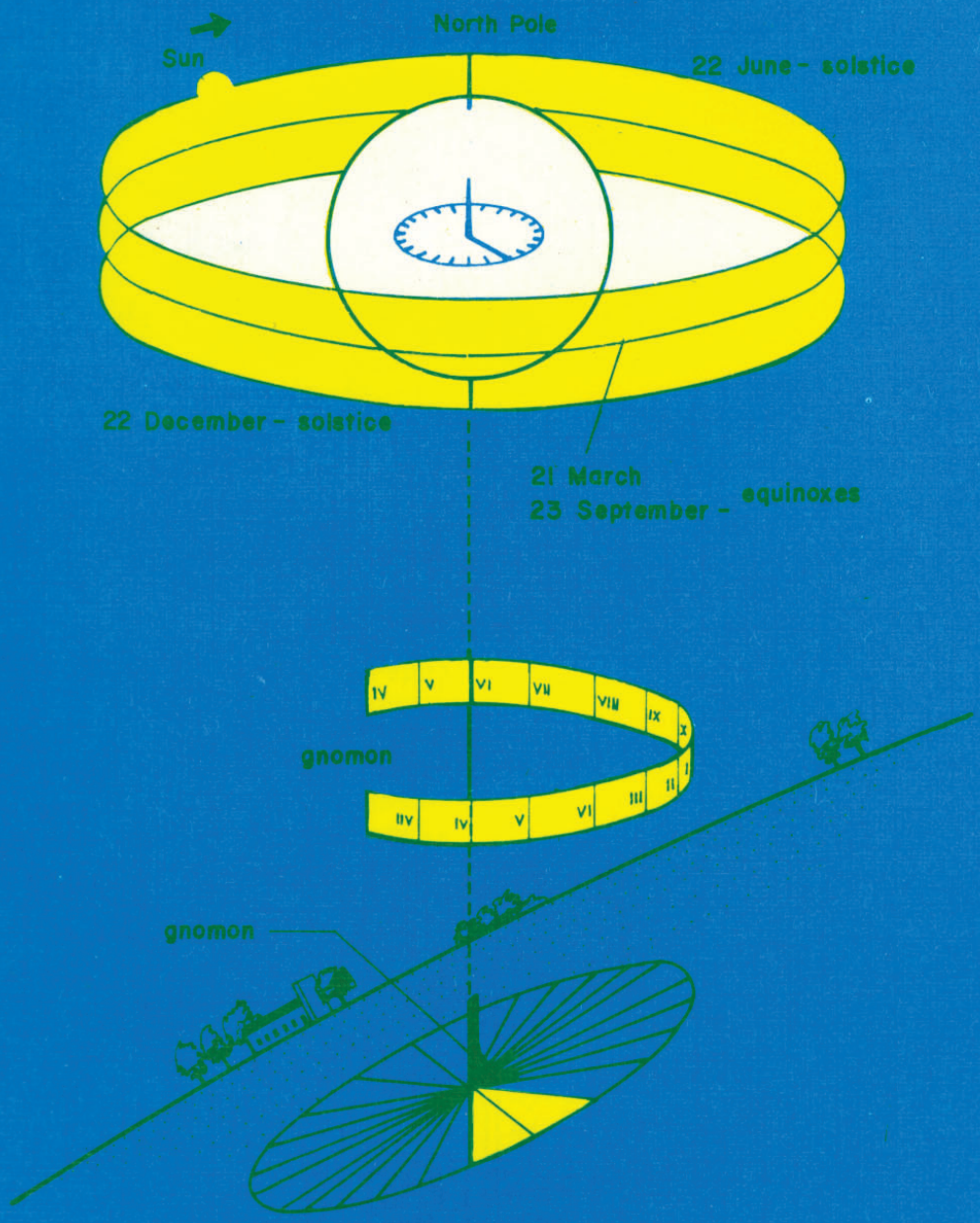
ISSN 0125-2364

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 9 ฉบับที่ 3 กันยายน-ธันวาคม 2524



ISSN 0125-2364

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

* เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
* เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
* เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษา และผู้สนใจทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์

สำนักงาน ตึก ๓ ห้องสมุด
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กำหนดออก ปีละ ๓ ฉบับ
ม.ค. - เม.ย.
พ.ค. - ส.ค.
ก.ย. - ธ.ค.

ค่าบำรุง ปีละ ๒๐ บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.ท. เทพารักษ์ ขอนแก่น

สารบัญ

วารสาร
ราชบัณฑิตยสถาน

แหล่ง - รวมผลงานจากราชบัณฑิต
แหล่ง - ให้ข้อคิดและชี้นำการใช้ภาษา
แหล่ง - ค้นคว้าบำรุงสรรพวิชา
แหล่ง - ให้ผลกุ้มค่าราคาเงิน

สมัครเป็นสมาชิก

วารสารราชบัณฑิตยสถาน ราย ๓ เดือน
๑ ปี (๔ เล่ม) เพียง ๓๕ บาท
(รวมค่าส่งเสร็จ)

ชำระเงินค่าสมาชิกทาง

ธนาณัติหรือตั๋วแลกเงินไปรษณีย์ สั่งจ่าย ป.ท. หน้าพระลาน
ในนาม นางสาวสาวิตรี แสนสว่าง
ผู้จัดการวารสารราชบัณฑิตยสถาน
ราชบัณฑิตยสถาน
กรุงเทพ ฯ ๒
โทร. ๒๒๒ - ๖๑๕๙
๒๒๑ - ๔๘๒๒

บรรณาธิการแถลง

ท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านที่รัก ก่อนอื่นดิฉันใคร่ขออภัยในความผิดพลาดและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นกับวารสารฉบับที่แล้ว ข้อผิดพลาดที่ไม่สมควรจะได้รับการอภัยเลยก็คงจะเป็นข้อผิดพลาดเกี่ยวกับคอลัมน์ลองภูมิ ตารางที่แสดงไว้ในปัญหาประจำฉบับนั้นเกิดการผิดพลาดทำให้ท่านผู้อ่านไม่สามารถตอบปัญหาได้ ความจริงคณะผู้จัดทำได้แทรกใบแก้คำผิดไว้ในเล่มแล้ว แต่คาดว่าคงจะหลุดหายไปก่อนที่ท่านผู้อ่านที่เป็นนักเรียน นักศึกษาจะได้มีโอกาสอ่านและตอบปัญหานั้น สำหรับข้อบกพร่องเกี่ยวกับรูปเล่มนั้นก็ได้แก่ภาพปกไม่สวยงาม กระดาษภายในเล่มดูหนาไม่ดึงดูดใจผู้อ่าน แถมยังตัดเอียงไปเอียงมาจนทำให้เลขบอกจำนวนหน้าหายไปด้วย สิ่งบกพร่องต่าง ๆ เหล่านี้คณะผู้จัดทำกำลังพยายามหาทางแก้ไข ที่ผ่านไปแล้วหวังว่าคงจะได้รับอภัย

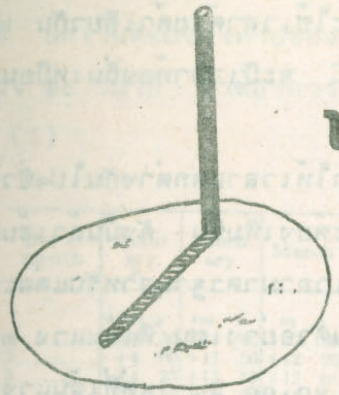
วารสารฉบับนี้ เป็นฉบับส่งท้ายปีเก่า ต้อนรับปีใหม่ แน่นไปด้วยเนื้อหาวิชาการหลายสาขาวิชา เกร็ดความรู้ที่น่าสนใจรวมถึงข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งได้เสนอข่าวเกี่ยวกับความสามารถของนักวิทยาศาสตร์ไทยที่ได้ประดิษฐ์เครื่องไตเทียม ซึ่งสำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติได้กรุณาส่งไปให้เพื่อเผยแพร่จึงใคร่ขอขอบคุณไว้ ณ. โอกาสนี้ด้วย

สืบเนื่องจากการประชุมสังสันทน์บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ ณ. ห้องประชุมสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในวันที่ ๒๒ ตุลาคม ๒๕๒๔ ซึ่งจัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาตินั้น ได้มีบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ทั้งภาครัฐบาลและภาคเอกชนเข้าร่วมประชุมกว่า ๕๐ คน วัตถุประสงค์หลักของการประชุมนั้นก็เพื่อหาทางปรับปรุงมาตรฐานวารสารวิทยาศาสตร์ รวมถึงต้องการให้บรรณาธิการมีโอกาสแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ให้ความร่วมมือซึ่งกันและกันในการแลกเปลี่ยนวารสารและแลกเปลี่ยนข้อความโฆษณา เพื่อให้มีสมาชิกบอกรับวารสารมากขึ้น การที่สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้ตระหนักถึงความสำคัญของวารสารวิทยาศาสตร์โดยได้มีบทบาทในการเป็นสื่อกลางให้คณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ทั่วประเทศได้มีโอกาสพบปะสังสันต์กันนั้น นับว่าเป็นนิมิตหมายที่ดียิ่งของวงการวารสารวิทยาศาสตร์ของประเทศเรา ในนามของคณะผู้จัดทำวารสารวิทยาศาสตร์มข. ดิฉันใคร่ขอเรียนว่า "เราจะพยามทำทุกอย่างเพื่อเป็นสื่อกลางถ่ายทอดวิชาการที่ได้จากการแลกเปลี่ยนหรือจากแหล่งของเราโดยตรงไปสู่ท่านสมาชิกและท่านผู้อ่านให้มากที่สุด"

แล้วพบกันใหม่ในปีหน้า

สวัสดี

ธันวาคม ๒๕๒๔



นาฬิกาแดด

พัฒนา ภู่วนิชย์*

ในยามที่ท่านไม่มีนาฬิกาดูท่านเคยพยายามบอกเวลาจากเงาไม้หรือเงาของวัตถุที่เกิดจากแสงตะวันบ้างหรือไม่ เงาไม้ดังกล่าวนับเป็นนาฬิกาแดดแบบหนึ่ง ซึ่งเคยใช้มาตั้งแต่สมัยโบราณในปัจจุบัน นาฬิกาแดดนั้นจะหาได้ยากมาก แต่ท่านเชื่อหรือไม่ว่า นาฬิกาแดดเพิ่งได้รับการแทนที่ด้วยนาฬิกาจักรกลอย่างสิ้นเชิงก็ในช่วงตอนต้นของศตวรรษนี้เท่านั้นเอง

วัตถุใด ๆ ที่ตั้งตรงอยู่กลางแจ้ง สามารถใช้เป็นนาฬิกาแดดได้ทั้งสิ้น เชื่อกันว่า แท่งหินยักษ์ซึ่งเรียกกันว่า เข็มของคลีโอพัตรา (Cleopatra's Needles)นั้นเป็นสิ่งที่ใช้บอกเวลาของชาวอียิปต์โบราณ ในช่วงประมาณ ๑,๕๐๐ ปีก่อนคริสตกาล นาฬิกาแดดจะมีลักษณะเป็นรูปตัวที (T) (รูปที่ ๒) ซึ่งมีฐานแคบและยาวตั้งฉากกับส่วนตั้งรูปตัวทีดังกล่าว ต่อมาในตอนต้นศริสตกาล ได้มีการค้นพบว่า ถ้าเอียงส่วนเข็มชี้ หรือ ส่วนที่ทำให้เกิดเงาให้ชี้ไปยังดาวเหนือ เงามืดที่ได้จะแสดงถึงเวลาสุริยะ (Solar time) ที่ถูกต้องของแต่ละวันตลอดปี ประมาณ ๘๐๐ ปีถัดมา จากความชำนาญ ความเข้าใจถึงระบบสุริยะ ความก้าวหน้าของวิชาคณิตศาสตร์โดยเฉพาะวิชาตรีโกณ และความสำคัญของเวลา มีผลทำให้นาฬิกาแดดแบบต่าง ๆ มากมาย ถูกสร้างขึ้นมาใช้งาน นาฬิกาแดดที่ใช้บอกเวลาได้อย่างถูกต้องนั้นถูกสร้างขึ้นในช่วงคริสตศตวรรษที่ ๑๕ ตัวอย่างได้แก่ นาฬิกาแดดแบบแนวราบ แนวดิ่ง และเฮลิโอโครโนมิเตอร์ เป็นต้น

ในการที่จะสร้างนาฬิกาแดดได้อย่างถูกต้องนั้นต้องอาศัยความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางโคจรของดวงอาทิตย์เทียบกับโลก การแบ่งโซนเวลาของสถานที่บนโลก และข้อกำหนดต่าง ๆ เกี่ยวกับเวลาจากความรู้ที่ว่าโลกใช้เวลาหมุนรอบตัวเอง ๑ วันแบ่งออกเป็น ๒๔ ชั่วโมงเท่า ๆ กัน เรียกกันว่า เวลามาตรฐาน (standard time) ซึ่งถือตำแหน่งเมืองกรีนิชเป็นหลัก สำหรับเวลาที่ใช้ในตำแหน่งที่แตกต่างกันบนโลกเป็นไปตามข้อตกลงของ

---

* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นานาชาติ โดยการแบ่งเวลาตามโซนของเส้นแวงโลกเราจะถูกแบ่งด้วยเส้นแวง ๐-๑๘๐°E และ ๐-๑๘๐°W เริ่มต้นเส้นแวง ๐° ที่เมืองกรีนิช กำหนดเส้น ๑๘๐°E ซึ่งทับกับเส้น ๑๘๐°W เป็นเส้นแบ่งวันนานาชาติ และใช้เส้นแวงแบ่งโซนเวลาออกเป็น ๒๔ โซน โดยแต่ละโซนจะอยู่ในช่วง ๑๕° และในโซนเวลาเดียวกัน จะใช้เวลาด้วยค่าเดียวกัน เรียกว่าเวลาท้องถิ่น (Local time) เช่นในโซน ๑๕°E ๓๐°E จะมีเวลาท้องถิ่นเหมือนกันเป็นต้น

จากความจริงที่ว่า เส้นแวงต่างกัน ๑๕° จะทำให้เวลาแตกต่างกันไป๑ชั่วโมง และถ้าระยะห่างของเส้นแวงนั้นต่างไปทางตะวันออกเวลาจะต้องเพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าเส้นแวงต่างไป ๑°E เวลาจะต้องเพิ่มขึ้น ๔ นาที เพราะฉะนั้น เวลามาตรฐานสำหรับแต่ละท้องถิ่นจะหาได้จากตำแหน่งเส้นแวงของท้องถิ่นนั้นกับเวลาท้องถิ่นตัวอย่างเช่น ที่เส้นแวง ๒๐°E ถ้าเวลากรีนิชเป็น ๙.๐๐ นาฬิกา เวลาท้องถิ่นจะเป็นเวลา ๑๐.๐๐ น. แต่ที่เส้นแวง๒๐°E ต่างไปจากเส้นแบ่งโซนเวลาที่ ๑๕°E อีก ๕° ดังนั้น เวลามาตรฐานที่เส้นแวง ๒๐°E ในขณะเวลานั้น ก็คือ ๑๐.๒๐ นาฬิกา เป็นต้น

สำหรับการวัดเวลาจากนาฬิกาแดดนั้นเป็นการอ้างอิงจากดวงอาทิตย์โดยตรง เวลาที่ได้นี้เรียกว่า เวลาสุริยะ (Solar time) เนื่องจากโลกมีการโคจรเคลื่อนที่ไปจะทำให้เวลาสุริยะแตกต่างไปจากเวลามาตรฐาน เช่น เวลาเที่ยงสุริยะ ซึ่งหมายถึงเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ที่จุดสูงสุดของทางโคจรหรือกำลังเคลื่อนผ่านเส้นเมอริเดียนของตำแหน่งนั้น สามารถสังเกตุได้จากเวลาที่เงาทึบจากแสงแดดมีขนาดสั้นที่สุด จะมีค่าแตกต่างจากเวลาเที่ยงมาตรฐาน และจะแตกต่างกันไปในแต่ละวันอีกด้วย อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของโลกเป็นรูปวงรีรอบดวงอาทิตย์นั่นเอง

เนื่องจากเวลาสุริยะนั้นแตกต่างจากเวลามาตรฐาน จำเป็นต้องมีการแก้ไขให้ถูกต้อง โดยใช้ค่าของสมการเวลา (equation of time) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงเวลาที่ต่างกันระหว่างเวลาสุริยะกับเวลามาตรฐานของแต่ละวันในรอบปี ตัวอย่างของค่าสมการเวลาแสดงไว้ในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ สมการเวลา (equation of time)

ค่าที่กำหนดไว้ในตาราง เป็นค่าที่นำไปบวกเพิ่มกับค่าเวลาที่ได้จากนาฬิกาแดด จะได้ค่าเวลามาตรฐาน ค่าเหล่านี้เป็นค่าเฉลี่ยในช่วง ๔ ปี และมีค่าผิดพลาดในช่วง ๑๐ วินาที ยกเว้นตอนช่วงท้ายของเดือนธันวาคม และตอนต้นของมกราคม จะคลาดเคลื่อนถึงช่วง ๒๐ วินาที ถ้าต้องการค่าที่ถูกต้องแน่นอนจะค้นหาได้จากหนังสือ Nautical Almanac (1)

Day of month	January		February		March		April		May		June		July		August		September		October		November		December	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
1	+3	30	+13	40	+12	30	+4	00	-2	55	-2	25	+3	35	+6	10	0	00	-10	15	-16	20	-10	55
2	+4	00	+13	50	+12	20	+3	40	-3	05	-2	15	+3	45	+6	10	-0	20	-10	35	-16	20	-10	35
3	+4	25	+13	55	+12	05	+3	25	-3	10	-2	05	+4	00	+6	05	-0	35	-10	55	-16	20	-10	10
4	+4	55	+14	00	+11	55	+3	05	-3	15	-1	55	+4	10	+6	00	-0	55	-11	10	-16	20	-9	45
5	+5	20	+14	05	+11	40	+2	50	-3	25	-1	45	+4	20	+5	55	-1	15	-11	30	-16	20	-9	25
6	+5	50	+14	10	+11	25	+2	30	-3	30	-1	35	+4	30	+5	45	-1	35	-11	50	-16	20	-9	00
7	+6	15	+14	15	+11	10	+2	15	-3	30	-1	25	+4	40	+5	40	-1	55	-12	05	-16	15	-8	30
8	+6	40	+14	20	+10	55	+1	55	-3	35	-1	10	+4	50	+5	30	-2	20	-12	20	-16	10	-8	05
9	+7	05	+14	20	+10	40	+1	40	-3	40	-1	00	+5	00	+5	25	-2	40	-12	40	-16	05	-7	40
10	+7	30	+14	20	+10	25	+1	25	-3	40	-0	50	+5	10	+5	15	-3	00	-12	55	-16	00	-7	10
11	+7	55	+14	25	+10	10	+1	05	-3	45	-0	35	+5	15	+5	05	-3	20	-13	10	-15	55	-6	45
12	+8	20	+14	20	+9	55	+0	50	-3	45	-0	25	+5	25	+4	55	-3	40	-13	25	-15	50	-6	15
13	+8	40	+14	20	+9	40	+0	35	-3	45	-0	10	+5	30	+4	45	-4	00	-13	40	-15	40	-5	50
14	+9	05	+14	20	+9	20	+0	20	-3	45	0	00	+5	40	+4	35	-4	25	-13	55	-15	30	-5	20
15	+9	25	+14	20	+9	05	+0	05	-3	45	+0	15	+5	45	+4	25	-4	45	-14	10	-15	20	-4	50
16	+9	45	+14	15	+8	50	-0	10	-3	45	+0	25	+5	50	+4	15	-5	05	-14	20	-15	10	-4	20
17	+10	05	+14	10	+8	30	-0	25	-3	45	+0	40	+5	55	+4	00	-5	25	-14	35	-15	00	-3	55
18	+10	25	+14	05	+8	15	-0	35	-3	45	+0	50	+6	00	+3	50	-5	50	-14	45	-14	50	-3	25
19	+10	45	+14	00	+7	55	-0	50	-3	40	+1	05	+6	05	+3	35	-6	10	-14	55	-14	35	-2	55
20	+11	05	+13	55	+7	40	-1	05	-3	40	+1	20	+6	10	+3	20	-6	30	-15	05	-14	20	-2	25
21	+11	20	+13	50	+7	20	-1	15	-3	35	+1	30	+6	15	+3	05	-6	50	-15	15	-14	05	-1	55
22	+11	40	+13	40	+7	00	-1	30	-3	30	+1	45	+6	15	+2	50	-7	15	-15	25	-13	50	-1	25
23	+11	55	+13	35	+6	45	-1	40	-3	25	+1	55	+6	20	+2	35	-7	35	-15	35	-13	35	-0	55
24	+12	10	+13	25	+6	25	-1	50	-3	20	+2	10	+6	20	+2	20	-7	55	-15	45	-13	15	-0	25
25	+12	25	+13	15	+6	05	-2	00	-3	15	+2	20	+6	20	+2	05	-8	15	-15	50	-13	00	+0	05
26	+12	35	+13	05	+5	50	-2	15	-3	10	+2	35	+6	20	+1	50	-8	35	-15	55	-12	40	+0	35
27	+12	50	+12	55	+5	30	-2	25	-3	05	+2	50	+6	20	+1	30	-8	55	-16	05	-12	20	+1	05
28	+13	00	+12	45	+5	10	-2	30	-2	55	+3	00	+6	20	+1	15	-9	15	-16	10	-12	00	+1	35
29	+13	10	+12	35	+4	55	-2	40	-2	50	+3	10	+6	20	+0	55	-9	35	-16	10	-11	40	+2	05
30	+13	20	.....		+4	35	-2	50	-2	40	+3	25	+6	15	+0	40	-9	55	-16	15	-11	20	+2	35
31	+13	30	.....		+4	15	.....		-2	30	.....		+6	15	+0	20	.....		-16	20	.....		+3	00

ดังนั้น เมื่อใช้นาฬิกาแดดหาเวลาสุริยะได้ ก็จะหา เวลามาตรฐานได้จากความสัมพันธ์

เวลามาตรฐาน = เวลาสุริยะ + สมการเวลา ± ๔ x ผลต่างขององศาเส้นแวงที่ตำแหน่งนั้นกับเส้นเมอริเดียนแบ่งโซนเวลา*

(*ใช้เครื่องหมาย + เมื่อเส้นแวงของตำแหน่งนั้นอยู่ทางทิศตะวันออกของกรีนิชและใช้เครื่องหมาย- เมื่อเส้นแวงอยู่ทางทิศตะวันตก)

การสร้างนาฬิกาแดด

นาฬิกาแดดโดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๒ ส่วนเหมือนนาฬิกาทั่วไปคือ

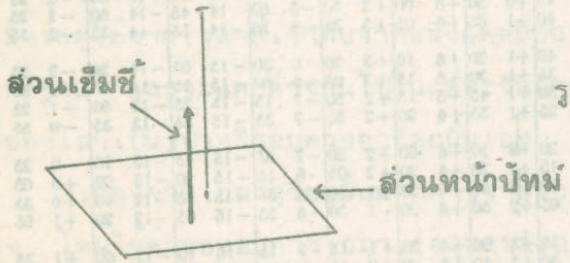
-ส่วนเข็มชี้ (Gnomon) ซึ่งหมายถึง ส่วนที่ทำให้เกิดเงาเพื่อเป็นดรรชนีชี้

บอกเวลา

-ส่วนหน้าปัทม์ (Dial plate) หมายถึง ส่วนที่เป็นสเกลบอกเวลา ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นและมีขีดหรือเส้นกำหนดชั่วโมงเรียกสั้น ๆ ว่า เส้นชั่วโมง (hour line)

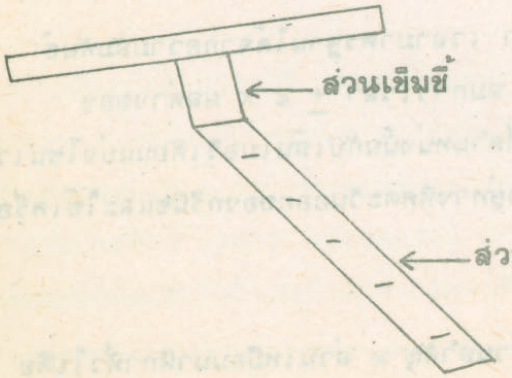
เราสามารถทำนาฬิกาแดดขึ้นได้อย่างง่าย ๆ โดยอาศัยวัสดุอุปกรณ์เพียงไม่กี่ชิ้น ได้แก่ แผ่นกระดาษ (cardboard) กระดาษขาว กาว และไม้โปรแทรคเตอร์ เป็นต้น ในที่นี้จะกล่าวถึงการสร้างนาฬิกาแดด ๖ แบบ เริ่มจากแบบดั้งเดิม จนถึงแบบที่ใช้วัดได้ละเอียดถูกต้องที่สุดตามลำดับ

<u>นาฬิกาแดดแบบดั้งเดิม</u> ประกอบด้วยหน้าปัทม์ทำจากแผ่นกระดาษแข็งสีขาว เจาะรูตรงกลางและวางไว้ในแนวราบส่วนเข็มชี้ทำจากแท่งไม้หรือแกนพลาสติค เสียบพอดีกับรูบนแผ่นกระดาษและตั้งไว้ในแนวดิ่ง ตรวจสอบว่า เข็มชี้อยู่ในแนวดิ่งจริง ๆ โดยใช้ลูกดิ่ง ซึ่งทำขึ้นได้อย่างง่าย ๆ โดยใช้ลูกตะกั่วถ่วงปลายเชือกแล้วห้อยแขวนไว้ นำไปวางกลางแจ้ง กำหนดจุดปลายเงาทุก ๆ ชั่วโมงพร้อมกำหนดเวลา สังเกตุหาเวลาเที่ยงสุริยะ(noon solar time) ซึ่งเป็นเวลาที่เงาของเข็มชี้มีขนาดสั้นที่สุด นาฬิกาแดดแบบนี้เป็นแบบง่ายที่สุด แต่ให้เวลาที่ไม่แน่นอนนัก เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาถึงความแตกต่างระหว่างเวลาสุริยะกับเวลามาตรฐานหรือเวลาท้องถิ่น



รูปที่ ๑ นาฬิกาแดดแบบดั้งเดิม

<u>นาฬิกาแดดรูปตัวที</u> เป็นนาฬิกาแดดที่ดัดแปลงให้ส่วนหน้าปัทม์เล็กลงและทำได้อย่างง่าย ๆ โดยใช้วัสดุแผ่นเรียบ ๓ แผ่น โดยมีส่วนเข็มชี้เป็นรูปตัวที และส่วนหน้าปัทม์เป็นแผ่นยาวตั้งฉากกับส่วนเข็มชี้ ดังรูปที่ ๒

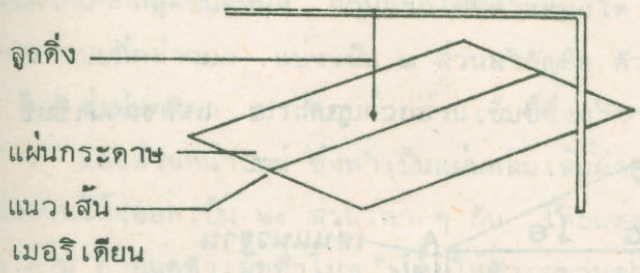


รูปที่ ๒ นาฬิกาแดดรูปตัวที

นาฬิกาแดดแบบนี้ ต้องมีแผ่นขวางของตัวทียาวพอสมควรโดยจะต้องให้เงาของแผ่นขวางตกลงบนส่วนหน้าปัทม์ในทุกฤดู และเวลาใช้งานในตอนเช้าต้องวางด้านหน้าหันไปทางตะวันออกและตอนเย็นต้องวางในทิศตะวันตก เวลาที่ได้จากนาฬิกาแดดแบบนี้จะยังคงไม่ถูกต้องกับเวลาสุริยะนัก เช่นเดียวกับนาฬิกาแดดแบบดั้งเดิม

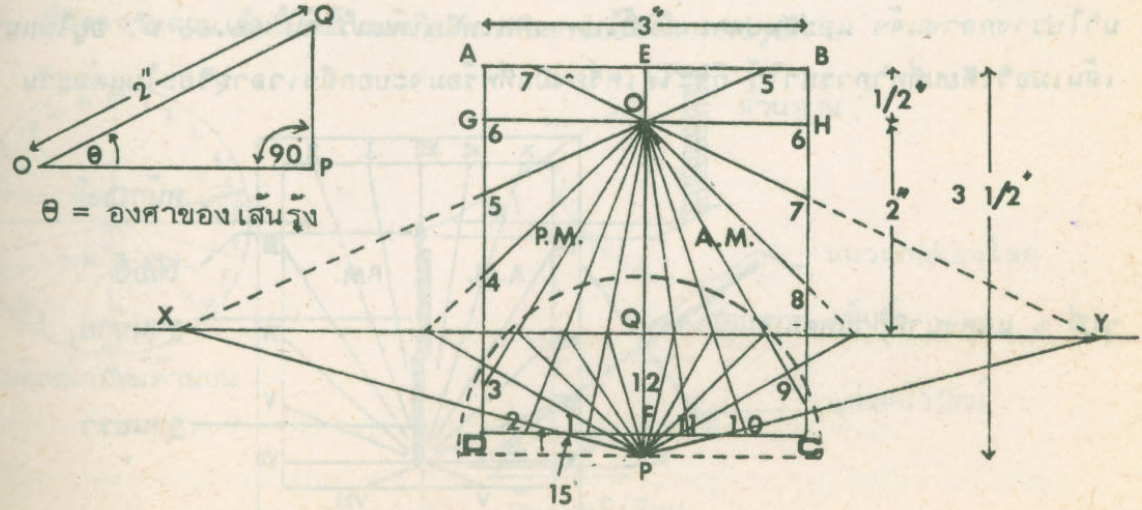
<u>นาฬิกาแดดแนวราบ</u> (Horizontal sundial) เป็นนาฬิกาแดดที่ใช้วัดเวลาสุริยะได้อย่างถูกต้อง ประดิษฐ์ขึ้นโดยชาวอาหรับ แต่มีขีดจำกัดในการใช้งาน คือ จะใช้ได้เฉพาะสถานที่ที่อยู่ในแนวเส้นรุ้งเดียวกัน สิ่งที่จำเป็นต้องทราบก่อนจะจัดสร้าง ก็คือ แนวเส้นเมอริเดียนที่ถูกต้องและองศาของเส้นรุ้ง (θ)

แนวเส้นเมอริเดียนที่ถูกต้อง สามารถหาได้อย่างง่าย ๆ โดยการนำกระดาษขาวมาวางในแนวราบ ลากเส้นตรงพาดผ่านกึ่งกลาง นำลูกดิ่งมาแขวนให้อยู่เหนือเส้นตรงประมาณ ๑ นิ้ว หาเวลามาตรฐานของเวลาเที่ยงสุริยะจากสมการเวลา ปรับแผ่นกระดาษให้อยู่ในแน็วเงาของลูกดิ่งเมื่อถึงเวลาเที่ยงสุริยะ แนวเส้นดังกล่าวจะอยู่ในแนวเส้นเมอริเดียนของสถานที่นั้น ระวังอย่าให้แนวเส้นคลาดเคลื่อน สำหรับองศาของเส้นรุ้งนั้นหาดูได้จากแผ่นที่โลก



รูปที่ ๓ แสดงการหาเส้นเมอริเดียน

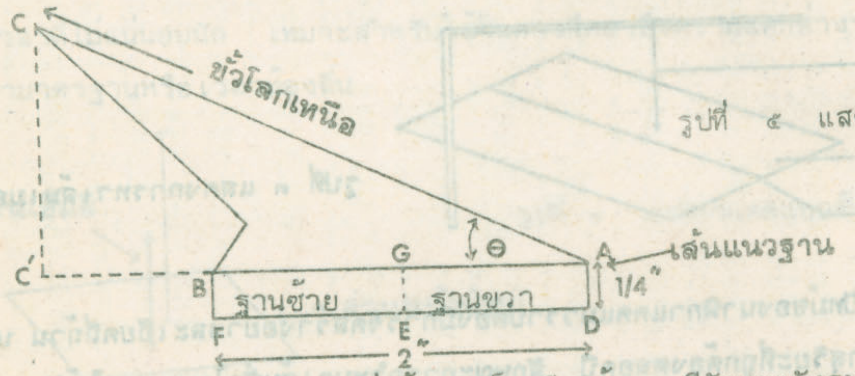
หน้าปัทม์ของนาฬิกาแดดแนวราบต้องมีการจัดสร้างอย่างละเอียดถี่ถ้วน นาฬิกาแดดที่ได้จะให้เวลาสุริยะที่ถูกต้องตลอดปี ลักษณะการกำหนดเส้นชั่วโมงแสดงได้ดังรูปที่ ๔



รูปที่ ๔ แสดงการจัดสร้างสเกลสำหรับหน้าปัทม์นาฬิกาแดด

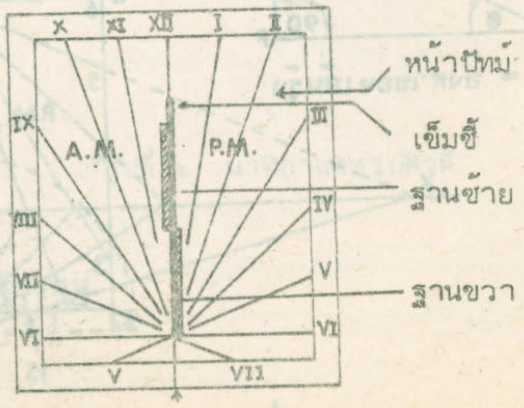
เขียนรูปสี่เหลี่ยม ABCD ขนาด ๓" x ๓$\frac{๑}{๒}$" ลากเส้น EF แบ่งกึ่งกลางสี่เหลี่ยมตามยาว ซึ่งจะเป็นเส้นแสดงเวลา ๑๒.๐๐ น. ลากเส้น GH ตั้งฉาก EFตัด EFที่ O ห่างเส้น AB $\frac{๑}{๒}$" ลากเส้น XY ยาวขนาน GH ตัด EF ที่ Q โดยให้ OQ เท่ากับ ๒" หาระยะ QP จากค่า QP = OQ x sinθ เขียนส่วนโค้งครึ่งวงกลมรอบ P แบ่งส่วนโค้งออกเป็น ๑๒ ส่วนเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนรองรับมุม ๑๕° ลากเส้นจากจุด P เพื่อแบ่งส่วนโค้งตัดเส้น XY ที่จุดต่าง ๆ จากจุด O ลากเส้นต่อกับจุดตัดต่าง ๆ บนเส้น XY กำหนดเลขชั่วโมงเริ่มต้นจาก OH คือเส้น ๖.๐๐ น. ดังภาพ จะได้สเกลของเส้นชั่วโมงสำหรับทำหน้าปัทม์ของนาฬิกาแดดต่อไป นำกระดาษขาวอีกแผ่นขนาด ๓ x ๓$\frac{๑}{๒}$" ลากเส้น EF และ GH เช่นเดียวกัน นำไปวางซ้อนบนแผ่นกระดาษเดิม ลากเส้นเฉพาะเส้นชั่วโมงตรงขอบควรเว้นที่ประมาณ $\frac{๑}{๔}$" เพื่อเขียนตัวเลขบอกชั่วโมงที่ชัดเจน จะได้ส่วนหน้าปัทม์ตามต้องการ

ส่วนเข็มชี้ทำขึ้นจากกระดาษแข็ง โดยตัดกระดาษให้มีลักษณะดังรูปที่ ๕ ตัดกระดาษตามแนวเส้นประ GE ทับส่วน BG ไปทางซ้ายและ AG ไปทางขวาเพื่อใช้เป็นฐานตั้งของเข็ม โดยจะติดกาวยึดลงบนส่วนหน้าปัทม์ ตามแนวเส้น ๑๒.๐๐ น. ตรวจสอบด้วยว่าแผ่นของเข็มชี้ตั้งอยู่ในแนวดิ่งโดยใช้ลูกดิ่งที่เตรียมไว้



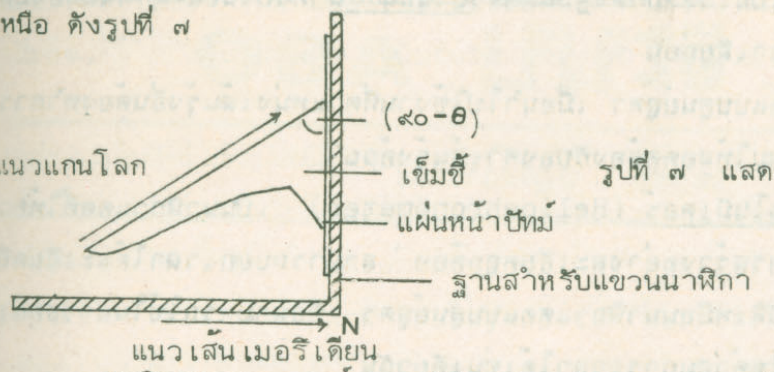
รูปที่ ๕ แสดงส่วนเข็มชี้

นาฬิกาแดดแนวราบที่สร้างเสร็จเรียบร้อยจะมีลักษณะดังรูปที่ ๖ เมื่อจะใช้ต้องนำไปวางกลางแจ้ง และหันปลายเข็มชี้ไปทางทิศเหนือให้แนวเส้น ๑๒.๐๐ น. อยู่ในแนวเส้นเมอริเดียนที่ทำการหาไว้ ก็จะได้เครื่องมือที่พร้อมจะบอกถึงเวลาสุริยะในแต่ละวัน



