วิทยาศาสตร์ มข.

KHON KAEN UNIVERSITY SCIENCE JOURNAL

ปีที่ ๔ ฉบับที่ ๑ ประจำเดือน มกราคม - เมษายน ๒๕๒๔

วิทยาศาสตร์ มข.

วัตถุประสงค์

☆ เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่างๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์

☆ เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้า ของอาจารย์และนักศึกษา

☆ เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความและแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษา และผู้รู้สนใจทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ปรึกษา คณบดี คณะวิทยาศาสตร์

บรรณาธิการ สัมพันธ์ คัมภิรานนท์

กองบรรณาธิการ สุวิน บุศราคำ
เสาวนิตย์ ทองพิมพ์
ลัดดาวัลย์ ขุนชาติประเสริฐ
วันชัย สุ่มเล็ก
ภาณี ถิรังกูร

ฝ่ายศิลปและภาพ เฉลิม คิดชัย

ฝ่ายจัดการ บุญคุ้ม เหลือล้น
บุษราภรณ์ พฤกษเทเวศ

เหรัญญิก ลักขณา สุขบาง

สำนักงาน ฝ่ายจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 236199 237272 ต่อ 343 และ 326

กำหนดออก ปีละ 3 ฉบับ

ค่าบำรุง ปีละ 20 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของ นางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ใบสมัครเป็นสมาชิก "วิทยาศาสตร์ มข."

เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เรียน บรรณาธิการวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข."

ข้าพเจ้า.....

ที่ทำงาน.....

ที่อยู่.....

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

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

จำนวน.....บาท มาทาง.....

ขอแสดงความนับถือ

.....

(.....)

วิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์

บรรณาธิการแถลง

เป็นที่น่ายินดีอย่างยิ่งที่คณะวิทยาศาสตร์ของเราได้มองเห็นความสำคัญของวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีผลต่อคนทุกระดับชั้น จนได้จัดตั้งโครงการพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ขึ้นโครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย มูลนิธิ และองค์การต่างๆ เป็นอย่างดี ในปัจจุบัน บริติช คาวน์ซิล ได้ส่งผู้เชี่ยวชาญมายังคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อร่วมกันวางแผน และจัดทำพิพิธภัณฑ์ให้บรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ในอันที่จะกระจายความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไปสู่มวลมนุษย์มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เมื่อโครงการนี้สิ้นสุดลง เราหวังว่าพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์คงจะเป็นประโยชน์อย่างมากทั้งในด้านการเรียน การสอน และการศึกษาหาความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักศึกษา และประชาชน สมดังเจตนารมย์ของคณะฯ ที่ตั้งไว้

สายลมร้อนของเดือนมีนาคมเตือนให้คณะผู้จัดทำต้องกล่าวคำอำลาสมาชิกทุกท่านไปตามวาระสองปีเศษแห่งความพยายามที่จะหาสิ่งที่ดีงามมาเสนอแก่ท่านคือความสุข ท่ามกลางความเหนื่อยยากของคณะผู้จัดทำทุกคน ขอให้ผู้อ่านและสมาชิกทุกท่านจงโชคดี.

สวัสดี

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์

19 มีนาคม 2524

วิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 2524

การแสดงเอกลักษณ์ของลูกผสมพันธุกรรมโดยใช้แถบสีแบบ C

Identification of Hybrids by C-Banding Technigue

กฤตยา กองสุวรรณ *

บทคัดย่อ

โดยอาศัยคุณสมบัติที่ว่า บนโครโมโซมแท่งหนึ่ง ประกอบด้วยสารหลายชนิดทำปฏิกิริยากับสีย้อมโครโมโซมต่างกัน และทำให้เกิดแถบสีต่างกัน ดังนั้นคุณสมบัตินี้สามารถนำมาประยุกต์เพื่อการแสดงเอกลักษณ์ของลูกผสมพันธุกรรมได้ ในที่นี้ได้บรรยายถึงการแสดงเอกลักษณ์ของพืชในสกุลพลับพลึงโดยใช้แถบสีในตำแหน่ง ซี บนแท่งโครโมโซมโดยละเอียด ส่วนการใช้แถบสีในตำแหน่งอื่นๆ บนแท่งโครโมโซมก็ได้บรรยายไว้พอเป็นสังเขป

There are now several methods which stain up many more landmarks in chromosomes. These occur as dark "bands" at set locations. In most species of plants and animals studied, every chromosome pair can be recognized by its specific and constant seguence of bands. The use of banding technigues has wide application on the study of modern cytogenetics. In this article the application of C-banding technigue in identification of the ancestry of Liliaceae hybrid is described. Other chromosome banding technigues are briefiy discussed.

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ดังเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปแล้วว่า โครโมโซม (Chromosome) ย้อมสีติดได้ ประโยชน์ของความรู้ข้อนี้ แต่ก่อนนำไปประยุกต์แต่เพียงการย้อมสีโครโมโซมเพื่อความสะดวกแก่การมองดูโครโมโซมให้ชัดเจนยิ่งขึ้นเท่านั้น ในปัจจุบันได้มีการศึกษาคุณสมบัติการติดสีย้อมของโครโมโซมแล้วได้พบความจริงที่สำคัญ 2 ประการคือ (1) ส่วนต่างๆ จะมีการติดสีที่นำไปย้อมสีหนึ่งๆ ไม่เท่ากันตลอดทั้งแท่ง แต่จะมีบางส่วนที่ติดสีย้อมเข้มหรือจางกว่าส่วนอื่น ซึ่งลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดเป็นแถบของสีบนแท่งโครโมโซม (2) แถบสีที่เกิดจากการย้อม ที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมเป็นเอกลักษณ์ของโครโมโซมแต่ละคู่ (ดูรูปที่ 1)

โดยการยึดหลักความจริงทั้งสองประการดังกล่าวเป็นหลัก จึงทำให้เกิดการประยุกต์ใช้ในการแสดงเอกลักษณ์ของโครโมโซมเพื่อการศึกษาในด้านพันธุกรรมได้อย่างกว้างขวาง สาระที่บทความนี้จะชี้ให้เห็นก็เฉพาะการใช้แถบสีที่เกิดจากการย้อม เพื่อการศึกษาลูกผสมของพืชในสกุลพลับพลึง (Liliaceae) เท่านั้น แม้ว่าความจริงที่กล่าวข้างบนสามารถที่จะนำไปใช้กับพืชหรือสัตว์ชนิดอื่นๆ ได้ โดยการดัดแปลงกรรมวิธีเพื่อความเหมาะสมกับชนิดของพืชหรือสัตว์ที่ทำการศึกษาก็ตาม

การพัฒนาการของการศึกษา แถบสีที่ปรากฏบนโครโมโซม

ในปี 1928 Hietz[7] นับเป็นบุคคลแรกที่ได้รายงานว่าโครโมโซมของเซลล์พืชประเภทลิเวอร์เวิด (Liverworts) และมอส (Mosses) มีบริเวณหนึ่งซึ่งอยู่ใกล้กับส่วนที่เรียกว่า เซ็นโตเมีย (Centromere) มีคุณสมบัติที่ติดสีได้ง่ายกว่าส่วนอื่นๆ ที่ไกลออกไปจากเซ็นโตเมีย เขาได้เรียกบริเวณที่ย้อมสีติดได้ง่ายนี้ว่า เฮเธอโรโครมาติน (Heterochromatin) และเรียกบริเวณอื่นที่ติดสีได้ยากกว่าหรือไม่ติดสีเลยว่า ยูโครมาติน (euchromatin) ในเวลาต่อมาก็ได้มีนักวิทยาศาสตร์อีกหลายท่านรวมทั้ง Heitz เอง พบว่าบนโครโมโซมของเซลล์พืชและสัตว์อีกหลายชนิดมีคุณสมบัติต่างไวต่อชนิดของสีที่ใช้ย้อมเช่นเดียวกันกับเซลล์พืชสองชนิดข้างต้น นอกจากนี้แล้วยังมีรายงานต่อมาอีกด้วยว่าบริเวณที่ย้อมสีติดได้ง่ายหรือเฮเธอโรโครมาตินนั้นมิได้อยู่เฉพาะบริเวณใกล้ๆ เซ็นโตเมียเท่านั้น หากแต่ว่าบริเวณที่ย้อมสีติดได้ง่ายนี้ กระจายอยู่บนส่วนต่างๆ ของแท่งโครโมโซมแท่งหนึ่งๆ ต่างกัน

หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เฮเธอโรโครมาตินบนแท่งโครโมโซมแท่งหนึ่งๆ นั้น มิได้อยู่เฉพาะบริเวณเซ็นโตเมียเท่านั้น

คำอธิบายรูป

รูปที่ 1 แสดงโครโมโซมของเซลล์จากปลายรากของต้นลิเลียม Canadense หลังจากการสร้างแถบสีแบบ C จะสังเกตเห็นว่ามีส่วนที่ติดสีเข้มเกิดขึ้นในตำแหน่งต่าง ๆ บนโครโมโซม เช่น เซ็นโตเมีย บริเวณคอคอดส่วนที่สอง (มีลูกศรชี้) และส่วนอื่น ๆ โครโมโซมที่เป็นคู่กัน (homologous chromosome) อาจบ่งได้ชัดเจนเพราะมีลักษณะตำแหน่งของแถบสีที่เหมือนกัน เช่น คู่ C, D. E, G แนะ H ในรูปนี้เป็นต้น (ดัดแปลงจาก Smyth and Kongsuwan, 1980[12]

หากแต่ว่ามันสามารถอยู่บริเวณใด ๆ บนแท่งโครโมโซมก็ได้ เช่น อาจจะอยู่ตอนปลายของแท่งโครโมโซม หรืออาจจะกระจายอยู่บริเวณส่วนกลางๆ บนแท่งโครโมโซม เป็นต้น

ในเวลาต่อมา มีผู้ทำการศึกษาการกระจายของเฮเธอโรโครมาตินบนโครโมโซมอย่างกว้างขวาง และมีผลทำให้เกิดกรรมวิธีต่างๆ ในการย้อมสีของโครโมโซม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระสวนหรือรูปแบบของแถบสีของการติดสีที่ปรากฏบนโครโมโซมของเซลล์พืชหรือสัตว์ด้วยกรรมวิธีเดียวกันย่อมเหมือนกัน (Hsu, 1973)[8] นอกจากนั้นแล้ว ยังพบอีกว่า รูปแบบของการติดสีที่ปรากฏบนโครโมโซมนั้นเปลี่ยนแปลงได้ หากว่ามีการผสมพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน

ประเภทของการย้อมแถบสีบนโครโมโซม

ผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาการศึกษาแถบสีที่ปรากฏบนโครโมโซมนี้เป็นไปอย่างกว้างขวางมากจนทำให้ในปัจจุบันมีกรรมวิธีในการย้อมสี อยู่ด้วยกัน 4 วิธี ที่จะทำให้เกิดแถบสีบนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต

1. กรรมวิธีย้อมแถบสีแบบ Q (Q-banding technigue)
2. กรรมวิธีย้อมแถบสีแบบ G (G-banding technigue)
3. กรรมวิธีย้อมแถบสีแบบ R (R-banding technigue) และ
4. กรรมวิธีย้อมแถบสีแบบ C (C-banding technigue)

การสร้างแถบสีแต่ละแบบนี้ จะให้แถบสีบนโครโมโซมแตกต่างกันไป ผู้ที่จะศึกษาว่าจะสร้างแถบสีโดยวิธีใดจึงจะเหมาะสมกับงานของตน จำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาในรายละเอียดเฉพาะกรรมวิธีการสร้างแถบสีแบบ C เป็นสำคัญ

(1) กรรมวิธีการสร้างแถบสีแบบ Q

กรรมวิธีนี้ ผู้คนพบคือนักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน ชื่อเคสเปอสัน และผู้ร่วมงาน (Caspersson et al. 1968)[3] กระทำโดยนำเอาเซลล์ที่ต้องการย้อมสีโครโมโซมผนึกบนแผ่นกระจกจุลทรรศน์ (Microscopic slide) แล้วนำไปจุ่มในสารเคมีที่เป็นน้ำยาย้อมสีคือ guinacrine หรือ guinacrine mustard อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นเวลานานพอสมควร จากนั้นจึงนำไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ fluorescence โดยให้ แสงอัลตราไวโอเล็ตและแสงสีน้ำเงิน (ultraviolet and blue light) ส่องผ่านเซลล์และโครโมรโซม

โครโมโซมที่ติดสีจะปรากฏแถบสีแบบ Q ซึ่งเป็นแถบหรือแสง สีเขียวในรูปแบบต่างๆ กัน ตามแต่ชนิดของโครโมโซมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

กรรมวิธีนี้ใช้ได้ผลดีมาแล้วในการศึกษาโครโมโซมของคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหลายชนิด (Evans et el, 1973)[6] แต่ข้อบกพร่องของกรรมวิธีนี้ก็คือ เมื่อสัมผัสกับแสงดังกล่าวเป็นเวลานาน การเรืองแสงของโครโมโซมจะสลายไป (fading) กรรมวิธีนี้จึงเหมาะสมกับงานวิจัยมากกว่างานที่ทำเป็นประจำ

