

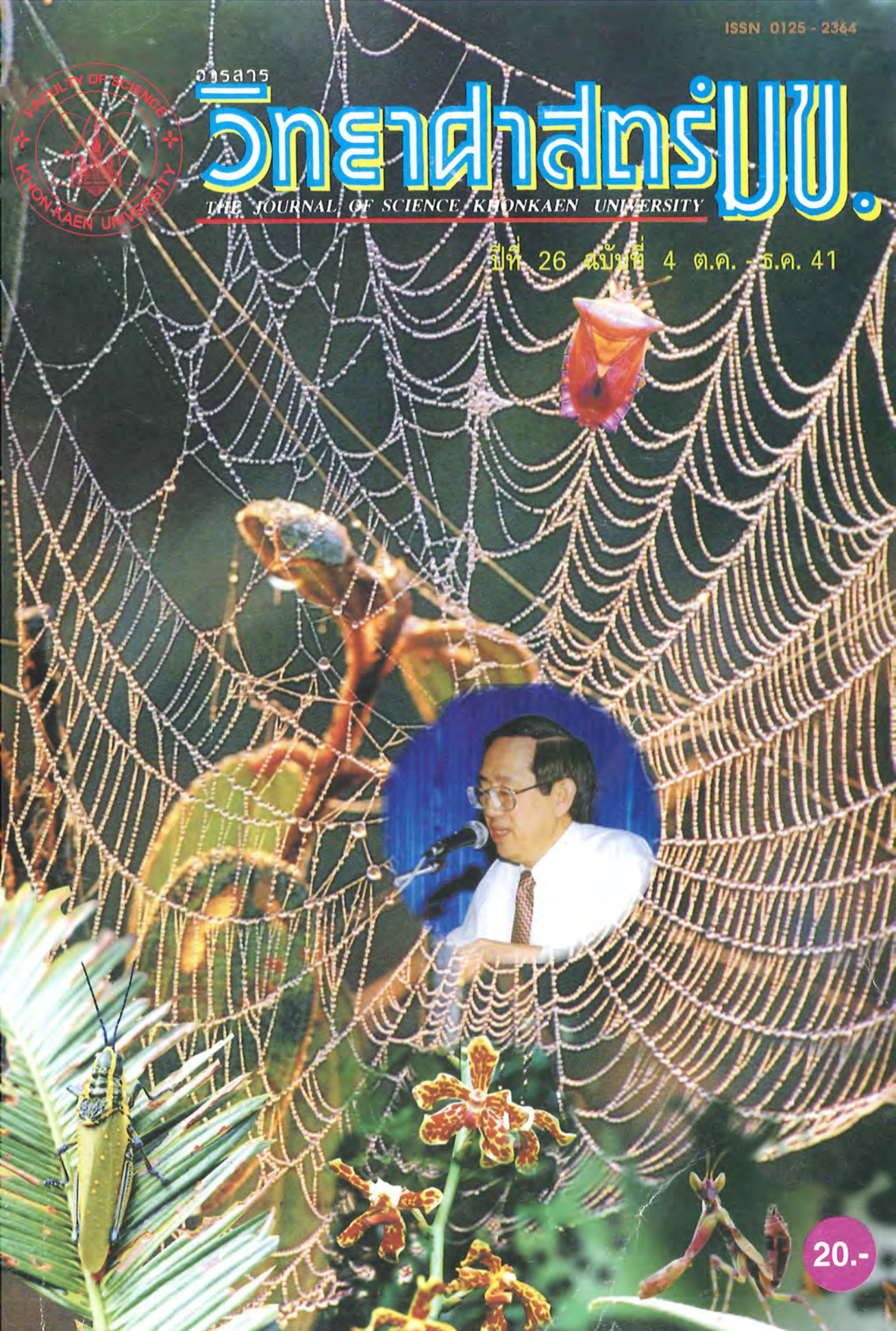


๖๖๕๑๗๕

วิทยาศาสตร์

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 26 ฉบับที่ 4 ต.ค. - ธ.ค. 41





ISSN 0128-2284

วิทยาศาสตร์ปู

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิชาการใน สาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่งานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก

ปีละ 4 ฉบับ

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

ค่าบำรุง ปีละ 75 บาท ข่ายปลีก เล่มละ 20 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ ส่งเข้า ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณะศิลปศาสตร
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ

ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย

บรรณาธิการผู้ช่วย

อัจฉรา ศิริมั่งคะลา

กองบรรณาธิการ

เฉลิม เรืองวิริยะชัย
บำรุง สมสวัสดิ์
วิทยา อมรกิจบำรุง
สุพร นุชดำรงค์
ประนอม จันทร์โทย
นฤมล แสงประดับ
สุวรรณ เนียมสนิท
เพ็ญประภา เพชรบุรีณิน
สุพจน์ ไททัยกร
วิจารณ์ สดศิริ
วิชุดา ไชยสีวามงคล
อาคม ไสวณา
พฤษดี ศิริแสงตระกูล

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิลเลน ดิณนรเศรษฐ์
ทรงเวทย์ เป้าชัย

ฝ่ายเหรียญก

บุญคุ้ม เหลือล้น

ฝ่ายจัดการและเลขานุการ

ทัศนีย์ จิตตะกวี
สมศักดิ์ อุ่นจันท์
สนธิ์ วรชิตา

บทความและงานวิจัย
ได้รับการกลั่นกรอง
จากผู้ทรงคุณวุฒิ

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

วารสาร

วิทยาศาสตร์บข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 26 ฉบับที่ 4



บรรณาธิการแถลง

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ..... 229

บทความพิเศษ

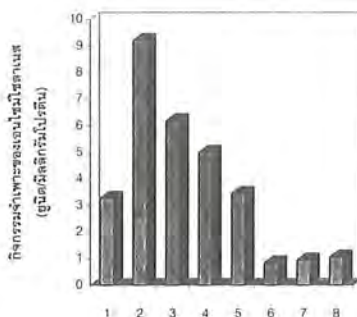
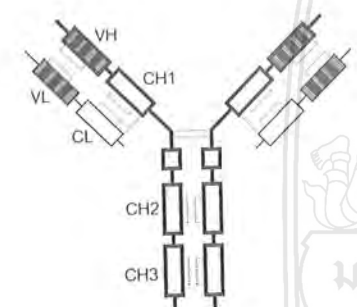
- การวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพและการเชื่อมโยงกับงานวิจัยในสาขาอื่น
วิสุทธิ ใบไม้..... 233

บทความ

- แนวความคิดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ
ปัญญาพล หอระตะ..... 248
- มอโนโคลนัลแอนติบอดี : อดีต และปัจจุบัน
ศักดิ์ดา คางว..... 254
- สมบัติของจำนวนฟีโบนัชชี
อัมพร อนันต์พินิจวัฒนา..... 265

งานวิจัย

- การผลิตเอนไซม์ไลลาเนสจากเชื้อ *Sporotrichum pulverulentum* ในภาวะการเลี้ยงเชื้อด้วยอาหารเหลว
อารี ฤทธิบุรณ์..... 273
- วิธีการอย่างง่ายในการทดสอบการสร้าง
แบคทีเรียโอซิน
พงศ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ
ปาริชาติ พุ่มขจร..... 281
- ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทาง
ชีววิทยาในลุ่มน้ำพองด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน
นฤมล แสงประดับ, ชรรยงค์ อินทร์ม่วง
หุติมา หาญจวนิช, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง..... 289



ชนิดและความเข้มข้นของเอนไซม์ไลลาเนส

วารสาร

วิทยาศาสตร์บข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

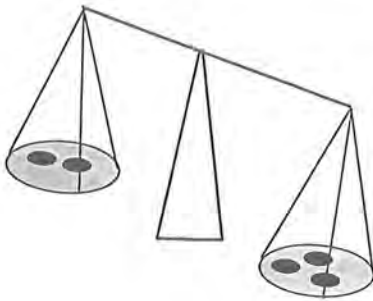
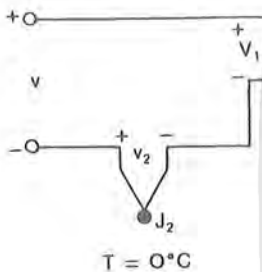
ปีที่ 26 ฉบับที่ 4



- การศึกษาประชากรของมวนตัวทำดุดกินไผ่ *Tyttthus chinensis* Stal. และความจำเป็นในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล
ทรงยศ พิเศษฐกุล, ถนอมจิตร ฤทธิมนตร์
สุกชัย ตั้งชูพงศ์..... 305

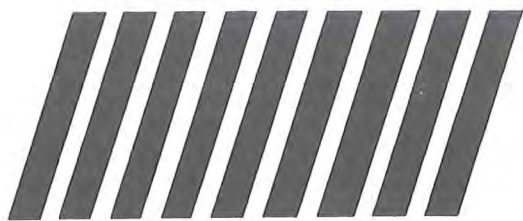
คอลัมน์ประจำ

- กริดคอมพิวเตอร์
ปัญหา Y2K สำหรับผู้ใช้นบ้าน
วีระยุทธ ชัยศิริถาวรกุล..... 315
- กริดเล็กเกร็ดน้อย "รักน้ำ - รักน้ำ"
- อัจฉรา ศิริมังคะลา..... 321
- เสริมทักษะวิทยาศาสตร์
วิชา อมรกิจบำรุง..... 328
- มุมวิทยาการผ่านเว็บไซต์
นายชวด ไวน์..... 332
- คณิตศาสตร์ชวนคิด
วิจารณ์ สดศิริ..... 334



เบ็ดเตล็ด

- ผลการตัดสินการประกวดและการแข่งขันกิจกรรมต่างๆ
งานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประจำปี 2541
16-18 สิงหาคม 2541..... 337
- คำนี้นุกรมวารสารวิทยาศาสตร์ มข. (เรียงตามชื่อผู้เขียน) 343
- คำนี้นุกรมวารสารวิทยาศาสตร์ มข. (เรียงตามชื่อเรื่อง) 348
- ข้อเสนอแนะในการเขียนบทความลงวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- การเขียนเอกสารอ้างอิงหรือบรรณานุกรมในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- ใบสั่งลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.



ISSN 0188-8284
วิทยาลัยเทคโนโลยี
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University,
Thailand.

Office

Faculty of Science, 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

75 baht per annum. Single issue price 20 Baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the fee 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

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic affairs

Editor

Saksit Chanthai

Associate Editor

Atchara Sirimungkala

Editorial Board

Chalerm Ruangviriyachai
Bamrung Somswasdi
Vittaya Amornkitbamrung
Suporn Nuchadomrong
Pranom Chantaranothai
Narumon Sangpradub
Suwanna Niamsanit
Penprapa Phetcharaburanin
Supot Waitayangkoon
Wijarn Sodsiri
Wichuda Chaisiwamongkol
Pusadee Seresangtakul

Artist

Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai

Treasurer

Boonkoom Lualon

Managing Staff and Secretary

Tassanee Jittakhawee
Somsak Unjantee
Sontani Worashina

**The articles and research
publications have been reviewed
by qualified readers**

The views and opinions expressed in this journal are those of the authors, and do not necessarily reflect the views and opinions of the editorial board.

บรรณาธิการ *แถลง*

เรียน ท่านสมาชิกวารสาร ฯ และท่านผู้อ่านที่รัก

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 26 ฉบับที่ 4.... ได้เวลาเผยแพร่ข่าวสารงานวิจัยออกสู่สายตาท่านผู้อ่านอีกหนแล้วละครับ..... ! แม้ว่าจะล่าช้ากว่ากำหนดเช่นเคยก็ตาม เรายังคงเร่งเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสื่อนี้กันอยู่เสมอมา ยังมีได้หลบหน้าหายตาไปไหน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าท่านสมาชิกวารสาร ฯ และท่านผู้สนใจคงรอคอยกันได้

ในฉบับนี้ขอแนะนำ บทความพิเศษเกี่ยวกับการวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และการเชื่อมโยงกับงานวิจัยในสาขาอื่น ซึ่งทางกองบรรณาธิการวารสาร ฯ ได้รับเกียรติจากท่านศาสตราจารย์ ดร.วิสุทธิ ใบไม้ ราชบัณฑิตและเมธีวิจัยอาวุโส อนุญาตให้เรานำบทความนี้มาลงตีพิมพ์เพื่อชี้แนะแนวทางในการวิจัยและการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัยให้เป็นรูปธรรมยิ่งขึ้น สำหรับการพัฒนานำไปสู่ความเจริญก้าวหน้าของประเทศ นอกเหนือจากบทความที่น่าสนใจทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ และชีวเคมี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อดีตและปัจจุบันเกี่ยวกับเรื่องของ “มอโนโครนัลแอนติบอดี” ที่น่าจะช่วยเสริมความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ชีวภาพได้เป็นอย่างดีสำหรับนักเรียนและนักศึกษาทั่วไป

ฉบับที่แล้วได้เสนอบทความงานวิจัยเน้นหนักด้านฟิสิกส์ประยุกต์ ในฉบับนี้จึงขอเน้นงานวิจัยด้านชีววิทยาประยุกต์กันบ้าง เรื่องที่อยากจะเรียนแนะนำเป็นพิเศษ คือ ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยาในลุ่มน้ำพองด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหลักหน้าดิน ซึ่งเป็นผลงานวิจัยที่ได้รับความร่วมมือกันหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนการวิจัย (สกว) ทางกองบรรณาธิการวารสารฯ ยินดีที่จะเป็นสื่อกลางนำผลงานวิจัยเด่นๆ เช่นนี้เผยแพร่ออกสู่สายตาประชาชนเพื่อการพัฒนาฯ เช่นกัน นอกจากนี้ เรายังมีคอลัมน์ประจำที่น่าสนใจและน่าติดตามเช่นเคย รวมทั้งข้อมูลผลการตัดสินใจการประกวดและการแข่งขันกิจกรรมต่าง ๆ งานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประจำปี 2541

บทความ ผลงานวิจัย และรูปแบบในการจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 26 ทุกฉบับนั้น ทางกองบรรณาธิการวารสารฯ ได้รับความร่วมมือร่วมใจจากท่านผู้เขียนหลายท่าน จากหลายสาขาวิชาการ และจากหลายหน่วยงาน ทั้งนี้เพื่อเป็นสื่อกลางเชื่อมโยงข่าวสารงานวิจัยซึ่งกันและกัน กองบรรณาธิการวารสารฯ ใคร่ขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

สวัสดิ์ศรีรับ

บรรณาธิการ

คำบรรยายภาพปกหน้า-หลัง

ปกหน้า



จินตนาการแห่งความหลากหลายทางชีวภาพ
รูปกลางคือ ศ.ดร.วิสุทธิ์ ใบไม้
(อ่านรายละเอียด หน้า 233)

ปกหลัง

รูปบนสุด

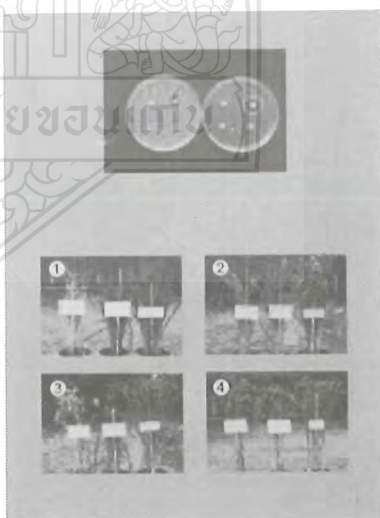
Figure 1 หน้า 284

รูปกลางซ้าย Figure 1 หน้า 313

รูปกลางขวา Figure 2 หน้า 313

รูปล่างซ้าย Figure 3 หน้า 313

รูปล่างขวา Figure 4 หน้า 313



ข่าว วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

การใช้คลื่นความร้อนรักษาโรคมะเร็ง (Making It Too Hot for Cancer)

ผู้เขียนมีโอกาสค่อนข้างสูงที่จะเป็นมะเร็งเต้านมมักเลือกวิธีผ่าตัดมากกว่าการเผชิญกับโรคที่จะเกิดขึ้น แต่เทคโนโลยีใหม่นี้อาจเป็นทางเลือกอีกทางก็ได้ เทคโนโลยีที่วันนี้ผลิตโดย Celsion Corporation โดยให้ความร้อน (focused-heat) แก่ microwave เป้าหมายซึ่งทำหน้าที่หาและทำลายก้อนเนื้ออกรวมทั้งเซลล์ที่เกือบจะเป็นมะเร็งโดยไม่ทำลายเนื้อเยื่อดีหรือผิวหนังที่อยู่รอบๆ เลย จากหลักการที่ว่า microwave จะถูกน้ำที่พบในก้อนเนื้ออกดึงดูดไว้ ในขณะที่เต้านมปกติจะเต็มไปด้วยเนื้อเยื่อไขมันซึ่งไม่มีน้ำเลย ดังนั้นเครื่องมือนี้จึงสามารถเสาะหาและทำลายเฉพาะเซลล์มะเร็ง

สิ่งที่เขากำลังทำกันอยู่ก็คือการฝัง microwave เข้าไปในเนื้อเยื่อเต้านมเพื่อทำลายก้อนเนื้ออกให้หมดไป ซึ่งเขาหวังว่าวิธีการนี้จะให้ผลดีเท่ากับการผ่าตัดเอาเต้านมออกหรืออาจจะดีกว่า จึงได้รับการยอมรับจาก FDA (Food and Drug Administration) ในการรักษาเมื่อกันยายน 2540 ปัจจุบันทางบริษัทกำลังพิสูจน์ ว่าวิธีการนี้สามารถ

ควบคุมก้อนเนื้ออกได้โดยตัวมันเอง

เมื่อปีที่แล้วการศึกษาของ Massachusetts General Hospital ใน Boston และในอังกฤษ แสดงให้เห็นว่า การใช้ความร้อนลักษณะนี้จะให้ความร้อนแก่ก้อนเนื้ออกถึง 78 องศาโดยไม่ทำลายผิวหนังหรือเนื้อเยื่อดีที่อยู่รอบๆ เลย ที่อุณหภูมินี้ระบบจะทำลายก้อนเนื้ออกและเซลล์มะเร็งทั้งหมดที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงได้ภายใน 8-10 นาที

Augustine Cheung หัวหน้าแผนกวิทยาศาสตร์และผู้ก่อตั้ง Celsion กล่าวว่าวิธีนี้จะกดเต้านมให้อยู่กับที่เหมือนการทำ mammography แล้วให้ความร้อนเข้าไปทั้งสองด้าน และออกแบบให้ microwave พุ่งไปยังก้อนเนื้ออก เต้านมจะไม่ไหม้หรือแตก เพราะวิธีนี้เป็นแบบ noninvasive จึงลดอัตราการเกิดโรคในเต้านมซึ่งมักเกิดขึ้นหลังการผ่าตัด

Stauffer กล่าวว่า “ถ้าท่านมีก้อนเซลล์ขนาดใหญ่ฝังอยู่ เมื่อมันแตกมันจะล่องลอยไปในกระแสโลหิตแล้วไปอยู่ที่ส่วนใดก็ได้ ถ้ามันแพร่

กระจายไปยังอวัยวะที่สำคัญ เช่น สมองหรือปอด ท่านก็อาจจะเสียชีวิตได้”

Celsion จะทำการวิจัยต่อไป เพื่อให้เทคโนโลยีนี้ใช้ได้กับเนื้องอกที่เต้านม และมะเร็งชนิดอื่นๆ โดยจะทดลองรักษามะเร็งของต่อม

ลูกหมากในฤดูใบไม้ผลินี้ นอกจากนี้เขายังมีแผนการที่จะทดลองใช้รักษามะเร็งในช่องท้องต่างๆ รวมทั้งมะเร็งตับด้วย และคาดหวังว่าจะสามารถนำออกใช้รักษาได้ในปลายปีหน้า

(<http://www.wired.com/news/pri...ogy/story/17994.html?wnpg=all>)

หยุดยั้งการแพร่กระจายมะเร็งเม็ดสี (Stopping Melanoma in its Tracks)

มะเร็งเม็ดสีชนิดแพร่กระจาย (malignant melanoma) เป็นมะเร็งผิวหนังชนิดที่ร้ายแรงที่สุด และนับว่าเป็นมะเร็งที่มีอัตราการแพร่กระจายลุกลามเร็วที่สุดชนิดหนึ่ง พบได้ทุกเขตทั่วโลกและโดยเฉพาะในเขตอบอุ่นที่มีแสงแดดจัด ในประเทศอังกฤษมะเร็งชนิดนี้เป็นสาเหตุของการตายในประชากรอายุ 25-29 ปี มากเป็นอันดับหนึ่งเมื่อเทียบกับมะเร็งชนิดอื่นๆ ปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญของโรคคือการได้รับรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ปริมาณมากเกินไป จึงมักพบในผู้ที่ชอบอาบแดด มะเร็งเม็ดสีเริ่มต้นจากการปรากฏบริเวณที่เป็นสีดำหรือสีน้ำตาลบนผิวหนังคล้ายกับไฟหรือขีดแมลงวัน ซึ่งหากทำการรักษาตั้งแต่ระยะนี้ก็จะสามารถบำบัดโรคได้อย่างเด็ดขาด แต่เนื่องจากมะเร็งแพร่กระจายเร็วมากเมื่อผู้เป็นเริ่มรู้ตัวก็จะเป็นระยะที่ลุกลามไปยังส่วนอื่นๆ ของร่างกายเสียแล้ว

นิตยสาร Cancer Research เล่มล่าสุดปี 1999 ลงข่าวงานวิจัยที่สำคัญของศาสตราจารย์

Robert Newbold และผู้ร่วมงานแห่งมหาวิทยาลัย Brunel ประเทศอังกฤษ ซึ่งค้นพบจีนใหม่ 2 จีนที่สามารถยับยั้งการแพร่กระจายของมะเร็งเม็ดสีได้ (Tumor Suppressor Gene, TSG) ก่อนหน้านั้นได้มีผู้รายงานเกี่ยวกับ TSG มาแล้ว 1 จีน เรียกว่า จีน P16 จีนที่ศาสตราจารย์ Newbold รายงานเป็นจีนที่แยกได้มาจากเซลล์ปกติ และจากการศึกษาด้วย gene mapping พบว่าจีนทั้งสองนั้นอยู่ในโครโมโซมแท่งที่ 9 และ 10 ของคนนั่นเอง ศาสตราจารย์ Newbold ทดลองใส่จีนดังกล่าวเข้าไปในเซลล์มะเร็งปรากฏว่าสามารถยุติการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง ขณะนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าจีนที่ใส่เข้าไปนั้นมีบทบาทอย่างไร ถ้าหากเข้าใจกลไกนี้ได้อย่างละเอียดเมื่อใดแล้วก็จะประโยชน์อย่างยิ่ง และอาจนำไปสู่การค้นพบตัวยาชนิดใหม่ในการบำบัดรักษาโรคมะเร็งเม็ดสีประเภทนี้ได้

(<http://www.wired.com/new/pri...ogy/story/17637.html?wnpg=all>)

รังไข่หลอดทดลอง (The Test-Tube Ovary)

Dr.Kutluk Oktay ผู้อำนวยการหน่วย Reproductive Encrinology ภาควิชา Obstetrics and Gynecology แห่งโรงพยาบาล New York Methodists เมือง Brooklyn ประเทศสหรัฐอเมริกา ประสบผลสำเร็จเป็นครั้งแรกในการปลูกถ่ายรังไข่แช่แข็งเข้าสู่ร่างกายของคนเดิม อย่างไรก็ตามยังต้องใช้เวลาอีกประมาณ 6-9 เดือน เพื่อรอผลให้ไข่อ่อนจากรังไข่ที่ปลูกถ่ายนั้นเจริญและพัฒนาจนสามารถผลิตฮอร์โมนได้ ซึ่งนายแพทย์ Oktay กล่าวว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จสูง 40-50%

เหตุการณ์ทั้งหมดเกิดขึ้นจากการที่ Magaret Lloyd-Hart เคยผ่าตัดรังไข่ทิ้งไปแล้ว 1 ข้างตั้งแต่อายุ 17 ปี และในปีที่แล้วนี้เอง ขณะที่อายุเพียง 28 ปี เธอจำเป็นต้องตัดรังไข่ที่ยังปกติอยู่อีกข้างหนึ่งออกเพื่อเข้ารับการรักษาโรคเนื้องอกชนิดไม่แพร่กระจาย แต่คราวนี้เนื้อเยื่อรังไข่ของเธอถูกแช่แข็งไว้ ภายหลังการผ่าตัดเธอต้องได้รับการบำบัดต่อเนื่องด้วยฮอร์โมน ซึ่งดูเหมือนจะไม่ได้ผลเท่าที่ควร ไม่มีอะไรจะดีเท่ากับให้ร่างกายได้ควบคุมสมดุลฮอร์โมนที่ผลิตขึ้นได้ด้วยตัวเอง และจากการพูดคุยกับคนไข้รายอื่นที่ผ่าตัดรังไข่ออกเช่นเดียวกับเธอ ก็พบว่าผู้หญิงเหล่านั้น ต่างก็มีปัญหาทางด้านสุขภาพทั้งสิ้น Lloyd-Hart จึงเริ่มต้นค้นคว้าด้วยตัวเองผ่านทางอินเทอร์เน็ต โดยป้อนข้อมูลด้วยคำว่า “รังไข่” และ “การปลูกถ่ายเนื้อเยื่อ” ทำให้เธอได้รู้ว่าการปลูกถ่ายเนื้อเยื่อแช่แข็งซึ่งมีมาตั้งแต่ช่วงปี 1950-1960 แล้ว แต่ยังไม่เคยมีรายงานเกี่ยวกับการปลูกถ่าย

เนื้อเยื่อแช่แข็งมาก่อนเลยนั้น ขณะนี้จากการทดลองในหนูถีบจักรและแกะ นักวิทยาศาสตร์สามารถนำเนื้อเยื่อรังไข่แช่แข็งปลูกถ่ายเนื้อเยื่อให้กับสัตว์ตัวเดิมที่เป็นเจ้าของเนื้อเยื่อนั้นได้สำเร็จแล้ว Lloyd-Hart มีโอกาสติดต่อ Dr.Kutluk และได้ตอบกันทางอินเทอร์เน็ตเป็นเวลาเกือบ 10 สัปดาห์ จึงตัดสินใจที่จะทำการทดลองปลูกถ่ายเนื้อเยื่อรังไข่เลียนแบบงานวิจัยที่ทำกับสัตว์ทดลอง ซึ่งตัวเธอเองก็ยินดีที่จะเสี่ยง จึงเดินทางจาก Arizona มาพร้อมกับเนื้อเยื่อรังไข่แช่แข็งของเธอ เพื่อนำมาฟื้นฟูในห้องปฏิบัติการ ก่อนที่จะปลูกถ่ายเนื้อเยื่อรังไข่นั้นเข้าที่ตำแหน่งเนื้อเยื่อเดิมในร่างกายของเธอ แม้ว่าการผ่าตัดจะประสบผลสำเร็จและร่างกายคนไข้ก็ไม่มีปฏิกิริยาต่อต้านเนื้อเยื่อ แต่ยังคงต้องใช้เวลาติดตามผลว่ารังไข่ที่ใส่เข้าไปนั้นสามารถทำหน้าที่ตกไข่และผลิตฮอร์โมนได้ตามปกติหรือไม่ และนับจากนี้ไปเป็นเวลาการเฝ้าดูผล หากสำเร็จได้ ก็จะเป็นความหวังให้กับผู้หญิงที่สูญเสียการทำหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์ก่อนถึงเวลาอันควรซึ่งนอกจากจะทำร้ายจิตใจแล้วยังเป็นผลเสียต่อสุขภาพทางกายโดยรวมคล้ายกับในรายของผู้หญิงที่เข้าสู่วัยหมดประจำเดือน และยังมีประโยชน์ต่อคนไข้รายอื่นที่จำเป็นต้องใช้ยาบำบัดโรคมะเร็งแต่ไม่ต้องการให้เกิดผลข้างเคียงต่อการทำงานของรังไข่ในการผลิตไข่ ก็จะสามารถผ่าตัดรังไข่ออกไปเก็บแช่แข็งเสียก่อนแล้วจึงค่อยผ่าตัดนำรังไข่เข้าร่างกายตามเดิมในภายหลัง

ชิปเก็บข้อมูลสำหรับการเลือกใช้ยารักษาโรค (Chip Accelerates Drug Screening)

ท่านผู้อ่านเคยกินยาแก้แพ้ประเภท antihistamine แล้วมีอาการมึนงงเหมือนจะล้มทั้งยืนหรือไม่ แล้วทำไมเพื่อนท่านบางจึงไม่มีอาการ ผู้หญิงบางคนเกิดอาการแพ้ในลักษณะเดียวกันนี้เมื่อต้องกินยารักษาโรคมะเร็ง แต่บางคนก็ไม่เป็น อะไรคือสาเหตุที่ทำให้คนมีอาการตอบสนองต่อยาชนิดเดียวกันต่างกันไป ยาบางชนิดช่วยรักษาโรคในคนคนหนึ่งแต่อาจไม่มีผลรักษาคคนไข้รายอื่นหรืออาจทำให้ถึงตายได้เมื่อต้องกินยานั้นเพื่อรักษาโรค

ในประเทศสหรัฐอเมริกา มีรายงานว่ ในปี 1997 มีคนตายเพราะกินยา Seldane 6 คน จากการศึกษา พบว่า ทั้ง 6 คนมีการผ่าเหล่าที่จีน (gene mutation) ของเอนไซม์ชนิดหนึ่งในตับ ทำให้สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในยา Seldane ถูกเปลี่ยนเป็นสารพิษต่อร่างกาย เป็นผลให้ยา Seldane ถูกระงับใช้ทันที และในปี 1998 วารสารทางด้านการแพทย์ชื่อ Journal of the American Medical Association รายงานว่าการใช้ยาที่ไม่ถูกต้องกับพันธุกรรมของแต่ละบุคคลเป็นสาเหตุของการตายมากเป็นลำดับที่ 4 ในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งหากแพทย์ทราบข้อมูลของความผิดปกติทางพันธุกรรมล่วงหน้าก็จะสามารถหลีกเลี่ยงการใช้ยาบางชนิดได้

นักวิจัยของบริษัท Orchid Biocomputer ในประเทศสหรัฐอเมริกาอาศัย chip technology (เป็นไมโครฟลูอิดิคโปรเซสเซอร์ ใช้สารของเหลวบางชนิดแทนเพนเทียม) เก็บข้อมูลพันธุกรรมของประชากรเพื่อศึกษาให้เข้าใจชัดเจนว่าพันธุกรรมมีความเกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อยาของแต่ละบุคคลอย่างไรบ้างซึ่งจะมีส่วนช่วยให้แพทย์ใช้ยาได้

อย่างถูกต้อง ผลการวิจัยพบว่าความผิดปกติทางพันธุกรรมที่อาจเกี่ยวข้องนั้นเกิดจากการผ่าเหล่าของจีนที่ตรงนิวคลีโอไทด์เพียงลำดับเดียว (single nucleotide polymorphism) ซึ่งแหล่งข่าวไม่ได้เปิดเผยว่าเป็นจีนใด ความผิดปกติเช่นนี้อาจพบได้ในคน 10 คน จาก 1000 คน จากการวิจัยนี้ทำให้บริษัทพัฒนา core chip ที่มีชื่อเรียกว่า SNPstream เก็บข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างการผ่าเหล่าของจีนรูปแบบต่างๆ กันกับการเกิดโรคและการตอบสนองต่อยา ซึ่งบริษัทได้ขึ้นทะเบียนเทคโนโลยีนี้ไว้แล้วกับ Molecular Tool ตั้งแต่เดือนกันยายน ปี 1998 SNPstream สามารถตรวจสอบลักษณะทางพันธุกรรมมากกว่า 30,000 ลักษณะได้ภายในเวลาเพียง 1 วัน การตรวจสอบพันธุกรรมของคนๆ หนึ่งเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลใน SNPstream นอกจากจะช่วยลดโอกาสเสี่ยงจากการให้ยาไม่ถูกต้องแก่คนๆ นั้นแล้ว ยังบอกได้เช่นกันว่าอาจมีโอกาเป็นโรคใดได้บ้างซึ่งจะทำให้สามารถหาวิธีป้องกันล่วงหน้าได้

บริษัท Orchid Biocomputer กำลังจะเปิดศูนย์ MegaSNPatron ซึ่งจะเป็ศูนย์ที่ใหญ่ที่สุดในสหรัฐอเมริกาเพื่อตรวจสอบพันธุกรรมด้วย SNPstream อีกทั้งจะร่วมมือกับ University of Cincinnati และ University of Pennsylvania เพื่อพัฒนาเครือข่ายทางด้านพันธุศาสตร์คลินิก (clinical genetics) โดยตั้งเป้าหมายไว้ว่าจะสร้างเครือข่ายกับคลินิกให้ได้มากถึง 50-60 แห่งทั่วประเทศภายในปี 2000 และบริษัทวางแผนที่จะปล่อยผลิตภัณฑ์ SNPstream ออกจำหน่ายภายในปี 1999 นี้

การวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ และการเชื่อมโยงกับงานวิจัยในสาขาอื่น*

ศ.ดร. วิสุทธิ์ ใบไม้ ราชบัณฑิต**

ในประเทศไทยการทำวิจัยและการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตลอดจนศาสตร์อื่นๆ เช่น สังคมศาสตร์และเศรษฐศาสตร์มักจะแยกส่วนออกจากกัน ที่จริงแล้วศาสตร์ต่างๆ เหล่านี้มีความเชื่อมโยงกัน และมีความสำคัญต่อการศึกษาและการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมไทยอย่างมาก ทั้งสังคมในเมืองและสังคมในชนบท มหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยต่างๆ ควรจะมีนโยบายสนับสนุนการวิจัยในทำนองนี้และควรจะมีการเชื่อมโยงองค์ความรู้และสร้างเป็นเครือข่ายประสานงานกัน โดยเฉพาะการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย

เมื่อกล่าวถึงความหลากหลายทางชีวภาพแล้วคนทั่วไปมักคิดว่าเป็นเรื่องของนักชีววิทยาโดยตรง ซึ่งจริงๆ แล้วไม่ใช่ แต่เป็นเรื่องของการศึกษาวิจัยในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรของชาติที่โยงใยไปถึงการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ

ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรกายภาพและทรัพยากรชีวภาพ รวมทั้งทรัพยากรมนุษย์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดและกรอบความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาประเทศให้เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของโลกยุคโลกาภิวัตน์ ซึ่งกำลังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแตกต่างไปจากรากเหง้าหรือพื้นฐานของการเจริญเติบโตของชุมชนท้องถิ่นในประเทศไทยหรือในเอเชียโดยรวม ซึ่งไม่จำเป็นต้องเหมือนกับการพัฒนาประเทศในแถบตะวันตกเสมอไป เพราะการลอกเลียนแบบการพัฒนาให้เหมือนกันในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันและทรัพยากรท้องถิ่นที่ต่างกันด้วยนั้นก็อาจไม่สำเร็จ มิหนำซ้ำอาจนำไปสู่ความอดอยากและยากจนอย่างที่ไม่มีการคาดคิดมาก่อนอย่างที่เราเห็นกันอยู่ในปัจจุบันในประเทศโลกที่สามที่ส่อแววของความวุ่นวายทางเศรษฐกิจและความสับสนของสังคมตลอดจนการทำลายสิ่งแวดล้อม แต่กระแสโลกที่เร่งเร้าให้ประเทศที่

* เรียบเรียงและดัดแปลงจากการบรรยายพิเศษ ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2541

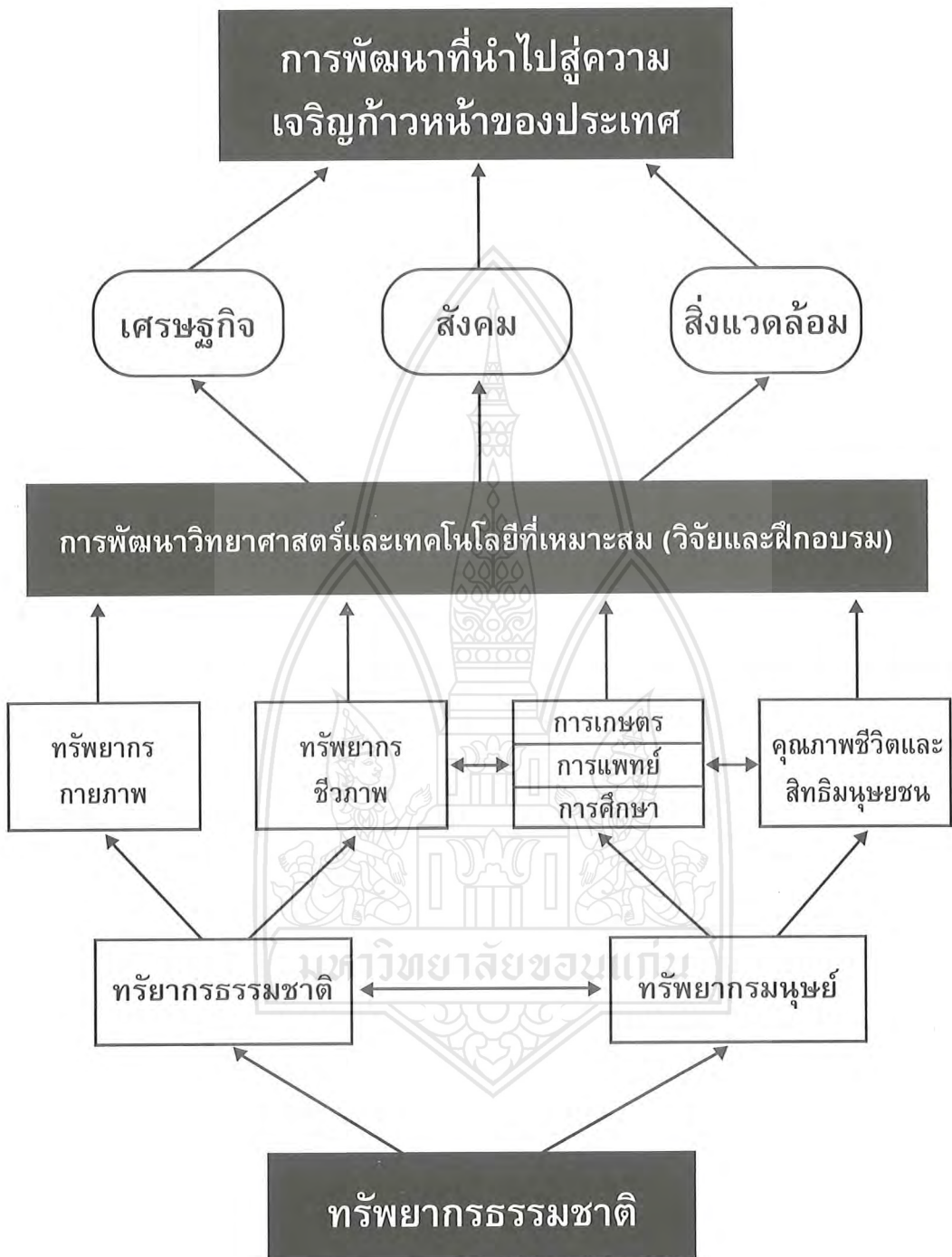
** หัวหน้าโครงการพัฒนางานวิจัยและศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย สังกัดภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับรางวัลนักวิจัยดีเด่นปี 2529 สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา และรางวัลนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นปี 2533 สาขาพันธุศาสตร์ เป็นเมธีวิจัยอาวุโส สำนักรางวัลกองทุนสนับสนุนการวิจัย

กำลังพัฒนาและที่ด้อยพัฒนาเดินทางพัฒนาประเทศต่อไปในรูปแบบของวัตถุนิยมตามกรอบแนวคิดแบบตะวันตก ประเทศไทยเราก็เอากับเขาด้วย โดยเริ่มทำแผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 1 เมื่อประมาณ 40 ปีที่แล้วจนถึงแผนฉบับที่ 8 ที่กำลังดำเนินการอยู่ในขณะนี้ พวกเราคงทราบกันดีว่าแผนการพัฒนาประเทศที่ไม่รอบคอบทำให้เกิดผลดีหรือผลเสียต่อประเทศชาติอย่างไร และมากน้อยเพียงใด เราจะต้องปรับกระบวนการความคิดเกี่ยวกับการพัฒนาประเทศเสียใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงให้มากที่สุดในทุกๆ ด้าน ทั้งด้านทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม วัฒนธรรมและวิถีชีวิตของคนไทย ซึ่งตรงนี้ถ้ามองดูให้ดีแล้วจะเห็นว่าพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นแนวทางการพัฒนาประเทศไม่ว่าจะเป็นประเทศไหนๆ ทั่วโลกใช้เป็นคาถาในการพัฒนาประเทศจะต้องอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสม **ที่สำคัญต้องขอเน้นที่คำว่าเหมาะสม** (ภาพที่ 1) ไม่ใช่ทำอะไรก็ได้ตามใจผู้บริหารหรือพัฒนาตามแบบอย่างของคนอื่นเสมอไป เข้าทำนอง “เห็นช้างขี้ขี้ตามช้าง” เราจะต้องคำนึงถึงทรัพยากรธรรมชาติที่เรามีอยู่ว่ามีอะไรบ้าง ทรัพยากรธรรมชาติที่เรานำมาใช้ เช่น ทรัพยากรกายภาพที่เรานำมาใช้แล้วหมดไป ได้แก่ พวกน้ำมัน ถ่านหิน ดิน ทราย และแร่ธาตุ กับทรัพยากรชีวภาพที่สามารถอนุรักษ์ไว้ใช้ประโยชน์ได้ยาวนานและยั่งยืน ได้แก่ สิ่งมีชีวิตนานาชนิดไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ที่บรรพบุรุษของเราได้นำมาใช้เป็นปัจจัย 4 สำหรับการดำรงชีวิตแบบไทยๆ มาโดยตลอด ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่มที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค

ปัจจุบันเราพูดถึงคุณภาพชีวิตกันมาก แต่ที่สำคัญที่สุด คือ คุณภาพของทรัพยากรมนุษย์ที่จะเป็นตัวจักรกลช่วยให้ผลการพัฒนาวิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีดำเนินไปได้ด้วยดีตามเป้าประสงค์ทรัพยากรมนุษย์เป็นส่วนหนึ่งของทรัพยากรธรรมชาติ ถึงแม้ว่าเราจะมีเงินเป็นร้อยล้าน พันล้าน หมื่นล้านก็อาจจะไม่สำคัญเท่ากับเรามีคนที่มีคุณภาพ และมีความเฉลียวฉลาด ถ้าเราไม่มีคนที่มีความรู้ความสามารถรู้จักใช้ รู้จักคิด รู้เท่ารู้ทันคนต่างชาติแล้ว ถึงแม้ว่าเราจะมีเครื่องมือทันสมัยมากมายเพียงใดก็ตามมันก็จะตั้งอยู่เฉยๆ และอาจหมดสภาพไปในที่สุด โดยเฉพาะเครื่องมือที่ใช้เทคโนโลยียุคใหม่อาจมีอายุการใช้งานเพียง 3 ปีถึง 5 ปีก็จะตกทุนแล้ว ที่นี้มาพูดถึงวิทยาศาสตร์ในบ้านเราเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มแข็งกับ 50 ประเทศใหญ่ๆ ทั้งหลายแล้ว ประเทศไทยจัดอยู่ในลำดับที่ 48 เกือบอยู่ท้ายสุด อาจารย์หลายท่านอาจจะจำได้ว่าประมาณ 2 ปีที่แล้วมีนักเศรษฐศาสตร์ต่างชาติเคยคาดการณ์ไว้ว่า ถ้าประเทศไทยมีการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในระดับอย่างที่เป็นอยู่ในตอนนั้นแล้วภายในอีก 25 ปีข้างหน้าจะมีสภาพเศรษฐกิจเป็นอันดับ 8 ของโลกทีเดียว ตอนนั้นผมนั้นสลายแล้ว มันเป็นไปไม่ได้เสียแล้วในสภาวะการณ์ผันผวนทางเศรษฐกิจที่เป็นอยู่ในขณะนี้

ในกลุ่มเอเชียด้วยกัน นักวิชาการด้านคณิตศาสตร์ เคมี วิศวกรรม ฯลฯ เรายังไม่ค่อยดีเท่าไร ภาพที่เราเห็นในขณะนี้และที่ มีการประชาสัมพันธ์ที่ดำเนินการกันอยู่เขาบอกว่าวิทยาศาสตร์เราดี นักวิทยาศาสตร์เราเก่ง แต่ว่าไม่มีกลไกที่จะช่วยเปิดโอกาสให้นักวิทยาศาสตร์ไทยก้าวหน้าไปไกลเหมือนอย่างที่เราหลายคนอยากเห็น ทั้งๆ ที่เรามีนักวิทยาศาสตร์ที่ดีและมีศักยภาพในการทำวิจัยและพัฒนาวิชาการให้ก้าวหน้าไปไม่แพ้ต่างประเทศเลย ในทางตรงกันข้าม จะสังเกตว่าในขณะนี้ นักวิทยาศาสตร์เรากำลังถดถอยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสนับสนุนการวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐานในสภาวะการณ์วิกฤตทาง



ภาพที่ 1 การพัฒนาประเทศที่ยั่งยืนจะต้องอยู่บนพื้นฐานของการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสมและสอดคล้องกับทรัพยากรธรรมชาติของประเทศ

เศรษฐกิจขณะนี้ ถ้าย้อนกลับไปดูสถิติเก่าจะพบว่า กลุ่มที่เข้าเรียนแพทยศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เป็นนักเรียนที่มีสติปัญญาเหนือกว่านักศึกษากลุ่มอื่น โดยมาตรฐานการสอบคัดเลือกเราต้องยอมรับความจริงว่าแพทยกับวิศวฯ เป็นกลุ่มนักเรียนดี ส่วนกลุ่มวิทยาศาสตร์นั้นอยู่ในระดับปานกลาง และถ้าดูตัวเลขเก่าของทบวงมหาวิทยาลัยย้อนหลังไป 4-5 ปีจะพบว่า มีบัณฑิตที่จบการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เพียงประมาณ 3000 คน ตรงนี้ที่เราพัฒนาไปไม่ได้ไกล ถ้ามีการผลิตนักวิทยาศาสตร์เพียงแค่นี้ก็ไม่เหมาะสมแล้ว ถ้าดูจากจำนวนนักวิทยาศาสตร์จริงๆ ที่มีอยู่ในประเทศไทย โดยดูจากมาตรฐานตำแหน่งทางวิชาการจะเห็นว่า ศาสตราจารย์มีอยู่ประมาณ 2% รองศาสตราจารย์มีอยู่ประมาณ 21% ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 27% และอาจารย์ 50% ถ้าถามว่าเข้ามาตรฐานสากลไหม คำตอบก็คงชัดเจนว่าไม่ได้มาตรฐานสากลแน่นอน ถ้าไม่ปรับกระบวนการพัฒนาวิทยาศาสตร์พื้นฐานและการพัฒนาเทคโนโลยีตรงนี้ให้ชัดเจนประเทศไทยเราคงพัฒนาไปได้ลำบาก ถ้าจะถามว่าเป็นเพราะเหตุใด เราก็ต้องย้อนกลับไปดูที่นโยบายของรัฐบาลและนโยบายของมหาวิทยาลัย แม้กระทั่งตอนนี้ที่มีสภาวะวิกฤตทางเศรษฐกิจก็จะขอลดเงินตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์และนักวิชาการ ซึ่งมีรายได้ต่ำอยู่แล้ว ถ้าจะขอปรับลดเงินประจำตำแหน่งของบริหารซี 9-11 ก็คงไม่เป็นอะไรมากนัก แต่ดันมาพ่วงเอาตำแหน่งทางวิชาการของอาจารย์และนักวิจัยเข้าไปด้วยก็คงไม่ถูกต้องนัก ที่ขอแนกผมไม่ทราบว่าจะติดไปกี่ราย เราพยายามเอาเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องกันมาเชื่อมโยงกันมันก็ทำให้เกิดความสับสนได้และเป็นอันตรายต่อรากฐานการพัฒนาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนศาสตร์อื่น ๆ ในระยะยาว

ถ้าหันมาดูตัวเลขผู้ที่จบการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัยต่างๆ แยกตาม

ปริญญาตรี ปริญญาโท ปริญญาเอกและดูภาพโดยรวมแล้ว ส่วนใหญ่จะอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหิดลและศรีนครินทรวิโรฒ ที่ศรีนครินทรวิโรฒมีปริญญาเอกนั้นผมเข้าใจว่าเป็นทางด้านการศึกษามากกว่าที่จะเป็นทางด้านวิทยาศาสตร์ ข้อมูลเช่นนี้สะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนาทางด้านวิชาการในระดับมหาวิทยาลัยยังไม่เป็นที่น่าพอใจ และอาจเป็นเรื่องที่นำวิกฤตด้วยซ้ำไป โดยเฉพาะในยุคไฮเทคที่ต้องการผู้ที่มีความรู้ความชำนาญทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมากซึ่งเป็นอาวุธสำคัญสำหรับการพัฒนาประเทศให้เกิดผลอย่างจริงจังและยั่งยืน

เมื่อประเทศชาติยังขาดแคลนนักวิทยาศาสตร์อีกมากมายเช่นนี้ การวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีคงไม่เป็นที่น่าพอใจที่จะหวังจะเป็นและยังมีช่องว่างอีกมาก จะสังเกตได้จากจำนวนนักวิจัยจากต่างชาติที่เข้ามาช่วยเราทำวิจัย (เราช่วยเขาหรือเขาช่วยเรา ผมยังไม่แน่ใจ) จากข้อมูลของสภาวิจัยแห่งชาติ จะเห็นว่า มีนักวิจัยชาวต่างประเทศเข้ามาทำวิจัยในด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์จำนวนแตกต่างกันไปในแต่ละประเทศ ที่เห็นได้ชัด คือ นักวิจัยจากญี่ปุ่นมีประมาณ 100 คนซึ่งมากที่สุด ข้อมูลดังกล่าวทำให้ผมเกิดความกังวลว่าเขาเข้ามาช่วยเรานั้นเขาอาจจะตั้งใจเข้ามาช่วยจริง แต่เราพร้อมจะรับหรือไม่กับสิ่งที่เขานำมาช่วยเรา หรือว่าเราพร้อมที่จะให้เขามากกว่าที่เราจะรับจากเขา ตรงนี้ผมไม่มั่นใจ เพราะผมไม่ทราบรายละเอียดในแต่ละโครงการ อย่างไรก็ตาม สถิติเช่นนี้บ่งชี้ให้เห็นว่ามีต่างชาติเข้ามาช่วยเรามากหรือเข้ามาผสมผสานงานวิจัยกับเรามาก แต่ผลประโยชน์ที่ได้นั้นอาจจะตกอยู่กับเขามากกว่าที่เราจะได้รับ หรือว่าเราได้เรียนรู้จากเขามากน้อยแค่ไหน เท่าที่ทราบเราเพียงแค่สนองตอบโดยช่วยอำนวยความสะดวก ช่วยดำเนินการให้ในบางเรื่องเท่านั้น โดยที่เราไม่ค่อยจะได้อะไรจากเขามากนัก ผมเคย

คุยกับนักวิจัยต่างชาติหลายคน เขาก็บอกว่าสิ่งที่เขาประทับใจเกี่ยวกับนักวิจัยไทยก็คือ คนไทยนิสัยดี และโอบอ้อมอารี แต่เขาไม่ค่อยได้พูดถึงเรื่องวิชาการ ตรงนี้เป็นสิ่งที่น่าเป็นห่วงแล้วก็จะอยากจะเกริ่นตรงนี้ให้ทราบบ้างจริง ๆ แล้วมหาวิทยาลัยน่าจะมีบทบาทอย่างมากเกี่ยวกับเรื่องนี้ ผมเชื่อว่าปรัชญาของมหาวิทยาลัยทั่วไปมีเป้าหมายคล้ายกัน คือ ความเป็นเลิศทางวิชาการ ซึ่งหมายความว่าต้องมีงานวิจัย และงานสอนเป็นเลิศ แต่เท่าที่ผมได้สังเกตและได้สัมผัสได้ยินได้ฟังมา ปรากฏว่าในทางปฏิบัติจริงนั้นมหาวิทยาลัยในอดีตที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบันจะเน้นการสอนเป็นหลักสำคัญ รองลงมาก็เป็นงานบริการตามความต้องการของผู้บริหารหรือนักการเมือง ส่วนงานวิจัยนั้นมักจะถือว่าเป็นลำดับท้าย และมักจะคิดกันว่าการวิจัยนั้นเป็นงานส่วนตัวของแต่ละคนที่สามารถจะหาเงินทุนวิจัยมาใช้จ่ายกันเอง ถ้าเป็นอย่างนี้ก็แย่นะครับ เพราะว่ามันไม่เป็นไปตามปรัชญาของความเป็นเลิศทางวิชาการสากล เราคงจะปฏิเสธไม่ได้ว่าถ้าไม่มีวิจัยที่ดีก็จะสอนไม่ได้ดีหรือสอนอย่างไม่มีคุณภาพ ถ้าไม่มีการสอนที่ดีก็จะให้บริการที่ดีไม่ได้ มันเป็นวัฏจักรเกี่ยวโยงกันเหมือนฟันเฟืองของเครื่องจักรกลที่เขี้ยวเข้ากันหนึ่งสิ่งไปไม่ได้ เพราะถ้าเขี้ยวหนึ่งตัวหนึ่งตัวไปก็จะทำให้กลไกการทำงานดำเนินไปไม่ได้ดีหรือไม่มีคุณภาพ เพราะฉะนั้นปรัชญาของมหาวิทยาลัยในความเป็นจริงแล้วมันน่าจะต้องยึดถือหลักสากลดังกล่าว และควรจะเป็นอิสระทางด้านความคิดและทางด้านวิชาการด้วย โดยไม่จำเป็นต้องทำตามคำสั่งการของผู้บริหารและนักการเมืองจนเกินขอบเขตของความเป็นวิชาการ เราควรจะต้องยึดมั่นตรงนี้เพราะเราเป็นนักวิชาการ เราควรทำหน้าที่ตามกฎหมายและตามปรัชญาของมหาวิทยาลัย เพราะไม่เช่นนั้นแล้วมันจะเกิดการบิดพลิ้วจากหลักการเดิมไป นักวิชาการควรตั้งมั่นไว้ในสิ่งที่ดีงามที่จะนำไปสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการ

ถ้าทำได้เช่นนี้ก็จะทำให้เราสามารถพัฒนาวิชาการให้ก้าวหน้าตามโลกได้ทัน ผมไม่ค่อยมีความมั่นใจกับนโยบายของทบวงมหาวิทยาลัยเท่าไรนัก เพราะว่าทบวงฯ มักจะกล่าวอยู่เสมอว่าเราจะต้องเป็นเลิศทางวิชาการ แต่ก็ไม่เห็นมีอะไรมากมายที่จะช่วยอำนวยความสะดวกให้มหาวิทยาลัยก้าวหน้าไปสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการได้อย่างที่หลายคนอยากจะเห็น เพราะบางครั้งก็จะพูดถึงคุณภาพการศึกษา บางเวลาพูดถึงการเพิ่มจำนวนบัณฑิต ในขณะเดียวกันก็ปรับลดตำแหน่งอาจารย์ที่มีประสิทธิภาพที่เกษียณอายุราชการไปเลยไม่รู้ว่ามีมหาวิทยาลัยไทยกำลังจะเดินไปในทิศทางใดกันแน่ ผมคิดว่าพวกเราคงจะเข้าใจในสิ่งที่ผมตั้งข้อสังเกตดังกล่าวนี้

