วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY
ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 เม.ย. - มิ.ย. 2531

ISSN 0125-5266

วารสาร วิทยาศาสตร์ขข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม
ฉบับที่ 2 เมษายน – มิถุนายน
ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน
ฉบับที่ 4 ตุลาคม – ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ขายปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

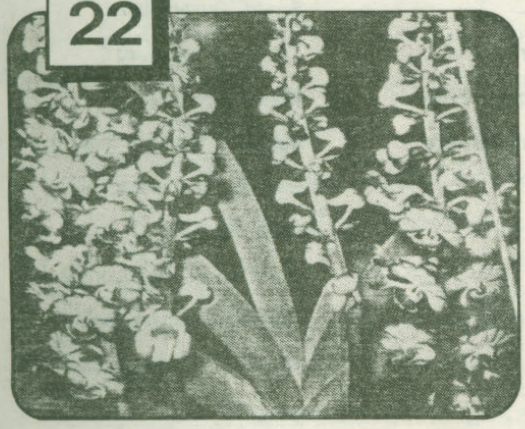
สารบัญ

ISSN 0125-2364

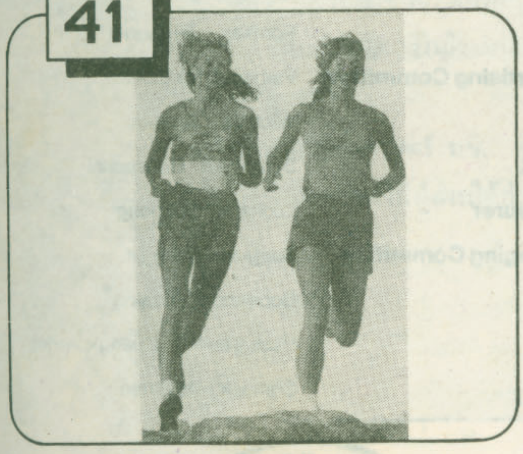
วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 16 ฉบับที่ 2

22



41



33

ISSN 0125-2364

วิทยาศาสตร์ขอนแก่น

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand.

Office

Faculty of Science Library, Building 6, Khon Kaen University.

Objectives

1. To promote and propagate knowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume
Issue no. 1 January - March
Issue no. 2 April - June
Issue no. 3 July - September
Issue no. 4 October - December

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the free paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Boonkoom Lualon, Managing Committee, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

FACULTY OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

บรรณาธิการแถลง

เพื่อให้การดำเนินการเกี่ยวกับวารสารวิทยาศาสตร์ มข. เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและดีขึ้น จึงมีการเปลี่ยนแปลงในบางเรื่องที่อยากจะเรียนผู้อ่านและสมาชิกทราบ เรื่องแรกก็คือการเปลี่ยนแปลงในกองบรรณาธิการ เนื่องจากบรรณาธิการคนเก่าคือ อาจารย์ละออศรี เสนาะเมือง ได้ไปศึกษาต่อที่ประเทศนิวซีแลนด์ตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม จึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงบรรณาธิการ ซึ่งก็หวังเป็นอย่างยิ่งว่าในช่วงเวลาที่อาจารย์กำลังศึกษาอยู่และหลังจากกลับมาแล้ว เราคงจะได้อ่านเรื่องราวเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นในประเทศนิวซีแลนด์ ก็ขอให้สมาชิกและผู้อ่านอดใจรอไปก่อนก็แล้วกัน เรื่องที่สองวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ได้ใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของสมาชิกเพื่อความสะดวกในการค้นหาและเปลี่ยนแปลงข้อมูล ดังนั้นจึงอยากจะเรียนว่าต่อไปนี้สมาชิกทุกท่านจะมีหมายเลขสมาชิกประจำตัวทุกคน โดยจะใส่ไว้ที่จ่าหน้าซองการส่งวารสารทุกครั้ง ถ้าสมาชิกจะติดต่อกับวารสารโปรดอย่าลืมแจ้งหมายเลขสมาชิกไปด้วย โดยเฉพาะเวลาต่ออายุสมาชิกโดยที่ในใบต่อสมาชิกจะมีช่องให้กรอกหมายเลขสมาชิกด้วย **โปรดอย่าลืมใส่ไปด้วยทุกครั้ง**

สำหรับวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ฉบับนี้นอกจากจะมีคอลัมน์ประจำแล้วยังมีบทความและผลการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อ่านได้อ่านกันอย่างมากมายอีกเช่นเคย

สวัสดี

เที่ยง ภูมิสะอาด

แก้คำตอบปัญหา 108 ฉบับที่ 1 ปีที่ 16 หน้า 59

ปัญหา จุลินทรีย์ชนิดใดที่สืบพันธุ์แบบแตกหน่อ (budding) ได้

ตอบ ยีสต์

ข้อแนะนำ
ในการเขียนบทความลง วารสาร " วิทยาศาสตร์ มข. "

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน

2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ

3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น

2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน

3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน เนื้อเรื่อง**ไม่ควรยาวเกินไป**

4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อและแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุป และวิจารณ์

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

6. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

7. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความ ทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น

8. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบสากลนิยม

9. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่

: กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 61 – 63 (2531)

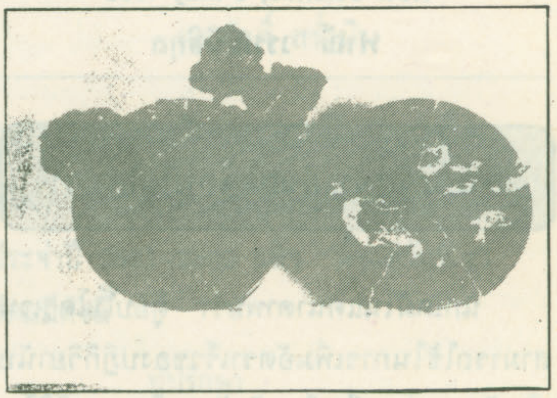
Sugar beet ที่ต้านทานต่อยากำจัดวัชพืช

Sugar beet เป็นพืชลงหัวคล้ายผักกาด ซึ่งนำมาใช้ทำน้ำตาลที่เรียกว่า beet sugar ปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ของบริษัท Plant Genetic Systems ในเบลเยี่ยม และบริษัท Monsanto และ Du Pont ในสหรัฐอเมริกา ได้พยายามสร้างสายพันธุ์ธรรมชาติของพืชชนิดนี้ ให้มีความต้านทานต่อยากำจัดวัชพืช โดยการนำยีนส์จากบัคเตรีพวก Streptomyces ต่อเข้ากับพลาสมิด (plasmid) หรือตัวนำยีนส์คือ บัคเตรีชนิด **Agrobacterium tumefaciens** เมื่อนำ **A. tumefaciens** ไปเพาะเลี้ยงกับเซลล์ของ suger beet พลาสมิดจะเคลื่อนที่จากเซลล์ของบัคเตรีไปยังเซลล์พืช โดยนำยีนส์ของ Streptomyces ไปด้วย ยีนส์นี้จะทำให้เกิดการผลิตเอนไซม์ phosphinotricin acetyl-transferase ซึ่งไปห้ามการกระตุ้นของยาฆ่าวัชพืชพวก phosphinotricin

การพัฒนาสายพันธุ์ของ sugar beet ที่ต้านทานต่อยากำจัดวัชพืชต้องใช้เวลาอย่างน้อย 7 ปี

New Scientist, 19 May 1988

รัชนี ฉวีราช



เพศของตุ๊กแก

ในสัตว์เลื้อยคลานบางชนิด เช่น ตุ๊กแก สภาพแวดล้อมในระยะแรกของช่วงชีวิตในระยะคัพภะ สามารถมีอิทธิพลต่อการกำหนดเพศได้ นาย William Gutzke แห่ง มหาวิทยาลัยเมมฟิสสเตท ในรัฐเทนเนสซี และนาย David Crew แห่งมหาวิทยาลัยเทกซัส พบว่า ไข่ตุ๊กแกที่ฟักในอุณหภูมิสูง (32°C) ส่วนมากจะเป็นตัวผู้ ส่วนไข่ที่ฟักในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า (26° C) จะเป็นตัวเมีย และเมื่อศึกษาพฤติกรรม เขาพบว่า ตัวเมียที่ออกจากไข่ในอุณหภูมิต่ำกว่าตอบสนองต่อการเกี้ยวพาราสี

ของตัวผู้อย่างปกติ แต่ตัวเมียที่ฟักในอุณหภูมิสูงจะตอบสนองต่อการเกี้ยวของตัวผู้คล้ายกับว่าตัวเองเป็นตัวผู้ และมีพฤติกรรมก้าวร้าวต่อทั้งสองเพศมากกว่าตัวเมียที่ฟักในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า นอกจากนั้นยังมีระดับของฮอร์โมน แอนโดรเจนและอีสโตรเจน ต่ำกว่าอีกด้วย

สำหรับตัวเมียที่ฟักจากไข่ในอุณหภูมิ 29° C จะมีพฤติกรรมกึ่งกลาง คือ บางครั้งจะตอบสนองต่อตัวผู้ บางครั้งไม่ตอบสนอง

New Scientis, 5 May 1988

พาณี วรรณนิธิกุล

ความมหัศจรรย์ของตู้อบไมโครเวฟ

นักเคมีในแคนาดาพบว่า ตู้อบไมโครเวฟสามารถใช้ในการเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยานับเป็นพัน ๆ เท่า เมื่อเทียบกับอัตราเร็วของปฏิกิริยาซึ่งปกติใช้ความร้อนจากตะเกียงบุนเสนธรรมดา

R. Gedye, F. Smith, และ K. Westaway แห่ง Laurentian University ประเทศแคนาดา ได้รายงานใน Canadan journal of Chemistry ว่า ในการสังเคราะห์สารประกอบ 4-cyanophenyl benzyl ether โดยการต้ม ซึ่งใช้เมธานอลเป็นตัวทำละลาย ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ได้ผลผลิตออกมา 65 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้ตู้อบไมโครเวฟที่มีกำลัง 650 วัตต์ ได้ผลผลิตออกมาเท่ากัน จะใช้เวลาเพียง 35 วินาที เท่านั้น และถึงแม้ว่าจะทดลองในปฏิกิริยาอื่น ๆ อีกก็ตาม พบว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเร็วขึ้น 10 ถึง 100 เท่า

วิธีการนี้จะไม่มีอันตรายเกิดขึ้นเลย โดยจะเห็นได้ว่าในบางปฏิกิริยาอาจมีการแตกกระจายหรือระเบิด เมื่อได้รับพลังงานจากตู้อบไมโครเวฟ แต่กลุ่มผู้ทดลองได้ขจัดปัญหาเหล่านี้โดยให้ปฏิกิริยาเกิดในขวดพลาสติก (Teflon bottles) ซึ่งขวดพลาสติกนี้สามารถให้ความยาวคลื่นช่วงไมโครเวฟผ่านได้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขวดพลาสติกที่ปิดสนิทนี้จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเพราะว่า ความดันที่เกิดขึ้นภายในขวดจะทำให้จุดเดือดสูงขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้ขบวนการต่าง ๆ หรือปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

เนื่องจากเป็นการเสี่ยงต่อการระเบิดของปฏิกิริยาในตู้อบไมโครเวฟ ดังนั้นกลุ่มผู้วิจัยได้เสนอว่า ควรทำการทดลองในอัตราส่วนขนาดเล็ก เช่น ในขวดที่มีปริมาตร 150 ลบ.ซม. ซึ่งจะบรรจุสารละลายได้ไม่เกิน 25 ลบ.ซม. Gedye ได้อธิบายว่า ทีมงานของเขาได้พยายามเพิ่มอัตราส่วนของปฏิกิริยาให้มากขึ้นโดยอาศัยการตั้งโปรแกรมของตู้อบ แต่ข้อจำกัดของการทดลองอยู่ที่ตู้อบไมโครเวฟถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในห้องครัว ไม่ใช่ออกแบบมาเพื่อใช้ในห้องปฏิบัติการ

ความลับของการใช้ความยาวคลื่นช่วงไมโครเวฟนั้นอยู่ที่ตัวทำละลาย ว่าจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้หรือไม่ Gedye และผู้ร่วมงานได้แสดงถึงการค้นพบที่ว่า การที่อุณหภูมิมีการขึ้น ๆ ลง ๆ นั้น มีความสัมพันธ์กับสภาพความเป็นขั้วของตัวทำละลายที่ใช้ซึ่งมีผลทำให้สภาพความเป็นขั้วของตัวทำละลายมีความสัมพันธ์กับทิศทางของการเกิดขั้วของโมเลกุลของมัน ทิศทางของการเกิดขั้วของโมเลกุล จะเกิดขึ้นเมื่อการกระจายของอิเล็คตรอน ในโมเลกุลไม่เท่ากัน ดังนั้นปลายข้างหนึ่งจะเป็นลบ อีกข้างหนึ่งจะเป็นบวก การที่ตัวทำละลายสามารถเกิดทิศทางของการเกิดขั้วได้นั้นจึงสามารถดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นไมโครเวฟ

ได้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของตัวทำละลาย ที่ใช้ในการทดลองนี้

Gedye และคณะ ได้ทดลองแปรเปลี่ยนตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ โดยใช้ปริมาตร 50 ลบ.ซม. ในขวดทดลองที่เปิดฝา ใช้เวลา 1 นาที ในตู้อบไมโครเวฟพบว่า โดยทั่ว ๆ ไปตัวทำละลายที่มีขั้วมากกว่า จะใช้อุณหภูมิต่ำ ๆ ในขณะที่ตัวทำละลายที่ไม่มีขั้ว เช่น คาร์บอนเตทตราคลอไรด์ หรือเฮกเซน จะเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิห้อง แต่ก็มีข้อยกเว้น คือ น้ำ ซึ่งมีขั้วมากที่สุดในจำนวนของเหลวทั้งหลาย พบว่า ต้องใช้อุณหภูมิสูงถึง 81 องศาเซลเซียส ส่วนตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีความเป็นขั้วน้อยกว่า เช่น dimethyl formamide จะใช้อุณหภูมิในการเกิดปฏิกิริยาที่ 131 องศาเซลเซียส ในขณะที่ตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วต่ำ เช่น acetic acid แทนที่จะต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 131 องศาเซลเซียส กลับใช้อุณหภูมิที่ 110 องศาเซลเซียส ในการเกิดปฏิกิริยา ความผิดปกตินี้สามารถอธิบายโดยความจริงที่ว่า acetic acid และน้ำมีสภาพความเป็นขั้วเหมือนกันอย่างมาก

New Scientist, 19 May 1988

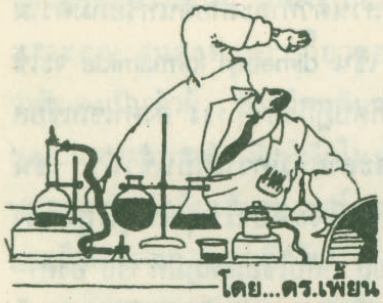
สมศักดิ์ สรั่งบิน

ข่าวจากสมาคมวิทยาศาสตร์ สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ขณะนี้สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย สาขาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้คณะกรรมการบริหารของสมาคมฯ ชุดใหม่ ประจำปี 2531–2532 แล้ว ตั้งแต่วันที่ 21 มีนาคม 2531 รายนามคณะกรรมการของสมาคมมีดังนี้

นางศรีสุมนตร์ สีตะธนี	ที่ปรึกษา
1. นายขาว เหมือนวงศ์	ประธาน
2. นายประสงค์ คุณานุวัฒน์ชัยเดช	รองประธาน คนที่ 1
3. นางฉวีวรรณ นาระคล	รองประธาน คนที่ 2
4. นางนิยะดา ห่อนาค	เหรัญญิก
5. นายพหล จิตติยศรา	กรรมการ
6. นางวรรณวไล อธิวาสน์พงศ์	กรรมการ
7. นายโรจน์ชัย ศัตรวาหา	กรรมการ
8. นายไตรรงค์ เจริญกิจ	กรรมการ
9. นายชัยศิริ วงศ์คำ	กรรมการ
10. นางพรพิมล สุริยจันทราทอง	กรรมการ
11. นางสาวตริตาภรณ์ ชูศรี	กรรมการ
12. นายรงค์ รุจกรกานต์	กรรมการ
13. นายสุวิน บุศราคำ	กรรมการ
14. นางสาวประเสริฐ แข่งขัน	กรรมการ
15. นางสาวพาณี วรรณนิธิกุล	กรรมการและเลขานุการ

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 64 (2531)



ไม่ลองก็ไม่รู้

โดย...ดร.เพี้ยน

บทความในชุด "ไม่ลองก็ไม่รู้" นี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกระตุ้นความสนใจและเสริมความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์โดยการทดลอง หรือประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่าย ซึ่งนอกจากจะให้ความเพลิดเพลินแล้วยังคาดว่าจะมีประโยชน์ต่อการสอนวิทยาศาสตร์ในแบบแผนปัจจุบันอีกด้วย

น้ำ • ไฟได้

ในยุคที่สภาฯ ยุบ – รถไฟหยุด – บุรุษเหล็กตลอดกาลนี่ สิ่งที่ไม่น่าเป็นไปได้ ก็เป็นไปได้ ขึ้นชื่อว่างูเห่าก็ย่อมเป็นอริกับพังพอนแน่นอนร้อยเปอร์เซ็นต์ฉันใด (ลองไปถามหัวหน้าพรรคการเมืองบางคนดูได้) น้ำกับไฟก็ย่อมต้องไม่ถูกกันฉันนั้น แต่เชื่อหรือไม่ว่า คราวนี้เราจะใช้น้ำไปจุดไฟแทนที่จะไปดับไฟ !

วิธีการทดลอง

ผสมด่างทับทิมป่นละเอียด (Potassium permangenate, $KMnO_4$) กับน้ำตาลป่นละเอียดอย่างละประมาณ 1 ช้อนชา ให้เข้ากันเป็นอย่างดีด้วยความระมัดระวัง ตะล่อมให้เป็นกองภูเขาเล็ก ๆ ที่มียอดบุ๋มลงไป ใช้หลอดหยดน้ำ 1 หยดลงไปบนยอด แล้วรีบถอยออกไปให้ห่าง ๆ ประมาณสักชั่วอึดใจ ของผสมก็จะติดไฟ พ่นทั้งควันและละอองสารออกมาอย่างรุนแรง

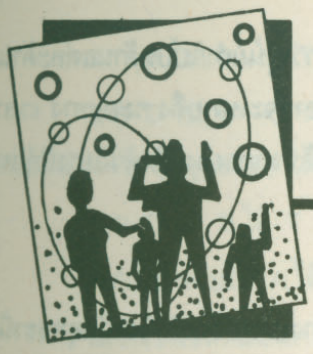
ปฏิกิริยาแบบนี้ เรียกว่า Spontaneous combustion และเชื่อว่าสมการจะเป็นดังนี้...

หมายเหตุ

1. เพื่อให้ได้ผลดีและปลอดภัย สารที่ใช้ควรจะแห้ง
2. ห้ามป่นด่างทับทิมกับน้ำตาลรวมกัน เพราะจะเกิดปฏิกิริยารุนแรง อันตรายมาก
3. การผสมสารเคมีเข้าด้วยกันนั้น ให้เทลงบนแผ่นกระดาษ แล้วพับทบครึ่ง สลับกันทั้งสองด้านจนสารผสมเข้ากันเป็นอย่างดี
4. ชื่อเรื่องให้อ่านว่า "น้ำจุดไฟได้"

$$12\ kMnO_4 + C_{12}H_{22}O_{11} \longrightarrow 6\ K_2CO_3 + 6\ Mn_2O_3 + 6\ CO_2 + 11\ H_2O$$

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 65 – 68 (2531)

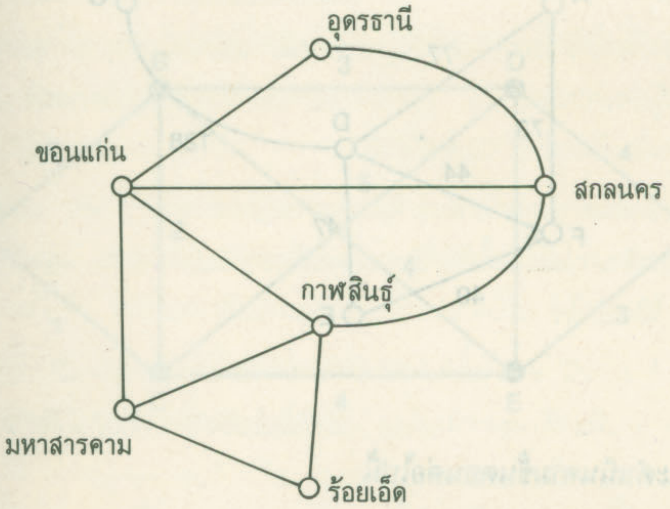


วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

*อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์**

◎ กราฟช่วยเราแก้ปัญหาได้อย่างไร ◎

พิจารณาแผนผังแสดงการติดต่อกันด้วยถนนของจังหวัดขอนแก่น อุดรธานี สกลนคร กาฬสินธุ์ มหาสารคาม และร้อยเอ็ด ในรูปข้างล่างนี้



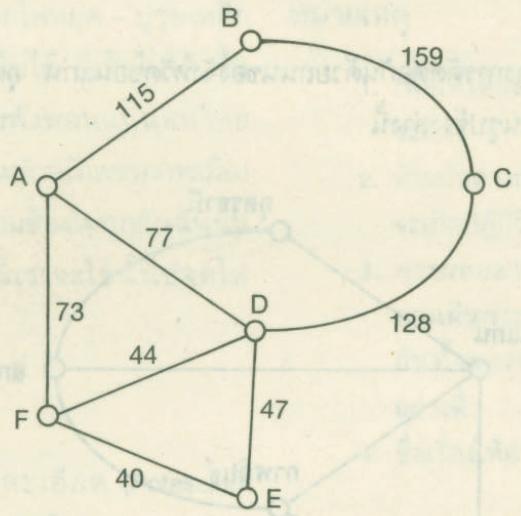
ในแผนผังนี้เราใช้จุดหรือวงกลมเล็ก ๆ แทนจังหวัด และใช้เส้นเชื่อมระหว่างจุดหรือวงกลมเล็ก ๆ นั้นแทนถนนที่เชื่อมระหว่างจังหวัด จะเรียกชื่อ แผนผังอย่างนี้ว่า **กราฟ** แผนผังอื่น ๆ ที่เราเคยพบ เช่น แผนผังแสดงระยะทางระหว่างตำบลหรือหมู่บ้านต่าง ๆ ในเขตอำเภอหนึ่ง หรือแผนผังแสดงที่ตั้งของสถานที่สำคัญ ๆ ในเมืองหนึ่ง ๆ จึงเป็นกราฟทั้งสิ้น กล่าวโดยทั่วไปแล้ว กราฟประกอบด้วยจุด (หรือวงกลมเล็ก ๆ) ซึ่งจะเรียกชื่อว่า **จุดยอด** และเส้นเชื่อมระหว่างจุดยอด ซึ่งจะเรียกว่า **ด้าน** อย่างเช่น

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กราฟในรูปข้างบนนี้มี 6 จุดยอด และ 9 ด้าน ถ้าเราใส่ตัวเลขที่มีค่ามากกว่าศูนย์กำกับบนด้านแต่ละด้านของกราฟเราจะเรียกกราฟแบบนี้ว่า **กราฟมีน้ำหนัก** โดยที่ตัวเลขดังกล่าวอาจจะหมายถึง ระยะทาง เวลา หรือค่าใช้จ่ายก็ได้ เราสามารถใช้กราฟ หรือกราฟมีน้ำหนักช่วยแก้ปัญหาได้หลายอย่าง ดังตัวอย่างปัญหาต่อไปนี้

ปัญหาที่ 1 (ปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน)

ถ้าเซลล์แมนคนหนึ่งอาศัยอยู่จังหวัดขอนแก่น (A) ต้องการเดินทางไปขายของยังจังหวัดอุดรธานี (B), สกลนคร (C), กาฬสินธุ์ (D), ร้อยเอ็ด (E) และมหาสารคาม (F) ซึ่งติดต่อกันได้ด้วยถนนที่บอกระยะทางไว้เป็นกิโลเมตร ดังกราฟมีน้ำหนักข้างล่างนี้ เขาจะเดินทางจากจังหวัดขอนแก่นไปตามเส้นทางใด เพื่อให้ได้ระยะทางน้อยที่สุด โดยที่เขาต้องผ่านจังหวัดแต่ละจังหวัดเพียงครั้งเดียว แล้วกลับไปยังจังหวัดขอนแก่นตามเดิม



วิธีการแก้ปัญหา จะดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

ให้ T แทนผลรวมของระยะทางจากจุดยอด A

I ที่จุดยอด A ได้ T = 0 กม.

II จากจุดยอด A เลือกเดินทางไปตามด้านที่ต่อออกจาก A ซึ่งมีระยะทางน้อยที่สุด ซึ่งคือ $A \rightarrow F$ และได้ $T = 0 + 73 = 73$ กม.

III จากจุดยอด F ดำเนินการเช่นเดียวกับที่ทำกับจุดยอด A ในขั้นที่ II นั่นคือ จาก F ไป E ได้ $T = 73 + 40 = 113$ กม.

IV จากจุดยอด E ทำซ้ำขั้นตอนที่ II ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งผ่านครบทุกจุดยอด และกลับไปถึง A ซึ่งจะได้ผลดังนี้ :

จาก E ไป D ได้ T = 113 + 47 = 160 กม.

จาก D ไป C (จาก D ไป A ไม่ได้แม้ว่าระยะทางจะน้อยกว่าก็ตาม เพราะจะกลับไปที่ A โดยไม่ผ่านครบทุกจุดยอด) ได้ T = 160 + 128 = 288 กม.

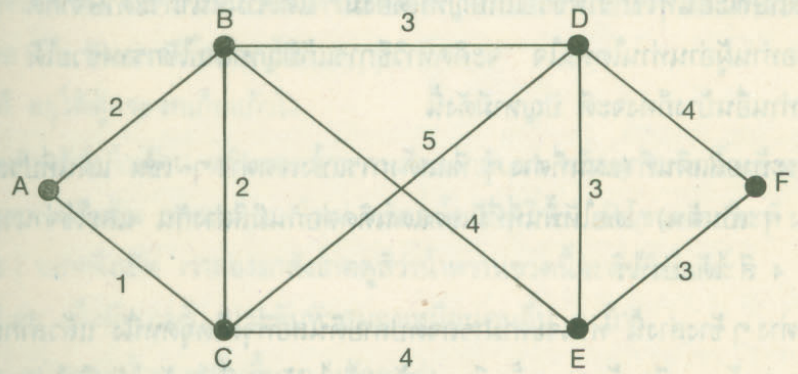
จาก C ไป B ได้ T = 288 + 159 = 447 กม.

จาก B กลับถึง A ได้ T = 447 + 115 = 562 กม.

แสดงว่าเซลล์แมนคนนี้จะเดินทางไปตามเส้นทาง A → F → E → D → C → B → A และเดินทางได้รวม 562 กิโลเมตร

วิธีการแก้ปัญหาข้างบนนี้เป็นวิธีการที่ดีวิธีหนึ่ง แต่ไม่ใช่วิธีการที่ดีที่สุด (ยังไม่พบว่ามีวิธีการที่ดีที่สุด) ผู้อ่านอาจจะหาเส้นทางอื่นที่สั้นกว่านี้ได้ก็ได้ แต่ข้อสำคัญอยู่ที่ว่ามีวิธีการหาอย่างไร มีขั้นตอนที่ชัดเจนหรือไม่

ปัญหาที่ 2 มีเมืองต่าง ๆ 6 เมือง มีเส้นทางติดต่อกันได้ดังกราฟมีน้ำหนักข้างล่างนี้ (ตัวเลขที่กำกับแต่ละด้าน แสดงเวลาเป็นชั่วโมงที่ใช้เดินทางระหว่างแต่ละเมือง) ถ้าเราจะเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง F จะไปตามเส้นทางใดจึงจะเสียเวลาน้อยที่สุด



วิธีการแก้ปัญหา

ให้ L (x) แทนจำนวนเวลาที่น้อยที่สุดที่ใช้เดินทางจากจุดยอด A ถึงจุดยอด x การหาค่า L(x) เราจะใช้การเปรียบเทียบระยะเวลาของทุก ๆ เส้นทาง จาก A ถึง x ซึ่งค่าที่น้อยที่สุดจะคือค่าของ L(x) ในปัญหานี้เราต้องการหาค่า L(F) เราเริ่มตามขั้นตอนต่อไปนี้

I. L (A) = 0 (เพราะเวลาที่ใช้เดินทางจาก A ถึง A เท่ากับ 0)

II. หาค่า L(B); จากกราฟจะเห็นว่ามี 2 เส้นทาง จาก A ถึง B คือ A → B ซึ่งใช้เวลา 2 ชั่วโมง และจาก A → C → B ซึ่งเวลาเท่ากับ 1 + 2 = 3 ชั่วโมง ดังนั้นได้ L (B) = 2 ตามเส้นทาง A → B

III. หาค่า L (C) คล้ายกับข้อ II., $A \rightarrow C$ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง $A \rightarrow B \rightarrow C$ ใช้เวลา $2 + 2 = 4$ ชั่วโมง ดังนั้นได้ L (C) = 1 ตามเส้นทาง $A \rightarrow C$

IV. หา L (D) จาก A ถึง D มีหลายเส้นทางคือ

$A \rightarrow B \rightarrow D$ ใช้เวลา $2 + 3 = 5$ ชั่วโมง

$A \rightarrow C \rightarrow D$ ใช้เวลา $1 + 5 = 6$ ชั่วโมง

$A \rightarrow B \rightarrow E \rightarrow D$ ใช้เวลา $2 + 4 + 3 = 9$ ชั่วโมง

$A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ ใช้เวลา $2 + 2 + 5 = 9$ ชั่วโมง

$A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow D$ ใช้เวลา $1 + 4 + 3 = 8$ ชั่วโมง

$A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$ ใช้เวลา $1 + 2 + 3 = 6$ ชั่วโมง

ดังนั้นได้ L (D) = 5 ชั่วโมง ตามเส้นทาง $A \rightarrow B \rightarrow D$

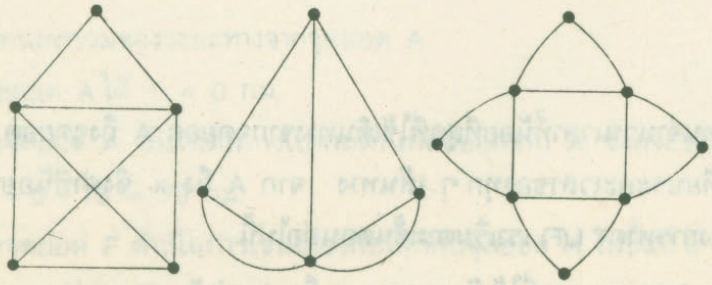
V. หา L (E) ทำคล้ายข้อ IV จะได้ L (E) = 5 ชั่วโมงตามเส้นทาง $A \rightarrow C \rightarrow E$

VI. หา L(F); จาก A ถึง F ต้องผ่าน D หรือ E เสมอ ถ้าผ่าน D ก่อนจะใช้เวลา = L (D) + 4 = 5 + 4 = 9 ชั่วโมง แต่ถ้าผ่าน E ก่อน จะใช้เวลา = L (E) + 3 = 5 + 3 = 8 ชั่วโมง ดังนั้นได้ L (F) = 8 ชั่วโมง ตามเส้นทาง $A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$ นั่นคือ จะเดินทางจากเมือง A ถึงเมือง F โดยใช้เวลาน้อยที่สุด จะต้องไปตามเส้นทาง $A \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F$ และใช้เวลา 8 ชั่วโมง □

ปัญหาลักษณะอื่นที่ใช้กราฟช่วยแก้ปัญหาได้ยังมี แต่เรามีหน้ากระดาษจำกัด จึงจะขอยกแต่ตัวปัญหามาไว้เพื่อท่านผู้อ่านท่านใดสนใจ จะคิดหาวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้กราฟช่วยได้ จะเขียนมาเผยแพร่สู่ท่านผู้อ่านท่านอื่นบ้างก็คงจะดี ปัญหามีดังนี้

ปัญหาที่ 3 จะระบายสีแผนที่ (แผนที่ต่าง ๆ ที่แสดงการแบ่งเขตต่าง ๆ เช่น แผนที่ประเทศไทย หรือแผนที่จังหวัดต่าง ๆ เป็นต้น) โดยให้พื้นที่ที่มีเขตแดนติดต่อกันมีสีต่างกัน และใช้จำนวนของสีให้น้อยที่สุด แต่ไม่เกิน 4 สี ได้อย่างไร

ปัญหาที่ 4 รูปต่าง ๆ ข้างล่างนี้ ท่านจะสามารถจดปลายดินสอที่จุดใดจุดหนึ่ง แล้วลากเส้นผ่านไปตามด้านต่าง ๆ ให้ครบทุกด้าน เพียงด้านละครั้งเดียว แล้วกลับไปยังจุดที่เริ่มต้นได้หรือไม่ อย่างไร



วิธีการแก้ปัญหาที่ให้เป็นตัวอย่างไว้นี้ เผื่อว่าท่านผู้อ่านท่านใดมีปัญหาที่คล้ายคลึงกัน จะได้นำวิธีการเหล่านี้ไปใช้แก้ปัญหาได้

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 69 – 70 (2531)

เคมี... บริโภค และ อุปโภค

* เฉลิม เรืองวิริยะชัย

ตอน..... จริงหรือ....ที่ว่าหวาน

บ่ายวันอาทิตย์ อันแสนอบอ้าววันหนึ่ง....ณ ม้านั่งภายในสนามหญ้า

เจ้าป๋อง : แหม ! อากาศร้อนจัง รู้สึกหิวน้ำไหมพี่

เจ้าแป้ง : ก็นั่นนะสิ ไปหาอะไรมาดับกระหายสักกะหน่อยดีไม๊

เจ้าป๋อง : ดีเหมือนกัน เดี๋ยวป๋องจะไปซื้อไอติมมาให้

เจ้าแป้ง : ไอติมเหรอ ! ไม่ดับร้อน....ผ่อนกระหายดอก ดื่มน้ำหวานเย็น ๆ สักแก้วจะดีกว่ามั้ง

เจ้าป๋อง : เออ ! ใช่ บ้านเรามีน้ำหวานไม๊

เจ้าแป้ง : มีสิ อยู่ใต้ตู้กระจกเก็บแก้วไง

เจ้าป๋องเดินเข้าไปในบ้าน หยิบขวดน้ำหวานสีแดงกลับมา พร้อมกระติกน้ำแข็งและแก้ว

เจ้าป๋อง : น้ำหวานเข้มข้น รสสละ ขวดใหม่ พร้อมน้ำแข็งคร๊าบ.....เปิดขวดเลยนะพี่

เจ้าแป้ง : อ๊ะ ! อย่าเพิ่งเปิด เราลองมาสังเกตดูสิว่าน้ำหวานขวดนี้จะดีหรือไม่นะ

เจ้าป๋อง : ได้เลย เพื่อมีความรู้.....ประดับหัวสมองเหมือนคนอื่น ๆ บ้าง

เจ้าแป้ง หยิบขวดน้ำหวานนั้นขึ้นมา แล้วพูดว่า.....

