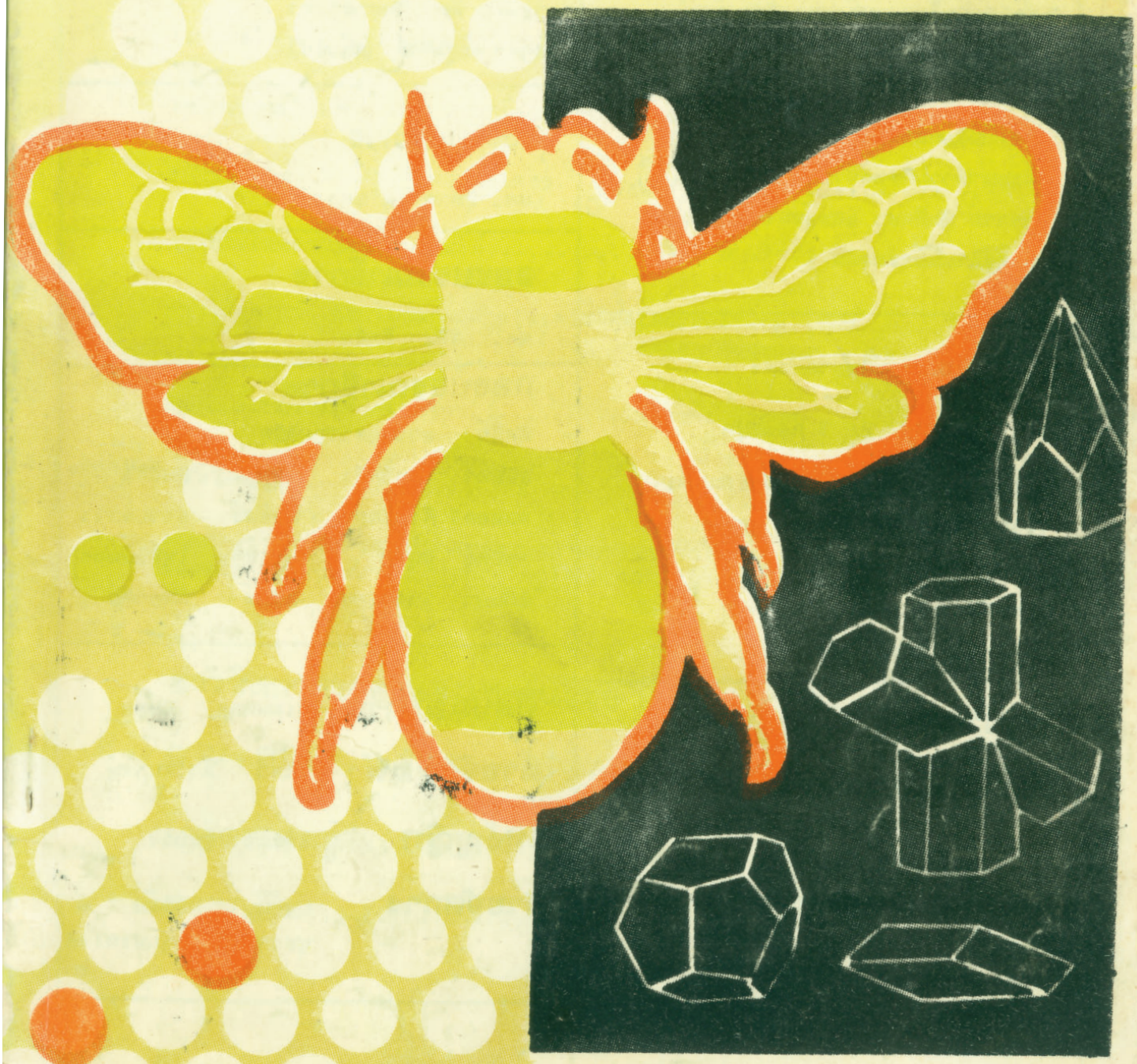
ISSN

# วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม - สิงหาคม 2524





ISSN 0125-2364

# วารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

## THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

### วัตถุประสงค์

*เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์

*เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา

*เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษา และผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

**เจ้าของ** คณะวิทยาศาสตร์

**สำนักงาน** ตึก 3 ห้องสมุด

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**กำหนดออก** ปีละ 3 ฉบับ

ม.ค. - เม.ย.

พ.ค. - ส.ค.

ก.ย. - ธ.ค.

**ค่าบำรุง** ปีละ 20 บาท

### การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือ กรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท. เทพารักษ์ ขอนแก่น

# สารบัญ

## บทความ

ไข่เยี่ยวม้า.....เกษม นันทชัย.....38

บทบาทของผิวหน้าผลึกในการเร่งปฏิกริยาเคมี.สุนันทา เฮงรัศมี.....43

โลหะไฮไดรด์ : แหล่งสะสมพลังงานรูปหนึ่ง..สมลักษณ์ เรืองสุทธินฤภาพ.....50

เครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.สมพร เฉลิมสุข.....55

คอมพายเลอร์ : ล่ามของคอมพิวเตอร์.....บุญส่ง วัฒนกิจ.....59

การทำสไลด์ถาวรของตัวอ่อนไก่.....สุภาพ ณ นคร.....65

การใช้และการเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องคิดเลขมอนโรแบบ 1880
สุกิจจา จันทชุม.....70

พืชทนแล้งกลุ่มใหม่จากอาฟริกา.....วรวรรณ ลิ่มทอง.....79

## งานวิจัย

การศึกษาโครงสร้างภายในและความหนาแน่นของปากใบ
ของเฟิร์นสกุลใบมะขาม (Nephrolepis Schott)บางพันธุ์
สมพงษ์ ธรรมถาวร.....89

**ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ..... 98

**ถาม - ตอบ** ..... 101

**เกร็ดความรู้** ..... 105

**ลองภูมิ** ..... 113

# บรรณาธิการแถลง

ท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านที่รัก สาเหตุที่วารสารฉบับประจำเดือนพฤษภาคม-สิงหาคมต้องออกมาล่าช้านั้นก็เพราะว่าได้มีการเปลี่ยนแปลงคณะกรรมการผู้จัดทำวารสาร คณะกรรมการชุดใหม่ได้รับงานในตอนต้นเดือนมิถุนายน 2524 นี้ กว่าจะตั้งหลักและหาจุดยืนของเราเองได้นั้นเวลาก็ล่วงเลยเข้าสู่ปลายเดือนกรกฎาคมแล้ว ถึงแม้ว่าภาระงานประจำของเราแต่ละคนจะมากมายแค่ไหนก็ตาม เราก็ไม่ได้ย่อท้อเลย เราได้ทุ่มเวลาทั้งกลางวัน-กลางคืนและยอมเหนื่อยกัน เพื่อที่จะให้ผลงานชิ้นแรกของเราออกมาปรากฏแก่สายตาท่านให้ได้โดยเร็วที่สุด

เนื่องจากได้มีการเปลี่ยนแปลงคณะผู้จัดทำวารสารดังกล่าวแล้ว วารสารเล่มนี้จึงได้มีการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งปรับปรุงทั้ง ปกหน้า ปกหลัง และเนื้อหาสาระภายในเล่ม

หากท่านได้อ่านเนื้อหาภายในเล่มแล้ว ท่านคงจะพบว่านอกจากบทความต่างๆ ซึ่งเป็นลักษณะของวารสารทางวิชาการแล้ว เรายังได้เพิ่มคอลัมน์เกร็ดความรู้ทั่ว ๆ ไป สำหรับท่านผู้อ่านที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ คอลัมน์ ถาม-ตอบ สำหรับคอลัมน์นี้คณะผู้จัดทำ คาดหวังเอาไว้ว่า เราจะใช้เป็นสื่อกลางระหว่างพวกเราและท่านสมาชิกท่านผู้อ่านที่ประสบปัญหาในด้านการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษา หรือปัญหาอื่น ๆ ดังนั้น หากท่านมีปัญหาเกิดขึ้นในใจ โปรดรำลึกเสมอว่า พวกเราพร้อมที่จะสรรหาท่านผู้รู้ช่วยแก้ปัญหาให้ท่านตลอดเวลา และอีกคอลัมน์หนึ่งที่ท่านผู้อ่านโดยเฉพาะนักเรียนนักศึกษาจะร่วมสนุกกับเราได้ก็คือคอลัมน์ ลองภูมิ เราจะมีปัญหาในแนววิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ ให้ท่านแสดงภูมิปัญญาทุกฉบับ เมื่อคิดว่าตอบได้แล้ว ขอให้รีบส่งคำตอบไปโดยตรงที่บรรณาธิการตามกติกาที่ได้แจ้งไว้แล้ว ผู้ที่ตอบถูกและส่งไปถึงหน่วยรับเป็นบุคคลแรก เราจะมีรางวัลให้พร้อมกับประกาศให้ท่านผู้อ่านอื่น ๆ ได้ทราบในความสามารถของท่านด้วย

สิ่งแปลกใหม่อีกอย่างหนึ่งที่ท่านจะได้พบในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ของเราก็คือการบริการส่งจอง Reprint ของบทความที่ท่านสนใจ โดยเราจะคิดค่าบริการเพียงหน้าละ ห้าสิบสตางค์เท่านั้น ดังนั้นหากท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านสนใจจะสั่งจอง Reprint เรื่องใด จำนวนเท่าใด ขอให้กรอกรายละเอียดลงในแบบฟอร์ม แล้วส่งตรงไปที่บรรณาธิการ พร้อมกับส่งเงินไปด้วย

พร้อมกับผลงานชิ้นแรกของคณะผู้จัดทำชุดใหม่นี้ เราขอฝากความหวังไว้กับท่านสมาชิกและท่านผู้อ่าน ขออย่าได้ลืมเรา กรุณาส่ง ข้อคำหนิ-วิจารณ์ไปยังเราเพื่อที่จะได้มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น สำหรับบทความเกร็ดความรู้ และปัญหา ถาม-ตอบ ที่ท่านจะร่วมส่งไปลงในวารสารของเรานั้น ส่งไปได้ตลอดเวลา ยิ่งมีบทความและข้อคำหนิ-วิจารณ์ส่งไปถึงเรามากเท่าไหร่ก็แสดงว่าเราได้รับการต้อนรับอย่างอบอุ่นจากท่านผู้อ่านมากยิ่งขึ้นเท่านั้น

# ไข่เยี่ยวม้า

เกษม นันทชัย *

บทนำ คำว่าไข่เยี่ยวม้ามีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า Pidan หรือ Chinese Preserved Eggs หรือ Preserved Lime Eggs การผลิตไข่เยี่ยวม้าจัดเป็นวิธีหนึ่งในการที่จะเก็บถนอมรักษาไข่เอาไว้บริโภคในระยะเวลานาน และยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและทางกายภาพทั้งในไข่แดง และในไข่ขาว อันที่จะทำให้เกิดกลิ่นและรสชาดใหม่ผิดไปจากไข่สด ซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคด้วยอีกทางหนึ่ง มีรายงานปรากฏว่าไข่เยี่ยวม้ามีกำเนิดมาจากทางตอนใต้ของประเทศจีน ตั้งแต่เมื่อ 500 ปีก่อนในสมัยของราชวงศ์หมิง ในประเทศจีนปัจจุบันนี้ ถือว่าการผลิตไข่เยี่ยวม้าจัดเป็นวิธีที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่ง ในการเก็บถนอมรักษาไข่เอาไว้บริโภคในระยะเวลานาน

กรรมวิธีการผลิตไข่เยี่ยวม้า

ตั้งแต่ต้นกำเนิดของไข่เยี่ยวม้าในประเทศจีนเป็นต้นมา ก็ได้มีผู้คิดค้นวิธีการต่าง ๆ ในการผลิตไข่เยี่ยวม้า วิธีการเหล่านั้นที่มีผู้คิดค้นและรายงานไว้ ต่างก็มีส่วนผสมต่าง ๆ ที่สำคัญเหมือนกัน กล่าวคือส่วนผสมจะประกอบด้วย ปูนขาว, เกลือ, น้ำชาจีน และขี้เถ้าไม้ จะแตกต่างกันก็ตรงที่ปริมาณของส่วนผสมที่ใช้เท่านั้น ไข่ที่นิยมทำไข่เยี่ยวม้าได้แก่ไข่เป็ด ถึงแม้ว่าจะใช้ไข่ไก่มาทำก็ได้ แต่ผลผลิตที่ได้จากไข่เป็ดจะมีคุณภาพที่ดีกว่า และได้รับความนิยมชมชอบจากผู้บริโภคสูงกว่า

เวลาที่ใช้ในการผลิตไข่เยี่ยวม้า และเก็บบ่มเอาไว้จะอยู่ในช่วง 1 สัปดาห์ถึง 5 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของด่างในส่วนผสมและอุณหภูมิของสภาพที่ทำการผลิต

ตามรายงานของ H.C. Hou (1981) กล่าวว่า ในประเทศจีน ซึ่งเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญของไข่เยี่ยวม้า กรรมวิธีการผลิตไข่เยี่ยวม้าแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีใหญ่ ๆ คือ

(1) วิธีการแบบพอกไข่ (Coating Method)

(2) วิธีการแบบแช่ไข่ไว้ในสารละลาย (Immersion Method)

วิธีการแบบพอกไข่ (Coating Method)

ส่วนผสมที่จะใช้พอกไข่ประกอบด้วย เกลือ, ขี้เถ้าไม้, น้ำ, โซดาซักผ้า ($Na_2CO_3$), ใบชาจีน, ปูนขาว (CaO) และแกลบ โดยมีอัตราส่วนของส่วนผสมดังนี้

---

* อาจารย์ภาควิชาผลิตภัณฑ์เกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

| ส่วนผสม | % โดย น.น. | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| ขี้เถ้าไม้ | 64 % | ถ้าจะใช้สำหรับไข่เป็ด 100 ฟอง |
| ปูนขาว (CaO) | 6 % | ส่วนผสมที่เตรียมควรมี น.น.ประมาณ |
| โซเดียมคาร์บอเนต ($Na_2CO_3$) | 3 % | 8 ก.ก. |
| เกลือ | 6 % | |
| น้ำชาจีนเข้มข้น | 21 % | |

วิธีการทำก็ทำได้โดย ตอนแรกต้มใบชาจนกระทั่งได้น้ำชาที่เข้มข้น กรองเอาใบชาออก เติมเกลือ ปูนขาว โซดาซักผ้า กวนให้ละลายและเข้ากันดี จากนั้นก็ร่อนขี้เถ้าไม้ผ่านตะแกรงละเอียดลงในสารละลายที่เตรียมได้ กวนส่วนผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันจนมีลักษณะเหมือนโคลน ทิ้งส่วนผสมดังกล่าวไว้ค้างคืน

นำไข่เป็ดที่จะทำมาล้างให้สะอาด แล้วผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำส่วนผสมที่เตรียมไว้มาพอกบนไข่ แล้วนำแกลบมาพอกทับอีกที เพื่อป้องกันมิให้ไข่ที่พอกแล้วติดกัน นำไข่ที่พอกเสร็จแล้วไปใส่ตุ่มเคลือบโดยเรียงซ้อนกันให้เป็นระเบียบ ปิดฝาตุ่มให้สนิท โดยอาจจะนำโคลนมาพอกปิดฝาตุ่มให้สนิท ไข่เยี่ยวม้าที่ได้โดยวิธีนี้จะนำมารับประทานได้ภายใน 15-20 วัน ในหน้าร้อน และประมาณ 30 วัน ในหน้าหนาว

<u>วิธีการแบบแช่ไข่ไว้ในสารละลาย</u> (Immersion Method)

สารละลายที่จะใช้แช่ไข่เตรียมได้จากการละลาย โซดาซักผ้า ($Na_2CO_3$), ปูนขาว (CaO), เกลือ และ เลดออกไซด์(PbO) ลงในน้ำและกวนให้ละลายเข้ากันดี สำหรับอัตราส่วนของสารละลาย จะมีดังนี้คือ

| ส่วนผสม | % โดย น.น. | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| เลดออกไซด์ (PbO) | 0.25 % | สำหรับไข่เป็ด 100 ฟอง ควรเตรียม |
| น้ำ | 75.75 % | สารละลายที่มีปริมาณ ประมาณ 60- |
| ปูนขาว (CaO) | 15 % | 70 ลิตร เพื่อให้ไข่ทั้งหมดจมอยู่ภาย |
| เกลือ (NaCl) | 4 % | ในสารละลาย |
| โซดาซักผ้า ($Na_2CO_3$) | 5 % | |

เมื่อสารละลายที่ได้เย็นตัวลง ค่อยจุ่มไข่ลงไปในสารละลายทีละฟองจนหมด อุณหภูมิของสารละลายควรจะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องประมาณ 2-3$^{o}$ c ประมาณ 30 วัน ไข่จะเปลี่ยนเป็นสีกาแฟดำพร้อมที่จะนำไปรับประทานได้ แต่การผลิตไข่เยี่ยวม้าโดยวิธีนี้ จะมีอายุการเก็บรักษาสั้นกว่าไข่เยี่ยวม้าชนิดพอก

<u>ปฏิกริยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดไข่เยี่ยวม้า</u>

หลังจากที่ส่วนผสมต่าง ๆ ในการผลิตไข่เยี่ยวม้าถูกผสมเข้าด้วยกันปฏิกริยาดังต่อไปนี้จะเกิดขึ้น

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$$
$$Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaOH + CaCO_3$$
$$Na_2CO_3 + H_2O \longrightarrow 2NaOH + O_2$$
$$K_2O + H_2O \longrightarrow 2KOH$$

($Na_2CO_3$, $K_2O$ เป็นส่วนประกอบของขี้เถ้าไม้)

เนื่องจากเปลือกไข่มีลักษณะเป็นรูพรุน เมื่อโซดาไฟ (NaOH) ถูกผลิตขึ้นมา มันจะถูกดูดซับติดอยู่บนเปลือกไข่ ต่อมาจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความดันออสโมติก (Osmotic pressure) ระหว่างเปลือกไข่กับภายในไข่ จึงทำให้โซดาไฟ (NaOH) ซึมผ่านเข้าไปในไข่ และซึมผ่านเยื่อหุ้มไข่เข้าไปภายในไข่ได้ ทำให้สภาพภายในไข่เป็นด่าง มีผลทำให้โปรตีนของไข่เกิดการแปรสภาพ (Denature) เมื่อโปรตีนเกิดการแปรสภาพไปจะทำให้ไข่ขาวและไข่แดง เกิดภาวะจับตัวมีลักษณะแข็งขึ้น (Coagulation)

นอกจากนี้ เนื่องจากผลของความเป็นด่าง จุลินทรีย์บางชนิด และเอ็นไซม์ภายในไข่เยี่ยวม้า จะมีผลทำให้เกิดการย่อยสลายโปรตีนในไข่ไปเป็นโปลีเปปไทด์ (polypeptide) กรดอะมิโน (amino acids) และเกิดการย่อยสลายของพวกฟอสโฟลิปิด (phospholipids) ในไข่ด้วย ไม่เพียงแต่เฉพาะโซดาไฟเท่านั้น ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในไข่ด่างคลี (KOH), ปูนขาว (CaO), เลดออกไซด์ (PbO) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของขี้เถ้าไม้ และสารประกอบ Tannin ที่สกัดได้จากใบชา ต่างก็มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันออสโมติก (Osmotic pressure) และเกิดการจับตัวแข็งขึ้น (Coagulation) ในไข่เช่นเดียวกัน มีผู้รายงานไว้ว่า ไข่เยี่ยวม้าจะเกิดขึ้นได้ดีที่สุด ถ้าความเข้มข้นของโซดาไฟ (NaOH) อยู่ในช่วง 3.6-4.6 % ที่ความเข้มข้นของโซดาไฟ (NaOH) 3.6 % โปรตีนในไข่จะเกิดการจับตัวแข็งขึ้นภายใน 4-8 วัน และจะแข็งตัวภายในระยะเวลา 55-65 วัน และ 35-40 วัน ที่ความเข้มข้นของโซดาไฟ (NaOH) เป็น 3.6 % และ 4.6 % ตามลำดับ ถ้าความเข้มข้นของด่างน้อยกว่า 1.6 % โปรตีนในไข่จะไม่จับตัวแข็งขึ้น ดังนั้นจึงไม่เกิดไข่เยี่ยวม้า

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตไข่เยี่ยวม้าจะอยู่ในช่วง 20-30$^{o}$c ถ้าอุณหภูมิยิ่งสูงยิ่งทำให้ขบวนการผลิตเกิดได้เร็วขึ้น

<u>คุณค่าทางอาหารและประโยชน์ของไข่เยี่ยวม้า</u>

| ชนิดของไข่ | โปรตีน (กรัม) | ไขมัน (กรัม) | คาร์โบไฮเดรท (กรัม) | ขี้เถ้า (มก.) | แคลเซียม (มก.) | ฟอสฟอรัส (มก.) | เหล็ก (มก.) | วิตามินเอ (IU) | วิตามินบี 1 (มก.) | วิตามินบี 2 (มก.) | กรดนิโคตินิก (มก.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ไข่เป็ดสด | 8.7 | 9.8 | 10.3 | 1.2 | 71 | 210 | 3.2 | 1,380 | 0.15 | 0.37 | 0.1 |
| ไข่เยี่ยวม้า | 13.1 | 10.7 | 2.2 | 2.3 | 58 | 200 | 0.9 | 940 | 0.02 | 0.21 | 0.1 |

<u>ตารางที่ 1</u> แสดงคุณค่าทางอาหารของไข่เป็ดสดและไข่เยี่ยวม้า (ต่อ 100 กรัม)

| ชนิดของไข่ | วาลีน (Valine) | ลูซีน (Luecine) | ไอโซลูซีน (Isoleucine) | ทรีโอนีน (Threonine) | เฟนิลอลานีน (Phenyl-Alanine) | ทริปโตแฟน (Tryptophan) | เมทธิโอนีน (Methionine) | ไลซีน (Lysine) | ซีสตีน (Cystine) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ไข่เป็ดสด | 853 | 1,175 | 571 | 806 | 801 | 211 | 595 | 704 | 379 |
| ไข่เยี่ยวม้า | 800 | 1,169 | 581 | 677 | 746 | 210 | 562 | 589 | 68 |

ตารางที่ 2 แสดงถึงปริมาณของกรดอะมิโนในไข่เป็ดสดและไข่เยี่ยวม้า (มก./100 ก.)

| ชนิดของไข่ | 14:0* | 16:0 | 16:1 | 16:2 | 17:0 | 18:0 | 18:1 | 18:2 | 18:3 | 18.4 | อื่น ๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ไข่เป็ดสด | 0.5 | 21.8 | 8.1 | 0.8 | - | 5.4 | 48.8 | 4.0 | - | 0.9 | 9.6 |
| ไข่เยี่ยวม้า | 0.7 | 24.5 | 5.8 | 0.5 | 0.7 | 5.5 | 52.9 | 6.2 | 0.9 | 1.1 | 1.2 |

ตารางที่ 3 แสดงถึงปริมาณกรดไขมันที่พบภายในไข่แดงของไข่เป็ดสดและไข่เยี่ยวม้า (% ของไขมันทั้งหมด)

* ตัวเลขข้างหน้าแสดงถึงจำนวน atom ของ Carbon ในโมเลกุล
ตัวเลขข้างหลังแสดงถึงจำนวน double bond ภายในโมเลกุล

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าไข่เยี่ยวม้าและไข่ดิบจะมีคุณค่าทางอาหารคล้ายคลึงกันมาก แต่ไข่เยี่ยวม้าจะมีปริมาณโปรตีน เถ้า และความเป็นด่างสูงกว่าไข่สด ส่วนปริมาณคาร์โบไฮเดรท ความชื้น และวิตามินบี 1 จะมีน้อยกว่าในไข่สด แต่กล่าวโดยทั่วไปคุณค่าทางอาหารของไข่เยี่ยวม้ามิได้ด้อยไปกว่าของไข่สดเลย

จากตารางที่ 2-3 ยังแสดงให้เห็นว่า มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณของกรดอะมิโน (amino acid) และกรดไขมัน (Fatty acid) บางตัวระหว่างไข่ดิบกับไข่เยี่ยวม้า ซึ่งข้อแตกต่างอันนี้อาจจะมีอิทธิพล ต่อขบวนการย่อยสลาย (Metabolism) ของไข่เยี่ยวม้าภายในร่างกาย ดังเคยมีรายงานปรากฏว่า การรับประทานไข่เยี่ยวม้าอย่างสม่ำเสมอในปริมาณ 2 ฟองต่อวันอาจจะมีผลดี ต่อผู้มีปัญหาเกี่ยวกับโรคหัวใจ และความดันโลหิตสูง จากการศึกษากับหนูพบว่า หนูที่ได้รับอาหารที่มีไข่เยี่ยวม้าเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 10 % มีผลทำให้ปริมาณโฆเลสเตอรอล (Cholesterol) และเบต้า-ไลโปโปรตีน ( B-lypoprotein) ในเลือดลดลงไปถึงขีดจำกัดหนึ่ง และยังมีผู้รายงานอีกว่าการรับประทานไข่เยี่ยวม้า จะทำให้เจริญอาหาร บำรุงร่างกาย บำรุงโลหิต บำรุงตับ และมีสายตาดี และยังก่อให้เกิดกำลังในคนแก่ แต่อย่างไรก็ตามคำกล่าวดังกล่าว ยังไม่มีข้อพิสูจน์ที่เด่นชัด นอกจากนี้ในไข่เยี่ยวม้ายังไม่พบจุลินทรีย์พวก Salmonella ซึ่งมักพบในไข่เป็ดสด อันอาจจะทำให้เกิดอันตราย คือจะทำให้เกิดอาเจียนและท้องร่วงอย่างรุนแรง เมื่อรับประทานเข้าไปจำนวนมาก ทั้งนี้ก็เพราะว่าไข่เยี่ยวม้ามีความเป็นด่างเกินกว่าจุลินทรีย์จะสามารถมีชีวิตรอดได้

ถึงแม้ว่าไข่เยี่ยวม้าจะถูกจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูง และปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายก็ตาม แต่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์เคยตรวจพบว่าไข่เยี่ยวม้าที่ขายตามท้องตลาดบางแห่งมีปริมาณตะกั่วสูงมาก ซึ่งบางครั้งพบถึง 50 ppm. ตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 7 พ.ศ. 2515 ได้กำหนดให้มีปริมาณตะกั่วในอาหารกระป๋องได้ไม่เกิน 2 ppm. (สำหรับไข่ไม่มีการกำ

หนดไว้) ถ้าสารตะกั่ว เข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายมากเกินไปจะเป็นอันตรายได้ เช่นทำให้ความจำเสื่อม อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร โลหิตจาง อาเจียน ในรายที่เป็นมากอาจถึงทำให้เป็นอัมพาตบริเวณข้อมือ ข้อเท้าเป็นต้น

แต่มีผู้ทำการทดลองแล้วรายงานผลออกมาว่า ถ้าใช้สูตรในการทำไข่เยี่ยวม้าแบบชนิดพอกไข่ และใช้ขี้เถ้าที่ได้จากการเผาหญ้าแล้ว พบว่าปริมาณตะกั่วที่มีอยู่ในไข่เยี่ยวม้าจะอยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย และจะต่ำกว่าปริมาณตะกั่วที่พบในไข่เยี่ยวม้าที่วางขายตามท้องตลาดมาก ส่วนวิธี แช่ไข่ในสารละลายที่มีเลดออกไซด์ (PbO) อยู่ด้วยนั้นยังไม่มีการรายงานผลออกมาว่า ปริมาณตะกั่วในไข่เยี่ยวม้าจะมากน้อยแค่ไหน แต่ผู้เขียนสันนิษฐานว่าเนื่องจากเลดออกไซด์ (PbO) ในสภาพนี้มีความเป็นอิสระมากกว่าที่พบอยู่ในขี้เถ้า ดังนั้นมันอาจจะแทรกซึมเข้าไปในไข่ได้ดีกว่าทำให้ปริมาณตะกั่วสูงกว่า ดังนั้นจึงขอเสนอแนะว่าถ้าจะลองทำไข่เยี่ยวม้าควรจะทำแบบพอกไข่ จะได้ไข่ที่มีคุณภาพดีกว่า มีอายุการเก็บรักษานานกว่า และยังค่อนข้างจะปลอดภัยจากพิษของตะกั่วมากกว่าด้วย

การที่พบว่าปริมาณตะกั่วในไข่เยี่ยวม้าที่วางขายตามท้องตลาดมีอยู่สูงมาก สันนิษฐานว่าในการผลิตจะต้องมีการผสมสารอะไรบางอย่างเพิ่มเติมเข้าไปนอกเหนือจากขี้เถ้า และส่วนประกอบอื่นๆ ที่ได้กล่าวมาแล้ว และสารนี้จะต้องมีตะกั่วอยู่ในปริมาณที่สูง จึงทำให้ไข่เยี่ยวม้าดังกล่าวมีตะกั่วอยู่สูงมาก

<u>สรุป</u>

ไข่เยี่ยวม้าจัดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดหนึ่ง ซึ่งได้จากการถนอมและแปรรูปไข่สดให้มีอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น และยังเป็นประโยชน์ในด้านของคุณค่าทางอาหารและโภชนาการด้วย ซึ่งสามารถทำขึ้นมาไว้รับประทานภายในครัวเรือนได้ไม่ยากนัก อันจะก่อให้เกิดการประหยัดรายจ่ายในการหาซื้ออาหารมาได้ทางหนึ่ง และเมื่อทำขาย จะมีราคาสูงกว่าไข่สดประมาณ 3-4 เท่า อันจะเป็นหนทางในการช่วยเพิ่มพูนรายได้อีกทางหนึ่งด้วย แต่ทั้งนี้ในการทำต้องคำนึงถึงสูตรที่ได้รับการยอมรับแล้ว สูตรที่แนะนำให้ใช้คือวิธีการแบบพอกไข่และไม่ควรเติมสารอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว เพราะอาจจะทำให้ปริมาณตะกั่วมีสูงมาก ซึ่งจะเป็นอันตราย และการรับประทานไข่เยี่ยวม้าก็ไม่ควรจะรับประทานมากเกินไป จะมีเลือดกำเดาไหลออกมา ซึ่งผลอันนี้ยังไม่มีใครวิจัยว่ามีสาเหตุเนื่องมาจากอะไรกันแน่

<u>บรรณานุกรม</u>

1. ไพบูลย์ ธรรมรัตน์วาสิถ, 2519 <u>การเสื่อมเสียและการแปรรูปของไข่</u> , ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
2. ศรีเมือง มาลีหวล, 2521. "การศึกษาเกี่ยวกับไข่เยี่ยวม้า", ปัญหาพิเศษนักศึกษา คณะบัณฑิตวิทยาลัย, ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร.
3. HOU, H.C. 1981, "Egg Preservation in China," <u>Food and Nutrition Bolletin</u>, 3(2)

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 9 ฉบับที่ 2 พ.ค.-ส.ค. 2524

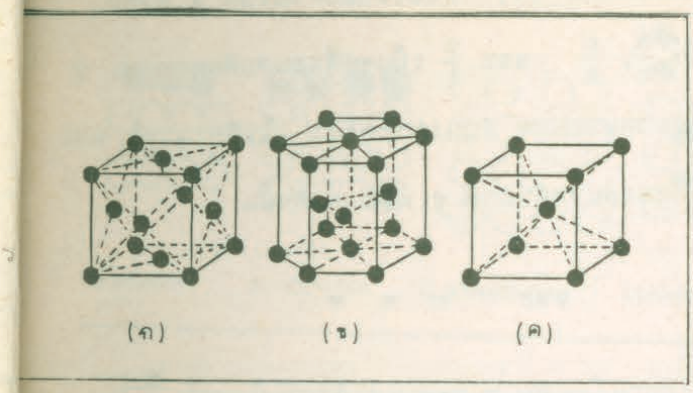
# บทบาทของผิวหน้าพลึกในการเร่งปฏิกริยาเคมี

สุนันทา เฮงธัศมี*

บทนำ เป็นที่ทราบกันดีทั้งในวงการวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมว่าโลหะหลายชนิดมีคุณสมบัติในการเร่งปฏิกริยาเคมีและเพิ่มผลผลิตได้ (1) พาลลาเดียม (Pd) พลาตินัม (Pt) โคบอลท์ (Co) และโรห์เดียม (Rh) เป็นธาตุที่สำคัญในการเร่งปฏิกริยาเติมและลดไฮโดรเจน (hydrogenation and dehydrogenation) ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิด ในวงการอุตสาหกรรมเครื่องยนต์ได้มีการใช้โลหะพลาตินัมเป็นตัวกลางในการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด และคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้ให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำเพื่อลดมลภาวะของไอเสีย สืบเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนพลังงาน สถาบันวิจัยหลายแหล่งได้พยายามวิเคราะห์คุณสมบัติของโลหะหลายชนิดเพื่อสรรหาตัวเร่งปฏิกริยาที่เหมาะสมในปฏิกริยาเคมีที่สำคัญบางชนิด เช่น การกลั่นน้ำมันจากถ่านหิน (liquefaction of coal) หรือปฏิกริยาการดูดซับไฮโดรเจนทำให้เกิดโลหะไฮไดรด์ (metal hydride) เพื่อใช้เป็นแหล่งเก็บไฮโดรเจนซึ่งจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ (2)

ถึงแม้นักวิทยาศาสตร์จะทราบดีว่าประสิทธิภาพของการเร่งปฏิกริยาขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางผิวหน้า (surface properties) ของโลหะ แต่กลไก (mechanism) ของการเกิดปฏิกริยาเคมีที่ผิวหน้ายังไม่เป็นที่เข้าใจชัดแจ้ง เนื่องจากการศึกษาคุณสมบัติทางผิวหน้าประสบปัญหาเกี่ยวกับการควบคุมความบริสุทธิ์ของผิวหน้า การคำนวณจากทฤษฎีจลน์ของก๊าซบ่งชี้ว่า ภายใต้สูญญากาศที่มีความดัน $10^{-6}$ Torr (1 Torr 1mmHg) ผิวหน้าของโลหะที่บริสุทธิ์จะถูกปกคลุมด้วยชั้นของก๊าซ (gas monolayer) ในเวลาเพียง 1 วินาทีเท่านั้น ดังนั้นงานวิจัยทางผิวหน้าของโลหะแต่เดิมจึงเป็นงานวิจัยเพื่อหาสารและสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งปฏิกริยา มิได้เน้นหนักถึงข้อมูลพื้นฐานเช่นกลไกของปฏิกริยาที่เกิดขึ้น ในปัจจุบันงานวิจัยทางอวกาศได้พัฒนาระบบสูญญากาศสุดยอด (ultrahigh vacuum) ซึ่งสามารถลดความดันได้ถึง $10^{-9}$-$10^{-10}$ Torr ดังนั้นจึงสามารถควบคุมผิวหน้าของโลหะให้บริสุทธิ์เป็นเวลานานพอที่จะทำการทดลองศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ได้ งานวิจัยทางผิวหน้าในปัจจุบัน (3) จึงได้เน้นหนักถึงการศึกษาหาโครงสร้างที่แท้จริงของผิวหน้า พันธะเคมีระหว่างอนุภาคของโลหะกับอนุภาคของสารอื่นที่สัมผัสผิวหน้า การจัดตัวของอนุภาคของสารที่สัมผัสผิวหน้ารวมทั้งโครงสร้างทางอีเลคโทรนิคของผิวหน้าและสารที่ถูกดูดซับ (adsorbed species) โดยที่ข้อมูลเหล่านี้จะนำมาซึ่งการแก้ปัญหาเกี่ยวกับกลไกของการเร่งปฏิกริยาเคมีของโลหะ

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น




รูปที่ 1. ภาพแสดงการเรียงตัวกันของอะตอมของโลหะทำให้เกิดผลึก 3 แบบ

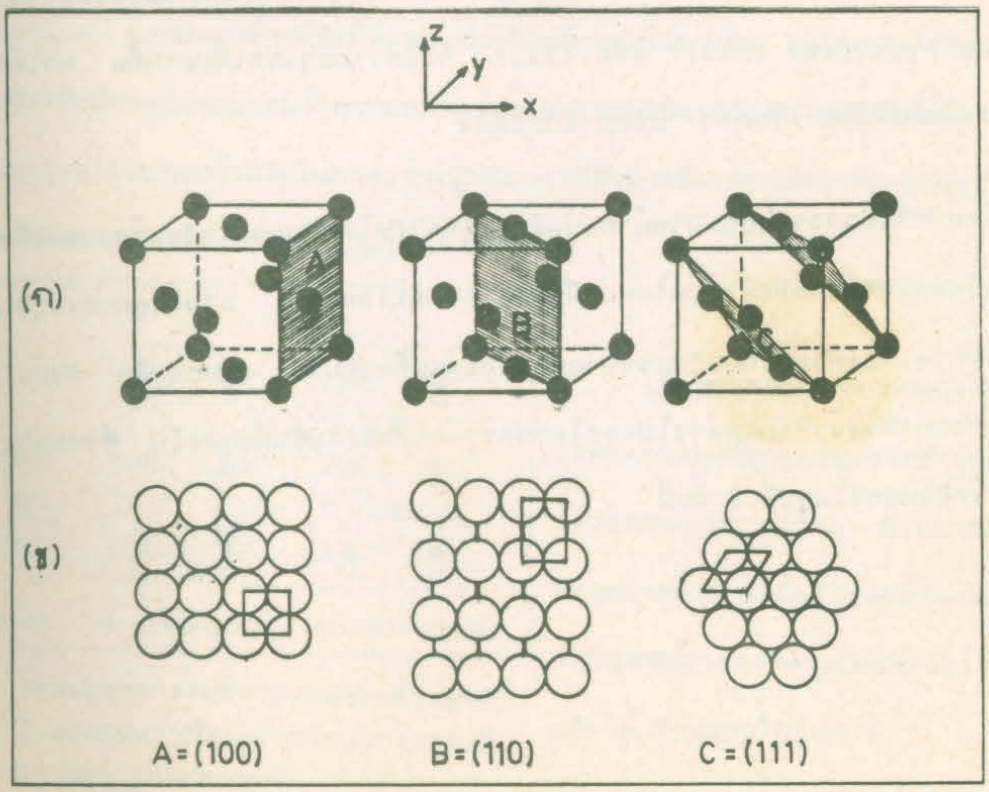
<u>โครงสร้างผิวหน้าของผลึกโลหะ</u> ผลึกโลหะเกิดจากการจัดตัวของอะตอมของโลหะเพื่อประกอบกันขึ้นเป็นผลึก ผลึกโลหะมีลักษณะการจัดตัวที่เป็นไปได้ 3 แบบ (4) ดังแสดงในรูปที่ 1 คือ

