

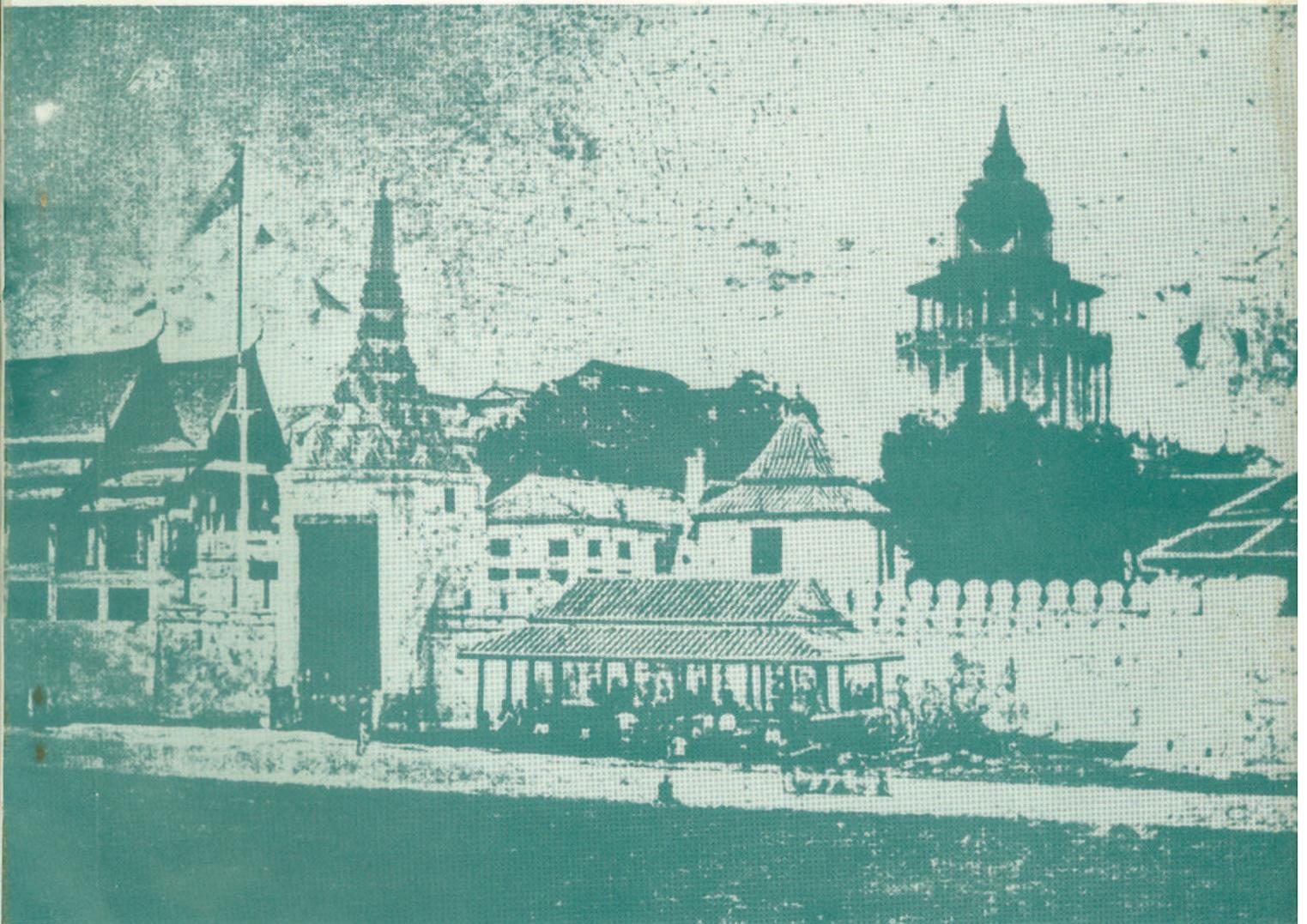


วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.

ISSN 0125-2364

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน 2527



ฉบับวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ

วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ISSN 0125-2364

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

<p>เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น</p> <p>สำนักงาน ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น</p>	<p>ที่ปรึกษาทั่วไป</p> <p>อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ รองคณบดีฝ่ายบริหาร ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัย นายเฉลิม คិតชัย</p> <p>ที่ปรึกษาฝ่ายวิชาการ</p> <p>รองคณบดีฝ่ายวิชาการ นายสุชาติ จันทร์ทิพย์ นายชาว เหมือนวงศ์ นายภักดี อันวารชร นางศรีสุนทร สีตะธนี นายชรินทร์ กุคู่สมุทร</p>
<p>วัตถุประสงค์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ 2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา 3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน 	<p>บรรณาธิการ ไฉนพร คำนวิรุทัย</p>
<p>กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ</p> <p>ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม</p> <p>ค่าบำรุง ปีละ 30 บาท</p> <p>การบอกรับเป็นสมาชิก</p> <p>แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคัตหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือสิน ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.พ.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002</p>	<p>บรรณาธิการผู้ช่วย กิตติ อมรรักษา</p> <p>กองบรรณาธิการ</p> <p>ไพบูลย์ มงคลดาวารชัย อัจฉรา ธรรมดาวาร รัตนา มหาชัย ลัดดา เต็มอุดม สุวิน บุศราคำ ทัศนีย์ อารยะตระกูลลิขิต อำนวยการ มณีศรีวงศ์กุล ศิริณีย์ ทองสวัสดิวงศ์</p>
<p>วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ยินดีให้นำบทความหรือเกร็ดความรู้ไปใช้อ้างอิงหรือตีพิมพ์ใหม่ได้ โดยกรุณาอ้างชื่อผู้เขียนและชื่อวารสาร</p> <p>บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ</p>	<p>ฝ่ายจัดหาทุน วรณี รัมภาวัฒนา</p> <p>ฝ่ายศิลป์และภาพ ทรงเวทย์ เบ้าชัย</p> <p>ฝ่ายเหรียญกษาปณ์ ลักขณา สุขบาง</p> <p>ฝ่ายจัดการ บุญคุ้ม เหลือสิน บุษราภรณ์ พฤกษ์เทเวศ</p>

ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน 2527

26 กรกฎาคม 2527

กองบรรณาธิการ

โฉนพร	ด้านวิรุทธ	บทบรรณาธิการ	
อัจฉรา	ธรรมดาวร	ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	145
ทัศนีย์	อารยะตระกูลลิต	เกร็ดความรู้	148
กิตติ	อมรรักษา	ลองภูมิ	155
สุวิน	บุศราคำ	บรรณพิภพ	225

บทความวิทยาศาสตร์



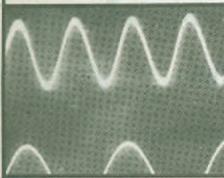
จิระสุข	อิฐรัตน์	วงกิ่งกลุ่ม	157
สมพงษ์	ธรรมดาวร	ชีวิตคู่ของไลเคนส์	165
พรทิพย์	ดิเรกสถาพร	จำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุดในยุคคอมพิวเตอร์	171
พัฒนา	เห็นแสงหงษ์	วิตามินรักษาโรคมะเร็งได้จริงหรือ	177
พิพัฒน์	โชคสุวัฒน์สกุล	การประยุกต์ใช้ไอโซโทปและรังสีในการเกษตร	187



บทความพิเศษ

ชาว	เหมือนวงศ์	การพิสูจน์การทรงค่านวมเพื่อรักษาเวลามาตรฐาน ประเทศไทย ของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้า- เจ้าอยู่หัว	195
-----	------------	---	-----

งานวิจัย



บุญยืน	กิจวิจารณ์	อิทธิพลของออกซินและไซโตไคนินต่อการเกิดต้นและ รากของมะเขือเทศโดยการเพาะเลี้ยงใบเลี้ยง	211
นิพนธ์	กลสิพรอง	การส่งสัญญาณเสียงด้วยคลื่นไมโครเวฟ	217

ปก: ภาพถ่ายพระบรมมหาราชวังบริเวณสนามชัย แสดงให้เห็นพระที่นั่งภูวดลทิศในย สร้างในสมัยรัชกาลที่ 4 และใช้เป็น
หอนาฬิกาหลวงเพื่อรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2400
อ่านเรื่องในหน้า 195



พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์ศิริภักดิ์ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร. 236141 นายอารีย์ ทอวิจิตร ผู้พิมพ์โฆษณา
(ข้างถนนตแพทย์อิน และนวกิจวิศวรกรรม ถนนหลังเมือง)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ขอแสดงความยินดีกับนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น ประจำปี พ.ศ.2527 สองท่านคือ ศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว.พูนพิงศ์ วรวุฒิ กับ ศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ยุทธวงศ์ ผู้มีผลงานดีเด่นจนได้รับยกย่องจากคณะกรรมการนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นด้วยมติเอกฉันท์ ให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น สาขาชีววิทยา และชีวเคมี ตามลำดับ ประวัติย่อ และผลงานดีเด่นของนักวิทยาศาสตร์ทั้งสอง ใคร่วมมาให้ทราบดังนี้

ศาสตราจารย์ ดร.ม.ร.ว.พูนพิงศ์ วรวุฒิ

ผลงานดีเด่น : ประสบผลสำเร็จในการเลี้ยงและแพร่พันธุ์หนูขาวพันธุ์วีสตาร์บริสุทธิ์ ประสบผลสำเร็จในการสร้างกลุ่มสัตว์ทดลองโกลเดน แฮมสเตอร์ ริเริ่มสร้างกลุ่มลิงแสม ซึ่งเป็นรูปแบบสัตว์ทดลองที่ใกล้เคียงกับมนุษย์มาก และสามารถผสมพันธุ์ได้จนเพียงพอกับการวิจัย

ประวัติย่อ : เกิด 4 มกราคม พ.ศ.2475 จบระดับเตรียมอุดมศึกษา จากโรงเรียนพระนครวิทยาลัย

2494 : จบปริญญาตรี สาขาชีววิทยา จากจุฬาลงกรณ์วิทยาลัย

2498 : เริ่มรับราชการที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2502 : ได้รับทุนยืมขอมไปศึกษาทางสัตววิทยา ณ มหาวิทยาลัยโคโลราโด

2508 : จบปริญญาเอก สาขาสัตววิทยาการสืบพันธุ์ จากสถาบันวิทยาศาสตร์ไวซมัน อิสราเอล โดยทุนโซโลมอน บี. คอล์กเกอร์

2521 : ได้รับพระมหากรุณาธิคุณโปรดเกล้าฯ แต่งตั้งให้เป็นศาสตราจารย์

ศาสตราจารย์ ดร.ยงยุทธ ยุทธวงศ์

ผลงานดีเด่น : พบว่า เม็ดเลือดแดงที่ติดเชื้อมาลาเรียมีการเปลี่ยนแปลงหลายอย่างที่เกี่ยวข้อง เช่น การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกลของเนื้อเยื่อ ซึ่งมีผลต่อการอยู่รอดและการขยายปริมาณของเชื้อ และช่วยให้อธิบายสภาพของโรคมาลาเรีย รวมทั้งเข้าใจถึงการทำงานของยาต่อต้านมาลาเรีย

ประวัติย่อ : เกิด 4 พฤษภาคม พ.ศ.2487 จบระดับเตรียมอุดมศึกษา จากโรงเรียนเซนต์คาเบรียล

2505 : เข้าเรียนคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ และได้รับทุน กพ. ไปศึกษาที่ประเทศอังกฤษ

2509 : จบปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง จากมหาวิทยาลัยลอนดอน

2512 : จบปริญญาเอกสาขาเคมีอินทรีย์ จากมหาวิทยาลัยออกซ์ฟอร์ด แล้วกลับมารับราชการ เป็นอาจารย์ที่ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

2526 : ได้รับพระมหากรุณาธิคุณโปรดเกล้าฯ แต่งตั้งให้เป็นศาสตราจารย์

บุคคลทั้งสองนี้ รวมทั้งนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นในปีก่อน ๆ เป็นตัวอย่างอันดีสำหรับนักวิทยาศาสตร์ที่กำลังมุ่งพัฒนาผลงานของตนเองอยู่อย่างมานะพยายาม และชี้ให้เห็นว่า สังคมจะยกย่อง และยอมรับผลงานของท่านแน่ เมื่อถึงระดับอันหนึ่ง จงอย่าได้ย่อท้อ

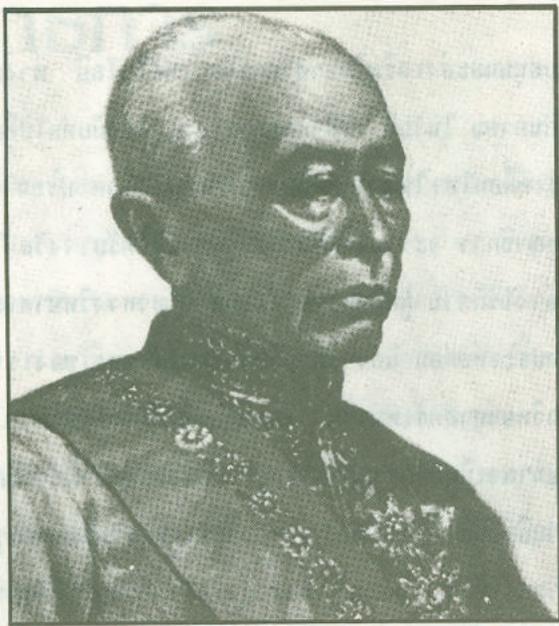
เพื่อเป็นการสนับสนุนและส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทางกองบรรณาธิการ จึงได้ออกวารสาร ฉบับที่ 3 กรกฎาคม-กันยายน ในวันที่ 18 สิงหาคม 2527 ในฉบับต่อไปคือ ฉบับที่ 4 ตุลาคม-ธันวาคม จะพาท่านผู้อ่านไปพบกับความเคลื่อนไหวในวงการวิทยาศาสตร์ของโลก ประจำปี คือ การประกาศผู้ที่ได้รับรางวัลโนเบล ทางกองบรรณาธิการ จะรายงานผลงานสรุปของผู้ได้รับรางวัล ในทำนองเดียวกับที่เคยทำในปีที่ 11 ฉบับที่ 4 ที่ผ่านมา อย่างไรก็ตาม ผู้ที่ติดตามความเคลื่อนไหวทางวิทยาศาสตร์อยู่เป็นประจำ อาจจะได้ อ่านเรื่องราวจากวารสารต่างประเทศก่อน แต่วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ของเราอยากจะให้ผลงานอันสำเร็จ มาด้วยความยากลำบากของนักวิทยาศาสตร์เหล่านั้น ได้ทราบ เป็นที่แพร่หลายในวงกว้างขึ้นในบ้านเรา จึงคิดว่าจะนำเรื่องราวเหล่านั้นมาลงเป็นบทความภาษาไทย โดยจะขอความร่วมมือจากผู้รู้ในสาขานั้น ๆ ด้วย

วารสารฉบับที่ท่านถืออยู่นี้ ท่านจะได้อ่านบทความพิเศษ จากผู้ทรงคุณวุฒิทางสาขาคหวิทยาการ อันเป็นแขนงวิชาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 ได้ทรงวางรากฐานเอาไว้จนได้รับคำสดุดีพระเกียรติยศให้เป็น "พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย" เพื่อเป็นการระลึกถึงวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติปีนี้ในวันที่ 18 สิงหาคม อันเป็นวันเดียวกับวันที่เกิดสุริยุปราคาเต็มดวงที่ตำบลหว้ากอ เมื่อปี พ.ศ.2411 ตามผลการทรงคำนวณของพระองค์ท่าน โดยอาศัย เวลามาตรฐานประเทศไทยที่พระองค์ทรงสถาปนาขึ้น (อ่านรายละเอียดในบทความพิเศษของ ชาว เหมือนวงศ์)

ข้าพระพุทธเจ้าชาววารสารวิทยาศาสตร์ มข. สำนักในพระมหากษัตริย์คุณ จึงได้พยายามออกวารสาร ฉบับที่ 3 ให้ทันในวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (18 สิงหาคม) เพื่อเป็นสัญลักษณ์ แห่งความสำนึกในพระมหากษัตริย์คุณ

นอกเหนือจากบทความพิเศษดังกล่าว ท่านจะได้พบกับบทความทางวิชาการในแทบทุกสาขาวิทยาศาสตร์ และในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, เกร็ดความรู้ จะรายงานท่านเกี่ยวกับ การใช้พลังงานในบางรูปแบบให้เป็นประโยชน์ เช่น การใช้แรงควัตถุในบักเตอรี เพื่อเป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานอวกาศ การใช้เกลือหลอมเหลวเป็นแหล่งพลังงานสำหรับหัวใจเทียม เป็นต้น นอกจากนั้นในคอลัมน์ประจำอันใหม่คือ "บรรณพิภพ" เราได้ เสนอหนังสือที่ผู้เรียบเรียงท่านหนึ่ง โดยบังเอิญเป็นท่านเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นสาขาชีววิทยาประจำปีนี้ ทางคณะผู้จัดทำ หวังว่าเนื้อหาสาระในวารสารฉบับนี้ คงสนองความอยากรู้ของท่านมากพอสมควร

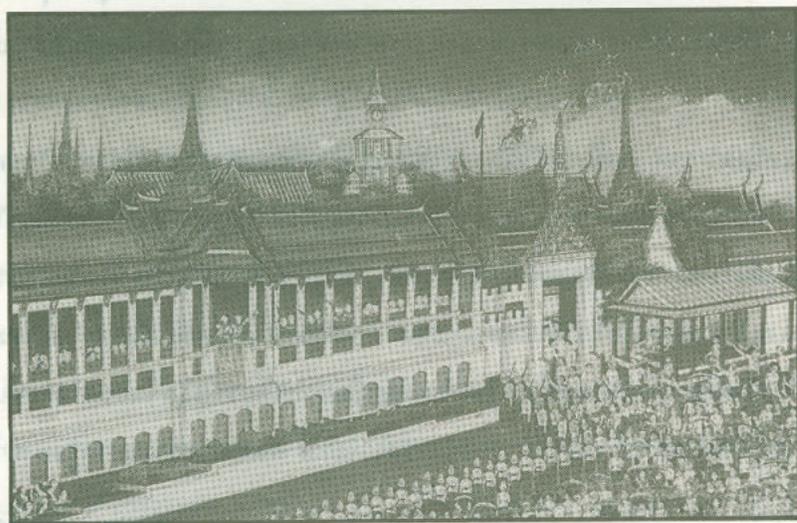
โฉนพ คำนวิรุทัย



พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

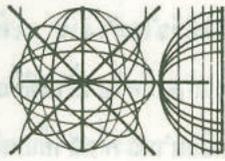
18 ตุลาคม 2347 - 1 ตุลาคม 2411

(จากความรู้คือประทีป ฉบับพิเศษสมโภชน์กรุงรัตนโกสินทร์)



ภาพเขียนจากหนึ่งในบทพระราชนิพนธ์เรื่องสังข์ทอง ตอนตีกลี ซึ่งเขียนไว้
๗ พระที่นั่งวโรภายทิมาน พระราชวังบางปะอิน จิตรกรได้ใช้พระบรม-
มหาราชวังบริเวณพระที่นั่งภูวดลทิศในยเป็นฉากสมมุติ แสดงให้เห็นถึงความ
งดงามของทอณาภิภาและอาณาบริเวณ จนอาจเป็นเหตุของแรงบันดาลใจ
ในการเขียนภาพ

(จากวารสารศิลปากร ปีที่ 17 เล่มที่ 2, พฤษภาคม 2526)



ภาววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

รงควัตถุจากแบคทีเรีย : แหล่งพลังงานสำหรับยานอวกาศ

ท่านเชื่อไหมว่า ในอนาคตอันใกล้ยานอวกาศอาจจะขับเคลื่อนได้โดยอาศัย รงควัตถุจากแบคทีเรีย นักฟิสิกส์ที่มหาวิทยาลัยคอร์เนล สร้างเซลล์สุริยะ (solar cell) โดยใช้รงควัตถุสีแดงชื่อ แบคทีเรียโอโรคอปซิน (bacteriorhodopsin) รงควัตถุนี้อยู่ในแบคทีเรียที่เติบโตอยู่บนสาหร่ายทะเลใกล้ซานฟรานซิสโก แบคทีเรียโอโรคอปซินจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมีได้โดยตรง โดยทำหน้าที่คล้ายกับตัวป้อนโปรตอนในแบตเตอรี่แล้วทำให้น้ำถูกเปลี่ยนไปเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจนได้ นักฟิสิกส์กลุ่มนี้ทำแผ่นแบบคล้ายฟิล์มด้วยรงควัตถุดังกล่าว แล้วนำไปวางระหว่างภาชนะบรรจุน้ำ 2 ใบ ให้แสงอาทิตย์ผ่านแผ่นฟิล์ม รงควัตถุจะถ่ายเทหรือป้อนโปรตอนจากข้างหนึ่งไปอีกข้างหนึ่ง อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนน้ำในภาชนะข้างที่มีโปรตอนมาก (high-proton water) กลายเป็นไฮโดรเจน น้ำส่วนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนไปเป็นออกซิเจน

อาרון เลวิส (Aaron Lewis) ซึ่งเป็นที่ปรึกษาของโครงการนี้เชื่อว่าเซลล์สุริยะ ที่สร้างขึ้นนี้สามารถจะให้ไฮโดรเจนเพียงพอที่จะเป็นเชื้อเพลิงสำหรับขับเคลื่อนยานอวกาศได้ และให้ออกซิเจนแก่มนุษย์อวกาศไปพร้อมกันด้วย.

อัจฉรา ธรรมดาว

[จาก Science Digest, June 1984, p. 87]

แหล่งพลังงานจากเกลือหลอมเหลวใช้ในหัวใจเทียมแบบใหม่

เกลือในสภาพหลอมเหลว (molten salt) ในอุณหภูมิประมาณ 1140 องศาเซลเซียส นำมาใช้เป็นประโยชน์ในการทำส่วนประกอบในหัวใจเทียมแบบใช้ฝังไว้ในตัวผู้ป่วย โดยใช้เป็นแหล่งให้พลังงานแก่เครื่องปั๊มหัวใจเทียม

บาร์นี คลาร์ก (Barney Clark) เป็นคนแรกที่โชคได้ใช้หัวใจเทียม หลังจากหัวใจที่ติดตัวมาแต่เกิดไม่สามารถทำงานได้ แต่เขาก็ยังพบปัญหาทางร่างกายอีก เพราะเมื่อเขาใช้หัวใจใหม่นี้เขาต้องพกเอาเครื่องช่วยอันเป็นอุปกรณ์ส่วนหนึ่งของหัวใจเทียมไว้กับตัวเขาเสมอ เครื่องนี้หนักถึง 375 ปอนด์ จากปัญหาเกี่ยวกับน้ำหนักของเครื่องช่วยนี้ทำให้ มอริส ไวท์ (Maurice White) และเพื่อนร่วมสถาบันในมหาวิทยาลัยวอชิงตันคิดประดิษฐ์หน่วยให้พลังงานที่กระทัดรัดขึ้น และสะดวกที่จะใส่ไปในร่างกายผู้ป่วย หลักการสำคัญของเรื่องนี้ก็คือ ใช้แหล่งพลังงานที่หาง่าย เก็บไว้ได้ในที่ ๆ ไม้ใหญ่นัก ไวท์เลือกเกลือในสภาพหลอมเหลวเป็นตัว

ให้พลังงานโดยใส่ไว้ในช่องสูญญากาศเพื่อป้องกันการกระจายความร้อนให้กับสิ่งสัมผัส กลี้อลอมเหลวจะให้พลังงานแก่เครื่องยนต์แบบสเตอร์ลิง (Sterling) ไปทำให้หัวใจทำงาน เครื่องยนต์แบบนี้ไม่ใช่กันแพร่หลาย นับตั้งแต่ปี 1816 ที่มีการประดิษฐ์ขึ้นมาใช้ วิศวกรดัดแปลงเครื่องนี้ให้ดีขึ้นอีกโดยเปลี่ยนเป็นเครื่องปั๊มของเหลวแบบไฮดรอลิก ซึ่งจะไปทำให้หัวใจเทียมทำงาน กลี้อทำหน้าที่คล้ายแหล่งสะสมพลังงานในแบตเตอรี่ จะต้องทำกลี้อให้อุ่นขึ้นวันละ 3 ครั้งโดยอาศัยขดลวดทำความร้อน เมื่อขดลวดได้รับกระแสไฟฟ้าจากหม้อแปลง (transformer) ซึ่งอยู่บนขดลวดอีกอันหนึ่งและฝังอยู่ที่ผิวหนัง เครื่องที่ปรับปรุงใหม่นี้ที่สมบูรณ์มีขนาดเท่าผลส้มขนาดใหญ่ เหมาะที่จะใส่ไว้ในช่องท้อง พกพาไปกับผู้ป่วยได้อย่างสบาย (ดูภาพประกอบ) วิศวกรกล่าวว่า "เครื่องนี้ทำให้รู้สึกเหมือนมีชีวิตอยู่แบบคนปกติมากขึ้น"



อัจฉรา ธรรมदार

[จาก Science Digest, June 1984, p. 86]

การใช้แมลงช่วยคลี่คลายคดีอาชญากรรม

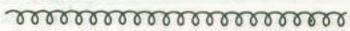
เบอร์นาร์ด กรีนเบอร์ก (Bernard Greenberg) นักกีฏวิทยาของมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ได้ค้นพบวิธีคลี่คลายคดีอาชญากรรม โดยใช้แมลงพวกแมลงวันที่อยู่ตามซากศพ (carrion fly) ซึ่งมีสีเขียวแกมน้ำเงิน (แมลงวันหัวเขียว) และแมลงอื่น ๆ บางชนิด ในการสืบหาร่องรอยมาตกรรม เมื่อไม่นานมานี้เขาช่วยให้ศาลตัดสินลงโทษมาตกรไปแล้ว 10 ราย

แมลงวันที่ เบอร์นาร์ค กรีนเบอร์ก ใช้มีมิงชีวิต (life cycle) สั้น มันจะวางไข่ที่ศพซึ่งตายไปประมาณ 2-3 ชั่วโมง และเพียง 3-4 ชั่วโมงต่อมาไข่จะกลายเป็นตัวหนอน (larva) ตักแต่ (pupa) และเป็นแมลงวันตามลำดับ กิตติศาสตร์กรรมบางที กรีนเบอร์กใช้กล้องจุลทรรศน์ศึกษาภาพถ่ายของสถานที่เกิดเหตุเพื่อหาภาพตัวหนอนของแมลงบนศพ ซึ่งเขาจะทราบได้ว่าเป็นตัวหนอนของแมลงชนิดใด เมื่อทราบชนิดของแมลงแล้วเขาก็จะทราบว่าแมลงชนิดนั้นใช้เวลาในวงจรชีวิตแต่ละช่วงนานเท่าใด นอกจากนั้นเขายังอาศัยข้อมูลเกี่ยวกับอุณหภูมิของสถานที่เกิดเหตุในช่วงเวลาที่เกิดฆาตกรรมจากหน่วยอุคินิยมวิทยาประกอบอีกด้วย ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาของไข่แมลง ตัวอย่างผลการทำงานของเขามีให้ท่านผู้อ่านพิจารณา คือ :-

สตรีผู้หนึ่งถูกข่มขืน เธอเล่าให้ กรีนเบอร์ก ฟังว่า คนร้ายสวมหมวกสำหรับเล่นสกี ผู้ต้องสงสัยปฏิเสธว่า เขาไม่เคยสวมหมวกนั้นมาตั้งแต่ฤดูหนาวปีที่แล้ว แต่เมื่อเคาะหมวกก็มีตัวหนอนของแมลงวันตกลงมาเป็นการแสดงให้ทราบว่ามีการสวมหมวกนั้น ออกไปนอกบ้านในช่วงฤดูร้อนและอายุของตัวหนอนก็สอดคล้องกับเวลาที่เกิดการข่มขืน อีกทั้งตัวหนอนที่พบก็เป็นตัวหนอนของแมลงชนิดเดียวกันกับที่พบในสถานที่เกิดเหตุด้วย ผู้ต้องหาไม่สามารถปฏิเสธได้เพราะจำนนต่อหลักฐานที่เพียงพอแก่การจับกุม

อัจฉรา ธรรมถาวร

[จาก Science Digest, June 1984, p. 86.]



โปรดพลิกไปอ่าน
 "มลพิษทางอากาศกับวงปีของต้นไม้"
 ในคอลัมน์ เกร็ดความรู้



เกร็ดความรู้

มลพิษทางอากาศกับวงปีของต้นไม้

ชาร์ลส์ เอฟ. เบส (Charles F. Baes III) กับแซมมวล บี. มักลาฟลิน (Samuel B. Melaughlin) ได้ศึกษาแล้วพบว่า ปริมาณของธาตุจำนวนเล็กน้อย (Trace element) เช่น เหล็ก ดินาเนียมที่มีอยู่ในเนื้อไม้ สามารถใช้เป็นสิ่งชี้บอภาวะมลพิษทางอากาศทั้งในอดีตและปัจจุบันได้ นักวิจัยหวังไว้ว่าจะสามารถหาสัมพันธ์ภาพระหว่างปริมาณของธาตุ เช่น เหล็ก และดินาเนียม กับอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้

นักวิจัยทั้งสองคน ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า การวิเคราะห์แบบมัลติอิลิเมนต์ (Multielement analysis) ของวงปีของต้นไม้ เป็นประโยชน์ในการทำการเปลี่ยนแปลงมลพิษทางอากาศ และฝนกรด (acid rain) จากการศึกษาการเจริญเติบโตของวงปีในต้นไม้สนใบสั้น (short-leaf pine) ทางเทนเนสซีตะวันออก พบว่าความเข้มข้นของโลหะสูงชันนับตั้งแต่ปี 1950 เป็นต้นมา และอาจจะสัมพันธ์กับการลดลงของอัตราการเจริญเติบโต ในระหว่างปี 1970 เป็นต้นมา ตัวอย่างที่ได้จากต้นไม้ในวนอุทยานแห่งชาติ เกรทสม็อก (Great Smokey) ในสหรัฐอเมริกา เป็นหลักฐานอย่างหนึ่งที่ แสดงให้เห็นผลที่เกิดจากเตาหลอมทองแดงที่ใช้การอยู่ระหว่างปี 1863 ถึง 1912 ซึ่งเตาหลอมนั้นอยู่บนเนินเขาห่างจากที่เก็บตัวอย่างเป็นระยะ 88 กิโลเมตร เตาหลอมปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมาจำนวนมากมาย และวงปีของต้นไม้ แสดงให้เห็นการลดลงของอัตราการ

เจริญเติบโต และการเพิ่มของระดับปริมาณเหล็กและธาตุอื่น ๆ ในช่วงเวลาดังกล่าว

เบสกล่าวไว้ว่า มีความแตกต่างกันที่สำคัญมากระหว่างช่วงของการมีเหมืองทองแดงกับช่วงราว 20-30 ปีที่ผ่านมา กล่าวคือ โลหะอื่นที่พบเพิ่มเติม เช่น อลูมิเนียม แคดเมียมและทองแดง มีในวงปีที่ผ่านเมื่อเร็ว ๆ นี้ นอกจากนั้นก็พบว่าการเปลี่ยนแปลงเกิดทุกด้าน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเป็นผลจากบริเวณ (regional effect) บอกว่าที่จะเป็นผลจากตำแหน่งที่ตั้งของเตาหลอมที่มีต่อต้นไม้

อย่างไรก็ตาม เบส ยังมีข้อสงสัยต้องค้นหาคำตอบต่อไปอีก และเขากล่าวว่า ตอนนี้เขายังไม่มีข้อมูลเลยว่า ระดับปกติของธาตุที่กล่าวมานี้ในต้นไม้ควรจะมีความเท่าไร ในหลายกรณีพบว่าระดับของธาตุดังกล่าวในเนื้อของวงปีนั้นสูงกว่าขีดที่เขาถือว่าเป็นพิษในพืชเกษตรกรรมเสียอีก เขาไม่ทราบเหมือนกันว่าธาตุเหล่านั้นมาจากไหน เหล็กอาจจะได้มาจากดิน แต่แหล่งของดินาเนียมนั้นยังเป็นที่สงสัยอยู่ และที่มาของอลูมิเนียมก็ไม่ทราบแน่ชัดเช่นกัน บ่อยทีเดียวที่เห็นว่ามันสัมพันธ์กับฝนกรด แต่ก็ไม่ได้ตรวจพบในตัวอย่างวงปีที่อายุแก่กว่า

นักวิจัยทั้งสองกำลัง เริ่มพิจารณาเนื้อไม้จากบริเวณอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกับที่เดิม และที่ห่างออกไปอีก เบสได้กล่าวว่าสิ่งบ่งชี้ในระยะแรกนี้ก็คือ ความเข้มข้นของโลหะหนักในเนื้อไม้ ทางตะวันออกเฉียงเหนือของเทนเนสซีสูงกว่าในเทนเนสซี เสียอีก อย่างไรก็ตามปริมาณของสารปนเปื้อน (contamina-

tion) กับความสัมพันธ์โดยตรง ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ก็ยังไม่ทราบแน่นอน

อัจฉรา ธรรมถาวร

[จาก Science News, May 5, 1984, 125 (18) : p.279.]

ประวัติย่อของเอนไซม์ใช้ในสารซักฟอก

1913 (2456) :

ดร.ออคโต โรห์ม (Otto Rohm) ในเยอรมนี จดลิขสิทธิ์ของการใช้เอนไซม์ทริปติก (tryptic) เพื่อใช้ในการล้าง และขายสูตรเอนไซม์ให้กับเบอร์นุส (Burnus) ได้ขายให้ตลาดในยุโรปหลายแห่ง แต่ไม่ประสบผลสำเร็จสูงนัก เพราะว่าความสามารถในการย่อยโปรตีนของ เอนไซม์อิสระนั้นต่ำ และองค์ประกอบโซดาของสารละลายสำหรับล้าง มีความเป็นด่างสูงมาก

1934-1935 (2477-2478) :

ดร.อี. ยาก (E. Jaag) ในสวิทเซอร์แลนด์ ทำงานเกี่ยวกับเอนไซม์ที่ใช้กับผงซักฟอก และพัฒนาสูตรที่มีส่วนผสมของโปรตีนสัตว์ ในปริมาณที่ต่ำกว่าใช้กับสบู่

1945 (2488) :

ไบโอ 38 (Bio 38) ของบริษัทสวิส เฟอร์-เมนต์ ที่เมืองบาเซล ใช้เอนไซม์ทริปซิน (trypsin) จากตับอ่อน และเติม bile salts เข้าไปเพื่ออิมัลซิไฟไขมัน ความสำเร็จทางด้านการค้ามีขอบเขตจำกัด

1958 (2501) :

โนโว อินคัสตรี เอ/เอส ในโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก เริ่มพิจารณาเอนไซม์ว่า สามารถ

ซักเสื้อผ้าจากโรงงานเนื้อสัตว์และปลาได้หรือไม่ ในปี 1961 (2504) โนวา ก็ได้พัฒนาวิธีการซักล้าง ร่วมกับการใช้ในเอนไซม์อัลคาเลส (alcalase) ก่อน

1959 (2502) :

ดร.อี. ยาก ด้วยความร่วมมือกับบริษัท สวิส เฟอร์เมนต์ ได้ทำสูตรพัฒนาใหม่ของสารซักฟอก (detergent) ชื่อไบโอ-30 แต่ใช้เอนไซม์โปรตีเอส ที่เป็นกลางจากบักเตรี ในการปรับปรุงประสิทธิภาพ

1962 (2505) :

อุตสาหกรรมโนโวเอนไซม์ ร่วมมือกับ ไบโอ-40 และด้วยความร่วมมือกับ จี. ชไนเดอร์ (G. Schnyder) แต่ประสบผลสำเร็จน้อย เพราะการกระจายขององค์การไม่มาก และมีคู่แข่งจากผู้ผลิตสบู่รายใหญ่กว่า

โนโวเซ็นสัญญาความร่วมมือกันกับ คอร์ทมันและซูลเท ในรอดเตอร์ ประเทศฮอลแลนด์ และบลูโมล-เลอร์ในโอเคนเซ ประเทศเดนมาร์ก เกี่ยวกับสูตรเอนไซม์ที่ใช้ก่อนทำให้ผ้าเปียก (presoak)

1963 (2506) :

คอร์ทมันและซูลเท ขายสารที่ใช้ก่อนทำให้ผ้าเปียก (pre-soaking agent) ชื่อไบโอเท็กซ์ (Biotex) ในประเทศฮอลแลนด์ ซึ่งคลุมถึง 20% ของตลาดสารซักฟอกของชาว ดัตช์ ความสำเร็จทางการค้าทำให้เป็นที่สนใจสำหรับผู้ผลิตสารซักฟอก ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวอย่างมีเหตุการณ์เป็นลูกโซ่ ดังเห็นได้จากการใช้เอนไซม์ในผงซักฟอก (washing powder) ในยุโรปและอเมริกา

บ.ก.

[จาก New Scientist, 19 January 1984, p. 32.]

กลั่นเบียร์ได้อะไร....แต่กลั่นไวน์ได้วิสกี้

ความแรงของเครื่องดื่มประเภทที่มีแอลกอฮอล์ขึ้นอยู่กับปริมาณของแอลกอฮอล์ในเครื่องดื่มนั้น ถ้าปริมาณของแอลกอฮอล์สูงยิ่งมีความแรง คมแล้วทำให้เมาเร็วขึ้น ตามปกติ เบียร์และไวน์ มีแอลกอฮอล์อยู่ไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ เพราะ เมื่อแอลกอฮอล์มีปริมาณสูงขนาดนี้ มันจะสามารถฆ่าจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการหมักดังนั้นการหมักก็จะหยุดลงแค่นั้น

แต่อย่างไรก็ตาม คนเราก็เรียนรู้วิธีที่จะทำให้ปริมาณของแอลกอฮอล์มากกว่านั้นได้ เราทราบว่าจุดเดือดของเอทิลแอลกอฮอล์เท่ากับ 78° ซ. ซึ่งต่ำกว่าจุดเดือดของน้ำ ถ้านำเบียร์หรือไวน์ มาทำให้ร้อน แอลกอฮอล์ที่มีอยู่ในเครื่องดื่ม จะกลายเป็นไอและไอที่อุดมหมักที่ต่ำกว่าน้ำ ไอที่ออกมาเมื่อควบแน่นเป็นของเหลว จะมีปริมาณ แอลกอฮอล์สูงกว่าในเครื่องดื่มก่อนกลั่น ถ้าเรามีภาชนะรองรับไอสารหลังจากที่ปล่อยให้เย็นก็จะได้ของเหลวอีกครั้งหนึ่ง คราวนี้จะได้เครื่องดื่มที่แรงกว่าเดิม กล่าวคือปริมาณของเอทิลแอลกอฮอล์มากกว่าเดิม

กระบวนการเปลี่ยนของเหลวให้ กลายเป็นไอแล้วไอลงไปเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่งนี้ เรียกว่า "การกลั่น" (distillation) เครื่องดื่มที่แรงขึ้นและมีแอลกอฮอล์เพิ่มขึ้นโดยการกลั่น เขาจึงเรียกว่า distilled liquor เครื่องดื่มที่ใช้โดยการกลั่น เราเรียกว่า เครื่องกลั่น "still" ถ้ากลั่นไวน์ จะได้ บรันดี ถ้ากลั่นเบียร์ จะได้ สุราหรือวิสกี้

คำหนึ่งที่เรามักจะได้ยินเสมอ คือ "ปรุฟ" (proof) คำว่า ปรุฟ ในความหมายของเครื่องดื่ม หมายถึง จำนวนเลขที่เป็นสองเท่าของเปอร์เซ็นต์ของแอลกอฮอล์ ตัวอย่างเช่น สมมติว่า ไวน์มี แอลกอฮอล์ 18 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า 36 ปรุฟ ถ้าวิสกี้มี

แอลกอฮอล์ 50 เปอร์เซ็นต์ ก็เรียกว่า 100 ปรุฟ

โดยปกติเอทิลแอลกอฮอล์ที่ใช้ในห้องทดลอง มักจะมีความบริสุทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์ (190 ปรุฟ) อีก 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำ ที่กำจัดออกได้โดยยาก เพราะอยู่ในรูปของอซีโอโทรป (azeotrope) ฉะนั้นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ (absolute alcohol) มีแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ (200 ปรุฟ) จึงมีราคาแพงกว่า 95% เอทิลแอลกอฮอล์มากและจะต้องใช้อย่างระมัดระวัง เพราะเมื่อถูกกับอากาศเพียงเล็กน้อย จะดูดไอน้ำจากอากาศ และจะไม่บริสุทธิ์ต่อไป

สารกึ่งตัวนำกับ เซลล์เคมีไฟฟ้าแบบอาศัยแสง

ในรูปแบบที่พลังงานที่ต่ำที่สุดของไฮโดรเจนนั้น อิเล็กตรอนอยู่กันเป็นคู่ และครอบครองออร์บิทัลบอนดิง (bonding orbital) เมื่ออิเล็กตรอนในโมเลกุลถูกเร้า อิเล็กตรอนตัวหนึ่งกระโดดไปสู่ออร์บิทัลแอนติบอนดิง (antibonding orbital) และอยู่ที่นั่นชั่วขณะหนึ่ง ออร์บิทัลบอนดิงและออร์บิทัลแอนติบอนดิงจะอยู่เป็นคู่ จำนวนของออร์บิทัลแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์กันโดยตรง กับจำนวนอิเล็กตรอนในโมเลกุล ตัวอย่างเช่น โมเลกุลที่ประกอบด้วย 4 อะตอม จะมีออร์บิทัลบอนดิงและออร์บิทัลแอนติบอนดิง อย่างละ 2 ออร์บิทัล ในโมเลกุลที่มีหลายอะตอม คือ n อะตอม จะมีออร์บิทัลบอนดิงและออร์บิทัลแอนติบอนดิงอยู่อย่างละ $\frac{n}{2}$ พลังงานแตกต่างกัน (energy gap) แต่ละออร์บิทัล จะลดลงเมื่อจำนวนออร์บิทัลเพิ่มมากขึ้น

ในของแข็งอะตอมเรียงตัวกันเป็นแถว 3 มิติ จำนวนออร์บิทัลบอนดิงและแอนติบอนดิงจึงมีมาก พลังงานแตกต่างกันหรือช่องว่าง ระหว่างระดับพลังงานยิ่งแคบเข้า จนกระทั่งทำให้รวมกันเป็นสองแถบแยกกัน

อันที่เกิดจากออร์บิทัลบอนด์เรียกว่า แถบวาเลนซ์ (valence band) และออร์บิทัลแอนติบอนด์รวมกันเป็นแถบนำ (conduction band) อิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ในของแข็งนั้นจะอยู่เฉพาะที่รอบๆ แต่ละอะตอม เมื่อใส่สนามไฟฟ้าภายนอกเข้าไปแล้วเมื่ออิเล็กตรอนไปถึงแถบนำ อิเล็กตรอนเหล่านั้นสามารถเคลื่อนที่ไปได้ทั่วทั้งโครงผลึก (lattice)

ช่องว่างระหว่างแถบทั้งสอง (band gap) เป็นคุณสมบัติที่ใช้ในการแบ่งชนิดของของแข็งออกเป็นตัวนำ, สารกึ่งตัวนำ และ ฉนวน