"น้ำหวานจะต้องบรรจุในขวดแก้วที่ใส และฝาปิดสนิทแบบนี้ เมื่อคว่ำขวดลงต้องใสและปราศจากตะกอน ไม่มีผลึกของน้ำตาล มีสีสดใสสม่ำเสมอตลอดทั้งขวด และอย่าให้มีผงหรือเศษแมลง รวมทั้งต้องไม่มีการแยกตัวของน้ำมันระเหยที่ผิวหน้าอีกด้วยนะ"

เจ้าป๋อง : แล้วน้ำหวานที่เราซื้อมา สรุปแล้วเป็นอย่างไรบ้าง

เจ้าแป้ง : สรุปตามที่พูดไปแล้ว....ก็นับว่าใช้ได้ งั้น ! เปิดได้เลย

เจ้าป๋อง : ไชโย ! จะผสมสัดส่วนเท่าไหร่ดีหล่ะ

เจ้าแป้ง : ขึ้นอยู่กับความชอบ เติมน้ำหรือโซดาลงไปเท่าไหร่ก็ได้ พี่รู้อย่างเดียวว่าอัตราส่วนของน้ำตาลและน้ำในน้ำหวาน ต้องมีน้ำตาลไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 โดยน้ำหนัก ซึ่งดูได้จากข้างขวดไง งั้นก็เติมน้ำหวานได้ตามสะดวกเลยนะ

เจ้าป๋อง : ชงน้ำหวานเสร็จแล้ว เติมน้ำแข็งมาก ๆ จะได้เย็น ๆ ป๋องจะไปเก็บแล้วนะ

เจ้าแป้ง : เวลาเก็บก็ให้เก็บในที่มีอุณหภูมิปกติธรรมดา อย่าเก็บไว้ใกล้ความร้อน หรือที่มีแสงสว่างส่องถึงเขียว และเมื่อกี้นี้เทน้ำหวานเสร็จ เช็ดปากขวดให้แห้งหรือเปล่า

เจ้าป๋อง : ครับ เสร็จเรียบร้อยแล้ว เอ! แต่ดูเหมือนยังไม่ค่อยสะใจ อยากจะชิมน้ำหวานรสวื่นอีก อย่างเช่น ครีมโซดา....สีเขียวมรกต มีไม๊พี่

เจ้าแป้ง : มี มีเยอะเลย

เจ้าป๋องรีบชักไช้ไล่เลียง แล้วถามต่อไปว่า.....

"อยู่ที่ไหนหล่ะ"

เจ้าแป้ง : ก็ในร้านสหกรณ์ไง

เจ้าป๋อง : /× ?/

ขอเชิญร่วมงานวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ
ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
16 – 20 สิงหาคม 2531

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จะจัดให้มีงานวันวิทยาศาสตร์แห่งชาติขึ้น ระหว่างวันที่ 16 – 20 สิงหาคม 2531 ในงานจะประกอบด้วย

- การประกวดโครงงานวันวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย
- การแข่งขันทักษะการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สาขาชีววิทยา เคมี และฟิสิกส์
- การแข่งขันตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
- นิทรรศการทางวิทยาศาสตร์
- นิทรรศการของการสื่อสารแห่งประเทศไทยจากกรุงเทพฯ

ฯลฯ

โรงเรียนที่สนใจจะเข้าร่วมกิจกรรมดังกล่าว ติดต่อขอทราบรายละเอียดได้ที่ สำนักงานคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 โทรศัพท์.(042) 241331–9 ต่อ 1130 (กำหนดปิดรับสมัครทุกกิจกรรม วันที่ 25 กรกฎาคม 2531)

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 71 – 73 (2531)

อนุกรมวิธานของกล้วยไม้ในสกุลช้าง

*ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย

กล้วยไม้ในสกุลช้าง (Rhynchostylis) เป็นกล้วยไม้ที่มีความงามเป็นเลิศใน "ประเภทช่องาม" กล้วยไม้ในสกุลนี้มีไม่กี่ชนิด และน่าภาคภูมิใจที่ประเทศไทยเป็นเจ้าของแหล่งกำเนิดส่วนใหญ่ของชนิดเหล่านี้ด้วย ชนิดและพันธุ์ที่ดีเด่นของกล้วยไม้ในสกุลนี้มีส่วนช่วยให้ประเทศไทยและคนไทยได้มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักทั่วไปในวงการกล้วยไม้โลก ในบทความนี้จะได้กล่าวถึงกล้วยไม้ในสกุลนี้ ในแง่มุมของอนุกรมวิธาน (taxonomy) โดยใช้ข้อมูลเกี่ยวกับโครโมโซมมาร่วมพิจารณาด้วย

กล้วยไม้สกุลช้างเป็นกล้วยไม้ประเภทโมโนโพเดียล (monopodial) ที่มีรูปทรงและการเจริญเติบโตแบบเดียวกับแวนดา ลำต้นทรงเตี้ย ล่ำสัน แข็งแรง มีปล้องสั้น ใบซ้อนชิด ค่อนข้างหนาและอวบน้ำ เส้นกลางใบมีลักษณะเป็นร่องยาวตลอดความยาวของใบ หน้าตัดของใบเป็นรูปอักษร "V" ปลายใบมีลักษณะเว้าเป็นฟันแหลมไม่เท่ากัน ผิวของใบมีทางยาวสีเขียวแก่ขนานกันไปตามความยาวของใบหลายทาง บางชนิดก็เห็นเฉพาะที่ใกล้โคนใบหรือด้านใต้ท้องใบ ลักษณะสำคัญที่ถูกใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการจำแนกจากสกุลอื่น คือ ปาก (lip) จะเชื่อมติดกับ column foot ซึ่งสั้นมาก แผ่นปากมีลักษณะเป็นแฉกเล็กน้อย และมีเดือย (spur) ชี้ไปทางด้านหลังดอก ชื่อสกุล *Rhynchostylis* มาจากความหมายว่าเส้าเกสร (column) มีรูปร่างคล้ายจงอยปาก

กล้วยไม้ในสกุลนี้มี 4 ชนิดคือ **ช้าง** *(Rhynchostylis gigantea* Ridl.), **ไอยเรศ** *(Rhynchostylis retusa* Bl.), **เขาแกะ** *(Rhynchostylis coelestis* Reichb.f.), และ **ช้างฟิลิปปินส์** *(Rhynchostylis violacea)* แต่ที่พบในป่าประเทศไทยมี 3 ชนิด คือ 3 ชนิดแรกที่กล่าวมาแล้ว

ช้าง *(Rhynchostylis gigantea)* เป็นกล้วยไม้ชนิดที่มีรูปทรงของต้น ใบ ราก และดอกล่ำสันใหญ่โตกว่าชนิดอื่น ๆ ภายในสกุลเดียวกัน ใบกว้างประมาณ 5 ถึง 7 ซ.ม. ยาวประมาณ 25 ถึง 30 ซ.ม. ใบมีลักษณะหนาและค่อนข้างแข็ง ปลายใบแหว่งโดยธรรมชาติ ส่วนมนสองข้างปลายใบไม่เท่ากัน ช่อดอกรูปทรงกระบอกโค้งพองาม ช่อดอกยาวประมาณ 20 ถึง 40 ซ.ม. และมีดอกช่อละ 25 ถึง 60 ดอก ขนาดดอกบานตามธรรมชาติประมาณ 2.5 ถึง 3.0 ซ.ม. ดอกมีกลิ่นหอมฉุน ๆ ดอกบานระหว่างเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ของแต่ละปี บานทนอยู่ได้ประมาณ 2 ถึง 3 สัปดาห์ สีของดอกมีความแตกต่างกันไป ทำให้จำแนกได้เป็น 3 พันธุ์ คือ

ช้างกระ พื้นกลีบดอกมีสีขาว ประจุดสีม่วงแดง ความหนาแน่นของจุดประจะแตกต่างกันไป แล้วแต่ลักษณะประจำต้นแต่ละต้น เป็นพันธุ์ที่พบมากที่สุด

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ช้างแดง กลีบดอกมีสีม่วงแดง

ช้างเผือก กลีบดอกมีสีขาว

จำนวนโครโมโซมของกล้วยไม้ช้างทั้ง 3 พันธุ์เท่ากัน คือ 2n = 38

มีรายงานผลการศึกษาความผิดเพี้ยนของลักษณะการประจุดและความหนาแน่นของจุดสีของกล้วยไม้ช้าง และรายงานผลการผสมพันธุ์และคัดพันธุ์กล้วยไม้ช้าง ทำให้ได้ข้อสรุปว่ากล้วยไม้ช้างทั้ง 3 พันธุ์ น่าจะเป็นพันธุ์เดียวกัน ความแปรปรวนของลักษณะสีดอกน่าจะมีสาเหตุมาจากยีนส์ที่ควบคุมลักษณะสีดอกนั้น

ไอยเรศ (Rhynchostylis retusa) เป็นกล้วยไม้ที่มีลำต้นแข็งแรงล่ำสันคล้ายกล้วยไม้ช้าง ไอยเรศต้นใหญ่ ๆ มักแตกแขนงต้นออกไปเป็นหลาย ๆ ยอดจนเกิดเป็นกอใหญ่ ๆ ใบมีลักษณะแคบกว่าใบกล้วยไม้ช้าง ปลายใบมีลักษณะเป็นฟันแหลมไม่เท่ากัน ช่อดอกเป็นรูปทรงกระบอกโค้งห้อย ยาวประมาณ 30 ถึง 40 ซ.ม. มีดอกประดับแน่นช่อคล้ายทรงช่อดอกของช้างมีดอกได้กว่า 150 ดอกในหนึ่งช่อ กลีบดอกสีขาวมีจุดสีม่วงเล็ก ๆ ประปราย ช่อดอกจะโผล่ออกมาให้เห็นราวเดือนกุมภาพันธ์ และจะยืดตัวยาวออกบานในเดือนเมษายน ดอกบานทนอยู่ได้ประมาณ 2 สัปดาห์

จำนวนโครโมโซมของไอยเรศเป็น 2n = 38

เขาแกะ *(Rhynchostylis coelestis)* เป็นกล้วยไม้อีกชนิดหนึ่งในสกุลช้าง ใบมีลักษณะแบนและบางกว่ากล้วยไม้ในสกุลเดียวกัน โคนใบซ้อนกันเป็นแผง ใบโค้งสลับกันในทางตรงข้าม ซึ่งลักษณะใบโค้งนี้เองทำให้ได้ชื่อว่า "เขาแกะ" ช่อดอกมีรูปทรงแบบทรงกระบอกมีดอกประดับแน่นช่อดอกมีขนาดโตประมาณ 2 ซ.ม. กลีบดอกสีขาวมีแต้มสีม่วงที่ปลายกลีบทุกกลีบมีกลิ่นหอม ฤดูออกดอกเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ไปจนถึงเดือนกรกฎาคมของปี ดอกบานทนประมาณ 2 สัปดาห์ ลักษณะสำคัญที่แตกต่างไปจากกล้วยไม้ในสกุลเดียวกันอีกอย่างหนึ่ง คือ **มีลักษณะช่อดอกตั้งขึ้น**

จำนวนโครโมโซมของเขาแกะเป็น 2n = 38

ในปัจจุบันได้มีการสร้างกล้วยไม้ลูกผสมข้ามชนิดในสกุลช้าง และลูกผสมข้ามสกุลระหว่างสกุลช้างกับสกุลอื่น ได้เป็นกล้วยไม้ชนิดและสกุลใหม่มากมาย จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างยีโนมของกล้วยไม้ที่เป็นพ่อแม่ โดยศึกษาการจับคู่กันของโครโมโซมในขบวนการสร้างเกสรตัวผู้ของกล้วยไม้ลูกผสมต่าง ๆ เหล่านั้น พบข้อสรุปที่น่าสนใจมากดังนี้

1. กล้วยไม้ **"ช้าง"** และ **"ไอยเรศ"** มีความสัมพันธ์ระหว่างยีโนมใกล้ชิดกันมาก

2. กล้วยไม้ **"เขาแกะ"** มีความสัมพันธ์ระหว่างยีโนมแตกต่างไปจาก **"ไอยเรศ"** และ **"ช้าง"**

3. กล้วยไม้ **"เขาแกะ"** มีความสัมพันธ์ระหว่างยีโนมใกล้ชิดกับกล้วยไม้ในกลุ่มแวนดาใบแบน (เช่น *Ascocentrum curvifolium* และ *Ascocentrum miniatum)*

นักอนุกรมวิธานได้ใช้ **ลักษณะปาก** และ **เดือย** เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณารวมกล้วยไม้ที่มีลักษณะทั้งสองดังกล่าวเหมือนกันไว้ในสกุลเดียวกัน และแยกจากสกุลอื่น โดยไม่ได้ใช้ **ลักษณะช่อดอกห้อย** มาร่วมพิจารณาด้วย ทำให้จัด **"เขาแกะ"** (ซึ่งมีช่อดอกตั้งขึ้น) ไว้ในสกุลเดียวกับ **"ช้าง"** และ **"ไอยเรศ"** (ซึ่งมีช่อดอกห้อย) ซึ่งผลการศึกษาทางความสัมพันธ์ระหว่างยีโนมพบว่า **"เขาแกะ"** มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับ **"กล้วยไม้ในกลุ่มแวนดาใบแบน"** ที่มี **ช่อดอก**

ตั้งขึ้นเหมือนกัน มากกว่า **"ช้าง"** และ **"ไอยเรศ"** ที่อยู่ในสกุลเดียวกัน

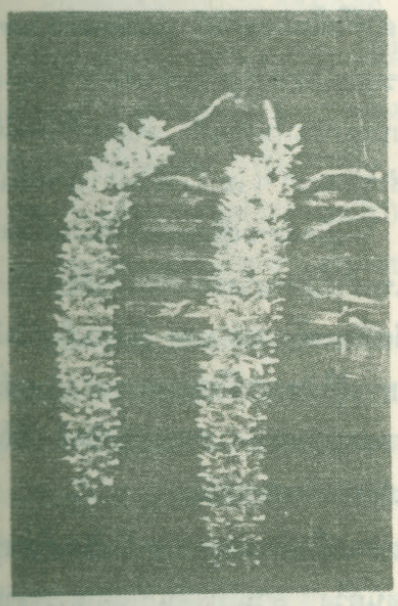
ข้อเสนอแนะของบทความนี้คือ รูปวิธาน (key) ไปสู่สกุลช้าง (Rhynchostylis) น่าจะมีการปรับปรุงเอา **"ลักษณะช่อดอกห้อย"** รวมเข้าไว้เป็นหลักเกณฑ์ในการพิจารณาด้วย และถ้าปรับปรุงดังกล่าวแล้ว กล้วยไม้ **"เขาแกะ"** น่าจะถูกย้ายสกุลจาก *Rhynchostylis* มาอยู่รวมกับ **"กล้วยไม้ในกลุ่มแวนดาใบแบน"** ตามความสัมพันธ์ระหว่างยีโนมที่ใกล้ชิดกัน

เอกสารอ้างอิง

1. ไพบูลย์ มงคลถาวรชัย. 2520 **ความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของกล้วยไม้ในสกุลช้างกับสกุลใกล้เคียง.** กรุงเทพมหานคร : วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 50 หน้า.

2. ระพี สาคริก. 2508. **กล้วยไม้สกุลช้าง** พระนคร โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 53 หน้า.

3. Tanaka, R. and H. Kamemoto. 1961. Meiotic chromosome behavior in some intergeneric hybrids of the Vanda alliance. *Amer. Jour. Bot. 48 (7) : 573-582.*



ภาพบนขวา : กล้วยไม้ไอยเรศ

ภาพบนซ้าย : กล้วยไม้ช้าง

ภาพล่าง : กล้วยไม้เขาแกะ

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 74 – 81 (2531)

ว่าด้วยเรื่องอาหารโปรตีน (สำหรับนักวิ่ง)

* ดร.ตริตาภรณ์ ชูศรี

เป็นที่น่าปลื้มว่าคนไทยเราทุกวันนี้ หันมาสนใจในการออกกำลังกายเพื่อสุขภาพกันมากขึ้น ในตอนเย็น แดดร่มลมตกก็จะเห็นผู้คนออกวิ่งเหยาะกันประปราย ที่จริงตอนเช้ามืดอาจจะมีนักวิ่งหนาตากว่า แต่ผู้เขียนไม่ค่อยมีโอกาสจะได้เห็น เพราะรู้สึกว่าตัวเองจะเป็นประเภทนกฮูกที่ตาจะเริ่มสว่างหลังดวงอาทิตย์ตกดิน คงมีท่านผู้อ่านหลายท่านเห็นด้วยกับผู้เขียนว่าการรวบรวมสมาธิเพื่อทำงานตอนกลางคืนทำได้ง่ายกว่าในตอนกลางวันเป็นไหน ๆ

แต่ก็ยังไม่แน่ใจว่าในบรรดาท่านผู้อ่าน จะมีสักกี่คนที่เป็นแนวร่วมกับผู้เขียนในเรื่องการวิ่งเหยาะเพื่อสุขภาพ หรือวิ่งเพื่อมีอันดับในการแข่งขันก็ตามเถอะ อยู่สักกี่คน ก็เลยต้องวงเล็บเอาไว้ แต่ผู้เขียนเชื่อว่าสำหรับผู้ที่รักการอ่านโดยไม่เลือกคงได้อะไร (แต่จะเป็นอะไร ก็แล้วแต่ผู้อ่านแต่ละท่าน) บ้างจากบทความนี้

เป็นที่รู้กันอยู่ว่านักวิ่งได้พลังงานส่วนใหญ่มาจากอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต หรืออาหารจำพวกแป้งทั้งหลาย ซึ่งแม้แต่ในผลไม้ก็ยังมี ดังจะเห็นว่าในคืนก่อนการแข่งขันวิ่งนัดใหญ่ ๆ โดยเฉพาะในต่างประเทศ จะมีงานเลี้ยงรับรองที่เรียกว่า **คาร์โบโหลดพาร์ตี (carboload party)** ซึ่งมีอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตต่าง ๆ ให้ผู้เข้าแข่งขันรับประทานกันเต็มที่ เพื่อร่างกายจะได้มีพลังงานสำรองมาก ๆ เอาไว้ใช้ในการแข่งขันในวันรุ่งขึ้น ในเมืองไทยเพิ่งจะเคยจัดงานดังกล่าวเป็นครั้งแรกก็เมื่องานวิ่งลอยฟ้าเฉลิมพระเกียรตินี่เอง แต่ค่าบัตรตั้ง 300 บาท ผู้เขียนก็เลยไม่ได้ไปร่วมด้วย สู้ไปหาคาร์โบโหลดเอาจากก๋วยเตี๋ยวลาดหน้าร้านโกปากซอย ประหยัดทรัพย์ แล้วก็สะดวกสบายกว่ากันเยอะเลย

เพราะฉะนั้นถ้าจะพูดว่าคาร์โบไฮเดรตเป็นอาหารของนักวิ่ง ส่วนโปรตีนเป็นอาหารของนักเพาะกายหรือนักกล้าม จะถูกหรือไม่ คำตอบก็คือไม่ถูกต้องทั้งหมด ถึงแม้ว่านักกีฬาที่ต้องการความอึดหรือความคงทน ต้องการคาร์โบไฮเดรตจำนวนมาก แต่จริง ๆ แล้วพวกนี้อาจต้องการโปรตีนมากกว่านักกล้ามก็ได้

โปรตีนนั้น นอกเหนือไปจากเป็นผู้สร้างกล้ามเนื้อแล้ว ยังมีบทบาทสำคัญในการให้พลังงานระหว่างการออกกำลังกายอีกด้วย เมื่อนักวิ่งใช้กลัยโคเจนสำรองหมดแล้ว ร่างกายจะได้พลังงานจากการย่อยสลายโปรตีนของกล้ามเนื้อ ท่าน

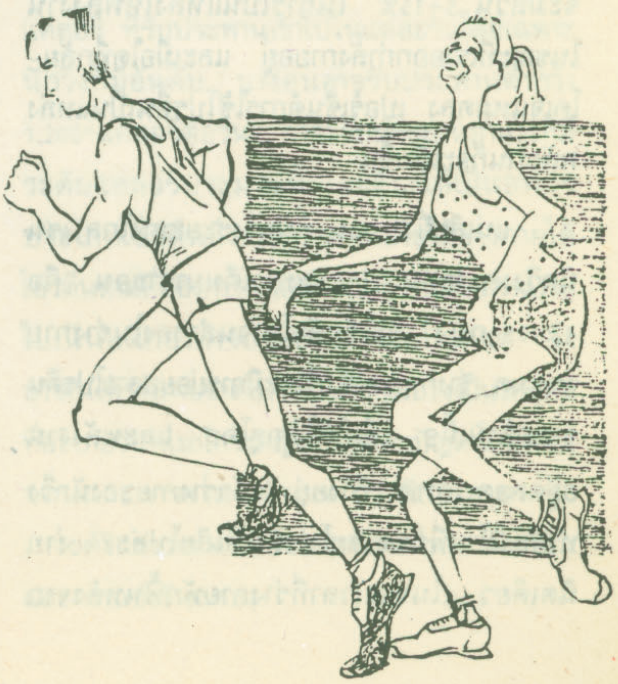
* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผู้อ่านบางท่านอาจไม่คุ้นเคยกับคำว่า **กลัยโคเจน (glycogen)** ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ร่างกายสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและตับนั่นเอง กลัยโคเจนเป็นโมเลกุลขนาดยักษ์ มีน้ำหนักโมเลกุลหลายล้าน ประกอบด้วยกลูโคสจำนวนมากมาต่อกันเป็นเส้นสายโยงใย ในร่างกายของผู้ชายปกติ ซึ่งมีน้ำหนักประมาณ 70 กิโลกรัม จะมีกลัยโคเจนสะสมไว้ในกล้ามเนื้อและตับ 0.225 กิโลกรัม ด้วยกลัยโคเจนปริมาณดังกล่าว จะให้พลังงานประมาณ 900 กิโลแคลอรี่

หน้าที่เบื้องต้นของโปรตีนก็คือ การสร้างพวกเนื้อเยื่อต่าง ๆ ดังนั้นถ้าร่างกายได้รับโปรตีนไม่เพียงพอ การเจริญเติบโต การซ่อมแซมความสึกหรอของกล้ามเนื้อ (ก็ใช้มันทุกวัน ถ้าไม่มีการสึกหรอ ก็คงต้องมีคำถามกันหน่อยแล้ว) ตลอดจนความแข็งแรงของเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อจะบกพร่องไป

แต่ทว่า โปรตีนทำได้มากกว่านั้น โปรตีนมีความสามารถเฉพาะตัว ในการที่จะเปลี่ยนกรดอะมิโน ซึ่งเป็นส่วนประกอบย่อยของโปรตีนไปเป็นกลูโคส.....แหล่งให้พลังงานที่กล้ามเนื้อต้องใช้มากในขณะทำงาน เพราะในขณะออกกำลังกายกลัยโคเจนหรือกลูโคสที่ถูกสะสมไว้ จะถูกใช้ไปจริงอยู่ยังเหลือไขมันเป็นแหล่งพลังงานอยู่อีก แต่ถ้าไม่มีกลูโคส ร่างกายก็ไม่สามารถเอาพลังงานจากไขมันมาใช้ได้ เพราะเซลล์ไขมันต้องใช้ทั้งกลูโคสและกรดไขมันเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานออกมา นอกจากนี้ถ้าขาดกลูโคส สมองจะทำงานได้ไม่เต็มที่ เพราะปกติแล้วสมองก็จะได้พลังงานจากกลูโคสแต่เพียงอย่างเดียวไปใช้ในการเมแทบอลิซึม ดังนั้นนอกจากจะอ่อนเพลียเมื่อขาดกลูโคสแล้ว ระบบประสาทส่วนกลางอาจถูกรบกวนได้ แต่โปรตีนจะเป็นพระเอกขี่ม้าขาว (ทำไมต้องเป็นม้าขาว ผู้เขียนก็ไม่ทราบเหมือนกันแฮะ) มาช่วย โดยการเปลี่ยนกรดอะมิโนมาเป็นกลูโคส แต่กระบวนการดังกล่าวจะมีการสูญเสียเนื้อเยื่อของกล้ามเนื้อไป ในการเปลี่ยนกรดอะมิโนเป็นกลูโคสนั้น กรดอะมิโนจะสูญเสียหมู่อะมิโน ($-NH_2$) ไป เหลือแต่โครงของอะตอมคาร์บอน ซึ่งจะเข้าสู่**กระบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (gluconeogenesis)** โดยการทำงานของระบบเอนไซม์ จนกระทั่งเปลี่ยนมาเป็นกลูโคส ท่านที่สนใจหารายละเอียดเพิ่มเติมได้จากตำราทางชีวเคมีโดยทั่วไป

ในระหว่างการออกกำลังกาย เมแทบอลิซึมของโปรตีนจะมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการกลูโคสของร่างกาย คือ ความสามารถในการสร้างโปรตีนขึ้นใหม่ในกล้ามเนื้อจะลดลงในขณะออกกำลังกาย ในขณะเดียวกันการย่อยสลายโปรตีนจะมีเพิ่มขึ้น ได้กรดอะมิโนเป็นตัว ๆ ออกมา ซึ่งกรดอะมิโนบางส่วนจะถูกใช้โดยตรงเพื่อให้ได้พลังงานออกมา และบางส่วนก็ถูกเปลี่ยนให้เป็นกลูโคสเสียก่อน



ผลจากการศึกษาพบว่า ยิ่งเราวิ่งหนัก และวิ่งนานมากขึ้นเท่าใด ปริมาณกรดอะมิโนที่ถูกเปลี่ยนเป็นกลูโคสก็จะมีมากขึ้นตามไปด้วย โปรตีนจะมีส่วน 5–15% ในการเป็นแหล่งให้พลังงานในขณะที่เราออกกำลังกายอยู่ และเมื่อใดที่กลัยโคเจนหมดลง เปอร์เซ็นต์การใช้โปรตีนเป็นแหล่งพลังงานก็จะเพิ่มขึ้น

แน่เสียยิ่งกว่าแน่ ที่นักวิ่งระยะทางไกล เช่น นักวิ่งมาราธอน (ระยะทางเต็มมาราธอน คือ 42.195 กม.) จะใช้กลัยโคเจนสำรองในร่างกายจนหมด ร่างกายของนักวิ่งจะมีการย่อยสลายโปรตีนจากกล้ามเนื้อ เพื่อให้ได้กลูโคส และพลังงานอยู่ตลอดเวลาขณะที่วิ่งอยู่ แล้วร่างกายของนักวิ่งทำอย่างไรเพื่อชดเชยโปรตีนที่เสียไปล่ะ? ง่ายนิดเดียว.....ในช่วงเวลาที่ร่างกายพักฟื้นหลังจากการแข่งขัน กระบวนการต่าง ๆ ก็จะเกิดย้อนกลับกับเมื่อตอนวิ่ง คือ การสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อจะมีมากขึ้น และการย่อยสลายโปรตีนจากกล้ามเนื้อจะมีน้อยลง นี่เป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่อธิบายว่า *นักวิ่งบางคนที่อายุมากแล้ว แต่ใจยังเป็นเด็ก ไปวิ่งแข่งระยะทางไกล ๆ มาแล้ว ก็ไม่ยอมพักลงซ้อมต่อ ผลก็คือทำให้เอ็นและกล้ามเนื้อบาดเจ็บเสียหาย เพราะร่างกายยังไม่ทันมีเวลาจะหยุดซ่อมแซม น๊อตที่หลุดหลวมไป ก็โดนใช้เสียอีกแล้ว น๊อตเลยพาลหลุดไปเสียเลย* เรื่องนี้ขอยืนยันว่าเป็นความจริง เพราะประสบมากับตัวเอง ตามตำราเขาบอกว่าถ้าคุณไปวิ่งมาราธอน คุณควรพักผ่อนอย่างน้อย 1 สัปดาห์ก่อนจะทำการฝึกซ้อมต่อไป ถ้าระยะทางน้อยกว่านั้น ก็ลดเวลาพักฟื้นลงตามส่วน

