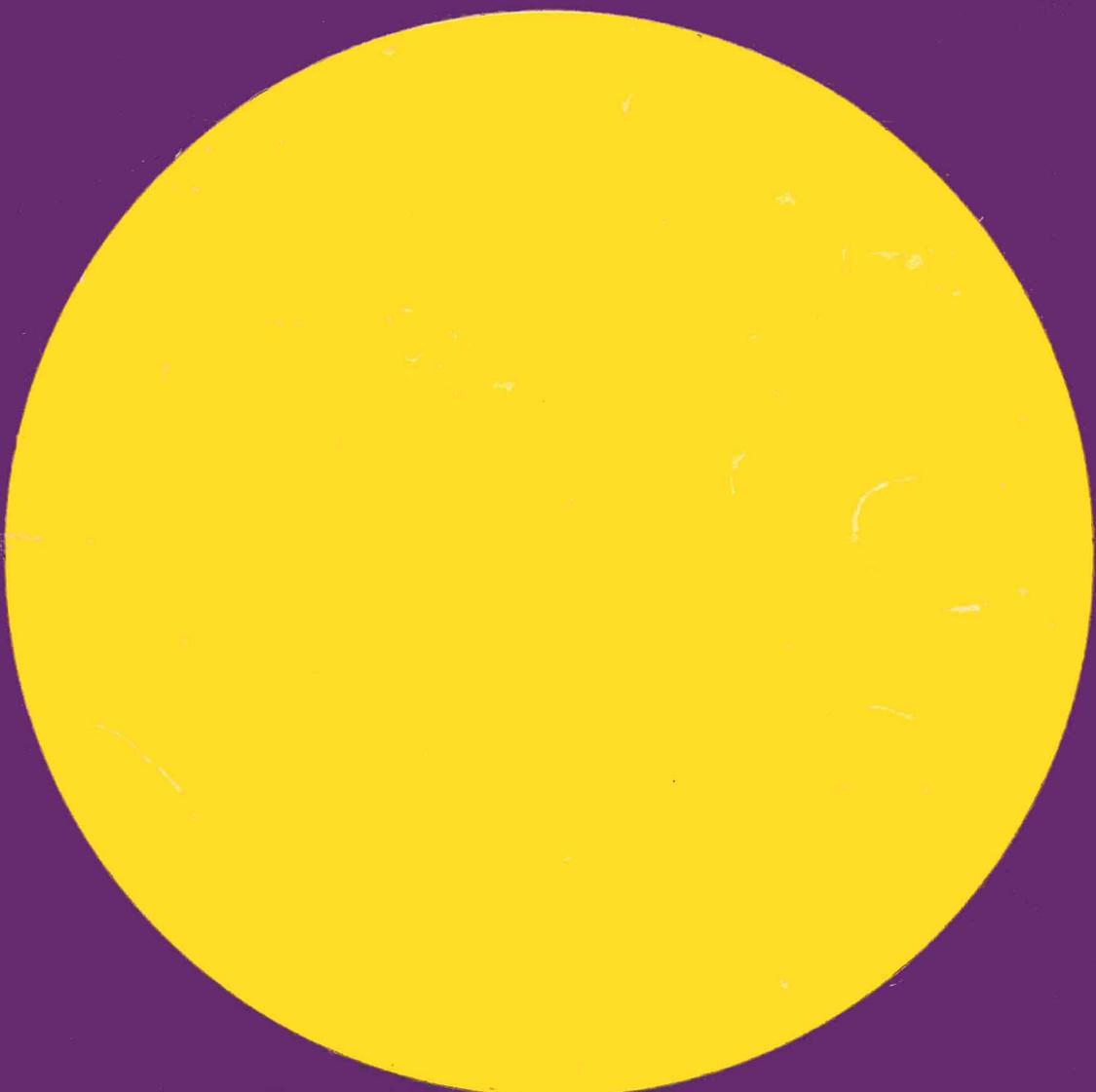




# วิทยาสาร มข

ปีที่ ๑ ฉบับที่ ๑ พฤษภาคม-สิงหาคม ๒๕๑๖



VOLUME 1, NUMBER 1, MAY - AUGUST 1973

JOURNAL OF THE SCIENCE – ARTS FACULTY  
KHON KAEN UNIVERSITY

Publisher : Faculty of Science – Arts Khon Kaen University  
Office : Science Building.  
Advisory Board : Dr. Weerapong Phomuang  
Asst. Prof. Srisumon Sitathani  
Dr. Chaiwatana Kupratakula  
Editor : Wantanee Teyateeti  
Editorial Board : Charin Khukhusamut  
Pramote Thongkrajai  
Sununtha Ruenkrairurk  
Deeyoo Chulilertvityaporn  
Pipata Choksuwattanaskul  
Supon Boriphan

# วิทยาลัยสาร มข.

วัตถุประสงค์

เพื่อเผยแพร่ผลงานและวิชาการทางวิทยาศาสตร์

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

ศึกษาศาสตร์

ที่ปรึกษา

ดร. วีรพงษ์ โพธิ์เมือง  
ผศ. ศรีสุมนตร์ สีตะธนี  
ดร. ชัยวัฒน์ คุประตกุล

บรรณาธิการ

วันทนีย์ เตยะธิติ

กองบรรณาธิการ

ชรินทร์ คุคุ้มทรว  
ปราโมทย์ ทองกระจาย  
สุนันทา รื่นไกรฤกษ์  
ศิษย์ ชุดีเลิศวิทยามจรณ์  
พิพัฒน์ ไชยสุวัฒน์สกุล  
สุพล บริพันธ์

กำหนดออก

ราย 4 เดือน

พิมพ์ที่

โรงพิมพ์รุ่งเกียรติ 71-73 ถนนรัตนรมย์ ขอนแก่น

นายอดิศักดิ์ ศุภราชชัย ผู้พิมพ์-โฆษณา โทร. 37340

สารบัญ

CONTENTS

คณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์

Science and Arts Faculty

ชรินทร์ คุคู่สมุทร

ชีวิตของเทา

Life of Spirogyra

ศรีสุนทร สัตะธน์

สัทศาสตร์กับการสอนภาษาอังกฤษ

Phonetics and English Teaching

วันทนีย์ เตยะธิต

อุตสาหกรรมที่เกษตรกรไทยต้องการ

Industrials for Thai Agriculturists

วีรพงษ์ โทธีเมือง

การถ่ายภาพด้วยความร้อน

Thermography

ชัยวัฒน์ คุประตกุล

พยาธิในอาหารประจำวัน

Parasitic Infections Through Foods

ปราโมทย์ ทองกระจาย

ปฐมกาลของคณิตศาสตร์

History of Mathematics

นิพนธ์ เปาโรหิต

Thai Tones Variants

Thai Tones variants

Adrian Palmer

ผู้เขียน

The authors

บทบรรณาธิการ

Editorial information

# คณะวิทยาศาสตร์ - อักษรศาสตร์

บริหาร ๒๒  
คส๒๒

มหาวิทยาลัยขอนแก่นตั้งอยู่ในเขตจังหวัดขอนแก่น ห่างจากย่านการค้าไปทางทิศเหนือตามเส้นทางสายขอนแก่น - อุดรธานี เป็นระยะทางประมาณ 4 กิโลเมตร ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 450 กิโลเมตร เดิมมีชื่อว่ามหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ภายหลังได้เปลี่ยนชื่อเป็นมหาวิทยาลัยขอนแก่น ตามชื่อของจังหวัดที่มหาวิทยาลัยตั้งอยู่ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นสถาบันชั้นอุดมศึกษาแห่งแรกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่เดิมที่ยังไม่ได้ก่อตั้งมหาวิทยาลัยขอนแก่นนั้น ภูมิภาคแถบนี้ยังไม่ได้รับการพัฒนาให้เจริญไปเท่าที่ควร ต่อมารัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของภาคนี้ และมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมภาคอื่นๆ จึงได้จัดให้มีโครงการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือขึ้นและส่วนสำคัญอันหนึ่งของโครงการนี้ คือการจัดตั้งมหาวิทยาลัยขอนแก่นเพื่อให้สถาบันแห่งนี้เป็นศูนย์กลางการพัฒนาบ้านต่างๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อันได้แก่ การศึกษา เศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และการอุตสาหกรรม

ตามความมุ่งหมายของแผนพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้มีความจำเป็นอย่างรีบด่วนที่ต้องผลิต วิศวกร และนักเกษตร ซึ่งยังขาดแคลนอยู่เป็นอันมาก ทั้งนี้เพื่อช่วยเป็นกำลังในการพัฒนาภูมิภาคแถบนี้ ฉะนั้นในปีแรกที่ตั้งมหาวิทยาลัยขอนแก่นเมื่อปี พ.ศ. 2507 จึงได้จัดตั้ง คณะต่าง ๆ ขึ้น 3 คณะ คือคณะเกษตรศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ เพื่อสนองความต้องการดังกล่าว สองคณะแรกเปิดรับนักศึกษา แต่คณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ยังไม่ได้รับนักศึกษา ที่ตั้งขณะนั้นนี้เพื่อให้บริการการศึกษาทางด้าน วิชาพื้นฐานที่จำเป็น และใช้เป็นรากฐาน ใน การศึกษาวิชาชีพของแต่ละคณะ วิชาเหล่านั้นคือคณิตศาสตร์ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ และภาษาอังกฤษ

ในปี พ.ศ. 2511 มหาวิทยาลัยขอนแก่นก็มีบัณฑิตรุ่นแรกซึ่งสำเร็จการศึกษา จากคณะเกษตรศาสตร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีต่อมาคือ พ.ศ. 2512 มหาวิทยาลัยได้จัดตั้งคณะศึกษาศาสตร์ขึ้นอีกคณะหนึ่งเพื่อผลิตครูสอนคณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และในระดับฝึกหัดครูประกาศนียบัตร หลังจากจัดตั้งคณะศึกษาศาสตร์แล้ว 2 ปี ในปี พ.ศ. 2514 มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้จัดตั้งคณะพยาบาลศาสตร์ เพิ่มขึ้นอีกคณะหนึ่ง วัตถุประสงค์เพื่อผลิตพยาบาลระดับปริญญาซึ่งจะช่วยบำบัดความขาดแคลนพยาบาลในภูมิภาคส่วนนี้ได้ และเป็นทางหนึ่งที่จะทำให้แผนพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือบรรลุเป้าหมาย ในปี พ.ศ. 2515 มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้จัดตั้งศูนย์แพทยศาสตร์ และเปิดคณะแพทยศาสตร์ขึ้นในปีเดียวกันนี้ตามโครงการศูนย์แพทยศาสตร์จะประกอบด้วยคณะต่าง ๆ 6 คณะคือ คณะแพทยศาสตร์ คณะพยาบาลศาสตร์ คณะทันตแพทย์ คณะเภสัชศาสตร์ คณะเทคนิคการแพทย์ และคณะสาธารณสุขศาสตร์

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าจุดประสงค์อันหนึ่งของมหาวิทยาลัยขอนแก่น คือสนับสนุนการศึกษาชั้นอุดมศึกษาในภูมิภาคแถบนี้ ดังนั้นมหาวิทยาลัยจึงให้โอกาสแก่นักเรียนที่สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนกวิทยาศาสตร์ของจังหวัดต่าง ๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีสติปัญญาดีหรือดีพอสมควร และมีความประสงค์ที่จะเข้าศึกษาต่อชั้นอุดมศึกษาที่มหาวิทยาลัยแห่งนี้มากกว่านักเรียนภูมิภาคอื่น กล่าวคือ นักเรียนที่สอบไล่ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลายแผนกวิทยาศาสตร์ได้อยู่ในอันดับ 20 เปอร์เซ็นต์แรก และเปอร์เซ็นต์การสอบไม่ต่ำกว่า 60% ในทุกจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ในข่ายที่ทางมหาวิทยาลัยจะรับเข้าศึกษาโดยไม่ต้องสอบคัดเลือกของสภามหาวิทยาลัย เพื่อว่าเมื่อนักศึกษาเหล่านี้สำเร็จการศึกษาแล้วจะได้เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยความเชื่อที่ว่านักศึกษาดังกล่าวจะมีความรู้สึกรักและผูกพันต่อภูมิลำเนาของตนและความรู้สึกอันนี้จะเป็นแรงผลักดันให้นักศึกษาเหล่านี้ทุ่มเทกำลังสติปัญญาพัฒนาภูมิลำเนาของตนเองให้เจริญยิ่งขึ้นไปเป็นลำดับ ตามหลักเกณฑ์ที่ชี้แจงปรากฏว่าในปีการศึกษา 2516 นี้จะมีนักเรียนที่ใช้สิทธิ์เรียนดีประมาณ 150 คน แต่

เนื่องจากคณะต่าง ๆ สามารถรับนักศึกษาได้ในจำนวนจำกัดคือประมาณ 100 คน จึงจำเป็นต้องคัดเลือกรับไว้ตามจำนวนที่สามารถรับได้ นักศึกษาจำนวนนี้มาจากจังหวัดต่าง ๆ เกือบทุกจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ยกเว้นจังหวัดยโสธรซึ่งยังไม่มีโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จำนวนนักศึกษาที่ใช้สิทธิ์เรียนดีมาจากโรงเรียนในจังหวัดต่าง ๆ มีดังนี้:-

ขอนแก่น	21 คน	อุบลราชธานี	23 คน	อุดรธานี	13 คน
เลย	1 คน	สกลนคร	4 คน	หนองคาย	5 คน
นครพนม	3 คน	มหาสารคาม	8 คน	กาฬสินธุ์	1 คน
ร้อยเอ็ด	7 คน	นครราชสีมา	27 คน	ชัยภูมิ	1 คน
บุรีรัมย์	4 คน	ศรีสะเกษ	3 คน	สุรินทร์	2 คน
				รวมทั้งสิ้น	99 คน

ส่วนนักศึกษาที่สอบคัดเลือกนี้จำนวนหนึ่งมาจากภูมิภาคอื่น และอีกจำนวนหนึ่งมาจากภูมิภาคนี้

จำนวนนักศึกษาของคณะต่าง ๆ จำแนกตามประเภทการสอบเข้าและการใช้สิทธิ์เรียนดี

	เกษตรศาสตร์	วิศวกรรมศาสตร์	ศึกษาศาสตร์	พยาบาลศาสตร์	วิทยาศาสตร์	รวม
สอบเข้า	111	117	124	73	33	445
ใช้สิทธิ์เรียนดี	13	50	4	7	25	99
รวม	124	167	125	80	58	544

ปีการศึกษา 2516 คณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ได้รับนักศึกษาเป็นปีแรกจำนวน 58 คน ในจำนวนนี้เป็นผู้ที่ผ่านการสอบคัดเลือก 33 คน และใช้สิทธิ์เรียนดี 25 คน เป็นชาย 31คน หญิง 27 คน คณะนั้นสอบไล่ชั้นประโยคมัธยมศึกษาตอนปลายของนักศึกษาเหล่านี้อยู่ระหว่าง 62-78 เปอร์เซ็นต์ อายุเฉลี่ย 18.5 ปี ซึ่งต่ำกว่าทุกคณะของมหาวิทยาลัยขอนแก่น (อายุเฉลี่ยของนักศึกษาทุกคณะของมหาวิทยาลัยขอนแก่น 18.8 ปี) มีภูมิลำเนาอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 47 คน (=81%) กรุงเทพมหานคร 5 คน (=9%) ภาคกลางยกเว้น

กรุงเทพมหานคร 3 คน (=5%) ภาคใต้ 3 คน (=5%) ส่วนใหญ่เกือบ 50% บิฑามารทามี อาชีพค้าขาย รองลงมารับราชการ เป็นชาวนาเพียง 8% คณะแพทยศาสตร์มีนโยบายที่จะรับนัก ศึกษาจากคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ เพื่อไปศึกษาต่อในคณะแพทยศาสตร์ โดยรับ จากนักศึกษที่สำเร็จชั้นปีที่ 2 แล้วมีผลการเรียนดีและมีทัศนคติที่เหมาะสมสำหรับการเรียนวิชา แขนงน

ในค้ำนอาจารย์ที่ทำหน้าที่สอนและปฏิบัติงานในคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ.

1. อาจารย์ประจำ หมายถึงอาจารย์ที่ทำงานเต็มเวลาราชการให้กับคณะวิทยาศาสตร์ -อักษรศาสตร์
2. อาจารย์พิเศษ หมายถึงอาจารย์ที่ทางภาควิชาหรือแผนกเชิญให้มาสอนตลอดทั้ง เทอมการศึกษาหรือในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งในวิชาใดวิชาหนึ่ง ส่วนใหญ่จะเป็น อาจารย์ประจำของมหาวิทยาลัยในกรุงเทพมหานคร
3. ผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัคร หมายถึงผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัครชาวต่างประเทศ ที่เข้ามาอยู่ในคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์เพียงชั่วคราว เพื่อช่วยงานในค้ำน การสอนและการวิจัย

**จำนวนอาจารย์ ผู้เชี่ยวชาญและอาสาสมัครของคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์  
เมื่อค้ำนปีการศึกษา 2516 จำแนกตามวุฒิ**

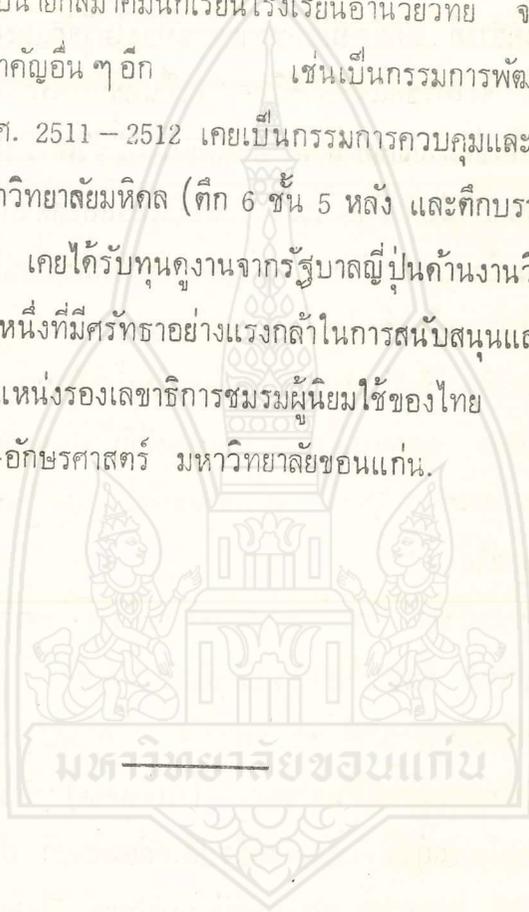
	ปริญญาเอก	ปริญญาโท	ปริญญาตรี	ประกาศนียบัตร	รวม
อาจารย์ประจำ	2	36	73	—	111
อาจารย์พิเศษ	3	2	1	—	6
ผู้เชี่ยวชาญ และ อาสาสมัคร	1	2	2	1	6
<b>รวม</b>	<b>6</b>	<b>40</b>	<b>76</b>	<b>1</b>	<b>123</b>

ในจำนวนอาจารย์ประจำของ คณะวิทยาศาสตร์อักษรศาสตร์ข้างค้ำน มีส่วนหนึ่งที่ กำลังศึกษาต่อต่างประเทศและในประเทศ แยกตามวุฒิมีค้ำน:-

	ปริญญาเอก	ปริญญาโท	ปริญญาตรี	รวม
ในประเทศ	—	16	—	16
ต่างประเทศ	7	11	—	18
รวม	7	27	—	34

แต่เดิม ศาสตราจารย์พิมล กลกิจ อธิการบดีมหาวิทยาลัยขอนแก่น รักษาการในตำแหน่งคณบดี คณะวิทยาศาสตร์—อักษรศาสตร์จนกระทั่งต้นปีการศึกษา 2516 มหาวิทยาลัยขอนแก่นจึงได้ขอโอน ดร. วีระพงษ์ โพธิ์เมือง จากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล มาดำรงตำแหน่งคณบดีคณะวิทยาศาสตร์อักษรศาสตร์ ในโอกาสนี้จึงใคร่ขอเสนอชีวประวัติของ ดร. วีระพงษ์ สักเล็กน้อย ดร. วีระพงษ์ เกิดเมื่อวันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ. 2471 ที่จังหวัดสมุทรปราการ มีประวัติการศึกษาที่เด่นมาตลอด หลังจากสำเร็จการศึกษาชั้นปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแล้วได้เข้ารับราชการครั้งแรก ณ โรงเรียนนายร้อยจปร. เมื่อปี พ.ศ. 2497 ทำหน้าที่เป็นอาจารย์สอนวิชาเคมี ได้รับพระราชทานยศร้อยโท ต่อมาในปี พ.ศ. 2501 ได้โอนมาอยู่โรงเรียนเตรียมแพทย์ มหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์ ปัจจุบันคือคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เพื่อให้ได้มีโอกาสสอนวิชาตรงกับที่เรียนมาได้มากยิ่งขึ้น ปฏิบัติหน้าที่ ณ สถาบันแห่งนี้ได้ประมาณ 3 ปี ได้รับทุนโคลอมโบไปศึกษาต่อ ณ มหาวิทยาลัยเวอร์ฟูล ประเทศอังกฤษ ในปี พ.ศ. 2503 สำเร็จการศึกษาได้รับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต และวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต ในปี พ.ศ. 2506 และกลับเข้าปฏิบัติงานเป็นอาจารย์สอนในคณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ (ร.ร. เตรียมแพทย์) เช่นเดิม จนกระทั่งต้นปีการศึกษา 2516 ได้รับการติดต่อให้มาดำรงตำแหน่งคณบดีคณะวิทยาศาสตร์—อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น หลังจากที่ ดร. วีระพงษ์ กลับจากอังกฤษ ได้ปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวกับการสอนคู่ไปกับงานค้นคว้าวิจัยอย่างแข็งขัน เป็นผู้ควบคุมงานวิจัยของนิสิตนักศึกษาระดับปริญญาโท งานวิจัยที่สนใจเป็นพิเศษและได้รับผลสำเร็จอย่างดี ได้แก่ งานวิจัยสมุนไพร และพืชที่มีกลิ่นหอม เคยเป็นหัวหน้าโครงการวิจัยพืชที่มีกลิ่นหอม ของสถาบันวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประเทศไทย เมื่อ

ปี พ.ศ. 2508-2512 โดยใช้เวลาว่างจากงานประจำที่คณะ      โครงการนี้ได้รับผลสำเร็จเป็น  
อย่างดี จนกระทั่งเกิดโรงงานสกัดพืชที่มีกลิ่นหอมส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ เนื่องจากมีความ  
สนใจงานวิจัยพืชที่มีกลิ่นหอม      ผลงานวิจัยทางด้านนี้จึงมีเป็นอันมาก      ผลงานที่ได้รับการ  
พิมพ์ในวารสารทั้งในและต่างประเทศซึ่งขณะนี้มี 8 เรื่อง เป็นวารสารในประเทศ 2 เรื่อง ต่าง  
ประเทศ 6 เรื่อง ผลงานอื่น ๆ      ที่ทำให้ท่านเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางก็คือตำแหน่งกรรมการ  
สภาวิจัยแห่งชาติ ตำแหน่งอุปนายกสมาคมนักเรียนโรงเรียนอานวยวิทย์ จังหวัดสมุทรปราการ  
นอกนั้นยังเคยดำรงตำแหน่งสำคัญอื่น ๆ อีก      เช่นเป็นกรรมการพัฒนามหาวิทยาลัยของ  
สภาการศึกษาแห่งชาติ ใน พ.ศ. 2511 - 2512 เคยเป็นกรรมการควบคุมและตรวจรับงานการก่อสร้าง  
สร้างตึกคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (ตึก 6 ชั้น 5 หลัง และตึกบรรยายวงกลม 1 หลัง  
งบประมาณ 50 ล้านบาทเศษ      เคยได้รับทุนจากมูลนิธิปูนค้ำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์  
เป็นเวลา 6 เดือน ท่านเป็นผู้หนึ่งที่มีศรัทธาอย่างแรงกล้าในการสนับสนุนและส่งเสริมผลิตภัณฑ์  
สินค้าไทย      ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองเลขาธิการชมรมผู้นิยมใช้ของไทย      และนับเป็นคนบค  
คนแรกของคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.