รูปที่ ๖ แสดงนาฬิกาแดดแบบแนวราบ

<u>นาฬิกาแดดแนวดิ่ง</u> (Vertical sundial) นาฬิกาแดดแบบนี้ยังพบอยู่บ้างตามโบสถ์ และบ้านแบบโบราณในแถบยุโรป แต่ไม่นิยมแพร่หลายนัก เหมือนแบบแนวราบ ใช้ในการบอกเวลาสุริยะเช่นเดียวกับนาฬิกาแดดแนวราบ และมีวิธีการจัดสร้างที่คล้ายคลึงกัน โดยมีการดัดแปลงเพียงเล็กน้อย เกี่ยวกับส่วนหน้าปัทม์ และส่วนเข็มชี้ สำหรับส่วนหน้าปัทม์นั้นทำการตีสเกลเส้นชั่วโมงเช่นเดียวกันกับแบบแนวราบแต่การกำหนดตัวเลขชั่วโมงให้วนกลับ โดยชั่วโมงก่อนเที่ยงอยู่ทางขวาและหลังเที่ยงอยู่ทางซ้าย ส่วนเข็มชี้ก็เปลี่ยนขนาดของมุมที่ฐานจาก θ เป็น $๙๐-\theta$ เมื่อทำการติดตั้งในแนวดิ่ง ดรรชนีของเข็มชี้จะยังคงชี้ไปยังขั้วโลกเหนือ ดังรูปที่ ๗

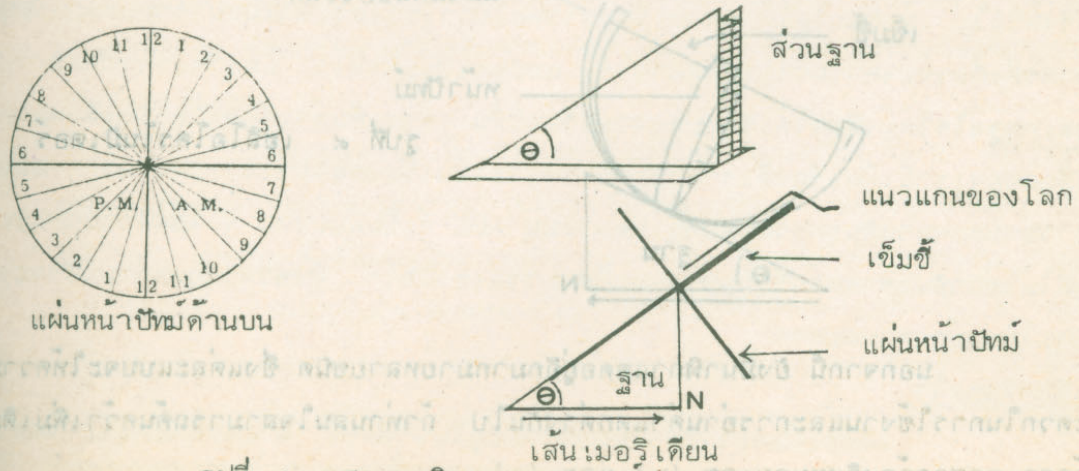


รูปที่ ๗ แสดงนาฬิกาแดดแนวดิ่ง

<u>นาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตร</u> (Equatorial sundial) เป็นนาฬิกาแดดแบบที่ใช้งานได้สะดวกมากที่สุดชนิดหนึ่ง สามารถใช้ที่ตำแหน่งใด ๆ ของโลก และมีวิธีการสร้างที่ง่ายกว่า ๒ แบบที่กล่าวมา แบ่งเป็น ๒ ส่วนสำคัญคือ ตัวนาฬิกา และส่วนฐาน

ส่วนนาฬิกา ประกอบด้วยส่วนเข็มชี้ซึ่งทำจากแท่งไม้หรือแกนพลาสติคยาวประมาณ ๔"-๕" และส่วนหน้าปัทม์ ซึ่งทำเป็นแผ่นกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง ๓" ลากเส้นผ่าศูนย์-กลางแบ่งส่วนโค้งออกเป็น ๒๔ ส่วนเท่า ๆ กัน โดยแต่ละส่วนจะรองรับมุม ๑๕° เหมือนกันทั้ง ๒ ด้าน กำหนดตัวเลขชั่วโมง โดยให้ตัวเลขวนตามเข็มนาฬิกา สำหรับด้านบนและให้วนทวนเข็มสำหรับด้านล่าง

ส่วนฐาน ทำเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉากวางตั้งขึ้นในแนวดิ่ง โดยมีมุมที่ฐานเป็นมุม θ เพื่อรองรับส่วนเข็มชี้ให้ชี้ในแนวเดียวกับแกนของโลก ดังรูปที่ ๘



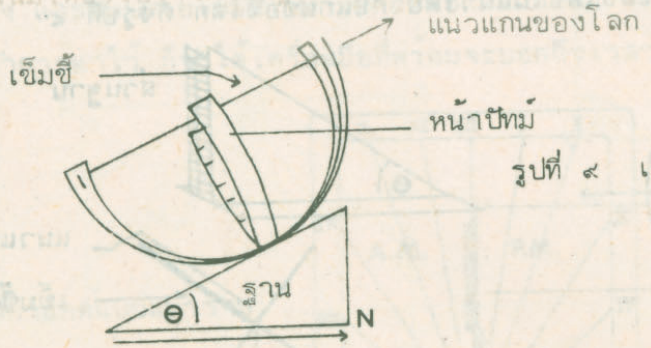
รูปที่ ๘ แสดงนาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตร

เมื่อนำไปใช้งาน ต้องจัดให้แผ่นหน้าปัทม์ตั้งฉากกับเข็มชี้เสมอในช่วงฤดูร้อน เงาของเข็มชี้จะทาบลงบนด้านบนของแผ่นหน้าปัทม์ แต่ในช่วงฤดูหนาว ดวงอาทิตย์จะเอียงไปทางทิศใต้เงาจะทาบลงด้านล่าง ทำการเลื่อนแผ่นหน้าปัทม์ขึ้นตามแนวของเข็มชี้ และอ่านจากหน้าปัทม์ด้านล่าง นาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตรนี้สามารถจัดให้อ่านเวลาได้ทั้งเวลาสุริยะและเวลามาตรฐาน โดยเวลามาตรฐานที่อ่านได้จะยังไม่ได้แก้ไขด้วยค่าสมการเวลา ทำได้โดยหมุนแผ่นหน้าปัทม์ให้เงาเข็มชี้ทาบลงบนเส้น ๑๒.๐๐ นาฬิกา เมื่อเวลาเที่ยงมาตรฐาน เวลาที่อ่านได้จะเป็นเวลามาตรฐานสำหรับวันนั้น สำหรับวันอื่น ๆ ก็จะต้องมีการแก้ไขเกี่ยวกับค่าสมการเวลาเสียก่อน

นาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตร เมื่อนำไปใช้งานที่ตำแหน่งเส้นรุ้งอื่นต้องทำการเปลี่ยนมุมที่ส่วนฐานรูปสามเหลี่ยมให้สอดคล้องกับองศาเส้นรุ้งด้วย

<u>เฮลิโอโครโนมิเตอร์</u> (Heliochronometer) เป็นนาฬิกาแดดที่ให้ความละเอียดมากที่สุด ถ้าทำการสร้างอย่างละเอียดถูกต้อง สามารถบอกเวลาได้ละเอียดถึงช่วง ๒-๓ นาที และมีคุณสมบัติเหมือนนาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตร คือสามารถใช้ในการบอกเวลามาตรฐานซึ่งยังไม่ได้แก้ไขค่าสมการเวลาได้เช่นเดียวกัน

เฮลิโอโครโนมิเตอร์ มีส่วนประกอบคล้ายนาฬิกาแดดแบบศูนย์สูตร มีฐานรูปสามเหลี่ยมซึ่งมีมุม θ ที่ฐาน ส่วนหน้าปัทม์ทำเป็นรูปแผ่นซึ่งงอโค้งเป็นครึ่งวงกลม แบ่งสเกลเป็น ๑๒ ช่องเท่า ๆ กันตามส่วนโค้ง เส้นแบ่งช่องจะเป็นเส้นชั่วโมง โดยตรงกลางเป็นเส้น ๑๒.๐๐ นาฬิกา ส่วนเข็มชี้ทำขึ้นจากลวดที่เสียบเป็นเส้นผ่าศูนย์กลางของแผ่นโค้งรูปครึ่งวงกลมซึ่งมีขนาดเดียวกับส่วนหน้าปัทม์ วางแผ่นหน้าปัทม์ซ้อนส่วนโค้งของเข็มชี้ในแนวตั้งฉากกันโดยให้แนวถึงกลางเข็มชี้ทอดผ่านเส้น ๑๒.๐๐ นาฬิกา ถ้าต้องการอ่านเวลาได้ละเอียดก็ควรแบ่งสเกลระหว่างช่องชั่วโมงของส่วนหน้าปัทม์ไว้ด้วย จากนั้นนำเฮลิโอโครโนมิเตอร์ไปวางตั้งบนฐาน โดยจัดให้แนวเส้นลวดขนานกับมุมเอียงของฐานดังรูปที่ ๙



รูปที่ ๙ เฮลิโอโครโนมิเตอร์

นอกจากนี้ ยังมีนาฬิกาแดดอยู่อีกมากมายหลายชนิด ซึ่งแต่ละแบบจะให้ความสะดวกในการใช้งานและการอ่านค่าแตกต่างกันไป ถ้าท่านสนใจสามารถค้นคว้าเพิ่มเติมได้จากเอกสารอ้างอิงหมายเลข (๒) และ (๓)

เอกสารอ้างอิง

1. Woolley, R.v.d.R. The Astronomical Emphemeris united kingdom edition. Her Majesty's Stationary Office, London. (1969).

2. Mayall, R.N. and Mayall, M.L. Sundials Charles T. Branford Co., Boston. (1958).

3. Marshall, R.K. Sundials Macmillan Co. (1963)

เลือดและหมู่เลือด ระบบ ABO

ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย *

บทนำ

ผู้เขียนได้เคยอ่านคำถาม-คำตอบปัญหาทางเพศและทางการแพทย์ในหนังสือพิมพ์รายวันฉบับหนึ่งซึ่งมีคำถามเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของหมู่เลือดระหว่างพ่อ-แม่-ลูก และแพทย์ผู้ตอบได้เขียนตอบไว้ว่า "ลูกจะมีหมู่เลือดเหมือนพ่อหรือแม่ เพราะลักษณะหมู่เลือดสามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรมได้" ผู้เขียนเข้าใจว่าการที่แพทย์ผู้ตอบปัญหาตอบไปเช่นนั้นคงจะต้องการให้ผู้อ่านเข้าใจง่ายที่สุดซึ่งความจริงแล้วคำตอบดังกล่าวยังไม่ชัดเจนนัก นอกจากนี้เมื่อประมาณ ๕-๖ เดือนก่อนหน้านี้ผู้เขียนได้ทราบจากเพื่อนที่ทำงานในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นว่า มีชายชาวอเมริกันคนหนึ่งพร้อมกับภรรยา ซึ่งเป็นหญิงไทยและเด็กชายอีก ๑ คนได้มาขอพบแพทย์ที่โรงพยาบาลเพื่อขอรับการตรวจหมู่เลือดของตัวเขาและภรรยาพร้อมทั้งเด็กชาย เพื่อต้องการทราบว่าเด็กคนนั้นเป็นบุตรของเขาจริงหรือไม่ ผู้เขียนไม่ได้ติดตามเรื่องราวต่อไปว่าเขาได้รับคำแนะนำจากแพทย์หรือบุคคลากรที่เกี่ยวข้องทางการแพทย์อย่างไร และผลเป็นอย่างไร แต่เรื่องราวดังกล่าวเป็นมูลเหตุจูงใจให้ผู้เขียนได้เขียนบทความเรื่องนี้ขึ้น ด้วยเห็นว่าเรื่องเกี่ยวกับเลือดและหมู่เลือดของเรานี้เป็นเรื่องที่เราควรทราบเพราะเป็นเรื่องของตัวเราเอง นอกจากนี้ขบวนการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของหมู่เลือดระบบ ABO ก็เป็นแบบง่าย ๆ ไม่สลับซับซ้อนอะไร ผู้ที่ไม่ใช่นักพันธุศาสตร์หรือนักชีววิทยาก็สามารถเข้าใจได้ ซึ่งหวังว่าบทความนี้คงจะเป็นประโยชน์บ้างตามสมควร

เลือดคืออะไร

เลือดเป็นของเหลวชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในร่างกาย ตามปกติจะอยู่ในหลอดเลือด

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ซึ่งมีกระจายไปทุกแห่ง คงมีแต่ที่เส้นผม เล็บ และกระจกตาดำเท่านั้นที่ไม่มีเลือด ดังนั้นไม่ว่าจะตัดหรือเฉือนอวัยวะส่วนใด ก็จะพบว่ามีเลือดออก เลือดของสัตว์ส่วนใหญ่โดยเฉพาะสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมซึ่งรวมทั้งคนด้วยจะมีสีแดง ยิ่งถ้าเป็นเลือดที่ไหลออกจากหัวใจเพื่อไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของร่างกายด้วยแล้วก็จะมีสีแดงมากเพราะมีออกซิเจนอยู่มากแต่ถ้าเลือดนั้นถูกส่งจากเนื้อเยื่อต่าง ๆ เพื่อกลับสู่หัวใจจะมีสีคล้ำไปบ้างเพราะมีปริมาณออกซิเจนต่ำลงจนเรียกว่า "เลือดดำ" แต่ความจริงก็ยังเป็นสีแดงอยู่ดี

<u>เลือดประกอบด้วยอะไร</u>

ส่วนประกอบของเลือดแยกได้เป็น ๒ ส่วน คือ <u>ส่วนที่เป็นของเหลว (น้ำเลือด)</u> และ<u>ส่วนที่เป็นของแข็ง</u> ถ้าเจาะเลือดออกมาใส่หลอดแล้วปั่นด้วยความเร็วสูงส่วนที่เป็นของแข็งจะตกตะกอนอยู่ที่ก้นหลอดเรียกว่า "ส่วนเม็ดเลือดอัดแน่น" หรือ "ฮีมาโตคริต" มักจะเห็นเป็นสีแดง ส่วนน้ำเลือดจะอยู่ข้างบนซึ่งอาจมีสีขาวใส, สีขาวขุ่นจากไขมัน(ถ้าเจาะหลังรับประทานอาหารใหม่ ๆ) สีเหลืองจาง ๆ หรือสีเหลืองมาก (ถ้าเป็นดีซ่าน) เรียกว่า ส่วนพลาสม่า (plasma) แต่ถ้าเจาะเลือดมาตั้งทิ้งไว้เฉย ๆ ส่วนที่เป็นของแข็งก็จะตกตะกอน ส่วนน้ำเลือดที่เหลืออยู่(ข้างบน) เรียกว่าซีรั่ม (serum) พลาสม่าและซีรั่มแตกต่างกันที่สารที่ช่วยในการแข็งตัวของเลือดบางตัว

ส่วนของแข็งของเลือดประกอบด้วยเม็ดเลือดแดง (erythrocytes) เม็ดเลือดขาว (leukocytes) และเกล็ดเลือด (platlets) หน้าที่หลักของเม็ดเลือดแดงคือการนำออกซิเจนไปให้เซลล์ของอวัยวะต่าง ๆ โดยอาศัยสารที่เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (haemoglobin) เป็นตัวจับพาไป สำหรับเม็ดเลือดขาวนั้นมีหลายชนิด ทำหน้าที่คล้ายเป็นตำรวจทหารรวมทั้งเป็นหน่วย "ปอเต็กตึ้ง" ขนย้ายศพ (คือเซลล์ของร่างกายและของเชื้อโรคที่ตายไป) ส่วนเกล็ดเลือดมีหน้าที่ช่วยในการทำให้เลือดแข็งตัว เมื่อเกิดบาดแผลโดยร่วมกับสารอีกหลายชนิดในน้ำเลือด ทำให้ปากแผลปิดเลือดไหลไม่มาก

ส่วนของเหลวของเลือดทำหน้าที่เป็นตัวละลายสารภูมิคุ้มกัน (antibody) ของร่างกาย และรับของเสียกลับจากเซลล์เพื่อทำลายพิษหรือขับของเสียออกจากร่างกาย

<u>เลือดมาจากไหน</u>

โรงงานสร้างเม็ดเลือดแดงมีอยู่ในไขกระดูกทั่วร่างกาย เมื่อเม็ดเลือดแดงเติบโตเต็มที่แล้วจะออกมาสู่ระบบการไหลเวียนของเลือด และจะถูกทำลายโดยม้ามเป็นส่วนใหญ่ สำหรับเด็กที่ยังอยู่ในครรภ์มีการสร้างเม็ดเลือดแดงที่ตับและม้าม ส่วนผู้ป่วยด้วยโรคเลือดเมื่อการสร้างเม็ดเลือดแดงที่ไขกระดูกไม่เพียงพอหรือสร้างไม่ได้ ตับและม้ามก็จะโตขึ้นเพื่อช่วยสร้างด้วย โรคบางโรคที่เม็ดเลือดแดงมีลักษณะผิดปกติมาก มีการทำลายมาก โรงงานทำลายคือม้ามก็อาจโตขึ้นมากเพื่อช่วยทำหน้าที่ดังกล่าว เม็ดเลือดแดงมีอายุโดยเฉลี่ยประมาณ ๑๒๐ วัน

เม็ดเลือดขาวมีต้นตอมาจากไขกระดูก ซึ่งจะออกมาสู่กระแสเลือดมากเมื่อเกิดการผิดปกติในร่างกาย เช่น การติดเชื้อ การอักเสบ ทำให้จำนวนเม็ดเลือดขาวในเลือดสูงขึ้น เนื่องจากเม็ดเลือดขาวมีหลายชนิด ดังนั้นการที่จำนวนเม็ดเลือดขาวชนิดใดชนิดหนึ่งสูงขึ้นก็อาจช่วยบอกให้รู้ถึงชนิดของโรคได้ เพราะเม็ดเลือดขาวต่างชนิดจะทำหน้าที่ทำลายหรือต่อสู้เชื้อโรคต่างชนิดกัน ตัวอย่างเช่น เรามักพบเม็ดเลือดขาวชนิด นิวโตรฟิล (neutrophyl) ปริมาณสูงในการติดเชื้อแบคทีเรียทั่วไป มักพบเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟซัยท์ (lymphocyte) สูงถ้ามีการติดเชื้อไวรัส มักพบชนิดอีโอสีโนฟิล (eolinophyl) สูงในกรณีที่มีพยาธิเป็นต้น

ส่วนน้ำของเลือด ได้มาจากน้ำและอาหารที่ดูดซึมจากลำไส้ นอกจากนี้ยังมีสารภูมิคุ้มกันที่ร่างกายสร้างขึ้นด้วย

<u>หมู่เลือดระบบ ABO</u>

ในปี ค.ศ. ๑๙๐๐ Landsteiner ได้พบว่าเมื่อแยกเอาเม็ดเลือดแดงจากคนหนึ่งไปใส่ในซีรั่มของอีกคนหนึ่ง <u>บางครั้ง</u>จะเกิดปฏิกริยาที่เรียกว่า agglutination ขึ้น คือเซลล์ของเม็ดเลือดแดงจะมารวมกันเป็นกลุ่มก้อนคล้ายกับการตกตะกอนของเซลล์ สามารถอธิบายปฏิกริยา agglutination ได้ดังนี้ ในเลือดคนนั้นที่ผิวของเม็ดเลือดแดงจะมีสารชนิดหนึ่งเรียกว่า แอนติเจน (antigen) ซึ่งมีอยู่ ๒ ชนิดคือ แอนติเจนเอ (antigen A) และแอนติเจนบี (antigen B) ในส่วนซีรั่มจะมีสารที่เรียกว่าแอนติบอดี (antibody) ซึ่งมีอยู่ ๒ ชนิดเช่นกันคือ แอนติบอดีเอ (antibody A) และ แอนติบอดีบี (antibody B) ปฏิกริยา agglutination จะเกิดจากการทำปฏิกริยาระหว่างแอนติ - เจนและแอนติบอดีที่เป็นชนิดเดียวกัน คือ แอนติเจนเอจะทำปฏิกริยากับแอนติบอดีเอ เท่านั้น จะไม่ทำปฏิกริยากับแอนติบอดีบี

ในเลือดของคนแต่ละคนจะมีแอนติเจนและแอนติบอดีแตกต่างกันไป ทำให้สามารถจำแนกเลือดของคนได้เป็น ๔ หมู่ คือหมู่ A, หมู่ B, หมู่ AB, และหมู่ O ตามชนิดของแอนติเจนและแอนติบอดีที่ประกอบอยู่ดังตารางต่อไปนี้

หมู่เลือด	แอนติเจนที่พบ	แอนติบอดีที่พบ
A	A	B
B	B	A
AB	ทั้ง A และ B	-
O	-	ทั้ง A และ B

จากตารางดังกล่าว จะเห็นว่าถ้านำเลือดของคน ๒ คน ที่มีหมู่เลือดต่างกัน เช่นหมู่ A กับหมู่ B มาผสมกัน จะเกิดปฏิกริยา agglutination ระหว่างแอนติเจนและแอนติบอดีที่เป็นชนิดเดียวกันดังกล่าวมาแล้ว

ในการถ่ายเลือดให้แก่กัน เลือดของผู้ให้และผู้รับจะต้องเป็นหมู่เดียวกันจึงจะสามารถถ่ายให้กันได้ ถ้าเลือดผู้ให้กับผู้รับต่างหมู่กันจะเกิดปฏิกริยา agglutination และหลังจากนั้นจะทำให้เม็ดเลือดแดงแตก (hemolysis) ด้วย ซึ่งจะทำให้ผู้รับเลือดมีอันตรายถึงชีวิตได้

<u>การตรวจหมู่เลือดระบบ ABO</u>

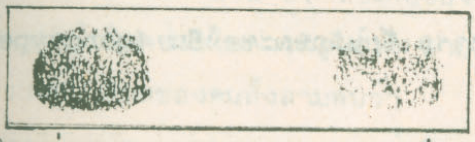
การตรวจหมู่เลือดของแต่ละคนว่าเป็นหมู่ A, B, AB หรือ O นั้นสามารถทำได้โดยวิธีง่าย ๆ ดังนี้ ใช้เข็มเจาะเลือดแทงที่ปลายนิ้วมือ แล้วบีบให้เลือดหยดลงบนแผ่นสไลด์ตำแหน่งละ ๑ หยด ๒ ตำแหน่ง โดยกำหนดให้เป็นตำแหน่ง A และตำแหน่ง B (ดังรูปภาพ) แล้วหยด antiserum A ลงไปที่ตำแหน่ง A ๑ หยด หยดantiserum B ลงไปที่ตำแหน่ง B ๑ หยด (ในน้ำยา antiserum จะมี antibody ประกอบอยู่ด้วย โดย antiserum A มี antibody A และ antiserum B มี antibody B) ใช้เข็มคนให้เข้ากัน ทิ้งไว้สักครู่แล้วสังเกตุหยดเลือดที่ตำแหน่งทั้งสองว่าเกิดปฏิกริยาagglutination หรือไม่

<u>ถ้าเกิด agglutination ที่ตำแหน่ง A ตำแหน่งเดียว</u> แสดงว่าเลือดที่ตรวจมีแอนติเจนเอไม่มีแอนติเจนบี เพราะฉะนั้นหมู่เลือดจะเป็นหมู่ A

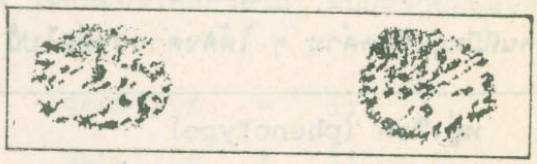
<u>ถ้าเกิด agglutination ที่ตำแหน่ง B ตำแหน่งเดียว</u> แสดงว่าเลือดที่ตรวจมีแอนติเจนบีไม่มีแอนติเจนเอ เพราะฉะนั้นหมู่เลือดจะเป็นหมู่ B

<u>ถ้าเกิด agglutination ทั้งสองตำแหน่ง</u> แสดงว่า เลือดที่ตรวจมีทั้งแอนติเจนเอและแอนติเจนบี เพราะฉะนั้นหมู่เลือดจะเป็นหมู่ AB

<u>ถ้าไม่เกิด agglutination ทั้งสองตำแหน่ง</u> แสดงว่าเลือดที่ตรวจไม่มีทั้งแอนติเจนเอและแอนติเจนบี เพราะฉะนั้นหมู่เลือดจะเป็นหมู่ O



ตำแหน่ง A ตำแหน่ง B



<u>ภาพแสดงการตรวจหมู่เลือดระบบ ABO</u>

<u>ภาพซ้าย</u> : แสดงหยดเลือดบนแผ่นสไลด์ตำแหน่งละ ๑ หยด

<u>ภาพขวา</u> : แสดงปฏิกริยา agglutination ทั้ง ๒ ตำแหน่ง หลังจากหยด antiserum A ลงที่ตำแหน่ง A และหยด antiserum B ลงที่ตำแหน่ง B

* กรณีนี้แสดงว่าเลือดที่ตรวจคือหมู่ AB

การกระจายของหมู่เลือดระบบ ABO

การกระจายของหมู่เลือดระบบ ABO นั้น จะแตกต่างกันไปตามเชื้อชาติ ดังนั้นในแต่ละประเทศจึงมีการกระจายของหมู่เลือดแตกต่างกัน สำหรับในคนไทยมีการกระจายของหมู่เลือดต่าง ๆ เป็นสัดส่วนดังนี้

หมู่ O	๓๗%
หมู่ A	๒๒%
หมู่ B	๓๓%
หมู่ AB	๘%

จากสัดส่วนของหมู่เลือดในประชากรเชื้อชาติต่าง ๆ ที่แตกต่างกันไปนี้ การศึกษาการกระจายของหมู่เลือดจึงมีประโยชน์ในการศึกษาชาติพันธุ์ของมนุษย์ด้วย

พันธุกรรมของหมู่เลือดระบบ ABO

ลักษณะที่ปรากฏออกมาว่าคนแต่ละคนมีหมู่เลือดอะไรตามระบบ ABO นี้ เป็นลักษณะที่ถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรม โดยมียีน (gene) เป็นตัวควบคุม กล่าวคือทุกคนจะมียีนคู่หนึ่งสำหรับหมู่เลือดแต่ละหมู่ ยีนตัวหนึ่งได้มาจากพ่ออีกตัวหนึ่งได้มาจากแม่

ในปี ค.ศ. ๑๙๒๕ Bernstein ได้ให้คำอธิบายเกี่ยวกับพันธุกรรมของหมู่เลือด ABO ว่าถูกควบคุมโดยยีนตำแหน่งเดียวและมี ๓ สภาพ (one locus, three alleles) ถ้ากำหนดให้ยีนตำแหน่งนั้นคือ ยีน I, สภาพทั้งสามของยีน I จะเป็น

I^A นำลักษณะการสร้างแอนติเจนเอ

I^B นำลักษณะการสร้างแอนติเจนบี

i ไม่สร้างแอนติเจน

I^A และ I^B เป็นยีนลักษณะเด่น (dominant gene) และจะออกฤทธิ์เด่นเสมอกัน (co-dominant) ส่วน i เป็นยีนลักษณะด้อย (recessive gene) จะถูกข่มอย่างสมบูรณ์ด้วย alleles I^A และ I^B

จากการกำหนดดังกล่าว สามารถเขียนลักษณะของยีน (genotype) ของคนที่มีหมู่เลือดต่าง ๆ ได้ดังตารางต่อไปนี้

หมู่เลือด (phenotype)	ลักษณะของยีน (genotype)
A	I^AI^A หรือ I^Ai
B	I^BI^B หรือ I^Bi
AB	I^AI^B
O	ii

จากความรู้ทางพันธุกรรมของหมู่เลือด ABO นี้ สามารถจะนำไปใช้ทำนายได้ว่า ในการแต่งงานระหว่างคนหมู่เลือดต่าง ๆ นั้น จะให้กำเนิดลูกที่มีหมู่เลือดชนิดใดได้บ้าง ดังตัวอย่างต่อไปนี้

พ่อ : เลือดหมู่ AB x แม่ : เลือดหมู่ O

genotype $I^A I^B$ genotype ii

gamete I^A, I^B i

genotype ลูก $I^A i$ = $I^B i$

เลือดหมู่ A = เลือดหมู่ B

กรณีนี้หมู่เลือดของลูกจะมีได้เพียง ๒ แบบ คือ หมู่ A หรือหมู่ B เท่านั้น จะเป็นแบบอื่นไม่ได้

การตรวจพบว่า คนคนหนึ่งมีหมู่เลือดเป็นหมู่ A คนคนนั้นอาจมีgenotype เป็น $I^A I^A$ หรือ $I^A i$ ก็ได้ เราจะทราบว่าเขามี genotype เป็นแบบใดแน่ก็โดยการตรวจหมู่เลือดของคนในครอบครัวทั้งหมด เช่นกรณีตัวอย่างข้างต้นลูกที่มีหมู่เลือดเป็นหมู่ A จะมี genotypeเป็น $I^A i$ จะเป็น $I^A I^A$ ไม่ได้ หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง เช่น ถ้าชายคนหนึ่งมีหมู่เลือดเป็นหมู่ A แต่งงานกับหญิงเลือดหมู่ B แล้วมีลูกที่มีหมู่เลือด A บ้าง, B บ้าง, AB บ้าง, และ O บ้าง แสดงว่าชายคนนั้นมี genotype เป็น $I^A i$ และหญิงมี genotype เป็น $I^B i$ เพราะถ้าเขาทั้งสองมี genotype เป็น $I^A I^A$ และ $I^B I^B$ แล้วจะมีลูกที่มีหมู่เลือดเป็นหมู่ O ไม่ได้

การตรวจสอบความเป็นพ่อ-ลูกโดยหมู่เลือดระบบ ABO

การที่หมู่เลือดมีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมดังกล่าว การตรวจหมู่เลือดจึงสามารถใช้เป็นประโยชน์ในการตรวจสอบความเป็นพ่อ-ลูกกันได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

นางสาว ก. เกิดตั้งครรภ์ และคลอดลูกออกมาโดยที่ยังไม่ได้แต่งงาน นางสาว ก. อ้างว่า นาย ข. เป็นพ่อของเด็ก แต่นาย ข. ปฏิเสธ เราสามารถใช้การตรวจหมู่เลือดช่วยในการพิสูจน์ว่า นาย ข. ใช่พ่อของเด็กหรือไม่ สมมุติว่าข้อมูลจากการตรวจหมู่เลือดของคนทั้งสามพบว่า

นางสาว ก.	หมู่เลือด O	genotype	=	ii
เด็ก	หมู่เลือด O	genotype	=	ii
นาย ข.	หมู่เลือด AB	genotype	=	$I^A I^B$

ข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดเลยว่า นาย ข. ไม่ใช่พ่อของเด็ก เพราะชายที่เป็นพ่อของเด็กจะต้องมีหมู่เลือดเป็น O หรือ A (genotype = $I^A i$) หรือ B (genotype = $I^B i$) เท่านั้น

แต่ถ้าหากปรากฏว่า นาย ข. มีเลือดหมู่ O ก็ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่า นาย ข. เป็นพ่อของเด็กจริง เพียงแต่สามารถรับฟังได้ว่า นาย ข. อาจจะเป็นพ่อของเด็กได้ ทั้งนี้เพราะผู้ชายที่มีเลือดเป็นหมู่ O ไม่ใช่มีเพียง นาย ข. คนเดียว

ดังนั้นการพิสูจน์ความเป็นพ่อ-ลูกด้วยวิธีตรวจหมู่เลือดนี้จึงสามารถพิสูจน์ได้อย่างแน่ชัดเฉพาะกรณีที่ "ไม่ใช่" เท่านั้น ส่วนการพิสูจน์ว่า "ใช่" นั้น จะต้องใช้หลักฐานอื่น ๆ มาประกอบด้วย

การแสดงออกของหมู่เลือดของคนนั้นยังมีระบบอื่น ๆ อีกมากมายอาทิ เช่น ระบบ Rh, MNSs, Lewis, Duffy, Lutheran,และระบบ Kidd เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีการพบระบบใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่อย่างไรก็ตามหมู่เลือดระบบ ABO เป็นระบบที่สำคัญที่สุด

<u>สรุป</u>

เนื่องจากหมู่เลือดมีหลายระบบ และแต่ละระบบก็มีชนิดของหมู่เลือดตั้งแต่ ๒ ชนิดขึ้นไป จึงสามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่า ไม่มีใครในโลกนี้ที่มีหมู่เลือดตรงกันหมดทุกชนิดทุกระบบ นอกจากคนที่เป็นฝาแฝดประเภทไข่ใบเดียวกันเท่านั้น

<u>บรรณานุกรม</u>

1. ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย "ABO Blood Group" <u>เอกสารประกอบการสอนวิชาพันธุศาสตร์</u> ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (๒๕๒๔)
2. สมชาย สุวีระ "เลือด", <u>ใกล้หมอ</u> ๒(๗), ๖-๘(๒๕๒๑)
3. Levine, P., <u>Blood Group Antigens & Antibodies as applied to blood transfusion.</u>, Diagnostic Division, Ortho Pharmaceutical Corporation, New Jersey, 1st edition (1960), Page 3-11.
4. Stern, C. <u>Principle of Human Genetics</u>, Toppan Printing Company, Tokyo, 2nd edition (1960), Page 174-187.