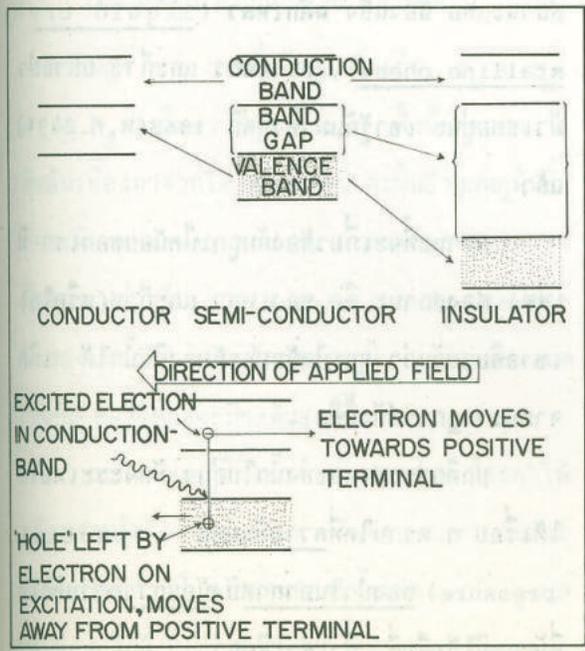
เมื่อช่องว่างระหว่างแถบกว้างมาก ของแข็งจะเป็นฉนวน ไม่มีการนำไฟฟ้า เพราะว่ามีอิเล็กตรอนมีพลังงานไม่เพียงพอที่จะข้ามช่องว่างนี้ ในตัวนำที่เป็นโลหะจะไม่มีช่องว่างระหว่างแถบ ดังนั้น อิเล็กตรอนจึงข้ามจากแถบวาเลนซ์ไปสู่แถบนำได้อย่างง่ายดาย และในช่วงขณะที่มีการใส่สนามภายนอกใดๆ เข้าไป อิเล็กตรอนเหล่านั้นจะเคลื่อนที่ไปทั่วโครงผลึกของโลหะ (lattice) เราอาจมองโลหะว่าเป็นโครงผลึกของอะตอมจมอยู่ทะเลของอิเล็กตรอนตัวนำ

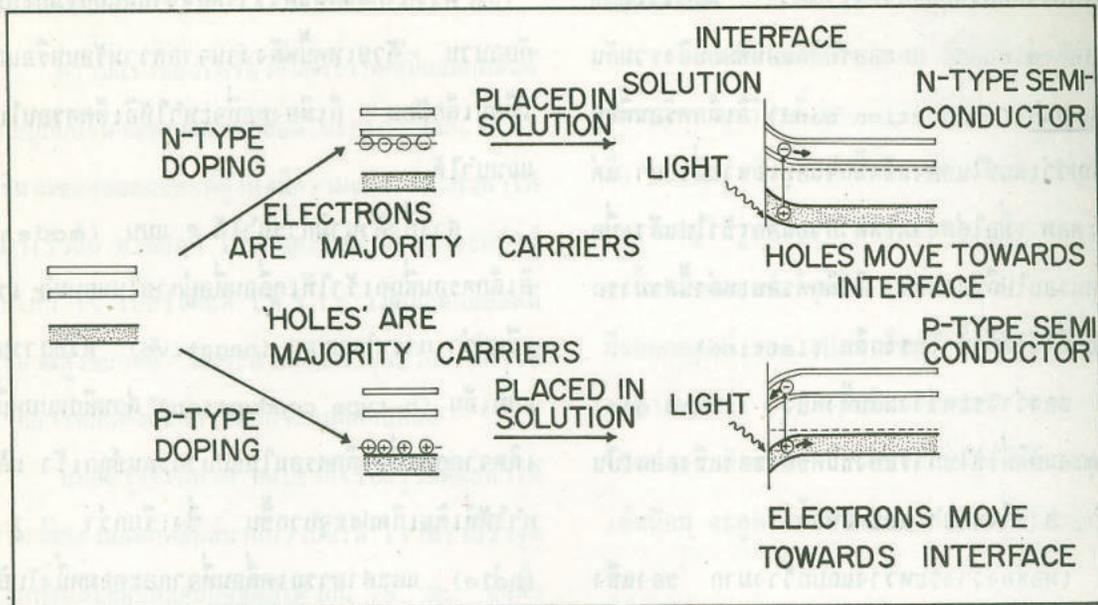
สารกึ่งตัวนำมีช่องว่างพลังงานที่แคบเมื่อเทียบกับฉนวน ด้วยเหตุนี้พลังงานจากความร้อนหรือแสงที่เย็นเล็กน้อย ก็เพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนไปสู่แถบนำได้

สารกึ่งตัวนำมีการนำได้ 2 แบบ (modes) อิเล็กตรอนที่ถูกเร้าให้เคลื่อนที่อยู่ภายในแถบนำ เราเรียกว่า การนำแบบลบ (negative) หรือการนำแบบเอ็น (n-type conduction) ส่วนอีกแบบหนึ่งเกิดจากการที่อิเล็กตรอนในแถบวาเลนซ์ถูกเร้า แล้วทำให้ที่เดิมเกิดประจุบวกขึ้น ซึ่งเรียกว่า " รู " (hole) และสามารถเคลื่อนที่จากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่งในโครงผลึก (lattice) ได้ ความจริงก็คือการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน ในแถบวาเลนซ์จากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งนั่นเอง การเคลื่อนที่เช่นนั้นทำให้เกิดการนำที่เรียกว่าแบบบวก (positive) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การนำแบบ พี (p - type conduction) ภายใต้อิทธิพลของสนามภายนอก อิเล็กตรอนในแถบนำจะเคลื่อนที่ในทิศทางหนึ่ง ในขณะที่รูในแถบวาเลนซ์เคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม

ในสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ จำนวนตัวนำประจุแบบเอ็น และแบบ พี สมดุลกัน การใส่สารเจือปนจำนวนเล็กน้อยลงไป (doping) จะทำให้ตัวนำประจุของแบบเอ็น และ แบบพี เปลี่ยนไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่า ตัวที่ใส่เข้าไป (dopants) เป็นชนิดที่ขาดแคลนอิเล็กตรอน เช่น สมาชิกของธาตุในหมู่ 3 ได้แก่ โบรอน และอลูมิเนียม หรือเป็นชนิดที่มีอิเล็กตรอนมาก เช่น สมาชิกของธาตุในหมู่ที่ 5 ได้แก่ ฟอสฟอรัส และสารหนู (As)

เมื่อวางสารกึ่งตัวนำลงในอิเล็กโตรไลต์โครงสร้างของแถบจะมีการ "โค้ง" (bent). ตรงส่วนที่สัมผัสกับสารละลาย ทิศทางของการโค้งขึ้นอยู่กับกา





เติมสารอื่นเข้าไป ถ้าเป็นแบบอื่นจะโค้งลง การโค้งของแถบจะสัมพันธ์กับการสะสมตัวกันของประจุที่ผิว และระหว่างสารกึ่งตัวนำ และสารละลาย

ดังนั้นถ้าสารกึ่งตัวนำเป็นแบบที่มีแถบโค้งลงแล้วละก็ อิเล็กตรอนที่ถูกเร้าโดยแสงให้ไปอยู่ในแถบนำใกล้ผิวและจะวิ่งลงสู่สารละลาย รูปร่างในแถบวาเลนซ์ จะวิ่งขึ้นจากสารละลายแล้วเข้าไปอยู่ในก้อนของสารกึ่งตัวนำ เมื่อประจุบวกจากสารละลายมาถึงผิวและจะทำให้ครบวงจร ซึ่งอันนี้เป็นหลักการของเซลล์เคมีไฟฟ้าแบบอาศัยแสง (photo-electrochemical cell)

ศิริณี ทองสวัสดิ์วงศ์

[จาก New Scientist, February 2, 1984, p. 38]

ลูกเบ็คน้อยกินน้ำ : ของเล่นประยุกต์

เป็นการแสดงให้เห็นหลักของ สมดุลย์ระหว่างสถานะและพลศาสตร์เชิงความร้อน (Principle of phase equilibria and thermodynamics)

บางคนอาจจะเคยเห็นแล้ว ในงานนิทรรศการทางวิทยาศาสตร์ ของบางสถาบัน ใครจะเอาไปแสดงให้น้อง หรือสาธุศิษย์ก็ไม่ต้องสงสัยสิทธิ์

ตอนนี้ก็ขอข้อความเข้าใจกันก่อนว่า คงไม่ลืมนะว่า สถานะโดยปกติที่เราทราบ ๆ กันนั้น มีอยู่ 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ขณะนี้สารอินทรีย์และอินทรีย์โลหะ (organometallic compounds) จำนวนไม่น้อยเลยที่มีสถานะได้ถึง 4 สถานะ คือ ของแข็ง ผลึกเหลว (liquid crystalline phase), ของเหลว และก๊าซ แล้วอย่ามัวเขยออยู่นะ เขารู้กันมาตั้งแต่ปี 1888(พ.ศ.2431) แล้ว

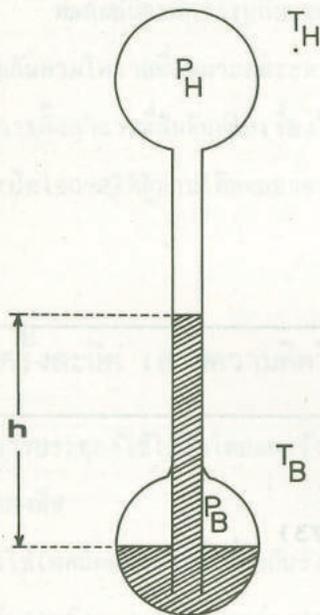
สถานะที่จะเกี่ยวข้องกับลูกเบ็คน้อยของเรา มีเพียง สองสถานะ คือ ของเหลว และก๊าซ(หรือไอ) เขาอธิบายกันว่า ลูกเบ็คน้อยจะกัมลงกินน้ำได้ เกิดจากปรากฏการณ์ดังนี้คือ:-

ปกติการระเหยของน้ำในอ่าง มันจะระเหยไปได้เรื่อย ๆ ทรายใต้อ่างที่ความดันย่อย (partial pressure) ของน้ำในอากาศยังน้อยกว่าความดันไอที่มันจะมีได้เต็มที่ ซึ่งเราเรียกว่า มันมีแรงขับเคลื่อน

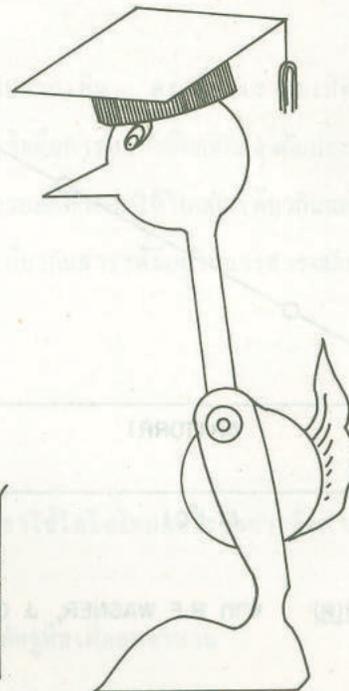
(driving force) ฉะนั้น ถ้าเราทำให้อากาศ
 เหลือ ๆ อ่าง ถ่ายเทได้มากเท่าใด ก็ยิ่งระเหยได้ดี
 เท่านั้น (เพราะอะไร?...) อาศัยหลักอันนี้
 การระเหยของน้ำในอ่าง จะทำให้หัวของลูกเปิดเย็น
 ลง (เย็นลงไม่มากหรอก น้อยกว่า 1°C ด้วยซ้ำไป)

และเราจะได้เห็นความหมายทางพลศาสตร์เชิงความ
 ร้อน ของการหัวเย็นของลูกเปิด

ถ้าเราปั่นลูกเปิดที่น่ารัก ตามรูป(ก) ก่อนจะ
 เสริมสวดย ช่างในของมันเป็นบรรจุด้วย methylene
 chloride (CH_2Cl_2) ซึ่งก็จะมีไอของมันอยู่ด้วย



(ก)



(ข)

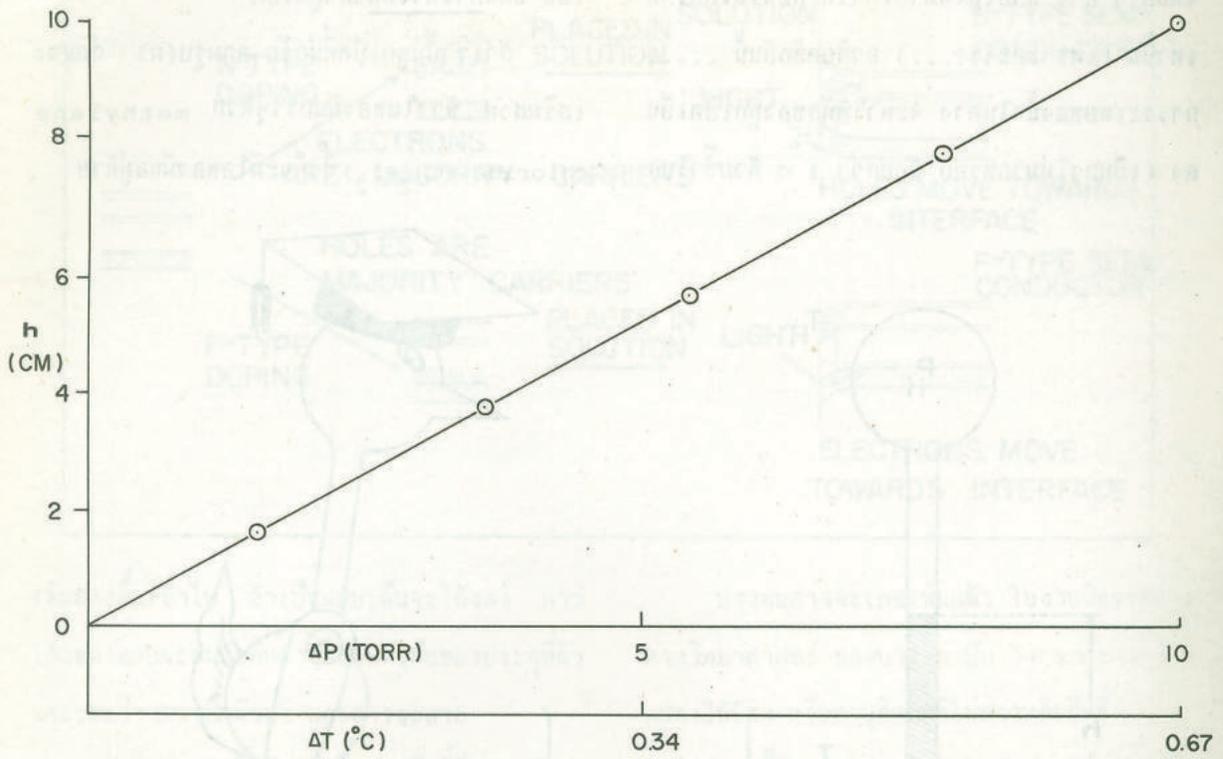
เมื่ออุณหภูมิเท่ากันทุกส่วน ความดัน $P_H = P_B$
 = ความสูง $h = 0$ เมื่อหัวลูกเปิดเย็น, $T_H < T_B$;
 $P_H < P_B$ ฉะนั้นความสูง $h > 0$ ทั้งนี้เพราะความ
 ตันอันเนื่องมาจากไอ \propto อุณหภูมิ ฉะนั้นถ้าอุณหภูมิเพิ่ม
 ก็จะมี thermal energy จะสามารถทำลายแรง
 ดึงคู่ระหว่างโมเลกุล (intermolecular force)
 ในของเหลวได้ \therefore ถ้าลดอุณหภูมิ ความดันจะลด
 นั่นคือ ของเหลวจะมีระดับสูงขึ้น

ฉะนั้น อุณหภูมิที่แตกต่างกันสองส่วน ก็จะทำให้
 เกิดความดันไอทั้งสองส่วนต่างกันด้วย (ΔP) และจะ
 สัมพันธ์โดยตรงกับความสูงของของเหลว (h) คูตาม
 รูป (ก) จะเห็นว่า สมดุลย์ทางกลศาสตร์ (mecha-

nical equilibrium) จะถูกควบคุมโดย สมดุลย์
 ทางไฮโดรสแตติก (hydrostatic equilibrium)
 และสัมพันธ์กับ สมดุลย์ระหว่างสถานะ ของเหลวและ
 ไอ (liquid-vapor phase equilibrium)

เมื่อ h มีค่าอันหนึ่ง จะทำให้เสียสมดุลย์ทาง
 กลศาสตร์ เป็นผลให้ลูกเปิดหงกหัวลง ของเหลวจะ
 วิ่งไปทางหัว แล้วเหวี่ยงตัวกลับ ของเหลวกลับคืนมา
 สู่อ่างล่าง แต่ระยะ h ทำให้เกิดน้ำหนักร่วงไปข้าง
 หน้า มันจะหงกไปหงกมาอย่างนี้เรื่อย ๆ

ค่า h ที่ทำให้มันหงกหัวได้ เป็นผลจากความ
 ต่างของอุณหภูมิระหว่างหัวกับตัวน้อยกว่า 1°C !



รูป(ค) จาก R.E WAGNER, J. CHEM.ED. 50, 213 (1973)

ลอบกู้

คอลัมน์นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการลอบกู้ไปจากเดิม ตรงที่ว่าเราจะเปิดให้กว้างขึ้นเพื่อผสมผสานกันตามโอกาสที่เหมาะสมระหว่างการตั้งคำถามแบบเดิมคือการหาคำที่สอดคล้องกับประโยคปริศนาที่ตั้งขึ้น และการตั้งคำถามที่สัมพันธ์กับเรื่องในวารสาร พร้อมกับการบอกคำตอบไว้ในฉบับเดียวกันแต่ละแห่งการลอบกู้เช่นนี้เปิดโอกาสให้ผู้อ่านได้ทดลองความเข้าใจด้วยตนเองเกี่ยวกับสาระที่มีอยู่ในวารสารฉบับที่ท่านกำลังอ่านอยู่

ถามกันครั้งละนิด เสริมความคิดวิทยาศาสตร์

1. ในการประยุกต์ใช้ไอโซโทปและรังสีในการเกษตรนั้น เขาใช้ไอโซโทปอะไรในการติดตามการใช้ปริมาณปุ๋ยของพืช
2. เขาใช้เทคนิคอะไรเกี่ยวกับรังสี ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชเพื่อลดจำนวน
3. องค์การพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (The International Atomic Energy Agency, IAEA) ตั้งอยู่ที่ไหนนะ
4. ที่ว่า "ชีวิตคู่ของไลเคนส์" นั้น ทราบไหมว่า "ชีวิตคู่" หมายถึง อะไรกับอะไร
5. วิตามินรักษาโรคมะเร็งได้ั้นจริงหรือ ?
6. กลิ่นไวน์ได้บรันดี แล้ววิสกี กลิ่นจากอะไร
7. สัญญาณคลื่นแบบไหนที่มีความสำคัญในระบบ การสื่อสาร
8. หอนาฬิกาอะไรที่มีความสำคัญสำหรับวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ และใช้ทำอะไร
9. ดวงอาทิตย์ขึ้น และดวงอาทิตย์ตก ในทางดาราศาสตร์ มีความหมายว่าอย่างไร
10. ใช้เส้นแวงที่เท่าไร เป็นเส้นแวงหลักในระบบเวลามาตรฐานของประเทศไทย ในสมัยรัชกาลที่ 4

(โปรดพลิกดูคำตอบในหน้า 227)

ห้างหุ้นส่วนจำกัด
ขอนแก่นวิทยา



จำหน่าย:- เครื่องเขียนแบบเรียน เครื่องใช้ส่วนราชการ
เครื่องใช้ในสำนักงาน เครื่องกีฬาทุกชนิด
เสื้อวอร์ม กางเกงวอร์ม อุปกรณ์การเรียน
การสอนครบครัน จำหน่าย ปลีก และส่ง
ในราคาเป็นกันเอง



เลขที่ ๖๒/๒๐๔ ถนนกลางเมือง ตรงข้ามโรงเรียนกัลยาณวัตร
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น
โทร. 237418, 237972

อภินันทนาการ จาก

ห้างหุ้นส่วนจำกัด

เครื่องมือทดสอบวัสดุ

๔๖๕/๖๘ ซอยวัฒนธรรม ๑ ถนนราชปรารภ กทม.

โทร. 2522868

**ให้คำปรึกษา ออกแบบ
ผลิตเครื่องมือทดสอบต่าง ๆ**

วบกับกลุ่ม

จิระสุข อธิรัตน์*

บทนำ

คณิตศาสตร์ชั้นสูงแบ่งได้เป็นหลายสาขา ที่สำคัญคือ สาขาการวิเคราะห์ (analysis) และสาขาพีชคณิต (algebra) วงกึ่งกลุ่ม (ring semigroups) เป็นเรื่องทางสาขาพีชคณิต ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ถ้า (S, \cdot) เป็นวงกึ่งกลุ่ม/กึ่งกลุ่มย่อย (subsemigroup) ของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิกไม่จำเป็นต้องเป็นวงกึ่งกลุ่ม จุดมุ่งหมายของบทความนี้ผู้เขียนต้องการที่จะพิสูจน์ทฤษฎีบทที่กล่าวว่า ถ้า (S, \cdot) เป็นวงกึ่งกลุ่มซึ่งมีการดำเนินการทวิภาค (binary operation) $+$ ที่ทำให้ $(S, +, \cdot)$ เป็นวง (ring) และกึ่งกลุ่มย่อยทั้งหมดของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิกเป็นวงกึ่งกลุ่มด้วย แล้วจะได้ว่า $(S, +, \cdot)$ เป็นวงศูนย์ (zero ring) หรือสนาม (field) เพื่อให้เป็นการง่ายต่อการศึกษาทฤษฎีบทนี้ ผู้เขียนจึงนำเอาสิ่งที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีบทมาอธิบายในที่นี้ด้วย ในตอนต้นของบทความจะเป็นนิยาม (definition) ของคำบางคำที่ควรรู้ ตอนที่สองจะเป็นตัวอย่างของวงกึ่งกลุ่ม ซึ่งมีบางกึ่งกลุ่มย่อยที่มีศูนย์เป็นสมาชิกและไม่เป็นวงกึ่งกลุ่ม แล้วต่อด้วยทฤษฎีบทประกอบ (lemma) ในตอนสุดท้ายของบทความจะเป็นการพิสูจน์ทฤษฎีบทดังกล่าวข้างต้น

ตอนที่ 1

ในส่วนนี้เป็นส่วนที่เกี่ยวกับนิยามของคำบางคำที่ใช้ในทฤษฎีบท โดยจะกำหนดเป็นนิยามที่ 1, 2, 3, ... ตามลำดับ ดังนี้

นิยามที่ 1 \circ จะเป็นการดำเนินการทวิภาค (binary operation) ในเซต S ก็ต่อเมื่อ \circ เป็นฟังก์ชันจาก $S \times S$ ไป S

นิยามที่ 2 ให้ S เป็นเซตที่ไม่ใช่เซตว่าง และ \circ เป็นการดำเนินการทวิภาคใน S ที่มีคุณสมบัติว่า $(a \circ b) \circ c = a \circ (b \circ c)$ สำหรับทุก a, b และ c ที่เป็นสมาชิกของ S แล้วเราจะกล่าวว่า (S, \circ) เป็นกึ่งกลุ่ม (semigroup)

นิยามที่ 3 ให้ (S, \circ) เป็นกึ่งกลุ่ม เซตย่อย T ของ S จะเป็นกึ่งกลุ่มย่อย (subsemigroup) ของกึ่งกลุ่ม S ก็ต่อเมื่อภายใต้การดำเนินการทวิภาค \circ เดียวกันกับใน S (T, \circ) เป็นกึ่งกลุ่ม และสมาชิก z ใน S จะเรียกว่าศูนย์ (zero) (เขียนแทนด้วย 0) ก็ต่อเมื่อ $a \circ z = z \circ a = z$ สำหรับทุก a ที่เป็นสมาชิกของ S

* อาจารย์ จิระสุข อธิรัตน์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนิยามที่ 4 (S, \circ) จะเป็นกลุ่ม (group) ก็ต่อเมื่อ (S, \circ) เป็นกึ่งกลุ่มที่มีคุณสมบัติว่า

(1) มีเอกลักษณ์ใน S กล่าวคือ มี $e \in S$ ที่ทำให้ $ea = ae = a$ สำหรับทุก a ที่เป็นสมาชิกของ S

และ (2) สำหรับทุก a ที่เป็นสมาชิกของ S จะมี b ซึ่งเป็นสมาชิกของ S ที่ทำให้ $aob = boa = e$

บทนิยามที่ 5 ให้ (G, \circ) เป็นกลุ่ม เซตย่อย T ของ G จะเป็นกลุ่มย่อย (subgroup) ของกลุ่ม G ก็ต่อเมื่อ (T, \circ) เป็นกลุ่ม โดยที่ \circ เป็นการดำเนินการทวิภาคเดียวกันกับใน G

บทนิยามที่ 6 ให้ R เป็นเซตที่ไม่ใช่เซตว่าง $+$ และ \cdot เป็นการดำเนินการทวิภาคใน R ที่มีคุณสมบัติว่า

(1) $(R, +)$ เป็นกลุ่ม

(2) $a+b = b+a$ สำหรับทุก a และ b ที่เป็นสมาชิกของ R

(3) $(a \cdot b) \cdot c = a \cdot (b \cdot c)$ สำหรับทุก a, b และ c ที่เป็นสมาชิกของ R

และ (4) $a \cdot (b+c) = a \cdot b + a \cdot c$ และ $(a+b) \cdot c = a \cdot c + b \cdot c$ สำหรับทุก a, b และ c ที่เป็นสมาชิกของ R

แล้วเราจะกล่าวว่า $(R, +, \cdot)$ เป็นวง (ring)

บทนิยามที่ 7 ให้ $(R, +, \cdot)$ เป็นวง จะเรียก R ว่า

(1) วงสลับที่ (commutative ring) ก็ต่อเมื่อ $a \cdot b = b \cdot a$ สำหรับทุก a และ b ที่เป็นสมาชิกของ R

(2) วงที่มีเอกลักษณ์ (ring with identity) ก็ต่อเมื่อ มี $e \in R$ ที่ทำให้ $a \cdot e = e \cdot a = a$ สำหรับทุก a ที่เป็นสมาชิกของ R

บทนิยามที่ 8 R จะเป็นโดเมนเชิงจำนวนเต็ม (integral domain) ก็ต่อเมื่อ R เป็นวงสลับที่มีคุณสมบัติว่า สำหรับทุก a และ b ที่เป็นสมาชิกของ R ถ้า $a \neq 0$ และ $b \neq 0$ แล้ว $a \cdot b \neq 0$ (สำหรับความหมายของ ศูนย์ (0) ได้ให้ไว้แล้วในบทนิยามที่ 3)

บทนิยามที่ 9 R จะเป็นวงหาร (division ring or skew field) ก็ต่อเมื่อ R เป็นวงที่มีเอกลักษณ์ e และสำหรับทุก a ที่เป็นสมาชิกของ R ซึ่ง $a \neq 0$ จะมี $a^{-1} \in R$ ที่ทำให้ $a \cdot a^{-1} = a^{-1} \cdot a = e$

บทนิยามที่ 10 วงสลับที่ ที่เป็นวงหาร (commutative division ring) จะเรียกว่าสนาม (field)

บทนิยามที่ 11 วง $(R, +, \cdot)$ จะเรียกว่า วงศูนย์ (zero ring) ก็ต่อเมื่อ $a \cdot b = 0$ สำหรับทุก a และ b ที่เป็นสมาชิกของ R

บทนิยามที่ 12 กึ่งกลุ่ม (S, \cdot) ใด ๆ จะเรียกว่า วงกึ่งกลุ่ม (ring semigroup) ก็ต่อเมื่อสามารถนิยามการดำเนินการทวิภาค $+$ ในเซต S ได้ ที่ทำให้ $(S, +, \cdot)$ เป็นวงตัวอย่างเช่น $(\mathbb{Z}, \cdot), (\mathbb{Q}, \cdot), (\mathbb{Z}_n, \cdot)$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก เป็นวงกึ่งกลุ่ม

ตอนที่ 2

จากบทนิยามในตอนที่ 1 จะเห็นว่า กึ่งกลุ่มที่ไม่มีศูนย์เป็นสมาชิก จะไม่เป็นวงกึ่งกลุ่ม และจะสามารถหา กึ่งกลุ่มที่มีศูนย์เป็นสมาชิกซึ่งไม่เป็นวงกึ่งกลุ่มได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 กำหนดให้ $S = \{0, a, b\}$

นิยามการดำเนินการทวิภาค \cdot ใน S โดย

$$x \cdot y = \begin{cases} x & \text{ถ้า } x = y \\ 0 & \text{ถ้า } x \neq y \end{cases}$$

จะเห็นได้โดยง่ายว่า (S, \cdot) เป็นกึ่งกลุ่มที่มีศูนย์เป็นสมาชิก และสามารถพิสูจน์ได้ว่า (S, \cdot) ไม่เป็นวงกึ่งกลุ่ม โดยวิธีการขัดแย้ง (contradiction) ดังนี้

สมมติให้ (S, \cdot) เป็นวงกึ่งกลุ่ม ดังนั้น จะมีการดำเนินการทวิภาค $+$ ใน S ที่ทำให้ $(S, +, \cdot)$ เป็นวง เนื่องจาก $a, b \in S$ ดังนั้น $a+b \in S$ ซึ่งจะได้ว่า $a+b = a$ หรือ $a+b = b$ หรือ $a+b = 0$ อย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้า $a+b = a$ โดยการตัดออกของการบวกจะได้ว่า $b = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ถ้า $a+b = b$ โดยการตัดออกของการบวกจะได้ว่า $a = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ดังนั้น $a+b = 0$ เพราะฉะนั้น $a(a+b) = a \cdot 0$ ซึ่งจะได้ว่า $a \cdot a + ab = 0$ จากการนิยามการดำเนินการ \cdot ใน S จะได้ว่า $a+0 = 0$ นั่นก็หมายความว่า $a = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ดังนั้น (S, \cdot) ไม่เป็นวงกึ่งกลุ่ม

นอกจากนี้จะสามารถหาวงกึ่งกลุ่ม ซึ่งมีบางกึ่งกลุ่มย่อยที่มีศูนย์เป็นสมาชิกจะไม่เป็นวงกึ่งกลุ่มได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 2 ในวงกึ่งกลุ่ม (Z_4, \cdot) ให้ $T = \{0, 1, 2\}$ โดยที่ $\bar{x} = \{y | y \text{ เป็นจำนวนเต็ม และ } x \equiv y \pmod{4}\}$

จะเห็นได้โดยง่ายว่า (T, \cdot) เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ (Z_4, \cdot) ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก และโดยการพิสูจน์ทำนองเดียวกันกับการพิสูจน์ในตัวอย่างที่ 1 จะได้ว่า (T, \cdot) ไม่เป็นวงกึ่งกลุ่ม

ดังนั้น จะมีวงกึ่งกลุ่มซึ่งมีบางกึ่งกลุ่มย่อยที่มีศูนย์เป็นสมาชิกจะไม่เป็นวงกึ่งกลุ่ม

ในการพิสูจน์ทฤษฎีบทที่ต้องการ จะต้องอาศัยทฤษฎีบทประกอบที่ 1 และ 2 ดังต่อไปนี้

ทฤษฎีบทประกอบที่ 1 ถ้า $(R, +, \cdot)$ เป็นวงที่เซต R มีสมาชิกเป็นจำนวนเฉพาะ** แล้ว $(R, +, \cdot)$ จะเป็นวงศูนย์หรือสนาม

*ถ้า a และ b เป็นจำนวนเต็มบวกใด ๆ และ n เป็นจำนวนเต็มบวกแล้ว $a = b \pmod{n}$

ก็ต่อเมื่อ $a-b$ หารด้วย n ได้ลงตัว

** p จะเป็นจำนวนหารเฉพาะ (prime number) ก็ต่อเมื่อ เป็นจำนวนเต็มบวกที่มากกว่า 1

และตัวหาร p ลงตัว มี $+1$ และ $+p$ เท่านั้น

พิสูจน์ สมมติให้ $(R, +, \cdot)$ เป็นวงที่เซต R มีจำนวนสมาชิกเท่ากับ p โดยที่ p เป็นจำนวนเฉพาะ และให้ $(R, +, \cdot)$ ไม่เป็นวงศูนย์ ให้ $a \in R$ และ $a \neq 0$

(1) จะแสดงว่าไม่มีจำนวนเต็มบวก n ซึ่ง $0 < n < p-1$ ที่ทำให้ $na = 0$ สมมติให้มีจำนวนเต็มบวก n ซึ่ง $0 < n < p-1$ ที่ทำให้ $na = 0$ ให้ $A = \{0, a, 2a, \dots, (n-1)a\}$ จะได้ว่า $(A, +)$ เป็นกลุ่มย่อยของกลุ่ม $(R, +)$ จากทฤษฎีบทของลากรองจ์ (Lagrange's theorem) (1, ทฤษฎีบท 2.4.1, หน้า 42) จะได้ว่า จำนวนสมาชิกของ A จะหารจำนวนสมาชิกของ R ลงตัว ดังนั้น n หาร p ได้ลงตัว เพราะว่า p เป็นจำนวนเฉพาะ เพราะฉะนั้น $n = 1$ หรือ $n = p$ ถ้า $n = 1$ จาก $na = 0$ จะได้ $a = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $a \neq 0$ ดังนั้น $n = p$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เพราะ $0 < n < p-1 < p$ เพราะฉะนั้น จะไม่มีจำนวนเต็มบวก n ซึ่ง $0 < n < p-1$ ที่ทำให้ $na = 0$

(2) จะแสดงว่าไม่มีจำนวนเต็มบวก m, n ซึ่ง $0 < m < n < p-1$ ที่ทำให้ $ma = na$ สมมติให้มีจำนวนเต็มบวก m, n ซึ่ง $0 < m < n < p-1$ ที่ทำให้ $ma = na$ เพราะฉะนั้น $0 < n-m < p-1$ และ $(n-m)a = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับข้อ (1) ดังนั้น จะไม่มีจำนวนเต็มบวก m, n ซึ่ง $0 < m < n < p-1$ ที่ทำให้ $ma = na$ เพราะฉะนั้นจำนวนสมาชิกของ A เท่ากับ p แต่ $A \subseteq R$ และ R มีจำนวนสมาชิกเท่ากับ p เพราะฉะนั้น $A = R$ ดังนั้น $R = \{0, a, 2a, \dots, (p-1)a\}$

(3) จะแสดงว่าสำหรับทุก $x, y \in R$ ถ้า $x \neq 0$ และ $y \neq 0$ แล้ว $xy \neq 0$ ให้ $x, y \in R$ โดยที่ $x \neq 0$ และ $y \neq 0$ ดังนั้น จะมีจำนวนเต็ม m และ n ซึ่ง $0 < m, n < p-1$ ที่ทำให้ $x = ma$ และ $y = na$ พิจารณา a^2 จะเห็นว่า ถ้า $a^2 = 0$ จะได้ $xy = (ma)(na) = mna^2 = 0$ เพราะฉะนั้น R เป็นวงศูนย์ซึ่งขัดแย้งกับสมมุติฐาน ดังนั้น $a^2 \neq 0$ เพราะว่า $a^2 \in R$ เพราะฉะนั้น จะมีจำนวนเต็ม k ซึ่ง $0 < k < p-1$ ที่ทำให้ $a^2 = ka$ ดังนั้น $xy = (ma)(na) = mna^2 = (mnk)a$ สมมติให้ $xy = 0$ นั่นคือ $(mnk)a = 0$ ซึ่งจะได้ว่า p หาร mnk ได้ลงตัว เนื่องจาก $0 < k < p$ เพราะฉะนั้น p หาร k ไม่ลงตัว ดังนั้น p หาร m ได้ลงตัว หรือ p หาร n ได้ลงตัว ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เพราะ $0 < m, n < p-1 < p$ ดังนั้น $xy \neq 0$ เพราะฉะนั้น สำหรับทุก $x, y \in R$ ถ้า $x \neq 0$ และ $y \neq 0$ แล้ว $xy \neq 0$

(4) จะแสดงว่า $(ma)(na) = (na)(ma)$ สำหรับทุก $ma, na \in R$ ให้ $ma, na \in R$ ดังนั้น $(ma)(na) = mna^2 = nma^2 = (na)(ma)$ เพราะฉะนั้น R เป็นวงสลับที่

จากข้อ (3) และ (4) จะได้ว่า R เป็นโดเมนเชิงจำนวนเต็ม เพราะว่าจำนวนสมาชิกของเซต R เท่ากับ p ดังนั้น R เป็นโดเมนเชิงจำนวนเต็มที่มีสมาชิกจำนวนจำกัด เนื่องจากโดเมนเชิงจำนวนเต็มที่มีสมาชิกจำนวนจำกัดจะเป็นสนาม (1, ทฤษฎีบทประกอบ 3.2.2, หน้า 127) เพราะฉะนั้น R เป็นสนาม ดังนั้น ถ้า $(R, +, \cdot)$ เป็นวงที่เซต R มีจำนวนสมาชิกเป็นจำนวนเฉพาะแล้ว $(R, +, \cdot)$ เป็นวงศูนย์หรือสนาม

ทฤษฎีบทประกอบที่ 2 ให้ $(R, +, \cdot)$ เป็นวง และ $x \in R, x \neq 0$ ที่ทำให้ $R = \{0\} \cup \langle x \rangle$ เมื่อ $\langle x \rangle = \{x, x^2, x^3, \dots\}$ ถ้า $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน แล้ว เซต R จะมีสมาชิก

จำนวนจำกัด

พิสูจน์ ให้ $R = \{0, x, x^2, \dots\}$ เป็นวงโดยที่ $x \neq 0$ และ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน เพราะว่า $x, x^2 \in R$ เพราะฉะนั้น $x+x^2 \in R$ ถ้า $x+x^2 = x$ โดยการตัดออกของการบวกจะได้ $x^2 = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน ดังนั้น $x+x^2 \neq x$ ถ้า $x+x^2 = x^2$ โดยการตัดออกของการบวกจะได้ $x = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $x \neq 0$ ดังนั้น $x+x^2 \neq x^2$ เพราะฉะนั้น $x+x^2 = 0$ หรือ $x+x^2 = x^{2+k}$ เมื่อ k เป็นจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่าศูนย์

กรณีที่ 1 $x+x^2 = 0$ เพราะฉะนั้น $x^2 = -x$ ดังนั้น $x^3 = x^2 \cdot x = (-x)x = -x^2 = x$ และ $x^4 = x^3 \cdot x = x \cdot x = x^2 = -x$ ดังนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จะได้ว่า สำหรับจำนวนเต็ม n ที่มากกว่าศูนย์ $x^n = x$ หรือ $x^n = -x$ อย่างใดอย่างหนึ่ง เพราะฉะนั้น $R = \{0, x, -x\}$

กรณีที่ 2 $x+x^2 = x^{2+k}$ เมื่อ k เป็นจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่าศูนย์ ดังนั้น $x^{2+k} - x^2 = x$ เพราะฉะนั้น $x(x^{k+1} - x) = x$ ดังนั้นจะมีจำนวนเต็ม ℓ ที่มากกว่าศูนย์ ซึ่งทำให้ $x \cdot x^\ell = x$ เพราะฉะนั้น $x^{\ell+1} = x$ ดังนั้น $x^{\ell+2} = x^{\ell+1} \cdot x = x \cdot x = x^2$ ให้ m เป็นจำนวนเต็มใด ๆ ที่มากกว่า $\ell+1$ โดยขั้นตอนวิธีการหาร (division algorithm) (2, หน้า 50) จะได้ว่า จะมีจำนวนเต็ม q และ r เพียงอย่างละหนึ่งจำนวนเท่านั้นที่ทำให้ $m = q(\ell+1) + r$ เมื่อ $0 \leq r < \ell+1$ เพราะฉะนั้น $x^m = (x^{\ell+1})^q x^r = x^q x^r$ ถ้า $q+r < \ell$ จะได้ว่า $R = \{0, x, x^2, \dots, x^\ell\}$ ถ้า $q+r > \ell$ จะได้ว่า $q+r = q_1(\ell+1) + r_1$ เมื่อ $0 \leq r_1 < \ell+1$ เพราะฉะนั้น $x^{q+r} = (x^{\ell+1})^{q_1} x^{r_1}$ และถ้า $q_1+r_1 < \ell$ จะได้ว่า $R = \{0, x, x^2, \dots, x^\ell\}$ แต่ถ้า $q_1+r_1 > \ell$ ก็ดำเนินขั้นตอนเช่นเดิมต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง $q_1+r_1 < \ell$ ดังนั้น $R = \{0, x, x^2, \dots, x^\ell\}$ จากกรณีที่ 1 และ 2 จะได้ว่า R เป็นเซตจำกัด

ตอนที่ 3

ส่วนนี้เป็นส่วนที่สำคัญของบทความ เพราะเป็นการพิสูจน์ทฤษฎีบทที่กล่าวมาแล้วในคำนำข้างต้น โดยจะขอทฤษฎีบทมาอีกครั้งพร้อมทั้งทำการพิสูจน์ ดังนี้

ทฤษฎีบท ให้ (S, \cdot) เป็นวงกึ่งกลุ่มซึ่งมีการดำเนินการทวิภาค $+$ ที่ทำให้ $(S, +, \cdot)$ เป็นวงและกึ่งกลุ่มย่อยทั้งหมดของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก เป็นกึ่งกลุ่มด้วย ดังนั้น $(S, +, \cdot)$ เป็นวงศูนย์หรือสนาม อย่างใดอย่างหนึ่ง

พิสูจน์ ให้ $x \in S, x \neq 0$ และ $\langle x \rangle = \{x, x^2, x^3, \dots\}$ ดังนั้น $\{0\} \cup \langle x \rangle$ เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก เพราะฉะนั้น $x^n = 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n บางจำนวน หรือ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวนอย่างใดอย่างหนึ่ง

(1) สมมุติให้ $x^n = 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n บางจำนวน ให้ k เป็นจำนวนเต็มบวกที่เล็กที่สุด ซึ่ง $x^k = 0$ เพราะว่า $x \neq 0$ เพราะฉะนั้น $k \neq 1$ ดังนั้น $k \geq 2$ สมมุติให้ $k > 2$ เพราะว่า $\{0\}$

$U < x >$ เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก เพราะฉะนั้นจะมีการดำเนินการทวิภาค $+$ ที่ทำให้ $(\{0\} \cup < x >, +, \cdot)$ เป็นวง เพราะถ้า $x, x^2 \in \{0\} \cup < x >$ เพราะฉะนั้น $x+x^2 \in \{0\} \cup < x >$ ซึ่งจะได้ว่า $x+x^2 = 0$ หรือ $x+x^2 = x$ หรือ $x+x^2 = x^2$ หรือ $x+x^2 = x^{2+i}$ เมื่อ i เป็นจำนวนเต็มที่มีมากกว่าศูนย์ อย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้า $x+x^2 = 0$ จะได้ว่า $x^{k-2}(x+x^2) = 0$ เพราะฉะนั้น $x^{k-1}+x^k = 0$ เพราะถ้า $x^k = 0$ เพราะฉะนั้น $x^{k-1} = 0$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เพราะ $k-1 < k$ เมื่อ k เป็นจำนวนเต็มบวกที่เล็กที่สุดซึ่ง $x^k = 0$ ถ้า $x+x^2 = x$ โดยการตัดออกของการบวกจะได้ $x^2 = 0$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เพราะ $k > 2$ และ k เป็นจำนวนเต็มบวกที่เล็กที่สุด ซึ่ง $x^k = 0$ ถ้า $x+x^2 = x^2$ โดยการตัดออกของการบวก จะได้ $x = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $x \neq 0$ เพราะฉะนั้น $x+x^2 = x^{2+i}$ เมื่อ i เป็นจำนวนเต็มที่มีมากกว่าศูนย์ ดังนั้น $x^{k-2}(x+x^2) = x^{k-2}x^{2+i}$ ซึ่งจะได้ว่า $x^{k-1}+x^k = x^{k+i} = x^k x^i$ เพราะถ้า $x^k = 0$ เพราะฉะนั้น $x^{k-1} = 0$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ เพราะ $k-1 < k$ และ k เป็นจำนวนเต็มบวกที่เล็กที่สุด ซึ่ง $x^k = 0$ ดังนั้น $k \neq 2$ แต่ $k \geq 2$ เพราะฉะนั้น $k = 2$ ดังนั้น $x^2 = 0$ เพราะฉะนั้น สำหรับทุก $x \in S, x \neq 0$ และ $x^n = 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n บางจำนวน แล้ว $x^2 = 0$