ผมคิดว่ามันเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นสิ่งท้าทายที่ทบวงมหาวิทยาลัยจะต้องมีบทบาทที่เข้มแข็งและเป็นหัวหอกที่สำคัญที่จะนำไปสู่ความเป็นเลิศทางวิชาการและให้การสนับสนุนบทบาทของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยอย่างถูกต้อง เพราะว่าภายในอีก 5 ปีข้างหน้า ทุกมหาวิทยาลัยของรัฐจะต้องออกนอกระบบตามนโยบายของรัฐบาลที่สอดคล้องกับแนวความคิดของ IMF เมื่อออกนอกระบบแล้วถ้าอาจารย์มีภารกิจการสอนเพียงอย่างเดียวก็จะได้เงินค่าเล่าเรียนจากนักศึกษาเพียงทางเดียว หรืออาจจะได้เงินจากด้านบริหารจัดการบ้างในบางกรณี และแน่นอนที่สุดก็จะได้เงินสนับสนุนจากรัฐบาลตามที่เคยได้รับ ซึ่งเรารู้ว่ากันอยู่ว่ารัฐบาลไม่ค่อยมีงบประมาณที่จะเพิ่มเติมให้มากมายในอนาคต ในขณะที่อัตราเงินเฟ้อสูงเศรษฐกิจถดถอยทำอะไรไม่ได้มากนัก จะขึ้นค่าเล่าเรียนก็คงไม่ได้ เพราะคงถูกประท้วง ทางออกที่สำคัญที่จะได้เงินทุนสนับสนุนเข้ามหาวิทยาลัย คือ เงินทุนสนับสนุนการวิจัยที่สามารถจะใช้เลี้ยงตัวเองได้ในมหาวิทยาลัย เงินทุนวิจัยเป็นเงินที่ได้มาเพื่อพัฒนาองค์ความรู้ และเพื่อทะนุบำรุงหรือเพื่อเอามาพัฒนามหาวิทยาลัยได้อย่างคล่องตัว เพื่อให้มีความเป็นเลิศทาง

วิชาการได้ และทำให้มหาวิทยาลัยดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไปได้อย่างสม่ำเสมอ แต่ถ้าวรขอเงินอุดหนุนจากรัฐบาลเพียงทางเดียวก็จะไม่ต่างไปจากวิทยาลัยการศึกษาอื่น ๆ ในอดีตที่มีการสอนอย่างเดียว และนั่นจะเป็นจุดอ่อนสำคัญที่เปิดช่องให้คลื่นลูกที่ 3 จากตะวันตกที่กำลังจะเคลื่อนตัวเข้ามาสู่ประเทศไทยและประเทศที่กำลังพัฒนาในภูมิภาคเอเชียและเอเชียอาคเนย์ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่สำคัญทางการศึกษา เราคงเห็นชัดเจนแล้วว่าคลื่นเศรษฐกิจการเงินเสรีและคลื่นการค้าเสรีได้ผ่านเข้ามาในบ้านเราเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ผมพูดให้กลุ่มชีววิทยาฟังเมื่อเช้านี้ คือ เรื่องนโยบายการศึกษาของประเทศและธุรกิจการศึกษาเสรี ธุรกิจการศึกษาจากต่างประเทศที่กำลังเข้ามาในประเทศไทยในทุกระดับโดยเฉพาะในระดับมหาวิทยาลัยจะเป็นหัวหอกที่สำคัญก่อนที่จะกระจายไปสู่ระดับฐานล่างมัธยม ประถม และแม้กระทั่งอนุบาล พวกเราพอจะเห็นแนวโน้มที่มหาวิทยาลัยต่างชาติกำลังเข้ามาเริ่มดำเนินการในพื้นที่เล็ก ๆ ในบางแห่ง เพราะว่าประเทศไทยมีปัจจัยพื้นฐานที่ค่อนข้างจะเอื้ออำนวยให้มีการลงทุนด้านการศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยมากพอสมควร และเป็นการลงทุนระยะยาว ถ้าเขาลงทุนตอนนี้ในขณะที่เศรษฐกิจของเราตกต่ำก็คาดว่าในอีก 20-30 ปีข้างหน้าจะได้ผลตอบแทนคุ้มค่าและยังยืนมากกว่าการลงทุนทางด้านอื่นที่อาจไม่ยั่งยืนอย่างที่เห็นกันอยู่ในขณะนี้ และเป็นการลงทุนที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ทั้งในด้านสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรมของชาติอย่างมากมายในอนาคต เพราะการศึกษาในระบบเป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดและกรอบความคิดของมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะว่าเยาวชนและนักศึกษาจะได้ซึมซับและฝังรากในกรอบความคิดและแนวคิดต่าง ๆ อย่างเป็นระบบและเป็นการหวังผลระยะยาว ดังคำกล่าวของนักปราชญ์จีนที่ว่า “ถ้าคิดถึงปีหน้าให้

ปลูกข้าว, ถ้าคิดถึงอีก 10 ปีข้างหน้าให้ปลูกต้นไม้, ถ้าคิดถึงอีก 100 ปีข้างหน้าให้การศึกษา” ผมคิดว่าเราจะต้องไตร่ตรองเรื่องนี้ให้หนักและปรับกระบวนการความคิดให้ดี เพราะว่าจะมีผลกระทบถึงวัฒนธรรมและกรอบความคิดของลูกหลานและความเป็นชาติไทยในอนาคต ดังนั้นการปฏิรูปการศึกษาจึงเป็นเรื่องสำคัญเร่งด่วนที่จะต้องทำกันอย่างจริงจังและจริงใจ เพื่อมิให้ลูกหลานต้องผิดหวัง

การศึกษาในระดับมหาวิทยาลัยจะต้องใส่ใจในเรื่องการวิจัยและการสอนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ไม่ใช่เดินเดียวตามกระแสสังคมและการเมือง เราต้องถือว่าการศึกษาวิจัยเป็นหัวใจสำคัญของมหาวิทยาลัยและเป็นหน้าที่หลักอย่างหนึ่งของคณาจารย์เพื่อช่วยกันประสานประโยชน์และประคับประคองให้มหาวิทยาลัยสามารถดำเนินการและเจริญเติบโตต่อไปได้โดยอาศัยความเป็นเลิศทางวิชาการ ผมให้ความสำคัญในเรื่องการวิจัยและการสอนอย่างมาก ในช่วงที่ผมเคยเป็นหัวหน้าภาควิชาชีววิทยา ผมเองก็เคยถูกต่อว่าในเรื่องนี้เสมอ เพราะว่าคณาจารย์ส่วนใหญ่คิดว่าผมให้ความสำคัญต่องานวิจัยมากเกินไป มีอาจารย์หลายท่านคัดค้านผมในเรื่องนี้โดยมีความคิดเห็นว่าการวิจัยเป็นงานส่วนตัว ทำเพื่อส่วนตัว ไม่ควรนำมาถือว่าเป็นภารกิจของอาจารย์ ผมบอกว่าการวิจัยไม่ใช่งานส่วนตัว แต่เป็นภารกิจสำคัญอย่างหนึ่งของสถาบันการศึกษาที่ต้องสอดคล้องกับงานการสอนและงานบริการของสถาบัน ดังที่กล่าวไว้ในตอนต้น ผมยกตัวอย่างให้ฟังว่าเวลาเราทำวิจัยเราต้องเขียนโครงการวิจัยเพื่อเสนอขอเงินสนับสนุนการวิจัย ขั้นตอนการเขียนโครงการวิจัยมีความหมายมาก เพราะจะทำให้ผู้เขียนศึกษาหาข้อมูลและเรียนรู้จากเอกสารทางวิชาการได้มากมาย ในสมัยก่อนงานวิจัยพื้นฐานส่วนใหญ่เราจะขอเงินสนับสนุนจากต่างประเทศ เพราะว่าประเทศไทยไม่ค่อยให้การสนับสนุนงานวิจัยพื้นฐานในสมัยนั้น เนื่องจากคิด

ว่าไม่เกิดประโยชน์เท่าที่ควร ไม่เหมือนกับการวิจัยประยุกต์ สำหรับงานวิจัยพื้นฐานที่ต่างประเทศเขาให้ความสำคัญมาก เพราะถือว่าเป็นรากฐานที่มั่นคงสำหรับการพัฒนาการวิจัยประยุกต์และเทคโนโลยีขั้นสูงต่อไป เวลาผมตีพิมพ์ผลงานวิจัยสิ่งที่ปรากฏในวารสารวิชาการนานาชาติ คือ วิสทุธิ์ไบโม่และคณะ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผมไม่ได้ใส่ชื่อวิสทุธิ์ไบโม่บ้านเลขที่ที่เป็นบ้านพักส่วนตัว สิ่งที่ได้ตามมา คือ ชื่อมหาวิทยาลัยที่เป็นสถาบันต้นสังกัด ด้วยเหตุผลเดียวกันนี้เองที่คณาจารย์ส่วนใหญ่ในคณะวิทยาศาสตร์มีส่วนช่วยทำให้มหาวิทยาลัยมหิดลเป็นที่ยอมรับกันในด้านวิทยาศาสตร์และด้านอื่นๆ นั่นคือ ผลพวงจากการวิจัยพื้นฐานของคณาจารย์ไม่ใช่อธิการบดีหรือคณบดีไปโฆษณาหาเสียงให้มหาวิทยาลัยซึ่งคงทำไม่ได้มากนัก มันเป็นเรื่องที่ทุกคนต้องช่วยกันโฆษณาประชาสัมพันธ์ทางวิชาการให้กับสถาบันต้นสังกัด เมื่อคณาจารย์และสถาบันเป็นที่ยอมรับกันในระดับสากลแล้ว เงินทุนสนับสนุนการวิจัยก็จะเข้ามา ความก้าวหน้าทางวิชาการก็จะตามมา จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ → รองศาสตราจารย์ → ศาสตราจารย์ ตามลำดับแน่นอนที่ผลพลอยได้ส่วนหนึ่งเป็นของส่วนตัวของอาจารย์ทำงานวิจัย แต่อีกส่วนหนึ่งก็ต้องอยู่กับสถาบันต้นสังกัด สิ่งสำคัญที่จะตามมาคือเงินทุนสนับสนุนการวิจัยที่จะเข้ามาเจือจุนในมหาวิทยาลัยในทุกระดับ ถ้าเราทำงานร่วมกันและประสานกันทั้งงานวิจัยและงานสอนเสมือนหนึ่งอยู่ในเรือลำเดียวกัน แบ่งบทบาทหน้าที่กันอย่างเหมาะสม กับต้นก็คอยค้ำท้าย คนพายหน้าก็ทำหน้าที่คอยสอดส่องดูหนทางที่จะไป คนตรงกลางก็ออกแรงพายใช้พลังงานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ คนที่อยู่ทางท้ายก็คอยถือหางเสือระดับประคองเรือให้อยู่ในกรอบทิศทางที่ถูกต้อง แบ่งหน้าที่กันอย่างสอดคล้องและสอดคล้องผลประโยชน์กัน อย่าไปคิดว่านี่คืองาน

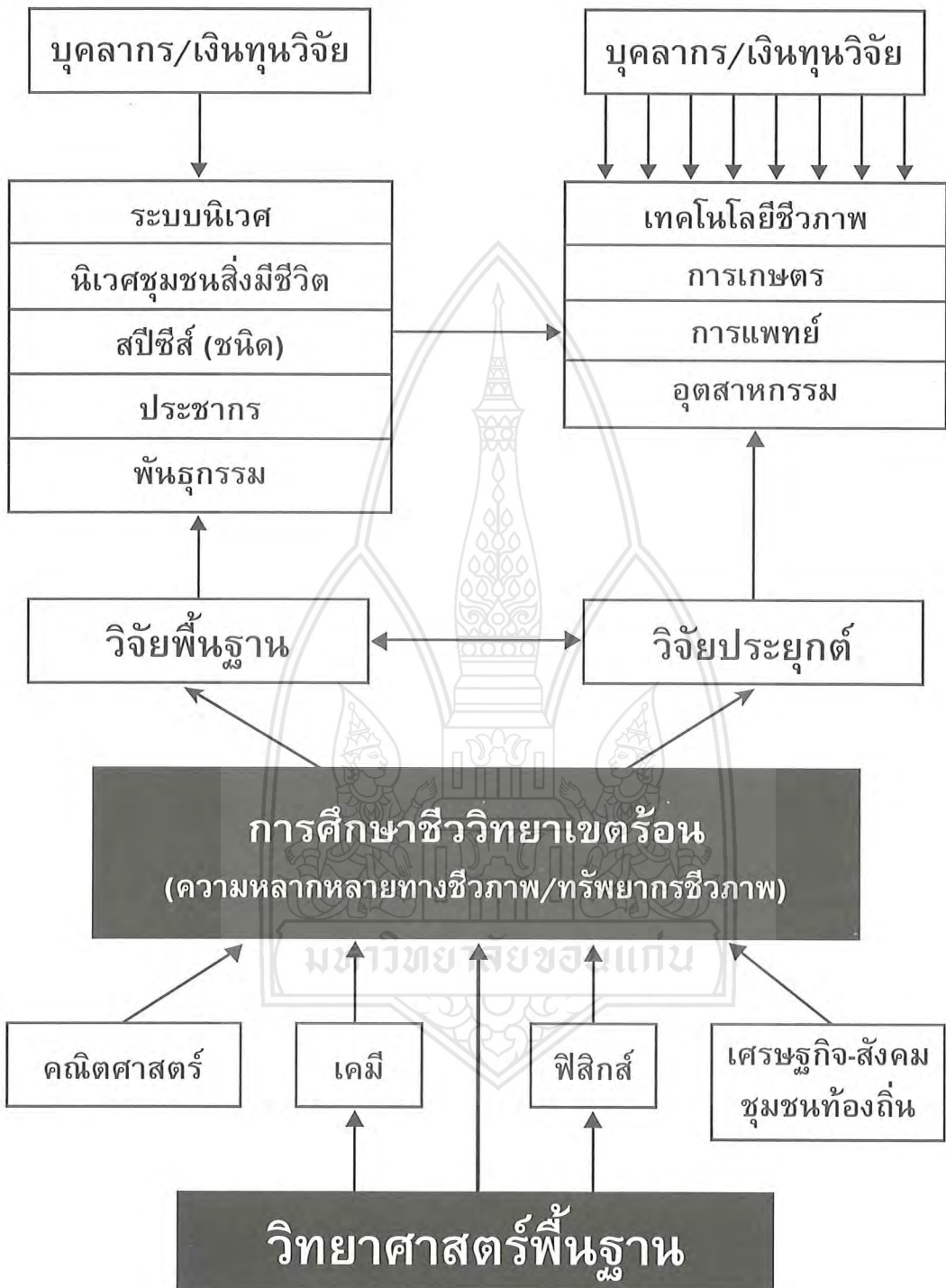
ส่วนตัว นั่นคืองานส่วนรวม ผมคิดว่าเราต้องปรับเปลี่ยนกระบวนความคิดให้ไปในกรอบเดียวกันให้ได้ ส่วนในรายละเอียดนั้นอาจแตกต่างกันไปตามแนวความคิดที่หลากหลายได้ ซึ่งก็จะเป็นผลดีต่อองค์กร ประเด็นสำคัญคือเราต้องปรับกระบวนความคิดและกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันให้ได้ และเราจะได้ผลประโยชน์ร่วมกันอย่างแน่นอน

สิ่งที่ผมอยากจะพูดถึงในวันนี้คือ งานวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ผมได้พูดไว้ในตอนต้นว่า วิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมกับทรัพยากรธรรมชาติที่เรามีอยู่คือทรัพยากรชีวภาพ ผมเชื่อว่าอาจารย์หลายท่านที่ไปเรียนต่างประเทศคงจะทราบดีว่าศาสตราจารย์ในต่างประเทศมีนักศึกษาที่มาจากหลายๆ ประเทศ แต่อาจารย์มักจะชอบนักศึกษาไทยมากที่สุด เพราะคนไทยมีนิสัยอ่อนน้อม โอบอ้อมอารี และมีฝีมือดี นี่คือนวัตกรรมของคนไทยโดยแท้ที่สะท้อนถึงเชื้อชาติไทย ผมมีความเชื่อเช่นนี้ในฐานะที่ผมเป็นนักพันธุศาสตร์ นักศึกษาไทยมีความนุ่มนวล ยิ้มง่าย ถูกด่าก็ยิ้มได้ อาจารย์อาจสังเกตทางทีวีที่เขาสัมภาษณ์คนทั่วไป เมื่อนักข่าวถามว่าเป็นไงบ้างเศรษฐกิจตอนนี้เดือดร้อนมากไหม หลายคนก็จะตอบว่าเดือดร้อนมากแต่ก็ยังตอบแบบหน้าชื่นตาบานได้ตามนิสัยดั้งเดิมของคนไทย “โอ้ย ! ตอนนี้แย่แต่หัวเราะ (แะๆ)” ทุกข์จะแย่อยู่แล้ว แต่ก็ยังหัวเราะออกและยิ้มได้ อย่างนี้มันไหนในโลกบ้าง นี่คือนิสัยและจิตใจที่แท้จริงของคนไทยที่มีนิสัยดี มีฝีมือดี มีอารมณ์ดี ไม่ค่อยได้แย่ง ผรั่งชอบ เขาจะชอบคนที่ไม่ได้แย่งมากกว่า แต่ได้แย่งได้บ้างเป็นบางเรื่อง บางราว ไม่ใช่ได้แย่งตลอดเวลา ตรงนี้สำคัญ คนไทยมีศักยภาพสูงมากที่จะทำงานวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์และด้านศิลปศาสตร์ วิทยาศาสตร์เป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ ต้องมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยลงมือด้วย ผมเคยทำงานกับฝรั่งหลายคน ฝรั่งจะเป็นคนช่างคิดและมีความคิดสร้างสรรค์ที่ดี แต่

เวลาทำจริงมักจะมือสั่นงักๆ โดยเฉพาะศาสตราจารย์ที่แก่ๆ แต่คนไทยมีฝีมือนุ่มนวลไม่ค่อยทำของแตกหรือทำแตกแต่ไม่ค่อยยอมบอกใคร ซึ่งก็เป็นข้อเสียอยู่เหมือนกัน

เมื่อหันกลับมามองทรัพยากรธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย คือ ทรัพยากรชีวภาพที่มีอยู่มากมายและหลากหลายรูปแบบที่เรียกโดยรวมว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ คนทั่วไปมักจะมองว่าการศึกษาทางด้านนี้เป็นเรื่องของนักชีววิทยาเท่านั้น ที่จริงแล้วมันไม่ใช่เป็นการศึกษาวิทยาศาสตร์ชีวภาพพื้นฐานเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะต้องทำในทุกแง่ทุกมุม (ภาพที่ 2) การวิจัยด้านชีววิทยาเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ผมเปรียบเทียบให้กลุ่มชีววิทยาฟังว่า ถ้าเราจะรบก้นหรือทำสงครามทางวิชาการหรือสงครามทางด้านเศรษฐกิจและสงครามทางด้านสังคม นักชีววิทยาเปรียบเสมือนเป็นหน่วยลาดตระเวนหาข้อมูลข่าวสารเป็นหัวหอที่จะไปสืบเสาะหาข่าวสารว่ามีอะไร อยู่ตรงไหนบ้าง และอยู่อย่างไร มากน้อยเพียงใด และกลับมารายงานข้อมูลให้แก่ทัพนายกองหรือฝ่ายเสนาธิการทราบ เพื่อจะได้มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา เพื่อที่จะได้วางกลยุทธ์และวิธีการได้ถูกต้องว่าจะเอาข้อมูลอะไรไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด นักชีววิทยามีบทบาทสำคัญแต่ก็ต้องพึ่งพานักวิทยาศาสตร์สาขาอื่นด้วย เช่น นักเคมีและนักชีวเคมี (ภาพที่ 2) เพราะบนพื้นฐานของปรากฏการณ์ธรรมชาติ เราทราบได้ว่าผลผลิตธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตทุกอย่างที่เป็นโปรตีนนั้นควบคุมโดยยีนหรือพันธุกรรมทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ไวรัส พืช และสัตว์ รวมทั้งในคนด้วย กระบวนการทางชีววิทยาเป็นเรื่องปฏิกิริยาทางเคมีทั้งสิ้น นักเคมีและนักชีวเคมีจะต้องเข้ามามีส่วนร่วมตรงนี้ เพราะนักชีววิทยาทำไม่ได้ดีเหมือนกับนักชีวเคมี นักฟิสิกส์ก็มีส่วนเข้ามาร่วมด้วยเช่นเดียวกัน ผมเชื่อว่านักฟิสิกส์หลายๆ คนก็

คงจะทราบตรงนี้ดีว่า การคิดประดิษฐ์หรือคิดค้นสร้างอะไรขึ้นมาได้หลายอย่างจะต้องเรียนรู้จากโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตที่อาจเรียกว่าชีวประดิษฐ์ศาสตร์หรือไบโอนิกส์ (bionics) เช่น วิศวกรรมการบินเรียนรู้จากการบินของนก การเคลื่อนไหวของเครื่องยนต์บางประเภทก็เรียนรู้จากแมลงบางชนิดว่าทำได้อย่างไร มีกลไกเป็นอย่างไร ด้านทันตกรรมโน้มน้าวอย่างไร ลูกแมลงฟิซบางชนิดระเบิดออกมาเพื่อแพร่กระจายเมล็ดพันธุ์ได้อย่างไร มีกลไกทางกายภาพอย่างไรบ้าง ปรากฏการณ์ธรรมชาติต่างๆ เหล่านี้นักฟิสิกส์มีส่วนช่วยวิเคราะห์ศึกษาหาข้อมูลได้มากที่สุด เพราะจะเป็นผู้ที่คำนวณและศึกษาสมบัติทางกายภาพ บ้านเรามีความหลากหลายทางชีวภาพมากมาย ผมขอยกตัวอย่างโยแมงมุมที่มีทั้งความเหนียวและความยืดหยุ่นในตัวเองหรือจะเรียกว่า “two in one” ก็ได้ แมงมุมมีหลายชนิดทั้งในป่าและในบ้าน แต่เรายังไม่รู้เลยว่าในประเทศไทยเรามีแมงมุมกี่ชนิด ตามนักชีววิทยาก็ไม่มีใครสามารถให้คำตอบได้ชัดเจน ผมพยายามจะให้นักวิจัยได้ศึกษาในเรื่องนี้ แต่ไม่มีใครสนใจและไม่มีใครชำนาญในเรื่องแมงมุมเลย อาจเป็นเพราะว่ามันยาก ต้องเข้าไปในป่าเพื่อสำรวจตรวจหาแมงมุมชนิดต่างๆ แมงมุมตามบ้านนั้นก็อีกเรื่องหนึ่ง แต่แมงมุมในป่านั้นจะมีหลายชนิด แต่ละชนิดคงจะมีพันธุกรรมต่างกัน ซึ่งจะมีใยที่มีสมบัติต่างกันด้วย นักเคมีจะต้องศึกษาว่าใยต่างๆ นั้นมีสูตรทางเคมีเป็นอย่างไร นักฟิสิกส์ก็น่าจะศึกษาว่าเส้นใยในแต่ละชนิดมีความยืดหยุ่นมากน้อยเพียงใด แรงดึงเป็นอย่างไร นักวิจัยต่างชาติให้ความสนใจในเรื่องนี้มาก เพราะว่าถ้าพบแมงมุมพันธุ์ดี ๆ ที่มีใยเหนียวมากและยืดหยุ่นได้ดี มีความแข็งแรงมาก เขาก็สามารถจะนำองค์ความรู้นี้ไปใช้พัฒนาให้เกิดคุณค่าทางการแพทย์เพื่อใช้เย็บแผลได้ หรืออาจนำไปพัฒนาเป็นโครงสร้างทางอุตสาหกรรมได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการบินในอนาคต ซึ่ง



ภาพที่ 2 การศึกษาวิจัยพื้นฐานด้านความหลากหลายทางชีวภาพหรือชีววิทยาเขตร้อนจำเป็นต้องอาศัยนักวิจัยหลายสาขาในลักษณะเป็นสหวิทยาการเพื่อที่จะนำไปสานต่อยอดในการวิจัยประยุกต์

จะต้องใช้วัสดุที่เบาแต่มีความแข็งแรงยิ่งกว่าเหล็กหลายเท่า

ในทำนองเดียวกันนักคณิตศาสตร์ก็มีบทบาทสำคัญในการศึกษาหารูปแบบจำลองหรือโมเดล (model) ของระบบนิเวศในพื้นที่ต่างๆ ที่จริงแล้วไม่มีใครรู้วาระบบนิเวศของป่าตรงนี้เป็นอย่างไรรู้คำตอบไม่ได้ เพราะเราไม่ได้ศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานเพื่อหาโมเดลว่าน่าจะเป็นอย่างไรโดยใช้คณิตศาสตร์เข้าไปช่วยจะทำให้เราเข้าใจระบบนิเวศตรงนั้นดีขึ้น นักชีววิทยาคงทำเรื่องนี้ไม่ได้ดีเท่ากับนักคณิตศาสตร์ที่ถนัดในเรื่องการคำนวณและการสร้างโมเดล ตรงนี้นักคณิตศาสตร์จะมีบทบาทอย่างยิ่งที่จะนำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ๆ และจะทำให้เราเข้าใจระบบนิเวศได้ดีขึ้น ที่มหาวิทยาลัยมหิดลก็มีอาจารย์บางท่านทำงานวิจัยในเรื่องนี้บ้างแต่ก็ยังไม่กว้างขวางมากนัก เขากำลังจะพูดคุยในเรื่องนี้กับกลุ่มนักคณิตศาสตร์เหมือนกัน เพราะตรงนี้มีมีความสำคัญและสามารถขอเงินทุนสนับสนุนการวิจัยร่วมกันระหว่างนักคณิตศาสตร์กับนักชีววิทยาได้ และจะเป็นงานวิจัยที่สร้างสรรค์อย่างมากทีเดียว และมีประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยตรง นอกเสียจากว่าทุนวิจัยอาจจะไม่มากนัก คณิตศาสตร์อาจคิดว่าสู้ทำเรื่องคอมพิวเตอร์ไม่ได้ หรือสอนด้านคอมพิวเตอร์มีผลตอบแทนมากกว่างานวิจัย

ความหลากหลายทางชีวภาพที่อยู่ในป่ามีคุณค่าต่อชุมชนอย่างยิ่ง ได้มีความพยายามผลักดันพระราชบัญญัติป่าชุมชนแต่ก็ยังไม่คลอดออกมาจากรัฐสภา ทำให้ปัญหาด้านป่าชุมชนยังค้างคาอยู่ อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางด้านสังคมศาสตร์และเศรษฐศาสตร์ของชุมชนนั้นจะต้องเชื่อมโยงกับวิถีชีวิตของคนในท้องถิ่นที่ได้ใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพของพื้นที่ใกล้เคียงดังนั้นนักวิชาการควรจะประเมินคุณค่าของสิ่งมีชีวิตนานาชนิดในป่าและป่าชุมชน แทนที่จะนับเพียงแค่

ต้นไม้ว่ามีกี่ต้น เอาไปขายจะได้เงินเท่าไรเหมือนกับที่เขามองว่าไม้จากป่าสละวินและป่าแก้งเสือเต้นมีค่าเป็นเงินตราเท่าไร เราจะต้องศึกษาหาข้อมูลพื้นฐานว่าสิ่งมีชีวิตที่อยู่กันเป็นหมู่เป็นกลุ่มหรือเป็นชุมชนอย่างมีระบบนั้นจะมีความสัมพันธ์และเอื้ออาทรซึ่งกันและกันอย่างไรบ้าง และมีผลผลิตออกมาเป็นอะไร ในปีหนึ่งๆ ชุมชนท้องถิ่นจะได้รับประโยชน์จากผลผลิตธรรมชาติจากป่ามากน้อยเพียงใด ไม่ว่าจะเป็นเรื่องจุลินทรีย์ เห็ดรา ปลวก พืชและสัตว์ป่าที่สามารถนำเอามาขายเป็นสินค้าท้องถิ่นได้จะมีมูลค่าเท่าไร นอกจากนั้นป่ายังมีคุณค่าช่วยกลั่นกรองอากาศที่ไม่บริสุทธิ์ ช่วยกรองน้ำให้ใสสะอาด และช่วยให้สารอินทรีย์จากป่าไหลบ่าเข้าสู่ชุมชนมากน้อยเพียงใด สิ่งเหล่านี้จะต้องนำมาประเมินคุณค่าให้ถูกต้องตามหลักเศรษฐศาสตร์ด้วย ตรงนี้นักเศรษฐศาสตร์และนักสังคมศาสตร์จะมีบทบาทอย่างมากในเรื่องการศึกษาชุมชนกับการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพ โดยภาพรวมแล้วผมคิดว่าการศึกษาชีววิทยาเขตร้อน (ภาพที่ 2) ยังต้องการนักวิทยาศาสตร์หลายๆ ด้านเข้ามาผนึกกำลังกัน เข้ามาร่วมกันศึกษาและเรียนรู้ร่วมกัน เพื่อให้เกิดองค์ความรู้และแนวความคิดจากมุมมองหลายๆ ด้าน แล้วจะทำให้เกิดความรู้และความเข้าใจที่มีความหมายมากขึ้นกว่าการมองด้านหนึ่งด้านใดแต่เพียงด้านเดียว

ผมพอจะสรุปได้ตรงนี้ว่าถ้านักชีววิทยาจะมุ่งศึกษาวิชาการพื้นฐาน ศึกษาชนิดและการแพร่กระจายหรือศึกษาอะไรก็ตาม ในขณะที่ศึกษา ก็จะสังเกตสิ่งที่อยู่โดยรอบและเก็บข้อมูลที่อาจจะนำไปใช้ทางด้านเคมีและวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ ด้วย ผมต้องขอเน้นตรงนี้เพราะว่าส่วนมากเรามักจะมุ่งไปที่ทรัพยากรชีวภาพที่เป็นพืชสมุนไพร ที่จริงแล้วสมุนไพรมีทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ที่สามารถจะนำไปพัฒนาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ ถ้าเราศึกษาตรงนี้ได้ โดยมียกชีววิทยาเป็นคนศึกษา ในธรรมชาติ

มักจะพบว่าสิ่งมีชีวิตบางชนิดที่ดำรงอยู่ได้ในระบบนิเวศหนึ่งนั้นก็เพราะในธรรมชาติต้องมีทั้งตัวดีและตัวร้ายเหมือนเวทีละครโรงใหญ่ที่มีทั้งศัตรู ผู้ร้าย พระเอก ผู้ช่วย ตัวตลก ถ้าเราไปดูจริงๆ แล้วอาจจะพบว่าศัตรูกับผู้ถูกรุกรานหรือผู้ให้อาศัยหรือโฮสต์ (host) จะต้องปรับตัวทางด้านพันธุกรรมและการปรับตัวทางด้านชีววิทยาให้สอดคล้องกัน ผู้ถูกรุกรานก็ต้องปรับตัวหนีหรือต่อต้าน ส่วนศัตรูผู้ถูกรุกรานก็ต้องปรับตัวตาม ไม่เช่นนั้นศัตรูและผู้ถูกรุกรานก็จะสูญพันธุ์ นี่คือการแข่งขันทางด้านชีววิทยาตรงนี้จะมีความสัมพันธ์ของมันอยู่แล้ว ถ้าเราศึกษาตรงนี้ได้โดยอาศัยนักเคมี นักชีวเคมี และนักจุลชีววิทยา เพราะว่าการนักชีววิทยาจริงๆ ทำหน้าที่เป็นหน่วยลาดตะเวนก็ทำกันหลังแอ่นแล้ว ไม่มีเวลาเพียงพอ ตรงนี้นักเคมี นักชีวเคมีหรือแม้กระทั่งนักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์จะมีบทบาทเข้ามาช่วยในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทางชีวภาพและทางกายภาพ ตัวอย่างเช่น ตัวหนอนกระทู้ของแมลงศัตรูที่ไปกินใบไม้ เช่น ใบข้าวโพด หรือใบอะไรก็ได้แล้วแต่ พวกนี้เวลามันจะกินใบพืชมันจะบ้วนน้ำลายออกมาด้วย นั่นคือมันกินแล้วสำรอกสารออกมาด้วย สารเคมีที่ออกมากับน้ำลายจะเป็นตัวกระตุ้นทำให้ใบพืชดังกล่าวได้รับการกระตุ้นทางด้านเคมี ใบพืชนั้นก็สร้างและหลั่งสารเคมีบางอย่างออกมารวมทั้งสารระเหยด้วย สารระเหยก็จะลอยไปตามลม ตัวเบียนที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันนั้นก็จะได้กลิ่นสารระเหย ซึ่งจะกระตุ้นให้ตัวเบียนไปวางไข่บนใบพืชนั้นได้ ตัวเบียนอาจจะไม่วางไข่บนใบพืชที่ถูกกินไปแล้วแต่จะวางไข่บนใบอื่นๆ ของต้นพืชนั้น จากนั้นไข่ของตัวเบียนก็เจริญเป็นตัวหนอน ตัวหนอนของตัวเบียนพวกนี้ก็จะไปอาศัยกัดกินตัวหนอนกระทู้ที่มาทำลายใบพืชนั้นเป็นอาหารเพื่อการเจริญเติบโต จะเห็นว่าฟันเฟืองชีวิตแบบนี้มีสิ่งมีชีวิต 3 ชนิดดำรงชีวิตอยู่ร่วมกันได้ คือ มีพืชอาหาร มีหนอนกระทู้เป็นศัตรูพืช และหนอน

ของตัวเบียนที่เป็นศัตรูหนอนกระทู้ นั่น นักชีววิทยารู้ว่าตัวเบียนมาวางไข่บนใบพืชตรงนี้ แต่นักชีววิทยาเองไม่ทราบข้อมูลรายละเอียดว่าตัวเบียนนั้นรู้ได้อย่างไรว่าถึงเวลาจะวางไข่แล้วหรือยัง หรือว่าตรงนั้นมีพืชและมีหนอนกระทู้ที่มันจะใช้เป็นโฮสต์ได้ ขั้นตอนนี้ต้องอาศัยนักเคมีหรือนักชีวเคมีช่วยวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลจึงจะทำให้เราค้นพบสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับกลไกการวางไข่ของตัวเบียนดังกล่าวได้

ในทำนองเดียวกันนักจุลชีววิทยาจะช่วยศึกษาหาข้อมูลว่าในเซลล์ร่างกายของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ รวมทั้งในคนจะมีจุลินทรีย์ชนิดที่ให้ทั้งคุณและชนิดที่เป็นโทษ จุลินทรีย์ที่เป็นโทษหรือที่เรียกว่าจุลชีพก่อโรค (pathogen) จะทำให้เกิดโรคเมื่อเราติดเชื้อ จุลินทรีย์เหล่านี้เข้าไปตามบาดแผลหรือจากการหายใจเอาเชื้อเข้าสู่ร่างกาย ส่วนจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อยู่ในร่างกายเราสามารถจะเอื้ออำนวยประโยชน์แก่เราได้ ในสัตว์อื่นและในพืชอื่นก็เช่นเดียวกัน ดังกรณีตัวอย่างของตัวเบียนที่เป็นศัตรูของหนอนกระทู้ที่เป็นศัตรูของพืชอาศัยบางชนิดที่วิวัฒนาการร่วมกันมา (coevolution) เป็นเวลาช้านาน ความรู้นี้ได้จากการศึกษาของนักจุลชีววิทยาโดยทราบข้อมูลเบื้องต้นว่าตัวเบียนเพศเมียจะเจาะวางไข่เข้าไปในตัวหนอนกระทู้ ไข่ของตัวเบียนจะเจริญเติบโตเป็นตัวอ่อนภายในตัวหนอนกระทู้ และใช้ส่วนประกอบภายในร่างกายของตัวหนอนกระทู้เป็นอาหารจนทำให้ตัวหนอนกระทู้ตายไปในที่สุด ในขณะที่ตัวอ่อนของตัวเบียนก็เจริญเติบโตต่อไปจนกลายเป็นดักแด้และโผล่ออกมาเป็นตัวเบียนเต็มวัยจากซากหนอนกระทู้ นั่นเอง ต่อมาก็มีการศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมโดยนักจุลชีววิทยาและพบว่าที่จริงแล้วในตัวเบียนเพศเมียที่ไปวางไข่จะมีพวกไวรัสปล่อยร่วมไปกับไข่ด้วย ไวรัสกลุ่มนี้จะเข้าไปในตัวหนอนกระทู้และทำหน้าที่สร้างสารบางอย่างที่มีสมบัติช่วยคุ้มกันไข่ไม่ให้ถูก

ทำลายโดยภูมิคุ้มกันของหนองกระทุ้ ไวรัสนี้จะทำหน้าที่เหมือนเป็นทหารคอยป้องกันไข่ของตัวเบียนไม่ให้ถูกทำลาย จึงเปิดโอกาสให้ไข่ของตัวเบียนสามารถเจริญเติบโตภายในร่างกายของหนองกระทุ้นั้นได้ตามปกติจนถึงระยะดักแด้ แล้วโผล่ออกมาเป็นตัวเบียนเต็มวัยได้ ผลการวิจัยพื้นฐานจนทำให้ต้องค้นคว้าความรู้ดังที่กล่าวมานี้เป็นผลพวงจากการสานต่อของการวิจัยพื้นฐานด้านชีววิทยาอย่างเป็นระบบและอย่างต่อเนื่องจนสามารถค้นพบพวกไวรัสกลุ่มดังกล่าวนี้ได้

ในประเทศไทยเรามีความหลากหลายทางชีวภาพมากมายโดยเฉพาะการมีชีวิตอยู่ร่วมกันอย่างสันติที่เรียกว่า symbiosis ในกลุ่มพืช และกลุ่มแมลงที่มีวิวัฒนาการร่วมกัน (coevolution) มาเป็นเวลาช้านาน ดังนั้นถ้าเราสนใจศึกษาตรงนี้ก็จะได้ความรู้มากมายทีเดียว โรคเอดส์ก็เช่นเดียวกันมันก็มีระบบภูมิคุ้มกันของมันตามเรื่องตามราวของกระบวนการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการร่วมกันของสิ่งมีชีวิต ตรงนี้ถ้าเราศึกษาก็อาจจะได้องค์ความรู้ใหม่ ถ้าถามว่าจะมีประโยชน์อะไรบ้างในทางการแพทย์คำตอบคือ อาจจะไม่มีประโยชน์โดยตรง แต่ที่สำคัญ คือ เราอาจจะพบพันธุกรรมใหม่ๆ และรู้ว่าพันธุกรรมนั้นควบคุมการสร้างโปรตีนอะไร โปรตีนเหล่านั้นมีโครงสร้างเป็นอย่างไร โครงสร้างของโปรตีนนั้นจะสามารถนำเอามาพัฒนาโดยเทคนิคทางพันธุศาสตร์ยุคใหม่ได้หรือไม่ ตรงนี้ต่างหากที่สำคัญ เพราะองค์ความรู้พื้นฐานเช่นนั้นอาจจะนำไปสู่การค้นพบสารชนิดใหม่ที่ไม่เคยพบในมนุษย์มาก่อนก็ได้หรือไม่เคยพบในสัตว์อื่นๆ มาก่อน แต่จะพบในแมลงบางกลุ่มเท่านั้น ลองคิดว่าแมลงที่เป็นศัตรูกันหรือเป็นเหยื่อกันมีอยู่กี่ร้อยกี่พันกลุ่มในบ้านเรา บนพื้นฐานของความเข้าใจในความหลากหลายทางชีวภาพเราทราบดีว่ามีพืชสัตว์และจุลินทรีย์ที่อยู่ในป่ามากมาย ถ้าหากเราได้ศึกษาวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐานโดยอาศัยวิธี

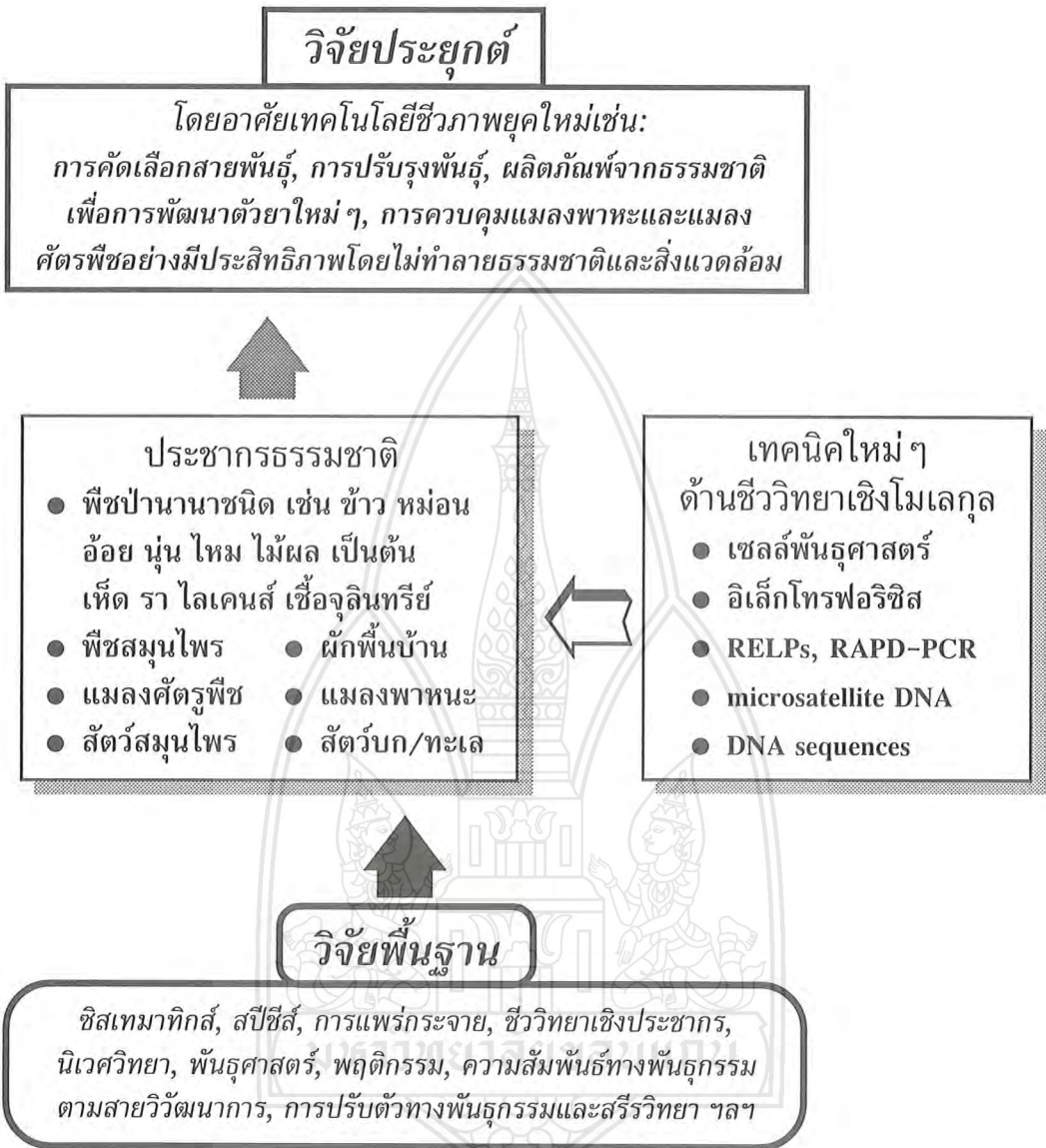
การด้านชีววิทยาเชิงโมเลกุลยุคใหม่ก็จะทำให้ได้ความรู้ความเข้าใจที่สามารถนำไปใช้ในด้านวิจัยประยุกต์ได้อย่างมากทีเดียว (ภาพที่ 3) ถ้านักเคมี นักฟิสิกส์ นักชีววิทยาสามารถทำงานสอดประสานร่วมกันได้ในลักษณะสหวิทยาการเช่นที่กล่าวมานี้ ผมเชื่อว่าจะสามารถค้นพบสิ่งแปลกๆ ใหม่ๆ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์หรือทางด้านการเกษตรได้อย่างมาก หรือแม้กระทั่งนำไปพัฒนาเป็นตัวยารักษาโรคได้ในอนาคต

เท่าที่ผมทราบในขณะนี้มีนักวิจัยต่างชาติหันมาสนใจการวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพกันมาก แต่เขาก็มีข้อเสียเปรียบเพราะในประเทศของเขาไม่มีทรัพยากรชีวภาพมากมาย และหลากหลายอย่างของเรา ถึงแม้ว่าเขาจะมีเทคโนโลยีขั้นสูงแล้วก็ตามที่ ทรัพยากรชีวภาพที่มีคุณค่าเช่นนี้จะมีอยู่แถบแอฟริกา อเมริกาใต้และในแถบเอเชีย เราอยู่ตรงนี้เราได้เปรียบ เราไม่ควรทำตัวเป็น “ปู่โสมเฝ้าทรัพย์” นั่งทับทรัพย์สมบัติอยู่โดยไม่ทำอะไรเลย ใครจะมาเอาไปใช้ก็หวง ทำเองก็ไม่ทำ อย่างนี้คงไม่เกิดผลดีต่อใครทั้งสิ้น แง่คิดอีกประการหนึ่งที่ผมอยากจะกล่าวถึงในที่นี้เกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพที่นักวิทยาศาสตร์และนักวิจัยสาขาอื่นๆ มองข้ามไปอย่างน่าเสียดายนั่นคือ วัฒนธรรมและวิถีชีวิตของคนไทยในรูปแบบของภูมิปัญญาท้องถิ่น ในขณะนี้มีการพูดถึงกันมากเกี่ยวกับรากเหง้าที่แท้จริงของคนไทย เราควรจะหันกลับไปตั้งหลักกันใหม่ กลับไปยังรากเหง้าของตัวเองในรูปแบบของมิติใหม่ในสังคมยุคไร้พรมแดนจากสภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจที่เรากำลังประสบอยู่ในขณะนี้มันสอนอะไรให้เรารู้มากมายทีเดียว เช่นการกลับไปตั้งต้นใหม่ในเรื่องอาหารการกินที่บรรพบุรุษของเราเคยปฏิบัติกันมานานหลายร้อยหลายพันปี บนพื้นฐานของความหลากหลายทางชีวภาพและบนพื้นฐานของทรัพยากรชีวภาพที่ใช้เป็นอาหารพื้นบ้าน ผักพื้นบ้านธรรมชาติ เราก็มอง

ข้ามไป เราหันไปกินพวกแครอท กะหล่ำปลี และอาหารจานด่วนต่าง ๆ ตามแบบตะวันตกซึ่งมันก็มีประโยชน์ในระดับหนึ่ง แต่ว่าพวก ชিং ข่า ตะไคร้ กระชาย และผักพื้นบ้านอีกมากมายแม้กระทั่งมะระขี้นก ซึ่งฮือฮากันอยู่เมื่อไม่นานมานี้ พืชผักพื้นบ้านเหล่านี้เป็นพื้นฐานด้านอาหารและวิถีชีวิตของเราทั้งสิ้นที่ปู่ ย่า ตา ยายของเราได้สร้างสรรค์และสืบสานต่อมาให้เราใช้กันจนถึงทุกวันนี้ พวกเรายังไม่ค่อยให้ความสำคัญในเรื่องภูมิปัญญาไทยว่ามีคุณค่ามากมายเพียงใด เราไม่ทราบหรอกว่าพืชผักพื้นบ้านที่บรรพบุรุษเรานำมาใช้ปรุงอาหารนั้นในตัวเองมีสารอะไรอยู่บ้าง เมื่อนำมาผสมกันแล้วขลุกขลิกในหม้อแกงมีปฏิกิริยาเคมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง และได้สารอะไรบ้างในหม้อแกงนั้น ไม่มีใครรู้จริงๆ เช่น ต้มยำกุ้งเป็นสูตรอาหารที่อร่อยที่สุดในโลก ไปถามฝรั่งทุกคนยอมรับ ทำไมต้มยำเนื้อจึงไม่อร่อยเหมือนต้มยำกุ้ง มีอะไรที่แตกต่างกันหรือไม่ กุ้งมีโปรตีนอะไรและเข้าไปทำปฏิกิริยาเคมีกับมะนาวและใบมะกรูดหรือตะไคร้อย่างไรบ้าง ถ้าไม่ใส่มะนาวกับใบมะกรูดและตะไคร้ก็ไม่อร่อย ตรงนี้ต่างหากที่นักเคมีและนักชีวเคมีน่าจะตรวจสอบและศึกษา ในทำนองเดียวกันน้ำพริกแกงหรือน้ำพริกปลาทุบได้ว่าเป็นเคมีเบื้องต้นของคนไทยเลยทีเดียว พวกเราคนไทยรู้ดีว่าน้ำพริกที่อร่อยต้องตำตามสูตรแม่ครัวรุ่นก่อน ๆ เขาจะรู้ว่าควรใส่อะไรก่อนและใส่อะไรหลังลงไปในครก แม่ครัวจะต้องมีสูตรลับเฉพาะของตนเอง แต่ละคนจะมีสูตรไม่เหมือนกัน ต้องตำอะไรก่อนและตำอะไรหลัง เช่น ตำกระเทียมให้ละเอียดแล้วจึงใส่พริก ใส่กะปิ บีบมะนาวแล้วตำ ๆ จนเกิดปฏิกิริยาเคมี เราไม่รู้ว่ามีสารเคมีที่เกิดขึ้นในครกนั้นคือสารอะไร แต่มันขลุกขลิก ๆ ออกมาเป็นน้ำพริกแกงที่หอมน่ารับประทาน เมื่อใส่กะทิลงไปในหม้อแกงก็อร่อย ตรงนั้นถ้านักเคมีไปสำรวจตรวจสอบดูก็อาจพบองค์ความรู้ใหม่ๆ ได้หลายอย่างที่เดียว ถ้าเป็น

แม่ครัวหรือนักโภชนาการยุคใหม่เขาจะชั่งตวง หอม กระเทียม มะนาว ฯลฯ ตามสูตรที่ระบุไว้ แล้วก็ใส่เครื่องปรุงทั้งหมดลงไปในเครื่องบดและปั่นจนละเอียดออกมาดูแล้วเป็นน้ำพริกแกงคล้ายกัน แต่เป็นน้ำพริกแกงที่ไม่อร่อยเหมือนกับน้ำพริกแกงที่ตำในครกตามสูตรแม่ครัวรุ่นเก่าหรือแม่ครัวชาววัง เช่น น้ำพริกแกงที่อร่อยต้องสูตรแม่ประนอมและของแม่เอะไรต่อแม่เอะไรทั้งหลายคนนั้นเป็นเพราะเหตุใด ผมว่ามันเป็นภูมิปัญญาไทยด้านเคมีพื้นฐานที่ใช้ครกและสากแบบพื้นบ้านของเราซึ่งอาจจะเปรียบเทียบกับ mortar และ pestle ในทางวิชาการเคมีนั่นเอง

จากตัวอย่างทั้งหลายทั้งปวงที่ผมกล่าวมาโดยสังเขปนี้จะเห็นได้ว่าเรายังขาดการศึกษาวิจัยพื้นฐานกันอย่างจริงจังและต่อเนื่อง ประเทศเราจึงต้องการนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากในหลายด้าน หลายมุมเข้ามาผสมผสานกัน เข้ามาเชื่อมโยงกัน เพื่อให้เกิดการวิจัยและการสอนอย่างเป็นระบบ เพื่อก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นทบวงมหาวิทยาลัยควรใช้ฐานด้านทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพเป็นแผนหลักในการส่งเสริมงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน แต่นั่นไม่ได้หมายความว่าความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญเฉพาะนักชีววิทยาเท่านั้น ผมอยากให้ใช้ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นฐานรวมของการทำงานวิจัยเชื่อมโยงกัน ขอใช้คำว่าเชื่อมโยงดีกว่า เพราะว่าบางทีนักวิชาการบางท่านมาทำงานวิจัยด้วยกันไม่ได้ บางทีสาขาเดียวกันก็ยังไม่ทำงานวิจัยร่วมกันไม่ได้ แต่ถ้าทำให้เกิดความเชื่อมโยงกันก็อาจจะพอไหว เพราะถ้ามาทำงานด้วยกันอาจจะเจ๊งทะเลาะกันเสียก่อน แต่ถ้าเชื่อมโยงกันก็อาจจะพอไปได้โดยอาศัยคนกลางเป็นสื่อเชื่อมโยงประสานกันให้งานเดินไปได้ตามเป้าประสงค์ ผมได้เคยเสนอให้ทบวงมหาวิทยาลัยทำหน้าที่เชื่อมโยงและประสานงาน แต่ละมหาวิทยาลัยน่าจะมีการ



ภาพที่ 3 การวิจัยพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพเกี่ยวกับความหลากหลายทางชีวภาพ
โดยใช้เทคโนโลยียุคใหม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิจัยประยุกต์ได้อย่างมาก

ประสานงานกัน ในมหาวิทยาลัยขอนแก่นก็ประสานงานกันภายใน ที่เชียงใหม่ก็ประสานงานกันเองเสร็จแล้วหลายๆ มหาวิทยาลัยก็สื่อสารกันและเชื่อมโยงกันอย่างไม่เป็นทางการและประสานงานกันอย่างเป็นทางการโดยผ่านกรมการกลางที่ทาง

ทบวงฯ ตั้งขึ้นมา จะได้มีการเชื่อมโยงซึ่งกันและกันได้อย่างมีระบบทั้งในระดับล่างและระดับบน ตอนนี้เราพอจะมีทุนวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพอยู่บ้าง โดยผ่านมาทางองค์กรเฉพาะกิจ คือ โครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบาย

การจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (Biodiversity Research and Training หรือ โครงการ BRT) โดยได้รับเงินทุนสนับสนุนจาก สกว. และ ศช./สวทช. โครงการ BRT ให้การสนับสนุนเงินทุน วิจัยแก่คณาจารย์ นักวิชาการ นักศึกษาและนักวิจัย ทั่วไป เพื่อให้เกิดกิจกรรมตรงนี้ เท่าที่ผ่านมาก็มีผลงานออกมาดีเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง ผลงานตรงนี้สามารถนำไปขายให้ผู้บริหารระดับสูงหรือระดับนโยบายที่ให้ทุนวิจัยได้เห็นประโยชน์ของการวิจัยพื้นฐานด้านชีววิทยา ไม่ว่าจะเป็นในประเทศหรือต่างประเทศเขาต้องการเห็นความเชื่อมโยงกัน และต้องการเห็นการประสานงานกัน ถ้าทำเดี่ยวๆ โดดๆ เขามักจะไม่ค่อยให้การสนับสนุนมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งทุนจากต่างประเทศ ในประเทศไทยก็เช่นเดียวกันน่าจะได้มีการเชื่อมโยงกัน ถ้าได้ประสานงานกันตรงนี้เรามีทุนสำรองอยู่บ้างแล้ว โครงการ BRT จะช่วยสื่อตรงนี้ได้ เพื่อทำให้เกิดกิจกรรมร่วมกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดผลดีต่อไปในอนาคต ขณะนี้กำลังมีการเตรียมการกันอยู่ว่าน่าจะได้ตั้งเป็นศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งชาติ ซึ่งถือว่าเป็นองค์กรที่มีความสำคัญยิ่งและจะเป็นการเตรียมความพร้อมระดับหนึ่งซึ่งจะเป็นฐานรองรับที่จำเป็นก่อนที่จะมีการให้สัตยาบันอนุสัญญาว่าด้วยความหลากหลายทางชีวภาพ (CBD) ขณะนี้ยังเหลือประเทศไทยและอเมริกาหรืออีก 2-3 ประเทศเท่านั้นที่ยังไม่ได้ให้สัตยาบันดังกล่าว การเตรียมความพร้อมเช่นนี้จะต้องมีการรีบดำเนินการ เพราะไม่เช่นนั้นก็จะเกิดความไม่เชื่อมโยง ไม่มีการรวมพลังกันทั้งในด้านกำลังคนและกำลังความคิดอย่างเป็นปึกแผ่น ซึ่งจะเป็นจุดอ่อนสำคัญของประเทศไทยเราในการรู้เท่าและรู้ทันชาวต่างชาติ