ความแก่ระดับเซลล์ในมนุษย์

อมธา วินิจสานันท์ *

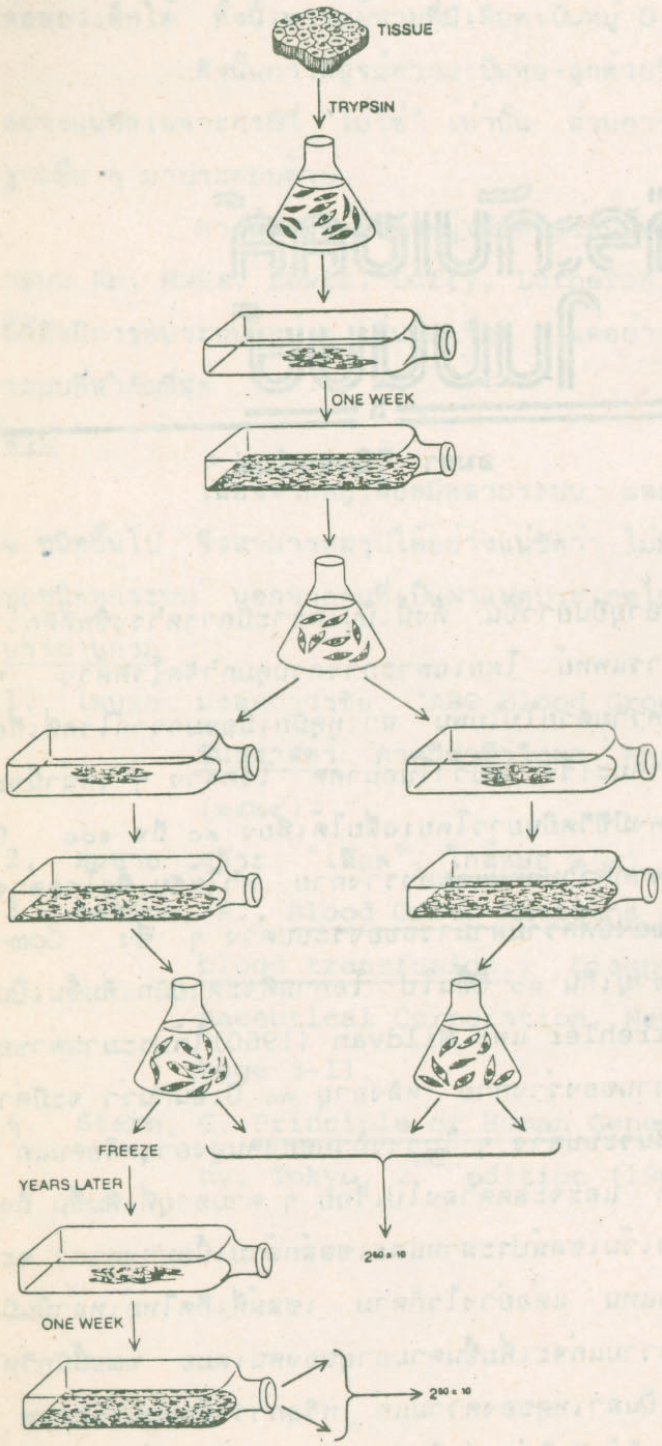
บทนำ

ปัจจุบันนี้คนส่วนใหญ่มีอายุยืนยาวขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะมีการดำรงชีพที่ดีกว่าเดิม และมีความก้าวหน้าทางด้านการแพทย์ โดยเฉพาะการควบคุมกำจัดโรคต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม มนุษย์ก็ยังหลีกเลี่ยงความตายไปไม่พ้น สาเหตุมักเนื่องมาจากโรคที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและหลอดเลือด หรือโรคมะเร็ง แม้ว่าในอนาคต โรคต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกกำจัดไปจนหมดสิ้น แต่มนุษย์ก็ยังคงมีชีวิตยืนยาวโดยเฉลี่ยได้เพียง ๙๐ ถึง ๑๐๐ ปีเท่านั้น พื้นฐานของการตายจะเกิดจากความอ่อนแอของร่างกาย ทำให้รับเชื้อโรคต่างๆ ได้ง่ายขึ้น หรือเนื่องจากการลดลงของขีดความสามารถของระบบต่าง ๆ ซึ่ง Gompertz (1825) ได้สรุปไว้ว่า คนที่อายุเกิน ๓๐ ปีขึ้นไป โอกาสที่จะตายมักเพิ่มขึ้นเป็น ๒ เท่าในทุก ๆ ๘ ปี นอกจากนี้ Strehler และ Mildvan (1960) ได้ประมาณค่าของความสูญเสียความสามารถในการทำงานของร่างกาย หลังอายุ ๓๐ ปีเช่นกันว่า จะมีค่าประมาณ ๐.๘ ถึง ๐.๙% ต่อปี ดังนั้นระบบต่าง ๆ ในร่างกายของคนสูงอายุหรือคนแก่จึงมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำมาก และจะลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าเซลล์ส่วนใหญ่ในร่างกายคน (ยกเว้นเซลล์ประสาทและเซลล์กล้ามเนื้อบางพวก) จะมีการตายและมีการสร้างขึ้นมาใหม่ทดแทน แต่อย่างไรก็ตาม เซลล์ที่เกิดใหม่เหล่านั้นมิได้มีผลทำให้คน ๆ นั้นดูอ่อนวัยขึ้น ความแก่จะเพิ่มขึ้นตามอายุของคนเสมอ ขณะนี้นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามค้นหาว่า อะไรเป็นสาเหตุของความแก่ หรือการเสื่อมสมรรถภาพของร่างกาย และมีทางที่จะหยุดมันลงได้หรือไม่ ซึ่งถ้าหยุดความแก่ได้ ก็จะช่วยให้คนมีอายุยืนยาวขึ้นไปอีก หรือแม้กระทั่งอาจจะหยุดยั้งความตายลงได้ในที่สุด

---

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

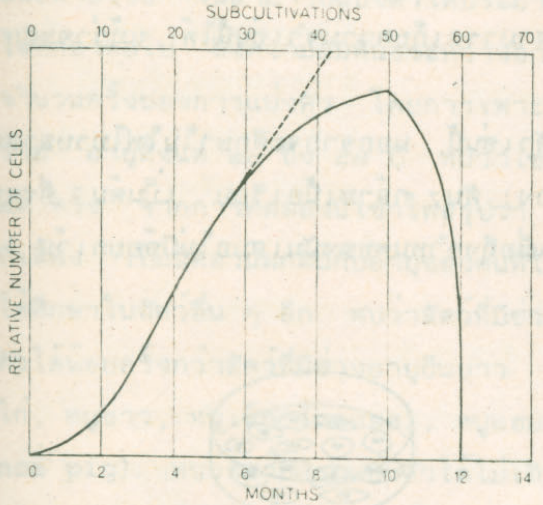
ความแก่ของเซลล์ภายใต้หลอดทดลอง



รูปที่ ๑ วิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจากคน (จาก Hayflick, 1980)

จากคำถามที่ว่าเซลล์ที่ถูกเพาะเลี้ยงในห้องทดลองนั้น เป็นเซลล์ที่ปกติหรือไม่ Hayflick และ Moorhead (1961) ได้เพาะเลี้ยงไฟโบรบลาสท์ (fibroblast) จากทารกปกติ (ไฟโบรบลาสท์เป็นเซลล์ที่สร้างคอลลาเจน (collagen) และไฟบริน (fibrin) เซลล์นี้สามารถแบ่งตัวได้ แม้ขณะที่คนนั้นเจริญเติบโตเป็นผู้ใหญ่แล้ว) วิธีเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของเขาทำง่าย ๆ (รูปที่ ๑) ทำโดยย่อยเนื้อเยื่อชิ้นเล็กๆ จากปอดของทารกด้วยเอ็นไซม์ทริพซิน (trypsin) จะได้เซลล์แยกเป็นเดี่ยวๆ นำไปใส่ในขวดแบนที่มีอาหาร บ่ม (incubate) ในที่ ๆ มีอุณหภูมิ ๓๗°ซ. เซลล์จะแบ่งตัวอย่างสม่ำเสมอ หนึ่งสัปดาห์หลังจากนั้น ประชากรของเซลล์จะเรียงแผ่เป็นเซลล์ชั้นเดียว ปกคลุมผิวหน้าทั้งหมดของอาหารเลี้ยงเชื้อ เรียกสภาวะนี้ว่า confluence เมื่อมาถึงระยะนี้เซลล์จะไม่แบ่งตัวอีกแล้ว เพราะมีการยับยั้งจากการสัมผัสซึ่งกันและกัน (contact inhibition) จากนั้นนำเซลล์ที่ได้ทั้งหมดมาแบ่งออกเป็น ๒ ส่วน นำไปเพาะเลี้ยงในขวดอีก ๒ ใบ โดยวิธีเดียวกัน เรียกวิธีการเช่นนี้ว่า การถ่ายเชื้อ (subcultivation) เซลล์ในทั้ง ๒ ขวดจะแบ่งตัวจนถึงสภาวะ confluence อีกครั้งหนึ่ง และเมื่อได้ถ่ายเชื้อต่อไปอีกเรื่อย ๆ พบว่าเซลล์สามารถแบ่งตัวจนถึงสภาวะ con-

fluence ถึงประมาณ ๕๐ ครั้ง ภายในเวลา ๙ ถึง ๑๐ เดือน (ดูรูปที่ ๒)



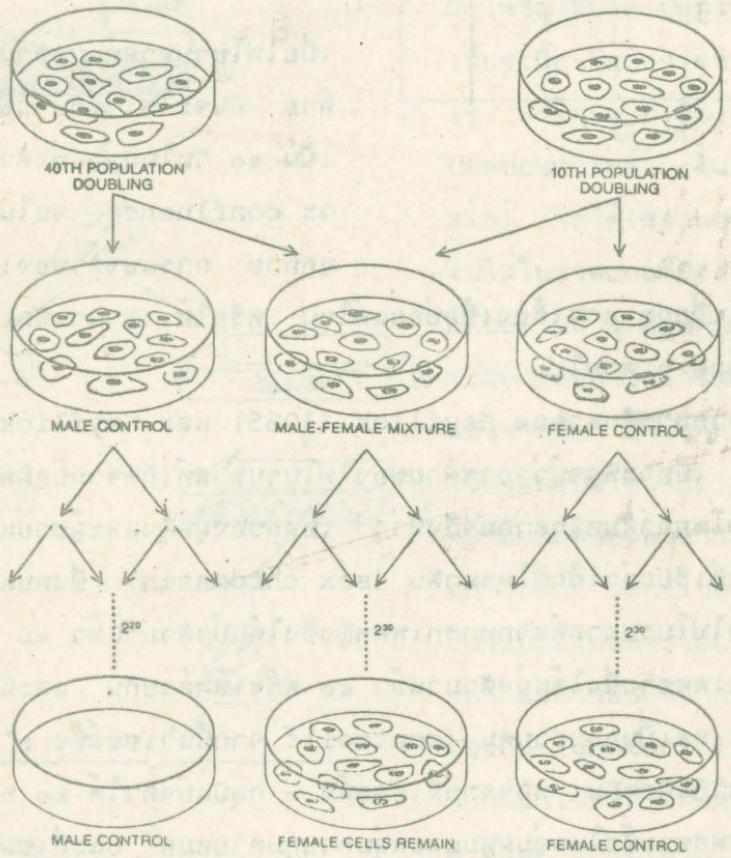
<u>รูปที่ ๒</u> กราฟแสดงช่วงอายุของเซลล์ปกติของคน จากการแบ่งตัวตามรูปที่ ๑ จะเห็นว่าเมื่อเพาะเลี้ยงไฟโบรบลาสท์จากทารก เซลล์จะหยุดแบ่งตัวเมื่อแบ่งตัวได้ประมาณ ๕๐ ครั้ง ภายในเวลา ๑๐ เดือน ขณะที่เซลล์มะเร็ง (กราฟเส้นประ) สามารถแบ่งตัวต่อไปอย่างไม่มีขีดจำกัด (จากHayflick, 1968)

เมื่อไฟโบรบลาสท์แบ่งตัวมาถึงใกล้ครั้งสุดท้าย มันจะใช้เวลานานขึ้นจาก ๗ วัน เป็น ๑๐ วันในการแบ่งตัวเพื่อให้ถึงสภาวะ confluence จนในการถ่ายเชื้อครั้งสุดท้าย การแบ่งตัวของเซลล์จะไม่ถึงสภาวะนี้ แม้ว่าจะเปลี่ยนอาหารเลี้ยงเชื้อบ่อยแค่ไหน หรือใช้เวลานานสักเท่าใด จากนั้นเซลล์ทั้งหมดจะค่อย ๆ ตายไป

จากการศึกษาของ Hayflick (1965) และ Hayflick และ Moorhead (1961) เพื่อจะพิสูจน์ว่าการตายของไฟโบรบลาสท์เกิดจากข้อผิดพลาดของการทดลองหรือไม่ ทำโดยอาศัยหลักความจริงที่ว่า เซลล์ของผู้หญิงและผู้ชายแตกต่างกันที่โครโมโซมเพศ อันที่เรียกว่าเซ็กซ์โครมาติน (sex chromatin) ซึ่งพบแต่ในเซลล์ของผู้หญิง เขาได้ผสมไฟโบรบลาสท์จากทารกเพศหญิงซึ่งได้แบ่งตัวมาแล้ว ๑๐ ครั้ง กับไฟโบรบลาสท์จากทารกเพศชายซึ่งได้แบ่งตัวมาแล้ว ๔๐ ครั้งเข้าด้วยกัน และแยกเลี้ยงไฟโบรบลาสท์จากแต่ละเพศเป็นกลุ่มควบคุม (control) จากนั้นนำเซลล์ทั้ง ๓ กลุ่มไปเพาะเลี้ยงและถ่ายเชื้อโดยวิธีเดียวกัน หลังจากที่เซลล์ทั้ง ๓ กลุ่มแบ่งตัวได้ ๒๐ ครั้ง เขาพบว่าเซลล์จากทารกเพศชายทั้งในกลุ่มผสมและกลุ่มควบคุมตายหมด ขณะที่เซลล์จากทารกเพศหญิงในทั้ง ๒ กลุ่มยังคงแบ่งตัวต่อไปตามปกติ (ดูรูปที่ ๓) เขาได้สรุปผลจากการทดลองนี้ว่า การตายของเซลล์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของเซลล์เอง จากนี้เขาได้ทดลองต่อไปเพื่อศึกษาขีดจำกัดของอายุไฟโบรบลาสท์ โดยการนำเอาเซลล์ที่ได้แบ่งตัวไปแล้ว ๒๐ ครั้ง มาแช่ในที่อุณหภูมิ -๑๙๐° ซ. ในไนโตรเจนเหลว ภายในระยะเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นนำมาละลายและให้แบ่งตัวต่อไป พบว่าเซลล์จะแบ่งตัวต่อไปอีก ๓๐ ครั้ง จึงหยุดการแบ่งตัวและตาย หรือถ้าแช่แข็งหลังจากที่เซลล์ได้แบ่งตัวไปแล้ว ๑๐ ครั้ง เมื่อละลายเซลล์

จะแบ่งตัวต่อไปอีก ๔๐ ครั้ง ดูราวกับว่ามีอะไรบางอย่างในตัวเซลล์ เป็นตัวจำคุณสมบัติอันนี้ไว้ ทำให้การแบ่งตัวก่อนและหลังการแช่แข็งรวมกันเป็นประมาณ ๕๐ ครั้ง(ดูรูปที่ ๑) และ Hayflick ได้รายงานเมื่อ ค.ศ. ๑๙๗๒ (อ้างตาม Hayflick, 1975)ว่า ไฟโบรบลาสท์ปกติชนิดหนึ่งชื่อ WI-38 จากคน สามารถเก็บความจำเช่นนี้ได้ แม้ว่าจะถูกแช่แข็งนานถึง ๑๓ ปี

การหาจำนวนครั้งของการแบ่งตัวเช่นนี้ นอกจากจะศึกษาในไฟโบรบลาสท์แล้ว ยังมีการศึกษาในเซลล์จากผิวหนัง, สมอง, ตับ, กล้ามเนื้อเรียบ เป็นต้น ซึ่งพบว่าในเซลล์ทุกชนิดที่ศึกษา จะหยุดการแบ่งตัวเมื่อถึงกำหนดของมันเสมอไม่มีข้อยกเว้น



รูปที่ ๓ การศึกษาขีดจำกัดของการแบ่งเซลล์ปกติของคน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า การสูญเสียคุณสมบัติของการแบ่งตัวเกิดจากนาฬิกาชีวภาพ (biological clock) ซึ่งอยู่ภายในเซลล์นั้นเอง (จาก Hayflick, 1980)

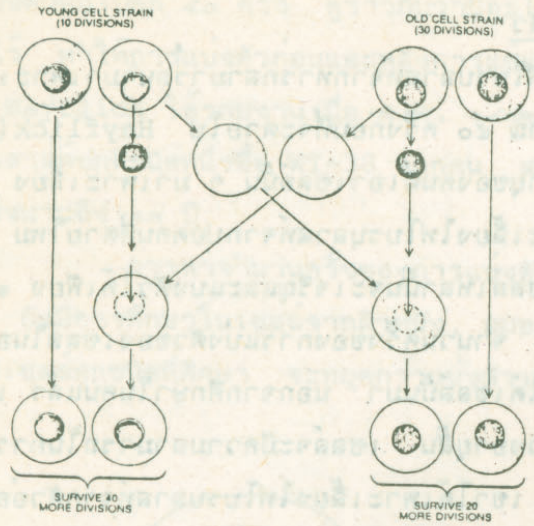
อายุของคนกับคุณสมบัติในการแบ่งตัว

จากผลการทดลองที่ว่า ไฟโบรบลาสท์จากทารกสามารถนำมาเพาะเลี้ยงและถ่ายเชื้อ จนสามารถแบ่งตัวได้ประมาณ ๕๐ ครั้งก่อนที่จะตายไป Hayflick(1965) ได้ศึกษาต่อไป ถึงความสัมพันธ์ระหว่างอายุของคนที่เอาเซลล์นั้น ๆ มาเพาะเลี้ยง กับจำนวนครั้งของการแบ่งตัว โดยการเพาะเลี้ยงไฟโบรบลาสท์จากปอดคนที่ตายใหม่ ๆ ๘ ราย อายุตั้งแต่ ๒๐ ถึง ๘๗ ปี พบว่าเซลล์เหล่านั้นจะเจริญและแบ่งตัวได้เพียง ๑๔ ถึง ๒๙ ครั้ง จากการทดลองนี้เขาได้สรุปว่า จำนวนครั้งของการแบ่งตัวของเซลล์ในอาหารที่เลี้ยง เป็นสัดส่วนผกผันกับอายุของคนที่ได้เซลล์นั้นมา นอกจากศึกษาในคนแล้ว เขายังได้ศึกษาในสัตว์อื่น ๆ อีก พบว่าสัตว์ที่มีช่วงอายุสั้น เซลล์จะมีความสามารถในการแบ่งตัวได้น้อยครั้งกว่าสัตว์ที่มีช่วงอายุยืนยาว เขาได้เพาะเลี้ยงไฟโบรบลาสท์จากตัวอ่อนของไก่, หนูขาว, หนูเล็ก (mouse), หนูแฮมสเตอร์ (hamster) และหนูตะเภา (guinea pig) พบว่าสามารถแบ่งตัวได้ไม่เกิน ๑๕ ครั้ง และถ้านำเซลล์เหล่านี้มาจากสัตว์ชนิดเดียวกันแต่อายุแก่กว่า พบว่าความสามารถในการแบ่งตัวจะลดลงไปอีก ขณะที่เต่าชนิดหนึ่ง (Galapagos tortoise) ซึ่งมีช่วงอายุประมาณ ๑๕๐ ปี เซลล์ที่เพาะเลี้ยงมีความสามารถในการแบ่งตัวได้ ๙๐ ถึง ๑๒๕ ครั้ง

ที่อยู่ของตัวกำหนดความสามารถในการแบ่งเซลล์

Wright และ Hayflick (1972, 1975) ได้ศึกษาต่อไป เพื่อหาที่อยู่ของตัวกำหนดความสามารถในการแบ่งเซลล์ โดยการเพาะเลี้ยงเซลล์ในยาชื่อไซโตชาลาซิน บี (Cytochalasin B) ซึ่งสามารถทำให้นิวเคลียสของเซลล์หลุดออกมาได้เหลือเซลล์ที่ปราศจากนิวเคลียสเรียกไซโตพลาสท์ (cytoplast) อันจะมีชีวิตอยู่ต่อไปอีกหลายวัน และโดยการใช้วิธีดังกล่าวนี้ทำให้เราสามารถแยกไซโตพลาสท์มาจากเซลล์อ่อน จากนั้นก็นำมารวมกับเซลล์แก่ปกติ ซึ่งผลการทดลองพบว่า ไซโตพลาสท์มีผลเพียงเล็กน้อยต่อการแบ่งตัว แสดงว่าตัวกำหนดนี้อาจจะอยู่ในนิวเคลียส

จากการพัฒนาเทคนิคใหม่ ๆ ทำให้สามารถนำนิวเคลียสใส่เข้าไปในไซโตพลาสซึมได้ Harris และ Hayflick (อ้างตาม Hayflick, 1980) ได้สร้างเซลล์ใหม่จากการรวมกันของนิวเคลียสจากเซลล์อ่อนกับไซโตพลาสท์จากเซลล์แก่ และนิวเคลียสจากเซลล์แก่กับไซโตพลาสท์จากเซลล์อ่อน (ดูรูปที่ ๔) จากการทดลองขั้นต้นนี้ได้ผลว่า เซลล์ใหม่ที่ได้จากการรวมของนิวเคลียสจากเซลล์ที่แบ่งตัวมาแล้ว ๑๐ ครั้ง กับไซโตพลาสท์จากเซลล์ที่แบ่งตัวมาแล้ว ๓๐ ครั้ง จะแบ่งตัวต่อไปอีก ๔๐ ครั้ง ขณะที่เซลล์ใหม่ที่ได้จากการรวมของนิวเคลียสจากเซลล์ที่แบ่งตัวมาแล้ว ๓๐ ครั้ง กับไซโตพลาสท์จากเซลล์ที่แบ่งตัวมาแล้ว ๑๐ ครั้ง จะแบ่งตัวต่อไปอีก ๒๐ ครั้ง แสดงว่าตัวกำหนดการแบ่งตัวของเซลล์ใด ๆ อยู่ในนิวเคลียส



รูปที่ ๔ ศึกษาที่อยู่ของตัวกำหนดการแบ่งเซลล์ ซึ่งจากการทดลองขั้นต้นนี้ พบว่าตัวกำหนดการแบ่งเซลล์อยู่ในนิวเคลียส

ความเสื่อมของเซลล์ในอาหารที่เพาะเลี้ยง

มีเซลล์ในร่างกายบางชนิดเช่นเซลล์ผิวหนัง, เซลล์เม็ดเลือดและเยื่อบุทางเดินอาหาร สามารถแบ่งตัวได้เร็วเหมือนไฟโบรบลาสท์ แต่เซลล์อีกพวกหนึ่งอาจเรียกเซลล์พิเศษ เช่นเซลล์ประสาท, เซลล์จากต่อมไร้ท่อ, เซลล์กล้ามเนื้อและเซลล์บางชนิดในระบบภูมิคุ้มกัน จะแบ่งตัวน้อยมากหลังจากที่คนนั้นโตเป็นผู้ใหญ่แล้ว ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับความแก่ (Gerontologist) มีแนวโน้มที่จะยอมรับว่า ความแก่มิได้เกิดขึ้นในเซลล์ที่แบ่งตัวได้เร็ว แต่เกิดขึ้นในเซลล์พิเศษเหล่านั้น อาจเป็นไปได้ว่าสัตว์แก่และตายไปด้วยเหตุอื่น ก่อนที่ไฟโบรบลาสท์และเซลล์ที่แบ่งตัวได้เร็วอื่น ๆ จะหมดความสามารถในการแบ่งตัวเสียอีก แต่อย่างไรก็ตามกลไกที่เป็นตัวจำกัดขอบเขตของการแบ่งตัว ในเซลล์ที่สามารถแบ่งตัวได้เร็ว อาจเป็นอันเดียวกันกับตัวที่กำหนดความสามารถในการทำงานของเซลล์พิเศษ ซึ่งแบ่งตัวได้ช้า Hayflick (1975) ได้สรุปถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา และรูปร่างของไฟโบรบลาสท์ที่ได้เพาะเลี้ยงไว้ ก่อนที่มันจะหยุดการแบ่งตัวว่า มีการเปลี่ยนแปลงของการใช้สารอาหารของเซลล์, การแสดงออก (expression) และการซ่อมแซมของยีน (gene), เมตาโบลิซึม (metabolism) ของเอ็นไซม์ที่สำคัญหลายอย่าง รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างของเยื่อหุ้มเซลล์และออร์กาเนลล์ (organelle)ภายในเซลล์นั้น การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้หลายอย่างเหมือนกับที่ปรากฏในคนแก่ ดังนั้นถ้าได้เข้าใจว่าทำไมไฟโบรบลาสท์ปกติเหล่านี้ จึงสูญเสียความสามารถในการแบ่งเซลล์ อาจทำให้สามารถเข้าใจถึงความสูญเสียคุณสมบัติในการทำงานของเซลล์พิเศษต่างๆ อันเนื่องมาจากความแก่ได้

ทฤษฎีเกี่ยวกับความแก่

อะไรที่เป็นสาเหตุของความแก่ในระดับเซลล์ ผู้ที่ศึกษาเกี่ยวกับความแก่เชื่อกันว่า คำตอบเป็นเรื่องของพันธุกรรม มีสมมุติฐานที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง DNA และ RNA ที่น่าจะอธิบายถึงความแก่ได้ดีที่สุด ๓ สมมุติฐานดังนี้

สมมุติฐานที่ ๑ มีการเสนอว่า ในช่วงเวลาที่ผ่านไป การส่งข้อมูลต่างๆ โดยขบวนการถอดภาษาและแปลระหัส(จากDNA ไปสู่ RNA และสร้างเป็นโปรตีนและเอ็น-ไซม์ต่าง ๆ) อาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น ความผิดพลาดเหล่านี้ทำให้ได้เอ็นไซม์ที่เปลี่ยนไป อันมีผลทำให้การทำงานของเซลล์ผิดไปด้วย มีคนพยายามพิสูจน์สมมุติฐานอันนี้โดยการติด-ตามการสร้างโปรตีนในเซลล์แก่ ๆ แต่ยังไม่ได้ผลที่น่าพอใจที่จะสนับสนุนสมมุติฐานนี้

ความบกพร่องที่เกิดขึ้นนี้ อาจแก้ไขได้บ้างโดยระบบซ่อมแซม แต่อาจได้ผลไม่สมบูรณ์หรือแน่นอน Hartและ Setlow (อ้างตาม Hayflick, 1980) พบว่า ไฟโบรบลาสท์จากเนื้อเยื่อผิวหนังของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมหลายชนิด ขนาดตั้งแต่สัตว์คล้ายหนู (shrew) ไปจนถึงช้างและคน เมื่อนำมาเพาะเลี้ยง จะสามารถซ่อมแซม DNA ที่ถูกทำลายจากการฉายรังสีอุลตราไวโอเลตได้ โดยมีความสามารถดังกล่าว เป็นสัดส่วนโดยตรงกับช่วงอายุของสัตว์นั้น สัตว์ที่มีอายุยืนยาวกว่า จะมีความสามารถในการซ่อมแซมได้ดีกว่า เช่นมนุษย์มีอายุยืนยาวเป็น ๒ เท่าของลิงชิมเพนซี ดังนั้นอัตราการซ่อมแซม DNA ของมนุษย์ จะสูงเป็น ๒ เท่าของลิงนั้น การศึกษาจากหลายฝ่ายยืนยันว่า ความสามารถในการซ่อมแซม DNA ของเซลล์คนที่ได้เพาะเลี้ยงไว้ จะลดลงเมื่อใกล้ถึงขีดสูงสุดของความสามารถในการแบ่งตัวของเซลล์

สมมุติฐานที่ ๒ สมมุติฐานข้อนี้มีรากฐานมาจากการที่พบว่า ๐.๔%ของDNA เท่านั้นที่ทำงานตลอดชีวิตของเซลล์ ยิ่งไปกว่านั้นในสายของ DNA มียีนที่ซ้ำกันหลายๆช่วง ทำให้มีการสร้างโปรตีนแบบเดียวกันจำนวนมากจนอาจจะมากเกินพอ แต่โดยปกติยีนซึ่งซ้ำกันนั้นจะถูกกดไว้ไม่ให้ทำงาน เมื่อยีนที่กำลังทำงานเสียไป ยีนที่ถูกกดไว้จะถูกปลดปล่อยให้ทำงานแทน การมียีนที่ซ้ำ ๆ กันเช่นนี้ทำให้ประกันได้ว่า ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นกับยีนบางส่วนก่อนที่เซลล์จะแก่ไปตามอายุขัย ยีนส่วนที่ซ้ำกันสามารถทำงานแทนกันได้ ในที่สุดเมื่อยีนที่ซ้ำกันถูกใช้จนเสียไปหมด ความผิดพลาดต่าง ๆ จะเกิดขึ้น ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอันจะนำไปสู่ความแก่และความตาย จากสมมุติฐานนี้เราอาจทำนายได้ว่า สัตว์ที่มีอายุยืนยาวกว่า ย่อมจะมียีนที่ซ้ำ ๆ กันมากกว่าสัตว์ที่มีอายุขัยสั้น

สมมุติฐานที่ ๓ มีการเสนอว่า ความแก่คือสัญญาณพันธุกรรมปกติ ที่ควบคุมการเจริญเติบโตของสัตว์ เริ่มจากการปฏิสนธิไปจนถึงวัยเจริญพันธุ์ โดยมียีนของความแก่ที่ไปทำให้ขบวนการทางชีวเคมีในร่างกาย เกิดช้าลงหรือหยุดไปเลย อันทำให้ถึงวัยที่แสดงออกของความแก่ ซึ่ง Hayflick (1968)ได้สรุปไว้ว่า ในคนแก่มีการเปลี่ยน-

แปลงหลายอย่างเช่น น้ำหนักสมองลดลง ตุ่มรับรสที่ลิ้น (taste bud) ต่อแต่ละเกษรลิ้น (papilla) ลดลงจากจำนวน ๒๔๕ ในคนหนุ่มเป็น ๘๘ ในคนแก่ ส่วนไฟโบรบลาสท์อาจแบ่งตัวน้อยลง หรืออาจจะหยุดการแบ่งตัวก็ได้ ขณะที่ McClintic (1975) ได้สรุปไว้ว่า ลักษณะโดยทั่วไปของคนแก่ คือการที่ผมเป็นสีขาว นัยน์ตาฝ้าฟาง หูตึง เส้นเลือดแดงแข็งหรือมีไขมันมาเกาะที่ผนังเส้นเลือด การหมดประจำเดือน การลดถอยซึ่งความแข็งแรงกำยำ มีการปวดที่ข้อและกระดูก ความจำเสื่อม ท่าทางเดินจะเห็นอาการสั่นชัดเจน เป็นต้น

การทำงานของยีนแห่งความแก่ตามสมมุติฐานนี้ อาจเป็นอันเดียวกันกับการตายของกลุ่มเซลล์ ระหว่างการเจริญและพัฒนาการของตัวอ่อน Whitten (1969) พบว่า ระหว่างการพัฒนาของตัวอ่อนแมลงไปเป็นตัวเต็มวัย มีทั้งการเจริญและการแบ่งตัวของเซลล์บางกลุ่ม รวมทั้งการตายและสลายไปของเซลล์บางกลุ่ม ซึ่งคล้ายกับการตายและการแบ่งตัวของเซลล์บางกลุ่ม ในตัวอ่อนสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง ขณะมีการสร้างนิ้วมือและนิ้วเท้า ตลอดจนการตายและสลายตัวของกลุ่มเซลล์ ที่ประกอบกันเป็นเหงือกและหางของลูกอ๊อด ขณะการเจริญไปเป็นกบหรือคางคก ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในการเจริญและพัฒนาการของตัวอ่อนสัตว์ ไม่ต้องการเพียงการจัดลำดับของเซลล์จำนวนล้าน ๆ ให้ถูกต้องเท่านั้น แต่ยังต้องมีการตายและสูญสลายของเซลล์นับล้าน ๆ เซลล์อีกด้วย และเป็นที่ยอมรับกันว่า เหตุการณ์เหล่านี้จะเกิดขึ้นตลอดชีวิต แต่อัตราการเกิดในเนื้อเยื่อแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน

ทั้ง ๓ สมมุติฐาน สามารถนำมาอธิบายถึงการตายของเซลล์ที่ได้นำมาเพาะเลี้ยง กับความแก่ในตัวสัตว์ได้เท่า ๆ กัน มีเซลล์ ๒ ชนิดเท่านั้นที่หนีรอดจากความแก่และความตายได้ นั่นคือเซลล์มะเร็งและเซลล์สืบพันธุ์ การแลกเปลี่ยนกันของสารพันธุ-กรรม ระหว่างไวรัสที่ทำให้เป็นโรคมะเร็งกับเซลล์ธรรมดา ทำให้ได้เซลล์มะเร็งที่มีข้อมูลทางพันธุกรรมเปลี่ยนไปจากเดิม และอาจเป็นวิธีเดียวกันกับการโยกย้ายข้อมูลทางพันธุกรรม เมื่อไข่ผสมกับสเปิร์ม หรือเมื่อเซลล์ได้รับรังสีไอโอไนส์ (ionizing radiation) อันทำให้ได้เซลล์ที่ไม่ตายทั้งสิ้น ในสายของการวิวัฒนาการของสัตว์ สิ่งที่สำคัญที่สุดต่อการคงอยู่ของเผ่าพันธุ์ คือความสามารถของเหล่าสมาชิก ที่จะมีชีวิตอยู่ให้นานพอที่จะให้กำเนิดลูกหลานได้ (ในคนอายุประมาณ ๓๐ ปี) โดยการสร้างเซลล์ที่ไม่ตายเอาไว้ ซึ่งก็คือไข่และสเปิร์ม สิ่งที่จะเกิดขึ้นหลังจากนั้น ไม่จำเป็นสำหรับการคงอยู่ของเผ่าพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

1. Gompertz, B. 1825. "On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining life contingencies." Phil. Trans. R.Soc. Lond. Ser. A. Math. Phys. Sci. 115: 513-585.

2. Hayflick, L. 1965. "The limited in vitro lifetime of human diploid cell strains." Exp. Cell Res.37:614-636.

3. Hayflick, L. 1968. "Human cells and aging." Sci. Am. 218 : 32-37.

4. Hayflick. L. 1975. "Cell biology of aging." Bio Sc.25:629-637.

5. Hayflick, L. 1980. "The cell biology of human aging." Sci.Am. 242: 42-49.

6. Hayflick, L. and P.S. Moorhead. 1961. "The serial cultivation of human diploid cell strains." Exp. Cell Res. 25 : 585-621.

7. McClintic, J.R. 1975. Physiology of the human body. John Wiley & Sons, Inc. New York. pages 528-531.

8. Strehler, B.L, and A.S. Mildvan. 1960. "General theory of mortality and aging." Science (Wash. D.C.) 132:14-21.

9. Whilten, J.M. 1969. "Cell death during early morphogenesis : Parallels between insect limb and vertebrate limb development." Science (Wash. D.C.) 163: 1456-1457.

10. Wright, W.E., and L.Hayflick. 1972. "Formation of a nucleate and multinucleate cells in normal and SV40 transformed WI-38 by cytochalasin B." Exp.Cell Res.74 : 187-194.

11. Wright, W.E., and L.Hayflick. 1975. "Contributions of cytoplasmic factors to in vitro cellular senescence." Fed. Proc. 34 : 76-79.

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

บุญยืน กิจวิจารณ์ *

บทนำ

การขยายพันธุ์พืชที่รู้จักในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด การตอน การทาบกิ่ง การต่อตา เป็นต้น วิธีการที่กล่าวมานี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย เช่นการเพาะเมล็ดนับว่าเป็นวิธีการที่สะดวกแต่มีข้อเสียคือ ต้นที่ได้จากการเพาะเมล็ดจะมีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งอาจมีลักษณะที่ดีและเลวปนกัน ถ้าต้องการขยายพันธุ์พืชที่มีลักษณะที่ดีอยู่แล้วจึงไม่เหมาะที่จะขยายพันธุ์โดยอาศัยการเพาะเมล็ด วิธีการที่ดีควรใช้วิธีการตอน ทาบกิ่ง ต่อตา ซึ่งจะสามารถรักษาลักษณะพันธุ์ดีเหมือนเดิมไว้ได้ แต่วิธีการเหล่านี้ยังมีข้อเสียที่ว่าสามารถขยายพันธุ์ได้จำนวนน้อยและช้า ถ้าต้องการขยายพันธุ์ให้ได้จำนวนมากในเวลาอันรวดเร็วสามารถทำได้โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ วิธีการนี้ทำได้โดยนำเอาส่วนหนึ่งส่วนใดของพืชก็ได้ เช่น ใบ ดอก ตา ข้อ ปล้อง ปลายยอด เซลล์หรือโปรโตปลาส (Protoplast) มาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ซึ่งประกอบด้วย แร่ธาตุต่าง ๆฮอร์โมนพืช ไวตามิน น้ำตาล ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ปรากฏว่าเนื้อเยื่อสามารถเจริญได้โดยมีการแบ่งเซลล์มากขึ้น อาจมีการเจริญเป็นต้นเพียงอย่างเดียว รากเพียงอย่างเดียว หรือเป็นต้นที่สมบูรณ์มีทั้งต้นและรากในบางกรณีอาจเกิดเป็นกลุ่มของเซลล์จำนวนมากเรียกว่า คัลลัส (Callus) จากคลลัสสามารถทำให้เกิดเป็นต้นและรากโดยอาศัยความสมดุลย์ของฮอร์โมนคือออกซิน (Auxin) และไซโตไคนิน (Cytokinin) ถ้าอัตราส่วนของออกซินต่อไซโตไคนินเหมาะสมจะทำให้เกิดทั้งต้นและราก ซึ่งสามารถนำไปปลูกในเรือนเพาะชำได้แต่ถ้าอัตราส่วนของออกซินต่อไซโตไคนินสูงกว่าอัตราส่วนที่สมดุลย์แล้ว เนื้อเยื่อจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นต้นเพียงอย่างเดียว

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<u>อาหารสังเคราะห์ที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช</u>

อาหารสังเคราะห์ที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีหลายสูตรด้วยกัน โดยใช้ชื่อตามชื่อนักวิทยาศาสตร์ที่ตั้งสูตรนั้นขึ้น ส่วนประกอบและปริมาณของสารก็แตกต่างกันออกไปเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของพืชและจุดประสงค์ที่ใช้ ส่วนประกอบของอาหารสังเคราะห์อาจแบ่งได้เป็น ๕ ประเภทคือ

๑. <u>ธาตุอาหารพวกอนินทรีย์</u> พืชต้องการอาหารพวกอนินทรีย์ในปริมาณมากสำหรับการเจริญเติบโตธาตุอาหารเหล่านี้ ได้แก่ คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน(H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), โปรตัสเซียม (K), ฟอสฟอรัส (P), กำมะถัน (S), แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) พวกที่ต้องการในปริมาณต่ำได้แก่ เหล็ก (Fe), คลอรีน (Cl), มังกานีส (Mn), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), โบรอน (Bo), โมลิบเดนัม (Mo)

๒. <u>ไวตามิน</u> ไวตามินนับว่ามีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อพืช ถ้าไม่มีไวตามินเนื้อเยื่อจะเจริญได้น้อยหรือไม่มีการเจริญเลยไวตามินที่ใช้ได้แก่

ไทเอมีน (Thiamin)	๐.๑-๑	มิลลิกรัม/ลิตร
นิโคตินิก แอซิด (Nicotinic acid)	๐.๕	"
ไพริดอกซิน (Pyridoxine)	๐.๕	"
อินโนซิตอล (Inositol)	๑๐๐	"
แพนโททีนิค แอซิด (Pantothenic acid)	๐.๑	"
ไบโอตีน (Biotin)	๐.๑	"

๓. <u>ฮอร์โมนพืช</u> ฮอร์โมนพืชที่ใช้ได้แก่ พวกออกซิน (Auxin) และไซโตไคนิน (Cytokinin) ดังนี้

Napthalene acetic acid (NAA)	๐.๑-๑๐	มิลลิกรัม/ลิตร
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid(2,4-D)	๐.๐๕-๐.๕	"
Indole acetic acid (IAA)	๑-๕๐	"
Kinetin	๐.๐๑-๑๐	"

๔. <u>น้ำตาล</u> น้ำตาลที่ใช้กันมากคือ น้ำตาลซูโครส (Sucrose) ประมาณ ๒-๔ เปอร์เซนต์ และน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ใช้กันมากในเนื้อเยื่อพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

๕. <u>สารประกอบอินทรีย์</u> มีผลต่อการเจริญของเนื้อเยื่อพืช ซึ่งพบว่าการเติมสารประกอบอินทรีย์ลงไปในอาหารสังเคราะห์เนื้อเยื่อสามารถเจริญได้ดีกว่าอาหารที่ไม่มีสารประกอบอินทรีย์ แสดงว่าสารประกอบอินทรีย์มีสิ่งจำเป็นต่อการเจริญของเนื้อเยื่ออยู่ด้วย สารประกอบอินทรีย์ที่ใช้ส่วนใหญ่ได้แก่ น้ำมะพร้าว น้ำมะเขือเทศ น้ำสกัดหัวมันฝรั่ง และกล้วย

วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นจะต้องอยู่ในสภาพที่ปลอดจากเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดเช่น แบคทีเรีย และเชื้อรา เพราะอาหารสังเคราะห์นั้นประกอบด้วยน้ำตาลซึ่งจัดเป็นแหล่งคาร์บอน (carbon source) ที่ดีจุลินทรีย์จึงสามารถเจริญเติบโตได้รวดเร็วกว่าเนื้อเยื่อพืช เมื่อเจริญมาก ๆ ก็จะเข้าไปทำลายเนื้อเยื่อให้ตายไปได้ ชิ้นส่วนของพืชที่อยู่ในสภาพปกติทั่ว ๆ ไปจะมีเชื้อจุลินทรีย์ติดอยู่ ดังนั้นต้องกำจัดจุลินทรีย์เหล่านี้ด้วยน้ำยาฟอกฆ่าเชื้อออกให้หมดเสียก่อนจึงนำไปเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ได้ น้ำยาที่ใช้ฟอกฆ่าเชื้อมีหลายชนิดซึ่งใช้ในความเข้มข้นและระยะเวลาแตกต่างกันดังนี้

ชนิดของน้ำยาฟอกฆ่าเชื้อ	ความเข้มข้น	ระยะเวลาการฟอก (นาที)
แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Calcium hypochlorite)	๐-๑๐%	๕-๓๐
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (Sodium hypochlorite)	๒%	๕-๓๐
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)	๑๐-๑๒%	๕-๑๐
โปรมีน (Bromine water)	๑-๒%	๒-๑๐
ซิลเวอร์ไนเตรด (Silver nitrate)	๑%	๕-๓๐
เมอคิวริคคลอไรท์ (Mercuric chloride)	๐.๑-๑%	๒-๑๐
ยาปฏิชีวนะต่าง ๆ (Antibiotics)	๔-๕๐ มก/ลิตร	๓๐-๖๐