(2) สมมติให้ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน จากทฤษฎีบทประกอบที่ 2 จะได้ว่า $\{0\} \cup < x >$ มีสมาชิกจำนวนจำกัด $\{0\} \cup < x >$ เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก เพราะฉะนั้น $\{0\} \cup < x >$ เป็นวงกึ่งกลุ่ม ดังนั้น $\{0\} \cup < x >$ เป็นสนามที่มีสมาชิกจำนวนจำกัด (3, บทแทรก 1.4) ให้ e เป็นเอกลักษณ์การคูณของสนาม $\{0\} \cup < x >$ จะแสดงว่า e เป็นเอกลักษณ์การคูณของ S ดังต่อไปนี้ :-

ให้ $w \in S$ และ $w \neq 0$ ดังนั้น $ew-ew \in S$ และ $(ew-ew)(ew-ew) = ewew-eewe-eewe+ewew = 0$ ให้ $F = \{0, e, ew-ew\}$ โดยสมาชิกในเซตนี้อาจจะไม่แตกต่างกันทั้งหมด จะได้ว่า F เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก ดังนั้น F เป็นวงกึ่งกลุ่ม เพราะฉะนั้น F เป็นวงกึ่งกลุ่มที่มีสมาชิกเป็นจำนวนเฉพาะ จากทฤษฎีบทประกอบที่ 1 จะได้ว่า F เป็นวงศูนย์หรือสนาม เพราะถ้า $e \cdot e \neq 0$ เพราะฉะนั้น F เป็นสนาม เนื่องจาก $(ew-ew)(ew-ew) = 0$ เพราะฉะนั้น $ew-ew = 0$ ดังนั้น $ew = ew$ ในทำนองเดียวกัน จะได้ว่า $ew = we$ เพราะฉะนั้น $ew = we$ ให้ $A = \{0, e\} \cup < ew-w >$ จะได้ว่า A เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก ดังนั้น จะมีการดำเนินการทวิภาค $+$ ใน A ที่ทำให้ $(A, +, \cdot)$ เป็นวง เพราะถ้า $e, ew-w \in A$ เพราะฉะนั้น $e+(ew-w) \in A$ ซึ่งจะได้ว่า $e+(ew-w) = 0$ หรือ $e+(ew-w) = e$ หรือ $e+(ew-w) = (ew-w)^j$ สำหรับจำนวนเต็มบวก j บางจำนวน ถ้า $e+(ew-w) = 0$ จะได้ว่า $e(e+(ew-w)) = e \cdot 0$ เพราะฉะนั้น $e \cdot e+(eew-ew) = 0$ ซึ่งจะได้ว่า $e+(ew-ew) = 0$ เพราะฉะนั้น $e = 0$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ถ้า $e+(ew-w) = (ew-w)^j$ สำหรับจำนวนเต็มบวก j บางจำนวน จะได้ว่า $e(e+(ew-w)) = e(ew-w)^j$ เพราะฉะนั้น $ee+(eew-ew) = e(ew-w)(ew-w)^{j-1}$ ดังนั้น $e+(ew-ew) = (eew-ew)(ew-w)^{j-1}$ ซึ่งจะได้ว่า $e = 0$ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ ดังนั้น $e+(ew-w) = e$ เพราะฉะนั้น $(-e)+(e+(ew-w)) = 0$ ซึ่งจะได้ว่า $ew-w = 0$ เพราะฉะนั้น $ew = e$ ดังนั้น $ew = we = w$ เพราะฉะนั้น

e เป็นเอกลักษณ์การคูณของ S

เพราะว่า $\{0\} \cup \langle x \rangle$ เป็นสนามที่มี e เป็นเอกลักษณ์การคูณ และ $x \in \{0\} \cup \langle x \rangle$ ซึ่ง $x \neq 0$ เพราะฉะนั้นจะมี $x^{-1} \in \{0\} \cup \langle x \rangle$ ที่ทำให้ $xx^{-1} = x^{-1}x = e$ ดังนั้น ถ้า $x \in S, x \neq 0$ และ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน แล้ว S มีเอกลักษณ์การคูณ e และมี $x^{-1} \in S$ ที่ทำให้ $xx^{-1} = x^{-1}x = e$

ข้อ (2) จะได้ว่า S มีเอกลักษณ์การคูณ e และมี $x^{-1} \in S$ ที่ทำให้ $xx^{-1} = x^{-1}x = e$ จะแสดงว่า สำหรับทุก $x \in S$ ซึ่ง $x \neq 0$ จะได้ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน สมมติให้มี $y \in S$ ซึ่ง $y \neq 0$ และ $y^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n บางจำนวน จากข้อ (1) จะได้ว่า $y^2 = 0$ ให้ $B = \{0, e, y\}$ จะได้ว่า B เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก ดังนั้น จะมีการดำเนินการทวิภาค $+$ ใน B ที่ทำให้ $(B, +, \cdot)$ เป็นวง เพราะว่า $y, e \in B$ เพราะฉะนั้น $y+e \in B$ ซึ่งจะได้ว่า $y+e = 0$ หรือ $y+e = e$ หรือ $y+e = y$ อย่างใดอย่างหนึ่ง ถ้า $y+e = 0$ จะได้ว่า $y(y+e) = y \cdot 0$ ดังนั้น $y^2+ye = 0$ เพราะฉะนั้น $ye = 0$ เพราะว่า e เป็นเอกลักษณ์ของ S , เพราะฉะนั้น $y = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $y \neq 0$ ถ้า $y+e=e$ จะได้ว่า $(y+e)+(-e) = 0$ ดังนั้น $y = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $y \neq 0$ เพราะฉะนั้น $y+e = y$ ดังนั้น $y(y+e) = y^2$ ซึ่งจะได้ว่า $y^2+ye = y^2$ เพราะฉะนั้น $ye = 0$ ดังนั้น $y = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $y \neq 0$ ดังนั้นสำหรับทุก $x \in S$ ซึ่ง $x \neq 0$ จะได้ $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน จากข้อ (2) จะได้ว่า S มีเอกลักษณ์การคูณ e และสำหรับทุก $x \in S$ ซึ่ง $x \neq 0$ จะมี $x^{-1} \in S$ ที่ทำให้ $xx^{-1} = x^{-1}x = e$ เพราะฉะนั้น S เป็นวงการหาร จะแสดงว่า สำหรับทุก $x \in S$ ซึ่ง $x \neq 0$ จะมีจำนวนเต็มบวก $n(x) > 1$ ที่ทำให้ $x^{n(x)} = x$ ให้ $x \in S$ และ $x \neq 0$ เพราะฉะนั้น $x^n \neq 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n ทุกจำนวน จากทฤษฎีบทประกอบที่ 2 จะได้ว่า $\{0\} \cup \langle x \rangle$ เป็นวงที่มีสมาชิกจำนวนจำกัด ดังนั้นจะมีจำนวนเต็มบวก p, q ซึ่ง $p < q$ และ $x^p = x^q$ เพราะฉะนั้น $x^{p-q} = 1$ และ $x^{p-q+1} = x$ ดังนั้น สำหรับทุก $x \in S$ ซึ่ง $x \neq 0$ จะมีจำนวนเต็มบวก $n(x) > 1$ ที่ทำให้ $x^{n(x)} = x$ เพราะฉะนั้น S เป็นวงการหาร ซึ่งสำหรับทุก $x \in S$ ที่ $x \neq 0$ จะมีจำนวนเต็มบวก $n(x) > 1$ ที่ทำให้ $x^{n(x)} = x$ จากทฤษฎีบทจาคอบสัน (Jacobson theorem) (1, ทฤษฎีบท 7.2.2, หน้า 367) จะได้ว่า S เป็นสนาม

(4) สมมติให้ทุก $x \in S, x \neq 0$ และ $x^n = 0$ สำหรับจำนวนเต็มบวก n บางจำนวน จากข้อ

(1) จะได้ว่า ทุก $x \in S$ ที่ $x \neq 0$ จะได้ $x^2 = 0$ จะแสดงว่า $(S, +, \cdot)$ เป็นวงศูนย์ ให้ $x, y \in S$ และ $x \neq 0, y \neq 0, x \neq y$ สมมติให้ $xy \neq 0$ เพราะว่า S เป็นวง และ $x, y \in S$ เพราะฉะนั้น $x+y \in S$ ดังนั้น $(x+y)^2 = 0$ ซึ่งจะได้ว่า $xy=yx = 0$ ดังนั้น $xyx+yx^2 = 0$ และ $xy^2+yxy = 0$ เพราะฉะนั้น $xyx = 0$ และ $yxy = 0$ ให้ $C = \{0, x, y, xy, yx\}$ จะเห็นได้โดยง่ายว่า C เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก ดังนั้น C เป็นวงกึ่งกลุ่ม สามารถได้ว่าสมาชิกของ C แยกต่างหากทั้งหมดดังนี้ จากกำหนดให้ จะได้ $x \neq 0, y \neq 0, x \neq y$ และ $xy \neq 0$ ถ้า $xy = x$ จะได้ว่า $xy^2 = xy$ ดังนั้น $xy = 0$, ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ถ้า $xy = y$ จะได้ว่า $x^2y = xy$ ดังนั้น $xy = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ถ้า $yx = 0$ จาก

$xy + yx = 0$ จะได้ $xy = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ถ้า $xy = yx$ จะได้ว่า $xyx = xy$ แต่ $xyx = 0$ ดังนั้น $xy = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ ถ้า $xy = yx$ จะได้ว่า $C = \{0, x, y, xy\}$ ให้ $C' = \{0, x, y, xy\}$ จะได้ว่า C' เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ S ที่มีศูนย์เป็นสมาชิก เพราะฉะนั้นจะมีการดำเนินการทวิภาค $+$ ใน S ที่ทำให้ $(C', +, \cdot)$ เป็นวง ดังนั้น $(C', +)$ เป็นกลุ่ม ให้ $E = \{0, x, xy\}$ จะได้ว่า $(E, +)$ เป็นกึ่งกลุ่มย่อยของ $(C', +)$ จากทฤษฎีบทของลากรองจ์ (Lagrange's theorem) (1, ทฤษฎีบท 2.4.1, หน้า 41) จะได้ว่า จำนวนสมาชิกของ E จะหารจำนวนสมาชิกของ C' ลงตัว ซึ่ง เป็นไป ไม่ได้ เพราะ 3 หาร 4 ไม่ลงตัว ดังนั้น $xy \neq yx$ เพราะฉะนั้นสมาชิกในเซต C แตกต่างกันทั้งหมด ดังนั้น จำนวนสมาชิกในเซต C เท่ากับ 5 ซึ่งเป็นจำนวนเฉพาะ จากทฤษฎีบทประกอบที่ 1 จะได้ว่า C เป็นวงศูนย์ หรือ สนาม เพราะว่า $xy \neq 0$ เพราะฉะนั้น C ไม่เป็นวงศูนย์ ดังนั้น C เป็นสนาม เพราะว่า $x(xy) = x^2y = 0$ เพราะฉะนั้น $x = 0$ หรือ $xy = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับกำหนดให้ $x \neq 0$ และ $xy \neq 0$ เพราะฉะนั้น สำหรับทุก $x, y \in S$ จะได้ว่า $xy = 0$ ดังนั้น S เป็นวงศูนย์

จากข้อ (1), (2), (3) และ (4) จะได้ว่า $(S, +, \cdot)$ เป็นวงศูนย์ หรือสนาม อย่างใดอย่างหนึ่ง

บรรณานุกรม

1. Herstein, I.N., Topics in Algebra, 2nd ed., Xerox College Publishing, Lexington, (1975).
2. Frank, JR., Schaum's Outline Series Theory and Problems of Modern Algebra, McGraw-Hill Publishing Company, Inc., New York, 1965.
3. Satyanarayana, M., On Semigroups Admitting Ring Structure, Semigroup Forum, 8(3), 43-50 (1971).
4. Ligh, . On a Class of Semigroups Admitting Ring Structure, Semigroup Forum, 13 (1), 37-40 (1976).

ชีวิตคู่ของไลเคนส์

สมพงษ์ ธรรมถาวร*

บทนำ

ดูเหมือนว่าธรรมชาติจะสรรสร้างสิ่งต่าง ๆ บนโลกนี้ให้เป็นของคู่กัน ไม่ว่าของสิ่งนั้น จะเหมือนกันหรือมีคุณสมบัติแตกต่างกัน เป็นตรงกันข้ามก็อาจจะคู่กันได้ เช่น ชาวคูกับดำ อ้วนคู่กับผอม ประจบวคู่กับประจุลบ สิ่งที่อยู่ใกล้ชิดกันอย่างสม่ำเสมอก็อาจเป็นของคู่กันได้ เช่น เพื่อนคู่หู หญิงคู่กับชาย และอีกมุมหนึ่งของธรรมชาติ มีการชักโยงให้สองชีวิตอยู่รวมกัน อย่างถ้อยที่ถ้อยอาศัย มีความผูกพันแนบแน่น ยิ่งกว่าชีวิตสมรสที่ราบรื่นเสียอีก สองชีวิตนั้นคือ "ไลเคนส์" (Lichens) ในบ้านเราเรียกไลเคนส์บางลักษณะว่า "ฟองหิน" และเรียกบางลักษณะว่า "ฝอยลม" ที่เรียกกันว่าฟองหินคงจะเนื่องจากเห็นว่ามีลักษณะเป็นฟองคล้ายฟองสบู่ ส่วนที่เรียกว่าฝอยลมก็คงเนื่องมาจากมองเห็นลักษณะ เป็นเส้นฝอยห้อยโยงติดกับกิ่งไม้ปลิวตามลมไม่ขาดสาย

ไลเคนส์เป็นชีวิตคู่ระหว่าง เชื้อรา (fungus) กับสาหร่าย (algae) การดำรงชีพแบบนี้เรียกว่า "ภาวะพึ่งพา" (symbiosis หรือ muftaulism) เป็นชีวิตคู่ที่พึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน สาหร่ายเป็นผู้สร้างอาหารและให้ออกซิเจนแก่เชื้อราในขณะที่เชื้อราก็ให้แหล่งพักพิง ให้ความชื้น และเป็นแหล่งแร่ธาตุในการดำรงชีวิตของสาหร่าย เมื่อใดก็ตามหากมีอันต้องพรากจากกัน สาหร่ายจะสามารถดำรง

ชีวิตอยู่รอดตามลำพังได้ เพราะมีรงควัตถุสีเขียว-พวกคลอโรฟิลล์อยู่ในเซลล์ จึงสามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้ แต่เชื้อรานั้นค่อนข้างยากไม่สามารถจะมีชีวิตอยู่ตามลำพังได้ เว้นเสียแต่ว่าจะโชคดีไปตกในบริเวณที่สภาวะแวดล้อมเหมาะสม อุดมด้วยอาหารและความชื้นเท่านั้นจึงจะมีชีวิตอยู่รอด ดูเหมือนว่าสองชีวิตนี้ไม่ค่อยจะแยกจากกันเลย หากจะเปรียบกับชีวิตสมรส ก็ราวกับ เชื้อราทำหน้าที่สามี โดยคอยปกป้องคุ้มครองให้ความปลอดภัยให้ที่อยู่อาศัย และความอบอุ่นแก่สาหร่ายผู้ทำหน้าที่ภรรยา โดยคอยให้อาหารและปรนนิบัติพิศุข เป็นต้น

รูปร่างลักษณะและองค์ประกอบของไลเคนส์

เราลองมาติดตามดูกันว่าสองชีวิตนี้มีเทคนิคการอยู่ร่วมกันเป็นพิเศษอย่างไร ก่อนอื่นขอแนะนำให้ทราบว่าเป็นองค์ประกอบในไลเคนส์ ที่เรียกว่า ไมโคไบออนท์ (mycobiont) นั้นเป็นราที่อยู่ในคลาสแอสโคไมซีตีส (Ascomycetes) ซึ่งเป็นพวกที่สร้างสปอร์ที่มีเพศ (ascospore) ในการสืบพันธุ์, สปอร์ดังกล่าวนี้ สร้างขึ้นในโครงสร้าง ที่เรียกว่า แอสคัส (ascus) ภายในแอสโคคาร์พ (ascocarp) เสียเป็นส่วนใหญ่ ส่วนเชื้อราในคลาสเบซิไดโอไมซีตีส (Basidiomycetes) คือพวกที่สร้างสปอร์สืบพันธุ์ขึ้นจากเบซิเดียม (basidium) นั้นก็พอมิข้างแต่ไม่มากนัก สำหรับองค์ประกอบที่เป็นสาหร่าย ที่เรียกว่า อัลกา-

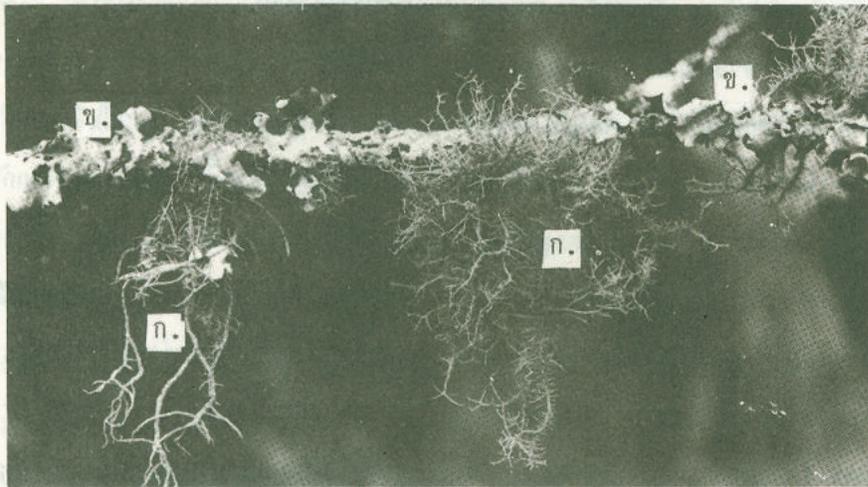
* ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพงษ์ ธรรมถาวร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ไบออนท์ (algabiont) นั้น มักจะเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวอาจเป็นสาหร่ายสีเขียวจากคิวิซัยคลอโรไฟต์ตา (chlorophyta) ซึ่งมีผู้สำรวจพบว่ามีทั้งหมด 17 สกุล หรืออาจจะเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจากคิวิซัยไซยาโนไฟตาพบว่ามีอยู่ 8 สกุล โดยเฉลี่ยแล้วพบว่าไลเคนส์ ส่วนใหญ่มีองค์ประกอบที่เป็นสาหร่ายสีเขียวถึง 90% สกุล ที่พบมาก ได้แก่ *Trebouxia* และ *Trentepohlia* ส่วนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินนั้น ได้แก่ สกุล *Nostoc*, *Gloeocapsa* และ

Stigonema

การจัดหมวดหมู่และโครงสร้าง

จากการศึกษารูปร่างลักษณะภายนอก ของไลเคนส์ สามารถจัดหมวดหมู่ออกเป็นสามพวกคือ พวกแรก ได้แก่ พวกที่มีลักษณะเป็นแผ่นแบนบาง เรียกว่า โพลีโอส (foliose) แบบนี้มีมือยึดตามเปลือกของกิ่งไม้ ขอนไม้ที่ผุพัง หรือตามโขดหินในป่าไม้ที่มีความชื้นของอากาศค่อนข้างสูง (ดูรูปที่ 1 ข.) พวกที่สองเป็น



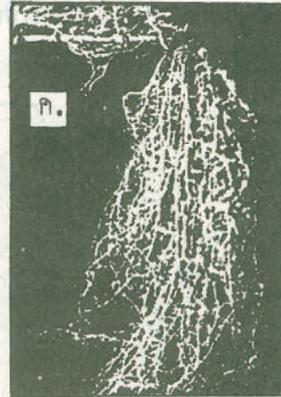
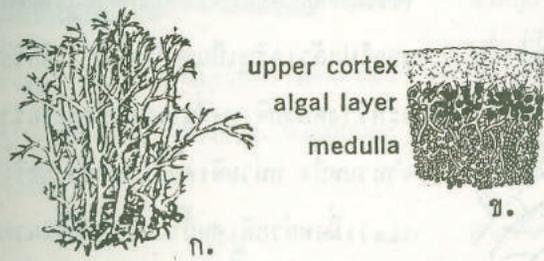
รูปที่ 1 แสดงลักษณะของไลเคนส์แบบต่างๆ ที่สำรวจพบที่อุทยานแห่งชาติภูกระดึง ก. แบบที่เรียกว่าฝอยลม ข. แบบโพลีโอส

พวกที่พบได้ง่ายตามโขดหิน โดยจะเจริญติดแน่นอยู่ที่ผิวของหินมองเห็นเป็นดวง ๆ คล้ายกับเอาสีไปทาไว้ ไม่สามารถจะแกะออกได้ นอกจากจะกระเทาะหินให้แตกออก บางชนิดมีสีสรรสดใส เช่น สีเหลือง แสด แต่บางชนิดก็เป็นสีเทาเรียบ ๆ ดูเงียบขรึมดี พวกนี้เรียกว่า ครัสโตส (crustose) พวกที่สามมีลักษณะเป็นเส้นสายเล็กๆ อาจจะทำกิ่งชูตั้งขึ้นมาจากดินปนทรายที่อยู่ตามซอก หรือรอยแตกของหิน ลักษณะเช่นนี้บ้านเราเรียกว่า ฟองหิน ความจริงแล้วไม่จำเป็นจะต้องเกิดตามซอกหินเสมอไป ในบริเวณที่มีดินปนทราย

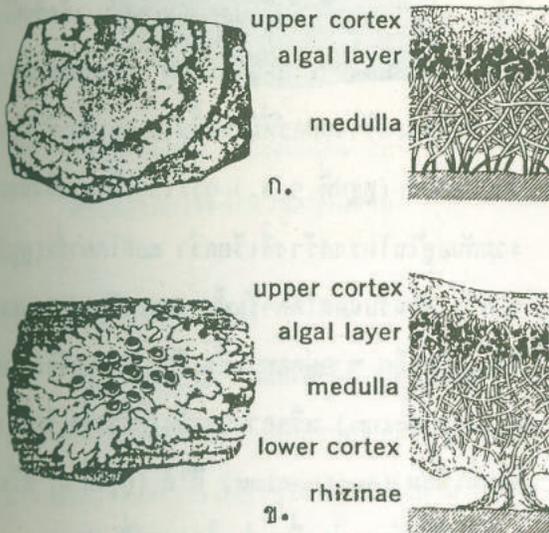
ล้วนๆก็พบเห็นเสมอ โดยเฉพาะบนภูกระดึงนั้นพบมากบริเวณที่เรียกว่า ลานวัดพระแก้ว ซึ่งเห็นเจริญเป็นหย่อม ๆ อยู่บนลานหินแข็ง บางหย่อมมีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์อยู่ที่ปลายสุดของกิ่งเป็นสีแดงสดคล้ายกับดอกไม้ (ดูรูปที่ 2 ก.) อีกลักษณะหนึ่งเป็นเส้นสายเหมือนกัน แต่แขวนอยู่กับกิ่งไม้ โบกพริ้วกับสายลมแบบนี้เรียกว่า ฝอยลม พบมากตามกิ่งสนสองใบหรือสนสามใบบนภูกระดึง ทั้งฟองหิน และฝอยลมเป็นพวกที่เรียกว่า ฟรุติโคส (fruticose) หากนำไลเคนส์มาผ่าตัดเพื่อตรวจสอบลักษณะโครงสร้างภายใน

ใน จะพบว่าสาหร่ายจะฝังตัวอยู่ใน ส่วนเส้นใย ของเชื้อราจะทำหน้าที่หุ้มอยู่ภายนอก กลุ่มของเส้นใย ของเชื้อราที่หุ้มอยู่นี้ แบ่งได้เป็นสองชั้น ชั้นนอกเรียก

ว่า คอร์เทคซ์(cortex) ส่วนชั้นในเป็นแกนเรียกว่า เมดุลลา (medulla)



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของไลเคนส์พวกฟรุติโคสแบบ ก. ฟองหิน ข. โครงสร้างภายในตัดตาม ขวางของฟองหิน ค. ผอยลม



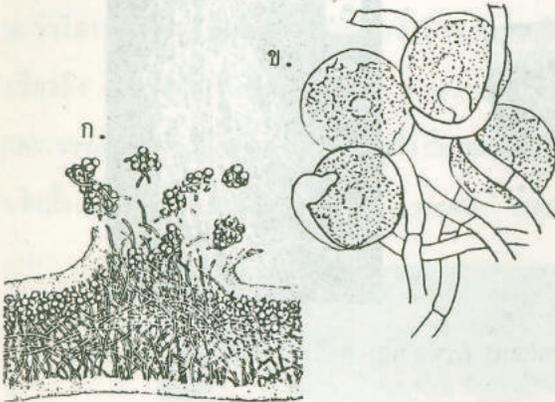
รูปที่ 3 แสดงลักษณะภายนอกของไลเคนส์ภาคตัดตาม ขวางแสดงโครงสร้างภายนอกของ ก. คริส-โทส ข. โพลีโอส

ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ

ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรากับสาหร่ายที่รวมกัน จนกลายเป็นไลเคนส์นี้ สาหร่ายจะถูกห้อมล้อมด้วย เส้นใยจำนวนมากมายของเชื้อรา และใช้เส้นใยชุด

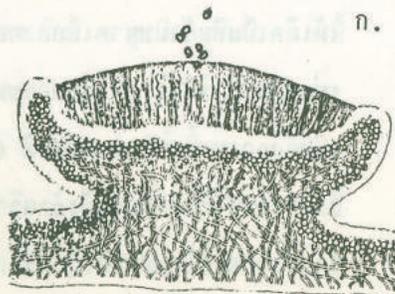
หนึ่งที่เรียกว่า ฮอสทอเรีย(haustoria) ยื่นเข้าไป สัมผัสกับผนังเซลล์ของสาหร่าย และเกิดการย่อยผนัง เซลล์ส่วนที่สัมผัสกันนั้น ให้เป็นช่องที่เชื้อราจะลำเลียง คาร์โบไฮเดรต สารประกอบไนโตรเจนและวิตามิน จากเซลล์ของสาหร่าย ส่วนเชื้อราเองทำหน้าที่ยึดอยู่กับสิ่งยึด (substratum) โดยเส้นใยเล็กๆที่อยู่ตอน ล่างเรียกว่า ไรซีนี (rhizinae) เส้นใยเหล่านี้จะ ทำหน้าที่ดูดซับและลำเลียงน้ำขึ้นไปด้วย นอกจากนี้ยัง ซอนไซเข้าไปตามรอยแตกของหิน จึงมีบทบาทสำคัญ ต่อการสลายหินให้กลายเป็นดินโดยจะผลิตสารละลาย ที่มีคุณสมบัติเป็นกรดออกมาย่อยหินให้สึกกร่อน ประ- กอบเข้ากับปรากฏการณ์ทางกายภาพและชีวภาพ ทำ ให้เกิดเป็นหินก้อนขนาดเล็กลงพอที่พืชชนิดอื่นๆ ขึ้นได้ เช่น มอสส์ เฟิร์น และพืชดอกขนาดเล็กๆ ฉะนั้นใน แง่ของการทดแทนในธรรมชาติ (succession) ถือว่าไลเคนส์เป็นพวกแรกที่เข้าสลายหินให้กลายเป็นดิน สารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นกรด ที่ผลิตจากไลเคนส์นี้ อาจจะใช้ เป็นสิ่งกำหนดในการจัดหมวดหมู่ของ ไล-

เคนส์ไค้ด้วย ในจำนวนอินทรีย์สารที่กล่าวถึงนี้มีกรด
ชนิดหนึ่งชื่อ กรดอัสนิก(usnic) ซึ่งเป็นสารปฏิชีวนะ
(antibiotic) ต่อบักเตรีแกรมบวก และมีผลยับยั้ง
การเจริญของ Trebouxia ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียว
ในไลเคนส์บางชนิด



รูปที่ 4 แสดงลักษณะ soridia ก. soridia ที่ปล่อย
ออกมาจากส่วนของไลเคนส์ ข. ภาพขยาย
ส่วนของ soridia.

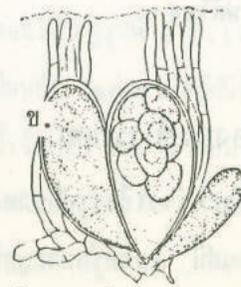
ไลเคนส์บางชนิด อาจมีทั้งสาหร่ายสีเขียวและสี
เขียวแกมน้ำเงินอยู่ร่วมกัน เช่น ไลเคนส์ชนิดหนึ่งชื่อ
Peltigera aphthosa (L) Willd มีสาหร่าย
สีเขียวชื่อ *Coccomyxa* รวมอยู่กับสาหร่ายสีน้ำเงิน
ชื่อ *Nostoc* ชนิดหลังนี้ สามารถตรึงไนโตรเจนใน
อากาศได้ นอกจากนี้ Richardson, Hill และ
Smith ได้แสดงให้เห็นว่า สาหร่ายในไลเคนส์ผลิต
อัลกอฮอล์บางชนิด เช่น ไรบิทอล (ribitol),
ซอร์บิทอล (sorbitol) และ อีริทริทอล (ery-
thritol) และน้ำตาลกลูโคสให้แก่เชื้อราอีกด้วย

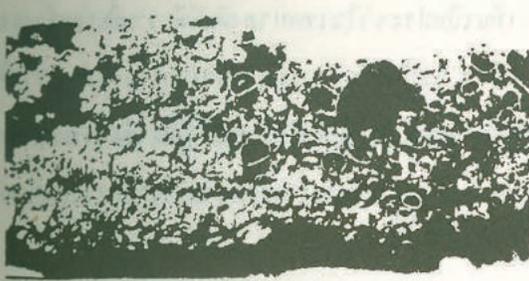


รูปที่ 5 ก. ลักษณะของแอสโคคาร์พ ข. แอสคัสที่มีสปอร์ที่มีเพศอยู่ภายใน

การขยายพันธุ์

การขยายพันธุ์ของไลเคนส์อาจเป็นไปได้ทั้งแบบ
อาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศ แบบที่ไม่อาศัยเพศ
เกิดขึ้นตามวิธีที่เรียกว่า การแตกออกเป็นส่วนย่อย
(fragmentation) โดยชิ้นส่วนของไลเคนส์ขาด
ออกไปแล้วเจริญเป็นต้นใหม่ได้ อีกวิธีหนึ่งไลเคนส์
จะสร้างหน่วยพิเศษที่ประกอบด้วยเชื้อราและสาหร่าย
จำนวนหนึ่ง หน่วยพิเศษนี้เรียกว่า ซอริเดียม (sori-
dia) เมื่อหน่วยพิเศษนี้ไปตกในที่ที่มีสิ่งแวดล้อมเหมาะ-
สมก็จะเจริญเป็นไลเคนส์ใหม่ได้ นอกจากนี้สาหร่าย
หรือเชื้อราเอง ก็สามารถสร้างสปอร์ชนิดที่ไม่มีเพศ
เมื่อสปอร์ของเชื้อรา ไปถึงในที่ที่มีเซลล์ของสาหร่าย
เจริญอยู่ทั้งสองก็จะรวมกันเข้ากลายเป็นไลเคนส์ใหม่
ได้ สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศนั้น เกิดขึ้นกับ
เชื้อราซึ่งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ เชื้อราในกลุ่มแอส-
โคไมซีตัสจะสร้างสปอร์ที่มีเพศขึ้นในกระเปาะที่เรียก
ว่า แอสคัส (ดูรูปที่ 5 ข.) กระเปาะที่กล่าวถึงนี้จะ
รวมกันอยู่ในโครงสร้างที่เรียกว่า แอสโคคาร์พ (ดูรูป
5 ก.) สำหรับแอสโคคาร์พนั้นอาจจะเป็นรูปทรงกลม
มีช่องเปิดเล็ก ๆ อยู่ตอนบนซึ่งเรียกว่า เพอริทีเซียม
(perithecium) หรืออาจจะเป็นรูปถ้วยซึ่งเรียกว่า
อโพทีเซียม (apothecium) ก็ได้ (ดูรูปที่ 6) หรือ
อาจจะมีรูปร่างอย่างอื่นเช่น ไลเคนส์ชื่อ *Cladonia*
cristalella จะชูส่วนของ ซอริเดียมสีแดงปรากฏ
เด่นชัดอยู่บนก้านที่ยื่นขึ้นไป เช่น ตรงครีในรูปที่ 7





รูปที่ 6 แสดงรูปร่างลักษณะที่พบตามธรรมชาติของ แอสโคคาร์พแบบ อโพทิเซียม ซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วย



รูปที่ 7 แสดงไลเคนส์ *Cladonia cristalella* ที่มีแอสโคคาร์พสีแดงชูลงบนก้าน

ประโยชน์ของไลเคนส์

ถึงแม้ว่าไลเคนส์จะไม่ค่อยได้รับความนิยมนำมาเป็นอาหารของคนทั่วไป แต่ก็มีรายงานว่าคนในแถบอาร์กติกของอเมริกาเหนือใช้ไลเคนส์เป็นอาหารของคนและสัตว์เลี้ยง ตัวอย่างเช่น ไลเคนส์ชนิดหนึ่งเป็นอาหารของกวาง ในอดีต ได้ใช้เป็นแหล่งของสีธรรมชาติบางชนิด และใช้เป็นสีทดสอบความเป็นกรดเป็นด่าง

นอกจากนี้ ไลเคนส์ยังมีความสำคัญต่องานวิจัยบางอย่าง เช่น เป็นสิ่งชี้บอกภาวะมลพิษในอากาศ เช่นปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศนั้น หากมีปริมาณมากถึงขีดหนึ่ง จำนวนของไลเคนส์ที่อาศัยอยู่ตามต้นไม้บริเวณนั้นจะลดลง เนื่องจากแก๊สดังกล่าว

เป็นพืชคือไลเคนส์

ลักษณะเฉพาะตัวที่มีความสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะลืมเสียไม่ได้ คือ แบบแผนการดำรงชีวิตคู่ที่ราบรื่น มั่นคง แน่นนอน และเสมอต้นเสมอปลาย กล่าวคือ ในชีวิตคู่อาจจะมีผู้บ้างที่ฝ่ายหนึ่งได้เปรียบ และอีกฝ่ายหนึ่งเสียเปรียบ แต่ต้องมีคนละที่จนได้ เช่น ตอนที่เชื้อรา ไซลอสทอเรีย เข้าไปดูดเอาอาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรต สารประกอบไนโตรเจน วิตามินและสารอื่น ๆ อีกมาจากเซลล์ของสาหร่ายนั้นก็ดูเหมือนกับว่า จากนั้นเชื้อราจะเอาเปรียบสาหร่ายไปหน่อยแต่ถ้ามองบทบาทอีกจากหนึ่งของเชื้อรา จะเห็นว่าเชื้อราเป็นผู้ให้ความชื้นอันเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย เชื้อราเป็นผู้ให้แหล่งพักพิง ซึ่งเปรียบเสมือนบ้าน คุ่มภัย คุ่มร้อน คุ่มหนาว ล้วนต้องใช้เส้นใยของเชื้อราทั้งนั้น คงพอจะทดแทนกันได้บ้างกระมัง ฉากชีวิตที่อดทนของคู่ชีวิตนี้ ก็น่าสรรเสริญยิ่งนัก Ahmadjian รายงานว่า ไลเคนส์ 5 ชนิดในเขตแอนตาร์กติก ซึ่งเป็นดินแดนที่มีภูมิอากาศหนาวจัด แต่ไลเคนส์ก็ยังดำรงชีพอยู่ได้ที่อุณหภูมิ -198 องศาเซลเซียส และยังสามารถสังเคราะห์แสงได้ที่อุณหภูมิ -18.5 องศาเซลเซียส ในด้านของความทนทานต่อความแห้งแล้ง ไลเคนส์ก็เป็นตัวอย่างที่ดีอีกเช่นกัน เพราะมีรายงานว่าไลเคนส์มีชีวิตอยู่ได้ทั้งๆ ที่มีความชื้นอยู่ในตัวเพียง 2-15% เท่านั้น

สรุป

จะเห็นว่าชีวิตคู่ทั้งสามแบบของไลเคนส์ไม่ว่าจะเป็นแบบ โพลีโอส, ครัสโทส หรือ ฟรุติโคส นั้นต่างก็มีโครงสร้างภายในคล้ายคลึงกัน คือ มีสาหร่ายเป็นแกนอยู่ภายใน เส้นใยของเชื้อรา ทำหน้าที่หุ้มอยู่เปลือกนอก ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้งสอง

นั้นต่างก็เอื้อเพื่อแผ้วถางซึ่งกันและกัน ไม่มีใครได้เปรียบเสียเปรียบ เรียกรวมกันแบบนี้ว่า แบบภาวะพึ่งพา การขยายพันธุ์นั้นเป็นไปได้ทั้งสองแบบคือ โดยการสืบพันธุ์ แบบอาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศ ชีวิตความเป็นอยู่ของไลเคนส์นั้น นักนิยมนิพจนานุกรม

เห็นเป็นประจำในเขตป่าดงดิบที่มีความชื้นค่อนข้างสูง แม้ว่า ในปัจจุบัน จะมีการนำเอาไลเคนส์ มาใช้ประโยชน์ต่อมนุษย์ยังไม่มากนัก แต่เชื่อว่าในอนาคตนั้น ไลเคนส์จะมีบทบาทต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์มากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- Bold, H.C. 1973. Morphology of Plants. New York : Harper & Row, Publishers. 668 pp.
- Hale, M.E. 1974. The Biology of Lichens. London: William Clowes & Sons, Limited. 181 pp.
- Hawksworth, D.L. and F. Rose. 1976. Lichens as Pollution Monitors. Southampton: The Camelot Press Ltd. 60 pp.
- Rost, T.L. and et al. 1979. Botany. New York: John Wiley & Sons. 404 pp.
- Saigo, R.H. and B.W. Saigo. 1983. Botany. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 537 pp.

จำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุดในยุค คอมพิวเตอร์

พรทิพย์ ติเรกสถาพร*

บทนำ

ความสามารถในการคำนวณปัญหาที่ซับซ้อน และซ้ำซาก และความสามารถ ในการแสดงผลการคำนวณได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว ทำให้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับการศึกษาคณิตศาสตร์ เช่น การทดสอบความเป็นจำนวนเฉพาะ (Primality) ของเลขจำนวนเต็มที่มีค่ามากในสมัยที่ไม่มีเครื่องคำนวณที่มีประสิทธิภาพสูงเหมือนปัจจุบันนี้ การทดสอบดังกล่าวเป็นงานที่เสียเวลาและน่าเบื่อ เช่น ในศตวรรษที่ 19 เคยมัณฑการศาสตร์ชาวออสเตรีย ชื่อ Kulik ใช้เวลานานถึง 20 ปี เพื่อสร้างตารางของจำนวนเฉพาะ (prime numbers) ที่น้อยกว่า 100,000,000 โดยการใช้ตะแกรงของเอราโตสเทเนส (the seive of Eratosthenes) แต่ปัจจุบันนี้ การสร้างตารางดังกล่าว โดยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถกระทำได้ภายในเวลาอันสั้นและแม้แต่การทดสอบความเป็นจำนวนเฉพาะของจำนวนที่มีค่ามากเป็น 100 หลัก ก็สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ประมาณเพียงแค่ 40 วินาที (Pomerance, 1982)

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับจำนวนเฉพาะ

จำนวนเฉพาะคือ จำนวนเต็มบวก p ที่มากกว่า 1 ซึ่งไม่มีจำนวนเต็มบวกใดหารลงตัวยกเว้น p และ 1 เราเรียกจำนวนเต็มบวกที่ไม่ใช่จำนวนเฉพาะและไม่ใช่ 1 ว่า จำนวนประกอบ (composite numbers)

จำนวนเต็มบวกที่มากกว่า 1 ใด ๆ สามารถเขียนเป็นผลคูณ ของจำนวนเฉพาะ โดยไม่คำนึงถึง ความแตกต่างของลำดับในผลคูณได้เพียงวิธีเดียวเท่านั้นเช่น $3 \cdot 5^2 \cdot 7$, $5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7$ และ $7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 5$ ถือว่า เป็นผลคูณของจำนวนเฉพาะเพียงวิธีเดียวของ 525 จากความเป็นจริงอันนี้ ยูคลิด (Euclid) นักคณิตศาสตร์ ชาวกรีก (ประมาณ 450-380 ปีก่อนคริสต์ศักราช) พิสูจน์ได้ว่า จำนวนเฉพาะมีอยู่ไม่จำกัด นอกจากนี้เราจะสังเกตได้ว่า ความถี่ของการมีจำนวนเฉพาะ เมื่อจำนวนเต็มมีค่ามากขึ้นจะลดน้อยลง ซึ่งสังเกตได้ง่ายๆว่า เราสามารถสร้างลำดับ ของจำนวนประกอบต่อเนื่องไปให้ยาวเท่าไรก็ได้ เช่น ถ้า m เป็นจำนวนเต็มบวก ใด ๆ จะได้ $m! + 2, m! + 3, \dots, m! + m$ เป็นลำดับของจำนวนประกอบต่อเนื่องกัน ยาวถึง $m-1$ ตัว ตารางที่ 1 แสดงจำนวนเฉพาะจาก 2 เรียงลำดับกันไป 1020 ตัว จะเห็นว่าในช่วง 1 ถึง 1000 มีจำนวน

* อาจารย์พรทิพย์ ติเรกสถาพร ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

* $m!$ = 2.3..... (m-1).m

เฉพาะ 168 ตัว ช่วง 1000 ถึง 2000 มี 135 ตัว และความถี่จะลดลงเรื่อยๆ จนถึงช่วง 7000 ถึง 8000 มีเพียง 107 ตัว เมื่อเป็นเช่นนี้จึงมีปัญหาว่า เมื่อกำหนดจำนวนเต็มบวก n ใด ๆ จะทราบได้อย่างไรว่า n เป็นหรือไม่เป็นจำนวนเฉพาะ วิธีการที่ง่ายที่สุดในการตอบปัญหานี้ก็คือการทดสอบโดยวิธีใช้ตัวลองหาร (trial divisor method) คือ การทดสอบโดยการหาร n ด้วยจำนวนเต็มบวกที่ไม่ใช่ 1 และน้อยกว่า n ซึ่งอาจจะทำให้ต้องทดสอบหาร n ด้วย ตัวลองหาร (trial divisors) ถึง $n-2$ ตัว แต่เรามีวิธีการลดจำนวน ตัวลองหารในการทดสอบให้น้อยลง โดยอาศัยหลักความจริงที่ว่า "สำหรับจำนวนประกอบ n ใดๆ จะมีจำนวนเฉพาะ p ซึ่ง $p < \sqrt{n}$ ที่หาร n ลงตัวเสมอ" เช่น การทดสอบ 97 ว่าเป็นหรือไม่เป็นจำนวนเฉพาะ เราก็ทดสอบว่ามีตัวลองหารที่เป็นจำนวนเฉพาะ p ซึ่ง $p < \sqrt{97}$ ที่หาร 97 ลงตัวหรือไม่ ในที่นี้จะเห็นว่า 2, 3, 5 และ 7 หาร 97 ไม่ลงตัว จึงสรุปได้ว่า 97 เป็นจำนวนเฉพาะ (เพราะถ้า 97 เป็นจำนวนประกอบก็ต้องมีจำนวนเฉพาะที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ $\sqrt{97}$ หาร 97 ลงตัว ซึ่งได้ทดสอบแล้วว่าไม่มี)

สถิติการทดสอบ

เป็นเวลานานหลายปีที่เกี่ยวข้องตั้งแต่มนุษย์เริ่มสนใจและศึกษาเรื่องของจำนวนจนถึงปี ค.ศ. 1914 จำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุดที่ได้รับการทดสอบคือ $2^{127}-1$ เรียกว่าจำนวนเฉพาะเมอร์ซินตัวที่ 12* (the 12th Mersenne prime) หรือ M_{127} ซึ่งเป็นจำนวนเฉพาะที่มี 39 หลัก คือ

$$M_{127} = 2^{127} - 1 = 170\ 141\ 183\ 460\ 469\ 231\ 731\ 687\ 303\ 715\ 884\ 105\ 727$$

นับได้ว่า M_{127} เป็นจำนวนเฉพาะเมอร์ซินตัวสุดท้ายที่ค้นพบ โดยไม่ได้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ และเป็นจำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุดอยู่จนจนถึงยุคคอมพิวเตอร์ ที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะว่าถึงแม้ว่าเราสามารถลดจำนวนตัวลองหารลงได้ การทดสอบโดยวิธีใช้ตัวลองหารก็ยังคงไม่สะดวกและใช้เวลานานเกินไป เช่น ในการทดสอบ $2^{44,497}-1$ ซึ่งพบว่าเป็นจำนวนเฉพาะที่มี 13,395 หลัก ถ้าทดสอบโดยใช้ตัวลองหารทั้งหมดที่เป็นจำนวนเต็มคี่ที่น้อยกว่ารากที่สองของ $2^{44,497}-1$ และสมมุติว่าเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบสามารถกระทำการหารถึงหนึ่งล้านครั้งใน 1 วินาที จะได้ว่าเวลาที่ใช้ในการทดสอบจะนานถึง $10^{6,684}$ ปี ดังนั้นจึงมีผู้พยายามคิดค้นวิธีการทดสอบโดยไม่ขึ้นกับตัวลองหารซึ่งต้องอาศัยความรู้ขั้นสูงเกี่ยวกับทฤษฎีจำนวน เมื่อนำความรู้นี้มาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์ก็จะช่วยให้การทดสอบกระทำได้กับจำนวนเต็มที่มีค่ามากเกินความสามารถของมนุษย์ และที่ได้รับความสำเร็จมากที่สุดคือ การทดสอบหาจำนวนเฉพาะเมอร์ซิน ซึ่งหลังจากปี ค.ศ. 1952 (เป็นปีที่มีการนำเครื่องคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการทดสอบครั้งแรก) มีผู้ทำลายสถิติการทดสอบพบจำนวนเฉพาะเมอร์ซินที่ใหญ่ที่สุดกันถึง 16 ครั้ง ครั้งสุดท้ายในเร็ววันนี้ มีผู้ทดสอบได้ว่าจำนวนเฉพาะเมอร์ซินตัวที่ 28 คือ $M_{132049} = 2^{132049}-1$ เป็นจำนวนเฉพาะที่มีถึง 39,751 หลัก ซึ่งมีค่ามากเกินความสามารถของมนุษย์ที่จะทดสอบได้ด้วยตนเอง (ตารางที่ 2 แสดงจำนวนเฉพาะเมอร์ซินตัวแรกถึงตัวที่ 28)

* เรียกตามชื่อนักคณิตศาสตร์ชาวฝรั่งเศส Marin Mersenne (ค.ศ. 1588 - ค.ศ. 1648) ซึ่งสนใจศึกษาจำนวนเฉพาะที่อยู่ในรูป 2^p-1 โดย p เป็นจำนวนเฉพาะ เราทราบว่าถ้า 2^p-1 เป็นจำนวนเฉพาะจะได้ว่า p เป็นจำนวนเฉพาะด้วย แต่บทกลับของข้อความนี้ไม่เป็นจริง และยังไม่มียุคพิสูจน์ได้ว่าจำนวนเฉพาะเมอร์ซินมีจำกัดหรือไม่จำกัดตัว

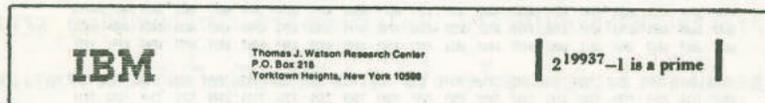
ตารางที่ 2

ลำดับ	จำนวนเฉพาะ p ที่ $2^p - 1$ เป็นจำนวนเฉพาะเมอร์ซิน	$2^p - 1$	ปีที่ทดสอบได้ว่าเป็นจำนวนเฉพาะ	ทดสอบโดย	เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้
1	2	3	ไม่ระบุชื่อ	กล่าวถึงใน EUCLID'S ELEMENTS	
2	3	7			
3	5	31			
4	7	127	ค.ศ. 1461	กล่าวถึงใน CODEX LAT.MONAC.14908	
5	13	8191			
6	17	131071			
7	19	524287			
8	31	2147483647			
9	61	2305851009213693951			
10	89	มี 27 หลัก			
11	107	มี 33 หลัก			
12	127	มี 39 หลัก			
13	521	มี 157 หลัก			
14	607	มี 183 หลัก	ค.ศ. 1588	PIETRO ANTONIO CATALDI	
15	1279	มี 386 หลัก			
16	2203	มี 664 หลัก	ค.ศ. 1772	LEONHARD EULER	
17	2281	มี 687 หลัก			
18	3217	มี 969 หลัก	ค.ศ. 1883	I.M.PERVOUCHINE	
19	4253	มี 1,281 หลัก			
20	4423	มี 1,332 หลัก	ค.ศ. 1911	R.E. POWERS	
21	9689	มี 2,917 หลัก			
22	9941	มี 2,993 หลัก	ค.ศ. 1914	R.E. POWERS, E.FAUQUEMBERGE	
23	11213	มี 3,376 หลัก			
24	19937	มี 6,002 หลัก	ค.ศ. 1876-ค.ศ. 1914	EDOUARD LUCAS, E.FAUQUEMBERGE	
25	21701	มี 6,533 หลัก			
26	23209	มี 6,987 หลัก	ค.ศ. 1952	RAPHAEL M. MOBINSON	SWAC
27	44497	มี 13,395 หลัก			
28	132049	มี 39,751 หลัก	ค.ศ. 1957	HANS RIESEL	BESK
			ค.ศ. 1961	ALEXANDER HURWITZ	IBM - 7090
			ค.ศ. 1963	DONALD B. GILLIES	ILLIAC - II
			ค.ศ. 1971	BRYANT TUCKERMAN	IBM 360/91
			ค.ศ. 1978	LAURA NICKEL, CURT NOLL	CDC-CYBER-174
			ค.ศ. 1979	CURT NOLL	CDC-CYBER-174
			ค.ศ. 1979	HARRY L.NEISON, DAVID SLOWINSKI	CRAY-1
			คู่มือขยายตาราง		

ตารางที่ 2 ได้จาก (Pomerance, 1982) และได้จาก (Gruenberger, 1984) ซึ่งกล่าวว่า M_{132049} เป็นจำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุด ที่เพิ่งผ่านการทดสอบ และ Pomerance (1982) กล่าวว่าหลังจากที่พบ M_{27} แล้ว David Slowinski และ Harry L.Nelson แห่ง Lawrence Livermore Laboratory ได้ทดสอบจำนวนเต็มในรูป $2^p - 1$ ต่อไปจนถึง $p = 50,000$ โดยไม่พบว่าจำนวนใดเป็นจำนวนเฉพาะเมอร์ซิน และหลังจากนั้น Guy M.Haworth, Steven M.Holmes, David J. Hunt, Thomas W.Lake และ Stewart F. Reddaway แห่ง International Computing Limited ได้ทดสอบต่อไปด้วยเครื่อง ICL - DAP จนถึง $p = 62,982$ โดยไม่พบจำนวนเฉพาะเมอร์ซินแต่อย่างไร นอกจากนี้ Carl Pomerance กล่าวอ้างถึง David Slowinski ว่า ในการทดสอบว่า $2^{8191} - 1$ ไม่ใช่จำนวนเฉพาะนั้นใช้เวลา 100 ชั่วโมงกับเครื่อง ILLIAC - I, 5.2 ชั่วโมงกับ IBM 7090, 49 นาที กับ ILLIAC - II, 3.1 นาทีกับ IBM 360/91 และ 10 วินาทีกับ CRAY - 1



รูปที่ 1 (จาก Gardner, 1977)



รูปที่ 2 (จาก Gardner, 1977)

สรุป

จะเห็นว่าด้วยการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้มีการค้นพบจำนวนเฉพาะที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขีดความสามารถของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ถูกสร้างขึ้นบวกกับความสามารถในการนำความรู้ทางคอมพิวเตอร์และความรู้ทางทฤษฎีจำนวนมาใช้ และ M_{132049} ก็ยังคงเป็นจำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุดในโลกต่อไปจนกระทั่งมีการทำลายสถิติกันอีกในอนาคต

ภาคผนวก

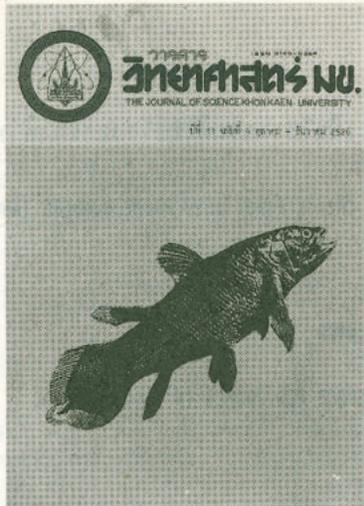
โปรแกรมภาษา BASIC นี้ เป็นโปรแกรมที่ใช้สร้างตารางที่ 1

```

10 REM THIS PROGRAM CREATE FIRST 1020 PRIME NUMBERS TABLE
20 DIM P(1020)
30 P(1) = 2:P(2) = 3
40 PRINT " 2 3";
50 I = 2: REM PRIME COUNTER
60 P = 3
70 C = 1000: REM LINE SPACE FOR PRIMES IN 1000 INTERVAL
80 A$ = ""
90 P = P + 2
100 J = 2
110 LD = SQR (P): REM LIMIT FOR TRIAL DIVISOR
120 IF P / P(J) = INT (P / P(J)) THEN GOTO 90
130 J = J + 1
140 IF J < LD THEN GOTO 120
150 I = I + 1
160 P(I) = P: REM P IS A NEW PRIME
170 P$ = STR$ (P)
180 IF LEN (P$) < 6 THEN P$ = " " + P$: GOTO 180
190 IF P > C THEN PRINT A$: GOSUB 250
200 A$ = A$ + P$
210 IF INT (I / 20) = I / 20 THEN PRINT A$:A$ = ""
220 IF I = 1020 THEN GOTO 240
230 GOTO 90
240 END
250 L = LEN (A$)
260 A$ = ""
270 C = C + 1000
280 FOR K = 1 TO L:A$ = A$ + " ": NEXT K
290 RETURN
    
```

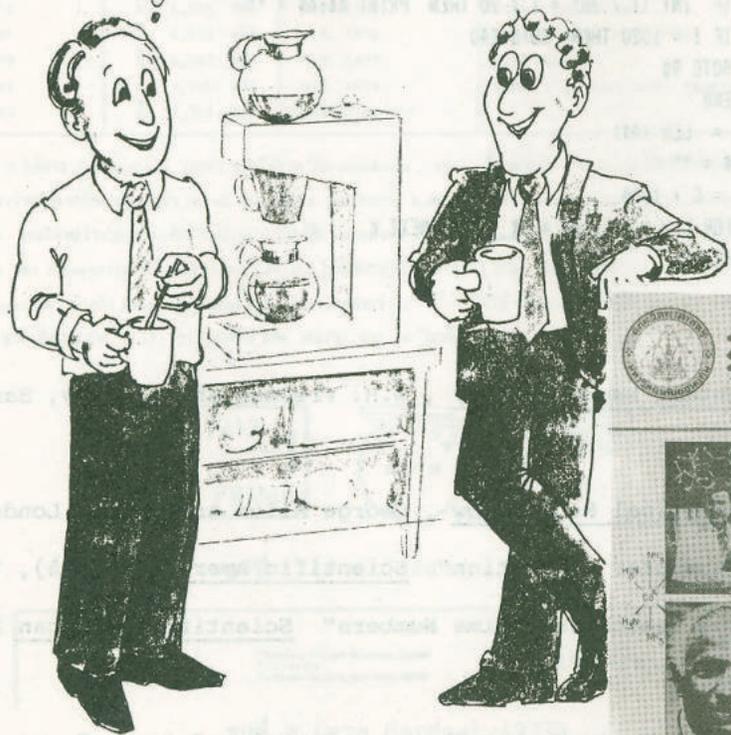
บรรณานุกรม

- Dudley, U. Elementary Number Theory , W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1969.
- Gardner, M. Mathematical Magic Show , George Allen and Unwin, London, 1977.
- Gruenberger, F. "Computer Recreation" Scientific American 250(4), 10-14(1984).
- Pomerance, C. "The Search for Prime Numbers" Scientific American 247(6), 122-130(1982).
- Spencer, D.D. Computers in Number Theory , Computer Science Press, 1982.
- Stewart, B.M. Theory of Number , The Macmillan Company, New York, 1964.



ผมเห็นค้วมานานแล้วครับ
และผมก็กำลังจะเขียนบทความ
กับผลงานวิจัยของผมส่งไปลง

บ้านเราจะพัฒนา
ด้านวิทยาศาสตร์
เขียนบทความวิทยาศาสตร์
กันมากขึ้น
หรือคุณคิดทว่าอย่างไร?



อย่างนี้สิ ถึงเรียกว่า
"เป็นคนที่มีคุณค่าแก่สังคม"

วิตามินรักษาโรคมะเร็งได้จริงหรือ

พัฒนา เห็นแสงหงษ์*

บทนำ

ความต้องการอาหารหลัก 5 หมู่ คือ โปรตีน เพื่อช่วยเสริมสร้างกล้ามเนื้อและซ่อมแซมส่วนสึกหรอของร่างกาย คาร์โบไฮเดรต และ ไขมัน เพื่อให้ความอบอุ่นโดยเป็นแหล่งพลังงาน ผัก และ ผลไม้ เพื่อทำให้สดชื่น แข็งแรงและขับถ่ายได้สะดวก ถ้าขาดอาหารร่างกายจะนำคาร์โบไฮเดรตที่เก็บไว้ (ไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อ) มาใช้ใน 12-24 ชั่วโมงแรก จากนั้นจะใช้ไขมันและโปรตีนที่สะสมไว้ใน 2-4 สัปดาห์แรกต่อไปจึงใช้เนื้อเยื่อของเซลล์ซึ่งเป็นโปรตีน ซึ่งพอใช้ไปได้ครึ่งหนึ่งเซลล์ตาย ดังนั้นคนจึงมักตายหลังการอดอาหาร 4-7 สัปดาห์¹

อาหารทุกประเภทมีวิตามินอยู่ด้วย วิตามินไม่ใช่แหล่งพลังงานหรือโครงสร้างของสิ่งมีชีวิต หากมีหน้าที่ทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงอยู่ได้โดยปกติ วิตามินมีความสำคัญต่อปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต ร่างกายต้องการวิตามินปริมาณเล็กน้อย เมื่อขาดจะทำให้เกิดโรค สิ่งมีชีวิตไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินทุกชนิดได้เอง ต้องได้จากอาหาร การขาดอาหารจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ขาดวิตามิน ปัจจุบันมีการค้นพบว่าวิตามินสามารถป้องกันและรักษาโรคมะเร็งได้ นับว่าเป็นเรื่องน่าติดตามศึกษาอย่างยิ่ง

อาหารที่ได้มาตรฐาน

อาหารที่ได้มาตรฐานทำให้มนุษย์ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติสุข ท่านสามารถทราบปริมาณอาหารมาตรฐานในแต่ละวันได้โดยศึกษาจากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าอาหารที่ได้มาตรฐานจะต้องมี วิตามินเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าคนในแต่ละประเทศต้องการอาหารธาตุและวิตามินปริมาณต่างกันทั้งนี้แล้วแต่สภาพน้ำหนักของร่างกาย อายุและสภาพการทำงาน²⁻⁵

วิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายมีทั้งชนิดละลายในน้ำและละลายในไขมัน²⁻⁵ ดังแสดงใน(ตารางที่ 2)

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์พัฒนา เห็นแสงหงษ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 2 วิตามินที่จำเป็นสำหรับมนุษย์ 2-5

วิตามิน (ละลายในไขมัน)	แหล่งเกิดทั่วไป	แหล่งสะสม ในร่างกาย	ความ สำคัญ	การขาด		การได้รับเกินปริมาณ	
				อาการ	อาการ	เนื้องอก	อาการ
เอ							
เอ ₁ (เรตินอล)	เนย ไข่ คาโร	เซลล์เยื่อ	วิญญกร	ขาดอา	ตาบอดกลาง	ให้ยา	เร่งการเจริญของ
เอ ₂ (ดีไฮโดรเร	พืช ผักสีเขียว	ตับและเซลล์	การมองเห็น	หารหรือ	คัน ลุคตาแห้ง	เกิน	กระตุ้น เกิดอาการ
เอ ₃ (นิโคตินอ	เนื้อสัตว์หรือส้ม	คพฟเพอร์ซิง	เคราะห้ผิว	ตับอก	ไม่เจริญ ผิว	ขนาด	ทางประสาทใน
	น้ำมันจากปลา	อยู่ในตับ	โคโพล	เส้น	หนังเป็นเกล็ด ๆ		เด็กอาจเป็นโรค
			ซึคคาไรด์		ขาดวิตามิน		ให้ผิวหนัง
บี ₁ (ไทลแกล	นม เนย ไข่	ตับ ผิวหนัง	ดีแคด	ขาดอู	และปอดบวม	ให้ยา	กระตุ้น
บี ₂ (เพอรอล)	นม ไข่ 7-คโฮ	สมองและ	เซียมและ	หารหรือ	กระตุ้นอ่อน	เกิน	ประสาทบอบ
บี ₃ (เออร์โก	โคโรโคเล	อวัยวะอื่น ๆ	ฟอสฟอรัส	ตับอก	พันผู้ กล้ามเนื้อ	ขนาด	เจียน ท้องเสีย
บี ₆ (ไพริ	เนื้อสัตว์ ผัก		ไปใช้	เส้น โรค	ขาดและแขน		ไม่สามารถตั้ง
บี ₁₂ (โคบาล	เนื้อสัตว์ ไข่		แรงเอน	เส้น ไข้	ขาด		แคลเซียมอ่อน
ซี (แอสคอร์	ผลไม้รสเปรี้ยว		ไซมฟอส	ตุ้งครุภ	ขาด		ออกจากรกระดูก
ดี (แคลเซ	นม ไข่ ปลา		ฟาเทส	ถั่ว	ขาด		
อี (โทโค	ไขมันสัตว์		การขับ	ไขมัน	ขาด		
เค (ฟอส	เนื้อสัตว์		การสัง	มาก	ขาด		
เค ₂ (ไฮดร	เนื้อสัตว์		เคราะห์		ขาด		
เค ₃ (ไท	เนื้อสัตว์		โปรตีน		ขาด		

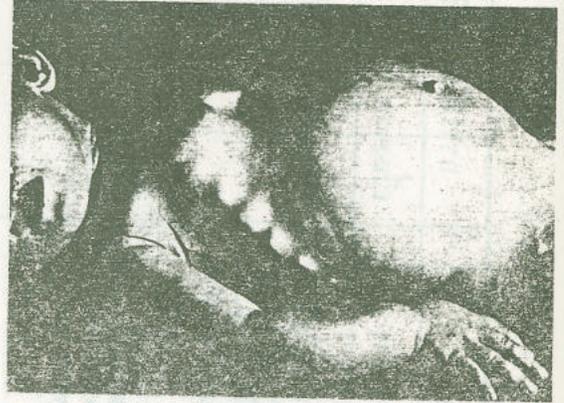
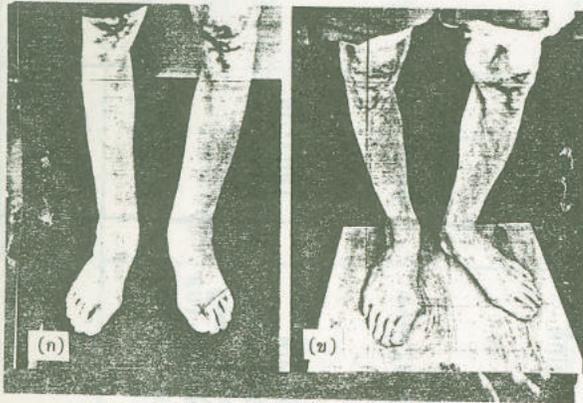
ตารางที่ 2 (ต่อ)²⁻⁵

วิตามิน (ละลายในไขมัน)	แหล่งเกิดทั่วไป	แหล่งสะสมในร่างกาย	ความสำคัญ	การขาด		การได้รับเกินปริมาณ	
				เนื่องจาก	อาการ	เนื่องจาก	อาการ
อี (แอลฟา-โทโคเฟอรอล)	อาหาร ฝักใบเขียว ยอดอ่อนของข้าวสาลี น้ำมันพืช	ไขมัน	กับการออกซิเดชันของวิตามินเอและวิตามินอีในเนื้อเยื่อไขมัน วิตามินอีช่วยป้องกันการแข็งตัวของหลอดเลือด	ไม่ทราบ	ถ่ายยัสสาวะ ลำบาก	ไม่ทราบ	ใช้ฟอสฟอรัสหมด
เค เค ₁ เค ₂ เค ₃ (เมนนาไดโอน)	อาหาร ฝักสีเขียว มะเขือเทศ ฝักส้ม	ตับ		ขาดโปรตีน พรอมบิน	เลือดไหลไม่หยุด		โลหิตจางซีดร้ายแรง
วิตามิน (ละลายในน้ำ)	แหล่งเกิดทั่วไป	แหล่งสะสมในร่างกาย	ความสำคัญ	เนื่องจาก	อาการ	เนื่องจาก	อาการ
บี-ธูอมเพลกซ์ บี ₁ (ไทอามิน)	ยีสต์ เนอส์ตล์ เมล็ดพืช แห้งไปลือก ไข่ นม ฝักสีเขียว	ตับ หัวใจ	เป็นโคเอนไซม์ในการออกซิเดชันของกรดแลคติก	โรคพิษสุราเรื้อรัง ขาดอาหาร	เป็นโรคเหน็บชา เหน็บยลีปวดศีรษะ ขาดสมาธินอนไม่หลับ ประสาทอ่อนไหว ไม่เกรียงยหรือเป็นเมือก เส้นเลือดเข้าหัวใจ ตับ กระพ่น	ฉีดเข้าเส้น หรือกล้ามเนื้อ	ไม่เป็นพิษ

ตารางที่ 2 (ต่อ)²⁻⁵

วิตามิน (ละลายในน้ำ)	แหล่งเกิดทั่วไป	แหล่งสะสม ในร่างกาย	ความสำคัญ	การขาด		การได้รับเกินปริมาณ	
				อาการ	อาการ	เนื่องจาก	อาการ
บี ₂ (ไรโบฟลาวิน)	ตับ หัวใจ เนื้อ สัตว์ ไข่ นม ยีสต์ ยอดอ่อน ข้าวสาลี ผักใบ เขียว ฯลฯ	เนื้อเยื่อ	เป็นโคเอนไซม์ในเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และกรดอะมิโน	เนื่องจาก	อาการ	เนื่องจาก	อาการ
ในอาซีน (กรดนิโคตินิก)	ตับ หัวใจ เนื้อ สัตว์ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่ว ฝรัง มะเขือเทศ ส้ม	ตับ	เป็นโคเอนไซม์ช่วยการออกซิเดชัน	ขาดอาหาร	อาการ	ขาดอาหาร	ไม่มี
บี ₆ (ไพริดอกซิน)	ตับ ยีสต์ เนื้อสัตว์ เมล็ดพืชบางเปลือก	ตับ	เป็นโคเอนไซม์ในเมตาโบลิซึมของกรดอะมิโนและกรดไขมัน	ขาดอาหาร	อาการ	ขาดอาหาร	ไม่มี
บี ₁₂ (โคบาลามิน)	เนื้อ นม ไข่ ตับ ไต หอยนางรม	ตับ ไต	เป็นโคเอนไซม์ของเมตาโบลิซึมในเซลล์ สิวากรดนิวคลีอิก สร้างเม็ดโลหิตแดง	เยื่อเมือก ของกระเพาะ อาหาร	อาการ	ขาดอาหาร	ไม่มี
ซี (กรดแอสคอร์บิก)	พริกไทย ฝรั่ง ถั่วลิสง ถั่ว เนย กล้วย และผลไม้สด	ไม่สะสม	ป้องกันการทำลายเซลล์	ขาดอาหาร ทานแอส ไพริน	อาการ	ขาดอาหาร	ไม่มี

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าวิตามินทุกชนิดมีอยู่ในอาหารหลักทั้ง 5 หมู่นี้เอง และถ้าขาดวิตามินก็จะเกิดโรคต่าง ๆ (ดูรูปที่ 1-4)

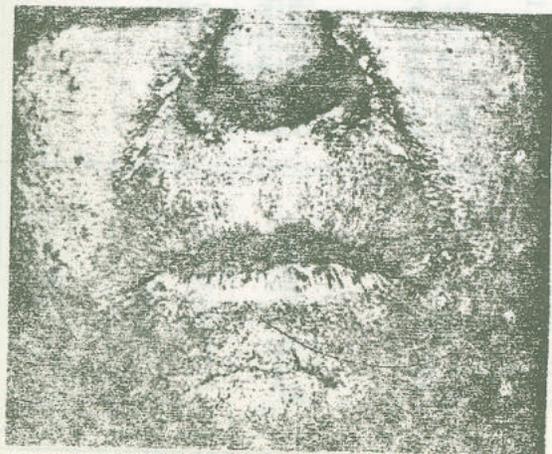


รูปที่ 1 ก. ผู้ป่วยเท้าบวมและหัวเข่าบวม (โรคเหน็บชาชนิดเปียก, wet beriberi) ข. หลังการรักษาด้วยการฉีดไทอามีน 50 มิลลิกรัมเข้าเส้นเลือดดำ 4 วัน (2)

รูปที่ 2 โรคกระดูกอ่อน (ricketic rosary) ซึ่งเกิดในเด็กที่ขาดวิตามินดีจะเห็นรอยต่อของซี่โครงและส่วนปลายของกระดูกแขนขยายออก (2)



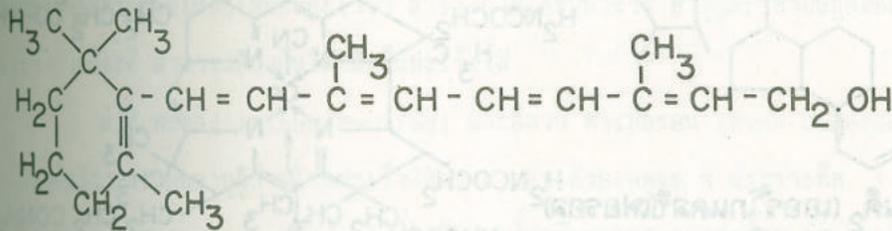
รูปที่ 3 (ซ้าย) ผู้ป่วยด้วยโรคเพลลากรา ขั้นรุนแรงจะเห็นผิวหนังบริเวณคอ แขนและหลังมือแดงและไหม้ (ขวา) หลังการรักษาด้วยนิโคตินามิด (2)



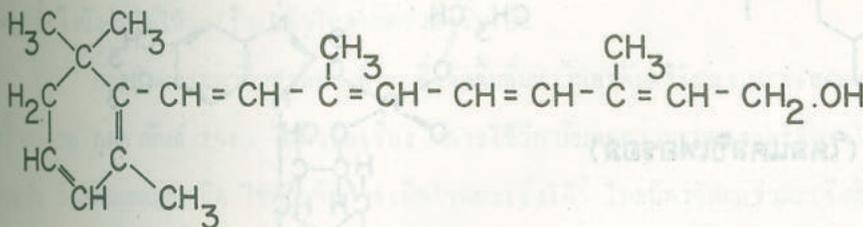
รูปที่ 4 โรคผิวหนังบริเวณรอยพับของ จมูกและคางของผู้ป่วยที่ขาดฟิร็อกซิน (2)

2,3,5,6
โครงสร้างของวิตามิน

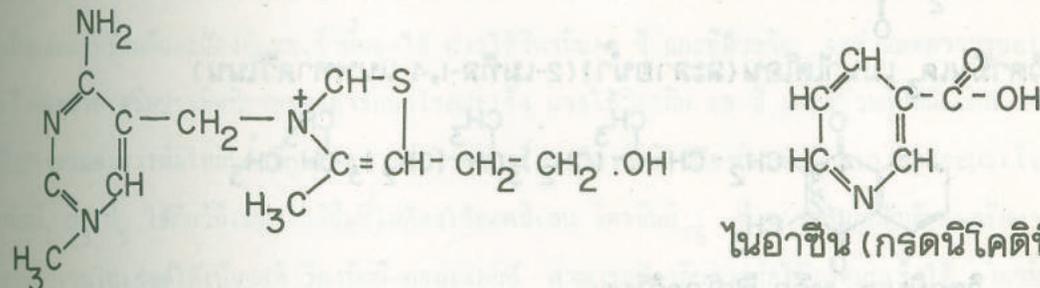
สามารถศึกษาโครงสร้างของวิตามินได้ในรูปที่ 5, 6



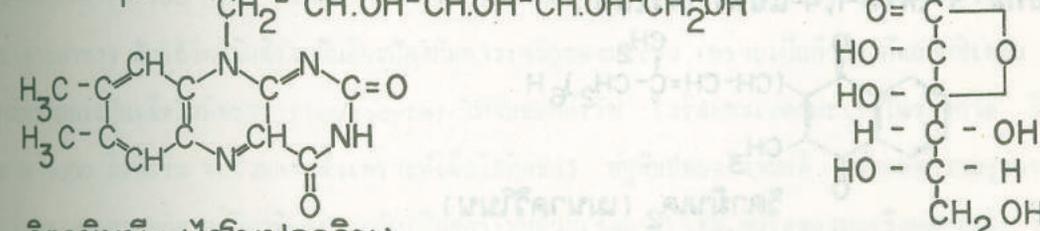
วิตามินเอ₁ (เรตินอล)



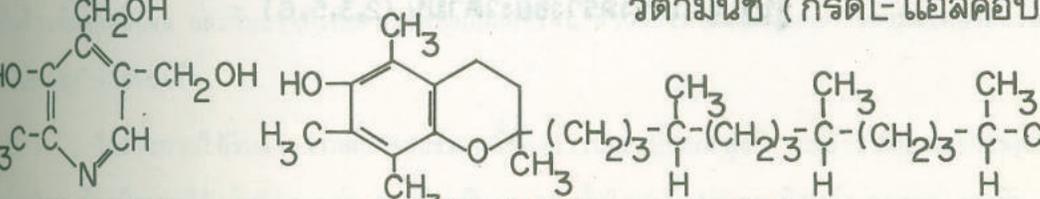
วิตามินเอ₂ (ดีไฮโดรเรตินอล)



วิตามินบี₁ (ไทอามีน)



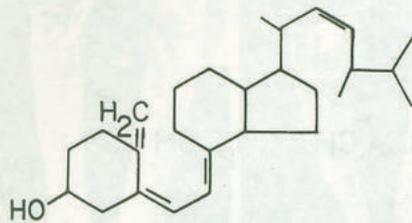
วิตามินบี₂ (ไรโบฟลาวิน)



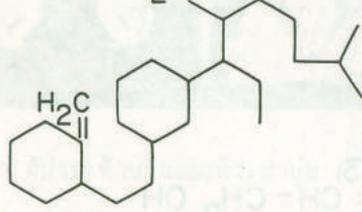
วิตามินบี₆ (ไพริดอกซีน)

วิตามินอี (แอลฟา-โทโคเฟอรอล)

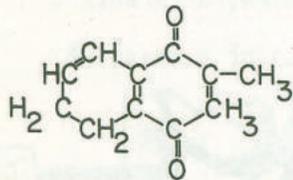
รูปที่ 5 โครงสร้างของวิตามิน (2,3,5,6)



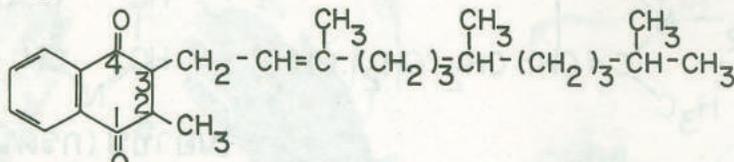
วิตามินดี₂ (เออร์โกแคลซิเฟอรอล)



วิตามินดี₃ (โคเลแคลซิเฟอรอล)

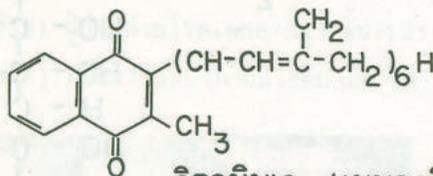


วิตามินเค₃ เมนาไดโอน (ละลายน้ำ) (2-เมทิล-1,4-แนพทาคิวโนน)



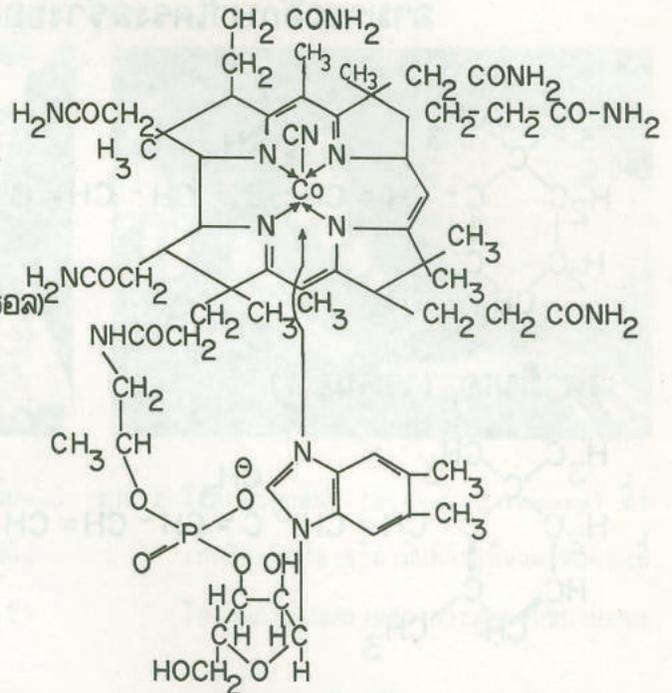
วิตามินเค₁ หรือ ฟิลโลควิโนน

(2-เมทิล-3-ไฟทิล-1,4-แนพทาคิวโนน)



วิตามินเค₂ (เมนาควิโนน)

รูปที่ 6 โครงสร้างของวิตามิน (2,3,5,6)



วิตามินบี₁₂ (โคบาลามิน)

การใช้วิตามินลดความรุนแรงและรักษาโรคมะเร็ง

ได้มีรายงานของคัมบลิว.เจ.แมคคอร์มิก (W.J.McCormick) เมื่อปี ค.ศ. 1954 ว่า "มะเร็งเป็นโรครึ่งหนึ่งที่ก่อลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นซีเมนที่อยู่ระหว่างเซลล์ หรือโรคาควิตามินซี" โดยนักวิทยาศาสตร์หลายท่านให้ข้อเสนอแนะไว้ว่า ถ้าร่างกายได้รับอาหาร ธาตุและวิตามินถูกสัดส่วน ระบบต้านทานของร่างกายก็จะดี สามารถป้องกันไม่ให้เป็นมะเร็งได้

ลินัส พอลลิง (Linus Pauling) และอีแวน คาเมอรอน (Evan Cameron) ได้ทำการวิจัยพบว่า วิตามินซีสามารถยืดอายุผู้ป่วยโรคมะเร็งได้ถึง 4 เท่า ด้วยเหตุผล 3 ประการคือ 1. ระวังความว่องไวของไฮยาลูโรนิเดส (hyaluronidase) ซึ่งเป็นสารที่ถูกขับออกมาจากเซลล์มะเร็ง และไปทำลายเซลล์ปกติ 2. เพิ่มความแข็งแรงของคอลลาเจน กันไม่ให้เซลล์ปกติถูกทำลาย 3. ทำให้สารก่อให้เกิดมะเร็ง (cacinogens) หมกหมุก จึงบังคับไม่ให้มะเร็งเจริญในตำแหน่งที่เริ่มเป็น

การสัมมนาแห่งชาติครั้งที่ 1 ซึ่งจัดขึ้นที่มหาวิทยาลัยอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา ระหว่างวันที่ 23-26 กุมภาพันธ์ 2525 ในหัวข้อเรื่อง "การใช้วิตามินลดความรุนแรงและรักษาโรคมะเร็ง" สรุปได้ว่า วิตามินแทบทุกชนิด ใช้ป้องกันการเกิดโรคมะเร็งได้⁷ โดยนักวิจัยพบว่า มะเร็งผิวหนังเกิดจากการขาดวิตามินเอ เรตินอยด์ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของวิตามินเอ ใช้ป้องกันมะเร็งผิวหนังได้ และยังใช้ป้องกันการสร้างสารก่อให้เกิดมะเร็งในต่อมไขมัน หลอดอาหาร ผิวหนัง ปอด และ กระเพาะปัสสาวะของสัตว์ทดลองได้ด้วย ถ้าใช้วิตามินเอและซีร่วมกันจะป้องกันมะเร็งที่ปอดได้ การใช้วิตามินเอ ซี และอีด้วยกัน จะช่วยลดความรุนแรงของมะเร็งและช่วยเสริมประสิทธิภาพของยารักษาโรคมะเร็ง การใช้วิตามิน เอ ซี และอีร่วมกับซีลีเนียม ช่วยให้คนรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำมีภูมิคุ้มกันต่อโรคมะเร็ง วิตามินบีใช้ป้องกันมะเร็งทรวงอกและมะเร็งมดลูก วิตามินบี₂ บี₃ บี₅ ใช้กันวิดิเมตาโบลิซึมที่ไม่ต้องใช้ออกซิเจน วิตามินบี₁₅ ช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันและรักษาระดับของออกซิเจนในเซลล์ให้เป็นปกติ วิตามินบี-คอมเพลกซ์ สามารถป้องกันสารก่อให้เกิดมะเร็งได้ วิตามินซีที่มีปริมาณมากพอ (> 100 กรัม) ช่วยกันไม่ให้สารก่อให้เกิดมะเร็ง ทำลายเซลล์ในระยะแรกและรักษามะเร็งกระเพาะอาหาร ถ้าใช้วิตามินซีร่วมกับอีจะป้องกันการเจริญของมะเร็ง เพราะเป็นตัวป้องกันออกซิเคชัน โดยวิตามินซีไปกระตุ้นเม็ดโลหิตขาว (leukocyte) ให้จับแบคทีเรีย ไวรัสและเซลล์มะเร็งในร่างกาย วิตามินปริมาณ 5000 มิลลิกรัม จะช่วยการสังเคราะห์เม็ดโลหิตขาว อนุพันธ์ของวิตามินดี ช่วยลดความรุนแรงของมะเร็งทรวงอกบางชนิด แต่วิตามินดีเองกลับเป็นฮอร์โมนช่วยเร่งการเจริญเติบโตของมะเร็งหลายชนิด วิตามินอีเป็นตัวเพิ่มออกซิเจน และจับแรดดิคัลอิอิสระที่ขับออกซิเจน ช่วยกันไม่ให้เซลล์แตก วิตามินเคช่วยประสิทธิภาพในการทำลายมะเร็ง

สรุป ถ้าร่างกายได้รับอาหารหลักครบปริมาณที่ต้องการก็จะเป็นปกติสุขดี แต่ถ้าขาดอาหารจะพลอยขาดวิตามินด้วย จึงเป็นเหตุให้เกิดโรค เช่น ขาดวิตามินเอ จะเป็นโรคเกี่ยวกับตา ผิวหนัง กระจก และฟัน ขาดวิตามินบี จะเป็นโรคเหน็บชา โรคผิวหนังหรือโลหิตจาง ขาดวิตามินซีจะเป็นโรคโลหิตจาง ปวดบวมที่ข้อหรือโลหิตจาง ขาดวิตามินดีจะเป็นโรคกระดูกอ่อน ฟันผุ และถ้าขาดวิตามินเค เลือดจะไหลไม่หยุด

เมื่อ 2 ปีที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์จากทั่วโลก ได้รวบรวมงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิตามินลดความรุนแรงและรักษาโรคมะเร็ง โดยรายงานไว้ว่า วิตามินเอป้องกันไม่ให้เกิดมะเร็งผิวหนัง วิตามินบีป้องกันมะเร็งทรวงอกและมะเร็งมดลูก วิตามินซีรักษามะเร็งกระเพาะอาหารได้ อนุพันธ์ของวิตามินดีช่วยลดความรุนแรงของมะเร็งทรวงอกบางชนิด และวิตามินเคช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายมะเร็ง จึงทำให้คาดไว้ว่าในอนาคตอันใกล้ก็คงจะสามารถรักษาโรคมะเร็งได้ด้วยวิตามินเป็นแน่

เอกสารอ้างอิง

1. Guyton, A. C., Physiology Of The Body, W. B. Saunders Co, 5th ed., Philadelphia, (1979).
2. Wilson, E. D., Fisher, K. H., and Fuqua, M. E., Principles Of Nutrition, John Wiley & Sons, Inc., 2nd ed., New York, (1967).
3. Bogert, L. J., Briggs, G. M., and Calloway, D. H., Nutrition And Physical Fitness, W. B. Saunders Co., 8th ed., Philadelphia, (1966).
4. Lewis, W. H., Elvin-Lewis, P. F., Medical Botany, Plants, Affecting, Man's Health, John Wiley & Sons, New York, (1977).
5. Lehninger, A. L., Principles Of Biochemistry, Worth Publishers, Inc., New York, (1982).
6. Kleiner, I. S., and Orten, J. M., Biochemistry, The C. V. Mosby Co., Saint Louis, (1966).
7. Challem, J. J., and Lewin, L., Let's Live (America's Formost Health And Preventive Medicine Magazine), September 1982, p. 79-87.

