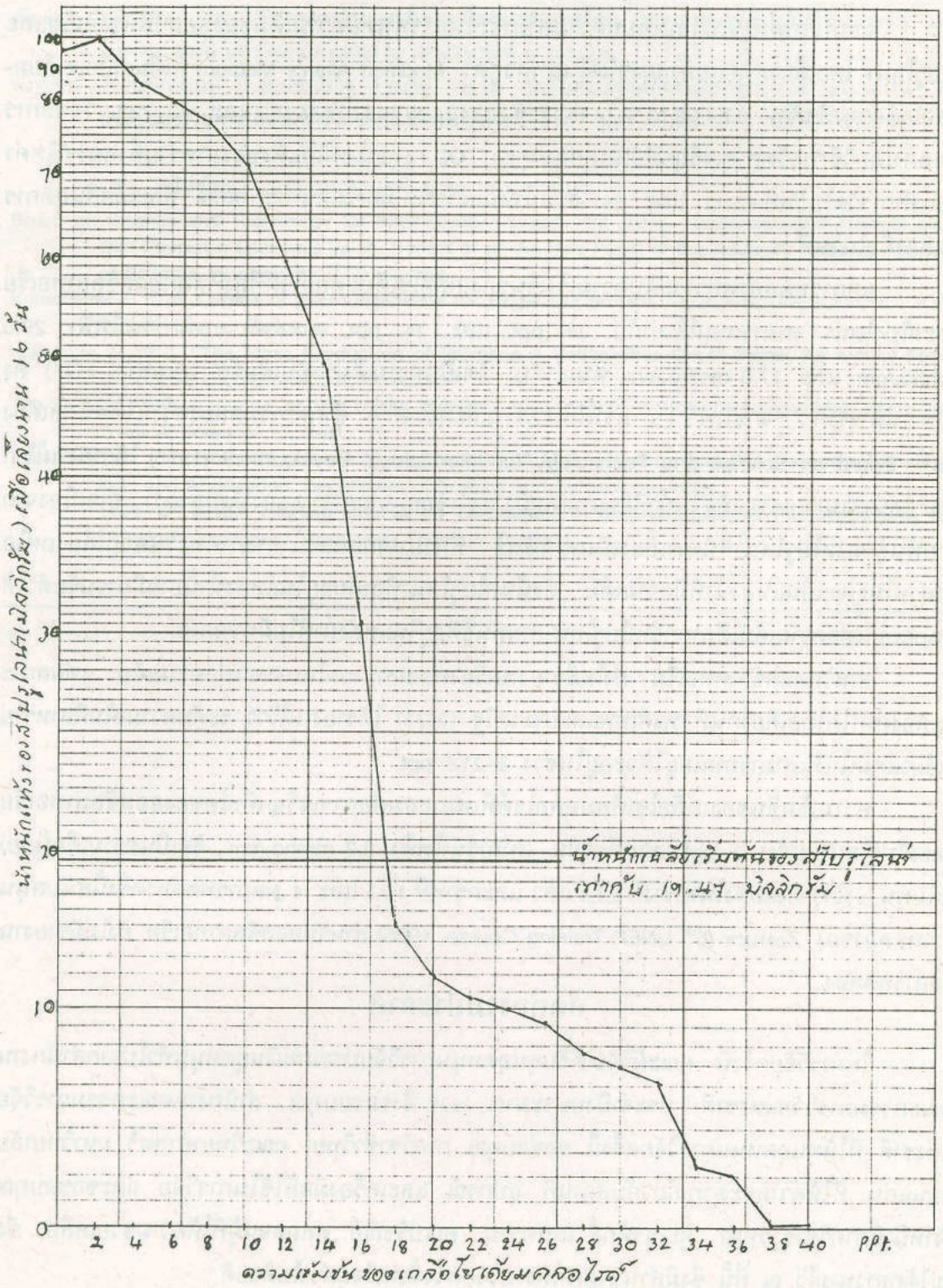
ตารางที่ 5 แสดงค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเป็นมิลลิกรัมของสไปรูไลน่า เมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ซึ่งมีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0–40 ppt. นาน 16 วัน

ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ (ppt.)	ค่าน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของสไปรูไลน่า (มิลลิกรัม)	
	เมื่อเริ่มการทดลอง	เมื่อเลี้ยงนาน 16 วัน
0	19.5 ± .25	95.5 ± .50
2	19.2 ± .29	99.0 ± .50
4	19.2 ± .29	83.3 ± .29
6	19.8 ± .25	80.2 ± .29
8	19.5 ± .50	76.2 ± .29
10	19.5 ± .50	71.0 ± 1.0
12	19.7 ± .26	59.8 ± .29
14	19.2 ± .29	49.2 ± .29
16	19.8 ± .29	30.5 ± .50
18	19.8 ± .29	15.2 ± .29
20	19.2 ± .29	12.0 ± .29
22	19.3 ± .58	10.7 ± .58
24	19.8 ± .50	10.0 ± .0
26	19.5 ± .29	9.2 ± .29
28	19.3 ± .58	7.8 ± .29
30	19.5 ± .50	7.0 ± .0
32	19.3 ± .58	6.2 ± .29
34	19.5 ± .29	2.5 ± .50
36	19.5 ± .50	2.2 ± .29
38	19.5 ± .50	0.1 ± .0
40	19.2 ± .29	0.1 ± .0

หมายเหตุ : เฉลี่ยน้ำหนักเริ่มต้นของสไปรูไลน่าเท่ากับ 19.47 มิลลิกรัม.

รูปที่ 3 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม) ของออสซิลลาทอเรียที่เลี้ยงไว้ในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0–40 ppt. เป็นเวลานาน 16 วัน





รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม) ของสไปรูไลน่าที่เลี้ยงไว้ในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0-40 ppt. เป็นเวลานาน 16 วัน

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองเปรียบเทียบความสามารถในการทนต่อความเค็มของออสซิลลาทอเรียและสไปรูไลน่า โดยเลี้ยงสาหร่ายทั้งสองชนิดในอาหารสูตร Modified Allen's Medium ที่เติมเกลือโซเดียม-คลอไรด์ความเข้มข้น 0,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24,26,28,30,32,34,36,38 และ 40 ppt. วัดผลการทดลองโดยวิธีการวัดการเจริญเติบโตโดยดูจากค่า OD และน้ำหนักแห้งของสาหร่ายทั้งสองชนิดค่า OD ทำการวัดในวันที่ 4,8,12 และ 16 ส่วนน้ำหนักแห้งวัดเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลองคือในวันที่ 16

ผลการทดลองพบว่าระดับความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่สูงที่สุดที่ออสซิลลาทอเรียและสไปรูไลน่า สามารถทนได้เท่ากับ 28 ppt. และ 16 ppt. ตามลำดับ (ค่าการนำไฟฟ้า 29.0 mmho./cm. และ 17.0 mmho./cm. ตามลำดับ) จัดเป็นความเค็มระดับเค็มจัด (เพิ่มพูน, 2527) ดังแสดงในตารางที่ 2, ตารางที่ 3,4,5 กราฟที่ 1,2,3 และกราฟที่ 4 ซึ่งผลการทดลองครั้งนี้ได้ค่าใกล้เคียงกันที่ Board on Science and Technology for International Development (1975) ได้รายงานไว้ว่าสไปรูไลน่าสามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเค็มถึง 14 ppt. จากการทดลองได้ค่าสูงกว่า อาจเนื่องจากสายพันธุ์ของสไปรูไลน่าที่นำมาเลี้ยงเป็นสายพันธุ์ ที่นำมาจากแหล่งน้ำทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นแหล่งน้ำที่มีความเค็ม ดังนั้นสไปรูไลน่าที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำนี้อาจมีการปรับตัวให้สามารถทนต่อความเค็มได้มากกว่าสไปรูไลน่าสายพันธุ์ที่อยู่ในแหล่งน้ำที่ไม่มีความเค็ม

สำหรับออสซิลลาทอเรีย ยังไม่มีรายงานเรื่องความสามารถในการทนต่อความเค็ม แต่ผลการทดลองค่าที่ได้ใกล้เคียงกันที่ พงศ์เทพและประเสริฐ (2523) ได้รายงานไว้ว่า ระดับความเค็มที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถทนอยู่ได้จะอยู่ในช่วง 3–21.8 ppt.

ความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของออสซิลลาทอเรียและสไปรูไลน่าเท่ากับ 2 ppt. เช่นเดียวกัน (ค่าการนำไฟฟ้า 2.2 mmho./cm., จัดเป็นความเค็มน้อย) (เพิ่มพูน, 2527) ดังแสดงในตารางที่ 2,3,4 แล้ว และกราฟที่ 1,2,3 และ 4 ผลการทดลองครั้งนี้สนับสนุนการทดลองของ Zasruck (6th UNEP Training Course, 1985) สำหรับออสซิลลาทอเรีย ยังไม่มีรายงานผลการทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประเภทเงินอุดหนุนทั่วไปจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2529 จึงขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา คุณสุรศักดิ์ เสนคราม คุณปรัชณีย์ ตลอดจนผู้ที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย
กรกฎาคม 2532

บรรณานุกรม

เพิ่มพูน กีรติกสิกร. 2527. **ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** โครงการผลิตสิ่งตีพิมพ์ทางเกษตร, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น เอกสารเล่มที่ 1, 127–166.