นำเนื้อเยื่อที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้วไปยังตู้ถ่ายเชื้อเพื่อตัดเนื้อเยื่อเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ วิธีการเอาเนื้อเยื่อและอวัยวะของพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันเช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญจากปลายยอดก็ตัดเนื้อเยื่อประมาณ ๑-๑๐ มม. ถ้าต้องการกำจัดไวรัสก็ควรตัดให้มีขนาดประมาณ ๐.๑-๐.๒ มม. เนื้อเยื่อเหล่านี้นำไปเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ภายใต้สภาวะที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ ๒๕±๒ องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ ๖๐ เปอร์เซนต์ ความเข้มของแสงประมาณ ๑๐๐-๒๐๐๐ ฟุตกำลังเทียนเป็นเวลา ๑๖ ชั่วโมงต่อวัน ตามทฤษฎี เนื้อเยื่อของพืชที่มีชีวิตสามารถเพาะเลี้ยงได้เกือบทุกส่วน แต่ในทางปฏิบัติยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายประการที่เกี่ยวข้องเช่น

๑. ส่วนประกอบของอาหารแต่ละสูตรประกอบด้วยแร่ธาตุต่างกันไปเพื่อให้เหมาะกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้นเช่นสูตรอาหารวาซินและเวนท์ (Vacin and Went, 1949) เหมาะสำหรับการขยายพันธุ์กล้วยไม้ ปัจจุบันมีสูตรอาหารหลายชนิดคิดขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับชนิดของพืช

๒. ชนิดของเนื้อเยื่อพืช เนื้อเยื่อเจริญของพืชเช่นที่ปลายยอด ปลายราก

หรือตา เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์มีโอกาสเจริญมากกว่าเนื้อเยื่อที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเนื้อเยื่อถาวร (Permanent tissue) เพราะเนื้อเยื่อเจริญเหล่านี้พร้อมที่จะมีการแบ่งเซลล์หรือเจริญต่อไป ส่วนเนื้อเยื่อถาวรจะต้องเปลี่ยนกลับ (redifferentiate) ไปเป็นเนื้อเยื่อเจริญใหม่ ดังนั้นโอกาสการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญจึงง่ายกว่าเนื้อเยื่อ - ถาวร

๓. ขนาดของเนื้อเยื่อ เนื้อเยื่อที่มีขนาดใหญ่โอกาสที่จะเจริญเติบโตได้มีมากกว่าเนื้อเยื่อที่มีขนาดเล็ก แต่ขณะเดียวกันโอกาสติดเชื้อจุลินทรีย์ก็มีมากตามไปด้วย ถ้าเนื้อเยื่อที่มีขนาดเล็กโอกาสติดเชื้อจุลินทรีย์มีน้อยแต่โอกาสเจริญเติบโตหรือรอดชีวิตก็มีน้อยด้วย

๔. เทคนิคการฟอกฆ่าเชื้อ การฟอกฆ่าเชื้อบนผิวของเนื้อเยื่อพืชนับว่ามีความสำคัญต่อการเจริญของเนื้อเยื่อด้วย เพราะน้ำยาฟอกฆ่าเชื้อนอกจากจะทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ แล้วก็มีโอกาสทำลายเนื้อเยื่อได้ถ้าใช้เวลาในการฟอกฆ่าเชื้อนานเกินไป ดังนั้นจึงต้องพิจารณาว่า เนื้อเยื่อนั้นมีลักษณะแบบใด ถ้ามีลักษณะบอบบางก็ควรใช้เวลาในการฟอกน้อยลง

๕. สภาวะแวดล้อมภายนอกได้แก่ อุณหภูมิ แสง มีความสำคัญต่อการเจริญของเนื้อเยื่อเช่นเดียวกัน ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไปก็จะไปทำลายเนื้อเยื่อได้ เนื้อเยื่อบางชนิดเจริญได้ดีในที่มีแสง บางชนิดก็ไม่ต้องการแสงในการเจริญเติบโต

<u>ประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ</u>

นาย white ได้รับความสำเร็จในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในปี ค.ศ.๑๙๓๔ เขาได้นำเอารากของมะเขือเทศมาเพาะเลี้ยงและสามารถเจริญได้ เรื่อย ๆ(Street,๑๙๗๔) ต่อมาก็มีนักวิทยาศาสตร์อื่น ๆ นำเอาส่วนต่าง ๆ ของพืชมาเพาะเลี้ยงก็สามารถเจริญได้เช่นกัน การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเจริญก้าวหน้าไปเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบันนี้ และมีประโยชน์ - อย่างมากมายซึ่งอาจจำแนกได้ดังนี้

๑. เพื่อการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์สาขาพืชเช่น วิชาสรีรวิทยาของพืชโดยสามารถศึกษาถึงระดับเซลล์ของพืชได้ วิชาสัณฐานวิทยาของพืชศึกษาเกี่ยวกับการเกิดอวัยวะต่าง ๆ ของพืชเช่นการเกิดต้นและรากหรือการเกิดศัพภะ (embryo)

๒. การขยายพันธุ์ การขยายพันธุ์พืชได้รับความสำเร็จจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญของกล้วยไม้ (Intuwong, 1975) ปรากฏว่าได้กล้วยไม้เพิ่มขึ้นจำนวนมากด้วยเหตุนี้จึงได้นำเอาไปขยายพันธุ์พืชอื่น ๆ เช่น ไม้ดอกไม้ประดับ ไม้ผล พืชผัก เป็นต้น การขยายพันธุ์พืชโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถเพิ่มจำนวนได้ ๑๐๐ เท่าถึงล้านเท่าจากเนื้อเยื่อเพียงชิ้นเดียวภายในเวลา ๑ ปี นอกจากนั้นยังมีลักษณะทางกรรมพันธุ์เหมือนเดิมทุกประการ พืชที่สามารถขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้สำเร็จมีหลายชนิดเช่น

กล้วยไม้ อัฟริกันไวโอเลต ยาสูบ ฯลฯ

๓. การปรับปรุงพันธุ์พืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถทำให้ได้พันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานโรค ความต้านทานต่อความแห้งแล้ง ความทนทานต่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำได้ การทำให้ได้พืชที่มีลักษณะตามที่ต้องการนั้นโดยการใช้สารเคมี (Mutagenic chemical) หรือรังสีแกมม่า (Gamma-Ray) เพื่อให้เกิดการกลายพันธุ์

การเพาะเลี้ยงละอองเกสร (pollen) สามารถทำให้ได้ลักษณะใหม่เพราะละอองเกสรเกิดมาจากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) ของไมโครสปอร์ของเซลล์แม่ (microspore mother cell) จึงมีจำนวนโครโมโซมเป็นแฮปปลอย (haploid) เมื่อนำไปเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สามารถเจริญไปเป็นคัลลัส (Callus) หรือคัพภะได้ (Raghavan, ๑๙๗๘) ต้นพืชที่ได้จากการเลี้ยงละอองเกสรจึงได้ต้นที่เป็นแฮปปลอยซึ่งมีลักษณะต่างจากต้นเดิม

๔. การกำจัดไวรัส เนื่องจากโรคไวรัสนั้นยากต่อการกำจัด การขยายพันธุ์พืชโดยวิธีการเพาะเมล็ด การติดตา การต่อกิ่ง การปักชำ หรือการตอน ไม่สามารถกำจัดโรคไวรัสได้ แต่ถ้านำเอาเนื้อเยื่อบริเวณปลายยอด (shoot tip) มาเพาะเลี้ยงปรากฏว่า ต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนี้ปราศจากไวรัสเช่นการกำจัดไวรัสจากอ้อย ซึ่งเกิดเป็นแนวสีเหลืองตามใบ เมื่อนำเอาปลายยอดมาเพาะเลี้ยงปรากฏว่าเกิดต้นที่ปราศจากไวรัส ในนิวซีแลนด์สามารถกำจัดไวรัสในพืชได้หลายชนิดเช่น คาร์เนชั่น เบญจมาศ สตรอเบอรี่ เป็นต้น

๕. การสร้างพันธุ์ใหม่จากการรวมของเซลล์ร่างกาย (Somatic hybridization) การเอาเซลล์ร่างกายที่ไม่มีผนังเซลล์ซึ่งเรียกว่าโปรโตปลาส (Protoplast) ของพืช ๒ ชนิดมารวมกัน สามารถทำให้เกิดเป็นต้นได้ทั้งที่อยู่ภายในชนิด (Species) เดียวกัน (Bajaj, 1974) หรือคนละสปีชี่ (Smith, 1975) ปัจจุบันนี้พืชคนละสกุล (Genus) ก็สามารถทำให้เกิดเป็นต้นได้ ดังนั้นพืชที่เกิดขึ้นจึงเป็นพืชชนิดใหม่และเป็นพืชที่แปลกไปจากพ่อแม่ ในเยอรมันได้รับความสำเร็จจากเอาโปรโตปลาสของพืช ๒ ชนิดที่อยู่คนละสกุลคือมันฝรั่ง (<u>Solanum tuberosum</u>) กับมะเขือเทศ (<u>Lycopersicon esculentum</u>) ปรากฏว่าลูกผสม (Somatic hybrids) บางต้นมีปลาสติด (Plastid) ของมันฝรั่ง (topatoes) บางต้นมีปลาสติดของมะเขือเทศ (pomatoes) (Melchers, 1980)

๖. การเพาะเลี้ยงคัพภะของพืชที่ไม่สามารถเจริญได้ในธรรมชาติ เนื่องจากพืชบางชนิดเมื่อเซลล์สืบพันธุ์ตัวผู้ (Sperm) ไปผสมกับไข่ (Egg) ได้เป็นไซโกต (Zygote) จากนั้นจะแบ่งตัวจนได้เป็นคัพภะซึ่งในธรรมชาติแล้วจะตายไปแต่ถ้านำเอาคัพภะนี้ไปเพาะเลี้ยงปรากฏว่าสามารถเจริญได้เช่น กุหลาบ นอกจากนี้การผสมพันธุ์พืชบางชนิดลูกผสมไม่สามารถเจริญได้แต่จะตายตั้งแต่ระยะที่เป็นคัพภะเช่น ลูกผสมของมะละกอพันธุ์ <u>Ca-</u>

rica papaya เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงแต่ติดโรคได้ง่าย เมื่อผสมกับพันธุ์ป่า Carica cauliflora เป็นพันธุ์ที่มีความต้านทานโรคไวรัส ลูกผสมไม่สามารถเจริญได้ เมื่อนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สามารถเจริญได้และมีความต้านโรคไวรัสด้วย

๗. การเก็บรักษาพันธุ์พืช การเก็บเนื้อเยื่อพืชที่อุณหภูมิต่ำถึง -๑๙๖ องศาเซลเซียสในไนโตรเจนเหลวเป็นเวลานานเมื่อนำไปเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ก็สามารถเจริญได้

๘. การผลิตสารบางชนิด การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชพวกสมุนไพร เพื่อให้ผลิตสารตัวยาหรือสารอื่น ๆ เช่น alkaliod, phytosterols, phenolic compound เป็นต้น

สรุป

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนับว่ามีประโยชน์มากดังที่กล่าวแล้ว ในแง่ของการขยายพันธุ์พืชในปัจจุบันนี้ได้มีผู้สนใจนำเอาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไปใช้ขยายพันธุ์พืชกันมากขึ้นเพราะสามารถเพิ่มจำนวนได้รวดเร็วและคุ้มค่าต่อการลงทุน การขยายพันธุ์แบบนี้ต้องเสียค่าใช้จ่ายมากในระยะแรก ถ้าต้องการพืชจำนวนมาก ๆ ในเวลาอันรวดเร็วก็นับว่าคุ้มค่าสำหรับการลงทุน ถึงอย่างไรก็ตาม พืชบางชนิดยังไม่สามารถขยายพันธุ์โดยวิธีการนี้ได้ จึงควรใช้วิธีอื่น ๆ ที่เหมาะสมกว่า

เอกสารอ้างอิง

1. Bajaj, V.P.S. 1974. "Potentials of Protoplast Culture Work in Agriculture". Euphytica 23:633-649.
2. Intuwong, Oradee and Yoneo Sagawa 1975. "Clonal Propagation of Dendrobium Golden Wave and Other Nobile Types". American Orchid Society. 319-322.
3. Linsmaier, E.M. and F.Skoog. 1965. "Organic Growth Factor Reguirements of Tobacco Tissue Culture". Physiologia Plantarum. 18 : 100-127.
4. Melchers, G. 1980. "Work in Particular Laboratories". Newsletter. No. 32 : 14.
5. Raghavan, V. 1978. "Origin and Development of Pollen Embryoids and Pollen Calluses in Cultured Anther Segments of Hyoscyamus niger (Henbane)" Amer. J. Bot. 65(9):984-1002.

6. Smith, H.H. ,K.N. Kao and N.C. Cambatti,. 1975. "Interspecific Hybridization by Protoplast Fusion in Nicotiana" The Journal of Heredity. 122-128.

7. Street, H.E. 1974. Plant Tissue and Cell Culture. University of Califlonia Press : Berkley and Los Angeles.

8. White, P.R. 1963. The Cultivation of Animal and Plant Cells. The Ronald Press Company : New York.

สารประกอบตะกั่ว ในอุตสาหกรรมสีและหมึกพิมพ์

ทิพย์วัลย์ เอกปัต *

บทนำ

ตะกั่วเป็นสารพิษจำพวกโลหะหนัก (heavy metals) ที่พบอยู่ทั่วไปในสีต่างๆ เช่น สีทาบ้าน หมึกพิมพ์ สีในภาชนะใส่อาหารต่าง ๆ และในน้ำประปา เป็นต้น ตะกั่วจะเข้าสู่ร่างกายได้หลายวิธีเช่น ทางอากาศโดยการหายใจ อาหาร น้ำดื่มและทางผิวหนัง อันตรายของพิษตะกั่วพบได้ทั้งในเด็กและในผู้ใหญ่ พิษตะกั่วมีอันตรายทำให้พิการหรือถึงแก่ชีวิตได้และถ้ามีปริมาณต่ำอาจสะสมและเกิดอาการเรื้อรังบั่นทอนชีวิตและสุขภาพ

ตะกั่วนับว่าเป็นธาตุที่ไม่จำเป็นและไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายเลยแต่เป็นโลหะสำคัญอย่างหนึ่งที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ตะกั่วเป็นสารที่มีพิษต่อร่างกายเช่นเดียวกับสารพิษอื่น ๆ แต่มักถูกมองข้ามไปเพราะพิษจากตะกั่วมักไม่แสดงอาการในทันทีที่ร่างกายได้รับ ยกเว้นกรณีที่ผู้ป่วยได้รับเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมาก ๆ ซึ่งต่างจากสารพิษอื่น ๆ เช่น สารหนู (arsenic) ไซยาไนด์ (cyanide) และยาฆ่าแมลงต่าง ๆ ในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ได้มีมาตรการสำหรับป้องกันและระมัดระวังอันตรายจากพิษตะกั่วอย่างรัดกุม ส่วนในบ้านเรามีผู้ป่วยที่เกิดเนื่องจากพิษของตะกั่วไม่น้อย ทั้งนี้เพราะประชาชนส่วนมากมักรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ไม่ทราบถึงอันตราย การป้องกัน และการหลีกเลี่ยงพิษจากสารตะกั่ว

จากการสำรวจของคณะแพทย์ในนิวเจอร์ซี สหรัฐอเมริกา ได้พบแหล่งที่มาของสารตะกั่วอย่างไม่คาดฝันในสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ที่ได้ออกจำหน่ายจ่ายแจกไปทั่วโดยเฉพาะในสิ่งพิมพ์ประเภท หนังสือพิมพ์รายวัน รายสัปดาห์ รายปักษ์ รายเดือน นวนิยาย ตลอดจน

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บัตรอวยพรต่าง ๆ ตะกั่วที่เป็นส่วนประกอบของหมึกพิมพ์มีปริมาณสูงมาก จนเป็นอันตรายต่อเด็ก ซึ่งเล่นกับสิ่งเหล่านี้และอาจดูดหรือกัดกินเข้าไปเพราะความไร้เดียงสา สีที่มีตะกั่วผสมอยู่มากได้แก่ สีเหลือง แดง น้ำเงินและดำ ซึ่งเป็นแม่สีที่ใช้ในการพิมพ์และผสมเป็นสีต่าง ๆ ปริมาณของสารตะกั่วในสีหมึกพิมพ์เหล่านี้มีสูงถึงระดับเป็นอันตรายได้ การเคี้ยวกระดาษเพียง 100 มิลลิกรัม จะเป็นผลให้เด็กได้ตะกั่วเข้าไปสูงถึง 100 ไมโครกรัม ซึ่งเมื่อรวมกับปริมาณที่ได้รับจากสิ่งแวดล้อมทั่วไปแล้วก็เป็นปริมาณที่น่ากลัวมาก ในปัจจุบันได้มีผู้ผลิตสีและหมึกพิมพ์ที่ไม่ใช้ตะกั่วเป็นส่วนผสมออกสู่ท้องตลาด แต่ในบ้านเราเข้าใจว่ายังไม่มีมาตรการบังคับให้ผู้ผลิตของเล่น และหนังสือสำหรับเด็กต้องใช้สีปลอดสารตะกั่วนี้

ในสหรัฐอเมริกา Kah-Hock Lee นักวิทยาศาสตร์ชาวสหรัฐได้ศึกษาหาปริมาณสารที่เป็นอันตรายจากกระดาษหนังสือพิมพ์ (Toxic Material in Paper Indicate Limit Should Be Set) โดยวิธีอะตอมมิคแอปซอบชั่นสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer)(2) และ Morris M.Joselow ได้ศึกษาหาปริมาณสารตะกั่วที่มีอยู่ในสิ่งตีพิมพ์และหมึกพิมพ์ (Lead Content of Printed Media) (3)จากการวิเคราะห์พบว่าในหมึกพิมพ์มีปริมาณตะกั่วสูงมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหมึกพิมพ์สีแดงปริมาณตะกั่วสูงถึง 20,000 ส่วนในล้านส่วน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนในนิตยสารและหนังสือพิมพ์ พบว่าสารตะกั่วมีปริมาณมากน้อยต่างกันแล้วแต่ชนิดของหมึกพิมพ์ ปริมาณตะกั่วที่พบมีตั้งแต่น้อยที่สุดคือ 5 ส่วนในล้านส่วนจนถึงปริมาณที่พบสูงที่สุดถึง 1,000 ส่วนในล้านส่วน

การที่ตะกั่วเป็นสารอนินทรีย์ตัวหนึ่ง ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมการทำสีและหมึกพิมพ์ ก็เพราะสารประกอบของตะกั่วหลายตัวเป็นรงควัตถุ และคุณสมบัติที่สำคัญของรงควัตถุอนินทรีย์คือ เป็นสารที่หาง่าย ราคาถูก เป็นสีที่คงทน สีสด ไม่ซีด ถึงแม้ว่าจะถูกความร้อนหรือแสงสว่างสีก็ไม่ตก ซึ่งรงควัตถุนี้เป็นสารประกอบของตะกั่วมีคุณสมบัติเหล่านี้ครบถ้วน สีหรือหมึกพิมพ์ที่มีส่วนประกอบของตะกั่วอยู่ได้แก่ สีเหลือง แดง ส้ม เขียว น้ำตาล ม่วง และเทา เป็นต้น แต่ในปัจจุบันปริมาณที่ใช้น้อยลงเพราะว่าตะกั่วเป็นสารพิษที่มีอันตราย

<u>สารประกอบของตะกั่วที่ใช้ในอุตสาหกรรมสีและหมึกพิมพ์คือ (1)</u>

1. ไวท์เลด (White Lead) $2PbCO_3.Pb(OH)_2$ เป็นสารผสมในสีและหมึกพิมพ์ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้สีและหมึกพิมพ์แห้งเร็ว ในอุตสาหกรรมอาจเตรียมไวท์เลดได้โดยวิธีการดัชท์ (Dutch process)

a) $2Pb+2H_2O+O_2 = 2Pb(OH)_2$, lead hydroxide

b) $Pb(OH)_2+2CH_3COOH = (CH_3COO)_2Pb+2H_2O$, lead acetate

c) $(CH_3COO)_2Pb+Pb(OH)_2 = 2CH_3COO(OH)Pb$, basic lead acetate

d) $6CH_3COO(OH)Pb+2CO_2 = 2PbCO_3.Pb(OH)_2$, white lead $+3\ (CH_3COO)_2Pb + 2H_2$

2. เลดโครม (lead chromes) เป็นสารประกอบของตะกั่วและโครเมี่ยม รงควัตถุกลุ่มนี้เป็นสารที่มีสีเหลือง สีส้ม จนถึงสีแดง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วประกอบด้วยเลดโครเมท (lead chromate) หรือเบซิคเลดโครเมท (basic lead chromate) ประมาณ ๖๐ เปอร์เซนต์ และไวท์เลดซัลเฟต (white lead sulphate) หรือเลดฟอสเฟต (lead phosphate) ประมาณ ๔๐ เปอร์เซนต์ ในอุตสาหกรรมนิยมเตรียมเลดโครมโดยใช้สารละลายของโปแตสเซียมไดโครเมท (potassium dichromate) ทำปฏิกิริยากับเลดอะซิเตท (lead acetate) หรือเลดไนเตท (lead nitrate)

$$2Pb(CH_3COO)_2+K_2Cr_2O_7+H_2O = 2PbCrO_4+2CH_3COOK+2CH_3COOH$$

$$2Pb(NO_3)_2+K_2Cr_2O_7+H_2O = 2PbCrO_4+2KNO_3+2HNO_3$$

ในอุตสาหกรรมสารละลายเลดอะซิเตทเตรียมจากลิทารท์ (litharge) ซึ่งเป็นเลดออกไซด์ที่ไม่มีทองแดงเจือปนอยู่ทำปฏิกริยากับกรดน้ำส้ม (acetic acid)

3. เรดเลด (red lead) สูตรทางเคมีคือ Pb_3O_4 ให้สีแดงที่สดสว่าง (bright red) เป็นสีที่นิยมใช้กันมากเพราะมีราคาถูกในอุตสาหกรรมเตรียมได้โดยวิธีการของมอสซิคอท (mossicot process)

$$2Pb+O_2 = 2PbO \text{ (mossicot)}$$

$$6PbO+O_2 = 2Pb_3O_4 \text{ (red lead)}$$

หรืออาจเตรียมโดย

$$Pb + NaNO_3 = PbO \text{ (mossicot)} + NaNO_2$$

ปัจจุบันไม่นิยมใช้เพราะตะกั่วเป็นสารที่มีอันตรายและเรดเลดสามารถสลายตัวได้เมื่อถูกแสง (light disproportionation reaction)

$$Pb_3O_4 = 2PbO + PbO_2$$

4. เลดแอนติโมนิเอท (lead antimoniate) สูตรทางเคมีคือ $PbSb_2O_4$ เป็นหมึกพิมพ์ที่มีสีเหลืองอ่อน (naple yellow) เตรียมได้จากลิทารท์ ทำปฏิกริยากับแอนติโมนีอัสอ๊อกไซด์ (antimonious oxide, Sb_4O_6) เมื่อให้ความร้อนสูง ๆ อาจให้สีเหลืองเข้มจนถึงสีส้ม

นอกจากนี้โครมเยลโล (chrome yellow) อาจเตรียมให้เป็นสีอื่น ๆ ต่อไปได้เช่น สีเขียว สีม่วง สีน้ำตาล สีเทา เป็นต้น

สีเทา (greynish) ได้จากการผ่านไฮโดรเจนซัลไฟด์ (hydrogen sulphide) ลงไปในโครมเยลโล

สีเขียวได้จากโครมเยลโลคือเลดโครเมทผสมกับบรอนซ์บรู (bronze blue) หรือไอรอนบรู (iron blue) โดยมีเลดอะซิเตทและเลดไนเตรทผสมอยู่ด้วย เพื่อทำให้สีสด สารละลายเลดไนเตรทเตรียมจากไวท์เลด $\left[2PbCO_3.Pb_3(OH)_2\right]$ ทำปฏิกริยากับกรดไนตริก (nitric acid)

ในอุตสาหกรรมอัตราส่วนที่ใช้คือ ; เลดอะซิเตท (lead acetate) 37.5

เลดซัลเฟต (lead sulphate) 7.5

โปแตซเซียมไดโครเมท(potassium dichromate) 7.5

โปแตซอาส์ม (potass alum) 10.0

โซเดียมคาร์บอเนต(sodium carbonate - crystal) 37.5

100.0

นอกจากนี้ เลดโครมเยลโล (lead chrome yellow) สามารถเตรียมจากเลดคลอไรด์ (lead chloride) ทำปฏิกริยากับสิทารท์ในน้ำเดือด จะได้ตะกอนสีเหลืองของ $PbCl_2.Pb(OH)_2$ ในการเตรียมถ้าทำในสภาวะที่เป็นด่างมากเกินไปจะได้ตะกอนสีแดงของ $PbO.PbCrO_4$

5. ออกานิคเบซิคโครม(organic basic chromes) สารละลายเลดโครเมท เมื่อเติมโซดาไฟ (caustic soda) 75 เปอร์เซนต์ จะให้สีส้มที่เข้มมากขึ้น

$$2PbCrO_4 + 2NaOH = PbCrO_4.Pb(OH)_2 + Na_2CrO_4$$

ในอุตสาหกรรมส่วนที่ใช้คือ เลดอะซิเตท (lead acetate) 69.5

โปแตซเซียมไดโครเมท(potassium dichromate) 24.3

โซดาไฟ (caustic soda) 75 เปอร์เซ็นต์ 6.2

100.0

6. โครมเรด (chrome red) หมายถึงโปแตซเซียมไดโครเมท ($K_2Cr_2O_7$) ทำให้เป็นกลางด้วยผลึกโซดา (soda) เติมไวท์เลด ($2PbCO_3.Pb_3(OH)_2$) จะได้สีม่วงแดง (red violet) และเมื่อเติม 4 เปอร์เซนต์ของกรดซัลฟุริค (sulphuric acid) จะได้สีแดง

สีเลือดหมู (scalet chrome) คือเลดโมลิบเดทโครม (lead molybdate-chrome)

สีแดงสด (bright red chrome) ได้จากการตกตะกอนร่วมของเลดโมลิบเดท (lead molybdate, wulfenite) และเลดโครเมท(lead chromate, crococite)

<u>สรุป</u>

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยได้มีการศึกษาค้นคว้าอย่างแพร่หลายเกี่ยวกับความเป็นพิษของตะกั่ว การรักษาและการหาปริมาณของตะกั่วในสีหมึกพิมพ์และในธรรมชาติ เช่นอากาศ น้ำ อาหาร พืชและอื่นๆ เป็นต้น ในช่วงที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงปริมาณสูงสุดของตะกั่วที่ยอมให้มีได้ในธรรมชาติโดยไม่มีอันตราย (4) การค้นคว้าอันตรายของตะกั่วและโครเมียมจากกระดาษหนังสือพิมพ์ (5) สารตะกั่วและอันตรายจากสีทาบ้าน (6) การรักษาโรคพิษตะกั่ว (7)

การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในสิ่งตีพิมพ์ (8) และอันตรายจากสารตะกั่ว (9) จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าตะกั่วเป็นสารประกอบที่สำคัญในอุตสาหกรรมผลิตสีและหมึกพิมพ์ แต่เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าตะกั่วเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษร้ายแรงต่อร่างกาย ดังนั้นผู้เขียนหวังว่าบทความนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้อ่านจึงใคร่ขอวิงวอนให้ผู้ผลิตพึงสังวรถึงอันตรายที่อาจเกิดกับผู้บริโภค สำหรับผู้บริโภคเองก็ควรจะต้องระมัดระวังและเลือกใช้สีที่ปราศจากตะกั่วเพื่อความปลอดภัยของตัวท่านเองและครอบครัว

เอกสารอ้างอิง

1. C.Ellis, "Printing Ink Technology", Leonard Books Limited Eden Street, London, N.W. 1, 1961. p. 116-139.
2. K.H. Lee. R.A. Lane and B.Walker, Journal Environmental Health, 38(3). 168-169 (1975)
3. M.Joselow and J.D. Bogden, Americal Journal of Public Health, 54, 238-240 (1974).
4. อำนาจ สิทธัตตระกูล, วิทยาศาสตร์ 31(10), 29-31(2520)
5. นวลศรี ทยาพัชร, ข่าวสารวัตถุมีพิษ, 3(4), 31-33 (2519).
6. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, วิทยาศาสตร์, 31(7), 27-37 (2520)
7. อารี สุขประเสริฐ ไทยเภสัชสาร, 2(1), 621-631 (2520).
8. วิรัตน์ โอภาสนิพัทธ์ งานวิจัย การวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วในสิ่งตีพิมพ์, ภาควิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2522).
9. อุไภยพรรณ ลุวีระ, ใกล้หมอ, 2(9), 49-51(2521)

อิทธิพลของตะกั่วที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

กิตติ เอกอำพน *

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นพิษกำลังได้รับความสนใจอย่างมากจากสาธารณชน ในบรรดามลสารที่สำคัญทั้งหลายโลหะหนักจัดเป็นมลสารที่มีบทบาทมากและน่ากลัวอันตรายอย่างยิ่ง มนุษย์ได้นำเอาโลหะหนักหลายชนิดมาใช้ในการผลิตวัสดุอุปกรณ์เพื่อใช้ในการอุปโภค บริโภค กันอย่างกว้างขวาง ทำให้เกิดการแปดเปื้อนของโลหะหนักเข้าสู่สภาวะแวดล้อมในโลกอย่างไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ โลหะหนักจัดเป็นสารพิษสะสม เนื่องจากมีอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นถ้าได้รับสะสมเอาไว้จนมีปริมาณมากถึงขีดอันตราย โลหะหนักเป็นมลสารที่ไม่สลายตัวในธรรมชาติ ดังนั้นถ้าปริมาณที่มีอยู่ในสภาวะแวดล้อมมากเกินไป ก็จะมีผลกระทบที่เป็นอันตรายต่อสภาวะแวดล้อมได้

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักที่กำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางเพราะมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการศึกษาและวิเคราะห์หาโลหะหนักในสภาวะแวดล้อมของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. ๒๕๒๐ พบว่าตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่งในบรรดาโลหะหนักที่มีบทบาทสำคัญต่อปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทยในปัจจุบัน (เพริศพรรณ คณาธารณา, ๒๕๒๒)

ตะกั่วจัดเป็นมลสารเนื่องจากความเป็นพิษและการกระจายอยู่ทั่วไปทั้งในดินในน้ำ ในอากาศ ในพืช และในคน เมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับตะกั่วในปริมาณมาก จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อมนุษย์

ตะกั่วมีโอกาสเข้ารบกวนสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้หลายทาง ที่สำคัญคือทางที่ผ่านดินตามลูกโซ่ อาหาร กล่าวคือ จากดิน ⟶ พืช ⟶ มนุษย์ หรือจากดิน ⟶ พืช ⟶ สัตว์ ⟶ มนุษย์ และทางที่ผ่านอากาศตามลูกโซ่อาหาร กล่าวคือ จากอากาศ ⟶ พืช ⟶ มนุษย์ หรือจากอากาศ ⟶ พืช ⟶ สัตว์ ⟶ มนุษย์

แหล่งที่มาของตะกั่ว

ตะกั่วที่พบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปนั้นมีทั้งที่อยู่ในรูปของโลหะและในรูปของสารประกอบ โดยมีแหล่งที่มาที่สำคัญคือ

แหล่งตามธรรมชาติ

ตะกั่วมีเจือปนอยู่ทั้งในดิน ในน้ำ และในอากาศอยู่แล้วตามธรรมชาติในปริมาณ

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ค่อนข้างต่ำ เช่น พบว่าหินอัคนีและหินแปร มีตะกั่ว ๑๐-๒๐ ส่วนในล้านส่วน ในดินมีอยู่ค่อนข้างต่ำ โดยทั่วไปจะมีอยู่ประมาณ ๑๐-๑๕ ส่วนในล้านส่วน แต่ดินที่มีการเกษตรกรรมจะมี ๒-๒๐๐ ส่วนในล้านส่วน ดินปลูกพืชไร่มี ๒๐-๘๐ ส่วนในล้านส่วน ดินนาในประเทศไทยมี ๓-๘๑ ส่วนในล้านส่วน ดินตะกอนในอ่าวไทยตอนล่าง ๐.๐-๐.๕ ส่วนในล้านส่วน ในน้ำใต้ดิน๑-๖๐ส่วนในล้านส่วน และน้ำสะอาดโดยทั่วไปมี ๐.๐๐๕ ส่วนในล้านส่วน

บรรยากาศตามธรรมชาติคาดว่าปริมาณตะกั่วจะมีไม่มากนัก เพราะตะกั่วเป็นธาตุหนักและระเหิดไม่ได้

<u>แหล่งที่เกิดจากมนุษย์ทำขึ้น</u>

แหล่งที่ปล่อยตะกั่วออกสู่สิ่งแวดล้อมได้แก่ โรงงานทำแบตเตอรี่ โรงงานถลุงโลหะ โรงงานผลิตสีทาบ้าน โรงงานเครื่องเคลือบดินเผาฯลฯ แต่แหล่งเหล่านี้ยังเป็นแหล่งที่เล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตะกั่วที่ถูกปล่อยออกมาจากไอเสียรถยนต์ ซึ่งเป็นแหล่งที่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะของตะกั่วแหล่งใหญ่ และได้รับความสนใจค้นคว้าศึกษาอย่างกว้างขวาง ตะกั่วถูกเติมลงไปในน้ำมันเบ็นซินเพื่อเป็นตัวป้องกันการกระตุกของเครื่องยนต์ในรูปของตะกั่วเตตระเอทิล และตะกั่วเตตระเมทิล ในน้ำมันเบ็นซินหนึ่งลิตร จะมีตะกั่วละลายอยู่ราว ๐.๗ กรัม ประมาณ ๗๕% จะถูกปลดปล่อยออกมากับไอเสียในรูปของตะกั่วเฮไลด์และอนุภาคของไฮดรอกซีเฮไลด์ ซึ่งมีขนาดของอนุภาคเล็กกว่า ๕ ไมครอน และในรูปของสารเคมีต่าง ๆ เช่น ตะกั่วเตตระเอทิลและตะกั่วเตตระเมทิลที่ยังไม่ถูกเผาผลาญ ตะกั่วซัลเฟต สารประกอบเชิงซ้อนต่าง ๆ ของตะกั่วโบรไมด์และตะกั่วอ๊อกไซด์

ในปัจจุบันประเทศไทยใช้น้ำมันเบ็นซินประมาณ ๑,๖๐๐ ล้านลิตรต่อปี ประมาณ ๖๐% ของจำนวนนี้เป็นส่วนที่ใช้ในกรุงเทพมหานคร ฉะนั้นตะกั่วประมาณ ๓๘๔,๐๐๐ กิโลกรัมต่อปี หรือประมาณ ๑,๐๕๒ กิโลกรัมต่อวัน จะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมในกรุงเทพมหานคร (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต, ๒๕๒๐)

<u>ความเป็นพิษของตะกั่วที่มีต่อมนุษย์</u>

พิษภัยอันเกิดจากตะกั่วที่มีต่อมนุษย์และสัตว์จะอยู่ในลักษณะของการค่อย ๆ สะสมเพิ่มความเป็นพิษมากขึ้น (chronic effect) มากกว่าการเกิดความเป็นพิษอย่างเฉียบพลัน (acute effect) อาการแพ้พิษตะกั่วมีผู้ศึกษามาก และเสนอรายละเอียดเอาไว้ อาการแพ้พิษชนิดเฉียบพลันจะทำให้รู้สึกมีรสของโลหะในปาก (metallic taste) คอแห้ง กระหายน้ำ ปวดแสบปวดร้อนในท้องอย่างรุนแรง อุจจาระสีดำ คลื่นไส้ วิงเวียน กล้ามเนื้อกระตุก ส่วนอาการแพ้พิษแบบเรื้อรังจะมีการอ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ที่เหงือกมีลักษณะเป็นเส้นสีเทาปนดำ (lead line) เป็นอัมพาต โดยอาการจะเริ่มแสดงในกล้ามเนื้อที่ใช้งานมากก่อน เช่น บริเวณข้อมือ ข้อเท้า มีผลทำให้เกิดอาการมือและเท้าตก

นอกจากนี้ตะกั่วยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง โดยตะกั่วจะไป

ขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน ขัดขวางการทำงานของเม็ดโลหิตแดงที่มีอายุมาก เร่งการทำงานของตับและม้ามในการกำจัดเม็ดโลหิตแดง

องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้เสนอแนะว่าระดับของตะกั่วที่ก่อให้เกิดความเป็นพิษได้นั้นอาจพิจารณาได้จาก

-ปริมาณตะกั่วในเลือด ซึ่งโดยปกติจะมีระดับ ๑๐-๔๐ ไมโครกรัมต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

-ปริมาณตะกั่วในปัสสาวะซึ่งโดยปกติจะมีระดับ ๓๐-๕๕ ไมโครกรัมต่อลิตร

-ปริมาณตะกั่วในเส้นผม ซึ่งโดยปกติจะมีระดับ ๑๑-๑๔ ไมโครกรัมต่อกรัม

-ปริมาณตะกั่วในฟัน

-ปริมาณตะกั่วในกระดูก

ระดับตะกั่วในฟันและกระดูกยังมิได้มีการกำหนดค่า และไม่นิยมวิเคราะห์กัน มีข้อเสนอแนะว่าสมดุลย์ของตะกั่วที่ไม่ทำให้เกิดพิษในร่างกายมนุษย์ตลอดชีวิตคือ ๐.๖ มิลลิกรัมต่อวัน

<u>บทบาทของตะกั่วในพืช</u>

พืชสามารถได้รับตะกั่วจากสิ่งแวดล้อมสองทางคือ ทางรากโดยมีแหล่งมาจากดินในรูปของสารละลายตะกั่วที่อยู่ในดิน และทางใบซึ่งมีแหล่งมาจากอนุภาคของตะกั่วที่เจือปนอยู่ในอากาศตกลงสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืช ซึ่งส่วนใหญ่คือใบ