ความไม่พร้อมของเราในตอนนั้นก็คือว่าเราจะเชื่อมโยงกันได้อย่างไร เพื่อช่วยกันเป็นหูเป็นตา ช่วยให้คณาจารย์และนักศึกษาในมหาวิทยาลัยและนักวิจัยในสถาบันต่างๆ ได้เห็นความสำคัญในเรื่องนี้

เพื่อที่จะได้ระมัดระวังเกี่ยวกับความร่วมมือระหว่างนักวิทยาศาสตร์ไทยกับนักวิจัยชาวต่างชาติ ที่กำลังดาหน้ากันเข้ามาแสวงหาผลประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพในบ้านเราอย่างต่อเนื่องในรูปแบบต่างๆ กัน บางคนก็เข้ามาโดยมีเจตนาดี บางคนก็เข้ามาโดยมีเจตนาร้าย บางคนก็เข้ามาโดยมีเจตนาที่แฝงเร้น ถึงแม้ว่าจะมีชาวต่างชาติบางคนตั้งใจมาช่วยนักวิจัยไทยด้วยใจบริสุทธิ์ก็ตามที่ ตรงนี้เราต้องระมัดระวังกันให้ดี เพราะไม่เช่นนั้นนั้นอาจจะต้องเสียใจไปนานตามคำพังเพยที่ว่า “วัวหายล้อมคอก” มันอาจจะเป็นอย่างนั้นจริงๆ ก็ได้ถ้าเราไม่สื่อสารกันให้ดี อย่างมีระบบ โดยประสานงานกันและทำความเข้าใจกัน ช่วยกันเป็นหูเป็นตาให้ประเทศในหลายๆ ด้านหลายๆ มุม ตรงนี้จะทำให้การพัฒนางานด้านการวิจัยและความเป็นเลิศทางวิชาการของสถาบันอุดมศึกษาก้าวหน้าไปอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพจนก่อให้เกิดความพร้อมของสถาบันอุดมศึกษาของรัฐที่จะต้องออกนอกกรอบไปอีก 5 ปีข้างหน้าดังที่กล่าวไว้ตอนต้น

อย่างไรก็ตาม ศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพแห่งชาติที่ผมพูดถึงเมื่อสักครู่นี้ที่จริงแล้วควรจะเป็นองค์กรอิสระที่มีเงินทุนก้อนใหญ่พอสมควร ถ้าประเทศเรายังร่ำรวยอยู่ก็จะมีเงินประมาณ 5 พันล้านบาท สามารถนำมาใช้ประสานงานการวิจัยควบคุมการบริหารจัดการทรัพยากรชีวภาพให้เกิดประโยชน์ต่อการวิจัยพื้นฐานด้านความหลากหลายทางชีวภาพอย่างมากมายมหาศาล และจะเป็นประโยชน์ต่อสถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยของชาติเกี่ยวกับการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรชีวภาพในอนาคต พวกเรานักวิจัยทั้งรุ่นใหม่และรุ่นเก่าจะมีส่วนช่วยพัฒนามหาวิทยาลัยและประเทศไทยได้อย่างเป็นรูปธรรม ผมขอจบตรงนี้ และยินดีที่จะพูดคุยและตอบปัญหาแก่ผู้เข้าร่วมสัมมนาในวันนี้

แนวคิดความติดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ (Object-Oriented Technology Concept)

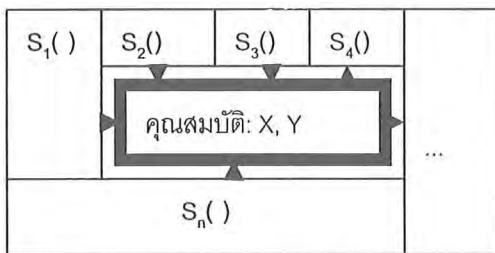
ปัญญาพล หอระตะ*

ในบทความนี้จะอธิบายแนวความคิดพื้นฐานของเทคโนโลยีเชิงวัตถุ (object-oriented technology) ซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญในการโมเดลปัญหา และการประยุกต์ใช้ในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์สำหรับความหมายของคำว่า “Object-oriented technology” จากออปสัน(Jacopson,1992) ได้อธิบายว่าเป็นเทคนิคที่ใช้ในการโมเดลระบบ คำว่า “โมเดล” ในที่นี้หมายถึงการอธิบายองค์ประกอบ ความสัมพันธ์ และเหตุการณ์ต่างๆ ในโลกของความเป็นจริงให้มาอยู่ในแบบแผนที่ได้นิยามเอาไว้ หลักการที่สำคัญของแนวความคิดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ คือ การใช้วัตถุ (object) และคลาส (class) ในการโมเดลปัญหา นอกจากนั้นในแนวความคิดนี้ยังมีคำศัพท์ใหม่ๆ ที่ควรทำความเข้าใจได้แก่ เอนแคปซูเรชัน (encapsulation) การสืบทอด (inheritance) โพลีมอร์ฟิซึม (polymorphism) เป็นต้น ซึ่งจะอธิบายความหมายในหัวข้อต่อไป

วัตถุคืออะไร

เมื่อเริ่มต้นศึกษาแนวความคิดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ อันดับแรกต้องทำความเข้าใจในนิยามของคำว่า “วัตถุ (object)” วัตถุในแนวความคิดเชิงวัตถุ

หมายถึง สิ่งต่างๆ ทั้งที่เป็นทั้งรูปธรรม และนามธรรมโดยที่วัตถุนั้นมีคุณสมบัติ (attributes) และวิธีดำเนินการ (methods) (หรือ เรียกอีกแบบว่า พฤติกรรม (behavior)) คำว่า “วิธีดำเนินการ” ในที่นี้หมายถึง กิจกรรมใดๆ ที่วัตถุนั้นมีเพื่อไปกระทำกับคุณสมบัติที่มีอยู่ ตัวอย่างเช่น รถยนต์หนึ่งคันถือว่าเป็นวัตถุ รถยนต์แต่ละคันมีคุณสมบัติประจำตัว ได้แก่ เลขทะเบียน ชื่อเจ้าของ ยี่ห้อ รุ่น เป็นต้น และรถยนต์มีวิธีดำเนินการของตัวเอง เช่น เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา เปิดไฟเลี้ยวซ้าย เปิดไฟเลี้ยวขวา อ่านชื่อเจ้าของรถ เป็นต้น การนิยามคุณสมบัติและวิธีดำเนินการของวัตถุแล้วแต่โดเมนของปัญหาที่เรากำลังพิจารณา เพราะแต่ละโดเมนของปัญหาอาจมีขอบเขตและวัตถุประสงค์แตกต่างกัน นอกจากนั้นหลักการที่สำคัญของแนวความคิดเชิงวัตถุ คือไม่อนุญาตให้มีการกระทำกับคุณสมบัติของวัตถุได้โดยตรงจากภายนอก แต่ต้องเรียกผ่านวิธีการของวัตถุแทน ด้วยลักษณะนี้จึงเสมือนว่าวัตถุมีสิ่งที่มาห่อหุ้มข้อมูลของวัตถุเอาไว้ เรียกคุณสมบัตินี้ว่า เอนแคปซูเลชัน (encapsulation) ด้วยลักษณะนี้สามารถอุปมาได้ดังในรูปที่ 1 กำหนดให้ S_i แทนวิธีดำเนินการของวัตถุ โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$



รูปที่ 1 แสดงลักษณะการติดต่อกับวัตถุ

จากรูปที่ 1 เราไม่สามารถเข้าถึงหรือปรับปรุงค่าของคุณสมบัติ X,Y ได้โดยตรง แต่ต้องเรียกผ่านวิธีดำเนินการ $S_i()$ ใด ที่สอดคล้องกับงานที่เราต้องการให้ทำ

จากคุณสมบัติเอนเคปซูลชันของแนวความคิดเชิงวัตถุช่วยสนับสนุนแนวความคิดกล่องดำ (black box) หรือเรียกอีกแบบว่าการซ่อนข้อมูล (information hiding) กล่าวคือ เมื่อมีการซ่อนสารสนเทศที่เป็นโครงสร้างเอาไว้ภายใน ผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องรู้ว่ารายละเอียดภายในวัตถุว่ามีอะไรบ้าง ผู้ใช้รู้เพียงว่าข้อมูลนำเข้าคืออะไร และผลลัพธ์ที่ได้คืออะไร ตัวอย่างเช่น สมมติว่ารถยนต์ถือว่าเป็นวัตถุในโดเมนของปัญหาของการจำลองการขับ ผู้ขับไม่ต้องรู้รายละเอียดภายในว่ารถยนต์ประกอบด้วยอะไร แต่ละส่วนทำงานอย่างไร ผู้ขับรู้เพียงวิธีขับและการใช้อุปกรณ์ต่างๆ หรือกล่าวอีกนัยผู้ขับต้องรู้วิธีติดต่อกับรถยนต์ที่ตัวเองกำลังขับ เช่น เบรค เป็นวิธีดำเนินการหนึ่งของรถยนต์ เมื่อผู้ขับเหยียบเบรค คือ การส่งสัญญาณหรือส่งตัวกระตุ้นให้วิธีการเบรคทำงานในกระบวนการเบรคนั้นไม่ว่าผู้ขับไม่จำเป็นต้องรู้ เขารู้เพียงว่าเมื่อเหยียบลงไปแล้วรถยนต์ เป็นต้น การพิจารณาว่าวัตถุจะตอบสนองต่อสิ่งที่มีกระตุ้นหรือไม่นั้นวัตถุจะตรวจสอบเองว่าสิ่งที่ส่งมานั้นตรงกับวิธีดำเนินการของวัตถุหรือไม่ สิ่งที่มีกระตุ้นนั้น เรียกอีกแบบว่าข่าวสาร (message) ดังนั้นเมื่อนำเอาแนวคิดเชิง

วัตถุไปใช้ในงานออกแบบต่างๆ จึงได้โมเดลที่สามารถอธิบายปัญหาได้ใกล้เคียงกับธรรมชาติของปัญหานั้นทำให้ช่องว่างระหว่างโมเดลและธรรมชาติของปัญหามีไม่มาก

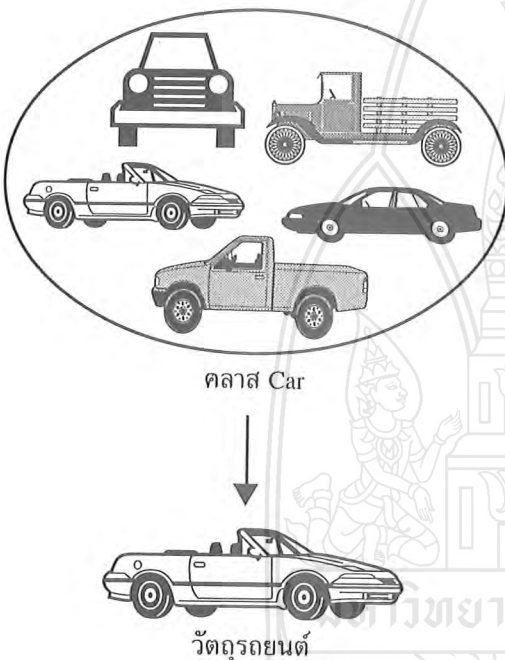
เมื่อวัตถุมีความสัมพันธ์กันสิ่งหนึ่งที่ต้องทำคือ การกระตุ้นให้วัตถุทำงานตามวิธีดำเนินการของวัตถุ วัตถุที่มีความสัมพันธ์กันสามารถติดต่อถึงกันได้ด้วยการส่งข่าวสาร (message) การส่งข่าวสารเป็นวิธีการที่วัตถุหนึ่งร้องขอใช้บริการจากวิธีดำเนินการของอีกวัตถุหนึ่ง หรือขอใช้บริการจากวิธีดำเนินการของตัวเองก็ได้ ซึ่งการส่งข่าวสารนี้จะต้องสอดคล้องกับนิยามของวิธีดำเนินการของวัตถุ ดังนั้นการจะทำอะไรกับคุณสมบัติของวัตถุจะต้องทำผ่านวิธีดำเนินการของวัตถุนั้นเท่านั้น

คุณสมบัติบางคุณสมบัติของวัตถุอาจเป็นวัตถุอื่นก็ได้ เรียกความสัมพันธ์แบบนี้ว่า การเชื่อมติดกัน (association) ตัวอย่างเช่น หน่วยงาน มีคุณสมบัติเป็นรายการของพนักงานหลายคน โดยแต่ละรายการคือวัตถุที่แทนพนักงาน เป็นต้น นอกจากนั้นวัตถุบางจำพวกอาจประกอบด้วยวัตถุหลายๆ วัตถุมาประกอบกัน เช่น วัตถุรถยนต์ประกอบด้วยล้อ เครื่อง ตัวถัง พวงมาลัย ระบบไฟฟ้า ฯลฯ หรือ วัตถุเส้น ประกอบด้วยวัตถุที่เป็นจุดโคออร์ดิเนตนำมาต่อกันเป็นเส้น เป็นต้น ความสัมพันธ์แบบนี้เรียกว่า Whole-part หรือ aggregate การพิจารณาว่าเป็นความสัมพันธ์แบบใดนั้นแล้วแต่ความหมายของสิ่งที่เรากำลังพิจารณา เพราะว่าความสัมพันธ์แบบ Whole-part กำลังบอกเราว่าวัตถุนั้นมีรูปร่างมาจากองค์ประกอบใด แต่ความสัมพันธ์แบบการเชื่อมติดกัน เป็นการบอกว่าสิ่งนี้ไปสัมพันธ์กับอะไร ซึ่งการโมเดลปัญหาที่มีการความสัมพันธ์ทั้งสองลักษณะถือว่ามีความใกล้เคียงสามารถใช้แทนกันได้ แต่โดยทั่วไปความสัมพันธ์แบบ Whole-part มักจะใช้ในการอธิบายในเรื่องของรูปร่าง หรือส่วนประกอบของวัตถุมากกว่า

10856699

คลาสและอินสแตนซ์

ในโดเมนของปัญหาที่เราากำลังพิจารณาจะพบว่าวัตถุหลายตัวมีคุณสมบัติ และวิธีดำเนินการร่วมกัน เรียกกลุ่มของวัตถุ ว่า คลาส (class) สมาชิกของคลาส เรียกว่า อินสแตนซ์ (instance) หรือวัตถุ ดังนั้นเมื่อกล่าวถึง อินสแตนซ์ จึงหมายถึงวัตถุนั่นเอง ตัวอย่างคลาสเช่น คลาส Car แทนคลาสของรถยนต์ รถยนต์แต่ละคัน แทนหนึ่งวัตถุ เป็นต้น ดังรูป



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับคลาส

จากรูป คลาส Car เป็นคลาสของวัตถุรถยนต์ ซึ่งมีสมาชิกเป็นวัตถุ แต่ละวัตถุ คือ รถยนต์แต่ละคัน รถแต่ละคันมีคุณสมบัติร่วมกัน อาทิ หมายเลขทะเบียนรถ สีของรถ ชื่อเจ้าของ และรุ่น ยี่ห้อ มอเตอร์ประกอบร่วมกัน เช่น ล้อ เครื่องยนต์ เป็นต้น และมีวิธีดำเนินการร่วมกัน เช่น กำหนดค่าเริ่มต้น อ่านสีของรถ อ่านชื่อเจ้าของรถ เป็นต้น สมมติว่าเรากำลังโมเดลปัญหาระบบทะเบียนรถยนต์ เมื่อนำมาทำเป็นโมเดลตามเทคโนโลยีเชิงวัตถุอาจเขียนได้ดังนี้

คลาส Car

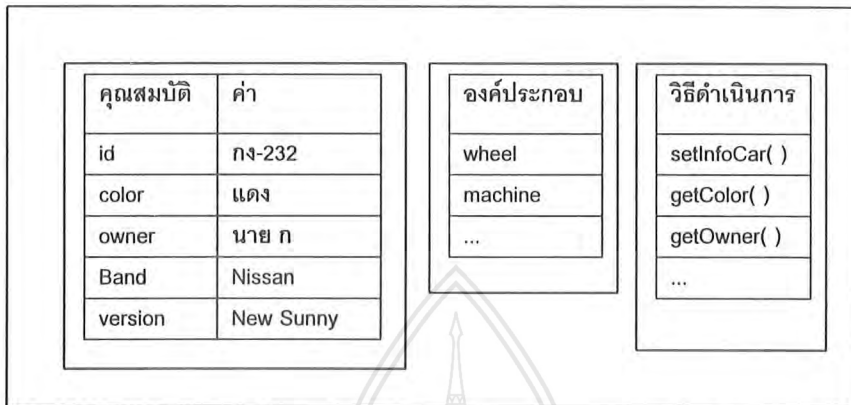
คุณสมบัติ : ทะเบียนรถยนต์ (id) สี (color) เจ้าของ (owner) ยี่ห้อ (band) รุ่น (version), ...

องค์ประกอบ: ล้อ (wheel) เครื่องยนต์ (machine) ...

วิธีดำเนินการ: setInfoCar (), getColor(), getOwner(), ...

โดยที่ setInfoCar(), getColor(), getOwner() แทนวิธีดำเนินการของวัตถุ เพื่อ กำหนดค่าเริ่มต้น อ่านสีของรถ อ่านชื่อเจ้าของรถ ตามลำดับ

จากโมเดลนี้วัตถุของคลาส Car จะได้รับคุณสมบัติ องค์ประกอบ วิธีดำเนินการตามที่นิยามไว้ในคลาส Car ตัวอย่างเช่น รถยนต์ของนาย ก มีทะเบียน กง-232 ยี่ห้อ Nissan รุ่น New Sunny เมื่อเป็นวัตถุในคลาส Car แสดงโครงสร้างภายในได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงค่าของวัตถุรถยนต์ของนาย ก

จากที่ได้อธิบายมาข้างต้น การนิยามคือ คลาสถือว่าการจัดกลุ่มให้กับวัตถุเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น เมื่ออธิบายคลาสในแง่ของการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ คลาสถือว่าเป็นชนิดข้อมูล แต่เป็นชนิดข้อมูลพิเศษคือ มีทั้งคุณสมบัติ และวิธีดำเนินการ ซึ่งแตกต่างจากชนิดข้อมูลทั่วไปที่มีเพียงการประกาศชนิดของค่าที่เก็บไว้ในชนิดข้อมูลนั้น ดังนั้นตัวแปรที่มีชนิดข้อมูลเป็นคลาสแต่ละตัว คือ วัตถุ หนึ่งในคลาสนั้น ตัวแปรเหล่านี้จะได้รับลักษณะทุกอย่างที่มีการนิยามเอาไว้ในคลาส การนำไปใช้ก็ไม่ยุ่งยากเพียงแต่ผู้ใช้ต้องศึกษาว่าคลาสนั้นมีวิธีดำเนินการอะไรให้ใช้

การสืบทอด (inheritance)

ในโลกของความเป็นจริงมีหลายสิ่งที่ได้รับมรดกบางอย่างมาจากบรรพบุรุษ เช่น ลูก ได้รับการสืบทอดคุณลักษณะมาจากพ่อแม่ เป็นต้น เพื่อให้สามารถอธิบายธรรมชาติของปัญหาได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ในแนวความคิดของเทคโนโลยีเชิงวัตถุมีคุณสมบัติที่สำคัญอีกอันหนึ่งคือการสืบทอด (inheritance) การพิจารณาว่าคลาสนั้นจะสืบทอดจากคลาสใดนั้นจะต้องพิจารณาในโดเมนของปัญหา(กลุ่มของปัญหาที่มีสภาพ

แวดล้อมหรือลักษณะเหมือนๆ กัน) นั้นมีคลาสอะไรบ้าง แต่ละคลาสนั้นมีลักษณะร่วมกันหรือไม่ และถ้ามีคลาสนั้นมีลักษณะพิเศษแตกต่างไปจากคลาสนั้นอย่างไร คลาสใดที่มีลักษณะร่วมของคลาสนั้นก็ให้คลาสนั้นเป็นบรรพบุรุษ (ascendant) ของคลาสนั้นๆ คลาสที่สืบทอดคุณสมบัติและวิธีดำเนินการจากคลาสนั้น เรียกว่า คลาสลูก (descendant) การสืบทอดจากคลาสนั้นบรรพบุรุษจะได้รับคุณสมบัติและวิธีดำเนินการจากคลาสนั้นบรรพบุรุษ วัตถุของคลาสนั้นแต่ละตัวก็จะได้รับสิ่งที่มีอยู่ทั้งในคลาสนั้นเอง และสิ่งที่มาจากคลาสนั้นบรรพบุรุษ ตัวอย่างเช่น เมื่อเรากำลังพิจารณาโดเมนปัญหาการออกแบบระบบบัญชีเงินฝากธนาคาร สมมติว่าธนาคารมีบัญชีอยู่สองประเภทคือ บัญชีออมทรัพย์ (saving account) และบัญชีฝากประจำ (fixed deposit account) แต่ละบัญชีแต่ละประเภทมีอัตราดอกเบี้ยแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาแล้วนั้นออกแบบระบบพบว่า บัญชีแต่ละประเภทมีคุณสมบัติร่วมกัน ได้แก่ เลขที่บัญชี ชื่อบัญชี ที่อยู่ วิธีดำเนินการร่วมกันได้แก่ อ่านชื่อบัญชี (getAccountName()) เปิดบัญชีใหม่ (createNewAccount()) เป็นต้น นอกจากนั้นยังพบว่าบัญชีออมทรัพย์และบัญชีฝากประจำมีวิธีการคำนวณดอกเบี้ยแตกต่างกัน และมีกฎว่าจำนวน

คงเหลือของบัญชีออมทรัพย์ และบัญชีฝากประจำ ต้องมีไม่ต่ำกว่า 100 และ 500 บาท ตามลำดับ ดังนั้นเพื่อความสะดวกควรแยกออกมาเป็นสองคลาส คือ คลาสบัญชีออมทรัพย์และคลาบบัญชีฝากประจำ เมื่อนำไปเขียนเป็นโครงสร้างของคลาสได้ดังนี้

คลาส Account

คุณสมบัติ : เลขที่บัญชี (accountId) ชื่อบัญชี (accountName) ที่อยู่ (address) อัตราดอกเบี้ย (rate) เงินคงเหลือต่ำสุด (minimumBalanceAmount)

วิธีดำเนินการ: getAccountName(), createNewAccount()

คลาส SavingAccount

วิธีดำเนินการ: callInterest(),...

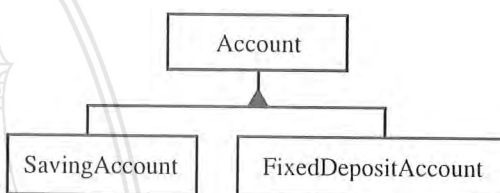
คลาส FixedDepositAccount

วิธีดำเนินการ: callInterest(),...

จากโครงสร้างกำหนดให้คลาส Account

แทนคลาบบัญชีเงินฝาก เป็นคลาสบรรพบุรุษของ คลาส SavingAccount และคลาส FixedDeposit Account ซึ่งเป็นคลาบบัญชีออมทรัพย์ และ คลาบบัญชีฝากประจำ ตามลำดับ คลาสลูก คือ คลาส SavingAccount และคลาส FixedDeposit Account จะได้รับการสืบทอดจากคลาส Account ทั้งคุณสมบัติ ได้แก่ เลขที่บัญชี (accountId) ชื่อ

บัญชี (accountName) ที่อยู่ (address) อัตราดอกเบี้ย (rate) เงินคงเหลือต่ำสุด (minimumBalance Amount) และวิธีดำเนินการ ได้แก่ getAccount Name(), createNewAccount() ในตัวอย่างนี้ คลาสลูกสองคลาสมีวิธีดำเนินการ callInterest() เหมือนกันแต่มีรายละเอียดแตกต่างกัน จาก ตัวอย่างนี้เมื่อเขียนเป็นสัญลักษณ์กับสืบทอดเขียน ได้ดังรูป



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างลำดับชั้นของการ สืบทอดของคลาส

จากนิยามของคลาบบัญชีเงินฝาก สมมติ ว่ามีลูกค้า มาเปิดบัญชีใหม่เป็นบัญชีออมทรัพย์ ชื่อ บัญชี “นายเลิศ” เลขบัญชี “133-12345” ที่อยู่ “คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น” อัตรา ดอกเบี้ย 5% เงินคงเหลือต่ำสุดเป็น 100 บาท ตามนิยามของคลาส SavingAccount จะได้วัตถุที่ แทนบัญชีของนายเลิศ สามารถเขียนอธิบายดังรูป

ชื่อคุณสมบัติ	ค่า	วิธีดำเนินการ
accountId	133-12345	getAccountName()
accountName	นายเลิศ	createNewAccount()
address	คณะวิทยา...	callInterest()
rate	5%	
minimumBalanceAmount	100	

รูปที่ 5 แสดงรายละเอียดของวัตถุที่แทนบัญชีออมทรัพย์ของนาย ก

จากรูป วัตถุของคลาส SavingAccount จะได้รับการสืบทอดคุณสมบัติ และวิธีดำเนินการของคลาส Account ซึ่งเป็นคลาสบรรพบุรุษของคลาส SavingAccount จากตัวอย่างนี้เป็นการนำเอาคุณสมบัติของการสืบทอดมาใช้จะช่วยให้สามารถโมเดลปัญหาได้ใกล้เคียงกับธรรมชาติได้เป็นอย่างดี นอกจากนั้นคุณสมบัตินี้ยังสนับสนุนการนำกลับมาใช้ใหม่ (reuseable) เพราะสามารถใช้สิ่งที่สืบทอดมาได้โดยไม่ต้องเขียนใหม่ โดยเฉพาะวิธีดำเนินการ แต่อย่างไรก็ตามการนิยามคลาสสืบทอดไม่ควรมีหลายชั้นจนเกินไปอาจทำให้ผู้นำไปใช้เกิดความยุ่งยากในการใช้มากตามไปด้วย

โพลีมอร์ฟิซึม (polymorphism)

คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของแนวความคิดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ คือ คุณสมบัติโพลีมอร์ฟิซึม คำนี้มาจากภาษากรีก (Jacopson, 1997) หมายถึงมีหลายรูปแบบ คุณสมบัติโพลีมอร์ฟิซึม คือ การเลือกวิธีดำเนินการของวัตถุใดๆ ที่มีชื่อซ้ำกันให้มาทำงานได้อย่างถูกต้องในระหว่างประมวลผล โดยพิจารณาว่าปัจจุบันกำลังทำงานกับวัตถุอะไรก็จะเลือกวิธีดำเนินการของวัตถุนั้นๆ โดยที่ผู้ออกแบบหรือนักเขียนโปรแกรมไม่จำเป็นต้องคอยตรวจสอบเอง เพราะตามแนวความคิดนี้เมื่อนำไปเขียนโปรแกรมแล้วมีหลักการว่าตัวชี้ที่ชี้ไปยังคลาสบรรพบุรุษสามารถชี้ไปยังวัตถุของคลาสลูกได้ (Skinner, 1992) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้นักเขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมได้สะดวกและยืดหยุ่นขึ้น ตัวอย่างโพลีมอร์ฟิซึม เช่น ในการคำนวณดอกเบี้ยจากบัญชีสมมติว่า $\text{callInterest}(\text{Account} * p)$ เป็นวิธีดำเนินการที่จะเลือกการคำนวณดอกเบี้ยของบัญชีอะไร

เพราะวิธีการคำนวณดอกเบี้ยของบัญชีออมทรัพย์และบัญชีฝากประจำมีความแตกต่างกัน ถ้า p ชี้ไปยังวัตถุของคลาส SavingAccount ก็จะไปเรียกวิธีดำเนินการ $\text{callInterest}()$ ของคลาส SavingAccount ขึ้นมาทำงาน แต่ถ้า p ชี้ไปยังวัตถุของคลาส Fixed DepositAccount ก็จะไปเรียกวิธีดำเนินการ $\text{callInterest}()$ ของวัตถุของคลาส Fixed Deposit Account ขึ้นมาทำงาน เป็นต้น นอกจากนั้นด้วยคุณสมบัติโพลีมอร์ฟิซึมช่วยให้การโมเดลปัญหามีความยืดหยุ่นยิ่งขึ้น โดยเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง เช่น ทางธนาคารอาจมีการเพิ่มประเภทบัญชีเงินฝากประเภทใหม่ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม การออกแบบหรือการเขียนโปรแกรมในส่วนที่ทำได้แล้วก็จะไม่กระทบ เป็นต้น

โดยสรุปแล้วแนวความคิดของเทคโนโลยีเชิงวัตถุที่ได้กล่าวมาทั้งหมดได้มีการนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะงานวิเคราะห์และออกแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented Analysis and Design = OOA/OOD) การเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object-Oriented Programming = OOP) ฐานข้อมูลเชิงวัตถุ (Object-Oriented Database) ซึ่งสาขาเหล่านี้เป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาซอฟต์แวร์ในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- Jacobson, I., Christerson, M., Jonhson, P., Overgaard, G., 1994, **Object-Oriented Software Engineering**, Addison-Wesley, 1- 528 p.
- Skinner, M. T., 1992, **The Advanced C++ Book**, Silicon Press, 1- 288 p.

มอโนโคลนัลแอนติบอดี : อดีต และปัจจุบัน Monoclonal Antibody : Past and Present

ภก.ดร.ศักดา ดาดวง*

ตั้งแต่ Köhler และ Milstein ค้นพบวิธีการหลอมรวมเซลล์มะเร็งและเซลล์ปกติของ B-lymphocyte ของหนูในปี ค.ศ.1975 การผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีจึงเป็นเทคนิคที่ใช้กันแพร่หลาย แต่การใช้ประโยชน์จากมอโนโคลนัลแอนติบอดีที่ได้จากการหลอมเซลล์ของหนูยังมีปัญหาบางประการ บทความนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดี เพื่อให้ได้มอโนโคลนัลแอนติบอดีที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในแต่ละด้าน

สมบัติและโครงสร้างของแอนติบอดี

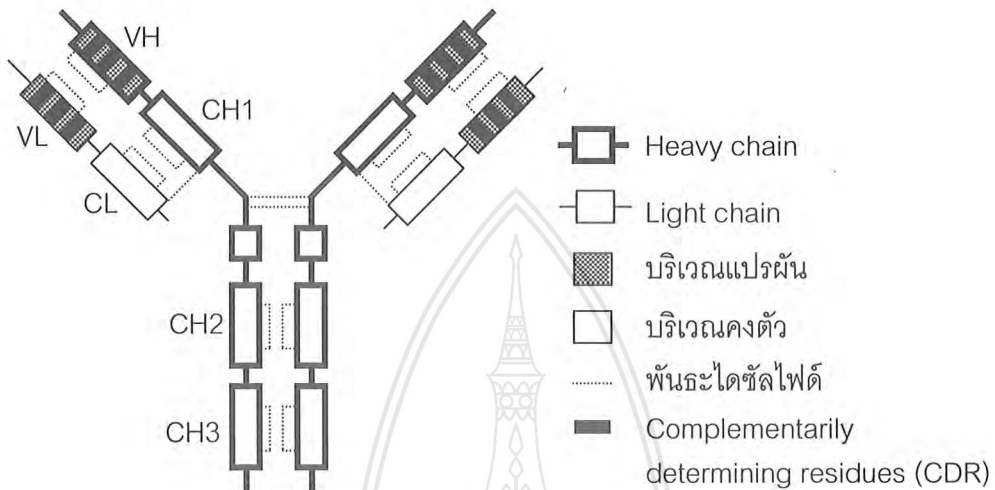
สิ่งมีชีวิตชั้นสูง มีกลไกในการป้องกันอันตรายจากสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย กลไกอันหนึ่งคือการสร้างแอนติบอดี (antibody) โดย B-lymphocyte แหล่งสร้างแอนติบอดีในร่างกาย ได้แก่ ม้าม ต่อม้ำน้ำเหลือง และไขกระดูก การสร้างแอนติบอดีต่อโมเลกุลใด โมเลกุลนั้นต้องถูกตรวจสอบในร่างกายแล้วว่ามี immunogenicity^a แอนติบอดีชนิดหนึ่งๆ ที่สร้างได้จะเข้าจับกับโมเลกุลที่เป็นตัวกระตุ้นซึ่งเรียกว่าแอนติเจน (antigen) อย่างจำเพาะ โดยจับตรงที่บริเวณเล็กๆ บนโมเลกุลของ

แอนติเจน บริเวณดังกล่าวเรียกว่า epitope โมเลกุลแอนติเจนจะมี epitope หลาย epitope ดังนั้นแอนติบอดีที่สร้างได้จากการกระตุ้นด้วยแอนติเจนจะเป็นส่วนผสมของแอนติบอดีหลายชนิด

แอนติบอดีเป็นโปรตีนที่มีชื่อว่าอิมมูโนโกลบูลิน (immunoglobulin) โครงสร้างของอิมมูโนโกลบูลิน ประกอบด้วยเส้นพอลิเพปไทด์ (polypeptide chain) 4 เส้น คือ heavy chain 2 เส้นที่เหมือนกัน และ light chain 2 เส้นที่เหมือนกัน (ภาพที่ 1) บน heavy chain และ light chain มีบริเวณแปรผัน (variable region) เรียกว่า VH และ VL ซึ่งมีการแปรปรวนของลำดับกรดอะมิโนและเป็นส่วนที่จับกับแอนติเจนอย่างจำเพาะ และบริเวณคงตัว (constant region) เรียกว่า CH และ CL ซึ่งเกือบไม่มีการแปรปรวนของลำดับกรดอะมิโนเลย และไม่สามารถจับกับแอนติเจนได้ บนบริเวณแปรผันมีส่วน ที่เรียกว่า complementarily determining residues (CDR) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแปรปรวนของลำดับกรดอะมิโนสูงที่สุด และเป็นส่วนที่มีความสำคัญต่อการจัดโครงสร้างโมเลกุลแอนติบอดีให้จับกับ epitope ของแอนติเจนได้อย่างจำเพาะ

*ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

^a ความสามารถในการกระตุ้นให้เซลล์ B-lymphocyte สร้างแอนติบอดีต่อโมเลกุลหรือส่วนของโมเลกุล



ภาพที่ 1 โครงสร้างของอิมโนโกลบูลิน

การผลิตแอนติบอดีด้วยการกระตุ้นสัตว์ทดลอง

จากความรู้เรื่องกลไกภูมิคุ้มกันในสิ่งมีชีวิต และโครงสร้างของแอนติบอดีดังกล่าวข้างต้น จึงได้มีการผลิตแอนติบอดีด้วยแอนติเจนที่สนใจ โดยนำแอนติเจนมาฉีดเข้าสู่สัตว์ทดลอง หลังจากตรวจสอบพบแอนติบอดีในเลือดแล้ว แยกซีรัม (serum) จากเลือดมาใช้ประโยชน์ เช่น ใช้ทางการแพทย์ ทั้งการรักษาและการวินิจฉัยโรค หรือใช้ตรวจหาโมเลกุลที่สนใจในงานวิจัยตามห้องปฏิบัติการต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งซีรัมที่ได้เป็นส่วนผสมของแอนติบอดีหลายชนิดที่จำเพาะกับ epitope หลาย epitope บนโมเลกุลของแอนติเจน แต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ ตลอดจนมีสัมพรรคภาพ (affinity)^b แตกต่างกัน เรียกส่วนผสมของแอนติบอดีดังกล่าวว่า พอลิโคลนัลแอนติบอดี (polyclonal antibody)

ปัญหาในการใช้พอลิโคลนัลแอนติบอดี

พอลิโคลนัลแอนติบอดีถูกนำมาใช้

ประโยชน์ในหลายด้าน แล้วพบปัญหาดังต่อไปนี้

1. อาจจับกับโมเลกุลอื่นที่ไม่ใช่แอนติเจน ทำให้ผลของการใช้มีความผิดพลาด
2. มีแอนติบอดีที่มีสัมพรรคภาพต่ำปะปนอยู่กับแอนติบอดีที่มีสัมพรรคภาพสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานไม่แน่นอน
3. ปริมาณแอนติบอดีที่ได้อาจไม่เพียงพอต่อการใช้งานในระยะยาว
4. พอลิโคลนัลแอนติบอดีที่ผลิตในสัตว์ทดลอง หากนำมาใช้ฉีดเข้าร่างกายมนุษย์เพื่อจุดประสงค์ทางการแพทย์ พบว่ามักจะกระตุ้นให้มีการสร้างแอนติบอดีต่อพอลิโคลนัลแอนติบอดีของสัตว์ทดลอง ทำให้พอลิโคลนัลแอนติบอดีนั้นถูกยับยั้งการทำงาน หรืออาจจะถูกกำจัดในร่างกายด้วยระบบภูมิคุ้มกันก่อนที่จะได้ทำงาน และยังก่อให้เกิด

^b ความแข็งแรงในการจับกันระหว่างแอนติเจนกับแอนติบอดี

เกิดอาการแพ้ได้อีกด้วย

การเตรียมมอโนโคลนัลแอนติบอดีเพื่อใช้แก้ปัญหา

ปัญหาหลายประการ แก้ได้ด้วยการผลิตแอนติบอดีชนิดเดียวที่มีสมบัติทางกายภาพทางเคมีและวิทยาภูมิคุ้มกันเหมือนกัน และจับกับ epitope เดียวของแอนติเจน เรียกแอนติบอดีดังกล่าวว่า มอโนโคลนัลแอนติบอดี (monoclonal antibody) เขียนย่อว่า mAb วิธีผลิต mAb วิธีหนึ่งคือทำให้พอลิโคลนัลแอนติบอดีบริสุทธิ์ขึ้น ซึ่งทำได้ยาก เพราะแอนติบอดีแต่ละชนิดมีความแตกต่างที่ชนิดของกรดอะมิโนบนบริเวณแปรผันเท่านั้น จึงมีขนาดโมเลกุลและสมบัติต่าง ๆ ใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นพอลิโคลนัลแอนติบอดีที่ผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์แล้วมักมีแอนติบอดีมากกว่าหนึ่งชนิดปะปนกันมาเสมอ การผลิต mAb จึงยังไม่ประสบความสำเร็จในระยะแรก

การแก้ปัญหาเริ่มมีหวัง เมื่อมีรายงานการพบผู้ป่วยมะเร็งของ B-lymphocyte ในม้าม เซลล์มะเร็งสามารถผลิต mAb ได้ ทำให้ยอมรับกันว่ากลุ่มของ B-lymphocyte ที่เพิ่มจำนวนมาจากเซลล์เดียวจะผลิต mAb การค้นพบดังกล่าวทำให้ดูเหมือนว่าการผลิต mAb จะทำได้ง่าย เพราะ B-lymphocyte เลี้ยงได้ในห้องเพาะเลี้ยงเซลล์ภายนอกร่างกายสิ่งมีชีวิต แต่ B-lymphocyte ปกติมีชีวิตรอดอยู่นอกร่างกายได้ไม่เกิน 10 วัน จึงไม่สามารถโคลน (clone)^c เพื่อให้ผลิต mAb ได้ ส่วน B-lymphocyte ที่เป็นเซลล์มะเร็งสามารถโคลนได้แต่ไม่สามารถถูกกระตุ้นให้ผลิตแอนติบอดีต่อแอนติเจนที่สนใจได้

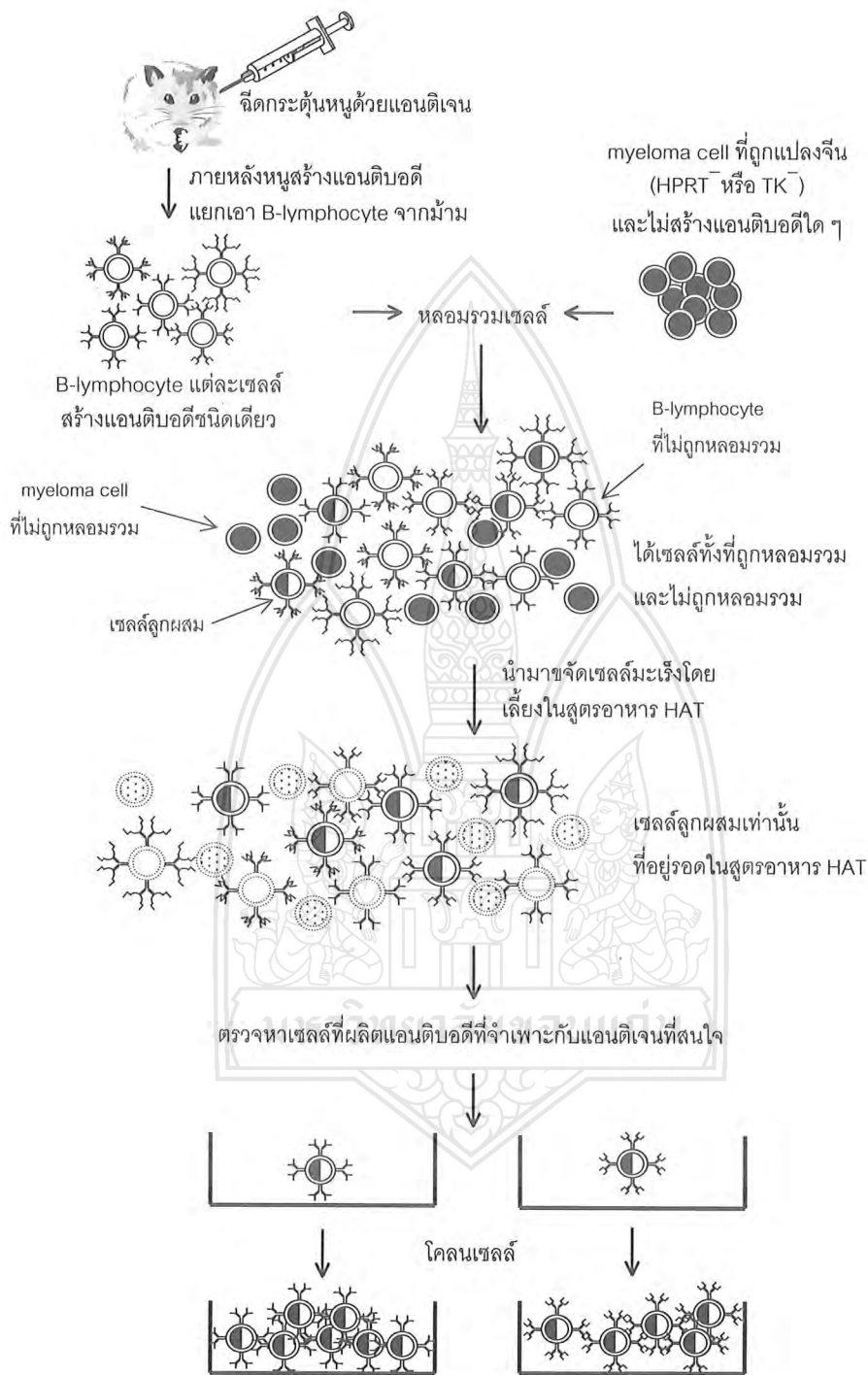
ต่อมาในปี ค.ศ.1975 นักวิทยาศาสตร์ 2 คน คือ Georges Köhler และ Cèsar Milstein ได้นำเซลล์มะเร็งของ B-lymphocyte เรียกว่า myeloma cell ของหนูที่ผลิตอิมมูโนโกลบูลินชนิดหนึ่งหลอมรวมกับ B-lymphocyte ปกติของหนูที่ผลิตอิมมูโนโกลบูลินอีกชนิดหนึ่ง เมื่อตรวจสอบรูปแบบของอิมมูโนโกลบูลินของเซลล์ลูกผสม (hybrid cell หรือ hybridoma) ด้วย isoelectric focusing electrophoresis^d พบว่าเป็นรูปแบบของอิมมูโนโกลบูลินรวมที่มาจากอิมมูโนโกลบูลินจากเซลล์แม่ทั้งสองชนิด และเมื่อนำเซลล์ลูกผสมมาโคลน จะผลิต mAb ให้ได้ไม่จำกัดปริมาณ

ขั้นตอนการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดี

มักจะทำในหนูถีบจักร (mice) เนื่องจากตัวเล็กและมีการพัฒนาเซลล์มะเร็งชนิด myeloma ที่จะใช้หลอมเซลล์กันมาก (ภาพที่ 2) ขั้นตอนการผลิตเริ่มด้วยการฉีดกระตุ้นหนูถีบจักรด้วยแอนติเจนที่สนใจ เว้นช่วงระยะเวลาหนึ่งจึงฉีดกระตุ้นซ้ำ แล้วตรวจสอบจนแน่ใจว่าหนูสร้างแอนติบอดีต่อแอนติเจนที่ให้เข้าไป จากนั้นฆ่าหนูแล้วนำม้ามออกมา แยก B-lymphocyte มาหลอมรวมกับเซลล์ myeloma โดยใช้สารช่วยในการหลอม เช่น polyethylene glycol โดยทั่วไปการหลอมรวมเซลล์จะสัมฤทธิ์ผลได้เซลล์ลูกผสมเพียง 1% สำหรับเซลล์ที่ไม่หลอมรวม จำเป็นต้องจัดทิ้งไป เพราะจะรบกวนในขั้นตอนการผลิต mAb ซึ่ง B-lymphocyte จะค่อย ๆ ลดจำนวนไปเอง ปัญหาที่สำคัญคือเซลล์มะเร็งจะยังคงเพิ่มจำนวน เพื่อขจัดปัญหาดังกล่าว เซลล์มะเร็งจะถูกแปลงจิ้งก่อนนำมาหลอมรวม ให้กลายเป็นเซลล์ที่ขาดจีโนมของ

^c เพิ่มจำนวนจากเซลล์เดียว

^d เป็นวิธีการแยกและศึกษาสมบัติของโปรตีนวิธีหนึ่ง โดยโปรตีนจะถูกแยกตามประจุสุทธิบนโปรตีนผ่านตัวกลางที่มีรูพรุนในสนามไฟฟ้า



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดี

(ดัดแปลงจาก Abbas, A.K. et al, *Cellular and Molecular Immunology*, 1994, p.36)

เอนไซม์ hypoxanthine-guanine phosphoribosyl transferase (HPRT⁻) ซึ่งคัดเลือกได้โดยใช้สาร 8-azaguanine ที่มีโครงสร้างคล้ายเบสพิวรีน หรือ ขาดจีนของเอนไซม์ thymidine kinase (TK⁻) ซึ่งคัดเลือกได้โดยใช้ bromodeoxyuridine ที่มีโครงสร้างคล้ายนิวคลีโอไซด์ชนิดยูริดีน (uridine) โดยทั้งสองจีนเป็นจีนที่จำเป็นต่อวิถีกู้ (salvage pathway) ในการสังเคราะห์พิวรีนนิวคลีโอไทด์และ ไพริมิดีนนิวคลีโอไทด์ชนิดดีออกซีไธมิโดเลต (deoxythymidylate, dTMP)

วิธีการจัดเซลล์มะเร็งทำได้โดยเติมสูตรอาหาร HAT (HAT medium) ซึ่งมีไฮโปแซนธิน (hypoxanthine) อะมิโนเทอริน (aminopterin) และไธมิดีน (thymidine) เป็นส่วนประกอบ อะมิโนเทอรินเป็นตัวยับยั้งแบบแข่งขันกับกรดโฟลิก (folic acid antagonist) จึงขัดขวางการสร้างเตตระไฮโดรโฟเลต (tetrahydrofolate) ในวิถี de novo^c ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของการสังเคราะห์พิวรีนนิวคลีโอไทด์และดีออกซีไธมิโดเลต (ภาพที่ 3) ทำให้เซลล์ต้องใช้วิถีกู้ในการสังเคราะห์นิวคลีโอไทด์ดังกล่าว ในวิถีกู้จะใช้เอนไซม์ hypoxanthine-guanine phosphoribosyl transferase ในการผลิตเบสพิวรีนจากไฮโปแซนธิน และใช้เอนไซม์ thymidine kinase ในการผลิตดีออกซีไธมิโดเลตจากเบสไธมิดีน ดังนั้น เมื่อวิถี de novo ถูกยับยั้ง เซลล์มะเร็งที่ถูกแปลงจีนจะไม่เพิ่มจำนวนเนื่องจากขาดเบสพิวรีนและดีออกซีไธมิโดเลตสำหรับงานสร้างดีเอ็นเอ เพราะไม่สามารถใช้วิถีกู้ได้ (ภาพที่ 4) ส่วนเซลล์ลูกผสมจะยังคงเพิ่มจำนวนได้ แต่พบว่ามีเพียง 1 ใน 100,000 ของเซลล์ลูกผสมที่จะยังคงสร้าง

แอนติบอดี ด้วยสาเหตุที่เซลล์ลูกผสมมีจำนวนโครโมโซมเป็น 2 เท่า (หรือมากกว่า) ของเซลล์แม่ ทำให้เซลล์จัดจีโนมบางส่วนทิ้งไป จึงอาจสูญเสียจีนที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตและจีนของแอนติบอดีได้ ดังนั้น ภายหลังการจัดเซลล์มะเร็ง ต้องตรวจหาเซลล์ลูกผสมที่ผลิตแอนติบอดีเสียก่อนแล้วจึงนำมาโคลน (ภาพที่ 2) แอนติบอดีที่ได้จากแต่ละโคลน คือ mAb ที่สามารถเพิ่มปริมาณได้มากเท่าที่ต้องการ และเมื่อนำมาใช้งานจะลดปัญหาได้หลายประการ

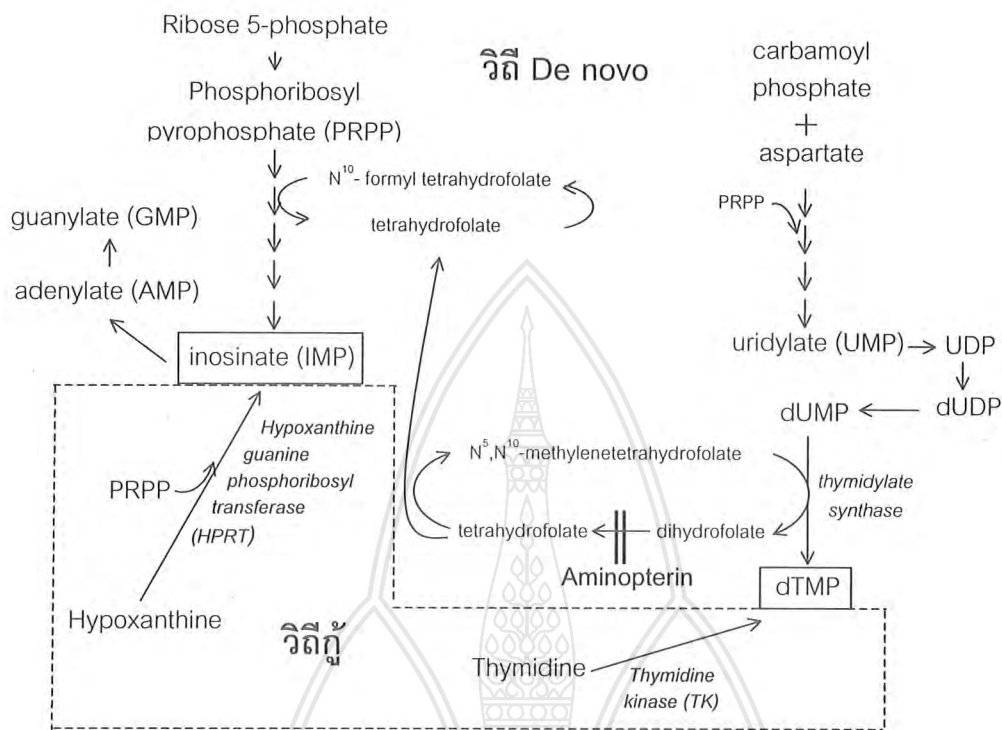
การผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีของคน

การใช้ mAb จากหนูถึงขั้นถึงแม้จะแก้ปัญหามากอย่างที่เกิดจากการใช้พอลิโคลนัลแอนติบอดีได้ แต่เมื่อนำเข้าสู่ร่างกายมนุษย์เพื่อประโยชน์ในทางการแพทย์ ยังคงมีปัญหาโดยร่างกายมนุษย์เองอาจสร้างแอนติบอดีต่อ mAb ของหนู ทำให้ mAb ถูกกำจัดทิ้งในร่างกายด้วยระบบภูมิคุ้มกันเสียก่อนที่จะได้ทำงาน และยังทำให้เกิดอาการแพ้ ดังนั้น จึงมีการสร้างมอโนโคลนัลแอนติบอดีของคน (human monoclonal antibody เขียนย่อว่า hmAb) ขึ้นมา แต่การผลิต hmAb โดยใช้ B-lymphocyte จากม้ามของคนที่ถูกกระตุ้นด้วยแอนติเจนนั้นทำไม่ได้ในเชิงสิทธิมนุษยชนขั้นพื้นฐาน จึงเริ่มด้วยการกระตุ้นให้ B-lymphocyte ของคนสร้างแอนติบอดีด้วยวิธีการกระตุ้นนอกอวัยวะ (in vitro immunization)^e แล้วจึงนำมาหลอมรวมกับเซลล์มะเร็งชนิด myeloma ของหนู พบว่า เซลล์ลูกผสมให้แอนติบอดีในระยะแรกเท่านั้น เนื่องจากจีนที่สร้างแอนติบอดีมีมักจะถูกขจัดทิ้งไปในเวลาต่อมา

^c วิธีการสังเคราะห์ชีวโมเลกุลที่ตั้งต้นจากสารประกอบพื้นฐาน

^f กลุ่มเซลล์ที่มีกำเนิดมาจากเซลล์เดียว

^e นำ B-lymphocyte มาเลี้ยงร่วมกับ thymocyte (เป็น lymphocyte ที่พบที่ต่อมธัยมัส) ในน้ำเลี้ยงที่มีแอนติเจนอยู่

