วิสัยทัศน์

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา เป็นสถาบันหลักของเครือข่ายทางปัญญาแห่งชาติ และเป็นองค์การพัฒนาความรู้ที่สามารถเป็นแหล่งอ้างอิงทางวิชาการ

บทความที่ตีพิมพ์เป็นบทความวิชาการที่ได้บรรยายในที่ประชุมของสำนักวิทยาศาสตร์และได้ผ่านการวิพากษ์จากราชบัณฑิตและภาคีสมาชิกแล้ว

บทความที่ได้รับจากนักวิชาการภายนอกได้ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิมาแล้ว บทความที่จะนำมาตีพิมพ์ในวารสารราชบัณฑิตยสภา ต้องเป็นบทความที่ไม่เคยตีพิมพ์ที่ใดมาก่อน

บทความและความคิดเห็นในวารสารราชบัณฑิตยสภา เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้เขียน สำนักงานราชบัณฑิตยสภาไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

อนึ่ง บทความในวารสารฉบับนี้สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

พิมพ์ที่ : สำนักพิมพ์คณะรัฐมนตรีและราชกิจจานุเบกษา
สี่แยกชังฮี้ ถนนสามเสน แขวงวชิรพยาบาล
เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๐๐
โทร. ๐ ๒๒๔๓ ๐๖๑๓ โทรสาร ๐ ๒๒๔๓ ๑๘๒๐

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา
Office of the Royal Society
สนามเสือป่า เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๐๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๓๕๖ ๐๔๖๖-๗๐
www.royin.go.th

วารสารราชบัณฑิตยสภา ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ มกราคม-มีนาคม ๒๕๕๘ : Volume 40 Number 1 January-March 2015

วารสาร ราชบัณฑิตยสภา
The Journal of the Royal Society of Thailand

Cameron Highlands

Cameron Highlands เป็นชื่อตำบลอยู่ในรัฐปะหัง ประเทศมาเลเซีย บริเวณ Cameron Highlands เป็นภูเขาอยู่ที่ระดับความสูงของน้ำทะเลเฉลี่ย ๑,๕๐๐ เมตร ยอดภูเขาสูงที่สุด สูงกว่าระดับน้ำทะเล ๒,๐๐๐ เมตร และมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ ๗๐๐ ตารางกิโลเมตร ในช่วงฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำเฉลี่ย ๑๐-๒๐ องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย ๒๐-๓๐ องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ ๒๐-๓๐ องศาเซลเซียส

ISSN 0125-2968
www.jroyinsthai.com

ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ มกราคม-มีนาคม ๒๕๕๘
Volume 40 Number 1 January-March 2015

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา
สนามเสือป่า เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ๑๐๓๐๐
โทรศัพท์ ๐ ๒๓๕๖ ๐๔๖๖-๗๐ โทรสาร ๐ ๒๓๕๖ ๐๔๗๒

Office of the Royal Society
Sanam Sueapa, Khet Dusit, Bangkok 10300, Thailand
Tel. 0 2356 0466-70 Fax 0 2356 0492
www.royin.go.th

วารสารราชบัณฑิตยสภา

วารสารราย ๓ เดือน

ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์พิเศษ ดร.สันทัด โรจนสุนทร — *นายกราชบัณฑิตยสภา*

ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ — *ประธานสำนักวิทยาศาสตร์*

ประธานคณะบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์ — *ราชบัณฑิต*

รองประธานคณะบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ — *ภาคีสมาชิก*

คณะบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ นพ.กฤษณ์ จาฏามระ — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์ ดร.ชยันต์ พิเชียรสุนทร — *ราชบัณฑิต*

นายนิพนธ์ ทรายเพชร — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์ ดร.เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.วิสุทธิ์ ใบไม้ — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. นพ.สมชัย บวรกิตติ — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์ ดร.สุดา เกียรติกำจรวงศ์ — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน — *ราชบัณฑิต*

ศาสตราจารย์ นพ.ยง ภู่วรวรรณ — *ภาคีสมาชิก*

ศาสตราจารย์ ดร. พญ.ศศิธร ผู้กฤตยาคามี — *ภาคีสมาชิก*

ศาสตราจารย์ ดร.สายชล เกตุษา — *ภาคีสมาชิก*

ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ — *ภาคีสมาชิก*

นางสาวกนกวลี ชูชัยยะ — *เลขาธิการราชบัณฑิตยสภา*

นายพงษ์ศักดิ์ ศิริวงษ์ — *รองเลขาธิการราชบัณฑิตยสภา*

กองบรรณาธิการ

นางสาวบุญธรรม กรานทอง — *ผู้อำนวยการกองวิทยาศาสตร์*

นางสาวสมทรง ศกุนตนาค — *นักวรรณศิลป์ชำนาญการ*

นางสาวอารี พลดี — *นักวรรณศิลป์ชำนาญการ*

นางสาวรัตติกาล ศรีอำไพ — *นักวรรณศิลป์ชำนาญการ*

นายญาณัฏฐ์ ไทรงาม — *นักวรรณศิลป์ชำนาญการ*

นางณัฐมาตย์ มูสิกะเจริญ — *นักวรรณศิลป์ชำนาญการ*

นางสาวอัญชนา ไพจิตรหทัย — *นักวรรณศิลป์ปฏิบัติการ*

นางสาวสุกุลตรัตน์ ฉ่ำจิตรชื่น — *เจ้าพนักงานธุรการชำนาญงาน*

ผู้จัดการ

นางสาวสุปัญญา ชมจินดา — *เลขานุการกรม*

The Journal of the Royal Society of Thailand

Quarterly Journal

ADVISORY BOARD

Santhad Rojanasoonthon	*President of the Royal Society*
Somsak Damronglerd	*President of the Academy of Science*

EDITOR-IN-CHIEF

Mongkol Dejnakarintra	*FRI*

DEPUTY EDITOR

Somchai Wongwises	*AFRI*

EDITORIAL BOARD

Krit Chatamara	*FRI*
Chayan Picheansoonthon	*FRI*
Nibondh Saibejra	*FRI*
Piamsak Menasveta	*FRI*
Visuth Baimai	*FRI*
Somchai Bovornkitti	*FRI*
Suda Kiatkamjornwong	*FRI*
Suthat Yoksan	*FRI*
Yong Poovorawan	*AFRI*
Sasithon Phukrittayakhamee	*AFRI*
Saichol Ketsa	*AFRI*
Siriwat Wongsiri	*AFRI*
Kanokwalee Chuchaiya	*Secretary-General*
Pongsak Siriwong	*Deputy Secretary-General*

DEPARTMENTAL STAFF

Boontham Kranthong	*Director of Science Division*
Somsong Sakuntanak	*Literateur, Professional Level*
Aree Poldee	*Literateur, Professional Level*
Rattikal Sriamphai	*Literateur, Professional Level*
Yanut Sai-ngam	*Literateur, Professional Level*
Nutthamard Musikacharoen	*Literateur, Professional Level*
Anhchana Phaijit-hathai	*Literateur, Practitioner Level*
Suguntarat Chamjitchun	*General Service Officer, Experienced Level*

MANAGER

Supunya Chomchinda	*Secretary of the Royal Society*

วารสารราชบัณฑิตยสภา
The Journal of the Royal Society of Thailand

ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ มกราคม–มีนาคม ๒๕๕๘ | Volume 40 Number 1 January–March 2015

ประธานคณะบรรณาธิการแถลง

สำนักวิทยาศาสตร์ | The Academy of Science

การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์ ๑
วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย
วิเชียร โสมณวัฒน์
ชินพัฒน์ บัวชาติ

โรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย ๑๔
สมชาย วงศ์วิเศษ
คณิต อรุณรัตน์

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย ๒๒
สมชาย วงศ์วิเศษ
ปริญญา พงษ์สรอย

ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมของประเทศไทย ๓๓
สมชาย วงศ์วิเศษ
ศักรินทร์ ชินกุลพิทักษ์

โรคไตเรื้อรังที่ควรพิจารณาทบทวนอย่างเร่งด่วน ๔๓
ประสิทธิ์ ฟูตระกูล
นริสา ฟูตระกูล

ยานอวกาศโรเซตตาสำรวจดาวหาง ๕๐
นิพนธ์ ทรายเพชร

การดูงานพืชสวนที่ประเทศมาเลเซีย ๖๖
สายชล เกตุษา

น้ำ : ความมหัศจรรย์จากจักรวาลสู่โมเลกุลและจากโมเลกุลสู่ชีวิตและสุขภาพ ๙๑
อานนท์ บุณยะรัตเวช
มลนิภา ศิลาอาสน์

ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค ๑๐๔
สายชล เกตุษา

วารสารราชบัณฑิตยสภา
The Journal of the Royal Society of Thailand

ประเด็นเชิงนโยบายสำหรับการจัดการขยะเทศบาลและขยะมหาวิทยาลัย ๑๑๖
สมชาติ โสภณรณฤทธิ์
ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์

การทดสอบการละลายของยาสามัญ ๑๒๒
สมพล ประคองพันธ์

โครงการศึกษาเพื่อประเด็นใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน ๑๓๖
จงรักษ์ ผลประเสริฐ
สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ
พรรณวีร์ เมฆวิชัย
ทาคาชิ มิโน

มารดาของสุนทรภู่ชื่อบัว ๑๔๖
ทศพร วงศ์รัตน์

นวัตกรรมการผลิตพืชเศรษฐกิจจะช่วยลดภาวะโลกร้อน : โมเดลจากอ้อย ๑๘๗
วงจันทร์ วงศ์แก้ว

ประธานคณะบรรณาธิการแถลง

วารสารราชบัณฑิตยสภา ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ มกราคม-มีนาคม ๒๕๕๘ นี้ เป็นฉบับแรกหลังจากที่พระราชบัญญัติราชบัณฑิตยสภา พ.ศ. ๒๕๕๘ ได้ประกาศลงในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ ๑๓๒ ตอนที่ ๑๐ ก วันที่ ๑๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘ และมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ ๑๔ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๘ ซึ่งชื่อของหน่วยงานได้เปลี่ยนแปลงตามมาตรา ๔ ของพระราชบัญญัติดังกล่าว โดย “ราชบัณฑิตยสถาน” เปลี่ยนเป็น **“สำนักงานราชบัณฑิตยสภา”** ในการนี้ “วารสารราชบัณฑิตยสถาน” จึงเปลี่ยนชื่อเป็น “วารสารราชบัณฑิตยสภา” ตามชื่อสำนักงานที่เปลี่ยนไป

วารสารฉบับแรกนี้สำนักวิทยาศาสตร์เป็นผู้จัดทำ มีบทความซึ่งเป็นผลงานของราชบัณฑิตและภาคีสมาชิก ซึ่งส่วนใหญ่ได้บรรยายในสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา รวมทั้งกรรมการวิชาการของราชบัณฑิตยสภาและผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ได้แก่ บทความเรื่อง ***การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์*** เป็นผลงานของ ศ. ดร.วรศักดิ์ กนกนุกูลชัย ภาคีสมาชิก ดร.วิเชียร โสมณวัฒน์ และ ศ. ดร.ชินพัฒน์ บัวชาติ ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***โรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย*** ของ ศ. ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ ภาคีสมาชิก และ นายคณิต อรุณรัตน์ ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย*** ของ ศ. ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ ภาคีสมาชิก และ นายปริญญา พงษ์สรอย ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมของประเทศไทย*** ของ ศ. ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ ภาคีสมาชิก และ นายศักรินทร์ ชินกุลพิทักษ์ ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***โรคไตเรื้อรังที่ควรพิจารณาทบทวนอย่างเร่งด่วน*** ของ ศ. นพ.ประสิทธิ์ ฟูตระกูล ราชบัณฑิต และ พญ.นริสา ฟูตระกูล ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***ยานอวกาศโรเซตตาสำรวจดาวหาง*** ของ นายนิพนธ์ ทรายเพชร ราชบัณฑิต, ***การดูงานพืชสวนที่ประเทศมาเลเซีย*** ของ ศ. ดร.สายชล เกตุษา ภาคีสมาชิก, ***น้ำ : ความมหัศจรรย์จากจักรวาลสู่โมเลกุลและจากโมเลกุลสู่ชีวิตและสุขภาพ*** ของ ศ. ดร.อานนท์ บุณยะรัตเวช ภาคีสมาชิก และ ดร.มลนิภา ศิลาอาสน์ ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค*** ของ ศ. ดร.สายชล เกตุษา ภาคีสมาชิก, ***ประเด็นเชิงนโยบายสำหรับการจัดการขยะเทศบาลและขยะมหาวิทยาลัย*** ของ ศ. ดร.สมชาติ โสภณรณฤทธิ์ และ ศ. ดร.ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ ราชบัณฑิต, ***การทดสอบการละลายของยาสามัญ*** ของ ศ. ดร.สมพล ประคองพันธ์ ภาคีสมาชิก, ***โครงการศึกษาเพื่อประเด็นใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน*** ของ ศ. ดร.จงรักษ์ ผลประเสริฐ ภาคีสมาชิก นายสุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ นางพรรณวีร์ เมฆวิชัย และ ศ.ทาคาชิ มิโน ผู้ทรงคุณวุฒิ, ***มารดาของสุนทรภู่ชื่อบัว*** ของ ศ. ดร.ทศพร วงศ์รัตน์ ราชบัณฑิต และเรื่อง ***นวัตกรรมการผลิตพืชเศรษฐกิจจะช่วยลดภาวะโลกร้อน : โมเดลจากอ้อย*** ของ รศ. ดร.วงจันทร์ วงศ์แก้ว ภาคีสมาชิก

คณะบรรณาธิการและผู้จัดทำวารสารฉบับนี้ขอขอบคุณราชบัณฑิตและภาคีสมาชิกในสำนักวิทยาศาสตร์ รวมทั้งกรรมการวิชาการและผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้นำบทความมาลงพิมพ์เพื่อเผยแพร่ความรู้ด้านวิชาการและหวังว่าสาระของวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านได้อย่างมาก

ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์ ราชบัณฑิต
ประธานคณะบรรณาธิการ

วารสารราชบัณฑิตยสภา
ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค.-มี.ค. ๒๕๕๘

การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์

วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
วิเชียร โสมณวัฒน์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ชินพัฒน์ บัวชาติ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บทคัดย่อ

แนวคิดอย่างง่ายในการผลิตไฟฟ้าด้วยแรงลอยตัวของอากาศที่ถูกทำให้ร้อนด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก ส่งผลให้เทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์เริ่มจะได้รับการยอมรับในการเป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับประเทศในเขตร้อน บทความนี้ได้ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับงานวิจัยและการพัฒนาของเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์ร่วมกับการวิเคราะห์ถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการติดตั้ง และพบว่าเทคโนโลยีสีเขียวนี้อาจได้รับการพิจารณาให้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนสำหรับประเทศไทย นอกจากนี้ โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์การไหลแบบหนืดโดยรวมพจน์ของการพาและผลจากอุณหภูมิในสถานะอยู่ตัวโดยใช้หลักการพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณได้ถูกนำเสนอ และใช้ในการจำลองรูปแบบการไหลของอากาศในเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยปล่องลมแสงอาทิตย์ ผลเฉลยจากแบบจำลองเชิงตัวเลขแสดงให้เห็นว่า รูปแบบรอยต่อที่มีลักษณะโค้งแบบราบเรียบนั้นเหมาะสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในเชิงปฏิบัติ

คำสำคัญ : **การผลิตไฟฟ้า, ปล่องลมแสงอาทิตย์**

๑. บทนำ

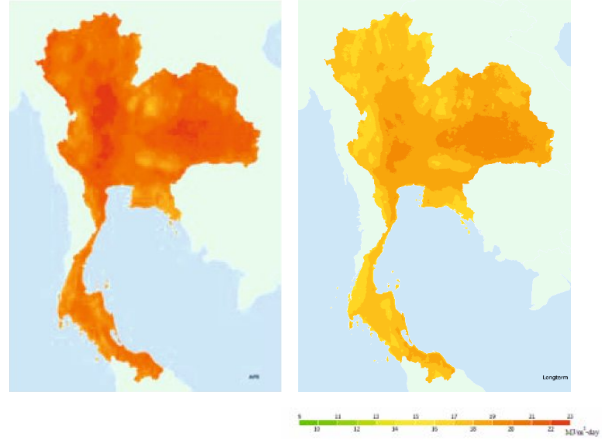
ในปัจจุบัน ถ้าหากเรานึกย้อนไปเปรียบเทียบกับสมัยก่อนจะพบว่า ภัยธรรมชาติเริ่มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้น เป็นต้นว่า การเกิดคลื่นสึนามิถล่มชายฝั่งตะวันตกของไทยและที่ประเทศญี่ปุ่น การเกิดภัยพิบัติแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง การเกิดอุทกภัยครั้งใหญ่ในหลายประเทศ การเกิดหลุมยักษ์ขนาดใหญ่กลางเมืองหรือคลื่นความร้อนที่ปกคลุมในหลายประเทศ ในประเทศไทยเองสภาพอากาศก็ร้อนขึ้นต่อเนื่องทุกปี นอกจากนี้ เหตุการณ์แผ่นดินไหวล่าสุดก็ได้สร้างความเสียหายอย่างมากให้แก่พื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศ โดยเหตุการณ์ในครั้งนี้มีจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) อยู่ที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย

ภัยพิบัติต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นนั้นเชื่อว่า บางเหตุการณ์น่าจะมีสาเหตุมาจากการที่โลกของเรากำลังปรับตัวให้เข้าสู่ภาวะสมดุลอันเนื่องมาจากภาวะโลกร้อน (global warming) ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์นั่นเอง การเพิ่มปริมาณของ CO_2 ซึ่งเป็นหนึ่งในแก๊สเรือนกระจก ถือว่าเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่งของภาวะโลกร้อน ประมาณ ๓ ใน ๔ ของปริมาณ CO_2 ทั้งหมดจากกิจกรรมของมนุษย์นั้นเป็นผลมาจากการเผาผลาญเชื้อเพลิงฟอสซิล อันได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันดิบ และแก๊สธรรมชาติ ด้วยเหตุนี้ในหลายประเทศจึงมีแนวคิดและความพยายามที่จะหาแหล่งพลังงานอื่นขึ้นมาทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น การใช้พลังงานลม พลังงานคลื่น พลังงานแสงอาทิตย์ในการผลิตไฟฟ้า

ในการก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนใน พ.ศ. ๒๕๕๘ นั้น แหล่งพลังงานถือเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่ง เพื่อรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจที่จะเกิดขึ้น หลายท่านยังคงจำได้ถึงวิกฤติพลังงานสำหรับประเทศไทยเมื่อครั้งที่ประเทศเมียนมาหยุดซ่อมแซมท่อส่งแก๊สมายังประเทศไทย หรือเหตุการณ์ไฟฟ้าดับทั่วภาคใต้เมื่อเดือนพฤษภาคมปีที่แล้ว และในช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (peak load) มีข้อมูลว่า ประเทศไทยต้องซื้อไฟฟ้าจากประเทศเพื่อนบ้าน ดังนั้น ถึงเวลาแล้วที่ประเทศไทยควรตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานทางเลือก ร่วมกับการพัฒนาทางเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันกับประเทศในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน

สำหรับประเทศไทยนั้น จากข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพบว่า ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์มีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน โดยมีค่าความเข้มสูงกระจายอยู่ระหว่าง ๒๐-๒๓ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และหากคิดเฉลี่ยทั้งปีจะพบว่า ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ทั่วประเทศจะมีค่าเท่ากับ ๑๘ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะได้รับรังสีดวงอาทิตย์สูงสุด (๑๙-๒๐ เมกะจูล/ตารางเมตร-วัน) โดยครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดนครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี และอุดรธานี เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่ราบสูงค่อนข้างแห้งแล้งทำให้เมฆก่อตัวได้น้อยจึงได้รับความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณที่สูง

ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ (solar energy potential) ของพื้นที่หนึ่ง ๆ แสดงถึงความสามารถของพื้นที่นั้น ๆ ที่จะนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ ค่าศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณความเข้มของรังสีที่ตกกระทบ จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่า ประเทศไทยนั้นมีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังแสดงในรูปที่ ๑

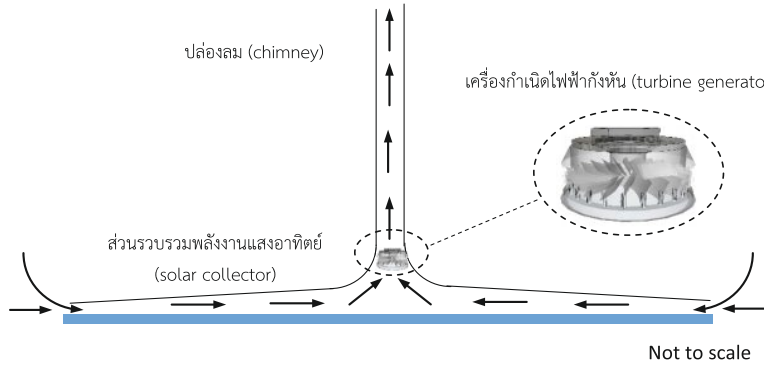


รูปที่ ๑ แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์เดือนเมษายน (ซ้าย) และเฉลี่ยตลอดปี (ขวา)

โดยอาศัยข้อมูลศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีมาก ประกอบกับราคาที่ดินในแถบชนบทของภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งส่วนใหญ่เป็นที่ราบมีราคาไม่สูงนัก เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยปล่องลมแสงอาทิตย์ (solar chimney power plant, SCPP) ดูน่าจะเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่ท้าทายอย่างหนึ่งสำหรับประเทศไทยในการผลิตไฟฟ้า

แนวคิดของเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์อาศัยหลักการที่ว่า อากาศที่อยู่ในส่วนรวบรวมพลังงาน (solar collector) จะถูกทำให้ร้อนด้วยปรากฏการณ์เรือนกระจก จากนั้นมวลอากาศที่ร้อนจะลอยตัวไหลผ่านเข้าไปสู่ปล่องลม (chimney) ด้วยความเร็วเนื่องจากมีความหนาแน่นต่ำ การไหลของมวลอากาศด้วยความเร็วนี้เองที่สามารถนำไปใช้หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

๒. การผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์

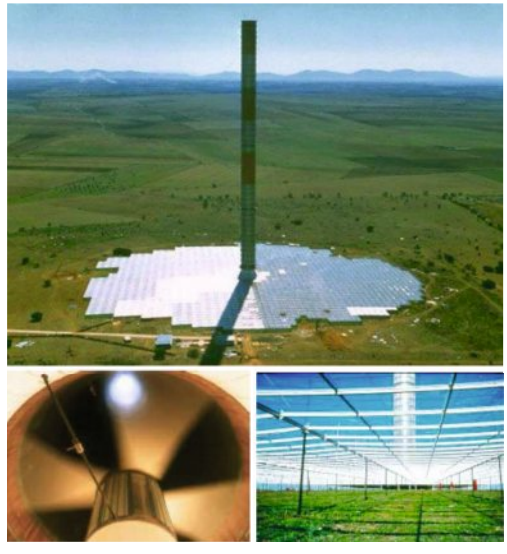


รูปที่ ๒ หลักการทำงานและส่วนประกอบที่สำคัญของเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์

ในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมา เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าด้วยปล่องลมแสงอาทิตย์ (solar chimney power plant, SCPP) ได้รับความสนใจจากนักวิจัยทั่วโลกในฐานะแหล่งพลังงานทางเลือก ซึ่งสามารถมาแทนที่พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ เทคโนโลยี SCPP ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ๓ ส่วนด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ ๒ คือ ๑) ส่วนรวบรวมพลังงานแสงอาทิตย์ (solar collector) ๒) ส่วนปล่องลมซึ่งตั้งอยู่ตำแหน่งศูนย์กลางของส่วนรวบรวมพลังงาน และ ๓) ส่วนผลิตไฟฟ้าโดยกังหัน (turbine generator) ซึ่งอาจมีได้มากกว่า ๑ ตัว

เทคโนโลยี SCPP นี้ได้รับการนำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Cabanyes *(Cabanyes, 1903: 3-20)* และต่อมาได้ดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างต้นแบบ (prototype) ขึ้นที่เมืองมันซานาเรส (Manzanares) ประเทศสเปน ใน ค.ศ. ๑๙๘๒ โดย Jörg Schlaich ตัวต้นแบบที่สร้างนั้นมีความสูงของปล่องลมเท่ากับ ๑๙๔.๖ เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๑๐ เมตร พื้นที่ในการรวบรวมพลังงานแสงอาทิตย์ (solar collector) มีขนาดประมาณ ๔๖,๐๐๐ ตารางเมตร สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าได้ (designed peak output) ๕๐ กิโลวัตต์ ดังแสดงในรูปที่ ๓ พร้อมกันนี้ ข้อมูลเชิงกายภาพและข้อกำหนดในการออกแบบโครงสร้างต้นแบบได้แสดงไว้ในตารางที่ ๑ *(Haaf et al., 1983: 3-20)*

ข้อมูลดังที่นำเสนอเป็นการยืนยันถึงความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีนี้ ปัจจุบันรัฐบาลหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย สเปน แคนาดา อิสราเอล สหรัฐอเมริกา นามิเบีย จีน ก็สนใจที่จะลงทุนในเทคโนโลยี SCPP



รูปที่ ๓ โครงสร้างต้นแบบของเทคโนโลยี SCPP ที่เมืองมันซานาเรส ประเทศสเปน

Zhou และคณะ *(Zhou et al., 2010: 2315-2338)* ได้ทบทวนวรรณกรรมงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี SCPP ไว้ ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่สนใจหรือนักวิจัยที่จะพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี SCPP บทความของ Zhou และคณะ ได้กล่าวถึงที่มาและรายละเอียดของเทคโนโลยี SCPP พฤติกรรมการไหลเวียนของอากาศซึ่งถูกทำให้ร้อนที่ส่วนรวบรวมพลังงานและไหลผ่านกังหันผลิตไฟฟ้าเข้าสู่ตัวปล่องลม นอกจากนี้ยังได้รวบรวมความก้าวหน้าในการศึกษาเทคโนโลยี SCPP โดยได้แบ่งออกเป็น ๒ ส่วน คือ การศึกษาในเชิงทฤษฎีและการทดสอบในเชิงปฏิบัติการทดลองตามลำดับ การศึกษาด้านการคุ้มค่าในการลงทุนและรูปแบบอื่น ๆ ของเทคโนโลยี SCPP ได้รับการรวบรวมและนำเสนอ บทความของ Zhou และคณะนั้นถือว่าเป็นประโยชน์อย่างมากในส่วนของภาพรวมที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี SCPP

Nizetic และคณะ *(Nizetic et al., 2008: 1680-1690)* ได้วิเคราะห์และศึกษาถึงความเป็นไปได้สำหรับเทคโนโลยี SCPP ในพื้นที่แถบเมดิเตอร์เรเนียน โดยได้เลือกเมือง ๒ เมืองในแถบชายฝั่งของประเทศโครเอเชียเป็นกรณีศึกษา โครงสร้าง SCPP ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีส่วนรวบรวมพลังงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๑,๒๕๐ เมตร และโครงสร้างของปล่องลมมีความสูง ๑,๒๕๐ เมตร จากการศึกษาพบว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นมีมากกว่าความต้องการโดยเฉลี่ยต่อปี อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยี SCPP นี้จะมีความคุ้มค่าหรือกำไรในระยะยาว ต่อมา Hamdan *(Hamdan, 2011: 2593-2598)* ได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของเทคโนโลยี SCPP ในอ่าวอาหรับ (Arabian Gulf) โดยใช้แบบจำลองทางด้านเทอร์โมไดนามิกส์อย่างง่าย จากการศึกษาพบว่า ความสูงของปล่องลมและเฮดความดัน (pressure head) ที่กังหันผลิตไฟฟ้านั้นมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบโครงสร้าง SCPP ในขณะเดียวกัน Larbi และคณะ *(Larbi et al., 2010: 470-477)* ได้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของ SCPP ในบริเวณตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศแอลจีเรีย โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งพัฒนาจากทฤษฎีพลศาสตร์ของของไหล จากการศึกษาพบว่า ปริมาณไฟฟ้าที่ได้จากเทคโนโลยี SCPP นั้นเพียงพอแก่ความต้องการในบริเวณที่ศึกษา และเมื่อไม่นานมานี้ Asnaghi และคณะ *(Asnaghi and Ladjevardi, 2012: 3338-3390)* ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ SCPP ในประเทศอิหร่าน โดยเลือกบริเวณที่ทำการศึกษาจำนวน ๑๒ แห่งด้วยกัน ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุมได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ภายใต้สมมุติฐานของการไหลแบบอัดตัวไม่ได้ของอากาศภายใน SCPP ผลจากการศึกษาพบว่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้นั้นเพียงพอแก่ความต้องการในพื้นที่ชนบท นอกจากนี้ ในส่วนของบริเวณรวบรวมพลังงานนั้นก็สามารถใช้ในการเกษตรได้อีกทางหนึ่ง Onyango และคณะ *(Onyango and Ochieng, 2006: 2561-2566)* ได้ศึกษาถึงศักยภาพของเทคโนโลยี SCPP ในเขตพื้นที่ชนบทของกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา ซึ่งจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นพบว่า หากใช้ปล่องลมที่มีความสูง ๑๕๐ เมตร และรัศมี ๑.๕ เมตร พร้อมกับความสูงของส่วนรวบรวมพลังงาน ๑.๕ เมตร จะสามารถผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอสำหรับ ๕๐ ครัวเรือนในพื้นที่ชนบท

๓. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากขนาดของโครงสร้างต้นแบบซึ่งสามารถเห็นได้ว่ามีขนาดที่ใหญ่ การที่จะศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเทคโนโลยี SCPP หรือศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศในระบบนั้น หากจะดำเนินการก่อสร้างโครงสร้างจริงเพื่อจะดำเนินการศึกษาย่อมต้องใช้เงินทุนพอสมควร ดังนั้น การพัฒนาแบบจำลองเชิงตัวเลขที่สามารถจำลองพฤติกรรมได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงจึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ทั้งนี้ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจสอบได้จากผลการตรวจวัดของโครงสร้างต้นแบบที่เมืองมันซานาเรส (Manzanares) *(Haaf, 1984: 141-161)*

ระเบียบวิธีคำนวณเชิงวิศวกรรม ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์ โดยใช้ความรู้ทางด้านพลศาสตร์ของของไหล (computational fluid dynamics, CFD) ร่วมกับระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method, FEM) หรือระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุม (finite volume method, FVM)

แบบจำลองอย่างง่าย โดยใช้ความรู้ทางด้าน CFD ร่วมกับระเบียบวิธี FEM เพื่อนำมาวิเคราะห์การไหลของอากาศในเทคโนโลยี SCPP คือ การไหลแบบหนืดโดยรวมพจน์การพาและผลจากอุณหภูมิ (viscous incompressible thermal flows) *(วิเชียร โสมณวัฒน์ และ ชินพัฒน์ บัวชาติ, ๒๕๕๗); (Dechaumphai and Kanjanakijkasem, 1999: 165-172)* ซึ่งต้องแก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์นาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes equations) อันประกอบด้วยสมการเชิงอนุรักษ์มวล สมการเชิงอนุรักษ์โมเมนตัมในแนวแกน x และ y และสมการเชิงอนุรักษ์พลังงาน ผลของอุณหภูมิที่นำมาวิเคราะห์นั้นจะถูกรวมเข้าไปในสมการเชิงอนุรักษ์โมเมนตัม โดยอาศัยสมการการประมาณค่าของบูสซิเนสก์ (Boussinesq approximation) ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่า อากาศที่มีอุณหภูมิสูงนั้นจะลอยตัวสูงขึ้นและจะลอยตัวต่ำลงเมื่ออุณหภูมิของอากาศลดลง จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำมาเขียนเป็นสมการควบคุมการไหล (governing equation) ดังแสดงข้างล่างนี้

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0 \tag{1}$$

$$\rho\left(u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}\right)=\frac{\partial \overline{\sigma}_x}{\partial x}+\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y}+\rho g_x\left(1-\beta(T-T_0)\right) \tag{2a}$$

$$\rho\left(u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}\right)=\frac{\partial \overline{\sigma}_y}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x}+\rho g_y\left(1-\beta(T-T_0)\right) \tag{2b}$$

$$\rho c\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}\right)=\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right) \tag{3}$$

โดยที่ u และ v แทนความเร็วในแนวแกน x และ y ตามลำดับ, T แทนอุณหภูมิของอากาศ และ T_0 แทนอุณหภูมิอ้างอิงที่อากาศไม่เกิดแรงลอยตัว, ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ, g คือ ค่าคงที่ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, β คือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิ (volumetric coefficient of thermal expansion), k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (thermal conductivity) และ c คือ ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศที่ปริมาตรคงตัว (specific heat at constant volume)

๓.๑ การตั้งสมการไฟไนต์เอลิเมนต์

สมการที่ (1) ถึง (3) มีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าจำนวน ๔ ตัวแปร คือ u, v, p และ T ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของการประมาณค่าดังนี้

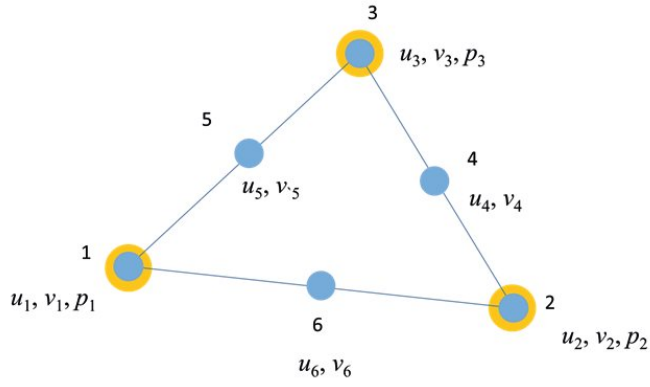
$$u(\mathbf{x}) = \sum_a^n N^a(\mathbf{x})u(\mathbf{x}^a) \tag{4a}$$

$$v(\mathbf{x}) = \sum_a^n N^a(\mathbf{x})v(\mathbf{x}^a) \tag{4b}$$

$$T(\mathbf{x}) = \sum_a^n N^a(\mathbf{x})T(\mathbf{x}^a) \tag{4c}$$

$$p(\mathbf{x}) = \sum_a^n H^b(\mathbf{x})p(\mathbf{x}^b) \tag{4d}$$

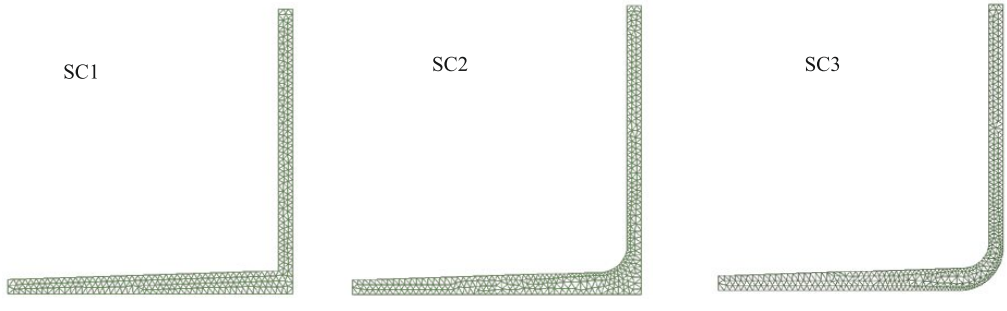
ในสมการ (4a) ถึง (4c) นั้น $N^a(\mathbf{x})$ คือฟังก์ชันรูปร่าง (shape function) ในการประมาณค่าความเร็วและอุณหภูมิ โดย a = 1, 2, ..., 6 ส่วนในสมการ (4d) นั้น $H^b(\mathbf{x})$ คือฟังก์ชันรูปร่างในการประมาณค่าความดัน ซึ่ง b = 1, 2, 3 จำนวนของ a และ b มีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้เพราะชิ้นส่วนย่อยที่เลือกใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้นคือชิ้นส่วนย่อยแบบสามเหลี่ยม ๖ จุดต่อ จุดต่อที่ใช้ในการประมาณค่าของความเร็วและอุณหภูมิจะใช้ทั้งหมด ๖ จุดต่อ แต่ในส่วนของความดันนั้นจะใช้จุดต่อที่มุมของรูปสามเหลี่ยมเท่านั้นในการวิเคราะห์ ทั้งนี้เพื่อความแม่นยำของผลเฉลย ดังแสดงในรูปที่ ๔



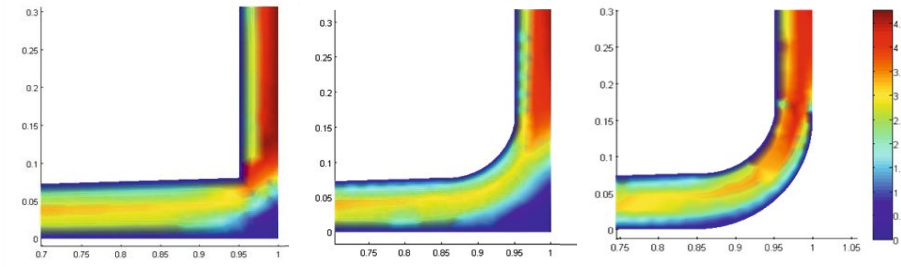
รูปที่ ๔ ชิ้นส่วนย่อยที่ใช้ในการวิเคราะห์พร้อมกับตัวแปรที่จุดต่อนั้น ๆ

สมการ (1) ถึง (3) มีลักษณะไม่เชิงเส้น ทำให้ต้องอาศัยเทคนิคกระบวนการทำซ้ำ (iteration method) ในการแก้ปัญหา กระบวนการดังกล่าวจะกระทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าการเปลี่ยนแปลงของผลเฉลยจะลู่เข้าใกล้ศูนย์ วิธีที่นิยมใช้มีวิธีนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson iteration method) เป็นต้น

แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้นำมาใช้ศึกษาการไหลของอากาศในเทคโนโลยี SCPP โดยใช้รูปแบบลักษณะทางกายภาพของปล่องลมที่แตกต่างกัน ๓ รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ ๕ เพื่อหารูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด พารามิเตอร์ไร้มิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ Pr = 1 และ Ra = 10^5 การวิเคราะห์จะกระทำในระบบสองมิติ และเนื่องจากลักษณะของโครงสร้างเป็นแบบสมมาตรรอบแนวแกนของตัวปล่องลม จึงได้ตัดแบ่งแบบจำลองที่ระนาบแห่งการสมมาตรมาใช้วิเคราะห์เพียงครึ่งเดียว อนึ่ง ขนาดของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นไม่ใช่ขนาดตัวต้นแบบที่สร้างขึ้น ทั้งนี้เพราะข้อจำกัดของหน่วยความจำในคอมพิวเตอร์ และเพื่อต้องการรักษาสภาพการไหลให้เป็นการไหลแบบราบเรียบ



รูปที่ ๕ แบบของปล่องลมที่ใช้ในการวิเคราะห์



รูปที่ ๖ การกระจายของความเร็วจากแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์

รูปที่ ๖ ผลเฉลยของความเร็วที่ได้จากแบบจำลองเชิงตัวเลข พบว่า แบบจำลอง SC3 มีความต่อเนื่องของการไหล ซึ่งต่างกับกรณีของ SC1 ถึงแม้ว่าความเร็วโดยเฉลี่ยของการไหล ในรูปแบบ SC1 จะมากกว่า SC3 ก็ตาม ทั้งนี้ความเร็วที่มากขึ้นนั้นเกิดจากการเปลี่ยนทิศทางการไหลอย่างกะทันหัน ไม่ได้เกิดจากการไหลอย่างต่อเนื่องในท่อของการไหล นอกจากนี้ ในกรณีของ SC1 และ SC2 จะสามารถสังเกตเห็นบริเวณที่ความเร็วการไหลมีค่าน้อยมากที่ฐานของปล่องลม ทำให้บริเวณดังกล่าวไม่มีความจำเป็นในระบบของการไหล ประเด็นหนึ่งที่น่าสนใจก็คือ ในกรณี SC3 ความเร็วของการไหลมีความต่อเนื่องจากส่วนรวบรวมพลังงานต่อไปยังปล่องลมและเริ่มมีค่ามากตรงบริเวณที่ติดตั้งเครื่องผลิตไฟฟ้า จึงทำให้แบบจำลอง SC3 น่าจะมีประสิทธิภาพมากที่สุด อย่างไรก็ตาม แบบจำลองที่ใช้นั้นยังมีข้อจำกัด หากจะนำมาวิเคราะห์การไหลในระบบจริงแล้ว จำเป็นต้องเพิ่มเติมในส่วนของแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน เช่น k-ε turbulence model การศึกษาผลของปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) ในส่วนรวบรวมพลังงาน *(Gholamalizadeh and Kim, 2014: 498-506)* ผลของการติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบปล่องลม รวมถึงการวิเคราะห์ในระบบสามมิติ

ตารางที่ ๑ ตัวอย่างข้อมูลเชิงกายภาพและข้อกำหนดในการออกแบบของโครงสร้างต้นแบบ

Tower height	194.6 m
Tower radius	5.08 m
Mean collector radius	122 m
Average canopy height	1.85 m
No. of turbine blades	4
Blade radius	5.0 m
Design irradiation	I = 1,000 W/m^2
Design fresh-air temperature	T_a = 302 K
Temperature increase	ΔT = 20 K
Upwind velocity under load conditions	9 m/s
Upwind velocity on release	15 m/s
Power output, mean for model assumptions at design point	50 kW

การวิเคราะห์มิติ (dimensional analysis) สามารถใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ได้เช่นกัน *(Koonsisuk and Chitsomboon, 2009: 2136-2143)*; *(Koonsisuk and Chitsomboon, 2009: 1611-1618)* การวิเคราะห์มิติเป็นการหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่คิดว่ามีผลต่อปัญหาที่สนใจเพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ปัจจุบันซอฟต์แวร์สำเร็จรูปทางวิศวกรรมได้พัฒนาขึ้นมาก ทั้งนี้ เพราะปัญหาที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นมีความซับซ้อนขึ้นตามเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด เช่นเดียวกันสำหรับปัญหาการไหลในเทคโนโลยี SCPP มีการประยุกต์ใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูปทางด้านพลศาสตร์ของไหลเพื่อการวิเคราะห์ ซึ่งที่นิยมใช้ในการทำวิจัยได้แก่ ANSYS *(Koonsisuk and Chitsomboon, 2009: 1764-1771)* และ FLUENT *(Tingzhen et al., 2008: 897-905)* การใช้โปรแกรมสำเร็จรูปนั้นมีความสะดวก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากโปรแกรมสำเร็จรูปได้รับการพัฒนาขึ้นอย่างเบ็ดเสร็จ จึงทำให้การที่จะใส่เงื่อนไขบางอย่างเพื่อให้ปัญหาที่ทำการวิเคราะห์มีสภาพที่ใกล้เคียงกับปัญหาจริงมากที่สุดนั้นทำได้ยากพอสมควร ประกอบกับโปรแกรมส่วนมากนั้นพัฒนาขึ้นโดยต่างชาติ และมีราคาที่สูงมากในปัจจุบัน

๔. สรุป

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศหนึ่งที่มีศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ที่สูง นอกจากการผลิตไฟฟ้าโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) แล้ว เทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์น่าจะเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องด้วยเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ประกอบกับพื้นที่แถบชนบทของภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ในปริมาณที่สูงและส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูงนั้นราคายังไม่สูงมากนัก นอกจากนี้ การก่อสร้างโครงสร้างปล่องลมหรือส่วนรวบรวมพลังงานของระบบก็สามารถทำให้สำเร็จลงได้ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน การสร้างปล่องลมขนาดความสูงมากกว่า ๒๐๐ เมตร ดูไม่ใช่เรื่องยากอีกต่อไป หลังจากที่ตึก Burj Dubai สามารถสร้างสำเร็จลงได้ที่ความสูง ๘๒๘ เมตร ประกอบกับความก้าวหน้าทางด้านวัสดุศาสตร์ซึ่งเป็นไปได้ว่าในอนาคตโครงสร้างปล่องลมอาจจะไม่ใช่คอนกรีตอีกต่อไป แต่อาจจะเป็นโครงสร้างเปลือกบาง (shell structures) เข้ามาแทนที่ เช่น ในปัจจุบันมีการพัฒนาวัสดุประเภท carbon shell system (CSS) โดยเป็นการผสมผสานกันระหว่างการพัฒนา composite technology ร่วมกับ structural members technology วัสดุ CSS มีความแข็งแรงกว่าเหล็กถึง ๑๐ เท่าแต่มีน้ำหนักเบา และมีอายุการใช้งานยาวนานกว่า ๗๕ ปี โครงการก่อสร้างในต่างประเทศหลายโครงการได้เริ่มมีการนำวัสดุ CSS มาใช้ *(www.cskcss.com, 2014)*

ระบบการทำงานของเทคโนโลยี SCPP สามารถออกแบบให้ดำเนินการผลิตไฟฟ้าได้ทั้งกลางวันและกลางคืน อาศัยเพียงการติดตั้งท่อน้ำหรือถังเก็บน้ำภายในส่วนรวบรวมพลังงาน ในตอนกลางวันน้ำจะถูกทำให้ร้อนและความร้อนนี้จะคายตัวออกมาในเวลากลางคืน ส่งผลให้ระบบสามารถทำงานได้ตลอด ๒๔ ชั่วโมง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและดูแลรักษาระบบต่ำมากเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีอื่น ๆ

การพัฒนาแบบจำลองหรือโปรแกรมในการวิเคราะห์เทคโนโลยี SCPP ก็มีความสำคัญเช่นกัน ถ้าหากแบบจำลองมีความถูกต้องแล้ว จะสามารถลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างของระบบเพื่อตรวจวัด ซึ่งคิดเป็นมูลค่าที่สูงพอสมควร แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขั้นต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์การไหลในปล่องความร้อนแสงอาทิตย์โดยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์สองมิติที่พัฒนาขึ้นนั้น *(วิเชียร โสมณวัฒน์ และ ชินพัฒน์ บัวชาติ, ๒๕๕๗)* ใช้ชิ้นส่วนย่อย ๖ จุดต่อที่มีตัวแปรไม่ทราบค่าจำนวน ๒๔ ตัว ซึ่งในการวิเคราะห์สามมิติจะทำให้เกิดตัวแปรจำนวนมาก จึงเป็นที่น่าสนใจที่จะมีการพัฒนาชิ้นส่วนย่อยในการวิเคราะห์ที่ลดจำนวนจุดต่อลง ทำให้ประหยัดทรัพยากรคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณการไหลในสามมิติต่อไป

ประเทศไทยเสียค่าใช้จ่ายในปริมาณที่สูงมากสำหรับโปรแกรมในการวิเคราะห์ออกแบบทางด้านวิศวกรรม หากเราสามารถพัฒนาองค์ความรู้ด้านนี้ให้มีความแข็งแกร่งแล้ว เชื่อได้ว่าจะเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศได้ ซึ่งสอดรับกับการเปิดประตูต้อนรับปีแห่งประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนในอีกไม่ช้านี้

เทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์เพื่อการผลิตไฟฟ้านั้นน่าสนใจ ท้าทาย และมีความเป็นไปได้สำหรับประเทศไทย แต่ก่อนจะนำมาก่อสร้างเพื่อดำเนินการผลิตไฟฟ้าอย่างจริงจัง ต้องทำการศึกษาวิจัยในด้านที่เกี่ยวข้องอย่างรอบคอบ เช่น ทางด้านวิศวกรรม สิ่งแวดล้อม เศรษฐศาสตร์ เชื่อได้ว่าเทคโนโลยีสีเขียวนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับประเทศในแง่ของพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

วิเชียร โสมณวัฒน์ และ ชินพัฒน์ บัวชาติ. ๒๕๕๗. พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณสำหรับวิเคราะห์การไหลของอากาศในเทคโนโลยีปล่องลมแสงอาทิตย์. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ ๑๙,* ๑๔-๑๖ พฤษภาคม ๒๕๕๗, ขอนแก่น.

Asnaghi, A. and Ladjevardi, S.M. 2012. Solar chimney power plant performance in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3338-3390.

Cabanyes, I. 1903. Las chimeneas solares (Solar chimneys). *La energia electrica*, Cited due to Wikipedia.

Dechaumphai, P. and Kanjanakijkasem, W. 1999. A finite element method for viscous incompressible thermal flows. *Science Asia*, 25, 165-172.

Gholamalizadeh, E. and Kim, M.H. 2014. Three-dimensional CFD analysis for simulating the greenhouse effect in solar chimney power plants using a two-band radiation model. *Renewable Energy*, 63, 498-506.

Haaf, W. 1984. Solar chimneys: Part II: Preliminary test results from the Manzanares pilot plant. *International Journal of Solar Energy*, 2: 2, 141-161.

Haaf, W., Friedrich, K., Mayr, G. and Schlaich, J. 1983. Solar chimneys Part I: Principle and construction of the pilot plant in Manzanares. *International Journal of Solar Energy*, 2: 1, 3-20.

Hamdan, M.O. 2011. Analysis of a solar chimney power plant in the Arabian Gulf region. *Renewable Energy*, 36, 2593-2598.

Koonsisuk, A. and Chitsomboon, T. 2009. Accuracy of theoretical models in the prediction of solar chimney performance. *Solar Energy*, 83, 1764-1771.

Koonsisuk, A. and Chitsomboon, T. 2009. A single dimensionless variable for solar chimney power plant modeling. *Solar Energy*, 83, 2136-2143.

Koonsisuk, A. and Chitsomboon, T. 2009. Partial geometric similarity for solar chimney power plant modeling. *Solar Energy*, 83, 1611-1618.

Larbi, S., Bouhdjar, A. and Chergui, T. 2010. Performance analysis of a solar chimney power plant in the southwestern region of Algeria. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 470-477.

Nizetic, S., Ninic, N. and Klarin, B. 2008. Analysis and feasibility of implementing solar chimney power plants in the Mediterranean region. *Energy*, 33, 1680-1690.

Onyango, F.N. and Ochieng, R.M. 2006. The potential of solar chimney for application in rural areas of developing countries. *Fuel*, 85, 2561-2566.

Tingzhen, M., Wei, L., Guoling, X., Yanbin, X., Xuhu, G. and Yuan, P. 2008. Numerical simulation of the solar chimney power plant systems coupled with turbine. *Renewable Energy*, 33, 897- 905. www.cskcss.com 2014.

Zhou, X., Wang, F. and Ochieng, R.M. 2010. A review of solar chimney power technology. *A review of solar chimney power technology*, 14, 2315-2338.

Abstract **Electricity Generation by the Solar Chimney Technology**

Worsak Kanok-Nukulchai
Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
Asian Institute of Technology
Wichien Somnawatana
Ubon Ratchathani Rajabhat University
Chinapat Buachart
Chiang Mai University

According to its simple concept of power generation by buoyancy force of the air which is heated by the greenhouse effect, the solar chimney power plant (SCPP) began to be recognized as an applicable renewable energy resource in tropical countries. This paper provides a review of research and development of the SCPP technology. Besides, a feasibility of implementing the SCPP technology is analyzed, and it is found that this green technology can be considered as an alternative renewable energy source for Thailand. Furthermore, a computational fluid dynamics (CFD) based program for steady-state viscous incompressible thermal flows is introduced and utilized to study air flow in the SCPP. The numerical results reveal that the curved junction with a diffuser is the most suitable model for adopting the SCPP technology in practice.

***Keywords*:** electricity generation, solar chimney

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

โรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย

สมชาย วงศ์วิเศษ
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล
วิศวกรรมอุณหภาพและการไหลหลายสถานะ (FUTURE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
คณิต อรุณรัตน์
ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล
วิศวกรรมอุณหภาพและการไหลหลายสถานะ (FUTURE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

พลังงานน้ำเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากพลังงานน้ำเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใน พ.ศ. ๒๕๕๗ ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำรวมทั้งสิ้นประมาณ ๓,๔๙๗ เมกะวัตต์ คิดเป็นร้อยละ ๑๑ ของกำลังการผลิตทั้งระบบ ในขณะที่ประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำถึง ๑๕,๑๕๕ เมกะวัตต์ ยิ่งกว่านั้น ลุ่มน้ำหลัก ๒๕ แห่งของประเทศสามารถผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กได้มากกว่า ๑,๕๐๐ เมกะวัตต์ ปัจจุบันกระทรวงพลังงานมีเป้าหมายที่จะเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานทางเลือกและพลังงานทดแทนอีก ๙,๒๐๑ เมกะวัตต์ โดยที่ ๑,๖๐๘ เมกะวัตต์ มาจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำภายใน พ.ศ. ๒๕๖๔ บทความนี้นำเสนอสถานการณ์ปัจจุบันและศักยภาพของพลังงานน้ำในประเทศไทย รวมถึงแผนพัฒนาเพื่อสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำในอนาคต

คำสำคัญ **: สถานการณ์ปัจจุบัน, ศักยภาพ, พลังงานน้ำ**

๑. บทนำ

ปัจจุบันเชื้อเพลิงฟอสซิลถูกนำมาใช้ในการผลิตพลังงานมากที่สุดในโลกเมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงประเภทอื่น ๆ ในขณะเดียวกันราคาของเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ อีกทั้งการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น พลังงานหมุนเวียนซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานน้ำ จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจทางหนึ่งในการใช้ผลิตพลังงานแทนเชื้อเพลิงฟอสซิล ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานน้ำไม่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และสร้างแก๊สเรือนกระจกในปริมาณที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบ

กับพลังงานหมุนเวียนชนิดอื่น ๆ ในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้า โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กสามารถใช้ผลิตไฟฟ้าให้แก่ชุมชนได้โดยตรง ด้วยเหตุนี้โรงไฟฟ้าพลังน้ำจึงมีความสำคัญในหลายประเทศ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่มีแหล่งน้ำขนาดเล็กและขนาดใหญ่หลายแห่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าได้ ดังนั้น การศึกษาสถานการณ์ปัจจุบันและศักยภาพของพลังงานน้ำในประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ บทความนี้นำเสนอสถานการณ์ปัจจุบันและศักยภาพของพลังงานน้ำในประเทศไทย อีกทั้งยังได้นำเสนอแผนพัฒนาส่งเสริมการใช้พลังงานน้ำของประเทศไทยในอนาคตอีกด้วย

๒. สถานการณ์ปัจจุบันของไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทย

การพัฒนาไฟฟ้าพลังงานน้ำในประเทศไทยมาจากหน่วยงาน ๓ หน่วย คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) และกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เมื่อพิจารณาจากกำลังการผลิต โรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้เป็น ๔ ประเภท *(Rojanamon et al., 2009: 2336–2348)* คือ โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋ว (ต่ำกว่า ๒๐๐ กิโลวัตต์) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก (๒๐๐-๖,๐๐๐ กิโลวัตต์) โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดกลาง (๖,๐๐๐-๒๐,๐๐๐ กิโลวัตต์) และโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ (มากกว่า ๒๐,๐๐๐ กิโลวัตต์) ใน พ.ศ. ๒๕๕๗ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) รายงานว่า โรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทยมีกำลังการผลิตบนสายส่งรวมทั้งสิ้นประมาณ ๓,๔๙๗ เมกะวัตต์ คิดเป็นร้อยละ ๑๑ ของกำลังการผลิตทั้งระบบ *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๗, http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/Sep13/hydro%20power%20plant_september2013.png)* ตารางที่ ๑ แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ประมาณ ๓,๓๘๗ เมกะวัตต์ โดยที่เขื่อนภูมิพลมีกำลังผลิตไฟฟ้ามากที่สุดในประเทศ คือ ๗๗๙ เมกะวัตต์ ตามมาด้วยเขื่อนศรีนครินทร์ ๗๒๐ เมกะวัตต์ และเขื่อนสิริกิติ์ ๕๐๐ เมกะวัตต์ ซึ่งมีกำลังผลิตไฟฟ้าเท่ากับเขื่อนลำตะคอง

ตารางที่ ๑ **โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดใหญ่ในประเทศไทย *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๗, http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/Sep13/hydro%20power%20plant_september2013.png)***

จังหวัด	ชื่อโรงไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)
ตาก	ภูมิพล	๗๗๙.๒
กาญจนบุรี	ศรีนครินทร์	๗๒๐

จังหวัด	ชื่อโรงไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)
อุตรดิตถ์	สิริกิติ์	๕๐๐
นครราชสีมา	ลำตะคอง	๕๐๐
กาญจนบุรี	วชิราลงกรณ์	๓๐๐
สุราษฎร์ธานี	รัชชประภา	๒๔๐
อุบลราชธานี	ปากมูล	๑๓๖
ยะลา	บางลาง	๗๒
ชัยภูมิ	จุฬาภรณ์	๔๐
กาญจนบุรี	ท่าทุ่งนา	๓๙
อุบลราชธานี	สิรินธร	๓๖
ขอนแก่น	อุบลรัตน์	๒๕.๒
	รวม	**๓,๓๘๗**

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กหลายแห่งตั้งอยู่ในพื้นที่ชนบทและทุรกันดาร ตามฐานข้อมูลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ใน พ.ศ. ๒๕๕๖ ประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วถึงขนาดกลางทั้งหมด ๔๒ แห่ง เชื่อมต่อกับสายส่ง และมีกำลังการผลิตรวมประมาณ ๑๑๐ เมกะวัตต์ ดังแสดงในตารางที่ ๒ ในตารางที่ ๒ ภาคเหนือของประเทศไทยมีจำนวนโรงไฟฟ้าพลังน้ำมากที่สุด ๒๓ แห่ง มีกำลังการผลิตรวมประมาณ ๓๗.๗ เมกะวัตต์ ในขณะที่โรงไฟฟ้าพลังน้ำในภูมิภาคอื่น ๆ ของประเทศมีจำนวนทั้งสิ้น ๑๙ แห่ง มีกำลังการผลิตรวมประมาณ ๗๒.๓ เมกะวัตต์

ตารางที่ ๒ **โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วถึงขนาดกลางในประเทศไทย** ***(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๗, http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/Sep13/hydro%20power%20plant_september2013.png)***

ภูมิภาค	จำนวนโรงไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)
เหนือ	๒๓	๓๗.๗
ตะวันออกเฉียงเหนือ	๖	๒๔.๑

ภูมิภาค	จำนวนโรงไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้ง (เมกะวัตต์)
กลาง	๒	๑๑
ตะวันออก	๒	๑๒.๒
ตะวันตก	๔	๒๐.๖
ใต้	๕	๔.๓
รวม	**๔๒**	**๑๑๐**

๓. ศักยภาพพลังงานน้ำในประเทศไทย

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กล่าวไว้ว่า ประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำถึง ๑๕,๑๕๕ เมกะวัตต์หรือประมาณ ๔ เท่าของกำลังการผลิตในช่วงเวลานั้น *(Sawangphol and Pharino, 2011: 564–573)* ยิ่งไปกว่านั้น ลุ่มน้ำหลัก ๒๕ แห่งของประเทศมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กไม่ต่ำกว่า ๑,๕๐๐ เมกะวัตต์ *(ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์ และสมชาติ โสภณรณฤทธิ์, ๒๕๕๒ : ๑-๖)* สถานที่ซึ่งถูกระบุแล้วว่ามีศักยภาพในการพัฒนาเป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วถึงขนาดกลางมีจำนวนทั้งหมด ๒๕๖ แห่ง มีกำลังการผลิตทั้งสิ้น ๓๔๗ เมกะวัตต์ กระจายตัวอยู่ในลุ่มน้ำหลัก ๖ แห่ง ได้แก่ ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำชี ลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำมูล

ลุ่มน้ำปิงเพียงแห่งเดียวมีศักยภาพพลังน้ำจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กที่มีขนาดใหญ่กว่า ๑๐๐ กิโลวัตต์ รวมทั้งสิ้นประมาณ ๒๑๑ เมกะวัตต์และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ ๗๒๐ กิกะวัตต์-ชั่วโมงจาก ๖๔ โครงการ *(Supriyasilp et al., 2009: 1866-1875)* ลุ่มน้ำวังมีศักยภาพจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กประมาณ ๖ เมกะวัตต์และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ ๓๐ กิกะวัตต์-ชั่วโมงจาก ๑๙ โครงการ *(Supriyasilp et al., 2010)* ในขณะที่ลุ่มน้ำยมมีโครงการที่มีศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก ๔๘ โครงการ โดยมีกำลังการผลิตไฟฟ้าประมาณ ๒๖ เมกะวัตต์และผลิตไฟฟ้าได้ ๑๑๐ กิกะวัตต์-ชั่วโมง *(สมชาย มณีวรรณ์ และคณะ, ๒๕๕๒ : ๔๐-๕๐)* ปริญญา จินดาประเสริฐ และคณะ *(ปริญญา จินดาประเสริฐ และคณะ, ๒๕๕๒ : ๗-๑๗)* ได้ศึกษาศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำของลุ่มน้ำชีโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [Geographic Information Systems (GIS)] ร่วมกับหลักการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ [Multi-criteria Decision Making (MCDM)] พบว่า บริเวณลุ่มน้ำชีมีศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กตั้งแต่ ๕๐ กิโลวัตต์ขึ้นไป รวมทั้งสิ้นประมาณ ๒๓ เมกะวัตต์และสามารถผลิตไฟฟ้าได้ประมาณ ๘๓ กิกะวัตต์-ชั่วโมง Rojanamon

และคณะ *(Rojanamon et al., 2009: 2336–2348)* ศึกษาศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำในลุ่มน้ำน่านโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [Geographic Information Systems (GIS)] พบว่าโครงการที่ดีที่สุด ๒๐ โครงการที่สามารถใช้พัฒนาให้เป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กมีกำลังผลิตติดตั้งรวมทั้งสิ้นประมาณ ๖๕ เมกะวัตต์ ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังน้ำของลุ่มน้ำมูลที่ศึกษาโดยหนึ่ง เตียอำรุง และคณะ *(หนึ่ง เตียอำรุง และคณะ, ๒๕๕๒ : ๑๘-๒๗)* พบว่า ลุ่มน้ำมูลมีศักยภาพของกำลังการผลิตติดตั้งประมาณ ๑๖ เมกะวัตต์และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ประมาณ ๑๓ กิกะวัตต์-ชั่วโมง

๔. นโยบายด้านพลังงานน้ำของประเทศไทย

ในปัจจุบันกระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ ๒๕ ใน ๑๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๖๔) หรือ Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021) ขึ้นโดยจุดมุ่งหมายคือการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพื่อไปทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลให้ได้อย่างน้อยร้อยละ ๒๕ ภายใน ๑๐ ปี ซึ่งจะทำให้จำนวนโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลบางส่วนถูกทดแทนด้วยโรงไฟฟ้าประเภทพลังงานหมุนเวียน โดยคาดการณ์ว่า ใน พ.ศ. ๒๕๖๔ ประเทศไทยจะต้องมีกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพิ่มขึ้นจากเดิมทั้งสิ้น ๙,๒๐๑ เมกะวัตต์ โดยมีกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิม ๑,๖๐๘ เมกะวัตต์ ในปลาย พ.ศ. ๒๕๕๗ ดำเนินการแล้วเสร็จ ๑๐๘.๘ เมกะวัตต์ *(Department of Alternative Energy Development and Efficiency, 2013, http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/factsFigures_2013/fact2013_edit.pdf)* นอกจากนี้ กระทรวงพลังงานได้มีนโยบายสนับสนุนอย่างเต็มที่ในการนำพลังงานทางเลือกมาใช้ประโยชน์ด้วยการกำหนดนโยบายให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าแก่โครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนใน พ.ศ. ๒๕๕๕ โดยกำหนดให้ส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังน้ำขนาด ๕๐-๒๐๐ กิโลวัตต์ เท่ากับ ๐.๘๐ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง และ ๑.๕๐ บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง สำหรับไฟฟ้าที่ผลิตจากพลังน้ำขนาดต่ำกว่า ๕๐ กิโลวัตต์ หากเป็นโครงการใน ๓ จังหวัดชายแดนภาคใต้ (ยะลา ปัตตานี และนราธิวาส) และ ๔ อำเภอในจังหวัดสงขลา (จะนะ เทพา สะบ้าย้อย และนาทวี) ให้อัตราเพิ่มพิเศษอีก ๑ บาทต่อหน่วย เป็นระยะเวลา ๗ ปี

๕. บทสรุป

ใน พ.ศ. ๒๕๕๗ ประเทศไทยมีกำลังการผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังน้ำรวมทั้งสิ้นประมาณ ๓,๔๙๗ เมกะวัตต์ คิดเป็นร้อยละ ๑๑ ของกำลังการผลิตทั้งระบบ ในขณะที่ประเทศไทยมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำถึง ๑๕,๑๕๕ เมกะวัตต์ ยิ่งไปกว่านั้น ลุ่มน้ำหลัก ๒๕ แห่งของประเทศมีศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจาก

โรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กไม่ต่ำกว่า ๑,๕๐๐ เมกะวัตต์ สถานที่ซึ่งถูกระบุแล้วว่ามีศักยภาพในการพัฒนาเป็นโรงไฟฟ้าพลังน้ำขนาดจิ๋วถึงขนาดกลางมีจำนวนทั้งหมด ๒๕๖ แห่ง มีกำลังการผลิตทั้งสิ้น ๓๔๗ เมกะวัตต์ ปัจจุบันกระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกร้อยละ ๒๕ ใน ๑๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๖๔) ขึ้นโดยมีเป้าหมายคือ ภายใน พ.ศ. ๒๕๖๔ ประเทศไทยจะต้องมีกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกเพิ่มขึ้นจากเดิมทั้งสิ้น ๙,๒๐๑ เมกะวัตต์ โดยมีกำลังผลิตไฟฟ้าจากพลังงานน้ำเพิ่มขึ้นจากเดิม ๑,๖๐๘ เมกะวัตต์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้มาโดยตลอด

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังน้ำในประเทศไทย, เข้าถึงได้จาก : http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/Sep13/hydro%20power%20plant_september2013.png (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๑ กรกฎาคม ๒๕๕๗).

ปริญญา จินดาประเสริฐ, กิตติชัย ไตรรัตนศิริชัย, วินัย ศรีอัมพร, ศุภชัย ปทุมนากูล, สินี ช่วงฉ่ำ, สุดารัตน์ คำปลิว, ชาติชาย ไวยสุระสิงห์, ดิรก สาระวดี, ณรงค์ ไตรกิจวัฒนกุล. ๒๕๕๒. การใช้ GIS และ MCDM เพื่อการประเมินศักยภาพการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำชี, *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านพลังงาน ฉบับพิเศษ* (วช. ครบรอบ ๕๐ ปี), หน้า ๗-๑๗.

ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์, สมชาติ โสภณรณฤทธิ์. ๒๕๕๒. ศักยภาพของการผลิตไฟฟ้าจาก พลังน้ำ ลม และชีวมวลในประเทศไทย, *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านพลังงาน ฉบับพิเศษ* (วช. ครบรอบ ๕๐ ปี), หน้า ๑-๖.

สมชาย มณีวรรณ์, ดลเดช ตั้งตระการพงษ์, อภิชิต เทิดโยธิน, วารุณี เตีย, นันทน์ ถาวรังกูร, จิรวรรณ เตียรถ์สุวรรณ, ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. ๒๕๕๒. ศักยภาพทางด้านเทคนิคเศรษฐศาสตร์และสิ่งแวดล้อมของการผลิตไฟฟ้าพลังงานน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำยม, *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านพลังงาน ฉบับพิเศษ* (วช. ครบรอบ ๕๐ ปี), หน้า ๔๐-๕๐.

หนึ่ง เตียอำรุง, สุขสันต์ หอพิบูลสุข, โสภณ วงศ์แก้ว, พงษ์ชัย จิตตะมัย, สัญญา สราภิรมย์, ธนัดชัย กุลวรวานิชพงษ์, ปรียาพร โกษา, ฤกษ์ชัย ศรีวรวาศ, อวิรุทธ์ ชินกุลกิจนิวัฒน์, อัฆพรรค์ วรรณโกมล, วชรภูมิ เบญจโอฬาร, บุญช่วย บุญมี, ยุทธนินทร์ ทับไธสง, เกษม ขอจุลกลาง, กิติ มุลาลินท์, สุริยะ ชนะชัย, สุวิทย์ อ๋องสมหวัง. ๒๕๕๒.

การศึกษาพื้นที่ที่มีศักยภาพเพื่อการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็กในลุ่มน้ำมูล, *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านพลังงาน ฉบับพิเศษ* (วช. ครบรอบ ๕๐ ปี), หน้า ๑๘-๒๗.

Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy, Energy in Thailand: Facts & Figures. 2013. เข้าถึงได้จาก : http://www.dede.go.th/dede/images/stories/stat_dede/factsFigures_2013/fact2013_edit.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๑ กรกฎาคม ๒๕๕๗).

Rojanamon, P., Chaisomphob, T., Bureekul, T. 2009. Application of geographical information system to site selection of small run-of-river hydropower project by considering engineering/economic/environmental criteria and social impact, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 13, pp. 2336–2348.

Sawangphol, N., Pharino, C. 2011. Status and outlook for Thailand's low carbon electricity development, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, pp. 564–573.

Supriyasilp, T., Pongput, K., and Boonyasirikul, T. 2009. Hydropower Development Priority Using MCDM Method, Energy Policy Vol. 37, pp. 1866-1875.

Supriyasilp, T., Pongput, K., Boonyasirikul, T., Boonyanupong, S., Tuksaudom, C. and Yongprayun R. 2010. the Study of Potential and Regulation Issues for Hydropower Development in Wang River Basin, NRCT report.

Abstract **Current Situation and Potential of Hydropower in Thailand**

Somchai Wongwises
Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
Fluid Mechanics, Thermal Engineering and Multiphase Flow Research Laboratory (FUTURE), Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand
Kanit Aroonrat
Fluid Mechanics, Thermal Engineering and Multiphase Flow Research Laboratory (FUTURE), Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand

Hydropower is an attractive energy option since it is renewable, clean, and environmentally friendly. In 2013, Thailand had a hydropower capacity of 3,497 MW, accounted for 11% of the total capacity of the system. The existing potential of hydropower in Thailand is as high as 15,155 MW. Moreover, the 25 river basins of the country could generate electricity from small-scale hydropower plants for more than 1,500 MW. Currently, the Ministry of Energy has a goal to increase the electricity production from alternative and renewable energy sources to 9,201 MW, including 1,608 MW of hydropower by 2021. This paper presents a review of the current situation and potential of hydropower in Thailand. Future development plans for supporting hydropower generation have also been presented.

***Keywords*:** current staus, potential, hydropower

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย

สมชาย วงศ์วิเศษ
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล
วิศวกรรมอุณหภาพและการไหลหลายสถานะ (FUTURE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปริญญา พงษ์สรอย
ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล
วิศวกรรมอุณหภาพและการไหลหลายสถานะ (FUTURE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นแก่การดำรงชีวิตของมนุษย์ พลังงานจะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นตามกระแสโลกาภิวัตน์ ณ ปัจจุบัน การพยายามแสวงหาพลังงานเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ทำให้พลังงานนิวเคลียร์ถูกพิจารณาเป็นอันดับต้น ๆ เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ด้วยเหตุนี้ โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่ใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในการผลิตไฟฟ้าโดยปราศจากมลพิษจึงเกิดขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ยังช่วยชะลอการเกิดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย นานาประเทศ รวมถึงประเทศไทย จึงเล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์จากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ประเทศไทยจึงมีการกำหนดแผนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศไทย (Nuclear Power Plant Projects, NPP) ซึ่งจะดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โครงการนี้ถูกปรับปรุงมาจนกระทั่งถึงแผนการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๗๓ ฉบับปรับปรุงครั้งที่ ๓ (Power Development Plan, PDP2010^{rev3}) โดยการกำหนดว่าช่วง พ.ศ. ๒๕๖๙-๒๕๗๐ ประเทศไทยจะเริ่มมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่มีกำลังการผลิตไฟฟ้าทั้งหมดเข้าในระบบประมาณ ๒,๐๐๐ เมกะวัตต์ เพื่อผลิตไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ ยิ่งไปกว่านั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังวางแผนสำหรับการเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าในอนาคตเพื่อรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศและเตรียมความพร้อมด้านพลังงานกับการรับมือประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องตอบสนองการลงทุนของนักธุรกิจทั้งในและต่างประเทศในภาคอุตสาหกรรมเป็นหลักเพื่อให้ประเทศไทยมีความมั่นคง

ด้านพลังงานในมุมมองของนานาประเทศ อย่างไรก็ตาม ประชาชนในประเทศไทยยังมีความวิตกกังวลกับผลกระทบหรือข้อเสียของการมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การเพิ่มความรู้ความเข้าใจถึงความจำเป็นของการมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จึงเป็นเรื่องสำคัญและเร่งด่วน

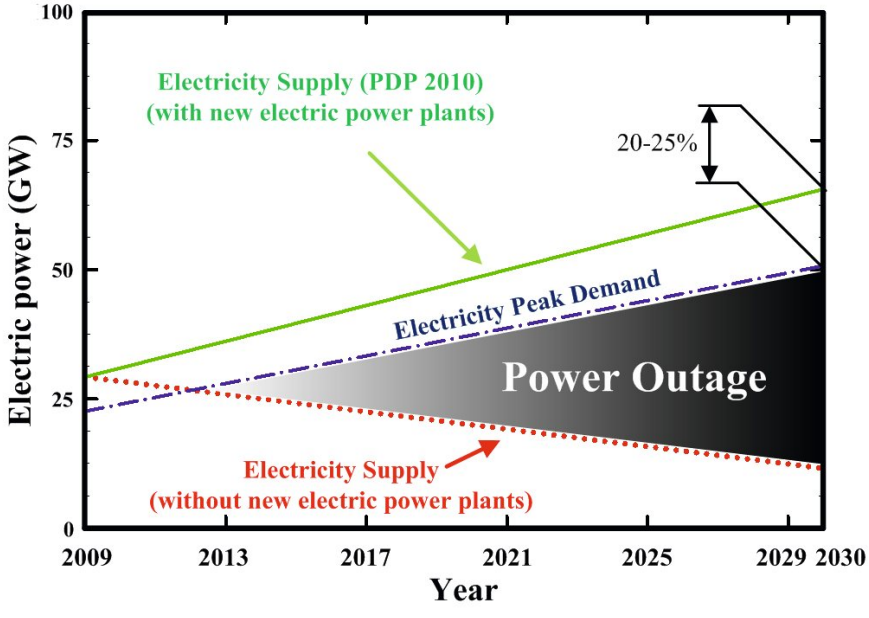
คำสำคัญ **: พลังงานนิวเคลียร์, โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์, ประเทศไทย**

๑. บทนำ

จากเหตุการณ์เมื่อครั้งสงครามโลกครั้งที่ ๒ นานาประเทศมีความตระหนักถึงการใช้พลังงานนิวเคลียร์มากขึ้น กอปรกับการนำพลังงานนิวเคลียร์ไปใช้ในทางสันติเพื่อการแก้ปัญหาสถานการณ์การใช้พลังงานของโลกที่สูงขึ้นตามจำนวนประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจ ด้วยเหตุนี้ ประเทศต่าง ๆ รวมถึงประเทศไทย ได้ริเริ่มก่อตั้งสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนิวเคลียร์เพื่อความคาดหวังว่าจะนำพลังงานชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพตามมาตรการลดภาวะโลกร้อน ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๔๙๔ นักวิทยาศาสตร์ในสหรัฐอเมริกาทำการศึกษาและวิจัยการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ เพื่อประยุกต์ใช้ในทางสันติ การทดลองเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สำหรับผลิตไฟฟ้าเป็นครั้งแรกมีขึ้นที่ Idaho Engineering Laboratory สหรัฐอเมริกา *(สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ, ๒๕๕๒ : ๑๐๙)* นานาประเทศต่างให้ความสนใจการพัฒนาค้นคว้า และวิจัย เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติมากขึ้นเป็นลำดับซึ่งรวมถึงประเทศไทย ปัจจุบันในการทำแผนการนำโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เข้ามาพิจารณาเป็นพลังงานทางเลือกของประเทศไทย กระทรวงพลังงานของประเทศไทย ได้จัดทำและปรับปรุงแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยคณะทำงานที่มีความรู้ความสามารถ ด้วยเหตุนี้ คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติได้มีมติเห็นชอบแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๗๓ *(กระทรวงพลังงาน, ๒๕๕๓)* ซึ่งมีแผนยุทธศาสตร์ เพื่อมุ่งเน้นให้เกิดความเชื่อมั่นในการลงทุนโดยการเพิ่มกำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศและลดการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากภาคการผลิตไฟฟ้าตามมาตรการลดภาวะโลกร้อน ยิ่งไปกว่านั้น การปรับแผนยุทธศาสตร์ด้านกำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศให้มีความมั่นคงในด้านพลังงานสำรอง พลังงานถือเป็นปัจจัยที่เกื้อหนุนการพัฒนาประเทศไทยให้เจริญก้าวหน้าทันกับนานาประเทศ อีกทั้งประโยชน์ของพลังงานจะช่วยผลักดันการพัฒนาด้านอุตสาหกรรม เกษตรกรรม เศรษฐกิจ และสาธารณูปโภคต่าง ๆ ที่ช่วยหล่อเลี้ยงคนในประเทศได้อย่างเพียงพอ ดังนั้น พลังงานต้องมีราคาถูกและเพียงพอกับความต้องการ

ประเทศไทยควรมีแผนการรองรับการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นตามกาลเวลาสำหรับการพัฒนาประเทศไม่ต่ำกว่าร้อยละ ๑๕ อย่างไรก็ตาม การพิจารณากำลังการผลิตจากแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๗๓ (PDP 2010) ซึ่งต้องมีการสร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการไฟฟ้า

ที่สูงขึ้นทุก ๆ ปี แผนที่กล่าวนี้จะทำให้กำลังการผลิตไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะสูงกว่าความต้องการไฟฟ้าโดยประมาณร้อยละ ๒๐ ถึง ๒๕ ซึ่งจะช่วยให้ประเทศไทยมีความมั่นคงด้านพลังงานได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าประเทศไทยไม่สร้างโรงไฟฟ้าเพิ่มเติม จะทำให้การจัดการไฟฟ้าในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๕๖ เป็นต้นไป เกิดปัญหาการขาดแคลนไฟฟ้า สาเหตุนี้อาจส่งผลให้ประเทศไทยเกิดไฟฟ้าดับได้ ปัญหานี้จะส่งผลเสียต่อสาธารณูปโภคของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศ ดังรูปที่ ๑ ทางเลือกหนึ่งที่มีความจำเป็นต้องทำอย่างเร่งด่วนคือการหาแหล่งพลังงานทดแทน และใช้ยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนควบคู่กันไป การเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าโดยโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จึงได้รับความสนใจเป็นอันมาก เนื่องจากความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ยิ่งกว่านั้น โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ยังจัดเป็นโรงไฟฟ้าฐาน (Base Load Plant) เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความมั่นคงด้านพลังงานมากขึ้น โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ถือเป็นทางเลือกทางหนึ่งของประเทศไทยซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาเป็นวาระแห่งชาติเพื่อสนองความต้องการในอนาคต โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จะช่วยลดการพึ่งพาแก๊สธรรมชาติเพราะประเทศไทยต้องพึ่งพาเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ ประมาณ ๑ ส่วนใน ๓ ส่วนของเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ปัจจุบันเชื้อเพลิงถูกนำเข้ามาจากประเทศเมียนมาเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าที่สำคัญต่อความมั่นคงทางไฟฟ้าในประเทศไทย



รูปที่ ๑ การพยากรณ์กำลังความต้องการไฟฟ้ากับกำลังการผลิตไฟฟ้าตามแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๗๓ (PDP 2010) *(กระทรวงพลังงาน, ๒๕๕๓)*

๒. สถานะและแนวโน้มโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย

พลังงานอยู่คู่กับวิถีชีวิตของมนุษย์ตลอดมา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีถูกนำมาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่มนุษย์และมีแนวโน้มของการพัฒนาที่สูงขึ้นตลอดเวลา เหตุการณ์นี้จึงส่งผลต่อการใช้พลังงานที่สูงขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศเป็นหลัก ดังนั้น การพัฒนาพลังงานทดแทนอย่างจริงจังจะช่วยลดการนำเข้าเชื้อเพลิงเหล่านั้นได้ แหล่งพลังงานที่นักวิทยาศาสตร์หรือนักวิชาการพิจารณาเพื่อนำเข้ามาเป็นพลังงานทดแทน สำหรับน้ำมัน ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ ก็คือพลังงานนิวเคลียร์ในรูปของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ ๗ (พ.ศ. ๒๕๓๕-๒๕๓๙) *(สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ๒๕๕๗, http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=89)* ได้ระบุแผนพัฒนาพลังงาน ดังนี้ การพิจารณาและศึกษาความเหมาะสมในการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้าทั้งทางเศรษฐศาสตร์ เทคโนโลยี ความปลอดภัย และการประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนเข้าใจอย่างถ่องแท้ ด้วยเหตุนี้ ความจำเป็น ๒ ประการจึงถูกพิจารณาสำหรับการนำโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในประเทศไทย คือ

ประการแรก ประเทศไทยจะเริ่มขาดแคลนแหล่งเชื้อเพลิงทั้งแก๊สธรรมชาติและถ่านหิน ซึ่งไม่พอแก่การป้อนให้แก่โรงไฟฟ้าที่สร้างขึ้นใหม่ ดังนั้น ประเทศไทยต้องหันไปพึ่งพาการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศส่งผลให้เสถียรภาพการผลิตไฟฟ้าของประเทศผูกติดกับการนำเข้าแก๊สธรรมชาติและถ่านหินมากขึ้น

ประการที่สอง ประเทศไทยปล่อยให้มีการใช้โรงไฟฟ้าถ่านหินเพิ่มมากขึ้นซึ่งส่งผลต่อการปล่อยแก๊สมลพิษออกสู่บรรยากาศในปริมาณมาก คือ CO_2 SO_X และ NO_X การทำลายสิ่งแวดล้อม การเกิดฝนกรด และการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก อย่างไรก็ตาม การใช้โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จะไม่มีแก๊สต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้น แต่โรงไฟฟ้าดังกล่าวจะมีเพียงกากเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วซึ่งสามารถจัดเก็บได้อย่างปลอดภัย โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

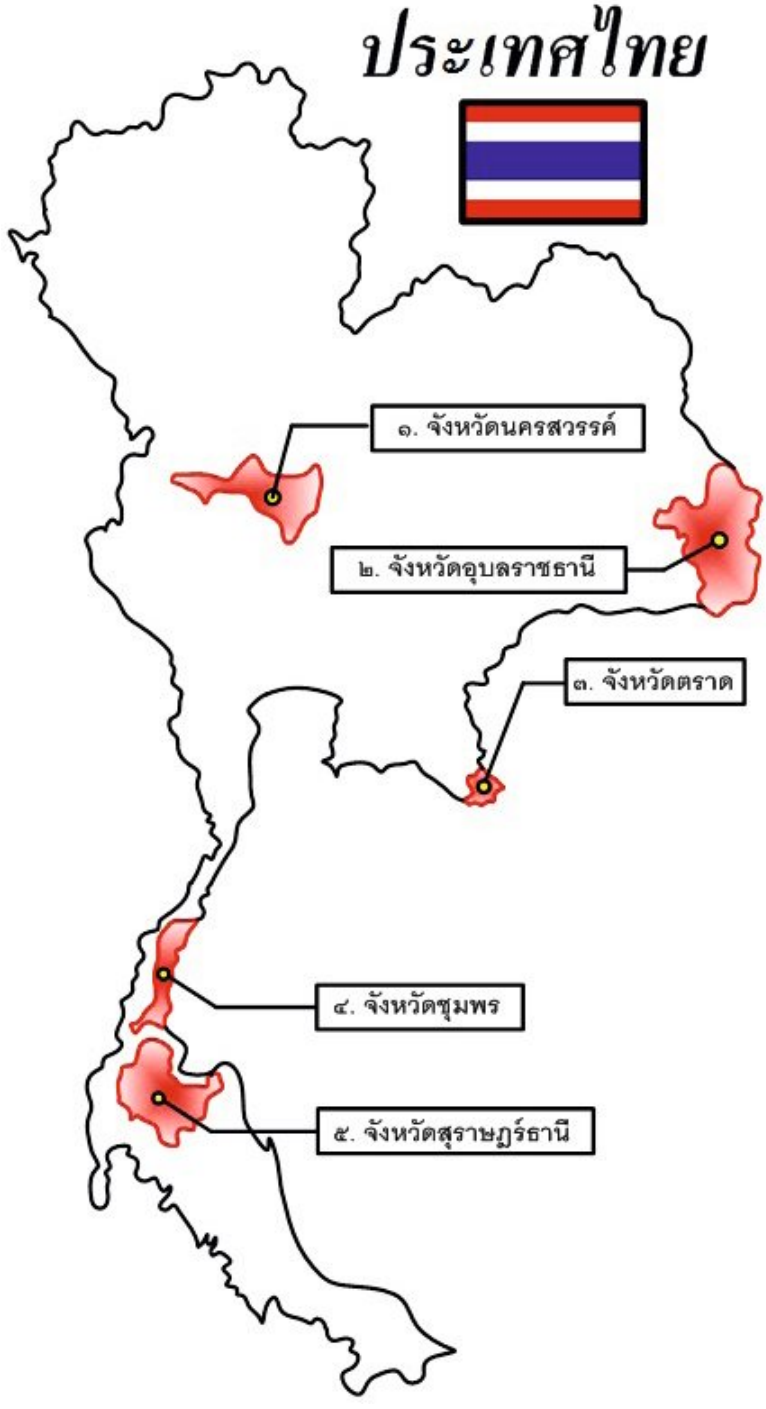
ด้วยเหตุนี้ พลังงานนิวเคลียร์จึงถูกเลือกให้เป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งในแผนยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่น โดยเฉพาะแก๊สธรรมชาติที่เป็นเชื้อเพลิงหลักที่ต้องนำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านสำหรับการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย และเพื่อความมั่นคงด้านพลังงานไฟฟ้าจากความจำเป็นและเหตุผลที่กล่าวมา การขออนุญาตดำเนินการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การเลือกสถานที่ตั้ง การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การเตรียมตัวในเรื่องของบุคลากร หรือแม้กระทั่งการจัดการกากกัมมันตรังสีเพื่อป้องกันการรั่วไหลของกัมมันตรังสี จึงต้องใช้เวลาดำเนินการเป็นเวลานานมากกว่า ๑๐ ปี และจะสามารถก่อสร้างเสร็จแล้วเดินเครื่องจ่ายไฟฟ้าให้ทันความต้องการได้ ดังนั้น ประเทศไทยควรทำตามแผนของโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่ตั้งไว้ให้ได้

การวางแผนการมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทยทำให้มีการกำหนดระยะเวลาของแผนงานโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขึ้น ดังแสดงในตารางที่ ๑ *(Siriudomrat, 2012)* โดยได้เลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมไว้ ๕ แห่ง ได้แก่ ๑. อำเภอท่าตะโก จังหวัดนครสวรรค์ ๒. อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี ๓. อำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ๔. อำเภอละแม จังหวัดชุมพร และ ๕. อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดังรูปที่ ๒ ยิ่งไปกว่านั้น การคัดเลือกสถานที่ตั้งที่เหมาะสมมีอยู่ ๔ ระยะ ซึ่งประเทศไทยถูกจัดอยู่ในระยะที่ ๓ คือ กำหนดสถานที่ตั้งที่เหมาะสม

ตารางที่ ๑ แผนโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Milestones for Nuclear Power Utility Planning)

ระยะโครงการฯ	ช่วงเวลาดำเนินการของโครงการฯ	กิจกรรมที่ต้องดำเนินการ
ระยะที่ ๐.๑ การเตรียมการขั้นต้น (Preliminary Phase)	พ.ศ. ๒๕๕๐ (๑ ปี)	- กำหนดโครงการฯ ลงในแผนการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (PDP) - ตั้งคณะกรรมการเตรียมการศึกษาความเหมาะสมการผลิตไฟฟ้าเพื่อพิจารณาประเด็นและขั้นตอนสำคัญของแผนงานโครงการฯ - ทำแผนจัดตั้งโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Power Infrastructure Establishment Plan, NPIEP)
ระยะที่ ๑ การเตรียมการโครงการ (Pre-Project Activity Phase)	พ.ศ. ๒๕๕๑-๒๕๕๓ (๓ ปี)	- สำรวจสถานที่ที่มีศักยภาพสำหรับก่อสร้างโรงไฟฟ้าฯ - ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการฯ และสร้างความรู้ ความเข้าใจ และการมีส่วนร่วมของประชาชน
ระยะที่ ๒ การจัดทำโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Program Implementation Phase)	พ.ศ. ๒๕๕๔-๒๕๕๖ (๓ ปี)	- จัดตั้งหน่วยงานกำกับดูแลโครงการฯ อย่างเต็มรูปแบบ - ดำเนินการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการฯ และสร้างความรู้ ความเข้าใจ และการมีส่วนร่วมของประชาชน

ระยะโครงการฯ	ช่วงเวลาดำเนินการของโครงการฯ	กิจกรรมที่ต้องดำเนินการ
		- เริ่มมีผลบังคับใช้ของกฎหมายและพันธกรณีระหว่างประเทศ - เลือกสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าฯ ที่เหมาะสมพร้อมทั้งเลือกเทคโนโลยี และผู้ผลิตที่เหมาะสม แล้วเปิดประมูล
ระยะที่ ๓ การก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Construction Phase)	พ.ศ. ๒๕๕๗-๒๕๖๒ (๖ ปี)	- ดำเนินการประมูลให้แล้วเสร็จ - ออกแบบและดำเนินการประมูลทางวิศวกรรม - ดำเนินการก่อสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ - ทำการทดสอบและตรวจสอบระบบ - ขออนุญาตเดินเครื่องโรงไฟฟ้าฯ
ระยะที่ ๔ การเดินเครื่องโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Operation Phase)	เริ่ม-พ.ศ. ๒๕๖๙	- เริ่มเดินเครื่องโรงไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์ - เดินเครื่องและบำรุงรักษาโรงไฟฟ้าฯ - วางแผนสำหรับการเพิ่มกำลังการผลิตในอนาคต - วางแผนพัฒนาทางอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ ๒ ตำแหน่งสถานที่ตั้งที่เหมาะสมต่อการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย ***(Siriudomrat, 2012)***

นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ยังต้องพิจารณาผลการวิจัยจากการสำรวจความคิดเห็นของประชาชน ผลการวิจัยดังกล่าวถูกใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการพิจารณาการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การสำรวจโดยสุ่มจำนวนประชาชน ๓,๘๐๗ คน ที่มีอายุ ๑๘ ถึง ๖๐ ปี ตามต่างจังหวัดรวมถึงกรุงเทพฯ โดยสำนักวิจัยเอแบคโพลล์ (ABAC Poll) แสดงให้เห็นว่า ประชาชนร้อยละ ๘๓.๔ ไม่เห็นด้วยกับแผนการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย และมีเพียงร้อยละ ๑๖.๖ ให้การสนับสนุนโครงการนี้ *(The Nation/Asia News Network, 2014, http://news.asiaone.com/News/Latest%2BNews/Asia/Story/A1Story20110327-270371.html)* จากผลการสำรวจนี้สามารถสรุปได้ว่า ข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จะมีมากเพียงใดก็ตาม ประชาชนก็ยังกังวลเรื่องความปลอดภัยและความสูญเสียที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เกิดอุบัติเหตุ เช่น การปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีขณะเดินเครื่อง และการจัดการกากกัมมันตรังสีที่ใช้งานแล้ว ดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องเพิ่มความเชื่อมั่นในประเด็นนี้ โดยโครงสร้างพื้นฐานของประเทศไทยต้องมีหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและวิศวกรที่มีความรู้ความสามารถพอแก่การควบคุมและดูแลการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ประชาชนจึงมีความมั่นใจกับการมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์มากขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency, IAEA) ซึ่งได้รับการยอมรับจากนานาประเทศทั่วโลก จะทำหน้าที่ส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศในด้านการใช้พลังงานปรมาณูเพื่อสันติและการควบคุมดูแลการใช้พลังงานนิวเคลียร์ในรูปแบบของ Nuclear Safety, Nuclear Security และ Nuclear Safeguard ซึ่งจะช่วยเพิ่มความมั่นใจเรื่องวิถีชีวิตของสาธารณชน และการดูแลรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น

๓. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

จากคำวิจารณ์และข้อถกเถียงของหลายฝ่ายเกี่ยวกับการมีโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทยในช่วงหลายปีที่ผ่านมา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จำเป็นต้องมีความรอบคอบในการสำรวจและศึกษาที่ตั้ง การตรวจสอบด้านธรณีวิทยา และการจัดหาแหล่งน้ำสำหรับโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ซึ่งจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อประชาชนและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เราไม่สามารถหลีกเลี่ยงชาวบ้านที่คัดค้านได้ ดังนั้น จึงต้องทำประชาพิจารณ์ เพื่อหาข้อดีและข้อเสียเพื่อการมีส่วนร่วมของประชาชนทุกคน ยิ่งไปกว่านั้น การเปรียบเทียบประโยชน์ของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์กับโรงไฟฟ้าประเภทอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่า โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์มีข้อดี เช่น ต้นทุนของเชื้อเพลิงที่ถูกกว่า เป็นแหล่งผลิตไฟฟ้าที่มีเสถียรภาพและมั่นคง การก่อกำเนิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ และความสามารถในการเดินเครื่องได้โดยไม่ต้องปิดเครื่องนานนับปี เหตุผลเหล่านี้จะช่วยให้ประชาชนในประเทศให้ความสำคัญแก่โครงการ

โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ จากการใช้พลังงานของโลกใน พ.ศ. ๒๕๕๓ องค์กรพลังงานระหว่างประเทศ *(IEA-International Energy Agency, 2012)* ได้แสดงสถิติการใช้พลังงานนิวเคลียร์ว่าคิดเป็นร้อยละ ๑๔ โดยประมาณของการผลิตไฟฟ้าทั่วโลก ซึ่งเป็นปริมาณที่ช่วยเสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของแต่ละประเทศได้

ปัจจุบัน ประเทศไทยเป็นประเทศกำลังพัฒนาที่มีแผนนโยบายในโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เป็นเพียงนามธรรม แต่ยังไม่เป็นรูปธรรมเหมือนดังประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส ญี่ปุ่น โครงสร้างพื้นฐานด้านพลังงานของประเทศไทยจึงด้อยกว่าประเทศอื่น ดังนั้น โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (NPP) น่าจะเป็นทางเลือกทางหนึ่งของประเทศไทยในการแก้ปัญหาวิกฤติพลังงาน และความมั่นคงด้านพลังงาน เพื่อรองรับการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศรวมถึงประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จะช่วยดึงดูดนักลงทุนและนักธุรกิจทั้งในและนอกประเทศของทุกสาขาอาชีพเพื่อการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยอย่างมาก *(Pongsoi and Wongwises, 2013 : 586-592)*

๔. สรุป

- ประเทศไทยมีความพร้อมทั้งบุคลากร การเลือกสถานที่ตั้ง และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ดังนั้น ประเทศไทยมีศักยภาพเพียงพอแก่การมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ประเทศไทยควรสร้างความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศจากโครงการนี้เพื่อรองรับการลงทุนของนักลงทุนทั้งในและนอกประเทศ

- ปัจจุบัน โครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ในประเทศไทย ซึ่งมีการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เป็นผู้ดูแล ควรศึกษาผลกระทบและปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้น เช่น มวลชนในพื้นที่เป้าหมายมีความหวาดระแวง หรือแม้กระทั่งภัยธรรมชาติ

- ประชาชนในประเทศไทยยังมีความวิตกกังวลกับผลกระทบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การเพิ่มความรู้และความเข้าใจถึงความจำเป็นของการมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จึงเป็นเรื่องสำคัญ การมีมวลชนสัมพันธ์และการให้ประชาชนมีส่วนร่วมกับโครงการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จะช่วยลดความวิตกกังวลและเพิ่มความเชื่อมั่นของประชาชนในประเทศไทยได้ หน่วยงานที่ดูแลด้านความปลอดภัยขณะเดินเครื่องโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ควรเป็นหน่วยงานที่ประชาชนให้ความเชื่อมั่นสูง เช่น กองทัพ สภาวิศวกร

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และโครงการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. “สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. ๒๕๕๓-๒๕๗๓ (PDP 2010)” (พ.ศ. ๒๕๕๓).

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. “แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๗”, พ.ศ. ๒๕๓๕-๒๕๓๙ เข้าถึงได้จาก http://www.nesdb.go.th/Default.aspx?tabid=89 (สืบค้น ๑๙/๘/๒๕๕๗).

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. “ศัพทานุกรม นิวเคลียร์” (พ.ศ. ๒๕๕๒) หน้า ๑๐๙.

IEA-International Energy Agency. 2012. Energy technology perspectives 2012, Pathways to a clean energy system.

Pongsoi, P., Wongwises, S. 2013. A review on nuclear power plant scenario in Thailand, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 24, 586-592.

Siriudomrat, T. 2012. “Nuclear Energy Technology”, Lecture Note, Division of Energy Technology, School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut’s University of Technology Thonburi.

The Nation/Asia News Network, “80% of Thai people oppose nuclear power plants”, เข้าถึงได้จาก : http://news.asiaone.com/News/Latest%2BNews/Asia/Story/A1Story20110327-270371.html (สืบค้น ๑๙/๘/๒๕๕๗).

Abstract **Nuclear Power Plant Projects in Thailand**

Somchai Wongwises
Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
Fluid Mechanics, Thermal Engineering and Multiphase Flow Research Laboratory (FUTURE), Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand
Parinya Pongsoi
Fluid Mechanics, Thermal Engineering and Multiphase Flow Research Laboratory (FUTURE), Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand

Energy has been necessary for human beings from early settlements to the present time, and it is increasingly important with globalization. The ongoing search for energy to meet humans' needs puts nuclear power at the top of the list of options considered for generating electricity. Therefore, a nuclear power plant, which uses a nuclear reactor as the source of thermal energy to generate pollution-free electrical current, was initiated to delay global warming. Many countries see the importance and advantages of nuclear power plants, and Thailand is one of the countries planning nuclear power plant projects (NPP) to be built by the Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT). These projects have been improved, and the latest Power Development Plan 2012-2030 (PDP 2010^{rev3}) states that by 2026-2027 Thailand will build nuclear power plants with total electrical productivity of about 2,000 megawatts. The plants will generate commercial electricity for domestic consumption in line with plans to increase productivity in the near future in preparation for Thai economic growth and its participation in the Asean Economic Community (AEC). These efforts will result from investments in domestic and international industrial businesses in order to impress foreign countries with Thailand's energy security. However, Thai people are still worried about the impacts or disadvantages of nuclear power plants. Therefore, providing knowledge and understanding about the necessity of these plants is significantly and urgently required.

***Keywords*:** nuclear energy, nuclear power plant, Thailand

วารสารราชบัณฑิตยสภา
ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค.-มี.ค. ๒๕๕๘

ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ของประเทศไทย

สมชาย วงศ์วิเศษ
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล
วิศวกรรมอุณหภาพและการไหลหลายสถานะ (FUTURE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ศักรินทร์ ชินกุลพิทักษ์
ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล
วิศวกรรมอุณหภาพและการไหลหลายสถานะ (FUTURE)
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

ปัญหาเกี่ยวกับความผันผวนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงและภาวะโลกร้อนที่เกิดจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ส่งผลให้หลายประเทศทั่วโลกสนใจและให้ความสำคัญแก่การศึกษาเพื่อพัฒนาปรับปรุงการใช้พลังงานทดแทนให้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานหมุนเวียน พลังงานทดแทนที่น่าสนใจอย่างหนึ่งก็คือพลังงานลม เนื่องจากพลังงานลมเป็นพลังงานหมุนเวียนที่มีอยู่ตามธรรมชาติและสามารถใช้ได้อย่างไม่จำกัดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พลังงานลมจึงเป็นพลังงานทางเลือกที่มีอัตราการลงทุนสูงขึ้นทุกปี ในปลาย พ.ศ. ๒๕๕๖ ประเทศไทยสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้ประมาณ ๑๙๓ เมกะวัตต์ รัฐบาลมีแผนการพัฒนาการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้มีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑๐ ของกำลังการผลิตไฟฟ้าที่ได้จากเชื้อเพลิงฟอสซิล และมีกำลังการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมรวม ๑,๒๐๐ เมกะวัตต์ ภายใน พ.ศ. ๒๕๖๔ บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อเสนอสถานการณ์การใช้พลังงานลมเพื่อการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันของประเทศไทย รวมทั้งแผนพัฒนาส่งเสริมการใช้พลังงานลมในอนาคตโดยมีเป้าหมายเพื่อทดแทนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ และถ่านหิน)

คำสำคัญ : พลังงานลม, ศักยภาพพลังงานลม, ฟาร์มกังหันลม, พลังงานหมุนเวียน

๑. บทนำ

ในช่วงเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา พลังงานเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตอย่างมาก และเป็นปัจจัยพื้นฐานในการผลิตของภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม เช่น การขนส่งและการเดินทาง สิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ การติดต่อสื่อสาร รวมถึงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรม ด้วยเหตุนี้ การจัดหาพลังงานให้มีปริมาณที่เพียงพอ มีคุณภาพที่ดี และมีราคาที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งสำคัญ หลายประเทศทั่วโลกจึงสนับสนุนการใช้งานพลังงานทดแทนมากขึ้น เพื่อที่จะส่งเสริมความมั่นคงด้านพลังงาน และในขณะเดียวกันก็เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ประเทศไทยได้พัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนมากขึ้น เช่น พลังงานลม พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์

งานในบทความนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลและเนื้อหาเกี่ยวกับสถานการณ์การใช้พลังงานลมเพื่อการผลิตไฟฟ้า ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทยเมื่อเทียบกับประเทศอื่นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งอุปสรรคในการติดตั้งกังหันลม และนโยบายส่งเสริมการใช้พลังงานลมในระยะยาว

๒. ศักยภาพของพลังงานลมในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร มีความเร็วลมโดยเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (โดยเฉลี่ย ๓-๕ เมตร/วินาที) ประเทศไทยได้ศึกษาศักยภาพพลังงานลมของประเทศตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๑๘ โดยกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน (สำนักงานพลังงานแห่งชาติ) จนถึง พ.ศ. ๒๕๔๔ *(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ๒๕๕๔)* ต่อมาได้มีการใช้เทคนิคที่พัฒนามากขึ้น และใช้ข้อมูลลมที่ระยะสูงขึ้นรวมในการวิเคราะห์ด้วย หลักเกณฑ์ในการคัดเลือกแหล่งพลังงานที่เหมาะสมคือ พื้นที่นั้นควรมีระดับความเร็วลมหรือกำลังลมเฉลี่ยไม่น้อยกว่าระดับ ๓ คือ ๖.๔-๗.๐ เมตรต่อวินาที หรือ ๓๐๐-๔๐๐ กิโลวัตต์ต่อตารางเมตร ที่ความสูง ๕๐ เมตร จากการศึกษาข้อมูลที่ได้พบว่า ประเทศไทยมีแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีบริเวณชายฝั่งทะเลทางด้านอ่าวไทย ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพรองลงมาอยู่ที่ภาคใต้ตอนบนบริเวณอ่าวไทยชายฝั่งตะวันตก ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี ประมาณ ๔.๔ เมตรต่อวินาที ขึ้นไป ที่ความสูง ๕๐ เมตร ดังที่สรุปไว้ในตารางที่ ๑

ตารางที่ ๑ แหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีในประเทศไทย *(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ๒๕๕๔)*

พื้นที่	จังหวัด	ระดับกำลังลม	ที่ระดับความสูง ๕๐ เมตร	
			ความเร็วลม (m/s)	กำลังลม (W/m^2)
๑. อ.หัวไทร	นครศรีธรรมราช	๓	๖.๔๐-๗.๐๐	๓๐๐-๔๐๐
๒. แหลมตาชี	ปัตตานี	๔	๗.๐๐-๗.๕๐	๔๐๐-๕๐๐
๓. อ.ระโนด	สงขลา	๔	๗.๐๐-๗.๕๐	๔๐๐-๕๐๐
๔. อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์	เชียงใหม่	๔	๗.๐๐-๗.๕๐	๔๐๐-๕๐๐
๕. อุทยานแห่งชาติแก่งกรุง	สุราษฎร์ธานี	๔-๕	๗.๐๐-๗.๕๐	๔๐๐-๖๐๐
๖. ทะเลสาบสงขลา	สงขลา	๕-๖	๗.๕๐-๘.๐๐	๕๐๐-๗๐๐
๗. อุทยานแห่งชาติวังเจ้า	ตาก	๖	๘.๐๐-๘.๘๐	๖๐๐-๘๐๐
๘. เขาพนมเบญจา	กระบี่	๖	๘.๐๐-๘.๘๐	๖๐๐-๘๐๐
๙. อุทยานแห่งชาติใต้ร่มเย็น	นครศรีธรรมราช	๖-๗	๘.๐๐-๑๑.๙๐	๖๐๐-๒,๐๐๐
๑๐. อุทยานแห่งชาติเขาหลวง	นครศรีธรรมราช	๖-๗	๘.๐๐-๑๑.๙๐	๖๐๐-๒,๐๐๐
๑๑. อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า	พัทลุง	๖-๗	๘.๐๐-๑๑.๙๐	๖๐๐-๒,๐๐๐

ต่อมาใน พ.ศ. ๒๕๕๑ จอมภพ แววศักดิ์ และคณะ *(จอมภพ แววศักดิ์ และคณะ, ๒๕๕๒ : ๕๑-๖๐)* ได้ก่อตั้งสถานีวัดลมขึ้นใน ๖ จังหวัดตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดกระบี่ จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล จากการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์สำหรับกังหันลมขนาดเล็กมาก ๑.๐, ๑.๕ และ ๒.๐ เมกะวัตต์ พบว่า ศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าแบบฟาร์มกังหันลม โดยที่ในระยะยาวสามารถผลิตไฟฟ้าได้ ๑,๐๑๘ ๑,๐๓๘ และ ๑,๑๔๘ เมกะวัตต์ ตามลำดับ

จากผลการสำรวจแหล่งพลังงานลมโดย ณัฐวุฒิ ดุษฎี และคณะ *(ณัฐวุฒิ ดุษฎี และคณะ, ๒๕๕๒ : ๖๑-๗๐)* ที่สถานีร่มโพธิ์ไทย บ้านผาตั้ง บ้านนอแล หนองหอย ดอยม่อนล้าน และกิ่วลม พบว่า ศักยภาพพลังงานลมของพื้นที่บริเวณทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยทำให้สามารถติดตั้งฟาร์มกังหันลมได้ ๖๘ เมกะวัตต์ นอกจากนี้ ผลจากการสำรวจพื้นที่จริงพบว่า มีพื้นที่ที่เหมาะสม (บริเวณสถานีกิ่วลม ดอยม่อนล้าน และแม่แฮ) พร้อมสำหรับติดตั้งฟาร์มกังหันลม โดยใช้กังหันลมขนาด ๑ และ ๓ เมกะวัตต์ หรือมีกำลังการผลิตรวม ๙ และ ๒๗ เมกะวัตต์ ตามลำดับ

๓. สถานการณ์ปัจจุบันและเป้าหมายในอนาคตของพลังงานลมในประเทศไทย

การผลิตพลังงานจากพลังงานลมของประเทศไทยในเดือนธันวาคม พ.ศ. ๒๕๕๖ มีกำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น ๑๙๓ เมกะวัตต์ *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๕๗; http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/2556/wind13.png; Chingulpitak et al., 2014: 312–318)* โดยเป็นการรวบรวมกำลังการผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานลมที่มีการจ่ายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบเท่านั้น ตำแหน่งที่ตั้งและกำลังการผลิตของโรงไฟฟ้าพลังงานลมแสดงไว้ในรูปที่ ๑

ใน พ.ศ. ๒๕๓๕ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ติดตั้งกังหันลมขนาดกำลังผลิต ๑๐ กิโลวัตต์ จำนวน ๒ ชุด และติดตั้งกังหันลมเพิ่มขึ้นอีก ๑.๕ เมกะวัตต์ใน พ.ศ. ๒๕๓๙ ที่บริเวณแหลมพรหมเทพ จังหวัดภูเก็ต ใน พ.ศ. ๒๕๕๒ กระทรวงพลังงานโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ได้ติดตั้งกังหันลมเพื่อผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังผลิต ๑.๕ เมกะวัตต์ จำนวน ๑ ชุด ที่อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช ในชื่อ ***โครงการสาธิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม*** *(กระทรวงพลังงาน, ๒๕๔๙ : ๒๑๔-๒๓๑)* ในปีเดียวกัน การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ดำเนินการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานลม พร้อมทั้งเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบการจำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ในชื่อ ***ลมลำตะคอง*** โดยได้ดำเนินการติดตั้งกังหันลมขนาดกำลังผลิต ๑.๒๕ เมกะวัตต์ จำนวน ๒ ชุด รวมกำลังผลิตเป็น ๒.๕ เมกะวัตต์ ที่บริเวณอ่างพักน้ำตอนบนของโรงไฟฟ้าลำตะคองชลภาวัฒนา ตำบลคลองไผ่ อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ต่อมาการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ได้ดำเนินโครงการสาธิตการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ***สทิงพระ*** ขนาด ๑.๕ เมกะวัตต์ จำนวน ๑ ชุด ที่ตำบลจะทิ้งพระ อำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา *(การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ๒๕๕๗; http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_wind.htm; การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, ๒๕๕๗; http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_windlamtakhong/wind_ lamtakhong.htm; "กังหันลมที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย", ๒๕๕๗; http://www.oknation.net/blog/nn1234/2010/06/04/entry-1)*

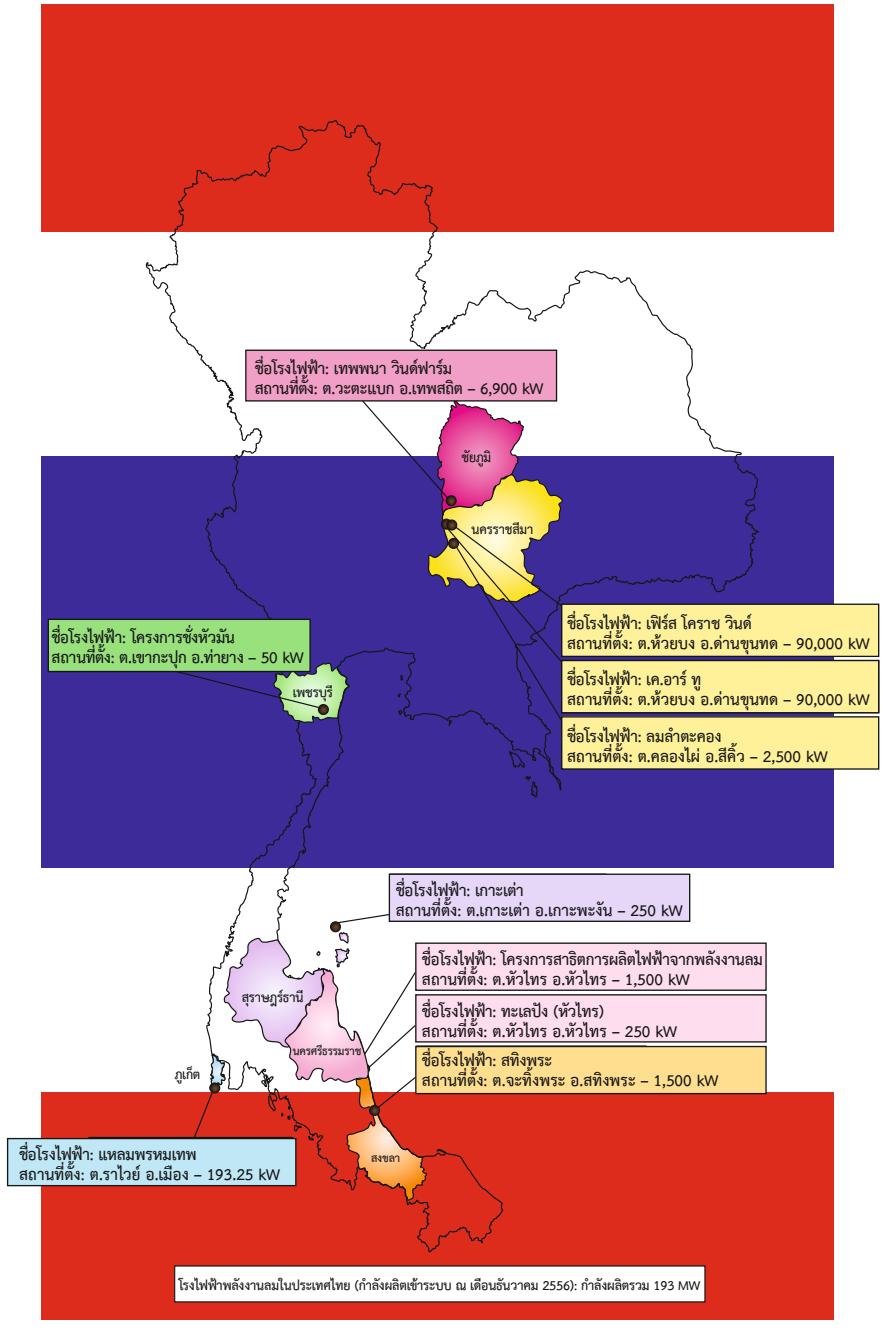
โรงไฟฟ้าพลังงานลม ***ชั่งหัวมัน*** ตั้งอยู่ในพื้นที่โครงการชั่งหัวมัน ตามพระราชดำริ ที่ตำบลเขากระปุก อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี กระแสไฟฟ้าที่ได้จากโครงการนี้ถูกป้อนเข้าระบบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ใน พ.ศ. ๒๕๕๒ ที่กำลังการผลิต ๕๐ กิโลวัตต์ *(กองบรรณาธิการ, ๒๕๕๗; http://www.onep.go.th/download/TNE/TNE-54-v4.pdf)* โรงไฟฟ้าพลังงานลม ***เกาะเต่า*** โดยการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ติดตั้งกังหันลม ๒๕๐ กิโลวัตต์ ที่ตำบลเกาะเต่า อำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ ๑๐

ของการใช้พลังงานของเกาะเต่าทั้งเกาะ *(ไพรัช กิจวรวุธ และ หรรษา วัฒนานุกิจ, http://gis.eng.ku.ac.th/Research/paper_wind%20energy.pdf)*

สำหรับโครงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลม ***เฟิร์ส โคราช วินด์*** และ ***K.R. สอง*** ที่ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ถูกจัดตั้งขึ้นโดย Wind Energy Holding Co., Ltd. ใน พ.ศ. ๒๕๕๕ และ ๒๕๕๖ ตามลำดับ โครงการเหล่านี้เป็นฟาร์มกังหันลมแห่งแรกของประเทศไทย และมีกำลังผลิตที่สูงที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ กำลังผลิตไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น ๑๘๐ เมกะวัตต์ *(Wind Energy Holding Co., LTD. 2557; http://www.windenergyholding.co.th)* โรงไฟฟ้าพลังงานลม ***เทพพนา วินด์ฟาร์ม*** ตั้งอยู่ที่ตำบลวะตะแบก อำเภอเทพสถิต จังหวัดชัยภูมิ สามารถผลิตกำลังไฟฟ้าจากพลังงานลม ๖.๘๐ เมกะวัตต์ ใน พ.ศ. ๒๕๕๖ โดยใช้กังหันลมที่มีกำลังการผลิต ๒.๕๐ เมกะวัตต์ *(กลุ่มธุรกิจไฟฟ้า, ๒๕๕๗; http://www.egco.com/th/corperate_profile_busin_group_teppana_wind.asp)*

สำหรับมาตรการการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้พลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้สำหรับการผลิตไฟฟ้า รวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมนั้น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) ได้กำหนดมาตรการส่งเสริมโดยให้มีส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้า (ADDER) จากพลังงานหมุนเวียนประเภทต่าง ๆ พลังงานลมมีส่วนเพิ่มราคาประมาณ ๒.๕๐-๓.๕๐ บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง สำหรับในพื้นที่ ๓ จังหวัดชายแดนภาคใต้ (จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส) จะได้รับค่าการรับซื้อส่วนเพิ่มสูงเป็นพิเศษประมาณ ๕.๐๐ บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง การสนับสนุนราคาส่วนเพิ่มจะมีระยะเวลา ๑๐ ปีนับจากวันที่ได้จ่ายไฟเข้าระบบตามสัญญาซื้อขายไฟฟ้า *(ทรงกฤษณ์ ประภักดี : ๔๒-๔๘; กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, ๒๕๕๗; http://www.eppo.go.th/encon/plan-2551-2554/encon-2551-2554.pdf; Ruangrong et al., 2014; http://electricitygovernance.wri.org/files/egi/Thailand.pdf)*

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในระยะยาว ๑๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๖๔) หรือ Alternative Energy Development Plan: AEDP (2012-2021) โดยกระทรวงพลังงาน มีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนให้เป็นร้อยละ ๒๕ ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศใน พ.ศ. ๒๕๖๔ โดยเป็นการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมให้มีกำลังผลิตไฟฟ้ารวม ๑,๒๐๐ เมกะวัตต์ *(กระทรวงพลังงาน, ๒๕๕๗; http://km.eppo.go.th/resources/uploaded/9/20130715137390531295 74.pdf)* ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้โดยประมาณ ๑๙๓ เมกะวัตต์ *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๕๗; http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/2556/wind13.png)*



รูปที่ ๑ แผนที่แสดงตำแหน่งที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมในประเทศไทย *(กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, ๒๕๕๗; http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/2556/wind13.png; Chingulpitak et al., 2014: 312–318)*

ส่วนอุปสรรคในการพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานลมในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- พื้นที่ที่มีศักยภาพพลังงานลมสูงมักจะอยู่ในเขตภูเขาหรือป่าสงวน ทำให้หน่วยงานเอกชนที่มีความสนใจลงทุนพลังงานลมแบบทุ่งกังหันลม (มากกว่า ๑,๔๐๐ เมกะวัตต์) ติดปัญหาเรื่องการขออนุญาตใช้พื้นที่จากหน่วยราชการที่เกี่ยวข้อง
- ปัญหาต้นทุนการผลิตและการติดตั้งกังหันลม หรือความเหมาะสมของพื้นที่ ก็คือ จำเป็นต้องมีระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงสูงระดับ ๒๒ ๓๓ หรือ ๑๑๕ กิโลโวลต์ ผ่านหรืออยู่ในรัศมี ๑๐ กิโลเมตร เพื่อเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค
- ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม มีตัวอย่างคือ การทำลายทัศนียภาพแสงและเงา รวมถึงมลภาวะทางเสียงและผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณพื้นที่ทำการติดตั้ง

๔. สรุป

ประเทศไทยมีแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีในบริเวณชายฝั่งทะเลทางด้านอ่าวไทย และในบริเวณที่สูงมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี ประมาณ ๖.๔ เมตรต่อวินาที ที่ระดับความสูง ๕๐ เมตร นอกจากนี้ยังพบว่ามีแหล่งศักยภาพพลังงานลมที่ดีอีกส่วนหนึ่งอยู่บริเวณเทือกเขาด้านทิศตะวันตก ตั้งแต่ภาคเหนือตอนล่างจนถึงภาคใต้ตอนบน ส่วนแหล่งที่มีศักยภาพรองลงมา ซึ่งมีความเร็วลมเฉลี่ยทั้งปี ประมาณ ๔.๔ เมตรต่อวินาที ขึ้นไป ที่ความสูง ๕๐ เมตร พบว่าอยู่ที่ภาคใต้ตอนบนบริเวณอ่าวไทยชายฝั่งตะวันตกและบริเวณเทือกเขาในภาคเหนือ รวมทั้งบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันตกและในอ่าวไทยชายฝั่งตะวันออก

การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในประเทศไทยมีแนวโน้มการลงทุนที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งจากภาครัฐและเอกชน คือใน พ.ศ. ๒๕๕๖ ประเทศไทยสามารถผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมได้ประมาณ ๑๙๓ เมกะวัตต์ ในอนาคตประเทศไทยมีเป้าหมายเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานลมในการผลิตไฟฟ้าให้มีกำลังการผลิตรวม ๑,๒๐๐ เมกะวัตต์ หรือคิดเป็นร้อยละ ๑๓ ของสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนทั้งหมดของประเทศภายใน พ.ศ. ๒๕๖๔

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. “แผนที่แสดงที่ตั้งโรงไฟฟ้าพลังงานลมในประเทศไทย”. เข้าถึงได้จาก : http://www.dede.go.th/dede/images/stories/file/filemap_re/2556/wind13.png (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๙ สิงหาคม ๒๕๕๗).

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. “แผนที่ศักยภาพพลังงานลมของประเทศไทย”. รายงานฉบับสมบูรณ์ ๒๕๕๔.

กระทรวงพลังงาน. ๒๕๔๙. “ทิศทางพลังงานไทย”. สำนักประชาสัมพันธ์. หน้า ๒๑๔-๒๓๑.

กระทรวงพลังงาน. “แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ๒๕% ใน ๑๐ ปี (พ.ศ. ๒๕๕๕-๒๕๖๔)”. เข้าถึงได้จาก : http://km.eppo.go.th/resources/uploaded/9/20130715137390531295 74.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๙ สิงหาคม ๒๕๕๗).

กลุ่มธุรกิจไฟฟ้า : บริษัท เทพพนา วินด์ฟาร์ม จำกัด. เข้าถึงได้จาก : http://www.egco.com/th/corperate_profile_busin_group_teppana_wind.asp (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๙ สิงหาคม ๒๕๕๗).

กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. “แผนอนุรักษ์พลังงาน และแนวทาง หลักเกณฑ์ เงื่อนไข และลำดับความสำคัญของการใช้จ่าย”. เข้าถึงได้จาก : http://www.eppo.go.th/encon/plan-2551-2554/encon-2551-2554.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๘ สิงหาคม ๒๕๕๗).

กองบรรณาธิการ. “โครงการชั่งหัวมัน ตามพระราชดำริ”. *วารสารธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย* ปีที่ ๗ ฉบับที่ ๔ เดือนตุลาคม-ธันวาคม ๒๕๕๔ หน้าที่ ๘. เข้าถึงได้จาก : http://www.onep.go.th/download/TNE/TNE-54-v4.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ ๒๒ สิงหาคม ๒๕๕๗).

“กังหันลมที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย”. เข้าถึงได้จาก : http://www.oknation.net/blog/nn1234/2010/06/04/entry-1 (สืบค้นเมื่อวันที่ ๒๑ สิงหาคม ๒๕๕๗).

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. “กฟผ.กับการพัฒนาพลังงานลมเพื่อผลิตไฟฟ้า”. เข้าถึงได้จาก : http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_wind.htm (สืบค้นเมื่อวันที่ ๒๐ สิงหาคม ๒๕๕๗).

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. “กังหันลมผลิตไฟฟ้าที่ลำตะคอง อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา”. เข้าถึงได้จาก : http://www3.egat.co.th/re/egat_wind/egat_windlamtakhong/wind_ lamtakhong.htm (สืบค้นเมื่อวันที่ ๒๐ สิงหาคม ๒๕๕๗).

จอมภพ แววศักดิ์, ชูลีรัตน์ คงเรือง, ยุทธนา ฏิระวณิชย์กุล และสุภวรรณ ฏิระวณิชย์กุล. ๒๕๕๒. “ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมตามแนวชายฝั่งทะเลทางภาคใต้ของประเทศไทย”. *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านพลังงาน ฉบับพิเศษ* (วช. ครบรอบ ๕๐ ปี). ๕๑-๖๐.

ณัฐวุฒิ ดุษฎี, กิตติกร สาสุจิตต์, นิรันดร์ สุวรรณสิทธิ์, เสรี กังวานกิจ, อภิชาต สวนคำกอง และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. ๒๕๕๒. “การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานลมในเขตภาคเหนือตอนบน”. *วารสารสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านพลังงาน ฉบับพิเศษ* (วช. ครบรอบ ๕๐ ปี). ๖๑-๗๐.

ทรงกฤษณ์ ประภักดี. “กังหันลมผลิตไฟฟ้า : มุมมองด้านสิ่งแวดล้อม”. *วารสารสิ่งแวดล้อม* ปีที่ ๑๓ เล่มที่ ๓. ๔๒-๔๘.

ไพรัช กิจวรวุธ และหรรษา วัฒนานุกิจ. “พลังงานลม : เทคโนโลยีจากอดีต สู่ปัจจุบันและอนาคต”. http://gis.eng.ku.ac.th/Research/paper_wind%20energy.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๙ สิงหาคม ๒๕๕๗).

Chingulpitak, S. and Wongwises, S. 2014. Critical review of the current status of wind energy in Thailand, Renewable and Sustainable Energy Reviews, (31), pp. 312–318.

Ruangrong, P. Thailand's Approach to Promoting Clean Energy in the Electricity Sector, Energy Regulatory Commission of Thailand, เข้าถึงได้จาก : http://electricitygovernance.wri.org/files/egi/Thailand.pdf (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๖ สิงหาคม ๒๕๕๗).

Wind Energy Holding Co., LTD. "โครงการเวสต์ ห้วยบง ๒ และเวสต์ ห้วยบง ๓ ทุ่งกังหันลมผลิตไฟฟ้า". http://www.windenergyholding.co.th (สืบค้นเมื่อวันที่ ๑๗ สิงหาคม ๒๕๕๗).

Abstract **Wind Energy Situation in Thailand**

Somchai Wongwises
Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
Fluid Mechanics, Thermal Engineering and Multiphase Flow Research Laboratory (FUTURE) Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand
Sakkarin Chingulpitak
Fluid Mechanics, Thermal Engineering and Multiphase Flow Research Laboratory (FUTURE) Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Bangkok 10140, Thailand

Due to fuel price volatility and global warming, several countries are now more interested in studying and developing sources of alternative energy, particularly renewable energy. An interesting alternative energy source is wind energy which has an unlimited and environmentally friendly source of natural energy. Therefore, wind energy has attracted increasing levels of investment every year. At the end of 2013, Thailand generated approximately 193 MW of electricity from wind energy. Moreover, the Thai government's plan is to achieve 1,200 MW of electricity generated from wind energy and to increase the use of alternative electric energy to about 10% of fossil fuel use. The purpose of this article is to present a critical review of the current status of wind energy in Thailand, including future plans for promoting the use of wind energy to generate electricity in place of fossil fuels-oil, natural gas, and coal.

***Keywords*:** wind energy, wind energy potential, wind farm, renewable energy

วารสารราชบัณฑิตยสภา
ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค.-มี.ค. ๒๕๕๘

โรคไตเรื้อรังที่ควรพิจารณาทบทวนอย่างเร่งด่วน

ประสิทธิ์ ฟูตระกูล
ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
สถาบันโรคไตภูมิราชนครินทร์
นริสา ฟูตระกูล
ภาควิชาสรีรวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

การรักษาป้องกันโรคไตเรื้อรังตามเวชปฏิบัติทั่วไปล้มเหลว จำนวนผู้ป่วยไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้ายเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจัยเหตุของความล้มเหลวมี ๔ ประการ คือ ๑) ดัชนีคัดกรองโรคไม่ไวพอ ๒) กลไกการทำลายไตไม่ชัดเจน ๓) การรักษาทั่วไปล่าช้าเกินไป ๔) ความผิดปกติในภาวะธำรงดุลของหลอดเลือด

การแก้ไขที่ตัวปัจจัยเหตุต่าง ๆ ทั้ง ๔ อย่างโดยที่ ๑) ใช้ดัชนีคัดกรองใหม่ที่ดี สามารถคัดกรองโรคไตเรื้อรังแต่เนิ่น ๆ ๒) การนำองค์ความรู้โรคหลอดเลือดจุลภาคไตเป็นกลไกสำคัญที่ทำลายมาเป็นเป้าหมายการรักษา ๓) การรักษาป้องกันแต่เนิ่น ๆ ด้วยยาออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือด การเปลี่ยนพฤติกรรมการกินอาหารที่เสริมสุขภาพ และการออกกำลังกาย ๔) ภาวะธำรงดุลของหลอดเลือดในผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังระยะแรกยังค่อนข้างปรกติ ทำให้หลอดเลือดสามารถปรับตัวเพิ่มปริมาณเลือดหล่อเลี้ยงไตและช่วยให้การทำงานของไตดีขึ้น

นวัตกรรมการรักษานี้ เป็นการพัฒนาแบบยั่งยืนที่ผู้ป่วยพึ่งพาตนเองได้อย่างสมดุลและมีความสุข สอดคล้องกับทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

คำสำคัญ : **โรคไตเรื้อรัง, ดัชนีคัดกรอง, อัตรากรองสารไต, ภาวะธำรงดุลของหลอดเลือด, โรคหลอดเลือดจุลภาคไต**

ปัญหาโรคไตเรื้อรังตามเวชปฏิบัติทั่วไปในปัจจุบัน

ตามเวชปฏิบัติทั่วไปในปัจจุบัน การรักษาป้องกันผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังมิให้ดำเนินโรคสู่ภาวะไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้าย ไม่ประสบผลสำเร็จ จำนวนผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่เกิดภาวะไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้ายที่จำเป็นต้องอิงการฟอกไตหรือการผ่าตัดเปลี่ยนไต ยังคงเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนเกินขีดความสามารถที่จะรองรับ เป็นปรากฏการณ์ที่พบเห็นทั่วไปในแต่ละประเทศทั่วโลก *(Nakao et al., 2003)* ค่าใช้จ่ายที่ต้องใช้ในการรักษาเพื่อประคับประคองผู้ป่วยกลุ่มนี้ในแต่ละปีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในปริมาณที่สูง อาทิ สหรัฐอเมริกาต้องใช้เงิน

กว่า ๓๐,๐๐๐ ล้านเหรียญสหรัฐต่อปี และประเทศไทยต้องเสียเงินหลายหมื่นล้านบาทต่อปี นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อสุขภาพและวิถีชีวิตของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง เป็นปัจจัยเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ถ่วงดุลการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

ปัจจัยเหตุที่ทำให้การรักษาป้องกันภาวะไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้ายไม่ประสบผลสำเร็จ มี ๔ ประการ ดังนี้

๑. ตัวดัชนีคัดกรองไม่มีประสิทธิภาพ
๒. กลไกสำคัญที่ทำลายไตไม่แน่ชัด
๓. การรักษาป้องกันล่าช้า
๔. ผลการรักษาล้มเหลว

๑. ตัวดัชนีคัดกรอง

ตัวดัชนีคัดกรองภาวะไตเสื่อมคือ การวัดระดับครีแอทินินในน้ำเลือด และการวัดระดับไมโครแอลบูมินในปัสสาวะ (ค่าปรกติไม่เกิน ๓๐ ไมโครกรัม/มิลลิกรัมของครีแอทินินในปัสสาวะ) โดยทั่วไปค่าผิดปรกติของระดับครีแอทินินต้องมากกว่า ๑ มิลลิกรัม/น้ำเลือด ๑๐๐ ซีซี จากการศึกษาวิจัยพบว่า การกำหนดค่าครีแอทินินในน้ำเลือดระดับดังกล่าวจะสอดคล้องกับอัตรากรองสารไตต่ำกว่าร้อยละ ๕๐ ของค่าปรกติ หรือต่ำกว่า ๖๐ มิลลิลิตร/นาที (อัตรากรองสารไตปรกติ ๑๒๐ มิลลิลิตร/นาที) ซึ่งเป็นการตรวจจับภาวะไตเสื่อมที่ค่อนข้างมากแล้ว (ตารางที่ ๑) เป็นที่ประจักษ์ชัดว่า การยึดถือหลักคิดดังกล่าวไม่สามารถคัดกรองภาวะไตเสื่อมระยะแรก ๆ ได้ (ระยะ ๑, ๒) ทำให้ต้องนิยามภาวะโรคไตเรื้อรัง คือ ผู้ป่วยโรคไตที่มีภาวะไตเสื่อมมากกว่าร้อยละ ๕๐ *(นริสา ฟูตระกูล และ ประสิทธิ์ ฟูตระกูล, ๒๕๕๖)* ในทำนองเดียวกัน การใช้ดัชนีคัดกรองไมโครแอลบูมินเพื่อตรวจจับภาวะไตอักเสบจากโรคเบาหวาน ก็ให้ข้อมูลที่ไม่ดีพอเช่นกัน เพราะผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีไมโครแอลบูมินปรากฏในปัสสาวะมักมีภาวะไตเสื่อมใกล้เคียงกับระดับร้อยละ ๕๐ หรือมากกว่า (ตารางที่ ๒) ทัศนคติของแพทย์ชำนาญการโรคไตดังกล่าวเป็นความเชื่อที่ไม่ถูกต้อง เพราะทำให้การวินิจฉัยภาวะไตเสื่อมล่าช้า ในขณะที่ผู้ป่วยที่ไตเสื่อมระยะแรก ๆ ไม่ได้รับการดูแลและรักษาป้องกันอย่างเหมาะสม

ตารางที่ ๑ ดัชนีคัดกรองระดับความรุนแรงของภาวะไตเสื่อม

ดัชนี	ระดับครีแอทินิน (มิลลิกรัม/๑๐๐ ซีซี)	อัตรากรองสารไต (มิลลิลิตร/นาที/๑.๗๓ ม.^{๒})
ค่าปรกติ	ไม่เกิน ๑	๑๒๐
ไตเสื่อมระดับ ๑	ไม่เกิน ๑	๙๐-๑๑๙
ไตเสื่อมระดับ ๒	ไม่เกิน ๑	๖๐-๘๐
ร้อยละ ๕๐		

ดัชนี	ระดับครีแอทินิน (มิลลิกรัม/๑๐๐ ซีซี)	อัตรากรองสารไต (มิลลิลิตร/นาที/๑.๗๓ ม.^{๒})
ไตเสื่อมระดับ ๓	มากกว่า ๑	๓๐-๕๙
ไตเสื่อมระดับ ๔	มากกว่า ๑	๑๕-๒๙
ไตเสื่อมระดับ ๕	มากกว่า ๑	< ๑๕

ตารางที่ ๒ ดัชนีไมโครแอลบูมินเพื่อชี้บ่งภาวะโรคไตอักเสบจากโรคเบาหวาน

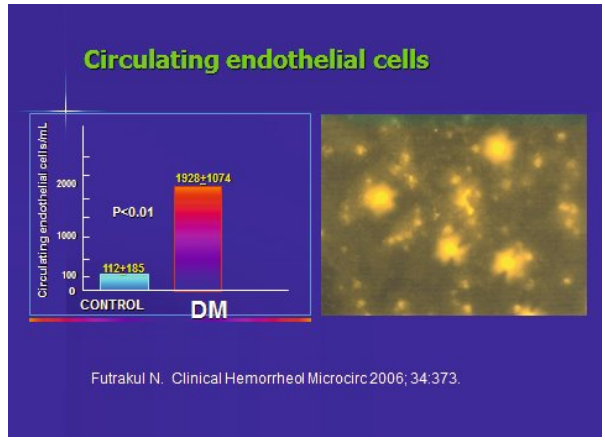
ดัชนี	อัตรากรองสารไต (มิลลิลิตร/นาที/๑.๗๓ ม.^{๒})	Fractional excretion of magnesium (FE Mg%)	Peritubular capillary flow (PTCF) (มิลลิลิตร/นาที/๑.๗๓ ม.^{๒})
I ค่าปรกติ ค่า P I:II	๑๑๘ ± ๘ < ๐.๐๕	๑.๔๕ ± ๐.๔ < ๐.๐๑	๔๘๓ ± ๔๓ < ๐.๐๐๕
II คนไข้ที่ไม่มีไมโครแอลบูมิน ค่า P II:III	๙๒ ± ๒๑ < ๐.๐๐๑	๓.๔ ± ๐.๘ < ๐.๐๐๑	๓๗๙ ± ๗๐ < ๐.๐๐๑
III คนไข้ที่มีไมโครแอลบูมิน	๕๖ ± ๓๔	๖.๖ ± ๒	๒๗๗ ± ๘๐

อนุสนธิจากข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ข้างต้น จะเห็นได้ว่าดัชนีคัดกรองที่ใช้ในเวชปฏิบัติทั่วไป ทั้งค่าครีแอทินินในน้ำเลือดและค่าไมโครแอลบูมินในปัสสาวะ ไม่สามารถตรวจจับความผิดปรกติของภาวะไตเสื่อมระยะแรก ๆ (ระยะ ๑, ๒) แต่พบความผิดปรกติเมื่อไตเสื่อมไปค่อนข้างมากแล้ว นี่เป็นปัจจัยเหตุสำคัญประการแรกที่นำไปสู่ความล้มเหลวในการรักษาป้องกันภาวะไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้าย

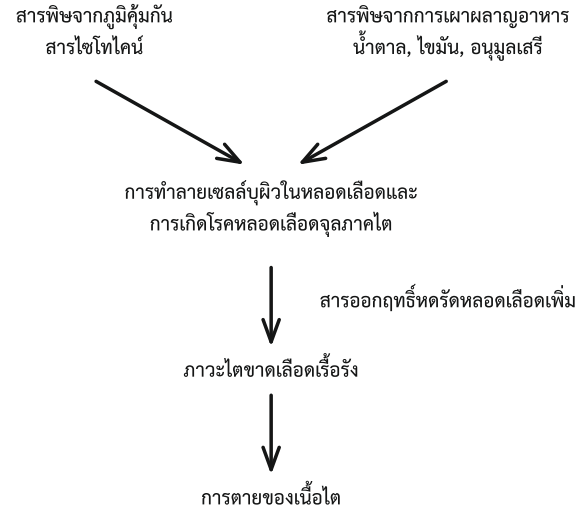
๒. กลไกสำคัญที่ทำลายไต

ในกระแสเลือดของผู้ป่วยโรคไตทั่วไปมีสารพิษหลายชนิดที่เกิดขึ้นเองจากการเผาผลาญอาหาร และการรับประทานอาหารที่ไม่ถูกสุขลักษณะ อาทิ สารภูมิคุ้มกันต่าง ๆ สารอนุมูลเสรี และภาวะเครียดจากการขาดสารต้านอนุมูลเสรี (oxidative stress) สารไซโทไคน์ สารไกลเคชัน ระดับน้ำตาลที่สูง หรือภาวะไขมันผิดปรกติ สารพิษในกระแสเลือดดังกล่าวจะทำลายผนังหลอดเลือด โดยเฉพาะเซลล์บุผิวในหลอดเลือดจุลภาคของไต ทำให้เซลล์บุผิวในหลอดเลือดหลุดลอกออกมาในกระแสเลือด (circulating endothelial cell) *(นริสา ฟูตระกูล และคณะ, ๒๕๔๖; Futrakul et al., 2006)* ซึ่งพบว่ามีค่าสูงผิดปรกติมาก (รูปที่ ๑) นอกจากนี้ยังทำให้การทำงานของเซลล์บุผิวในหลอดเลือดของหลอดเลือดจุลภาคไตผิดปรกติ อาทิ มีการหลั่ง

สารออกฤทธิ์หดรัดหลอดเลือดเพิ่มขึ้น สารออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือดมีระดับต่ำกว่าปรกติ สมบัติของเลือดแข็งตัวผิดปรกติ (hypercoagulability) ทำให้เลือดมีความหนืดสูง (hyperviscosity) ความผิดปรกติของการทำงานของเซลล์บุผิวในหลอดเลือดจุลภาคไตดังกล่าวนำไปสู่ภาวะไตขาดเลือดเรื้อรัง และท้ายสุดเกิดการตายของเนื้อไตขึ้น (รูปที่ ๒) ความผิดปรกติดังกล่าวหากไม่ได้รับการแก้ไขอย่างถูกวิธีจะทำให้เกิดภาวะไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้าย เป็นที่สังเกตว่า กลไกการทำลายไตดังกล่าวมิได้รับความสนใจเท่าที่ควร เป็นระยะเวลากว่า ๓๐ ปี ทำให้เป้าหมายการรักษาป้องกันภาวะไตเสื่อมคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงและล่าช้าเกินควร



รูปที่ ๑ เซลล์บุผิวในหลอดเลือดในกระแสเลือดของผู้ป่วยเบาหวาน เปรียบเทียบกับคนปรกติ



รูปที่ ๒ กลไกการทำลายไตจากโรคหลอดเลือดจุลภาคไตและภาวะไตขาดเลือดเรื้อรัง

๓. การรักษาป้องกันโรคไตเรื้อรัง

การวินิจฉัยโรคไตเรื้อรังตามเวชปฏิบัติทั่วไปในปัจจุบันล่าช้า เหตุเพราะดัชนีคัดกรองโรคไม่ไวพอตรวจจับได้เมื่อการทำงานของไตเสื่อมลงร้อยละ ๕๐ หรือมากกว่า เป้าหมายของการรักษาโดยทั่วไปก็มิได้มุ่งเป้าเพื่อแก้ไขภาวะไตขาดเลือดซึ่งเป็นกลไกสำคัญที่ทำลายไต การแก้ไขที่ควรจะเป็นคือ การให้ยาออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือดเพื่อต้านฤทธิ์สารออกฤทธิ์หดรัดหลอดเลือดที่หลั่งออกมากผิดปรกติ เหตุจากการทำงานที่ผิดปรกติของเซลล์บุผิวในหลอดเลือดจุลภาคไต ตามความเป็นจริงที่ปรากฏ ยาออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือดไม่ได้ใช้ในผู้ป่วยทุกราย แต่จะใช้เฉพาะผู้ป่วยบางส่วนที่มีความดันเลือดสูงเท่านั้น นอกจากนี้ การรักษาก็เจาะจงเฉพาะผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ไตเสื่อมมากแล้วเท่านั้น การใช้ยาออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือดในผู้ป่วยดังกล่าวไม่สามารถทำให้หลอดเลือดจุลภาคไตขยายตัวตอบสนองต่อยาได้ เนื่องจากการศึกษาภาวะธำรงดุลของหลอดเลือด (vascular homeostasis) *(Futrakul and Futrakul, 2011)* พบว่า หลอดเลือดจุลภาคไตที่เสื่อมมากนี้ไม่สามารถสร้างสารไนทริกออกไซด์ได้มากพอที่จะตอบสนองต่อยาออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือดที่ใช้ เหตุเพราะขาดสารสร้างหลอดเลือด (angiogenic factors) หลอดเลือดจุลภาคไตไม่สามารถคลายตัวจากการหดรัดได้ ภาวะไตขาดเลือดเรื้อรังจึงไม่ได้รับการแก้ไข นอกจากนี้ โรคหลอดเลือดจุลภาคไตมีการสะสมสารต้านการซ่อมแซมหลอดเลือด (antiangiogenic factors) ทำให้โรคหลอดเลือดจุลภาคไตเพิ่มความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ภาวะไตขาดเลือดเรื้อรังขยายความรุนแรงมากขึ้น จนท้ายสุดไตขาดเลือดอย่างวิกฤติและเข้าสู่ภาวะไตวายเรื้อรังขั้นสุดท้าย

๔. การพัฒนาการรักษาป้องกันโรคไตเรื้อรังแบบยั่งยืน : นวัตกรรมการฟื้นฟูไต อิงแนวทฤษฎีการพึ่งพาตนเองของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช

การรักษาป้องกันโรคไตเรื้อรังแนวใหม่คือการมุ่งเป้ามาสนใจผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังที่ไตเสื่อมระยะแรก ๆ ที่มีอยู่เป็นจำนวนมากที่แฝงอยู่ในกลุ่มคนปรกติ ไม่สามารถคัดกรองได้โดยดัชนีคัดกรองที่ใช้อยู่ทั่วไป แต่สามารถตรวจจับได้โดยดัชนีคัดกรองใหม่ เช่น อัตรากรองสารไต, fractional excretion of magnesium (FE Mg), หรือการวัดปริมาณเลือดหล่อเลี้ยงไตรวม (renal plasma flow) หรือปริมาณเลือดเลี้ยงส่วนเนื้อไตหรือเซลล์บุท่อไต (peritubular capillary flow) จากการศึกษามีหลักฐานเชิงประจักษ์ว่า โรคไตเรื้อรังที่ไตเสื่อมระยะแรกมีอัตรากรองสารไตต่ำกว่าปรกติ, ค่า FE Mg สูงกว่าปรกติ ซึ่งชี้บ่งว่ามีการทำลายตัวเนื้อไตเกิดขึ้นแล้ว และมีการลดลงของปริมาณเลือดหล่อเลี้ยงไตซึ่งแสดงถึงภาวะไตขาดเลือด (ตารางที่ ๒) ดัชนีใหม่ดังกล่าวนี้ช่วยให้การคัดกรองโรคไตเรื้อรังที่ไตเสื่อมระยะแรกสามารถกระทำได้ เป็นผลดีที่ช่วยสนับสนุนการรักษาป้องกันโรคไตสามารถกระทำได้แต่เนิ่น ๆ การรักษาป้องกันโรคไตเรื้อรังในระยะดังกล่าวนี้ เป็นระยะที่เหมาะสม เพราะการศึกษาภาวะธำรงดุลของหลอดเลือดพบว่า กลไกการสร้างสารไนทริกออกไซด์ยังดีอยู่สามารถตอบสนองต่อการใช้ยาออกฤทธิ์ขยายหลอดเลือด ทำให้หลอดเลือดจุลภาคไตขยายตัว ปริมาณเลือด

หล่อเลี้ยงไตเพิ่มขึ้น และหยุดยั้งการทำลายไตได้ นอกจากนี้ ปริมาณเลือดหล่อเลี้ยงไตที่เพิ่มขึ้นยังช่วยฟื้นฟูการทำงานของไตให้ดีขึ้นได้ มีหลักฐานเชิงประจักษ์อื่นที่ชี้บ่งว่า การเพิ่มปริมาณเลือดหล่อเลี้ยงไตสามารถเกิดขึ้นได้โดยการเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ป่วย อาทิ การออกกำลังกายอย่างเหมาะสม การเปลี่ยนพฤติกรรมการกินอาหารที่ช่วยเสริมสุขภาพ การพักผ่อนอย่างเพียงพอ และการลดภาวะความเครียด เป็นที่สังเกตว่าการรักษาป้องกันในระยะที่ไตเสื่อมไม่มากนี้ ค่าใช้จ่ายในการรักษาน้อยที่สุด เป็นการตอบสนองทฤษฎีเศรษฐกิจพอเพียงของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ผู้ป่วยโรคไตเรื้อรังสามารถมีชีวิตอยู่ต่อไปได้โดยการพึ่งพาไตของผู้ป่วยเอง นวัตกรรมการรักษานี้เป็นการพัฒนาอย่างยั่งยืน สมดุล และความสุขกายและใจของผู้ป่วยตามวิถีธรรมชาติ ยุทธศาสตร์การรักษาแนวใหม่นี้ คณะแพทย์ผู้ชำนาญการโรคไตของสถาบันโรคไตภูมิราชนครินทร์ ได้นำไปขยายผลการปฏิบัติและนำร่องในจังหวัดกำแพงเพชรอยู่ในขณะนี้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้บรรยายขอขอบคุณทุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำนักงานราชบัณฑิตยสภา ที่ช่วยตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัยนี้ และสถาบันโรคไตภูมิราชนครินทร์

เอกสารอ้างอิง

นริสา ฟูตระกูล, ประสิทธิ์ ฟูตระกูล. โรคไตเรื้อรังกับการพัฒนาแบบยั่งยืน สู่การพึ่งพาตนเองโดยไม่ต้องฟอกไต ราชบัณฑิตยสถานจัดพิมพ์ ๒๕๕๖, ๔๘ หน้า.

นริสา ฟูตระกูล, สุทธิลักษณ์ ปทุมราช, ประสงค์ ศิริวิริยะกุล, ประสิทธิ์ ฟูตระกูล, วิศิษฏ์ สิตปรีชา. ความผิดปรกติทางจุลภาคของหลอดเลือดไตกับกลวิธานการตายของเนื้อไต. *วารสารราชบัณฑิตยสถาน ๒๕๔๖*; ๒๘ : ๕๐๒-๕๐๙.

Futrakul, N., Butthep, P., Vongthavarawat, V. et al. Early detection of endothelial injury and dysfunction in conjunction with correction of hemodynamic maladjustment and effectively restore renal function in type 2 diabetic nephropathy. Clin Hemorheol Microcirc 2006; 34: 373-381.

Futrakul, N., Futrakul, P. Vascular homeostasis and angiogenesis determine therapeutic effectiveness in type 2 diabetes. Internat J Vasc Med 2011 doi:10.1155/2011/971524.

Nakao, N., Yoshimura, A., Morita, H. et al. Combination treatment of angiotensin II receptor blocker and angiotensin – converting – enzyme inhibitor in non-diabetic renal disease (COUPERATE): a randomized controlled trial. Lancet 2003; 361:117-124.

Abstract **An Urgent Call for Reconsideration of Chronic Kidney Disease**

Prasit Futrakul
Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
Bhumirajanagarindra, Kidney Institute
Narisa Futrakul
Department of Physiology, Chulalongkorn University

Under present common practice, therapeutic strategy of chronic kidney disease fails to prevent the disease progression toward end-stage renal failure. Such practice failure is due to 1) insensitive diagnostic marker 2) inconclusive mechanism of renal disease progression 3) late therapeutic implementation and 4) altered vascular homeostasis.

To solve the above clinical problems we implemented 1) sensitive diagnostic markers to recognize early stage of chronic kidney disease 2) renal microvascular disease and chronic renal ischemia to be the crucial mechanism of renal disease progression and be therapeutic forget 3) early therapeutic strategy with either vasodilators, exercise, or eating proper diet and 4) therapeutic responsiveness to treatment at early stage of chronic kidney disease due to an intact vascular homeostasis. All of these integrative strategies would improve the renal perfusion and function, as well as prevent the end-stage renal disease. In fact this innovative strategy is a sustainable development mimic the Theory of Self – Sufficiency of His Majesty King Bhumibol Adulyadej.

***Keywords*:** chronic kidney disease, diagnostic markers, renal perfusion, vascular homeostasis, renal microvascular disease

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

ยานอวกาศโรเซตตาสำรวจดาวหาง*

นิพนธ์ ทรายเพชร
ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
ผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

โรเซตตาเป็นยานอวกาศลำแรกที่เดินทางไปสำรวจดาวหางชื่อ ๖๗ พี/เชอรียูมอฟ-เจอราซิเมนโก โดยการไปวนรอบและลงดาวหาง ยานแยกเป็น ๒ ส่วน คือ ส่วนโคจร เรียกชื่อว่า ยานโรเซตตาออร์บิเตอร์ และส่วนที่ลงบนดาวหางชื่อ ยานไฟลี เจ้าของโครงการคือองค์การอวกาศยุโรป ยานออร์บิเตอร์มีขนาด ๒.๘ x ๒.๑ x ๒ เมตร พลังงานในยานได้จากแผงเซลล์สุริยะ จรวดเอเรียน ๕จี+วี-๑๕๘ ส่งยานจากฐานยิงจรวดโคอูรู ในเฟรนช์เกียนา เมื่อวันที่ ๒ มีนาคม ค.ศ. ๒๐๐๔ เวลา ๐๗ : ๑๗ UTC ยานได้อาศัยแรงเหวี่ยงของโลกและของดาวอังคารเพื่อนำยานไปโคจรรอบดาวหางในวันที่ ๖ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ ภายหลังการเดินทางไกล ๖,๔๐๐ ล้านกิโลเมตร ใช้เวลา ๑๐ ปี ๕ เดือน ๔ วัน ยานไฟลีกำหนดลงดาวหางในวันที่ ๓ พฤศจิกายน ค.ศ. ๒๐๑๔ ยานโรเซตตาจะโคจรรอบดาวหางที่ระยะ ๓๐ กิโลเมตร เพื่อสังเกตติดตามดาวหางไปพร้อม ๆ กับยานไฟลี ขณะที่ดาวหางโคจรเข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากขึ้นโดยจะเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดในวันที่ ๑๓ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๕ โครงการยานโรเซตตาสำรวจดาวหาง ๖๗ พี/เชอรียูมอฟ-เจอราซิเมนโก จะสิ้นสุดลงในปลาย ค.ศ. ๒๐๑๕

คำสำคัญ : **ยานอวกาศโรเซตตา, ยานไฟลี, ดาวหาง ๖๗ พี/เชอรียูมอฟ-เจอราซิเมนโก**

บทนำ

ค.ศ. ๑๙๘๖ เป็นปีที่ดาวหางฮัลเลย์เข้าใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุด มนุษย์ได้ส่งยานอวกาศหลายลำเข้าไปสำรวจดาวหางฮัลเลย์ในเวลานั้น โดยเฉพาะองค์การอวกาศยุโรปได้ส่งยานจอตโตเข้าไปในหัวเพื่อถ่ายภาพใจกลางหัวดาวหางฮัลเลย์ ยานอวกาศได้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งแก่การศึกษาดาวหาง

* บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เมื่อวันที่ ๑๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๕๗

รูปที่ ๑ ใจกลางหัวดาวหางฮัลเลย์ ถ่ายโดยยานจอตโต
ที่มา : http://wpcontent.answcdn.com/wikipedia/en/thumb/c/cd/Halley_Giotto.jpg/220px-Halley_Giotto.jpg

ทั้งองค์การอวกาศยุโรปและองค์การอวกาศของสหรัฐอเมริกา (นาซา) ได้ร่วมมือกันพัฒนายานสำรวจดาวหางรุ่นใหม่ โดยที่นาซาพัฒนายาน CRAF (Comet Rendezvous Asteroid Flyby) ส่วนองค์การอวกาศยุโรปพัฒนาโครงการ CNSR (Comet Nucleus Sample Return) ทั้ง ๒ โครงการจะใช้ยานอวกาศที่ออกแบบเหมือนกัน คือ ยานมารีเนอร์ มาร์ค II ใน ค.ศ. ๑๙๙๒ ภายหลังที่นาซายกเลิกโครงการ CRAF เพราะขาดงบประมาณ องค์การอวกาศยุโรปจึงตัดสินใจพัฒนา CRAF ในรูปแบบของตนเอง ใน ค.ศ. ๑๙๙๓ องค์การอวกาศยุโรปเห็นว่า โครงการนำชิ้นส่วนของดาวหางกลับมายังโลกทำได้ยากตามงบประมาณที่มีอยู่ ดังนั้น จึงเปลี่ยนการออกแบบยานใหม่ซึ่งได้รับความสนับสนุนจากองค์การอวกาศยุโรป เป็นแผนงานคล้ายโครงการ CRAF ที่ถูกยกเลิก โดยที่ยานนี้จะผ่านเฉียดดาวเคราะห์น้อยแล้วเลยไปวนรอบดาวหาง พร้อมการสังเกตต่อเนื่องและยานลงดาวหาง นั่นคือ โครงการโรเซตตาสำรวจดาวหางซึ่งภายหลังยานขึ้นสู่อวกาศแล้ว เกอร์ฮาร์ด ชเวม ก็ได้รับแต่งตั้งให้เป็นผู้อำนวยการโครงการ ชเวมเกษียณอายุเมื่อเดือนมีนาคม ค.ศ. ๒๐๑๔

ความอัศจรรย์ของยานอวกาศโรเซตตากับดาวหาง

ยานอวกาศโรเซตตา (Rosetta) วนรอบดาวหาง ๖๗ พี/เชอรียูมอฟ-เจอราซิเมนโก (67P/Churyumov-Gerasimenko) เมื่อวันพุธที่ ๖ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ เวลา ๐๘ : ๔๕ GMT ยานใช้เวลา ๒-๓ วันในการวนรอบดาวหางที่ระยะห่างประมาณ ๑๐๐ กิโลเมตร เป็นยานอวกาศลำแรกที่ไปโคจรรอบดาวหาง หลังจากการเดินทางจากโลกไป ๑๐ ปี

มีความจริงที่น่าอัศจรรย์อย่างน้อย ๕ อย่างเกี่ยวกับยานอวกาศโรเซตตาและดาวหาง 67P/C-G เขียนโดย มิเรียม เครมเมอร์ เมื่อ ๖ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔

๑. ปรากฏการณ์สำคัญครั้งนี้ไม่ใช่ครั้งแรกสำหรับยานอวกาศโรเซตตา

ยานโรเซตตาได้ผ่านเฉียดโลก ๓ ครั้ง ผ่านเฉียดดาวอังคาร ๑ ครั้ง เพื่อให้โลกและดาวอังคารเหวี่ยงยานให้เคลื่อนที่เร็วขึ้น จนไปผ่านใกล้ทางโคจรของดาวพฤหัสบดีบนเส้นทางที่จะไปพบดาวหาง 67P/C-G ในระหว่างทางได้ผ่านเฉียดดาวเคราะห์น้อย ๒ ดวง คือ ดาวเคราะห์น้อยสไตน์ (Stein) และดาวเคราะห์น้อยลูต์เทีย (Lutetia) ก่อนที่จะอยู่ในความมืดและจำศีลใน ค.ศ. ๒๐๑๑

ผู้อำนวยการองค์การอวกาศยุโรป ฌ็อง-ฌัก ดอร์แด็ง (Jean-Jacques Dordain) กล่าวว่า “ภายหลังการเดิน ๑๐ ปี ๕ เดือน และ ๔ วัน ไปยังเป้าหมายโดยวนรอบดวงอาทิตย์ ๕ ครั้ง คิดเป็นระยะทาง ๖,๔๐๐ ล้านกิโลเมตร เรายินดีที่จะประกาศว่า เรามาถึงเป้าหมายแล้ว” “ยานอวกาศโรเซตตาของยุโรปเป็นยานอวกาศลำแรกในประวัติศาสตร์ที่ไปโคจรรอบดาวหางดวงหนึ่ง เป็นจุดเด่นสำคัญของการสำรวจหาที่มาของพวกเราชาวโลก”

๒. ยานโรเซตตาเดินทางไกล ๖,๔๐๐ ล้านกิโลเมตรไปยังดาวหาง 67P/C-G

แม้ว่ายานโรเซตตาและดาวหาง 67P/C-G กำลังเคลื่อนที่อยู่ห่างโลก ๔๕๐ ล้านกิโลเมตรในขณะนี้ ตัวเลขนี้ดูค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับระยะทางที่ยานออกเดินทางตั้งแต่ ค.ศ. ๒๐๐๔ เพราะยานได้เพิ่มความเร็วเพื่อวิ่งตามดาวหางให้ทัน ด้วยแรงเหวี่ยงจากโลกและดาวอังคารทำให้ต้องวนรอบดวงอาทิตย์ถึง ๕ รอบ ก่อนที่จะไปทันดาวหาง ยานจึงต้องเดินทางไกลถึง ๖,๔๐๐ ล้านกิโลเมตร

๓. ยานโรเซตตาจะปล่อยยานขนาดเล็กลงบนดาวหาง

ขณะนี้ยานโรเซตตาเตรียมพร้อมที่จะหย่อนยานไฟลี (Philae) ลงบนดาวหางในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. ๒๐๑๔ โดยเคลื่อนที่เป็นรูปสามเหลี่ยมรอบดาวหาง แล้วจึงเปลี่ยนเป็นวงกลมรอบดาวหาง ลดระดับวงโคจรลงเรื่อย ๆ เพื่อพร้อมหย่อนยานไฟลี ขณะที่ยานโรเซตตาอยู่สูง ๒๐ กิโลเมตรจากดาวหาง

๔. ดาวหาง 67P/C-G มีขนาดใหญ่เท่ากับภูเขาลูกหนึ่ง

ดาวหาง 67P/C-G ยาวประมาณ ๔ กิโลเมตร หมายความว่า ถ้านำดาวหางมาวางบนโลกจะมีขนาดสูงกว่าภูเขาไฟฟุจิของญี่ปุ่นเล็กน้อย เพราะภูเขาไฟฟุจิสูงประมาณ ๓.๘ กิโลเมตร รูปร่างของดาวหางไม่ราบเรียบแต่เป็นเนินสูงต่ำสลับกันตลอดพื้นผิว เนินแต่ละแห่งมีขนาดประมาณเท่าบ้าน ๑ หลัง

๕. ดาวหางของโรเซตตามีสีดำและเต็มไปด้วยฝุ่น

ในขณะเดินทางไปยังดาวหาง 67P/C-G หัวสำรวจโรเซตตาได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบของดาวหาง นักดาราศาสตร์คิดว่าดาวหางมีน้ำแข็งเชื่อมฝุ่นครอบคลุมผิวสีดำส่วนใหญ่ของดาวหาง

นักวิทยาศาสตร์ขององค์การอวกาศยุโรปกำลังวางแผนที่จะเรียนรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบของดาวหางโดยใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในยานโรเซตตาเมื่อยานเข้าใกล้ดาวหางมากขึ้น เช่น อุปกรณ์เวอร์ทิส บนยานสามารถวัดอุณหภูมิ ณ จุดต่าง ๆ ของดาวหาง

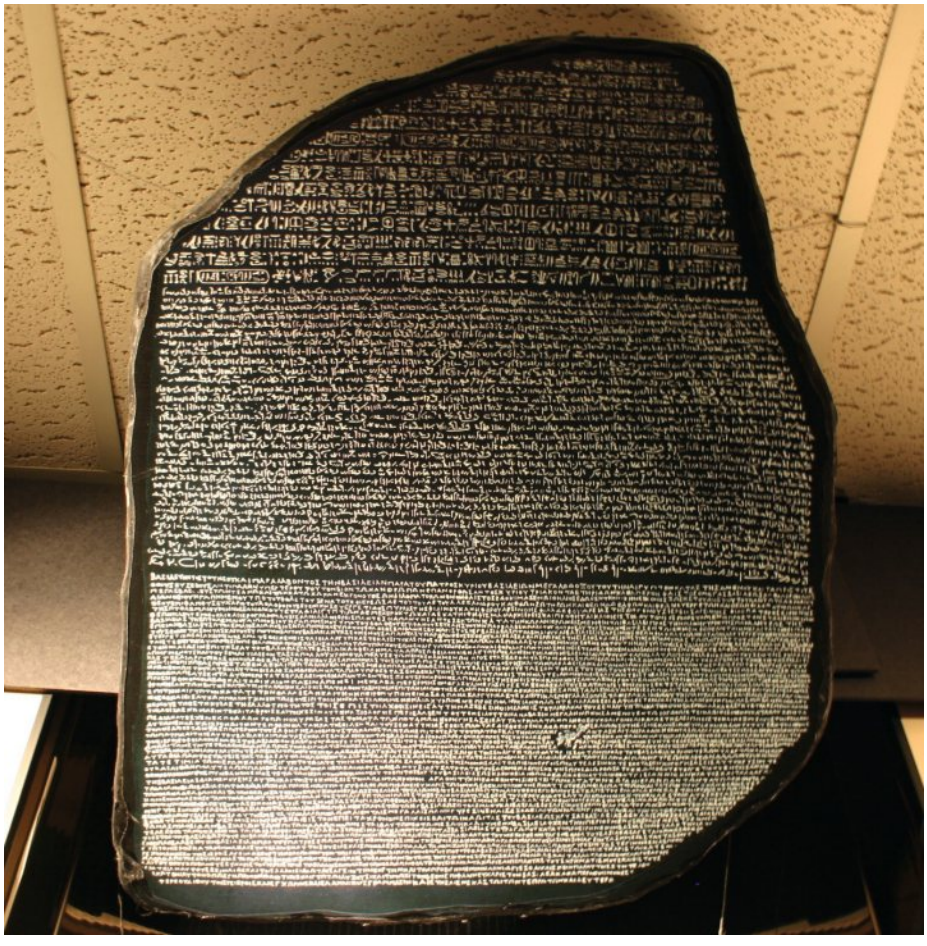
ยานอวกาศโรเซตตาราคา ๑,๓๐๐ ล้านยูโรขององค์การอวกาศยุโรปจะปฏิบัติงานต่อไปจนถึงปลาย ค.ศ. ๒๐๑๕ โดยมีสถานีภาคพื้นดินติดต่อยานตั้งอยู่ที่ดาร์มชตัดท์ในเยอรมนี

รูปที่ ๒ ยานโรเซตตา

ที่มาของชื่อโรเซตตา

ยานโรเซตตาถูกส่งขึ้นจากโลกเมื่อ ๒ มีนาคม ค.ศ. ๒๐๐๔ โดยจรวดเอเรียน ๕ ถึงดาวหางเมื่อ ๖ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ ประกอบด้วย ๒ ส่วน คือ ยานโคจรรอบชื่อ โรเซตตา และยานลงชื่อ ไฟลี ยานโคจรมีเครื่องมือ ๑๒ อย่าง ขณะที่ยานลงมีเครื่องมือ ๙ อย่าง โรเซตตาจะโคจรรอบดาวหางเป็นเวลา ๑๗ เดือน โครงการนี้ควบคุมโดยองค์การอวกาศยุโรปที่ดาร์มชตัดท์ในเยอรมนี

ยานโรเซตตาตั้งชื่อตามหินโรเซตตาของอียิปต์ซึ่งมีคำจารึก ๓ ภาษา คือ ภาษากรีก ภาษาอียิปต์ และอักษรภาพ มีขนาด ๑๑๔.๔ x ๗๒.๓ x ๒๗.๙๓ ลูกบาศก์เซนติเมตร



รูปที่ ๓ หินโรเซตตา

ที่มา : http://aaronmritchey.com/wp-content/uploads/2013/03/rosetta-stone.jpg

ไฟลี (Philea) ตั้งชื่อตามเกาะในแม่น้ำไนล์ ที่ซึ่งวิลเลียม แบงเคส (William Bankes) ชาวอังกฤษได้ค้นพบเสาโอบิลิสก์ (obelisk) ผู้ค้นพบได้นำเสาหินนี้ไปไว้ที่บ้านของเขา ณ คิงสตัน เลซี ในดอร์เซต (Kingston Lacy in Dorset) ประเทศอังกฤษ จนถึงปัจจุบันนี้ จารึกบนเสาหินโอบิลิสก์เป็นภาษากรีกและอียิปต์

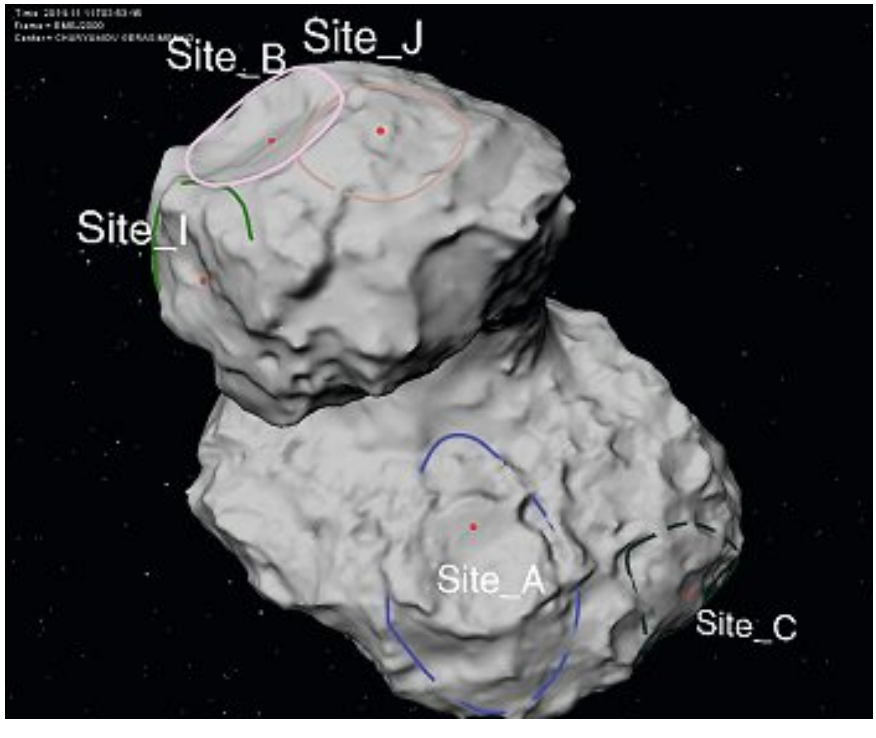
รูปที่ ๔ เสาโอบิลิสก์
ที่มา : http://en.wikipedia.org/wiki/Philae_obelisk#mediaviewer/File:Geograph-1789450 by-Eugene-Birchall.jpg

การเปรียบเทียบอักษรภาพบนหินโรเซตตากับจารึกบนเสาหินโอบิลิสก์ ช่วยให้นักโบราณคดีอ่านตัวเขียนภาษาอียิปต์ได้ ในทำนองเดียวกัน นักวิทยาศาสตร์แห่งองค์การอวกาศยุโรปหวังว่า ยานอวกาศโรเซตตาจะช่วยให้เราเข้าใจดาวหางดีขึ้น รวมทั้งเข้าใจระบบสุริยะดีขึ้น มีสิ่งหนึ่งที่ยานโรเซตตาคล้ายคลึงกับแผ่นจารึกหินโรเซตตาของอียิปต์ สิ่งนั้นคือในยานโรเซตตามีแผ่นดิสก์ที่ทำด้วยโลหะผสมของนิกเกิล บริจาคโดยมูลนิธิ

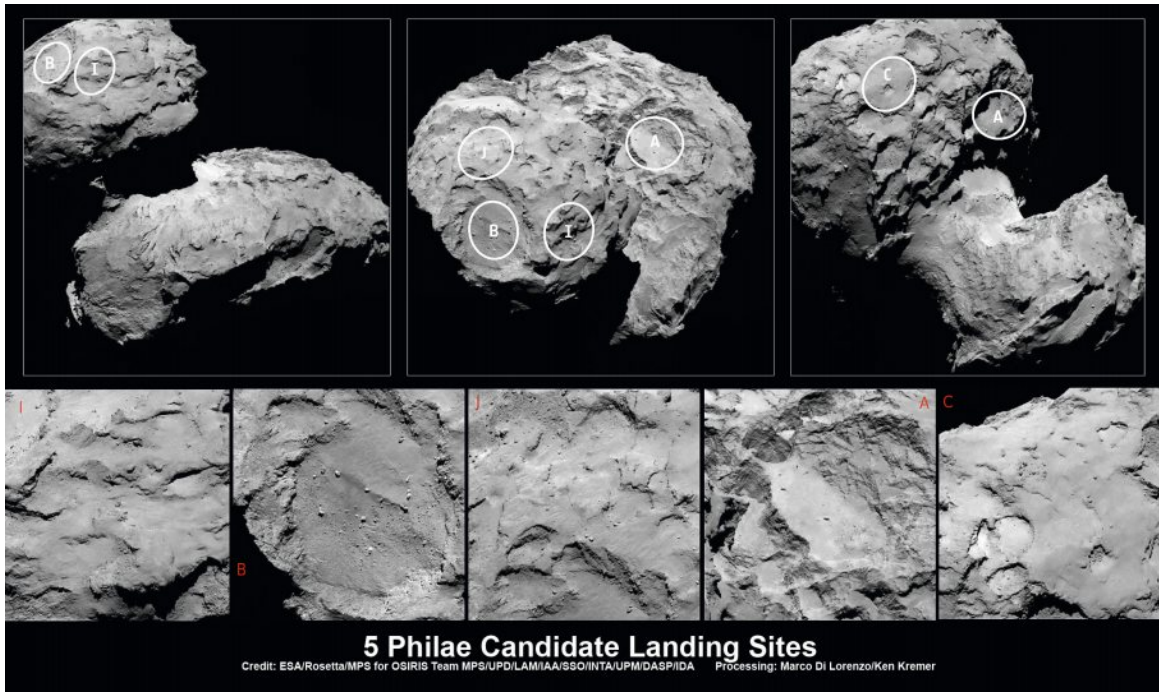
ลองนาว (Long Now Foundation) บนแผ่นกลมนี้ได้บรรจุหนังสือ ๑๓,๐๐๐ หน้า ซึ่งเขียนเป็นภาษาต่าง ๆ ๑,๒๐๐ ภาษา สกัดลงบนดิสก์ด้วยระบบไมโคร

ในระหว่างการเดินทางไปยังดาวหาง ยานโรเซตตาได้ผ่านเฉียดดาวเคราะห์น้อยแล้ว ๒ ดวง คือ ดาวเคราะห์น้อย ๒๘๖๗ สไตน์ ในเดือนกันยายน ค.ศ. ๒๐๐๘ และดาวเคราะห์น้อย ๒๑ ลูต์เทีย ในเดือนกรกฎาคม ค.ศ. ๒๐๑๐ ในวันที่ ๒๐ มกราคม ค.ศ. ๒๐๑๔ ยานโรเซตตาถูกปลุกให้ตื่นหลังจากจำศีลมาเป็นเวลา ๓๑ เดือน และปรับความเร็วให้ช้าลงเทียบกับดาวหาง โดยสามารถวนรอบดาวหางได้ในวันที่ ๖ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔

วันที่ ๒๕ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ องค์กรอวกาศยุโรปประกาศจุดลงที่เป็นไปได้ ๕ จุด คือ จุดลง A หรือ C ในส่วนพูใหญ่ของดาวหาง หรือจุดลง B หรือจุดลง I หรือจุดลง J ในส่วนพูเล็กของดาวหาง



รูปที่ ๕ จุด A, C บนพูใหญ่ของดาวหาง และจุด B, I, J บนพูเล็กของดาวหาง
ที่มา : http://2.bp.blogspot.com/-oPZYPdnRu-Q/VA8XVrQhg4I/AAAAAAAAATM/se5nOaWklKQ/s1600/sites_atterrissagep.png



รูปที่ ๖ ภาพขยายของบริเวณที่ยานจะลง
ที่มา : http://d1jqu7g1y74ds1.cloudfront.net/wp-content/uploads/2014/08/Rosetta-Philae-landing-sites_1_Ken-Kremer.jpg

ความเป็นมาของดาวหาง 67P/Churyumov-Gerasimenko

บางทีเรียกสั้น ๆ ว่า ดาวหาง 67P/C-G มีคาบ ๖.๔๕ ปี หมุนรอบตัวเอง ๑๒.๗ ชั่วโมง กำหนดเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดครั้งต่อไปในวันที่ ๑๓ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๕ ตั้งชื่อตามผู้ค้นพบในแผ่นภาพถ่ายดาวบนแผ่นกระจกเมื่อ ค.ศ. ๑๙๖๙ ชื่อ Klim Ivanovych Churyumov และ Svetlana Ivanova Gerasimenko

ดาวหางมีความรีของวงโคจร	= ๐.๖๔๑๑๓
ความเอียงของระนาบวงโคจร	= ๗.๐๔ องศา
คาบ	= ๖.๔๕ ปี
ระยะใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุด	= ๑.๒๔๕๑๙ เอยู (๑๘๕.๙๔ ล้านกิโลเมตร)
ระยะไกลดวงอาทิตย์ที่สุด	= ๕.๖๘๓๙ เอยู (๘๕๐.๓๐ ล้านกิโลเมตร)
ขนาด	= ๓.๕ x ๔ กิโลเมตร
มวล	= ๑.๐ ± ๐.๑ x $๑๐^{๑๓}$ กิโลกรัม

ความหนาแน่นเฉลี่ย = ๑๐๒ ± ๙ กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ความเร็วของการผละหนี = ๐.๔๖ เมตร/วินาที
อุณหภูมิผิว = -๙๐ องศาเซลเซียส หรือ ๑๘๓ เคลวิน
ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงที่ผิว = $๑๐^{-๓}$ เมตร/วินาที/วินาที

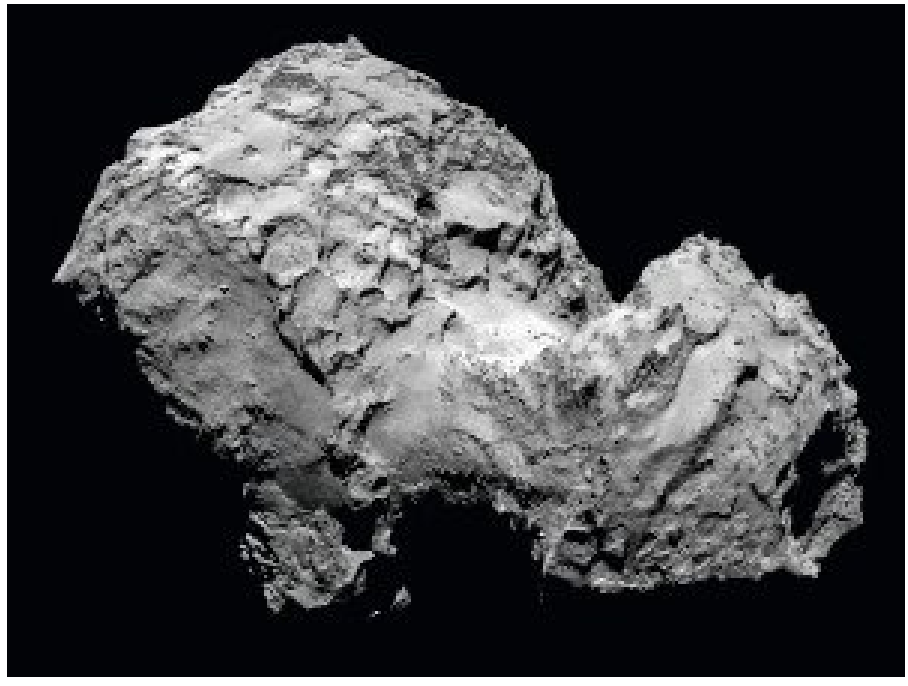
การเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดของดาวหาง 67P/C-G ใน ค.ศ. ๒๐๑๕

ในเดือนสิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ ใจกลางหัวดาวหาง 67P/C-G มีโชติมาตรประมาณ ๒๐ กำลังเข้ามาใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดในวันที่ ๑๓ สิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๕ จากเดือนธันวาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ ถึงกันยายน ค.ศ. ๒๐๑๕ ดาวหางจะมีมุมห่างจากดวงอาทิตย์น้อยกว่า ๔๕ องศา ในวันที่ ๑๐ กุมภาพันธ์ ค.ศ. ๒๐๑๕ ดาวหางจะอยู่ร่วมทิศกับดวงอาทิตย์และอยู่ห่างโลก ๓.๓ เอยู หลังจากเข้าใกล้ดวงอาทิตย์ที่สุดดาวหางอาจมีโชติมาตร ๑๑ จึงต้องติดตามโดยใช้กล้องโทรทรรศน์

รูปที่ ๗ ผู้ค้นพบดาวหางและผู้อำนวยการโครงการโรเซตตา

ภาพถ่ายดาวหางจากยานโรเซตตา

ในวันที่ ๑๔ กรกฎาคม ค.ศ. ๒๐๑๔ ภาพถ่ายดาวหาง 67P/C-G โดยยานโรเซตตาแสดงให้เห็นว่าใจกลางหัวดาวหางไม่สมมาตร แต่มี ๒ ส่วนหรือ ๒ พูที่โตไม่เท่ากัน คำอธิบายคืออาจเป็นดาวหาง ๒ ดวงมาชนกัน แต่อาจมีคำอธิบายอย่างอื่น เป็นต้นว่า อาจโดนวัตถุอื่นชน หรือน้ำที่ปกคลุมบริเวณที่แหว่งระเหิดออกไปหมด จึงเหลือเฉพาะส่วนที่เป็นหินรูปร่างไม่สมมาตรขนาด ๓.๕ x ๔ กิโลเมตร



รูปที่ ๘ ใจกลางหัวดาวหาง 67P/C-G

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในยานโรเซตตาเพื่อการสำรวจใจกลางหัวดาวหาง ๖๗ พี/เชอรียูมอฟ-เจอราซิเมนโก

๑. ALICE (an ultraviolet imaging spectrograph) เป็นเครื่องถ่ายภาพสเปกโทรกราฟในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต เพื่อค้นหาแก๊สหายาก (noble gas) รวมทั้งหาปริมาณของแก๊สนั้น ๆ ในนิวเคลียสของดาวหาง ซึ่งจะสามารถนำไปคาดคะเนอุณหภูมิของแก่นขณะเริ่มเกิด การค้นหาดังกล่าวทำได้โดยแผ่นโฟโตแคโทดที่เรียงเป็นแถว แผ่นโฟโตแคโทดทำด้วยโพแทสเซียมโบรไมด์และซีเซียมไอโอไดด์ อุปกรณ์หนัก ๓.๑ กิโลกรัม ใช้ไฟฟ้า ๒.๙ วัตต์ เป็นผลิตภัณฑ์ของสหรัฐอเมริกา โมเดลที่ปรับปรุงแล้วติดตั้งในยานนิวฮอไรซันที่กำลังเดินทางไปยังดาวพลูโตด้วย ALICE ปฏิบัติงานในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง ๗๐๐ ถึง ๒,๐๕๐ อังสตรอม (๗๐-๒๐๕ นาโนเมตร) หรืออัลตราไวโอเลตคลื่นสั้นที่สุดถึงยาวที่สุด (extreme and far ultraviolet spectrum)

๒. OSIRIS (Optical, Spectroscopic and Infrared Remote Imaging System) เป็นระบบสร้างภาพจากระยะไกลในช่วงคลื่นแสงสว่างและอินฟราเรด รวมทั้งภาพสเปกตรัม โดยอาศัยเลนส์มุมแคบ (๗๐๐ มิลลิเมตร) และเลนส์มุมกว้าง (๑๔๐ มิลลิเมตร) กับแผ่นชิปซีซีดีขนาด ๒,๐๔๘ x ๒,๐๔๘ พิกเซล อุปกรณ์ชิ้นนี้สร้างในประเทศเยอรมนี

๓. VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer) เป็นเครื่องถ่ายสเปกตรัมในช่วงคลื่นแสงสว่าง คลื่นความร้อน และอินฟราเรด สามารถสร้างภาพใจกลางหัวดาวหางได้ในช่วงคลื่นอินฟราเรดและตรวจหาโมเลกุลของแก๊สต่าง ๆ ในหัวของดาวหาง โดยแผ่นที่เรียงเป็นแถวของเมอร์คิวรีแคดเมียมเทลลูไรด์ในช่วงคลื่นอินฟราเรด และโดยซิปซีซีดีในช่วงคลื่นแสงสว่าง อุปกรณ์ชิ้นนี้สร้างในประเทศอิตาลี อุปกรณ์ประเภทเดียวกันที่ได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมและถูกติดตั้งในยานอวกาศดอว์นที่กำลังเดินทางไปสำรวจดาวเคราะห์น้อยเวสตาและดาวเคราะห์แคระซีรีส อีกชุดหนึ่งติดตั้งในยานอวกาศวีนัสเอกซ์เพรสซึ่งไปสำรวจดาวศุกร์

๔. MIRO (Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter) เป็นอุปกรณ์ตรวจหาสารระเหยง่ายโดยใช้คลื่นไมโครเวฟ เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งในยานโรเซตตาที่โคจรรอบดาวหาง ปริมาณและอุณหภูมิของสารระเหยได้ในใจกลางหัวดาวหาง เช่น น้ำ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ สามารถตรวจสอบได้โดยวัดการแผ่รังสีในช่วงคลื่นไมโครเวฟของสารเหล่านี้ เสาอากาศขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๓๐ เซนติเมตร ติดตั้งในยานที่สร้างในเยอรมนี ส่วนอื่นที่เหลือผลิตในสหรัฐอเมริกา

๕. CONSERT (Comet Nucleus Sounding Experiment by Radio Wave Transmission) เป็นการทดลองที่จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนลึกภายในใจกลางหัวดาวหางโดยใช้เรดาร์ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ทะลุใจกลางหัวดาวหางจากยานไฟลีไปยังยานโรเซตตาที่กำลังเคลื่อนรอบดาวหาง นอกจากจะได้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของดาวหางแล้ว ยังจะได้ทราบถึงองค์ประกอบของดาวหางด้วย อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ของ CONSERT พัฒนาในประเทศฝรั่งเศส ส่วนเสาอากาศผลิตในประเทศเยอรมนี

๖. RSI (Radio Science Investigation) เป็นการสืบค้นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ในช่วงคลื่นวิทยุโดยอาศัยระบบสื่อสารของยานเพื่อสืบค้นข้อมูลทางกายภาพของดาวหาง ได้แก่ ใจกลางหัว และหัวส่วนในของหัวดาวหาง

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการวัดแก๊สและอนุภาคต่าง ๆ ของดาวหางนี้ คือ

๗. ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis) เป็นเครื่องมือชุดที่ประกอบด้วย Double-Focus magnetic Mass Spectrometer (DFMS) และ Reflectron type Time of Flight Mass Spectrometer (RTOF) เครื่อง DFMS มีกำลังแยกสูง (สามารถแยก N_2 จาก CO ได้) สำหรับโมเลกุลที่มีขนาดถึง ๓๐๐ amu ส่วนเครื่อง RTOF มีความไวมากต่อโมเลกุลที่เป็นกลางและไอออน

๘. MIDAS (Micro-Imaging Dust Analysis System) เป็นกล้องจุลทรรศน์กำลังแยกสูง จะวิเคราะห์สภาพทางกายภาพของฝุ่นที่เกาะบนแผ่นซิลิคอน

๙. COSIMA (Cometary Secondary Ion Mass Analyser) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์องค์ประกอบของฝุ่นโดยการวัดสเปกตรัมเชิงมวลของไอออนทุติยภูมิ (secondary ion mass spectrometry) ภายหลังพื้นผิวได้รับการทำให้สะอาดด้วยไอออนของอินเดียม เครื่องมือสามารถวิเคราะห์ไอออนได้ถึง ๔,๐๐๐ amu

๑๐. GIADA (Gain Impact Analyser and Dust Accumulator) เป็นเครื่องที่วิเคราะห์สภาพแวดล้อมของฝุ่นในหัวดาวหาง ได้แก่ cross section เชิงแสง โมเมนตัม อัตราเร็ว และมวลของเม็ดฝุ่นแต่ละเม็ดที่วิ่งเข้าไปภายในเครื่องมือ

อุปกรณ์วัดปฏิกิริยาจากลมสุริยะ คือ

๑๑. RPC (Rosetta Plasma Consortium) เป็นเครื่องมือวัดลมสุริยะที่มาจากดวงอาทิตย์

การผจญภัยระหว่างการเดินทางของยานโรเซตตา

ยานอวกาศโรเซตตาเกิดปัญหา ๒ อย่างในระหว่างการเดินทาง คือ

๑. ปัญหาในระบบควบคุมปฏิกิริยา

ใน ค.ศ. ๒๐๐๖ ยานโรเซตตาเกิดรอยรั่วในระบบควบคุมปฏิกิริยา ซึ่งประกอบด้วยจรวดย่อยขนาดกำลังตัวละ ๑๐ นิวตัน จำนวน ๒๔ ตัว เพื่อควบคุมการเดินทางของยานจนถึงเป้าหมาย เมื่อเกิดรอยรั่วระบบควบคุมจะต้องทำงานที่ระดับความดันต่ำกว่าที่วางแผนไว้ สิ่งนี้อาจทำให้เชื้อเพลิงผสมกันอย่างไม่สมบูรณ์ เป็นเหตุให้การเผาไหม้เชื้อเพลิงมีประสิทธิภาพน้อยลง อย่างไรก็ตาม วิศวกรขององค์การอวกาศยุโรปมั่นใจว่ายานมีเชื้อเพลิงสำรองเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานของโรเซตตาจนถึงสิ้นโครงการ

นอกจากนี้ ล้อปฏิกิริยาของยานโรเซตตายังแสดงการสั่นสะเทือนมากกว่าที่คาดไว้ แต่การทดสอบต่อมาปรากฏว่า ระบบสามารถดำเนินการต่อไปได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเดิม เป็นผลให้เกิดความสึกหรอของล้อน้อยลง ก่อนการจำศีลของยาน ล้อ ๒ ล้อจากล้อปฏิกิริยา ๔ ล้อของยานเริ่มเกิดเสียงดังเล็กน้อย ภายหลังการจำศีลวิศวกรได้เปิดสวิตช์ล้อ ๓ ล้อรวมทั้งล้อที่เคยมีเสียง ส่วนล้อที่เคยมีเสียงล้ออื่นเก็บไว้เป็นล้อสำรอง สิ่งเพิ่มเติมคือ ภาคพื้นดินได้อัปโหลดซอฟต์แวร์ใหม่ซึ่งอาจช่วยให้ยานโรเซตตาสามารถปฏิบัติงานได้โดยใช้ล้อปฏิกิริยาเพียง ๒ ล้อได้ถ้าจำเป็น

๒. ปัญหาจากความเข้าใจผิดคิดว่าเป็นดาวเคราะห์น้อย

ในเดือนมีนาคม ค.ศ. ๒๐๐๗ ระหว่างการโคจรรอบโลกเป็นรอบที่ ๒ นักดาราศาสตร์ได้ถ่ายภาพท้องฟ้าพบดาวเคราะห์น้อยใกล้โลกดวงหนึ่ง ซึ่งให้ชื่อว่า 2007 VN_{84} เป็นภาพถ่ายของโครงการสำรวจท้องฟ้าแคทาลีนาด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ๐.๖๘ เมตร 2007 VN_{84} มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๒๐ เมตร การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาทางโคจรของดาวเคราะห์น้อยดวงนี้ปรากฏว่าจะเข้าใกล้โลกที่สุดที่ระยะ ๕,๗๐๐ กิโลเมตร ในวันที่ ๑๓ พฤศจิกายน ค.ศ. ๒๐๐๗ การเข้ามาใกล้โลกมากขนาดนี้ย่อมหมายความว่า 2007 VN_{84} อาจชนโลกได้ อย่างไรก็ตาม นักดาราศาสตร์นามว่า เดนนิส เดนิสเซนโก จำได้ว่าทางโคจรของดาวเคราะห์น้อย 2007 VN_{84} คล้ายคลึงกับของยานโรเซตตาที่กำลังใช้แรงเหวี่ยงของโลกเพื่อเดินทางต่อไปยังดาวหาง ต่อมาศูนย์ดาวเคราะห์น้อย (Minor Planet Center) ก็ประกาศว่า 2007 VN_{84} เป็นยานอวกาศโรเซตตา

สรุปเหตุการณ์และการค้นพบต่าง ๆ ของยานโรเซตตา

ค.ศ. ๒๐๐๔

๒ มีนาคม ขึ้นจากฐานส่งโคอูรู ในเฟรนช์กิอานา เมื่อเวลา ๐๗ : ๑๗ UTC จรวดท่อนบนพร้อมยานเข้าสู่วงโคจรขนาด ๒๐๐ x ๔,๐๐๐ กิโลเมตร ได้สำเร็จ ที่เวลา ๐๙ : ๑๔ UTC จรวดท่อนบนยิงยานอวกาศให้ได้ความเร็วของการผละหนีจากโลกเพื่อเข้าสู่วงโคจรรอบดวงอาทิตย์ ยานโรเซตตาถูกปล่อยในอีก ๑๘ นาทีต่อมา และสถานีภาคพื้นดิน ESOC ที่ดาร์มชตัดท์ในเยอรมนีก็ติดต่อกับยานได้สำเร็จ

๑๐ พฤษภาคม การปรับการเคลื่อนที่ครั้งแรกในห้วงอวกาศลึกของยานประสบความสำเร็จ โดยปรับเส้นทางของยานได้ถูกต้องภายในร้อยละ ๐.๐๕

ค.ศ. ๒๐๐๕

๔ มีนาคม ยานโรเซตตาเข้าสู่การเหวี่ยงครั้งแรกของโลก สนามแม่เหล็กของดวงจันทร์และของโลกถูกใช้ให้เป็นการทดสอบเครื่องมือภายในยาน ระยะใกล้โลกที่สุดของยานขณะนั้นคือ ๑,๙๕๔.๗ กิโลเมตร นักดาราศาสตร์สมัครเล่นหลายคนสามารถถ่ายภาพยานโรเซตตาได้

๔ กรกฎาคม อุปกรณ์ถ่ายภาพของยานโรเซตตาสามารถบันทึกภาพการชนกันระหว่างดาวหางเทมเปล ๑ กับชิ้นส่วนของยานดีปอิมแพกต์ (Deep Impact) ที่ไปสำรวจดาวหางได้

ค.ศ. ๒๐๐๗

๒๕ กุมภาพันธ์ ผ่านใกล้ดาวอังคาร เครื่องมือวัดสนามแม่เหล็กและพลาสมาของยานไฟลีได้ตรวจพบสนามแม่เหล็กของดาวอังคารที่สลับซับซ้อน ในขณะที่เครื่องมือถ่ายรูปในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของโรเซตตาก็ได้ถ่ายรูปดาวอังคารโดยใช้แผ่นกรองแสงชนิดต่าง ๆ กัน ในระหว่างการอยู่ในเงามืดของดาวอังคาร เครื่องมือต่าง ๆ ของโรเซตตาถูกปิดทั้งหมด ยกเว้นของไฟลีซึ่งใช้แบตเตอรี่ เครื่องมือในไฟลีถ่ายภาพดาวอังคาร นับว่าเป็นการทดสอบเครื่องมือภายในยานได้เป็นอย่างดี ยานได้ใช้แรงเหวี่ยงของดาวอังคารเพื่อเปลี่ยนทิศทางไปยังโลกในการเข้าใกล้โลกที่สุดอีกครั้งหนึ่งในเดือนพฤศจิกายน

๘ พฤศจิกายน เข้าใจผิดคิดว่ายานโรเซตตาเป็นดาวเคราะห์น้อย

๑๓ พฤศจิกายน ยานโรเซตตาใช้แรงเหวี่ยงโลกเป็นครั้งที่ ๒ โดยเข้าใกล้โลกที่สุดที่ระยะ ๕,๒๙๕ กิโลเมตร เมื่อเวลา ๒๐ : ๕๗ UTC เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ๔๕,๐๐๐ กิโลเมตร/ชั่วโมง

ค.ศ. ๒๐๐๘

๕ กันยายน ผ่านเฉียดดาวเคราะห์น้อย ๒๘๖๗ สไตน์ (2867 Steins) ยานผ่านแถบดาวเคราะห์น้อยในระยะ ๘๐๐ กิโลเมตร ด้วยความเร็วอย่างช้า ๆ เพียง ๘.๖ กิโลเมตร/วินาที (๓๐,๙๖๐ กิโลเมตร/ชั่วโมง)

ค.ศ. ๒๐๐๙

๑๓ พฤศจิกายน โลกเหวี่ยงเป็นครั้งที่ ๓ และสุดท้ายยานเข้าใกล้โลกที่สุด ๒,๔๘๑ กิโลเมตร เหนือลองจิจูด 109°E ละติจูด 8°S (ใกล้ฝั่งของเกาะชวาในอินโดนีเซีย) เมื่อเวลา ๐๗ : ๔๕ UTC โดยที่ยานเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว ๔๘,๐๒๔ กิโลเมตร/ชั่วโมง

ค.ศ. ๒๐๑๐

๑๖ มีนาคม สังเกตหางฝุ่นของดาวเคราะห์น้อย P/2010A_2 กล้องโทรทรรศน์อวกาศฮับเบิลร่วมสังเกตดาวเคราะห์น้อยดวงนี้ด้วยและเป็นการยืนยันว่า P/2010A_2 ไม่ใช่ดาวหาง แต่เป็นดาวเคราะห์น้อยที่มีหางเป็นอนุภาคซึ่งเกิดจากการชนของดาวเคราะห์น้อยที่มีขนาดเล็กกว่า

๑๐ กรกฎาคม ผ่านเฉียดและถ่ายภาพดาวเคราะห์น้อย ๒๑ ลูต์เทีย (21 Lutetia)

ค.ศ. ๒๐๑๑

๘ มิถุนายน ยานถูกบังคับให้อยู่ในลักษณะการทรงตัวด้วยการหมุนและปิดไฟฟ้า ยกเว้นคอมพิวเตอร์เพื่อให้ยานจำศีล

ค.ศ. ๒๐๑๔

๒๐ มกราคม ณ เวลา ๑๐ : ๐๐ UTC ยานถูกปลุกให้ตื่นจากการจำศีล ติดต่อกับสถานีภาคพื้นดินผ่านของนาซา เมื่อเวลา ๑๘ : ๑๘ UTC

พฤษภาคม – กรกฎาคม ปรับความเร็วของโรเซตตาเพื่อเข้าสู่วงโคจรรอบดาวหาง 67P/C-G โดยการลดความเร็วและระยะห่าง จาก ๗๗๕ เมตร/วินาที เมื่ออยู่ห่างกัน ๒ ล้านกิโลเมตร เป็น ๗.๙ เมตร/วินาที เมื่ออยู่ห่างกัน ๔,๐๐๐ กิโลเมตร

๑๔ กรกฎาคม อุปกรณ์ออซิริสบนยานได้บันทึกภาพดาวหางเพื่อยืนยันรูปร่างที่ไม่สมมาตร

๖ สิงหาคม ยานโรเซตตาเข้าใกล้ดาวหางในระยะ ๑๐๐ กิโลเมตร ลดความเร็วลงเหลือ ๑ เมตร/วินาที เริ่มถ่ายภาพดาวหางเพื่อกำหนดจุดลงของยานไฟลี

๔ กันยายน ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งมาครั้งแรกจากเครื่องมือ ALICE ของยานโรเซตตา แสดงว่าใจกลางหัวดาวหางมีสีดำผิดปรกติในช่วงคลื่นอัลตราไวโอเลต หัวส่วนในมีธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจน ไม่พบพื้นที่ของน้ำกับน้ำแข็งบนผิวดาวหาง เป็นที่ทราบทางทฤษฎีมาก่อนว่า น้ำ-น้ำแข็งมีอยู่ในใจกลางหัวดาวหางเมื่ออยู่ไกลจากดวงอาทิตย์ และกลายเป็นไอเมื่อเข้าใกล้ดวงอาทิตย์

๑๐ กันยายน โรเซตตาเข้าสู่วงโคจรระดับต่ำที่ ๓๐ กิโลเมตร เพื่อถ่ายภาพใจกลางหัวดาวหาง

พฤศจิกายน ยานไฟลีลงบนผิวดาวหาง

พฤศจิกายน ๒๐๑๔ – ธันวาคม ๒๐๑๕ ยานโรเซตตาวนรอบดาวหางและติดตามดาวหางเข้าหาดวงอาทิตย์

ธันวาคม ๒๐๑๕ สิ้นสุดโครงการโรเซตตา

บรรณานุกรม

WIKIPEDIA: Rosetta (spacecraft)

WIKIPEDIA: 67P/Churyumov-Gerasimenko

WIKIPEDIA: Rosetta Stone

Abstract **Rosetta Spacecraft to Study Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko**

Nibondh Saibejra

Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand

Rosetta spacecraft is the first space probe to perform a detailed study of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. The probe consists of two parts, the Rosetta orbiter and the Philae lander. Rosetta dimensions measure 2.8 x 2.1 x 2 meter, having solar panels as a source of electrical power. The European Space Agency launched Rosetta from Kourou space launching site in French Guiana using the Ariane 5G+V-158 rocket on March 2, 2004 at 07:17 UTC. The spacecraft went around the Earth and Mars for gravity assist to bring it to orbit the comet on August 6, 2014 after 6,400 million-kilometer journey lasting 10 years, 5 months, and 4 days. The Philae lander is planned to land on the comet on November 3, 2014, while the Rosetta orbiter will be circling around the comet at a 30-kilometer distance. Both the orbiter and lander will observe the comet, which is moving closer to the Sun. The next closest approach to the Sun of the comet is on August 13, 2015. The Rosetta mission is coming to an end in December, 2015.

***Keywords*:** Rosetta spacecraft, Philae lander, comet 67P/Churyumov-Gerasimenko

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

การดูงานพืชสวนที่ประเทศมาเลเซีย*

สายชล เกตุษา
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา

บทคัดย่อ

ผู้เขียนได้รับเชิญให้เป็นวิทยากรการฝึกอบรมหลักสูตร Postharvest Handling of Tropical Produce สำหรับนักวิชาการเกษตรของกระทรวงเกษตร ประเทศมาเลเซีย ซึ่งจัดโดย Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) ระหว่างวันที่ ๓๐ มิถุนายน-๕ กรกฎาคม ๒๕๕๕ วันที่ ๓๐ มิถุนายน-๒ กรกฎาคม ๒๕๕๕ เป็นช่วงการบรรยาย และวันที่ ๓-๕ กรกฎาคม ๒๕๕๕ เป็นช่วงการดูงานพืชสวนในพื้นที่ราบและที่สูงของประเทศมาเลเซีย ประเทศมาเลเซียมีพื้นที่ ๓๒๙,๘๔๗ ตารางกิโลเมตร มีประชากร ๓๐,๑๓๔,๙๒๖ คน เนื่องจากประเทศมาเลเซียอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรและอยู่ในเขตร้อนชื้นเหมือนประเทศไทย สภาพภูมิอากาศและพืชสวนจึงมีลักษณะที่คล้ายกับประเทศไทย พืชสวนในที่ราบที่ไปดูเป็นพืชเขตร้อน ได้แก่ กล้วย มะเฟือง และฝรั่ง ขณะที่พืชสวนในพื้นที่สูงที่ไปดูเป็นพืชเขตหนาวซึ่งเป็นบริเวณที่เรียกว่า Cameron Highlands บริเวณนี้ปลูกพืชที่ชอบอุณหภูมิต่ำ ได้แก่ พืชผักกินใบ พืชผักกินผล (มะเขือเทศ) ไม้ดอก (กุหลาบ คาร์เนชัน และเบญจมาศ) และไม้ผลเขตหนาว (สตรอว์เบอร์รี) เนื่องจากสภาพภูมิประเทศของ Cameron Highlands เป็นภูเขา มีอากาศเย็นตลอดปีและมีที่พักทันสมัย ดังนั้น Cameron Highlands จึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นิยมมากของนักท่องเที่ยวทั้งคนมาเลเซียและคนจากประเทศเพื่อนบ้านรวมจากประเทศไทยด้วย

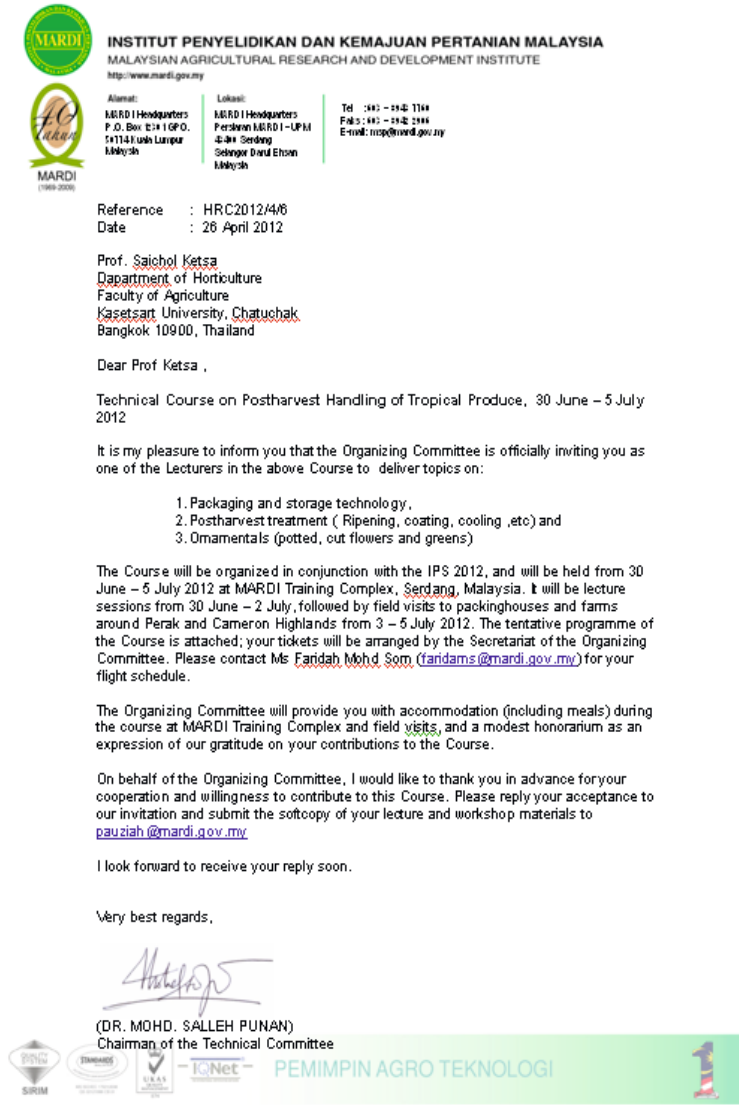
คำสำคัญ : ผัก, ผลไม้, ดอกไม้, การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว, มาเลเซีย, Cameron Highlands, MARDI

คำนำ

ประเทศมาเลเซียอยู่ในเขตร้อนเช่นเดียวกับประเทศไทย และมีประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพการเกษตรเช่นเดียวกับประเทศไทย การเกษตรเกี่ยวกับพืชสวนเป็นอาชีพสำคัญของเกษตรกรมาเลเซีย ผู้เขียนได้รับเชิญจากสถาบันวิจัยและพัฒนาการเกษตรของมาเลเซีย (Malaysian Agricultural Research and Development Institute, MARDI) ให้เป็นวิทยากรบรรยายการฝึกอบรมหลักสูตร Postharvest

* บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เมื่อวันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ. ๒๕๕๗

Handling of Tropical Produce ให้กับนักวิชาการเกษตรของกระทรวงเกษตรประเทศมาเลเซีย ระหว่างวันที่ ๓๐ มิถุนายน-๕ กรกฎาคม ๒๕๕๕ รวมเวลา ๖ วัน (รูปที่ ๑) ๓ วันแรกเป็นช่วงการบรรยาย และอีก ๓ วันที่เหลือเป็นช่วงการดูงานการผลิตและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของพืชผัก ไม้ผล และไม้ดอก ผู้เขียนได้ร่วมเดินทางไปกับคณะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้ การดูงานพืชสวนครั้งนี้นับว่ามีประโยชน์มาก ผู้เขียนจึงขอเล่าประสบการณ์ของการดูงานพืชสวนที่ประเทศมาเลเซียครั้งนี้ซึ่งหวังว่าจะเป็นประโยชน์บ้างต่อผู้อ่าน



INSTITUT PENYELIDIKAN DAN KEMAJUAN PERTANIAN MALAYSIA
MALAYSIAN AGRICULTURAL RESEARCH AND DEVELOPMENT INSTITUTE
http://www.mardi.gov.my

Alamat: MARDI Headquarters P.O. Box [illegible] GPO. 50714 Kuala Lumpur Malaysia

Lokasi: MARDI Headquarters Persiaran MARDI-UPM [illegible] Serdang Selangor Darul Ehsan Malaysia

Tel : [illegible]
Faks : [illegible]
E-mail: mdp@mardi.gov.my

Reference : HRC2012/4/6
Date : 26 April 2012

Prof. Saichol Ketsa
Department of Horticulture
Faculty of Agriculture
Kasetsart University, Chatuchak
Bangkok 10900, Thailand

Dear Prof Ketsa ,

Technical Course on Postharvest Handling of Tropical Produce, 30 June – 5 July 2012

It is my pleasure to inform you that the Organizing Committee is officially inviting you as one of the Lecturers in the above Course to deliver topics on:

1. Packaging and storage technology,
2. Postharvest treatment (Ripening, coating, cooling ,etc) and
3. Ornamentals (potted, cut flowers and greens)

The Course will be organized in conjunction with the IPS 2012, and will be held from 30 June – 5 July 2012 at MARDI Training Complex, Serdang, Malaysia. It will be lecture sessions from 30 June – 2 July, followed by field visits to packinghouses and farms around Perak and Cameron Highlands from 3 – 5 July 2012. The tentative programme of the Course is attached; your tickets will be arranged by the Secretariat of the Organizing Committee. Please contact Ms Faridah Mohd Som (faridams@mardi.gov.my) for your flight schedule.

The Organizing Committee will provide you with accommodation (including meals) during the course at MARDI Training Complex and field visits, and a modest honorarium as an expression of our gratitude on your contributions to the Course.

On behalf of the Organizing Committee, I would like to thank you in advance for your cooperation and willingness to contribute to this Course. Please reply your acceptance to our invitation and submit the softcopy of your lecture and workshop materials to pauziah@mardi.gov.my

I look forward to receive your reply soon.

Very best regards,

(DR. MOHD. SALLEH PUNAN)
Chairman of the Technical Committee

SIRIM IQNet PEMIMPIN AGRO TEKNOLOGI

รูปที่ ๑ จดหมายเชิญจาก MARDI ให้เป็นวิทยากรฝึกอบรม

รูปที่ ๒ แผนที่ประเทศมาเลเซียแสดงสถานที่การฝึกอบรมและการดูงาน

ข้อมูลเบื้องต้นของประเทศมาเลเซีย

ประเทศมาเลเซียเป็นประเทศสมาชิกอาเซียน (ASEAN) และมีเขตติดต่อกับทางใต้ของประเทศไทย (รูปที่ ๒) มีพื้นที่ของประเทศทั้งหมด ๓๒๙,๘๔๗ ตารางกิโลเมตร (๑๒๗,๓๑๕ ตารางไมล์) ขณะที่ประเทศไทยมีพื้นที่ทั้งหมด ๕๑๓,๑๒๐ ตารางกิโลเมตร เมืองหลวงของประเทศมาเลเซียคือกัวลาลัมเปอร์ และมีการสร้างเมืองใหม่ที่เป็นศูนย์ราชการมีชื่อว่า Putrajava ซึ่งอยู่ทางทิศใต้ของกัวลาลัมเปอร์ ห่างประมาณ ๒๕ กิโลเมตร ประชากรของประเทศมาเลเซีย ณ เดือนกรกฎาคม ๒๕๕๗ คือ ๓๐,๐๗๓,๓๕๓ คน ขึ้นทะเบียน

เป็นพลเมืองของประเทศมาเลเซียร้อยละ ๙๐.๘ และไม่ได้ขึ้นทะเบียนเป็นพลเมืองของประเทศมาเลเซีย ร้อยละ ๙.๒ พลเมืองมีการนับถือศาสนาต่าง ๆ ดังนี้ ศาสนาอิสลามร้อยละ ๖๑.๓ ศาสนาพุทธร้อยละ ๑๙.๘ ศาสนาคริสต์ร้อยละ ๙.๒ ศาสนาฮินดูร้อยละ ๖.๓ และศาสนาอื่น ๆ ร้อยละ ๓.๔ ประเทศมาเลเซียมีภูมิอากาศเป็นเขตร้อนเช่นเดียวกับประเทศไทย เพราะอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร แต่ประเทศมาเลเซียมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าและฝนตกชุกมากกว่าประเทศไทย

รูปที่ ๓ ผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตร Postharvest Handling of Tropical Produce ถ่ายรูปร่วมกับวิทยากรในวันสุดท้ายของการบรรยายการฝึกอบรมที่ MARDI (ผู้เขียนนั่งแถวหน้าที่สามจากขวามือ)

สถาบันวิจัยและพัฒนาการเกษตรของมาเลเซีย

สถาบันวิจัยและพัฒนาการเกษตร (MARDI) เป็นหน่วยงานของกระทรวงเกษตรประเทศมาเลเซีย หน่วยงานนี้มีหน้าที่วิจัย พัฒนา และฝึกอบรมการเกษตรทั้งพืชไร่ พืชสวน ป่าไม้ ปศุสัตว์ และประมงให้กับนักวิชาการของกระทรวงเกษตร เกษตรกรและบุคคลทั่วไป MARDI ตั้งอยู่ในรัฐสลังงอร์ (Selangor) หน่วยงานนี้อยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของกัวลาลัมเปอร์ (รูปที่ ๒) MARDI เป็นสถาบันวิจัยหลักของกระทรวงเกษตร และเป็นที่รู้จักดีในระดับนานาชาติ MARDI มีห้องปฏิบัติการวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมที่ทันสมัย คือ มีทั้งหอพักและโรงอาหาร (cafeteria) ให้แก่ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรต่าง ๆ MARDI ได้จัดฝึกอบรมหลักสูตร Postharvest Handling of Tropical Produce ระหว่างวันที่ ๓๐ มิถุนายน-๕ กรกฎาคม ๒๕๕๕ โดยมีวิทยากรทั้งจากภายในประเทศและต่างประเทศ (ไทย อังกฤษ และสหรัฐอเมริกา) จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรมครั้งนี้มี ๓๓ คน (รูปที่ ๓) หลักสูตรการฝึกอบรมมีทั้งการบรรยาย (๓๐ มิถุนายน-๒ กรกฎาคม ๒๕๕๕) และการดูงานในแหล่งผลิตของพืชสวน (๓-๕ กรกฎาคม ๒๕๕๕)

การดูงานพืชสวนที่ประเทศมาเลเซีย

การฝึกอบรมของหลักสูตร Postharvest Handling of Tropical Produce โดยการบรรยายในห้องได้สิ้นสุดในวันที่ ๒ กรกฎาคม ๒๕๕๕ และผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้ออกไปดูงานนอกสถานที่เกี่ยวกับการผลิตและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยวของผลิตผลพืชสวน ซึ่งมีทั้งผัก ผลไม้ และดอกไม้ พื้นที่ที่ได้ไปดูงานอยู่ในบริเวณรัฐปะหัง (Pahang) ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของรัฐสลังงอร์ (รูปที่ ๒) ลักษณะของงานพืชสวนที่ไปดูคือพืชสวนทั้งในพื้นที่ราบและพืชสวนในพื้นที่สูง

พืชสวนในพื้นที่ราบ

๑. กล้วย สวนกล้วยที่ไปดูนี้ปลูกกล้วยประเภทหรือกลุ่ม Cavendish เช่นเดียวกับกล้วยหอมเขียวหรือกล้วยหอมค่อมที่ปลูกในประเทศไทยในกลุ่ม Gros Michel ซึ่งสีผิวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อสุกที่อุณหภูมิห้อง (๒๙-๓๐ องศาเซลเซียส) ขณะที่กล้วยในกลุ่ม Cavendish เมื่อผลสุกผิวเปลือกผลกล้วยจะไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเหมือนกล้วยหอมทองที่ปลูกในประเทศไทย คือ ผลกล้วยในกลุ่ม Cavendish สีเขียวเข้มของเปลือกผลเปลี่ยนเป็นสีเขียวจางหรือเหลืองเล็กน้อยที่อุณหภูมิห้องขณะที่เนื้อสุกเป็นปรกติ ผลกล้วยในกลุ่ม Cavendish ต้องบ่มด้วยเอทิลีน ณ อุณหภูมิที่ต่ำประมาณ ๒๐-๒๒ องศาเซลเซียส สวนกล้วยที่ไปดูงานนี้ (รูปที่ ๔) เป็นของบริษัทโดล (Dole Company) ซึ่งส่งออกผลกล้วยส่วนใหญ่จากแหล่งนี้ไปยังประเทศสิงคโปร์ มีการปฏิบัติตั้งแต่การเก็บเกี่ยวจนกระทั่งผลกล้วยบรรจุในกล่องกระดาษพร้อมขนส่งไปยัง

ประเทศสิงคโปร์ตามขั้นตอนที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ เริ่มตั้งแต่การขนส่งผลกล้วยที่เก็บเกี่ยวแล้วในรถลากจูงจากสวนกล้วยมายังโรงคัดเลือกบรรจุ (รูปที่ ๕ บน) โดยมีการป้องกันไม่ให้ผิวของผลกล้วยได้รับความเสียหาย (รูปที่ ๕ ล่าง) หลังจากนั้นก็ชำแหละเครือกล้วยแยกเป็นหวีเดี่ยว ๆ วางในบ่อซีเมนต์ขนาดใหญ่ที่มีน้ำเพื่อล้างทำความสะอาด (รูปที่ ๖ บน) แล้วชำแหละกล้วยแต่ละหวีให้เป็นหวีย่อย ๆ หวีละ ๓-๖ ผล (รูปที่ ๖ ล่าง) เพื่อให้มีจำนวนผลเหมาะสมกับผู้ซื้อหรืออาจจะไม่มีการแบ่งย่อย ทำการพ่นสารเคมีที่เป็นสารกำจัดและป้องกันเชื้อราที่บริเวณรอยตัดของหวีกล้วย (รูปที่ ๖ ล่าง) ชั่งหวีกล้วยในถาดพลาสติกให้ได้ประมาณ ๕-๗ กิโลกรัมต่อกล่อง ติดสติกเกอร์ของบริษัทโดลที่หวีกล้วยก่อนบรรจุในกล่องกระดาษ ขั้นตอนสุดท้ายคือการบ่มผลกล้วยในกล่องกระดาษให้สุกได้ระดับสีผิวตามต้องการก่อนส่งไปขายที่ประเทศสิงคโปร์

รูปที่ ๔ พื้นที่การปลูกกล้วยของบริษัทโดล (Dole Company)

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

รูปที่ ๕ รถแทรกเตอร์ลากจูงรถพ่วงที่ขนเครือกล้วยตัดจากสวนกล้วย (บน) เครือกล้วยห่อด้วยวัสดุป้องกันความเสียหายของผิวผลกล้วย (ล่าง)

รูปที่ ๖ คนงานทำความสะอาดหวีกล้วยและชำแหละเป็นกลุ่มย่อย ๓-๕ ผลต่อกลุ่ม (บน) และให้สารเคมีป้องกันเชื้อราบริเวณรอยตัดของหวีกล้วย (ล่าง)

๒. ฝรั่ง สวนฝรั่งที่ไปดูนี้ปลูกฝรั่งสำหรับทำน้ำคั้น (รูปที่ ๗) สวนฝรั่งนี้มีการดูแลและรักษาความสะอาดของแปลงปลูกอย่างดี รวมถึงวิธีป้องกันและกำจัดแมลงวันผลไม้ (รูปที่ ๘ บน) เนื่องจากฝรั่งที่ปลูกนี้เป็นพันธุ์สำหรับการทำน้ำคั้น ดังนั้น เนื้อของผลฝรั่งจึงเป็นสีชมพู (รูปที่ ๘ ล่าง) และมีกลิ่นแรงกว่าผลฝรั่งพันธุ์ที่ปลูกรับประทานผลสด ผลฝรั่งจากสวนฝรั่งนี้จะถูกเก็บเกี่ยวและนำเข้าโรงงานที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับสวนฝรั่ง ผลิตภัณฑ์ของฝรั่งที่โรงงานนี้มี ๒ ประเภท คือ น้ำคั้นอย่างเจือจาง (juice) ทั้งที่เป็นน้ำคั้นฝรั่งอย่างเดียวหรือผสมกับน้ำคั้นของผลไม้ชนิดต่าง ๆ เช่น ของผลสับปะรด สตรอว์เบอร์รี หรือส้ม (รูปที่ ๙ บน) และน้ำคั้นฝรั่งอย่างเข้มข้นบรรจุในถังขนาด ๒๐๐ ลิตร (รูปที่ ๙ ล่าง)

รูปที่ ๗ สวนฝรั่งของบริษัทซิเมดาร์บี (Sime Darby) ที่ปลูกสำหรับเข้าโรงงานน้ำผลไม้

**รูปที่ ๘ การใช้ฟีโรโมนเป็นเหยื่อล่อเพื่อกำจัดแมลงวันผลไม้ (บน)
และพันธุ์ฝรั่งเนื้อสีชมพูจางและสีชมพูเข้มที่ปลูกเพื่อทำน้ำคั้นผลไม้ (ล่าง)**

รูปที่ ๙ น้ำคั้นฝรั่งเจือจางพร้อมดื่มในกล่องกระดาษ (บน) และน้ำคั้นฝรั่งเข้มข้นในถัง (ล่าง)

๓. มะเฟือง ผลมะเฟืองของประเทศมาเลเซียเป็นผลมะเฟืองที่มีขนาดใหญ่และมีรสชาติหวาน สวนมะเฟืองที่ไปดูนี้มีขนาดใหญ่ (รูปที่ ๑๐) ซึ่งรัฐบาลมาเลเซียเป็นเจ้าของ มีโรงคัดเลือกอยู่ในบริเวณสวนมะเฟือง (รูปที่ ๑๑) การเก็บเกี่ยวผลมะเฟืองทำ ๒ วัย โดยการดูการเปลี่ยนสีของผลมะเฟือง คือ เก็บเกี่ยวผลระยะสีเขียวจาง (รูปที่ ๑๑ ล่างซ้าย) และผลเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมเหลืองเล็กน้อย (รูปที่ ๑๑ ล่างขวา) ผลมะเฟืองแต่ละวัยที่มีสีผลต่างกันจะผ่านการคัดเลือกขนาดผลและคุณภาพ แล้วบรรจุแยกตามวัยหรือสีผลมะเฟืองแต่ละผลหุ้มด้วยถุงพลาสติก (polyethylene) เพื่อป้องกันความเสียหายจากการสั่นสะเทือนหรือการเสียดสีของผล (รูปที่ ๑๑ ล่าง) บรรจุผลมะเฟืองชั้นเดียวในกล่องกระดาษที่มีขนาดบรรจุประมาณ ๕ กิโลกรัม หลังจากบรรจุแล้ว นำไปเก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ ๑๐ องศาเซลเซียส เพื่อรอการขนส่งไปยังตลาดในยุโรปโดยทางเรือ

รูปที่ ๑๐ สวนมะเฟืองซึ่งห่อผลด้วยกระดาษป้องกันการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้

รูปที่ ๑๑ คนงานกำลังคัดเลือกผลมะเฟือง (บน) และผลมะเฟืองที่ผ่านการคัดคุณภาพบรรจุในกล่องกระดาษ โดยมี ๒ วัย ระยะสีผิวเป็นสีเขียว (ล่างซ้าย) และระยะสีผิวเป็นสีเหลืองอ่อน (ล่างขวา)

พืชสวนในพื้นที่ราบสูง

การดูงานพืชสวนในที่ราบสูงนี้คือบริเวณ Cameron Highlands เป็นชื่อตำบลอยู่ในรัฐปะหัง (รูปที่ ๒) บริเวณ Cameron Highlands เป็นภูเขาอยู่ที่ระดับความสูงของน้ำทะเลเฉลี่ย ๑,๕๐๐ เมตร ยอดภูเขาสูงที่สุด สูงกว่าระดับน้ำทะเล ๒,๐๐๐ เมตร และมีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ ๗๐๐ ตารางกิโลเมตร ในช่วงฤดูหนาวมีอุณหภูมิต่ำเฉลี่ย ๑๐-๒๐ องศาเซลเซียส ส่วนในช่วงฤดูร้อนมีอุณหภูมิเฉลี่ย ๒๐-๓๐ องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ ๒๐-๓๐ องศาเซลเซียส เนื่องจากมีอุณหภูมิที่ไม่ร้อนตลอดปี มีทัศนียภาพที่สวยงาม (รูปที่ ๑๒) มีสถานที่พักที่เป็นบ้านพักและโรงแรมที่ดี Cameron Highlands จึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของคนมาเลเซียและคนจากประเทศอื่น รวมทั้งประเทศไทยด้วย

รูปที่ ๑๒ ทัศนียภาพของ Cameron Highlands

๑. ผัก สวนผักที่ไปดูงานมีทั้งพืชผักกินใบ (รูปที่ ๑๓) และพืชผักกินผล คือ มะเขือเทศ (รูปที่ ๑๔) การปลูกพืชผักทำในโรงเรือนพลาสติก ตั้งแต่เพาะกล้าและปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว การให้น้ำและปุ๋ยทำโดยการควบคุมอัตโนมัติ ผักกินใบ (รูปที่ ๑๓) และผักกินผล (รูปที่ ๑๔) ที่เก็บเกี่ยวแล้วจะถูกนำมายังโรงคัดเลือกบรรจุ การคัดเลือกขนาดและคุณภาพของผลมะเขือเทศทำโดยเครื่องจักร (รูปที่ ๑๕)

รูปที่ ๑๓ การปลูกพืชผักกินใบในโรงเรือนเริ่มตั้งแต่การเพาะกล้า (บน) ย้ายลงปลูก จนกระทั่งเก็บเกี่ยว (ล่าง)

รูปที่ ๑๔ การปลูกมะเขือเทศในโรงเรือน (บน) และการเก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศ (ล่าง)

รูปที่ ๑๕ การคัดเลือกคุณภาพผักกินใบ (บน) และการคัดเลือก คุณภาพผลมะเขือเทศ โดยเครื่องคัดขนาดและสีผิว (ล่าง)

สถานที่ต่อไปคือโรงคัดเลือกผักกินใบที่มีการใช้เครื่องลดอุณหภูมิหลังการเก็บเกี่ยว (precooling) ของผักกินใบอย่างรวดเร็วโดยวิธีลดความดัน (vacuum cooling) ซึ่งลดอุณหภูมิของผักกินใบที่บรรจุในภาชนะบรรจุภายใต้ความดันที่ลดลงในห้องลดอุณหภูมิ วิธีนี้จะทำให้สามารถลดอุณหภูมิของผักลงถึงระดับที่ต้องการประมาณ ๓-๕ องศาเซลเซียส ภายในเวลา ๒๐-๓๐ นาที (รูปที่ ๑๖) ขณะที่การลดอุณหภูมิโดยการนำผักไปวางไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ ๓-๕ องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลาในการลดอุณหภูมิของผักให้เท่ากับอุณหภูมิห้องเย็นประมาณ ๓ ชั่วโมง ผักและผลิตผลสดอื่น ๆ ที่ผ่านการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจะทำให้คงความสดและคุณภาพไว้ได้นานขึ้น

รูปที่ ๑๖ การลดอุณหภูมิของพืชผักกินใบโดยวิธีลดความดัน (vacuum cooling) ผักบรรจุในตะกร้าพลาสติกวางในตู้ลดอุณหภูมิ (ซ้าย) ปิดฝาตู้ (ขวา) แล้วลดความดันขณะลดอุณหภูมิ

๒. ดอกไม้ ผู้เขียนได้ไปเยี่ยมชมโรงคัดเลือกบรรจุดอกเบญจมาศ ดอกเบญจมาศที่นำมาจากแปลงปลูกของเกษตรกรเป็นดอกประเภทช่อ (spray) มีความหลากหลายของสีต่าง ๆ โรงคัดเลือกบรรจุสำหรับดอกเบญจมาศแห่งนี้ส่งดอกเบญจมาศไปขายที่ประเทศญี่ปุ่นประมาณปีละ ๓-๕ ล้านช่อดอก แผนกรับดอกเบญจมาศจากแปลงปลูกของเกษตรกร (รูปที่ ๑๗) จะตรวจหาแมลงรวมถึงเพลี้ยไฟอย่างละเอียด

โดยการเคาะหรือเขย่าช่อดอกเบญจมาศลงบนตู้กระจกที่ไฟฟ้าส่องด้านล่าง (รูปที่ ๑๘ บน) และใช้แว่นขยายส่องหาตัวเพลี้ยไฟที่มีขนาดเล็ก (รูปที่ ๑๘ ล่าง) ดอกเบญจมาศที่พบเพลี้ยไฟจะถูกส่งกลับไปยังเจ้าของสวน โรงคัดเลือกบรรจุแห่งนี้ใช้เครื่องจักรช่วยในการตัดก้านช่อดอกและมัดกำดอกเบญจมาศที่ผ่านการคัดขนาดความยาวของก้านช่อและคุณภาพของดอก (รูปที่ ๑๙ บน) เมื่อมัดกำแล้วจะลำเลียงดอกเบญจมาศโดยสายพานไปยังห้องเย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ ๓-๔ องศาเซลเซียส เพื่อแช่โคนก้านช่อในบ่อซีเมนต์ที่มีสารละลายเคมีฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำ โดยแช่ไว้นาน ๑๒ ชั่วโมง เพื่อให้ดอกเบญจมาศได้ดูดน้ำเพิ่มความสด (รูปที่ ๑๙ ล่าง) หลังจากนี้จึงนำไปบรรจุในกล่องกระดาษเพื่อส่งไปประเทศญี่ปุ่น

รูปที่ ๑๗ ดอกเบญจมาศที่นำมาจากสวนของเกษตรกร

รูปที่ ๑๘ คนงานเคาะกำดอกเบญจมาศเพื่อให้แมลงร่วงลงบนตู้กระจก (บน) และคนงานใช้แว่นขยายตรวจหาเพลี้ยไฟ (ล่าง)

**รูปที่ ๑๙ การตัดโคนก้านและมัดกำดอกเบญจมาศโดยเครื่องจักร (บน)
และดอกเบญจมาศที่โคนก้านช่อดอกแช่ในสารละลายเคมีที่ห้องเย็น (ล่าง)**

๓. ชา ชาที่ปลูกในบริเวณ Cameron Highlands เป็นชาที่มีชื่อเสียงมาก เพราะ Cameron Highlands เป็นบริเวณที่สูงและมีอุณหภูมิเหมาะแก่การปลูกชา สวนชาที่ผู้เขียนมีโอกาสดูงานนี้อยู่ติดกับข้างทางไหล่เขา (รูปที่ ๒๐) ซึ่งสามารถมองลงไปด้านล่างได้ ทำให้มองเห็นภาพที่สวยงามของขั้นบันไดที่ปลูกชา ร้านค้าข้างทางที่จอดรถยนต์ดูสวนชามีชาที่มีชื่อเสียงขายคือชายี่ห้อ BOH

รูปที่ ๒๐ ไร่ชาที่ปลูกเป็นขั้นบันไดบริเวณ Cameron Highlands

๔. สถานีวิจัยเกษตรที่สูง สถานีวิจัยเกษตรที่สูงเป็นของกระทรวงเกษตรตั้งอยู่ในบริเวณที่ราบเชิงเขา มีการปลูกทั้งพืชผัก ไม้ดอก และสตรอว์เบอร์รี และอนุญาตให้ผู้มาเที่ยวได้เข้าชมพืชที่ปลูกในโรงเรือน (รูปที่ ๑๓) และสามารถเลือกซื้อต้นไม้ รวมถึงผัก ผลสตรอว์เบอร์รี และไม้ดอกไม้ประดับ

รูปที่ ๒๑ การปลูกสตรอว์เบอร์รีในโรงเรือนที่สถานีวิจัยเกษตรที่สูง บริเวณ Cameron Highlands ของ MARDI

สรุป

ประเทศมาเลเซียเป็นประเทศเพื่อนบ้านของประเทศไทย ผู้เขียนได้รับเชิญให้เป็นวิทยากรบรรยายสำหรับฝึกอบรมซึ่งจัดโดย MARDI การฝึกอบรมครั้งนี้ประกอบด้วยการบรรยายในห้องและมีการไปดูงานพืชสวนนอกสถานที่ ผู้เขียนได้มีโอกาสไปดูงานพืชสวนร่วมกับผู้รับการฝึกอบรม และได้นำมาถ่ายทอดให้ผู้อ่านได้ทราบซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ

บรรณานุกรม

http://cameronhighlands.com/

http://countrymeters.info/en/Malaysia

http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_Malaysia

http://en.wikipedia.org/wiki/Malaysian_Agricultural_Research_and_Development_Institute/

http://www.aneki.com/geography/Malaysia_geography.html

http://www.wonderfulmalaysia.com/malaysia-geography.htm

Abstract **A Study Tour of Horticulture in Malaysia**

Saichol Ketsa

Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand

The author was invited to give a lecture for the training course 'Postharvest Handling of Tropical Produce' at the Malaysian Research and Development Institute (MARDI), Selango, Malaysia during 30 June - 5 July 2012. The lecture was given during 30 June - 2 July 2012, while the study tour was conducted during 3-5 July 2012 to see horticulture in both lowlands and highlands. Malaysia has a total area of 329,847 sq km and population 30,134,926. Malaysia is located near the equator and has tropical climate similar to Thailand but more rainfall and higher relative humidity than Thailand. Horticultural commodities grown commercially in lowlands are banana, guava, and star fruit. The study tour at Cameron Highlands was highlighted, with commodities grown commercially in highlands including strawberry, vegetables, and chrysanthemum. The Cameron Highlands has a cool temperature all year round, good views and good accommodation. Therefore, Cameron Highlands is very popular among Malaysian tourists and oversea tourists including Thai people.

***Keywords*:** vegetable, fruit, flower, postharvest handling, Malaysia, Cameron Highlands, MARDI

วารสารราชบัณฑิตยสภา
ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค.-มี.ค. ๒๕๕๘

น้ำ : ความมหัศจรรย์จากจักรวาลสู่โมเลกุล และจากโมเลกุลสู่ชีวิตและสุขภาพ

อานนท์ บุณยะรัตเวช
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
มูลนิธิพัฒนายั่งยืน
มลนิภา ศิลาอาสน์
โครงการจัดตั้งศูนย์พัฒนาผลิตภัณฑ์สุขภาพ
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

บทคัดย่อ

น้ำเป็นพื้นฐานและการก่อกำเนิดของสิ่งมีชีวิตในโลก ก่อให้เกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตจำนวนมากมายมหาศาล ที่มีสายพันธุ์หลากหลายชนิดรวมถึงมนุษยชาติ มนุษย์ถือได้ว่าเป็นสายพันธุ์ที่มีวิวัฒนาการมาทีหลัง แต่มนุษย์มีศักยภาพทางร่างกายและสติปัญญาในการจัดการธรรมชาติ ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่มีมากพอสมควร จนถึงปัจจุบันก็ยังคงมีการจัดการธรรมชาติที่เกี่ยวเนื่องกับน้ำที่ยังไม่บรรลุผลได้ดีพอ ได้มีการคาดการณ์ไว้ว่าภายใน ค.ศ. ๒๐๒๕ ประชากรโลกมากกว่าครึ่งหนึ่งจะประสบปัญหาด้านน้ำ และภายใน ค.ศ. ๒๐๓๐ พื้นที่ประเทศที่กำลังพัฒนาจะมีความต้องการน้ำเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ ๕๐ น้ำจึงมีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจโลกและเกษตรกรรม ปัจจุบันประชากรโลกส่วนใหญ่สามารถบริโภคน้ำดื่มสะอาด แต่ก็ยังมีประชากรประมาณ ๑ พันล้านคนที่ขาดแคลนน้ำดื่มสะอาด และกว่า ๒.๕ พันล้านคนยังขาดสุขอนามัยที่ดีเพียงพอจากระบบน้ำ ในขณะที่การจัดการน้ำในปัจจุบันพยายามมุ่งเป้าที่จะให้ประชากรโลกเข้าถึงน้ำสะอาด กลุ่มนักวิจัยได้ตั้งคำถามต่อมาว่า น้ำสะอาดที่มนุษย์เราบริโภคทุกวันคืออะไร เราอาจจะตระหนักว่า คุณค่าของน้ำสะอาดอยู่เหนือการหยั่งรู้ของมนุษย์ แม้ว่าปัญญาความเข้าใจเรื่องน้ำของมนุษย์ยังไม่สรุปได้อย่างรู้แจ้งแทงตลอด บทความนี้ได้นำข้อมูลและองค์ความรู้ในหลาย ๆ ด้านจากภาพใหญ่ระดับจักรวาลย่อส่วนให้เล็กลงมาถึงระดับเซลล์และโมเลกุล รวมถึงงานวิจัยของคณะผู้เขียน มาเป็นข้อมูลตัวป้อน ซึ่งอาจก่อให้เกิดแรงบันดาลใจและเจตคติต่อน้ำ ในมิติใหม่แห่งความเป็นน้ำอย่างแท้จริง

คำสำคัญ : น้ำ, เซลล์, โมเลกุล, สุขภาพ

น้ำในจักรวาล คำถามที่ทุกคนอยากรู้ คือน้ำมาจากที่ใด เกิดขึ้นในโลกนี้เท่านั้นหรือมีที่อื่นนอกโลกด้วย เพราะว่าส่วนประกอบของน้ำเป็นไฮโดรเจนและออกซิเจน ซึ่งเป็นธาตุที่มีอยู่มากมายในจักรวาล ข้อมูลจากการค้นคว้าวิจัยแสดงหลักฐานการค้นพบน้ำบนดวงจันทร์ ตลอดจนดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ คือ ดาวพุธ ดาวอังคาร ดาวเนปจูน และดาวพลูโต หรือแม้แต่บนดาวบริวารของดาวเคราะห์ เช่น ไทรทันและยูโรปา อินเตอร์สเตลลาร์คลาวด์ (interstellar cloud) ในกาแล็กซีทางช้างเผือก (Milky Way) และกาแล็กซีอื่น ๆ ด้วย เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการค้นพบอันยิ่งใหญ่ของทีมนักดาราศาสตร์จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียเมื่อวันที่ ๒๒ กรกฎาคม ค.ศ. ๒๐๑๑ คือการค้นพบกลุ่มก้อนของไอน้ำขนาดใหญ่โตมหาศาลที่มีปริมาณน้ำมากกว่าน้ำในมหาสมุทรบนโลกรวมกันถึง ๑๔๐ ล้านล้านเท่า กระจายอยู่รอบ ๆ เควซาร์ (quasar) ที่อยู่ห่างจากโลก ๑.๒ หมื่นล้านปีแสง เป็นการค้นพบที่แสดงให้เห็นว่า น้ำนั้นมีอยู่ภายนอกโลกของเราได้ และเป็นข้อพิสูจน์ว่า แหล่งน้ำมีปรากฏได้ในที่ใดที่หนึ่งของเอกภพที่อยู่ห่างโลกอันไกลแสนไกล ได้มีข้ออธิบายต่อไปว่าน้ำที่พบในเอกภพน่าจะเป็นผลพลอยได้จากการก่อตัวของดาวฤกษ์ พร้อมกับการเกิดแก๊สที่มีความหนาแน่นต่ำและฝุ่นสสาร เมื่อสสารไหลออกมากระทบกับแก๊สที่อยู่รอบ ๆ จะให้ความร้อนกับแก๊ส และจะสังเกตเห็นน้ำเกิดขึ้นในกลุ่มแก๊สเหล่านี้ น้ำจึงเป็นสสารที่อยู่คู่เอกภพอย่างไม่ต้องสงสัย

น้ำในโลก น้ำในโลกทั้งสิ้นมีปริมาตรรวมทั้งหมดเท่ากับ ๑,๓๖๐,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์กิโลเมตร (๓๒๖,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ไมล์) น้ำส่วนใหญ่ในโลกนี้อยู่ในรูปของน้ำทะเล น้ำที่อยู่ในบรรยากาศโลกจะอยู่ทั้งในรูปไอน้ำและน้ำที่เป็นของเหลว น้ำใต้ดินจะอยู่ในชั้นของดินและหิน หากคำนวณเป็นปริมาตรจะมีตัวเลขปริมาตรในส่วนต่าง ๆ ของโลก ดังนี้ ๑,๓๒๐,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์กิโลเมตร (๓๑๖,๙๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ไมล์ หรือร้อยละ ๙๗.๒) อยู่ในน้ำทะเล ๒๕,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์กิโลเมตร (๖,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ไมล์ หรือร้อยละ ๑.๘) อยู่ในธารน้ำแข็งและลานน้ำแข็ง ๑๓,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์กิโลเมตร (๓,๐๐๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ไมล์ หรือร้อยละ ๐.๙) อยู่ในรูปน้ำใต้ดิน ๒๕๐,๐๐๐ ลูกบาศก์กิโลเมตร (๖๐,๐๐๐ ลูกบาศก์ไมล์ หรือร้อยละ ๐.๐๒) เป็นน้ำจืดในทะเลสาบและแม่น้ำ ๑๓,๐๐๐ ลูกบาศก์กิโลเมตร (๓,๑๐๐ ลูกบาศก์ไมล์ หรือร้อยละ ๐.๐๐๑) เป็นไอน้ำในบรรยากาศ

น้ำในร่างกาย ส่วนหนึ่งของน้ำที่มีปริมาณมากมายมหาศาลบนโลกเรา มีการหมุนเวียนเข้าออก และสถิตอยู่ในร่างกายของมนุษย์จำนวน ๗ พันล้านคนบนโลกนี้ น้ำเข้ามาอยู่ในร่างกายเราในช่วงหนึ่งอายุขัยแล้วร่างกายก็ต้องคืนน้ำทั้งหมดให้แก่ธรรมชาติ ยิ่งมีอายุยืนยาว ศักยภาพในการดึงน้ำให้อยู่ในร่างกายคนเราก็ถดถอยลงไปเรื่อย ๆ ขอให้พิจารณาข้อมูลนี้

น้ำในร่างกายมนุษย์มีมากน้อยตามอายุของคนเรา คิดเป็นร้อยละดังนี้ ตัวอ่อนในครรภ์มารดามีน้ำร้อยละ ๙๗ ทารกหลังคลอดมีน้ำร้อยละ ๘๐ ผู้ใหญ่ร้อยละ ๗๐ คนชราร้อยละ ๖๐ คนอายุ ๙๙ ปีขึ้นไป

ร้อยละ ๕๐ ไม่ว่าน้ำในร่างกายจะมีสัดส่วนมากน้อยเท่าใด อวัยวะแต่ละชนิดจะทำงานได้ดีก็ต้องอาศัยน้ำในสัดส่วนที่เหมาะสม ดังนี้ สมองมีน้ำอยู่ร้อยละ ๗๕ หัวใจร้อยละ ๗๕ ปอดร้อยละ ๘๖ ตับร้อยละ ๘๖ ไตร้อยละ ๘๓ กระเพาะร้อยละ ๗๓ ลำไส้ร้อยละ ๗๓ กล้ามเนื้อร้อยละ ๗๕ เลือดร้อยละ ๘๓ และกระดูกร้อยละ ๒๒

ความสำคัญของน้ำต่อสิ่งมีชีวิต

๑. น้ำเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของร่างกายที่ดีกว่าของเหลวชนิดอื่น ๆ เพราะน้ำสามารถระเหยได้ง่าย ช่วยให้ร่างกายถ่ายเทความร้อนได้ดี สมบัติที่น้ำมีความจุความร้อนสูงทำให้อุณหภูมิของร่างกายเปลี่ยนแปลงได้ช้าและเปลี่ยนแปลงไม่มาก

๒. น้ำเป็นสารที่หาง่ายที่สุด (ในโลกจะประกอบด้วยน้ำถึงร้อยละ ๗๕)

๓. น้ำเป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุดในไซโทพลาซึม

๔. น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุด สามารถทำละลายสารประกอบได้หลายชนิด

๕. น้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ในร่างกาย

๖. น้ำเป็นตัวกลางในการนำสารต่าง ๆ ไปยังระบบที่เหมาะสม เช่น การขนส่งออกซิเจนไปยังเซลล์ การนำของเสียออกจากเซลล์

๗. น้ำสามารถแตกตัวเป็นไอออนได้ H^+ และ OH^- ซึ่งมีผลความเป็นกรดเป็นด่างในเซลล์

๘. น้ำช่วยในการหล่อลื่น ลดความฝืดตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น ตรงบริเวณข้อต่อ และทำหน้าที่ปกป้องอวัยวะในร่างกาย เช่น ป้องกันการกระแทกกระเทือนของสมองและน้ำในลูกตา

๙. น้ำมีความร้อนในการหลอมเหลวสูง ทำให้แข็งตัวยาก มีประโยชน์แก่การทำงานของไซโทพลาซึม ซึ่งถ้าน้ำแข็งตัวจะเป็นตัวปกป้องอวัยวะในร่างกาย เช่น ป้องกันการกระแทกกระเทือนของสมอง เพราะถ้าได้รับความกระทบกระเทือนอย่างรุนแรง อาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ทำให้เซลล์แตก

๑๐. น้ำมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลสูง ทำให้เกิดแรงตึงผิว ช่วยในการลำเลียงน้ำผ่านท่อลำเลียงในพืช

ข้อมูลน้ำเชิงลึกที่ใช้วิทยาศาสตร์แต่อธิบายด้วยวิทยาศาสตร์ได้ยาก

ดร.มาซารุ เอโมโตะ (Dr.Masaru Emoto) ได้ศึกษาเรื่องน้ำอย่างละเอียดลึกซึ้ง โดยได้เก็บรวบรวมตัวอย่างน้ำไปวางในห้องเย็นให้จับเป็นก้อนแข็ง แล้วนำน้ำแข็งที่จะเปลี่ยนสภาพเป็นน้ำมาส่องดูรูปผลึกน้ำด้วยกล้องจุลทรรศน์ถ่ายภาพกำลังขยายสูง เขาพบว่า ผลึกของน้ำมีรูปทรงแตกต่างกันไปตามที่มาของแหล่งน้ำ เช่น น้ำที่ได้จากแหล่งน้ำตามธรรมชาติจะมีผลึกสวยงาม ในขณะที่น้ำประปาในเมืองใหญ่ไม่สามารถตกผลึกได้

แต่จับเป็นกลุ่มก้อนตะกอนแบบอสัณฐาน (amorphous) นอกจากนี้ ยังมีการทดลองที่มีผลน่าอัศจรรย์ของความเกี่ยวพันระหว่างรูปร่างผลึกน้ำกับการปฏิบัติต่อน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การใช้เสียงดนตรี การสวดมนต์ การเขียนตัวอักษรที่มีความหมายต่าง ๆ การพูดต่อหน้าน้ำด้วยอารมณ์ที่มีความหมายต่างกัน เช่น ความรัก การเอาใจใส่ การขอบคุณ การมีความสุข ล้วนมีผลต่อรูปร่างผลึกของน้ำในทางรูปร่างสวยงาม สมส่วนทั้งสิ้น แต่ถ้าเป็นอารมณ์ขี้อิจฉาริษยา โกรธแค้นชิงชัง ความเครียดความกดดัน การใช้เสียงดนตรีประเภทเสียงกระแทกกระทั้นรุนแรง เช่น เพลงฮาร์ดร็อก ก็มีผลต่อน้ำ คือทำให้ผลึกน้ำมีรูปร่างบิดเบี้ยวไม่สมประกอบ ดังนั้น เมื่อใจของเราเจือด้วยความคิด เจตนาในการกระทำการใด ๆ ก็จะส่งผลต่อน้ำด้วยเช่นกัน น้ำจึงเป็นเสมือนตัวกลางที่รับข้อมูลที่จับต้องไม่ได้ และแปรสภาพออกมาเป็นรูปร่างผลึกที่แตกต่างกัน ดร.มาซารุ เอโมโตะ ได้เขียนหนังสือชื่อว่า Message From Water แสดงผลว่า น้ำสะอาด น้ำที่ได้รับข้อมูลมาจากความคิดที่ดี ๆ จะมีรูปผลึกหกเหลี่ยมที่สวยงาม ส่วนน้ำที่ไม่สะอาด มีการปนเปื้อน หรือแม้เป็นน้ำสะอาดหากได้รับข้อมูลที่ไม่ดี จะมีรูปร่างที่ไม่สมดุล ไม่สวยงาม หรือไม่ปรากฏเป็นผลึกแต่อย่างใด การค้นพบนี้ยังหาข้ออธิบายทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ แต่ได้สะท้อนให้เรารับทราบว่า น้ำที่มีโมเลกุลประกอบด้วยไฮโดรเจน ๒ อะตอม สร้างพันธะโคเวเลนต์รอบออกซิเจน ๑ อะตอมนั้นมีความมหัศจรรย์เกินกว่าที่มนุษย์จะเข้าใจถึงธรรมชาติของน้ำได้ทั้งหมด ผลงานหนังสือเล่มนี้ทำให้ ดร.มาซารุ เอโมโตะ ได้รับเชิญให้ไปบรรยายเรื่องน้ำในหลายประเทศ รวมทั้งประเทศไทย คณะผู้เขียนบทความนี้ได้มีโอกาสพบสนทนาและศึกษาติดตามงานวิจัยของ ดร.มาซารุ เอโมโตะ โดยได้ร่วมทดสอบน้ำในประเทศไทยด้วย

ข้อมูลน้ำเชิงลึกที่ใช้วิทยาศาสตร์และอธิบายด้วยวิทยาศาสตร์

การศึกษาข้อมูลเชิงลึกที่ใช้วิทยาศาสตร์เพื่อการอธิบายด้านประโยชน์ของน้ำต่อสุขภาพร่างกายคือการศึกษาระดับเซลล์ น้ำเป็นส่วนประกอบหลักของเซลล์ คือมีน้ำอยู่ร้อยละ ๘๕ โปรตีนร้อยละ ๑๐ ไขมันร้อยละ ๒ สารอนินทรีย์ร้อยละ ๑.๕ และองค์ประกอบอื่นอีกร้อยละ ๑.๕ โดยประมาณ องค์ประกอบอื่น ๆ ส่วนมากแล้วจะแขวนลอยอยู่ในน้ำหรือละลายอยู่ในน้ำ เซลล์ซึ่งมีเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวกั้นกลาง แบ่งที่อยู่น้ำในร่างกายเป็นแหล่งสถิต ๒ แหล่งคือ น้ำที่อยู่ภายในเซลล์ (intracellular water, ICW) และน้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular water, ECW) เยื่อหุ้มเซลล์จึงมีบทบาทหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนสารที่ละลายอยู่ในน้ำระหว่างภายในกับภายนอกเซลล์

เยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) มีหน้าที่หลัก ๔ ประการ ดังนี้

๑. ห่อหุ้มเซลล์ให้คงรูปร่างอยู่ได้

๒. ควบคุมสิ่งที่อยู่ภายในที่เป็นประโยชน์ในการยังชีพ ให้คงอยู่ภายในเซลล์ และให้ของเสียที่ไม่เป็นประโยชน์ผ่านออกนอกเซลล์ไป

๓. เอื้อให้สารที่เป็นประโยชน์ เช่น สารอาหารจากภายนอกเข้าสู่ภายในเซลล์ได้ ในขณะที่ป้องกันสารที่ไม่เป็นประโยชน์ไม่ให้เข้าสู่เซลล์

๔. เป็นตัวกลางรับ-ส่งสัญญาณจากภายนอก (ligand) โดยมีตัวรับ (receptor) ที่เยื่อหุ้มเซลล์ ซึ่งมีส่วนยื่นออกมารองรับ ligand ที่เข้ามาสวมกันอย่างจำเพาะเจาะจง เปรียบประดุจแม่กุญแจกับลูกกุญแจที่ต้องมีรอยหยักตรงกัน จึงจะหมุนบิดเพื่อเปิดปิดได้ การจับกันระหว่าง ligand กับ receptor บนผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้ท่อนโมเลกุลของ receptor ที่ส่วนใหญ่ฝังตัวตั้งฉากเหมือนหมุดปักทะลุเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการบิดตัว ทำให้โครงสร้างส่วนโคนของ receptor เปลี่ยนแปลง [ส่วนปลายคือตัวรับที่ยื่นออกนอกเซลล์ ส่วนกลางคือส่วนที่ฝังอยู่ในชั้นเยื่อหุ้มเซลล์ และส่วนโคนคือส่วนที่ทะลุมาสู่ด้านในเซลล์ และสามารถสัมผัสกับไซโทซอล (cytosol) ภายในเซลล์ได้] การที่ส่วนโคนเปลี่ยนแปลงรูปร่างตามการจับระหว่าง ligand กับ receptor บนผิวด้านนอกของเยื่อหุ้มเซลล์นั้น ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่จำเพาะเจาะจงภายในเซลล์ เป็นการถ่ายทอดสื่อสัญญาณหรือคำสั่งต่าง ๆ จากภายนอกผ่านทะลุเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่ภายในเซลล์ เพื่อให้เซลล์ตอบสนอง เราเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า signal transduction

การเข้า-ออกเซลล์ของน้ำ

เป็นความเข้าใจมาแต่เดิมแล้วว่า น้ำเข้าออกเซลล์ด้วยกระบวนการออสโมซิส (osmosis) ใน ค.ศ. ๒๐๐๓ ได้มีการประกาศรางวัลโนเบลสาขาเคมี ให้แก่ Peter Agre ผู้ค้นพบโปรตีนที่มีโครงสร้างเป็นช่องทางลำเลียงน้ำที่ฝังตัวอยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์ เรียกตัวโครงสร้างโปรตีนชนิดนี้ว่า aquaporins ซึ่งมีมากถึง ๑๓ ชนิด แต่ละชนิดพบในเซลล์ต่าง ๆ ในร่างกาย การมี aquaporins เปรียบเสมือนการต่อท่อประปาเข้าออกเซลล์ ความรู้เรื่องช่องทางลำเลียงน้ำของเซลล์จึงเป็นความรู้ใหม่ที่น่าตื่นเต้นในวงการวิทยาศาสตร์และการแพทย์ เพราะสามารถทำให้เข้าใจปรากฏการณ์เชื่อมโยงได้ คือ การที่น้ำไหลเข้า-ออกเซลล์ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว การพบว่าเซลล์มีช่องทางลำเลียงน้ำ aquaporins นี้เป็นข้อมูลที่ทำให้เราทราบว่าน้ำภายในกับน้ำภายนอกเซลล์มีการไหลเวียนถึงกันอย่างมีประสิทธิภาพ และหาก aquaporins ผิดปรกติ การลำเลียงน้ำก็ผิดปรกติด้วย เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหาทางสุขภาพ เช่น การคั่งน้ำในสมองและหัวใจ รวมถึงกลไกการอาเจียน (vomiting) จากการที่มีระบบภูมิคุ้มกันเข้าทำลาย aquaporins

การเข้า-ออกเซลล์ของสารต่าง ๆ

สารที่จะเข้าหรือออกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ยากง่ายมากน้อยเพียงใด มีปัจจัยเกี่ยวข้องดังนี้

๑. ขนาดของโมเลกุลของสารนั้น ถ้าสารมีโมเลกุลขนาดใหญ่ จะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ยากกว่าสารโมเลกุลขนาดเล็ก

๒. ความสามารถในการรวมตัวกับไขมัน เยื่อหุ้มเซลล์มีสารประเภทไขมันเรียงรายเป็นแนวกำแพงอยู่ในชั้นกลางภายในเยื่อหุ้ม สารที่มีสมบัติรวมตัวกับไขมันได้ดีจะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดี ได้แก่ สารที่มีขั้วน้อยหรือสารประเภทไม่มีขั้ว (nonpolar) เช่น ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดไขมัน และฮอร์โมนที่เป็นสเตียรอยด์ (steroid hormone) จะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ดี เนื่องจากรวมตัวกับไขมันได้ดีกว่า หากเป็นสารที่มีประจุ และเป็นประจุต่างชนิดกับที่เยื่อหุ้มเซลล์ จะผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่ายกว่าในกรณีที่เซลล์ต้องการสารที่ขาดสมบัติทั้ง ๒ ข้อ เซลล์เองก็มีกลไกอื่น ๆ ในการนำสารดังกล่าวเข้าเซลล์ ดังที่จะกล่าวในข้อต่อไป

๓. การใช้โปรตีนที่อยู่ในเยื่อหุ้มเซลล์เป็นตัวช่วยนำพา (carrier) โดยจับกับสารเป้าหมายแล้วนำไปปล่อยเข้าสู่ภายในเซลล์ หรือปล่อยออกจากเซลล์

๔. การลำเลียงสารที่มีขนาดใหญ่เข้าหรือออกนอกเซลล์ สารขนาดใหญ่ไม่สามารถทะลุผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ ดังนั้น ต้องอาศัยส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ช่วยนำสารออกจากเซลล์ การลำเลียงสารเข้าหรือการลำเลียงสารออกจากเซลล์โดยอาศัยส่วนของเยื่อหุ้มเซลล์ที่เว้าเข้าเป็นถุงขนาดจิ๋วห่อหุ้มสารภายนอกนำเข้าสู่ภายในเซลล์ (endocytosis) หรือช่วยนำออกนอกเซลล์ โดยที่สารที่จะนำออกบรรจุในถุงเล็ก ๆ ถุงนี้จะไปเชื่อมเข้ากับด้านในของเยื่อหุ้มเซลล์ แล้วเปิดเทออกนอกเซลล์ (exocytosis) เช่น การลำเลียงฮอร์โมน สารสื่อประสาท เอนไซม์และแอนติบอดี ที่ผลิตภายในเซลล์ ปล่อยออกนอกเซลล์ไป

๕. การดื่มน้ำหรือของเหลวจากภายนอกเข้าสู่เซลล์ ด้วยกระบวนการ endocytosis เรียกว่า ไพโนไซโทซิส (pinocytosis) เป็นการนำสารเข้าสู่เซลล์ เมื่อสารมาเกาะติดกับเยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์เว้าเข้าไปจนหลุดกลายเป็นกระเปาะขนาดเล็กอยู่ภายในเซลล์ กลไกการเว้าเป็นไปโดยทั่วไป ไม่มีความจำเพาะกับชนิดสาร พบได้ในเซลล์หลายชนิด เช่น เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดแมโครฟาจ (macrophage) และเซลล์รากพืช ส่วนการขนส่งสารเข้าสู่เซลล์ที่มีการจำเพาะกับชนิดสาร เรียกว่า การนำสารเข้าสู่เซลล์แบบใช้ตัวรับ (receptor-mediated endocytosis)

๖. การกินของแข็งด้วยกระบวนการ endocytosis เรียกว่า ฟาโกไซโทซิส (phagocytosis)

การทดลองดูความแตกต่างระหว่างน้ำสะอาดในระดับเซลล์

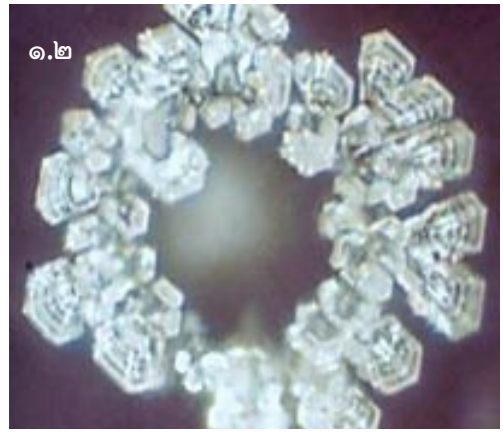
ข้อวิทยาศาสตร์เชิงลึกทำให้เรามองเห็นภาพเชิงคุณค่าของน้ำว่ามีผลทางตรงต่อสุขภาพร่างกายของคนเรา เพราะมีผลต่อการทำงานระดับเซลล์ ฤชา ทับทิมใหม่ และคณะ จึงได้ทำการทดลองโดยนำน้ำสะอาดจากแหล่งต่าง ๆ รวม ๓ แหล่ง โดยให้ผ่านกระบวนการทำความสะอาดด้วยวิธีการที่ต่างกัน ดังนี้

๑. น้ำกลั่น (distilled water) ได้จากการทำให้น้ำระเหยแยกตัวออกจากสิ่งเจือปนด้วยความร้อน นำไอน้ำที่ระเหยให้ควบแน่นเป็นหยดน้ำด้วยความเย็น

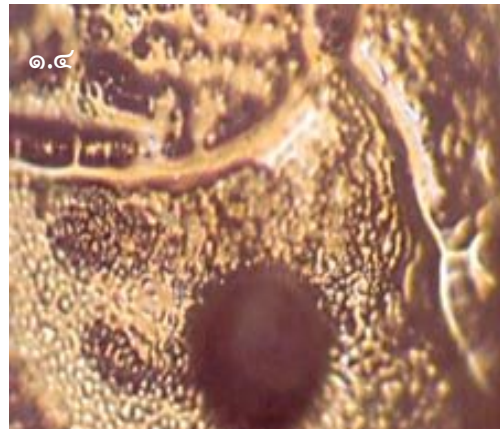
๒. น้ำบริสุทธิ์สูง (ultrapure water) คือน้ำที่ผ่านวิธีกำจัดแร่ธาตุและสารปนเปื้อนด้วยระบบ reverse osmosis (RO) ใช้วิธีกรองน้ำผ่านเยื่อกรองที่มีรูเล็กมาก ขนาด ๐.๐๐๐๑ มิลลิเมตร สามารถกำจัดสารเคมีธาตุหนัก และเชื้อจุลินทรีย์ได้ น้ำชนิดนี้มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าน้ำกลั่นประมาณ ๒๐๐ เท่า และมีความต้านทานไฟฟ้าสูง

๓. น้ำกลุ่มโมเลกุลเล็ก (small molecular cluster water) เป็นน้ำที่มีการเปลี่ยนสมบัติของน้ำสะอาดธรรมดา โดยการใช้เทคโนโลยีการเรโซแนนซ์คลื่นสนามแม่เหล็กความถี่ต่ำที่ ๗.๘ Hz (Magnetic Resonance Effect Technology, MRET) ทำให้องศาการทำมุมของสองแขนระหว่างออกซิเจนกับไฮโดรเจนเปลี่ยนไป ซึ่งมีผลต่อการจับกลุ่มของโมเลกุลน้ำ คือ ๑ กลุ่ม (๑ cluster) จากเดิมมี ๑๐-๑๓ โมเลกุล เหลือเพียง ๖-๘ โมเลกุลต่อ ๑ กลุ่ม ทำให้กลุ่มโมเลกุลน้ำเล็กลง การทดลองนี้ใช้เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟไซต์มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำยาเพาะเลี้ยงเซลล์ที่เตรียมจากน้ำที่นำมาทดสอบทั้ง ๓ ชนิดนี้ แล้วติดตามการเข้าสู่ภาวะการแบ่งตัวของเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) ในระยะต่าง ๆ โดยการดูโครงสร้างโครโมโซม (chromosome) ในระยะที่ DNA แยกตัวออกเป็น ๒ กลุ่ม คือ telophase จากการทดลองพบว่า น้ำบริสุทธิ์สูงและน้ำกลั่นกระตุ้นเซลล์ลิมโฟไซต์ให้เข้าระยะ telophase ได้เร็วและถี่ โดยมีการเข้าระยะ telophase ถึง ๓ ครั้งในระยะเวลาการเลี้ยงเซลล์ ๔ วัน โดยที่เซลล์ลิมโฟไซต์ในน้ำบริสุทธิ์สูงเข้าสู่ระยะ telophase ได้เร็วกว่าเซลล์ในน้ำยาเลี้ยงเซลล์ที่เตรียมจากน้ำกลั่น ส่วนเซลล์ลิมโฟไซต์ที่เพาะเลี้ยงโดยใช้น้ำกลุ่มโมเลกุลเล็กมีการปรับสมดุลเซลล์ลิมโฟไซต์ทั้งหมดให้เตรียมเข้าสู่การแบ่งตัวได้พร้อม ๆ กัน และเซลล์ส่วนใหญ่เกือบทั้งหมดเข้าสู่ระยะ telophase ในวันที่สี่ของการเพาะเลี้ยงเซลล์ ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่า แม้จะใช้น้ำสะอาดเหมือนกัน แต่การตอบสนองของเซลล์อาจแตกต่างกันได้ การตอบสนองเหล่านี้มีผลต่อร่างกายที่แตกต่างกัน คือ น้ำกลั่นและน้ำบริสุทธิ์สูงกระตุ้นให้เซลล์เม็ดเลือดชนิดลิมโฟไซต์แบ่งตัวเร็วแบบ “กระพือ” คือ เกิดหลายรอบภายในช่วง ๔ วัน ส่วนน้ำกลุ่มโมเลกุลเล็กกระตุ้นในลักษณะ “ประสานกลมกลืน” คือ มีการแบ่งตัวครั้งเดียวภายในช่วง ๔ วัน โดยมีการปรับกระบวนการทำงานในกระบวนการแบ่งตัวของเซลล์ทั้งหมดให้มีความประสานสอดคล้องสัมพันธ์กัน สังเกตได้ในช่วง ๓ วันแรก แทบจะไม่พบว่ามีเซลล์เข้าในระยะ telophase จนกระทั่งในวันที่ ๔ เซลล์เกือบทั้งหมดเกิดการแยกตัวของโครโมโซมพร้อม ๆ กันอย่างประสานสอดคล้องสัมพันธ์กัน เนื่องจากเซลล์เม็ดเลือดชนิดลิมโฟไซต์ทำหน้าที่ด้านภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกาย การตอบสนองต่อน้ำต่างชนิดในการแบ่งตัวที่มีแบบรูป (pattern) แตกต่างกันจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่าจะมีแง่มุม ผลดีแตกต่างกันอย่างไร ผู้เขียนยังไม่อาจวิจารณ์ล่วงหน้าได้ นอกจากต้องทำการวิจัยหาข้อมูลกันต่อไป หากได้ข้อมูลใหม่เพิ่มเติมจะนำมาเขียนรายงานให้ทราบในโอกาสหน้า

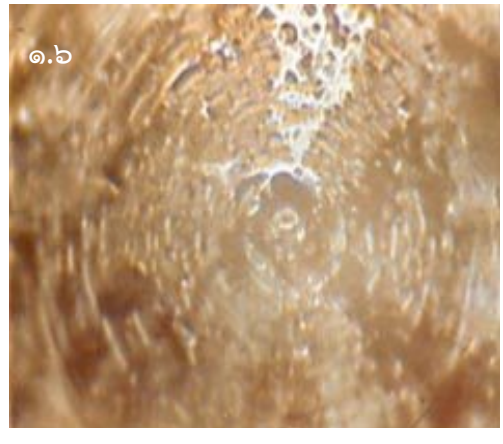
๑.๑

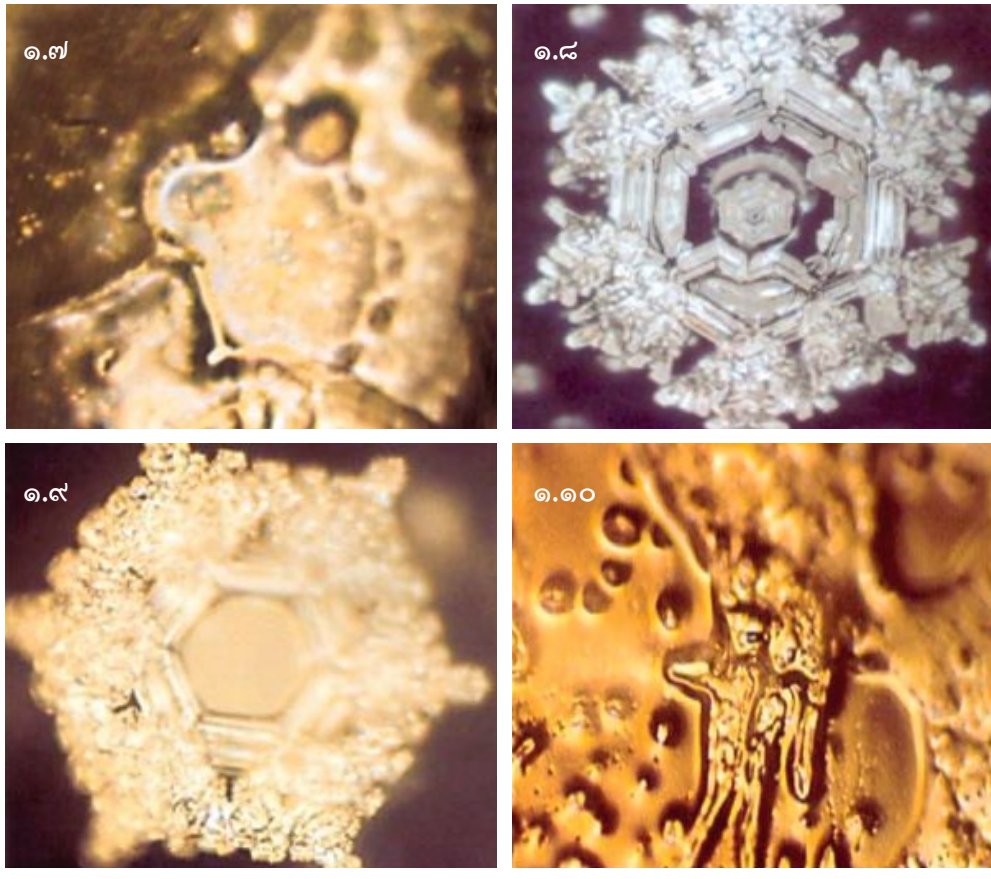

๑.๒

๑.๓


๑.๔

๑.๕


๑.๖



รูปที่ ๑ ผลงานภาพถ่ายผลึกน้ำของ Dr.Masaru Emoto ที่แสดงความแตกต่างทางรูปร่างลักษณะของผลึกน้ำจากแหล่งน้ำที่เก็บตัวอย่างจากสถานที่ต่าง ๆ ดังนี้ (ภาพจาก Emoto M. Water Crystals www.masaru-emoto.net/english/water-crystal.html สืบค้นเมื่อ 2014-12-1)

๑.๑ น้ำจากแหล่งธรรมชาติที่ Mt. Cook Gacier ประเทศนิวซีแลนด์

๑.๒ น้ำจากแหล่งธรรมชาติที่ Fountain in Lourdes ประเทศฝรั่งเศส

๑.๓ น้ำจากแหล่งธรรมชาติที่ Yushi Mountain Spring ประเทศญี่ปุ่น

๑.๔ น้ำเสียจาก Yodo River ประเทศญี่ปุ่น

๑.๕ น้ำเสียจากเขื่อน Fujiwara ประเทศญี่ปุ่น

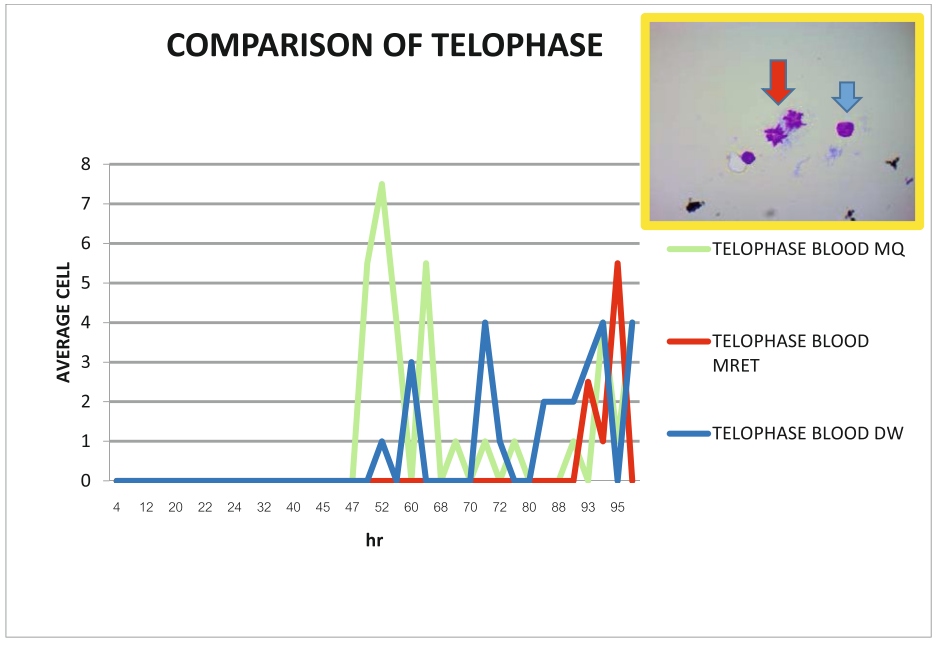
๑.๖ น้ำเสียจากเขื่อน Fujiwara ประเทศญี่ปุ่น ที่ผ่านการสวดมนต์ทางพระพุทธศาสนา

๑.๗ น้ำที่ผ่านการเปิดเสียงเพลงพื้นบ้านของญี่ปุ่น

๑.๘ น้ำที่ผ่านการเปิดเสียงเพลงประเภท Hard Rock

๑.๙ น้ำที่เขียนคำว่า “รักและชื่นชม” แปะติดไว้ที่ขวดน้ำไว้ ๑ คืน

๑.๑๐ น้ำที่เขียนคำว่า “เกลียด จะฆ่าให้ตาย” แปะติดไว้ที่ขวดน้ำไว้ ๑ คืน



รูปที่ ๒ ภาพกราฟเส้นแสดงจำนวนเซลล์ลิมโฟไซต์ที่แสดงรูปแบบการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนในระยะ telophase ในช่วงระยะเวลา ๔-๙๖ ชั่วโมง ภายใต้การเพาะเลี้ยงในน้ำยาที่มีน้ำสะอาดชนิดต่าง ๆ เส้นสีเขียวหมายถึง น้ำบริสุทธิ์สูง (MQ) เส้นสีแดงหมายถึง น้ำกลุ่มโมเลกุลเล็ก (small molecular cluster water) โดยการใช้เทคโนโลยีการเรโซแนนซ์คลื่นสนามแม่เหล็กความถี่ต่ำที่ ๗.๘ Hz (Magnetic Resonance Effect Technology, MRET) เส้นสีน้ำเงินหมายถึง น้ำกลั่น (distilled water) รูปในกรอบภาพ คือ เซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ย้อมสีลูกศรสีแดงเป็นลิมโฟไซต์ ๑ เซลล์ที่กำลังแบ่งตัวระยะ telophase โดยเห็นกระจุกโครมาทินกำลังแยกออกเป็น ๒ กระจุก พร้อมที่จะกลายเป็นลิมโฟไซต์ ๒ เซลล์ ลูกศรสีฟ้าเป็นเซลล์ลิมโฟไซต์เดี่ยว ๆ ที่ไม่เข้าระยะ telophase

สรุป

น้ำเป็นยิ่งกว่าน้ำที่เราเคยรู้จัก เรื่องราวของน้ำมีความมหัศจรรย์ที่ชวนค้นคว้า วิจัย ติดตามต่อไป น้ำไม่เพียงเป็นสิ่ง “ใกล้ตัว” แต่เป็นสิ่ง “ในตัว” (ร่างกาย) และยิ่งลึกเข้าไปอีก คือ “ในเซลล์” เราจึงควรทำความเข้าใจจากข้อมูลการวิจัยอันลึกซึ้ง ปัจจุบันข้อมูลมีมากขึ้น และมีความลึกในหลายมิติมากขึ้น เราจึงควรติดตามข้อมูลเหล่านี้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุด อย่างน้อยก็เพื่อประโยชน์ของท่านเอง และประโยชน์อันยิ่งใหญ่ต่อมวลมนุษยชาติสืบไป

บรรณานุกรม

เกร็ดความรู้จากคุณหมอ V (ชุดที่ ๑) - Vomiting. www.athasit.com สืบค้นเมื่อ ๒๐๑๔-๑๒-๑.

ฤชา ทับทิมใหม่, สิริภัทร รุ่งเรืองไพศาลสุข, กรกนก พรหมเทพ, มลนิภา ศิลาอาสน์, อานนท์ บุณยะรัตเวช. วิทยานิพนธ์ ผลกระทบของน้ำต่อการแบ่งตัวของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟซัยท์ (Effect of Water on Mitotic Activity of Human Lymphocytes) ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา ๒๕๕๕. หน้า ๑-๘๑.

Apiwattanakul, M., Popescu, BF., Matiello, M. et al. Intractable vomiting as the initial presentation of neuromyelitis optica. Ann Neurol 2010; 68: 757-61.

Clavin, Whitney; Buis, Alan (22 July 2011). “Astronomers Find Largest, Most 2. Distant Reservoir of Water”. NASA. สืบค้นเมื่อ 2011-07-25.

Emoto, M. Water, Crystals www.masaru-emoto.net/english/water-crystal.html สืบค้นเมื่อ 2014-12-1.

Gleick, P.H. ed. 1993. Water in Crisis: A Guide to the World’s Freshwater 2. Resources. Oxford University Press. p. 13, Table 2.1 “Water reserves on the earth”.

Imirnov I. Method and device for producing activated liquids and methods of use thereof. United State Patent. Patent number 6022479, Date of Patent. Feb 8, 2000.

Kulshreshtha, S.N. 1998. “A Global Outlook for Water Resources to the Year 2025”. Water Resources Management 12 (3): 167-184. doi: 10.1023/A: 1007957229865.

Lennon VA. Paraneoplastic autoimmune neurological disease. 9th Athasit Oration. 52th Annual meeting of the Neurological Society of Thailand, Bangkok. 16th March 2012.

Sila-asna, M., Bunyaratvej, A. Miracle of water. Abstract of presentation at Royal Institute, Thailand. June, 2013.

Abstract **Water: A Miracle from the Universe to Molecules and from Molecules to Life and Health**

Ahnond Bunyaratvej
Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
PYY Foundation (Foundation for Sustainable Development)
Monnipha Sila-asna
The project of Health Product Development Center,
Faculty of Agricultural Technology and Food, Rajabhat Pibulsongkram University
PYY Foundation (Foundation for Sustainable Development)

Water, the foundation of life on earth, could play contributing role in life evolution of tremendous numbers of species, including humanity, *Homo sapien*. Compared among living creatures, human is considered as the new comer on this planet. Surprisingly, physical ability and human wisdom could generate impact upon nature and environmental changes. So far, the management of nature in relation to water done by human has not yet reached the properly manipulated target. According to a forecast, by the year 2025, more than half of the world population will be facing the problems of water crisis. Water requirement in many developing countries will be increased up to more than 50% by the year 2030. Water resource is then becoming the major factor for global economics and agriculture. Nowadays, the majority of global people could consume clean water. Nevertheless, one billion people could not access clean drinking water, and insufficient sanitary of water system is now a problem of two and a half billion people. While at present, water management is targeted to accessibility of clean water, many researchers raise the question, “What is the meaning of clean water?” As a matter of fact, the value and meaning of clean water are far beyond our perception. Human wisdom has not yet totally penetrated to the nature of water. An attempt to gather pieces of jigsaw of water information from the universe down to cells and molecules, including our research data, has been done to challenge inspiration and attitude towards the dimension of “the truth of water”.

***Keywords*:** water, cell, molecule, health

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค*

สายชล เกตุษา
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา

บทคัดย่อ

ชีวิตคนเมืองในปัจจุบันมีวิถีการดำรงชีวิตแตกต่างไปจากเดิม มีสถานที่อยู่และเวลาในการดูแลตัวเองค่อนข้างจำกัด ส่งผลให้ความเป็นอยู่เกี่ยวกับด้านโภชนาการต้องปรับตัวไปด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องจัดหาสิ่งของที่สามารถบริโภคได้อย่างรวดเร็วโดยไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมมาก ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตของคนเมือง ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นผักและผลไม้สดที่มีการแปรรูปน้อยที่สุดก่อนการบริโภค การบริโภคนี้เป็นการบริโภคสด ผักและผลไม้บางชนิดเท่านั้นที่สามารถทำเป็นผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคได้ ขั้นตอนของผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคคือผักและผลไม้ที่เก็บเกี่ยวมาแล้วต้องมีการทำความสะอาด การตัดแต่ง การปอกเปลือก การตัดขนาดที่เหมาะสม และการบรรจุในภาชนะ สิ่งที่สำคัญในการทำผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคคือความสดและความสะอาดของผลิตผล ขั้นตอนต่าง ๆ ของการดำเนินงานทำผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคต้องควบคุมความสะอาด มิฉะนั้นจะไม่ปลอดภัยแก่ผู้บริโภค ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคมีบาดแผล ทำให้เสื่อมคุณภาพเร็วและมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเน่าเสียแก่ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค และอาจทำให้เกิดการเจ็บป่วยแก่ผู้บริโภคโดยตรงได้ด้วย ดังนั้น การทำผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคจึงจำเป็นต้องมีวิธีการควบคุมการเปลี่ยนแปลงและการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ โดยใช้ระบบต่าง ๆ ควบคุมคุณภาพของผลิตผลตั้งแต่ในแปลงปลูกและภายในสถานที่ประกอบการทำผักและผลไม้สดตัดแต่งพร้อมบริโภค ผู้บริโภคต้องคำนึงถึงความสดและความสะอาดในการเลือกซื้อผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำสำคัญ : **ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค, ความสด, การเกิดสีน้ำตาล, การปนเปื้อน**

*บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เมื่อวันที่ ๗ มกราคม พ.ศ. ๒๕๕๘

คำนำ

ในปัจจุบันชีวิตคนเมืองมีวิถีการดำรงชีวิตแตกต่างไปจากเดิม มีสถานที่อยู่และเวลาในการดูแลตัวเองค่อนข้างจำกัด ส่งผลให้ความเป็นอยู่เกี่ยวกับด้านโภชนาการต้องปรับตัวไปด้วย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องจัดหาสิ่งของที่สามารถบริโภคได้อย่างรวดเร็วโดยที่ไม่ต้องเสียเวลาในการเตรียมมาก ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นทางเลือกที่กำลังได้รับความนิยมมากสำหรับชีวิตคนเมืองในปัจจุบัน บทความนี้จะกล่าวถึงความสำคัญ ขั้นตอนการทำ การควบคุมคุณภาพ และปัญหาของการทำผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค

คำศัพท์ “ผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภค” มาจากคำศัพท์ในภาษาอังกฤษโดยเริ่มจาก minimally processed produce, lightly processed produce หรือ partially processed produce ความหมายคือ ผลิตผลที่เป็นผักและผลไม้สดมีการแปรรูปเพียงเล็กน้อย หรือบางส่วนเท่านั้น ซึ่งทำให้ผลิตผลเหล่านี้พร้อมที่จะบริโภคโดยไม่ต้องมีการเตรียมหรือการปรุงอีก ในเวลาต่อมามีการใช้คำที่เข้าใจง่ายจึงเปลี่ยนมาใช้ fresh-cut ready to eat และในปัจจุบันคำศัพท์ภาษาอังกฤษในความหมายนี้ที่นิยมใช้มากคือ fresh-cut เพราะสั้นและสื่อความหมายดี ในบ้านเราผลไม้ตัดแต่งมีมานานแล้ว เช่น อ้อยควั่น มันแกว ฝรั่ง มะม่วง สับปะรด คนขายหาบผลไม้หรือใส่ผลไม้ตัดแต่งบนรถเข็นหรือรถจักรยานยนต์พ่วง (รูปที่ ๑) และบางครั้งมีน้ำแข็งช่วยรักษาความสดด้วย แต่ในปัจจุบันมีการใช้ผลไม้ตัดแต่งมากชนิดขึ้น เช่น ขนุน มะละกอ ทุเรียน สละ (รูปที่ ๒) ส่วนที่เป็นผักตัดแต่งไม่มีความหลากหลายเหมือนผลไม้ ผักตัดแต่งที่นิยมอย่างแพร่หลายในปัจจุบันคือผักสลัดตัดแต่งทั้งที่เป็นผักตัดแต่งแยกเป็นชนิดเดี่ยว ๆ หรือทำรวมมากกว่า ๑ ชนิด ซึ่งบางครั้งจะมีขายร่วมกับน้ำสลัดด้วย ในปัจจุบันผักและผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคเป็นที่รู้จักกันและได้รับความนิยมแพร่หลาย ในบทความนี้จะใช้คำสั้นคือ “ผักและผลไม้ตัดแต่ง” ตลอดทั้งบทความ

รูปที่ ๑ รถพ่วงจักรยานยนต์ขายผลไม้ตัดแต่ง (ภาพถ่ายโดยผู้เขียน)

รูปที่ ๒ ผลไม้ตัดแต่งพร้อมบริโภคชนิดต่าง ๆ บรรจุชนิดเดียวบนถาดโฟมหรือหลายชนิดในถ้วยพลาสติกใส (ภาพถ่ายโดย ดร.อภิตา บุณศิริ)

ประโยชน์ของผักและผลไม้ตัดแต่ง

ได้กล่าวมาแล้วในคำนำว่า วิถีชีวิตของคนเมืองในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อเปรียบเทียบกับในอดีต สภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้การดำรงชีวิตของคนวัยทำงานต้องปรับเปลี่ยนด้วย เพื่อให้เหมาะสมกับเวลาและสถานที่อยู่ที่มีจำกัด พฤติกรรมการบริโภคจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนด้วย เนื่องจากผักและผลไม้เป็นแหล่งอาหารสำคัญที่มีคุณค่าทางโภชนาการหลายอย่าง เช่น วิตามิน แร่ธาตุ ใยอาหาร และอื่น ๆ อีกหลายอย่าง ดังนั้น การบริโภคผักและผลไม้ตัดแต่งจึง

เป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ผักและผลไม้ตัดแต่งยังเป็นสินค้าส่งออกที่นำรายได้เข้าประเทศมากอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้เขตร้อนของประเทศ เช่น มะละกอ มะม่วง สับปะรด ซึ่งเป็นที่นิยมมากในตลาดต่างประเทศ ในภาพรวม ผักและผลไม้ตัดแต่งมีประโยชน์หลายอย่างคือ

๑. ประหยัดเวลาในการเตรียม
๒. สะดวกแก่การรับประทาน
๓. มีคุณค่าทางโภชนาการ
๔. ลดความเสี่ยงของคุณภาพภายในที่ไม่ดี

ทำไมต้องมีการทำผักและผลไม้ตัดแต่ง

แม้ว่าผักและผลไม้สดหลายชนิดเป็นที่นิยมบริโภค แต่มีผักและผลไม้บางชนิดเท่านั้นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับการทำผักและผลไม้ตัดแต่ง ผลไม้หลายชนิดในประเทศไทยที่เหมาะสมสำหรับการทำผลไม้ตัดแต่งนั้นอาจจะมีหลักการที่พิจารณาแตกต่างไปจากในต่างประเทศ ประเด็นสำคัญที่นำมาพิจารณาประกอบการทำผักและผลไม้ตัดแต่ง คือ

๑. ขนาดใหญ่ ผลไม้หลายชนิดมีขนาดใหญ่มากเกินไปที่จะซื้อมาบริโภคให้หมดในเวลาสั้น และยังทำให้มีราคาแพงเกินไปที่จะซื้อทั้งผลอีกด้วย เช่น ขนุน ทุเรียน มะละกอ สับปะรด ดังนั้น การทำผลไม้ตัดแต่งและบรรจุในปริมาณประมาณ ๒๐๐-๓๐๐ กรัม จึงเป็นขนาดที่เหมาะและราคาไม่สูงมากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับการซื้อผลไม้ทั้งผล

๒. การปอกยาก ผักและผลไม้ เช่น แคร์รอต ขนุน ทุเรียน สับปะรด สละ การเตรียมทำได้ยาก เช่น การปอก การผ่า การตัด ผู้บริโภคมีเวลาจำกัดหรืออาจจะไม่มีความชำนาญในการเตรียมผลิตผลดังกล่าว และอาจจะเกิดอุบัติเหตุได้อีกด้วย เช่น หนามทุเรียนตำมือ มีดบาดมือ ดังนั้น การซื้อผักและผลไม้ตัดแต่งจะประหยัดเวลาและปลอดภัยจากอุบัติเหตุในการเตรียม

๓. ความแก่ของผลไม้ไม่แน่นอน ผู้บริโภคบางคนไม่ได้เป็นชาวสวนหรือผู้มีความชำนาญในการดูความแก่หรือความบริบูรณ์ของผลไม้ที่เหมาะสมสำหรับการบริโภค ตัวอย่างผลไม้ที่มีปัญหาในการดูความแก่หรือการสุก คือ ขนุน แตงโม ทุเรียน สับปะรด ดังนั้น เมื่อนำผลไม้เหล่านี้มาทำผลไม้ตัดแต่งก็จะทำให้เห็นคุณภาพของเนื้อผลง่ายและชัดเจน จึงทำให้ผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลไม้ตัดแต่งได้ง่ายโดยไม่ต้องคำนึงว่าผลไม้จะไม่แก่หรือไม่สุก ซึ่งสามารถป้องกันความผิดหวังที่จะเกิดขึ้นหลังการซื้อได้

๔. โรคและแมลงภายใน ผักและผลไม้บางชนิดมีโรคและแมลงแฝงอยู่ภายใน ซึ่งทำให้ผู้บริโภคไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก เมื่อผู้บริโภคซื้อผลไม้ทั้งผลอาจจะเสี่ยงต่อการที่ผลไม้มีโรคและแมลงอยู่ภายใน ซึ่งอาจจะทำให้เสียหายทั้งผลหรือเสียหายบางส่วนสำหรับการบริโภค การซื้อผักและผล

ไม้ตัดแต่งจะทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องโรคและแมลง เพราะการทำผักและผลไม้ตัดแต่งจะต้องคัดเลือกเฉพาะผักและผลไม้ที่ปราศจากโรคและแมลงมาทำผักและผลไม้ตัดแต่ง ทำให้ผู้บริโภคสามารถมองเห็นและมีความมั่นใจว่าผักและผลไม้ตัดแต่งที่ซื้อนั้นไม่มีโรคและแมลงแฝงอยู่

การทำผักและผลไม้ตัดแต่ง

๑. คุณภาพของผลิตผล ผักและผลไม้สดที่จะนำมาทำผักและผลไม้ตัดแต่งจะต้องมีการควบคุมคุณภาพตั้งแต่การปลูกจนกระทั่งเป็นผลิตภัณฑ์ตัดแต่งพร้อมที่จะบริโภค ดังนั้น ในแปลงปลูกพืชผักและไม้ผลจะต้องนำหลักการเกษตรที่ดีมาเป็นแนวทางปฏิบัติ ซึ่งมีอยู่หลายระบบ เช่น การปฏิบัติเกษตรที่ดีของไทย (Good Agriculture Practices, GAP) การปฏิบัติเกษตรที่ดีของยุโรป (European Good Agriculture Practices) และมาตรฐานคุณภาพขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Codex) โดยเริ่มตั้งแต่พันธุ์พืช การเตรียมแปลงปลูก การใช้ปุ๋ย การใช้สารเคมีปราบศัตรูพืช การเก็บเกี่ยวผลผลิต และการบริหารจัดการอื่น ๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และมีสารเคมีตกค้างในระดับที่ปลอดภัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งผักและผลไม้ตัดแต่งที่ส่งออกไปต่างประเทศนั้น สารเคมีตกค้างจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดของประเทศผู้นำเข้า

๒. การทำความสะอาด ผักและผลไม้ที่เก็บเกี่ยวจากแปลงปลูกแล้วจะต้องทำความสะอาดโดยใช้น้ำที่สะอาด น้ำที่ใช้ล้างผักและผลไม้นอกจากต้องสะอาดแล้ว ยังต้องเติมสารเคมีที่มีสมบัติฆ่าจุลินทรีย์ในน้ำและจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผักและผลไม้ จุลินทรีย์เหล่านี้มีทั้งที่ทำให้ผักและผลไม้เน่าเสียและเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค สารเคมีที่ใช้กำจัดจุลินทรีย์มี คลอรีน โอโซน (เติมในน้ำ) เป็นต้น

๓. การปอกและการตัดแต่ง ผักและผลไม้ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วจะต้องผ่านการปอกเปลือกและการตัดเป็นชิ้นขนาดต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้ กระบวนการปอกเปลือกและตัดเป็นชิ้นถือว่าเป็นขั้นตอนสำคัญของการทำผักและผลไม้ตัดแต่ง เพราะต้องทำด้วยความระวังไม่ให้ผักและผลไม้เกิดการช้ำและปนเปื้อนจุลินทรีย์ ดังนั้น กระบวนการปอกเปลือกและตัดเป็นชิ้นต้องคำนึงถึงสุขอนามัยอย่างเคร่งครัด โดยที่สถานที่ เครื่องมือ และคนที่อยู่ในกระบวนการนี้จะต้องควบคุมความสะอาดอย่างเคร่งครัด ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงต้องนำระบบการควบคุมคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับความสะอาดเข้ามาใช้ในระบบการผลิต ซึ่งได้แก่ ระบบการผลิตที่ดี (Good Manufacturing Practices, GMP) และระบบการควบคุมความเสี่ยงโดยการวิเคราะห์เฉพาะจุด (Harzard Analysis Critical Control Point, HACCP)

๔. การควบคุมการเกิดสีน้ำตาล ผักและผลไม้ตัดแต่งที่มีบาดแผลจากการปอกเปลือกและตัดแต่งจะเร่งให้ผักและผลไม้ตัดแต่งเกิดสีน้ำตาล (browning) (รูปที่ ๓) ที่ผิวบริเวณบาดแผลซึ่งทำให้ผักและผลไม้ตัดแต่งมีคุณภาพต่ำ เพราะการเกิดสีน้ำตาลทำให้ดูไม่เป็นของใหม่และสด ในอุตสาหกรรม

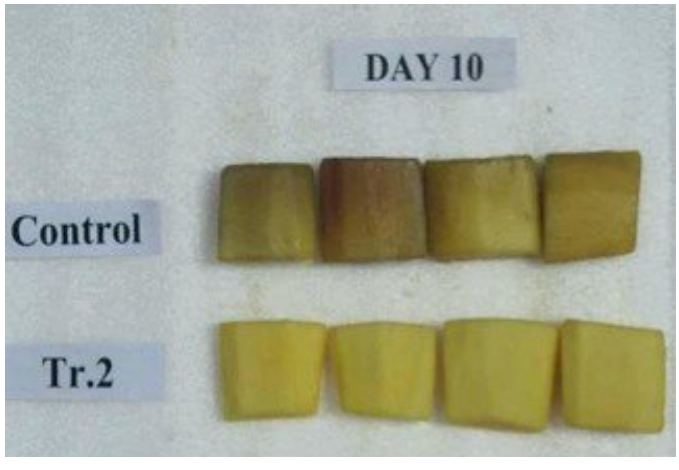
การทำผักและผลไม้ตัดแต่งมีการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เช่น ascorbic acid, isoascorbate, 4-hexylresorcinol, potassium sorbate, acetylcysteine, citric acid สารเคมีเหล่านี้อาจจะใช้ชนิดเดียวหรือใช้ร่วมกันมากกว่า ๑ ชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของผักและผลไม้ สารเคมีที่นิยมใช้ได้สรุปดังในตารางที่ ๑ ในปัจจุบันมีสารป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้ตัดแต่งที่มีขายเป็นการค้าหลายยี่ห้อ ตัวอย่างของการใช้สารเคมีป้องกันการเกิดสีน้ำตาลของผลไม้ตัดแต่งแสดงไว้ในรูปที่ ๔, ๕ และ ๖

รูปที่ ๓ การเกิดสีน้ำตาลของผลแอปเปิลที่ถูกตัดเป็นชิ้น แอปเปิล ๒ ชิ้นทางซ้ายมือเกิดสีน้ำตาลมากกว่าแอปเปิล ๒ ชิ้นทางขวามือ (ภาพถ่ายโดยผู้เขียน)

ตารางที่ ๑ สารเคมีบางอย่างสำหรับยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้ตัดแต่ง

ผักและผลไม้ตัดแต่ง	ชนิดของสารเคมี
สาลี่	isoascorbate + 4-hexylresorcinol + potassium sorbate
สับปะรด	ascorbic acid or isoascorbate
มันฝรั่ง	acetylcysteine + 4-hexylresorcinol + citric acid
แรดิช	acetylcysteine + 4-hexylresorcinol + potassium sorbate
มันเทศ	acetylcysteine + citric acid

รูปที่ ๔ การเกิดสีน้ำตาลของกล้วยตัดแต่งที่ไม่จุ่ม (ซ้าย) และจุ่ม (ขวา) ในสารละลายเคมี (1%$CaCl_2$+1%ascorbic acid+0.5%cysteine) และเก็บรักษาที่ ๕ องศาเซลเซียส นาน ๕ วัน (ภาพถ่ายโดย ดร.อภิตา บุณศิริ)



รูปที่ ๕ การเกิดสีน้ำตาลของมะม่วงตัดแต่งที่ไม่เคลือบผิว (แถวบน) และเคลือบผิว (แถวล่าง) และเก็บรักษาที่ ๕ องศาเซลเซียส นาน ๑๐ วัน (ภาพถ่ายโดย ดร.อภิตา บุณศิริ)

รูปที่ ๖ การเน่าเสียของยวงขนุนที่ไม่จุ่ม (ซ้าย) และจุ่ม (ขวา) ในสารละลายเคมีควบคุมเชื้อจุลินทรีย์และเก็บรักษาที่ ๕ องศาเซลเซียส นาน ๙ วัน (ภาพถ่ายโดย ดร.อภิตา บุณศิริ)

๕. การควบคุมการเน่าเสีย ผักและผลไม้ตัดแต่งที่มีบาดแผลมีโอกาสให้เชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสียของผักและผลไม้เข้าทำลายได้ง่ายและเกิดเน่าเสียได้เร็ว มีการใช้สารเคมีที่สามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำที่ใช้ล้างผักและผลไม้หรือใช้สารเคมีในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ที่ผิวของผักและผลไม้ตัดแต่ง (รูปที่ ๖) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีควบคุมและกำจัดเชื้อจุลินทรีย์นั้นสารเคมีจะต้องไม่มีผลต่อรสชาติของผักและผลไม้ตัดแต่งและไม่เป็นอันตรายแก่ผู้บริโภคด้วย

๖. การรักษาสภาพของเนื้อสัมผัส เนื้อเยื่อของผักและผลไม้ตัดแต่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลไม้ จะอ่อนตัวหรืออ่อนนุ่มรวดเร็ว ทำให้เนื้อสัมผัสไม่เหมาะสำหรับการบริโภคเนื่องจากการสูญเสียความกรอบ จึงมีการใช้สารบางอย่างเพื่อป้องกันการสูญเสียเนื้อสัมผัสอย่างรวดเร็ว มีการใช้สารเคลือบที่กินได้ (edible coating) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และลิพิด สารเคลือบผิวนี้จะเป็นฟิล์มบาง ๆ ที่ผิวของผักและผลไม้ตัดแต่งโดยที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าและเป็นสารบริโภคได้อย่างปลอดภัย พร้อมกับผักและผลไม้ตัดแต่งที่สามารถควบคุมการสูญเสียน้ำและแลกเปลี่ยนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนระหว่างผักและผลไม้ตัดแต่งกับบรรยากาศรอบ ๆ ทำให้เกิดสภาพบรรยากาศดัดแปลง (modified atmosphere, MA) ซึ่งทำให้สามารถยับยั้งหรือชะลอการเปลี่ยนแปลงของผักและผลไม้ตัดแต่ง รวมถึงการเกิดสีน้ำตาลและการอ่อนตัวของเนื้อเยื่อเนื่องจากการสุกของผลไม้ด้วย ในปัจจุบันมีสารเคลือบผิวผักและผลไม้ตัดแต่งที่ขายเป็นการค้าหลายยี่ห้อ

๗. การบรรจุ ผักและผลไม้ตัดแต่งต้องบรรจุในภาชนะที่สามารถมองเห็นผักและผลไม้ตัดแต่งได้ง่าย ดังนั้น ผักและผลไม้ตัดแต่งอาจจะบรรจุในถุงพลาสติกใส บรรจุบนถาดโฟมและห่อหุ้มด้วย

ฟิล์มพลาสติกใส หรือบรรจุในถาดพลาสติกใสหรือกระป๋องพลาสติกใสที่มีฝาปิด ถุงพลาสติกหรือฟิล์มพลาสติกที่ใช้จะต้องมีคุณสมบัติยอมให้คาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำจากผักและผลไม้ตัดแต่งซึมผ่านออกสู่บรรยากาศภายนอกได้ เพื่อป้องกันการเกิดฝ้าหรือไอน้ำเกาะภายในภาชนะบรรจุ

ในกรณีที่ทำผักและผลไม้ตัดแต่งเป็นอุตสาหกรรม อาจจะนำเครื่องจักรเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงาน และการควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามที่ต้องการ

ปัญหาการทำผักและผลไม้ตัดแต่ง

ผักและผลไม้ตัดแต่งมีบาดแผลจากการปอกเปลือก การตัดเป็นชิ้นทำให้ผักและผลไม้ตัดแต่งเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว ปัญหาที่เป็นประเด็นสำคัญ คือ

๑. การปนเปื้อนจุลินทรีย์ ผักและผลไม้ตัดแต่งมีบาดแผลอยู่รอบ ๆ ทำให้ง่ายที่จะถูกปนเปื้อนด้วยจุลินทรีย์ทั้งที่ทำให้ผักและผลไม้ตัดแต่งเกิดการเน่าเสียและที่ทำให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภค การปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผักและผลไม้ตัดแต่งเกิดขึ้นตั้งแต่ปอกเปลือกและตัดเป็นชิ้น จนกระทั่งการบรรจุ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดังนั้น จึงมีงานวิจัยจำนวนมากที่เสนอรายงานการป้องกันการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผักและผลไม้ตัดแต่งโดยวิธีทางเคมีและกายภาพ

๒. การเกิดสีน้ำตาล บาดแผลของผักและผลไม้ตัดแต่งจะเร่งปฏิกิริยาของการเปลี่ยนแปลงทางสรีระและชีวเคมีของผักและผลไม้ตัดแต่ง ซึ่งนำไปสู่การเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว หนึ่งในกระบวนการของการเสื่อมคุณภาพคือการเกิดสีน้ำตาล บาดแผลของผักและผลไม้ตัดแต่งจะกระตุ้นให้เนื้อเยื่อผักและผลไม้ตัดแต่งสร้างเอนไซม์ที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning enzyme) คือ polyphenol oxidase (PPO) และ/หรือ กระตุ้นการสังเคราะห์สารฟีนอลิก (phenolics) ที่จะทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ PPO ในสภาพที่มีออกซิเจน การเกิดสีน้ำตาลขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของผักและผลไม้ อุณหภูมิ สภาพของบรรยากาศ ความรุนแรงของการเกิดบาดแผล มีรายงานการวิจัยจำนวนมากที่รายงานการควบคุมการเกิดสีน้ำตาลที่มีประสิทธิภาพของผักและผลไม้ตัดแต่งโดยวิธีทางเคมีและกายภาพ

๓. การเกิดอาการสะท้านหนาว หลายคนคิดว่าผักและผลไม้ตัดแต่งไม่เกิดอาการสะท้านหนาว (chilling injury) เพราะผักและผลไม้ตัดแต่งหลายชนิดมีการปอกเปลือกแล้ว ดังนั้น จึงสามารถเก็บรักษาผักและผลไม้ตัดแต่งไว้ที่อุณหภูมิต่ำเท่าไรก็ได้ หรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนานเท่าใดก็ได้ ตามความเป็นจริงแล้วอาการสะท้านหนาวไม่ใช่เกิดสีผิดปรกติที่ผิวเท่านั้น แต่สามารถเกิดได้กับเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ภายในผลิตผลจนกระทั่งถึงเมล็ดที่อยู่ข้างใน นอกจากนี้ ยังสามารถเกิดอาการอย่างอื่น ๆ ได้ เช่น กลิ่นและรสชาติผิดปรกติ เนื้อสัมผัสเละ เนื้อเยื่อฉ่ำน้ำ ดังนั้น ผักและผลไม้ตัดแต่งที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนยังสามารถเกิดอาการสะท้านหนาวได้ถ้าเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำเกินไปหรือเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำนานเกินไป

สรุป

ผักและผลไม้ตัดแต่งได้รับความนิยมในการบริโภคเพิ่มมากขึ้นสำหรับคนวัยทำงานที่อาศัยในเมือง เพราะทำให้การดำเนินชีวิตมีความสะดวกสบาย ผักและผลไม้ตัดแต่งมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์และเกิดสีน้ำตาลได้ง่าย ดังนั้นการทำผักและผลไม้ตัดแต่งจึงต้องคำนึงถึงความสดและความสะอาด

บรรณานุกรม

สายชล เกตุษา. ๒๕๕๗. การเก็บรักษาผักและผลไม้สดโดยการดัดแปลงสภาพบรรยากาศ. *วารสารราชบัณฑิตยสถาน* ๓๙ (๒) : เมษายน-มิถุนายน ๒๕๕๗, หน้า ๑๔๑-๑๕๒.

สายชล เกตุษา. ๒๕๕๗. การเคลือบผิวผักและผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. *วารสารราชบัณฑิตยสถาน* ๓๙ (๒) : เมษายน-มิถุนายน ๒๕๕๗, หน้า ๔๙-๕๘.

Apintanapong, M., Cheachuminang, K., Sulansawan, P. and Thongprasert, N. 2007. Effect of antibrowning agents on banana slices and vacuum-fried slices, Journal of Food Agriculture Environment 5(3-4): 151-157.

Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A. 1995. Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables. HortScience 30(1): 35-38.

Bierhals, V.S., Chiumarelli, M. and Hubinger, M.D. 2011. Effect of cassava starch coating on quality and shelf life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* L. Merril cv Pérola). Journal of Food Science 76(1): 62-72.

Jeong, H. L., Jin, W.J., Kwang, D.M. and Kee, J.P. 2008. Effects of Anti-browning agents on polyphenol oxidase activity and total phenolics as related to browning of fresh-cut 'Fuji' apple, ASEAN Food Journal 15(1): 79-87.

Ioannou, I. and Ghoul, M. 2013. Prevention of enzymatic browning in fruit and vegetables. European Scientific Journal 9: 1857-7881.

Lópezl, O., Garcíal, M.A. and Zaritzky, N.E. 2010. Novel sources of edible films and coatings. Stewart Postharvest Review 3(3): 1-8.

Luo, Y., Lu, S., Zhou, B. and Feng, H. 2011. Dual effectiveness of sodium chlorite for enzymatic browning inhibition and microbial inactivation on fresh-cut apples, LWT - Food Science and Technology 44: 1621-1625.

Ma, Y., Wang, Q., Hong, G. and Cantwell, M. 2011. Reassessment of treatments to retard browning of fresh-cut Russet potato with emphasis on controlled atmospheres and low concentrations of bisulphate. International Journal of Food Science and Technology 45: 1486-1494.

Olivas, G.I. and Barbosa-Ca Novas, G.V. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 45: 657-670.

Ramos-Villarroel, A.Y., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R. 2011. Using antibrowning agents to enhance quality and safety of fresh-cut avocado treated with intense light pulses. J Food Sci. 76(9): 528-534.

Raybaudi-Massilia, R.M., Mosqueda-Melgar, J., Soliva-Fortuny, R. and Martin-Belloso, O. 2009. Control of pathogenic and spoilage microorganisms in fresh-cut fruits and fruit juices by traditional and alternative natural antimicrobials. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 8: 157-179.

Rojas-Graü, M.A., Tapia, M.S. and Martín-Belloso, O. 2008. Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples. LWT - Food Science and Technology 41: 139-147.

Abstract **Fresh-cut of Fruits and Vegetables**

Saichol Ketsa

Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand

Nowadays life in the city is totally different from the past because people have limited time and residence. Under this circumstance has led them to find out fresh fruits and vegetables for their consumption with least preparation and convenience. Fresh-cut produce can be eaten freshly and no cooking is required before consumption. Fresh-cut fruits and vegetables are their choice and become increasingly popular. Not all fruits and vegetables can be prepared for fresh-cut produce. Produce for fresh-cut fruits and vegetables must be fresh and the preparation has to be done under the hygienic condition to prevent microorganism contamination for safety of consumers. Therefore, the whole process from the first step until the last step must incorporate GAP (Good Agriculture Practices), EuroGAP (European Good Agriculture Practices), Codex and HAACP (Hazard Analysis Critical Control Point) into the production line to make sure all fresh-cut fruits and vegetables are safety for consumers. The consumers must also consider the freshness and decay of the fresh-cut fruits and vegetables before buying them.

***Keywords*:** fresh-cut of fruits and vegetables, freshness, browning, contamination

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

ประเด็นเชิงนโยบายสำหรับการจัดการขยะเทศบาลและขยะมหาวิทยาลัย

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์
ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปรีดา วิบูลย์สวัสดิ์
ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา
คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

ขยะเป็นของเหลือทิ้งที่เป็นปัญหาใหญ่ของสังคมเมืองปัจจุบัน และมีปัญหาในการกำจัด จากการศึกษาโดยนักวิจัยหลายกลุ่มพบว่า ปริมาณขยะเทศบาลและขยะมหาวิทยาลัยส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณ ๕-๒๐ ตันต่อวัน ซึ่งเป็นปริมาณที่ถือว่าน้อย ไม่คุ้มค่าที่จะนำขยะมาผลิตไฟฟ้า เนื่องด้วยกำลังการผลิตไฟฟ้าจะอยู่ในระดับต่ำกว่า ๑ เมกะวัตต์ แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะในระดับนี้คือ การคัดแยกขยะที่ต้นทางหรือแหล่งกำเนิด แล้วรวบรวมมาที่โรงคัดแยกขยะขั้นต้น เพื่อนำขยะที่คัดแยกได้ง่ายและขายได้ ออกจากขยะส่วนใหญ่ จากนั้นจึงนำขยะที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ มาหมักโดยมีการเติมอากาศให้เพียงพอ เมื่อหมักจนได้ที่แล้ว นำมาคัดแยกเอาปุ๋ยอินทรีย์ออก ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นพลาสติก ซึ่งค่อนข้างสะอาดเมื่อเปรียบเทียบกับตอนก่อนหมัก พลาสติกที่ค่อนข้างสะอาดนี้สามารถนำไปใช้ทำเม็ดพลาสติกเก่า และสามารถจำหน่ายได้หรืออาจนำไปขายให้แก่โรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง และมีความต้องการใช้พลาสติกเพื่อเผาเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน หรือนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเหลว ในกรณีหลังนี้ ยังมีต้นทุนสูงอยู่

คำสำคัญ : **การจัดการ, การผลิตไฟฟ้า, การหมักปุ๋ย, ขยะชุมชน, มูลฝอย**

บทนำ

ขยะมูลฝอย ในที่นี้เรียกสั้น ๆ ว่า ขยะ ภาษาที่ใช้ในกฎหมายเรียก มูลฝอย จะเรียกอย่างไรก็เป็นที่เข้าใจตรงกัน ขยะเป็นของเหลือทิ้งที่เป็นปัญหาใหญ่ของสังคมเมืองปัจจุบัน และมีปัญหาในการกำจัด ขยะมีปริมาณโดยเฉลี่ย ๑ กิโลกรัมต่อคนต่อวัน มีความชื้นสูงกว่าร้อยละ ๕๐ มีองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ ประมาณร้อยละ ๕๐ รองลงมา ได้แก่ พลาสติก กระดาษ เศษผ้า โลหะ แก้ว และอื่น ๆ ในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณขยะมากกว่า ๔๐,๐๐๐ ตันต่อวัน ปริมาณขยะจาก อบต. หรือเทศบาลขนาดเล็ก หรือขยะจากมหาวิทยาลัย มักอยู่ในช่วง ๕-๒๐ ตันต่อวัน ปริมาณขยะที่มากกว่า ๑๐๐ ตันต่อวัน มีเฉพาะในเมืองใหญ่เท่านั้น ซึ่งมีอยู่ไม่กี่สิบแห่งในประเทศไทย ในการกำจัดขยะโดยทั่วไปในประเทศไทย มักมีการคัดแยกขยะบางประเภทที่สามารถนำไปขายได้ โดยผู้มีอาชีพเก็บขยะขาย แล้วจึงมีการรวบรวมนำไปเทกองเป็นส่วนใหญ่ มากกว่ากึ่งหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่ไม่ถูกสุขลักษณะ ก่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัย รองลงมา ใช้วิธีการฝังกลบ แต่อาจไม่ถูกสุขลักษณะเช่นกัน และอาจก่อปัญหาสิ่งแวดล้อม มีปริมาณขยะจำนวนน้อยที่นำมาเผาไหม้และนำมาผลิตไฟฟ้า รวมกำลังการผลิตทั่วประเทศประมาณ ๓๕ เมกะวัตต์

วิธีการจัดการขยะในที่นี้เน้นขยะชุมชน ไม่รวมขยะอันตราย เช่น ขยะติดเชื้อ ขยะมีพิษจากสารเคมี ซึ่งต้องการวิธีการกำจัดเฉพาะเจาะจง การจัดการขยะชุมชนมีหลายวิธี วิธีที่สร้างปัญหาแต่ยังมีการปฏิบัติกันอยู่ เช่น เทกอง เผากลางแจ้ง เป็นวิธีการที่ไม่ถูกสุขลักษณะ มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม วิธีที่เหมาะสมในการจัดการขยะมีหลายวิธี เช่น

๑. การฝังกลบขยะ ซึ่งอาจออกแบบให้ผลิตแก๊สชีวภาพ เพื่อนำมาเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตไฟฟ้า ประเทศไทยมีการจัดการขยะโดยวิธีฝังกลบมากพอสมควร รองลงมาจากการเทกอง

๒. การเผาไหม้ขยะ ซึ่งอาจออกแบบให้นำแก๊สเผาไหม้มาใช้ต้มน้ำเพื่อนำมาผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันมีการใช้วิธีการนี้อยู่บ้าง โดยมีกำลังการผลิตไฟฟ้ารวมกันทั่วประเทศประมาณ ๓๕ เมกะวัตต์ เช่น ที่ภูเก็ต ระยอง เกาะสมุย

๓. การผลิตแก๊สสังเคราะห์จากขยะ เพื่อนำมาเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตไฟฟ้า วิธีการนี้ยังไม่สามารถพัฒนาเป็นการค้าได้อย่างเต็มรูปแบบ เพราะยังมีปัญหาในการดูแลรักษาระบบอยู่มาก

๔. การนำขยะ (อินทรีย์) มาหมัก เพื่อผลิตแก๊สชีวภาพ และสามารถนำมาเดินเครื่องยนต์เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า

๕. การใช้พลาสมาอาร์ก เพื่อเผาไหม้ขยะ มีอุณหภูมิสูงมาก (ประมาณ ๓,๐๐๐ องศาเซลเซียส) มีต้นทุนสูง เหมาะกับขยะติดเชื้อ ซึ่งต้องการวิธีการกำจัดที่เฉพาะเจาะจง

๖. การหมักขยะ (อินทรีย์) โดยใช้อากาศ เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์

เนื่องจากยังมีปัญหาต่าง ๆ ในการจัดการขยะ รวมถึงการใช้ประโยชน์จากขยะด้วย ดังนั้น ในบทความนี้จึงศึกษารวบรวมผลการวิจัยเกี่ยวกับการจัดการขยะเทศบาลขนาดเล็ก หรือขยะจากมหาวิทยาลัย ซึ่งได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ รวมถึงบทสรุปจากการสัมมนา เรื่อง ศักยภาพการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลและมหาวิทยาลัย จัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เมื่อวันที่ ๕ มิถุนายน ๒๕๕๗ ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น หลักสี่ กรุงเทพฯ แล้วสรุปเป็นแนวทางที่เหมาะสม รวมถึงเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับการจัดการและการใช้ประโยชน์จากขยะด้วย การศึกษานี้ไม่รวมถึงขยะอันตราย เช่น ขยะติดเชื้อ ขยะมีพิษจากสารเคมี ซึ่งต้องใช้วิธีการจัดการที่แตกต่างกัน

ผลงานการวิจัยหาแนวทางการจัดการขยะเทศบาลและขยะมหาวิทยาลัย

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้ให้ทุนวิจัยแก่กลุ่มวิจัยจากมหาวิทยาลัยหลายแห่ง ให้ศึกษาหาแนวทางที่เหมาะสมในการกำจัดขยะ รวมถึงศึกษาศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าจากขยะด้วย *[จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศีล (๒๕๕๗) ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ (๒๕๕๕) วัสสา คงนคร (๒๕๕๕) วีรชัย อาจหาญ (๒๕๕๔) สมรัฐ เกิดสุวรรณ (๒๕๕๕) สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์ (๒๕๕๗) สุขสมาน สังโยคะ (๒๕๕๔) อาณัติ ตั๊ะปินตา (๒๕๕๕)]* จากการศึกษาพบว่า ปริมาณขยะประมาณ ๕-๒๐ ตันต่อวัน ซึ่งเป็นปริมาณที่ถือว่าน้อย ไม่คุ้มค่าที่จะนำขยะมาผลิตไฟฟ้า เนื่องด้วยกำลังการผลิตไฟฟ้าจะอยู่ในระดับต่ำกว่า ๑ เมกะวัตต์ ทำให้มีต้นทุนการผลิตไฟฟ้าต่อหน่วยสูง นอกจากนี้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก มักจะเป็นระบบแกซิฟิเคชัน (gasification) ที่ผลิตแก๊สสังเคราะห์ แล้วนำมาใช้กับเครื่องยนต์เพื่อผลิตไฟฟ้าโดยใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป ระบบนี้ยังมีปัญหาเรื่องการดูแลรักษา ทำให้ขาดเสถียรภาพในการเดินเครื่องยนต์ มีปัญหาและค่าใช้จ่ายสูงในการดูแลซ่อมแซมระบบ

แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการขยะในระดับ ๕-๒๐ ตันต่อวันคือการคัดแยกขยะที่ต้นทางหรือแหล่งกำเนิด แล้วรวบรวมมาที่โรงคัดแยกขยะขั้นต้น เพื่อนำขยะที่คัดแยกได้ง่ายและขายได้ ออกจากขยะส่วนใหญ่ จากนั้นจึงนำขยะที่เหลือซึ่งส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ (มีถุงพลาสติกปนอยู่ด้วย) มาหมักโดยมีการเติมอากาศให้เพียงพอ ซึ่งอาจเติมได้หลายวิธี เช่น การใช้สกรูในแนวดิ่ง ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในกองขยะที่ทำการหมัก ลำเลียงขยะจากส่วนล่างของกองขึ้นสู่ด้านบน เพื่อให้สัมผัสอากาศ หรือโดยการเป่าอากาศผ่านระบบท่อใต้พื้นของกองขยะ และเติมสารอาหาร เช่น กากน้ำตาล ให้แก่จุลินทรีย์ การหมักโดยใช้อากาศจะใช้เวลาประมาณ ๑๕-๓๐ วัน หลังการหมักจะได้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีสีเทาดำ เมื่อนำไปคัดแยก สามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูกได้ดี การหมักโดยใช้อากาศมีข้อดีเพิ่มเติมคือไม่มีกลิ่นเหม็นจากกองขยะ เมื่อหมักจนได้ที่แล้วนำมาคัดแยกเอาปุ๋ยอินทรีย์ออก ส่วนที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นพลาสติก ซึ่งค่อนข้างสะอาดเมื่อเปรียบเทียบกับตอนก่อนหมัก พลาสติกที่ค่อนข้างสะอาดนี้สามารถนำไปใช้ทำเม็ดพลาสติกเก่า และสามารถจำหน่ายได้ หรืออาจนำไปขายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงและมีความต้องการใช้พลาสติกเพื่อเผาเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน หรือนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงเหลว ในกรณีหลังนี้ ยังมีต้นทุนสูงอยู่

ผลจากงานวิจัย

ผลงานการวิจัยข้างต้นนำไปสู่การสร้างโรงคัดแยกขยะและโรงหมักขยะ เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ขนาดประมาณ ๕ ตันต่อวัน โดยที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา ใช้เงินลงทุนประมาณ ๑๐ ล้านบาท ดำเนินการมาแล้วประมาณ ๑ ปี สามารถนำรายได้จากปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้ จำหน่ายให้แก่หน่วยงานภายในมหาวิทยาลัยที่ต้องใช้ปุ๋ย โดยมีรายได้เพียงพอกับค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน สิ่งที่เหลือจากการคัดแยกปุ๋ยออกไปแล้วคือขยะถุงพลาสติก ซึ่งแต่เดิมมีโรงงานรับซื้อเพื่อนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับเผา แต่ปัจจุบันไม่สามารถขายได้ราคา อาจนับได้ว่ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นมหาวิทยาลัยแห่งแรกในประเทศไทย ที่รับผิดชอบต่อสังคมโดยการกำจัดขยะภายในมหาวิทยาลัยด้วยตัวเอง โดยไม่ให้ขยะเล็ดลอดออกจากมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ยังมีมหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่กำลังดำเนินการก่อสร้างโรงคัดแยกขยะขั้นต้น และโรงหมักขยะ เพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ขนาดประมาณ ๒๐ ตันต่อวัน ตามนโยบาย Green and Smart Campus ใช้เงินลงทุนประมาณ ๒๐ ล้านบาท เมื่อหมักได้ที่แล้ว จะคัดแยกปุ๋ยอินทรีย์ออก ส่วนที่เหลือจากการคัดแยกส่วนใหญ่จะเป็นถุงพลาสติก ซึ่งค่อนข้างสะอาดเมื่อเปรียบเทียบกับตอนก่อนหมัก พลาสติกที่ค่อนข้างสะอาดนี้สามารถนำไปใช้ทำเม็ดพลาสติกเก่า และสามารถจำหน่ายได้ คาดว่าจะแล้วเสร็จและสามารถดำเนินการได้ภายในปีนี้ นับเป็นมหาวิทยาลัยแห่งที่สองในประเทศ ที่มีความรับผิดชอบต่อสังคม ในการกำจัดขยะภายในมหาวิทยาลัยของตัวเอง

สำหรับการผลิตไฟฟ้าถ้าเป็นจากขยะ ขนาดกำลังผลิตที่จะมีความคุ้มค่าในการลงทุนต้องมีปริมาณขยะมากกว่า ๑๐๐ ตันต่อวัน หรือถ้าเป็น ๓๐๐ ตันต่อวันก็ยิ่งดี ขยะในปริมาณขนาดนี้มีอยู่ไม่กี่สิบแห่งในประเทศไทย นอกจากนี้รัฐต้องมีส่วนช่วยเรื่องระเบียบกฎเกณฑ์ในการขอใบอนุญาต ปัจจุบันยังเป็นปัญหาขอได้ยาก และใช้เวลานาน ประเด็นสุดท้ายคือ เรื่องส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ ปัจจุบันอยู่ที่ ๒.๕๐ บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง หากให้สูงกว่านี้ โดยให้เป็นธรรมแก่ผู้ใช้ไฟฟ้าด้วย ก็จะสร้างแรงจูงใจให้เอกชนหรือหน่วยงานของรัฐลงทุนเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะประเด็นเชิงนโยบายสำหรับการจัดการขยะมูลฝอย

จากการศึกษานี้ ผู้วิจัยสามารถเสนอแนะประเด็นเชิงนโยบายสำหรับการจัดการขยะมูลฝอย ไม่รวมถึงขยะอันตราย ดังนี้

๑. เน้นการจัดการขยะอย่างถูกวิธี และใช้ประโยชน์จากขยะให้มากที่สุด

๒. เน้นการคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยเฉพาะที่ต้นทางหรือแหล่งกำเนิดขยะ

๓. ในกรณีที่มีปริมาณขยะน้อยกว่า ๑๐๐ ตันต่อวัน ควรเน้นการจัดการขยะโดยวิธีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ไม่ควรนำมาผลิตไฟฟ้า เพราะมีต้นทุนสูงเกินไป

๔. ในกรณีที่มีปริมาณขยะมากกว่า ๑๐๐ ตันต่อวัน หรือมากกว่า ๓๐๐ ตันต่อวัน จะยิ่งดี ควรพิจารณาการนำขยะมาใช้ผลิตไฟฟ้า โดยใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้ เพื่อผลิตไอน้ำ สำหรับนำมาผลิตไฟฟ้า เพราะเป็นเทคโนโลยีที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ

๕. ปัจจุบันส่วนเพิ่มราคารับซื้อไฟฟ้าจากขยะมีค่าเท่ากับ ๒.๕๐ บาท ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง หากกำหนดให้สูงกว่านี้ แต่ไม่ให้สูงเกินกว่าของไฟฟ้าจากพลังงานลม น่าจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการลงทุนได้มากกว่าที่มีอยู่ในปัจจุบัน

๖. ปรับปรุงกฎระเบียบสำหรับการขอจัดตั้งโรงไฟฟ้าจากขยะให้สะดวกขึ้น

บรรณานุกรม

จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศีล. ๒๕๕๗. การพัฒนาการจัดการขยะแบบบูรณาการสำหรับชุมชนมหาวิทยาลัย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. ๒๕๕๕. การสาธิตการเปลี่ยนขยะในมหาวิทยาลัยเป็นพลังงานในรูปความร้อน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

วัสสา คงนคร. ๒๕๕๕. แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยแบบครบวงจรและการมีส่วนร่วมของชุมชนในเขตพื้นที่เทศบาลเมืองท่าข้าม จังหวัดสุราษฎร์ธานี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

วีรชัย อาจหาญ. ๒๕๕๔. การศึกษาแนวทางบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนแบบครบวงจร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สมรัฐ เกิดสุวรรณ. ๒๕๕๕. การนำร่องการจัดการขยะระดับองค์กรบริหารส่วนตำบล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์. ๒๕๕๗. โครงการต้นแบบการจัดการขยะมูลฝอยแบบบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

สุขสมาน สังโยคะ. ๒๕๕๔. แผนการบริหารจัดการขยะที่เหมาะสมของชุมชน : กรณีศึกษาเทศบาลตำบลในเมือง อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

อาณัติ ต๊ะปินตา. ๒๕๕๕. การจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาอย่างครบวงจรและเหมาะสม. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ จัดส่งสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

Abstract **Policy Issue for Managing Wastes from Municipality and University**

Somchart Soponronnarit
Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
School of Energy, Environment and Materials,
King Mongkut's University of Technology Thonburi
Prida Wibulswas
Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
School of Energy, Environment and Materials,
King Mongkut's University of Technology Thonburi

Waste, useless and thrown away because not wanted, is a big problem of urbanized society at present. From studies conducted by several research groups indicated that waste from most municipalities and universities in Thailand fell among 5-20 tons per day which was too small to economically generate electricity. Recommended strategy is: 1) to enhance separation of useful waste upstream, 2) to preliminarily separate remaining useful waste at a collecting center, 3) to employ aerobic fermentation of remaining organic waste for producing organic fertilizer, and 4) to use rather clean plastic waste left after separation of organic fertilizer in order to produce second-hand plastic granule, or to use as fuel if possible or to produce liquid fuel but still at high cost.

***Keywords*:** management, electricity generation, fermentation, municipal waste, organic fertilizer

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

การทดสอบการละลายของยาสามัญ

สมพล ประคองพันธ์
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา

บทคัดย่อ

อัตราการละลายของยาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของยาในร่างกาย เนื่องจากตัวยาสำคัญต้องเกิดการละลายหรือปลดปล่อยจากตำรับยาในทางเดินอาหารก่อนที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย การทดสอบอัตราการละลายของยาจึงถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในขั้นตอนต่าง ๆ ในวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยานั้น นับตั้งแต่การพัฒนาตำรับยา การขึ้นทะเบียนยา การปรับปรุงสูตรตำรับ กรรมวิธีการผลิต การควบคุมคุณภาพ ตลอดจนการกำหนดอายุการใช้ของยา อัตราการละลายของยายังมีบทบาทสำคัญในการบ่งชี้ความจำเป็นที่ต้องทดสอบชีวสมมูลของยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงการผลิตยา และในบางครั้งสามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการรักษาของยาโดยไม่จำเป็นต้องทดสอบในคน บทความนี้จึงได้รวบรวมหลักเกณฑ์การประยุกต์ใช้การทดสอบการละลายของยาในกรณีต่าง ๆ

คำสำคัญ : **การละลาย, การทดสอบการละลาย, ชีวประสิทธิผล, ชีวสมมูล, สมบัติทางชีวเภสัชกรรมของยา, การเปลี่ยนแปลงการผลิตยา**

บทนำ

ยากินเป็นยาที่มีการใช้มากโดยที่รูปแบบยาที่นิยมคือยาเม็ดและยาแคปซูล ยาใหม่มีราคาค่อนข้างสูง เมื่อหมดสิทธิบัตรแล้วบริษัทอื่นสามารถผลิตยาสามัญซึ่งมีราคาถูกกว่ามากออกสู่ตลาดได้ แต่ต้องมีการพิสูจน์ว่ายาสามัญนั้นมีความเท่าเทียมกันหรือมีสมมูลเชิงเภสัชกรรม (pharmaceutical equivalence) กับยาต้นแบบหรือยาอ้างอิงและมีชีวสมมูล (bioequivalence) จึงจะถือว่าให้ผลการรักษาเท่าเทียมกัน (therapeutic equivalence) สามารถใช้แทนกันได้

เมื่อกินยาเม็ดหรือยาแคปซูลเข้าไปจะเกิดการแตกตัวเป็นชิ้นเล็กและเกิดการละลาย ยาที่ละลายแล้วจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดไปยังที่แสดงฤทธิ์ ปริมาณและอัตราเร็วที่ยาเข้าสู่ร่างกายเรียกว่าชีวประสิทธิผล (bioavailability) และหากยา ๒ ชนิดมีชีวประสิทธิผลเหมือนกันก็เรียกว่ามีชีวสมมูลกัน การดูดซึมจากยาในรูปของแข็งขึ้นกับอัตราการละลาย/การปลดปล่อยตัวยาออกจากผลิตภัณฑ์ ค่าการ

ละลายหรืออัตราการละลายของยาในทางเดินอาหาร และการซึมผ่านผนังทางเดินอาหาร การละลายของยาในทางเดินอาหารในร่างกายเป็นขั้นตอนสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของยาในร่างกาย ผลิตภัณฑ์ที่มีการละลายในร่างกาย (in vivo) เหมือนกันมักจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชีวสมมูล

การศึกษาชีวสมมูลโดยทั่วไปมักจะเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ยาในคน แต่เป็นวิธีที่ยุ่งยาก มีค่าใช้จ่ายสูง จึงมีความพยายามที่จะหาวิธีเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์โดยไม่ต้องทดสอบในคนแต่สามารถบ่งบอกถึงความเท่าเทียมกันของยาในด้านความปลอดภัยและประสิทธิภาพได้ การทดสอบการละลายของยาสามัญจึงบ่งชี้ว่าจำเป็นต้องทดสอบในคนหรือไม่ ช่วยลดการทดสอบยาในคนโดยไม่จำเป็น ดังนั้น ข้อมูลการศึกษาการละลายของยาจึงถูกนำมาใช้ในทุกขั้นตอนตลอดวงจรชีวิตของผลิตภัณฑ์ยา

วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อรวบรวมการประยุกต์ใช้การทดสอบการละลายของยาในระยะต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเลิกจำหน่าย เริ่มตั้งแต่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ การเปรียบเทียบผลิตภัณฑ์ยาสามัญกับยาต้นแบบในการศึกษาชีวสมมูล การควบคุมคุณภาพยา การพัฒนากระบวนการผลิต การกำหนดอายุการใช้ การขึ้นทะเบียนยา และเมื่อมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในการผลิตยา บทความนี้จะจำกัดเฉพาะยาสามัญที่เป็นของแข็งที่ใช้รับประทาน

ค่าการละลายหรือขีดการละลายของยา (solubility)

เมื่อใส่ของแข็งปริมาณมากเกินพอในตัวทำละลาย โมเลกุลของของแข็งจะหลุดจากผิวกลายเป็นสารละลาย และมีการละลายเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดสมดุลซึ่งก็คือจุดสารละลายอิ่มตัว ความเข้มข้นของสารละลายอิ่มตัวที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ก็คือค่าการละลายของสารในตัวทำละลายนั้นที่อุณหภูมิทดสอบ ค่าการละลายของตัวยาในตัวทำละลายต่าง ๆ เป็นประโยชน์ในการเตรียมยา การพัฒนาสูตรตำรับ ยาที่มีค่าการละลายในน้ำสูงจะเป็นยาที่มีอัตราการละลายเร็วจึงมีผลต่ออัตราเร็วและปริมาณที่ยาเข้าสู่ร่างกายและส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของยาในร่างกาย

ค่าการละลายของตัวยาขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น สมบัติการชอบน้ำหรือไขมันของตัวยา ขนาดโมเลกุล รูปผลึก ชนิดของเกลือ การแตกตัวเป็นไอออนของตัวยา ขนาดอนุภาคผงยา ชนิดของตัวทำละลาย ความหนืด อุณหภูมิ pH

หลักการจัดกลุ่มตัวยาตามสมบัติทางชีวเภสัชกรรม

สำหรับยาที่ละลายในน้ำได้ทันทีอัตราเร็วของการละลายและอัตราเร็วในการซึมผ่านผนังทางเดินอาหารเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วและปริมาณของยาที่เข้าสู่ร่างกายซึ่งเรียกว่า ชีวประสิทธิผลของยา หากอัตราการละลายของยาช้ากว่าอัตราการดูดซึมจะเกิดการดูดซึมน้อยลง การดูดซึมที่ช้าเนื่องจากการละลายช้าก็ทำให้ความเข้มข้นสูงสุดของยาในเลือดลดลงเช่นกัน ชีวประสิทธิผลของยารับประทานจึงขึ้นกับค่าการละลาย สัมประสิทธิ์การซึมผ่านของตัวยาและอัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ยา Amidon et al. (1995)

ได้จัดแบ่งกลุ่มตัวยาโดยอาศัยค่าการละลายในน้ำและสัมประสิทธิ์การซึมผ่านหรือการดูดซึมของตัวยา เรียกว่า การจัดกลุ่มตัวยาตามสมบัติทางชีวเภสัชกรรม (Biopharmaceutics Classification System หรือ BCS) โดยแบ่งตัวยาเป็น ๔ กลุ่ม ดังนี้

๑. BCS class I: การละลายดี การดูดซึมดี

๒. BCS class II: การละลายไม่ดี การดูดซึมดี

๓. BCS class III: การละลายดี การดูดซึมไม่ดี

๔. BCS class IV: การละลายไม่ดี การดูดซึมไม่ดี

ในที่นี้ การละลายดี หมายความว่า ตัวยาในขนาดความแรงสูงสุดที่มีจำหน่ายหรือขนาดสูงสุดในรายการยาจำเป็นขององค์การอนามัยโลก ละลายได้หมดในน้ำ ๑ แก้ว (ประมาณ ๒๔๐-๒๕๐ มิลลิลิตร) ที่ ๓๗ ± ๑ °C ในตัวทำละลายที่ pH ๑.๒, ๔.๕ และ ๖.๘ ส่วนการดูดซึมดี หมายความว่า มีชีวประสิทธิผล (bioavailability) ร้อยละ ๘๕ ขึ้นไป หรือได้จากการคำนวณสมดุลของมวลยาที่ถูกดูดซึม

การละลายดีหรือไม่อาจพิจารณาได้จากค่า Dose/Solubility ratio หากได้ค่าต่ำกว่า ๒๕๐ ลงมาก็ถือว่าละลายดี ส่วนการดูดซึมดีหรือไม่หากไม่มีข้อมูลชีวประสิทธิผลของยา อาจใช้ข้อมูลสนับสนุนจากการซึมผ่านทางลำไส้ของสารอ้างอิงที่ทราบว่ามีการซึมผ่านอย่างน้อยร้อยละ ๘๕ โดยวิธีที่เป็นทางเลือกอื่น เช่นการเปรียบเทียบการซึมผ่านผนังลำไส้ของคนหรือสัตว์ การซึมผ่าน Caco-2 cell หรือค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (permeability coefficient) ในสัตว์ทดลอง หรือประมาณได้จากค่าสัมประสิทธิ์การแบ่งภาค (partition coefficient)

การจัดกลุ่มยาตามหลัก BCS นี้ มีประโยชน์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ยา การพัฒนาวิธีทดสอบการละลายของยา และใช้เป็นข้อมูลในการศึกษาชีวสมมูลโดยยกเว้นการศึกษาในคนได้

อัตราการละลายของยา

ทฤษฎีการละลายที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์อธิบายการละลายของยาชนิดปลดปล่อย/ละลายยาทันทีและชนิดออกฤทธิ์นานมีหลายทฤษฎี กระบวนการละลายอย่างง่ายสามารถอธิบายได้โดยแบบจำลองการแพร่ (Diffusion layer model) ดังนี้ เมื่อผิวของผงยาสัมผัสกับตัวทำละลายจะเกิดฟิล์มของเหลวที่อยู่นิ่งติดกับผิวของแข็ง โมเลกุลที่ผิวของแข็งจะเกิดปฏิกิริยากับตัวทำละลาย (interfacial reaction) ละลายออกมา หากปฏิกิริยาเกิดเร็วจะเป็นสารละลายอิ่มตัวทันทีที่ผิวผงยา จากนั้นจะเกิดการแพร่ของโมเลกุลที่ละลายแล้วจากด้านที่มีความเข้มข้นสูง (คือค่าการละลาย) ที่ผิวของแข็งไปยังด้านที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า (มีความเข้มข้นเท่ากับสารละลายส่วนใหญ่) ในชั้นฟิล์มหรือชั้นที่เกิดการแพร่มีความลาดลงของความเข้มข้น (concentration gradient) ความหนาของชั้นฟิล์มนี้เรียกว่า diffusion

layer thickness ถัดจากชั้นฟิล์มจะเป็นสารละลายส่วนใหญ่ที่เป็นเนื้อเดียวกันอยู่รอบ ๆ ความเข้มข้นของสารละลายจะเท่ากันทุกส่วนเมื่อมีการกวน

อัตราการละลายของของแข็งในตัวทำละลายเป็นกระบวนการทางจลนศาสตร์ซึ่งเสนอในเชิงปริมาณเป็นครั้งแรกโดย Noyes and Whitney (1897) ต่อมาได้มีการขยายความโดยใช้กฎการแพร่ข้อแรกของฟิก (Fick's first law of diffusion) อาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{dM}{dt} = \frac{AD}{h}(C_s - C) \qquad (๑)$$

หรือ

$$\frac{dC}{dt} = \frac{AD}{Vh}(C_s - C) \qquad (๒)$$

ในที่นี้ M คือน้ำหนักของตัวถูกละลายที่ออกมาที่เวลา t, dM/dt คืออัตราการละลาย D คือสัมประสิทธิ์การแพร่ของตัวถูกละลายในสารละลาย A คือ พื้นที่ผิวของตัวถูกละลายที่สัมผัสกับตัวทำละลาย h คือ ความหนาของชั้นฟิล์มที่เกิดการแพร่ C_s คือ ค่าการละลายของของแข็ง C คือ ความเข้มข้นของตัวถูกละลายในสารละลายส่วนใหญ่ที่เวลา t และ V คือ ปริมาตรของสารละลาย

จากสมการข้างต้น ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการละลายของยา ได้แก่

๑. สมบัติของตัวยา

๑.๑ ค่าการละลายของยา ตัวยาที่มีค่าการละลายสูงจะละลายได้เร็วกว่ายาที่มีค่าการละลายต่ำ การเพิ่มค่าการละลายจึงเป็นวิธีเร่งให้ยาละลายเร็วขึ้น การเพิ่มค่าการละลายทำได้หลายวิธี เช่น ใช้รูปผลึกที่เป็นพหุสัณฐานที่มีค่าการละลายสูง แต่ต้องติดตามเมื่อเก็บไว้นานอาจมีการเปลี่ยนรูปผลึกได้ การใช้อนุภาคละเอียดเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสที่นิยมใช้ หากใช้ในขนาดไมครอนหรือเล็กกว่าจะช่วยเพิ่มขีดการละลายได้อีกเล็กน้อย เนื่องจากอนุภาคขนาดจิ๋วมีความโค้งของผงยามากกว่าจึงมีพลังงานเพิ่มขึ้นจากแรงตึงผิว การใส่สารลดแรงตึงผิวในสูตรยา หากใช้ปริมาณมากพอยังช่วยเพิ่มค่าการละลายของยาที่ละลายน้ำได้น้อยโดยการเกิดไมเซล แต่ต้องเลือกชนิดและปริมาณของสารลดแรงตึงผิวให้เหมาะสมเพราะสารลดแรงตึงผิวหลายชนิดมีผลต่อการดูดซึมของยาด้วย

๑.๒ พื้นที่ผิวหรือขนาดอนุภาค อัตราการละลายแปรผันโดยตรงกับพื้นที่ผิวของผงยาที่สัมผัสตัวทำละลาย การใช้อนุภาคยาขนาดเล็กลงในระดับไมโครหรือนาโนเมตรเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการเพิ่มอัตราการละลาย เพราะนอกจากจะเพิ่มพื้นที่ผิวแล้วยังเพิ่มขีดการละลายได้อีกเล็กน้อย การใส่สารลดแรงตึงผิวจำนวนเล็กน้อยจะช่วยให้ผงยาเปียกน้ำได้ดีขึ้น เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่สัมผัสตัวทำละลาย

๒. สมบัติของตัวทำละลาย

๒.๑ ความหนืด ความหนืดของตัวทำละลายมีผลต่อค่า D และ h ความหนืดที่เพิ่มขึ้นจะลดอัตราการละลาย ความหนืดของตัวทำละลายจะลดลงเมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น

๒.๒ pH ของตัวทำละลายที่เลียนแบบทางเดินอาหารคือ pH ๑.๒, ๔.๕ และ ๖.๘ อาจมีผลต่อค่าการละลายของยาที่เป็นกรดอ่อนหรือเบสอ่อน หรือมีผลต่อความคงสภาพของยาบางชนิด ส่วนประกอบของตัวทำละลายควรใช้ตามฟาร์มาโคเปีย (United States Pharmacopeia, 2015) กำหนด หรือใช้ตามคำแนะนำของ US FDA (Orange book, 2014) ไม่นิยมใช้น้ำเป็นตัวกลางทำละลายเนื่องจากไม่สามารถควบคุม pH ได้

๒.๓ ความเข้มข้นของยาที่ละลายแล้ว ในช่วงแรกของการละลายค่า C มีค่าน้อยกว่า C_S มาก เรียกว่าเป็น sink condition การละลายเป็นแบบปฏิกิริยาอันดับศูนย์ dM/dt มีค่าคงที่จนกระทั่งความเข้มข้นของยาที่ละลายแล้วสูงถึงประมาณร้อยละ ๑๕ ของค่าการละลายอัตราการละลายจะช้าลงเป็นแบบปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง ควรเลือกตัวกลางทำละลายที่เป็น sink condition ในทุกความแรง

๒.๔ สารลดแรงตึงผิว สำหรับยาที่ละลายน้ำได้น้อย อาจต้องเพิ่มสารลดแรงตึงผิวในตัวทำละลายเพื่อเพิ่มขีดการละลายของตัวยาให้การทดสอบอยู่ในช่วง sink condition แต่ต้องเลือกชนิดและปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้วิธีทดสอบสามารถแยกได้ว่าผลิตภัณฑ์ยานั้นดีหรือไม่ดี

๓. วัตถุดิบ สูตรตำรับ กรรมวิธีการผลิต เครื่องมือที่ใช้ผลิต สถานที่ผลิต ขนาดรุ่นผลิต อาจมีผลต่ออัตราการละลายของยาได้

๔. สภาวะการทดสอบ เครื่องทดสอบอัตราการละลายควรรักษาสภาวะการทดสอบให้คงที่คือ อุณหภูมิ ความเร็วรอบ มีการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือและวิธีทดสอบ วิธีวิเคราะห์ ตามข้อกำหนดในฟาร์มาโคเปีย

การทดสอบอัตราการละลายของยากินในรูปของแข็ง

การทดสอบการละลายในฟาร์มาโคเปียมุ่งหวังที่จะให้เป็นตัววัดความสม่ำเสมอของยาที่ผลิตแต่ละรุ่น ยาชนิดเดียวกันที่ผลิตต่างรุ่นหากมีลักษณะการละลายเหมือนกันก็น่าจะมีประสิทธิภาพในร่างกายคนเหมือนกัน แม้ว่าจะมีการสร้างเครื่องมือทดสอบการละลายหลากหลาย ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีพื้นฐานที่กำหนดในฟาร์มาโคเปียสำหรับยาที่ละลายทันทีและยาออกฤทธิ์นานสำหรับรับประทาน วิธีทดสอบการละลายที่ดีควรสามารถบอกความแตกต่างของสูตรตำรับที่ต่างกันได้ และสามารถใช้กับยาที่มีหลายความแรงและสัมพันธ์กับการทำงานของยาในร่างกายมีความทนต่อสภาวะการทดสอบ

เครื่องทดสอบการละลาย (Dissolution apparatus) เป็นเครื่องมือเลียนแบบทางเดินอาหารในร่างกายได้ระดับหนึ่ง เครื่องทดสอบการละลายตามฟาร์มาโคเปียกำหนดขึ้นเป็นครั้งแรกใน United

States Pharmacopeia (USP) เล่มที่ ๑๓ ใน ค.ศ. ๑๙๗๐ ปัจจุบันนี้มีความร่วมมือกันระหว่างประเทศกำหนดเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก สำหรับข้อกำหนดของเครื่องมือและวิธีทดสอบการละลาย USP Apparatus 1 (Rotating basket) และ USP Apparatus 2 (Paddle) เป็นเครื่องมือทดสอบการละลายที่มีใช้ทั่วไป

ตัวกลางทำละลาย (medium) ควรเลียนแบบภาวะในทางเดินอาหาร เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์มีความเหมาะสมเพื่อให้ได้กราฟการละลาย อย่างน้อยต้องมี ๓-๔ จุดเวลา (ไม่นับเวลา ๐) ระยะห่างเท่า ๆ กัน สำหรับยาออกฤทธิ์นานต้องเพิ่มจุดเวลาเพื่อให้ได้กราฟการละลายที่มีลักษณะสมบูรณ์ ตารางที่ ๑ เป็นตัวอย่างสภาวะการทดสอบและตัวกลางทำละลายที่นิยมใช้สำหรับยาที่ปลดปล่อยตัวยาได้ทันที

ตารางที่ ๑ สภาวะการทดสอบการละลายสำหรับยารับประทานในรูปของแข็งที่ปลดปล่อยทันที

เครื่องมือทดสอบ (เลือกได้)	Paddle, ๕๐ (๗๕) rpm หรือ Basket, ๑๐๐ rpm
ตัวกลางทำละลาย (การเปรียบเทียบกราฟการละลายให้ใช้ ๓ ชนิด)	๑. ๐.๑ N HCl หรือ buffer pH ๑.๒ หรือ simulated gastric fluid without enzymes ๒. Buffer pH ๔.๕ ๓. Buffer pH ๖.๘ หรือ simulated intestinal fluid without enzymes
ปริมาตรตัวกลางทำละลาย	๙๐๐ ml หรือน้อยกว่า
อุณหภูมิ	๓๗°C ± ๐.๕°C
เวลาที่เก็บตัวอย่าง (ที่นิยมใช้)	๑๐, ๑๕, ๒๐, ๓๐, ๔๕, (๖๐, ๑๒๐) min.
จำนวนหน่วยของยา (แต่ละภาชนะ)	๑๒ สำหรับการศึกษาที่เป็นทางการ

การระบุอัตราการละลายของยา

การระบุอัตราการละลายอาจทำได้ ๓ แบบ คือ การระบุค่าเดียว การระบุ ๒ ค่า หรือการเสนอเป็นกราฟการละลาย การระบุจุดเดียว เช่น อัตราการละลายไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘๐ ในเวลา ๑๕ นาที เป็นวิธีที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพการผลิตเป็นประจำ การระบุ ๒ ค่า จะบ่งถึงคุณภาพและลักษณะการละลายว่าเร็วช้าเพียงใด เหมาะกับการควบคุมคุณภาพยาที่ละลายช้า การเสนอเป็นกราฟการละลายคือการพล็อตกราฟระหว่างปริมาณยาที่ละลายคิดเป็นร้อยละของปริมาณยาที่ระบุบนฉลากกับเวลา กราฟการละลายจะแสดงถึงอัตราเร็วและปริมาณที่ยาละลายออกมาซึ่งสะท้อนถึงประสิทธิภาพของยาในร่างกายได้ดี ดังนั้น

ข้อกำหนดการละลายที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพ (specification) ควรได้มาจากกราฟการละลายของรุ่นที่ใช้ศึกษาวิจัยทางคลินิกที่สำคัญ (pivotal clinical studies) หรือรุ่นที่ใช้ศึกษาชีวสมมูล (biobatch) ซึ่งนำมาใช้สนับสนุนข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับการควบคุมคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อให้มั่นใจว่ายาที่ผลิตรุ่นต่อมาจะมีประสิทธิภาพในร่างกายเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังใช้ในการเปรียบเทียบกราฟการละลายเพื่อขอยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ สำหรับยากลุ่ม BCS และยาที่ขนาดความแรงต่างกัน ในกรณีที่ยานั้นเคยมีผลการศึกษาชีวสมมูลในความแรงอื่นแล้ว และใช้เปรียบเทียบเมื่อมีการปรับปรุงแก้ไขเปลี่ยนแปลงภายหลังจากได้รับทะเบียนยาแล้ว

การเปรียบเทียบอัตราการละลายของยา

อัตราการละลายของยาในเครื่องทดสอบการละลายอาจจัดได้เป็น ๓ ระดับ ดังนี้

๑. ยาที่ละลายได้เร็วมาก (very rapidly dissolving) หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ยามีการปล่อยตัวยาสำคัญในตัวทำละลายได้ร้อยละ ๘๕ หรือมากกว่า ภายในเวลา ๑๕ นาที

๒. ยาที่ละลายได้เร็ว (rapidly dissolving) หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ยามีการปล่อยตัวยาสำคัญในตัวทำละลายได้ร้อยละ ๘๕ หรือมากกว่า ภายในเวลา ๓๐ นาที

๓. ยาที่ละลายได้ช้า (slowly dissolving) หมายความว่า ผลิตภัณฑ์ยามีการปล่อยตัวยาสำคัญในตัวทำละลายได้น้อยกว่าร้อยละ ๘๕ ภายในเวลา ๓๐ นาที

การพิจารณาความเหมือนกันของกราฟการละลายมีหลักดังนี้ *[ข้อมูลจากกองควบคุมยา (๒๕๕๒), US Dept. of Health (1997), The European Medicines Agency (2010), (Y Zhang et al., (2010)]*

๑. ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์ยาอ้างอิงและผลิตภัณฑ์ยาทดสอบละลายได้มากกว่าร้อยละ ๘๕ ภายใน ๑๕ นาที สามารถยอมรับว่ากราฟแสดงการละลายของผลิตภัณฑ์ยาทดสอบเหมือนกับผลิตภัณฑ์ยาอ้างอิง โดยไม่จำเป็นต้องประเมินค่าทางคณิตศาสตร์ ทั้งนี้เนื่องจากการละลายเร็วมากนี้ค่าชีวประสิทธิผลไม่ถูกจำกัดด้วยการละลาย แต่จะขึ้นกับระยะเวลาที่ยาอยู่ในกระเพาะอาหาร เวลาที่ยาอยู่ในกระเพาะอาหารประมาณ ๑๕-๒๐ นาทีจะลดปริมาณลงครึ่งหนึ่ง การที่ยาละลายได้เกินร้อยละ ๘๕ ใน ๑๕ นาที จึงเสมือนกับการกินยาน้ำ ไม่มีผลต่อชีวประสิทธิผลของยา

๒. ในการเปรียบเทียบกราฟแสดงการละลายให้คำนวณค่าความเหมือนกัน (similarity factor, f_2) ซึ่งคำนวณจากลอการิทึมของส่วนกลับของรากที่สองของผลรวมกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อน เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้วัดความเหมือนในรูปเปอร์เซ็นต์การละลายระหว่างเส้นกราฟทั้งสองที่เปรียบเทียบกัน

$$f_2 = 50 \times \log \left[\left\{ 1 + \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n} (R_t - T_t)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \times 100 \right] \quad (๓)$$

ในที่นี้ n หมายถึง จำนวนจุดที่สุ่มตัวอย่าง R_t คือ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การละลายของยาต้นแบบที่เวลา t และ T_t คือ ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การละลายของยาทดสอบที่เวลา t หากกราฟการละลาย ๒ เส้นเหมือนกันทุกเวลาจะได้ค่า f_2 = ๑๐๐ ค่า f_2 อยู่ระหว่าง ๕๐-๑๐๐ แสดงว่ากราฟการละลายมีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ ๑๐ ถือได้ว่ากราฟการละลายของผลิตภัณฑ์ทั้งสองมีความเหมือนกันหรือไม่มีความแตกต่างกันนั่นเอง ในการใช้ข้อมูลเพื่อคำนวณ f_2 จะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขดังนี้

- อย่างน้อยต้องมี ๓ จุดเวลา (ไม่รวมเวลาที่ ๐)
- จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาทั้งผลิตภัณฑ์ยาทดสอบและผลิตภัณฑ์ยาอ้างอิงอย่างละ ๑๒ หน่วย (เม็ด แคปซูล หรืออื่น ๆ) ทุกจุดเวลา
- ไม่ใช้ค่าเฉลี่ยของการละลายเกินหนึ่งค่าสำหรับการละลายที่มากกว่าร้อยละ ๘๕ หรือเมื่อปริมาณยาที่ละลายคงที่ในแต่ละสูตรตำรับ
- เปอร์เซ็นต์สัมประสิทธิ์การเบี่ยงเบน (% CV) ของการละลายในแต่ละผลิตภัณฑ์ จุดแรกต้องไม่เกินร้อยละ ๒๐ และตั้งแต่จุดเวลาที่ ๒ ถึงจุดสุดท้ายต้องไม่เกินร้อยละ ๑๐

ค่า f_2 คือ similarity factor มีค่าอยู่ในช่วง ๕๐-๑๐๐ แสดงว่ากราฟทั้ง ๒ เส้นต่างกันไม่เกินร้อยละ ๑๐ จึงจะยอมรับว่ากราฟแสดงการละลายของผลิตภัณฑ์ยาทดสอบเหมือนกับผลิตภัณฑ์ยาอ้างอิง

๓. กรณีที่ค่า % CV ของการละลายที่เวลาเดียวกันมีค่าสูงเกินจากที่กำหนดในข้อ ๒ แสดงว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีความแปรปรวนมาก อาจจะใช้วิธีทางสถิติที่เหมาะสม เช่น Multivariate confident region statistics (European Medicines Agency, 2010)

การทดสอบการละลายเพื่อการควบคุมคุณภาพ

การทดสอบการละลายเป็นเครื่องมือในการควบคุมคุณภาพซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสม่ำเสมอในการผลิต เป็นหัวข้อที่กำหนดเป็นมาตรฐานในฟาร์มาโคเปียสำหรับยาบางชนิด โดยมีรายละเอียด เครื่องมือ วิธีการทดสอบ ชนิดของตัวกลางทำละลาย เวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างข้อกำหนดของยาในแต่ละมอโนกราฟ ผู้ใช้ต้องตรวจสอบความถูกต้องก่อน โดยทั่วไปจะกำหนดการเก็บตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์ที่จุดเวลาเดียว เช่น กำหนดให้มีการละลายไม่น้อยกว่าร้อยละ ๘๐ (Q) ที่เวลา ๒๐ นาที

สำหรับยาที่ไม่มีในฟาร์มาโคเปีย ผู้ผลิตต้องพัฒนาวิธีทดสอบการละลายขึ้นมาเองโดยวิธีนั้นเป็นวิธีที่สามารถบอกความแตกต่างของยาที่มีมาตรฐานกับยาที่ไม่ได้มาตรฐาน ควรใช้ได้กับยาทุกความแรง ในการทดสอบการละลายควรมีการเก็บตัวอย่างที่เวลาต่าง ๆ แล้วนำไปวิเคราะห์โดยวิธีที่เหมาะสม เวลาที่เก็บตัวอย่าง ความถี่ในการเก็บตัวอย่างขึ้นกับชนิดของยาและอัตราการละลาย สำหรับยาที่ปลดปล่อยทันทีควรเก็บตัวอย่างที่เวลา ๑๐, ๑๕, ๒๐, ๓๐, ๔๕, ๖๐ นาที

สำหรับยาที่ละลายช้าอาจตั้งข้อกำหนดการละลายที่ ๒ เวลา หรือกำหนดเป็นช่วง ๆ สำหรับยาออกฤทธิ์นาน เมื่อได้ข้อกำหนดการละลายแล้ว การทดสอบจริงควรอิงวิธีการทดสอบในฟาร์มาโคเปีย การทดสอบครั้งแรกใช้ ๖ หน่วย หากยังไม่ผ่านการยอมรับให้ทดสอบครั้งที่ ๒ อีก ๖ หน่วย หากยังไม่ผ่านอีกให้ทดสอบครั้งที่ ๓ อีก ๑๒ หน่วย ดังตารางที่ ๒

ตารางที่ ๒ การแปลความข้อกำหนดการละลายที่บอกเป็นตัวเลข (Q) เช่น NLT 80% (Q) ของปริมาณที่ระบุบนฉลากที่ละลายออกมาภายใน ๓๐ นาที

ระดับที่	จำนวนหน่วยที่ทดสอบ	เงื่อนไขการยอมรับ	ตัวอย่าง
S_1	๖	แต่ละหน่วย ≥ Q+5	แต่ละหน่วย ≥ Q+5
S_2	๖	ค่าเฉลี่ยของ ๑๒ หน่วย $(S_1 + S_2) > Q$ ไม่มีหน่วยใด ≤ Q-15%	ค่าเฉลี่ย > 80% ไม่มีหน่วยใด < 65%
S_3	๑๒	ค่าเฉลี่ยของ ๒๔ หน่วย $(S_1 + S_2 + S_3) > Q$ ไม่เกิน ๒ หน่วย < Q-15% ไม่มีหน่วยใด < Q-25%	ค่าเฉลี่ย > 80% ไม่เกิน ๒ หน่วย < 65% ไม่มีหน่วยใด < 55%

การทดสอบการละลายและการยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์

การทดสอบการละลายสามารถใช้ศึกษาชีวสมมูลโดยไม่ต้องทดสอบในคนได้สำหรับยาบางชนิด เรียกว่า การยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ (biowaiver) ตามหลัก BCS *(US Dept. of Health, 2000)* โดยพิจารณาจากสมบัติของตัวยาและสมบัติของผลิตภัณฑ์ในหัวข้อต่อไปนี้

- ตัวยาสำคัญจัดอยู่ในกลุ่ม BCS ใด

- อัตราเร็วและความเหมือนกันของกราฟการละลายของยาอ้างอิงและยาทดสอบในตัวกลางทำละลาย ๓ pH ที่ ๑.๒, ๔.๕ และ ๖.๘

- สารปรุงแต่งยาต้องเป็นชนิดและปริมาณที่ใช้ทั่วไป ไม่มีผลต่อการดูดซึมยา และไม่มีอันตรกิริยาต่อเภสัชจลนศาสตร์ของตัวยาสำคัญ

- ไม่เป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบให้มีการดูดซึมในช่องปาก

- ไม่เป็นยาที่มีช่วงการรักษาแคบ

- ดุลระหว่างความเสี่ยงและประโยชน์ที่ได้รับจากการยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์นั้นยอมรับได้ หากยาที่เปรียบเทียบในเครื่องทดสอบไม่มีชีวสมมูล พิจารณาจากช่วงการรักษาและข้อบ่งชี้ของยา

องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ในกรณีต่อไปนี้

๑. ตัวยาอยู่ในกลุ่ม BCS Class I มีอัตราการละลายเร็วมาก (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ ๘๕ ใน

๑๕ นาที) หรือละลายเร็ว (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ ๘๕ ใน ๓๐ นาที) ในตัวทำละลาย ๓ ชนิด ที่ pH ๑.๒, ๔.๕ และ ๖.๘

๒. ตัวยาอยู่ในกลุ่ม BCS Class II ที่เป็นกรดอ่อน มีอัตราการละลายเร็ว (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ ๘๕ ใน ๓๐ นาที) ในตัวทำละลาย ๓ ชนิด ที่ pH ๑.๒, ๔.๕ และ ๖.๘

๓. ตัวยาอยู่ในกลุ่ม BCS Class III มีอัตราการละลายเร็วมาก (มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ ๘๕ ใน ๑๕ นาที) ในตัวทำละลาย ๓ ชนิด ที่ pH ๑.๒, ๔.๕ และ ๖.๘

สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศแรกที่ยอมรับการยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ตามหลัก BCS (biowaiver) ใน ค.ศ. ๒๐๐๐ โดยรับเฉพาะยาในกลุ่ม BCS I *(US Dept. of Health, 2000)* ต่อมามีผลงานวิจัยจำนวนมากสนับสนุน ความเป็นไปได้ที่จะยกเว้นสำหรับยา BCS III *(Jantratid et al., 2006)* ด้วย ซึ่งเป็นที่ยอมรับขององค์กรยาของยุโรป (EMA) จึงได้ปรับปรุงหลักเกณฑ์การศึกษาชีวสมมูล *(European Medicines Agency, 2010)* มีผลบังคับใช้เมื่อเดือนสิงหาคม ค.ศ. ๒๐๑๐ โดยให้ยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ตามเกณฑ์ข้อ ๑ และ ๓ ขององค์การอนามัยโลก ส่วนของสหรัฐอเมริกาและของประเทศไทยยังคงให้ยกเว้นเฉพาะเกณฑ์ข้อ ๑

การทดสอบการละลายเพื่อขอยกเว้นการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์สำหรับยาต่างความแรง

ยาที่มีผลการศึกษาชีวประสิทธิผลหรือชีวสมมูลในความแรงหนึ่งแล้ว เมื่อจะขอขึ้นทะเบียนที่ความแรงต่างกันสามารถขอยกเว้นการศึกษาในมนุษย์ได้โดยใช้ผลการเปรียบเทียบกราฟการละลายประกอบภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้ *(US Dept. of Health, 1997)*

- ผลิตภัณฑ์ยาต้องผลิตโดยผู้ผลิต/สถานที่ผลิต/กระบวนการผลิตเดียวกัน

- มีชนิดของส่วนประกอบในตำรับเหมือนกัน ยกเว้นกลิ่นและสีที่ใช้

- มีรูปแบบและสัดส่วนของสารออกฤทธิ์ต่อสารไม่ออกฤทธิ์ (active ingredient/inactive ingredient) เช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ที่ได้เคยศึกษาชีวประสิทธิผลเปรียบเทียบกับยาต้นแบบมาแล้ว แต่มีความแรงต่างกัน เช่น ยาเม็ดความแรง ๕๐ มิลลิกรัมมีส่วนประกอบอื่น ๆ ในตำรับทุกตัวเป็นครึ่งหนึ่งของยาเม็ดความแรง ๑๐๐ มิลลิกรัม เป็นต้น

สำหรับผลิตภัณฑ์ยาที่มีปริมาณตัวยาสำคัญในตำรับต่ำมาก ๆ (น้อยกว่าร้อยละ ๕ ของน้ำหนักรวม) เป็นยาที่มีฤทธิ์แรง น้ำหนักรวมของยาทุกความแรง ควรมีค่าใกล้เคียงกันในหนึ่งหน่วย (อยู่ในช่วงร้อยละ ±๑๐ ของน้ำหนักรวม) โดยลดปริมาณสารเฉื่อยบางตัวเท่ากับปริมาณของตัวยาที่เพิ่มขึ้นในความแรงอื่น สัดส่วนของสารไม่ออกฤทธิ์ของความแรงต่าง ๆ ควรใกล้เคียงกัน

- มีข้อมูลการศึกษาชีวสมมูลของขนาดความแรงหนึ่ง

- เภสัชจลนศาสตร์ของตัวยามีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของยา (linear pharmacokinetics) ตลอดช่วงขนาดที่ให้ผลการรักษา

- กราฟแสดงการละลายของยาที่ความแรงอื่น ๆ เมื่อเทียบกับความแรงของรุ่นที่ใช้ในการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์เหมือนกันภายใต้สภาวะเดียวกัน (similarity f_2 มากกว่าหรือเท่ากับ 50)

การทดสอบการละลายเพื่อขอยกเว้นการศึกษาในมนุษย์สำหรับยาที่มีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงภายหลังการอนุมัติทะเบียน (variations)

ยาที่ผ่านการทดสอบชีวสมมูลแล้วจะถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นมีประสิทธิภาพในการรักษาเท่าเทียมกันระหว่างยาสามัญกับยาอ้างอิงที่นำมาเปรียบเทียบ เมื่อมีการผลิตยาเพื่อจำหน่ายรุ่นต่อ ๆ มา ต้องมั่นใจได้ว่ายาทุกรุ่นผลิตมีชีวสมมูล หากมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบ สูตรตำรับ ขนาดความแรง ขนาดรุ่นผลิต กรรมวิธีการผลิต เครื่องมือผลิต การย้ายสถานที่ผลิต หรือการจ้างผลิต ต้องแสดงความเท่าเทียมกันกับรุ่นที่ใช้ศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ โดยสามารถเปรียบเทียบการละลาย/ปลดปล่อยตัวยาในหลอดทดลองแทนการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ได้ ในกรณีต่อไปนี้ *(US Dept. of Health, 1995)*

๑. ยาจากผู้ผลิตเดียวกัน ที่มีการเปลี่ยนแปลงสูตรตำรับเพียงเล็กน้อย เช่น เปลี่ยนสี กลิ่น รส หรือเปลี่ยนส่วนผสมของสารไม่ออกฤทธิ์บางตัว โดยมีข้อมูลแสดงความเท่าเทียมกันทางเภสัชกรรม (pharmaceutical equivalence) และความคงตัวของยาเหมือนกับสูตรตำรับเดิมที่ได้รับอนุมัติและมีข้อมูลการศึกษาชีวสมมูลแล้ว กรณีที่มีการใช้สารไม่ออกฤทธิ์ชนิดใหม่ หรือใช้ในปริมาณมาก ควรมีข้อมูลสนับสนุนพร้อมกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น หน้าที่ของสารดังกล่าวในสูตรตำรับ กระบวนการผลิต รายการเครื่องมือเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

๒. ยาจากผู้ผลิตเดียวกันกับยาตำรับเดิมที่มีข้อมูลการศึกษาชีวสมมูลแล้ว แต่มีการเปลี่ยนแหล่งผลิตวัตถุดิบที่เป็นตัวยาสำคัญ โดยมีข้อมูลแสดงความเท่าเทียมกันทางเภสัชกรรม ความคงตัวของยา และกราฟแสดงการละลาย

๓. กรณีย้ายสถานที่ผลิต ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้

- วัตถุดิบ สูตรตำรับ และข้อกำหนดคุณภาพมาตรฐานเหมือนกับยาที่เคยได้รับอนุมัติแล้ว
- กระบวนการผลิตเหมือนเดิม และผ่านการตรวจสอบความถูกต้อง (process validation) แล้ว
- สถานที่ใหม่ผ่านการตรวจรับรองมาตรฐานการผลิตและควบคุมคุณภาพตามข้อกำหนด GMP แล้ว
- มีข้อมูลการศึกษาชีวสมมูลของยาตำรับเดิมที่ได้รับอนุมัติแล้ว

๔. กรณีเปลี่ยนกระบวนการผลิต และ/หรือ เครื่องมือ/เครื่องจักรใหม่ ต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้

- ยามีสูตรตำรับ สัดส่วน รูปแบบเหมือนเดิม และผู้ผลิตเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ยาที่ได้เคยศึกษาชีวประสิทธิผลเปรียบเทียบมาแล้ว

- สถานที่ผลิตคงเดิม และกระบวนการผลิตหรือเครื่องมือ/เครื่องจักรใหม่นั้นได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้ว

- ผลการศึกษากราฟแสดงการละลายเหมือนเดิม

๕. เมื่อมีหลักฐานทางวิชาการที่น่าเชื่อถือได้ยืนยันว่า ผลการศึกษาการละลาย/ปลดปล่อยตัวยาในหลอดทดลองมีความสัมพันธ์กับผลการศึกษาชีวสมมูลในมนุษย์ (in vitro-in vivo correlation – IVIVC) สามารถใช้การศึกษาการละลาย/การปลดปล่อยตัวยาในหลอดทดลองแสดงถึงชีวสมมูลของยานั้นได้ *[US Dept. of Health (1997), Cardot (2007)]*

บทสรุป

การละลายของยามีความสำคัญต่อประสิทธิภาพของยาในร่างกาย การทดสอบการละลายจึงเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์มากและมีการใช้ในระยะต่าง ๆ ตลอดวงจรชีวิตของยา เริ่มตั้งแต่การพัฒนายาใหม่ การพัฒนายาสามัญ การเลือกสารปรุงแต่ง การเปรียบเทียบสูตรตำรับ การพัฒนากระบวนการผลิต การทดสอบความคงสภาพ การขึ้นทะเบียนยา การควบคุมคุณภาพ การเปรียบเทียบกราฟการละลายระหว่างยาสามัญกับยาอ้างอิง ระหว่างยาที่ผลิตแบบเดิมกับเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภายหลัง มีหลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการทดสอบและการประยุกต์ใช้ในกรณีต่าง ๆ ซึ่งได้รวบรวมไว้ในที่นี้

บรรณานุกรม

กองควบคุมยา สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ๒๐๐๙. คู่มือการศึกษาชีวประสิทธิผลและชีวสมมูลของผลิตภัณฑ์ยา.

Amidon, G.L., Lennernas, H., Shah, V.P., Crison, J.R. A. Theoretical basis for a biopharmaceutic drug classification: the consideration of *in vitro* drug dissolution and *in vivo* bioavailability. Pharm Res 1995, 12, 413-420.

Cardot, J.M., Beyssac, E., Alric, M. 2007. *In vitro–in vivo* correlation: importance of dissolution in IVIVC. Dissolution Technol. 14:15-19.

Department of Health and Human Services, US Food and Drug Administration. 2000. HHS/FDA Guidance for Industry. Waiver of in vivo bioavailability and bioequivalence studies for immediate-release solid oral dosage forms based on a biopharmaceutics classification

system. Rockville, MD.

Guidance for Industry: Dissolution Testing of Immediate Release Solid Oral Dosage Forms, US Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER), Rockville, Md, USA. 1997.

Guidance for Industry: Immediate Release Solid Oral Dosage Forms. Scale-Up and Post approval Changes: Chemistry, Manufacturing and Controls, In Vitro Dissolution Testing and In Vivo BE Documentation, US Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Drug Evaluation and Research (CDER), Rockville, Md, USA, 1995.

Jantratid, E., Prakongpan, S., Amidon, G.L., Dressman, J.B. 2006. "Feasibility of biowaiver extension to biopharmaceutics classification system class III drug products: cimetidine." Clinical Pharmacokinetics 45(4): 385-399.

Noyes A.A, Whitney W.S. 1897. J Am Chem Soc. The rate of solution of solid substances in their own solutions. 19, 930-934.

Orange book: http://www.fda.gov/Drugs/DevelopmentApprovalProcess/ucm079068.htm# Therapeutic%20 Equivalence-Related%20Terms Accessed 26 October 2014.

The European Medicines Agency, Committee for Proprietary Medicinal Products (CPMP). 2010. Guidance on the investigation of bioequivalence.

United States Pharmacopeia (USP), U.S. Pharmacopeial Convention, Inc. Rockville, MD.

Zhang, Y., Huo, M., Zhou, J. et al. 2010. "DDSolver: an add-in program for modeling and comparison of drug dissolution profiles", AAPS Journal, vol. 12, no. 3, pp. 263–271.

Abstract **Dissolution Testing for Generic Drugs**

Sompol Prakongpan

Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand

Dissolution rate of a pharmaceutical product is an important factor for in vivo performance of the drug. The active pharmaceutical ingredient (API) has to be dissolved/released from oral product in the gastrointestinal tract in order to be absorbed. Dissolution testing has been successfully used in various stages of product life cycle including product development, drug registration, formulation development, manufacturing process, quality control and drug shelf-life. Dissolution testing also used in scale up and post approval changes (variations) of a product. In certain cases it can be used as surrogate for bioequivalence testing. This article review the guidelines and applications of dissolution testing for oral solid dosage generics.

***Keywords*:** dissolution, dissolution testing, bioavailability, bioequivalence, biopharmaceutic classification system, variations

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

โครงการศึกษาเพื่อประเด็นใหม่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน*

จงรักษ์ ผลประเสริฐ
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ
มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น
สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พรรณวีร์ เมฆวิชัย
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย
ทาคาชิ มิโน
มหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น

บทคัดย่อ

จำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นและการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในประเทศด้อยพัฒนาทางเศรษฐกิจ มลพิษสิ่งแวดล้อมส่วนมากเกิดจากการปล่อยของเสียจากบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกิดการปนเปื้อนในแหล่งน้ำ อากาศ และดิน มีผลเสียแก่สุขภาพคนและสัตว์ ประชากรเกือบครึ่งโลกมีความเป็นอยู่ในระดับยากจน ไม่มีระบบสุขาภิบาลที่เหมาะสมและน้ำสะอาดใช้อุปโภคบริโภค ประเด็นใหม่ด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง และปุ๋ยฟอสเฟต ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภาวะโลกร้อนและภัยพิบัติจากเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เช่น น้ำท่วม แผ่นดินไหว คลื่นสึนามิ ผลกระทบดังกล่าวถือได้ว่าเป็นภัยคุกคามความยั่งยืนของมนุษยชาติและก่อให้เกิดความเสียหายแก่แหล่งทรัพยากร เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม การพัฒนาคุณภาพชีวิตและสังคม การแก้ปัญหาเหล่านี้โดยอาศัยวิธีวิจัยแบบเดิมอาจไม่ประสบผลและไม่ถึงจุดหมายการพัฒนาที่ยั่งยืนขององค์การสหประชาชาติ ด้วยเหตุนี้แนวคิดการศึกษาแบบสหสาขาวิชาการ และการข้ามผ่านสาขาวิชาการ โดยที่นักวิจัยหลายสาขามาทำวิจัยร่วมกันในหัวข้อเรื่องหัวข้อหนึ่ง วางแผนตั้งโจทย์ร่วมกัน ตั้งแต่ช่วงริเริ่มโครงการจนกระทั่งนำไปสู่การแก้ปัญหาที่สมบูรณ์หรือได้ประเด็นใหม่ที่น่าสนใจจากงานวิจัยเรื่องนั้น ๆ จากการกลั่นเข้าด้วยกันของ

*บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เมื่อวันที่ ๒๐ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๕

สาขาวิชาหลายสาขา กรอบแนวความคิดดังกล่าวนี้ได้มีการริเริ่มและลงมือปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรมและแพร่หลายในวงการวิชาการระดับนานาชาติ เช่น กรณีศึกษาตามแนวคิดของมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ในโครงการบัณฑิตศึกษาวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนและภาวะความเป็นผู้นำในระดับนานาชาติที่เน้นการเพิ่มทักษะแก้ไขปัญหา สามารถนำไปใช้ได้จริง โดยมีที่มาจากการเชื่อมโยงกันในระหว่างหลักสูตรสาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบบสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและมนุษยศาสตร์ สมุทรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม สังคมวัฒนธรรมศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมและรัฐศาสตร์ระหว่างประเทศ ทั้งนี้กลุ่มนักศึกษามีโอกาสทำวิจัยในพื้นที่จริงเพื่อสืบค้นปัญหาและแนวทางการแก้ไขร่วมกัน ผ่านกระบวนทัศน์การวิจัยอย่างเป็นองค์รวม รวมทั้งมีโครงการแลกเปลี่ยนความรู้ เจตคติและประสบการณ์ระหว่างประเทศกับมหาวิทยาลัยชั้นนำทั้งในภูมิภาคและทั่วโลก โดยคาดหวังว่า โครงการนี้จะผลิตบัณฑิตที่มีความรู้ความสามารถ มีวิสัยทัศน์และความเป็นผู้นำในการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบและส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนของมวลมนุษยชาติ

คำสำคัญ : **การข้ามผ่านสาขาวิชาการ, ความยั่งยืน, สิ่งแวดล้อม, สหสาขาวิชาการ, การคิดอย่างองค์รวม**

๑. บทนำ

๑.๑ ความเป็นมาของการพัฒนาที่ยั่งยืน

อัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรโลก ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม และกระแสโลกาภิวัตน์ ตลอดจนการขยายตัวของภาวะเมืองอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดการผลิตและบริโภคที่เป็นผลเสียแก่สิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิต หากมนุษย์ยังคงดำเนินแนวทางการพัฒนาแบบเดิม โดยขาดการคำนึงถึงข้อจำกัดทางทรัพยากรธรรมชาติ ย่อมส่งผลต่อขีดความสามารถในการรองรับได้ของระบบนิเวศสำหรับคนรุ่นต่อไปอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ องค์การสหประชาชาติได้ตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงจัดการประชุมว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาขึ้นเมื่อ ค.ศ. ๑๙๙๒ และเมื่อสิ้นสุดการประชุมกลุ่มประเทศสมาชิกได้ร่วมกันร่างแผนปฏิบัติการสำหรับศตวรรษที่ ๒๑ เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน ซึ่งมีความหมายรวมถึง “การพัฒนาที่สนองตอบความต้องการของคนรุ่นปัจจุบัน โดยไม่ส่งผลกระทบต่อความต้องการของคนรุ่นต่อไปในอนาคต” หรือเป็นการพัฒนาโดยบูรณาการองค์ประกอบพื้นฐาน ๓ มิติ (UNCED, 1992) ดังนี้ (๑) มิติสิ่งแวดล้อม หรือการพัฒนาที่ควบคู่ไปกับการฟื้นฟูและอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศ (๒) มิติสังคม หรือการจัดสรรการใช้ทรัพยากรที่เป็นปัจจัยพื้นฐานอย่างเพียงพอและเท่าเทียม และ (๓) มิติเศรษฐกิจ หรือการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมและดุลยภาพในระบบนิเวศ

๑.๒ เป้าหมายการพัฒนาแห่งสหัสวรรษ

องค์การสหประชาชาติได้วางกรอบแนวทางการพัฒนา โดยตั้งเป้าหมายการพัฒนาแห่งสหัสวรรษ (Millennium Development Goals - MDGs) ที่สืบเนื่องมาจากผลการประชุมว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา โดยกลุ่มประเทศสมาชิกมีระยะเวลาดำเนินการเพื่อบรรลุเป้าหมาย ๘ ข้อ ภายใน ค.ศ. ๒๐๑๕ *(UNDP, 2013) A* ดังนี้

เป้าหมายที่ ๑ ขจัดความยากจนและความหิวโหย

เป้าหมายที่ ๒ ให้เด็กทุกคนได้รับการศึกษาระดับประถมศึกษาอย่างเท่าเทียมกัน

เป้าหมายที่ ๓ ส่งเสริมบทบาทสตรีและความเท่าเทียมทางเพศ

เป้าหมายที่ ๔ ลดอัตราการตายของเด็ก

เป้าหมายที่ ๕ พัฒนาสุขภาพสตรีมีครรภ์

เป้าหมายที่ ๖ ต่อสู้โรคเอดส์ มาลาเรีย และโรคสำคัญโรคอื่น ๆ

เป้าหมายที่ ๗ รักษา ส่งเสริมและจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เป้าหมายที่ ๘ ส่งเสริมการเป็นหุ้นส่วนเพื่อการพัฒนาในประชาคมโลก

๒. สถานการณ์ปัญหาความยั่งยืน

๒.๑ ปัญหาเศรษฐกิจและสังคม

จากรายงานสถิติความหนาแน่นของประชากรโลกรายปี ซึ่งเผยแพร่โดยองค์กรสหประชาชาติพบว่า ความหนาแน่นของประชากรโลกเพิ่มสูงขึ้นเกือบ ๓ เท่าตัว ในช่วงระยะ ๖๐ ปี จาก ๑๙ คนต่อพื้นที่ ๑ ตารางกิโลเมตรใน ค.ศ. ๑๙๕๐ เป็น ๕๑ คนต่อพื้นที่ ๑ ตารางกิโลเมตร ใน ค.ศ. ๒๐๑๐ *(Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, 2012)* ปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างต่อเนื่องส่งผลกระทบต่อขีดความสามารถในการรองรับของระบบนิเวศและดุลยภาพระหว่างทรัพยากรธรรมชาติกับมนุษย์อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัญหาที่พบ ได้แก่ การขาดแคลนที่อยู่อาศัย ตลอดจนระบบสุขาภิบาลที่สะอาดและสาธารณูปโภคที่จำเป็น โดยที่ประชากรทั่วโลกประมาณ ๑ พันล้านคนขาดแคลนน้ำดื่ม และประมาณ ๒.๔ พันล้านคนไม่สามารถเข้าถึงระบบสุขาภิบาลและสุขอนามัยที่ถูกสุขลักษณะ ส่งผลต่อการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ สังคม และคุณภาพชีวิต โดยเฉพาะประชากรในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา *(UNDP, 2013) B*

๒.๒ ปัญหาสิ่งแวดล้อม

๒.๒.๑ ปัญหาการขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ

การขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติเป็นผลมาจากความไม่สมดุลระหว่างปริมาณทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในระบบนิเวศกับจำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัญหาหลักที่พบได้แก่ ทรัพยากรที่หมดไป (ไม่สามารถสร้างขึ้นมาทดแทนได้ทันกับความต้องการในเวลาอันรวดเร็ว) เช่น น้ำมันดิบ ปิโตรเลียม ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติ นอกจากทรัพยากรจำพวกกลุ่มพลังงานแล้ว ยังพบปัญหาการร่อยหรอของทรัพยากรแร่ธาตุ เช่น ปัญหาแร่ฟอสฟอรัสที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมทางการเกษตร เพราะแหล่งแร่ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มจะถูกใช้หมดในอนาคตอันใกล้ หากไม่มีการรักษาสมดุลของฟอสฟอรัสในธรรมชาติอย่างเหมาะสม

๒.๒.๒ ปัญหาสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงและภัยธรรมชาติ

ปัญหาสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงและภัยธรรมชาติเป็นปัญหาหลักที่กำลังทวีความรุนแรงมากขึ้นทั่วโลกในปัจจุบัน กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ขององค์กรระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC) ได้สันนิษฐานว่า การเพิ่มขึ้นของปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์น่าจะเป็นสาเหตุหลักของปัญหาดังกล่าว ผลการศึกษาขององค์กรระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศพบว่าปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้เพิ่มสูงขึ้นจาก ๒๘๐ ส่วนในล้านส่วน ใน ค.ศ. ๑๘๐๐ เป็น ๓๖๐ ส่วนในล้านส่วน ใน ค.ศ. ๒๐๐๐ เช่นเดียวกับปริมาณแก๊สมีเทน ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นกว่าเท่าตัว จาก ๗๕๐ เป็น ๑,๗๕๐ ส่วนในพันล้านส่วนในช่วงเวลาเดียวกัน ส่วนแก๊สไนทรัสออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่มีการปฏิวัติการทำเกษตรกรรม โดยตรวจพบความเข้มข้นในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นจาก ๒๗๐ ส่วนในล้านส่วนใน ค.ศ. ๑๘๐๐ เป็น ๓๑๐ ส่วนในล้านส่วนใน ค.ศ. ๒๐๐๐ นักวิทยาศาสตร์สันนิษฐานว่า การสะสมของกลุ่มแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศได้ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกสูงขึ้นประมาณ ๐.๗๔ ± ๐.๑๘ องศาเซลเซียส ในช่วงต้นและช่วงปลายคริสต์ศตวรรษที่ ๒๐ *(IPCC, 2007)* การที่อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้นยังเป็นสาเหตุของปัญหาน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลายและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น ตลอดจนภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงมากขึ้น เช่น ภาวะแห้งแล้งและน้ำท่วมอย่างฉับพลันในพื้นที่หลายแห่ง ปริมาณและรูปแบบการเกิดฝนเปลี่ยนแปลงไป

๒.๒.๓ ปัญหามลพิษ

จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดปัญหามลพิษเพิ่มขึ้นตามมา เช่น มลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคคมนาคมขนส่ง ได้แก่ ฝุ่นละออง แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ โอโซน แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย นอกจากนี้ยังพบปัญหาคุณภาพแหล่งน้ำเสื่อมโทรมจากการปนเปื้อนโลหะหนักหรือสารเคมี และปัญหาเกี่ยวกับการจัดการขยะและของเสียอันตรายอย่างเป็นรูปธรรมก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง

๓. แนวทางงานวิจัย โดยอาศัยระเบียบวิธีวิจัยแบบสหสาขาวิชาการ (Multidisciplinary) และการข้ามผ่านสาขาวิชาการ (Transdisciplinary)

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นพบว่า โอกาสที่จะบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืนโดยอาศัยแนวทางและกระบวนการวิจัยแบบเดิมคงมีไม่มากนัก ดังนั้น แนวคิดจากการศึกษาแบบสหสาขาวิชาการและการข้ามผ่านสาขาวิชาการจึงเป็นแนวทางเลือกใหม่ให้นักวิจัยได้ริเริ่มดำเนินโครงการและขับเคลื่อนผลงาน เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่สมบูรณ์ หรือได้ประเด็นที่ใหม่จากงานวิจัยเรื่องนั้น ๆ โดยผ่านกระบวนวิธีดังต่อไปนี้

๓.๑ ระเบียบวิธีวิจัยแบบสหสาขาวิชาการ เป็นการศึกษาแบบบูรณาการพหุสาขาวิชา โดยการผสมผสานมุมมองเรื่องต่าง ๆ ในลักษณะที่ไม่แยกส่วน เชื่อมโยงและจัดการความรู้จากศาสตร์หลายสาขาวิชา เพื่อให้นักวิจัยเกิดความเข้าใจ และเห็นความสัมพันธ์ของปัญหาอย่างเป็นภาพรวม เช่น การบูรณาการสาระความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เข้ากับสาระความรู้ทางสังคมศาสตร์

๓.๒ ระเบียบวิธีวิจัยแบบข้ามผ่านสาขาวิชาการ เป็นการศึกษาโดยอาศัยความร่วมมือของนักวิจัยที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญและทักษะเฉพาะสาขา ในการวางแผนและกำหนดปัญหาของกระบวนการวิจัยร่วมกันตั้งแต่แรก เพื่อบูรณาการผสมผสานแนวคิดจากหลายสาขาเข้าด้วยกันอย่างเชื่อมโยง เป็นระเบียบแบบแผนนำไปสู่การแก้ปัญหางานวิจัยที่สมบูรณ์ โดยช่วยกันแก้ปัญหาในลักษณะเฉพาะหรือมีความซับซ้อนในศาสตร์แต่ละสาขาได้ ตลอดจนนำไปสู่ประเด็นใหม่ที่น่าสนใจจากงานวิจัยเรื่องนั้น ๆ อย่างเป็นระบบและองค์รวม

๔. กรณีศึกษามหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น : โครงการบัณฑิตศึกษาวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนและภาวะความเป็นผู้นำในระดับนานาชาติ (GPSS-GLI)

๔.๑ ความเป็นมาของ GPSS-GLI

โครงการบัณฑิตศึกษาวิทยาศาสตร์ความยั่งยืน ของมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น จัดตั้งขึ้นใน ค.ศ. ๒๐๐๗ โดยเริ่มต้นจากการบูรณาการกันในระหว่างหลักสูตรสาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ระบบสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและมนุษยศาสตร์ สมุทรศาสตร์และสิ่งแวดล้อม สังคมวัฒนธรรมศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม และรัฐศาสตร์ระหว่างประเทศ ตลอดจนแรงผลักดันจากเครือข่ายนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ความยั่งยืน ต่อมาใน ค.ศ. ๒๐๑๒ หลักสูตรดังกล่าวได้ยกระดับการศึกษาให้มีคุณภาพสูงขึ้น โดยพัฒนาและเพิ่มศักยภาพบัณฑิตของหลักสูตรให้มีความสามารถและทักษะความเป็นผู้นำในการแก้ไขปัญหาความยั่งยืนทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก ซึ่งได้รับการสนับสนุนอย่างเป็นทางการจากกระทรวงศึกษาธิการ วัฒนธรรม กีฬา วิทยาศาสตร์ และประเทศญี่ปุ่น

๔.๒ วิสัยทัศน์และพันธกิจของ GPSS-GLI

วิสัยทัศน์ของโครงการบัณฑิตศึกษาวิทยาศาสตร์ความยั่งยืน ของมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น *(GPSS-GLI, 2013)* คือมุ่งเน้นผลิตมหาบัณฑิตและดุษฎีบัณฑิตที่มีองค์ความรู้ ความเข้าใจใน

สาขาวิชาที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนและการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยอาศัยกระบวนการเรียนรู้จากทฤษฎีในห้องเรียน และประสบการณ์ตรงจากการปฏิบัติในพื้นที่จริง เพื่อสร้างเสริมทักษะและพัฒนาขีดความสามารถในการคิดริเริ่ม ตลอดจนเป็นผู้นำในการวางแผนแก้ไขปัญหาในระดับภูมิภาคและระดับโลกได้อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้ หลักสูตรยังมุ่งหวังให้มีการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ ผ่านกระบวนทัศน์และวิเคราะห์เชื่อมโยงแบบองค์รวม จากการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ระหว่างสหสาขาวิชาการ และการปฏิสัมพันธ์กันในระหว่างนักวิจัยระดับนานาชาติที่มีความแตกต่าง ความหลากหลายทางวัฒนธรรม โครงการฯ ได้ผลิตดุษฎีบัณฑิตและมหาบัณฑิตที่มาจากประเทศต่าง ๆ มากกว่า ๓๐ ประเทศทั่วโลก เช่น ญี่ปุ่น จีน เกาหลี ไทย เวียดนาม กัมพูชา ฟิลิปปินส์ สิงคโปร์ อินโดนีเซีย มาดากัสการ์ มองโกเลีย ภูฏาน จอร์แดน เนปาล ศรีลังกา เคนยา อิหร่าน โปแลนด์ สหรัฐอเมริกา เม็กซิโก สวิตเซอร์แลนด์ ออสเตรเลีย บราซิล ฝรั่งเศส สโลวาเกีย โปรตุเกส ชิลี จาไมกา อาเซอร์ไบจาน โบลิเวีย เอธิโอเปีย

๔.๓ ตัวอย่างงานวิจัยของหลักสูตร GPSS-GLI

ผลงานที่ทางโครงการบัณฑิตศึกษาวิทยาศาสตร์ความยั่งยืน ของมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเทศญี่ปุ่น ได้ดำเนินการศึกษาวิจัยโดยบูรณาการองค์ความรู้จากสหสาขาการวิชาเข้าไว้ด้วยกัน ได้แสดงไว้ดังหัวข้อวิจัยต่อไปนี้

- ปัจจัยจิตวิทยา สังคมและวัฒนธรรมที่มีผลต่อการรับรู้ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัญหาสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง กรณีศึกษาในประเทศไทย *(Kittipongvises, 2013)*

- การศึกษาและประเมินศักยภาพการดำเนินงานให้เงินทุนช่วยเหลือแก่กลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เพื่อนำไปใช้ฟื้นฟูพื้นที่หรือบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวในประเทศญี่ปุ่น ให้กลับสู่สภาพปรกติ *(Nagai, 2013)*

- นโยบายลดการปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากการทำลายป่าและความเสื่อมโทรมของป่าในประเทศกำลังพัฒนากับความมั่นคงในการครอบครองพื้นที่ป่าชุมชน กรณีศึกษาในประเทศกัมพูชา *(Thuon, 2013)*

- การประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์ทางเลือกแบบหลายปัจจัย เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเลือกใช้พลังงานสำหรับผลิตไฟฟ้า กรณีศึกษาในประเทศฝรั่งเศส *(Tauzin, 2013)*

๕. บทสรุป

ด้วยปัญหาการเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของภาวะเมืองอย่างต่อเนื่องในปัจจุบัน ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม อันจะเป็นอุปสรรคต่อการบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาอย่างยั่งยืนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้ กระบวนการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยระเบียบวิธีวิจัยแบบเดิม อาจไม่ประสบผลตามที่คาดหวังเท่าที่ควร ด้วยเหตุนี้ แนวคิดการศึกษาแบบสหสาขาวิชาและการข้ามผ่านสาขาวิชาการ นับเป็นจุดเริ่มต้นสำคัญและเป็นทางเลือกใหม่ให้นักวิจัย

ได้ดำเนินการเพื่อนำไปสู่การตอบโจทย์วิจัยที่เป็นประเด็นใหม่อย่างเป็นระบบ ดังแสดงตัวอย่างรูปแบบการปฏิบัติไว้ในกรณีศึกษา “โครงการบัณฑิตศึกษาวิทยาศาสตร์ความยั่งยืนและภาวะความเป็นผู้นำในระดับนานาชาติ (GPSS-GLI)” ของมหาวิทยาลัยโตเกียว ประเภทญี่ปุ่น เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เพื่อมุ่งเน้นให้เกิดการบรรลุเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืนนั้น นักวิจัยและนักวิชาการจำเป็นต้องทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ คิดสังเคราะห์แบบองค์รวม ตลอดจนช่วยกันระดมสมอง ในการจัดการอุปสรรคและความท้าทายของการดำเนินงานวิจัยภายใต้แนวคิดแบบสหสาขาวิชาการและการข้ามผ่านสาขาวิชาการต่อไปนี้

- หลักการของสหสาขาวิชา และการข้ามผ่านสาขาวิชาการ จัดว่าเป็นแนวคิดใหม่ และยังไม่เป็นที่แพร่หลายในวงการวิชาการ (โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา) ดังนั้น จำนวนบุคลากรผู้มีความเชี่ยวชาญชำนาญการเฉพาะทางในแนวคิดดังกล่าวจึงมีอยู่จำกัด

- งานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ยังขาดการบูรณาการเข้ากับศาสตร์ความรู้ด้านอื่น เช่น เศรษฐศาสตร์ สังคมศาสตร์ วัฒนธรรม

- ขาดความร่วมมือ ประสานงาน และบูรณาการระหว่างกลุ่มนักวิชาการ นักวิจัยที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญเฉพาะสาขาวิชาในการดำเนินงานวิจัยร่วมกัน เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหางานวิจัยด้านสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาอย่างยั่งยืนที่มีความซับซ้อน ได้อย่างเป็นรูปธรรม

เอกสารอ้างอิง

GPSS-GLI. 2013. Graduate Program on Sustainability Science-Global Leadership Initiative, The University of Tokyo, Japan. About us: http://www.sustainability.k.u-tokyo.ac.jp/about/about_05.html.

IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, available at http://www.ipcc.ch/.

Kittipongvises, S. 2013. *Psychological and Socio-cultural Factors Influencing Public Perception and Engagement with Climate Change: Thailand as a Case Study* (Doctoral Dissertation). The University of Tokyo, Japan.

Nagai, H. 2013. *Empirical Research on the Grant for Groups of Small and Medium Enterprises toward the Recovery after the Great East Japan Earthquake-Potential Benefit of Forming Groups-* (Master’s thesis). The University of Tokyo, Japan.

Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. 2012. *World Population Prospects: The 2012 Revision,* from http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm.

Tauzin, G. 2013. *Supporting Energy Decision-Making: A Multi-Criteria Analysis of France's 2025 Electricity Generation Scenarios* (Master's thesis). The University of Tokyo, Japan.

Thuon, R. 2013. *REDD+ and Tenure Security of Community Forestry: A Case Study of Oddar Meanchey Community Forestry REDD+ Project in Cambodia* (Master's thesis). The University of Tokyo, Japan.

UNCED. 1992. *Agenda 21,* the United Nations on Environment and Development: Geneva.

UNDP. 2013. A. *The Millennium Development Goals Eight Goals for 2015,* United Nations Development Program from http://www.undp.org/content/undp/en/home/mdgoverview/.

UNDP. 2013. B. Water Supply and Sanitation, United Nations Development Program, from http:// www.undp.org/content/undp/en/home/ourwork/environmentandenergy/focus_areas/water_and_ocean_governance/water-supply-and-sanitation/.

Abstract

Case Study on Emerging Environmental and Global Sustainability Issues

Chongrak Polprasert
Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand
Faculty of Engineering, Thammasat University, Thailand
Suthirat Kittipongvises
The University of Tokyo, Japan
Environmental Research Institute, Chulalongkorn University, Thailand
Pannawee Mekwichai
Asian Institute of Technology, Thailand
Takashi Mino
The University of Tokyo, Japan

Due to increased population growth and industrial development, there have been serious environmental problems, especially in less developed countries. Environmental pollution caused by waste discharges from domestic and industrial sources have contaminated water, air and soil resources and affecting human and animal health. Currently, almost half of the global population is still under poverty level and lacking access to safe water supply and adequate sanitation services. Some emerging environmental issues are global warming and climate change, which have resulted in natural disasters such as severe flooding, earthquake and tsunami. These environmental impacts are considered to be a threat to human sustainability and a major cause for damages to natural resources, economic and social development. To cope with these emerging environmental problems, there should be multidisciplinary and transdisciplinary academic programs which enable researchers from different disciplines to work together. These researchers can initiate joint research problems and work plans leading to new ideas which could solve the problems and strengthening global sustainability. A case study on transdisciplinary academic program is being carried out at the Graduate School of Frontier Science, the University of Tokyo in Japan. Under the Graduate Program on Sustainability Science-Global Leadership Initiative (GPSS-GLI), there is integration of academic disciplines from various Faculties, and the graduate students can conduct research on actual environmental/sustainability issues with due consideration to systematic

thinking and holistic paradigms. This transdisciplinary academic program is expected to produce graduates who are capable of solving complex environmental problems with leadership skills to further human sustainability.

***Keywords*:** transdisciplinary program, sustainability, environment, multidisciplinary program, holistic thinking

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

มารดาของสุนทรภู่ชื่อบัว

ทศพร วงศ์รัตน์
ราชบัณฑิต สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา

บทคัดย่อ

ในการแต่งคำกลอน สุนทรภู่ต้องเริ่มหาฉากด้วยการเดินทางเรือไปในท้องที่ห่างเมือง เพื่อจะได้คร่ำครวญเรื่องที่มีอยู่ในใจ แล้วยังพยายามร่ำไรถึงหญิงคนรักที่จากมา หรือหญิงอื่นใดไว้ วิธีการนี้เกิดขึ้นเป็นปรกติในทิศทางของการเดินทางที่ต่างกัน สำหรับการแต่งเรื่องครั้งต่อ ๆ มา ประวัติของสุนทรภู่และคนข้างเคียงจึงสามารถสืบหาได้จากงานชิ้นต่าง ๆ ของสุนทรภู่ ผู้เขียนมีข้อสันนิษฐานว่า สุนทรภู่น่าจะกล่าวถึงมารดาของตนโดยแอบแฝง หรือทำเป็นนัยไว้ในคำกลอนอย่างแน่นอน โดยพอจะได้เค้าว่า เธอมีชื่อว่า บัว ในงานค้นคว้าเรื่องนี้ จึงเป็นผลจากการรวบรวมบรรดาคำกลอนในงานต่าง ๆ ทั้งหมดที่มีคำกล่าวโดยสุนทรภู่ถึงพืชพันธุ์ที่เป็นบัว แล้วเรียบเรียงไว้ตามลำดับการแต่งก่อนหรือหลัง พร้อมกับการตีความ จากการที่สุนทรภู่เคยเป็นกวีที่ทรงปรึกษาของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย มีเหตุการณ์ที่แสดงว่าสุนทรภู่ไม่ยอมที่จะให้ใครใช้คำว่า บัว ในทางที่ตัวเองคิดว่าไม่เหมาะสม เมื่อประจวบกับมารดาถึงแก่กรรม ในปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ สุนทรภู่ก็ได้กล่าวทันทีไว้ใน “โคลงนิราศสุพรรณ” โคลงที่ ๕ และพาดพิงถึงบัวไว้ในนิทาน “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๕ หน้า ๙๐๒ ที่แต่งพร้อม ๆ กัน ว่า “เกษรร่วงโรยรายขจายจร” และอีก ๑ ปีต่อมาใน “นิราศพระประธม” ว่า “บ้างร่วงโรยโปรยปรายกระจายจร” ซึ่งยังสอดคล้องกับการมีตัวละครเป็นนาง “ปทุมเกสร” และส่อว่า คือภาพของมารดาตัวเองเมื่อเริ่มสร้างตัวละครสำหรับนิทานคำกลอนเรื่องนี้ ส่วนชื่อตำบลบางบัวในครั้งเดินทางผ่านเมื่อแต่ง “โคลงนิราศสุพรรณ” ก็กล่าวเป็น โคลงที่ ๑๐๖ ให้นัยอีกว่า เป็นชื่อพ้องกับชื่อมารดา

คำสำคัญ : **มารดาของสุนทรภู่, ชื่อของเธอ, บัว**

คำนำ

เมื่อผู้เขียนพอจะจับความได้ว่า ตัวละครในนิทาน “พระอภัยมณีคำกลอน” ทุกตัวล้วนเป็นเค้าของบุคคลจริงที่สุนทรภู่รู้จักมักคุ้น ในช่วงระหว่างการแต่งนิทานเรื่องนี้ ซึ่งเริ่มตั้งแต่ปลายปีมะแม พ.ศ. ๒๓๖๖ ถึงเดือน ๔ ปีมะเส็ง พ.ศ. ๒๓๘๘ รวมทั้งตัวของสุนทรภู่เอง ตัวละครตัวหนึ่ง ๆ ส่วนใหญ่ยังจะรับบทที่เป็นเรื่องราวของบุคคลจริงอีกหลายคน โดยไม่มีการเจาะจง ซึ่งอาจจะข้ามเพศ หรือข้ามพวกกันก็มี

บ้างก็เป็นคนในประวัติศาสตร์ มีการเกิดการตายจากเรื่องจริง แต่ตัวละครยังเล่นบทต่อก็มี แม้ปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือเหตุการณ์บ้านเมือง ก็มีกล่าวไว้อย่างสอดคล้องกับเวลาของการแต่ง คำถามจึงเกิดกับผู้เขียนว่า แล้วบิดาและมารดาของสุนทรภู่คือใครในนิทาน หรือสุนทรภู่กล่าวถึงไว้ในที่ใด (ได้สังเกตว่าสุนทรภู่ใช้คำว่า “ไร” แทน “ใด” อาจเป็นการใช้คำในสมัยนั้น) หรือในงานคำกลอนอื่น ๆ เพราะได้มีการกล่าวพาดพิงถึงบิดา โดยเฉพาะมารดาครั้งแล้วครั้งเล่า จึงน่าจะต้องมีเค้าของชื่อจริงปรากฏอยู่ที่ใดบ้าง

สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยาดำรงราชานุภาพ เมื่อได้ทรงนิพนธ์ “ประวัติสุนทรภู่” ก็ทรงกล่าวถึงไว้แต่เพียงว่า “บิดามารดาจะชื่อใดไม่ปรากฏ แต่ว่าบิดาของสุนทรภู่เป็นชาวบ้านกร่ำในเขตอำเภอเมืองแกลง แขวงจังหวัดระยอง ฝ่ายมารดาเป็นชาวเมืองอื่น มาอยู่ด้วยกันในกรุงเทพฯ” อย่างไรก็ตาม เท่าที่ได้กล่าวถึงกันก็เป็นงานของ ก.ศ.ร. กุหลาบ ที่ไม่มีใครเชื่อ เพราะนายกุหลาบเป็นคนชอบกุ จึงได้ชื่อว่า นายกุ สร้างเรื่องโดยไม่มีหลักฐาน จนถูกภาคทัณฑ์จากพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว สำหรับกรณีนี้ ก.ศ.ร. เคยแต่งเรื่องที่กล่าวถึงประวัติสุนทรภู่ โดยอ้างว่า รู้มาจากนายพัด บุตรของสุนทรภู่ ว่า

“สุนทรภู่เป็นบุตรขุนศรีสังหาร (พลับ) บ้านอยู่หลังป้อมวังหลัง สุนทรภู่เดิมเป็นศิษย์พระครูวิมังคลาจารย์ วัดบางหว้าใหญ่ (วัดระฆัง) เรียนหนังสือไทยกับพระพุฒาจารย์ วัดท้ายตลาด บวชวัดบางหว้า ได้ถวายพระอักษรสมเด็จพระปิ่นเกล้า ได้ทำสวัสดิรักษาคำกลอน สึกแล้วได้เป็นขุนสุนทรในกรมอาลักษณ์ รัชกาลที่ ๒ เป็นผู้โปรดปรานมาก ได้พระราชทานบ้านหลวงอยู่ริมท่าช้าง” แต่ก็มิได้กล่าวถึงชื่อมารดาของสุนทรภู่แต่อย่างใด

(หมายเหตุ : ก.ศ.ร. กุหลาบ เป็นชื่อที่เจ้าตัว คือนายกุหลาบ ตฤษณานนท์ ใช้ โดยย่อมาจากสมญา เกสโร ที่ได้รับเมื่อครั้งบรรพชาเป็นสามเณร โดยมีสมเด็จพระมหาสมณเจ้า กรมพระปรมานุชิตชิโนรส เป็นพระอุปัชฌาย์ นายกุหลาบเกิดเมื่อวันจันทร์ที่ ๒๓ มีนาคม ปีมะเมีย พ.ศ. ๒๓๗๗ ถึงแก่กรรมเมื่อวันที่ ๒๔ มีนาคม พ.ศ. ๒๔๖๔)

ในบรรดางานของสุนทรภู่ เช่นใน “โคลงนิราศสุพรรณ” ที่สุนทรภู่กล่าวถึงชื่อพลับ แต่ก็เป็นเด็กผู้หญิง รู้จักกันตั้งแต่ครั้งอยู่กันใต้พระบารมีของกรมพระราชวังบวรสถานพิมุข (วังหลัง) หรือเมื่อนึกถึง ลูกพลับ ก็มีกล่าวเพียงคู่กับหมากพลู และจันอับเท่านั้น เป็นคำโคลงตามลำดับ ว่า

“๒๙ สวรหลวงแลสล้างล้วน พฤกษา
เคยเสด็จวังหลังมา เมื่อน้อย
ข้าหลวงเล่นปิดตา ต้องอยู่ โยงเอย
เหนแต่พลับกับสร้อย ซ่อนซุ้มคลุมโปงฯ”
“๓๐๑ หมากพลูสู่สมใจ จันอับ พลับเอย”

ส่วนใน “นิราศเมืองเพชร” เมื่อเดินทางผ่านวัดพลับ หรือวัดราชสิทธารามในปัจจุบัน ก็กล่าวถึงชื่อวัดโดยไม่มีการพาดพิงถึงอื่นใด คือแต่เพียงว่า “ถึงวัดพลับลับลี้เป็นที่สงัด เห็นแต่วัดสังข์จายไม่วายหมอง”

ดังนั้น จนถึงปัจจุบันจึงมีเฉพาะงานของผู้เขียนเองใน พ.ศ. ๒๕๕๐ เรื่อง“สุนทรภู่กับการไปเมืองแกลง” เท่านั้น ที่พยายามใช้ลายแทงจากสมญา“พระธรรมรังษี” ภิกษุบิดาของสุนทรภู่ที่ครองพรรษาผ่านมาได้แล้วถึง ๒๐ พรรษา จึงมีพระราชโองการแต่งตั้งให้เป็นเจ้าอารามของวัดป่าที่สังกัดอยู่ มาพิจารณาแล้วเสนอว่า บิดาของสุนทรภู่น่าจะมีชื่อเดิมว่า “สว่าง” หรือ “แสง” (จาก “รังษี”) ซึ่งบังเอิญพ้องกับชื่อคนแจวเรือในการเดินทางครั้งนั้น คือนายแสง มาครั้งนี้ เมื่อผลออกมาว่า โดยนัยในนิทานพระอภัยมณี มารดาของสุนทรภู่มีเค้าเป็นนางปทุมเกสร ที่น่าจะแปลงมาจากชื่อของมารดาคือ บัว ฉะนั้น ท้าวสุทัศน์นอกจากจะถูกหมายในการแต่งให้เป็นการเทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย กษัตริย์ผู้สร้างวัดสุทัศน์ ต่อจากพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช ในอีกนัยหนึ่งที่คำนี้แปลได้ว่า ดูดี หรือ มองเห็นได้ชัดเจน ซึ่งก็เพราะแสงสว่าง จึงน่าจะพาดพิงได้ถึงชื่อ แสง ของบิดาด้วย เท่ากับจับคู่ได้กับ บัว ที่เป็นชื่อมารดา

หลังจากนั้น แม้ผู้เขียนจะได้ค้นคว้าด้วยการศึกษาหาคำกลอนจากงานต่าง ๆ ของสุนทรภู่ โดยวิธีตรงกับของพระยาปริยัติธรรมธาดา (แพ ตาละลักษมณ์) ที่มีอยู่ว่า “ให้เนื้อเรื่องเป็นพยานกันเอง” ตลอดมา เพราะเป็นวิสัยของสุนทรภู่ที่จะร่ำไรทุกเรื่องที่เข้ามาในชีวิตอย่างไม่รู้จบ เพื่อให้ได้งานคำกลอนอวดชาวโลก แล้วผู้เขียนได้เรียบเรียงออกมาเป็นผลงานอีกรวมกว่า ๒๐ เรื่อง ซึ่งรอการตีพิมพ์รวมเล่ม และปรับปรุงไปพร้อมกับการค้นคว้าเรื่องที่น่าสนใจประเด็นอื่น ๆ ตลอดมา รวมทั้งขณะเรียบเรียงเรื่องนี้ ก็ยังไม่พบว่า สุนทรภู่ได้กล่าวไว้ในที่ใดอีก เกี่ยวกับชื่อ ที่อาจจะเป็นร่องรอยของชื่อบิดาตัวเอง นอกจากที่กล่าวเท่านั้น งานเรื่องนี้ของผู้เขียนจึงเป็นผลการเน้นค้นคว้าหาว่า จะมีที่ใดในงานใดของสุนทรภู่ ที่สุนทรภู่กล่าวถึงชื่อมารดาของตัวเอง หรือร่องรอยอันใด ที่จะนำไปสู่ชื่อมารดาของสุนทรภู่ ขณะเดียวกันก็จะเป็นการให้ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับประวัติของสุนทรภู่ หากพาดพิง หรือขยายไปถึง

เริ่มเรื่อง

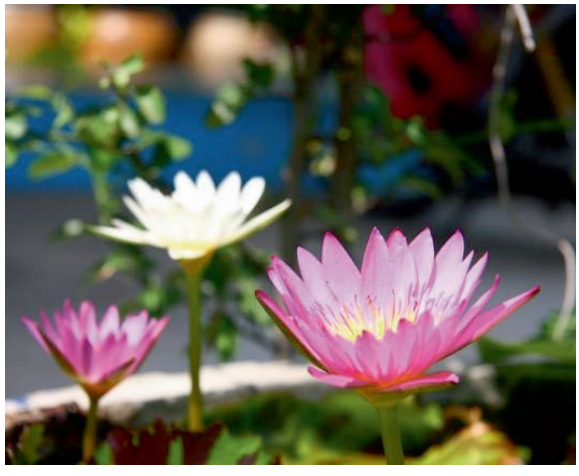
เรื่องราวต่อไปนี้ เป็นการต่อยอดหลังจากที่ผู้เขียนเริ่มได้เค้าจาก “โคลงนิราศสุพรรณ” โคลงที่ ๑๐๖ ว่ามารดาของสุนทรภู่น่าจะมีชื่อว่า บัว จนในที่สุดก็ได้เป็นประกายดลใจ และเป็นที่มาของบทความเรื่องนี้ เมื่อผู้เขียนโยงไปเข้าได้กับที่กล่าวกันว่า เป็นเรื่องเล่า เมื่อครั้งพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัยพระราชนิพนธ์ “บทละครเรื่องอิเหนา” แล้วพระราชทานแบ่งให้เหล่ากวีที่ทรงปรึกษาไปช่วยกันแต่งตอนต่าง ๆ พระเจ้าลูกเธอ กรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ ได้ทรงรับตอนบุษบาเล่นธาร เมื่อท้าวดาหาไปใช้บน มาแต่งจนเสร็จ ก็ได้รับสั่งให้สุนทรภู่ที่ทรงเชื่อถือเป็นครูทางกวี ช่วยตรวจอ่านเสียก่อน สุนทรภู่เมื่อได้พิจารณา จึงกราบทูลว่า ที่ทรงนิพนธ์มาทั้งหมดนั้น สมควรอยู่แล้ว จนเมื่อถึงวันที่พระบาทสมเด็จ

พระเจ้าอยู่หัวเสด็จออก และโปรดให้อ่านต่อหน้ากวีที่ทรงปรึกษา มาถึงตอนที่มีอยู่ว่า

“น้ำใสไหลเย็นแลเห็นตัว ว่ายแหวกกอบัวอยู่ไหวไหว
นิลุบลพ้นน้ำขึ้นรำไร ตูมตั้งบังใบอรชร
ดอกขาวเหล่าแดงสลับสี บานคลี่ขยายแย้มเกสร
บัวเผื่อนเกลื่อนกลาดในสาคร บังอรเก็บเล่นกับนารี”

สุนทรภู่ได้ถวายคำติตอนนี้ และขอแก้ไขเฉพาะบรรทัดแรกเป็น

“น้ำใสไหลเย็นเห็นตัวปลา ว่ายแหวกปทุมาอยู่ไหวไหว”



รูปที่ ๑
“น้ำใสไหลเย็นเห็นตัวปลา
ว่ายแหวกปทุมาอยู่ไหวไหว
นิลุบลพ้นน้ำขึ้นรำไร
ตูมตั้งบังใบอรชร
ดอกขาวเหล่าแดงสลับสี
บานคลี่ขยายแย้มเกสร”
(จาก พระราชนิพนธ์ “บทละครเรื่องอิเหนา” ส่วนที่สุนทรภู่กราบบังคมทูลแก้ไขจากเดิมที่ทรงนิพนธ์ไว้ ว่า “น้ำใสไหลเย็นแลเห็นตัว ว่ายแหวกกอบัวอยู่ไหวไหว”)
(ภาพจาก http://wallpaper.thaiware.com/album/8123/)

ซึ่งในหมู่กวีที่ทรงปรึกษา และโดยเฉพาะพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวก็พอพระทัย เรื่องนี้ได้มีผู้กล่าวถึงเหตุ และผลกันต่าง ๆ นานา ในทางที่เป็นเหตุการณ์ของต้นปัญหา แต่ก็ไม่มีหลักฐานใด และจากที่ใดมาสนับสนุน สำหรับผู้เขียนเมื่อได้ค้นคว้าเปรียบเทียบคำกลอนที่อยู่ในข่าย แล้วนำมาพิจารณาเพื่อการเรียบเรียงบทความเรื่องนี้ โดยสังเกตจากการใช้คำว่า บัว และ ปทุมา หรืออื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกัน หรือหมายถึงสิ่งเดียวกัน หรือที่ใช้ในเชิงเปรียบกับร่างกายส่วนบนของผู้หญิง ก็กลับเกิดความคิดว่า คำกลอนที่สุนทรภู่ว่าดี หรือสมควรแล้วตอนแรกนั้น น่าจะหมายโดยรวมทั้งหมดที่กรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ทรงนิพนธ์เมื่อสุนทรภู่มาติเฉพาะท่อนนี้ในระยะต่อมา จึงเป็นเพียงส่วนน้อย และคงจะฉุกคิดที่จะกราบทูลขึ้นได้ตอนนั้น หรือโอกาสนั้น เพราะเป็นพระราชนิพนธ์ จึงต้องทำให้สอดคล้องกับพระราชนิยมภาษาสูง และเพราะ

ตามนิสัยอวดคารมคำกลอนที่ต้องการความเป็นอิสระในความคิด โดยเฉพาะตามกาละและเทศะ ให้ได้ดีที่สุด อย่างน้อยก็ยังเป็นการเอาพระทัยจากทั้ง ๒ พระองค์ ด้วยการติดตาม ทบทวนใหม่ จึงไม่มีใครจะยั้งได้แม้ตัวเอง และมิใช่อคติอย่างแน่นอน อีกทั้งสุนทรภู่ก็ไม่มีวิสัยแกล้งในเรื่องนี้กับเจ้านาย หลังจากนั้น กรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ซึ่งทรงคุ้นเคยกับสุนทรภู่ และทรงยกย่องสุนทรภู่เป็นเหมือนครูทางกวี อย่างดี เมื่อทรงได้โอกาสก็คงจะทรงเพียงทักท้วงติงสุนทรภู่เท่านั้น ในฐานะนักเลงกลอนด้วยกัน ไม่น่าจะเป็นเรื่องใหญ่โตเลยเถิดอย่างที่กล่าวกัน ทั้งที่เวลาก็ผ่านมาถึง ๒-๔ ปี แม้จะมีกรณีอื่นอีก ก็เป็นไปทำนองเดียวกัน

ในส่วนของผู้เขียน เมื่อประมาณว่า เรื่องนี้น่าจะเกิดขึ้นระหว่างปีมะโรง พ.ศ. ๒๓๖๓ ถึงปีมะเมีย พ.ศ. ๒๓๖๕ จึงเป็นไปได้ที่ในเมื่อมารดาของสุนทรภู่มีชื่อว่าบัว และมีหลักฐานที่สุนทรภู่แม้จะห่างมา แต่ก็รำลึกรัก จึงถึงขนาดแต่งเหมือนย้ำล้อเล่นเรื่องของชีวิต กับพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ไว้ในตอนต้นนิทานพระอภัยมณีที่เริ่มแต่งในปลายปีมะแม พ.ศ. ๒๓๖๖ ให้มารดาของตนเป็นถึงร่างของนางปทุมเกสรอัครมเหสีของท้าวสุทัศน์ เจ้าเมืองรัตนา ซึ่งก็คือวังหลวง หรือกรุงเทพฯ และยังพาดพิงไปจนใกล้จบเรื่องเมื่อเธอต้องมาถึงแก่กรรม ฉะนั้น คิดแบบไทย เฉพาะคำกลอนตอนนี้ ใครจะมารุกล้ำมาระรานบัว ที่แม้จะเป็นเพียงชื่อของมารดา หรือคิดจินตนาการต่าง ๆ ไปถึงมารดาของตัวได้ เมื่อความสามารถในการประดิษฐ์คำกลอนเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ก็ทำได้อย่างหลากหลาย หรือไม่มีที่สิ้นสุด อนึ่ง คำว่า ปทุม ก็เป็นคำหนึ่งที่ได้ใช้แทนบัวอยู่เสมอ และจะได้สอดคล้องกับคำว่า “นิลุบล” จึงกราบทูลขอแก้ไขเป็นดังกล่าว เรื่องเช่นนี้ ในบรรยากาศความคุ้นเคยรู้จักกันระหว่างคนใกล้ชิดกัน ในกลุ่มนั้นย่อมรู้กันดี แม้จะถึงขนาดชี้แจงด้วยเหตุผลว่า เพราะเป็นชื่อมารดา จึงขอแก้ไข ผลก็คือ ความครื้นเครง และความสำเร็จที่ดีกว่า แต่เมื่อเล่าต่อ ๆ กันมาในที่สุด จึงทำให้เกิดความเห็นต่าง โดยเฉพาะคนนอกเหตุการณ์จริงที่ขาดข้อมูลเบื้องต้นรุ่นต่อ ๆ มาจนถึงปัจจุบัน ที่ทำการวิจารณ์ด้วยพื้นฐานของตัวเอง แล้วยังเป็นไปในทางตอกย้ำให้เสียหายมากขึ้น ทั้งแก่ฝ่ายกรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ และฝ่ายสุนทรภู่ (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๒๒)

ที่เป็นไปได้มาก และคงจะต้องเป็นอีกหนึ่งเหตุผลสำคัญ กล่าวคือ นักกลอนอย่างสุนทรภู่ ซึ่งเป็นคนรอบรู้ อีกทั้งเป็นนักฟัง นักอ่าน นักบันทึก นักค้นคว้า ที่มีปณิธานแน่วแน่ในการแต่งคำกลอนในทุกโอกาส จะต้องนึกไปถึงเหตุการณ์คล้ายกันในประวัติศาสตร์ หรือตำนานไทย ที่ศรีปราชญ์ได้ล่วงล้ำต่อโคลงพระราชนิพนธ์ของสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (พ.ศ. ๒๑๙๙-๒๒๓๑) ที่ทรงแต่งค้างไว้ ๒ บาท จนครบทั้งที่เป็นงานพระราชทานแก่พระมหาราชครู ผู้เป็นบิดาของศรีปราชญ์ ให้รับผิดชอบแต่งต่อ โคลงพระราชนิพนธ์นั้น คือ

“อันใดย้ำแก้มแม่ หมองหมาย
ยุงเหลือบฤๅริ้นพราย ลอบกล้ำ”

ส่วนที่ศรีปราชญ์แต่งต่อ คือ

“ผิวชนแต่จักกราย ยังยาก
ใครจักอาจให้ช้ำ ชอกเนื้อเรียมสงวน”

เรื่องนี้ พอจะเทียบได้กับกษัตริย์จีนในราชวงศ์ถัง (ค.ศ. ๖๑๘-๙๐๗) องค์หนึ่ง พระนามว่า “หลี” ทรงห้ามประชาชนของพระองค์เลี้ยงปลาหลีฮื้อ (หรือปลาไนที่เป็นชื่อไทยจากครั้งโบราณ) เพราะเป็นชื่อพ้องกับพระนามของพระองค์ ชาวจีนจึงต้องดิ้นรนหาปลาอื่นมาเลี้ยงกัน ทำให้เกิดนวัตกรรมการเพาะเลี้ยงปลาจีนเพิ่มขึ้นอีกหลายชนิด เช่น เฉาฮื้อ ลิ่นฮื้อ ซ่งฮื้อ หวันฮื้อ และการเลี้ยงปลาหลายชนิดในบ่อเดียวกัน โดยแต่ละชนิดใช้พื้นที่ของระดับน้ำต่างกัน และยังมีชนิดของอาหารการกินต่างกัน จึงไม่แย่งอะไรกัน ทำให้ใช้ทุกอย่างในบ่อได้คุ้มค่า และมีผลผลิตเพิ่มขึ้น

ยังมีอีกเรื่องหนึ่ง ในประวัติของสุนทรภู่ แต่ก็เป็นเรื่องที่เล่าต่อ ๆ กันมาเช่นกัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสามารถนำมาใช้เป็นหลักฐาน สนับสนุนความคิดของผู้เขียนเกี่ยวกับชื่อมารดาของสุนทรภู่ ที่น่าจะชื่อ บัว จึงขอนำมากล่าวไว้ในที่นี้ กล่าวคือ ม.จ.จันทรจิรายุวัฒน์ รัชนี หรือ พ. ณ ประมวญมารค ทรงเคยเล่าไว้ว่า ครั้งหนึ่ง พระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัยโปรดให้กรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ และสุนทรภู่มาร่วมเล่นสักวาด้วยคำตายเป็นคำลงท้ายกัน ซึ่งยอมรับกันว่าเป็นเรื่องยาก โดยพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงขึ้นนำก่อน ว่า

“สักวาระเด่นเป็นมนตรี	*จรลีเลยลงสรงในสระ”*	- รัชกาลที่ ๒
	“เอาพระหัตถ์ขัดพระองค์ทรงชำระ”	- กรมหมื่นเจษฎาบดินทร์
	“แล้วเรียกพระอนุชามากระซิบ”	- สุนทรภู่
	“นั่นกอบัวมีดอกเพิ่งออกฝัก”	- รัชกาลที่ ๒
	“จงไปหักเอาแต่ตัวฝักบัวดิบ”	- กรมหมื่นเจษฎาบดินทร์
	“โน่นอีกกอแลไปไกลลิบลิบ”	- สุนทรภู่
	“ให้ข้างในไปหยิบเอามาเอย”	- รัชกาลที่ ๒

เรื่องนี้หากเป็นเรื่องจริง และคงจะเป็นเรื่องจริง ดังนั้น ผู้เขียนจึงอยากจะตั้งข้อสังเกตว่า ทั้งพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และกรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ คงจะทรงรู้จุดอ่อนของสุนทรภู่ จากเบื้องหลังครั้งขอแก้ไขคำกลอนพระราชนิพนธ์ “บทละครเรื่องอิเหนา” ที่กล่าวมาข้างต้น จึงต่างพระองค์โดยเหมือนจะทรงรู้กัน แล้วทรงคิดหยอกเล่นสนุกกับสุนทรภู่ สร้างกรอบ เน้นเนื้อหาให้เป็นเรื่องของคำว่า “บัว” โดยเฉพาะกรมหมื่นเจษฎาบดินทร์ที่ทรงสร้างเรื่องให้เป็นการเก็บ หรือหักฝักบัว ให้กระทบสุนทรภู่ แล้วยังใช้คำว่า “ตัว” อย่างที่เคยมีปัญหาว่า จะให้หมายถึงตัวนางบุษบา หรือตัวปลา สุนทรภู่ที่น่าจะไม่รู้เรื่องมาก่อนทั้งหมด แต่ด้วยไหวพริบ และสติปัญญา จึงรู้ทัน และไม่จนมุมที่จะต่อคำกลอนให้ไม่แย้งกับหลักการที่ทรงตั้งไว้ หรือที่ทรงกล่าวล่อไว้ อีกทั้งยังสามารถพาตัวหลบจากความหมายที่ตัวเองก็ไม่ต้องการ ทำนองเมื่อครั้งแก้ไขพระราชนิพนธ์ดังกล่าว เมื่อหลายอย่างได้ทุ่มมาที่ตน การล่วงรู้ทัน หรืออย่างน้อยก็ในใจ

ตัวเอง สำหรับพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงต้องทรงจบคำกลอน มิฉะนั้น ก็จะทรงเสียเปรียบ ด้วยการถูกต้อนกลับโดยคนหัวไวอย่างสุนทรภู่ (ดู คำกลอนหมายเลข ๕ ที่จะกล่าวต่อไป) เรื่องเช่นนี้ คงจะเกิดขึ้นบ่อยมากในบรรยากาศโต้กันทางเพลงยาว หรือสักวาในสมัยนั้น แต่เมื่อเป็นเรื่องที่เกิดขึ้นระหว่างเจ้านายกับคนที่แพรวพราวด้วยสำนวนคำกลอนอย่างสุนทรภู่ แล้วคนรุ่นต่อมาโดยกาละและเทศะพร้อมข้อมูลของตัวเอง หรือคนสมัยนั้นที่อิจฉาสุนทรภู่ จึงกลับไม่รู้สึกสนุกด้วย ซ้ำยังมองไปในแง่ร้ายต่อสุนทรภู่ และพระบรมเดชานุภาพของพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว ซึ่งความจริงแล้วมีที่ยิ่งกว่า เมื่อสุนทรภู่หยอกทั้ง ๒ พระองค์ หรือองค์อื่น ๆ ไว้ในงานต่าง ๆ

ด้วยความรู้ความสามารถของตนเอง จนก่อให้เกิดประโยชน์ เช่นกรณีดังกล่าว เมื่อได้โอกาสในราวปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑ ซึ่งเป็นปีไปรับบิดาที่เมืองแกลง และหนูตาบกับนางนิ่มที่เพชรบุรี สุนทรภู่จึงคิดแต่งเป็นคำกลอน เหมือนแนะนำความคิด หรือวิสัยของตัวเองแก่ผู้อ่าน และยังพาดพิงถึงคนระดับบิดามารดาไปพร้อมกัน ไว้เช่นในนิทานพระอภัยมณี ตอนที่ ๒๕ หน้า ๓๙๑ ว่า

“มนุษย์นี้ที่รักอยู่สองสถาน *บิดามารดารักมักเป็นผล*
ที่พึ่งหนึ่งพึ่งได้แต่กายตน *เกิดเป็นคนคิดเห็นจึ่งเจรจา*
แม้นใครรักรักมั่งชังชังตอบ *ให้รอบคอบคิดอ่านนะหลานหนา*
รู้สิ่งไรไม่สู้รู้วิชา *รู้รักษาตัวรอดเป็นยอดดี”*

ทำนองเดียวกันกับคำว่า “รู้รักษาตัวรอดเป็นยอดดี” ดังกล่าว ในที่นี้ของสุนทรภู่ ที่เป็นข้อปฏิบัติดี ที่วิญญูชนควรใช้พิจารณาโดยคำนึงถึงตามสภาพของเหตุการณ์ หรือตามกาละและเทศะ เช่นสุภาษิตต่าง ๆ มิใช่ยกขึ้นมาลอย ๆ แล้วกล่าวกันเช่นกรณีนี้ว่า เป็นวิธีการที่เห็นแก่ตัว ดังที่วิจารณ์กันในปัจจุบัน โดยคนที่ไม่รู้ที่มาที่ไป หรือไม่สนใจในรายละเอียดข้อนี้ ทั้ง ๆ ที่สามารถสืบหาได้จากเนื้อเรื่องในนิทานโดยตลอด ว่าเป็นการเอาตัวรอดในยามคับขัน ขณะที่ต่อมา ในตอนที่ ๓๕ หน้า ๖๔๑ ก็ยังกล่าวทำนองเดียวกันไว้อีก ว่า “เกิดเป็นคนอย่าไว้แก่ใจคน” ซึ่งไม่ใช่การดูถูกผู้อื่น

ต่อไปนี้ เป็นเรื่องที่สุนทรภู่เล่นคำกลอนกับตัวเอง แสดงกลการแต่งเมื่อครั้งถึงบทดึงเอาบัวนานาสี นานาพันธุ์ในลำน้ำเข้ามาประกอบไว้เป็นฉากของเรื่องที่จะบ่งบอก เช่น บทชมธรรมชาติ บทชมนาง บทอัศจรรย์ อุปมาอุปไมย และเมื่อนึกถึงมารดาที่ชื่อบัว สุนทรภู่ก็คงจะมีวิธีการให้ได้รู้กัน หรือมีหรือไม่ที่จะทำเป็นลายแทงบ่งชื่อมารดาไว้ ให้ต่างกับบทอื่นที่ตัวเองก็ชอบแต่ง และยังให้ถูกใจผู้อ่านเพราะได้อารมณ์ชวนจินตนาการ เมื่อสุนทรภู่ก็รู้ตัวเองว่า ทุกเรื่องที่อยากกล่าวเป็นคำกลอน ล้วนเป็นการแต่งด้วยเค้าเรื่องจริงเป็นส่วนใหญ่ แต่ใช้วิธีเล่นคำเป็นนัย คงมีคำถามกันในสมัยนั้นว่า ตรงนั้นตรงนี้หมายถึงใคร หรือจะว่ากระทบใคร สุนทรภู่จึงได้เอาเรื่องนี้มาแต่งไว้ด้วย เช่นในนิทานพระอภัยมณี ตอนที่ ๒๕ หน้า ๓๙๘ ว่า

“แต่จงรอพอให้ได้สืบสวน จะทบทวนถามข่าวชาวกรุงศรี
ใครรู้เรื่องเมืองพระอภัยมณี แจ้งคดีจะให้หาบรรณาการ”

บ้างก็คงจะอยากให้มีการพาดพิงถึงตัวเองบ้าง สุนทรภู่จึงเอามากล่าวหยอกไว้อีกเช่นกัน ตั้งแต่เช่นใน “นิราศเมืองแกลง” และ “นิราศพระบาท” ตามลำดับ ว่า

“ดูหนุ่มสาวชาวบ้านรำคาญจิต ไม่น่าคิดเข้าในกลอนอักษรสนอง
ล้วนวงศ์วานว่านเครือเป็นเชื้อชอง ไม่เหมือนน้องนึกน่าน้ำตากระเด็น”
“บ้างชมป่าช้าปี่ทีละคร ถึงสบกลอนที่จะรู้ก็สู้เมิน
เฝ้าแหงนดูดวงแขชะแง้พักตร์ เห็นจันทร์ชักรถร่อนเวหาเหิน
ดูดวงเดือนเหมือนชื่อรื้อเผอิญ ระกำเกินที่จะเก็บประกอบกลอน”

ยังมีเพลงยาวที่จำกันมา โดยเริ่มจากหญิงชาวบางกอกน้อย ชื่อ พิญ มารดามอบให้เป็นบุตรบุญธรรมของสุนทรภู่ จนได้ร่วมเล่าเรียนกับเด็กที่เป็นศิษย์คนอื่นอยู่ในเรือ ที่ใช้เป็นที่เรียน เพราะมีเรื่องพาดพิงถึงคำว่า บัว โดยสุนทรภู่ จึงขอนำมาอ้าง ไว้ในที่นี้ด้วย คือ

“คิดจะชวนนวลน้องไปครองคู่ ก็เกรงผู้พวกนั้นมันจะหึง
ทั้งพวกเพื่อนเขาจะลือกันอื้ออึง ใช่ว่าบึงบัวงอกแต่ดอกเดียว”

ต่อไปนี้ เป็นหลักฐานจากงานคำกลอนอื่น ๆ ตามลำดับของสุนทรภู่ ยกเว้น นิทาน “พระอภัยมณีคำกลอน” ที่จะกล่าวต่อไป ตัวเลขเป็นลำดับงานที่ยกมากล่าวถึง

๑. *“เห็นสระศรีมีบัวระดาดาษ สุดสวาทจิตประหวัดเข้าปฏิสนธ์*
เกิดเป็นรูปนารีนิรมล กลีบอุบลหุ้มไว้ในสาคร
อยู่ประมาณนานมาในบัวหลวง สุดาดวงกำดัดชมสมสมร
จะกล่าวถึงสุริยาทิพากร เสด็จจรเลี้ยวเหลี่ยมพระเมรุมา
อรุณโรจน์โชติช่วงดวงจรัส ส่องจังหวัดภาคพื้นพระเวหา
พิศเพ่งเล็งแลในโลกา เห็นนางฟ้าอยู่ในพุ่มปทุมมาลย์
เพราะรักเราเจ้าต้องมาสิ้นชีพ เกิดในกลีบบุษบงน่าสงสาร”
“ครั้นถึงจึ่งลงพลางที่กลางสวน พระชี้ชวนให้น้องชมพฤกษาไสว

ทั้งสระศรีมีบัวขึ้นบังใบ ตำหนักใหญ่งามหยาดสะอาดตา”

(จาก “โคบุตร” ตอนกำเนิดโคบุตร และตอนโคบุตรเข้าเมืองกาหลง พ.ศ. ๒๓๔๙-๒๓๕๐)

สุนทรภู่เริ่มนิทานเรื่อง “โคบุตร” นี้ด้วยคำว่า “แต่ปางหลังครั้งว่างพระศาสนา” แล้วดำเนินนิทานด้วยเรื่องดังกล่าวทันที ทำให้ผู้เขียนอยากจะเข้าใจว่า ก่อนนั้น สุนทรภู่น่าจะได้รับพระราชดำรัสจากสมเด็จพระเจ้าหลานเธอ เจ้าฟ้ากรมหลวงอนุรักษเทเวศร์ กรมพระราชวังบวรสถานพิมุข ขณะตัวเองเป็นข้าอยู่ใต้พระบารมีพร้อมมารดาที่วังหลัง ให้คิดบวชตามประเพณีเพราะอายุถึงเกณฑ์ แต่สุนทรภู่คงจะขอพระกรุณาผ่อนผัด เพื่อท่องเที่ยวหาฉาก และค้นหาข้อมูลสำหรับการแต่งนิทานเรื่องนี้ถวาย น่าสังเกตว่าทันทีในหน้าแรกของเรื่อง “โคบุตร” ในภาพของตัวเองนี้ เช่นเดียวกับในเรื่อง “พระอภัยมณีคำกลอน” ที่เริ่มด้วยตัวละครหญิงที่ชื่อนางปทุมเกสร ในเค้าของชื่อมารดา สุนทรภู่ซึ่งคงจะรักมารดามากกว่าบิดา จึงได้เริ่มเรื่องโดยใช้สระบัวและบัว โดยที่บัวคงจะต้องเป็นชื่อมารดา ส่วนบิดา หลายชื่อหรือคำที่ใช้ก็เกี่ยวกับแสง จึงควรเป็นเค้าชื่อของบิดา มาประกอบเป็นฉากแรกของ “โคบุตร” นิทานเรื่องแรกในชีวิตการแต่งคำกลอนเป็นหนังสือของตน หรือใน “ลักษณวงศ์” ก็เช่นเดียวกัน (ดู คำกลอนหมายเลข ๖, ๑๔)

รูปที่ ๒
“ครั้นถึงจึ่งลงพลางที่กลางสวน
พระชี้ชวนให้น้องชมพฤกษาไสว
ทั้งสระศรีมีบัวขึ้นบังใบ
ตำหนักใหญ่งามหยาดสะอาดตา”
(จาก “โคบุตร” พ.ศ. ๒๓๔๙- ๒๓๕๐)
(ภาพจาก http://travel.mthai.com/region/northeast/65985.tml)

๒. *“ขอฝากน้องสองรามารดาด้วย*
ตัวข้าบาทจะนิราศออกแรมไพร
“ชะรอยกรรมทำสัตว์ให้พลัดพราย
มาพบพ่อท้อใจด้วยไกลแม่
ชนนีอยู่ศรีอยุธยา
ภูเขาขวางทางกั้นอรัญเวศ
เดินกันดารปานปิ่มจะบรรลัย
เอ็นดูช่วยปกครองให้ผ่องใส
ให้พ้นภัยคลาดแคล้วอย่าแผ้วพาน”
จึงแยกย้ายบิตุราชญาติกา
ให้ตั้งแต่เศร้าสร้อยละห้อยหา
บิดามาอ้างว้างอยู่กลางไพร
ข้ามประเทศทุ่งท่าชลาไหล
จึงมาได้เห็นหน้าบิดาตัว”

“พยายามตามกิจด้วยบิดา เป็นฐานานุประเทศอธิบดี
จอมกษัตริย์มัสการขนานนาม เจ้าอารามอารัญธรรมรังษี
เจริญพรตยศยิ่งมิ่งโมลี กำหนดยี่สิบวสาสถาวร”

(จาก “นิราศเมืองแกลง” พ.ศ. ๒๓๕๐)

ขณะสุนทรภู่เดินทางไปเยี่ยมบิดาที่เมืองแกลง ได้นึกถึงมารดาที่อยู่วังหลังเมื่อต้องจากมา ได้พบบิดาที่บวชอยู่ครบ ๒๐ พรรษา แล้วได้รับพระราชโองการแต่งตั้งเป็นพระธรรมรังษี เจ้าอาวาสวัดป่าที่สังกัดอยู่ ขณะอยู่กับบิดา สุนทรภู่ทำตนบำเพ็ญบุญถือศีล ดังมีกล่าวว่า “อยู่บ้านกร่ำทำบุญกับบิตุเรศ ถึงเดือนเศษโศกซูบจนรูปผอม” ตามเค้าสัญญาที่ผู้เขียนคาดไว้ โดยสุนทรภู่กับกรมพระราชวังบวรสถานพิมุข ในเรื่อง “โคบุตร”

ด้วยฉายา “ธรรมรังษี” ของบิดา ขณะเป็นพระ น่าจะเป็นหลักฐานใช้แสดงที่มาจากชื่อแสง หรือในความหมายถึง แสงสว่าง ของบิดา แล้วคงจะคิดนำมาใช้เป็นชื่อตัวละครตัวแรก ในนิทานพระอภัยมณี ว่า ท้าวสุทัศน์ ที่ยังพาดพิงไปได้ถึงพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ดังกล่าวมาแล้ว (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๔, ๑๖-๑๘, ๒๕-๒๘)

๓. *“ถึงแม่ลาเมื่อเรามาก็ลาแม่ แม่จะแลแลหาไม่เห็นหาย*
จะถามข่าวเช้าเย็นไม่เว้นวาย แต่เจ้าสายสุดใจมิได้มา”
“พื้นผนังหลังบัวที่ฐานบัทม์ เป็นครุฬอัดยืนเหยียบภุชงค์ขยำ
หยิกขยุ้มกุมภาสุกรีกำ กินนรรำรายเทพประนมกร”

(จาก “นิราศพระบาท” พ.ศ. ๒๓๕๐)

สุนทรภู่มีงานเป็นข้าราชบริพารของพระองค์เจ้าปฐมวงศ์ โอรสองค์ท้ายสุดของกรมพระราชวังบวรสถานพิมุข ขณะบวชอยู่ที่วัดระฆัง แล้วเสด็จไปนมัสการพระพุทธบาทในเดือนกุมภาพันธ์ ปีเถาะ พ.ศ. ๒๓๕๐ สุนทรภู่จึงต้องตามเสด็จ และระลึกถึงมารดาและนางนิ่มที่ต้องจากมา ที่วัดพระพุทธบาท ได้สังเกตลายปูนปั้นที่คงจะทำให้คิดถึงมารดา เพราะมีการทำเป็นรูปดอกบัว หรือกลีบบัว จึงพยายามแต่งคำกลอนพาดพิงมารดาไว้อย่างที่ทำตลอดมา (ดู คำกลอนหมายเลข ๑-๒, ๔-๑๘, ๒๐-๒๕, ๒๗-๓๐)

๔. *“ข้าเป็นลูกพ่อขุนแผนแสนสะท้าน ข้างฝ่ายมารดาชื่อแม่วันทอง*
จะมาหาย่าชื่อทองประศรี อย่าเพ่อตีฉันจะเล่าความเศร้าหมอง”
“เจ้าพลายงามถามย่าว่าพ่อแผน ต้องคับแค้นเคืองเข็ญเป็นไฉน

ไม่เคยคุ้นคุณย่าช่วยพาไป พอหลานได้เห็นหน้าบิดาตัว
ได้ฟังหลานท่านย่าน้ำตาตก สะอื้นอกอาดูรว่าทูนหัว
พ่อเอ็งย่าว่าไรเขาไม่กลัว เพราะเมามัวเมียลาวนางชาววัง
ไปทูลขอพระองค์ทรงพระโกรธ ให้ลงโทษทนทุกข์ใส่คุกขัง
แต่ไม่ต้องจองจำอยู่ลำพัง ถึงสิบปีแล้วยังไม่พ้นเลย
รุ่งพรุ่งนี้สิย่าจะพาเจ้า ไปหาเขาอยู่ที่ทับริมหับเผย”
“อันวิชาย่าสอนลูกอ่อนแล้ว เห็นคล่องแคล่วการศึกเฝ้าฝึกฝน”

(จาก “กำเนิดพลายงาม” พ.ศ. ๒๓๖๒-๒๓๖๓)

เรื่องนี้ก็เป็นงานคำกลอนอีกเรื่องหนึ่งในกลุ่มเรื่องแรก ๆ ของสุนทรภู่ ที่แต่งด้วยเค้าชีวิตของตัวเอง ในร่างขุนแผน และคนข้างเคียง โดยเฉพาะกับผู้มีอุปการคุณระดับเจ้าฟ้าเจ้าแผ่นดิน สำหรับคำกลอนที่ยกมาข้างต้นนี้ สุนทรภู่ย้อนพาดพิงถึงบุตรชาย คือ หนูพัด ในร่างของพลายงาม ขณะอายุ ๑๐-๑๓ ขวบ ลูกกับนางวันทอง (ที่สุพรรณบุรี) ในภาพของนางจัน เมื่อมาอยู่กับย่า คือ นางทองประศรี (ที่กาญจนบุรี) ในภาพของมารดาของสุนทรภู่ ที่ไม่ปรากฏชื่อ หรือหม่อมบุนนาก ที่เพชรบุรี ขณะสุนทรภู่ถูกกักอยู่บริเวณคุกที่เรียกหับเผย (เขตศาลหลักเมืองถึงศาลยุติธรรม หรือระหว่างกรมการรักษาดินแดนกับสวนสราญรมย์ในปัจจุบัน) ระหว่าง พ.ศ. ๒๓๖๒-๒๓๖๓ เข้าใจว่า เพราะไปอ้างพระบารมีของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เพื่อขอคืนดีกับนางจันที่หย่ากัน และเธอได้แต่งงานใหม่แล้ว จนมีการไปทำร้ายร่างกายผู้ใหญ่ฝ่ายนางจัน เขาไปทูลเกล้าฯ ถวายฎีกา จึงถูกกริ้ว มีรับสั่งให้เอาตัวไปเข้าคุก (ดำรงราชานุภาพ, ๒๔๘๕) โดยนัยที่แท้ก็คือ เป็นการมิให้ห่างพระเนตรพระกรรณ เพื่อจะทรงเรียกตัวได้ง่าย สำหรับช่วงการถูกกักขัง เมื่อคิดเทียบกับอายุพลายงาม และช่วงเวลาการแต่งระยะ “สิบปี” ของการติดคุก น่าจะคัดลอกกันมาผิด ที่ควรจะเป็นคือครบปีพอดี หรือ “ถึงสบปีแล้วยังไม่พ้นเลย” มิฉะนั้น ก็เป็นการประท้วงกลาย ๆ ให้เข้าพระเนตรพระกรรณ ตามนิสัยของสุนทรภู่

๕. *“มาหยุดพักวักหยอดซึ่งวารี ทูนหัวพี่นิ่งเถิดอย่าร้องเลย*
แล้วเที่ยวหักฝักบัวกระจับสด เอาหินบดป้อนให้กุมารเสวย
เห็นหยุดร้องเข้าประคองขึ้นชมเชย ทูนหัวเอ๋ยอิ่มแล้วหรือแก้วตา”
“ดูลอยเลื่อนเกลื่อนกลาดประหลาดอย่าง มีต่างต่างเหลืองแดงสดแสงศรี
กระจับจอกดอกอุบลจงกลนี บัวหลวงมีโกมุทบุษบัน
บ้างบานตูมชุ่มชื่นพระยี่นหยิบ แกล้งกระซิบสูดกลิ่นนางผินผัน”

(จาก “สิงหไกรภพ” ตอน พราหมณ์เทพจินดาเดินทางไปแสวงหาผู้มีบุญ และตอน สิงหไกรภพหนีจากเมืองยักษ์ พ.ศ. ๒๓๖๕)

สุนทรภู่ใช้ธรรมชาติของบัวหลายชนิด ต่างสี เป็นฉากของตอนนี้ และที่นี้แห่งเดียวสำหรับนิทานเรื่องนี้ เหมือนไม่ให้ชื่อมารดาตกหล่นไปได้ อย่างที่ผ่านมาของงานทุกเรื่องของตน คือ ถ้าไม่เป็นบัวก็ต้องกล่าวระลึกถึงมารดาแล้วแต่โอกาส แต่ที่น่าสังเกตคือ มีการใช้คำว่า “หักฝักบัว... สด” “หยิบ” และ “กระซิบ” ซึ่งสอดคล้องกับเรื่องเล่าโดย ม.จ.จันทรจิรายุวัฒน์ รัชนี หรือ พ. ณ ประมวญมารค ที่กล่าวมาแล้ว จนทำให้เข้าใจได้ว่า เหตุการณ์โต้กันด้วยคำตายนั้นน่าจะเป็นเรื่องจริง และคงจะเกิดขึ้นก่อนการแต่งนิทานตอนนี้ไม่นาน สุนทรภู่จึงจำเอามาคิดใช้แต่ง เป็นการบันทึกประวัติ ด้วยการเอาสิ่งที่เกิดขึ้นครั้งนั้น มาประกอบเป็นเรื่องไว้ในครั้งนี้ ซึ่งยังเป็นเหมือนลายแทงว่า ชื่อของมารดาตัวเองคือ บัว ให้มีความชัดเจนขึ้นอีกครั้ง งานเรื่องนี้ เช่นเดียวกับ “ลักษณวงศ์” สุนทรภู่แต่งถวายพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย และเจ้าฟ้าอาภรณ์ ทำให้ได้ตำแหน่ง ขุนสุนทรโวหาร แล้วจึงแต่ง “สวัสดิรักษาคำกลอน” ถวายเจ้าฟ้าอาภรณ์อีก

๖. *“บรรลุถึงสระหนึ่งในกลางเถื่อน*
จอกกระจับขึ้นสลับสลอนไป
มัจฉาว่ายรายเรียงมาเคียงคู่
“พระมุนีมีนามมหาเมฆ
สำรวมญาณมัสการพระเพลิงกอง
เธอได้นางกลางสัตบงกช
“จนไก่แก้วแจ้วขันสนั่นไป
น้ำค้างร่วงประทุมมาลย์ก็บานชื่น
สงสารหน่อกระษัตราอุรากรอม
“แล้วมนตรีมีฤทธิ์นิมิตพลัน
ทั้งสามเศียรสามหางสำอางตา
เหมือนช้างทรงองค์ท้าวหัสเนตร
ในลำงาคชสารประมาณมี
ในสระศรีมีบัวขึ้นเจ็ดดอก
กลีบหนึ่งมีนางฟ้าพงางอน
องค์หนึ่งมีบริวารประมาณเจ็ด
มีบัวเผื่อนสัตบุษย์ผุดไสว
คงคาไสดังกระจกกระจ่างดี
บ้างผุดฟูพ่นน้ำแล้วดำหนี”
อดิเรกฤทธีไม่มีสอง
อยู่ในห้องหิมวาพนาศรี
พระดาบสเลี้ยงไว้ในไพรศรี”
วิหคไพรตื่นจากรังอยู่พรั่งพร้อม
รื่นรื่นลมเชยระเหยหอม
แล้วอดออมกลั้นไว้ในอารมณ์”
เป็นช้างเอราวัณอันเลขา
อลังการ์เครื่องประดับมณีดี
งามวิเศษใหญ่ยิ่งคิรีศรี
สระโบกขรณีในงางอน
ดอกหนึ่งออกเจ็ดกลีบทรงเกสร
ร่ายรำฟ้อนอยู่ในกลีบทั้งเจ็ดองค์
ก็พร้อมเสร็จสุดงามตามประสงค์”

(จาก “ลักษณวงศ์” พ.ศ. ๒๓๖๕-๒๓๖๗)

(ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑ และ ๕ เรื่อง “โคบุตร” และ “สิงหไกรภพ” ที่กล่าวมาแล้ว และ ๒๒ ที่จะกล่าวต่อไป ดู คำกลอนหมายเลข ๑, ๑๔)

รูปที่ ๓
“บรรลุถึงสระหนึ่งในกลางเถื่อน
มีบัวเผื่อนสัตบุษย์ผุดไสว
จอกกระจับขึ้นสลับสลอนไป
คงคาใสดังกระจกกระจ่างดี”

(จาก “ลักษณวงศ์” พ.ศ. ๒๓๖๓-๒๓๖๖)
(ภาพจาก “รวมรูปภาพดอกบัว” Analaya)

รูปที่ ๔
“กระจับจอกดอกบัวบานผกา
ดาษดาดูขาวดั่งดาวพราย
โอ้เช่นนี้สีกาได้มาเห็น
จะลงเล่นกลางทุ่งเหมือนมุ่งหมาย
ที่มีเรือน้อยน้อยจะลอยพาย
เที่ยวถอนสายบัวผันสันตวา”

(จาก “นิราศภูเขาทอง” พ.ศ. ๒๓๗๓)
(ภาพจาก “รวมรูปภาพดอกบัว” Analaya)

๗. *“จนเดือนเด่นเห็นกอกระจับจอก*
เห็นร่องน้ำลำคลองทั้งสองฝ่าย
จนแจ่มแจ้งแสงตะวันเห็นพันธุ์ผัก
เหล่าบัวเผื่อนแลสล้างริมทางจร
สายติ่งแซมแกมสลับต้นตับเต่า
กระจับจอกดอกบัวบานผกา
โอ้เช่นนี้สีกาได้มาเห็น
ที่มีเรือน้อยน้อยจะลอยพาย
“พอกราบพระปะดอกปทุมชาติ
สมถวิลยินดีชุลีกร
ระดะดอกบัวเผื่อนเหมือนเดือนหงาย
ข้างหน้าท้ายถ่อมาในสาคร
ดูน่ารักบรรจงส่งเกสร
ก้ามกุ้งซ้อนเสียบสาหร่ายใต้คงคา
เป็นเหล่าเหล่าแลรายทั้งซ้ายขวา
ดาษดาดูขาวดั่งดาวพราย
จะลงเล่นกลางทุ่งเหมือนมุ่งหมาย
เที่ยวถอนสายบัวผันสันตวา”
พบพระธาตุสถิตในเกสร
ประคองซ้อนเชิงองค์ลงนาวา”

(จาก “นิราศภูเขาทอง” พ.ศ. ๒๓๗๓)

สุนทรภู่ออกจากวัดเลียบ เดินทางไปแต่งนิราศเรื่องนี้ หลังออกพรรษาในเดือน ๑๑ ปีขาล พ.ศ. ๒๓๗๓ และรับกฐินแล้ว เมื่อต้องย้อนกลับไปรับโทษบัพพาชนียกรรมที่เกิดขึ้นก่อน โดยลดลงมาจากต้องสึกจากพระในคดีเรื่องผู้หญิง ตั้งแต่ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๗๒ ครั้งนี้ เนื่องจากเจ้าฟ้ากุณฑลทิพยวดีไม่ทรงต้องการให้สุนทรภู่ถวายอักษรเจ้าฟ้ากลาง และเจ้าฟ้าปิ๋วอีกต่อไป เพราะสุนทรภู่ได้ใช้เวลาไปใกล้ชิดกับพระองค์เจ้าลักขณานุคุณ (ที่เปิดเผยต่อมาเป็นลายแทงว่า “อนึ่งเล่าเจ้านายที่หมายพึ่ง” ไว้ใน “นิราศวัดเจ้าฟ้า”) สุนทรภู่แต่ง “เพลงยาวถวายโอวาท” ถวายก่อนออกเดินทางในระยะน้ำท่วมทุ่ง สิ่งแวดล้อมจึงชวนให้สุนทรภู่พรรณนาไว้ดังกล่าว และยังร่ำไรว่าถูกแกล้ง เป็นคำกลอนอีกว่า “เหลือรำลึกนึกน่าน้ำตากระเด็น เพราะขุกเข็ญคนพาลมารานทาง” ซึ่ง “คนพาล” น่าจะเป็นมือที่ ๓ ที่ถือโอกาสซ้ำเติม ด้วยการนินทาเพราะอิจฉา นี่จึงเป็นอีกครั้งหนึ่งที่สุนทรภู่ฟ้องผู้อ่านด้วยคำกลอน ซึ่งยังมีต่อไปอีกนับครั้งไม่ถ้วน

รูปที่ ๕
“จึ่งที่นี่มีนามชื่อสามโคก
เป็นคำโศกสมมุติสุดแถลง
ครั้งพระโกศโปรดปรานประทานแปลง
ที่ตำแหน่งมอญมาสามิภักดิ์
ชื่อปทุมธานีที่เสด็จ
เดือนสิบเอ็ดบัวออกทั้งดอกฝัก”
(จาก “นิราศวัดเจ้าฟ้า” พ.ศ. ๒๓๗๖)
(ภาพจาก “รวมรูปภาพดอกบัว” Analaya)

๘. *“พอออกคลองล่องลำแม้น้ำวก*
กระทุงทองล่องเลื่อนค่อยเคลื่อนคลา
นกกกน้ำดำปลากระสาสูง
“จึ่งที่นี่มีนามชื่อสามโคก
ครั้งพระโกศโปรดปรานประทานแปลง
ชื่อปทุมธานีที่เสด็จ
มารับส่งตรงนี้ที่สำนัก
ได้รู้เรื่องเมืองปทุมค่อยชุ่มชื่น
เห็นพวกชายฝ่ายมอญแต่ก่อนมา
เห็นนกหกเหินร่อนว่อนเวหา
ดาษดาดอกบัวขาวคลั่วเคลีย
เป็นฝูงฝูงเข้าใกล้มันไปเสีย”
เป็นคำโศกสมมุติสุดแถลง
ที่ตำแหน่งมอญมาสามิภักดิ์
เดือนสิบเอ็ดบัวออกทั้งดอกฝัก
พระยาพิทักษ์ทวยหาญผ่านพารา
ดูภูมิพื้นวัดบ้านขนานหน้า
ล้วนสักขาเขียนหมึกจารึกพุง”

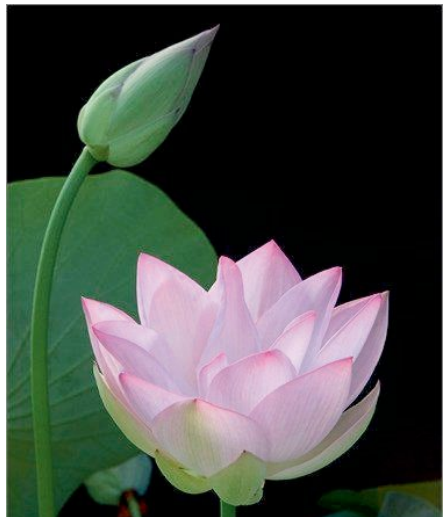
(จาก “นิราศวัดเจ้าฟ้า” พ.ศ. ๒๓๗๖)

หนูพัดแม้จะเคยบวชเณรมาแล้ว พร้อมกับสุนทรภู่ที่บวชเป็นพระ ในราวกลางปีวอก พ.ศ. ๒๓๖๗ แต่ตอนสุนทรภู่ออกเดินทางไปต่างเมือง โดยทิ้งนางนิ่มพร้อมหนูตาบ ที่อายุได้เพียง ๒ ขวบ ไว้ที่เพชรบุรี ตั้งแต่ต้นปีจอ พ.ศ. ๒๓๖๙ หนูพัดก็คงจะได้สึกออกมาติดตามสุนทรภู่ไปธุดงค์ และมารับพระอุปการะอีกครั้งจาก สมเด็จพระบวรราชเจ้ามหาศักดิพลเสพ กรมพระราชวังบวรสถานมงคล ตลอดมาจนพระองค์สวรรคตในวันอังคารที่ ๑ พฤษภาคม ปีมะโรง พ.ศ. ๒๓๗๕ สุนทรภู่ซึ่งก็เป็นพระ เหมือนจะแนะนำให้ลูกบวชครั้งนี้ถวายเป็นพระราชกุศล และเมื่อบวชแล้วหลังพิธีพระราชทานเพลิงศพ ในวันเสาร์ที่ ๖ เมษายน ปีมะเส็ง พ.ศ. ๒๓๗๖ จึงรอเวลาถึงหน้าน้ำ แล้วถือโอกาสเดินทางกันในราวเดือนพฤศจิกายนของปีเดียวกัน มีการใช้สิ่งแวดล้อมเป็นฉากสำหรับการแต่งนิราศเรื่องนี้ในนามของเณรหนูพัด ให้สมกับที่เณรหนูพัดเป็นเจ้าของการบวชถวายพระองค์ ด้วยอัจฉริยะการแต่ง จึงทำให้คนทั่วไปเข้าใจว่า เป็นงานของเณรหนูพัด แต่ลักษณะการร่ำไรด้วยคำสัมผัส รวมทั้งการพูดถึงผู้อื่นที่ไม่เกี่ยวกับเณรหนูพัด และในที่นี้ยังเป็นการใช้ฉากที่เกี่ยวกับบัวอย่างงานอื่น ๆ จึงเป็นวิสัย และผลงานการแต่งของสุนทรภู่อย่างแน่นอน เพราะเณรหนูพัดคงจะไม่มีแผน ไม่มีความรู้ ความเข้าใจที่จะนึกถึงในเรื่องเช่นนี้ หรือวิธีการที่จะแต่งด้วยประวัติเหล่านี้ อนึ่ง นิราศเรื่องนี้จึงเป็นการแต่งในปีมะเส็ง พ.ศ. ๒๓๗๖ มิใช่ ๒๓๗๕ อย่างที่เข้าใจกัน รวมทั้งตัวผู้เขียนเอง ที่เคยคล้อยตามผู้อื่นมาก่อน

๙. *“เห็นเงาไม้ไหวหวั่นให้ฟั่นเฟือน จนเดือนเคลื่อนคล้อยฟ้าให้อาวรณ์*
เห็นสระศรีที่เคยมาประพาส ระดะดาษดอกดวงบัวหลวงสลอน
ลมรำเพยเชยชายกระจายจร หอมเกสรเสาวคนธ์ที่หล่นโรยฯ”

(จาก “นิราศอิเหนา” พ.ศ. ๒๓๗๗)

เช่นเดียวกับผลงานเรื่องอื่น ๆ ดูเหมือนสุนทรภู่จะใช้วิธีแสดงความระลึกถึงมารดาของตน ด้วยการพาดพิงถึงดอกบัวตามลำน้ำที่สะกิดใจ ไว้เป็นหลักฐานในความคิดถึงมารดาของตน ขณะเดินทางผ่านเสมอ แทนที่จะแต่งเป็นเฉพาะถึงพระคุณของมารดา ในนิราศเรื่องนี้ สุนทรภู่แต่งเป็นเรื่องเล่าถึงการจินตนาการณ์ท่องไปหลายที่หลายทาง เพื่อตามหานางงิ้ว สาวคนรักที่หายหน้าหายตาไป โดยทางเรือในฉากของเรื่องอิเหนา ส่วนการผ่านธรรมชาติหมู่ดอกบัวหลวง เข้าใจว่าไปจนถึงถ้ำเขาหลวงที่เพชรบุรีตามประวัติของตัวเองที่กับเธอเคยพากันมาเที่ยวถึงที่นี่ เป็นคำกลอน ว่า “พลางรีบทัพขับรถกำหนดแสวงทุกหล้าแหล่งลำเนาภูเขาหลวง” งานนี้จัดเป็นงานที่แต่งถวายพระองค์เจ้าลักขณานุคุณ ซึ่งสิ้นพระชนม์ต่อมา ด้วยประชวรเป็นไข้ป่วงในวันอาทิตย์ที่ ๑๗ พฤษภาคม ปีมะแม พ.ศ. ๒๓๗๘ และเป็นตัวอย่างของการร่ำไร ในฉากของการจินตนาการ เป็นการหลบไว้ เพราะขณะนั้นยังเป็นพระ ที่เริ่มมาก่อนใน “นิราศภูเขาทอง” ที่แต่งในฉากของการเดินทางจริง จนผูกใจผู้อ่านได้เป็นที่สุด น่าสังเกตว่า คำกลอน “ระดะดาษดอกดวงบัวหลวงสลอน” สุนทรภู่ยังนำไปใช้ต่อมาใน “นิราศพระประธม” และนิทานพระอภัยมณี ตอนที่ ๖๔ หน้า ๑๒๗๘ (ดู คำกลอนหมายเลข ๑๓, ๓๐)



รูปที่ ๖
"พอกราบพระปะดอกปทุมชาติ
พบพระธาตุสถิตในเกสร
สมถวิลยินดีชุลีกร
ประคองซ้อนเชิญองค์ลงนาวา"
(จาก "นิราศวัดเจ้าฟ้า" พ.ศ. ๒๓๗๖)
(ภาพจาก "รวมรูปภาพดอกบัว" Analaya)

๑๐. *"ดูเบื้องบนอากาศก็ลาดเลี่ยน*
มีทั้งสระโกสุมประทุมมาลย์
พี่คิดถึงบัวทองของน้องแก้ว
กำลังสดมิได้เศร้าน่าเคล้าคลอ
ตั้งแต่พี่พลัดพรากมาจากน้อง
ชมแต่บัวริมน้ำยิ่งรำพัน
"ถ้าน้องมาถึงนี่กับพี่ชาย
จะชี้ให้เจ้าดูหมู่มัจฉา
แล้วจะชวนเก็บผักหักอุบล
ต้นคะเคียนร่มรกปกวิหาร
บ้างตูมบานเกสรอ่อนลออ
ยังผ่องแผ้วพรรณรายเสียดายหนอ
พี่เคยขอชมเล่นมิเว้นวัน
มิได้ต้องบัวทองประคองขวัญ
แสนกระสันโศกเศร้าจนเข้าคลอง"
จะชวนสายสุดที่รักลงสรงชล
ที่ว่ายมาเกลือกกลับอยู่สับสน
ให้นฤมลชมธารสำราญใจฯ"

(จาก "นิราศพระแท่นดงรัง" สำนวน พ.ศ. ๒๓๗๙)

ดูเหมือนจะชัดเจนขึ้นจากงานเรื่องนี้ ที่สุนทรภู่แต่งระลึกไปถึงนางม่วง คนรักที่มีลูกด้วยกันชื่อนิล ในที่นี้เป็นตอนที่สุนทรภู่อยู่ในช่วงสึกจากพระ เปรียบเทียบรูปร่างของดอกบัว (หลวง) กับ "บัวทองของน้องแก้ว" ที่ "มิได้ต้อง" อีกต่อมา เพราะเธอได้ฟ้องขอหย่า โดยมีรายละเอียดอยู่ใน "พระอภัยมณีคำกลอน" ตอนที่ ๓๙ หน้า ๗๕๙-๗๖๐ แล้วสุนทรภู่ก็ไม่พลาดที่จะกล่าวชมธรรมชาติ สวมกันไปถึงชื่อมารดาที่คิดถึงบ้าง ว่า "ชมแต่บัวริมน้ำยิ่งรำพัน" ขณะเดียวกันก็แทรกเป็นเค้าประวัติการแก้ไขคำกลอน "บทละครเรื่องอิเหนา" และการต่อคำกลอนด้วยคำตาย ที่กล่าวมาแล้วไว้ด้วย นิราศเรื่องนี้ ถือเป็นงานคำกลอนอยู่ในกระบวนโอดครวญร่ำไร ที่เข้าขั้นอีกเรื่องหนึ่ง น่าสังเกตว่า ก่อนนั้น ในการแต่ง "นิราศพระแท่นดงรัง"

ฉบับปีมะเส็ง พ.ศ. ๒๓๗๖ เป็นการเดินทางในเดือน ๔ ซึ่งเป็นหน้าแล้งเช่นกัน แต่เป็นเส้นทางริมทะเล สมัยนั้น จึงไม่มีเรื่องของบัวซึ่งเป็นพืชน้ำจืดเข้ามาให้พาดพิงถึง จึงนับว่า เป็นหลักฐานอีกอย่างหนึ่งสำหรับใช้แสดงการแต่งที่ส่อให้เห็นว่า มีการคำนึงถึงข้อเท็จจริงอยู่ไม่น้อย และเป็นของสุนทรภู่ด้วยเช่นกัน

อนึ่ง จากข้อสังเกตว่า คำกลอนในบทคิดคะนึงไปถึงคนรักที่คงจะหมายถึงนางม่วง ด้วยอยากให้มาด้วยกัน ได้เล่นน้ำกัน ในธรรมชาติดังกล่าวของนิราศเรื่องนี้ นับว่าตรงกับที่กล่าวว่า “โอ้เช่นนี้สีกาได้มาเห็น จะลงเล่นกลางทุ่งเหมือนมุ่งหมาย” ใน “นิราศภูเขาทอง” ที่น่าจะหมายถึงนางนิ่ม จึงยังเป็นหลักฐานอีกอย่างหนึ่งที่ช่วยตัดสินว่า “นิราศพระแท่นดงรัง” ฉบับนี้ เป็นผลงานของสุนทรภู่ มิใช่เป็นของนายมีหมื่นพรหมสมพัตสร แต่อย่างใด

รูปที่ ๗
“มีทั้งสระโกสุมประทุมมาลย์
บ้างตูมบานเกสรอ่อนลออ
พี่คิดถึงบัวทองของน้องแก้ว
ยังผ่องแผ้วพรรณรายเสียดายหนอ”
“แล้วจะชวนเก็บผักหักอุบล
ให้นฤมลชมธารสำราญใจฯ”

(จาก “นิราศพระแท่นดงรัง” สำนวน พ.ศ. ๒๓๗๙)
(ภาพจาก “รวมรูปภาพดอกบัว” Analaya)

๑๑. *“๕ เลี้ยวลัดวัดษเกษก้ม คมลา*
กุฎศพนบมานดา เกิดเกล้า
เดชะพระกุศลภา พ้นโลก โอกฆเอย
เสวยศุกทุกค่ำเช้า ช่วงชั้นสวรรยางคฯ”
“๑๐๖ บางบัวบ้านชื่อพร้อง สนองนำ
นึกเช่นเหนบัวคำ คู่พร้อง
เค่าเหนียวเกี่ยวมาทำ แทนเค่า เจ้าเอย
คราวเคราะห์เพราะเกี้ยวข้อง ขัดค้างขวางเชิงฯ”

(จาก “โคลงนิราศสุพรรณ” พ.ศ. ๒๓๘๔-๒๓๘๕)

ยิ่งชัดเจนขึ้นอีก เพราะเป็นการเสริมกับหลักฐานใน “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๖ พระอภัยมณีกลับเมือง หน้า ๙๒๒, ๙๒๖ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป และ “รำพันพิลาป” ที่สุนทรภู่กล่าวถึง “เดือนยี่” ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ โดยสืบได้ว่า เป็นเค้าการถึงแก่กรรมของมารดา สุนทรภู่ซึ่งขณะนั้นอยู่ที่เพชรบุรี และได้แต่ง “กาพย์พระไชยสุริยา”แล้ว จึงเดินทางกลับมาเอาศพมารดาไปไว้ที่วัดสระเกศ จนถึงเดือน ๓ ปีเดียวกัน ก็ได้ถูกกำหนดให้ออกเดินทางต่อไปสุพรรณบุรี เพราะยังอยู่ระหว่างคดีกับกรมหมื่นอัปษรสุดาเทพ จึงได้แต่งไว้ดังกล่าว (ดู คำกลอนหมายเลข ๑๒-๑๓, ๒๒-๒๓, ๒๗-๒๘)

ขณะเมื่อเดินทางถึงบางบัว ตอนปลายปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ เพราะชื่อนี้ทำให้นึกไปถึงชื่อมารดาก่อนว่า เป็นชื่อที่ “พร้อง” กันกับชื่อบ้าน ขณะที่คำว่า “บาง” ก็ทำให้นึกถึงหม่อมบาง พระอัครชายาของพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว คือพระนามของมารดาของกรมหมื่นอัปสรสุดาเทพ และพระองค์เจ้าลักขณานุคุณ ที่ตนไปเกี่ยวข้องจนมีเคราะห์ ทั้ง “บาง” และ “บัว” ในขณะนั้น จึงต่างก็เป็นนามของมารดาโดยนัยของสุนทรภู่ และต่อมาก็เป็นสาวลาวที่ชื่อ “บัวคำ” (คงจะมิใช่เป็นนัยถึง “บัวทอง” หรือ “บัวทองของน้องแก้ว” ดังกล่าวอยู่ใน “นิราศพระแท่นดงรัง” สำนวนปีวอก พ.ศ. ๒๓๗๙ และนิทานพระอภัยมณี ตอนที่ ๒๕, ๓๖) ที่แยกกล่าวว่า เคยเป็น “คู่พร้อง” กับชื่อมารดาของตน ที่เปรียบเหมือนข้าวเหนียวเทียบกับข้าวเจ้า คือหม่อมบาง อนึ่ง คงจะเพราะมีผู้กำหนดให้ต้องแต่งเป็นบันทึกถึงเหตุการณ์ในแต่ละวันเวลาที่ผ่านไปเหมือนรายงาน (โคลงที่ ๒๗๔-๒๗๕) ขณะอยู่ในสุพรรณบุรี การแต่งเป็นโคลง ๔ สุภาพจึงน่าจะเป็นทางเลือกของสุนทรภู่ ที่สามารถเล่าได้เป็นฉาก ๆ ไม่ต้องเป็นเรื่องต่อเนื่องกัน แต่ละฉากแต่ละบทก็มีตัวละครได้เป็นอิสระ ตรงตามต้องการทันที

๑๒. *“ถึงเดือนยี่มีเทศน์สมเพชพักตร์ เหมือนลงรักรู้ว่าบุญสิ้นสูญหาย*
สู้ซ่อนหน้าฝ่าฝืนสะอื้นอาย จนถึงปลายปีฉลูมีธุระ”

(จาก “รำพันพิลาป” พ.ศ. ๒๓๘๕)

ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๑ เรื่อง “โคลงนิราศสุพรรณ” ที่แต่งมาก่อนระหว่างเดือน ๓ ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ ถึงเดือน ๑๑ ปีขาล พ.ศ. ๒๓๘๕ ผู้เขียนยกเรื่องนี้มาไว้ในที่นี้ แม้ว่าจะไม่เกี่ยวกับมารดาของสุนทรภู่ แต่ต้องการให้ผู้อ่านปะติดปะต่อเรื่องได้ตามลำดับเหตุการณ์ โดยให้เข้าใจว่า สุนทรภู่เดินทางกลับจากสุพรรณบุรีถึงวัดเทพธิดาราม ในอาทิตย์สุดท้ายก่อนออกพรรษา และทันทีได้แต่ง “รำพันพิลาป” เล่าโอดครวญสรุปแทบทุกเรื่องในชีวิตที่ค้างคา โดยเฉพาะที่ไม่เคยกล่าวไว้ในที่ใดมาก่อน หรือไม่ชัดเจน เช่นปีและเหตุการณ์ออกบวชเป็นพระครั้งแรก แล้วหลังจากนั้นขณะไปอยู่ที่เพชรบุรีก็มีผลงานแต่งเรื่องที่ต่อมาถูกปลวกกินไป (โดยผู้เขียนเข้าใจว่า ล่วงมาอีกถึง ๖ ปีกว่าจึงได้แต่งใหม่ทดแทนเป็นในเรื่อง “นิราศภูเขาทอง”) มีเรื่องเน้นกรณีกับกรมหมื่นอัปสรสุดาเทพ ทำให้สุนทรภู่ต้องหลบหน้าหลบตา ก่อนต้องสึกจากพระในครั้งนี้ แล้วไปรับพระอุปถัมภ์จากกรมขุนอิศเรศรังสรรค์ ที่ประทับอยู่ที่พระราชวังเดิม ธนบุรี

คงจะด้วยสภาพของเรื่องที่แต่งในท้ายชีวิตหลังมารดาเสียชีวิต หรือบริบทของเนื้อหา ใน“รำพันพิลาป” รวมทั้ง “บทละครเรื่องอภัยนุราช” จึงไม่มีการกล่าวถึง บัว ซึ่งเป็นชื่อมารดา ทำนองเดียวกับ “สวัสดิรักษาคำกลอน” งานใน พ.ศ. ๒๓๖๔-๒๓๖๖ ที่แต่งถวายเจ้าฟ้าอาภรณ์ “เพลงยาวถวายโอวาท” งานใน พ.ศ. ๒๓๗๓ ที่แต่งถวายเจ้าฟ้ากลางและเจ้าฟ้าปิ๋ว และ “สุภาษิตสอนสตรี” งานใน พ.ศ. ๒๓๘๐-๒๓๘๓ ระหว่างสึกจากพระ ตั้งแต่ปีมะแม พ.ศ. ๒๓๗๘ หลังการสิ้นพระชนม์ของพระองค์เจ้าลักขณานุคุณ เหมือนท้าทาย หรือต้องการประชันกับ “โคลงโลกนิติ” พระนิพนธ์จารึกที่วัดพระเชตุพน ของสมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยาเดชาดิศร โดยพระราชประสงค์ของพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว

๑๓. *“ริมลำคลองท้องทุ่งดูวุ้งเวิ้ง ดอกบัวเผื่อนเกลื่อนกลาดดาษดา*
“ทั้งสระมีสี่มุมปทุมชาติ บ้างร่วงโรยโปรยปรายกระจายจร
มีเต่าปลาอาศัยอยู่ในน้ำ ฝูงกริมกรายรายเรียงขึ้นเคียงคอย
เหมือนด้วยรักหนักหน่วงไม่ร่วงหล่น แสนสนุกรุกขชาติดาษเดียร
ด้วยน้ำเจิ่งจอกผักขึ้นหนักหนา สันตะวาสายติ่งต้นลินจง”
ระดะดาษดอกดวงบัวหลวงสลอน หอมเกสรเสาวคนธ์ที่หล่นลอย
บ้างผุดดำโดดคะนองพ่นฟองฝอย จะคาบสร้อยเสาวคนธ์ว่ายวนเวียน
ให้เวียนวนหวั่นจิตตะขวิดตะเขวียน เที่ยวเดินเวียนวนชมประธมทองฯ”

(จาก “นิราศพระประธม” พ.ศ. ๒๓๘๕)

งานนิราศเรื่องนี้ โดยกาละและเทศะ หรือเวลาของการแต่ง ในเดือน ๑๒ ปีขาล พ.ศ. ๒๓๘๕ ซึ่งเป็นช่วงหลังการถึงแก่กรรมของมารดาของสุนทรภู่ ในเดือนยี่หรือเดือนมกราคม ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ แล้วได้ประมาณ ๑๐ เดือน การกล่าวถึงบัวโดยนัยถึงมารดาบ่อยขึ้น จนถึงระยะนี้ น่าจะใช้ช่วยสรุปได้ว่า มารดาของสุนทรภู่ชื่อ บัว โดยยังสังเกตจากการที่ครั้งนี้ สุนทรภู่กล่าวถึงดอกบัวที่พบในแหล่งน้ำธรรมชาติตามปรกติ แล้วก็เป็นดอกบัวหลวงในสระที่บริเวณพระประธม (ต่างกับพระประโทน ที่สุนทรภู่ก็รู้จัก และได้กล่าวไว้ต่อมา ว่า “จึงให้คนก่อสร้างพระปรางค์ประโทน” เช่นเดียวกับใน “นิราศพระแท่นดงรัง” สำนวนปีวอก พ.ศ. ๒๓๗๙ ก็มีกล่าวไว้ ว่า “ถึงพระโทนธารามพราหมณ์เขาสร้าง” ต่างกับเมื่อ “บรรลุถึงพระประทมประทับหยุด”) ด้วยคำที่ไม่เคยใช้มาก่อนอย่างเพราะพริ้ง ทำนองเดียวกับใน “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๕ ซึ่งแต่งในเค้าของการถูกกำหนดให้เดินทางบกไปหลบอยู่ที่เพชรบุรี ในเดือน ๑๒ ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ แล้วผ่านพระประธม ซึ่งเคยแต่งไว้ว่า “เกสรร่วงโรยรายขจายจร” ส่วนครั้งนี้ คือ “บ้างร่วงโรยโปรยปรายกระจายจร หอมเกสรเสาวคนธ์ที่หล่นลอย” จึงต้องหมายถึงชีวิตของมารดาของตนที่ถึงแก่กรรม หรือร่วงโรยไปแล้วนั่นเอง (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๑, ๒๒, ๒๓ และ ดู คำกลอนหมายเลข ๙, ๑๑-๑๒, ๒๒-๒๓, ๒๖-๒๘, ๓๐)

ต่อไปนี้ เป็นหลักฐานจาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตัวเลขเป็นลำดับงานที่ยกมากล่าวถึงต่อจากข้างต้นที่พบในงานคำกลอนอื่น ๆ ของสุนทรภู่

๑๔.

สมมุติวงศ์ทรงนามท้าวสุทัศน์
อันกรุงไกรใหญ่ยาวสิบเก้าโยชน์
สะพรึบพร้อมไพร่ฟ้าประชาชี
มีเอกองค์นงลักษณ์อัครราช
สนมนางแสนสุรางคนิกร
“แต่ปางหลังยังมีกรุงกษัตริย์
ผ่านสมบัติรัตนานามธานี
ภูเขาโขดเป็นกำแพงบูรีศรี
ชาวบุรีหรรษาสถาวร
พระนางนาฏนามปทุมเกสร
ดังกินนรน่ารักลักขณา”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน”ตอนที่ ๑ พระอภัยมณีกับศรีสุวรรณเรียนวิชา หน้า ๑)

ดูเหมือนเรื่องราวตอนขับนางอำพัน ของเรื่อง “โคบุตร” ที่สุนทรภู่แต่งใน พ.ศ. ๒๓๔๙-๒๓๕๐ และตอนลักษณวงศ์เยี่ยมศพ ซึ่งเป็นตอนใกล้จบของเรื่อง “ลักษณวงศ์” ที่สุนทรภู่แต่งใน พ.ศ. ๒๓๖๓-๒๓๖๖ จะมาต่อด้วย “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๙ กำเนิดสินสมุทร เป็นเรื่องย้อนเหตุการณ์ โดยที่นิทานอมตะของสุนทรภู่เรื่องนี้ เริ่มในตอนที่ ๑ ด้วย ท้าวสุทัศน์ในภาพของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย (และบิดาของสุนทรภู่) กษัตริย์ผู้สร้างวัดสุทัศน์ ต่อจากพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช สุนทรภู่เทิดทูนพระองค์ในฐานะที่ทรงจุดประกายชีวิตให้ตน ต่อจากสมเด็จพระเจ้าหลานเธอเจ้าฟ้ากรมพระราชวังบวรสถานพิมุข หรือพระยาสุริยอภัย ในครั้งเป็นผู้สำเร็จราชการเมืองนครราชสีมา โดยที่สุนทรภู่ก็คิดที่จะเทิดพระเกียรติพระองค์ไปพร้อมกัน ดังนั้น ชื่อ “อภัย” หรือ “พระอภัยมณี” จึงถูกเลือกให้เป็นตัวเอกคู่กับศรีสุวรรณ โอรสท้าวสุทัศน์และนางปทุมเกสร ของนิทานเรื่องนี้ (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๒ และ ดู คำกลอนหมายเลข ๑, ๖)

จากความคิดโดยรวมด้วยประสบการณ์การค้นคว้าของผู้เขียน ก่อนมาเรียบเรียงบทความเรื่องนี้ ว่า นางปทุมเกสรน่าจะมาจากชื่อ บัว มารดาของสุนทรภู่เอง ทำนองเดียวกับตัวละครต่อ ๆ มา ซึ่งก็เป็นเค้าของบุคคลจริงตลอดนิทานเรื่องนี้ หรือเมืองรัตนา ก็คือ กรุงรัตนโกสินทร์ โดยนัย คือ วังหลวง ส่วนเมืองรมจักร คือ วังหลัง โดยนัยของสุนทรภู่ คือ ตัวแทนของราชวงศ์จักรี เพราะราชสกุลวังหลังถือกำเนิดมาจากสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอพระองค์ใหญ่ เจ้าฟ้ากรมพระยาเทพสุดาวดี ผู้ปฏิสังขรณ์วัดชีปะขาว (วัดศรีสุดาราม) ในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช ซึ่งเป็นพระปฐมวงศ์แห่งพระบรมราชจักรีวงศ์ สำหรับพระสุริโยไทย และนางจันทรวดี แห่งเมืองการะเวก ก็คือพระองค์เจ้าชายอรุโณทัย หรือต่อมา คือ สมเด็จพระบวรราชเจ้ามหาศักดิพลเสพ และพระองค์เจ้าดาราวดี พระอัครชายาแห่งกรมพระราชวังบวรสถานมงคล (วังหน้า) ซึ่งมีรูปปั้นนกการเวกหรือการวิก ขนาดเทียมคน ๔ ตัว ตั้งอยู่หน้าโคนเสาบริเวณพาไลของพระที่นั่งพุทไธสวรรย์ ซึ่งเดิมมีชื่อว่า พระที่นั่งสุทธาสวรรย์ สร้างในครั้งพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช แล้วปฏิสังขรณ์โดยกรมพระราชวังบวรสถานมงคลพระองค์นี้ และเสด็จจากวังหน้าพระลาน วังกลาง ไปประทับที่วังหน้า ในต้นปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑

น่าสังเกตว่า ในนิทานตอนที่ ๔๔ ซึ่งเป็นตอนจบภาคแรก กองทัพพระอภัยมณีกับกองทัพนางสุวรรณมาลีเผชิญหน้าและสู้รบกันสุนทรภู่แต่งให้ทิศาปาโมกข์โลกเชษฐ์ในเค้าของตัวเองเสกนกการเวกและตั้งพิธีเชิญฤาษีเกาะแก้วพิสดารมาช่วย (ทั้งชีวิตจริง และนิทานที่สุนทรภู่ได้รับเป็นพระกรุณาจากหม่อมบุนนาก) ในการรบนางเสาวคนธ์ ธิดาเจ้าเมืองการะเวก และพรรคพวก ปล่อยนกการเวกไปจิกฝ่ายตรงข้าม เป็นคำกลอน เช่น ในหน้า ๘๘๐, ๘๘๑, ๘๘๒ ว่า

“จึงปล่อยนกผกโผนโจนกระเด็น ปักษาเผ่นผันผยองทั้งสองตัว
นกกาสักปักษีเห็นผีสาง เข้าจิกนางการวิกเข้าจิกผัว”
“นางเสาวคนธ์วนไล่พวกไพร่หนี เห็นลาลีไล่รันด้วยคันศร
สุลาลีหนีปนพลนิกร สุดสาครขับม้าขวางหน้าน้อง
นางแค้นใจไล่รันกระชั้นชิด พระพี่ปิดป้องกันผันผยอง
นางปล่อยนกผกโผนโจนคะนอง เข้าจิกท้องแขนขาสุดสาคร”

กล่าวได้ว่า ความคิดใช้ประโยชน์ปูนปั้นนกการเวกในวังหน้า ของใกล้ตัว มาเป็นชื่อเมือง และตัวละครให้นางเสาวคนธ์ใช้สู้รบตามนิทานดังกล่าว น่าจะสืบเนื่องมาจากที่ก่อนหน้านี้ เพียงในตอนที่ ๔๓ หน้า ๘๕๖ สุนทรภู่ก็เคยใช้สิงโตหิน หน้าวัดเทพธิดาราม (ซึ่งเป็นวัดที่กรมหมื่นอัปสรสุดาเทพใช้พระราชทรัพย์ส่วนพระองค์ร่วมสร้างจนสำเร็จ และพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัวเสด็จพระราชดำเนินไปทรงทำพิธีผูกพัทธสีมา ในวันอาทิตย์ที่ ๒๒ ธันวาคม ปีกุน พ.ศ. ๒๓๘๒) มาแต่งให้นางเสาวคนธ์ที่เริ่มเป็นเค้าของกรมหมื่นอัปสรสุดาเทพ ใช้เป็นพาหนะสู้รบยิงแก้มนางสุลาลีวันกับนางยุพาผกาที่ขี่ม้า เป็นคำกลอน ว่า

“นางขยับขับสิงโตไล่โยธี เที่ยวต้อนตีแตกพลัดกระจัดกระจายฯ
ฝ่ายยุพาผกายืนม้ามุ่ง เห็นรบพุ่งขึ้นคันเกาทัณฑ์หมาย
ฝ่ายนงเยาว์เสาวคนธ์คอยชม้าย พอลั่นสายเสียงขวับนางรับทัน
ถึงสามทีมิถูกรับลูกได้ ด้วยว่องไวไสสิงห์วิ่งถลัน”

เรื่องสิงโตหินหน้าวัด จนมาเป็นสิงโตในนิทานดังกล่าว ยังมีที่โยงใยกันได้อีก คือ เป็นความเข้าใจของผู้เขียนว่า เรื่องที่จะกล่าวต่อไปนี้ แทนที่จะเกิดขึ้นที่ หรือกับสิงโตหินรุ่นเก่าหน้าพระที่นั่งอมรินทรวินิจฉัยในพระราชวังหลวง ดังที่เคยสันนิษฐานกัน น่าจะเกิดขึ้นที่หน้าวัดเทพธิดาราม ของใกล้ตัวอีกเช่นกัน เมื่อครั้งพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว เสด็จมาเปิดวัดดังกล่าว เมื่อได้ทอดพระเนตรสิงโตหินขนาดใหญ่ถึง ๔ ตัว ที่ทางเข้าหน้าวัด จึงมีพระราชปฏิสันถารโต้ตอบกับพระสุนทรภู่ ที่กรมหมื่นอัปสรสุดาเทพนิมนต์มาจากวัดเลียบ หลังบวชใหม่ในต้นปีกุน พ.ศ. ๒๓๘๒ ให้มาจำวัดอยู่ที่วัดของพระองค์ ว่า

“โตติ้งสิงห์ตั้งเหมือนดั่งเป็น” - รัชกาลที่ ๓
“ดูผงกผกเผ่นไม่ผันผยอง” - สุนทรภู่
“มาแต่ไหนใหม่ตัวนี้มีทำนอง” - รัชกาลที่ ๓
“เสือกไม่ไปไสไม่คล่องมาแต่จีน” - สุนทรภู่

๑๕. *“อยู่วันหนึ่งถึงยามเข้าไสยาสน์ นึกอนาถนิ่งคิดพิศวง*
ด้วยพลัดพรากจากตระกูลประยูรวงศ์ มาเปลี่ยวองค์อ้างว้างอยู่กลางทะเล”
“ฝ่ายองค์พระอภัยวิไลโฉม คิดถึงโยมอยู่ในห้องยิ่งหมองศรี”
“คิดถึงสองพระชนกที่ปกเกล้า จะสร้อยเศร้าทุกข์ตรอมจนผอมเหลือง
แม้นไปถึงธานีบุรีเมือง พอแจ้งเรื่องทุกข์ร้อนไม่นอนใจ”
“เห็นสำเภาเขามาถ้ามิไป ไหนจะได้พบวงศ์พงศ์ประยูร
จำจะจากพรากพลัดกำจัดเจ้า อย่าสร้อยเศร้าสายสวาทไม่ขาดสูญ
จงอยู่ดีศรีสุดาอย่าอาดูร จงเพิ่มพูนผาสุกทุกเวลาฯ”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๑๒, ๑๓ พระอภัยมณีโดยสารเรือนางสุวรรณมาลี พระอภัยมณีลานางเงือก หน้า ๑๗๑, ๑๘๑, ๑๘๘)

สุนทรภู่แต่งตอนนี้ในระยะหลังการบวชในกลางปีวอก พ.ศ. ๒๓๖๗ แสดงเค้าประวัติของตัวเอง ที่ได้รับพระกรุณาจากพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว เป็นเรือเดินทางไปเมืองแกลง จังหวัดระยอง เพื่อเยี่ยมและแสดงตัวเองว่า ได้บวชเป็นพระแล้วแก่บิดา แล้วเดินทางกลับไปเพชรบุรี รอนางนิ่มให้กำเนิดหนูตาบ และแต่งเรื่องรำลึกถึงพระมหากรุณาธิคุณของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ที่ต่อมาปลวกในพระวิหารวัดเลียบได้ทำลายไป (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๒, ๓๐) จนอีก ๖ ปี ๓ เดือน ต่อมาได้แต่ง “นิราศภูเขาทอง” ศรีสุดาในคำกลอนหมายถึงนางนิ่ม

๑๖. *“ครั้นสรรพเสร็จเสด็จดำเนินนาด ไปปราสาทบิตุรงค์พร้อมวงศา*
อภิวาทบาทมูลต่างทูลลา พระมารดาบิตุรงค์อยู่จงดีฯ
จอมกษัตริย์อัดอั้นกลั้นสะอื้น อุตส่าห์ฝืนพักตร์สนองทั้งสองศรี
เจริญเถิดเกิดลาภปราบไพรี พบพระพี่พามาพาราเรา
ศรีสุวรรณอัญชลีทูลสนอง ขอบุญสองพระชนกช่วยปกเกล้า
จะเดินทางกลางน้ำลงสำเภา ไปเที่ยวเดากว่าจะพบประสบกัน
ขอฝากองค์นงนุชสุดสวาท ไว้ใต้บาทสองกษัตริย์เหมือนฉัตรกั้น”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๑๗ ศรีสุวรรณเตรียมการจะตามพระอภัยมณี หน้า ๒๖๓)

เรื่องราวตอนนี้ น่าจะเป็นเหตุการณ์ชีวิตสุนทรภู่ในปีชวด พ.ศ. ๒๓๕๙ เล่าเป็นนิทาน ครั้งนำหนูพัดจากวังหลัง ไปรับพระอุปถัมภ์จากหม่อมบุนนากที่เพชรบุรี (ขณะศรีสุวรรณกับสินสมุทรออกจากเมืองรมจักรในฉากของวังหลัง) สุนทรภู่ในร่างของศรีสุวรรณจึงลามารดา แต่ก็แต่งรวมทั้งบิดาทั้งที่ยังอยู่ที่เมืองแกลงด้วย ขณะเดียวกัน ก็จินตนาการถวายการร่ำลากรมพระราชวังบวรสถานพิมุข ที่ได้แต่งให้คงมีพระชนม์อยู่ต่อมา พร้อมเจ้าครอกข้างในทองอยู่ พระอัครชายา ที่ตนนับถือเหมือนผู้บังเกิดเกล้าของตน (แต่ก็หยอกล้อทั้งสองพระองค์ไว้มาก เช่น เป็นนิทานตอนที่ ๔๑ หน้า ๗๙๘-๗๙๙) ส่วน “นงนุช” คือนางจันจากหลักฐานนี้ที่พาดพิงถึงบิดา และมารดาของสุนทรภู่ แต่ไม่มีเค้าของชื่อจริงปรากฏ

๑๗. *“ไปพารายาปู่ขึ้นสู่วัง ให้พร้อมพรั่งวงศาเสนาในฯ”*
“พระหน่อน้อยถามองค์พระทรงเดช จะโปรดเกศลูกยาพาไปไหน
ถ้าสงสารมารดาได้ว่าไว้ ถ้าแม้นไม่พบปะพระบิดา
ให้ลูกยาพาไปเมืองผลึก ด้วยรำลึกถึงพระแม่แลวงศา
แล้วจะมอบขอบขัณฑเสมา ให้ลูกยาอยู่สำราญผ่านบุรี
พระบิดาว่าจะไปกรุงไกรก่อน ลูกจะวอนพระมารดามารศรี
ไปพารายาปู่แม้นอยู่ดี แล้วลูกนี้จึงจะลามากับนางฯ”
“นางกอดจูบลูบหลังสินสมุทร ช่างแสนสุดซื่อถามตามภาษา
จึงว่าแม้แต่อยู่กับพระอัยกา อ่านตำราข้างที่มิได้เว้น
ด้วยไม่มีพี่น้องเป็นชายชาติ จะหมายมาดช่วยทุกข์เมื่อขุกเข็ญ”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๒๐ พระอภัยมณีปรึกษากับสินสมุทรจะกลับเมืองรัตนา หน้า ๓๐๖)

นิทานตอนนี้ เริ่มด้วยเหตุการณ์ปราบกบฏเจ้าอนุวงศ์เป็นครั้งแรก ที่เกิดขึ้นตั้งแต่เดือนมกราคม ปีจอ พ.ศ. ๒๓๖๙ แต่ตามคำกลอนท้ายตอนที่ยกมานี้ให้เค้าความคิดของสุนทรภู่ในขณะปรึกษาความกับหนูพัด ซึ่งก็คิดถึงแม่คือนางจัน ขณะยังอยู่ที่วังหลังใต้พระบารมีของกรมพระราชวังบวรสถานพิมุข หรือพระอัยกาตามนิทาน ว่าจะชวนกันไปพบย่าและปู่ ซึ่งก็คือบิดา และมารดาของสุนทรภู่ โดยเฉพาะบิดาซึ่งขณะนั้นยังอยู่ที่เมืองแกลง จังหวัดระยอง

๑๘.๑ *“พระอภัยได้ราชาภิเษก กับองค์เอกอัคเรศเกศสนม*
ทั่วประเทศเขตแคว้นแสนอุดม เสวยสมบัติสบายมาหลายเดือน
เมื่อวันนั้นบรรทมบรรจถรณ์แท่น ให้โศกแสนเสียใจใครจะเหมือน
แต่จากไกลไอศวรรย์มาฟั่นเฟือน มิได้เยือนพระชนกชนนี

โอ้ผ่านเกล้าเจ้าประคุณทูลกระหม่อม
หรือทุกข์โศกโรคภัยสิ่งไรมี
พระสอนสั่งหวังจะปลูกให้ลูกรัก
มาจำจากพรากพลัดกระจัดกระจาย
แล้วอวยชัยให้มหากฤดาการ
จงปรากฏศถาอานุภาพ
ช่วยทูลฉลองสองชนกชนนี
ศรีสุวรรณอัญชลียินดีนัก
ไปบังคมสมเด็จพระบิตุลา
แล้วสามองค์ทรงลำกำปั่นใหญ่
ทั้งเรือตามสามร้อยลอยวารี
จะพรักพร้อมอยู่บำรุงซึ่งกรุงศรี
ถึงสิบปีแล้วมิได้ไปใกล้กราย
ประเสริฐศักดิ์สมจิตที่คิดหมาย
ไม่เห็นหายเห็นพระองค์คงจะคอย
ทั้งน้องหลานลูกยาอย่าราคี
อรินทร์ราบเรียบทางกลางวิถี
ว่าพี่นี้จะไปเฝ้าต่อเจ้ามาฯ
เรียกลูกรักกับหลานคลานมาหา
ทูลลาป้าลาพระอัยกี
ให้กางใบล้วนแต่ผ้าแพรสี
พอลมดีใช้ใบไรไรมาฯ”

ผู้อ่านต้องเข้าใจให้ชัดเจนว่า ตามนิทาน ศรีสุวรรณก็คือร่างอีกร่างหนึ่งของสุนทรภู่ เช่นเดียวกับพระอภัยมณี ซึ่งเป็นร่างในฐานะพี่ ในที่นี้เป็นเหตุการณ์ก่อนเข้าพรรษาในปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑ ศรีสุวรรณและสินสมุทรถูกกำหนดให้เดินทางไปหาบิดาคือไปเมืองแกลง หลังจากคิดมาตั้งแต่ตอนที่ ๒๐ ประจวบกับการปราบกบฏเจ้าอนุวงศ์ ตอนนี้จึงไปจริง เพื่อรับบิดามากรุงเทพฯ และเมื่อมาถึงแล้ว “ช่วยทูลฉลองสองชนกชนนี ว่าพี่นี้จะไปเฝ้าต่อเจ้ามาฯ” จึงเรียกให้สินสมุทรไปลาพระอภัยมณีคือ “พระบิตุลา” และ “ลาป้าลาพระอัยกี” ก่อนออกเดินทาง “พระอัยกี” ที่กล่าวในที่นี้น่าจะหมายถึงมารดาของสุนทรภู่ อีกทั้งญาติผู้ใหญ่ หรือผู้สูงอายุที่เคารพ ที่วังหลังและวังหน้า ต่างกับในคำกลอนต่อ ๆ ไป ในตอนเดียวกัน การที่สุนทรภู่กล่าวว่า ไม่พบบิดาและมารดาเป็นเวลาถึง ๑๐ ปี ในความเป็นจริง ก็ตั้งแต่ราวกลางปีวอก พ.ศ. ๒๓๖๗ จึงเป็นเวลาเพียง ๓-๔ ปีเท่านั้น หรือถือว่านานแล้ว แต่หากเป็น ๑๐ ปีจริง ก็แสดงว่า สุนทรภู่นึกไปถึงตั้งแต่ตอนคดีกรมหมื่นศรีสุเรนทร์ทิ้งบัตรสนเท่ห์ในปีชวด พ.ศ. ๒๓๕๙ แล้วสุนทรภู่ถูกเพ่งเล็ง เพราะรู้จักกัน สุนทรภู่ได้หลบไปหาบิดาที่เมืองแกลง จังหวัดระยองก่อน แล้วจึงลอบนำหนูพัดจากนางจันที่วังหลังเดินทางพาไปเพชรบุรี เพื่อให้อยู่กับนางนิ่ม ในพระอุปถัมภ์ของหม่อมบุนนาก

๑๘.๒ *“จะกล่าวลำกำปั่นสามกษัตริย์*
รู้แห่งที่มีน้ำทุกตำบล
“ท้าวสุทัศน์ตรัสสั่งขุนเสนี
“ศรีสุวรรณครั้นถึงท่าพากุมาร
“พระอัยกาอัยกียินดีครัน
ประโลมลูบจูบจอมถนอมแนบ
ล้วนละม้ายคล้ายพ่อนรลักษณ์
เคยสันทัดแถวทางที่กลางหน
เหล่าพวกพลไพร่นายสบายใจ”
ให้ขึ้นตีกลองศึกเสียงครึกครื้น”
มากราบกรานพระบิดาเข้ามาวัง”
ต่างชิงกันกอดหลานสงสารนัก
น้อยหรือแทบย่าปู่ไม่รู้จัก
พระเชยพักตร์พิสวาสนาถนัดดา

กุมารชายฝ่ายท้าวสุทัศน์อุ้ม นางประทุมกอดอรุณอุ่นหนักหนา
ทรงสำรวลสรวลสันต์จำนรรจา ด้วยนัดดาโอรสยศยง”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๒๓ ศรีสุวรรณกับสินสมุทรไปถึงเมืองรัตนา หน้า ๓๖๑, ๓๖๕, ๓๖๖, ๓๖๗)

ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๔ เมื่อกล่าวถึงชื่อตัวละครในตอนที่ ๑ คำกลอนตอนนี้ตามกาลเทศะและเนื้อหา เป็นเรื่องต่อเนื่องกับคำกลอนในหมายเลข ๑๘.๑ โดยเฉพาะเกี่ยวกับบิดาในร่างของท้าวสุทัศน์ที่ชัดเจนคือ มารดาในร่างของนางปทุมเกสรหรือบัว กล่าวคือ สุนทรภู่แต่งเล่าถึงการเดินทางไปเมืองแกลงพร้อมหนูพัด ในปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑ เป็นการเดินทางที่ไม่มีปัญหา เพราะ “เคยสันทัดแถวทางที่กลางหน” คือ มีประสบการณ์เคยผ่านมาแล้วอย่างน้อย ๒ ครั้ง (ครั้งปีเถาะ พ.ศ. ๒๓๕๐ อาจรวมทั้งปีชวด พ.ศ. ๒๓๕๙ ดังกล่าวมาแล้ว และครั้งหลังตอนบวชแล้วในปีวอก พ.ศ. ๒๓๖๗) โดยต่างกับครั้งแรกเมื่อแต่ง “นิราศเมืองแกลง” เพราะคนนำทางพาหลงทางแล้วหลบหนีไปขณะถึงเมืองระยอง จนต้องพึ่งตนเองครั้งนี้ไปพบบิดา ในความจริงยังได้รับบิดาที่สึกจากพระ จากเมืองแกลงมาอยู่กรุงเทพฯ ซึ่งคงจะเป็นที่วังหน้า ในคราวเดียวกันกับที่ตัวสุนทรภู่เองกลับจากการไปท่องธุดงค์ หาประสบการณ์จากสิ่งแวดล้อมไว้เป็นทุนอย่างเดียว จึงไม่มีงานเขียน ระหว่างต้นปีจอ พ.ศ. ๒๓๖๙ ถึงก่อนเข้าพรรษา ในปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑ โดยได้มาอยู่ต่อที่วัดเลียบ ส่วนหลานหญิงฝาแฝดม่วงและคำ ซึ่งน่าจะต้องได้รับและเดินทางมาพร้อมกัน สุนทรภู่ได้กล่าวต่อมาในตอนที่ ๓๘ หน้า ๗๔๐-๗๔๒ ในร่างของตัวละครแฝดหญิง ที่ชื่อสร้อยสุวรรณจันทรสุดา ลูกของนางสุวรรณมาลีกับพระอภัยมณี อาจจะเพราะคงจะคิดว่า ถ้าเอ่ยถึงพร้อมกันกับบิดาในตอนนี้ ยังหาบทบาทให้เล่นยังไม่ได้ สำหรับมารดา ก็คงจะยังอยู่ที่วังหลังกับเจ้าครอกข้างในทองอยู่ แต่ก็เอามากล่าวไว้พร้อมกับบิดา (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๒๖)

๑๙. *“กุมารหมอบนอบนบอภิวาท แทบพระบาทบัวทองสองกษัตริย์*
ลูกโฉดเขลาเบาจิตเป็นศิษย์วัด ไม่สันทัดท่วงทีกิริยา
ขอชนกชนนีเป็นที่พึ่ง ให้เหมือนหนึ่งกำเนิดเกิดเกศา”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๒๕ เจ้าเมืองการะเวกเลี้ยงสุดสาครเป็นบุตรบุญธรรม หน้า ๔๐๐)

“สองกษัตริย์” ในที่นี้คือ สมเด็จพระบวรราชเจ้ามหาศักดิพลเสพ และพระองค์เจ้าหญิงดาราวดีแห่งวังหน้า ในฉากของเมืองการะเวก สุนทรภู่ได้คิดถึงพระคุณเปรียบเหมือนเป็นบิดามารดาจึงเทียบกับคำว่า “บัวทอง” ไว้ในที่นี้ เรื่องนี้เกิดขึ้นในระยะก่อนเข้าพรรษา ในปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑ ขณะหนูตาบในร่างของ

สุดสาครมีอายุได้ ๔ ขวบ และนางนิ่มที่ย้ายพระอุปถัมภ์จากหม่อมบุนนากที่เพชรบุรี มาอยู่ในพระอุปถัมภ์ของ ๒ พระองค์นี้ พร้อม ๆ กับบิดาและหลานฝาแฝด ม่วงและคำ (สร้อยสุวรรณ และจันทรสุดา ในนิทาน) ที่วังหน้า บริเวณพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติพระนคร ในปัจจุบัน แต่ยังคงร่างนางเงือกในภาพของนางนิ่มไว้ที่เพชรบุรี ในฉากของเกาะแก้วพิสดาร

๒๐. *“แม้เนื้อเย็นเป็นห้วงมหรรณพ*
แม้เป็นบัวตัวพี่เป็นภุมรา
เจ้าเป็นถ้ำอำไพขอให้พี่
“กับองค์พระอัยกีก็มีสาร
มิไปตามความผิดอยู่บิดา
“โอ้สงสารพระชนกชนนี
จึงลดองค์ลงจากเก้าอี้อาสน์
ให้เสนาอาลักษณ์พนักงาน
สารสมเด็จบิตุราชมาตุรงค์
“พระชนกชนนีของพี่นั้น
แต่แจ้งการสารศรีที่มีมา
พี่ไม่ไปใครจะกล้ามาว่ากล่าว
“อะไรเล่าเฝ้าหัวเราะเยาะไปได้
พลางแนบเน้นเคล้นพุ่มปทุมา
จะผูกศอก็ไม่ผูกจะถูกหยิก
พระว่าพี่มิให้กอดจะวอดวาย
พลางโอบอุ้มจุมพิตสนิทถนอม
พี่ขอพบศรีสวัสดิ์เป็นมัจฉา
เชยผกาโกสุมปทุมทอง
เป็นราชสีห์สิงสู่เป็นคู่สอง”
มาด้วยการร้อนให้รีบไปหา
พระเจ้าอาอย่าฟังชั่งเป็นไร”
ต้องให้มีสารแสดงมาแจ้งการ
น้อมคำนับอภิวาทราชสาร
เชิญมาอ่านที่ตรงหน้าพลับพลาชัย
สองพระองค์ทรงภพสบสมัย”
มิใช่ทั่นยากไร้จะไปหา
ก็จำว่าเจ็บป่วยด้วยนิดน้อย
มิใช่บ่าวใช้ไพร่เที่ยวใช้สอย”
จะหยิกให้ห้อเลือดเดือดหนักหนา
นางค่อนว่าหน้าเบื่อเหลือละอาย
ขืนจุกจิกหนีไปเสียให้หาย
ได้กอดก่ายแล้วก็ฟื้นค่อยชื่นใจ
งามละม่อมละมุนจิตพิสมัย”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๓๖ พระอภัยมณีทำผูกคอตาย ได้นางละเวงและศรีสุวรรณ คิดอุบายเชิญพระอภัยมณีกลับ หน้า ๖๖๒, ๖๗๖, ๖๘๐, ๖๘๓, ๖๘๙)

สุนทรภู่แต่งตอนนี้ ในบทของการพลอดฝากรัก และบทอัศจรรย์ ต่อจากตอนที่ ๓๑ ในเค้าของการเริ่มรู้จักกับนางงิ้ว ในราวเดือนมกราคม ปีเถาะ พ.ศ. ๒๓๗๔ ขณะเดินทางไปบังสุกุลขุนแพ่งที่เพชรบุรี คำในความหมายถึงบัวจึงเกี่ยวข้องกับนางงิ้วเท่านั้น คำกล่าวถึง พระอัยกี และพระชนกชนนี เป็นส่วนของอุบายที่ศรีสุวรรณ และสินสมุทรสร้างเรื่อง หาเหตุผลให้พระอภัยมณีออกห่างจากนางละเวงในภาพของนางงิ้ว ตามนิทานในความคิดแต่งเรื่องของสุนทรภู่ โดยเป็นจดหมายมาหลอกว่าบิดาป่วย จึงเป็นการสร้างเรื่องให้พระอภัยมณีถือดีที่จะไม่ไปเยี่ยม เป็นนิทานด้วยคำว่า “มิใช่บ่าวใช้ไพร่เที่ยวใช้สอย”

รูปที่ ๘ *“แม้เนื้อเย็นเป็นห้วงมหรรณพ พี่ขอพบศรีสวัสดิ์เป็นมัจฉา*
แม้เป็นบัวตัวพี่เป็นภุมรา เชยผกาโกสุมปทุมทอง
เจ้าเป็นถ้ำอำไพขอให้พี่ เป็นราชสีห์สิงสู่เป็นคู่สอง”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๓๖ หน้า ๖๖๒)
(ภาพจาก http://travel.mthai.com/region/northest/65985.html)

รูปที่ ๙
“ริมลำคลองทั้งทุ่งดูวุ้งเวิ้ง
ด้วยน้ำเจิ่งจอกผักขึ้นหนักหนา
ดอกบัวเผื่อนเกลื่อนกลาดดาษดา
สันตวาสายติ่งต้นลินจง”

(จาก “นิราศพระประธม” พ.ศ. ๒๓๘๕)
(ภาพจาก http://wallpaper.thaiware.com/album/81231)

๒๑. *“ด้วยอยู่ใกล้ได้เห็นทุกเย็นเช้า จึงพลอยเมาเหมือนหนึ่งฝิ่นได้กลิ่นอาย*
พระมารดาพาทีให้มีผัว หน้าเหมือนบัวบังร่มด้วยสมหมาย
แต่ซ่อนเงื่อนเหมือนรังเกียจเกลียดผู้ชาย กราบถวายวันทาแล้วพาที”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๐ นางละเวงคิดอุบายให้นางสุลาลีวันทำเสน่ห์ สุดสาคร หน้า ๗๖๖, ๗๖๗)

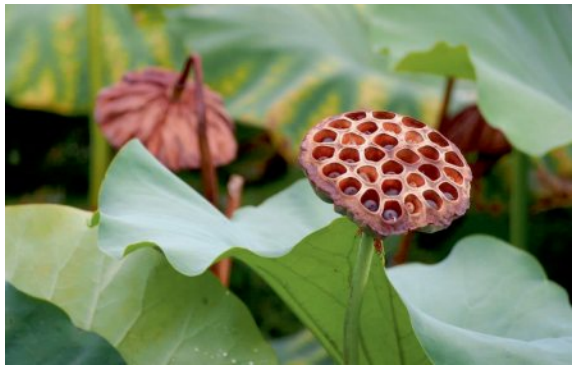
นางสุลาลีวันซึ่งตามนิทานเป็นพี่น้องคู่กันกับนางยุพาผกา สุนทรภู่แต่งให้เป็นภาพของน้องคือฉิมและนิ่ม ลูกสาวของมารดาที่เกิดกับสามีใหม่ (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๒๔) ในราวปีฉลู พ.ศ. ๒๓๖๐ และปีเถาะ พ.ศ. ๒๓๖๒ ตามลำดับ (“ข้าสิบสี่ปีปลายข้างฝ่ายน้อง ได้สิบสองปีเศษสังเกตใจ” จาก นิทานพระอภัยมณี ตอนที่ ๓๑ หน้า ๕๕๓ ซึ่งแต่งในราวเดือนมกราคม ปีเถาะ พ.ศ. ๒๓๗๔) ส่วนสุดสาครก็คือหนูตาบ ลูกชายของสุนทรภู่กับนางนิ่ม คือ “พระมารดา” ซึ่งถึงแก่กรรมแล้ว ตามนิทานตอนนี้ น่าจะเป็นเรื่องจริงที่หนูตาบเคยถูกมั่นหมายไว้กับนิ่มน้องสาวของฉิม (เพราะถึงตอนที่ ๔๗ หน้า ๙๔๒, ๙๔๓, ๙๔๕, ๙๕๕, ๙๕๖, ๙๕๙ ซึ่งตรงกับเดือน ๖ ปีขาล พ.ศ. ๒๓๘๕ ทั้งคู่ก็ได้แต่งงานกันเป็นงานใหญ่ ที่เมืองการะเวก หรือวังหน้า ตอนสุนทรภู่เดินทางหลบหน้าอยู่ในสุพรรณบุรี แต่ก็คงจะได้เดินทางกลับมาร่วมงาน ตามคำกลอนในหน้า ๙๕๕ ว่า “พรุ่งนี้วันเดือนหกจะยกพล ไปพาราการะเวกเสกโอรส” ขณะนั้นหนูตาบมีอายุได้ ๑๘ ปี) บัวในที่นี้เป็นสำนวนบัวบังใบ ซึ่งหมายถึงการเห็นรำไร หรือยังหมายถึงผิวพรรณของนางสุลาลีวันส่วนที่เป็นหน้านั้นขาวนวล

สุนทรภู่แต่งคำกลอนตอนที่ ๔๐ นี้ หลังการหย่าร้างกับนางม่วงในราวปลายปีมะแม พ.ศ. ๒๓๗๘ หรือไม่เกินต้นปีวอก พ.ศ. ๒๓๗๙ โดยมีกล่าวมาก่อนอยู่ในตอนที่ ๓๙ หน้า ๗๕๙-๗๖๐ และในเค้าของการเดินทางไปแต่ง “นิราศพระแท่นดงรัง” เกี่ยวกับนางม่วง หรือ “แต่งสารสังวาสนิราศเรื่อง” ในเดือน ๔ ปีวอก พ.ศ. ๒๓๗๙ ดังได้กล่าวอยู่ในตอนเดียวกัน หน้า ๗๗๖ นิราศเรื่องนี้โดยกาละและเทศะที่ตรงกับในนิทาน “พระอภัยมณีคำกลอน” จึงช่วยตัดสินได้อีกว่า สุนทรภู่ขณะเป็นฆราวาสเป็นผู้แต่ง มิใช่นายมี หมื่นพรหมสมพัตสร แต่อย่างใด

๒๒. *“แม่จะได้ไปด้วยจะช่วยแนะ*
อันเพชรดีมีอยู่คู่แผ่นดิน
“ถึงสระศรีสี่เหลี่ยมต่างเยี่ยมหยุด
บ้างแตกขาวง่าวงอกเป็นดอกดวง
ปลาเงินทองล่องลอยขึ้นคอยคาบ
ดอกบัวเผื่อนเหมือนจีบเป็นกลีบซ้อน
ที่ร่มรอบขอบสระรุกขชาติ
มีที่แท่นแผ่นผาศิลาลาย
บ้างก็หยุดบ้างก็เดินเพลินประพาส
“เอาเพชรดีสีออกเหมือนหมอกมัว
อย่าเก็บแกะเพชรออกอยู่นอกหิน
เป็นมวกหินหุ้มพอกดังดอกบัว”
ชมปลาผุดเห็นตัวทั้งบัวหลวง
เกสรร่วงโรยรายขจายจร
กลีบอังกาบโกมินทร์กินเกสร
บานสลอนแลขาวดังดาวราย
แปลกประหลาดหลากหลากดูมากหลาย
เก้าอี้รายสำหรับชมทุกร่มไม้
รุกขชาติช่อดอกออกไสว”
เท่าดอกบัวอยู่บนโขดเป็นโคตรเพชร”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๕ นางละเวงพากษัตริย์ทั้งหลายไปชมสวน หน้า ๙๐๑, ๙๐๒, ๙๑๓)

รูปที่ ๑๐
“ถึงสระศรีสี่เหลี่ยมต่างเยี่ยมหยุด
ชมปลาผุดเห็นตัวทั้งบัวหลวง
บ้างแตกขาวง่าวงอกเป็นดอกดวง
เกษรร่วงโรยรายขจายจร”
(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๕ หน้า ๙๐๒)
(ภาพจาก http://wallpaper.thaiware.com/album/81231)



รูปที่ ๑๑
“ทั้งสระมีสี่มุมปทุมชาติ
ระดะดาษดอกดวงบัวหลวงสลอน
บ้างร่วงโรยโปรยปรายกระจายจร
หอมเกสรเสาวคนธ์ที่หล่นลอย”
(จาก “นิราศพระประธม” พ.ศ. ๒๓๘๕)
(ภาพจาก “รวมรูปภาพดอกบัว” Analaya)

ตามข้อเท็จจริงสุนทรภู่แต่งตอนที่ ๔๕ นี้ ให้เป็นเค้าของตัวเองขณะเดินทางที่มีผู้กำหนดโดยทางบกจากกรุงเทพฯ (ตอนนั้นมารดายังปรกติ) ให้ไปหลบอยู่ที่เพชรบุรี ตั้งแต่เดือน ๑๒ ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ หลังเกิดปัญหาเป็นเรื่องกับกรมหมื่นอัปสรสุดาเทพ ในเดือน ๘ ของปีเดียวกัน สุนทรภู่ได้แต่ง “กาพย์พระไชยสุริยา”และเริ่มนิทานตอนนี้เป็นตอนแรกของภาค ๒ หลังจากหยุดแต่งมาตั้งแต่ปีชวด พ.ศ. ๒๓๘๓ โดยสร้างเรื่องให้นางเสาวคนธ์ขุดโคตรเพชร ในภาพของกรมหมื่นอัปสรสุดาเทพ เพชรนั้นมีขนาด “ดอกบัว” ส่วนต่อมานั้นเป็นฉากสระบัวและปลา ขณะเดินทางผ่านสิ่งแวดล้อมดังกล่าวของพระประธมที่น่าสนใจคือ เมื่อพูดถึง “บัวหลวง” แล้วกล่าวว่า “เกสรร่วงโรยรายขจายจร” นั้นน่าจะหมายถึงมารดาที่ชื่อบัว ทำงานหลวงในวัง เหมือนได้ถึงแก่กรรมแล้ว ซึ่งสุนทรภู่ไม่เคยแต่งในลักษณะนี้ในที่ใดมาก่อน เป็นการแต่งเหมือนที่กล่าวต่อมาอีก ๑ ปีพอดีใน “นิราศพระประธม” ซึ่งมารดาได้เสียชีวิตจริงมาแล้ว ๙-๑๐ เดือน เป็นคำกลอนเกี่ยวกับ“บัวหลวง” ในสระเดียวกัน ด้วยคำคล้ายกันว่า “บ้างร่วงโรยโปรยปรายกระจายจร” ผู้เขียนจึงอยากจะเชื่อว่าเป็นไปไม่ได้ที่คนชอบระแวง หรือจินตนาการสูงอย่างสุนทรภู่ จะแต่งคำกลอนให้เป็นลางร้ายถึงมารดา จนถึงแก่กรรมในอีกไม่เกิน ๒ เดือนต่อมา เพราะเพียง

ใครจะคิด “ว่ายแหวกกอบัวอยู่ไหวไหว” ก็ยังไม่ยอม แต่เป็นไปได้ที่แต่งแล้วเรื่องยังอยู่กับตัวที่เพชรบุรี เมื่อมีผู้แจ้งให้รู้ว่ามารดาได้เสียชีวิต และตัวเองต้องเดินทางกลับกรุงเทพฯ มาจัดการศพมารดา จึงยกเอามาแก้ไขเป็นดังกล่าว (เหมือนครั้งย้อนแก้ไข “บทละครเรื่องอิเหนา” ของกรมหมื่นเจษฎาบดินทร์) มิฉะนั้น มารดาก็ต้องชราภาพมาก หรือเจ็บป่วยจนมาเสียชีวิตจริงในเวลาต่อมา และเมื่อสึกจากพระแล้วเดินทางมาแต่ง “นิราศพระประธม” ในเดือน ๑๒ ปีขาล พ.ศ. ๒๓๘๕ จึงแต่งซ้ำล้อไปในทำนองเดียวกันอีก ต่างจากเมื่อแต่ง “ลักษณวงศ์” ใน พ.ศ. ๒๓๖๓-๒๓๖๖ ที่มีอยู่ว่า “น้ำค้างร่วงประทุมมาลย์ก็บานชื่นรื่นรื่นลมเชยระเหยหอม” (ดู คำกลอนหมายเลข ๖)

หากผู้อ่านจำได้ ที่น่าเอามาคิดเป็นอย่างมาก และชวนให้ยิ่งสรุปได้ว่า มารดาของสุนทรภู่มีชื่อว่าบัว นั่นคือ คำเกี่ยวกับในที่นี้ ซึ่งก็อยู่ในนิทานเรื่องเดียวกัน แต่ย้อนไปตั้งแต่ตอนที่ ๑ เมื่อสุนทรภู่หลบหรือแฝงมารดาไว้ก่อน ในชื่อว่านาง “ปทุมเกสร” และต่อมาในตอนที่ ๒๓ ในชื่อว่า “นางปทุม” จนถึงตอนนี้สุนทรภู่มาต่อได้อย่างสมเหตุสมผล กล่าวคือ ให้ “เกสรร่วงโรยรายขจายจร” นี่จึงเป็นหลักฐานอีกชิ้นหนึ่งที่แสดงว่า คำกลอนทุกคำของสุนทรภู่ล้วนมีนัย หรือที่มาที่ไปทั้งสิ้น มิใช่ฟุ้งเฟ้อด้วยจินตนาการอย่างที่พูดกัน แม้ในหมู่นักวิชาการ

(ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๑, ๑๒, ๑๓, ๒๓, ๒๗, ๒๘ เรื่อง “ลักษณวงศ์” และ “นิราศพระประธม”ที่กล่าวมาแล้ว)

๒๓. *“จะจากวังลังกาให้อาวรณ์ สะท้อนถอนหฤทัยอาลัยลาน”*
“ฝ่ายทุกองค์พงศ์กษัตริย์ต่างจัดทัพ ลงเรือกลับข้ามคุ้งไปกรุงศรี
ต่างถึงเมืองเรืองสำราญผ่านบุรี พอเดือนยี่ยามหนาวคราวเหมันต์”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๖ พระอภัยมณีกลับเมือง หน้า ๙๒๒, ๙๒๖)

ผู้เขียนยกคำกลอนที่ไม่เกี่ยวกับชื่อมารดาตอนนี้มา แต่เกี่ยวกับการต้องเดินทางหลบออกไปต่างเมืองของสุนทรภู่ พร้อมกับที่ยังมีกล่าวสอดคล้องกันอยู่ใน “รำพันพิลาป” ที่จะเสนอต่อไปนี้ ก็เพื่อใช้เป็นหลักฐานโยงให้เรื่องได้ต่อเนื่องกันว่า เป็นการเดินทางของสุนทรภู่กลับกรุงเทพฯ จากเพชรบุรี หรือลังกาตามนิทาน เพราะการเสียชีวิตของมารดา ที่ยังมีตรงกับใน “เดือนยี่” ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ ตามคำบรรยายใน “โคลงนิราศสุพรรณ” โคลงที่ ๕ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว คำกลอนใน “รำพันพิลาป” ที่หมายถึงการหลบต่อไปในสุพรรณบุรีทางเรือ (ในเดือน ๓ ปีเดียวกันตามนิทาน ตอนที่ ๔๗ หน้า ๙๓๕) นั่นคือ

“ถึงเดือนยี่มีเทศน์สมเพชพักตร์ เหมือนลงรักรู้ว่าบุญสิ้นสูญหาย
สู้ซ่อนหน้าฝ่าฝืนสะอื้นอาย จนถึงปลายปีฉลูมีธุระ

ไปทางเรือเหลือสลดด้วยปลดเปลื้อง ระคางเคืองข้องขัดสลัดสละ”
(ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๑-๑๓, ๒๒, ๒๗-๒๘)

๒๔. *“ในเดือนสี่นี้จะพร้อมพระญาติวงศ์ ช่วยทำมงคลงานการวิวาห์*
อภิเษกสินสมุทรกับบุตรน้อง เป็นคู่ครองนครเรศแทนเชษฐา”
“เหมือนพระพี่สินสมุทรลูกสุดกลัว มิใช่ตัวเปลี่ยวเปล่าเมียเขามี”
“ฝ่ายโฉมยงนงลักษณ์อัคเรศ นางแก้วเกษราหมองไม่ผ่องใส
เรียกสาวสรรค์กัลยาตามคลาไคล เสด็จไปเฝ้าพระชนนี
เห็นทรงฤทธิ์บิตุเรศอยู่พร้อมพรั่ง ค่อยหมอบนั่งน้อมประณตบทศรี”
“แม้มิไปอัยกาจะมากริ้ว อย่าบิดพริ้วเชือนเฉยเลยนะหลาน”
“ฝ่ายพระหน่อวรนาถไสยาสน์หลับ พระสร่างจับระหวยหิวหวิวหวิวไหว
เห็นอรุณฉุนชื่นรื่นฤทัย นั่งขึ้นได้ไหว้องค์พระอัยกี
นางพระยาว่าอย่าก้มบรรทมเถิด โรคจะเกิดขัดข้องให้หมองศรี
แล้วสั่งหลานพานยาหยิบมาที ให้พระพี่เสวยบ้างสว่างใจฯ”
“สินสมุทรสุดชื่นระรื่นรส ด้วยโอสถเสน่หามารศรี
สร่างประชวรสรวลสันต์ได้ทันที พระอัยกีดีใจกระไรเลย
เรียกสาวใช้ให้เชิญเครื่องมาตั้ง อรุณนั่งพัดวีให้พี่เสวย”
“พระอัยกีปรีดาปัญญาวัย ทำปราศรัยสั่งหลานด้วยมารยา
แม่อรุณรัศมีอยู่นี่ด้วย จะได้ช่วยสังเกตดูเชษฐา”
“อรุณน้อยพลอยลาจะจรลี พระอัยกีห้ามไว้ก็ไม่ฟัง
ต้องอยู่บนมณเฑียรเปลี่ยนกันปลอบ นางไม่ตอบแต่ขยับจะกลับหลัง”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๗ อภิเษกสินสมุทร หน้า ๙๓๑, ๙๔๐, ๙๕๐, ๙๕๑, ๙๕๓,๙๕๔, ๙๕๕)

ตามชื่อของตอนที่ ๔๗ สินสมุทรในภาพของหนูพัด กำหนดการแต่งงานในเดือน ๔ ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ กับอรุณรัศมี ซึ่งต้องเป็นเรื่องนิทานจากจินตนาการเพราะเธอก็คือ ตัวละครอีกร่างหนึ่งของหนูพัดนั่นเอง โดยก่อนนี้ใน “กำเนิดพลายงาม” ตามคำกลอน “อรุณฤกษ์เบิกสุรินทร์ทินกร อุทรคลอนเคลื่อนคลอดไม่วอดวาย” แสดงว่าพลายงามในภาพของหนูพัดเกิดตอนเช้า ครั้งนี้จึงได้ชื่อว่า อรุณรัศมี ในร่างธิดาของศรีสุวรรณกับนางเกษรา ซึ่งก็คืออีก ภาพหนึ่งของสุนทรภู่กับนางจัน แต่ก่อนนี้ตั้งแต่ตอนที่ ๓๗ หน้า ๗๑๙ หนูพัดซึ่งอายุ ๒๘ ปี หรือสินสมุทรก็ได้กับนางยุพาผกา ดู คำกลอนตอนที่ ๔๗ หน้า ๙๔๐ ซึ่งก็คือฉิมที่คู่กับนิ่ม น้องสาวของสุนทรภู่ โดยต่างก็เป็นลูกสาวของมารดาสุนทรภู่กับสามีใหม่ (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๒๑) ที่แต่งงานกันในราวปีกุน พ.ศ. ๒๓๕๘ จึงอาจเป็นเหตุหนึ่งที่ในปีชวด พ.ศ. ๒๓๕๙ สุนทรภู่

ถึงดึงดันเอาหนูพัด ที่อายุตอนนั้นประมาณ ๘ ขวบ จากวังหลัง หรือจากนางจัน และมารดา ไปขอรับพระอุปถัมภ์จากหม่อมบุนนากที่เพชรบุรี จึงสรุปได้ว่า พระชนนี บิตุเรศ อัยกา อัยกีในตอนนี้ และที่นี้จึงเป็นร่างลอยตามนิทานในเค้าของบิดามารดาสุนทรภู่ เทียบได้กับปู่ย่าของหนูพัด เรื่องการแต่งงานของสินสมุทรครั้งนี้น่าจะเป็นเรื่องจินตนาการของการหาเรื่องแต่ง ขณะสุนทรภู่อยู่ที่สุพรรณบุรี เพราะสถานที่แต่งงานก็ไม่พูดถึง อีกทั้งไม่มีคำกลอนแสดงถึงงานฉลอง อย่างครั้งสุดสาครหรือหนูตาบ ที่สุนทรภู่กล่าวไว้ยืดยาวหลายหน้าของตอนที่ ๔๗ โดยเฉพาะในหน้า ๙๔๒ ที่กล่าวว่า “เสร็จการเราเข้าเดือนหกจะยกไป แต่งงานให้เชษฐาสุดสาคร” และตอนนี้ก็ไม่มีคำใดที่เป็นร่องรอยเกี่ยวกับชื่อของมารดาของสุนทรภู่

มีที่น่าสังเกตอีกว่า ในนิทาน “โคบุตร” เริ่มตั้งแต่ตอนโคบุตรกู้เมือง สำหรับตัวละครที่ชื่อนางมณีสาคร ในเค้าที่จะเป็นของหนูพัด ก็เป็นน้อง ที่ชื่ออรุณ

๒๕. *“สินสมุทรพูดคล่องว่าน้องแก้ว* *พี่ทิ้งแล้วลูกฝรั่งชังน้ำหน้า*
จะเชยชมสมสองกับน้องยา *อย่าขืนว่ารักฝรั่งเหมือนอย่างนี้*
จะใคร่ให้ประจักษ์ว่ารักสุด *ตรงพระนุชคู่เสน่ห์มเหสี*
มีรับสั่งทั้งชนกชนนี *พระอัยกีอัยกาส่งมาเรือ*
ให้จูบกอดยอดหญิงจริงนะน้อง *พี่ก็ต้องตามคำไม่ล้ำเหลือ”*

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๔๘ สินสมุทรได้นางอรุณรัศมี หน้า ๙๗๗, ๙๗๘)

การจินตนาการของสุนทรภู่ให้มีการแต่งงานระหว่างตัวละครสินสมุทรกับนางอรุณรัศมี ซึ่งทั้ง ๒ คือภาพของหนูพัดดังกล่าวมาแล้ว น่าจะเป็นการหาเรื่อง ให้มีเรื่องแต่งขณะขัดสนข้อมูล ตอนถูกให้หลบไปอยู่สุพรรณบุรี เนื้อหาน่าจะเป็นการรื้อฟื้นแทรกเหตุการณ์ตอนที่ ๓๗ เมื่อหนูพัดแต่งงานกับฉิม ก็เป็นได้ สุนทรภู่แต่งให้แนบเนียนขึ้นตั้งแต่ในตอนที่ ๔๗ ด้วยคำกลอนในหน้า ๙๔๓ ที่มีอยู่ว่า

“สุดสาครเขาเป็นน้องทีหลัง *เราต้องตั้งก่อนเหตุเป็นเชษฐา*
จะขืนดื้อถือสัตย์ขัดวิวาห์ *คงน้อยหน้าอีฝรั่งจงฟังยาย”*

(ดู คำอธิบายในหมายเลข ๒๔ โดยนัยของชื่อตอนที่ ๔๘)

๒๖. *“ถึงโลหะจรีเหมือนตรีแทง* *คันทองแดงสี่ศอกเม็ดดอกบัว”*
“สองวันครึ่งถึงเมืองนำเรื่องข่าว *เฝ้าหน่อท้าวทูลแจ้งแถลงไข*
วาโหมอ่านสารศรีที่สไบ *ว่าพ่อไปรบรับอัปรา”*
“พอจบคำร่ำว่าเจ้าวาโหม *น้ำตาโซมซึมตกซกซกไหล*

เห็นโลหิตบิดายิ่งอาลัย
โอ้พระองค์ทรงเดชเกศกษัตริย์
เสียแรงลูกผูกยนต์รู้มนตรา
ครั้นมีศึกก็มิให้ลูกไปด้วย
จนเสียทีชีวิตพระบิตุรงค์
“ได้บอกกล่าวท้าวไทเธอไม่หยุด
ได้สวดทั้งบังสุกุลทำบุญทาน
วันนี้วงศ์พงศาพวกข้าเฝ้า
เชิญขึ้นบนมณฑปชักศพไป
“โอรสาว่าพระคุณการุณเลี้ยง
มาสิ้นบุญทูลกระหม่อมจอมนคร
พระวงศาว่าทีนี้สิ้นที่พึ่ง
จะสูญลับนับปีแต่นี้ไป
นางห้ามแหนแสนสุรางค์ว่าปางก่อน
พระเลี้ยงดูชูชื่นทุกคืนวัน
“นางกษัตริย์ตรัสให้เชิญพระศพ
มีจามรชอนตะวันเป็นหลั่นมา
ยกขึ้นใส่กลางเกล้าเฝ้าโศกา
มารีบลัดตัดชาติวาสนา
กำบังตาล่องหนทั้งทนคง
ไม่ได้ช่วยสงครามตามประสงค์
มาปลดปลงเปล่าใจกระไรเลย”
จนสิ้นสุดเสียองค์น่าสงสาร
ช่วยทำการปลูกมณฑปสวมศพไว้
มาถึงเรายินดีจะมีไหน
ทำบุญให้ได้สวรรคชั้นวิมานฯ”
ให้ชื่อเสียงสารพัดจะตรัสสอน
จะผันผ่อนผินหน้าไปหาใคร
พระเหมือนหนึ่งโพธิ์ทองอันผ่องใส
ไม่มีใครครอบครองช่วยป้องกัน
เคยดับร้อนร่มเกล้าฝูงสาวสวรรค์
จะเลยลับกัปกัลป์พุทธันดร”
จากมณฑปใส่โกศขึ้นรถา
มยุราฉัตรพัชนีวี”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๕๐ เจ้าเมืองวาโหมเชือดคอตาย หน้า ๑๐๐๔, ๑๐๒๗, ๑๐๒๙, ๑๐๓๐, ๑๐๓๑)

สุนทรภู่แต่งคำกลอนตอนนี้ขณะยังอยู่ในสุพรรณบุรี ที่วัดในอำเภอสองพี่น้อง ตอนท้ายช่วงระหว่างเข้าพรรษา ปีขาล พ.ศ. ๒๓๘๕ ก่อนเดินทางกลับกรุงเทพฯ ตอนนั้นเพราะไม่มีการเดินทาง ก็ไม่ได้ฉาก ไม่ได้เรื่องราวใด ๆ เป็นข้อมูลมาใช้แต่งคำกลอน จึงได้ยกเรื่องที่เข้าใจว่า เป็นการปราบกบฏเจ้าอนุวงศ์มาอีกครั้ง ให้เป็นจุดเป็นฉากเล่าเรื่องการเสียชีวิตของ “ทูลกระหม่อมจอมนคร” หรือบิดาของตนถึง ๒ ครั้ง (สวมกับประวัติเป็นวันสวรรคตของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย) เพราะอย่างน้อยบิดาก็เคยเป็นทหารเก่าของกรมพระราชวังบวรสถานพิมุข และคงจะได้ออกศึกหลายครั้ง สุนทรภู่ยังกล่าวว่า บิดาไม่เคยพาตนออกศึกแม้แต่ครั้งเดียว ที่เป็นไปได้เพราะสุนทรภู่เป็นคนผอม อ้อนแอ้น ร่างเล็ก ผิวดำคล้ำ ผมน้อย ขี้เหร่ แต่ฉลาดเฉลียว ครั้งหนึ่งแต่งเป็นตอนที่ ๒๒, ๒๓ ให้ตัวเองอยู่ในเค้าของนางวาลีที่ปรึกษาของพระอภัยมณี จึงอยู่เป็นกองหลังทุกครั้ง สุนทรภู่ยังเอาประวัตินี้ของตนไปกล่าวให้ชัดเจนขึ้น ในนิทานตอนที่ ๒๖ หน้า ๔๒๕ ว่า “ทั้งดินฟ้าอาเพศเหตุวิบัติ แม้นกษัตริย์สงสัยได้ไต่ถาม” ประกอบกับในรัชสมัยพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย บ้านเมืองก็ไม่มีศึก ดังคำกลอน ในตอนที่ ๑, ๒๖, ๕๒ หน้า ๑, ๔๐๓, ๑๐๖๖ ตามลำดับว่า

“สะพรึบพร้อมไพร่ฟ้าประชาชี ชาวบุรีหรรษาสถาวร”
“ด้วยไปถึงซึ่งจังหวัดรัตนา ชาวพารายาสุกสนุกสบาย”
“ครองประเทศเขตแคว้นแสนสำราญ พระชนมานร้อยยี่สิบปีปลาย”

อย่างไรก็ตาม บิดาของสุนทรภู่ที่สึกจากพระมาอยู่กรุงเทพฯ ตั้งแต่ก่อนเข้าพรรษา ปีชวด พ.ศ. ๒๓๗๑ (ดู คำกลอนในนิทานตอนที่ ๒๓ หมายเลข ๑๘.๒) ก็มีอายุมากแล้ว จึงน่าคิดว่า ควรจะเกี่ยวข้องกับการศึกครั้งที่มีกล่าวข้างต้นด้วยหรือไม่ เพราะตั้งแต่เดือนมกราคม ปีมะเส็ง พ.ศ. ๒๓๗๖ ไทยยังได้เริ่มรบกับญวนที่มีเขมรไปฝักใฝ่ ถึงปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ โดยในช่วงการแต่งพระอภัยมณีตอนนี้ กรมขุนอิศเรศรังสรรค์ได้เป็นแม่ทัพใหญ่ ยกทัพเรือไปรบญวน คำกลอนตอนนี้ ยังเป็นความพยายามอีกครั้งหนึ่ง ที่ผู้เขียนรวบรวมมา เพื่อค้นหาชื่อจริงของบิดา และมารดาของสุนทรภู่ แต่ก็ไม่ปรากฏ

๒๗. *“จะกลับกล่าวท้าวสุทัศน์ขัตติเยศ มงกุฎเกศรัตนามหาสถาน*
ครองประเทศเขตแคว้นแสนสำราญ พระชนมานร้อยยี่สิบปีปลาย
ให้ลืมหลงสรงเสวยพาลเลยละ ลมปะทะพระหทัยมิใคร่หาย
คนแก่เฒ่าสาวใหญ่มิให้กราย คิดระคายเคืองขัดพระหัทยา
ชอบพระทัยใช้สอยแต่สาวสาว ที่รุ่นราวรู้หลักโปรดหนักหนา
ลืมบรรทมลมจับวับวิญญาณ์ พอเวลาไก่ขันสวรรคต
ฝ่ายองค์พระมเหสีสามีม้วย ระทดระทวยทอดองค์ลงกำสรด
สิ้นกำลังทั้งชราพิลาลด พระชนม์ปลดเปลื้องสวรรคครรไล”
“ด้วยองค์พระชนกชนนี จอมโมลีโลกาสถาวร
เดือนแปดปีวอกตะวันสายัณห์ย่ำ สิบเอ็ดค่ำพุธวันขึ้นบรรจถรณ์
ฤกษ์อรุณทูลกระหม่อมจอมนคร สองภูธรเธอสวรรคครรไล
จึงจัดแจงแต่งพระศพครบเยี่ยงอย่าง ไว้บนปรางค์ปราสาททองอันผ่องใส”
“พระอนุชาพาพระวงศ์ลงมารับ ไปประทับปรางค์มาศปราสาทศรี
เห็นศพพระชนกชนนี อัญชลีแล้วสะอื้นกลืนน้ำตาฯ
หน่อนรินทร์สินสมุทรทั้งนุชน้อง ก้มกราบสองพระศพซบเกศา
ทั้งสี่องค์พงษ์กษัตริย์ขัตติยา ชลนานองตกซกกระเด็นฯ
พระอภัยว่าพระคุณทูลกระหม่อม นิพพานพร้อมเสียมิให้ลูกได้เห็น
เคยกล่อมเกลี้ยงเลี้ยงดูให้อยู่เย็น โอ้จำเป็นเพราะวิบากให้จากไป
สินสมุทรร่ำว่าเคยมาเฝ้า พระโปรดเกล้านัดดาตรัสปราศรัย
ครั้งนี้พระสวรรคครรไล ให้เปล่าใจนัดดาเหลืออาวรณ์”
“ทั้งองค์พระอภัยฤทัยทด โศกกำสรดทั้งพระวงศ์เผ่าพงศา

ต่างจุดเทียนข้าวตอกดอกมาลา ขอสมาบิตุราชมาตุรงค์
แล้วทำบุญมุนีฤๅษีสิทธิ์ อวยอุทิศผลผลาอานิสงส์”
“แล้วเร่งรัดจัดเกณฑ์ทำเมรุใหญ่ สมทบไพร่พวกพหลพลขันธ์
อึกทึกครึกครื้นทุกคืนวัน แต่การนั้นยังไม่เสร็จสำเร็จการฯ”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๕๒ พระอภัยมณีทำศพท้าวสุทัศน์ หน้า ๑๐๖๖, ๑๐๖๗, ๑๐๗๒, ๑๐๗๓)

ตลอดเรื่องนิทานที่ผ่านมา สุนทรภู่ใช้ชื่อท้าวสุทัศน์ และนางปทุมเกสรในเค้าของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย และสมเด็จพระศรีสุริเยนทรา บรมราชินี แต่ในความเป็นจริงพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวสวรรคตไปแล้วในเค้าของคำกลอนตอนที่ ๗ หน้า ๑๐๕ ส่วนพระบรมราชินีก็มีเค้าสวรรคตอยู่ในตอนที่ ๓๙ หน้า ๗๖๐ เมื่อล่วงมาถึงการถึงแก่กรรมของมารดาในเดือนยี่ ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ ที่มีกล่าวอยู่ในตอนที่ ๔๖ หน้า ๙๒๖ และบิดาในเดือน ๑๑ ปีขาล พ.ศ. ๒๓๘๕ ในตอนที่ ๕๐ หน้า ๑๐๒๗, ๑๐๒๙, ๑๐๓๐, ๑๐๓๑ อีกทั้งเป็นการเตรียมจบนิทาน สุนทรภู่ซึ่งก็สึกจากพระแล้ว ตั้งแต่ตอนที่ ๕๑ หน้า ๑๐๔๙ จึงจบตัวละครท้าวสุทัศน์ (เป็นบทหยอกพระประวัติของพระองค์กับนางใน) และนางปทุมเกสรก่อน ด้วยคำกลอนถึง ๒ ครั้ง รวมแสดงวันสวรรคตของทั้ง ๒ พระองค์ “จอมนคร สองภูธร” และตามด้วย “จอมนิกร สองภูธร” อีกครั้ง ที่ยังอาจใช้ทั้งเป็นนัยถึงบิดาและมารดาของตัวเอง “พระชนกชนนี จอมโมลี” ไว้ในหน้า ๑๐๖๗, ๑๐๖๙ อย่างชัดเจนตามลำดับ ว่า

“ด้วยองค์พระชนกชนนี จอมโมลีโลกาสถาวร
เดือนแปดปีวอกตะวันสายัณห์ย่ำ สิบเอ็ดค่ำพุธวันขึ้นบรรจถรณ์
ฤกษ์อรุณทูลกระหม่อมจอมนคร สองภูธรเธอสวรรคครรไล”
“เดือนแปดปีวอกตะวันสายัณห์ค่ำ สิบเอ็ดค่ำพุธวันขึ้นบรรจถรณ์
ฤกษ์อรุณทูลกระหม่อมจอมนิกร สองภูธรเธอสวรรคครรไล
จึงจัดแจงแต่งพระศพครบเยี่ยงอย่าง ไว้บนปรางค์ปราสาทอันผ่องใส
ต้องขึ้นป้อมล้อมวงระวังภัย จงทราบใต้บาทบงส์พระทรงยศฯ”

สุนทรภู่ได้ถือโอกาสสวมการทำศพบิดามารดาไว้ก่อนในคำกลอนตอนนี้ด้วย แต่เพราะแต่งเหมือนทำตนเสมอเจ้า จึงแก้ไข โดยออกตัวไว้กับคำกลอนใน หน้า ๑๐๗๑ ทำนองอย่าเอาอย่าง ว่า

“แต่เท้ามีสี่เท้ายังก้าวพลาด จะเสียชาติเสียยศได้อดสู
คำโบราณท่านว่าไว้เป็นครู เจ้าจงอยู่สอนสั่งระวังระไวฯ”

๒๘. *“พระอภัยได้สดับอภิวาท ด้วยข้าบาทกับพระน้องทั้งสองศรี*
ไปเยี่ยมศพพระชนกชนนี สองภูมีสู่สวรรคครรไล”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๖๒ พระอภัยมณีเข้าเมืองลังกา หน้า ๑๒๔๓)

ดังชื่อตอนที่ ๕๒ แต่เป็นการเดินทางไปทำศพบิดา และมารดาของตัวเองด้วยคำกลอน “พระชนกชนนี สองภูมี” ดูเหมือนสุนทรภู่จะรู้ตัวว่า ในการแต่งเช่นนี้ เท่ากับได้แอบอ้างกระทำการเปรียบเทียบจาบจ้วงล่วงล้ำพระบารมีของพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย และสมเด็จพระบรมราชินีที่เคยมีมาปกเกล้าฯ จนทำให้ตัวเองเติบใหญ่ และมีผู้ค้ำจุนเหมือนเจริญรอยตามพระองค์มาตลอด หากจะมีครั้งใดที่ตกต่ำก็เป็นเพราะเคราะห์กรรม ความจน และบุญน้อยของตัวเอง ดังที่เคยร่ำไรคร่ำครวญไว้แทบทุกบทของ “นิราศภูเขาทอง” หรือในการแต่งเรื่องไว้ทุกครั้ง หลังการแต่งมาอีก ๑๐ ตอน หรือตั้งแต่ตอนที่ ๕๒ ถึงตอนที่ ๖๒ นี้ จึงแยกกล่าว และระลึกถึงการจากไปของบิดา และมารดาของตนเป็นการเฉพาะไว้ด้วยคำกลอนข้างต้น หน้า ๑๒๔๓ (ดู เหตุของการติดคุก ใน พ.ศ. ๒๓๖๒-๒๓๖๓ ของสุนทรภู่ ใน “กำเนิดพลายงาม” ที่มีกล่าวมาก่อนแล้วในผลงานฉบับนี้ของผู้เขียน)

๒๙. *“ถึงใจน้องหมองหมางไปอย่างนี้ แต่ใจพี่ยังรักนั้นนักหนา*
เหมือนแมงภู่อยู่ที่พุ่มปทุมา จะรอรายั้งหยุดนั้นสุดใจ
พลางลดองค์ลงแอบแนบสนิท เหมือนที่เคยเชยชิดพิสมัย
ประโลมลูบจูบปรางทำอย่างไร นางก็ไม่ข้องขัดไม่ตัดรอน
พระอุ้มขึ้นแท่นทองประคองถนอม นางไม่ยอมชั้นสุวรรณบรรจถรณ์”
“พลางแอบอุ้มจุมพิตสนิทถนอม อ่อยังหอมอยู่ไม่หายทั้งซ้ายขวา
เสียดายดวงพวงพุ่มปทุมมา แต่คลาดคลาเคลื่อนคล้อยไปหน่อยเดียวฯ”

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๖๒ พระอภัยมณีเข้าห้องนางละเวง ศรีสุวรรณเข้าห้องนางรำภาสะหรี หน้า ๑๒๕๔, ๑๒๕๖)

คำกลอนตอนนี้เป็นบทอัศจรรย์ คำดังกล่าวที่เกี่ยวกับรูปทรงของนางละเวงวัณฬา หรือที่เป็นร่างซ้อน คือ นางรำภาสะหรี ทั้ง ๒ นางอยู่ในภาพของนางงิ้ว จึงไม่เกี่ยวกับชื่อมารดาของสุนทรภู่ที่ผู้เขียนกำลังค้นหา แต่แสดงวิสัยการแต่งคำกลอนที่ต้องการให้ครื้นเครง ผูกใจผู้อ่านโดยสุนทรภู่ให้สังเกตชื่อนางทั้ง ๒ ในนิทานเป็นฝ่ายฝรั่ง สุนทรภู่แต่งให้แต่ละชื่อมีลักษณะเป็นสร้อย เหมือนแสดงความเป็นฝรั่งที่มีชื่อสกุล ต่างจากชื่อไทยของคนทั่วไปสมัยนั้นที่เป็นชื่อเดียว ชื่อคู่ตัวละครฝ่ายชายและหญิงของชื่อตอนนี้ แสดงร่างซ้อนของตัวสุนทรภู่ และนางงิ้วอย่างชัดเจน

๓๐. *“ต้นโศกไทรใหญ่ยิ่งยื่นกิ่งค้อม จึงปลูกบรรศาลาก่ออาศรม โรงฉันที่สรงน้ำริมลำธาร ด้วยหน่อไทไปกำกับกำชับช่าง ดูครึ้มครื้นรื่นรมย์ที่ร่มรัง ริมกุฎีมีสระปทุมชาติ สมถวิลสินสมุทรสุดสาคร “เป็นสิ้นความสามพระองค์อยู่ทรงพรต จะให้ค่อมอาศรมร่มสำราญ ที่รื่นร่มรุกโขรโหฐาน” เป็นชั้นชานชะวากเหมือนฉากบัง อาศรมสร้างสุดงามทั้งสามหลัง” มีเขื่อนกั้นบัลลังก์ก็นั่งนอน ระดะดาษดอกดวงบัวหลวงสลอน สิ้นทุกข์ร้อนรีบมาถึงธานี” ที่บรรพตสิงคุตร์ดุจนิมนต์”*

(จาก “พระอภัยมณีคำกลอน” ตอนที่ ๖๔ พระอภัยมณี นางสุวรรณมาลี นางละเวง ไปอยู่เขาสิงคุตร์ หน้า ๑๒๗๘)

คำกลอนข้างต้นนี้ ผู้เขียนสันนิษฐานว่า สุนทรภู่ซึ่งสึกจากพระแล้วตั้งแต่ตอนที่ ๕๑ หน้า ๑๐๔๙ และได้มาอยู่ในพระบารมีของกรมขุนอิศเรศรังสรรค์ เรื่องจึงน่าจะเขียนขึ้นด้วยความจดจำขณะอยู่ที่พระราชวังเดิม ธนบุรี ให้เป็นฉากธรรมชาติ และสถานที่ที่สุนทรภู่ใช้เล่าหรือร่ำไรเรื่องที่อยู่ในใจ และคงจะต้องระลึกถึงมารดาที่เสียชีวิตไปแล้ว ตั้งแต่ตอนที่ ๔๖ หน้า ๙๒๖ อีกครั้ง ก่อนจบนิทาน ในเดือนสี่ ปีมะเส็ง พ.ศ. ๒๓๘๘ ไว้ด้วยคำว่า “บัวหลวง” ดังกล่าวอย่างชัดเจน เข้าใจว่าบริเวณที่จำมาแต่งนี้คือวัดเขาบันไดอิฐที่สุนทรภู่น่าจะต้องค้นเคยอย่างมาก เพราะต้องใช้เป็นที่พำนักแทบทุกครั้งตอนเป็นพระขณะไปอยู่ในเพชรบุรี โดยมีเค้ามาตั้งแต่ในนิทานเช่นตอนที่ ๒๓ หน้า ๓๕๓ เป็นคำกลอนเหมือนเคยวางแผนไว้ว่า “เมื่อแก่เฒ่าเล่าจึงกลับมาบรรพชา จำพรรษาเสียด้วยกันจนวันตาย” ในความหมายตอนนั้นถึงตัวเองกับนางนิ่ม โดยเฉพาะความเด่นที่ต่อมาใน “นิราศเมืองเพชร” ก็ได้กล่าวไว้เป็นเหมือนเล่าความคิดเดิม ที่เห็นวัดนี้มีธรรมชาติแวดล้อมที่ถูกใจ และเล็งไว้เป็นทางเลือก หากคิดบวชตลอดชีวิต ก็จะได้มาอยู่ต่อที่วัดแห่งนี้ จึงพรรณนาไว้อย่างเป็นพิเศษ โดยเฉพาะความเด่นที่เป็นวัดมีป่าไผ่ ว่า

“แล้วลดเลี้ยวเที่ยวไปบันไดอิฐ ต่างเพลินพิศเพิงผารุกขาเขา
จิกจันทน์แจงแทงทวยกรวยกันเกรา โมกข์แมงเม่าไม้งอกชอกศิลา
เหล่าลั่นทมยมโดยร่วงโรยกลิ่น ระรวยรินรื่นรื่นชื่นนาสา
โบสถ์วิหารลานวัดทัศนา ล้วนศิลาแลสะอาดด้วยกวาดเตียน
มีกุฎีที่พระสงฆ์ทรงสถิต พฤกษาชิดชั้นไผ่เหมือนไม้เขียน
น่าสนุกรุกขชาติดาษเดียร เที่ยวเดินเวียนวงรอบขอบคีรีฯ
พอแดดร่มลมชายสบายจิต เที่ยวชมทิศทุ่งทางกลางวิถี
ทั่วประเทศเขตแคว้นแดนพริบพรี เหมือนจะชี้ไปไม่พ้นแต่ต้นตาล
ที่พวกทำน้ำโตนดประโยชน์ทรัพย์ มีดสำหรับเหน็บข้างอย่างทหาร”

ฉากดังกล่าว ยังนับว่าสอดคล้องเป็นอย่างมากกับที่สุนทรภู่เคยใช้มาก่อนแต่งนิทานพระอภัยมณี ตอนที่ ๑๒ หน้า ๑๘๕ และตอนที่ ๒๒ หน้า ๓๔๑ ซึ่งเล่าถึงตัวละครขณะอยู่ที่เกาะแก้วพิสดาร และเมืองผลึก ซึ่งก็คือเพชรบุรี จึงน่าจะหมายถึงบริเวณวัดเขาบันไดอิฐอีกเช่นเดียวกัน คำกลอนนั้น คือ

“แล้วเดินตัดลัดมาหน้าอาศรม
ขนันขนุนครุนเครือเหลือประมาณ
มะเดื่อดูกสุกห่ามอร่ามกิ่ง
ละมุนม่วงพวงสะพรั่งทั้งพะวา
ฝูงวิหคนกกามาไม่ถึง
ไม้จึงงามตามฤดูไม่รู้ร้าง
ถึงกุฎีที่อยู่ท่านครูเฒ่า
สรรเสริญเจริญฤทธิ์พระสิทธา
คิรีรอบขอบเขตนิเวศวัด
“กุฎีน้อยน้อยร้อยเศษสังเกตนับ
ต้นไม้ดอกออกลูกปลูกริมกุฎี
ที่กุฎีใหญ่ไทรเรียงเคียงพะยอม
สองกษัตริย์ทัศนารุกขาเขา
ทั้งห้าองค์ลงเดินเนินจงกรม
ถึงที่สุดกุฎีใหญ่ยอดบรรพต
พระหยุดยั้งนั่งที่ศิลาลาน
ระรื่นร่มรุกขาคณาขนาน
มะพร้าวตาลตูมตาดดาษดา
บ้างหล่นกลิ้งเกลือกอยู่ริมภูผา
ดกระย้าอยู่ทุกกิ่งทั้งปริงปราง
ด้วยลึกซึ้งสายสมุทรสุดกว้างขวาง
พระชมพลางเพลิดเพลินดำเนินมาฯ
จึงแวะเข้าอภิวันท์ด้วยหรรษา
คุณช่างมาอยู่ถึงริมหิมพานต์
สารพัดภิญโญรโหฐาน”
เครื่องสำหรับกุฎีก็มีพร้อม
ต้นสายหยุดพุดลำดวนให้หวนหอม
ทอดกิ่งค้อมข้างหลังคาดูน่าชม
มาตามเงาเงื้อมผาริมอาศรม
ระรื่นร่มรุกขาน่าสำราญฯ
รูปดาบสปั้นไว้ในวิหาร
นางชวนหลานลูกยาอุ้มผ้าไตร”

โดยที่สุนทรภู่ยังเคยกล่าวถึงบริเวณดังกล่าว ไว้ตั้งแต่ในหน้า ๑๘๔ ของตอนที่ ๑๒ ว่า “เห็นเหวห้วยกรวยโกรกชะโงกมอง ดูปลงปล่องเปลี่ยวปลาบวาบวิญญาณ์” จึงเป็นไปได้ที่สุนทรภู่ก็ยังได้ใช้บริเวณนี้ “มาตามเงาเงื้อมผาริมอาศรม” เป็นฉากตอนแต่งชีเปลือยหลอกผลักสุดสาครตกเหว เพราะเคยได้กล่าวไว้เป็นคำกลอนคล้ายคลึงกัน ไว้อีกในตอนที่ ๒๔ หน้า ๓๘๔ ว่า “ถึงปากปล่องช่องเหวเป็นเปลวโปร่ง ตลอดโล่งลึกล้ำเหลือกำหนด”

ยังเป็นที่น่าสังเกตว่า สถานที่นี้น่าจะเป็นที่นั่งแต่ง “สมุด...แสนรักเรื่องอักษร” รำลึกถึงพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัยที่ถูกปลวกในพระวิหารวัดเลียบกินไปดังมีกล่าวอยู่ใน “รำพันพิลาป” อีกทั้ง “กาพย์พระไชยสุริยา” เพราะจากคำกลอน “ฝูงวิหคนกกามาไม่ถึง ด้วยลึกซึ้งสายสมุทรสุดกว้างขวาง” ดังกล่าว นับว่าสอดคล้องกับเรื่องของพระยาสกุณา หรือพระยาสำภาที ที่มีกล่าวอยู่ใน ฉบัง ๑๖ ของ “กาพย์พระไชยสุริยา” ที่สุนทรภู่แต่งต่อมาเมื่อถูกให้หลบไปอยู่ที่เพชรบุรี ระหว่างเดือน ๑๒ ถึง เดือน ยี่ ปีฉลู พ.ศ. ๒๓๘๔ (ดู คำอธิบายในหมายเลข ๑๒, ๑๕)

ที่น่าสนใจ และผู้เขียนใคร่จะกล่าวถึงไว้ในที่นี้อีกคือ เขา “สิงคุตร์” น่าจะมีความหมายไม่น้อย ถึงสถานที่ที่มีสิ่งปักใจของสุนทรภู่ และเป็นไปได้มากว่า คือบริเวณวัดเขาบันไดอิฐที่เพชรบุรี กล่าวคือ นอกจากในท้ายนิทานที่มีการกล่าวถึงเป็นนัยของการจะไปอยู่ถือศีลหลังบวชแล้ว สุนทรภู่ยังได้ไปกล่าวเป็นลายแทงว่า เป็นเรื่องเกี่ยวกับเมือง “สิงหล” คือลังกา ซึ่งก็คือเพชรบุรี โดยใน “รำพันพิลาป” ก็ยังกล่าวถึงอีก ทำนองเป็นวัดเวฬุวัน หรือป่าไผ่ ด้วยคำกลอนตอนใกล้จบ โดยได้แสดงความเกี่ยวข้องกันดังกล่าวไว้อย่างชัดเจน ว่า

“จะพาไปให้สร้างทางกุศล ขึ้นสิงหลเห็นจะได้ไปสวรรค์
ไหว้เจดีย์ที่ทำเลเวฬุวัน พารากขวัญอันเป็นยิ่งเขาสิงคุตร์ฯ”

คำกล่าวของสุนทรภู่ ในมิติของการบวชเช่นนี้ แม้ในท้ายชีวิตสุนทรภู่จะได้สึกออกมาเป็นฆราวาส แต่ก็ทำให้ผู้เขียนอยากจะปักใจว่า หลังการเปลี่ยนแผ่นดิน สุนทรภู่มิได้มีราชภัยจนต้องบวชหนี หรือหนีด้วยการบวชด้วยหวังเอาผ้าเหลืองเป็นที่หลบภัยซึ่งไม่มี แต่เป็นการบวชด้วยใจสมัคร และใช้โอกาสของการพ้นจากภัยที่เป็นภาระผูกพันกับเจ้านาย เพื่อความเป็นอิสระในการเดินทางหาฉากสร้างผลงานเป็นคำกลอนโอดครวญร่ำไรที่ถนัด และเป็นการอวดชาวโลก หรือหวังให้เป็นกุศลแก่ผู้มีพระคุณ และอื่น ๆ จึงขอกล่าวย้ำอีกครั้งว่า ระหว่างพระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัวกับสุนทรภู่ไม่มีข้อบาดหมางกันแต่อย่างใด หรืออย่างน้อยสุนทรภู่ไม่เคยกล่าวไว้ในที่ใด เพราะถ้าเป็นเรื่องจริง สุนทรภู่จะต้องเอามากล่าวไว้หลายที่ หลายทางอย่างแน่นอน เพราะเป็นวิสัยที่ขาดไม่ได้

เอกสารประกอบการเรียบเรียง

คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. ประวัติสุนทรภู่ฉบับพระยาปริยัติธรรมธาดา (แพ ตาละลักษมณ์). กรุงเทพฯ : คณะกรรมการอำนวยการโครงการฉลอง ๑๐๐ ปี กวีเอกสุนทรภู่; ๒๕๕๑. หน้า ๑-๒๐๖.

ดำรงราชานุภาพ, สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยา. ประวัติสุนทรภู่, ใน หนังสือ ชีวิตและงานของสุนทรภู่ ๒๔๘๕. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว; ๒๕๓๐. หน้า ๑-๕๗.

เดชาดิศร, สมเด็จพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมพระยา. โคลงโลกนิติ. ครั้ง ร. ๓.

ทศพร วงศ์รัตน์. สุนทรภู่กับการไปเมืองแกลง. วารสารราชบัณฑิตยสถาน ๒๕๕๐; ๓๒ (๔) : ๙๒๘-๙๓๗.

ทศพร วงศ์รัตน์. วันเดือนปีที่สุนทรภู่แต่งงานคำกลอนห้าเรื่อง ระหว่าง พ.ศ. ๒๓๘๔-๒๓๘๕. วารสารราชบัณฑิตยสถาน ๒๕๕๗, ๓๙ (๒) : ๙๗-๑๒๒.

ทศพร วงศ์รัตน์. ผลงานที่เกี่ยวกับสุนทรภู่รอการตีพิมพ์หลายเรื่อง.

เปลื้อง ณ นคร. ประวัติวรรณคดีไทย. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพาณิชย์ จำกัด; ๒๕๕๔. หน้า ๑-๕๔๙.

มนันยา ธนะภูมิ. ก.ส.ร. กุหลาบ. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; ๒๕๓๙. หน้า ๑-๒๑๘.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. โคบุตร. ๒๓๔๙-๒๓๕๐.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศเมืองแกลง. ๒๓๕๐.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศพระบาท. ๒๓๕๐.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. กำเนิดพลายงาม. ๒๓๖๒-๒๓๖๓.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. ลักษณวงศ์. ๒๓๖๓-๒๓๖๖.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. สวัสดิรักษาคำกลอน. ๒๓๖๔-๒๓๖๖.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. สิงหไกรภพ. ๒๓๖๕.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. พระอภัยมณีคำกลอน. ๒๓๖๖-๒๓๘๘.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. เพลงยาวถวายโอวาท. ๒๓๗๓.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศภูเขาทอง. ๒๓๗๓.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศวัดเจ้าฟ้า. ๒๓๗๖.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศพระแท่นดงรัง. ๒๓๗๖.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศอิเหนา. ๒๓๗๗.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศพระแท่นดงรัง. ๒๓๗๙.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. สุภาษิตสอนสตรี. ๒๓๘๐-๒๓๘๓.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. กาพย์พระไชยสุริยา. ๒๓๘๔.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. โคลงนิราศสุพรรณ. ๒๓๘๔-๒๓๘๕.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. รำพันพิลาป. ๒๓๘๕.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศพระประธม. ๒๓๘๕.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. นิราศเมืองเพชร. ๒๓๘๕.
สุนทรโวหาร (ภู่), พระ. บทละครเรื่องอภัยนุราช. ๒๓๘๕-๒๓๘๖.

The Journal of the Royal Society of Thailand
Volume 40 Number 1 January-March 2015

Abstract **Mother's name of Sunthorn Phu is บัว**

Thosaporn Wongratana

Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand

In writing verses Sunthorn Phu usually made travelling by boat. Station by station he observed and described scenes for making verses in connection with what he had in mind, especially his departed lovers, or any woman. He did like this repeatedly in the same work and later. Therefore any of his life stories and his connections with others can be detected from various sources of his works. The author's hypothesis is that Sunthorn Phu must mention somewhere also the name of his mother. There are several indications that her name is บัว. In this paper all the verses concerning with water-lilies and lotuses or any kind of บัว in Thai by Sunthorn Phu are gathered and shown chronologically, with discussion. Historically, while Sunthorn Phu was one of the consultants of King Rama II, there was evidence that he could not stand if บัว is mentioned improperly. And till the death of his mother in 2384 B.E., บัว in the "Tale of Phra Apai-manee", section 45 pages 902, was described as "เกษรร่วงโรยรายขจายจร" and exactly a year later in "นิราศพระประธม" as "บ้างร่วงโรยโปรยปรายกระจายจร". Which somehow corresponds with "ปทุมเกสร" a character likely implies to his mother from the beginning of the tale and "บัว" in "โคบุตร" as well. Eventually when he composed "โครงนิราศสุพรรณ", a village บางบัว is described as a synonym, actually of the name of his mother.

***Keywords*:** Sunthorn Phu's mother, her name, บัว

วารสารราชบัณฑิตยสภา
ปีที่ ๔๐ ฉบับที่ ๑ ม.ค.-มี.ค. ๒๕๕๘

นวัตกรรมการผลิตพืชเศรษฐกิจ จะช่วยลดภาวะโลกร้อน : โมเดลจากอ้อย*

วงจันทร์ วงศ์แก้ว
ภาคีสมาชิก สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา

บทคัดย่อ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญเป็นอันดับ ๓ ของประเทศไทย และเป็นอันดับ ๒ ของโลก ไทยมีผลผลิตอ้อยประมาณ ๑๐๐ ล้านตัน และครอบคลุมเนื้อที่เพาะปลูกประมาณ ๑๐ ล้านไร่ เฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ ๑๐ ตัน หากเกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตได้ ๒ เท่าโดยเฉลี่ยทั่วประเทศ ประเทศไทยจะมีเนื้อที่เหลือ ๕ ล้านไร่สำหรับปลูกป่าหรือใช้ในกิจกรรมที่ลดภาวะโลกร้อนได้ ป่าที่เติบโตเต็มที่แล้วสามารถสะสมคาร์บอนได้ประมาณ ๑๙ ตันต่อไร่ หรือดูดซับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากบรรยากาศได้ประมาณ ๗๒ ตันต่อไร่หรือ ๓๖๐ ล้านตันในพื้นที่ป่าสมบูรณ์ ๕ ล้านไร่ ถ้าหากสามารถเพิ่มผลผลิตในพืชเศรษฐกิจหลัก ๒ เท่าจากค่าเฉลี่ยปัจจุบัน ก็จะได้เนื้อที่เหลือจากการปลูกข้าวประมาณ ๓๕ ล้านไร่ จากมันสำปะหลังประมาณ ๓.๕ ล้านไร่ รวม ๔๓.๕ ล้านไร่ เป็นพื้นที่ที่สามารถปลูกป่าเพื่อเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศ ๓,๑๓๒ ล้านตัน ซึ่งเป็นเรื่องที่สามารถทำได้ไม่ยาก เพียงให้ความรู้ความเข้าใจแก่เกษตรกรให้ถูกทาง และไม่ต้องใช้เงินเป็นแสนล้านเพื่อจัดหาปัจจัยการผลิต ซึ่งมีอยู่แล้วในธรรมชาติ การเพิ่มผลผลิตมีปัจจัยหลักที่จะต้องพิจารณา ๒ ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านพันธุกรรมและปัจจัยด้านสรีรวิทยาพืช ด้านพันธุกรรมมีการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณลักษณะตรงตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง เช่น พันธุ์ที่ให้ความหวานสูง พันธุ์ที่มีปริมาณแป้งในน้ำอ้อยต่ำ เพื่อที่น้ำตาลจะได้ไม่เกาะตัวเป็นก้อนในระหว่างการขนส่ง พันธุ์ที่ไม่ออกดอกเพราะความหวานจะลดลงเมื่ออ้อยออกดอก พันธุ์ต้านทานโรค ในด้านปัจจัยทางสรีรวิทยา คือ ปัจจัยทั้งหมดที่จะทำให้อ้อยพันธุ์เดียวกันมีผลผลิตเพิ่มขึ้นจากที่เกษตรกรเคยทำมา นวัตกรรมจะต้องทำให้เกิดขึ้นหลายด้านโดยมีเป้าหมายที่สำคัญคือการเกษตรกรรมที่ให้ได้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทั้งทางเศรษฐกิจ เช่น การลดต้นทุน และทางทรัพยากร เช่น การให้น้ำและปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ การป้องกันและการกำจัดศัตรูพืชที่ประหยัดต้นทุน และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันได้มีนวัตกรรม

* บรรยายในการประชุมสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เมื่อวันที่ ๑๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๗

ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งสามารถพัฒนาไปใช้กับพืชเศรษฐกิจเกือบทุกชนิด เกษตรกรไทยมีความสามารถสูงเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในภูมิภาคอาเซียนที่มีข้อจำกัดคล้ายคลึงกันในเรื่องของเงินทุนและการเข้าถึงน้ำจากระบบชลประทานของรัฐ ในขณะที่งบประมาณด้านงานวิจัยและพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศไทยอยู่ในระดับที่ต่ำมาก แต่ประเทศไทยคงมีผลผลิตด้านเกษตรอยู่แถวหน้าของอาเซียนและของโลกในบางเรื่อง ผลงานเหล่านี้ต้องถือเป็นผลงานจากเกษตรกรด้วย การพัฒนาด้านเกษตรของไทยบางครั้งเริ่มต้นจากการลองผิดลองถูกของเกษตรกร บางครั้งเริ่มจากการโฆษณาชวนเชื่อเพื่อขายผลิตภัณฑ์บางอย่าง ทำให้เกิดการแข่งขัน การพัฒนาการเกษตรโดยเน้นชีววิถี ลดการใช้สารเคมี เป็นตัวอย่างความสำเร็จของนวัตกรรมที่เกิดจากเทคโนโลยีการหมักด้วยจุลินทรีย์ที่เริ่มใช้ในชื่อ Effective microorganism หรือ EM ซึ่งได้รับการพัฒนาต่อเนื่องอย่างกว้างขวางจนมีผลิตภัณฑ์ที่ใช้เร่งการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมศัตรูพืชได้สำเร็จ มีการขยายผลทำให้มีการทำเกษตรอินทรีย์มากขึ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นผลดีแก่สิ่งแวดล้อม แก่สุขภาพอนามัยของเกษตรกรและผู้บริโภคแล้ว ยังเป็นการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย สิ่งที่ภาครัฐควรช่วยเหลือคือช่วยสร้างระบบการตลาดที่มั่นคงและมีเสถียรภาพด้านราคาและเป็นธรรม อีกประเด็นหนึ่งคือช่วยเหลือให้เกษตรกรมีที่พักเก็บน้ำอย่างเพียงพอตลอดฤดูกาล เกษตรกรต้องมีบ่อน้ำหรือแหล่งน้ำเพื่อการชลประทานในไร่นาและสวนของตนเอง รัฐไม่จำเป็นต้องสร้างคลองส่งน้ำคอนกรีตราคาแพง เพราะหากคลองนั้นไม่มีน้ำมาถึงไร่นาของเกษตรกร นอกจากไม่มีประโยชน์แล้ว ยังทำให้โลกร้อนขึ้น และเสียงบประมาณจำนวนมาก เกษตรกรที่มีกำลังทรัพย์และมีความรู้จำนวนหนึ่งได้เริ่มจัดหาแหล่งน้ำของตนเอง ที่มีที่ดินจำนวนน้อยก็จะลงทุนขุดบ่อบาดาลเพื่อประหยัดพื้นที่ ถ้ามีที่ดินแปลงใหญ่ทำสวนขนาดใหญ่และมีน้ำน้อย ก็อาจสละหนึ่งในสามของพื้นที่เพื่อเก็บน้ำให้พอใช้ทั้งปี ไม่ต้องห่วงปัจจัยการผลิตนี้ว่าจะจำกัดผลผลิตได้ ปัจจัยเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตที่เกื้อกูลการเจริญเติบโตของพืชคือนวัตกรรมสำคัญรองจากน้ำ การเติมอินทรียวัตถุให้แก่ดินอย่างเหมาะสมเป็นสิ่งที่จะต้องให้ทำอย่างคุ้มค่า ประหยัดทรัพยากร โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปุ๋ยราคาแพง เรื่องนี้ต้องการการวิจัยแหล่งอินทรียวัตถุที่จะต้องผลิตได้เองในไร่นาของเกษตรกร ซึ่งจะแตกต่างกันตามสภาพของดินและพืชเศรษฐกิจที่ปลูก ถ้าทั่วโลกทำได้ ๒ เท่า และขยับขึ้นไปอีกจนถึง ๑๐ เท่า เราคงได้เห็นอุณหภูมิโลกลดลง ๑.๕-๒ องศาเซลเซียสภายใน ค.ศ. ๒๑๐๐ หรือ พ.ศ. ๒๖๔๓ ตามที่นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกตั้งความหวังไว้ และโมเดลจากอ้อยที่ไทยจะเป็นผู้นำในแนวคิดนี้จะเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรทั่วโลกได้ทำตาม จะช่วยคนทั้งโลกให้มีสิ่งแวดล้อมที่ดี มีสุขภาพอนามัยดี และก็จะมีสภาพเศรษฐกิจและสังคมดีขึ้น มีภูมิคุ้มกันที่แข็งแกร่ง

คำสำคัญ : อ้อย, น้ำตาล, พลังงานทดแทน, นวัตกรรม, เกษตรกรรม, ภาวะโลกร้อน, ผลผลิตต่อไร่, นวัตการหาน้ำเพื่อการเกษตร

บทนำ

ในภาวะที่พลังงานจากแหล่งฟอสซิลกำลังหมดไป พลังงานจากชีวมวลเป็นพลังงานทดแทนที่มีความสำคัญมากยิ่งขึ้น ประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศที่เหมาะแก่การปลูกพืชที่มีความสำคัญทั้งทางด้านเกษตรและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่องกัน เช่น มีอุณหภูมิ ความชื้น แสงแดดที่เหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืชตลอดทั้งปี ทำให้ประเทศไทยสามารถส่งออกผลิตผลทางการเกษตรได้เป็นอันดับต้น ๆ ของโลก เช่น ข้าวเป็นอันดับ ๑ ของโลก (ที่ลดอันดับลงในระยะนี้เชื่อว่าเป็นสถานการณ์ชั่วคราวเท่านั้น) น้ำตาลได้ขยับมาเป็นอันดับ ๒ และน่าจะเป็นอันดับ ๑ ภายใน ๒ ปีนี้เพราะรัฐบาลใหม่ได้ประกาศให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกอ้อยอีก ๘๐๐,๐๐๐ ไร่ เพื่อป้อนโรงงานให้หีบอ้อยได้เต็มศักยภาพ พืชเกษตรที่มีผลผลิตมากและสามารถใช้ผลิตพลังงานทดแทนได้ เช่น มันสำปะหลังและปาล์มน้ำมัน ก็มีศักยภาพที่จะเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ นวัตกรรมการผลิตพืชเศรษฐกิจจะช่วยลดภาวะโลกร้อน : โมเดลจากอ้อย โดยปรับปรุงปัจจัยการผลิตทั้งด้านพันธุกรรมและสรีรวิทยา แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยทางด้านพันธุกรรมที่มีอยู่ ซึ่งมีผลผลิตที่เป็นพันธุ์พืชที่เหมาะแก่การเพาะปลูกในพื้นที่หลายแห่งของประเทศไทยว่ามีความหลากหลายเพียงพอแก่การใช้ประโยชน์แล้ว การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ในงานวิจัยนี้จึงเน้นนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านสรีรวิทยา ซึ่งหากสามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ทุกพืชเกษตรอย่างน้อย ๒ เท่าของที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน จะเป็นผลดีทั้งแก่เศรษฐกิจและสภาวะแวดล้อม เพราะจะได้ลดพื้นที่การปลูกพืชเกษตรโดยไม่ต้องลดรายได้ของเกษตรกร จะได้ไม่เกิดปัญหาสังคม เศรษฐกิจและการเมืองตามมา อีกทั้งจะเป็นผลดีทางด้านคาร์บอนฟุตพรินต์ (carbon footprint) เพราะทำให้มีพื้นที่ปลูกป่ามากขึ้นอันจะช่วยทำให้ลดภาวะโลกร้อน

อ้อยเป็นพืชเกษตรที่เหมาะสมที่จะเร่งรัดให้เพิ่มผลผลิตต่อไร่โดยใช้ปัจจัยทางสรีรวิทยามากที่สุด เพราะเหตุผลหลายประการ คือ

(๑) อ้อยเป็นพืชต้นแบบของการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C4 การสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C4 พบครั้งแรกในอ้อยโดยนักชีวเคมีในฮาวาย และขยายผลโดยนักสรีรวิทยาและนักชีวเคมีที่โรงงานน้ำตาลในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย วิธีการสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยพบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าพืชส่วนใหญ่ เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และเหมาะสมอย่างยิ่งในพื้นที่เขตร้อนที่มีความเข้มของแสงและอุณหภูมิสูง

(๒) อ้อยมีพันธุ์ที่หลากหลายให้เลือกใช้ในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ทั้งพันธุ์ที่ผลิตในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ

(๓) การปลูกอ้อยเพื่อผลิตน้ำตาลในประเทศไทยทำได้ทุกภาคที่มีโรงงานรับซื้ออ้อย แต่ไม่นิยมปลูกในพื้นที่ภาคใต้ อาจเป็นเพราะภาคใต้มีพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เช่น ยางพาราและปาล์มน้ำมัน ที่ทำรายได้ดีอยู่แล้ว

นอกจากนี้ เกษตรกรเชื่อว่า ระดับความหวานจะต่ำกว่าภาคอื่นเพราะเป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุกในฤดูเก็บเกี่ยว แต่ทั้งนี้ยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจัง ถ้าอ้อยในภาคใต้หวานในระดับร้อยละ ๘๐ ของภาคอื่น ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยระดับประเทศ แต่ได้ปริมาณไฟเบอร์และมวลชีวภาพโดยรวมสูงกว่าค่าเฉลี่ยระดับประเทศ อ้อยในภาคใต้ก็จะเป็นพืชที่ให้ประโยชน์แบบทรีอินวัน (three in one) ได้เช่นกัน คือ ให้ผลผลิต ๑. ด้านอาหาร ๒. ด้านพลังงาน [ทำได้ทั้งพลังงานมวลชีวภาพเมื่อเอาชานอ้อยและส่วนต่าง ๆ ที่เหลือจากการผลิตน้ำตาลไปผลิตไฟฟ้า และได้เชื้อเพลิงชีวภาพ คือ หมักกากน้ำตาล (molass) ให้เป็นเอทานอล] และ ๓. ผลผลิตมูลค่าเพิ่มทางอุตสาหกรรม เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ จากของที่เหลือในกระบวนการแยกสกัดน้ำตาลในโรงงาน และคาร์บอนอินทรีย์ที่ได้สามารถนำไปผลิตสารอินทรีย์มูลค่าเพิ่มอีกหลายชนิด หากจะพิจารณาประโยชน์ของการใช้อ้อยในแง่ของมวลชีวภาพ น่าจะได้ผลผลิตดีเพราะภาคใต้มีน้ำอุดมสมบูรณ์ ทำให้พืชเจริญเติบโตเร็ว สามารถทำให้ผลผลิตต่อไร่สูง จึงชดเชยได้กับปริมาณเนื้อที่ที่มีอยู่ โดยไม่ต้องแย่งพื้นที่กับพืชเกษตรหลัก เช่น ยางพาราและปาล์มน้ำมัน ในขณะที่ยางพารามีการแข่งขันสูง ราคาตกต่ำลงมาก อ้อยน่าจะเป็นพืชเศรษฐกิจทางเลือกที่สำคัญของเกษตรกรไทย โดยเน้นองค์ความรู้ที่บูรณาการให้ได้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ย ๑๐ เท่าให้ได้ หรือถ้าค่าเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้น ๒ ถึง ๓ เท่า ก็จะสามารถลดพื้นที่ปลูกอ้อยลงได้มากกว่า ๕ ล้านไร่ ซึ่งสามารถนำไปปลูกป่าเพื่อลดภาวะโลกร้อนและเพิ่มสมดุลของระบบนิเวศโดยไม่ลดผลผลิตรวมของประเทศ

(๔) อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของประเทศไทยมีเสถียรภาพสูงเพราะมีระบบการแบ่งปันผลประโยชน์ที่ลงตัวระหว่างภาคเกษตรกับภาคอุตสาหกรรม ทำให้อุตสาหกรรมนี้เป็นพื้นฐานที่ดีที่จะใช้เป็นฐานไปสู่อุตสาหกรรมอื่น ๆ เพื่อขยายผลทางเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและทดแทนอุตสาหกรรมที่ใช้ปิโตรเลียมเป็นฐาน

ผลผลิตทางเศรษฐกิจของอ้อย (Economic Yield)

ผลผลิตทางเศรษฐกิจคือส่วนที่เก็บเกี่ยวมาจากพืชซึ่งก่อให้เกิดรายได้แก่เกษตรกร เช่น ผลผลิตทางเศรษฐกิจของนาข้าวคือข้าวเปลือก ผลผลิตทางเศรษฐกิจจากไร่อ้อยคือลำต้นซึ่งนำไปหีบเอาน้ำตาล ไม่ใช่จากส่วนสืบพันธุ์ เช่น ดอก หรือ ผล ซึ่งมีปัจจัยและการควบคุมผลผลิตด้วยกระบวนการทางสรีรวิทยาที่ซับซ้อนกว่าส่วนลำต้น ในการปลูกอ้อยจะต้องคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่ไม่ออกดอกในสภาวะแวดล้อมที่ปลูก เพราะการออกดอกจะแย่งอาหารจากส่วนที่ทำให้ลำต้นเจริญเติบโตและลดมวลของลำต้นอันเป็นผลผลิตทางเศรษฐกิจหลัก ปัจจุบันความจำเป็นต้องแสวงหาพลังงานทดแทนทำให้ผลผลิตทางเศรษฐกิจเริ่มเปลี่ยนไป มีการนำส่วนอื่น ๆ มาใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจนอกเหนือจากที่เคยใช้กันมา เช่น การนำมวลชีวภาพมาใช้ผลิตไฟฟ้าหรือหมักเพื่อใช้ประโยชน์รูปแบบอื่น ทำให้มวลชีวภาพทั้งหมดเป็นผลผลิตทางเศรษฐกิจ และทำให้อ้อยสามารถเป็นพืชเศรษฐกิจได้ในพื้นที่ทุกภาคของประเทศไทย

อย่างไรก็ดี การปลูกอ้อยได้ผลผลิตหลายอย่างที่สมประโยชน์กับความต้องการทางเศรษฐกิจของประเทศ เช่น ได้น้ำตาลซึ่งเป็นอาหาร ได้มวลชีวภาพที่นำไปผลิตไฟฟ้า ได้น้ำอ้อยไปผลิตเอทานอลโดยตรงโดยไม่ต้องรอให้อ้อยมีอายุที่จะสะสมน้ำตาลได้เต็มที่ หรือผลิตน้ำตาลและใช้กากน้ำตาล (molass) หมักเอทานอลโดยไม่ต้องกังวลถึงร้อยละความหวานเหมือนกับที่มุ่งหวังผลผลิตน้ำตาลเพียงอย่างเดียว อ้อยจึงเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถใช้เป็นพืชพลังงานโดยไม่ต้องแย่งพื้นที่กับพืชอาหาร เพราะอ้อยเองสามารถเป็นได้ทั้ง ๒ อย่าง กากหรือชานอ้อยยังสามารถใช้เป็นพลังงานผลิตไฟฟ้าได้ด้วย และเป็นสิ่งที่น่าทดลองในพื้นที่ภาคใต้

นวัตกรรมสำคัญสู่การเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน

๑. นวัตกรรมด้านเทคนิคการปลูก

นวัตกรรมนี้ใช้การเพาะตาอ้อยและอนุบาลกล้าอ้อยประมาณ ๓๐ หรือ ๔๕ วันก่อนนำอ้อยลงปลูกในไร่ การทำเช่นนี้จะทำให้อ้อยงอกจนระบบรากแข็งแรง และรอดตายร้อยละ ๑๐๐ เป็นการประหยัดท่อนพันธุ์ และทำให้จัดระยะห่างระหว่างกออ้อยที่จะเติบโตต่อไปได้อย่างสม่ำเสมอกันทุกกอ เพราะเราจัดระยะได้เอง โดยมุ่งให้ได้ระยะที่คนงานสามารถเข้าไปให้ปุ๋ยและสางใบแก่ออกได้เมื่ออ้อยโตขึ้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการงอกของตาอ้อยที่ปลูกแบบดั้งเดิมซึ่งงอกบ้างไม่งอกบ้าง การปลูกอ้อยแบบเดิมโดยทั่วไปจะใช้ท่อนพันธุ์ที่มีข้อประมาณ ๒ หรือ ๓ ข้อ วางในร่องที่เตรียมไว้แล้วใช้ดินกลบ ส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ้อยมาจากตาอ้อยซึ่งอยู่ตามข้อที่มีปมรากอยู่รอบข้อ การงอกไม่สม่ำเสมอขึ้นอยู่กับปัจจัยในดินและสิ่งแวดล้อมที่เกษตรกรควบคุมไม่ได้ แต่แบบใหม่นี้เกษตรกรสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมในแปลงเพาะกล้าได้เต็มที่ และเกษตรกรสามารถเลือกต้นกล้าอ้อยที่แข็งแรงก่อนนำไปปลูกในไร่ ในระยะเพาะตาอ้อยนี้เกษตรกรยังสามารถควบคุมระดับน้ำที่เหมาะแก่การงอกของตา เป็นการประหยัดปริมาณน้ำที่ใช้ไม่ให้สูญเปล่าเป็นส่วนมาก หากให้น้ำในไร่เพื่อช่วยให้ท่อนพันธุ์งอก ส่วนใหญ่เกษตรกรจะอาศัยความชื้นในดินที่จะให้อ้อยงอก การแนะนำให้เกษตรกรปลูกต้นฤดูฝนหรือปลายฤดูฝนเป็นเหตุผลเกี่ยวกับการงอกของท่อนพันธุ์เป็นสำคัญ ในนวัตกรรมใหม่นี้ปัจจัยเรื่องการงอกตัดทิ้งไปได้ เพราะเกษตรกรจะมีกำลังพอที่จะให้น้ำในแปลงเพาะตา ซึ่งใช้ไม่มากและใช้กับพื้นที่ที่น้อยกว่าในไร่หลายเท่า นวัตกรรมนี้ยังช่วยให้เกษตรกรปลูกในฤดูใดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแผนการเก็บเกี่ยวส่งโรงงาน อ้อยส่วนใหญ่จะตัดเมื่ออายุประมาณ ๑๒ เดือน เพื่อให้สะสมน้ำตาลในลำอ้อยได้สูงสุด ส่วนใหญ่จะปลูกให้ได้เก็บเกี่ยวในฤดูหนาวเพราะเชื่อว่าอ้อยจะสะสมน้ำตาลได้มากที่สุดในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งก็เป็นไปได้ตามหลักสรีรวิทยาเพราะอัตราการหายใจของพืชลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง เมื่ออ้อยมีอัตราการหายใจต่ำลง จะคงเก็บน้ำตาลซึ่งเป็นผลผลิตจากการสังเคราะห์ด้วยแสงไว้ได้มากขึ้น แต่น่าจะมีการทำวิจัยเรื่องนี้ให้ชัดเจนว่าจะมีนวัตกรรมอะไรที่จะช่วยคงความหวานให้ได้ในระดับที่น่าพอใจโดยไม่ต้องรอฤดูหนาว จะได้เก็บเกี่ยวได้ทั้งปี เกษตรกรจะได้ไม่ขนอ้อยมาโรงงานในฤดู

เดียวกัน เพราะการหีบน้ำตาลช้าหลังการเก็บเกี่ยวจะทำให้ความหวานลดลงเนื่องจากเอนไซม์ในพืชเปลี่ยนน้ำตาลเป็นสารอื่น

แนวคิดใหม่เริ่มตั้งแต่การปลูก โดยควั่นหรือเฉาะข้ออ้อยที่มีตาอ้อยจากลำต้นอ้อยที่แข็งแรง และปมรากติดมาด้วยจากอ้อยพันธุ์ที่คัดเลือกแล้ว นำไปเพาะในกระบะที่มีวัสดุที่เหมาะกับการเพาะกล้าไม้ แกลบเผาเป็นวัสดุที่เหมาะแก่การเพาะตาอ้อยเป็นอย่างดี เกษตรกรสามารถทดลองใช้วัสดุเพาะที่หาง่ายและมีราคาถูกในท้องที่ ยิ่งเป็นวัสดุที่เกษตรกรมีอยู่ในพื้นที่ของตนเองก็ยิ่งดี เพราะนวัตกรรมใด ๆ ที่จะนำมาใช้ในการผลิตพืชผลทางการเกษตรจะต้องเป็นนวัตกรรมที่เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วย ไม่เพียงเพิ่มผลผลิตต่อไร่เท่านั้น จึงจะเป็นนวัตกรรมที่ยั่งยืน (sustainable) และช่วยเกษตรกรได้อย่างแท้จริง การคัดเลือกพันธุ์มีหลักการสำคัญคือ เลือกพันธุ์ที่ไม่ออกดอกในสภาพแวดล้อมของพื้นที่ที่จะปลูก (เพราะดอกจะแย่งอาหารจากลำต้น ลดความต้านทานโรค) ให้น้ำหนักลำและความหวานดี ลำแข็งแรงไม่หักล้มง่าย ตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ดี ไว้ตอและแตกกอดี ขณะนี้มีพันธุ์อ้อยให้เลือกหลากหลายดี และเหมาะแก่พื้นที่ภาคต่าง ๆ รายละเอียดปรากฏในหนังสือ เรื่องราวว่าด้วยพันธุ์อ้อย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม (๒๕๕๖)

นวัตกรรมที่จะกล่าวในที่นี้จะเน้นปัจจัยทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยพันธุ์ที่ได้รับการส่งเสริมจากหน่วยงานรัฐ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ทำได้ บทความนี้จะเน้นหลักการ แนวคิดในนวัตกรรมที่ให้พื้นฐานความรู้เพื่อเปิดทางให้เกษตรกรได้ทดลองขยายผลได้เอง โดยทดลองในพื้นที่ไร่นาของตนเอง ซึ่งจะมีปัจจัยเกื้อหนุนหรือจำกัดการผลิตที่แตกต่างกัน เมื่อเกษตรกรรู้หลักคิด จะรู้เหตุรู้แนวทาง แล้วก็จะสามารถแก้ปัญหาได้ สาขาวิชาหรือศาสตร์ที่สำคัญที่เป็นองค์ความรู้หลัก เป็นพื้นฐานในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช คือสรีรวิทยาของพืช ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของพฤกษศาสตร์ ครอบคลุมศาสตร์ทั้งหลายที่ว่าด้วยการศึกษาพืช พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่ผลิตอาหารให้มนุษย์และสัตว์ทั้งหมดในโลกนี้ เพราะพืชมีระบบเอนไซม์ที่สามารถเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศในช่องว่างระหว่างเซลล์ให้เป็นคาร์โบไฮเดรต โดยมีน้ำร่วมทำปฏิกิริยาด้วย และเกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงหรือจะเรียกสั้น ๆ ว่า กระบวนการสังเคราะห์แสง (ที่ท่านศาสตราจารย์ ดร.คลุ้ม วัชโรบล เคยใช้ในตำราชีววิทยาของท่านมานานแล้ว) มนุษย์และสัตว์ไม่สามารถนำเอาอากาศไปสร้างเนื้อเยื่อให้ร่างกายได้ ต้องนำเอาอาหารที่พืชสร้างแล้วไปปรุงดัดแปลงให้เหมาะสม โดยอาศัยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันที่พืชสร้างไปเป็นฐาน สรุปว่า อ้อยเป็นโรงงานผลิตน้ำตาลตัวจริง ส่วนโรงงานน้ำตาลเป็นเพียงที่ใช้หีบน้ำอ้อย นำน้ำอ้อยไปทำให้เป็นผลึกน้ำตาลที่บริสุทธิ์ สามารถเก็บไว้ใช้เมื่อต้องการ และสะดวกแก่การขนส่งไปยังแหล่งกระจายสินค้าให้ถึงผู้บริโภคและไม่เน่าเสีย สิ่งที่เหลือจากผลึกน้ำตาลนั้นโรงงานได้นำไปใช้ประโยชน์หลายอย่างจนอาจกล่าวได้ว่า ไม่มีสิ่งใด

เหลือทิ้งเลย ในอนาคตอันใกล้นี้น่าจะมีผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลผลิตดี ๆ จากนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติโดยมีที่มาจากผลผลิตการสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อย เพราะอ้อยเป็นพืชที่ทำการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดหรือเรียกง่าย ๆ ว่าเก่งที่สุด กล่าวคือ ยิ่งอ้อยได้รับแสงมากก็ยิ่งสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากหรือสร้างอาหารได้มากนั่นเอง งบประมาณในการวิจัยและพัฒนาทั้งจากภาครัฐและเอกชนจึงควรทุ่มเทไปในการสร้างสารมูลค่าเพิ่มให้หลากหลายและมากขึ้น โดยไม่ต้องกลัวว่าจะขาดแคลนน้ำตาลและไม่ต้องกลัวว่าชาวไร่อ้อยจะต้องไปบุกรุกป่าเพิ่ม เพราะผลผลิตต่อไร่จะเพิ่มขึ้นแน่นอน ดังนั้น การรักษาเสถียรภาพของราคาจะยั่งยืนหากทุ่มงบประมาณไปในการสร้างนวัตกรรม สร้างผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่ใช่ความหวานหรือของหวาน ยิ่งเป็นผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพหรือด้านอุตสาหกรรมก็ยิ่งดี กองทุนอ้อยและน้ำตาลและคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) น่าจะให้ความสำคัญแก่เรื่องนี้มาก จะแก้ปัญหาความผันผวนเรื่องราคาได้ดีกว่าโซนนิง เพราะโซนนิงอาจทำให้เกิดผลลบทางเศรษฐกิจต่ออุตสาหกรรมนั้น ๆ ได้ จะเห็นว่าระบบ ๗๐/๓๐ ที่ริเริ่มมาเกือบ ๓๐ ปีแล้ว จากผลงานเชิงสหวิทยาการของนักวิชาการในสถาบันการศึกษาหลายสถาบัน หลายสาขาวิชาทำงานร่วมกับภาคเอกชน ทั้งด้านโรงงานและตัวแทนชาวไร่ และกระทรวงอุตสาหกรรมและผู้ค้า ทำให้ระบบราคามั่นคงและยั่งยืนมาจนทุกวันนี้ โดยไม่ได้ทำโซนนิงเลย

๒. นวัตกรรมการเพิ่มผลผลิตโดยการตัดสางใบแก่

เมื่ออ้อยเติบโตขึ้น จะมีใบจำนวนมาก ซึ่งมีผลดีในการควบคุมวัชพืชไม่ให้เจริญเติบโตเพราะได้รับแสงไม่เพียงพอแก่การสังเคราะห์ด้วยแสง แต่เป็นผลเสียแก่ผลผลิตรวมของพืช ไม่คุ้มกับการที่จะเก็บเอาไว้เพราะหากเกษตรกรตัดสางใบออกแล้วใช้ใบที่สางออกคลุมดิน จะได้ประโยชน์ ๒ ทาง คือ ทำให้วัชพืชตายเพราะขาดแสง จึงไม่มาแย่งปุ๋ยและน้ำจากอ้อย และลดภาระเลี้ยงดูใบแก่ที่แย่งอาหาร น้ำ และธาตุอาหารจำเป็นจากลำต้น ซึ่งเป็นภาระที่หนักกว่าวัชพืชเสียอีก แต่ใบเหล่านี้ไม่ควรเผาทิ้ง เพราะใบอ้อยยังมีสารประกอบอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงที่นำมาสร้างเนื้อเยื่อ เส้นใย คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันอยู่ในเนื้อเยื่อ รวมทั้งธาตุอาหารที่จำเป็นอีกมากมายหลายชนิด ควรที่จะวางไว้บนดินบริเวณเดิมเพื่อจะได้ย่อยสลายให้ความอุดมสมบูรณ์แก่ดินต่อไป เรียกว่า **มัลชิง** (mulching) ดินก็จะมีอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นและธาตุอาหารที่จำเป็นจะกลับคืนสู่ดินเพื่อการเจริญเติบโตของอ้อยซึ่งเป็นพืชที่จะแตกกอหลังตัดลำส่งโรงงานแล้ว ทำให้ไม่ต้องปลูกใหม่ทุกปี อินทรียวัตถุในดินที่เพิ่มขึ้นยังทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น ช่วยให้อากาศในดินมีมากขึ้น ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทำให้รากพืชดูดซึมน้ำและธาตุอาหารที่จำเป็นแก่การเจริญเติบโตของลำต้นได้ดีขึ้น นอกจากนี้ ดินที่มีโครงสร้างร่วนซุยยังช่วยให้มีไส้เดือนดินมาอาศัยอยู่ ซึ่งไม่มีอันตรายแก่พืช แต่มูลไส้เดือนดินมีส่วนช่วยบำรุงดิน การตัดสางใบแก่นอกจากจะลดภาระในการแย่งอาหารกับลำต้นแล้ว ยังช่วยให้ใบที่ยังไม่แก่ได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ เพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสง

และลดการหายใจจากใบแก่ ทำให้ผลผลิตรวมหรือผลผลิตสุทธิเพิ่มขึ้น เกษตรกรบางคนคิดว่าผลผลิตที่ได้ไม่คุ้มกับค่าแรงงาน เกษตรกรที่คิดเช่นนี้น่าจะทดลองทำและเปรียบเทียบดู เพราะถ้าผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น รายได้ของเกษตรกรก็เพิ่มขึ้นตามผลผลิต และแรงงานที่มีรายได้ประจำก็จะอยู่ที่ไร่ น่าจะมีเสถียรภาพด้านแรงงานด้วย ถ้าสามารถเพิ่มผลผลิตได้หลายเท่า ก็สามารถลดจำนวนไร่ที่ปลูกลงได้ เป็นการประหยัดเวลา ประหยัดพื้นที่ ประหยัดแรงงาน แต่ผลผลิตรวมเพิ่มขึ้น ต้องคุ้มแน่นอน จะทดลองไร่เดียวก่อนก็ได้

๓. นวัตกรรมด้านเทคนิคการควบคุมวัชพืช

นวัตกรรมนี้ใช้เทคนิคปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินเมื่ออ้อยยังเล็ก และปล่อยให้เน่าเปื่อยอยู่ใต้ใบแก่เมื่อมีการสางใบ พืชตระกูลถั่วมีปมรากซึ่งช่วยตรึงไนโตรเจน (nitrogen fixation) โดยที่จุลินทรีย์ที่ปมราก (root nodules) มีเอนไซม์พิเศษที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนในอากาศซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ ๗๘ ให้กลายเป็นแอมโมเนียที่เป็นปุ๋ยให้พืชนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ควรเลือกใช้พืชตระกูลถั่วที่ขนาดสูงพอเหมาะ จะได้ไม่บังแสงแก่ต้นอ้อยและสามารถย่อยสลายให้อินทรียวัตถุได้ดี (mulching)

๔. นวัตกรรมด้านเทคนิคการบริหารจัดการน้ำและปุ๋ย

การปลูกอ้อยให้ได้ผลผลิตมากขึ้นหลายเท่าจากเดิมนั้น เกษตรกรจำเป็นต้องมีแหล่งน้ำในไร่ของตนเอง ถ้าหากระบบชลประทานของรัฐยังมาไม่ถึง ภาครัฐและภาคส่วนที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนเรื่องนี้อย่างเต็มที่ ไม่ว่าทางใดก็ตาม งบประมาณที่ใช้ก็ไม่มากแต่ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน ถ้าเกษตรกรแต่ละรายสามารถมีแหล่งน้ำของตนเอง และราคาพืชผลมั่นคง เกษตรกรไทยจะพ้นจากความยากจนแน่นอน ประเทศไทยมีฝนตกชุกทั่วประเทศ ทำอย่างไรเกษตรกรจึงจะเก็บกักน้ำฝนไว้ใช้ได้ในไร่นาและครัวเรือนของตนเอง พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวได้ทรงแนะนำมานานมากแล้วให้เกษตรกรใช้พื้นที่ร้อยละ ๓๐ เป็นแหล่งเก็บน้ำ ถ้าน้อมนำพระราชดำรินี้มาใช้อย่างจริงจัง น่าที่จะไม่มีคำว่าภัยแล้งสำหรับเกษตรกรไทยอีกเลย แนวคิดตามพระราชดำรินี้สามารถนำไปใช้ทั่วประเทศ เพราะมีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน พืชเศรษฐกิจที่สำคัญก็คล้ายคลึงกัน เกษตรกรไม่ควรกังวลเรื่องผลผลิตไม่พอเลี้ยงครอบครัวเมื่อต้องใช้พื้นที่ไปเป็นแหล่งน้ำร้อยละ ๓๐ เพราะเมื่อมีแหล่งน้ำจะสามารถเพิ่มผลผลิตได้หลายเท่า สมมติเดิมมีที่ดิน ๑๐ ไร่ ได้อ้อยไร่ละ ๑๐ ตัน รวม ๑๐๐ ตัน ถ้าใช้เก็บน้ำ ๓ ไร่ไว้ให้น้ำแก่อ้อย ผลผลิตอ้อยเพิ่ม ๓ เท่า ปลูกอ้อย ๗ ไร่ได้ไร่ละ ๓๐ ตัน จะได้อ้อยรวม ๒๑๐ ตัน ถ้าขยันดูแลอย่างดีได้ ๕๐-๑๐๐ ตันต่อไร่ ก็ได้ ๓๕๐-๗๐๐ ตัน มีรายได้ประมาณ ๘๐๐,๐๐๐ ต่อปี จะเห็นว่าคุ้มค่าแก่การลงทุน

เมื่อได้แหล่งน้ำแล้ว ควรแสวงหาวิธีการที่ให้น้ำแก่อ้อยด้วยระบบที่ประหยัดทั้งน้ำและอุปกรณ์ เช่น ระบบน้ำหยดหรือสปริงเกิลขนาดเล็ก หลีกเลี่ยงการให้น้ำล้นเกินความจำเป็นแก่อ้อยซึ่งจะไปเพิ่มการเติบโตของวัชพืช ส่วนจะให้บ่อยเพียงใดเกษตรกรจะต้องทดลองหาความเหมาะสมตามสภาพพื้นที่ของ

ตนเอง โดยอาศัยหลักการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชื้นและปริมาณฝนในธรรมชาติของพื้นที่แต่ละแห่ง ฤดูกาลแต่ละฤดู ซึ่งยากที่จะคาดการณ์ล่วงหน้าเพราะสภาพภูมิอากาศแปรปรวนไปจากเดิมมาก เกษตรกรไทยจะต้องฝึกตนเองให้เปิดโลกทัศน์และทดลองสิ่งที่เหมาะสมกับตนเองมากกว่ารอคอยสูตรสำเร็จจากที่อื่น

เกษตรกรควรจะเพิ่มการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และลดการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อลดต้นทุนการผลิตและลดภาวะโลกร้อน นอกจากนี้ ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยปรับปรุงสภาพของดินให้เหมาะกับการเจริญเติบโตของราก ทำให้ดินมีความชื้นและอากาศมากขึ้น มีสิ่งมีชีวิตที่ช่วยปรับปรุงดินมากขึ้น เช่น ไส้เดือนดิน จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มีมากขึ้นดังที่ได้กล่าวมาบ้างแล้ว การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินจะเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญมากเป็นที่สองรองจากน้ำ การเพิ่มอินทรียวัตถุมีหลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพดินและสภาพที่มีอยู่

๕. นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีการควบคุมโรคและแมลงศัตรูอ้อย

เกษตรกรไทยยุคใหม่ควรประยุกต์ใช้เทคโนโลยีชีวภาพแทนการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายแก่สุขภาพอนามัยของตนเอง ของคนงาน และของผู้บริโภค ถ้าทุกคนที่เกี่ยวข้องต้องเสียเงินและทรัพยากรไปในการดูแลสุขภาพ ก็จะมีกำลังซื้อสินค้าเกษตรน้อยลง เกษตรกรรมตามแบบชีววิถีมีความเป็นไปได้มากขึ้น น้ำตาลที่ผลิตแบบเกษตรอินทรีย์มีราคาดีกว่าการผลิตทั่วไป โรงงานผลิตขนมหวานมีแนวคิดที่จะผลิตขนมหวานและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ แบบอินทรีย์ ติดขัดอยู่ที่ว่าไม่มีผู้ผลิตวัตถุดิบมากพอที่จะมั่นใจในความมั่นคงของวัตถุดิบที่จะป้อนโรงงานของเขา จึงเป็นนวัตกรรมที่ท้าทายเกษตรกรไทยให้ทดลองวิจัยใช้ในไร่ของตนเอง นับเป็นเวลากว่า ๒๐ ปีแล้วที่เทคโนโลยีอีเอ็ม (EM, Effective Microorganism) แพร่หลายในประเทศไทย และเกษตรกรไทยได้พัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้การหมักพืชและสมุนไพรต่าง ๆ ที่ได้สารที่มีฤทธิ์ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชมาใช้ในการเกษตรแทนสารเคมี สารสกัดชีวภาพเหล่านี้บางชนิดก็มีฤทธิ์เร่งการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ผลผลิตมีขนาดโตขึ้น เช่น ผลบวบ เกษตรกรชาวไร่อ้อยน่าจะได้นำมาทดลองกับอ้อย ถ้าได้อ้อยหนักลำละ ๕ กิโลกรัมขึ้นไปและแตกกอได้ดีประมาณ ๑๐ ลำต่อกอ จะสามารถเพิ่มผลผลิตในอ้อยตอให้มากเท่าอ้อยปลูกหรือมากกว่า ก็จะเป็นการก้าวกระโดดพ้นความลำบากยากจนสำหรับเกษตรกร หากภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับราคาจะรักษาความมั่นคงของราคาได้ นักวิชาการในหน่วยงานต่าง ๆ และเกษตรกรเองน่าจะได้ศึกษาเรื่องนี้ในไร่ของตนเองอย่างจริงจังเพราะคุ้มค่ามาก นอกจากเทคโนโลยีการหมักแล้วเกษตรกรควรนำตัวห้ำตัวเบียนของแมลงศัตรูพืชแต่ไม่ทำลายพืชเศรษฐกิจมาขยายพันธุ์ในไร่เพื่อบูรณาการกำจัดโรคและศัตรูพืชโดยชีววิธี จะได้ลดต้นทุนการผลิตและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

สรุป

นวัตกรรมที่กล่าวถึงในบทความนี้สามารถใช้ได้กับการพัฒนาเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อไร่ของทุกภาคในประเทศ เพราะมีสภาพภูมิอากาศที่คล้ายคลึงกันทั้งประเทศ ถ้าทำได้ก็จะมีประโยชน์ต่อมวลมนุษยชาติอย่างยิ่ง เพราะการเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของพืชเศรษฐกิจ ไม่ว่าจะเป็นพืชอาหารหรือพืชพลังงาน ถ้าได้ผลผลิตรวมเท่าเดิมแต่ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น ก็จะมีพื้นที่เหลือไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น ปลูกป่า โดยเฉพาะในพื้นที่ต้นน้ำ ซึ่งนอกจากจะช่วยลดภาวะโลกร้อนแล้วยังช่วยอนุรักษ์และพัฒนาแหล่งน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพให้กลับมาอุดมสมบูรณ์อีกครั้ง พื้นที่ปลูกอ้อยทั่วโลกมีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกันหมดเพราะอ้อยเป็นพืชเขตร้อน โมเดลนี้จะมีประโยชน์ยิ่งขึ้นถ้าขยายผลนำไปใช้ในประเทศที่ปลูกอ้อยในทวีปอื่น เช่น บราซิลในทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง หากจะถูกทำลายไปเพราะการเกษตรที่ไม่มีประสิทธิภาพก็จะเป็นการสูญเสียสำหรับมนุษยชาติ ถ้าประเทศไทยเป็นผู้นำในเรื่องนี้ ก็จะเป็นการสร้างศรัทธาความน่าเชื่อถือให้แก่ประเทศไทยในประชาคมโลก น่าที่จะสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยและพัฒนารายละเอียดที่ไม่ได้กล่าวถึงในบทความนี้คือวิธีการปลูกตามปรกติ จึงไม่ได้กล่าวถึงเพราะไม่ใช่วัตถุประสงค์และสามารถหาข้อมูลนี้ได้ทั่วไป มิฉะนั้นจะทำให้บทความนี้ยาวเกินไป

บรรณานุกรม

ธวัช หะหมาน และคณะ. ๒๕๕๖. เรื่องราวว่าด้วยพันธุ์อ้อย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล กระทรวงอุตสาหกรรม.

วงจันทร์ วงศ์แก้ว. ๒๕๓๕. สรีรวิทยาพืช, โรงพิมพ์ฟันนี่พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

เอกสารเผยแพร่ของ สอน. เรื่องการปรับปรุงโครงสร้างดินให้เหมาะสมกับการปลูกอ้อย.

Gujja, B. and U.S. Natarajan. 2013. Sustainable sugarcane initiative-improving yields and reducing ecological footprint. Agriculturesnetwork.or.

Taiz, L. and Zeiger. E. 2555. Plant Physiology, 5th ed. Sinauer and Associates, Inc.

Abstract **Innovation in the Production of Economic Crops will help Reduce Global Warming: Model from Sugar Cane**

Wongchan Wongkaew

Associate Fellow of the Academy of Science, The Royal Society, Thailand

Sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) has been an important economic crop of Thailand for many years. Since the implementation of integrated management system to the sugar industry involving all parties concerned, where profit is shared with farmers with 70% to 30% shared by the sugar mill, Thai sugar industry has enjoyed a growth of 4 folds in about 30 years period until she becomes number 2 sugar exporter of the world and has become the third sugar cane producer with annual production exceeding 100 million metric tons covering 10 million rai of land area. Yield per rai averages 10 metric tons. If the yield per unit area increases 2–10 times that of the present yield, Thailand can save much land for reforestation or other land uses that reduce carbon emission and global warming. Just take a very modest goal of 20 MT per rai or double the present yield, there will be about 5 million rai available. One rai of a full grown forest will store 19 tons of carbon or absorb 72 tons of carbon dioxide from the air, totaling 360 million tons removal of CO_2 for 5 million rai. If we can extend this goal to rice and cassava, additional 35 million rai from rice paddy and 3.5 million rai from cassava planting will be available for reforestation. All from doubling the yield of 3 crops, Thailand will have stored 826.5 MMT (million metric tons) of carbon which remove 3,132.00 MMT CO_2 from the air. If farmers of the world follow this sugar cane model put forward to Thai farmers who may set yield increase of more than 2 or even 10 folds, big reduction in CO_2 level and global warming is foreseeable worldwide, and a more livable and healthy planet for all can certainly be expected. This action will also help the globe meet the goal set by world scientists to reduce the global warming down by 1.5 to 2 degrees Celsius by the year 2100. For our homeland, farmers will have a better life from a more stable income and less risk due to the innovation of agricultural practices, integrated with marketing and management system, less dependent on uncontrolable factors and relatively immune to adverse conditions. Strengthening farmers' capacity will strengthen Thailand economic

and social conditions. The major role of the Government in this endeavor would be to help facilitate the integrated approach for setting certain degree of price stability and fair share of profit for all parties involved. The role of the Royal Society is very important one indeed in this task. The initial concept is laid down in this paper. The vision and the mission to success is the thought and the innovation through our knowledge. A project well thought of, in the right direction, right methodology, performed in the right manner will be a good start, to fulfill the farmer needs and global needs.

***Keywords*:** *Saccharum officinarum* L., sugar cane, renewable energy, innovation, agriculture, global warming, yield increase per unit land, innovative water resource for agriculture