การประยุกต์ใช้ไอโซโทปและรังสี ในการเกษตร

พิพัฒน์ ไชคสุวรรณสกุล*

บทนำ

เมื่อกล่าวถึง พลังงานจากอะตอม (atomic energy) คนทั่วไปมักคิดถึงเตาปฏิกรณ์ปรมาณู (nuclear reactor) แต่มีบางคนเข้าใจผิดว่า พลังงานจากอะตอมได้เปลี่ยนสภาพชีวิต และความเป็นอยู่ของคนในปัจจุบันให้ดีขึ้นมาก โดยเฉพาะในช่วง 20 ถึง 30 ปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นผลมาจากการก่อตั้งองค์การพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (The International Atomic Energy Agency, IAEA) ขึ้นในปี ค.ศ. 1975 หนึ่งในจำนวนวัตถุประสงค์หลักเบื้องต้นก็คือ แนะนำวิธีการใช้ประโยชน์จากไอโซโทป (radioisotope) และต้นกำเนิดรังสีทั้งในด้าน งานวิจัย อุตสาหกรรม การเกษตร และการแพทย์ ปัจจุบันนี้ยังมีผู้รู้ถึงวิธีการประยุกต์ทางรังสีเพื่อให้เกิดประโยชน์ดังกล่าวน้อยมาก

ประโยชน์ต่าง ๆ ที่ได้จากการประยุกต์ทางด้านรังสีมีมากมาย เช่น ใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ เก็บถนอมอาหาร สำรองแหล่งน้ำใต้ดิน วัดความชื้นและความหนาแน่นของดิน ฆ่าเชื้อโรคในเครื่องมือแพทย์ วิเคราะห์ฮอร์โมน ใช้เอกซเรย์ ตรวจและควบคุมขบวนการทางด้านอุตสาหกรรม และควบคุมมลภาวะในสภาพแวดล้อม

ธาตุกัมมันตรังสีบางตัวเช่น ยูเรเนียม ทอเรียม และ เรเดียม มีอยู่แล้วในธรรมชาติ แต่ส่วนมากได้จากการผลิตขึ้นในเตาปฏิกรณ์ปรมาณู หรือจากเครื่องเร่งอนุภาค (accelerator) โดยปกติแล้ว เครื่องเร่งอนุภาค สามารถผลิตไอโซโทปรังสีได้เพียงชนิดเดียวในแต่ละครั้งที่ผลิต แต่เตาปฏิกรณ์สามารถผลิตได้หลายไอโซโทปในคราวเดียวกัน

เมื่อมีเตาปฏิกรณ์ปรมาณูเราสามารถผลิตไอโซโทปรังสีราคาถูกได้จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 ในชีวิตประจำวันของคนเราต้องการ อาหาร น้ำ และสุขภาพที่ดี ปัจจุบันนี้ไอโซโทปรังสีมีความสำคัญมาก ในการให้ความต้องการพื้นฐานเหล่านี้

อาหารและการเกษตร

ในปี ค.ศ. 1964 องค์การอาหาร และการเกษตรของอเมริกา (The Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) และ IAEA ได้ร่วมกันตั้งหน่วยงานทางพลังงานจากอะตอมในด้านอาหารและการเกษตร (The International Atomic Energy Agency, IAEA) และ IAEA ได้ร่วมกันตั้งหน่วยงานทางพลังงานจากอะตอมในด้านอาหารและการเกษตร ซึ่งตั้งอยู่ที่สำนักงานใหญ่ของ IAEA ในกรุงเวียนนา

*อาจารย์พิพัฒน์ ไชคสุวรรณสกุล ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หน่วยงานนี้จะสนับสนุน และเป็นแกนร่วมในการวิจัยทั่วโลก ในด้านการใช้ประโยชน์ จากไอโซโทปรังสีในสาขาการขยายพันธุ์พืช การให้ปุ๋ยในดิน การชลประทาน การผลิตธัญพืช และการถนอมอาหาร หน่วยงานทางด้านเกษตรกรรมของห้องทดลอง IAEA ตั้งอยู่ที่เมืองไซเบอร์สคอร์ต นอกกรุงเวียนนา จะให้การสนับสนุนในด้านการฝึกอบรม การวิจัย และการให้บริการต่าง ๆ

หน่วยงานร่วมของ FAO และ IAEA นี้ ได้จัดโครงการระหว่างชาติขึ้นมา เพื่อให้บรรลุถึงความต้องการในสิ่งต่างๆ เหล่านี้ คือ

1. ปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตมากขึ้น รวมทั้งให้โปรตีนสูงขึ้น
2. ผลิตธัญพืชที่มีความต้านทานต่อโรค และดินฟ้าอากาศสภาพต่างๆ เพื่อให้สามารถปลูกพืชได้ 2 ฤดู
3. ระบุตำแหน่งแหล่งน้ำใต้ดิน และการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้นให้มีประสิทธิภาพสูงสุด
4. หาปริมาณปุ๋ยที่ควรใช้ โดยใช้ตัวติดตาม (trace elements)
5. ควบคุมหรือกำจัดสัตว์ที่ทำลาย หรือรบกวน
6. ป้องกันการสูญเสียธัญพืชขณะเก็บรักษา
7. ปรับปรุงผลผลิต และสุขภาพของสัตว์เลี้ยง

ในสาขาค่าง ๆ เหล่านี้ สามารถใช้เทคนิคทางด้านไอโซโทปรังสีช่วยทำให้เกิดผลได้ทั้งสิ้น ความสำคัญของโครงการเหล่านี้ จะมุ่งไปที่การเพิ่มความสามารถเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปของการให้การฝึกอบรม และให้ความชำนาญ

การให้อาหารแก่พืช

ประสิทธิภาพในการให้ปุ๋ยมีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพราะว่า ปุ๋ยนอกจากมีราคาแพงมากแล้ว ยังถือเป็นการเสียเงินตราแก่ต่างประเทศอีกด้วย การให้ปุ๋ย

แบบผิด ๆ นอกจากเป็นการสิ้นเปลืองแล้ว ยังทำอันตรายต่อสภาพของดิน ดังนั้นการให้ปุ๋ยให้ถูกวิธีจึงมีความจำเป็นมาก การให้ปุ๋ยมากเกินไป รวมทั้งการให้ผิดเวลาและสถานที่ นอกจากสิ้นเปลืองแล้วยังเป็นการให้โทษเสียอีก

การติดตามปุ๋ยที่ใส่ลงในดินโดยใช้วิธีไอโซโทปรังสี เช่น ใส่ฟอสฟอรัส-32 ผสมกับไอโซโทปที่ไม่ให้รังสี (stable isotope) เช่น ไนโตรเจน-15 จะทำให้เราทราบว่าพืชต้องการให้ปุ๋ยปริมาณมากน้อยเพียงใด และสูญเสียแก่สภาพแวดล้อมเท่าไร(1)

บางประเทศที่ทำการวิจัย เกี่ยวกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนแก่ข้าวโพด โดยร่วมมือกับหน่วยงานร่วมของ FAO และ IAEA ผลปรากฏว่าสามารถประหยัดเงินได้ถึง 700 ล้านบาทต่อปี(1) หลังจากที่ชาวนาได้ให้ปุ๋ยให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โครงการลักษณะเดียวกันนี้ของประเทศศรีลังกา พบว่าการให้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพแก่ต้นมะพร้าวนอกจากสามารถลดค่าใช้จ่ายแล้ว ยังสามารถประหยัดต้นทุนในการผลิตอีกด้วย



รูปที่ 1 การศึกษาเกี่ยวกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจนโดยใส่ฟอสฟอรัส P-32 ซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสี-บ่งกับไนโตรเจน N-15 ซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้รังสี

โครงการลักษณะคล้าย ๆ กันนี้ เกี่ยวกับธัญพืช เช่น ต้นข้าว ผลก็คือ สามารถประหยัดเงินตราได้หลายร้อยล้านบาท ในการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ย จากผลการวิจัยของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเมื่อเร็ว ๆ นี้ ประมาณว่า ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ของปุ๋ยที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถประหยัดได้โดยการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยและการจัดการที่ดีในการให้น้ำ รวมทั้งการใช้วิธีการเพาะปลูกที่ดีกว่า

การควบคุมแมลง

แมลงบางชนิดมีความสำคัญในการควบคุม ความสมดุลทางธรรมชาติของสภาวะแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อพืช และสัตว์ บางชนิดทำลายพืชผลที่มีคุณค่า แต่บางชนิด เช่น ยุง และแมลงวัน เป็นตัวกลางในการแพร่เชื้อ

ได้มีการประเมินผลไว้แล้วว่า ทั่วโลกเราไม่มีพืชผลที่สูญหายไป เนื่องจากแมลงเป็นจำนวนถึง 10 เปอร์เซ็นต์ของพืชผลที่เก็บเกี่ยวทั้งหมด และมีปริมาณเท่ากับพืชผลที่เก็บเกี่ยวได้ในประเทศใหญ่ ๆ เช่น อเมริกา หรือรัสเซีย วิธีการควบคุมทางชีววิทยามีข้อได้เปรียบ ในส่วนที่สามารถเจาะจงเฉพาะชนิดของแมลง จึงสามารถ ใช้ปริมาณยารฆ่าแมลง ได้ต่ำสุด ปัจจุบันนี้ เราใช้เทคนิค การทำแมลงให้เป็นหมัน (Sterile Insect Technique, SIT) วิธี SIT ก็คือการฉายรังสีปริมาณหนึ่งทำให้แมลงเพศผู้เป็นหมัน จึงไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ จากนั้นก็ปล่อยแมลงที่เป็นหมันเหล่านั้นออกไปให้ทั่วพื้นที่หนึ่ง แมลงตัวเมียที่ผสมพันธุ์กับตัวผู้ที่เป็นหมันจะไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ จากนั้นก็ปล่อยแมลงที่เป็นหมันออกไปในพื้นที่นั้นซ้ำอีก ในที่สุดจำนวนแมลงที่รบกวน และทำลายเหล่านั้นก็จะมีความลดลงอย่างมากมาย (1)

ความสำเร็จของการประยุกต์ใช้ SIT ทำให้แมลงวันหัวเจาะ และสัตว์ที่รบกวนทำลายชนิดต่าง ๆ ที่หลบซ่อน อยู่ภายใต้ความอบอุ่นของสัตว์เลี้ยงต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สัตว์ที่เลี้ยงไว้เพื่อเป็นอาหารหมดไป

เมื่อปล่อยแมลงวันหัวเจาะเพศผู้ ที่อาบรังสีให้เป็นหมันแล้ว ลงสู่เกาะคาริบเบียน แห่งกูราคาอ (Curacao) หลังจากผ่านวงจรผสมพันธุ์ไปสองสามรอบแล้ว แมลงที่รบกวนทำลายต่าง ๆ ก็แทบจะหมดไปจากเกาะนี้ หลังจากนั้นได้ใช้ SIT ควบคุมแมลงวันหัวเจาะในรัฐฟลอริดา ซึ่งเป็นรัฐที่มีการสูญเสียวัวควายไปมาก เนื่องจากแมลงเหล่านี้ทำให้ประหยัดเงินได้ถึง 500 ล้านบาทต่อปี (1)

ความสำเร็จนี้ มีส่วนสนับสนุนให้มีการให้ทุนในการวิจัย และมีการศึกษาเกี่ยวกับแมลงมากกว่า 200 ชนิด การทดลองที่ยิ่งใหญ่ที่ได้พยายามใช้กับแมลงผลไม้ในแถบเมดิเตอร์เรเนียน สามารถพิสูจน์ให้เห็นถึงความสำเร็จได้ที่เกาะคาปริ และเกาะอื่น ๆ เมื่อไม่นานมานี้ แมลงวันผลไม้ที่มีอยู่ทั่วไปในรัฐแคลิฟอร์เนีย ได้ถูกกำจัดไป โดยการให้ยารฆ่าแมลงก่อน แล้วจึงตามด้วยวิธี SIT วิธีการนี้ได้ใช้ต่อมาจนกระทั่งปัจจุบัน ในพื้นที่ส่วนใหญ่ของอเมริกาตอนกลาง ได้รับการช่วยเหลือ จากหน่วยงานร่วม FAO และ IAEA แมลงแดงโม ในเกาะโรตา ในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ ก็ได้ใช้วิธีเดียวกันนี้ในการกำจัด

แมลงที่รบกวน และทำลาย ที่มีบทบาทสำคัญมากที่สุดชนิดหนึ่ง ได้แก่ "แมลงทเสทซี" (tsetse fly) แมลงชนิดนี้เป็นตัวนำเชื้อโรคชนิดหนึ่งที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคนอนหลับ (sleeping sickness) โรคชนิดนี้เป็นอุปสรรคอย่างมากต่อการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม ทั้งนี้เพราะว่าโรคชนิดนี้ติดต่อได้ทั้งใน

คนและสัตว์ โดยเฉพาะวัวควาย

การที่จะใช้เทคนิค SIT ในการกำจัดแมลงชนิดนั้นนั้น โครงการร่วมของ FAO และ IAEA จะต้องแก้ปัญหาทางด้านเศรษฐกิจ เกี่ยวกับการทดลองกับแมลงทดสอบที่เป็นจำนวนมากในห้องทดลอง แต่การนำวิธี SIT ไปใช้ให้มีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่กว้างใหญ่นั้น มีความยากลำบากมาก เทคนิคง่าย ๆ ก็คือการพัฒนา ระบบตรวจสอบทางด้านจุลภาค ของระบบสืบพันธุ์ในแมลงเพศเมีย ในปัจจุบันนี้นักกีฏวิทยาเชื่อว่าระบบ SIT เป็นระบบหนึ่งในการช่วยกำจัดแมลงชนิดนี้ และเป็นระบบร่วม ในแผนการกำจัดแมลงที่ก่อวน และทำลาย ในบริเวณวอลลาตคอนบน ได้มีการทดสอบจน ได้รับความสำเร็จ และได้้นำออกเผยแพร่ทั่วโลก โครงการใหญ่ โครงการหนึ่ง ได้ทดลองในแทนคา ประเทศหันซาเนีย และอีกโครงการหนึ่งได้เริ่มขึ้นที่ ประเทศในจีเรีย

การผ่าเหล่า (Mutation)

ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมา การเปลี่ยนแปลงโดยการอาบรังสี ได้รับการส่งเสริมมากขึ้น เพื่อให้เกิดการปรับปรุงพันธุ์พืชที่ดีขึ้น และมีพันธุ์มากขึ้น การผสมพันธุ์ เพื่อให้เกิดการผ่าเหล่า ได้ถูกตั้งขึ้นให้เป็นสาขาหนึ่งของ การผสมพันธุ์พืช มีพันธุ์พืชประมาณ 200 ชนิด ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา โดยใช้การเหนี่ยวนำทางรังสี เพื่อให้เกิดการผ่าเหล่า และได้ปรับปรุงให้มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการเพาะปลูก เพื่อให้ได้ผลดีขึ้นและมีคุณค่าพอที่จะผลิตเพื่อการค้าได้ มีพันธุ์พืชต่างๆ หลายพันธุ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้น โดยใช้วิธีการอาบรังสีเพื่อให้เกิดการผ่าเหล่าและมีความสำคัญในทางเศรษฐกิจมาก

ตัวอย่างความสำเร็จ ที่พัฒนาขึ้นจากการพัฒนา ด้านการผสมพันธุ์พืช เพื่อให้เกิดการผ่าเหล่าที่ได้ทดลอง

ลองที่ประเทศฮังการี โดยความร่วมมือกับ IAEA ที่เมืองไซเบอร์ครอฟ ผลที่ได้คือ ได้พันธุ์ข้าวพันธุ์ใหม่หลายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อโรคาบเฉา (blast) ซึ่งเป็นโรคข้าวที่ทำลายต้นข้าวอย่างมาก ได้มีการทดลองข้าวพันธุ์ใหม่พันธุ์หนึ่งที่ฝรั่งเศส ชื่อซีซาร์เรียท (Cesariot) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่รู้จักว่ามีภูมิต้านทานต่อโรคาบเฉาและโรคอื่น ๆ ได้ดี ต่อมาได้มีการทดลอง เพื่อยืนยันผลขึ้นอีกที่ ประเทศฮังการี แต่ในฤดูร้อนที่อากาศไม่สู้ร้อนนัก (cool summer) จะให้ผลไม่ค่อยดีนัก และบ้างก็ล้มเหลวอย่างสิ้นเชิง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้เกิดการผ่าเหล่า เพื่อให้เกิดพันธุ์ใหม่ที่ได้ผลเร็วขึ้น ในขณะที่ยังคงรักษาความสามารถในการต้านทานโรคาบเฉา และลักษณะที่ดีอื่น ๆ ไว้ได้ ได้มีการนำเมล็ดข้าวพันธุ์ซีซาร์เรียท มาอาบรังสีด้วยปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้งจากรังสีแกมมา และจากนิวตรอนเร็ว (fast neutrons) จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ที่อาบรังสีมาเพาะพันธุ์ แล้วคัดเลือกเฉพาะเมล็ดพันธุ์ จากกลุ่มที่ออกดอกเร็ว มาเพาะพันธุ์ใหม่ แล้วคัดเลือกโดยวิธีการเดียวกันนี้อีกจนได้เมล็ดพันธุ์รุ่นที่สาม จากเมล็ดพันธุ์รุ่นที่สาม ทั้งหมดปรากฏว่ามีอยู่กลุ่มหนึ่ง ที่ได้จากการอาบรังสีด้วยนิวตรอนเร็วให้ดอกเร็วกว่าพันธุ์แม่ 3 สัปดาห์ จากนั้นได้นำเมล็ดพันธุ์นี้ไปเพาะพันธุ์ต่อ ผลปรากฏว่า รุ่นนี้จะให้ดอกเร็วกว่าพันธุ์ซีซาร์เรียทถึง 28 วัน ได้มีการทดลองต่อไปอีกและได้มีการพิสูจน์แล้วว่า เมื่อให้ปุ๋ยในโตรเจนปริมาณต่าง ๆ กันปรากฏว่าให้ผลเป็นที่น่าพอใจ โครงการทดลองให้เกิดการผ่าเหล่านี้นี้ช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้มาก เช่น ทำให้เจริญเติบโตและออกดอกเร็วขึ้นมีความต้านทานโรคดีขึ้น จึงมีประโยชน์ต่อเนื่องเกี่ยวกับการผสมข้ามพันธุ์ (Cross breeding) พันธุ์ใหม่ที่ได้นี้ได้รับรองอย่างเป็นทางการมาตั้งแต่ปี 1976 แล้วว่าเป็นพันธุ์

ใช้ได้ดีในทางการค้าภายใต้ชื่อ นิวคลีโอรี-2A (Nu-cleory-2A)

มีการทดลองในลักษณะเดียวกันนี้ ในหลาย ๆ ประเทศที่ได้รับความสำเร็จในการสร้างพันธุ์ใหม่เช่น ผลิตรข้าวบาร์เลย์พันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง โดยให้ต้นตอที่สั้นแข็งแรง และสามารถช้ปุ๋ยปริมาณมากขึ้น เพื่อเพิ่มการผลิตเมล็ดข้าวให้ได้มากยิ่งขึ้น ปัจจุบันนี้ข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกในฤดูใบไม้ผลิ ในประเทศเชกโกสโลวาเกียและสาธารณรัฐประชาธิปไตยเยอรมัน (เยอรมันตะวันออก) ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ที่ได้มาจากพันธุ์ที่มีผลมาจากการอาบรังสี และปรับปรุงพันธุ์ไปเรื่อยๆ โดยวิธีผสมข้ามพันธุ์

ในประเทศไทย มีการทดลองทางด้านนี้หลายโครงการ เช่น "การทดลองเกี่ยวกับการใช้นิวตรอนเร็ว เปลี่ยนแปลงกรรมพันธุ์จากข้าวเจ้า กข.1 เป็นข้าวเหนียว" (The Use of Fast Neutron to Induce Glutinous Endosperm in Nonglutinous RD 1 Rice Variety)(2) เมื่อปี พ.ศ. 2512 ได้มีการทดลอง โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวเจ้า กข. 1. ไปอาบรังสีนิวตรอนเร็วขนาด 1 และ 1.5 กิโลแรด ที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติแห่งประเทศไทย โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวเหนียวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพในการรับประทาน หลังจากอาบรังสีแล้วได้ปลูกและคัดเลือกเมล็ดข้าวรุ่นต่อ ๆ ไป ผลปรากฏว่าได้ข้าวเหนียวหลายสายพันธุ์ในช่วงที่ 4 (M_3 - derived lines in M_4 generation) ผลปรากฏว่าสายพันธุ์ที่ได้จากการอาบรังสีนิวตรอนเร็วขนาด 1 กิโลแรด เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอ มีความต้านทานโรค และแมลงดี เมล็ดข้าวเรียวยาว และมีคุณภาพในการหุงต้ม และรับประทานอ่อนนุ่มใกล้เคียง

กับพันธุ์ข้าวเหนียวสันป่าตอง ซึ่งเป็นข้าวเหนียวไวแสงที่นิยมปลูกกันมากในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังเป็นข้าวเหนียวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง จึงคาดว่าจะเป็นที่นิยมปลูกกันมาก(2)

นอกจากนี้ ประเทศไทยยังมีการใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์สัตว์เหลือ(3) การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลโดยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์(4) และผลงานอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการชักนำด้วยรังสีอีกมากมาย

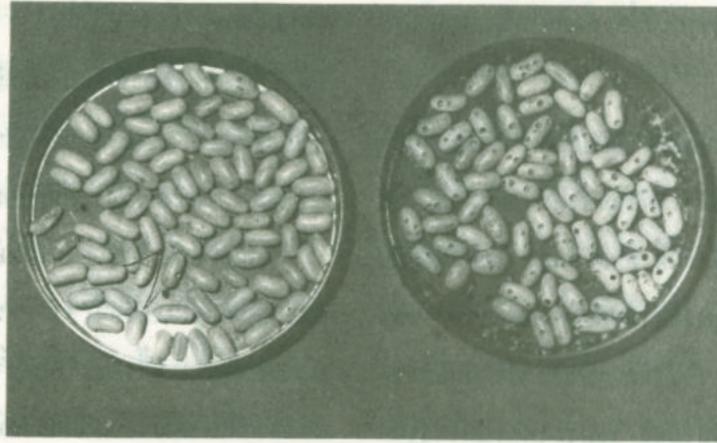
การเก็บถนอมอาหาร

ธัญพืชที่เก็บเกี่ยวแล้ว ได้ถูกทำลายให้เสียหายไปประมาณ 25 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยสัตว์ที่ทำลายหลายชนิด และที่น่าเศร้าใจมากก็คือ การสูญเสียเหล่านี้ เกิดขึ้นมากที่สุดในแถบประเทศที่กำลังพัฒนา และเป็นผลทำให้เกิดความอดอยากทั่วไป การยืดอายุของอาหารบางชนิด เช่น ปลา และผลไม้ แม้เพียง 2 หรือ 3 วัน ก็เพียงพอที่จะทำให้อาหารเหล่านี้ไม่สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ได้

หลังจากที่มีการค้นพบว่า รังสีสามารถช่วยยืดอายุของอาหารบางชนิดและได้มีการค้นคว้าถึงผลจากอาหารที่อาบรังสีมาแล้วประมาณ 30 ปี สามารถยืนยันได้ว่า ไม่มีอันตรายใดๆ ต่อมนุษย์ และสัตว์เลย

แม้ว่าการถนอมอาหาร โดยการใช้รังสี จะมีประสิทธิภาพสูง และเสียค่าใช้จ่ายต่ำมาก แต่ยังมีหน่วยงานราชการที่รับผิดชอบหลายแห่ง ที่ไม่สนับสนุนการเก็บถนอมอาหารโดยวิธีนี้ อย่างไรก็ตามจากผลการค้นคว้าที่ได้ยืนยันมาแล้ว มีแนวโน้มที่จะทำให้มีผู้นิยมใช้วิธีการเก็บถนอมแบบนี้เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ

ในปัจจุบัน โรงงานขนาดใหญ่ที่ทำการอาบรังสีอาหารมีรวมกันทั้งหมดมากกว่า 70 โรงงาน โรงงานเหล่านี้สร้างในช่วงประมาณ 5-10 ปีที่ผ่านมาทั้งสิ้น



รูปที่ 2 (ก) เมล็ดถั่วขาว (white kidney) ที่ได้รับการอาบรังสี (ข) เมล็ดถั่วขาวที่ไม่ได้
รับการอาบรังสีแถมมาปริมาณค่า (จาก Lamn, 1979)

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เกี่ยวกับการ
อาบรังสีอาหารได้แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของต้นทุน
ต่อกำไรเป็นที่น่าพอใจ ต้นทุนในการอาบรังสีอาหาร
ขึ้นกับขนาดของโรงงานอีกทั้งยังขึ้นกับชนิดของอาหาร
ด้วย ทั้งนี้เพราะอาหารแต่ละชนิดเมื่ออาบรังสีเพื่อให้
เก็บได้นานขึ้นนั้นต้องใช้รังสีปริมาณต่างกัน เช่น มัน-
ฝรั่ง และหัวหอม ใช้ต้นทุนการผลิตประมาณ 0.9 ถึง
1.24 เพอร์เซ็นต์ของราคาผลผลิต และเพื่อให้ปลา
สดอยู่ได้นานขึ้น ต้องอาบรังสี โดยเสียค่าใช้จ่าย
ประมาณ 0.2 ถึง 2.0 เพอร์เซ็นต์ของราคาผลผลิต
(1)

องค์การ FAO และ IAEA ได้ร่วมกันทำวิจัยใน
หลาย ๆ ประเทศ เช่น ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
และตะวันออกไกล โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะยืดอายุของ
ปลาแห้ง ซึ่งเป็นอาหารโปรตีนที่มีความสำคัญสูงสุด
สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา

การรักษาสุขภาพของสัตว์เลี้ยง

ผลผลิตจากสัตว์พวก เนื้อ, นม, ไข่, ไฟเบอร์
และหนังสัตว์ มักถูกจำกัดโดยการเติบโตช้า ซึ่งมีผลมา
จากการให้อาหารที่ไม่สมดุลย์ มาตรการปรับปรุงพันธุ์

เพื่อให้มีชีวิตอยู่ได้ดีในสภาพอากาศของท้องถิ่น รวม
ทั้งมาตรการป้องกันโรคมพยาธิ และโรคอื่นๆ



รูปที่ 3 การให้วัคซีนที่ลดความรุนแรงโดยใช้รังสีเพื่อ
ควบคุมโรคมพยาธิในปอดของแกะและวัวควาย
สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา (จาก Lamn ,
1979)

มีโครงการวิจัยร่วมกันเกี่ยวกับ การศึกษาเรื่อง
ความไม่สมดุลย์ของแร่ธาตุ และคุณค่าของอาหารของ
สัตว์เคี้ยวเอื้อง เพื่อที่จะแนะนำแก่กลุ่มประเทศที่ขาด
แคลนอาหารสำหรับสัตว์พวกนี้

การแก้ปัญหา เกี่ยวกับการเติบโตช้า ของสัตว์ ต่างๆสามารถทำได้โดยใช้ไอโซโทปรังสีในการศึกษา และติดตาม เช่น ใช้ผสมในอาหารเพื่อศึกษาถึงปริมาณอาหารที่สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ในส่วนต่างๆ และที่ถ่ายออกมา ใช้วัดการเปลี่ยนฮอร์โมนในช่วงที่มีการสืบพันธุ์ของวัวควาย ซึ่งมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการสืบพันธุ์ดีขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เทคนิคในการผสมเทียมมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ข้อจำกัดหลักในการเพิ่มผลผลิตก็คือผลจากพยาธิ และโรคอื่น ๆ เทคนิคทางไอโซโทปรังสีไม่เพียงแต่ทำให้เราเห็นโทษจากโรคพยาธิต่าง ๆ เท่านั้น แต่ยังสามารถทำให้เรารู้ถึงวิธีที่จะจัดการแก้ไข และลดผลร้ายที่เกิดจากโรคพยาธิ และโรคอื่น ๆ ที่ขัดขวางต่อการเจริญเติบโตได้อีก ผลสำเร็จอีกอย่างที่ได้จากการใช้รังสีทำให้เกิดการไอออนไนซ์ เพื่อใช้ผลิตวัคซีนต่อต้านโรคพยาธิในปอด ของพวกวัวควาย และแกะ เทคนิคนี้ได้ถ่ายทอดต่อไปกับ ประเทศต่าง ๆ ที่

โรคพยาธิต่าง ๆ เหล่านี้ มีความสำคัญต่อทางด้านเศรษฐกิจ เช่น ประเทศบราซิล อินเดีย และเอธิโอเปีย

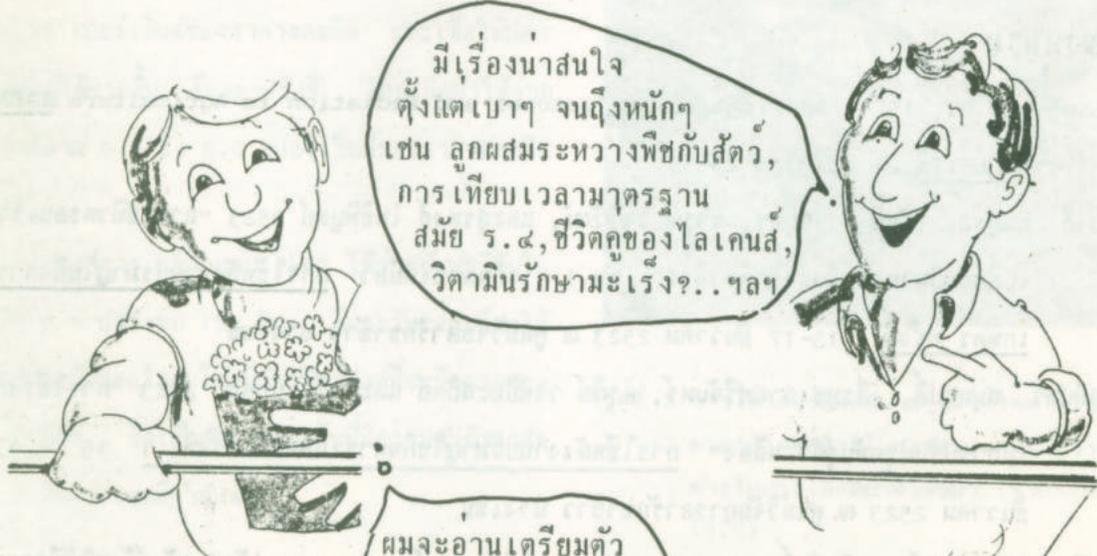
สรุป

ปัญหาทางด้านเกษตรก็คือ ทำอย่างไรจึงจะให้อัตราการผลิต ต่อต้นทุน ต่อหน่วยเวลาสูงขึ้น ถ้าเราสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณผลผลิตต่อรุ่น ลดเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต ลดต้นทุนในการผลิต และกำจัดสัตว์ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของพืชและสัตว์ เราก็สามารถที่จะแก้ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้ได้ จะเห็นได้ว่าปัญหาต่างๆเหล่านี้สามารถลดลงได้ทุกด้าน โดยการประยุกต์ทางด้านไอโซโทปและรังสี นอกจากประโยชน์ทางด้านเกษตรแล้ว เรายังสามารถใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ อีกมากมาย เช่น ทางด้านวิศวกรรมธรณีวิทยา วิทยาศาสตร์การแพทย์ อุตสาหกรรม และการตรวจสอบวัตถุอุปกรณ์ต่าง ๆ

บรรณานุกรม

1. Lamn, C.G., 1979. Application of Isotopes and Radiation in Agriculture IAEA BULLETIN 21 (2/3) : 29-35.
2. มาลี ชมภูพล, อัสนี สาริกบุตร, จำรูญ วงวิวัฒน์, และสุรพงศ์ โทธิพิบูลย์ 2523 "การใช้นิวตรอนเร็วเปลี่ยนแปลงกรรมพันธุ์จากข้าวเจ้า กข.1 เป็นข้าวเหนียว การใช้พลังงานปรมาณูในกิจการเกษตร ครั้งที่ 1 15-17 ธันวาคม 2523 ณ ศูนย์วิจัยอารักขาข้าว บางเขน
3. สุมินทร์ สมุทคุปดี, สิริบุษ ลามศรีจันทร์, อรุณีย์ วงศ์ปิยะสถิตย์ และ กรีก นฤทุม, 2523 "การใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง" การใช้พลังงานปรมาณูในกิจการเกษตร ครั้งที่ 1 15 - 17 ธันวาคม 2523 ณ ศูนย์วิจัยการอารักขาข้าว บางเขน
4. ปรีชา ชัมพานนท์, เสริมศักดิ์ อวระกุล และประพาส วีระแพทย์ 2523 "การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความต้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โดยการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์ถั่วเหลือง" การใช้พลังงานปรมาณูในกิจการเกษตร ครั้งที่ 1 15-17 ธันวาคม 2523 ณ ศูนย์วิจัยการอารักขาข้าว บางเขน

ท่านเคยอ่านวารสารวิทยาศาสตร์ มข. หรือยังครับ
ถ้ายัง กรุณาหาอ่านลองดูนะครับ



มีเรื่องน่าสนใจ
ตั้งแต่เบาๆ จนถึงหนักๆ
เช่น ลูกผสมระหว่างพืชกับสัตว์,
การเทียบเวลามาตรฐาน
สมัย ร.๔, ชีวิตคูของไลเคนส์,
วิตามินรักษามะเร็ง?... ฯลฯ

ผมจะอ่านเตรียมตัว
ตอบปัญหาชิงรางวัล
เก็บสาระจาก
ข่าวและเกร็ด
ส่วนผู้ใหญ่ก็อ่านเรื่องหนักๆ ก็แล้วกันนะครับ

การพิสูจน์การทรงค่านวณเพื่อรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย ของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

ชาว เหมือนวงศ์*

บทคัดย่อ

จากการอัญเชิญผลการทรงค่านวณทางดาราศาสตร์ของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวที่ได้โปรดเกล้าฯ พระราชทานแก่เจ้าพนักงานประจำหอนาฬิกาหลวง เพื่อใช้เป็นคู่มือสั่งเวลาฬิกาประจำวันในการรักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทยในสมัยพระองค์ท่าน มาวิเคราะห์ด้วยกการทำ การค่านวณเปรียบเทียบกับผลของการค่านวณมาตรฐานในสมัยปัจจุบัน สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ทรงทำการค่านวณกำหนดการตั้งเวลาฬิกาในแต่ละวัน ได้อย่างถูกต้อง ทั้งทางด้านทฤษฎี การค่านวณและการวางระบบ
2. ทรงกำหนดให้เส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก เป็นเส้นแวงหลักในระบบเวลามาตรฐาน ของประเทศไทยในสมัยนั้น

1. บทนำ

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวเสด็จขึ้น เถลิงถวัลย์ราชสมบัติในปี พ.ศ. 2394 ต่อมาในปี พ.ศ. 2395 ได้โปรดเกล้าฯ ให้สร้างพระอภิเนาวนิเวศน์ขึ้น ในพระบรมมหาราชวังบริเวณที่เคยเป็นสวน ขวาคังความปรากฏในเอกสารอ้างอิงหมายเลข 1 หน้า 259 การก่อสร้างใช้เวลาหลายปี จึงได้แล้วเสร็จ และได้เสด็จเฉลิมพระราชมณฑลใน ปี พ.ศ. 2400 พระอภิเนาวนิเวศน์นี้ ประกอบด้วยพระที่นั่งต่าง ๆ หลายองค์ แต่องค์สำคัญที่จะกล่าวถึงในที่นี้ คือ พระที่นั่งภูวลาภทัศไนย ซึ่งอยู่ในสวนตรงหน้าพระพุทธรูปนิเวศน์ พระที่นั่งองค์นี้สร้างเป็นตึกทรงยุโรปสูง 5 ชั้น ชั้นยอดมีนาฬิกาทั้ง 4 ด้านใช้เป็นหอนาฬิกาหลวง สำหรับบอกเวลามาตรฐานของประเทศไทยในสมัยนั้น

การที่ได้โปรดเกล้าฯ ให้สร้างหอนาฬิกาหลวงแห่งนี้ขึ้นมา นั้น ย่อมแสดงให้เห็นถึงการที่พระองค์ท่าน ได้ทรงเห็นความสำคัญของระบบเวลา ทั้งนี้เพราะ เวลาเป็นหน่วยพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ การซึ่งจะทำให้ประเทศไทย ได้มีความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และวิทยาการแผนใหม่เยี่ยงนานาประเทศได้ นั้น จะต้องสถาปนาระบบเวลามาตรฐานของประเทศไว้เสีย เป็นหลักในการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เสีย ก่อน ต่อจากนั้น จึงค่อยพัฒนาระบบของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างอื่นตามมา ซึ่งพระองค์ท่านก็ได้ทรงดำเนินการในวาระต่อมา คือการทรงค่านวณการเกิดสุริยุปราคาเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2411 ปรากฏว่าทรงค่านวณได้ผลอย่างถูกต้องถึงลักษณะของคราสอันจะพึงสังเกตเห็นได้จากหว่ากอ หรือจาก

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาว เหมือนวงศ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กรุงเทพ ตามกำหนดเวลาในระบบเวลามาตรฐาน
ของประเทศไทย ที่พระองค์ท่านได้ทรงสถาปนาขึ้นมา
นับเป็นสัมฤทธิผลทางวิทยาศาสตร์ของพระองค์ท่าน
ยังความปลื้มปิติโสมนัสแก่เหล่าข้าพบุรุษและชาว
ต่างประเทศที่ได้โปรดเกล้าฯให้เข้าร่วมสังเกตการณ์
ในครั้งนั้นเป็นอย่างยิ่ง

การที่เรามีพระที่นั่งภูวคัลทัศน์ เป็นอนุสาวรีย์
หลวงในสมัยนั้น ถือได้ว่าเป็นการเฉลิมฉลองการก้าว
เข้าสู่พุทธศตวรรษที่ 25 ของไทยในทางวิทยาศาสตร์
ได้อย่างเต็มภาคภูมิ ในฐานะที่ไทยเป็นชาติใหญ่ใน
ย่านนี้ แต่ปัญหาที่จะต้องพิจารณาต่อไปก็คือ พระที่นั่ง
ภูวคัลทัศน์นั้น เป็นวัดคู่สถานที่ จะใช้เป็นหลักฐาน
เพียงอย่างเดียว ในการทำการพิสูจน์ว่า พระองค์ท่าน
ทรงสถาปนาระบบเวลามาตรฐานของประเทศ ทั้งนี้
เพราะ โดยหลักการนั้นเราสามารถจะชื่อนาฬิกาชนิด
ต่างๆ จากต่างประเทศได้ด้วยเงิน แต่สิ่งที่สำคัญกว่า
นั้นก็คือ ความสามารถในการคำนวณรักษา
เวลาเพื่อใช้เทียบเวลาให้แก่นาฬิกาที่ซื้อมานั้น การที่
ได้มีอนุสาวรีย์หลวงทำหน้าที่รักษาเวลามาตรฐานเช่น
นั้นได้ก็ย่อมแสดงว่าต้องมีการคำนวณทางดาราศาสตร์
เป็นรายวันทุกๆ วัน เพื่อหาเวลาที่มีปรากฏการณ์ทาง
ดาราศาสตร์อย่างหนึ่งอย่างใดเกิดขึ้น ซึ่งเจ้าหน้าที่
ประจำอนุสาวรีย์นั้นจะต้องทำการสังเกตปรากฏการณ์
นั้น แล้วตั้ง ปรับเวลาตามที่ได้คำนวณไว้ล่วงหน้า ก็
จะทำให้สามารถรักษาเวลามาตรฐานของประเทศได้
การคำนวณทางดาราศาสตร์เช่นนี้ถือว่า มีความสำคัญ
ในการเทียบเวลาในสมัยนั้นมาก เพราะโลกยังไม่มี
ความเจริญทางวิทยาการถึงขั้นส่งวิทยุคลื่นสั้นเป็นสัญญาณ
เทียบเวลาสากลเหมือนในสมัยปัจจุบัน ประเทศที่
เจริญแล้วในสมัยพระองค์ จะต้องทำการคำนวณทาง
ดาราศาสตร์เพื่อการเทียบเวลาของตนเองโดยเอก-

เทศ โดยสถาบันทางดาราศาสตร์ของชาตินั้น

ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข 2 หน้า 2 พจนานุกรม
องคมนตรี ศจ.ดร.กัลย์ อิศรเสนา ณ อยุธยา ได้
อัญเชิญพระราชหัตถเลขาฉบับที่ 38 ของพระบาท
สมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ที่พระราชทานไปยัง
กรมหมื่นวรจักรธรรมาภาพ มาพิมพ์เพื่อให้เห็นผลการ
ทรงคำนวณทางดาราศาสตร์ประจำวันเป็นรายวันโดย
ต่อเนื่องของพระองค์ท่านเพื่อโปรดเกล้าฯ พระราช
ทานให้เจ้าพนักงานประจำอนุสาวรีย์หลวงใช้เป็นหลัก
ในการเทียบเวลา โดยให้ทำการสังเกตปรากฏการณ์
ทางดาราศาสตร์ ซึ่งพระองค์ท่านโปรดให้เรียกว่า
"ย่ำรุ่ง" ในแต่ละวัน แล้วให้ทำการปรับเวลามาตรฐาน
ให้ตรงกับเวลาที่ได้ทรงคำนวณไว้ ก็จะทำให้สามารถ
รักษาเวลามาตรฐานของประเทศไทยได้ เป็นรายวัน
วันต่อวัน

ในการศึกษาครั้งนี้ เราจะอัญเชิญผลการทรง
คำนวณนี้มาวิเคราะห์ โดยตั้งประเด็นว่า ผลของการ
คำนวณที่ถูกต้อง จะต้องสามารถแสดงออกซึ่งกระบวน
การภายในอย่างใดอย่างหนึ่งเด่นชัดออกมาอย่างเป็น
ระบบต่อเนื่องสอดคล้องกัน โดยที่ถ้าการศึกษาครั้งนี้
สามารถสร้างแบบจำลอง ของกระบวนการเช่นนั้น
ได้ ก็จะนำไปสู่การค้นพบบางสิ่งบางอย่างอันมีคุณค่า
ในประวัติศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ของไทย ในรัชสมัย
แห่งพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

2. หลักการของการคำนวณ

ปรากฏการณ์ทางดาราศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับดวง
อาทิตย์เป็นรายวัน มีดังนี้

2.1 ดวงอาทิตย์ขึ้นและดวงอาทิตย์ตก (Sun-
rise and Sunset)

ในทางดาราศาสตร์ เมื่อพูดถึงปรากฏ
การณ์นี้หมายถึง การที่ผู้สังเกตทำการสังเกตเห็นวง

ขอบบนของดวงอาทิตย์ สัมผัสกับเส้นขอบฟ้าทางด้านทิศตะวันออก ก่อนที่จะเห็นตัวดวงอาทิตย์หรือเห็นขอบบนของดวงอาทิตย์สัมผัสกับเส้นขอบฟ้าด้านทิศตะวันตกพอดีโดยที่ตัวดวงอาทิตย์ทั้งดวงได้ตกลงขอบฟ้าไปแล้วตามแต่กรณี การคำนวณเช่นนี้ จะต้องถือหลักความจริงด้วยว่า แสงจากขอบบนของดวงอาทิตย์ต้องเดินทางผ่านการหักเห ของบรรยากาศจากเส้นขอบฟ้าในการเดินทางมายังผู้สังเกต สิ่งที่เขาสังเกตเห็นนั้นเป็นเพียงภาพปรากฏของแสงที่หักเหแล้ว ซึ่งความจริงขอบบนของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำลงไปจากเส้นขอบฟ้าเล็กน้อย

2.2 แสงเงินแสงทอง (Twilight)

ก่อนที่ดวงอาทิตย์ขึ้น หรือหลังดวงอาทิตย์ตกเล็กน้อยนั้น ท้องฟ้ามีไคมีคแต่จะมีแสงเงินแสงทองจับขอบฟ้า ทางด้านดวงอาทิตย์อยู่ เรียงรอง การเริ่มต้นหรือสิ้นสุดของวัน ในแต่ละวันจึงมิได้หมายถึงเมื่อดวงอาทิตย์ขึ้นหรือดวงอาทิตย์ตก แต่อยู่ที่แสงเงินแสงทองเริ่มจาง หรือดับหายไปจากขอบฟ้า ตามแต่กรณี เวลาเริ่มต้นในตอนเช้า หรือยุติในตอนเย็นของแสงเงินแสงทองในแต่ละวัน แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด

2.2.1 ชนิดดาราศาสตร์ (Astronomical Twilight) จะเกิดขึ้นเมื่อศูนย์กลางวงดวงอาทิตย์อยู่ใต้เส้นขอบฟ้าของผู้สังเกต เป็นระยะทาง 18 องศา

2.2.2 ชนิดเดินเรือ (Nautical Twilight) เมื่อมุมใต้เส้นขอบฟ้าของดวงอาทิตย์เป็น 12 องศา

2.2.3 ชนิดพลเรือน (Civil Twilight) เมื่อมุมตั้งกล่าวมีค่า 6 องศา

นั่นคือ ในวันหนึ่ง ๆ จะมีปรากฏการณ์ของดวงอาทิตย์เกิดขึ้นเรียงตามลำดับดังนี้ คือ ในตอนเช้า