(2) **กรรมวิธีสร้างแถบสีแบบ G**

กรรมวิธีนี้กระทำโดยนำเอาเซลล์ที่ต้องการย้อมสีโครโมโซมที่ผนึกบนแผ่นกระจกจุลทรรศน์แล้วมาจุ่มในด่าง แล้วนำไปจุ่มในสารละลายที่เป็น buffer หรือสารละลายที่เรียกว่า SSC ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่าง trisodium citrate กับ sodium chloride แล้วนำไปจุ่มในสารย้อมสีที่เรียกว่า Giemsa ที่ได้จัดให้มีค่า pH ในช่วง 6.8–9 จากนั้นจึงตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าโครโมโซมที่ย้อมสีโดยวิธีนี้ จะมีแถบสีม่วงแดง (Sumner et al., 1971)[13] ซึ่งจะเรียกว่า แถบสีแบบ G การทำให้เกิดแถบสีแบ G นี้ อาจกระทำได้โดยดัดแปลงไปจากที่กล่าวมาแล้ว โดยไม่ต้องจุ่มแผ่นกระจกจุลทรรศน์นี้ลงลงในด่าง และ buffer หรือ SSC เลยหากแต่นำไปจุ่มในน้ำย่อยชนิดต่างๆ เช่น pronase trypsin (Seabright, 1971) หรือสารอื่นๆ เช่น Urea (Shiraishi and Yosida, 1972)[11] ก่อนแล้วจึงนำไปแช่ในน้ำยาย้อมสี Giemsa เมื่อนำผลที่ได้ไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ก็จะพบ แถบสีม่วงแดง หรือแถบสีแบบ G เหมือนกับวิธีที่กล่าวในข้างต้นเช่นกัน

เมื่อเร็วๆ นี้มีผู้พบว่าสารประกอบพวกผงซักฟอกบางชนิด (detergent) ก็ทำให้เกิดแถบสีแบบ G ได้เช่นกัน (Kato and Moriwaki, 1972) แถบสีแบบ G ที่ปรากฏบนโครโมโซม โดยทั่วไปจะมีตำแหน่งคล้ายคลึงกับแถบสีแบบ Q นอกจากนั้นกรรมวิธีการสร้างแถบสีแบบ G นี้ เหมาะแก่เซลล์ของคนหรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เช่นเดียวกันกับกรรมวิธีสร้างแถบสีแบบ Q แต่วิธีการนี้มีข้อดีกว่า ตรงที่ว่า แถบสีนี้เกิดขึ้นบนแท่งโครโมโซมนั้นถาวรกว่าไม่สลายไปเหมือนที่พบในกรรมวิธีแรก

(3) **กรรมวิธีสร้างแถบสีแบบ R**

กรรมวิธีนี้กระทำโดยการแช่กระจกจุลทรรศน์ของเซลล์ที่ต้องการย้อมสีโครโมโซมลงในสารละลายเกลือ Earle (pH 6.5) ณ อุณหภูมิ 87°c เป็นเวลาประมาณ 5 ถึง 20 นาที แล้วย้อมด้วย Giemsa ชนิดเดียวกับที่ใช้ในกรรมวิธีสร้างแถบสีแบบ G (Dutrillaux and Lejeune, 1971)[5] ผลที่ได้จากวิธีนี้ แถบสีที่เกิดขึ้นเป็นสีม่วงแดง และแถบสีเหล่านี้อยู่ในตำแหน่งตรงข้ามกันกับแถบสีแบบ G ส่วนที่มีสีเข้มเมื่อย้อมโดยวิธีนี้จะเป็นสีจางเมื่อย้อมโดยวิธีสร้างแถบสีแบบ G

(4) **กรรมวิธีสร้างสีแบบ C**

กรรมวิธีนี้ ใช้เซลล์ที่ต้องการย้อมสีโครโมโซมผนึกบนแผ่นกระจกจุลทรรศน์ แล้วนำไปจุ่มในด่าง NaOH 0.07 M เป็นเวลานาน 2 นาที ซึ่งเชื่อว่าจะทำให้ DNA แยกออกจากกัน จากนั้นจึงนำไปแช่ในสารละลาย SSC ที่มีอุณหภูมิ 65°c เป็นเวลานาน 12–16 ชม. ซึ่งเป็นวิธีที่เชื่อว่าทำให้ DNA กลับมารวมกันอีก ต่อจากนั้นก็นำสไลด์ไปย้อมในสารย้อมสี Giemsa ซึ่งมี pH ประมาณ 7 (Arrighi and Hsu, 1971)[1]

ผลจากการนำเอาเซลล์ที่ผ่านการย้อมสีแล้วไปตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่า ลักษณะโดยทั่วไปของแถบสีที่ปรากฏบนแท่งโครโมโซมของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์มีความคล้ายคลึงกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บริเวณที่ใกล้เซ็นโตเมียและบริเวณคอคอดที่สองของแท่งโครโมโซม (Secondry Constriction) จะติดสีม่วงแดงเข้ม ส่วนบริเวณอื่นๆ จะติดสีแต่เพียงจางๆ เท่านั้น ส่วนที่ติดสีเข้มนี้เรียกว่า แถบสีแบบ C

อย่างไรก็ตาม แถบสีแบบ C ที่ปรากฏบนโครโมโซมของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ แม้จะพบมากบริเวณใกล้เซ็นโตเมียและบริเวณคอคอดส่วนที่สองดังได้กล่าวมาแล้ว มิได้เป็นกฎตายตัว เพราะแถบสีแบบ C ยังพบในตำแหน่งอื่นๆ นอกเหนือไปจากนี้ได้ เช่น บนแท่งโครโมโซมของเซลล์สัตว์ เช่น Microtus agrestis (Cooper and Hsu, 1972)[4] และ guinea pig (Bianchi and Ayres, 1971)[2] จะย้อมสีติดเกือบทั้งแท่งเป็นต้น

อนึ่ง การย้อมสีโครโมโซมแบบ C นี้ เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาพืช ทั้งนี้เพราะว่าแถบสีของโครโมโซมบนเซลล์พืช เป็นแถบสีที่ดูได้ชัดเจนและถาวรกว่าแถบสีที่ได้โดยการย้อมสีแบบ Q ส่วนการย้อมสีเซลล์พืชโดยแบบ G และ R นั้น ยังไม่อาจทำได้ในปัจจุบัน

ตัวอย่างการใช้กรรมวิธีการสร้างแถบสีแบบ C เพื่อการแสดงเอกลักษณ์ของลูกผสมพันธุกรรมของพืชในสกุลพลับพลึง (LILIACEAE)

พืชในสกุลพลับพลึง ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ อยู่ในวงศ์ลิเลี่ยม (Lilium) ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายตระกูล และในแต่ละตระกูลก็มีอยู่หลายชนิด ที่อาจจะผสมข้ามพันธุ์กันได้ ทำให้เกิดเป็นลูกผสม ด้วยเหตุนี้เองปัญหาในการที่จะหาเอกลักษณ์ของพืชในวงศ์นี้จึงมีอยู่เสมอ บางครั้งการหาเอกลักษณ์ของลูกผสมนั้นอาจจะทำได้โดยง่าย ด้วยการสังเกตลักษณะปรากฏโดยทั่วไป เช่น ลักษณะหัว ราก ใบ ดอก หรือ การงอก เป็นต้น แต่ในบางครั้งการหาเอกลักษณ์โดยลักษณะปรากฏก็ไม่อาจจะทำได้ ดังนั้นผลจากการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการย้อมสีโครโมโซมดังกล่าวมาแล้ว จึงเป็นการแก้ปัญหานี้ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โดยการย้อมให้เกิดแถบสีแบบ C

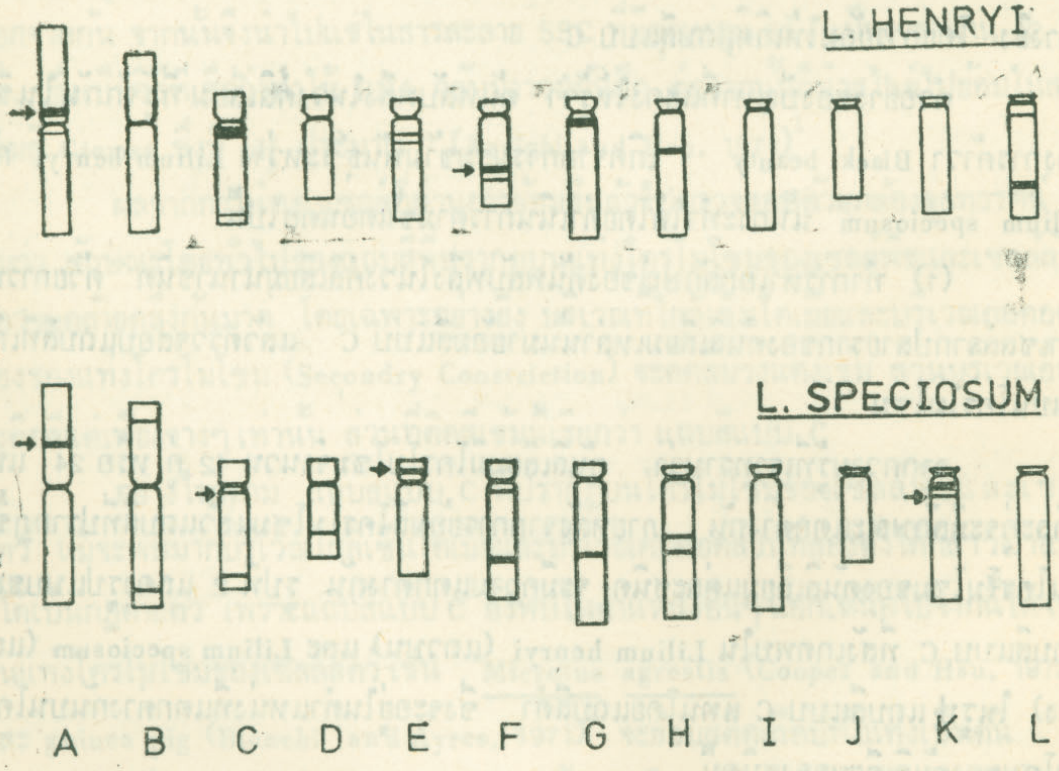
ตัวอย่างของปัญหาที่แสดงให้รู้ว่า ต้นพลับพลึงในวงศ์ลิเลี่ยม ที่รู้จักกันในชื่อทางการค้าว่า Black beauty เกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง Lilium henryi กับ Lilium speciosum นั้นกระทำได้โดยดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) ทำการหาเอกลักษณ์ของต้นพลับพลึงในวงศ์ลิเลียมนานาชนิด ด้วยการนำเอาเซลล์จากปลายรากของต้นลิเลี่ยมเหล่านั้นมาย้อมสีแบบ C แล้วตรวจสอบแถบสีที่เกิดขึ้นบนโครโมโซม

จากความรู้ที่เราทราบว่า ต้นลิเลียมมีโครโมโซมจำนวน 12 คู่ หรือ 24 แท่ง แต่ละคู่จะมีลักษณะแตกต่างกัน ภายหลังจากการย้อมสีโครโมโซมแล้วแถบสีที่ปรากฏขึ้นบนโครโมโซมของต้นลิเลียมแต่ละชนิด จะมีความแตกต่างกัน รูปที่ 2 แสดงรูปแบบของแถบสีแบบ C ที่สังเกตพบใน Lilium henryi (แถวบน) และ Lilium speciosum (แถวล่าง) ในรูป แถบสีแบบ C แทนโดยแถบสีดำ ซึ่งจะอยู่ในตำแหน่งที่แตกต่างกันบนโครโมโซมของต้นลิเลียมของชนิดนี้

เมื่อมีการผสมข้ามพันธุ์กันนั้น ลูกผสมที่ได้จะมีโครโมโซมที่ให้แถบสีเหมือนกับของพ่อและแม่ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า โครโมโซมของลูกผสมจะได้รับการถ่ายทอดเอกลักษณ์จากทั้งพ่อและแม่เป็นจำนวนเท่ากัน ดังนั้น