พงศ์เทพ อันตะริกานนท์ และประเสริฐ อะมริต. 2532. ระดับความทนเค็มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 27.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ หน้า 62–63.

2520. **"สไปรูไลน่า"** บริษัทสยามแอลจี จำกัด สมุทรปราการ.

Board on Science and Technology for International Development. 1975. Underexploited Tropical plants with Promising Economic Value. **Report of an Ad Hoc Panel of the Advisory National Academy of Science.** Washington, D.C. 162-168.

Kumnuanta J. 1976. **Choice of microorganisms for single cell protein.** REGIONAL/UNESCO/UNDP/ICRO, Training course. Bangkok.

Nakamure. M.1970. **"The Mass Production of Spirulina, A Helical Blue-Green Algae, As a New Food."** Microalgae International Union London.

The Protein Advisory Group of the United Nations. 1973. "Proteins from microalgae and Microfungi" **Tropical Science.** 15:77-81.

Venkataraman, L.V. 1983. "Blue Green Algae, Spirulina". **A Monograph on Spirulina platensis, Biotechnology and Application.** Department of Science and Technology, India.

1985. **6th UNEP Training Course on Techniques in Bioproductivity & Photosynthesis.** King Mongkut's Institute of Technology Thonburi, Thailand.

ว.วิทย.มข. 18(1) : 56 – 57 (2533)

เครื่องดอกไม้

โดย หญ้าปล้อง

ชื่อพายุหมุน

กล่าวกันว่า คำที่ไพเราะที่สุดที่ใคร ๆ ก็อยากได้ยินได้ฟัง ก็คือชื่อของตัวเอง... ครับ เกริ่นนำขึ้นมาดูเหมือนจะไม่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องเท่าใด เพราะหัวเรื่องเป็นชื่อพายุไม่ใช่ชื่อคน และพายุเองก็คงไม่ยินดียินร้ายกับชื่อของตัวเองเท่าใดนัก แต่ประวัติความเป็นมาของความสัมพันธ์ที่แนบสนิทระหว่างชื่อพายุและชื่อคนนั้น น่าติดตามพอสมควร..... ครับ ลองตามไปดู!

ชื่อพายุหมุนนั้นมีการกำหนดตามบริเวณที่เกิด ตามตารางที่ 1 และกำหนดตามอัตราเร็วลมบริเวณใกล้ ๆ ศูนย์กลาง (กำหนดตามความรุนแรง) ตามตารางที่ 2

ชื่อพายุ	บริเวณที่เกิด
พายุเฮอริเคน (Hurricane)	มหาสมุทรแอตแลนติก, ทะเลแคริบเบียน, อ่าวเม็กซิโก และภาคตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ
พายุไซโคลน (cyclone)	มหาสมุทรอินเดีย
พายุไต้ฝุ่น (Typhoon)	บริเวณภาคกลางและภาคตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือ รวมทั้งทะเลญี่ปุ่น ทะเลเหนือ ทะเลจีนตะวันออก และอ่าวไทย
พายุวิลลี–วิลลี (Willy-Willy)	ทวีปออสเตรเลีย

ตารางที่ 1 ชื่อลมพายุหมุนกำหนดตามบริเวณที่เกิด

ชื่อพายุ	อัตราเร็วสูงสุดใกล้ศูนย์กลางที่ผิวพื้น
พายุดีเปรสชัน	น้อยกว่า 62 กม./ชม.
พายุโซนร้อน	63–117 กม./ชม.
พายุไต้ฝุ่น	มากกว่า 118 กม./ชม.
Super typhoon	มากกว่า 241 กม./ชม.