# ชีวิตของ “เทา”

## Life of Spirogyra

ศรีสมนตร์ สัตตะธน

เชื่อว่าท่านผู้อ่านส่วนมากที่มีภูมิลำเนาอยู่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือรู้จักและคุ้นเคยกับ “เทา” เป็นอย่างดี แต่ก็คงมีอีกหลายท่านที่ยังไม่รู้จักและสงสัยว่า “เทา” คืออะไร? มีความสำคัญอย่างไร จึงใคร่ขอแนะนำชีวิตความเป็นอยู่ของเทา ต่อท่านผู้อ่าน

“เทา” เป็นชื่อสามัญของสาหร่ายชนิดหนึ่งที่มีชีวิตความเป็นอยู่ และการสืบพันธุ์ เป็นที่น่าสนใจ เป็นสาหร่ายที่นับว่ามีคุณประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์น้ำทั้งหลายที่ใช้พืชเป็นอาหาร

ชีวิตความเป็นอยู่ของ “เทา” ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนสิ่งมีชีวิต หรือพืชชั้นสูงทั่วไป ความเป็นอยู่อย่าง เจริญเติบโตเร็ว “เทา” ชอบอยู่ตามลำธาร ห้วย หนอง คลอง บึง ที่มีน้ำใส สะอาดและเย็น มีปริมาณของออกซิเจนในน้ำเพียงพอ ซึ่งหมายความว่า เป็นบริเวณที่น้ำมีการถ่ายเทอยู่เสมอ นอกจากนั้นพบว่าในแหล่งที่มีน้ำฝนขังอยู่เพียงพอ “เทา” ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดีเช่นเดียวกัน “เทา” เป็นสาหร่ายน้ำจืด ในน้ำกร่อย หรือน้ำเค็ม “เทา” ไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้

รูปร่างลักษณะของ “เทา” สามารถมองเห็นได้คล้ายตาเปล่า ถึงแม้จะเป็นเพียงเส้นสีเขียวยาว ไม่แตกแขนง ลื่นและอ่อนนุ่มเมื่อสัมผัส แต่เมื่อนำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นโครงสร้างของเซลล์ที่สวยงาม น่าศึกษา กล่าวคือ โครงสร้างประกอบเซลล์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เชื่อมติดต่อกันเซลล์ต่อเซลล์จนเป็นสายยาว (filament) รอบนอกของสายมีสารที่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียวหุ้มผนังเซลล์ไว้ แต่ละเซลล์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ถ้าเราศึกษาโครงสร้างภายในต่อไปภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะพบว่าภายในเซลล์มีแถบสีเขียว (chloroplastid band) พันเป็นเกลียวอยู่ และบนแถบสีเขียวจะพบเม็ดกลมใสสะท้อนแสง เรียกว่า ไพเรโนยด์ บอดี้ (pyrenoid body) ซึ่งมีหน้าที่ในการช่วยสร้างแป้ง สิ่งสำคัญและจำเป็นที่สุดสำหรับเซลล์อีกอย่างหนึ่งคือ นิวเคลียส (nucleus) “เทา” มีนิวเคลียสค่อนข้างใหญ่เป็นก้อนกลม ทึบแสงมองเห็นได้ชัดเจนในสาหร่ายที่ยังสดอยู่ ส่วนประกอบของเซลล์ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ลอย (suspense) อยู่ในไซโทพลาสซึม (cytoplasm) ของเซลล์ เมื่อเราตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ต่อไปอีกพบว่า

ทุก ๆ เซลล์ภายในสาย มีรูปร่าง ลักษณะเหมือนกันทั้งหมด ยังไม่มีการแบ่งส่วนของสาย ออกไปทำหน้าที่หนึ่งหน้าที่ใดโดยเฉพาะ ซึ่งผิดกับพืชชั้นสูงทั่วไป ที่มีการแบ่งออกเป็น ส่วนต่าง ๆ เช่น ราก, ลำต้น, ดอก, ใบ ฯลฯ เป็นต้น และอวัยวะแต่ละอย่างก็มีหน้าที่โดยเฉพาะ ไม่ปะปนกัน

การดำรงชีวิตของ “เทา” เหมือนกับพืชที่มีสีเขียวชั้นสูงทั่วไป คือใช้คาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และน้ำเป็นวัตถุดิบในการสร้างอาหาร โดยอาศัยพลังงานจากแสงแดด ขบวนการสร้างอาหารของ “เทา” เรียกว่า โฟโตซินทีซิส (Photosynthesis) ซึ่งดำเนินไปเช่นเดียวกับพืชชั้นสูงทั้งหลายผิดกันแต่เพียงว่า พืชชั้นสูงแหล่งที่สร้างอาหารได้มากที่สุดคือ ใบ แต่ “เทา” สามารถสร้างอาหารเองได้ทุก ๆ เซลล์ไม่จำกัดเซลล์หนึ่งเซลล์ใดโดยเฉพาะ เมื่อเซลล์สร้างอาหารได้แล้ว บางส่วนก็จะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต การแบ่งเซลล์ และการสืบพันธุ์ตามลำดับ อาหารบางส่วนจะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของแป้ง และไขมัน

เมื่อเซลล์เจริญเติบโตเต็มที่ที่สามารถแบ่งตัวเองได้ การแบ่งเซลล์จากหนึ่งเป็นสองเกิดขึ้นโดยวิธีการแบ่งนิวเคลียส จากหนึ่งเป็นสองก่อน โดยไม่มีการลดจำนวนโครโมโซม ต่อมาจึงมีการแบ่งไซโทพลาสซึม (cytoplasm) เป็นสองส่วนเช่นเดียวกัน วิธีการแบ่งแบบนี้เรียกว่า ไมโทซิส (Mitosis) แต่ละเซลล์ที่ได้ใหม่ก็จะเจริญเติบโตต่อไปจนมีขนาดเท่าเดิม วิธีการเช่นนี้เป็นการเพิ่มจำนวนของเซลล์ภายในสายทำให้สายมีความยาวมากขึ้น ทุกเซลล์ภายในสายเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่ก็จะทำการแบ่งโดยวิธีที่กล่าวมานี้ เมื่อสายของสาหร่ายมีความยาวมากขึ้น ก็จะเกิดการหัก หรือขาดออกเป็นสายสั้น ๆ โดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่นถูกกระแสน้ำพัดให้ขาดจากกัน เป็นต้น การที่สายสาหร่ายเดิมขาดออกจากกันเป็นสายสั้น ๆ หลายสายนี้ก็นับว่าเป็นวิธีการเพิ่มจำนวนวิธีหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า แฟรกเมนเตชัน (Fragmentation) ปกติ “เทา” มักจะมีวิธีการเพิ่มจำนวนเซลล์ และจำนวนสายด้วยวิธีที่ใดก็ตามแล้วนี้ ซึ่งถือว่าเป็นวิธีการสืบพันธุ์ แบบไม่อาศัยเพศวิธีหนึ่ง

นอกจากการสืบพันธุ์ แบบไม่อาศัยเพศแล้ว ในสภาพแวดล้อมที่ผิดปกติ เช่นความแห้งแล้ง หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ “เทา” สามารถทำการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้ แต่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของ “เทา” ก็เป็นแบบง่าย ๆ ไม่มีอวัยวะพิเศษสำหรับทำหน้าที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ ตัวผู้หรือตัวเมียโดยเฉพาะเช่นพืชชั้นสูง กล่าวคือทุกเซลล์ภายในสายจะเปลี่ยนมา

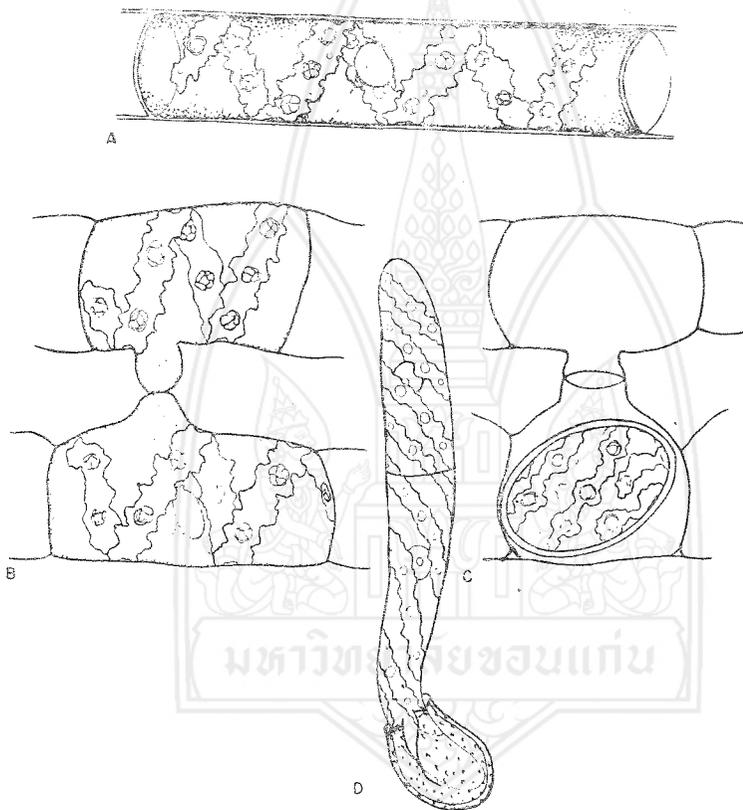
ทำหน้าที่เหมือนกับเป็นเซลล์สืบพันธุ์ (gamete) ซึ่งมีทั้งสองเพศ “เทา” บางชนิดเป็นโฮโมทอลลิก (Homothallic) คือสามารถสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ทั้งเพศผู้และเพศเมียภายในสายเดียวกันและรวมกันเองได้ บางชนิดเป็นเฮเทอโรทอลลิก (Heterothallic) คือแต่ละสายสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ได้เพียงเพศผู้หรือเพศเมียแต่เพียงอย่างเดียว และเซลล์สืบพันธุ์ ที่จะมารวมกันต้องมาจากคนละสาย หลังจากทีเซลล์สืบพันธุ์ เพศผู้และเพศเมีย ซึ่งมีลักษณะเหมือนกัน และขนาดก็มักจะเท่ากัน รวมกันแล้วผลที่ได้คือไซโกท (Zygote) เป็นเซลล์ที่มีผนังหนาและมีคลอโรพลาสต์สามารถต้านทานต่อภาวะผิดปกติต่าง ๆ ได้ดีกว่าเซลล์ทั่ว ๆ ไปภายในสาย Zygote สามารถทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง และต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหัน เช่น ร้อนจัด หนาวจัด ได้นานพอสมควร ทั้งนี้เพราะภายในเซลล์มีอาหารเก็บสะสมไว้เพียงพอ และผนังเซลล์ก็มีความหนามาก ในฤดูแล้ง หรือฤดูหนาว “เทา” จึงมักเปลี่ยนสภาพจากสายยาวสีเขียว ที่เคยลอยอยู่ตามผิวน้ำ มาเป็นเซลล์เดี่ยวที่มีผนังหนา จมอยู่ใต้น้ำ ในลำคลอง หนอง บึง ฯลฯ ซึ่งเรามองไม่เห็น ต่อเมื่อเข้าสู่สภาวะปกติ มีน้ำบริบูรณ์อุณหภูมิพอเหมาะ ซึ่งมักจะเป็นตอนต้นของฤดูฝน Zygote ซึ่งพักอยู่ชั่วระยะเวลาหนึ่ง จะเริ่มต้นแบ่งนิวเคลียส โดยวิธีลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง วิธีการแบ่งแบบนี้เรียกว่า ไมโอติกนิวเคลียส ดิวชัน (meiotic nuclear division) ปกติผลที่ได้จากการแบ่งโดยวิธีนี้จะได้เซลล์ใหม่เกิดขึ้น 4 เซลล์ แต่สำหรับเทา อีกสามเซลล์จะสลายตัวไปก่อน เหลือเพียงเซลล์ที่แข็งแรงอยู่ภายในผนังของเซลล์ของ Zygote แต่เพียงเซลล์เดียว ซึ่งต่อมาจะงอกออกมาเป็นสายสั้น ๆ ใหม่ แล้วจึงมีการแบ่งเซลล์เป็นสายยาวต่อไปอีก ชีวิตความเป็นอยู่ของ “เทา” ดำเนินอยู่เช่นนี้ตลอดกาล

“เทา” เป็นสาหร่ายที่มีประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อมนุษย์ สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ มีคุณค่าของโปรตีนพอสมควร จึงมีผู้นิยมรับประทานกันมากโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ “เทา” เป็นสินค้าที่ผู้ซื้อให้ความสนใจไม่น้อยกว่าสินค้าชนิดอื่น นอกจากใช้เป็นอาหารซึ่งถือว่าให้ประโยชน์โดยตรงต่อมนุษย์แล้ว “เทา” เป็นอาหารของสัตว์น้ำที่ใช้พืชเป็นอาหารได้อย่างดียิ่งอีกด้วย.

“เทา” ที่แนะนำให้ท่านผู้อ่านได้รู้จักพอสมควร มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า “Spirogyra sp.” ในบ้านเรา “เทา” มีหลายชนิดด้วยกัน

เอกสารอ้างอิง.-

1. Harold C. Bold, Morphology of Plants, Harper & Brothers, Publisher. New York.
2. B.R. Vashishta, Botany For Degree Students, Part I Algae, 1968. S. Chand & Co. Delhi.
3. G.M. Smith, The Fresh-water Algae of The United States, Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. New York.



รูปร่างลักษณะของเท้า (Spirogyra)

- A. แสดงลักษณะและส่วนประกอบของเซลล์
- B. แสดงวิธีการสืบพันธุ์แบบมีเพศ
- C. แสดง Zygote
- D. การงอกของ Zygote สายใหม่

# สัทศาสตร์กับการสอนภาษาอังกฤษ

## PHONETICS AND ENGLISH TEACHING

วันพุธ ๒๕ ธันวาคม ๒๕๖๓

เป็นที่ถกเถียงกันอยู่เสมอว่า ครูไทยที่สอนภาษาอังกฤษ ควรจะศึกษาสัทศาสตร์ (Phonetics) หรือไม่ บางคนอาจจะมีความคิดว่าการศึกษาวิชาสัทศาสตร์นั้นควรจะเป็นเรื่องของนักภาษาศาสตร์ (Linguist) เท่านั้น เพราะนักภาษาศาสตร์จะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องเหล่านี้ โดยเฉพาะ แต่จากข้อเท็จจริงที่ว่าครูไทยที่จะสอนอ่านภาษาอังกฤษได้นั้นจะต้องเรียนรู้บางอย่างเกี่ยวกับเสียงในภาษาอังกฤษ และการศึกษาเสียงของภาษาพูดในภาษาใดภาษาหนึ่งคือการศึกษาวิชาสัทศาสตร์นั่นเอง จึงกล่าวได้ว่าครูไทยที่สอนภาษาอังกฤษมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนวิชาสัทศาสตร์ ซึ่งขอบเขตของการเรียนนั้นอยู่ที่ความมุ่งหมายและระยะเวลาที่เรียน ทั้งนี้เนื่องจากวิชาสัทศาสตร์แบ่งแยกออกเป็นหลายแขนงด้วยกัน

### วิชาสัทศาสตร์คืออะไร?

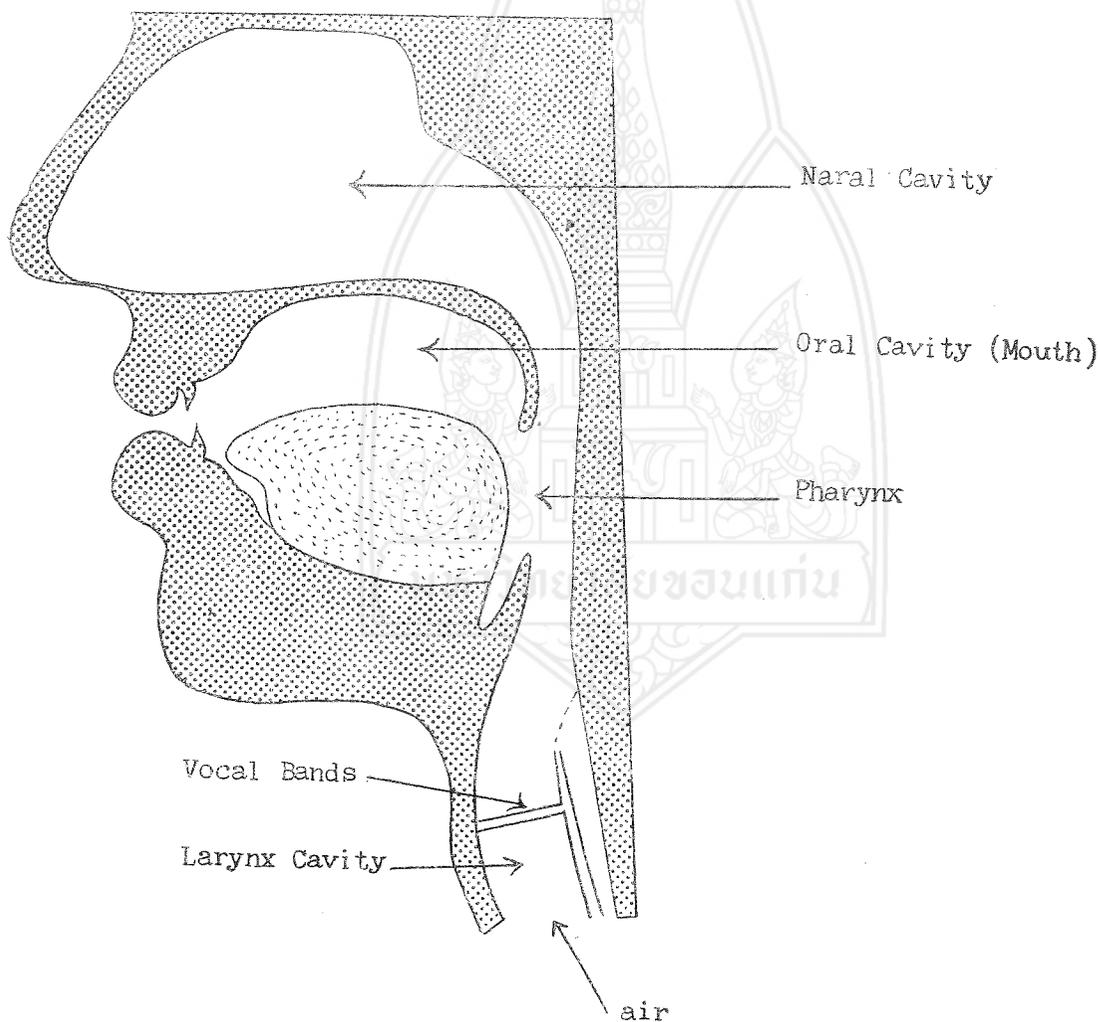
วิชาสัทศาสตร์เป็นแขนงหนึ่งของภาษาศาสตร์ (Linguistics) ในด้านวิทยาศาสตร์นั้น สัทศาสตร์เป็นการศึกษาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเสียงของภาษาพูด โดยทำการวิเคราะห์และตั้งเป็นกฎหรือทฤษฎีขึ้น ในด้านศิลปศาสตร์ถูกนำไปใช้ในการออกเสียงของภาษาพูด ฉะนั้นสัทศาสตร์จึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับเสียงของภาษาพูดที่แท้จริงโดยใช้สัญลักษณ์ (IPA)\* แทนเสียงแต่ละเสียง การศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของเสียงของภาษาพูดนั้น จำแนกได้เป็น 3 ประการดังนี้