Dr. Chris Calvert นักวิจัยเกี่ยวกับระบบเมแทบอลิซึมของโปรตีนจากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย เมืองเดวิส พบว่าการเพิ่มการสังเคราะห์โปรตีนภายหลังการออกกำลังกายเป็นไปอย่างช้ามาก และถึงแม้จะรับประทานโปรตีนเพิ่มเป็นจำนวนมาก ก็ไม่ได้ช่วยให้กระบวนการดังกล่าวเกิดเร็วขึ้นแต่อย่างใด ทั้งนี้มาจากผลการทดลองที่พบว่าถ้ารับประทานโปรตีนจำนวนมากหลังจากการออกกำลังกายก็จะตรวจพบโปรตีนส่วนเกินที่ถูกกำจัดออกทางปัสสาวะมากขึ้นเป็นสัดส่วนกัน โปรตีนที่ถูกกำจัดออกทางปัสสาวะนี้ จะตรวจพบอยู่ในรูปสารประกอบของไนโตรเจน คือ **ยูเรีย (urea)** เป็นส่วนใหญ่ มีกรดยูริค (uric acid) และแอมโมเนียบ้างเล็กน้อย สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้คือ ผลิตภัณฑ์สุดท้ายในการย่อยสลายโปรตีนในร่างกายของเรา ซึ่งก็แสดงให้เห็นว่าร่างกายของเรามิได้มีการสร้างโปรตีนเพิ่มขึ้นมาก

กว่าปกติแต่อย่างใด แต่ผลการวิจัยก็พบเช่นกันว่า ถ้ารับประทานโปรตีนน้อยไป การฟื้นคืนสภาพของร่างกายก็ช้าตามไปด้วย

ปริมาณโปรตีนที่เหมาะสมสำหรับนักกีฬาที่ต้องการความอึดหรือความคงทน เช่น นักวิ่ง ยังไม่มีการกำหนดไว้อย่างแน่นอน แต่สำหรับผู้ที่ไม่ออกกำลังกายนั้น **ปริมาณโปรตีนที่แนะนำให้รับประทานในแต่ละวัน (Recommended daily allowance, RDA)** ที่ฝรั่งเขากำหนดไว้ คือ 0.36 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 ปอนด์ต่อวัน หรือถ้าคิดน้ำหนักตัวเป็นกิโลกรัมแบบที่เราคุ้นเคยกันมากกว่าก็จะได้ 0.79 กรัมต่อน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมต่อวัน (1 กก. = 2.2046 ปอนด์) ปริมาณดังกล่าวค่อนข้างจะน้อยเกินไปสำหรับนักกีฬาที่ต้องใช้พลังงานมาก ๆ

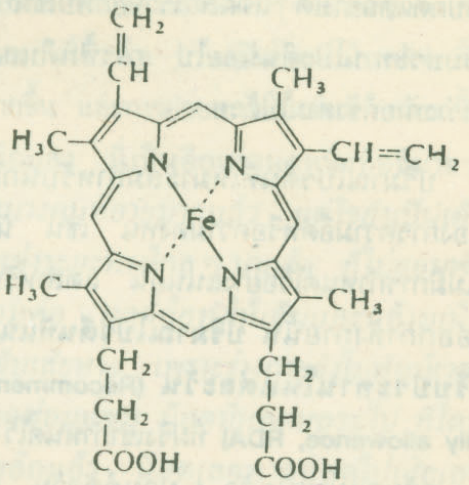
นักวิจัยแห่งมหาวิทยาลัยทัฟท์ในสหรัฐอเมริกาได้รายงานผลการศึกษาเรื่องความต้องการโปรตีนที่**นักกีฬาประเภทอึด** (ฝ่ายพิสูจน์อักษร; อึดนะคะ ไม่ใช่อึด) ที่ได้มีการฝึกซ้อมเป็นอย่างดีไว้ดังนี้ นักกีฬาที่มีการออกกำลังกายเฉลี่ย 12 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ต้องการโปรตีนสูงกว่าที่ RDA กำหนดไว้ 21% ดังนั้นนักกีฬาที่มีน้ำหนักตัว 150 ปอนด์ หรือประมาณ 68 กิโลกรัม จะต้องรับประทานอกไก่ 1 อก (ตามรายงานไม่ได้ระบุว่าถ้าเป็นไก่ย่างจะได้หรือไม่ แต่คิดว่าไม่ผิดกติกาอะไร, ผู้เขียน) ดื่มนมขนาด 8 ออนซ์ 2 แก้ว (รวมแล้วประมาณครึ่งลิตร) โยเกิร์ต 1 ถ้วย และแซนด์วิชทาแยมถั่ว 1 คู่ เพื่อให้ได้ปริมาณโปรตีนที่ต้องการในแต่ละวันคือ 65 กรัม

นักวิ่งส่วนใหญ่รับประทานเป็นพายุบุแคมอยู่แล้ว เพราะถือว่ากินแล้วก็ไม่อ้วน เพราะเอาส่วนเกินไปใช้วิ่งหมด (ไม่รวมประเภทวิ่งสลึงกินบาท) ซึ่งทำให้ร่างกายได้รับคุณค่าอาหารต่าง ๆ รวมทั้งโปรตีนอย่างเพียงพอ จึงไม่น่าจะมีปัญหาด้านนี้แต่อย่างใด เว้นไว้เสียแต่ว่าคุณเป็นนักวิ่งที่เป็นสุภาพสตรี หรือเป็นนักวิ่งสังกัดชมรมของมหาจำลองเท่านั้น

นักวิ่งสตรีส่วนมากจะพยายามลดปริมาณแคลอรี่ ที่รับประทานเข้าไปในแต่ละวันโดยเฉพาะนักวิ่งที่มีอันดับ บางคนอาจรับประทานต่ำกว่า 1,200 แคลอรี่ต่อวัน ถ้าจะรับประทานอาหารที่มีระดับแคลอรี่ประมาณนี้ จะต้องให้เป็นอาหารประเภทโปรตีนถึง 20–25% เพื่อให้ร่างกายได้โปรตีนตามที่ต้องการ แต่ก็ปรากฏว่านักวิ่งส่วนใหญ่ไปเน้นหนักอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรต จึงอาจทำให้ร่างกายขาดโปรตีนได้ ซึ่งอาจเป็นเหตุผลที่อธิบายว่าทำไมนักวิ่งหญิงจึงประสบปัญหาโลหิตจางจากภาวะการขาดเหล็กมากกว่านักวิ่งชาย ซึ่งภาวะดังกล่าวจะทำให้ประสิทธิภาพในการฝึกซ้อมและการแข่งขันลดลง

เมื่อพูดกันถึงเรื่องเหล็กแล้ว ท่านที่ละเว้นจากเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะส่วนที่เรียกว่าเนื้อแดงโดยสิ้นเชิง ทั้งนี้เพื่อแสดงตนว่าเป็นพรรคพวกมหาจำลองอย่างออกหน้าออกตา หรือเพียงเพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมปริมาณไขมัน และโคเลสเตอรอลก็ตาม ท่านรู้ไหมว่าท่านได้สละแล้วซึ่งแหล่งที่ดีที่สุดที่จะให้เหล็กแก่ท่าน

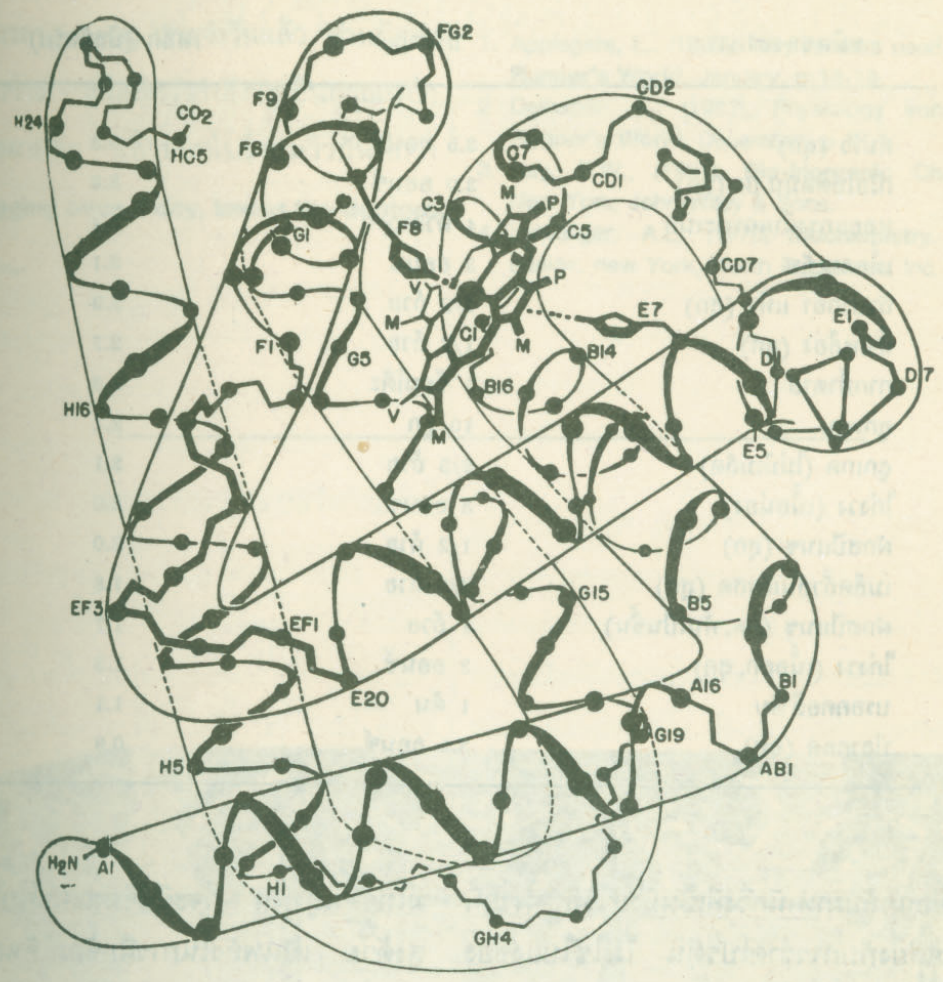
ได้มีการศึกษากลุ่มนักวิ่งหญิง 2 กลุ่ม เกี่ยวกับปริมาณเหล็กที่ร่างกายรับเข้าไป กลุ่มแรกรับประทานเนื้อสัตว์ ส่วนที่เป็นเนื้อแดงอย่างสม่ำเสมอ 3 ครั้งหรือมากกว่าต่อสัปดาห์ ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งเป็น**พวกกึ่งมังสวิรัติ (semi-vegetarian)** รับประทานเนื้อสัตว์น้อยกว่า 3 ออนซ์ต่อสัปดาห์ แต่เมื่อคิดเป็นปริมาณเหล็กที่มีในอาหารทั้งหมดแล้ว ทั้งสองกลุ่มได้รับเหล็กเข้าไปในปริมาณเท่า ๆ กัน แต่ผลปรากฏว่าระดับของเฟอริทิน (ferritin) ในซีรัมของนักวิ่งกลุ่มแรก ซึ่งรับประทานเนื้อสัตว์เป็นประจำ จะสูงกว่าอีกกลุ่มหนึ่ง พูดง่าย ๆ ก็คือ ร่างกายของกลุ่มที่รับประทานผักมากกว่าเนื้อจะสูญเสียเหล็กไปมากกว่า เพราะปริมาณเหล็กที่สะสมในร่างกายต่ำกว่าค่าปกติ ทั้งนี้บอกได้จากปริมาณของเฟอริทิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่สะสมเหล็กในร่างกายของคนเรานั่นเอง ทำไมจึงเป็นเช่นนั้น.....เหล็กที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์ จะอยู่ในลักษณะที่เป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับลิแกนด์พอร์ฟีริน (porphyrin ligand) เรียกว่า ฮีม (heme) (ดูรูปที่ 1) ฮีมนี้เป็นส่วนประกอบของไมโอโกลบิน (myoglobin) ของกล้ามเนื้อ และฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเลือด หน้าตาของไมโอโกลบินก็เป็นอย่างที่แสดงไว้ให้ดูในรูปที่ 2 หน้าตามันก็น่ารักดีอยู่ มิใช่หรือคะ เหล็กที่อยู่ในรูปของฮีม จะถูกดูดซึมเข้าร่างกายได้ง่ายกว่า



รูปที่ 1 หมู่ฮีม (สารประกอบเชิงซ้อนระหว่างเหล็กกับฟอร์ฟีริน)

เหล็กที่อยู่ในฟอร์มอื่น ๆ ที่พบในผลไม้ ผัก เมล็ดพืชต่าง ๆ ถ้าให้รับประทานบรอคคอลี 3 ต้น ซึ่งจะมีเหล็กประมาณ 3.3 มิลลิกรัม และรับประทานเนื้อสัตว์ไม่ติดมันหนัก 3.5 ออนซ์ ซึ่งมีเหล็กปริมาณใกล้เคียงกันคือ 3.5 มิลลิกรัม จะปรากฏว่าร่างกายของคนเราจะดูดซึมเหล็กจากบรอคคอลีได้น้อยกว่าที่ดูดซึมได้จากเนื้อสัตว์ ถึงแม้ว่าการขาดเหล็กจะมีความรุนแรงน้อยกว่าอาการโลหิตจางตามปกติ แต่จะมีผลกระทบต่อการฝึกซ้อมและการแข่งขันของนักวิ่งดังได้กล่าวมาแล้ว เพราะจะทำให้มีอาการอ่อนเปลี้ย ปวดศีรษะ เบื่ออาหาร และกล้ามเนื้อเป็นตะคริว เวลาที่เคยทำไว้ดี ๆ กลับตกต่ำลงอย่างไม่น่าเชื่อ (แต่ก็ต้องเชื่อ)

ปกติปริมาณของเหล็กที่กำหนดไว้ตาม RDA คือ 10 มิลลิกรัมสำหรับบุรุษ และ 18 มิลลิกรัมสำหรับสตรี แต่ถ้าเป็นนักวิ่งอาจต้องการเหล็กมากกว่านี้ เพราะนักวิ่งจะมีการสูญเสียเหล็กไปทางเหงื่อได้บ้างเล็กน้อย นอกจากนี้ในการวิ่ง



รูปที่ 2 โครงสร้างของไมโอโกลบินของ sperm-whale (ปลาวาฬชนิดหนึ่ง) โปรดสังเกตหมู่ฮีมอยู่ที่บริเวณส่วนบนของโมเลกุล

ส้นเท้าต้องรับน้ำหนักกว่า 3 เท่าของน้ำหนักตัวในการลงเท้าแต่ละครั้ง ซึ่งจะทำให้เม็ดเลือดแดงถูกทำลายไปเป็นจำนวนมาก การวิ่งมาราธอนและการออกกำลังกายเป็นเวลานาน ๆ อาจทำให้มีเลือดออกมากับอุจจาระ และปัสสาวะได้ในบางครั้ง และโดยเฉพาะการเสียเลือดในแต่ละรอบเดือนของนักวิ่งสตรี ทำให้นักวิ่งต้องการเหล็กในปริมาณสูงกว่าคนปกติที่ไม่ได้ออกกำลัง

อย่างไรก็ตาม สำหรับผู้ที่ต้องการซื้อธาตุเหล็กที่ทำขายเป็นเม็ด ๆ มารับประทานเพิ่มเติมก็ต้องระวังเช่นกัน เพราะถ้ารับประทานเหล็กมากเกินไป (ไม่ได้รวมถึงเหล็กเส้น และอุปกรณ์การก่อสร้างที่เป็นเหล็กชนิดต่าง ๆ) อาจทำให้การดูดซึมแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะสังกะสี ซึ่งเป็นธาตุที่สำคัญยิ่งอีกตัวหนึ่งของร่างกาย เกิดบกพร่องขึ้นมาได้ ทางที่ดีน่าจะพิจารณาเลือกรับประทานอาหารที่มีเหล็กสูงตามธรรมชาติจะดีกว่า ตัวอย่างอาหารที่มีเหล็กมาก มีดังในตารางข้างล่างนี้

ชนิดของอาหาร	ปริมาณ	เหล็ก (มิลลิกรัม)
ตับวัว (สุก)	3.5 ออนซ์	8.8
เนื้อไม่ติดมัน บด (สุก)	3.0 ออนซ์	3.9
หอยแครงดิบเฉพาะเนื้อ	4 ตัวใหญ่ ๆ	3.4
เนื้ออบเค็ม	3 ออนซ์	3.1
ถั่วปากอ้า แห้ง (สุก)	1/2 ถ้วย	2.9
ถั่วเหลือง (สุก)	1/2 ถ้วย	2.7
กากน้ำตาล	1 ช้อนโต๊ะ	2.3
ลูกพรุน	10 ลูก	2.1
ลูกเกด (ไม่มีเมล็ด)	2/3 ถ้วย	2.1
ไก่งวง (เนื้อน่อง)	3 ออนซ์	2.0
ผักสปีแนช (สุก)	1/2 ถ้วย	2.0
เมล็ดถั่วลันเตาสด (สุก)	2/3 ถ้วย	1.8
ผักสปีแนช (สด, หั่นเป็นชิ้น)	1 ถ้วย	1.7
ไก่งวง (เนื้ออก, สุก)	3 ออนซ์	1.3
บรอคคอลี ดิบ	1 ต้น	1.1
ปลาคอด (อบ)	3.5 ออนซ์	0.9

ย้อนกลับมาหานักวิ่งที่เป็นมังสวิรัติ พวกนี้จะต้องเสี่ยงกับการขาดโปรตีน ไม่ใช่ในแง่ของปริมาณ แต่ทว่าเป็นการขาดในด้านคุณภาพ แหล่งโปรตีนที่สำคัญของพวกมังสวิรัติ คือ ข้าว เมล็ดพืช และถั่วต่าง ๆ ถ้าเลือกรับประทานแต่เพียงชนิดใดชนิดหนึ่ง ก็จะทำให้ร่างกายขาดกรดอะมิโนบางตัวที่จำเป็นต้องใช้ ในการสร้างโปรตีนได้ แต่ถ้าสามารถเตรียมอาหารซึ่งมีทั้งข้าว เมล็ดพืช และถั่วอยู่ด้วยกัน ก็จะตัดปัญหาไปได้ (ใช้กระยาสารทเป็นของว่างก็ไม่เลวนะคะ, ผู้เขียน) แต่ถ้าเป็นมังสวิรัติประเภทไม่เคร่งครัดนัก การรับประทานไข่ และดื่มนมเสริม จะเป็นการทำให้ร่างกายได้รับโปรตีนมากขึ้นได้เป็นอย่างดี และการรับประทานอาหารมังสวิรัติ ก็มีประโยชน์ในแง่ของการฝึกซ้อมของนักวิ่งอีกอย่างหนึ่ง คือ ในอาหารประเภทที่มีโปรตีนสูงนั้น ก็จะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตอยู่สูงด้วย เป็นพลังในการฝึกซ้อมได้หลายยก

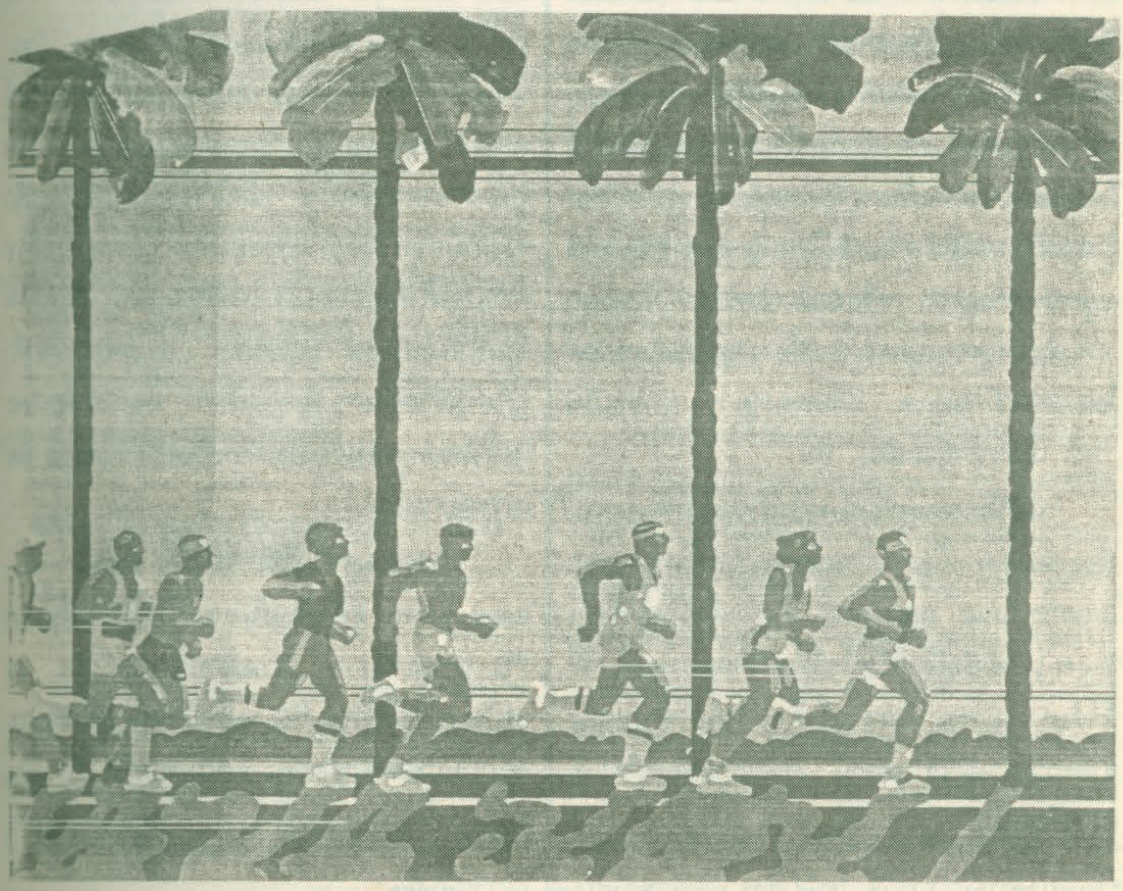
บางท่านอาจต้องการซื้ออาหารโปรตีนเสริม ซึ่งอาจทำเป็นผงหรืออัดเป็นเม็ด มารับประทานเพิ่มเติม ผลดีก็คือทำให้ร่างกายได้กรดอะมิโนครบตามที่ต้องการ แต่ก็ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เพราะถ้าร่างกายได้รับโปรตีนมากเกินไป จะทำให้ไตต้องทำงานอย่างหนัก และทำให้เกิดสภาพดีไฮเดรชัน (dehydration) หรือขาดน้ำขึ้นมาได้ นอกจากนี้โปรตีนเสริมก็ยังขายในราคาที่แสนแพง ในต่างประเทศอาจตกปอนด์ละ 20–50 เหรียญ (ดอลลาร์อเมริกัน) ซึ่งเงินจำนวนนี้เอามาซื้อผัก ข้าว ถั่ว ได้เป็นเข่ง

เขียนมาถึงบรรทัดนี้ ก็ได้เวลาแดดร่มลมตกพอดี ถึงเวลา jogging ประจำวันแล้ว ท่านผู้อ่านที่เป็นแนวร่วม หรือคิดว่ากำลังจะเป็นกรุณาคว้ารองเท้าวิ่งมาสวม แล้วออกไปวิ่งชมวิวกันดีกว่า

Jogging once a day, keeps the doctors away.....

References

1. Applegate, L., (1987), Why runners need protein. **Runner's World,** January, p 18-19.
2. Delhagen, K., (1987), Physiology iron works. **Runner's World,** December, p 18.
3. Hay, R.W., (1984), **Bio-inorganic Chemistry.** New York, John Wiley & Sons.
4. Lehninger, A.L., (1970) **Biochemistry.** second edition, new York, Worth Publishers, Inc.



ว. วิทย. มข. 16 (2) : 82 – 86 (2531)

ไอโซโทปเสถียรของธาตุคาร์บอนกับการกำหนดคุณภาพของปุ๋ยคอก

ดร.วิทยา มะเสนา*

มูลของสัตว์เลี้ยง (faeces) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า "ปุ๋ยคอก" (farm yard manure) นั้น มีประโยชน์ต่อการบำรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและช่วยเพิ่มสมรรถนะของดินในการเพิ่มผลิตผลทางการเกษตรได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าปุ๋ยคอกนั้น ๆ มีคุณภาพดี กล่าวคือมีธาตุอาหารต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่อย่างเพียงพอ อย่างไรก็ตามสภาพการเลี้ยงสัตว์ในประเทศกำลังพัฒนาในเขตร้อน โดยทั่วไปมักจะปล่อยให้สัตว์แทะเล็มหญ้าอาหารสัตว์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ หรือตามยถากรรม ซึ่งส่งผลมายังคุณภาพของปุ๋ยคอก คือ จะเป็นปุ๋ยคอกที่ไม่ค่อยจะมีคุณภาพ หรือพูดง่าย ๆ มักจะเป็น "มูล" มากกว่าที่จะเป็น "ปุ๋ย"

นักวิทยาศาสตร์เกษตรในปัจจุบันได้พยายามที่จะหาแนวทางในทางกำหนดคุณภาพของปุ๋ยคอกโดยการกำหนด **สูตรอาหาร** สำหรับสัตว์โดยวิธีการต่าง ๆ แต่ก็ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่ค่อนข้างจะสะดวก ซึ่งก็โดยการประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับไอโซโทปของธาตุคาร์บอนมาใช้ในการนี้ ดังรายละเอียดที่จะได้กล่าวถึงต่อไป

ไอโซโทปของธาตุคาร์บอน

ธาตุคาร์บอน (C) ในธรรมชาติประกอบด้วย 3 ไอโซโทป (isotope) คือ ^{12}C, ^{13}C และ ^{14}C สำหรับ ^{12}C และ ^{13}C นั้นเป็นไอโซโทปเสถียร (stable isotope) ส่วน ^{14}C เป็นไอโซโทปกัมมันตรังสี หรือเรดิโอคาร์บอน (radiocarbon) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ระหว่างอนุภาคนิวตรอนที่ได้จากรังสีคอสมิก (cosmic rays) กับอะตอมของธาตุไนโตรเจนในบรรยากาศชั้นบน เมื่อเกิดขึ้นมาแล้วก็จะเข้ารวมกับออกซิเจนในบรรยากาศ กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์แพร่กระจายลงสู่บรรยากาศชั้นล่างลงในทะเล มหาสมุทร และแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งที่มีชีวิตต่าง ๆ ที่อยู่บนโลก ทั้งบนผิวดินและในน้ำโดยการหายใจและการสังเคราะห์แสงของพืช (บรรจง, 2530)

ตามธรรมชาติไอโซโทปเสถียร (stable isotope) ของธาตุคาร์บอนจะอยู่ในรูปไอโซโทป ^{13}C ประมาณ 1% ส่วนอีกประมาณ 99% จะอยู่ในรูปไอโซโทป ^{12}C แม้ว่าไอโซโทปทั้งสองจะอยู่ในสภาพเสถียรก็ตาม แต่โมเลกุลที่มี ^{13}C เป็นองค์ประกอบจะแพร่กระจาย (diffuse) และทำ

* รองศาสตราจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปฏิกิริยาในระบบชีวภาพได้ช้ากว่าโมเลกุลที่มี ^{12}C เป็นองค์ประกอบ ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างไอโซโทป $^{13}C : ^{12}C$ ในสารต่าง ๆ จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก เช่น อาจจะแตกต่างกันเพียงไม่กี่ส่วนในหนึ่งพันส่วนเท่านั้น เพื่อความสะดวกนักวิทยาศาสตร์จึงได้บอกค่าความแตกต่างที่กล่าวถึงนี้เป็นค่าความเบี่ยงเบน (diviation) ไปจากค่ามาตรฐานของอัตราส่วนระหว่างไอโซโทป $^{13}C : ^{12}C$ ในสารคาร์บอเนตมาตรฐานซึ่งได้มาจากเปลือกของ fossil mollusc *(Belemnitella americana)* ที่พบในมลรัฐ South Carolina สหรัฐอเมริกา อัตราส่วนระหว่างไอโซโทป $^{13}C : ^{12}C$ ในอินทรียวัตถุและในก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน อนึ่งค่าความแตกต่างของอัตราส่วนระหว่างไอโซโทป $^{13}C : ^{12}C$ ในระบบชีวภาพจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานโดยจะแสดงเครื่องหมายลบ (-) ไว้หน้าค่าความแตกต่างที่กล่าวถึง

ค่าของอัตราส่วนระหว่างไอโซโทป $^{13}C : ^{12}C$ ที่เบี่ยงเบนไปจากค่ามาตรฐานนั้น นักวิทยาศาสตร์จะเรียกว่าค่าเดลต้า (delta) ซึ่งใช้แทนด้วยสัญญลักษณ์ "δ" หรือบางครั้งใช้สัญญลักษณ์ "△" แต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้สัญญลักษณ์ "δ" มากกว่า ค่าเดลต้าดังกล่าวจะคำนวณได้ดังนี้

$$\delta\ (‰) = \frac{(R\ sample - R\ standard)}{R\ standard} \times 1000$$

$$\text{เมื่อ } R = {}^{13}C \div {}^{12}C$$

มักจะใช้ ‰ (อ่านว่า per mil) เป็นหน่วยของค่า δ ซึ่ง ‰ จะมีค่าเท่ากับหนึ่งส่วนในพันส่วน ไอโซโทปของธาตุคาร์บอนที่จะกล่าวต่อไปจะเกี่ยวข้องกับพืชจำพวก C_3 และพืชจำพวก C_4 ซึ่งเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการเกษตร

พืชจำพวก C_3 และพืชจำพวก C_4

ตามลักษณะของปฏิกิริยาในกระบวนการสังเคราะห์แสง พืชจำพวก C_3 และพืชจำพวก C_4 มีความแตกต่างกันพอสังเขปดังต่อไปนี้

พืชจำพวก C_3 จะมีการตรึง CO_2 ในระยะแรกเป็น 3-carbon phosphoglyceric acid (PGA) ในปี 1948 Calvin และคณะ ได้ค้นพบและอธิบายลำดับการเคลื่อนตัวและการหมุนเวียนของคาร์บอนในพืชซึ่งในปัจจุบันนิยมเรียกว่า "Calvin cycle" หรือ *"C_3 cycle"* ตัวอย่างพืชจำพวก C_3 ได้แก่ ข้าว ทานตะวัน ยาสูบ ผักกาดหัว มันฝรั่ง ข้าวสาลี ข้าวบาร์เล่ย์ ฝ้าย ถั่วต่าง ๆ พืชผักและผลไม้ส่วนมาก

พืชจำพวก C_4 จะมีการตรึง CO_2 เป็น 4-carbon dicarboxylic acid ซึ่ง maltate หรือ aspartate จะถูกสร้างขึ้นมา Hatch & Slack ได้ค้นพบลำดับของปฏิกิริยาของคาร์บอนในเซลพืชประเภทนี้ในปี 1964 ดังนั้นในปัจจุบันจึงนิยมเรียกว่า "Hatch-Slack pathway" หรือ *"C_4 pathway"* ตัวอย่างพืชจำพวก C_4 ได้แก่ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย หญ้าเนเปียร์ พืชจำพวก millets พืชจำพวกหญ้าหลาย ๆ ชนิด เป็นต้น