ตารางที่ 2 ชื่อลมพายุหมุนกำหนดตามอัตราเร็วสูงสุดใกล้ศูนย์กลาง

ชื่อในตารางทั้งสองนั้นไม่มีปัญหา เป็นที่รู้และเข้าใจเพราะได้รู้ได้เรียนมาในชั้นต้น ๆ

ปัญหาอยู่ที่แต่ละปี ๆ พายุหมุนที่เกิดในแต่ละบริเวณนั้นมีมากมาย มีทั้งแรงมากและแรงน้อย และที่มีความรุนแรงมากไป เช่น พี่เฮเลนที่พัดทำความเสียหายในภาคใต้เมื่อปี 2505 และน้องเกย์ เมื่อปีกลาย (2532) เดิมแต่ละประเทศกำหนดการเรียกชื่อกันเอง ทำให้ไม่เป็นระเบียบระบบ ดังนั้น ทางองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก จึงได้จัดประชุมตั้งชื่อพายุหมุนที่เกิดขึ้นในแต่ละบริเวณ ชื่อที่ตั้งตอนแรก เป็นชื่อสตรี (ฝรั่ง) ทั้งหมด! เมื่อประกาศใช้ ทำให้กลุ่มสตรีประท้วงสิทธิสตรีขึ้น โดยอ้างว่า พายุบางลูก ทำความเสียหายให้มากมาย ทำไมจึงป้ายความผิดมาให้สตรีทั้งหมด! ผลก็จบลงด้วยการต้องเติมชื่อพายุ ที่เป็นชื่อผู้ชาย (ฝรั่งอีกเช่นกัน) ลงไปในแต่ละชุด ครับ..... ชื่อผู้ชายที่เติมลงไปใหม่ก็มีจำนวนเพียง เล็กน้อยเท่านั้น!?

ชื่อพายุหมุนที่เกิดบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกและทะเลจีนใต้ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อประเทศไทย ของเรา มี 4 ชุด แต่ละชุดเริ่มจาก A-Z อยู่ในตารางที่ 3 ส่วนชื่อพายุหมุนที่บริเวณอื่นจะไม่กล่าวถึง.... อันนี้ไม่เกี่ยวกับสิทธิสตรี แต่เกี่ยวกับหน้ากระดาษครับผม

ตารางที่ 3 ชื่อพายุหมุนเขตร้อน ที่ใช้ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตกและทะเลจีนใต้

COLUMN 1	COLUMN 2	COLUMN 3	COLUMN 4
ANDY (แอนดี้)	ABBY (แอบปี้)	ALEX (อัลเลกซ์)	AGNES (แอกเนส)
BRENDA (เบรนดา)	BEN (เบน)	BETTY (เบตตี้)	BILL (บิล)
CECIL (เซซิล)	CARMEN (คาร์เมน)	CARY (แคริ)	CLARA (คลารา)
DOT (ดอต)	DOM (ดอม)	DINAH (ไดนา)	DOYLE (ดอย)
ELLIS (เอลลิส)	ELLEN (เอลเลน)	ED (เอด)	ELSIE (เอลซี่)
FAYE (เฟย์)	FORREST (ฟอร์เรสท์)	FREDA (ฟรีดา)	FABIAN (เฟเบียน)
GORDON (กอร์ดอน)	GEORGIA (จอร์เจีย)	GERALD (เจอราล)	GAY (เกย์)
HOPE (โฮป)	HERBERT (เฮอร์เบิร์ต)	HOLLY (ฮอลลี่)	HAL (ฮาล)
IRVING (เออร์วิง)	IDA (ไอดา)	IAN (เอียน)	IRMA (เออร์มา)
JUDY (จูดี้)	JOE (โจ)	JUNE (จูน)	JEFF (เจฟ)
KEN (เคน)	KUM (คัม)	KELLY (เคลลี่)	KIT (คิต)
LOLA (โลลา)	LEX (เลกซ์)	LYNN (ลิน)	LEE (ลี)
MAC (แมก)	MARGE (มาร์จ)	MAURY (มอรี)	MAMIE (มามี)
NANCY (แนนซี)	NORRIS (นอริส)	NINA (นินา)	NELSON (เนลสัน)
OWEN (โอเวน)	ORCHID (ออร์คิด)	OGDEN (ออกเดน)	ODESSA (โอเดสสา)
PEGGY (เพกกี้)	PERCY (เพอร์ซี่)	PHYLLIS (ฟิลลิส)	PAT (แพต)
ROGER (รอเจอร์)	RUTH (รูธ)	ROY (รอย)	RUBY (รูบี้)
SARAH (ซารา)	SPERRY (สเพอร์รี่)	SUSAN (ซูซาน)	SKIP (สกิพ)
TIP (ทิพ)	THELMA (เทลมา)	THAD (แทด)	TESS (เทส)
VERA (แวรา)	VERNON (เวอร์นัน)	VANESSA (วาเนสซา)	VAL (วาล)
WAYNE (เวน)	WYNNE (วินนี่)	WARREN (วอร์เรน)	WINONA (วิโนนา)

ชื่อพายุหมุนเขตร้อนดังข้างบน ใช้หมุนเวียนกันไปตามลำดับตัวอักษรและลำดับคอลัมน์เมื่อใช้ถึงตัวสุดท้ายคือ WINONA แล้วจะเริ่มต้นใหม่ที่ ANDY (ตัวอักษร Q, U, X, Y และ Z ไม่ใช้ตั้งชื่อ)

เอกสารอ้างอิง

1. ปัญญา เจริญวงศ์ "รู้จัก" เกย์ "ได้ฝุ่นหฤโหดเกิดจากอะไรทำไมถึงชื่อนี้" นสพ.ไทยรัฐ ประจำวันพุธที่ 8 พฤศจิกายน 2532, หน้า 5.