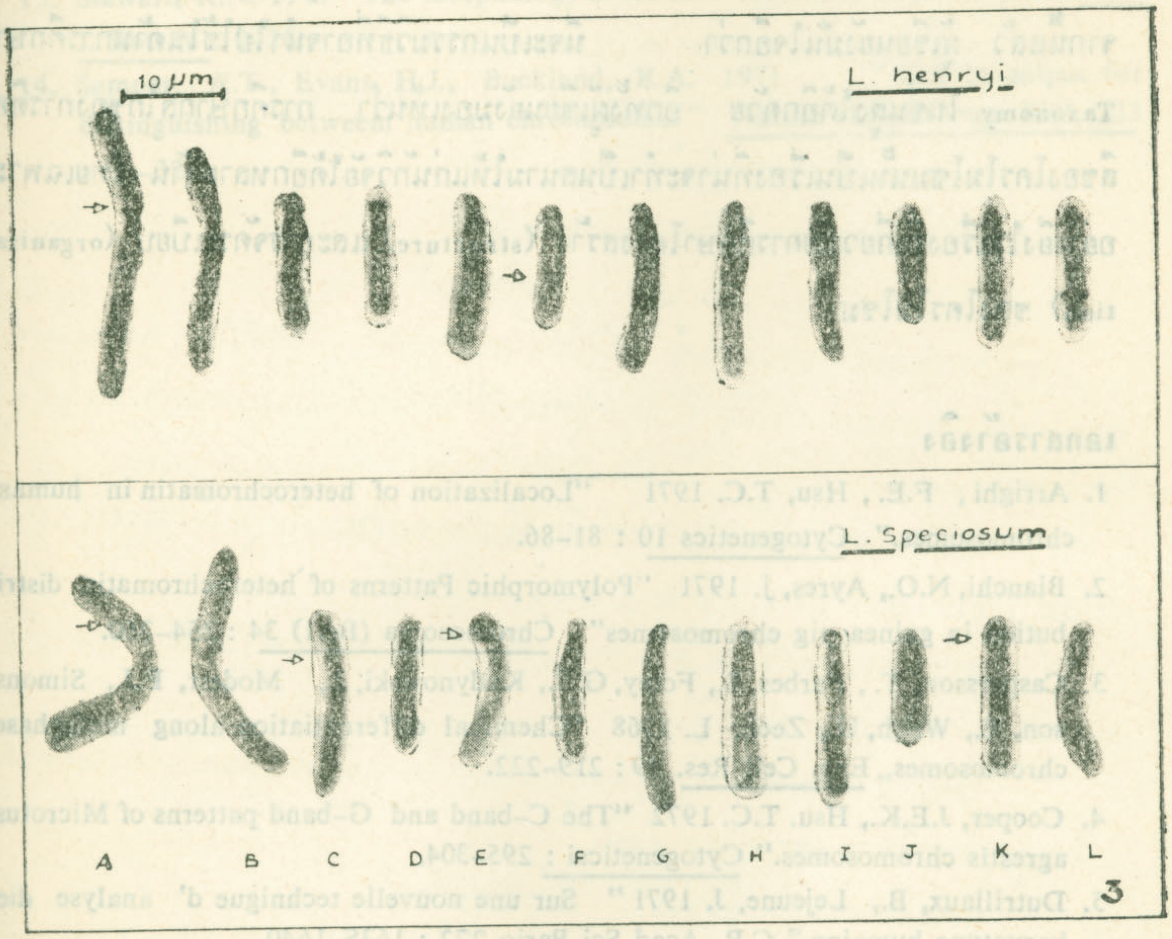
(2) ทำการย้อมสีโครโมโซมของลูกผสมในที่นี้คือ Black beauty แล้วตรวจสอบดูว่า แถบสีที่ปรากฏนั้น มีลักษณะเหมือนกับแถบสีที่ได้จากการทำในข้อหนึ่งอย่างใด ซึ่งจะพออนุโลมบอกชนิดของพ่อและแม่ได้โดยอาศัยหลักความจริงที่ว่า แถบสีของลูกผสมจะเหมือนกับแถบสีของต้นลิเลียม 2 ชนิด ที่เป็นพ่อและแม่ของมันนั่นเอง ผลสรุปนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3 ซึ่งแสดงแถบสีแบบ C ที่พบในลูกผสม Black beauty ถ้าสังเกตแล้วจะเห็นว่า แถบสีเหล่านี้ตรงกับแถบสีที่เป็นเอกลักษณ์ที่พบในต้นลิเลียม hensyi และ speciosum (รูปที่ 2) ดังนั้น จากการเปรียบเทียบแถบสีในรูปที่ 2 และ 3 ก็อาจบอกได้ว่าลูกผสม Black beauty มาจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่าง Lilium henryi กับ Lilium speciosum



2

รูปที่ 2 แสดงรูปแบบของแถบสีแบบ C ที่ได้จากต้นลิเลียม henryi (แถวบน) และต้นลิเลียม speciosum (แถวล่าง) โครโมโซมเรียงจาก A ถึง L ตามที่ดัดแปลงจาก Stewart (1947)[13] โครโมโซมทั้ง 12 คู่นี้เรียงโดยมีเซ็นโตเมียอยู่ตรงกัน

สังเกตได้ว่ามีโครโมโซมแบบ submetacentric อยู่ 2 คู่ คือ A และ B ส่วนคู่ C–L เป็นโครโมโซมแบ acrocentric ลูกศรในรูปนี้ ชี้ตำแหน่งที่เป็นคอคอดส่วนที่สองของโครโมโซม



รูปที่ 3 โครโมโซมจากเซลล์ปลายรากของลูกผสม "Black beauty" หลังจากการใช้กรรมวิธีสร้างแถบสีแบบ C จะเห็นว่ามีโครโมโซมอยู่ 12 แท่งซึ่งมีแถบสีแบบ C ตรงกับแถบสีที่พบในต้นลิเลียม henryi (เปรียบเทียบกับรูปที่ 2 แถวบน) และโครโมโซมอีก 12 แท่งที่เหลือมีแถบสีแบบ C ตรงกับแถบสีที่พบในต้นลิเลียม speciosum (เปรียบเทียบกับรูปที่ 2 –แถวล่าง) ลูกศรแสดงแถบที่พบในตำแหน่งที่เป็นคอคอดส่วนที่สองของโครโมโซม

ข้อสรุป

ตามที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ จะเห็นได้ว่า การศึกษาคุณสมบัติเกี่ยวกับการติดสีโครโมโซม ก่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการแสดงเอกลักษณ์ของลูกผสมพันธุกรรม นอกจากนี้แล้ว ผู้เขียนยังมั่นใจอีกว่า นี่จะเป็นกรรมวิธีที่อาจนำไปใช้ในด้านการศึกษา Taxonomy ในขั้นสูงได้อีกด้วย อีกทั้งผู้เขียนยังมองเห็นว่า การศึกษากลไกของการติดสีของโครโมโซมนั้นเป็นเรื่องที่น่าจะทำเป็นสนามให้แก่นักวิจัยได้อีกหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องที่เกี่ยวกับการศึกษาโครงสร้าง (structure) และการจัดระเบียบ (organization) ของโครโมโซม

เอกสารอ้างอิง

1. Arrighi, F.E., Hsu, T.C. 1971 "Localization of heterochromatin in human chromosomes." Cytogenetics 10 : 81-86.
2. Bianchi, N.O., Ayres, J. 1971 "Polymorphic Patterns of heterochromatin distribution in guinea pig chromosomes" Chromosoma (Berl) 34 : 254-260.
3. Caspcrsson, T., Farbes, S., Foley, G.E., Kudynowski, J., Modest, E.J., Simonsson, E., Wagh, U., Zech, L. 1968 "Chemical differentiation along metaphase chromosomes,, Exp. Cell Res. 49 : 219-222.
4. Cooper, J.E.K., Hsu. T.C. 1972 "The C-band and G-band patterns of Microtus agrestis chromosomes." Cytogeneticsi : 295-304.
5. Dutrillaux, B., Lejeune, J. 1971 " Sur une nouvelle technigue d' analyse die karyotype humaine." C.R. Acad Sci Pario 272 : 163S-1640.
6. Evans, H.J., Buckland, R.A., Sumner, A.T. 1973 "Chromosome homology and heterochromatin in goat. sheep and ox studied by banding technigues" Chromosoma (Berl.) 42 : 383-402.
7. Heitz, E. 1928 "Das Heterochromatin de Moose" I Jahrb. Wiss. Bot. 69: 762-818
8. Hsu, T.C. 1973 "Longitudinal differentiation of chromosomes,, Ann. Rev Genet. 7 : 153-176
9. Kato, H., Moriwaki, K. 1972 "Factors involved in the production of banded structures in mammaliam chromosomes" Chromosoma (Brl) 38 : 105-120.
10. Seabright, M. 1971 "A rapid banding technigue for human chromosomes." Lancet 2 : 971-972

11. Shiraishi, Y., Yosida, T.H. 1972" Banding pattern analysis of human chromosome by the use of urea treatment technigue" Chromosoma (Berl) 37: 85-83.

12. Smyth, D.R., Kongsuwan, Kritaya 1980 "C-bands in lily chromosomes" The Lily Yearbook of the North Americon Lily Society (submitted)

13. Stewart, R.N. 1947 "The morphology of somatic chromosomes in Lilium" Amer J. Bot 34 : 9-26.

14. Sumner, A.T., Evans, H.J., Buckland, R.A. 1971 "New technipuc for distinguishing betweem human chromosomes" Nature (Lond) New Biol. 223 . 31-32.

วิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 2524

ข้อคิดบางประการเกี่ยวกับการจัดลำดับ

เกรียวัลย์ ทยานยง *

Permutation เป็นหัวข้อสำคัญหัวข้อหนึ่งของวิชาทางคณิตศาสตร์ เนื้อหาในข้อนี้เป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนวิชาความน่าจะเป็น (Probability) ในระดับสูงขึ้นไป

รูปแบบสำคัญของการจัดลำดับมี 2 แบบคือ

(1) แบบเชิงเส้น (Linear permutation)

(2) แบบวงกลม (Circular permutation)

การจัดลำดับแบบวงกลมนี้ หนังสือทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไป (Standard texts) มักจะกล่าวถึงเฉพาะกรณี ที่กำหนดสิ่งของให้ n สิ่งนี้เป็นแบบวงกลมพร้อม ๆ กัน โดยใช้สูตร $(n-1)!$

แต่อีกกรณีหนึ่งที่น่าสนใจ กล่าวคือ เมื่อกำหนดสิ่งของให้ n สิ่ง เราจะจัดเป็นวงกลม โดยใช้เพียง r สิ่ง จาก n สิ่ง ($r<n$) จะจัดได้กี่วิธี

สำหรับกรณีหลังนี้ หนังสือคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปเท่าที่พบไม่ได้มีการกล่าวถึงอย่างชัดเจนว่ามีสูตรในการจัดอย่างไร

โดยอาศัยแนวทางจากการจัดลำดับแบบเชิงเส้น ผู้เขียนขอเสนอแนวความคิดซึ่งนำไปสู่สูตรสำหรับการจัดลำดับในกรณีหลัง

ผู้เขียนขออธิบายโดยอาศัยตัวอย่างประกอบ ดังนี้

ถ้ามีคน 4 คน คือ A, B, C และ D มายืนเรียงลำดับแบบชิงเส้นจะได้ $4!=24$ วิธีคือ

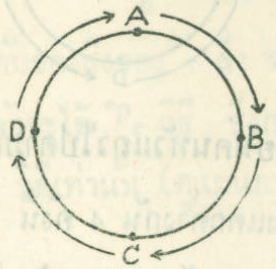
ABCD	ABDC	ACBD	ACDB	ADBC	ADCB
BACD	BADC	BCAD	BCDA	BDAC	BDCA
CABD	CADB	CBAD	CBDA	CDAB	CDBA
DABC	DACB	DBAC	DBCA	DCAB	DCBA

* อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จะเห็นว่าแต่ละ 4 วิธี ในการจัดลำดับแบบเชิงเส้น ซึ่งได้ขีดเส้นใต้ให้เป็นข้อสังเกตแตกต่างกันไว้) จะจัดเป็นวงกลมได้ 1 วิธี เท่านั้น

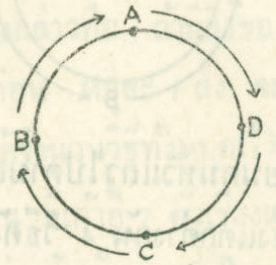
ซึ่งจะแยกเป็นกรณีต่าง ๆ ให้เห็นดังนี้

(1) การจัดลำดับแบบเชิงเส้นซึ่งแตกต่างกัน 4 วิธีดังนี้ ABCD BCDA CDAB DABC จะเป็น 1 วิธีในการจัดลงวงกลมดังแผนภาพข้างล่างนี้



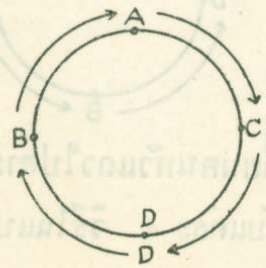
เปลี่ยนคนหัวแถวไปตามลูกศร

(2) การจัดลำดับแบบเชิงเส้นซึ่งแตกต่างกัน 4 วิธีดังนี้ ADCB DCBA CBAD BADC จะเป็น 1 วิธีในการจัดลงวงกลมดังแผนภาพข้างล่างนี้



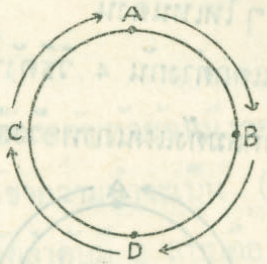
เปลี่ยนคนหัวแถวไปตามลูกศร

(3) การจัดลำดับแบบเชิงเส้นซึ่งแตกต่างกัน 4 วิธีดังนี้ ACDC CDBA DBAC BACD จะเป็น 1 วิธีในการจัดลงวงกลมดังแผนภาพข้างล่างนี้



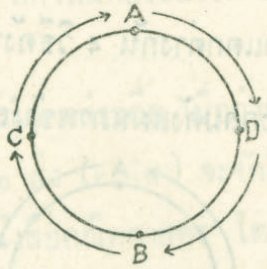
เปลี่ยนคนหัวแถวไปตามลูกศร

(4) การจัดลำดับแบบเชิงเส้นซึ่งแตกต่างกัน 4 วิธีดังนี้ ABDC BDCA DCAB CABD จะเป็น 1 วิธีในการจัดลงวงกลมดังแผนภาพข้างล่างนี้