โดยทั่วไปพืชจำพวก C_4 นอกจากจะสามารถสังเคราะห์แสงได้มากกว่าพืชจำพวก C_3 ประมาณ 2 เท่าตัว แล้วพืชจำพวก C_4 ยังมีอัตราของ photorespiration หรือการปลดปล่อย CO_2 ภายใต้สภาพที่มีแสงสว่างจากผลิตภัณฑ์ของกระบวนการสังเคราะห์แสง อยู่ในอัตราที่ต่ำมาก ในขณะที่พืชจำพวก C_3 จะมีอัตราดังกล่าวในระดับสูง ด้วยเหตุนี้พืชจำพวก C_4 โดยทั่วไปจึงมีอัตราการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูงกว่าพืชจำพวก C_3

ค่า $\delta^{13}C$ ในพืชจำพวก C_3 และ C_4

โดยทั่วไปจะพบว่าค่า ^{13}C ในพืชจะต่ำกว่าค่า $^{13}C : ^{12}C$ ในบรรยากาศ ซึ่งหมายความว่าพืชจะดูด ^{12}C ได้มากกว่า ^{13}C เพราะเหตุว่าไอโซโทป ^{12}C จะเบากว่าไอโซโทป ^{13}C และโดยที่ความแตกต่างในค่าที่กล่าวถึงจะมีค่าน้อยมาก เราจึงไม่สามารถอธิบายเป็นค่า % abundance ได้ ดังนั้นจึงใช้หน่วยค่า ‰ แทน ซึ่ง

$$\delta\ ^{13}C\ (‰) = \frac{^{13}C/^{12}C\ \text{sample}}{^{13}C/^{12}C\ \text{standard}} - 1 \times 1000$$

พืชจำพวก C_3 ซึ่งมี primary carboxylase จะเป็น ribose-1, 5-diphosphate carboxylase จะปฏิเสธไอโซโทปหนักได้มากกว่าพืชจำพวก C_4 (Hatch & Slack 1970) ซึ่งพืชจำพวก C_4 จะมี primary carboxylase เป็น phosphoenolpyruvate carboxylase (Troughton, 1971)

และยังมีพืชอีกประเภทหนึ่งคือพืชจำพวก CAM หรือพืชจำพวก Crassulacean acid metabolism ซึ่งจะมีรูปแบบการเลือกใช้ไอโซโทปคาร์บอนในลักษณะต่าง ๆ หลายแบบ เช่น อาจจะดูดใช้ได้ในปริมาณเท่าพืชจำพวก C_3 หรืออาจจะดูดใช้ได้น้อยกว่าพืชจำพวก C_4 ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณความชื้น ความแห้งแล้ง อุณหภูมิ สภาวะ กลางวัน กลางคืน ฯลฯ ซึ่งจะมีอิทธิพลต่อค่า $^{13}C : ^{12}C$ ในที่สุด (Vose, 1980) โดยทั่วไปแล้วจะพบว่าค่า $\delta\ ^{13}C$ ของพืชที่กล่าวถึงจะมีดังนี้

พืชจำพวก C_3 จะมีค่า $\delta\ ^{13}C$ ในช่วง −25 ถึง −30%

พืชจำพวก C_4 จะมีค่า $\delta\ ^{13}C$ ในช่วง −11 ถึง −14%

พืชจำพวก CAM จะมีค่า $\delta\ ^{13}C$ ประมาณ −17%

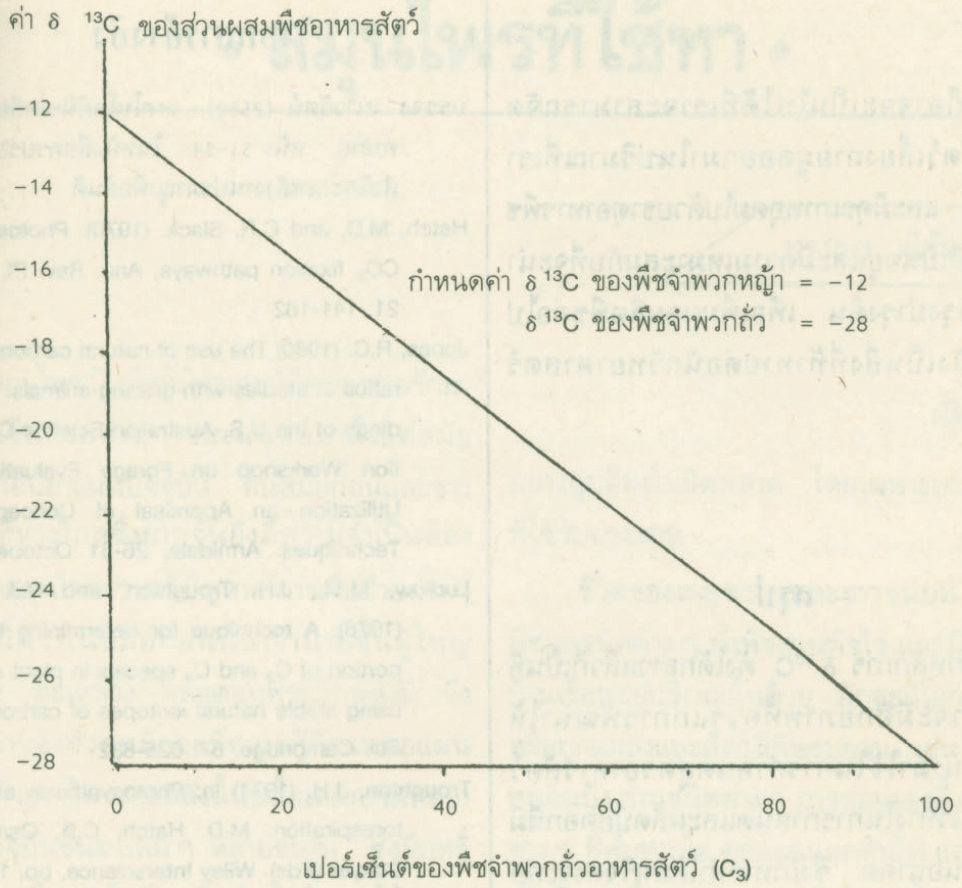
สำหรับส่วนผสมของพืช C_3 และพืช C_4 จะมีค่า $\delta^{13}C$ อยู่ในช่วงกลาง ๆ อนึ่ง ค่า $\delta^{13}C$ นั้น เราสามารถวัดค่าที่แน่นอนได้โดยใช้เครื่อง Mass Spectrometer

การประยุกต์ค่า $\delta^{13}C$ มาใช้ในทางเกษตร

ในแง่นี้ถ้าหากเราทราบค่า $\delta\ ^{13}C$ ของปุ๋ยคอก มูลสัตว์ต่าง ๆ ตลอดจนส่วนผสมของอาหารสัตว์ ฯลฯ เราก็จะสามารถบอกได้ว่าจะมีพืชจำพวก C_3 เช่น พืชตระกูลถั่วอยู่ในปุ๋ยคอก มูลสัตว์ อาหารสัตว์ที่กล่าวถึงอยู่ในสัดส่วนเท่าใด โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ของค่า $\delta\ ^{13}C$ ในกร๊าฟที่แสดง ดังนั้นจึงพอจะกล่าวได้ว่าในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้องถ้าเราทราบค่า $\delta\ ^{13}C$ ของมูลสัตว์หรือส่วนผสมของอาหารสัตว์แล้วเราก็สามารถทราบได้อย่างง่ายดายว่ามีพืชจำพวก C_3 และพืชจำพวก C_4 ในมูลหรือส่วนผสมของอาหารสัตว์นั้น ๆ อยู่ในสัดส่วนเท่าใด (Ludlow *et al.*, 1976) ในแง่นี้ก็จะมีประโยชน์ในการกำหนดสูตรอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการแก่สัตว์เลี้ยงเป็นอย่างมาก (Jones, 1980)

การผลิตมูลสัตว์ที่อุดมด้วยธาตุอาหารพืช

ในลักษณะเดียวกัน จากหลักการดังที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น ก็น่าที่จะเป็นไปได้ในการที่จะผลิตมูลสัตว์หรือปุ๋ยคอกที่อุดมไปด้วยธาตุอาหารพืช โดยการกำหนดคุณภาพและปริมาณของพืชอาหารสัตว์จำพวกพืช C_3 และพืชจำพวก C_4 ในสูตรอาหารสัตว์ก่อนที่จะให้ผ่านระบบการเคี้ยวและการย่อยของสัตว์เลี้ยง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทั้งนี้ความสามารถในการย่อยและ



ภาพที่ 1 การประเมินสัดส่วนของพืชจำพวกถั่วอาหารสัตว์จากค่า δ ^{13}C ของส่วนผสมพืชอาหารสัตว์

การดูดใช้ธาตุอาหารของสัตว์ดังกล่าวจะต้องอยู่ในระดับที่สามารถกำหนดหรือคำนวณได้ อีกทั้งพืชอาหารสัตว์จะต้องมีรสชาดในระดับที่สัตว์เลือกกินในสัดส่วนที่พอเหมาะที่เราต้องการได้ Jones *et al. (1979)* ได้ทดลองให้อาหารแกะ วัว และสัตว์อื่น ๆ และทราบส่วนผสมของอาหารสัตว์ล่วงหน้า โดยเอาพืชในเขตร้อนสองประเภท คือ ถั่วอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นพืชจำพวก C_3 ผสมกับหญ้าอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นพืชจำพวก C_4 เสียก่อน และวิเคราะห์หาสัดส่วนของไอโซโทป $^{13}C : ^{12}C$ ในส่วนผสมของอาหารสัตว์ดังกล่าว ต่อมาเมื่อศึกษาอัตราการถูกย่อยของพืชทั้งสองจำพวกโดยนำมูลสัตว์มาวิเคราะห์โดยเครื่อง Mass Spectrometer ก็พบว่าถ้าความยากง่ายในการถูกย่อยระหว่างองค์ประกอบของพืชจำพวก C_3 และพืชจำพวก C_4 มีความแตกต่างกันน้อย ก็จะมีพืชจำพวกถั่วอาหารสัตว์ประกอบเป็นส่วนผสมของอาหารประมาณ 5% แต่ถ้าความแตกต่างในการถูกย่อยระหว่างพืชทั้งสองจำพวกมีมากก็จะสามารถหา factor ที่เหมาะสมมาคำนวณเพื่อปรับผลการวิเคราะห์ให้ถูกต้องได้ นอกจากนั้นยังได้พยายามใช้ค่า δ ^{13}C เพื่อศึกษาองค์ประกอบของอาหารสัตว์ให้มีรสชาดตรงตามความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้องภายใต้สภาพแวดล้อมต่าง ๆ อีกด้วย ใน

อนาคตก็อาจจะเป็นไปได้ที่เราจะสามารถจัดการให้สัตว์เลี้ยงถ่ายมูลออกมาในปริมาณที่เราต้องการ และมีคุณภาพอุดมไปด้วยธาตุอาหารพืชมากกว่าที่เป็นอยู่และมีความเหมาะสมกับที่จะนำไปปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชต่อไป ซึ่งสิ่งนี้ยังเป็นสิ่งที่ท้าทายต่อนักวิทยาศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง

สรุป

จากหลักการ $\delta^{13}C$ ดังได้กล่าวแล้วก็เป็นที่เชื่อว่าน่าจะมีศักยภาพที่ควรแก่การพัฒนาให้สามารถนำมาใช้ในการกำหนดสูตรอาหารสัตว์ เพื่อหาแนวทางในการกำหนดและผลิตปุ๋ยคอกที่มีคุณภาพในอนาคต ซึ่งถ้าหากทำได้สำเร็จคงจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและสมรรถนะของดินในการผลิตพืชได้เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

บรรจง เนาวรัตน์ (2530) เทคโนโลยีนิวเคลียร์ช่วยหาค่าอายุ. หน้า 51-54. ในหนังสือครบรอบ 25 ปี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

Hatch, M.D. and C.R. Slack. (1970). Photosynthetic CO_2 fixation pathways, Ann. Rev. Pl. Physio. 21: 141-162

Jones, R.C. (1980) The use of natural carbon isotope ratios in studies with grazing animals. Proceedings of the U.S.-Australian Science Cooperation Workshop on Forage Evaluation and Utilization - an Appraisal of Concepts and Techniques. Armidale, 26-31 October 1980.

Ludlow, M.M., J.H. Troughton, and R.J. Jones. (1976). A technique for determining the proportion of C_3 and C_4 species in plant samples using stable natural isotopes of carbonJ. Agr. Sci. Cambridge. 87: 625-632

Troughton, J.H. (1971) In: Photosynthesis and photorespiration. M.D. Hatch, C.B. Osmond & Statyer (Eds). Wiley Interscience, pp. 124-129.

Vose, P.B. (1980). Stable isotopes as tracers. p 151-176. Introduction to nuclear techniques in agronomy and plant biology. Pergamon Press, Oxford.

ว.วิทย. มข. 16 (2) : 87 – 91 (2531)

• สมุนไพรที่ใช้ทา •

*ทรงยศ พิสิษฐ์กุล**

สมุนไพรเป็นพืชที่มีคุณสมบัติทางยาช่วยรักษาอาการเจ็บป่วยต่าง ๆ ของมนุษย์มาตั้งแต่สมัยโบราณก่อนยาแผนปัจจุบัน คนสมัยก่อนและชาวชนบทที่ห่างไกลซึ่งยากจนยังมีความจำเป็นต้องอาศัยยาสมุนไพรช่วยแก้ปัญหาอาการเจ็บป่วยต่าง ๆ จะเห็นได้ว่าในสมัยก่อนนั้นเจ้านายชั้นผู้ใหญ่ คุณพระ คุณหลวง ตลอดจนพระภิกษุสงฆ์ ซึ่งเป็นผู้นำของสังคมมักจะมีความรู้ด้านหมอแผนโบราณด้วย ในระยะหลังนี้นับตั้งแต่มีการผลิตยาแผนปัจจุบันขึ้นมาใหม่ ๆ หลายขนาน ซึ่งมีฤทธิ์การรักษาที่รวดเร็วฉับพลันทันใจดี ทำให้ความนิยมในการใช้ยาแผนโบราณนับวันจะลดน้อยถอยลงเรื่อย ๆ ตลอดจนตำรับยาก็ขาดความสนใจและค่อย ๆ สูญหายไปตามหมอแผนโบราณผู้ชราที่ล่วงลับไป ซึ่งเป็นสิ่งมีค่าที่น่าเสียดายมาก ดังนั้นในหลวงของเราจึงได้มีโครงการพระราชดำริให้รวบรวมตำรายาแผนโบราณ และฟื้นฟูสมุนไพรขึ้น เพื่อเป็นมรดกของไทยสืบต่อไป โดยให้ประชาชนได้ตระหนักถึงคุณค่าของสมุนไพรต่าง ๆ ที่ควรอนุรักษ์เอาไว้ จัดอบรมเผยแพร่ให้รู้จักการใช้และทำยาสมุนไพรอย่างถูกต้อง คือ ต้องรู้ว่าพืชชนิดใดเป็นสมุนไพร รูปร่างลักษณะอย่างไร มีคุณสมบัติทางยาอย่างไร และใช้ส่วนไหนของพืชทำยา ข้อควรระวังในการใช้ยาสมุนไพร ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบเพื่อจะใช้ยาได้อย่างถูกต้องไม่ผิดพลาด โดยเฉพาะยาสมุนไพรที่ใช้รับประทาน

ชีวิตของเกษตรกรและชาวชนบท ที่ปลูกพืชผลชนิดต่าง ๆ ทั้งพืชสวนพืชไร่ และมีการสร้างบ้านเรือนอยู่บริเวณนั้นด้วย มักจะมีโอกาสสัมผัสหรือถูกแมลงและสัตว์มีพิษรบกวน เช่น ขนของหนอนบุ้ง ร่านชนิดต่าง ๆ การต่อยของผึ้ง ต่อแตนต่าง ๆ ที่พบตามไร่ ตลอดจนมดคันไฟ และตะขาบเป็นต้น เมื่อถูกแมลงและสัตว์เหล่านี้กัดต่อยแล้วจะมีอาการบวมแดงตามผิวหนัง ปวดแสบ ปวดร้อนมาก เพราะสัตว์พวกนี้นอกจากจะกัดต่อยแล้วยังปล่อยสารพิษออกมา บางคนถ้าถูกกัดต่อยมากมีอาการแพ้มากอาจจะถึงกับหมดสติได้ โดยเฉพาะแตนตามรังแตนในป่าที่รุมกัดต่อยจำนวนมาก ๆ นอกจากนี้ยังมีอุบัติเหตุเล็ก ๆ น้อย ๆ ที่มักจะเกิดขึ้นในบ้านเสมอ เช่น ถูกไฟหรือน้ำร้อนลวก ทำให้ผิวหนังเป็นแผลพุพอง ซึ่งอาการต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้สามารถใช้สมุนไพรทาและได้ผลดีไม่เกิดอันตรายแต่อย่างใด เช่น การแพ้ เป็นต้น สมุนไพรเหล่านี้เมื่อทาแล้วจะรู้สึกเย็น อาการบวมแดง ปวดแสบปวดร้อน ตามผิวหนังจะค่อย ๆ ทุเลาลง และหายไปในที่สุด จึงสมควรแนะนำให้ปลูกไว้ตามส่วนหน้าบ้านหรือหลังบ้านนอกจาก

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จะเป็นสมุนไพรที่สามารถนำมาใช้ได้ทันทีเมื่อถึงคราวจำเป็นของคนในบ้านและเพื่อนบ้านใกล้เคียงแล้ว ยังเป็นไม้ประดับที่สวยงามอีกด้วย สมุนไพรเหล่านี้จะมีสรรพคุณทางยาสูง เมื่อใช้ขณะที่เป็นพืชใบสด ๆ มากกว่าที่ตากแห้งแล้ว

บทความวิชาการนี้ผู้เขียนได้พยายามเขียนให้สั้นและรัดกุมโดยเน้นเฉพาะยาที่ใช้ทาแก้แมลงสัตว์กัดต่อยและรักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวก เพื่อผู้อ่านจะได้เข้าใจและนำไปใช้ได้ง่ายไม่ต้องเสียเวลาอ่านนาน และได้จัดเรียงพืชสมุนไพรหรือตัวยาไว้หลายชนิด เพื่อความสะดวกในการเลือก หรือใช้ตัวยาที่มีสรรพคุณที่สามารถทดแทนหรือใกล้เคียงกัน ในกรณีที่หาสมุนไพรชนิดใดชนิดหนึ่งไม่ได้ในท้องถิ่นนั้น ๆ และได้พยายามจัดสมุนไพรที่หาได้ง่ายรู้จักกันแพร่หลาย หรือมีสรรพคุณทางยาสูง เอาไว้ในอันดับแรก ๆ นอกจากนี้ยังมีรูปภาพของสมุนไพรที่มีสรรพคุณหรือฤทธิ์ยาสูงในการรักษาอาการดังกล่าวประกอบ เช่น เสลดพังพอนทั้ง 2 ชนิด และฟ้าทะลายโจร สมุนไพรทุกชนิดที่ผู้เขียนเรียบเรียบไว้มีชื่อวิทยาศาสตร์กำกับอยู่ทุกชนิด เพื่อผู้อ่านที่สนใจในรายละเอียดเพิ่มเติมอื่น ๆ เช่น รูปร่างลักษณะของพืช คุณสมบัติทางยาด้านอื่น ๆ เพราะว่าสมุนไพรต้นเดียวกันส่วนต่าง ๆ ของพืช อาจมีสรรพคุณทางยาแตกต่างกัน เช่น ใบและรากมีคุณสมบัติทางยาที่แตกต่างกัน เป็นต้น

แบ่งยาสมุนไพรออกเป็นหมวดหมู่ตามสรรพคุณในการรักษาอาการเจ็บปวดหรือสาเหตุของอาการตามผิวหนังได้ ดังนี้

ก. สมุนไพรที่ใช้ทารักษาอาการที่ถูกแมลงและสัตว์มีพิษกัดต่อยและวิธีใช้มีดังนี้

เสลดพังพอน, ชองระอา *Barleria lupulina* Lindl.

เสลดพังพอน, พญาปล้องทอง *Clinacanthus nutans* Lindau.

ใช้ใบเสลดพังพอนสดจำนวน 5–10 ใบ ตำหรือขยี้ทาบริเวณที่แมลงกัดต่อย จะทำให้แผลผื่นคันยุบหายไป ใช้ได้ผลดี

ฟ้าทะลายโจร (น้ำลายพังพอน) *Andrographis paniculata* Nees

ใช้ใบฟ้าทะลายโจร ตำผสมเหล้าทาแก้พิษแมลงกัดต่อยและตะขาบกัด

ผักบุ้ง *Ipomoea aguatica* Forsk

ใช้ใบผักบุ้งสดต้มใส่เกลือนิดหน่อย ตำพอกแผล

ผักบุ้งทะเล *Ipomoea stolonifera* (Cyr.) Gmel.

ใช้ใบผักบุ้งทะเลโขลกพอกถอนพิษแมงกะพรุนไฟ หรือใช้รากผักบุ้งทะเลสด 1 ราก ฝนกับน้ำฝนให้ข้น ๆ ทาแก้แพ้แมงกะพรุน

ตำลึง *Coccinia grandis* (L.)

ใช้ใบตำลึงสดขนาด 10–15 ใบ ตำให้ละเอียดแล้วเติมน้ำซาวข้าวและพิมเสน ใช้ทาและพอกบริเวณที่ถูกแมลงกัดต่อย หรือถูกขนหมามุ่ยจะช่วยถอนพิษและแก้ปวด

หอม (หอมแดง) *Allium ascalonicum* Linn.

ใช้หัวหอม 1 หัว ปอกเปลือกแล้วขยี้ทาบริเวณที่ถูกแมลง สัตว์กัดต่อย อาการปวดจะค่อย ๆ หายไป

หญ้าพันงู *Achyranthes aspera* Linn.

ใช้เมล็ด 1 หยิบมือ หรือดอก 3 ช่อของหญ้าพันงูบดให้ละเอียด ผสมเหล้าโรง ทาบริเวณ

ที่แมลงกัดต่อย จะทำให้การเจ็บปวดบรรเทาลง

ผักกาดน้ำ *Plantago major* Linn.

ใช้ผักกาดน้ำสด 1 ต้น ตำให้ละเอียด ทาเมื่อถูกแมลงกัดต่อย หรืออักเสบ ใช้พอกผิวหนังที่ปวดบวมและคัน เนื่องจาก บุ้งร่าน ผึ้งต่อย หรือถูกตำแย

สารพัดพิษ *Portulaca pilosa* Linn.

ใช้รากสารพัดพิษสด 1 ราก ยาวประมาณ 3 องคุลี ฝนกับน้ำฝนให้ข้น ๆ ทาแก้พิษแมลงสัตว์กัดต่อย

คนทิสอทะเล (คนทิสอขาว) *Vitex trifolia* Linn.

ใช้รากคนทิสอทะเลสด 1 ราก ยาวประมาณ 3-4 องคุลีฝนกับน้ำฝนให้ข้น ใช้ทาบริเวณที่เจ็บปวด ฟกช้ำ เนื่องจากโดนแมลงกัดต่อยหรือแมงกะพรุน จะช่วยถอนพิษได้

ประคำดีควาย *Sapindus emarginatus* Wall.

ใช้ประคำดีควายสด 3-4 ใบ ตำให้ละเอียดเติมเหล้าโรง ใช้พอกบริเวณที่อักเสบ เนื่องจากแมลง สัตว์กัดต่อย จะช่วยถอนพิษได้

ผักเสี้ยนผี *Cleome viscosa* Linn.

ใช้ต้นผักเสี้ยนผี 1 ต้นเล็ก ๆ หรือประมาณครึ่งกำมือ ล้างหน้าให้สะอาด ตำให้ละเอียดผสมเหล้า 2 ถ้วยตาไลคั้นเอาน้ำทาที่บริเวณถูกแมลงสัตว์กัดต่อย

สีฟันคนทา *Arytera xerocarpa* (Bl.) Adeld.

ใช้รากสีฟันคนทา 1 ราก ยาวประมาณ 3-4 องคุลี ฝนกับน้ำฝน หรือเหล้าโรงให้ข้น ๆ ทาบริเวณที่ถูกแมลงกัดต่อย

โลดทะนง *Trigonostemon reidioides* Craib

ใช้รากโลดทะนงสด 1 ราก ยาวประมาณ 2-3 องคุลีฝนกับน้ำฝน หรือเหล้าโรงให้ข้น ๆ ทาบริเวณที่แมลงสัตว์กัดต่อย จะช่วยถอนพิษ

เกล็ดนาคราช *Dischidia imbricafa* Warb.

ใช้เหง้าเกล็ดนาคราช ฝนกับน้ำทาบริเวณที่ถูกแมลงสัตว์กัดต่อย

เท้ายายม่อม *Clerodendrum petasites* S. Moore

ใช้รากเท้ายายม่อม 1 ราก ตำให้ละเอียดผสมน้ำฝน หรือเหล้าโรงทาหรือพอกบริเวณที่ถูกแมลงสัตว์กัดต่อย

พุงดอ *Azima farmentosa* Benth.& Hook.

ใช้รากพุงดอสด 1 ราก ฝนกับน้ำปูนใสให้ข้นทาบริเวณที่อักเสบ บวมแดง โดยทาบ่อย ๆ ที่บวมแดงอักเสบจะลดลง

พังพวย หรือแพงพวย *Jussiaea repens* L.

ใช้ใบพังพวยหรือแพงพวยสด 1-2 กำมือ ล้างน้ำให้สะอาดตำแล้วผสมน้ำทาหรือพอกแผลถูกแมลง สัตว์กัดต่อย

เจตมูลเพลิงแดง *Plumbago indica* Linn.

ใช้รากเจตมูลเพลิงแดง ที่ผึ่งแดดหรือลมไว้แล้ว ฝนกับน้ำ หรือเหล้า ทาบริเวณที่ถูกแมลงกัดต่อย

ข. สมุนไพรที่ใช้ทารักษาแผลที่ถูกไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวกและวิธีใช้มีดังนี้

ว่านหางจรเข้ *Aloe sp.*

ใช้เมือกจากใบว่านหางจรเข้สด ทาแผลให้เปียก โดยทาบ่อย ๆ อาการเจ็บปวดจะทุเลาลงและเมื่อหายแล้วแผลเป็นจะมีน้อยมาก

พุดตาน *Hibiscus mutabilis* L.

ใช้ใบพุดตานสด 3-4 ใบ ล้างน้ำให้สะอาดตำให้ละเอียด แล้วผสมน้ำมันพืช ใช้ทาแผลไฟไหม้น้ำร้อนลวก

บัวบก *Centella asiatica* (L.) Urban

ใช้บัวบกสด 2-3 ต้น ล้างน้ำให้สะอาด ตำให้ละเอียด พอกแผลหรือผสมน้ำมันงาทา ช่วยลดอาการปวดแสบปวดร้อน

ฟ้าทะลายโจร *Andrographis paniculata* Nees

ใช้ใบสดตำให้ละเอียดผสมน้ำ หรือน้ำมันพืชทา

แตงโม *Citrullus vulgaris Schrad.*

ใช้เนื้อแตงโมคั้นเอาแต่น้ำ กรองแล้วใส่ขวดแล้วปิดฝาทิ้งไว้ 2-3 เดือน น้ำที่หมักจะมีรสเปรี้ยว ใช้สำลีชุบน้ำแตงโมที่หมักไว้ ปิดแผลบริเวณที่ถูกไฟไหม้ หรือน้ำร้อนลวก เปลี่ยนสำลีวันละ 3-4 ครั้ง (ก่อนจะใส่ยา ให้ใช้น้ำเกลือเย็น ๆ ที่สะอาดชะล้างแผลให้สะอาดก่อน)

ผักบุ้ง *Ipomoea reptans* Poir

ใช้ผักบุ้งสด 2-3 ต้น ล้างน้ำให้สะอาด ตำให้ละเอียด เติมน้ำตาลโตนดเล็กน้อย ใช้ทาหรือพอกบริเวณที่ถูกน้ำร้อนลวก อาการปวดแสบปวดร้อนจะทุเลา

ชา *Camellia theifera*

ใช้กากใบชาที่ใช้แล้ว 1 กำมือ พอกบริเวณแผลไฟไหม้ ช่วยถอนพิษปวดแสบปวดร้อน

ยาสูบ *Nicotiana tabacum* L.

ใช้ใบยาสูบที่แก่ (ยาเส้นหรือยาตั้ง) 1 หยิบมือ คลุกกับน้ำมันมะพร้าว ปิดบริเวณที่ถูกน้ำร้อนลวก จะช่วยถอนพิษ

ด้วยความหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านคงจะได้นำความรู้ที่ได้รับนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์แก่ครอบครัวและสังคม ตลอดจนช่วยกันเผยแพร่ความรู้เป็นวิทยาทานให้กว้างขวางออกไปเรื่อย ๆ เพื่อความสุขกายสบายใจแก่ปวงชนชาวไทยถ้วนทั่วกัน ผู้เขียนขอขอบคุณผู้แต่งตำราที่ผู้เขียนได้ใช้อ่านประกอบในการเขียนบทความวิชาการนี้ เป็นอย่างมากมาณ โอกาสนี้ด้วย

ภาพที่ 1
เสลดพังพอน, ชองระอา
Barleria lupulina Lindl.
เป็นไม้พุ่มแตกกิ่งก้าน แกนกลางใบมีสีแดง และดอกสีเหลืองจำปา

ภาพที่ 2
เสลดพังพอน, พญาปล้องทอง
Clinacanthus nutans Lindau.
เป็นไม้พุ่มแกมเลื้อย ไม่แตกกิ่งก้าน และดอกเป็นช่อสีแดงเป็นกระจุก

ภาพที่ 3
ฟ้าทะลายโจร (น้ำลายพังพอน)
Andrographis paniculata Nees

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

ประเสริฐ พรหมมณี และปริญญา อุทิศชลานนท์ 2516 ตำราเภสัชกรรมไทยแผนโบราณ โรงพิมพ์บริษัท ส.พยุงพงศ์ จำกัด กรุงเทพฯ 389 หน้า

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ 2524 คู่มือการใช้สมุนไพร ชุดแนะแนวสุขภาพประชาชน สำนักพิมพ์เมดิคัลมีเดีย กรุงเทพฯ 258 หน้า

พเยาว์ เหมือนวงศ์ญาติ 2530 คู่มือการใช้สมุนไพร บริษัท เมดิคัล มีเดีย จำกัด กรุงเทพฯ 298 หน้า

สมพร หิรัญรามเดช 2525 สมุนไพรใกล้ตัว ตอนที่ 3 โรงพิมพ์พิฆเณศ กรุงเทพฯ 198 หน้า

สมพร หิรัญรามเดช 2527 การสำรวจการใช้สมุนไพรของแพทย์แผนโบราณ โรงพิมพ์พิฆเณศ กรุงเทพฯ 72 หน้า

สมาคม ร.ร.แพทย์แผนโบราณ 2510 "ประมวลสรรพคุณยาไทยว่าด้วยพฤกษชาติ" ภาค 1, ภาค 2 สำนักวัดพระเชตุพน ท่าเตียน กรุงเทพฯ

สำลี ใจดีและคณะ 2522 การใช้สมุนไพร เล่ม 1 ของโครงการพัฒนาเทคนิคการทำยาสมุนไพร บริษัทสารมวลชน จำกัด กรุงเทพฯ 178 หน้า

สอาด บุญเกิด จเร สดากร และทิพย์พรรณ สดากร 2525 ชื่อพรรณไม้ในเมืองไทย กองทุนจัดพิมพ์ตำราป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 657 หน้า

Government of Thailand in Cooperation with Unesco 1980 "4th Asian Symposium on Medical Plants and Spices", Bangkok, Thailand

Perry, Lily M. and Judith Metzger 1980 Medicinal Plants of East and Southeast Asia, London : The MIT Press Cambridge, Massachusetts

Quisumbing, E. 1978 Medicinal Plants of Phlippines. Manila: Burasu of Printing.