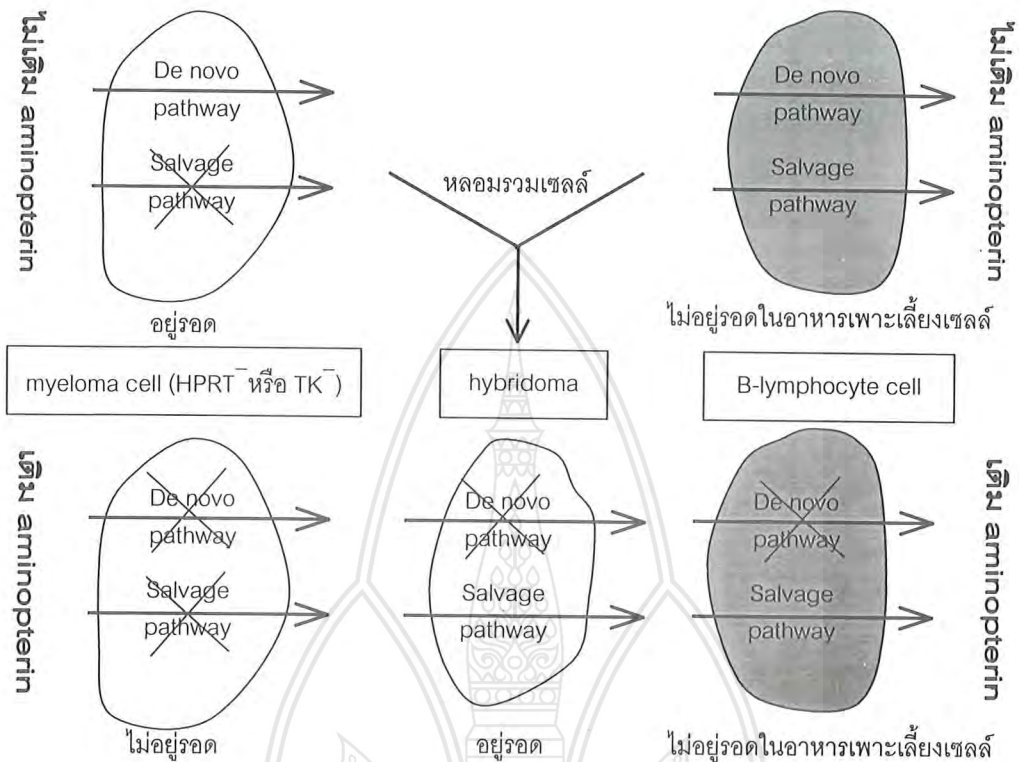


ภาพที่ 3 แสดงการสังเคราะห์นิวคลีโอไทด์ด้วยวิธี de novo (นอกเส้นประ) และวิถีกู้ (ในเส้นประ) (ดัดแปลงจาก Stryer, L., *Biochemistry*, 3rd ed., 1998, p. 601-623)

เพราะจำนวนโครโมโซมมีมากขึ้นกว่าเซลล์แม่และความไม่เข้ากัน (incompatibility) ของจีนของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน เพื่อลดความไม่คงตัวของจีนดังกล่าว ต่อมาจึงมีการปรับปรุงโดยใช้เซลล์ myeloma ที่เป็นเซลล์ลูกผสมของคนกับของหนู (human-mouse hybrid myeloma) แทนการใช้เซลล์ myeloma ของหนู แต่ได้ผลไม่แน่นอน และมีวิธีการที่ยังยากเพิ่มขึ้น

การผลิต hmAb อีกวิธีหนึ่งคือ การเปลี่ยนแปลงจีน (transformation)^h โดยการให้ Epstein-Barr virus บุกรุกเข้าสู่ B-lymphocyte ของคนที่ผลิตแอนติบอดีที่สนใจ จะได้ B-lymphocyte ที่เลี้ยงได้ในห้องเพาะเลี้ยงเซลล์ซึ่งสามารถโคลนได้ แต่หลังจากเลี้ยงเซลล์ระยะหนึ่ง 80% ของเซลล์ที่ผลิต hmAb จะสูญเสียความสามารถในการผลิต hmAb เพราะจีนถูกขจัดทิ้ง

^h การเปลี่ยนแปลงที่จีน ทำให้ฟีโนไทป์ของเซลล์เปลี่ยนไป เซลล์ที่ถูกเปลี่ยนแปลงจีนสามารถเลี้ยงได้ในร่างกาย ส่วนใหญ่มักกลายเป็นเซลล์มะเร็ง



ภาพที่ 4 แสดงการคัดเลือกเซลล์ลูกผสม (hybridoma) ด้วยสูตรอาหาร HAT จะเห็นว่าเซลล์ลูกผสม (hybridoma) เท่านั้นที่อยู่รอดในอาหารเพาะเลี้ยงเซลล์ (ดัดแปลงจาก Harlow, E. and Lane, D. *Antibodies: A Laboratory Manual*, 1988, p. 147)

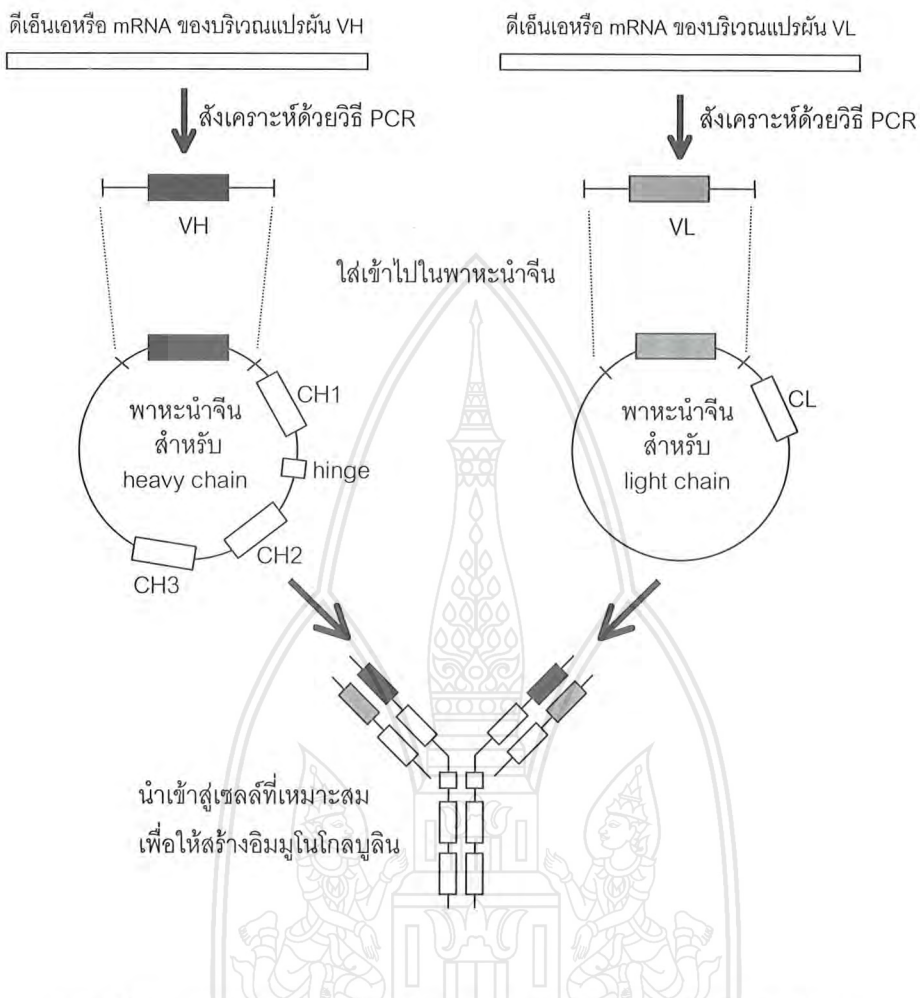
การนำเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมมาใช้
ผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีของคน

ปัจจุบันมีการนำเอาเทคนิคทางพันธุวิศวกรรม (genetic engineering) มาใช้ผลิต hmAb วิธีหนึ่งคือ ใช้วิธี PCR¹ สังเคราะห์จีน VH และจีน VL ของบริเวณแปรผันบนอิมมูโนโกลบูลิน โดยเริ่มต้นจากดีเอ็นเอของ B-lymphocyte ของหนูซึ่งสร้างแอนติบอดี หรือหากไม่ต้องการให้มี

ส่วนอินตรอน (intron)¹ อยู่ในจีน จะใช้วิธี PCR สังเคราะห์จีนดังกล่าวจากอาร์เอ็นเอเข้ารหัส (mRNA) ที่แยกจาก B-lymphocyte ของหนูเช่นกัน จากนั้นนำจีน VH และจีน VL ใส่ในพาหะนำจีน (vector) ที่มีส่วนของจีน CH และจีน CL ของอิมมูโนโกลบูลินจาก lymphocyte ของคน (ภาพที่ 5) และนำเข้าสู่เซลล์รับที่เหมาะสมเพื่อให้มีการสร้างโปรตีน จะได้ mAb ลูกผสม (chimeric mAb)

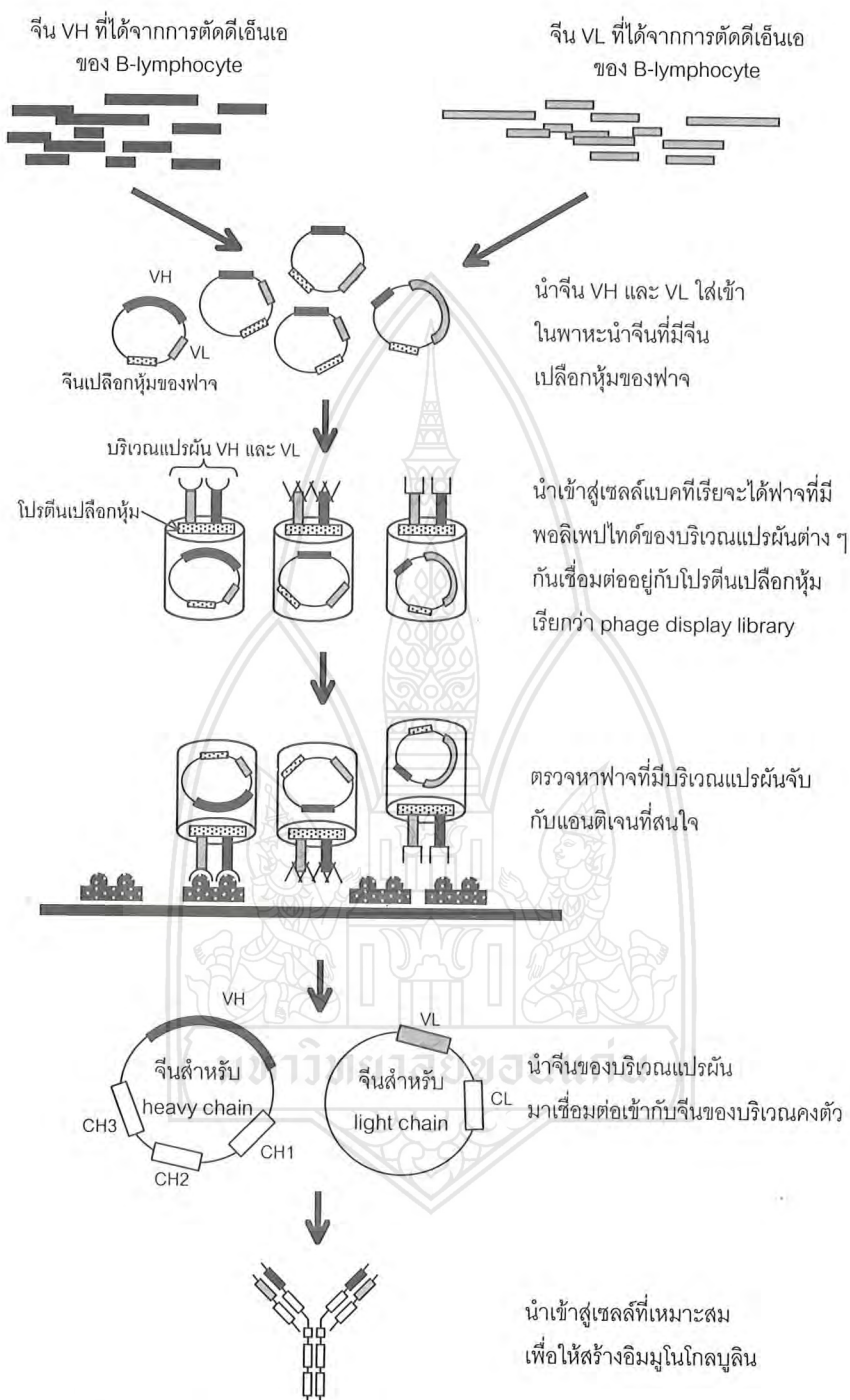
¹ Polymerase Chain Reaction เป็นวิธีการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอบริเวณที่ต้องการโดยใช้ปฏิกิริยาอุกโชของเอนไซม์

¹ บริเวณบนดีเอ็นเอที่ไม่เป็นรหัสของโปรตีน



ภาพที่ 5 แสดงวิธีการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีโดยใช้เทคนิคพันธุวิศวกรรม

(ดัดแปลงจาก Winter, G. and Harris, W.J., 1993,
Humanized antibodies. *Immunology Today* 14 : 244)



ภาพที่ 6 แสดงวิธีการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีจาก phage display library
 (ดัดแปลงจาก Travers, J. *Immunology: the Immune System*
 in Health and Disease, 2nd ed., 1996, p. 2:19)

ที่มีบริเวณแปรผันเป็นของหนู แต่มีบริเวณคงตัวเป็นของคน เมื่อให้เข้าสู่ร่างกายมนุษย์พบว่า immunogenicity ลดลง mAb ลูกผสมจึงคงอยู่นานขึ้นและทำงานได้ดีขึ้น แต่ยังคงมีปัญหาจากบริเวณแปรผันซึ่งเป็นของหนู ดังนั้นเพื่อลดส่วนของจีนที่มาจากหนูให้เหลือน้อยที่สุด จึงมีการนำจีน CDR จากหนูมาเชื่อมต่อเข้ากับส่วนที่เหลือนบนจีน VH VL และจีน CH CL ของคน พบว่าให้ผลในการใช้งานดีขึ้น แต่การตัดต่อจีนยุ่งยากมากขึ้นและในบางครั้งแอนติบอดีมีสัมพรรคภาพลดลง

เพื่อให้ได้ hmAb ที่สมบูรณ์ จึงมีการตัดย่อยจีนของบริเวณแปรผันจาก B-lymphocyte ของคน และนำมาเชื่อมต่อเข้ากับจีนของเปลือกหุ้ม (coat) ของแบคทีริโอฟาจ (bacteriophage เรียกว่า ฟาจ) จากนั้นนำเข้าสู่เซลล์แบคทีเรียเพื่อให้ฟาจเพิ่มจำนวน จะได้ฟาจที่มีบริเวณแปรผันของแอนติบอดีเชื่อมติดอยู่กับโปรตีนของเปลือกหุ้มด้านนอก บริเวณแปรผันจะแตกต่างกันในแต่ละฟาจ ขึ้นกับส่วนของจีนที่เชื่อมต่อ เรียกชื่อว่า phage display library (ภาพที่ 7) ตรวจสอบฟาจที่มีบริเวณแปรผันที่สามารถจับกับแอนติเจนได้ ตรวจสอบแล้วนำจีนจากฟาจดังกล่าวไปตัดต่อเข้ากับจีนของบริเวณคงตัว (จีน CH CL) จะได้จีนของอิมมูโนโกลบูลิน นำเข้าสู่เซลล์ที่เหมาะสมเพื่อให้เซลล์สร้าง hmAb จะได้ hmAb ที่สมบูรณ์

การเตรียม phage display library ตามวิธีการดังกล่าวข้างต้น เป็นการเตรียมจากจีนของบริเวณแปรผันของ B-lymphocyte ที่ไม่มีการกระตุ้นด้วยแอนติเจนใดๆ มาก่อน ซึ่งจะได้ phage display library ที่หลากหลายอันเนื่องมาจากเกิดการเชื่อมต่อกันแบบสุ่มของจีน เมื่อผ่านการคัดเลือกได้บริเวณแปรผันที่จำเพาะกับแอนติเจนที่สนใจ จะได้แอนติบอดีที่ต้องการโดยมิต้องใช้กลไกวิทยาภูมิคุ้มกันของสิ่งมีชีวิตเข้าช่วย ทำให้สามารถผลิตแอนติบอดีต่อ epitope ของแอนติเจนที่ไม่มี

immunogenicity ได้

อนาคตของการพัฒนาการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดี

แม้ว่าเทคโนโลยีการผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีสามารถแก้ปัญหาที่เกิดจากการใช้พอลิโคลนัลแอนติบอดีได้ แต่สิ่งที่ยังเป็นงานที่ท้าทายต่อนักวิจัยคือ การผลิตมอโนโคลนัลแอนติบอดีที่สามารถกำหนดความจำเพาะและสัมพรรคภาพได้ตามต้องการ ดังนั้นงานด้านนี้จึงยังมีหนทางอีกยาวไกลยิ่งนัก

บรรณานุกรม

- Abbas, A.K., Lichtman, A.H. and Pober, J.S. (1994) *Cellular and Molecular Immunology*, W.B.Saunders Company, Philadelphia, USA.
- Davis, W.C. (1995) *Monoclonal Antibody Protocols*, Humana Press, New Jersey, USA.
- De Kruijff, J., Van der Vuurst de Vries, A-R., Cilenti, L., Boel, E., van Ewijk, W. and Logtenberg, T. (1996) New perspectives on recombinant human antibodies. *Immunology Today* 17 : 453-455.
- Harlow, E and Lane, D. (1988) *Antibodies: A Laboratory Manual*, Cold Spring Harbor Laboratory, USA.
- Klein, J. (1990) *Immunology*, Blackwell Scientific Publications, Massachusetts, USA.
- Köhler, G. and Milstèin, C. (1975) Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity. *Nature* 256 : 495-497.

- Stryer, L. (1988) **Biochemistry**, 3rd ed. W. H. Freeman and Company, New York, USA.
- Travers, J. (1996) **Immunology: the Immune System in Health and Disease**, 2nd ed. Current Biology Ltd., New York, USA.
- Winter, G. and Harris, W.J. (1993) Humanized antibodies. *Immunology Today* **14** : 243-246.
- Yamaguchi, H., Furugawa, K., Fortunato, S.R., Livingstone, P.O., Lloyd, K.O., Oettgen, H.F. and Old, L.J. (1987) Cell-surface antigens of melanoma recognized by human monoclonal antibodies. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **84** : 2416-2420.



สมบัติของจำนวนฟีโบนัชชี

อัมพร อนันต์พินิจวัฒนา*

ในบทความนี้จะเป็นการศึกษาสมบัติของจำนวนฟีโบนัชชี (Fibonacci Numbers) ซึ่งเป็นเรื่องหนึ่งที่ค่อนข้างแพร่หลายในทฤษฎีจำนวน โดยการพิสูจน์ด้วยการอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Induction)

นิยาม 1 ลำดับฟีโบนัชชี (Fibonacci Sequence) หมายถึง ลำดับ $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n, \dots$ โดยที่ $F_1 = F_2 = 1$ และ $F_{n+2} = F_{n+1} + F_n$ เมื่อ $n \in \mathbb{N}$ และ F_n คือจำนวนฟีโบนัชชีตัวที่ n ดังนั้น ลำดับฟีโบนัชชี คือ $1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, \dots, F_n, \dots$

สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n

ทฤษฎีบทที่ F-1 $F_{n+r+1} = F_{r+1} F_{n+1} + F_r F_n, r \in \mathbb{N}$

ทฤษฎีบทที่ F-2 $F_n \mid F_m, r \in \mathbb{N}$

ทฤษฎีบทที่ F-3 $F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = F_{n+2} - F_2$

ทฤษฎีบทที่ F-4 $F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+r} = F_{n+r+2} - F_{n+1}, r \in \mathbb{N}$

ทฤษฎีบทที่ F-5 $F_1^2 + F_2^2 + \dots + F_n^2 = F_n F_{n+1}$

ทฤษฎีบทที่ F-6 a. $\frac{F_n F_{n+4} + F_{n+1} F_{n+3}}{2} = F_{n+2}^2$

b. $\frac{F_n F_{n+4} - F_{n+1} F_{n+3}}{2} = (-1)^{n-1}$

ทฤษฎีบทที่ F-7 $(F_n F_{n+4})^2 = (F_{n+1} F_{n+3})^2 + (-1)^{n-1} (2F_{n+2})^2$

ทฤษฎีบทที่ F-8 $F_n F_{n+2} = F_{n+1}^2 - (-1)^n$

ทฤษฎีบทที่ F-1 $F_{n+r+1} = F_{r+1}F_{n+1} + F_rF_n, r \in \mathbb{N}$

พิสูจน์ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ใดๆ

$$\text{ให้ } P(n, r) : F_{n+r+1} = F_{r+1}F_{n+1} + F_rF_n$$

1. สำหรับจำนวนเต็มบวก n ใดๆ

พิจารณา $P(n, 1)$

$$\text{เนื่องจาก } F_1 = F_2 = 1 \text{ และ } F_{n+2} = F_{n+1} + F_n$$

$$\text{ดังนั้น } F_{n+2} = F_2F_{n+1} + F_1F_n$$

ดังนั้น $P(n, 1)$ จริง

2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัว ให้ $P(n, k)$ เป็นจริงสำหรับ $m < k$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad F_{n+k-1} &= F_{k-1}F_{n+1} + F_{k-2}F_n \\ F_{n+k} &= F_kF_{n+1} + F_{k-1}F_n \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{ต้องการพิสูจน์} \quad F_{n+k+1} &= F_{k+1}F_{n+1} + F_kF_n \\ F_{n+k+1} &= F_{n+k} + F_{n+k-1} && (\text{โดยนิยาม 1}) \\ &= (F_kF_{n+1} + F_{k-1}F_n) + (F_{k-1}F_{n+1} + F_{k-2}F_n) && (\text{โดย (1)}) \\ &= F_{n+1}(F_k + F_{k-1}) + F_n(F_{k-1} + F_{k-2}) \\ &= F_{n+1}F_{k+1} + F_nF_k && (\text{โดยนิยาม 1}) \end{aligned}$$

ดังนั้น $P(n, k)$ เป็นจริง

$$\text{จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่าสำหรับจำนวนเต็มบวก } n \text{ ใดๆ } F_{n+r+1} = F_{r+1}F_{n+1} + F_rF_n$$

เป็นจริงสำหรับทุกจำนวนเต็มบวก $r \in \mathbb{N}$

ทฤษฎีบทที่ F-2 $F_n \mid F_m, r \in \mathbb{N}$

พิสูจน์ ให้ $P(n, r) : F_n \mid F_m$

1. พิจารณา $P(n, 1)$

$$\text{เนื่องจาก } F_n = F_n \text{ ดังนั้น } F_n \mid F_n$$

ดังนั้น $P(n, 1)$ เป็นจริง

2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัว ให้ $P(n, k)$ เป็นจริงสำหรับ $m < k$

$$\text{ดังนั้น} \quad F_n \mid F_{(k-1)n}$$

$$\text{ต้องการพิสูจน์} \quad F_n \mid F_{kn}$$

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } F_{kn} &= F_{kn-n+n} \\ &= F_{(k-1)n+n} \\ &= F_nF_{(k-1)n+1} + F_{n-1}F_{(k-1)n} \end{aligned} \quad (\text{โดยท.บ. F-1})$$

$$\text{แต่ } F_n \mid F_n \text{ และ } F_n \mid F_{(k-1)n}$$

$$\text{ดังนั้น } F_n \mid F_n F_{(k-1)n+1} + F_{n-1} F_{(k-1)n}$$

$$\text{ดังนั้น } F_n \mid F_{kn}$$

ดังนั้น $P(n,k)$ เป็นจริง

จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่าสำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n ใดๆ $F_n \mid F_m$ เป็นจริงสำหรับทุกจำนวนเต็มบวก r #

ทฤษฎีบทที่ F-3 $F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = F_{n+2} - F_2$

พิสูจน์ ให้ $P(n) : F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = F_{n+2} - F_2$

1. พิจารณา $P(1)$

$$\text{เนื่องจาก } F_1=1, F_2=1 \text{ และ } F_3=2$$

$$\text{ดังนั้น } F_1 = F_3 - F_2$$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง

2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัว ให้ $P(m)$ เป็นจริงสำหรับจำนวนเต็มบวก $m < k$

$$\text{ดังนั้น } F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{k-1} = F_{k+1} - F_2 \quad (2)$$

$$\text{ต้องการพิสูจน์ } F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_k = F_{k+2} - F_2$$

$$\text{จาก(2)} \quad F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{k-1} = F_{k+1} - F_2$$

$$\begin{aligned} F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{k-1} + F_k &= F_{k+1} - F_2 + F_k \\ &= F_{k+2} - F_2 \quad (\text{โดยนิยาม 1}) \end{aligned}$$

ดังนั้น $P(k)$ เป็นจริง

จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่า $F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_n = F_{n+2} - F_2$ สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n #

ทฤษฎีบทที่ F-4 สำหรับจำนวนเต็มบวก n ใดๆ

$$F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+r} = F_{n+r+2} - F_{n+1}$$

พิสูจน์ ให้ $P(n,r) : F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+r} = F_{n+r+2} - F_{n+1}$

1. พิจารณา $P(n,1) : F_n + F_{n+1} = F_{n+3} - F_{n+1} \quad (3)$

$$F_{n+2} = F_{n+2} \quad (\text{จาก(3) และนิยาม 1})$$

ดังนั้น $P(n,1)$ เป็นจริง

2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัว ให้ $P(n,m)$ เป็นจริงสำหรับ $m < k$

$$\text{ดังนั้น} \quad F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+k-1} = F_{n+k+1} - F_{n+1} \quad \text{_____ (4)}$$

$$\text{ต้องการพิสูจน์} \quad F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+k} = F_{n+k+2} - F_{n+1}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก (4) จะได้} \quad F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+k-1} + F_{n+k} &= F_{n+k+1} - F_{n+1} + F_{n+k} \\ &= F_{n+k+2} - F_{n+1} \quad (\text{โดยนิยาม 1}) \end{aligned}$$

ดังนั้น $P(n,k)$ เป็นจริง

จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่าสำหรับจำนวนเต็มบวก n ใดๆ

$$F_n + F_{n+1} + F_{n+2} + \dots + F_{n+r} = F_{n+r+2} - F_{n+1} \quad \text{เป็นจริงสำหรับทุกจำนวนเต็มบวก } r \quad \#$$

ทฤษฎีบทที่ F - 5 $F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_n^2 = F_n F_{n+1}$

พิสูจน์ ให้ $P(n) : F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_n^2 = F_n F_{n+1}$

1. พิจารณา $P(1) : F_1^2 = F_1 F_2$

เนื่องจาก $1 = 1$

ดังนั้น $1^2 = (1)(1)$

ดังนั้น $F_1^2 = F_1 F_2$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง

2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัวให้ $P(m)$ เป็นจริงสำหรับ $m < k$

$$\text{ดังนั้น} \quad F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_{k-1}^2 = F_{k-1} F_k \quad \text{_____ (5)}$$

ต้องการพิสูจน์ $F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_k^2 = F_k F_{k+1}$

$$\begin{aligned} \text{จาก (5) จะได้} \quad F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_{k-1}^2 + F_k^2 &= F_{k-1} F_k + F_k^2 \\ &= F_k (F_{k-1} + F_k) \\ &= F_k F_{k+1} \quad (\text{โดยนิยาม 1}) \end{aligned}$$

ดังนั้น $P(k)$ เป็นจริง

จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่า $F_1^2 + F_2^2 + F_3^2 + \dots + F_n^2 = F_n F_{n+1}$

สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n #

ทฤษฎีบทที่ F-6

$$a. \frac{F_n F_{n+4} + F_{n+1} F_{n+3}}{2} = F_{n+2}^2$$

$$b. \frac{F_n F_{n+4} - F_{n+1} F_{n+3}}{2} = (-1)^{n-1}$$

พิสูจน์

$$a. \text{ให้ } P(n) : \frac{F_n F_{n+4} + F_{n+1} F_{n+3}}{2} = F_{n+2}^2$$

$$1. \text{พิจารณา } P(1) : \frac{F_1 F_5 + F_2 F_4}{2} = F_3^2$$

จาก $F_1 = 1, F_2 = 1, F_3 = 2, F_4 = 3$ และ $F_5 = 5$

$$\text{จะได้ } \frac{(1)(5) + (1)(3)}{2} = 4$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{F_1 F_5 + F_2 F_4}{2} = F_3^2$$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัวให้ $P(m)$ เป็นจริงสำหรับ $m < k$

$$\text{ดังนั้น } \frac{F_{k-1} F_{k+3} + F_k F_{k+2}}{2} = F_{k+1}^2$$

$$\text{หรือ } \frac{F_{k-1} F_{k+3} + F_k F_{k+2}}{2} = 2F_{k+1}^2 \quad \text{_____ (6)}$$

$$\text{ต้องการพิสูจน์ } \frac{F_k F_{k+4} + F_{k+1} F_{k+3}}{2} = F_{k+2}^2$$

$$\text{หรือ } \frac{F_k F_{k+4} + F_{k+1} F_{k+3}}{2} = 2F_{k+2}^2$$

$$\text{พิสูจน์ } F_k F_{k+4} + F_{k+1} F_{k+3} = F_k (F_{k+3} + F_{k+2}) + (F_{k-1} + F_k) F_{k+3} \quad (\text{โดยนิยาม 1})$$

$$= F_k F_{k+3} + F_k F_{k+2} + F_{k-1} F_{k+3} + F_k F_{k+3}$$

$$= 2F_k F_{k+3} + 2F_{k+1}^2$$

(โดย (6))

$$= 2[F_k (F_{k+2} + F_{k+1}) + F_{k+1}^2]$$

(โดยนิยาม 1)

$$= 2[F_k (2F_{k+1} + F_k) + F_{k+1}^2]$$

(โดยนิยาม 1)

$$= 2[F_k^2 + 2F_k F_{k+1} + F_{k+1}^2]$$

$$= 2[F_k + F_{k+1}]^2$$

$$= 2F_{k+2}^2$$

(โดยนิยาม 1)

ดังนั้น $P(k)$ เป็นจริง

จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่า $\frac{F_n F_{n+4} + F_{n+1} F_{n+3}}{2} = F_{n+2}^2$ สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n #

b. ให้ $P(n) : \frac{F_n F_{n+4} - F_{n+1} F_{n+3}}{2} = (-1)^{n-1}$

1. พิจารณา $P(1) : \frac{F_1 F_5 - F_2 F_4}{2} = (-1)^0 = 1$

จาก $F_1 = 1, F_2 = 1, F_3 = 2$ และ $F_4 = 3$ และ $F_5 = 5$

จะได้ $\frac{(1)(5) - (1)(3)}{2} = 1 = (-1)^0$

ดังนั้น $\frac{F_1 F_5 - F_2 F_4}{2} = (-1)^{n-1}$

ดังนั้น $P(1)$ เป็นจริง

2. สำหรับจำนวนเต็มบวก k ทุกตัว ให้ $P(m)$ เป็นจริงสำหรับ $m < k$

ดังนั้น $\frac{F_{k-1} F_{k+3} - F_k F_{k+2}}{2} = (-1)^{k-2}$

หรือ $F_{k-1} F_{k+3} - F_k F_{k+2} = 2(-1)^{k-2}$ _____ (7)

ต้องการพิสูจน์ $\frac{F_k F_{k+4} - F_{k+1} F_{k+3}}{2} = (-1)^{k-1}$

หรือ $F_k F_{k+4} - F_{k+1} F_{k+3} = 2(-1)^{k-1}$

พิสูจน์

$F_k F_{k+4} - F_{k+1} F_{k+3} = F_k (F_{k+2} + F_{k+3}) - (F_{k-1} + F_k) F_{k+3}$ (โดยนิยาม 1)

$= F_k F_{k+2} + F_k F_{k+3} - F_{k-1} F_{k+3} - F_k F_{k+3}$

$= -(F_{k-1} F_{k+3} - F_k F_{k+2})$

$= -[2(-1)^{k-2}]$ (โดย(7))

$= -(-1)[2(-1)^{k-1}]$

$= 2(-1)^{k-1}$

ดังนั้น $P(k)$ เป็นจริง

จาก 1. และ 2. สรุปได้ว่า $\frac{F_n F_{n+4} - F_{n+1} F_{n+3}}{2} = (-1)^{n-1}$ สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n #

ทฤษฎีบทที่ F-7 $(F_n F_{n+4})^2 = (F_{n+1} F_{n+3})^2 + (-1)^{n-1} (2F_{n+2})^2$

พิสูจน์ จากท.บ. F-6 ข้อ a. และ b. จะได้

$$\frac{(F_n F_{n+4})^2 - (F_{n+1} F_{n+3})^2}{4} = (-1)^{n-1} F_{n+2}^2$$

หรือ $(F_n F_{n+4})^2 - (F_{n+1} F_{n+3})^2 = (-1)^{n-1} (2F_{n+2})^2$ #

ทฤษฎีบทที่ F-8 $F_n F_{n+2} = F_{n+1}^2 - (-1)^n$

พิสูจน์ จากท.บ. F-6 ข้อ a. และ b. จะได้

$$F_{n+1} F_{n+3} = F_{n+2}^2 - (-1)^{n-1}$$

ดังนั้น $F_k F_{k+2} = F_{k+1}^2 - (-1)^{k-2}$ โดยที่ $k = n + 1$

แต่ $(-1)^{k-2} = (-1)^k$

ดังนั้น $F_k F_{k+2} = F_{k+1}^2 - (-1)^k$

ดังนั้น $F_n F_{n+2} = F_{n+1}^2 - (-1)^n$ เมื่อ $n > 1$

พิจารณากรณีที่ $n = 1$

เนื่องจาก $2 = 1 + 1$
 $= 1^2 - (-1)^1$

และเนื่องจาก $F_1 = 1, F_2 = 1$ และ $F_3 = 2$

ดังนั้น $F_1 F_3 = F_2^2 - (-1)^1$

ดังนั้น $F_n F_{n+2} = F_{n+1}^2 - (-1)^n$ สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก n #

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หนังสืออ้างอิง

สมวงษ์ แปลงประสพโชค (พ.ศ. 2537) “ทฤษฎีจำนวน” พิมพ์ครั้งที่ 3 ชมรมคณิตศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนคร

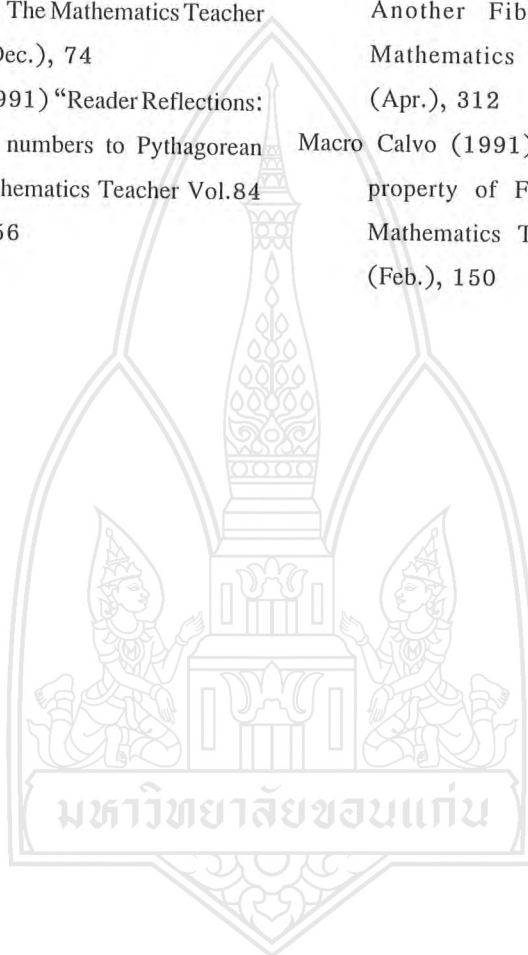
Danielle Seadia (1993) “Reader Reflections : Fibonacci sums” The Mathematics Teacher Vol.86 No.9 (Dec.), 74

Jonathan E.Bertucci (1991) “Reader Reflections: Form Fibonacci numbers to Pythagorean triples” The Mathematics Teacher Vol.84 No.5 (May), 356

Paul J.Maiorano (1996) “Reader Reflections : Sum of squares of Fibonacci numbers” The Mathematics Teacher Vol. 89 No. 4 (Oct.), 624

Paul J. Maiorano (1997) “Reader Reflections : Another Fibonacci relation” The Mathematics Teacher Vol.92 No.4 (Apr.), 312

Macro Calvo (1991) “Reader Reflections: A property of Fibonacci numbers” The Mathematics Teacher Vol. 84 No.2 (Feb.), 150



การผลิตเอนไซม์ไคซานเนสจากเชื้อ
Sporotrichum pulverulentum
ในสภาวะการเลี้ยงเชื้อด้วยอาหารเหลว
**Production of Xylanase from *Sporotrichum*
pulverulentum in Liquid State Fermentation.**

อารี ฤทธิบุรณ์*

บทคัดย่อ

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตเอนไซม์ไคซานเนสจากเชื้อ *S. pulverulentum* ด้วยการเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โดยมีตัวแปรดังต่อไปนี้ 1) ความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอน เท่ากับ 0 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ 2) แหล่งไนโตรเจน ใช้แอมโมเนียมไนเตรท ความเข้มข้นเท่ากับ 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 และใช้ยูเรีย ความเข้มข้นเท่ากับ 0 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งใช้โพลีเปปโตนและยีสต์สกัด ความเข้มข้นเท่ากับ 0.025 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และ 3) พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 4 5 6 และ 7

ผลการทดลอง พบว่าการใช้ฟางข้าว 1 และแอมโมเนียมไนเตรท 0.3 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าพีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5 เป็นสภาวะที่เหมาะสมซึ่งทำให้ได้กิจกรรมของเอนไซม์และกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์สูงสุดเท่ากับ 9.53 ยูนิต/มิลลิลิตร และ 9.49 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ

Abstract

The optimization of the xylanase enzyme production by *S. pulverulentum* in liquid state fermentation with rice straw as the sole carbon source was undertaken. Effect of three variables were studied, including 1) carbon source concentration : 0, 1, 2 and 3%; 2) nitrogen source : NH_4NO_3 (0.3, 0.4, 0.5 and 0.6%) and urea (0, 1, 2 and 3%) compared with the control : polypeptone 0.025% plus yeast extract 0.1% and 3) initial pH 4, 5, 6 and 7.

The optimal nutrition conditions were found to be 1% rice straw and 0.3% NH_4NO_3 at pH 5. The obtaining peak activity and specific activity were 9.53 U/ml and 9.49 U/mg respectively.

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมมี วัสดุเศษเหลือทางเกษตรมากมาย เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด ชานอ้อย เป็นต้น วัสดุเศษเหลือทางเกษตรเหล่านี้เป็นสารพอลิกลินโนเซลลูโลส (lignocellulose) ที่ประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) และจากรายงานพบว่าเฮมิเซลลูโลสเป็น สารที่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ได้ง่ายกว่า เซลลูโลสและลิกนิน^(1,2) และมีปริมาณเป็น 20-30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งของวัสดุเศษเหลือทาง การเกษตร⁽³⁾ เฮมิเซลลูโลสเป็นสารที่มีน้ำหนัก โมเลกุลต่ำเมื่อเทียบกับเซลลูโลส การแบ่งชนิดของ เฮมิเซลลูโลสจะแบ่งตามชนิดของน้ำตาลที่เป็น องค์ประกอบหลัก น้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบหลัก เช่น ดี-ไซโลส (D-xylose) ดี-แมนโนส (D-mannose) ดี-กาแลคโตส (D-galactose) และแอล-อะราบินโนส (L-arabinose) ดังนั้นชนิด ของเฮมิเซลลูโลสจึงเป็นไซแลน แมนแนน กาแลค แตน และอะราบินแนน ตามลำดับ ในส่วนของ ไซแลนประกอบด้วยน้ำตาลไซโลสต่อกันด้วยพันธะ $\beta(1-4)$ glycosidic ซึ่งเป็นโครงสร้างหลักที่เหมือน กันในพืชทุกชนิด แต่จะแตกต่างกันในส่วนของสาย ไซ (side chain) คือ 4-O-methyl-D-glucuronic acid, L-arabinose หรือ D-glucuronic acid⁽⁴⁾ สายไซเหล่านี้จะเชื่อมกับไซโลสที่ตำแหน่งต่าง ๆ กัน เช่น 4-O-methyl-D-glucuronic acid เชื่อมกับ ไซโลสด้วยพันธะ $\alpha(1-2)$ glycosidic และ L-arabinose เชื่อมกับไซโลสด้วยพันธะ $\alpha(1-3)$ glycosidic⁽⁵⁾ ในด้านคุณสมบัติพบว่าไซแลนที่มี หมู่อะซีติล (acetylated xylan) ละลายน้ำได้ ในขณะที่ไซแลนที่ไม่มีหมู่อะซีติล (deacetylated xylan) ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายต่าง⁽⁴⁾ นอกจากนี้พบว่าจุลินทรีย์หลายชนิดรวมทั้งเชื้อรา แบคทีเรีย และแอคทิโนมัยซิสสามารถสร้าง

เอนไซม์ไซแลนเนสย่อยสลายไซแลนให้กลายเป็น น้ำตาลไซโลส และโอลิโกแซคคาไรด์ต่าง ๆ ^(6,7,8)

จากการทดลองที่ผ่านมาได้นำเชื้อราที่ สามารถสร้างเอนไซม์ไซแลนเนสและเก็บรักษาไว้ที่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่ง ประเทศไทย จำนวน 4 ชนิด ทำการเลี้ยงเชื้อใน สภาวะการเลี้ยงเชื้อด้วยอาหารแข็ง พบว่าเชื้อ *S. pulverulentum* สามารถสร้างเอนไซม์ไซแลนเนส ได้สูงสุด ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้เชื้อราชนิดนี้ และใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อการผลิต เอนไซม์ไซแลนเนสในสภาวะการเลี้ยงเชื้อด้วยอาหาร เหลว

วิธีดำเนินงาน

1. วัตถุดิบ

ฟางข้าวได้มาจากนาข้าวหลังการเก็บเกี่ยว บริเวณใกล้เคียงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำมาบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรงให้มีขนาดไม่เกิน 0.25 มิลลิเมตร ใส่ขวดสารเคมีที่สะอาดเก็บรักษาที่ อุณหภูมิห้อง

2. เชื้อจุลินทรีย์

เชื้อ *S. pulverulentum* จากสถาบันวิจัย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เก็บ รักษาในอาหารวุ้นเยือก Potato Dextrose Agar (PDA) โดยเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน จนเกิดสปอร์เต็มๆ จึงเก็บในตู้เย็น เพาะเลี้ยงเชื้อ ต่อเนื่องโดยเปลี่ยนอาหารใหม่ทุกๆ 2 เดือน

3. อาหารเหลวเลี้ยงเชื้อ

สูตรอาหารปกติที่ใช้ประกอบด้วย โพลีเปป โตริน 0.25 กรัม ยีสต์สกัด 1.0 กรัม แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) 0.3 กรัม แมกนีเซียมซัลเฟต ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 0.3 กรัม โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 1.0 กรัม ไดโพแทสเซียมโมโนไฮโดร-เจนฟอสเฟต (K_2HPO_4) 1.0 กรัม กลูโคส 2.0 กรัม

โดยละลายในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร ปรับพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อเป็น 6.0 เมื่อจะทดสอบผลกระทบของแหล่งไนโตรเจนจะแทนที่โพสเฟอไรต์และยีสต์สกัดด้วยสารที่จะทดสอบนั้น ๆ

4. การเตรียมสปอร์ของเชื้อรา

นำสปอร์ของเชื้อรามารกระจายในน้ำกลั่นที่ผสม Tween 80 ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ และนับจำนวนของสปอร์ด้วยฮีมาไซโตมิเตอร์ (haemocytometer) ให้มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 10^6 สปอร์/มิลลิลิตรและเติมสารแขวนลอยสปอร์รา 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ 75 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอยู่ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร

5. การวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ ไซลานเนส

วิเคราะห์ตามวิธีของ Tang และคณะ⁽⁹⁾ ดังนี้คือนำสารละลายเอนไซม์ที่ผ่านการเจือจางอย่างเหมาะสม 0.5 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายไซแลน ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ในโซเดียมซเตรตบัฟเฟอร์ พีเอช 4.8 ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร อินคิวเบต (incubate) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที หยุดปฏิกิริยาด้วยการเติมสารละลาย 3, 5 dinitrosalicylic acid (DNS reagent) 3 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที ทำให้เย็นเติมน้ำกลั่น 6 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 นาโนเมตร โดยเทียบค่าปริมาณไซโลสจากกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมที่ความเข้มข้น 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สำหรับแบบลงคี่ใช้น้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร แทนสารละลายตัวอย่าง คำนวณกิจกรรมเอนไซม์ ไซลานเนสให้มีหน่วยเป็นยูนิต/มิลลิลิตร และกิจกรรมจำเพาะ (specific activity) ของเอนไซม์ ให้มีหน่วยเป็นยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน

กำหนดให้ 1 ยูนิต หมายถึงปริมาณเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาการย่อยสลายสับสเตรท (substrate) ให้เป็นน้ำตาลไซโลส 1 ไมโครโมล ใน

เวลา 1 นาที

6. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนที่ละลายได้

วิเคราะห์ตามวิธีของ Lowry และคณะ⁽¹⁰⁾ มีวิธีการดังนี้คือนำสารละลายเอนไซม์ที่เจือจางอย่างเหมาะสม 0.1 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล 0.9 มิลลิลิตร นำไปต้มในน้ำเดือด เป็นเวลา 5 นาที เติมน้ำยาเคมี (Na_2CO_3 5 เปอร์เซ็นต์ 30 มิลลิลิตร กับ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.5 เปอร์เซ็นต์ในโซเดียม-โปแตสเซียมตาเดท 1 เปอร์เซ็นต์ 2 มิลลิลิตร) 2.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติมน้ำยาเคมี (Folin Ciocalteus phenol reagent 1 มิลลิลิตรกับน้ำกลั่น 2 มิลลิลิตร) 0.5 มิลลิลิตร เขย่าทันที ทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดการดูดกลืนแสงที่ 700 นาโนเมตร เทียบค่าโปรตีนจากกราฟมาตรฐานซึ่งเตรียมโดยใช้ bovin serum albumin (BSA) ที่ระดับความเข้มข้น 0 500 1,000 1,250 และ 1,500 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร

7. การเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวเพื่อการผลิตเอนไซม์

เลี้ยงเชื้อโดยการเติมฟางข้าวบดตามความเข้มข้นที่ต้องการในอาหารเหลว (ข้อ 3) ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร โดยการเตรียมการทดลองละ 2 ฟลาสก์ อินคิวเบตที่อุณหภูมิห้องด้วยเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 200 รอบ/นาที สุ่มตัวอย่างทุกๆ วัน เป็นเวลา 7 วัน นำสารละลายไปปั่นเหวี่ยงที่ 3145 xg (4,000 รอบ/นาที) เป็นเวลา 20 นาที นำส่วนใสที่ได้ไปวิเคราะห์ค่ากิจกรรมของเอนไซม์ ไซลานเนสและปริมาณโปรตีน

8. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ ไซลานเนส

โดยทำการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

8.1 ความเข้มข้นของฟางข้าวบด

ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งคาร์บอน โดยทำการศึกษาความเข้มข้นต่างๆ กัน คือ 0 1 2

และ 3 เปอร์เซ็นต์

8.2 ชนิดและความเข้มข้นของแหล่ง
ไนโตรเจน

เลี้ยงเชื้อในอาหารเหลวโดยเติมฟาง
ข้าวในความเข้มข้นที่เหมาะสม (ข้อ 8.1) ศึกษาผล
ของแหล่งไนโตรเจน 2 ชนิด คือแอมโมเนียมไน-
เตรทและยูเรีย รวมทั้งศึกษาความเข้มข้นที่เหมาะสม
โดยเดิมที่ความเข้มข้นต่างๆ กัน คือแอมโมเนียม
ไนเตรท 0.3 0.4 0.5 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ และ
ยูเรีย 1 2 และ 3 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับ
ชุดควบคุม (ชนิดและความเข้มข้นของแหล่ง
ไนโตรเจนในอาหารเลี้ยงเชื้อข้อ 3)

8.3 ศึกษาผลของพีเอชเริ่มต้น

ปรับพีเอชเริ่มต้นของอาหารเลี้ยง
เชื้อที่เติมฟางข้าวรวมทั้งชนิดและความเข้มข้นของ
แหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสม (ข้อ 8.1 และ 8.2)
ให้มีค่าพีเอชเป็น 4 5 6 และ 7

ผลการวิเคราะห์

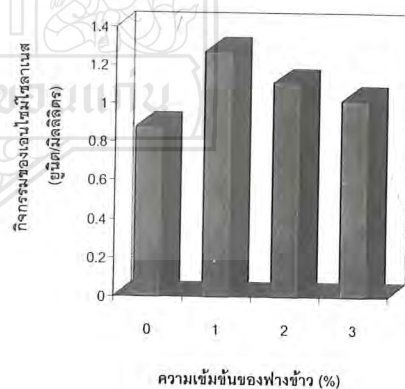
จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการ
ผลิตเอนไซม์ไซลานเนสจากเชื้อ *S. pulverulentum*
ที่เลี้ยงในสภาวะอาหารเหลว ปรากฏผลดังต่อไปนี้

1. ผลของความเข้มข้นของแหล่ง คาร์บอน

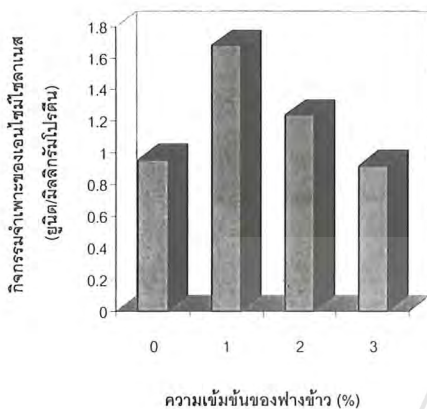
เชื้อเจริญในอาหารเหลวทุกสูตรใน
ลักษณะที่เป็นก้อนกลม (mycelium ball) และเมื่อ
ทำการวิเคราะห์กิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของ
เอนไซม์ไซลานเนสพบว่าเมื่อใช้ฟางข้าวที่ความเข้มข้น
1 เปอร์เซ็นต์ จะให้กิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะ
ของเอนไซม์ไซลานเนสสูงสุด เท่ากับ 1.27 หน่วย/
มิลลิลิตร และ 1.68 หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน ตาม
ลำดับ ที่สูงรองลงมา คือการใช้ฟางข้าว 2 เปอร์เซ็นต์
ให้ค่ากิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไซ-
ลานเนส เท่ากับ 1.11 หน่วย/มิลลิลิตร และ 1.24
หน่วย/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ (รูปที่ 1 และ 2)

2. ชนิดและความเข้มข้นของแหล่ง ไนโตรเจน

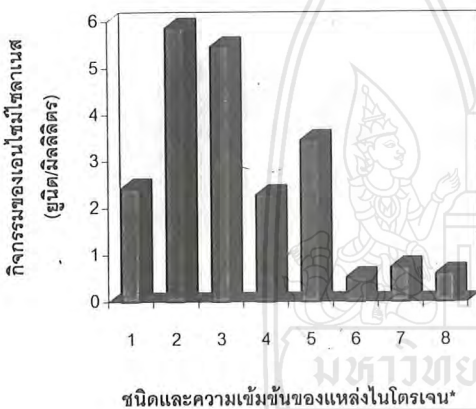
ผลของแหล่งไนโตรเจนต่อการผลิต
เอนไซม์ไซลานเนส เมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรท
และยูเรียเปรียบเทียบกับแหล่งไนโตรเจนในสูตร
อาหารตั้งต้นซึ่งเป็นชุดควบคุมและมีแหล่งไนโตรเจน
2 ชนิดเป็นองค์ประกอบ คือโพลีเปปโตนและยีสต์
สกัด (รูปที่ 3 และ 4) พบว่ากิจกรรมและกิจกรรม
จำเพาะของเอนไซม์สูงสุดเมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรท
เป็นแหล่งไนโตรเจน ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์ที่ได้
สูงกว่าชุดควบคุม แต่เมื่อใช้ยูเรียพบว่ากิจกรรม
และกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไซลานเนสที่ได้ต่ำ
กว่าการใช้แอมโมเนียมไนเตรทและต่ำกว่าชุด
ควบคุมด้วย นอกจากนี้ค่ากิจกรรมและกิจกรรม
จำเพาะของเอนไซม์สูงสุดเมื่อใช้แอมโมเนียมไนเตรท
ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 5.84
ยูนิต/มิลลิลิตร และ 9.20 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน
ตามลำดับ ส่วนค่ากิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของ
เอนไซม์ที่สูงรองลงมาคือการใช้แอมโมเนียมไนเตรท
ความเข้มข้น 0.4 เปอร์เซ็นต์ (5.46 ยูนิต/มิลลิลิตร
และ 6.19 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน ตามลำดับ)



รูปที่ 1 ผลของความเข้มข้นของฟางข้าวต่อ
กิจกรรมของเอนไซม์ไซลานเนสจาก
S. pulverulentum ที่เลี้ยงในสภาวะอาหาร
เหลว เป็นเวลา 5 วัน



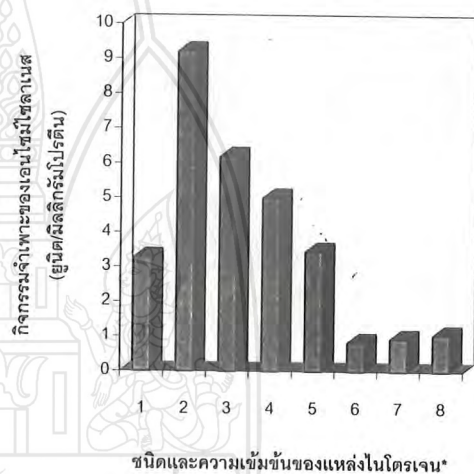
รูปที่ 2 ผลของความชื้นของฟางข้าวต่อกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไโซลานเนสจาก *S. pulverulentum* ในสภาวะอาหารเหลวเป็นเวลา 5 วัน



รูปที่ 3 ผลของชนิดและความชื้นของแหล่งไนโตรเจนต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไโซลานเนสจาก *S. pulverulentum* ที่เลี้ยงในสภาวะอาหารเหลวเป็นเวลา 5 วัน

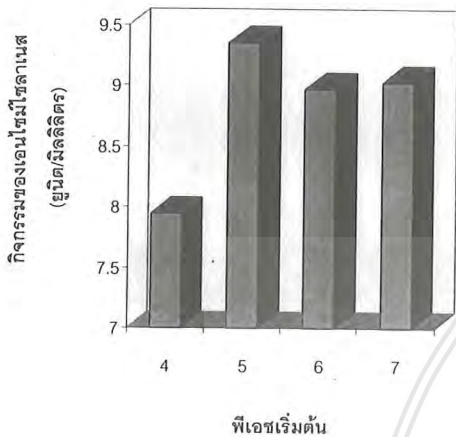
3. พีเอชเริ่มต้น

ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อการผลิตเอนไซม์ไโซลานเนสจากเชื้อ *S. pulverulentum* (รูปที่ 5 และ 6) พบว่า พีเอชเริ่มต้นที่ให้ค่ากิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไโซลานเนสสูงสุดหลังจากการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 5 วัน คือพีเอช 5.0 (9.35 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน และ 9.49 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีนตามลำดับ) และเชื้อที่ให้ค่ากิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์สูงรองลงมาที่พีเอชเริ่มต้น 4.0 (7.95 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีน และ 8.41 ยูนิต/มิลลิกรัมโปรตีนตามลำดับ)

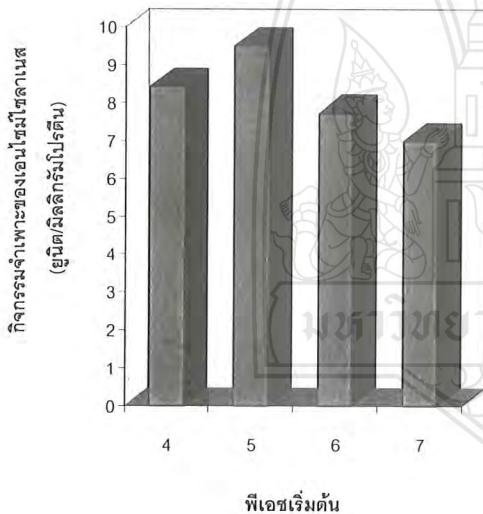


รูปที่ 4 ผลของชนิดและความชื้นของแหล่งไนโตรเจนต่อกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไโซลานเนสจาก *S. pulverulentum* ที่เลี้ยงในสภาวะอาหารเหลวเป็นเวลา 5 วัน

*1= ชุดควบคุม 2= แอมโมเนียมไนเตรท 0.3 เปอร์เซ็นต์ 3= แอมโมเนียมไนเตรท 0.4 เปอร์เซ็นต์ 4= แอมโมเนียมไนเตรท 0.5 เปอร์เซ็นต์ 5= แอมโมเนียมไนเตรท 0.6 เปอร์เซ็นต์ 6= ยูเรีย 1 เปอร์เซ็นต์ 7= ยูเรีย 2 เปอร์เซ็นต์ 8= ยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 5 ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อกิจกรรมของเอนไซม์ไโซลานเนสจาก *S. pulverulentum* ที่เลี้ยงในสภาวะอาหาร เหลว เป็นเวลา 5 วัน



รูปที่ 6 ผลของพีเอชเริ่มต้นต่อกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไโซลานเนสจาก *S. pulverulentum* ที่เลี้ยงในสภาวะอาหาร เหลว เป็นเวลา 5 วัน

สรุปและวิจารณ์ผล

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ไโซลานเนสจากเชื้อ *S. pulverulentum* โดยใช้ฟางข้าวบดเป็นแหล่งคาร์บอน พบว่าการใช้ฟางข้าวบดความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่ากิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไโซลานเนสสูงที่สุด เท่ากับ 1.27 ยูนิต/มิลลิลิตร และ 1.68 ยูนิต/มิลลิลิตรกรัมโปรตีน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการวิจัยที่มีมาก่อน^(11,12,13) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแหล่งคาร์บอนทำให้กิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ลดน้อยลงอาจจะเนื่องมาจากแหล่งคาร์บอนความเข้มข้นสูงเกินไปจะยับยั้งการสังเคราะห์เอนไซม์⁽¹⁴⁾ หรืออาจจะเนื่องมาจากเกิดการถ่ายเทมวลสารได้น้อยลง⁽¹³⁾ และเมื่อศึกษาถึงชนิดและความเข้มข้นของแหล่งไนโตรเจน พบว่าการใช้แอมโมเนียมไนเตรท 0.3 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่ากิจกรรมและกิจกรรมจำเพาะของเอนไซม์ไโซลานเนสสูง เท่ากับ 5.84 ยูนิต/มิลลิลิตร และ 9.20 ยูนิต/มิลลิลิตรกรัมโปรตีน ตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อทำการทดสอบพีเอชเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการสร้างเอนไซม์ไโซลานเนสของเชื้อ พบว่าพีเอชเริ่มต้น เท่ากับ 5.0 ให้ค่ากิจกรรมและกิจกรรมของเอนไซม์ไโซลานเนสสูงที่สุด เท่ากับ 9.35 ยูนิต/มิลลิลิตร และ 9.49 ยูนิต/มิลลิลิตรกรัมโปรตีน ตามลำดับ จากรายงานการวิจัยที่ผ่านมา พีเอชที่เหมาะสมต่อการสร้างเอนไซม์ไโซลานเนสจะแตกต่างกันไป เช่น พีเอชเริ่มต้นอยู่ในช่วงพีเอชเป็นกรด^(15,16,17) และอยู่ในช่วงพีเอชเป็นด่าง⁽¹⁸⁾ ทั้งนี้เนื่องจากชนิดของเชื้อที่แตกต่างกัน⁽¹⁸⁾

เอกสารอ้างอิง

- Domsh, K.H. and Gams, W. 1969. Variability and potential of a soil fungus population to decompose pectin, xylan and carboxymethyl -cellulose. Soil Biol. Biochem. 1:29 -36.
- Han, Y.M. 1978. Microbial utilization of straw (a review). Adv.Appl. Microbiol. 23:119 -153.
- Karni, M., Deopurkar, R.L. and Prale, V.B. 1993. β -xylanase production by *Aureobasidium pullulans* grown on sugars and agricultural residues. J. Microbiol. Biotechnol. 9:476-478.
- Bastawde, K.B. 1992. Xylan structure, microbial xylanase, and their mode of action. World J. Microbiol. Biotechnol. 8:353-368.
- Goodwin, T.W. and Mercer, E.I. 1983. Introduction to Plant Biochemistry. 2nd ed. Pergamon Press, Oxford.
- Lizuka, H. and Kawaminami, T. 1965. Studies on the xylanase from *Streptomyces* Part I. Purification and some properties of xylanase from *Streptomyces xylophagus* nov. sp. Agr. Biol. Chem. 29:520-524.
- King, N.J. and Fuller, D.B. 1968. The xylanase system of *Coniophora cerebella*. Biochem. J. 108 : 571-576.
- Takahashi, M. and Kutsumi, S. 1979. Purification and properties of xylanase from *Gliocladium virens*. J. Ferment. Technol. 57:434-439.
- Tang, L.U.L., Yu, E.K.C., Louis-Seize, G.W. and Saddle, J.N. 1987. Inexpensive rapid procedure for bulk purification of cellulase-free β -1,4-D-xylanase for high specific activity. Biotechnol. Bioeng. 30: 96-106.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193:265-275.
- Royer J.C. and Nakas, J.P. 1989. Xylanase production by *Trichoderma longibrachiatum*. Enzyme Microb. Technol. 11:405-410.
- Gattinger, L.D., Duvnjak, Z. and Khan, A.W. 1990. The use of canola meal as a substrate for xylanase production by *Trichoderma reesei*. Appl. Microbiol. Biotechnol. 33:21-25.
- Ghosh, M. and Nanda, G. 1993. High activity xylanase from *Aspergillus sudowii* MG 49 during growth on jute stalk lignocellulose. Letters in Appl. Microbiol. 17:68-71.
- Chaudhary, K. and Tauro, P. 1986. Synthesis of xylanases by *Trichoderma reesei*. MIRCEN J. App. Microbiol. Technol. 2:399-403.
- Bailey, M.J. and Viikari, L. 1993. Production of xylanase by *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus oryzae* on xylan-based media. World J. Microbiol. Biotechnol. 9:80-84.
- Saxena, A., Kuhad, R.C., Saxena, R.K. and Gupta, R. 1994. Production and characterization of a xylanase from *Cyathus stercoreus*. World J. Microbiol. Biotechnol. 10:293-295.