ตะกั่วจากดินจะถูกรากพืชดูดซึม (absorb) เข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ของพืชมากขึ้น เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายในดินที่พืชเจริญเติบโตอยู่เพิ่มขึ้น ตะกั่วที่พืชดูดซึมโดยทางรากเข้าไปนี้ จะกระจายไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อในอวัยวะส่วนต่างๆ ของพืชมากน้อยแตกต่างกัน โดยพบว่ามีแนวโน้มเรียงลำดับจากความเข้มข้นมากไปหาความเข้มข้นน้อยดังนี้

ราก ≫ ลำต้น > ใบ > เมล็ด (Lagerwerft et al, 1973)

แนวโน้มของการสะสมตะกั่วมากในรากนั้น มีผู้สังเกตุพบมานานแล้ว เช่น Jones et al (1973) พบว่าหญ้าที่ปลูกในสารละลายของธาตุอาหารที่มีตะกั่วเจือปน มีตะกั่วในต้นเพียง ๐.๒-๕๘.๔ ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง ในขณะที่ตะกั่วในรากมีมากถึง ๕.๕-๕,๓๑๐ ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืชโดยทางรากนี้จะถูกลำเลียงขึ้นสู่ส่วนต้นได้ค่อนข้างน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยว (Pinkerton & Simpson, 1977) ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าไปนี้จะสะสมในเนื้อเยื่อพืชด้วยความเข้มข้นสูงกว่าความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารภายนอกรากเสมอ (Simola, 1976)

ในบรรดาโลหะสำคัญ ๆ เช่น เหล็ก ทองแดง นิเกิล โคบอลต์ ตะกั่ว และสังกะสีนั้น เมื่อจัดอันดับความสามารถในการดูดซึมโดยรากพืช ตะกั่วมีแนวโน้มถูกดูดซึม

โดยทางรากได้มากกว่าโลหะชนิดอื่น ๆ หลายชนิดดังนี้

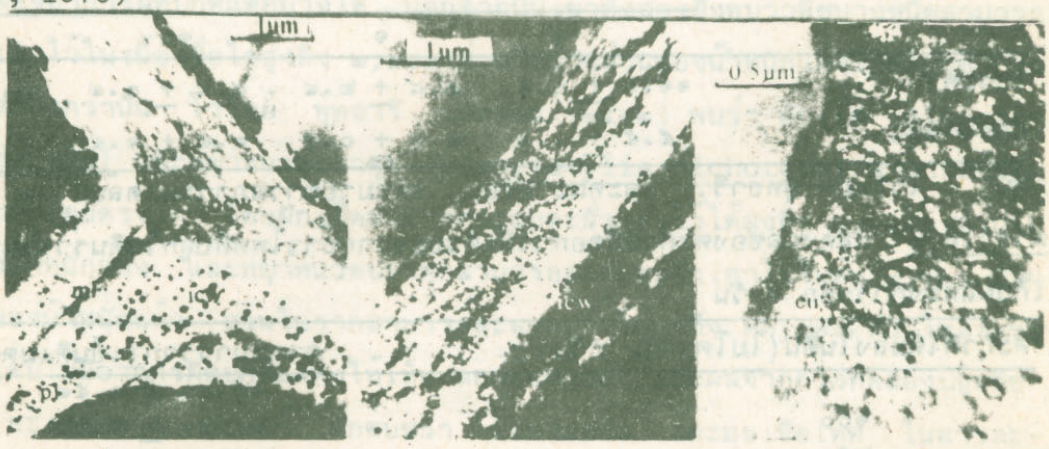
เหล็ก ≫ ตะกั่ว > ทองแดง ≫ นิเกิล, สังกะสี > โคบอลต์

(Puckett et al, 1973)

ตะกั่วในรูปของอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ซึ่งจะค่อย ๆ ตกลงสู่พื้นโลกด้วยแรงโน้มถ่วงนั้น ส่วนหนึ่งจะตกลงสู่ใบพืชเกาะติดอยู่บนใบพืชนั้น โดยส่วนหนึ่งจะถูกพืชดูดซับ (adsorb) เอาไว้ที่ผิวใบ มีส่วนน้อยมากที่พืชสามารถดูดซึม (absorb) เข้าไปภายในใบได้ ฝุ่นตะกั่วที่จับอยู่บนใบพืชนี้ส่วนใหญ่จะหลุดออกไปได้เมื่อโดนน้ำหรือฝนชะล้าง ตะกั่วที่พืชได้รับโดยทางใบจะมีการกระจายไปสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อในอวัยวะส่วนอื่นของพืชได้น้อยมาก ซึ่งก็เป็นพฤติกรรมแบบเดียวกับการดูดซึมตะกั่วโดยทางราก เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะตะกั่วเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติเคลื่อนย้ายในพืชได้น้อยมาก (immobile) ดังนั้นเมื่อตะกั่วถูกดูดซึมโดยเนื้อเยื่อของอวัยวะส่วนใดก็จะยังคงสะสมอยู่ ณ ที่นั้นเป็นส่วนใหญ่

จากการวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่วภายในพืชของไววิทย์ พุทธารีและคณะ (๒๕๒๒) โดยเปรียบเทียบระหว่างสองบริเวณที่มีแหล่งของตะกั่วที่เจือปนเข้าสู่พืชแตกต่างกัน ผลปรากฏว่า บริเวณที่มีการเจือปนของตะกั่วเข้าสู่พืชทางอากาศ มีผลทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วในส่วนต้นสูงกว่าในรากอย่างเห็นได้ชัด และในทำนองเดียวกัน บริเวณที่ตะกั่วเจือปนเข้าสู่พืชทางดิน รากจะมีความเข้มข้นของตะกั่วสะสมอยู่สูงกว่าในต้นอย่างเห็นได้ชัดเช่นเดียวกัน

ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืช ส่วนใหญ่จะไปยึดเกาะอยู่กับผนังเซลล์ (ดังรูปที่ ๑) มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่สามารถกระจายเข้าสู่ไซโตปลาสซึมและช่องว่างภายในเซลล์ มีตะกั่วบางส่วนสามารถแทรกผ่านเมมเบรนของคลอโรพลาสต์เข้าไปจับอยู่บนกรานาได้ (Sharpe & Denny, 1976)



รูปที่ ๑ ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์แบบอิเลคตรอน แสดงตำแหน่งของตะกั่ว (จุดสีดำเล็กๆ) ที่ถูกดูดซึมเข้าไปสะสมอยู่ที่ผนังเซลล์เป็นส่วนใหญ่ ภายในใบของ Potamogetaon pectinalis L. ocw = outer cell wall, icw = inner cell wall ml = middle lamella, pl = plasmalemma, cu = cuticle

(ที่มา : Sharpe, V., and Denny, P. 1976. Jour.Expt.Bot.27:1158)

ผลของตะกั่วที่มีต่อพืชเมื่อมีการสะสมตะกั่วเอาไว้ในเนื้อเยื่อนั้น มีความคิดเห็นแยกกันออกเป็น ๓ แนวทาง คือ ความคิดเห็นที่เชื่อว่าตะกั่วมีผลในทางยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ผลในทางช่วยการเจริญเติบโตของพืช และความคิดเห็นที่เชื่อว่าตะกั่วไม่มีผลใด ๆ ต่อพืชเลย

แนวความคิดแรกนั้นมีผู้สนับสนุนหลายคน เช่น Davis & Barnes (1973) พบว่าตะกั่วที่ระดับความเข้มข้นภายนอกราก ๔๐-๔,๐๐๐ ส่วนในล้านส่วนมีผลลดอัตราการเจริญเติบโตของต้นอ่อนสนและเมเปิล Bazzaz et al. (1974) พบว่าการเติมตะกั่วลงในสารละลายธาตุอาหาร มีผลลดการสังเคราะห์แสงและการคายน้ำของข้าวโพด (Zea mays)และถั่วเหลือง (Glycine max) อย่างมาก ทั้งนี้คาดว่าเป็นเพราะตะกั่วมีผลรบกวนการทำงานของปากใบ โดยความรุนแรงของผลที่เกิดขึ้นนี้เป็นปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของตะกั่วที่เพิ่มขึ้น ไววิทย์ พุทธารี และคณะ (๒๕๒๒) พบว่าตะกั่วอาจมีผลรบกวนการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด เช่น โหระพาและผักกวางตุ้งมีแนวโน้มลดน้ำหนักลง เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วในสารละลายธาตุอาหารภายนอกรากเพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ ๑) แต่อย่างไรก็ตาม ตะกั่วไม่มีผลทำให้พืชมีอาการผิดปกติให้สังเกตุเห็นแต่อย่างใด Hassett et al. (1976) พบว่าตะกั่วที่เติมลงในดินที่ปลูกข้าวโพด มีผลยับยั้งการยืดตัวของรากข้าวโพด โดยความรุนแรงของอาการที่เกิดขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของตะกั่วที่เพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ ๒)

ตารางที่ ๑ แสดงน้ำหนักแห้งที่ลดลงของโหระพาและผักกวางตุ้ง (กรัม/ต้น) เมื่อความเข้มข้นของตะกั่วเพิ่มขึ้น

ชนิดของพืช	ความเข้มข้นของตะกั่ว (ส่วนในล้านส่วน)			
	๐	๑	๑๐	๑๐๐
โหระพา	๑๑.๓ ± ๐.๕	๙.๘ ± ๒.๔	๘.๘ ± ๐.๔	๗.๓ ± ๐
ผักกวางตุ้ง	๕.๕ ± ๐.๑	๒.๙ ± ๐.๕	๓.๔ ± ๑.๔	๓.๓ ± ๐.๘

(ที่มา : ไววิทย์ พุทธารี. และคณะ ๒๕๒๒. จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม ๒ : ๘)

ตารางที่ ๒ แสดงผลของตะกั่วที่มีต่อการยืดตัวของรากข้าวโพดที่ปลูกในดินร่วนปนทราย เมื่อเก็บผลหลังการงอก ๕ วัน

ตะกั่วที่เติมลงในดิน (ไมโครกรัม/กรัม)	ความยาวราก (เซ็นติเมตร)
๐	๑๒.๐๐ ± ๑.๕๔
๑๐๐	๑๑.๖๑ ± ๑.๒๘
๒๕๐	๙.๗๔ ± ๒.๓๓
๕๐๐	๖.๒๘ ± ๑.๒๗
๑๐๐๐	๐.๖๗ ± ๐.๒๓
๒๐๐๐	๐.๒๑ ± ๐.๐๗

(ที่มา : Hassett, J.J.; et al. 1976. Environ. Pollut. 11 : 299)

ตะกั่วอาจมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในระดับโครงสร้างของเซลล์พืชได้ Simola (1976) พบว่าเซลล์ของสแฟกนั่มมอส (Sphagnum nemoreum) ที่เลี้ยงในอาหารปลอดเชื้อที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ ๒๐๗.๑๙ ส่วนในล้านส่วนจะเกิดอาการพลาสมาเลมมาแยกตัวหลุดออกจากผนังเซลล์ มีการลดพัฒนาการของไทลาคอยด์ในคลอโรพลาสต์ลงมาก การสร้างแป้งลดลง เกิดการฝ่อของคลอโรพลาสต์, ไมโตคอนเดรีย และไรโบโซม ตะกั่วในความเข้มข้นเพียง ๑ ส่วนในล้านส่วน สามารถทำให้โครงสร้างของคลอโรพลาสต์ของสาหร่ายพุงชะโด(Ceratophyllum demersum) ผิดปกติไป นอกจากนี้ Rosen et al. (1977)พบว่าตะกั่วมีผลลดการดูดซึมและการลำเลียงธาตุเหล็ก ทำให้พืชมีธาตุเหล็กน้อยลงไม่พอเพียงกับความต้องการสำหรับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์

ส่วนแนวความคิดที่ว่าตะกั่วมีผลช่วยการเจริญเติบโตของพืชนั้น Hewitt (1953) เป็นผู้สนับสนุน โดยเขาเชื่อว่าตะกั่วเป็นธาตุอาหารรอง (micro nutrient) ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่ไม่มีหลักฐานยืนยันแน่ชัด

หลักฐานที่สนับสนุนว่าตะกั่วไม่มีผลใด ๆ ต่อพืชมีอยู่มาก จากรายงานผลการศึกษาลักษณะของข้าวโพดที่ได้รับตะกั่วในปริมาณ ๓๒ กิโลกรัม/เฮคเตอร์ของ Baumhardt & Welch (1972) พบว่าตะกั่วไม่มีผลรบกวนการงอกของต้นอ่อน ความสูงและรูปร่างของต้น จำนวนเมล็ด สีฝัก ระยะการสุกของฝัก และการเจริญเติบโตของข้าวโพดแต่อย่างใด Simola (1976) พบว่าตะกั่วเข้มข้น ๒๐-๒๐๗ ส่วนในล้านส่วนในสารละลายธาตุอาหาร ไม่มีผลทำให้ French bean (Phaseolus vulgaris) มีน้ำหนักแห้งลดลงหรือเกิดความผิดปกติใด ๆ เลย และที่ความเข้มข้น ๑๐๐ ส่วนในล้านส่วน ต้นอ่อนของพืชพวกแตง(cucumber) ไม่แสดงอาการผิดปกติแต่อย่างใด นอกจากนั้นเขาทั้งสองยังพบว่าพืชบางชนิดสามารถสะสมตะกั่วเอาไว้ในเนื้อเยื่อได้สูงถึง ๒,๐๐๐ ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้งโดยไม่มีอาการผิดปกติ และยิ่งกว่านั้น ไววิทย์ พุทธารี และคณะ (๒๕๒๒) พบว่า ผักเป็ด (Altenanthera sessiles) และหญ้าหนวดปลาดุก (Fimbristylis dichotoma) สามารถขึ้นบนดินที่มีสารตะกั่วโดยตรงได้ โดยผักเป็ดสามารถสะสมตะกั่วเอาไว้ได้สูงถึง ๒๐,๙๕๑ ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง และหญ้าหนวดปลาดุกสามารถสะสมตะกั่วเอาไว้ในต้น ๒,๒๗๘ ส่วนในล้านส่วนของน้ำหนักแห้ง ส่วนในรากสามารถสะสมตะกั่วได้สูงถึง ๓๓,๘๗๔ ส่วนในล้านของน้ำหนักแห้งโดยไม่มีอาการผิดปกติแสดงให้เห็นเลยแม้แต่น้อย และผลจากการทดลองปลูกพืช ๕ ชนิด คือ กะเพราขาว ตะไคร้ ผักตบชวา พังพวยฝรั่ง และมะเขือเทศ ในสารละลายธาตุอาหารที่มีตะกั่วเจือปนอยู่ ๑, ๑๐ และ ๑๐๐ ส่วนในล้านส่วน ปรากฏว่าพืชเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตได้โดยปกติไม่แตกต่างไปจากพืชที่เจริญอยู่ในที่ซึ่งไม่มีตะกั่วเจือปนอยู่เลย (ดังตารางที่ ๓ และ ๔)

ตารางที่ ๓ ผลของตะกั่วที่มีต่อน้ำหนักแห้งของพืช (กรัม/ต้น)

พืช	ความเข้มข้นของตะกั่วที่ให้ (ส่วนในล้านส่วน)			
	๐	๑	๑๐	๑๐๐
กะเพราขาว	๑๗.๘ ± ๑.๗	๑๖.๕ ± ๒.๑	๑๘.๕ ± ๓.๒	๒๐.๙ ± ๑.๙
ตะไคร้	๓๓.๘ ± ๔.๖	๔๑.๒ ± ๒.๙	๔๐.๕ ± ๔.๗	๓๕.๓ ± ๑.๘
ผักตบชวา	๑๕.๒ ± ๒.๘	๒๑.๑ ± ๓.๓	๑๖.๒ ± ๐.๘	๑๕.๙ ± ๑.๔
พังพวยฝรั่ง	๓๒.๔ ± ๐.๖	๓๕.๖ ± ๑.๓	๓๓.๐ ± ๒.๒	๓๒.๑ ± ๑.๑
มะเขือเทศ	๑๕.๓ ± ๓.๘	๒๔.๔ ± ๖.๒	๑๘.๙ ± ๓.๖	๒๑.๖ ± ๓.๗

(ที่มา : ไววิทย์ พุทธารี และคณะ. ๒๕๒๒. จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม. ๒ : ๘)

ตารางที่ ๔ ระดับความผิดปกติของพืชเมื่อได้รับตะกั่วที่ความเข้มข้นต่างกัน

พืช	ระดับความผิดปกติ เมื่อได้รับตะกั่วเข้มข้น (ส่วนในล้านส่วน)			
	๐	๑	๑๐	๑๐๐
กะเพราขาว	๐	๐	๐	๐
ตะไคร้	๐	๐	๐	๐
ผักตบชวา	๐	๐	๐	๐
พังพวยฝรั่ง	๐	๐	๐	๐
มะเขือเทศ	๐	๐	๐	๐

* ระดับความผิดปกติ ๐ = ไม่มีอาการผิดปกติใด ๆ

(ที่มา : ไววิทย์ พุทธารี และคณะ. ๒๕๒๒. จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม ๒ : ๙)

บทสรุป

อาจกล่าวได้ว่ามีพืชหลายชนิดที่ไม่แสดงอาการผิดปกติใด ๆ ออกมาให้สังเกตเห็นได้เลยเมื่อได้รับตะกั่ว ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะสาเหตุ ๒ ประการคือ ประการแรก ตะกั่วที่ถูกดูดซึมเข้าสู่พืชมีผนังเซลล์ เป็นตัวกีดขวางที่แน่นหนาคอยป้องกันการแทรกซึมของตะกั่วเข้าไปภายในเซลล์พืช ตะกั่วจึงถูกกักอยู่ในที่ซึ่งไม่สามารถออกฤทธิ์ได้ ส่วนสาเหตุอีกประการหนึ่งก็คือความแตกต่างของความทนทานต่อพิษตะกั่วอันเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของพืชแต่ละชนิด Pinkerton & Simpson (1977) ได้ทำการศึกษาทดลองอย่างมากเกี่ยวกับเรื่องความเป็นพิษของตะกั่วที่มีต่อพืช และได้สรุปเอาไว้ว่าสาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างของพฤติกรรมของพืชเมื่อได้รับตะกั่วเกิดจากความแตกต่างของชนิดพืชเป็นสำคัญ ปริมาณตะกั่วที่พืชสะสมเอาไว้ในเนื้อเยื่ออาจไม่ทำให้พืชแสดงอาการได้รับพิษหรือตายลงก็จริง แต่ถ้าหาก

มีการเก็บเกี่ยวพืชผลไปใช้ประโยชน์ในแง่ของอาหาร ก็จะทำให้ตะกั่วแพร่กระจายเข้าสู่ลูกโซ่อาหาร (food chain) และเกิดการสะสมพิษเพิ่มมากขึ้น ๆ (biological magnification) จนทำให้เกิดอันตรายจากพิษตะกั่วแบบผ่อนส่งโดยไม่รู้ตัว

ความกังวลของนักสิ่งแวดล้อมต่อสภาวะการสะสมตะกั่วหรือโลหะหนักต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นในสิ่งแวดล้อมมิใช่สิ่งที่เกินกว่าเหตุ เพราะในปรากฏการณ์ตามธรรมชาติสารอินทรีย์ - สามารถรวมตัวกับตะกั่วเป็นสารที่มีองค์ประกอบซับซ้อน ทำให้มีคุณสมบัติสามารถละลายหรือแขวนลอยอยู่ในสารละลายในดินได้โดยไม่เกิดการตกตะกอน หรือถูกดูดซับและดูดซึมเอาไว้ในดิน จริงอยู่แม้ดินจะทำหน้าที่เป็นตัวลดพิษที่ดีของโลหะหนัก เพราะดินมีอนุภาคคอลลอยด์ซึ่งสามารถดูดซับและดูดซึมโลหะหนักเอาไว้ โดยการใช้ active sites จับยึดโลหะหนักเอาไว้แน่นจนหลุดออกสู่สารละลายในดินได้ยาก แต่ความสามารถดังกล่าวของดินมีขอบเขตจำกัด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ และชนิดของอนุภาคคอลลอยด์ในดิน กับทั้งยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ นอกจากนั้นตะกั่วที่แปดเปื้อนเข้าสู่พืชในรูปของอนุภาคตะกั่วที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ ซึ่งจะตกลงสู่ส่วนต่าง ๆ ของพืชก็เป็นปัญหาที่นับวันยิ่งเด่นชัดและน่ากลัวอันตรายมากขึ้น จึงน่าจะมีการศึกษาโดยละเอียดต่อไป

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

1. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต. ดร. ๒๕๒๐. "ปัญหาการเจือปนเพิ่มขึ้นของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม" <u>วิทยาศาสตร์</u>. ๓๑ : ๓๑-๓๗.
2. เพริศพรรณ คณาธารณา. ๒๕๒๐. "ปัญหาโลหะหนักในอากาศทั่วไปในกรุงเทพมหานคร" <u>รายงานการสัมมนาทางวิชาการ</u>. ปัญหามลภาวะของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. ไววิทย์ พุทธารี และคณะ ๒๕๒๒. "ความต้านทานต่อพิษตะกั่วและธาตุหนักอย่างอื่นของพืช." <u>รายงานความก้าวหน้าการวิจัย</u>. จดหมายข่าวสภาวะแวดล้อม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ๒ : ๕-๑๐.
4. Baumhardt, G.R., and Welch, L.F. 1972. "Lead Uptake and Corn Growth with Soil-applied Lead." <u>J.Environ. Quality</u>. 1: 92-94.
5. Bazzaz, F. A.; Rolfe, G.L., and Windle, P. 1974. "Differing Sensitivities of Corn and Soybean Photosynthesis and Transpiration to Lead Contamination." <u>J.Environ.Quality</u>. 3 : 150-158.
6. Davis, J.B., and Barnes, R.L. 1973. "Effect of Lime on Lead

Uptake by Soil-applied Fluoride and Lead on Growth of Lobrolly, Pine and Red Maple." Environ.Pollut.5:35-44.

7. Hassett, J.J.;Miller, J.E., and Koeppe, D.E. 1976. "Interaction of Lead and Cadmium on Maize Root Growth and Uptake of Lead and Cadmium by Roots." Environ.Pollut. 11:297-301.

8. Hewitt, E.T. 1953. "Metal Interrelationships in Plant Nutrition. I. Effects of Some Metal Toxicities on Sugar Beet, Tomato,Oat, Potato, and Marrowstem Kale Grown in Sand Culture." Jour. Expt. Bot. 4 : 59-64.

9. Jones, L.H.P.; Clement, C.R., and Hooper, M.J. 1973. "Lead Uptake from Solution by Perennial Ryegrass and It's Transport from Roots to Shoots." Plant and Soil. 38 : 403-414.

10. Lagerwerft, J.V.; Armiger, W.H., and Specht, A.W. 1973. "Uptake of Lead by Alfalfa and Corn from Soil and Air. Soil Sci. 115 : 455-459.

11. Pinkerton, A., and Simpson, J.R. 1977. "Root Growth and Heavy Metal Uptake by three Graminaceous Plants in Differentially Limed Layers of an Acid, Minespoil-Contaminated Soil." Environ. Pollut. 14 : 159-167.

12. Puckett, K.J.; Nieboer, E.; Gorzinski, M.J., and Richardson,D. H.S. 1973. "The Uptake of Metal Ions by Lichens : A Modified Ion-Exchange Process." New.Phytol. 727:329-342.

13. Rosen, J.A.; Pike, C.S., and Golden, M.L. 1977. "Zinc, Iron and Chlorophyll Metabolism in Zinc Toxic Corn." Plant. Physiol. 59:1085-1087.

14. Sharpe, V., and Denny, P. 1976. "Electron Microscope Study on the Absorption and Localization of Lead in the Leaf Tissue of Potamogeton pectinalis L." Jour. Expt.Bot. 27:115-1159.

15. Simola,L.K.1976. "The Effect of Lead,Cadmium,Arsenate and Fluoride Ions on the Growth and Fine Structure of Sphagnum nemoreum in Aseptic Culture."Can.Jour.Bot.55:426-430.

สารประกอบเชิงซ้อนกับยารักษาโรค

กิตติ อมรจารุสิริ *

สารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) หรือสารประกอบโคออดิเนชั่น (coordination compound) เกิดจากการรวมตัวระหว่างโลหะอิออน (metal ion) กับลิแกนด์ (ligand) ดังสมการ

$$M^{n+} + xL = (ML_x)^{n+}$$

โลหะอิออน ลิแกนด์ สารประกอบเชิงซ้อน

ชนิดของลิแกนด์ อาจจะเป็นลิแกนด์เดี่ยว (monodentate ligand) ซึ่งเป็นลิแกนด์ที่สามารถเกิดพันธะเคมีกับโลหะอิออนได้เพียงตำแหน่งเดียว ตัวอย่างเช่น Cl^-, Br^-, H^- และ OH^- เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีลิแกนด์อีกชนิดหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมากคือ ลิแกนด์ที่มีตำแหน่งในการเกิดพันธะเคมีได้หลายตำแหน่งซึ่งเรียกว่า chelating ligand หรือ chelating agent ตัวอย่างของลิแกนด์ชนิดนี้แสดงดังตารางที่ ๑ ในสารประกอบเชิงซ้อนตัวเดียวกัน อาจจะมีลิแกนด์ได้ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปซึ่งเรียกว่าสารประกอบเชิงซ้อนผสม (mixed complex)

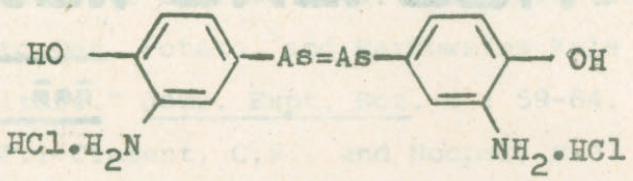
สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจะเสถียรมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าคงที่ของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (complex formation constant, K_f) แสดงได้ดังสมการ

$$K_f = \left[(ML_x)^{n+}\right] / \left[M^{n+}\right]\left[L\right]^x$$

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมื่อ $\left[(ML_x)^{n+}\right]$, $\left[M^{n+}\right]$ และ $\left[L\right]$ เป็นความเข้มข้นของสารประกอบเชิงซ้อน, ความเข้มข้นของโลหะอิออนและความเข้มข้นของลิแกนด์ตามลำดับ ถ้าค่า K_f มีค่าสูงก็จะทำให้สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นมีเสถียรภาพสูง

การรักษาโรคโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อนได้เริ่มต้นตั้งแต่ Paul Ehrlich[1] สังเคราะห์สารประกอบเชิงซ้อนของอาร์เซ็นนิค (As) มีชื่อว่า salvarsan ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้



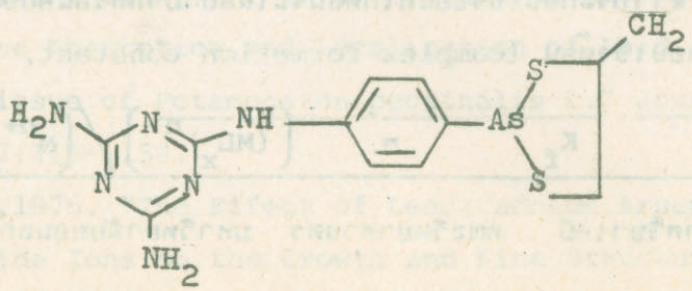
salvarsan

ยาชนิดนี้ใช้ในการรักษาโรคซิฟิลิส หลังจากนั้นได้มีการศึกษาค้นคว้าและทำการวิจัยเกี่ยวกับประโยชน์ของสารประกอบเชิงซ้อนมากขึ้น โดยอาศัยคุณสมบัติสำคัญของ chelating agent ที่สามารถเกิดการรวมตัวกับโลหะอิออนได้ เป็นหนทางนำไปสู่การกำจัดโลหะเป็นพิษออกจากร่างกาย ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการรักษาโรคโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อน

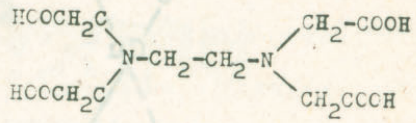
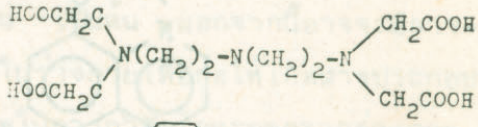
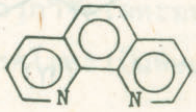
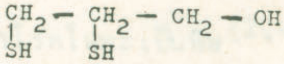
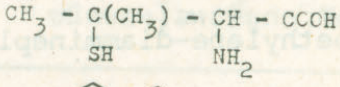
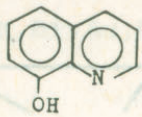
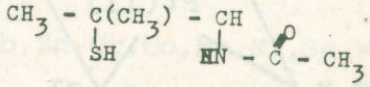
จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้สามารถจำแนกวิธีการรักษาโรคออกเป็น ๒ วิธีดังนี้คือ [2]

๑. โดยการกิน (หรือฉีด) สารประกอบเชิงซ้อนเข้าไปในร่างกายโดยตรง เมื่อสารประกอบเชิงซ้อนถูกนำเข้าไปในร่างกาย และเมื่อเข้าสู่กระแสโลหิต ก็จะมีขบวนการนำเอาโลหะอิออนชนิดหนึ่ง ๆ ไปยังอวัยวะต่าง ๆ เพื่อการบำบัดรักษา[1] นอกจากนี้ยังอาจจะเกิดการสลายตัวของโลหะอิออนหรือ/และสารประกอบเชิงซ้อนทำให้สามารถฆ่าสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กที่บุกรุกเข้าไปในร่างกาย ตัวอย่างสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวได้แก่ [1, 3, 4]

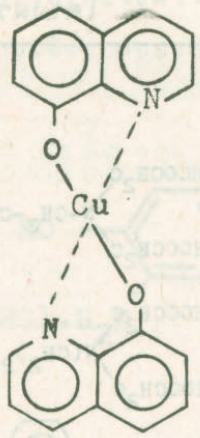
๑.๑ Melarsoprol มีฤทธิ์ในการต่อต้านหรือฆ่าเชื้อ trypanosomal



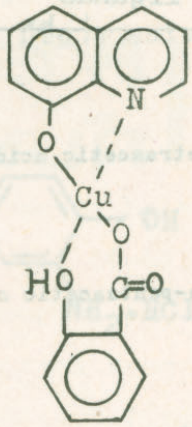
ตารางที่ ๑ ตัวอย่างของ chelating ligands บางชนิด

chelating ligands	โครงสร้าง
ethylenediamine-tetraacetic acid(EDTA)	
diethylenetriamine-pentaacetic acid(DTPA)	
1,10-phenanthroline	
2,3-dimercaptopropanol (BAL)	
penicillamine	
8-hydroxyquinoline	
N-acetyl-penicillamine	

๑.๒ Copper-8-hydroxyquinoline (รูป ก)และ Copper-8-hydroxyquinoline-salicylate (รูป ข) ใช้ฆ่าเชื้อราและแบคทีเรีย

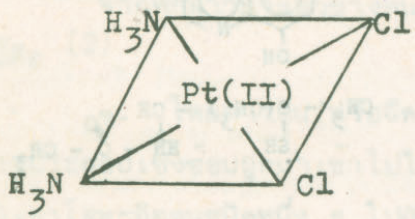


(ก)

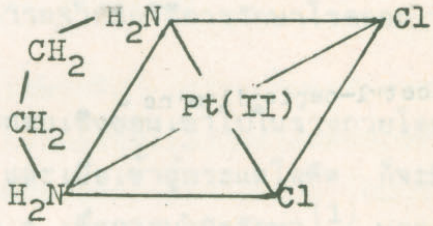


(ข)

๑.๓ cis-dichlorodiammineplatinum (II) (รูป ค) และ Dichloroethylene-diammineplatinum (II) (รูป ง) ใช้รักษาโรคมะเร็ง[5]

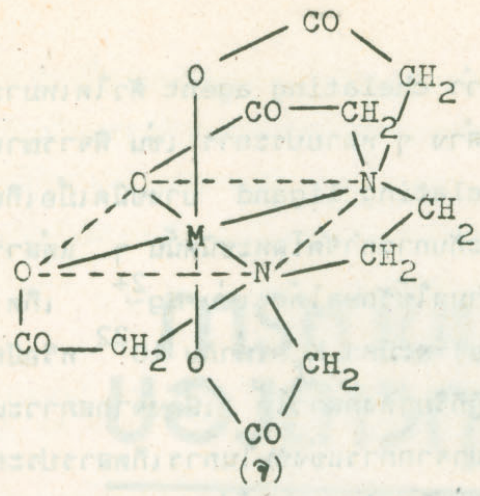


(ค)



(ง)

๒. โดยการกิน (หรือฉีด) chelating agent ซึ่งเป็นลิแกนด์เข้าไปในร่างกาย เมื่อเข้าสู่กระแสโลหิตก็จะเกิดการรวมกันระหว่าง chelating ligand กับโลหะอิออนซึ่งมีอยู่ในร่างกาย เป็นวิธีการกำจัดโลหะที่เป็นพิษหรือโลหะที่มีมากเกินความต้องการได้ ตัวอย่างเช่น EDTA เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะรวมตัวกับโลหะ (M) ซึ่งมีโครงสร้าง (รูป จ) ดังนี้



(๑)

โลหะ (M) ในที่นี้อาจจะเป็น Pb, Zn, Co และ Cu เป็นต้น นอกจากนี้อาจจะมีการฉีด chelating agent ๒ ชนิดพร้อม ๆ กันเข้าไปในร่างกายเพื่อก่อให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนผสมที่มีเสถียรภาพดีกว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะออกจากร่างกายได้ดีขึ้น ตัวอย่างของ chelating ligand ที่ใช้รักษาโรคโลหะเป็นพิษแสดงไว้ในตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ ตัวอย่าง chelating ligand ที่ใช้รักษาโรคโลหะเป็นพิษ[2,4]

chelating ligands	ชนิดของโลหะที่ถูกกำจัด
2,3-dimercaptopropanol (BAL)	Cr,Sb,As,Bi,Au,Hg,Pb,Cd
2,3-dimercaptopropanol-1-sulphonate	Ni,W,Zn
ethylenediamine-tetraacetic acid (EDTA)	Cu,Pb,Zn,Cr,Co,Mn,Ni,Se,W,U,V,Pu
diethylenetriamine-pentaacetic acid (DTPA)	Cu,Pb,Zn,Cr,Co,Mn,Ni,Se,W,U,V,Pu,Fe
D-penicillamine และ N-acetyl-D-penicillamine	Cu,Hg,Cd,Cr,Pb,Ni,Zn,Co
Triethylenetetramine dihydrochloride (TETA)	Cu
Hydroxamic acid derivative	Fe(III), Pu(IV)
Dimercaptosuccinic acid	Hg

การพิจารณาว่า chelating agent ตัวใดเหมาะสมกับการกำจัดโลหะชนิดใดต้องพิจารณาถึงข้อมูลต่าง ๆ หลายประการ เช่น พิจารณาค่าคงที่ของการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน (K_f) chelating ligand บางชนิดเมื่อเกิดสารประกอบเชิงซ้อนแล้วจะมีค่า K_f สูงมากซึ่งเหมาะกับการกำจัดโลหะชนิดนั้น ๆ แต่สารประกอบเชิงซ้อนบางชนิดที่มีค่า K_f สูงก็ไม่สามารถนำมาใช้รักษาได้ เช่น Hg^{2+} เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ EDTA (ภายนอกร่างกาย) จะมีค่า K_f เท่ากับ 10^{22} หรือมีค่า 22 log unit แต่ในร่างกายไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวได้ เนื่องจากสภาวะแวดล้อมในร่างกายไม่เหมาะสม สาเหตุสืบเนื่องมาจากการแข่งขันในการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ระหว่าง Hg^{2+} กับอิออนชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ในเลือด ทำให้ค่า K_f ลดลงเหลือน้อยกว่า $10^{0.4}$ (0.4 log unit) การรักษาปรอท (Hg) เป็นพิษมักนิยมใช้ chelating ligand ที่มีซัลเฟอร์ (S) เป็นองค์ประกอบเช่น BAL, penicillamine และ dimercaptosuccinc acid เป็นต้น (แสดงไว้ในตารางที่ ๒) เนื่องจากปรอทสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ chelating ligand ดังกล่าวได้ดีและมีการแข่งขันกับอิออนชนิดอื่นน้อย

ผลเสียของ chelating ligand ก็มีมากเช่นกัน ตัวอย่างเช่น BAL เป็นลิแกนด์ที่เหมาะสมในการกำจัด As, Pb, Sb, Cd และ Bi ออกจากร่างกายได้ แต่โลหะดังกล่าวที่ใดเมื่อมีปริมาณสูงขึ้นก็เป็นอันตรายถึงตายได้ พบว่าถ้าใช้ EDTA หรือ BAL ในการรักษาโลหะเป็นพิษ จะมีอัตราการตายประมาณ ๒๓-๓๐%[4] จึงต้องใช้ในการรักษาเฉพาะคนไข้ที่มีโลหะเหล่านี้ในร่างกายในปริมาณไม่สูงมากนัก การพิจารณาว่า chelating ligand ตัวใดเหมาะสมในการรักษาโรคจะต้องคำนึงถึงสาเหตุหลายประการ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงจะทำให้ การรักษาโรคด้วยวิธีนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Schubert, J. (1981) Trends. Pharmacol. Sci. 2(1) : 6-9.
2. Seven, M.J. (1960) Metal-Binding in Medicine. Philadelphia : J.B.Lippincott Company.
3. Albert, A. (1979) Selective Toxicology. London : Chapman & Hall.
4. Schubert, J. (1981) Trends. Pharmacol. Sci. 2(2) : 50-52.
5. Rosenberg, B. (1978) Interdisciplinary Science Reviews 3, 134-147.