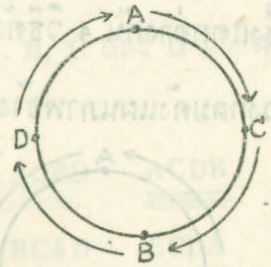
เปลี่ยนคนหัวแถวไปตามลูกศร

(5) การจัดลำดับแบบเชิงเส้นซึ่งแตกต่างกัน 4 ดังนี้ ADBC DBCA BCAD CADB จะเป็น 1 วิธีในการจัดลงวงกลมดังแผนภาพข้างล่างนี้



เปลี่ยนคนหัวแถวไปตามลูกศร

(6) การจัดลำดับแบบเชิงเส้นซึ่งแตกต่างกัน 4 วิธีดังนี้ ACBD CBDA BDAC DACB จะเป็น 1 วิธีในการจัดลงวงกลมดังแผนภาพข้างล่างนี้



เปลี่ยนคนหัวแถวไปตามลูกศร

จะเห็นว่าการจัดลำดับแต่ละ 4 วิธีในแบบเชิงเส้นจะเป็นเพียงวิธีเดียวในแบบวงกลม

ดังนั้น จำนวนวิธีของการจัดลำดับคราวละ 4 สิ่งแบบวงกลมจะเกิดความแตกต่างกันทั้งหมด $= \frac{4!}{4} = 3!$ วิธี

เพราะฉะนั้นถ้ามีสิ่งของ n สิ่ง เราเลือกมาคราวละ r สิ่ง โดยให้ $r = n$ นำมาเรียงลำดับเป็นวงกลมพร้อมกันหมดจะเท่ากับ $\frac{{}^{n}P_{n}}{n} = \frac{n!}{(n-n)!n} = (n-1)!$ วิธี

ต่อไปพิจารณากรณีจัดลำดับของสิ่งของ r สิ่ง จาก n สิ่ง แบบวงกลม $(r < n)$ เมื่อจัดลำดับแบบเชิงเส้นเรียบร้อยแล้วจะได้ ${}^{n}P_{r}$ วิธี ซึ่งการจัดลำดับ r วิธี แบบเชิงเส้นจะเป็นการจัดลำดับแบบวงกลมได้ 1 วิธีเท่านั้น (ดูแผนภาพข้างต้นประกอบ) เราจึงได้ข้อสรุปว่า

ในการจัดลำดับสิ่งของ r สิ่ง ซึ่งเลือกจาก n สิ่ง จะจัดเป็นแบบเชิงเส้นได้ ${}^{n}P_{r}$ วิธี และจัดลำดับแบบวงกลมได้ $\frac{{}^{n}P_{r}}{r}$ วิธี

เราอาจจะคิดได้อีกวิธีหนึ่งกล่าวคือ ถ้ามีสิ่งของ n สิ่ง ซึ่งเราไม่จัดลำดับแบบเชิงเส้นครั้งละ r สิ่ง แต่จัดเป็นหมู่ก่อน หมู่ละ r สิ่ง จะได้จำนวนหมู่ $\binom{n}{r}$ หมู่ แล้วนำแต่ละหมู่มาจัดลำดับแบบวงกลมจะได้จำนวนวิธีทั้งหมด $\binom{n}{r}(r-1)!$ วิธี

ตัวอย่าง ถ้ามีคน 12 คน มีเก้าอี้ 7 ตัวเรียงเป็นวงกลม เราจะจัดคน 12 คน ลงนั่งเก้าอี้ 7 ตัว ให้เกิดความแตกต่างกันทั้งหมด $\frac{{}^{12}P_{7}}{7} = \frac{12!}{5!7} = 570240$ วิธี

หรือ $\binom{12}{7}6! = \frac{12!\ 6!}{7!\,(12-7)} = 570240$ วิธี

Reference

(1) Lipshutz, Seymour : Schaum' S Outline Series of Theory and Problems of Probability ; Mc Graw-Hill, New York 1965.

(2) Ayres, Frank Jr.: Schaum' S Outline Series of Theory and Problems of First Year College Mathematics, Mc Graw-Hill,New York 1958.

(3) Walpole, Ronald E.; Myers, Raymond H.: Probability and Statistics; Macmillan, New York 1972.

(4) แผนกวิชาคณิตศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย : ความน่าจะเป็นและสถิติ ; พิณเรืองการพิมพ์, กรุงเทพ ฯ 2520.

วิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 2524

สังคมประชากรสัตว์

(Social Organization in Animal Population)

โรจน์ชัย คัตรวาหา *

การดำรงชีพภายในประชากรสัตว์ (animal population) ตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่อยู่กันเป็นกลุ่มก้อนและมีการจัดองค์กรทางสังคมภายในประชากรเป็นกลุ่ม ๆ (social-organized group) มีเพียงส่วนน้อยที่ดำรงชีพแบบโดดเดี่ยว (solitary) พวกที่อยู่โดดเดี่ยวมักจะมีการกระจายตัวของสัตว์ แต่ละตัว (individuals) อย่างกว้างขวาง การเรียนรู้และเข้าใจลักษณะการจัดองค์กรทางสังคมของประชากรสัตว์เป็นหลักการณ์สำคัญอันหนึ่งในการศึกษานิเวศวิทยาสัตว์ (Scott, 1956) หลักเกณฑ์เบื้องต้นในการจัดองค์กรทางสังคมของสัตว์ อาศัยพฤติกรรมการครอบครองพื้นที่ (spacing behaviour) ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิด (species) เพศ (sex) อายุ (age) ของสัตว์ชนิดนั้น ๆ และปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม (environmental changes) เป็นประการสำคัญ สัตว์ชั้นต่ำที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (invertebrates) ส่วนใหญ่จะดำรงชีพรวมกันอยู่เป็นกลุ่มก้อนอย่างหนาแน่น (dense colonies) ส่วนพวกสัตว์ชั้นสูงที่มีกระดูกสันหลัง (vertebrates) มักจะดำรงชีพแบบโดดเดี่ยว และมีการกระจายตัวในพื้นที่กว้างขวาง

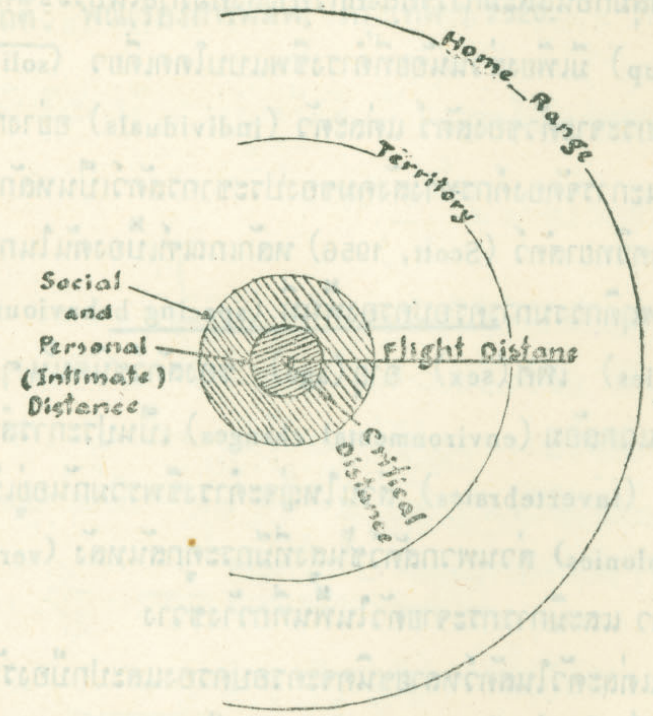
สัตว์แต่ละตัวในสัตว์หลายชนิดจะครอบครองและปกป้องรักษาอาณาบริเวณที่อยู่อาศัยของตนเองซึ่งเรียกว่า "อาณาเขตครอบครอง" (territory) หรืออาศัยบริเวณพื้นที่เพื่อเสาะหาอาหารและประกอบกิจกรรม (activity) อื่น ๆ โดยอาจจะมีการต่อสู้เพื่อปกป้องบริเวณนั้น หรือไม่ก็ได้เมื่อถูกรุกราน บริเวณนี้อาจเรียกว่า "อาณาเขตหากิน" (home range)

---

* ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

(รูปที่ 1)

โดยธรรมชาติสัตว์ที่ครอบครองและหากินอยู่ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง เมื่อมีสัตว์อื่นซึ่งถือว่าเป็นผู้บุกรุก (intruder) ผ่านเข้ามาในบริเวณใกล้เคียงหรือบริเวณครอบครอง ผู้ครอบครองอาณาเขต (owner) จะมีปฏิกิริยาตอบโต้ต่อการบุกรุกเสมอ วิธีการตอบโต้ของผู้ครอบครองมีหลายแบบแล้วแต่ชนิดของสัตว์ และสุดแต่ว่าผู้ครอบครองกับผู้บุกรุกอยู่ใกล้หรือไกลกันเพียงใดระยะทางระหว่างผู้ครอบครองกับผู้บุกรุก อาจจัดแบ่งเป็น 3 ระยะ กว้าง ๆ (Fox, 1973) ตามรูปที่ 1 คือ



รูปที่ 1 แสดงระยะทางรูปวงกลมในการใช้พื้นที่ของสัตว์ (จาก Fox, 1973)

1. **ระยะหลบหนี** (flight distance)

เมื่อผู้บุกรุกผ่านเข้ามาใกล้ผู้ครอบครองในระยะหนึ่ง ผู้ครอบครองจะรู้สึกตัวว่าถูกบุกรุก การรู้สึกตัวของผู้ครอบครองเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ผู้ครอบครองอาจรู้สึกตัวด้วยการมองเห็นผู้บุกรุกโดยตรง ด้วยการได้กลิ่นผิดปกติ ด้วยการได้ยินเสียงหรือด้วยวิธีอื่น ๆ อย่างหนึ่งอย่างใด เมื่อผู้ครอบครองพิจารณาเห็นว่า การบุกรุกจะก่อให้เกิดอันตราย

กับตนเอง แต่ยังมีโอกาสหลบหนีได้ทันท่วงที ผู้ครอบครองอาจจะตอบสนองการบุกรุกในระยะนี้ด้วยการหลบหนี หลีกเลี่ยงการต่อสู้เสียแต่เนิ่นๆ ก่อนผู้บุกรุกจะเข้าประชิดตัวจนอาจสายเกินแก้ไขได้ ระยะนี้จะใกล้หรือไกลขึ้นกับการรู้สึกตัวของผู้ครอบครอง

2. **ระยะวิกฤต** (critical distance)

ในบางโอกาสผู้ครอบครองอาณาเขตอาจรู้ตัวช้าเกินกว่าจะหลบหนีได้ทันหากพยายามหลบหนีอาจเสียทีแก่ผู้บุกรุกโดยง่าย ผู้ครอบครองจะแสดงอาการโต้ตอบการบุกรุกตามลักษณะพฤติกรรมก้าวร้าวของสัตว์แต่ละชนิด (aggressive behaviour) ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น ผู้ครอบครองอาจโต้ตอบการบุกรุกในระยะนี้ด้วยการจ้องมองเตรียมสู้เต็มที่ด้วยการขู่กันโชก ด้วยการเห่า แยกเขี้ยว คุ้ยดิน พองตัว เปลี่ยนสีตัวให้เข้มขึ้น หรือด้วยพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อเตือนและยับยั้งการรุกรานของผู้บุกรุก บางครั้งอาจจำเป็นถึงขั้นลงมือโจมตีผู้บุกรุกเพื่อแสดงความเป็นเจ้าของปกป้องอาณาบริเวณที่ตนครอบครองและเพื่อความปลอดภัยของตนเอง

3. **ระยะประชิดตัวและระยะสังคม** (personal and social distance)

ระยะนี้จัดว่าเป็นระยะใกล้ที่สุดที่ผู้บุกรุกเข้าถึงตัวผู้ครอบครอง ซึ่งก่อให้เกิดการต่อสู้เพื่อแย่งชิงการครอบครองอาณเขตสำหรับผู้บุกรุก หรือเพื่อปกป้องอาณาเขตของตนสำหรับผู้ครอบครองหรือผู้บุกรุกอาจได้รับการต้อนรับจากผู้ครอบครองให้ร่วมอาศัยด้วยโดยไม่มีการต่อสู้ แล้วแต่กรณี ถ้าผู้ครอบครองและผู้บุกรุกเป็นสัตว์ชนิดเดียวกันและเพศเดียวกัน (conspecific species and same sex) ทั้งคู่จะเกิดการต่อสู้ เพื่อความเป็นผู้ครอบครองบริเวณนั้น ซึ่งผู้ชนะจะได้เป็นผู้ครอบครองอาณาเขตไปในที่สุดอันเป็นไปตามกฎของธรรมชาติ แต่ถ้าผู้ครอบครองและผู้บุกรุกเป็นสัตว์ชนิดเดียวกันแต่ต่างเพศกัน (Conspecific buu different sex) ผู้บุกรุกอาจถูกผู้ครอบครองลองเชิงพอสมควรเพื่อเป็นการทดสอบว่าจะมาดีหรือมาร้าย แต่สุดท้ายมักจะลงเอยกันได้ด้วยสันติวิธี