ก) cubic closest packed หรือ face-centred cubic)

ข) hexagonal closest packed

ค) body-centred cubic

จากการจัดตัวทั้ง 3 แบบของผลึกโลหะจะเห็นได้ว่าการเรียงตัวของอะตอมที่ระนาบต่าง ๆ ของผลึกจะแตกต่างกันออกไป เช่นในกรณีของ face-centred cubic ระนาบ A, B และ C จะมีการจัดตัวดังรูปที่ 2




รูปที่ 2:

ก) ภาพแสดงระนาบต่าง ๆ (A, B และ C)ของผลึก face-centred cubic

ข) ภาพแสดงการเรียงตัวของอะตอมและหน่วยเซลล์ในระนาบ A B และ C ตามลำดับ

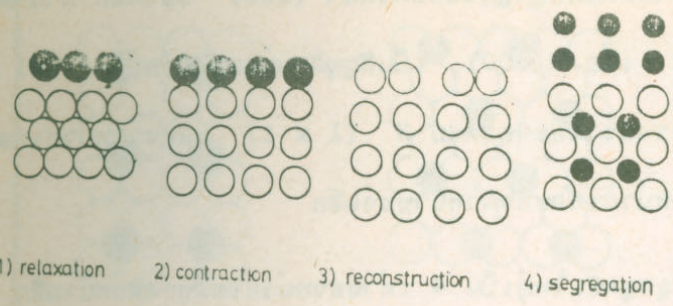
การเรียกชื่อระนาบต่าง ๆ อาศัยหลักของ Miller (4) ซึ่งประกอบด้วยเลข 3 ตัวคือ (hkl) เรียกว่า Miller indecies โดยกำหนดให้ $\frac{a}{h}$, $\frac{b}{k}$ และ $\frac{c}{l}$ เป็นจุดที่ระนาบตัดแกน x, y และ z ของผลึก เมื่อ a, b และ c เป็นความยาวของหน่วยเซล (unit cell) ในทิศ x, y และ z ตามลำดับ จากรูปที่ 2 ระนาบ A ตัดแกน x ที่ a และขนานกับแกน y และ z ดังนั้น

$$\frac{a}{h} = a, \quad \frac{b}{k} = \infty \quad \text{และ} \quad c = \infty$$

แสดงว่า $h = 1, \quad k = 0 \quad \text{และ} \quad l = 0$

ดังนั้นระนาบ A ในรูปที่2 จึงมีชื่อเรียกว่า ระนาบ (100) ในทำนองเดียวกันระนาบ B ตัดแกน x, y และ z ที่ a, a และ ∞ ตามลำดับ ดังนั้น h = 1, k = 1 และ l = 0 ระนาบนี้มีชื่อเรียกว่า ระนาบ (110) และระนาบ C จะมีชื่อเรียกว่าระนาบ (111) จากรูปที่ 2ข เราจะเห็นได้ว่าการเรียงตัวของอะตอมในระนาบต่าง ๆ จะมีความหนาแน่นไม่เท่ากัน เช่น ในระนาบ (111) การเรียงตัวของอะตอมจะเป็นแบบหนาแน่นมากที่สุดทำให้ผิวหน้ามีลักษณะเรียบ (ใน microscopic scale) และในระนาบ (110) การเรียงตัวของอะตอมจะเป็นแบบห่าง ๆ ทำให้ผิวหน้ามีลักษณะค่อนข้างขรุขระ ผิวหน้าของผลึกในบางระนาบเช่น (211) และ (311) จะมีความขรุขระเพิ่มมากขึ้น ทำให้ผิวหน้ามีการจัดตัวในลักษณะเป็นขั้นบันได เรียกว่า step surface

โดยปกติโครงสร้างของผิวหน้าของผลึกจะถูกจำกัดโดยลักษณะโครงสร้างของผลึกแต่เนื่องจากผิวหน้าของผลึกมีคุณสมบัติพิเศษคือมีความไม่ต่อเนื่อง(discontinuity) แรงดึดดูดของอะตอมที่ผิวหน้าไม่สมดุลในทุกทิศทางเมื่อเปรียบเทียบกับแรงดึงดูดของอะตอมที่อยู่ชั้นล่าง ๆ ของผลึก ดังนั้นในบางครั้งลักษณะโครงสร้างของผิวหน้าจึงแตกต่างไปจากโครงสร้างของผลึกในชั้นที่อยู่ถัดไป ซึ่งจะจำแนกเป็นชนิดต่าง ๆ (5) ได้ดังแสดงในรูปที่ 3 ดังนี้




รูปที่ 3. ภาพแสดงความแตกต่างของโครงสร้างผิวหน้าผลึก Surface Structure) กับโครงสร้างผลึก (bulk structure)

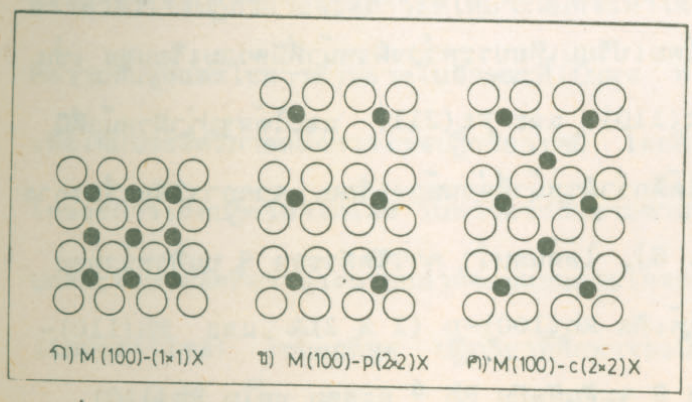
1) surface relaxation ความแตกต่างชนิดนี้ค้นพบเสมอในกรณีที่ผิวหน้าของผลึกมีการจัดตัวอย่างหนาแน่นมากที่สุด เช่นในระนาบ (111) ความไม่ต่อเนื่องของอะตอมที่ผิวหน้าจึงมีความโน้มเอียงที่จะทำให้อะตอมในชั้นบนสุดพยายามลดความกดดันลง โดยการขยายตัว การเรียงตัวของอะตอมที่ผิวหน้ายังคงเหมือนเดิม แต่ระยะห่างระหว่างอะตอมชั้นบนสุดกับชั้นล่างจะเพิ่มขึ้น

2) surface contraction ความแตกต่างชนิดนี้ตรงข้ามกับความแตกต่างในข้อ 1 คือเกิดกับผิวหน้าของผลึกที่มีการจัดตัวอย่างขรุขระ เช่นในระนาบ (110) และ (211) อะตอมที่ผิวหน้ามีความโน้มเอียงที่จะหดตัวลงเนื่องจากแรงดึงดูดระหว่างอะตอม ทำให้ระยะห่างระหว่างอะตอมชั้นบนสุดกับชั้นล่างลดลง

3) reconstruction ในบางกรณีอะตอมที่ผิวหน้าของผลึกอาจจะจัดตัวใหม่ทำให้โครงสร้างของผิวหน้าแตกต่างไปจากโครงสร้างของผลึกในชั้นล่าง

4) segregation ความแตกต่างชนิดนี้ค้นพบเสมอในผลึกของโลหะผสม (alloy) โดยที่ความหนาแน่นของอะตอมชนิดหนึ่งที่ผิวหน้าจะมากกว่าความหนาแน่นของอะตอมชนิดเดียวกันในผลึกชั้นล่าง

ในการวิจัยสมรรถนะของผิวหน้าผลึกในการเร่งปฏิกริยาเคมีสิ่งแรกที่จะต้องศึกษาคือ ลักษณะโครงสร้างทางผิวหน้าของผลึกที่ปราศจากสิ่งเจือปน (impurities)




รูปที่ 4. ภาพแสดงการจัดตัวของอะตอมที่ถูกดูดซับ (วงกลมสีดำ) ที่ผิวหน้าของผลึกวงกลมสีขาวแทนอะตอมของผลึก

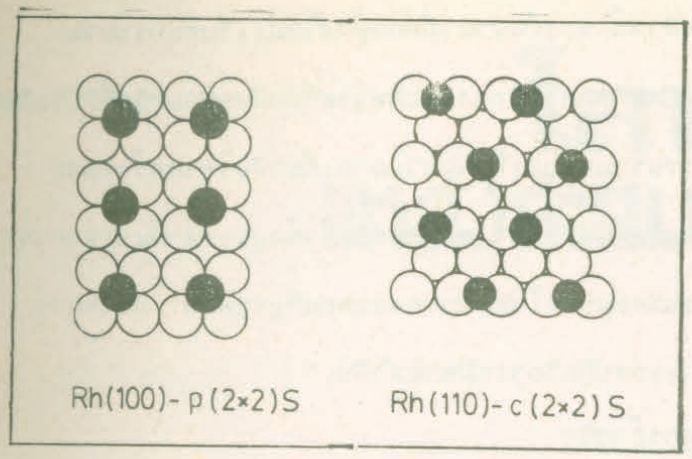
เมื่อมีอะตอมของก๊าซถูกดูดซับที่ผิวหน้าของโลหะ อะตอมที่ถูกดูดซับจะจัดตัวอยู่ในตำแหน่ง (adsorption site) ที่เหมาะสมเพื่อให้มีแรงดึงดูดมากที่สุด ดังนั้นโครงสร้างของชั้นของอะตอมที่ถูกดูดซับอาจแตกต่างกับโครงสร้างผิวหน้าของผลึกได้ ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปที่ 4ก แสดงโครงสร้างที่เหมือนกันของชั้นของอะตอมที่ถูกดูดซับกับผิวหน้า (100) ของผลึก การจัดตัวแบบนี้ใช้สัญญลักษณ์เรียก M(100)-(1 x 1)X เมื่อ M(100) เป็นสัญญลักษณ์แสดงผิวหน้า (100) ของผลึกและ (1 x 1)X เป็นสัญญลักษณ์แทนโครงสร้างของอะตอม X (1 x 1) แสดงว่าหน่วยเซล (unit cell) ของชั้นที่ถูกดูดซับมีขนาดเท่ากับหน่วยเซลของผิวหน้าของผลึก

รูปที่ 4ข แสดงให้เห็นว่าหน่วยเซลของอะตอมที่ถูกดูดซับใหญ่เป็น 4 เท่าของหน่วยเซลของผิวหน้าผลึก การจัดตัวแบบนี้ใช้สัญญลักษณ์ M(100)-p (2 x 2)X เมื่อ (2 x 2) แสดงว่าหน่วยเซลของชั้นที่ถูกดูดซับใหญ่กว่าหน่วยเซลของผิวหน้าเป็น 2 เท่าในทิศ x และ 2 เท่าในทิศ y p เป็นสัญญลักษณ์แสดงว่าหน่วยเซลเป็น primitive cell คือมีจำนวนอะตอมเฉลี่ย 1 อะตอมต่อ 1 หน่วยเซล

รูปที่ 4ค มีการจัดตัวคล้ายกับรูปที่ 4ข การจัดตัวแบบนี้ใช้สัญญลักษณ์ M(100)-c (2 x 2)X เมื่อ c(= centred) เป็นสัญญลักษณ์แสดงว่าตรงกลางของหน่วนเซลมีอะตอมเพิ่มขึ้น 1 อะตอม

<u>ผิวหน้าของผลึกกับการเร่งปฏิกริยาเคมี</u> ในปฏิกริยา chemisorption อะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซจะถูกดูดซับ (adsorb) ที่ผิวหน้าของผลึกทำให้เกิดชั้นของก๊าซ (gas monolayer) ในบางครั้งปฏิกริยาอาจทำให้เกิดสารประกอบชนิดใหม่ในลักษณะเป็นแผ่น (film) บาง ๆ บนผิวหน้าของผลึก เช่น การเกิด NiO บนผลึก Ni หรือการเกิดสนิมบนแท่งเหล็ก งานวิจัยขั้นพื้นฐานบ่งชี้ว่าอัตราเร็วของปฏิกริยา chemisorption นี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะแล้ว ยังขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางผิวหน้าของผลึกนั้น ๆ ด้วย Somorjai (6) ได้วิจัยเปรียบเทียบสมรรถนะของผิวหน้าของผลึก Pt ในปฏิกริยาการเติมไฮโดรเจนของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยเปรียบเทียบระหว่างผิวหน้าที่มีความเรียบสูง เช่น Pt(111) และผิวหน้าที่ค่อนข้างขรุขระ เช่น Pt(110) และ Pt(211) และได้สรุปว่าผิวหน้าที่มีความขรุขระสูงจะมีสมรรถนะในการเร่งปฏิกริยาได้ดีกว่าผิวหน้าที่ค่อนข้างเรียบ จากการวิจัยเรื่องการดูดซับของกำมะถัน (S) บนผิวหน้าของ Rh (7, 8) ได้ค้นพบว่า การจัดตัวของ S บนผิวหน้าของ Rh(100) และ Rh(110) จะแตกต่างกัน ทำให้เกิด Rh(100)-p (2 x 2)S และ Rh(110)-c (2 x 2)S โดยที่บน Rh(100) อะตอมของ S จะสัมผัสกับ Rh 4 อะตอม แต่ใน Rh(110) อะตอมของ S จะสัมผัสกับ Rh เพียง 2 อะตอมเท่านั้น




รูปที่ 5. ภาพแสดงการจัดตัวของอะตอมของ S (วงกลมสีดำ) บนผิวหน้าของ Rh (100) และ Rh (110) (7,8)

เหตุผลของการจัดตัวที่แตกต่างกันของ S บนผิวหน้าของ Rh ยังไม่เป็นที่เข้าใจอย่างถ่องแท้ แต่เป็นที่คาดคะเนว่าการจัดตัวของ S จะต้องสัมพันธ์กับทิศของ d-orbital ของอะตอมของ Rh และลักษณะพันธะเคมีที่แท้จริงระหว่าง S-Rh อาจเป็นพันธะลูกผสมอันเกิดจาก resonance ของพันธะเคมีหลาย ๆ ชนิด

ระบบที่ได้รับความสนใจและประสบความสำเร็จมากในปัจจุบันคือระบบการดูดซับออกซิเจนบนผิวหน้าของ Pt ผลงานของสถาบันวิจัยหลายแห่ง (9, 10) ได้ข้อมูลบ่งชี้ว่ากลไกการดูดซับออกซิเจนของ Pt แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ โมเลกุลของออกซิเจน ($O_2$) สร้างพันธะเคมีกับอะตอมของ Pt และต่อมาจะแตกตัว (dissociate) ให้ออกซิเจนในลักษณะอะตอม (O) พันธุเคมีระหว่าง $O_2$ กับ Pt เกิดขึ้นจากการถ่ายเท (transfer) อีเลคตรอน 2 ตัวจากอะตอมของ Pt ไปยัง antibonding $\pi_g$ orbital ของ $O_2$

<u>สรุป</u> จุดประสงค์ของงานวิจัยทางการเร่งปฏิกริยาเคมี (catalytic research) คือการสรรหาตัวเร่งปฏิกริยาและสภาวะที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดผลผลิตมากที่สุด งานวิจัยชนิดนี้โดยปกติจะทำที่ความดันสูงและใช้สารตัวอย่างในลักษณะที่เป็นผง ทำให้มีพื้นที่ผิวหน้า (surface area) มากที่สุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการเร่งปฏิกริยาเคมี โดยที่งานวิจัยในลักษณะนี้ไม่สามารถทำให้เข้าใจถึงกลไกของการเกิดปฏิกริยาได้เลย ในทางตรงกันข้ามงานวิจัยทางผิวหน้า (surface research) โดยปกติจะศึกษาผลึกที่ทราบระนาบหน้าตัดแน่นอนภายใต้สภาวะสูญญากาศสัมบูรณ์เพื่อควบคุมสิ่งแปลกปลอม (impurities) ให้น้อยที่สุด ปฏิกริยาที่ศึกษาจะเป็นปฏิกริยา chemisorption ง่าย ๆ โดยมีจุดประสงค์ที่ต้องการทราบถึงกลไกทางเคมีที่แน่นอนของการเกิดปฏิกริยาที่ผิวหน้าของผลึก

ถึงแม้ว่างานวิจัยทางโครงสร้างของผิวหน้าจะเป็นสาขาที่ค่อนข้างใหม่(เริ่มต้นประมาณ ค.ศ. 1972) แต่ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีในปัจจุบันทำให้มีการประดิษฐ์เครื่องมือหลายชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ทางผิวหน้า และได้มีการรวบรวมข้อมูลเป็นจำนวนมากเกี่ยวกับโครงสร้างและตำแหน่งของอะตอมหลายชนิดที่ถูกดูดซับที่ผิวหน้าของโลหะชนิดต่าง ๆ โดยหวังว่าข้อมูลเหล่านั้นจะสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับพันธะเคมีระหว่างอะตอมของโลหะกับของอะตอมที่ถูกดูดซับ กลไกการแตกตัวของโมเลกุลของก๊าซที่ผิวหน้า และกลไกการเร่งปฏิกิริยาเคมีตามลำดับ.

## เอกสารอ้างอิง


เอกสารอ้างอิง

1. Bond, G.C., Catalysis by Metal, Academic Press, London, 1962
2. Wilkinson, M.K., Physics Today 32 , 32 (July 1979)
3. Somorjai, G.A., Science 201, 489(1978)
4. Blakely, J.M., Introduction to the Properties of Crystal Surfaces, Pergamon, New York, 1973
5. Estrup, P.J., Physics Today 28, 33 (April 1975)
6. Baron, K., Blakely, D.W., and Somorjai G.A., Surface Science 41, 45(1974)
7. Hengrasmee, S., Watson, P.R., Frost, D.C., and Mitchell, K.A.R., Surface Science 87, L 249(1979).
8. Hengrasmee, S., Watson, P.R., Frost, D.C., and Mitchell, K.A.R., Surface Science 92, 71(1980)
9. Thiel, P.A., Yates, J.T., and Weinberg, W.H., Surface Science 82, 22(1979)
10. General Motors News, Physics Today, 33, 50 (February 1980)

# โลหะไฮไดรด์: แหล่งสะสมพลังงานรูปหนึ่ง

สมลักษณ์ เรืองสุทธินฤภาพ *

บทนำ แหล่งพลังงานในปัจจุบันร้อยละ 95% ได้มาจาก ถ่านหิน น้ำมันและกาซธรรมชาติ และเป็นที่ทราบกันดีกว่าในอนาคตอันใกล้ (20-50 ปี) น้ำมันจะหมดไป หรือมีอยู่เพียงเล็กน้อยและราคาแพง ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายได้พยายามคิดค้นหาแหล่งพลังงานอย่างอื่นมาทดแทน เช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานไฮโดรเจน

การที่ไฮโดรเจนได้รับการพิจารณาให้เป็นแหล่งพลังงานรูปหนึ่งเพราะไฮโดรเจนมีมากที่สุดในจักรวาล และสามารถติดไฟได้พลังงานออกมามากมายโดยไม่มีมลภาวะใด ๆ เมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงทางเคมีทั่ว ๆ ไป เมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน ไฮโดรเจนมีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกับพวกโลหะอัลคาไลด์ จึงสามารถให้อิเลคตรอนได้ดีและคล้ายคลึงกับพวกฮาโลเจนในการรับอิเลคตรอน ดังนั้นไฮโดรเจนจึงสามารถรวมตัวกับธาตุต่าง ๆ ได้ดีเกิดเป็นสารประกอบมากมายเช่น น้ำ ($H_2O$) น้ำในโลกนี้มีปริมาณมากเมื่อเทียบกับพื้นดินและเมื่อเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ มีราคาแพงขึ้นเราก็สามารถแยกไฮโดรเจนออกจากน้ำได้โดยขบวนการอิเลคโตรไลซิสหรือใช้พลังงานแสงอาทิตย์ทำให้น้ำแตกตัวเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจนและในอนาคตอันใกล้นี้ก็จะสามารถสกัดไฮโดรเจนออกจากถ่านหินได้ในราคาถูกอีกด้วย

ปัจจุบันไฮโดรเจนใช้เป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนจรวด และถูกดัดแปลงให้ใช้กับเครื่องยนต์ (1, 2) แต่พบว่าไฮโดรเจนไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ในรถยนต์ได้โดยตรง เพราะต้องเก็บอยู่ในรูปของไฮโดรเจนเหลว (liquid hydrogen) ซึ่งต้องใช้ภาชนะที่บรรจุขนาดใหญ่และหนักกว่าน้ำมันกาซโซลีนในปริมาณที่เท่ากัน ตัวอย่างเช่น ไฮโดรเจนเหลวที่บรรจุอยู่ในถังเหล็ก (steel container) ซึ่งมีความดันภายใน 136 บรรยากาศจะหนักกว่าพวกกาซโซลีนประมาณ 30 เท่าเพราะน้ำหนักส่วนใหญ่ 99% เป็นน้ำหนักของถังเหล็กที่บรรจุ เป็นต้น นอกจากนี้ไฮโดรเจนเหลวยังมีความเย็นจัดมาก (มีจุดเดือดที่ $20^{\circ}K$ หรือ $-253^{\circ}C$) ถ้าภาชนะที่ใช้เก็บรักษาไม่ดีพอก็จะก่อให้

---

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เกิดการรั่วไหลออกมาและเป็นอันตรายอย่างยิ่ง เนื่องจากไฮโดรเจนเหลวระเหยและติดไฟได้ง่ายมาก แต่ถ้าเก็บไฮโดรเจนในรูปของโลหะไฮไดรด์ก็จะสามารถเก็บได้ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน รวมทั้งปลอดภัยและสะดวกในการนำมาใช้

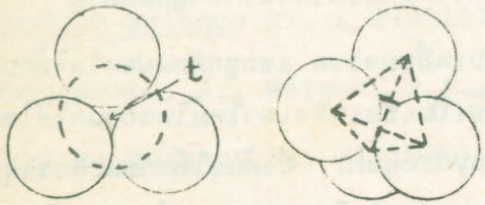
จากการค้นคว้าวิจัย (2) พบว่า โลหะเป็นตัวกลางที่เหมาะสมชนิดหนึ่งในการเก็บไฮโดรเจนโดยอยู่ในรูปของโลหะไฮไดรด์ซึ่งสามารถเก็บได้ในปริมาณที่มากกว่าเมื่อมีปริมาตรเท่ากัน รวมทั้งปลอดภัยและสะดวกในการใช้

โลหะ (M) ส่วนมากรวมตัวได้โดยตรงกับกาซไฮโดรเจน ($H_2$) เกิดเป็นสารประกอบโลหะไฮไดรด์ ($MH_2$) พร้อมทั้งให้พลังงานความร้อนออกมา

$$M + H_2 \rightleftharpoons MH_2 + \text{ความร้อน} \qquad (1)$$

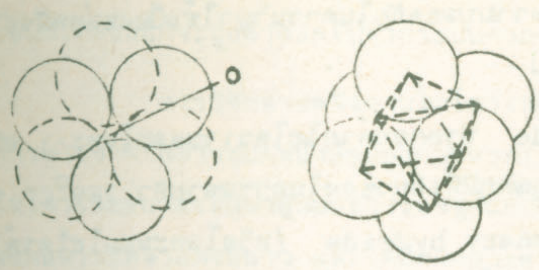
ปฏิกิริยาดังกล่าวอยู่ในภาวะสมดุลถ้าเพิ่มความดันของกาซไฮโดรเจนให้แก่ระบบมากขึ้นกว่าความดันสมดุล (equilibrium pressure) ปฏิกิริยาก็จะดำเนินไปทางขวามือให้ได้โลหะไฮไดรด์มากขึ้น เพื่อให้เข้าใจถึงกลไกของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะต้องมองในระดับอะตอม

โดยทั่วไปโลหะมีการจัดเรียงตัวของอะตอมอย่างเป็นระเบียบแบบแผนที่แน่นอน และในสภาวะธรรมดาจะอยู่ในลักษณะที่เป็นผลึก (crystal) ซึ่งมีได้หลายรูปแบบแล้วแต่ชนิดของโลหะ เช่น ผลึกของลิเธียม (Li) มีโครงสร้างแบบ body-centered cubic เป็นต้น การจัดเรียงตัวของอะตอมของโลหะก่อให้เกิดช่องว่าง (gaps หรือ interstitices) มากมาย ช่องว่างที่เกิดขึ้นมี 2 ชนิดคือ ช่องเตตระฮีดรอล (tetrahedral holes) และช่องออกตะฮีดรอล (octahedral holes)




รูปที่ 1 แสดงช่องเตตระฮีดรอล (t)

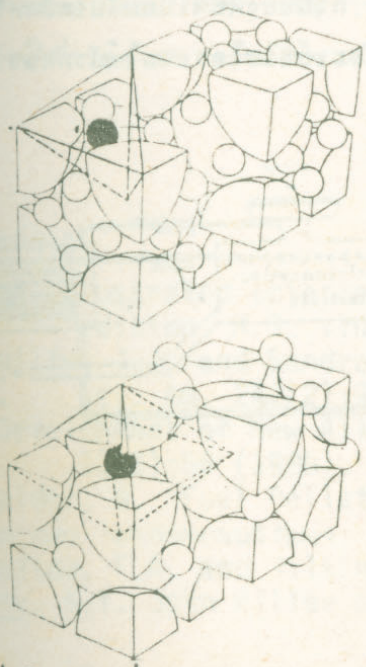
ช่องเตตระฮีดรอล (t) เกิดจากการเรียงตัวของอะตอมของโลหะ (โดยทั่วไปมีรูปร่างเป็นทรงกลม) 3 อะตอมแบบชิดกันอยู่ในระนาบเดียวกันแล้วมีอะตอมของโลหะ 1 อะตอมวางอยู่ตรงกลางบนชั้นแรก โดยที่จุดศูนย์กลางของทั้ง 4 อะตอมอยู่ที่จุดยอดมุมของรูป regular tetrahedron ช่องว่างที่เกิดขึ้นที่กึ่งกลางของรูปเตตระฮีดรอลนี้เรียกว่า ช่องเตตระฮีดรอล ดังรูปที่ 1




ช่องออกตะฮีดรอล (o) เกิดจากการเรียงตัวของโลหะอะตอม 3 อะตอมเป็นรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า 2 ชั้น มาประกบกันโดยมียอดสามเหลี่ยมชี้ไปในทิศตรงกันข้ามซึ่งกันและกัน ดังรูปที่ 2 ช่องว่างที่เกิดขึ้นจากการถูกล้อมรอบด้วย 6 อะตอมตามลักษณะดังกล่าว เรียกว่า ช่องว่างออกตะฮีดรอล

รูปที่ 2 แสดงช่องออกตะฮีดรอล (o)

ในการเตรียมสารประกอบโลหะไฮไดร์ด โลหะที่ใช้จะถูกทำให้มีขนาดเล็ก ๆ แต่มีจำนวนมากเพื่อให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับกาซไฮโดรเจนได้มากขึ้น โดยโมเลกุลของไฮโดรเจน ($H_2$) จะเกาะที่ผิวของโลหะและบางโมเลกุลจะแตกตัวอยู่ในรูปอะตอมของไฮโดรเจน (H) พร้อมกับแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างอะตอมของโลหะ เมื่อเพิ่มความกดดันของกาซไฮโดรเจน อะตอมของไฮโดรเจนก็ยิ่งแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างมากขึ้นจนเกิดเป็นสารประกอบโลหะไฮไดร์ด์โดยสมบูรณ์ ช่องว่างในโครงสร้างผลึกมีอยู่เป็นจำนวนมาก เช่นโครงสร้างแบบ body-centered cubic มีช่องเตตระฮีดรอล 12 ช่องและออกตะฮีดรอล 6 ช่องใน 1 หน่วยเซล (unit cell) ดังรูปที่ 3 ช่องว่างเหล่านี้มากพอที่จะสะสมไฮโดรเจนโดยทั่ว ๆ ไปจำนวนของอะตอมของไฮโดรเจนจะเป็น 2 หรือ 3 เท่าของจำนวนอะตอมของโลหะในสารประกอบโลหะไฮไดร์ด์



รูปที่ 3 แสดงช่องเตตระฮีดรอล (รูปบน) และช่องออกตะฮีดรอล (รูปล่าง) ที่มีอะตอมของไฮโดรเจน (ลูกกลมเล็ก) แทรกเข้าไปอยู่ในผลึกของโลหะระบบ body centered cubic

พิจารณาสมการที่ (1) จะเห็นว่าถ้ามีความร้อนเกิดขึ้นจากการสร้างโลหะไฮไดรด์มากเพียงใดก็ต้องใช้พลังงานความร้อนในการแตกสลาย โลหะไฮไดรด์มากเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าโลหะไฮไดรด์เสถียรมากต้องใช้พลังงานในการแตกสลายมากด้วย ดังนั้นในการพิจารณาเลือกชนิดของโลหะไฮไดรด์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานต้องคำนึงถึงกฎเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. โลหะไฮไดรด์ต้องไม่เสถียรมากเกินไป โดยมีอุณหภูมิที่สร้างและสลายสารประกอบ ไม่ควรเกิน 300°C

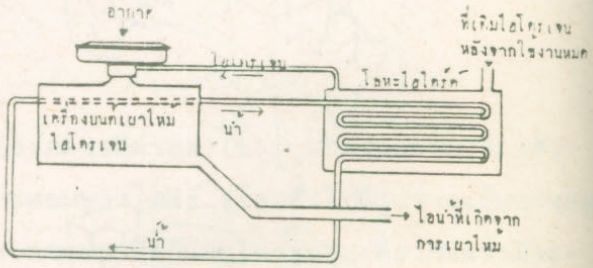
2. โลหะต้องมีปริมาณมากพอ มีความสามารถดูดเก็บไฮโดรเจนได้มาก ราคาถูก และควรนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง

3. ทั้งโลหะและโลหะไฮไดร์ดควรมีความปลอดภัยในการนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในระดับเดียวกับน้ำมันเชื้อเพลิงอื่น ๆ เช่น กาซโซลีน

โลหะไฮไดรด์ชนิด binary hydride ประกอบด้วยไฮโดรเจนและโลหะ 1 ชนิดที่เหมาะสมตามกฎเกณฑ์ข้างต้นได้แก่ $MgH_2$ โดยมีอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องในการสลายตัว 289°C ความดัน 1 บรรยากาศ ส่วนพวกโลหะไฮไดรด์ชนิด Ternary hydride (หรือโลหะผสมไฮไดรด์) ประกอบด้วยไฮโดรเจนและโลหะผสม 2 ชนิด) สามารถเข้ากับกฎเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นได้อย่างดี พวกที่นิยมใช้มากในปัจจุบันได้แก่ เหล็กติตาเนียมไฮไดรด์ ($FeTiH_x$, x เป็นตัวเลขที่แปรค่าได้ถึง 2) เพราะมีราคาถูกกว่าโลหะผสมไฮไดรด์อื่น ๆ เช่น แลนทานัม-นิเกิลไฮไดรด์ ($LaNi_5H_x$, x มีค่าสูงสุด 6) และสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้งอย่างสะดวก รวมทั้งมีอุณหภูมิที่เกี่ยวข้องในการสลายและสร้างสารประกอบดังกล่าวไม่สูงมาก (40°C, ความดันของกาซไฮโดรเจน 70 บรรยากาศ)

แต่ในอนาคตคาดว่าโลหะผสมพวกติตาเนียมกับแมงกานีสจะเป็นที่นิยมใช้กันเพราะเมื่อเร็ว ๆ นี้ ห้องปฏิบัติการด้านการเปลี่ยนพลังงานของบริษัท Matsushita Electric. ที่ญี่ปุ่น |3| ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาโลหะผสมติตาเนียมกับแมงกานีสในอัตราส่วน 1:1.5 ชนิดใหม่ที่สามารถเก็บไฮโดรเจนได้ 180-220 ลูกบาศก์เซ็นติเมตรต่อกรัมต่อความดัน 20 บรรยากาศ ซึ่งการเปลี่ยนให้ได้ไฮโดรเจนออกมาหรือรับเข้าไปก็ง่ายกว่า กรณีของติตาเนียมกับเหล็กหรือแลนทานัมกับนิเกิล และราคาก็ต่ำกว่ารวมทั้งสามารถปล่อยไฮโดรเจนและเก็บไฮโดรเจนได้มากกว่า 1,500 ครั้ง

โลหะไฮไดรด์ถูกนำมาประยุกต์ให้เป็นแหล่งพลังงานของระบบต่าง ๆ เช่น นำมาใช้แทนน้ำมันในการขับเคลื่อนรถยนต์ การสูบน้ำออกจากบ่อ และการทำความเย็น ในปัจจุบันนี้ได้มีหลายบริษัทที่กำลังทดลองออกแบบนำโลหะไฮไดรด์มาใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนรถยนต์ ทั้งในอเมริกาและเยอรมันตะวันตกซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใช้ โดยดัดแปลงเครื่องยนต์ให้สามารถใช้ได้ทั้งน้ำมันกาซโซลีนและไฮโดรเจน หลักการทำงานของโลหะไฮไดรด์โดยทั่ว ๆ ไป เขียนเป็นภาพได้ดังรูปที่ 4




ในการแลกเปลี่ยนพลังงานระบบจะต้องสูญเสียความร้อนส่วนหนึ่งเสมอ ความร้อนที่สูญเสียนี้ถูกนำมาดัดแปลงใช้ในการแตกสลายโลหะไฮไดรด์ขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงานมีความร้อนเกิดขึ้น ความร้อนนี้ถูกถ่ายเทไปยังโลหะไฮไดรด์โดยน้ำเป็นตัวนำพา (collant) ไปตามท่อดังรูปที่ 4 เมื่อโลหะไฮไดรด์ได้รับพลังงานความร้อนจากเครื่องยนต์เพียงพอก็จะเกิดการแตกสลายให้ไฮโดรเจนออกมา โลหะไฮไดรด์ที่ใช้แล้วนี้สามารถนำกลับสู่สภาพเดิมได้โดยการอัดไฮโดรเจนเข้าไปจนเกิดเป็น

โลหะไฮไดรด์สมบูรณ์ พร้อมทั้งให้พลังงานความร้อนออกมาจากปฏิกิริยาการรวมตัวโดยตรง และความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ก็จะถูกพาออกไปจากระบบด้วยตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger)

การวิจัยทางพลังงานไฮโดรเจนเป็นไปอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการนำเอาตัวกลางชนิดหนึ่งคือลูกแก้วขนาดเล็ก (microscopic glass sphere) มาใช้กักเก็บไฮโดรเจนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกแก้วนี้อยู่ในหน่วยของไมครอน (micron) ดูรูปลักษณะภายนอกแล้วจะคล้ายผงสีขาว และได้มีการนำเข้ามาใช้เป็นแหล่งพลังงานในรถยนต์เป็นครั้งแรกโดย Tellet (4) เขากล่าวว่าราคารวมทั้งน้ำหนักลูกแก้วเล็ก ๆ นี้เป็นประมาณครึ่งหนึ่งของพวกโลหะไฮไดรด์และสามารถนำกลับมาเก็บไฮโดรเจนได้อีกหลายครั้งหลังจากใช้งานแล้ว คาดว่าต้องทำการค้นคว้าวิจัยเปรียบเทียบกับตัวกลางซึ่งเป็นโลหะผสมที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ต่อไป

นอกเหนือจากการนำพลังงานไฮโดรเจนใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์แล้ว เมื่อเร็ว ๆ นี้มีรายงานข่าวเกี่ยวกับบริษัทล็อคฮีด มีโครงการที่จะดัดแปลงเครื่องบินโดยสารลำตัวกว้างแบบ L-1011 Tristar ให้ขับเคลื่อนโดยใช้พลังงานไฮโดรเจน (5) และคาดว่าจะนำมาใช้ได้ในปี ค.ศ.1995

สรุป

จะเห็นได้ว่าพลังงานไฮโดรเจนกำลังมีบทบาทสำคัญในการใช้เป็นพลังงานทดแทนรูปหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปของโลหะไฮไดรด์ เพราะมลพิษที่เกิดจากการสันดาปไฮโดรเจนมีน้อยมาก คือมีไนโตรเจนออกไซด์ (NO) น้อยกว่าที่พบในเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงทั่ว ๆ ไป นอกจากนั้นยังมีไอน้ำที่เกิดจากการรวมตัวของไฮโดรเจนกับออกซิเจน

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

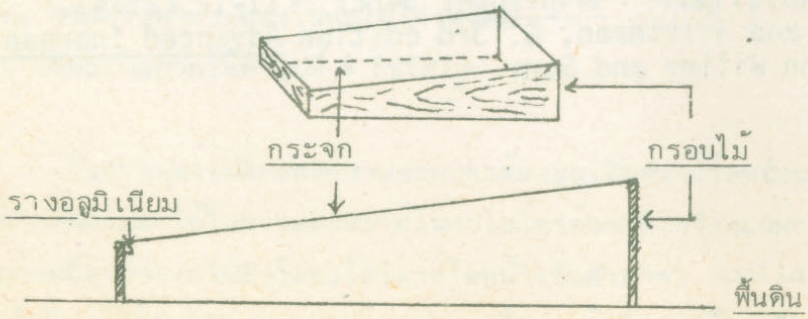

1. The Illustrated science and Invention Eucvclopedia, international edition. H.S. stuttman Co, Inc. N.Y. (1977)
2. Reilly, J.J. and Sandrock, G.D."Hvdrogen Storage in Metal Hvdride" <u>Sci. Am</u>. 242(2):98-104. (1980).
3. "Development of New Alloy which Efficiently stores Hvdrogen" <u>Technocrat</u> 13(2):56 (1980).
4. Calder, N. "Fuel Pellets for your car" <u>Science Digest</u>. 98(4):30(1981).
5. ร่มเกล้า "อากาศยานวิวัฒนา" <u>วิศวกรรมสาร</u> 34(2) : 11-12 (2524).
6. Cotton, F.A. and Wilkinson, G. 3rd edition <u>Advanced Inorganic Chemistry</u>. N.Y. John Willey and Sons. (1972)