การหาขนาดของดาวฤกษ์

สุพล บริพันธ์ *

บทนำ

ตั้งแต่โบราณกาลมาแล้วที่มนุษย์ได้เฝ้ามองไกลออกไปในห้วงอวกาศ ด้วยความอยากรู้อยากเห็นอันเป็นธรรมชาติของมนุษย์ เมื่อวิทยาการได้ก้าวหน้ามากขึ้น ทฤษฎีและกฎต่าง ๆ ในทางวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาสูงขึ้นทำให้มนุษย์นำไปใช้ตอบคำถามที่สงสัยอยู่ และเสริมสร้างความสุขสบายให้แก่มนุษย์เองได้มากขึ้น ในขณะเดียวกันความเร้นลับและความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับดวงดาวในห้วงอวกาศนั้นก็ถูกเปิดเผยออกมา สิ่งที่น่าทึ่งและน่าแปลกใจก็คือ เพราะเหตุว่าดาวต่าง ๆ ที่ปรากฏอยู่บนท้องฟ้านั้นอยู่ห่างไกลออกไปมากมายยิ่งนัก จนปรากฏให้เห็นเพียงเป็นจุดสว่างเล็ก ๆ จุดหนึ่งเท่านั้นเอง มนุษย์เราสามารถที่จะข้ามห้วงกีดขวางในการศึกษาเหล่านี้ออกไปได้อย่างไรกัน ในบทความนี้จะเป็นการยกตัวอย่างอย่างหนึ่งในบรรดาวิธีการต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้พัฒนาขึ้นมาจากความรอบรู้ของมนุษย์เอง จนสามารถนำไปใช้ศึกษากับสิ่งที่อยู่ไกล ๆ เช่น ดวงดาวได้ นั่นคือการหาขนาดของดาวฤกษ์ต่าง ๆ

กฎการแผ่รังสี

เนื่องจากดาวฤกษ์ต่าง ๆ ที่เรามองเห็นได้นั้น จะส่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic waves) ออกมาตลอดเวลา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ส่งมาจากดวงดาวนี้นี่เองที่เป็นสิ่งที่เราสามารถสัมผัสได้บนผิวโลก ในพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้แหละที่ทำให้เราสามารถทราบรายละเอียดเกี่ยวกับดวงดาวนั้น ๆ ได้ ความสำคัญของปัญหาจึงอยู่ที่เราจะสามารถ "แปล" ข่าวสารจากดวงดาวที่มาสู่เราในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้มาสู่ความเข้าใจของเราเอง ในการหาขนาดของดาวฤกษ์ที่เราพูดถึงกันอยู่นี้ก็เป็นกระบวนวิธีการที่เรานำมาใช้ในการ "แปล" ข่าวสารในรูปพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากดวงดาวเป็นความหมาย

* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่เราเข้าใจเฉพาะในแง่ของขนาดความใหญ่โตของดวงดาวนั้น ๆ

วิธีการดังกล่าวตั้งอยู่บนรากฐานของกฎพื้นฐานเกี่ยวกับการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic radiation) ในทางฟิสกส์ ๓ กฎด้วยกัน คือ

๑. กฎของสเตฟานและโบลทซ์มาน (Stefan-Boltzman's law)

๒. กฎของวีน (Wien's law)

๓. กฎของแพล้งค์ (Plank's law)

ซึ่งกฎทั้ง ๓ ข้อนี้มีพื้นฐานมาจากเรื่องของ วัตถุดำ (black body) ดังนั้นเราจึงต้องทำความรู้จักกับวัตถุดำเสียก่อน

ตามธรรมดาวัตถุทุกชนิดจะแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากตัวด้วยอัตราที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวมันเอง และธรรมชาติผิวของวัตถุช่วงความยาวคลื่นที่เด่นชัดจะมีความยาวลดลงเมื่ออุณหภูมิของวัตถุนั้นสูงขึ้น ระดับสีที่ปรากฏจะเป็นดังนี้ เมื่ออุณหภูมิต่ำ ๆ สีจะค่อนไปทางแดง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นสีจะค่อนไปทางน้ำเงิน ซึ่งอาจปรากฏให้เห็นเป็นสีน้ำเงินอมขาว เป็นต้น การแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาจากวัตถุนั้นจะเกิดขึ้นได้ทุกค่าอุณหภูมิ เพียงแต่อาจอยู่ในช่วงความยาวคลื่นที่เรามองไม่เห็นหรือสัมผัสไม่ได้เท่านั้น เนื่องจากความจริงมีอยู่ว่าวัตถุที่มีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งแวดล้อมรอบตัวมันนั้น จะมีอัตราการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกจากตัวของมัน เท่ากับอัตราที่มันดูดกลืนหรือได้รับจากสิ่งแวดล้อมของมัน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า ความสามารถในการแผ่รังสีของวัตถุใด ๆ จะมีค่าเท่ากับความสามารถในการดูดกลืนรังสีของวัตถุนั้น วัตถุที่แผ่รังสีได้ดีก็จะเป็นวัตถุที่ดูดกลืนรังสีได้ดีเช่นกัน การที่เราเห็นว่ากองไฟจะแผ่รังสีออกมาสู่บรรยากาศในห้องนั้นเป็นเพียงเพราะความแตกต่างของอุณหภูมิของห้องกับกองไฟเท่านั้น ความจริงแล้วทั้งห้องและกองไฟต่างก็แผ่รังสีและดูดกลืนรังสีของอีกฝ่ายเช่นกัน เพียงแต่อัตราไม่เท่ากันเท่านั้น

ตัวดูดกลืนที่สมบูรณ์ที่สุดต้องหมายถึงวัตถุที่เมื่อมีรังสีมากระทบตัวมันแล้วจะไม่มีรังสีใดเลยที่หลุดรอดหรือสะท้อนกลับออกไปทุก ๆ ช่วงความยาวคลื่น วัตถุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้แหละที่เรียกว่า <u>วัตถุดำ</u> (วัตถุที่มีสีดำ ๆ นั้นยังไม่สามารถที่จะดูดกลืนรังสีได้ทุกรังสีทีเดียว)

ดังนั้นจากคำอธิบายข้างบน วัตถุดำจึงเป็นวัตถุที่สามารถแผ่รังสีได้ดีที่สุดเช่นเดียวกัน ในธรรมชาติเราถือว่าดาวฤกษ์ (Star) เป็นวัตถุดำที่สามารถแผ่รังสีได้สมบูรณ์ทุกช่วงค่าอุณหภูมิ (ความจริงแล้วดาวฤกษ์ไม่ได้เป็นวัตถุดำเสียทีเดียวเพียงแต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงมาก) แต่สีของดวงดาวที่ปรากฏแก่สายตาของเรานั้นเป็นช่วงค่าความยาวคลื่นรังสีที่แผ่ออกมามากที่สุด ซึ่งเราจะใช้ค่านี้เองเป็นตัวบอกอุณหภูมิของดวงดาวเพื่อนำไปใช้ในการคำนวณหาขนาดของดวงดาวต่อไป จุดที่น่าสนใจในเรื่องวัตถุดำก็คือว่ากฎการแผ่รังสีทั้ง ๓ กฎที่กล่าวมานั้นเป็นจริงกับวัตถุดำทุกชนิดไม่ว่าจะสร้างขึ้นด้วยอะไรก็ตาม

กฎของสเตฟานและโบลทซ์มาน

ใน ค.ศ. ๑๘๗๙ โจเซฟ สเตฟาน ได้ค้นพบจากการทดลองและโบลทซ์มานได้หาออกมาเป็นสมการสำหรับการคำนวณใน ค.ศ. ๑๘๘๔ กล่าวว่า พลังงานที่ปล่อยออกมาจากวัตถุดำต่อตารางพื้นที่นั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิยกกำลัง ๔ ซึ่งสามารถเขียน - เป็นสมการคณิตศาสตร์ได้คือ

$$E = \sigma T^4$$

โดยที่ E คือ พลังงานที่ปล่อยออกมาจากวัตถุดำต่อตารางพื้นที่ผิวของวัตถุดำในหนึ่งหน่วยเวลา

T คือ อุณหภูมิของวัตถุดำเป็นองศาสมบูรณ์

σ คือ ค่าคงที่ = 5.67×10^{-3} $W/m^2/^oK^4$

เรียกว่าค่าคงที่ค่าของสเตฟานและโบลทซ์มาน

กฎของวีน (Wien's law)

ในการศึกษากฎของวีนครั้งแรกในห้องปฏิบัติการนั้นใช้วัตถุดำเป็นตัวทดลองพบว่าความยาวคลื่นที่วัตถุดำปล่อยออกมาจะเป็นสัดส่วนผกผันกับอุณหภูมิของวัตถุดำนั้น สมการคณิตศาสตร์จะได้ว่า

$$\lambda_{max} = \frac{a}{T}$$

โดยที่ λ_{max} คือ ความยาวคลื่นของแสงสีที่ปรากฏออกมาชัดเจนหรือความยาวคลื่นที่ปริมาณรังสีมากที่สุด

T คือ อุณหภูมิของวัตถุดำเป็นองศาเคลวิน

ค่า a คือ ค่าคงที่ขึ้นอยู่กับหน่วยที่ใช้ = 2.898×10^{-3} $m.^oK$

กฎของแพล้งค์

ในปี ค.ศ. ๑๙๐๐ มักซ์ แพล้งค์ ได้พิสูจน์สมการคณิตศาสตร์ที่แสดงความสัมพันธ์ของการกระจายพลังงานการแผ่รังสีของวัตถุดำกับช่วงค่าความยาวคลื่นโดยที่สมการของแพล้งค์เป็นการรวบเอากฎการแผ่รังสีสองข้อแรกเข้าด้วยกัน ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์จะยุ่งยากสักหน่อย คือ

$$E_f df = \frac{8\pi hf^3}{c^3} \frac{1}{e^{hf/kT} - 1} df$$

โดยที่ E_f คือ ค่าอัตราการแผ่พลังงานของคลื่นที่ค่าความถี่ f

f คือ ค่าความถี่ของคลื่น = c/λ

c คือ ความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

T คือ อุณหภูมิ ^oK ของวัตถุดำ

h คือ ค่าคงที่ของแพลังค์ = 6.58×10^{-34} J. sec.

k คือ ค่าคงที่ของโบลทซ์มาน = 1.38×10^{-23} J. $^{o}K^{-1}$

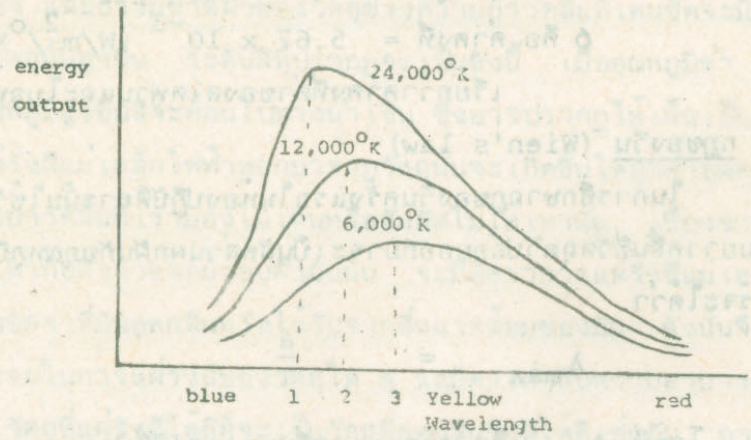
λ คือ ค่าความยาวคลื่น

เนื่องจากค่าความถี่มีได้ทุกช่วงค่า

ดังนั้นผลรวมจริง ๆ ของปริมาณพลังงานที่ปล่อยออกมา จึงสามารถหาได้โดยการอินทิเกรดช่วงความถี่ตั้งแต่ 0 ถึง ∞ ซึ่งมีค่าเท่ากับ σT^4 ในกฎของสเตฟานและ - โบลทซ์มาน

จะเห็นว่าจากกฎของแพลังค์นี้ ทำให้เราทราบว่าถ้ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกมาจากวัตถุดำที่มีอุณหภูมิต่างกัน แม้ว่าช่วงคลื่นที่ความถี่เท่ากันก็อาจมีค่าพลังงานที่ต่างกันได้

ภาพข้างล่างนี้จะช่วยให้เข้าใจกฎของแพลังค์ได้ดีขึ้น



ในภาพเป็นการเขียนกราฟระหว่างการกระจายของพลังงานกับความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุดำ ๓ ตัว ที่มีอุณหภูมิต่างกัน ซึ่งทำให้ได้เส้นกราฟของแพลังค์(Plank curve) ที่ต่างกัน ๓ เส้น จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิของวัตถุดำสูงขึ้นค่าความยาวคลื่นที่มีค่า - พลังงานที่ปล่อยออกมา (energy output) สูงที่สุดจะเบนเคลื่อนมาทางด้านสีน้ำเงิน หรือเบนมายังด้านที่ความยาวคลื่นสั้นลง ค่าความยาวคลื่นที่มีค่าพลังงานปล่อยออกมาจากวัตถุดำมากที่สุดนี้จะผกผันกับค่าอุณหภูมิของวัตถุดำเอง และค่านี้คือค่า λ_{max} ในสมการของวีนนั่นเอง

จากกราฟข้างบนจะเห็นว่าวัตถุดำที่อุณหภูมิสูง ๆ นี้จะแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาทุกช่วงคลื่น และวัตถุที่ร้อนกว่าจะแผ่รังสีออกมาโดยที่ค่าพลังงานต่อตารางพื้นที่ของพลังงานทุกช่วงความยาวคลื่นจะมีค่าสูงกว่าวัตถุที่เย็นกว่า และค่าความยาวคลื่นที่มีค่าพลังงานที่ปล่อยออกมาต่อตารางพื้นที่สูงที่สุดนั้นจะมีค่าน้อยกว่าวัตถุที่เย็นกว่า

ในการหาขนาดของดาวฤกษ์ เราได้ใช้กฎการแผ่รังสีที่กล่าวมาแล้วนี้ทั้ง ๓ข้อด้วยกัน

วิธีการหาขนาดของดาวฤกษ์

ในการหาขนาดของดาวฤกษ์ สิ่งจำเป็นที่เราจะต้องรู้เพื่อจะนำไปคำนวณหาคำตอบนั้นจะสมมติเป็นสัญญลักษณ์ดังนี้

E_T คือ พลังงานทั้งหมดที่ดาวปล่อยออกมาต่อวินาที

E_A คือ พลังงานที่ดาวปล่อยออกมาต่อตารางพื้นที่ใน ๑ วินาที

ถ้าเราให้ A เป็นพื้นที่ผิวทั้งหมดของดาว

โดยที่ถือว่าดาวมีลักษณะเป็นทรงกลม ดังนั้น $A = 4\pi r^2$

โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่ว่า

$$E_T = E_A \cdot A$$

เราก็สามารถที่จะหาค่า r หรือรัศมีของดาวได้อย่างง่ายดาย

แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือค่า E_T และค่า E_A นี้จะหาได้อย่างไร นับว่าโชคดีอย่างยิ่งที่เรามีเครื่องมือในการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องแสงที่วิเศษมาก ๆ อยู่อย่างหนึ่ง นั่นคือ สเปคโตรสโคป ซึ่งใช้แยกแสงหลาย ๆ ช่วงคลื่นที่ปะปนกันมาให้แยกออกจากกัน และโดยการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ เราสามารถที่จะแยกช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากดวงดาวออกซึ่งเรียกว่า สเปคตรัม (Spectrum) โดยการวัดความเข้มของสเปคตรัมนี้เองทำให้เราสามารถทราบได้ว่า ช่วงคลื่นขนาดไหนที่ดาวปล่อยพลังงานออกมามากที่สุดซึ่งช่วงคลื่นนี้เองคือค่า λ_{max} ในสมการของวีน

ดังนั้นจากสมการของวีนทำให้เราสามารถหาค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ T ของดวงดาวได้ และโดยใช้กฎของสเตฟานและโบลทซ์มาน เราก็สามารถหาค่าพลังงานที่ปล่อยออกมาต่อพื้นที่ผิวของดาวต่อหน่วยเวลาได้ ซึ่งนั่นคือ E_A ข้างบนนี้นั่นเอง

สิ่งที่ต้องทำต่อไปก็คือการหาค่า E_T ซึ่งในการนี้เราจำเป็นต้องทราบระยะทาง (d) จากดวงดาวมาถึงเรา และค่าพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อวินาที ณ ตำแหน่งที่เราอยู่ ซึ่งทั้งสองกรณีนี้เราสามารถที่จะวัดได้จากตำแหน่งบนผิวโลก ระยะทาง d จากดวงดาวมาถึงโลกสามารถวัดได้โดยวิธีการพาราลแลกซ์ (parallax) ทางแสงและค่าพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ต่อวินาทีของแสงดาวบนผิวโลกก็สามารถวัดได้โดยเครื่องมือใช้วัดพลังงานแสง ดังนั้นโดยผลคูณของค่าพลังงานของแสงดาวที่วัดได้บนผิวโลกกับพื้นที่ทรงกลมรัศมีเท่ากับระยะทางจากดวงดาวถึงโลก ก็คือ E_T ของดวงดาวนั่นเอง

โดยความสัมพันธ์ $E_T = E_A \cdot A$ เราก็สามารถหาขนาดรัศมีของดวงดาวได้อย่างง่ายดาย และผลพลอยได้เรายังรู้ถึงอุณหภูมิที่ผิวของดวงดาวได้อีกด้วย

สรุป

วิธีการหาขนาดของดาวฤกษ์ที่กล่าวมานี้เป็นวิธีการหนึ่ง จากวิธีการดังกล่าวจะพบว่าไม่แน่นอนเสมอไปที่ดาวฤกษ์ที่มีขนาดใหญ่จะสว่างกว่าหรือมีอุณหภูมิสูงกว่าดาวฤกษ์ที่มีขนาดเล็ก เพราะค่าของความสว่างที่ปรากฏแก่เรานั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของพลังงานที่ปล่อย

ออกมาต่อหน่วยพื้นที่ต่อหน่วยเวลา ซึ่งดาวฤกษ์ดวงเล็ก ๆ ที่มีอุณหภูมิสูงอาจจะปล่อยออกมามากกว่าดาวฤกษ์ดวงโต ๆ ก็ได้

<u>บรรณานุกรม</u>

1. พหล จิตติยศรา ๒๕๑๗ "การศึกษาลักษณะธรรมชาติของดาวทางโคฮูเทค." วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

2. Arya, A.P. 1975. <u>Elementary Modern Physics</u>. Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company. pp. 54-58.

3. Borowitz, S. and Beiser, A, 1971. <u>Essentials of Physics</u>. Massachusetts : Addison-Wesley Publishing Company. pp. 392-400.

4. Motz. L. and Duveen, A. 1977. <u>Essentials of Astronomy</u>. New York : Columbia Press. pp. 278-287.

การปฏิวัติทางชีววิทยา

กฤตยา กองสุวรรณ *

บทนำ

นับตั้งแต่เริ่มมีการศึกษาวิทยาศาสตร์ ความรู้ด้านชีววิทยานับเป็นแขนงวิทยาศาสตร์ที่นำมาประยุกต์ใช้ในวงการอุตสาหกรรมน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับความรู้ด้านวิทยาศาสตร์กายภาพ เช่น เคมี และฟิสิกส์ แต่ในปัจจุบัน สภาพการณ์ดังกล่าวกำลังจะเปลี่ยนไป ทั้งนี้มีสาเหตุจากความเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีด้านวิศวพันธุศาสตร์ (genetic engineering) ในระยะสิบปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะการริเริ่มเทคนิครีคอมบิแนนท์ DNA (recombinant DNA) และการปรับปรุงใช้เทคนิคนี้ในวงการอุตสาหกรรมทำให้เป็นที่คาดหวังว่า ในอนาคตอันใกล้นี้ ความรู้และการประยุกต์ใช้เทคนิครีคอมบิแนนท์ DNA จะมีผลกระทบต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะในด้านการแพทย์ การเกษตรกรรม การอุตสาหกรรม และเศรษฐกิจของโลก ผลกระทบเหล่านี้อาจมีมากพอ ๆ กับการปฏิบัติในสาขาเครื่องสมองกลไฟฟ้าขนาดเล็ก (Microelectronics) เนื่องจากการใช้และการปรับปรุงเทคนิครีคอมบิแนนท์ DNA จะมีผลต่ออนาคตของโลก ความรู้ในเรื่องนี้จึงเป็นที่สนใจและบทความนี้จะขอกล่าวถึงวิธีการของเทคนิครีคอมบิแนนท์ DNA โดยย่อ

รีคอมบิแนนท์ DNA คืออะไร

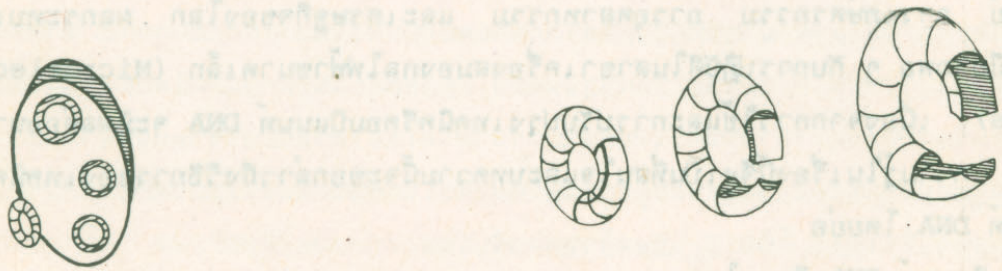
รีคอมบิแนนท์ DNA คือ DNA ที่เกิดจากการนำ DNA ต่างชนิดกัน มาตัดต่อให้เป็นเส้นเดียวกัน ซึ่งรีคอมบิแนนท์ DNA นี้ สามารถถูกนำมาดัดแปลงใช้ในการเปลี่ยนบักเตรีให้กลายเป็นโรงงานที่มีชีวิต โรงงานบักเตรีเหล่านี้จะสามารถผลิตสารธรรมชาติจาก

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เซลล์ของสัตว์ชั้นสูง ทำให้มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้ วิธีการเปลี่ยนบักเตรีให้สามารถสังเคราะห์โปรตีนของสัตว์ได้นี้ อธิบายไว้ในรูปที่ ๑ โดยเริ่มจากการใช้ plasmid ซึ่งเป็นสาย DNA ที่เป็นวงกลม มีขนาดเล็กมาก และมีคุณสมบัติพิเศษสามารถเข้าไปอยู่ในเซลล์ของบักเตรีได้อย่างอิสระ(รูป ๑.๑) วิธีการจะเริ่มจากการตัด DNA ของ plasmid โดยเอนไซม์(รูป ๑.๒) จากนั้นนำเอา DNA จากเซลล์อื่น(อาจเป็นเซลล์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและคน) มาตัดด้วยเอนไซม์ตัวเดียวกัน(รูป ๑.๓) เพื่อให้ DNA ทั้ง ๒ ชนิดมีปลายที่เข้าเชื่อมกันได้ แล้วนำเอา DNA ที่ตัดแล้วทั้งสองชนิดมาผสมกัน ทำให้ได้รีคอมบิแนนท์ซึ่งประกอบด้วย DNA ของ plasmid และ DNA จากเซลล์อื่นอยู่รวมกัน(รูป ๑.๔) ขั้นตอนสุดท้ายก็นำรีคอมบิแนนท์ DNA นี้ ไปใส่ในเซลล์ของบักเตรี ซึ่งต่อไปจะเจริญและเพิ่มปริมาณ DNA ของตัวเอง และปริมาณของรีคอมบิแนนท์ DNA พร้อมกันไปด้วย (รูป ๑.๕) โดยกรรมวิธีดังกล่าว บักเตรีสามารถผลิตโปรตีนของตัวมันเอง และโปรตีนที่สังเคราะห์โดย DNA ที่ได้มาจากเซลล์อื่นที่สอดแทรกอยู่ใน plasmid อีกด้วย และโดยวิธีการนี้เองมนุษย์ก็สามารถทำให้บักเตรีสร้างสารที่มนุษย์ต้องการ และมีคุณค่ากับมนุษย์ได้เช่น อินซูลิน อินเตอเฟียรอน และฮอร์โมนบางชนิด

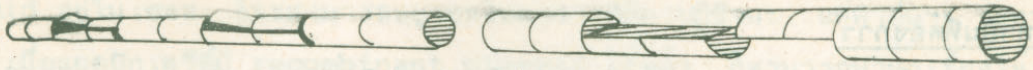
<u>เซลล์สร้างโปรตีนได้อย่างไร</u>

เซลล์สร้างโปรตีนได้ โดยการแปลรหัสพันธุกรรม (genetic code) ที่อยู่บน DNA (หรือยีน) รหัสพันธุกรรมนี้เกิดจากการเรียงสลับกันไปมาของเบส ๔ ชนิด ได้แก่ A, G, T, C/(A = adenine, G = guanine, T = thymine และ C = cytosine) รหัสพันธุกรรมแต่ละตัวประกอบไปด้วยเบส ๓ ตัวต่อกัน และจะบ่งเฉพาะแต่ละชนิดของกรดอะมิโนอันเป็นหน่วยโครงสร้างของโปรตีนโมเลกุล ส่วนของ DNA โมเลกุล อันประกอบด้วยรหัสพันธุกรรมเพียงพอที่จะบ่งชนิดของโปรตีนชนิดใดชนิดหนึ่งนั้น เรียกว่า ยีนโครงสร้าง (structural gene)

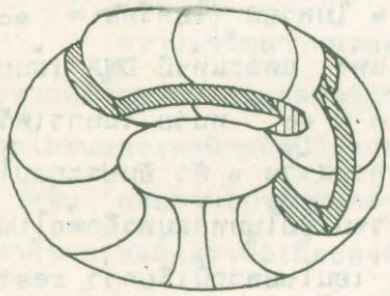


๑) การใช้ plasmid ที่ได้จากบักเตรี

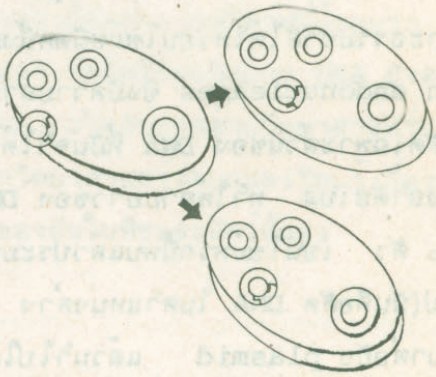
๒) ใช้เอนไซม์ตัด DNA ของ plasmid ทำให้สาย DNA ของ plasmid เปิดออก



๓) ยีนที่สร้างโปรตีนเช่นอินเตอเฟียรอนหรืออินซูลิน ที่ได้มาจากเซลล์สัตว์ ถูกตัดด้วยเอนไซม์แบบเดียวกับที่ใช้ตัด DNA ของ plasmid



๔) ยีนของสัตว์รวมเป็นส่วนของ DNA ของ plasmid ทำให้เกิด recombinant plasmid (recombinant DNA)



๕) ใส่ recombinant plasmid ในเซลล์ของบักเตรี ซึ่งเมื่อเกิดการแบ่งเซลล์ก็จะมีการสร้าง DNA ของบักเตรีและ recombinant plasmid ขึ้นใหม่หลายชุด

รูปที่ ๑ การสร้างบักเตรีให้เป็นโรงงานผลิตโปรตีนที่ต้องการ

ในการสร้างโปรตีน เซลล์จะลอกการเรียงลำดับของเบสจากโกดังเก็บรหัสพันธุกรรมคือ DNA เพื่อที่จะไปเป็นโมเลกุลของ mRNA (messenger RNA) ขบวนการสร้าง mRNA โดยใช้ DNA เป็นแม่พิมพ์ เรียกว่าขบวนการถอดภาษา (transcription) mRNA จะนำโค๊ตหรือรหัสที่ได้ลอกมาแล้ว ไปยังไรโบโซม ณ ที่นี้เองที่เกิดขบวนการแปลรหัส (translation) ขึ้น มีการต่อเข้าด้วยกันของกรดอะมิโนเป็นสายโพลีเปปไทด์ ชนิดของโปรตีนที่สร้างขึ้นอยู่กับชนิดของ mRNA ดังนั้นเพื่อสร้างโปรตีนต่างชนิด เซลล์จะต้องผลิต mRNA หลายชนิดจากยีนโครงสร้างหลาย ๆ ตัว DNA เปรียบเสมือนโกดังเก็บรหัสทั้งหมดอันจำเป็นต่อการผลิตโปรตีนทุกชนิดในสิ่งมีชีวิต แต่การที่ยีนตัวไหน ส่วนไหนจะถูกถอดและแปล (express) ออกมาเป็นโปรตีน ก็ขึ้นอยู่กับกลไกควบคุม (regulatory system) กลไกควบคุมการปิด-เปิดของยีนนี้อยู่ในรูปของการเรียงลำดับของเบสเช่นเดียวกับยีนโครงสร้าง แต่ทำหน้าที่กำหนดว่ายีนอะไรบ้างที่จะต้องทำการผลิตโปรตีนในช่วงขณะหนึ่งตามความต้องการของเซลล์ ในการนำ DNA จากเซลล์อื่นแทรกเข้าไปในบักเตรี บางครั้งมนุษย์จำเป็นต้องสอดทั้งยีนโครงสร้าง และ DNA ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของยีน

โครงสร้างเข้าไปด้วย

<u>การหายีนที่ต้องการ</u>

โมเลกุลของ DNA ซึ่งประกอบเป็นยีนอันเป็นตัวการกำหนดลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้น มีลักษณะเหมือนเส้นด้ายยาวที่ปิดไปมา ในบักเตรีมีเส้น DNA ซึ่งยาวประมาณ ๑ มม. ในสายประกอบไปด้วยเบสทั้งหมดประมาณ ๓ ล้านหน่วย และสาย DNA นี้จะขดไปขดมาเป็นพัน ๆ ทบจนประกอบเป็นเส้นด้ายที่มีความหนาประมาณ ๑ ไมครอน (ไมครอน = $๑๐^{-๓}$ มม) ในเซลล์มนุษย์ DNA ทั้งหมดจำกัดอยู่ในโครโมโซม ๔๖ แท่ง แต่ละแท่งมี DNA เส้นยาวประมาณ ๔ เซนติเมตร และมีเบสรวมกันทั้งหมดประมาณ ๓ x $๑๐^{๑๒}$ หน่วย ในการเตรียมรีคอมบิแนนท์ DNA นั้น ปัญหาแรกสุด คือ การค้นหายีนโครงสร้าง ๑ ตัว อันประกอบไปด้วยเบสประมาณ ๓-๔ พันตัว แต่ปัจจุบัน ปัญหานี้ไม่ใช่การงมเข็มในมหาสมุทรอีกต่อไปแล้ว เพราะธรรมชาติได้ให้เอนไซม์ชนิดหนึ่งมาช่วยแก้ปัญหา เอนไซม์พวกนี้เรียกว่า restriction endonucleases ซึ่งมีความสามารถพิเศษในการที่จะค้นไปตามสาย DNA ที่ยาวมาก และตัดเฉพาะส่วนของ DNA ที่มันจำได้ ซึ่งเป็นส่วนของ DNA ที่มีความจำเพาะของการเรียงลำดับเบส ทำให้สายยาวของ DNA ขาดออกเป็นท่อนสั้น ๆ ประกอบด้วยเบส ๑๐๐-๑๐๐๐ ตัว เอนไซม์พวกนี้พบแล้วประมาณ ๔๐-๕๐ ชนิด แต่ละชนิดก็มีความจำเพาะแตกต่างกันไป(นั่นคือตัด DNA ในตำแหน่งต่าง ๆ กัน) เมื่อได้ชิ้น DNA ท่อนสั้น ๆ หลายล้านชิ้นก็นำมาต่อกับ plasmid แล้วนำไปใส่ในบักเตรี จากนั้นก็ค้นหากลุ่มเซลล์ของบักเตรี ที่สามารถผลิตโปรตีนที่ต้องการได้ภายหลัง แต่วิธีที่ดีและแม่นยำกว่านี้ก็คือ การสังเคราะห์ยีนขึ้นมาจาก RNA โดยใช้เอนไซม์ reverse transcriptase และนำยีนที่สังเคราะห์ได้จาก RNA (เรียกว่า complementary DNA = cDNA) นั้น ไปเชื่อมกับ plasmid ต่อไป

<u>การใช้ยีนของสัตว์ในเซลล์ของบักเตรี</u>

วิธีที่สะดวกได้แก่ การอาศัยพาหนะ (vehicle) ซึ่งนอกจากจะใช้plasmid ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ก็อาจจะใช้ phage (เป็นไวรัสที่อาศัยในเซลล์ของบักเตรี)ก็ได้ ทั้งสองชนิดใช้กรรมวิธีคล้ายกันและถ้าใช้ plasmid เป็นพาหนะ ก็จะนำ restriction endonuclease มาตัด plasmid DNA ที่เป็นวงแหวนให้เปิดออก แล้วนำชิ้นส่วนของ DNA หรือยีนที่แยกหรือเตรียมไว้แล้วจากเซลล์สัตว์ไปเชื่อม การเชื่อมระหว่าง DNA ของสัตว์และของ plasmid เกิดขึ้นได้ก็เพราะการตัด DNA ด้วยเอ็นไซม์ดังกล่าวข้างต้น ทำให้เกิดปลายที่มีลักษณะเฉพาะ ซึ่งสามารถรวมกับ DNA ที่มีปลายซึ่งมีลักษณะเข้าคู่กับมันได้ เมื่อได้ recombinant plasmid แล้ว จึงนำไปใส่ในเซลล์ของบักเตรี การค้นหากลุ่มของบักเตรีที่มี recombinant plasmid อยู่ทำได้ไม่ยาก เพราะ plasmid ส่วนมาก จะมียีนที่ทำให้บักเตรีที่มันอาศัยอยู่ต้านยาปฏิชีวนะชนิดต่าง ๆ ดังนั้นบักเตรีตัวที่มี

plasmid อยู่ในเซลล์ ก็จะสามารถอยู่รอดในอาหารที่มียาปฏิชีวนะ แต่ตัวอื่น ๆ จะตายหมด เมื่อแยกบักเตรีที่มี recombinant plasmid ได้แล้ว ก็สามารถนำมาเลี้ยงให้เจริญและแบ่งตัวจากเซลล์เดียวเป็นล้านล้านเซลล์ ซึ่งบักเตรีพวกนี้ สามารถสร้างโปรตีนจากยีนของสัตว์ที่แทรกอยู่ ได้เป็นจำนวนล้าน ๆ เท่าของโปรตีนที่ผลิตได้จากเซลล์สัตว์

<u>สรุป</u>

ความเจริญก้าวหน้าของเทคนิครีคอมบิแนนท์ DNA ในระยะ ๕ ปีที่ผ่านมาเป็นไปอย่างรวดเร็วมาก และผลของการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ถูกต้อนรับด้วยความตื่นเต้น คุณค่าและประโยชน์ของเทคนิคชนิดนี้มีมหาศาล ในที่สุดเทคนิคชนิดนี้จะทำให้มนุษย์สามารถผลิตฮอร์โมน, วัคซีน ตลอดจนโปรตีนชนิดต่าง ๆ ที่มีประโยชน์ออกมาได้มากมาย แทนที่จะคอยจากธรรมชาติจากเซลล์และเนื้อเยื่อของสัตว์ซึ่งสร้างสารเหล่านี้ออกมาในปริมาณที่น้อยมาก ไม่เพียงแต่ประโยชน์ทางด้านการรักษาโรคเท่านั้น เชื่อว่าเทคนิครีคอมบิแนนท์ DNA ยังสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาพลังงานของมนุษย์โลกได้อีกด้วย สำหรับทางด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์การศึกษาและการนำกรรมวิธีดังกล่าวมาใช้จะทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถเรียนรู้เรื่องยีนได้มากขึ้น โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวกับกลไกการทำงานของยีนในพืชและสัตว์ชั้นสูง

<u>บรรณานุกรม</u>

1. Gilbert, W., and Villa-Komaroff, L. "Useful Proteins from Recombinant Bacteria" <u>Scientific American</u> 242(4),68-82 (1980).