17. Das, A. and Nanda, G. 1995. Production of xylanolytic enzymes during growth on pulverized grass by *Aspergillus ochraceus*-42. Letters in Appl. Microbiol. 20:141-144.
18. Bailey, M.J., Buchert, J. and Viikari, L. 1993. Effect of pH on production of xylanase by *Trichoderma reesei* on xylan- and cellulose-based media. Appl. Microbiol. Biotechnol. 40:224-229.



วิธีการอย่างง่ายในการทดสอบ การสร้างแบคทีริโอซิน

A Simple Method for Detecting Bacteriocin Production : Swab-paper disc

พงศ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ*
และปาริชาติ พุ่มขจร*

บทคัดย่อ

วิธีการอย่างง่ายในการตรวจหาแบคทีเรียที่สามารถสร้างแบคทีริโอซินถูกพัฒนาขึ้น วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่าย อุปกรณ์ที่ใช้มีราคาถูก และหาได้ง่าย ซึ่งได้แก่ ไม้พันสำลี และแผ่นกระดาษกรอง ในการศึกษาประสิทธิภาพสำเร็จในการใช้เทคนิค Swab-paper disc ในการตรวจการสร้างแบคทีริโอซินในเชื้อแบคทีเรียสองชนิดที่ได้ศึกษามาย่างละเอียดแล้วว่าสามารถสร้างแบคทีริโอซินได้ ซึ่งได้แก่ *Lactobacillus sake* LB 706 และ *Lactobacillus acidophilus* N2

ABSTRACT

A simple screening method was developed for detecting the bacteriocin production from bacteria. This method is not only simple and straightforward but also requires inexpensive and easy-to-find equipment such as cotton swabs and paper discs. In this study, the Swab-paper disc method was successfully used to detect bacteriocin production from two well characterized bacteriocin-producing bacteria, *Lactobacillus sake* Lb 706 and *Lactobacillus acidophilus* N2

Key words : Bacteriocin, simple method, paper disc,

INTRODUCTION

Bacteriocins are antibacterial substances which are produced by many different bacterial species [1,2,3,4,5,6]. They are proteinaceous in nature and are bactericidal against other, mostly closely related bacteria. Bacteriocins have become proteins of interest because many of them are known to be biologically active towards food spoilage and/or pathogenic bacteria and offer the further prospect of application to improve food preservation [2,4,5]. Their future application for the prevention of certain infectious diseases makes them more interesting [1]. Since bacteriocins are shown to be very promising for use in food industry and medicine, many research groups have put a great effort in order to find bacteriocin-producing bacteria that can be used commercially.

Two conventional methods commonly used to screen for bacteriocin-producing bacteria are agar spot test method and well diffusion method which many researchers found to be useful methods for detecting bacteriocin production [7,8,9,10,11]. However, both conventional methods are skill-demanding methods. This study offers an alternative method, the swab-paper disc method, that can be used to screen for bacteriocin-producing bacteria. This method is simple and does not require any expensive and sophisticated equipment.

MATERIALS AND METHODS

Bacterial strains

Bacterial strains used in this study were *Lactobacillus sake* Lb 706, *Lactobacillus sake* DSM 20017, *Lactobacillus acidophilus* N2,

Lactobacillus delbrueckii ssp. *lactis* ATCC 4797, and *Leuconostoc mesenteroides* TISTR 473.

Lactobacillus sake Lb 706 and *Lactobacillus acidophilus* N2 are bacteriocin-producing bacteria. *Lactobacillus sake* DSM 20017, and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *lactis* ATCC 4797 are specific indicator strains of *Lactobacillus sake* Lb 706 and *Lactobacillus acidophilus* N2, respectively. *Leuconostoc mesenteroides* TISTR 473 is non-producer strain that is used as a control.

Lactobacillus sake Lb 706 and *Lactobacillus sake* DSM 20017 were provided by Professor Ulrich Schillinger, Federal Centre for Meat Research, Institute of Microbiology, Toxicology, and Histology, Germany.

Lactobacillus acidophilus N2 and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *lactis* ATCC 4797 were supplied by Professor Susan F. Barefoot, Department of Food Science, Clemson University, Clemson, South Carolina, USA.

Leuconostoc mesenteroides TISTR 473 was given by Thailand Institute of Scientific and Technological Research.

All bacterial strains used in this study were propagated and maintained in MRS media.

Preparation of culture supernatants

For preparation of culture supernatants, bacteria were grown in MRS broth at 37°C for 24 hr. Each of cell-free supernatant was obtained by centrifuging each bacterial strain at 10,000 g for 10 min., followed by filtration of the culture supernatant through a 0.2 µm pore size membrane filter (Millipore).

Because the growth of indicators can

be inhibited by not only bacteriocins but also by organic acids and hydrogen peroxide produced by producer strains, it is necessary to abolish the activity of both acid and hydrogen peroxide before using the culture supernatant in the swab-paper disc assay. In this study, each culture supernatant was neutralized to pH 7 with 0.1 N NaOH and treated with catalase (5 mg/ml) to eliminate inhibitory activity of organic acids and hydrogen peroxide, respectively. Therefore, the antibacterial activity detected from the assay was due to the effect of bacteriocin.

Detection of antibacterial activity

For the detection of antibacterial activity, the swab-paper disc assay was used. Approximately 10^6 cell/ml of the indicator strains grown in MRS broth were used for testing the antagonistic activity. Each indicator organism was spread with a swab on a MRS agar plate. Sterile filter paper discs (Schleicher & Schuell) of 6 mm in diameter were placed on the surface of the agar plate containing the indicator strains. 30 μ l of culture supernatants were dropped on the paper discs. After incubated at 37°C for 24 hr, the plates were checked for inhibition zones around the paper discs.

To confirm that the antibacterial substances detected are bacteriocins, the culture supernatants with antibacterial activity were treated with trypsin, each at a final concentration of 0.5 mg/ml [9]. Samples with trypsin were filtered sterilized and incubated at 37°C for 12 hr. Residual activity was determined by the swab-paper disc assay.

RESULTS

For the detection of sakacin A activity, after the culture of *Lactobacillus sake* DSM 20017, which is the indicator strain, was swabbed thoroughly on a MRS agar, three sterile paper discs were placed on the agar. 30 μ l of culture supernatant derived from *Lactobacillus sake* Lb 706 culture was applied on a paper disc. The other two discs were used as controls. One of them was soaked with 30 μ l of sterile MRS broth. The other one was soaked with 30 μ l of culture supernatant derived from *Leuconostoc mesenteroides* TISTR 473 culture which is a strain that does not produce bacteriocin. The plate was incubated at 37°C overnight. The bacteriocin activity against *Lactobacillus sake* DSM 20017 was detected by the appearance of a clear zone around the paper disc. The result showed that there was a clear zone around the paper disc containing culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus sake* Lb 706 while no inhibition zone was detected around the control discs. When the *Lactobacillus sake* Lb 706 culture supernatant was treated with trypsin to inhibit the bacteriocin activity, its antibacterial activity cannot be detected (Figure 1A). This result suggested that the antibacterial activity of *Lactobacillus sake* Lb 706 against its specific indicator strain is due to the activity of sakacin A.

For the detection of lactacin B activity, the experiment was performed in the same way as the previous experiment. After *Lactobacillus delbrueckii* ssp. lactis ATCC 4797 was swabbed thoroughly on the MRS agar, three sterile paper

discs were placed on the agar. 30 μ l of sterile MRS broth, 30 μ l of culture supernatant obtained from the culture of non-producer strain (*Leuconostoc mesenteroides* TISTR 473), and 30 μ l of culture supernatant derived from the culture of producer strain (*Lactobacillus acidophilus* N2) were applied onto the paper discs separately. The plate was incubated at 37°C overnight. The result showed

that an inhibition zone was detected around the disc containing producer culture supernatant but not around the discs containing sterile MRS broth and non-producer culture supernatant. When the *Lactobacillus acidophilus* N2 culture supernatant was treated with trypsin before testing for the antibacterial activity, no inhibition zone was observed around the paper disc (Figure 1B).

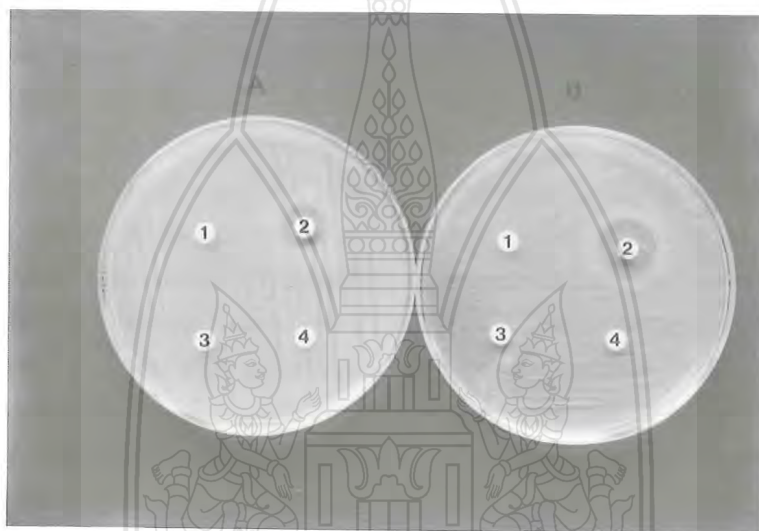


Figure 1 A. Inhibition of *Lactobacillus sake* DSM 20017 by culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus sake* Lb 706 by swab-paper disc method. Paper discs 1, 2, 3, and 4 culture supernatant derived from culture of *Leuconostoc mesenteroides* TISTR 473, contained culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus sake* Lb 706, culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus sake* Lb 706 treated with trypsin, and sterile MRS broth, respectively.

B. Inhibition of *Lactobacillus delbrueckii* supsp. lactis ATCC 4797 by culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus acidophilus* N2 by swab-paper disc method. Paper discs 1, 2, 3, and 4 contained culture supernatant derived from culture of *Leuconostoc mesenteroides* TISTR 473, culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus acidophilus* N2, culture supernatant derived from culture of *Lactobacillus acidophilus* N2 treated with trypsin, and sterile MRS broth, respectively.

DISCUSSION

The swab-paper disc technique was used to detect bacteriocin activity of two different well characterized bacteriocin-producing bacteria (producer strains) against their specific target bacteria (indicator strains). The producer strains used in this study were *Lactobacillus sake* Lb 706 and *Lactobacillus acidophilus* N2. *Lactobacillus sake* Lb 706 produces sakacin A to inhibit the growth of its specific indicator strain, *Lactobacillus sake* DSM 20017 [9]. *Lactobacillus acidophilus* N2 has an antagonistic effect against its specific indicator strain, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *lactis* ATCC 4797, by secreting lactacin B [12,13,14].

From the results, the swab-paper disc technique can be used as an alternative method to screen for bacteriocin-producing bacteria because it can detect the production of bacteriocins from both producer strains without any unexpected results from the controls.

There are two conventional methods commonly employed to screen for bacteriocin-producing bacteria, the agar spot test method and the well diffusion method. The agar spot test method was first developed by Fredericq in 1948 [15]. This method is based on the fact that bacteriocins can diffuse in solid and semisolid culture media which are inoculated with an indicator strain culture. In this approach, the producer culture is spotted and grown on an agar plate under optimal growth conditions of the producer overnight. An overlay of the indicator strain in melted agar is then placed on the agar surface containing the producer strain. The agar plate is

incubated under the optimal growth conditions of the indicator strain overnight for the better distinguishing between an inhibition zone around the spot of the producer strain and the lawn of the indicator. This technique is straightforward and can be done without sophisticated equipment. However, the step of pouring an overlay of the indicator strain on the agar surface requires skill and experience of researchers. Most of the time, the spot of the producer strain is smeared or detached from the agar surface during the step of making an overlay of indicator strain. This problem becomes worse when many producer strains are tested at a time because the producer strains are usually detached from the agar surface and mix with each other.

Many efforts have been used to avoid the contamination among spots of producer strains during pouring the indicator strain-containing soft agar onto the agar surface. One solution for this contamination problem is the killing of bacteriocin-producing bacteria by chloroform vapors before overlaying the agar surface with indicator-seeded molten agar [15]. Killing producer strains has been used less frequently since Brock *et al.* [16] found that chloroform can inactivate bacteriocins. Moreover, this technique does not allow the use of plastic petri dishes because chloroform vapors attack plastic.

Nicolle and Prunet [17] developed the method that does not necessitate the killing of producer strains, which is inoculated under the surface of an agar slant with a straight wire and then incubated for 2 days. On the third days, the indicator strain is inoculated on the surface of the

slant. After incubation, the results can be recorded by the presence or lack of growth of the indicator strain. This technique is not practical for screening purpose because it requires one test tube for every single producer strain.

An alternative approach that omits chloroform treatment is a slam-transfer plating method introduced by Kekessy and Piguet [18]. For this method, after growth of producer strains the agar is aseptically dislodged from the bottom half of the petri dish, the dish is closed, and by striking the dish forcefully on the bench upside-down the agar layer will flip onto the top lid. This can then be overlaid with indicator-seeded soft agar and incubated. In this method, the producing cells and indicator cells are separated by a layer of agar. By using the slam-transfer method, contamination can be occurred very easily during the dislodging the agar from the petri dish. Furthermore, this technique produces a lot of false negative because some bacteriocins do not diffuse from one surface of agar to the other surface well enough to effect the growth of the indicator strain.

The well diffusion method, one of the conventional methods for detecting bacteriocin production, does not require the growth of producer strains on agar medium. Therefore, the smearing and detaching problem of producer colonies during overlaying the indicator-seeded molten agar onto the agar surface is not the problem of concern anymore. In this method, indicator strain-containing soft agar is poured onto the surface of a sterile agar plate and allow to solidify. Wells are cut in the agar using a sterilized cork borer.

Cell-free supernatants derived from cultures of producer strains are added into the wells and incubated for 18–24 hr. Bacteriocins can diffuse from the well through the agar to inhibit growth of the indicator strain. The antimicrobial activity can be detected by a zone of clearing around the wells. This method requires skill of researchers for making wells in the agar. The well-cutting step is difficult for some researchers to do it without any contamination.

Like both conventional methods, the new method described in this study is based on the diffusion ability of bacteriocin in solid and semisolid culture media. However, the swab-paper disc method has its own advantages. By using this method, researchers can avoid the problem and the difficulty related to the agar spot test method and the well diffusion method. The method described in this study is very easy to performed. Researchers have no need to make wells in the agar which is a skill-demanding step. They just simply place sterile paper discs onto the agar surface. This is very easy to do and does not take time at all. Like wells in the well diffusion method, the sterile paper discs act as culture supernatant reservoirs by holding and slowly releasing them to the media. This technique also helps researchers to avoid smearing and detaching problem of producer colonies because it does not have steps of growing producer strains on the agar surface and pouring indicator-containing soft agar onto the producer colonies. In the swab-paper disc method, the indicator strain is simply spread onto the agar surface by one step procedure using a cotton swab. This can cut down some time-consuming and

laborious steps in the conventional methods. By using the new method, researchers do not have to melt soft agar, cool it down to 50°C (usually takes at least 40 min.), inoculate the indicator strain into the cool soft agar before pouring it onto the agar surface, and wait for it to solidify (usually takes at least another 40 min.). Reduction of these steps makes the present describes method time-saving and very useful when many bacterial strains are tested for the bacteriocin production.

CONCLUSION

The swab-paper disc method was used to detect the bacteriocin production of two well characterized bacteriocin-producing bacteria, *Lactobacillus sake* Lb 706 and *Lactobacillus acidophilus* N2. The results showed that this method can detect antibacterial activity of bacteriocin produced by both strains against their specific indicator strains, *Lactobacillus sake* DSM 20017 (specific for *Lactobacillus sake* Lb 706), and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *lactis* ATCC 4797 (specific for *Lactobacillus acidophilus* N2). Because of its advantages over the conventional methods, the swab-paper disc method can be considered as an alternative method for detecting bacteriocin activity of bacteriocin-producing bacteria.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Professor Ulrich Schillinger, Federal Centre for Meat Research, Institute of Microbiology, Toxicology, and Histology, Germany; Professor Susan F. Barefoot, Department of Food Science, Clemson University,

Clemson, South Carolina, USA; and Thailand Institute of Scientific and Technological Research for providing all bacterial strains used in this study.

REFERENCES

1. Jack, R.W., Tagg, J.R. and Ray, B. (1995). Bacteriocins of Gram-positive bacteria. **Microbiol. Reviews** 59, 171-200.
2. De Vuyst, L. and Vandamme, E.J. (1994). Lactic acid bacteria and bacteriocins: their practical importance. In: **Bacteriocins of lactic acid bacteria**. (Eds. De Vuyst, L. and Vandamme, E.J.) Blackie Academic & Professional, Glasgow. pp.1-11.
3. Hastings, J.W., Stiles, M.E. and von Holy, A. (1994). Bacteriocins of *Leuconostocs* isolated from meat. **Int. J. of Food Microbiol.** 24, 75-81.
4. Montville, T.J. and Kaiser, A.L. (1993). Antimicrobial proteins: classification, nomenclature, diversity, and relationship to bacteriocins. In: **Bacteriocins of lactic acid bacteria**. (Eds. Hoover, D.G. and Steenson, L.R.) Academic Press, California. pp. 1-22
5. Daeschel, M.A. (1989). Antibacterial substances from lactic acid bacteria for use as food preservatives. **Food Technol.** 43, 164-167.
6. Tagg, J.R., Dajani, D.S. and Wannamaker, L.W. (1976). Bacteriocins of Gram-positive bacteria. **Bacteriol Reviews** 40, 722-756.

7. Larsen, A.G., Vogensen, F.K. and Josephsen, J. (1993). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria isolated from sour doughs: purification and characterization of bavaricin A, a bacteriocin produced by *Lactobacillus bavaricus* MI401. **J. Appl. Bacteriol.** 75, 113-122.
8. Harris, L.J., Daeschel, M.A., Stiles, M.E. and Klaenhammer, T.R. (1989). Antimicrobial activity of lactic acid bacteria against *Listeria monocytogenes*. **J. food Protect.** 52, 384-387.
9. Schillinger, U. and Lucke, F.K. (1989). Antibacterial activity of *Lactobacillus sake* isolated from meat. **Appl. Environ. Microbiol.** 55, 1901-1906.
10. Spelhaug, S.R. and Harlander, S.K. (1989). Inhibition of foodborne bacterial pathogens by bacteriocins from *Lactococcus lactis* and *Pediococcus pentosaceus*. **J. Food Protect.** 52, 856-862.
11. Fleming, H.P., Etchells, J.L. and Costilow, R.N. (1975). Microbial inhibition of an isolate of *Pediococcus* from cucumber brines. **Appl. Environ. Microbiol.** 30, 1040-1042.
12. Barefoot, S.F., Chen, Y.R., Hughes, T.A., Bodine, A.B., Shearer, M.Y. and Hughes, M.D. (1994). Identification of a protein that induces production of *Lactobacillus acidophilus* bacteriocin lactacin B. **Appl. Environ. Microbiol.** 60, 3522-3528.
13. Barefoot, S.F. and Klaenhammer, T.R. (1984). Purification and characterization of the *Lactobacillus acidophilus* bacteriocin lactacin B. **Antimicrob. Agents Chemother.** 26, 328-334.
14. Barefoot, S.F. and Klaenhammer, T.R. (1983). Detection and activity of lactacin B, a bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus*. **Appl. Environ. Microbiol.** 45, 1808-1815.
15. Fredericq, P. (1948). Actions antibiotiques reciproques chez les Enterobacteriaceae. **Rev. Belge. Pathol. Med. Exp.** 19 (Suppl. 4), 1-107.
16. Brock, T.D., Peacher, B. and Pierson, D. (1963). Survey of the bacteriocins of enterococci. **J. Bacteriol.** 86, 702-707.
17. Nicolle, P. and Prunet, F. (1964). La propriete colicingene dans lespece *Salmonella typhi*. **Ann. Inst. Pasteur.** 107 (Suppl. 5), 174-189.
18. Kekessy, D.A. and Piguet, J.D. (1970). New method for detecting bacteriocin production. **Appl. Environ. Microbiol.** 20, 282-283.

**ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยา
ในกลุ่มน้ำพองด้วยสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน
Biotic Indice for Biological Classification of
Water Quality in the Pong Catchment
Using Benthic Macroinvertebrate**

นฤมล แสงประดับ* ยรรยงค์ อินทร์ม่วง**
ชุดิมา ทาญจวนิช* และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง***

บทคัดย่อ

ดัชนีชีวภาพสำหรับจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีวภาพในกลุ่มน้ำพองได้ถูกกำหนดขึ้นจากการให้คะแนนแก่สัตว์ตามความทนทานต่อมลภาวะสารอินทรีย์ และการพิจารณาสัดส่วนของกลุ่มสัตว์ในโครงสร้างชุมชน สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินตามการกระจายในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ระดับที่แตกต่าง กันในแม่น้ำพอง

Abstract

The Biotic Indice using benthic macroinvertebrate was developed for biological classification of water quality in the Pong catchment. The Indice was derived from scoring system based on tolerance values of any macroinvertebrates related to varied organic pollution. Community structure measured as proportional distribution of benthic organism in relation to different levels of organic pollution was also determined.

* ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อม เขต 6 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข

*** ภาควิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

จากผลการวิจัยที่พบว่าเฉพาะวิธีการเก็บตัวอย่างเชิงปริมาณ (quantitative) และค่าคะแนนระบบ BMWP (Biological Monitoring Working Party) ของสหราชอาณาจักรเท่านั้นที่มีแนวโน้มว่าอาจสามารถนำมาใช้กับข้อมูลของสัตว์ในลุ่มน้ำพองได้ (Sangpradub *et al.*, 1997) นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างชุมชนของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมีความสัมพันธ์อย่างมากกับการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำพอง (Sangpradub *et al.*, 1996) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะจัดจำแนกคุณภาพน้ำในลุ่มน้ำพองด้วยข้อมูลด้านชีวภาพ โดย (1) ใช้ระบบค่าคะแนน และ (2) ดูโครงสร้างชุมชนสัตว์

วิธีการศึกษา

1. ระบบค่าคะแนน

จากค่าคะแนน BMWP (Armetage *et al.*, 1983) ทดสอบค่าคะแนนระบบ BMWP/ASPT กับข้อมูลสัตว์ในลุ่มน้ำพองเดือนกุมภาพันธ์ 2539 ที่เก็บด้วยวิธีเชิงปริมาณเปรียบเทียบกับการจัดกลุ่มสถานีด้วยข้อมูลคุณภาพน้ำซึ่งสามารถจัดแบ่งได้ 3 กลุ่มสถานี และจำนวนวงศ์ของสัตว์ (taxa richness) ในเดือนเดียวกัน (Sangpradub *et al.*, 1996) เพื่อ (1) ดูความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน (2) ดูความเหมาะสมของค่าคะแนนของ BMWP/ASPT กับสัตว์แต่ละวงศ์ในลุ่มน้ำพอง และพิจารณาระดับดัชนีของค่าคะแนนนี้เพื่อนำมาใช้ในการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยา

2. การพิจารณาโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

จากผลการจัดกลุ่มสถานีด้วยข้อมูลชีวภาพแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างพบว่าคุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ของน้ำในแต่ละกลุ่มสถานีแตกต่างกัน

(Sangpradub *et al.*, 1996) สามารถแบ่งกลุ่มสถานีได้มากที่สุดเป็น 5 กลุ่ม ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าแบ่งคุณภาพน้ำได้ 5 ระดับเช่นกัน ในแต่ละกลุ่มสถานีพบชนิดสัตว์และจำนวนสัตว์แต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งแบ่งได้เป็น 5 กลุ่มใหญ่ ดังนี้คือ

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยสัตว์ที่พบมากในบริเวณลำธารต้นน้ำที่ไม่ถูกรบกวน ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย (Plecoptera) ตัวอ่อนแมลงชีปะขาววงศ์ Heptageniidae และวงศ์ Tricorythidae ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่มีปลอก (cased caddis) ทุกวงศ์ ยกเว้นแมลงหนอนปลอกน้ำเข็ม (Leptoceridae) ตัวอ่อนแมลงช่วงปีกใแสงศ์ Corydalidae

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยสัตว์ที่พบมากในบริเวณลำธารต้นน้ำที่ถูกรบกวน ได้แก่ ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาวหัวเหลี่ยม (Leptophlebiidae) ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่ไม่มีปลอก (caseless caddis) ทุกวงศ์ ยกเว้นแมลงหนอนปลอกน้ำขาสั้น (Ecnomidae) และแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพาย (Dipseudopsidae) และตัวอ่อนแมลงช่วงปีกใแสงศ์ Sialidae ตัวงี่สีดำ (Gyrinidae) ตัวอ่อนเหรียญน้ำ (Psephenidae) ตัวอ่อนแมลงปอในวงศ์ Cordulegastriidae Gomphidae และ Micromiidae ตัวอ่อนรินดำ (Simuliidae) และตัวอ่อนแมลงวันแมงมุม (Tipulidae)

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยสัตว์ที่พบมากในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ ได้แก่ ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาวเข็ม (Baetidae) ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำเข็ม (Leptoceridae) และตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำรังไหม (Hydropsychidae) ตัวงี่น้ำไหล (Elmidae) ตัวอ่อนแมลงปอบ้าน (Libellulidae) กุ้ง (Palaemonidae) และหอยขม (Viviparidae)

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยสัตว์ที่พบมากในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ค่อนข้างมาก

ได้แก่ ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรง (Caenidae) ตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำขาสั้นและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพาย

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยสัตว์ที่พบมากในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูงมากและ/หรือมีค่าการนำไฟฟ้าสูงอันเนื่องมาจากการละลายของหินเกลือในธรรมชาติ ได้แก่ หนอนแดง (Chironomidae) ตัวอ่อนริ้นน้ำกร่อย (Chaoboridae) ตัวอ่อนริ้นเข็ม (Ceratopogonidae) และไส้เดือนน้ำจืด (Oligochaeta)

พิจารณาสัดส่วนของสัตว์แต่ละกลุ่มโดยคิดเป็นจำนวนมาก ค่อนข้างมาก ปานกลาง น้อย และน้อยมาก ใน 5 กลุ่มสถานี ดังตารางที่ 4 ทดสอบสัดส่วนของกลุ่มสัตว์ดังกล่าวนี้กับโครงสร้างชุมชนสัตว์ในลุ่มน้ำพองและลำธารอื่นๆ เพื่อดูความเป็นไปได้ของการนำสัดส่วนสัตว์ในโครงสร้างชุมชนมาใช้ในการจัดจำแนกคุณภาพน้ำ

ผลการศึกษา

1. ระบบค่าคะแนน

เมื่อนำค่าคะแนนระบบ BMWP/ASPT มาทดสอบกับข้อมูลสัตว์ในลำน้ำพองที่เก็บในเดือนกุมภาพันธ์ 2539 เปรียบเทียบกับการจัดจำแนกกลุ่มสถานีด้วยข้อมูลคุณภาพน้ำ ซึ่งสามารถจัดแบ่งได้ 3 กลุ่มสถานี และจำนวนวงศ์ของสัตว์ในเดือนเดียวกัน เพื่อดูความสอดคล้องของผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) พบว่าการจัดจำแนกกลุ่มสถานีด้วยข้อมูลคุณภาพน้ำส่วนมากสอดคล้องกับการจัดจำแนกสถานีด้วยระบบ BMWP/ASPT เมื่อพิจารณาการจัดจำแนกสถานีด้วยระบบ BMWP/ASPT เปรียบเทียบกับจำนวน

วงศ์ของสัตว์ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่ยืมใช้ในการเปรียบเทียบความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต โดยจัดจำแนกจำนวนวงศ์ของสัตว์เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 มีจำนวน 1-5 วงศ์ กลุ่มที่ 2 มีจำนวน 6-10 วงศ์ และกลุ่มที่ 3 มีจำนวน 11-20 วงศ์ พบว่าผลการจัดจำแนกสถานีไม่สอดคล้องนักคือ มี 5 สถานีที่ไม่เข้าตามกลุ่ม แสดงว่าค่าคะแนนของสัตว์บางวงศ์ที่ปรากฏในระบบค่าคะแนน BMWP/ASPT ไม่เหมาะกับสัตว์ที่พบในลุ่มน้ำพอง คือสัตว์บางวงศ์มีค่าคะแนนสูงเกินไปและสัตว์บางวงศ์มีค่าคะแนนต่ำเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับ การกระจายตัวของสัตว์ในสถานีต่างๆ

ดังนั้นจึงได้กำหนดค่าคะแนน แก่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน โดยจากข้อมูลตัวอย่างสัตว์ที่เก็บด้วยวิธีเชิงปริมาณระหว่างปีพ.ศ. 2538-2539 ได้นำมากำหนดค่าคะแนนตั้งแต่ 1-10 ให้แก่สัตว์แต่ละวงศ์ตามการกระจายในแต่ละสถานีของลำน้ำพอง โดยมีหลักเกณฑ์ว่า สัตว์ที่มีการกระจายได้ในทุกสถานีแสดงว่าเป็นสัตว์ที่สามารถทนได้ในน้ำทุกคุณภาพ สัตว์เหล่านี้จะได้ค่าคะแนนต่ำ เช่น ไส้เดือนน้ำจืดและหนอนแดงซึ่งมีการกระจายอยู่ทุกสถานี ควรได้คะแนนต่ำสุด และเมื่อพิจารณาร่วมกับคุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ของน้ำพบว่าในน้ำที่มีคุณภาพเลวกว่าจะมีไส้เดือนน้ำจืดจำนวนมากกว่าหนอนแดง แสดงว่าไส้เดือนน้ำจืดมีความทนทานมากกว่าหนอนแดง จึงกำหนดค่าคะแนน 1 และ 2 ให้แก่ไส้เดือนน้ำจืดและหนอนแดงตามลำดับ ซึ่งหมายความว่าไส้เดือนน้ำจืดเป็นสัตว์ที่มีความทนทานมากที่สุดรองลงมาคือหนอนแดง ใช้หลักเกณฑ์เดียวกันนี้ในการพิจารณาให้คะแนนแก่สัตว์วงศ์อื่นๆ จนครบ

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบการจัดจำแนกกลุ่มสถานีตามคุณภาพน้ำ ระบบคะแนน BMWP/ASPT และ จำนวนวงศ์

สถานี	คุณภาพเคมีของน้ำ	สถานี	BMWP/ASPT	สถานี	จำนวนวงศ์
เลิงเปื่อย	กลุ่ม 3	เลิงเปื่อย	1.5	พระค้อ	1
พระค้อ	กลุ่ม 3	พระค้อ	2	หนองแสง	3
โคกกกลาง	กลุ่ม 3	โคกกกลาง	3.33	หนองหิน	4
หนองหิน	กลุ่ม 2	หนองแสง	3.67	เลิงเปื่อย	4
หนองแสง	กลุ่ม 2	หนองนาคำ	4.33	หนองนาคำ	5
หนองแต้	กลุ่ม 2	บึงแก	4.5	หนองจิก	5
ท่าหิน	กลุ่ม 2	หนองหิน	4.5	โคกกกลาง	5
บึงแก	กลุ่ม 2	กุดน้ำใส	4.88	ท่าหิน	5
โนนขามแป	กลุ่ม 2	โนนขามแป	5	บึงแก	6
กุดน้ำใส	กลุ่ม 2	ท่าหิน	5	โนนขามแป	7
ห้วยสายหนัง	กลุ่ม 1	ท่าเตือ	5.22	หนองไผ่	8
หนองไผ่	กลุ่ม 1	ศรีฐาน	5.28	ท่าเตือ	9
หนองนาคำ	กลุ่ม 1	หนองไผ่	5.33	หนองแต้	10
หนองจิก	กลุ่ม 1	หนองจิก	5.6	กุดน้ำใส	10
ศรีฐาน	กลุ่ม 1	ห้วยสายหนัง	5.64	น่าน้อย	14
ผานกเค้า	กลุ่ม 1	น่าน้อย	6	ห้วยสายหนัง	14
น่าน้อย	กลุ่ม 1	หนองแต้	6.14	ผานกเค้า	19
ท่าเตือ	กลุ่ม 1	ผานกเค้า	6.56	ศรีฐาน	20

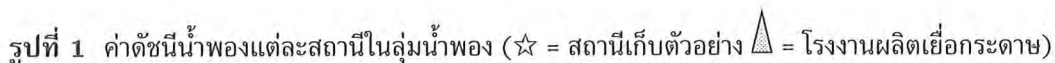
ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนของระบบ BMWP กับคะแนนน้ำพอง (เครื่องหมาย - หมายความว่าไม่มีสัตว์วงศ์ดังกล่าวในระบบค่าคะแนนนั้นๆ)

	คะแนน BMWP	คะแนน น้ำพอง		คะแนน BMWP	คะแนน น้ำพอง
ด้วง Coleoptera					
Chrysomellidae	5	-	Haliplidae	5	-
Clambidae	5	-	Helodidae	5	-
Curculionidae	5	5	Hydrophilidae	5	5
Dryopidae	5	-	Hygrobiidae	5	-
Dytiscidae	5	5	Neritidae	6	-
Elmidae	5	6	Psphenidae	-	7
Gyrinidae	5	7			
แมลงสองปีก Diptera					
Athericidae	-	7	Chironomidae	2	2
Ceratopogonidae	-	3	Simuliidae	5	8
Chaoboridae	-	3	Tipulidae	5	7
แมลงชีปะขาว Ephemeroptera					
Baetidae	4	5	Heptageniidae	10	10
Caenidae	7	4	Leptophlebiidae	10	10
Ephemerellidae	10	-	Potamanthidae	10	5
Ephemeridae	10	6	Siphonuridae	10	8
ตัวอ่อนมวน Hemiptera					
Belostomatidae	-	5	Naucoridae	5	5
Corixidae	5	5	Nepidae	5	5
Gerridae	5	5	Notonectidae	5	-
Hydrometridae	5	-	Pleidae	5	-
Mesovelidae	5	-			
แมลงช้างปีกใส Megaloptera					
Corydalidae	-	10	Sialidae	4	7
ตัวอ่อนผีเสื้อน้ำ Lepidoptera					
Pyrallidae	-	5			

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบคะแนนของระบบ BMWP กับคะแนนน้ำพอง (เครื่องหมาย - หมายความว่าไม่มีสัตว์วงศ์ดังกล่าวในระบบค่าคะแนนนั้นๆ) (ต่อ)

	คะแนน BMWP	คะแนน น้ำพอง		คะแนน BMWP	คะแนน น้ำพอง
ตัวอ่อนแมลงปอ Odonata					
Aeshnidae	8	-	Gomphidae	8	8
Astacidae	8	-	Lestidae	8	8
Coenagrionidae	6	2	Libellulidae	8	6
Cordulegastridae	8	7	Macromiidae	-	8
Corduliidae	8	-	Platynemididae	6	6
สโตนฟลาย Plecoptera					
Capniidae	10	-	Perlidae	10	10
Chloroperlidae	10	-	Perlodidae	10	10
Leuctridae	10	-			
Nemouridae	7	10			
แมลงหนอนปลอกน้ำ Trichoptera					
Brachycentridae	10	10	Leptoceridae	10	7
Calamoceratidae	-	9	Limnephilidae	10	-
Dipseudopsidae	-	4	Molannidae	10	10
Ecnomidae	-	4	Odontoceridae	10	10
Goeridae	10	10	Philopotamidae	8	10
Helicosychidae	-	10	Polycentropodidae	7	4
Hydropsychidae	5	6	Psychomyiidae	8	10
Hydroptilidae	6	8	Sericostomatidae	10	-
Lepidostomatidae	10	10	Unionidae	6	-
กุ้ง Palaemonidae					
กุ้ง Palaemonidae	-	6			
ไส้เดือนน้ำจืด Oligochaeta					
ไส้เดือนน้ำจืด Oligochaeta	1	1			
ปลิง Hirudinae					
ปลิง Hirudinae	3,4	-			
ไอโซปอด Isopod					
Asellidae	3	-	Gammaridae	6	-
หอยฝาเดียว Gastropoda					
Ancylidae	6	-	Planorbidae	3	2
Lymnaeidae	3	3	Viviparidae	6	5
Physidae	3	-			

ทดสอบดัชนีน้ำพองกับสัตว์ในลำธารของอุทยานแห่งชาติภูกระดึง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว อุทยานแห่งชาติภูพาน และสถานที่ต่าง ๆ ในลุ่มน้ำพอง เพื่อดูความเป็นไปได้ของการใช้ดัชนีนี้ในการจัดจำแนกแหล่งน้ำอื่น ๆ นอกเหนือจากลำน้ำพอง และเพื่อแบ่งช่วงดัชนีสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีวภาพ ได้ผลดังรูปที่ 1 และตารางที่ 3 จากผลการทดสอบสามารถแบ่งช่วงดัชนีได้ 6 ช่วง คือ 6.5-10, 5.6-6.4, 4.6-5.5, 3.6-4.5, 2.6-3.6 และ 1.0-2.5 ซึ่งหมายถึงคุณภาพน้ำ ดีมาก ดีค่อนข้างดี พอใช้ สกปรก และสกปรกมาก ตามลำดับ



จากรูปที่ 1 ลำน้ำพองช่วงต้นตั้งแต่บริเวณบ้านนาน้อยจนถึงก่อนเข้าเขื่อนอุบลรัตน์ส่วนมากถูกจัดจำแนกว่ามีคุณภาพน้ำค่อนข้างดีจนถึงดี ลำน้ำพองตั้งแต่ได้เขื่อนอุบลรัตน์ไปจนถึงฝายหนองหวาย (หนองแต้-กุดน้ำใส) ถูกจัดจำแนกว่าสกปรกจนถึงมีคุณภาพพอใช้ และลำน้ำพองบริเวณหลังฝายหนองหวายจนถึงฝายมหาสารคาม (บึงแก-หนองหิน) ถูกจัดจำแนกว่ามีคุณภาพไม่ดี

คือสกปรกถึงสกปรกมาก เมื่อทดสอบดัชนีน้ำพองกับสัตว์ที่พบในลำธารอุทยานแห่งชาติ 3 แห่ง พบว่าลำธารของอุทยานแห่งชาติภูกระดึงมีดัชนีน้ำพองสูงกว่าของอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว ลำธารในอุทยานแห่งชาติภูกระดึงถูกจัดจำแนกว่ามีคุณภาพดีมาก ลำธารของอุทยานแห่งชาติน้ำหนาวมีคุณภาพค่อนข้างดีจนถึงดี ในขณะที่คุณภาพแหล่งน้ำของลำธารในอุทยานแห่งชาติภูพานอยู่ในเกณฑ์ดี

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบดัชนีน้ำพองในลำธารอุทยานแห่งชาติภูกระดึง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว (*) และอุทยานแห่งชาติภูพาน (**) (ข้อมูลเดือนกุมภาพันธ์ 2529)

วังแก้ว	ถ้ำใหญ่	เพ็ญพบใหม่	โพนพบ	ผาน้ำผา	พะอง	ถ้ำสอ	ขุนพอง	ห้วยเครือ*	พรมแล้ง*	มะแงง**	แก้งมดแดง**
8.3	7.9	7.2	8	8.3	8.3	8.1	8.3	5.29	5.83	6.33	6

2. การพิจารณาโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน

จากการแบ่งสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินตามข้อมูลการปรากฏตัวในสถานที่ต่างๆ ของลุ่มน้ำพองออกเป็น 5 กลุ่ม สัตว์ส่วนของสัตว์แต่ละกลุ่มในโครงสร้างชุมชนหนึ่งๆ แตกต่างกันขึ้นกับคุณภาพของแหล่งน้ำนั้น เนื่องจากชนิดและจำนวนของสัตว์ที่ปรากฏในแหล่งน้ำบริเวณใดบริเวณหนึ่งเป็นผลของการตอบสนองของสัตว์แต่ละชนิดต่อ

สภาพแวดล้อม ณ บริเวณนั้น จากสัดส่วนของสัตว์แต่ละกลุ่มในโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในลุ่มน้ำพอง พบว่าสามารถจัดจำแนกคุณภาพของแหล่งน้ำทางชีววิทยาได้เป็น 5 ระดับ เรียกว่า “ดัชนี Q” โดยเรียงลำดับ Q1 ไปจนถึง Q5 ตามการจัดจำแนกว่าคุณภาพของน้ำดีมากไปจนถึงสกปรกมาก ดังนี้คือ คุณภาพน้ำดีมาก ดีพอใช้ สกปรก และสกปรกมาก ตามลำดับ

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบสัดส่วนของสัตว์แต่ละกลุ่มกับดัชนี Q

ดัชนี Q	กลุ่ม 1	กลุ่ม 2	กลุ่ม 3	กลุ่ม 4	กลุ่ม 5
Q1 ดีมาก					
Q2 ดี					
Q3 พอใช้					
Q4 สกปรก					
Q5 สกปรกมาก					

เมื่อแทนจำนวนสัตว์ด้วยเครื่องหมายวงกลม

○ = น้อยมาก ◐ = น้อย ◑ = ปานกลาง ◒ = ค่อนข้างมาก ◓ = มาก

หมายเหตุ สัตว์ในกลุ่ม 5 อาจมีจำนวนตัวมากหรือน้อยกว่าสัดส่วนที่ระบุไว้

เปรียบเทียบการใช้ดัชนีน้ำพองและดัชนี Q ในการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยาในลำน้ำพอง ลำธารในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาวและลำธารในอุทยานแห่งชาติภูกระดึงได้ผลการจัดจำแนกคล้ายคลึงกัน แต่ว่าดัชนี Q จัดจำแนกได้ละเอียดกว่าดัชนีน้ำพองเล็กน้อย จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีน้ำพอง และดัชนี Q กับปัจจัยคุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ของน้ำพบว่า เฉพาะค่า DO

และ BOD เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีทั้งสองนี้ (ดัชนีน้ำพอง: ค่า DO $r=0.729$ $P=0.001$, ค่า BOD $r=-0.492$ $P=0.038$ และดัชนี Q: ค่า DO $r=-0.716$ $P=0.001$, ค่า BOD $r=-0.716$ $P=0.054$) ซึ่งแสดงว่าดัชนีทั้งสองมีความไวต่อมลภาวะสารอินทรีย์ นอกจากนี้สหสัมพันธ์แสดงว่าดัชนีน้ำพองและดัชนี Q มีความสัมพันธ์กันมากถึงร้อยละ 96 ($r=-0.966$, $P=0.000$)

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีววิทยาในลุ่มน้ำพอง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว และอุทยานแห่งชาติภูกระดึง ด้วยดัชนีน้ำพองและดัชนี Q (อุทยานแห่งชาติภูกระดึง ข้อมูลรวมปี 2538-2539)

สถานี	ดัชนีน้ำพอง	ดัชนี Q	ผลการจัดจำแนก(ดัชนีน้ำพอง, ดัชนี Q)
เลิงเปือย	2	Q5	สกปรกมาก
พระค้อ	2	Q5	สกปรกมาก
โคกกกลาง	2.8	Q4	สกปรก
หนองนาคำ	3	Q4	สกปรก
หนองหิน	3	Q4	สกปรก
หนองแสง	3	Q4	สกปรก
ท่าหิน	3.2	Q4	สกปรก
โนนขามแป	3.4	Q4	สกปรก
หนองไผ่	3.89	Q3	พอใช้
กุดน้ำใส	4.3	Q3	พอใช้
หนองจิก	4.33	Q3	พอใช้
หนองเต้	4.45	Q3	พอใช้
บึงแก	4.63	Q3	พอใช้
ท่าเตื่อ	4.93	Q2-Q3	ค่อนข้างดี, พอใช้-ดี
ศรีฐาน	5.04	Q2	ค่อนข้างดี, ดี
ห้วยสายหม่น	5.2	Q2	ค่อนข้างดี, ดี
น่าน้อย	5.79	Q2	ดี
ผานกเค้า	6.17	Q2	ดี
ห้วยหญ้าเครือ	5.29	Q2	ค่อนข้างดี, ดี
ห้วยพรมแล้ง	5.83	Q2	ดี
วังกวาง	6.68	Q1	ดีมาก
ถ้ำใหญ่	6.74	Q1	ดีมาก
เพ็ญพบใหม่	6.76	Q1	ดีมาก
ถ้ำสอ	6.77	Q2-Q1	ดีมาก, ดี-ดีมาก
โผนพบ	7	Q1	ดีมาก
ผาน้ำผ่า	7	Q2-Q1	ดีมาก, ดี-ดีมาก
พะอง	7.09	Q2-Q1	ดีมาก, ดี-ดีมาก
ขุนพอง	7.21	Q1	ดีมาก

วิจารณ์ผลการศึกษา

ค่าคะแนนระบบ BMWP/ASPT และค่าคะแนนน้ำพอง

ค่าคะแนนของระบบ BMWP ยังไม่เหมาะสมกับข้อมูลของสัตว์ในลำน้ำพองเนื่องจากสัตว์บางวงศ์ที่มีรายชื่อในระบบค่าคะแนนนั้นแต่ไม่พบในลำน้ำพอง ในขณะที่สัตว์บางวงศ์ที่พบว่ามีค่าคะแนนในลำน้ำพองกลับไม่ปรากฏชื่อในระบบ BMWP และค่าคะแนนของสัตว์บางวงศ์สูงหรือต่ำเกินกว่าความเป็นจริงของสัตว์ที่พบกระจายอยู่ในลำน้ำพอง ทั้งนี้เพราะระบบ BMWP มีต้นกำเนิดจากสหราชอาณาจักรซึ่งมีความแตกต่างด้านภูมิประเทศและภูมิอากาศจากประเทศไทยจึงมีความแตกต่างด้านสิ่งมีชีวิตด้วย (Covich, 1988) ค่าคะแนนระบบ BMWP กับค่าคะแนนน้ำพองมีความแตกต่างกันดังนี้คือ

กลุ่มตัวง ตัวน้ำไหล และตัวสีตา ซึ่งมีคะแนนในระบบ BMWP เท่ากับ 5 แต่จากข้อมูลในลำน้ำพองได้ให้มีค่าเท่ากับ 6 และ 7 คะแนนตามลำดับ และได้เพิ่มเพรียญน้ำ (Psephenidae) ซึ่งไม่มีใน BMWP แต่พบมากในบริเวณน้ำพองตอนบนให้มีคะแนนเท่ากับ 7

กลุ่มแมลงสองปีก ในระบบ BMWP มีแมลงสองปีก 3 ชนิดคือ หนอนแดง ตัวอ่อนรินดำ และตัวอ่อนแมลงวันแมงมุม มีคะแนน 2, 5 และ 5 ตามลำดับ นอกเหนือจากหนอนแดงแล้ว ค่าคะแนนของตัวอ่อนรินดำและตัวอ่อนแมลงวันแมงมุมไม่สอดคล้องกับข้อมูลการกระจายของสัตว์ทั้งสองนี้ในประเทศไทยนัก คือ ในแหล่งน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักพบตัวอ่อนรินดำและตัวอ่อนแมลงวันแมงมุมบริเวณลำน้ำที่สะอาดจนถึงค่อนข้างดี จึงให้คะแนนเป็น 8 และ 7 ตามลำดับ และยังพบตัวอ่อนรินเข็ม ตัวอ่อนรินน้ำกร่อยกระจายอยู่ในแหล่งน้ำทุกแห่ง โดยเฉพาะตัวอ่อนรินน้ำกร่อยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำ

ไฟฟ้าของน้ำจึงให้ค่าคะแนนสัตว์ทั้งสองวงศ์นี้เท่ากับ 3 ส่วนหนอนแดงให้เท่ากับ 2 เนื่องจากในสถานที่ที่คุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ของน้ำไม่ดีจะพบจำนวนหนอนแดงมากกว่าตัวอ่อนรินเข็มและตัวอ่อนรินน้ำกร่อย นอกจากนี้ยังพบตัวอ่อนหนอนหางแฉก (Athericidae) ซึ่งไม่มีในระบบ BMWP แต่มีมากในลำธารต้นน้ำของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงให้คะแนนเท่ากับ 7

กลุ่มแมลงชีปะขาว ส่วนมากมีความสอดคล้องกับระบบ BMWP ยกเว้น ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรง ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเข็ม และตัวอ่อนแมลงชีปะขาวหนวดสั้น ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรงและตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเข็มมีการกระจายที่กว้างมากสามารถพบได้ในลำน้ำพองเกือบทุกสถานี ในบริเวณที่น้ำสกปรกตัวอ่อนของแมลงชีปะขาวทั้ง 2 วงศ์นี้จะเกาะอยู่ตามพืชน้ำ ระบบ BMWP ให้คะแนนแก่ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรง เป็น 7 คะแนน ซึ่งแสดงว่าเป็นสัตว์ที่มีความทนทานค่อนข้างน้อย แต่ในลำน้ำพองพบว่าตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรงสามารถพบในน้ำที่มีคุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ไม่ตึงด้วยจึงให้คะแนนเป็น 3 และให้คะแนนตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเข็มเป็น 4 เนื่องจากพบกระจายในน้ำที่มีคุณภาพทางเคมีฟิสิกส์ดีกว่า มีรายงานโดยทั่วไปว่าตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเข็มมีความทนทานต่อมลภาวะทางน้ำได้มาก (ใน Hellawell, 1986 และ Rosenberg and Resh, 1993) ส่วนตัวอ่อนแมลงชีปะขาวหนวดสั้นซึ่งในสหราชอาณาจักรระบุว่าเป็นแมลงที่มีความทนทานน้อยมากจึงให้คะแนนเป็น 10 สำหรับในลำน้ำพองพบตัวอ่อนของชีปะขาววงศ์นี้ในบริเวณที่น้ำมีการปนเปื้อนจากอินทรีย์สารไม่มากนัก จึงให้เป็น 8 คะแนน