แสงเงินแสงทองชนิดดาราศาสตร์จะเริ่มขึ้นก่อน ซึ่งหมายความว่าขณะนั้น อดูของบรรยากาศบริเวณใต้เส้นขอบฟ้าที่ดวงอาทิตย์อยู่ ได้กระจายแสงออกมาเป็นวงรอบตัว จนเลยขึ้นมาปรากฏถึงเส้นขอบฟ้า ถึงขนาดที่ทำให้ท้องฟ้าบริเวณนั้นมีความสว่างเพิ่มขึ้นจากเดิม เท่ากับแสงฉากหลังของท้องฟ้าที่เกิดจากดวงดาวในเวลากลางคืน ทางดาราศาสตร์ถือว่าขณะนั้นได้หมดสภาพการเป็นกลางคืนแล้ว ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อศูนย์กลางของวงดวงอาทิตย์ อยู่ใต้เส้นขอบฟ้าเป็นมุม 18 องศา ครั้นต่อมาดวงอาทิตย์ก็จะค่อยๆ ลอยสูงขึ้นมา จนกระทั่งอยู่ใต้เส้นขอบฟ้าเป็นมุม 12 องศา ขณะนั้นที่เส้นขอบฟ้าด้านดวงอาทิตย์เริ่มจะมีแสงชมพูเข้มวเกิดขึ้น แต่ยังไม่มองเห็นเส้นขอบฟ้าได้ชัดเจน เรียกอาการขณะนั้นว่าเกิดแสงเงินแสงทองชนิดเดินเรือ นักเดินเรือจะถือโอกาสนี้เริ่มเตรียมตัววัดค่ามุมสูงของเทวดฤเพื่อหาตำแหน่งเรือ เพราะต่อจากนี้ไปอีกไม่นานนัก เขาก็จะเห็นเส้นขอบฟ้าปรากฏตัวขึ้นอย่างชัดเจนเป็นครั้งแรก คือ เมื่อเกิดแสงเงินแสงทองชนิดพลเรือนขึ้น อันเป็นจังหวะที่มีปัจจัยสองประการเกิดขึ้นภายในเวลาอันสั้น คือ ในช่วงเวลานั้นแต่แสงเงินแสงทองชนิดพลเรือนเริ่มเกิดขึ้น จนถึงดวงอาทิตย์ขึ้น เขาจะเห็นเส้นขอบฟ้าได้ชัดเจนในขณะเดียวกันกับที่ท้องฟ้ายังคงมีคอยู่ทำให้เขาเห็นดวงดาวที่สว่าง ๆ ได้พร้อมกันด้วย จึงใช้ช่วงระยะเวลานี้ทำการวัดมุมสูงของดาวเหล่านั้น เทียบกับเส้นขอบฟ้าได้เป็นอย่างดี ก่อนที่ดวงอาทิตย์จะขึ้นมาสาดแสงกลบแสงดาวไปสิ้นในเวลาต่อมา

ในตอนเย็น ลำดับเหตุการณ์ก็จะกลับกัน นับตั้งแต่การที่ดวงอาทิตย์ตกก่อน จนกระทั่งแสงเงินแสงทองชนิดดาราศาสตร์หมดไป กลับเข้าสู่ความเป็นกลางคืน

การคำนวณเวลาคงอาทิตย์ขึ้น-ตก และการเกิด-การดับ ของแสงเงินแสงทองในแต่ละวัน จึงมีความจำเป็นแก่การเดินทาง ทั้งในยามปกติ และสงคราม ถือเป็นหน้าที่อันสำคัญ ที่นักดาราศาสตร์จะต้องทำการคำนวณหาเวลาดังกล่าวตลอดปี พิมพ์ออกเป็นปฏิทินเดินเรือให้แก่เรือพาณิชย์ และเรือรบของฝ่ายคนได้ใช้

เราสามารถทำการคำนวณเช่นนี้ได้ โดยลำดับการดังนี้

ก. ทำการคำนวณตำแหน่งปรากฏ ของดวงอาทิตย์เมื่อสังเกตจากจุดศูนย์กลางของโลก หรือที่เรียกว่า Geocentric Apparent Position of the Sun โดยคำนวณเป็นรายวันต่อเนื่องกันไป

ข. ทำการกำหนดจุดสังเกตด้วยค่าเส้นรุ้ง เส้นแวง ไม่ว่าจะที่ระดับน้ำทะเลหรือที่ระดับความสูงใด ๆ ตามประสงค์ แล้วทำการคำนวณหาว่า ณ เส้นขอบฟ้าของผู้สังเกตนั้นในแต่ละวัน วันละ 2 เวลา คือ เข้ากับเย็น ดวงอาทิตย์จะมีตำแหน่งปรากฏตามค่ามุมของปรากฏการณ์ในแต่ละชนิด ในระบบเวลามาตรฐานที่กำหนดให้ ที่เวลาอะไร

การคำนวณในข้อ ก. นั้นใช้เวลาเป็นตัวแปรต้น เพื่อหาดวงอาทิตย์ เป็นการคำนวณชนิดตรงไปตรงมา แต่การคำนวณในข้อ ข. สูงกว่านั้นมาก เพราะหาทั้งเวลาและดวงอาทิตย์พร้อมกันไป ทั้งนี้เพราะในข้อ ข. นั้นมีการเปลี่ยนแปลง 2 ประการด้วยกันคือ ดวงอาทิตย์ต้องเดินทางตลอดเวลา และโลกหมุนรอบตัวเองสัมพันธ์กับดวงอาทิตย์ในเวลาเดียวกันด้วย การคำนวณเช่นนี้ เมื่อได้คำตอบออกมาว่าปรากฏการณ์นั้นจะเกิดขึ้นเมื่อเวลาใด จะต้องหมายความด้วยว่า ณ เวลานั้น ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในข้อ ก. ก็ได้เลื่อนมาอยู่ ณ ตำแหน่งที่ควรจะเป็นด้วย จะคำนวณโดยการ

จับดวงอาทิตย์ "แซ่แข็ง" มิได้ เพราะจะทำให้ได้ผลออกมาไม่ตรงกับการสังเกตโดยตรงต้องอาศัยกรรมวิธีการคำนวณในลักษณะ ม้วนตัวให้หัวทบท้ายแล้วไล่เจ็ลยส่วนเกินให้พอดีภายในตัว ก็จะได้คำตอบออกมาที่เข้ากันได้อย่างสนิท (Simultaneous Solution)

การที่จะทำการพิสูจน์ว่า พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระปรีชาสามารถในการหาคำนวณได้ตามขั้นตอนต่าง ๆ นับตั้งแต่การกำหนดเวลาก่อน แล้วหาดวงอาทิตย์ในข้อ ก. จนกระทั่งถึงต้องการหาทั้งเวลา และดวงอาทิตย์ในข้อ ข. นั้น กระทำได้โดยการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาตรฐานขึ้นมา ซึ่งสามารถทำการคำนวณต่างๆตามที่กล่าวมาแล้วอย่างเต็มรูป แล้วให้ทำการคำนวณสองยุค คือ ยุคปัจจุบัน จะต้องให้ผลตรงกับค่ามาตรฐาน และยุคของพระองค์ท่านถ้าให้ผลออกมาตรงกับผลหาคำนวณ ก็แสดงว่าพระองค์ท่านทรงทำการคำนวณอย่างถูกต้องอย่างไรก็ดี ในการเปรียบเทียบผลครั้งหลังนี้ จะต้องพิจารณาถึงกรณีแวดล้อมหรือเงื่อนไขที่แตกต่างกันด้วย นอกเหนือไปจากการที่จะต้องระลึกถึงความจริง ด้วยว่า พระองค์ท่านทรงคำนวณด้วยพระหัตถ์หรือหากจะมีเครื่องช่วยก็เป็นเพียง Logarithm เท่านั้น

3. การพิสูจน์

ผู้เขียนใคร่ขออัญเชิญพระราชหัตถเลขา ฉบับที่ 38 มา ณ ที่นี้ เพื่อการพิจารณา และเพื่อมิให้มีปัญหาเรื่องความผิดพลาดในการพิสูจน์อักษรจากการเรียงพิมพ์ จึงขออัญเชิญมาโดยการถ่ายสำเนาจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 3 หน้า 170-171 ดังแสดงในรูปที่ 1

เนื่องจากเอกสารดังกล่าวมิได้ระบุปี จึงจำเป็นต้องเทียบปฏิทินก่อน โดยถือหลักการว่า ในช่วงระยะ

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าฯ ๑๗๑
 ๔๖ นาที แต่เที่ยงคืน ตีโมง หง เข้าเมอ ๖ นาฬิกา
 ๕๕ นาที แต่เที่ยงคืน ตี ๕ โมงเย็น เมอ ๕ นาฬิกา ๒ นาที
 แต่เที่ยงวัน แล้วยาคาเมอ ๖ นาฬิกา ๑๔ นาที แต่เที่ยงวัน
 ตีหมเที่ยงเมอ ๗ นาฬิกา ๒ นาที แต่เที่ยงวัน
 วันพฤหัสบดี วันศุกร์ เกอน ๓ แรม ๑๓ ค่ำ ๑๔ ค่ำ
 แลวันเสาร์ เกอน ๕ ชน ๑ ค่ำ ๓ วันนโทท ๑๑ เมอ
 ๔ นาฬิกา ๕๗ นาที แต่เที่ยงคืน ย่างเมอ ๕ นาฬิกา
 ๔ ๕ นาที แต่เที่ยงคืน ตีโมงเช้าเมอ ๖ นาฬิกา
 ๕๗ นาที แต่เที่ยงคืน ตี ๕ โมงเย็นเมอ ๕ นาฬิกา
 ๓ นาที แต่เที่ยงวัน ยาคาเมอ ๖ นาฬิกา ๑๕ นาที
 แต่เที่ยงวัน ตีหมเที่ยงเมอ ๗ นาฬิกา ๓ นาที
 วันอาทิตย์ วันจันทร์ วันอังคาร เกอน ๔ ชน ๒ ค่ำ
 ๓ ค่ำ ๔ ค่ำ ๓ วันนโทท ๑๑ เมอ ๔ นาฬิกา ๕๖ นาที
 แต่เที่ยงคืน ย่างเมอ ๕ นาฬิกา ๔๔ นาที
 แต่เที่ยงคืน ตีโมงเช้าเมอ ๖ นาฬิกา ๕๖ นาที แต่
 เที่ยงคืน ตี ๕ โมงเย็น ๕ นาฬิกา ๔ นาที แต่เที่ยง
 วัน ยาคาเมอ ๖ นาฬิกา ๑๖ นาที แต่เที่ยงวัน ตี
 หมเที่ยงเมอ ๗ นาฬิกา ๕ นาที แต่เที่ยงวัน

ฉบับที่ ๓๘
 พระราชหัตถเลขา ถึงกรมหมื่นวรจักรธรรมาภาพ

จกมายมายังกรมวัดวัดให้บอกพวกชวนาฬิกาและ
 แสงทองคาบตรงวัดวัดให้ถือเวลาตงน ไปกล่าวระด้นเคอนน
 ตงแคว้นองการเคอน ๓ แรม ๔ ค่ำไป ในวันอังคาร
 วันพุธ วันพฤหัสบดี เกอน ๓ แรม ๕ ค่ำ ๕ ค่ำ ๖ ค่ำ
 ๓ วันนยารุง ๕ นาฬิกา ๕๕ นาที แต่เที่ยงคืน ยาคา
 ๖ นาฬิกา ๑๒ นาที ตีโมงนองนตงตามนาฬิกาถล
 ๗ วันศุกร์ วันเสาร์ วันอาทิตย์ เกอน ๓ แรม ๗ ค่ำ
 ๘ ค่ำ ๙ ค่ำ ๓ วันนโทท ๑๑ เมอ ๔ นาฬิกา
 ๕๗ นาที แต่เที่ยงคืน แล้วยารุงเมอ ๕ นาฬิกา ๕๗ นาที
 แต่เที่ยงคืน ตีโมงเที่ยงเข้า เมอ ๖ นาฬิกา ๕๗ นาที
 แต่เที่ยงคืน ตีบาย ๕ โมง เมอ ๕ โมงกษนาท ๑ ยาคา
 เมอ ๖ โมงกษ ๑๓ นาที แต่ระ ๑ เมอ ๗ โมงกษนาท
 ๑ แต่เที่ยงวันนองนตงตามนาฬิกาถล
 วันจันทร์ วันอังคาร วันพุธ เกอน ๓ แรม ๑๐ ค่ำ
 ๑๑ ค่ำ ๑๒ ค่ำ ๓ วันนโทท ๑๑ เมอ ๔ นาฬิกา
 ๕๕ นาที แต่เที่ยงคืน แล้วยารุงเมอ ๕ นาฬิกา

เวลาหนึ่ง จะมีโอกาสที่วันในสัปดาห์วันใดก็ตาม มีคติเป็นข้างขึ้นหรือข้างแรม ค่าหนึ่งค่าใดในเดือนจันทรคติที่ระบุให้ได้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น จากการตรวจดูจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 4 ก็จะได้ว่าวันอังคาร เดือน 3 แรม 4 ค่ำ ในสมัยพระองค์ท่านนั้นตรงกับวันที่ 2 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1858 สำหรับ พ.ศ. นั้นจะต้องให้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ก็จะต้องถือว่ายังเป็น พ.ศ. 2400 อยู่จนกว่าจะถึงวันที่ 1 เมษายน จึงจะยอมให้เป็น พ.ศ. 2401 ได้ ทั้งนี้ตามทางปฏิบัติของไทยในอดีต ดังนั้น เพื่อขจัดปัญหา จึงจะขอใช้

เป็น ค.ศ. 1858

ตารางที่ 1 คือ สรุปผลการทรงคำนวณจากพระราชหัตถเลขาฉบับดังกล่าว ซึ่งแสดงถึงเวลาย่ำรุ่ง ของระบบเวลามาตรฐานของประเทศไทยในสมัยพระองค์ท่านในเดือนกุมภาพันธ์ ค.ศ. 1858 นับตั้งแต่วันที่ 2 ถึงวันที่ 16 แบ่งเป็น 5 กลุ่ม ๆ ละ 3 วัน ตั้งแต่เวลา 05:48 น. ในกลุ่มแรก แล้วค่อย ๆ ลดลงกลุ่มละ 1 นาที จนถึงเวลา 05:44 น. ในกลุ่มสุดท้าย

ตารางที่ 1

เวลาย่ำรุ่ง ตามระบบเวลามาตรฐานของประเทศไทยที่ได้ทรงคำนวณสำหรับ เดือนกุมภาพันธ์

ค.ศ. 1858

วัน	วันที่	เวลา
อังคาร	2	05.48
พุธ	3	
พฤหัสบดี	4	
ศุกร์	5	05.47
เสาร์	6	
อาทิตย์	7	
จันทร์	8	05.46
อังคาร	9	
พุธ	10	
พฤหัสบดี	11	05.45
ศุกร์	12	
เสาร์	13	
อาทิตย์	14	05.44
จันทร์	15	
อังคาร	16	

วิธีปฏิบัติการเทียบเวลา ของพนักงานประจำหอ นาฬิกาหลวง น่าจะเป็นดังนี้ คือ โปรดเกล้าฯ ให้ทำการฝึกสังเกตปรากฏการณ์ที่ทรงเรียกว่า " ย่ำรุ่ง " ให้ชำนาญเสียก่อน จากนั้นก็จัดเวรขึ้นประจำหอ นาฬิกา เพื่อสังเกตปรากฏการณ์นั้น เมื่อพบว่าถึงเวลา ย่ำรุ่งเมื่อใด ก็ให้ตั้งเวลาตามที่ ได้ทรงค่านว พระราชทานมาให้นั้น ซึ่งอาจจะกระทำโดยการตั้ง เวลาค้างไว้ล่วงหน้ากับนาฬิกาเรือนเล็กเสียก่อนเมื่อ พบว่าเป็นเวลา ย่ำรุ่งแล้ว ก็กดให้เข็มเดินทันทีพร้อมกับส่งรหัสให้เจ้าพนักงานอื่นตักลอง หรือชั่ง เป็น สัญญาว่า ย่ำรุ่งแล้ว จากนั้นจึงนำนาฬิกา เรือนเล็กนั้น ไปเทียบเวลาให้นาฬิกา เรือนใหญ่และเรือนอื่นๆ ที่อยู่ ในความรับผิดชอบต่อไป

ปัญหาที่เราจะต้องพิจารณาในที่นี้ คือ คำว่า "ย่ำรุ่ง" ของพระองค์ท่านหมายถึงอะไร จากปรากฏการณ์ประจำวันของดวงอาทิตย์ ตามที่ได้กล่าวมา ในตอนต้นนั้น ทางที่จะเป็นไปได้มากที่สุด น่าจะเป็น การเริ่มต้นของแสงเงินแสงทองชนิดพลเรือน เพราะ ถ้าถือว่าเป็น เวลาดวงอาทิตย์ขึ้นก็นับว่าสว่างมากแล้ว ไม่ควรจะเรียกว่า "ย่ำรุ่ง" แต่สำหรับแสงเงินแสง ทองที่เหลืออีก 2 ชนิดก็ถือว่ายังมีคไป เพราะยังมอง ไม่เห็นเส้นขอบฟ้า จึงเชื่อได้ว่าคำว่า "ย่ำรุ่ง" ของ พระองค์ท่านควรจะหมายถึงเวลาเริ่มต้นของการเห็น เส้นขอบฟ้าปรากฏขึ้นชัดเจน เป็นครั้งแรกนั่นเอง เรียกว่า Beginning of the Civil Twilight (B.C.T.) ซึ่งผู้ที่ได้รับพระราชทานเบี้ยหวัด เป็น เจ้าพนักงานประจำหอ นาฬิกาหลวงได้ จะต้องทำการ ฝึกสังเกตปรากฏการณ์ B.C.T. นี้ให้ได้ ซึ่งเชื่อว่า คงจะต้องฝึกกันอย่างจริงจัง โดยพระองค์ท่านอาจจะ โปรดเกล้าฯ ให้กรมหมื่นวรจักรธรานุภาพทรงกำกับ ดูแล

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้เขียนได้สร้างโปรแกรม คอมพิวเตอร์ เพื่อทำการค่านวตามหลักการต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ประกอบด้วยโปรแกรมที่ทำการค่านวรับช่วงกันเป็นทอด ๆ จำนวน 3 โปรแกรม คือ

โปรแกรมที่ 1 ทำการค่านวตำแหน่งดวง-อาทิตย์ เมื่อสังเกตจากจุดศูนย์กลางของโลก สำหรับ Mean Equinox and Equator ของแต่ละวันเป็น รายวันต่อเนื่องกันไป แล้วอัดเก็บใน Data File 1 สิ่งโปรแกรมนี้ต้องการ Input ก็เพียงค่าปี ค.ศ. เท่านั้น นอกนั้นแล้วเป็นเรื่องของโปรแกรมดำเนินการเองหมด

โปรแกรมที่ 2 รับเอา Data File 1 จากข้างต้น มาทำการค่านวหาตำแหน่งปรากฏของดวง-อาทิตย์ เมื่อสังเกตจากจุดศูนย์กลางของโลก โดยคิด Nutation และ Aberration ด้วย แล้วอัดเก็บใน Data File 2

โปรแกรมที่ 3 รับเอา Data File 2 มาใช้ เพื่อค่านวหาปรากฏการณ์ประจำวันอันเกี่ยวกับดวง-อาทิตย์ตามที่ได้อ้างมาข้างต้นนั้น โดย Input ที่ ต้องการ คือ ค่าเส้นรุ้งเส้นแวง วันที่ของวันแรก ที่ ต้องการ เครื่องก็จะทำการค่านวออกมาให้ โดยมีความรับผิดชอบตรวจสอบภายใน ตามหลักการที่ได้ กล่าวมาแล้วเป็นอย่างดี

เพื่อที่จะแสดงให้เห็น ความสามารถของโปรแกรม ผู้เขียนได้ใช้ให้เครื่องทำการค่านวตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1981 จำนวน 35 วัน เพื่อหา เวลาที่เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ดังนี้ .

3.1 Sunrise and Sunset ซึ่งแสดงใน ตารางที่ 2 (ก) และได้ถ่ายสำเนาผลการค่านว มาตราฐานสากล จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 5 มา

เปรียบเทียบในตารางที่ 2 (ข)

3.2 Civil Twilight แสดงในตารางที่ 3 (ก) ซึ่งใช้เปรียบเทียบับตารางที่ 3 (ข)

ความจริงยังมีสิ่งอื่นอีกที่โปรแกรมนี้คำนวณเทียบกับเอกสารอ้างอิงหมายเลข 5 แต่เพื่อมิให้เปลืองเนื้อที่ คิดว่า เพียงแค่ตาราง 2 ชุดนี้ ก็เป็นการเพียงพอแล้วในการแสดงให้เห็นว่าโปรแกรมทั้งสามนี้สามารถทำการคำนวณ เทียบได้กับระดับมาตรฐานสากล โดยแท้จริงแล้ว ในการคำนวณปฏิทินดาวของเอกสารหมายเลข 5 นั้น ทั้งอังกฤษและอเมริกา ทำงานร่วมกัน โดยได้คำนวณออกมาล่วงหน้าก่อน 3 ปี

แล้วแลกเปลี่ยนกันตรวจสอบ ถ้าได้ผลต่างกัน จะต้องนำโปรแกรมมาพิจารณาปรับปรุงก่อนเพื่อให้ได้ผลตรงกัน จึงจะพิมพ์ออกมาได้ ถึงแม้ว่าผู้เขียนจะได้พัฒนาโปรแกรมเองโดยเอกเทศ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับขอความร่วมมือจากต่างประเทศก็ตาม แต่ก็สามารถให้ค่าตรงกับค่ามาตรฐานสากลได้ ดังนั้น จึงเชื่อได้ว่าโปรแกรมของผู้เขียนนี้ เป็นโปรแกรมที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้ จึงจะขอนำมาใช้ในการพิสูจน์ผลการคำนวณของพระองค์ ด้วยการขอให้โปรแกรมทำการคำนวณสำหรับปี ค.ศ.1858

ตารางที่ 2 (ก)

SUNRISE AND SUNSET
AT UNIVERSAL TIME FOR GREENWICH MERIDIAN

LATITUDE 10 D O M O S (NORTH)

Y	M	D	J.D.	RISING			SETTING		
				H	M	S	H	M	S
1981	2	1	2444636.5	6	22	24.13	18	4	59.12
1981	2	2	2444637.5	6	22	19.03	18	5	19.43
1981	2	3	2444638.5	6	22	12.93	18	5	39.11
1981	2	4	2444639.5	6	22	5.85	18	5	58.16
1981	2	5	2444640.5	6	21	57.79	18	6	16.57
1981	2	6	2444641.5	6	21	48.75	18	6	34.33
1981	2	7	2444642.5	6	21	38.74	18	6	51.44
1981	2	8	2444643.5	6	21	27.76	18	7	7.89
1981	2	9	2444644.5	6	21	15.83	18	7	23.69
1981	2	10	2444645.5	6	21	2.95	18	7	38.82
1981	2	11	2444646.5	6	20	49.13	18	7	53.30
1981	2	12	2444647.5	6	20	34.39	18	8	7.12
1981	2	13	2444648.5	6	20	18.75	18	8	20.29
1981	2	14	2444649.5	6	20	2.22	18	8	32.83
1981	2	15	2444650.5	6	19	44.82	18	8	44.73
1981	2	16	2444651.5	6	19	26.56	18	8	56.01
1981	2	17	2444652.5	6	19	7.48	18	9	6.69
1981	2	18	2444653.5	6	18	47.58	18	9	16.76
1981	2	19	2444654.5	6	18	26.90	18	9	26.26
1981	2	20	2444655.5	6	18	5.45	18	9	35.19
1981	2	21	2444656.5	6	17	43.26	18	9	43.56
1981	2	22	2444657.5	6	17	20.35	18	9	51.39
1981	2	23	2444658.5	6	16	56.73	18	9	58.70
1981	2	24	2444659.5	6	16	32.44	18	10	5.49
1981	2	25	2444660.5	6	16	7.49	18	10	11.79
1981	2	26	2444661.5	6	15	41.91	18	10	17.61
1981	2	27	2444662.5	6	15	15.71	18	10	22.95
1981	2	28	2444663.5	6	14	48.93	18	10	27.84
1981	3	1	2444664.5	6	14	21.57	18	10	32.29
1981	3	2	2444665.5	6	13	53.66	18	10	36.31
1981	3	3	2444666.5	6	13	25.22	18	10	39.92
1981	3	4	2444667.5	6	12	56.27	18	10	43.12
1981	3	5	2444668.5	6	12	26.84	18	10	45.94
1981	3	6	2444669.5	6	11	56.93	18	10	48.38
1981	3	7	2444670.5	6	11	26.56	18	10	50.44

การพิสูจน์การทรงค่านวณเพื่อรักษาเวลามาตรฐานประเทศไทย

ตารางที่ 2 (ข)

A12 SUNRISE AND SUNSET, 1981

UNIVERSAL TIME FOR MERIDIAN OF GREENWICH

SUNRISE

Lat.	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+35°	+40°
Jan. -3	3 23	3 52	4 15	4 33	4 47	5 00	5 22	5 41	5 58	6 16	6 34	6 55	7 07	7 21
2	3 27	3 56	4 18	4 36	4 50	5 03	5 25	5 43	6 00	6 17	6 36	6 57	7 08	7 22
6	3 33	4 01	4 22	4 39	4 54	5 06	5 27	5 45	6 02	6 19	6 37	6 57	7 09	7 22
10	3 39	4 06	4 27	4 43	4 57	5 09	5 30	5 48	6 04	6 20	6 37	6 57	7 09	7 22
14	3 46	4 12	4 32	4 48	5 01	5 13	5 33	5 50	6 05	6 21	6 38	6 57	7 08	7 21
18	3 53	4 18	4 37	4 52	5 05	5 16	5 35	5 52	6 07	6 22	6 38	6 56	7 07	7 19
22	4 01	4 24	4 42	4 57	5 09	5 20	5 38	5 54	6 08	6 22	6 38	6 55	7 05	7 17
26	4 10	4 31	4 48	5 02	5 13	5 23	5 40	5 55	6 09	6 23	6 37	6 54	7 03	7 14
30	4 18	4 38	4 54	5 06	5 17	5 27	5 43	5 57	6 10	6 23	6 36	6 52	7 00	7 11
Feb. 3	4 27	4 45	5 00	5 11	5 21	5 30	5 45	5 58	6 10	6 22	6 35	6 49	6 57	7 07
7	4 33	4 52	5 05	5 16	5 26	5 34	5 48	6 00	6 11	6 22	6 33	6 47	6 54	7 03
11	4 44	4 59	5 11	5 21	5 30	5 37	5 50	6 01	6 11	6 21	6 31	6 43	6 50	6 58
15	4 53	5 06	5 17	5 26	5 34	5 40	5 52	6 02	6 11	6 20	6 29	6 40	6 46	6 53
19	5 01	5 13	5 23	5 31	5 38	5 43	5 54	6 02	6 11	6 19	6 27	6 36	6 42	6 48
23	5 10	5 20	5 29	5 35	5 41	5 46	5 55	6 03	6 10	6 17	6 24	6 32	6 37	6 42
27	5 18	5 27	5 34	5 40	5 45	5 49	5 57	6 03	6 09	6 15	6 21	6 28	6 32	6 37
31	5 27	5 34	5 40	5 44	5 49	5 52	5 58	6 04	6 09	6 13	6 18	6 24	6 27	6 31
Mar. 7	5 33	5 40	5 45	5 49	5 52	5 55	6 00	6 04	6 08	6 11	6 15	6 20	6 22	6 25
11	5 43	5 47	5 50	5 53	5 56	5 58	6 01	6 04	6 07	6 09	6 12	6 15	6 17	6 18
15	5 51	5 54	5 56	5 57	5 59	6 00	6 02	6 04	6 06	6 07	6 09	6 10	6 11	6 12
19	5 59	6 00	6 01	6 02	6 02	6 03	6 03	6 04	6 05	6 05	6 05	6 05	6 05	6 05
23	6 07	6 06	6 06	6 06	6 05	6 05	6 05	6 04	6 03	6 03	6 02	6 01	6 00	5 59
27	6 14	6 13	6 11	6 10	6 09	6 08	6 06	6 04	6 02	6 00	5 58	5 56	5 54	5 52
31	6 22	6 19	6 16	6 14	6 12	6 10	6 07	6 04	6 01	5 58	5 55	5 51	5 49	5 46
Apr. 4	6 30	6 25	6 21	6 18	6 15	6 12	6 08	6 04	6 00	5 56	5 51	5 46	5 43	5 40

SUNSET

Lat.	-55°	-50°	-45°	-40°	-35°	-30°	-20°	-10°	0°	+10°	+20°	+30°	+35°	+40°
Jan. -2	20 43	19 12	19 49	19 32	19 17	19 04	18 42	18 23	18 06	17 49	17 30	17 09	16 57	16 43
2	20 40	20 12	19 50	19 32	19 18	19 05	18 43	18 25	18 08	17 51	17 33	17 12	17 00	16 46
6	20 38	20 10	19 49	19 32	19 18	19 06	18 45	18 26	18 10	17 53	17 35	17 15	17 03	16 50
10	20 35	20 08	19 48	19 31	19 18	19 06	18 45	18 28	18 11	17 55	17 38	17 18	17 07	16 54
14	20 31	20 06	19 46	19 30	19 17	19 05	18 46	18 29	18 13	17 57	17 41	17 22	17 11	16 58
18	20 27	20 02	19 44	19 28	19 16	19 04	18 46	18 29	18 14	17 59	17 43	17 25	17 14	17 02
22	20 21	19 58	19 40	19 26	19 14	19 03	18 45	18 30	18 15	18 01	17 46	17 28	17 18	17 07
26	20 14	19 53	19 37	19 23	19 12	19 02	18 45	18 30	18 16	18 03	17 48	17 32	17 23	17 12
30	20 07	19 48	19 32	19 20	19 09	19 00	18 44	18 30	18 17	18 04	17 51	17 35	17 27	17 17
Feb. 3	20 00	19 42	19 27	19 16	19 06	18 57	18 42	18 29	18 17	18 06	17 53	17 39	17 31	17 21
7	19 52	19 35	19 22	19 11	19 02	18 54	18 41	18 29	18 18	18 07	17 55	17 42	17 35	17 26
11	19 43	19 28	19 16	19 07	18 58	18 51	18 39	18 28	18 18	18 08	17 57	17 45	17 39	17 31
15	19 34	19 21	19 10	19 02	18 54	18 48	18 36	18 27	18 18	18 09	17 59	17 49	17 43	17 36
19	19 25	19 13	19 04	18 56	18 50	18 44	18 34	18 25	18 17	18 09	18 01	17 52	17 46	17 40
23	19 16	19 05	18 57	18 51	18 45	18 40	18 31	18 24	18 17	18 10	18 03	17 55	17 50	17 45
27	19 06	18 57	18 50	18 45	18 40	18 36	18 28	18 22	18 16	18 10	18 04	17 58	17 54	17 49
Mar. 31	18 56	18 49	18 43	18 39	18 35	18 31	18 25	18 20	18 15	18 11	18 06	18 00	17 57	17 54
7	18 46	18 41	18 36	18 33	18 29	18 27	18 22	18 18	18 14	18 11	18 07	18 03	18 01	17 58
11	18 36	18 32	18 29	18 26	18 24	18 22	18 19	18 16	18 13	18 11	18 08	18 06	18 04	18 02
15	18 26	18 23	18 21	18 20	18 18	18 17	18 15	18 14	18 12	18 11	18 10	18 08	18 07	18 07
19	18 16	18 15	18 14	18 13	18 13	18 12	18 12	18 11	18 11	18 11	18 11	18 11	18 11	18 11
23	18 05	18 06	18 06	18 07	18 07	18 08	18 08	18 09	18 10	18 11	18 12	18 13	18 14	18 15
27	17 55	17 57	17 59	18 00	18 02	18 03	18 05	18 07	18 09	18 11	18 13	18 16	18 17	18 19
31	17 45	17 49	17 52	17 54	17 56	17 58	18 01	18 04	18 07	18 11	18 14	18 18	18 20	18 23
Apr. 4	17 35	17 40	17 44	17 48	17 51	17 53	17 58	18 02	18 06	18 10	18 15	18 20	18 24	18 27

ตารางที่ 3 (ก)

CIVIL TWILIGHT AT UNIVERSAL TIME FOR GREENWICH MERIDIAN

LATITUDE 10 D 0 M 0 S (NORTH)

Y	M	D	J.D.	BEGINNING			END		
				H	M	S	H	M	S
1981	2	1	2444636.5	6	0	30.71	18	26	52.39
1981	2	2	2444637.5	6	0	27.60	18	27	10.70
1981	2	3	2444638.5	6	0	23.50	18	27	28.39
1981	2	4	2444639.5	6	0	18.40	18	27	45.46
1981	2	5	2444640.5	6	0	12.31	18	28	1.90
1981	2	6	2444641.5	6	0	5.22	18	28	17.71
1981	2	7	2444642.5	5	59	57.14	18	28	32.88
1981	2	8	2444643.5	5	59	48.09	18	28	47.42
1981	2	9	2444644.5	5	59	38.05	18	29	1.33
1981	2	10	2444645.5	5	59	27.05	18	29	14.60
1981	2	11	2444646.5	5	59	15.08	18	29	27.23
1981	2	12	2444647.5	5	59	2.16	18	29	39.25
1981	2	13	2444648.5	5	58	48.31	18	29	50.64
1981	2	14	2444649.5	5	58	33.53	18	30	1.44
1981	2	15	2444650.5	5	58	17.86	18	30	11.63
1981	2	16	2444651.5	5	58	1.29	18	30	21.24
1981	2	17	2444652.5	5	57	43.85	18	30	30.28
1981	2	18	2444653.5	5	57	25.57	18	30	38.77
1981	2	19	2444654.5	5	57	6.45	18	30	46.71
1981	2	20	2444655.5	5	56	46.53	18	30	54.14
1981	2	21	2444656.5	5	56	25.82	18	31	1.04
1981	2	22	2444657.5	5	56	4.34	18	31	7.46
1981	2	23	2444658.5	5	55	42.12	18	31	13.39
1981	2	24	2444659.5	5	55	19.17	18	31	18.87
1981	2	25	2444660.5	5	54	55.51	18	31	23.90
1981	2	26	2444661.5	5	54	31.17	18	31	28.49
1981	2	27	2444662.5	5	54	6.16	18	31	32.67
1981	2	28	2444663.5	5	53	40.51	18	31	36.45
1981	3	1	2444664.5	5	53	14.23	18	31	39.84
1981	3	2	2444665.5	5	52	47.35	18	31	42.85
1981	3	3	2444666.5	5	52	19.88	18	31	45.51
1981	3	4	2444667.5	5	51	51.85	18	31	47.82
1981	3	5	2444668.5	5	51	23.26	18	31	4

ตารางที่ 3 (ช)

A20

CIVIL TWILIGHT, 1981

UNIVERSAL TIME FOR MERIDIAN OF GREENWICH
MORNING CIVIL TWILIGHT

Table with columns for Latitude (Lat.) from -55° to +40° and rows for months from Jan. to Apr. showing time values for morning civil twilight.

EVENING CIVIL TWILIGHT

Table with columns for Latitude (Lat.) from -2° to +15° and rows for months from Jan. to Apr. showing time values for evening civil twilight.

เงื่อนไขที่แตกต่างกันในการคำนวณ 2 ยุค ในการศึกษารุ่นนี้ คือ

3.3 ระบบเวลา

ของยุคปัจจุบันใช้เวลามาตรฐานกรีนิช ยุคเก่า ใช้เวลามาตรฐานกรุงเทพมหานคร คือ Bangkok Mean Time (B.M.T.) โดยให้มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์เป็น เส้นแวง 100 องศา 29 ลิปดา 50 ฟลิปดา ตะวันออก เส้นรุ้ง 13 องศา 44 ลิปดา 29 ฟลิปดา เหนือ โดยใช้ระบบเวลาเป็น Local Mean Time (L.M.T.) นั่นเอง ซึ่งระบบโปรแกรมจะดำเนินการ ย้ายเวลาจากกรีนิชมาเป็น B.M.T. อย่างถูกต้อง

3.4 ระดับสูงของผู้สังเกต

ของยุคปัจจุบันนี้ ทำการคำนวณสำหรับ

การสังเกตที่ระดับน้ำทะเล เพื่อให้เทียบกับค่ามาตรฐานสากลในการทดสอบโปรแกรมได้ แต่สำหรับของยุคเก่านั้น เราจะต้องทำให้เครื่องคำนวณสำหรับการสังเกตเหนือระดับน้ำทะเลด้วย เพราะสถานที่สังเกตอยู่ในพระบรมมหาราชวังผู้สังเกตจะต้องขึ้นหอนาฬิกาเป็นหอสูง จำเป็นต้องให้ค่า "สูงตา" แก่โปรแกรมด้วย ซึ่งผู้เขียนให้เป็น 100 ฟุต ที่ระดับความสูงขนาดนี้ ถ้าประมาณค่าความสูงผิดไป 20 ฟุต จะมีผลทำให้คำนวณเวลาผิดไปเพียง 4 วินาทีเท่านั้น ซึ่งไม่ใช่ประเด็นสำคัญ

ผลการคำนวณ Sunrise and Sunset และ Civil Twilight ของเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 1858 แสดงในตารางที่ 4 และ ที่ 5 ตามลำดับ เมื่อเทียบตารางที่ 4 ที่ 5 กับตารางที่ 1 แล้ว

เราจะเห็นว่า เวลา Beginning of the Civil Twilight ในตารางที่ 5 มีค่าใกล้เคียงกับค่าเวลา "ย่ำรุ่ง" ในตารางที่ 1 มากกว่าค่า Sunrise ในตารางที่ 4

อย่างไรก็ตาม ค่า B.C.T. ของตารางที่ 5

ยังมากกว่าค่าย่ำรุ่งประมาณ 16 นาที ซึ่งจะต้องหา คำอธิบาย ถ้ายังคงเชื่อในสมมุติฐานว่า คำว่า ย่ำรุ่ง ของพระองค์ท่านนั้น คือ Beginning of the Civil Twilight

ตารางที่ 4

SUNRISE AND SUNSET
BANGKOK MEAN TIME

LONGITUDE 100 D 29 M 50 S (EAST) LATITUDE 13 D 44 M 29 S (NORTH)
HEIGHT OF OBSERVING STATION 100 FEET

Y	M	D	J.D.	RISING			SETTING		
				H	M	S	H	M	S
1858	2	1	2399711.5	6	26	47.22	18	1	4.13
1858	2	2	2399712.5	6	26	37.24	18	1	29.47
1858	2	3	2399713.5	6	26	26.19	18	1	54.26
1858	2	4	2399714.5	6	26	14.09	18	2	18.49
1858	2	5	2399715.5	6	26	0.95	18	2	42.17
1858	2	6	2399716.5	6	25	46.77	18	3	5.27
1858	2	7	2399717.5	6	25	31.57	18	3	27.81
1858	2	8	2399718.5	6	25	15.36	18	3	49.78
1858	2	9	2399719.5	6	24	58.16	18	4	11.18
1858	2	10	2399720.5	6	24	39.98	18	4	32.00
1858	2	11	2399721.5	6	24	20.83	18	4	52.24
1858	2	12	2399722.5	6	24	0.73	18	5	11.91
1858	2	13	2399723.5	6	23	39.69	18	5	30.99
1858	2	14	2399724.5	6	23	17.72	18	5	49.50
1858	2	15	2399725.5	6	22	54.84	18	6	7.43
1858	2	16	2399726.5	6	22	31.06	18	6	24.77
1858	2	17	2399727.5	6	22	6.40	18	6	41.54
1858	2	18	2399728.5	6	21	40.88	18	6	57.74
1858	2	19	2399729.5	6	21	14.50	18	7	13.36
1858	2	20	2399730.5	6	20	47.30	18	7	28.42
1858	2	21	2399731.5	6	20	19.29	18	7	42.92
1858	2	22	2399732.5	6	19	50.48	18	7	56.88
1858	2	23	2399733.5	6	19	20.91	18	8	10.30
1858	2	24	2399734.5	6	18	50.59	18	8	23.19
1858	2	25	2399735.5	6	18	19.55	18	8	35.57
1858	2	26	2399736.5	6	17	47.81	18	8	47.46
1858	2	27	2399737.5	6	17	15.40	18	8	58.87
1858	2	28	2399738.5	6	16	42.35	18	9	9.82
1858	3	1	2399739.5	6	16	8.68	18	9	20.33
1858	3	2	2399740.5	6	15	34.41	18	9	30.40
1858	3	3	2399741.5	6	14	59.58	18	9	40.07
1858	3	4	2399742.5	6	14	24.20	18	9	49.35
1858	3	5	2399743.5	6	13	48.31	18	9	58.25
1858	3	6	2399744.5	6	13	11.92	18	10	6.79
1858	3	7	2399745.5	6	12	35.07	18	10	14.99

คำอธิบายที่น่าจะเป็นได้มากที่สุดก็คือ ในสมัยนี้ โลกเจริญ เรามีนาฬิกาใช้กันทั่วไป เราจึงต้องใช้ เวลาในระบบ Mean Time คือ เป็นเวลาเฉลี่ยปาน กลางที่ได้จากการเดินทางของดวงอาทิตย์ตลอดปี แต่ ในสมัยก่อนไม่มีนาฬิกาใช้กันมากนัก จึงต้องอาศัย ฤ เวลาจากดวงอาทิตย์ หรือนาฬิกาแดด ดังนั้นจึงต้อง ให้เวลาในระบบ Apparent Time โดยการเทียบ

กับตำแหน่งปรากฏของดวงอาทิตย์ในขณะนั้น ดังนั้นจึง ต้องแก้ระบบเวลาในตารางที่ 5 ให้เป็น Apparent Time

ตารางที่ 6 เป็นผลการคำนวณจากเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง แสดงให้เห็นค่าต่าง ๆ ที่คำนวณได้ ในแต่ละวันในปลายเดือนมกราคม ถึงต้นเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 1858

ตารางที่ 5

CIVIL TWILIGHT
BANGKOK MEAN TIME

LONGITUDE 100 D 29 M 50 S (EAST)			LATITUDE 13 D 44 M 29 S (NORTH)						
HEIGHT OF OBSERVING STATION			100 FEET						
Y	M	D	J.D.	BEGINNING			END		
				H	M	S	H	M	S
1858	2	1	2399711.5	6	4	34.70	18	23	15.80
1858	2	2	2399712.5	6	4	26.78	18	23	39.09
1858	2	3	2399713.5	6	4	17.79	18	24	1.84
1858	2	4	2399714.5	6	4	7.73	18	24	24.04
1858	2	5	2399715.5	6	3	56.61	18	24	45.69
1858	2	6	2399716.5	6	3	44.45	18	25	6.80
1858	2	7	2399717.5	6	3	31.25	18	25	27.36
1858	2	8	2399718.5	6	3	17.03	18	25	47.37
1858	2	9	2399719.5	6	3	1.78	18	26	6.82
1858	2	10	2399720.5	6	2	45.54	18	26	25.73
1858	2	11	2399721.5	6	2	28.30	18	26	44.09
1858	2	12	2399722.5	6	2	10.08	18	27	1.90
1858	2	13	2399723.5	6	1	50.88	18	27	19.17
1858	2	14	2399724.5	6	1	30.73	18	27	35.88
1858	2	15	2399725.5	6	1	9.63	18	27	52.06
1858	2	16	2399726.5	6	0	47.60	18	28	7.69
1858	2	17	2399727.5	6	0	24.65	18	28	22.78
1858	2	18	2399728.5	6	0	0.80	18	28	37.34
1858	2	19	2399729.5	5	59	36.05	18	28	51.38
1858	2	20	2399730.5	5	59	10.43	18	29	4.89
1858	2	21	2399731.5	5	58	43.95	18	29	17.90
1858	2	22	2399732.5	5	58	16.63	18	29	30.40
1858	2	23	2399733.5	5	57	48.50	18	29	42.42
1858	2	24	2399734.5	5	57	19.57	18	29	53.96
1858	2	25	2399735.5	5	56	49.87	18	30	5.05
1858	2	26	2399736.5	5	56	19.42	18	30	15.69
1858	2	27	2399737.5	5	55	48.25	18	30	25.91
1858	2	28	2399738.5	5	55	16.37	18	30	35.72
1858	3	1	2399739.5	5	54	43.82	18	30	45.15
1858	3	2	2399740.5	5	54	10.62	18	30	54.20
1858	3	3	2399741.5	5	53	36.80	18	31	2.91
1858	3	4	2399742.5	5	53	2.37	18	31	11.28
1858	3	5	2399743.5	5	52	27.36	18	31	19.33
1858	3	6	2399744.5	5	51	51.81	18	31	27.09
1858	3	7	2399745.5	5	51	15.72	18	31	34.56