ผู้บุกรุกเมื่อได้รับสัญญาณโต้ตอบจากผู้ครอบครองอาณาเขต จะมีปฏิกิริยาตอบสนองหลายแบบ ผู้บุกรุกอาจล่าถอยเพราะความเกรงกลัว หรือพ่ายแพ้ในการต่อสู้กับผู้ครอบครอง ซึ่งการล่าถอยของผู้บุกรุกจะยังผลให้ระยะห่างระหว่างสัตว์ทั้งสองเพิ่มขึ้น หรือผู้บุกรุกอาจเพียงแต่หยุดนิ่งงดการรุกล้ำต่อไปซึ่งจะส่งผลให้ระยะห่างระหว่างสัตว์ทั้งสอง

ค่อนข้างจะคงที่ หรือผู้บุกรุกอาจจะยิ่งโหมรุกล้ำเข้าประชิดตัวยิ่งขึ้น อันจะส่งผลให้ระยะต่าง ๆ ระหว่างสัตว์ทั้งสองลดลง อย่างไรก็ดีระยะห่างระหว่างผู้ครอบครองกับผู้บุกรุกจะเพิ่มขึ้นคงที่ หรือลดลงขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ครอบครองในอันที่จะสามารถรักษาอาณาเขตของตนได้หรือไม่เพียงใด แต่สำหรับระยะประชิดตัวและระยะสังคมระหว่างสัตว์ชนิดเดียวกันนั้น มักจะขึ้นกับชนิดและอายุของสัตว์นั้น ๆ ด้วย (Fox, 1973)

สัตว์ที่อาศัยในสภาพธรรมชาติ ไม่ช้าก็เร็วจะต้องมีการพบปะกัน ซึ่งเป็นบ่อเกิดสภาวะทางสังคมต่อกันและกัน (social interaction) โดยปกติการเกิดสภาวะทางสังคมต่อกันและกันของสัตว์ เป็นผลดีต่อสัตว์แต่ละตัวภายในประชากรของสัตว์ ในการเพิ่มค่าความอยู่รอดในการดำรงชีพ (survival value) ซึ่งประกอบด้วย (1) เพื่อการต่อสู้และต่อต้านตัวห้ำ (predator) (2) เพื่อป้องกันและหลีกเลี่ยงสภาวะที่ไม่เหมาะสม (unfavourable habitat) (3) เพื่อเสาะหาทรัพยากรอาหาร (finding food resource) และ (4) เพื่อเสาะหาคู่เพื่อการผสมพันธุ์ (finding mate) เพื่อสืบต่อเผ่าพันธุ์ต่อไป

อย่างไรก็ดีการเกิดสภาวะทางสังคมต่อกันและกันของสัตว์ ก็อาจมีข้อเสียได้เช่นเดียวกันคือจะทำให้เกิดความแตกแยก และเกิดการแข่งขันกันระหว่างสัตว์แต่ละตัว ซึ่งจะส่งผลให้ความสมบูรณ์ของสัตว์บางตัวในบางกลุ่มของประชากรสัตว์นั้นลดถอยลงไป ดังนั้น การจัดองค์กรทางสังคมของสัตว์คือ ผลรวมระหว่างข้อดีเนื่องจากการร่วมมือกัน (Co-operation) กับข้อเสียเนื่องจากการก้าวร้าว (aggression) และการแข่งขัน (competiton) ระหว่างสัตว์แต่ละตัวภายในประชากรของสัตว์นั้น สัตว์ชนิดใดที่สามารถดำรงชีพอยู่รอดได้ดีในสังคมที่ซับซ้อนจำเป็นต้องมีการจัดสังคมประชากรให้เกิดผลดีมากกว่าผลเสียต่อประชากรของตน (Davies, 1966)

ในปัจจุบันการจัดองค์กรทางสังคมของสัตว์มีหลายอย่าง McBride (1976) เสนอแนะแนวการจัดลักษณะองค์กรทางสังคมของสัตว์ ในธรรมชาติออกเป็น 4 ประเภทคือ

1. การจัดองค์กรทางสังคมตามระยะเวลา (social phase หรือ temporal organization) สัตว์แต่ละชนิดมีลักษณะการสังคมแตกต่างกันตามเวลาหรือฤดูกาลตัวอย่างเช่นสัตว์ ที่อยู่ในฤดูสืบพันธุ์กับนอกฤดูสืบพันธุ์ จะมีลักษณะทางสังคมแตกต่างกันไป

2. การจัดองค์กรทางสังคมตามอายุหรือเพศ (castes) สัตว์พวกนี้มีลักษณะทาง

สังคมหลายรูปแบบ เช่น ตัวอ่อน (infants) มีลักษณะทางสังคมอย่างหนึ่ง ตัวเยาววัย (juvenile) ตัวเต็มวัย (adult) ตัวผู้ ตัวเมีย ก็มีรูปแบบลักษณะทางสังคมไปอีกคนละแบบเป็นต้น

3. การจัดองค์กรทางสังคมตามพื้นที่อาศัย (regular patterns of spatial organization) สัตว์แต่ละตัวหรือกลุ่มของสัตว์แต่ละตัว ในประชากรของสัตว์จำพวกนี้จะมีการกระจายตัวตามพื้นที่ในลักษณะที่แตกต่างกันค่อนข้างจะแน่นอน เช่น บางชนิดปกป้องอาณาเขตครอบครอง (territory) บางชนิดครอบครองอาศัยพื้นที่อาณาเขตหากิน (home range) และอาจจะปกป้องพื้นที่หรือไม่ก็ได้แล้วแต่ชนิดของสัตว์

4. การจัดองค์กรทางสังคมตามลักษณะการรวมกลุ่ม (aggregation หรือ group) หรือแยกอยู่โดดเดี่ยว (solitary) สัตว์พวกนี้อาจรวมกันอยู่เป็นกลุ่มก้อนหนาแน่น หรือสัตว์แต่ละตัวอาจแยกอยู่โดดเดี่ยวแล้วแต่ชนิด

ลักษณะการจัดองค์กรทางสังคม และพฤติกรรมทางสังคมของสัตว์หลายชนิดมีผู้สนใจศึกษา และรวบรวมไว้มากพอสมควร และนักนิเวศวิทยาตระหนักดีว่าความเข้าใจปัญหาทางสังคมของสัตว์เป็นกุญแจดอกหนึ่งที่จะช่วยให้เราเข้าใจปัญหาการเปลี่ยนแปลงของประชากร (population dynamics) ของสัตว์ ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาการสูญเสียลักษณะสมดุลย์ตามธรรมชาติ และความปรวนแปรของสภาพแวดล้อม ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสังคมมนุษย์ในที่สุด ท่านที่สนใจเกี่ยวกับสังคมประชากรของสัตว์อาจหาอ่านรายละเอียดเพิ่มเติมได้จาก Brown (1975) Fox (1973) Krebs & Davies (1978) และ Wilson (1975)

บรรณานุกรม

Brown, J.L. 1975. The Evolution of Behaviour. New York: W.W.Norton and Company Inc.

Davies, D.E. 1966. Integral Animal Behavior. New York: Macmillan.

Fox, M.W. 1973. Readining in Ethology and Compartive Psychology. Monterey California: Books/Cole Publisbing Company.

Krebs, J.R.and Davies, N.B. 1978. Behavioural Ecology: an evolutionary approach. Blackwell Scientific Publication.

McBride, G.1976, The stuby of social orgahization. Behav. LIX,1-2 : 96-115.

Scott, J.P.1956. The analysis of social organization in animals. Ecology 37 (2): 213-221.

Wilson, E.o.1975. Sociobiology: the new synthesis. Cambridge. Belknap Harvard University Press.

วิทยาศาสตร์ ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 2524

มีอะไรที่บรบือ

พวงเพชร ธนสิน *

ปัจจุบันที่อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม กำลังประสบปัญหาเรื่องน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองบ่อมีความเค็มสูงขึ้น จนทำให้เกิดความเดือดร้อนและความเสียหายต่อประชาชนในบริเวณใกล้เคียงมาก เนื่องมาจากว่าอ่างเก็บน้ำหนองบ่อซึ่งอยู่ห่างจากตัวอำเภอไปประมาณ 1 กิโลเมตรนั้นเป็นต้นกำเนิดของลำน้ำเสียว ซึ่งมีความยาว 200 กิโลเมตร โดยประมาณ และไหลไปบรรจบกับแม่น้ำมูลที่อำเภอราษีไศล ผลจากน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองบ่อมีความเค็มสูงขึ้นนี้ทำให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่เกษตรกรรมบริเวณ 2 ฝั่งลำน้ำเสียว เป็นเนื้อที่ทั้งหม 9,732 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 5 ตำบล ซึ่งประกอบด้วย 38 หมู่บ้าน และจำนวนผู้ที่ได้รับความเดือดร้อน 689 ครอบครัว พื้นที่ที่ได้รับความเสียหายมีรายละเอียดดังนี้.–

1) **ตำบลหนองจิก** มีหมู่บ้านที่ได้รับความเสียหายดังนี้.– บ้านสว่าง, บ้านหัวนา, บ้านค้อ, บ้านโคกลี่, บ้านโนนอุดม,

พื้นที่เสียหายสิ้นเชิง 916 *ไร่*

พื้นที่เสียหายบางส่วน 489 *ไร่*

2) **ตำบลบรบือ** มีหมู่บ้านที่ได้รับความเสียหายดังนี้.– บ้านบรบือ, บ้านซัมแฮด, บ้านหนองโดน, บ้านหอกลอง, บ้านหนองสิมน้อย, บ้านหนองสิมใหญ่, บ้านสนามชัย, บ้านพงโพด, บ้านศรีพิลา

พื้นที่เสียหายสิ้นเชิง 462 *ไร่*

พื้นที่เสียหายบางส่วน 460 *ไร่*

3) **ตำบลตำพี** มีหมู่บ้านที่ได้รับความเสียหายดังนี้.– บ้านกำพี หมู่ 1, บ้านแดงน้อย, บ้านเหล่ากา, บ้านเบ้า, บ้านเจริญสิน, บ้านกำพี หมู่ 2

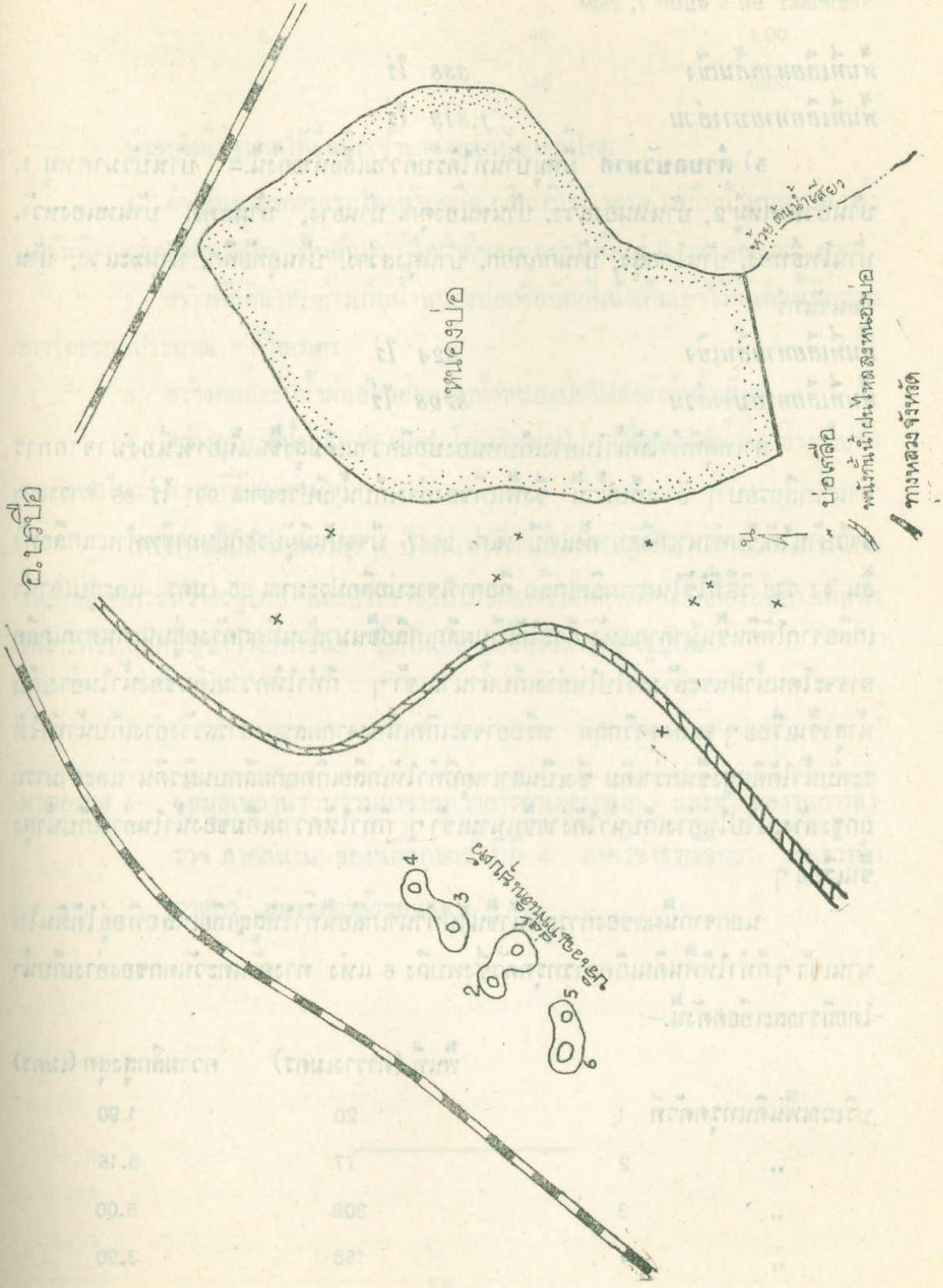
พื้นที่เสียหายสิ้นเชิง 398 *ไร่*

พื้นที่เสียหายบางส่วน 934 *ไร่*

4) **ตำบลหนองม่วง** มีหมู่บ้านที่ได้รับความเสียหายดังนี้.– บ้านหญ้านาง, บ้านขี้เหล็ก, บ้านงิ้ว, บ้านม่วง