1. การศึกษาฐานที่เกิดของเสียง (Manner of articulation) ซึ่งจัดอยู่ในแขนงของ Articulatory Phonetics
2. การศึกษาด้านเสียงซึ่งเดินทางระหว่างผู้พูดถึงฟัง (Acoustic properties) ซึ่งจัดอยู่ในแขนงของ Acoustic Phonetics
3. การศึกษาผลทางฟิสิกส์ที่มีต่อหูของมนุษย์ และ กลไก ที่ เกี่ยว ข้อง กับ การ ได้ยิน (Physical effects) ซึ่งจัดอยู่ในแขนงของ Auditory Phonetics

\* The International Phonetic Alphabet

ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบเสียงของภาษา  
 พุคคั้งนั้นจึงมีการนำความรู้ในด้านฟิสิกส์มาช่วยในการศึกษาอย่างกว้างขวาง เช่นการศึกษาเกี่ยวกับ  
 รับะกับคลื่นเสียงความถี่ของเสียง คุณสมบัติของเสียง เสียงโฆชะ อโฆชะเป็นต้น ใน  
 ด้านกายวิภาคศาสตร์ก็มีการศึกษาเกี่ยวกับอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียงในร่างกายของมนุษย์ ซึ่งเริ่มต้น  
 จากปอด โดยที่อากาศที่ผ่านออกมาจากปอดจะถูกส่งผ่านไปที่ Larynx cavity ผ่าน Vocal  
 Bands ก่อนที่จะถูกส่งผ่านไปที่ Pharynx, ช่องปาก (Oral Cavity) หรือช่องจมูก (Nasal  
 Cavity) ตามลำดับ

เมื่ออากาศที่ส่งออกมาถึงกระทบส่วนต่าง ๆ ในปากหรือเรียกนัยหนึ่งว่าฐานที่เกิดของ  
 เสียงอาทิเช่น ฟัน ปุ่มเหงือก เพดานเหงือก เป็นต้น ก็จะทำให้เกิดเสียงต่างกันออกไป อากาศ  
 อาจจะผ่านออกทางปากหรือทางจมูกก็ได้ ดังรูปข้างล่างนี้



รูปแสดงอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียง

## ประโยชน์การเรียนรู้สัทศาสตร์

การสอนภาษาอังกฤษนั้น ไม่ว่าจะเป็นการสอนการฟัง การอ่าน หรือการเขียน ในขณะที่สอนครูจะต้องคำนึงถึงเสียงที่แท้จริงของภาษาที่สอน ครูจะต้องพยายามออกเสียง และแสดงการออกเสียงของภาษาเหล่านั้นได้ ความมุ่งหมายในการออกเสียงให้ถูกต้องก็เพื่อจะให้ผู้เรียน ๗ รู้ในสิ่งที่ถูกต้องจะได้นำไปใช้ได้ การออกเสียงให้ผู้เรียนฟังนั้น บางครั้งผู้เรียนอาจจะฟังไม่ถนัด หรือออกเสียงไม่ถูก เป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่จะต้องหาวิธีให้ผู้เรียนออกเสียงให้ถูกต้อง ถ้านำวิชาสัทศาสตร์ไปช่วยในการอธิบายก็จะทำให้การสอนง่ายขึ้น ตัวอย่างเช่น เสียง  $m/m/$  ครูอาจจะสอนโดยออกเสียงให้ผู้เรียนฟังฟังก่อน หลังจากนั้นก็อธิบายถึงฐานที่เกิดของเสียง โดยชี้ให้เห็นว่าเสียง  $/m/$  นี้ จะออกเสียงได้ด้วยการใช้ริมฝีปากทั้งสองประกบกันก่อนที่จะให้อากาศผ่านออกมาทางปาก ผู้เรียนจะเข้าใจวิธีการออกเสียง วิธีนี้เป็นวิธีที่ช่วยประหยัดเวลาในการสอนทำให้ผู้เรียน ๗ ได้เร็วขึ้น

การเรียนรู้สัทศาสตร์นี้มีทั้งทางทฤษฎีและภาคปฏิบัติ วัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้เรียนนำไปใช้ได้จริง สำหรับครูไทยที่สอนภาษาอังกฤษนั้น นอกจากจะเรียนสัทศาสตร์ของภาษาอังกฤษแล้ว ควรจะเรียนสัทศาสตร์ของภาษาไทยด้วย บางท่านอาจจะแย้งว่า ก็เมื่อภาษาไทยเป็นภาษาของเรา ทำไมจะต้องเรียนอีก ข้อนี้พอจะตอบได้ว่าอันความรู้ของเจ้าของภาษาเกี่ยวกับภาษาของตนกับความรู้ของนักสัทศาสตร์เกี่ยวกับภาษานั้น ต่างกัน ยกตัวอย่างเสียงในภาษาไทย เสียง ป. และเสียง บ ( $/p/$  และ  $/b/$ ) หากมีผู้ถามคนไทยที่ไม่มีความรู้ในด้านสัทศาสตร์ว่าทั้งสองเสียงนั้นต่างกันอย่างไรก็ยากที่จะตอบได้ แต่นักสัทศาสตร์สามารถจะอธิบายเสียงทั้งสองนี้โดยใช้ภาษาของนักสัทศาสตร์ กล่าวคือ เสียง  $p/p/$  จะเรียกตามภาษาสัทศาสตร์ว่า Voiceless unaspirated bilabial stop, weakly glottalized เสียง  $b/b/$  เรียกว่า Voiced bilabial stop, often prenasalized เป็นต้น นักสัทศาสตร์ทั่วไปจะเข้าใจว่าเสียงทั้งสองนี้ต่างกันอย่างไร เมื่อเห็นศัพท์เทคนิคเหล่านี้

อีกประการหนึ่งการเปรียบเทียบระบบเสียงของภาษาไทยกับระบบเสียงของภาษาอังกฤษจะทำให้ผู้สอนภาษาอังกฤษทราบว่าเสียงใดในภาษาอังกฤษที่ไม่มีในเสียงภาษาไทย หรือเสียงใดในภาษาอังกฤษที่มีเหมือนเสียงในภาษาไทย เพื่อจะได้สอนผู้เรียนตั้งแต่เริ่มเรียนภาษาอังกฤษเกี่ยวกับเสียงที่ไม่มีในภาษาไทยเป็นพิเศษ ส่วนเสียงที่มีเหมือนกันทั้งสองภาษาก็ไม่มีปัญหาอะไร ผู้สอนอาจจะชี้ให้ผู้เรียนทราบถึงความคล้ายคลึงของเสียงเหล่านั้นในภาษาทั้งสอง และใช้เวลาส่วนใหญ่สอนเกี่ยวกับเสียงในภาษาอังกฤษที่เราคนไทยไม่เคยได้ยินหรือพูด ตัวอย่างเช่นการเปรียบเทียบเสียง /p/ ในเสียงภาษาอังกฤษ กับเสียง “ผ” /p<sup>h</sup>/ ในภาษาไทย

เสียง /p/ ในภาษาอังกฤษเรียกตามภาษาศาสตร์ว่า Voiceless bilabial stop ซึ่งมี allophone\* 2 ตัว คือ [p<sup>h</sup>] และ [p]



เสียง “ผ” /p<sup>h</sup>/ ในภาษาไทย ตัวอย่างคำว่า “ผิน” [p<sup>h</sup>In]

ทดลองพูดคำว่า pill และ spill ชู และสังเกตเสียง /p/ ในคำทั้งสองนี้ จะรู้สึก ว่า เสียง /p/ ใน pill กับเสียง /p/ ใน spill ไม่เหมือนกัน

ลองพูดคำว่า “ผิน” (p<sup>h</sup>In) และสังเกตเสียง “ผ” จะรู้สึก ว่า เสียง “ผ” ในคำ ว่า “ผิน” เหมือนกับเสียง /p/ ของคำว่า pill

จากการเปรียบเทียบนี้ เราก็จะได้ข้อเท็จจริงที่ว่า คนไทยจะออกเสียง /p<sup>h</sup>/ ของคำ pill ได้โดยง่าย ทั้งนี้เพราะเรามีเสียง /p<sup>h</sup>/ อยู่ในเสียงของภาษาไทยเช่นกัน

ทั้งหมดนี้เป็นตัวอย่างเพียงเล็กน้อยจากวิชาสัทศาสตร์ หากครูไทยที่สอนภาษาอังกฤษ ได้รับการอบรมเกี่ยวกับวิชาสัทศาสตร์จะได้รับประโยชน์หลายประการ ซึ่งพอจะสรุปได้ดังนี้

\* allophone คือ sub-class ของ phoneme ซึ่งเป็นหน่วยเสียงที่สำคัญของภาษาพูด allophone นี้อาจมีหลายตัว และเกิดในตำแหน่งต่างกันแต่ไม่ทำให้ความหมายต่างกันแต่อย่างใด

1. ทำให้เข้าใจถึงปัญหาการเรียนภาษา
2. ทำให้เรียนรู้ถึงกายวิภาคศาสตร์ซึ่งเกี่ยวกับอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียงของภาษาพูด
3. ทำให้เรียนรู้ถึงเสียงที่แท้จริงซึ่งเป็นส่วนสำคัญของภาษาพูด

ฉะนั้นจึงเป็นการสมควรอย่างยิ่งที่ครูไทยที่สอนภาษาอังกฤษจะเรียนรู้เกี่ยวกับ วิชา สัทศาสตร์ ซึ่งอาจจะกระทำได้โดยสมัครเข้ารับการอบรมจากสถาบันที่เปิดการอบรมในท้องถิ่น หรือหาหนังสือเกี่ยวกับวิชา สัทศาสตร์ไว้ศึกษาด้วยตนเอง.

#### เอกสารอ้างอิง

1. Hall, R.A.,                   Introductory Linguistics, Chrlton Company, Philadel  
  phia, 1967.
2. Heffner, R. M.,           General Phonetics, The University of Wisconsin  
  Press, 1969
3. Lyons, J.,                   Introduction to Theoretical Linguistics, Cambridge  
  University Press., 1969
4. Wise, C. M.,               Introduction to Phonetics, Englewood, Cliffs, N. J.,  
  Prentice – Hall Tnc., 1954

# อุตสาหกรรมที่เกษตรกรไทยต้องการ

## Industrials For Thai Agriculturists

วิระพงษ์ โปษเมอง

เราลองมาช่วยกันพิจารณาประเทศเกษตรกรรมทั้งหลายรอบ ๆ บ้านเรากันบ้าง เช่น พม่า, มาเลเซีย, เขมร, ลาว, ญวน, ฟิลิปปินส์ มีประเทศใดบ้างที่ลองหันไปดูประเทศอุตสาหกรรม เช่น— เยอรมัน, ฝรั่งเศส, อเมริกา และญี่ปุ่น ล้วนแต่ร่ำรวยเป็นเศรษฐีกันทั้งนั้น ที่ให้เปรียบเทียบมิได้หมายความว่าให้เราเลิกการกสิกรรมแล้วหันไปทำอุตสาหกรรมแบบเขาทันทีทันใด แต่ต้องการให้คนไทยทุกคนช่วยกันคิด ช่วยกันคิดเปลี่ยนแปลงแก้ไข ช่วยกันพัฒนาอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ ที่ใช้ผลิตผลเกษตรเป็นวัตถุดิบ ความจริงอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตผลจากเกษตรเป็นวัตถุดิบได้เริ่มในประเทศไทย ตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมา แต่เป็นที่น่าเสียดายที่ว่าการดำเนินงานเป็นไปอย่างเชื่องช้ามาก เมื่อคิดเข้าข้างตนเองว่าประเทศไทยมิได้แพ้สงคราม และไม่ได้เสียหายหรือถูกทำลายมากมายนัก ส่วนประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นประเทศแพ้สงคราม เมืองชิโรชิม่า, เมืองนางะซากิ ถูกลูกระเบิดปรมาณูทำลายจนราบเรียบ ส่วนเมืองสำคัญอื่น ๆ เช่น โตเกียว ก็ถูกลูกระเบิดเพลิงเผาผลาญทำให้โรงงานอุตสาหกรรมอาคารบ้านเรือนพังพินาศเสียหายอย่างหนัก ประชาชนชาวญี่ปุ่นต้องประสบชะตากรรมอันน่าสงสาร โดยทั่วไปอยู่ในสภาพอดอยากยากจน เสื้อผ้าก็ต้องแบ่งกันใช้ อาหารก็มีไม่มีใครพอรับประทาน ผู้หญิงต้องขายตัวกิน ยังจำกันได้ว่าสมัยสงครามเกาหลี ทหารไปรบเกาหลีชอบไปพักผ่อนญี่ปุ่น เพราะว่าหาเมียเช่าชั่วคราวได้ง่ายและราคาก็ถูก แต่ปัจจุบันหาไม่ได้เพราะว่าเศรษฐกิจของเขาดีขึ้น ทุกคนมีงานทำ ทุกคนมีรายได้ดี หลังจากญี่ปุ่นประกาศยอมแพ้สงครามเมื่อวันที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2488 ญี่ปุ่นต้องขอซื้อข้าวสารและอาหารต่าง ๆ จากประเทศไทย แต่นำแปลกใหม่ใช้เวลาไม่ถึง 20 ปี ญี่ปุ่นส่งข้าวสารและอาหารสำเร็จรูปต่าง ๆ ออกขายแข่งกับประเทศไทย นอกจากนั้นญี่ปุ่นยังส่งเสื้อผ้า, เครื่องไฟฟ้า, รถยนต์, เรือสินค้า, เรือ

บรรทุกน้ำมัน ไปขายยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ญี่ปุ่นกลายเป็นมหาเศรษฐีของโลก ประเทศไทยซึ่งอุดมสมบูรณ์ด้วยทรัพยากรตามธรรมชาติต้องเสียคุณค่ากับญี่ปุ่นปีละ ห้า-หกพันล้านบาท ที่กล่าวแล้วทั้งหมดต้องการเพียงให้เห็นเป็นตัวอย่าง แต่ไม่ต้องการให้ตามกันเขาอย่างไม่มีลิมิตลิมิตา

ถึงเวลาแล้วที่เราจะต้องแก้ไขตัวของเราเอง เรามีนักเศรษฐศาสตร์, เรามีวิศวกร และนักวิชาการสาขาต่าง ๆ จบปริญญาตรี, โท, เอก จากเกือบทุกประเทศทั่วโลก เป็นที่ทราบกันดีว่าการส่งวัตถุดิบทางเกษตรไปจำหน่ายยังต่างประเทศมีอุปสรรคนานาประการ ประการแรกต้องส่งปริมาณมากได้เงินตราเข้ามาน้อย การขนส่งลำบาก การควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบเองจะเปลี่ยนแปลงหรือเกิดเสื่อมคุณภาพไปในระหว่างเดินทางแล้ว ยังเปิดโอกาสให้พ่อค้า (สัญชาติเงิน) ปลอมปนสิ่งต่าง ๆ ลงไป **ทำให้เสียชื่อเสียงประเทศชาติ**

อุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตผลจากเกษตรกรรมที่ได้ดำเนินไปแล้วได้แก่.—

-อุตสาหกรรมน้ำมันพืช วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ รำข้าว, ถั่วเหลือง, เมล็ดฝ้าย, เมล็ดถั่ว, เมล็ดดอกทานตะวัน

-อุตสาหกรรมยาง ยางใช้กับรถต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก็ยางรถยนต์, ยางใช้กับเครื่องบินวัตถุดิบก็มียางดิบจากภาคใต้หรือจากภาคตะวันออก แต่เป็นที่น่าเสียใจที่โรงงานผลิตยางรถยนต์ต่าง ๆ ไม่ได้ใช้ยางดิบของเราทั้ง 100 % แต่เขาสั่งยางเทียมจากประเทศแม่ของเขาเข้ามาใช้ตั้งเกือบ 50 % รัฐบาลควรให้โรงงานต่าง ๆ ใช้ยางดิบมากกว่าที่เป็นอยู่

-อุตสาหกรรมผลิตน้ำตาลทราย วัตถุดิบในบ้านเราใช้อ้อยอย่างเดียว

-อุตสาหกรรมผลิตยาสูบ วัตถุดิบก็ได้แก่.— ใบยาสูบ วัสดุที่ปรุงแต่งกลิ่นรส และตัวยาเคมีที่ทำให้เย็นเช่นเมนทอล เราควรจะปลูกต้นใบยาสูบบ่อนโรงงานทั้ง 100 % แต่ความจริงเราต้องสั่งใบยาจากนอกมาปีละ 300-400 ล้านบาททุกปี (เช่น.— ในปี พ.ศ. 2514 เราสั่งใบยาเข้ามาถึง 432 ล้านบาท)

-อุตสาหกรรมหอมผ้า ปัจจุบันผ้าที่ใช้ฝ้าย 100 % ไม่นิยมกัน ส่วนใหญ่ใช้เส้นใยสังเคราะห์ผสมกับฝ้าย ในอัตราส่วน เส้นใยสังเคราะห์ต่อฝ้าย = 65 : 35 และผ้าที่ใช้ 35 % ส่วนใหญ่ก็เป็นผ้าที่สั่งเข้ามาจากนอก เรื่องนี้ได้ทราบว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำลังแก้ไขอยู่

-อุตสาหกรรมทอกระสอบ วัตถุดิบได้แก่ปอ พวกปอแก้ว ปอกระเจา

-อุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง วัตถุดิบก็ได้แก่ผลไม้ต่าง ๆ เช่น - สับปะรด, กล้วยไข่, มะม่วง, ฝรั่ง, ลำไย, เงาะ, ลิ้นจี่, พุดทรา, องุ่น, ลูกท้อ, แห้ว และส้มต่าง ๆ

นอกจากที่กล่าวแล้วเมื่อเราควรจะได้มีอุตสาหกรรมจากพืชชนิดอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่ปลูกง่าย ขยายพันธุ์ง่าย เจริญเติบโตเร็ว บางชนิดมีขึ้นในป่า บางชนิดอาจจะนำเอามาจากประเทศเพื่อนบ้าน เอามาขยายพันธุ์ได้ง่าย ๆ เช่น -

-อุตสาหกรรมน้ำมันหอมจากธรรมชาติ วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่พืชมีกลิ่นหอมต่าง ๆ จะเป็นดอกมีกลิ่นหอม ใบมีกลิ่นหอม เปลือกมีกลิ่นหอม แก่นมีกลิ่นหอม ยางมีกลิ่นหอม หรือรากมีกลิ่นหอมก็ได้ พวาคอกมีกลิ่นหอม น้ำมันจากคอกกระดังงา, คอกจำปา, คอกช่อนกลิ่น เป็นที่ต้องการของตลาดโลก พวกใบมีกลิ่นหอม น้ำมันจากใบโหระพา ในตลาดโลกลิตรละประมาณ 500 บาท (ห้าร้อยบาท) น้ำมันจากตะไคร้ (ตะไคร้ใส่ตั้มยำ) ลิตรละ 100 บาท (หนึ่งร้อยบาท) น้ำมันจากตะไคร้หอมลิตรละ 60 บาท (หกสิบบาท) นอกจากนี้น้ำมันจากหัวไพล น้ำมันจากใบกระเพรา น้ำมันจากผิวมะกรูด ก็มีต่างชาติสนใจ

เมื่อพูดถึงอุตสาหกรรมน้ำมันหอมทำให้คิดถึงกำยาน เราเคยส่งกำยานไปขายในตลาดโลกจนมีชื่อเสียงเป็นที่นิยมของอุตสาหกรรมเครื่องหอมแต่ขณะนี้ไม่มีขายในตลาดโลก กำยานเป็นยางไม้ได้จากต้นกำยาน มีขึ้นเองในป่าทางภาคอีสาน, ป่าทางภาคเหนือ และป่าในประเทศลาว ลาวส่งกำยานมาทางหนองคายมากรุงเทพมหานคร ทว่าโลกรู้จักกำยานว่า เบนโซอินไซแอม (Benzoin Siam) กำยานมีประโยชน์ใช้ทำน้ำอบไทย, ใช้ค้ำกลิ่นแอลกอฮอล์ และบ้านนอกใช้เผาในพิธีสวดศพเพื่อค้ำกลิ่นศพ ขณะนี้มีกำยานขายในกรุงเทพฯ เล็กน้อยมีราคาแพงมาก กรม

ป่าไม้ น่าจะสืบหาพันธุ์ และทำการปลูกทำการขยายพันธุ์ไว้สัก 100 ไร่ คนไทยรุ่นลูกรุ่นหลานจะได้กรีกเอาอย่าง (ก่ายาน) ไปขายได้สบาย

-อุตสาหกรรมจากเครื่องเทศ มีเครื่องเทศหลายชนิดปลูกได้ในบ้านของเรา เช่น กานพลู, กระวาน, เว่า, อบเชย และพริกไทย เครื่องเทศเหล่านี้เป็นที่ต้องการของตลาดโลกทั้งตัวเครื่องเทศเอง และน้ำมันที่สกัดได้ เช่น- มีน้ำมันกานพลู, น้ำมันกระวาน, น้ำมันเว่า, น้ำมันจากเปลือกอบเชย, น้ำมันจากใบอบเชย เป็นต้น เครื่องเทศเหล่านี้มีโอกาที่จะทำเงินให้ประเทศได้มาก ได้มีการสนับสนุนผู้ปลูก ช่วยหาพันธุ์ดี ๆ ให้ชาวไร่ เพราะตลาดคอยต้อนรับแล้ว ชาวไร่กระวานเว่าเว่าเดือดร้อนเพราะพ่อค้าไปซื้อให้ราคาต่ำมาก ขณะนี้ในท้องตลาดกรุงเทพมหานครลูกกระวานราคากิโลกรัมละ 40 บาท เว่าราคากิโลกรัมละ 55 บาท อบเชยก็ขายได้ทั้งเปลือก ทั้งใบ และน้ำมันของมันก็ขายได้

นอกจากที่กล่าวแล้วบ้านเราสามารถ ปลูกกระเทียมได้อย่างดี ฤดูกระเทียมทางภาคเหนือเหลืออีกโลกรัมละหนึ่งบาท ในตลาดโลกเขาต้องการกระเทียมผง, กระเทียมผงผสมเกลือ และน้ำมันกระเทียม (Garlic Powder, Garlic salt และ Garlic oil) ถ้ามีโรงงานเปลี่ยนกระเทียมเป็นกระเทียมผง, กระเทียมผงผสมเกลือ และน้ำมันกระเทียม โรงงานนี้จะช่วยแก้ปัญหาเศรษฐกิจและปัญหาสังคมของชาวไร่ชาวเขาได้มากที่สุดทีเดียว

อุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดเชื่อแน่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่เกษตรกรไทยต้องการอย่างยิ่ง.