2. Sheils, M., Dentzer, S. and Abramson, P., " The Miracle of Spliced Genes", <u>Newsweek</u>, March24 (1980)

การใช้ทฤษฎีสถิติ กำหนดขนาดของตัวอย่าง

รังสรรค์ เนียมสนิท*

บทนำ

ในปัจจุบันสถิติเป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการวิจัยทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์สำหรับการวางแผนการทดลอง การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการสรุปผลการวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนใหญ่จะเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากตัวอย่าง (Sample) มากกว่าจากประชากร (population) เพราะเป็นการประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย อีกทั้งเป็นการขจัดปัญหาที่ไม่สามารถรวบรวมข้อมูลจากประชากรทั้งหมดได้ ข้อสงสัยประการหนึ่งที่นักสถิติจะถูกถามเสมอ ๆ ว่า จะใช้ขนาดของตัวอย่าง (Sample Size) เท่าไรจึงจะพอเพียงสำหรับการสรุปผลที่ได้จากตัวอย่างที่มีความเชื่อถือได้ และสามารถบอกเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้

แนวความคิดเบื้องต้น

ในทางสถิติเมื่อกล่าวถึงตัวอย่างจะหมายถึงตัวอย่างสุ่ม (Random Sample) ที่เลือกมาจำนวนหนึ่งจากประชากรโดยวิธีสุ่ม (Random) เพื่อเป็นตัวแทนของประชากรที่จะศึกษา นั่นคือเมื่อจะศึกษาคุณลักษณะของประชากรที่เรียกว่าพารามิเตอร์ (parameter) จึงศึกษาคุณลักษณะของตัวอย่างที่เรียกว่าค่าสถิติ (statistic) แทน ดังนั้นเมื่อกำหนดให้N เป็นขนาดของประชากรและให้ n เป็นขนาดของตัวอย่าง ทำให้จะมีวิธีเลือกตัวอย่างที่มีขนาด n ได้ $\binom{N}{n}$ ตัวอย่าง ซึ่งในทางปฏิบัติจะเลือกตัวอย่างเพียง ๑ ตัวอย่างเท่านั้น จะเห็นได้ว่าการที่จะสุ่มได้ตัวอย่างหนึ่งมาศึกษานั้นขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็น (Probability) ที่จะสุ่มได้ซึ่งมีการแจกแจง (Distribution) แตกต่างกันไปโดยที่การแจกแจงจะหมายถึงการแจกแจง

---

* อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ความน่าจะเป็น (Probability distribution) ของค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าอัตราส่วน ($\hat{P}$) เป็นต้น ซึ่งค่าสถิติเหล่านี้ก็มีความเกี่ยวข้องกับขนาดของตัวอย่าง เช่น $\bar{X} = \sum_{i=1}^{n} x_i/n$ อย่างไรก็ตาม ค่าสถิติที่ได้จะมีความใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์ของประชากรมากน้อยแค่ไหน ผู้วิจัยอาจสรุปผลในลักษณะของช่วงความเชื่อมั่น (Confidence Interval) โดยใช้การประมาณค่า (Estimation) และการทดสอบสมมุติฐาน (Test of Hypothesis) เกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่สนใจซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดค่าความผิดพลาดระหว่างค่าสถิติกับค่าพารามิเตอร์ที่เกิดขึ้นในระดับที่ยอมรับได้ซึ่งสามารถศึกษาได้จากทฤษฎีดังต่อไปนี้

<u>ทฤษฎีบท ๑</u> อสมการของเชพบิเชพ (Chevbyshev's Inequality)

ให้ตัวแปรสุ่ม X มีค่าคาดหมาย (ค่าเฉลี่ย) $E(x) = \mu$ และค่าความแปรปรวน $Var(x) = \sigma^2$

ถ้าให้ e เป็นเลขจำนวนจริงบวกใด ๆ ที่มีค่าน้อยมากแล้วจะได้ว่า

$Pr\{|x-E(x)| \geqslant e\} \leqslant \frac{Var(x)}{e^2}$ หรือ $Pr\{|x - E(x)| < e\} \geqslant 1 - \frac{Var(x)}{e^2}$

<u>ทฤษฎีบท ๒</u> ทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Central Limit Theorem)

ให้ $x_1, x_2 \ldots\ldots x_n$ เป็นตัวอย่างสุ่มชุดหนึ่งจากประชากรปกติ (Normal Distribution) ที่มีค่าเฉลี่ย μ และความแปรปรวน σ^2 ให้ตัวแปรสุ่ม $z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}$ แล้วการแจกแจงของ z เข้าไปใกล้กับการแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) ขณะที่ n มีค่าเข้าไปใกล้ค่าอนันต์ นั่นคือ $E(z) = 0$ $Var(z) = 1$ จะได้ว่า

$$Pr\{z_1 \leqslant z \leqslant z_2\} = \int_{z_1}^{z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} dz$$

โดยที่ z_1 และ z_2 เป็นเลขจำนวนจริงใด ๆ ($z_1 < z_2$)

จากทฤษฎีทั้งสองจะไม่พิสูจน์ในที่นี้แต่ขออธิบายรูปแบบและความหมาย ดังนี้

๑) การศึกษาค่าสถิติจากตัวอย่างสุ่มที่ได้ขึ้นอยู่กับว่าผู้วิจัยจะศึกษาเกี่ยวกับเรื่องอะไร เช่นศึกษาเกี่ยวกับน้ำหนัก อายุ ราคา และจำนวนต่าง ๆ เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่าเป็นตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ซึ่งตัวแปรสุ่มต่าง ๆ จะมีการแจกแจงเป็นของตัวเสมอและในประชากรจะมีตัวแปรสุ่มมากมายเมื่อดำเนินการสุ่มตัวอย่าง จึงต้องแบ่งประเภทของตัวแปรสุ่มออกเป็นประเภทของการแจกแจงต่าง ๆ เช่น ศึกษาจำนวนครั้งของการทดลองจนประสบความสำเร็จตามจำนวนครั้งที่ต้องการ จำนวนครั้งของการทดลองเป็นตัวอย่างสุ่มมีการแจกแจงทวินามลบ (Negative Binomial Distribution) ในการศึกษาจำนวนครั้งของการทดลองจนประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกของการทดลองเป็นตัวอย่างแปรสุ่ม

มีการแจกแจงเรขาคณิต (Geometrice Distribution) เป็นต้น

๒) ค่าคาดหมาย E(x) ของตัวแปรสุ่ม X หมายถึงค่าเฉลี่ยที่ได้จากตัวแปรสุ่มนั้น เช่นน้ำหนักเฉลี่ย อายุเฉลี่ย เป็นต้น ในขณะที่ค่าความแปรปรวน Var(x) หมายถึงค่าความคลาดเคลื่อนโดยเฉลี่ยระหว่างค่าที่สังเกตุได้กับค่าคาดหมาย E(x)

๓) X - E(x) เป็นค่าความผิดพลาด (Error) ที่เกิดขึ้นของตัวแปรสุ่มที่ศึกษากับค่าคาดหมายที่ตัวแปรสุ่มควรจะเป็นนั่นเอง

๔) $\int_{z_1}^{z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}z^2} dz$ สามารถใช้ตาราง z เปิดหาค่าความน่าจะเป็นที่ z มีค่าอยู่ระหว่าง z_1 กับ z_2 ได้

๕) การแจกแจงของตัวแปรสุ่ม X เมื่อนำ E(x) ไปหักออกแล้วหารด้วย $\sqrt{Var(x)}$ จะประมาณได้ใกล้เคียงกับการแจกแจงปกติ (มาตรฐาน) ไม่ว่า X จะมีการแจกแจงใด ๆ เมื่อสุ่มตัวอย่างขนาด n ที่มากพอ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้ของทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางที่มีประโยชน์มากในทางสถิติงานวิจัยส่วนใหญ่มักจะใช้ทฤษฎีนี้อยู่เสมอ

สำหรับวิธีการใช้ทฤษฎีทั้งสองเพื่อกำหนดขนาดของตัวอย่างสามารถศึกษาได้จากตัวอย่างต่อไปนี้

<u>ตัวอย่าง</u> ท่านกำลังวางแผนที่จะวิจัยพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ใหม่ โดยต้องการทราบผลจากค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่และวางแผนว่าจะปลูกทั้งสิ้น n หลุม จากการทดลองซึ่งเคยมีผู้วิจัยผลผลิตของข้าวโพดพันธุ์นี้ไว้ ปรากฏว่ามีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตต่อไร่เท่ากับ ๒ ถัง และท่านมีเหตุผลที่จะถือว่าค่านี้เป็นตัวแทนของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานประชากร (Population Standard Deviation) จงหาขนาดตัวอย่าง (จำนวนหลุมที่ปลูก) ที่จะทำให้สามารถเชื่อถือได้ถึง ๘๐% เป็นอย่างน้อยผลผลิตต่อไร่จากการทดลองปลูกคลาดเคลื่อนไปจากผลผลิตจริงของสายพันธุ์ใหม่ไม่เกินครึ่งถัง

๑) <u>เมื่อใช้ทฤษฎีบท ๑ แก้ปัญหา</u>

สิ่งที่ต้องการ คือ $Pr\{|\bar{x} - \mu| \leqslant 0.5\} \geqslant 0.8$

เมื่อใช้ทฤษฎีสมการของเชพบิเชพ จะได้ว่า

$$Pr\{|\bar{x} - \mu| \leqslant 0.5\} \geqslant 1 - \frac{V(\bar{x})}{(0.5)^2}$$

$$\because V(\bar{x}) = \frac{\sigma^2}{n}$$

$$\sigma^2 = 2^2 = 4$$

$$\therefore V(\bar{x}) = \frac{4}{n}$$

แทนค่า $Pr\{|\bar{x} - \mu| \leqslant 0.5\} \geqslant 1 - \frac{4}{n(0.5)^2}$

นั่นคือ $1 - \dfrac{4}{n(0.5)^2} = 0.80$

$n = 80$

๒) <u>เมื่อใช้ทฤษฎีบท ๒ แก้ปัญหา</u>

จาก $Pr\{|\bar{x} - \mu| \leqslant 0.5\} \geqslant .80$

เมื่อใช้ทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง จะได้ว่า

$$Pr\{\left|\frac{\bar{x} - \mu}{\sigma/\sqrt{n}}\right| \leqslant \frac{0.5}{\sigma/\sqrt{n}}\} = 0.80$$

นั่นคือ $Pr\{|z| \leqslant \dfrac{0.5}{2/\sqrt{n}}\} = 0.80 = Pr\{|z| \leqslant 1.285\}$

$\therefore \dfrac{0.5}{2/\sqrt{n}} = 1.285$

$\sqrt{n} = 5.144$

$n = 26$

นั่นคือต้องใช้ขนาดของตัวอย่างเป็น 80 และ 26 หลุม เมื่อใช้ทฤษฎีของเชพบิเชพและทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางตามลำดับ จะเห็นได้ว่าขนาดของตัวอย่างมีความแตก - ต่างกันมาก แต่มิได้หมายความว่าทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางจะดีกว่าทฤษฎีอสมการของเชพบิเชพ ข้อกำหนดของทฤษฎีทั้งสอง คือ ข้อสนเทศ (Information) ของผู้วิจัยว่าได้ทราบถึงประชากรที่จะศึกษามากน้อยแค่ไหน ศึกษาผลการวิจัยจากที่เคยมีผู้วิจัยมาก่อนการวิจัยซึ่งอาจมีคำตอบอยู่แล้วแต่ยังไม่สมบูรณ์ ซึ่งข้อสนเทศต่าง ๆ เหล่านี้หมายถึงการทราบรายละเอียดเกี่ยวกับการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวอย่างที่จะศึกษานั่นเอง ในกรณีที่ผู้วิจัยทราบข้อสนเทศเกี่ยวกับประชากรน้อยหรือไม่ทราบเลยก็ควรใช้ทฤษฎีอสมการของเชพบิเชพ เพราะจะให้ขนาดของตัวอย่างที่มากกว่าเพื่อชดเชยข้อสนเทศที่ขาดไป แต่ถ้าผู้วิจัยมีข้อสนเทศอยู่มากพอสมควรแล้วก็ควรใช้ทฤษฎีแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ซึ่งจะให้ขนาดตัวอย่างที่พอเพียงสำหรับการดำเนินการวิจัยเพื่อสรุปผลได้

<u>สรุป</u>

วิธีการกำหนดขนาดของตัวอย่างที่ใช้ทฤษฎีดังกล่าวมาโดยแท้จริงแล้วเป็นการประยุกต์ใช้ของทฤษฎีความน่าจะเป็นนั่นเอง โดยให้ผู้วิจัยมีส่วนร่วมในการกำหนดขอบเขตของความเชื่อมั่น ค่าความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นและใช้ข้อสนเทศที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งวิธีนี้จะช่วยให้ได้ขนาดของตัวอย่างที่พอเพียงสำหรับการดำเนินงานและประหยัดค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลอีกด้วย เนื่องจากขนาดของตัวอย่างแปรผันโดยตรงกับค่าใช้จ่ายดังกล่าว

บรรณานุกรม

1. จรัญ จันทลักขณา ๒๕๒๓. สถิติ : วิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย กรุงเทพฯ: บริษัทสำนักพิมพ์ไทยพาณิชย์ จำกัด ๔๖๘ หน้า
2. มนตรี พิริยะกุล ๒๕๒๒. ทฤษฎีสถิติ ๒ เล่ม ๑. กรุงเทพ ฯ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง ๒๖๐ หน้า
3. Robert V. Hogg & Allen T. Craig. 1970. Introduction to Mathematical Statistics New York : Macmillan Company. 414 pp.
4. Robert V. Hogg & Elliot A. Tanis 1977. Probability & Statistical Inference London : Macmillan Company. 450 pp.

ความถี่ของ[๑] ตัวนำลักษณะตาบอดสี ในประชากรไทยอีสาน และชาวเขาเผ่าแม้ว

นเรศร์ มุลาลี[๒]

จันทร์เพ็ญ ศิริมลพิวัฒน์[๓]

บทคัดย่อ

จากการสุ่มตัวอย่างเฉพาะเพศชายจากประชากรชาวเขาเผ่าแม้วจำนวน๗๖๘ คน และไทยอีสานจำนวน ๙๒๓ คน พบจำนวนร้อยละของตาบอดสี และอัตราส่วนบอดสีเขียวต่อบอดสีแดงเท่ากับ ๒.๖ ๓.๙ และ ๑.๘๕๗ ๐.๖๓๖ ตามลำดับ

Abstract

Red-green blindness were determined in 768 male subjects of Meo tribal and in 923 male subjects of Northeastern Thai. The frequencies are 2.6 and 3.9%, respectively. Deutan : Protan ratio is 1.857 for the Meo tribal and 0.636 in the Northeastern Thai.

บทนำ

ความถี่ของตัวนำลักษณะทางพันธุกรรมของประชากรต่าง ๆ นับเป็นค่าคงที่สำหรับแต่ละประชากร เนื่องจากการสืบทอดลักษณะทางพันธุกรรมมาจากบรรพบุรุษและถือเป็นค่าโครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรซึ่งมีอัตราการเปลี่ยนแปลงช้าแม้ว่าขนบธรรมเนียมประเพณี และวัฒนธรรมจะมีการเปลี่ยนแปลงไป แต่ค่าความถี่ของยีนจะคงที่ตราบที่ยังมีการแต่งงานกันเฉพาะในเผ่าพันธุ์และเชื้อชาติของตัวเอง (Hardy & Weinberg, 1908) ชาวเขาเผ่าแม้ว หรือม้ง (Meo, Miao, H'mong) เคยมีถิ่นฐานอยู่ในมณฑล ไกวเจา ฮุนหนำ -

---

๑/ ส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง "โครงสร้างทางพันธุกรรมของประชากรย่อยในประเทศไทย" ส่วนหนึ่งของโครงการได้รับทุนจากสภาวิจัยแห่งชาติ

๒/ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

๓/ นักศึกษาชั้นปีที่ ๔ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กวางสี และยูนาน เช่นเดียวกันกับบรรพบุรุษของชนชาติไทย ซึ่งเดิมอาศัยอยู่ในบริเวณลุ่มแม่น้ำฮวงโห และแยงซีเกียง ต่างก็อพยพลงมาทางตอนใต้ของจีนหลายพวกและหลายระยะเวลาด้วยกัน พวกไทยน้อยซึ่งเป็นบรรพบุรุษของไทยปัจจุบันอพยพลงมาจากลำน้ำโขงเมื่อประมาณ พ.ศ. ๔๐๐ ส่วนชาวเขาเผ่าแม้วได้เริ่มอพยพลงมาเมื่อประมาณ พ.ศ. ๒๐๐๐ เข้ามาตั้งถิ่นฐานเป็นกลุ่มก้อนอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของราชอาณาจักรลาวบริเวณทุ่งไหหิน เดียนเบียนฟู และพวกหนึ่งได้เข้ามาในประเทศไทย เมื่อประมาณ พ.ศ. ๒๔๐๐ เข้ามาตั้งถิ่นฐานอยู่ตามภูเขาสูงหรือที่ราบเชิงเขาในบริเวณจังหวัด เชียงราย เชียงใหม่ น่าน อุตรดิตถ์ เลย พิษณุโลก เพชรบูรณ์ และตาก (ศูนย์วิจัยชาวเขา, ๒๕๑๔)

ได้มีการศึกษาความถี่ของตัวนำลักษณะทางพันธุกรรมหลายประการเพื่อศึกษาถึงโครงสร้างทางพันธุกรรมของเชื้อชาติและเผ่าพันธุ์ต่าง ๆ เช่น

หมู่เลือด ABO (Mourant et al., 1976; Nassif, 1953; Allison et al., 1954; Haddad, 1958; Margolis et al., 1960; Phansomboon, 1949; และนเรศร์, ๒๕๒๑) เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Mourant et al., (1976) ได้รวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับหมู่เลือด ABO ในประชากรต่าง ๆ ทั่วโลกไว้เป็นรูปเล่ม

ความผิดปกติของ haemoglobins (Wasi et al., 1967.,1969; Na-Nakorn et al., Na-Nakarn และ Wasi, 1978; Pootrakul et al., 1967; Edington และ Lehnann, 1956; และ Aksoy, 1958) เป็นต้น

ภาวะพร่องเอ็นไซม์บางตัว (Wasi et al., 1967; Mark et al., 1950; และ Zannos-Mariolea และ Kattamis, 1961) เป็นต้น

ความสามารถในการรับรู้รส phenylthiocarbamide (Saldanha,1958; Saldanha และ Becak, 1959; Sheba et al., 1962; Thambipillai, 1956 และ Das, 1956) เป็นต้น

ในที่นี้เราขอเสนอลักษณะทางพันธุกรรมประการหนึ่งของมนุษย์คือลักษณะตาบอดสีเขียว-แดง ซึ่งตัวนำลักษณะนี้อยู่บนโครโมโซม X ยีนตัวนี้ไปควบคุมการดูดซึมแสงช่วงคลื่น แดง เขียว และน้ำเงินของ cone cells ใน retina และมีความถี่แตกต่างกันในประชากรต่าง ๆ (Novitski, 1977) จากประชากรชาวเขาเผ่าแม้วซึ่งอพยพเข้ามาจากราชอาณาจักรลาวเนื่องจากภัยสงครามจากแถว ๆ บริเวณทุ่งไหหิน และเดียนเบียนฟู เข้ามาอยู่ในศูนย์รับผู้อพยพประชาชนลาว อำเภอปากชมจังหวัดเลยและประชากรไทยอีสาน ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

<u>อุปกรณ์และวิธีการ</u>

ใช้แผ่นภาพสำหรับทดสอบตาบอดสีของ Ishihara,(1967) ในสภาพแสงแดดตอนกลางวัน ให้อ่านตัวเลขจากแผ่นภาพห่างจากสายตาประมาณ ๑ ฟุต เป็นเวลา ๑ วินาที พวกที่จัดไว้เป็นพวกตาบอดสีจะให้อ่านแผ่นภาพเพื่อจำแนกออกเป็นพวกบอดสีเขียว (Deutan)

หรือบอดสีแดง (Protan)

ผลการวิจัย

จากการสุ่มตัวอย่างจากประชากรชาวเขาเผ่าแม้วจำนวน ๗๖๘ พบตาบอดสีจำนวน ๒๐ คน เป็นบอดสีเขียว ๑๓ คนและบอดสีแดง ๗ คน และจากประชากรไทยอีสานจำนวน ๙๒๓ คน พบตาบอดสี ๓๖ คน เป็นบอดสีเขียว ๑๔ คนและบอดสีแดง ๒๒ คน (ตารางที่ ๑)

ตารางที่ ๑ การกระจายของลักษณะตาบอดสีเขียว-แดงในประชากรแม้วและไทย

ประชากร	จำนวนที่สำรวจ	จำนวนตาบอดสี เขียว	แดง	รวม	อัตราส่วนบอดสีเขียวต่อบอดสีแดง
แม้ว	๗๖๘	๑๓	๗	๒๐	๑.๘๕๗
ไทย	๙๒๓	๑๔	๒๒	๓๖	๑.๖๓๖

เนื่องจากในเพศชายการอยู่ของตัวนำลักษณะเป็นแบบปราศจากคู่ (hemizygous) เนื่องจากยีนนี้มีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม X ดังนั้นไม่ว่าจะเป็นตัวนำลักษณะปกติ หรือบอดสี ต่างก็แสดงลักษณะออกเลย และสามารถคำนวณหาความถี่ของยีนโดยอาศัยลักษณะที่แสดงออกมาของได้เลย (ตารางที่ ๒)

ตารางที่ ๒ จำนวนของตัวนำลักษณะ และความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสี

ประชากร	จำนวนตัวนำลักษณะ ปกติ ^{+}XY	บอดสี ^{c}XY	รวม	ความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสี
แม้ว	๗๔๘	๒๐	๗๖๘	๐.๐๒๖
ไทย	๘๘๗	๓๖	๙๒๓	๐.๐๓๙

สรุปและวิจารณ์

จากการสำรวจครั้งนี้ได้ความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสีในประชากรแม้วและไทยอีสานเท่ากับ ๐.๐๒๖ และ ๐.๐๓๙ หรือคิดเป็นร้อยละของตาบอดสีในเพศชายเท่ากับ ๒.๖ และ ๓.๙ ตามลำดับ และอัตราส่วนของพวกบอดสีเขียวต่อบอดสีแดง เท่ากับ ๑.๘๕๗ และ ๐.๖๓๖ ในประชากรแม้วและไทยตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบจากการสำรวจของ Adam et al., (1969) ซึ่งได้ทำการสำรวจข้อมูลจากประชากรไทยเฉพาะในเพศชายจำนวน๒๗๕๖คน

โดยยึดถือเชื้อชาติเป็นหลักคือแยกเป็นเกิดจากพ่อและแม่เชื้อชาติจีน พ่อหรือแม่เชื้อชาติจีน กับพ่อและแม่เชื้อชาติไทย พบจำนวนร้อยละของตาบอดสีเท่ากับ ๕.๗ ๕.๓ และ ๕.๖ ตามลำดับ อัตราส่วนของบอดสีเขียวต่อบอดสีแดงเท่ากับ ๒.๑ นเรศร์ และวุฒิสาร, (๒๕๒๓) ได้ทำการสำรวจข้อมูลจากประชากรไทยที่จังหวัดนครราชสีมา และประชากรลาวที่ศูนย์รับผู้อพยพได้ความถี่ของตาบอดสีเท่ากับ ๐.๐๒๗ และ ๐.๐๔๔ ตามลำดับ อัตราส่วนของตาบอดสีเขียวต่อตาบอดสีแดงเท่ากับ ๒.๒๗ และ ๒.๕๐ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้ออกมาค่อนข้างจะแตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากการสืบเชื้อสายจากบรรพบุรุษที่ไม่เหมือนกัน ประชากรไทยของ Adam et al., (1969) นั้นอยู่รอบ ๆ กรุงเทพฯ นเรศร์และวุฒิสาร, (๒๕๒๓) เป็นประชากรจากจังหวัดนครราชสีมา จากการศึกษาทางประวัติศาสตร์เมื่อชนชาติไทยอพยพเข้ามานั้น เข้ามาหลายพวกและหลายเวลาด้วยกัน ประกอบกับถิ่นที่อยู่อาศัยตั้งแต่บรรพบุรุษอยู่ห่างกันเกิดการแบ่งแยกโดยสภาพภูมิศาสตร์ (geographical isolation) ทำให้เกิดการแยกออกเป็นประชากรย่อย ๆ ขึ้นอีก และประกอบกับการผสมกับชนชาติที่อยู่ดั้งเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรไทยที่จังหวัดนครราชสีมาเข้าใจว่าจะเป็นเผ่าพันธุ์ผสมระหว่างนักรบของไทยสมัยของพระรามาธิบดีที่ ๑ (พ.ศ. ๑๘๙๓-๑๙๑๒) กับผู้หญิงเขมรขณะที่อาณาจักรไทยสมัยกรุงศรีอยุธยายึดซีกตะวันตกของมณฑลนครราชสีมาได้จากเขมร เรียกประชากรพวกนี้ว่า "ไทโคราช" ส่วนไทยอีสานหรือไทยลาว มีบรรพบุรุษมาจากพวก "อ้ายลาว" ซึ่งเคยเจริญรุ่งเรืองจนสร้างเป็นอาณาจักรมาแล้ว Novitski (1977) ได้รวบรวมความถี่ของลักษณะตาบอดสีของประชากรจากแหล่งต่างๆทั่วโลกและพบว่าประชากรไทยภาคเหนือจำนวน ๒๑๒๘ คน จะมีตาบอดสี ๕.๒ คน

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณต่อเจ้าหน้าที่ศูนย์รับผู้อพยพประชาชนลาว อำเภอปากชม จังหวัดเลย คุณนิวัฒชัย กิจโกศล อดีตประชาสงเคราะห์จังหวัดเลย ในการอำนวยความสะดวกและประสานงานในการเก็บข้อมูล และคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่นที่สนับสนุนงบประมาณในการเดินทางครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. นเรศร์ มูลาลี ๒๕๒๑. "การศึกษาความถี่ของยีน ABO ห่อลิ้น และประสานมือ" ศูนย์แพทย์ศาสตร์ มข. 4(4) : 195-199.

นเรศร์ มูลาลี และวุฒิสาร ศัญไชย. ๒๕๒๓. "การศึกษาความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสีของประชากรไทยที่จังหวัดนครราชสีมา และประชากรลาวที่ศูนย์รับผู้อพยพประชากรลาวจังหวัดหนองคาย" วิทยาสารมข. (1) : 31-39.

ศูนย์วิจัยชาวเขา. ๒๕๑๔. ข้อนิยมและข้อห้ามของชาวเขาเผ่าแม้ว พระนคร กองสงเคราะห์ชาวเขา กรมประชาสงเคราะห์ กระทรวงมหาดไทย.

4. Adam, A., M. Davivong, and S.Wanspa. 1969. Analoscopic Diagnosis of Red-Green Blindness Among Thai and Chinese. J.Hum.

Herdedity 19 : 509-513.

5. Aksov, M.,E.W.Ikin, A.E. Mourant, and H.Lehmann. 1958. Blood groups, haemoglobins, and thalassaemia in Turks in Southern Turkey and Eti-Turks. Bri. Med. J. 2 : 737-739.

6. Allison, A.C., E.W. KIkin, and A.E. Mourant. 1954. Further observations on blood groups in East African tribes. J. Ray. Anthrop. Inst. 34 : 158-162.

7. Das, S.R. 1956. A contribution to the heredity of the P.T.C. taste character base on a studies of 345 sibs-pairs. Ann. Hum. Genet. 20 : 334-343.

8. Edington, G.M., and H.A. Lehmoglobin C in West Africa. Man 36 : 34-36.

9. Haddad, F.S. 1958. Blood groups in Cyprus and Near East. Brit. Med. J. 2 : 1415.

10. Hardy, G.H. 1908. Mendelian propartions in a mixed population. Science 28 : 49-50.

11. Kalmus, H. 1957. Defective color vision, PTC testing and drepanocytosis in sample from fifteen Brazillian Populations. Ann. Hum. Genet. 21 : 313-317.

12. Margolis, E., J. Gurevitch, and D.Hermoni. 1960. Blood groups in Sephardic Jews. Am. J.Phys. Anthrop. 18 : 197-199.

13. Marhs, P.A., J.Banhs, and R.T. Gross. 1959. Glucose-6-phosphate-dehydrogenase thermostability in leucocytes of Negroes and Caucasians with erythrocyte deficiency of this enzyme. Biochem. Biophys. Res. Comm. 1 : 199-202.

14. Maurant, A.E., A.C. Kopec, and D.Domanlewski-Sobezak. 1976. The blood groups : Comprehensive tobles and maps of world distribution. London : Oxford University Press.

15. Na-Nakorn, S., V. Panich and A.Chernoff. 1956. Studies on Haemoglobin E. II. The Incidence of Haemoplobin E in Thailand. J. Lab. Clin. Med. 47:490.

16. Na-Nakorn, S. and P.Wasi. 1978. The Distribution of Haemoglobin E : Haemoglobin E Triangle in Southrast Asia. J.Med. Ass. Thailand 61:49.

17. Nassif, R.E. 1953. The incidence of blood groups in Lebanon. Lebanese Med. J. 346-349.

18. Novitski, E. 1977. Human Genetics. London : Macmillan.

19. Parr, L.W. 1934. Taste, blindness and race. J.Heredity25:187-190.

20. Phansomboon, S. 1949. The ABO, Rh and MN Blood Groups of the Thais. Am. J.Phys. Anthropol. 7 : 251.

21. Pootrakul, S.,P.Wasi, and S.Na-Nakorn. 1967. Haemoglobin Bart's Hydrop Fetalism in Thailand. 1967. Ann.Hum.Genet. 30: 283.

22. Saldanha, P.H. 1958. Taste threshold for phenylthiouria among Japanese. Ann. Hum. Genet. 22 : 380-384.

23. Saldanha, P.H., and W. Becak. 1959. Test threshold for phenylthiourea among the Ashkenazi Jews. Sciencel29:150-151.

24. Sheba, C., I. Shkenzi, and A.Szeinberg. 1962. Taste Sensitivity to Phenylthiourea among the Jewish Population Groups in Israel. Amm. J.Hum. Genet. 14 : 44-51.

25. Thambipillai, V. 1956. Taste threshold for phenylthiourea in Maley school children. Ann. Hum. Genet. 20:232-238.

26. Wasi, P.,S. Na-Nakorn, and A. Suingdumrong. 1967. Studies on the Distribution of Haemoglobin E, Thalassaemias and Glucose-6-Ph Phosphate Dehydrogenase Deficiency in Northcastern Thailand. Nature 214:501.

27. Wasi P.,S. Na-Nakorn, S.Pootrakul, M.Sookanek, P.Disthasongcham, M. Pornpatkul and V.Panich. 1969. Alpha and Beta-Thalassaemiai in Thailand. Ann. N.Y. Acad. Sci. 165:60.

28. Weinberg, W. 1908. Uber den Nachweis de Verebung bein Menschen. Jahresh. Verein f. vaterl. Naturk. Wiirttem. 64:360-382.

29. Zannos-Mariolea L., and Kattamis, Gh. 1961. G-6PD in Greece. Blood 18 : 34-47.

ข่าววิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

<u>เอมบริโอหลอดแก้ว แช่แข็งทำให้เกิดการโต้เถียงอย่างรุนแรง</u>

ข่าวเด็กหลอดแก้วแฝดซึ่งเกิดที่เมืองเมลเบิร์นประเทศออสเตรเลีย เมื่อเดือนมิถุนายน ๒๕๒๔ ได้ถูกนำขึ้นพาดหัวข่าว แต่เทคนิคของนักวิจัยที่ได้มีการแช่แข็งเอมบริโอไว้เพื่อใช้สำรองในการสร้างเด็กหลอดแก้วนั้น ทำให้เกิดมีคำถามที่กระอักกระอ่วน เด็กหลอดแก้วแฝดคู่แรกของโลกคือ Amanda และ Stephen Mays เกิดที่ Queen Victoria Medical Centre ในนครเมลเบิร์น ทำให้ยอดรวมของเด็กหลอดแก้วทั้งหมดที่ถูกสร้างขึ้นโดยนักวิจัยที่มหาวิทยาลัยโมแนชเป็น ๖ คน

คุณแม่มากกว่า ๑๐ คนกำลังรออย่างมีความหวังที่จะได้ลูกโดยวิธีการเด็ก - หลอดแก้วนี้ เด็กหลอดแก้วทุกคนที่เกิดในออสเตรเลียมีสุขภาพแข็งแรงดี ยกเว้น Stephen Mays ซึ่งต้องได้รับการผ่าตัดเกี่ยวกับหัวใจไม่ปกติและเขายังมีอาการท้องบวมด้วย Stephen และน้องสาวของเขาได้รับการผ่าตัดออกมาก่อนระยะคลอด ๑ เดือน

ความสำเร็จของทีมนักวิจัยในการสร้างเด็กหลอดแก้วโดยวิธีแช่แข็งเอมบริโอไว้นี้ เกิดเป็นปัญหาที่ล่อแหลมต่อกฎหมายและหลักจรรยาธรรม

ตามปกติขบวนการสร้างเด็กหลอดแก้วเริ่มต้นด้วย ผู้เชี่ยวชาญจะฉีดฮอร์โมนให้กับแม่เพื่อไปกระตุ้นให้รังไข่ผลิตไข่ออกมาตามเวลาที่กำหนด เขาจะสามารถนำไข่ออกจากรังไข่ของแม่ได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า "laparoscope" ซึ่งเครื่องมือนี้เป็นหลอดแก้วเล็ก ๆ ที่ใช้ดูดเอาไข่ออกมาได้ ไข่ที่ถูกนำออกมาจะถูกผสมโดยเชื้อสเปิร์มของสามี จากนั้นผู้เชี่ยวชาญก็จะนำไข่ที่ถูกผสมแล้วกลับเข้าไปฝังในมดลูกของแม่อาจจะเป็น ๑ หรือ ๒ ถ้าคู่แต่งงานต้องการ (ถ้าเป็น ๒ โอกาสของความสำเร็จก็มีมากขึ้น) และในขณะเดียวกันผู้เชี่ยวชาญก็จะแช่แข็งเอมบริโอในไนโตรเจนเหลวเพื่อเก็บไว้ใช้สำรอง ในกรณีที่

การฝังตัวล้มเหลวด้วย

Dr. Alan Trounson ซึ่งเป็นสมาชิกของทีมโมแนชได้กล่าวว่า เขาและพรรคพวกได้นำเอมบริโอที่ปกติซึ่งผ่านการแช่แข็งแล้ว มาทำให้ละลายแล้วนำไปฝังในมดลูกของแม่ พบว่า ไม่มีเอมบริโอตัวใดเจริญไปจนครบเทอมเลย ศาสตราจารย์ Carl Wood หัวหน้าทีมได้กล่าวว่า การแช่แข็งเอมบริโอได้ช่วยให้นักวิจัยมีเวลารอจนกว่าสภาพมดลูกของแม่จะฟื้นดีขึ้นจากการเสียเลือดครั้งแรก ก่อนการนำเอมบริโอเข้าไปฝัง เขากล่าวว่าการรอคอยนั้นหมายความว่าเอมบริโอมีโอกาสที่ดีขึ้น

Dr. Trounson ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกเทคนิคการแช่แข็ง โดยเริ่มต้นด้วยการแช่แข็งเอมบริโอของวัวในประเทศอังกฤษในปี ค.ศ. ๑๙๗๐ ได้กล่าวว่า เอมบริโอแช่แข็งจะมีอายุอยู่ได้ถึง ๔๐๐ ปี

แต่เทคนิคดังกล่าวได้นำมาซึ่งคำถามเป็นต้นว่า ใครเป็นเจ้าของเอมบริโอแช่-แข็ง การแช่แข็งทำให้เกิดการทำลายหรือเปล่า ทีมของนักวิจัยได้คิดแต่เพียงว่า เอมบริโอแช่แข็งเป็นของพ่อแม่เขา แต่อะไรจะเกิดขึ้นถ้าพ่อแม่ตาย หรือพ่อแม่หย่ากันหรือถ้าหากเขาไม่ยอมรับในโชคชะตาของเอมบริโอที่แช่แข็งนั้น

ในขณะนี้ไม่มีใครทราบว่าเอมบริโอของมนุษย์ที่แช่แข็งนั้นจะมีชีวิตอยู่ได้ แต่เอมบริโอของวัวที่ผ่านการแช่แข็งและเมื่อทำให้ละลายก็ยังสามารถเจริญไปเป็นลูกวัวได้โดยปกติ แต่ได้มีรายงานจากคณะกรรมการที่ปรึกษาทางจรรยาธรรมเมื่อเร็ว ๆ นี้ว่าการแช่แข็งจะทำให้เกิดการทำลายต่อเซลล์ของเอมบริโอหนู ในขณะเดียวกันทีมของโมแนชก็ยังคงดำ-เนินงานของเขาต่อไปเรื่อย ๆ

(New Scientist June 18,1981 p. 747)

<u>ประดิษฐ์เครื่องไตเทียมช่วยผู้ป่วยสำเร็จ</u>

นายดนัย กวยอภัย นายช่างอิเล็คทรอนิกส์ ๓ หน่วยโรคไต ภาควิชาสรีรวิทยา โรงพยาบาลศิริราช ผู้ได้รับรางวัลที่ ๓ จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องไตเทียม ชี้แจงว่าคนไข้ที่เป็นโรคไต มีสาเหตุมาจากหลายประ-การ เช่น ได้รับยาประเภทเตตาไซคลินเข้าไป กินยาฆ่าแมลงหรือกินยาที่หมดอายุ ทำให้ไตเสื่อมคุณภาพ จะเกิดมีอาการผิดปกติขึ้น เช่น มีโปแตสเซียมในเลือดสูง หัวใจทำงานผิดปกติ เมื่อแพทย์ตรวจพบว่าเป็นโรคไตจำเป็นต้องมีการถ่ายเลือดโดยใช้เครื่องมือในการ-กรองเลือดเสียให้กลับเป็นเลือดดีแล้วนำกลับมาเข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยเช่นเดิม เครื่องมือดังกล่าวเรียกว่าไตเทียม ตามปกติต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศในราคาปัจจุบันเครื่องละ ๔ แสนบาท แต่ในสภาพของประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมแตกต่างกัน จึงทำให้เครื่องเสียได้ง่ายและหาอะไหล่ได้ยาก

นายดนัย กวยอภัย กล่าวต่อไปว่า จากปัญหาของเครื่องไตเทียมซึ่งมีราคาแพงและหาอะไหล่ได้ยาก จึงคิดหาวิธีประดิษฐ์ไตเทียมขึ้นในประเทศไทย เมื่อปี ๒๕๒๒ ใช้เวลาประมาณ ๓ เดือน โดยใช้เงินงบประมาณ ๒๐,๐๐๐ บาท ใช้วัสดุที่มีอยู่ในประเทศไทย ที่หาซื้อได้ง่ายราคาไม่แพงมีการป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้า มีระบบเตือนภัยทั้งระบบแสงและเสียงมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ทนทานและราคาถูก สามารถทำความดันได้สูงถึง ๗๐๐ มม. ปรอท

เครื่องไตเทียมที่ประดิษฐ์ขึ้นมีประโยชน์ในการช่วยชีวิตผู้ป่วยให้รอดตายจากไตไม่ทำงานได้หลายกรณี เช่น ไตวายเนื่องจากอุบัติเหตุ ไตวายเนื่องจากมาเลเรีย ไตวานเนื่องจากยาพิษ และช่วยชีวิตผู้ป่วยโรคไตจากภาวะหัวใจวายได้ ทั้งให้ความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยและผู้ควบคุมเครื่องด้วย

(ข่าวสภาวิจัยแห่งชาติ ข่าวที่ ๗๒/๒๕๒๔)