ตารางที่ 6

APPARENT POSITIONS OF THE SUN AT 0 E.T. YEAR 1858

J.D.	H	D	RA			DEC		G.A.ST.			E-D-T (MEAN-APPT)		
			H	M	S	D	S	H	M	S	M	S	
2399000+													
709.5	1	30	20	49	16.03	-17	47	29.74	8	35	45.29	+13	30.75
710.5	1	31	20	53	22.01	-17	31	1.47	8	39	41.84	+13	40.17
711.5	2	1	20	57	27.18	-17	14	14.60	8	43	38.39	+13	48.79
712.5	2	2	21	1	31.53	-16	57	9.48	8	47	34.94	+13	56.59
713.5	2	3	21	5	35.07	-16	39	46.50	8	51	31.49	+14	3.58
714.5	2	4	21	9	37.81	-16	22	6.05	8	55	28.04	+14	9.77
715.5	2	5	21	13	39.75	-16	4	8.52	8	59	24.59	+14	15.16
716.5	2	6	21	17	40.90	-15	45	54.32	9	3	21.15	+14	19.75
717.5	2	7	21	21	41.25	-15	27	23.86	9	7	17.71	+14	25.54
718.5	2	8	21	25	40.82	-15	8	37.55	9	11	14.27	+14	26.55
719.5	2	9	21	29	39.61	-14	49	35.83	9	15	10.83	+14	28.78
720.5	2	10	21	33	37.62	-14	30	19.10	9	19	7.39	+14	30.23
721.5	2	11	21	37	34.85	-14	10	47.80	9	23	3.95	+14	30.91
722.5	2	12	21	41	31.33	-13	51	2.36	9	27	0.51	+14	30.82
723.5	2	13	21	45	27.03	-13	31	3.23	9	30	57.06	+14	29.97
724.5	2	14	21	49	21.99	-13	10	50.83	9	34	53.62	+14	28.37
725.5	2	15	21	53	16.19	-12	50	25.60	9	38	50.17	+14	26.02
726.5	2	16	21	57	9.65	-12	29	47.97	9	42	46.72	+14	22.94
727.5	2	17	22	1	2.39	-12	8	58.39	9	46	43.27	+14	19.12
728.5	2	18	22	4	54.40	-11	47	57.29	9	50	39.82	+14	14.58
729.5	2	19	22	8	45.70	-11	26	45.11	9	54	36.37	+14	9.34
730.5	2	20	22	12	36.31	-11	5	22.27	9	58	32.92	+14	3.39
731.5	2	21	22	16	26.24	-10	43	49.20	10	2	29.48	+13	56.76
732.5	2	22	22	20	15.50	-10	22	6.35	10	6	26.04	+13	49.46
733.5	2	23	22	24	4.10	-10	0	14.14	10	10	22.61	+13	41.50
734.5	2	24	22	27	52.07	-9	38	12.96	10	14	19.17	+13	32.90
735.5	2	25	22	31	39.41	-9	16	3.22	10	18	15.73	+13	23.68
736.5	2	26	22	35	26.16	-8	53	45.30	10	22	12.29	+13	13.87
737.5	2	27	22	39	12.31	-8	31	19.57	10	26	8.84	+13	3.47
738.5	2	28	22	42	57.91	-8	8	46.41	10	30	5.39	+12	52.52
739.5	3	1	22	46	42.97	-7	46	6.15	10	34	1.94	+12	41.03
740.5	3	2	22	50	27.51	-7	23	19.17	10	37	58.49	+12	29.03
741.5	3	3	22	54	11.56	-7	0	25.80	10	41	55.03	+12	16.53
742.5	3	4	22	57	55.15	-6	37	26.43	10	45	51.58	+12	3.56
743.5	3	5	23	1	38.28	-6	14	21.44	10	49	48.14	+11	50.14
744.5	3	6	23	5	20.98	-5	51	11.19	10	53	44.69	+11	36.29
745.5	3	7	23	9	3.28	-5	27	56.05	10	57	41.25	+11	22.04
746.5	3	8	23	12	45.19	-5	4	36.40	11	1	37.81	+11	7.39
747.5	3	9	23	16	26.73	-4	41	12.66	11	5	34.36	+10	52.37
748.5	3	10	23	20	7.92	-4	17	45.20	11	9	30.92	+10	37.00

J.D. คือ Julian Date หรือ วันที่ทางดาราศาสตร์
 M คือ เดือน
 D คือ วันที่
 RA และ DEC คือค่า Right Ascension และ Declination ของดวงอาทิตย์ชนิดปรากฏ ซึ่งได้แก่ Nutation และ Aberration แล้ว
 G.A.S.T. คือ Greenwich Apparent Sidereal Time ทำการคำนวณโดยแก้ Greenwich ด้วย Equation of Equinox (ไม่ได้พิมพ์)

การคำนวณสิ่งสำคัญในคอลัมน์สุดท้ายคือ E-O-T หรือ Equation of Time ซึ่งจะใช้แก้ Mean Time กลับไปเป็น Apparent Time ค่า E-O-T นี้เอกสารหมายเลข 5 ไม่มี เพราะเขาเลิกใช้กันมานานแล้ว

การเปลี่ยนค่า Bangkok Mean Time ให้เป็น Bangkok Apparent Time ทำได้โดยการเอาค่า E-O-T จากตารางที่ 6 ไปลบค่า Bangkok Mean Time ในตารางที่ 5 ก็จะได้ผลออกมา ดังแสดงในตารางที่ 7

ค่าที่คำนวณได้ดังกล่าวมาข้างต้นนี้ มีไว้เพื่อทำ

ตารางที่ 7

Beginning of Civil Twilight
 Bangkok Apparent Time
 February, 1858

Date	Time		
	H	M	S
2	5	50	30
3	5	50	14
4	5	49	58
5	5	49	42
6	5	49	25
7	5	49	8
8	5	48	51
9	5	48	33
10	5	48	15
11	5	47	57
12	5	47	39
13	5	47	21
14	5	47	2
15	5	46	44
16	5	46	25

เมื่ออ่านมาถึงตอนนี้ ท่านอาจต้องการจะถามว่า ทำไมผู้เขียนไม่กล่าวอะไรบ้างที่เกี่ยวกับ "ย่ำค่ำ"

ถ้าท่านเขียนเวลา "ย่ำค่ำ" จากพระราชหัตถเลขาถึงผู้ลี้ภัยไปกับเวลา "ย่ำรุ่ง" ในตารางที่ 1 แล้วจะพบความจริงว่าตัวเลข "ย่ำรุ่ง" และ "ย่ำค่ำ" ในแต่ละกลุ่มเป็น Mirror Image ในทาง Hour Angle แก่กัน

สิ่งนี้เสมือนหนึ่งเป็นพระราชประสงค์ จะพระราชทานเป็นแนวทาง แก่ผู้ที่จะมาศึกษาผลการทรงค่านวณของพระองค์ท่านว่า "ใช้เวลาปรากฏ" และคงจะมีการตีฆ้องหรือกลองเป็นสัญญาณเมื่อเวลาย่ำค่ำมาถึงในแต่ละวัน โดยการดูเวลาจากนาฬิกาโดยตรง หนึ่งโดยแท้จริงแล้วพระองค์ท่านได้โปรดเกล้าฯ ให้สร้างหอนาฬิกาหลวงขึ้นในพระบรมมหาราชวัง ถึง 2 หอ นอกจากพระที่นั่งภูวดลทิศโนย ซึ่งมองเห็นได้จากทางคานพระราชวังสราญรมย์แล้ว ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข 1 หน้า 267 ได้กล่าวว่า พระองค์ท่านได้โปรดเกล้าฯ ให้กรมขุนราชสีหวิกรมทรงออกแบบสร้างหอนาฬิกาอีกแห่งหนึ่งที่ตรงมุขเด็จพระที่นั่งจักรี เคมีได้ระบุชื่อของหอนาฬิกาและปีที่สร้าง เชื่อว่าหอนี้ คงจะสร้างขึ้นเพื่อให้สามารถมองเห็นได้จากคานแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งจะเป็นประโยชน์แก่นายเรือได้ใช้เทียบเวลาเดินเรือทำนองเดียวกันกับที่นายเรืออังกฤษ จะต้องแล่นเรือขึ้นแม่น้ำเทมส์ เพื่อไปเทียบเวลาจากหอเทียบเวลาเมืองกรีนวิชนั่นเอง

สุดท้าย ผู้เขียนใคร่ขออัญเชิญ พระราชกำหนดเรื่องนาฬิกา ฉบับที่ 306 ซึ่งพิมพ์ในเอกสารอ้างอิงหมายเลข 7 หน้า 142-145 เพื่อแสดงให้เห็นเป็นหลักฐานว่า พระองค์ท่านได้ทรงสถาปนาระบบเวลามาตรฐานของประเทศไทยพระราชทานเป็นมิ่งขวัญแก่วงการวิทยาศาสตร์ของเรา เนื่องจากพระราช-

กำหนดนี้ค่อนข้างยาว ผู้เขียนจึงขออัญเชิญมาเฉพาะส่วนท้าย ท่านผู้อ่านสามารถศึกษาได้โดยตรงจากเอกสารดังกล่าว

".....จะเป็นเหตุให้เขาหัวเราะเยาะเย้ยได้ว่าเมืองเราใช้เครื่องมือนับทุ่มโมงเวลาทาบคายนักไม่สมควรเลย เพราะเหตุฉะนั้น พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงพินิจพิจารณาตรวจราค่านวณความค่านวณพระอาทิตย์ในฤดูทั้งปวง สอดกับนาฬิกาที่ตีมาหลายปี ทรงทราบถ้วนถี่ทุกประการแจ้งในพระราชหฤทัยแล้ว"

4. สรุป

เราได้เห็นกันแล้ว ณ บัดนี้ว่า พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระอัจฉริยภาพในทางวิทยาศาสตร์อันสูงส่งเพียงไร อีกทั้งทรงมีพระวิริยะอุตสาหะตรากตรำพระวรกาย ทรงกระทำการศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นรากฐานพระราชทานเป็นมิ่งขวัญแก่วงการวิทยาศาสตร์ของชาติ อย่างยากที่จะหาพระมหากษัตริย์ในประเทศอื่นใด เสมอเหมือนสมควรที่เรา จะได้เจริญรอยตามพระยุคลบาทอุทิศตนสร้างสรรพัฒนาวิชาการ เพื่อเป็นการสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณที่ได้ทรงเสียสละพระเกษมสำราญส่วนพระองค์ หรือแม้แต่พระชนม์ชีพของพระองค์ท่านเอง เพื่อทรงวางรากฐานวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณอารี สวัสดิ์ ที่ได้มอบเอกสารอ้างอิงหมายเลข 3 และหมายเลข 7 ซึ่งนับเป็นเอกสารที่สำคัญยิ่งแก่การศึกษานี้

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้ใช้คอมพิวเตอร์ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ผู้เขียนขอขอบคุณอาจารย์บำรุง สมสวัสดิ์ และ ผศ.บุญส่ง วัฒนกิจ ที่

ได้ให้คำแนะนำการใช้เครื่อง ซึ่งทำให้การทำงาน
ดำเนินไปอย่างได้ผลดียิ่ง และผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ
เจ้าหน้าที่ของคณะที่ได้ช่วยเหลือในการป้อนโปรแกรม
เข้าเครื่อง

เอกสารอ้างอิง

1. ประชุมพงศาวดารเล่มที่ 14 (ภาคที่ 25), องค์การค้ำของคุรุสภา (2507)
2. วิทยาศาสตร์ 200 ปี (เนื่องในวาระสมโภชน์กรุงรัตนโกสินทร์ 200 ปี), สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยฯ (2525)
3. พระราชหัตถเลขาพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เล่ม 2, องค์การค้ำของคุรุสภา (2506)
4. คล้อย ทรงบัณฑิตย์, ปฏิทิน 250 ปี, โรงพิมพ์ ลูก ส. ธรรมภักดี (2509)
5. The Astronomical Almanac for the Year 1981, U.S. Government Printing Office.
6. พระราชพงศาวดารกรุงรัตนโกสินทร์ รัชกาลที่ 3 รัชกาลที่ 4, หอสมุดแห่งชาติ, สำนักพิมพ์คลังวิทยา (2506)
7. ประชุมประกาศรัชกาลที่ 4, องค์การค้ำของคุรุสภา (2504)

บทสรุปแนวคิด

แนวคิดนี้ มีจุดประสงค์ เพื่อที่จะหาแนวทาง
ในการศึกษาเกี่ยวกับ... (The text is very faint and partially obscured by bleed-through from the reverse side of the page.)

การศึกษานี้ มีจุดประสงค์ เพื่อที่จะหาแนวทาง
ในการศึกษาเกี่ยวกับ... (The text is very faint and partially obscured by bleed-through from the reverse side of the page.)

อิทธิพลของออกซินและไซโตไคนินต่อการเกิดต้นและราก ของต้นมะเขือเทศโดยการเพาะเลี้ยงใบเลี้ยง

บุญยืน กิจวิจารณ์*

กฤตยา พงษ์ศรีรักษ์**

บทคัดย่อ การเพาะเลี้ยงใบเลี้ยงของมะเขือเทศพันธุ์ VF 134-1-2 ทำในสารอาหารสังเคราะห์สูตรของ Murashige and Skoog ที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียส และความเข้มของแสง 3000 ลักซ์ เพื่อกระตุ้นให้เกิดต้นและราก ได้ใส่สารควบคุมการเจริญคือ ออกซิน NAA = 2-Naphthalene acetic acid) หรือไซโตไคนิน (BA = 6-benzyl-amino purine) ในสารอาหาร โดยมีความเข้มข้นของ NAA ที่ทดลองเป็น 0.1, 0.5, 1, และ 2 มก./ลิตร และความเข้มข้นของ BA เป็น 0.1, 0.5, 1, และ 2 มก./ลิตร ผลการทดลองพบว่า ภายใน 3 สัปดาห์จะมีการเจริญของแคลลัส และรากในทุกความเข้มข้นของ NAA โดยเฉพาะในความเข้มข้นของ NAA = 0.1 มก./ลิตร สามารถทำให้เกิดรากที่สูงสุด(89.4%) แต่ NAA ไม่สามารถกระตุ้นให้เกิดต้นได้เลย ตรงกันข้ามเมื่อใส่ BA ในสารอาหารพบว่า สามารถกระตุ้นให้เกิดแคลลัส รากและต้นได้ โดยเฉพาะราก จะเกิดที่ความเข้มข้น 0.1 มก./ลิตร(64.3%) และต้นจะเกิดมากเมื่อ BA มีความเข้มข้นระหว่าง 0.5-1 มก./ลิตร การทดลองยังแสดงว่า เมื่อความเข้มข้นของสารควบคุมการเจริญเพิ่มมากขึ้น การเจริญจะน้อยลง เช่น NAA ที่ 2 มก./ลิตร จะยับยั้งการเกิดราก และ BA ที่ 5 มก./ลิตร จะยับยั้งการเกิดแคลลัส รากและต้น

Abstract Effects of auxin and cytokinin on shoot and root formation of Tomato and cotyledon culture.

Cotyledon culture of tomato variety VF 134-1-2 was made on synthetic modified medium of Murashige and Skoog at 25-27 C under light intensity of 3000 lux. To induce the shoot and root formation the medium was supplemented with plant growth substances : auxin (NAA = 2-Naphthalene acetic acid) or cytokinin (BA = 6-benzyl-amino purine). The concentrations of NAA supplemented in the medium were 0.1, 0.5, 1 and 2 mg/l and those of BA used were 0.1, 0.5, 1 and 5 mg/l. About three weeks after

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ บุญยืน กิจวิจารณ์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤตยา พงษ์ศรีรักษ์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

innoculation both callus growth and root formation were found in all concentrations of NAA, especially root formation was most vigorous in medium supplemented with 0.1 mg/l of NAA (89.4%). Shoot formation did not occur on media with NAA, whereas BA could effectively induce callus, root and shoot. Suitable concentration of BA for root formation was found to be 0.1 mg/l (64.3%) and that for shoot formation was between 0.5-1 mg/l. The experiment also showed that higher concentration of NAA (2 mg/l) led to only callus growth and higher concentration of BA (5 mg/l) prevented all callus, root and shoot formation.

บทนำ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นเทคนิคที่นำมาใช้ในการขยายพันธุ์พืช ให้ได้พันธุ์เหมือนเดิมในเวลาอันสั้นวิธีนี้ใช้ได้คุ้มค่า และเหมาะกับพืชเศรษฐกิจ เช่น ถั่วลิสง (Intuwong, 1975) ไม้ดอก ไม้ประดับ (Start, 1976) ไม้ยืนต้น เนื้อเยื่อของพืชเกือบทุกชนิด สามารถนำมาเพาะเลี้ยงได้ จึงนับว่าเป็นประโยชน์มาก ที่จะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อศึกษาเกี่ยวกับพืชในด้านต่าง ๆ การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พืชที่มีลักษณะที่ดี อาจใช้วิธีการผสมพันธุ์เพื่อให้เกิดพันธุ์ใหม่ตามที่ต้องการ แต่การผสมพันธุ์บางชนิดอาจประสบปัญหาคือ ผสมพันธุ์แล้วได้เมล็ดจำนวนน้อยหรือได้ยาก ดังนั้นการขยายพันธุ์พืชที่ได้จากการผสมพันธุ์นี้ จึงมีขอบเขตจำกัด ไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ตามที่ต้องการ วิธีที่จะช่วยแก้ปัญหานี้คือ การพยายามนำเอาทุกส่วนของคัพภะ (embryo) มาใช้ในการขยายพันธุ์ โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จุดที่น่าสนใจ คือ ไบเลียง (Cotyledon) ซึ่งเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารของพืชชนิด exalbuminous seed ขณะที่เมล็ดงอก อาหารจากไบเลียงจะถูกนำไปใช้และในที่สุดก็จะหลั่งร่วงไปซึ่งจะไม่ได้ประโยชน์

เท่าที่ควร การแยกเอาไบเลียงจากต้นอ่อน โดยต้นอ่อนยังสามารถเจริญเติบโตได้จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะนำมาใช้ในการขยายพันธุ์ นอกจากนั้นไบเลียงก็มีลักษณะทางกรรมพันธุ์เหมือนกับส่วนอื่น ๆ ของคัพภะ จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการขยายพันธุ์ ให้มีลักษณะเช่นเดิมได้ การทดลองนี้ เพื่อศึกษาว่าไบเลียง (cotyledon) ของมะเขือเทศ สามารถนำมาใช้ในการขยายพันธุ์ได้หรือไม่โดยอาศัยฮอร์โมนพืช (plant growth substance) ไปกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลง (differentiate) ไปเป็นอวัยวะต่าง ๆ การเลือกเอามะเขือเทศมาใช้ในการศึกษาเนื่องจาก เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง การเจริญเติบโตได้รวดเร็วและหาได้ง่าย นอกจากนั้นยังมีผู้ใช้ส่วนอื่น ๆ (De Langhe, 1976; Ohki, 1978; Padmanabhan, 1974)

อุปกรณ์และวิธีการ

นำผลของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum*) พันธุ์ VF 134-1-2. มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้มีดผ่าผลออกเป็น 2 ส่วน นำเอาเมล็ดไปเพาะเลี้ยงในอาหาร

สูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) ซึ่งใช้เป็นสารอาหารพื้นฐาน (basal media) ที่ไม่มีฮอร์โมน เมล็ดที่เพาะได้รับแสงจากหลอดไฟลูออเรสเซนต์ที่มีความเข้มของแสง 3000 ลักซ์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน และที่อุณหภูมิ 25-27 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วัน ต้นอ่อนเจริญออกมาจากเมล็ด และมีใบเลี้ยงติดอยู่ที่ปลายยอด 2 ใบ เลื่อนเอาใบเลี้ยงจากต้นที่มีการเจริญเติบโตเท่าๆ กัน นำมาตัดในสภาพปลอดเชื้อออกเป็น 2 ส่วน แต่ละส่วนนำไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีออกซิน (NAA*) เพียงอย่างเดียวในความเข้มข้นระดับต่าง ๆ คือ 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 มก./ลิตร และไซโตไคนิน (BA)* เพียงอย่างเดียวในความเข้มข้นระดับต่างๆคือ 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 5.0 มก./ลิตร ได้รับแสงจากหลอดไฟ Gro-lux ความเข้มของแสง 3000 ลักซ์ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง/วัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

อิทธิพลของออกซิน (NAA)

การเพาะเลี้ยงใบเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี ความเข้มข้นของ NAA 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 2.0 มก./ลิตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ปรากฏว่าเนื้อเยื่อของใบเลี้ยง สามารถเจริญเติบโต โดยเกิดการแบ่งเซลล์ ให้เป็นกลุ่มของเซลล์จำนวนมาก เรียกว่า แคลลัส(callus) บริเวณที่เกิดการแบ่งเซลล์ส่วนใหญ่ เกิดที่รอยตัดของใบเลี้ยง แคลลัส และรากสามารถเกิดได้ในทุกความเข้มข้นของ NAA แต่ไม่เกิดต้น

การเกิดแคลลัส (callus formation)

บริเวณที่เกิดแคลลัส จะเป็นตำแหน่งที่ถูกตัดซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ภายในสัปดาห์แรก หลังจากนั้น

* NAA = Naphthalene acetic acid

BA = Benzylamino purine

จะมีการแบ่งเซลล์มากขึ้น ลักษณะของแคลลัสประกอบด้วยเซลล์อยู่กันอย่างหลวม ๆ ซึ่งเรียกว่า friable callus มีสีค่อนข้างขาว สามารถเกิดได้ทุกความเข้มข้นของ NAA แคลลัสเจริญเติบโตได้ดี ที่ความเข้มข้นของ NAA 0.1 มก./ลิตร เมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้นเปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสมาก แต่การเจริญเติบโตของแคลลัสลดลง

การเกิดราก (root formation)

รากเกิดขึ้นหลังจากมีแคลลัสเกิดขึ้นแล้วตำแหน่งที่เกิดมาจากบริเวณผิวนอกของแคลลัส ความเข้มข้นของ NAA ที่ 0.1 มก./ลิตร สามารถกระตุ้นให้ใบเลี้ยงเกิดรากได้มากที่สุดถึง 89.4 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนรากเกิดขึ้นมาก เมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้นเปอร์เซ็นต์การเกิดราก และจำนวนรากต่อชิ้นลดลงด้วย ลักษณะของรากมีขนาดเล็กการเจริญเติบโตได้น้อย จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ออกซิน(NAA) มีผลต่อการเกิดราก (root initiation) แต่ไม่มีผลต่อการเกิดต้น

อิทธิพลของไซโตไคนิน (BA)

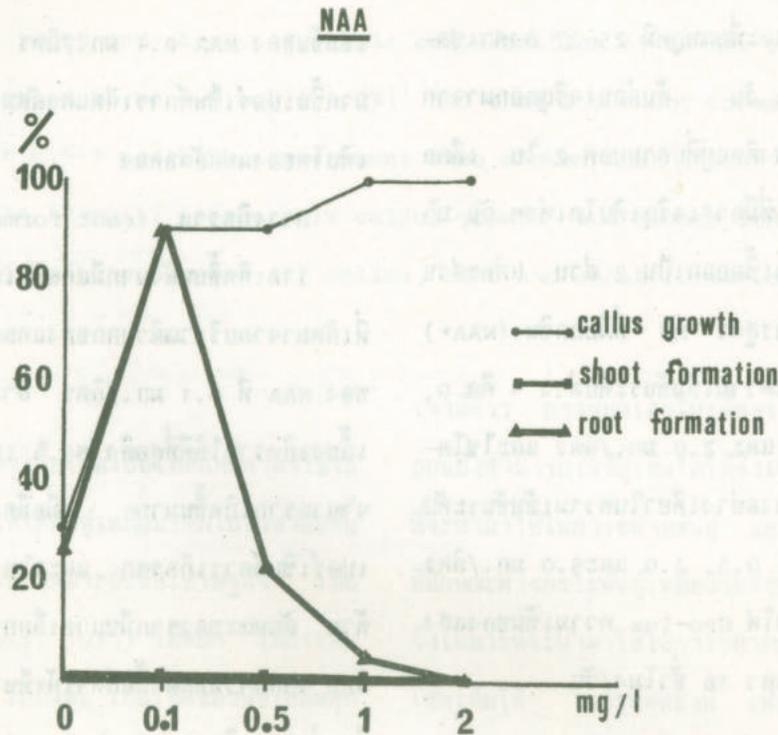
การเพาะเลี้ยงใบเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี ความเข้มข้นของ BA 0, 0.1, 0.5, 1.0 และ 5.0 มก./ลิตร เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ปรากฏว่าเนื้อเยื่อของใบเลี้ยงสามารถเจริญเติบโต และสามารถสังเกตได้ภายในสัปดาห์แรก เช่นเดียวกับการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี NAA ไซโตไคนิน(BA) สามารถกระตุ้นให้เกิดแคลลัส รากและต้นได้ แต่ความเข้มข้นของ BA 5.0 มก./ลิตร ยับยั้งการเจริญเติบโต

การเกิดแคลลัส (callus formation)

ตำแหน่งที่เกิดแคลลัสคือ บริเวณรอยตัด ลักษณะของแคลลัส ประกอบด้วยเซลล์ที่อยู่กันค่อนข้างแน่น ซึ่ง

เรียกว่า compact callus มีสีเหลือง ความเข้มข้นของ BA 0.1-1.0 มก./ลิตร มีผลต่อเปอร์เซ็นต์

การเกิดแคลลัสได้ค้ำมีความเข้มข้น 5.0 มก./ลิตร จะยับยั้งการเกิดแคลลัส



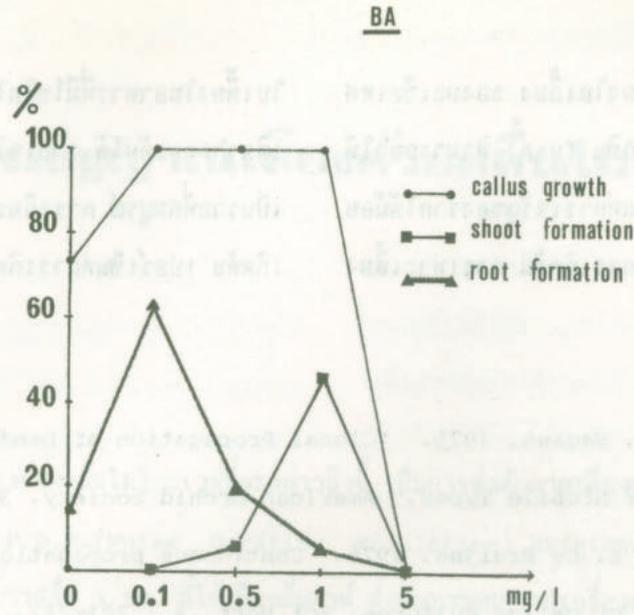
รูปที่ 1 กราฟแสดงอิทธิพลของ NAA ต่อการเจริญเติบโตของการเพาะเลี้ยงใบเลี้ยงของมะเขือเทศเป็นเวลา 2 สัปดาห์

การเกิดราก (root formation)
รากเกิดมาจากส่วนของแคลลัสเป็นส่วนใหญ่ มีเพียงเล็กน้อย ที่เจริญมาจากรอยตัดของใบเลี้ยงโดยตรง ความเข้มข้นของ BA 0.1 มก./ลิตร สามารถทำให้ใบเลี้ยงเกิดรากได้ 64.29 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีความเข้มข้นมากขึ้นการเกิดรากลดลง ลักษณะของรากมีขนาดใหญ่ค่อนข้างเป็นรากที่สมบูรณ์และสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่ารากที่เกิดจากการเพาะเลี้ยงในอาหารที่มี NAA

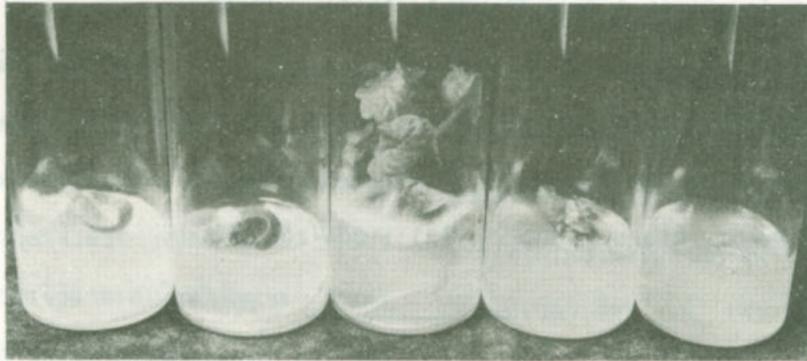
การเกิดต้น (shoot formation)

การเพาะเลี้ยงใบเลี้ยงในอาหารที่มีความเข้มข้น

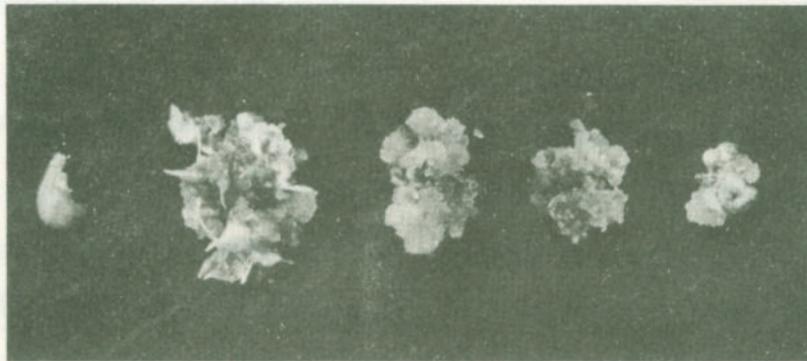
ของ BA 0.5-1.0 มก./ลิตร สามารถเกิดต้นได้ 6.67-46.67 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความเข้มข้นน้อย หรือมากกว่านี้ ไม่สามารถทำให้เกิดรากได้เลย ต้นเกิดขึ้นหลังจากเพาะเลี้ยงแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ ตำแหน่งที่เกิดต้นมาจากบริเวณที่เป็นแคลลัส ในความเข้มข้นของ BA 0.5 มก./ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดต้นได้น้อย แต่ต้นสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็ว ความเข้มข้นของ BA 0.1 มก./ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การเกิดต้นได้มากกว่า แต่ต้นสามารถเจริญเติบโตได้ช้า



รูปที่ 2 กราฟแสดงอิทธิพลของ BA ต่อการเจริญเติบโตของการเพาะเลี้ยง
ใบเลี้ยงของมะเขือเทศเป็นเวลา 2 สัปดาห์



รูปที่ 3 การเจริญเติบโตของใบเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้น
ของ NAA ในระดับต่าง ๆ กัน



รูปที่ 4 การเจริญเติบโตของใบเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีความเข้มข้น
ของ BA ในระดับต่าง ๆ กัน

สรุป

การทดลองเพาะเลี้ยงใบเลี้ยง ของมะเขือเทศ ในอาหารสูตร MS ที่มีออกซิน (NAA) สามารถทำให้เกิดรากได้จำนวนมาก แต่การเจริญของรากได้น้อย ออกซิน(NAA) ไม่มีผลต่อการเกิดต้น การเพาะเลี้ยง ใบเลี้ยงในอาหารที่มีไซโตไคนิน(BA) สามารถทำให้เกิดรากและต้นได้ รากเจริญเติบโตได้ดีและมีลักษณะเป็นรากที่สมบูรณ์ การเกิดรากแคลลัสได้ง่ายกว่าการเกิดต้น เปอร์เซ็นต์การเกิดต้นมีจำนวนน้อย

เอกสารอ้างอิง

- Intuwong, O and Y. Sagawa. 1975. "Clonal Propagation of Dendrobium Golden Wave and other Nfobile Types." American Orchid Society. 319-322.
- De Langhe, E. and E. De Bruijne. 1976. Continuous propagation of Tomato plants by means of callus cultures. Sci Hort. 4 : 221-227.
- Ohki, S.C. Bigot and J. Mousseau. 1978. Analysis of Shoot-forming capacity in vitro in two lines of tomato (Lycopersicon esculentum Mill) and their hybrids. Plant & Cell Physiol. 19(1) : 27-42.
- Padmanabhan, V., E. F. Paddock and W.R. Sharp. 1974. Plantlet formation from Lycopersicon esculentum leaf callus Can. J. Bot. 52 : 1429-1432.
- Start, D.N. and B.G. Cumming. 1976. In vitro Propagation of Saintpaulia ionantha Wendl. Hfort Science 11(3) : 204-206.

การส่งสัญญาณเสียงด้วยคลื่นไมโครเวฟ*

นิพนธ์ กสิพร้อง**

บทคัดย่อ

การส่งสัญญาณเสียงด้วยคลื่นไมโครเวฟที่จะกล่าวถึงนี้ เป็นการส่งสัญญาณเสียงสองสัญญาณไปพร้อม ๆ กัน โดยการมอดูเลตแบบ P.D.M. (Pulse Duration Modulation) มอดูเลตสัญญาณเสียงทั้งสองเข้ากับ ไมโครเวฟขนาดความยาวคลื่น 3 ซม. ที่ใช้เป็นคลื่นพาห้ส่งสัญญาณออกจากเครื่องส่ง โดยใช้จานสายอากาศสะท้อนสัญญาณแบบพาราโบลา ไปยังจานสายอากาศของเครื่องรับ เครื่องรับจะทำการเปลี่ยนและแยกสัญญาณไมโครเวฟที่รับได้ออกเป็นสัญญาณเสียงสองสัญญาณที่ส่งมาจากเครื่องส่ง

1. บทนำ

ระบบการส่งสัญญาณเสียง ด้วยคลื่นไมโครเวฟ เป็นระบบการสื่อสาร ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันระบบหนึ่งซึ่งใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่ไมโครเวฟ เป็นคลื่นพาห้สัญญาณข่าวสาร จากเครื่องส่ง ไปยังเครื่องรับ แทนการใช้สายเคเบิลนำสัญญาณ ในบทความนี้ จะกล่าวถึงหลักการเบื้องต้นในการที่จะส่งสัญญาณเสียงด้วยคลื่นไมโครเวฟ โดยวิธีการต่าง ๆ และจะเน้นถึงหลักการ และการทำงานของระบบการส่งสัญญาณเสียงด้วยไมโครเวฟ โดยใช้วิธีมอดูเลตแบบ P.D.M. การมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) รูปแบบของสัญญาณและอุปกรณ์ที่ได้ทดลองสร้างขึ้น

2. ทำไมจึงเลือกใช้ไมโครเวฟเป็นคลื่นพาห้

แต่เดิม ระบบการส่งสัญญาณข่าวสารโดยใช้คลื่นวิทยุเป็นคลื่นพาห้นั้นนิยมใช้การส่งเป็นสัญญาณอนาลอก

โดยการมอดูเลตคลื่นพาห้แบบ A.M. (Amplitude Modulation) ซึ่งใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ประมาณ 540-1600 KHz เมื่อปริมาณความต้องการในการส่งข่าวสารมีเพิ่มขึ้น คลื่นในย่านความถี่นี้สนองความต้องการได้ไม่เพียงพอไม่สามารถทำการส่งสัญญาณจำนวนมากในเวลาเดียวกันได้ เพราะสัญญาณที่ต้องการส่งแต่ละสัญญาณจะมีช่วงกว้างของความถี่ ตัวอย่างเช่น สัญญาณเสียงพูดของคนมีความถี่อยู่ในช่วง 200 Hz-4000 Hz ซึ่งจัดว่ามีช่วงกว้างความถี่ประมาณ 4 KHz เสียงดนตรีมีช่วงกว้างความถี่ประมาณ 20 KHz สัญญาณโทรทัศน์ มีช่วงกว้างความถี่มากถึง 6 MHz ดังนั้น สัญญาณที่ซับซ้อน จะมีช่วงความถี่กว้างมากขึ้น ซึ่งหมายความว่า จะต้องใช้สัญญาณคลื่นพาห้ที่มีความถี่สูงขึ้นด้วย เราสามารถส่งสัญญาณเสียงพูดของคนโดยใช้คลื่นวิทยุที่ความถี่ 100 KHz ได้ แต่สำหรับเสียง

*บทความเสนอใน "วันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ" ในวันพฤหัสบดีที่ 18 สิงหาคม 2526 จัดโดย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และเป็นงานซีเนียร์โปรเจกต์ ของนายนิพนธ์ กสิพร้อง ภายใต้คำแนะนำของอาจารย์ IAN THOMAS

**อาจารย์นิพนธ์ กสิพร้อง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คนตรีที่มีความถี่สูงจะต้องใช้คลื่นพาหะในย่าน V.H.F. (Very High Frequency) คือประมาณ 100 MHz และสัญญาณโทรทัศน์ ใช้คลื่นพาหะในย่านของ U.H.F. (Ultra High Frequency) คือประมาณ 300 MHz สำหรับคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงและมีย่านความถี่กว้างมากสามารถใช้ส่งสัญญาณที่ต้องการใช้ย่านความถี่กว้างๆได้ โดยทั่วไปสัญญาณที่ซับซ้อนมากที่สุดที่ใช้กันก็คือสัญญาณโทรทัศน์ ดังนั้นจึงสามารถส่งสัญญาณโทรทัศน์ หลายช่องสัญญาณไปพร้อมกันโดยใช้คลื่นพาหะไมโครเวฟเพียงคลื่นเดียวได้ การส่งสัญญาณหลายสัญญาณไปพร้อมกันโดยใช้คลื่นพาหะเพียงคลื่นเดียว ซึ่งเรียกว่า การ "มัลติเพล็กซ์" นี้ จะต้องใช้คลื่นพาหะที่มีความถี่สูง และมีย่านความถี่กว้างๆ ก็พบว่า ไมโครเวฟ สามารถใช้เป็นคลื่นพาหะได้อย่างเหมาะสมในการนี้

ไมโครเวฟ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 1 ซม. ถึง 100 ซม. มีสเปกตรัมอยู่ระหว่างคลื่นวิทยุ และคลื่นอินฟราเรด มีความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและความถี่ตามสมการ

$$\lambda = c / f$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่นไมโครเวฟ

f = ความถี่

c = ความเร็วแสง

ดังนั้น แถบสเปกตรัมของไมโครเวฟจึงเริ่มต้นที่ความถี่ 300 MHz ขึ้นไป ซึ่งสามารถแบ่งเป็นช่วงหรือแบนด์ (Band) [1] ต่าง ๆ ได้ดังนี้

Band	ย่านความถี่
UHF	0.3-1.0 GHz
L	1.0-1.5 GHz
S	1.5-3.9 GHz
C	3.9-8.0 GHz

X 8.0-12.5 GHz

KU 12.5-18.0 GHz

K 18.0-26.0 GHz

คลื่นไมโครเวฟในแต่ละแบนด์ สามารถสร้างขึ้นได้โดยใช้ Klystron Magnetron, Gunn Diode, หรือใช้ travelling wave tube แบบต่างๆแล้วแต่ความถี่ หรือกำลังของไมโครเวฟที่ต้องการ จากการศึกษาการใช้ไมโครเวฟเป็นคลื่นพาหะ พบว่ามีข้อดีหลายอย่างดังนี้

1. ไมโครเวฟมีความถี่สูง และมีแถบสเปกตรัมกว้างพอ ที่จะใช้กับระบบการส่งสัญญาณ ที่ต้องการใช้ช่วงกว้างความถี่มาก ๆ หรือใช้กับระบบสื่อสารที่ต้องการส่งสัญญาณจำนวนมากได้

2. สามารถปรับทิศทางการส่ง โดยใช้สายอากาศได้ เนื่องจากไมโครเวฟ มีความยาวคลื่นสั้นขนาดของสายอากาศที่ใช้จึงมีขนาดเล็ก เลือกปรับทิศทางได้ง่าย สามารถใช้สายอากาศแบบสะท้อนสัญญาณ (Reflector Antenna) ได้ ซึ่งสายอากาศเหล่านี้เป็นสายอากาศที่มี Directivity คมมาก

3. ความแน่นอนเชื่อถือได้สูง คุณสมบัติในการแผ่กระจายคลื่นของไมโครเวฟค่อนข้างคงที่ เกิดสัญญาณรบกวนน้อย สามารถปรับอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (S/N or signal to noise ratio) ได้ง่าย

4. ความต้องการกำลังส่งในระบบที่ใช้ไมโครเวฟน้อยกว่าเมื่อเทียบกับกำลังส่งในการกระจายคลื่นวิทยุแบบคลื่นสั้นหรือคลื่นยาวที่ใช้กันอยู่

5. ไมโครเวฟ ไม่สะท้อนในชั้นบรรยากาศของโลก สามารถใช้ได้กับการสื่อสารด้วยดาวเทียมหรือใช้กับระบบการสื่อสารในการสำรวจอวกาศ

6. ระบบสร้างได้ง่าย และต้นทุนในการสร้างไม่สูง เมื่อเทียบกับผลประโยชน์ที่ได้รับ

ส่วนข้อไม่คิดของการใช้ไมโครเวฟในระบบการสื่อสารก็มีอยู่บ้าง เช่นกรณีที่ต้องการส่งสัญญาณผ่านบรรยากาศไปในที่ไกล ๆ ที่ไม่มีสถานีรับสัญญาณจากดาวเทียม จะต้องใช้สถานีถ่ายทอดสัญญาณ (repeater) หลายสถานี ซึ่งปัจจุบันปัญหานี้ค่อย ๆ หดหายไป เมื่อมีการใช้ดาวเทียมสื่อสารเพิ่มมากขึ้น

3. จะส่งสัญญาณเสียงด้วยคลื่นไมโครเวฟได้อย่างไร

การที่จะส่งสัญญาณเสียง ด้วยคลื่นไมโครเวฟนั้น มีวิธีการอยู่หลายวิธีแต่สามารถแบ่งออกเป็นแบบใหญ่ๆ ได้ 2 แบบ คือ

3.1 **แบบอนาลอก** โดยการมอดูเลตคลื่นเสียงกับไมโครเวฟที่ใช้เป็นคลื่นพาห์แบบ A.M. (Amplitude modulation) หรือแบบ F.M. (Frequency Modulation) แต่วงจรหรืออุปกรณ์ประกอบที่ใช้ จะต้องใช้อุปกรณ์หรือวงจรที่ใช้กับไมโครเวฟโดยเฉพาะในการส่งสัญญาณ ไปพร้อมกัน หลายสัญญาณ ในแบบอนาลอกนี้ จะทำได้ โดยการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ F.D.M. (Frequency Division Multiplex)