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

# วิทยาศาสตร์และท่าน

ตอน

## THERMOGRAPHY (ถ่ายภาพด้วยความร้อน)

ชัยวัฒน์ คุประตกุล

“วิทยาศาสตร์และท่าน” เป็นรายการส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน นักศึกษาและประชาชน ออกอากาศทางสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย จังหวัดขอนแก่น ทุกวันเสาร์ เวลา 19.20 – 19.35 น. เริ่มรายการครั้งแรก วันเสาร์ที่ 20 มกราคม 2516 ดำเนินรายการโดย ดร.ชัยวัฒน์ คุประตกุล (มหาวิทยาลัยขอนแก่น) และภาวนา วิสุทธิแพทย์ (กองประชาสัมพันธ์เขตขอนแก่น)

เพื่อไม่ให้ “วิทยาศาสตร์และท่าน” เป็นรายการที่หนักด้านวิชาการเกินไป “วิทยาศาสตร์และท่าน” จึงดำเนินรายการในรูปแบบการสนทนาระหว่าง ดร. ธาตรี (นักวิทยาศาสตร์หนุ่ม) และมิตรหญิงชื่อ บัทยา

บัทยา: สวัสดีค่ะ คุณธาทรี

ธาทรี: สวัสดีครับ คุณบัทยา...คุณบัทยากำลังดูภาพอะไรอยู่ครับ?

บัทยา: ภาพถ่ายวิวสวยๆ ที่เขื่อนน้ำพรมที่บัทยาถ่ายเอง เมื่อวันอาทิตย์ที่แล้วค่ะ

ธาทรี: ผมขอชมด้วยจะได้ไหมครับ?

บัทยา: เชิญซิค่ะ

ธาทรี: ชอบคุณครับ... คุณบัทยาถ่ายภาพได้มุมสวยมาก ผมไม่ทราบมาก่อนเลยครับว่าคุณบัทยาเป็นนักเล่นกล้องฝีมือเยี่ยมคนหนึ่ง

บัทยา: บัทยาก็ไม่เก่งกาจอะไรนักหรอกค่ะ เพียงแต่สนใจและชอบถ่ายภาพเท่านั้นแหละค่ะ คุณธาทรีล่ะคะ สนใจเรื่องการถ่ายภาพหรือไม่คะ?

ธাত্রี: ผมเองก็สนใจเรื่องถ่ายภาพมากครับ...ในปัจจุบันนี้ เทคนิคในการถ่ายภาพได้เจริญรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว คุณบัทมาทราบหรือไม่ครับว่า เทคนิคในการถ่ายภาพในปัจจุบันนี้ ก้าวหน้าไปไกลมากขนาดที่ว่า เราสามารถจะถ่ายภาพของสิ่งที่อยู่ในที่มืดได้โดยไม่ต้องใช้แสงสว่างเลย

บัทมา: จริงหรือคะ?

ธাত্রี: เป็นความจริงครับ ที่น่าทึ่งยิ่งไปกว่านั้นยังมีอีกมากครับ เช่น ถ้ามีคนแอบหลังพุ่มไม้หน้าบ้านคุณบัทมาที่มองเห็นอยู่นั้น และถ้าสมมุติว่าเป็นเวลาค่ำคืนคิ้วนะครับ คุณบัทมาจะไม่ทราบเลยว่ามีคนแอบอยู่ แม้จะใช้ไฟฉายส่องดูก็ตามจริงไหมครับ?

บัทมา: จริงค่ะ

ธাত্রี: แต่ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพแบบใหม่ จะทำให้คุณบัทมาทราบได้ทันทีเลยครับว่ามีคนแอบอยู่หลังพุ่มไม้นั้น

บัทมา: แปลกจริง ๆ นะคะ? เทคนิคการถ่ายภาพแบบใหม่นี้มีหลักการอย่างไรคะทำไมจึงถ่ายภาพสิ่งที่อยู่ในที่มืดหรือถ่ายภาพสิ่งที่อยู่หลังวัตถุเช่นพุ่มไม้ได้

ธাত্রี: เทคนิคการถ่ายภาพแบบใหม่นี้ มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Thermography ซึ่งมีความหมายว่า การถ่ายภาพด้วยความร้อน ครับ ต่างไปจากการถ่ายภาพทั่วไปที่เรียกว่า Photography ซึ่งมีความหมายว่า การถ่ายภาพโดยใช้แสงครับ ความจริงแล้วคำว่า Photography นี้ มาจากภาษากรีกซึ่งถ้าแปลตามตัวจริง ๆ แล้ว แปลว่า "การวาดภาพโดยแสง หรือ Painting with Light" .... ฟังมาถึงแค่นี้คุณบัทมาคงเข้าใจแล้วนะครับว่า เทคนิคการถ่ายภาพแบบใหม่ที่ผมกำลังพูดถึงอยู่นี้ อาศัย ความร้อน ไม่ใช่ แสง ดังการถ่ายภาพโดยทั่วไป

บัทมา: คุณธাত্রีกรุณาอธิบายต่อไปให้ชัดเจนด้วยซิคะ ว่าการถ่ายภาพแบบใหม่ที่ใช้ความร้อนแทนแสงนี้ทำได้อย่างไรคะ

ชาตรี: ยินดีครับ...การถ่ายภาพแบบใหม่โดยใช้ความร้อนนี้ ถ้าจะอธิบายให้ถูกต้องตามหลักวิทยาศาสตร์จริงๆ เราควรใช้คำว่า **รังสีอินฟราเรด (Infrared Radiation)** แทนคำว่า **ความร้อน** ครับ....

บัทมา: คำว่า รังสีอินฟราเรดนี้ บัทมาได้ยินบ่อยๆ แต่ไม่เข้าใจนักว่าเป็นอะไรหรือมีคุณสมบัติอย่างไร คุณชาตรีจะกรุณาอธิบายให้ฟังจะได้ไหมคะ?

ชาตรี: ได้ครับ...รังสีอินฟราเรด เป็นรังสีที่ตามนุษย์เรามองไม่เห็นหรือที่เรียกว่า อินฟราเรดเป็น คลื่น ชนิดหนึ่งที่เราเรียกว่า **คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า** เช่นเดียวกับรังสีของสีรุ้งทั้ง 7 สี ที่ตาเรามองเห็นได้ คือ...ม่วง คราม ฟ้า เขียว เหลือง แสด และแดง ซึ่งล้วนแต่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งสิ้น แต่แตกต่างกันที่ **ความถี่** และ **ความยาวคลื่น** ครับ คลื่นของสีชนิดเดียวกัน จะมีความถี่และความยาวคลื่นเท่ากัน แต่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของสีต่างชนิดกัน จะมีความถี่และความยาวคลื่นไม่เท่ากัน ในสีของรุ้งทั้ง 7 สีนั้น สีแดงมีความถี่น้อยที่สุด แต่มีความยาวคลื่นมากที่สุดครับ

บัทมา: แล้วรังสีอินฟราเรดล่ะคะ

ชาตรี: คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของรังสีอินฟราเรด มีความถี่น้อยกว่าความถี่ของสีแดง แต่มีความยาวคลื่นมากกว่าของสีแดงครับ

บัทมา: คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่าง ๆ เหล่านี้ มีคุณสมบัติอะไรใหม่คะที่เหมือนกัน?

ชาตรี: มีครับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิด ซึ่งรวมทั้งคลื่นวิทยุหรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต มีคุณสมบัติร่วมกันอย่างหนึ่ง คือมีความเร็วเท่ากันหมด และความเร็วของคลื่นเหล่านี้คำนวณได้จากผลคูณระหว่าง **ความถี่** และ **ความยาวคลื่น** ซึ่งมีค่าเท่ากับความเร็วของแสงในสุญญากาศ คือประมาณ 186,000 ไมล์ต่อวินาที หรือประมาณ 300,000 กิโลเมตรต่อวินาทีครับ

บัทมา: รังสีอินฟราเรดมีความเกี่ยวข้องกับการถ่ายแบบใหม่ที่เรียกว่า Thermography  
อย่างไรคะ?

ธাত্রี: การถ่ายภาพแบบใหม่นี้ อาศัยหลักสำคัญดังนี้ครับ วัตถุทุกชนิดจะมีพลังงาน  
ความร้อนอยู่ในตัวเสมอ และจะส่งรังสีอินฟราเรดออกมาจากวัตถุนั้น ๆ เสมอ  
วัตถุใดร้อนมาก ก็จะทำให้รังสีอินฟราเรดออกมามาก ถ้าร้อนน้อย ก็จะทำให้รัง  
สีอินฟราเรดออกมาน้อย สำหรับหลักการการทำงานของกล้องถ่ายภาพโดยอาศัย  
ความร้อนนี้ โดยทั่วไปแล้ว ก็คล้ายคลึงกับกล้องถ่ายภาพใช้แสงโดยทั่วไป  
ไปนั่นแหละครับ กล่าวคือ ในกล้องถ่ายภาพใช้แสงนั้น เราใช้ฟิล์มที่มีความ  
ไวต่อแสงมาก ดังนั้นในกล้องที่ใช้ความร้อนนี้เราก็ใช้ฟิล์มที่มีความไวต่อรังสี  
อินฟราเรดแทนครับ

บัทมา: ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพโดยรังสีอินฟราเรดนี้ จะออกมาเป็นอย่างไรคะ?

ธাত্রี: โดยทั่วไป ก็มี 2 ชนิดครับ คือ ออกมาเป็นภาพขาวดำ หรือภาพสี สำหรับ  
ภาพขาวดำนั้น บริเวณไหนของวัตถุที่มีความร้อนมาก คือ จะให้รังสีอินฟรา  
เรดออกมามาก ก็จะมีปรากฏเป็นบริเวณที่สว่างหรือขาวกว่าบริเวณของวัตถุที่  
เย็นกว่าครับ

บัทมา: แล้วภาพสีล่ะคะ

ธাত্রี: ภาพสี ก็จะมีออกมาเป็นสีต่างๆ ขึ้นอยู่กับระดับความร้อนเย็นของวัตถุ หรือปริ  
มาณของรังสีอินฟราเรดนั่นเองแหละครับ

บัทมา: เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายธรรมดาที่ใช้แสงแล้ว ภาพถ่ายโดยอาศัยความร้อน  
นี้ จะเป็นอย่างไรคะ?

ธাত্রี: ภาพถ่ายโดยอาศัยความร้อนนะครับ จะไม่ชัดเจนหรือแสดงส่วนละเอียดของ  
วัตถุได้ดีเท่าภาพธรรมดาที่ใช้แสงหรอกครับ เพราะภาพถ่ายโดยอาศัยความ  
ความร้อนนี้ จะแสดงระดับความร้อนของส่วนต่างๆ ของวัตถุในภาพให้เห็น

เท่านั้น แต่ประโยชน์ของภาพถ่ายโดยอาศัยความร้อนนี้ มีมากมายเหลือเกิน  
เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายโดยใช้แสงครับ

บัทมา: ประโยชน์ของการถ่ายภาพโดยอาศัยความร้อนนี้ มีอะไรบ้างคะ?

ธাত্রี: โดยทั่วไปแล้ว เทคนิคการถ่ายภาพโดยใช้ความร้อนนี้ ยังเป็นเรื่องค่อนข้างใหม่ที่นักวิทยาศาสตร์กำลังศึกษาหาทางปรับปรุงให้ดีขึ้นตลอดเวลา และได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษ เพราะประโยชน์นี้มีมากมายเหลือเกิน ทั้งในด้านการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ ทางอุตสาหกรรม ในวงการทหาร ในวงการแพทย์ และอื่น ๆ อีกมากมายครับ

บัทมา: คุณธাত্রี กรุณาอธิบายประโยชน์ของการถ่ายภาพโดยอาศัยความร้อน ในวงการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ให้ฟังด้วยซิคะ

ธাত্রี: ได้ครับ ในการใช้เครื่องถ่ายภาพโดยอาศัยความร้อนนี้ ไม่จำเป็นจะต้องถ่ายเป็นภาพออกเป็นใบ ๆ เสมอหรอกครับ วิธีที่ใช้จริง ๆ และรวดเร็วก็คือแสดงภาพของวัตถุที่กำลังถ่าย บน จอ ลักษณะ คล้าย ๆ กับ จอ โทรทัศน์ ซึ่ง เรียกว่า CATHODE - RAY TUBE ได้ทันที ดังนั้นในวงการวิจัย เครื่องชนิดนี้จึงมีประโยชน์มากในการทดสอบภาพและการทำงานของเครื่องมือไฟฟ้า เช่น ทดสอบหลอดสุญญากาศหรือหลอดวิทยุ ทดสอบความต้านทานของส่วนประกอบของอุปกรณ์ไฟฟ้า ทดสอบสายไฟแรงสูง เพราะส่วนที่กำลังจะชำรุดหรือไหม้จะร้อนกว่าปกติ ทำให้เราทราบ และแก้ไขได้ทันทีทั้งนี้ ในวงการอุตสาหกรรมก็เช่นเดียวกัน < เราสามารถที่จะตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักรกลใหญ่ ๆ และสลับซับซ้อนได้อย่างรวดเร็วโดยอาศัยเครื่องถ่ายภาพโดยความร้อนนี้ครับ

บัทมา: ในวงการทหารหรือยามสงครามล่ะคะ มีประโยชน์อะไรบ้าง?

ธাত্রี: มากมายทีเดียวครับ เช่น ใช้ตรวจสอบรักษากาเร็นในเวลาค่ามีดคู่ว่ามีข้าศึกแอบซุ่มอยู่ในบริเวณใกล้เคียงหรือไม่ ใช้ในการตรวจหาที่ชุมนุมทหารในเวลากลางคืนจากเครื่องบิน ใช้ตรวจหาอาวุธฝ่ายศัตรู ใช้ในการทิ้งระเบิดโจมตีเมืองของฝ่ายศัตรูในเวลากลางคืนเดือนมืดทั้ง ๆ ที่ฝ่ายศัตรูอาจจะดับไฟทั้งเมือง

ใช้ตรวจหาเมืองที่สร้างอยู่ใต้ดิน เพราะบริเวณที่มีเมืองอยู่ใต้ดินจะมีความร้อนมากกว่าบริเวณใกล้เคียงครับ

ปัทมา: ในวงการแพทย์ล่ะคะ มีประโยชน์อะไรบ้าง?

ธাত্রี: ประโยชน์สำคัญคือ ใช้ตรวจสอบสุขภาพของคนไข้โดยทั่วไป เพราะผู้ป่วยจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ ตรวจหาค่าแห่งผิดปกติของคนไข้จากอุบัติเหตุ เช่น ตำแหน่งของกระดูกที่หัก ประโยชน์ที่สำคัญยิ่งในปัจจุบันนี้คือ ใช้ตรวจหาแคนเซอร์ (Cancer) หรือเนื้องอกในส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพราะบริเวณที่มีแคนเซอร์จะมีอุณหภูมิสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ดังนั้นเครื่องมือนี้จะช่วยตรวจพบผู้ป่วยภัยแคนเซอร์ในระยะแรกเริ่มได้ และรับการรักษาให้หายได้ทันเวลาที่ครับ

ปัทมา: นอกจากนั้น มีอะไรอีกบ้าง?

ธাত্রี: อีกมากมายครับ เช่น ช่วยคนที่ต้องลอยคออยู่ในทะเลอันเนื่องมาจากเรืออัปปางในเวลาค่าคืนเพราะอุณหภูมิของคนอยู่ในน้ำจะสูงกว่าน้ำ และตำแหน่งของคนอยู่ในน้ำจะปรากฏให้เห็นชัดเจนในจอของ CATHODE - RAY TUBE ของเครื่องถ่ายภาพโดยใช้ความร้อนที่อยู่ในเรือ หรือเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์ของผู้มาช่วยเหลือ ในต่างประเทศ เครื่องมือชนิดใหม่นี้กำลังมีบทบาทมากในการต่อสู้กับไฟไหม้ป่า เพราะเวลาเกิดไฟไหม้ป่า จะมีมันควันหนา ทำให้ยากแก่การดับไฟเพราะไม่ทราบที่ไฟลุกลามไปทางไหน แต่เครื่องถ่ายภาพโดยอาศัยความร้อนจะสามารถบอกได้ว่า ไฟกำลังลุกลามแค่ไหนและไปทางใดครับ

ปัทมา: นับว่า Thermography หรือการถ่ายภาพโดยอาศัยความร้อนหรือรังสีอินฟราเรดนี้ เป็นสิ่งมหัศจรรย์อันยิ่งใหญ่อย่างหนึ่งของวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ที่เกี่ยวจะ

ธাত্রี: ผมก็คิดว่าเป็นเช่นนั้นครับ.

### แนะนำหนังสืออ่านเพิ่มเติม

Poole, L., *Frontiers of Science*, McGraw - Hill, 1958

*Science Digest*, December, 1968.