กลุ่มมวน ในระดับวงศ์สอดคล้องกับค่าคะแนนของระบบ BMWP คือให้มีค่าเท่ากับ 5 คะแนน เพราะมวนแทบทุกวงศ์มีการกระจายกว้าง

มวนเป็นกลุ่มสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำและบางชนิดอาศัยอยู่ในน้ำตามบริเวณใกล้ชายฝั่ง ดังนั้นจึงพบมากเช่นเดียวกับตัวอ่อนแมลงปอ ในการเก็บตัวอย่างด้วยสวิง (วิธีเชิงคุณภาพ) แต่พบน้อยหรือไม่พบเลยในตะกอนที่ได้จากการเก็บตัวอย่างเชิงปริมาณในบริเวณที่น้ำลึก

กลุ่มแมลงปอ ตัวอ่อนแมลงปอวงศ์ Coenagrionidae มีความทนทานค่อนข้างมาก กระจายอยู่แทบทุกแหล่งน้ำจึงให้คะแนนเป็น 2 ต่างจากในสหราชอาณาจักรที่พบว่าตัวอ่อนแมลงปอวงศ์นี้มีความทนทานปานกลาง ตัวอ่อนแมลงปอบ้านและวงศ์ Platynemididae กระจายอยู่บางแหล่งน้ำให้คะแนนเป็น 6 ส่วนตัวอ่อนแมลงปอวงศ์อื่นๆ มีการกระจายแคบกว่าให้คะแนนอยู่ในช่วง 7-8 คะแนน

กลุ่มสโตนฟลาย เป็นกลุ่มสัตว์ที่มักมีรายงานว่ามี ความทนทานน้อยมากต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม แมลงอันดับนี้พบมีจำนวนน้อยมากในแหล่งน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมักพบในลำธารบริเวณต้นน้ำซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและมีพื้นที่อาศัยเป็นก้อนหินเท่านั้น ตัวอ่อนแมลงอันดับนี้พบในบริเวณลำน้ำพองตอนบนคือจากบ้านนาน้อยจนถึงบ้านห้วยสายหนึ่งเท่านั้น แมลงอันดับนี้มักพบในลำธารต้นน้ำตามเขตอุทยานแห่งชาติซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่ไม่ถูกรบกวนหรือถูกรบกวนน้อยจึงให้คะแนนเท่ากับ 10

กลุ่มแมลงหนอนปลอกน้ำ ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเป็นองค์ประกอบสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินที่สำคัญกลุ่มหนึ่งในแหล่งน้ำจืดเพราะมีสมาชิกหลากหลายมากและมีจำนวนมากเช่นกัน ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำที่พบแตกต่างจากของสหราชอาณาจักรมากคือ แมลงหนอนปลอกน้ำเข้ที่มีความทนทานน้อยมากในสหราชอาณาจักรคือมีคะแนนเท่ากับ 10 แต่ในลุ่มน้ำพองพบว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์นี้

สามารถอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่มีการปนเปื้อนจากสารอินทรีย์ ดังนั้นในการศึกษาค้นคว้าให้คะแนนเป็น 7 ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำรังดินก็มีการกระจายค่อนข้างกว้างสามารถอาศัยในบริเวณที่น้ำมีการปนเปื้อนค่อนข้างมากได้ และมีตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำที่ไม่มีในรายชื่อของระบบ BMWP/ASPT แต่มีความสำคัญมากในลำน้ำพอง 2 วงศ์คือ แมลงหนอนปลอกน้ำขาสั้นและแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพาย ซึ่งตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งสองวงศ์นี้พบกระจายกว้างมากโดยอาศัยอยู่ได้ในบริเวณที่น้ำมีการปนเปื้อนมาก แต่ไม่พบในบริเวณที่มีการปนเปื้อนอย่างมากๆ ซึ่งมีเฉพาะหนองแดงและไส้เดือนน้ำจืดอาศัยอยู่เท่านั้น ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำทั้งสามวงศ์นี้ได้ให้คะแนนเท่ากับ 4 คะแนน

สำหรับสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังเหล่านี้พบว่ากลุ่มที่มีความทนทานน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำพองคือ ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาว ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ หรือที่เรียกย่อๆ ว่าแมลงกลุ่ม EPT หรือกลุ่ม ET เมื่อตัดตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายออกเพราะมีจำนวนค่อนข้างน้อย (Sangpradub et al. 1996, 1997) ข้อสังเกตนี้ได้รับการยืนยันอีกครั้งเมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำพองน้ำปลาตายเมื่อวันที่ 4 ธันวาคม 2540 จากผลการตรวจสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินจากตะกอนในลำน้ำพองวันที่ 8 ธันวาคม 2540 พบว่าในตะกอนก่อนบริเวณที่เกิดการปนเปื้อน พบตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรง (*Caenis* sp.) ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกรมไค้ง (*Povilla* sp.) ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำเข้ (*Leptocerus* sp.) ตัวอ่อนหนอนแมลงปลอกน้ำขาสั้น (*Ecnomus* sp.) และตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพาย (*Dipseudopsis* sp.) ร่วมกับสัตว์ชนิดอื่นๆ แต่หลังบริเวณที่เกิดการปนเปื้อนไม่ปรากฏตัวอ่อนแมลงชีปะขาวและตัวอ่อนแมลง

หนอนปลอกน้ำลายในขณะที่พบว่าไส้เดือนน้ำจืด ตัวอ่อนแมลงสองปีก และกุ้งฝอยยังคงอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำบางบริเวณ (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข 2540) ทั้งๆ ที่ตัวอ่อนของแมลงชีปะขาวและตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำดังกล่าวนี้เคยพบอยู่ในลำน้ำนี้ตลอดปี (Sangpradub et al. 1996) และจากผลการสำรวจตัวอย่างสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินในลำน้ำพองเมื่อเดือนกรกฎาคม 2541 พบตัวอ่อนแมลงกลุ่มดังกล่าวนี้กลับมาอาศัยในที่เดิมอีกและคุณภาพน้ำทางเคมีฟิสิกส์บริเวณนั้นกลับดีขึ้น นอกจากนี้การศึกษาผลของการเลี้ยงปลาในกระชังต่อโครงสร้างชุมชนสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าขณะที่มีการเลี้ยงปลามากไม่ปรากฏตัวอ่อนแมลงชีปะขาวและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำอาศัยอยู่ในตะกอนบริเวณกระชังปลาเลย ในขณะที่บริเวณนอกกระชังปลาไม่มีสัตว์เหล่านี้อาศัยอยู่ได้ และเมื่อมีการเลิกเลี้ยงปลาพบว่าตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพายกลับเข้ามาอาศัยอยู่ได้ (บุญเสถียร บุญสูง ข้อมูลยังไม่เผยแพร่) เหตุการณ์ทั้งสองกรณีนี้ช่วยยืนยันได้ว่าตัวอ่อนแมลงชีปะขาวและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมีความทนทานน้อยต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำ และสามารถนำสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินมาใช้ร่วมในการประเมินหรือติดตามคุณภาพแหล่งน้ำจืดได้ นอกจากนี้มีข้อสังเกตว่าตัวอ่อนของแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพายและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำขาสั้น มีแนวโน้มที่จะเป็นตัวบ่งชี้ประจำถิ่น (Local indicator taxa) ของกลุ่มน้ำพองเนื่องจากเป็นสัตว์กลุ่มแรกที่มาปรากฏตัวอีกเมื่อสภาพแวดล้อมเริ่มฟื้นตัวภายหลังจากที่หายไปเมื่อสภาพแวดล้อมเลวลง เมื่อพิจารณาการจัดจำแนกคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำด้วยดัชนีน้ำพอง จะพบว่าสำหรับแหล่งน้ำบริเวณที่มีคุณภาพดีมากมีค่าดัชนีค่อนข้างต่ำ คือ

ตั้งแต่ 6.5 ขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากค่าคะแนนน้ำพองได้มาจากการพิจารณาสัตว์ระดับวงศ์ ซึ่งในระดับวงศ์นี้เป็นช่วงที่กว้างเนื่องจากสัตว์วงศ์เดียวกันบางชนิดจะมีความทนทานต่ำมาก แต่บางชนิดจะมีความทนทานมากกว่า เช่น ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำขาสั้นมีการกระจายตั้งแต่ในแหล่งน้ำที่มีความสะอาดมาก ๆ เช่นในลำนารูทยานแห่งชาติภูกระดึงไปจนถึงแหล่งน้ำบริเวณที่มีการปนเปื้อนมากในลำน้ำพอง ส่วนตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพาย ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวเข็ม และตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรง ทั้งสามวงศ์นี้มีการกระจายกว้างเช่นเดียวกัน สัตว์ทั้งสี่วงศ์นี้จะมีค่าคะแนนที่ต่ำคืออยู่ในช่วง 3-4 คะแนน นอกเหนือจากตัวอย่างที่ได้กล่าวแล้วยังมีตัวอ่อนแมลงหลายวงศ์ที่มีการกระจายกว้างเช่นเดียวกันจึงทำให้ค่าคะแนนรวมค่อนข้างต่ำ เพราะถึงแม้จะเป็นแหล่งน้ำในเขตต้นน้ำลำธารก็จะใช้ค่าคะแนนเดียวกันสำหรับสัตว์วงศ์เดียวกัน แม้ว่าดัชนีน้ำพองจะมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อจัดจำแนกแหล่งน้ำที่มีคุณภาพสิ่งแวดล้อมดีก็ตาม พบว่าดัชนีนี้สามารถจัดจำแนกคุณภาพน้ำในช่วงลำน้ำพองส่วนล่างซึ่งมีมลภาวะได้ โดยสามารถแยกบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูงมาก บริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์มาก และบริเวณมีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ไม่มากนักออกจากกันได้ คือในแหล่งน้ำบริเวณที่สกปรกมากหรือมีการปนเปื้อนอย่างมากสัตว์ที่พบจะเป็นไส้เดือนน้ำจืด หนอนแดง ตัวอ่อนรินน้ำกร่อย และตัวอ่อนรินเข็ม ซึ่งมีคะแนนอยู่ในช่วง 1-3 คะแนน ค่าดัชนีจะอยู่ในช่วง 1-2.5 ในขณะที่บริเวณที่มีการปนเปื้อนน้อยกว่าจะพบสัตว์ที่กล่าวมาแล้วร่วมกับตัวอ่อนแมลงชีปะขาวกระโปรง ชีปะขาวเข็ม แมลงหนอนปลอกน้ำขาสั้น และแมลงหนอนปลอกน้ำขาใบพาย เป็นต้น สัตว์เหล่านี้มีคะแนนอยู่ในช่วง 4-5 คะแนน ทำให้ดัชนีมีค่าสูงขึ้นมาเล็กน้อยจึงสามารถจัดจำแนกอยู่คนละกลุ่มได้

ดัชนี Q ได้มาจากการแบ่งกลุ่มสัตว์ที่พบกระจายในลำน้ำพองโดยอาศัยหลักการคล้ายคลึงกับการกำหนดค่าคะแนนน้ำพอง การจัดจำแนกแหล่งน้ำบริเวณสถานีต่างๆ ของลำน้ำพองด้วยดัชนีน้ำพองและดัชนี Q ให้ผลที่ใกล้เคียงกัน และดัชนีทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันสูงมากถึงร้อยละ 96.6 ทั้งดัชนีน้ำพองและดัชนี Q ต่างมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณ DO และ ค่า BOD โดยมีความสัมพันธ์กับค่า DO มากกว่า คือประมาณร้อยละ 70 ทั้งดัชนีน้ำพองและดัชนี Q ต่างให้ผลเหมือนระบบ BMWP/ASPT ที่มีรายงานในหลายประเทศทั่วโลกต่อมลภาวะสารอินทรีย์ (Murphy 1978, Bargas *et al.*, 1990; Rossaro และ Pietrangelo 1993) ถึงแม้ว่าผลการจัดจำแนกคุณภาพน้ำทางชีวภาพด้วยดัชนีทั้งสองให้ผลที่ใกล้เคียงกันก็ตาม แต่ดัชนี Q สามารถจัดจำแนกในช่วงระหว่างคุณภาพระดับหนึ่งกับอีกระดับหนึ่งได้ ซึ่งทำให้สามารถจำแนกย่อยขึ้น เช่นในลำธารของอุทยานแห่งชาติภูกระดึงเมื่อจัดจำแนกด้วยดัชนีน้ำพองจะอยู่ในระดับที่มีคุณภาพน้ำดี แต่เมื่อจัดจำแนกด้วยดัชนี Q บางลำธารถูกจัดจำแนกเป็นระดับ Q2-Q1 ในขณะที่ลำธารส่วนมากได้รับการจำแนกเป็นระดับ Q1 ซึ่งแสดงว่าแหล่งน้ำมีคุณภาพดี การที่บางลำธารถูกจัดจำแนกในระดับ Q2-Q1 นั้นเนื่องจากเมื่อเทียบสัดส่วนของสัตว์กลุ่มที่มีความทนทานได้น้อยมากกับกลุ่มสัตว์ที่มีความทนทานน้อยแล้ว ลำธารดังกล่าวนี้มีกลุ่มสัตว์ที่มีความทนทานน้อยจำนวนมากกว่ากลุ่มสัตว์ที่มีความทนทานน้อยมาก จึงควรอยู่ในระดับ Q2 และจากการที่ยังคงมีกลุ่มสัตว์ที่มีความทนทานน้อยมากเป็นจำนวนค่อนข้างมาก คือเกือบเป็นระดับ Q1 จึงได้จัดจำแนกให้อยู่ระหว่าง Q1 และ Q2 แต่ลำธารบางสายที่กลุ่มสัตว์ที่มีความทนทานน้อยมากมีจำนวนมากกว่ากลุ่มสัตว์ที่มีความทนทานน้อยจะจัดจำแนกเป็น Q1 ส่วนการใช้ดัชนีน้ำพองนั้นถือหลักการการให้คะแนนแก่

วงศ์สัตว์ที่พบโดยไม่คำนึงว่าสัตว์วงศ์นั้นจะมีจำนวนเท่าไร ดังนั้นในลำธารทั้งสองกรณีทีกล่าวแล้วนี้เมื่อใช้ดัชนีน้ำพองจะจัดจำแนกอยู่ในระดับเดียวกันคือ คุณภาพน้ำดีมาก

เมื่อเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของดัชนีน้ำพองกับดัชนี Q พบว่าทั้งสองดัชนีนี้ต้องการความรู้อนุกรมวิธานระดับวงศ์และใช้สัตว์เฉพาะวงศ์ที่พบบ่อย ข้อดีของดัชนีน้ำพองคือ มีค่าเป็นตัวเลขซึ่งสามารถแปลผลเข้าใจได้ง่าย ส่วนดัชนี Q นั้นในบางครั้งสัดส่วนของสัตว์แต่ละกลุ่มไม่เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ ต้องอาศัยการพิจารณาตัดสินใจว่าควรอยู่ในระดับใด และสัตว์กลุ่มที่ 5 ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีทนทานมากที่สุดนั้นในบางครั้งจะมีจำนวนตัวมากกว่าสัตว์กลุ่มอื่นๆ ในการพิจารณาสัดส่วนของสัตว์กลุ่มต่างๆ จึงอาจตัดสัดส่วนของสัตว์กลุ่มนี้ออกไปได้ซึ่งจะทำให้การพิจารณาง่ายขึ้น ส่วนข้อดีของดัชนี Q คือ สามารถจัดจำแนกได้ย่อยกว่าในกรณีที่ชุมชนมีส่วนประกอบของสัตว์คล้ายคลึงกัน เพราะจะนำจำนวนตัวเข้ามาพิจารณาด้วย

ดัชนีน้ำพองและดัชนี Q สามารถใช้จัดจำแนกแหล่งน้ำในลำน้ำพองได้ หากจะนำไปใช้ในลำน้ำสายอื่นๆ ของประเทศไทยยังต้องการการทดสอบและการวิจัยอีกมากเพราะสัตว์ในลำน้ำอื่นๆ แม้จะเป็นสัตว์ในวงศ์เดียวกันก็จะมีชนิดที่แตกต่างออกไปบ้างจึงต้องมีการปรับค่าคะแนนหรือจัดกลุ่มสัตว์ให้เหมาะสมกับสัตว์ที่พบในลำน้ำสายอื่นๆ ซึ่งในต่างประเทศจะมีการวิจัยเช่นนี้พร้อมเพรียงกันในแหล่งน้ำทั่วประเทศเพื่อนำองค์ความรู้ที่เป็นความจริงของประเทศนั้นๆ ไปปรับจนกระทั่งสามารถใช้ระบบเดียวกันทั่วประเทศได้

ทั้งดัชนีน้ำพองและดัชนี Q ต่างได้มาจากตัวอย่างสัตว์ที่เก็บตัวอย่างด้วยวิธีเชิงปริมาณคือการเก็บด้วยอุปกรณ์จำพวก Surber sampler และ Ekman grab ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในบริเวณที่มีระดับน้ำลึกเพราะต้องอาศัยเรือเป็นพาหนะ จึงไม่สะดวก

นักเมื่อเทียบกับวิธีการเก็บตัวอย่างเชิงคุณภาพคือ การใช้สวิง ซึ่งสวิงนี้สามารถเก็บตัวอย่างสัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำและบริเวณใกล้ฝั่งได้ สัตว์ที่ได้จากการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีนี้ส่วนมากจะเป็น มวนและตัวอ่อนแมลงปอ จากการวิเคราะห์เบื้องต้นพบว่าความรู้ระดับวงศ์ยังไม่พอเพียง เนื่องจากมวนและตัวอ่อนแมลงปอแต่ละวงศ์มีการกระจายที่กว้างมากคือพบได้ในแหล่งน้ำทั่วไป แต่จากการสังเกตพบว่าในแต่ละแหล่งน้ำมีมวนและตัวอ่อนแมลงปอต่างชนิดกัน คาดว่าหากสามารถตรวจสอบเอกลักษณ์ของสัตว์ทั้งสองอันดับนี้ถึงระดับสกุลหรือชนิดได้จะสามารถนำสัตว์ทั้งสองอันดับนี้มาใช้ในการจัดจำแนกคุณภาพแหล่งน้ำได้เช่นกัน ซึ่งต้องอาศัยผลการวิจัย และจากการศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยย่อยของมวนในอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว พบว่ามวนแต่ละชนิดมีการกระจายในแหล่งที่อยู่แตกต่างกัน (ศิริพร แซ่เฮง, 2540) ดังนั้นการที่จะนำมวนหรือตัวอ่อนแมลงปอมาใช้ในการวัดความรู้่อนุกรมวิธานระดับสกุลหรือชนิดซึ่งสิ่งเหล่านี้ต้องการการวิจัยต่อไป

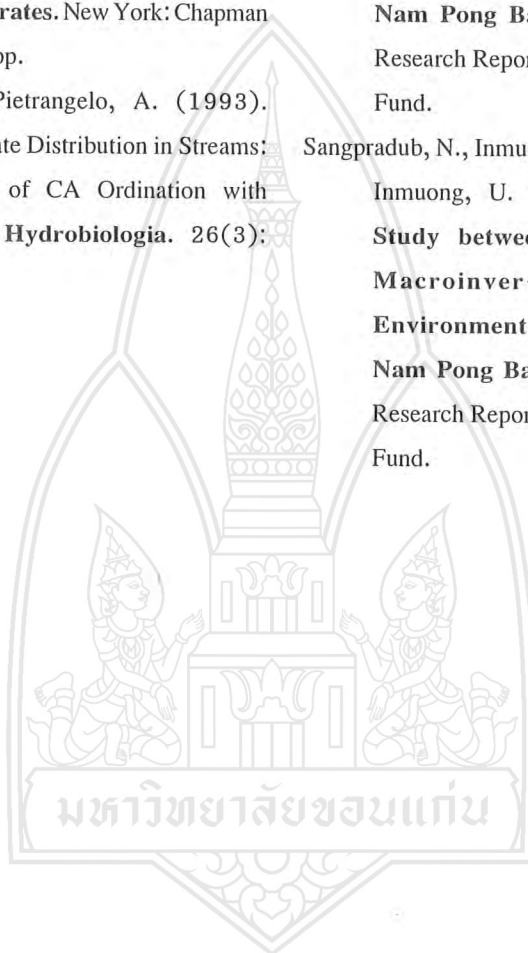
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดินกับปัจจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลุ่มน้ำพอง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนการวิจัย (สกว) และมหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนทุนการวิจัย ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อม เขต 6 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุขที่สนับสนุนและอำนวยความสะดวกเรื่องห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณคุณประยูรธี อุดรพิมาย และเพื่อนๆทุกท่านที่ร่วมงานหนักในภาคสนาม

เอกสารอ้างอิง

- กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (2540) รายงานฉบับสมบูรณ์ ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและตะกอนท้องน้ำเนื่องมาจากกรณีเหตุการณ์ปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ตายในแม่น้ำพอง ในวันที่ 4 ธันวาคม 2540. 25 หน้า.
- ศิริพร แซ่เฮง (2540) ความหลากหลายชนิดของมวนน้ำจืดในลำห้วยห้วยเครือและลำห้วยพรมแล้งอุทยานแห่งชาติน้ำหนาว รายงานวิชาโครงการวิจัย ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 50 หน้า.
- Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. and Furse, M.T. (1983). The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates over a Wide Range of Unpolluted Running-Water Sites. **Water Research**. 17:333-347.
- Bargos, T., Mesanza, J.M., Basaguren, A. and Orive, E. (1990). Assessing River Water Quality by Means of Multifactorial Methods Using Macroinvertebrates: A Comparative Study of Main water Courses of Biscay. **Water Research**. 24:1-10.
- Covich, A.P. (1988). Geographical and historical comparisons of neotropical streams: biotic diversity and detrital processing in highly variable habitats. **Journal of the North American Benthological Society**. 7(4):361-386.
- Hellawell, J.M. (1986). **Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management**. London: Elsevier Applied Science. 545 pp.

- Murphy, P.M. (1978). The Temporal Variability in Biotic Indices. **Environmental Pollution**. 17:227-236.
- Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. (1993). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall. 488 pp.
- Rossaro, B.R. and Pietrangelo, A. (1993). Macroinvertebrate Distribution in Streams: A Comparison of CA Ordination with Biotic Indices. **Hydrobiologia**. 26(3): 109-118.
- Sangpradub, N., Inmuong, Y., Hanjavanit, C. and Inmuong, U. (1996). **A Correlation Study between Freshwater Benthic Macroinvertebrate Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin Thailand Part I**, A Research Report to The Thailand Research Fund.
- Sangpradub, N., Inmuong, Y., Hanjavanit, C. and Inmuong, U. (1997). **A Correlation Study between Freshwater Benthic Macroinvertebrate Fauna and Environmental Quality Factors in Nam Pong Basin Thailand Part II**, A Research Report to The Thailand Research Fund.



**การศึกษาประชากรของมวนตัวห้ำดูดกินไข่
Tytthus chinensis Stal. และความจำเป็น
ในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล
Nilaparvata lugens Stal. บนข้าวพันธุ์แนะนำ
Study on the Population of Egg Predator Mirid
Bug *Tytthus chinensis* Stal. and Its Necessary
to Control Brown Planthopper *Nilaparvata lugens*
Stal. on Recommended Rice Varieties**

ทรงยศ พิธิษฐกุล¹ ถนอมจิตร ฤทธิมนตรี² ศุภชัย ตั้งชูพงศ์²

บทคัดย่อ

การศึกษาดทดลอง ปลอ่ยมวนตัวห้ำดูดกินไข่ *T. chinensis* Stal. 1 คู่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *N. lugens* Stal. 8 คู่ ได้ประชากรรุ่นลูกชั่วที่ 1 ของมวนตัวห้ำ 28.14, 27.78, 25.42 และ 21.93 ตัว ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติบนข้าวพันธุ์ TN₁, สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข. 6 ตามลำดับ

ความจำเป็นในการใช้มวนตัวห้ำควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ขึ้นอยู่กับระดับความอ่อนแอของพันธุ์ข้าว ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ ซึ่งมีระดับความอ่อนแอมากกว่าพันธุ์ กข. 6 และ สุพรรณบุรี 90 การปลอ่ยมวนตัวห้ำเพียง 1 คู่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ ช่วยลดความเสียหายของข้าวจากการปลอ่ยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว 8 คู่ ผลจากการวัดประชากรรุ่นลูกชั่วที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลง 121.87, 85.46, 31.85 และ 21.27 ตัว บนข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 และดัชนีความสูญเสียของข้าวลดลง 37.25, 29.50, 20.25 และ 19.00 เปอร์เซ็นต์ บนข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 ตามลำดับ ดังนั้นมวนตัวห้ำจึงมีความจำเป็นต่อข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ มากกว่าพันธุ์ กข. 6 และ สุพรรณบุรี 90 อย่างเด่นชัด

¹ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²สถานีทดลองข้าวขอนแก่น สถาบันวิจัยข้าว

ABSTRACT

First generation progeny of mirid bug *T. chinensis* Stal. from 1 pair of their adults and 8 pairs of brown planthopper *N. lugens* Stal. is 28.14, 27.78, 25.42 and 21.93 which nonsignificant difference at 95% confident on rice varieties TN₁, SPR90, KDML 105 and RD6 respectively.

The necessary to use the mirid bug to control BPH depends on level of rice susceptibility. KDML 105 and TN₁ are more susceptible to BPH than RD6 and SPR90; releasing only 1 pair of the mirid bug and 8 pairs of BPH can decrease their destruction compare with released only 8 pairs of BPH. The results : first progeny of BPH decreases 121.87, 85.46, 31.85 and 21.27 numbers; functional plant loss index decreases 37.25, 29.50, 20.25 and 19.00% on KDML 105, TN₁, SPR90 and RD6 respectively. So KDML 105 and TN₁ definitely need the mirid bug to control BPH than RD6 and SPR90.

คำนำ

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญอันดับหนึ่งของข้าวทั้งในและต่างประเทศ เนื่องจากแมลงแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว ทำให้ต้นข้าวได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง และมีพื้นที่แพร่กระจายกว้างขวางมาก นอกจากแมลงจะทำความเสียหายแก่ต้นข้าวโดยตรงจากการดูดกินน้ำเลี้ยง มีผลทำให้ต้นข้าวแห้งตายแล้ว ยังทำความเสียหายทางอ้อมโดยเป็นพาหะนำเชื้อไวรัส ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคจุดและโรคเหี่ยวเฉาของต้นข้าว (ประพาส, 2527) การป้องกันกำจัดแมลงชนิดนี้นิยมใช้วิธีผสมผสาน เช่น การใช้พันธุ์ต้านทานร่วมกับการใช้สารเคมี สารสกัดจากพืช การเกษตรกรรม วิธีกล และ การใช้ศัตรูธรรมชาติ เป็นต้น

ศัตรูธรรมชาติของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีหลายชนิด เช่น แมลงปอ ตัวเต่า แมงมุม และ มวนตัวห้ำดูดกินไข่ เป็นต้น จากการศึกษาวิจัยพบว่ามวนตัวห้ำดูดกินไข่ *Tytthus chinensis* Stal. มีประสิทธิภาพสูงในด้านการดูดกินไข่และตัวอ่อนของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยตลอดอายุขัยของมวนตัวห้ำชนิดนี้สามารถดูดกินไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้เฉลี่ยถึง 308.95+62.18 ฟองตัวตัว

(ทรงยศ และ ถนอมจิตร, 2538) จากการศึกษาตัวเต็มวัยของมวนตัวห้ำดูดกินไข่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลในอัตราส่วนต่างๆ 1:4, 1:6 และ 1:8 คู่พบว่าสามารถควบคุมประชากรข้าวที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้ลดลง 3, 1 และ 2 เท่า และเหลือเพียง 0.25, 1.81 และ 3.54 ตัวต่อกอ (10 ต้น) ตามลำดับในประชากรข้าวที่ 2 ซึ่งเป็นจำนวนที่ต่ำกว่าระดับเศรษฐกิจ (1 ตัว/ต้น) (ถนอมจิตร และคณะ, 2540)

พันธุ์ข้าวที่ทางราชการแนะนำให้เกษตรกรปลูกมีจำนวนหลายสายพันธุ์ เช่น กข.6, ขาวดอกมะลิ 105, สุพรรณบุรี 90 และ กข.23 เป็นต้น เพื่อวัตถุประสงค์หลายประการ เช่น ผลผลิตสูง ต้านทานแมลงและโรคข้าวหลายชนิด ตอบสนองต่อปุ๋ยดี คุณภาพการหุงต้มดี และปัจจัยอื่นๆ ดี

การศึกษาประชากรของมวนตัวห้ำดูดกินไข่ *T. chinensis* Stal. และความจำเป็นในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* Stal. บนข้าวพันธุ์แนะนำ เพื่อประโยชน์ในการที่จะทราบจำนวนประชากรรุ่นลูกของมวนตัวห้ำบนข้าวพันธุ์แนะนำต่างๆ ที่ได้จากการปล่อยมวนตัวห้ำในอัตราส่วน 1 คู่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่

ระดับความจำเป็นในการใช้มวนตัวห้ำจากกรรมวิธีที่ไม่ใช้และใช้มวนตัวห้ำช่วยควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวพันธุ์แนะนำต่าง ๆ โดยวัดผลจากจำนวนลูกของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนพันธุ์ข้าว น้ำหนักแห้ง และเปอร์เซ็นต์ความสูญเสียของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

- ข้าวพันธุ์ TN, สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข. 6

- เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*N. lugens* Stal.) และมวนตัวห้ำดุกินไข่ (*T. chinensis* Stal.)

วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 2 Factors Factorial (สัดส่วนของแมลงทั้งสองและพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน) ใน Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ มี 12 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่	สัดส่วนมวนตัวห้ำต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (คู่)	พันธุ์ข้าว	กรรมวิธีที่	สัดส่วนมวนตัวห้ำต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (คู่)	พันธุ์ข้าว
1	Control (ไม่มีแมลง)	TN1	7	0:8 (มีเฉพาะ BPH 8 คู่)	ขาวดอกมะลิ105 (KDML 105)
2	Control (ไม่มีแมลง)	สุพรรณบุรี90 (SPR90)	8	0:8 (มีเฉพาะ BPH 8 คู่)	กข. 6 (RD6)
3	Control (ไม่มีแมลง)	ขาวดอกมะลิ105 (KDML 105)	9	1:8 (Mirid Bug 1 คู่ : BPH 8 คู่)	TN1
4	Control (ไม่มีแมลง)	กข. 6 (RD6)	10	1:8 (Mirid Bug 1 คู่ : BPH 8 คู่)	สุพรรณบุรี 90 (SPR90)
5	0:8 (มีเฉพาะ BPH 8 คู่)	TN1	11	1:8 (Mirid Bug 1 คู่ : BPH 8 คู่)	ขาวดอกมะลิ105 (KDML 105)
6	0:8 (มีเฉพาะ BPH 8 คู่)	สุพรรณบุรี90 (SPR90)	12	1:8 (Mirid Bug 1 คู่ : BPH 8 คู่)	กข. 6 (RD6)

หมายเหตุ : จากการทดลองพบว่า มวนตัวห้ำ 1 คู่ สามารถควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 4, 6, และ 8 คู่ ได้อย่างเหมาะสม (ถนอมจิตร และคณะ, 2538.)

1. การเตรียมข้าวทดลอง

ปลูกข้าวพันธุ์ TN₁, สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข. 6 พันธุ์ละ 12 กระถาง (ทดลองพันธุ์ละ 3 กรรมวิธี แต่ละวิธีมี 4 ซ้ำ) รวม 48 กระถาง ปลูกข้าวกระถางละ 5 ต้น ในกระถางดินเผาขนาด 20 ซม. เมื่อข้าวงอกและมีใบ 3 ใบ จึงครอบด้วยหลอดพลาสติกใส บำรุงรักษาดันข้าวทดลอง ใส่ปุ๋ย และป้องกันศัตรูอื่นรบกวน เมื่อต้นข้าวอายุ 50 วัน ตัดต้นข้าวให้เหลือกระถางละ 12 ต้น แล้วจึงล้างทำความสะอาด

2. การเตรียมแมลง

2.1 เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ดูดแยกตัวอ่อนวัยที่ 5 บนต้นข้าวพันธุ์ TN₁ จากทรงเลียงขยายพันธุ์ ไปเลี้ยงบนข้าวพันธุ์ TN₁ ประมาณ 3 วันก่อนที่ข้าวพันธุ์ต่างๆ ในข้อ 1 จะมีอายุครบ 50 วัน หลังจากนั้นประมาณ 1-2 วัน แมลงจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ดูดแยกตัวที่ลอกคราบเป็นตัวเต็มวัยในวันเดียวกัน ไปเลี้ยงไว้บนข้าวพันธุ์ TN₁ ในกล่องพลาสติก หลังจากนั้นอีก 1 วัน จึงปล่อยลงในข้าวทดสอบตามกรรมวิธีต่างๆ โดยปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลให้วางไข่ในข้าวพันธุ์ทดสอบอย่างน้อย 1 คืนก่อนปล่อยมวนตัวห้ำกินไข่

2.2 มวนตัวห้ำกินไข่ *T. chinensis* Stal.

ดูดแยกตัวอ่อนวัยที่ 5 ซึ่งปลายปีกมีสีน้ำตาลเข้มจากข้าวพันธุ์ TN₁ ที่ทรงเลียงขยายพันธุ์มาเลี้ยงไว้ในกล่องพลาสติกบนข้าวพันธุ์ TN₁ ซึ่งมีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หลังจากนั้นประมาณ 1-2 วัน มวนจะลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ดูดแยกตัวเต็มวัยที่ลอกคราบในวันเดียวกันไปเลี้ยงบนข้าวพันธุ์ TN₁ ในกล่องพลาสติก ที่มีไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หลังจากนั้นอีก 1 วันจึงนำไปปล่อยบนข้าวทดสอบทั้ง 4 พันธุ์ตามกรรมวิธีต่างๆ

3. การจัดบันทึกข้อมูล

- ตรวจจับจำนวนลูกข้าวที่ 1 ของแมลงทั้ง 2 ชนิด บนข้าวพันธุ์ทดสอบทั้ง 4 พันธุ์ ทุกกรรมวิธี
- ให้คะแนนความเสียหายของต้นข้าวเนื่องจากแมลงทุกกระถาง โดยใช้มาตรฐานของ Heinrichs, E.A. และคณะ, 1985
- ตากต้นข้าว อบแห้ง และชั่งน้ำหนักทุกพันธุ์และทุกซ้ำ
- หาค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีความสูญเสีย Functional Plant Loss Index (FPLI) จากสูตรของ Heinrichs, E.A. และคณะ, 1985

$$FPL1(\%) = \left[1 - \left(\frac{\text{Dry wt. of infested plant}}{\text{Dry wt. of uninfested plant}} \right) \times \left(1 - \frac{\text{Damage rating}}{9} \right) \right] \times 100$$

ระยะเวลาทดลอง

มิถุนายน 2539 - มกราคม 2540

สถานที่

สถานีทดลองข้าวขอนแก่น

ผลการทดลอง

ผลการศึกษว่ากรรมวิธี 0:8 และ 1:8 มีอิทธิพลต่อจำนวนลูกข้าวที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลแตกต่างกันอย่างไรในข้าวทั้ง 4 พันธุ์ (Table 1)

กรรมวิธีปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว 8 คู่ ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 ได้ลูกข้าวที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 645.50, 615.39, 586.96 และ 560.60 ตัว ตามลำดับจากมากไปน้อย พบว่าข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ มีแนวโน้มให้ลูกข้าวที่ 1 มากกว่าพันธุ์ สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6

กรรมวิธีปล่อยมวนตัวห้ำ 1 คู่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90, กข. 6, TN₁ และ ขาวดอกมะลิ 105 ได้ลูกข้าวที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 555.11, 539.33, 529.93 และ 523.63 ตัว โดยเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย พบว่าข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 มีแนวโน้มให้ลูกข้าวที่ 1 มากกว่าพันธุ์ TN₁ และ ขาวดอกมะลิ 105 และกรรมวิธีนี้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยเฉลี่ยลดลงจากกรรมวิธี 0:8 ทั้งนี้เนื่องจากประสิทธิภาพของมวนตัวห้ำเพียง 1 คู่

ผลการศึกษว่าปริมาณลูกข้าวที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวพันธุ์ใดได้รับอิทธิพลมากน้อยอย่างไรจากกรรมวิธีปล่อยแมลง 0:8 และ 1:8 (Table 1)

ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 ในกรรมวิธี 1:8 ให้ลูก

ข้าวที่ 1 ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลลดลงจากกรรมวิธี 0:8 จำนวน 121.87, 85.46, 31.85 และ 21.27 ตัว ตามลำดับ

ผลการศึกษาว่ากรรมวิธี 1:8 ข้าวพันธุ์ใดมีอิทธิพลต่อจำนวนลูกข้าวที่ 1 ของมวนตัวห้ำ (Table 2)

ข้าวพันธุ์ TN₁, สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข. 6 ให้จำนวนลูกข้าวที่ 1 ของมวนตัวห้ำเป็น 28.14, 27.78, 25.42 และ 21.93 ตัว ตามลำดับ พบว่ามวนตัวห้ำสามารถวางไข่และดูดกินไข่เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้บนข้าวทั้ง 4 พันธุ์ และเนื่องจากกรรมวิธี 1:8 ปริมาณไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลมีจำนวนมากอย่างเหลือเฟือที่เป็นอาหารของมวนตัวห้ำ ดังนั้นลูกข้าวที่ 1 ของมวนตัวห้ำที่เลี้ยงบนข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลจึงไม่แตกต่างกันทางสถิติกับแมลงที่เลี้ยงบนข้าวพันธุ์อื่นๆ ที่อ่อนแอ

ผลการศึกษาว่ากรรมวิธี control, 0:8 และ 1:8 มีอิทธิพลต่อน้ำหนักแห้งของข้าวทั้ง 4 พันธุ์อย่างไร (Table 3)

กรรมวิธี Control ซึ่งไม่มีแมลง ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105, TN₁ และ กข. 6 ได้น้ำหนักแห้ง 43.00, 29.75, 28.00 และ 23.00 กรัม ตามลำดับจากมากไปน้อย โดยพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ได้น้ำหนักแห้งสูงสุดและมากกว่าพันธุ์อื่นๆ

กรรมวิธี 0:8 ปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90, กข. 6, TN₁ และ ขาวดอกมะลิ 105 ได้น้ำหนักแห้งลดลงทุกพันธุ์เป็น 27.00, 16.50, 15.50 และ 14.50 กรัม ตามลำดับ เนื่องจากการทำลายของแมลง โดยพันธุ์ สุพรรณบุรี 90 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานแมลงยังคงมีน้ำหนักสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ กข. 6, ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ ให้น้ำหนักลดลงมากอย่างเด่นชัด

กรรมวิธี 1:8 ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105, TN₁ และ กข. 6 ได้น้ำหนักแห้ง

เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธี 0:8 ในช่วงทุกพันธุ์เป็น 29.75, 21.75, 20.00 และ 19.25 กรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลของมวลตัวทำ 1 คู่ ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 90 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานแมลงยังคงมีน้ำหนักแห้งมากที่สุด และมากกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ซึ่งมีน้ำหนักใกล้เคียงกัน

ผลการศึกษาว่าน้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ใดได้รับอิทธิพลจากกรรมวิธี 0:8 และ 1:8 แตกต่างกันอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับ Control (Table 3)

ข้าวพันธุ์ TN₁ ในกรรมวิธี 0:8 และ 1:8 น้ำหนักแห้งลดลงจาก Control 12.50 และ 8.00 กรัม หรือ 1.81 และ 1.40 เท่า ตามลำดับ

ข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90 ในกรรมวิธี 0:8 และ 1:8 น้ำหนักแห้งลดลงจาก Control 16.00 และ 13.25 กรัม หรือ 1.59 และ 1.45 เท่า ตามลำดับ

ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 ในกรรมวิธี 0:8 และ 1:8 น้ำหนักแห้งลดลงจาก Control 15.25 และ 8.00 กรัม หรือ 2.05 และ 1.37 เท่า ตามลำดับ

ข้าวพันธุ์ กข. 6 ในกรรมวิธี 0:8 และ 1:8 น้ำหนักแห้งลดลงจาก Control 6.50 และ 3.75 กรัม หรือ 1.39 และ 1.19 เท่า ตามลำดับ

สรุปว่าในกรรมวิธีที่มีมวลตัวทำ 1 คู่ มีผลให้น้ำหนักแห้งของข้าวพันธุ์ สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105, TN₁ และ กข. 6 ลดลง 13.25, 8.00, 8.00 และ 3.75 กรัม ตามลำดับ โดยที่พันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ ซึ่งอ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เมื่อปล่อยมวลตัวทำ 1 คู่ มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่มีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพียงอย่างเดียวเป็นอย่างมาก ส่วนพันธุ์ สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 น้ำหนักเพิ่มขึ้นรองลงมา

ผลการศึกษาว่ากรรมวิธี 0:8 และ 1:8 มีอิทธิพลต่อดัชนีการสูญเสียของข้าวทั้ง 4 พันธุ์อย่างไร (Table 4)

กรรมวิธี 0:8 ปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ ดัชนีการสูญเสียของข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, กข. 6 และ สุพรรณบุรี 90 เป็น 79.50, 78.75, 65.50 และ 60.50% ตามลำดับจากมากไปน้อย แสดงว่าเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสามารถดูดกินและทำลายข้าวทั้ง 4 พันธุ์ได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี Duncan Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยที่พบการทำลายสูงในข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ มากกว่าพันธุ์ กข. 6 และ สุพรรณบุรี 90

กรรมวิธี 1:8 ปล่อยมวลตัวทำ 1 คู่ ร่วมกับเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ มีผลทำให้ดัชนีการสูญเสีย (FPLI) ของข้าวทุกพันธุ์ลดลง โดยพันธุ์ TN₁ และ กข. 6 ลดลงอยู่ในระดับ 49.25 และ 46.50% ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ สุพรรณบุรี 90 ลดลงอยู่ในระดับ 42.25 และ 40.25% ตามลำดับ

ผลการศึกษาว่าดัชนีความสูญเสีย (FPLI) ของข้าวพันธุ์ใดได้รับอิทธิพลจากกรรมวิธี 0:8 และ 1:8 แตกต่างกันอย่างไร (Table 4)

ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 ในกรรมวิธี 1:8 มี FPLI ลดลงจากกรรมวิธี 0:8 เป็น 37.25, 29.50, 20.25 และ 19.00% หรือ 1.88, 1.60, 1.50 และ 1.41 เท่า ตามลำดับจากมากไปน้อย แสดงว่าประสิทธิภาพของมวลตัวทำเพียง 1 คู่ สามารถลดเปอร์เซนต์ความสูญเสียจากการทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลบนข้าวทั้ง 4 พันธุ์ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะบนพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ ซึ่งลดความสูญเสียได้ 1.88 และ 1.60 เท่าตามลำดับ

Table 1 Comparison numbers of first generation progeny of brown planthopper (F1) between 2 different treatments within each rice variety.

treatments Mirid Bug : BPH (pairs)	rice varieties	numbers of F1 BPH	No. of insect Difference between treatment
0:8	TN1	615.39A	85.46
1:8	TN1	529.93A	
0:8	SPR90	586.96A	31.85
1:8	SPR90	555.11A	
0:8	KDML 105	645.50A	121.87
1:8	KDML 105	523.63A	
0:8	RD6	560.60A	21.27
1:8	RD6	539.33A	

ranking number of F1 BPH means by using Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 95% confident CV. 15.11%

Table 2 Comparison numbers of first generation progeny of mirid bug (F1) among 4 rice varieties.

treatment Mirid Bug : BPH (pairs)	rice varieties	numbers of F1 Mirid Bug
1:8	TN1	28.14A
1:8	SPR90	27.78A
1:8	KDML 105	25.42A
1:8	RD6	21.93A

ranking numbers of F1 mirid bug means by using using Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 95% confident, CV. 39.81%

Table 3 Comparison rice dry weight among 3 different treatments within each rice variety.

treatment Mirid Bug : BPH (pairs)	rice varieties	rice dry weight (gms.)	rice weight different between control and treatment	rice weight ratio between control and treatment
control	TN1	28.00B		
0:8	TN1	15.50 EF	12.50	1.81
1:8	TN1	20.00 DE	8.00	1.40
control	SPR90	43.00 A		
0:8	SPR90	27.00 BC	16.00	1.59
1:8	SPR90	29.75 B	13.25	1.45
control	KDML 105	29.75 B		
0:8	KDML 105	14.50 F	15.25	2.05
1:8	KDML 105	21.75 D	8.00	1.37
control	RD6	23.00 CD		
0:8	RD6	16.50 EF	6.50	1.39
1:8	RD6	19.25 DEF	3.75	1.19

ranking rice dry weight means by using using Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 95% confident, CV. 13.57%

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยในตารางที่มีอักษรแตกต่างกันจะแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Table 4 Comparison functional plant loss index between 2 treatments within each rice variety.

treatment		Functional Plant	FPLI difference	FPLI ratio
Mirid Bug :	rice varieties	Loss Index	between	between
BPH (pairs)		of Rice (FPLI%)	0:8 and 1:8	0:8 and 1:8
0:8	TN1	78.75A		
1:8	TN1	49.25 BC	29.50	1.60
0:8	SPR90	60.50 ABC		
1:8	SPR90	40.25 C	20.25	1.50
0:8	KDML 105	79.50 A		
1:8	KDML 105	42.25 BC	37.25	1.88
0:8	RD6	65.50 AB		
1:8	RD6	46.50 BC	19.00	1.41

ranking functional plant loss index means by using using Duncan Multiple Range Test (DMRT) at 95% confident, CV. 25.74%



Fig.1 TN1 damaged by BPH
Mirid Bug : BPH (0:8, 1:8, control).



Fig.2 SPR90 damaged by BPH
Mirid Bug : BPH (0:8, 1:8, control).



Fig.3 KDML 105 damaged by BPH
Mirid Bug : BPH (0:8, 1:8, control).



Fig.4 RD 6 damaged by BPH
Mirid Bug : BPH (0:8, 1:8, control).

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาทดลองปล่อยมวนตัวห้ำดูดกินไข่ *T. chinensis* Stal. 1 คู่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *N. lugens* Stal. 8 คู่ ได้ประชากรรุ่นลูกชั่วที่ 1 ของมวนตัวห้ำ 28.14, 27.78, 25.42 และ 21.93 ตัว ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) บนข้าวพันธุ์ TN₁, สุพรรณบุรี 90, ขาวดอกมะลิ 105 และ กข. 6 ตามลำดับ สืบเนื่องจากมวนตัวห้ำวางไข่ได้ดี และมีอาหารเหลือเฟือจากไข่ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ ในข้าวทุกพันธุ์ที่ทดลอง

ความจำเป็นในการใช้มวนตัวห้ำควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ขึ้นอยู่กับระดับความอ่อนแอของพันธุ์ข้าวต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 และ TN₁ ซึ่งมีระดับความอ่อนแอกว่าพันธุ์ กข. 6 และ สุพรรณบุรี 90 การปล่อยมวนตัวห้ำเพียง 1 คู่ต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 8 คู่ ช่วยลดความเสียหายของข้าวจากการปล่อยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเพียงอย่างเดียว 8 คู่ ผลจากการวัดประชากรรุ่นลูกชั่วที่ 1 ของเพลี้ยกระโดด สีน้ำตาลลดลง 121.87, 85.46, 31.85 และ 21.27 ตัว บนข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 และดัชนีความสูญเสียของข้าวลดลง 37.25, 29.50, 20.25 และ 19.00 เปอร์เซ็นต์ บนข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105, TN₁, สุพรรณบุรี 90 และ กข. 6 ตามลำดับ ดังนั้นมวนตัวห้ำจึงมีความจำเป็นอย่างเด่นชัดต่อข้าวพันธุ์แนะนำที่อ่อนแอต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เช่น ขาวดอกมะลิ 105 มากกว่าพันธุ์แนะนำที่ต้านทาน เช่น สุพรรณบุรี 90

เอกสารอ้างอิง

- ถนอมจิตร ฤทธิมนตรี, ศุภชัย ตั้งชูพงษ์ และ ทรงยศ พิธิษฐ์กุล. 2540. อัตราส่วนที่เหมาะสมของมวนตัวห้ำกินไข่ *Tytthus chinensis* Stal. ในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* Stal. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 35 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 378-382.
- ทรงยศ พิธิษฐ์กุล และ ถนอมจิตร ฤทธิมนตรี. 2539. ประสิทธิภาพของมวนตัวห้ำกินไข่ *Tytthus chinensis* Stal. ของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล *Nilaparvata lugens* Stal. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 34 ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 137-142.
- ประพาส วีระแพทย์. 2528. ปัญหาในนาข้าว. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด. กรุงเทพมหานคร. 169 หน้า.
- ปรีชา วังศิลาบัตร สุวัฒน์ รวยอารีย์ เรวัต ภัทรสุทธิเฉลิมวงศ์ ถิระวัฒน์ และ วณิช ยาคาลัย. 2538. มิตรและศัตรูของชาวนา. กองกึ่งและสัตววิทยาการวิชาการเกษตร. 112 หน้า.
- Heinricks, E.A., F.G. Medrano and H.R. Rapusas. 1985. Genetic Evaluation for Insect Resistance in Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines. 356 pp.

เกร็ดคอมพิวเตอร์

ปัญหา Y2K สำหรับผู้ใช้ในบ้าน

วีระยุทธ ชัยศิริถาวรกุล*

ช่วงนี้เป็นช่วงปีสุดท้ายก่อนที่จะเข้าสู่ปี ค.ศ. 2000 วันเวลาที่หลักศตวรรษเปลี่ยนไป เราจำเป็นต้องเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงนี้ ไม่ว่าเราจะพร้อมหรือไม่ มันก็จะมาถึง ลองมาสำรวจเครื่องคอมพิวเตอร์ใกล้ๆ ตัว ดึกๆ ว่ามันสามารถจัดการกับเรื่องนี้ได้ดีแค่ไหน

เรื่องของปัญหาเกี่ยวกับวันที่ในปี 2000 (และหลังจากนั้น) ในระบบคอมพิวเตอร์ ในทางปฏิบัติสามารถแบ่งที่มาของปัญหาออกเป็น 3 ส่วนคือ

1. Hardware ซึ่งจะครอบคลุมถึง BIOS (Basic Input/Output System) ถ้าจะว่าตามความจริงแล้วเป็น software แต่เนื่องจาก software นี้มีความใกล้ชิดกับ hardware มากจึงจัดไว้ในพวกเดียวกัน BIOS นี้จะถูกเก็บอยู่ในหน่วยความจำประเภทอ่านได้อย่างเดียว (บางครั้งก็เขียนได้ !) และติดตั้งอยู่บน mainboard

2. ระบบปฏิบัติการ (Operating System) ตัว OS เอง และ utility ของ OS

3. โปรแกรมประยุกต์ (Application) และข้อมูล เป็นเรื่องที่เฉพาะเจาะจงลงไปแต่ละโปรแกรมซึ่งขึ้นอยู่กับว่าในการออกแบบโปรแกรมและระบบข้อมูลเหล่านั้น ผู้ออกแบบได้เตรียมการสำหรับการใช้งานปี 2000 มากน้อยแค่ไหน ซึ่งจะไม่กล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้

ในโปรแกรมประยุกต์ต่างๆ ไป หากโปรแกรมต้องการทราบวันที่ จะสามารถถามได้จาก 3 แหล่ง คือ ใช้ฟังก์ชันของ OS เช่น ใน MS-DOS ใช้ Interrupt Service Routine (ISR) ในการเรียกใช้งาน ได้แก่ Interrupt 21h ฟังก์ชัน 2Ah (โดยทั่วไปฟังก์ชันที่ใช้ถามเวลาของภาษาสูงก็ใช้ฟังก์ชันเวลาของ OS) แหล่งต่อมา คือถามจาก BIOS โดยการเรียก Interrupt 1Ah ของ BIOS และวิธีสุดท้ายคือ อ่านค่าโดยตรงจาก Real Time Clock (RTC) CMOS RAM โดยอ่านจาก port 71h

เราจำเป็นต้องทราบว่าแต่ละส่วนทำงานอย่างไร เพื่อที่จะได้ทราบว่าส่วนใดมีปัญหาและจะได้หาทางแก้ไขที่เหมาะสมต่อไป

10 856-1 4

Real Time Clock (RTC)

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (PC) ยุคแรกผู้ใช้จะต้องตั้งเวลาและวันที่ทุกครั้งที่เปิดเครื่อง RTC เริ่มมีในเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ PC/AT (ใช้กับ CPU 80286 ของ Intel) เป็นต้นมาหน้าที่สำคัญของ RTC คือเป็นนาฬิกาพื้นฐานของระบบ ซึ่งจะทำงานไปเรื่อย ๆ トラบเท่าที่ยังมีกำลังไฟจากแบตเตอรี่ไม่หยุดแม้ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ยังมีหน่วยความจำประเภท Static RAM ที่อ่านเขียนได้และสามารถเก็บข้อมูลไว้ในเวลาที่ปิดเครื่อง ซึ่งหน่วยความจำนี้อยู่ใน chip RTC มีขนาด 64 bytes เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล configuration ของเครื่องด้วย และมักถูกเรียกว่า CMOS RAM การทำงานของนาฬิกา จะ update เวลาใน CMOS RAM ทุก ๆ วินาที และเวลานี้จะถูกอ่านโดย BIOS ทุกครั้งที่มีการ boot เครื่อง การอ่านเขียนเวลาของนาฬิกาเรือนนี้กระทำผ่านทาง port ของ CPU โดยที่ port 70h ใช้เลือกข้อมูลที่จะอ่าน-เขียน (register address ของ RTC) และ port 71h เป็นพื้นที่ในการอ่านเขียนข้อมูล มีขนาด 8 bits โดยมี register ที่เกี่ยวข้องกับวันที่ ดังนี้

Register address	Description
06h	Day of week
07h	Day of month
08h	Month
09h	Year
32h	Date century byte (สำหรับ ISA bus)
	CRC High ของ CMOS-RAM (สำหรับ MCA bus)
37h	Date Century byte (สำหรับ MCA bus)

จะเห็นว่ามี byte สำหรับเก็บศตวรรษด้วย ซึ่งไม่น่าจะเกิดปัญหาขึ้นแล้วปัญหาอยู่ที่ไหนล่ะ ? ทั้งนี้เนื่องจาก RTC จะ update เวลาทุก ๆ วินาที เมื่อมีการ Over flow ในแต่ละหลักจะทดไปหลักถัดไป แต่โชคร้ายที่ไม่มีกรทดไปหลักศตวรรษ (IBM AT และเครื่องส่วนใหญ่) ดังนั้นจึงเกิดปัญหาขึ้นเมื่อวันที่ 31 ธันวาคม ค.ศ. 1999 เวลา 23:59:59 น. วินาที ถัดมาเวลาใน RTC จึงกลายเป็น 00:00:00 ของวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1900 !