3.2 **แบบดิจิตอล** [1] ระบบการส่งสัญญาณเสียงด้วยไมโครเวฟแบบดิจิตอลทำได้โดยการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน สัญญาณดิจิตอลคือสัญญาณที่มีลักษณะเป็น pulse ซึ่งสามารถใช้แทนลอจิกที่เรากำหนดขึ้นได้ pulse ของสัญญาณดิจิตอลมีหลายชนิด เช่น Binary Signal, Ternary Signal, multi level signal เป็นต้น สัญญาณดิจิตอลที่เราใช้ เป็นสัญญาณ Binary Unipolar Non Return to Zero การแปลงสัญญาณเสียงให้

เป็นสัญญาณดิจิตอลมีอยู่หลายวิธี เช่น ใช้วิธีแปลงสัญญาณแบบ P.D.M. หรือ P.W.M. (Pulse Duration Modulation or Pulse width Modulation) แบบ P.P.M. (Pulse Position Modulation) แบบ P.C.M. (Pulse Code Modulation) แล้วนำสัญญาณที่ได้รับการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วนี้ไปมอดูเลตไมโครเวฟที่ใช้เป็นคลื่นพาห์ การมอดูเลตคลื่นพาห์นี้ก็มีอยู่หลายวิธีเช่นกัน แต่มีวิธีการหลักอยู่ 3 วิธี การมอดูเลตคลื่นพาห์แบบ O.O.K. (On Off Key) แบบ F.S.K. (Frequency Shift Key) แบบ P.S.K. (Phase Shift Key) อย่างอื่นนอกนั้นก็เป็นการที่ประยุกต์ออกไป ในการส่งสัญญาณไปพร้อมกันหลายสัญญาณ โดยใช้คลื่นพาห์คลื่นเดียวในแบบดิจิตอลนี้ ทำได้โดยการมัลติเพล็กซ์ สัญญาณแบบ T.D.M. (Time Division Multiplex) การใช้สัญญาณดิจิตอลมีข้อดีหลายอย่างพอจะสรุปได้ดังนี้

3.2.1 เกิดการแทรกสอด ของสัญญาณรบกวนได้ยาก ทำให้สัญญาณรบกวนน้อย และถ้ามีสัญญาณรบกวนก็สามารถกำจัดได้ง่าย

3.2.2 ให้ความถูกต้องแม่นยำในการใช้แทนข้อมูล โดยใช้กับเทคนิคการตรวจและแก้ไขความผิดพลาด (error detection and error correction)

3.2.3 สามารถ ใช้การมัลติเพล็กซ์สัญญาณแบบ T.D.M. ได้เป็นจำนวนมาก และทำได้ง่ายกว่าแบบ F.D.M. มาก

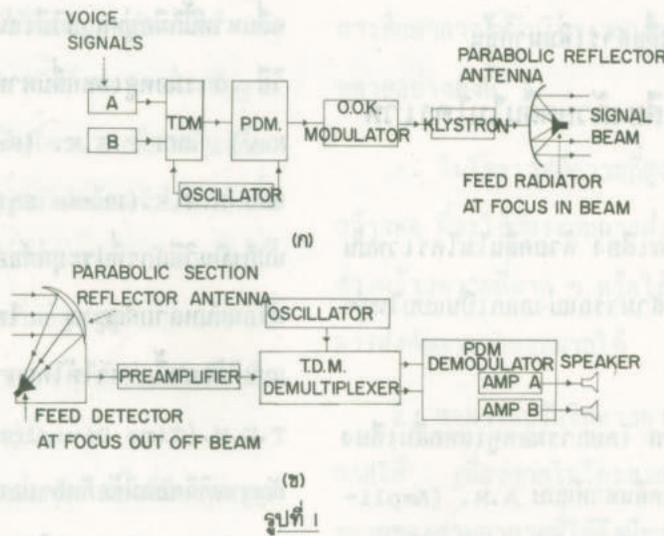
3.2.4 ใช้มอดูเลต กับไมโครเวฟได้ง่าย

4. ระบบสำหรับสัญญาณคลื่นเสียงด้วยไมโครเวฟที่สร้างขึ้น

ในการสร้างระบบสำหรับใช้ส่งสัญญาณเสียงด้วย

คลื่นไมโครเวฟ เราเลือกใช้ระบบการส่งสัญญาณในแบบดิจิทัล โดยใช้วิธีการแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ P.D.M. แล้วนำไปมอดคูเลทคลื่นพาหะแบบ O.O.K. ใช้การมัลติเพล็กซ์สัญญาณเสียง สองสัญญาณแบบ T.P.M. ส่งสัญญาณเป็นลำขนานไปยังเครื่องรับ โดยใช้สายอากาศกระจาย และรับคลื่นสัญญาณแบบ parabolic reflector เครื่องรับ

แยกสัญญาณที่รับได้ เปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณเสียง สองสัญญาณ ที่เหมือนกับสัญญาณเสียงแต่ละสัญญาณ ที่ส่งมาจากทางด้านเครื่องส่ง ระบบที่สร้างขึ้นนี้เป็นระบบที่สร้างได้ง่าย ใช้ต้นทุนต่ำ แต่มีคุณภาพสูงเพียงพอที่จะส่งสัญญาณเสียงสองสัญญาณไปพร้อมกัน โดยสามารถที่จะครอบคลุมย่านความถี่ ของสัญญาณเสียงทั้งสองได้ตลอดช่วง ระบบนี้มีแผนภาพแสดงดังในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพของระบบที่ใช้ส่งสัญญาณเสียงด้วยคลื่นไมโครเวฟ (ก) ด้านเครื่องส่ง (ข) ด้านเครื่องรับ

A และ B เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียง สองสัญญาณ นำสัญญาณจาก A และ B มามัลติเพล็กซ์แบบ T.D.M. ที่วงจรมัลติเพล็กซ์ในสัญญาณมัลติเพล็กซ์นี้จะมีสัญญาณอยู่ 3 สัญญาณ คือ สัญญาณจาก A, B และสัญญาณที่ใช้อ้างอิง (reference) หรือสัญญาณซิงค์ สัญญาณมัลติเพล็กซ์จะได้รับการเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ TDM โดยวงจร TDM แล้วนำสัญญาณนี้ไปมอดคูเลทไมโครเวฟจาก klystron แบบ O.O.K. ส่งไปยังเครื่องรับ โดยใช้สายอากาศส่งแบบ parabolic reflector ที่มีจุดโฟกัสอยู่ในลำของสัญญาณ โดยมี feed แบบ Pyramidal Horn ทางด้านสายอากาศเครื่องรับจะเป็นแบบ parabolic section reflector ซึ่งมีจุดโฟกัสอยู่นอกลำสัญญาณ มี Feed

เป็นแบบ Pyramidal Horn เช่นเดียวกับทางด้านสายอากาศเครื่องส่ง สัญญาณที่ส่งมาจะสะท้อนสายอากาศมายัง Feed ซึ่งมี Detector เป็นแบบ Diode Detector สัญญาณที่ได้รับจาก detector จะถูกขยาย โดยวงจรขยายที่ใช้ FFT (Field effect transistor) และใช้แหล่งกำลังงานจากแบตเตอรี่ เพื่อลดสัญญาณรบกวน จากนั้นจะนำสัญญาณที่ขยายแล้วแยกออกเป็น 2 สัญญาณ โดยวงจรดีมัลติเพล็กซ์ (TDM demultiplexer) แล้วนำสัญญาณดิจิทัลที่แยกออกมาแล้วนี้ แต่ละสัญญาณ ผ่านวงจรดีมอดคูเลท (PDM demodulator) ซึ่งมีการขยายสัญญาณในแบบ class D ป้อนเข้าลำโพง 2 ตัว จะได้สัญญาณเสียงสองสัญญาณเหมือนสัญญาณเสียงจาก A

และ B ที่ส่งมาจากเครื่องส่ง

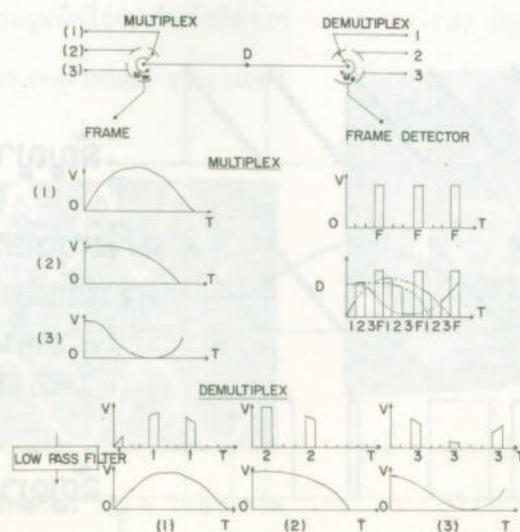
ทั้งเครื่องส่ง และเครื่องรับจะมีออสซิลเลเตอร์ ซึ่งทางด้านเครื่องรับจะแยกสัญญาณได้ โดยการจูนให้ความถี่ของออสซิลเลเตอร์ สอดคล้องกับความถี่ของออสซิลเลเตอร์ทางด้านเครื่องส่ง

วงจรของอุปกรณ์การส่งสัญญาณเสียง ด้วยคลื่นไมโครเวฟ เป็นวงจรที่สร้างจาก ไอซีทีทีแอล [2] (TTL = Transistor-transistor Logic) เป็นส่วนใหญ่ การสร้างวงจรโดยใช้ไอซีทีทีแอล ซึ่งเป็นไอซีลอจิก ที่มีวงจรพื้นฐานภายในไอซีเป็นวงจรลอจิก NAND เกท ที่สร้างจากทรานซิสเตอร์ การสร้างวงจรจากไอซีชนิดนี้ มีข้อดีที่ให้ความสะดวกในการสร้างหลายประการ คือ

- ก. ราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย
 - ข. ใช้ได้ง่าย ทนทานไม่เสียหายง่าย
 - ค. ไอซีทำงานที่ความถี่สูงเพียงพอ
- ระบบที่สร้างขึ้นตามรูปที่ 1 สามารถอธิบายหลักการของส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้

4.1 แหล่งกำเนิดสัญญาณเสียง

แหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงที่ใช้ เป็นแหล่ง



รูปที่ 2 หลักการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์

กำเนิดสัญญาณความถี่เสียงที่อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า อาจเป็นสัญญาณเสียงพูด จากไมโครโฟน สัญญาณจากเครื่องเล่นเทป หรือสัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ ซึ่งอิมพีแดนซ์ ของแหล่งกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง ควรจะต้องมีค่าพอที่ ให้เกิดการถ่ายเทพลังงานสูงสุดป้อนให้วงจรของภาคถัดไป

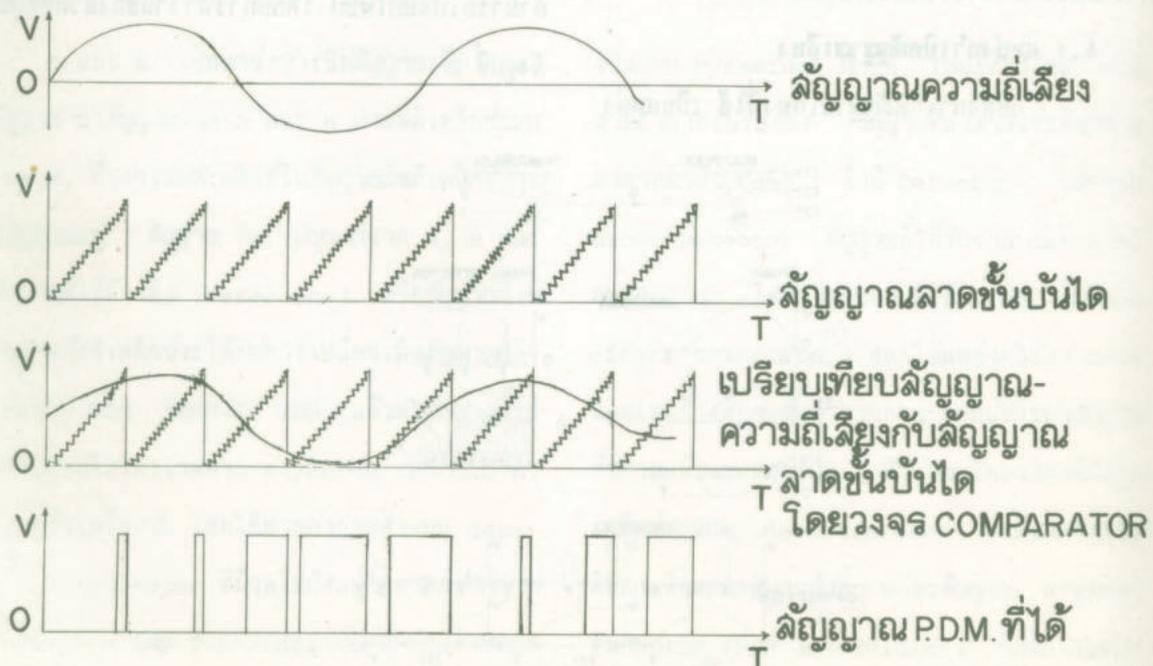
4.2 การมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์

การมัลติเพล็กซ์ คือ การส่งสัญญาณหลายสัญญาณไปในช่องเดียวกัน ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ ดังได้กล่าวถึงแล้ว คือแบบ FDM และ TDM ซึ่งระบบของเราใช้แบบ TDM ที่ทำงานโดยจ่ายสัญญาณเวลาเป็นรายคาบ เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณเสียง แต่ละสัญญาณเรียงกันไป สัญญาณเวลาที่จ่ายให้วงจรมัลติเพล็กซ์ เป็นสัญญาณที่สร้างจากวงจร ring counter ซึ่งมีโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณเวลาในเบื้องต้น ความถี่ของสัญญาณเวลาจะต้องสูงกว่าสัญญาณความถี่เสียงมาก ๆ การมัลติเพล็กซ์สามารถเปรียบเทียบ ได้กับการทำงานของสวิทช์หมุน ดังรูปที่ 2

x เป็นความถี่ของการหมุนของสวิทช์ ซึ่งต้องมีค่ามากกว่าความถี่ ของสัญญาณความถี่เสียง (1), (2), (3) มาก อย่างน้อยจะต้องมากกว่า $2n$ เท่า ของความถี่สูงสุดของสัญญาณความถี่เสียงที่นำมามัลติเพล็กซ์ เมื่อ $n =$ จำนวนสัญญาณความถี่เสียงที่นำมามัลติเพล็กซ์ + สัญญาณเฟรม สัญญาณมัลติเพล็กซ์ที่ได้คือสัญญาณ D ซึ่งมีทั้งส่วนของสัญญาณที่ 1, 2, 3 และสัญญาณเฟรม หรือสัญญาณซิงค์ รวมอยู่ด้วยกัน สัญญาณนี้ จะได้รับการเปลี่ยน เป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ PDM, การตีมัลติเพล็กซ์ก็คือ การแยกสัญญาณ D กลับเป็นสัญญาณ 1, 2, 3 ในรูป c ซึ่งเมื่อพิจารณาจากสวิทช์หมุนตามรูป จะเห็นว่าสัญญาณจะแยกออกมาได้ เมื่อความถี่ x ของตีมัลติเพล็กซ์ จะต้องเท่ากับ x ซึ่งความถี่ x นี้จะถูกควบคุมโดยสัญญาณเฟรม เมื่อสัญญาณที่ได้ ผ่านวงจร low pass filter ก็จะได้สัญญาณ (1), (2) และ (3) ตามลำดับ

4.3 การแปลงสัญญาณเสียง เป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ PDM

สัญญาณที่นำมาแปลง เป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ PDM (ในระบบของเราสัญญาณที่นำมาแปลง คือสัญญาณที่ผ่านการมัลติเพล็กซ์แล้ว) จะถูกนำมาเปรียบเทียบ กับสัญญาณลาด แบบขั้นบันได ที่สร้างจากวงจร DAC (Digital to Analog Converter) โดยวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) จะได้สัญญาณดิจิทัลแบบ PDM ที่มีลอจิกเป็น 1 เมื่อสัญญาณลาคมีขนาดสูงกว่าสัญญาณที่นำมาเปรียบเทียบ และจะได้สัญญาณที่มีลอจิก 0 เมื่อสัญญาณลาค มีขนาดต่ำกว่าสัญญาณที่นำมาเปรียบเทียบ สัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณ pulse ที่มีความกว้างของ pulse แปรผันตามความสูงของสัญญาณ ความสูงของสัญญาณ ที่นำมาเปรียบเทียบและจำนวน pulse ระหว่าง pulse ที่มีความกว้างมากที่สุด 2 pulse ที่อยู่ติดกัน จะแทนความถี่ของสัญญาณที่นำมาเปรียบเทียบ ดังรูปที่ 3

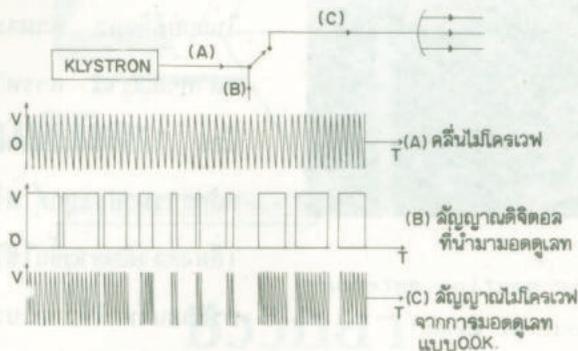


รูปที่ 3 การแปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบ P.D.M.

4.4 การมอดคูเลทคลื่นพาร์ทแบบ O.O.K.

เป็นการแทนสัญญาณดิจิทัลลอจิก 1 ด้วยการเปิดสัญญาณไมโครเวฟแทนลอจิก 0 ด้วยการปิด

สัญญาณไมโครเวฟในลักษณะของการสวิตช์ ดังแสดงในรูปที่ 4

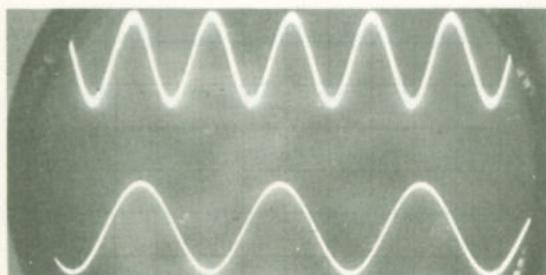


รูปที่ 4 การมอดคูเลทสัญญาณคลื่นพาร์ทแบบ O.O.K.

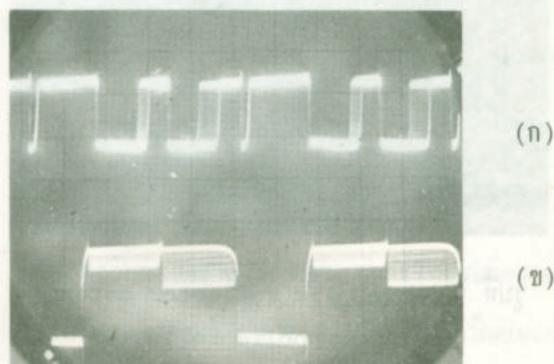
สัญญาณดิจิทัล (b) จาก PDM modulator นำไปควบคุมการสวิตช์สัญญาณไมโครเวฟ (a) ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณไมโครเวฟที่ส่งไปยังเครื่องรับ มีลักษณะดังสัญญาณ (c) การผลิตสัญญาณไมโครเวฟ ใช้ Klystron ของ Cenco no. 80407 ซึ่งทำงานโดยอาศัยหลักการ electron velocity modulation ให้ไมโครเวฟความยาวคลื่น 3 cm โดยใช้ power supply ขนาด 25 วัตต์

5. ภาพของเครื่องส่งสัญญาณเสียงด้วยไมโครเวฟ

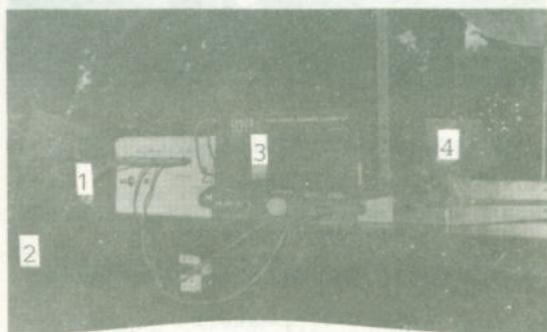
แต่ละส่วนของระบบตามรูปที่หนึ่งจะทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน สัญญาณดิจิทัลจากการมอดคูเลทแบบ PDM แสดงในรูปที่ 6 (ข)



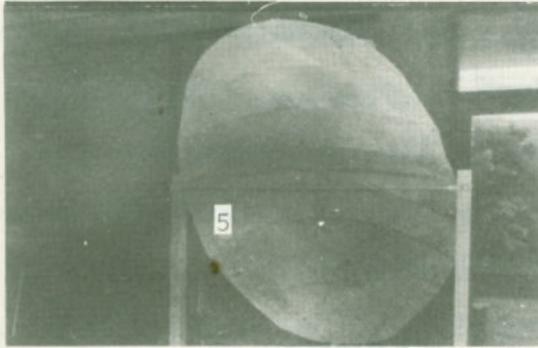
รูปที่ 5 สัญญาณความถี่เสียงจาก A, B ในแผนภาพรูปที่ 1 สัญญาณนี้สามารถมีความถี่ได้ตลอดช่วงที่มนุษย์ได้ยิน คือ 20 KHz



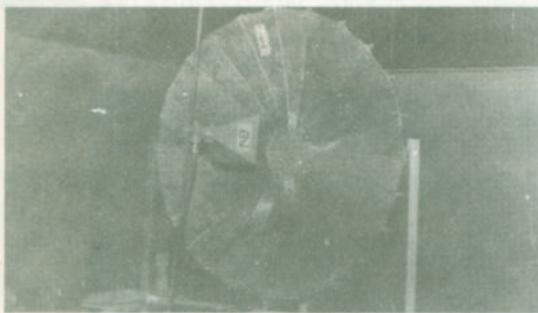
รูปที่ 6 (ก) สัญญาณมัลติเพล็กซ์แบบ TDM ช่องที่ 1 ช่องที่ 2 และสัญญาณซิงค์ตามลำดับเปรียบเทียบกับสัญญาณ PDM (ข) สัญญาณ PDM ที่ใช้



รูปที่ 7 อุปกรณ์ต่างค้ำานเครื่องส่ง
 (1) Sound Oscillator
 (2) Multiplexer & PDM modulator
 (3) Powersupply for Klystron
 (4) Klystron & Feed



รูปที่ 8 (5) Parabolic section antenna
(focus out of beam)



รูปที่ 9 Parabolic reflector antenna
(1) parabolic reflector
(2) Feed & Detector



รูปที่ 10 อุปกรณ์ทางด้านเครื่องรับ
(3) preamplifier
(4) Demultiplexer
(5) Demodulator & Amplifier
(6),(7) Speakers.

ระบบการส่งสัญญาณเสียง ด้วยคลื่นไมโครเวฟ ในแบบดิจิทัล สามารถส่งสัญญาณเสียง ได้พร้อมกัน หลายสัญญาณ การทำงานของระบบมีความผิดเพี้ยน น้อย ให้ความแม่นยำและเชื่อถือได้สูง สามารถนำ หลักการมาประยุกต์ สร้างอุปกรณ์ สำหรับส่งสัญญาณ เสียงสองสัญญาณขึ้นไปในการทดลอง ด้วยอุปกรณ์ส่วน ประกอบที่หาได้ง่ายในราคาที่ไม่สูงนัก

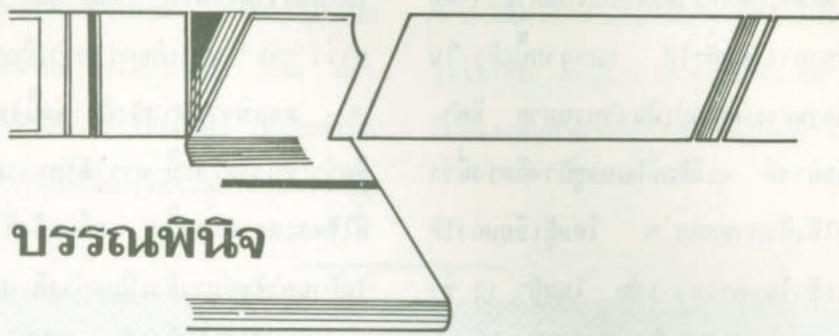
กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์เอียน โทมัส ที่ ปรึกษาในการสร้างอุปกรณ์ อาจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ ส. โทมัส ผู้ให้คำปรึกษา ในการเขียนบทความ คุณประดา อรรคแสง ผู้พิมพ์ต้นฉบับ และคุณเฉลิม อางภักดิ์ ผู้ให้ความช่วยเหลือในการสร้างภาพที่ใช้ ประกอบบทความ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Marshall, G.J.(1980) Principles of Digital Communication.McGraw-Hill.
- [2] Lancaster, D.(1974) TTL Cookbook , Howard W. Sams Co.,Inc., Indiana U.S.A.





บรรณพิภพ

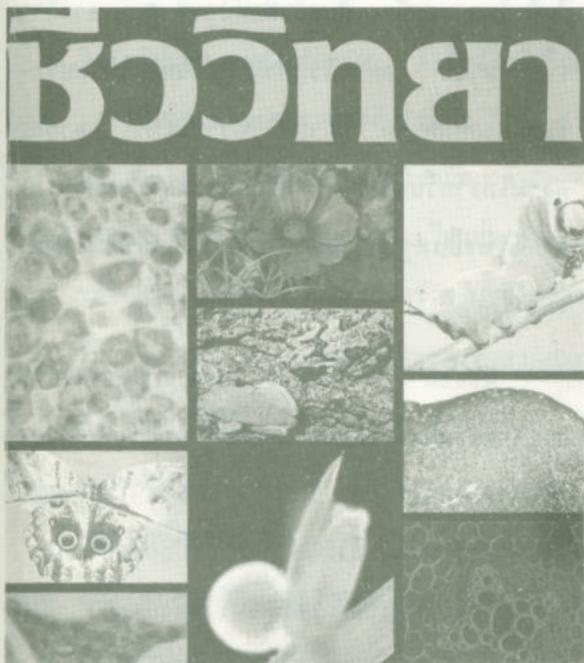
ชีววิทยา

คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรชีววิทยา ทบวงมหาวิทยาลัย

สุวิน บุศราคำ*

พิมพ์ครั้งที่ 3 (26)952(20) หน้า 432 รูป 31 ตาราง

ท.จ.ก. โรงพิมพ์ชวนพิมพ์



หนังสือเล่มนี้ ตามถ้อยแถลงในคำนำ มีนัยว่าจะให้ เป็นตำรา ของนักศึกษาที่ศึกษาชีววิทยาในระดับปริญญาตรี เมื่อพิจารณาถึงว่า หนังสือเล่มนี้(เดิมแยกเป็นเล่ม 1 และ 2) ประกอบด้วยเนื้อหาถึง 20 บท แต่ละบทเขียนโดยสัณษิต ผู้เป็นเอกในด้านนั้น ๆ เริ่มตั้งแต่บทแรก กล่าวถึงวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรื่อยไป ตามเนื้อหาทางชีววิทยา มีการแยกส่วนที่เป็นสาระ

ด้านสัตววิทยา และ พฤกษวิทยา เฉพาะในส่วนที่จำเป็น เรื่อยไปจนถึงบทหลัง ๆ ซึ่งควรถือได้ว่าเป็นปมเด่นของหนังสือเล่มนี้ คือ หลักการถ่ายทอดกรรมพันธุ์ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต นิเวศวิทยา ประชากร และ บทสุดท้าย กล่าวถึงพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต สาระเหล่านี้ นักชีววิทยาส่วนใหญ่ถือว่าเป็นเรื่องที่มีความเจริญงอกงามยิ่งในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา ใครที่ขาดความรู้ในเรื่องเหล่านี้ อาจถูกหาว่าเป็นผู้ล่าหลังเลยทีเดียว ดังนั้น การที่ผู้เป็นอนุกรรมการชุดนี้ กำหนดให้มีเนื้อหาดังกล่าว ถึง 1 ใน 3 ของเล่ม ย่อมนับได้ว่าเป็นที่ควรแก่การสรรเสริญ แน่ละ เกียรติยศส่วนใหญ่ย่อมตกอยู่กับผู้เขียนบทนั้น ๆ ในฐานะที่อำนวยความสะดวกทันสมัยทางวิทยาการให้แก่ผู้อ่าน

จุดเด่นอีกประการหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ อยู่ที่โครงสร้างที่ค้นคว้า ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย นับว่าช่วยให้ผู้ใช้หนังสือเล่มนี้ในการ เรียน ได้เป็นอย่างดี

* อาจารย์สุวิน บุศราคำ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จึงถือได้ว่า ลักษณะของหนังสือเล่มนี้เป็นตัวอย่างที่ดีแก่ตำราทางวิชาการโดยทั่วไป นอกจากนี้แล้ว ในหนังสือเล่มนี้มีภาพประกอบอยู่เป็นจำนวนมาก มีคำอธิบายภาพได้อย่างดี จะมีข้อที่ด้อยอยู่บ้างก็ตรงที่ว่า บางภาพปล่อยให้กลายเป็นภาพลอย ๆ โดยผู้เขียนคงให้ผู้อ่านทำความเข้าใจเอาเอง เช่น ในหน้า 12 ซึ่งหากว่ามีคำบรรยายเข้าใจไว้ ก็จะนับได้ว่าเป็นการสร้างความประณีตให้แก่หนังสือเล่มนี้มากขึ้น ผู้อ่านท่านใดที่มีความพิถีพิถัน อาจจะตำหนิเอาได้ว่าหนังสือเล่มนี้ ชาดเอกลักษณะอันควรแก่การเป็นตำราที่ดี เช่น บางรูปมิได้เขียนไว้ว่า เป็นรูปที่เท่าใด (หน้า 464 และ 484 เป็นต้น) ยิ่งในรูปที่ 14-64 (จ) มีคำอธิบายว่า นักบินได้ชนิดต่าง ๆ แต่ใส่รูปนกเพนกวินเข้าใจ ให้เข้ากับรูปที่ 14-64 (ง) โดยไม่ได้ให้คำอธิบาย ผู้อ่านคงงุนงงไม่น้อยทีเดียว

สมมุติฐานความงุนงงที่ผู้อ่านหนังสือเล่มนี้จะได้รับ ที่สำคัญมีอยู่อีก 2 ประการ คือ 1) การเรียงลำดับของสาระ และ 2) การใช้ภาษา ขอยกตัวอย่างเกี่ยวกับสมมุติฐานประการแรก เช่น มีการกล่าวถึง ATP มาตั้งแต่บทที่ 1 และ 2 แต่กว่าจะให้ความกระจ่างว่า ATP คืออะไร ก็ต่อเมื่อถึงบทที่ 3 อีกแห่งหนึ่ง เช่น เนื้อความในหน้า 44 ย่อหน้าแรก อ้างกฎเทอร์โมไดนามิกส์ ข้อที่ 2 โดยมีวงเล็บว่า (กฎที่ 4) แต่ในบทที่ 4 นั้น แม้จะมีการยกกฎข้อที่ 1 ออกเป็นหัวข้อ แต่ก็มิได้แยกกฎข้อที่ 2 ออกเป็นหัวข้ออย่างเด่นชัด มีเพียงกล่าวอย่างแผ่ว ๆ กลุ่ม ๆ ไว้ในหน้า 110 เท่านั้น

สมมุติฐานความงุนงงที่ผู้อ่านอาจได้รับเนื่องจากภาษานั้น มีอยู่หลายแห่งด้วยกัน ทั้งนี้เนื่องจากการใช้สำนวนภาษาอังกฤษมากเกินไป (เช่น การใช้บุรพท "ใน" อย่างฟุ่มเฟือย) หรือบางทีก็มีภาษาปาก จนทำ

ให้เกิดความงุนงงได้ (เช่น หน้า 673 ถึง 677 ใช้คำว่า "จะ" มากเกินความจำเป็น)

หากพิจารณาหนังสือเล่มนี้ในด้านภาษาแล้ว ก็คิดว่า หนังสือเล่มนี้ ควรได้รับการปรับปรุง ให้ภาษาที่ใช้สละสลวยมากขึ้น เหมือนดังที่ได้ทำการปรับปรุงในด้านคำศัพท์มาแล้วเป็นอย่างดี แน่ตอนที่เดี่ยวเรื่อง ของภาษาไม่ใช่เรื่องที่จะทำได้ง่าย ๆ ความจริงประการนี้เอง ที่ผู้อ่านควรให้ความสนใจ เพราะลำพังการใช้ภาษาไทยให้ถูกต้องก็เป็นเรื่องที่ยากอยู่แล้ว การเขียนภาษาไทยให้อยู่ในรูปแบบวิทยาศาสตร์ ก็ยิ่งทวีความยากมากขึ้นไปอีก ในที่นี้ขอแนะนำ หนังสือชีววิทยาเล่มนี้ เป็นหนังสือที่มีคุณค่าสูง ทางด้านเนื้อหาสาระ อย่างไรก็ตาม ผู้อ่านที่จะได้รับประโยชน์มากที่สุด คือ ผู้ผ่านที่ใช้ความเพียร เอาชนะความไม่ราบรื่นทางภาษาให้ได้ และพยายามถามเอาจากผู้ที่เป็นครูอาจารย์ ให้ช่วยอธิบายเพิ่มเติมนั่นเอง

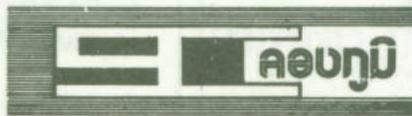
ผู้เขียน "บรรณพิภพ" ขอฝากความหวังว่า การจัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ครั้งต่อไป คงมีการปรับปรุงด้านภาษาไทยให้ดีขึ้น โดยใช้พระบรมราโชวาทของพระพุทธเจ้าหลวง ที่ได้อัญเชิญมาเป็นอนุสติเถิด

"แต่บัดนี้จะขอตักเตือนอย่างหนึ่งก่อนว่า ที่ให้ออกไปเรียนภาษาวิชาการในประเทศยุโรปนั้น ใช่ว่าจะต้องการเอามาใช้แต่เฉพาะภาษาฝรั่งหรืออย่างฝรั่งนั้นอย่างเดียว ภาษาไทยและหนังสือไทยซึ่งเป็นภาษาของตัว หนังสือของตัวคงจะต้องใช้อยู่เป็นนิจจงเข้าใจว่าภาษาต่างประเทศนั้น เป็นแค่พื้นของความรู้ เพราะวิชาความรู้ในหนังสือไทยที่มีผู้แต่งไว้ นั้นเป็นแต่ของเก่า ๆ มีน้อย เพราะมิได้สมาคมกับชาติอื่นช้านาน เหมือนวิชาการในประเทศยุโรปที่ได้สลับ-สว่นซึ่งกันและกันจนเจริญรุ่งเรืองมากแล้วนั้น ฝ่าย

หนังสือไทยจึงไม่พอที่จะเล่าเรียน จึงต้องไปเรียน
ภาษาอื่นเพื่อจะได้เรียนวิชาให้กว้างขวางออก แล้ว
จะเอากลับลงมาใช้เป็นภาษาไทยทั้งสิ้น เพราะฉะนั้น
จะทิ้งภาษา ของตัวให้ลืมถ้อยคำที่จะพูดให้สมควรเสีย

หรือจะลืมนิธิ์เขียนหนังสือไทยที่ตัวได้ฝึกหัดแล้วเสียนั้น
ไม่ได้เลย ถ้ารู้แค่ภาษาต่างประเทศ ไม่รู้เขียนอ่าน
แปลลงเป็นภาษาไทยได้ ก็ไม่เป็นประโยชน์อันใด"

คำตอบ



1. ใช้ไอโซโทป ฟอสฟอรัส -32 (ตัวนี้ให้รังสี) กับไอโซโทป ไนโตรเจน -15 (ตัวนี้ไม่ให้รังสี)
2. เขาใช้เทคนิคการทำแมลงให้เป็นหมัน (Sterile Insect Technique, SIT) โดยฉายรังสีปริมาณหนึ่งเข้าไป เพื่อให้แมลงตัวผู้เป็นหมัน
3. ที่เมืองไซเบอร์สคอร์ดฟ นอกกรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย
4. "ชีวิตคู่" หมายถึง ชีวิตของสาหร่าย กับชีวิตของรา
5. วิตามินบางตัวเพิ่มประสิทธิภาพในการทำลายมะเร็ง และในอนาคคอันใกล้ คงสามารถรักษาโรคมะเร็งได้ด้วยวิตามิน
6. จากเบียร์
7. สัญญาณคลื่นแบบไมโครเวฟ
8. หอนาฬิกาในพระที่นั่งภูวนาลักษณมัย บางครั้งเรียกว่า หอนาฬิกาภูวนาลักษณมัย และใช้เทียบเวลามาตรฐานประเทศไทย ในสมัยรัชกาลที่ 4
9. ดวงอาทิตย์ขึ้น หมายถึง การที่ผู้สังเกตทำการสังเกตเห็นวงขอบบนของดวงอาทิตย์สัมผัสกับเส้นขอบฟ้าทางทิศตะวันออก ก่อนที่จะเห็นตัวดวงอาทิตย์ ส่วนดวงอาทิตย์ตก ก็คือ เมื่อสังเกตเห็นขอบบนของดวงอาทิตย์สัมผัสกับขอบฟ้าด้านตะวันตกพอดี โดยที่ตัวดวงอาทิตย์ทั้งดวงได้ตกลงขอบฟ้าไปแล้ว
10. เส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก



ฉลองครบรอบ 20 ปี

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะวิทยาศาสตร์
17-18 สิงหาคม 2527



ภาควิชาฟิสิกส์

1. การสื่อสารโดยใช้แสงเลเซอร์
2. การสร้างแผนภาพโฮโลแกรมโดยใช้แสงเลเซอร์ (HOLOGRAPHY)
3. สเปกตรัมของอะตอม (ATOMIC SPECTRA)
4. การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ (ROBOT)
5. การควบคุมสัญญาณจราจรด้วยคอมพิวเตอร์
6. การสาธิตการวิเคราะห์ปริมาณสารโดยวิธีเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์
7. อุปกรณ์การส่งและชุดสาธิต

ELECTRONICS
NOMOGRAPHY
OVERHEAD PROJECTOR
SLIDE PROJECTOR

ภาควิชาธรณีวิทยา

1. ผลงานและการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์
2. การศึกษาภาพถ่ายทางอากาศใช้ประโยชน์ในการเรียนรู้ธรณีวิทยา
3. ผลงานและการศึกษาด้านวิศวกรรมธรณี
4. การตรวจสอบแร่และหิน (แร่วิทยา)
5. การวิวัฒนาการของซากบรรพชีวิน
6. การศึกษาและผลงานด้านอุทกธรณีวิทยา (แหล่งน้ำบาดาล)

ภาควิชาสถิติ

1. เกมส์เชิงสถิติ
2. ความรู้เบื้องต้นและสถิติที่น่าสนใจ
3. ทดสอบ

นิทรรศการทางวิชาการ

ภาควิชาชีววิทยา

1. ชีวิตที่เรืองแสงในความมืด
2. สัตว์ทะเลที่มีพิษและเป็นภัยต่อมนุษย์
3. สัตว์โบราณที่ยังมีชีวิตอยู่
4. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในหลอดแก้ว
5. การคองใสลูกนกกระหวาและลูกไก่
6. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
7. ชีวิตหิ่งห้อยในตู้จำลอง
8. ตู้จำลองป่าเบญจพรรณ
9. อาณาจักรสัตว์
10. ลาวาจักรหิ่งห้อย
11. ปิรันย่าปลากินคน
12. ปลาที่พบใหม่ในเมืองไทย

ภาควิชาเคมี

1. เคมีहाสบุก
2. เคมีกับชีวิตประจำวัน
3. สี-สิ่งปลอมปน
4. วิทยาศาสตร์เพื่อชาวบ้าน
5. สีของหลอย
6. เคมีมหัศจรรย์ - น้ำมหึมาสะท้อนแสง
 - ตู้เย็นเคมี
 - ลูกโป่งวิทยาศาสตร์
 - เคมีเลเซอร์
 - น้ำผึ้ง
 - หิ่งห้อย
7. การสกัด AFLATOXIN
8. การสกัดสารจากสมุนไพรเพื่อนำมาใช้ประโยชน์
9. การชุบโลหะ
10. พิษภัยกับเคมี

ภาควิชาคณิตศาสตร์

1. โปรแกรมสำหรับการสอนการเขียนโปรแกรมในภาษาแอปเปิลซอฟท์เบสสิกและภาษาเครื่อง
2. โปรแกรมสำหรับการทำบัญชีต่าง ๆ
3. โปรแกรมทางคาต้าเบส
4. โปรแกรมสำหรับการพิมพ์รายงานต่าง ๆ
5. โปรแกรมสำหรับงานวิจัย (ทางสถิติและการวิเคราะห์ทางตัวเลข)
6. โปรแกรมสำหรับทดสอบการทำงานของเครื่องประเภทแอปเปิลและการแก้ไขข้อผิดพลาดในจานแม่เหล็ก (DISKETTES)
7. เกมส์ต่าง ๆ

ด้วยอภินันทนาการจาก

ห้างหุ้นส่วนจำกัด รัชมอร์

สมาชิกใหม่ ใบสมัครเป็นสมาชิก “วิทยาศาสตร์ มข.”

ต่ออายุ เขียนที่ _____
วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

ข้าพเจ้า

บลกลทั่วไป
 นักเรียน นักศึกษา

ทำงาน หรือสถานศึกษา:

ที่อยู่

รหัสไปรษณีย์

มีความประสงค์จะรับวารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.” ตั้งแต่วันที่ _____ ปีที่ _____
จนถึงฉบับที่ _____ ปีที่ _____ รวม _____ ฉบับ พร้อมส่งเงิน
จำนวน _____ บาท มาทาง ธนาคาร เช็คไปรษณีย์

ลายเซ็น

ผู้สมัคร

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

หมายเหตุ ส่งเงินทางธนาคารหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือสิน ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คลินิกทันตแพทย์ “อิน” : ทันตแพทย์ อินทรพล - ทันตแพทย์หญิง อรวดี หอวิจิตร

216 ถนนหลังเมืออง
ขอนแก่น โทร.(043) 239421

เวลาทำงาน 09.00 น. - 12.00 น. และ 13.00 - 17.00 น. ค่า 19.00 - 21.00 น.

ด้วยอภินันทนาการจาก

ห้างหุ้นส่วนจำกัด รัชมอร์

เลขที่ 111 ทองหล่อ ซอย 5 ถนนสุขุมวิท 55
กรุงเทพมหานคร

- ผู้แทนจำหน่าย -
กล้องจุลทรรศน์ ("โอลิมปัส")



โรงพิมพ์ศิริภักท์ออฟเซ็ท ขอนแก่น
SIRIPHAN OFFSET KHONKAEN, THAILAND.

236 ถนนหลังเมือง (อาคาร 4 ชั้น) อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000
☎ (043) 236141

เวลาทำงาน : 08.00 น. - 12.00 น. และ 13.00 น. - 17.00 น. (หยุดวันอาทิตย์)

นักวิชาการ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อินทรชัย ทอวิจิตร B.Eng., (เกียรตินิยม) จุฬา., D.Eng. (AIT)
210 ถนนหลังเมือง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พชร ทอวิจิตร วศ.บ. (สุชาภิบาล) จุฬา., M.Eng. (AIT)
ขอนแก่น นายอินทรีชิต ทอวิจิตร วศ.บ.(ม.ช.)

ออกแบบ, คำนวณโครงสร้าง, รับผิดชอบงานโยธาและคานงานก่อสร้าง

คลินิกทันตแพทย์ "อิน": ทันตแพทย์ อินทรพล - ทันตแพทย์หญิง อรวดี ทอวิจิตร
216 ถนนหลังเมือง โทร. (043) 239421
ขอนแก่น

เวลาทำงาน 09.00 น. - 12.00 น. และ 13.00 - 17.00 น. ค่า 19.00 - 21.00 น.