# พยาธิในอาหารประจำวัน

## Parasitic Infection Through Foods

ปราโมทย์ ทองกระจ่าง

อาหารเป็นสิ่งจำเป็นต่อร่างกายในการเจริญเติบโต การกินอาหารก็เพื่อเสริมสร้างพลังงานให้แก่ร่างกายและเพื่อให้สามารถต่อต้านกับโรคภัยไข้เจ็บต่าง ๆ ได้ อาหารนั้นมีประโยชน์อย่างแน่นอน ถึงกระนั้นก็ตามสิ่งที่มีประโยชน์ทุกชนิดย่อมให้โทษได้เสมอ ถ้าใช้ไม่ถูกวิธี กล่าวคือ อาหารนั้นให้โทษแก่ร่างกายได้ถ้ากินไม่ถูกวิธี ไม่ถูกชนิด หรือกรรมวิธีในการปรุงอาหารไม่ถูกสุขลักษณะก็จะเป็นทางนำเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย ทำให้เกิดการเจ็บป่วยต่อไปได้ เชื้อโรคที่มีปะปนอยู่ในอาหารประจำวันของเรานั้นมีมากมายหลายชนิด ทั้งแบคทีเรีย (Bacteria) เชื้อรา ไวรัส (Virus) และพยาธิต่าง ๆ ส่วนมากมักจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า จึงสำคัญผิดคิดว่าอาหารเหล่านั้นปราศจากเชื้อโรคอาหาร ในชีวิตประจำวันของเราโดยเฉพาะอย่างยิ่งในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มักมีเชื้อโรคสำคัญชนิดหนึ่งที่เรารู้จักกันดี คือ พยาธิต่าง ๆ เช่น พยาธิตัวตืด พยาธิไส้เดือน (พยาธิตัวกลม) พยาธิใบไม้ ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งจะเข้าสู่ร่างกายโดยติดเข้าไปกับอาหารที่มีลักษณะสุก ๆ ดิบ ๆ เมื่อพยาธิเหล่านั้นเข้าสู่ร่างกายแล้วจะไปบั่นทอนสุขภาพทำให้การงานต้องลดน้อยลงไป หรือจำต้องหยุดพักไป เป็นการเสียรายได้ที่จะนำมาจุนเจือครอบครัว และในส่วนรวมก็ยังเป็นผลเสียแก่เศรษฐกิจของชาติด้วย ฉะนั้นจึงควรที่จะเอาใจใส่และระมัดระวังในเรื่องอาหารการกินบ้างพอสมควร

พยาธิเป็นสัตว์ตัวเล็ก ๆ บางชนิดก็มองเห็นด้วยตาเปล่า บางชนิดก็มองไม่เห็นต้องใช้กล้องส่องดู ชีวิตของพยาธิต้องอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งที่มีชีวิตอื่น ๆ เช่น คน หม่า แมว ฯลฯ เป็นต้นการที่มีนมมาอาศัยอยู่กับเรา เช่น อยู่ในลำไส้ ในตับ ในปอด ในเลือด ในสมอง ตามกล้ามเนื้อต่าง ๆ ก็ทำให้เราเดือดร้อน เพราะได้ชื่อว่าพยาธิแล้วละก็เป็นพวกที่ทำงานไม่เป็น เป็นแต่กินท่าเดียว ที่มันกินจากไหน ก็จากอาหารที่เรากินเข้าไปนั่นเอง นาน ๆ เข้า

มันก็เพิ่มลูกหลานมากมายอยู่ในตัวเรา แล้วก็ช่วยกันแย่งอาหารจากเรา เพราะฉะนั้นไม่ว่าเราจะกินสักเท่าไร ๆ ก็ไม่โตเสียทีหนักเข้าก็เลยเป็นคน “ผอมลงพุง” (หรือพุงโตกันปอกันนั่นแหละ) นอกจากนี้พยาธิเหล่านี้ถ้ามีจำนวนมาก ๆ อยู่ในลำไส้ในหลอดเลือด ในหลอดน้ำเหลือง ก็จะทำให้มีการอุดตันของลำไส้ หลอดเลือด และหลอดน้ำเหลืองเหล่านั้นได้ เช่น โรคเท้าช้าง พยาธิบางอย่างทำให้เกิดอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง หรือทำให้เป็นโรคบิด หรือเกิดอาการคันอย่างมากตามผิวหนังและเยื่อเมือกต่าง ๆ บางชนิดทำให้เกิดการอักเสบอย่างรุนแรงแก่อวัยวะที่พยาธิเหล่านั้นอาศัยอยู่ เช่นพยาธิใบไม้ในตับถ้าไม่มีการรักษาหนักเข้า ๆ ทำให้ตับแข็ง และอาจถึงตายได้ หรือทำให้เกิดคีซ่าน พยาธิบางชนิดอาจทำให้คนพิการ หรือเป็นอัมพาตไปไ้ตลอดชีวิต อาการทางผิวหนัง เช่น ปวด บวม แดง ร้อน มีเลือดคั่งตามส่วนต่างๆ ก็เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะว่าร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนอง และพยายามที่จะกำจัดพยาธิเหล่านั้นออกไป นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการอ่อนเพลียระเหี่ยใจ ท้อแท้ เหนื่อยหน่ายต่อชีวิต และการทำงาน ไม่ค่อยจะมีความกระตือรือร้น เป็นผลเสียแก่เศรษฐกิจของครอบครัวอย่างมากมาย

พยาธิติดต่อกับคนได้อย่างไร ? ในชีวิตประจำวันของเรา<sup>นี้</sup>ต้องเกี่ยวข้องกับอะไร สิ่งเหล่านั้นสามารถจะนำพยาธิมาสู่ตัวเราได้เสมอ เช่น อาหาร น้ำ อากาศ แมลง พื้นดิน ท้องไร่ท้องนาเป็นต้น แต่ประการสำคัญที่สุดคืออาหาร เพราะเราต้องกินอาหารอย่างน้อยก็วันละ 3 มื้อ โอกาสจะได้รับพยาธิก็มีมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารประเภทสุก ๆ ดิบ ๆ เช่น -

1. อาหารประเภทที่ปรุงจากเนื้อสัตว์ เช่น แหนม ไส้กรอก ลาบ ลาบเลือด ก้อย เหล่านี้ล้วนเป็นอาหารที่มีพยาธิอยู่ทงนั้น ถ้าเนื้อสัตว์ที่นำมาประกอบอาหาร<sup>นี้</sup>ได้จากสัตว์ที่เป็นโรคพยาธิอยู่ก่อนแล้ว และติดต่อกับผู้บริโภคได้ พยาธิที่อาศัยอยู่ในเนื้อสัตว์ที่นำมาประกอบอาหารเหล่านี้ได้แก่พยาธิตัวติด หรือที่เรารู้จักกันว่า “เม็ดศากู” ซึ่งฝังตัวอยู่ในเนื้อหมู หรือเนื้อวัว เมื่อเรากินเม็ดศากู<sup>นี้</sup>เข้าไปมันก็จะไปเจริญ อยู่ในลำไส้ของเราเป็น ตัวที่ติดยาวมากตั้งแต่ 5 - 7 เมตร ซึ่งอาจจะทำให้เกิดการอุดตันในลำไส้ได้อย่างสบาย อีกชนิดหนึ่ง

มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Trichinella spiralis* พยาธิตัวนี้ เมื่อเร็ว ๆ นี้เคยโด่งดังมาก ในหน้าหนังสือพิมพ์รายวันอยู่ระยะหนึ่ง ทั้งนี้ เพราะว่า ชาวเขาในจังหวัด เชียง ใหม่พากันล้มป่วยและถึงตายไปก็มีเพราะพยาธิตัวนี้ ปกติเป็นพยาธิของหมู อยู่ตามเนื้อหมู ติดต่อมาถึงคน โดยการกินเนื้อหมูสุก ๆ ดิบ ๆ เมื่อคนกินเข้าไปแล้วมันจะไปอาศัยอยู่ตามกล้ามเนื้อที่มีการเคลื่อนไหวเป็นประจำเช่น กล้ามเนื้อที่เกี่ยวกับการหายใจ กระบังลม ขา น่อง ทำให้เกิดอาการเจ็บปวดตามกล้ามเนื้อ อาเจียร ท้องเดิน ปวดเมื่อยคล้ายเป็นไข้หวัด อาจมีไข้ด้วย

2. อาหารประเภทปลา เช่น ปลาแคก ปลาต้ม ตลอดจนอาหารปลาอื่น ๆ ที่เป็นปลาน้ำจืด และมีลักษณะสุก ๆ ดิบ ๆ จะมีพยาธิชนิดหนึ่งซึ่งเป็นกันมากในภาคอีสานเรา นี้ คือ พยาธิใบไม้ในตับ (ภาษาวิทยาศาสตร์เรียกว่า *Opisthorchis*) พยาธิตัวนี้ติดต่อมาถึงคนโดยการกินปลาน้ำจืดประเภทเดียวกับปลาตะเพียนที่มีตัวอ่อนของพยาธิชนิดนี้อาศัยอยู่ แล้วจะเข้าไปเจริญเป็นตัวแก่อยู่ในตับทำให้เกิดอาการตีชาน ตับแข็ง นอกจากนี้ยังพบพยาธิที่เรียกว่า ตีปลา (ภาษาวิทยาศาสตร์เรียกว่า *Diphyllobothrium latum*) ได้ในอาหารประเภทนี้ ที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งคือ พยาธิตัวจิ๋ว (ภาษาวิทยาศาสตร์เรียกว่า *Gnathostoma spinigerum*) ที่เรารู้จักกันดี ซึ่งก็ติดต่อมาถึงคนโดยการกินปลาที่มีลักษณะสุก ๆ ดิบ ๆ เช่นเดียวกัน อันตรายที่เกิดจากพยาธิตัวจิ๋วนี้มีมาก เพราะว่าตัวจิ๋วนี้ เมื่อเข้าไปในร่างกายแล้ว มันสามารถจะเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้ทุกแห่งในร่างกายเรา ทำให้เกิดอาการทางสมอง ประสาทตบ กล้ามเนื้อ ฯลฯ แล้วแต่ว่าตัวจิ๋วจะไปอยู่ ณ ที่ใด ตัวจิ๋วในเนื้อปลาจะเห็นได้ด้วยตาเปล่า ที่พบบ่อยที่สุด มักจะอาศัยอยู่ในปลาคุก ปลาช่อน ปลาไหล และกบ

3. อาหารประเภทผักสดต่าง ๆ เช่น ผักบุ้ง ผักกระเฉด สาหร่าย หัว กระจับที่นำมาประกอบเป็นอาหารโดยไม่ล้างให้สะอาดหรือต้มให้สุกเสียก่อน พวกพืชน้ำจืดเหล่านี้มักจะเป็นที่อาศัยของพวกตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ อีกพวกหนึ่งซึ่งติดต่อมาถึงคนได้โดยการกินผักดิบ ๆ

ที่เก็บมาจาก กลอง หนอง บึง อาหารในชีวิตประจำวันของเราชนิดหนึ่งที่ขาดกันเสียไม่ค่อยได้คือ ส้มตำ หรือที่ชาวอีสานเรียกกันว่า “หมากขุ่ม” ถ้าจะให้อร่อยก็ต้องมีผักสด เช่น ผักขี้กวย ควบคู่ไปด้วย ถ้ามีความปลอดภัยในค่าน้ำสะอาดจะเป็นช่องทาง ให้ผู้ที่บริโภคติดพยาธิได้ง่าย ๆ

4. กุ้ง ปู ต่างๆ หอยน้ำจืดต่างๆ เช่น หอยโข่ง เป็นสัตว์น้ำจืดที่ใช้ประกอบเป็นอาหารประจำวันควรจะให้สุกเสียก่อนเพื่อฆ่าพยาธิที่อาศัยอยู่ในตัวสัตว์เหล่านั้นก่อนที่จะติดมาถึงเรา พยาธิที่จะพบได้ในสัตว์เหล่านี้มีหลายชนิด เช่น พยาธิใบไม้ในปอด (ภาษาวิทยาศาสตร์เรียก *Paragonimus westermani*) และพยาธิที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Angiostrongylus cantonensis* นอกจากนี้บางคนนิยมใช้น้ำสัตว์ เช่น กุ้ง กบ เขียด มาตำแล้วพอกแผลนั้น การทำเช่นนั้นนอกจากไม่เกิดผลดีต่อการรักษา แผลแล้วยัง จะทำให้คนนั้น ได้รับเชื้อพยาธิเข้าไปในร่างกายทางบาดแผลได้อีกด้วย เพราะน้ำสัตว์เหล่านี้มีพยาธิอาศัยอยู่ได้ เช่น พยาธิที่มีชื่อว่า *Diphyllobotrium mansoni*

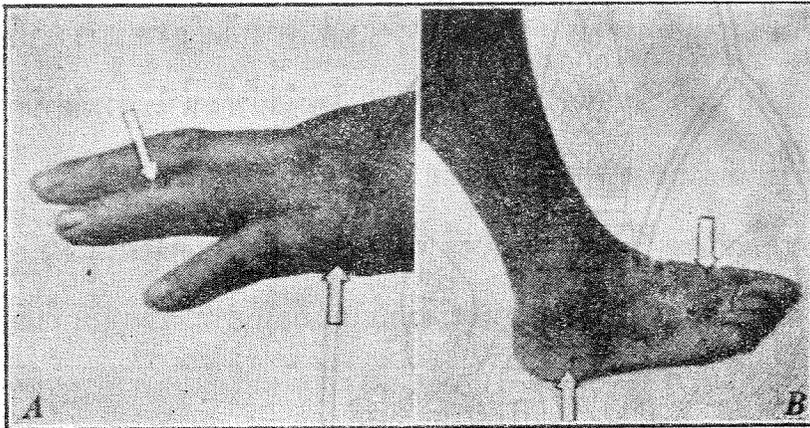
5. ยังมีพยาธิอีกหลายชนิดที่ไม่ติดต่อมาสู่คนโดยทางอาหาร แต่ตัวอ่อนของมันจะไชเข้าทางผิวหนัง เช่น ง่ามมือ ง่ามเท้า เป็นต้น พยาธิพวกนี้ ได้แก่พยาธิปากขอ (ภาษาอังกฤษเรียกว่า Hook Worm) พยาธิตัวกลมบางชนิด (เช่นตัวที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Strongyloides stercoralis*) และพยาธิใบไม้ในเลือด (ภาษาอังกฤษเรียกว่า Blood Fluke) ตัวอ่อนของพยาธิพวกนี้ก็จะพบได้ทั่วไปตามพื้นดินที่ชื้นแฉะอยู่เสมอ เช่น ตาม ห้วย หนอง กลอง บึง หรือแหล่งน้ำใหญ่ ๆ เช่น บริเวณอ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน เพราะแหล่งน้ำเหล่านี้มักเป็นน้ำนิ่ง ช่วยให้ตัวอ่อนของพยาธิเหล่านี้ไชเข้าผิวหนังของเราเมื่อเวลาที่เราไปอาบไปใช้ หรือทำการจับปลาตามแหล่งน้ำเหล่านั้น นอกจากนี้ยังมีพยาธิบางชนิดที่ติดต่อดังกันได้โดยการหายใจเช่น พยาธิเข็มหมุด (ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Enterobius vermicularis*) หรือติดต่อกัน

โดยการคลุกเคล้าอยู่กับสัตว์เลี้ยง เช่น หมู หมา วัว ควาย แพะ แกะ เป็นต้น ส่วนมากมักจะ เป็นกับเด็ก เพราะว่าเมื่อไข้พยาธิของสัตว์เหล่านี้ออกมาบ่อยๆ จะระของมันตกลงบนดิน ด้วย ความซุกซนของเด็ก และโดยธรรมชาติของเด็กชอบดมมือหรือเก็บสิ่งของต่าง ๆ จากดินนั้นก็ อาจจะกินไข่พยาธิที่ตกอยู่ตามพื้นดินเข้าไปด้วย

หนึ่ง โรคมะลาเรียก็เกิดจากพยาธิชนิดหนึ่งเช่นเดียวกันแต่ไม่ติดต่อมากถึงคน โดย ทางอาหารหรือน้ำเหมือนที่กล่าวข้างต้น เพราะฉะนั้นจึงเป็นเรื่องนอกเหนือจากหัวเรื่องนี้ แต่ ใคร่ขอกล่าวไว้สักเล็กน้อย เพราะว่าโรคนี้นั้นเป็นโรคระบาดที่ร้ายแรงและเป็นกันมาก ติดต่อดังกัน โดยอาศัย "ยุง" เป็นตัวนำเชื้อจากคนป่วยเป็นมาลาเรียไปสู่คนที่ไม่เป็น เชื้อชนิดนี้จะอาศัยอยู่ ในเลือดของคน ฉะนั้นทางป้องกันที่ดีที่สุดคือ พยายามกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงรอบ ๆ บริเวณบ้าน เช่นน้ำที่ขังอยู่ตามโอ่งแตก ไทแตก กระถางมะพร้าว โอ่งใส่น้ำดื่มน้ำใช้ควรมีฝาปิด ให้เรียบร้อย เพราะยุงจะไขบนที่น้ำนั้น นอกจากนั้นนอนกางมุ้งเพื่อป้องกันยุงกัด

ชีวิตในชนบทเรานั้นมักจะผูกพันอยู่กับอาหารจำพวกพืช ผักต่าง ๆ ตลอดจน กุ้ง ปู หอย ที่พอจะหาได้ตามแหล่งน้ำในชนบท เพราะความเคยชินนั่นเองเมื่อได้อาหารเหล่านี้มากก็มักจะมาทำกินกันง่าย ๆ บางทีก็กินกันทั้งดิบ ๆ เลย พยาธินั้นว่าที่จริงแล้วก็เชื่อโรคนิดหนึ่งซึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะทำให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้เช่นเดียวกับเชื้อโรคอื่น ๆ แต่ระยะที่จะปรากฏอาการของโรคนานมากเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อโรคอื่น ๆ เช่น กามโรค ฉะนั้นจึงทำให้ผู้คนไม่ค่อยจะระมัดระวังหรือไม่เอาใจใส่ในการป้องกันการติดต่อของพยาธิ มักจะเอาความเอร็ดอร่อย ความสะดวกสบายไว้ก่อน เรื่องเจ็บป่วยน้อยกว่ากันที่หลัง อย่างนี้เป็นต้น อีกประการหนึ่งความเคยชินในการประกอบอาหาร และการกินอยู่อย่างง่าย ๆ คลุกเคล้าปะปนอยู่กับ สัตว์เลี้ยง ปัญหาอันเป็นเรื่องยากที่จะแก้ไข เป็นเรื่องของแต่ละบุคคลที่ควรจะต้องปฏิบัติตนให้ถูกต้องตามสุขลักษณะเพื่อหลีกเลี่ยงพยาธิในอาหารประจำวัน อย่างไรก็ตาม การป้องกันการติด เชื้อพยาธิที่ดีที่สุด คือ

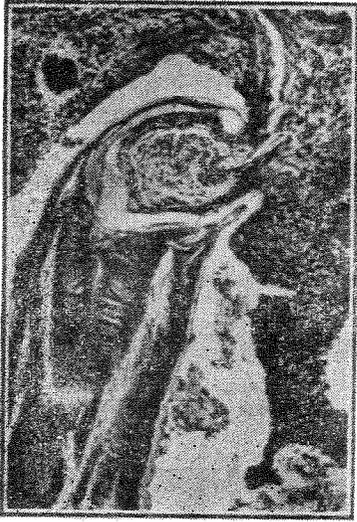
1. อาหารทุกชนิดที่จะนำมาบริโภค ควรสะอาดหรือสุกแล้ว การกินอาหารที่ต้มให้สุกแล้วนั้นจะปลอดภัยจากพยาธิได้ถึง 99.99 % เลยทีเดียว
2. ถ้ามีความจำเป็นต้องใช้น้ำตาม ห้วย หนอง คลอง บึง หรืออ่างเก็บน้ำเหนือเขื่อน ควรนำมาต้มเสียก่อน
3. ในกรณีที่ต้องกินอาหารตามร้าน ควรเลือกร้านที่สะอาด
4. สวมรองเท้ายางเมื่อต้องทำงานตามพื้นที่ชื้นแฉะ (สำหรับชั้นผู้ประกอบการ และ ความจำเป็นคงไม่อำนวยให้ทุกคนสวมรองเท้า ถ้าสวมได้ก็ดี).



รูปที่ 1



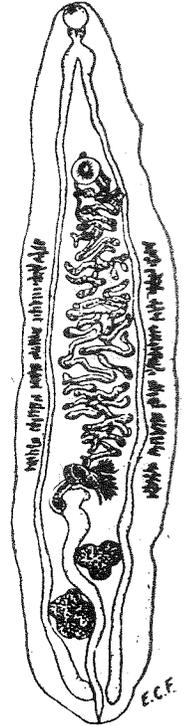
รูปที่ 2



รูปที่ 3



รูปที่ 4



รูปที่ 6



รูปที่ 5



รูปที่ 7

# คณิตศาสตร์ปฐมกาล

นิพนธ์ เปาโรหิต

19 กรกฎาคม 4241 ปีก่อนคริสตกาล ณ แผ่นดินอียิปต์สร้างตอมปากน้ำอันมีชื่อเรียกต่อมาภายหลังถึง 3500 ปีว่า “เคลต้า” ได้ปรากฏตัวมนุษย์ผู้เป็นบรรพบุรุษของชาวไอยคุปต์เชื้อสายลึบยา ได้ค้นพบจากการเผ่าสังเฑมาหลายฤดูน้ำหลากว่า ในกลางคืนของวันดังกล่าวเป็นเป็นวันที่ดาวหมา<sup>2</sup> อันเป็นดาวฤกษ์ที่สุกใสที่สุดของท้องฟ้าได้ขึ้นพ้นเส้นขอบฟ้าตรงตำแหน่งเดียวกับที่ดวงตะวันขึ้นทางทิศตะวันออก แล้วน้ำในแม่น้ำไนล์ทั้ง 7 สายก็เอ่อสูงขึ้นท่วมทันสองฟากฝั่งแม่น้ำไนล์ ในวันดังกล่าวบรรพบุรุษของชาวไอยคุปต์ถือเป็นนิมิตอันดีของการเริ่มชีวิตใหม่ จึงทำการฉลองเทศกาลเป็นเวลา 5 วัน เพื่อเตรียมตัวรับสถานะการณน้ำท่วม และน้ำจะท่วมเป็นเวลานานเท่าไรนั้น ก็นับได้ด้วยหน่วยเวลาธรรมชาติอันปรากฏด้วยสายตาคือ

1. หน่วยวัดเวลาลางวัน-กลางคืน (อันเกิดจากโลกหมุนรอบตัวเอง 1 ครั้ง) นับได้ 120 วัน
2. หน่วยวัดเวลาในช่วงพระจันทร์เต็มดวง (อันเกิดจากพระจันทร์หมุนรอบโลก) นับได้ 4 ครั้ง

คาบเวลาที่น้ำท่วมอยู่นาน 120 วัน หรือ 4 เดือนเต็มนี้ บรรพชนเหล่านั้นเรียกว่า “ฤดูน้ำหลาก”<sup>3</sup> เมื่อปลายฤดูน้ำหลากตำแหน่งขึ้นของดวงอาทิตย์ตรงขอบฟ้าก็ห่างจากตำแหน่งขึ้นของดาวหมา เมื่อยพ้นคาบเวลา 4 เดือน ระดับน้ำท่วมเริ่มลดลงจนแผ่นดินปรากฏขึ้นในสายตา บรรพชนก็เริ่มลงมือไถให้ดินแยกและหว่านธัญพืชอันได้แก่ ข้าวบาเลย์และข้าวสาลี แล้วถอนฝูงแกะให้พากันเหยียบย่ำแปลงดินที่ไถและหว่านแล้วเพื่อให้เมล็ดพืชฝังลงในดิน งานนี้