---

* อาจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น


ถนนใน อ.
ป่าเกลือ
ป่าเกลือ
ห้วยต้นน้ำเสียว
ป่าเกลือ
ทางหลวงจังหวัด

พื้นที่เสียหายสิ้นเชิง *338 ไร่*
พื้นที่เสียหายบางส่วน *1,313 ไร่*

5) **ตำบลบัวมาศ** มีหมู่บ้านที่ได้รับความเสียหายดังนี้.– บ้านบัวมาศหมู่ 1, บ้านบัวมาศหมู่ 2, บ้านหนองแวง, บ้านหนองตุก, บ้านยาง, บ้านแดง, บ้านหนองหว้า, บ้านโพธิ์ทอง, บ้านโคกสูง, บ้านกกกอก, บ้านทุ่งสว่าง, บ้านอุทัยทิศ, บ้านมะแวง, บ้านดอนจันทร์

พื้นที่เสียหายสิ้นเชิง *624 ไร่*
พื้นที่เสียหายบางส่วน *3798 ไร่*

สาเหตุที่ทำให้น้ำในอ่างเก็บหนองบ่อมีความเค็มสูงขึ้นนั้นอาจเนื่องมาจากการทำนาเกลือรอบ ๆ อ่างเก็บน้ำนี้ ซึ่งพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำมีประมาณ 991 ไร่ 85 ตารางวา ชาวบ้านได้เริ่มทำนาเกลือมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 ปัจจุบันมีผู้ประกอบอาชีพทำนาเกลือทั้งสิ้น 47 ราย วิธีที่ใช้ในการผลิตเกลือ คือการเจาะบ่อลึกประมาณ 30 เมตร และสูบเอาน้ำเกลือจากใต้ดินขึ้นมาตากแห้ง ก็จะได้เป็นผลึกเกลือขึ้นมาส่วนที่ตกค้างอยู่บนลานตากเกลืออาจจะโดนน้ำฝนชะล้างลงไปในอ่างเก็บน้ำนานเข้า ๆ ก็ทำให้ความเค็มของน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดวิกฤต หรืออาจจะเกิดเนื่องจากผลของการสร้างอ่างเก็บน้ำทำให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้นกว่าเดิม ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกลือเกิดตกผลึกบนผิวดิน และสามารถถูกชะล้างลงไปในอ่างเก็บน้ำได้ง่ายขึ้นนานเข้า ๆ ก็ทำให้ความเค็มของน้ำในอ่างเก็บน้ำสูงขึ้นเรื่อย ๆ

นอกจากนี้ผลของการสูบน้ำขึ้นไปทำนาเกลือนี้ทำให้สูญเสียเกลือที่อยู่ใต้ดินไปนานเข้า ๆ ก็ทำให้พื้นดินเกิดการทรุดตัวซึ่งพบถึง 6 แห่ง ทางด้านตะวันตกของอ่างเก็บน้ำ โดยมีรายละเอียดดังนี้.–

		พื้นที่ (ตารางเมตร)	ความลึกสูงสุด (เมตร)
บริเวณพื้นดินทรุดตัวที่	1	20	1.90
,,	2	77	3.15
,,	3	308	5.00
,,	4	158	3.90

,,	5	46	4.00
,,	6	140	6.00

ปัจจุบันนี้รัฐบาลได้ยื่นมือเข้ามาช่วยแก้ปัญหานี้โดย

1. ดำเนินมาตรการแรกโดยห้ามผลิตเกลือบริเวณรอบอ่างเก็บน้ำหนองบ่อ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม 2523 เป็นต้นมา ผู้ใดฝ่าฝืนจะถูกปรับตั้งแต่ 5,000–500,000 บาท

2. สร้างคันดินรอบอ่างเก็บน้ำหนองบ่อเพื่อปิดกั้นน้ำเค็มเอาไว้คันดินนี้มีความยาวโดยรอบประมาณ 7 กิโลเมตร

3. สร้างคลองรับน้ำฝนอ้อมอ่างเก็บน้ำหนองบ่อไปลงยังลำน้ำเสียว

4. สร้างอุโมงค์น้ำยาว 16 เมตร โดยประมาณ เพื่อระบายน้ำจากอ่างเก็บน้ำหนองบ่อในช่วงเวลาที่มีฝนตกมาก ๆ

โครงการนี้มีกำหนดเวลา 2 ปี แต่เท่าที่ผ่านมาการปฏิบัติงานตามโครงการนี้ก่อให้เกิดปัญหาระหว่างรัฐบาล และประชาชนที่ประกอบอาชีพการทำนาเกลือรอบอ่างเก็บน้ำ เพราะทำให้เกิดปัญหาว่างงานขึ้นมา ซึ่งเป็นปัญหาเรื้อรังมาจนปัจจุบันนี้

หมายเหตุ :– ข้อมูลเหล่านี้รวบรวมมาจากที่ว่าการอำเภอบรบือ และจากผลงานการสำรวจ ภาคสนาม ของนักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 9 ฉบับที่ 1, 2524

ระเบียบการตั้งชื่อสารอนินทรีย์

(Inorganic Nomenclature)

ภัทรากรณ์ พยัคฆชาติ *

เนื่องด้วยชื่อ และสูตรเคมีของสารประกอบอนินทรีย์เป็นศัพท์เทคนิคแบบหนึ่งของวิชาเคมี, ชื่อทั่วไปของสารบางตัวเป็นที่เข้าใจกันดีอยู่แล้วตั้งแต่โบราณ เช่น น้ำ น้ำตาล แอมโมเนีย แต่ก็มีสารใหม่ ๆ เกิดขึ้นมาเรื่อย ๆ จากการค้นพบได้ใหม่ หรือเตรียมขึ้นได้ใหม่ทุกวัน จึงต้องมีการเรียนรู้กฎของการตั้งชื่อและการเขียนสูตรเคมีสำหรับสารเหล่านั้นเพื่อจะได้ไม่มีข้อสงสัยอีกต่อไป และเพื่อให้การอ่านและการเขียนชื่อสารอนินนทรีย์ เป็นไปเหมือน ๆ กันเป็นมาตรฐานของทุกประเทศด้วย

* สิ่งสำคัญในการรวบรวมตัวของธาตุ เกิดเป็นสารประกอบคือเลขออกซิเดชัน (oxidation number)

เลขออกซิเดชัน (oxidation number)

เมื่อธาตุรวมตัวกันเกิดเป็นสารประกอบนั้นแต่ละธาตุจะต้องมีประจุ หมายถึงประจุที่อะตอมจะต้องมีจากการที่อิเลกตรอนของแต่ละธาตุเสียให้แก่ธาตุที่มีอิเลกโตรเนกาติวิตี้ (electronegativity, ความสามารถในการดึงดูดอิเลกตรอน) มากกว่า อาจเป็นได้ทั้งค่าบวกและค่าลบ เรียกว่า เลขออกซิเดชัน หรือสภาวะออกซิเดชัน (oxidation state) ของธาตุในสารประกอบ

* หลักการบอกเลขออกซิเดชันของอะตอมต่าง ๆ ตามกฎของการนับ (rule of accounting) มีดังนี้.–

1. ธาตุใด ๆ ในสภาวะอิสระ (free state(จะมีเลขออกซิเดชันเป็นศูนย์ (Zero)

2. อิออนอะตอมเดี่ยว (monoatomic ions) จะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับประจุ

* บนอิออนนั้น ๆ เช่น Ca^{2+}, Fe^{3+}, Cl^{-} จะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2, +3 และ –1 ตามลำดับ

3. ออกซิเจน (Oxygen) จะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ –2 เสมอ (ยกเว้นจะเป็น –1 ในพวกเปอร์ออกไซด์ เช่น H_2O_2 และ +2 ใน OF_2) เช่น FeO, Fe_2O_3,

---

ภัทรากรณ์ พยัคฆชาติ ภ.บ. อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

CaO และ Na_2O

4. ไฮโดรเจน (Hydrogen) จะมีเลขออกซิเดชัน +1 เสมอ (ยกเว้นเป็น –1 เมื่อเป็นโลหะไฮไดรด์ เช่น NaH) เช่น HCl, $NaHCO_3$ และ H_2SO_4

5. ธาตุบางตัวจะแสดงเลขออกซิเดชันค่าเดียวตามชนิดของสารประกอบ

(ก) ธาตุหมู่ IA ของตารางธาตุ (คือ Li,Na,K,Rb,CS และ Fr) จะมีเลขออกซิเดชัน +1 เมื่อเป็นสารประกอบ

(ข) ธาตุหมู่ IIA ของตารางธาตุ (คือ Be,Mg,Ca,Sr,Ba และ Ra) จะมีเลขออกซิเดชัน +2 เมื่อเป็นสารประกอบ

(ค) โบรอน (Boron,B) และอลูมิเนียม (Aluminium,Al) จะมีเลขออกซิเดชัน +3 เมื่อเป็นสารประกอบ

* (ง) ในสารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด (binary compound) ถ้าธาตุหนึ่งเป็นโลหะ และอีกธาตุหนึ่งเป็นธาตุอยู่ในหมู่ VIA ของตารางธาตุ (คือ O,S, Se, Te และ Po) ธาตุหมู่ VIA นี้จะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ –2

(จ) ในสารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด (binary compound) คือโลหะกับธาตุหมู่ VIIA ของตารางธาตุ (คือ F,Cl,Br, I และ At) ธาตุหมู่ VIIA นี้จะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ –1

6. (ก) สำหรับสารที่เป็นกลาง (neutral) ผลบวกของเลขออกซิเดชันของทุกอะตอมในสารประกอบนั้น ๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ ตัวอย่าง เช่น Na_2S ประกอบด้วย

2 โซเดียมอะตอมซึ่งมีออกซิเดชัน +1 ตามกฎข้อ 5 ก เพราะฉนั้นเลขออกซิเดชันรวมของโซเดียมอะตอมเท่ากับ +2 และมี 1 ซัลเฟอร์อะตอมซึ่งมีเลขออกซิเดชันตามกฎข้อ 5 ง เท่ากับ –2 เพราะฉนั้นผลรวมของเลขออกซิเดชันของ Na_2S จะเท่ากับศูนย์

(ข) สำหรับอนุมูลที่มีประจุ (charged species) ผลรวมของเลขออกซิเดชัน ของทุกอะตอมในอนุมูลนั้น ๆ จะต้องเท่ากับประจุบนอนุมูลนั้น ๆ ตัวอย่าง เช่น CO_3^{2-} ประกอบด้วย

ออกซิเจนอะตอมซึ่งแต่ละอะตอมมีเลขออกซิเดชัน –2 ตามกฎข้อ 3 ฉนั้น

ออกซิเจนอะตอมจะมีเลขออกซิเดชันรวมเท่ากับ −6 และ 1 คาร์บอนอะตอมซึ่งมีเลขออกซิเดชัน +4 (ดูตารางท้ายบท) เพราะฉนั้น ผลรวมของเลขออกซิเดชันของทุกอะตอมเท่ากับ −2 ซึ่งเท่ากับประจุบนอนุมูลนั้น ๆ

7. ธาตุที่มีเลขออกซิเดชันมากกว่า 1 ค่านั้นขึ้นอยู่กับแต่ละสารประกอบ เช่น $FeCl_2$, และ $FeCl_3$ อะตอมของคลอรีนมีเลขออกซิเดชัน −1 เมื่อมารวมกับโลหะตามกฎข้อ 5 ง ฉนั้นเลขออกซิเดชันของเหล็กใน $FeCl_2$ ต้องเท่ากับ +2 และใน $FeCl_3$ เหล็กจะมีเลขออกซิเดชัน +3

สำหรับ H_3PO_3 และ H_3PO_4 ตามกฎข้อ 4 ซึ่งกล่าวว่าอะตอมของไฮโดรเจน จะมีเลขออกซิเดชัน +1 เสมอ เสมอ และตามกฎข้อ 3 ซึ่งกล่าวว่า อะตอมของออกซิเจนจะมีเลขออกซิเดชัน −2 ซึ่งนำมาหาเลขออกซิเดชันของฟอสฟอรัสอะตอมได้ดังนี้ สำหรับ H_3PO_4 ประกอบด้วย

3 ไฮโดรเจนอะตอม จะมีเลขออกซิเดชันรวมของไฮโดรเจนอะตอมเท่ากับ +3 และ 4 ออกซิเจนอะตอมจะมีเลขออกซิเดชันรวมของออกซิเจนอะตอมเท่ากับ −8 .

แต่เนื่องจากมี 1 ฟอสฟอรัสอะตอมซึ่งจะมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +5 โดยเป็นไปตามกฎข้อ 6 ก ซึ่งกล่าวว่า ผลรวมของเลขออกซิเดชันของทุกอะตอมในสารประกอบต้องเท่ากับศูนย์ และสำหรับ H_3PO_3 พบว่า ฟอสฟอรัสอะตอมมีเลขออกซิเดชัน +3

การเรียกชื่อสารประกอบที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด

1. เกลือของโลหะกับอโลหะ ให้เรียกชื่อโดยตรงจากธาตุนั้น ๆ โดยเรียกชื่อธาตุที่เป็นโลหะมากกว่าก่อน แล้วตามหลังด้วยชื่อธาตุที่สองลงท้ายชื่อด้วย −ide เช่น

NaBr	Sodium	bromide
Al_2O_3	aluminium	oxide

แต่ก็มีสารประกอบที่ไม่ใช่เกลือ 2 องค์ประกอบ แต่ลงท้ายชื่อด้วย −ide เช่น

NH_4Cl	ammonium	chloride
KOH	potassium	hydroxide
NaCN	sodium	cyanide

สำหรับโลหะอิออนบวก (metal cation) ซึ่งมีเลขที่ออกซิเดชันมากกว่า 1 ค่า

การเรียกชื่อก็เริ่มยุ่งยาก มีวิธีเรียกชื่อ 2 แบบด้วยกัน

ก. วิธีเรียกชื่อแบบเก่า (older szstem) โดยใช้เติม –ous ท้ายชื่อละตินของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันต่ำ และเติม –ic ท้ายชื่อละตินของโลหะที่มีเลขออกซิเดชันสูงกว่า

ข. วิธีเรียกชื่อแบบใหม่ (stock system) โดยใช้เลขโรมันกำกับชื่อภาษาอังกฤษของโลหะตามเลขออกซิเดชัน

สูตรเคมี	ชื่อแบบเก่า	ชื่อแบบใหม่
$FeCl_2$	ferrous chloride	iron (II) chloride
$FeCl_3$	ferric chloride	iron (III) chloride
CuBr	cuprous bromide	copper (I) bromide
$CuBr_2$	cupric bromide	copper (II) bromide
$SnCl_2$	stannous chloride	tin (II) chloride
$SnCl_4$	stannic chloride	tin (IV) chloride

2. สารประกอบที่ประกอบด้วยอโลหะ 2 ธาตุ

เช่น ไนโตรเจน (nitrogen) กับออกซิเจน (oxygen) เกิดสารประกอบ N_2O, NO, NO_2, N_2O_3, N_2O_4 และ N_2O_5 ทั้งหมดมีชื่อว่า ไนโตรเจน ออกไซด์ (nitrogeno xide)

วิธีเรียกชื่อแบบเก่าให้ใช้คำภาษากรีก บอกจำนวนอะตอมขององค์ประกอบไว้ข้างหน้า ชื่อ

คำนำหน้าชื่อ	ความหมาย
mono–	หนึ่ง
di–	สอง
tri–	สาม
tetra–	สี่
penta–	ห้า
hexa–	หก

จึงเรียกชื่อสารประกอบต่าง ๆ ของ nitrogen oxide ได้ดังนี้

สูตรเคมี	ชื่อแบบเก่า	ชื่อแบบใหม่
N_2O	dinitrogen oxide	nitrogen (I) oxide
NO	nitrogen oxide	nitrogen (II) oxide
NO_2	nitrogen dioxide	nitrogen (IV) oxide
N_2O_3	dinitrogen trioxide	nitrogen (III) oxide
N_2O_4	dinitrogen tetraoxide	nitrogen (IV) oxide
* N_2O_5	dinitrogen pentaoxide	nitrogen (V) oxide

3. กรดที่ประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด (binary acids)

* หรือกรด 2 องค์ประกอบ เป็นสารละลายในน้ำของสารประกอบที่เกิดจากไฮโดรเจนกับอโลหะที่มีค่าอิเลกโตรเนกาติวิตี้มากกว่า ในการเรียกชื่อให้ใช้คำ hydro- เติมข้างหน้า และ -ic ลงท้ายชื่อ อโลหะนั้น ๆ เช่น

HCl เรียกว่า hydrochloric acid เมื่อละลายในน้ำ

และเรียกว่า hydrogen chloride เมื่อเป็นแก๊ส

* HBr เรียกว่า hydrobromic acid เมื่อละลายในน้ำ

H_2S เรียกว่า hydrosulfuric acid เมื่อละลายในน้ำ

การเรียกชื่อสารประกอบของอนุมูลลบที่ประกอบด้วยหลายอะตอม (polyatomic anions)

1. เกลือของโลหะประจุบวกกับอนุมูลลบที่ประกอบด้วยหลายอะตอมซึ่งมีออกซิเจนอยู่ด้วย

ส่วนมากอนุมูลบที่ประกอบด้วยหลายอะตอมจะมีธาตุ 1 ตัว (มักเป็นอโลหะ) กับออกซิเจน ตัวธาตุจะมีประจุลบ เมื่อมารวมกับโลหะเกิดเป็นเกลือ การเรียกชื่อให้ลงท้ายชื่อธาตุด้วย -ate เช่น อนุมูลซัลเฟต (sulfate ion) คือ SO_4^{2-} , อนุมูลไนเตรต (nitrate ion) คือ NO_3^- และอนุมูลโครเมต (chromate ion) คือ Cr_4^{2-} พบว่าธาตุใน polyatomic anion สามารถมีเลขออกซิเดชันได้ต่างกัน 2 ค่า เมื่อเกิดเป็นเกลือ

การเรียกชื่อให้ลงท้ายชื่อธาตุด้วย -ate สำหรับเลขออกซิเดชันสูงและลงท้ายชื่อธาตุด้วย -ite สำหรับออกซิเดชันต่ำ เช่น

อนุมูลซัลไฟท์ (sulfite ion) SO_3^{2-} (S มีเลขออกซิเดชัน +4 ใน SO_3^{2-} และ +6 ใน SO_4^{2-}) และอนุมูลไนไตท์ (nitrie ion) คือ NO_2^- (N มีเลขออกซิเดชัน +3 ใน NO_2^- และ +5 ใน NO_3^-)

สูตรเคมี	เลขออกซิเดชัน		ชื่อ
Na_2SO_4	S มีเลขออกซิเดชัน	+6	sodium sulfate
Na_2SO_3	S ,,	+4	sodium sulfite
KNO_3	N ,,	+ 5	potassium nitrate
KNO_2	N ,,	+ 3	potassium nitrite

2. **กรดออกซี** (oxyacids)

เป็นสารประกอบที่ประกอบด้วย hydrogen กับ polyatomic anion (ซึ่งมีอะตอม หนึ่งเป็น oxygen) ละลายอยู่ในน้ำ

การเรียกชื่อให้เติมท้ายชื่อธาตุที่แสดงความแตกต่าง polyatomic anion ด้วย –ic เช่น

H_2SO_4	sulfuric acid	(กรดกำมะถัน)
HNO_3	nitric acid	(กรดดินประสิว)
H_2CrO_4	chromic acid	

และถ้าธาตุใน polyatomic anion มีเลขออกซิเดชันได้ 2 ค่า ให้เติม –ic ลงท้ายชื่อธาตุที่มีเลขออกซิเดชันต่ำกว่า เช่น

H_2SO_3	sulfurous acid
HOO_2	nitruos acid

การเปรียบเทียบการเรียกชื่อระหว่างกรดและเกลือที่ประกอบด้วย polyatomic anion ซึ่งนำมาใช้เป็นกฎในการเรียกชื่อสารประกอบได้ ดังต่อไปนี้.–

กรด	VIC		เกลือ	
H_2SO_4	sulfuric acid		Na_2SO_4	sodium sulfate
H_2SO_3	sulfurous acid		Na_2SO_3	sodium sulfite
HNO_3	nitric	acid	KNO_3	potassium nitrate
H_3ASO_4	arsenic	acid	K_3ASO_4	potassivm arsenate
H_3ASO_3	arsenious	acid	K_3ASO_3	potassium arsenite

สังเกตคำเติมท้าย –ous ของกรดจะเปลี่ยนเป็น –ite เมื่อเป็นเกลือของกรดนั้น และ –ic ของกรดจะเป็น –ate ของเกลือ

ถ้าธาตุในพวกกรดออกซีมีเลขออกซิเดชันได้ต่างกันมากกว่า 2 ค่า การเรียกชื่อต้องอาศัย คำนำหน้ามาช่วยเรียกชื่อ เช่น

กรด		เกลือ	
$HClO_4$	per chloric acid	$KClO_4$	potassium perchlorate
$HClO_3$	chloric acid	$KClO_3$	potassium chlorate
$HClO_2$	chlorous acid	$KClO_2$	potassium chlorite
$HClO$	hypochlorous acid	$KClO$	potassium hypochlorite

สังเกตคำลงท้าย –ic,–atc และ –ous,-ite ยังคงเดิม

การเรียกชื่อเกลือที่ยังมีฤทธิ์เป็นกรดอยู่บ้าง (acid salts)

acid salts เป็นเกลือซึ่งโลหะที่เข้าไปแทนที่ไฮโดรเจนของกรดได้ไม่หมด และ ยังคงมีไฮโดรเจนเหลืออยู่ การเรียกชื่อให้เติมคำ hydrogen แทรกลงไประหว่างกลางของชื่อเกลือนั้นๆ เช่น

$NaHSO_4$	sodium hydrogen sulfate
$CaHPO_4$	calcium hydrogen phosphate
NaH_2PO_4	sodium dihydrogen phosphate
$NaHCO_3$	sodium hydrogen carbonate

การเรียกชื่อแบบเก่าใช้คำเติมข้างหน้า bi– แทนคำ hydrogen 1 ตัว ก่อนถึงชื่อของ polyatomic anion เช่น

$NaHCO_3$	sodium	bicarbonate
$NaHSO_4$	socium	bisulfate

การเขียนสูตรเคมี

การเขียนสูตรเคมีให้ดูตารางท้ายบทประกอบในการพิจารณาเลขออกซิเดชัน โดยจะต้องคิดอยู่เสมอว่า ผลรวมของเลขออกซิเดชันของธาตุทั้งหมดในสารประกอบต้องเท่ากับศูนย์ เช่น

barium fluoride	จะมีสูตรเป็น	BaF_2
calcium nitride	"	Ca_3N_2
potassium oxalate	"	$K_2C_2O_4$
iron (III) chromate	"	$Fe_2(Cro_4)_3$

ตารางแสดงชื่อและเลขออกซิเดชันของธาตุและ polyatomic ions **ที่พบได้ทั่วๆ ไป**

ก. ธาตุที่เป็นโลหะและ polyatomic ions

เลขออกซิเดชัน + 1

NH_4^+	Ammonium	Li^+	Lithium
Cu^+	Copper (I), Cuprous	K^+	Potassium
H^+	Hydrogen	Ag^+	Silver
Hg_2^{2+}	Mercury (I), Mercurous	Na^+	Sodium

เลขออกซิเดชัน + 2

Ba^{2+}	Barium	Pb^{2+}	Lead (II), Plumbous
Cd^{2+}	Cadmium	Mg^{2+}	Magnesium
Ca^{2+}	Calcium	Mn^{2+}	Manganese (II)
Cr^{2+}	Chromium (II), Chromous	Hg^{2+}	Mercury (II), Mercuric
CO^{2+}	Cobalt (II), Cobaltous	Ni^{2+}	Nickel
Cu^{2+}	Copper (II), Cupric	Sr^{2+}	Strontium
Fe^{2+}	Iron (II), Ferrous	Sn^{2+}	Tin (II), Stannous
		Zn^{2+}	Zinc

เลขออกซิเดชัน + 3

Al^{3+}	Aluminium	Co^{3+}	Cobalt (III), Cobaltic
As^{3+}	Arsenic (II), Arsenious	Fe^{3+}	Iron (III), Ferric
Cr^{3+}	Chromium (III), Chromic		

เลขออกซิเดชัน + 4

C_4^+	Carbon	Si^{4+}	Silicon
Pb^{4+}	Lead (IV), Plumbic	Sn^{4+}	Tin (IV), Stannic

เลขออกซิเดชัน + 5

V^{5+}	Vanadium	As^{5+}	Arsenic (V), Arsenic

ข. ธาตุอโลหะและpolyatomic ions

เลขออกซิเดชัน −1

CH_3COO^- หรือ $C_2H_3O_2^-$	Acetate	ClO^-	Hypochlorite
Br^-	Bromide	I^-	Iodide

ClO_3^-	Chlorate	NO_3^-	Nitrate
Cl^-	Chloride	NO_2^-	Nitrite
CN^-	Cyanide	ClO_4^-	Perchlorate
F^-	Fluoride	IO_4^-	Periodate
OH^-	Hydroxide	MnO_4^-	Permanganate
H^-	Hydride		

เลขออกซิเดชัน -2

CO_3^{2-}	Carbonate	O_2^{2-}	Peroxide
CrO_4^{2-}	Chromate	SO_4^{2-}	Sulfate
$Cr_2O_7^{2-}$	Dichromate	SO_3^{2-}	Sulfite
SiO_3^{2-}	Silicate	S^{2-}	Sulfide
O^{2-}	Oxide	$S_2O_3^{2-}$	Thiosulfate
$C_2O_4^{2-}$	Oxalate		

เลขออกซิเดชัน -3

N^{3-}	Nitride	P^{3-}	Phosphide
PO_4^{3-}	Phosphate	BO_3^{3-}	Brorate
PO_3^{3-}	Phosphite	AsO_3^{3-}	Arsenite
AsO_4^{3-}	Arsenate		

สรุป

เมื่อได้ศึกษาระเบียบของการตั้งชื่อ ซึ่งมีวิธีการเรียกชื่อสารประกอบชนิดต่าง ๆ ทั้งวิธีเก่าและใหม่แล้วนั้น สิ่งที่จำเป็นมากที่สุดของการเป็นสารประกอบคือ เลขออกซิเดชัน ซึ่งทุกคนควรจะจำได้แม่นยำ จะทำให้การเรียกชื่อ หรือ เขียนสูตรสารอนินทรีย์ง่ายขึ้น นอกจากนี้การทำแบบฝึกหัดเขียนชื่อและสูตรเคมีของสารบ่อย ๆ จะทำให้เกิดความคุ้นเคยกับศัพท์เทคนิคนี้ดียิ่งขึ้นด้วย

หนังสืออ้างอิง

Beran,J.A., and Brady,J.E "Laboratory Manual for General Chemistry", John Wiley and Sons, New York, 1978.

ภูมิวิทยาศาสตร์

คำถาม (หรือคำตอบ) บ้า ๆ บวม ๆ

โดย ภาณี อิรังกรู

คำถาม

(1) ในหมู่บ้านหนึ่งมีหญิงสาวอยู่ 800 คน 3 % ของหญิงสาวเหล่านี้ใส่ต่างหูเพียงข้างเดียวส่วนใน 97% ที่เหลือนั้น ครึ่งหนึ่งใส่ต่างหูทั้งสองข้าง อีกครึ่งหนึ่งไม่ใส่เลย

ในหมู่บ้านนี้มีต่างหูที่หญิงสาวเหล่านี้ใส่อยู่กี่ข้าง

(2) ข้อความต่อไปนี้ มีข้อความที่ผิดอยู่ 3 ข้อ คือข้อใดบ้าง

a) $2+2 = 4$

b) $4 \div \frac{1}{2} = 2$

c) $3\frac{1}{5} \times 3\frac{1}{8} = 10$

d) $7-(-4) = 11$

e) $-10(6-6) = -10$

(3) ศาสตราจารย์หนวดเฟิ้มผู้เป็นตรรกศาสตร์ตัวยงนายหนึ่ง ต้องการตัดผมโกนหนวดให้เรียบร้อย เขาอาศัยอยู่ในเมืองเล็ก ๆ เมืองหนึ่งซึ่งมีช่างตัดผมเพียง 2 คน เมื่อแลเข้าไปในร้านของช่างตัดผมคนที่หนึ่ง เขาเห็นช่างแต่งตัวไม่เรียบร้อย หนวดเครารุงรัง ผมเผ้าตัดไม่เป็นระเบียบ ส่วนช่างตัดผมคนที่สองนั้น แต่งตัวเรียบร้อยหนวดเคราเกลี้ยงเกลา ผมเผ้าเป็นระเบียบ

ศาสตราจารย์ตัดสินใจไปตัดผมที่ร้านของช่างคนที่หนึ่ง เพราะเหตุใด

(4) "ผมรับรองครับ" กระทาชายเจ้าของร้านขายสัตว์เลี้ยงกล่าวยืนยันกับลูกค้าว่า "เจ้านกแก้วตัวนี้จะพูดทุกคำที่มันได้ยิน" ลูกค้าจึงซื้อนกแก้วตัวนั้นไป แต่กลับค้นพบว่ามันไม่พูดเลยแม้แต่คำเดียว

อย่างไรก็ตามเจ้าของร้านก็มิได้หลอกหลวงลูกค้า เพราะเหตุใด

(5) ท่อเหล็กทรงกระบอกอันหนึ่งยาว 10 ฟุต มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4 นิ้ว ถ้าใส่ลูกทรงกลมเหล็กลูกหนึ่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว เข้าไปในท่อทางปลาย A และอีกลูกหนึ่งที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว เข้าทางปลาย B เป็นไปได้หรือไม่ที่เราจะดันลูกทรงกลมทั้งสอง (โดยใช้แท่งไม้ช่วย) ตลอดท่อเหล็กนี้ เพื่อให้ทรงกลมที่เข้าไปในท่อทางปลาย A ออกจากท่อทางปลาย B และในทางกลับกัน ให้ทรงกลมที่เข้าไปในท่อทางปลาย B ออกจากท่อทางปลาย A

คำตอบ

(1) 800 ข้าง (ในจำนวน 97% ของหญิงสาว ครึ่งหนึ่งใส่ต่างหู 2 ข้าง และอีกข้างหนึ่งไม่ใส่ต่างหูเลย ดังนั้น โดยเฉลี่ยแล้วหญิงสาวในหมู่บ้านนี้ใส่ต่างหูคนละข้างทุกคน)

(2) ข้อความที่ผิดมีข้อ b และ e เท่านั้น ดังนั้นข้อความที่ว่ามีข้อความที่ผิดอยู่สามข้อจึงไม่ถูกต้อง นี่คือข้อผิดข้อที่สาม

(3) โดยเหตุที่ช่างตัดผมไม่สามารถตัดผมของตนเองได้ ช่างทั้งสองจึงต้องตัดผมให้ซึ่งกันและกัน ดังนั้นศาสตราจารย์จึงเลือกคนที่ตัดผมให้คู่แข่งของเขาได้ดีกว่า

(4) นกแก้วตัวนั้น หูหนวก

(5) ได้ ถ้าใส่ทรงกลมเข้าในท่อทีละลูก

ข่าวที่น่าสนใจบางอย่างสำหรับนักดื่มเบียร

โดย ลัดดาวัลย์ ชุนชาติประเสริฐ

เมื่อประมาณสองปีที่ผ่านมานี้ ได้มีข่าวครึกโครมในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการค้นพบสารประกอบที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งในเบียร์ที่วางขายทั่วไปตามท้องตลาด ทำให้บรรดานักดื่มทั้งหลายในสหรัฐอเมริกาหวั่นวิตกไปตาม ๆ กัน สารประกอบที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งในเบียร์ นั้นคือ ไนโตรซามีน (Nitrosamine) ในเวลาต่อมาได้มีการตรวจสอบเบียร์ที่วางขายในท้องตลาดอีกครั้ง และพบว่าเหลือเบียร์เพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้นที่มีสารประกอบไนโตรซามีนปนอยู่ มีการค้นพบวิธีป้องกันไม่ให้เกิดสารประกอบไนโตรซามีนโดยเติมกำมะถันลงในข้าวบาร์เลย์ในระหว่างการอบแห้ง ซึ่งก็คงจะทำให้บรรดานักดื่มทั้งหลายหันกลับมาดื่มเบียร์อีกด้วยความโล่งใจ

สารปรุงแต่งรสของเบียรคือ ฮอบ (Hops) ก็ต้องนำมาผ่านกรรมวิธีกำจัดเชื้อรา โดยการพ่นด้วยกำมะถันก่อนจะนำไปใช้งานในขบวนการผลิต และจากการวิเคราะห์ของนักเคมีพบว่าในน้ำมันฮอบมีสารประกอบเคมีต่าง ๆ ถึง 200 ชนิด สารประกอบดังกล่าวบางตัวเป็นเทอร์ บีน (Terpene) ซึ่งมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย และยังเข้าใจกันอีกว่าสารประกอบเทอร์ บีนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบด้วยนั้นบางตัวอาจจะเกิดขึ้นในระหว่างขบวนการพ่นด้วยกำมะถัน นอกจากนี้นักเคมีชาวอังกฤษได้พิสูจน์ว่าสารประกอบพวกเทอร์ บีนที่มีกำมะถันยังแยกได้จากฮอบที่ไม่ได้พ่นด้วยกำมะถัน แต่ผ่านการอบแห้งด้วยก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ด้วยเหมือนกัน

สารประกอบเทอร์ บีนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบนี้นับว่าเป็นสารที่มีความสำคัญในการทำเบียรอย่างยิ่ง เพราะเป็นสารประกอบที่ทำให้เบียรมีรสดีขึ้น

สัตว์อะไรไม่เคยดื่มน้ำตลอดชีวิต

โดย เสาวนิต ทองพิมพ์

แปลกแต่จริง โลกเรามีสัตว์พิศดารถึงว่าจริง ๆ มันไม่เคยดื่มน้ำในแม่น้ำ หรือห้วยหนอง คลองบึงเลย ไม่เคยดื่มอั๊ก ๆ อย่างสัตว์ชนิดอื่น

สัตว์ประหลาดที่ว่านี้คือ หนูจิ้งโจ้ตัวกะจิริดเห็นชื่อหนูจิงโจ้ ท่านผู้อ่านอย่าได้คิดว่ามันมี นิวาสสถานอยู่ในทวีปออสเตรเลียนะคะ เพราะมันผิดถนัด ภูมิลำเนาของหนูเหลือเชื่อชนิดนี้อยู่ในทะเลทรายทางภาคตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา หนูชนิดนี้ต้องการความชื้นน้อยมากหากินเอาจากรากไม้และพืชในทะเลทราย ความชื้นในรากไม้และพืชให้น้ำแก่มันอย่างพอเพียง ทำให้มีชีวิตอยู่ได้สบายมาก คนตั้งชื่อหนูเล็ก ๆ พันธุ์นี้ว่า "หนูจิงโจ้" เพราะมันมีขาหลังยาวและทรงพลัง ทั้งหางของมันก็แข็งแรงเหมือนจิงโจ้ ในออสเตรเลียไม่ผิดเพี้ยน

หนูชนิดนี้มีนิสัยแปลก ไปไหนมาไหนไม่เดินเหิรหรือวิ่งอย่างหนูธรรมดา แต่ชอบกระโดดโลดเต้นทั้งยังโดดได้แม่นเป็นม้าอีกด้วย มันสามารถโดดข้ามต้นกระบองเพชรแล้วตะบบจับตั๊กแตนบนดินกินเป็นอาหารได้สบายมาก

เมื่อหนูจิงโจ้สองตัวราวีกัน มันกระโดดเข้าหากันดื้อ ๆ เหมือนขามีสปริงอย่างนั้นแหละ ที่จริงแล้วหางมันเป็นสปริงทำให้เต้นหยองแหยงได้สบายมาก ซึ่งถ้าท่านผู้อ่านคิดจะทำท่าเต้นของหนูจิงโจ้มาคิดแปลงเป็นท่าเต้นรำสมัยใหม่ก็คงจะได้ เพราะหนูจิงโจ้ไม่ได้สงวนลิขสิทธิ์ไว้นะคะ.

พิมพ์ที่โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร. 236141 (ข้างทันตแพทย์อิน)
นายอารีย์ หอวิจิตร ผู้พิมพ์-โฆษณา

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร "วิทยาศาสตร์ มข."

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ-เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไปและหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทยศัพท์ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้ และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน

4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็น บทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุป และวิจารณ์

5. เอกสารอ้างอิง เอกสารอ้างอิงในตอนท้ายสุดของเรื่องให้เรียงตามระดับตัวอักษรที่เป็นชื่อผู้แต่ง ชื่อผู้แต่งภาษาไทยให้ขึ้นต้นด้วยชื่อตัวก่อนชื่อสกุล ภาษาอังกฤษให้เรียงชื่อสกุลก่อนชื่อตัว ชื่อวารสารหรือหนังสือให้ขีดเส้นใต้ ชื่อบทความให้อยู่ในเครื่องหมายอัญประกาศ บอกชื่อเมืองที่พิมพ์ สำนักพิมพ์ ปีที่พิมพ์ (เรียงต่อจากชื่อผู้แต่ง) ถ้าเป็นวารสาร ให้ใส่หมายเลขปีที่ (volume number) และขีดเส้นใต้ และใส่หมายเล่มที่ (issue number) ในวงเล็บตลอดทั้งบอกหมายเลขหน้าที่ใช้อ้างอิง

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

7. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว 8×11 นิ้ว โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่ :

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ขอนแก่น

8. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกอินเดียนบนกระดาษหนา ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

9. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษา โดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น กองบรรณาธิการมีสิทธิ์ในการพิจารณาคัดเลือกเรื่องหรือบทความใด ๆ เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ และมาตรฐานของวารสาร

ตัวอย่างเอกสารอ้างอิง

หนังสือเล่ม :

บุญเสริม วีสกุล. 1517 **สถิติตอนที่ 1 : วิธีเก็บและประมวลข้อมูล.** พระนคร: ไทยวัฒนาพานิช. หน้า 57-64.

Glasstone, Samuel 1967. Sourcebook on Atomic Energy. New York: Van Nostrand Reinhold Company. pp. 157-196.

วารสาร:

สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี. 2520. "การเรียกชื่อธาตุ" **วิทยาสาร มข.** 5 (2): 11-13.

Zajone. R.B. 1976 "Family Configuration and Intelligence," Science. 192 (4236): 227-235.

วิทยานิพนธ์

Phillip O.C. 1962 "The Influence of Ovid on Lucan's Bellum Civile." Unpublished Ph.D dissertation. University of Chicago.