ตอนนี้ถ้าใคร (โปรแกรม) มาอ่านเวลาโดยตรงจาก RTC ก็จะได้วันที่ดังกล่าว ซึ่งผิดจากความเป็นจริงผลที่ตามมาคือขึ้นอยู่กับว่าโปรแกรมนั้นจะจัดการอย่างไรกับวันที่นั้น มีเอกสารบางฉบับระบุว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ RTC ทำงานถูกต้องแต่พบจำนวนน้อย (ตัวผู้เขียนยังไม่เคยพบด้วยตัวเอง) และก็มีเครื่องคอมพิวเตอร์บางรุ่นที่ไม่มี century byte ซึ่ง BIOS จะเป็นผู้ให้ค่านี้เองเมื่ออ่านวันที่ผ่าน BIOS

BIOS (Basis Input/Output System)

BIOS เป็น software ส่วนที่มีความใกล้ชิดกับ hardware มากซึ่งจะถูกบรรจุไว้ในหน่วยความจำที่อ่านได้อย่างเดียว เช่น ROM, EPROM, EEPROM, FLASH) ซึ่งบน mainboard ตัวชุดคำสั่งที่ระบุไว้มีความเฉพาะตัวสำหรับ mainboard แต่ละรุ่น จะทำหน้าที่สำคัญ เกี่ยวกับการติดต่อกับ hardware ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ช่วง ช่วงก่อนที่ OS จะเข้าควบคุมระบบ BIOS จะเริ่มทำงานตั้งแต่เปิดเครื่องตรวจสอบระบบ ตรวจสอบ configuration ของเครื่องและมีโปรแกรมที่ใช้ตั้งค่าใน CMOS-RAM ซึ่งส่วนที่ถูกเรียกว่า BIOS setup ในบางรุ่นมีฟังก์ชันอื่นๆ เช่น Low level format hard disk เมื่อตรวจสอบระบบเสร็จโปรแกรมใน BIOS จะทำการ load OS เข้าสู่หน่วยความจำ (เช่น อ่านจาก drive A: หรือ hard disk) และเมื่อ OS เข้าควบคุมระบบ

BIOS จะคอยให้บริการแก่ OS และ application ในการติดต่อกับ hardware เช่น การอ่านข้อมูลจาก disk การส่งข้อมูลทาง พอร์ทสื่อสาร การอ่านเวลา จาก RTC ฯลฯ การเรียกใช้บริการจาก BIOS ทำ โดยการเรียกผ่าน Interrupt Service Routine (ISR) แต่ในบางครั้ง OS และ application จะติดต่อกับ hardware โดยตรง (ทาง port ของ CPU) นอกจากนี้ในปัจจุบัน BIOS ยังมีฟังก์ชันเกี่ยวกับการจัดการ ด้านพลังงาน (APM) ด้วย

ในการทำงานเกี่ยวกับวันที่ BIOS จะทำงาน 2 ช่วงเช่นกัน (ขณะ boot และขณะทำงานทั่วๆ ไป) จึงจะแยกพฤติกรรมของ BIOS ต่อ RTC ออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. ช่วงก่อนที่ OS จะเข้าควบคุมระบบ อาการของ BIOS ที่พบคือ

1.1 พวกที่ทำงานได้ถูกต้อง คือ เมื่อตรวจสอบวันที่ในขณะที่ตรวจสอบระบบแล้วว่า เลขปี (2 หลักสุดท้าย) มีค่าน้อยกว่าค่าหนึ่ง (เช่น 80) BIOS จะทำการเปลี่ยนค่าของ century byte จาก 19 เป็น 20 ดังนั้นเมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกหลังจากปี 2000 ผ่านเข้ามา BIOS ก็จะแก้ไข วันที่ใน RTC ให้ถูกต้อง BIOS พวกนี้ได้แก่ ส่วนใหญ่ของ BIOS ของ PHOENIX Release 4.05 และที่ใหม่กว่า ซึ่งวางตลาดในช่วงกลางปี 2538 (1995) BIOS ของ Award ที่ออกหลังจากวันที่ 31 พฤษภาคม 2538 (1995) สามารถสังเกต วันที่และ version ของ BIOS ได้ตอนที่ boot เครื่อง

1.2 พวกที่ทำงานไม่ถูกต้องแต่สามารถตั้งให้ถูกต้องได้ BIOS พวกนี้เมื่อ boot ขึ้น มาแล้วพบว่าเลขปีที่น้อยกว่าปี 1980 (ใช้เลข 4 หลัก) ก็จะเปลี่ยนปีให้เป็น 1980 หรืออาจมีบางรุ่นไม่ เปลี่ยนเลยเป็นปี 1900 (จากทดสอบมายังไม่พบ) และเมื่อตั้งวันที่ให้เป็นปี 2000 ก็จะสามารถใช้ได้และ เมื่อปิดและเปิดเครื่องใหม่ก็ยังคงให้วันที่ที่ถูกต้อง BIOS ส่วนใหญ่ที่เหลือจากกลุ่มที่ 1.1 และ 1.3 จะ

อยู่ในประเภทนี้

1.3 พวกที่เป็นตัวปัญหา เมื่อคอมพิวเตอร์ถูก boot แล้ว BIOS พบว่าเลข 2 หลักสุดท้ายของปี เป็นปีที่น้อยกว่าค่าๆ หนึ่ง ส่วนใหญ่ที่พบเป็นปี 94 BIOS จะเปลี่ยน 2 หลักท้ายให้เป็นปี 94 โดยไม่แก้ไขวันที่ เดือน และเวลา ซึ่งหมายความว่าหากวันที่ใน RTC เป็นปี 1900 ก็จะ ถูกเปลี่ยนเป็นปี 1994 หรือ หากเป็นปี 2000 ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นปี 2094 ในตอน boot นี้หมายความว่าทุกครั้งที่มีการ boot เครื่องวันที่ใน RTC จะถูก เปลี่ยนให้เป็นวันที่ในปี 1994-1999 หรือ 2094-2099 ! BIOS ที่มีปัญหานี้ คือ BIOS ของ Award ที่วางตลาดในช่วงระหว่าง 26 เมษายน 2537 (1994) ถึง 31 พฤษภาคม 2538 และมีกรณีอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกันคือการตรวจสอบใช้ปี 80 แทนปี 94 และจะเปลี่ยน ค.ศ. ให้หลักท้ายเป็น 80 เสมอถ้าหลักดังกล่าวน้อยกว่า 80 แต่พบน้อยมาก

2. ช่วงขณะที่ OS เข้าควบคุมระบบแล้ว BIOS จะรอการร้องขอวันที่ ทาง ISR ซึ่งเมื่อมีการ ร้องขอวันที่ BIOS จะอ่านวันที่ใน RTC แล้วคืนค่า ให้แกโปรแกรมที่ร้องขอ ซึ่งมีอยู่ในพวกคือ BIOS พวกที่อ่านค่าได้อย่างไรก็ตามไปอย่างนั้น และพวกที่ เมื่อพบเป็นปีที่น้อยกว่าค่าๆ หนึ่ง (เช่น 35, 80, 94) ให้เปลี่ยนเลขหลักศตวรรษเป็น 20 แล้วคืนค่า ให้แกโปรแกรม โดยทั่วไปเปลี่ยนค่าใน RTC ด้วย

นอกจากนี้ยังมีปัญหาอีกอย่างหนึ่งคือเรื่อง leap year ของปี 2000 ซึ่งเป็นปีอธิกवार (มี 366 วัน) หลักการคิดว่าปีใดเป็นปีอธิกवारหรือไม่นั้นมี เงื่อนไขดังนี้ (ใช้เลขปี ค.ศ.)

1. ถ้าปีนั้นหารด้วย 4 ลงตัวและหารด้วย 100 ไม่ลงตัว (เช่น 1980, 1984, 1988) ปีนั้นมี 366 วัน

2. ถ้าปีนั้นหารด้วย 4 ลงตัวและหารด้วย 100 ลงตัว แต่หารด้วย 400 ไม่ลงตัว (เช่น 1800,

1900, 2100) ปีนั้นมี 365 วัน

3. ถ้าปีนั้นหารด้วย 4 ลงตัวและหารด้วย 100 ลงตัว แต่หารด้วย 400 ลงตัว (เช่น 2000, 2400) ปีนั้นมี 366 วัน

เห็นว่าปี 2000 เป็นปีที่เข้าเงื่อนไขที่ 3 ถ้าโปรแกรมเมอร์ที่เขียนโปรแกรม BIOS ไม่ได้สนใจเงื่อนไขที่ 2 และที่ 3 ก็จะสามารถให้วันที่ 29 ก.พ. 2000 ได้ แต่ถ้าโปรแกรมเมอร์ ไปสนใจเงื่อนไขที่ 2 แต่ไม่ได้สนใจเงื่อนไขที่ 3 ด้วยแล้วจะทำให้เครื่องไม่รับวันที่ 29 ก.พ. ปี 2000 เท่าที่ผู้เขียนได้ทดสอบมาไม่พบเครื่องที่มีปัญหาในเรื่อง leap year นี้ อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะตรวจสอบได้

ระบบปฏิบัติการ (Operating System : OS)

ระบบปฏิบัติการจะมีนาฬิกาเป็นของตัวเองเมื่อระบบถูก boot ขึ้นจะอ่านเวลาจาก RTC แล้วจากนั้นจะใช้วิธีการทางด้านซอฟต์แวร์ในการปรับปรุงเวลาของตัวเอง โดยไม่เกี่ยวกับ RTC

ใน MS-DOS, Windows 3.11 for work group, Windows 95, Windows NT 4 นาฬิกาของระบบเดินอย่างถูกต้อง เมื่อเข้าสู่ปี 2000 แต่จะไม่ไปเปลี่ยนเวลาใน RTC ให้ตรงกับเวลาของ OS ยกเว้นหากการตั้งเวลาจะไปตั้งเวลาของ RTC ด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องไปแก้ไขวันที่ให้เป็นปี 2000 ในการ boot ครั้งต่อไป (หาก BIOS ไม่แก้ไขให้ตอน boot) ใน OS บางตัวอาจมีปัญหากับโปรแกรมประกอบบาง เช่น MSDOS โปรแกรม MSBACKUP จะถามว่าจะเขียนทับไฟล์เดิมหรือไม่เพราะ MSBACKUP ไม่รู้จักวันที่ในปี 2000 จึงตีความว่าวันที่ของ backup file เดิมใหม่ว่า (กรณี file เดิม backup ไว้ก่อนปี 2000) แต่โปรแกรม MSBACKUP ยังทำงานได้ถูกต้องไม่ใคร่ขอพิสูจน์ยังไม่ได้ออกรุ่นที่แก้ไขปัญหานี้และโปรแกรม windows explorer ใน Windows 95 จะไม่แสดงวันที่ 4 หลัก ต้อง download version ใหม่จากไมโครซอฟเป็นต้น

Linux เป็นระบบปฏิบัติการ Unix ชนิดหนึ่ง ซึ่งระบบปฏิบัติการใช้จำนวนเต็ม Long เก็บเวลาเป็นวินาทีที่นับตั้งแต่เวลา 00:00:00 ของวันที่ 1 มกราคม ค.ศ. 1970 ซึ่งถ้าเป็นจำนวน 32 bits (signed) จะ overflow ในปี 2038 ดังนั้นจึงทำให้ Linux สามารถทำงานเกี่ยวกับวันที่ได้ถูกต้องได้ถึงปี 2038 (ทดลองใน kernel 2.0.0) คำสั่ง date ใน Linux จะเปลี่ยนเวลาใน OS เท่านั้น หากต้องการเปลี่ยนเวลาใน RTC ให้ตรงกับเวลาของ OS ต้องใช้คำสั่ง clock ตามอีกครั้งหนึ่ง

การตรวจสอบปัญหาของระบบเบื้องต้น

1. ตรวจสอบ OS

1.1 boot ระบบขึ้นมาแล้วตั้งเวลา เป็นวันที่ 31 ธันวาคม ปี 1999 เวลา 23:59 น.

1.2 รอจนเวลาผ่านไปมากกว่า 1 นาที (เพื่อให้วันที่เข้าสู่ปี 2000)

1.3 ใช้คำสั่ง date ตรวจสอบดูวันที่ เวลา หากเป็นวันที่ 1 มกราคม ปี 2000 แสดงว่า OS ใช้ได้กับปี 2000

2. ตรวจสอบ BIOS

2.1 เข้าไปใน BIOS Setup แก้ววันที่ เป็น 31 ธันวาคม 1999 เวลา 23:59 น.

2.2 รอจนเวลาผ่านเที่ยงคืน

2.3 ถ้าวันที่ผ่านเข้าปี 2000 อย่างถูกต้องให้ save BIOS แล้วทดลอง boot

2.4 เข้าไปใน BIOS Setup อีกครั้ง ถ้าวันที่ยังคงถูกต้องอยู่แสดงว่า BIOS ไม่มีปัญหา

3. ตรวจสอบ RTC

3.1 เข้าไปใน BIOS Setup แก้ววันที่ เป็น 31 ธันวาคม 1999 เวลา 23:59 น.

3.2 Save BIOS แล้วปิดเครื่องรอจนเวลาผ่านไปมากกว่า 1 นาที

3.3 เปิดเครื่องเข้าไปใน BIOS Setup อีกครั้ง ถ้าวันที่ผ่านเข้าปี 2000 อย่างถูกต้องแสดง

ว่า RTC ไม่มีปัญหา (ความเป็นจริง RTC อาจมีปัญหาแต่ BIOS แก้ไขให้ถูกต้องแล้ว)

4. ตรวจสอบปัญหา leap year

4.1 ตั้งวันที่และเวลาให้ใกล้ๆ วันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปี 2000 เช่น ตั้งเป็นวันที่ 28 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2000 เวลา 23:59 แล้วปิดเครื่อง

4.2 รอจนเวลาผ่านเข้าสู่วันที่ 29 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2000 (รอมากกว่า 1 นาที)

4.3 เปิดเครื่องใหม่ ใช้คำสั่งดูวันที่ ถ้าเป็นวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2000 แสดงว่าเครื่องไม่มีปัญหาเรื่อง leap year

การทดสอบนาฬิกา

ได้เขียนโปรแกรมสั้นๆ สำหรับอ่านค่าเวลาจาก 3 วิธี คือ อ่านจาก RTC โดยตรงทาง PORT อ่านผ่าน BIOS ISR และจาก OS โดยเรียกผ่านฟังก์ชันของภาษา C ซึ่งสามารถ Download program ได้ที่ <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Station8709> โปรแกรมให้ได้นบน Dos และ Windows เราจะทดลองเพื่อดูว่าส่วนใดของระบบที่มีปัญหา โดยตั้งเวลานาฬิกาให้ใกล้ๆ ปี 2000 แล้ว run โปรแกรม โปรแกรมจะแสดงค่าเวลาที่ผ่านได้จาก 3 วิธีดังกล่าว จากนั้นปล่อยให้นาฬิกาเดินเข้าไปในปี 2000 แล้วพิจารณาผลดังนี้

1. ถ้าววันที่ที่อ่านจาก OS ถูกต้องแสดงว่า OS ใช้งานกับปี 2000 ได้

2. ถ้าววันที่ที่อ่านผ่าน BIOS ถูกต้อง เท่าที่พบมาถ้าววันที่ที่อ่านจาก BIOS ถูกต้อง วันที่ที่อ่านจาก RTC จะถูกต้องด้วยซึ่งเราจะไม่ทราบว่า RTC ทำงานถูกต้องเองอยู่แล้วหรือ BIOS แก้ไขให้ในการอ่านเวลาครั้งแรกหลัง ปี 2000 ถ้าอยากรู้ให้ตั้งเวลาใกล้ๆ ปี 2000 แล้วลอง run ใหม่อีกครั้งโดยใช้ Parameter -b เพื่อไม่ให้อ่านเวลาผ่าน BIOS ถ้าววันที่ของ RTC เข้าไปในปี 2000 เองแสดงว่า RTC ทำงานถูกต้องอยู่แล้ว

3. ถ้าววันที่ที่อ่านผ่าน BIOS ได้ปี 1900 และอ่านจาก RTC ได้เท่ากันให้ boot ใหม่โดยที่ไม่ต้องแก้วันที่ เมื่อระบบ boot ขึ้นใช้คำสั่ง date ตรวจสอบดู ถ้าเป็นวันที่ 1 มกราคมปี 2000 แสดงว่า BIOS ของเราแก้ไขให้ตอน boot แต่ถ้าได้ปี 1980 หรือ 1994 ให้ลองตั้งวันที่เป็นวันที่ในปี 2000 ด้วยคำสั่ง date บน command prompt แล้ว boot ใหม่ ถ้าเป็นวันที่ในปี 2000 แสดงว่าระบบของเราใช้ได้กับปี 2000 แบบ manual คือตั้งครั้งเดียวหลังจากผ่านเข้ามาในปี 2000 แต่ถ้าเป็นวันที่ในปี 2094 หรือ 1980 หรือ อื่นๆ ที่ไม่ใช่ 2000 เราเจอปัญหาแล้ว

การแก้ปัญหา

จากที่ได้ทดลองมา OS ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะใช้ได้อยู่แล้ว ส่วนของ RTC ก็มักจะมีปัญหาอยู่แล้วและจะถูกแก้ไขโดย BIOS ซึ่งวิธีแก้ปัญหาก็ขึ้นอยู่กับว่าใช้ BIOS รุ่นใด ซึ่งสรุปไว้ดังนี้

1. ถ้าเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เปิดขึ้นมาครั้งแรกในปี 2000 แล้วให้ปี 2000 โดยอัตโนมัติเราก็ไม่ต้องทำอะไร

2. ถ้าเป็นเครื่องที่ใช้ได้กับปี 2000 แบบ manual และไม่มีปัญหาเรื่อง leap year ให้ตั้งวันที่ใหม่ให้ถูกต้องเมื่อเริ่มใช้ครั้งแรกในปี 2000 เท่านั้นก็ใช้ได้

3. ถ้าเป็นเครื่องที่ใช้ได้กับปี 2000 แบบ manual แต่มีปัญหาเรื่อง leap year ต้องตั้งวันที่ให้ถูกต้อง 2 ครั้ง คือครั้งแรก ตั้งเมื่อใช้ครั้งแรกเมื่อเข้าสู่ปี 2000 และครั้งที่ 2 คือ หลังวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปี 2000 หากมีการใช้งานในวันที่ 29 กุมภาพันธ์ ปี 2000 ต้องตั้งวันที่ใหม่ทุกครั้งที่เปิดเครื่องในวันนั้น

4. ถ้าเครื่องของเราเป็น BIOS เจ้าปัญหา (Award บางรุ่นที่ได้กล่าวถึงไปแล้ว) ละก็ ต้องออกแรงกันหน่อย ถ้าต้องการแก้ปัญหาแบบ

hardware ก็ต้องซื้อ card แก้ไขปัญหาปี 2000 มาเสียใบใส่ ซึ่งมีผู้ผลิตหลายเจ้า เช่น Y2K Pass ! ของ R&D สามารถแก้ปัญหานี้ได้ และที่สำคัญเป็นของคนไทย (ผมไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับบริษัทนี้นอกจากเป็นคนไทยเหมือนกัน) แต่ถ้าไม่อยากเสียสตางค์ ลองแก้ปัญหานี้ด้วย software ดูกี่ได้ (แน่นอนมันย่อมมีข้อจำกัด) ได้เขียนโปรแกรมอ่านวันที่ (จาก OS) ซึ่งถ้าพบว่าเป็นวันที่ในปี 1994 หรือ 2094 ให้ตรวจสอบวันที่ที่เรียกโปรแกรมนี้ครั้งสุดท้าย (โปรแกรมจะเก็บวันที่ที่เรียกครั้งสุดท้ายไว้ใน file หนึ่ง ใน hard disk) ถ้าวันที่-เดือนที่ boot ครั้งนี้มากกว่าให้ตั้งปีเป็นปีเดียวกับที่ boot ครั้งที่แล้ว แล้วเก็บวันที่ใหม่ไว้ ถ้าวันที่-เดือนที่ boot ครั้งใหม่น้อยกว่าที่ boot ครั้งที่แล้ว ให้เพิ่มปีเข้าไปอีก 1 ปีจากที่ boot ครั้งที่แล้ว ดังนั้นเราก็จะได้วันที่ที่ถูกต้องโดยไม่ต้องตั้งเอง ทุกครั้งที่เปิดเครื่อง

หวังว่าคุณคงพบทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ของคุณ ส่วนปัญหาเกี่ยวกับ application และข้อมูลคงต้องเป็นหน้าที่ของคุณแล้วละ ตอนนี้เครื่องของคุณก็พร้อมที่จะเข้าสู่ปี 2000 แล้ว... แล้วคุณล่ะพร้อมหรือยัง ?

ท้ายนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณ ผศ.บำรุง สมสวัสดิ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่แนะนำและสนับสนุนให้เขียนบทความนี้

แหล่งข้อมูลเพิ่มเติม

1. AMI, Year 2000 Frequency Asked Questions, www.ami.com/y2k/y2k_faq.html
2. Microsofts Home page, www.microsoft.com
3. Phoenix, The year 2000, www.phoenix.com/support/y2k.html
4. ทูติยะ ราชะนาถ, Y2K และการแก้ปัญหาสำหรับเครื่อง PC, วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ ฉบับที่ 156, หน้า 109-113
5. ธนัย อนันต์วัฒนาวิทย์, ปัญหา Y2K ในเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ PC, วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ ฉบับที่ 160, หน้า 128-134
6. บริษัท อาร์แอนดีดี คอมพิวเตอร์ ซิสเต็ม จำกัด, Y2K Pass ! แผนวงจรแก้ไขปัญหาสำหรับปี ค.ศ. 2000 สำหรับเครื่อง PC, วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ ฉบับที่ 157, หน้า 85-89

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย

ดร. อังตรา ศิริมังคะลา*

รบน้ำ - รกน้ำ

เคยเปิดน้ำทิ้งไว้ขณะแปรงฟันหรือไม่ ! เคยฟอกสบู่โดยเปิดน้ำจากฝักบัวให้ไหลทิ้งโดยเปล่าประโยชน์หรือเปล่า ! คำถามข้างต้นนี้ เชื่อว่า มีท่านผู้อ่านจำนวนไม่น้อยต้องตอบว่าเคย หลาย คนทำเป็นประจำมีจำนวนไม่น้อยที่ทำอยู่เป็นบ่อยๆ และก็มีบางคนที่เคยทำแต่หยุดพฤติกรรมดังกล่าว แล้ว ตัวท่านเองจัดอยู่ในกลุ่มใด !

แม้ว่าในโลกนี้จะประกอบด้วยน้ำในสัดส่วน ถึง 3 ใน 4 ส่วน หากปริมาณของน้ำจืดที่มี ประโยชน์อย่างมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ไม่ถึง 1 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำทั้งหมด น้ำเป็นสาร อาหารที่มีความจำเป็นต่อชีวิตมนุษย์ สัตว์ และพืช มีความจำเป็นต่อการเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม แต่ภาวะที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ น้ำในแม่น้ำ ลำคลอง ของประเทศเรากำลังเน่าเสีย ทำให้ปริมาณน้ำที่ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ลดลงอย่างมาก ถึง เวลาแล้วที่ทุกคนควรตระหนักถึงปัญหาการ ขาดแคลนน้ำและช่วยกันประหยัดน้ำ

ในขณะที่ผู้เขียนต้องชำระค่าไฟฟ้า ประมาณเดือนละ 200-300 บาท หากค่าน้ำ ประปาที่ต้องจ่ายประจำเดือนเป็นเงินอยู่ราวๆ 20-30 บาทเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับสาธารณูปโภค

ทั้งสองประเภท ซึ่งต่างก็มีความจำเป็นต่อการดำรง ชีวิตของผู้คนไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันแล้ว จะเห็นได้ ว่า น้ำประปาเป็นสาธารณูปโภคที่จำหน่ายในราคาที่ ถูกมาก จึงทำให้ผู้ใช้ใช้น้ำจำนวนไม่น้อยใช้น้ำกันอย่าง ฟุ่มเฟือย ปลอ่ยน้ำทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์โดย คิดกันแต่เพียงว่า “ใช้ไปเถอะ ค่าน้ำประปาไม่กั ดังค์เอง”

ปัจจุบัน ภาพการใช้น้ำอย่างฟุ่มเฟือยมิให้ เห็นกันอย่างดาษดื่น ไม่ว่าจะเป็นการล้างผักเพื่อ เตรียมอาหารหรือการล้างจานชามโดยปล่อยให้ น้ำไหลล้นอ่างตลอดเวลา การล้างรดด้วยสายยาง การ เปิดน้ำทิ้งไว้ขณะแปรงฟันหรือฟอกสบู่ ทราบหรือ ไม่ว่า การเปิดน้ำทิ้งไว้ขณะแปรงฟันเพียง 2 นาที จะสูญเสียน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์ถึง 18 ลิตร การอาบน้ำในอ่างอาบน้ำจะสิ้นเปลืองน้ำถึง 110 ลิตรต่อคน แต่ถ้าอาบน้ำจากฝักบัวและปิดน้ำขณะ ถูสบู่จะใช้น้ำแค่ 20 ลิตรต่อคน ในการล้างผัก ถ้า เปิดน้ำล้างแค่ 1 นาที จะสูญเสียน้ำถึง 9 ลิตร ใน การล้างจานก็เช่นกัน ถ้าเปิดน้ำก็อกล้างเป็นเวลา 15 นาที จะเสียน้ำถึง 135 ลิตร แต่ถ้าวางในภาชนะที่ บรรจุน้ำจะใช้น้ำเพียง 25 ลิตร โดยประมาณต่อ การล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง ถ้าเราซักผ้าด้วยเครื่อง

ชักผ้าอัตโนมัติ จะใช้น้ำประมาณ 130 ลิตรต่อครั้ง แต่ถ้าชักมือและล้างน้ำสะอาด 2 ครั้ง จะใช้น้ำเพียง 40 ลิตร แอมน้ำสุดท้ายยังนำมาใช้ในบ้าน ล้างห้องน้ำหรือนำไปรดน้ำต้นไม้ก็ยังได้

ทราบหรือไม่ว่า กว่าจะได้น้ำประปาแต่ละหยดให้เราๆ ท่านๆ ได้ใช้กันอย่างสะดวกสบายนั้น ต้องผ่านขั้นตอนและสูญเสียพลังงานไปมากเท่าใด เริ่มจากน้ำดิบที่ใช้ผลิตประปาจะต้องมาจากแหล่งน้ำที่ไม่มีปัญหาสารพิษ สารเคมีหรือสารแขวนลอยเจือปนโดยเด็ดขาด น้ำดิบที่ใช้ผลิตประปาจะถูกลำเลียงเข้าโรงประปา เข้าสู่กระบวนการตกตะกอนด้วยสารส้มและปูนขาว เมื่อผ่านขั้นตอนนี้ น้ำจะใสขึ้น จากนั้น กรองน้ำด้วยทรายเพื่อให้ได้น้ำใสขึ้น มีขั้นตอนการเติมคลอรีนลงไปให้น้ำเพื่อให้ได้น้ำที่ปลอดภัย ปราศจากเชื้อโรค ก่อนส่งไปยังบ้านเรือนผู้ใช้น้ำต่อไป

การผลิตน้ำประปานั้นได้มีการพัฒนาขึ้นมาตั้งแต่สมัยโบราณจากที่มีเพียงบ่อตะกอนเพื่อแยกตะกอนออกจากน้ำได้เป็นน้ำใสเพื่อการบริโภค อุปโภค ในปี ค.ศ. 1804 ได้มีการพัฒนาระบบประปาของเมือง Paisley ประเทศสกอตแลนด์ โดยมีการสร้างระบบตกตะกอนและระบบกรองให้น้ำใส ตั้งแต่นั้นมาก็มีการพัฒนาระบบประปาไปทั่วยุโรปและสหรัฐอเมริกา มีการใช้ระบบฆ่าเชื้อโรคในน้ำ มีระบบจับตะกอนเล็กๆ ให้เป็นตะกอนใหญ่ที่ตกตะกอนได้ดีที่เรียกว่า Coagulation - Flocculation มีระบบกำจัดความกระด้างของน้ำ มีการใช้ถ่าน (charcoal) เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำได้ แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาไปเป็นการใช้ Activated Carbon จนกระทั่งถึงปัจจุบันนี้ที่มีการใช้แผ่นสังเคราะห์ต่างๆ เพื่อใช้กรองสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ

ในการผลิตน้ำประปานั้น มีการพัฒนากระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับประเภทของน้ำดิบที่ใช้ แผนภาพที่ 1 และ 2 แสดง

กรรมวิธีการผลิตน้ำประปาจากน้ำใต้ดินและจากน้ำผิวดินตามลำดับ แต่โดยสรุปในภาพรวมของกระบวนการผลิตแล้ว น้ำดิบที่ไหลเข้าสู่โรงผลิตน้ำประปาซึ่งอาจจะมีเศษใบไม้ พวกผักตบชวา ซากสัตว์ที่เน่าเปื่อย ฯลฯ ลอยมากับน้ำดิบ จะถูกดักไว้ด้วยตะแกรงดักขยะ (Screening) ตะกอนที่มีมวลมากจะตกตะกอนในถังตกตะกอน (Sedimentation Tank) สำหรับพวกตะกอนเล็กๆ ที่แขวนลอยในน้ำจะผสมกับสารเคมีที่เรียกว่า สารสร้างตะกอน (Coagulant) เช่น สารส้ม (Aluminium Sulfate, Alum : $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) หรือสารจำพวก polyelectrolytes เพื่อแปรสภาพจากตะกอนขนาดเล็กกลายเป็นตะกอนขนาดใหญ่ขึ้น (Floc) ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่าการรวมตะกอน (Flocculation) ตะกอนขนาดใหญ่จะตกตะกอนในถังตกตะกอน ได้น้ำที่ใสปราศจากตะกอนแขวนลอยทั่วไป ตะกอนขนาดเล็กๆ ที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในน้ำที่ไหลล้นออกจากถังตกตะกอนนี้จะไหลผ่านระบบกรอง (Filtration) ซึ่งทำให้น้ำมีความสะอาดยิ่งขึ้น ในการฆ่าเชื้อโรคที่อาศัยอยู่ในน้ำ (Disinfection) ทำได้โดยเติมคลอรีนลงไปให้น้ำ น้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตที่กล่าวมาข้างต้นนี้ อาจะยังมีความปลอดภัยที่ไม่เป็นที่พอใจของผู้บริโภคเพราะอาจจะมีกลิ่นและรสที่ไม่ดีพอ จึงมีการใช้ Activated carbon เพื่อกำจัดกลิ่นและรสออกจากน้ำประปานั้น นอกจากนี้ ยังมีกระบวนการลดความกระด้างของน้ำที่เรียกว่า การแก้ความกระด้าง (Softening) และบางครั้งน้ำประปาที่ได้มีปริมาณของฟลูออไรด์น้อยเกินไปจึงจำเป็นต้องเติมสารฟลูออไรด์เพิ่มขึ้นให้ได้ระดับปริมาณที่เหมาะสมซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า การเติมฟลูออไรด์ (Fluoridation) ระบบการเติมปูนขาว (Lime) ลงไปในน้ำประปาจะช่วยควบคุมความเป็นกรดของน้ำซึ่งจะช่วยลดการกัดกร่อนของน้ำประปา ระบบที่มีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อป้องกันการเกิดตะกรันในระบบประปาทั่วไปที่เรียกว่า

กระบวนการผลิตน้ำประปา

แผนภาพอธิบาย

ตะกอนที่เกิดขึ้น

ระบบเติมอากาศ (Aeration) :

กำจัดแก๊สต่าง ๆ และกำจัด Fe และ Mn

ระบบแก้ความกระด้าง (Softening) :

กำจัดความกระด้างของน้ำ

ระบบกรอง (Filtration) :

กำจัดตะกอนเล็ก ๆ เช่น เศษ

CaCO_3 และ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ อาจมี

การเติมคลอรีนในขั้นตอนนี้

ด้วยเพื่อกำจัดจุลินทรีย์และ

สาหร่ายที่เกาะตามผิวแผ่นกรอง

ระบบกำจัดจุลินทรีย์และเชื้อโรคต่าง ๆ

โดยจะมีปริมาณคลอรีนเหลืออยู่

ตลอดเวลาในน้ำประปา

ระบบเก็บกักน้ำประปา (Storage) :

เพื่อมีเวลาเพียงพอกับการฆ่าเชื้อโรค

และเพื่อเก็บกักน้ำประปาไว้ใช้เมื่อ

เวลาที่ต้องการใช้สูงสุด

ปูนขาว (Lime)

Soda ash

คลอรีน

คลอรีน

น้ำดิบ

1

2

3

4

5

แก๊สออกสู่บรรยากาศ

เกิดตะกอน CaCO_3 และ $\text{Mg}(\text{OH})_2$ สามารถนำไปทิ้ง หรือนำปูนขาวกลับมาใช้ใหม่

มีตะกอน ที่รวบรวมได้จาก การกรองของระบบในถังกรอง

จ่ายน้ำประปาไปชุมชนต่าง ๆ

แผนภาพที่ 1 กระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำใต้ดิน

กระบวนการผลิตน้ำประปา

แผนภาพอธิบาย

ตะกอนที่เกิดขึ้น

ระบบตกตะกอนขั้นต้น

(Presedimentation) :

ทำการแยกตะกอนขนาดใหญ่ที่มากับน้ำดิบ และเติมสารเคมีต่าง ๆ เพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์

ระบบ Coagulation-Flocculation :

กำจัดความขุ่นของน้ำทำให้ตกตะกอนได้ง่ายขึ้น

ระบบกรอง (Filtration) :

กำจัดตะกอนเล็ก ๆ เช่น เศษ CaCO_3 และ Mg(OH)_2 และเติมคลอรีนเพื่อกำจัดจุลชีพและสาหร่ายที่เกาะตามผิวแผ่นกรอง

ระบบดูดซับ (Adsorption) :

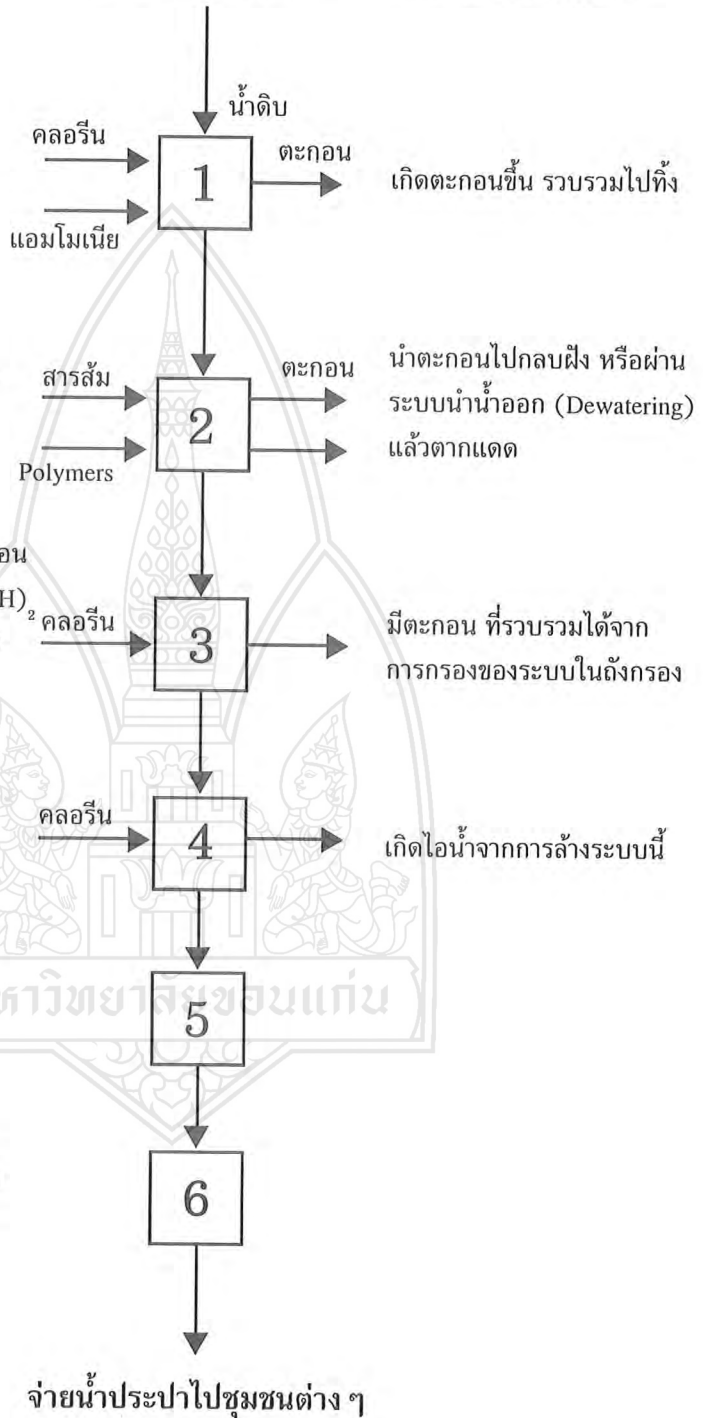
ถ้ามีสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ จะใช้ Activated carbon กำจัดออกไป

ระบบกำจัดจุลชีพและเชื้อโรคต่าง ๆ

โดยจะมีปริมาณคลอรีนเหลืออยู่ตลอดเวลาในน้ำประปา

ระบบเก็บกักน้ำประปา (Storage) :

เพื่อมีเวลาเพียงพอกับการฆ่าเชื้อโรค และเพื่อเก็บกักน้ำประปาไว้ใช้เมื่อเวลาที่ต้องการใช้สูงสุด



แผนภาพที่ 2 กระบวนการผลิตน้ำประปาสำหรับน้ำผิวดิน

Recarbonation และระบบที่มีการกำจัดเกลือต่างๆ ออกจากน้ำ เช่น เพื่อลดปริมาณของโซเดียม-คลอไรด์ออกจากน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย ซึ่งเรียกว่า การขจัดเกลือ (Desalination) เป็นต้น

สำหรับขั้นตอนในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำโดยทั่วไปนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ

ก. วิธีทางกายภาพ เช่น

1. ต้มน้ำให้ถึงอุณหภูมิ 100 °C
2. วิธีใช้แสงอัลตราไวโอเลต (UV

rays)

3. วิธีใช้แสงอาทิตย์

ข. วิธีกัมมันตภาพรังสี (Gamma rays, Cobalt 60)

ค. วิธีเคมี เช่น

1. เติมน้ำสารพวกฮาโลเจน (Halogen)

เช่น คลอรีน ไบรมีน หรือโอโซน

2. เติมน้ำแก๊สโอโซน (Ozone)

3. เติมน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

(H₂O₂)

4. เติมน้ำโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต

(KMnO₄)

5. เติมน้ำแอลกอฮอล์ (Alcohols)

6. เติมน้ำฟีนอล (Phenol) หรือสาร

phenolic ต่าง ๆ

7. เติมน้ำโลหะหนัก

8. เติมน้ำสาร Quarternary ammonium

9. ใช้สบู่และน้ำยาล้างทำความสะอาด

ต่าง ๆ (Detergents)

10. ใช้ตัวกรอง

แต่วิธีฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปาที่นิยมใช้กันอยู่มี 7 วิธี คือ

1. การต้มน้ำให้ถึงอุณหภูมิ 100 °C การต้มน้ำให้ถึงจุดเดือดเป็นเวลา 15-20 นาทีจะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ทั่วไปถูกฆ่าไปหมด แต่มีข้อเสียคือ ทำให้

รสชาติของน้ำดื่มเปลี่ยนไป และมีค่าใช้จ่ายแพงมาก

2. การเติมแก๊สโอโซน (O₃) ซึ่งเป็นแก๊สที่ไม่เสถียรและสามารถแตกตัวได้ง่าย มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคสูงมาก และไม่ก่อให้เกิดกลิ่นหรือรสชาติ แต่ค่าใช้จ่ายจะสูงมากเนื่องจากแก๊สโอโซนเป็นแก๊สที่ไม่มีเสถียรภาพ ทำให้ไม่สามารถเก็บไว้ใช้ในระยะเวลาสั้น ๆ และจะไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคที่หลงเหลืออยู่ในท่อประปาต่างๆ

3. การเติมด่างให้มีปริมาณมากเกินไปจนพอปูนขาวจะทำให้ค่า pH ของน้ำสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เชื้อโรคได้ แต่วิธีนี้ไม่เหมาะกับการผลิตน้ำประปาสำหรับชุมชนโดยทั่วไป เพราะไม่สามารถนำน้ำประปาที่ได้มาใช้ได้โดยตรงและต้องมีกรรมวิธีการกำจัดปูนขาวส่วนเกินออกไปจากน้ำ

4. การเติมสารไอโอดีนและโบรมีน สารทั้งสองเป็นสาร Disinfectants ที่ดี แต่มีราคาสูง และทำให้น้ำประปามีรสและกลิ่น

5. การใช้แสง UV มีความสามารถในการฆ่าเชื้อโรคสูง แต่มีราคาแพงและไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่มีความขุ่นมาก

6. การเติมโปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO₄) สามารถใช้สำหรับฆ่าเชื้ออหิวาตกโรคได้นิยมใช้ในการฆ่าเชื้อโรคตามบ่อน้ำชุมชน ข้อเสียคือ ไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิด และก่อให้เกิดสีเกาะปนเปื้อน

7. การเติมคลอรีน (Chlorination) คลอรีนที่ใช้ในโรงประปาจะอยู่ในรูปของแก๊สคลอรีน (Cl₂) สารละลายแคลเซียมไฮโปคลอไรต์ (Ca(OCl)₂) สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaOCl) หรือสารละลายคลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการกำจัดเชื้อโรคในน้ำประปา เนื่องจากมีราคาถูก มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อโรคสูง จัดหาได้ง่าย และไม่มีพิษอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ใหญ่ เมื่อมี

ปริมาณไม่มาก นอกจากนี้ ปริมาณคลอรีนที่ยังคงตกค้างในน้ำประปาจะช่วยฆ่าเชื้อโรคต่างๆ ในน้ำประปาได้ตลอดเวลา แต่ก็มีข้อเสียอยู่หลายประการ เช่น จะเกิดสภาพที่เป็นกรด ได้แก่ HCl ทำให้มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำเพิ่มมากขึ้น และก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งได้ ดังนั้น จึงต้องมีการคำนึงปริมาณที่เหมาะสมของแก๊สคลอรีนที่เติมด้วย

จะเห็นว่าขั้นตอนการผลิตประปาขึ้นเปลือกสารเคมี พลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงไปจำนวนไม่น้อย แต่ปัจจุบันน้ำประปาที่จำหน่ายให้พวกเรายังมีราคาถูกน่าใจหาย กล่าวคือ เฉลี่ยแล้วไม่ถึงลูกบาทก็เมตรละ 10 บาท ซึ่งถ้าเปรียบเทียบกับน้ำดื่มบรรจุขวดที่ขายกันในท้องตลาดในราคาขวดหรือลิตรละ 5-10 บาทแล้ว น้ำประปาถูกกว่าถึง 1000 เท่าทีเดียว

ทำไมน้ำประปาบ้านเราถูกนักหนา คงเป็นเพราะเราไม่ค่อยจะคำนึงถึงต้นทุนของน้ำดิบที่นำมาใช้ทำน้ำประปา เนื่องจากบ้านเราอยู่ในเขตที่มีฝนตกตลอดปี มีแหล่งน้ำที่บริบูรณ์ไม่ขาดแคลน เราจึงใช้ต้นทุนในการลำเลียงน้ำดิบเข้าโรงประปาไม่มากนัก ประกอบกับในประเทศเรายังไม่มีการจัดการที่ดีเกี่ยวกับระบบบำบัดน้ำทิ้งจากครัวเรือน จึงยังไม่มีมีการคำนวณค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำทิ้งรวมไปในราคาของน้ำประปาที่จัดจำหน่าย ในบางประเทศนั้น ค่าน้ำประปามีราคาแพงมากจนผู้คนเขารู้สึกและเข้าใจกับคำว่าประหยัดน้ำเป็นอย่างดี ค่าน้ำประปาที่แพงมาก ๆ ในบางประเทศนั้น นอกเหนือไปจากค่าใช้จ่ายในการทำน้ำดิบให้สะอาดแล้ว เขาคำนวณราคาของการผลิตน้ำประปาโดยรวมต้นทุนของน้ำดิบที่นำมาใช้ในการทำน้ำประปาด้วย นอกจากนี้การที่จำเป็นต้องลำเลียงน้ำดิบมาเป็นระยะทางไกลๆ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการลำเลียงน้ำดิบเข้าโรงประปามีค่าสูงมากตามไปด้วย และประการสำคัญที่ทำให้ราคาของน้ำประปาในบางประเทศสูงมาก ๆ ก็คือ ค่าใช้จ่ายในการบำบัด

น้ำทิ้ง ซึ่งเขาคิดว่า ใครใช้น้ำมากก็จะปล่อยน้ำเสียออกสู่สิ่งแวดล้อมมาก ทำให้เป็นภาระของรัฐที่จะต้องนำน้ำทิ้งเหล่านั้นมาผ่านการบำบัดให้มีคุณภาพดีพอก่อนที่จะถูกปล่อยลงสิ่งแวดล้อม ซึ่งค่าใช้จ่ายดังกล่าวนี้เขาจะคิดรวมไปในราคาของน้ำประปาที่จัดจำหน่าย และโดยที่การทำน้ำประปาจากน้ำดิบที่มีคุณภาพดีนั้น มีต้นทุนการผลิตที่มักจะถูกกว่าค่าใช้จ่ายในการทำให้น้ำเสียกลายเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีเสียอีก ทำให้ราคาของน้ำประปาที่จัดจำหน่ายในบางประเทศมีผลมาจากต้นทุนของการบำบัดน้ำทิ้งถึง 70-75 เปอร์เซ็นต์ ของราคาจำหน่ายน้ำประปา ตัวอย่างเช่น น้ำประปาที่จำหน่ายในราคาลูกบาทก็เมตรละ 40 บาท จะเป็นต้นทุนการทำน้ำประปาเพียง 10 บาท แต่มาจากค่าบำบัดน้ำทิ้งถึง 30 บาท เป็นต้น แต่นั่นก็หมายความว่าในประเทศเหล่านั้นจะมีระบบการกำจัดน้ำเสียที่ปล่อยมาจากครัวเรือนอย่างมีประสิทธิภาพด้วย

วิธีการประหยัดน้ำอีกทางหนึ่งที่ทุกคนสามารถร่วมมือกันทำได้ง่ายๆ ก็คือ หมั่นตรวจสอบระบบประปาในอาคารอย่างสม่ำเสมอ โดยปิดก๊อกน้ำทุกตัวในบริเวณอาคารแล้วตรวจดูว่าตัวเลขในมาตรวัดน้ำมีการเคลื่อนไหวหรือไม่ ถ้ามีก็แสดงว่า ท่อประปาในตัวอาคารเกิดรั่วซึมแล้ว ควรรีบซ่อมโดยด่วน ทราบหรือไม่ว่า จุดรั่วที่มีขนาดเล็กเพียง 0.8 มิลลิเมตร จะทำให้สูญเสียน้ำไปถึง 900 ลิตรต่อวัน และหากจุดรั่วนั้นมีขนาด 3.2 มิลลิเมตร จะทำให้สูญเสียน้ำถึงวันละกว่า 10,000 ลิตรเลยทีเดียว

การเลือกใช้อุปกรณ์ประหยัดน้ำที่มีการผลิตออกจำหน่ายในปัจจุบันนี้ ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เช่น การเลือกใช้ก๊อกน้ำชนิดเพิ่มฟองอากาศ จะสามารถลดการใช้น้ำลงได้ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ หรือก๊อกน้ำประเภทเปิดปิดอัตโนมัติซึ่งเหมาะกับธุรกิจประเภทโรงแรมหรือโรงเรียนใหญ่ๆ ชักโครกชนิดประหยัดน้ำก็เป็นสุขภัณฑ์หนึ่งที่

ออกแบบมาโดยคำนึงถึงการประหยัดน้ำ แต่หากที่บ้านของท่านผู้อ่านมีชักโครกแบบธรรมดาอยู่แล้ว ก็ไม่ต้องถึงกับไปเปลี่ยนชักโครกใหม่เป็นรุ่นประหยัดน้ำ แต่สามารถร่วมประหยัดน้ำได้เช่นกัน โดยใช้ขวดพลาสติกใส่น้ำเต็ม ปิดฝา แล้วนำไปใส่ในถังชักโครกไว้ ก็จะช่วยประหยัดน้ำได้ถึง 1-3 ลิตรต่อครั้งเลยทีเดียว

หากเราไม่ต้องการให้น้ำประปาบ้านเราแพงมาก ๆ เช่นในบ้านเมืองอื่นๆ พวกเราควรช่วยกันใช้ทรัพยากรอย่างมีคุณค่า รู้ค่า รักน้ำ และรักษ

น้ำ ร่วมกันสร้างสุขนิสัยที่ดีในการอุปโภคน้ำ เราจะได้ยังคงมีแหล่งน้ำดิบที่มีคุณภาพอย่างเพียงพอ และอนาคตของทุกคนรวมทั้งคนรุ่นหลังจะได้มีน้ำดื่ม น้ำใช้ไปอีกนานๆ

บรรณานุกรม

1. เกรียงศักดิ์อุดมสิน วิจารณ์วิศวกรรมประปา พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2536 มิตรนราการพิมพ์ กรุงเทพฯ หน้า 75-85.

ขอขอบคุณ กองประชาสัมพันธ์ การประสานส่วนภูมิภาค กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และสมาคมสร้างสรรค์ไทย ที่เอื้อเฟื้อข้อมูล

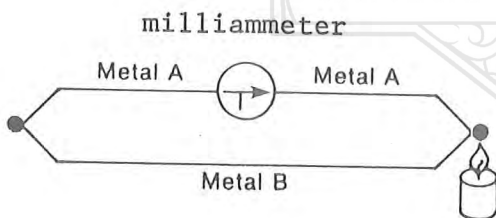
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วารสารวิทยาศาสตร์

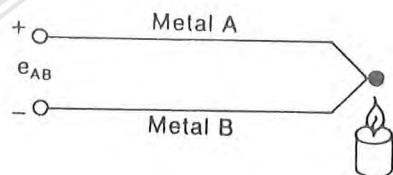
คู่มือความรู้และรอยต่ออ้างอิง Thermocouple and Reference Junction

ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง

เมื่อลวดโลหะคล้ายกันสองชนิด เช่น ชนิด A และชนิด B ถูกเชื่อมปลายทั้งสองเข้าด้วยกัน เมื่อตัดลวดชนิด A ขาดออกจากกัน แล้วต่อเข้ากับ milliammeter เสร็จแล้วเผารอยต่อ (junction) อันหนึ่งให้ร้อน ดังรูปที่ 1 จะมีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรตลอดเวลา วงจรนี้เรียกว่า thermoelectric circuit การทดลองนี้ค้นพบโดย Thomas Seebeck ในปี ค.ศ. 1821 จึงเรียกว่า Seebeck effect ถ้าเราเชื่อมปลายโลหะชนิด A กับชนิด B ข้างเดียว อีกข้างปล่อย open circuit ไว้ เพื่อวัด voltage ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1



รูปที่ 2

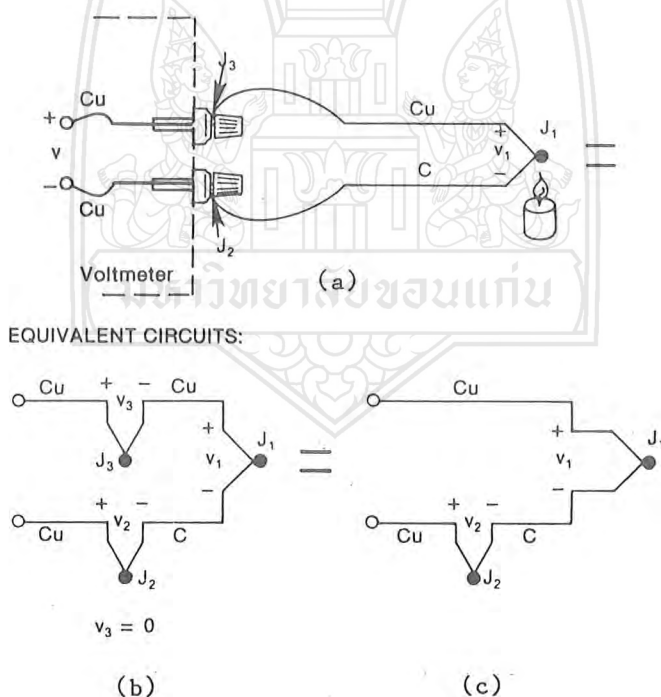
ค่า voltage ที่วัดได้นี้จึงเรียกว่า Seebeck voltage (e_{AB})

เมื่ออุณหภูมิที่รอยต่อซึ่งถูกทำให้ร้อนเปลี่ยนแปลงไป ย่อมทำให้ค่า e_{AB} เปลี่ยนแปลงด้วย ตามความสัมพันธ์

$$\Delta e_{AB} = \alpha \Delta T \quad (1)$$

ในที่นี้ α เรียกว่า Seebeck coefficient ดังนั้น ถ้าเรารู้ความสัมพันธ์ตามสมการ (1) ของคู่ควมความร้อน (thermocouple) แต่ละชนิด ทำให้สามารถใช้คู่ควมความร้อนวัดอุณหภูมิของวัตถุใดๆ ได้ แต่ว่าการวัด Seebeck voltage นั้น เราจำเป็นต้องต่อ voltmeter เข้ากับคู่ควมความร้อน ซึ่งปกติแล้วใน voltmeter จะมีลวดทองแดงอยู่ในส่วนของขั้ว input ด้วย ดังนั้นถ้าเราพิจารณาคู่ควมความร้อนชนิด T (Type T thermocouple) ซึ่งประกอบด้วยลวดทองแดง (Cu) และโลหะผสมชื่อว่า constantan

(เป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงและนิเกิล ใช้สัญลักษณ์ C) เมื่อต่อวงจรเข้ากับ voltmeter ดังรูปที่ 3 (a) ทำให้เกิดรอยต่อขึ้นอีก 2 ที่ คือ J_2 และ J_3 จากเดิมมีรอยต่อ J_1 ที่เดียว มี equivalent circuit ดังรูปที่ 3 (b) รอยต่อ J_3 ไม่มี Seebeck voltage เกิดขึ้นเนื่องจากเป็นรอยต่อ Copper-Copper แต่รอยต่อ J_2 เกิด Seebeck voltage เนื่องจากเป็นรอยต่อ Copper-Constantan ดังนั้น equivalent circuit จึงเป็นดังรูปที่ 3 (c) โดยที่ Seebeck voltage ที่รอยต่อ J_2 มีทิศทางตรงกันข้ามกับ Seebeck voltage ที่รอยต่อ J_1 ดังนั้นเราจึงต้องรู้อุณหภูมิของรอยต่อ J_2 ให้แม่นยำด้วย เพื่อที่เราจะใช้รอยต่อ J_1 ในการวัดอุณหภูมิของวัตถุให้ถูกต้องมากที่สุด ค่า voltage ที่ voltmeter อ่านได้จะเป็น



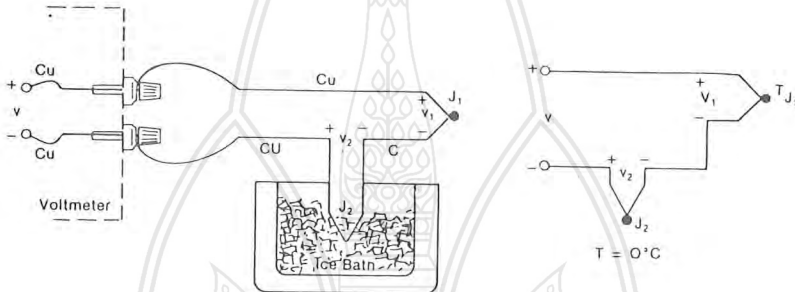
รูปที่ 3

$V = (V_1 - V_2) = \alpha (t_{J_1} - t_{J_2})$ (2)
 t_{J_1} และ t_{J_2} คือ อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสของรอยต่อ J_1 และ J_2 ตามลำดับ ถ้าเราให้คู่ความความร้อนอ่านเป็นองศาเซลเซียส สมการ (2) จะเขียนใหม่ได้เป็น

$$V = V_1 - V_2 = \alpha [(T_{J_1} + 273.15) - (T_{J_2} + 273.15)] \\ = \alpha (T_{J_1} - T_{J_2}) \quad (3)$$

T_{J_1} และ T_{J_2} คืออุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียสของรอยต่อ J_1 และ J_2 ตามลำดับ

ถ้าเราทำให้รอยต่อ J_2 ไม่อยู่ที่ voltmeter โดยต่อสายลวดทองแดงออกมาแล้วทำรอยต่อ J_2 เป็น Cu กับ Constantan แล้วเอารอยต่อ J_2 แช่ในอ่างน้ำแข็ง (ice bath) ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4

สมการ (3) จะกลายเป็น

$$V = \alpha (t_{J_1} - 0) = \alpha t_{J_1} \quad (4)$$

หมายความว่าเราใช้อ่างน้ำแข็งที่รู้อุณหภูมิแม่นยำคือ 0°C เป็นรอยต่ออ้างอิง (reference junction) ทำให้เราสามารถสร้างตารางความสัมพันธ์ระหว่าง V กับอุณหภูมิ T_{J_1} คือ ถ้า $T_{J_1} = 0^\circ\text{C}$, $V = 0$; ถ้า $T_{J_1} > 0^\circ\text{C}$ $V > 0$ หรือ ถ้า $T_{J_1} < 0$

$^\circ\text{C}$, $V < 0$ ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับ Type T thermocouple (Copper-Constantan)

บรรณานุกรม

The Temperature Handbook, Vol. 28, An OMEGA Technologies Company, 1992, pp. Z-13 - Z-14.