1. Dead reckoning and astronomical calculations
2. Dog Star, Sirius
3. Inundation season

เป็นหน้าที่ของเด็กเลี้ยงแกะซึ่งจะร้องเพลงให้แกะฟังว่า “เด็กเลี้ยงแกะอยู่ในน้ำกลางหมู่ปลา เด็กผูกกับปลา และใช้วันเดือนให้หมกไปกับฝูงปลา”<sup>4</sup> บรรพบุรุษรอความเจริญเติบโตของตน ข้าวด้วยความผาสุกเป็นเวลา 4 เดือน เรียกว่า ฤดูหว่านไถ เมื่อข้าวออกรวงและแก่จัดได้ที่ก็ลงมือเก็บเกี่ยวแล้วนำขึ้นยุ้งฉางเก็บไว้กิน และทำการแลกเปลี่ยน เรียกว่า ฤดูเก็บเกี่ยว อีกเป็นเวลา 4 เดือน วงโคจรของดวงอาทิตย์ที่เบนห่างจากดาวหมาไปไกลสุดก็เริ่มถดถอยเข้าใกล้ดาวหมา และเมื่อถึงวันที่ 19 กรกฎาคม 4240 ปีก่อนคริสตกาล ดวงอาทิตย์ก็ขึ้นทับตำแหน่งดาวหมาก็เริ่มสัญญาณที่น้ำจะไหลหลากมาท่วมสองฟากฝั่งแม่น้ำไนล์ใหม่ เป็นการเริ่มต้นปีใหม่อีก ด้วยเหตุนี้บรรพชนเหล่านี้จึงเป็นผู้สร้างหน่วยเวลาธรรมชาติหน่วยใหญ่ขึ้นอีกสองหน่วยรวมเป็นหน่วยเวลาในธรรมชาติที่ประจักษ์ในสายตาเป็น 4 หน่วยคือ

1. หน่วยกลางวัน-กลางคืน (โลกหมุนรอบตัวเอง)
2. หน่วยพระจันทร์เต็มดวง (พระจันทร์หมุนรอบโลก)
3. หน่วยฤดู (ผลเกิดจากแกนของโลกเอียงและหมุนรอบดวงอาทิตย์)
4. หน่วยครบรอบที่ทางเดินของดวงอาทิตย์ทับดาวหมา (โลกหมุนรอบดวงอาทิตย์)

บรรพชนชาวอียิปต์เหล่านี้ใช้หน่วยวัดเวลาธรรมชาติทั้ง 4 หน่วยสร้างปฏิทินขึ้นได้ให้บ่งหนึ่งมีอยู่ 12 เดือน เดือนหนึ่ง ๆ มี 30 วัน มีวันเทศกาลอีก 5 วัน และประกาศปฏิทินซึ่งนับเป็นปฏิทินที่สะดวก เพราะทั้งพระจันทร์ที่หมุนรอบโลกโดยไม่มีหน่วยคาบเวลาที่ร่วมกับพระอาทิตย์ได้เลยออกจากระบบ เทพเจ้าทั้งสามมีพระอาทิตย์เป็นสำคัญ ในดินแดนอียิปต์ล่างของราชาแห่งฝั่งเป็นผู้ให้สัญญาณการระงับภัยเรื่องน้ำท่วม บรรพชนเหล่านี้จึงถือว่าพระอาทิตย์เป็นเทพเจ้าผู้ยิ่งใหญ่ พยายามสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับพระอาทิตย์ และแม่น้ำไนล์ด้วยคำอธิบายที่น่าสนุกกว่า “มีท้องทะเลฟ้าให้พระสุริยเทพไถ่แดนเรือไปทางตะวันตกในเวลากลางวันทุก ๆ วัน เมื่อ

4. จากภาพการกสิกรรมในราชอาณาจักรเก่า 3400 ปีก่อนคริสตกาล

J.H. Bteasted

A History of Egypt.

เป็นเช่นนี้ก็ต้องมีทางน้ำใต้พิภพเพื่อให้พระสุริยเทพได้เล่นเรือกลับมา และทางน้ำใต้พิภพนั้น จะแยกแม่น้ำไนล์ตรงน้ำตกแก่งที่ 1<sup>5</sup> ในกลางคืนก็จะมีเทพเจ้า 12 องค์ ลากจูงเรือให้เล่นกลับมาบนทะเลฟ้าและมีเทพเจ้า 12 องค์ คอยรับช่วงเรือเช่นเดียวกัน เทพ 12 องค์ นี้เป็นเทพแห่ง "ชั่วโมง" ดังนี้

24 ชั่วโมง เป็น 1 วัน

30 วัน เป็น 1 เดือน

4 เดือน เป็น 1 ฤดู

3 ฤดู เป็น 1 ปี

พระสุริยเทพชาวอียิปต์เรียกเทพเรเป็นโอรสของเทพีไอซิสชายาของโอสิริส เราได้มาครองบัลลังก์ไอยคุปต์ โดยมีฮอรัสเป็นสัญลักษณ์ เรถูกเซทผู้เป็นอาคัตค้ำนการครองบัลลังก์ต้องร่อนถึงเทพเจ้าแห่งศิลปะวิทยาการ คือ..ทอตนมาเป็นนายแก้ให้จึงชนะความได้สิทธิในบัลลังก์ไอยคุปต์ เจริญตั้งให้ทอตนเป็นผู้สำเร็จราชการ บรรพชนเหล่านั้นก็นับถือเรและเป็นฟาโรห์ด้วย<sup>6</sup>

ท่ามกลางความเชื่อถือในฟาโรห์เป็น "พระผู้ให้ด้วยชีวิต" เช่นนี้ราชาแมลงป่องแห่งอียิปต์บนก็ปรากฏตัวขึ้นด้วยการเข้ายึดนครเมเนฟิสจากราชาแห่งฝั่ง และสร้างเขื่อนป้องกันเมืองเปลี่ยนทางเดินของแม่น้ำไนล์ทำให้นครเมเนฟิสพ้นจากน้ำท่วม มิซามีนาอาณาจักรอันกว้างใหญ่ก็เป็นของพระองค์ ราชาแห่งแมลงป่องจึงปราบดาภิเษกขึ้นเป็นปฐมกษัตริย์ใช้พระนามว่าเมเนสตั้งราชวงศ์ที่ 1 ทำพิธีราชาภิเษกสวมมงกุฎขาวและมงกุฎแดง เพื่อแสดงว่าเป็นกษัตริย์แห่งไอยคุปต์บนและไอยคุปต์ล่างเมื่อ 3400 ปี ก่อนคริสตกาล ประเพณีของสองอาณาจักรก็จำต้องดำเนินต่อไปในวงบริหารราชการ เริ่มด้วยเรียกชื่อคณะบริหารราชการแผ่นดินว่า "คณะมนตรี"

5. ฮีโรโดตัสเขียนไว้ว่าสโครป์ แห่งเมืองซาอิตเล่าให้ฟังว่าฟาโรห์ซามีติคัสได้ใช้เชือกหลายพันวาหยั่งลงไปใต้อ่างน้ำพุตรงน้ำตกแก่งที่ 1 ก็ไม่ถึงพื้น
6. ฮีโรโดตัส (480 ก่อนคริสตกาล) เขียนไว้ในเวลา 10,000 กว่าปี มีพระอาทิตย์ขึ้นลงผิดตำแหน่งอยู่ 4 วัน คือขึ้นทางตะวันตกและตกทางตะวันออก

สองหน” เรียกส่วนราชการมหาสมบัติว่า “สำนักขุนนางสองหน” เรียกห้องพระโรงราชการว่า “สำนักสองหนทำเนียบขาว”

แม่เทพเจ้าทอตซึ่งเป็นผู้สำเร็จราชการของเทพเรก็ยังมีเรื่อง “สองหน” เข้าไปเกี่ยวข้องด้วย โดยที่ท่านมีชายาเป็นเงาของท่านและชายาของท่านชื่อ “สองหน”<sup>7</sup> เทพเจ้าทอตถือว่าเป็นเทพแห่งคณิตศาสตร์ เพราะตามจารึกที่มหาวิทยาลัยไฮสแห่งเมืองเอคฟุมีว่า “ยังมีเทพเจ้าทอตมีนักโอบีสเป็นนกประจำตัว ทอตเป็นผู้สร้างหมากรุก ลูกเต๋า เลขคณิต และอักษรเฮียโรกลีฟฟิก”<sup>8</sup> ถ้าเป็นเช่นนี้ราชประเพณีเรื่อง “สองหน”<sup>9</sup> คงทำให้เกิดวิธคูณเลขโดยวิธี “สองหน” ซึ่งกำหนดโดยตัวอย่างดังนี้.-

จงคูณ  $19 \times 31$  ท่านว่าให้ตั้ง 1 หน, 2 หน, สองหนซ้ำ, สองหนซ้ำอีก...ของ 31  
ดังนี้.-

	*	1 ส่วน	คือ	31
สองหน	*	2 ส่วน	คือ	62
สองหนซ้ำ		4 ส่วน	คือ	124
สองหนซ้ำอีก		8 ส่วน	คือ	248
สองหนซ้ำอีก ซ้ำอีก	*	16 ส่วน	คือ	496

ตาราง 1

นำเอาแถวซึ่งมีเครื่องหมาย \* รวมกันได้ 19 ส่วนคือ  $31+62+496$  ได้ 589 จะเห็นว่า  $19 \times 31 = 589$ .

และวิธีการหารก็คือการบวกรถกลับกันกับการคูณ เช่น

$$631 \div 31 \text{ ก็กระทำโดยอาศัยตาราง 1}$$

$$631 = 496 * 135$$

7. London Musiun

8. Cajory, History of mathematics

9. Ahmes papyrus

$$= 496 + 124 + 11$$

496 คือ 16 ส่วน

124 คือ 4 ส่วน

620 คือ 20 ส่วน

$631 \div 31$  ได้ 20 ส่วนกับเศษอีก 11

$$\therefore 631/31 = 20 + 11/31$$

เศษส่วน  $11/31$  ได้แตกออกเป็นเศษส่วนหน่วย ซึ่งเรียกว่าเศษส่วนอียิปต์

ราชวงศ์ที่ 1 และราชวงศ์ที่ 2 ปกครองไอยคุปต์เป็นเวลา 400 ปี รัชกาลฟาโรห์เซเมเกตได้เปิดเหมืองทองแดงที่แหลมซีนายและปราบพวกเบคูอิน รัชกาลฟาโรห์นาร์เมอร์ในราชวงศ์ที่ 2 ประมาณ 3100 ปี ก่อนคริสตกาล ได้ปราบกบฏลียาจับเชลยได้ “120,000” และ “1,420,000” วัว “400,000” นับเป็นสำโนประชากรและปศุสัตว์ครั้งแรกที่มีประสิทธิภาพเพราะทำการในเวลาจำกัดหลังจากวันได้ชัยชนะและก่อนวันฉลองชัยชนะโดยไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์

2980 ปีก่อนคริสตกาลกษัตริย์ก็เปลี่ยนมาเป็นราชวงศ์ที่ 3 แห่งเมนฟิสโดยฟาโรห์ซอเสเซอร์เป็นปฐมกษัตริย์ได้อิมโฮเตปผู้ฉลาดเป็นอัครมหาเสนาบดีและสถาปนิกได้ให้ช่างสกัดหินเป็นแท่งสี่เหลี่ยม สกัดจากจากยอดเขาที่น้ำตกแก่งที่ 1 แล้วชักลากลงบรรทุกแพล่องลงมาตามลำน้ำไนล์ในฤดูน้ำหลาก เอามาก่อสร้างที่ไว้พระศพรูปสี่เหลี่ยมที่เรียกว่ามัสตาบัส ต่อมาได้ก่อหินเพิ่มเป็นชั้น ๆ ถึง 7 ชั้น เรียกปิระมิดชั้นบันได สร้างที่เมืองซัคการา ฟาโรห์องค์ต่อมาจนถึงสเนฟรุทให้สร้างปิระมิดที่ตาชู และที่เมคุม โดยอัครเสนาบดีปตาโฮเตป ปิระมิดเหล่านี้ได้โครงสร้างที่งดงามเพราะด้านข้างทำมุม 72 องศาับพื้นราบหน้าตัดของปิระมิดจึงเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่วที่มุมที่ฐานเป็นสองเท่าของมุมยอด ซึ่งทำให้อัตราส่วนของด้านฐานต่อด้านข้างเป็นสัดส่วนที่ให้ความผสมกลมกลืน อันมีชื่อเรียกในภายหลังว่าสัดส่วนทองหรือสัดส่วนเทพเจ้า อิมโฮเตปและปตาโฮเตปเป็นปรัชญาเมธีที่อาจเป็นคนคนแรกที่สร้างรูป 10

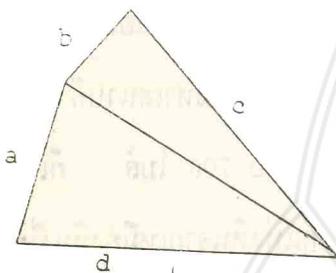
เหลี่ยมบรรจุในวงกลมได้ ซึ่งหมายถึงการสร้างมุม 72 องศา อันนำไปสู่การสร้างอนุกรมของมุม 3 องศา, 6 องศา, 9 องศา..... ขุนนางตำแหน่งสไคร์บ์ก่อนลงมือทำงานใด ๆ จะต้องคัมน์นำไหว้ครุฑวายุ และต่อมาภายหลังอีก 2500 ปีก็กลายเป็นเทพเจ้าของไอยคุปต์และกรีก ถ้าใช้ประเพณีนี้อ้างถึงเทพเจ้าที่อตซึ่งตามจารึกที่เมืองเอคฟูว่า “ยังมีพระแก่องค์หนึ่งชื่อที่อต... เป็นผู้สร้างหมากรุก ลูกเต๋า คณิตศาสตร์ และอักษร” เทพเจ้าที่อตก็ยังคงเป็นมนุษย์และเป็นผู้ให้กำเนิดการนับ การบวก การคูณ และการหาร

ราชวงศ์ที่ 3 สิ้นสุดลงที่รัชกาลฟาโรห์สเนฟูเมื่อ 2900 ปีก่อนคริสตกาล เคอ็อบปรัมกษัตริย์แห่งราชวงศ์ที่ 4 ก็ขึ้นครองแผ่นดินให้โอรสเป็นอัครมหาเสนาบดี ครั้นนี้ท้องแม่น้ำไนล์ตั้งแต่หน้าตกแก่งที่หนึ่งจนถึงตำบลกิเซย์ระยะทางเกือบ 700 ไมล์ ก็เต็มไปด้วยกองทัพแพรรทุกแห่งหินซึ่งคำนวณได้ว่าฟาโรห์จะต้องชักลากแห่งหินจากเหมืองหินที่น้ำตกแก่งที่หนึ่งลงแพชลอมาตามแม่น้ำไนล์วันละ 1200 แห่งในฤดูน้ำหลากทุกวันเป็นเวลาถึง 20 ปี จึงครบ 2,400,000 แห่ง แห่งหินเหล่านี้บางแห่งหนักถึง 54 ตัน เป็นกิจกรรมที่มีแต่แรงงานกล้ามเนื้อซึ่งควบคุมด้วยกองทัพขุนนางตำแหน่งสไคร์บ์ ตามภาพประกอบแห่งหินแห่งหนึ่งต้องใช้คนถึงขึ้นไปบนเลื่อนถึง 172 คน โดยแบ่งผู้ฉุดก็งเป็น 4 แถวคู่ แถวละ 21 คู่ ใช้สไคร์บ์คุมแถวคู่ละ 3 คน ครั้นนี้เจ้าเมืองทั้ง 40 หัวเมืองพร้อมด้วยไพร่บ้านพลเมืองก็ถูกเกณฑ์เข้ากองทัพ โดยแบ่งหน้าที่กันทำตามความถนัดอันเริ่มด้วยการสกัดหินซึ่งมีตัวสกัดเป็นทองแดง การชักลากลงแพการล่องมาตามแม่น้ำไนล์ การชักลากขึ้นฝั่งที่กิเซย์ การทำทางลาด เพื่อนำไปเรียงขึ้นประมิตอันกลมพื้นที่ถึง 32 ไร่ ได้มีการเปลี่ยนแปลงถึง 2 หน มหาปิระมิตแห่งนี้ นับเป็นอนุสรณ์แห่งชัยชนะทางคณิตศาสตร์ เพราะการคำนวณก่อสร้างอันแม่นยำ การสกัดหินให้ได้แห่งมุมฉากแต่ละแห่ง และการคุมคนงานจำนวน 100,000 คน ตลอดเวลา 20 ปี แห่งการก่อสร้างโดยไม่มีเครื่องคอมพิวเตอร์ ครั้นนี้ฟาโรห์ต้องใช้ราชทรัพย์มาก ฟาโรห์ต้องหาราช

ทรัพย์โดยวิธีต่าง ๆ ดังที่ซีโรโคตส์เล่าไว้ วิธีอย่างหนึ่งก็ด้วยการเก็บภาษีซึ่งใช้วิธีคำนวณตามพื้นที่ทำกินของราษฎร หากเป็นรูปสามเหลี่ยมก็วัดด้าน 2 ด้าน แล้วคูณกันหารด้วย 2 ก็จะได้ผลลัพธ์เป็นอัตราเก็บภาษี จะเห็นได้ว่าวิธีบาลได้เปรียบเจ้าของที่ดิน เพราะถ้า a,b เป็นด้าน 2 ด้านของสามเหลี่ยม และถ้า K เป็นพื้นที่แล้วอสมการ

$$K \leq ab/2 \quad \text{-----} (1)$$

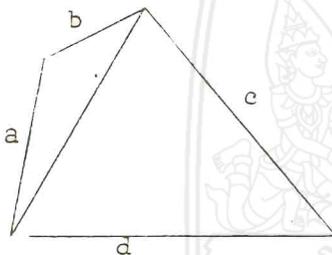
ย่อมเป็นจริง ถ้าพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมใด ๆ มีด้านเป็น a,b,c,d ให้ K เป็นพื้นที่จะเห็นได้ตามรูปที่ 1



รูปที่ ๑

โดยใช้อสมการ (1) สองครั้งบวกกันจะได้

$$K \leq ad/2 + bc/2 \quad \text{-----} (2)$$



รูปที่ ๒

และตามรูป (2) โดยใช้อสมการ (1) สองครั้งบวกกันจะได้

$$K \leq ab/2 + cd/2 \quad \text{-----} (3)$$

นำอสมการ (2) และ (3) รวมกันจะได้

$$2K \leq ad/2 + ab/2 + bc/2 + cd/2 \quad \text{-----} (4)$$

$$2K \leq a(b+d)/2 + c(b+d)/2$$

$$2K \leq (a+c)(b+d)/2$$

$$K \leq \frac{a+c}{2} \cdot \frac{b+d}{2} \quad \text{-----} (5)$$

อสมการ (5) กล่าวเป็นคำพูดได้ว่า “พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมใดๆ ย่อมน้อยกว่าหรือเท่ากับผลคูณของครึ่งหนึ่งของด้านตรงข้ามบวกกัน”

ดังนั้นเมื่อสไครบ์ทำการคำนวณภาษีของเจ้าชองนา รูปสี่เหลี่ยมก็จะวัดด้านตรงข้ามนำมาบวกกันหารด้วยสอง แล้วคูณกัน เราจะเห็นการหาค่าเฉลี่ยปานกลางทางสถิติเป็นครั้งแรกในสูตรนี้

สำหรับพื้นที่ที่เป็นเศษส่วนก็ต้องแตกให้เป็นเศษส่วนอียิปต์<sup>20</sup> ก่อนได้มีการทำตารางการแตกเศษส่วนที่เศษเป็น 2 และส่วนเป็นเลขคี่จนถึง 101 คือเศษส่วนในรูป  $\frac{2}{(2n+1)}$  เมื่อ

$$n = 1 \text{ แตกได้ } \frac{2}{3} = \frac{1}{2} + \frac{1}{6}$$

$$n = 2 \text{ แตกได้ } \frac{2}{5} = \frac{1}{3} + \frac{1}{15}$$

$$n = 3 \text{ แตกได้ } \frac{2}{7} = \frac{1}{4} + \frac{1}{28}$$

$$n = 5 \text{ แตกได้ } \frac{2}{9} = \frac{1}{5} + \frac{1}{45}$$

$$n = 5 \text{ แตกได้ } \frac{2}{11} = \frac{1}{6} + \frac{1}{66}$$

$\frac{2}{9}$  อาจแตกได้โดยใช้  $\frac{2}{3}$  มาช่วยเหลือ

$$\frac{2}{9} = \frac{1}{3} \cdot \frac{2}{3}$$

$$= \frac{1}{3} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \right)$$

$$= \frac{1}{6} + \frac{1}{18}$$

แม้ว่าการแตกเศษส่วนอียิปต์จะเป็นปฏิบัติการคณิตศาสตร์ แต่โดยธรรมชาติก็เป็นทฤษฎีที่เห็นจากสูตรที่ใช้

$$\frac{2}{(2n+1)} = \frac{1}{(n+1)} + \frac{1}{(n+1)(2n+1)}$$

(10) เศษส่วนอียิปต์หรือเศษส่วนที่แตกแล้วเป็นผลบวกของเศษส่วนซึ่งมีเศษเป็น 1 ที่เรากันเคย เช่น :  $e = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cdot 3} + \frac{1}{2 \cdot 3 \cdot 4} + \dots$

$$\sqrt{2} = 1 + \frac{1}{3} + \frac{1}{17} + \frac{1}{4 \cdot 17} + \frac{1}{8 \cdot 17}$$