ผลิตโปรตีนจากแกสธรรมชาติ

นักวิทยาศาสตร์จากบริษัท ฟิลิปป์ ปิโตรเลียมจำกัด สามารถผลิตโปรตีนซึ่งเป็นผลพลอยได้จากแกสธรรมชาติ และเชื่อกันว่า จะสามารถนำมาเป็นอาหารทดแทนเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารในโลกได้ โปรตีนดังกล่าวนี้กำลังได้รับการทดสอบที่สถาบัน เอ็ม ไอ ที และเป็นที่คาดหวังว่าจะสามารถปรับปรุงให้เหมาะสมเพื่อใช้เป็นอาหารได้ในราว ๆ ต้นปีหน้า โปรตีนนี้ก็คือยีสซึ่งเจริญบนเมทานอลซึ่งมาจากแกสธรรมชาตินั่นเอง นักวิทยาศาสตร์จากบริษัทฟิลิปป์ ฯลฯ กล่าวว่าปริมาณของโปรตีนที่ได้จากแกสธรรมชาติเพียงครึ่งเดียวที่เหลือใช้และถูกเผาทิ้งทุก ๆ วันในตะวันออกกลางจะเพียงพอที่จะใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ๑๐๐ ล้านคนซึ่งกำลังประสบกับโรคขาดโปรตีนอยู่ จริงอยู่ถึงแม้ว่ายีสจะไม่มีรสชาติที่อร่อยนัก แต่สามารถทำให้กินได้คล่องถ้าผสมลงในซุปหรือแกงหรืออาหารประเภทอื่น ๆ การค้นพบนี้นับว่ามีประโยชน์มากในประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีแกสธรรมชาติอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น เม็กซิโก ไนจีเรีย อินโดนีเซีย และตลอดจน ประเทศไทย

(News week : October 5, 1981)

การถ่ายเอกสารอาจทำให้เกิดการผ่าเหล่าของเซลล์

ในอนาคตอันใกล้นี้การถ่ายเอกสารอาจจะถูกจัดอันดับเข้าอยู่ในประเภทของสิ่งที่เป็นอันตรายในชีวิตประจำวันก็ได้ กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่ Ames, Texas ได้สะกัดสารจากแผ่นภาพถ่ายเอกสารที่ถ่ายจากเครื่องถ่ายเอกสาร ๑๑ แบบ และได้ค้นพบว่ามีเครื่องถ่ายเอกสารถึง ๗ แบบที่มีสารที่สามารถทำให้เกิดการผ่าเหล่าของเซลล์ของแบคทีเรียได้ ผลการวิจัยยังไม่ก้าวหน้าถึงขั้นที่จะบ่งชี้ได้ว่าผู้ใช้จะต้องสัมผัสกับแผ่นภาพถ่ายเอกสารเป็น

จำนวนเท่าไรจึงจะทำให้เกิดการผ่าเหล่าได้ แต่เป็นที่แน่นอนว่างานวิจัยทางด้านนี้จะต้องก้าวหน้าต่อไปเนื่องจากการถ่ายเอกสารเริ่มที่จะมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น

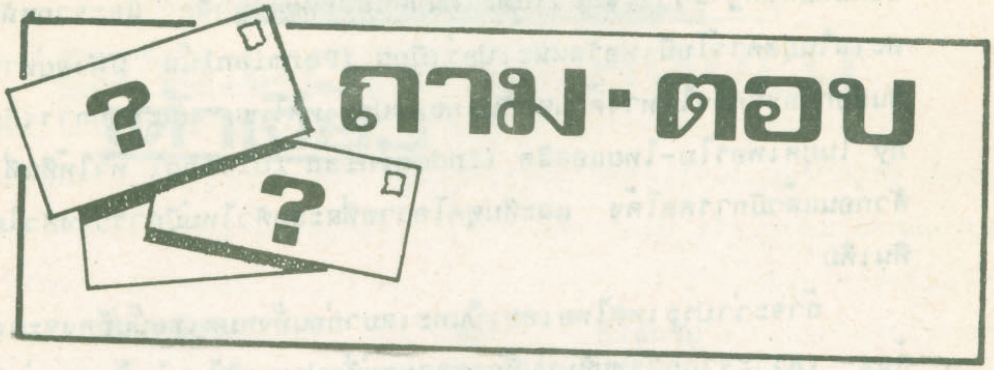
เป็นที่น่าเสียดายว่าข่าวชิ้นนี้มิได้ระบุยี่ห้อและแบบของเครื่องถ่ายเอกสารที่มีสารทำให้เกิดการผ่าเหล่าของเซลล์ เราจึงไม่ทราบว่าเครื่องถ่ายเอกสารที่ใช้ในคณะวิทยาศาสตร์ของเราเป็นหนึ่งในตัวการด้วยหรือไม่

(Science For The People : January 1981)

<u>การเพิ่มผลผลิตของแอลกอฮอลโดยยีสต์ชนิดใหม่</u>

นักวิทยาศาสตร์ชาวแคนาดาได้ค้นพบยีสต์ชนิดใหม่ที่สามารถเพิ่มผลผลิตของเอทธานอลซึ่งมีบทบาทสำคัญในโครงการแกสโซฮอล (gasohol) เอทธานอลเป็นผลผลิตที่ได้จากการหมักน้ำตาลจากข้าวหรือพืชที่มีคาร์โบไฮเดรทสูง ยีสต์ธรรมดาโดยทั่วไปจะเปลี่ยนน้ำตาลที่ประกอบด้วยคาร์บอน ๖ อะตอมเช่นกลูโคส (glucose) ให้เป็นเอทธานอลแต่จะไม่แตะต้องน้ำตาลที่ประกอบด้วยคาร์บอนเพียง ๕ อะตอมเช่นไซโลส (xylose) เลย พืชประกอบด้วยกลูโคสประมาณ ๔๐-๕๐% และไซโลสประมาณ ๒๕-๓๐% ดังนั้นยีสต์ธรรมดาจึงสามารถเปลี่ยนสารเริ่มต้นให้เป็นเอทธานอลได้เพียง ๔๐-๕๐% เท่านั้น ยีสต์ชนิดใหม่ที่ค้นพบมีชื่อว่า <u>Pachysolen tannophilus</u> และเป็นยีสต์ที่มีความสามารถในการเปลี่ยนไซโลสให้เป็นเอทธานอลได้อย่างดี การใช้ยีสต์ทั้งสองชนิดร่วมกันทำให้ผลผลิตจากการหมักน้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น ๗๐-๘๐%

(Science News : August 15, 1981)



ถาม เวลาเราไปวัดความดันเลือด จะได้ค่าออกมาสองค่า เช่น ๑๑๐ กับ ๘๐ อย่างนี้หมายความว่าอย่างไรคะ ทำไมไม่บอกมาอย่างเดียวเลย จำง่ายดีกว่า

ตอบ ค่าความดันเลือดมักจะวัดที่เส้นเลือดแดง ได้มา ๒ ค่าโดยจะเขียน ๑๑๐/๘๐ มม.ปรอท ค่า ๑๑๐ มม.ปรอท เป็นค่าความดันเกิดจากหัวใจบีบตัวไล่เลือดออกมา เรียกค่านี้ว่า systolic pressure ส่วนค่า ๘๐ มม.ปรอท เป็นค่าความดันขณะหัวใจคลายตัว ค่านี้เกิดจากการที่เส้นเลือดซึ่งขยายตัว หลังจากการบีบตัวของหัวใจ ทำให้เกิดความดันขึ้นอีกค่าหนึ่งเรียก diastolic pressure

ในกรณีที่เส้นเลือดไม่ยืดหยุ่น เนื่องจากมีโคเลสเตอรอลไปเกาะทำให้ค่า systolic pressure ต่ำเลือดตกค้างอยู่ในเส้นเลือดใหญ่ผลที่เกิดขึ้นคือ เซลล์ได้รับเลือดไม่เพียงพอ ร่างกายอ่อนเพลีย

ถาม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเคยเป็นทะเลมาก่อนจริงหรือครับ ทราบได้อย่างไร ถ้าเช่นนั้นประเทศไทยเกือบทั้งหมด หรือทั้งหมดเลยก็เป็นทะเลมาก่อนนะสิ

ตอบ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเคยเป็นทะเลมาก่อนจริง หลักฐานที่ทำให้ทราบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือเคยเป็นทะเลมาก่อนคือ การพบหินชั้นที่เกิดจากการสะสมตัวในทะเลซึ่งได้แก่หินปูน (lime stone) และหินเชิร์ท (chert) และจากการพบทรากบรรพชีวิน เช่น ไบโอซัวและ stromatrolite algae สิ่งมีชีวิตที่กล่าวถึงนี้ดำรงชีพอยู่ในทะเลเท่านั้น นอกจากนี้ยังพบหลักฐานเกี่ยวกับหินชั้นที่มีอายุมากที่สุดในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ หินชั้นดังกล่าวเกิดจากการสะสมในยุคดีโวเนียน (Devonian) มีลักษณะเป็น oolitic limestone แสดงว่าสะสมตัวในทะเลตื้น ในยุคต่อมาคือยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous) ตอนกลางถึงตอนปลายประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายและหินปูนสลับกัน ชั้นล่างมักเป็นหินกรวดมนซึ่งได้แก่ ทางด้านจังหวัดเลยมีการสะสมตัวในทะเลตื้น ส่วนทางเทือกเขาดงพญาเย็น

พบหินที่มีหลักฐานว่าสะสมตัวในทะเลน้ำตื้นและทะเลน้ำลึก และจากหลักฐานพบว่าทะเลในยุคคาร์โบนิเฟอรัสและเปอร์เมียน (Permian) นั้น มีฝั่งอยู่ทางด้านตะวันออกและลึกลงไปทางด้านตะวันตกของประเทศไทย และจากการเกิด orogeny ในยุคเพอร์โม-ไทยแอสสิค (Indosynian folding) ทำให้หินที่เกิดสะสมตัวก่อนแล้วมีการคดโค้ง และหินชุดโคราชที่สะสมตัวใหม่มีการวางตัวไม่ขนานกับหินเดิม

ถ้าจะว่าประเทศไทยเคยเป็นทะเลมาก่อนทั้งหมดเลยนั้นก็คงจะตอบว่าถูกต้อง เพราะจากการพบหินปูนที่กระจายอยู่ทั่วประเทศไทย ก็แสดงว่าที่เหล่านั้นเคยเป็นทะเลมาก่อน เพียงแต่ว่าทะเลในแต่ละแห่งไม่ได้เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันทั้งหมด ทั้งนี้จากการศึกษาบรรพชีวิน และจากลักษณะของหินก็จะทราบว่าในแต่ละส่วนของประเทศไทยที่เคยเป็นทะเลมาก่อนนั้นไม่ได้เกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน

ถาม ที่ภูกระดึงมีต้นสนมากมาย เพื่อน ๆ ที่ไปเที่ยวด้วยกันบอกว่าเป็นคนละแบบกับสนทะเล ดูลักษณะของใบแล้วไม่น่าจะเป็นไปได้ และบนต้นสนที่ภูกระดึงนี้จะมีฝอยลมห้อยอยู่เต็มไปหมด ฝอยลมที่ว่านี้เป็นกาฝากของต้นสนหรือใบของต้นสน

ตอบ สนทั้งสองเป็นคนละชนิดแน่นอน สนที่ภูกระดึงเป็นพวกจิมโนสเปิร์ม (Gymnosperms) มีอยู่สองชนิดคือ สนสองใบ (Pinus merkusii) และสนสามใบ (Pinus kesiya) คำว่า "สองใบ" และ "สามใบ" หมายถึง จำนวนของใบซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นยาวภายในหนึ่งมัดเล็ก ๆ นั้นถ้ามี ๒ ใบก็เรียกสนสองใบ ถ้ามี ๓ ใบก็เรียกว่าสนสามใบ เปลือกของต้นสนทั้งสองชนิดนี้ก็แตกต่างกัน สนสองใบจะแตกเป็นร่องลึกเป็นแนวยาว สีน้ำตาลปนดำ ส่วนของสนสามใบจะแตกเป็นสะเก็ดรูปสี่เหลี่ยม สีน้ำตาลปนแดง ส่วนสนทะเลเป็นพืชดอก (Angiosperms) อยู่ในตระกูล Casaurinaceae ส่วนที่มีสีเขียวเป็นเส้นยาวนั้นไม่ใช่ใบสนทะเล แต่เป็นกิ่งขนาดเล็กซึ่งจะต่อกันเป็นข้อ ๆ ตรงข้อมีใบขนาดเล็ก (scale leaves) จำนวนมากติดอยู่โดยรอบข้อ

คือ รา (fugi) กับสาหร่าย (algae) ที่อาศัยอยู่ร่วมกันเรียกสิ่งมีชีวิตที่อยู่รวมกันนี้ว่า ไลเคนส์ (Lichen) ทั้งสองต่างก็ได้รับผลประโยชน์ซึ่งกันและกันกล่าวคือ เส้นใยของราซึ่งหุ้มอยู่ภายนอกจะทำหน้าที่ป้องกันคุ้มครองอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก และยังให้ความชื้นแก่สาหร่ายซึ่งอยู่ภายใน ส่วนสาหร่ายจะสังเคราะห์แสงสร้างอาหารให้แก่เชื้อราด้วย นอกจากฝอยลมคุณอาจจะพบฟองหินติดอยู่กับพื้นหินบนภูกระดึงด้วย ซึ่งฟองหินนี้ก็เป็นไลเคนส์อีกแบบหนึ่งนั่นเอง

เกร็ดความรู้

เต้าเจี้ยว*

วัตถุดิบ

ถั่วเหลือง	๑๐	กิโลกรัม
แป้งข้าวเจ้า	๓.๕	"
แป้งสาลี	๒.๕	"
น้ำเกลืออิ่มตัว		
ข้าวสุก		

วิธีทำ

๑. เตรียมเชื้อราสำหรับทำเต้าเจี้ยวโดยนำข้าวสุกประมาณ ๑ กิโลกรัม ใส่ในกระด้งเกลี่ยให้เป็นชั้นบาง ๆ ตั้งทิ้งไว้ในที่ร่มประมาณ ๒-๓ วัน จะมีรา[๒]สีเขียวเกิดขึ้น นำไปใช้ทำเต้าเจี้ยวต่อไป (ถ้าราที่เกิดขึ้นเป็นสีอื่น เช่น สีดำ ใช้ไม่ได้ ต้องทิ้งไป)

๒. นำถั่วเหลืองมาคัดเอากากและสิ่งสกปรกออก ล้างน้ำให้สะอาด เติมน้ำลงไปให้ท่วม แช่ไว้ ๑ คืน

๓. รินน้ำที่แช่ทิ้ง แล้วล้างด้วยน้ำสะอาด ๒-๓ ครั้ง

๔. ต้มหรือนึ่งจนถั่วนิ่ม

๕. เทใส่ในตะแกรงเพื่อให้สะเด็ดน้ำ ทิ้งไว้ให้เย็น

๖. เติมแป้งสาลีและแป้งข้าวเจ้าลงไป คลุกให้เข้ากัน แล้วเติมเชื้อราที่เตรียมไว้ตามข้อ ๑ ลงไปคลุกให้ทั่ว

๗. นำไปแบ่งใส่กระด้ง เกลี่ยให้สม่ำเสมอ ทิ้งไว้ในที่ร่มประมาณ ๓ วัน จะมีราสีเขียวเกิดขึ้นและถั่วจะจับกันเป็นแผ่น

๘. พลิกกลับส่วนข้างล่างขึ้นข้างบน แล้วทิ้งไว้อีก ๓-๔ วัน ราจะขึ้นทั่วเมล็ดถั่ว

๙. บีแผ่นถั่วที่ได้ให้เป็นชิ้น ๆ นำไปบรรจุลงในตุ่มเคลือบ เติมน้ำเกลือลงไปให้ท่วมตากแดดไว้ประมาณ ๔๕-๖๐ วัน (ควรปิดฝาตุ่มเวลากลางคืนและเวลาฝนตก) ช้อนบริเวณผิวหน้าทิ้ง แล้วคนให้ทั่วจะได้เต้าเจี้ยวตามต้องการ

---

* ข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับที่ ๙๗ กันยายน ๒๕๒๔

การทำผลิตภัณฑ์บางอย่าง จากมะนาว*

ในระหว่างเดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน เป็นฤดูที่มีมะนาวมาก ล้นตลาด ราคาตกต่ำ เหมาะที่แม่บ้านจะได้คิดทำผลิตภัณฑ์ถนอมไว้รับประทานในครัวเรือนหรือทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครอบครัว เป็นการเพิ่มรายได้ เพื่อช่วยพยุงเศรษฐกิจของครอบครัวในภาวะปัจจุบันเช่นนี้ได้ งานถนอมอาหารฯ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ทดลองทำผลิตภัณฑ์บางอย่างจากมะนาวขึ้น เช่น มะนาวทั้งผลแช่อิ่มตากแห้ง มะนาวกวนปรุงรส แยมจากมะนาวดอง ซึ่งมีวิธีทำง่าย ๆ ดังนี้

มะนาวทั้งผลแช่อิ่มตากแห้ง

ส่วนประกอบ	มะนาว	๑๐๐	ผล
	เกลือ (ใช้หมักมะนาว)	๓๕๐	กรัม
	น้ำตาลทราย	๔	กิโลกรัม
	เครื่องปรุง		
	ชะเอมผง	๓๐	กรัม
	เกลือ	๑๐๐-๑๕๐	กรัม
	น้ำมะนาว	๕๐๐	กรัม

กรรมวิธี

๑. ขูดผิวมะนาวด้วยเครื่องขัดผิว หรือหินหยาบ ล้างน้ำให้สะอาด ใช้มีดกรีดผลมะนาวออกเป็น ๕ แฉก

๒. ทับมะนาวด้วยไม้เพื่อบีบน้ำมะนาวออกจากผล แคะเมล็ดออก (เก็บน้ำมะนาวไว้ใช้ในการปรุงรส) จะได้ผลมะนาวมีรูปเหมือนดอกไม้ ๕ กลีบ โดยเกลือบนผลมะนาวที่วางเรียงเป็นชั้น ๆ ไว้ทีละชั้น หมักทิ้งไว้ ๒ คืน

๓. นำผลมะนาวมาต้มกับน้ำ โดยเปลี่ยนน้ำทิ้ง ๑-๒ ครั้ง หรือจนกะทั่งมะนาวหายขม เอาขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ

๔. แช่ในน้ำเชื่อมร้อนที่มีความเข้มข้นประมาณ ๓๐ องศาบริกซ์ (ใช้น้ำตาลทราย ๑ กิโลกรัมต่อน้ำ ๓ ลิตร

๕. รุ่งขึ้นเอาผลมะนาวขึ้นจากน้ำเชื่อม เพิ่มความเข้มข้นของน้ำเชื่อมทุกวัน โดยการเติมน้ำตาลทรายอีกวันละ ๕๐๐ กรัม แล้วต้มน้ำเชื่อมนาน ๕นาที ก่อนนำผลมะนาวลงแช่ทุกครั้ง

๖. ทำทุกวันจนครบ ๖ วัน หรือจนน้ำเชื่อมมีความเข้มข้นประมาณ ๗๕ องศาบริกซ์ เติมเครื่องปรุง แล้วแช่มะนาวไว้อีก ๓ วัน โดยรินน้ำเชื่อมออกต้มให้เดือดทุกวัน

---

* ข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริการ ฉบับที่ ๙๗ กันยายน ๒๕๒๔

๗. นำผลมะนาวขึ้นตากแดด หรือตากในตู้อบลมร้อนไฟฟ้า อุณหภูมิ ๖๕°-๗๐° ซ. จนแห้งจับไม่เหนียวติดมือ

๘. บรรจุในภาชนะที่แห้ง สะอาด

มะนาวกวนปรุงรส

ส่วนประกอบ

เนื้อมะนาวทั้งผลที่บีบน้ำออกแล้ว	๑๐๐	กรัม
น้ำตาลทราย	๖๐๐	กรัม
เกลือ	๓๐	กรัม
ชะเอมผง	๑๐	กรัม
น้ำมะนาว	๑๐๐	กรัม

กรรมวิธี

๑. ล้างผลมะนาวด้วยน้ำให้สะอาด

๒. ผ่าครึ่ง บีบน้ำออก แคะเมล็ด

๓. นำมาต้มกับน้ำ โดยเปลี่ยนน้ำทิ้ง ๒-๓ ครั้ง จนกระทั่งหายขม เอาขึ้นวางบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ

๔. สับเป็นชิ้นเล็ก ๆ

๕. ผสมส่วนต่าง ๆ ให้เข้ากัน ยกตั้งไฟ กวนตลอดเวลาจนแห้งเหนียว ในภาชนะเคลือบหรือเหล็กไร้สนิม

๖. บรรจุในภาชนะที่แห้ง สะอาด กดให้แน่น หรือห่อเป็นห่อเล็กๆด้วยกระดาษแก้วหรือแผ่นพลาสติกใสไม่มีสี ๒-๓ ชั้น เก็บไว้สักระยะหนึ่ง รสจะดียิ่งขึ้น

แยมมะนาวดอง

ส่วนประกอบ

มะนาวดองทั้งผล	๑๐๐๐	กรัม
น้ำตาลทราย	๒๐๐๐	กรัม
น้ำ	๑๐๐๐	กรัม
กรดซิตริก	๑๐	กรัม

กรรมวิธี

๑. สับหรือบดเนื้อมะนาวดองให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เติมกรดซิตริกแล้วต้มกับน้ำด้วยไฟอ่อน ๆ ประมาณ ๑ ชั่วโมง

๒. เติมน้ำตาลทราย คนให้ละลาย ตั้งไฟต่อไปจนแยมได้ที่ (พยายามคนให้น้อยที่สุด)

๓. บรรจุในภาชนะที่แห้ง สะอาด

หมายเหตุ วิธีทำมะนาวดอง

๑. ขูดผิวมะนาวด้วยเครื่องขัดผิวหรือหินหยาบ ล้างน้ำให้สะอาด

๒. นึ่ง นาน ๑๕-๒๐ นาที

๓. แช่ในน้ำเกลือความเข้มข้นร้อยละ ๑๕ นานประมาณ ๑๐ วัน

สารในอาหารที่อาจเป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง*

ในช่วงเวลา ๑๐ ปีที่ผ่านมา ท่านคงจะได้อ่านและได้ฟังข่าวเกี่ยวกับการค้นพบสารเคมีที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็งมากมาย สารเคมีเหล่านี้อาจเจือปนอยู่ในเครื่องอุปโภคบริโภคที่จำเป็นในชีวิตประจำวัน เช่น สีและสารปรุงแต่งกลิ่นและรสในอาหารอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) ในอาหารที่ปรุงด้วยถั่วลิสง สารพีวีซีในพลาสติก สารพิษในควันบุหรี่ สารตกค้างของยาฆ่าแมลงในผักผลไม้ เป็นต้น คุณคงจะรู้สึกว่าเครื่องอุปโภคบริโภคตลอดจนสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ เป็นสิ่งน่ากลัวและเป็นอันตรายไปเสียหมด แต่ความจริงแล้วก็คงจะไม่เป็นเช่นนั้นทั้งหมด ถ้าเราเข้าใจวิธีดูลักษณะและประเภทของเครื่องอุปโภคบริโภคซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมเพื่อประโยชน์ในการเลือกซื้อ

มะเร็งเป็นอาการของโรคที่ทำให้เซลล์มีการเจริญเติบโตผิดปกติ เรามักจะได้ยินข่าวอยู่เสมอว่า มีผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งจำนวนมาก วารสารทางการแพทย์รายงานว่าผู้เสียชีวิตด้วยโรคร้ายนี้มีมากเป็นอันดับ ๒ รองจากโรคหัวใจ ในประเทศเยอรมันมีผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งถึงร้อยละ ๒๐ ในปัจจุบันเรื่องราวเกี่ยวกับมะเร็งทั้งในด้านสาเหตุและการรักษายังไม่เป็นที่กระจ่างชัด แต่จากการทดลองและวิจัยสามารถสรุปได้ว่าสารเคมีประเภทหนึ่งมีส่วนกระตุ้นทำให้เกิดโรคมะเร็งได้ เราเรียกสารเคมีนี้ว่า สารคาร์ซิโนเจน(carcinogen) สารเคมีประเภทนี้อาจจะมีปนอยู่ในเครื่องอุปโภคบริโภคต่าง ๆ ดังได้กล่าวแล้ว สารคาร์ซิโนเจนตัวหนึ่งที่เป็นสาเหตุของโรคมะเร็ง ซึ่งจะแนะนำให้ท่านรู้จักในตอนนี้ มีชื่อเรียกว่า ไนโตรซามีน (nitrosamine) ซึ่งเป็นสารประกอบไนโตรโซ (nitroso compound) ที่นักวิทยาศาสตร์ค้นพบและรู้จักกันมาตั้งแต่ พ.ศ. ๒๔๙๓ เป็นสารที่ไวต่อการเกิดมะเร็งขาก เพราะมีคุณสมบัติละลายได้ดีทั้งในน้ำและในไขมัน จึงถูกดูดซึมได้ง่าย เคมีรายงานจากนักค้นคว้าว่าหนูทดลองที่ได้รับสารชนิดนี้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น ก็เกิดโรคมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสารนี้ยังทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลองที่ใหญ่กว่าหนู เช่น กระต่าย สุนัข และลิงด้วย

---

* เรียบเรียงโดย นางสาวอำนวยพร ฤทธิจันทร์ นักวิทยาศาสตร์ ๓ กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

วารสารทางการแพทย์รายงานว่า สามารถพบไนโตรซามีนในอาหารจำพวกโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ที่นำมาเผา ย่าง รมควัน หรือทอดจนมีลักษณะไหม้เกรียม เช่น ปลาเผา ปลาย่าง ปลารมควัน เนื้อย่าง หมูทอด ไก่ทอด และในน้ำมันที่ใช้ทอดเนื้อสัตว์จนไหม้มีสีคล้ำ นอกจากนี้ยังพบในปลากระป๋อง เนื้อกระป๋อง ไส้กรอก กุ้งแห้ง กุนเชียง ซีอิ๊วทำจากหอย น้ำปลาบางชนิด ปลาหมึกแห้ง ตลอดจนเครื่องดื่มที่มีอัลกอฮอล์บางชนิด เช่น เบียร์และวิสกี้

สารไนโตรซามีนนี้อาจเข้าสู่ร่างกายคนได้ ทั้งโดยทางตรงและทางอ้อม โดยทางตรงนั้นหมายถึงการบริโภคอาหารที่มีสารดังกล่าวอยู่ด้วย ส่วนทางอ้อมนั้นเกิดจากร่างกายได้รับสารประเภทที่สามารถเกิดปฏิกิริยาสร้างไนโตรซามีนขึ้นภายในอวัยวะต่าง ๆ ของร่างกาย เพราะโดยปกติแล้วไนโตรซามีนเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตรัส (nitrous acid) กับสารประกอบอะมีน (amine) ในภาวะที่เป็นกรด หรืออาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบไนโตรต์ในกรดแร่กับสารประกอบอะมีนก็ได้ กล่าวคือน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและน้ำย่อยหรือน้ำลายในปากของเราต่างมีฤทธิ์เป็นกรดอย่างอ่อน ๆ ดังนั้นจึงอาจเกิดไนโตรซามีนจากปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบอะมีนกับไนโตรต์อิออนขึ้นได้ เมื่อสารทั้งสองอยู่ในกระเพาะอาหารหรือในปากซึ่งมีสภาวะเหมาะสม คือเป็นกรดอ่อนนั่นเอง

โดยเฉพาะระดับไนไตรต์อิออนในร่างกาย สามารถเพิ่มขึ้นได้จากการบริโภคอาหารที่มีไนไตรต์ปนอยู่ด้วย เช่น อาหารกระป๋อง น้ำประปา หรือโดยทางอ้อมอาจเกิดจากการบริโภคอาหารที่มีไนเตรต อิออนปนอยู่ เช่น อาหารที่ผสมดินประสิว แบคทีเรียในปากของเราสามารถเปลี่ยนไนเตรตเป็นไนไตรต์ได้

ขณะนี้ไนโตรซามีน กำลังได้รับความสนใจเป็นพิเศษ เพราะนักเคมีแห่งสถาบันวิจัยเซ้าท์เวสท์ (Southwest Research Institute) ในสหรัฐอเมริกาสามารถแยกไนโตรซามีนออกมาได้จากควันบุหรี่ และยังสามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของไนโตรซามีนในควันบุหรี่กับปริมาณไนโตรเจนในดินซึ่งใช้ปลูกต้นยาสูบและใบยาพันธุ์ต่างๆ ผู้ค้นคว้าในเรื่องนี้ได้กล่าวว่า มนุษย์น่าจะสามารถผสมพันธุ์ยาสูบเพื่อให้ได้ใบยาสูบที่มีปริมาณไนโตรซามีนต่ำที่สุด ปัจจุบันนักค้นคว้าได้พบว่าปริมาณไนโตรซามีนในควันบุหรี่อาจมีได้ตั้งแต่ ๑๐-๑๔๐ นาโนกรัม แล้วแต่ชนิดของบุหรี่ เป็นที่น่าสนใจว่า ไนโตรซามีนในบุหรี่นั้นจะเกิดขึ้นต่อเมื่อใบยาสูบติดไฟเท่านั้น สำหรับยาสูบที่ใช้เคี้ยวหรือยานัตถุ์ ไม่พบสารชนิดนี้ปนอยู่แต่อย่างใด

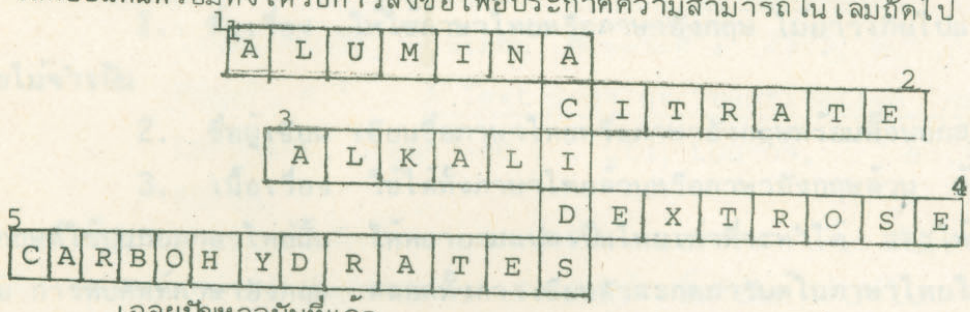
ข้อมูลอีกส่วนหนึ่งที่นักค้นคว้าสนใจก็คือ มักจะพบไนโตรซามีนในอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะเนื้อที่ไหม้เกรียม แต่ยังไม่เคยพบอะมีนที่เป็นต้นเหตุให้เกิดไนโตรซามีนในเนื้อดิน ดังนั้นถ้าขจัดไนไตรต์อิออน ออกจากเนื้อดิบก่อนนำไปย่าง ปิ้งหรือทอด ความเข้มข้นของไนโตรซามีนในเนื้อสุกจะลดลงอย่างมาก ส่วนสารที่ใช้ในการกำจัดไนไตรต์อิออน ได้แก่ โพรพิลกัลเลท (propyl gallate) แอล-แอสคอร์บิลพาล์มิเตต (L-ascrobylpalmitate) ฉะนั้นอาจใช้วิธีนี้เป็นหลักในการลดจำนวนไนโตรซามีนในเนื้อสุกจนไหม้-เกรียมได้

ปัจจุบันมีการผลิตเนื้อสัตว์แปรรูปในลักษณะต่าง ๆ เช่น เนื้อกระป๋อง กุนเชียง ไส้กรอก แหนม โดยใส่ดินประสิวลงไป เพื่อทำให้เนื้อสัตว์มีคุณภาพดี ในด้านสี กลิ่นและรส ตลอดจนการเก็บรักษา แต่นั่นเป็นเหตุทำให้เกิดไนโตรซามีนได้ กระทรวงสาธารณสุขได้พยายามหาทางป้องกันแก้ไขการเกิดไนโตรซามีนในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ต้องใช้ไนไตรต์เป็นวัตถุเจือปน ซึ่งตามประเทศกระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ไนไตรต์ได้ในปริมาณที่ไม่เกิน ๕๐๐ กรัมในล้านกรัม (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนเตรต) และไนไตรต์ในปริมาณ ๒๐๐ กรัมในล้านกรัม (โดยคิดคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรต์)

เป็นที่น่าสังเกตุว่า ไนโตรซามีนจะเกิดขึ้นในอาหารประเภทโปรตีนที่สุกจนไหม้เกรียม น้ำมันที่ใช้ทอดเนื้อสัตว์จนไหม้มีสีคล้ำ อาหารเนื้อสัตว์กระป๋อง ตลอดจนไส้-กรอก แหนม เนื้อตากแห้ง เพราะอาหารเหล่านี้มักใส่ดินประสิวลงไปเพื่อช่วยถนอมอาหารซึ่งเป็นเหตุให้เกิดไนโตรซามีน แม้ว่าในการค้นพบสารชนิดนี้ยังไม่ทราบปริมาณความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของสารนี้กับน้ำหนักของร่างกายคนที่สามารถก่อให้เกิดโรคมะเร็งจึงตัดสินไม่ได้ว่า ไนโตรซามีนที่พบในอาหารปริมาณต่าง ๆ กันนั้นจะมากพอที่จะทำให้เกิดอันตรายอันแท้จริงต่อมนุษย์ได้หรือไม่ อย่างไรก็ตามระหว่างที่รอผลการค้นคว้าขั้นสุดท้ายอยู่นี้เพื่อเป็นการไม่ประมาท เราควรหลีกเลี่ยงอาหารเนื้อสัตว์ที่ไหม้เกรียม ตลอดจนอาหารเนื้อสัตว์กระป๋อง เนื้อสัตว์หมัก เพราะอาหารเหล่านั้นมักจะเจือสารเสริมชูรสอาหาร เช่น สี กลิ่น สารถนอมอาหาร ตลอดจนภาชนะบรรจุหุ้มห่ออาจก่อให้เกิดอันตรายได้ อีกทั้งอาหารกระป๋องและเนื้อสัตว์หมัก เช่น ไส้กรอก แหนม กุนเชียง ยังมีราคาแพงกว่าเนื้อสัตว์ธรรมดาอีกด้วย ในภาวะเศรษฐกิจรัดตัวเช่นนี้เราจึงควรตัดสินใจเลือกซื้ออาหารสด หลีกเลี่ยงอาหารแปรรูปในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งนอกจากจะประหยัดรายจ่ายของท่านเองและได้ประโยชน์คุ้มค่าแล้ว ยังอาจปลอดภัยจากโรคมะเร็งอีกด้วย

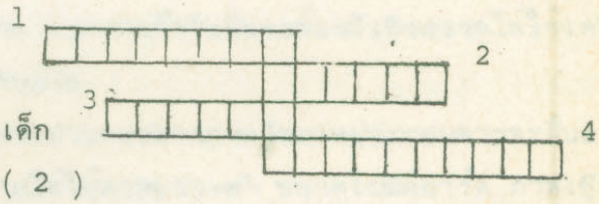
คอลภูมิ

คอลัมน์นี้จะจัดเป็นประจำในวารสารวิทยาศาสตร์มข. จุดประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านได้ทดลองใช้ภูมิปัญญาของตนในการตีความหมายของประโยคปริศนา และหาคำตอบที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคำถามที่สุด นอกจากนี้จำนวนอักษรในคำตอบจะต้องเท่ากับจำนวนช่องที่กำหนดไว้ด้วย ผู้ที่ตอบปัญหาได้ถูกต้องและส่งไปถึงบรรณาธิการเป็นคนแรก จะได้รับรางวัลตอบแทนพร้อมทั้งได้รับการลงชื่อเพื่อประกาศความสามารถในเล่มถัดไป



เฉลยปัญหาฉบับที่แล้ว

แถวนอน (1) สารประกอบของอลูมิเนียมที่ใช้เป็นตัวดูดซับในการทำโครมาโตกราฟี (2) เกลือของกรดผลไม้ (3) เอาสารนี้เติมลงในน้ำส้มเสียซิจะได้เปรี้ยวน้อยลงหน่อย (4) น้ำตาลตัวนี้ก็คือ D-glucose นั่นแหละ (5) กลุ่มของสารอาหารที่ให้พลังงานและราคาถูกที่สุด



ปัญหาประจำฉบับ

แถวตั้ง สารกลุ่มนี้นี่เองที่ทำให้ดินเปรี้ยว

แถวนอน (1) นี่คุณ อย่ากินทิ้งกินขว้างสิ นึกถึงเด็กตามชนบทที่เป็นโรคขาดอาหารกลุ่มนี้บ้าง (2) อะไรเอ่ยอยู่ในอากาศ ถ้าเราขาดก็ต้องตาย (3) สารอะไรมีมากมายตามชายหาด (4) เอาเจ้านี่มาทำผีกระสือหลอกคนขี้กลัวกันไหม

แถวตั้ง สารพวก amphipathic moleculeซึ่งใช้ในชีวิตประจำวัน

ส่งคำตอบไปที่ ผศ.สุภาพ ณ นคร บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์มข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายในวันที่ ๑๕ กุมภาพันธ์ ๒๕๒๕

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข."

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่

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) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย

6. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกสีดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

7. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทางความถูกต้องชัดเจนของบทความทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้ลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น

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

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Philip, O.C., Ph. D. Thesis, The Influence of Ovid-on Lucan's Bellum Civile, University of Chicago, Chicago,(1962).

อนึ่งในกรณีที่อ้างถึงชื่อผู้แต่งและชื่อปีที่พิมพ์ในบทความ อาจย้ายตำแหน่งของปีที่พิมพ์จากท้ายสุดมาไว้หลังชื่อผู้แต่ง เช่น

จารุพันธ์ ทองแถม ม.ล., 2523, เฟิร์น : การปลูกเลี้ยงและการใช้ประโยชน์, โรงพิมพ์ชวนชื่น, กรุงเทพฯ พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้า 7-45

Zajone, R.B, 1976, Science, 192 (4236), 222-235.

สิทธิ์ของกองบรรณาธิการ

1) กองบรรณาธิการจะพิจารณาคัดเลือกและแก้ไขเรื่องหรือบทความใด ๆ เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ และมาตรฐานของวารสาร

2) กองบรรณาธิการจะไม่ส่งต้นฉบับคืน

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.....ชุ

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

ขอแสดงความนับถือ

.....

(.....)

พิมพ์ที่ฝ่ายผลิตเอกสาร สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
นายเฉลิม คิดชัย ผู้พิมพ์และโฆษณา
ปกพิมพ์ที่ โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร.236141

บทความ

งานวิจัย