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 92 – 95 (2531)

ผลของขัดมอญต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและการเจริญของตัวอ่อนในหนูขาว
(Effect of Sida on Implantation and Size of Embryoes in Mice)

*ดร.อำพา เหลืองภิรมย์
** จรัสมล อัศวเดชชาญยุทธ์

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของสมุนไพรขัดมอญชนิด *Sida rhombifolia* Linn และ *Sida acuta* Burm. f. ต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและเจริญของตัวอ่อนในหนูขาว โดยการสกัดสมุนไพรทั้งสองชนิดนี้ด้วยวิธีต้มกับน้ำและให้สารนี้แก่สัตว์ทดลองโดยการป้อนทางปาก แบ่งการทดลองเป็นกลุ่มแต่ละกลุ่มให้ในปริมาณ 0, 2, 4 และ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ระหว่างวันที่ 1 – วันที่ 5 ของการตั้งครรภ์ นับจำนวนการฝังตัวของตัวอ่อนและวัดขนาดของตัวอ่อนในมดลูกนับจำนวนคอพัสลูเตียมในรังไข่ ในวันที่ 10 ของการตั้งครรภ์ ผลปรากฏว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับขัดมอญชนิด *S. rhombifolia* Linn. ในปริมาณ 0, 2 และ 4 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน มีจำนวนการฝังตัวของตัวอ่อนไม่แตกต่างกัน ส่วนกลุ่มที่ได้รับในปริมาณ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน มีผลยับยั้งการฝังตัวอ่อน 26.88% และกลุ่มที่ได้รับขัดมอญชนิด *S. acuta* Burm. f. ในปริมาณ 2, 4 และ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน สามารถยับยั้งการฝังตัวของตัวอ่อน 17.20, 40.86 และ 36.56% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ขัดมอญยังมีผลต่อการเจริญของตัวอ่อนโดยพบว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับขัดมอญชนิด *S. rhombifolia* Linn ในปริมาณ 4 หรือ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน และ *S. acuta* Burm. f. ในปริมาณ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน มีขนาดของตัวอ่อนเล็กกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าสมุนไพรขัดมอญชนิด *S. rhombifolia* Linn และ *S. acuta* Burm. f. มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาสามารถยับยั้งการฝังตัวของตัวอ่อนและการเจริญของตัวอ่อนในหนูขาว

Abstract

Effects of *Sida rhombifolia* Linn and *Sida acuta* Burm. f. on implantation and size of embryoes in mice were studied by feeding the extraction of each sida to the experimental animals with doses of 0, 2, 4 and 8 gm/kg.BW./day during day 1-day 5 of pregnancy. Autopsy was conducted on day 10 of pregnancy for determining number of embryo implantation, size of embryoes and number of corpora lutea Results showed that number of embryo implantation in treated groups with 0, 2 and 4 gm of *S. rhombifolia* Linn were not significantly different. However, the inhibitory effect on embryo implantation were found in treated group with 8 gm of *S. rhombifolia* Linn, 2, 4 and 8 gm of *S. acuta* Burm. f./kg.BW./day, which were about 26.88, 17.20, 40.80 and 36.56% respectively. Furthermore, the size of embryoes which obtained from the treated groups with 4 and 8 gm of *S. rhombifolia* Linn and 8 gm of *S. acuta* Burm.f./kg.BW./day were significantly smaller than the control. From these results, it was conceivable that the extraction of *S. rhombifolia* Linn and *S. acuta* Burm. f. was capable to inhibit either embryo implantation or growth of embryoes in mice.

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
** นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

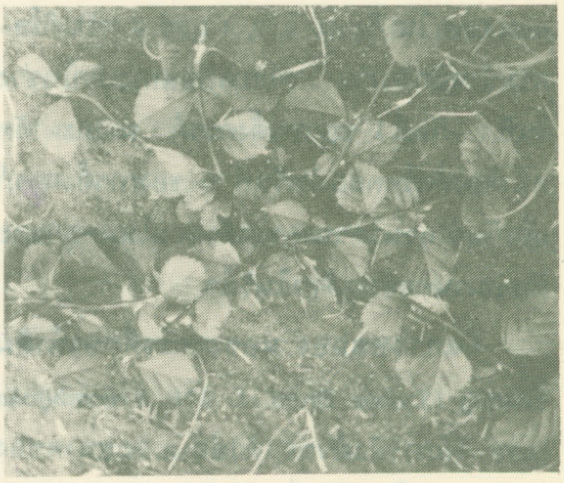
ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยสมุนไพร (พืช, สัตว์และแร่ธาตุ) มากมาย สมุนไพรเหล่านี้มีคุณค่าสามารถนำมาใช้บำบัดรักษาอาการเจ็บป่วยได้ และสมุนไพรส่วนมากจะให้ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาได้มากกว่าหนึ่งอย่าง บางชนิดใช้รักษาโรคบางอย่างได้ดีแต่มีผลข้างเคียงที่เป็นอันตรายได้ เช่น เป็นอันตรายต่อการตั้งครรภ์ ทำให้การเจริญของตัวอ่อนผิดปกติหรือแท้งได้ เพื่อป้องกันอันตรายอันอาจเกิดขึ้นเนื่องจากการนำสมุนไพรไปใช้ด้วยความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ จึงน่าที่จะได้มีการศึกษาผลของสมุนไพรต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและการเจริญของตัวอ่อนในสัตว์ทดลอง อันจะเป็นหลักฐานเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นข้อห้ามมิให้หญิงมีครรภ์นำสมุนไพรที่อาจมีอันตรายต่อครรภ์ไปใช้บำบัดรักษาโรค และถ้าสมุนไพรใดยับยั้งการตั้งครรภ์ของสัตว์ทดลองได้ก็น่าจะนำสมุนไพรนั้น ๆ ไปใช้ในการคุมกำเนิดในอนาคตต่อไป

ขัดมอญ (Sida) เป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งเป็นพืชใบเลี้ยงคู่ อยู่ในวงศ์พวกชบา (Malavaceae) (พยอม, 2521 ; เต็ม, 2523) มีหลายชนิด เช่น *Sida acuta* Brum f. *S. rhombifolia* Linn, *S. retusa* Linn. เป็นต้น

S. acuta Brum f. พบมีอยู่มากมายตามป่าทั่วไป สรรพคุณ ใบใช้ต้มน้ำดื่มในการขับพยาธิไส้เดือน ขับปัสสาวะ และตำพอกแผลที่เป็นหนอง ต้นใช้ต้มน้ำดื่มแก้หวัด แก้พิษปวดบวม เต้านมอักเสบ รากใช้ต้มน้ำดื่มเพื่อให้มีการขับเหงื่อ ลดไข้ แก้การอ่อนเพลีย (Dastur, 1962)

S. rhombifolia Linn พบอยู่กระจัดกระจายตามป่าทั่วไป สรรพคุณรากใช้ต้มน้ำดื่มรักษาโรคกระเพาะ ปวดท้อง ปวดมดลูก ขับเลือดและรก ขับเสมหะ ใบใช้แก้โรคบิด ส่วนต้นใช้รักษาระดูมาไม่ปกติ (Burkill, 1966; Perry, 1980)

รูปที่ 1 *S. acuta* Brum. f.



รูปที่ 2 *S. rhombifolia* Linn

วัตถุประสงค์ ในการศึกษาครั้งนี้สนใจที่จะศึกษาผลของน้ำต้มขัดมอญ (*S.acuta* Brum. f. และ *S.rhombifolia* Linm) ต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและขนาดของตัวอ่อนในหนูขาว

การทดลอง ศึกษาผลของน้ำต้มขัดมอญต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและขนาดของตัวอ่อน

ตารางที่ 1 แสดงผลของน้ำต้มสมุนไพรขัดมอญต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและขนาดของตัวอ่อน

สมุนไพร	ขนาดที่ให้ (กรัม/กก. น้ำหนักตัว)	จำนวนสัตว์ทดลอง	จำนวนตัวอ่อนที่ฝังตัว	จำนวนคอพัสลูเตียม	เปอร์เซ็นต์การฝังตัวของตัวอ่อน	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการฝังตัวของตัวอ่อน	ขนาดของตัวอ่อน (ม.ม)
ขัดมอญ *Sida acuta* Burm. f	2	6	14.50 ± 1.96	18.50 ± 2.07	77.00 ± 10.08**	1.08	4.9 ± 0.30^{NS}
	4	6	7.50 ± 4.89	14.50 ± 4.04	55.00 ± 36.01*	12.90	4.2 ± 1.01*
	8	6	10 ± 1.76	18.00 ± 2.83	59.00 ± 10.73**	26.88	4.1 ± 0.4**
Sida rhombifolia Linn.	2	4	13.30 ± 1.71	14.80 ± 3.50	92.00 ± 10.21^{NS}	17.20	4.5 ± 0.7^{NS}
	4	6	11.50 ± 3.73	14.30 ± 3.45	81.00 ± 22.43^{NS}	40.86	4.2 ± 1.1*
	8	6	10.50 ± 2.88	15.50 ± 3.21	68.00 ± 15.60**	36.56	3.9 ± 1.0**
กลุ่มควบคุม	0	6	13.50 ± 2.07	14.50 ± 1.87	93.00 ± 4.20	0	5.3 ± 0.4

NS = ไม่มีนัยสำคัญ * = มีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$, ** มีนัยสำคัญที่ $P < 0.01$ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ใช้หนูขาว (mouse) ที่ตั้งครรภ์จำนวน 48 ตัว แบ่งการทดลองเป็น 4 กลุ่ม แต่ละกลุ่มได้รับน้ำต้มขัดมอญ (*S.acuta* Brum. f. หรือ *S.rhombifolia* Linn) ในปริมาณ 0, 2, 4 และ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน โดยการป้อนทางปากในช่วงวันที่ 1 – วันที่ 5 ของการตั้งครรภ์ ฆ่าและผ่าตัดหน้าท้องสัตว์ทดลองในวันที่ 10 ของการตั้งครรภ์ เพื่อนับจำนวนวัดขนาดของตัวอ่อนในมดลูกและนับจำนวนคอพัสลูเตียมในรังไข่

ผลการทดลอง ผลของการศึกษาน้ำต้มขัดมอญ (*S.acuta* Brum. f. และ *S.rhombifolia* Linn) ต่อการฝังตัวของตัวอ่อนและขนาดของตัวอ่อนแสดงในตารางที่ 1

สัตว์ทดลองที่ได้รับน้ำต้มขัดมอญ *S.rhombifolia* Linn. ในปริมาณ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ให้ผลห้ามการฝังตัวของตัวอ่อนถึง 26.88 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มที่ได้รับน้ำต้มขัดมอญ *S. acuta* Burm. f. ในปริมาณ 2, 4 และ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน ให้ผลห้ามการฝังตัวของตัวอ่อน 17.20, 40.86 และ 36.56 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ในกลุ่มสัตว์ทดลองที่ได้รับน้ำต้มขัดมอญในปริมาณสูง ๆ มีผลยับยั้งการเจริญของตัวอ่อนด้วย โดยพบว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำต้มขัดมอญ *S.rhombifolia* Linn. ในปริมาณ 4 และ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน และกลุ่มที่ได้รับน้ำต้มขัดมอญ *S.acuta* Brum. f. ในประมาณ 8 กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว/วัน มีผลต่อการเจริญของตัวอ่อน ทำให้ตัวอ่อนที่ตรวจพบในมดลูกมีขนาดเล็กกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญโดยมีขนาด 4.2 ± 0.11, 3.9 ± 1.0 และ 4.1 ± 0.4 มิลลิเมตรตามลำดับ

สรุปผล

จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่าขัดมอญ *S. acuta* Brum. f. และ *S.rhombifolia* Linn. มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาให้ผลยับยั้งการฝังตัวของตัวอ่อนและการเจริญของตัวอ่อนด้วย อันเป็นหลักฐานแน่ชัดว่าหญิงมีครรภ์ไม่ควรนำสมุนไพรขัดมอญไปใช้ในการบำบัดรักษาโรค ถึงแม้ว่าสมุนไพรขัดมอญทั้งสองชนิดนี้จะสามารถใช้ในการบำบัดรักษาได้หลายโรค เช่น แก้หวัด ขับพยาธิ ขับปัสสาวะ และบำบัดริสีดวงทวารได้

บรรณานุกรม

1. เต็ม สมิตินันท์ 2523. **ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย** (ชื่อพฤษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง) หจก.พันนี่พับบลิชชิ่ง กรุงเทพ : 307.
2. พยอม ตันติวัฒน์ 2521. **สมุนไพร.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพ. 138.
3. Burkill, I.H. 1966. **A dictionary of the economic products of the Malay-Peninsula.** London : The crown agent for the colonies : 2060-2062.
4. Dastur, J.F. 1962. **Medicinal plants of India and Pakistan.** Bombay : D.B. tara porevala Sons & Co private Ltd : 151.
5. Perry, L.M. 1980. **Medicinal plants of East and Southeast Asia :** Attributed properties and uses. London : The Massachusettes Institute of Technology : 255-256.

ว. วิทย. มข. 16 (2) : 96 – 118 (2531)

ผลกระทบของอุตสาหกรรมและเกษตรกรรมที่มีต่อคุณภาพของน้ำในลำน้ำพอง

*ดร.สุนันทา เฮงรัศมี *ชุติมา คูคู่สมุทร
*ทิพย์วัลย์ คำเหมือง *รัตนา มหาชัย
*ดร.ตริตาภรณ์ ชูศรี *วิรัช ว่องพัฒนากุล
**งามนิจ นนทโส ***จิระศักดิ์ จินดาโรจน์

1. บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะในผืนแผ่นดินที่แห้งแล้ง ดังเช่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แหล่งน้ำจืดนับได้ว่าเป็นทรัพยากรที่มีค่าสูงยิ่ง ถือเป็นความโชคดีของชาวจังหวัดขอนแก่นที่มีลำน้ำพองเป็นแหล่งน้ำจืดที่มีปริมาณน้ำจำนวนมหาศาลให้ประชาชนได้ใช้ตลอดปี สมควรที่จะอนุรักษ์แหล่งน้ำนี้ไว้เพื่อความกินดีอยู่ดีของประชาชน สิ่งที่น่าเป็นห่วงคือแนวโน้มของการจัดตั้งโรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณลำน้ำพอง ซึ่งนับวันจะมากขึ้นตามการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรม นอกจากนี้เกษตรกรได้หันมาใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงกันมากขึ้น จึงเกรงว่าสักวันหนึ่งเหตุการณ์ที่เคยเกิดกับแม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำท่าจีน และกำลังเกิดขึ้นกับแม่น้ำตาปีทางภาคใต้ จะเกิดกับลำน้ำพองของชาวขอนแก่นอีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งลำน้ำพองในช่วงตั้งแต่ประตูระบายน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ไปจนถึงฝายน้ำล้นชลประทานหนองหวาย ซึ่งมีความยาวประมาณ 34 กิโลเมตร มีสภาพเหมือนเป็นอ่างเก็บน้ำเพราะระดับน้ำและอัตราการไหลของน้ำถูกควบคุมโดยปริมาณน้ำที่ระบายจากเขื่อนอุบลรัตน์ และน้ำที่ระบายออกไปจากอ่างเก็บน้ำหนองหวาย ทำให้น้ำในลำน้ำส่วนนี้ไม่มีการถ่ายเทดังเช่นแม่น้ำลำคลองโดยทั่วไป ทางสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ตระหนักถึงความสำคัญในปัญหาข้อนี้ จึงได้จัดสรรเงินทุนวิจัย USAID ให้คณะวิทยาศาสตร์ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบของโรงงานอุตสาหกรรมและการเกษตร-กรรมที่มีต่อคุณภาพน้ำของลำน้ำพองในสภาวะปัจจุบัน เพื่อแสดงแนวทางในการจัดการเพื่อควบคุมคุณภาพของลำน้ำและใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาแหล่งอุตสาหกรรมของจังหวัดขอนแก่นต่อไป

2. สภาพทั่วไปของลำน้ำ

ลำน้ำพองแต่เดิมเป็นลำน้ำธรรมชาติที่มีขนาดใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเช่นเดียว

* ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
** ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
*** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมื่อลำน้ำพองถูกปิดกั้นด้วยเขื่อนอุบลรัตน์ และถูกยกระดับให้สูงขึ้นด้วยเขื่อนผันน้ำหนองหวาย เพื่อการกักเก็บน้ำแล้ว ก็จะมีสภาพเปลี่ยนไปจากที่เคยเป็นอยู่ในธรรมชาติมาแต่เดิม ปริมาณน้ำในลำน้ำพองตอนบนถูกควบคุมด้วยปริมาณน้ำที่ระบายออกมาจากเขื่อนอุบลรัตน์ (ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต) และน้ำที่ผันออกไปจากเขื่อนผันน้ำหนองหวาย (ในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน) ทำให้ลำน้ำพองช่วงนี้มีปริมาณและระดับน้ำค่อนข้างจะคงที่ตลอดปี มีความลึกโดยเฉลี่ย 6–7.5 เมตร ลำน้ำมีความกว้างประมาณ 70–80 เมตร ส่วนลำน้ำพองตอนล่างนั้น ปริมาณน้ำ ความลึก ตลอดจนความกว้างของลำน้ำจะผันแปรตามฤดูกาล และยังขึ้นอยู่กับโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายที่ปล่อยน้ำล้นฝายลงสู่ลำน้ำด้วย ในฤดูน้ำหลาก ลำน้ำพองตอนล่างอาจจะมีความกว้างถึง 110–130 เมตร เมื่อน้ำท่วมสองฟากฝั่ง และมีความลึกมากกว่า 6 เมตรขึ้นไป ส่วนในฤดูแล้งลำน้ำจะเหลือความกว้างเพียง 10–20 เมตรเป็นส่วนใหญ่ และมีความลึกประมาณ 1–5 เมตรเท่านั้น ในฤดูแล้งลำน้ำพองทั้งตอนบนและตอนล่างจะมีตลิ่งสูงชัน โดยเฉพาะลำน้ำพองตอนล่าง ตลิ่งจะมีความสูงระหว่าง 6– 18 เมตร

ประชากรกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ที่อาศัยอยู่บริเวณลำน้ำพอง มีอาชีพหลักคือ การทำเกษตรกรรม เน้นหนักการทำนาและการปลูกพืชไร่ พื้นที่การทำนามีมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด ส่วนพืชไร่ที่สำคัญได้แก่ มันสำปะหลัง ปอ และอ้อย ซึ่งจะมีการปลูกหมุนเวียนกันไปตามสภาพตลาดของพืชชนิดนั้น ๆ

ลักษณะการปลูก เหมือนกับการเกษตรกรรมในเขตชนบทโดยทั่ว ๆ ไป คือ เป็นการเพาะปลูกที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลักแต่เพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในลำน้ำพองตอนบน ซึ่งนับจากเขื่อนอุบลรัตน์ลงมาจนถึงหัวงานโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายเป็นบริเวณที่ไม่มีระบบคลองส่งน้ำชลประทาน เมื่อหมดฤดูกาลทำนาแล้วจึงไม่ค่อยมีกิจกรรมเพาะปลูกพืชอื่น ๆ ในฤดูแล้ง เกษตรกรที่ใช้เครื่องสูบน้ำจากลำน้ำพองตอนบนขึ้นมาใช้ในการเพาะปลูกมีน้อยมากไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และจะสูบน้ำขึ้นมาใช้ก็เมื่อเกิดปัญหา เช่น ฝนไม่ตกในช่วงตกกล้าเท่านั้น การปลูกพืชอื่น ๆ มีกระจายอยู่อย่างเบาบางตามริมน้ำบริเวณที่เกษตรกรอาศัยอยู่ มีการปลูกยาสูบและผักต่าง ๆ เช่น แตงร้าน กระหล่ำปลี ถั่วฝักยาว มะเขือ และพริก เป็นต้น ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ขนาดเล็กเพื่อการบริโภคในครัวเรือน การปลูกผักในเนื้อที่ขนาดใหญ่เพื่อส่งขายมีบ้างแต่น้อยราย โดยจะปลูกในบริเวณห้วยหรือหนองน้ำที่เชื่อมต่อกับลำน้ำพองและยังพอมีน้ำเหลืออยู่ในฤดูแล้ง คือ บริเวณบ้านห้วยทราย บ้านคำบอน และบ้านห้วยเสือเต้น เป็นต้น ส่วนการทำข้าวนาปรัง และการปลูกพืชไร่ เช่น ถั่วเหลืองในฤดูแล้ง หลังจากการทำข้าวนาปีเสร็จแล้ว มีอยู่แห่งเดียวเท่านั้นคือบริเวณบ้านบ่อที่อยู่ทางฝั่งซ้ายของลำน้ำพองตอนบน เพราะกรมชลประทานได้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและทำคลองส่งน้ำให้แต่ครอบคลุมพื้นที่ไม่มากนัก

ส่วนบริเวณลำน้ำพองตอนล่างซึ่งนับจากจากหัวงานโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายนั้น พื้นที่พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะได้รับน้ำจากระบบคลองส่งน้ำ ซึ่งมีทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำพองจากโครงการส่งน้ำฯ หนองหวาย ดังได้กล่าวมาแล้ว เกษตรกรจึงมิได้ใช้น้ำจากลำน้ำพองโดยตรงเช่นเดียวกับเกษตรกรที่อยู่บริเวณลำน้ำพองตอนบน และเกษตรกรในบริเวณลำน้ำพองตอนล่างยัง

เมื่อลำน้ำพองถูกปิดกั้นด้วยเขื่อนอุบลรัตน์ และถูกยกระดับให้สูงขึ้นด้วยเขื่อนผันน้ำหนองหวาย เพื่อการกักเก็บน้ำแล้ว ก็จะมีสภาพเปลี่ยนไปจากที่เคยเป็นอยู่ในธรรมชาติมาแต่เดิม ปริมาณน้ำในลำน้ำพองตอนบนถูกควบคุมด้วยปริมาณน้ำที่ระบายออกมาจากเขื่อนอุบลรัตน์ (ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต) และน้ำที่ผันออกไปจากเขื่อนผันน้ำหนองหวาย (ในความรับผิดชอบของกรมชลประทาน) ทำให้ลำน้ำพองช่วงนี้มีปริมาณและระดับน้ำค่อนข้างจะคงที่ตลอดปี มีความลึกโดยเฉลี่ย 6–7.5 เมตร ลำน้ำมีความกว้างประมาณ 70–80 เมตร ส่วนลำน้ำพองตอนล่างนั้น ปริมาณน้ำ ความลึก ตลอดจนความกว้างของลำน้ำจะผันแปรตามฤดูกาล และยังขึ้นอยู่กับโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายที่ปล่อยน้ำล้นฝายลงสู่ลำน้ำด้วย ในฤดูน้ำหลาก ลำน้ำพองตอนล่างอาจจะมีความกว้างถึง 110–130 เมตร เมื่อน้ำท่วมสองฟากฝั่ง และมีความลึกมากกว่า 6 เมตรขึ้นไป ส่วนในฤดูแล้งลำน้ำจะเหลือความกว้างเพียง 10–20 เมตรเป็นส่วนใหญ่ และมีความลึกประมาณ 1–5 เมตรเท่านั้น ในฤดูแล้งลำน้ำพองทั้งตอนบนและตอนล่างจะมีตลิ่งสูงชัน โดยเฉพาะลำน้ำพองตอนล่าง ตลิ่งจะมีความสูงระหว่าง 6– 18 เมตร

ประชากรกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ที่อาศัยอยู่บริเวณลำน้ำพอง มีอาชีพหลักคือ การทำเกษตรกรรม เน้นหนักการทำนาและการปลูกพืชไร่ พื้นที่การทำนามีมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด ส่วนพืชไร่ที่สำคัญได้แก่ มันสำปะหลัง ปอ และอ้อย ซึ่งจะมีการปลูกหมุนเวียนกันไปตามสภาพตลาดของพืชชนิดนั้น ๆ

ลักษณะการปลูก เหมือนกับการเกษตรกรรมในเขตชนบทโดยทั่ว ๆ ไป คือ เป็นการเพาะปลูกที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลักแต่เพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะในลำน้ำพองตอนบน ซึ่งนับจากเขื่อนอุบลรัตน์ลงมาจนถึงหัวงานโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายเป็นบริเวณที่ไม่มีระบบคลองส่งน้ำชลประทาน เมื่อหมดฤดูกาลทำนาแล้วจึงไม่ค่อยมีกิจกรรมเพาะปลูกพืชอื่น ๆ ในฤดูแล้ง เกษตรกรที่ใช้เครื่องสูบน้ำจากลำน้ำพองตอนบนขึ้นมาใช้ในการเพาะปลูกมีน้อยมากไม่ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และจะสูบน้ำขึ้นมาใช้ก็เมื่อเกิดปัญหา เช่น ฝนไม่ตกในช่วงตกกล้าเท่านั้น การปลูกพืชอื่น ๆ มีกระจายอยู่อย่างเบาบางตามริมน้ำบริเวณที่เกษตรกรอาศัยอยู่ มีการปลูกยาสูบและผักต่าง ๆ เช่น แตงร้าน กระหล่ำปลี ถั่วฝักยาว มะเขือ และพริก เป็นต้น ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ขนาดเล็กเพื่อการบริโภคในครัวเรือน การปลูกผักในเนื้อที่ขนาดใหญ่เพื่อส่งขายมีบ้างแต่น้อยราย โดยจะปลูกในบริเวณห้วยหรือหนองน้ำที่เชื่อมต่อกับลำน้ำพองและยังพอมีน้ำเหลืออยู่ในฤดูแล้ง คือ บริเวณบ้านห้วยทราย บ้านคำบอน และบ้านห้วยเสือเต้น เป็นต้น ส่วนการทำข้าวนาปรัง และการปลูกพืชไร่ เช่น ถั่วเหลืองในฤดูแล้ง หลังจากการทำข้าวนาปีเสร็จแล้ว มีอยู่แห่งเดียวเท่านั้นคือบริเวณบ้านบ่อที่อยู่ทางฝั่งซ้ายของลำน้ำพองตอนบน เพราะกรมชลประทานได้ติดตั้งเครื่องสูบน้ำและทำคลองส่งน้ำให้แต่ครอบคลุมพื้นที่ไม่มากนัก

ส่วนบริเวณลำน้ำพองตอนล่างซึ่งนับจากจากหัวงานโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายนั้น พื้นที่พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่จะได้รับน้ำจากระบบคลองส่งน้ำ ซึ่งมีทั้งฝั่งซ้ายและฝั่งขวาของลำน้ำพองจากโครงการส่งน้ำฯ หนองหวาย ดังได้กล่าวมาแล้ว เกษตรกรจึงมิได้ใช้น้ำจากลำน้ำพองโดยตรงเช่นเดียวกับเกษตรกรที่อยู่บริเวณลำน้ำพองตอนบน และเกษตรกรในบริเวณลำน้ำพองตอนล่างยัง

สามารถทำการเพาะปลูกในฤดูแล้งได้อีกด้วย จะมีการทำนาปรังพืชไร่ประเภทถั่ว แตงโม และพืชผักพื้น ๆ มากพอควร และมีแนวโน้มว่าจะมีการเพาะปลูกในฤดูแล้งเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ บริเวณที่มีการเพาะปลูกในฤดูแล้ง (กลางเดือนกุมภาพันธ์-ต้นเดือนพฤษภาคม) ในพื้นที่ขนาดใหญ่เพื่อวัตถุประสงค์ในทางการค้า ได้แก่ บริเวณบ้านห้วยเสียว ซึ่งอยู่ห่างจากหัวงานโครงการส่งน้ำฯ ประมาณ 6 กิโลเมตรตามลำน้ำ และบริเวณบ้านกุดกว้างซึ่งอยู่ห่างจากหัวงานโครงการส่งน้ำฯ ประมาณ 10 กิโลเมตรตามลำน้ำ และยังมีบริเวณอื่น ๆ อีก แต่อยู่เลยขอบเขตของพื้นที่ที่ทำการศึกษา เช่น บ้านคำแก่นคูณ บ้านนายม และบ้านวังชัย เป็นต้น บ้านกุดกว้างเป็นแหล่งการเพาะปลูกในฤดูแล้งที่ใหญ่ที่สุด มีพื้นที่ที่เตรียมไว้สำหรับการเพาะปลูกกว่า 400 ไร่ หน่วยงานของกรมชลประทานได้ช่วยเกษตรกรในการจัดรูปที่ดิน และทำคลอง คู ซอย จากคลองส่งน้ำฝั่งขวาให้ ในแต่ละปีพื้นที่ดังกล่าวจะถูกใช้ในการเพาะปลูกในฤดูแล้งมากกว่า 75% ผู้เพาะปลูกคือ เกษตรกรจากบ้านกุดกว้าง ซึ่งมีอยู่ประมาณ 180 หลังคาเรือน พื้นที่ส่วนใหญ่ไม่ใช่ที่ดินของเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูก แต่เจ้าของที่แบ่งให้ทำโดยไม่คิดเงินหรือค่าเช่าตอบแทน เพราะเจ้าของที่จะได้รับผลประโยชน์จากความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เพิ่มขึ้นจากปุ๋ยที่ตกค้างอยู่ ทำให้เจ้าของที่ใช้ปุ๋ยในการทำนาปีน้อยลงอีกด้วย ส่วนในฤดูฝนหรือฤดูทำนาเกษตรกรใช้พื้นที่ดังกล่าวน้อยกว่า 20% ในการปลูกผัก ผักที่เกษตรกรนิยมปลูกกันในบริเวณนี้ ได้แก่ แตงร้าน แฟง พริก ถั่วฝักยาว พื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกมีขนาดตั้งแต่ 1 งานขึ้นไปจนถึง 3-4 ไร่

น้ำที่ได้จากคลองส่งน้ำของโครงการส่งน้ำฯ หนองหวายซึ่งมีอยู่ตลอดฤดูการเพาะปลูกนี้ เมื่อไม่ต้องการใช้ก็จะปล่อยให้ระบายลงสู่ลำน้ำพองในบริเวณนั้น จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนสารเคมีจากปุ๋ยและยาฆ่าแมลงที่เกษตรกรใช้ได้ ปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้ในการปลูกผักในบริเวณนี้ ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และปุ๋ยสูตร 16-20-0 ผสมกับการใช้ปุ๋ยหมักซึ่งทำจากมูลสัตว์ผสมกับชานอ้อย นอกจากนี้ยังมีการใช้ยากำจัดวัชพืช ยาฆ่าแมลง ยารักษาโรคพืช และฮอร์โมน สำหรับเร่งการเจริญเติบโตของพืช ทั้งปุ๋ยและยาฆ่าแมลงประเภทต่าง ๆ จะใช้ตามสภาพของการเจริญเติบโตของพืช และสภาพของการระบาดของศัตรูพืช แต่โดยทั่วไปแล้วอัตราการใช้จะต่ำกว่าที่เกษตรกรในภาคกลางใช้เกือบครึ่งหนึ่ง ส่วนการให้ปุ๋ยในการปลูกข้าวจะใช้ในอัตราเฉลี่ย 10-15 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่น้อยกว่าที่ควรใช้เล็กน้อย

3. การใช้ประโยชน์จากลำน้ำพอง

- น้ำจากลำน้ำพองตอนบนถูกนำไปใช้ประโยชน์หลายด้านดังนี้

1. เพื่อการอุปโภคและการเพาะปลูกในบริเวณบ้านของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของนิคมสร้างตนเองเขื่อนอุบลรัตน์ในเขตพื้นที่ 17 ผังของนิคมฯ ทางฝั่งขวาของลำน้ำพองตอนบน ซึ่งมีอยู่ด้วยกันกว่า 700 หลังคาเรือน ยกเว้นหมู่บ้านที่มีอยู่แต่เดิม เช่น บ้านโนนจิก บ้านหนองผือ บ้านคำบอน และบ้านโนนสว่าง ด้วยความร่วมมือจากกรมประชาสงเคราะห์ และสมาชิกนิคมฯ ได้มีการติดตั้งเครื่องสูบน้ำจากลำน้ำพองจำนวน 4 เครื่อง ทั้งนี้ได้ดำเนินการก่อนที่จะมีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษฟีนิกซ์ และยังมีเครื่องสูบน้ำอีก 2 เครื่อง เพื่อสูบน้ำจากอ่างพักต่อไปยังหมู่บ้านหรือยังที่อยู่ไกลออกไป

2. ใช้ในโรงงานผลิตเยื่อกระดาษฟินิกซ์ ซึ่งตั้งสถานีสูบน้ำที่บริเวณห่างจากเขื่อนอุบลรัตน์ไปตามลำน้ำประมาณ 20 กิโลเมตร ปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาใช้เฉลี่ยต่อวัน 57,000 ลูกบาศก์เมตร เพื่อใช้ในกระบวนการผลิตและการทำน้ำประปาใช้ในโรงงาน

3. ใช้เป็นน้ำดิบในการประปาของหน่วยงานต่าง ๆ คือ

- การประปาสุขาภิบาลน้ำพอง วังชัย และเขาสวนกวาง มีโรงกรองน้ำอยู่เหนือโครงการส่งน้ำฯ หนองหวาย ประมาณ 500 เมตร
- การประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น มีสถานีสูบน้ำจากคลองส่งน้ำฝั่งขวาที่กิโลเมตร 32 ปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาเฉลี่ยต่อวัน 6,000 ลูกบาศก์เมตร
- การประปาเทศบาลเมืองขอนแก่น มีสถานีสูบน้ำจากคลองส่งน้ำฝั่งขวาที่กิโลเมตร 34.75 สูบน้ำเฉลี่ย 17,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

4. ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมัน สูบน้ำจากคลองส่งน้ำฝั่งขวา โดยสูบน้ำเฉลี่ย 1,440 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

5. ใช้ในการเกษตรกรรมบริเวณสองฟากฝั่งลำน้ำพองตอนบน

6. ใช้เป็นเส้นทางคมนาคม

7. เป็นแหล่งสัตว์น้ำพวก ปลา กุ้ง

น้ำในลำน้ำพองตอนล่างส่วนใหญ่นำไปใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมในด้านการนำไปใช้อุปโภคในครัวเรือนเกษตรกรที่อาศัยอยู่ตามริมน้ำนั้น มีไม่มากนักเพราะส่วนใหญ่เกษตรกรจะอาศัยน้ำบ่อ บ่อบาดาล ตลอดจนห้วยหนองที่อยู่ตามหมู่บ้านเป็นหลัก ส่วนการนำไปใช้ทางด้านเกษตรกรรมมีน้อยมากเช่นเดียวกัน เพราะเกษตรกรได้ใช้น้ำจากคลองส่งน้ำอยู่แล้ว และก็ไม่ค่อยใช้เป็นเส้นทางคมนาคมด้วย แต่ยังใช้เป็นแหล่งสัตว์น้ำได้บ้างอยู่เหมือนกัน โรงงานอุตสาหกรรมที่อาศัยน้ำจากลำน้ำพองตอนล่างมีดังต่อไปนี้

- โรงงานผลิตน้ำแข็ง ใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 100 ลูกบาศก์เมตร
- โรงงานสุรากรมสรรพสามิตจังหวัดขอนแก่น
- โรงงานล้างกรวดทราย
- โรงงานครั่ง
- โรงงานผลิตปลาทูนึ่ง
- โรงงานน้ำตาลซึ่งใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ ใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 34,000 ลูกบาศก์เมตร
- โรงงานทำไม้อัดจากชานอ้อย

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าลำน้ำพองเป็นลำน้ำที่มีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ และเศรษฐกิจของประชาชนในบริเวณอีสานเหนือ หากลำน้ำเกิดการเน่าเสียจะก่อให้เกิดความเดือดร้อนและความสูญเสียแก่ประชาชนที่ใช้ประโยชน์จากลำน้ำนี้ และจะสิ้นเปลืองงบประมาณในการกำจัดภาวะน้ำเสีย

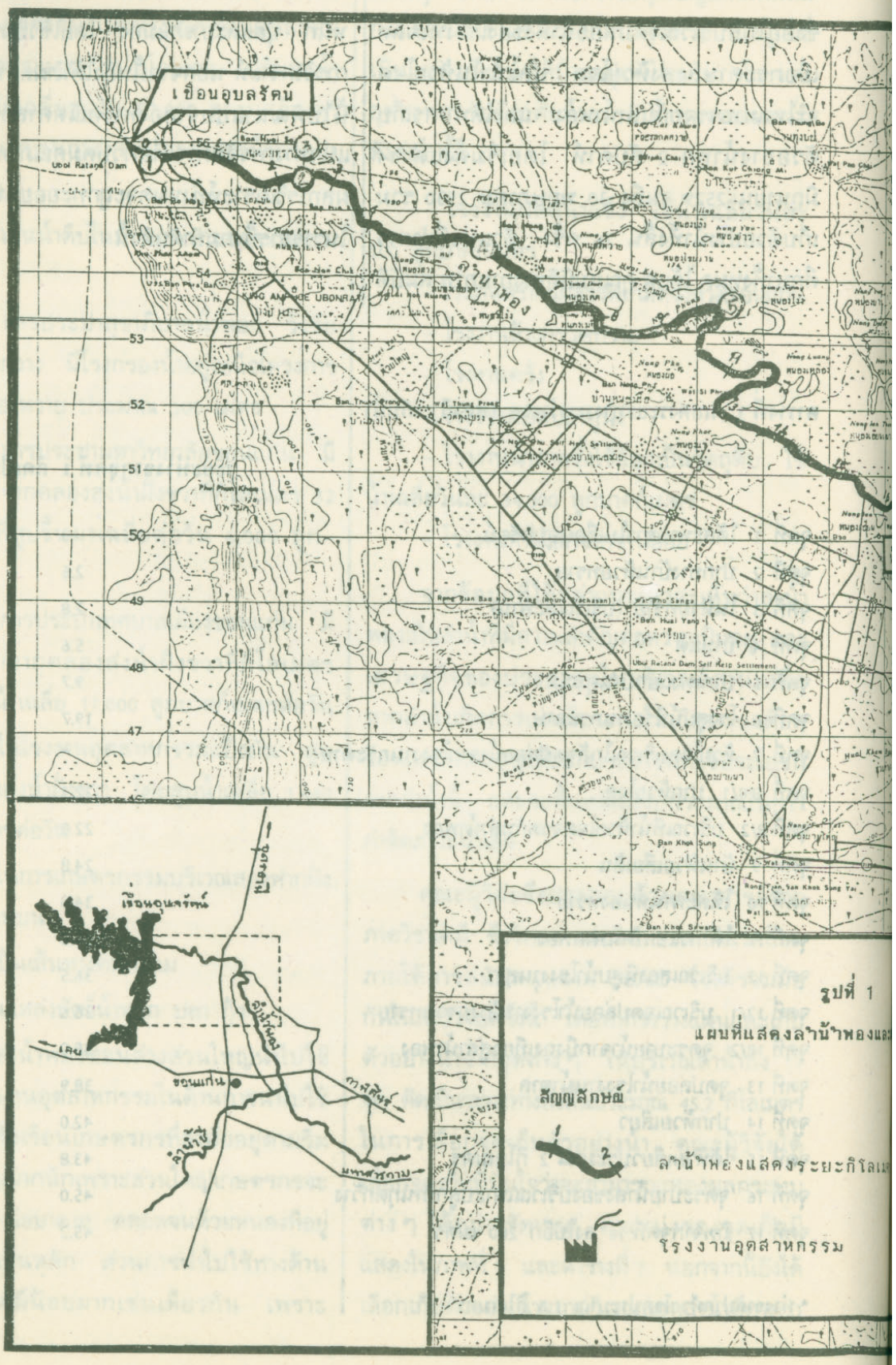
คณะผู้วิจัยซึ่งประกอบด้วยคณาจารย์จากภาควิชาเคมี ชีววิทยา และวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภายใต้การสนับสนุนจาก USAID จึงได้ร่วมมือกันในการวิจัยครั้งนี้ โดยทำการวางแผนและเก็บตัวอย่างน้ำจากจุดต่าง ๆ ในบริเวณลำน้ำถึง 17 จุด คิดเป็นระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 45.2 กิโลเมตร ในการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำ คณะผู้วิจัยได้เลือกจุดเก็บที่มั่นใจว่าจะสามารถแสดงผลกระทบต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ตำแหน่งของจุดเก็บมีแสดงในภาพที่ 1 และตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังได้เลือกเก็บตัวอย่างน้ำจากบริเวณนอกลำน้ำที่คาดว่า

จะส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อลำน้ำ เช่น จุดที่ 7 ซึ่งอยู่ใกล้บริเวณจุดปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานผลิตเยื่อกระดาษลงสู่ห้วยโจด และน้ำในห้วยโจดจะไหลมาบรรจบกับลำน้ำพอง และได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทุก 2 สัปดาห์ โดยเริ่มตั้งแต่ 14 มิถุนายน 2529 จนถึง 30 พฤษภาคม 2530 รวมเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสิ้น 26 ครั้ง ตัวแปรที่ทำการศึกษาทั้งหมด ได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี สมบัติทางชีวภาพ การเจือปนของโลหะหนัก ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง โดยใช้วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ นอกจากนั้นยังได้นำผลการวิจัยครั้งนี้ไปพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อเสนอแนวทางการจัดการเพื่อควบคุมคุณภาพ ของลำน้ำ ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดจะถูกทะยอยนำลงรายงานในวารสารนี้ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงระยะทางระหว่างจุด (สถานี) เก็บน้ำ

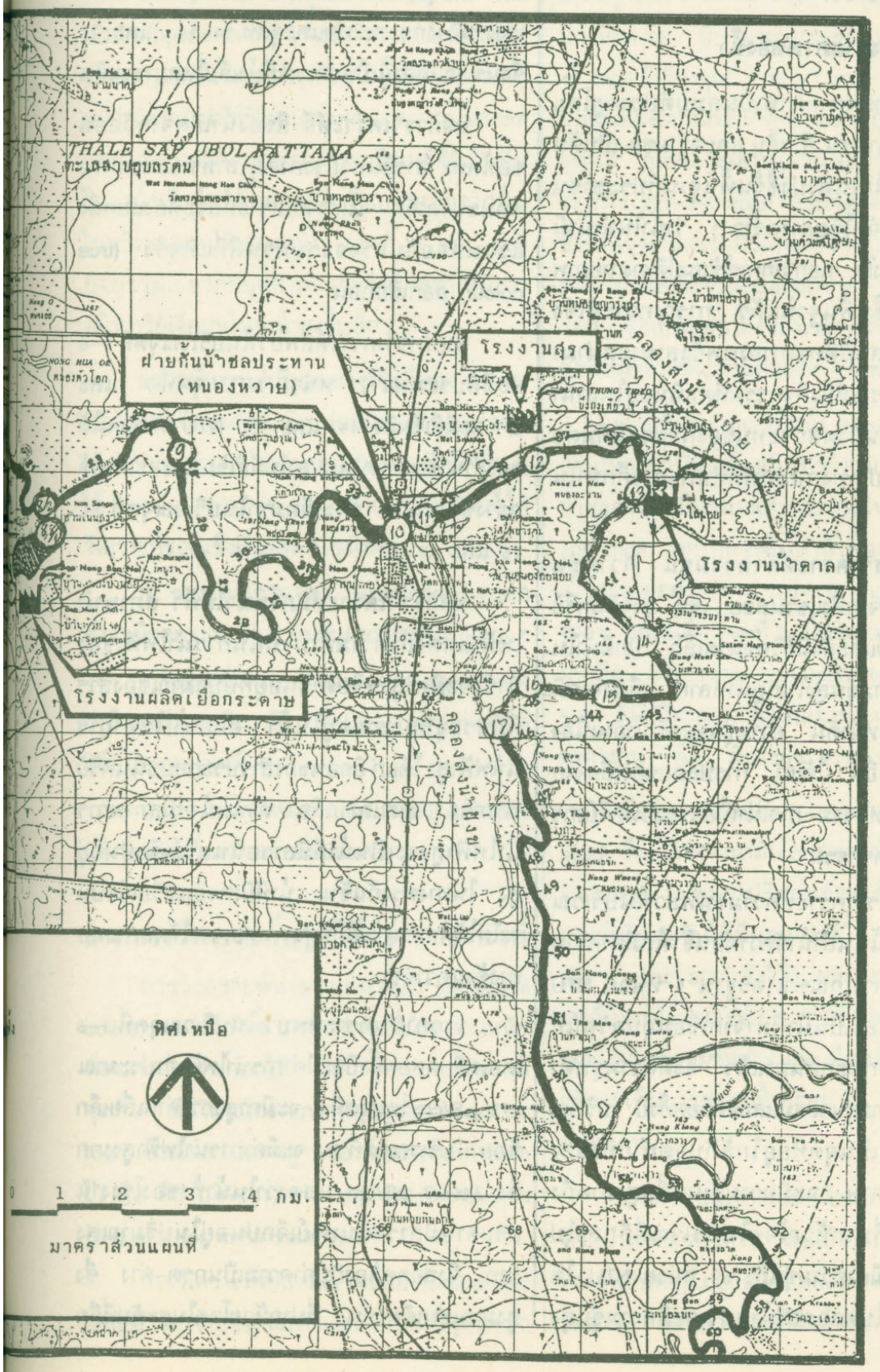
	ระยะห่างจากจุดที่ 1 คิดเป็นกิโลเมตร
จุดที่ 1 ใต้สะพานขาวในเขื่อนอุบลรัตน์	0
จุดที่ 2 ปากทางบ้านห้วยทราย	2.6
จุดที่ 3 ในห้วยทราย (บริเวณสะพาน)	2.8
จุดที่ 4 บ้านแต้	5.6
จุดที่ 5 ปากทางแยกบ้านคุมมุม	9.7
จุดที่ 6 โรงสูบน้ำโรงงานกระดาษ	19.7
จุดที่ 7 ห้วยโจดบริเวณใกล้จุดปล่อยน้ำจากโรงงานกระดาษ	*
จุดที่ 8,8/1 ปากห้วยโจด	22.1
จุดที่ 8/2 บริเวณที่น้ำห้วยโจดจรดกับลำน้ำพอง	22.0
จุดที่ 9 บ้านห้วยเสือเต้น	24.8
จุดที่ 10 ใต้สะพานหนองหวาย	34.0
จุดที่ 11 ใต้ทางแยกบ้านฟากพอง	34.3
จุดที่ 12 บริเวณสถานีสูบน้ำโรงงานสุรา	36.5
จุดที่ 12/1 บริเวณจุดปล่อยน้ำโรงงานล้างกรวดทราย	36.6
จุดที่ 12/2 จุดระบายน้ำจากบึงถุงเทียวสู่ลำน้ำพอง	38.0
จุดที่ 13 จุดปล่อยน้ำโรงงานน้ำตาล	38.9
จุดที่ 14 ปากห้วยเสียว	42.0
จุดที่ 15 ใต้ห้วยเสียวประมาณ 2 กิโลเมตร	43.8
จุดที่ 16 จุดระบายน้ำลงของบริเวณเพาะปลูกบ้านกุดกว้าง	45.0
จุดที่ 17 ถัดจากจุดที่ 16 ลงไปอีก 200 เมตร	45.2

* ห่างจากปากห้วยโจดประมาณ 1.5 กิโลเมตร



รูปที่ 1

แผนที่แสดงลำน้ำพองและ


THALE SAP UBOL RATTANA
ทะเลสาบอุบลรัตน
ฝายกั้นน้ำชลประทาน
(หนองหวาย)
โรงงานสุรา
โรงงานน้ำตาล
โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ
คลองส่งน้ำฝั่งขวา
คลองส่งน้ำฝั่งซ้าย
ทิศเหนือ
0 1 2 3 4 กม.
มาตราส่วนแผนที่

ผลการวิเคราะห์

1. สมบัติทางกายภาพของน้ำ

สมบัติทางกายภาพเป็นสมบัติปรากฏโดยทั่วไปของลำน้ำ เช่น สี กลิ่น และความขุ่น เป็นต้น สมบัติเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ขั้นพื้นฐานที่ประชาชนทั่วไปจะวินิจฉัยได้อย่างคร่าว ๆ ว่าน้ำในลำน้ำมีคุณภาพดีเพียงใด นอกจากการใช้สมบัติทางกายภาพเป็นตัวบ่งชี้ขั้นพื้นฐานแล้ว การวิเคราะห์เชิงปริมาณของสมบัติทางกายภาพยังสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงกิจกรรมที่ดำเนินอยู่ในลำน้ำและคาดคะเนถึงผลกระทบของกิจกรรมที่มีต่อลำน้ำได้ตัวแปรทางกายภาพที่ทำการการศึกษาในงานวิจัยนี้คือ

ผลการวิเคราะห์ค่าความขุ่น ความขุ่นของลำน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอย เช่น สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ปกติน้ำในลำน้ำจะมีความขุ่นสูงในฤดูน้ำหลาก เนื่องจากมีการชะล้างผิวหน้าดิน ความขุ่นของลำน้ำอันเนื่องมาจากสาเหตุอื่น ได้แก่ การปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม การเน่าเปื่อยของอินทรีย์สารและการเกษตรกรรม

จากการวิเคราะห์ความขุ่นพบว่าในบริเวณจุดที่ 1–6 น้ำในลำน้ำจัดว่าค่อนข้างใสมีค่าความขุ่นเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 5 หน่วย NTU น้ำในลำน้ำพองเป็นน้ำที่มาจากเขื่อนอุบลรัตน์ที่ได้ผ่านการตกตะกอนมาแล้ว จึงมีความขุ่นต่ำและค่าของความขุ่นจะสม่ำเสมอตลอดทั้งปี บริเวณจุดที่ 7 ซึ่งเป็นจุดที่อยู่ใกล้กับจุดถ่ายทิ้งของโรงงานกระดาษ จะมีความขุ่นเฉลี่ยสูงมากถึง 149 NTU ที่ปากห้วยโจดในบริเวณที่ลึกลงไป (จุด 8/1) มีค่าความขุ่นถึง 63 หน่วย NTU ใต้จุดที่ 6 ลงไปตลอดลำน้ำพบว่าจะมีความขุ่นสูงขึ้น โดยจุดที่เห็นเด่นชัด ได้แก่ จุด 12/1 ใต้โรงงานล้างกรวดทรายและจุดที่ 14–16 และ 17 ซึ่งบริเวณเหล่านี้เป็นบริเวณที่น้ำเสียไหลมารวมกัน

ผลการวิเคราะห์สี สีของน้ำเกิดจากอิออนของโลหะ สารอินทรีย์รงควัตถุ สาหร่ายและแพลงตอนขนาดเล็ก ในการวิเคราะห์สีจะต้องแยกสิ่งแขวนลอยอันอาจจะรบกวนสีที่แท้จริง (true colour) ออกเสียก่อน

จากการวิเคราะห์สีพบว่าในบริเวณจุดที่ 1–6 จะมีสีประมาณ 23 หน่วย NTU จุดที่ 7 และ 8/1 จะมีสีเข้มถึง 447 และ 150 NTU ทางตอนใต้ของลำน้ำตั้งแต่จุด 8/2 ลงไปมีสีเข้มและจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า สีจะเข้มมากในบริเวณจุดที่ 14, 16 และ 17

ผลการวิเคราะห์สภาพนำไฟฟ้า สภาพนำไฟฟ้าแสดงถึงความสามารถในการนำไฟฟ้าของน้ำซึ่งจะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในน้ำ อิออนที่ให้ค่าการนำไฟฟ้าสูง ได้แก่ อิออนของสารประกอบอนินทรีย์ของกรด เบสและเกลือ ดังนั้นน้ำที่มีสภาพการนำไฟฟ้าสูงจะเป็นน้ำที่มีสารอนินทรีย์เจือปนอยู่สูง ในทางตรงกันข้าม น้ำที่มีสารอินทรีย์เจือปนจะไม่ให้ค่าการนำไฟฟ้าที่สูง แต่อาจจะให้ผลกระทบทางด้านความขุ่น

จากการวิเคราะห์พบว่าในบริเวณจุดที่ 1–6 โดยเฉลี่ยตลอดทั้งปีจะมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำประมาณ 175 μS/cm โดยจุดที่ 6 จะมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยเล็กน้อย บริเวณจุดที่ 7 จะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมากถึง 2466.7 μS/cm แสดงว่าในน้ำทิ้งของโรงงานกระดาษมีสารอนินทรีย์เจือปนอยู่ในปริมาณสูงมาก จึงสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด–ด่าง ซึ่งสูงมากเช่นเดียวกัน ที่ปากห้วยโจดในระดับที่ลึก

ลงไปจะมีค่าการนำไฟฟ้าสูงถึง 900 μS/cm และเมื่อวัดที่จุดกึ่งกลางลำน้ำจะมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ย 290.47 μS/cm ภายใต้จุดที่ 6 ลงไปตลอดลำน้ำพบว่ามีค่าการนำไฟฟ้าสูงประมาณ 240–450 μS/cm แสดงว่าการย่อยสลายของสารอนินทรีย์ที่เจือปนในลำน้ำเป็นไปได้อย่างเชื่องช้าและนอกจากนั้นในบริเวณตอนใต้ของลำน้ำ (จุดที่ 11–14) ยังมีกิจกรรมเกี่ยวกับอุตสาหกรรมจึงมีผลทำให้มีสารอนินทรีย์เจือปนในลำน้ำสูงขึ้นอีก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งเจือปน ปริมาณของแข็งที่เจือปนในน้ำมีหลายชนิดและแต่ละชนิดอาจส่งผลกระทบไปยังสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ได้ เช่น สี ความขุ่น และกลิ่น ในการวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ของแข็งเจือปน 3 ชนิดคือ

ก. ของแข็งแขวนลอย (suspended solid) ซึ่งจะมีผลกระทบต่อความขุ่นและใสของน้ำ

ข. ของแข็งละลาย (dissolved solid) เช่น เกลือของสารอนินทรีย์ ซึ่งมีผลกระทบทำให้มีสีหรือมีความนำไฟฟ้าสูง

ค. ของแข็งทั้งหมด (total solid) เป็นของแข็งทั้งหมดที่แขวนลอยและละลาย

จากการวิเคราะห์สรุปได้คร่าว ๆ ดังนี้

การวิเคราะห์หาตะกอนหนัก (settleable solids) พบว่ามีเพียง 2 จุดเท่านั้นที่มีตะกอนหนักที่สามารถตกตะกอนได้ คือ จุดที่ 7 และ 8/1 จุดที่ 7 มีปริมาณตะกอนหนักอยู่ระหว่าง 40–60 mg/l ซึ่งเกินกว่ามาตรฐานของน้ำสะอาดที่กำหนดไว้ คือ ต้องไม่มากกว่า 10 mg/l (WHO standard of quality for water sources

การวิเคราะห์หาสารแขวนลอย (suspended solids) พบว่าปริมาณสารแขวนลอยในจุดต่าง ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 30–40 mg/l ซึ่งก็อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดคือ มีปริมาณสารแขวนลอยได้ไม่เกิน 40 mg/l มีเพียงจุดที่ 7, 8, 8/1 และ 8/2 และ 12/1 เท่านั้นที่มีค่าเกินกว่ามาตรฐานของน้ำสะอาด โดยจุดที่ 7 มีปริมาณสารแขวนลอยสูงมากโดยอยู่ระหว่าง 220–250 mg/l ส่วนจุด 8/1 และ 8/2 ซึ่งเป็นจุดที่น้ำจากห้วยโจดบรรจบกับลำน้ำพองก็มีปริมาณสารแขวนลอยสูงถึง 40–50 mg/l จุดที่ 12/1 ซึ่งเป็นจุดน้ำทิ้งของโรงงานล้างกรวดทรายซึ่งเคยมีของแข็งแขวนลอยถึง 49 mg/l

ของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved solids) ส่วนใหญ่จะเป็นเกลืออนินทรีย์ตามมาตรฐานของน้ำสะอาดจะมีปริมาณสารละลายในน้ำได้ไม่เกิน 200 mg/l แทบทุกจุดในลำน้ำพองจะมีปริมาณสารละลายอยู่ระหว่าง 120–130 mg/l ยกเว้นจุดต่าง ๆ เหล่านี้คือ จุดที่ 7 มีปริมาณสารละลายสูงมากคือ มีถึง 2220–2260 mg/l จุดที่ 8/1 และ 8/2 ก็มีปริมาณสารละลายมากจนเกือบเกินกว่ามาตรฐาน คือ มีค่าอยู่ระหว่าง 100–210 mg/l

เมื่อคิดรวมเป็นปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) ซึ่งองค์การอนามัยโลกกำหนดให้มีได้ไม่เกิน 500 mg/l จะพบว่าปริมาณของแข็งในน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับให้มีคุณภาพดีได้ ยกเว้นจุดที่ 8, 8/1 และ 8/2 ซึ่งได้รับผลกระทบจากจุดที่ 7 แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้คือ อยู่ระหว่าง 160–260 mg/l มีข้อน่าสังเกต คือ ปริมาณของของแข็งจะเพิ่มการสะสมขึ้นเรื่อย ๆ ในทุก ๆ จุดตลอดลำน้ำ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำตัวอย่างพอสรุปได้ว่า ถึงแม้ว่าผลการวิเคราะห์ทางกายภาพจะไม่บ่งชี้ถึงรายละเอียดของสิ่งเจือปนในลำน้ำ แต่ก็สามารถชี้ให้เห็นถึงคุณภาพของน้ำ

โดยรวมได้ ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพทั้งหมดสอดคล้องกัน และสามารถสรุปได้คร่าว ๆ ว่า น้ำในบริเวณตอนต้นของลำน้ำ (จุดที่ 1-6) มีคุณภาพค่อนข้างดี ใส ไม่มีสี มีตะกอนและค่าการนำไฟฟ้าต่ำ น้ำที่มีคุณภาพต่ำสุด ได้แก่ น้ำจากห้วยโจด (จุดที่ 7) ซึ่งเป็นแหล่งสะสมน้ำทิ้งจากโรงงานกระดาษ น้ำมีสีและกลิ่นที่น่ารังเกียจ มีตะกอนและค่าการนำไฟฟ้าสูง ซึ่งแสดงว่ามีสารปนเปื้อนสูงมาก และสามารถสรุปได้ทันทีว่าเป็นน้ำเสีย ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของห้วยโจดซึ่งตื้นเขินและมีวัชพืชหนาแน่น น้ำในบริเวณอื่น ๆ ของลำน้ำพองมีสมบัติทางกายภาพที่ต่ำกว่าน้ำในบริเวณตอนต้น ในบางบริเวณคุณภาพของน้ำจะต่ำและในบางบริเวณน้ำจะมีคุณภาพดีขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของลำน้ำ และกิจกรรมโดยรอบชายฝั่ง อย่างไรก็ตามข้อมูลทางกายภาพบ่งชี้ว่าคุณภาพของน้ำจะลดลงตามลำน้ำพอง ซึ่งแสดงถึงการสะสมของสารปนเปื้อน รายละเอียดและชนิดของสารปนเปื้อนจะพิจารณาได้จากสมบัติทางเคมีซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

2. สมบัติทางเคมีของน้ำ

สำหรับสมบัติทางเคมีจะสามารถใช้ชี้คุณภาพของน้ำได้อย่างเด่นชัด น้ำที่ใสไม่มีสีมิได้หมายความว่าจะเป็นน้ำที่สะอาดเหมาะแก่การอุปโภคหรือบริโภคเสมอไป จนกว่าจะได้รับการตรวจสอบสมบัติทางเคมีและทางชีวะเสียก่อน ตัวแปรที่จัดว่าเป็นสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษาและผลสรุปเป็นดังนี้

ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่างของน้ำ

ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นกรด-ด่างของน้ำได้แก่

ก. ค่าพีเอช. (pH) เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของโปรตอนอิสระในน้ำ ถ้าน้ำมี pH มากกว่า 7 จะมีสมบัติเป็นเบส ถ้ามี pH น้อยกว่า 7 จะมีสมบัติเป็นกรด น้ำธรรมชาติควรมี pH อยู่ระหว่าง 6-8

จากการวิเคราะห์ pH ของน้ำตัวอย่างพบว่าส่วนใหญ่จะมี pH ใกล้เคียงกับ 7 ตลอดปี ส่วนจุดที่ 7 จะมี pH สูงกว่าเล็กน้อย กล่าวคือ มีค่าสูงสุดไม่เกิน 9

ข. ความเป็นกรดของน้ำ (acidity) เป็นตัวเลขแสดงความสามารถของน้ำในการให้โปรตอนซึ่งรวมถึงโปรตอนที่ยังไม่แตกตัว เช่น โปรตอนในกรดอ่อน ในเกลือของเบสอ่อนด้วย ถ้าน้ำมีความเป็นกรดสูงขบวนการผุกร่อนจะเกิดได้ดี ดังนั้นจะเกิดปัญหากับท่อลำเรียงภาชนะเก็บกักตลอดจนหม้อน้ำ เป็นต้น

จากการวิเคราะห์หาความเป็นกรดของน้ำพบว่า จุดที่ 1-6 จะมีค่าความเป็นกรดค่อนข้างต่ำคือ ไม่เกิน 10 mg$CaCO_3$/l หลังจากจุดที่ 8/2 ไปค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้น ส่วนในห้วยโจดโดยเฉพาะจุดที่ 7 จะมีค่า acidity สูงสุด ค่าสูงสุดที่พบมีค่าถึง 132 mg $CaCO_3$/l

ค. ความเป็นด่าง (alkalinity) เป็นค่าแสดงความสามารถในการจับโปรตอนของน้ำเนื่องจากมีสารประกอบไบคาร์บอเนต คาร์บอเนต และไฮดรอกไซด์ละลายน้ำผสมอยู่

จากการวิเคราะห์ความเป็นด่างพบว่าค่าความเป็นด่างอยู่ระหว่าง 31.2 ถึง 280.5 mg $CaCO_3$/l โดยบริเวณจุดที่ 1-6 จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 73 mg $CaCO_3$/l และจะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยหลังจากมีน้ำเสียจากห้วยโจดออกมาเจือปน ในห้วยโจดบริเวณจุดที่ 7 มีค่าความเป็นด่างสูงมาก พบว่า

บางครั้งจะสูงถึง 425 mg $CaCO_3$/l

สำหรับคุณภาพน้ำช่วงท้ายฝายน้ำล้นจะมีค่าสูงขึ้นกว่าจุดที่ 10 เล็กน้อย กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 75-79 mg $CaCO_3$/l ยกเว้นจุดที่ 12 จะพบว่าค่าเฉลี่ยจะสูงถึงประมาณ 101 mg $CaCO_3$/l

ผลการวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนละลาย (dissolved oxygen, Do.)

ปริมาณออกซิเจนละลายใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพน้ำตัวหนึ่ง ทั้งนี้เพราะจะทำให้ทราบว่าปฏิกิริยาทางชีวะที่เกิดขึ้นจะเกิดจากแอโรบิก หรือแอนแอโรบิค ออร์แกนิสึ่ม ถ้าเป็นพวกแอโรบิกออร์แกนิสึ่มจะใช้ออกซิเจนอิสระในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์เพื่อเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นพิษ แต่ถ้าเป็นแอนแอโรบิก ออร์แกนิสึ่ม จะทำให้เกิดออกซิเดชั่นโดยการรีดิวซ์เกลืออนินทรีย์ที่มีออกซิเจนที่เป็นองค์ประกอบบางตัว เช่น ซัลเฟต เกิดผลิตภัณฑ์เป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งมีกลิ่นเหม็น ดังนั้นถ้าไม่มีออกซิเจนละลายในน้ำเลยก็จะทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นเนื่องจากเกิดผลผลิตเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งระเหยได้นี้เอง

แหล่งน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนละลายต่ำคือ มีค่าพิสัยต่ำกว่า 0.3-2.5 mg/l ปลาจะไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ภาวะเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ คือ ต้องมีค่า DO. สูงกว่า 5 mg/l. ขึ้นไป

จากการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนละลายในระดับลึกจากผิวน้ำประมาณ 1 เมตรตลอดลำน้ำพบว่าจุดที่ 1 จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.8 mg/l แล้วจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ จนถึงจุดที่ 6 และพบการลดลงอย่างรวดเร็ว ณ บริเวณจุดที่ 8/2 คือ ลดลงเหลือค่าเฉลี่ยเพียง 3.92 mg/l จากนั้นค่า DO. จะลดลงไปเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่ 10 จะเหลือค่าเฉลี่ยเพียง 2.6 mg/l เมื่อน้ำล้นผ่านฝายลงไปจะมีค่า DO เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 6.6 mg/l ณ จุดที่ 11 แล้วค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ และพบค่าเฉลี่ยต่ำสุดเป็น 3.1 mg/l ณ จุดที่ 17

ค่าออกซิเจนละลายในห้วยโจด บริเวณจุดที่ 7 จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 2.1 mg/l บริเวณจุดที่ 8 มีค่าเฉลี่ย 4.1 mg/l บริเวณจุดที่ 8 แต่ระดับที่ลึกลงไป (จุดที่ 8/1) จะมีค่าออกซิเจนละลายเกือบเป็นศูนย์ทุกครั้ง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณบีโอดี (biochemical Oxygen demand)

ค่าบีโอดีเป็นตัวบอกองศาของความสกปรกของแหล่งน้ำได้ดี ทั้งนี้เพราะค่าบีโอดีเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณออกซิเจนที่แอโรบิก ออร์แกนิสึ่มต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ชนิดที่ย่อยสลายได้ภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน โดยปกตินิยมหาค่าความต้องการออกซิเจนจำนวนนี้ใน 5 วัน ภายใต้อุณหภูมิ 20°C ผลิตภัณฑ์สุดท้ายของการออกซิไดซ์สารอินทรีย์อาจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำหรือคาร์บอนไดออกไซด์แอมโมเนียและน้ำก็ได้ ส่วนจะเป็นแบบใดขึ้นกับชนิดของสารอินทรีย์ ถ้าสารอินทรีย์ประเภทโปรตีนจะได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นแอมโมเนียด้วย ถ้าเป็นประเภทแป้งหรือน้ำตาลจะให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเท่านั้น

จากผลการศึกษาคุณภาพน้ำในลำน้ำพองพบว่าตั้งแต่จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 มีค่าเฉลี่ยไม่ต่างกันนัก กล่าวคือ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.49-1.66 mg/l

แล้วจะเพิ่มขึ้นเป็น 1.78 mg/l ณ จุดที่ 8/2 จากนั้นจะค่อย ๆ ลดลงจนถึงจุดที่ 10 จะมีค่าเหลือเพียง 1.48 mg/l ค่าบีโอดี ณ จุดที่ 11, 12 มีค่าใกล้เคียงกับจุดที่ 10 แต่จุดที่ 13 จะมีค่าสูงขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.93 mg/l (พิสัย 0.04–32.00 mg/l) แล้วจะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.6 mg/l ณ จุดที่ 17

ค่าบีโอดีในห้วยโจด ณ จุดที่ 7 จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 17.70 mg/l และบริเวณจุดที่ 8 และ 8/1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.89 และ 7.21 mg/l ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์

คลอไรด์เป็นอนุมูลอนินทรีย์ที่พบมากในน้ำธรรมชาติ และน้ำถ่ายทิ้งในน้ำที่มีปริมาณโซเดียมสูง ๆ ความเข้มข้นของคลอไรด์ที่สูงเพียง 250 mg/l ก็อาจทำให้รู้สึกถึงรสเค็มได้ แต่ถ้าเป็นแหล่งน้ำที่มีปริมาณโซเดียมน้อย แม้จะพบว่าปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นเป็น 1,000 mg/l ก็อาจไม่ปรากฏรสเค็มเลยก็ได้ น้ำที่มีปริมาณคลอไรด์สูงหากผ่านไปตามท่อโลหะจะทำให้โลหะผุกร่อนได้เร็ว และยังเกิดปัญหาเมื่อนำไปใช้เพื่อการเกษตรอีกด้วย น้ำธรรมชาติจะมีปริมาณคลอไรด์แตกต่างกันตามภูมิประเทศ ในบริเวณที่มีดินเค็ม หรือใกล้น้ำทะเลจะพบว่ามีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยิ่งถ้าแหล่งน้ำถูกฝนปนเปื้อนด้วยน้ำเสียของชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ใช้เกลือ, กรดที่มีคลอไรด์เป็นองค์ประกอบด้วยแล้วก็จะมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นเสมอ

จากการวิเคราะห์น้ำในลำน้ำพองสรุปได้ว่าปริมาณคลอไรด์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักในจุดที่ 1–5 คือ มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.5–10.0 mg/l จุดที่ 6 จะมีค่าเพิ่มขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.0 mg/l และพบว่าน้ำตั้งแต่จุดที่ 1–6 จะมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นเล็กน้อยในช่วงต้นฤดูฝน แล้วจะลดลงมามีค่าใกล้เคียงค่าเฉลี่ยหลังจากที่มีฝนตกชุกแล้ว ส่วนจุดที่ 8/2 จะมีปริมาณคลอไรด์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีค่าสูงสุด ณ จุดที่ 10 คือมีค่าเฉลี่ยสูงถึงประมาณ 31.0 mg/l (พิสัยอยู่ในช่วง 8.7–287.8 mg/l) จากนั้นปริมาณจะลดลงเหลือค่าเฉลี่ย 24.0 mg/l ณ จุดที่ 11, 12, 13 แล้วค่อย ๆ ลดต่ำลงจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 22.9 mg/l ณ จุดที่ 14

ปริมาณคลอไรด์ในห้วยโจด ณ จุดที่ 7 จะมีค่าสูงมากคือ มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 700.4 mg/l (พิสัยอยู่ในช่วง 138.4–1701.2 mg/l) ส่วนจุดที่ 8, 8/1 มีค่าเฉลี่ย 28.3 mg/l และ 271.9 mg/l ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ค่าซีโอดี. (chemical Oxygen demand)

ค่าซีโอดี หมายถึง ปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการออกซิไดซ์ สารอินทรีย์และอนินทรีย์บางชนิดในน้ำ โดยอาศัยหลักการที่ว่าสารอินทรีย์เกือบทั้งหมดจะถูกออกซิไดซ์โดยตัวเติมออกซิเจนอย่างแรงภายใต้ภาวะที่เป็นกรด สารอินทรีย์ประเภทอะมิโนไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียไนโตรเจน และพวกสารอินทรีย์ไนโตรเจนก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นไนเตรต ดังนั้นค่าซีโอดีจึงใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของน้ำได้อย่างดีอีกตัวหนึ่ง

ผลการวิเคราะห์หาค่าซีโอดีของน้ำในลำน้ำพองพบแนวโน้มเดียวกับค่า บีโอดี กล่าวคือ จุดที่ 1–6 จะมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ระหว่าง 9.7–12.0 mg/l โดยมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นจากจุดที่ 1–6 และมีค่าเพิ่มขึ้น ณ จุดที่ 8/2 9 โดยมีค่า

เฉลี่ยสูงขึ้นเป็น 17.6 และ 19.3 mg/l ตามลำดับ จากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อถึงจุดที่ 10 จะมีค่าเฉลี่ยเหลือเพียง 14.7 mg/l เมื่อผ่านฝายน้ำล้นลงมาแล้วค่าซีโอดีจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอีกอย่างช้า ๆ แล้วจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อถึงจุดที่ 13 โดยพบว่าค่าเฉลี่ยของจุดนี้มีค่าสูงถึง 35.1 mg/l และมีพิสัยอยู่ในช่วง 7.0–102.0 mg/l จากนั้นก็จะค่อย ๆ ลดลงจนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 16.2 mg/l ณ จุดที่ 17

ค่าซีโอดีในห้วยโจดจุดที่ 7 มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 361.9 mg/l (พิสัย 34.64–910.00) จุดที่ 9 และ 8/1 จะมีค่าเฉลี่ยลดลงเป็น 18.5 และ 69.1 mg/l ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์

มักพบไฮโดรเจนซัลไฟด์ในน้ำเสียจากชุมชนและจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสารอินทรีย์ปนอยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เพราะเป็นผลมาจากการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยออร์แกนิสึ่มชนิดแอน-แอโรบิก ทำให้เกิดกลิ่นเหม็นก๊าซไข่เน่า

จากการวิเคราะห์พบว่าตรวจพบไฮโดรเจนซัลไฟด์ในลำน้ำพองเพียงจุดเดียว คือ บริเวณจุดที่ 8/2 ซึ่งมีค่าพิสัยเท่ากับ 0.05–0.20 mg/l ส่วนจุดอื่น ๆ ที่อยู่ถัดจากจุดนี้ลงไปอาจมีปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์น้อยกว่าปริมาณต่ำสุดที่วัดได้ด้วยวิธีที่ใช้อยู่ (ขีดต่ำสุดในการวิเคราะห์โดยวิธีนี้มีค่าเท่ากับ 0.02 mg/l) ทั้งนี้เพราะว่าบ่อยครั้งที่พบว่าน้ำบริเวณจุดที่ 9 มีกลิ่นเหม็นเล็กน้อย แต่วิเคราะห์ไม่พบ ส่วนน้ำภายในห้วยโจดบริเวณจุดที่ 7 พบว่าค่าเฉลี่ยของไฮโดรเจนซัลไฟด์มีค่าต่ำประมาณ 0.02 mg/l และมีพิสัยเท่ากับ 0–0.15 mg/l จุดที่ 8 มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.04 mg/l ส่วนจุดที่ 8/1 มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 3.36 mg/l จึงแสดงว่าภายในห้วยโจดนับจากจุดที่ 7 ออกมาจนถึงปากห้วยซึ่งมีระยะทางประมาณ 1.5 กิโลเมตร จะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยแอนแอโรบิกออร์แกนิสึ่มเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะปริมาณออกซิเจนละลายในห้วยโจดมีค่าต่ำมาก และปริมาณซัลเฟตที่ทางโรงงานปล่อยออกมาจะลดลงอย่างมากจากจุดที่ 7 ถึง 8 และพบว่าปริมาณไฮโดรเจนซัลไฟด์ในห้วยโจดมีปริมาณค่อนข้างสูง แม้บริเวณปากห้วยจุดที่ 8 และ 8/1 ก็ยังนับว่ามีปริมาณสูงอยู่

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟต

อนุมูลซัลเฟตจะพบในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่วไป ในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม น้ำล้างจากเหมืองแร่จะพบในปริมาณที่สูงขึ้น ซัลเฟตยังเกิดจากการเกิดออกซิเดชันของซัลไฟด์ได้อีกด้วย ดังนั้นในแหล่งน้ำธรรมชาติที่ถูกปนเปื้อนด้วยซัลไฟด์ก็จะมีปริมาณซัลเฟตสูงขึ้นด้วย ในน้ำดื่มไม่ควรจะมีซัลเฟตเกิน 250 mg/l หากบริโภคน้ำที่มีปริมาณซัลเฟตสูงจะทำให้เกิดอาการระบายท้อง ส่วนน้ำที่ใช้ในหม้อน้ำตามโรงงานอุตสาหกรรมจะก่อให้เกิดตะกรันในหม้อน้ำ น้ำโสโครกหากมีปริมาณซัลเฟตสูงและปริมาณออกซิเจนละลายมีค่าต่ำ แอนแอโรบิก ออร์แกนิสึ่ม จะย่อยสลายสารอินทรีย์โดยวิธีดึงออกซิเจนจากซัลเฟต แล้วทำให้เกิดอนุมูลซัลไฟด์ ซึ่งจะดึงโปรตอนจากน้ำกลายเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในที่สุด ทำให้น้ำโสโครกมีกลิ่นเหม็น

จากการศึกษาปริมาณซัลเฟตในน้ำบริเวณน้ำพอง พบว่าทุกจุดตลอดลำน้ำพองจะมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 64–67 mg/l แต่ภายในห้วยโจดพบว่ามีปริมาณซัลเฟตสูงมาก

กล่าวคือ จุดที่ 7 จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 224.8 mg/l (พิสัย 174.0–288.0 mg/l) และจะลดลงเหลือค่าเฉลี่ยเพียง 14.98 mg/l และ 45.37 mg/l ณ จุดที่ 8 และ 8/1 ตามลำดับ และลดเหลือค่าเฉลี่ยประมาณ 6.7 mg/l ณ จุดที่ 8/2 จากนั้นก็จะมีค่าลดลงจนเข้าสู่ภาวะปกติ

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณฟอสเฟต

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ ฟอสฟอรัสที่พืชดูดซึมไปใช้งานได้ต้องอยู่ในรูป $H_2PO_4^-$ และ $HPO_4^=$ แต่ฟอสฟอรัสที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติและน้ำโสโครกจะอยู่ในรูป ออร์โธฟอสเฟต โพลีฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟต สาเหตุของการปนเปื้อนเกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน เช่น การซักล้าง การใช้ปุ๋ย เป็นต้น และโรงงานอุตสาหกรรม และการเน่าเปื่อยของซากพืชและสัตว์ เมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณฟอสเฟตสูงจะทำให้พืชน้ำเจริญเติบโต ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการกีดขวางการจราจร การเน่าตายทับถมกันขึ้นมาให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนแก่แหล่งน้ำได้อีกด้วย

จากการวิเคราะห์พบว่าปริมาณฟอสเฟตในลำน้ำมีค่าค่อนข้างต่ำเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.02–0.2 mg phosphorous/l บริเวณที่พบว่ามีปริมาณฟอสเฟตสูง คือ ในห้วยโจดบริเวณใกล้จุดถ่ายทิ้งของโรงงานกระดาษ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 6–22 mg phosphorous/l บริเวณปากห้วยโจดในระดับกึ่งกลางความลึกจะพบว่าปริมาณฟอสเฟตจะมีค่าค่อนข้างต่ำ น้ำบริเวณจุดที่ 8/1 จะพบว่าปริมาณฟอสเฟตสูงขึ้น กล่าวคือ จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.8 mg phosphorous/l ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดนั้น พบว่าจุบริเวณจุดที่ 1 ถึงจุดที่ 6 จะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ คือ มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.1 mg phosphorous/l แต่บริเวณจุดที่ 8/2 จะพบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช้า ๆ ในบริเวณจุดที่ 11, 12, 13, 14 เพราะเป็นแหล่งที่รวมน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีค่าแปรปรวนอยู่ระหว่าง 0.2–0.6 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัสต่อลิตร ส่วนภายในห้วยโจดพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดค่อนข้างสูง กล่าวคือ บริเวณจุดที่ 7 จะมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 6.8 mg phosphorous/l ส่วนบริเวณปากห้วยโจดจะลดลงโดยจุดที่ 8 จะมีค่าเฉลี่ยลดลงเป็น 0.2 mg phosphorous/l และบริเวณจุดที่ 8/1 จะเพิ่มขึ้นมีค่าเฉลี่ยเป็น 4.8 mg phosphorous/l

ผลการวิเคราะห์ค่าความกระด้าง

ความกระด้างของน้ำนิยมวัดในรูปความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca^{2+} และ m_g^{2+} ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต มีการจัดระดับความกระด้างของน้ำดังนี้

น้ำอ่อนมีความกระด้าง 0–75 มิลลิกรัมของ $CaCO_3$ ต่อลิตร

น้ำค่อนข้างกระด้าง 75–150 มิลลิกรัมของ $CaCO_3$ ต่อลิตร

น้ำกระด้าง 150–300 มิลลิกรัมของ $CaCO_3$ ต่อลิตร

น้ำกระด้างมาก มากกว่า 300 มิลลิกรัมของ $CaCO_3$ ต่อลิตร

จากการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำในลำน้ำพอง ได้ข้อสรุปว่า ในจุดที่ 1–6 มีค่าความกระด้างเฉลี่ยประมาณ 80–82 mg $CaCO_3$/l แล้วค่อย ๆ มีค่าเพิ่มขึ้นในจุดที่ 9 และจุดที่ 10 มีค่าเฉลี่ย 94–98 mg $CaCO_3$/l แล้วค่อนข้างคงที่จน

ถึงจุดที่ 12/2 มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 101 mg $CaCO_3$/l หลังจากจุดนี้ก็ค่อย ๆ ลดลง สรุปรวม ๆ ได้ว่าคุณภาพน้ำตลอดลำน้ำพองค่อนข้างกระด้าง และความกระด้างของน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำ ส่วนจุดที่ 7 น้ำมีความกระด้างมาก มีค่าเฉลี่ยถึง 800 mg $CaCO_3$/l

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนรูปต่าง ๆ

สารประกอบไนโตรเจนในน้ำมี 2 พวกใหญ่ ได้แก่ สารอนินทรีย์ เช่น แอมโมเนีย และไนไตร์ เป็นสารมัธยันตร์ ไนเตรท เป็นสารรูปสุดท้าย ส่วนอีกชนิดหนึ่ง คือ สารอินทรีย์ เช่น ออร์แกนิกไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารรูปแรก สารประกอบไนโตรเจนทุกรูปสามารถเปลี่ยนแปลงกันได้เมื่อในน้ำมีแก๊สออกซิเจนและภาวะที่เหมาะสม

จากการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในลำน้ำพองตลอดปี สรุปได้ดังตารางที่ 2 และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยตลอดปีจะเห็นว่าปริมาณออร์แกนิกไนโตรเจนและไนเตรทมีค่าใกล้เคียงกัน และอีกคู่หนึ่ง ได้แก่ แอมโมเนียไนโตรเจนกับไนไตร์ท

พบว่าปริมาณออร์แกนิกไนโตรเจน และไนเตรท ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในลำน้ำพอง แต่ไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำฝน โดยถ้าน้ำน้อยจะมีปริมาณออร์แกนิกไนโตรเจนมาก แต่ถ้าน้ำมากจะพบปริมาณไนเตรทมาก อาจเป็นเพราะเมื่อน้ำมากปริมาณออกซิเจนในน้ำมีมากจึงเกิดออกซิเดชันขึ้น

เมื่อพิจารณาผลจากแหล่งอุตสาหกรรมและแหล่งเกษตรกรรม สรุปได้ดังนี้

(1) แหล่งอุตสาหกรรมในลำน้ำพองตอนบน ได้แก่ โรงงานกระดาษ จากการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนทุกรูปที่จุดที่ 7 มีค่าสูงมากที่สุดเกือบทุกครั้ง และมีปริมาณออร์แกนิกไนโตรเจนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนรูปอื่น อาจเป็นเพราะมีการใช้ปุ๋ยยูเรียในโรงงาน และที่จุด 8 มีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่า 8/1 เพราะสารประกอบพวกนี้ ส่วนมากมักสะสมในผิวของดินตะกอน และยังใช้เป็นอาหารของพืชพวกผักตบชวา แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบไนโตรเจน หลังจากจุดที่ 7 พบว่าปริมาณออร์แกนิกไนโตรเจน ค่อย ๆ ลดลง เมื่อระยะทางห่างมากขึ้น แต่ปริมาณไนเตรทจะตรงกันข้ามคือ มีค่ามากขึ้นเมื่อห่างออกไป และในลำน้ำพองตอนล่าง

ตารางที่ 2 สรุปสารประกอบไนโตรเจนทุกรูป

สารประกอบ	ปริมาณ (mg/l)	คำอธิบาย
ออร์แกนิกไนโตรเจน	nil – 27.56	มีบางครั้งและบางจุดที่เกินมาตรฐาน และในลำน้ำพองตอนล่างมีจำนวนครั้งที่เกินมาตรฐานมากกว่าลำน้ำพองตอนบน
ไนเตรท	nil – 7.04	มีจำนวนน้อยครั้งที่เกินมาตรฐาน ปริมาณเฉลี่ยตลอดปีใกล้เคียงกันตลอดลำน้ำ
แอมโมเนียไนโตรเจน	nil – 1.93	มีเกือบทุกครั้งและเกือบทุกจุดเกินมาตรฐาน ลำน้ำพองตอนบนมีแนวโน้มน้อยกว่าลำน้ำพองตอนล่าง
ไนไตร์ท	nil – 2.31	มีบางครั้งทุกจุดเกินมาตรฐาน

จากจุดที่ 13 ก็มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับลำน้ำพองตอนบนทุกประการ

(2) แหล่งเกษตรกรรม ในลำน้ำพองตอนบน คือ จุดที่ 3 และลำน้ำพองตอนล่าง คือ จุดที่ 14 และ 16 พบว่าในฤดูการปลูกข้าว สารประกอบไนโตรเจนทุกรูปมีค่าไม่แตกต่างจากเดือนอื่น ๆ อาจเป็นเพราะเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มากจนเหลือที่จะชะลงสู่ลำน้ำ ส่วนในฤดูปลูกผัก พบว่าที่จุด 16 มีปริมาณออร์แกนิกไนโตรเจนสูงถึง 27.56 mg/l แต่ไนเตรทมีค่าน้อย อาจเนื่องมาจากที่จุดนี้เป็นแหล่งระบายน้ำจากแหล่งปลูกพืชผัก และมีค่าออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำด้วย

ผลการวิเคราะห์แทนนินและลิกนิน

ลิกนินเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของ vascular plant tissue ของพืช มีโครงสร้างสลับซับซ้อนและมีโมเลกุลที่แตกต่างไปจาก biomacromolecule อื่น ๆ ซึ่งจะพบเสมอ ๆ ในน้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาในระหว่างขบวนการผลิตเยื่อกระดาษ ส่วนแทนนินซึ่งเป็นองค์ประกอบของพืชอีกชนิดหนึ่ง อาจปะปนมากับน้ำที่ใช้ในขบวนการผลิตหรือจากของเสียที่ได้มาจากอุตสาหกรรมทำแทนนิน

นอกจากนี้ยังได้มีผู้อธิบายเกี่ยวกับลิกนินดังนี้คือ ลิกนินหมายถึงโครงสร้างที่ทำหน้าที่ห่อหุ้มผนังเซลล์ของพืช ประกอบด้วยโพลิเมอร์ของ substituted phenolpropanoid เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมี methoxy group อยู่มากมีสมบัติไม่ถูกไฮไดรไลซ์ด้วยกรด ถูกออกซิไดซ์ได้รวดเร็ว ละลายได้ในด่างที่ร้อนและในไบซัลไฟต์ สามารถรวมตัวได้กับ phenol และ thio compound ได้รวดเร็ว สำหรับแทนนินเป็นสารประกอบตามธรรมชาติที่ได้จากพืช มีน้ำหนักโมเลกุลสูง 500–3000) และมีฟีนอลิกไฮดรอกไซด์หรือกรุ๊ปอื่น ๆ ที่เหมาะสมในจำนวนมากพอ สามารถสร้าง cross-link กับโปรตีนหรือโมเลกุลขนาดใหญ่อื่น ๆ ได้ การศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพของแทนนินทำได้ยาก เนื่องจากไม่สามารถแยกสารประกอบเหล่านี้ให้อยู่ในรูปอิสระได้

การวิเคราะห์แทนนินและลิกนินใช้วิธีกรดโมลิบโดฟอสฟอริก (molybdophosphoric acid MPA method) ซึ่งอาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาระหว่างกรดทังสโตฟอสฟอริกและกรดโมลิบโดฟอสฟอริกกับแทนนินและลิกนิน ได้เป็นสารเชิงซ้อนสีฟ้า วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 467 nm แล้วนำไปหาปริมาณแทนนินและลิกนิน ได้จากการเทียบกับกราฟมาตรฐาน

จากการวิเคราะห์พบว่าตลอดลำน้ำพองมีปริมาณแทนนินและลิกนินอยู่ในช่วง 0–1.63 mg/l ยกเว้นจุดเก็บที่ 7, 8, 8/1 และ 13 กล่าวคือ จุด 7 ซึ่งเป็นจุดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษฟินิกซ์ลงสู่ห้วยโจดมีปริมาณแทนนินและลิกนินอยู่ในช่วง 4.34–47.20 mg/l จุด 8 เป็นจุดที่ปากห้วยโจด ซึ่งต่อจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษฟินิกซ์มีปริมาณแทนนินและลิกนินอยู่ในช่วง 0.14–9.15 mg/l จุด 8/1 เป็นจุดที่ปากห้วยโจดมีปริมาณแทนนินและลิกนินอยู่ในช่วง 1.54–31.00 mg/l ส่วนที่จุด 13 ซึ่งเป็นจุดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล ค่าการวิเคราะห์จะสูงกว่าปกติในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนถึงต้นเดือนมกราคม ซึ่งเป็นฤดูกาลหีบอ้อยจะพบปริมาณแทนนินและลิกนินอยู่ในช่วง 1.01–2.10 mg/l และในช่วงต้นเดือนกันยายนและตุลาคม พบปริมาณแทนนินและลิกนินอยู่ในช่วง 1.57 – 1.72 mg/l ซึ่ง

สูงกว่าปกติเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเป็นผลเนื่องมาจากน้ำทิ้งที่ปล่อยมาจากโรงงานน้ำตาล นอกจากนี้ในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม ปริมาณแทนนินและลิกนินที่พบในทุกจุดของการเก็บตัวอย่างมีแนวโน้มสูงกว่าทุกเดือน คือ มีปริมาณ 0.06–47.20 mg/l ทั้งนี้เนื่องมาจากปริมาณน้ำในลำน้ำพองมีน้อยและมีการเน่าเหม็นเกิดขึ้น

จากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวสรุปได้ว่า น้ำเสียจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษฟินิกซ์ มีผลทำให้ปริมาณแทนนินและลิกนินในลำน้ำพองมีค่าสูงขึ้น โดยพิจารณาได้จากผลการวิเคราะห์ที่จุด 7 ซึ่งมีปริมาณแทนนินและลิกนินสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่น ๆ และแนวโน้มของปริมาณแทนนินและลิกนินในน้ำพองหลังจากจุด 7 คือ จุด 8–17 มีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับจุด 1–5 สำหรับโรงงานน้ำตาลจะมีผลทำให้ปริมาณแทนนินและลิกนินสูงขึ้นในช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานน้ำตาล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูกาลที่มีการหีบอ้อยก็จะมีผลทำให้ปริมาณแทนนินและลิกนินสูงกว่าปกติ สำหรับในฤดูแล้งทุกจุดที่เก็บตัวอย่างปริมาณแทนนินและลิกนินมีแนวโน้มสูงกว่าฤดูอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำในลำน้ำพองมีปริมาณน้อยจึงเกิดมีการสะสมของแทนนินและลิกนินในปริมาณที่สูง

ผลการวิเคราะห์โลหะหนัก โลหะแอลคาไลและแอลคาไลน์เอิร์ท

ปกติในน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณโลหะเจือปนอยู่เล็กน้อยจากน้ำฝนที่ชะล้างแร่ธาตุในดินลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จากการกัดเซาะและสลายตัวของแร่ธาตุต่าง ๆ แต่ถ้าในบริเวณนั้นมีการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภท อาจจะมีผลทำให้โลหะที่มีเองในธรรมชาติและโลหะอื่น ๆ ในสิ่งแวดล้อมมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งปริมาณโลหะในน้ำบางครั้งมีมากจนทำให้ปลาตาย หรือบางทีก็ไม่สามารถนำปลานั้นมาใช้ในการบริโภคได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะหนักหลายชนิดที่มีอยู่ในน้ำธรรมชาติในปริมาณมากเกินปกติที่กำหนด จะมีผลทำให้ไม่สามารถนำน้ำนั้นมาใช้อุปโภคบริโภคได้ โลหะหนักที่ทำการศึกษา ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอทและอาร์เซนิก โลหะหนักเหล่านี้ตามปกติในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีปริมาณน้อยมาก จนถือว่าไม่มีเลย แต่บางครั้งจะพบว่าโลหะเหล่านี้มีปริมาณมากเกินมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้ส่วนมากเป็นผลเนื่องมาจากโรงงานอุตสาหกรรมและการใช้ยาฆ่าแมลงในการทำเกษตรกรรม สำหรับโลหะแอลคาไลและแอลคาไลน์เอิร์ท ที่ทำการศึกษาได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโปแตสเซียม ซึ่งรายละเอียดของโลหะที่มีอยู่ในน้ำจะกล่าวได้ย่อดังนี้คือ

เหล็กและแมงกานีส : เหล็กเป็นโลหะมีความสำคัญต่อระบบนิเวศน์วิทยาเพราะเหล็กเป็นส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงและมีส่วนควบคุมระบบหายใจของสัตว์น้ำ สำหรับในแหล่งน้ำที่มีเหล็กหรือสารประกอบของเหล็กในปริมาณสูงจะก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมแก่แหล่งน้ำ ผู้ที่ดื่มน้ำที่มีปริมาณเหล็กสูง ๆ อาจจะเป็นโรคโฮโมโครมาโตซีส (homochromatosis) และในน้ำดื่มที่มีเหล็กและแมงกานีสปะปนอยู่จะมีสีน้ำตาลปนเหลือง มีกลิ่นและรสขม

ปรอท : ปรอทเกิดเองตามธรรมชาติในสิ่งแวดล้อม จากแก๊สที่ออกมาจากเปลือกโลกหรือจากการละลายของแร่ธาตุลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ สำหรับปรอทที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์มี

น้อย แต่มักจะทำให้มีความเข้มข้นสูงเฉพาะบริเวณ ซึ่งก็สร้างปัญหาในด้านสิ่งแวดล้อมให้กับบริเวณนั้น สารประกอบของปรอทมีที่ใช้มากมายในอุตสาหกรรมมากกว่า 80 ชนิด รวมทั้งพลาสติก การผลิตคลอรีน อุปกรณ์อิเล็กโทรนิคส์ ตลอดจนใช้ในงานทางเกษตรด้วย เช่น การเก็บรักษาเมล็ดพืชมักจะทำโดยการคลุกกับสารประกอบของปรอทเพื่อป้องกันเชื้อรา โรคที่เกิดจากพิษปรอทมีชื่อเรียกว่า "มินามาตะ"

ตะกั่ว : ตามปกติตะกั่วในสิ่งแวดล้อมมาจากพวกหินปูนที่มีแร่ตะกั่วปนอยู่ด้วยและจากน้ำทิ้งบริเวณโรงงานอุตสาหกรรมจากสารตะกั่วอินทรีย์ที่ผสมในน้ำมันเบนซีน เป็นต้น

แคดเมียม : ความเป็นพิษจากโลหะแคดเมียมและปริมาณที่มีเพิ่มขึ้นในสิ่งแวดล้อม ล้วนแต่เป็นผลมาจากอุตสาหกรรมทั้งสิ้น ส่วนใหญ่แล้วแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมมาจากการทำเหมืองและการถลุงโลหะ โดยเฉพาะแร่สังกะสีมักจะมีแคดเมียมเกิดปนอยู่เสมอ ผู้ที่ได้รับแคดเมียมมาก ๆ จะทำให้เกิดโรค "อิไต-อิไต"

อาร์เซนิก : เป็นสารพิษที่เคยใช้ในการผลิตยาฆ่าแมลงมาก่อน โดยปกติปริมาณของอาร์เซนิกในสิ่งแวดล้อมมีน้อยมาก แต่อาร์เซนิกมีความเป็นพิษต่อร่างกายของมนุษย์อย่างมากแม้นในปริมาณน้อย ๆ ก็ตาม

สังกะสีและทองแดง : ตามปกติจะมีในน้ำธรรมชาติน้อยมาก ผู้ที่ได้รับโลหะชนิดนี้ในปริมาณมาก ๆ จะทำให้เกิดความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหารและระบบประสาท

แคลเซียมและแมกนีเซียม : ในน้ำจืดจะมีไอออนของธาตุทั้งสองอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับไอออนของโลหะอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณระหว่างธาตุทั้งสองนี้ในแหล่งน้ำแล้ว จะพบว่าแคลเซียมจะมีปริมาณมากกว่าแมกนีเซียมเสมอ สำหรับในน้ำกระด้างจะมีปริมาณแร่ธาตุทั้งสองตัวนี้เพิ่มขึ้น สมบัติทางเคมีของโลหะทั้งสองชนิดนี้มีความคล้ายคลึงกันโดยปกติธาตุทั้งสองจะอยู่ในรูปเกลือคาร์บอเนต (CO_3)

โซเดียมและโปแตสเซียม : โดยทั่วไปแล้วในแหล่งน้ำต่าง ๆ จะมีปริมาณโซเดียม และโปแตสเซียมไม่มากนัก แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโซเดียมและโปแตสเซียมแล้วพบว่าโซเดียมจะมีปริมาณมากกว่าโปแตสเซียมเสมอ โดยทั่วไปแล้วพบว่าโซเดียมมักจะอยู่ในรูปของเกลือแกง (NaCl) โดยเฉพาะในพื้นที่ดินเค็มจะพบว่า แหล่งน้ำจะปริมาณโซเดียมสูง แต่บางครั้งอาจจะพบโซเดียมอยู่ในรูปอื่น ๆ เช่น โบแรกซ์ ($Na_2B_4O_7$) โปแตสเซียมเมื่ออยู่ในรูป K^+ จะถูกชะล้างได้ดี ดังนั้นปุ๋ยโปแตสเซียมจึงถูกชะล้างลงสู่แม่น้ำลำคลองได้มาก นอกจากนี้แล้วน้ำฝนยังชะล้างเถ้าโปแตสเซียมที่เกิดจากการเผาใบไม้และส่วนอื่น ๆ ของพืชลงสู่แม่น้ำลำคลองด้วย

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะในน้ำตัวอย่างจากลำน้ำพองใช้อะตอมมิคแอบซอบชั่นสเปกโทรโฟโตเมตรี (atomic spectrophotometry) ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ

นำน้ำตัวอย่างที่ยังไม่ได้กรอง ย่อยสลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้นและกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (1 : 1) แล้วนำสารละลายที่เตรียมได้มาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะทั้งหมด คือ แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว แคดเมียม และเหล็ก ด้วยวิธีการดูดกลืนอะตอม (atomic absorption) ส่วนโซเดียมและโปแตสเซียมวิเคราะห์ด้วยวิธีการปล่อยโดยอะตอม atomic

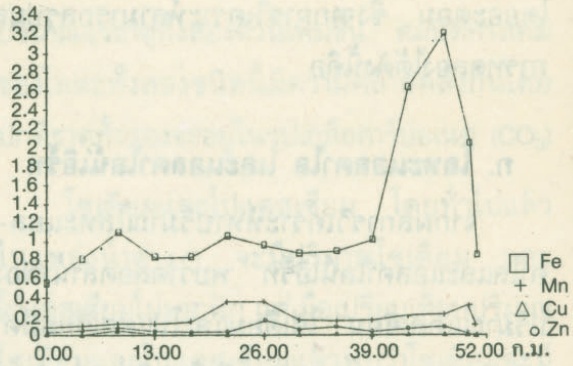
โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสรุปได้ว่าโดยทั่วไปแล้วปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าค่ากำหนดมาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำจืดและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนการวิเคราะห์ที่ได้ปริมาณโลหะหนักเกินกว่าค่ามาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เทียบจากการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 414 ครั้ง ได้ดังนี้ แมงกานีส 1.21% ทองแดง 1.40% สังกะสี 0.48% เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำจืด และแมงกานีส 0.48% เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ปริมาณโลหะหนักที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมีค่าน้อย ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักมักเกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อย และมักจะพบการสะสมในตะกอนดินในปริมาณที่สูง ส่วนในน้ำจะพบในปริมาณที่ต่ำ (วารสารวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 4 เล่มที่ 3 กุมภาพันธ์ 2524) นอกจากนี้อัตราการไหลของน้ำก็มีผลต่อปริมาณโลหะหนัก กล่าวคือ ถ้าอัตราการไหลของน้ำแรงจะพบว่าปริมาณโลหะในน้ำจะสูง สำหรับในลำน้ำพองอัตราการไหลของน้ำไม่ค่อยแรงเท่าไรนัก ดังนั้นส่วนมากจึงพบปริมาณโลหะหนักในน้ำมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

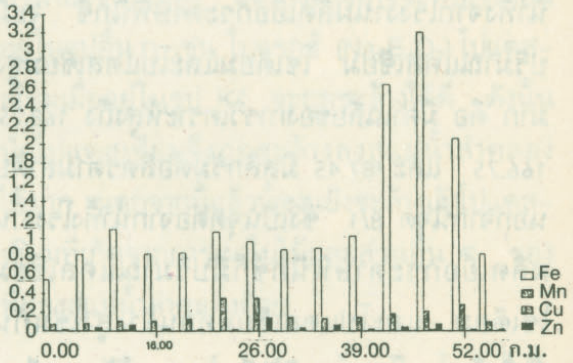
ผลการวิเคราะห์ทางชีววิทยา

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำที่ใช้ในการเกษตรกรรมที่ชะล้างผ่านปุ๋ยหรือวัตถุมีพิษที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช อาจจะมีทั้งสารที่เร่งการเจริญ หรือลดการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลำน้ำพอง และมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ เพิ่มเติมลงไปหากมีการระบายลงสู่ลำน้ำพอง ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ และทำให้มนุษย์เป็นโรค ในการศึกษาครั้งนี้ได้ตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดโดย

กราฟรูปที่ 2 กราฟเส้นแสดงปริมาณ Fe, Mn, Cu and Zn เทียบกับระยะทางในลำน้ำพอง จ. ขอนแก่น



กราฟรูปที่ 3 กราฟแท่งแสดงปริมาณ Fe, Mn, Cu and Zn เทียบกับระยะทางในลำน้ำพอง จ. ขอนแก่น



วิธี Standard plate count ใช้เป็นตัวแทนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเนื่องจาก ไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดใดไม่มีสภาพการเลี้ยงเชื้อใด ๆ ที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมดเจริญได้ เพราะว่าจุลินทรีย์ทุกชนิดมีลักษณะทางสรีระวิทยาที่แตกต่างกัน จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำจะบ่งบอกถึงปริมาณ organic matter ในน้ำขณะนั้น ถ้าหากมี organic matter มากเกินไปจะทำให้แบคทีเรียทั้งพวก aerobe, facultative aerobe, anaerobe เจริญได้ดี โดยเฉพาะพวก aerobe และ facultative aerobe เมื่อเจริญมาก ๆ จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำ

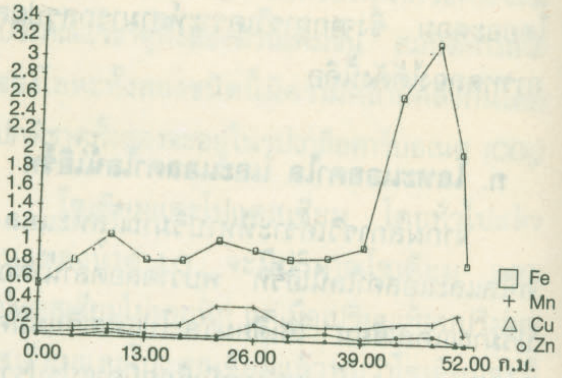
โรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสรุปได้ว่าโดยทั่วไปแล้วปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าค่ากำหนดมาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำจืดและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ส่วนการวิเคราะห์ที่ได้ปริมาณโลหะหนักเกินกว่าค่ามาตรฐานคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่เทียบจากการวิเคราะห์ทั้งสิ้น 414 ครั้ง ได้ดังนี้ แมงกานีส 1.21% ทองแดง 1.40% สังกะสี 0.48% เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในแหล่งน้ำจืด และแมงกานีส 0.48% เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานโลหะหนักในน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ปริมาณโลหะหนักที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติมักจะมีค่าน้อย ทั้งนี้เนื่องจากโลหะหนักมักเกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อย และมักจะพบการสะสมในตะกอนดินในปริมาณที่สูง ส่วนในน้ำจะพบในปริมาณที่ต่ำ (วารสารวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 4 เล่มที่ 3 กุมภาพันธ์ 2524) นอกจากนี้อัตราการไหลของน้ำก็มีผลต่อปริมาณโลหะหนัก กล่าวคือ ถ้าอัตราการไหลของน้ำแรงจะพบว่าปริมาณโลหะในน้ำจะสูง สำหรับในลำน้ำพองอัตราการไหลของน้ำไม่ค่อยแรงเท่าไรนัก ดังนั้นส่วนมากจึงพบปริมาณโลหะหนักในน้ำมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด

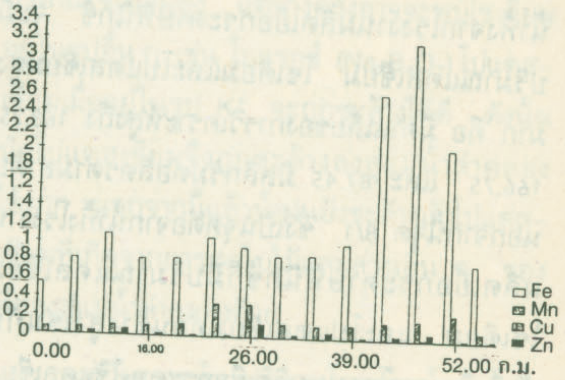
ผลการวิเคราะห์ทางชีววิทยา

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและน้ำที่ใช้ในการเกษตรกรรมที่ชะล้างผ่านปุ๋ยหรือวัตถุมีพิษที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืช อาจจะมีทั้งสารที่เร่งการเจริญ หรือลดการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลำน้ำพอง และมีจุลินทรีย์ต่าง ๆ เพิ่มเติมลงไปหากมีการระบายลงสู่ลำน้ำพอง ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งประโยชน์ต่อความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ และทำให้มนุษย์เป็นโรค ในการศึกษาครั้งนี้ได้ตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดโดย

กราฟรูปที่ 2 กราฟเส้นแสดงปริมาณ Fe, Mn, Cu and Zn เทียบกับระยะทางในลำน้ำพอง จ. ขอนแก่น



กราฟรูปที่ 3 กราฟแท่งแสดงปริมาณ Fe, Mn, Cu and Zn เทียบกับระยะทางในลำน้ำพอง จ. ขอนแก่น



วิธี Standard plate count ใช้เป็นตัวแทนจุลินทรีย์ทั้งหมดในน้ำเนื่องจาก ไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดใดไม่มีสภาพการเลี้ยงเชื้อใด ๆ ที่เหมาะสมทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมดเจริญได้ เพราะว่าจุลินทรีย์ทุกชนิดมีลักษณะทางสรีระวิทยาที่แตกต่างกัน จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในน้ำจะบ่งบอกถึงปริมาณ organic matter ในน้ำขณะนั้น ถ้าหากมี organic matter มากเกินไปจะทำให้แบคทีเรียทั้งพวก aerobe, facultative aerobe, anaerobe เจริญได้ดี โดยเฉพาะพวก aerobe และ facultative aerobe เมื่อเจริญมาก ๆ จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำ

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนครั้งที่ตรวจพบโลหะหนักและแสดงการเปรียบเทียบโลหะหนักที่ตรวจพบกับมาตรฐานโลหะหนักที่กำหนดในคุณภาพแหล่งน้ำจืดและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

จุดเก็บ	จำนวนครั้งที่ตรวจพบ				จำนวนครั้งที่เกินมาตรฐาน คุณภาพแหล่งน้ำจืด			น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม		
	Fe*	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn	Mn	Cu	Zn
1	26	25	8	19	0	0	0	0	0	0
2	26	26	9	21	0	0	0	0	0	0
3	26	26	12	22	0	0	0	0	0	0
4	26	26	10	21	0	0	0	0	0	0
5	26	25	10	17	0	0	0	0	0	0
6	26	26	14	17	0	0	0	0	0	0
7	26	26	22	25	1	2	1	1	0	0
8	26	17	13	20	1	0	0	0	0	0
8/1	18	19	15	15	1	1	0	1	0	0
8/2	19	17	13	14	1	0	0	0	0	0
9	26	26	7	18	1	0	0	0	0	0
10	26	26	5	19	0	0	0	0	0	0
11	26	26	6	19	0	0	0	0	0	0
12	26	26	7	21	0	1	0	0	0	0
13	26	26	14	19	0	0	0	0	0	0
14	26	26	19	19	0	1	0	0	0	0
16	6	6	3	5	0	0	0	0	0	0
17	6	4	1	5	0	0	0	0	0	0

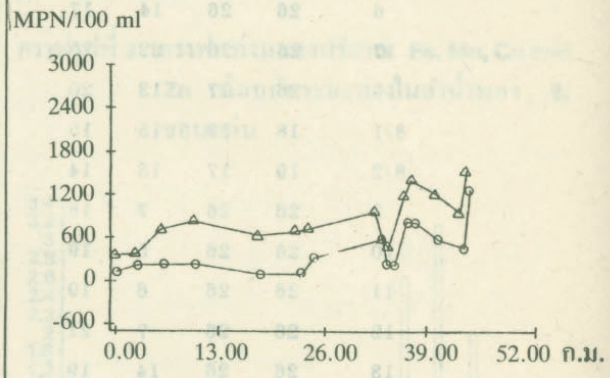
หมายเหตุ จุดเก็บ 1–17 ทำการเก็บตัวอย่าง 26 ครั้ง ยกเว้น 8.1, 8.2 ทำการเก็บตัวอย่างเพียง 19 ครั้ง และ 16, 17 ทำการเก็บตัวอย่าง 6 ครั้ง

Fe* ปริมาณเหล็กไม่มีกำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำจืดและน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

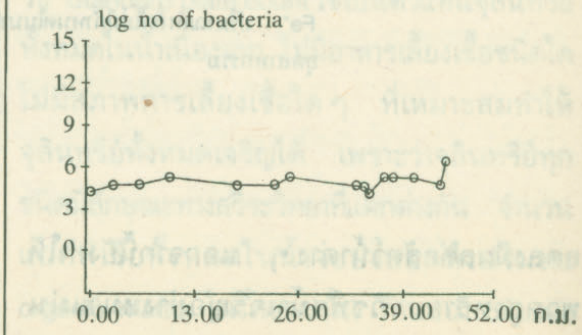
ลดลงมีผลต่อสัตว์น้ำต่าง ๆ นอกจากนี้ยังทำให้พวกสาหร่าย, วัชพืชน้ำเจริญอย่างหนาแน่นเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรทางน้ำ, การประมง, และการนำน้ำมาใช้ในการอุปโภคและบริโภค ส่วนเชื้อก่อโรคทางเดินอาหาร เช่น ไข้รากสาดน้อย, อหิวาตกโรค, โรคบิดมีตัว, โรคบิดไม่มีตัว, โรคโปลิโอ, โรคไวรัสตับอักเสบ นั้นตรวจสอบได้โดยการตรวจนับแบคทีเรียชี้แนะ ซึ่งจะมีชีวิตอยู่ในขณะที่แบคทีเรียอันตรายอยู่ในน้ำ รวมทั้งมีจำนวนแปรผันตามจำนวนแบคทีเรียอันตราย มีวิธีการตรวจหาง่ายและให้ผลเร็วกว่า ได้แก่ การตรวจนับ total coliform, และ fecal coliform

ผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนแบคทีเรียทั้งหมด total coliform, fecal coliform ที่พบในลำน้ำพองมีค่าเฉลี่ยตลอดปีแตกต่างไปตามลักษณะสิ่งแวดล้อมบนสองฝั่ง เช่น น้ำในบริเวณเหนือปากห้วยโจดตั้งแต่จุดปล่อยน้ำของเขื่อนอุบลรัตน์เป็นต้นมา มีจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด total coliform, fecal coliform น้อยกว่าน้ำในบริเวณใต้ห้วยโจด ซึ่งมีน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ไหลมาเจือปนกับน้ำในลำน้ำพอง ดังนั้นคุณภาพน้ำทางชีววิทยาของน้ำเหนือปากห้วยโจดจึงดีกว่าใต้ปากห้วยโจด น้ำบริเวณเหนือฝายน้ำล้นชลประทานหนองหวายจนถึงเหนือโรงงานสุรามีคุณภาพทางชีววิทยาใกล้เคียงกับบริเวณจุดปล่อยน้ำเขื่อนอุบลรัตน์ แต่บริเวณใต้โรงงานสุราไปถึงบ้านกุดกว้าง ซึ่งเป็นที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น โรงน้ำตาล, โรงงานสุรา โรงงานล้างกรวดทราย, โรงงานครั่ง ฯลฯ มีปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด, total coliform, fecal coliform, เพิ่มสูงขึ้นกว่าบริเวณอื่น ๆ ในลำน้ำพอง ดังแสดงในรูปที่ 4.1, 4.2 ส่วนน้ำในบริเวณนอกเหนือจากลำน้ำพองพบว่าตั้งแต่คลองระบายน้ำทิ้งโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ จนถึงห้วยโจด เป็นบริเวณที่น้ำมีคุณภาพทางชีววิทยาต่ำที่สุด โดยเฉพาะในคลองระบายน้ำทิ้งมีปริมาณแบคทีเรีย, total cliform, fecal coliform สูงสุด คือ มีค่าเฉลี่ย 2.9×10^8 เซล/1 ml, 1275 MPN/100 ml. 641.6 MPN/100 ml ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ทางชีววิทยา พอสรุปได้ว่า น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีผลต่อคุณภาพน้ำทางชีววิทยา ทำให้ไม่เหมาะในการทำประมง ดังเช่นในบริเวณใต้โรงงานสุราลงมา นอกจากนี้ยังตรวจพบแบคทีเรียชี้แนะซึ่งเป็นตัวแทนบ่งบอกถึงสภาพที่ปนเปื้อนด้วยสิ่งขับถ่าย และอุจจาระของมนุษย์ซึ่งอาจมีเชื้อโรคทางเดินอาหารปะปนออกมาด้วย ฉะนั้นหากนำน้ำไปใช้ในการอุปโภคและบริโภค ควรผ่านขบวนการกำจัดเชื้อโรคเสียก่อน และเพื่อให้คุณภาพน้ำทางชีววิทยาของลำน้ำพองมีสภาพเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ โรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งบนสองฝั่งควรที่จะมีวิธีการลดปริมาณอินทรีย์สารในน้ำทิ้งโดยใช้วิธีทางชีววิทยาที่เหมาะสม ก่อนที่จะปล่อยลงสู่ลำน้ำพอง



รูปที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ย (ระหว่างมิถุนายน – 29 พฤษภาคม 30) ของ total coliform (△—△) และ fecal coliform (o—o) ในรูป MPN/100 ml. ณ จุดเก็บต่าง ๆ ในลำน้ำพอง



รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ย (ระหว่างมิถุนายน – 29 พฤษภาคม 30) ของจำนวนแบคทีเรีย (ในหน่วย log no of bacteria) ณ จุดเก็บต่าง ๆ ในลำน้ำพอง

(ยังมีต่อ)

ว.วิทย. มข. 16 (2) : 119 – 120 (2531)

เกร็ดความรู้

"ขศยา"

เกร็ดความรู้ เป็นคอลัมน์ที่นำเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่พบเห็นตามปกติมาอธิบายด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สำหรับในฉบับนี้ขอนำความรู้เกี่ยวกับเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาเสนอให้ทราบ ดังนี้

ความรู้เรื่อง "เพนิซิลลิน"

เพนิซิลลิน (penicillin) เป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีธาตุคาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ไนโตรเจน (N), และกำมะถัน (S) เป็นองค์ประกอบ มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดได้ สารนี้ไม่ได้ทำหน้าที่ฆ่าเชื้อโรคโดยตรง แต่ทำหน้าที่หยุดยั้งการเจริญเติบโตและกีดกันไม่ให้เชื้อโรคออกลูกหลานต่อไป เพนิซิลลินเป็นปฏิชีวนสาร (antibiotics) อย่างหนึ่ง ถูกสร้างโดยเชื้อราชื่อ **เพนิซิลเลียม โนตาตัม (Penicillium notatum)** ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2471 โดย ดร. อเล็กแซนเดอร์ เฟลมมิง (Dr. Alexander Fleming) ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์สามารถสังเคราะห์เพนิซิลลินได้จากห้องปฏิบัติการ และนำสารนี้ไปใช้เป็นยารักษา**โรคติดเชื้อ**หลาย ๆ ชนิดได้อย่างกว้างขวาง

ความรู้เรื่อง "ฟ้าแลบ", "ฟ้าร้อง" และ "ฟ้าผ่า"

ฟ้าแลบ เป็นประกายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเนื่องจากประจุไฟฟ้าในก้อนเมฆกระโดดไปยังก้อนเมฆอื่น จะเกิดในระหว่างที่มีพายุฝนฟ้าคะนอง เนื่องจากระหว่างนั้นจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าขึ้นในหยดน้ำฝนและในอากาศ หยดน้ำฝนตกลงสู่พื้นดิน ส่วนอากาศลอยขึ้นสู่ก้อนเมฆ จึงเกิดมีประจุไฟฟ้าจำนวนมากสะสมอยู่ที่พื้นดินและก้อนเมฆ

ถ้าประจุไฟฟ้ากระโดดจากก้อนเมฆลงสู่พื้นดิน เราเรียกประกายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นว่า **ฟ้าผ่า**

ส่วน **ฟ้าร้อง** เป็นเสียงที่เกิดจากการที่อากาศวิ่งเข้าสู่บริเวณที่เป็นสูญญากาศซึ่งเกิดจากฟ้าแลบ เราจะได้ยินเสียงฟ้าร้องหลังจากเห็นฟ้าแลบเนื่องจากเสียงเดินทางได้ช้ากว่าแสง

ความรู้เรื่อง "พี่น้องฝาแฝด"

พี่น้องฝาแฝด (twins) คือ พี่น้องที่อยู่ในครรภ์มารดามาพร้อมกัน ซึ่งจะคลอดออกมาในเวลาใกล้เคียงกัน จำแนกได้เป็น 2 ประเภท คือ **ฝาแฝดเหมือน** และ **ฝาแฝดไม่เหมือน**

ฝาแฝดเหมือน (identical twins) เป็นฝาแฝดที่เกิดจากการผสม (fertilization) ระหว่างไข่ 1 เซลล์กับสเปอร์ม 1 เซลล์ ได้เป็น 1 ไซโกท (Zygote) แต่เกิดความผิดพลาดในการแบ่งตัวระยะแรก ทำให้ไซโกทแบ่งตัวครั้งแรกได้เป็น 2 เซลล์ ที่ทำหน้าที่เป็น 2 โซโกท และพัฒนาการต่อไปเป็นตัวคน 2 คน ฝาแฝดประเภทนี้จะมีรูปร่างหน้าตาและเพศเหมือนกัน เนื่องจากมียีโนไทป์ (genotype) เหมือนกัน

ฝาแฝดไม่เหมือน (fraternal twins) เป็นฝาแฝดที่เกิดจากความผิดปกติในการตกไข่ของมารดา ทำให้มีไข่ตกออกมามากกว่า 1 เซลล์ในรอบเดือนเดียวกัน และเมื่อไข่นั้น ๆ ได้รับการผสมจากสเปอร์มแต่ละเซลล์ก็จะเจริญและพัฒนาการต่อไปเป็นตัวคนที่อยู่ในครรภ์มารดาพร้อมกัน พี่น้องฝาแฝดประเภทนี้จะเหมือนพี่น้องตามปกติ คือ มีโอกาสเป็นเพศเดียวกัน หรือต่างเพศกันครึ่งต่อครึ่ง และรูปร่างหน้าตาก็จะแตกต่างกันไปบ้าง

อย่างไรก็ตาม ในพี่น้องฝาแฝดเหมือน ถ้าได้รับการเลี้ยงดูที่แตกต่างกัน ก็จะทำให้เกิดความแตกต่างกันได้ในหลายลักษณะอันเนื่องมาจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันนั้น

ความรู้เรื่อง "คนหัวล้าน"

ลักษณะศีรษะล้านในคนเป็นลักษณะพันธุกรรมซึ่งถูกควบคุมด้วยยีนส์ที่ถูกจัดอยู่ในประเภท "sex influenced genes" กล่าวคือเป็นยีนส์ที่อยู่บนโครโมโซมร่างกาย แต่ผลของการแสดงออกจะมีอิทธิพลของฮออร์โมนเพศเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ทำให้ผลการแสดงออกของยีนส์ประเภทนี้แตกต่างกันในแต่ละเพศ สำหรับ**ยีนส์ที่ควบคุมลักษณะศีรษะล้านในคนจะแสดงผลเป็นลักษณะเด่นในเพศชาย แต่ในเพศหญิงจะแสดงผลเป็นลักษณะด้อย** โดยลำดับความข่มเป็นการข่มอย่างสมบูรณ์ (complete dominance)

ถ้ากำหนดให้ B_1 เป็นสัญญลักษณ์ของยีนส์ที่ควบคุมลักษณะศีรษะปกติ B_2 เป็นสัญญลักษณะของยีนส์ที่ควบคุมลักษณะศีรษะล้าน ยีโนไทป์ของคนทั่วไปจะมีโอกาสเป็นได้ 3 แบบ คือ B_1B_1, B_1B_2, และ B_2B_2 โดย B_1B_1 แสดงผลเป็นลักษณะศีรษะปกติ B_2B_2 แสดงผลเป็นลักษณะศีรษะล้าน **ยีโนไทป์ B_1B_2 จะแสดงผลเป็นลักษณะศีรษะปกติในผู้หญิง แต่จะแสดงผลเป็นลักษณะศีรษะล้านในผู้ชาย**

จึงไม่ใช่เรื่องแปลกอะไรที่เราพบ "คนหัวล้าน" ที่เป็น**ผู้ชาย**มากกว่า**ผู้หญิง**

คอลัมน์นี้มีรางวัล

☐ สมาชิกใหม่ **ใบสมัครเป็นสมาชิก "วิทยาศาสตร์ มข."**

☐ ต่ออายุ เขียนที่.....

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า..... ☐ บุคคลทั่วไป ☐ นักเรียน นักศึกษา

ที่ทำงานหรือสถานศึกษา:.....

ที่อยู่.....

รหัสไปรษณีย์..... หมายเลขสมาชิก.....

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

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

จำนวน..... บาท มาทาง ☐ ธนาณัติ ☐ เช็คไปรษณีย์

ลายเซ็น..... **ผู้สมัคร**

(วารสารวิทยาศาสตร์ มข. พิมพ์ปีละ 4 ฉบับ ค่าบำรุงปีละ 40 บาท ขายปลีกเล่มละ 12 บาท)

หมายเหตุ ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 (ว.ท.ท. 14) จะจัดให้มีขึ้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

คนเก่งของเรา ได้แก่ คุณอัมพร ทองสอน จ.สุราษฎร์ธานี หวังว่า คงได้รับรางวัลแล้วนะคะ

....น.ส. TINA....

คอลัมน์นี้มีรางวัล

คณิต.....คิดเพลิน

1. สมมติว่ามีเหรียญบาทวางอยู่ 2 แถว ๆ ละ 5 อันดังรูป

ให้คุณย้ายเหรียญได้เพียง 4 อัน ไปวางอยู่ที่ใด ๆ ก็ได้ที่ไม่อยู่ตรงหัวเหรียญอันอื่นในแนวตั้ง ซึ่งเมื่อย้ายไปวางแล้วต้องสามารถลากเส้นตรงได้ 5 เส้น โดยแต่ละเส้นผ่านจุดกึ่งกลางของเหรียญทุก ๆ แถวได้แถวละ 4 เหรียญด้วย

2. จงหาค่า Y ทั้งหมด ที่เป็นไปได้ ซึ่งทำให้สามเหลี่ยม ซึ่งมีจุดยอดที่ A (0, 2), B (1, y) และ C (2, 0) เป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก โดยมีมุม ABC เป็นมุมฉาก

.....ส่งคำตอบมาทางไปรษณียบัตร ภายในเดือนสิงหาคม 2531 รางวัลใหญ่ 10 รางวัล กำลังรอคุณอยู่.....

น.ส. TINA

เฉลย ปัญหาคอลัมน์นี้มีรางวัล

ปีที่ 15 ฉบับที่ 4 ต.ค. – ธ.ค. 30

การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 14 (ว.ท.ท. 14) จะจัดให้มีขึ้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร

คนเก่งของเรา ได้แก่ คุณอัมพร ทองสอน จ.สุราษฎร์ธานี หวังว่า คงได้รับรางวัลแล้วนะคะ

....น.ส. TINA....

โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ออฟเซ็ท ขอนแก่น โทร.221141 (ช่างศลีนิคหันตแพทย์ "อิน" โทร.22
ถนนหลังเมือง ขอนแก่น นายอารีย์ หอวิจิตร ผู้พิมพ์โฆษณา