การแตกเศษส่วนบางรายการได้มีการตั้งไว้เป็นปัญหาและเฉลยให้ดูเป็น ตัวอย่าง เช่น  $1/5, 2/3$  ก็ตั้งปัญหาว่า “ถ้าท่านถูกถามถึง  $1/5 \times 2/3$  ให้เอา 2 ส่วนบวกเข้ากับ 6 ส่วนจะได้ผลลัพธ์\* จงทำเช่นนี้ทุกครั้งที่ถูกถาม” ถัดจากนั้นก็ได้มีการนำเศษส่วนไปใช้กับสถานการณ์อันแท้จริงในการซื้อขายวัวถึง 315 ตัว ในปัญหา “เรานับวัวทั้งฝูงได้ 70 ตัว” ผู้ถือบัญชีพูดกับผู้ต่อนว่า “ทำไมจึงนำวัวมาให้เราน้อยกว่าที่ตกลงไว้ วัวที่เจ้านำมาอีกมากหลายอยู่ที่ใด” ผู้ต่อนว่าตอบว่า “ข้าพเจ้า นำวัวมาเพียง  $2/3$  ของ  $1/3$  ของจำนวนที่ต้องนำมาไปรคคิก แล้วแจ้งให้ข้าพเจ้า ทราบว่าวัวทั้งหมดเท่าใด ข้าพเจ้าจะนำมาให้ท่านจนครบ” ก่อนจะตอบปัญหานี้ ได้สโครบ์คงจะได้สังเกตเห็นเศษส่วนอียิปต์ 2 จำนวนคือ

$$(16 + 1/2 + 1/8) \text{ และ } (2 + 1/4 + 1/8)$$

รวมกันได้ผลลัพธ์ 19 ยิ่งไปกว่านั้นถ้าใช้วิธี “สองหน” กับ  $(2 + 1/4 + 1/8)$  พบว่า

$$1 \text{ หน ได้ } 2 + 1/4 + 1/8$$

$$2 \text{ หน ได้ } 4 + 1/2 + 1/4$$

$$4 \text{ หน ได้ } 8 + 1 + 1/2$$

นั่นคือ  $(16 + 1/2 + 1/8)$  เป็น 7 เท่าของ  $(2 + 1/4 + 1/8)$

การสังเกตว่าเศษส่วนสองจำนวนนี้รวมกันได้ 19 นำไปสู่การสร้างปัญหาสมการชั้นเดียวว่า “เลขจำนวนหนึ่งบวกกับ 1 ใน 7 ของตัวเองได้ 19 จงหาเลขจำนวนนั้น” คือ

$$x + x/7 = 19 \quad (1)$$

ทำเฉลยไว้ให้  $x = 7$  แทนค่าใน (1) ได้

$$7 + 7/7 = 19$$

$$8 = 19$$

ต่อไปคิดว่า 19 มี 8 อยู่กี่หน คือหาค่า  $19 \div 8$  ซึ่งดำเนินการดังนี้—

$$1 \quad \quad \quad 8$$

\* หมายถึง  $1/2 + 1/6$ .

$$2 \text{ ----- } 16^*$$

$$\frac{1}{2} \text{ ----- } 4$$

$$\frac{1}{4} \text{ ----- } 2^*$$

$$\frac{1}{8} \text{ ----- } 1^*$$

$$19 = 16 + 3 = 16 + 2 + 1$$

$$\therefore 19 \div 8 = 2 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$

ที่สมมติให้  $X = 7$  น้อยไป ที่ถูกต้องเป็น

$$X = 7 \left( 2 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right)$$

$7 \times \left( 2 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right)$  หาได้โดยวิธีสองท่น

$$1 \text{ ----- } 2 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}$$

$$2 \text{ ----- } 4 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4}$$

$$4 \text{ ----- } 8 + 1 + \frac{1}{2}$$

$$\text{รวม } 7 \text{ ----- } 15 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{2}$$

$$\therefore 7 \times \left( 2 + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \right) = 16 + \frac{1}{2} + \frac{1}{8}$$

ความเข้าใจของการแก้สมการนี้จึงนำไปสู่ แก่ปัญหาโจทย์ฝูงวัว ซึ่งเขียนเป็นสมการปัจจุบันได้

$$\left( \frac{2}{3} \right) \left( \frac{1}{3} \right) X = 70 \text{ ----- } (1)$$

$$\left( \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \right) \left( \frac{1}{3} \right) X = 70 \text{ ----- } (\text{ปัญหาเศษส่วน } \frac{2}{3})$$

$$\left( \frac{1}{6} + \frac{1}{18} \right) X = 70 \text{ ----- } (2)$$

สมมติ  $X$  ให้เป็นค่าทวีคูณของ 18 คือ  $X$  อาจ = 18, 36, 72 หรือ 144 ก็ได้ ให้  $X = 72$

แทนค่าใน (2)

$$\left( \frac{1}{6} + \frac{1}{18} \right) (72) = 70$$

$$12 + 4 = 70$$

$$16 = 70$$

70 มี 16 อยู่กี่ส่วนคือ  $70 \div 16$

$$1 \text{ ----- } 16$$

$$4 \text{ ----- } 32$$

$$4 \text{ ----- } 64^*$$

$$1/2 \text{ ----- } 8$$

$$1/4 \text{ ----- } 4^*$$

$$1/8 \text{ ----- } 2^*$$

$$70 = 64 + 6 = 64 + 4 + 2$$

$$\therefore 70 \div 16 = 4 + 1/4 + 1/8$$

ที่สมมติว่า  $x = 72$  น้อยไปที่ถูกเป็น  $x = 72 (4 + 1/4 + 1/8)$  ซึ่งหาได้ดังนี้.-

$$1 \text{ ----- } 4 + 1/4 + 1/8$$

$$2 \text{ ----- } 8 + 1/2 + 1/4$$

$$4 \text{ ----- } 16 + 1 + 1/2$$

$$* \quad 8 \text{ ----- } 35$$

$$16 \text{ ----- } 70$$

$$32 \text{ ----- } 140$$

$$* \quad 64 \text{ ----- } 280$$

$$72 = 64 + 8$$

$$72 (4 + 1/4 + 1/8) = 280 + 35 = 315$$

**ตอบ** วัวที่ต้องนำมา 315 ตัว.

จากนั้นสไคร์บ์ก็ตั้งปัญหาซับซ้อนขึ้น เช่น “หาเลขจำนวนหนึ่งรวมกับ  $1/4$  ของตัวเองรวมกันกับ  $1/2$  ของตัวเองได้ 10” หรือ “เลขจำนวนหนึ่งรวมกับ  $1/6$  ของตัวเองรวมกัน

1/7 ของตัวเองได้ 33 จงหาเลขจำนวนนั้น” ที่น่าสนใจคือสมการดังกล่าวเป็นสมการเชิงเส้น แต่มีวิธีแก้โดยเลขคณิตวิธี “สองหน”

จากความชำนาญการแก้สมการเชิงเส้นก็ขยายผลไปสู่อนุกรมซึ่งจะต้องใช้วิธีสมการเชิงเส้นช่วยในการแก้ปัญหา อนุกรมเลขคณิตที่ว่าคือ

“แบ่งขนมปัง 100 ก้อนให้แก่คน 5 คน ตามอนุกรมเลขคณิต โดยให้ 2 คนที่ได้ส่วนน้อยได้เท่ากับ 1/7 ของ 3 คนที่ได้ส่วนมาก” ปัญหานี้ทำโดย ให้คนกลาง (คนที่ 3) ได้ 20 แล้วให้คนข้างเคียงมีความบ่าเบินเป็น  $x$  จึงสร้างเป็นอนุกรมได้

$$20 - 2x, 20 - x, 20, 20 + x, 20 + 2x$$

$$\text{โดยมี } 40 - 3x = \frac{1}{7}(60 + 3x)$$

$$x = 9 + \frac{1}{6}$$

$$\therefore \text{ส่วนแบ่งเป็น } 1 + \frac{2}{3}, 10 + \frac{5}{6}, 20, 29 + \frac{1}{6}, 38 + \frac{1}{3}$$

ปัญหาที่แปลกคือปัญหามันสังสรรค์ที่กล่าวว่า

คฤหาสน์ (11)

บ้าน	7	
แม่	49	
หนู	343	
เพื่อนข้าว	3401	
จำนวนหน่วยเซแควท	16807	
รวม	<u>19607</u>	(1)
ซึ่งได้จาก	2801	_____ 1 หน
	5602	_____ 2 หน
	<u>11204</u>	_____ 2 หนซ้ำ
รวม	<u>19607</u>	_____ (2)

ซึ่งได้คำตอบตรงกัน

ปัญหานี้ อาจเกิดจากความพยายามสร้างกฎเกณฑ์การยกกำลังสองของ 7 ด้วยวิธี “สอง  
 หน” แล้วสรุปย่อไว้เพื่อประหยัดหน้ากระดาษดังกระบวนการต่อไปนี้.-

1	_____	1
2	_____	2
4	_____	4
7	_____	7*
1	_____	7
2	_____	14
4	_____	28
7	_____	49*
1	_____	49
2	_____	98
4	_____	196
7	_____	343*
1	_____	343
2	_____	686
4	_____	1372
7	_____	2401*
1	_____	2401
2	_____	4802
4	_____	9604
7	_____	16807*

(11) มีอิทธิพลในการกำหนดวัน เดือน ปี สบาโตในพระคัมภีร์ Old Testament ทำให้ดูเหมือนว่าอาโม  
 เซห์ ผู้คัดลอกหนังสือนี้เป็นคนอาหรับ.

จำนวนเลขที่มีเครื่องหมาย\* คือเลขที่นำบันทึกไว้ในปัญหาบ้านสังสรรค์

เมื่อการยกกำลังเป็นที่แพร่หลายในหมู่สโครป์ ก้าวต่อไปของผู้สอนคณิตศาสตร์อียิปต์ คือ สมการกำลังที่สองในปัญหาที่กล่าวว่า “ผลบวกของจตุรัส 2 รูป เป็น 100 เมื่อผลหารของ คำนจตุรัสเป็น  $1/2 + 1/4$  จงหาคำนของสี่เหลี่ยมทั้งสอง” สมการของปัญหานี้คือ

$$x^2 + y^2 = 100 \quad (1)$$

$$x/y = 1/2 + 1/4 \quad (2)$$

วิธีแก้ให้  $y = 4$

$$\therefore x = (1/2 + 1/4) 4$$

$$x = 3$$

แทนค่าใน (1)  $3^2 + 4^2 = 100$

$$25 = 100$$

คือมี 25 ใน 100 อยู่ 4 หน

แต่การกระทำต้องมียกกำลัง 2

$\therefore$  ต้องถอดกรณฑ์ 2 ของ 4 ได้ 2

$\therefore$  ค่าที่ถูกต้องคือ  $x = 3 \times 2 = 6$

$$y = 4 \times 2 = 8$$

ปัญหาดังกล่าวคงจะได้มีการเล่าเรียน โดยการทำให้เป็นแบบฝึกหัดของนักศึกษาหลักสูตร ชุนนาง ตำแหน่งสโครป์ตามความต้องการของรัฐบาลสมัยนั้น เพราะในการก่อสร้างมหาปิระมิด อันยิ่งใหญ่จะต้องใช้สโครป์ทำบันทึกและคำนวณซึ่งลองคำนวณดูจากจำนวน 4% ของคนงาน ทั้งหมด ก็จะต้องใช้ประมาณ 4000 คน

ไอยคุปต์ภายหลังการสร้างมหาปิระมิดก็เกิดความวุ่นวาย ฟาโรห์แห่งเมนฟิสไม่สามารถควบคุมอำนาจไว้ได้ เจ้าเมืองทั้ง 40 ก็พากันแยกตัวเป็นอิสระอยู่เป็นเวลาหลายร้อยปี ในที่สุด

ฟาโรห์เมนคูโฮเตปแห่งนครเฮบส์จึงสถาปนาอำนาจได้และตั้งราชวงศ์ที่ 11 ราชวงศ์ที่ 12 ต่อมาเป็นราชวงศ์ที่ทำความเจริญให้แก่ไอยคุปต์มากเรียกว่าเป็นยุคทองแห่งอียิปต์ ฟาโรห์ในราชวงศ์ที่ 6 พระองค์ ได้ขยายอาณาเขต วางแผนพัฒนาประเทศโดยจัดทำโครงการขยายพื้นที่เพาะปลูก ทำระดับท้องน้ำแม่น้ำไนล์ตั้งแต่หน้าตกแก่งหนึ่งถึงปากน้ำเป็นระยะทาง 700 ไมล์ สร้างเขื่อนกั้นทะเลสาปโมไอริส และทำคลองส่งน้ำเข้าเก็บในทะเลสาป งานนี้จะต้องมีแผนผลิตกำลังคนซึ่งต้องรับบุคคลเข้าเป็นนักศึกษา ณ กรุงเฮบส์เพื่อบรรจุเข้าเป็นขุนนางตำแหน่งสไคร์บ นักศึกษาเหล่านี้จะได้รับการฝึกฝนในปัญหาคณิตศาสตร์ดังกล่าว โดยจะมีอาจารย์ผู้สอนที่เข้มงวดและยึดถือความเชื่อ "หยุดที่หลัง" คือการจะได้ยินจนจำและเข้าใจได้นั้นจะต้องโอบอ้อม นอกจากจะฝึกหัดทำแบบฝึกหัดคณิตศาสตร์แล้วก็มีการฝึกใช้เครื่องมือหาค่าแห่งดาว<sup>(12)</sup> ซึ่งจะทำให้ได้อย่างใกล้เคียงทำให้มีการปรับปรุงปฏิทินให้ดีขึ้น ฝึกใช้เครื่องมือหาระดับแนวนอน<sup>(13)</sup> เพื่อทำระดับท้องแม่น้ำไนล์ ซึ่งประกอบด้วยโครงไม้ประกอบเป็นสามเหลี่ยมหน้าจั่วมุมฉากรูปตัว A ผูกสายลูกตั้งตรงยอตเมื่อเวลาใช้ก็ปล่อยลูกตั้งลงตามแนวตั้ง ให้สายตั้งผ่านจุดกึ่งกลางของด้านฐานระดับที่ขนานกับฐานเป็นแนวนอน ด้วยเครื่องมือนี้ นักศึกษาจากนครเฮบส์ก็สร้างมาตราบอกระดับน้ำในแม่น้ำไนล์ ฟาโรห์ให้ตั้งสถานสังเกตระดับน้ำมีสไคร์บประจำและถวายรายงานระดับน้ำทุกวันฟาโรห์องค์ที่เด่นที่สุดของราชวงศ์นี้คือ อาเมนเนมแฮทที่ 3 ซึ่งครองราชย์เมื่อ 1850 ปีก่อนคริสตกาล อันเป็นยุคที่มีบันทึกประวัติคณิตศาสตร์<sup>(14)</sup> อ้างถึงอยู่

เมื่อสิ้นรัชสมัยอาเมนเนมแฮทที่ 3 ไอยคุปต์ก็แยกกันเป็นอิสระเปิดโอกาสให้พวกอียิปต์ขอสรราชาแห่งเต็กเลี้ยงแกะ<sup>(15)</sup> เข้ามารุกรานโดยไม่มีการต้านทานใดๆ เลย ในที่สุดก็เปิดการเจรจาให้นครเฮบส์เป็นเมืองออก กลุ่มกษัตริย์อียิปต์ขออพยพหนีไปตั้งมั่นที่เมืองอวาริสในบริเวณปากน้ำไนล์ อพอฟีสปปกครองอียิปต์เมื่อ 1683 ปีก่อนคริสตกาลถึง 1650 ปีก่อนคริสตกาล จึงมีขุนนางตำแหน่งสไคร์บชื่ออาโมเซได้คัดลอกปัญหาคณิตศาสตร์ รวม 85 ข้อพร้อมทั้งเฉลยเสร็จ

(12) H. Eves: History of Mathematics p. 37

(13) Vera Sanford: History of Mathematics

(14) Ahmes Papyrus, Moscow Oapyrus

(15) J.H. Breasted: History of Egypt

ดังตัวอย่างปัญหาที่ยกให้ดูแต่ข้างต้น อาโมเซได้บันทึกไว้ว่า “หนังสือคัดลอกเมื่อปีที่ 33 เดือน 4 แห่งฤดูน้ำหลากของสมเด็จพระยูเชอเรกษัตริย์แห่งไอยคุปต์บนและล่าง พระผู้ให้ชีวิตได้คัดลอกงานอันได้กระทำในสมัยกษัตริย์เนเมตเรแห่งไอยคุปต์บนและล่าง ผู้คัดลอกคือขุนนางตำแหน่งสไครบ์ชื่ออาโมเซ”(16)

อาโมเซผู้ค้นคว้าจะเป็นสไครบ์ของกษัตริย์อพฟี่สนอกราชวงศ์อียิปต์ เพราะใช้คำยกย่องกษัตริย์อพฟี่สมากกว่าเนเมตเรหรืออาเมนเนมแทตที่ 3 ดังนั้นอาโมเซควรจะอยู่ในเมืองอวาริส แต่ชื่ออาโมเซเป็นชื่อชาวอียิปต์ไม่ใช่ชื่อชาวเอเชีย เพราะมีชื่ออาโมเซอย่างน้อยถึง 3 คน คือ ฟาโรห์อาโมเซที่ 1 ผู้ขับไล่ออพฟี่ออกจากอียิปต์ อาโมเซลูกของเอเบอร์นา พ่อชื่อบาร์บา(17) ซึ่งเป็นนายทหารเรือได้ทำการรบอย่างกล้าหาญได้เหรียญถึง 5 เหรียญ และอาโมเซซึ่งเป็นพระมเหสีของฟาโรห์ทอติโมเซที่ 1 พระนางอาโมเซเป็นเชื้อพระวงศ์ของฟาโรห์อาโมเซที่ 1 ได้รับสถาปนาเป็นพระมเหสีเมื่อ 1531 ปีก่อนคริสตกาล มีราชธิดากับฟาโรห์ทอติโมเซคือพระนางแฮตซุซ(18) ซึ่งได้รับสถาปนาเป็นราชินีแห่งบัลลังก์ไอยคุปต์เมื่อวันที่ 3 พ.ค. 1501 ปีก่อนคริสตกาล อันเป็นวันที่สร้างนาฬิกาแดดเรือนแรก(19) ไอยคุปต์สมัยของพระนางได้ทำการค้ากับต่างประเทศคือส่งกองเรือล่องไปตามทะเลแดงจนถึงอาณาจักรพันต์ ซึ่งภาพสลักที่ฝาผนังวัดของพระนางมีรูปภาพของกองเรือพร้อมด้วยเลขจำนวน “บวกกันได้เป็นเรือนล้าน แสน หมื่น พัน และร้อย” เมื่อพระนางครองบัลลังก์ได้ 30 ปีก็ทำการยกเสาหินโอเบอลิสต์สูงถึง 35 เมตร หน้าที่ค 1 ตารางเมตร ในราชพิธีฉลองสามสิบปีอันเป็นราชประเพณีโบราณมีมาแต่สมัยฟาโรห์เมนเนสซึ่งควรมีพิธีฉลอง 7 วัน ทั้งนี้เพื่อแก้ปฏิทิน เพราะทุกปีวันขึ้นปีใหม่จะคลาดเคลื่อนไป 1/4 วันดังนั้นใน 30 ปี จะคลาดเคลื่อนไป 7 วัน ในการหยุดฉลองวันขึ้นปีใหม่ 5 วัน ถ้ามีการหยุดต่อเพื่อฉลอง 30 ปี อีก 7 วัน รวมเป็น 12 วันแล้วจึงตั้งต้นวันขึ้นปีใหม่อีก จะเป็นการสมเหตุสมผลที่เวลาถึง 3800 ปี ได้มีการใช้ปฏิทินอียิปต์อันเป็นต้นกำเนิดของคณิตศาสตร์ปฐมกาล(20)

- 
- (16) D.E. Smith: Histoy of Mathematics  
(17) J.H. Breast: History of Egypt  
(18) Hatshepsut  
(19) D.E. Smith: History of Mathematics  
(20) Genesis of Mathematics.

# THAI TONE VARIANTS

Adrian Palmer

The following paper reports on a restricted investigation of Thai tone perturbations in specified environments. It shows how the shape of the Thai tones is influenced by the tone of the preceding and following syllable. The experiment consisted of having a Thai speaker record a set of 25 sentences of four syllables each. The first and last words in the sentences were held constant. Both had mid tone. The middle two words were varied to give all possible sequences of tones. A change in the pitch contour of a particular tone from utterance to utterance can be attributed to the effect of the preceding or following tone.

To measure the pitch contour of a speaker's voice a sound spectrograph can be used. The sound spectrograph is a machine which passes a taped utterance through a set of filters (or a single filter which is moved to correspond to a set of filters). If the filter's bandpass is sufficiently wide, then the formants, which are bands of relatively high acoustic energy, will appear on the spectrogram. The noise present in sibilants and stop releases is also visible on the spectrogram. With this information it is usually possible to segment an utterance and identify the different speech sounds of which it is composed.

If the filter (s) in the spectrograph have a sufficiently narrow bandpass the individual harmonics of the fundamental frequency of the

speaker's voice can be distinguished on the spectrogram. The distance of any harmonic above the base line on the spectrogram is directly related to the fundamental frequency of the voice. Thus the narrow band spectrogram provides us with a permanent record of the pitch contours in an utterance.

Narrow band spectrograms are more helpful in distinguishing individual harmonics than formants. This makes segmentation of an utterance more difficult. However if the content of the utterance is known, and if it is short, it is possible to segment utterances directly from a narrow band spectrogram.

A list of sentences was prepared, each consisting of four monosyllabic words. The middle two words were varied to give all two-tone combinations. The first and last words of the sentences were held constant. The sentences were put into random order and written in the Thai script. A native speaker of Thai read the list twice. Recordings were made at the University of Michigan Language Laboratory on an Ampex 350 full track tape recorder with a Neumann U-67 condenser microphone in a soundproof recording room. The adult male informant was asked to read the utterances clearly and at normal speed. Narrow band spectrograms of each utterance were made on a BTL-2 Model D sound spectrograph at the University of Michigan. High shaping was used. The machine was not calibrated before usage.

### **Measurements**

Measurements of the fundamental frequency of the speaker's voice during his production of the sentences were taken from narrow band

spectrograms. The tenth harmonic was located and marked on the spectrogram. A template was used which related the distance above the base line on the spectrograms to frequency in cycles per second. By dividing the frequency of the tenth harmonic by ten, the fundamental frequency of the speaker's voice was obtained.

### **Normalization**

The fundamental frequency of the speaker's voice varied between 100 and 150 cycles per second (cps). It was decided to round off the end points of each pitch contour to the nearest 10 cps, which was as close as one could read the spectrograms with consistency (repeatability).

Transitions between tones were ignored. In utterances 6-15 the third word began with a voiced sound. When this was the case there was often a rapid transition from the end of the preceding tone to the beginning of the following tone which could be seen on the spectrograms. This transition was very short compared to the length of the pitch contour on the vocalic nucleus of the syllable. The transition was not visible when the syllable began with a voiceless sound. The transition, when visible, was predictable as a rapid change from the end pitch of the preceding tone and the initiating tone and the initiating pitch of the following tone.

### **Consistency**

Each sentence was recorded twice. In only 7 out of 25 repetitions was there a measurable difference of 10 cps (maximum) in the initiation or terminus of the pitch contour. For 15 of the remaining pairs the pitch measurements were the same. For three pairs the difference between pitch measurements was

on the order of 5 cps and difficult to measure consistently. Thus in no case would the variation between repetitions of the same utterance account for a difference of more than one point on the six-point scale which is used below in charting pitch contours.

**Presentation of results**

The measurements of fundamental voice frequency are presented in charts which make it easy to observe two phenomena :

- 1) The variation in a single tone which is due to the effect of the tone of the preceding or following syllable.
- 2) The effect of the preceding or following tone on how all five tones contrast (whether there is neutralization between contrasting tones in certain tone environments).

In the following charts, the term "initial" refers to the second word in the frame sentence, and "final" refers to the third word. In sentence 15,  $\bar{r}\bar{a}w\ \overset{v}{h}\bar{a}a\ \overset{/}{r}\bar{u}a\ \bar{d}\bar{i}i$ , only the second and third words are of interest. Thus  $\overset{v}{h}\bar{a}a$  is "initial" with respect to  $\overset{/}{r}\bar{u}a$ , and  $\overset{/}{r}\bar{u}a$  is "final" with respect to  $\bar{d}\bar{i}i$ . In this sentence it is possible to observe the effect of an "initial" rising tone on a "final" high tone, and vice versa.

Charts 1-5 each show a single tone in initial position. Thus each tone is shown as it is affected by the five tones which follow it. The key to the interpretation of charts 1-10 is as follows.

- ..... = affected by mid tone
- = affected by low tone

- = affected by falling tone
- = affected by high tone
- xxxxxxxxxx = affected by rising tone

For convenience, all the charts are reproduced in Appendix 2.

On all charts the base line represents the lowest fundamental frequency encountered (100 cps), and the top line represents the highest (150 cps). The subdivisions marked on the left sides of the charts represent 10 cps. increments. In the body of this paper four of the charts are discussed in some detail. Of Charts 1-5 which each show one tone in initial position, a typical one is Chart 4.

Chart 4

Initial High

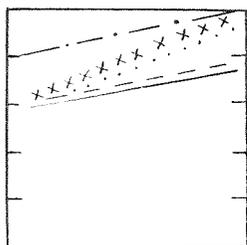


Chart 4 indicates that initial high tone is relatively unaffected by changes in the following tone. The initiation and terminating frequency does not vary more than 10 cps and all tones show a rising pitch contour. High tone when followed by either high or falling tone has only one contour. It begins at 130 cps and rises to 140 cps. When high tone is followed by rising or mid tone it also has only one contour, beginning at 130 cps and rising to 150 cps. The point of initiation of these two contours is the same (130 cps). They terminate 10 cps apart. When high tone is followed by low tone its initiation is 10 cps higher than in the previous cases. One can conclude that these differences are insignificant since 10 cps is almost within the range of error one has in reading the spectrograms and normalization. Also, as noted before, there was as much as a 10 cps variation among tones between repetitions of a single utterance.

Charts 6-10 each show one tone in final position. Thus, each tone is shown as it is affected by the five tones that precede it. In these charts the greatest variation among tones in final position is shown in the high tone. This is illustrated in Chart 9.

Chart 9  
Final High

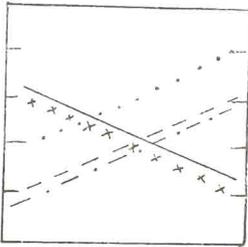


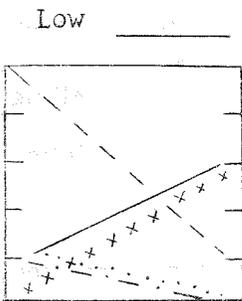
Chart 9 shows that the high tone is affected by the preceding tones so much that it changes direction. When high tone is preceded by either mid, low, or falling tones, it has a rising slope (which it also has in initial position). However, when preceded by high or rising tone, it has a falling contour. This falling contour can be noticed when listening to the speech of some Thais. The variation in point of initiation is as much as 20 cps, and the variation in point of termination is 30 cps. These values are outside the range of tone variation found in repetitions of single utterance.

The remaining charts each illustrate all five tones in contrast. Each chart shows this contrast in a particular tone environment. In charts 11-15 the five tones are shown as they contrast in final position. Thus each chart illustrates the effect of a particular preceding tone on all five tones. In Charts 16-20 the five tones are shown as they contrast in initial position. Thus each of these charts illustrates the effect of a particular following tone on all five tones. One chart from each set will be presented and examined in some detail in the body of the paper. This will be followed by some general conclusions drawn from an inspection of the remaining charts in Appendix 2. The key to the interpretation of Charts 11-20 is as follows:

- ..... = mid tone
- = low tone
- ..... = falling tone
- = high tone
- xxxxxxxx = rising tone

Chart 11-15 each show all five tones in final position. An inspection of Chart 12, for example, shows how the five tones contrast following low tone,

Chart 12



In this environment mid and low tone are identical, so the contrast has been completely neutralized. In addition, high and rising tones are almost the same, showing only a 10 cps difference in point of initiation. Since this difference lies within the range of variation between repetitions of a single utterance, one could expect that this contrast would not always be preserved.

Other cases of neutralization, or near neutralization, in the final position are illustrated in the remaining charts of this set (11-15) in the Appendix. Chart 11 shows that following mid tone there is near neutralization of mid and low tones (only a 10 cps difference in the pitch of the tone termination.) Chart 13 shows that following falling tone, the neutralization of mid and low tone and of high and rising tone is similar to that shown in Chart 12. Chart 14 shows that following high tone, mid tone is lower than low tone, although only by 10 cps. It would also be possible in this environment to confuse high tone with low tone. Chart 15 shows that following rising tone, mid and high tone might be confused as their initiation differs only by 10 cps.

Charts 16–20 show how all five tones contrast in initial position. Chart 16 is typical of this group.

Chart 16

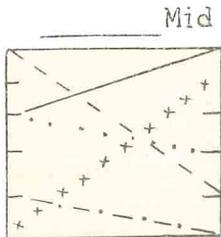


Chart 16 shows how all five tones appear when they are followed by mid tone. Here the tones are well spread out and there appear to be no cases where tones would be confused. This seems to be also the case with the remaining initial environments shown in Charts 17–20 (Appendix). There are no instances of neutralization or near neutralization such as that which is evident in Charts 11–15. At least 20 cps separates either the initiation or termination of any two tones on these charts. Thus, the initial environment is a more stable one for tones than the final environment.

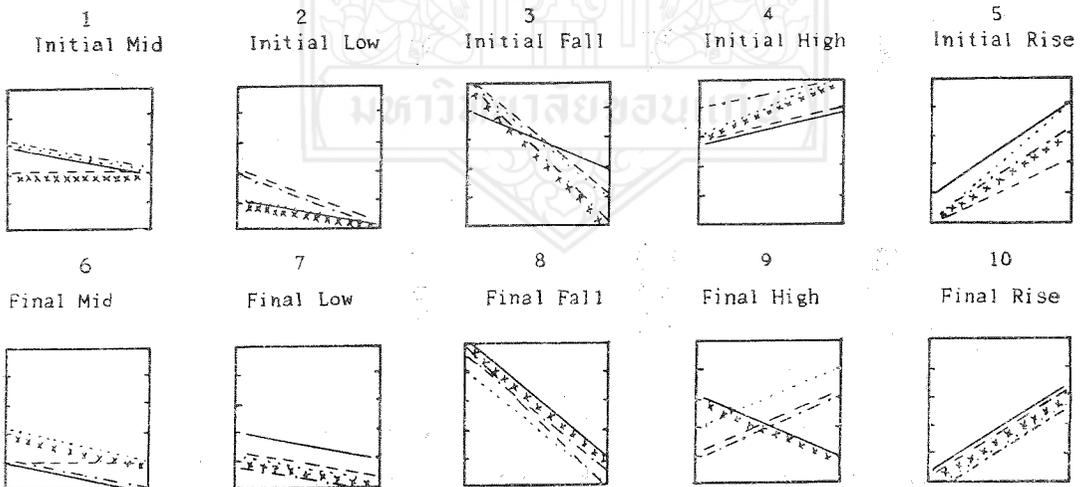
#### Future studies

This study does not investigate how tones are produced in checked syllables, nor are the additional phonetic features of creaky voice or glottalization described in relation to the tone system. Neutralization of tone in unstressed syllables with short vowels is also a phenomenon but which has not been studied instrumentally.

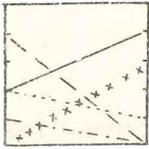
#### Appendix 1

- |                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| 1. rāw dāa kày dTi  | We cursed the good chicken.   |
| 2. rāw mTi kày dTi  | We have a good chicken.       |
| 3. rāw chây kày dTi | We used a good chicken.       |
| 4. rāw hây kày dTi  | We gave away a good chicken.  |
| 5. rāw hǎa kày dTi  | We looked for a good chicken. |
| 6. rāw dāa wāa dTi  | We cursed the good cow.       |
| 7. rāw mTi wūa dTi  | We have a good cow.           |
| 8. rāw chây wūa dTi | We used a good cow.           |

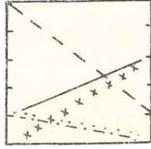
- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| 9. rāw hāy wūa dTi    | We gave away a good cow.    |
| 10. rāw hāa wūa dTi   | We looked for a good cow.   |
| 11. rāw dāa rūa dTi   | We cursed the good fence.   |
| 12. rāw mTi rūa dTi   | We have a good fence.       |
| 13. rāw chāy rūa dTi  | We used a good fence.       |
| 14. rāw hāy rūa dTi   | We gave away a good fence.  |
| 15. rāw hāa rūa dTi   | We looked for a good fence. |
| 16. rāw dāa phāa dTi  | We cursed the good cloth..  |
| 17. rāw mTi phāa dTi  | We have good cloth.         |
| 18. rāw chāy phāa dTi | We used good cloth.         |
| 19. rāw hāy phāa dTi  | We gave away good cloth.    |
| 20. rāw hāa phāa dTi  | We looked for good cloth.   |
| 21. rāw dāa fāa dTi   | We cursed the good wall.    |
| 22. rāw mTi fāa dTi   | We have a good wall.        |
| 23. rāw chāy fāa dTi  | We used a good wall.        |
| 24. rāw hāy fāa dTi   | We gave away a good wall.   |
| 25. rāw hāa fāa dTi   | We looked for a good wall.  |



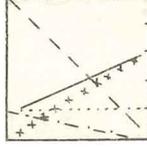
11  
Mid \_\_\_\_\_



12  
Low \_\_\_\_\_



13  
Fall \_\_\_\_\_



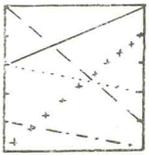
14  
High \_\_\_\_\_



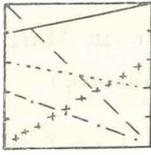
15  
Rise \_\_\_\_\_



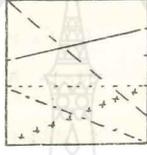
16  
\_\_\_\_\_ Mid



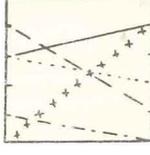
17  
\_\_\_\_\_ Low



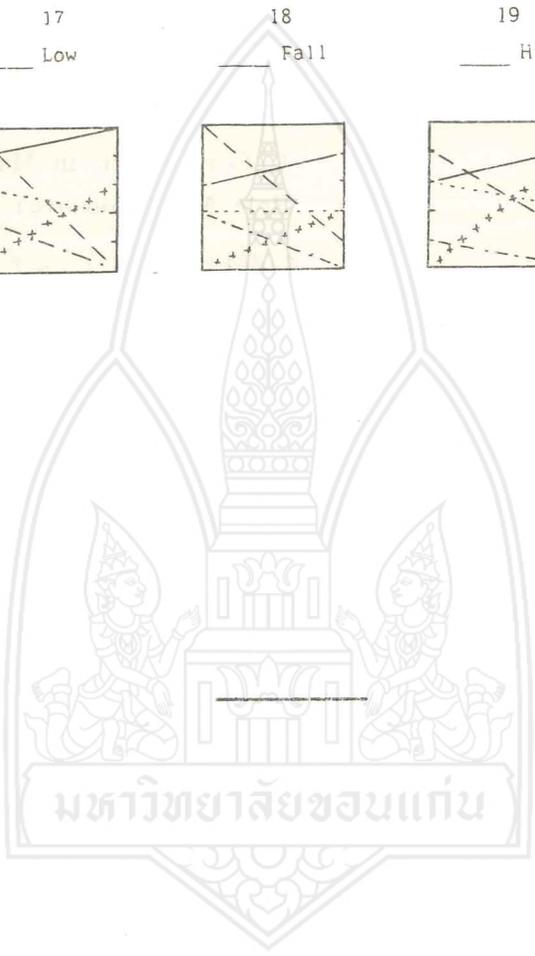
18  
\_\_\_\_\_ Fall



19  
\_\_\_\_\_ High



20  
\_\_\_\_\_ Rise



มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## ผู้เขียน

ดร. วรพงษ์ โพธิ์เมือง

วท.บ. (จุฬาฯ), M.Sc., Ph.D. (Liverpool) วิชาการในตำแหน่งคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ - อักษรศาสตร์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศรีสุนทร สัตะธณี

วท.บ. (จุฬาฯ), Dip. in Ed., M.A., Botany (Texas), Cert. in Marine Botany (Woods Hole, Massachusetts) ผู้ช่วยคณบดีคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ และ หัวหน้าภาควิชาชีววิทยา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ร.อ. นิพนธ์ เปาโรหิต

บ.ม., อ.บ. (คณิตศาสตร์) Cert. in Statistics (India) อาจารย์ในภาควิชาคณิตศาสตร์

ดร. ชัยวัฒน์ คุประตกุล

B. Sc. (Hons.) Physics, Ph. D. Solid State Physics. (Monash Univ.) วิชาการในตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์

วันทนีย์ เตชะธิตี

ศศ.บ. (เกียรตินิยม), M.A. Linguistics, Cert in T.E.A.L. U.B.C. อาจารย์ในภาควิชาภาษาอังกฤษ

ชรินทร์ คุ้มสมุทร

กศ.บ. (วศ. ประสานมิตร), พบ.ม. สถิติประยุกต์ (สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์) อาจารย์ในภาควิชาคณิตศาสตร์

ปราโมทย์ ทองกระจาย

วท.บ., วท.ม. จุลชีววิทยา (มหิดล) อาจารย์ในภาควิชาชีววิทยา



When you feel depressingly  
slowly your climb,  
it's well to remember that  
Things Take Time

เมื่อใด รู้สึก ท้อแท้  
จำไว้ มั่นใน ดวงมาลัย

อ่อนแอ หมดความ กล้าหาญ  
ทุกสิ่ง ต้องการ เวลา

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Teacher : “Wake up that fellow next to you.”

Student : “You do it, you put him to sleep.”

She (tenderly) : “When did you first think that you loved me?”

He : “When I began to get mad when people said you were brainless and unattractive.”

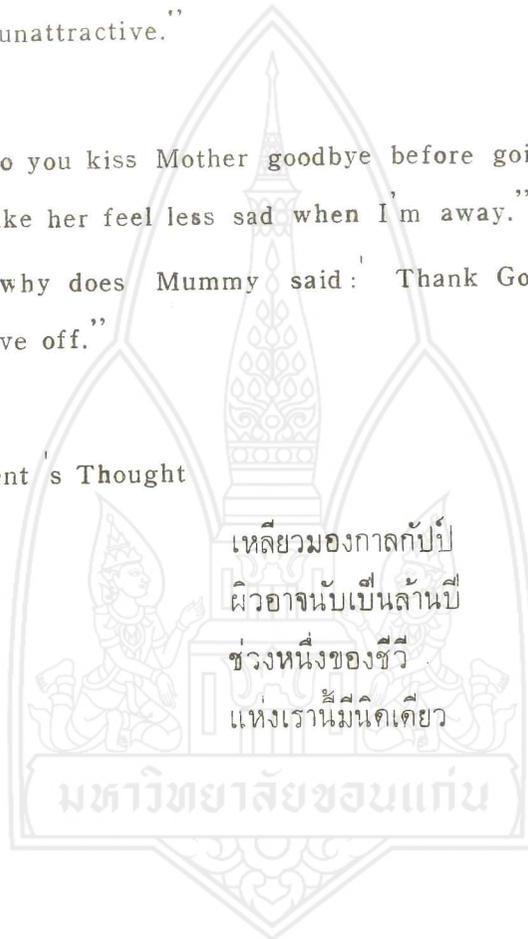
Daughter : “Why do you kiss Mother goodbye before going to work?”

Father : “To make her feel less sad when I'm away.”

Daughter : “Then why does Mummy said: 'Thank God, he's gone.' when you drive off.”

A Moment's Thought

As eternity  
is reckoned  
there's a lifetime  
in a second.

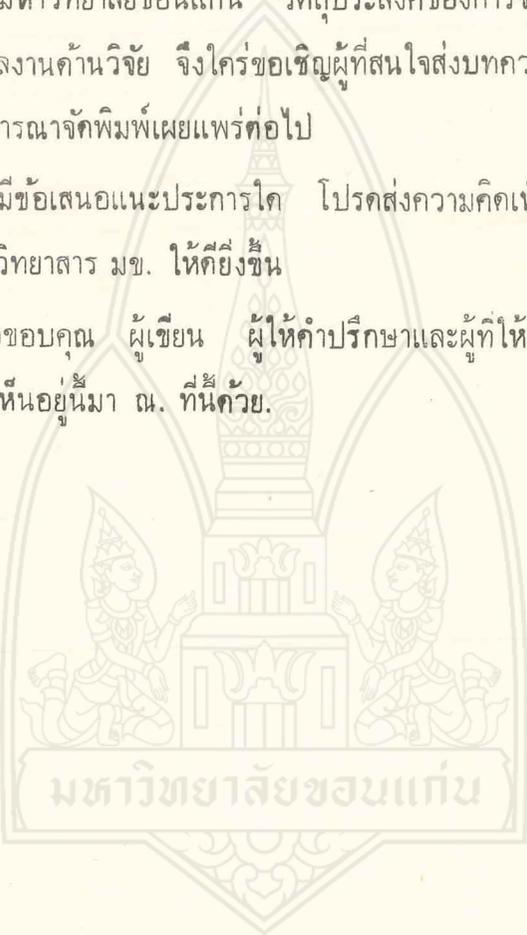


## บทบรรณาธิการ

วิทยาสาร มข. ที่ท่านกำลังอ่านอยู่นี้เป็นวารสารรายสี่เดือนฉบับแรก ของคณะวิทยาศาสตร์-อักษรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น วัตถุประสงค์ของการจัดทำก็เพื่อเผยแพร่ความรู้ในค่านิชาการรวมทั้งผลงานค่านิจัย จึงใคร่ขอเชิญผู้ที่สนใจส่งบทความหรืองานวิจัยค่นคว่าไปยังคณะผู้จัดทำ เพื่อพิจารณาจักพิมพ์เผยแพร่ต่อไป

หากท่านผู้อ่านมีข้อเสนอแนะประการใด โปรดส่งความคิดเห็นของท่านไปยังคณะผู้จัดทำ เพื่อจะได้ปรับปรุงวิทยาสาร มข. ให้ดียิ่งขึ้น

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผู้เขียน ผู้ให้คำปรึกษาและผู้ที่มีความช่วยเหลือจนหนังสือสำเร็จเป็นเล่มคั่งที่ท่านเห็นอยู่นี้มา ณ. ที่นี้ด้วย.



มหาวิทยาลัยขอนแก่น