# เครื่องกลั่นน้ำในดิน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

สมพร เฉลิมสุข*

บทนำ ในปัจจุบันเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เป็นที่รู้จักแพร่หลายทั่วไปและมีอยู่หลายแบบ เช่น เครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์แบบอยู่กับที่และกระจกเอียงด้านเดียว หรือเอียงสองด้าน เป็นต้น เครื่องกลั่นน้ำเหล่านี้สามารถผลิตน้ำกลั่นที่มีคุณภาพดี ใช้อื่มและใช้ในอุตสาหกรรมได้ ซึ่งเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงทำให้ต้นทุนการผลิตน้ำกลั่นต่ำลงมาก จากรายงานการวิจัยคิดแล้วราคาต้นทุนลิตรละ 8 สตางค์[1] นอกจากนี้ผลพลอยได้จากเครื่องกลั่นน้ำเหล่านี้คือ สามารถกลั่นน้ำเกลือให้ได้น้ำบริสุทธิ์และเกลือ หรือจะแยกสารละลายโดยได้น้ำกลั่นก็ได้ แต่ยังมีเครื่องกลั่นน้ำอีกประเภทหนึ่งที่สร้างเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในท้องที่ทุรกันดาร เรียกว่า "เครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์" (Solar Earth - Water Stills) หรือ "เครื่องกลั่นน้ำเพื่อการยังชีพ" (Survival Stills or Earth-Water Collectors) หลักการของเครื่องกลั่นน้ำแบบนี้ก็คล้าย ๆ กับเครื่องกลั่นน้ำแบบอื่นๆ คือ เมื่อพลังงานแสงอาทิตย์ผ่านที่ปิดซึ่งอาจจะเป็นพลาสติคหรือกระจกของเครื่องกลั่น พลังงานนี้จะทำให้น้ำในดินระเหยกลายเป็นไอเมื่อลอยขึ้นมาปะทะกับผิวพลาสติคหรือกระจกภายในเครื่องกลั่นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าพื้นดินก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำกลั่นบริสุทธิ์และไหลลงไปรวมในภาชนะรองรับน้ำกลั่น และเครื่องกลั่นน้ำแบบนี้ยังอาศัยเทคนิคกรีนเฮาส์อีกด้วย[2]

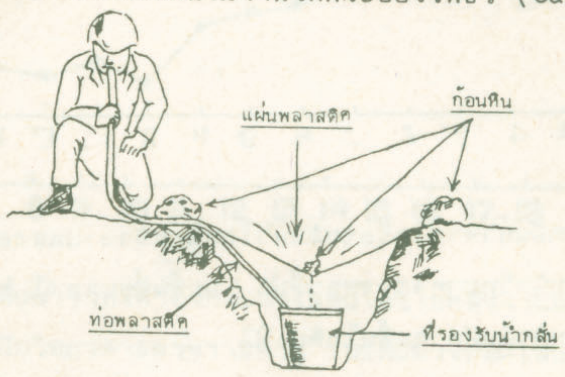
เดิมทีเดียว[4,5] เครื่องกลั่นน้ำแบบนี้เป็นที่รู้จักกันในสมัยสงครามโลกครั้งที่สอง ซึ่งตอนนั้นชาวญี่ปุ่นต้องการจะผลิตน้ำบริสุทธิ์บนเกาะในมหาสมุทร์แปซิฟิคโดยไม่ต้องใช้เวลามากนัก มีการทดลองกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ แต่ก็ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ในทางปฏิบัติ ในปี ค.ศ. 1960 นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นชื่อ Kobayashi ได้ปรับปรุงการทดลองและออกแบบเครื่องกลั่นน้ำแบบหิ้วได้(ดังรูปที่ 1) ซึ่งผลิตน้ำได้ประมาณหนึ่งลิตรในพื้นที่หนึ่งตารางเมตรในเวลาหนึ่งวัน(24 ช.ม.) และ Kobayashi ได้ทดลองใช้เครื่องกลั่นน้ำแบบนี้ในเขตทะเลทรายก็สามารถผลิตน้ำกลั่นได้




รูปที่ 1. เครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ Kobayashi นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นประดิษฐ์

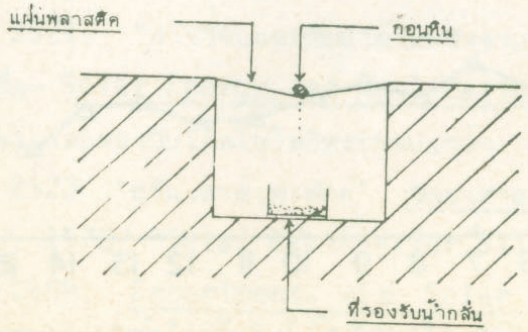
* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Dr. Ray Jackson และ Dr. Cornelius van Bavel นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐได้ทำการทดลองและปรับปรุงเครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบง่าย ๆ เช่นกัน โดยที่นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐไม่ทราบการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นเลย ข้อแตกต่างของเครื่องกลั่นน้ำที่นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองชาติทำคือ นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นกลั่นน้ำในดินจากดินชั้นบนและวางเครื่องกลั่นน้ำบนพื้นดิน แต่นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐขุดพื้นดินเป็นหลุมทรงกรวยและปิดหลุมด้วยแผ่นพลาสติค ใช้ดินทับขอบแผ่นพลาสติคให้แน่นแล้วใช้ดินหรือก้อนหินก้อนหนึ่งใส่ตรงกลางแผ่นพลาสติคทำให้พลาสติคเป็นรูปกรวย (ดังรูปที่ 2) เครื่องกลั่นน้ำแบบหลังนี้กลั่นน้ำได้วันละประมาณหนึ่งลิตรหรือมากกว่าในพื้นที่หนึ่งตารางเมตรและจะได้ปริมาณน้ำกลั่นเช่นนี้เป็นเวลาแรมเดือน เทคนิคการป้องกันการกระทบกระเทือนระบบของเครื่องกลั่นน้ำกระทำได้โดยการเพิ่มท่อพลาสติคสำหรับดื่มน้ำเข้าไปดังภาพ และถ้าต้องการให้ได้ปริมาณน้ำกลั่นสูงกว่าปกติก็ใส่ต้นไม้จำพวกกระบองเพชร (cactus) ผักอื่น ๆ หรือวัสดุที่มีน้ำลงไปในหลุมด้วย



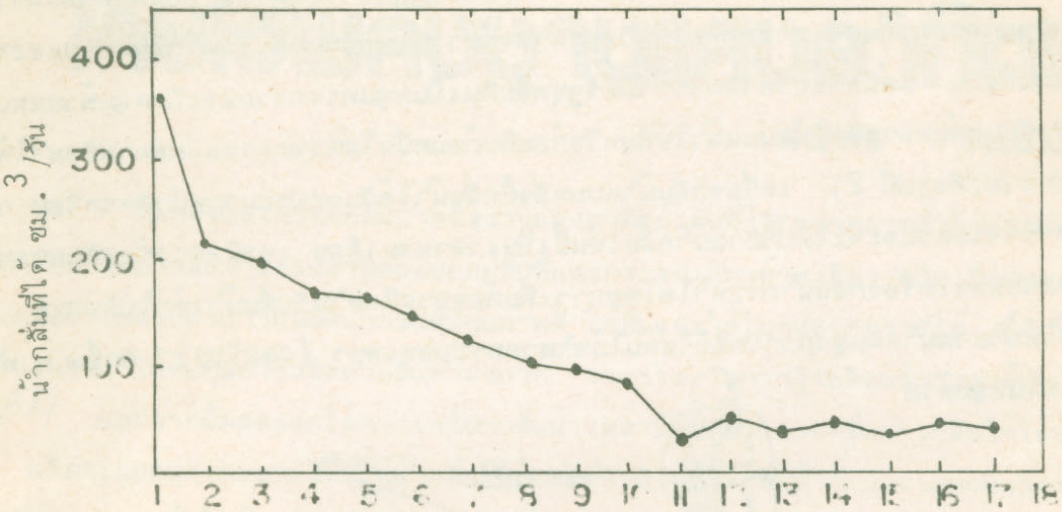

รูปที่ 2. เครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ Jackson and van Bavel นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐประดิษฐ์

J. Ahmadzadeh (3) แห่งภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัย Pahlavi เมือง Shiraz ซึ่งเป็นบริเวณทะเลทรายในประเทศอิหร่าน ได้รายงานการวิจัยเกี่ยวกับเครื่องกลั่นน้ำในดิน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำดื่มในเขตทุรกันดาร เครื่องกลั่นน้ำที่เขาวิจัยนั้นเขาสร้างทั้งแบบที่นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐและแบบที่นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นสร้าง (แบบที่ชาวญี่ปุ่นสร้างเขาไม่ได้ดัดแปลง ดัดแปลงแต่แบบที่นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐสร้างดังรูปที่ 3)

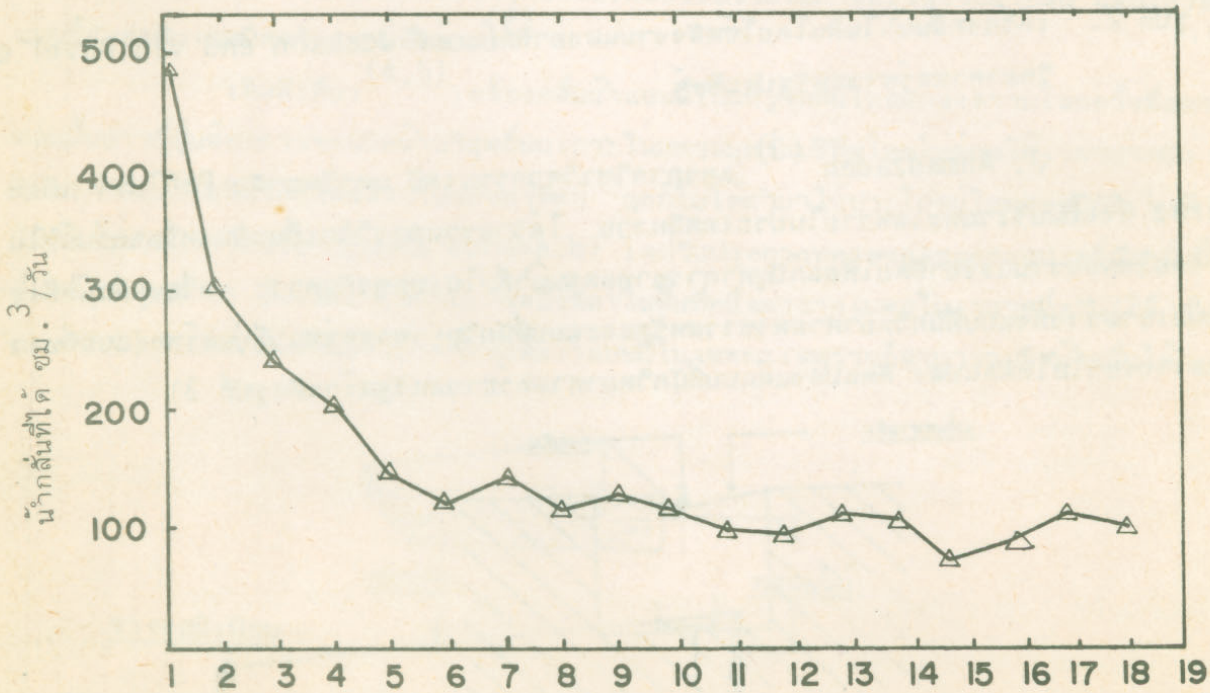



รูปที่ 3. เครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แบบที่ Ahmadzadeh สร้างเลียนแบบนักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐ

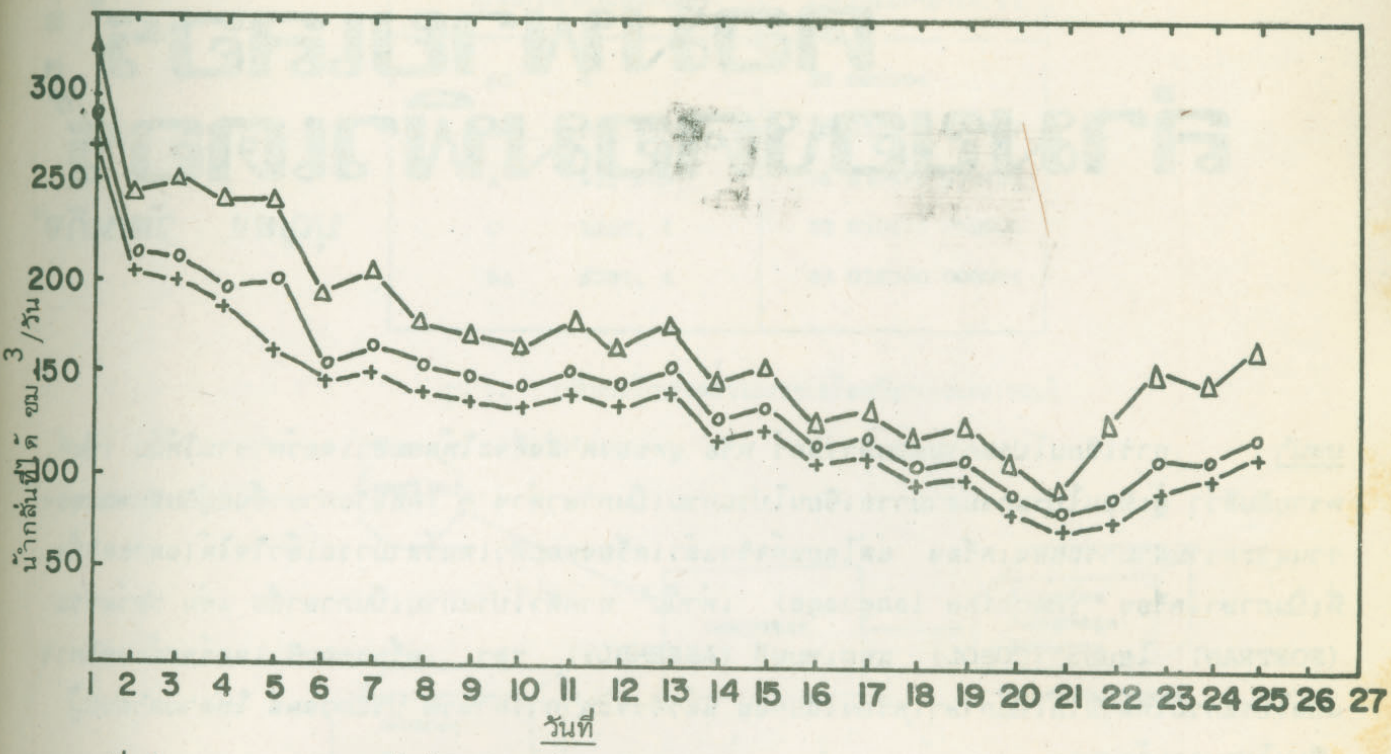
Ahmadzadeh ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระยะลึกต่าง ๆ ความชื้นในดิน และปริมาณน้ำกลั่นที่เครื่องกลั่นสามารถผลิตได้ดังแสดงด้วยกราฟ




รูปที่ 4. แสดงผลการกลั่นน้ำจากเครื่องกลั่นน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่ง Ahmadzadeh สร้างตามแบบนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น บนพื้นที่ขนาด 1 x 1/2 เมตร ในระดับลึก 8 ซ.ม. จากผิวดินมีความชื้นในดิน 9%




รูปที่ 5. แสดงผลการกลั่นน้ำจากเครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่ง Ahmadzadeh สร้างตามแบบนักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น บนพื้นที่ขนาด 1 x 1/2 ในระดับลึก 28 ซม. จากผิวดิน มีความชื้นในดิน 11.2%




รูปที่ 6. แสดงผลการกลั่นน้ำจากเครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ซึ่ง Ahmadzadeh สร้างตามแบบนักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐ บนพื้นที่วงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 ซม. ที่ความลึก 34,30 และ 44 ซม. หรือความชื้นในดิน 11.3, 12.0 และ 13.2% ตามลำดับโดยใช้สัญลักษณ์X,Oและ แทนจุดบนเส้นกราฟสำหรับความชื้นในดิน 11.3, 12.0, และ 13.2% ตามลำดับ

## สรุป

จะเห็นว่าเครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้มีประโยชน์มากในท้องถิ่นทุรกันดารขาดแคลนน้ำดื่ม วิธีการสร้างก็ไม่ยากและน้ำที่ได้ก็มีคุณภาพดีใช้ประโยชน์ได้มาก ในอนาคตข้างหน้าไม่แน่นักว่าเมืองไทยอาจจะต้องใช้เทคนิคการกลั่นน้ำในดินแบบนี้บ้างก็ได้ ถ้ายังมีการตัดไม้ทำลายป่ากันไม่หยุด

## เอกสารอ้างอิง

1. วุฒิ พันธุนาวิน 2521. "การวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย" สัมมนาวิชาการเรื่อง Solar Energy and Applications. โดยสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี.
2. สมพร เฉลิมสุข 2523. "กรีนเฮาส์เฟเฟคท์" วิทยาศาสตร์ มข. 8(3) 36-41.
3. Ahmadzadeh, J. 1978. "Solar Earth-Water Stills" -Solar Energy. 20:387-391.
4. Halacy, D.S. 1969. Experiments with Solar Energy. W.W. Norton New York: pp. 87-90.
5. Halacy, D.S. 1963. The Coming Age of Solar Energy. Harper & Row pp. 113-114.

# คอมพายเลอร์ : ล่ามของคอมพิวเตอร์

บุญส่ง วัฒนกิจ*

บทนำ การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือ ชุดของคำสั่งที่จะให้คอมพิวเตอร์ทำงานให้นั้น เป็นที่ทราบกันดีว่า ผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมเป็นภาษาต่าง ๆ ได้หลายภาษาขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและความสามารถของเครื่อง แต่โดยแท้จริงแล้วเครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้เฉพาะคำสั่งที่เป็นภาษาเครื่อง (Machine language) เท่านั้น หากตัวโปรแกรมเป็นภาษาอื่น เช่น ฟอร์แทรน (FORTRAN) โคบอล (COBOL) แอสเซมบลี (ASSEMBLY) ฯลฯ เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องทำการแปลโปรแกรมเหล่านี้ให้เป็นภาษาเครื่องเสียก่อน แล้วจึงจะทำการคำนวณ ประมวลผล ให้ตามคำสั่งที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการ

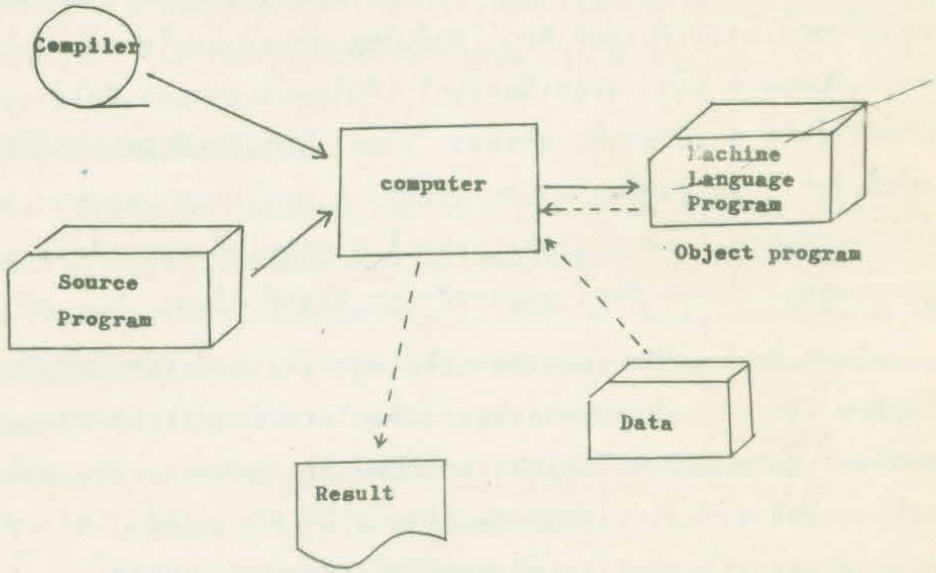
ในยุคแรกของการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ การเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ทำงาน ผู้เขียนโปรแกรมต้องเขียนคำสั่งเป็นภาษาเครื่อง ซึ่งเป็นภาษารหัสตัวเลขที่คอมพิวเตอร์สามารถตีความได้ การตั้งรหัสต่าง ๆ แล้วแต่ระบบการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละแบบ ดังนั้น ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับระบบการทำงานของเครื่องเป็นอย่างดี และเนื่องจากเป็นการสั่งงานโดยตรง จึงต้องสั่งงานให้ละเอียดทุกขั้นตอน และติดตามที่อยู่ของข้อมูลนั้น ๆ อย่างถูกต้อง ต่อมาเพื่อลดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมโดยใช้สัญญลักษณ์แทนรหัสตัวเลข เรียกว่า โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี (Assembly language) ดังรูป 1. ทำให้การเขียนโปรแกรมสะดวกและเข้าใจได้ง่ายขึ้น ถึงขั้นนี้จึงจำเป็นที่จะต้องแปลภาษาแอสเซมบลีที่เขียนขึ้นให้เป็นภาษาเครื่องที่เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจ ก่อนที่เครื่องจะทำงานตามคำสั่งนั้นจึงต้องสร้างโปรแกรมขึ้นมาเป็นพิเศษสำหรับใช้ให้เครื่องแปลจากภาษาแอสเซมบลีเป็นภาษาเครื่อง เรียกว่าแอสเซมบลีคอมพายเลอร์ (Assembly Compiler) โปรแกรมที่ผู้เขียนโปรแกรมเขียนขึ้น เรียกว่า ซอสโปรแกรม (Source program) และโปรแกรมที่แปลเป็นภาษาเครื่องแล้วเรียกว่า ออบเจคโปรแกรม (Object program)

---

* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

| โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี | | โปรแกรมภาษาเครื่อง |
|---|---|---|
| BS | 4 | 35 000004 |
| LCA | #2, SUM | 15 010400 010430 |
| A | +1, SUM | 36 010470 010430 |
| C | LAST, 4 | 33 010476 000004 |
| BA | #3B1, 4 | 34 010300 000004 |

รูป 1. เปรียบเทียบระหว่างภาษาเครื่องกับภาษาแอสเซมบลี




รูป 2. คอมพิวเตอร์แปลซอสโปรแกรมเป็นภาษาเครื่องก่อน

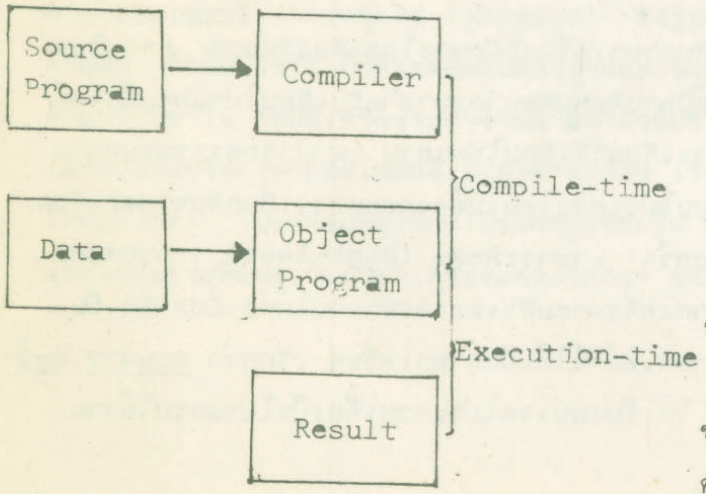
จากรูป 1. จะเห็นว่าภาษาแอสเซมบลีกับภาษาเครื่องมีลักษณะใกล้เคียงกันมาก การเขียนคำสั่งยังคงต้องเขียนให้ละเอียดทุกขั้นตอน ต่อมา ได้มีการคิดค้นพัฒนาภาษาสำหรับเขียนโปรแกรมขึ้นใหม่เป็นภาษาสั่งงานที่เข้าใจได้ง่าย สะดวกและง่ายต่อการเรียนวิธีเขียนโปรแกรม สามารถตรวจสอบความผิดพลาดได้ง่าย ที่สำคัญคือผู้เขียนโปรแกรมสามารถเขียนโปรแกรมโดยไม่ต้องคอยพะวงเกี่ยวกับรายละเอียดการทำงานของเครื่อง ภาษาเหล่านี้มีหลายภาษา เรียกว่า ภาษาระดับสูง (High-level language) เช่น ฟอร์แทรน, โคบอล, พีแอล เป็นต้น แต่เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะทำงานได้ต่อเมื่อคำสั่งเป็นภาษาเครื่องเท่านั้น จึงต้องมีโปรแกรมพิเศษที่ใช้แปลภาษาเหล่านี้ให้เป็นภาษาเครื่อง เรียกว่า <u>คอมพายเลอร์</u> (Compiler) ซึ่งจะทำการแปลโปรแกรมภาษาใด ๆ ให้เป็นออบเจคโปรแกรมเพื่อเป็นโปรแกรมใช้งานต่อไป ตามรูป 2

เครื่องคอมพิวเตอร์จะทำงานโปรแกรมภาษาใดก็ต้องใช้คอมพายเลอร์สำหรับโปรแกรมภาษานั้นโดยเฉพาะ เช่น โปรแกรมภาษาฟอร์แทรนต้องใช้ฟอร์แทรนคอมพายเลอร์ โปรแกรมภาษาโคบอล ต้องใช้โคบอลคอมพายเลอร์ เป็นต้น

ลักษณะการแปลโปรแกรม

ส่วนใหญ่แล้วลักษณะการเขียนคอมพายเลอร์ โดยทั่ว ๆ ไปจะมีหลักการคล้ายกัน ที่แตกต่างกันไปก็เกี่ยวกับการจัดระบบการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยทั่ว ๆ ไปตัวแปลโปรแกรมมักแบ่งออกเป็นโปรแกรมย่อยหลาย ๆ ส่วน แต่ละส่วนมีจุดประสงค์ในการทำงานอย่างหนึ่ง มีข้อมูล อินพุต (Input) และเอาท์พุต (Output) เมื่อสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรมแต่ละส่วน ในคอมพิวเตอร์ขนาดกลางและขนาดเล็กซึ่งมีหน่วยเก็บ (Main Storage) จำกัดสำหรับขนาดของโปรแกรม จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะนำตัวแปลโปรแกรมทั้งหมดเข้าไปเก็บเลยทีเดียว ดังนั้นในการทำงานแปลโปรแกรม โปรแกรมคอมพายเลอร์ซึ่งถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ แล้ว จะถูกเรียกเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเพื่อใช้งานที่จะทำในขณะนั้นเฉพาะโปรแกรมที่ต้องใช้จริง ๆ เมื่องานนั้นเสร็จแล้ว ส่วนของโปรแกรมที่จะทำงานต่อไปจึงจะถูกเรียกเข้าไปใช้ เป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ จนเสร็จสิ้นงานแปล ส่วนต่าง ๆ ของโปรแกรมคอมพายเลอร์ที่ถูกแบ่งออกจะมีลักษณะเป็นโปรแกรมย่อย (Subprogram) แต่ละโปรแกรมย่อยก็จะมีหน้าที่ต่าง ๆ กัน เช่นมีหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของไวยากรณ์ จัดสร้างตารางตัวแปร ตัวคงที่ เป็นต้น

ในคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำขนาดใหญ่ สามารถที่จะเรียกคอมพายเลอร์ทั้งหมดเข้าไปใช้งานในครั้งเดียว เรียก คอมพลีตคอมพายเลอร์ (Complete Compiler) ลักษณะการทำงานแบบนี้จะใช้เวลาในการแปลโปรแกรมน้อยกว่าในคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำขนาดกลางและขนาดเล็ก อย่างน้อยที่สุดก็ประหยัดเวลาในการเรียกโปรแกรมย่อยของตัวแปลโปรแกรมแต่ละส่วน (I/O-Time) แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของการใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งคอมพิวเตอร์ที่จะทำงานแบบพลีตคอมพายเลอร์จะต้องเป็นเครื่องที่มีหน่วยเก็บ (Main Storage) ที่ใหญ่มาก ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ก็ย่อยจะต้องมากขึ้นด้วย




รูปที่ 4 การทำงานโปรแกรมภาษาระดับสูง

ในการทำงานตามคำสั่งโปรแกรมภาษาระดับสูง เวลาที่ใช้ในการทำงานของคอมพิวเตอร์จะเพิ่มขึ้นในส่วนที่เครื่องจะต้องทำการแปลซอสโปรแกรมให้เป็นออบเจคโปรแกรม เรียกช่วงเวลานี้ว่า คอมพายไทม์ (Compile-Time) จากนั้นจึงเรียกข้อมูล (Data) ที่จะต้องใช้เข้าไปคำนวณหรือเปรียบเทียบตามคำสั่งโปรแกรมในช่วงเวลาของการคำนวณ (Execution-time) ดังรูป 3. โดยปกติแล้วช่วงเวลาของการคำนวณจะเร็วมาก เมื่อเทียบกับคอมพายไทม์

## โครงสร้างทั่วไปของคอมพายเลอร์

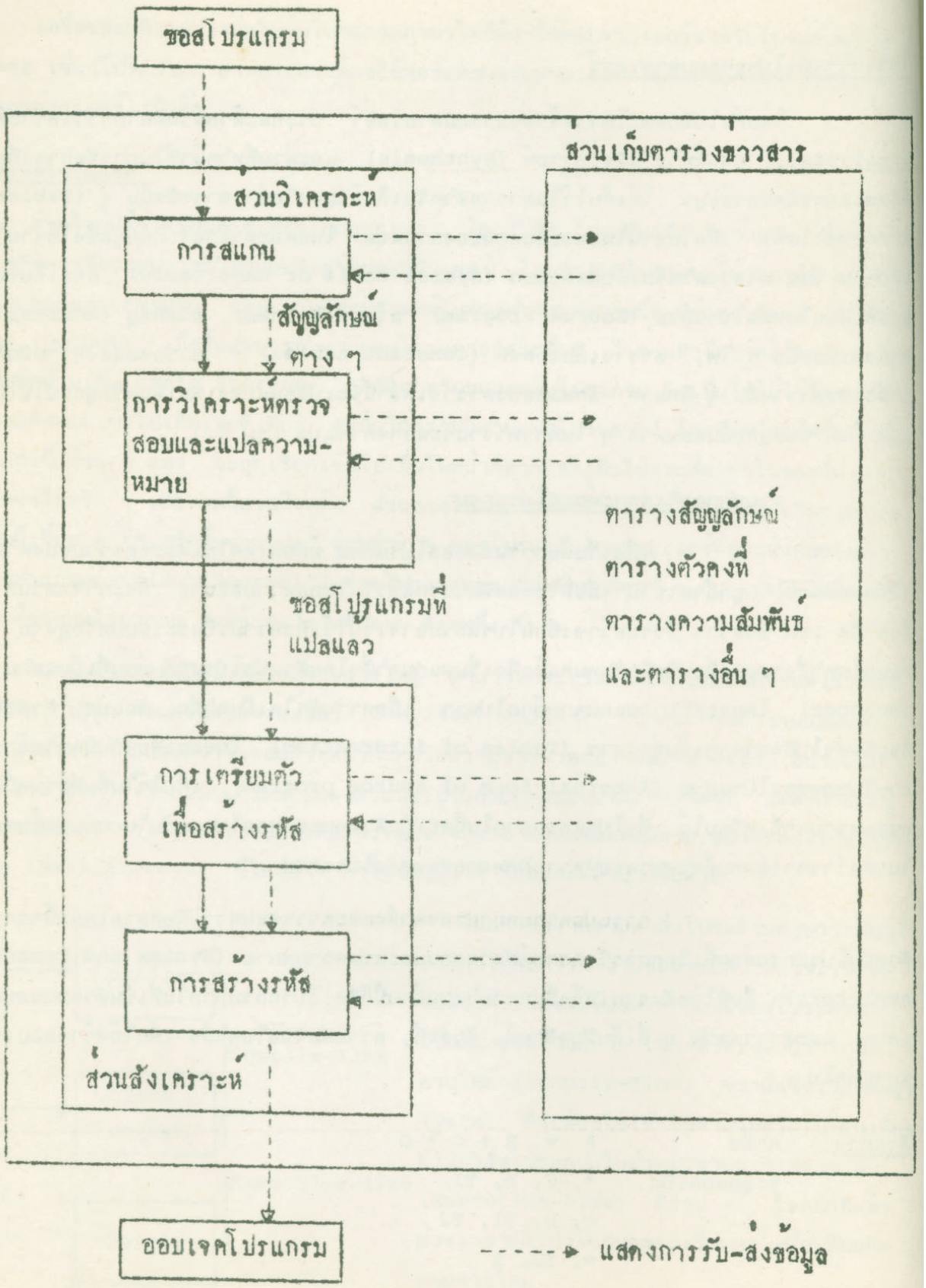
โดยทั่วไปลักษณะโครงสร้างของคอมพายเลอร์ ประกอบด้วยส่วนที่ทำการวิเคราะห์ (Analysis), ส่วนที่ทำงานสังเคราะห์ (Synthesis) และส่วนที่ทำหน้าที่ในการจัดการเกี่ยวกับลักษณะและชนิดของข้อมูล ให้เก็บไว้ในตารางสำหรับเก็บข้อมูลหรือข่าวสารชนิดนั้น ๆ (Tables of information) เพื่อใช้งานในแต่ละขั้นตอนของการแปล ในแต่ละตารางจะมีข้อมูลซึ่งใช้งานในลักษณะเดียวกัน เช่น ตารางสำหรับเก็บชื่อตัวแปร (Symbol table or name table) ก็จะเก็บชื่อหรือตัวแปรที่เขียนในซอสโปรแกรม (Source Program) พร้อมทั้งจัดลักษณะ, ชนิดที่อยู่ (Address) และรายละเอียดอื่น ๆ ให้, ตารางเก็บค่าคงที่ (constant tables) ตารางแสดงความสัมพันธ์ของคำสั่งและตารางอื่น ๆ อีกมาก ลักษณะของตารางเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมหรือถูกลบไปเมื่อใช้งานแล้ว ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงานระหว่างการแปล (รูป 4.)

### ส่วนทำการวิเคราะห์ซอสโปรแกรม

เมื่อเริ่มต้นการแปลซอสโปรแกรม ข้อสนเทศในแต่ละข้อความของคำสั่ง (Statement) ถูกอ่านเข้ามาเมื่อตรวจคอลัมน์แรกแล้วไม่ใช่ข้อความอธิบาย ก็จะกำจัดส่วนที่ไม่เกี่ยวในคำสั่ง เช่น ช่องว่าง ซึ่งระหว่างเขียนโปรแกรมอาจเว้นไว้เพื่อความเป็นระเบียบหรือดูง่าย ดังนั้นข้อมูลในคำสั่งจะถูกเลื่อนชิดติดกันหมดแล้วจึงเริ่มสแกนคำสั่งโดยตัวแปลโปรแกรมส่วนที่เป็นสแกนเนอร์ (Scanner) โดยจะทำการสแกนจากซ้ายไปขวา เมื่อทราบตัวใดเป็นคำสั่ง, ตัวแปร, ตัวคงที่ ฯลฯ ก็จะจัดส่งไปยังตารางเก็บข่าวสาร (Tables of information) ในขณะเดียวกันมีการสร้างรูปแบบภายในของซอสโปรแกรม (Internal form of source program) เก็บไว้ในพื้นที่ส่วนหนึ่งของหน่วยความจำที่เตรียมไว้ ซึ่งโปรแกรมภายในนี้จะเป็นตัวแทนของซอสโปรแกรมในการแปลขั้นตอนต่อไป ในระหว่างการสแกนก็จะตรวจสอบความผิดพลาดของซอสโปรแกรม

การแปลความหมายของคำสั่งและตรวจสอบความผิดพลาดเหล่านี้จะกระทำโดยตัวแปลโปรแกรมส่วนที่เรียกการวิเคราะห์ตรวจสอบและแปลความหมาย (Syntax and Semantic Analyzers) สิ่งที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นการทำงานส่วนนี้ก็คือ โปรแกรมภายในที่เป็นตัวแทนของซอสโปรแกรม และตารางต่าง ๆ ที่เก็บสัญญลักษณ์, ตัวคงที่, ความสัมพันธ์ในคำสั่ง เพื่อใช้สร้างออบเจคโปรแกรมต่อไป

| | | |
|---|---|---|
| <u>ตัวอย่าง</u> | คำสั่ง | A = B + C * D |
| | จะถูกแยกเป็น | * C, D, T1 |
| | | +, B, T1, T2 |
| | | =, T2, A |




รูป 4. แสดงโครงสร้างของตัวแปลโปรแกรม.

T1 และ T2 เป็นตัวแปรที่ตัวแปลโปรแกรมสร้างขึ้น การแยกคำสั่งออกมาให้เป็นแต่ละขั้นตอนการทำตามคำสั่งอาศัยหลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ ตัวโอเปอแรนด์ (operands) และโอเปอเรเตอร์ (operators) ต่าง ๆ จะถูกเก็บไว้ในตารางสำหรับเก็บโอเปอแรนด์ หรือโอเปอเรเตอร์ โดยมีดัชนี (index) แสดงความสัมพันธ์

<u>การเตรียมการและการสร้างระหัส</u>
(preparation and code generation)

ก่อนที่จะทำการสร้างระหัสให้เป็นออบเจคโปรแกรม จะต้องเปลี่ยนแปลงบางส่วนของโปรแกรมภายในที่ได้สร้างไว้ เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของซอสโปรแกรมในฟอร์แทรน คำสั่ง จำพวก COMMON, EQUIVALENT จะถูกพิจารณา จากนั้นตัวแปลโปรแกรมจะทำการออบติไมซ์ (optimization) เพื่อให้ออบเจคโปรแกรมที่จะถูกสร้างขึ้นใช้เวลาการคำนวณ (Execution time) น้อยที่สุด เมื่อพร้อมแล้วโปรแกรมภายในก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็นภาษาเครื่องหรือภาษาแอสเซมบลีซึ่งเป็นออบเจคโปรแกรมที่จะใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นต่อไป

<u>สรุป</u>

คอมพิวเตอร์จะทำงานตามคำสั่งได้ ต่อเมื่อคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่อง (Machine language) เท่านั้น แต่ภาษาเครื่องยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม และตรวจสอบความผิดพลาดได้ยาก เมื่อมีการพัฒนาภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้ง่ายและมีความคล่องตัวขึ้น เครื่องคอมพิวเตอร์ก็ต้องทำงานเพิ่มขึ้นในส่วนที่แปลภาษาต่าง ๆ เหล่านั้นให้เป็นภาษาเครื่องระบบคอมพิวเตอร์ทุกระบบมีโปรแกรมพิเศษสำหรับใช้แปล เรียกว่า คอมพายเลอร์ (Compiler) คอมพายเลอร์เป็นโปรแกรมใหญ่ประกอบด้วยโปรแกรมย่อยหลายโปรแกรม บันทึกอยู่ในเทปแม่เหล็กหรือจานแม่เหล็ก หรือสื่อกลางอื่น ๆ ตามความเหมาะสม อาจกล่าวได้ว่า คอมพายเลอร์คือโปรแกรมพิเศษซึ่งทำหน้าที่เป็นล่ามแปลคำสั่งภาษาต่าง ๆ ให้เป็นภาษาเครื่องนั่นเอง เครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่องอาจรับคำสั่งได้หลายภาษา ขึ้นอยู่กับว่าเครื่องนั้นมีคอมพายเลอร์สำหรับใช้แปลภาษาใดได้บ้าง หลักการพื้นฐานในการสร้างคอมพายเลอร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละระบบคล้ายคลึงกัน แต่จะแตกต่างกันในรายละเอียดบางส่วน ดังนั้น การเขียนโปรแกรมถึงแม้ว่าจะเป็นภาษาเดียวกัน ถ้าใช้ในคอมพิวเตอร์คนละระบบ จะมีข้อจำกัดปลีกย่อยในการเขียนโปรแกรมแตกต่างกันไป ผู้เขียนโปรแกรมจึงควรศึกษาคู่มือการเขียนโปรแกรมของเครื่องที่จะใช้ก่อนที่จะลงมือเขียนโปรแกรม.

<u>บรรณานุกรม</u> :

1. Gries, David, 1971, <u>Compiler Construction For Digital Computer</u>. John Wiler & Sons, Inc.
2. Neac-Series 2200 Operation Manual, " FORTRAN COMPILER D". Nippon Electric Co., Ltd, (nd).
3. Neac-Series 2200 Operation Manual, "ESSEMBLY EASY CODER". Nippon Electric Co., Ltd, (nd).

# การทำสไลด์ถาวรของตัวอ่อนไก่

สุภาพ ณ นคร*

บทนำ ชีวิตช่วงที่เป็นตัวอ่อนหรือเอมบริโอ (embryo) เป็นช่วงที่น่าสนใจและน่าศึกษาทีเดียว ในสัตว์ปีกแต่ละชนิดเอมบริโอจะเจริญเติบโตอยู่ภายในไข่โดยอาศัยอาหารที่แม่เก็บสะสมไว้คือไข่แดง ในการศึกษาการเจริญเติบโตของเอมบริโอระยะต่าง ๆ นั้น นอกจากวิธีการทุบไข่ให้แตกแล้วศึกษาเอมบริโอที่ยังมีชีวิตอยู่คือมองเห็นการเต้นของหัวใจได้แล้ว การศึกษาจากสไลด์ถาวรก็สามารถทำได้อีกวิธีหนึ่ง สไลด์ถาวรของตัวอ่อนไก่ที่สั่งซื้อจากต่างประเทศนั้นมีราคาแพงทีเดียว หากพวกเรานักชีววิทยาสามารถทำสไลด์ขึ้นใช้ในการเรียนการสอนได้เองแล้ว นอกจากจะเป็นการฝึกทักษะหาความชำนาญแล้วยังเป็นการช่วยประเทศชาติให้ประหยัดงบประมาณด้วย การทำสไลด์ถาวรของตัวอ่อนไก่นั้นทำได้ไม่ยากและอุปกรณ์ต่าง ๆ รวมถึงน้ำยาเคมีก็สามารถจัดหาและจัดทำขึ้นเองได้ ผู้เขียนจึงใคร่ชักชวนให้นักชีววิทยาที่สนใจมาฝึกทำสไลด์ถาวรของเอมบริโอของสัตว์ปีกขึ้นใช้เอง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทำสไลด์ถาวรของเอมบริโอของสัตว์ปีกนั้นมีดังนี้

1) ตู้ฟักไข่อย่างง่าย ๆ (ดูรายละเอียดในวิทยาสาร มข.8(2) พค.-สค. 2523)
2) ปากคีบปลายแหลม
3) ชามแก้ว
4) watch glass หรือ petridish
5) สไลด์และแผ่นแก้วปิด
6) กรรไกรปลายแหลม
7) น้ำยาเคมีต่าง ๆ

วิธีการ

ขั้นตอนการทำสไลด์ถาวรของตัวอ่อน (embryo) ของสัตว์ปีก (ไก่, นกหรือสัตว์ปีกชนิดอื่น)นั้น ขั้นแรกเราต้องศึกษารูปร่างสัณฐานของไข่เสียก่อน ไข่ไก่มีรูปร่างแบบรี ปลายด้านหนึ่งแหลมและอีกด้านหนึ่งป้านกว่า บริเวณด้านป้านนี้เองเป็นด้านที่มีตัวอ่อนนอนอยู่เหนือไข่แดงและมีเยื่อหุ้มตัวอ่อนที่เรียกว่าไวเทลไล (Vitelline membrane) หุ้มไว้ ขั้นตอนการทำสไลด์ให้ดำเนินการดังนี้

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1. <u>การเตรียมน้ำยาเคมีที่จำเป็นต้องใช้</u>

1.1 อัลกอฮอล์เปอร์เซนต์ต่าง ๆ

อัลกอฮอล์ที่เราซื้อมาจากท้องตลาดนั้นมีความเข้มข้นประมาณ 95-98%

ถ้าต้องการเตรียม 30% ต้องใช้อัลกอฮอล์ 30 ซีซี น้ำกลั่น 65 ซีซี
ถ้าต้องการเตรียม 50% ต้องใช้อัลกอฮอล์ 50 ซีซี น้ำกลั่น 45 ซีซี
ถ้าต้องการเตรียม 70% ต้องใช้อัลกอฮอล์ 70 ซีซี น้ำกลั่น 25 ซีซี

คือจะต้องทำให้ปริมาตรทั้งหมดเป็น 95 ซีซี (มิลลิลิตร)

สำหรับ 100% เอทธิลอัลกอฮอล์นั้นมีราคาแพง อาจจะใช้ n-butyl alcohol แทนได้ หรืออาจจะใช้จุนสีที่สตุแล้ว(สีขาว)ห่อด้วยกระดาษกรองแล้วห่อด้วยผ้าขาวบางจุ่มลงไปใน 95% อัลกอฮอล์ จุนสีจะไปช่วยดูดน้ำออกจากอัลกอฮอล์ เมื่อจุนสีเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำเงินจึงเอาห่อจุนสีออก นำอัลกอฮอล์ไปใช้ได้ (หมายเหตุวิธีนี้ผู้เขียนยังไม่เคยลองทำแต่อาจารย์ ดร.อำนาจ โรจนไพบูลย์ จากภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้ใช้วิธีนี้อยู่)

1.2 Fixative Solution

1.2.1 Bouin's Fixative มีส่วนผสมดังนี้

- glacial acetic acid 8 ml.
- picric acid (saturated aqueous) 75 ml.
- formalin (40% formaldehyde) 25 ml.

1.2.2 Kleinenberg's picrosulfuric acid เตรียมได้ดังนี้

- เตรียม 2% aqueous solution ของกรดซัลฟูริก ($H_2SO_4$) แล้วเติม picric acid ลงไปจนอิ่มตัว

1.3 สีย้อมในที่นี้ใช้Conklin's Hematoxylin ซึ่งมีส่วนผสมดังนี้

- Harris hematoxylin 1 ส่วน
- น้ำกลั่น 4 ส่วน

Harris' Hematoxylin มีส่วนผสมดังนี้

<u>สารละลายที่ 1</u> hematoxylin 1 กรัม
absolute alcohol 10 ml.

<u>สารละลายที่ 2</u> potassium alum 20 กรัม
(หรือ aluminium alum)
น้ำกลั่น 20 ml.
(ใช้ความร้อนช่วยเพื่อละลาย alum)

ผสมสารละลาย 1 และ 2 แล้วต้มให้เดือดทันที เติม Mercuric Oxide ลงไป 0.5 กรัม แล้วทำให้เย็นโดยเร็ว จากส่วนผสมของ Harris hematoxylin และน้ำกลั่น รวม 1 cc. ให้หยด Kleinenberg's picrosulfuric acid 1 หยด

1.4 Acidified 70% Alcohol ใช้สำหรับล้างสี มีส่วนผสมดังนี้

| | |
|---|---|
| 1% HCl | 1 ml. |
| 70% ethyl alcohol | 90 ml. |

2) <u>การแยกเอาตัวอ่อนออกและการ fix</u> โดยทั่ว ๆ ไปการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนไก่นั้นนิยมศึกษาจากระยะ 18 ชั่วโมง 24 ชั่วโมง 33 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง 72 ชั่วโมงและ 96 ชั่วโมง ตัวอ่อนในระยะต้น ๆ นั้นอาจจะมีความยุ่งยากเล็กน้อยในการแยกออกจากไข่แดง แต่ระยะ 72 และ 96 ชั่วโมงนั้นแยกออกได้อย่างง่ายมาก เทคนิคในการแยกเอาตัวอ่อนออกนั้นให้ทำดังนี้

2.1 ถือไข่ไก่ในลักษณะด้านป้านตั้งขึ้นในมือหนึ่ง และมืออีกข้างหนึ่งถือปากคีบ (หรืออุปกรณ์อื่นที่ใช้แทนกันได้) ใช้ด้ามของปากคีบตีเปลือกไข่ด้านป้านเบา ๆ ตีให้แตกแล้วค่อย ๆ แกะเปลือกไข่ออกอย่างระมัดระวังเพื่อที่จะไม่ให้ทำลายเยื่อหุ้มตัวอ่อน ในขณะที่แกะเปลือกไข่ค่อย ๆ ปล่อยให้ไข่ขาวไหลออกสู่ภาชนะจนกระทั่งไข่ขาวเหลือน้อยที่สุด จากนั้นให้เทไข่แดงพร้อมตัวอ่อนลงในภาชนะที่มีน้ำเกลือ (0.9% NaCl) ที่อุ่นอยู่ประมาณ 500 ซีซี หรือกะพอท่วมไข่แดงพอดี และภาชนะควรจะเหมาะสมในการที่จะใช้กรรไกรและปากคีบได้สะดวก เมื่อถึงระยะนี้ควรจะเขี่ยไข่ขาวที่ติดอยู่กับเยื่อหุ้มออกให้หมด โดยใช้ปากคีบปลายแหลม

2.2 เมื่อไข่แดงพร้อมตัวอ่อนลอยอยู่ในน้ำเกลือเรียบร้อยแล้ว ค่อย ๆ พลิกให้ตัวอ่อนอยู่ด้านบนสุด เพื่อรักษาสภาพของตัวอ่อนให้คงที่ไม่ย่นควรจะตัดกระดาษกรองเป็นรูปวงกลมและทำรูตรงกลางให้พอดีกับบริเวณ Area pellucida รอบ ๆ ตัวอ่อนที่จะตัดออก วางกระดาษซับลงบนบริเวณที่มีตัวอ่อนให้ตัวอ่อนอยู่ตรงกลาง ใช้กรรไกรปลายแหลมและคมตัดรอบ ๆ ขอบกระดาษซับซึ่งควรจะเป็นบริเวณของ Area vasculosa (ในตัวอ่อน 72 ชม) ใช้ปากคีบค่อย ๆ ยกเอากระดาษซับพร้อมตัวอ่อนออกแล้วนำมาวางลงใน watch glass หรือ petridish โดยให้ด้านที่ติดกับไข่แดงอยู่ด้านบน

2.3 หยดน้ำยา Fixative ซึ่งอาจใช้โบแอง (Bouin's solution) หรือ Kleinenberg's picrosulfuric solution ลงไปให้ท่วมตัวอ่อน ปิดฝา แล้วทิ้งไว้ประมาณ 8-10 ชั่วโมง หรือทิ้งไว้ข้ามคืน (24 ชั่วโมง)

3) <u>การย้อมสีและการ mount</u>

ขั้นตอนการย้อมสีสไลด์ให้ดำเนินการดังนี้

1) ล้างน้ำยา fixatives ออกโดยใช้อัลกอฮอล์ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังนี้ 30%, 50% และ 70% ช่วงละ 1 ชั่วโมง (สำหรับ 70% อัลกอฮอล์นั้น ให้เติมเกล็ดของ Lithium Carbonate ลงไปเล็กน้อยหรือเติม $NH_4OH$ ลงไป 3% โดยปริมาตร ทั้งนี้เพื่อจะได้ล้างสีเหลืองของกรดพริกกริกออก)

2) ย้าย Specimen กลับมาที่ อัลกอฮอล์ 50%, 30% และน้ำกลั่นเพื่อเตรียมการย้อมสี

3) ย้อม Specimen ด้วย Conklin's hematoxylin เป็นเวลา 5 นาที (สำหรับตัวอ่อนอายุ 72 ชั่วโมง) ส่วนตัวอ่อนอายุประมาณ 24 ชั่วโมง ควรใช้เวลาย้อมเพียง 2 นาที

4) ล้างด้วยน้ำก๊อกเป็นเวลา 2-3 นาที

5) จากนั้นให้เปลี่ยนน้ำยาเป็น อัลกอฮอล์ 30% และ 50% ช่วงละครึ่งชั่วโมง

6) ตรวจสี Specimen ด้วยกล้องจุลทัศน์ ถ้าสีย้อมเข้มเกินไปควรจะล้างสีออกด้วย Acidified 70% Alcohol

7) เปลี่ยนน้ำยาเป็น 70% อัลกอฮอล์ (สามารถเก็บ Specimen ไว้ในน้ำยานี้ได้หลาย ๆ ชั่วโมง)

8) ขั้นสุดท้ายเปลี่ยนน้ำยาเป็น 95% อัลกอฮอล์และ Absolute alcohol 2 ครั้ง

9) หลังจาก Absolute alcohol ให้ย้าย Specimen ไปที่น้ำมันซีดาร์ (Cedar Wood Oil) ที่บริสุทธิ์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมงเพื่อทำให้ตัวอ่อนใส

10) เปลี่ยนน้ำยาเป็น Xylol 2 ครั้ง ๆ ละครึ่งชั่วโมง

11) Mount ด้วย Canada balsm โดยใช้เศษแก้วหนุนแผ่น Cover glass ด้วยเพื่อที่จะช่วยให้ตัวอ่อนไม่ฉีกขาด

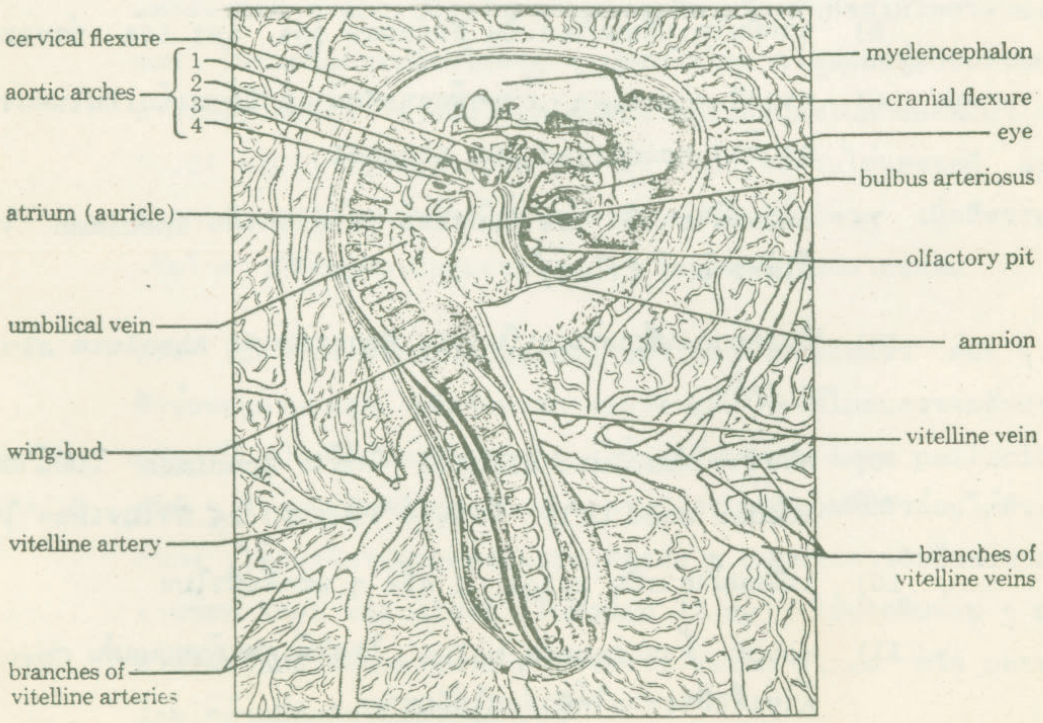
12) ทิ้งแผ่นสไลด์ไว้ในที่แบนเรียบเป็นเวลาหลายวัน ขั้นสุดท้ายคือการเช็ด balsm ที่ล้นออกมาโดยใช้ Xylol

## สรุป

เทคนิคการทำสไลด์ตามวิธีดังกล่าวนี้เป็นเพียงหนึ่งในหลาย ๆ วิธีเท่านั้น น้ำยา fixatives และสีที่จะย้อมก็มีมากมายหลายชนิดตามความพอใจของผู้ทำ จะอย่างไรก็ตามแม้จะใช้เทคนิคใดตามหนังสืออ้างอิงเล่มใด ความชำนาญย่อมจะเกิดขึ้นไม่ได้หากผู้ทำไม่มีการฝึกฝนทำและหาความชำนาญในการทำอยู่บ่อย ๆ อนึ่งผู้เขียนใคร่ขอฝากข้อคิดมายังนักชีววิทยาที่มีความสนใจงานด้านนี้ว่า จงเริ่มต้นทำงานกันเถอะแล้วท่านจะรู้ว่างานนั้นให้ความสุขแก่ท่านได้

## บรรณานุกรม


1. สุภาพ ณ นคร 2523. "ตู้ฟักไข่อย่างง่าย" วิทยาศาสตร์ มข. 8(2):45-49.
2. สุดสนอง ผาดินาวิน 2522. "เทคนิคเบื้องต้นในการทำสไลด์ถาวร" วิทยาศาสตร์ :33(7): 47-54.
3. Billet, F.S. and Wild, A.E. 1975. Practical Studies of Animal Development. Chapman and Hall London pp. 166-167.
4. Morholt, E., Brandiwein, P.F. and Joseph A. 1966. A Sourcebook for the Biological Sciences, 2nd ed. Harcourt, Brace and World, Inc. P. 363.


ภาพแสดงตัวอ่อนไก่อายุประมาณ 72 ชั่วโมง
( จาก Morholt E.,Brandiwein, P.F. and Joseph, A., 1966 p. 363)

# การใช้และการเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องคิดเลขมอนโรแบบ 1880

สุกิจจา จันทชุม*

บทนำ ดังเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ปัจจุบันเครื่องคิดเลขได้เข้ามามีบทบาท ในการช่วยแก้ไขปัญหาทางด้านคณิตศาสตร์และสถิติ เป็นอย่างมาก เครื่องคิดเลขได้ถูกประดิษฐ์ขึ้นมาหลายแบบ และหลายขนาดด้วยกัน นับแต่เครื่องคิดเลขขนาดเล็กเพื่อการแก้ไขปัญหาคณิตศาสตร์อย่างง่าย ๆ จนไปถึงเครื่องคิดเลขขนาดใหญ่ มีกลไกซับซ้อน สำหรับเครื่องคิดเลขมอนโรแบบ 1880 นั้น เป็นเครื่องคิดเลขประเภทหลัง ที่ได้รับการประดิษฐ์ขึ้นให้มีประสิทธิภาพในการทำงานได้ ทั้งโดยการป้อนคำสั่งให้แก่เครื่องโดยตรงเหมือนกับเครื่องคิดเลขขนาดกระเป๋า และการเขียนโปรแกรมให้เครื่องทำงานได้ เช่นเดียวกันกับเครื่องคอมพิวเตอร์

โดยสาเหตุที่เครื่องคิดเลขแบบนี้ มีอยู่ที่ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เพื่อการบริการแก่ผู้ที่สนใจโดยทั่วไป ดังนั้น เพื่อจะให้การใช้เครื่องคิดเลขที่มีอยู่เป็นประโยชน์อย่างกว้างขวาง ผู้เขียนใคร่เสนอหลักการใช้และการเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องคิดเลขแบบนี้ขึ้น โดยที่ผู้เขียนเองยังมีความมุ่งหมายไว้อีกด้วยว่า เมื่อผู้อ่านเข้าใจหลักการสำหรับการใช้เครื่องคิดเลขแบบนี้เป็นอย่างดีแล้ว ย่อมสามารถถือเป็นแนวทางในอันที่จะประยุกต์ใช้กับเครื่องคิดเลขแบบอื่น ๆ ได้อีกด้วย เนื่องจากเดิมนั้น เครื่องนี้จำข้อมูลได้ 64 ตัว จำคำสั่งได้ 512 คำสั่ง ปัจจุบันได้ขยายหน่วยจำข้อมูล เป็น จำข้อมูลได้ 512 ตัว จำคำสั่งได้ 4096 คำสั่ง จากการเปลี่ยนแปลงนี้ ผู้เขียนได้แก้ปัญหาในการใช้สัญญลักษณ์ต่าง ๆ ไว้ในบทความนี้แล้ว สำหรับประโยชน์ ของการใช้เครื่องมอนโร 1880 ที่มีอยู่นี้นั้น ก็มากมายหลายด้าน ทั้งทางด้านคณิตศาสตร์** เช่น เรขาคณิต, เวคเตอร์, เมตริก และการวิเคราะห์ตัวเลข (Numerical Analysis) หรือทางด้านสถิติ** เช่น ความน่าจะเป็น,

---

* อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รายละเอียดแต่ละเรื่อง ว่ามีโปรแกรมอะไรบ้าง ดูได้จาก Monroe Programmable Calculator Volumme I, II, III ที่ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การแจกแจงความน่าจะเป็นชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

- <u>ส่วนประกอบของเครื่องคิดเลขมอนโรแบบ 1880</u>

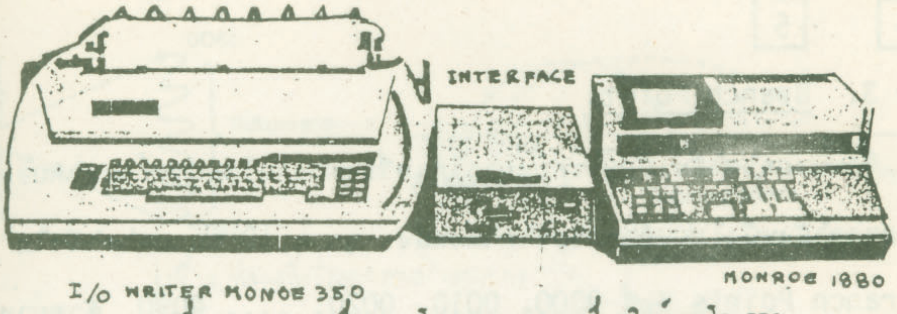
เครื่องคิดเลขแบบมอนโร 1880 ประกอบด้วยกลไก 3 ส่วนที่ทำงานร่วมกันคือ.-

(1) <u>เครื่องคิดเลข</u> (Calculator) เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ 4 อย่างด้วยกัน คือ รับรู้ข้อมูล จดจำข้อมูล คิดคำนวณ และ พิมพ์ผลลัพธ์ของการคิดคำนวณ การที่จะใช้งานเครื่องคิดเลขนี้ เริ่มด้วยการให้เครื่องรับรู้ข้อมูล โดยที่ผู้ใช้อาจจะป้อนคำสั่งให้แก่เครื่องโดยตรง โดยการกดแป้นต่าง ๆ ที่อยู่บนแท่น หรืออาจจะใช้บัตรแม่เหล็ก (Magnetic card) ซึ่งมีข้อมูลบันทึกอยู่แล้วก็ได้ เมื่อเครื่องคิดเลขได้รับข้อมูลแล้ว มันจะดำเนินการคิดคำนวณตามคำสั่งที่ผู้ใช้ให้ เมื่อทำงานเสร็จแล้ว เครื่องคิดเลขนี้ก็จะพิมพ์ผลลัพธ์ออกมาให้ พร้อมกันนั้น มันยังสามารถบอกขั้นตอนของการทำงานตามคำสั่งที่ป้อนเข้าไปอีกด้วย ส่วนการเก็บข้อมูลนั้น ผู้ใช้ยังสามารถสั่งให้เครื่องคิดเลขบันทึกข้อมูลลงบนแผ่นบัตรแม่เหล็กได้อีกด้วย ซึ่งการทำเช่นนี้ทำให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ใช้ที่จะประหยัดเวลาไม่ต้องเขียนข้อมูลหรือโปรแกรมหลายครั้ง

(2) <u>เครื่องพิมพ์</u> ($I/_0$ Writer) เป็นส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ 2 อย่าง อันได้แก่การพิมพ์ข้อความต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับเครื่องพิมพ์ดีดไฟฟ้าทั่วไป จะต่างกันก็ตรงที่ว่ามันยังสามารถวาดรูปและเขียนกราฟต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลจากการคำนวณได้อีกด้วย หน้าที่อีกอย่างหนึ่งได้แก่การพิมพ์ข้อมูลต่าง ๆ ที่ผู้ใช้ป้อนให้แก่เครื่องคิดเลขดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

สำหรับเครื่องพิมพ์ที่มีอยู่ที่ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิตินั้น เป็นเครื่องพิมพ์แบบมอนโร 350

(3) <u>เครื่องประสานงาน</u> (Interface) เป็นเครื่องที่ทำหน้าที่เชื่อมการทำงานของเครื่องคิดเลขกับเครื่องพิมพ์เข้าด้วย มันจะทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อผู้ใช้สั่งให้เครื่องคิดเลขทำงานอย่างใด และต้องการให้คำสั่งและผลลัพธ์จากการคำนวณไปปรากฏบนเครื่องพิมพ์ เพียงแต่กดแป้นสั่งการว่า "พิมพ์" เท่านั้น เครื่องประสานงานนี้ก็จะดำเนินการให้ทันที

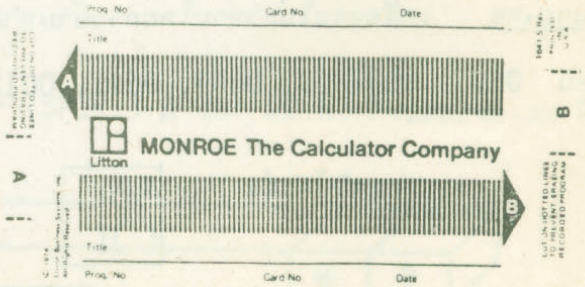



รูปที่ 1 แสดงเครื่องมอนโร 1880 และเครื่องพิมพ์มอนโร 350

-หลักเกณฑ์เบื้องต้นในการเขียนโปรแกรม

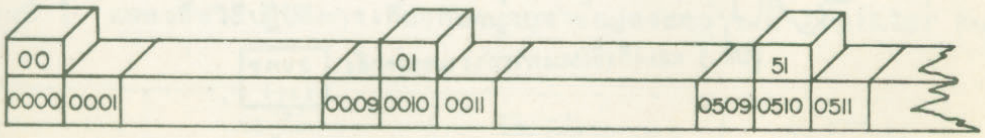
ก่อนที่เราจะศึกษาถึงหลักการเขียนโปรแกรมโดยตรง เราจะต้องศึกษาถึงส่วนประกอบที่จำเป็นบางส่วนของเครื่องมอนโร 1880 คือ

(1) หน่วยจำคำสั่ง (Programme memory)
(2) รหัสของคำสั่ง (Programme code)
(3) Branch Points
(4) หน่วยจำข้อมูล (Data Storage)
(5) โปรแกรม (Programme)




รูปที่ 1.1 แสดงบัตรแม่เหล็ก

1. หน่วยจำคำสั่ง คือหน่วยที่มีหน้าที่เก็บหรือจำคำสั่งไว้ ก่อนที่จะมีการคำนวณภายในเครื่องมอนโร 1880 มีหน่วยจำคำสั่งที่เรียกว่า Programme memory registers (PMR) ซึ่งมีทั้งหมด 4096 หน่วย คือตั้งแต่หน่วยจำคำสั่งที่ 0000 ถึงหน่วยจำข้อมูลที่ 4095 ตามรูปที่ 2




รูปที่ 2 แสดงถึงการเรียงลำดับของหน่วยจำคำสั่ง

2. รหัสของคำสั่ง คือรหัสตัวเลขที่ใช้แทนคำสั่งที่เครื่องเข้าใจ

หน่วยจำ คำสั่งแต่ละหน่วยสามารถใช้รหัสตัวเลขได้ 3 ตัว เช่น คำสั่ง [=] ใช้รหัส 020 หรือ คำสั่ง [↓( )( )] ใช้รหัส 110 ซึ่งเราสามารถเรียกใช้แต่ละรหัสได้โดยกดคำสั่งแต่ละคำสั่งที่มีอยู่บนแป้นพิมพ์ (Key board) หรือ จะกดตัวเลขแทน เช่น ถ้าต้องการคำสั่ง [↓( )( )] อาจ

กดคำสั่ง [↓( )( )] บนแป้นพิมพ์เลย หรืออาจใช้กด [ENTER CODE] ตามด้วย [1] [1] [0] แทนก็ได้ หรือถ้าไม่มีคำสั่งเช่นคำว่า "Absolute Value" ใช้รหัส 045 แทนโดยกด [ENTER CODE] [0] [4] [5]

3. Branch Points

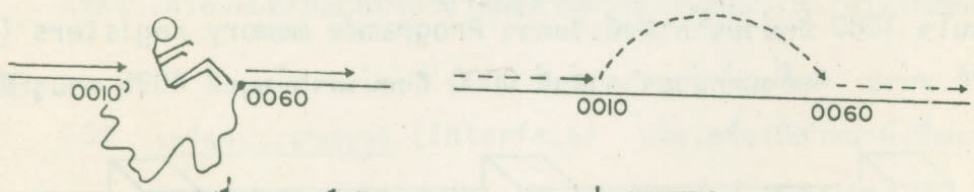
คือหน่วยจำคำสั่ง เมื่อผู้ใช้ต้องการให้เครื่องทำงานโดยการข้ามลำดับของคำสั่งบางคำสั่งคือ จากหน่วยจำคำสั่งหนึ่งไปยังอีกหน่วยจำคำสั่งหนึ่ง ทุก ๆ 10 หน่วยจำคำสั่งใน 4095 หน่วยจำคำสั่งจะมี Branch Points คือที่ 0000, 0010, 0020, .... 4090 ตัวอย่าง เช่น เดิมอยู่ที่ 0010 ต้องการไปที่หน่วยจำคำสั่ง 0030 ใช้

[JUMP ( )( )] [0] [3] หรือ [Branch ( )( )] [0] [3]

<u>หมายเหตุ</u> เครื่องจะไม่ทำงานโดยการข้ามลำดับคำสั่ง ไปยังหน่วยจำคำสั่งที่ไม่ใช่ Branch Points เช่น 0001, 0002 ... 0009, 0011, 0012, .... 0019, 0021, ...

การใช้คำสั่ง [JUMP ( )( )] หรือ [BRANCH ( )( )] มีข้อแตกต่างดังนี้

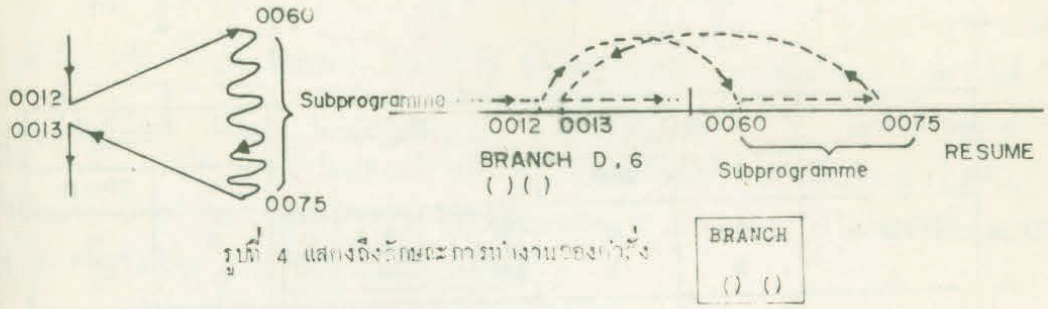
3.1 การใช้คำสั่ง [JUMP ( )( )] ใช้เมื่อต้องการจะกระโดดจากหน่วยจำคำสั่งหนึ่งไปยัง Branch Point อื่น ๆ เช่นเดิมอยู่ที่ 0010 ต้องการกระโดดไปเริ่มที่ 0060 ใช้ [JUMP ( )( )] [0] [6]




รูปที่ 3 แสดงถึงลักษณะการทำงานของคำสั่ง [JUMP ( )( )]

3.2 การใช้คำสั่ง [BRANCH ( )( )] ใช้เมื่อต้องการกระโดดจากหน่วยจำคำสั่งหนึ่งไปยัง Branch Points อื่น ๆ และทำงานตามคำสั่งโดยเริ่มจาก Branch Point จนหมดคำสั่ง แล้วกลับมาทำงานตามคำสั่งในหน่วยจำคำสั่งถัดไปก่อนที่จะกระโดดไปหน่วยจำอื่น เช่น เดิมอยู่ที่ 0012 ต้องการจะไปเริ่มที่ 0060 ใช้ [BRANCH ( )( )] [0] [6] สำหรับคำ

สั่ง BRANCH ( )( ) ใช้เมื่อมี ชุดคำสั่งย่อย (SUBPROGRAM) ดูรูปที่ 4




รูปที่ 4 แสดงถึงลักษณะการทำงานของคำสั่ง

4. <u>หน่วยจำข้อมูล</u>

คือหน่วยที่ใช้จำข้อมูล ขณะเดียวกันก็สามารถใช้ในเวลาทำการคำนวณได้ด้วย หน่วยจำข้อมูลของเครื่องมอนโร 1880 มี 2 แบบ คือ

4.1 Scratch Pad Register (SP.R.) มี 10 SP.R. ตั้งแต่หมายเลข 9-0 ดังรูปที่ 5


รูปที่ 5 แสดงถึงการเรียงลำดับกันของหน่วยจำข้อมูล SP.R. ภายในเครื่องจะมีหน่วยจำข้อมูลอีกชนิดหนึ่ง เรียกว่า E-register ซึ่งมีเพียงหน่วยเดียวใช้เฉพาะเวลาทำการคำนวณเท่านั้น วิธีการนำข้อมูลจาก E-register ไปเก็บไว้ใน SP.R. หรือเรียกข้อมูลจาก SP.R. ไปเก็บไว้ใน E-register ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงถึงวิธีปฏิบัติการเกี่ยวกับหน่วยจำข้อมูลระหว่าง E-register กับ SP.R.

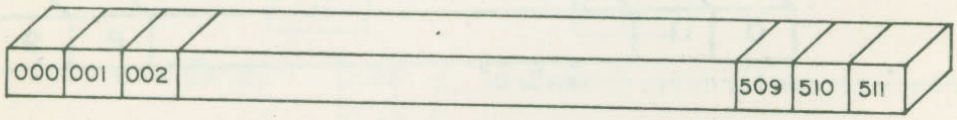
| การทำงาน | แผนปฏิบัติการ | วิธีปฏิบัติการ (Key) | ผลของปฏิบัติการ |
|---|---|---|---|
| เก็บ | E = 7 SP.R.0 = 0 | ↓( ) 0 | E = 7 SP.R.0 = 7 |
| เรียก | E = 0 SP.R.0 = 5 | ↑( ) 0 | E = 5 SP.R.0 = 5 |

สำหรับการคำนวณ บวก, ลบ, คูณ และหารใช้เครื่องหมาย +, -, x และ ÷ ตามลำดับ และวิธีการปฏิบัติการระหว่าง E-register และ SP.R. ตามตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 การแสดงถึงวิธีปฏิบัติการเกี่ยวกับหน่วยจำข้อมูล เมื่อมีการคำนวณระหว่าง E-register กับ SP.R.

| การทำงาน | ก่อนปฏิบัติการ | | วิธีปฏิบัติการ | หลังปฏิบัติการ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | SP.R.0 | | E | SP.R.0 |
| การบวก | 9 | 3 | ↓( ) + 0 | 9 | 12 |
| | 9 | 3 | ↑( ) + 0 | 12 | 3 |
| การลบ | 9 | 3 | ↓( ) − 0 | 9 | -6 |
| | 9 | 3 | ↑( ) − 0 | 6 | 3 |
| การคูณ | 9 | 3 | ↓( ) × 0 | 9 | 27 |
| | 9 | 3 | ↑( ) × 0 | 27 | 3 |
| การหาร | 9 | 3 | ↓( ) ÷ 0 | 9 | 0.33 |
| | 9 | 3 | ↑( ) ÷ 0 | 3 | 3 |

4.2 Data Register (D.R) มี 512 D.R. ตั้งแต่หมายเลข 000-511 ดังรูปที่ 6




รูปที่ 6 แสดงถึงการเรียงลำดับกันของหน่วยจำข้อมูล D.R. ในการจำหรือเรียกข้อมูล กระทำได้ระหว่าง E-register กับ D.R. หรือระหว่าง S.P.R. กับ D.R. ถ้าต้องการนำเลข 20 ไปจำไว้ใน D.R. 96

กด [2] [0] [↓( )( )] [9] [6]

ถ้าต้องการนำเลข 20 ไปจำไว้ใน D.R. 223

กด [2] [0] [↓( )( )] [CHG SIGN] [2] [3]

ถ้าหน่วยจำข้อมูลที่เกิน 99 จะใช้คำสั่ง [•] แทนเลข 1 , [CHG SIGN] แทนเลข 2 และใช้ [EXP] แทนเลข 3 [e] แทนเลข 4 ส่วนเลข 5 จะต้องใช้สัญญลักษณ์พิเศษตามหนังสือ Advanced Programming Manual Monroe 1880 และถ้าต้องการจะเรียกข้อมูลจาก D.R. ไปจำไว้ที่ E-register ก็จะใช้คำสั่ง [↑( )( )] เช่น [↑( )( )] [•] [4] [5]

หมายความถึงนำข้อมูลใน D.R. 145 ไปเก็บไว้ใน E-register และถ้าต้องการนำข้อมูลจาก D.R. 145 ไปเก็บไว้ใน SP.R. 3 กระบวนการนี้จะต้องใช้ E-register เป็นตัวกลาง เช่น

กด [↑( )( )] [.] [4] [5] [↓( )] [3] หมายความถึง ข้อมูลที่อยู่ใน D.R. 145 จะถูกเรียกออก ไปจำไว้ที่ E-register จากนั้นก็จะนำไปจำไว้ที่ SP.R. 3 ถ้าใช้ [↑( )( )] [.] [4] [5] [↓( )( )] [9] [6] หมายความถึง ข้อมูลที่อยู่ใน D.R. 145 จะถูกเรียกออกไปจำไว้ที่ E-register จากนั้นก็จะนำไปจำไว้ที่ D.R.96 ส่วนการคำนวณ บวก, ลบ, คูณและหาร ใช้เครื่องหมาย +, −, x + ตามลำดับและวิธีปฏิบัติการระหว่าง E-register และ D.R. ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงถึงวิธีปฏิบัติการเกี่ยวกับหน่วยจำข้อมูล เมื่อมีการคำนวณระหว่าง E-register กับ D.R.

| การทำงาน | ก่อนปฏิบัติการ | | วิธีปฏิบัติการ | หลังปฏิบัติการ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | E | D.R.123 | | E | D.R. 123 |
| การบวก | 10 | 5 | [↑( )( )] [+] [.] [2] [3] | 15 | 5 |
| | 10 | 5 | [↓( )( )] [+] [.] [2] [3] | 10 | 15 |
| การลบ | 10 | 5 | [↑( )( )] [−] [.] [2] [3] | 5 | 5 |
| | 10 | 5 | [↓( )( )] [−] [.] [2] [3] | 10 | - 5 |
| การคูณ | 10 | 5 | [↑( )( )] [x] [.] [2] [3] | 50 | 5 |
| | 10 | 5 | [↓( )( )] [x] [.] [2] [3] | 10 | 50 |
| การหาร | 10 | 5 | [↑( )( )] [÷] [.] [2] [3] | 2 | 5 |
| | 10 | 5 | [↓( )( )] [÷] [.] [2] [3] | 10 | 0.5 |

5. <u>โปรแกรม</u>

หมายถึง คำสั่งหลาย ๆ คำสั่งรวมกันเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่งหรือสั่งให้เครื่องทำงานจนสำเร็จ วัตถุประสงค์ที่ต้องการ ก่อนที่จะพูดถึงเรื่องการเขียนโปรแกรมเราควรจะรู้คำสั่งที่จำเป็นบางคำสั่งนอกเหนือจากที่ทราบมาแล้วในหัวข้อต้น ๆ คือ

- คำสั่ง HALT ใช้เมื่อต้องการป้อนข้อมูลเข้าไปในเครื่อง เมื่อต้องการป้อนข้อมูลเข้าไปในลำดับใดของโปรแกรม (Programme step) จะต้องใช้คำสั่ง HALT

- คำสั่ง RESUME ใช้หลังจากที่ป้อนข้อมูลเข้าเครื่องแล้ว เช่น ถ้าต้องการป้อนเลข 4 เข้าไปในเครื่อง กด [4] [RESUME] หรือ ถ้าต้องการจะเซทเครื่องให้พร้อมที่จะทำงาน เช่น [JUMP ( )( )] [0] [0] [RESUME]

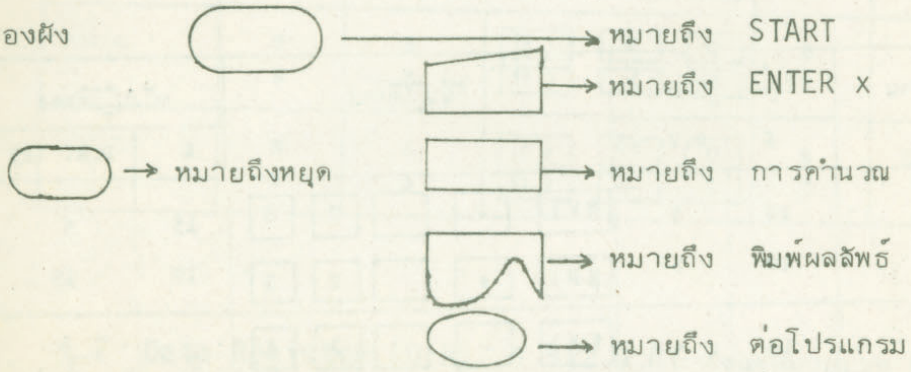
- คำสั่ง PRINT x หมายถึง ให้พิมพ์ค่า x ที่อยู่ใน E-register

- คำสั่ง PRINT ANS หมายถึง พิมพ์ผลลัพธ์ ซึ่งปรกติแล้วจะอยู่ใน E-register
- คำสั่ง ADV หมายถึง การเลื่อนกระดาษ หนึ่งบรรทัดก่อนพิมพ์

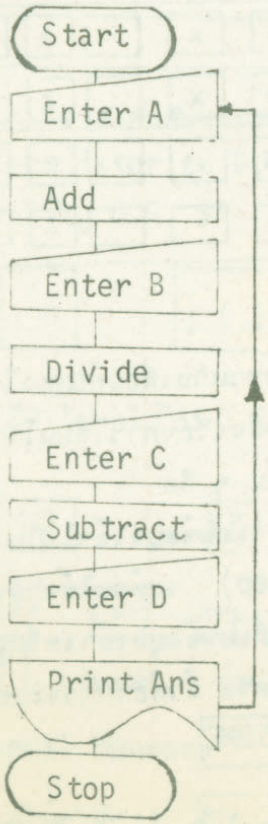
ขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม

ผังแสดงลำดับขั้นตอนในการเขียนคำสั่ง (Programme Flow Chart) เพื่อให้การเขียนโปรแกรมง่ายขึ้น เราจะต้องเรียงลำดับขั้นตอนของคำสั่งให้ถูกต้องก่อนที่จะลงมือเขียนโปรแกรม เช่น ถ้าต้องการจะคำนวณค่าของ $\frac{A + B}{C} - D$ การทำงานของเครื่องมอนโร 1880 จะไม่ทราบขั้นตอนของคณิตศาสตร์โดยตรง คือจะทำงานตามที่เราสั่ง ฉนั้นผู้เขียนโปรแกรมจะเป็นผู้กำหนดว่าจะทำอะไรก่อนหลังการคำนวณ $\frac{A + B}{C} - D$ จะต้องทำ A + B ก่อนหลัง จากนั้นก็หารด้วย C ผลลัพธ์ที่ได้จึงลบด้วย D

สัญญลักษณ์ของผัง




ผังแสดงลำดับขั้นตอนของคำสั่งในการคำนวณ $\frac{A + B}{C} - D$



| โปรแกรม ลำดับคำสั่ง | คำสั่ง | ความหมาย |
|---|---|---|
| 0000 | HALT | Enter A |
| 1 | PRINT x | Print A |
| 2 | + | |
| 3 | HALT | Enter B |
| 4 | PRINT x | Print A |
| 5 | ÷ | |
| 6 | HALT | Enter C |
| 7 | PRINT x | Print C |
| 8 | - | |
| 9 | HALT | Enter D |
| 0010 | PRINT x | Print D |
| 1 | = | |
| 2 | PRINT ANS | Print $\frac{A + B}{C} - D$ |
| 3 | JUMP ( ) ( ) | Return to Start. |
| 4 | 0 | |
| 5 | 0 | |

จากตัวอย่างในการคำนวณหาค่าของ $\frac{A + B}{C} - D$ จะเห็นว่าคำสั่งที่ใช้มีเพียง 15 คำสั่ง และเป็นการแสดงการทำงานที่ใช้เฉพาะ E-register เท่านั้น ซึ่งความจริงแล้วเครื่องนี้สามารถใช้ได้ทั้ง E-register, Data-register หรือ Scratch-pad register ส่วนคำสั่งใช้ได้ถึง 4096 คำสั่ง โดยอาจมีทั้งโปรแกรมหลัก (Main programme) และโปรแกรมย่อย (Sub-programme) เหมือนกับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ทั่ว ๆ ไป ปัญหาที่จะทำให้ผู้ใช้เกิดการสับสนหลังจากเครื่องนี้ได้ขยายหน่วยจำข้อมูลเพิ่มขึ้นก็คือ สัญญลักษณ์ $\boxed{\downarrow( )( )}$ , $\boxed{\uparrow( )( )}$ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเฉพาะใน Data register เดิมใช้กับตัวเลข 2 หลัก ปัจจุบันใช้กับเลข 3 หลักก็ได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนหรือเพิ่มสัญญลักษณ์อีก ซึ่งผู้เขียนได้อธิบายวิธีทำไว้ในเรื่องหลักเกณฑ์เบื้องต้นในการเขียนโปรแกรมหัวข้อ 4.2 แล้ว

<u>บรรณานุกรม</u>


1. C. Kukusamude, V. Rampawathana and G.R.Word. 1976. <u>ANOVA by Computer</u>. Department of Mathemtics, Khon Kaen University.
2. Monroe, The Calculator Company 1972. <u>Operating Instructions Model 1880</u>. Litton Business Systems Inc, Orange, New Jersey,.
3. Monroe, The Calculator Company. 1972. <u>Monroe Programmable Calculators</u>.

# พืชทนแล้ง กลุ่มใหม่จากอาฟริกา

วรวรรณ ลิ่มทอง *

บทนำ ชีวิตของพืชบนโลกนี้ขึ้นอยู่กับน้ำเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำมีความสำคัญต่อขบวนการเพื่อการเติบโตและการดำรงชีวิตของพืช นับตั้งแต่การรักษาความเต่งของเซลล์, การขนส่งลำเลียงแร่ธาตุอาหาร, การสังเคราะห์แสง, การคายความร้อน, และเมตาโบลิสมโดยทั่วไป การขาดน้ำอาจกล่าวได้ว่าเป็นสาเหตุการตายของพืชที่สำคัญที่สุด นอกเหนือไปจากการตายเนื่องจากครบวงจรอายุตามปกติธรรมดา แต่ทุกแห่งหนบนพื้นโลกก็จะพบว่ามีพืชขึ้นอยู่ได้ แม้แต่บริเวณแห้งแล้ง และแถบทะเลทราย พืชที่ขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งเหล่านี้จะต้องมีการปรับตัวหลายทางด้วยกัน เพื่อที่จะหลบหลีกสภาวะกดดันที่เป็นอันตรายต่อการเติบโตและการมีชีวิต ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการขาดน้ำ

พืชทนแล้ง

Levitt (1972) ใช้คำว่า การต้านแล้ง (drought resistance) เพื่อหมายถึงความสามารถโดยส่วนรวมของพืชที่จะสามารถทนการขาดน้ำจากภายนอกได้ พืชต้านแล้งจะต้องมีการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำ การปรับตัวทางกายวิภาคและสัณฐานวิทยาของพืช เช่นการปรับลักษณะของเซลล์และเนื้อเยื่อ และการปรับรูปร่างของใบและลำต้นเพื่อลดการสูญเสียน้ำเป็นปริมาณมาก ทำให้พืชเหล่านี้มีคุณสมบัติหลบหลีกความแห้งแล้ง (drought avoidance)

แต่ก็ยังมีพืชอีกพวกหนึ่งที่ปรับตัวเองให้มีความทนแล้ง (drought tolerance) โดยมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในเซลล์เกิดขึ้นเมื่อไซโตปลาสมแห้งเนื่องจากขาดน้ำ การทนแล้งนี้ตามปกติเป็นลักษณะโดยทั่วไปของพืชที่ไม่มีเนื้อเยื่อลำเลียง เช่น สาหร่ายที่ขึ้นอยู่บนดิน, ไลเคนส์, และพวกมอสส์มากกว่าจะเป็นลักษณะของพืชชั้นสูง ในพืชชั้นต่ำเหล่านี้ปริมาณน้ำในเซลล์จะเปลี่ยนแปลงตามสิ่งแวดล้อมได้เร็วกว่าพืชพวกที่มีเนื้อเยื่อลำเลียงโดยเฉพาะพืชชั้นสูง เช่น ไม้ดอกและไม้สน

พืชชั้นสูงนั้นแม้จะมีวิวัฒนาการไปไกลทางด้านต่าง ๆ แต่ความสามารถในการปรับตัวเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะที่กดดันต่อการเติบโต ก็ยังอยู่ในระดับต่ำ การที่โปรโตปลาสมขาดน้ำมักจะทำให้พืชนั้นตาย เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว (elastic changes) ที่เกิดในไซโตปลาสมและจะเกิดย้อนกลับได้เมื่อมีน้ำเพิ่มขึ้นอีก จำกัดอยู่ในขอบเขตการขาดน้ำปานกลางเท่านั้น การขาดน้ำมากขึ้นต่อไปจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างถาวร (plastic changes) ในไซโตปลาสม และเป็นอันตรายต่อพืช (Levitt, 1972)

อย่างไรก็ตามพืชชั้นสูงมีความแตกต่างกันมากในการทนทานต่อสภาพกดดัน พืชที่มีการปรับตัวทางกายวิภาคและสัณฐานวิทยาแล้วขึ้นอยู่ในแถบแห้งแล้ง ซึ่งเรียกว่าซีโรไฟท์ (xerophytes) จะ

---

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทนการขาดน้ำได้ถึง -48 bars หรือ 96.5% ของความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH) ส่วนหญ้าหลายชนิดทนความแล้งได้ถึง 92-94% RH มีพืชชั้นสูงอีกหลายชนิดที่คนเริ่มรู้จักกันว่ามีความทนทานต่อการขาดน้ำได้สูงมากเท่า ๆ กันกับพวกมอสส์และพืชชั้นต่ำชนิดอื่น ๆ

Walter & Stadelmann (1968) เสนอว่าการที่พืชชั้นสูงมีการปรับตัวเองเพื่อการทนแล้งนี้เป็นวิวัฒนาการย้อนกลับไปสู่ระยะแรก ๆ ที่สิ่งมีชีวิตจากในน้ำจะขึ้นมาอยู่บนบก ซึ่งในยุคนั้นพืชที่ขึ้นอยู่บนบกจะต้องมีการปรับตัวอย่างสูงให้ทนต่อสภาพการขาดน้ำ

Resurrection Plants

มีพืชกลุ่มหนึ่งที่สามารถทนทานต่อความแห้งแล้งได้โดยการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์จนอยู่ในสภาพที่แห้งและพร้อมกันนี้ก็มีการลด หรือสลายส่วนประกอบของเซลล์ไปบางส่วน โดยที่เซลล์ยังคงสภาพมีชีวิตอยู่ ต่อจากนั้นเมื่อสภาพแวดล้อมมีน้ำมากขึ้นก็จะสามารถฟื้นตัวจากสภาพที่แห้งได้ และมีการสร้างส่วนประกอบของเซลล์เพิ่มเติมขึ้นใหม่แล้วมีการดำเนินกิจกรรมไปตามปกติ เช่น การหายใจและการสังเคราะห์แสง

เนื่องจากคุณสมบัติในการฟื้นตัวได้หลังจากการขาดน้ำ พืชกลุ่มนี้จึงได้ชื่อว่า resurrection plants การใช้ชื่อนี้เริ่มโดยผู้ใดไม่มีหลักฐานแน่ชัด แต่ปรากฏว่าได้มีการใช้ชื่อนี้มา 20-30 ปีแล้ว แสดงว่าพืชกลุ่มนี้เป็นที่รู้จักกันมาเป็นเวลาอย่างน้อย 30 ปี หรืออาจจะมากกว่า ก่อนหน้าทศวรรตที่ 1960 มีพืชในกลุ่มนี้เพียงไม่กี่ชนิดที่รู้จักกัน และส่วนใหญ่จะเป็นพืชจากอาฟริกา ในช่วงการสำรวจหลังจากนั้น Gaff และคณะ (Gaff & Ellis, 1974, Gaff & Hallam, 1974, Gaff & Churchill, 1976) ได้รายงานว่า พบพืชในกลุ่มนี้จำนวนมากขึ้นถึงประมาณ 50 ชนิด จาก 7 วงศ์ ของพืชไม้ดอกได้แก่

| | | | |
|---|---|---|---|
| <u>พืชใบเลี้ยงเดี่ยว</u> | มี | Cyperaceae | 8 spp. |
| | | Gramineae | 14 spp. |
| | | Liliaceae | 1 spp. |
| | | Velloziaceae | 13 spp. |
| <u>พืชใบเลี้ยงคู่</u> | มี | Gesneriaceae | 4 spp. |
| | | Myrothamnaceae | 2 spp. |
| | | Scrophulariaceae | 7 spp. |

และยังมีเฟิร์น และสกุลใกล้เคียง อีก 35 ชนิด (species) จากอาฟริกา ส่วนใหญ่พวกเฟิร์นจะทนทานการขาดน้ำได้ดีน้อยกว่าพวกไม้ดอกที่เป็น resurrection plants

ส่วนพวกไม้สนนั้น Gaff (1972) เสนอว่ามันเป็นพวกที่มีการปรับตัวทางกายวิภาคเพื่อหลบหลีกความแห้งแล้งมากกว่า

จะเห็นได้ว่ามีพืชพวกไม้ดอกหลายวงศ์ที่ได้พัฒนามามีความทนทานต่อความแห้งแล้ง แต่ในทุกวงศ์ที่ระบุว่ามีชนิดที่เป็น resurrection plants นั้นก็จะมีชนิดที่ไม่ทนความแห้งแล้งปนอยู่ด้วย แสดงว่าลักษณะของ resurrection plants นั้นเป็นการปรับตัว (adaptation) อย่างหนึ่งในขั้นตอนของวิวัฒนาการ และการเกิดกลไกของการปรับตัวนี้ก็จะต้องขึ้นอยู่กับว่าพืชชนิดนั้นขึ้นอยู่ในสภาพ

แวดล้อมที่แห้งแล้งเป็นเวลานาน ดังจะพบได้ว่าส่วนใหญ่ของ resurrection plants เป็นพืชจากแถบทะเลทรายของอาฟริกา แต่ก็มีหลายชนิดที่พบอยู่ทั่วไปในบริเวณแห้งแล้งของทวีปต่าง ๆ เช่น ออสเตรเลีย, ยุโรปแถบเมดิเตอร์เรเนียน, และเอเชีย รวมทั้งประเทศไทยด้วย

คุณสมบัติที่ทนแล้งนี้ทำให้ resurrection plants ขึ้นและเจริญเติบโตได้ในสภาพที่แห้งจัดขาดน้ำ และแม้กระทั่งในดินที่ผิวดินถูกทำลายโดยการชะพาเอาหน้าดินไปหมด หรือบนดินที่มีหินปนมาก ในลักษณะภูมิประเทศเช่นนี้บางแห่งพบว่ามี resurrection plants ขึ้นอยู่ก่อนเป็นพวกแรก ๆ แล้วตามมาด้วยพืชที่มีเนื้อเยื่อลำเลียงชั้นต่ำ เช่น Selagenella sp. ขึ้นปะปนอยู่กับ resurrection plants เมื่อสภาพแวดล้อมดีขึ้นบ้างจึงอาจมีพวกซีโรไฟท์มาปะปนมากขึ้น (Gaff & Churchill, 1976)

ลักษณะและการพัฒนากลไกในการทนแล้งของ Resurrection Plants

ใบของ resurrection plants ที่แห้งตามสภาพธรรมชาติจะมีศักยภาพของน้ำ (water potential) อยู่ในช่วง 20-50%RH และอาจต่ำสุดได้ถึง 7 %RH ในบางชนิด บางชนิดก็อาจสูงถึง 70 %RH แต่มีเป็นส่วนน้อย

ในการทดลองลดศักยภาพของน้ำในใบ โดยวิธีใช้การดึงน้ำออกจากเซลล์โดย vapour equilibration technique (Gaff, การติดต่อส่วนตัว) พบว่าไม้ดอกจะทนการขาดน้ำได้ถึง 0-5 %RH และเฟิร์นกับสกุลใกล้เคียงจะทนได้ระหว่าง 0-30 %RH

Resurrection plants หลายชนิดมีเพียงส่วนโคนของใบเท่านั้นที่ทนต่อความแห้งแล้งได้และยังคงมีชีวิตอยู่เมื่อขาดน้ำ ในขณะที่ส่วนอื่น ๆ จะตายไป เช่น Eragrostis hispida, Sporobolus lampranthus, Cyperus bellus, Mariscus sp., (Gaff & Ellis, 1974)

ในพืชน้ำชนิดหนึ่งคือ Characeigas intrepidus ใบที่อยู่ใต้น้ำและใบอ่อนที่ลอยอยู่บนผิวน้ำจะทนการขาดน้ำได้ถึง 0-5 %RH ในขณะที่ใบแก่ที่ลอยอยู่บนผิวน้ำจะตายทันทีถ้าขาดน้ำถึง 96 %RH (Gaff, 1971)

เนื้อเยื่อที่แห้งแล้ว เช่นใบแห้งของ resurrection plants จะคงมีชีวิตอยู่ได้นานตั้งแต่ 6 เดือนถึง 5 ปี หรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับว่าสภาพแวดล้อมจะต้องแห้งอยู่ตลอดเวลา ถ้าสภาพแวดล้อมมีความชื้นสูงกว่า 50 %RH จะทำให้เนื้อเยื่อนั้นสูญเสียความมีชีวิต (viability)ไป Gaff & Churchill (1976) เสนอว่าความชื้นสูงทำให้เกิดการสลายตัวของโปรโตปลาสมในลักษณะที่เป็นผลเสียต่อความมีชีวิตของเซลล์

Gaff & Churchill (1976) ยังได้ทำการทดลองกับใบของ Borya nitida และพบว่าใบที่แห้งเองในสภาพธรรมชาติ จะทนการขาดน้ำได้ถึง 0 %RH แต่ใบที่เด็ดจากต้นและทิ้งให้แห้งในสภาพของห้องทดลองจะทนได้เพียง 34 %RH ถ้าใช้การควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นให้ลดลงพอเหมาะโดยใช้ vapour equilibration technique จะทำให้ใบทนการขาดน้ำได้ถึง 85 %RH โดยที่ยังมีเซลล์ที่มีชีวิตอยู่ 50 เปอร์เซนต์ และถ้าทำ equilibration เป็นขั้นตอนไป โดยให้มีการสูญเสียน้ำเพิ่มมากขึ้นทีละขั้น ก็อาจจะทำให้ใบทนการขาดน้ำได้ถึง 0 %RH ได้ แสดงว่าการจะพัฒนากลไกในการทนแล้งของ resurrection plants ได้นั้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาและการลดปริมาณน้ำอย่างค่อยเป็นค่อยไปเป็นอันมากและในสภาพธรรมชาติ การเปลี่ยนแปลงนี้คงจะอยู่ในอัตราที่เหมาะสมจึงทำให้

resurrection plants สามารถพัฒนากลไกนี้ขึ้นได้

<u>การเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ</u>

Resurrection Plants อาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ตามการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุในใบในระหว่างที่มีการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์ คือ พวกที่ยังคงมีคลอโรฟิลล์ปรากฏอยู่ และพวกที่มีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ไป

ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวส่วนมาก จะมีการสูญเสียคลอโรฟิลล์ไปในขณะที่แห้ง ส่วนในพืชใบเลี้ยงคู่และเฟิร์น ส่วนมากจะยังคงมีคลอโรฟิลล์อยู่ (ตารางที่ 1)

<u>ตารางที่ 1</u> แสดงวงศ์ และ สกุล ของ resurrection plants ที่ยังคงมีคลอโรฟิลล์อยู่หรือสูญเสียคลอโรฟิลล์ไป ในขณะที่แห้ง

-สกุลใดที่มี resurrection plants มากกว่า 1 ชนิดจะเขียนเลขบอกจำนวนไว้ข้างหลัง

-สกุลที่สูญเสียคลอโรฟิลล์ จะแสดงโดยเครื่องหมาย *

| Monocotyledons | | Dicotyledons | |
|---|---|---|---|
| Liliaceae | Borya* | Myrothamnaceae | Myrothamnus 2 |
| Velloziaceae | Xerophyla* 12 | Scrophulariaceae | Cralerostigma 4 |
| | Talbotia | | Chamaegigas |
| Cyperaceae | Coleochloa* 2 | | Illysanthes 2 |
| | Trilepis* | Gesneriaceae | Boea |
| | Carex* | | Haberlea |
| | Cyperus | | Ramonda 2 |
| | Fimbristylis* | | |
| | Mariscus* | | |
| | Kyllinga* | | |
| Gramineae | Brachyachne | | |
| | Eragrostis* 3 | | |
| | Micraira | | |
| | Microchloa 2 | | |
| | Oropetium | | |
| | Sporobolus* 4 | | |
| | Tripogon | | |
| | (Poa, buds) | | |

(จาก Gaff, D.F., and Hallam, N.D. (1974), The Roy. Soc. NZ, pp. 388-393)

รงควัตถุอื่น ๆ นอกจากคลอโรฟิลล์ เช่น แอนโธไซยานิน ก็มักจะมีการเปลี่ยนแปลงไปด้วย Gaff (1977) พบว่าใน <u>Myrothamnus flabellifolia</u> เมื่อใบแห้งจะมีสีของแอนโธไซ

ยานินมาบดบังสีของคลอโรฟิลล์ ทำให้เป็นสีม่วงอมน้ำตาล แต่เมื่อมีน้ำมากขึ้นใบจะเป็นสีเขียว

โดยทั่วไปในชนิดที่คลอโรฟิลล์สลายตัวใบจะกลายเป็นสีฟางแห้ง และรงควัตถุที่ช่วยในการสังเคราะห์แสงอื่น ๆ จะหายไปด้วย เช่น คาโรทีนอยด์

ใน Borya nitida Gaff & Churchill (1976) พบว่าถ้าให้เซลล์สูญเสียน้ำอย่างรวดเร็ว สีเขียวของคลอโรฟิลล์จะคงอยู่ แต่เซลล์มักจะตาย ถ้าค่อย ๆ ลดการสูญเสียน้ำ ใบจะเริ่มเหลืองเมื่อ 97 %RH และเหลืองมากที่สุดเมื่อ 95-96 %RH แสดงว่าการสลายตัวของคลอโรฟิลล์มีความสัมพันธ์กับการพัฒนากลไกในการทนแล้ง

การเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบอื่น ๆ ภายในเซลล์

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบเล็ก ๆ ภายในเซลล์ เมื่อเซลล์สูญเสียน้ำแตกต่างกันอยู่บ้างระหว่างพืชกลุ่มที่คลอโรฟิลล์สลายตัว และพวกที่ยังคงมีคลอโรฟิลล์

ในกลุ่มที่ยังคงมีคลอโรฟิลล์ ออร์กาแนลล์ในโปรโตปลาสมจะหดโดยไม่มีการเสียหายอะไรอื่น คลอโรพลาสต์ยังคงมีไทลาคอยด์ (thylakoid) ที่สมบูรณ์ ถึงแม้ว่าความสมบูรณ์ของกรานาจะแตกต่างกันไปบ้างในแต่ละชนิดเช่น Gaff & Hallam (1974) พบว่า

Pelaea calomelanos คลอโรพลาสต์จะยังคงมีเยื่อผนัง (membrane) ห่อหุ้ม, ยังมีกรานา และไทลาคอยด์ที่สมบูรณ์

Oropetium capense และ Microchloa caffra มีบางกรานาที่สลายตัวไป

Xerophyta elegans กรานาจะสลายตัวไปหมด

ส่วนไมโตคอนเดรีย จะยังคงมีเยื่อผนังห่อหุ้ม แต่คริสตี (cristae) จะน้อยลงหรือหายไปอย่างไรก็ตาม Gaff & Hallam (1974) พบว่าการหายใจของเซลล์จะเริ่มต้นใหม่ภายในชั่วโมงแรก เมื่อพืชได้น้ำเพิ่มขึ้น (ใน Pelaea calomilanos) ดังนั้นแสดงว่าไมโตคอนเดรียเท่าที่เหลืออยู่ก็เป็นการเพียงพอที่จะเริ่มกิจกรรมใหม่ได้

ในกลุ่มที่คลอโรฟิลล์สลายตัว เช่น Borya nitida Gaff et al. (1976) พบว่าจะมีการสลายตัวของส่วนประกอบรายละเอียดในเซลล์มากกว่ากลุ่มแรก คือระบบเยื่อผนังส่วนใหญ่จะสลายตัวเยื่อผนังที่ห่อหุ้มคลอโรพลาสต์ และไมโตคอนเดรียจะเห็นไม่ชัดเจน และบางครั้งก็พบว่าขาดเป็นบางส่วนคลอโรพลาสต์จะสลายตัวไปเป็นกลุ่มของพลาสโตโกลบูลิ (plastoglobuli) มีการสลายตัวของไทลาคอยด์และเมล็ดแป้งที่สะสมอยู่ในคลอโรพลาสต์ด้วย ทำให้มีการสร้างเวสิคูลาร์บอดีส์ (vesicular bodies) อยู่ทั่วไปในไซโตปลาสม นิวเคลียสจะยังคงมีเยื่อผนังหุ้มที่สมบูรณ์ โทโนพลาสต์ (tonoplast) และพลาสมาเลมมา (plasmalemma) ก็ยังคงอยู่

พืชที่ไม่ทนแล้งเมื่อประสบกับสภาพการขาดน้ำ ก็จะแสดงการสลายตัวของไซโตปลาสมคล้ายคลึงกัน แต่อาจมีความรุนแรงมากกว่าเนื่องจากเกิดโดยฉับพลัน Gaff et al. (1976) เสนอว่าการลดสภาพของส่วนประกอบเซลล์ลงไปจนถึงขีดต่ำสุด จะช่วยป้องกันการเสียหายอันอาจเกิดได้จากการขาดน้ำ ซึ่งปกติอันตรายจะเกิดขึ้นสูงสุดกับโปรโตปลาสมที่มีส่วนประกอบสมบูรณ์ เช่น ในพืชที่ไม่ทนแล้ง

การฟื้นตัวของ Resurrection Plants

เมื่อ resurrection plants ที่อยู่ในสภาพที่แห้งได้น้ำเพิ่มขึ้น จะมีการซ่อมสร้างส่วน

ประกอบในไซโตปลาสมขึ้นใหม่ ในพวกที่คลอโรฟิลล์ยังคงอยู่ ขบวนการนี้ก็จะใช้เวลาน้อย เนื่องจากมีส่วนประกอบที่จะต้องซ่อมสร้างน้อยกว่า เช่น ใน Myrothamnus flabellifolia จะมีการจัดตัวของชั้นไทลาคอยด์ในกรานาของคลอโรพลาสต์ ภายใน 1 ชั่วโมงเมื่อได้น้ำ (Wellburn & Wellburn, 1976, อ้างถึงโดย Hallam & Gaff, 1978) ไมโตคอนเดรียก็ปรากฏลักษณะของคริสตีชัดเจนขึ้น

Hallam & Gaff (1978) พบว่าการฟื้นตัวภายหลังการได้รับน้ำ อาจแบ่งได้เป็น 4 ระยะ คือ ระยะแรกเป็นการดูดน้ำของผนังเซลล์ มีการคืนรูปเดิมของเซลล์ ภายในเซลล์จะพบว่าไซโตปลาสมยังคงหดตัวติดอยู่กับผนังเซลล์ ส่วนมากจะติดอยู่ทางผนังเซลล์ด้านที่มีพิท (pit) และมีพลาสมาเดสมาตา (plasmadesmata) ติดต่อเชื่อมระหว่างเซลล์ปรากฏให้เห็นหลังจากได้น้ำเป็นเวลา 8 ชั่วโมง และภายในระยะนี้ไซโตปลาสมจะขยายตัวไปจนเต็มเซลล์เหมือนกับเซลล์ปกติ การฟื้นตัวของส่วนประกอบภายในเซลล์จะเกิดขึ้นภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากได้น้ำ ไรโบโซมจะมองเห็นได้ชัดเจน ไมโตคอนเดรียจะมีกิจกรรมของการหายใจเริ่มขึ้น คลอโรพลาสต์จะมีไทลาคอยด์ที่สมบูรณ์ มีการรวมตัวของวัตถุในส่วนที่เป็นของเหลวในคลอโรพลาสต์เป็นแกรนูลาร์แมทริกซ์ (granular matrix) ในสโตรมา (stroma) แล้วกิจกรรมทางการสังเคราะห์แสงก็เกิดขึ้น มีการสร้างแป้งในคลอโรพลาสต์ (รูปที่ 1-6, ดูรูปท้ายบทความนี้)

ในพวกที่คลอโรฟิลล์สลายตัว การซ่อมสร้างโปรโตปลาสมจะใช้เวลานานกว่า และประกอบด้วยการจัดระบบของไทลาคอยด์ขึ้นใหม่โดยมีพลาสโตโกลบูลิ และ เวสิคูลาร์บอดี้ส์ในไซโตปลาสมเป็นพื้นฐาน มีการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ขึ้นใหม่ และมีการซ่อมแซมเยื่อผนังที่ห่อหุ้มคลอโรพลาสต์ เมื่อมีกรานาที่สมบูรณ์แล้วปฏิกริยาการสังเคราะห์จึงเริ่มขึ้นใหม่อีกครั้งหนึ่ง ไมโตคอนเดรียก็จะถูกกระตุ้นให้มีกิจกรรม แต่อาจมีการสลายตัวของไมโตคอนเดรีย แล้วมีการสร้างขึ้นใหม่โดยอาศัยพลังงานอันเกิดจากการทำงานของคลอโรพลาสต์ (Gaff et al., 1976)

อย่างไรก็ตามการฟื้นตัวของ resurrection plants จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อพืชได้รับน้ำเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง และดังนั้นความชื้นจากหมอกและน้ำค้างในธรรมชาติจึงไม่เพียงพอ ซึ่งนับว่าเป็นสิ่งที่ช่วยรับประกันความอยู่รอดของพืชชนิดนี้ ซึ่งจะเริ่มเติบโตใหม่อีกครั้งเมื่อมีน้ำเพียงพอแล้วเท่านั้น

<u>บทสรุป</u>

Resurrection plants เป็นพืชที่แสดงคุณสมบัติในการปรับตัวทางสรีรวิทยา เพื่อตอบสนองต่อสภาวะขาดแคลนน้ำได้เป็นอย่างดี จัดเป็นพืชทนแล้งกลุ่มที่ได้รับความสนใจศึกษาอยู่ในขณะนี้ การศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์ทางด้านส่วนประกอบของเซลล์ ที่ทำโดยการใช้กล้องจุลทัศน์อิเลคตรอน ก็ได้แสดงให้เห็นถึงกลไกในการปรับตัวของพืชกลุ่มนี้อย่างชัดเจน แต่ความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเมตาโบลิสมในขณะที่มีการปรับตัว ก็เป็นสิ่งที่จะช่วยอธิบายให้มีความเข้าใจในคุณสมบัติของพืชกลุ่มนี้มากขึ้น ปัจจุบันความรู้ทางด้านนี้ยังอยู่ในระยะเริ่มต้น และได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง จึงคาดว่าในเวลาไม่นานนักคงจะมีคำอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงทางเมตาโบลิสมของ resurrection plants ได้

ในด้านการใช้ประโยชน์จากความสามารถในการทนแล้งของ resurrection plants ก็เป็นสิ่งที่น่าสนใจ ดังจะเห็นได้ว่ามีหลายชนิดของ resurrection plants ที่พบในอาฟริกา, ออส-

เตรเลีย, และเอเชีย เป็นพืชตระกูลหญ้า ดังนั้นจึงอาจมีประโยชน์ที่จะนำไปใช้ในการเกษตรกรรมในเขตแห้งแล้งขาดแคลนน้ำ เช่นในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์เขตแห้งแล้ง หรือใช้เป็นพืชบุกเบิกในการช่วยปรับปรุงสิ่งแวดล้อมที่แห้งแล้งให้เหมาะสมกับการเติบโตของพืชอื่นต่อไป

เอกสารอ้างอิง

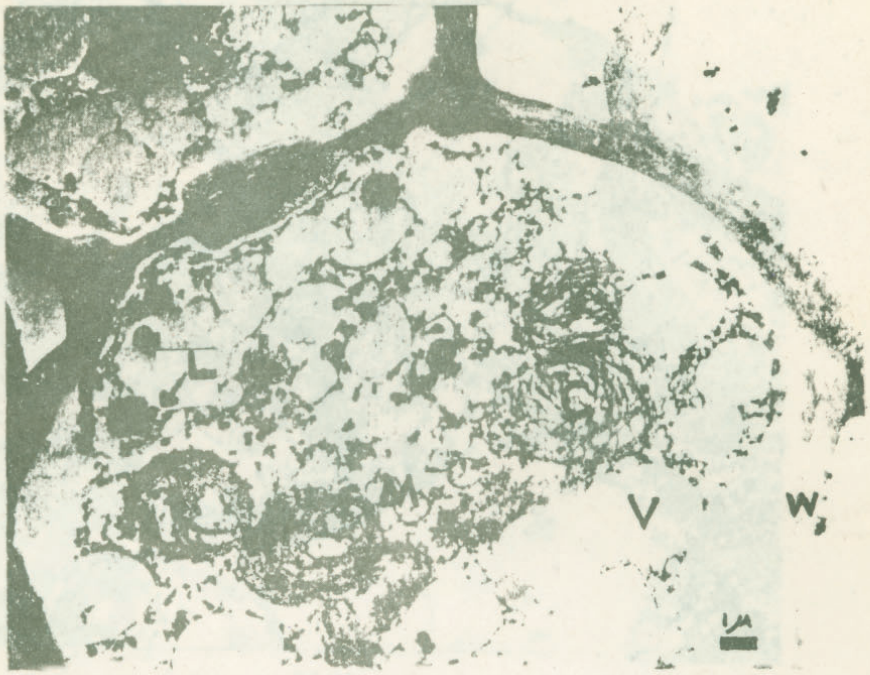

1. Gaff, D.F. 1971. "Desiccation tolerant flowering plants in southern Africa." Science, 174:1033-4.
2. Gaff, D.F. 1972. Drought resistance in Welwitchia mirabilis Hook. fill Dintera, 7 : 3-8.
3. Gaff, D.F. 1977. "Desiccation tolerant vascular plants of southern Africa." Oecologia, 31:95-109.
4. Gaff, D.F., and Churchill, D.M. 1976. Borya nitida Labill. "An Australian species in the Liliaceae with desiccation tolerant leaves". Aust. J. Bot., 24:209-24.
5. Gaff, D.F., and Ellis, R.P. 1974. "Southern African grasses with foliage that revives after dehydration." Bothalia, 11:305-308.
6. Gaff, D.F., Hallam, N.D. 1974. "Resurrecting desiccated plants." The Roy. Soc. NZ., pp. 389-393.
7. Gaff, D.F., Zee, S.Y., and O'Brian, T.P. 1976. "The fine structure of dehydrated and reviving leaves of Borya nitida - a desiccation tolerant plant." Aust. J.Bot., 24:225-36.
8. Hallam, N.D., and Gaff, D.F. 1978. "Regeneration of chloroplast structure in Talbotia elegans - a desiccation tolerant plant." New Phytol., 81:657-662.
9. Levitt, J. 1972. Response of plants to environmental stresses. Academic Press.
10. Slatyer, R.O. 1957. "The influence of progressive increases in total soil moisture stress on transpiration, growth and internal water relationship of plants." Aust. J. Biol. Sci., 10:320-336.
11. Walter, H., and Stadelmann, E. 1968. "The physiological prerequisite for the transition of autotrophic plants from water to terrestrial life." Bioscience, 18:694-701.
12. ellburn, F.A.M., and Wellburn, A.R. 1976. "Novel chloroplast and unusual cellular ultra structure in the resurrection plant Myrothamnus flabellifolia Welw. (Myrothamnaceae)." Bot. J. Linn. Soc., 72:51.

รูปที่ 1-6

แสดง เซลล์มีโซฟิลล์ (mesophyll) ของใบ Talbotia elegans

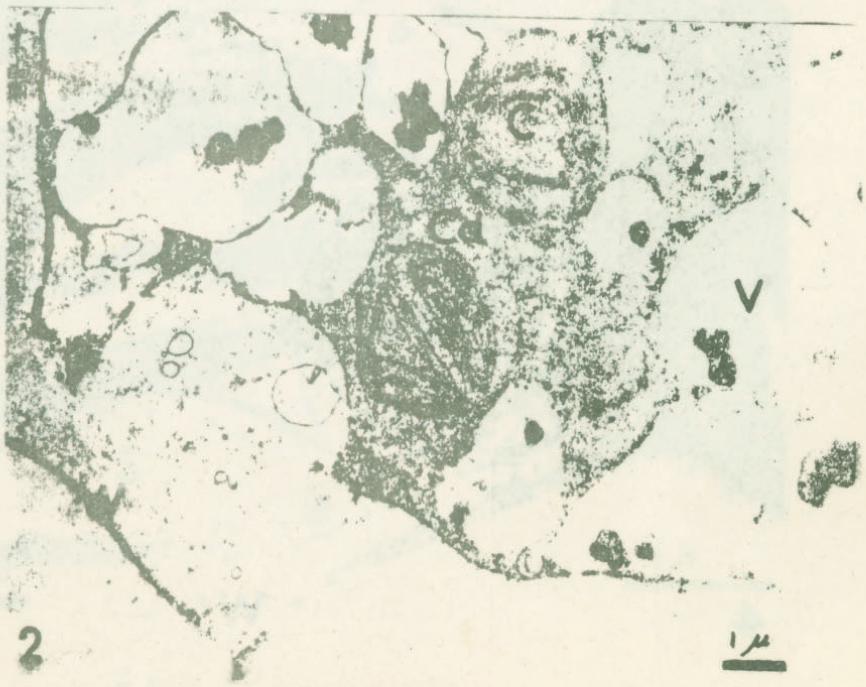
(เส้นดำในรูปแสดงขนาดขยายจาก 1 um.)

( จาก Hallam,N.D.,and Gaff,D.F.(1978), New Phytol.81:657-662 )




รูปที่ 1 ถ่ายเมื่อได้รับน้ำ 1 ชั่วโมง x 3375

ผนังเซลล์ ( W ) จะพองตัวอย่างรวดเร็ว, ไซโตปลาสม ประกอบด้วยคลอโรพลาสต์ ( C ) ซึ่งไม่มีเมมเบรนห่อหุ้ม และมีไทลาคอยด์ที่จัดตัวอยู่อย่างไม่มีระเบียบ, มีเวสิคูลารับอดีส์ ( V ) และ ลิปิดบอดีส์ ( L ) เห็นได้ทั่วไป, มีไมโตคอนเดรีย ( M ) ที่มีรูปร่างไม่สมบูรณ์, และเห็นพลาสมาเดสมาตา ( P ) ที่ผนังเซลล์ด้านที่มีพิท

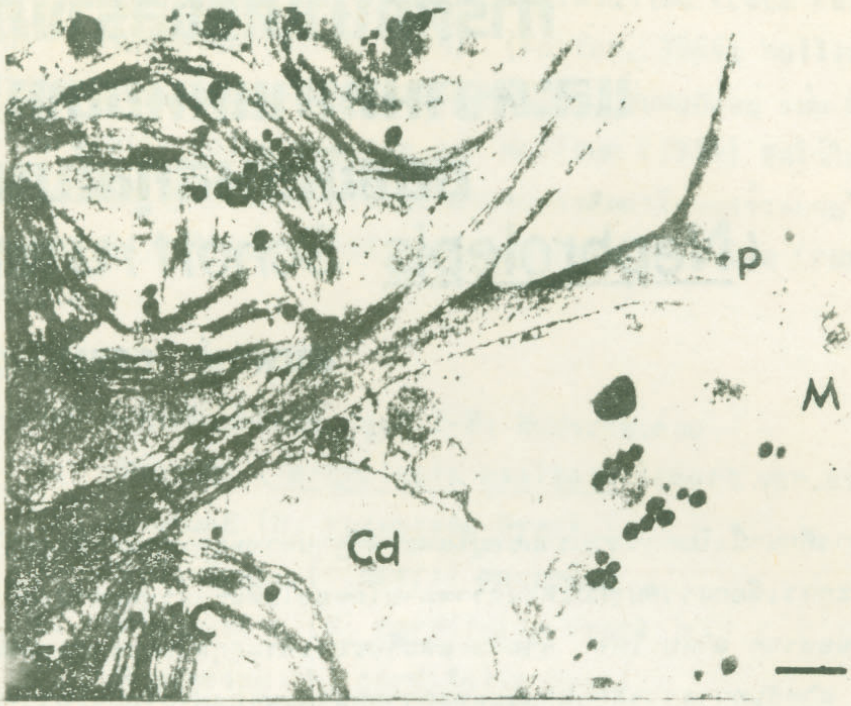



รูปที่ 2 ถ่ายเมื่อได้รับน้ำ 2 ชั่วโมง x 5308

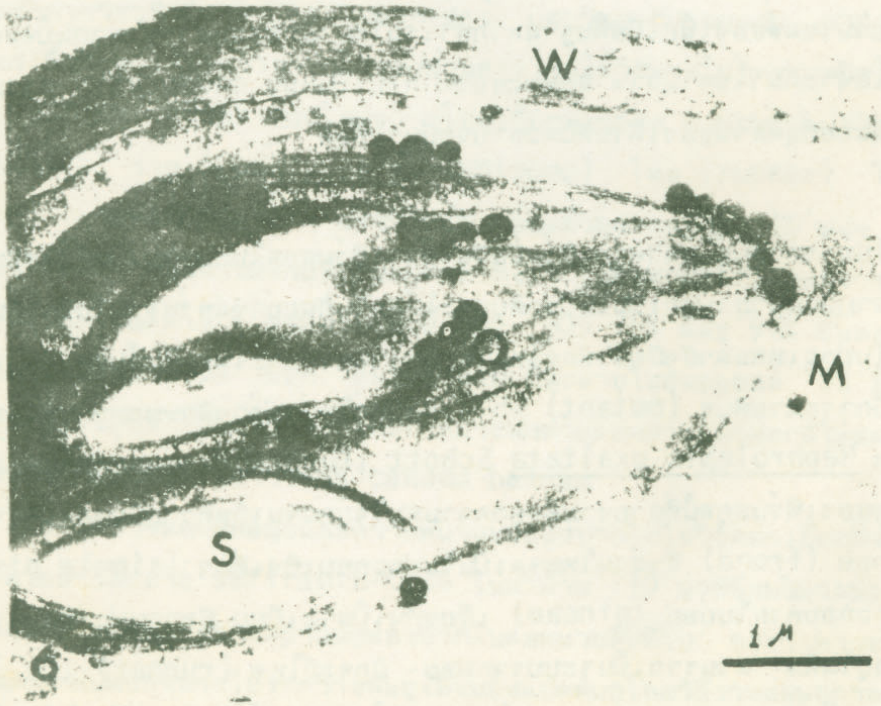
คลอโรพลาสต์ ( C ) เริ่มมีการจัดระเบียบของไทลาคอยด์, มีบริเวณที่จะเป็นส่วนประกอบของคลอโรพลาสต์ ( Cd ), มีแวคูโอลที่มีสารติดสีง่ายอยู่ข้างใน, ผนังเซลล์ก็พองตัวเต็มที่


รูปที่ 3 ถ่ายเมื่อได้รับน้ำ 4 ชั่วโมง x 20,000
ระยะนี้ไทลาคอยด์มีการจัดตัวอย่างดีในคลอโรพลาสต์ ( C ), ส่วนประกอบของคลอโรพลาสต์ ( Cd ) ก็มีขอบเขตชัดเจนขึ้น, เห็นแวคูโอล ( V ),และสารติดสีง่าย ( O ) อยู่ในคลอโรพลาสต์


รูปที่ 4 ถ่ายเมื่อได้รับน้ำ 8 ชั่วโมง x 7800
ระยะนี้ไซโตปลาสมคล้ายเซลล์ปกติธรรมดา, คลอโรพลาสต์ ( C ) มีกรานาและเมมเบรนหุ้ม, มีส่วนประกอบที่เป็นเม็ดลอยอยู่ในของเหลว ( Cd )




รูปที่ 5 ถ่ายเมื่อได้รับน้ำ 12 ชั่วโมง x 8250
ไซโตปลาสมมีการแบ่งส่วนประกอบมองเห็นได้ชัดเจน, มีไมโตคอนเดรีย ( M ), พลาสมาเดสมาตา ( P ) เชื่อมระหว่างเซลล์, ส่วนประกอบภายในคลอโรพลาสต์ ( Cd ) มีลักษณะเป็นสโตรมาที่สมบูรณ์




รูปที่ 6 ถ่ายเมื่อได้รับน้ำ 24 ชั่วโมง x 17,000
คลอโรพลาสต์มีส่วนประกอบที่สมบูรณ์ และมีการสร้างแป้ง ( S ), มีสารติดสีง่าย ( O ) อยู่มาก ไมโตคอนเดรีย ( M ) มีคริสตีที่สมบูรณ์

# การศึกษาโครงสร้างภายใน และความหนาแน่นของปากใบ ของเฟิร์นสกุลใบมะขาม (Nephrolepis Schott) บางพันธุ์

สมพงษ์ ธรรมถาวร *

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการรวบรวมข้อมูลและหลักฐานทางพฤกษศาสตร์ที่จะนำไปสู่การจัดระบบทางอนุกรมวิธานและการเลือกสรรพันธุ์ที่มีโครงสร้างภายในของใบที่แข็งแรงทนทานเหมาะสมที่จะเป็นไม้ตัดใบ โดยตัดส่วนของราก ลำต้น ไหล ก้านใบ และใบของเฟิร์นสกุลใบมะขามแปดพันธุ์ด้วยวิธีการทางไมโครเทคนิค สำหรับการตรวจสอบลักษณะและความหนาแน่นของปากใบนั้นได้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มีทั้งหมด 80 treatment combination ทำทั้งหมด 10 ซ้ำ ผลการทดลองปรากฏว่า ราก ลำต้น ไหล และก้านใบของเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์มี stele เป็นแบบ protostele มีเนื้อเยื่อชั้น endodermis ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ผนังหนาล้อมรอบกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงทุกกลุ่ม ภายในเซลล์ของเนื้อเยื่อพื้นฐานพวกพาเรนไคมามักสะสมสารจำพวกแป้งและมีคลอโรพลาสท์ ปากใบมีเฉพาะที่ผิวใบด้านล่าง ลักษณะของปากใบเป็นแบบ anomocytic ความหนาแน่นของปากใบเฟิร์นราชินีมีน้อยที่สุดส่วนของเฟิร์นดีนตะขาบจะมีมากที่สุด

บทนำ

ในบรรดาพันธุ์ไม้จำพวกเฟิร์นนั้นนับได้ว่าเฟิร์นสกุลใบมะขามเป็นที่รู้จักกันแพร่หลายมากที่สุดเพราะได้รับความนิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับและไม้ตัดใบกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน นอกจากจะเป็นพันธุ์ที่มีอยู่เดิมในประเทศแล้วยังมีผู้นำพันธุ์ใหม่เข้ามาจากต่างประเทศเพิ่มขึ้นอีก (ม.ล. จารุพันธ์ 2523) บางชนิดมีการกลายพันธุ์ (mutant) ทำให้เกิดพันธุ์ใหม่รูปร่างลักษณะภายนอกแตกต่างออกไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Nephrolepis exaltata Schott เป็นชนิดที่มีการกลายพันธุ์มาก (Bailey, 1951) ส่วนสำคัญของเฟิร์นสกุลนี้ที่สวยงามดึงดูดความสนใจผู้คนจนเกิดความนิยมสูงเห็นจะได้แก่รูปร่างลักษณะของใบประกอบ (frond) ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นใบประกอบเชิงเดี่ยว (simple pinnate) ใบประกอบแต่ละใบประกอบด้วยใบย่อย (pinnae) เรียงกันเป็นระเบียบ มีความประณีตบรรจงอยู่ในตัว ลำต้นขนาดเล็กสั้นอยู่ในดิน ส่วนรากเป็นระบบรากฝอย มักจะมีไหล (runner) เป็นเส้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 ม.ม. แตกกระจายออกไปรอบลำต้นบางพันธุ์ขึ้นเกาะอยู่กับไม้ยืนต้น (epiphyte) (Holttum, 1954) ในต่างประเทศ เช่น อเมริกา นิยมเพาะเลี้ยงเฟิร์นสกุลนี้ไว้เป็นไม้ประดับใน

---

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บ้านหลายพันธุ์ แต่ละพันธุ์มีชื่อสามัญเรียกแตกต่างกัน เช่น เฟิร์นราชินี (Lace Fern) เฟิร์นปันหยี (Boston Fern) เฟิร์นกูดสร้อย (Sword Fern) (Foster, 1964; Holltum, 1954; Suvatti, 1978) ในการจัดหมวดหมู่ของเฟิร์นสกุลนี้ยังมีความสับสนกันอยู่ เช่น Bailey (1963) จัดเฟิร์นสกุลนี้ไว้ใน Family Polypodiaceae แต่ Holltum (1954) จัดไว้ใน Family Dennstaedtiaceae Subfamily Oleandroideae สำหรับการศึกษาโครงสร้างภายในของส่วนต่าง ๆ มีผู้ศึกษาบ้างเล็กน้อย เช่น Holltum (1954) ศึกษาพบว่า stele ของไหล (runner) ของเฟิร์นสกุลนี้เป็นแบบ protostele

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บตัวอย่างเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์ (รูปที่ 1-8) อันประกอบด้วย

1. เฟิร์นราชินี (Nephrolepis exaltata Schott var.elegantissima Hort)
2. เฟิร์นปันหยี (N. rutescens Presl.)
3. เฟิร์นเกล็ดหอย (N.duffii Moore)
4. เฟิร์นใบมะขาม (N. cordifolia Presl.)
5. เฟิร์นกูดสร้อย (N. cordifolia Presl.)
6. เฟิร์นก้ามปู (N. biserata, (Sw.) Schott)
7. เฟิร์นใบมะขามใหญ่ (N. auriculata (L.) Trimen)
8. เฟิร์นตีนตะขาบ (N. acuta Schott var. turcans Hort.)

จากเรือนเพาะชำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางพฤกษศาสตร์เพื่อศึกษาโครงสร้างภายในของส่วนต่าง ๆ ใช้วิธีทางไมโครเทคนิคโดยการตัดด้วยมือ (free-hand section) แล้วทำเป็นสไลด์ถาวรโดยเลือกส่วนต่าง ๆ ของตัวอย่างเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์ทุกส่วนที่สำคัญอันได้แก่ ราก (root) ลำต้น (rhizome) ไหล (runner) ใบ (pinnae) ก้านใบ (stipe) มาตัดเป็นชิ้นบาง ๆ แช่ลงในน้ำ ย้อมด้วยสารละลาย 1% ของ saffranin-O นาน 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นล้างสีส่วนที่เกินออกแล้วดึงน้ำ (dehydrate) ออกจากเนื้อเยื่อด้วยสารละลายอัลกอฮอล์เปอร์เซนต์ต่าง ๆ ตามลำดับดังนี้ 30% 50% 75% และ 95% ขั้นละ 10 นาที นำชิ้นส่วนไปย้อมด้วยสารละลาย 0.5% ของ fast-green ที่ละลายในอัลกอฮอล์ 95% ล้างสีที่เกินออกด้วยอัลกอฮอล์ 95% และ 100% เมื่อตรวจสอบได้สีที่เหมาะสมตามต้องการแล้วฟอกสีให้สดใสด้วย xylene 1 ชั่วโมงจึงผนึกชิ้นส่วนเป็นสไลด์ถาวรด้วย canada balsam

การตรวจสอบลักษณะและความหนาแน่นของปากใบใช้วิธีลอกเยื่อบุผิวใบทั้งข้างบนและข้างล่าง ย้อมด้วยสารละลาย saffranin-O 1% ในน้ำนาน 10 นาทีจึงนำมาผนึกเป็นสไลด์แบบชั่วคราวเพื่อตรวจสอบลักษณะและความหนาแน่นของปากใบต่อหน่วยพื้นที่ใบ การวิเคราะห์ความแตกต่างของจำนวนความหนาแน่นของปากใบระหว่างพันธุ์เฟิร์นทั้งแปดพันธุ์โดยวิธีวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design* จำนวน 10 ซ้ำ (replication)

---

*อาจารย์รังสรรค์ เนียมสนิท ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กรุณาให้คำแนะนำในการวางแผนการทดลองและช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลอง

การทดลองทางด้านโครงสร้างภายใน

โครงสร้างภายในของเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์มีลักษณะเหมือนกันกล่าวคือส่วนที่เป็นรากมี stele เป็นแบบ protostele เนื้อเยื่อบุผิวบางเซลล์เป็นเซลล์รากขนอ่อน (root hair) เซลล์ชั้น cortex ประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมาขนาดใหญ่ประมาณ 3-4 ชั้นเซลล์ ส่วนเซลล์ชั้นในสุดของ cortex นั้นคือ endodermis ซึ่งล้อมรอบกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงไว้อย่างแน่นหนา ดังรูปที่ 9

ลำต้น (rhizome) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อที่เรียงจากชั้นนอกเข้าไปดังนี้คือ เยื่อบุผิวเป็นเซลล์ขนาดเล็กชั้นเดียว ชั้น cortex ประกอบด้วยเนื้อเยื่อพาเรนไคมาที่มีผนังเซลล์ค่อนข้างหนา เนื้อเยื่อชั้นในสุดของ cortex เป็นชั้น endodermis แต่ละเซลล์มีผนังหนาเห็นได้ชัดเจนเนื้อเยื่อชั้นนี้ล้อมรอบเนื้อเยื่อใน stele ไว้อย่างมั่นคง เนื้อเยื่อลำเลียงประกอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอยู่ตรงกลางล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร ดังรูปที่ 10

ไหล (runner) เป็นโครงสร้างที่เป็นเส้นเล็ก ๆ เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3 ซ.ม. ทำหน้าที่เป็นส่วนขยายพันธุ์โดยตา (bud) หรือต้นใหม่จะงอกออกมาจากส่วนนี้ ผิวนอกมีขนหรือเกล็ดสีเขียวอ่อน เนื้อเยื่อบุผิวเป็นเนื้อเยื่อชั้นเดียว เนื้อเยื่อพาเรนไคมาที่อยู่ในชั้น cortex ตอนนอกมักจะมีคลอโรพลาสท์อยู่ด้วย เนื้อเยื่อชั้นในสุดของ cortex เป็น endodermis ซึ่งสารประกอบด้วยเซลล์ผนังหนาเรียงเป็นวงล้อมรอบเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและอาหาร โดยมีเนื้อเยื่อลำเลียงอาหารอยู่ตอนนอกส่วนเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอยู่ตอนใน ดังรูปที่ 11

ก้านใบ (stipe) เป็นส่วนที่เชื่อมโยงอยู่กับแกนกลางของใบประกอบ (rachis) เนื้อเยื่อบุผิวประกอบด้วยเซลล์ขนาดเล็ก เนื้อเยื่อพื้นฐานเป็นพาเรนไคมาซึ่งสะสมสารจำพวกแป้ง เนื้อเยื่อลำเลียงแบ่งเป็นสามกลุ่ม แต่ละกลุ่มถูกหุ้มด้วยเนื้อเยื่อชั้น endodermis โดยมีเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอยู่เป็นแกนกลางและล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร ดังรูปที่ 12

ใบ (pinnae) โครงสร้างภายในของใบประกอบด้วยเนื้อเยื่อบุผิวใบข้างล่างและข้างบนด้านละหนึ่งชั้นเซลล์ มีปากใบ (stoma) เฉพาะผิวใบด้านล่าง ลักษณะของปากใบเป็นแบบ anomocytic คือไม่มีเซลล์ที่มีรูปร่างและหน้าที่พิเศษ (subsidiary cells) มาล้อมรอบ guard cell จึงมีเฉพาะ epidermal cell เท่านั้น ดังรูปที่ 15 ส่วนเนื้อเยื่อชั้น mesophyll ประกอบด้วยพาเรนไคมาที่มีคลอโรพลาสท์ เซลล์พาเรนไคมาเหล่านี้มีรูปร่างคล้าย ๆ กันไม่แบ่งเป็นชั้น palisade และ spongy และเซลล์เหล่านี้รวมกันอยู่ค่อนข้างแน่นหนามีช่องว่างระหว่างเซลล์น้อย ดังรูปที่ 13,14

สปอร์ (spore) รูปร่างกลม รี (รูปที่ 19) อยู่ภายในอับสปอร์ (รูปที่ 18) อับสปอร์อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเรียกว่า sorus มีเยื่อปกคลุมกลุ่มอับสปอร์ (indusium) ทุกกลุ่ม ดังรูปที่16,17กลุ่มอับสปอร์เหล่านี้อยู่ที่ผิวด้านล่างขอบใบ

ผลการทดลองหาค่าความหนาแน่นของปากใบ

จากการตรวจนับจำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่พบว่าเฟิร์นราชินีมีจำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่น้อยที่สุด เฟิร์นตีนตะขาบมีจำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความหนาแน่นของปากใบต่อพื้นที่ 1.25 ตารางมิลลิเมตร

| พันธุ์เฟิร์น | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของปากใบ |
|---|---|
| 1. เฟิร์นราชินี | 3.1 |
| 2. เฟิร์นปันหยี | 5.2 |
| 3. เฟิร์นเกล็ดหอย | 8.2 |
| 4. เฟิร์นใบมะขาม | 6.6 |
| 5. เฟิร์นกูดสร้อย | 5.5 |
| 6. เฟิร์นก้ามปู | 13.9 |
| 7. เฟิร์นใบมะขามใหญ่ | 25.1 |
| 8. เฟิร์นตีนตะขาบ | 25.9 |

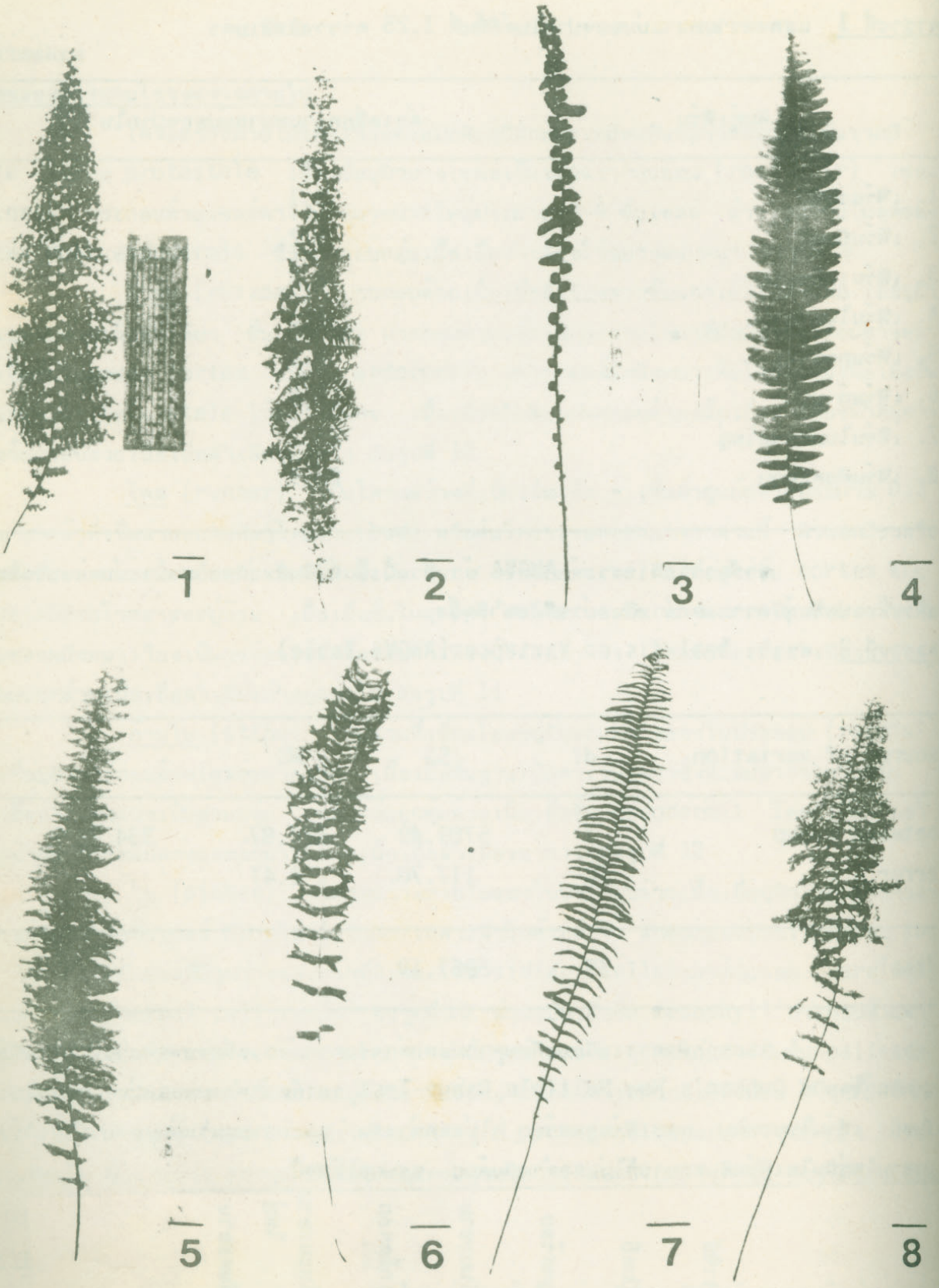
จากตารางวิเคราะห์ ANOVA ข้างล่างนี้เป็นสิ่งยืนยันว่าความหนาแน่นของปากใบของเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

ตารางที่ 2 ตาราง Analysis of Variance (ANOVA Table)

| source of variation | df | SS | MS | F |
|---|---|---|---|---|
| between group | 7 | 5789.49 | 827.87 | 334.85** |
| error | 72 | 117.70 | 2.47 | |
| Total | 79 | 5967.19 | | |

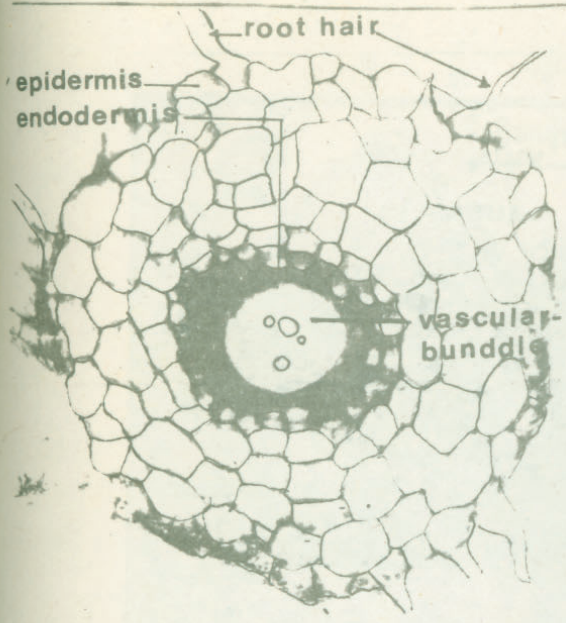
และจากผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของจำนวนปากใบเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์โดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test จะเห็นว่าความหนาแน่นของปากใบเฟิร์นปันหยี เฟิร์นใบมะขาม และเฟิร์นกูดสร้อย ไม่แตกต่างกัน และความหนาแน่นของปากใบเฟิร์นใบมะขามใหญ่กับใบเฟิร์นตีนตะขาบก็ไม่แตกต่างกันด้วย สรุปผลได้ดังนี้

| เฟิร์นราชินี | เฟิร์นปันหยี | เฟิร์นกูดสร้อย | เฟิร์นใบมะขาม | เฟิร์นเกล็ดหอย | เฟิร์นก้ามปู | เฟิร์นใบมะขามใหญ่ | เฟิร์นตีนตะขาบ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.1 | 5.2 | 5.5 | 6.6 | 8.2 | 13.9 | 25.1 | 25.9 |

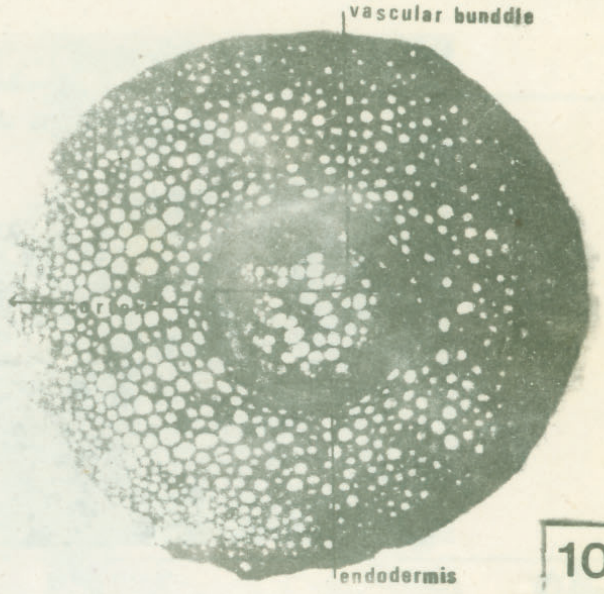



รูปที่ 1-8 รูปร่างลักษณะของใบประกอบของเฟิร์น

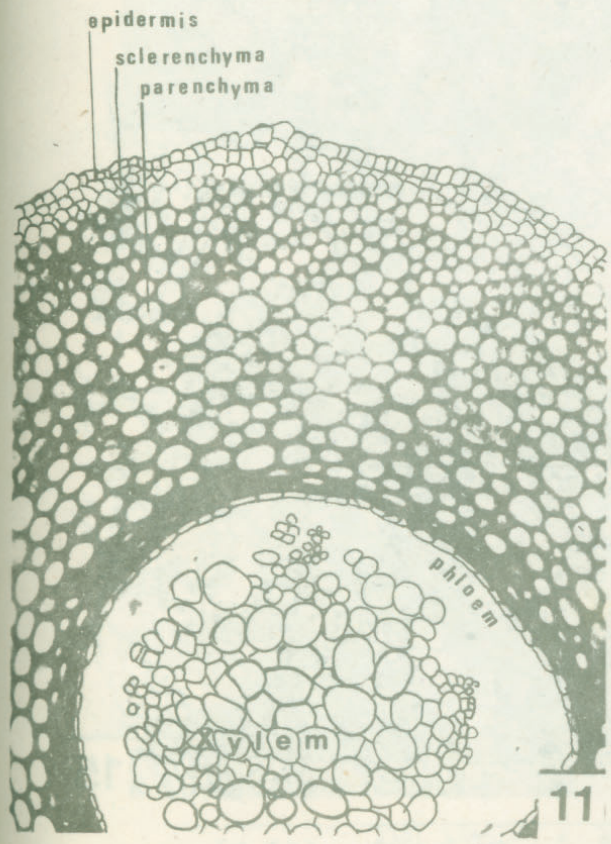
1. เฟิร์นราชินี 2. เฟิร์นปันหยี 3. เฟิร์นเกล็ดหอย 4. เฟิร์นใบมะขาม
5. เฟิร์นกูดสร้อย 6. เฟิร์นก้ามปู 7. เฟิร์นใบมะขามใหญ่ 8. เฟิร์นตีนตะขาบ



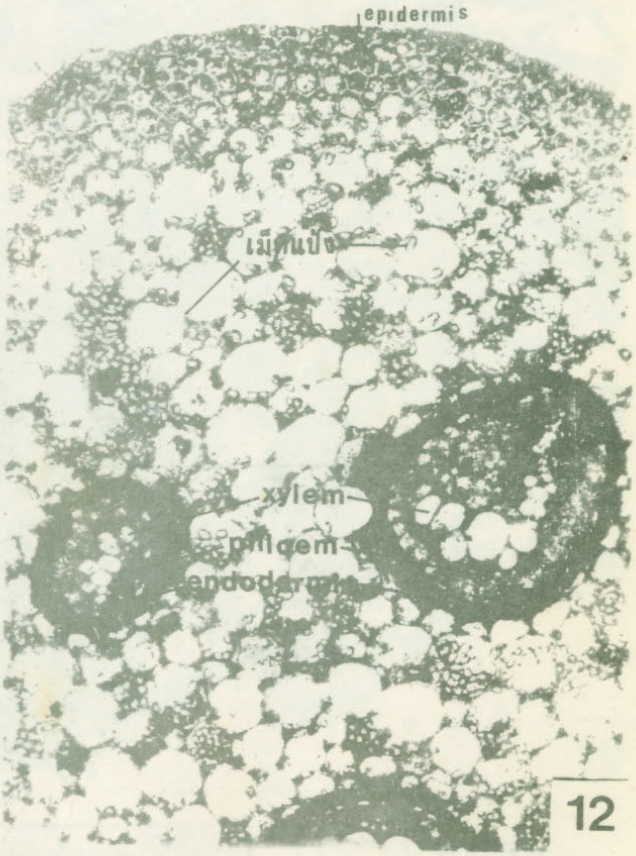

9




10

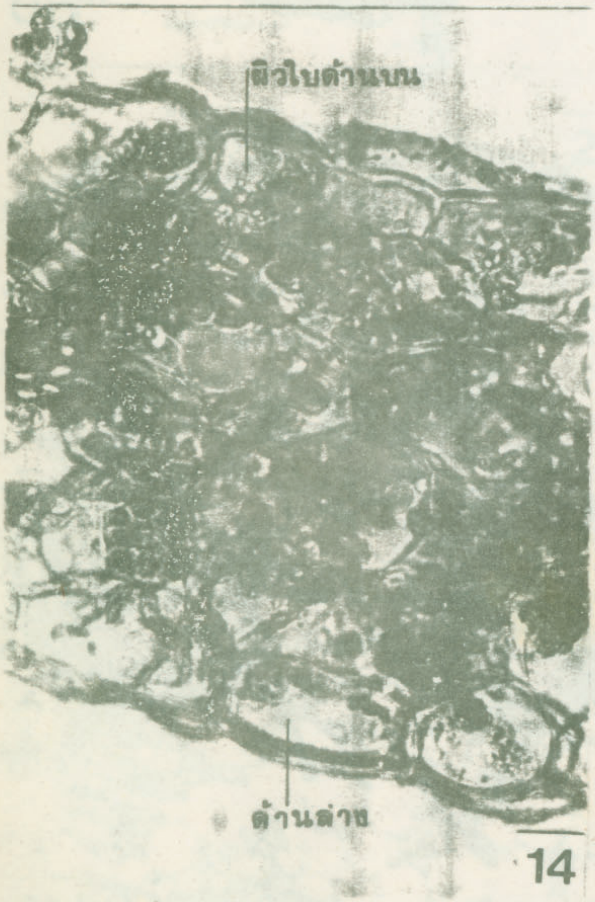



11




12

รูปที่ 9-12 โครงสร้างภายในของเฟิร์นใบมะขาม 9 ราก (10x10)
10. ลำต้น(10x4) 11. ไหล(10x4) 12. ก้านใบ (10x10)

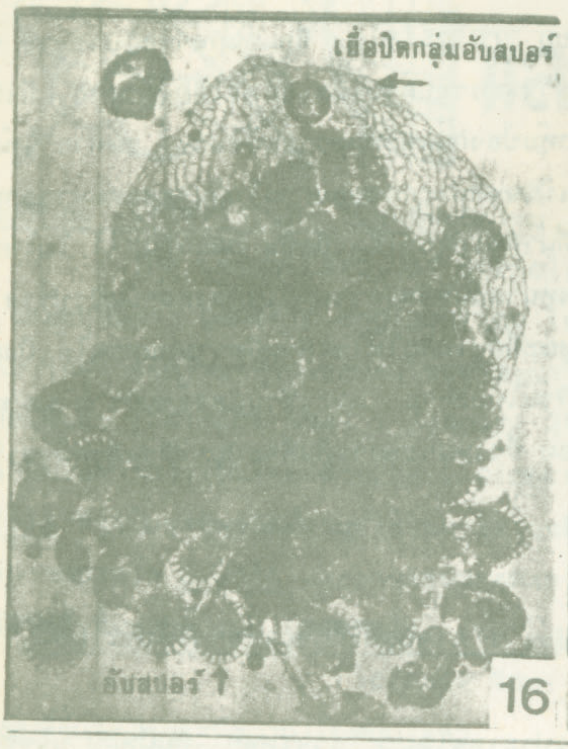



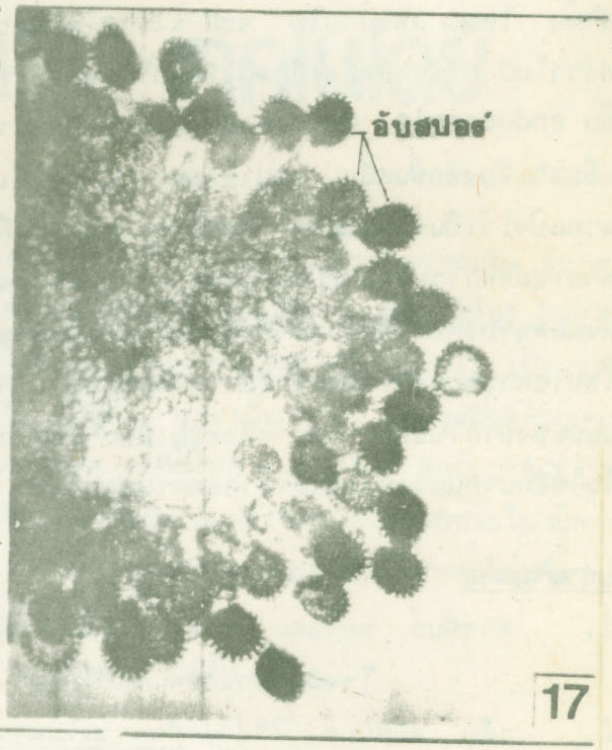


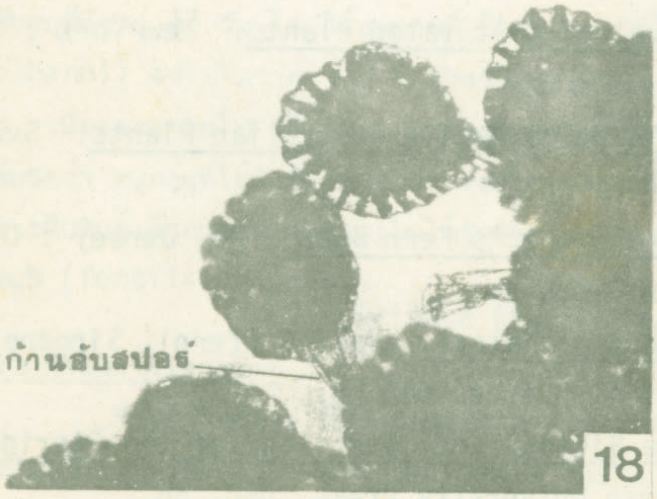
รูปที่ 13-15 13. โครงสร้างภายในของใบย่อยเฟิร์นใบมะขาม (10x4)

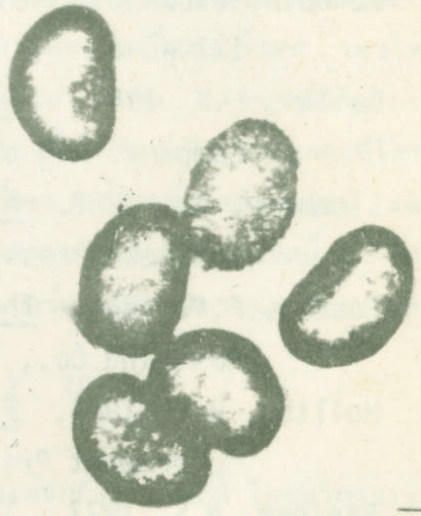
14. ภาพขยายโครงสร้างภายในใบย่อยเฟิร์นใบมะขาม (10x10)

15. ผิวใบด้านล่างแสดงปากใบ (10x40)




รูปที่ 16-19 16-17. กลุ่มอับสปอร์ (10x4)

18. อับสปอร์ (10x10)

19. สปอร์ (10x40)

สรุปผลและวิจารณ์

จากการตรวจสอบโครงสร้างภายในส่วนต่าง ๆ ของเฟิร์นทั้งแปดพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นราก ลำต้น ไหล และก้านใบ จะมี stele เป็นแบบ protostele คือแกนกลางอวัยวะต่าง ๆ ดังกล่าวไม่มี pith มีเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำเป็นแกนกลางล้อมรอบด้วยเนื้อเยื่อลำเลียงอาหาร มีเนื้อเยื่อชั้น endodermis ซึ่งประกอบด้วยเซลล์ผนังหนาหุ้มป้องกันและทำความแข็งแรง ทนทาน ให้แก่เนื้อเยื่อลำเลียงอีกชั้นหนึ่ง ส่วนเซลล์พาเรนไคมาที่เป็นองค์ประกอบของก้านใบนั้นจะสะสมสารอาหารจำพวกแป้งไว้เป็นจำนวนมาก อีกประการหนึ่งเป็นที่น่าสังเกตุว่าเนื้อเยื่อชั้น mesophyll ในใบประกอบด้วยเซลล์พาเรนไคมาที่มีคลอโรพลาสท์อยู่กันอย่างหนาแน่นพอสมควรและเซลล์เหล่านั้นมีรูปร่างเหมือนกันทั้งหมดจากลักษณะที่กล่าวมาทั้งหมดนี้น่าจะเป็นลักษณะที่ส่งเสริมให้ใบเฟิร์นมีความทนทานได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเฟิร์นราชินี เฟิร์นปันหยี เฟิร์นใบมะขาม และเฟิร์นกูดสร้อยมีจำนวนความหนาแน่นของปากใบน้อย โอกาสที่จะสูญเสียน้ำจึงมีน้อย ซึ่งเหมาะอย่างยิ่งที่จะปลูกเฟิร์นดังกล่าวเป็นไม้ตัดใบใช้ปักแจกันและส่งเป็นสินค้าออกต่างประเทศ

บรรณานุกรม


1. จารุพันธ์ ทองแถม ม.ล. 2523. เฟิร์น : การปลูกเลี้ยงและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์. 121 หน้า.
2. เต็ม สมิตินันท์. 2523. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ : พันนี่พลับ บลิชชิ่ง. 379 หน้า.
3. สมาคมไม้ประดับแห่งประเทศไทย 2520. ทะเบียนพันธุ์ไม้ประดับ กรุงเทพฯ. บพิธการพิมพ์ 121 หน้า.
4. Bailey, L.H. 1963. Manual of Cultivated Plants. New York : Macmillan Company. 116 pp.
5. Blombery, Am. 1967. A Guide to Native Australian Plants. Sydney : Halstead Press. 481 pp.
6. Foster, F.G. 1964. The Gardener's Fern Book. New Jersey : D. Van Nostrand Co., Inc. 226 pp.
7. Holttum, R.E. 1954. Flora of Malaya. Vol. 2 (fern). Singapore : Government Printing Office. 643 pp.
8. Parihar, N.S. 1977. The Biology and Morphology of the Pteridophytes. Allahabad : Indian University Press. 660. pp.
9. Suvatti, Chote. 1978. Flora of Thailand. Vol. 1. Bangkok : Kurusapha Ladprao. 694 pp.
10. Vashishta, P.C. 1979. Botany. Vol. 4. Pteridophyta. New Delhi : S. Chand & Company Ltd. 470 pp.
11. Willis, J.C. 1956. A Dictionary of the Flowering Plants & Ferns. 7th ed. London : Cambridge University Press. 1214 pp.

# ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

อินเทอร์ฟีรอน (Interferon) ในจุลชีพชนิดใหม่

The Cetus Corp. of Berkeley, Calif. ได้ประกาศว่าสามารถผลิต อินเทอร์ฟีรอน โดยขบวนการ genetic engineering ได้จากแบคทีเรียที่อยู่ในดิน คือ Bacillus Subtilis ยีนที่สามารถสร้างอินเทอร์ฟีรอนของคนได้ถูกใส่เข้าไปในเซลล์ของ Escherichia Coli เป็นผลสำเร็จเมื่อปีที่แล้ว (Science News : January 26, 1980) และเมื่อเร็ว ๆ นี้พบว่ายีสต์ก็สามารถถูกนำมาใช้ในการสร้างอินเทอร์ฟีรอนได้ (Science News : March 7, 1981) ดังนั้น Bacillus Subtilis จึงเป็นจุลชีพชนิดที่สามที่ใช้ในการสร้างอินเทอร์ฟีรอน แบคทีเรียชนิดนี้อาจมีประโยชน์ทางอุตสาหกรรมมากกว่า E.Coli และอาจจะปลอดภัยกว่า เพราะในสภาพธรรมชาติแล้วมันจะไม่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตที่เลี้ยงลูกด้วยนม (mammals) เช่น E. Coli

(Science News : May 2, 1981)

เด็กวัยรุ่นที่ดื่มจัดอาจจะมีความเป็นหนุ่มได้ช้า

Robert A. Anderson ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทางสรีรวิทยาและชีวฟิสิกส์แห่งมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ในชิคาโกได้รายงานว่าเด็กวัยรุ่นที่ดื่มเหล้าจัดอาจจะมีความเป็นหนุ่มช้าลง เขาได้ทำการทดลองกับหนูที่มีอายุ 18 วัน โดยให้อาหารที่เป็นของเหลวเป็นเวลา 2 วัน หลังจากนั้นก็เพิ่มเอทธานอล (ethanol) ลงไปในอาหาร 5 % สำหรับหนูกลุ่มทดลอง เพื่อเปรียบเทียบกับหนูกลุ่มที่ได้รับอาหารธรรมดา เมื่อเวลาผ่านไป 29 วัน เขานำหนูจำนวนครึ่งหนึ่งของแต่ละกลุ่มมาตรวจสอบ ผลปรากฏอย่างเด่นชัดว่า หนูกลุ่มที่ได้รับอัลกอฮอล์อย่างสม่ำเสมอ จะมีการเจริญเติบโตทางเพศน้อย กล่าวคือจะมีอวัยวะสืบพันธุ์เล็กกว่ากลุ่มควบคุม (ไม่ได้รับอัลกอฮอล์) สเปอร์มจะผิดปกติมากและมีประสิทธิภาพในการปฏิสนธิ (fertilize) น้อยกว่า

(Science News : May 2, 1981)

ผู้พิชิตความลึกในการเจาะโลก

รัสเซียได้ชื่อว่าเป็นประเทศที่ทำการเจาะโลกได้ลึกที่สุดในขณะนี้ โดยทำการเจาะได้ลึกถึง 10,636 เมตรที่บริเวณ Kola Peninsula ใกล้ ๆ กับ Barents Sea ทางตะวันตกของ Marmansk และได้ค้นพบว่า อุณหภูมิของโลกที่ความลึกระดับนี้ สูงถึง 180$^{o}$C รัสเซียมีความประสงค์ที่จะขุดเจาะต่อไปจนกว่าจะได้ความลึกถึง 15,000 เมตร

(Geotimes : June, 1981)

สาเหตุของการสูญพันธ์ของไดโนเสาร์

นักธรณีฟิสิกส์จาก California Institute of Technology ได้ศึกษาอุกาบาศก์ (meteorite) ขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 8-12 ไมล์ ที่ได้ตกลงมาบนพื้นโลก และได้ข้อมูลบ่งชี้ว่าความร้อนจากการเผาไหม้ของอุกาบาศก์นี้สามารถทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศของโลกสูงขึ้นถึง

$10^{o}F$ และอุณหภูมิของผิวน้ำในมหาสมุทรจะเพิ่มขึ้นมากกว่าในชั้นของบรรยากาศหลายเท่า การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเป็นสาเหตุให้สัตว์เลื้อยคลานและสัตว์เล็ก ๆ อื่น ๆ ที่เป็นวงจรอาหารของไดโนเสาร์ตาย และอาจเป็นสาเหตุของการสูญพันธ์ของไดโนเสาร์ได้ ในขณะเดียวกันสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ยังไม่พัฒนา (primitive mammals) ก็เริ่มมีการวิวัฒนาการตัวเองขึ้นมาเรื่อย ๆ

(Geotimes : June, 1981)

<u>หลอดไฟฟ้าแบบประหยัดพลังงาน</u>

ปริษัท North American Philips Leighting Corp, ได้ประดิษฐ์หลอดไฟฟ้าชนิดใหม่ขึ้น ซึ่งใช้พลังงานเพียง 30 % ของหลอดไฟฟ้าชนิดธรรมดา (incadescent bulb) หลอดไฟฟ้าชนิดใหม่นี้ได้รับการออกแบบให้ใช้ได้กับขั้วไฟฟ้าธรรมดา และมีถึง 4 ขนาด คือ ขนาด 11, 13, 18 และ 25 วัตต์ หลอดไฟฟ้าทั้ง 4 ขนาดนี้สามารถให้ความเข้มของแสงสว่างเทียบได้กับหลอดไฟฟ้าธรรมดาขนาด 40, 60, 75 และ 100 วัตต์ ลักษณะภายนอกของหลอดไฟฟ้าทั้ง 2 แบบนี้คล้ายคลึงกัน แต่วิธีการทำงานนั้นแตกต่างกันมาก หลอดไฟฟ้าชนิดเดิมใช้วิธีเผาไส้ทังสเตนให้ร้อนจนเปล่งแสงสว่างออกมา ส่วนหลอดไฟชนิดใหม่จะฉาบด้วยสารเรืองแสงซึ่งจะให้แสงสว่างออกมาเมื่อได้รับพลังงาน

ถึงแม้ว่าหลอดไฟฟ้าชนิดใหม่นี้จะประหยัดพลังงานได้ถึง 70 % และมีอายุการทำงานยืนยาวกว่าหลอดไฟธรรมดา 5-7 เท่า ก็ตาม แต่ราคาไม่สู้จะประหยัดนัก กล่าวคือ หลอดไฟขนาด 18 วัตต์ จะมีราคาประมาณ 12-15 us$ เพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค บริษัทนี้ได้ผลิตหลอดไฟฟ้าชนิดใหม่นี้ออกจำหน่ายทั้งชนิด 120 และ 240 โวลท์

(Solar Age : January, 1981)

<u>เครื่องยนตร์ชนิดใหม่ที่กินเหล้าแทนน้ำมัน</u>

กลุ่มวิศวกรจาก Solar Energy Research Institute (SERI) ได้ประดิษฐ์เครื่องยนตร์ชนิดใหม่ที่ใช้เมทธานอล (methanol) เป็นเชื้อเพลิง และได้คุยว่า เครื่องยนตร์ชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการทำงานได้ดีกว่าเครื่องยนตร์ที่ใช้น้ำมันถึง 2 เท่า เครื่องยนตร์ชนิดนี้ประกอบด้วย reactor ซึ่งประกอบด้วยสารเร่งปฏิกริยาบางชนิด เมื่อผ่านเมทธานอลเข้าไปใน reactor ซึ่งถูกกระตุ้นโดยความร้อนจากท่อไอเสียเมทธานอลจะแตกตัว (dissociate) ให้ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซไฮโดรเจนนี้จะถูกส่งเข้าไปเผาไหม้ในเครื่องยนตร์ (เช่นเดียวกับการเผาไหม้ของน้ำมันในเครื่องยนตร์)

ถึงแม้ว่าการทำงานของเครื่องยนตร์ชนิดนี้อาจจะมีส่วนบกพร่องที่ต้องแก้ไขอยู่บ้าง แต่ในขณะนี้บริษัท Chevrolet ได้เริ่มผลิตรถยนตร์ที่ใช้เครื่องยนตร์ชนิดนี้ออกสู่ตลอดแล้ว โดยใช้ reacter ที่ทำขึ้นจาก copper-zinc catalyst ซึ่งมีราคาถูก

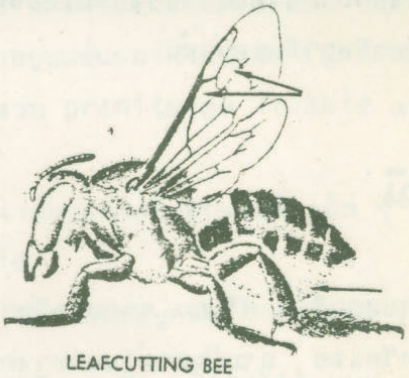
(Solar Age : May, 1981)

<u>นางพญาผึ้งในรังอื่น</u>

โดยทั่วไปเมื่อนางพญาผึ้งตัวใดตัวหนึ่ง หลงฝูงพลัดเข้าไปอยู่ในรังอื่นแล้ว พวกผึ้งงานเจ้าของถิ่นมักจะทำการต่อสู้ขับไล่ ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น เมื่อไม่นานมานี้ Michael D. Breed ได้รายงานใน Proceeding of The National Academy of Science เมื่อเดือนเมษายนนี้ว่าสาเหตุที่เกิดขึ้นไม่ได้เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมทางกลิ่นของแต่ละฝ่าย เช่น อาหาร และน้ำต่างกัน แต่

เป็นผลมาจากยีน (gene) ต่างกัน และการไม่เคยอยู่รวมกัน เขาพบว่าผึ้งงานจะยอมรับนางพญาผึ้งที่มีสายพันธุ์ใกล้เคียงกับตัวมันเอง มากกว่าพวกที่มีสายพันธุ์ห่างออกไป อีกปัจจัยหนึ่งเขาพบว่าการเรียนรู้ของผึ้งงาน ทำให้มันไม่ยอมรับนางพญาผึ้งต่างถิ่น โดยเขาได้พ่นแกสคาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในรังผึ้งจนผึ้งเมาและความจำเสื่อมหลังจากนั้นพบว่า ผึ้งงานจำนวน 90 เปอร์เซ็นต์จะยอมรับนางพญาผึ้งต่างถิ่น

(Science News : May 30, 1981)



LEAFCUTTING BEE


การเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการไปสู่สังคม เป็นนโยบายหลักอันสำคัญประการหนึ่งของคณะวิทยาศาสตร์ คอลัมน์ ถาม-ตอบนี้ เป็นจุดเล็ก ๆ จุดหนึ่งที่สนับสนุนนโยบายนั้น หากสมาชิกหรือผู้อ่านท่านใดสนใจที่จะถามปัญหาไปยังคณาจารย์หรือบุคลากรอื่น ๆ ในภาควิชาต่าง ๆ คอลัมน์นี้ยินดีจะเป็นสื่อกลางให้ท่านส่งคำถามหรือปัญหาของท่านไปยังคอลัมน์ ถาม-ตอบ วารสารวิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## ปัญหาทางธรณี

1) <u>ถาม</u> อาจารย์สุวารีย์ ศรีบูญ จากภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะวิชามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ วิทยาลัยครูเลย จังหวัดเลย ถามปัญหาผ่านมาทางภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

1. ต้องการทราบแหล่งตำรา, หนังสือ, เอกสาร (ธรณีวิทยาของอีสาน)
2. ต้องการแผนที่ธรณีวิทยาของบริเวณอีสาน

<u>ตอบ</u> หนังสือตำรา "ธรณีวิทยาของประเทศไทย" หาซื้อได้จากภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้รวบรวมรายละเอียดเกี่ยวกับธรณีวิทยาของประเทศไทยไว้เป็นรูปเล่มเรียบร้อยแล้ว

เอกสารเกี่ยวกับธรณีวิทยาทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย อาจารย์สุกันยา วรรณเกษม ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้จัดทำและเผยแพร่แก่คณะอาจารย์ที่เข้ารับการอบรมในโครงการ การศึกษานอกระบบ ของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งจัดทำเป็นประจำทุก ๆ ภาคฤดูร้อน และได้จัดส่งให้อาจารย์สุวารีย์ เรียบร้อยแล้ว

แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มีหาได้จากกองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรณ์ธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

2) ถาม อาจารย์สุกัญญา สุวรรณกูล โรงเรียนเบ็ญจมมหาราช อุบลราชธานี ต้องการทราบรายละเอียดและจุดที่น่าสนใจทางด้านธรณีวิทยาของบริเวณสองข้างทางรถยนต์สายกรุงเทพฯ-เชียงใหม่ เนื่องจากทางโรงเรียนฯ จัดพาเด็กนักเรียนไปทัศนศึกษาที่เชียงใหม่

1. จุดต่าง ๆ ที่น่าสนใจที่ควรจะแวะดู

ตอบ

จุดที่ 1. หลังสนามกีฬาเทศบาล อ.เมือง จ.นครสวรรค์ บริเวณที่ตั้งเสาร์อากาศของสถานีวิทยุ เป็นบริเวณที่หินพวก chert bed โผล่ให้เห็น

จุดที่ 2. กม. 477 กรุงเทพฯ-เชียงใหม่ หินกรวดมนพื้นฐานของหินชุดลำปาง (Basal Conglomerate of Lampang group) ประกอบด้วยกรวดมน (Pebble) พวก Rhyorite และมีหินพวก Tuffaceous sandstone โผล่ให้เห็นเป็นบริเวณกว้าง

จุดที่ 3. กม. 530 กรุงเทพฯ-เชียงใหม่ เป็นพวกหินแปรชนิด phyllite และ Quartzitic phyllite ที่มีผลึกของแร่ Pyrite (เหล็ก-ซัลไฟด์ $FeS_2$) ฝังอยู่ในเนื้อหิน

จุดที่ 4. กม. 570 กรุงเทพฯ-เชียงใหม่ สองข้างถนนจะเป็นหิน Basalt ชนิด Vesicular และ Amygdaloidal basalt วางตัวอยู่บนชั้นของกรวดของ (gravel bed) แม่น้ำวัง

จุดที่ 5. กม. 41 ลำปาง-เชียงใหม่ เป็นหินอัคนีพวก granite ยุค Triasic แทรกตัวเข้าไปใน Slaty shale

จุดที่ 6. กม. 51 ลำปาง-เชียงใหม่ Shale สีเทาอ่อนมองเห็นลักษณะชั้นเล็ก ๆ ของบางบริเวณกำลังจะเปลี่ยนไปเป็นหิน slalty shale

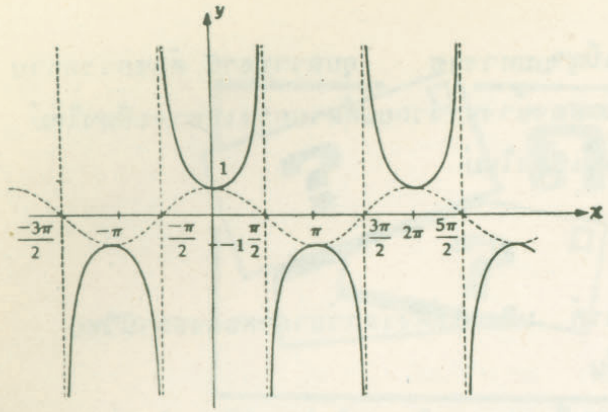
จุดที่ 7. กม. 58.5 ลำปาง-เชียงใหม่ chert แทรกสลับอยู่กับ Limestone (หินปูน) ลักษณะโครงสร้างของหินจะโค้งงอ (Fold) และมีแนวเลื่อน (fault) มากมายเนื่องจากบริเวณนี้พบว่ามีหิน Andesite แทรกตัวเข้ามา

จุดที่ 8. กม. 105 เชียงใหม่-ฝาง หิน Carbonaceous Shale สีดำ มีแร่ Pyoite แทรกอยู่ทั่วไป และเป็นแหล่งที่พบบรรพชีวัน (fossil) พวก Monograptus sp. อยู่ทั่วไป

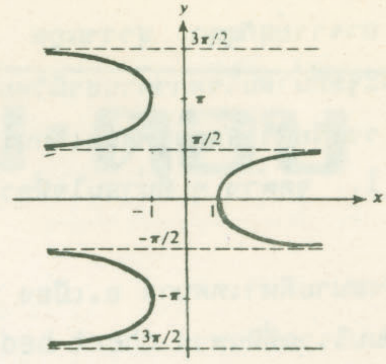
## ปัญหาทางคณิตศาสตร์

ถาม ทำไมสูตรอนุพันธ์ของอินเวอร์สฟังชั่นของฟังชั่นตรีโกณบางฟังชั่นในตำราแคลคูลัสจึงไม่เหมือนกัน เช่นฟังชั่นอาร์คซีแคนต์บางตำรากล่าวว่า อนุพันธ์ของฟังชั่นนี้เท่ากับ $\frac{1}{|x|\sqrt{x^2-1}}$ เมื่อ $|x| > 1$ แต่บางตำรากล่าวว่าเท่ากับ $\frac{1}{x\sqrt{x^2-1}}$ เมื่อ $|x| > 1$

ตอบ เพื่อตอบปัญหานี้ ขอให้ผู้อ่านทำความเข้าใจการให้นิยามอนเวอร์สฟังชั่นของฟังชั่นตรีโกณเสียก่อน เช่นในกรณีของฟังชั่นอาร์คซีแคนต์ ถ้าให้ $g(x) = \sec x$ กราฟของ g เป็นดังรูปที่ 1 และ g ไม่เป็นฟังชั่นชนิดหนึ่งต่อหนึ่ง อินเวอร์สของ g จึงเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นฟังชั่นดังรูปที่ 2

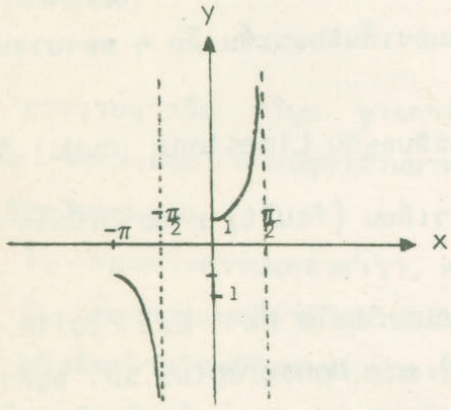



รูปที่ 1

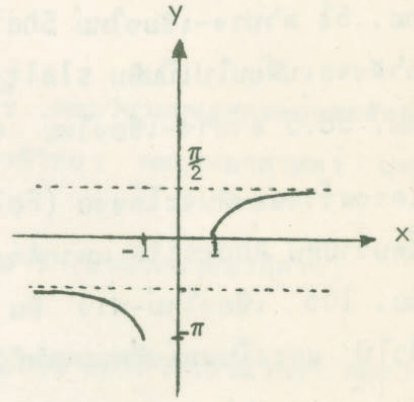



รูปที่ 2

ถ้าเรานิยาม $g_1(x) = \sec x$ เมื่อ $-\pi \leq x < -\frac{\pi}{2}$ หรือ $0 \leq x < \frac{\pi}{2}$ จะได้ว่า $g_1$ เป็นฟังชั่นชนิดหนึ่งต่อหนึ่งโดยมีกราฟดังรูปที่ 3 ดังนั้นอินเวอร์สของ $g_1$ ซึ่งมีนิยามว่า $g_1^{-1}(x) = y$ ก็ต่อเมื่อ $\sec y = x$ เป็นฟังชั่น เราเรียกฟังชั่นนี้ว่าฟังชั่นอาร์คซีแคนต์ เขียนแทนด้วย ar3 sec (นั่นคือ $y = \text{ar4 sec } x \leftrightarrow x = \sec y$ เมื่อ $y \in [-\pi, -\frac{\pi}{2}) \cup [0, \frac{\pi}{2})$ )



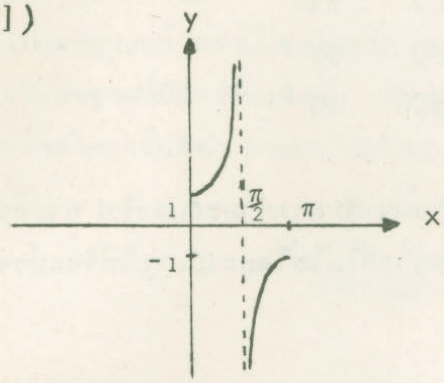

รูปที่ 3



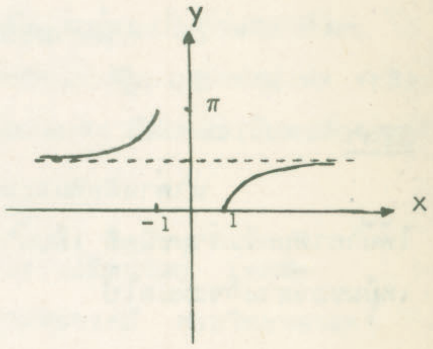

รูปที่ 4

จะเห็นว่าเราสร้างฟังชั่น $g_1$ ให้เป็นชนิดหนึ่งต่อหนึ่งโดยจำกัดโดเมนของฟังชั่น g ดังนั้น ฟังชั่นอาร์คซีแคนต์ไม่ใช่อินเวอร์สของฟังชั่นซีแคนต์ แต่เป็นอินเวอร์สของส่วนหนึ่งของฟังชั่นซีแคนต์

ให้ผู้อ่านพิจารณาฟังชั่น $g_2$ ซึ่งให้นิยามโดย $g_2(x) = \sec x$ เมื่อ $0 \leq x < \frac{\pi}{2}$ หรือ $\frac{\pi}{2} < x \leq \pi$ ดังกราฟในรูปที่ 5 จะได้ว่า $g_2$ ก็เป็นส่วนหนึ่งของฟังชั่น g และเป็นฟังชั่นชนิดหนึ่งต่อหนึ่ง $g_2^{-1}$ ซึ่งมีนิยามว่า $g_2^{-1}(x) = y$ ต่อเมื่อ $\sec y = x$ เป็นฟังชั่น ดังรูปที่ 6 และในตำราบางเล่มจะเรียก $g_2^{-1}$ ว่าฟังชั่นอาร์คซีแคนต์ (นั่นคือ $y = \text{arc sec } x \leftrightarrow x = \sec y$ เมื่อ $y \in [0, \frac{\pi}{2}) \cup (\frac{\pi}{2}, \pi]$)




รูปที่ 5




รูปที่ 6.

เมื่อมาถึงจุดนี้ คิดว่าผู้อ่านบางท่านคงได้คำตอบไปบ้างแล้วว่าเหตุใดสูตรอนุพันธ์ของอินเวอร์สฟังชั่นของฟังชั่นตรีโกณบางตำราจึงไม่เหมือนกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการให้นิยามอินเวอร์สฟังชั่นของฟังชั่นตรีโกณนั่นเอง สำหรับตัวอย่างที่ยกมาอธิบายนี้ เราจะได้ว่าฟังชั่นอาร์คซีแคนต์ที่ได้จากฟังชั่น $g_1$ มีอนุพันธ์เป็น $\frac{1}{x\sqrt{x^2-1}}$ เมื่อ $|x| > 1$ และฟังชั่นอาร์คซีแคนต์ที่ได้จากฟังชั่น $g_2$ มีอนุพันธ์เป็น $\frac{1}{|x|\sqrt{x^2-1}}$ เมื่อ $|x| > 1$ ทั้งนี้ผู้อ่านสามารถตรวจคำตอบได้โดยดูจากกราฟในรูปที่ 4 และรูปที่ 6 และจากความจริงที่ว่า อนุพันธ์ของฟังชั่นที่จุด x ใด ๆ คือค่าความชันของเส้นสัมผัสซึ่งสัมผัสกราฟที่จุด x

ในรูปที่ 4 เมื่อ $x < -1$ ค่าความชันของเส้นสัมผัสกราฟที่จุด x มีค่าเป็นลบ และเมื่อ $x > 1$ ค่าความชันของเส้นสัมผัสกราฟที่จุด x มีค่าเป็นบวก ดังนั้นสูตรอนุพันธ์จึงมีค่าเป็น $\frac{1}{x\sqrt{x^2-1}}$ เมื่อ $|x| > 1$

ในรูปที่ 6. เมื่อ $|x| > 1$ ค่าความชันของเส้นสัมผัสกราฟที่จุด x มีค่าเป็นบวกเสมอ และสูตรอนุพันธ์จึงมีค่าเป็น $\frac{1}{|x|\sqrt{x^2-1}}$ เมื่อ $|x| > 1$

จากที่ได้ตอบมานี้อยากจะเน้นให้ผู้อ่านทราบว่า การหาอนุพันธ์ของอินเวอร์สฟังชั่นของฟังชั่นตรีโกณ เราจะต้องดูด้วยว่า ฟังชั่นนั้น เป็นอินเวอร์สฟังชั่นของส่วนไหนของฟังชั่นตรีโกณ เพื่อพิจารณาค่าของอนุพันธ์ได้ถูกต้อง

# เกร็ดความรู้

## น้ำยาดับกลิ่นส้วม

สารที่ใช้

1. ด่างทับทิม 20 กรัม
2. กรดกำมะถัน 30 ซีซี
3. น้ำ 1,500 ซีซี

วิธีทำ

นำด่างทับทิมละลายในน้ำแล้วเติมกรดกำมะถันลงไป กวนด้วยแท่งแก้วให้เข้ากัน ก็จะได้น้ำยาดับกลิ่นส้วมชนิดดี เก็บน้ำยาไว้ในขวดที่ไม่ใช่โลหะ เมื่อจะใช้จึงแบ่งจากขวดเทราดส้วม กลิ่นเหม็นของส้วมก็จะหมดไป

## น้ำยาเช็ดกระจก

สารที่ใช้

1. สบู่
2. กลีเซอรีน

วิธีทำ

เฉือนสบู่ (สบู่ซักผ้าธรรมดาหรือสบู่แข็ง) ให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ วางไว้ในภาชนะ เทกลีเซอรีนลงไปพอให้ท่วมสบู่ ทิ้งไว้จนสบู่ละลาย หรืออาจจะใช้ความร้อนเข้าช่วยบ้างก็ได้ เมื่อสบู่ละลายหมดแล้วคนให้เข้ากัน ยกลงจากไฟทิ้งไว้ให้เย็น ก็ใช้ได้

## การทดสอบผงชูรสอย่างง่าย

ผงชูรสที่แท้ควรมีลักษณะดังนี้

1. เป็นเกล็ด ๆ ที่มีลักษณะเท่ากันตลอด หัวท้ายตัด
2. เป็นเกล็ด ๆ แท่งเหลี่ยม ๆ ปลายข้างหนึ่งเล็ก
3. ปลายทั้งสองข้างมีลักษณะสี่เหลี่ยม กลางเล็ก รูปร่างคล้ายกระดูก
4. เป็นผงขาวบริสุทธิ์ ยิ่งขาวมาก สะอาดมาก ไม่ว่าจะเก็บไว้นานเท่าใดก็ยังคงมีสภาพเดิม
5. ผงชูรสตราเดียวกันหรือยี่ห้อเดียวกัน ต้องมีลักษณะเหมือนกันหมด ไม่ว่าจะอยู่คนละซองหรืออยู่คนละแห่งก็ตาม
6. จะไม่ชื้นง่าย ทิ้งไว้ในอากาศก็ไม่เปียกชื้น
7. กลิ่นหอมชวนรับประทาน

ผงชูรสปลอมหรือที่มีคุณภาพไม่ค่อยดี ก็จะมีลักษณะตรงข้ามกับข้างบนนี้ และนอกจากนี้ก็ยังสามารถสังเกตุได้คือ

1. มีความวาวมากกว่าของแท้
2. สังเกตุซองหรือภาชนะจะทำขึ้นใหม่ บางกรณีจะไม่อยู่อย่างถาวร
3. เกล็ดไม่คอดอย่างลักษณะของกระดูก

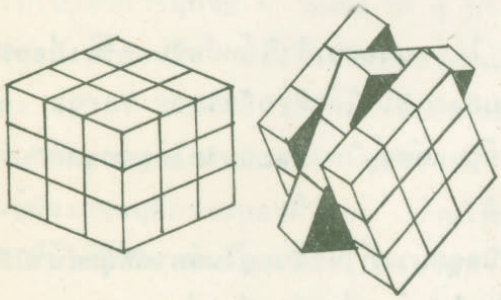
นอกจากการสังเกตุลักษณะภายนอกอย่างง่าย ๆ แล้ว เราสามารถทดสอบผงชูรสได้อีก เช่น การทดสอบโดยการเผาไหม้

ในการทดสอบนี้ให้นำผงชูรสที่จะทำการทดสอบมาครึ่งช้อนชา ใส่ลงในช้อนโลหะแล้วเผาจนหลอมเหลว แล้วสังเกตุสิ่งต่อไปนี้

ก. ถ้าเป็นผงชูรสแท้ สารนั้นจะไหม้ไฟ เหลือส่วนที่อยู่ในช้อนเป็นถ่านสีดำที่ช้อน

ข. ถ้าเป็นผงชูรสที่มีสารอื่นเจือปน เช่น บอแรกซ์หรือโซเดียมเมตาฟอสเฟต จะสังเกตุได้คือ ส่วนที่เป็นผงชูรสแท้จะไหม้เป็นสีดำ ส่วนสารผสมจะเพียงแต่หลอมตัว มีลักษณะเป็นผงสีขาวอยู่อีกส่วนหนึ่งด้วย

รวบรวมโดย อาจารย์ทิพย์วัลย์ เอกปัต
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น



## ลูกบาศก์รูบิก

ในบรรดาของเล่นชนิดเล่นคนเดียวที่อยู่ในความนิยมของทั้งเด็กและผู้ใหญ่ในขณะนี้ คงไม่มีอะไรเกิน "ลูกบาศก์รูบิก"

ลูกบาศก์ดังกล่าวมีความยาวของด้านประมาณเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกเทนนิส หน้าทั้งหกของลูกบาศก์มีสีต่างกัน แต่ละหน้าแบ่งออกเป็นตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่า ๆ กัน 9 ตาราง และเราสาสามารถบิดแต่ละส่วนตามแนวนอน หรือแนวดิ่งได้

ถ้าเราบิดลูกบาศก์ตามแนวต่าง ๆ เพียงสี่ห้าครั้งให้แต่ละหน้า ประกอบด้วยตารางสีต่างๆ คละกัน ซึ่งได้แก่สีน้ำเงิน เขียว เหลือง แดง แสด และสีขาว แล้วพยายามบิดให้แต่ละหน้ากลับเป็นสีเดียวตามเดิม จะพบว่าไม่ใช่สิ่งที่ทำได้ง่าย ๆ ทั้งนี้เพราะวิธีบิดทั้งหมดที่เป็นไปได้มีถึง 43, 252, 003, 274, 489, 856, 000 วิธี

ผู้ประดิษฐ์ของเล่นชิ้นนี้ชื่อ Ernö Rubik เป็นชาวฮังกาเรียน เขาสำเร็จปริญญาทาง Architectural Engineering และ Interior Design ปัจจุบันเป็นอาจารย์อยู่ที่ Academy of Applied Arts ในกรุงบูดาเปสต์ ประเทศฮังการี

Rubik เป็นผู้มีความสนใจเรขาคณิตในสามมิติ และกลศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง ในฤดูร้อน ปี พ.ศ. 2517 ขณะที่เขากำลังคิดถึงกฎของเรขาคณิต Rubik ก็นึกถึงวัตถุชิ้นหนึ่ง ที่หมุนได้รอบ 3 แกน เขาพลิกวัตถุชิ้นนั้นกลับไปกลับมาในใจหลายตลบ จนในที่สุดเขาคิดได้ว่า มันเป็นเหมือนปริศนาหรือของเล่นอะไรอย่างหนึ่ง เขาจึงพยายามสร้างโมเดลขึ้นมา แต่ก็พบข้อจำกัดในการสร้างชิ้นส่วนที่จะทำให้ตารางสี่เหลี่ยมบนหน้าต่าง ๆ ของลูกบาศก์เคลื่อนย้ายตำแหน่ง ด้วยวิธีบิดหรือหมุนอย่างง่าย ๆ ในที่สุดเขาก็สามารถเอาชนะปัญหานี้ได้ แต่ต้องมาเผชิญกับปัญหาสำคัญ คือ เมื่อแต่ละหน้าของลูกบาศก์มีสีต่าง ๆ กันแล้ว ทำอย่างไรมันจึงจะกลับไปอยู่ในตำแหน่งเดิมได้ Rubik ใช้เวลาอยู่หลายสัปดาห์กว่าจะประสบความสำเร็จ เขาได้ขอสิทธิบัตร ไว้ตั้งแต่ พ.ศ. 2518 แต่ในประเทศคอมมูนิสต์นั้น หาผู้สนใจผลิตของเล่นใหม่ ๆ ได้ไม่ง่ายนัก ในที่สุดบริษัทผลิตของเล่น Politechnika สนใจที่จะผลิตของเล่นชนิดนี้ แต่ก็ต้องประสบอุปสรรคพอสมควร เนื่องจาก Triál ซึ่งเป็นหน่วยงานจัดจำหน่ายของเล่นของรัฐ มีความเห็นว่าของเล่นชิ้นนี้ยากเกินกว่าที่จะได้รับความนิยมจากคนหมู่มาก อย่างไรก็ตามของรุ่นแรกจำนวน 5,000 อัน ได้มีวางขายตามร้านต่าง ๆ ในฮังการี ก่อนเทศกาลคริสต์มาสในปี พ.ศ. 2520 เพียงเล็กน้อยเพียงเวลาไม่กี่วันก็จำหน่ายหมด บริษัทจึงได้เร่งผลิตของรุ่นที่สองจำนวน 7,000 อัน ออกสู่ตลาดทันทีและหลังจากนั้นก็ต้องผลิตมิได้หยุดยั้ง

ลูกบาศก์นี้เป็นที่นิยมเล่นกันอย่างแพร่หลายในฮังการี แล้วก็เริ่มเผยแพร่ไปยังประเทศอื่น ๆ ในการประชุมนักคณิตศาสตร์นานาชาติที่กรุงเฮลซิงกิ ประเทศฟินแลนด์ เมื่อ ปี พ.ศ. 2521 นั้น Professor Tamás Varga จากฮังการี ได้นำลูกบาศก์รูบิกติดไปด้วยหลายอัน ณ ที่นั้นชาวอเมริกันผู้เป็นอาจารย์สอนอยู่ที่ลอนดอนชื่อ David Singmaster ได้อ้อนวอนขอไปได้หนึ่งอัน ครั้นเมื่อกลับถึงอังกฤษแล้ว Singmaster ได้ส่งหนังสือที่ไม่มีวางขายในฮังการีไปให้ Professor Varga เล่มหนึ่งเป็นการตอบแทน พร้อมทั้งบอกว่าเพื่อน ๆ ของเขาทุกคนล้วนแต่หลงใหลและอยากได้ลูกบาศก์กันทั้งนั้น ซึ่งท่านศาสตราจารย์ก็ได้กรุณาส่งไปให้เป็นจำนวนหนึ่งโหล

ต่อมา Singmaster ได้เขียนคู่มือที่จะบิดลูกบาศก์ให้กลับอยู่ในสภาพที่ทุกหน้ามีสีเดียว หนังสือคู่มือของเขาเล่มนี้ หนาถึง 66 หน้า และได้จำหน่ายไปแล้วกว่าหนึ่งหมื่นเล่ม

Rubik เองไม่เคยกล่าวว่าลูกบาศก์ของเขามีคุณค่าในด้านการศึกษาโดยตรงแต่อย่างไร แต่นักคณิตศาสตร์ พบว่ามีปรากฏการณ์ที่น่าสนใจหลายประการ ในเรื่อง Group theory.

ปัจจุบันลูกบาศก์รูบิก มีจำหน่ายแพร่หลายไปทั่วโลกภายใต้ชื่อเรียกต่าง ๆ กัน บางครั้งมีการดัดแปลงขนาด สีสรรและเพิ่มลวดลายลงบนหน้าต่าง ๆ ของลูกบาศก์ด้วย เริ่มจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา โดยใช้ชื่อลูกบาศก์มหัศจรรย์ (Magic Cube) ใน ปี พ.ศ. 2523 และแพร่หลายมายังประเทศไทย เมื่อปลายปีที่แล้ว บริษัทผลิตของเล่น The Ideal Toy Corp. ซึ่งผลิตลูกบาศก์ถึงเดือนละ 1.5 ล้านลูก กำลังเตรียมจัดการแข่งขันระดับโลกเพื่อหาผู้ที่สามารถบิดลูกบาศก์ให้ทุกหน้ามีสีเดียวได้เร็วที่สุดในโลก เด็กหนุ่มชาวอังกฤษอายุ 16 ปี ชื่อ Nicolas Hammond กล่าวว่าเขาสามารถทำได้ในเวลา 40วินาที ส่วนชายหนุ่มชาวฝรั่งเศส อายุ 25 ปี ชื่อ Jerôme Jean - Charles ใช้เวลาเฉลี่ยเพียง 32 วินาที เท่านั้น คุณเล่าใช้เวลาเท่าไร?

เรียบเรียงโดย ผศ. พูลสุข ธันวารชร จาก

Warshofsky, Fred.
"Rubik's Cube : Madness For Millions."
Reader's Digest, June 1981 : 77 - 80

# ความฉลาดของผึ้งไทย

น้ำผึ้งดูเหมือนว่าคำนี้จะเป็นที่ดึงดูดความสนใจหลาย ๆ คน โดยเฉพาะหญิงสาวหรือที่คิดว่ายังสาวอยู่ เนื่องจากว่าน้ำผึ้งเป็นยาที่ใช้รักษาโรคต่าง ๆ ได้มากมาย เช่น แก้โรคหืด เป็นยาอายุวัฒนะ นอกจากนี้ว่ากันว่า ถ้าทานกล้วยตากแช่น้ำผึ้งทุกวันจะทำให้ผิวสวย ทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นเพียงตัวอย่างส่วนน้อยที่ได้จากน้ำผึ้ง ถ้าจะพูดถึงสรรพคุณกันให้หมดคงจะต้องใช้เวลามาก เราลองย้อนกลับมาดูซิว่าน้ำผึ้งได้มาอย่างไร น้ำผึ้งที่เรานำมารับประทานหรือดื่มกินอยู่ทุกวันนี้ ได้มาด้วยความเหนื่อยยากของผึ้งที่พยายามบินออกไปไม่ว่าจะไกลแสนไกลแค่ไหนเหนื่อยแค่ไหนผึ้งก็ต้องบิน บินไปเพื่อหาน้ำหวานจากเกษรดอกไม้ นำมาเก็บสะสมเอาไว้ทีละเล็กละน้อย ผึ้งหาน้ำหวานแต่ละตัวเกิดมาเพื่อทำงานนี้โดยเฉพาะ น้ำหวานที่นำมาแต่ละครั้งถ้าเรามาดูจะเห็นว่าปริมาตรที่ผึ้งนำมาได้นั้นครั้งละไม่กี่มิลลิลิตรกว่าจะได้เต็มรัง ผึ้งเก็บน้ำหวานเอาไว้เพื่อเป็นอาหารในฤดูแล้งและเลี้ยงตัวอ่อน มันต้องฟันฝ่าอุปสรรคมากมาย ต้องเสี่ยงชีวิตจากตัวต่อผู้เป็นเพชฌฆาตที่คอยประหารมันอยู่ตลอดเวลา แต่แล้วสิ่งที่มันอุตส่าห์สะสมเอาไว้กลับถูกโจรใจร้ายโจมตีแย่งเอามาเสียดื้อ ๆ ไม่เหลือแม้กระทั่งชีวิตเล็ก ๆ ของลูกอ่อนและรังอันแสนสบาย ทุกสิ่งทุกอย่างถูกปล้นไปหมด ชีวิตผึ้งร่อยหรอลงทุกวัน ๆ จนเกือบจะหมด ความพยายามของมนุษย์ไม่ได้ลดน้อยถอยลงไปเลย เพื่อที่จะแสวงหามาให้ได้ซึ่งน้ำผึ้ง เมื่อผึ้งพื้นบ้านไม่สามารถผลิตน้ำผึ้งให้ทัน มนุษย์เราก็ได้พยายามหาผึ้งจากต่างชาติมาเลี้ยง แต่อนิจาผึ้งต่างชาติผู้น่าสงสารถูกฆาตกรต่อจับไปเป็นอาหารทุกวัน ๆ วันละมาก ๆ ทำให้จำนวนผึ้งลดน้อยลงไม่สามารถหาอาหารได้พอกับความต้องการของเจ้าของผึ้ง ซึ่งเป็นที่วิตกของผึ้งและผู้เลี้ยงผึ้งที่ไม่สามารถที่จะแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร

พฤติกรรมที่กล่าวถึงต่อไปนี้จะแสดงให้เห็นความสามารถของผึ้งไทยที่ต่อสู้ด้วยความฉลาดเพื่อการอยู่รอดของตัวมันเอง คุณวิจารณ์ วิทยศักดิ์ หัวหน้าอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย ได้เป็นผู้สังเกตุพฤติกรรมของผึ้งไทย ท่านได้ทำรังผึ้งมีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมมีทางเข้าออกเป็นช่องวงกลม เพื่อให้ผึ้งบินเข้าออกเวลาไปหาอาหาร เมื่อทำรังไม้เสร็จท่านได้นำเอาขี้ผึ้งทาบริเวณปากทางเข้าออกทุก ๆ วัน ปรากฏว่ามีผึ้งที่คงจะมีความทันสมัยอยู่สักหน่อยคือชอบอยู่บ้านจัดสรรค์มากกว่าอยู่ในป่า ผึ้งเหล่านี้ได้พากันมาจับจองบ้าน และเริ่มทำการหาอาหารสะสมเอาไว้เลี้ยงตัวอ่อนและใช้ในฤดูแล้ง ในขณะที่ผึ้งนำเอาน้ำหวานที่หามาจะนำเข้ารัง มันจำเป็นต้องเกาะที่ปากทางเข้าเพื่อที่จะได้เดินเข้าไปได้ถูกต้อง ไม่บินไปชนตัวอื่น ๆ ในรัง ในขณะที่มันเกาะเพื่อเตรียมตัวจะนำอาหารเข้าบรรจุในช่องเก็บเสบียงนั้นเอง เจ้าเพชรฆาตได้รอคอยเวลานี้อยู่นานแล้ว เจ้าต่อจะมาเฝ้าบริเวณใกล้ ๆ กับปากทางเข้าออกอยู่ตลอดเวลา เมื่อผึ้งบินมาเกาะที่ปากทางเข้าเจ้าต่อก็โจมตีอย่างทันทีทันใดแล้วปลิดชีวิตของผึ้งที่กำลังคิดว่าวันนี้เราคงได้พักผ่อนเสียที หลังจากที่ทำงานหนักมาทั้งวัน การพักผ่อนของผึ้งที่โชคร้ายตัวนั้นนานเสียนับเวลาไม่ได้ว่านานเท่าไร ผึ้งอีกหลาย ๆ ตัวถูกเพชรฆาตต่อปลิดชีวิตทุกวัน ๆ แต่ด้วยความฉลาดและเพื่อการอยู่รอดของผึ้งทั้งรัง ต่อมาอีกประมาณ 2 อาทิตย์ ปรากฏว่าบริเวณปากทางเข้าออกมีผึ้งเรียงแถวเกาะอยู่ในทางเข้าออกเต็มวงกลม และเมื่อผึ้งงานที่หาอาหารกลับมา ผึ้งทุกตัวที่อยู่บริเวณปากทางเข้าออกจะกระพือปีกขึ้นพร้อม ๆ กัน เพื่อเป็นการแสดงแสนยานุภาพต้อนรับผึ้งงาน ผึ้งงานก็จะบินมาเกาะปากทางเข้าแล้วเดินเข้ารังอย่างสง่าผ่าเผย โดยที่เจ้าต่อเห็นการแสดงแสนยา

นุภาพของผึ้งที่พร้อมเพียงกันเช่นนั้น ก็ไม่กล้าที่จะเอาชีวิตเข้าเสี่ยงเลยถอยทัพไม่กล้าที่จะโจมตีผึ้งอีกต่อไป และเมื่อการทำงานได้ผลผึ้งจึงยึดเอายุธวิธีนี้เป็นการป้องกันตัวตลอดมา โดยที่บางวันมันไม่จำเป็นจะต้องเกาะเต็มปากทางเข้า เจ้าฆาตกรต่อก็ไม่กล้าที่จะย่างกรายเข้ามาอีกเลย แต่อนิจา เจ้าผึ้งน้อยอย่าหวังเลยว่าอาหารที่เจ้าอุตส่าห์สะสมทีละเล็กละน้อยนั้นเจ้าจะได้ลิ้มรสมัน

เรียบเรียงโดย อาจารย์สุกันยา วรรณเกษม
ภาควิชาชีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## น้ำผึ้ง

น้ำผึ้งเป็นผลิตผลที่เกิดจากการที่ผึ้งบินไปเก็บน้ำหวานจากดอกไม้ (nectar) และแหล่งน้ำหวานอื่น ๆ มาเก็บสะสมไว้ในรังผึ้ง และระหว่างทางที่บินกลับสู่รังผึ้งจะปล่อยน้ำย่อยชนิดหนึ่ง เรียกว่า อินเวอร์เทส เอนไซม์ (invertase enzymes) ออกมาจากต่อมใต้คอ (hypopharyngeal salivary gland) น้ำย่อยนี้จะเปลี่ยนน้ำตาล ซูโครส (sucrose) ซึ่งเป็นน้ำตาลจากดอกไม้ และน้ำตาลชนิดอื่น ๆ ให้เป็นน้ำตาล รีดิวซิ่ง (reducing sugar) ได้แก่พวก เด็กโตรส (dextrose), ฟรุ๊กโตส (fructose) กาแลกโตส (galactose) และลีวูโลส (levulose) เป็นต้น

การที่น้ำผึ้งมีความเข้มข้นสูงเนื่องจากขณะที่ผึ้งบินกลับสู่รังเป็นระยะทางไกล ๆ ผึ้งต้องกระพือปีกขึ้นลงนาทีละ 11,400 ครั้ง จึงก่อให้เกิดความร้อนทำให้น้ำระเหยออกไปจากน้ำผึ้ง และเมื่อขยอกออกมาเก็บไว้ตามหลอดรัง (cell) บรรดาผึ้งในรังยังช่วยกันกระพือปีกเพื่อปรับอุณหภูมิภายในรังผึ้งและระบายความชื้นของน้ำผึ้งที่มีน้ำผสมอยู่ระเหยออกไปจนมีส่วนผสมของน้ำเหลืออยู่ประมาณ 15-20 %

ส่วนประกอบของน้ำผึ้งนอกจากน้ำตาลรีดิวซิ่งแล้วยังประกอบด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ วิตามิน ฯลฯ เนื่องจากน้ำหวานจากดอกไม้มีละอองเกสรดอกไม้ (Pollen) เจือปนอยู่ ซึ่งละอองเกสรดอกไม้ที่เป็นชิ้นส่วนละเอียดเล็ก ๆ (Pollen particle) นี้ประกอบไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สำคัญได้แก่ วิตามิน 16 ชนิด เกลือแร่ 16 ชนิด, เอ็นไซม์ 18 ชนิด โปรตีน 18 ชนิด กรดอะมิโน และฮอร์โมน 16 ชนิด

คุณค่าทางสารอาหารของน้ำผึ้งย่อมไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับแหล่งของต้นไม้ ฤดูกาลที่ต่างกัน และชนิดของพันธุ์ผึ้ง เช่น มีสีไม่แน่นอน มีทั้งสีขาวใสเหมือนน้ำฝน ขาวขุ่น สีหม่น เขียว เหลือง แดง น้ำตาลไหม้จนกระทั่งสีคล้ำก็มี น้ำผึ้งที่มีสีเข้มจะมีปริมาณแร่ธาตุและกรดอะมิโนมากกว่าน้ำผึ้งที่มีสีจางและน้ำผึ้งที่เก็บไว้นาน ๆ ที่อุณหภูมิปกติจะมีสีเข้มขึ้น เพราะกรดอะมิโนทำปฏิกริยากับน้ำตาลรีดิวซิ่งได้สารเมลานอยดิน (melanoidin)

น้ำผึ้งบางชนิดมีความเข้มข้นสูงมากขนาดเชื้อแบคทีเรียตกลงไปต้องตายก็มีและถ้าเก็บไว้นาน ๆ ก็อาจมีการตกผลึกของน้ำผึ้งได้ สีของผลึกไม่แน่นอนบางชนิดมีสีขาวคล้ายน้ำมันหมู แข็งตัวได้ที่อุณหภูมิปกติ บางชนิดตะกอนสีแดงหรือสีดำ ตะกอนเหล่านี้มีขนาดเกือบเท่า ๆ กัน ละเอียด ขุ่นฝ้าไม่ใสแจ๋วเหมือนผลึกน้ำตาล น้ำผึ้งตกผลึกนี้ (crystal honey) เป็นที่นิยมบริโภคกันมากทั้งในยุโรปและอเมริกา โดยใช้ทาขนมปังแทนแยม จึงเรียกน้ำผึ้งชนิดนี้ว่า ฮันนี่ครีม (honey cream) ซึ่งมีราคาแพง จึงได้มีการเลี้ยงผลึกน้ำผึ้งกันเป็นอุตสาหกรรม เช่น ประเทศนิวซีแลนด์ ได้ทำการผลิตน้ำผึ้งตกผลึกเป็นสินค้าออกส่งขายเกือบทั่วโลก

น้ำผึ้งที่เก็บได้ในช่วงฤดูฝน มักได้น้ำผึ้งที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อยีสต์ (yeast) ในอากาศตกลงไป จะทำการเปลี่ยนน้ำผึ้งให้เป็นกาซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ ทำให้น้ำผึ้งมีฟอง

เกิดขึ้นได้ และถ้าเก็บไว้นาน ๆ โดยไม่ให้แบคทีเรียตกลงไปเลย น้ำผึ้งนี้ก็จะกลายเป็นไวน์ได้เรียกว่า ไวน์น้ำผึ้ง (Honey wine) มีกลิ่นหอม รสหวาน อร่อยมาก ถ้ามีแบคทีเรียตกลงไปได้จะทำให้น้ำผึ้งมีรสเปรี้ยว เพราะเกิดกรดอาซีติก (acetic acid) อ่อน ๆ ขึ้นได้ บางครั้งการเกิดฟองของน้ำผึ้ง ก็ไม่ได้เกิดจากยีสต์ตกลงไปเท่านั้น อาจเกิดจากการเขย่า เกิดจากการเดินทางที่ได้รับความสะเทือนมาก ๆ ก็ได้ เช่นกัน

คนเรารู้จักความหวานและประโยชน์ของน้ำผึ้งมาประมาณ 8,000 ปีแล้ว คุณประโยชน์โดยทั่วไปของน้ำผึ้งมีดังนี้

1) ในวงการแพทย์แผนโบราณของไทย ใช้รับประทานกับยาไทยที่ปั้นเป็นลูกกลอนโดยถือว่าเป็นยาอายุวัฒนะ บำรุงเสียงแก้เจ็บคอ รักษาแผลสดและเน่าเปื่อย

2) ช่วยให้เส้นยาสูบอ่อนนุ่ม สูบไม่เจ็บคอ เก็บไว้ได้นาน

3) ใช้ดองผัก ผลไม้ และใส่ในขนมฝรั่ง ทำให้เก็บได้นาน

4) ในวงการเสริมสวย เชื่อกันว่าน้ำผึ้งมีคุณประโยชน์ในการถนอมผิวทำให้ผิวหนังเกลี้ยงเกลา เปล่งปลั่งสวยงาม และช่วยขจัดสิวฝ้า บนใบหน้าได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีสารต่าง ๆ ในน้ำผึ้งที่มีคุณประโยชน์ในทางเสริมสวยได้แก่ วิตามินเอ บี 1 บี 2 บี 6 อี เค และ ไนอาซีน (niacine) เป็นต้น

วิตามิน เอ ป้องกันมิให้ผิวแห้ง หยาบกระด้างและรักษาความชุ่มชื้นรวมทั้งป้องกันมิให้ผิวหนังติดเชื้อได้ง่าย

วิตามิน บี 1 (thiamine) ป้องกันมิให้ผิวหนังแตกเป็นรอยเนื่องจากถูกความเย็น รักษาอาการทางผิวหนังอื่น ๆ เช่น เส้นเลือดขอด (varicose veins) และอาการบวมเป็นน้ำเหลืองเนื่องจากถูกความเย็น (frostbite)

วิตามิน บี 2 (Riboflavin) บำรุงเซลล์ที่อยู่ข้างในผิวและเนื้อเยื่อ ป้องกันมิให้ผิวหนังเกิดการแตกร้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณมุมปาก

วิตามิน บี 6 (Pyridoxine) บำรุงหนังกำพร้ามิให้เกิดอาการหดตัวของหนังกำพร้า ช่วยให้กรดไขมัน (fatty acid) มาที่ผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น ป้องกันรอยเหี่ยวย่น มิให้ผิวมีลักษณะมันเยิ้มและเป็นเกล็ด ๆ

วิตามิน ซี มีส่วนร่วมในปฏิกิริยา Oxidation-reduction ในเซลล์โดยทำหน้าที่ขนถ่ายไฮโดรเจน ควบคุมการสร้างสาร collagen ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่ยึดเหนี่ยวเซลล์ สามารถป้องกันมิให้สิวบางชนิดเกิดการลุกลาม ช่วยในการสมานผิว และในบางกรณียังสามารถลบรอยตำหนิบนผิวหนังได้อีกด้วย

วิตามิน อี ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ออกซิเจนในเนื้อเยื่อ ทำให้ป้องกันการเกิด free radical ของ unsaturated lipid ที่ผนังเซลล์ ส่งเสริมการทำงานของวิตามินเอ และรักษาโรคผิวหนังบางชนิด

วิตามิน เค ช่วยให้ผิวเรียบ

ไนอาซีน ป้องกันมิให้ผิวหนังหยาบแห้ง

สารต่าง ๆ เหล่านี้ช่วยให้ผิวหนังสดชื่นแลดูอ่อนกว่าวัยได้ โดยต้องทำงานร่วมกับพวกแร่ธาตุต่าง ๆ เกลือแร่ เอ็นไซม์และโปรตีน เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถผ่านทะลุหนังกำพร้าเข้าไปบำรุงหนังแท้ที่อยู่ใต้ผิวหนังได้ ดังนั้นจึงเสนอแนะตำราเสริมสวยด้วยน้ำผึ้ง 2 ขนาน ดังนี้

<u>ขนานที่หนึ่ง</u> ใช้น้ำ Sweet almond 1 ช้อนโต๊ะ
น้ำผึ้งแท้ 2 ช้อนโต๊ะ

<u>ขนานที่สอง</u> มีส่วนประกอบดังนี้ แป้งฝุ่นผัดหน้า น้ำผึ้งและน้ำกุหลาบ ผสมอัตราส่วนตามใจชอบ

ทั้งสองขนานให้ทาหน้าบาง ๆ ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง แล้วใช้ผ้านุ่ม ๆ ชุบน้ำอุ่นถูออก แล้วเช็ดให้แห้ง บางท่านอาจดัดแปลงสูตรผสมเองได้โดยอาจเติมน้ำมะนาวก็ได้ ถ้าท่านขี้เกียจเสริมสวยด้วยวิธีนี้ก็อาจต้องเสียเงินมากหน่อยซื้อครีมสำเร็จรูปจากต่างประเทศที่โฆษณาว่ามีส่วนผสมของน้ำผึ้งก็ได้ซึ่งมีหลายยี่ห้อในปัจจุบันนี้

เนื่องจากในปัจจุบันน้ำผึ้งมีราคาแพงจึงทำให้มีน้ำผึ้งเทียมขึ้นมา น้ำผึ้งเทียมมีกรรมวิธีทำมากมายหลายชนิด โดยทั่ว ๆ ไปใช้น้ำตาลผสมกลิ่นสาบของผึ้ง บางรายผสมสารกันบูด (Sodium - benzoate) ผสมยีสต์ทำให้เกิดเป็นฟอง ผสมแบะแซ (ผลิตภัณฑ์จากแป้งสาลี) เพื่อทำให้น้ำตาลเหนียวข้นและลอยตัว บางครั้งนำน้ำตาลอ้อยหรือน้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนดมาต้มให้มีความเข้มข้นสูง ๆ แล้วใส่กระบอกไม้ไผ่ทิ้งไว้นาน ๆ หลายวันบางทีเป็นเดือน ๆ เพื่อให้น้ำตาลส่วนหนึ่งตกผลึก น้ำตาลอีกส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ใจกลางกระบอกที่ยังไม่ตกผลึกนำมาผสมกับกลิ่นหอม และบรรจุขวดหรือปีบออกจำหน่ายในราคาแพงเพื่อให้คนเชื่อถือ ถ้าท่านเป็นนักเคมีก็อาจทำน้ำผึ้งได้แนบเนียนขึ้นตามสูตรดังต่อไปนี้

<u>สารที่ใช้</u>

| | | | |
|---|---|---|---|
| <u>กลุ่มที่ 1</u> | น้ำตาลทราย | 500 | กรัม |
| | น้ำ | 165 | กรัม |
| | กรดเกลือ | 0.50 | กรัม |
| <u>กลุ่มที่ 2</u> | โซดาซักผ้า | 0.15 | กรัม |
| | น้ำ | 0.50 | กรัม |
| <u>กลุ่มที่ 3</u> | กรดทาร์ทาริค (Tartaric acid) | 6 | กรัม |
| | กรดฟอร์มิก 50% (Formic acid) | 0.35 | กรัม |
| | น้ำ (ใส่พอให้สารทั้งสองละลายได้) | | |
| <u>กลุ่มที่ 4</u> | สี (เพื่อให้ดูคล้ายน้ำผึ้งแท้) | 1.5 | กรัม |

<u>วิธีทำ</u> ผสมสารในกลุ่มที่ 1 (ใช้อุณหภูมิ $70^{o}$) คนแล้วทิ้งไว้ 8 ชั่วโมง จากนั้นจึงใส่สารกลุ่มที่ 2 ลงไปจนกลุ่มที่ 1 หมดฤทธิ์กรด (คือเป็นกลางใช้อินดิเคเตอร์ตรวจดู โดยตักน้ำผึ้งออกมาเล็กน้อยหยดลงบนอินดิเคเตอร์) แล้วใส่สารกลุ่ม 3, 4 และ 5 ตามลำดับ แล้วใช้เครื่องตีหรือปั่น (Mixer) ด้วยความเร็วสูงจนส่วนผสมนั้นรวมกันจนเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenize) น้ำผึ้งเทียมชนิดนี้เรียกว่า

น้ำผึ้งสังเคราะห์ก็ได้

ขั้นตอนดังกล่าวจะเห็นว่าใส่กรดเกลือลงในน้ำตาลทราย เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลกาแลกโตสและฟรุกโตส เป็นต้น ส่วนโซดาซักผ้ามีฤทธิ์เป็นด่างใส่ลงไปเพื่อทำลายความเป็นกรดที่เหลืออยู่ให้หมดไป ส่วนกรดฟอร์มิกหรือชาวจีนเรียกว่า "ซุงก่าฮุ้ง" ทำให้น้ำตาลไม่จับตัวตกผลึกหรือตกตะกอนนอนก้น

<u>เราจะรู้ได้อย่างไรว่า น้ำผึ้งที่ซื้อมามีการปลอมปนหรือไม่</u> ถ้าท่านเป็นนักเคมีก็อาจทำการทดสอบได้ว่ามีพวกกรดฟอร์มิกหรือไม่เป็นต้น ปกติน้ำผึ้งแท้ประกอบด้วยอัตราส่วนของฟรุกโตส : เด็กโตรส อยู่ในช่วง 1.35 : 1.00 หรือ 1.60 : 1.00 ถ้าวิเคราะห์ได้อัตราส่วนเป็น 1 : 1 แสดงว่าเป็นน้ำผึ้งเทียมซึ่งอาจใส่น้ำตาลที่มีโมเลกุลใหญ่ ๆ เช่น ซูโครสเป็นต้น น้ำผึ้งแท้มีวิตามินบี 0.21 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และไนอาซีน 0.16 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมเป็นต้น ถ้าไม่มีสารเคมีหรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ทดสอบแล้วท่านอาจทดสอบได้ง่าย ๆ ดังต่อไปนี้ว่าเป็นน้ำผึ้งแท้หรือปนหรือปลอมได้ดังต่อไปนี้

1) หยดน้ำผึ้งใส่แก้วที่มีน้ำ วางไว้นิ่ง ๆ ของแท้จะเกาะกลุ่มอย่างเหนียวแน่นและจะละลายน้ำช้า ๆ ส่วนของปลอมจะละลายน้ำได้รวดเร็วมาก

2) ใช้ทาบนขนมปัง ถ้าเป็นน้ำผึ้งแท้หน้าขนมปังจะแห้งแข็ง ถ้าปลอมปนหน้าขนมปังจะเปื่อยยุ่ย

3) กรณีน้ำผึ้งที่มีแบะแซผสมอยู่ทดสอบโดยใช้ใบชามาคลุกน้ำเย็นเล็กน้อยจนอิ่มตัวดีแล้วจึงรินน้ำออกให้สะเด็ดน้ำนำมาใส่แก้วหยิบมือหนึ่งจากนั้นเทน้ำผึ้งลงไปประมาณ 2 ช้อนโต๊ะ คลุกเคล้าให้เข้ากับใบชาเป็นอย่างดี แล้วเทน้ำร้อน ๆ ลงไปในน้ำผึ้งที่คลุกเคล้ากับชาจีนหากเป็นน้ำผึ้งเทียม สีของน้ำผึ้งที่มีใบชาผสมจะมีสีแดง และถ้าทิ้งไว้นาน ๆ สีจะคล้ำจนกลายเป็นสีดำได้ แต่ถ้าเป็นน้ำผึ้งแท้ชาจะออกสีเพียงเล็กน้อยเป็นสีเรื่อ ๆ เท่านั้น และน้ำผึ้งจะใสสะอาดไม่คล้ำไม่แดงแต่อย่างใด ในขณะชงน้ำร้อนลงไปใหม่ ๆ น้ำจะขุ่นขาว เมื่อปล่อยทิ้งไว้สีของชาก็จะไม่ละลายออกมา ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าใบชานั้นมีสารแทนนิน (tannin) อยู่ เมื่อถูกผสมกับแบะแซซึ่งมีความเป็นกรด สามารถละลายแทนนินได้จึงฟอกสีแทนนินในใบชาให้ออกมาเห็นเป็นสีแดงและดำในที่สุด

4) การชิม ผู้ชิมจะต้องมีความสามารถแยกแยะออกว่า เป็นน้ำตาลทราย น้ำตาลปิ๊บชนิดที่ทำจากมะพร้าวหรือจากตาลโตนดเป็นต้น

<u>การเก็บรักษาน้ำผึ้ง</u> ควรเก็บไว้ที่อุณหภูมิปกติ ไม่ควรเก็บในตู้เย็นหรือที่มีความชื้นสูง

เรียบเรียงโดย

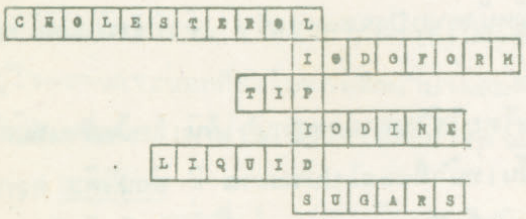
อาจารย์สมลักษณ์ เรืองสุทธินฤภาพ

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

# ลอบภูมิ

คอลัมน์นี้จะจัดเป็นประจำในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. จุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านได้ทดลองใช้ภูมิปัญญาของตนในการตีความหมายของประโยคปริศนา และหาคำตอบที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคำถามที่สุด นอกจากนี้จำนวนอักษรในคำตอบจะต้องเท่ากับจำนวนช่องที่กำหนดไว้ด้วย (ดูตัวอย่าง) ผู้ที่ตอบปัญหาได้ถูกต้องและส่งไปถึงบรรณาธิการเป็นคนแรก จะได้รับรางวัลตอบแทนพร้อมทั้งได้รับการลงชื่อเพื่อประกาศความสามารถในเล่มถัดไป



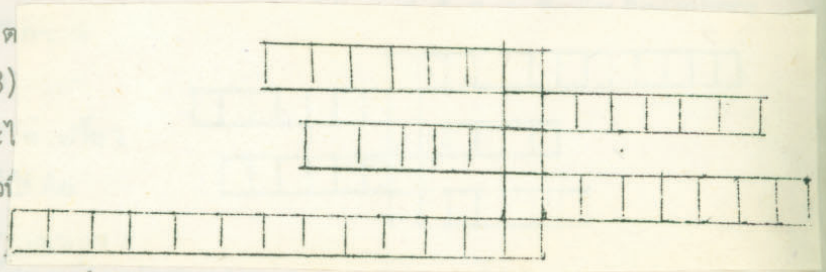

ตัวอย่าง

แถวนอน (1) คุณรับประทานมันหมูมากไปแล้วระวังหลอดเลือดอุดตันนะ (2) การทดสอบหาเอทธิลแอลกอฮอล์โดยวิธีทางเคมี (3) ถ้าอยากได้เยื่อเจริญ จะต้องตัดส่วนใดของพืชมาล่ะ (4) คุณไม่มีเงินซื้ออาหารทะเลรึหา เกลืออนามัยมากินบ้างซิจะได้ไม่เป็นคอหอยพอก (5) ของประเภทใดล่ะที่คุณจะกรอกใส่ขวดได้ (6) ถ้าอยากเป็นเบาหวานละก็กินสารกลุ่มนี้ให้มาก ๆ นะ

แถวตั้ง กลุ่มของสารอาหารที่ให้พลังงานต่อร่างกายสูงสุด

แถวนอน (1) สารประกอบของอลูมิเนียมที่ใช้เป็นตัวดูดซับในการทำโครมาโต (2) เกลือของกรดผลไม้ (3) สารนี้เติมลงในน้ำส้มเสียซิ จะไ น้อยลงหน่อย (4) น้ำตาลตัวก D-glucose นั่นแหละ (5) สารอาหารที่ให้พลังงานและราคาถูกที่สุด

แถวตั้ง สารกลุ่มนี้นี่เองที่ทำให้ดินเปรี้ยว



ปัญหาประจำฉบับ

ส่งคำตอบไปที่ ผศ.สุภาพ ณ นคร บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายในวันที่ 15 พฤศจิกายน 2524

# ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข."

## ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการเรื่องแปล ข่าววิชาการย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

## รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไปและหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทยศัพท์ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้ และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน

4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็น บทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุป และวิจารณ์

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

6. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกสีดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

7. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทางความถูกต้องชัดเจนของบทความทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น

8. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว 8 x 11 นิ้ว (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่ :

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

# ใบสมัครเป็นสมาชิก "วิทยาศาสตร์ มข."

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน พ.ศ.

*เรียน บรรณาธิการวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข."*

ข้าพเจ้า .....

ที่ทำงาน.....

ที่อยู่.....

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

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

จำนวน บาท มาทาง.....

ขอแสดงความนับถือ

(.....)

ใบสั่งจอง Reprint จาก "วารสารวิทยาศาสตร์ มข."

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรียน บรรณาธิการวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข"

ข้าพเจ้า.....

ที่ทำงาน.....

ที่อยู่.....

มีความประสงค์จะสั่งจอง Reprint ของบทความเรื่อง.....

ซึ่งลงในวารสารฉบับที่.....ปีที่.....หน้า.....จำนวน.....ชุด

รวม.....หน้า พร้อมนี้ได้ส่งเงินจำนวน.....บาท มาทาง.....

ขอแสดงความนับถือ

.....

(.....)

พิมพ์ที่ฝ่ายผลิตเอกสาร สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นายเฉลิม ศิลชัย ผู้พิมพ์และโฆษณา

## บทความ

ไข่เยี่ยวม้า.....เกษม นันทชัย.....38

บทบาทของผิวหน้าผลึกในการเร่งปฏิกริยาเคมี.สุนันทา เฮงรัศมี.....43

โลหะไฮไดรด์ : แหล่งสะสมพลังงานรูปหนึ่ง..สมลักษณ์ เรืองสุทธินฤภาพ.....50

เครื่องกลั่นน้ำในดินโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์.สมพร เฉลิมสุข.....55

คอมพายเลอร์ : ล่ามของคอมพิวเตอร์.....บุญส่ง วัฒนกิจ.....59

การทำสไลด์ถาวรของตัวอ่อนไก่.....สุภาพ ณ นคร.....65

การใช้และการเขียนโปรแกรมสำหรับเครื่องคิดเลขมอนโรแบบ 1880
สุกิจจา จันทชุม.....70

พืชทนแล้งกลุ่มใหม่จากอาฟริกา.....วรวรรณ ลิ่มทอง.....79

## งานวิจัย

การศึกษาโครงสร้างภายในและความหนาแน่นของปากใบ
ของเฟิร์นสกุลใบมะขาม (Nephrolepis Schott)บางพันธุ์
สมพงษ์ ธรรมถาวร.....89

**ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ..... 98

**ถาม - ตอบ** ..... 101

**เกร็ดความรู้** ..... 105

**ลองภูมิ** ..... 113