ตารางที่ 1 แสดง Seebeck voltage (thermoelectric voltage) กับอุณหภูมิ เป็นองศาเซลเซียส สำหรับ Type T thermocouple (Copper-Constantan)

DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
THERMOELECTRIC VOLTAGE IN ABSOLUTE MILLIVOLTS											
-270	-6.258										
-260	-6.232	-6.236	-6.239	-6.242	-6.245	-6.248	-6.251	-6.253	-6.255	-6.256	-6.258
-250	-6.181	-6.187	-6.193	-6.198	-6.204	-6.209	-6.214	-6.219	-6.224	-6.228	-6.232
-240	-6.105	-6.114	-6.122	-6.130	-6.138	-6.146	-6.153	-6.160	-6.167	-6.174	-6.181
-230	-6.007	-6.018	-6.028	-6.039	-6.049	-6.059	-6.068	-6.078	-6.087	-6.096	-6.105
-220	-5.889	5.901	-5.914	-5.926	-5.938	-5.950	-5.962	-5.973	-5.985	-5.996	-6.007
-210	-5.753	-5.767	-5.782	-5.795	-5.809	-5.823	-5.836	-5.850	-5.863	-5.876	-5.889
-200	-5.603	-5.619	-5.634	-5.650	-5.665	-5.680	-5.695	-5.710	-5.724	-5.739	-5.753
-190	-5.439	-5.456	-5.473	-5.489	-5.506	-5.522	-5.539	-5.555	-5.571	-5.587	-5.603
-180	-5.261	-5.279	-5.297	-5.315	-5.333	-5.351	-5.369	-5.387	-5.404	-5.421	-5.439
-170	-5.069	-5.089	-5.109	-5.128	-5.147	-5.167	-5.186	-5.205	-5.223	-5.242	-5.261
-160	-4.865	-4.886	-4.907	-4.928	-4.948	-4.969	-4.989	-5.010	-5.030	-5.050	-5.069
-150	-4.648	-4.670	-4.693	-4.715	-4.737	-4.758	-4.780	-4.801	-4.823	-4.844	-4.865
-140	-4.419	-4.442	-4.466	-4.489	-4.512	-4.535	-4.558	-4.581	-4.603	-4.626	-4.648
-130	-4.177	-4.202	-4.226	-4.251	-4.275	-4.299	-4.323	-4.347	-4.371	-4.395	-4.419
-120	-3.923	3.949	-3.974	-4.000	-4.026	-4.051	-4.077	-4.102	-4.127	-4.152	-4.177
-110	-3.656	-3.684	-3.711	-3.737	-3.764	-3.791	-3.818	-3.844	-3.870	-3.897	-3.923
-100	-3.378	-3.407	-3.435	-3.463	-3.491	-3.519	-3.547	-3.574	-3.602	-3.629	-3.656
-90	-3.089	-3.118	-3.147	-3.177	-3.206	-3.235	-3.264	-3.293	-3.321	-3.350	-3.378
-80	-2.788	-2.818	-2.849	-2.879	-2.909	-2.939	-2.970	-2.999	-3.029	-3.059	-3.089
-70	-2.475	-2.507	-2.539	-2.570	-2.602	-2.633	-2.664	-2.695	-2.726	-2.757	-2.788
-60	-2.152	-2.185	-2.218	-2.250	-2.283	-2.315	-2.348	-2.380	-2.412	-2.444	-2.475
-50	-1.819	-1.853	-1.886	-1.920	-1.953	-1.987	-2.020	-2.053	-2.087	-2.120	-2.152
-40	-1.475	-1.510	-1.544	-1.579	-1.614	-1.648	-1.682	-1.717	-1.751	-1.785	-1.819
-30	-1.121	-1.157	-1.192	-1.228	-1.263	-1.299	-1.334	-1.370	-1.405	-1.440	-1.475
-20	-0.757	-0.794	-0.830	-0.867	-0.903	-0.940	-0.976	-1.013	-1.049	-1.085	-1.121
-10	-0.383	-0.421	-0.458	-0.496	-0.534	-0.571	-0.608	-0.646	-0.683	-0.720	-0.757
0	0.000	-0.039	-0.077	-0.116	-0.154	-0.191	-0.231	-0.269	-0.307	-0.345	-0.383
DEG C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0.000	0.039	0.078	0.117	0.156	0.195	0.234	0.273	0.312	0.351	0.391
10	0.391	0.430	0.470	0.510	0.549	0.589	0.629	0.669	0.709	0.749	0.789
20	0.789	0.830	0.870	0.911	0.951	0.992	1.032	1.073	1.114	1.155	1.196
30	1.196	1.237	1.279	1.320	1.361	1.403	1.444	1.486	1.528	1.569	1.611
40	1.611	1.653	1.695	1.738	1.780	1.822	1.865	1.907	1.950	1.992	2.035
50	2.035	2.078	2.121	2.164	2.207	2.250	2.294	2.337	2.380	2.424	2.467
60	2.467	2.511	2.555	2.599	2.643	2.687	2.731	2.775	2.819	2.864	2.908
70	2.908	2.953	2.997	3.042	3.087	3.131	3.176	3.221	3.266	3.312	3.357
80	3.357	3.402	3.447	3.493	3.538	3.584	3.630	3.676	3.721	3.767	3.813
90	3.813	3.859	3.906	3.952	3.998	4.044	4.091	4.137	4.184	4.231	4.277
100	4.277	4.324	4.371	4.418	4.465	4.512	4.559	4.607	4.654	4.701	4.749
110	4.749	4.796	4.844	4.891	4.939	4.987	5.035	5.083	5.131	5.179	5.227
120	5.227	5.275	5.324	5.372	5.420	5.469	5.517	5.566	5.615	5.663	5.712
130	5.712	5.761	5.810	5.859	5.908	5.957	6.007	6.056	6.105	6.155	6.204
140	6.204	6.254	6.303	6.353	6.403	6.452	6.502	6.552	6.602	6.652	6.702
150	6.702	6.753	6.803	6.853	6.903	6.954	7.004	7.055	7.106	7.156	7.207
160	7.207	7.258	7.309	7.360	7.411	7.462	7.513	7.564	7.615	7.666	7.718
170	7.718	7.769	7.821	7.872	7.924	7.975	8.027	8.079	8.131	8.183	8.235
180	8.235	8.287	8.339	8.391	8.443	8.495	8.548	8.600	8.652	8.705	8.757
190	8.757	8.810	8.863	8.915	8.968	9.021	9.074	9.127	9.180	9.233	9.286
200	9.286	9.339	9.392	9.446	9.499	9.553	9.606	9.659	9.713	9.767	9.820
210	9.820	9.874	9.928	9.982	10.036	10.090	10.144	10.198	10.252	10.306	10.360
220	10.360	10.414	10.469	10.523	10.578	10.632	10.687	10.741	10.796	10.851	10.905
230	10.905	10.960	11.015	11.070	11.125	11.180	11.235	11.290	11.345	11.401	11.456
240	11.456	11.511	11.566	11.622	11.677	11.733	11.788	11.844	11.900	11.956	12.011



วิทยากรผ่านเว็บไซต์

นายขวดน้ำ

wbottle@comsc3.kku.ac.th

ฉบับที่แล้วดูเหมือนจะเป็นเว็บไซต์ที่สำหรับผู้สนใจทั่วไปในบ้านเราได้เป็นอย่างดี “หนัก” ไปสักหน่อยในแง่ที่เป็นเว็บไซต์อ้างอิงแบบจริงจัง (Serious) กันทั้งหมด ฉบับนี้นายขวดน้ำ คงจะลดตึกร่ำ (ของเว็บไซต์) ลงสักเล็กน้อยนะครับ

Site#16 http://www.epa.gov/global_warming

สภาวะโลกร้อน (global warming) เป็นเรื่องที่ฮือฮากันมากเรื่องหนึ่งเมื่อหลายปีก่อน ช่วงนี้ดูเหมือนจะเงียบลงบ้าง อาจจะเป็นเพราะมีเรื่องอื่นที่กระทบปากท้องที่เป็นเรื่องใกล้ตัวมากกว่าก็ไม่ทราบละครับ แต่ปัญหานี้ก็ยังคงอยู่ยังไม่ได้ถูกแก้ไขจนหมดไป Site#16 ที่แนะนำนี้เป็นแหล่งข้อมูลและความรู้ทั่วไปที่น่าสนใจทีเดียว

เจ้าของเว็บไซต์อันนี้ คือ Environmental Protection Agency (EPA) ของรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการป้องกันรักษาสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป แต่ site#16 นี้เป็นส่วนที่อุทิศให้แก้ปัญหาสภาวะโลกร้อนโดยเฉพาะเนื้อหาอาจแยกออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือส่วนที่กล่าวถึงต้นตอของปัญหา ผลกระทบที่ตามมาและความพยายามในการแก้ปัญหาที่ได้มีการดำเนินการไปแล้ว

เนื้อหาโดยรวมถึงแม้ว่าจะกล่าวถึงเรื่องของสหรัฐอเมริกาค่อนข้างมาก แต่ก็มีส่วนที่เป็นความรู้ทั่วไปอยู่มาก จนนับได้ว่าเป็นประโยชน์

Site#17 <http://www.sonic.net/bristlecone/intro.html>

ท่านผู้อ่านทราบหรือเปล่าว่า สิ่งมีชีวิตที่มีอายุมากที่สุดบนโลกนี้เป็นต้นไต้ที่มีอายุถึง 4,764 ปี ถ้ายังคิดว่านายขวดน้ำโกหก ก็ต้องมาดูรายละเอียดกันที่ site นี้ครับ

ขออนุญาตเล่าล่วงหน้านิดเดียวครับว่า ต้นไม้ที่ว่าเป็นต้นสนที่มีชื่อสามัญว่า Bristlecone pine ที่ขึ้นอยู่บนเทือกเขาสูง White-Inyo Mountain ในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกาโน่น

ถ้าท่านผู้อ่านสนใจที่จะเรียนรู้ถึงการค้นพบต้นไม้ที่แก่ที่สุดนี้ รายละเอียดต่างๆ ทางชีววิทยา การวัดอายุของต้นไม้ หรือแม้แต่การ download ภาพสวยๆ ของคุณปู่ต้นไม้มาไว้ดูเล่นก็สามารถทำได้ครับ

Site#18 <http://amath.colorado.edu/appm/faculty/jdm/faq.html>

nonlinear science/chaos เป็นอีกสาขาหนึ่งของการศึกษาวิจัยที่เพิ่งจะขยายตัวได้รับความสนใจมากขึ้นในช่วงเวลาที่ไม่นานมานี้ ทั้งนี้เนื่องจากเราเพิ่งจะมีคอมพิวเตอร์ความสามารถสูง (ซึ่งเป็นสิ่งขาดไม่ได้สำหรับการวิจัยในสาขานี้) ใช้กันแพร่หลายมากขึ้น สำหรับท่านผู้อ่านที่สนใจเรื่องนี้ ถ้าเข้ามาที่

site#18 นี้ จะมีรายละเอียดของ nonlinear science รวบรวมไว้อย่างครบถ้วน รูปแบบของการนำเสนอจะอยู่ในรูปแบบของ “คำถามที่ถามกันบ่อย (FAQ-Frequently Asked Question)” มีการแยกหัวข้อหลักดังนี้

- Basic Theory
- Application and Advanced Theorn
- To Learn More
- Computational Resource ซึ่งเป็นจุดเชื่อมต่อ (link) ไปยังโปรแกรมแพคเกจต่าง ๆ ที่มีอยู่บน internet

คิดว่าเป็นจุดรวบรวมความรู้ในสาขานี้ที่สมบูรณ์ที่สุดแห่งหนึ่งครับ

Site#19 <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html>

ชื่อเป็นทางการของ site#19 นี้ ถูกตั้งไว้ว่า “Virtual Physics Laboratory” เป็น Web site ของอาจารย์หวัง (Fu-Kwun Hwang) แห่งภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย National Taiwan Normal University

คำว่า Virtual Laboratory ก็หมายถึงห้องปฏิบัติการที่จำลองแบบขึ้นบนคอมพิวเตอร์ โดยใช้เทคนิคการสร้างภาพ (ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว-animation) ผู้ใช้งานโปรแกรมลักษณะนี้จะสามารถติดต่อสั่งงานเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขของเหตุการณ์ได้เหมือนการควบคุมบังคับของจริง

ถ้าอยากรู้ว่าจริง ๆ แล้วเป็นยังไงก็ต้องลองมาเยี่ยมชมที่นี้ดู

Site นี้เป็นตัวอย่างที่ดีมากสำหรับการแสดงให้เห็นในแง่มุมหนึ่งว่า เราจะใช้ IT มาช่วยในการสอนได้อย่างไร

เนื้อหาของ site นี้จะเป็นการสาธิตเนื้อหาทางฟิสิกส์ที่ส่วนใหญ่จะเป็นปัญหาสำหรับผู้เรียนฟิสิกส์เบื้องต้นในระดับมัธยมปลายถึงมหาวิทยาลัย

ปีที่ 1

การสาธิตที่ผมชอบมากที่สุดก็คือ การสาธิตภายใต้หัวข้อ “Space and Time in Special Relativity”

หัวข้อการทดลอง/สาธิตมีอยู่ทั้งหมดมากกว่า 50 เรื่อง คิดว่ามีประโยชน์มาก ๆ สำหรับทั้งอาจารย์ นักศึกษา และนักเรียนครับ

Site#20 <http://Landau1.phys.Virginia.EDU/Education/Teaching/HowThingsWork/>

เคยสงสัย (หรือถูกเจ้าลูกชายคนเก่งถาม) หรือเปล่าครับว่า ถ้าเราต้องการรู้ว่าอนุภาคในเตาไมโครเวฟร้อนแค่ไหน เราจะเอาเทอร์โมมิเตอร์ใส่เข้าไปข้างในเตาเพื่อวัดอุณหภูมิได้หรือไม่

หรือไม่ก็คำถามของลูกสาวคนเล็กที่ว่า ไมโครโฟนนั้นจับเสียงของนักร้องคนโปรดไปขยายออกลำโพงได้อย่างไร

มาที่ site#20 นี้มีคำตอบให้ครับ

ชื่อเป็นทางการของ site นี้คือ “How Things Work” มีเนื้อหาเป็นการอธิบายเพื่อตอบคำถามถึงการทำงานหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

และถ้าหากเรามีคำถามที่ยังไม่ปรากฏอยู่บน site เราก็สามารถส่งคำถามเข้าไปได้ site นี้มีการตอบคำถามใหม่ๆ เพิ่มขึ้นเกือบทุกวัน

นายชวดไว้นดูแล้วก็อยากจะทำ site แบบนี้ที่เป็นภาษาไทยสำหรับเยาวชนคนไทยบ้าง ไม่ทราบว่าจะมีท่านผู้อ่านท่านใดจะบริจาคแรงงานและแรงความคิดบ้าง

อย่าลืมส่ง e-mail มาคุยกันบ้าง
สวัสดีครับ

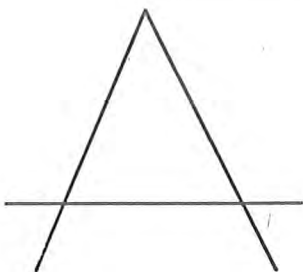
คณิตศาสตร์ชวนคิด

วิจารณ์ สดศิริ

“ฉบับอ้อลา” คณิตศาสตร์ชวนคิดมีอายุครบ 1 ขวบพอดีในฉบับนี้ ที่ผู้เขียนได้ชวนอาสาสมัครนำปัญหาทางคณิตศาสตร์มานำเสนอต่อผู้อ่าน แต่นั่นไม่ได้หมายความว่าผู้เขียนจะจากไปไหน เพียงแต่จะขอนำเสนอต่อท่านผู้อ่านภายใต้ชื่อคอลัมน์ใหม่คือ “ท่องอาณจักรคณิตศาสตร์”

เนื่องด้วยเราจะพบกันในคอลัมน์คณิตศาสตร์ชวนคิดเป็นฉบับสุดท้าย ดังนั้นผมขอเป็นลูกขานตาคลอสผู้ใจดีแถมปัญหาเพิ่มอีก 1 ข้อ รวมเป็น 3 ข้อ (ใจร้ายมากกว่า!) พร้อมนี้เนื่องในวาระดิถีขึ้นปีใหม่ ผู้เขียนขออาราธนาอำนาจคุณพระศรีรัตนตรัยและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายในสากลจักรวาล จงดลบันดาลให้ท่านผู้อ่านทุกท่านประสบแต่ความสุขความเจริญยิ่งๆ ขึ้นไป เทอญ

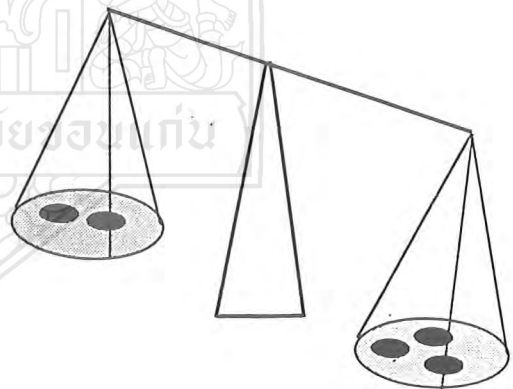
ปัญหาที่ 1



จากรูปที่กำหนดให้ท่านผู้อ่านเพิ่มส่วนของเส้นตรงเข้าไปอีก 2 เส้นเพื่อให้เกิดรูปสามเหลี่ยมทั้งหมด 10 รูป

ปัญหาที่ 2 มีถังตวง 3 ถัง ขนาดบรรจุ 8, 5 และ 3 ลิตร โดยที่ถัง 8 ลิตรมีนมเต็มถึง ส่วนอีก 2 ถังเป็นถังเปล่า อยากทราบว่าเราจะต้องแบ่งนมให้แก่ชาย 2 คนๆ ละ 4 ลิตรได้อย่างไร โดยใช้แค่ถังตวงทั้งสามที่มีอยู่เท่านั้น

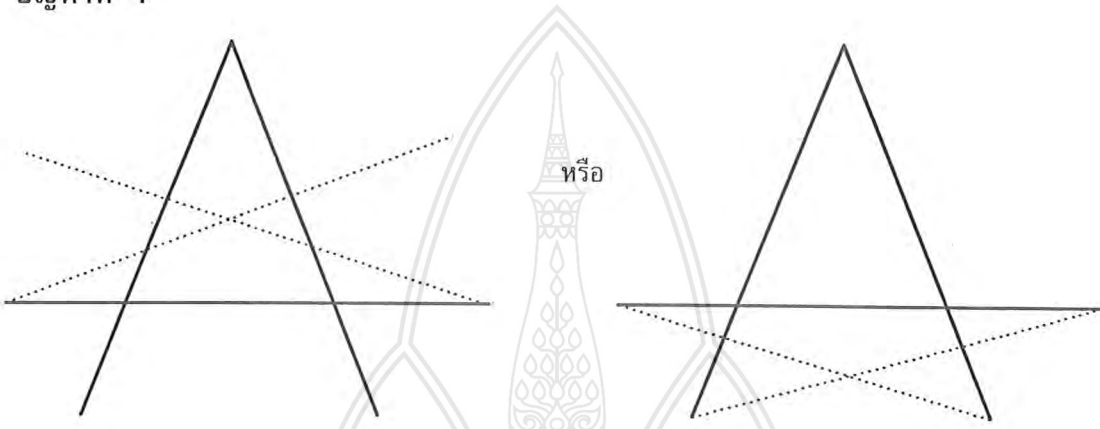
ปัญหาที่ 3 นาย “ใหม่ รักหนู” มีเหรียญ 1 บาท ทั้งหมด 27 เหรียญ ซึ่งเป็นเหรียญรูปแบบเดียวกันและมีอยู่เพียง 1 เหรียญที่เป็นเหรียญปลอมและมีน้ำหนักเบากว่าเหรียญ 1 บาทที่เป็นเหรียญจริง อยากทราบว่านายใหม่จะต้องชั่งเหรียญดังกล่าว โดยใช้ตราชั่งแบบคาน (ดังรูป)



อย่างน้อยก็ครั้ง เพื่อที่จะหาเหรียญ 1 บาทปลอมดังกล่าว

(หมายเหตุ เราจะไม่พิจารณาในกรณีที่นายใหม่ นำเหรียญมาชั่งในครั้งแรกข้างละ 1, 2 หรือ 3 เหรียญ ทั้งนี้ก็เพราะว่าในกรณีดังกล่าว ถ้าเหรียญบาทปลอมถูกหยิบขึ้นมาตรวจสอบในการชั่งครั้งแรก แล้วนายใหม่สามารถหาเหรียญบาทปลอมดังกล่าวได้ โดยการชั่งอย่างมากที่สุดเพียง 2 ครั้ง)

เฉลย
ปัญหาที่ 1



ปัญหาที่ 2

ในการเทนมแต่ละครั้ง ให้ปริมาตรของนมในแต่ละถังเป็นไปตามตารางข้างล่างนี้ เราจะสามารถแบ่งนมให้ชายทั้ง 2 คน ๆ ละ 4 ลิตรได้ตามต้องการ

	เริ่มต้น	เทครั้งที่ 1	เทครั้งที่ 2	เทครั้งที่ 3	เทครั้งที่ 4	เทครั้งที่ 5	เทครั้งที่ 6	เทครั้งที่ 7
ถัง 8 ลิตร	8	3	3	6	6	1	1	4
ถัง 5 ลิตร	0	5	2	2	0	5	4	4
ถัง 3 ลิตร	0	0	3	0	2	2	3	0

ปัญหาที่ 3

คำตอบที่ถูกต้องคือ นายใหม่จะต้องชั่งเหรียญบาทอย่างน้อย 3 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 แบ่งเหรียญทั้ง 27 เหรียญ ออกเป็น 3 กอง ๆ ละ 9 เหรียญ จากนั้นนำ 2 ใน 3 กองมาชั่ง ทำให้เราทราบว่าหนึ่งในสามกองนี้ กองไหนมีเหรียญบาทปลอมอยู่

ครั้งที่ 2 นำกองที่มีเหรียญบาทปลอมซึ่งมีเหรียญทั้งหมด 9 เหรียญมาแบ่งออกเป็น 3 กอง ๆ ละ 3 เหรียญ จากนั้นนำ 2 ใน 3 กองมาชั่ง ทำให้เราทราบว่าหนึ่งในสามกองนี้ กองไหนมีเหรียญบาทปลอมอยู่

ครั้งที่ 3 ณ ขณะนี้ นายใหม่เหลือ บรรณานุกรม

เพียง 3 เหรียญที่จะต้องพิจารณา ในทำนองเดียวกันนำ 2 ใน 3 เหรียญขึ้นชั่ง นายใหม่ก็จะทราบทันทีเลยว่าเหรียญใดคือเหรียญปลอม

1. Pappas, Theoni. 1996. More Joy of Mathematics Exploring Mathematics All Around You. 7th printing. San Carlos, CA: Wide World Publishing/Tetra. pp. 149, 186, 255, and 280-282.



ผลการตัดสินการประกวดและการแข่งขันกิจกรรมต่าง ๆ
งานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประจำปี 2541
ในระหว่างวันที่ 16-18 สิงหาคม 2541
ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ผลการตัดสินดังนี้

การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเภทไม่กำหนดหัวข้อ

รางวัลที่ 1	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานรดประหยัดพลังงานลดมลภาวะ โรงเรียนบ้านเหลื่อมพิทยาสรรพ์ จังหวัดนครราชสีมา	5,000 บาท
รางวัลที่ 2	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานเครื่องอบพริกอย่างง่าย โรงเรียนสุนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา	3,500 บาท
รางวัลที่ 3	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานชีวิตมหัศจรรย์ของปลวก โรงเรียนเมืองพลพิทยาคม จังหวัดขอนแก่น	2,500 บาท
รางวัลชมเชย 2 รางวัล	รางวัลละ 1. โครงงานตู้ฟักไข่แบบกองทราย โรงเรียนกาฬสินธุ์พิทยาสรรพ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 2. โครงงานผลผลิตจากเส้นใยฝ้ายเสื่อยักษ์ โรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคาร จังหวัดหนองบัวลำภู	1,000 บาท

**การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์
ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเภทกำหนดหัวข้อ**

รางวัลที่ 1	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานเครื่องปั่นฟาง โรงเรียนพิมายวิทยา จังหวัดนครราชสีมา	5,000 บาท
รางวัลที่ 2	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานเครื่องอบหอยป้องกันเชื้อรา โรงเรียนพิมายวิทยา จังหวัดนครราชสีมา	3,500 บาท
รางวัลที่ 3	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานวัสดุธรรมชาติกับการบำบัดน้ำเสีย โรงเรียนเมืองสุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา	2,500 บาท
รางวัลชมเชย 2 รางวัล รางวัลละ		1,000 บาท
	1. โครงงานเตาแก๊ส 2000 โรงเรียนสีคิ้ว "สวัสดีผดุงวิทยา" จังหวัดนครราชสีมา	
	2. โครงงานเคมีภัณฑ์จากโพลี โรงเรียนสุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา	

**การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น
ประเภททั่วไป**

รางวัลที่ 1	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานผลของน้ำหวานหมักจากใบพืชต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โรงเรียนสารคามพิทยาคม จังหวัดมหาสารคาม	4,000 บาท
รางวัลที่ 2	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานขจัดคราบสกปรกด้วยว่านหางจระเข้ โรงเรียนนาแกสามัคคีวิทยา จังหวัดนครพนม	2,500 บาท
รางวัลที่ 3	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด โครงงานผ้าจากใบสับปะรด โรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคาร จังหวัดหนองบัวลำภู	2,000 บาท

รางวัลชมเชย 2 รางวัล รางวัลละ 1,000 บาท

1. โครงการการดักจับแมลงวันด้วยยางเหนียวจากพืช
โรงเรียนบัวขาว จังหวัดกาฬสินธุ์
2. โครงการสาร ธ.ส.ช. จากขยะในครัวเรือน
โรงเรียนมุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร

การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ประเภทกำหนดหัวข้อ

รางวัลที่ 1 โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด 4,000 บาท
โครงการการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการงอกของเมล็ดแตงโม สายพันธุ์ไม่มีเมล็ด
โรงเรียนผดุงนารี จังหวัดมหาสารคาม

รางวัลที่ 2 โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด 2,500 บาท
โครงการเพิ่มสีไข่แดงด้วยพืชท้องถิ่น
โรงเรียนนาแกสามัคคีวิทยา จังหวัดนครพนม

รางวัลชมเชย 1 รางวัล รางวัลละ 1,000 บาท
1. โครงการพลังลมหมุนกังหันปั่นน้ำ
โรงเรียนกัลยาณวัตร จังหวัดขอนแก่น

การแข่งขันตอบปัญหาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

รางวัลที่ 1 โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด 4,000 บาท
โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย จังหวัดนครราชสีมา

รางวัลที่ 2 โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด 3,500 บาท
โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล จังหวัดสกลนคร

รางวัลที่ 3 โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด 3,000 บาท
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร

รางวัลชมเชย 2 รางวัล รางวัลละ 1,000 บาท
1. โรงเรียนโยธินวิทยา จังหวดยโสธร
2. โรงเรียนสตรีราชินูทิศ จังหวัดอุดรธานี

รางวัลพิเศษ 3 รางวัล รางวัลละ

500 บาท

1. โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น
2. โรงเรียนภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ
3. โรงเรียนเหล่าล้อวิทยาคม จังหวัดร้อยเอ็ด

การแข่งขันทักษะทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

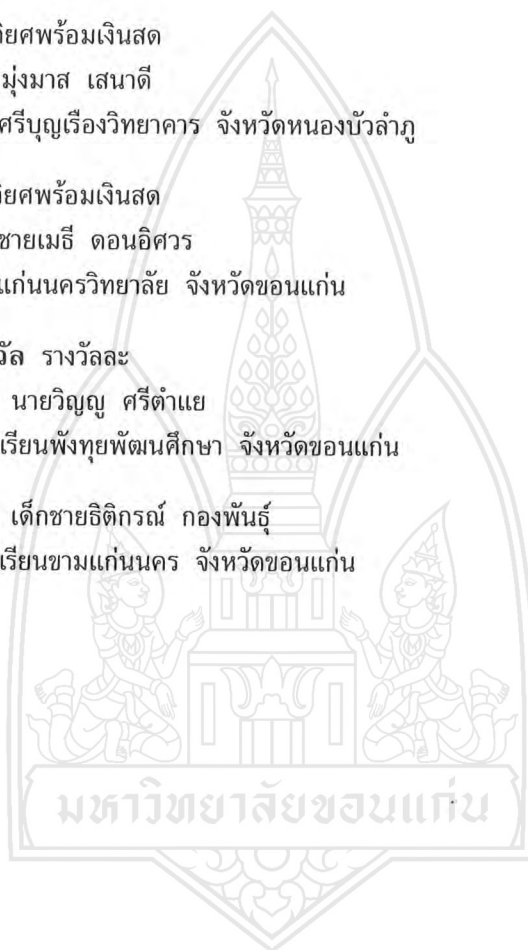
ผลการแข่งขันและรางวัล

รางวัลที่ 1	สาขาเคมี	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นางสาวพรรัตน์ บัญญัตินพรัตน์ โรงเรียนมุกดาหาร	2,000 บาท
รางวัลที่ 2	สาขาเคมี	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นายจันทศักดิ์ จันทมนตร์ โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย	1,500 บาท
รางวัลที่ 3	สาขาเคมี	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นางสาวเบญจวรรณ พลศักดิ์ โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย	1,000 บาท
รางวัลที่ 1	สาขาชีววิทยา	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นายสง่า คำม่วง โรงเรียนศรีกระนวนวิทยาคม	2,000 บาท
รางวัลที่ 2	สาขาชีววิทยา	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นางสาวดลนภา รัตนกร โรงเรียนอุดรพิทยานุกูล	1,500 บาท
รางวัลที่ 3	สาขาชีววิทยา	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นางสาวประนอม ภูพุ่มศรี โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย	1,000 บาท
รางวัลที่ 1	สาขาคณิตศาสตร์	โล่เกียรติยศพร้อมเงินสด ชื่อ นายสุทธิ สุนทรภา โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน	2,000 บาท

รางวัลที่ 2	สาขาคณิตศาสตร์	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายธิตี ดวงสร้อยทอง โรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล	1,500 บาท
รางวัลที่ 3	สาขาคณิตศาสตร์	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายวุฒิไกร สิริชัยเวชกุล โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย	1,000 บาท
รางวัลที่ 1	สาขาฟิสิกส์	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายวุฒคม วนรัฐกาล โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย	2,000 บาท
รางวัลที่ 2	สาขาฟิสิกส์	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายคมวุธ วนรัฐกาล โรงเรียนสารคามพิทยาคม	1,500 บาท
รางวัลที่ 3	สาขาฟิสิกส์	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายณัฐดนัย ผาณบุศย์ โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน	1,000 บาท
รางวัลคะแนนรวมทั้ง 4 สาขาวิชา			
รางวัลคะแนนรวมทั้ง 1		โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย	2,000 บาท
รางวัลคะแนนรวมทั้ง 2		โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด โรงเรียนขอนแก่นวิทยายน	1,500 บาท
รางวัลคะแนนรวมทั้ง 3		โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด โรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย	1,000 บาท

การแข่งขันวาดภาพความคิดสร้างสรรค์และจินตนาการทางวิทยาศาสตร์

รางวัลที่ 1	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายคิตะ ธนสีลังกูร โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จังหวัดร้อยเอ็ด	3,000 บาท
รางวัลที่ 2	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ นายม่งมาส เสนาดี โรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคาร จังหวัดหนองบัวลำภู	2,500 บาท
รางวัลที่ 3	โล่เกียรตินิยมพร้อมเงินสด ชื่อ เด็กชายเมธี ดอนนิศวร โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น	2,000 บาท
รางวัลชมเชย 2 รางวัล	รางวัลละ 1. ชื่อ นายวิญญู ศรีดำแย โรงเรียนพังทวยพัฒนศึกษา จังหวัดขอนแก่น 2. ชื่อ เด็กชายอิทธิกรณ กอพนันธุ์ โรงเรียนขามแก่นนคร จังหวัดขอนแก่น	1,000 บาท



**ดัชนีวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
(เรียงตามชื่อผู้เขียน)
ปีที่ 26 พ.ศ. 2541**

ผู้เขียน	ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ฉบับที่	หน้าที่
กองบรรณาธิการ	พบตัวหนังสือโบราณที่เขียนบนกระดุก อายุหลายพันปีในประเทศจีน	1	1
”	สปอร์ตแบคที่เรียช่วยดึงโลหะ	1	3
”	กาชเรือนกระจกเพิ่มปริมาณขึ้นอาจทำลายชั้นโอโซน	1	4
”	การค้นพบวิธีการใช้เศษผมสำหรับการกำจัด คราบน้ำมันในน้ำ	1	5
”	สถิติที่น่าสนใจของประเทศไทย จำนวนประชากร จำแนกตามสถานภาพแรงงาน พ.ศ. 2535-2539	1	6
”	Sapphire Valley	2	77
”	ความต้านทานไฟฟ้าเป็นลบ	2	78
”	ผลึกอินซูลินที่เตรียมจากอวกาศกับ การบำบัดโรคเบาหวาน	2	79
”	เลือดสังเคราะห์	2	80
”	สถิติที่น่าสนใจของไทย การประเมินเศรษฐกิจไทย ปี 2540-2541	2	81
”	เชื้อ HIV สายพันธุ์ใหม่	3	149
”	IL-2 ช่วยยับยั้งเชื้อ HIV ได้จริงหรือ?	3	150
”	บทบาทของตัวรับ NMDA ต่อเซลล์สมอง	3	151
”	การใช้คลื่นความร้อนรักษาโรคมะเร็ง	4	229
”	หยุดยั้งการแพร่กระจายมะเร็งเม็ดสี	4	230
”	รังไข่หลอดทดลอง	4	231
”	ชิปเก็บข้อมูลสำหรับการเลือกใช้ยารักษาโรค	4	232

ผู้เขียน	บทความทั่วไป	ฉบับที่	หน้าที่
Mongkon Ta-oun, Mohamed Daud, Mohd Zohadie Bardaie, Shamshuddin Jusop Sartra Wongthanavasu	Incorporation of Domain Experts Knowledge in Determining Biological Methods for Water Pollution Treatment in Rivers Process Synchronization The Dining- Philosophers Problem	3 2	173 82
เฉลิม เรืองวิริยะชัย	ประสบการณ์จากการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ฤดูร้อน ของโครงการ พสวท....การวิเคราะห์คุณภาพ น้ำมันหล่อลื่น	3	165
บำรุง สมสวัสดิ์ ปัญญาพล หอระตะ	รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ประจำปี พ.ศ. 2541 แนวความคิดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ (Object-Oriented Technology Concept)	3 4	159 248
สุพรรณิ อึ้งปัญสัตวงศ์	แนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถิติทดสอบโดย ใช้การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล	1	7
ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย ศักดิ์ดา ดาตวง	ไอโอโนฟอร์ กับ ไอออน-ซีเล็กทีฟอิเล็กโตรด มอโนโคลนัลแอนติบอดี : อดีต และปัจจุบัน Monoclonal Antibody : Past and Present	1 4	12 254
อัจฉรา ศิริมังคะลา	"กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์" กับมุมมองในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์	2	88
อัจฉรา ศิริมังคะลา อัมพร อนันต์พินิจวัฒนา	รางวัลโนเบลสาขาเคมี ประจำปี พ.ศ. 2541 สมบัติของจำนวนฟีโบนัชชี	3 4	152 265
ผู้เขียน	บทความพิเศษ	ฉบับที่	หน้าที่
วิสุทธิ์ ใบไม้	การวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพและ การเชื่อมโยงกับงานวิจัยในสาขาอื่น	4	233

ผู้เขียน	งานวิจัย	ฉบับที่	หน้าที่
P.P Yupapin and P. Raknoi	A Study of Optical Sensing Device Characteristics	3	203
Thitinai Gaewdang Ngamnit Gaewdang	การปลูกผลึกของสารประกอบอินเดียมไททาเนต โดยเทคนิคการหลอมฟลักซ์	3	196
จำนงค์ ฉายเชิด, กำชัย ตรีชัยรัมย์ เดชา ยศศักดิ์ศรี ชุติมา หาญจวนิช, สุภาพ ณ นคร	แผนภาพเฟสของระบบ Y-Ba-Cu-O (Ag ₂ O) _{0.2} ที่ 950 °C ในอากาศ	3	186
ดวงใจ โอชัยกุล, มารีสา จาตุพรพิพัฒน์ ทรงยศ พิธิษฐ์กุล, ถนอมจิตร ฤทธิมนตร์, ศุภชัย ตั้งชูพงศ์ นฤมล แสงประดับ, ยรรยงค์ อินทร์ม่วง, ชุติมา หาญจวนิช, อุไรวรรณ อินทร์ม่วง บำรุง สมสวัสดิ์	พยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อของแผลบริเวณผิวหนังของ ปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็นโรคจากคลองชลประทาน บ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม	1	33
	การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูป มันฝรั่ง โดย <i>Candida tropicalis</i> TISTR 5136	3	181
	การศึกษาประชากรของมวนตัวห้ำดูดกินไข่ <i>Tytthus chinensis</i> Stal. และความจำเป็น ในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	4	305
	ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำ ทางชีววิทยาในลุ่มน้ำพองด้วยสัตว์ไม่มี กระดูกสันหลังหน้าดิน	4	289
	A Comparison Study of Automatic Peak Search Algorithms for EDXRF Spectra	2	121
ประสิทธิ์ ชูติชูเดช เบญจวรรณ ชูติชูเดช	การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอ Studies on the Harvesting Indices of Papaya Fruit (<i>Carica Papaya</i> L.)	2	105
พงษ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ ปาริชาติ พุ่มขจร	ความไวเสถียรภาพของไฟโตซีสเต็ม ทุ มีผลต่อ ระดับของพลาสโตควิโนน เอ ใน <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	1	47
พงศ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ ปาริชาติ พุ่มขจร	วิธีการอย่างง่ายในการทดสอบการสร้าง แบคทีเรียโอซิน	4	281

ผู้เขียน	งานวิจัย	ฉบับที่	หน้าที่
วิชุดา ไชยศิริมงคล, สุพรรณิ อึ้งปัญสัตวงศ์, วัลยา สุนทรพิทักษ์	การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นที่ 18-20	1	26
สาธิต แซ่จึ้ง, เที่ยง ภูมิสะอาด	กราฟผลต่างคือกราฟผลหาร	2	117
สุพรรณิ อึ้งปัญสัตวงศ์, วิชุดา ไชยศิริมงคล	ผลกระทบของการปิดเศษของข้อมูลที่มีต่อ ระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบปกติบางตัว	1	18
สิรินดา ยุ่นฉลาด	การตรวจแยก <i>Aeromonas</i> sp. จากตัวอย่างน้ำ โดยใช้วิธีการกรองผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และนำไป เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น Ampicillin Dextrin Agar	2	95
อารี ฤทธิบุรณ์	การผลิตเอนไซม์ไลลาเนสจากเชื้อ <i>Sporotrichum pulverulentum</i> ในสภาวะการเลี้ยงเชื้อด้วย อาหารเหลว	4	273

ผู้เขียน	เกร็ดคอมพิวเตอร์	ฉบับที่	หน้าที่
นายถึงเปียร์	เทคนิคการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ใน Microsof Excel สำหรับการจัดตารางสอน	1	57
นายถึงเปียร์	ความรู้เรื่อง ปัญหาปี ค.ศ.2000-Y2K (สำหรับคนเดินถนน)	2	132
นายถึงเปียร์	การสร้าง Image Map	3	210
วีระยุทธ ชัยศิริถาวรกุล	ปัญหา Y2K สำหรับผู้ใช้ในบ้าน	4	315

ผู้เขียน	เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย	ฉบับที่	หน้าที่
นาย Tony	การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF...ร่วมมือกันเถอะ "ตอนที่ 1"	1	63
นาย Tony	การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF... ร่วมมือกันเถอะ	2	135
อัจฉา ศิริมังคะลา	รางวัลโนเบล ประจำปี พ.ศ. 2541	3	214
อัจฉา ศิริมังคะลา	รักน้ำ - รักขน	4	296

ผู้เขียน	เสริมทักษะวิทยาศาสตร์	ฉบับที่	หน้าที่
วิทยา อมรกิจบำรุง	จากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก สู่ฟิสิกส์ของผิววัตถุ	1	66
วิทยา อมรกิจบำรุง	การวัดในการทดลอง	2	140
วิทยา อมรกิจบำรุง	การวัดอุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน	3	217
วิทยา อมรกิจบำรุง	คู่ควมความร้อนและรอยต่ออ้างอิง	4	328

ผู้เขียน	มุมวิทยาศาสตร์เว็บไซต์	ฉบับที่	หน้าที่
นายชวดไวน์	Site # 1 - Site # 4	1	73
นายชวดไวน์	Site # 5 - Site # 10	2	144
นายชวดไวน์	Site # 11 - Site # 15	3	222
นายชวดไวน์	Site # 16 - Site # 20	4	332

ผู้เขียน	คณิตศาสตร์ชวนคิด	ฉบับที่	หน้าที่
วิจารณ์ สดศิริ	ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 2	1	75
วิจารณ์ สดศิริ	ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 2	2	147
วิจารณ์ สดศิริ	ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 2	3	224
วิจารณ์ สดศิริ	ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 3	4	334

**ดัชนีเอนทรี่วารสารวิทยาศาสตร์ มข.
(เรียงตามชื่อเรื่อง)
ปีที่ 26 พ.ศ. 2541**

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
IL-2 ช่วยยับยั้งเชื้อ HIV ได้จริงหรือไม่?	กองบรรณาธิการ	3	150
Sapphire Valley	"	2	77
กาซเรือนกระจกเพิ่มปริมาณขึ้นอาจทำลายชั้นโอโซน	"	1	4
การค้นพบวิธีการใช้เศษผมสำหรับการกำจัด คราบไขมันในน้ำ	"	1	5
การใช้คลื่นความร้อนรักษาโรคมะเร็ง	"	4	229
ความต้านทานไฟฟ้าเป็นลบ	"	2	78
ชิบเก็บข้อมูลสำหรับการเลือกใช้ยารักษาโรค	"	4	232
เชื้อ HIV สายพันธุ์ใหม่	"	3	149
บทบาทของตัวรับ NMDA ต่อเซลล์สมอง	"	3	151
ผลึกอินซูลินที่เตรียมจากอวกาศกับ การบำบัดโรคเบาหวาน	"	2	79
พบตัวหนังสือโบราณที่เขียนบนกระดูก	"	1	1
อายุหลายพันปีในประเทศจีน	มหาวิทยาลัยขอนแก่น		
รังไข่หลุดทดลอง	"	4	231
เลือดสังเคราะห์	"	2	80
สถิติที่น่าสนใจของไทย การประเมินเศรษฐกิจไทย ปี 2540-2541	"	2	81
สถิติที่น่าสนใจของประเทศไทย จำนวนประชากร จำแนกตามสถานภาพแรงงาน พ.ศ. 2535-2539	"	1	6
สปอร์ตเบคที่เรียวยาวดังโลหะ	"	1	3
หยุดยั้งการแพร่กระจายมะเร็งเม็ดสี	"	4	230

บทความทั่วไป	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
Incorporation of Domain Experts Knowledge in Determining Biological Methods for Water Pollution Treatment in Rivers	Mongkon Ta-oun, Mohamed Daud, Mohd Zohadie Bardaie, Shamshuddin Jusop	3	173
Process Synchronization The Dining-Philosophers Problem	Sartra Wongthanavasu	2	82
"กฎข้อหนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์" กับมุมมองในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์ แนวคิดเกี่ยวกับการเปรียบเทียบสถิติทดสอบ โดยใช้การจำลองแบบปัญหาด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล	อัจฉรา ศิริมังคะลา สุพรรณิ อึ้งปัญสัตตวงค์	2	88
แนวความคิดเทคโนโลยีเชิงวัตถุ (Object-Oriented Technology Concept)	ปัญญาพล หอระตะ	4	248
ประสบการณ์จากการเข้าค่ายวิทยาศาสตร์ฤดูร้อน ของโครงการ พสวท...การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันหล่อลื่น	เฉลิม เรืองวิริยะชัย	3	165
มอโนโคลนัลแอนติบอดี : อดีต และปัจจุบัน Monoclonal Antibody : Past and Present	ศักดิ์ดา ดาดวง	4	254
รางวัลโนเบลสาขาเคมี ประจำปี พ.ศ. 2541	อัจฉรา ศิริมังคะลา	3	152
รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ประจำปี พ.ศ. 2541	บำรุง สมสวัสดิ์	3	159
สมบัติของจำนวนฟีโบนัชชี	อัมพร อนันต์พินิจวัฒนา	4	265
ไอโอโนฟอร์ กับ ไอออน-ซีเล็กทีฟอิเล็กโตรด	ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย	1	12

บทความพิเศษ	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
การวิจัยด้านความหลากหลายทางชีวภาพและการเชื่อมโยงกับงานวิจัยในสาขาอื่น	วิสุทธิ ไบไม้	4	233

งานวิจัย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
A Comparison Study of Automatic Peak Search Algorithms for EDXRF Spectra	บำรุง สมสวัสดิ์	2	121
A Study of Optical Sensing Device Characteristics	P.P Yupapin and P. Raknoi	2	203
การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นที่ 18-20	วิชา ไชยวิมวณคล สุพรรณิ อึ้งปัญสดวงค์ วัลยา สุนทรพิทักษ์	1	26
การตรวจแยก <i>Aeromonas</i> sp. จากตัวอย่างน้ำ โดยใช้วิธีการกรองผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น Ampicillin Dextin Agar	สิรินดา ยุ่นฉลาด	2	95
การผลิตโปรตีนเซลล์เดียวจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปมันฝรั่ง โดย <i>Candida tropicalis</i> TISTR 5136	ดวงใจ โอชัยกุล มาริสา จตุพรพิพัฒน์	3	181
การผลิตเอนไซม์ไคลาเนสจากเชื้อ <i>Sporotrichum pulverulentum</i> ในสภาวะการเลี้ยงเชื้อด้วยอาหารเหลว	อารี ฤทธิ์บุรณ์	4	273
การปลูกผลึกของสารประกอบอินทรีย์ไทนาเนต โดยเทคนิคการหลอมฟลักซ์	Thitinai Gaewdang Ngamnit Gaewdang	3	196
กราฟผลต่างคือกราฟผลหาร	สาธิต แซ่จิ่ง	2	117
การศึกษาประชากรของมวนตัวห้ำดูดกินไข่ <i>Tythus chinensis</i> Stal. และความจำเป็นในการใช้ควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	เที่ยง ภูมิสะอาด ทรงยศ พิสิษฐ์กุล ถนอมจิตร ฤทธิ์มนตรี ศุภชัย ตั้งชูพงศ์	4	305
การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอ Studies on the Harvesting Indices of Papaya Fruit (<i>Carica Papaya</i> L.)	ประสิทธิ์ ชูติชูเดช เบญจวรรณ ชูติชูเดช	2	15
ความไร้เสถียรภาพของไฟโตซีสเต็ม ทุ มีผลต่อระดับของพลาสโตคิวโนน เอ ใน <i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	พงษ์ศักดิ์ รัตนชัยกุลโสภณ ปาริชาติ พุ่มขจร	1	47

งานวิจัย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนกคุณภาพน้ำ ทางชีววิทยาในลุ่มน้ำพองด้วยสัตว์ไม่มี กระดูกสันหลังหน้าดิน	นฤมล แสงประดับ ยรรยงค์ อินทร์ม่วง ชุตินา หาญจวนิช อุไรวรรณ อินทร์ม่วง	4	289
แผนภาพเฟสของระบบ Y-Ba-Cu-O (Ag ₂ O) _{0.2} ที่ 950 °C ในอากาศ	จำนงค์ ฉายเชิด กำชัย ตรีชัยรัมย์ เตชา ยศศักดิ์ศรี	3	186
พยาธิสภาพทางเนื้อเยื่อของแผลบริเวณ ผิวหนังของปลาน้ำจืดบางชนิดที่เป็น โรคจากคลองชลประทานบ้านหนองผือ ตำบลหนองบัว อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม	ชุตินา หาญจวนิช สุภาพ ณ นคร	1	33
ผลกระทบของการปิดเศษของข้อมูลที่มีต่อ ระดับนัยสำคัญของสถิติทดสอบปกติบางตัว	สุพรรณิ อึ้งปัญญาตวงค์ วิชุดา ไชยศิวัฒมงคล	1	18

เกร็ดคอมพิวเตอร์	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
การสร้าง Image Map	นายถึงเบียร์	3	210
ความรู้เรื่อง ปัญหาปี ค.ศ.2000-Y2K	นายถึงเบียร์	2	132
เทคนิคการใช้ฟังก์ชัน COUNTIF ใน Microsof Excel สำหรับการจัดตารางสอน	นายถึงเบียร์	1	57
ปัญหา Y2K สำหรับผู้ใช้ในบ้าน	วีระยุทธ ชัยศิริถาวรกุล	4	315

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF... ร่วมมือกันเถอะ "ตอนที่ 1"	นาย Tony	1	63
การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF... ร่วมมือกันเถอะ รักน้ำ - รักขนั้	นาย Tony อัจฉา คิริมังคะลา	2 4	135 296
รางวัลโนเบล ประจำปี พ.ศ. 2541	อัจฉา คิริมังคะลา	3	214

เสริมทักษะวิทยาศาสตร์	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
การวัดในการทดลอง	วิทยา อมรกิจบำรุง	2	140
การวัดอุณหภูมิจากการแผ่รังสีความร้อน	วิทยา อมรกิจบำรุง	3	217
คู่ความความร้อนและรอยต่ออ้างอิง	วิทยา อมรกิจบำรุง	4	328
จากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก สู่ฟิสิกส์ของผิววัตถุ	วิทยา อมรกิจบำรุง	1	66
มุมวิทยาศาสตร์เว็บไซต์	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
Site # 1 - Site # 4	นายชวดไวน์	1	73
Site # 5 - Site # 10	นายชวดไวน์	2	144
Site # 11 - Site # 15	นายชวดไวน์	3	222
Site # 16 - Site # 20	นายชวดไวน์	4	332
คณิตศาสตร์ชวนคิด	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 2	วิจารณ์ สดศิริ	1	75
ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 2	วิจารณ์ สดศิริ	2	147
ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 2	วิจารณ์ สดศิริ	3	224
ปัญหาที่ 1 - ปัญหาที่ 3	วิจารณ์ สดศิริ	4	334

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูทางด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการย่อความจากงานวิจัยหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องเป็นตัวพิมพ์ปกติ มีช่องว่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสัน) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด หรือต้นฉบับพิมพ์ 1 ชุด และ Diskette ของบทความนั้น
2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะทำสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตนเอง 1 ฉบับ
3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดกรณ์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
7. ในกรณีของบทความวิจัย ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์
8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว - ดำ ขนาดโปสการ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม แนะนำให้เขียนตามแบบที่ทางวารสารกำหนด

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อภิธานการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เอกสารอ้างอิง (Reference) หมายถึง เอกสารหรือส่วนหนึ่งของเอกสารที่อ้างอิงถึงหรือแปลมาโดยตรง การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหานี้ ให้ใช้ระบบหมายเลขเรียงตามลำดับที่อ้างอิง การเขียนเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างไว้แล้วในเนื้อหาเท่านั้น

บรรณานุกรม (Bibliography) หมายถึง เอกสารที่ใช้อ้างอิงในลักษณะที่สรุปเป็นหลักการหรือทฤษฎีโดยมิได้อ้างอิงหรือแปลมาโดยตรง จึงต้องมีหมายเลขกำกับในรายงาน แต่สรุปรวมเป็นรายชื่อเอกสารในส่วนของบรรณานุกรมโดยคำนึงถึงลำดับตัวอักษร (order system)

การเขียนเอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม มีแนวทางการเขียนดังนี้

1. หนังสือ

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). ชื่อหนังสือ. (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). ชื่อหนังสือ. (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักงานพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

2. เอกสารราชการ

ชื่อหน่วยราชการ. (เลขปี พ.ศ. หรือ ค.ศ.). ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือ. เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์.

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). ชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

หมายเหตุ

- กรณีที่นี้เป็นเอกสารอ้างอิงจากแหล่งอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดข้างต้น เช่น จุลสาร, หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ให้ยึดหลักการเขียนตามแบบข้างต้นโดยอนุโลม
- กรณีที่มีผู้เขียน 2 หรือ 3 คน ให้เขียนตามแบบของผู้เขียนคนแรก แต่ให้เติมคำว่า “และ” หรือ “and” หน้าชื่อสุดท้ายในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
- กรณีที่มีผู้เขียนมากกว่า 3 คนขึ้นไป ให้ใส่เฉพาะผู้แต่งชื่อแรกและใส่คำว่า “และคณะ” หรือ “et. al.” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
- ถ้าเอกสารที่ถูกอ้างอิงอยู่ในระหว่างตีพิมพ์ ให้บอกรายละเอียดมากที่สุดและใช้คำว่า “ระหว่างตีพิมพ์” หรือ “in press” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