คอลัมน์นี้มีรางวัล

การแพทย์และการอนามัยของจีนโบราณ
เจ้าแห่งวิทยาการ 7,000 ปี

ท่านทราบหรือไม่ว่า สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นพืช หรือสัตว์ ชาวจีนโบราณสามารถนำมาใช้รักษาโรคต่าง ๆ ได้ ลองทายดูว่า สิ่งต่อไปนี้ใช้รักษาโรคอะไรบ้าง?

1. เมล็ดยี่หร่า (Anis Atellati)
2. โสม (Panax quinquefolia)
3. ม้าน้ำตากแห้ง (Hippocampus)

หากทราบคำตอบโปรดอย่ารีรอ ส่งคำตอบไปยัง

คุณ ช็อกโกแลต
วารสารวิทยาศาสตร์ มข.
ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
40002

"ช็อกโกแลต"

เฉลย....

• โลหะธาตุกับชีวิต •
ปีที่ 17 ฉบับที่ 3 ก.ค. – ก.ย. 2533

1. ในบรรดาโลหะต่อไปนี้มีชนิดใดหรือไม่ที่เป็นโลหะที่มีพิษอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ถ้ามีปริมาณมากจนเกินไป

   Zn, Mn, Co, Fe, Cu ทุกตัว

2. เราจะสูดดมแก๊สพิษชนิดใดต่อไปนี้เข้าไปโดยไม่รู้ตัว ? CO, SO_2, O_3

   CO เนื่องจากเป็นแก๊สพิษที่ไม่มีกลิ่น

3. วิตามินชนิดเดียวที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ วิตามินอะไร?

   วิตามิน B_{12} มี Co เป็นองค์ประกอบ

4. สัตว์ทะเลชนิดใดที่สะสมโลหะหนักเป็นพิษ (เช่น Cd) ได้สูงสุด

   หอยนางรม

.....ปัญหาฉบับที่ 3 นี้ไม่มีท่านใดตอบถูกเลย โอกาสหน้าร่วมสนุกกับเราใหม่นะคะ.....

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร. 221141 (ข้างคลินิคทันตแพทย์ "อิน") ถนนหลังเมือง จ.ขอนแก่น 40000
นายอารีย์ หอวิจิตร ผู้พิมพ์-โฆษณา

ข้อแนะนำ
ในการเขียนบทความลง วารสาร " วิทยาศาสตร์ มข. "

ใบสมัครเป็นสมาชิก
" วารสารวิทยาศาสตร์ มข. "

☐ สมาชิกใหม่
☐ ต่ออายุ

ชื่อ – นามสกุล.....

ที่อยู่.....

รหัสไปรษณีย์.....หมายเลขสมาชิก.....

ตั้งแต่ฉบับที่.....ปีที่.....ถึงฉบับที่.....ปีที่..... รวม.....ฉบับ

พร้อมนี้ได้ส่งเงินจำนวน.....บาท มาทาง

☐ ธนาณัติสั่งจ่าย ป.ท. มข.
☐ เช็คไปรษณีย์
☐ เงินสด

อัตราค่าบำรุง

☐ 1 ปี	4 เล่ม	40	บาท
☐ 2 ปี	8 เล่ม	80	บาท
☐ 3 ปี	12 เล่ม	115	บาท
☐ 4 ปี	16 เล่ม	150	บาท

ลายเซ็นผู้สมัคร.....

<u>หมายเหตุ</u> ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของ นางบุญคุ้ม เหลือล้น ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สั่งจ่าย ป.ท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

: **กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.**
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ข้อแนะนำ
ในการเขียนบทความลงวารสาร " วิทยาศาสตร์ มข. "

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ **ต้องเป็นตัวพิมพ์ดีดปกติ** มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว **ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด**

2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับเท่านั้นโดยไม่ส่งคืน ผู้เขียนควรจะอัดสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ

3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้

4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน

7. ในกรณีของบทความวิจัย **ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์

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

9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบสากลนิยม

ส่งต้นฉบับมาที่

: กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด