



Volume 35 Number 2 March - April 2016  
ISSN : 1686-9664

Journal of

# SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY

[www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 35 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2559



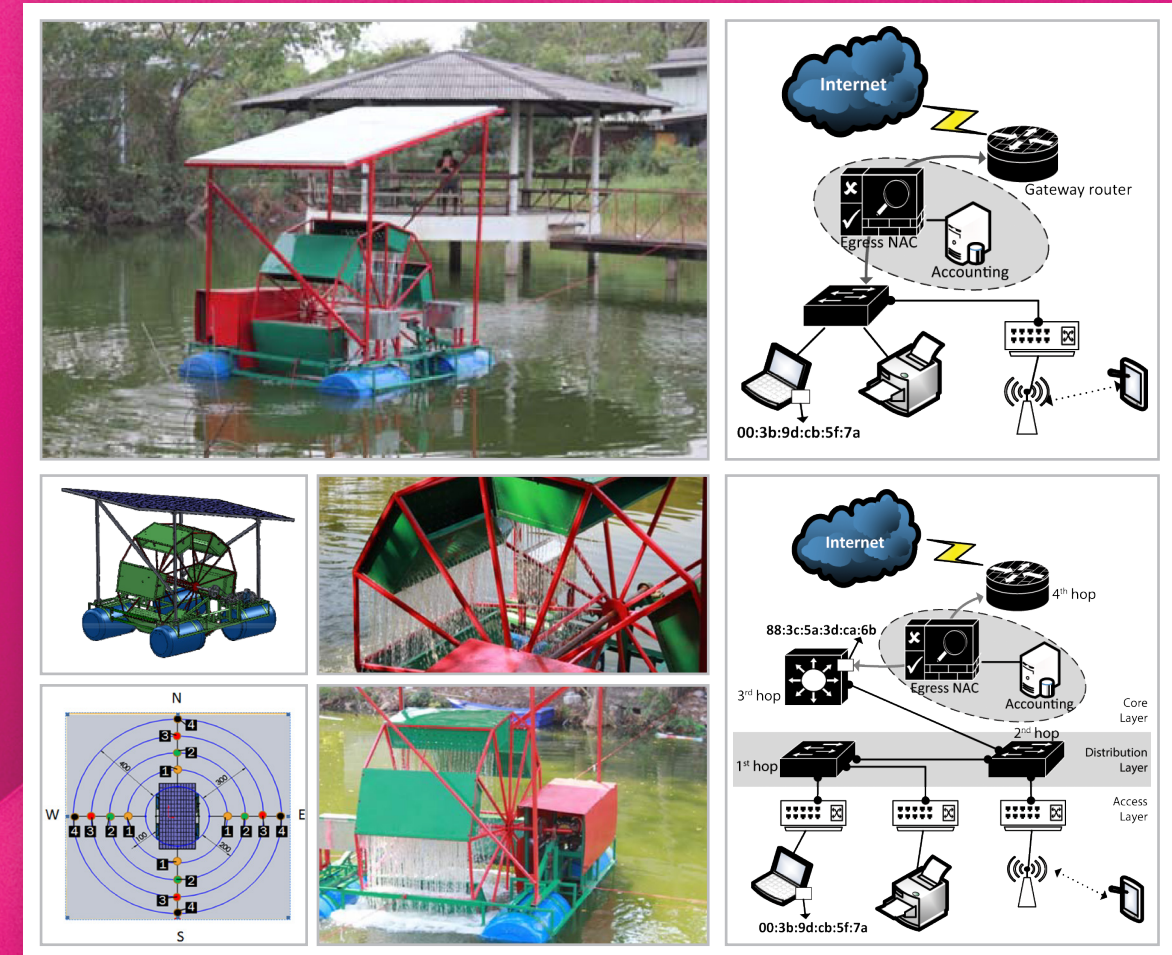
ปีที่ 35 ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน 2559  
ISSN : 1686-9664

วารสาร

# วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

[www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

Journal of SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY Volume 35 Number 2 March - April 2016



**วัตถุประสงค์**

เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพและวิศวกรรมศาสตร์ บทความและบทความวิจัยที่นำมาตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อใหวารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล

**เจ้าของ**

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
สำนักงานกองบรรณาธิการ  
กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150  
โทรศัพท์ภายใน 1754  
โทรศัพท์โทรสาร 0-4375-4416

**ที่ปรึกษา**

อธิการบดีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ศาสตราจารย์ นพ.ดร.เรื่อน สมณะ ราชบัณฑิต  
ศาสตราจารย์ ดร.วิสิทธิ์ ไข่มุก  
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

**บรรณาธิการ**

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา

**ผู้ช่วยบรรณาธิการ**

รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช

**กองบรรณาธิการ**

ศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ บุญเกิด  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.ละอองศรี เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณิณี พรหมเทศ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ศาสตราจารย์ ดร.ปราณี อานเป็รื่อง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ศาสตราจารย์ ดร.สัมพันธ์ ฤทธิเดช  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐจาพร พิชัยณรงค์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สายกระสุน  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ ประมวล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริธร ศิริอมรพรรณ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.อำพล ธรรมเจริญ  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา บุญยะสิทธิ์พรรณ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมฆากุล  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมณีดี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิ์วงษ์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนนแก้ว  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เย็น ภู่วรรณ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลยา สุทธิขำ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาลิต บุญปก  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัวรุณ ศรีชัยกุล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มังอร กุมพล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพัตรา ปรสุพัฒนา  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
อาจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อาจารย์ ดร.วิจิตรจินดา วัฒนาลัย  
มหาวิทยาลัยสยาม  
อาจารย์ ดร.สมนึก พงษ์พรพิทักษ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
Mr.Paul Dulfer  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
นางฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**เลขานุการ**

นางพิชยา โชติวรรณกุล

**ผู้ช่วยเลขานุการ**

นางจิราภรณ์ ภูสีฤทธิ์  
นางพัทศรีวิไล รุ่งวิสัย

**กำหนดออกและตีพิมพ์เผยแพร่**

ปีละ 6 ฉบับ  
ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์  
ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน  
ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน  
ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม  
ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม  
ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน - ธันวาคม

**Aim and Scope:**

The MSU Journal of Science and Technology is published quarterly and dedicated to the promotion and dissemination of scientific knowledge in the disciplines of Bioscience, Physical Science and Engineering Articles and research papers to be published in the Journal of Science and Technology Maharakham University will be subject to verification of academic luminaries both from within and outside the University to assure journal quality standards.

**Ownership**

Maharakham University  
Editorial Office  
Division of Research Support and Development,  
Khamriang Sub-district, Kantharawichai District,  
Maha Sarakham Province 44150  
Tel & Fax: 0 4375 4238 ext. 1754

**Advisors**

President of Maharakham University  
Professor Dr. Reon Somana  
Professor Dr. Visut Baimai  
Professor Dr. Vichai Boonsaeng

**Editor-in-Chief**

Professor Dr.Preecha Prathepha

**Assistant Editors**

Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich

**Editorial Board**

Professor Dr. Thaweesakdi Boonkerd  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr.Supanee Promthet  
Khon Kaen University  
Professor Dr. Pranee Anprung  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.Sampan Ritthidech  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Natchaporn Pichainanong  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Sunan Saikrasun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Pairot Pramual  
Maharakham University  
Associate Professor Dr.Sirithon Siriamornpun  
Maharakham University  
Associate Professor Dr. Ampon Dhamacharoen  
Burapha University  
Associate Professor Dr.Suwanna Boonyaleepun  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Kwanjai Kanokmedhakul  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Chantana Aromdee  
Khon Kaen University

Associate Professor Dr.Niwat Sonoamuang  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Boonchong Chawsithiwong  
National Institute of Development Administration  
Associate Professor Dr.Porntep Tanonkeo  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Narumon Sangpradub  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Terdsak Khammeng  
Khon Kaen University  
Associate Professor Dr.Yuen Poovarawan  
Kasetsart University  
Associate Professor Dr.Vallaya Sutthikhum  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Chawalit Boonpok  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Buavaroon Srichaikul  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Bungon Kumphon  
Maharakham University  
Assistant Professor Dr.Sirikasem Sirilak  
Naresuan University  
Assistant Professor Dr.Supattra Porasuphatana  
Khon Kaen University  
Assistant Professor Dr.Napparat Buddhakala  
Rajamangala University of Technology Thanyaburi  
Assistant Professor Dr.Anucha Pranchana  
Ubon Ratchathani Rajabhat University  
Dr.Seckson Sukhasena  
Naresuan University  
Dr.Rakjinda Wattanalai  
Siam University  
Dr.Somnuk Puangpronpitag  
Maharakham University  
Paul Dulfer  
Maharakham University  
Chaweewan Akkasesthang  
Maharakham University

**Secretary**

Pichaya Chowtivannakul

**Assistant secretary**

Jirarat Puseerit  
Phakwilai Rungwisai

**Six issues per year**

Number 1 January - February  
Number 2 March - April  
Number 3 May - June  
Number 4 July - August  
Number 5 September - October  
Number 6 November - December

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนกองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สงวนสิทธิ์ตามกฎหมายไทยการจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

## บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปี พ.ศ. 2559 ได้ก้าวเข้าสู่ปีที่ 35 จำนวนบทความวิชาการ และบทความวิจัยที่ผ่านกระบวนการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย มากกว่า 1,000 เรื่อง บทความวิชาการ ส่วนหนึ่งถูกนำไปอ้างอิงในบทความวิจัยหรือผลงานวิชาการของนักวิชาการทั้งในประเทศและต่างประเทศ ความสำเร็จของวารสาร วิชาการ มีสิ่งบ่งชี้คือ จำนวนบทความวิจัยที่ส่งเข้ามาให้กองบรรณาธิการ พิจารณาในเบื้องต้น ซึ่งแนวทางการพิจารณาคือ ความสอดคล้องกับขอบเขตและวัตถุประสงค์ของวารสาร ความสมบูรณ์ของเนื้อหาและเป็นไปตามรูปแบบวิธีเขียนที่กำหนด ผลการวิจัยที่ค้นพบสิ่งใหม่ ๆ ในแวดวงวิชาการ เป็นต้น ก่อนที่จะส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขานั้นพิจารณากลั่นกรองเพื่อเข้าสู่การตีพิมพ์หรือปฏิเสธการตีพิมพ์ สิ่งบ่งชี้ที่สองของความสำเร็จคือ จำนวนบทความที่ดีพิมพ์แล้วในวารสารถูกอ้างอิงโดยนักวิชาการหรือนักวิจัยคนอื่นๆ ที่ปรากฏในบทความวิจัยที่ดีพิมพ์ในวารสารวิชาการที่มีคุณภาพ ความสำเร็จสองประการนี้เป็นสิ่งที่กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามมีความภาคภูมิใจในความสำเร็จเหล่านี้ วารสารนี้ยังคงไว้ซึ่งคุณภาพของวารสารตามมาตรฐานสากลที่สะสมมาจากอดีตจวบจนปัจจุบัน

ในเล่มที่สองของปีนี้ มีบทความวิชาการและบทความวิจัยจำนวน 14 เรื่อง ที่มีความหลากหลายของสาขาวิชา และเปี่ยมล้น ด้วยความรู้ใหม่ที่ค้นพบจากการวิจัย รวมถึงบทความวิชาการที่นำเสนอแนวทางใหม่เพื่อแก้ปัญหาของประเทศ ให้ผู้อ่านได้มีโอกาส ได้ผ่านสายตาและพบประเด็นที่สนใจที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในทางวิชาการต่อไป

ศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ประเทพา  
บรรณาธิการ

**คำอธิบายภาพปก** : การพัฒนากังหันเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์, การพัฒนาระบบควบคุมเครือข่ายจากภายในสู่ภายนอกสำหรับเครือข่ายแบบหลายจุด

**ภาพปก** : นรภัทร น้อยหลุบเลา และคณะ. 2559, 141-149, อรรถพล สุวรรณษา และคณะ. 2559, 254-263

## สารบัญ

### นิพนธ์ต้นฉบับ

- การพัฒนากังหันเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ 141  
**The Development of an Aeration Turbine Using Solar Energy**  
นรภัทร น้อยหลุบเลา, ชวิศร ปูคะภาค  
Norrapat Noilublao, Chawisorn Phukapak
- การพยากรณ์การถ่ายโอนมวลในกระบวนการออสโมซิสในสับประรดด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 150  
**Prediction of Mass Transfer during the Osmosis Process of Pineapple using Artificial Neural Networks**  
สิริมา ชินसार  
Sirima Chinnasarn
- ประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองลัดด้วยหน้าตัดที่เหมาะสมในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง 159  
**Drainage Efficiency of a Shortcut Canal with the Optimal Cross-Sectional Shape in the Lower Thachin River**  
ณัฐวุฒิ อินทบุตร  
Nuttawut Intaboot
- การจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน : กรณีศึกษา ตำบลขนาบนาท อำเภอบางแพ จังหวัดนครศรีธรรมราช 167  
**GIS Database of *Nypa palm (Nypa fruticans)* utilization with community participation: A case study of Khanap Nak Subdistrict, Pak Phannang District, Nakhon Si Thammarat Province.**  
จันทิรา รัตนรัตน์  
Jantira Rattanarat
- การดื้อต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม ในจังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดหนองบัวลำภู 174  
**Antibiotic Resistance of Environmental Isolates of *Pseudomonas aeruginosa* in Maha Sarakham Province and Nong Bua Lamphu Province**  
กนกพร ไชยอนันต์พร, ศรวณีย์ ทนุชิต, สุทธิวรรณ ธรรมวัตร, ทศพล ไชยอนันต์พร  
Kanokporn Chaianunporn, Sonvane Tanuchit, Sutthiwan Thammawat, Thotsapol Chaianunporn
- การเปรียบเทียบความชุกของพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองระหว่างชายแดนไทย-ลาวกับชายแดนไทย-กัมพูชา 182  
**The Comparison of Liver Fluke Prevalence in Native Cattle between Thai-Laos and Thai-Cambodia Border**  
ณัฐภาส โกยรัมย์, คมกริช พิมพ์ภักดี, ชุฬีพร ศักดิ์สง่างวงษ์  
Nutthapard Goiyram, Komkrich Pimpukdee, Chuleeporn Saksangawong

## สารบัญ

- ผลของถ่านแกลบ และหินฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และรากของยางพาราที่ปลูกใหม่ 189  
**Effects of Rice Husk Charcoal and Rock Phosphate on Shoot and Root Growth of New Planting Para-Rubber**  
เสาวคนธ์ เหมวงษ์  
Saowakon Hemwong
- อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นชมจันทร์ 196  
**Effects of Organic Fertilizers on Growth and Yield of Moonflower (*Ipomoea alba* L.)**  
พัชรี สิริตระกูลศักดิ์, สุกุลกานต์ สิมลา  
Phatcharee Siritrakulsak, Sakunkan Simla
- ระบบ Telegraphic medicine ในหน่วยการแพทย์ฉุกเฉินมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน จังหวัดนครราชสีมา 205  
**System of Telegraphic Medicine in Emergency Medical Service by the Sawangmetta Dhammasathan Nakhon Ratchasima Province, Thailand**  
สุนทร ชินประสาทศักดิ์, ศุภฤกษ์ สัทธาพงศ์, รัฐ สอนสุภาพ, นันทวรรณ ทิพยเนตร,  
เจน วาวจะโปะ, อภิวัฒน์ จันบุตศรี, ชลณี ชมจันทร์
- การพัฒนาสถานที่ทำงานให้อยู่และน่าทำงาน ของเทศบาล ตำบลป่าติว อำเภอป่าติว จังหวัดยโสธร 212  
**Development of a Healthy Workplace in Patiu Municipality Patiu District Yasothon Province Thailand.**  
เศรษฐไชย มีมา, จตุพร เหลืองอุบล, วิโรจน์ เชมรัมย์  
Setthachai Meema, Jatuporn Luang-Ubol, Wirote Semrum
- การพัฒนารูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษา  
โรงเรียน วัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 226  
**Development of an Injury Prevention Model for Primary Students in Wadphoetong School, Mueang Buriram District, Buriram Province**  
กนิษฐา จอดนอก, อัครเดช ดีอ้อม, ศิริกัญญา ฤทธิ์เปลก  
Kanittha Chodnock, Akaradej Deeaom, SiriKanya Ridthplake
- ผลของการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุต่อการสร้าง  
การมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของชมรมผู้สูงอายุ ตำบลหนองกุง อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ 235  
**The Result of an Application of the Elderly Volunteers to Establish Participation in the Operation of an Elderly Club in Nhongkung Subdistrict, Nonkoon District, Sisaket Province**  
พัฒนชัย พิมพ์สวัสดิ์, วิรัตน์ ปานศิลา, เฉลิมพล ต้นสกุล  
Patanachai Pimsawat, Virat Pansila, Chalernpol Tansakul

## สารบัญ

### บทความวิชาการ

พื้นฐานของแม่เหล็กขั้วเดียวเชิงทฤษฎี

243

**Basic Theoretical Magnetic Monopole**

พีเชฐ วณิชชาพงศ์เจริญ

Pichet Vanichchapongjaroen

การพัฒนาระบบควบคุมเครือข่ายจากภายในสู่ภายนอกสำหรับเครือข่ายแบบหลายจุด

251

**Development of an Egress NAC System for Multi-Hop Networks**

อรรถพล สุวรรณษา, สมนึก พ่วงพรพิทักษ์

Atthapol Suwannasa, Somnuk Puangpronpitag





## การพัฒนากังหันเติมอากาศโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

### The Development of an Aeration Turbine Using Solar Energy

นรภัทร น้อยหลบลู, <sup>1\*</sup> ชวิศร ปุคะภาค <sup>2</sup>

Norrapat Noilublao, <sup>1\*</sup> Chawisorn Phukapak <sup>2</sup>

Received: 8 September 2015; Accepted: 25 December 2015

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาออกแบบระบบกลไกของกังหันเติมอากาศเพื่อใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดกำลังต่ำกว่า 2 แรงม้า และสามารถเพิ่มออกซิเจนได้ไม่ต่ำกว่า 1.2 กิโลกรัมของออกซิเจน/แรงแม้า-ชั่วโมง หรือไม่ต่ำกว่า 4.00 มิลลิกรัม/ลิตร ผลการศึกษาพบว่า กังหันเติมอากาศสามารถทำงานได้ด้วยมอเตอร์ต้นกำลังขนาด 1 แรงแม้า โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบโซลาร์เซลล์ที่ประกอบด้วยแผงโซลาร์เซลล์แบบโพลี คริสทอลล์ไลน์ ขนาด 280 วัตต์ จำนวน 3 แผง ใช้ร่วมกับเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ขนาด 800 วัตต์ แบตเตอรี่ขนาด 125 แอมแปร์ จำนวน 2 ลูก และอินเวอร์เตอร์ขนาด 2,000 วัตต์ กังหันหมุนด้วยความเร็วรอบ 2.5 รอบต่อนาที โดยที่น้ำสามารถไหลผ่านรูของน้ำที่ออกแบบไว้ได้หมดพอดีที่ตำแหน่งของน้ำสูงสุด ระบบโซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าให้มอเตอร์ต้นกำลังของกังหันทำงานได้ 8 ชั่วโมง และกังหันเติมอากาศสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนเฉลี่ยที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 0.50 เมตร ได้ 6.21 มิลลิกรัม/ลิตร และที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 1.00 เมตร ได้ปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 3.07 มิลลิกรัม/ลิตร

**คำสำคัญ :** กังหันเติมอากาศ พลังงานแสงอาทิตย์ เติมออกซิเจน

#### Abstract

The aim of this research is to develop and design a mechanism for an aeration turbine that uses solar energy effectively. For the new design An electric motor should be less than 2 HP. Oxygen in the aerated water is expected to increase for no less than 1.2 kg of oxygen/hp.-hours, or no less than 4.00 mg / liter. The results showed that the water turbine can be operated with a 1 HP motor using electricity from solar cells. The cells are poly crystalline solar panel types rated at 280 watts for 3 panels, with a charger controller of 800 watts. There are two sets of 125 Ah batteries and a power inverter of 2,000 watts. The aeration turbine can rotate at a speed of 2.5 rpm at which time water will flow through the water hole designed to fit up to the water box. The solar cell systems can produce electricity to power the motor for more than 8 hours. Moreover, the aeration turbine can increase the amount of oxygen from the surface to water at the depth of 0.50 meter (6.21 mg / liter). At the depth of 1.00 meter, the average oxygen content is 3.07 mg / liter.

**Keywords:** Aeration Turbine, Solar Energy, Oxygenation

<sup>1,2</sup> อาจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44000,

<sup>1,2</sup> Lecturer, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakam University, Maha Sarakam, Maha Sarakam 44000,Thailand.

\* Corresponding author; Norrapat Noilublao, Faculty of Engineering, Rajabhat Maha Sarakam University, Maha Sarakam, Maha Sarakam 44000,Thailand. E-mail: narapat\_n@rmu.ac.th

## บทนำ

จากการที่สภาพแวดล้อมได้เปลี่ยนแปลงเกิดเป็นภาวะมลพิษอันเกิดจากน้ำเน่าเสียที่มีอัตราและปริมาณสูงขึ้นจนยากแก่การแก้ไขให้บรรเทาเบาบางและกลับมีแนวโน้มรุนแรงมากยิ่งขึ้นนั้น ด้วยพระอัจฉริยภาพของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวจึงพระราชทานพระราชดำริให้ประดิษฐ์เครื่องกลเติมอากาศแบบประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถผลิตได้เองและบรรเทาน้ำเน่าเสียอีกทางหนึ่งด้วย โดยทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้มูลนิธิชัยพัฒนาสนับสนุนงบประมาณ เพื่อศึกษาวิจัยสิ่งประดิษฐ์ใหม่นี้ร่วมกับกรมชลประทาน ซึ่งต่อมาเครื่องมือเติมอากาศนี้เป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย ในนาม “กังหันน้ำชัยพัฒนา” โดยใช้พลังงานไฟฟ้าจากต้นกำลังจากมอเตอร์ไฟฟ้า 2 แรงม้า และสามารถเพิ่มออกซิเจนได้ 1.2 กิโลกรัมของออกซิเจน/แรงม้า-ชั่วโมง หรือ 4.00 มิลลิกรัม/ลิตรและใช้พลังงานคนหมู่น้ำในพื้นที่ที่ไม่มีไฟฟ้าเข้าถึง ในการใช้กังหันโดยทั่วไปกรณีที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นต้นกำลังได้มีการเดินสายไฟฟ้าพาดผ่านแม่น้ำลำคลองเพื่อเชื่อมต่อกับมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายได้หากมีการรั่วหรือขาดของสายไฟฟ้าและต้องใช้ไฟฟ้า ในการดำเนินการตลอดเวลาซึ่งเป็นการสิ้นเปลือง

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนากังหันเติมอากาศโดยใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานให้กับกังหันเติมอากาศ เพื่อนำไปใช้ในพื้นที่ที่ไฟฟ้าเข้าไม่ถึงตามถิ่นทุรกันดาร โดยหลักการในการดำเนินงานนั้น จะทำการพัฒนาออกแบบระบบกลไกของกังหันเติมอากาศให้ใช้พลังงานน้อยลงแต่ยังคงไว้ซึ่งสมรรถนะในการเติมออกซิเจนในน้ำโดยการออกแบบโทปโบลีย์ รูปร่างและขนาดของรูปทรงของน้ำที่เหมาะสมที่สุดเพื่อสาดกระจายน้ำให้เป็นฝอยให้มากที่สุด เพื่อเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศกว้างขวางมากที่สุด ซึ่งจะเป็นผลทำให้ออกซิเจนในอากาศละลายเข้าไปในน้ำอย่างรวดเร็วมากขึ้น ในขณะที่เดียวกัน การออกแบบดังกล่าวต้องลดพลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนกังหัน ซึ่งจะส่งผลทำให้ขนาดกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าที่รับพลังงานจากแผงโซลาร์เซลล์ลดลงไปด้วย และทำให้ขนาดแผงโซลาร์เซลล์เล็กลงไม่เทอะทะและประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ แต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของการเติมอากาศ และเป็นไปตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจแบบพอเพียงคือ 1) ความพอประมาณ สามารถที่จะพึ่งพาตัวเองได้ โดยไม่ต้องอาศัยไฟฟ้า 2) มีเหตุผล เนื่องจากพัฒนาออกแบบกังหันที่มีขนาดและรูปร่างที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกิดความประหยัดพลังงาน

และลดค่าใช้จ่าย 3) อาศัยองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีที่เหมาะสมเป็นภูมิคุ้มกัน เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานมหาศาล สามารถนำมาใช้ได้อย่างไม่จำกัด สะอาดและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่เกิดมลภาวะทั้งทางเสียงและทางอากาศ

## วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาออกแบบระบบกลไกของกังหันเติมอากาศเพื่อใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาดกำลังต่ำกว่า 2 แรงม้า และมีกำลังเพียงพอที่จะขับเคลื่อนกังหันให้ทำงานได้ไม่ต่ำกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน และสามารถเพิ่มออกซิเจนในน้ำได้ไม่ต่ำกว่า 1.2 กิโลกรัมของออกซิเจน/แรงม้า-ชั่วโมง หรือไม่ต่ำกว่า 4.00 มิลลิกรัม/ลิตร พร้อมสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของกังหันเติมอากาศพลังงานแสงอาทิตย์

## วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้มีขั้นตอนหลักๆ อยู่ 5 ขั้นตอน คือ

1) ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของกังหันน้ำชัยพัฒนา ดังแสดงใน (Figure 1)

กังหันน้ำชัยพัฒนา มีโครงกันหันเป็นรูป 12 เหลี่ยม มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 2.00 เมตร กว้าง 1.00 เมตร ของวิดน้ำมีขนาดความจุน้ำได้ 110 ลิตร มีทั้งหมด 6 ช่อง และมีการเจาะรูพุนเพื่อกระจายน้ำให้สัมผัสอากาศมากที่สุด มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้าหมุนด้วยความเร็ว 1,450 รอบ/นาที ใช้ส่งกำลังขับเคลื่อนผ่านระบบเฟืองจางโซ่ไปยังของดักวิดน้ำให้หมุนเคลื่อนตัวโดยรอบด้วยความเร็วที่ช้าลงเหลือ 5-6 รอบ/นาที สามารถวิดตักน้ำลึกลงไปจากใต้ผิวน้ำ 0.50 เมตร ยกขึ้นไปสาดกระจายเป็นฝอยเหนือผิวน้ำด้วยความสูง 1.00 เมตร เพื่อให้สัมผัสอากาศให้มากที่สุดและนานที่สุดซึ่งเป็นการละลายออกซิเจนในน้ำ

2) การออกแบบรูปทรงของน้ำ ออกแบบระบบกลไกต้นกำลังของกังหัน ออกแบบหาขนาดแผงโซลาร์เซลล์และสร้างแบบจำลอง

การออกแบบรูปทรงของน้ำ

ออกแบบการกระจายของน้ำ เพื่อให้ น้ำแตกกระจายสัมผัสอากาศมากที่สุด นั่นคือการทำให้น้ำที่ไหลผ่านรูของน้ำมีเวลาอยู่ในอากาศมากที่สุด และขณะเดียวกันน้ำในแต่ละช่องต้องไหลออกหมดเมื่ออยู่ในตำแหน่งสูงสุด

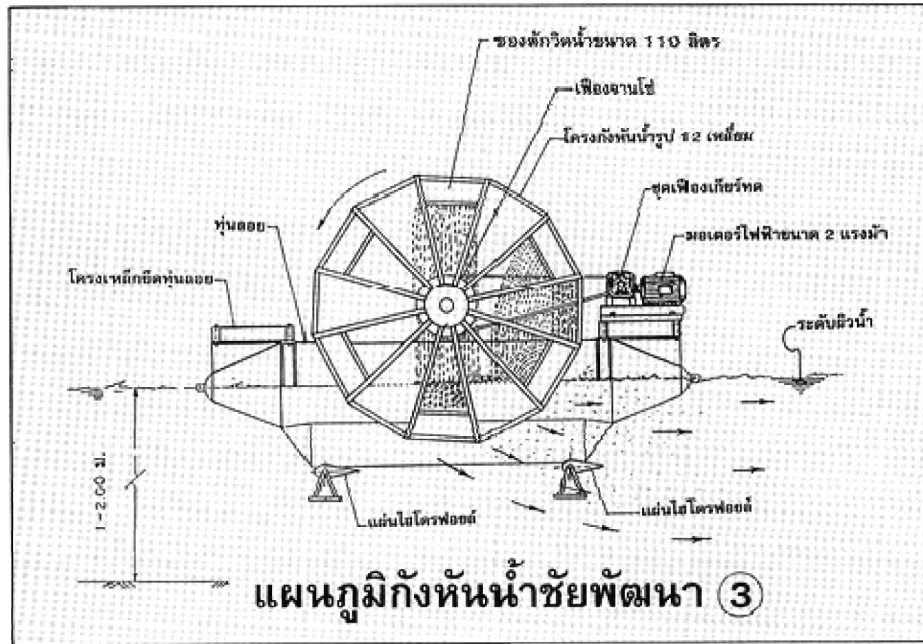


Figure 1 The mechanism Chart of Chaipattana turbine prototype<sup>1</sup>

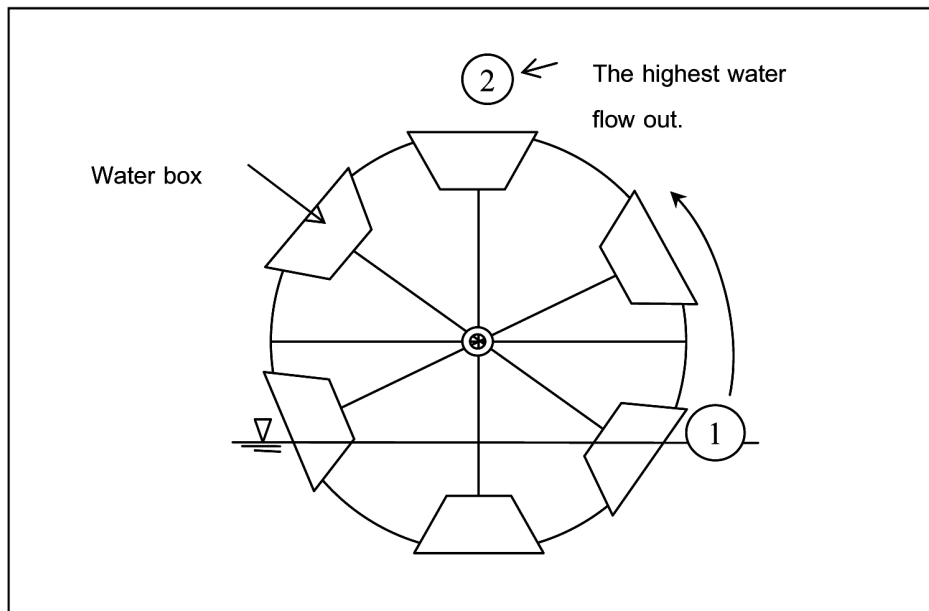


Figure 2 The position of water flow out

กำหนดให้กังหันหมุนด้วยความเร็วรอบไม่เกิน 5 รอบต่อนาที (ความเร็วรอบของกังหันน้ำชัยพัฒนา)  
 การคำนวณหาระยะเวลาที่ของน้ำเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 สามารถหาได้จากกังหันหมุน 1 รอบใช้เวลาเท่ากับ (60 วินาที) / (5 รอบ) เท่ากับ 12 วินาที/รอบ จำนวนรอบที่ของน้ำเคลื่อนที่จากตำแหน่งที่ 1 ไป 2 เท่ากับ  $1/4 + 1/8 = 3/8$  รอบ  
 ดังนั้น ใช้เวลา เท่ากับ  $12 \times (3/8) = 4.5$  วินาที  
 น้ำในแต่ละช่องจึงจะหมดจากสมการการไหล<sup>3</sup>

$$Q = VA \tag{1.1}$$

โดยที่  
 $Q$  = flow rate (cu.m/s)  
 $V$  = flow velocity (m/s)  
 $A$  = flow section area (sq.m)

ดังนั้น สามารถหาพื้นที่หน้าตัดของการไหลได้ คือ  
 $A = \frac{Q}{V} = 0.04667 \text{ sq.m.}$

ในการเจาะรูพูนของน้ำนี้ กำหนดให้ใช้ดอก ส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตร เนื่องจากเป็นขนาดที่สะดวกในการจัดแนวการเจาะและหาข้อ ได้ง่ายตามท้องตลาด โดยเจาะรูให้ได้พื้นที่ไม่เกิน 0.04667 ตารางเมตร ของแต่ละช่องน้ำ (กรณีการแบบสถิต)

จากการออกแบบหาขนาดรูพูนของน้ำได้ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของรูของน้ำที่ทำให้น้ำไหลออกหมด ณ ตำแหน่งสูงสุดของช่องน้ำพูนขนาดความจุ 110 ลิตร หมุน ด้วยความเร็วรอบไม่เกิน 5 รอบต่อนาที ดังนี้

(1) ผนังด้านล่างของช่องน้ำเจาะรูกลมขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวนแถวละ 13 รู ระยะห่าง แต่ละรูเท่ากับ 6.8 เซนติเมตร ระยะห่างแถว 3.4 เซนติเมตร ทั้งหมด 5 แถว และรูขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวนแถวละ 14 รู ระยะห่างแต่ละรูเท่ากับ 6.8 เซนติเมตร ระยะห่างแถว 3.4 เซนติเมตร ทั้งหมด 6 แถว

(2) ผนังด้านข้าง (วงใน) ของช่องน้ำเจาะรูกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร จำนวนแถวละ 27 รู ระยะ ห่างแต่ละรูเท่ากับ 3.4 เซนติเมตร ระยะห่างแถว 3.4 เซนติเมตร ทั้งหมด 3 แถว

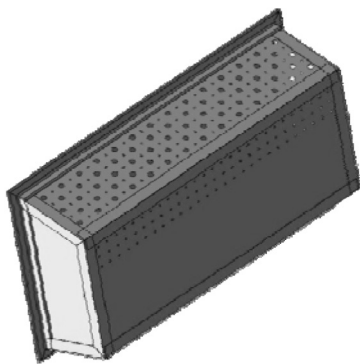


Figure 3 Porous design of water box

การออกแบบมอเตอร์ต้นกำลัง

น้ำหนักอันเนื่องมาจากโครงเหล็กกักเก็บ เหล็ก ของวิดน้ำและปริมาณน้ำในของวิดน้ำ จากสมการการคำนวณ หาทอร์ค<sup>7</sup>

$$T = F \times r \text{ (N-m)} \tag{1.2}$$

- โดยที่
- $F = \mu mg$  (N)
  - $\mu$  = static friction coefficient
  - $m$  = mass (kg)
  - $g$  = gravity (m/s)
  - $r$  = radius of wheel (m)
  - $T = 1,618.65$  N-m

ในงานวิจัยนี้ผู้ออกแบบเลือกใช้ระบบต่อติดกำลัง โดยการใช้จานโซ่และโซ่ และมีระบบทดแรงและทดรอบ เพื่อ ลดขนาดกำลังของมอเตอร์และได้ความเร็วรอบที่ต้องการ ดัง รายละเอียดการคำนวณดังนี้

ระบบทดแรงของจานโซ่กึ่งหนักกับชุดจานโซ่กลาง

$$m_G = \frac{N_G}{N_P} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2} \tag{1.3}$$

$$m_G = \frac{Z_2}{Z_1} = 4$$

- โดยที่
- $m_G$  = Gear ratio
  - $N_G, Z_2$  = Teeth on gear or following (teeth)
  - $N_P, Z_1$  = Teeth on pinion or driving (teeth)
  - $n_1$  = Gear speeds (rpm)
  - $n_2$  = Pinion speeds (rpm)

เพราะฉะนั้นกำลังลดลงเป็น  $1,618.65/4 = 404.66$  N-m (วัตต์) ผู้วิจัยเลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด ประมาณ 1 แรงม้า (หรือ 746 วัตต์)

ออกแบบระบบการทดรอบจากมอเตอร์ไปยัง จานโซ่กึ่งหนัก จากอัตราทดเท่ากับ 4.00 ได้ความเร็วรอบของ จานโซ่กึ่งหนัก เท่ากับ 3 รอบต่อนาที (ไม่เกิน 5 รอบต่อนาที)

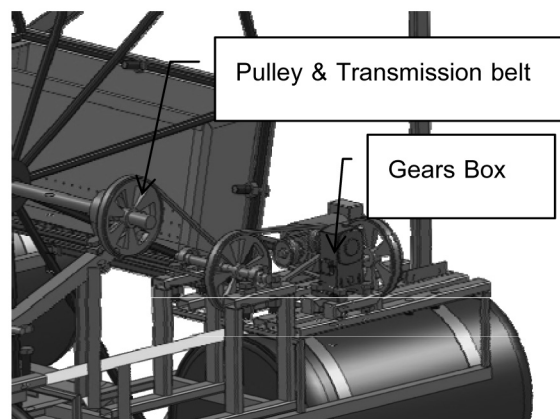


Figure 4 Transmission system of water turbine

ออกแบบหาขนาดแผงโซลาเซลล์

(1) กำลังวัตต์ที่ใช้งานจริงโดยกำหนดให้ใช้ มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 746 วัตต์ (หรือ 1 แรงม้า)

(2) หากอินเวอร์เตอร์อุปกรณ์ที่ใช้งานต้องไม่ ต่ำกว่าค่ากำลังวัตต์รวมของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดซึ่งจากที่ใช้ งานจริงเท่ากับ 746 วัตต์ ดังนั้นอินเวอร์เตอร์ขนาดที่เหมาะสมเท่ากับ 800 วัตต์ ผู้วิจัยเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 2,000 W. Pure sine wave Power Inverter, Input 24V, output 220

V 50 Hz, Peak surge 4,000 W เพื่อรองรับแบตเตอรี่หลายชุด การหาค่าความจุของแบตเตอรี่ซึ่งจะคำนวณได้จากสมการ<sup>6</sup> 1.4

$$Q_{Batt} = \frac{P_{Load}}{V_{Batt} \times (\%DOD) \times E_{Inverter}} \times T_{Batt} \quad (1.4)$$

โดยที่  $Q_{Batt} = 249.79 \text{ Ah}$   
 $Q_{Batt}$  = battery capacity (Ah)  
 $P_{Load}$  = total power (W)  
 $V_{Batt}$  = battery voltage (V)  
 $\%DOD$  = depth of discharge (40-60%)  
 $E_{Inverter}$  = inverter efficiency (0.8-0.9)  
 $T_{Batt}$  = charging timing (h)

ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah จำนวน 2 ลูก ค่าความจุแบตเตอรี่ที่เหมาะสมใช้งาน เท่ากับ 12 Volt 125 Ah ต่อแบบอนุกรม<sup>2</sup>

(4) การหาค่าขนาดของแผงโซลาร์เซลล์<sup>6</sup> สามารถทำการหาได้จากสมการ 1.5

$$PV = \frac{P_{Load} \times D}{(Q \times C \times H \times I)} \quad (1.5)$$

$$PV = 700.10 \text{ watts}$$

โดยที่  $PV$  = solar panel power (Watt)  
 $Q$  = solar energy value (kW-hour/ sq.m)  
 $C$  = cell loss value (0.8)  
 $H$  = heat loss value (0.85)  
 $I$  = inverter efficiency (0.8-0.9)  
 $D$  = light intensity value (kW/sq.m)

ดังนั้น ผู้วิจัยเลือกใช้แผงโซลาร์เซลล์ แบบโพลีคริสตัลไลน์ (Poly crystalline) ขนาด 280 วัตต์ จำนวน 3 แผง ต่อแบบขนาน<sup>2</sup>

(5) การหาค่าเครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่เครื่องควบคุมการชาร์จต้องมีขนาดกำลังวัตต์ที่ไม่น้อยกว่าแผงโซลาร์เซลล์ซึ่งสามารถทำการคำนวณได้จากสมการ<sup>6</sup> ที่ 1.6

$$C_{Batt} = \frac{PV}{V_{Batt}} \quad (1.6)$$

$$C_{Batt} = 23.33 \text{ A.}$$

โดยที่  $C_{Batt}$  = current charge (A)  
 $PV$  = solar panel power (Watt)  
 $V_{Batt}$  = battery voltage (V)

ผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ขนาด 30 A, 24V, 800 W.

การสร้างแบบจำลองโดยใช้โปรแกรม Solid-works 2007 เพื่อใช้เป็นแบบในการสร้างและติดตั้งโครงสร้างกั้นน้ำจริง ดังแสดงใน (Figure 5)

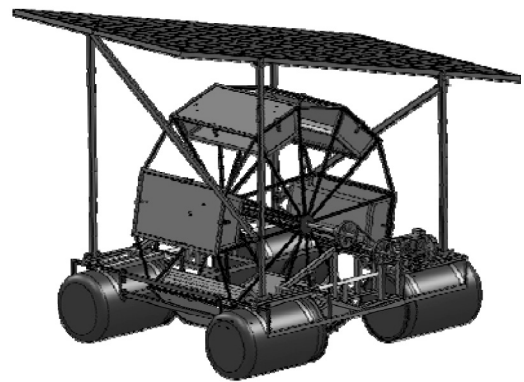


Figure 5 The aeration turbine simulation

3) การสร้างและประกอบติดตั้งโครงสร้างกั้นน้ำ ดำเนินการประกอบโครงกั้นน้ำ ของวิดน้ำและโครงฐานทุ่นลอย ตามแบบจำลอง



Figure 6 The aeration turbine prototype

4) การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของกั้นน้ำ ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพระบบกลไกของกั้นน้ำ หลังจากประกอบติดตั้งโครงสร้างกั้นน้ำทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว และทำการทดสอบดังนี้

(1) ทดสอบกำลังของมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ของการรับภาระน้ำหนักในการหมุนกั้นน้ำ

(2) ทดสอบความเร็วรอบของกังหันตามที่ได้จากการออกแบบ

(3) ทดสอบการไหลของน้ำในช่องวิตน้ำ

(4) ทดสอบการทำงานของระบบโซลาเซลล์

5) การทดสอบการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ การทดลองในแหล่งน้ำที่ทำการเติมอากาศ ณ หนองน้ำข้างอาคาร 12 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ก่อนกังหันเติมอากาศทำงานในแหล่งน้ำ ต้องทำการวัดค่าออกซิเจน เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการละลายของออกซิเจนหลังการทดลอง โดยจะมีวิธีการทดลองและเก็บข้อมูลดังนี้

การวัดค่าออกซิเจนในน้ำขณะเดินเครื่อง จะทำการวัดด้วยเครื่องมือวัด Dissolved Oxygen Meter: DO Meter ทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 4-8 ชั่วโมง/วัน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1-2 สัปดาห์ โดยจะทำการวัดในความลึก 0.5-1.00 เมตร มีขั้นตอนการทดลองที่แสดงใน (Figure 7) ดังนี้

(1) ทำการวัดในจุดที่ 1 ระยะ 1 เมตร ทั้ง 4 ทิศของกังหัน วัดในความลึก 0.5-1.00 เมตร โดยจะวัดจุดละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยมาบันทึกลงในตารางการทดลอง

(1) ทำการวัดในจุดที่ 2 ระยะ 2 เมตร ทั้ง 4 ทิศของกังหัน วัดในความลึก 0.5-1.00 เมตร โดยจะวัดจุดละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยมาบันทึกลงในตารางการทดลอง

(1) ทำการวัดในจุดที่ 3 ระยะ 3 เมตร ทั้ง 4 ทิศของกังหัน วัดในความลึก 0.5-1.00 เมตร โดยจะวัดจุดละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยมาบันทึกลงในตารางการทดลอง

(1) ทำการวัดในจุดที่ 4 ระยะ 4 เมตร ทั้ง 4 ทิศของกังหัน วัดในความลึก 0.5-1.00 เมตร โดยจะวัดจุดละ 3 ครั้ง เพื่อหาค่าเฉลี่ย แล้วนำค่าเฉลี่ยมาบันทึกลงในตารางการทดลอง

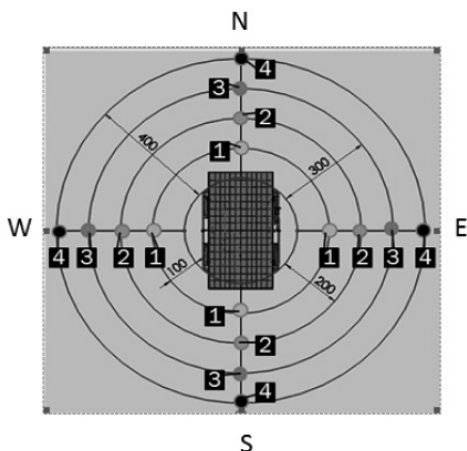


Figure 7 Dissolved Oxygen testing plan

**ผลการวิจัย**

**ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบกลไกของกังหันเติมอากาศ**

การทดสอบประสิทธิภาพระบบกลไกของกังหัน หลังจากประกอบติดตั้งโครงสร้างกังหันทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว และทำการทดสอบดังนี้

(1) การทดสอบกำลังของมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ของการรับภาระน้ำหนักในการหมุนกังหันน้ำ ผลปรากฏว่า มอเตอร์ขนาด 1 แรงม้าสามารถขับเคลื่อนกังหันผ่านระบบกลไกการทดแรงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงใน (Figure 7)



Figure 7 Motor power testing

(2) การทดสอบความเร็วรอบของกังหันตามที่ได้จากการออกแบบประมาณ 3 รอบต่อนาที จากการทดสอบ ปรากฏว่า กังหันหมุนด้วยความเร็ว 2.5 รอบต่อนาที ซึ่งน้อยกว่าที่ออกแบบไว้ เนื่องจากแรงต้านจากน้ำในขณะที่ช่องวิตน้ำเคลื่อนที่ผ่านน้ำที่ระดับความลึก 0.50 เมตร จึงทำให้กังหันหมุนช้าลง

(3) การทดสอบการไหลของน้ำผ่านรูของวิตน้ำ จากการออกแบบ ตำแหน่งของช่องวิตน้ำที่น้ำไหลออกหมด (Figure 2) จากการทดสอบพบว่า น้ำในช่องวิตน้ำไหลผ่านรูของน้ำที่ตำแหน่งที่กำหนดพอดี ด้วยความเร็วรอบของกังหัน 2.5 รอบต่อนาที ดังแสดงใน (Figure 8)

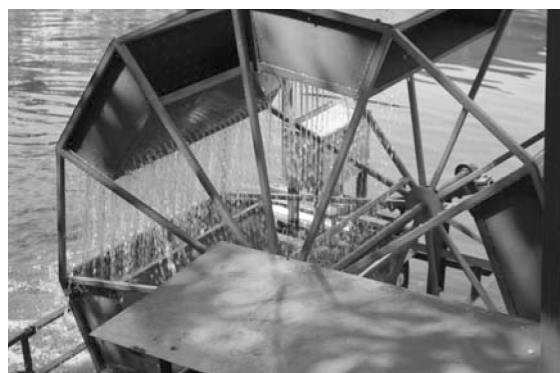


Figure 8 Water flow testing of water box porous

(4) การทดสอบการทำงานของระบบโซลาเซลล์ จากการออกแบบขนาดแผงโซลาเซลล์ เลือกใช้แผงโซลาเซลล์แบบโพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 280 วัตต์ จำนวน 3 แผง ต่อแบบขนาน แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah จำนวน 2 ลูก อินเวอร์เตอร์ขนาด 2,000 W. Pure sine wave Power Inverter, Input 24V, output 220V 50 Hz, Peak surge 4,000 W เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ขนาด 30 A, 24V, 800 W. จากการทดสอบพบว่าแผงโซลาเซลล์สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเข้าแบตเตอรี่ผ่านชาร์จเจอร์ โดยใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ช่วงเวลา 10.00 น. ของทุกวัน (กรณีที่ไม่มีเมฆบังแดด) แผงโซลาเซลล์ติดตั้งด้วยมุมเอียง 15° หันหน้าลาดเอียงไปทางทิศใต้เพื่อรับแดดทั้งทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก กังหันสามารถทำงานได้จากช่วงเวลา 09.00-17.00 น. (8 ชั่วโมง) ส่วนช่วงที่ไม่มีแดดหรือกลางคืนสามารถทำงานได้ประมาณ 3 ชั่วโมง

**การทดสอบการเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ**  
การทดลองในแหล่งน้ำที่ทำการเติมอากาศ ณ หนองน้ำข้างอาคาร 12 มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ก่อนดำเนินการทดลองเติมอากาศในแหล่งน้ำต้องทำการวัดค่าออกซิเจนเพื่อเปรียบเทียบปริมาณการละลายของออกซิเจนหลังการทดลอง โดยก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ระดับความลึก 0.50 เมตร จากผิวน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.96 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าเฉลี่ยปริมาณออกซิเจนที่ระดับความลึก 1.00 เมตร จากผิวน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 มิลลิกรัมต่อลิตร การวัดค่าออกซิเจนในน้ำขณะที่กังหันทำงานจะทำการวัดด้วยเครื่องวัดออกซิเจนในน้ำ (Dissolved Oxygen Meter, DO Meter) ทุกๆ 1 ชั่วโมง เป็นเวลา 4-8 ชั่วโมง/วัน ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 1-2 สัปดาห์ โดยจะทำการวัดที่ระดับความลึก 0.50 และ 1.00 เมตร พร้อมมีการวัดอุณหภูมิทุกจุดที่มีการวัดค่า DO ดังแสดงใน (Table 1, 2)

**Table 1** Average amount of oxygen at a depth 0.50 m. (at the average temperature 39.61 C°)

Position Distance,(m)	DO, (mg/l)				Average
	1.00	2.00	3.00	4.00	
N	6.97	7.05	6.97	6.89	6.97
E	5.35	5.43	5.35	5.27	5.35
S	6.66	6.74	6.66	6.58	6.66
W	5.91	5.94	5.79	5.78	5.86
<b>Total average</b>					6.21

**Table 2** Average amount of oxygen at a depth 1.00 m. (at the average temperature 38.56 C°)

Position Distance,(m)	DO, (mg/l)				Average
	1.00	2.00	3.00	4.00	
N	4.67	4.75	4.67	4.59	4.67
E	2.18	2.26	2.18	2.10	2.18
S	2.94	3.02	2.94	2.86	2.94
W	2.50	2.58	2.50	2.42	2.50
<b>Total average</b>					3.07

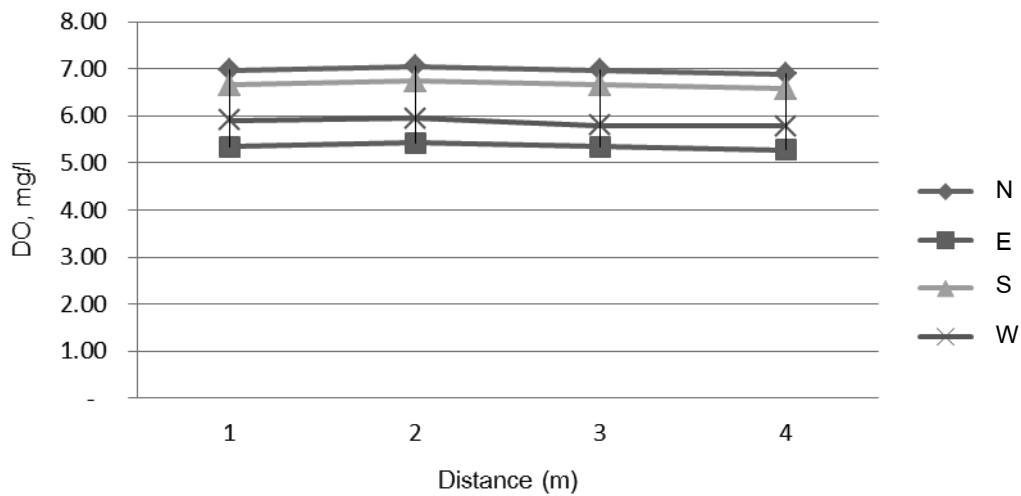


Figure 9 Comparison of average amount of oxygen between position and distance at a depth 0.50 m.

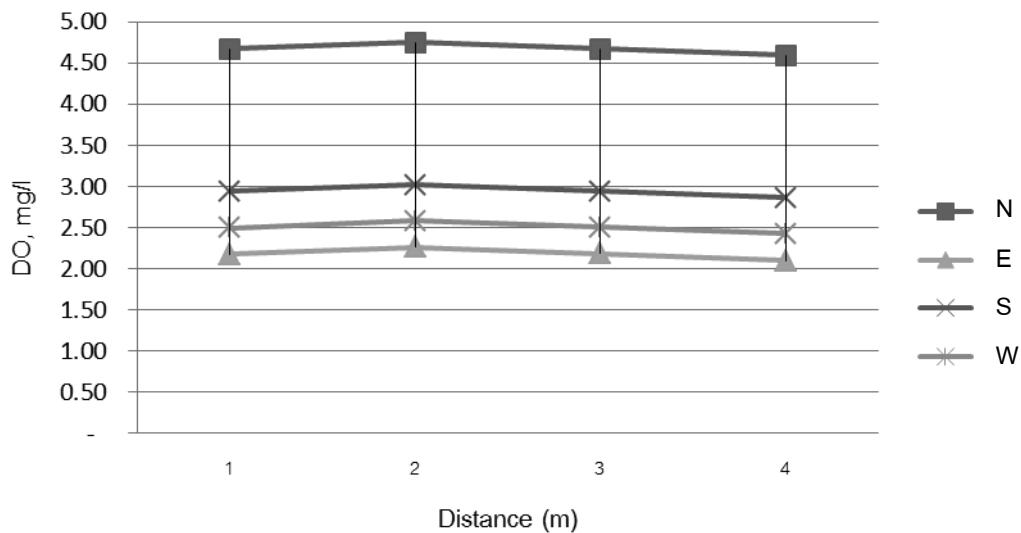


Figure 10 Comparison of average amount of oxygen between position and distance at a depth 1.00 m.

**อภิปรายผลการทดลอง**

จาก (Table 1) ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 0.50 เมตร หลังจาก ที่กังหันน้ำเติมอากาศทำให้มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 6.21 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับปริมาณออกซิเจนก่อนการ ทดลองที่มีระดับปริมาณออกซิเจน 3.96 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะฉะนั้นปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น 2.25 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.82

จาก (Table 2) ที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 1.00 เมตร หลังจาก ที่กังหันน้ำเติมอากาศทำให้มีปริมาณออกซิเจนเฉลี่ย 3.07 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับปริมาณออกซิเจนก่อนการ ทดลองที่มีระดับปริมาณออกซิเจน 1.17 มิลลิกรัมต่อลิตร เพราะฉะนั้นปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น 1.90 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47.98 จาก (Table 1,2) จะเห็นได้ว่าที่ระดับ

ความลึกจากผิวน้ำเพิ่มขึ้น 0.50 เมตร ทำให้ปริมาณออกซิเจน ลดลงประมาณร้อยละ 50.56

จาก (Figure 9,10) จะเห็นได้ว่า ในตำแหน่งทางทิศ เหนือของกังหันมีปริมาณออกซิเจนที่สูงที่สุด เนื่องจากเป็น ตำแหน่งที่ตักน้ำขึ้นของชองวิดน้ำและกระจายน้ำสู่อากาศ รอง ลงมาคือปริมาณออกซิเจนในทางทิศใต้ของกังหัน ส่วนด้านทิศ ตะวันออกและตะวันตกของกังหันมีปริมาณออกซิเจนต่ำลงมา

**วิจารณ์และสรุปผล**

**สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของ กลไกกังหันเติมอากาศ**

กังหันเติมอากาศสามารถทำงานได้ด้วยมอเตอร์ต้น กำลังขนาด 1 แรงม้า ได้พลังงานไฟฟ้าจากแผงโซลาร์เซลล์แบบ



โพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 280 วัตต์ จำนวน 3 แผง ใช้ร่วมกับ เครื่องชาร์จประจุแบตเตอรี่ขนาด 30 A, 24 V, 800 W แบตเตอรี่ขนาด 125 Ah จำนวน 2 ลูก และอินเวอร์เตอร์ขนาด 2,000 W, Pure sine wave Power Inverter, Input 24V, output 220V 50 Hz, Peak surge 4,000 W กังหันหมุนด้วยความเร็วรอบ 2.5 รอบต่อนาที โดยที่น้ำสามารถไหลผ่านรูของ น้ำที่ออกแบบไว้ได้หมดพอดีที่ตำแหน่งของน้ำสูงสุด ระบบแผงโซลาร์เซลล์สามารถผลิตไฟฟ้าให้มอเตอร์ต้นกำลังของ กังหันทำงานได้ 8 ชั่วโมง

### สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพการเติมอากาศ ให้แหล่งน้ำ

กังหันเติมอากาศสามารถเพิ่มปริมาณออกซิเจนที่ ระดับความลึกจากผิวน้ำ 0.50 เมตร ได้เพิ่มขึ้น 2.25 มิลลิกรัม ต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.82 และที่ระดับความลึกจากผิวน้ำ 1.00 เมตร ปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น 1.90 มิลลิกรัมต่อ ลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 47.98 ที่ระดับความลึกลงไปจากผิวน้ำ ทุก 0.50 เมตร ปริมาณออกซิเจนลดลงประมาณร้อยละ 50.56

ในตำแหน่งด้านหน้าและหลังของกังหัน (ด้านที่ตัก น้ำขึ้นของของวิดน้ำ) มีปริมาณออกซิเจนที่สูงสุด ส่วนด้านข้าง ของกังหันมีปริมาณออกซิเจนต่ำลงมาเนื่องจากไม่มีการกระจายน้ำ

งานในอนาคต ควรมีการปรับปรุงการเพิ่มเติมอากาศ ให้แหล่งน้ำด้านข้างของกังหันด้วยการเพิ่มเป็นระบบปั้มน้ำอัด อากาศใต้น้ำโดยใช้ไฟฟ้าจากโซลาร์เซลล์ หรือออกแบบระบบ การเคลื่อนที่ของกังหันรอบบริเวณแหล่งน้ำที่ต้องการเติม อากาศ เพื่อให้สามารถเติมอากาศได้ทั่วถึง

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัย ราชภัฏมหาสารคามและสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา

### เอกสารอ้างอิง

1. มูลนิธิชัยพัฒนา. ข้อมูลหลักการทำงานของกังหันน้ำชัย พัฒนา. 2531. ได้จาก : <http://www.chaipat.or.th/chaipat/index.php>
2. ชาญชัย ลิ้มปิยากร, ยუნันท์ สันติทวีฤกษ์ และนิธิ สุวรรณ เบญจกุล. พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าจาก พลังงานแสงอาทิตย์. โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อชนบทและการพัฒนาที่ยั่งยืน สำนักงาน พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ; 2544.
3. ทวิช จิตรสมบุญ. กลศาสตร์ของไหล. กรุงเทพฯ: คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2553.

4. วริทธิ์ อังภากรณ์ และชาญ ณีตงาน. การออกแบบ เครื่องจักรกล เล่ม 1. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2549.
5. อนันต์ วงศ์กระจ่าง. ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์; 2533.
6. Frank N. Laird. Solar energy technology policy and institutional values. Cambridge University. USA; 2001.
7. Hamilton H. Mabie and Charles F. Reinholtz. Mechanisms and Dynamics of Machinery. 4<sup>th</sup> ed. New York USA: John Wiley & Sons; 1986.
8. Joseph E. Shigley and Charles R. Mischke. Mechanical Engineering Design. 5<sup>th</sup> ed. New York USA: McGraw-Hill; 1989.
9. Sol Wieder. An introduction to solar energy for scientists and engineers. New York USA: John Wiley & Sons; 1982.

# การพยากรณ์การถ่ายโอนมวลในกระบวนการออสโมซิสในสับประรดด้วยโครงข่ายประสาทเทียม

## Prediction of Mass Transfer during the Osmosis Process of Pineapple using Artificial Neural Networks

สิริมา ชินสาร<sup>1</sup>

Sirima Chinnasarn<sup>1</sup>

Received: 31 August 2015; Accepted: 4 December 2015

### บทคัดย่อ

การถ่ายโอนมวลสารเป็นกลไกหลักที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการออสโมซิสซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัย การพยากรณ์การถ่ายโอนมวลในกระบวนการออสโมซิสด้วยตัวแบบเชิงคำนวณจึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นที่จะช่วยลดต้นทุนในการศึกษา งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพยากรณ์การถ่ายโอนมวลในกระบวนการออสโมซิสสับประรดด้วยโครงข่ายประสาทเทียม 3 ประเภทคือ BPNN, RBF และ SVM ซึ่งทั้งสามประเภทเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องจักรแบบมีผู้สอน โดยโครงข่ายทั้ง 3 แบบจะถูกใช้ในการพยากรณ์ค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในกระบวนการออสโมซิสในสับประรด ผลการศึกษาพบว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BPNN เหมาะสมกับการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียส่วนโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BPNN เหมาะสมกับการทำนายค่าปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น

**คำสำคัญ:** การทำนายการถ่ายโอนมวลในกระบวนการออสโมซิส โครงข่ายประสาทเทียม

### Abstract

Mass transfer is a principal mechanism occurring during the osmotic process. It involves many factors. Prediction of mass transfer during the osmotic process, based on a scientific computer model is necessary to reduce processing cost. In this research, BPNN, RBF and SVM were used for mass transfer predicting during the osmotic process of pineapple. They were used for predicting water loss and solid gain. Experimental results showed that the BPNN was suitable for water loss prediction. However, the RBF was optimal learning machine for estimating solid gain.

**Keywords:** Prediction of Mass Transfer during Osmosis Process, Artificial Neural Networks

### บทนำ

สับประรดเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษา วิธีการแปรรูปสับประรดวิธีการหนึ่งคือ การออสโมซิสสับประรดร่วมกับการอบแห้งเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อาหารวางชนิดใหม่ที่มีรสชาติอร่อยและอายุการเก็บรักษานาน โดยการออสโมซิสเป็นวิธีการลดปริมาณน้ำในอาหารลงด้วยการแช่ชิ้นอาหารลงในสารละลายออสโมติก เช่น สารละลายน้ำตาล สารละลายเกลือ หรือสารละลายผสม

ระหว่างน้ำตาลและสารดูดความชื้น ซึ่งสารละลายออสโมติกที่ใช้เป็นสารละลายเข้มข้นที่มีค่าแรงดันสูงทำให้เกิดความแตกต่างของแรงดันออสโมติกระหว่างภายในเซลล์ของชิ้นอาหารและสารละลายภายนอก เกิดเป็นแรงขับให้มีการถ่ายโอนมวลสารระหว่างชิ้นอาหารและสารละลายภายนอกผ่านเยื่อหุ้มเซลล์หรือเซลล์เมมเบรนที่ทำหน้าที่เป็นเยื่อเลือกผ่าน น้ำภายในเซลล์อาหารจะแพร่ออกจากเซลล์สู่สารละลายภายนอก ในขณะที่ยวกันตัวถูกละลายภายนอกก็จะแพร่เข้าสู่ภายในเซลล์ของอาหาร เราสามารถเพิ่มอัตราการถ่ายโอนมวลสารดังกล่าว

<sup>1</sup> ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

<sup>1</sup> Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, TambonSaensuk, Muang District, Chonburi, Province, 20131, Thailand, Email: sirima@buu.ac.th

ได้ด้วยการใช้สัญญาณในการเตรียมขั้นต้น ซึ่งจะช่วยให้เนื้อเยื่อของสับประรดมีความพูนมากขึ้นจึงทำให้น้ำและสารละลายออสโมติกสามารถแพร่ผ่านเซลล์เมมเบรนได้ดียิ่งขึ้น และเนื่องจากอัตราการถ่ายโอนมวลสารเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลดปริมาณน้ำในอาหารด้วยกระบวนการออสโมซิส ดังนั้นหากเราสามารถสร้างแบบจำลองที่สามารถอธิบายกระบวนการดังกล่าวได้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนากระบวนการในระดับสูงต่อไป แต่การถ่ายโอนมวลสารในระหว่างกระบวนการออสโมซิสนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายโอนมวลสารหลายๆปัจจัยร่วมกัน ซึ่งการสร้างแบบจำลองแบบ Empirical model มักมีข้อจำกัดของการนำแบบจำลองนั้นไปใช้ ที่จะต้องควบคุมสภาวะของการทดลองให้เป็นสภาวะเช่นเดียวกับสภาวะที่ได้สร้างแบบจำลองขึ้น แบบจำลองเหล่านั้นจะนำไปสู่การต่อยอดในระบบการผลิตขนาดใหญ่ขึ้นได้ยาก เพื่อแก้ไขปัญหา นั้น งานวิจัยนี้จึงสนใจใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม(Artificial Neural Network) เข้ามาช่วยในการสร้างแบบจำลองที่สามารถตอบสนองต่อการนำไปใช้ในระบบอุตสาหกรรมได้ดียิ่งขึ้น

โครงข่ายประสาทเทียมเป็นรูปแบบของการประมวลผลข้อมูลโดยเลียนแบบการทำงานของระบบประสาทของมนุษย์ จึงมีลักษณะเด่นที่สำคัญ คือ มีความสามารถในการเรียนรู้และปรับตัวได้ โดยมีโครงสร้างการประมวลผลที่เป็นโครงข่ายที่เชื่อมต่อกันอย่างทั่วถึง ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมสามารถค้นหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่สลับซับซ้อนได้ดี จึงมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยด้านต่างๆ เช่น การเรียนรู้รูปแบบ การแยกประเภท การพยากรณ์ หรือ การหาค่าเหมาะที่สุด (optimization) เป็นต้น<sup>1,3,4,5</sup> จากความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อนดังกล่าว โครงข่ายประสาทเทียมจึงเป็นเครื่องมือที่มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้สร้างแบบจำลองสำหรับการถ่ายโอนมวลสารในระหว่างการออสโมซิสสับประรดที่ผ่านการเตรียมขั้นต้นด้วยสัญญาณเพื่อเพิ่มความสามารถในการถ่ายโอนมวลสารของชั้นสับประรดและทำการออสโมซิสด้วยสารละลายผสมระหว่างน้ำตาลซูโครสและกลีเซอรอล

จากข้อมูลใน (Table 2, 3) กำหนดให้  $x_1$  แทน Vacuum time,  $x_2$  แทน Soaking time และ  $y$  แทน Actual value (ค่าข้อมูลจริงจากการทดลอง) จากการสังเกตพฤติกรรมของค่าของ  $x_1$  และ  $x_2$  พบว่า  $x_1 = \{0,15\}$  และ  $x_2 = \{20, 40, 60, 120, 180, 240\}$  ในการประมาณค่าของ  $y = w_1x_1 + w_2x_2 + w_0$  โดยใช้วิธีการทางพีชคณิตโดยตรงนั้น จากลักษณะดังกล่าวของตัวแปรต้นทั้งสองตัวแปร จะทำได้ค่อนข้างยาก ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

ศึกษาตัวแบบของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสร้างตัวแบบเพื่อการพยากรณ์การถ่ายโอนมวลสารในสับประรดระหว่างกระบวนการออสโมซิสด้วยโครงข่ายประสาทเทียมและเปรียบเทียบประสิทธิภาพตัวแบบการพยากรณ์การถ่ายโอนมวลสารในสับประรดระหว่างกระบวนการออสโมซิสตามวิธีการที่กล่าวไว้ข้างต้น

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

### กระบวนการออสโมซิสสับประรด

ใช้วัตถุดิบ คือ สับประรดพันธุ์ศรีราชาที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด  $13 \pm 1$  องศาบริกซ์ ปอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นขนาด  $2 \times 2 \times 1$  เซนติเมตร ปริมาณ 100 กรัม แช่ในสารละลายออสโมติกซึ่งเป็นสารละลายผสมระหว่างซูโครส 32.5เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ร่วมกับกลีเซอรอล 32.5เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้อัตราส่วนระหว่างสารละลายออสโมติกต่อสับประรด 3: 1 (โดยน้ำหนัก) เตรียมขั้นต้นก่อนการออสโมซิสด้วยการลดความดันภายในพลาสติกที่ใช้ออสโมซิสลงเป็น  $200 \pm 10$  mbar ด้วยชุดเครื่องทำสุญญากาศแบบไดอะเทรม คงความดันนี้ไว้เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นถอดพลาสติกออกจากชุดเครื่องทำสุญญากาศแล้วแช่พลาสติกลงในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 240 นาที ตัวอย่างจะถูกนำมาวิเคราะห์การถ่ายโอนมวลสาร ทุกๆ 20, 40, 60, 120, 180 และ 240 นาที โดยนำชิ้นสับประรดออกจากพลาสติก ชั้ให้แห้งด้วยกระดาษซับ นำไปชั่งน้ำหนักและหาความชื้นบันทึกเป็นน้ำหนักและความชื้นหลังการออสโมซิส ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำคำนวณอัตราการถ่ายโอนมวลสาร คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสีย (Water lose; WL) และปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น (Solid Gain; SG)<sup>7</sup> ดังนี้

$$WL(\%) = \frac{(W_i M_i - W_f M_f)}{W_i} \times 100$$

$$SG(\%) = \frac{\left(\frac{W_f(100-M_f)}{100}\right) - \left(\frac{W_i(100-M_i)}{100}\right)}{W_i} \times 100$$

เมื่อ  $W_i$  คือ น้ำหนักเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัม), คือ น้ำหนักตัวอย่างที่เวลาใด ๆ (กรัม),  $M_i$  คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของตัวอย่าง (กรัมน้ำ/100 กรัม) และ  $M_f$  คือ ปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่เวลาใด ๆ (กรัมน้ำ/100 กรัม)

**การสร้างตัวแบบเพื่อการพยากรณ์การถ่ายโอนมวลสารในสลับประตระหว่างกระบวนการออสโมซิส**

การสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมซึ่งใช้ในการคำนวณค่าตัวเลขของการพยากรณ์และสามารถนำค่าดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับค่าการถ่ายโอนมวลจริงโดยนำระบบโครงข่ายประสาทเทียมแบบมีผู้สอน(Supervised Learning Artificial Neural Network) จำนวน 3 โครงข่าย ประกอบด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Back-propagation Neural Networks: BPNN), แบบฟังก์ชันรัศมีฐาน (Radial Basis Function: RBF) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SVM) มาทำนายค่าการถ่ายโอนมวลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของสามโครงข่ายในข้อมูลชุดนี้ ดังแสดงใน (Figure 1)

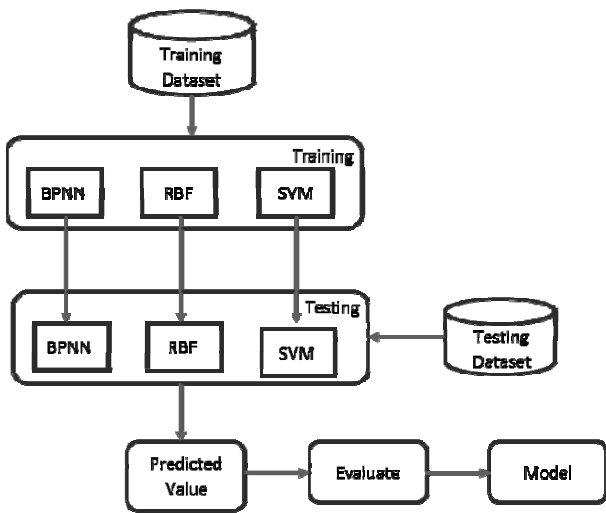


Figure 1 Prediction Process

โครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ(Back-propagation Neural Networks: BPNN) เป็นขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีโครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer neural network) เพื่อใช้ในการปรับค่าน้ำหนักในเส้นเชื่อมต่อระหว่างโหนดให้เหมาะสม โดยการปรับค่าน้ำหนักจะขึ้นกับความแตกต่างของค่าเอาต์พุตที่คำนวณได้กับค่าเอาต์พุตที่ต้องการ

$$E(\vec{w}) = \frac{1}{2} \sum_{d \in D} \sum_{k \in \text{outputs}} (t_{kd} - o_{kd})^2$$

โดย

- $t_{kd}$  คือ เซตของค่าตอบโหนดในข่ายงานประสาทฯ
- $o_{kd}$  คือ ค่าคำตอบเป้าหมายที่ต้องการ
- $k$  คือ โหนดของคำตอบที่กำลังสนใจ
- $d$  คือ ตัวอย่างที่กำลังใช้ในการสอน

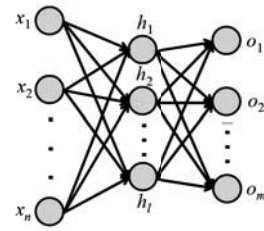


Figure 2 Back-Propagation Neural Network Structures

ขั้นตอนการประมวลผลของโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. กำหนดค่าน้ำหนักเริ่มต้น โดยในทางปฏิบัติจะกำหนดเป็นค่าจำนวนต่ำ (ใกล้ 0)
2. นำข้อมูลตัวอย่างที่ต้องการสอนเข้าชั้นนำเข้า (input layer) ( $X_i$ )
3. คำนวณค่าคำตอบในทุกโหนดที่ชั้นซ่อน (hidden layer) พร้อมการกระตุ้นค่าคำตอบ ( $h_j$ )
4. คำนวณค่าคำตอบในทุกโหนดที่ชั้นคำตอบ (output layer) พร้อมการกระตุ้นค่าคำตอบ ( $O_k$ )
5. คำนวณค่าคลาดเคลื่อนสำหรับทุกโหนดในชั้นคำตอบ
6. ปรับค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นคำตอบ
7. ปรับค่าน้ำหนักระหว่างชั้นนำเข้ากับชั้นซ่อน
8. คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนรวม แล้ววนกลับไปทำงานขั้นตอนที่ 2. ถ้าความคลาดเคลื่อนยังไม่เป็นไปตามที่กำหนด หรือ ยังไม่ครบจำนวนรอบตามกำหนดไว้

โครงข่ายประสาทเทียมแบบฟังก์ชันรัศมีฐาน (Radial Basis Function: RBF) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่นำเอาแนวคิดการทำนายค่าภายในรัศมีของวงกลมหรือวงรี ซึ่งจะช่วยลดจำนวนของเส้นแบ่ง (Hyperplane) ลงได้ดังแสดงใน (Figure 3)

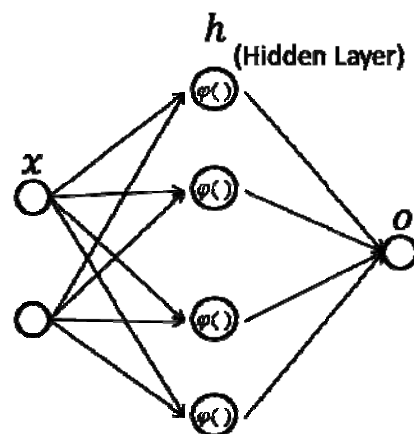


Figure 3 Radial Basis Functions Network Structures

โดย RBF มีขั้นตอนคำนวณที่สำคัญดังนี้

1. กำหนดจำนวนจุดศูนย์กลาง ค่ารัศมีของแต่ละวงกลมพร้อมฟังก์ชันการคำนวณของแต่ละวงกลม  $\varphi()$
2. นำข้อมูลตัวอย่างที่ต้องการสอนเข้าชั้นนำเข้า (input layer) ( $x_i$ ) แล้วคำนวณค่าคำตอบใน Hidden Layer โดยฟังก์ชันที่กำหนดไว้  $\varphi()$  ในขั้นตอนที่ 1
3. คำนวณค่าคำตอบในทุกโหนดที่ชั้นคำตอบ (output layer) พร้อมการกระตุ้นค่าคำตอบ ( $O_k$ )
4. คำนวณค่าคลาดเคลื่อนสำหรับทุกโหนดในชั้นคำตอบ
5. ปรับค่าน้ำหนักระหว่างชั้นซ่อนกับชั้นคำตอบ
6. ปรับตำแหน่งจุดศูนย์กลางของแต่ละวงกลม
7. คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนรวม แล้ววนกลับไปทำงานขั้นตอนที่ 2. ถ้าความคลาดเคลื่อนยังไม่เป็นไปตามที่กำหนด หรือ ยังไม่ครบจำนวนรอบตามกำหนดไว้

**ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine: SVM)** จุดมุ่งหมายที่สำคัญของแนวคิด SVM คือ การหาเส้นแบ่ง Hyperplane ซึ่งใช้แบ่งข้อมูลออกเป็นคลาส เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี โดยพิจารณาจากสมการเส้นตรง Hyper planes และ SVM จะทำการค้นหาจุดของข้อมูลที่อยู่ใกล้เส้นแบ่ง Hyper planes ซึ่งจุดนี้เรียกว่า "Support Vector" มีหลักการดังนี้

1. นำข้อมูลคำนวณหาค่า  $y$  ซึ่งค่า จากสมการ  $y = w^T x + b$
2. คำนวณหาเส้นแบ่ง ซึ่งเรียกว่าเส้น Optimal Hyperplane จากสมการ  $w^T x + b = 0$
3. ระยะทาง (d) หรือ maximum margin จากเส้นขอบ ณ จุดไปยัง hyperplane แสดงดังสมการ

$$d = \frac{|w^T x_i + b|}{\|w\|}$$

$w$  คือ เวกเตอร์น้ำหนัก (Weight Vector)

$x_i$  คือ Input

$b$  คือ ค่าคงที่ที่กำหนดขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการจัดกลุ่ม

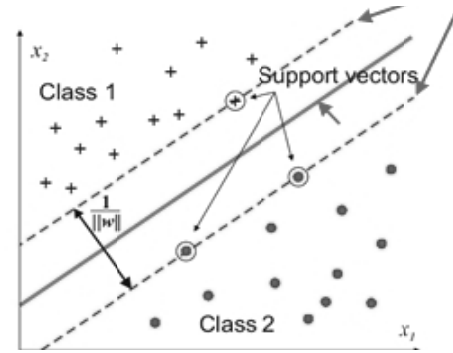


Figure 4 Support Vector Separation Hyperplane

4. เลือกจุดที่อยู่ใกล้เส้นตรง Optimal Hyperplane ทั้งเหนือเส้นซึ่งเรียกว่า "ขอบล่าง" ซึ่งเป็นขอบล่างสุดของคลาส ที่อยู่เหนือเส้นตรง Optimal Hyperplane และได้เส้นเรียกว่า "ขอบบน" ซึ่งเป็นขอบบนสุดของคลาสที่อยู่ใต้เส้นตรง Optimal Hyperplane เพื่อที่จะหาระยะทางระหว่างเส้นขอบทั้งสองโดยจะเลือกเอาค่าระยะทางที่ห่างจากเส้นตรง Optimal Hyperplane ที่น้อยที่สุดเป็นตัวเลือกในการจัดกลุ่มข้อมูล

**โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียในสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล**

การทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียในสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลสำหรับงานวิจัยนี้ จะเปรียบเทียบจาก 3 วิธีคือ BPNN, SVM และ RBF โดยแต่ละวิธีจะมีโครงสร้างและพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองแล้วว่า ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่า MAE ที่ได้ต่ำที่สุดจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับข้อมูลชุดนี้ ดังนี้

**BPNN**

- hiddenLayers: 4
- learningRate: 0.3
- momentum: 0.1
- trainingTime: 5000

**RBF**

- minStdDev: 0.1
- numClusters: 10

**SVM**

- C: 1
- Kernel: PolyKernel
- regOptimizer: RegSMOImproved

โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในสารละลายซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอล การทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในสารละลายซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอลสำหรับงานวิจัยนี้ จะเปรียบเทียบจาก 3 วิธี คือ BPNN, SVM และ RBF โดยแต่ละวิธีจะมีโครงสร้างและพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองแล้วว่าได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่า MAE ที่ได้ต่ำที่สุดจากค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับข้อมูลชุดนี้ ดังนี้

**BPNN**

hiddenLayers: 4  
learningRate: 0.3  
momentum: 0.1  
trainingTime: 5000

**RBF**

minStdDev: 0.1  
numClusters: 9

**SVM**

C: 1  
Kernel: NormalizedPolyKernel  
regOptimizer: RegSMO

**ชุดข้อมูลสำหรับการทดสอบการสร้างตัวแบบจำลองพยากรณ์**

จากข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองทั้งหมด นำมาผ่านขั้นตอนการสกัดปัจจัยในแต่ละกระบวนการก็จะได้ข้อมูลนำเข้าโครงข่ายประสาทเทียมโดยในการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นได้ทำการสุ่มข้อมูลที่ได้จากปัจจัยตัวใหม่ ออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อใช้ในการฝึกสอนและการทดสอบดัง (Table 1)

**Table 1** Training and testing sets

Data set	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4
Training set	60%	70%	80%	90%
Testing set	40%	30%	20%	10%

เนื่องจากว่าในงานวิจัยนี้ได้นำเอาโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (BPNN), แบบฟังก์ชันรัศมีฐาน (RBF) และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machines: SVM) มาใช้เพื่อทำนายค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ

โครงข่ายทั้งสามแบบโดยใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน โดยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างตัวแบบเพื่อการพยากรณ์ เพื่อหาโมเดลที่เหมาะสมจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุดข้อมูลดังนี้

1. ชุดข้อมูลสารละลายซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอล สำหรับการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสีย
2. ชุดข้อมูลสารละลายซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอล สำหรับการทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้น

**การประมาณค่าความถูกต้องของการทำนาย**

การประเมินค่าความถูกต้องของวิธีการทำนายทั้ง 3 โครงข่าย จะใช้การเปรียบเทียบหาวิธีที่เหมาะสมได้แก่ BPNN, RBF และ SVM เทียบกับค่าข้อมูลจริงจากการทดลอง โดยจะใช้ Weka tools (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>) เป็นเครื่องมือในการทดลองซึ่งในแต่ละวิธีที่นำมาเปรียบเทียบกันนี้จะถูกปรับโครงสร้างและพารามิเตอร์ให้มีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลนั้นๆ

เกณฑ์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพ ได้แก่ MAE, RMSE, RAE และ RRSE ดังนี้

เมื่อ  $P$  คือ ค่าที่ทำนายได้

$A$  คือ ค่าจริง

$A_m$  คือ ค่าเฉลี่ยของค่าจริงทั้งหมด

1. Mean absolute error

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - A_i|$$

2. Root mean squared error

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}$$

3. Relative absolute error

$$RAE = \frac{\sum_{i=1}^n |P_i - A_i|}{\sum_{i=1}^n |A_i - A_m|}$$

4. Root relative squared error

$$RRSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{ij} - A_i)^2}{\sum_{i=1}^n (A_i - A_m)^2}}$$

**ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง**

จากที่กล่าวมาข้างต้นงานวิจัยนี้ จะศึกษาขั้นตอนวิธีสำหรับการสร้างตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียในสารละลายซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอล และตัวแบบที่เหมาะสมสำหรับการทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในสารละลายซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอลตามลำดับ โดยขั้นตอนวิธีที่เลือกใช้ในการทำนายตัวแบบในงานวิจัยนี้เป็นโครง

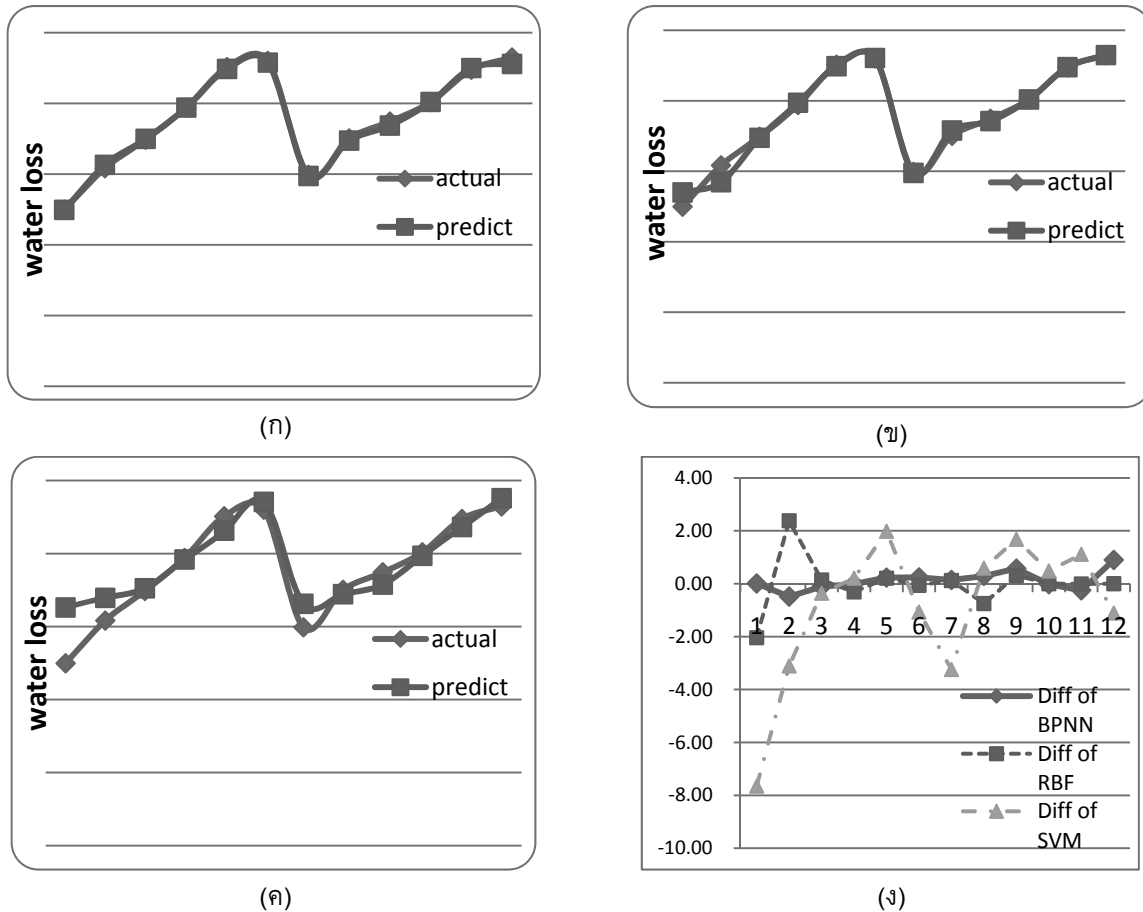
ข่ายประสาทเทียมแบบมีผู้สอน (Supervised learning neural network) ประกอบด้วย BPNN, RBF และ SVM ทั้งสามตัวแบบที่เลือกมานี้เป็นตัวแบบมาตรฐานเป็นที่ยอมรับทั่วไปในการสร้างตัวแบบเพื่อการพยากรณ์ จากนั้นจะนำตัวแบบทั้งสามประเภทไปทำการทำนายข้อมูลจริง คือ ปริมาณน้ำที่สูญเสียและปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการที่มีการควบคุมปัจจัยภายนอกอย่างถูกต้องและเหมาะสม โดย (Table 2) และ (Table 3) จะเป็นผลของการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียในสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล และผลการเปรียบเทียบเกณฑ์วัดประสิทธิภาพ ตามลำดับส่วนใน (Table 4) และ (Table 5) จะเป็นผลของการทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล และผลการเปรียบเทียบเกณฑ์วัดประสิทธิภาพ

### โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียในสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล

จากผลการทดลองดัง (Table 2) แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณน้ำที่สูญเสียของชุดข้อมูลสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลนั้น โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง 12 ค่า พบว่าโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการสร้างตัวแบบ คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ BPNN โดยในขั้นต้นพิจารณาเฉพาะค่าซึ่ง BPNN ให้ค่า (แสดงใน (Table 3)) และเมื่อพิจารณากราฟการทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียใน (Figure 5(ก) - (ง)) แสดงให้เห็นค่าการทำนายด้วย BPNN จะอยู่ในระนาบเดียวกันกับค่าจริง (Actual values) และเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความแตกต่างของการทำนาย ใน (Figure 2 (ง)) พบว่า มีค่าความแปรปรวนต่ำที่สุด ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างเฉลี่ยรวมในทุกตัววัดประสิทธิภาพความถูกต้องตามที่กล่าวไว้ในข้อ 2.6 ได้แสดงไว้ใน (Table 3) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมแบบ BPNN ให้ค่าความแตกต่างเฉลี่ยต่ำที่สุดในทุกตัววัดประสิทธิภาพ

**Table 2** Water loss prediction of Sucrose and Glycerol solution experiments

No.	Vacuum time	Soaking time	Actual Value	Prediction Values			Difference		
				BPNN	RBF	SVM	BPNN	RBF	SVM
1	0	20	24.96	24.95	27.00	32.61	<b>0.01</b>	-2.04	-7.65
2	0	40	30.82	31.31	28.44	33.93	<b>-0.49</b>	2.38	-3.11
3	0	60	34.88	34.99	34.74	35.24	<b>-0.11</b>	0.14	-0.36
4	0	120	39.40	39.41	39.71	39.19	<b>-0.01</b>	-0.31	0.21
5	0	180	45.11	44.88	44.90	43.13	<b>0.23</b>	0.21	1.98
6	0	240	46.01	45.77	46.07	47.08	<b>0.24</b>	-0.06	-1.07
7	15	20	29.89	29.75	29.77	33.13	<b>0.14</b>	0.12	-3.24
8	15	40	35.03	34.74	35.78	34.44	<b>0.29</b>	-0.75	0.59
9	15	60	37.43	36.86	37.12	35.75	<b>0.57</b>	0.31	1.68
10	15	120	40.18	40.20	40.18	39.70	<b>-0.02</b>	0.00	0.48
11	15	180	44.75	45.00	44.76	43.64	<b>-0.25</b>	-0.01	1.11
12	15	240	46.48	45.58	46.48	47.59	<b>0.90</b>	0.00	-1.11



**Figure 5** Comparing water loss prediction of Sucrose and Glycerol (a) Back-Propagation Neural Network Structures (b) Radial Basis Functions Network Structures (c) Support Vector Machine (d) errors from 3 predictors

**Table 3** Performance index of Water loss prediction

	BPNN	RBF	SVM
MAE	0.27	0.53	1.88
RMSE	0.37	0.94	2.74
RAE (%)	4.73	9.19	32.76
RRSE (%)	5.52	13.97	40.59

จากผลการทดลองใน (Table 3) เมื่อพิจารณาค่า MAE, RMSE, RAE และ RRSE พบว่า การเรียนรู้แบบ BPNN ให้ผลต่ำในทุกๆ ค่า แสดงให้เห็นว่าสำหรับการทดลองของซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล เพื่อทำนายปริมาณน้ำที่สูญเสียด้วยการเรียนรู้ BPNN ได้ผลที่ใกล้กับค่าจริงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ RBF และ SVM โดยเมื่อพิจารณาควบคู่กับ (Figure 5 (ง))

ให้ผลสอดคล้องกัน คือ ผลต่างของความแตกต่าง (error) ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณจากวิธี BPNN มีความแปรปรวนของเส้นกราฟน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 วิธี

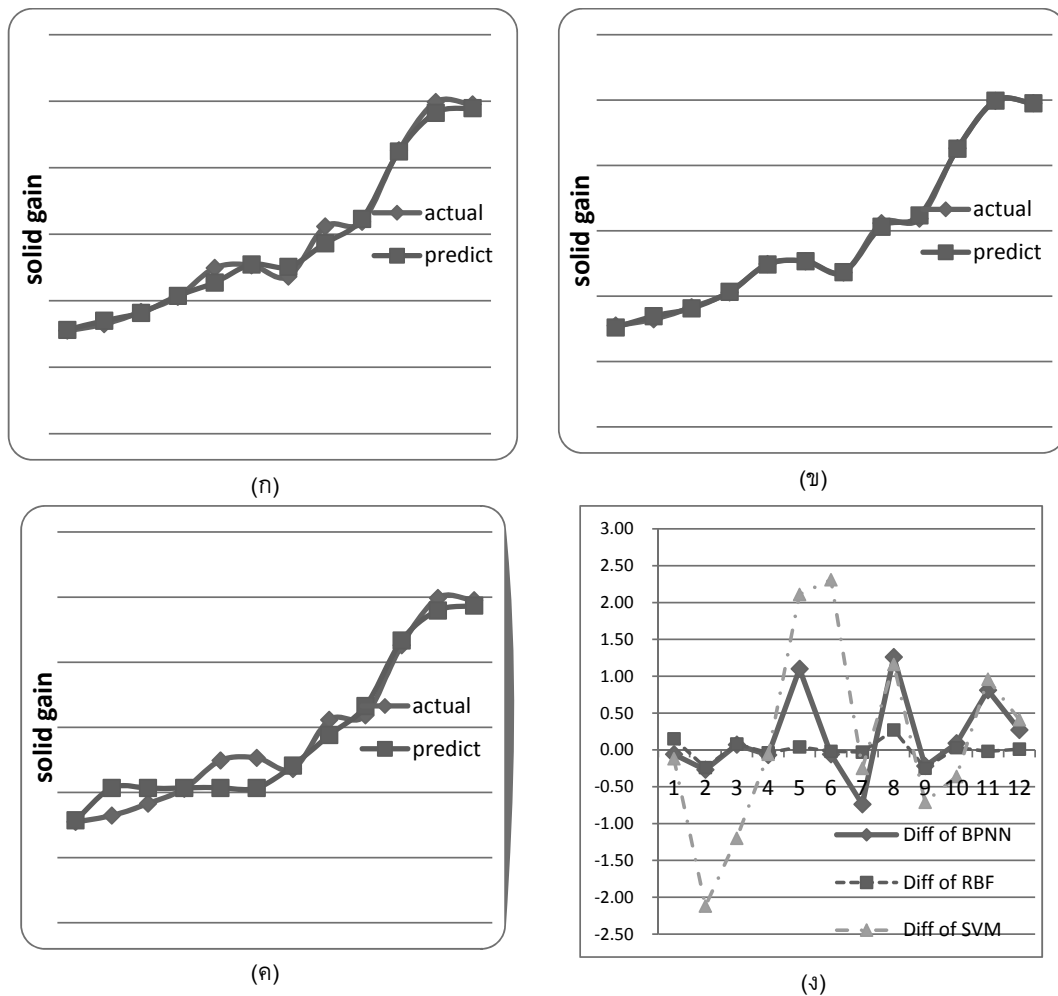
**โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นในสารละลายซูโครสร่วมกับกลีเซอรอล**

จากผลการทดลองดัง (Table 4) แสดงให้เห็นว่าค่าปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นของชุดข้อมูลซูโครสร่วมกับกลีเซอรอลนั้น โครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม คือ โครงข่ายประสาทเทียมแบบ RBF ซึ่งจากกราฟแสดงใน (Figure 6 (ง)) แสดงให้เห็นค่าความแตกต่างของการทำนายมีค่าอยู่ในระนาบเดียวกันกับค่าจริง (Actual values) ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างเฉลี่ยร่วมในทุกตัววัดประสิทธิภาพความถูกต้องตามที่กล่าวไว้ในข้อ 2.6 ได้แสดงไว้ใน (Table 5) ซึ่งโครงข่ายประสาทเทียมแบบ RBF ให้ค่าความแตกต่างเฉลี่ยต่ำที่สุด



**Table 4** Solid gain prediction of Sucrose and Glycerol solution experiments

No.	Vacuum time	Soaking time	Actual Value	Prediction Values			Difference		
				BPNN	RBF	SVM	BPNN	RBF	SVM
1	0	20	7.75	7.81	7.60	7.87	-0.06	<b>0.15</b>	-0.12
2	0	40	8.23	8.50	8.47	10.35	-0.27	<b>-0.24</b>	-2.12
3	0	60	9.15	9.08	9.07	10.35	0.07	<b>0.08</b>	-1.20
4	0	120	10.29	10.36	10.33	10.35	-0.07	<b>-0.04</b>	-0.06
5	0	180	12.46	11.36	12.42	10.35	1.10	<b>0.04</b>	2.11
6	0	240	12.66	12.72	12.68	10.35	-0.06	<b>-0.02</b>	2.31
7	15	20	11.81	12.55	11.84	12.06	-0.74	<b>-0.03</b>	-0.25
8	15	40	15.58	14.32	15.31	14.42	1.26	<b>0.27</b>	1.16
9	15	60	15.93	16.15	16.18	16.64	-0.22	<b>-0.25</b>	-0.71
10	15	120	21.31	21.22	21.28	21.67	0.09	<b>0.03</b>	-0.36
11	15	180	24.94	24.13	24.96	23.98	0.81	<b>-0.02</b>	0.96
12	15	240	24.76	24.49	24.75	24.35	0.27	<b>0.01</b>	0.41



**Figure 6** Comparing solid gain prediction of Sucrose and Glycerol (a) Back-Propagation Neural Network Structures

(b) Radial Basis Functions Network Structures (c) Support Vector Machine (d) errors from 3 predictors

**Table 5** Performance index of Solid gain prediction

	BPNN	RBF	SVM
MAE	0.42	0.10	0.98
RMSE	0.59	0.14	1.25
RAE (%)	8.46	1.95	19.86
RRSE (%)	10.14	2.33	21.46

จากผลการทดลองใน (Table 5) เมื่อพิจารณาค่า MAE, RMSE, RAE และ RRSE พบว่า การเรียนรู้แบบ RBF ให้ผลต่ำในทุกๆ ค่า แสดงให้เห็นว่าสำหรับการทดลองของซูโครส ร่วมกับกลีเซอรอล เพื่อทำนายปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นด้วยการเรียนรู้ RBF ได้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ BPNN และ SVM โดยเมื่อพิจารณาควบคู่กับ (Figure 6 (ง)) ให้ผลสอดคล้องกัน คือ ผลต่างของความแตกต่าง (error) ระหว่างค่าจริงกับค่าที่ได้จากการประมาณจากวิธี BPNN มีความแปรปรวนของเส้นกราฟน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับอีก 2 วิธี

**สรุปผลการทดลอง**

งานวิจัยนี้ นำเสนอการใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการพยากรณ์การถ่ายโอนมวลในกระบวนการออสโมซิสในสับปะรดจากผลการทดลองพบว่า โครงข่ายประสาทเทียมแบบ BPNN เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับการทำนายข้อมูลปริมาณน้ำที่สูญเสียโดยมีค่าคาดเคลื่อน MAE เท่ากับ 0.27 และโครงข่ายประสาทเทียมแบบ RBF เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับการทำนายข้อมูลปริมาณของแข็งที่เพิ่มขึ้นโดยมีค่าคาดเคลื่อน MAE เท่ากับ 0.10 ทั้งนี้เนื่องจาก ตัวแบบในการประมาณค่าฟังก์ชัน (Function Approximation) แต่ละตัวนั้น จะมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทำนาย (Pattern of Functions) จากงานวิจัยนี้ เราจะสามารถนำโครงข่ายประสาทเทียมไปใช้ในการทำนายลักษณะข้อมูลอื่น ๆ ได้ในอนาคต

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ

**เอกสารอ้างอิง**

1. รัชพันธ์ ฤทธิมณี, กัมปนาท บำรุงกิจ, ธนะชัย พันธุ์เกษมสุข, พิชญา บุญประสม. การพยากรณ์คุณภาพของส้มสายน้ำผึ้งหลังการขนส่งทางรถบรรทุกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. วิทยาศาสตร์เกษตร 2549; 37(5): 38-41.
2. Torreggiani D, Bertolo G. Osmotic pretreatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. Journal of Food Engineering 2001; 49: 247-253.
3. Boonprasom P, Bumroonggit G. Tangerine yield prediction using artificial neural network (ANN). CMU Journal 2005;4(1):39-48.
4. Chinnasarn K, Chinnasarn S, Pyle DL. Identification of surimi gel strength classes using backpropagation neural network and principal component analysis. Journal of Applied Sciences 2006;6(8): 1802-1807.
5. EIShazly YMS. The use of neural network to estimate mass transfer coefficient from the bottom of agitated vessel. Heat and Mass Transfer 2015; 51(4): 465-475.
6. Haykin S. Neural Networks and Learning Machines. Pearson Prentice Hall, New York, USA; 2008.
7. Wongkrajang K. Training Course on Drying and Juicing. Kasetsart University, Bangkok, Thailand; 1996.

# ประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองลัดด้วยหน้าตัดที่เหมาะสมในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง

## Drainage Efficiency of a Shortcut Canal with the Optimal Cross-Sectional Shape in the Lower Thachin River

ณัฐวุฒิ อินทบุตร์<sup>1</sup>

Nuttawut Intaboot<sup>1</sup>

Received: 22 August 2015; Accepted: 30 November 2015

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนล่างที่มีความคดเคี้ยวอย่างมาก โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำนี้ได้ยึดถือแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวในการพัฒนาคลองลัดโพธิ์ เพื่อใช้เป็นคลองลัดในการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างในช่วงที่มีความคดเคี้ยวที่อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ในการศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (1 มิติ) จำลอง และวิเคราะห์สภาพการไหลของน้ำในลำน้ำ เพื่อหาประสิทธิภาพการระบายน้ำ พร้อมทั้งทำการจำลองเพิ่มคลองลัดในช่วงที่มีความคดเคี้ยวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง ซึ่งจากการศึกษาเริ่มจากจำลองการระบายน้ำของคลองลัดที่มีหน้าตัดสอดคล้องกับลำน้ำเดิม ผลการศึกษาพบว่าคลองลัดช่วยระบายน้ำได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามคลองลัดดังกล่าวนี้มีขนาดใหญ่ไม่เหมาะสมในการก่อสร้าง ดังนั้นจึงทำการศึกษาระบายน้ำของคลองลัดที่ออกแบบหน้าตัดตามหลักการหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูเป็นหน้าตัดที่เหมาะสมที่สุด ให้พื้นที่หน้าตัดที่น้อยที่สุดและยังมีประสิทธิภาพการระบายน้ำสูงที่สุดด้วย

**คำสำคัญ :** ประสิทธิภาพการระบายน้ำ คลองลัด หน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ แม่น้ำท่าจีน

### Abstract

This research aims to study methods of increasing the drainage efficiency of the lower meandering Thachin River. The concept is the initiative of His Majesty King Bhumipol Adulyadej under the Lad Pho Canal project. The Lad Pho Canal is used as a shortcut canal to drain the lower meandering Chopraya River at Phrapradaeng District in Samut Prakan province. This study aimed to apply a hydrodynamic model (1D) to simulate and analyze flow circulation to find drainage efficiency. The analysis would then be used to construct a shortcut canal on the lower meandering Thachin River to improve the river's drainage efficiency. The study began by simulating the drainage of the shortcut canal employing a cross sectional shape corresponding to the river. The results indicated that the shortcut canal helped the drainage; however, the canal is very large and construction of this cross sectional shape would be unsuitable. As such, the study of drainage shortcut canals was designed based on the principles of best hydraulic section. The results showed that a trapezoid cross section was the most appropriate due to its minimal cross sectional area and effective drainage capabilities.

<sup>1</sup> สาขาวิศวกรรมโยธา ศูนย์สุพรรณบุรี คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ 72130

<sup>1</sup> Department of Civil Engineering, Suphanburi Campus, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, 72130 E-mail: nuttawut\_took@hotmail.com

**บทนำ**

แม่น้ำท่าจีนตอนล่างมักเกิดปัญหาอุทกภัยบ่อยครั้ง ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับพื้นที่เกษตรกรรมและบ้านเรือนของประชาชนที่อยู่อาศัยในพื้นที่บริเวณแม่น้ำเป็นจำนวนมากและเป็นประจำทุกปี โดยปัญหาอุทกภัยดังกล่าวมีสาเหตุส่วนหนึ่งมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ต้นน้ำและการขยายตัวของชุมชนเมืองทำให้การระบายน้ำในพื้นที่ไม่เพียงพอ ซึ่งการขยายตัวของชุมชนทำให้มีการเพิ่มพื้นที่บึงน้ำ ยกตัวอย่างเช่น หลังคาบ้านเรือน พื้นที่ถนน เป็นต้น จึงทำให้สัมประสิทธิ์การเกิดน้ำท่าเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดน้ำท่าเร็วขึ้นและยอดน้ำนองสูงขึ้น นอกจากนี้การถมปรับพื้นที่และการก่อสร้างสาธารณูปโภคบางประเภทยังมีผลต่อการระบายน้ำอีกด้วย

นอกจากการขาดประสิทธิภาพการระบายน้ำในพื้นที่ชุมชนแล้ว ปัญหาการเกิดอุทกภัยยังเกิดจากการขาดประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีนด้วย ซึ่งการระบายน้ำในแม่น้ำมีความล่าช้า เนื่องจากสภาพแม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีความคดเคี้ยวไปมาอย่างมาก ทำให้การระบายน้ำออกสู่ทะเลเป็นไปอย่างล่าช้า ส่งผลให้เกิดการยกตัวของระดับน้ำสูงขึ้นซึ่งก่อให้เกิดปัญหาน้ำท่วม และในการที่จะลดปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการทดลองศึกษาเพิ่มคลองลัดในแม่น้ำบริเวณจุดสำคัญต่างๆ เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ โดยใช้แนวคิดจากการลดปัญหาน้ำท่วมในเขตกรุงเทพมหานครที่มีโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ “คลองลัดโพธิ์” เพื่อช่วยระบายน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงที่เกิดน้ำหลากและน้ำทะเลหนุนได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าคลองลัดมีส่วนช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำเพื่อลดปัญหาน้ำท่วมได้

ดังนั้นบทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการศึกษาดังกล่าวถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนล่างด้วยการเพิ่มคลองลัดในบริเวณจุดสำคัญต่างๆ และใช้แบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์วิเคราะห์การไหลในแม่น้ำ และวิเคราะห์การระบายน้ำด้วยหน้าตัดของคลองลัดที่เหมาะสมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำสูงสุด ในการบรรเทาปัญหาการเกิดอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าว

**พื้นที่ศึกษา**

แม่น้ำท่าจีนที่ใช้ในการศึกษาเริ่มตั้งแต่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมืองจังหวัดสุพรรณบุรี ลงมาจนถึงปากแม่น้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร รวมระยะทาง 202 กิโลเมตร โดยมีแหล่งน้ำหลักมาจากแม่น้ำเจ้าพระยา และยังทำหน้าที่เปรียบเสมือนคลองส่งน้ำสายใหญ่สายหนึ่งของโครงการให้กับเกษตรกรในลุ่มน้ำท่าจีน แม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำที่มีขนาดไม่ใหญ่มากมีความกว้างเฉลี่ย ความลึกเฉลี่ย และมีพื้นที่หน้าตัดของลำน้ำเฉลี่ย ประมาณ 570 เมตร, 10 เมตร

และ1380 ตารางเมตร ตามลำดับ โดยที่ความกว้างของแม่น้ำท่าจีนจะเพิ่มตามระยะทางตามหลักการเพิ่มขึ้นของความกว้างของแม่น้ำโดยจะมีความกว้างน้อยที่สุดบริเวณต้นน้ำและกว้างมากขึ้นในช่วงปลายแม่น้ำ<sup>1</sup>

แม่น้ำท่าจีนจัดว่าเป็นแม่น้ำสายเดี่ยว (single branch) ที่ไหลผ่านลุ่มน้ำท่าจีนดังแสดงใน (Figure 1) โดยแม่น้ำมีความลาดชันในตอนต้นและราบเรียบในตอนล่างเพราะมีสภาพภูมิประเทศเป็นลักษณะราบลุ่ม ลาดเทจากเหนือลงใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นา สวนผลไม้ สวนผัก และบ่อปลา มีพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) และป่าชายเลนอยู่ประปรายบริเวณที่น้ำทะเลท่วมถึง<sup>2</sup>

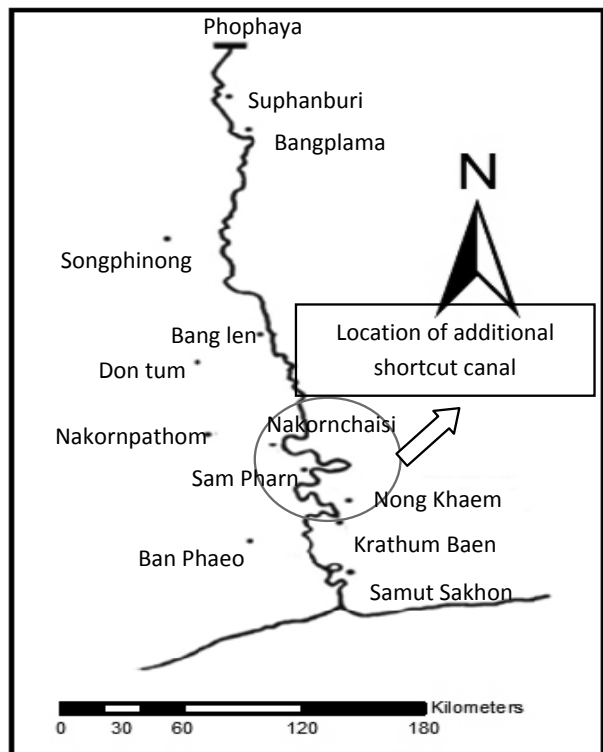


Figure 1 Map of Thachin River

**การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำด้วยคลองลัด**

จากปัญหาอุทกภัยในกรุงเทพมหานครที่ผ่านมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันส่งผลทำให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินเป็นจำนวนมาก ดังนั้นในการที่จะบรรเทาความเสียหายดังกล่าว พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว จึงมีพระราชดำริให้พัฒนาคลองลัดโพธิ์เพื่อใช้เป็นคลองลัดในการระบายน้ำ ของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงที่มีความคดเคี้ยวเป็นระยะทาง 18 กิโลเมตร สันล่งเหลือประมาณ 600 เมตร ในพื้นที่หมู่ 9 ตำบลทรงคะนอง อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

ซึ่งจากการติดตามประเมินผลการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาหลังจากเปิดใช้โครงการ พบว่าภายใต้เงื่อนไขสภาวะน้ำหลากเดือนตุลาคม 2549 อัตราการไหลผ่านบางไทร 3,000-3,500 ลบ.ม./วินาที การเปิดประตูระบายน้ำผ่านคลองลัดโพธิ์ ทำให้ระดับสูงสุดใต้มแม่น้ำเจ้าพระยาลดลงต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีโครงการเฉลี่ย 0.08 เมตร และปริมาณน้ำที่ระบายออกทะเลสาบที่ปากแม่น้ำใน 1 เดือน ประมาณ 8,726 ล้าน ลบ.ม. มากกว่ากรณีปิดบานประตูคลองลัดโพธิ์ ประมาณ 136 ล้าน ลบ.ม. คิดเป็นอัตราการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มขึ้นประมาณ 50 ลบ.ม./วินาที หรือประมาณ 4.4 ล้าน ลบ.ม./วัน<sup>3</sup> ดังนั้นโครงการเพิ่มคลองลัดในแม่น้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำให้กับแม่น้ำได้ และยังสอดคล้องกับผลของการเพิ่มคลองลัดต่างๆทั่วโลกเช่น ในยูโกสลาเวีย โรมานี และฮังการี เป็นต้น ซึ่งประเทศต่างๆเหล่านี้ได้ทำการขุดคลองลัดเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการช่วยเร่งระบายน้ำในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดน้ำท่วม<sup>4</sup>

Hiroshi และคณะ<sup>5</sup> ได้ทำการศึกษาระบายน้ำของแม่น้ำที่มีลักษณะราบเรียบและมีความคดเคี้ยวในแม่น้ำเจ้าพระยาโดยใช้แบบจำลองทางตัวเลข ซึ่งการศึกษาได้จำลองเพิ่มคลองลัดในบริเวณลำน้ำที่มีการคดเคี้ยว จากผลการจำลองพบว่ากรณีลักษณะของแม่น้ำที่มีความคดเคี้ยวการเพิ่มคลองลัดจะส่งผลให้ระดับน้ำในแม่น้ำลดลง ประสิทธิภาพการระบายน้ำเพิ่มขึ้น และยังช่วยลดปัจจัยเสี่ยงของการเกิดน้ำท่วมบริเวณที่ราบลุ่มได้

จากเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้เกิดแนวความคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง เพราะคุณลักษณะของแม่น้ำท่าจีนตอนล่างมีความคล้ายคลึงกับแม่น้ำเจ้าพระยาอย่างมาก กล่าวคือมีลักษณะราบเรียบและคดเคี้ยวทำให้เกิดปัญหาอุทกภัยในพื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำท่าจีนจากผลของการระบายน้ำในลำน้ำเป็นไปอย่างล่าช้าทำให้ระดับน้ำในแม่น้ำสูงขึ้น ดังนั้นในการศึกษาจึงได้ทำการเพิ่มคลองลัดในบริเวณส่วนที่คดเคี้ยวของลำน้ำเพื่อลดระยะทางและเวลาในการระบายน้ำในแม่น้ำ โดยสร้างโครงการขุดคลองลัดแม่น้ำท่าจีนตอนล่างขึ้น 3 เส้นทาง ดังแสดงใน (Figure 2) ดังนี้ 1) คลองจิวราย ต.จิวราย อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม, 2) คลองทรงคะนอง ต.ทรงคะนอง อ.สามพราน จ.นครปฐม, 3) คลองท่าข้าม ต.ท่าข้าม อ.สามพราน จ.นครปฐม

นอกจากการเพิ่มคลองลัดในแม่น้ำท่าจีนทั้ง 3 ตำแหน่งดังกล่าวแล้ว หน้าตัดคลองลัดเองก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำสูงสุดให้กับลำน้ำ เพราะเนื่องจากหน้าตัดของลำน้ำส่งผลต่อการไหลในลำน้ำ ซึ่งเมื่อหน้าตัดคลองมีขนาดใหญ่จะทำให้เกิดผิวสัมผัสอย่างมก

ระหว่างน้ำกับผิวคลองส่งผลเกิดแรงเสียดทานสูงทำให้ประสิทธิภาพในการระบายน้ำต่ำ ดังนั้นเพื่อให้ลำน้ำมีประสิทธิภาพในการระบายน้ำสูงสุดต้องพิจารณาให้ลำน้ำมีผิวสัมผัสกับลำน้ำน้อยที่สุดเพราะทำให้เกิดแรงเสียดทานต่ำ ประสิทธิภาพในการระบายน้ำสูง และยังเกิดการสูญเสียในลำน้ำน้อยสุดด้วย<sup>6</sup> ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองลัดที่มีหน้าตัดใกล้เคียงกับลำน้ำธรรมชาติกับหน้าตัดที่ออกแบบตามหลักการหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ เพื่อหาหน้าตัดที่เหมาะสมในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในลำน้ำที่ดีที่สุดได้

## ทฤษฎีและเครื่องมือที่ใช้

### 1. แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic Module)

การคำนวณทางอุทกพลศาสตร์ของการไหลในลำน้ำแบบ 1 มิติ มีทฤษฎีที่สำคัญคือ กฎทรงมวลโดยยึดหลักว่าด้วยการไม่สูญสลาย/หายไปของมวลน้ำ และกฎของแรงกระทำทั้งนี้หากมีแรงกระทำที่ไม่สมดุลก็จะก่อให้เกิดการเคลื่อนที่สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้<sup>7</sup>

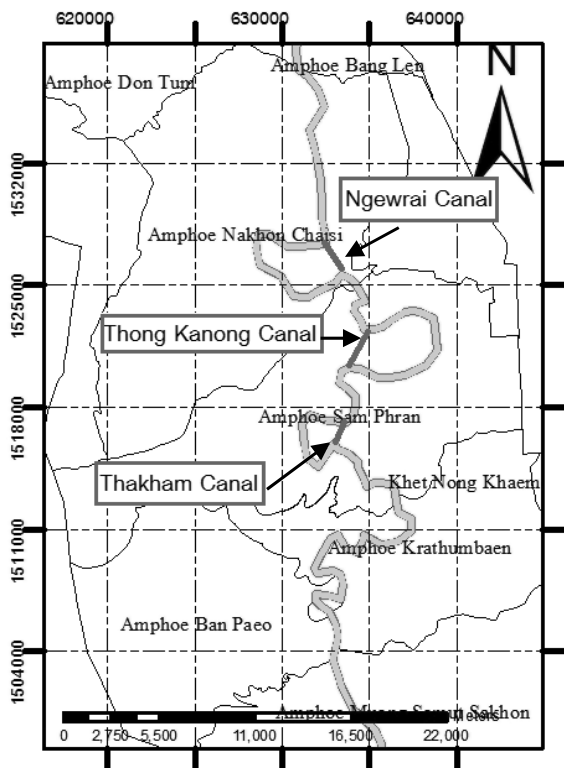
$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{2\theta}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} + \left( g \frac{A}{b} - \frac{Q^2}{A^2} \right) \frac{\partial A}{\partial x} + gA(S_f - S_0) = 0 \quad (2)$$

เมื่อ  $Q$  คือปริมาณการไหล,  $A$  คือพื้นที่หน้าตัดลำน้ำ,  $t$  คือเวลา,  $x$  คือระยะทาง,  $b$  คือความกว้างของลำน้ำ,  $g$  คืออัตราเร่งจากแรงโน้มถ่วง,  $S_f$  คือความลาดชันของความเสียดทาน,  $S_0$  คือความลาดชันของท้องน้ำ แบบจำลองนี้ทำการวิเคราะห์ความต้านทานของการไหลเนื่องจากความเสียดทานที่ท้องน้ำ สามารถคำนวณได้จากสมการของ Manning ดังสมการที่ 3

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_0^{1/2} \quad (3)$$

เมื่อ  $n$  คือสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ,  $A$  คือพื้นที่หน้าตัด, และ  $R$  คือรัศมีชลศาสตร์ ซึ่งการหาค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานการไหล ( $n$ ) นั้นสามารถประเมินได้จากการเปรียบเทียบแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบระหว่างลักษณะทางกายภาพที่ได้จากแบบจำลอง และลักษณะทางกายภาพของสภาพความเป็นจริงที่ได้จากข้อมูลภาคสนาม



**Figure 2** The proposed shortcut canals in the Tha Chin River

**2. วิธีการวัดผลการศึกษา**

ในการเปรียบเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลองฯ จะใช้ดัชนีทางสถิติมาเป็นตัวแทนในการเปรียบเทียบและตัดสินใจ ประกอบด้วยค่าความแม่นยำใช้วิธี Root mean square error (RMSE) ซึ่งแสดงวิธีคำนวณได้ดังสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(x - y)^2}{n}} \tag{4}$$

ค่าความสอดคล้องกันใช้วิธีทาง Goodness-of-fit ประกอบไปด้วยค่าสัมประสิทธิ์ Coefficient of determination ( $R^2$ ) และ Nash coefficient (NSE) ดังสมการ

$$R^2 = \frac{\left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right)^2}{\left( \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \times \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right)} \tag{5}$$

$$NSE = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \tag{6}$$

เมื่อ  $y$  = ระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง,  $x$  = ระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัด,  $\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ยระดับน้ำที่ได้จากการตรวจวัด,  $\bar{y}$  = ค่าเฉลี่ยระดับน้ำที่ได้จากแบบจำลอง,  $i$  = ลำดับของข้อมูล,  $n$  = จำนวนข้อมูล

ค่าที่ยอมรับได้ของค่าดัชนีทางสถิติ RMSE ต้องมีค่าน้อยที่สุด (เข้าใกล้ 0) และค่าสัมประสิทธิ์ Coefficient of determination ( $R^2$ ) และ Nash coefficient (NSE) ต้องเข้าใกล้ 1 และควรมากกว่า 0.6 ขึ้นไป<sup>๑</sup>

**3. หน้าตัดที่ดีที่สุดในทางชลศาสตร์**

หน้าตัดที่ดีที่สุดในทางชลศาสตร์ของลำน้ำ คือหน้าตัดที่มีพื้นที่ผิวสัมผัสผิวน้ำที่น้อยที่สุดระหว่างคลองกับลำน้ำ เมื่อผิวสัมผัสผิวน้ำที่น้อยที่สุดจะทำให้เกิดแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสผิวน้ำที่น้อยที่สุด ส่งผลให้ลำน้ำมีอัตราการไหลสูงขึ้นทำให้เกิดประสิทธิภาพการระบายน้ำได้อย่างมาก<sup>๑</sup>

จากการวิเคราะห์สมการอัตราการไหลของแมนนิง (Manning's Equation) พบว่าอัตราการไหลจะแปรผันเป็นส่วนกลับของเส้นขอบเปียก

$$Q \propto \left[ \frac{1}{P} \right]^{\frac{2}{3}} \tag{7}$$

จากสมการที่ 6 พบว่าเส้นขอบเปียก ( $P$ ) มีค่าต่ำสุด จะทำให้อัตราการไหล ( $Q$ ) มีค่าสูงสุด ดังนั้นในการวิเคราะห์หน้าตัดที่ใช้ในการศึกษา ดังแสดงใน (Figure 3) พบว่าหน้าตัดลำน้ำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีเส้นขอบเปียกน้อยที่สุด ความกว้างของลำน้ำจะต้องเท่ากับ 2 เท่าของความลึก ดังสมการที่ 8

$$b = 2y \tag{8}$$

เมื่อ  $b$  คือความกว้างของลำน้ำ และ  $y$  คือความลึกของลำน้ำ ในส่วนของหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูที่มีเส้นขอบเปียกน้อยที่สุด มุมของพื้นที่เอียงทางด้านข้างต้องเท่ากับ 60 องศา และความยาวแต่ละด้านต้องเท่ากัน ดังสมการที่ 9

$$\theta = 60^\circ, P = 3b \tag{9}$$

ดังนั้นในการศึกษานี้จะทำการจำลองหน้าตัดที่ดีที่สุดในทางชลศาสตร์ 2 หน้าตัด ประกอบไปด้วยหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ในการวิเคราะห์หาหน้าตัดที่เหมาะสมที่สุดในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีน

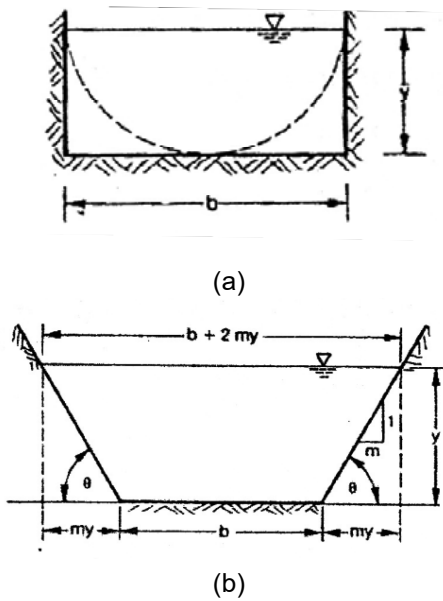


Figure 3 Cross section, (a) Rectangular, (b) Trapezoid

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา**

การศึกษากำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณแม่น้ำท่าจีน ตั้งแต่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา อำเภอเมือง จังหวัดสุพรรณบุรี ลงมาจนถึงปากแม่น้ำ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร รวมระยะทาง 202 กิโลเมตร ดังแสดงใน (Figure 1) สำหรับการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการจัดทำแบบจำลอง ประกอบด้วยข้อมูลอัตราการไหล และระดับน้ำรายวันที่ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา ในปี พ.ศ. 2555-2558 จากกรมชลประทาน, รูปตัดขวางลำน้ำซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 209 รูปตัด ซึ่งรวบรวมได้ในปี พ.ศ. 2545 จากกรมชลประทาน, ข้อมูลระดับน้ำทะเลที่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนรายชั่วโมงในปี พ.ศ. 2555-2558 จากกรมเจ้าท่า, ข้อมูลอัตราการไหลและระดับน้ำรายวันที่สถานีวัดน้ำท่า T1 (กม. 117) ซึ่งตั้งอยู่ที่อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐมในปี พ.ศ. 2555-2558 จากกรมชลประทาน โดยขั้นตอนการศึกษาสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

สร้างแบบจำลองทางอุทกพลศาสตร์ และทำการปรับเทียบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ ซึ่งใช้ข้อมูลอัตราการไหล และระดับน้ำในปี พ.ศ. 2555-2558 มาทำการปรับเทียบและตรวจพิสูจน์แบบจำลอง

เพิ่มคลองลัดในแม่น้ำจากแบบจำลอง และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายน้ำ โดยพิจารณาหน้าตัดคลองลัดให้มีลักษณะตามธรรมชาติ มีขนาดใกล้เคียงกับลำน้ำเดิม

วิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายน้ำของหน้าตัดคลองลัดที่ได้จากการออกแบบตามหลักการของหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ เพื่อหาหน้าตัดที่เหมาะสมในการระบายน้ำ

**ผลการศึกษา**

**การปรับเทียบแบบจำลอง**

ในการปรับเทียบแบบจำลอง MIKE11-HD พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำ (n) จากการปรับเทียบข ที่สถานีวัดระดับน้ำ T1 (กม.117) ในแม่น้ำท่าจีนมีค่า  $n=0.0375$  โดยจะให้ค่าที่ดีที่สุดทางสถิติของ  $R^2$ , NSE, และ RMSE, เท่ากับ 0.741, 0.703, และ 0.197 เมตรตามลำดับ ซึ่งต่อมากการศึกษาของ ฤๅญูภูมิและวิษุวัตก์<sup>10</sup> พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำจะแปรผันตามแต่ละช่วงของลำน้ำ ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการปรับเทียบค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำตลอดความยาวของลำน้ำ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของลำน้ำที่เหมาะสมที่สุดอยู่ในช่วง 0.035-0.062 ซึ่งได้จากการปรับเทียบแบบจำลองข ที่สถานีประตูระบายน้ำบางยี่หน (กม.25), ประตูระบายน้ำพระพิมล (กม.82), และประตูระบายน้ำมหาสวัสดิ์ (กม.116) ตามลำดับ

**การระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีนจากผลของการเพิ่มคลองลัด**

ในการจำลองการเพิ่มคลองลัดได้ทำการพิจารณาออกแบบคลองลัดให้มีขนาดสอดคล้องกับขนาดของแม่น้ำท่าจีน โดยมีลักษณะรูปสี่เหลี่ยมคางหมูมีความกว้างผิวคลอง 150 เมตร ลึก 10 เมตรและความกว้างท้องคลอง 50 เมตร ทั้ง 3 ตำแหน่ง

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบระดับน้ำของแม่น้ำท่าจีนก่อนและหลังมีโครงการขุดคลองลัดในแม่น้ำท่าจีน ระดับน้ำมีค่าลดลงสูงสุดเท่ากับ 0.188 เมตร และมีค่าเฉลี่ยทุกหน้าตัดลำน้ำเท่ากับ 0.075 เมตร โดยพื้นที่แม่น้ำท่าจีนตอนล่างตั้งแต่ กม.32+000 จนถึง กม.152+000 มีค่าระดับน้ำลดลงเฉลี่ย 0.120 เมตร และมีค่าอยู่ในช่วง 0.007 ถึง 0.188 เมตร ดังแสดงใน (Figure 4) และ (Table 1)

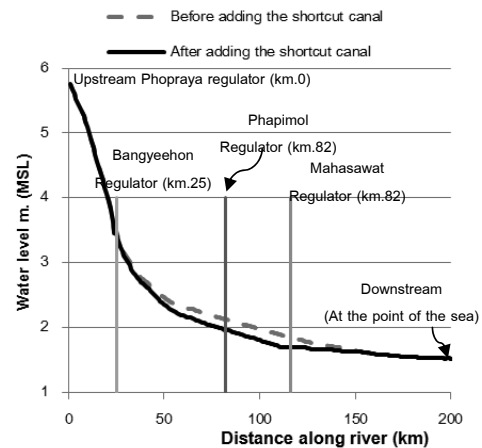


Figure 4 Water level comparisons of the Thachin River before and after adding the shortcut canal.

ส่วนการระบายน้ำหลังมีโครงการขุดคลองลัดพบว่า คลองลัดมีส่วนช่วยในการระบายน้ำได้เป็นอย่างมาก โดยมี อัตราการระบายของ คลองจันวาย, คลองทรงคะนอง, และคลองท่าข้าม อยู่ที่ 148.38, 146.62, และ 150.21 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ หรืออัตราการระบายน้ำจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.23 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ประมาณ 452,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวันดังแสดงใน (Figure 5) และ (Table 2)

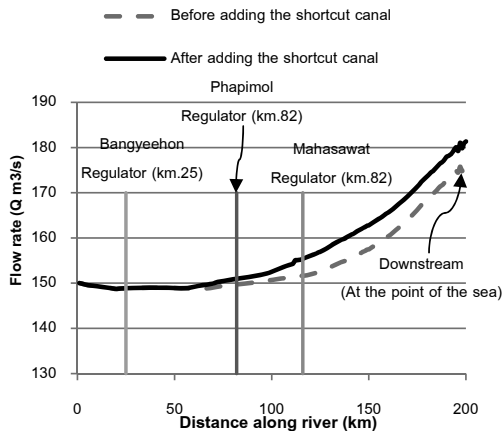


Figure 5 Flow rate comparisons of the Thachin River drainage before and after adding shortcut canal

Table 1 Water level comparisons after adding shortcut canal

Distance (km)	water level decrease (m)
0+000 to 23+070	0.000 - 0.026
23+070 to 43+000	0.026 - 0.081
43+000 to 63+000	0.081 - 0.140
63+000 to 111+940	0.140 - 0.188
111+940 to 125+000	0.188 - 0.098
125+000 to 149+000	0.098 - 0.027
149+000 to 201+000	0.027 - 0.000
<b>Average</b>	<b>0.075</b>

Table 2 Flow rate comparisons after adding shortcut canal

Distance (km.)	Difference of the flow rate (m³/s)
0+000 to 54+480	0.00 - 0.012
54+480 to 67+500	0.003 - 0.877
67+500 to 78+500	0.877 - 1.169
78+500 to 101+500	1.169 - 1.915
101+500 to 127+500	1.915 - 4.469
127+500 to 155+500	4.469 - 5.299
155+500 to 200+500	5.299 - 5.064
<b>Average</b>	<b>5.23</b>

จากการวัดประสิทธิภาพการระบายน้ำของคลองลัดที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดสอดคล้องกับลำน้ำเดิมพบว่า คลองลัดช่วยเพิ่มความสามารถในการระบายน้ำในแม่น้ำได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามคลองลัดที่ทำการศึกษานี้มีพื้นที่หน้าตัดประมาณ 1,000 ตารางเมตร ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่หน้าตัดขนาดใหญ่ทำให้มีต้นทุนสูงในการขุด ส่งผลให้หน้าตัดดังกล่าวมีความไม่เหมาะสมในการก่อสร้าง ดังนั้นในการศึกษาจึงได้ทำการพิจารณาหารูปแบบหน้าตัดที่ดีที่สุดในการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ อีกทั้งยังเป็นหน้าตัดที่เหมาะสมในการก่อสร้างด้วย

**ประสิทธิภาพการระบายน้ำในแม่น้ำท่าจีนด้วยหน้าตัดคลองลัดที่เหมาะสม**

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการระบายน้ำเพื่อหารูปแบบของหน้าตัดที่เหมาะสมจะทำการพิจารณาจากหลักการการไหลผ่านหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ ดังนั้นในการออกแบบหน้าตัดคลองลัดโดยใช้หลักการดังกล่าวได้ทำการกำหนดความลึก 10 เมตร ซึ่งสอดคล้องกับลำน้ำเดิม ดังนั้นหน้าตัดของลำน้ำที่ใช้ในการจำลองการไหลประกอบไปด้วยหน้าตัดดังแสดงใน (Figure 6)

หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู มีความกว้างของผิวคลอง 23.1 เมตร ความกว้างของท้องคลอง 11.55 เมตร และลึก 10 เมตรทั้ง 3 ตำแหน่ง

หน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีความกว้าง 20 เมตร ลึก 10 เมตร ทั้ง 3 ตำแหน่ง

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายน้ำของแม่น้ำท่าจีนที่ได้จากหน้าตัดทั้งสองพบว่า อัตราการไหลในคลองลัดมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมากในขณะที่พื้นที่หน้าตัดของคลองลัดมีขนาดน้อยกว่าเดิม โดยพื้นที่ของคลองลัดที่มีหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมูจะมีพื้นที่ 173 ตารางเมตร มีประสิทธิภาพการระบายน้ำที่คลองจันวาย, คลองทรงคะนอง, และคลองท่าข้าม อยู่ที่ 176.59, 192.65, และ 229.43 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ในส่วนคลองลัดหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีพื้นที่ 200 ตารางเมตร มีประสิทธิภาพการระบายน้ำที่คลองจันวาย, คลองทรงคะนอง, และคลองท่าข้าม อยู่ที่ 162.95, 174.73, และ 188.62 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ดังแสดงใน (Table 3)

การเพิ่มคลองลัดดังกล่าวพบว่า การไหลของน้ำในแม่น้ำโดยส่วนใหญ่จะไหลผ่านในคลองลัดเพราะเป็นระยะทางที่ตรงและสั้นที่สุดดังนั้นจะส่งผลให้อัตราการไหลในลำน้ำปกติลดลง ช่วยป้องกันภาวะน้ำล้นตลิ่ง และช่วยลดเวลาในการระบายน้ำลงสู่ทะเลที่บริเวณปากแม่น้ำได้



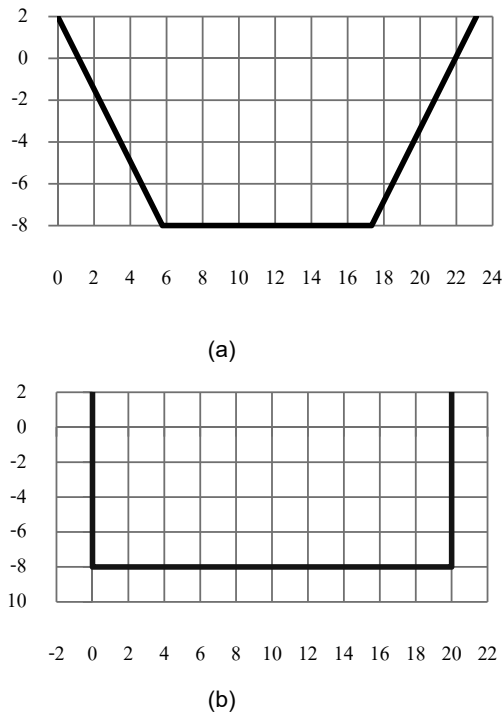


Figure 6 Designed Shortcut canal cross section

Table 3 Flow rate comparisons of all shortcut canal

shortcut canal	Flow rate (m <sup>3</sup> /s)		
	Natural Cross Section (A=1000m <sup>2</sup> )	Trapezoid Cross Section (A=173m <sup>2</sup> )	Rectangular Cross Section (A=200m <sup>2</sup> )
Ngewrai	148.38	176.59	162.95
Thong Kanong	146.62	192.65	174.73
Thakham	150.21	229.43	188.62

จากผลของอัตราการไหลของคลองลัดที่หน้าตัดต่างๆ พบว่าคลองลัดที่ได้ออกแบบตามหลักการการไหลผ่านหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์นั้น จะมีประสิทธิภาพการระบายน้ำดีกว่าหน้าตัดที่มีขนาดสอดคล้องกับลำน้ำธรรมชาติ โดยอัตราการไหลเพิ่มขึ้น ของลำน้ำหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ที่คลองจิวราย 19.01 % ที่คลองทรงคระนอง 31.39 % และที่คลองท่าข้าม 52.74 % ในส่วนอัตราการไหลเพิ่มขึ้น ของลำน้ำหน้าตัดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่คลองจิวราย 9.82 % ที่คลองทรงคระนอง 19.17 % และที่คลองท่าข้าม 25.57 % ดังแสดงใน (Table 4)

Table 4 Comparison of drainage efficiency at both cross sections

shortcut canal	% Difference of the flow rate (m <sup>3</sup> /s)	
	Trapezoid	Rectangular
Ngewrai	19.01	9.82
Thong Kanong	31.39	19.17
Thakham	52.74	25.57

สรุปผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาเปรียบเทียบการระบายน้ำของแม่น้ำท่าจีนตอนล่างที่มีลักษณะคดเคี้ยวในกรณีทั้งก่อนและหลังการเพิ่มคลองลัดพบว่า คลองลัดทำหน้าที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำได้เป็นอย่างดีระดับน้ำลดลงสูงสุดที่ 0.188 เมตร ซึ่งจะช่วยให้เกิดน้ำล้นตลิ่งท่วมพื้นที่ของเกษตรกรในพื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำท่าจีน และยังช่วยเพิ่มการระบายน้ำมากขึ้นกว่าเดิมโดยมีอัตราการระบาย ที่คลองจิวรายอยู่ที่ 148.38 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ที่คลองทรงคระนองอยู่ที่ 146.62 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และที่คลองท่าข้ามอยู่ที่ 150.21 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที หรืออัตราการระบายน้ำจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 5.23 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ประมาณ 452,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สำหรับเวลาในการระบายน้ำยอดคลื่นน้ำท่วม หลังมีโครงการขุดคลองลัดพบว่าเวลาลดลงจากเดิมคิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.67 ชั่วโมง และอยู่ในช่วง 1 ถึง 3 ชั่วโมง ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวสอดคล้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาที่คลองลัดโพธิ์ ซึ่งเป็นโครงการพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว และอีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของนักวิจัยอื่นๆ ด้วย

แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการระบายน้ำดังกล่าวได้จากกรณีวิเคราะห์คลองลัดที่มีหน้าตัดขนาดใหญ่ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 1,000 ตารางเมตร ส่งผลให้เกิดดินทุนสูงในกรณีที่จะทำการก่อสร้างขุดคลองลัด ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อหาหน้าตัดที่เหมาะสมในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ อีกทั้งยังช่วยลดพื้นที่หน้าตัดของคลองลัดลงเพื่อลดค่าใช้จ่ายในกรณีที่จะทำการก่อสร้างขุดคลองลัดด้วย

ซึ่งจากการศึกษาพบว่าหน้าตัดที่เหมาะสมจะต้องได้รับการออกแบบหน้าตัดตามหลักการของการไหลผ่านหน้าตัดที่ดีที่สุดทางชลศาสตร์ ซึ่งจากการศึกษาจำลองการไหลจากหน้าตัดคลองลัดที่ได้ออกแบบจากหลักการดังกล่าวพบว่า หน้าตัดที่เหมาะสมที่สุดคือ หน้าตัดคลองรูปสี่เหลี่ยมคางหมูโดยหน้าตัดดังกล่าวมีพื้นที่ประมาณ 173.25 ตารางเมตร ซึ่งมีพื้นที่น้อยกว่าหน้าตัดคลองลัดในส่วนแรก ประมาณ 82.68%

ทำให้ลดต้นทุนเป็นอย่างมากในกรณีที่จะทำการก่อสร้างชุดคลองลัด และจากพื้นที่หน้าตัดที่ลดลงประสิทธิภาพการระบายน้ำกลับเพิ่มขึ้น เพราะเนื่องจากความเสียหายระหว่างผิวของคลองกับลำน้ำลดลงจนมีค่าน้อยที่สุดส่งผลให้การระบายน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่าการระบายน้ำของคลองลัดในส่วนแรก โดยมีความแตกต่างการระบายหรืออัตราการระบายน้ำเพิ่มขึ้นที่คลองจิวราย, คลองทรงคะนอง, และคลองท่าข้าม อยู่ที่ 19.01 %, 31.39 %, และ 52.74 % ตามลำดับ ดังนั้นเห็นได้ว่าแม้หน้าตัดเล็กลงแต่ได้รับการออกแบบหน้าตัดที่ถูกต้องเหมาะสมจะส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำได้เป็นอย่างดีและลดค่าใช้จ่ายในกรณีที่จะทำการก่อสร้างชุดคลองลัดด้วย จากงานวิจัยดังกล่าวควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคตถึงความเหมาะสมในการขุดคลองลัดในด้านต่างๆ พร้อมทั้งศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้งานวิจัยสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนในการใช้ซอฟต์แวร์แบบจำลองต่างๆภายใต้ห้องปฏิบัติการวิจัยการจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่กรมชลประทาน กรมเจ้าท่าที่อนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการศึกษา และขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนและให้คำปรึกษาตลอดการศึกษาในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. ณัฐวุฒิ อินทบุตร, วิษุวัตต์ แต่สมบัติ. (2557). การศึกษาการรुक้าความเค็มและมาตรการควบคุมความเค็มในแม่น้ำท่าจีน, วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา, 25(4), 51-63.
2. กรมชลประทาน. (2541). รายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อมโครงการประตูระบายน้ำแม่ท่าจีน (ตอนล่าง) จังหวัดสุพรรณบุรีจังหวัดนครปฐม จังหวัดสมุทรสาคร, รายงานด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม (ฉบับหลัก), กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
3. ปริญญา กมลสินธุ์, กัญญา อินทร์เกลี้ยง. (2556). โครงการศึกษาประสิทธิภาพการระบายน้ำในคลองลัดโพธิ์และแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณใกล้เคียงภายหลังการก่อสร้างโครงการปรับปรุงคลองลัดโพธิ์, รายงานการศึกษากกรมชลประทาน.
4. Mitchell B, Kicosev S. (1998). Geographical and Economic Influences on the Colonization of the Ba-
5. nat. Geographica Pannonica, No. (2) 20-25.
5. Takebayashi H, Vannarat S, Tomkratoke S. (2014). Increase Method of Drainage Discharge of Inundated Water in Low Flat Land Considering Bed Deformation Characteristics, 6<sup>th</sup> International Conference on Flood management, Sao Paulo Brazil.
6. Ghazaw M Y. (2011). Design and analysis of a canal section for minimum water loss. Alexandria Engineering Journal (50) 337-344.
7. Danish Hydraulic Institute. (1995). MIKE 11 Reference Manual.
8. วราวุธ วุฒิวิชัย. (2553). การวิเคราะห์ความแม่นยำของแบบจำลองโดยใช้ Nash-Sutcliffe Efficiency และ R<sup>2</sup>, ชลกร "วันชูชาติ", ฉบับวันที่ 4 มกราคม 2553.
9. สันติ ทองฟ้านัก. (2534). การไหลในทางน้ำเปิด, เอกสารประกอบการสอน, ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
10. ณัฐวุฒิ อินทบุตร, วิษุวัตต์ แต่สมบัติ. (2557). การรูก้าของความเค็ม และการแพร่กระจายความเค็มตามความยาวของลำน้ำในแม่น้ำท่าจีนเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล, วารสารวิ ทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี, 3(2), 58-73.

## การจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน : กรณีศึกษา ตำบลขนาบนาก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

### GIS Database of *Nypa palm (Nypa fruticans)* utilization with community participation: A case study of Khanap Nak Subdistrict, Pak Phannang District, Nakhon Si Thammarat Province.

จันทิรา รัตนรัตน์<sup>1</sup>

Jantira Rattanarat<sup>1</sup>

Received: 11 September 2015; Accepted: 29 December 2015

#### บทคัดย่อ

การจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน กรณีศึกษา ตำบลขนาบนาก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์ 3 ข้อ คือ เพื่อจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน เพื่อรวบรวมและแก้ไขฐานข้อมูลสภาพแวดล้อมในตำบลขนาบนากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลจากการศึกษา ได้ทำการรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในระบบพิกัดกริด (Datum WGS 1984) จำนวนทั้งหมด 6 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลขอบเขตการปกครองตำบลขนาบนาก ข้อมูลแปลงโฉนดที่ดิน ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลถนน ข้อมูลทรัพยากรดิน และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และจากข้อมูลการขึ้นทะเบียนของเกษตรกรในปี พ.ศ. 2554 พบว่า มีครัวเรือนป่าจาก จำนวน 386 ครัวเรือน มีพื้นที่ 2,114.65 ไร่ สำหรับผลการศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกต้นจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดิน การระบายน้ำของดิน ระยะห่างจากแหล่งน้ำจืด และระยะห่างจากชายฝั่ง คูและคลองชลประทานน้ำเค็ม พบว่า ในพื้นที่ตำบลขนาบนาก มีพื้นที่ที่เหมาะสมปานกลางมากที่สุด (15,176.79 ไร่ หรือร้อยละ 88.91 ของพื้นที่ทั้งหมด) รองลงมาเป็นพื้นที่เหมาะสมน้อย (1,478.32 ไร่ หรือร้อยละ 8.66) และเหมาะสมมาก (414.65 ไร่ หรือร้อยละ 2.43)

**คำสำคัญ :** ป่าจาก ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ลุ่มน้ำปากพนัง โครงการพัฒนาลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

#### Abstract

A Geographic Information System (GIS) database of *Nypa palm (Nypa fruticans)* utilization was studied with community participation at Khanap Nak Subdistrict, Pak Panang District, Nakhon Si Thammarat Province. This research project has 3 objectives 1) to prepare GIS database with community help, 2) to gather & correct existing environmental GIS database and 3) to study suitable areas for *Nypa palm* plantation. The environmental GIS data in Projected Coordinate System (Datum WGS 1984) was constructed using a total of 6 layers (ie. Khanap Nak's administrative data, land deeds, surface water sources, transportations, soil data and land use data). According to the registration of farmers in 2014, there are 386 households with a total area of 2,114.65 rai growing *Nypa palm* (6.25 rai = 1 hectare). Suitable areas for *Nypa palm* plantation was analyzed by various physical factors including data of land use, soil types, soil drainages, distance from freshwater sources, and distance from coastal areas, and water irrigation ditches & canals. There are 15,176.79 rai (88.91%), 1,478.32 rai (8.66%) and 414.65 rai (2.43%) of moderately, less and most suitable areas for *Nypa palm* plantation, consecutively.

**Keywords:** *Nypa Palm*, Geographic Information System (GIS), Pak Phanang Basin, The Royal-initiated Pak Panang River Basin Development Project

<sup>1</sup> อาจารย์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช 80160

<sup>1</sup> Lecturer, School of Engineering and Resources, Walailak University, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80160

## บทนำ

จากการพัฒนาโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริทำให้สภาพแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นอันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนระบบนิเวศน้ำจากรบบ 3 น้ำ (น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม) ไปเป็นระบบ 2 น้ำ (น้ำจืด และน้ำเค็ม) ชุมชนที่เคยประกอบอาชีพและใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำในระบบนิเวศ 3 น้ำ ต้องมีการปรับตัวด้านอาชีพใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับระบบนิเวศน้ำที่เปลี่ยนไป ตำบลขนานนก เป็นตำบลหนึ่งที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง และได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน้ำดังกล่าว<sup>1</sup>

ในอดีตชุมชนขนานนกมีความอุดมสมบูรณ์ด้านทรัพยากรธรรมชาติสูง มีทรัพยากรน้ำที่เหมาะสมกับการประกอบอาชีพต่างๆ ถึง 3 น้ำ ได้แก่ น้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม เดิมชุมชนนี้มีอาชีพทำนาเป็นหลัก เนื่องจากทรัพยากรดินในพื้นที่เป็นดินที่เหมาะสมแก่การทำนาข้าว มีการทำนาลูกจากและการผลิตอื่นๆ เป็นอาชีพรองและอาชีพเสริม จนกระทั่งประมาณ ปี 2513 เป็นต้นมา น้ำตาลจากได้ถูกนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกหลายชนิด ทำให้ความต้องการน้ำตาลจากมีมากขึ้น ทำให้การผลิตน้ำตาลจากของชาวบ้านจึงมีความสำคัญไม่น้อยกว่าการทำนา ต่อมาประมาณช่วงปี พ.ศ. 2530 ได้มีการขยายตัวของพื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบพัฒนาในลุ่มน้ำปากพนัง จึงทำลายป่าจากเพื่อขุดบ่อเลี้ยงกุ้งและหยุดการทำจากและทำนา จนกระทั่งการเลี้ยงกุ้งล้มเหลว ชาวบ้านมีหนี้สินมาก จึงพยายามกลับมาทำ

ป่าจากอีกครั้ง แต่ไม่สามารถดำเนินการได้อย่างเป็นผลสำเร็จเช่นเดิม เนื่องจากป่าจากถูกรื้อทิ้งไปพอสมควรแล้ว แต่ที่เป็นปัญหามากคือในช่วงนี้ได้เกิดโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะช่วยเรื่องความเป็นอยู่ของชาวบ้านในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนังให้ดีขึ้น กิจกรรมของโครงการคือการก่อสร้างประตูระบายน้ำซึ่งกรมชลประทานเป็นหน่วยงานหลักในการดูแลรวมถึงทำโครงการอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาควบคู่ไปด้วย

แม้ว่าการสร้างประตูระบายน้ำ หรือที่ชาวบ้านเรียกว่าเขื่อนปากพนัง จะเป็นการแก้ปัญหาน้ำเค็มรุกตัวเข้ามาในเขตทำนาข้าว แต่เมื่อมีการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่หลายจุดผลที่ตามมา คือ มีการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ เกิดปัญหาความเดือดร้อนและความขัดแย้งในหลายพื้นที่ และเมื่อมีการก่อสร้างประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิแล้วเสร็จในปี พ.ศ.

2542 ผลจากการบริหารประตูระบายน้ำอุทกวิทยาประสิทธิซึ่งปิดกั้นแยกน้ำจืดและน้ำเค็มออกจากกัน มีการแบ่งเขตพื้นที่น้ำจืด - น้ำเค็ม พื้นที่ป่าจากของตำบลขนานนกถูกกำหนดให้อยู่ในพื้นที่น้ำเค็ม ทำให้ต้นจากซึ่งเจริญเติบโตได้ดีในระบบนิเวศน้ำกร่อยไม่ออกลูก ไม่แทงงอก (ช่อดอก) ไม่ให้น้ำหวานส่งผลให้คนทำอาชีพป่าจาก ทั้งน้ำตาลจาก เหล้าพื้นบ้าน น้ำส้ม เป็นต้น ต้องหยุดงาน สูญเสียรายได้เลี้ยงชีพและสิ้นคลอนวิถีการดำเนินชีวิตของชุมชนที่อาศัยและพึ่งพิงป่าจากมาแต่อดีต<sup>2</sup>

อย่างไรก็ดีประชาชนในพื้นที่ตำบลขนานนกที่ประกอบอาชีพทำจากได้มีการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปได้ในระดับหนึ่ง โดยอาศัยกลยุทธ์การปรับตัว 2 กลยุทธ์ คือ การปรับตัวบนพื้นฐานการผลิตทางการเกษตร เช่น การกลับไปทำนา ปลูกจาก ปลูกสน และการปรับตัวบนพื้นฐานการผลิตนอกภาคเกษตร เช่น การใช้แรงงานในการรับเย็บผ้าแบบเหมาช่วง เป็นต้น<sup>3</sup> และพื้นที่ตำบลขนานนกว่ายังเป็นพื้นที่ต้นแบบ (Model) ของการบริหารการขับเคลื่อนนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ. 2551-2553) สู่การปฏิบัติแบบมีส่วนร่วมในจังหวัดนาร่องและระดับท้องถิ่น ในเรื่องการจัดการน้ำ โดย กำนัน จันทรพรหมมาและคณะ<sup>4</sup>

ปัจจุบัน (พ.ศ. 2557) ชุมชนที่ยังประกอบอาชีพทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มป่าจาก ยังคงประสบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำยังคงมีความต้องการน้ำกร่อยเพื่อหล่อเลี้ยงพื้นที่ป่าจาก จะเห็นได้ว่าข้อมูล และฐานข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหา และการวางแผนในการจัดการพื้นที่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการจัดทำฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ป่าจาก และรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลเส้นทางน้ำ ข้อมูลทรัพยากรดิน และข้อมูลถนน เป็นต้น รวมถึงการหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกต้นจากเพิ่มเติมในพื้นที่ เพื่อเป็นฐานข้อมูลให้กับชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องไปปรับใช้ในการวางแผนการจัดการพื้นที่ต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน
2. เพื่อรวบรวมและแก้ไขฐานข้อมูลสภาพแวดล้อมในตำบลขนานนกในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
3. เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

## วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับชุมชน

1.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- ภาพถ่ายดาวเทียม GeoEye ความละเอียด 0.5 เมตร ปี พ.ศ. 2556 จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
- แผนที่หมู่บ้าน จากองค์การบริหารส่วนตำบลขนานนา อำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์จากต้นจาก จากงานวิจัย และเอกสารที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลการขึ้นทะเบียนของเกษตรกร จากสำนักงานเกษตรอำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช
- แผนที่ระวางที่ดินของตำบลขนานนา จากสำนักงานที่ดินจังหวัดนครศรีธรรมราช สาขาปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

1.2 จัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.0 มีขั้นตอนดังนี้

- ทำการปรับแก้ค่าพิกัดภาพถ่ายดาวเทียม GeoEye ปี พ.ศ. 2556 แผนที่หมู่บ้าน โหนดที่ดิน และระวางที่ดิน
- ทำการปรับแก้ชั้นข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมให้เป็นระบบพิกัดเดียวกัน โดยใช้ระบบพิกัด Projected Coordinate System, Datum WGS 1984
- ทำการจำแนกพื้นที่ป่าจาก ด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.0
- ออกแบบฐานข้อมูลป่าจาก ประกอบด้วย ข้อมูลเจ้าของพื้นที่ อาชีพ ที่อยู่ เอกสารสิทธิ์ที่ดิน การถือครองที่ดิน จำนวนต้นจาก อายุต้นจาก การใช้ประโยชน์และผลตอบแทน

- ทำการลงพื้นที่เพื่อบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล ร่วมกับเจ้าของพื้นที่ป่าจาก

- จัดประชุมเพื่อนำเสนอผลการศึกษา
- จัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของป่าจาก

2. การศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกจากในตำบลขนานนา อำเภopakพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

การศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกต้นจากในตำบลขนานนา เป็นการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับข้อมูลปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ ซึ่งได้จากผลการศึกษาของนพรัตน์ บำรุงรักษ์<sup>5</sup> และการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ ปัจจัยดังกล่าว ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน การระบายน้ำของดิน ชนิดดิน ข้อมูลแหล่งน้ำจืด และระยะห่างจากชายฝั่งคูและคลองชลประทานน้ำเค็ม ทำการให้ค่าถ่วงน้ำหนักและค่าคะแนนความเหมาะสมของแต่ละปัจจัย และทำการซ้อนทับข้อมูลด้วยโปรแกรม ArcGIS9.0 เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับเป็นแนวทางให้กับเกษตรกรที่จะทำการปลูกจากเพิ่มเติม

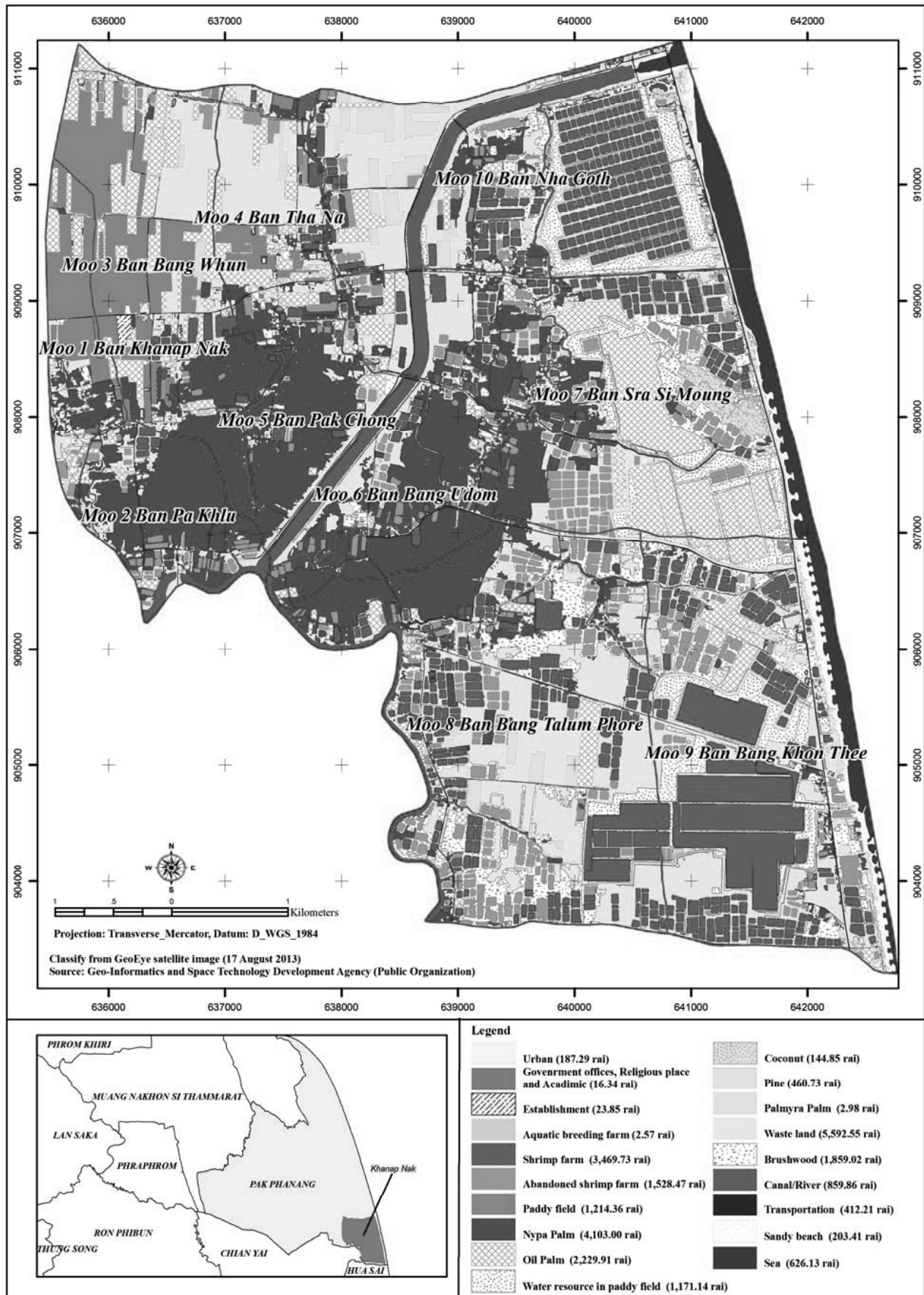
## ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. การรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

จากการรวบรวมข้อมูลสภาพแวดล้อมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และจัดทำข้อมูลให้อยู่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในระบบพิกัด Projected Coordinate System, Datum WGS 1984 ได้ข้อมูลจำนวนทั้งหมด 6 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลขอบเขตการปกครองตำบลขนานนา ข้อมูลแปลงโฉนดที่ดิน ข้อมูลแหล่งน้ำ ข้อมูลถนน ข้อมูลทรัพยากรดิน และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการพื้นที่ได้ในเบื้องต้น

2. การจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการจัดทำฐานข้อมูลป่าจากในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ข้อมูลการขึ้นทะเบียนของเกษตรกร และการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ทำป่าจากในพื้นที่ พบว่าครัวเรือนที่ทำป่าจากที่ขึ้นทะเบียนเกษตรกร เมื่อปี พ.ศ. 2554 มีจำนวน 386 ครัวเรือน และมีพื้นที่ป่าจากทั้งหมด 2,114.65 ไร่ แต่จากการรวบรวมข้อมูลขององค์การบริหารส่วนตำบลขนานนาในปี พ.ศ. 2556 พบว่า มีครัวเรือนทำป่าจากทั้งสิ้น 949 ครัวเรือน มีพื้นที่ 4,103.00 ไร่ เนื่องจากครัวเรือนทำจากในพื้นที่ตำบลขนานนาจำนวนหนึ่งไม่ได้มีการขึ้นทะเบียนเกษตรกร สำหรับรายละเอียดการใช้ประโยชน์พื้นที่ในตำบลขนานนาแสดงดัง (Figure 1)



**Figure 1** Landuse map in Khanap Nak Subdistrict, Pak Pannang District, Nakhon Si Thammarat Province.

ในพื้นที่ตำบลขนานนามมีการใช้ประโยชน์จากต้นจากเป็นหลัก คือ การทำน้ำตาลจาก โดยช่วงของการทำทั้งในบริเวณพื้นที่น้ำจืดและน้ำเค็ม จะแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเดือน ม.ค. – เม.ย. และช่วงเดือน มิ.ย. – ต.ค. นั่นคือ ใน 1 ปี สามารถทำน้ำตาลจากได้ 9 เดือน สำหรับปริมาณน้ำหวานและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ดังตารางที่ 1

**Table 1** The quantity of nectar's *Nypa palm* and economic return from *Nypa Palm*

Month	Quantity of nectar's <i>Nypa palm</i> Bucket/Rai/day	Economic compensation (Rai/month)
Jan. – Apr.	3	15,000
Jun. – Oct.	3.5	17,500

จะเห็นได้ว่าเมื่อคำนวณผลตอบแทนทั้งปี (ระยะเวลา 9 เดือน) พบว่า มีผลตอบแทนจากป่าจากทั้งหมด 147,500 บาท/ไร่/ปี

**การศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกต้นจาก**  
จากการศึกษาโดยใช้ปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ชุดดิน การระบายน้ำของดิน ระยะห่างจากแหล่งน้ำจืด และระยะห่างจากชายฝั่ง คูและคลองชลประทานน้ำเค็ม โดยทำการซ้อนทับ (Overlay) ในโปรแกรม ArcGIS 9.0 พบว่า พื้นที่ที่เหมาะสมโดยส่วนใหญ่ในพื้นที่ตำบลขนานนาม เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมปานกลาง มี 15,176.79 ไร่ หรือร้อยละ 88.91 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่เหมาะสมน้อย มีพื้นที่ 1,478.32 ไร่ หรือร้อยละ 8.66 ส่วนที่เหลือ 414.65 ไร่ หรือร้อยละ 2.43 เป็นพื้นที่เหมาะสมมาก (รูปที่ 2)

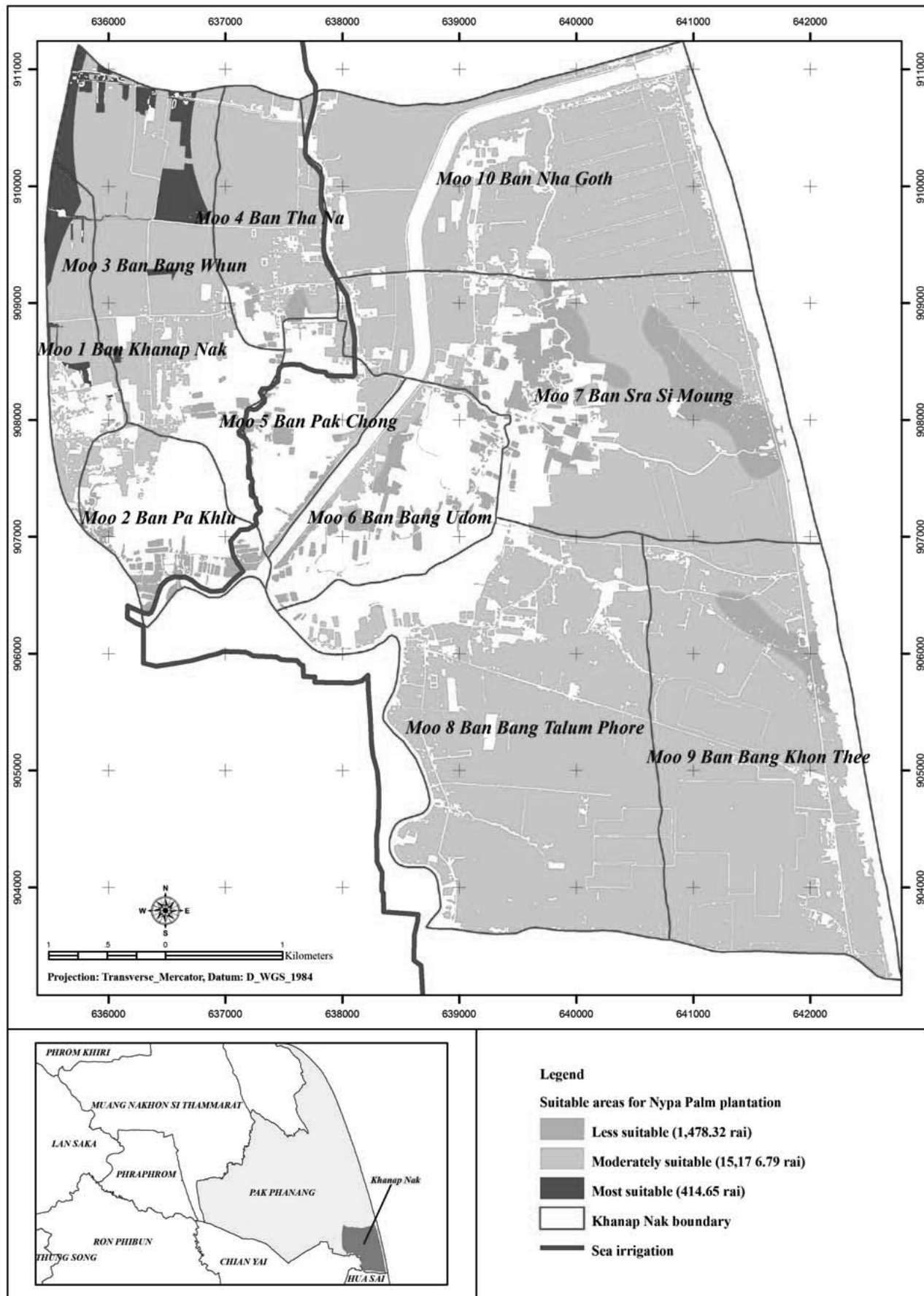
พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากจะอยู่บริเวณพื้นที่น้ำจืด ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านขนานนาม และหมู่ที่ 3 บ้านบางขุน

เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นจากในระยะ 1 - 2 เดือน จะต้องใช้น้ำจืดเพื่อให้ต้นจากสามารถเจริญเติบโตได้ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ นพรัตน์ บำรุงรักษา<sup>5</sup> เรื่องความเค็มของน้ำกับการเจริญเติบโตของกล้าจาก ซึ่งพบว่า การรดน้ำด้วยน้ำจืดต้นกล้าจะเจริญงอกงามดีที่สุดในรองลงมาคือรดด้วยน้ำกร่อย และน้ำเค็ม และต้นกล้าอายุน้อยจะมีความไวต่อความเค็ม เมื่อเวลาผ่านไป 54 วัน พบว่าต้นกล้าที่รดด้วยน้ำเค็มจะตายหมด

สำหรับพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง ซึ่งจะพบเป็นส่วนใหญ่ในพื้นที่ของตำบลขนานนาม ทั้งบริเวณพื้นที่ที่เป็นน้ำจืด และพื้นที่น้ำเค็มโดยพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงที่จะนำมาปลูกจาก คือ พื้นที่รกร้างว่างเปล่า/พื้นที่รกร้าง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่นาทุ่งร้าง ซึ่งในพื้นที่ตำบลขนานนาม มีพื้นที่นาทุ่งร้างประมาณ 1,528.47 ไร่ (รูปที่ 1) และมีแนวโน้มจะมีพื้นที่นาทุ่งร้างเพิ่มขึ้น สภาพนาทุ่งร้างในปัจจุบันเป็นพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์อย่างอื่นไม่ได้ จากการทดลองการปลูกต้นจากในพื้นที่นาทุ่งร้างของ นพรัตน์ บำรุงรักษา<sup>5</sup> พบว่า หลังปลูกต้นกล้าได้ 6 เดือน กล้าจะมีอัตราการรอดตายเกินร้อยละ 75 และเมื่ออายุ 4 - 7 ปี สามารถให้น้ำตาลได้ประมาณวันละ 1 ปีบ หรือ 25 กิโลกรัมต่อพื้นที่ปลูก 2 ไร่ ทำให้เกษตรกรมีรายได้วันละประมาณ 1,000 - 1,100 บาท

ดังนั้นการนำต้นจากไปปลูกทดแทนในนาทุ่งร้างจึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะประสบผลสำเร็จ เนื่องจากต้นจากเป็นพืชดั้งเดิมที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่น อีกทั้งยังมีคุณค่าทางด้านสิ่งแวดล้อม และทางด้านเศรษฐกิจ นอกจากนี้ต้นจากที่ปลูกในพื้นที่นาทุ่งร้างอาจสูงเร็วกว่ากล้าไม้ตามธรรมชาติ เพราะมีธาตุอาหารหลงเหลือในนาทุ่งเดิมค่อนข้างสมบูรณ์อีกด้วย<sup>5</sup>

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไปอาจมีการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นจาก ปริมาณน้ำตาลที่ได้จากต้นจาก ความหวานของน้ำตาล ในพื้นที่นาทุ่งร้างที่อยู่ในเขตพื้นที่น้ำเค็ม เปรียบเทียบกับพื้นที่น้ำจืดเพื่อใช้เป็นแนวทางการในการจัดการพื้นที่ของหน่วยงานรับผิดชอบต่อไป



**Figure 2** The Suitable areas of Nypa Palm plantation in Khanap Nak Subdistrict, Pak Pannang District, Nakhon Si Thammarat Province.



## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณรายได้ประจำปี 2557 จากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และมหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

## เอกสารอ้างอิง

1. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์. น้ำ... การคลี่คลายปัญหาความขัดแย้ง. นครศรีธรรมราช: กรีน โชน ปรีนติ้ง; 2553.
2. แพทริค จอร์ และคณะ. รายงานผลการศึกษาริวิจัยโครงการ “การศึกษาลำดับความสำคัญและความต้องการของประชาชนเพื่อการวิจัยและพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง”. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ร่วมกับสำนักงานสนับสนุนการวิจัย; 2547.
3. พรไทย ศิริสาธิตกิจ. ผลกระทบและการปรับตัวของเกษตรกรทำจากในสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและการเกิดขึ้นของโครงการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง :กรณีศึกษาชุมชนชนนาบนาก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2552.
4. ก้าน จันทร์พรหมมา และคณะ. การจัดทำต้นแบบ (โมเดล) นำร่องของการบริหารจัดการและชั้นนโยบายและยุทธศาสตร์การวิจัยของชาติ (พ.ศ.2551-2553) สู่การปฏิบัติแบบมีส่วนร่วมในจังหวัดนำร่องและระดับท้องถิ่นภาคใต้. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.); 2553
5. นพรัตน์ บำรุงรักษ์. การศึกษาด้านนิเวศวิทยา ประโยชน์ใช้สอย และการขยายพันธุ์ต้นจากในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช.สงขลา:มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2540.

## การดื้อต่อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อมในจังหวัดมหาสารคามและจังหวัดหนองบัวลำภู

### Antibiotic resistance of environmental Isolates of *Pseudomonas aeruginosa* in Maha Sarakham province and Nong Bua Lamphu province

กนกพร ไชยอนันต์พร,<sup>1\*</sup> ศรวณีย์ ทนุชิต,<sup>2</sup> สุทธิวรรณ ธรรมวัตร,<sup>1</sup> ทศพล ไชยอนันต์พร<sup>3</sup>

Kanokporn Chaianunporn,<sup>1\*</sup> Sonvane Tanuchit,<sup>2</sup> Sutthiwan Thammawat,<sup>1</sup> Thotsapol Chaianunporn<sup>3</sup>

Received: 30 August 2015; Accepted: 29 November 2015

#### บทคัดย่อ

*Pseudomonas aeruginosa* ที่ดื้อยาหลายชนิดในเวลาเดียวกัน (Multidrug resistant *P. aeruginosa* หรือ MDR *P. aeruginosa*) สามารถที่จะพบได้บนอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์, บุคลากรในโรงพยาบาล และสิ่งแวดล้อมภายในโรงพยาบาลซึ่งจะส่งผลให้เกิดความล้มเหลวในการรักษาการติดเชื้อชนิดนี้ด้วยยาปฏิชีวนะ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการกระจายของ MDR *P. aeruginosa* ในสภาพแวดล้อมภายนอกโรงพยาบาลมากนัก ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงต้องการเปรียบเทียบการกระจายของ MDR *P. aeruginosa* จากสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกโรงพยาบาลจากสามพื้นที่ ได้แก่ โรงพยาบาลมหาสารคาม โรงพยาบาลหนองบัวลำภู และมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยทำการศึกษารูปแบบการดื้อยาปฏิชีวนะของเชื้อ *P. aeruginosa* ที่เก็บจากดินและน้ำจากทั้งสามพื้นที่ด้วยวิธี disc diffusion method และทำการคำนวณหาอัตราส่วนของ MDR และดัชนีแสดงการดื้อต่อยาปฏิชีวนะหลายชนิด (Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index) ของเชื้อ *P. aeruginosa* จากผลการทดสอบพบว่า *P. aeruginosa* ที่แยกมาได้ดื้อต่อยา trimethoprim/sulfamethoxazole มากที่สุด (ร้อยละ 100.0) ดื้อต่อยา ceftazidime เป็นอันดับสอง (ร้อยละ 43.5-78.3) และดื้อต่อยา imipenem น้อยที่สุด (ร้อยละ 4.3-13.0) โดยที่ความชุกของ MDR *P. aeruginosa* จากทั้งสามพื้นที่จะอยู่ในช่วง 21.0-26.7% และค่า MAR index มากกว่า 0.2 จะพบใน ร้อยละ 62.9, 60.0 และ 91.3 ของ *P. aeruginosa* สายพันธุ์จากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โรงพยาบาลมหาสารคามและโรงพยาบาลหนองบัวลำภูตามลำดับ ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า MDR *P. aeruginosa* สามารถพบได้จากในดินและน้ำที่เก็บจากภายในโรงพยาบาลและพื้นที่นอกโรงพยาบาล

**คำสำคัญ :** เชื้อดื้อยาหลายชนิดในเวลาเดียวกัน ดัชนีแสดงการดื้อต่อยาปฏิชีวนะหลายชนิด เชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* disc diffusion เชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากสิ่งแวดล้อม

#### Abstract

Hospital surfaces, equipment, and healthcare staff are known sources of multidrug resistant (MDR) *Pseudomonas aeruginosa*, a pathogen capable of causing difficult- and impossible-to-treat infections. However, little information is available on the occurrence and distribution of MDR *P. aeruginosa* in the wider environment. In the present study, therefore, we examined soil samples collected in the vicinity of two hospitals (Mahasarakham Hospital and Nong Bua Lamphu Hospital) for the presence of MDR *P. aeruginosa*. We also examined soil and water samples collected from

<sup>1</sup> อาจารย์ ปรักลีนิก คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, <sup>2</sup> นิสิตปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,

<sup>3</sup> อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>1</sup> Preclinical Division, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand

<sup>2</sup> Faculty of Science, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150, Thailand

<sup>3</sup> Department of Environmental Science, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 42000, Thailand

\* Corresponding author: Kanokporn Chaianunporn, Preclinical Division, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44000, Thailand E-mail: kchaianunporn@gmail.com

a non-hospitals site (Mahasarakham University). Drug resistance of the bacteria was assessed by performing the disc diffusion method and calculating both the number of MDR *P. aeruginosa* isolates and the Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index of isolates. A high percentage of *P. aeruginosa* isolates was resistant to trimethoprim/sulfamethoxazole (100.0%) and ceftazidime (43.5-78.3%), with fewer exhibiting resistance to imipenem (4.3-13.0%). The prevalence of MDR *P. aeruginosa* ranged from 21.0-26.7%, and a MAR index greater than 0.2 was found in 62.9%, 60.0%, and 91.3% of the isolates from Mahasarakham University, Mahasarakham Hospital and Nong Bua Lamphu Hospital, respectively. These results demonstrate that soil and water, both in the proximity of hospitals and more distant areas, represent a potential source of MDR *P. aeruginosa*.

**Keywords:** Multidrug resistance (MDR), Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index, *Pseudomonas aeruginosa*, disc diffusion, environmental isolates

## Introduction

*Pseudomonas aeruginosa* is a Gram-negative bacterium found in soil and water, and on the surfaces of plants, animals and humans. *P. aeruginosa* is an important opportunistic human pathogen, responsible for 10-15% of hospital-acquired infections worldwide.<sup>1</sup> In immunocompromised individuals, for example patients with HIV infection, burns, cancer, or cystic fibrosis, *P. aeruginosa* can cause urinary tract infections, respiratory infections, wound infections including secondary infection of burns, and sepsis.<sup>2</sup> Such infections increase morbidity and mortality rates in these patients. *P. aeruginosa* can also cause infection in immunocompetent persons, for example folliculitis, green nail syndrome, and hot foot syndrome.<sup>2</sup> A major problem with *P. aeruginosa* infections is the lack of treatment options because *P. aeruginosa* is intrinsically resistant to several classes of antibiotic. Selecting an inappropriate antibiotic has important consequences including the development of new resistant or multidrug resistant strains and therapy failure.

A high prevalence of multidrug resistance indicates a serious need for broad-based, local antibiotic resistance surveillance, and planning of effective interventions to prevent spread of the multidrug resistant microorganism.<sup>3,4</sup> Multiple antibiotic resistance (MAR) in bacteria is most commonly associated either with the presence of plasmids which contain one or more resistance genes, or chromosomal DNA mutations.<sup>5,6</sup> One good indicator for multiple antibiotic resistance in bacteria is the Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index. The MAR index is calculated as the ratio of 'the number of antibiotics to which the

organism is resistant' to the 'total number of antibiotics to which the organism is exposed' and it has been shown to be a cost effective and valid method of bacteria source tracking.<sup>4,7,8</sup>

Antibiotic resistant strains of *P. aeruginosa* have been reported in several locations<sup>9,10</sup> including Thailand.<sup>11,12</sup> In Thailand, however, most studies have focused on clinical isolates of *P. aeruginosa*. The distribution of MDR *P. aeruginosa* in the environment has never been assessed, although inappropriate use of antibiotics, a factor which might increase antibiotic resistance in the wider environment, has been extensively reported.<sup>13-16</sup> In this study, therefore, we examined strains of *P. aeruginosa* isolated both in the vicinity of hospitals and further away for resistance to commonly used antibiotics. This information will permit an evaluation of the current situation of environmental antibiotic resistance in *P. aeruginosa* in Northeast Thailand, enabling hospitals and clinics to make evidence-based decisions in their management of *P. aeruginosa* infections.

## Materials and Methods

### Sample collection

A total of 180 environmental samples were randomly collected from Mahasarakham and Nong Bua Lamphu provinces, Thailand. One hundred and twelve samples (8 samples from pond water and 104 from soil) originated from Mahasarakham University's Khamriang Campus, which is 9.3 km away from Mahasarakham Hospital. Another 28 soil samples were collected from Mahasarakham Hospital, Mueang District, Maha

Sarakham province and 40 soil samples were from Nong Bua Lamphu Hospital, Mueang District, Nong Bua Lamphu province. We collected only soil samples from the two hospitals, because there was no surface water at these sites. The sample sizes were determined by the area available for collection. The larger the area of soil and water available, the larger the number of samples collected. Sample collection was conducted between June and December 2011. The soil samples were stored in sealed plastic bags and the water samples kept in sterile bottles (room temperature) during transport to the laboratory. All samples were processed immediately upon arrival at the laboratory.

#### Isolation and identification of *P. aeruginosa*

Ten grams of each soil sample and 10 ml of each water sample were diluted with 90 ml sterile water, and plated on differential medium (*Pseudomonas* agar P) in triplicate. Plates were incubated at 37°C for 18-24 hours and observed for colonies of *P. aeruginosa*. *P. aeruginosa* was further identified by routine bacteriological methods (i.e. colonial morphology, Gram stain, motility test, growth at 42°C) and traditional biochemical methods (i.e. oxidase test, urease test, nitrate reduction test, indole test, pyocyanin production, TSI agar test, DNase test, O/F test, ONPG test).<sup>17</sup>

#### Antimicrobial susceptibility testing

Antibiotic susceptibility was determined using the NCCLS disc diffusion method with *P. aeruginosa* ATCC 27853 as the control strain.<sup>18</sup> Antibiotic discs [ceftazidime (30 µg), gentamicin (10 µg), norfloxacin (10 µg), imipenem (10 µg), amikacin (30 µg), trimethoprim/sulfamethoxazole (1.25/23.75 µg), and ciprofloxacin (5 µg)] were purchased from Becton Dickinson and Company (BD). Isolates were identified as multidrug resistant (MDR) *P. aeruginosa* if they were resistant to 3 or more of the following antibiotic classes: penicillins / cephalosporins / monobactams, carbapenems, aminoglycosides, and fluoroquinolones.<sup>19</sup>

#### Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index

The MAR index of each isolate was calculated as the ratio  $a/b$ , where  $a$  represents the number of antibiotics the isolate is resistant to, and  $b$  represents the total number of antibiotics against which the isolate is tested. Typically, a MAR index value greater than 0.2 is observed when isolates are commonly exposed to several antibiotics, whereas a MAR index value lower than 0.2 occurs when isolates are rarely or never exposed to antibiotics.<sup>4,7,8</sup>

#### Results

A total of 100 *P. aeruginosa* isolates (98 from soil samples and 2 from water samples) were recovered from the 172 soil samples and 8 water samples. Of the 100 isolates, 62 were obtained from Mahasarakham University, 23 were from Nong Bua Lamphu Hospital, and 15 were from Mahasarakham Hospital.

Antibiotic resistant *P. aeruginosa* was detected at all of our study locations, with all of the isolates shown to be resistant to at least one of the tested antibiotics. Table 1 shows how the antibiotic resistance profiles varied between the different locations. Among the *P. aeruginosa* isolates from these three locations, trimethoprim/sulfamethoxazole resistance was detected with the highest frequency (100.0%), followed by ceftazidime (43.5-78.3%) and gentamycin (24.2-40.0%). Imipenem resistance was detected with the lowest frequency (4.3-13.0%).

The prevalence of MDR *P. aeruginosa* ranged from 21.0-26.7% depending on the location (Table 2). Interestingly, the prevalence of MDR *P. aeruginosa* at the two hospitals (21.7% for Nong Bua Lamphu Hospital and 26.7 % for Mahasarakham Hospital) was only slightly higher than that detected at the non-hospital site (21.0% for Mahasarakham University).

**Table 1** Percentage of *P. aeruginosa* isolates resistant to each antibiotic from water and soil samples at the different locations

Class of antibiotic	Antibiotic	Percentage of resistant isolates					
		MSU (n=62)		HpMs (n=15)		HpNb (n=23)	
		S (%)	I/R (%)	S (%)	I/R (%)	S (%)	I/R (%)
Aminoglycoside	Amikacin	72.6	27.4	73.3	26.7	47.8	52.2
	Gentamycin	75.8	24.2	60.0	40.0	60.9	39.1
Carbapenem	Imipenem	93.5	6.5	86.7	13.0	95.7	4.3
Cephalosporin	Ceftazidime	56.5	43.5	46.7	53.3	21.7	78.3
Fluoroquinolone	Ciprofloxacin	75.8	24.2	73.3	26.7	60.9	39.1
	Norfloxacin	88.7	11.3	73.3	26.7	87.0	13.0
Sulfonamide	Trimethoprim	0.0	100.0	0.0	100.0	0.0	100.0
	/Sulfamethoxazole						

The number of isolates is shown in parentheses at the top of each column; MSU: Mahasarakham University; HpMs: Mahasarakham Hospital; HpNb: Nong Bua Lamphu Hospital; S: sensitive; I: intermediate; R: resistant.

**Table 2** Percentage of MDR *P. aeruginosa* isolates obtained from the three studied locations

Location	MDR <i>P. aeruginosa</i> (%)
Mahasarakham University (n=62)	21.0
Mahasarakham Hospital (n=15)	26.7
Nong Bua Lamphu Hospital (n=23)	21.7

The MAR index values determined for *P. aeruginosa* isolates in this study ranged from 0.14 to 1.00 (Table 3). The proportion of isolates with a MAR value greater than 0.2 were, respectively, 62.9%, 60.0%, and 91.3% for the sites at Mahasarakham University,

Mahasarakham Hospital and Nong Bua Lamphu Hospital (Table 3). This indicates that a large proportion of the isolates examined are likely to originate from humans or animals, where antibiotic use is common.

**Table 3** Multiple Antibiotic Resistance (MAR) index of *P. aeruginosa* isolates obtained from the three studied locations

MAR index	Mahasarakham University (%)	Mahasarakham Hospital (%)	Nong Bua Lamphu Hospital (%)
1(0.14)	37.1	40.0	8.7
2(0.29)	<b>27.4</b>	<b>20.0</b>	<b>21.7</b>
3(0.43)	<b>12.9</b>	<b>13.3</b>	<b>39.1</b>
4(0.57)	<b>9.7</b>	<b>0.0</b>	<b>17.4</b>
5(0.71)	<b>6.5</b>	<b>0.0</b>	<b>8.7</b>
6(0.86)	<b>4.8</b>	<b>13.3</b>	<b>0.0</b>
7(1.00)	<b>1.6</b>	<b>13.3</b>	<b>4.3</b>
<b>Total MAR&gt;2</b>	<b>62.9</b>	<b>60.0</b>	<b>91.3</b>

## Discussion and Conclusions

In this study, researchers determined the resistance profiles of environmental isolates of *P. aeruginosa* from Northeast Thailand to a range of antibiotics in common national use. Strains of antibiotic resistant *P. aeruginosa* were detected at hospital sites (Mahasarakham Hospital and Nong Bua Lamphu Hospital), and also at a non-hospital site (Mahasarakham University). The antibiotic resistance profiles of these isolates varied between the sites.

*P. aeruginosa* is intrinsically resistant to trimethoprim/sulfamethoxazole<sup>20, 21</sup>, therefore it was not surprising to find that all of the isolates in this study, without exception, were resistant to this drug combination. We also found that, at all three sites, a high proportion of the *P. aeruginosa* isolates were resistant to ceftazidime. Ceftazidime is a treatment currently recommended for many types of infection including melioidosis, which is caused by another bacterium present in these areas, *Burkholderia pseudomallei*.<sup>22, 23</sup> Our detection of ceftazidime resistance in *P. aeruginosa* suggests that other soil bacteria, including *B. pseudomallei*, might be ceftazidime resistant. This is potentially problematic as there is a high prevalence of melioidosis across Northeast Thailand.<sup>24, 25</sup> We also found that the proportion of antibiotic resistant bacteria isolated from the hospital sites was slightly higher than at the non-hospital site, probably because these isolates have been exposed to antibiotics more recently or more often, as suggested by Moges *et al.*<sup>26</sup>

Researchers determined that more than 20% of the isolates collected from sites at Mahasarakham Hospital and Nong Bua Lamphu Hospital are MDR *P. aeruginosa*. Since a high prevalence of multidrug resistance indicates the need for an antibiotic surveillance program, we also calculated the MAR index of these isolates to antibiotics in common use to differentiate bacteria from different sources. This analysis shows that 60.0% and 91.3% of *P. aeruginosa* isolates from Mahasarakham Hospital and Nong Bua Lamphu Hospital, respectively, had a MAR index greater than 0.2. This suggests that these strains had been exposed to antibiotics previously. Practical methods are therefore needed to

control bacterial contamination not just within hospitals, but also to stop spread from hospitals to the nearby environment. Nosocomial infections caused by *P. aeruginosa* are frequently life-threatening and difficult to control. Antibiotic resistant *P. aeruginosa* can be traced to human sources, such as direct shedding from colonized humans, especially during hospitalization, and often following inappropriate empirical antibiotic therapy.<sup>27-29</sup> Additionally, horizontal gene transfer between hospital isolates can contribute to widespread distribution of multidrug resistant strains.<sup>30, 31</sup> A patient colonized or infected with multidrug resistant *P. aeruginosa* can lead to in-room and neighboring area contamination, and contaminated water, fomites and aerosols. This can result in further infections in susceptible individuals, the clinical treatment and containment of these infections becoming an ever more challenging problem.<sup>32-34</sup>

The study also found that about 21.0% of environmental isolates from the non-hospital site, Mahasarakham University were MDR *P. aeruginosa*. This result reveals there is minimal difference in the distribution of MDR strains between hospital and non-hospital sites, suggesting the existence of MDR strains in outpatients and the community. This finding adds to a growing number of reports showing that environmental isolates of *P. aeruginosa* can sustain not just antibiotic resistance, but multiple drug resistance.<sup>8, 17, 26, 29, 35</sup> Interestingly, our results also show that 62.9% of environmental isolates from the non-hospital site had a MAR index greater than 0.2. This suggests that not just hospital sites but also non-hospital sites represent reservoirs for antibiotic resistant *P. aeruginosa*. In theory, the absence of selective pressure at non-hospital sites should reduce antimicrobial resistance levels, since antibiotic resistant strains typically have lower fitness than wild-type susceptible strains.<sup>36-37</sup> However, antibiotics and other soil and water pollutants, such as heavy metals, might create a sufficiently strong selection pressure to maintain antibiotic resistance genes in environmental *P. aeruginosa*.<sup>8, 9, 38</sup>

In Thailand, the inappropriate use of antibiotics has been widely reported. Examples include the use of

antibiotics in patients without evidence of infection, the use of antibiotics in patients who do not need antibiotics<sup>13</sup>,<sup>15</sup>,<sup>16</sup>, the use of antibiotics against which the target strain is not susceptible, and the use of broad-spectrum antibiotics where a narrow-spectrum alternative would have been effective.<sup>14</sup> This overuse creates a strong selective pressure for the emergence of new antibiotic resistant, multiple drug resistant and extensively drug resistant pathogens in Thailand, increasing the risk of untreatable bacterial infections. The findings in this study suggest that antibiotics may now be polluting the environment, creating a selection pressure that enables *P. aeruginosa* in the soil and water to maintain antibiotic resistance genes. It is therefore important to determine regional resistance patterns of clinical and environmental isolates of *P. aeruginosa* to enable physicians to choose the most appropriate antibiotic, improving patient prognosis and reducing unnecessary use of last resort antibiotics.

This study detected MDR *P. aeruginosa*, strains of bacteria with the potential to cause difficult- and impossible-to-treat infections, in soil and water samples collected from hospital and non-hospital sites in Northeast Thailand. This finding underlines the need to raise public awareness about inappropriate antibiotic use, a likely driving factor for the existence of MDR *P. aeruginosa* at these locations. Due to the prevalence of MDR *P. aeruginosa* in the studied areas, it is important that antibiotic surveillance programs as well as phylogenetic studies of environmental and clinical samples are now carried out to understand the origin and movement of resistant isolates and genes.

### Acknowledgements

This study was funded by a grant from Faculty of Medicine, Mahasarakham University. The authors thank Dr. Tim Cushnie for language-editing the manuscript.

### References

- Blanc DS, Petignat C, Janin B, Bille J, Francioli P. Frequency and molecular diversity of *Pseudomonas aeruginosa* upon admission and during hospitalization: A prospective epidemiologic study. *Clin Microbiol Infec* 1998;4:242-7.
- Kerr KG, Snelling AM. *Pseudomonas aeruginosa*: a formidable and ever-present adversary. *J Hosp Infect* 2009;73(4):338-44.
- Olayinka BO, Olonitola OS, Olayinka AT, Agada EA. Antibiotic susceptibility pattern and multiple antibiotic resistance index of *Pseudomonas aeruginosa* urine isolates from a university teaching hospital. *Afr J Clin Exper Microbiol* 2004 May;5(2):198-202.
- Osundiya OO, Oladele RO, Oduyebo OO. Multiple antibiotic resistance (MAR) indices of *Pseudomonas* and *Klebsiella* species isolates in Lagos university teaching hospital. *Afr J Clin Exper Microbiol* 2013 Sep;14 (3):164-8.
- Daini OA, Ogbolu OD, Oguledun A. Quinolone resistance and R-plasmids of some Gram negative enteric bacilli. *Afr J Clin Exper Microbiol* 2005 Jan;6(1):14-20.
- Strateva T, Yordanov D. *Pseudomonas aeruginosa* - A phenomenon of bacterial resistance. *J Med Microbiol* 2009;58:1133-48. doi:10.1099/jmm.0.009142-0
- Krumperman PH. Multiple antibiotic resistance indexing of *Escherichia coli* to identify high-risk sources of fecal contamination of foods. *Appl Environ Microbiol* 1983 Jul;46(1):165-70.
- Matyar F, Akkan T, Ucak Y, Eraslan B. *Aeromonas* and *Pseudomonas* : antibiotic and heavy metal resistance species from Iskenderun bay, Turkey (northeast Mediterranean sea). *Environ Monit Assess* 2010; 167:309-20. doi:10.1007/s10661-009-1051-1
- Alonso A, Sanchez P, Martinez JL. Environmental selection of antibiotic resistance genes. *Environ Microbiol* 2001;3(1):1-9.
- Baquero F, Martinez JL, Canton R. Antibiotics and antibiotic resistance in water environments. *Curr Opin Biotech* 2008;19(3):260-65. doi: 10.1016/j.copbio.2008.05.006
- Khuntayaporn P, Montakantikul P, Santanirand P, Kiratisin P, Chomnawang MT. Molecular investigation of carbapenem resistance among multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* isolated clinically in Thai-

- land. *Microbiol Immunol* 2013;57(3):170-78. doi: 10.1111/1348-0421.12021
12. Rattanaumpawan P, Ussavasodhi P, Kiratisin P, Aswapokee N. Epidemiology of bacteremia caused by uncommon non-fermentative gram-negative bacteria. *BMC Infect Dis* 2013;13:167. doi: 10.1186/1471-2334-13-167
  13. Panpanich R, Chariyalertsak S, Siviroj P, Chansung K, Sunchaisuriya P, Laohasiriwong W, et al.. Antibiotics prescription rates for upper respiratory tract infections in Thai National Health Insurance Systems. *J Health Sci* 2003 Jul;12(4):522-9.
  14. Apisarnthanarak A, Mundy L. Inappropriate use of carbapenems in Thailand: A need for better education on de-escalation therapy. *Clin Infect Dis* 2008 Sep;47(6):858-9. doi: 10.1086/591279
  15. Apisarnthanarak A, Mundy L. Comparison of methods of measuring pharmacy sales of antibiotics without prescriptions in Pratumthani, Thailand. *Infect Cont Hosp Ep* 2009 Nov;30(11):1130-2. doi: 10.1086/647980
  16. Sumpradit N, Chongtrakul P, Anuwong K, Pumtong S, Kongsomboon K, Butdeemee P, et al.. Antibiotics Smart Use: a workable model for promoting the rational use of medicines in Thailand. *B World Health Organ* 2012;90(12):905-13. doi:10.2471/BLT.12.105445
  17. Ullah A, Durrani R, Ali G, Ahmed S. Prevalence of antimicrobial resistant *Pseudomonas aeruginosa* in fresh water spring contamination with domestic sewage. *J Biol Food Sci Res* 2012 Apr;1(2):19-22.
  18. National Committee for Clinical Laboratory Standards. Performance standard for antimicrobial disk susceptibility tests; Approved Standard-9<sup>th</sup> edition, NCCLS document M2-A9. 2006;26:1-52.
  19. Barbier F, Wolff M. Multi-drug resistant *Pseudomonas aeruginosa*: towards a therapeutic dead end? *Med Sci (Paris)* 2010;26(11):960-8. doi:10.1051/medsci/20102611960
  20. Huovinen P. Resistance to Trimethoprim-Sulfamethoxazole. *Clin Infect Dis* 2001 Jun;32(11):1608-14.
  21. Lambert PA. Mechanism of antibiotics resistance in *Pseudomonas aeruginosa*. *J Roy Soc Med* 2002 Sep;41(95):22-6.
  22. Inglis TJJ. The treatment of Melioidosis. *Pharmaceuticals* 2010;3:1296-303. doi:10.3390/ph3051296.
  23. Panomket P. Antimicrobial agents and *Burkholderia pseudomallei*: perspective from Thailand. *Asian Biomed* 2014 Apr;8(2):167-72. doi: 10.5372/1905-7415.0802.276
  24. Limmathurotsakul D, Wongratanacheewin S, Teerawattanasook N, Wongsuvan G, Chaisuksant S, Chetchotisakd P, et al.. Increasing incidence of Human melioidosis in Northeast Thailand. *Am J Trop Med Hyg* 2010;82(6):1113-7. doi:10.4269/ajtmh.2010.10-0038
  25. Wuthiekanun V, Amornchai P, Saiprom N, Chantrata N, Chierakul W, Koh GCKW, et al.. Survey of antimicrobial Resistance in clinical *Burkholderia pseudomallei* isolates over two decades in Northeast Thailand. *Antimicrob Agents Chemother* 2011 Nov;55(11):5388-91. doi:10.1128/AAC.05517-11
  26. Moges F, Endris M, Belyhun Y, Worku W. Isolation and characterization of multiple drug resistance bacterial pathogens from waste water in hospital and non-hospital environments, Northwest Ethiopia. *BMC Research Notes* 2014;7:215. doi: 10.1186/1756-0500-7-215
  27. Morrison AJ, Wenzel RP. Epidemiology of infections due to *Pseudomonas aeruginosa*. *Rev Infect Dis* 1984;6(Suppl. 3):S627-42.
  28. Carmeli Y, Troillet N, Etiopoulos GM. Emergence of antibiotic-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: comparison of risk associated with different anti-pseudomonal agents. *Antmicrob Agents Ch* 1999 Jul;43(6):1379-82.
  29. Lister PD, Wolter DJ, Hanson ND. Antibacterial-resistant *Pseudomonas aeruginosa*: Clinical impact and complex regulation of chromosomally encoded resistance mechanisms. *Clin Microbiol Rev* 2009 Oct;22(4):582-610. doi:10.1128/CMR.00040-09
  30. Rhodes G, Huys G, Swings J, McGann P, Hiney M, Smith P, et al.. Distribution of oxytetracycline resistance plasmids between aeromonas in hospital and



- aquaculture environments: Implication of Tn1721 in dissemination of the tetracycline resistance determinant Tet A. *Appl Environ Microbiol* 2000 Sep;66(9):3883-90. doi: 10.1128/AEM.66.9.3883-3890.2000
31. de Oliveira AC, Maluta RP, Stella AE, Rigobelo EC, Marin JM, de Avila FA. Isolation of *Pseudomonas aeruginosa* strains from dental office environments and units in Barretos, state of Sao Paulo, Brazil, and analysis of their susceptibility to antimicrobial drugs. *Braz J Microbiol* 2008;39(3):579-84.
  32. Jung R, Fish DN, Obritsch MD, MacLaren R. Surveillance of multi-drug resistant *Pseudomonas aeruginosa* in an urban tertiary-care teaching hospital. *J Hosp Infect* 2004;57(2):105-11. doi:10.1016/j.jhin.2004.03.001
  33. Rogues AM, Boulestreau H, Lashéras A, Boyer A, Gruson D, Merle C et al.. Contribution of tap water to patient colonisation with *Pseudomonas aeruginosa* in a medical intensive care unit. *J Hosp Infect* 2007;67(1):72-78. doi:10.1016/j.jhin.2007.06.019
  34. Hirsch EB, Tam VH. Impact of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* infection on patient-outcomes. *Expert Rev Pharmacoecon Outcomes Res* 2010 Aug;10(4):441-51. doi:10.1586/erp.10.49
  35. Lutz JK, Lee JY. Prevalence and antimicrobial resistance of *Pseudomonas aeruginosa* in swimming pools and hot tubs. *Int J Environ Res Public Health* 2011; 8: 554-64. doi:10.3390/ijerph8020554
  36. Anderson DI. The biological cost of mutational antibiotic resistance: Any practical conclusions? *Curr Opin Microbiol* 2006;9(5):461-5. doi: 10.1016/j.mib.2006.07.002
  37. Deptula A, Gospodarek E. Reduced expression of virulence factors in multidrug resistance *Pseudomonas aeruginosa* strain. *Arch Microbiol* 2009;192(1):79-84. doi : 10.1007/s00203-009-0528-1
  38. Davison J. Genetic exchange between bacteria in the environment. *Plasmid* 1999;42(2):73-91.

## การเปรียบเทียบความชุกของพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองระหว่างชายแดนไทย-ลาวกับชายแดนไทย-กัมพูชา

### The Comparison of Liver Fluke Prevalence in Native Cattle between Thai-Laos and Thai-Cambodia Border.

ณัฐภาส โกยรัมย์<sup>1</sup>, คมกริช พิมพ์ภักดี<sup>2</sup>, ชูลีพร ศักดิ์สง่างาม<sup>2</sup>

Nutthapard Goiyram<sup>1</sup>, Komkrich Pimpukdee<sup>2</sup>, Chuleeporn Saksangawong<sup>2</sup>

Received: 31 July 2015; Accepted: 7 November 2015

#### บทคัดย่อ

โรคพยาธิใบไม้ตับในโค เป็นโรคที่เป็นปัญหาสำคัญทางด้านสาธารณสุขและด้านปศุสัตว์ของประเทศไทย การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความชุกการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองตั้งแต่ท้องแรกขึ้นไป ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม 2557 กลุ่มตัวอย่างเก็บจากอุจจาระโคพื้นเมืองเขตชายแดนไทย-ลาว (อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร) จำนวน 327 ตัวอย่างและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา (อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์) จำนวน 297 ตัวอย่าง พบความชุกของโคพื้นเมืองติดพยาธิใบไม้ตับ (*Fasciola gigantica*) รวมเป็นจำนวน 113/624 ตัวอย่าง (18.11%) ความชุกของโคพื้นเมืองที่ติดพยาธิในเขตชายแดนไทย-กัมพูชา 63/297 (21.21%) และในเขตชายแดนไทย-ลาว 50/327 (15.29%) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) จากการศึกษาโรคพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองพบว่า แต่ละปัจจัยที่แตกต่างกัน (คะแนนสภาพร่างกาย, การใช้ยาถ่ายพยาธิ และอายุ) ติดพยาธิใบไม้ตับแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) จากผลการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนเพื่อป้องกันโรคพยาธิใบไม้ตับ

**คำสำคัญ :** พยาธิใบไม้ตับ โคพื้นเมือง ชายแดนไทย-ลาว ชายแดนไทย-กัมพูชา

#### Abstract

Fasciolosis is an important disease in the public health sector as well as in livestock in Thailand. The objective of this study was to compare liver fluke prevalence in 1<sup>st</sup> parity native cattle during August to December 2014. Samples (327) of The feces of Native cattle were collected at the Thai-Laos border (Muang District, Mukdahan Province) and 297 were collected from the Thai-Cambodia border (Kapchoeng District, Surin Province). The overall prevalence of liver fluke in native cattle was 113/624 (18.11%). Prevalence of infected native cattle in Thai-Cambodia border was 63/297 (21.21%) and infected native cattle Thai-Laos border was 50/327 (15.29%). They were not significantly different ( $p > 0.05$ ). This research can be used as a guide in planning to protect the liver fluke.

**Keywords:** Liver fluke, Native cattle, Thai-Laos border, Thai-Cambodia border.

#### บทนำ

โรคพยาธิใบไม้ตับ (Fasciolosis) เกิดจากพยาธิใบไม้ (Fluke) ซึ่งมี 2 ชนิด คือ *Fasciola gigantica* และ *Fasciola hepatica* ในประเทศไทยส่วนใหญ่พบ *Fasciola gigantica* มากกว่า

*Fasciola hepatica* พยาธิตัวแก่อาศัยอยู่ในถุงน้ำดีและท่อน้ำดี มีรูปร่างแบนคล้ายใบไม้ มีสีน้ำตาลปนเทา ส่วนหน้ากว้างกว่าส่วนท้าย ขนาดลำตัวยาว 30 - 55 มิลลิเมตร กว้าง 9 - 15 มิลลิเมตร<sup>1,2</sup> วงจรชีวิตของพยาธิใบไม้ในตับ มี 5 ระยะ โดย

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท, <sup>2</sup> ภาควิชาสัตวแพทยสาธารณสุข คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

<sup>1</sup> Graduate Student, <sup>2</sup> Department of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

<sup>1</sup> Graduate Student of Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen, 40002

E-mail: Nutthapard\_goi@hotmail.com

ตัวแก่จะออกไปในท่อน้ำดี และถุงน้ำดีของสัตว์ ไช้จะผ่านท่อน้ำดีมาที่ลำไส้เล็กและปนออกมากับอุจจาระ จากนั้นจะเจริญเป็นตัวอ่อนในน้ำและฟักออกมาเป็นตัวอ่อนระยะที่ 1 ไมราซิเดียม (Miracidium) ระยะที่ 2 สปอร์โรซิส (Sporocyst) ระยะที่ 3 เรเดีย (Radia) ระยะที่ 4 เซอร์คาเรีย (Cercaria) และระยะที่ 5 เมตาเซอร์คาเรีย (Metacercaria) ซึ่งตัวอ่อนระยะนี้จะเป็นระยะติดต่อ โคจะติดพยาธิโดยการกินหญ้าหรือวัชพืช ที่มีตัวอ่อนระยะนี้เข้าไป อาการของโรคพยาธิใบไม้ตับในโค มักพบในโคที่มีอายุตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป อาการป่วยอาจพบได้ 2 แบบคือ

1. แบบเฉียบพลัน เกิดขึ้นเมื่อโคกินตัวอ่อนระยะติดต่อของพยาธิเข้าไป พยาธิจะไชเข้าตับทำให้เกิดแผลและมีเลือดออก สัตว์จะตายกะทันหันโดยไม่แสดงอาการ หรือการถ่ายเป็นเลือด พบมากในสัตว์อายุน้อย นอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุร่วมในการเกิดโรค Redwater disease (Bacillary hemoglobinuria) กลไกของการเกิดโรคเริ่มจากการทำลายตับซึ่งตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ตับ ทำให้เกิดการเสียหายต่อเนื้อตับ บริเวณตับถูกทำลายจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำ เหมาะในการเจริญของเชื้อแบคทีเรียที่ก่อโรคชื่อ *Clostridium haemolyticum* แบคทีเรียนี้จะสร้างสารพิษ protein toxin ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายเซลล์เม็ดเลือดแดง และทำลายอวัยวะอื่นๆ เป็นสาเหตุให้สัตว์ตาย

2. แบบเรื้อรัง มักพบในโคที่โตแล้ว โคที่เป็นโรคจะแสดงลักษณะชุ่มพอม เบื่ออาหาร ท้องอืดบ่อยๆ โลหิตจาง สังเกตได้จากเยื่อเมือกที่ตาและปากซีด ผิวหนังหยาบ มีอาการบวมหน้าใต้คาง ท้องผูกสลับกับท้องเสีย และตายในที่สุด

จากปัญหาโรคพยาธิใบไม้ตับในโค ส่งผลกระทบต่อการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก<sup>3</sup> เป็นปัญหาสำคัญที่มีผลต่อสุขภาพสัตว์โดยทำให้สัตว์เบื่ออาหาร มีน้ำหนักตัวลด ระบบทางเดินอาหารผิดปกติ เช่นท้องผูกหรือท้องเดิน อ่อนเพลีย โลหิตจาง ความต้านทานโรคลดลง เกิดการบวมหน้าใต้คาง ผอมแห้ง บางตัวถ้าติดพยาธิ เข้าไปมากๆ จะทำให้ตายกะทันหันโดยไม่แสดงอาการล่วงหน้า<sup>5</sup> มีสมรรถภาพการทำงานของร่างกายต่ำ ผอม มีอัตราการแลกเนื้อและการผสมติดต่ำและเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาสูง<sup>6</sup> ทำให้เกิดผลเสียทางเศรษฐกิจ เนื่องจากซากสัตว์ขายไม่ได้ราคา<sup>7</sup> ทำให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจปีหนึ่ง ไม่ต่ำกว่า 100 - 300 ล้านบาท

โรคพยาธิใบไม้ตับโค<sup>8</sup> ที่มีรายงานการตรวจพบในมนุษย์ ครั้งแรกซึ่งพบไชพยาธิ *Fasciola hepatica* ในซากมนุษย์ตึกดำบรรพ์ที่ประเทศเยอรมนี โดยการเก็บตัวอย่างดินบริเวณช่องเชิงกรานของซากมนุษย์จำนวน 15 ตัวอย่างจาก 15 ซาก พบมีไชพยาธิ *Fasciola hepatica* จำนวน 9 ตัวอย่าง

ไชพยาธิใบไม้ตับชนิด *Fasciola gigantica* สามารถถ่ายทอดไปสู่มนุษย์ได้<sup>10</sup> ในประเทศไทยมีการพบ *Fasciola gigantica* ครั้งแรกในเด็กอายุ 9 ปี ที่จังหวัดเชียงใหม่<sup>11</sup> ซึ่งพบผู้ป่วยโรคฟาสซิโอเลียซิสในคนไทยตั้งแต่ปีพ.ศ. 2513 - 2533 จำนวน 25 ราย โดยพบว่าเกิดจากพยาธิ *Fasciola gigantica* จำนวน 17 ราย *Fasciola hepatica* จำนวน 7 ราย และไม่ทราบชนิด 1 ราย ส่วนใหญ่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือของประเทศไทย

อัตราการติดพยาธิเฉื่อยในโคของประเทศไทยเท่ากับร้อยละ 13.90<sup>12</sup> จากการสำรวจพยาธิใบไม้ตับของโคพันธุ์พื้นเมืองในจังหวัดสุรินทร์ มีอัตราการติดพยาธิใบไม้ตับร้อยละ 4.5 ส่วนข้อมูลการศึกษาในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้<sup>13</sup> พบการติดพยาธิใบไม้ตับโค ซึ่งมีสาเหตุจาก *Fasciola gigantica* ในประเทศกัมพูชา ร้อยละ 0 - 57 ประเทศอินโดนีเซีย ร้อยละ 25 - 48 ประเทศฟิลิปปินส์ ร้อยละ 35 - 100 ประเทศเวียดนาม ร้อยละ 23 - 90 ประเทศลาวร้อยละ 0 - 81 และประเทศไทยร้อยละ 0 - 85

ประเทศไทยมีชายแดนติดต่อกับหลายประเทศในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดมุกดาหารและจังหวัดสุรินทร์ เป็นจังหวัดที่มีการเลี้ยงโคพื้นเมืองและมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวและราชอาณาจักรกัมพูชาซึ่งมีจุดผ่านแดนที่สามารถเดินทางข้ามไปยังประเทศเพื่อนบ้านได้ รวมทั้ง มีการค้าชายแดนที่มีความสำคัญ คือตลาดอินโดจีนและตลาดการค้าช่องจอม ทำให้มีประชาชนเดินทางไปเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ส่งผลให้มีการบริโภคอาหารที่แปรรูปจากเนื้อโคมากด้วยเช่นกัน<sup>14,15</sup>

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นแสดงให้เห็นว่าโรคพยาธิใบไม้ตับเป็นปัญหาสำคัญสำหรับเกษตรกร ผู้เลี้ยงโคพื้นเมืองทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาหาข้อมูลและข้อเท็จจริงต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานใช้เป็นแนวทางในการวางแผนควบคุมและป้องกัน แก้ไขปัญหาของการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับ ในโคพื้นเมืองเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคดังกล่าวซึ่งทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรผู้เลี้ยง

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความชุกของพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองเขตชายแดนไทย-ลาวกับเขตชายแดนไทย-กัมพูชา
2. เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองเขตชายแดนไทย-ลาวกับเขตชายแดนไทย-กัมพูชา

## วัสดุ อุปกรณ์

1. ถุงมือผสมเทียมหรือถุงมือยาง
2. ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ
3. กระติกน้ำแข็งหรือกล่องโฟม
4. ยางรัด
5. ปากกาเมจิก
6. ข้อนักอุจจาระ
7. โกร่งสำหรับบดอุจจาระ
8. หน้าสะอาด
9. ตะแกรงกรองละเอียด ขนาด 90 ไมครอน
10. ตะแกรงกรองหยาบ (ตะแกรงกรองชา)
11. ปีกเกอร์หรือแก้วพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร
12. สไลด์แก้วและแผ่นปิดสไลด์
13. ถุงมือยาง
14. ปิเปต
15. หลอดทดลองขนาด 7 มิลลิลิตร
16. กล้องจุลทรรศน์

## วิธีการวิจัย

ทำการวิจัยเชิงสำรวจ โดยการตรวจไข่พยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองเพศเมียตั้งท้องแรกขึ้นไป ในเขตชายแดนไทย-ลาว อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหารและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์ ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster sampling) และใช้ตารางกำหนดขนาดตัวอย่างของ Krejcie และ Morgan<sup>16</sup> จากโคพื้นเมืองจำนวน 3,657 ตัว สุ่มตัวอย่างได้ทั้งหมด 624 ตัวอย่าง จากเขตชายแดนไทย-ลาว จำนวน 2,337 ตัว สุ่มได้จำนวน 327 ตัวอย่าง และเขตชายแดนไทย-กัมพูชา จำนวน 1,320 ตัว สุ่มได้จำนวน 297 ตัวอย่าง โดยการเก็บตัวอย่างอุจจาระสดด้วยวิธี rectal swab ในโคพื้นเมืองเพศเมียตั้งท้องแรก ขึ้นไปโดยการใช้ถุงมือล้างเอาอุจจาระจากกันโคลใส่ถุงพลาสติกปลอดเชื้อหรือใช้ถุงพลาสติกปลอดเชื้อ รองอุจจาระโคที่กำลังถ่ายออกมาจากกัน แล้ววัดด้วยยางรัด นำไปใส่ในกล่องโฟมที่บรรจุน้ำแข็งประมาณครึ่งกล่องอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำส่งตรวจหาไข่พยาธิใบไม้ตับที่ห้องปฏิบัติการสัตวแพทย์ ภาควิชาพยาธิชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ด้วยวิธี Simple sedimentation technique<sup>17</sup>

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากการตรวจพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองวิเคราะห์โดยใช้ค่าความถี่ และค่าร้อยละ รวมถึงการเปรียบเทียบกลุ่มตัวอย่างด้วยสถิติ Fisher's Exact Test ระดับความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ( $p < 0.05$ )

## ผลการวิจัย

จากการตรวจไข่พยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมือง 3,657 ตัว สุ่มทั้งหมด 624 ตัวอย่าง จากเขตชายแดนไทย-ลาว และเขตชายแดนไทย-กัมพูชา พบว่าโคพื้นเมืองติดพยาธิใบไม้ตับทั้งสิ้น 113 ตัว คิดเป็นร้อยละ 18.11 และเมื่อทำการเปรียบเทียบความชุกของพยาธิใบไม้ตับระหว่างชายแดนไทย-ลาวกับชายแดนไทย-กัมพูชา พบว่า โคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-กัมพูชาติดพยาธิใบไม้ตับจำนวน 63 ตัวคิดเป็นร้อยละ 21.21 สูงกว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาว ซึ่งติดพยาธิใบไม้ตับจำนวน 50 ตัว คิดเป็นร้อยละ 15.29 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) และมีพยาธิชนิดอื่นที่ตรวจพบคือพยาธิ Rumen fluke จำนวน 248 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 39.74 พยาธิ *Buxtonella cyst* จำนวน 64 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 10.26 พยาธิกลุ่ม *Strongyle-type eggs* จำนวน 52 ตัวอย่าง คิดเป็น ร้อยละ 8.33 *Coccidia oocyst* จำนวน 34 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5.45 และพยาธิ *Cappillaria spp.* จำนวน 24 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 3.85 ดังแสดงใน (Table 1)

จากการศึกษาพบว่า โคพื้นเมืองที่ไม่พบการติดพยาธิใบไม้ตับ ได้แก่ โคที่มีการเลี้ยงอยู่ในคอกหรือขังคอกหรือปล่อยในแปลงหญ้าตนเอง เกษตรกรใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาลในการเลี้ยง มีการถ่ายพยาธิมากกว่าปีละ 2 ครั้ง และมีสภาพร่างกายอ่อน ในระดับ 8 คะแนน สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อการติดพยาธิใบไม้ตับ ดังแสดงใน (Table 2) ดังนี้

สภาพร่างกายสัตว์ พบว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา มีสภาพร่างกายระดับคะแนน 2 (ผอมมาก), 3 (ผอม), 4 (ค่อนข้างผอม), 5 (ปานกลาง) 6 (ค่อนข้างดี) 7 (ดี) ติดพยาธิใบไม้ตับจำนวน 33, 50, 15, 11, 3 และ 1 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 97.06, 76.92, 12.50, 5.31, 3.23 และ 1.43 ตามลำดับ แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) และไม่มี โคพื้นเมืองที่มีสภาพร่างกายระดับคะแนน 1 และ 9

การใช้ยาถ่ายพยาธิในโคพื้นเมือง พบว่า โคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา ที่ไม่มีการใช้ยาถ่ายพยาธิ ติดพยาธิใบไม้ตับสูงที่สุด รองลงมาคือ มีการใช้ยาถ่ายพยาธิปีละ 1 ครั้งและการใช้ยาถ่ายพยาธิปีละ 2 ครั้ง จำนวน 99, 12 และ 2 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 31.73, 6.67 และ 2.17 ตามลำดับ โดยแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ )

อายุสัตว์ พบว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาว และโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-กัมพูชาอายุระหว่าง 2-4 ปี, มากกว่า 4 ปี และ 1-2 ปี ติดพยาธิใบไม้ตับสูงที่สุด จำนวน 99, 6 และ 8 ตัว คิดเป็นร้อยละ 24.15, 8.89, และ 4.84 ตาม

ลำดับ แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ )

สถานที่เลี้ยง พบว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา ที่เลี้ยงโดยการปล่อยในภูเขา การเลี้ยงในที่สาธารณะทั่วไปหรือข้างถนน การเลี้ยงในที่สวน ไร่ นา ของผู้อื่น และการเลี้ยงในสวน ไร่ นา ของตัวเอง ติดพยาธิ ไบไม้ดับ จำนวน 77, 15, 7 และ 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 22.65, 16.67, 11.67 และ 10.00 ตามลำดับ แต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.026$ )

แหล่งน้ำ (แม่น้ำ บ่อ สระ ห้วย คลอง หนอง บึง) ที่ใช้ในการเลี้ยงโคพื้นเมือง พบว่าโคพื้นเมือง ในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา มีการใช้แหล่งน้ำสาธารณะ (แม่น้ำ บ่อ สระ ห้วย คลอง หนอง บึง) ใช้แหล่งน้ำของตัวเอง (บ่อ สระ ห้วย คลอง หนอง บึง) ติดพยาธิไบไม้ดับ จำนวน 109 และ 4 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 19.82 และ 10.00 ตามลำดับ แต่ละกลุ่มไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ( $p > 0.05$ )

จากการศึกษานี้ พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดโรคพยาธิไบไม้ดับในโคพื้นเมือง ที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้เลี้ยง นำมาเปรียบเทียบกับอัตราการพบการติดพยาธิมากที่สุด ได้แก่ คະແນສກຸ່ມຮ່າງກາຍສັດ ການໃຫ້ຢາຕ້ານພາຍີອາຍຸຂອງສັດ ສະຖານທີ່ແລະແຫຼ່ງນ້ຳທີ່ໃຫ້ໃນການເລີ່ຍ ຕາມລຳດັບ

## วิจารณ์และสรุปผล

จากปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการเกิดโรคพยาธิไบไม้ดับในโคพื้นเมืองเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา พบว่า

สภาพร่างกายสัตว์ พบว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา ที่มีสภาพร่างกายระดับ 2 คะแนน (ผอมมาก) ติดพยาธิไบไม้ดับสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 97.06 รองลงมาคือสภาพร่างกายระดับ 3 คะแนน (ผอม) คิดเป็นร้อยละ 76.92 สภาพร่างกายระดับ 4 คะแนน (ค่อนข้างผอม) คิดเป็นร้อยละ 12.50 ส่วนคะแนนสภาพร่างกายระดับ 5, 6, และ 7 คะแนน ติดพยาธิน้อย<sup>4</sup>โคที่ติดพยาธิไบไม้ดับจะทำให้สัตว์เบื่ออาหาร มีน้ำหนักตัวลด อ่อนเพลีย ผอมแห้ง<sup>5</sup>มีสมรรถภาพการทำงานของร่างกายต่ำ ผอมมีอัตราการแลกเนื้อต่ำ ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ สภาพร่างกายโคพื้นเมืองที่ระดับคะแนน 1 - 3 มีโอกาสติดพยาธิ 69.94 เท่า เทียบกับสภาพร่างกายระดับคะแนน 4 - 6 ( $OR = 69.94$ )

การให้ยาถ่ายพยาธิในโคพื้นเมือง พบว่า โคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา ที่ไม่มีการให้ยาถ่ายพยาธิ ติดพยาธิ ไบไม้ดับสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 31.73 รองลงมาคือ มีการให้ยาถ่ายพยาธิปีละ 1 ครั้ง คิดเป็น

ร้อยละ 6.67 และมีการให้ยาถ่ายพยาธิปีละ 2 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 2.17 ส่วนการให้ยาถ่ายพยาธิมากกว่าปีละ 2 ครั้ง ไม่พบการติดพยาธิไบไม้ดับ<sup>18</sup>โคที่มีการกำจัดพยาธิในรอบ 1 ปี ติดพยาธิไบไม้ดับร้อยละ 5.26<sup>19</sup>หลังจากการให้ยาถ่ายพยาธิ Nitroxylin พบโคเนื้อติดพยาธิไบไม้ดับร้อยละ 4.52 จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การไม่ใช้ยาถ่ายพยาธิมีโอกาสติดพยาธิ 8.57 เท่า เทียบกับการให้ยาถ่ายพยาธิปีละ 2 ครั้ง ( $OR = 8.57$ ) อายุสัตว์ พบว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและในเขตชายแดนไทย-กัมพูชาที่มีอายุระหว่าง 2-4 ปี ติดพยาธิไบไม้ดับสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 24.15 รองลงมาคือโคพื้นเมืองที่มีอายุมากกว่า 4 ปี คิดเป็นร้อยละ 8.89 และโคพื้นเมืองที่มีอายุระหว่าง 1-2 ปี คิดเป็นร้อยละ 4.84<sup>20</sup>อัตราการติดพยาธิไบไม้ดับในโค ในจังหวัดนครพนมกลุ่มอายุ ต่ำกว่า 2 ปี ร้อยละ 4.48<sup>18</sup>โคอายุน้อยกว่า 2 ปี พบพยาธิไบไม้ดับ ร้อยละ 3.33 ในจังหวัดบุรีรัมย์<sup>21</sup>อัตราการติดพยาธิไบไม้ดับในโค ของจังหวัดหนองบัวลำภูกลุ่มอายุมากกว่า 2 ปี ร้อยละ 13.5<sup>22</sup>และโคอายุ 12-24 เดือน ตรวจพบพยาธิไบไม้ดับอัตรา ร้อยละ 20 ในเขตอำเภอ Mymensingh Trishal Upazilla<sup>23</sup>นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในต่างประเทศพบพยาธิไบไม้ดับในโคที่เลี้ยงในประเทศเวียดนาม พบว่าโคที่มีอายุ 1-2 ปี, 2-3 ปี, 3-4 ปี และ 4-5 ปี ตรวจพบพยาธิไบไม้ดับในอัตรา ร้อยละ 45.10, 70, 60.98 และ 75 ตามลำดับ จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าโคพื้นเมืองที่อายุมากกว่า 2 ปี มีโอกาส ติดพยาธิ 5.26 เท่า เทียบกับโคพื้นเมืองที่มีอายุ 1- 2 ปี ( $OR = 5.26$ ) อาจเนื่องจากโคในกลุ่มนี้จะกินอาหารหยาบจากพื้นที่การเลี้ยงในปริมาณมาก จึงทำให้มีโอกาสได้รับพืชน้ำ หรือวัชพืชน้ำมากกว่าโคที่มีอายุน้อย ซึ่งทำให้มีโอกาสได้รับตัวอ่อนระยะติดต่อของพยาธิมากกว่าด้วย

สถานที่เลี้ยง พบว่าโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-ลาวและเขตชายแดนไทย-กัมพูชา ที่เลี้ยงโดยการปล่อยในภูเขาติดพยาธิไบไม้ดับสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 22.65 รองลงมาคือ การเลี้ยงในที่สาธารณะทั่วไปหรือข้างถนน คิดเป็นร้อยละ 16.67 และการเลี้ยงในที่สวน ไร่ นา ของผู้อื่น คิดเป็นร้อยละ 11.67<sup>5</sup>สภาพภูมิประเทศของหมู่บ้านจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการติดพยาธิไบไม้ดับ โดยที่ลุ่มจะติดพยาธิสูงกว่าที่ดอน และบริเวณที่มีหอยคัน (*Lymanea spp.*)อาศัยอยู่ เป็นพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคพยาธิ ไบไม้ดับสูง<sup>4</sup> แต่จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า การเลี้ยงแบบปล่อยในภูเขา หรือในที่สาธารณะทั่วไป เป็นการเลี้ยงที่ทำให้โคมีโอกาสติดพยาธิ 2.13 เท่า เทียบกับการเลี้ยงในพื้นที่ของเกษตรกรเอง ( $OR = 2.13$ ) เพราะโคพื้นเมืองที่เลี้ยงแบบปล่อยนอกพื้นที่ของเกษตรกร ก็จะกินน้ำจากแหล่งน้ำสาธารณะที่เดียวกัน ประกอบกับ

เกษตรกรแต่ละรายจะมีโคพื้นเมืองจำนวนมาก (มากกว่า 20 ตัว) จึงทำให้การจัดการดูแลได้ไม่ทั่วถึง

แหล่งน้ำ (แม่น้ำ บ่อ สระ ห้วย คลอง หนอง บึง) ที่ใช้ในการเลี้ยงโคพื้นเมือง พบว่า โคพื้นเมืองในเขตชายแดน ไทย-ลาวและโคพื้นเมืองในเขตชายแดนไทย-กัมพูชาที่มีการใช้แหล่งน้ำสาธารณะ (แม่น้ำ บ่อ สระ ห้วย คลอง หนอง บึง) ติดพยาธิใบไม้ตับสูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 19.82 รองลงมาคือ การเลี้ยงที่ใช้แหล่งน้ำของตัวเอง (บ่อ สระ ห้วย คลอง หนอง บึง) คิดเป็นร้อยละ 10.00 และการเลี้ยงที่ใช้น้ำประปาหรือน้ำบาดาล ไม่พบการติดพยาธิใบไม้ตับ โคที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำจะทำให้ติดพยาธิใบไม้ตับสูงกว่าโคที่อยู่ในพื้นที่ดอนและพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งน้ำประมาณ 2 ถึง 3 เท่า พื้นที่ที่อยู่ใกล้เขื่อน แม่น้ำ คลอง หนอง บึง หรือแหล่งน้ำอื่นๆ ที่มีหอยสกุล *Lymnaea spp.* ซึ่งเป็นโฮสต์กึ่งกลางของพยาธิอาศัยอยู่เป็นพื้นที่ที่มีพยาธิใบไม้ตับระดับหรือพร้อมที่จะระบาดขึ้นได้และปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมคือเกษตรกรนิยมเลี้ยงโคแบบปล่อยในทุ่งนาหรือที่หนองน้ำสาธารณะ ทำให้สัตว์มีโอกาสกินหญ้าและสัมผัสกับตัวอ่อนพยาธิระยะติดต่อ<sup>18</sup>โคในพื้นที่ราบลุ่มใกล้แหล่งน้ำสาธารณะรัศมีไม่เกิน 5 กิโลเมตร ติดพยาธิใบไม้ตับร้อยละ 3.33 และโคในพื้นที่สูงหรือที่ดอนไกลแหล่งน้ำสาธารณะรัศมีเกิน 5 กิโลเมตร ติดพยาธิใบไม้ตับร้อยละ 1.11 จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าโคพื้นเมืองที่มีการเลี้ยงโดยใช้แหล่งน้ำสาธารณะมีโอกาสติดพยาธิมากกว่าโคพื้นเมืองที่มีการเลี้ยงโดยใช้แหล่งน้ำของตัวเอง (OR = 2.22)

จากปัจจัยดังกล่าวมีความเสี่ยงที่ส่งผลให้โคพื้นเมืองมีโอกาสที่จะติดพยาธิเข้าไปได้ เมื่อสัตว์กิน น้ำ หญ้า พืชน้ำ หรือหอยที่มีพยาธิตัวอ่อนระยะติดต่อ จากผลการศึกษาครั้งนี้เป็นประโยชน์สำหรับหน่วยงานทางด้านปศุสัตว์ในการหาแนวทางควบคุมการระบาดของโรคพยาธิใบไม้ตับในโค และยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิจัย การกระจายตัวของพยาธิใบไม้ตับในเขตชายแดนไทย-ลาวที่อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหารและเขตชายแดนไทย-กัมพูชาที่อำเภอท่งศรีภูมิ จังหวัดสุรินทร์ เพื่อเฝ้าระวังโรคที่เกิดจากพยาธิใบไม้ตับ อีกทั้งบูรณาการความรู้ ความเข้าใจให้กับเกษตรกรซึ่งทำให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเกษตรกรผู้เลี้ยงโค มีโคที่มีสุขภาพดีปลอดภัยจากการติดโรคพยาธิใบไม้ตับ ส่งผลให้เกษตรกรผู้เลี้ยงโคมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

### ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ควรจะมีการศึกษาวิจัยในเรื่องของสาเหตุของการติดต่อของโรคพยาธิใบไม้ตับจากโคพื้นเมือง มาสู่คน เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาวิจัยในเรื่องเกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองในเขตต่างๆ เพื่อเกิดการเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่

3. ในการศึกษาวิจัยในเรื่องเกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับในโคพื้นเมืองควรมีการร่วมมือกันระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และเกษตรกรหรือชุมชนที่มี การเลี้ยง เพื่อให้ตระหนักถึงปัญหาและผลกระทบ ที่เกิดขึ้นในการเลี้ยงโคพื้นเมือง

4. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการด้าน ปศุสัตว์ หรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ควรมีแผนการป้องกันและควบคุมเกี่ยวกับโรคพยาธิใบไม้ตับ เช่น การส่งเสริม สนับสนุน ความรู้ทางวิชาการ การให้ยาถ่ายพยาธิต่างๆ โดยมีโปรแกรมการถ่ายพยาธิในโคพื้นเมืองที่มีอายุน้อยกว่า 2 ปี ปีละครั้ง โคพื้นเมืองที่มีอายุมากกว่า 2 ปี ปีละ 2 ครั้ง รวมทั้งใช้ยาที่สามารถถ่ายพยาธิได้หลากหลายชนิด

5. เกษตรกรควรจะเลี้ยงโคพื้นเมืองในแปลงหญ้าของตนเองหรือขังคอก และใช้น้ำประปา น้ำฝนหรือน้ำบาดาลในการเลี้ยงเพื่อลดความเสี่ยงในการติดพยาธิตัวอ่อนระยะติดต่อ

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.คมกริช พิมพ์ภักดีและ ดร.ชุลีพร ศักดิ์สว่างวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาและการสนับสนุนด้านต่างๆ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาพยาธิชีววิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความอนุเคราะห์แนะนำ สนับสนุนห้องปฏิบัติการพยาธิชีววิทยา ในการตรวจตัวอย่าง รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน



**Figure 1** The eggs of Liver fluke found in native cattle between Thai - Laos and Thai - Cambodia border.

**Table 1** The prevalence of gastro intestinal parasitic infection compare between Thai - Laos and Thai - Cambodia border.

Variable	Positive	Negative	total (%)
Rumen fluke	248	376	39.74
Fasciola gigantica	113	511	18.11
Buxtonella cyst	64	560	10.26
Strongyle-type egg.	52	572	8.33
Coccidia oocyst	34	590	5.45
Cappillaria spp.	24	600	3.85

**Table 2** The results to infected with liver fluke in native cattle between Thai - Laos and Thai - Cambodia border.

Variable	Positive	Negative	total (%)	Odds ratio (95% CI)	P-value
Body condition score	1-3 83	16	83.84	66.37(33.81-137.7)	<.001
	4-6 30	391	7.13	1[Reference]	
The use of anthelmintics	0 99	213	31.73	8.57 (4.69-16.67)	<.001
	1-2 14	258	5.15	1[Reference]	
Age	1-2 6	115	4.96	1[Reference]	
	>2 107	396	21.27	5.26 (2.25-15.01)	<.001
Area	Farm 11	89	11.00	1[Reference]	
	Public 102	388	20.82	2.13 (1.08-4.58)	<.026
Water	Owner pool 4	36	10.00	1[Reference]	
	Public pool 109	441	19.82	2.22 (0.77-8.78)	>.176

1[Reference] หมายถึง ข้อมูลในการอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบตามตารางคำนวณ 2x2 ของ Fisher's Exact Test

### เอกสารอ้างอิง

1. ปัจฉิมา อินทรกำแหง. โรคพยาธิที่สำคัญในโคกระบือ. กรุงเทพฯ: กลุ่มปริสตีวิทยาสถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ กรมปศุสัตว์.ม.ป.ป.
2. ทศนีย์ ชมพูนันท์ บรรจง อภิวัฒนาการวิสุทธิ เสนีย์วงศ์ ณ อยุธยา และสมชาย เพ็ญไพรัตน์กุล. การศึกษาชีพจักรของพยาธิใบไม้ตับของโค กระบือ. สัตวแพทย์สาร, 2519; 27(4):43-47.
3. Sewell, M.M.H. The pathogenesis. Vet. Rec., London: Bailliere Tindall.1996;78:98-105.
4. เลิศรัก ศรีกิจการ มาณวิกา ผลภาค K. Leidl K.F. Loehr และ F. Hoerchner. ระบาดวิทยาและแนวทางการควบคุมโรคพยาธิใบไม้ตับในภาคอีสาน. เวชสารสัตวแพทย์. 2531;18(1):9-22.
5. วิจิตร สุขเพสณ์ ดรุณี ทันทสุวรรณ นพพรศราษพันธ์ และ กิ่งดาว อิมสุข. การศึกษาอัตราการติดพยาธิใบไม้ตับของโคและกระบือในประเทศไทย. สัตวแพทย์สาร. 2532; 40(1-2):13-19.
6. Soulsby, E.J.L. Fasciola gigantica. In:Helminths Arthropods and Protozoa of Domesticated Animals. London: Bailliere Tindall. 1982;78:98-105.
7. Sirihakim, S. & Pholpark, M., Problem of fascioliasis in animal husbandry in Thailand. Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health. 1991;22:352-355.
8. Dittmar, K. & Teegen, W.R. The presence of Fasciola hepatica (liver-fluke) in humans and cattle from a 4500 year old archaeological site in the Saale-Unstrut-Valley, Germany. Memorias do Instituto

- Oswaldo Cruz, 2003;98(1):141-145.
9. จตุรวิทย์ จารุสิน. การทำแบบจำลองเชิงพื้นที่สำหรับพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับโค กระบือ ในจังหวัดกาฬสินธุ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2544.
  10. Khamboonruang, C. & Sakulwong, K. Fasciola hepatica from a breast abscess. Southeast Asian. J. Trop. Med. Public Health. 1971;2:588.
  11. Sawangkit, W. Clinical syndrome of fascioliasis. In: Wongpaitoon W, Akrawong, K, Chaipanich, T, (Eds.). Progress in the diseases of alimentary tract. Fascicle 6. Bangkok Medical Publisher. 1990;183-206.
  12. ยกชัย เจริญพานิชย์กุล. การติดโรคปรสิตของปลาคูสตัด์ในจังหวัดสุรินทร์ ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2552. [serial online] 2554. สืบค้นจาก [http://www.dld.go.th/vrd\\_se/home/In dex.php?option=comcontent&view=article&id=29:-2551-2552&cated=70: 2010&Itemid=57](http://www.dld.go.th/vrd_se/home/In dex.php?option=comcontent&view=article&id=29:-2551-2552&cated=70: 2010&Itemid=57). 14 กรกฎาคม 2557.
  13. Copeman, D.B. & Copland, R.S. Importance and potential impact of liverfluke in cattle and buffalo. In G.D. Gray, R.S. Copland and D.B. cope man (Eds.). Overcoming liver fluke as a constraint to ruminant production in South-East Asia. Canberra, Australia: The Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR). 2008;22-33.
  14. สำนักงานปลัดสัตว์จังหวัดมุกดาหาร. รายงานโคเนื้อแยกตามจำนวนที่เลี้ยงและจำนวนเกษตรกร (รายงานระดับจังหวัด4/1) ประจำปี 2556. มุกดาหาร: สำนักงานปลัดสัตว์จังหวัดมุกดาหาร. 2556.
  15. สำนักงานปลัดสัตว์จังหวัดสุรินทร์. รายงานโคเนื้อแยกตามจำนวนที่เลี้ยงและจำนวนเกษตรกร (รายงานระดับจังหวัด4/3) ประจำปี 2556. สุรินทร์: สำนักงานปลัดสัตว์จังหวัดสุรินทร์. 2556.
  16. ธีรวิทย์ เอกะกุล. ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. อุบลราชธานี: สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี. 2543.
  17. ศิริรัตน์ ศรีบาลแจ่ม และเกษมา ตั้งมุกทาภักทร- กุล. บทปฏิบัติการสุขศาสตร์สัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2556; 4.
  18. พจนันท์รัชต์ เนียมจ้อย. ความชุกและปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการเกิดโรคพยาธิใบไม้ตับในโคและกระบือในจังหวัดบุรีรัมย์. วารสารสัตวแพทยศาสตร์มข. 2555;22(1): 10-17.
  19. กิตติวดี หิมารัตน์ และวสันต์ ฤชา. อัตราการติดพยาธิใบไม้ในตับ และผลการใช้ยาถ่ายพยาธิในโคเนื้อภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตอนล่าง. สำนักสุขศาสตร์สัตว์และสุขอนามัย ที่ 3 จังหวัดนครราชสีมา. สารวิชาการสัตวแพทย์, 2550;1(2):3-10.
  20. ประกิจ ศรีไสย์ และยรรยง ภูจอมจิต. การสำรวจอัตราการติดพยาธิภายในระบบทางเดินอาหารโค กระบือในจังหวัดนครพนม. วารสารวิชาการปศุสัตว์เขต 4. 2548;9(21): 69-77.
  21. สุรพงษ์ ธีวีระปัญญา และเนติ จันทร์สนธิศรี. การศึกษาสภาวะโรคพยาธิทางเดินอาหารในโค กระบือ จังหวัดหนองบัวลำภู. วารสารวิชาการปศุสัตว์เขต 4. 2547;8(19): 44-51.
  22. Sardar SA, Rhsan MA, Anower AKMM, Rahman MM, Islam MA. Incidence of liver flukes and gastro-intestinal parasites in cattle. Bangl J Med. 2006;4(1):39-42.
  23. Nguyen, T.G.T., T.H., Dao, T.H.T., Tran, T.L.H., Praet, N. Speybroeck, N., Vercruyssen, J. & Dorny, P. Bovine fasciolosis in the human Fasciolosis hyperendemic Binh Dinh province in Central Vietnam. Acta tropica. 2011;177:19-22.



# ผลของถ่านแกลบ และหินฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น และรากของยางพาราที่ปลูกใหม่

## Effects of Rice Husk Charcoal and Rock Phosphate on Shoot and Root Growth of New Planting Para-Rubber

เสาวकर्ณ์ เหมวงษ์<sup>1</sup>

Saowakon Hemwong<sup>1</sup>

Received: 4 September 2015; Accepted: 26 December 2015

### บทคัดย่อ

พื้นที่ปลูกยางพาราภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักประสบกับปัญหาการขาดน้ำและดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทำให้ต้นกล้ายางพาราที่เพิ่งปลูกตายจำนวนมาก การใช้ถ่านในการปรับปรุงดินกำลังได้รับความสนใจในการช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินและเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช งานวิจัยนี้ดำเนินการในเรือนทดลองสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม วางแผนการทดลองแบบ CRD มี 4 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ คือ 1) ไม่ใส่ถ่านและหินฟอสเฟต (กรรมวิธีควบคุม) 2) ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว 3) ใส่ถ่านอย่างเดียว และ 4) ใส่ถ่านและหินฟอสเฟต จากการศึกษ พบว่า การใส่ถ่านแกลบอย่างเดียวในช่วง 1 เดือนแรกของการย้ายปลูก จะเพิ่มการเจริญเติบโตทางลำต้น (9.2 กรัมต่อต้น) และราก (6.56 กรัมต่อต้น) ได้ดีกว่าการใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว (5.63 และ 4.84 กรัมต่อต้น) และใส่ถ่านร่วมกับหินฟอสเฟต (6.67 และ 4.95 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม เมื่อยางพาราอายุ 3 และ 6 เดือนหลังย้ายปลูก การใส่ถ่านและหินฟอสเฟตกระตุ้นการเจริญเติบโตทางลำต้น และรากยางพารา ซึ่งเห็นว่า การใส่หินฟอสเฟตร่วมกับการถ่าน หินฟอสเฟตเป็นประโยชน์มากขึ้น รากพืชมีการเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว และส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางลำต้น รวมทั้งถ่านซึ่งมีคุณสมบัติช่วยดูดซับธาตุอาหารไว้และปลดปล่อยให้พืชได้ใช้ในการเจริญเติบโตดีกว่าการใส่ถ่านหรือหินฟอสเฟตอย่างเดียว

**คำสำคัญ:** ถ่านแกลบ หินฟอสเฟต ยางพารา การเจริญเติบโต

### Abstract

Para-rubber plantation areas in the Northeast of Thailand often suffer from the problems of lack of water and low soil fertility resulting in the death of young para-rubber trees. Using charcoals in the soil to improve soil properties and increase plant growths was proposed. The experiment was conducted at a greenhouse at Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University. The experiment design was CRD with 3 replications included 1) no charcoal and rock phosphate (control), 2) rock phosphate alone, 3) charcoal alone and 4) charcoal and rock phosphate. The results showed that during 1 month of transplanting, rice husk charcoal alone increased shoot growth (9.2 g stem<sup>-1</sup>) and root (6.56 g stem<sup>-1</sup>) than the rock phosphate alone (5.63 and 4.84 g stem<sup>-1</sup>) and combine charcoal and rock phosphate (6.67 and 4.95 g stem<sup>-1</sup>). At 3 and 6 months of transplanting, however, charcoal and rock phosphate applications induced shoot growth and root of Para-rubber. This indicated that combinations of charcoal and rock phosphate applications increase available rock phosphate and induce root and shoot growth. Moreover, the properties of charcoal help to adsorb and release nutrients for plant growth better than charcoal or rock phosphate alone.

**Keywords:** Rice husk charcoal Rock phosphate Para-rubber Growth

<sup>1</sup> สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม

<sup>1</sup> Section of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University

<sup>\*</sup> Corresponding author e-mail :Saowakon Hemwong, Section of Plant Science, Faculty of Agriculture and Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom 48000. Tel.+6688-5721525 E-mail: saowakon@hotmail.com

## บทนำ

พื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักประสบปัญหาการขาดน้ำ ฝนทิ้งช่วงทำให้ต้นกล้ายางพาราที่เพิ่งปลูกใหม่ตายจำนวนมาก โดยเฉพาะการปลูกที่ใช้ต้นกล้าแบบชำถุง คือ การถอนต้นกล้าที่ยังติดตาแล้วจากแปลง มาตัดรากแก้ว และรากแขนงออกหมด เพื่อนำมาชำถุงใหม่จึงทำให้มีระบบรากแก้ว และรากแขนงจำนวนน้อยทำให้อัตราการรอดชีวิต และการเจริญเติบโตต่ำกว่า ประกอบกับวิธีการปลูกต้องตัดรากบางส่วนออกบริเวณตั้งแต่ก้นถุงสูงขึ้นไปประมาณ 5 เซนติเมตร พบว่า ต้นกล้ายางพาราตายจำนวนมากกว่า 10-50 เปอร์เซ็นต์ การที่ต้นกล้ามีปริมาณรากที่น้อยทำให้ระบบการดูดน้ำและธาตุอาหารลดลง เมื่อเกิดสภาวะฝนทิ้งช่วงทำให้ต้นกล้าตายเป็นจำนวนมาก ปัญหาเหล่านี้มักพบกับเกษตรกรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากลักษณะดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายและดินลูกรัง มีความสามารถอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหารได้ต่ำ มีปริมาณน้ำฝนตกน้อยกว่าภาคใต้ ทำให้ความชื้นในดินต่ำ เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณมากเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของยางพารา แต่ไม่คำนึงถึงความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และปริมาณความต้องการของต้นยางพาราทำให้เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต รวมทั้งธาตุอาหารที่ใส่ลงไปดินอาจจะสูญเสียโดยกระบวนการชะล้าง (leaching) การไหลบ่า (run off) และการสูญเสียในรูปของก๊าซ (denitrification) พิบูลย์<sup>1</sup> รายงานว่า ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินมากน้อยต่างกันในแต่ละธาตุโดยประสิทธิภาพการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจากปุ๋ยเคมีอยู่ระหว่าง 30-50 10-30 และ 20-40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามหน่วยงานต่างๆ ได้แนะนำเทคโนโลยีสูตรปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมแต่ขาดการพิจารณาด้านคุณสมบัติของดิน หากดินมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตก็จะทำให้ปุ๋ยที่ใส่ลงไปไม่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช หรือพืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ ดังนั้น การปลูกยางพาราในพื้นที่นี้บางพื้นที่จึงมีขาดน้ำและธาตุอาหารอย่างรุนแรง ถ้าหากมีการคิดค้นเทคโนโลยีที่สามารถเพิ่ม และพัฒนาระบบรากของต้นยางพาราปลูกใหม่ และช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินจะช่วยทำให้เกษตรกรลดต้นทุนการผลิตได้

ถ่าน (charcoal) เป็นสารอินทรีย์คาร์บอนอีกชนิดหนึ่งซึ่งได้รับความสนใจในการใช้เป็นสารปรับปรุงดิน โดยเฉพาะในแง่ของการเป็นตัวกักเก็บคาร์บอนในดิน (carbon sequester)<sup>2</sup> ถ่านสามารถเก็บรักษาความชื้น และปรับปรุงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินโดยเกิดการสูญเสียธาตุอาหารน้อย และพืชดูดไปใช้ประโยชน์มากขึ้น รวมทั้งถ่านมีค่า

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity: CEC) สูงจะช่วยในการดูดซับธาตุอาหารหรือปุ๋ยไม่ให้สูญเสียไปในรูปของก๊าซหรือการชะล้างลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดถ่านแกลบ และหินฟอสเฟตต่อการเจริญเติบโต และระบบรากของยางพาราที่ปลูกใหม่

## วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในสภาพเรือนทดลองโดยใช้ดินที่ได้จากแปลงยางพาราที่กำลังปลูกของสาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเกษตรและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนครพนม ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยมีคุณสมบัติ ดังนี้ เป็นชุดดินร่วน เนื้อดินร่วนปนทราย (sandy loam) มีค่า pH เป็นกรด (4.56) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 0.77 และ 0.056 % ตามลำดับ ค่าสัดส่วน C/N เท่ากับ 80 และค่า CEC เท่ากับ 3.84 cmol/kg นำดินมาตากแดด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรคลุกให้เข้ากัน ซึ่งใส่กระถางขนาดต่างกันตามอายุของต้นยางพาราที่เก็บตัวอย่าง (เก็บตัวอย่างยางพาราที่อายุ 1 3 และ 6 เดือน ตามลำดับ) กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย 4 กรรมวิธี ดังนี้ 1) ไม่ใส่ถ่าน และหินฟอสเฟต (กรรมวิธีควบคุม) 2) ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว (200 กรัมต่อกระถาง) 3) ใส่ถ่านอย่างเดียว (100 กรัมต่อกระถาง) และ 4) ใส่ถ่านและหินฟอสเฟต (100 และ 200 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ) จัดแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ถ่านที่ใช้เป็นถ่านแกลบซึ่งเผาด้วยวิธีของเกษตรกร โดยใช้บั้งที่บรรจุเศษฟางข้าวภายใน จุดไฟให้ฟางข้าวติดไฟแล้วคว่ำลงนำแกลบมากองทับบั้งจนได้ปริมาณที่ต้องการ ความร้อนด้านในกระจายออกด้านนอกโดยใช้กระบอกลูกยางเป็นที่ระบายความร้อนจนกระทั่งแกลบเริ่มเป็นถ่านเกือบทั้งหมด หยิบบั้งออกแล้วใช้น้ำรดเพื่อลดความร้อนภายในกองถ่านแกลบ นำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (pH, Organic carbon, Total N และ Cation exchange capacity) ใส่ถ่านแกลบอัตรา 100 กรัมต่อกระถาง และหินฟอสเฟตอัตรา 200 กรัมต่อกระถาง ลงในดินตามกรรมวิธี พร้อมใส่ปุ๋ยคอก (มูลวัว) ทุกกระถาง อัตรา 1 กิโลกรัมต่อกระถาง คลุกเคล้าให้เข้ากันกับดินแล้วจึงนำต้นกล้ายางพาราปลูกโดยการตัดก้นถุงให้สูงขึ้นมาประมาณ 5 เซนติเมตร และกรีดถุงเป็นแนวยาวและนำต้นกล้ายางพาราปลูกลงในกระถางที่มีดินที่ผสมไว้แล้ว จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง กลบโคน ให้น้ำทุกวัน และกำจัดวัชพืชตามความเหมาะสม ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางลำต้น และรากยางพาราเมื่ออายุ 1 3 และ 6 เดือนหลังย้ายปลูก จำนวน 1 ต้นต่อ

กระถาง จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของยางพารา โดยการเก็บข้อมูลรากจะทำโดยการล้างรากเอาส่วนของดินออกด้วยน้ำเปล่าผ่านตะขாயที่มีรูขนาดเล็ก นำไปชั่งน้ำหนักสด และอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักแห้ง ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยค่า Least Significant Difference (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกรรมวิธี ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Statistix 8<sup>3</sup>

**ผลการศึกษา**

ถ่านแกลบที่ใช้ในการศึกษาซึ่งถูกเผาด้วยอุณหภูมิสูงสุดประมาณ 80 องศาเซลเซียส พบว่า มีค่า pH 6.70 ปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 308 11.41 และ 0.24 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ค่าสัดส่วน C/N เท่ากับ 27 และค่า CEC เท่ากับ 23.37 cmol/kg ปุ๋ยหิน

ฟอสเฟตที่ใช้ในการศึกษา น้ำหนัก 1 กิโลกรัมมีปริมาณฟอสเฟตที่ใช้ประโยชน์ได้ 0.03% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> และปริมาณของแร่ธาตุอื่นๆ ปะปนอยู่ เช่น แคลเซียม ฟลูออรีน คลอรีน และซิลิกอน การเจริญเติบโตของยางพาราเมื่ออายุ 1 เดือนหลังย้ายปลูก พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ถ่านอย่างเดียวมีความสูง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งใบ และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) (Table 1) การพัฒนาของรากยางพารา พบว่า รากยางพาราส่วนใหญ่ในระยะนี้เป็นรากที่เกิดจากต้นยางพาราเดิม และมีส่วนรากอ่อนที่เกิดขึ้นใหม่จำนวนไม่มาก กรรมวิธีที่ใส่ถ่านไม่ใส่หินฟอสเฟตมีน้ำหนักรากแห้ง (15.76 กรัมต่อต้น) สูงกว่าการใส่ถ่านอย่างเดียว (10.47 กรัมต่อต้น) และการใส่ถ่านและหินฟอสเฟต (11.62 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม พบว่าไม่มีความแตกต่างของสัดส่วนค่า root/shoot ในแต่ละกรรมวิธี ( $p > 0.05$ )

**Table 1** Growth of para-rubber at 1 month after transplanting

Treatment	Height (cm)	Stem DW	Leaves DW	Root DW	Root/Shoot ratio	Total DW
Control	30.83 b	1.92 b	2.72 b	4.29 b	0.92 a	8.32 c
Rock phosphate	44.70 a	2.21 b	3.42 b	4.84 b	0.86 a	10.47 b
Charcoal	47.16 a	3.70 a	5.50 a	6.56 a	0.71 a	15.76 a
Charcoal + rock phosphate	46.00 a	3.17 a	3.50 b	4.95 b	0.74 a	11.62 b
LSD <sub>.05</sub>	7.50**	0.67*	0.94*	1.22*	0.5 <sup>ns</sup>	1.23**
C.V.(%)	9.45	13.05	13.41	12.61	14.40	6.20

\*\* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.01$  และ \* = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.05$  ns= ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.05$

ยางพาราเมื่ออายุ 3 เดือนหลังย้ายปลูก พบว่า ความสูงของต้นยางพาราไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ( $p > 0.05$ ) ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ถ่านและหินฟอสเฟตให้น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) ซึ่งมากกว่าการใส่ถ่านอย่างเดียว (Table 2) เช่นเดียวกันกับ ยางพาราเมื่ออายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก พบว่า ความสูง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งใบ น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของกรรมวิธีใส่ถ่านและหินฟอสเฟต และใส่ถ่านอย่างเดียวสูงกว่ากรรมวิธีใส่หินฟอสเฟตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) โดยเฉพาะ สัดส่วนน้ำหนักราก/น้ำหนักต้น ในกรรมวิธีที่ใส่หินฟอสเฟตมีค่าต่ำสุด (0.55) ดังแสดงใน (Table 3)

**วิจารณ์และสรุปผล**

ถ่านแกลบเผาโดยใช้วิธีการสุ่มไฟภายในและกระจายออกด้านนอกซึ่งใช้อุณหภูมิสูงสุด 85 องศาเซลเซียส ทำให้ pH เป็นกลาง เนื่องจากอุณหภูมิของการเผาต่ำจึงมีผลทำให้ pH ต่ำกว่าการที่เผาด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่า สอดคล้องกับ Sohi และคณะ<sup>5</sup> ได้รายงานว่าถ่านชีวภาพที่ผลิตจาก bagasse เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาจาก 310 เป็น 850 องศาเซลเซียส ทำให้ pH เพิ่มขึ้นจาก 7.6 เป็น 9.7 นอกจากนี้ การเผาที่อุณหภูมิสูงมีปริมาณของธาตุเพิ่มขึ้นซึ่งองค์ประกอบในถ่านส่วนใหญ่เป็น แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เป็นส่วนใหญ่ หลังจากที่ถูกธาตุอาหารคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และไนโตรเจน (N) จะระเหยในระหว่างการเผา<sup>4</sup> อย่างไรก็ตาม คุณภาพของถ่านนอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่เผาแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบด้วย<sup>6,7</sup>

**Table 2** Growth of para-rubber at 3 months after transplanting

Treatment	Height (cm)	Stem DW	Leaves DW	Root DW	Root/Shoot ratio	Total DW
Control	49.00	3.75 b	4.80 b	7.51 b	0.88 a	16.06 b
Rock phosphate	52.50	4.94 a	5.08 a	8.95 a	0.89 a	18.97 a
Charcoal	49.00	4.63 a	4.02 c	8.30 a	0.96 a	16.95 b
Charcoal + rock phosphate	48.50	5.19 a	6.75 a	9.40 a	0.79 a	21.34 a
LSD <sub>.05</sub>	10.42 <sup>ns</sup>	0.91 <sup>**</sup>	1.27 <sup>*</sup>	1.60 <sup>*</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	3.04 <sup>**</sup>
C.V.(%)	11.12	10.15	13.06	9.98	12.45	8.51

\*\* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.01$  และ \* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.05$

**Table 3** Growth of para-rubber at 6 months after transplanting

Treatment	Height (cm)	Stem DW	Leaves DW	Root DW	Root/Shoot Ratio	Total DW
Control	46.00 b	4.56 b	8.41 c	9.58 b	0.74 a	22.55 c
Rock phosphate	55.50 ab	5.33 b	13.23 a	10.29 ab	0.55 b	28.85 bc
Charcoal	64.00 a	5.46 b	11.45 b	16.24 a	0.96 a	33.15 ab
Charcoal + rock phosphate	69.66 a	7.80 a	14.23 a	16.59 a	0.75 a	38.62 a
LSD <sub>.05</sub>	11.44 <sup>*</sup>	0.90 <sup>**</sup>	1.50 <sup>*</sup>	3.06 <sup>*</sup>	0.35 <sup>*</sup>	8.47 <sup>*</sup>
C.V.(%)	10.65	8.28	11.62	12.36	13.67	12.29

\*\* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.01$  และ \* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น  $p \leq 0.05$

ชนิดของถ่านเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อคุณสมบัติของถ่าน<sup>9</sup> โดยถ่านที่ผลิตจากวัตถุดิบสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม<sup>9</sup> ได้แก่วัตถุดิบที่ได้จากต้นไม้และวัตถุดิบที่ได้จากการเกษตร อย่างไรก็ตาม ถ่านแกลบมีค่าปริมาณไนโตรเจนที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับถ่านชนิดอื่นๆ เช่น ถ่านไม้ไผ่ซึ่งมีค่าปริมาณไนโตรเจน 8.9 กรัมต่อกิโลกรัม<sup>10</sup> ซึ่งทำให้ถ่านแกลบมีค่าสัดส่วน C/N ต่ำ เมื่อใส่ถ่านแกลบลงไปในดินจึงช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน และยังลดการเกิดกระบวนการ immobilization<sup>11</sup> นอกจากนี้ การที่ถ่านแกลบมีค่า CEC สูง (23.37 cmol/kg) ช่วยดูดซับธาตุอาหาร โดยเฉพาะปุ๋ยที่ใส่ลงไปในดินในช่วงที่รากพืชยังดูดใช้ธาตุอาหารได้ไม่เต็มที่ Lehmann<sup>11</sup> พบว่า ค่า CEC ของถ่านที่เผาที่อุณหภูมิต่ำจะมีค่าสูงกว่าที่เผาในสภาพที่อุณหภูมิสูง อย่างไรก็ตามถ่านสามารถใช้ในการปรับปรุงดินได้อย่างดีเนื่องจากมีคุณสมบัติโดยทั่วไป pH อยู่ระหว่าง 4 – 12 ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา<sup>8,9</sup>

ดินที่เพาะปลูกยางพาราส่วนใหญ่ทำเป็นพื้นที่ที่เคยปลูกยางพารา อ้อย มันสำปะหลัง หรือพืชอื่นๆ เช่น ข้าว ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกัน เนื่องจากมีการจัดการที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ การใส่ถ่านลงในดินไม่ได้เป็นเพียงเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดิน แต่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น การหมุนเวียนน้ำ (water retention) และการรวมตัวของเม็ดดิน (soil aggregate)<sup>12</sup> จากผลการศึกษา พบว่า ในช่วงแรกของการย้ายปลูก (เมื่ออายุ 1 เดือน) การใส่ถ่านแกลบช่วยให้การเจริญเติบโตของยางพาราเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ถ่านแกลบ แสดงให้เห็นว่า ในช่วงแรกของการย้ายปลูกยางพาราการใส่ถ่านแกลบจะช่วยให้อุดมสมบูรณ์และปลดปล่อยออกมาให้ยางพาราได้ดูดใช้ เนื่องจากถ่านแกลบมีค่า CEC สูง รวมทั้งมีค่าสัดส่วน C/N (27) ไม่สูงนัก ทำให้กระบวนการ immobilization เกิดขึ้นน้อย และจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารที่ดูดซับไว้ออกมาเป็นประโยชน์ต่อการ

เจริญเติบโตของยางพารา นอกจากนี้ การใส่ถ่านยังเพิ่มการเจริญเติบโตของรากมากกว่าการไม่ใส่ถ่าน (Table 1) หากมีการใส่หินฟอสเฟตร่วมด้วยจะทำให้การเจริญเติบโตของยางพาราลดลง อาจเนื่องจากในช่วงแรกของการปลูกมีการให้น้ำแก่ยางพาราแต่ยังไม่เพียงพอทำให้หินฟอสเฟตละลายออกมาให้พืชได้ดูดใช้ได้ อย่างไรก็ตาม การใส่ถ่านไม่ว่าจะใส่หรือไม่ใส่หินฟอสเฟตทำให้การเจริญเติบโตของรากดีกว่าการไม่ใส่ถ่าน ซึ่งให้เห็นว่าถ่านช่วยกระตุ้นการเกิดรากช่วงแรกของการย้ายปลูก การตอบสนองของการใส่ถ่านลงในดินมีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างอนุภาคถ่าน และรากพืช รากขนาดเล็ก รากขนอ่อน หรือเส้นใยของไมโครไรซาอาจจะดูดธาตุอาหาร น้ำจากพื้นผิวหรือจากภายในช่องว่างของถ่าน<sup>13</sup> Joseph และคณะ<sup>14</sup> และ Lehmann และคณะ<sup>15</sup> พบว่า ความสัมพันธ์โดยตรงที่ได้จากการสังเกตของอนุภาคถ่านที่เกาะกลุ่มและหุ้มที่ราก และรากขนอ่อนหรือเส้นใยของเชื้อรา ความสัมพันธ์ทางอ้อมระหว่างถ่านกับรากพืชพัฒนาจากผลของชีวธรณีเคมี (biogeochemistry) ได้แก่ pH ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร การระบายอากาศ หรือความสามารถในการอุ้มน้ำ<sup>14</sup> ในขณะที่งานวิจัยรายงานว่า ในสภาพที่ดินขาดฟอสฟอรัส และเมื่อใส่ถ่านลงในดินจะทำให้มีการเจริญเติบโตของรากพืชสูงกว่าการใส่ถ่านร่วมกับฟอสฟอรัส<sup>11</sup> ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยพบว่า ในช่วงยางพาราอายุ 1 เดือนหลังย้ายปลูก น้ำหนักแห้งรากของการใส่ถ่านไม่ใส่หินฟอสเฟต (6.56 กรัมต่อต้น) สูงกว่าการใส่ถ่านใส่หินฟอสเฟต (4.95 กรัมต่อต้น)

เมื่อยางพาราอายุ 6 เดือนหลังย้ายปลูก การใส่ถ่านแกลบร่วมกับหินฟอสเฟตมีการเจริญเติบโตทางลำต้น ใบ และรากสูงกว่าการใส่ถ่านแกลบอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสในหินฟอสเฟตเริ่มเป็นประโยชน์ในการเจริญเติบโตของรากยางพาราเมื่อเทียบกับช่วงแรกเนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝนความชื้นในอากาศสูงทำให้ความชื้นของดินในกระถางสูงส่งผลให้หินฟอสเฟตมีการละลาย และยางพาราสามารถดูดไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใส่ถ่านแกลบอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ถ่านมีองค์ประกอบของเถ้า การใส่เถ้าลงในดินจะช่วยปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพเคมี และชีวภาพของดิน สอดคล้องกับ Singh และ Singh<sup>17</sup> รายงานว่า เมื่อใส่เถ้า 20 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียม และผลผลิตฝ้าย และข้าวสาลีเพิ่มขึ้นนอกจากนี้ Malewar และคณะ<sup>18</sup> พบว่าน้ำหนักแห้งของหญ้าไรย์ มะเขือเทศ และผักโขมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อใส่เถ้าลงในดินที่เป็นกรด รวมทั้งยังเป็นการลดการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโปตัสเซียมและเพิ่ม

การเจริญเติบโตของต้น clover<sup>19</sup> กษมา และคณะ<sup>20</sup> ได้รายงานว่ารากจากต้นกล้าอายุ 6 เดือน ซึ่งเป็นต้นกล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ดมีระบบรากแก้วสมบูรณ์ต่างจากต้นที่ปลูกจากต้นตอตาหรือยางชำถุงที่มีการตัดรากแก้วหลังจากการติดตอปกติหากมีการตัดรากแก้วจะเกิดรากแขนงบริเวณรอยตัดหรือใกล้รอยตัดจึงทำให้รากส่วนใหญ่ที่แตกใหม่อยู่ใกล้บริเวณผิวดินมากกว่า<sup>21</sup>

การเพาะปลูกยางพาราตามคำแนะนำปัจจุบัน คือการใส่ปุ๋ยคอก และหินฟอสเฟตรองพื้นก่อนซึ่งเหมาะสำหรับการปลูกยางพาราในช่วงต้นฤดูฝน เนื่องจาก ปุ๋ยคอกต้องเกิดกระบวนการย่อยสลายจึงจะปลดปล่อยธาตุอาหาร อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นปลูกยางพาราด้วยจะช่วยในการเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารที่ค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาให้ต้นยางพาราได้ใช้ประโยชน์ซึ่งจะมีปริมาณธาตุอาหารมากกว่าในถ่าน ซึ่งถ่านจะธาตุอาหารส่วนใหญ่จะหายไปในช่วงกระบวนการเผา ในขณะที่หินฟอสเฟตต้องอาศัยความชื้นในการละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยที่พบว่า กรรมวิธีที่ใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียวการเจริญเติบโตของรากต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้พบว่าการปลูกยางพาราในช่วงที่มีความชื้นในอากาศต่ำ (ฤดูร้อน) ทำให้ต้นกล้าพาราซึ่งย้ายปลูกมีการเจริญเติบโตได้ช้า และมีอัตราการตายสูง เนื่องจาก ระบบรากของยางพาราถูกทำลายไปส่วนหนึ่งทำให้การดูดน้ำและธาตุอาหารเกิดขึ้นได้น้อย ประกอบกับการรองพื้นด้วยปุ๋ยคอก และหินฟอสเฟตซึ่งต้องการความชื้นในการย่อยสลายหรือละลายจึงจะเป็นประโยชน์ เมื่อความชื้นในอากาศต่ำทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่ได้จากปุ๋ยคอก และหินฟอสเฟตจึงลดลงด้วย ดังนั้น การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ควรจะใส่ในรูปที่ละลายง่ายร่วมด้วย ธาตุฟอสฟอรัสประเภทละลายเร็ว นั้นจะปลดปล่อยธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ให้กับยางพาราในระยะแรกได้มากกว่า<sup>22</sup> การใส่ปุ๋ยพืชสดโดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วโดยการปลูกและไถกลบพืชตระกูลถั่วก่อนปลูกยางพาราจะช่วยทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารฟอสฟอรัสในดินเพิ่มมากขึ้นเมื่อธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินนั้นเป็นธาตุฟอสฟอรัสประเภทละลายต่ำ<sup>22</sup> ในทำนองเดียวกันกับ Nuruzzaman และคณะ<sup>23</sup> รายงานว่าการไถกลบพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดทำให้ข้าวสาลีที่ปลูกตามจะเจริญเติบโตดีขึ้นจากการดูดซับฟอสฟอรัสในดินขึ้นไปใช้ได้เพิ่มขึ้น Major และคณะ<sup>24</sup> ได้ทำการศึกษาในไรข้าวโพดโดยการใส่ถ่านทุกๆปีเป็นเวลา 4 ปี พบว่าปีแรกของการใส่ถ่านไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด ในขณะที่ปีที่สองสามและสี่ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นถึง 28, 30 และ 140 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับสอดคล้องกับ Solaiman และคณะ<sup>25</sup>

รายงานว่าการใส่ถ่านอัตรา 6 ตันต่อเฮกตาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยละลายง่ายที่อัตราครึ่งหนึ่งของอัตราแนะนำ (30 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ในดินกรด (acidic soil) และมีค่า CEC ต่ำมีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 18 เปอร์เซ็นต์ซึ่งให้ผลผลิตมากกว่าการใส่ปุ๋ยละลายง่ายตามอัตราแนะนำมีงานวิจัยจำนวนมากรายงานถึงการใช้ถ่านในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตโดยเฉพาะการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี<sup>10</sup>หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เช่นปุ๋ยคอก<sup>26</sup>ในทางตรงกันข้ามยังมีรายงานการวิจัยจำนวนมากพบว่า การใส่ถ่านทำให้การเจริญเติบโตลดลงโดยเฉพาะถ่านที่ผลิตใหม่จะทำให้ระดับของ pH สารที่เคลื่อนย้ายได้ (tars, resins และสารอื่นๆที่เปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลาสั้นๆ) และธาตุอาหารไม่อยู่ในสภาวะสมดุล (imbalance)<sup>9</sup> เนื่องจากสารพวก tars และ resins ในถ่านที่ผลิตใหม่จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชได้<sup>8,27</sup> อย่างไรก็ตามการใส่ถ่านเพื่อการเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชโดยการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินจำเป็นต้องใช้ระยะเวลานานโดยการใส่อย่างต่อเนื่องทุก ๆ ปีเช่นเดียวกับกับการใส่ถ่านในพืชอื่น

ถ่านแกลบสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากของพาราที่ปลูกใหม่ได้โดยใส่ร่วมกับหินฟอสเฟตเพื่อเพิ่มการเจริญเติบโตของราก การปลูกพาราโดยการใส่ถ่านร่วมกับหินฟอสเฟตเหมาะสำหรับปลูกช่วงต้นฤดูฝน อย่างไรก็ตาม หากปลูกช่วงฤดูร้อนควรใส่ถ่านร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ละลายง่ายและหินฟอสเฟตเพื่อให้สามารถซ่อมแซมรากที่ถูกตัดไปบางส่วนช่วงย้ายปลูก การศึกษาผลของถ่านแกลบต่อการเจริญเติบโต และระบบรากของพาราควรทำการศึกษาในระยะยาว โดยเน้นการใส่ในปริมาณไม่มากเป็นเวลาต่อเนื่องเพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดิน รวมทั้งควรมีการศึกษาผลของถ่านต่อปริมาณ และคุณภาพของน้ำยางพาราต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยเรื่องนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

### เอกสารอ้างอิง

1. พิบูลย์ กังแฮ. ไขข้อข้องใจ. วารสารดินและปุ๋ย 2553; 32(1):74-75.
2. เสาวคนธ์ เหมวงษ์. ถ่านชีวภาพ : การกักเก็บคาร์บอนและความอุดมสมบูรณ์ของดิน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2556; 31(1):104-113.
3. Analytical Software. User's Manual. Tallahassee:

Software Analytical; 2008.

4. Joseph S, Peacocke C, Lehmann J, Munroe P. Developing a biochar classification and test methods. United Kingdom: Earthscan; 2009. p. 107-126.
5. Sohi SP, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R. Chapter 2—A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in Agronomy* 2010; 105:47–82.
6. Bagreev A, Bandosz TJ, Locke DC. Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer. *Carbon* 2001; 39:1971–1979.
7. Lehmann J. A handful of carbon. *Nature* 2007; 447:143–144.
8. McClellan T, Deenik J, Uehara G, Antal M. Effects of flashed carbonized macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. *ASA-CSSA-SSA International* [serial online] 2007Nov; Available from: <http://a-c-s.confex.com/crops/2007am/techprogram/P35834.HTM>. Accessed May 28, 2015.
9. FAO. Industrial charcoal marking. *FAO Forestry Paper* 63 [serial online] 1985; Available from: <http://www.fao.org/docrep/x5555e/x5555e00.htm>. Accessed May 26, 2015.
10. เสาวคนธ์ เหมวงษ์. ผลของถ่านชีวภาพจากไม้ไผ่และแกลบต่อผลผลิต และประสิทธิภาพการดูดใช้ในโตรเจนของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี 2557; 16(1):69-75.
11. Lehmann J, de Silva Jr, Rondon M, Steiner C, Nehls T, Zech W, et al. Nutrient availability and leaching in an archaeological anthrosol and ferralsol of Central Amazon Basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and Soil* 2002; 249:343-357.
12. Piccolo A, Mbagwu JSC. Effects of different organic waste amendments on soil microaggregates stability and molecular sizes of humic substances. *Plant and Soil* 1990; 123:27-37.
13. Prendergast-Miller MT, Duvall M, Sohi SP. Biochar-root interactions are mediated by biochar nutrient content and impacts on soil nutrient availability 64:173-185.
14. Joseph SD, Camps-Arbestain M, Lin Y, Munroe P, Chia CH, Hook J. An investigation into the reactions

- of biochar in soil. Australian Journal of Soil Research 2010; 48:501-515.
15. Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D. Biochar effects on soil biota – A review. Soil Biology and Biochemistry 2011; 43:1812-1836.
  16. Jones DL, Rousk J, Edwards-Jones G, DeLucaTH, MurphyDV. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. Soil Biology and Biochemistry 2012; 45:113-124.
  17. Singh NB, Singh M. Effects of fly ash application on saline soil and on yield components and uptake of NPK of rice and wheat at varying fertility levels. Annals of Agricultural research 19867(2):245-257.
  18. Malewar GU, Adsul PB, Ismail S. Growth parameters in tomato and spinach as influenced by fly ash, soil and their combination. Journal of Soils and Crops 2013; 9(1):30-33.
  19. Summers GT, Quadri SJ, Dhoble MV. Western Australian fly ash on sandy for clover production. Community Soil Science Plant Analysis 2014; 29(17-18):2757-2767.
  20. กษมา เริงฉลาด, จรัสศรี นवलศรี, สายัณห์ สดุดี. ศึกษาการเจริญเติบโตของรากต้นกล้วยพาราฟืนธุ์ดั้งเดิมเพื่อใช้เป็นต้นตอด้วยเทคนิคไรโซทรอน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 2555; 30(3):78-86.
  21. Thaler P, Pages L. Competition within the root system of rubber seedlings (*Hevea brasiliensis*) studied by root pruning and blockage. Journal of experimental Botany 1997; 48:1451-1459.
  22. สุขุม โชติช่วงมณีรัตน์, ปวีณา ทองเหลือง. บทบาทของหินฟอสเฟต (Phosphate Rock, PR) ในการผลิตข้าวโพดแบบอินทรีย์. ใน: เอกสารการประชุมปฏิบัติการงานวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดและข้าวฟ่างเพื่อปรับปรุงคุณภาพชีวิตและความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2558. หน้า 139-148.
  23. Nuruzzaman M, Lambers H, Bolland MDA, Eril K, Venellass EJ. Phosphorus uptake by grain legumes and subsequently grown wheat at different levels of residual phosphorus fertilizer. Australian Journal of Agricultural Research 2005; 56(10):1041-1047.
  24. Major J, Lehmann J, RondonM, Goodale C. Fate of soil-applied black carbon: downward migration, leaching and soil respiration. Global Change Biology 2010; 16(4):1366–1379.
  25. Solaiman ZM, Blackwell P, Abbott LK, Storer P. Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonization, growth and nutrition of wheat. Australian Journal of Soil Research 2010; 48:546-554.
  26. Blackwell P, Riethmuller G, Collins M. Biochar application to soil. United Kingdom: Earthscan; 2009. p. 207-226.
  27. McLaughlin H, Anderson PS, Shields FE, Reed TB. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. Proceedings of North American Biochar Conference [serial online] 2009 Aug; Available from:www.biochar-international.org/sites/default/files/All-Biochars--Versions--Oct2009.pdf. Accessed Jan 5, 2015.

## อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นชมจันทร์

### Effects of Organic Fertilizers on Growth and Yield of Moonflower (*Ipomoea alba* L.)

พัชรี สิริตระกูลศักดิ์<sup>1\*</sup> สุกุลกานต์ สิมลา<sup>2</sup>

Phatcharee Siritrakulsak<sup>1\*</sup> Sakunkan Simla<sup>2</sup>

Received: 2 October 2015; Accepted: 29 December 2015

#### บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีการศึกษาถึงการใช้ปุ๋ยกับต้นชมจันทร์น้อยมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งยังไม่มีงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นชมจันทร์ ดังนั้นจุดประสงค์หลักของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อต้องการทราบถึงผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นชมจันทร์ ทำการทดลองที่ภาควิทยาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) มีจำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 กรรมวิธี คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ควบคุม) 2) ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และ 3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ด อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ บันทึกความยาวเถา ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนดอก และน้ำหนักดอก ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ด ทำให้ต้นชมจันทร์มีจำนวนดอกต่อต้น และน้ำหนักสดดอกรวมต่อต้นสูงที่สุด โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี

**คำสำคัญ:** ดอกชมจันทร์ มูลไก่ มูลวัว การเจริญเติบโต ผลผลิต

#### Abstract

Thailand has few studies on utilization of fertilizer in moonflower. Moreover, research on utilization of organic fertilizer's effects on growth and yield is limited. Therefore, the main objective of this study was to investigate the effects of organic fertilizers on growth and yield of moonflower. The experiment was carried out at the Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Mueang district, Maha Sarakham province. The experimental design was randomized complete block design (RCBD) with 3 replications. The treatments consisted of 1) control (no organic fertilizer application), 2) application at 1,600 kg rai<sup>-1</sup> of cow manure and 3) application at 1,600 kg rai<sup>-1</sup> of granular chicken organic fertilizer. The data of vine length, leaf width, leaf length, flower fresh weight and total flower number were recorded. The result shown that using granular chicken organic fertilizer application produced significantly highest number of flowers per plant and flower fresh weight per plant when compared to other treatments.

**Keywords:** Moonflower, chicken manure, cow manure, growth, yield

#### บทนำ

ดอกชมจันทร์ (*Ipomoea alba* L.) มีชื่อเรียกหลายชื่อทั้งดอกพระจันทร์ ดอกบานดึก และจัดอยู่ในวงศ์ Convolvulaceae ในประเทศไทยพืชวงศ์ผักบุ้งมีความหลากหลายสูง พบได้ทั้งไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม และไม้เลื้อย ประกอบไปด้วยพืชจำนวน 24 สกุล

ประมาณ 120 ชนิด บางชนิดใช้เป็นอาหาร เช่น ผักบุ้ง บางชนิดเป็นไม้ประดับรู้จักกันทั่วไป เช่น ผักบุ้งฝรั่ง เป็นต้น<sup>1</sup> ชมจันทร์เป็นไม้เลื้อย เนื้ออ่อนขนาดเล็ก มีอายุหลายปี<sup>2</sup> ชมจันทร์มีลักษณะเด่น คือ ดอกมีสีขาวและมีกลิ่นหอม ดอกจะบานในเวลาากลางคืน สำหรับการใช้อย่างอื่นในต่าง

<sup>1</sup> ภาควิทยาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>2</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Maha Sarakham 44150

\* Corresponding author: phatteay@gmail.com.



ประเทศ เช่น อเมริกา และยุโรป นิยมนำมาปลูกเป็นไม้ประดับ เช่นเดียวกับมอร์นิ่งกลอรี<sup>3</sup> สำหรับประเทศไทยนั้นเริ่มมีการนำดอกชมจันทร์มาใช้ประโยชน์ทางภาคใต้และภาคอีสาน โดยนำดอกมารับประทานเป็นอาหาร<sup>4</sup> โดยมีรายงานผลการส่งตัวอย่างดอกชมจันทร์ไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการโดยมีองค์ประกอบคาร์โบไฮเดรตอยู่ในช่วง 3.84-5.53% โปรตีน 1.87-2.47% มีปริมาณไขมันต่ำเพียง 0.14-0.60% อีกทั้งยังมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DDPH ได้สูงถึง 67.93%<sup>5,6</sup> และยังพบว่า การรับประทานดอกชมจันทร์ด้วยการนึ่งและกินสดช่วยรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าการรับประทานโดยวิธีอื่น<sup>7</sup> นอกจากนี้ดอกชมจันทร์ยังมีสรรพคุณเป็นยาระบายอ่อนๆ เหมาะแก่ผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก<sup>8</sup> ส่วนเกสรของดอกชมจันทร์ มีสรรพคุณช่วยบำรุงประสาท ช่วยผ่อนคลาย ทำให้สดชื่นและมีฤทธิ์เป็นยานอนหลับอย่างอ่อนทำให้หลับสบาย<sup>9</sup> สำหรับในประเทศไทยต้นชมจันทร์นับเป็นพืชชนิดใหม่ที่มีการศึกษากันน้อยมากในเรื่องของการใช้ปุ๋ยหรือถ้ามีการใส่ปุ๋ยมักเป็นปุ๋ยวิทยาศาสตร์ดังเช่น มีรายงานการให้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 45 กรัมต่อกระถางขนาด 17 นิ้ว ช่วยให้ชมจันทร์มีจำนวนดอกรวม น้ำหนักสดดอกรวม และน้ำหนักแห้งดอกรวมสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการให้ปุ๋ยเคมีในอัตราอื่น<sup>10</sup> และจากการสำรวจราคาดอกชมจันทร์และพบว่าดอกชมจันทร์อินทรีย์มีราคาซื้อขายอยู่ที่กิโลกรัมละ 250-300 บาท<sup>8</sup> (25 ดอก/10 บาท)<sup>11,12</sup> จะเห็นว่าการผลิตชมจันทร์อินทรีย์นั้นมีราคาสูง อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีรายงานเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์กับต้นชมจันทร์ แต่มีเพียงการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในพืชอื่นที่อยู่ในวงศ์เดียวกันกับชมจันทร์ เช่น ผักบุ้งจีน โดยทำการศึกษาค่าผลของการใช้มูลวัว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบุ้งจีน พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลวัวในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดในด้านความสูง ความกว้างของลำต้น จำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ และน้ำหนักสดของต้น ตามลำดับ<sup>13</sup> ในกาวิจัยนี้จึงได้นำปุ๋ยคอกมาใช้ในการปลูกต้นชมจันทร์ เนื่องจากปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้มาจากการเลี้ยงสัตว์และหาง่ายในท้องถิ่น รวมทั้งมีอินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น ช่วยเพิ่มความคงทนให้แก่เม็ดดินเป็นการลดการชะล้างพังทลายของดินและช่วยรักษาหน้าดินไว้ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งธาตุอาหารของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดิน ซึ่งมีผลทำให้กิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์

ให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและยังช่วยเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ในดินด้วย<sup>14</sup> ดังนั้นการศึกษาการปลูกต้นชมจันทร์โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตของต้นชมจันทร์ จึงได้ทำการศึกษาค่าผลของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของชมจันทร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับแนะนำให้เกษตรกรเลือกใช้และเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตชมจันทร์แบบอินทรีย์ต่อไป

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. ทำการทดลองที่แปลงทดลองการเกษตร ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม ที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายแป้ง (Silt) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีค่าการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินดังแสดงใน (Table 1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยจัดการทดลองในแปลงทดลองย่อยขนาด 1 x 5 เมตร ปลูกแถวเดี่ยวใช้ระยะปลูก 100 x 50 เซนติเมตร ทั้งหมดจำนวน 9 แปลง มีจำนวนต้นทั้งหมด 90 ต้น โดยแบ่งออกเป็น 3 กรรมวิธี ในแต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (กรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ด อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่

2. การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก โดยการใช้กรรไกรตัดเล็บตัดเปลือกหุ้มเมล็ดชมจันทร์บริเวณก้นเมล็ดด้านที่มีรอยขีดออกก่อน แล้วนำไปแช่น้ำไว้ประมาณ 3 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดไปเพาะในถาดเพาะ โดยใช้ดินปลูกในการเพาะหยอดลงหลุมๆ ละ 1 เมล็ด รดน้ำเช้า-เย็น เมื่อต้นกล้ามีอายุ 1 เดือน จึงทำการย้ายลงปลูกในแปลงทดลอง และให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์วันละ 1 ครั้ง นาน 30 นาที หลังจากย้ายปลูก 1 สัปดาห์ จึงใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีทดลอง

### 3. บันทึกผลการทดลอง

3.1 การบันทึกการเจริญเติบโตของต้นชมจันทร์ ทุกๆ 7 วัน ประกอบด้วย

1) ความยาวเถา (เซนติเมตร) การเก็บข้อมูลความยาวเถาของต้นชมจันทร์ จนกระทั่งต้นชมจันทร์ออกดอก โดยวัดจากส่วนที่อยู่เหนือดินจนถึงบริเวณปลายสุดของเถา

2) ความกว้างใบชมจันทร์ (เซนติเมตร) วัดขนาดความกว้างใบ โดยวัดจากใบที่อยู่ด้านล่างของเถาขึ้นมาจนถึงปลายเถา จำนวน 15 ใบต่อต้น

3) ความยาวใบชมจันทร์ (เซนติเมตร) วัดขนาดความยาวใบ โดยวัดจากใบที่อยู่ด้านล่างของเถาขึ้นมาจนถึงปลายเถา จำนวน 15 ใบต่อต้น

3.2 การบันทึกผลผลิตดอกของชมจันทร์ โดยบันทึกข้อมูลในระยะออกดอกจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองประกอบด้วย

- 1) จำนวนดอกต่อต้น ทำการเก็บดอกทั้งหมดในแต่ละต้น
- 2) จำนวนดอกต่อไร่

3) น้ำหนักดอก (กรัม/ต้น) ทำการชั่งน้ำหนักดอกทั้งหมดที่เก็บได้ในแต่ละต้น

4) ผลผลิตดอก (กิโลกรัม/ไร่)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) แต่ละลักษณะตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูปและทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีโดยใช้ Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นอย่างน้อย 95 %

**Table 1** Soil physical and chemical properties.

Parameters	Values	
pH (Soil : H <sub>2</sub> O; 1:1)	4.77	
Electrical Conductivity (EC) (1:5)	0.03 mS/cm	
Organic Matter (OM)	0.82 %	
Available Phosphorus (P)	4.27 mg/kg	
Exchangeable Potassium (K)	68.67 mg/kg	
Cation Exchange Capacity (CEC)	6.32 meq/100g	
Particle size analysis	Sand (%)	33.90 %
	Silt (%)	61.93 %
	Clay (%)	4.20 %
Texture	Silt	

**ผลการทดลองและวิจารณ์**

**ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของต้นชมจันทร์**

**ความยาวเถา (เซนติเมตร)**

ดอกชมจันทร์เป็นไม้เถาเลื้อย มีระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) ก่อนข้างสั้น โดยมีพัฒนาการเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive phase) ตั้งแต่อายุประมาณ 3-4 สัปดาห์หลังย้ายปลูก จากการทดลองพบว่าชนิดของปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อความยาวเถาของชมจันทร์ โดยทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชมจันทร์ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดให้ค่าเฉลี่ยความยาวเถาดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีค่าความยาวเถาเท่ากับ 226.49 เซนติเมตร (Table 2) ทั้งนี้เนื่องมาจากปุ๋ยมูลไก่เป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างสูง โดยเฉพาะปริมาณธาตุไนโตรเจน ซึ่งมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชผัก อีกทั้งปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยในการ

ปรับปรุงบำรุงดิน และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ดินมีความโปร่ง และ ร่วนซุย ปุ๋ยอินทรีย์จึงมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองค่อนข้างครบถ้วนที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต รวมถึงธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อยที่สำคัญ เช่น เหล็ก ทองแดง สังกะสี โมลิบดีนัม และธาตุอาหารอื่นๆ ถึงแม้ธาตุอาหารเหล่านี้จะมีปริมาณไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี แต่ปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้จะค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืช ในระยะยาวได้ และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังทำให้ดินอุ้มน้ำและปุ๋ยได้ดีขึ้นด้วย<sup>15</sup> ดังนั้นการให้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดจึงให้ความยาวเถาของชมจันทร์มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

**ความกว้างใบชมจันทร์ (เซนติเมตร)**

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีผลต่อความกว้างของใบชมจันทร์ โดยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดมีความกว้างใบ 9.83 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีค่าเฉลี่ยความกว้างใบ

9.24 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยคอกมูลวัวมีค่าเฉลี่ยความกว้างใบ 9.11 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งต่างจากการผลิตข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอก ทำให้เจริญเติบโตด้านความสูง ความยาวใบ จำนวนใบ พื้นที่ใบ และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม<sup>16</sup> เช่นเดียวกับการศึกษาผลของปุ๋ยชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าหยาบข้อที่อายุการตัดต่างกัน คือ ไม่ใส่ปุ๋ย ปุ๋ยมูลโค ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยยูเรีย พบว่าปริมาณผลผลิตทั้งที่เป็นน้ำหนักสดรวม น้ำหนักแห้ง ความยาวต่อต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกอต่อต้น มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเมื่อใส่ปุ๋ยมูลโค จากการทดลองจะเห็นว่ากรรมวิธีที่ให้ปุ๋ยช่วยให้มีความกว้างใบมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเช่นเดียวกัน<sup>17</sup>

#### ความยาวใบชมจันทร์ (เซนติเมตร)

ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อความยาวใบชมจันทร์โดยการให้ปุ๋ยอินทรีย์ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดทำให้มีความยาวใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยแต่ไม่มี

ความแตกต่างกันกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว คือมีความยาวใบเท่ากับ 9.07 เซนติเมตร ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว มีความยาวใบคือมีความยาวใบเท่ากับ 8.49 เซนติเมตร และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยมีความยาวใบ 7.49 เซนติเมตร ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองค่อนข้างครบถ้วนที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงส่งผลให้มีความยาวใบมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองใส่ปุ๋ยมูลไก่ให้กับตะไคร้ พบว่า ต้นตะไคร้ที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 4 ตันต่อไร่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากกว่าต้นตะไคร้ที่ได้รับปุ๋ยมูลไก่ในอัตรา 1 ตันต่อไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ<sup>18</sup> เช่นเดียวกับการผลิตผักบุงเงินโดยทำการศึกษากการใช้มูลวัว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบุงเงิน พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลวัวในอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยทำให้ผักบุงเงินมีความสูง ความกว้างของลำต้น จำนวนใบ ความกว้างของใบ ความยาวของใบ และน้ำหนักสดของต้นผักบุงเงินดีที่สุด<sup>13</sup>

**Table 2** Effects of organic fertilizer types on vine length (cm.), leaf width (cm.) and leaf length (cm.) of moonflower.

Organic fertilizer types	Vine length (cm.) <sup>1)</sup>	Leaf width (cm.)	Leaf length (cm.) <sup>1)</sup>
No fertilizer	143.75b	9.24	7.49b
Cow manure	163.13ab	9.11	8.49ab
Granular chicken manure	226.49a	9.83	9.07a
LSD 0.05	67.63	ns	1.44
C.V. (%)	16.78	7.82	7.59

<sup>1)</sup>Means in the same columns followed by different letters are significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

ns: not significantly.

#### ผลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อผลผลิตของดอกชมจันทร์ จำนวนดอกต่อต้น

เมื่อต้นชมจันทร์อายุประมาณ 1 เดือนหลังการปลูกย้ายปลูกลงในแปลง จะเริ่มมีตาดอกเกิดขึ้นในบริเวณซอกก้านใบ และจะเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกได้เมื่อต้นมีอายุประมาณ 45 วันหลังปลูกการย้ายปลูกลงในแปลง โดยระยะดอกที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวคือ ระยะดอกตูม สังเกตได้โดยดูจากส่วนปลายของดอกต้องบิดเป็นเกลียวหลวมๆ และดอกยังไม่คลี่บานออกจนเห็นกลีบดอกสีขาว จากการทดลองพบว่าจำนวนดอกของชมจันทร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยต้นชมจันทร์ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดให้จำนวนดอก

ชมจันทร์มากที่สุดคือ 925.67 ดอกต่อต้น ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยคอกให้จำนวนดอกชมจันทร์ 819.77 ดอกต่อต้น และกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยให้จำนวนดอกชมจันทร์ 689.17 ดอกต่อต้น ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ รายงานว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิดต่อการสร้างผลผลิตของผักบุงเงินเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าการให้ปุ๋ยมูลไก่อัดเม็ดให้การเจริญเติบโตด้านความยาวต้นจำนวนผลผลิตและน้ำหนักสดสูงที่สุด<sup>19</sup> อย่างไรก็ตามจากการทดลองจะพบว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดให้จำนวนดอกชมจันทร์ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เพราะว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีธาตุอาหารมากกว่าปุ๋ยมูลสด 5 เท่าตัว และมีธาตุอาหารในปริมาณที่ใกล้

เคียงกับปุ๋ยเคมี ไม่แตกย่อยง่าย ทำให้พืชได้รับสารอาหารระยะเวลายาวนานขึ้น มีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องและตรึงธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้นานขึ้น ช่วยชักนำให้เกิดการสร้างตาดอกและติดผลดีขึ้น เนื่องจากธาตุอาหารสำคัญที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมมีปริมาณเพิ่มขึ้น<sup>19</sup> และในงานทดลองนี้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกชมจันทร์เป็นระยะเวลาประมาณ 9 สัปดาห์ พบว่าชมจันทร์มีจำนวนดอกรวมและน้ำหนักดอกต่อต้นมากที่สุดประมาณสัปดาห์ที่ 5-6 โดยทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีจำนวนดอกมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยที่มีจำนวนดอกต่ำที่สุดตลอดระยะเวลาการเก็บเกี่ยว (Figure 1)

**จำนวนดอกต่อไร่**

จากการทดลองพบว่าจำนวนดอกต่อไร่ของชมจันทร์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชมจันทร์ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดให้จำนวนดอกชมจันทร์มากที่สุดคือ 2,962.10 ดอกต่อไร่ ส่วนกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยคอกให้จำนวนดอกชมจันทร์ 2,623.30 ดอกต่อไร่ และกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยให้จำนวนดอกชมจันทร์ 2,205.30 ดอกต่อไร่ ตามลำดับ โดยให้ผลเช่นเดียวกับจำนวนดอกชมจันทร์ต่อต้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการให้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดและปุ๋ยคอกทำให้มีการเจริญในด้านความยาวเถาของชมจันทร์มากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยดังแสดงใน (Table 1) ซึ่งความยาวเถาที่มากนี้มีผลต่อการเกิดดอกด้วยเนื่องจากดอกชมจันทร์เกิดบริเวณซอกก้านใบ ดังนั้นถ้าชมจันทร์มีความยาวเถาเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้มีซอกก้านใบและจำนวนใบของชมจันทร์เพิ่มตามความยาวเถาด้วย

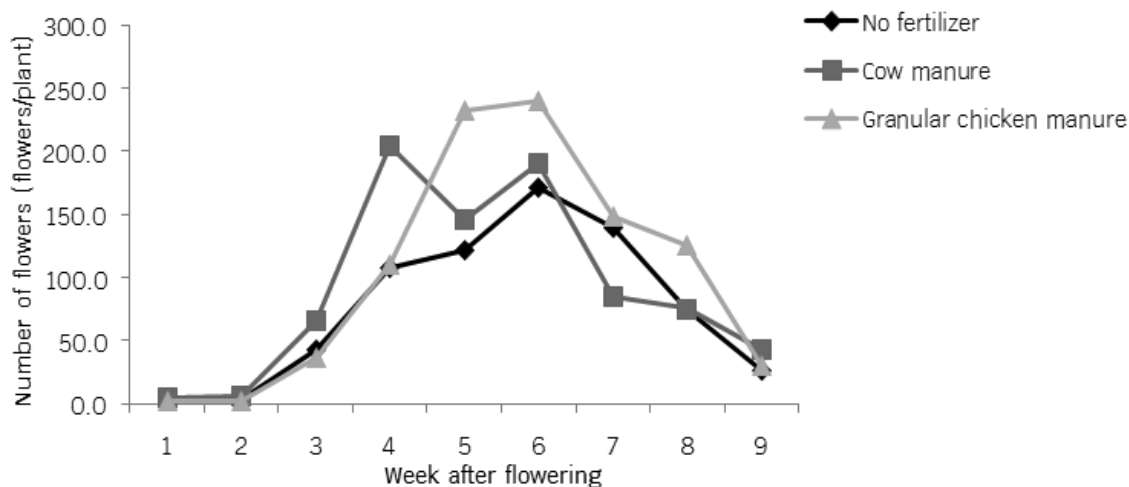


Figure 1 Flower number of moonflower at harvest stage.

**น้ำหนักสดดอก (กรัมต่อต้น)**

จากการทดลองการเปรียบเทียบชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่แตกต่างกันต่อน้ำหนักดอกเฉลี่ยต่อต้นของชมจันทร์ พบว่าชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ต่างชนิดกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมูลไก่ส่งผลให้มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักดอกสูงที่สุด คือ 389.10 กรัมต่อต้น รองลงมาคือการได้รับปุ๋ยคอกมูลวัว มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักดอก 324.40 กรัมต่อต้น ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยให้ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักดอกน้อยที่สุด คือ 267.53 กรัมต่อต้น ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรผสมมูลสัตว์ 3 ชนิด คือ มูลสุกร มูลโคและมูลค่างควา ต่อผลผลิตของสบู่ดำ โดยใช้ปุ๋ยแต่ละชนิดในอัตรา 100, 200,

300 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรผสมในอัตรา 400 กิโลกรัม มีผลให้ผลผลิตของสบู่ดำสูงที่สุด เพราะปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดช่วยชักนำให้เกิดการสร้างตาดอก การออกดอก และติดผลดีขึ้น<sup>20</sup> อย่างไรก็ตามปุ๋ยคอกแต่ละชนิดมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน โดยเฉพาะมูลไก่จะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่นๆ โดยมีการศึกษาเกี่ยวกับปุ๋ยมูลไก่ว่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจน 3.77 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปุ๋ยคอกมูลวัวมีปริมาณธาตุไนโตรเจนเพียง 1.91 เปอร์เซ็นต์<sup>21</sup> และจากการศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนของปุ๋ยคอกชนิดต่างๆ พบว่าปุ๋ยมูลไก่ปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาปริมาณสูงกว่ามูลสัตว์ชนิดอื่นๆ<sup>15</sup> ดังนั้นจึงส่งผลให้น้ำหนักดอกชมจันทร์มากขึ้นตามไปด้วย ประกอบกับ

ในการทดลองนี้ทำการเก็บเกี่ยวดอกตูมชมจันทร์ทุกวัน ดังนั้นจึงไม่มีการติดผลจึงส่งผลให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นสามารถพัฒนาไปได้อย่างต่อเนื่องและให้ดอกตูมในปริมาณมากตามไปด้วย

### ผลผลิตดอก (กิโลกรัม/ไร่)

จากการทดลองพบว่า ชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ต่อปริมาณผลผลิตดอกชมจันทร์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดส่งผลชมจันทร์ให้มีผลผลิตดอกมากที่สุด คือ 1,245.10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามด้วยการได้รับปุ๋ยคอกมูลวัว มีผลผลิตดอก 1,038.00 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีผลผลิตดอกเพียง 856.00 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับงานทดลองของสมมารถ และคณะ ได้ทำการศึกษารูปแบบปุ๋ยมูลโคและปุ๋ยมูลไก่ให้แก่ผักควาตองในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าการใส่ปุ๋ยมูลไก่ให้กับผักควาตองในอัตรา 4 ตันต่อไร่ ทำให้ผักควาตองมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้ำหนักสดมีค่าสูงสุดในทางกลับกันเมื่อได้รับปุ๋ยมูลไก่ในอัตราที่ลดลงผักควาตองจะมีการเจริญเติบโต

ทางลำต้นลดลงด้วยเช่นกัน<sup>22</sup> นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการให้ปุ๋ยคอกกับแตงโมในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของแตงโมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ยที่พืชได้รับซึ่งไปมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นที่มีอยู่ในปุ๋ยที่ได้รับด้วย โดยจะไปมีผลต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของพืช<sup>23</sup> อย่างไรก็ตาม ปริมาณผลผลิตดอกชมจันทร์ตลอดการเก็บเกี่ยวพบว่า การให้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดให้ผลผลิตดอกชมจันทร์มากที่สุดตลอดการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะช่วงในสัปดาห์ที่ 6 หลังจากออกดอก จะเห็นว่าการให้ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดให้ผลผลิตดอกชมจันทร์สูงที่สุด เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (มูลไก่) ในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ผลผลิตหัวสดของแก่นตะวันต่อไร่สูงที่สุด เท่ากับ 2,857.50 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องมาจากปุ๋ยมูลไก่จะมีปริมาณธาตุไนโตรเจนสูงและปลดปล่อยไนโตรเจนออกมาปริมาณสูงกว่ามูลวัวและมูลสัตว์ชนิดอื่นๆ<sup>24</sup> ซึ่งปุ๋ยคอกมูลสัตว์แต่ละชนิดก็มีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันด้วย<sup>15</sup>

**Table 3** Effects of organic fertilizer types on flower number per plant, flower number per rai, flowers fresh weight (g/plant) and flower yield (kg/rai) of moonflower.

Organic fertilizer types	Flower number (flowers /plant) <sup>1</sup>	Flower number (flowers /rai) <sup>1</sup>	Flower fresh weight (g/plant) <sup>1</sup>	Flower yield (kg/rai) <sup>1</sup>
No fertilizer	689.17c	2,205.3c	267.53b	856.00b
Cow manure	819.77b	2,623.3b	324.40b	1,038.00b
Granular chicken manure	925.67a	2,962.1a	389.10a	1,245.10a
LSD 0.05	102.22	327.09	62.46	199.87
C.V.(%)	5.56	5.56	8.43	8.43

<sup>1</sup>Means in the same columns followed by different letters are significantly different by LSD at  $p \leq 0.05$ .

### ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของชมจันทร์

ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางการเกษตรต่างๆ ด้านการเจริญเติบโต (vegetative growth) พบว่าความยาวเถา มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนดอกต่อต้น จำนวนดอกต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.79^{**}$  และ  $0.79^{**}$  ตามลำดับ) และความยาวเถามีสหสัมพันธ์ทางบวกกับน้ำหนักดอกต่อต้นและปริมาณผลผลิตดอกต่อไร่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = 0.69^{*}$  และ  $0.69^{*}$  ตามลำดับ) หมายความว่า เมื่อใดก็ตามที่มีค่าความยาวเถาเพิ่มขึ้นจะทำให้มีจำนวนดอกต่อต้น จำนวน

ดอกต่อไร่ น้ำหนักดอกต่อต้นและปริมาณผลผลิตดอกต่อไร่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากการออกดอกของชมจันทร์ออกบริเวณซอกก้านใบ ดังนั้นถ้าชมจันทร์มีความยาวเถาเพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้มีซอกก้านใบและจำนวนใบของชมจันทร์เพิ่มตามความยาวเถาด้วย ดังนั้นการที่พืชมีจำนวนใบมากหรือมีพื้นที่ผิวใบมากมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของพืชมากตามไปด้วย เนื่องจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชเป็นกระบวนการที่พืชดูดซับพลังงานแสงแล้วเปลี่ยนไปเป็นพลังงานเคมีสะสมไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารประกอบที่มีพลังงานสูง เช่น แป้งและน้ำตาล แล้วนำไปใช้ในกระบวนการ

ทางสรีระต่างๆ ของพืช<sup>25,26</sup> ดังนั้นหากชมจันทร์มีการสังเคราะห์แสงได้มากจะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีเมื่อเข้าสู่ระยะเจริญพันธุ์ (reproductive stage) หรือระยะที่พืชมีการสร้างดอก ซึ่งในระยะนี้ดอกทำหน้าที่เป็นแหล่งใช้อาหาร (sink) ที่สำคัญ<sup>27</sup> หากมีการสังเคราะห์แสงมากจะทำให้พืชมีอาหารเพียงพอสำหรับสร้างดอกจึงทำให้ได้ผลผลิตดอกในปริมาณมากตามไปด้วยส่วนความกว้างใบมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าความยาวใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $r = 0.69^*$ ) หมายความว่า เมื่อใดก็ตามที่มีค่าความกว้างใบมากขึ้นจะทำให้มีความยาวใบมากขึ้นตามไปด้วยเช่นเดียวกัน (Table 4) ส่วนลักษณะทางการเกษตรในด้านผลผลิต (reproductive) พบว่าจำนวนดอกต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับค่าจำนวนดอกต่อไร่ น้ำหนักดอกต่อต้น และปริมาณผลผลิตดอกต่อไร่ อย่างมีนัย

สำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 1.00^{**}$ ,  $0.85^{**}$  และ  $0.85^{**}$  ตามลำดับ) หมายความว่า เมื่อใดก็ตามที่จำนวนดอกต่อต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้มีจำนวนดอกต่อไร่ น้ำหนักดอกต่อต้น และปริมาณผลผลิตดอกต่อไร่เพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับค่าจำนวนดอกต่อไร่พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกกับค่าน้ำหนักดอกต่อต้นและปริมาณผลผลิตดอกต่อไร่ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 0.85^{**}$  และ  $0.85^{**}$  ตามลำดับ) หมายความว่า เมื่อใดก็ตามที่จำนวนดอกต่อไร่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีน้ำหนักดอกต่อต้นและปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนน้ำหนักดอกต่อต้นมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณผลผลิตดอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ( $r = 1.00^{**}$ ) หมายความว่า เมื่อใดก็ตามที่มีค่าน้ำหนักดอกเพิ่มขึ้นจะทำให้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Table 4)

**Table 4** The relationship between different traits of growth and yield in moonflower (n=90).

Traits	Vine length	Leaf width	Leaf length	Flower number per plant	Flower number per rai	Flower fresh weight per plant
Leaf width	0.32					
Leaf length	0.46	0.69*				
Flower number per plant	0.79**	0.15	0.66			
Flower number per rai	0.79**	0.15	0.66	1.00**		
Flower fresh weight per plant	0.69*	0.15	0.56	0.85**	0.85**	
Flower yield	0.69*	0.15	0.56	0.85**	0.85**	1.00**

\* Significant at the 0.05 level, \*\* Significant at the 0.01 level.

จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าลักษณะทางด้านการเจริญเติบโตมีความสัมพันธ์กับค่าผลผลิตของต้นชมจันทร์ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการจัดการในเรื่องของการเจริญเติบโตซึ่งมีปัจจัยต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยหลายปัจจัย อาทิเช่น แสง ธาตุอาหาร ฮอโมนพืช เป็นต้น<sup>25</sup> โดยปัจจัยเหล่านี้ไปมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืชโดยตรง ดังนั้นหากชมจันทร์ได้ปุ๋ยหรือธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอและเหมาะสม จะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดี เช่น มีความยาวเถา ความกว้างใบและความยาวใบหรือมีพื้นที่ใบเพิ่มมากขึ้น ก็จะส่งผลให้มีปริมาณผลผลิตดอกสูงตามไปด้วย

## สรุป

การให้ปุ๋ยทุกอัตรามีผลต่อผลผลิตดอกของต้นชมจันทร์ โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมูลไก่ อัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้มีจำนวนดอก และน้ำหนักสดดอกสูงที่สุด

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายวัชรินทร์ จันจ้านง ที่ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- Preecha K. Conservation for Thai Convolvulaceae. 2015. Source: Available from: <http://web3.dnp.go.th/botany/pdf/convolPoster.pdf> Accessed March 21, 2015.
- Austin DF, Huáman Z. A synopsis of *Ipomoea* (Convolvulaceae) in the Americas. *Taxon* 1996; 45: 3-38.
- Saensouk S. The family Convolvulaceae in Muang district, Nong Khai province, Thailand. *KKU Res J* 2007; 12: 237-243.
- ปรีชยา คล้ายทวน. ดอกชมจันทร์ ดอกไม้กินได้ ระบายดี. *เกษตรกรรมธรรมชาติ* 2553;13:6-7.

5. สายันต์ ดันพานิช. ดอกขมจันทร์. สถานีวิจัยลำตะคองปากช่อง. นครราชสีมา; ได้จาก: <http://www.manager.co.th/Science/ViewNews.aspx?NewsID=9520000087900>.
6. พัชรีย์ สิริตระกูลศักดิ์ ประสิทธิ์ ชุตติชูเดช เบญจวรรณ ชุตติชูเดช เกียรติศักดิ์ บุญเที่ยง และมาระตรี เปลี่ยนศิริชัย. กิจกรรมสารต้านอนุมูลอิสระของดอกไม้กินได้ 15 ชนิดในจังหวัดมหาสารคาม. แก่นเกษตร 2556; 41(1): 607-611.
7. พัชรีย์ สิริตระกูลศักดิ์ และสกุลกานต์ สิมลา. ผลของกรรมวิธีการประกอบอาหารต่อปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในดอกขมจันทร์. แก่นเกษตร 2558; 43(1): 875-880.
8. เพ็ญพิชญา เตียว. ขมจันทร์พืชสมุนไพรจากไม้ประดับสู่อาหารสุขภาพ. ได้จาก: <http://www.thairath.co.th/content/edu/28724>.
9. Austin DF. Moon-Flower (*Ipomoea alba*, Convolvulaceae)- Medicine, Rubber Enabler, and Ornamental: A Review. *Econ Bot* 2013; 67: 244-262.
10. พัชรีย์ สิริตระกูลศักดิ์ สกุลกานต์ สิมลา และสรรพงค์เบญจศรี. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของขมจันทร์. แก่นเกษตร 2556; 43(1): 869-874.
11. ชื่นดวงใจ คงบาล. อาณาจักรพืชสวน "ดอกขมจันทร์" ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดนครราชสีมา (พืชสวน). 2555. ได้จาก: <http://www.aopdh06.doae.go.th>.
12. สลันดาออร์แกนิกฟาร์ม. ดอกขมจันทร์ออแกนิก. 2557. ได้จาก: <http://www.salandaorganicfarm.com/product/15>.
13. สายชล พรหมอยู่ อัจฉรา จินตลดากร และหญิงฉวี ภัทรดีลภ. ผลของการใช้มูลวัว ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยเคมีต่อการผลิตผักบั้งจีน. ใน การเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา. สุโขทัย: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช; 2555: 300-301.
14. สุพจน์ ชัยวิมล. ปุ๋ยคอก. ได้จาก: <http://agriqua.doae.go.th/organic/input/manure.doc>.
15. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงบำรุงดินและเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ; ได้จาก: <https://books.google.co.th/books?id=9lu5oAEACAAJ>
16. ปริญญาวัตติ์ ดรีตันทิพย์ ยุทธนา เขาสุเมรุ และนภา ชื่นสุภา. การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยคอกในการผลิตข้าวโพดหวานอย่างยั่งยืน. วิทยาศาสตร์เกษตร 2551; 39(3): 616-619.
17. จารุณี หนูละออง อับดุลรอฮิม เปาะอีเต้ สุชัยญา จันทร์ทักษิณภาส ฟาตีเมาะ เจ๊ะหลี และ ส่วนฮายาดี โตนิเต. ผลของปุ๋ยชนิดต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าห่วยข้อที่อายุการตัดต่างกัน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2555; 16(1): 39-48.
18. จักรชัยวิน ดาวใหญ่ และสมยศ เดชภีรัตนมงคล. ผลของปุ๋ยมูลสัตว์ที่ผลต่อการเจริญเติบโตของตะไคร้พันธุ์พื้นเมือง 2 พันธุ์. ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 46. สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2551; 465-472.
19. สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ. การศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพต่อการสร้างผลผลิตผักบั้งจีน. องค์ความรู้และนวัตกรรมด้านเกษตรอินทรีย์ ปี พ.ศ. 2552-2553. ได้จาก: [http://www.nia.or.th/organic/books/14\\_1.pdf](http://www.nia.or.th/organic/books/14_1.pdf).
20. รักรงค์ รักรัชน. อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรผสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตสับปะรด. ได้จาก: <http://dcms.lib.nu.ac.th/dcms/TDC2553/1256/Abstract.pdf>
21. ปรัชญา รัชญาดี เมธี มณีวรรณ และพิรัชมา วาสนานุกูล. ความรู้เรื่องอินทรีย์วัตถุในดิน. ในคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องการปรับปรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ-กลุ่มอินทรีย์วัตถุและวัสดุเหลือใช้กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. ได้จาก: [https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=20&cad=rja&uact=8&ved=0CGYQFjAJOPApQFQoTCMVCvtzCi8kCFQOdIAodwO0NJg&url=http%3A%2F%2Fjournal.pnu.ac.th%2Fjoys%2Findex.php%2Fpnujr%2Farticle%2Fdownload%2F12%2F11&usg=AFQjCNHlwAKrfNIYNPjgvPE-QGoawD\\_wg&sig2=c9-Puf-yZIEcnl4XQE0mg&bvm=bv.107467506,d.dGo](https://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=20&cad=rja&uact=8&ved=0CGYQFjAJOPApQFQoTCMVCvtzCi8kCFQOdIAodwO0NJg&url=http%3A%2F%2Fjournal.pnu.ac.th%2Fjoys%2Findex.php%2Fpnujr%2Farticle%2Fdownload%2F12%2F11&usg=AFQjCNHlwAKrfNIYNPjgvPE-QGoawD_wg&sig2=c9-Puf-yZIEcnl4XQE0mg&bvm=bv.107467506,d.dGo)
22. สมภารต อยู่สุขยิ่งสถาพร สมยศ เดชภีรัตนมงคล และธวัชชัย อุบลเกิด. ผลของปุ๋ยมูลไก่และมูลโคอัตราต่างๆต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคาวตอง (*Houttuynia cordata* Thunb.). ใน รายงานการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52 สาขาพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2557; 415-422.
23. Dauda SN, Ajayi FA, Dor EN. Growth and yield of watermelon (*Citrullus lunatus*) as affected by poultry manure application. *J Agric & Social Sci* 2008; 4(3): 121-124.
24. อัดด์ อัจฉริยมณตรี. ศักยภาพการให้ผลผลิตและลักษณะการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus*)

ในสภาพเกษตรอินทรีย์. สาขาวิชาเทคโนโลยีและ  
พัฒนาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. เชียงใหม่; 2555; 1-38.

25. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2544: หน้า 237.
26. นิวัตติ เรื่องพานิช. วิทยาศาสตร์ทุ่งหญ้า. คณะวนศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2543: หน้า 344.
27. Wien HC. Correlative Growth in Vegetables. The  
Physiology of Vegetables Crops, CABI, UK 1997;  
181-206.



## ระบบ Telegraphic medicine ในหน่วยการแพทย์ฉุกเฉินมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน จังหวัดนครราชสีมา

### System of Telegraphic Medicine in Emergency Medical Service by the Sawangmetta Dhammasathan Foundation Nakhon Ratchasima Province, Thailand

สุนทร ชินประสาทศักดิ์<sup>1</sup>, ศุภฤกษ์ สัทธาพงศ์<sup>1</sup>, รั้ว สอนสุภาพ<sup>2</sup>, นันทวรรณ ทิพยเนตร<sup>2</sup>,  
เจน วาวจะโปะ<sup>1</sup>, อภิวัฒน์ จันบุตรศรี<sup>2</sup>, ชลณี ชมจันทร์<sup>2</sup>

Soontorn Chinprasatsak<sup>1</sup>, Supalerk Satthapong<sup>1</sup>, Ratha Sornsuparp<sup>2</sup>, Nantawan Tippayanate<sup>2</sup>,  
Jane Wowjapo<sup>1</sup>, Apiwat Janboodsri<sup>2</sup>, Cholanee Chomjan<sup>2</sup>

Received: 27 June 2015; Accepted: 16 October 2015

#### บทคัดย่อ

ระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินมีความสำคัญ ในการช่วยลดอัตราการความพิการหรือเสียชีวิตของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน การนำระบบ  
สารสนเทศมาช่วยในการปฏิบัติงาน ถือเป็นอีกมิติที่ควรที่จะพัฒนาในระบบการแพทย์ฉุกเฉิน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานมีความมั่นใจ  
และช่วยในการสั่งการการรักษาที่เหมาะสม เพิ่มอัตราการรอดชีวิตของผู้เจ็บป่วย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ระบบ  
Telegraphic medicine ช่วยในการประเมินและการสั่งการการรักษา ของทีมปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์มูลนิธิสว่างเมตตาธรรม  
สถาน จังหวัดนครราชสีมาในระดับพื้นฐาน โดยทำการศึกษาที่มปฏิบัติการของรถฉุกเฉินที่ติดตั้งระบบ Telegraphic medicine  
กับรถฉุกเฉินที่ไม่ได้ติดตั้งระบบ Telegraphic medicine เริ่มทำการศึกษาดังแต่ วันที่ 1 มกราคม ถึง 15 มีนาคม 2558 เครื่อง  
มือที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถามประสิทธิภาพของระบบ Telegraphic medicine วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา  
การรักษา ระยะเวลาในการวินิจฉัยของทีมบุคลากรที่ออกปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า จำนวนตัวอย่างที่ศึกษา จำนวนทั้งสิ้น  
196 ราย แบ่งเป็นกลุ่มที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine จำนวน 35 ราย คิดเป็นร้อยละ 17.9 และกลุ่มที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic  
medicine จำนวน 161 ราย คิดเป็นร้อยละ 82.1 โดยเทียบคุณภาพในการประเมินผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินทั้งสองกลุ่ม พบว่า การใช้  
ระบบ Telegraphic medicine สามารถช่วยการประเมินสัญญาณชีพ การประเมินระดับน้ำตาลด้วยการเจาะปลายนิ้ว การประเมิน  
และแก้ไขระบบทางเดินหายใจ (Air way) การหายใจ (Breathing) ระบบไหลเวียนโลหิต (Circulation) มีความเหมาะสมแตกต่าง  
กับการปฏิบัติงานโดยที่ไม่ได้ใช้ระบบ Telegraphic medicine อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้  
ประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพการให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินในหน่วยงานที่ไม่มีแพทย์ออกปฏิบัติการร่วมกับทีม โดยเฉพาะ  
การตัดสินใจรักษาผู้เจ็บป่วยในภาวะวิกฤติ รวมถึงการใช้งานในการส่งปรึกษาแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ เพื่อให้สามารถวินิจฉัย  
อาการได้รวดเร็วสามารถวางแผนและเตรียมการรักษาที่เฉพาะ ในระหว่างที่ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินกำลังเดินทางมาโรงพยาบาลเพื่อ  
ช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตของผู้เจ็บป่วยให้เพิ่มขึ้นได้

**คำสำคัญ:** ระบบ Telegraphic medicine การแพทย์ฉุกเฉิน

#### Abstract

Emergency medical services are important to the reduction of disabilities or death of emergency patients. Bringing in an  
information system could help develop the emergency medical system, by giving the workers the confidence and help  
they need to command and maintain an appropriate level of survival. This study aimed to examine the Telegraphic  
Medicine system which helps to assess and command the treatment of the Emergency Medical Team in  
Sawangmetta Dhammasathan Foundation Nakhon Ratchasima Province at a fundamental level. The study participants

<sup>1</sup> กลุ่มงานเวชศาสตร์ฉุกเฉิน โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา

<sup>2</sup> สาขาปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Emergency Department, Maharat Nakhonratchasima Hospital, Muang District, Nakhonratchasima, 45000, Thailand

<sup>2</sup> Emergency Medical Operation, Faculty of Medicine, Mahasarakram University, Muang District, Mahasarakham 44000, Thailand

were medical personnel who were installed and uninstalled the Telegraphic Medicine in an ambulance. The study ran from January 1, 2015 to March 15, 2015. The study tool was a structured questionnaire. Data were analyzed by using descriptive statistics to compare performance data in evaluating, treatment and duration of diagnosis by Emergency Medical Service mission team personnel. The study found that a total of 196 samples which were divided into 2 groups using the system Telegraphic Medicine was 17.9%, and those who did not use the system Telegraphic medicine were 82.1%. Both groups found that they could help to evaluate vital signs, blood collection finger prick, air way, breathing and circulation. using the system Telegraphic medicine. The results of this study can be utilized to improve the quality of Emergency Medical Services missions especially in units that did not have a doctor in their team. To be able to diagnose more quickly, can help plan and prepare a specific treatments.

**Keywords :** System of Telegraphic Medicine, Emergency Medicine

## บทนำ

ประเทศไทยในปัจจุบัน มีระบบการแพทย์ฉุกเฉิน ที่ให้บริการแก่ประชาชนครอบคลุมทุกพื้นที่ในประเทศไทย ปีละประมาณ 1,300,000 ครั้ง จากข้อมูลสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ปีพ.ศ. 2557 ในจังหวัดนครราชสีมา มีการออกปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉิน 54,000 ครั้ง ในปีพ.ศ. 2557 โดยกลุ่มงานเวชศาสตร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ได้นำระบบ Telemedicine ซึ่งมีเพียงคลื่นไฟฟ้า EKG สัญญาณชีพ มาพัฒนาต่อยอดโดยการใช้เป็นระบบ Telegraphic medicine<sup>1-4</sup> (Telemedicine+Telegraph) ซึ่งระบบนี้จะทั้งสัญญาณภาพที่สามารถมองเห็นผู้ป่วย และการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่เป็นวิดีโอ รวมทั้งสัญญาณชีพ คลื่นไฟฟ้าหัวใจ สัญญาณชีพ และสัญญาณเสียงที่สามารถพูดคุยปรึกษาและสั่งการรักษาได้ทันที เป็นแห่งแรกของประเทศไทย

ระบบการแพทย์ฉุกเฉิน หมายถึง การจัดให้มีการระดมทรัพยากรในพื้นที่หนึ่งๆ ให้สามารถช่วยเหลือผู้อาศัยในพื้นที่ ได้มีโอกาสขอความช่วยเหลือในกรณีเจ็บป่วยฉุกเฉิน ทั้งในภาวะปกติและในภาวะภัยพิบัติ โดยจัดให้มีระบบการแจ้งเหตุ ระบบการเข้าให้ความช่วยเหลือผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน ณ จุดเกิดเหตุ ระบบการลำเลียงขนย้าย และการส่งต่อผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินเพื่อเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลที่เหมาะสม ได้อย่างมีคุณภาพ และรวดเร็วตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งลักษณะการปฏิบัติงานของระบบการบริการการแพทย์ฉุกเฉิน โดยทั่วไปจะแบ่งออกเป็นระยะต่างๆ คือ การเจ็บป่วยฉุกเฉินและการพบเหตุ (Detection) การแจ้งเหตุขอความช่วยเหลือ (Reporting) การออกปฏิบัติการของหน่วยบริการ การแพทย์ฉุกเฉิน (Response) การรักษาพยาบาล ณ จุดเกิดเหตุ (On scene care) การลำเลียงขนย้าย และการดูแลระหว่างนำส่ง (Care in transit) การนำส่งสถานพยาบาลที่เหมาะสม (Transfer to definitive care)

การออกปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉินแต่ละครั้ง หน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉินจะต้องทำงานภายใต้ความกดดัน เรื่องเวลา เพราะเวลาในแต่ละนาทีล้วนมีความสำคัญกับผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน ทุกนาทีที่ผ่านไปนั้นหมายถึงโอกาสรอดชีวิตของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินที่ลดลงไปเรื่อยๆ สถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ (สพฉ.) จึงได้มีการกำหนดมาตรการและแผนยุทธศาสตร์ต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉินในระดับภูมิภาค และระดับท้องถิ่นนำไปปฏิบัติให้เป็นแนวเดียวกัน นั่นคือ “แผนหลักการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2556-2559”<sup>5-8</sup> โดยในกลยุทธ์ที่ 6 ได้กล่าวถึงการพัฒนาระบบการจัดการสารสนเทศ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาระบบการจัดการข้อมูลสารสนเทศ โดยมีภารกิจวิเคราะห์และสังเคราะห์เพื่อใช้ในการตัดสินใจเชิงนโยบาย การบริหารจัดการและการปฏิบัติการฉุกเฉินได้อย่างทันที่ และเพื่อให้มีระบบข้อมูลสารสนเทศที่สามารถเชื่อมโยง และใช้ร่วมกันกับหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง กับการปฏิบัติงานด้านการแพทย์ฉุกเฉิน เป้าหมาย คือ มีระบบข้อมูลสารสนเทศที่เชื่อมโยงและใช้ร่วมกันกับหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานด้านการแพทย์ฉุกเฉินและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างทันที่ที่ มูลนิธิสัวงเมตตาคารมสถาน เป็นหน่วยงานที่ขึ้นทะเบียนเป็นหน่วยบริการทางการแพทย์ที่ออกให้บริการในเขตอำเภอเมืองจังหวัดนครราชสีมา มีจำนวนการออกให้บริการการแพทย์ฉุกเฉินประมาณปีละเกือบ 5,000 ครั้ง มีเจ้าหน้าที่ที่ผ่านการอบรมตั้งแต่อาสาฉุกเฉินชุมชน (อฉช.) อาสาสมัครฉุกเฉินการแพทย์ (อฉพ.) และพนักงานฉุกเฉินการแพทย์ (พฉพ.) เป็นเจ้าหน้าที่ประจำรถออกให้บริการแก่ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน การออกปฏิบัติการแต่ละครั้งก็จะมีโอกาสเจอกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่มีความยากง่ายแตกต่างกันไป บางครั้งพบปัญหาในการทำงาน การปรึกษาขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ยังมีข้อจำกัดในหลายๆด้าน ทางคณะกรรมการจึงได้มีแนวคิด

การนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาช่วยในการปฏิบัติงานของบุคลากรในหน่วยงาน คือ การติดตั้งระบบ Telegraphic medicine ในโรงพยาบาลที่ออกปฏิบัติ เพื่อให้ทีมได้มีภาระงานกับศูนย์สั่งการโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา เพื่อที่จะได้ให้ทีมปฏิบัติได้ปรึกษากับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ เพื่อช่วยในการประเมินและการดูแลเบื้องต้นในสถานการณ์ที่ทีมไม่สามารถดูแลได้

โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมาได้นำระบบ Telegraphic medicine มาขยายโครงการ<sup>9</sup> ไปยังมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน นครราชสีมา ให้มีการติดตั้งระบบ Telegraphic medicine ในโรงพยาบาล เพื่อพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน นครราชสีมา ต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระบบ Telegraphic medicine ของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน
2. เพื่อเปรียบเทียบข้อแตกต่างการประเมินและการดูแลผู้ป่วยฉุกเฉินระหว่างทีมปฏิบัติงานมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถานที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine และไม่ใช่ระบบ Telegraphic medicine

### วิธีการศึกษา

การวิจัยเชิงพรรณนาแบบภาคตัดขวาง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง (a point cross-sectional descriptive study) โดยเก็บข้อมูลจากการออกปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉินของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน นครราชสีมา ศูนย์สั่งการระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา และแบบสอบถามการออกปฏิบัติการ ของทีมการแพทย์ฉุกเฉินที่ใช้เทคโนโลยี Telegraphic Medicine ของหน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉิน มูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน และในการเก็บรวบรวมข้อมูลจะมุ่งเน้นในส่วนของ case ที่มีการออกปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉินทั้งที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine และไม่ใช่ระบบ Telegraphic medicine ในชุดปฏิบัติการระดับขั้นพื้นฐาน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพในการดูแลให้การช่วยเหลือ ความถูกต้องผ่านระบบ โดยลำดับขั้นในการเก็บข้อมูลมีดังนี้

1. เตรียมแบบสอบถาม สำหรับการเก็บข้อมูล
2. ชี้แจงและขอความร่วมมือหัวหน้าศูนย์สั่งการ

โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา และ มูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน

3. อธิบายวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และทำความเข้าใจกับผู้ใช้ข้อมูลและตอบแบบสอบถาม

4. นำข้อมูลระหว่างโรงพยาบาลที่ติดตั้งและไม่ได้ติดตั้งระบบ Telegraphic medicine มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ประชากรศึกษา ได้แก่ ผู้ป่วยฉุกเฉินที่ได้รับบริการการปฏิบัติการระดับขั้นพื้นฐาน ของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2558 ถึง 15 มีนาคม 2558

### ผลการศึกษา

มีผู้ป่วยฉุกเฉินที่หน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉินระดับพื้นฐาน (Basic Life Support: BLS) ของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน ออกรับทั้งหมด 325 ราย แต่มีผู้ป่วยที่เป็นไปตามเกณฑ์คัดเข้าของการศึกษาวิจัยทั้งหมด 196 ราย (ร้อยละ 64.2) ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ออกปฏิบัติงานโดยใช้ระบบ Telegraphic medicine จำนวน 35 ราย (ร้อยละ 17.8) และกลุ่มตัวอย่างที่ออกปฏิบัติงานโดยไม่ใช้ Telegraphic medicine จำนวน 161 ราย (ร้อยละ 82.2) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine พบว่าเป็นการแจ้งเหตุทางหมายเลข 1669 ทั้งหมด 33 ราย (ร้อยละ 94.3) และกลุ่มตัวอย่างที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic medicine พบว่าเป็นการแจ้งเหตุทางหมายเลข 1669 ทั้งหมด 149 ราย (ร้อยละ 92.5)

จากข้อมูลการประเมินผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน ของระบบการแพทย์ฉุกเฉินมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน นครราชสีมา ในส่วนของกลุ่มประชากรที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 161 ราย พบว่า การประเมิน สัญญาณชีพ ทำและเหมาะสม 96 ราย (ร้อยละ 59.6) ทำประเมินไม่เหมาะสม 65 ราย (ร้อยละ 40.4) ในกลุ่มที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 35 ราย ทำเหมาะสม ทั้งหมด 35 ราย (ร้อยละ 100) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติการประเมิน Airway ของกลุ่มประชากรที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 161 ราย พบว่า ทำเหมาะสม 121 (ร้อยละ 75.2) ไม่จำเป็น 35 ราย (ร้อยละ 21.7) ทำไม่เหมาะสม 5 ราย (ร้อยละ 3.1) ของกลุ่มประชากรที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 35 ราย พบว่า ทำเหมาะสม 35 ราย (ร้อยละ 100) ) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**Table1** The percentage of procedure type compared between the Telegraphic medicine install ambulance and uninstall ambulance (N=196)

	total	%	telegraphic medicine	non-telegraphic medicine	P-value
<b>Assessed vital signs</b>					
- yes	131	66.8	35	96	0.000
- no	65	33.2	0	65	
<b>Assessed response</b>					
- appropriately	196	100	35	161	
- non appropriately	0	0	0	0	
- not do	0	0	0	0	
- no necessary	0	0	0	0	
<b>Assessed airway</b>					
- appropriately	156	79.6	35	121	0.004
- non appropriately	5	2.5	0	5	
- not do	0	0	0	0	
- no necessary	35	17.9	0	35	
<b>Assessed breathing</b>					
- appropriately	121	61.7	35	86	0.000
- non appropriately	25	12.8	0	25	
- not do	18	9.2	0	18	
- no necessary					
<b>Assessed circulation</b>					
- appropriately	32	16.3	0	32	0.000
- non appropriately	124	63.3	35	89	
- not do	3	1.5	0	3	
- no necessary	59	30.1	0	59	
<b>Assessed disability</b>					
- appropriately	10	5.1	0	10	0.129
- non appropriately	60	30.7	12	48	
- not do	5	2.5	0	5	
- no necessary	18	9.1	0	18	
<b>Assessed exposure</b>					
- appropriately	113	57.7	23	90	0.248
- non appropriately	55	28.1	13	42	
- not do	8	4.1	0	8	
- no necessary	0	0	0	0	
	133	67.8	22	111	

การประเมิน Breathing ของกลุ่มประชากรที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 161 ราย พบว่า ทำเหมาะสม ทั้งหมด 86 ราย (ร้อยละ 53.4) ไม่จำเป็น 32 ราย (ร้อยละ 19.9) ทำไม่เหมาะสม 25 ราย (ร้อยละ 15.5) ไม่ปฏิบัติ 18 ราย (ร้อยละ 11.2) ของกลุ่มประชากรที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 35 ราย พบว่า ทำเหมาะสม 35 ราย (ร้อยละ 100) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติ การประเมิน Circulation ของกลุ่มประชากรที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 161 ราย พบว่า ทำเหมาะสม 89 ราย (ร้อยละ 55.3) ไม่ปฏิบัติ 59 ราย (ร้อยละ 36.6) ไม่จำเป็น 10 ราย (ร้อยละ 6.2) ทำไม่เหมาะสม 3 ราย (ร้อยละ 1.9) ของกลุ่มประชากรที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 35 ราย พบว่า ทำและเหมาะสม 35 ราย (ร้อยละ 100) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**Table2** The severity of patient differentiated by scene triage and emergency department triage (N=196)

	Telegraphic medicine	non-telegraphic medicine
Scene triage		
red	2	18
yellow	31	122
green	2	21
ED triage		
red (ESI 1+2)	9	46
yellow (ESI 3)	24	100
green (ESI 4)	2	15
P-value	0.143	0.000

การประเมินระดับความรุนแรงของผู้เจ็บป่วยฉุกเฉิน ณ จุดเกิดเหตุ เทียบกับการประเมิน ณ โรงพยาบาล ออกปฏิบัติการทั้งหมด 196 ครั้ง ประชากรของกลุ่มที่ไม่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ทั้งหมด 161 ราย พบว่า ประเมิน ณ จุดเกิดเหตุ เป็นสีแดง (Emergent) 18 ราย ประเมินที่โรงพยาบาลพบว่าเป็นสีแดง (Emergent ) 46 ราย ประเมิน ณ จุดเกิดเหตุ เป็นเหลือง (Urgent) 122 ราย ประเมินที่โรงพยาบาลพบว่าเป็นสีเหลือง (Urgent) 100 ราย ประเมิน ณ จุดเกิดเหตุ เป็นสีเขียว (non-Urgent) 2 ราย ประเมินที่โรงพยาบาลพบว่าเป็นสีเขียว (non-Urgent ) 2 ราย มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**วิจารณ์และสรุปผล**

การออกปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉินย่อมพบกับปัญหาต่างๆ การปฏิบัติงานแต่ละครั้งย่อมต้องเผชิญกับอุปสรรค การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการปฏิบัติงาน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้มากยิ่งขึ้น การวินิจฉัยและการรักษาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ และจำเป็นต้องทำด้วยความรวดเร็วและถูกต้อง แผนพัฒนาการแพทย์ฉุกเฉินได้มีมาตรการที่จะส่งเสริมให้มีการใช้ระบบสารสนเทศมาช่วยในการปฏิบัติงาน

เพื่อช่วยลดอัตราความสูญเสียของความพิการหรือเสียชีวิต การนำส่งผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินให้ถึงโรงพยาบาลด้วยความรวดเร็ว ถือว่าจำเป็น แต่ถ้าในระหว่างการนำส่งมีการประเมินที่ถูกต้อง และมีการดูแลที่เหมาะสม อาจช่วยเพิ่มอัตราการรอดชีวิตหรือลดความพิการลงได้

ในงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษา ระบบ Telegraphic medicine ที่ใช้ในรถฉุกเฉินของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน ว่าสามารถช่วยให้ทีมปฏิบัติงาน ปฏิบัติการได้เหมาะสมอย่างไรบ้าง ซึ่งเปรียบเทียบระหว่างรถฉุกเฉินที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine กับรถฉุกเฉินที่ไม่ใช้ ระบบ Telegraphic medicine นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธีศึกษาแบบ Prospective ระยะเวลาศึกษาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2558 ถึง วันที่ 15 มีนาคม 2558 ใช้ตัวอย่างทั้งหมด 196 ราย พบว่า เมื่อนำระบบ Telegraphic medicine มาช่วยในการปฏิบัติงาน สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของรถฉุกเฉินได้ คือ การประเมิน ระดับความรู้สึกรู้ตัว การประเมินทางเดินหายใจ การประเมินการหายใจ การประเมินการไหลเวียน และการประเมินสัญญาณชีพ การวินิจฉัยโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญสามารถลดระยะเวลาลง ผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินได้รับวินิจฉัย และได้รับการรักษาเร็วยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ

สุรชน กัณวีจิตร บริษัทโปรดิจิสส์ จำกัด ผู้พัฒนาโปรแกรม Tele Diag : Thai tele medicine<sup>10</sup> ซึ่งสามารถช่วยในการส่งข้อมูลผู้ป่วยจากโรงพยาบาลที่ขาดบุคลากรให้กับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญช่วยในการวินิจฉัยโรคได้รวดเร็วขึ้น โดยเฉพาะการส่งภาพถ่ายเอ็กซเรย์ ผลการตรวจมาห้องปฏิบัติการ ช่วยในการตัดสินใจการรักษา หรือการส่งไปยังโรงพยาบาลที่มีความพร้อมของบุคลากร ช่วยลดอัตราความพิการหรือเสียชีวิตของผู้ป่วย และยังพบว่าการศึกษาวิจัยนี้สอดคล้ององการงานวิจัยเรื่อง ระบบ Telegraphic medicine โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบการออกปฏิบัติการของรถพยาบาลที่ติดตั้งระบบ Telegraphic medicine และไม่ติดตั้งระบบ Telegraphic medicine ซึ่งการศึกษาพบว่า ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างรถใช้ระบบ Telegraphic medicine กับรถที่ไม่ใช้ระบบ Tele graphic medicine ที่มีแพทย์ออกร่วม พบว่า รถที่ใช้ระบบ Telegraphic medicine ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในเรื่องการประเมินเรื่องทางเดินหายใจ , การหายใจ และระบบไหลเวียน พบว่าการออกปฏิบัติการที่ไม่มีแพทย์ออกปฏิบัติการและไม่ได้ใช้ระบบ Telegraphic medicine มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นระบบ Telegraphic medicine จะมีประโยชน์ต่อการออกปฏิบัติการที่ไม่มีแพทย์ออกร่วม

### การนำไปใช้และข้อเสนอแนะ

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย คือ ทราบกระบวนการทำงานของรถฉุกเฉินและศักยภาพของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งทางสถาบันการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติได้กำหนดไว้ในมาตรฐานการทำงาน และทราบถึงข้อจำกัดและประโยชน์ของระบบ Telegraphic medicine ที่สามารถช่วยในการปฏิบัติงานของที่มีปฏิบัติการอย่างไร ศูนย์สั่งการ ได้ข้อมูลที่ต้องการสามารถสั่งการการรักษาได้เหมาะสม โดยเฉพาะผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินวิกฤติ และถ้าระบบ Telegraphic medicine สามารถติดตั้งให้รถฉุกเฉินทุกคัน หรือทุกจุดบริการ จะสามารถสร้างความมั่นใจให้กับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินที่ใช้บริการการแพทย์ฉุกเฉิน ของมูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน และอาจช่วยลดอัตราความพิการหรือเสียชีวิตลงได้ และยังสามารพัฒนากระบวนการการแพทย์ฉุกเฉินโดยการใช้เทคโนโลยีมาใช้ เพื่อการส่งต่อสัญญาณภาพสัญญาณเสียงและสัญญาณชีพให้แพทย์เฉพาะทางด้านต่างๆได้ทันที เพื่อพัฒนาระบบการส่งต่อของโรงพยาบาลในระดับปฐมภูมิ ทุดียภูมิ ในการส่งต่อผู้ป่วย เพื่อการรักษาในระดับที่สูงกว่าเพื่อให้สัญญาณภาพ สัญญาณเสียง สัญญาณชีพ คลื่นไฟฟ้าหัวใจให้แพทย์ที่มีความเชี่ยวชาญ วางแผนการรักษาได้รวดเร็ว

### ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยนำร่องซึ่งยังไม่มีการใช้ระบบนี้ในประเทศไทย ดังนั้นการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรจะเพิ่มกลุ่มตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อมูลในการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้นในอนาคต
2. ควรเพิ่มหน่วยบริการให้มีการติดตั้งระบบ Tele-graphic medicine เพื่อให้หน่วยบริการการแพทย์ฉุกเฉินที่ไม่มีแพทย์ออกร่วมปฏิบัติการ สามารถส่งสัญญาณภาพ และเสียง สัญญาณชีพ คลื่นไฟฟ้าหัวใจให้แพทย์ประจำศูนย์สั่งการให้คำแนะนำการรักษาผู้เจ็บป่วยฉุกเฉินที่มีภาวะวิกฤติได้รับการดูแลโดยมี แพทย์เวชศาสตร์ฉุกเฉินประจำศูนย์ คอยให้คำแนะนำอย่างถูกต้อง
3. ควรมีการพัฒนาระบบให้ใช้งานได้อย่างต่อเนื่องในเรื่องคุณภาพของการส่งภาพ และเสียง

### ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้มีระยะเวลาในการศึกษาน้อย อาจทำให้ข้อมูลไม่สมบูรณ์ ดังนั้นควรศึกษาโดยใช้ระยะเวลาเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์

การวิจัยในครั้งนี้ จำนวนกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษามีจำนวนน้อย เนื่องจากมีการติดตั้งระบบ Telegraphic Medicine ที่รถเพียง 1 คัน ทำให้ค่าความสัมพันธ์ที่ได้อาจเบี่ยงเบน ดังนั้น การทำวิจัยควรมีการเก็บข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและแม่นยำ

จากการวิจัยในครั้งนี้ เนื่องด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา เป็นช่วงของการทดลองใช้ระบบเทคโนโลยีนี้ (ที่แรกของประเทศไทย) อาจทำให้มีปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ส่งผลต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัย ดังนั้น เพื่อศึกษาปัจจัยให้ครอบคลุมมากกว่าเดิม ควรมีการเก็บข้อมูลในช่วงที่มีการนำระบบเทคโนโลยีนี้มาใช้จริง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

เนื่องด้วยเป็นโครงการวิจัยนำร่อง เพื่อศึกษาระบบ Telegraphic medicine ผู้ใช้งานยังไม่เข้าใจอุปกรณ์บางชนิด ดังนั้นต้องศึกษาทำความเข้าใจให้ดีกว่านี้ หรือจัดทำคู่มือการใช้งาน เพื่อให้การใช้งานดียิ่งขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กลุ่มงานเวชศาสตร์ฉุกเฉินโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา, มูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน นครราชสีมา และคณะแพทย์ศาสตร์สาขาปฏิบัติการฉุกเฉินการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ผลงานวิจัยนี้สำเร็จและนำมาซึ่งการพัฒนากระบวนการแพทย์ฉุกเฉินก่อนถึงโรงพยาบาลในอนาคต

## เอกสารอ้างอิง

1. Telemedicine Defined [cited 9 Feb 2012]. from: <http://www.americantelemed.org>
2. Types of Telemedicine [cited 28 Feb 2012]. from <http://www.news-medical.net/health/Types-of-Telemedicine.aspx>
3. What is Telemedicine? [cited 28 Feb 2012]. from <http://www.telemedicine.com/whatis.html>
4. World Health Organization. Telemedicine: Opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on Health 2009. Geneva; 2010.
5. สุนทร ชินประสาทศักดิ์. ระบบ Telegraphic medicine โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา. ใน: ACTEP 2014 Nov 26; เขาใหญ่ นครราชสีมา: 2557.
6. งานอุบัติเหตุและฉุกเฉินโรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา. สรุปข้อมูลการออกปฏิบัติการการแพทย์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2554. นครราชสีมา: มูลนิธิสว่างเมตตาธรรมสถาน นครราชสีมา.
7. ชญานิศวรร กุศลรัตนมณีพร เกื้อ วงศ์บุญสิน และ Gerald J. Kost. โทรเวชกรรม (Telemedicine) ในประเทศไทย. ใน: สมาคมนักประชากรไทย. การประชุมวิชาการประชากรศาสตร์แห่งชาติ 2549; กรุงเทพฯ, ไทย.
8. สถาบันการแพทย์ฉุกเฉิน. แผนหลักการแพทย์ฉุกเฉินแห่งชาติ 2 พ.ศ. 2556 – 2559. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: หจก. รัศมีพิมพ์ 2556.
9. แพทย์โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา สร้างรพพยาบาลฉุกเฉินที่สมบูรณ์แบบคันแรกของประเทศไทย. ไทยรัฐ 4 พฤษภาคม 2557.
10. สุรชน กัณวีจิตร. Thai Tele Medicine ช่วยชีวิตคนไข้ from <http://www.nstda.or.th/>

## การพัฒนาสถานที่ทำงานน่ายุและน่านำงาน ของเทศบาล ตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร Development of a Healthy Workplace in Patiu Municipality Patiu District Yasothon Province Thailand.

เศรษฐไชย มีมา<sup>1</sup>, จตุพร เหลืองอุบล<sup>2</sup>, วิโรจน์ เชมรัมย์<sup>3</sup>  
Setthachai Meema<sup>1</sup>, Jatuporn Luang-Ubol<sup>2</sup>, Wirote Semrum<sup>3</sup>

Received: 14 August 2015; Accepted: 22 November 2015

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อศึกษาการพัฒนาแบบดำเนินงานสถานที่ทำงานน่ายุและน่านำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการร่วมกับการประยุกต์ใช้แนวความคิดการมีส่วนร่วมจากกลุ่มตัวอย่างซึ่งประกอบด้วยคณะผู้บริหาร พนักงานเทศบาลสามัญ และพนักงานจ้างของเทศบาลตำบลป่าต้ว รวมทั้งสิ้น 54 คน ซึ่งได้จากการคัดเลือกตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง และรวบรวมข้อมูลด้วยการใช้แบบสอบถาม การสังเกตแบบมีส่วนร่วม การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก และการสนทนากลุ่ม จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ด้วยสถิติการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสำหรับข้อมูลเชิงคุณภาพใช้การวิเคราะห์เนื้อหา ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการพัฒนาแบบดำเนินงานสถานที่ทำงานน่ายุและน่านำงานโดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร ประกอบด้วย 11 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การสนับสนุนของผู้บริหาร (2) การรวบรวมข้อมูล (3) การวิเคราะห์ปัญหา (4) การวิเคราะห์บริบทของเทศบาล (5) การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา (6) การจัดทำแผนปฏิบัติการ (7) การบริหารจัดการแผน (8) การปฏิบัติตามแผน (9) การติดตามและประเมินผล (10) การสรุปผล และ (11) การยกย่องเชิดชู กระบวนการดังกล่าวนำไปสู่การพัฒนาสถานที่ทำงานน่ายุและน่านำงาน การสนับสนุนขององค์กรและการมีส่วนร่วมของบุคลากรเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สถานที่ทำงานมีความสะอาด ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยในชีวิต มีสิ่งแวดล้อมที่มีความเหมาะสมเอื้อต่อการมีสุขภาพดี และควมมีชีวิตชีวาของผู้ปฏิบัติงาน ปัจจัยแห่งความสำเร็จต่อกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานน่ายุและน่านำงาน ประกอบด้วย 3 ประการ ได้แก่ (1) ผู้บริหารให้ความสำคัญและสนับสนุนถึงเชิงนโยบายและปฏิบัติ พร้อมทั้งมีการจัดตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน จัดทำแผนงานและงบประมาณ การกำกับ ติดตาม และประเมินผล (2) สร้างการมีส่วนร่วมของบุคลากรที่เกี่ยวข้องให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ และ (3) สร้างค่านิยมองค์กรด้วยการปลูกจิตสำนึกต่อความรู้สึกเป็นเจ้าของในการร่วมวางแผน ลงมือปฏิบัติ รับผิดชอบต่อหน้าที่และองค์กร รวมทั้งรับผลประโยชน์ร่วมกัน

**คำสำคัญ :** สถานที่ทำงานน่ายุและน่านำงาน การมีส่วนร่วม การพัฒนาแบบ

### Abstract

This research aims to study the operations of a healthy workplace created by participatory development at Tambon Patiumunicipality in Patiu district, Yasothon province, using process-oriented research. The sample consisted of executives, Board of directors, General municipal employees and employees of Tambon Patiu Municipality in total of 54. The study participants were selected purposively. Data were collected using questionnaires, observation participation, in depth interviews and a focus group. The data were analyzed using descriptive statistics with frequency, percentage, mean and standard deviation. To confirm qualitative data using content analysis.

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup> อาจารย์, <sup>3</sup> หัวหน้ากลุ่มงานสนับสนุนบริการสุขภาพ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดอุบลราชธานี

<sup>2</sup> Graduate Student, <sup>2</sup> Lecturer, <sup>3</sup> Head of Health Service Support Group, Ubonratchathani Provincial Health Office.

\* Corresponding author; Setthachai Meema, Faculty of Public Health, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand. Setthachai87@hotmail.co.th.



The results showed that the development of a Healthy Workplace by engaging the staff consists of 11 sections: (1) Support of Management, (2) data collection, (3) investigation of the topic, (4) analysis of the context of the council, (5) solutions, (6) action plan, (7) management plan, (8) operations planning, (9) monitoring and evaluation, (10) results and (11) recognition. The process led to the development of a livable and functional workplace, corporate support and increased involvement of employees, clean workplace, operator security, and an appropriate environment that is conducive to good health and vitality of the worker. Success factors in development of healthy workplace construct consists of three aspects: (1) management's attention and support to policy and practice, along with the establishment of operations, planning and budget, monitoring and evaluation. (2) involvement of the personnel involved in the exchange of continuous learning. and (3) creating values by raising awareness of a sense of ownership in a joint action plan and corporate responsibility and benefit sharing.

**Keywords :** Healthy Workplace The Participatory The Operation Development

## บทนำ

แรงงานมีสภาวะของสุขภาพที่ดี ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการป้องกันอันตรายและการป้องกันโรคเท่านั้นแต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยของบุคคลและการเข้าถึงบริการสุขภาพ ซึ่งยังรวมถึงการอนามัยสิ่งแวดล้อมและการส่งเสริมสุขภาพด้วย ในการเพิ่มผลผลิต ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความสุขทั้งทางกายและทางใจในการทำงาน ดังนั้นสถานที่ทำงานจึงควรมีการส่งเสริมสุขภาพ<sup>1</sup> สถานที่ทำงาน (Workplace) โดยแท้จริงแล้วนั้นหมายความว่า สถานที่หรือโครงสร้างอาคารที่มีคนทำงานอยู่ ไม่ได้จำกัดอยู่เพียงโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น ไม่ว่าจะเป็นสถานประกอบการ ร้านค้า ธนาคาร โรงพยาบาล โรงแรมหรือสำนักงานทั่วไป นอกจากนี้ยังรวมถึงไปถึงเครื่องบิน รถ เรือโดยสารก็จัดเป็นสถานที่ทำงานเช่นเดียวกัน ผู้ใช้แรงงานส่วนใหญ่จะใช้เวลาอยู่ในที่ทำงาน 8 - 9 ชั่วโมง สถานที่ที่ทุกคนจะต้องทำงานกันอยู่ทุกวันเปรียบเสมือนบ้านในเวลากลางวัน สถานที่ทำงานจึงมีอิทธิพลต่อชีวิตและสุขภาพอย่างมาก การทำงานให้มีความสุขย่อมมีสถานที่ทำงานที่สะอาดตรงกับคำกล่าวที่ว่า "สถานที่ทำงานสะอาด ปลอดภัย สิ่งแวดล้อมดี มีชีวิตชีวา จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพ"<sup>2</sup> ประสิทธิภาพการทำงานสามารถวัดได้จากผลการปฏิบัติงานหมายความว่า ผลลัพธ์ของการปฏิบัติงานของบุคคลตามหน้าที่รับผิดชอบ ส่วนต้นทุนหมายความว่า มูลค่าของทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตหรือการให้บริการ และเวลาหมายความว่า ระยะเวลาที่ใช้ในการทำงานตามปริมาณงานที่กำหนดให้แล้วเสร็จ<sup>3</sup> ประสิทธิภาพในการทำงานของบุคลากรเป็นหัวใจสำคัญของการนำองค์การไปสู่การบรรลุความสำเร็จของการดำเนินงานและจะมีผลผลิตเป็นที่น่าพอใจทั้งในด้านการผลิตและการให้บริการ มีความเจริญก้าวหน้าและสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าและบุคลากรขององค์กร<sup>4</sup>

สถานที่ทำงานหากไม่มีการจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดี ผู้ปฏิบัติงานไม่มีการดูแลความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของสถานที่ทำงาน การจัดเก็บเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือเครื่องใช้ไม่เป็นระเบียบขาดการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องใช้ การปฏิบัติงานไม่มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ถูกต้องและเหมาะสม ทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุระหว่างการทำงาน สถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงานเป็นการส่งเสริมสุขภาพและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดีของประชาชน มีความสำคัญในการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนวัยทำงานที่ใช้เวลาหนึ่งในสามของช่วงชีวิตในสถานที่ทำงาน เพื่อให้สอดคล้องกับหลักการและแนวคิดการพัฒนาคุณภาพการบริหารจัดการภาครัฐ การมุ่งเน้นทรัพยากรบุคคลในการจัดระบบสภาพแวดล้อมการทำงาน จึงได้นำหลักการสะอาดปลอดภัย สิ่งแวดล้อมดี และมีชีวิตชีวามาใช้ในสถานที่ทำงาน การส่งเสริมสุขภาพและการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดีของประชาชน ได้มีการตระหนักถึงความสำคัญในการคุ้มครองสุขภาพของประชาชนวัยทำงานที่ใช้เวลาหนึ่งในสามของช่วงชีวิตในสถานที่ทำงาน<sup>5</sup>

การดำเนินงานสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงานของสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดยโสธร ซึ่งให้ความสำคัญในการการดูแลคุณภาพชีวิตของบุคลากรสาธารณสุขและผู้ใช้บริการ ด้วยการจัดสถานที่ทำงานให้น่าอยู่และน่าทำงาน มีการจัดการสิ่งแวดล้อมให้เอื้อต่อการมีสุขภาพดี รวมทั้งมีการจัดกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพให้เกิดความสุขสบายทั้งกายและใจ การดำเนินงานที่ผ่านมาจังหวัดยโสธรมีสถานบริการสาธารณสุขจำนวน 130 แห่ง ผ่านเกณฑ์การประเมินสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน 94 แห่ง (ร้อยละ 72.31) ประเภทโรงพยาบาลทั้งหมด 9 แห่ง ผ่านเกณฑ์การประเมินสถานที่

ทำงานนอกระบบและนำทำงานทั้งหมด อยู่ในระดับดีมาก 7 แห่ง (ร้อยละ 77.78) ระดับดี 2 แห่ง (ร้อยละ 22.22) ประเภทโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ทั้งหมด 112 แห่ง ผ่านเกณฑ์การประเมินสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน 82 แห่ง (ร้อยละ 73.21) อยู่ในระดับดีมาก 22 แห่ง (ร้อยละ 19.64) ระดับดี 58 แห่ง (ร้อยละ 51.79) ระดับพื้นฐาน 2 แห่ง (ร้อยละ 1.79) ประเภทสำนักงานสาธารณสุขอำเภอ ทั้งหมด 9 แห่ง ผ่านเกณฑ์การประเมินสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงานระดับดี 3 แห่ง (ร้อยละ 33.33) ในส่วนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นยังไม่มีหน่วยงานที่เข้าร่วมโครงการ<sup>6</sup>

กระบวนการมีส่วนร่วม (The Participatory Process)<sup>7</sup> ถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาเชิงบริบทเพื่อค้นหาปัญหา วิเคราะห์และวางแผนแก้ไขปัญหาดำเนินงานตามแผนที่ตั้งไว้ รวมทั้งเป็นการติดตามประเมินผลที่ส่งเสริมให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้แลกเปลี่ยนแนวคิดและแบ่งปันประสบการณ์ร่วมกัน อีกทั้งยังก่อให้เกิดเครือข่ายเชื่อมโยงซึ่งกันและกันขององค์กร ซึ่งในการดำเนินงานพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสร้างสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงานให้ประสบความสำเร็จนั้น มีความจำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องและมีรูปแบบการบริหารจัดการที่เป็นส่วนช่วยในการนำองค์กรไปสู่การดำเนินงานพัฒนาในสถานที่ทำงาน ซึ่งผู้บริหารต้องให้ความสำคัญและบุคลากรต้องมีส่วนร่วมตั้งแต่การวิเคราะห์สภาพปัญหา การวางแผน การดำเนินงาน และประเมินผลปรับปรุงแก้ไขการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง การดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยความร่วมมือของบุคลากรทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องในการจัดทำแผนด้วยการผสมผสานแนวคิดเพื่อให้เกิดการเสริมสร้างพลังซึ่งกันและกันแล้วนำไปปฏิบัติ ทั้งนี้ รูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน ถือได้ว่าเป็นเครื่องมือเชิงกลยุทธ์ที่นำไปสู่การปฏิบัติเพื่อลดความขัดแย้งทางแนวคิด สร้างความเข้มแข็งในการดำเนินงานพัฒนาสถานที่ทำงานให้มีสถานที่ทำงานที่สะอาด มีความปลอดภัยในชีวิต มีสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดี และความมีชีวิตชีวาของผู้ปฏิบัติงานในการศึกษารุ่นนี้จึงได้มีการนำกระบวนการประชุมเชิงปฏิบัติการโดยอาศัยแนวคิดวิจัยเชิงระบบ PAOR ของ Kemmis และ McTaggart<sup>8</sup> และกระบวนการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (Appreciation Influence Control; AIC)<sup>9</sup> และทฤษฎีการบริหารจัดการของ Henri Fayol (POCCC)<sup>10</sup> มาปรับประยุกต์ใช้ในการพัฒนารูปแบบดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร

## วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ทั่วไป เพื่อศึกษาการพัฒนากระบวนการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร วัตถุประสงค์เฉพาะ ประกอบด้วย 4 ประการดังนี้ ประการแรก เพื่อศึกษาบริบทการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว ประการที่สอง เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว ประการที่สาม เพื่อศึกษาผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว และประการสุดท้าย เพื่อศึกษาปัจจัยแห่งความสำเร็จในการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร

## วิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนากระบวนการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้กระบวนการประชุมเชิงปฏิบัติการโดยอาศัยแนวคิดวิจัยเชิงระบบ PAOR ซึ่งประกอบด้วย การวางแผน (Plan) การลงมือปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) ในการจัดทำแผนปฏิบัติการ และกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (AIC) มาใช้ในการกำหนดรูปแบบการมีส่วนร่วมของบุคลากรในครั้งนี้ ใช้ระเบียบวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยยึดกระบวนการของ Kemmis และ McTaggart มาเป็นกรอบดำเนินการ แบ่งเป็น 4 ระยะ 9 ขั้นตอน ดังนี้

ระยะที่ 1 การวางแผน (Plan) เป็นการใช้กระบวนการจัดประชุมเชิงปฏิบัติการผู้เข้าร่วมวิจัยแล้วดำเนินการตามขั้นตอนที่วางไว้ 3 ขั้นตอน เพื่อให้ได้แผนปฏิบัติการดำเนินงานขั้นตอนแรก วิเคราะห์บริบทของเทศบาล เป็นการเรียนรู้ร่วมกันโดยอาศัยข้อมูลจากผู้เข้าร่วมวิจัย และข้อมูลที่ผู้วิจัยรวบรวมมาในขั้นตอนเตรียมการ ขั้นตอนที่สอง วิเคราะห์ปัญหา เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงานในด้านต่าง ๆ ขั้นตอนที่สาม กำหนดแผนปฏิบัติการ เป็นการนำผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สอง ตั้งแต่การวิเคราะห์ตนเอง แล้วระดมความคิดเห็น ข้อเสนอแนะจากผู้ร่วมวิจัย จัดทำเป็นแผนปฏิบัติ

การ ในระยะที่ 1 นี้ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยทำหน้าที่วิทยากร กระบวนการ (Facilitator) ดำเนินการประชุมเชิงปฏิบัติการ และใช้เทคนิคการสนทนากลุ่มย่อย (Focus Group)<sup>11</sup> โดยให้ความรู้ ส่งเสริมให้ผู้ร่วมวิจัยได้แสดงบทบาทและนำเสนอ ข้อคิด แนวทางการแก้ไขปัญหา และพัฒนารูปแบบการดำเนินงาน พร้อมบันทึกในแบบบันทึกกิจกรรมในทุกขั้นตอน

ระยะที่ 2 การปฏิบัติการ (Action) มี 1 ขั้นตอน เป็น ขั้นตอนที่ตั้งปฏิบัติการตามแผน เป็นการปฏิบัติการตามแผนที่ ได้มีการกำหนดไว้จากระยะที่ 1 โดยผู้วิจัยลงพื้นที่สังเกตแบบ ไม่มีส่วนร่วม พร้อมกับบันทึกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

ระยะที่ 3 การสังเกตผล (Observe) มี 2 ขั้นตอน เป็น ขั้นตอนที่ทำและขั้นตอนที่ทักต้งนี้ ขั้นตอนที่ทำ ติดตาม สังเกต ผล โดยผู้วิจัยศึกษาการที่เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเชิงประจักษ์ จากกระบวนการจัดการให้เกิดกิจกรรมของระยะที่ 2 ขั้นตอน ทัก ประเมินผล โดยใช้เครื่องมือที่สร้างขึ้น ได้แก่ แบบประเมิน สถานที่ทำงานน่ายู่และนำทำงาน และแบบสอบถามความคิดเห็นต่อการพัฒนาการดำเนินงานสถานที่ทำงานน่ายู่และนำ ทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร เพื่อเป็นการศึกษาผล การดำเนินกิจกรรมที่เกิดขึ้นหลังจากใช้กระบวนการพัฒนารูปแบบ การดำเนินงาน ตลอดจนเป็นการรวบรวมข้อเสนอแนะ เพื่อ สรุปผลเป็นข้อมูลนำเข้าไปในขั้นตอนต่อไปของการวิจัย

ระยะที่ 4 การสะท้อนผล (Reflect) โดยใช้กระบวนการ สนทนากลุ่มย่อยของบุคลากรเทศบาลตำบลปาดิว มี 3 ขั้นตอน เป็นขั้นตอนที่เจ็ดถึงขั้นตอนที่เก้าต้งนี้ ขั้นตอนที่เจ็ด สรุป ผล เพื่อทบทวนกิจกรรมขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดต้งตั้งแต่ เริ่มต้นจนสิ้นสุด ผลการดำเนินงานตามแผนและไม่ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ สำเร็จและไม่สำเร็จ ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการ ความร่วมมือที่ได้รับ ความภาคภูมิใจ รวบรวมประเด็นต่างๆ สู่ขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนแปด วิเคราะห์ปัจจัยความสำเร็จ เป็นการวิเคราะห์ปัจจัยสำคัญที่ทำให้กิจกรรมแต่ละขั้นตอนของแผนปฏิบัติการบรรลุผลว่าเกิด จากปัจจัยใดบ้าง และปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่าง ดำเนินกิจกรรมแต่ละขั้นตอน เก็บประเด็นที่เป็นปัญหา อุปสรรคไว้เพื่อนำเข้าสู่ระยะการวางแผนเพื่อพัฒนาในวงรอบ ต่อไป นำปัจจัยแห่งความสำเร็จเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้าย คือ ถอดบท เรียน เป็นการทบทวนผลการดำเนินงานที่ได้จากการสังเกต การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติการ ผลสำเร็จที่ ได้จากการปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น ระหว่างการปฏิบัติ เพื่อใช้ในการวางแผนแก้ไขปัญหา ปัจจัย แห่งความสำเร็จและประสบการณ์ที่ผ่านมาในช่วงระยะของ การวิจัยของผู้ร่วมวิจัย นำมาถอดบทเรียนเฉพาะประเด็น และ ถอดบทเรียนทั้งระบบ เพื่อนำไปกำหนดเป็นรูปแบบการ

ดำเนินงานสถานที่ทำงานน่ายู่และนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลปาดิว ในการสนทนากลุ่มเพื่อ สะท้อนผลระยะที่ 4 นี้ ผู้วิจัยและผู้ร่วมวิจัยเป็นผู้ดำเนิน การ โดยใช้ข้อมูลนำเข้าจากการสังเกตในระยะที่ 3 ซึ่งเป็นทั้งข้อมูล เชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ และข้อมูลที่สะท้อนโดยตรง จากผู้เข้าร่วมวิจัย พร้อมบันทึกกิจกรรมที่ดำเนินการในทุกขั้น ตอนในแบบบันทึกกิจกรรม

ดำเนินการตั้งแต่วันที่ เดือน มกราคม ถึง มิถุนายน 2557 โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ บุคลากรทั้งหมดในเทศบาลตำบลปาดิว อำเภอปาดิว จังหวัด ยโสธร จำนวนทั้งสิ้น 54 คน โดยใช้วิธีการคัดเลือกตัวอย่าง แบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) ประกอบด้วย คณะ ผู้บริหาร (5 คน) พนักงานเทศบาลสามัญ (15 คน) และ พนักงานจ้าง (34 คน)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณและเครื่องมือที่ใช้เก็บ ข้อมูลเชิงคุณภาพ ดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ ประกอบด้วย

1.1) แบบประเมินมาตรฐานสถานที่ทำงานน่ายู่และนำทำงานของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข แบ่ง ออกเป็น 3 ตอน ตอนแรก ข้อมูลลักษณะทางประชากรทั่วไป ตอนที่สอง ข้อมูลการสนับสนุนขององค์กรและการมีส่วนร่วม ของผู้ปฏิบัติงาน และตอนสุดท้าย เกณฑ์สะอาด ปลอดภัย สิ่ง แวดล้อมดี และมีชีวิตชีวา เกณฑ์ประเมินแต่ละข้อคำถามแบบ เลือกตอบ (Check List) ผ่าน หมายถึง ความว่า สภาพที่ได้ มาตรฐานถูกต้องตามเกณฑ์ ไม่ผ่าน หมายถึงความว่า สภาพที่ ต่ำกว่าเกณฑ์จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข

1.2) แบบสอบถามความคิดเห็นต่อการดำเนินงานสถานที่ทำงานน่ายู่และนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของ บุคลากร แบ่งออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย ตอนแรก ข้อมูล ลักษณะทางประชากรทั่วไป ตอนที่สอง ลักษณะสภาพทั่วไป และบริบทของพื้นที่ มี 2 ส่วน ส่วนแรกข้อมูลการมีส่วนร่วม ขององค์กรและบุคลากร ส่วนที่สอง ข้อมูลการมีส่วนร่วมของ บุคลากรด้านความสะอาดของสถานที่ทำงาน ความปลอดภัย ของชีวิตในการทำงาน สิ่งแวดล้อมเอื้อต่อการมีสุขภาพดี และ ความมีชีวิตชีวาของผู้ปฏิบัติงาน มีข้อคำถามเป็นลักษณะการ วัดแบบมาตราส่วนประเมินค่าความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ผลความคิดเห็น (Rating Scale) 3 ระดับ ระดับมาก (3 คะแนน) ปานกลาง (2 คะแนน) ระดับน้อย (1 คะแนน) การ แปรผลพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยที่ได้ โดยคิดค่าคะแนนจาก (คะแนนสูงสุด – คะแนนต่ำสุด)หารจำนวนชั้น<sup>12</sup>

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย แบบบันทึกกิจกรรม และแบบสัมภาษณ์เจาะลึก การแปลผลสำหรับข้อมูลในการสัมภาษณ์แบบเจาะลึกและการสังเกตฉบับที่ก นำไปวิเคราะห์ตามวิธีการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ ได้แก่ การจำแนก การจัดหมวดหมู่ การจัดลำดับความสำคัญ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ซึ่งข้อมูลบางอย่างทำการวิเคราะห์/สังเคราะห์ในระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูล ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบสร้างข้อสรุปเป็นการพรรณนา (Descriptive) และนำเสนอด้วยตาราง

โดยมีการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของเครื่องมือผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ทั้งนี้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญเห็นตรงกัน 2 ใน 3 ท่าน ถือว่าเครื่องมือมีความถูกต้องและมีความตรงตามเนื้อหา<sup>13</sup> การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Conbach's Alpha Coefficient)<sup>14</sup> 0.84

การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพแบบมีส่วนร่วม ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยเป็นทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) และข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative Data) มีการเก็บรวบรวมข้อมูลจากประชากรในกระบวนการวิจัยและการลงภาคสนามโดยเครื่องมือที่สร้างขึ้นด้วยวิธีการดังนี้

1) การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทุติยภูมิ (Collection of Secondary Data) เป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานทั่วไปของเทศบาลตำบลป่าต้ว ข้อมูลการดำเนินงานด้านสถานที่ทำงานนายอยู่และนำทำงานจากเทศบาลตำบลป่าต้ว

2) การสังเกตโดยตรง (Direct Observation) เป็นการเก็บข้อมูลโดยตรงจากการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในทุกขั้นตอนในระยะเวลาของการวิจัย ทั้งการสังเกตแบบมีส่วนร่วมและแบบไม่มีส่วนร่วม

3) การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก (Indepth Interview) เป็นการเก็บข้อมูลเชิงคุณภาพจากการลงพื้นที่สัมภาษณ์คณะผู้บริหาร พนักงานเทศบาลสามัญ และพนักงานจ้างโดยตรงของผู้วิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ด้วยการแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) ของกลุ่มตัวอย่าง ใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

## 2. แบบสอบถามในการวิจัย

2.1 แบบเลือกตอบ (Check List) ผ่านหมายความว่า สภาพที่ได้มาตรฐานถูกต้องตามเกณฑ์ ไม่ผ่านหมายความว่า สภาพที่ต่ำกว่าเกณฑ์จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไข

พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการแจกแจงความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage)

2.2 แบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) 3 ระดับ โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้ ระดับมาก (3 คะแนน) ระดับปานกลาง (2 คะแนน) ระดับน้อย (1 คะแนน) พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติการแจกแจงความถี่ (Frequency) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content Analysis)

การพิทักษ์สิทธิ์ผู้ร่วมวิจัย การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยกับกลุ่มผู้ร่วมวิจัย ประกอบด้วย ผู้บริหาร พนักงานเทศบาลสามัญ และพนักงานจ้างของเทศบาล ผู้วิจัยได้จัดเก็บข้อมูลหลังจากได้รับอนุมัติจากคณะ กรรมการจริยธรรมการวิจัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยพิทักษ์สิทธิ์ผู้ร่วมวิจัยตั้งแต่เริ่มต้นกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูลจนกระทั่งนำเสนอผลการวิจัย ดังต่อไปนี้ ประการแรก การขอความร่วมมือผู้ให้ข้อมูล ผู้วิจัยจะชี้แจงวัตถุประสงค์ที่คาดว่าจะได้รับจากผลการวิจัย ประโยชน์ คุณค่าของข้อมูล ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์แบบเจาะลึก การจดบันทึก การถ่ายภาพ โดยลงนามอนุญาตให้สัมภาษณ์ ประการที่สอง ความเป็นอิสระในการให้สัมภาษณ์ของผู้ร่วมวิจัย โดยการสัมภาษณ์ทุกครั้งคำนึงถึงความพร้อมของผู้ร่วมวิจัย การตอบข้อสัมภาษณ์ด้วยความสมัครใจ ไม่จำเป็นต้องตอบหากไม่ประสงค์จะตอบข้อสัมภาษณ์นั้น ประการที่สาม ความเป็นอิสระในการเข้าร่วมวิจัย โดยผู้ร่วมวิจัยยินยอมเข้าร่วมวิจัยด้วยความสมัครใจ โดยลงนามยินยอมก่อนการเข้าร่วมวิจัย และสามารถออกจากกรวิจัยได้โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล ประการที่สี่ การเข้ากลุ่มในกิจกรรมกลุ่มที่ผู้วิจัยจัดให้มีขึ้นตามกระบวนการวิจัยเป็นไปด้วยความสมัครใจ การถามคำถามใดๆ ของผู้วิจัยจะไม่เจาะจงรายบุคคลหรือระบุชื่อของผู้ร่วมวิจัย และประการสุดท้าย การรักษาความลับของผู้ร่วมวิจัยจะไม่มีการระบุชื่อบุคคลลงในผลงานวิจัย การนำเสนอ เว้นแต่การระบุตำแหน่ง หรือการระบุเพื่อยกย่องเชิดชู ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์หลังจากงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์แล้วผู้วิจัยจะดำเนินการด้วยการเผาทำลาย

## ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อพัฒนารูปแบบดำเนินงานสถานที่ทำงานนายอยู่และนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้ว จังหวัดยโสธร ด้วยการประยุกต์ใช้กระบวนการประชุมเชิงปฏิบัติการโดยอาศัยแนวคิดการวิจัยเชิงระบบ

PAOR และกระบวนการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม (AIC) เป็นเครื่องมือในการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานแบบมีส่วนร่วม ผู้วิจัยขอเสนอผลการวิจัยตามลำดับ ประการแรก วิเคราะห์บริบทการดำเนินงานสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงานของเทศบาลตำบลป่าติ้ว ประการที่สอง ผลการศึกษากระบวนการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร ประการที่สาม ผลการดำเนินงานสถานที่ทำงานและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร และประการสุดท้าย ปัจจัยแห่งความสำเร็จในการดำเนินงานสถานที่ทำงานและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าติ้ว อำเภอป่าติ้ว จังหวัดยโสธร ดังนี้

1) บริบทการดำเนินงานสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงานของเทศบาลตำบลป่าติ้ว ซึ่งสำนักงานเทศบาลตำบลป่าติ้ว อำเภอป่าติ้ว จังหวัดยโสธร มีสถานที่ตั้งในพื้นที่สนามกีฬาแจ่มสุวีร์ มีบริเวณพื้นที่ 8 ไร่ 1 งาน 99 ตารางวา ข้อมูลลักษณะทางประชากรทั้งหมด 54 คน เป็น บุคลากรเพศชาย (ร้อยละ 55.56) อายุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 31–40 ปี (ร้อยละ 46.30) มีอายุน้อยที่สุด 28 ปี และอายุมากที่สุด 62 ปี ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรสคู่ (ร้อยละ 70.37) มีการศึกษาส่วนใหญ่ระดับปริญญาตรีขึ้นไป (ร้อยละ 51.85) บุคลากรของเทศบาลตำบลป่าติ้วส่วนใหญ่เป็นพนักงานจ้าง (ร้อยละ 62.96) มีรายได้ตั้งแต่ 5,001–10,000 บาท (ร้อยละ 61.11) มีรายได้ต่ำสุด 9,000 บาท และสูงสุด 45,550 บาท มีสถานที่ปฏิบัติงานเป็นอาคารปูนสองชั้น และได้เปิดให้บริการประชาชนเมื่อปี พ.ศ. 2550 มาจนถึงปัจจุบัน มีทั้งที่แยกตามส่วนราชการและใช้ร่วมกัน แต่ละส่วนราชการจะมีเจ้าหน้าที่คอยดูแลส่วนใหญ่เป็นพนักงานจ้าง และในส่วนที่เป็นส่วนรวมจะมีพนักงานจ้างทำความสะอาดเฉพาะคอยดูแลความเป็นระเบียบเรียบร้อย และรักษาความสะอาด

การดำเนินงานสถานที่ทำงานและนำทำงานของเทศบาลตำบลป่าติ้ว ด้านการสนับสนุนขององค์กรและการมีส่วนร่วมของบุคลากร ผลพบว่า การสนับสนุนขององค์กรผู้บริหารยังไม่ให้ความสำคัญและไม่มีการกำหนดเป็นนโยบายเกี่ยวกับเรื่องส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมในที่ทำงาน สืบเนื่องมาจากผู้บริหารยังไม่มีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินงานสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงานว่ามีความสำคัญต่อองค์กรอย่างไร ทำให้ขาดการเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการดำเนินงานเกี่ยวกับเรื่องส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงาน สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ ผู้บริหารเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินงาน การให้ความสำคัญของผู้บริหารในการสนับสนุนและพัฒนาสิ่ง

แวดล้อมในการทำงานให้เอื้อต่อการมีสุขภาพดี มีการประสานความร่วมมือกันในการดำเนินงาน โดยคำนึงถึงสิทธิและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติเป็นหลัก ส่งผลให้เกิดความปลอดภัยและการมีสุขภาพดีของคนทำงาน

ด้านความสะอาด ผลพบว่า อาคารสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ อยู่ในสภาพดีและสะอาด มีกำหนดพื้นที่ใช้งานอย่างชัดเจน มีการควบคุมสัตว์และแมลงนำโรคในสถานที่ทำงาน มีการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้อย่างถูกวิธีและเหมาะสม ซึ่งสถานที่ทำงานในส่วนที่มีผู้ปฏิบัติงานไม่มากนักทำให้การดูแลรักษาความสะอาดได้ทั่วถึง สำหรับส่วนของอาคารและสถานที่ที่ใช้ร่วมกันของผู้ปฏิบัติงานอย่างเช่น ห้องวัสดุ ซึ่งมีตู้เก็บของหรือชั้นวางของไม่เพียงพอ ทำให้มีการวางหรือจัดเก็บไม่เป็นระเบียบเรียบร้อย หรือเมื่อมีการหยิบวัสดุหรือสิ่งของไปใช้งานแล้วไม่นำมาเก็บไว้ที่เดิม ห้องน้ำห้องสุขา มีการใช้บริการร่วมกันทั้งผู้ปฏิบัติงานในเทศบาลและผู้ที่มาติดต่อราชการ หากวันไหนมีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากทำให้เกิดความสกปรกและมีกลิ่นเหม็นรบกวน สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ ความสะอาดของอาคารและสถานที่ที่ใช้ร่วมกัน ทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการช่วยกันรักษาความสะอาด โดยการมอบหมายหน้าที่และแบ่งพื้นที่รับผิดชอบร่วมกันในแต่ละวัน และมีการตรวจสอบการดำเนินงาน

ด้านความปลอดภัย ผลพบว่า มีการกำหนดกฎระเบียบและขั้นตอนการทำงานที่ปลอดภัย มีการจัดอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ถูกต้อง เครื่องจักร อุปกรณ์มีการติดตั้งอย่างมั่นคง ปลอดภัยและมีการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดี ได้รับการตรวจสอบให้พร้อมใช้งาน ถือเป็นสถานที่ทำงานที่มีความปลอดภัย สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ ความปลอดภัยของชีวิตในการทำงาน แม้ว่าจะมีการกำหนดขั้นตอนการทำงานที่ปลอดภัย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลที่ถูกต้อง เครื่องจักร อุปกรณ์มีการบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพดี ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีแผนผังและทบทวนขั้นตอนการทำงานเสมอ ในการทำงานที่จะเริ่มดำเนินงานต้องตรวจเช็ควัสดุอุปกรณ์ก่อนดำเนินงานทุกครั้ง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดจากการทำงาน เป็นการสร้างความมั่นใจในการทำงานและมีความปลอดภัย

ด้านสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ผลพบว่า สถานที่ทำงานภายในห้องหรือบริเวณที่ทำงานมีการระบายอากาศที่ดี มีการจัดการด้านแสงสว่างเพียงพอต่อการทำงาน ไม่มีเหตุรำคาญที่อาจมีผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานและสร้างความเดือดร้อนรำคาญต่อชุมชนใกล้เคียง ถือเป็นสถานที่ทำงานที่มีสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดีของผู้ปฏิบัติงาน สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมเป็นการสร้างความเชื่อมั่นว่าเป็นสถานที่ทำงานไม่ก่อให้เกิดมลพิษทั้งต่อสุขภาพของคนทำงาน

และชุมชน โดยการจัดการป้องกันและมีมาตรการลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการจัดตกแต่งภายในสถานที่ทำงานหรือการจัดให้มีพื้นที่สีเขียวสำหรับเป็นที่พักผ่อนของผู้ปฏิบัติงาน

ด้านความมีชีวิตชีวา ผลพบว่า สถานที่ทำงานมีการจัดสถานที่เพื่อเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารและเพิ่มพูนความรู้ด้านการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม มีการจัดกิจกรรมนันทนาการต่างๆ เพื่อผ่อนคลายความเครียดและส่งเสริมความสามัคคีของผู้ปฏิบัติงาน และมีบริการให้คำปรึกษาเมื่อผู้ปฏิบัติงานมีปัญหาสุขภาพจิต มีการทดสอบและประเมินสมรรถภาพร่างกาย สำหรับส่วนการจัดตั้งกลุ่มแกนนำสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อมของสถานที่ทำงานยังไม่มีมีการดำเนินการ จึงไม่มีกิจกรรมส่งเสริมให้ผู้ปฏิบัติงานได้ออกกำลังกายและเล่นกีฬา รวมถึงไม่มีการให้ความรู้และจัดกิจกรรมการรณรงค์การลด เลิกบุหรี่ และสิ่งเสพติด มีการห้ามสูบบุหรี่ในอาคารสถานที่ทำงาน แต่ไม่ได้กำหนดเขตสูบบุหรี่เป็นการเฉพาะ ซึ่งผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติตนไม่ถูกต้องต่อการดูแลสุขภาพของตนเอง เมื่อสุขภาพร่างกายไม่แข็งแรงส่งผลให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้เต็มที่ สิ่งที่ได้เรียนรู้คือ ความมีชีวิตชีวาของผู้ปฏิบัติงานเป็นการสร้างขวัญกำลังใจแก่ผู้ปฏิบัติงาน การส่งเสริมสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานด้วยการจัดกิจกรรมนันทนาการการออกกำลังกาย การบริโภคอาหารที่สะอาด ถูกสุขลักษณะตามหลักโภชนาการ และส่งเสริมให้ดูแลสุขภาพของตนเองให้ถูกต้องเพื่อร่างกายแข็งแรงและทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีปฏิสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน ให้คำแนะนำและการดูแลซึ่งกันและกัน

2) กระบวนการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าต้ว

2.1) ผลการปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม จากการศึกษาบริบทและสภาพปัญหาของเทศบาลในการดำเนินงานสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงานด้วยการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และการสัมภาษณ์ของผู้วิจัยแล้วคั้นข้อมูลสู่เทศบาล เพื่อสะท้อนปัญหาในการดำเนินงานว่าผู้บริหารเป็นกลุ่มสำคัญในการเริ่มต้นการดำเนินงาน และบุคลากรเป็นกลไกหลักที่จะขับเคลื่อนการดำเนินงานให้ก้าวไปข้างหน้าอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน สิ่งที่สำคัญที่สุดอยู่ที่การมีส่วนร่วมอย่างแข็งขัน ร่วมกันคิด ร่วมกันวางแผน และร่วมกันปฏิบัติให้เกิดขึ้นจริง แล้วผู้วิจัยจึงได้เริ่มต้นกระบวนการพัฒนาการดำเนินงานสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงานโดยการมีส่วนร่วม และได้เกิดกระบวนการอื่นที่เกี่ยวข้องเป็นลำดับดังต่อไปนี้ ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการอบรมผู้ช่วยวิจัย เป็นกระบวนการเตรียมทีมวิจัย ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการวางแผน

(Plan) เป็นกระบวนการเริ่มที่มีบุคลากรของเทศบาลตำบลป่าต้วเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรม เพื่อให้มีส่วนร่วมในการรับรู้ปัญหา ร่วมกันการวิเคราะห์ปัญหาแล้วนำไปจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อพัฒนาสถานที่ทำงาน โดยผู้วิจัยได้สังเกตและใช้แบบบันทึกกิจกรรมเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย ขั้นตอนการสนทนากลุ่ม การประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อวางแผน ในการประชุมได้เชิญผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมาร่วมประชุม การประชุมครั้งนี้มีคณะผู้บริหาร พนักงานเทศบาลสามัญ และพนักงานจ้างเข้าร่วมประชุมทั้งสิ้น 54 คน การดำเนินกิจกรรมเมื่อที่ประชุมพร้อมได้เชิญนายกเทศมนตรี กล่าวเปิดการประชุม ผู้วิจัยดำเนินการประชุมโดยได้ให้ข้อมูลทั่วไปและบริบทของเทศบาล แจ้งเกณฑ์การประเมินสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงาน สภาพปัญหาที่พบแก่ที่ประชุม แล้วแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมประชุมออกเป็น 6 กลุ่มๆ ละ 9 คน โดยการจับฉลากคณะกลุ่มเป้าหมายเพื่อให้มีการแสดงความคิดเห็นที่หลากหลาย โดยได้กำหนดเป็นข้อคำถามที่แตกต่างกันแต่ละกลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 การสนับสนุนและการติดต่อสื่อสารขององค์กรเป็นอย่างไร กลุ่มที่ 2 การมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงานในการการตรวจติดตาม ทบทวน และประเมิน ผลการดำเนินงานเป็นอย่างไร กลุ่มที่ 3 ความสะอาดของสถานที่ทำงานเป็นอย่างไร กลุ่มที่ 4 ความปลอดภัยของชีวิตในสถานที่ทำงานเป็นอย่างไร กลุ่มที่ 5 สิ่งแวดล้อมในสถานที่ทำงานเอื้อต่อการมีสุขภาพดีของผู้ปฏิบัติงานอย่างไร กลุ่มที่ 6 ความมีชีวิตชีวาของผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ทำงานเป็นอย่างไร ในขั้นตอนนี้ให้สมาชิกแสดงความรู้สึก ความคิดเห็น ทักษะที่มีต่อสถานที่ทำงานในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต ใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง โดยมีผู้วิจัยและทีมวิทยากรเป็นพี่เลี้ยงประจำกลุ่ม คอยกระตุ้นสนับสนุนให้สมาชิกในกลุ่มแสดงความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ หลังจากได้นำข้อสรุปบริบทสถานที่ทำงานในอดีต ปัจจุบัน และอนาคตจากการประชุมกลุ่มย่อยนำเสนอกลุ่มใหญ่ที่ละกลุ่ม ในขั้นตอนนี้ให้ทุกคนฟังอย่างตั้งใจ หลังจากนั้นได้ให้ทุกคนเขียนภาพฝันที่อยากเห็นมากที่สุดภายใน 5 ปีข้างหน้า ในเรื่องสถานที่ทำงานนำอยู่และนำทำงานคนละ 1 ประเด็น ซึ่งได้ภาพฝันดังนี้ พนักงานทุกคนอยากได้เทศบาลที่มีผู้บริหารให้การสนับสนุนการดำเนินงาน มีการวางแผนและจัดสรรงบประมาณสำหรับดำเนินกิจกรรม เมื่อมีการดำเนินงานตามแผนจะต้องมีการตรวจติดตาม ทบทวน และประเมินผล ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการรับและให้ข้อมูลข่าวสาร และเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง สถานที่ทำงานมีความสะอาด มีการจัดสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมให้เอื้อต่อการทำงาน ในการปฏิบัติงานมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

บุคคลในการปฏิบัติงานที่เสี่ยงอันตรายและมีความปลอดภัยในชีวิต และบุคลากรมีความสุขกาย สบายใจในการทำงาน ดังนายกเทศมนตรีได้กล่าวไว้ว่า “ผมยอมรับว่าที่ผ่านมา ผมและทีมคณะผู้บริหารไม่ได้มองเห็นความสำคัญในการส่งเสริมสุขภาพของบุคลากรภายในของเรา เป็นห่วงแต่พี่น้องประชาชนในเขตเทศบาลเดือดร้อนเราก็ไปแก้ปัญหาให้ ต่อไปผมและคณะผู้บริหารจะให้การสนับสนุนการดำเนินงานกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพของพนักงานเรา มีการวางแผนจัดทำโครงการบรรจุลงในแผนพัฒนาเทศบาลและจัดสรรงบประมาณสำหรับดำเนินกิจกรรม” นอกจากนี้พนักงานจ้าง ได้กล่าวไว้ว่า “อยากให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมในการรับและให้ข้อมูลข่าวสาร และมีการเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ในการปฏิบัติงานมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในการปฏิบัติงานที่เสี่ยงอันตรายและมีความปลอดภัยในชีวิต และมีความสุขกาย สบายใจในการทำงาน” จากประเด็นภาพฝันที่ผู้เข้าร่วมประชุมเขียนมา วิทยากรได้สรุปประเด็นแล้วให้ผู้เข้าร่วมประชุมเขียนเป็นประโยคภาพฝันได้ว่า “ผู้บริหารใส่ใจ ผู้ได้บังคับบัญชารับรู้ ควบคุมที่ทำงานน่าอยู่ สู้สิ่งแวดล้อมที่ดี มีความเชื่อมั่นในการปฏิบัติ มัดใจบุคลากร”

หลังจากนั้นได้ภาพฝันของเทศบาลแล้ว นำข้อสรุปปัญหาจากการประชุมกลุ่มย่อยเสนอกลุ่มใหญ่ที่ละกลุ่มแล้วนำปัญหาที่พบจากทุกกลุ่มมาจัดเรียงรวบรวมที่คล้ายกันพร้อมสาเหตุและแนวทางการแก้ปัญหาได้ และที่ประชุมได้ร่วมกันจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการดำเนินงานสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรข้อสรุปที่ได้จากการประชุมเชิงปฏิบัติการในชั้นวางแผน (Plan) ในครั้งนี้ได้วิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหานำไปสู่การจัดทำแผนปฏิบัติการจำนวน 3 โครงการคือ โครงการแรก โครงการสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน โครงการที่สอง โครงการส่งเสริมสุขภาพแบบองค์รวม และโครงการที่สาม โครงการลด ละ เลิกบุหรี่ในสถานที่ทำงาน โดยในเบื้องต้นที่ประชุมมีความเห็นที่สอดคล้องกันว่า ควรจะมีการแต่งตั้งคณะกรรมการดำเนินงานของเทศบาล เพื่อการส่งเสริมและพัฒนาการดำเนินงานสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกส่วน คณะ กรรมการประกอบด้วย ผู้บริหาร พนักงานเทศบาลสามัญ และพนักงานจ้าง ทำหน้าที่ในการตรวจติดตาม ทบทวน และประเมินผลการดำเนินงาน และขับเคลื่อนให้เกิดกระบวนการพัฒนาการดำเนินงาน สถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงานขึ้น

ขั้นตอนที่ 3 ขั้นการปฏิบัติตามแผน (Action) เป็นขั้นที่ดำเนินการต่อเนื่องจากขั้นตอนการวางแผน โดยนำ

แผนสู่การปฏิบัติในพื้นที่ คณะผู้บริหารและพนักงานเทศบาลทุกคนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติตามแผนงานแต่ละโครงการ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

โครงการที่ 1 โครงการสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการให้แก่บุคลากรของเทศบาลตำบลป่าต้วทุกคน เพื่อกำหนดผู้รับผิดชอบและดำเนินกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ (1) แต่งตั้งคณะกรรมการแกนนำสุขภาพเทศบาลตำบลป่าต้ว (2) กำหนดประกาศใช้นโยบายส่งเสริมสุขภาพ ผู้รับผิดชอบสำนักปลัดเทศบาล (3) การจัดกิจกรรม 5 ส<sup>15</sup> โดยการแต่งตั้งคณะกรรมการกำหนดมาตรฐาน 5 ส กำหนดและแบ่งพื้นที่ ผู้รับผิดชอบสำนักปลัดเทศบาล (4) การให้ความรู้และการประชาสัมพันธ์ในเรื่องการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม ผู้รับผิดชอบกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม (5) มุมสุขภาพ จัดทำเอกสารเผยแพร่ความรู้ ทุกส่วนราชการในเทศบาลตำบลป่าต้ว (6) กล่องรับฟังความคิดเห็น กำหนดผู้รับผิดชอบเปิดและปิดกล่องประจำทุกเดือน ผู้รับผิดชอบกองช่าง (7) ชุดปฐมพยาบาลเบื้องต้น มีสมุดบันทึกการรับบริการ ผู้รับผิดชอบกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม (8) การทดสอบสมรรถภาพทางกาย ได้รับความอนุเคราะห์เจ้าหน้าที่และอุปกรณ์ในการทดสอบจากโรงพยาบาลโยธธา ผู้รับผิดชอบสำนักปลัดเทศบาล

โครงการที่ 2 โครงการส่งเสริมสุขภาพแบบองค์รวม โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการให้แก่บุคลากรของเทศบาลตำบลป่าต้วทุกคน เพื่อกำหนดผู้รับผิดชอบและดำเนินกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ (1) จัดอบรมให้ความรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในการดูแลสุขภาพของตนเอง โดยวิทยากรจากโรงพยาบาลป่าต้วให้ความรู้ ผู้รับผิดชอบกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม (2) จัดกิจกรรมลดอ้วน ลดพุง เข้าร่วมกิจกรรมกับโรงพยาบาลป่าต้ว โดยอบรมเชิงปฏิบัติการคัดเลือบบุคลากรที่มีรอบเอวเกิน ผู้รับผิดชอบ กองคลัง (3) จัดกิจกรรมนันทนาการเสริมสร้างอารมณ์ในวันเทศบาล ผู้รับผิดชอบสำนักปลัดเทศบาล (4) จัดการแข่งขันกีฬาสีกายใน แบ่งออกเป็น 2 ทีม มีการแข่งขันกีฬา 4 ประเภท ได้แก่ กีฬาพื้นบ้าน เปตอง วอลเลย์บอล และฟุตบอล จัดกิจกรรมกีฬาทุกวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ ผู้รับผิดชอบกองการศึกษาและสวัสดิการสังคม

โครงการที่ 3 โครงการลด ละ เลิกบุหรี่ในสถานที่ทำงาน โดยการประชุมเชิงปฏิบัติการให้แก่บุคลากรของเทศบาลตำบลป่าต้วทุกคน เพื่อกำหนดผู้รับผิดชอบและดำเนินกิจกรรมต่างๆ ดังนี้ (1) ประกาศนโยบายสถานที่ทำงานปลอดบุหรี่ (2) ติดป้ายและสติ๊กเกอร์ห้ามสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน (3) อบรมให้ความรู้กับพนักงานที่สูบบุหรี่และไม่สูบบุหรี่

บุหรี ผู้รับผิดชอบกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม

2.2) ผลการประเมินตามเกณฑ์มาตรฐานสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงานของเทศบาลตำบลป่าติวตามเกณฑ์ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข พบว่า ก่อนดำเนินการพัฒนาไม่ผ่านเกณฑ์ 7 ข้อ (ร้อยละ 14) จากทั้งหมด 50 ข้อ ประกอบด้วย ส่วนแรก การสนับสนุนขององค์กรและการมีส่วนร่วมของบุคลากรไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน 2 ข้อ ในด้านการติดต่อสื่อสาร การตรวจติดตาม ทบทวนและประเมินผล ส่วนที่สอง ความสะอาด ความปลอดภัย ด้านสิ่งแวดล้อมเหมาะสมและความมีชีวิตชีวา ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน 5 ข้อ คือ การพัฒนาด้านความสะอาดไม่ผ่านเกณฑ์ 2 ข้อ ในเรื่องบริเวณที่จัดเก็บวัสดุสิ่งของ ตู้เก็บของหรือชั้นวางของบริเวณที่จัดเก็บวัสดุสิ่งของ ตู้เก็บของหรือชั้นวางของ และห้องน้ำห้องส้วมได้มาตรฐานส้วมสาธารณะไทยของกรมอนามัย ด้านความมีชีวิตชีวาของบุคลากรระดับพื้นฐานไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน 1 ข้อ เรื่องมีการให้ความรู้และการรณรงค์การลด เลิกบุหรี และสิ่งเสพติด ระดับดี ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน 1 ข้อ เรื่องการมีส่วนร่วม มีกิจกรรมและการจัดตั้งกลุ่มแกนนำสร้างเสริมสุขภาพและระดับดีมาก ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน 1 ข้อ เรื่องการส่งเสริม

ให้พนักงานได้ออกกำลังกายหรือเล่นกีฬา และหลังการพัฒนาผ่านเกณฑ์ประเมินทุกข้อ

2.3) ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วม การมีส่วนร่วมขององค์กรและบุคลากร ด้านการสนับสนุนขององค์กรและการมีส่วนร่วมของบุคลากรในการดำเนินงานสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน ประกอบด้วย ด้านการสนับสนุนองค์กร การติดต่อสื่อสาร การตรวจติดตาม ทบทวนและประเมินผล และการมีส่วนร่วมของพนักงาน พบว่า ก่อนดำเนินการ การมีส่วนร่วมขององค์กรและบุคลากรของเทศบาลตำบลป่าติว ทุกด้านอยู่ในระดับน้อย หลังดำเนินการพัฒนาการมีส่วนร่วมของบุคลากรเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับมากทุกด้าน ซึ่งเป็นผลมาจากการสนับสนุนของผู้บริหารสนับสนุน มีการกำหนดนโยบาย การวางแผนและจัดสรรงบประมาณสำหรับดำเนินกิจกรรม การมีส่วนร่วมของผู้ปฏิบัติงาน การรับข้อมูลและให้ข้อมูลข่าวสาร มีการกำหนดและเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ตลอดจนมีการตรวจติดตาม ทบทวน และประเมินผลการดำเนินงาน ดังแสดงใน (Table 1)

**Table 1** The participatory development of Healthy Workplace by the organization and staff

Elements 1	Before			After		
	$\bar{X}$	SD	Level of participation	$\bar{X}$	SD	Level of participation
1. Enterprise Support	1.26	0.32	little	2.80	0.31	very
2. Communications	1.58	0.35	little	2.58	0.28	very
3. Monitoring, review and evaluate	1.22	0.33	little	2.59	0.20	very
4. The involvement of employees	1.12	0.23	little	2.78	0.30	very
Total	1.30	0.19	little	2.69	0.19	very

การมีส่วนร่วมของบุคลากรในการพัฒนาสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน ด้านความสะอาดของสถานที่ทำงาน มีความปลอดภัยของชีวิตในการทำงาน มีการจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดี และความมีชีวิตชีวาของ

บุคลากรเทศบาลตำบลป่าติว พบว่า ก่อนดำเนินการพัฒนาการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกด้านอยู่ในระดับน้อย หลังดำเนินการพัฒนาการมีส่วนร่วมของบุคลากรเพิ่มมากขึ้นอยู่ในระดับมากทุกด้าน ดัง (Table 2)



**Table 2** The participatory development of Healthy Workplace is clean, operator security, appropriate environment is conducive to good health and vitality of the worker.

Elements 2	Before			After		
	$\bar{X}$	SD	Level of participation	$\bar{X}$	SD	Level of participation
1. Clean workplace	1.23	0.19	little	2.77	0.19	very
2. Operator security	1.24	0.19	little	2.76	0.20	very
3. Appropriate environment is conducive to good health	1.26	0.19	little	2.87	0.24	very
4. Vitality of the worker	1.12	0.24	little	2.75	0.17	very
Total	1.21	0.15	little	2.79	0.15	very

3) ผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานน่ายุและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลป่าดัว เป็นระยะสังเกตผล (Observe) ของกระบวนการวิจัยครั้งนี้ เป็นการติดตามผลการดำเนินงานทั้งในเชิงกระบวนการทำงานตามกิจกรรม และโครงการที่กำหนดไว้ในระยะวางแผน รวมทั้งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับสถานที่ทำงานทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหลังระยะวางแผนว่า เทศบาลได้ดำเนินกิจกรรมตามแผนหรือไม่ อย่างไร และผลลัพธ์ที่เกิดจากกระบวนการปฏิบัติการมีผลต่อสถานที่ทำงานอย่างไร ผู้วิจัยได้ใช้แบบบันทึกกิจกรรมผลการดำเนินงานการพัฒนาสถานที่ทำงาน เพื่อบันทึกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ปรากฏผลดังต่อไปนี้

3.1) โครงการสถานที่ทำงานน่ายุและนำทำงาน ผลการดำเนินงาน พบว่า เทศบาลตำบลป่าดัวเป็นสถานที่ทำงานน่ายุและนำทำงานยิ่งขึ้น บุคลากรมีสุขภาพดีทั้งกายและจิตใจ ทำให้เกิดบรรยากาศที่ดีในการทำงาน การทำงานมีประสิทธิภาพ เกิดภาพลักษณ์ที่ดีต่อเทศบาล มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมเอื้อต่อการปฏิบัติงาน มีความปลอดภัยในการทำงาน และสร้างความสามัคคีในพนักงานเทศบาลตำบลป่าดัว สิ่งที่ได้เรียนรู้ พบว่า การเปิดโอกาสให้ผู้ปฏิบัติงานมีส่วนร่วมกิจกรรม มีส่วนร่วมในการรับและให้ข้อมูลข่าวสาร ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพ และการสร้างความสามัคคีในพนักงาน ทำให้มีบรรยากาศที่ดีต่อการทำงานและมีความสุขในการทำงาน ปัญหาและอุปสรรค พบว่า ในการดำเนินการให้ความรู้บางกิจกรรม คณะผู้บริหารและพนักงานไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ เนื่องจากมีภาระงานในหน้าที่ต้องรับผิดชอบ

3.2) โครงการส่งเสริมสุขภาพแบบองค์รวม ผลการดำเนินงาน พบว่า พนักงานมีการพัฒนาทักษะในการ

ดำเนินชีวิต เสริมสร้างความสุขในการปฏิบัติงานและการมีส่วนร่วมของทุกคน ให้ความร่วมมือกับกิจกรรมนันทนาการเสริมสร้างอารมณ์เป็นอย่างดี เป็นการเฝ้าระวังและป้องกันโรคซึมเศร้า พนักงานในเทศบาลตำบลป่าดัวมีสุขภาพกายที่แข็งแรง ได้มีการออกกำลังกายและได้มีการฝึกทักษะการเล่นกีฬา เป็นการลดอัตราการป่วยด้วยโรคภัยเจ็บ สิ่งที่ได้เรียนรู้ พบว่า พนักงานมีสุขภาพกายที่แข็งแรง เพราะได้มีการออกกำลังกายและเล่นกีฬา มีการแข่งขันกีฬากายในสร้างความสามัคคีเกิดความสนุกสนานทางอารมณ์ มีการพูดคุยและสนทนากันมากขึ้น ปัญหาและอุปสรรค พบว่า ในการดำเนินงานบางกิจกรรม คณะผู้บริหารและพนักงานไม่สามารถเข้าร่วมกิจกรรมได้ เนื่องจากมีภาระงานในหน้าที่ต้องรับผิดชอบ

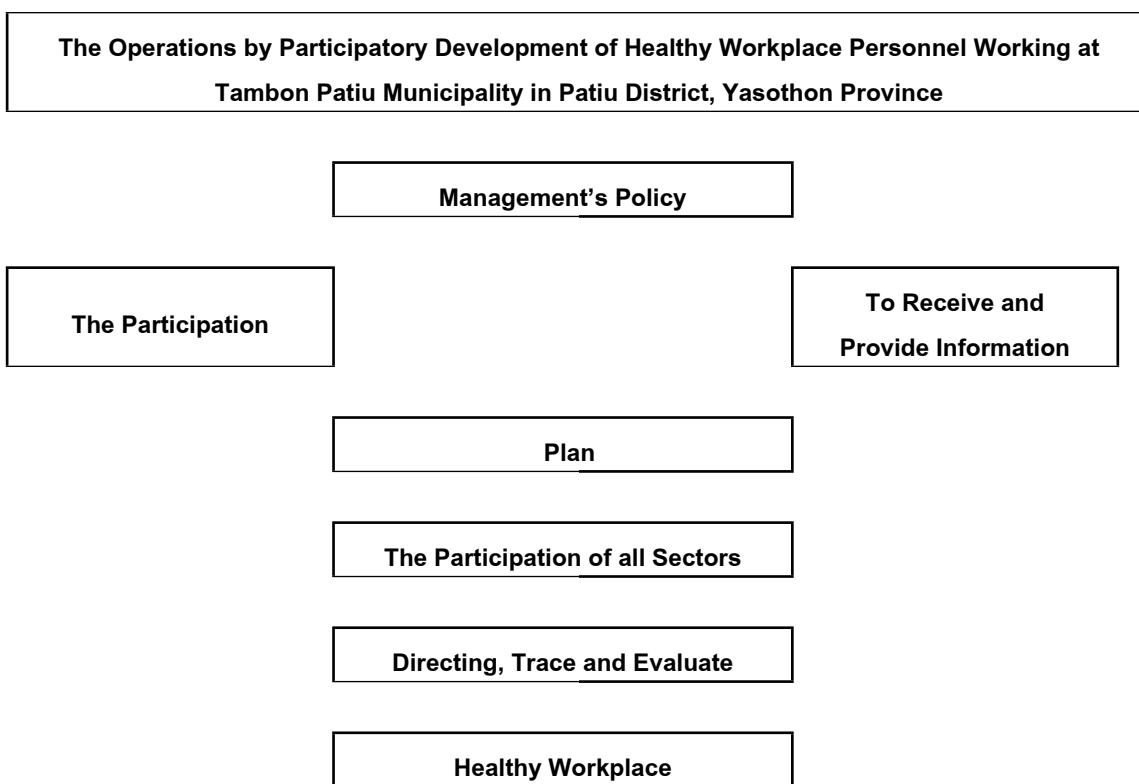
3.3) โครงการลด ละ เลิกบุหรี่ในสถานที่ทำงาน ผลการดำเนินงาน พบว่า พนักงานในเทศบาลตำบลป่าดัวมีความเข้าใจและความตระหนักต่อโทษและพิษภัยของการสูบบุหรี่ เป็นการพัฒนาระบบการให้ความรู้แก่พนักงานและส่งเสริมให้พนักงานที่สูบบุหรี่มีการเลิกสูบบุหรี่เร็วขึ้น และทำให้พนักงานที่ยังเลิกสูบบุหรี่ไม่ได้ สูบบุหรี่น้อยลง มีการกำหนดเขตปลอดบุหรี่และเขตให้สูบบุหรี่ เป็นการสร้างบรรยากาศในสถานที่ทำงาน สิ่งที่ได้เรียนรู้ พบว่า เมื่อพนักงานเทศบาลตำบลป่าดัวมีความเข้าใจและความตระหนักต่อโทษและพิษภัยของการสูบบุหรี่ เป็นการกระตุ้นและส่งเสริมให้พนักงานมีความพยายามที่จะเลิกสูบบุหรี่มากขึ้น และทำให้พนักงานลดปริมาณการสูบบุหรี่น้อยลง ปัญหาและอุปสรรค พบว่า พนักงานบางคนไม่มีความตั้งใจจริงที่จะเลิกสูบบุหรี่ หรือไม่คิดที่จะลดปริมาณการสูบบุหรี่น้อยลง ซึ่งเทศบาลตำบลป่าดัวยังมีการสูบบุหรี่ของพนักงานหนึ่งในสี่ของพนักงานทั้งหมด

กระบวนการสะท้อนผล (Reflect) หลังจากทีเทศบาลได้ดำเนินกิจกรรมตามที่ระบุไว้ในแผนระยะเวลา 3

เดือน ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สังเกตการณ์ เก็บข้อมูลแล้วนัดหมายผู้ร่วมวิจัยทุกคนมาร่วมสนทนากลุ่ม เพื่อสรุปผลการดำเนินงาน วิเคราะห์ปัจจัยความสำเร็จ และศึกษากระบวนการเพื่อถอดบทเรียน หลังจากที่ได้กลุ่มได้ข้อสรุปแล้วได้ร่วมกันลำดับขั้นตอนการทำงานตั้งแต่เริ่มกระบวนการ พัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบ และนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรที่ได้ปฏิบัติจริง พร้อมกับสรุปผลผลิตที่ได้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ พัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร ประกอบด้วย 11 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรก การสนับสนุนของผู้บริหาร ขั้นตอนที่สอง รวบรวมข้อมูล ขั้นตอนที่สาม การวิเคราะห์ปัญหา ขั้น

ตอนที่สี่ การวิเคราะห์บริบทของเทศบาล ขั้นตอนที่ห้า การกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา ขั้นตอนที่หก การจัดทำแผนงาน/โครงการ ขั้นตอนที่เจ็ด การบริหารจัดการแผน ขั้นตอนที่แปด การปฏิบัติการตามแผน ขั้นตอนที่เก้า การติดตามและประเมินผล ขั้นตอนที่สิบ การสรุปผล และขั้นตอนสุดท้าย การยกย่องเชิดชู

จากกระบวนการพัฒนาการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร เทศบาลตำบลป่าต้ว อำเภอป่าต้วจังหวัดยะลา เขียนเป็นรูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน (Figure 1)



**Figure 1** The Operations by Participatory Development of Healthy Workplace Personnel Working at Tambon Patiu Municipality in Patiu District, Yasothon Province

**วิจารณ์และสรุปผล**

จากการวิจัยพบว่า บริบทของเทศบาลภูมิหลังส่วนใหญ่บุคลากรเป็นคนในพื้นที่ทำงานร่วมกันแบบพี่น้องและมีความสัมพันธ์ทางเครือญาติกัน รักใคร่สามัคคีเอื้อเฟื้อต่อกัน ประกอบกับการมีผู้นำที่มีความมุ่งมั่นใส่ใจต่อปัญหาของเทศบาล ขอบเรียนรู้เพื่อพัฒนาเทศบาลให้เข้มแข็งและมีความเป็นน้ำหนึ่งเดียวกัน เป็นคุณลักษณะทางสังคมที่เกื้อหนุนให้เกิดกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร ซึ่งสอดคล้องกับปัจจัยทางด้านชุมชนที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของชุมชนในงานสาธารณสุข

ของ เพ็ญศรี เขียวขำ<sup>16</sup> ได้อธิบายไว้ว่า ลักษณะทางภูมิศาสตร์จิตวิทยาทางสังคม การจัดระเบียบสังคมและวัฒนธรรมของชุมชนในแต่ละชุมชนเป็นปัจจัยที่เอื้ออำนวยแตกต่างกันออกไป ชุมชนที่ตั้งรากฐานเป็นเวลานานจะมีการปฏิสัมพันธ์ในลักษณะเครือญาติ การรวมตัวของชุมชนและการเสียสละช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

กระบวนการพัฒนารูปแบบการดำเนินงานสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรพบว่า มี 11 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนการสนับสนุนของผู้บริหาร เป็นการประกาศนโยบายของผู้บริหารเพื่อให้พนักงานรับรู้นโยบาย พบว่า ผู้บริหารมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินงาน สถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงานว่ามีความสำคัญต่อองค์การ การส่งเสริมสุขภาพและการพัฒนาสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ให้เอื้อต่อการมีสุขภาพดี ส่งผลให้เกิดความปลอดภัยและการมีสุขภาพดีของพนักงาน

2) ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล เป็นการค้นหาข้อมูลเทศบาลจากส่วนราชการต่างๆ ร่วมกัน ส่วนผู้ให้ข้อมูลเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่จะได้รับผลกระทบจากกิจกรรม พบว่า ได้รับความร่วมมือในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี เพราะเชื่อว่าข้อมูลที่ให้ไปจะเป็นประโยชน์กับตนเองและต่อเทศบาล

3) ขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหา เป็นความร่วมมือหลังจากที่เทศบาลรับทราบปัญหา และมีความเห็นพร้อมต้องกันว่าสิ่งที่เป็นอยู่นั้นเป็นปัญหาของเทศบาลที่ทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมตั้งแต่ในระยะเริ่มต้น พบว่า ผลการวิเคราะห์ปัญหาทำให้ทราบถึงรากเหง้าของปัญหา เพื่อจะได้หาแนวทางแก้ไขนั้นโดยอาศัยการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกคน

4) ขั้นตอนการวิเคราะห์บริบทของเทศบาล เป็นการร่วมกันวิเคราะห์สภาพแวดล้อมทางสังคมและลักษณะทั่วไป พบว่า การวิเคราะห์บริบทของเทศบาลทำให้ทราบจุดแข็งของเทศบาล เพื่อแก้ปัญหาในส่วนที่ยังขาดซึ่งจะต้องทำการพัฒนา และอาศัยการมีส่วนร่วมของบุคลากรทุกคนในการวิเคราะห์ร่วมกัน

5) ขั้นตอนการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา หลังจากที่ได้รับทราบผลการวิเคราะห์ปัญหาแล้วว่า ปัญหาสถานที่ทำงานเป็นอย่างไร พบว่า เทศบาลได้ร่วมกันกำหนดแนวทางในการพัฒนาสถานที่ทำงานน่าอยู่ตามบริบทและศักยภาพของเทศบาล ณ เวลาและสถานการณ์ ทั้งเป็นแนวทางที่ปฏิบัติได้ในระดับเทศบาลเอง และแนวทางที่ต้องเสนอเพื่อขอรับการสนับสนุนจากหน่วยงานอื่น สู่การนำไปเป็นแนวทางการจัดแผนปฏิบัติต่อไป

6) ขั้นตอนการจัดทำแผนปฏิบัติการ เป็นขั้นตอนที่เกิดต่อเนื่องจากการกำหนดแนวทางการแก้ไขปัญหา พบว่า บุคลากรเข้ามามีบทบาทร่วมในการกำหนดกิจกรรมหรือโครงการ เนื่องจากเป็นโครงการหรือกิจกรรมที่ได้รับการเสนอหรือมีส่วนร่วมในการอภิปรายจากทุกคนแล้วจะทำให้เกิดความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมด้วย

7) ขั้นตอนการบริหารจัดการแผน เป็นขั้นตอนที่บุคลากรเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารจัดการแผนร่วมกัน พบว่า เทศบาลได้มีการมอบหมายงานกันเป็นคำสั่ง การเสนอตัวเพื่อรับผิดชอบงาน การหาแหล่งงบประมาณและทรัพยากร

อื่นๆ ซึ่งเป็นการกำหนดบทบาทร่วมของบุคลากรเทศบาลที่จะนำไปสู่การปฏิบัติ

8) ขั้นตอนการปฏิบัติการตามแผน เป็นขั้นตอนที่ผู้ที่ได้รับมอบหมายเข้ามาร่วมกิจกรรมตามที่กำหนดไว้ในขั้นจัดทำแผนและการบริหารจัดการแผน พบว่า บทบาทของคณะกรรมการดำเนินงาน การติดต่อประสานงาน ส่วนใหญ่จะเป็นผู้บริหารและหัวหน้าส่วนราชการ ส่วนพนักงานมีบทบาทในการปฏิบัติและการขับเคลื่อนกิจกรรมร่วมกัน

9) ขั้นตอนการติดตามและประเมินผล เป็นขั้นตอนสำคัญที่บุคลากรผู้เกี่ยวข้องจะต้องร่วมกันในการกำกับติดตามเพื่อให้ทราบความก้าวหน้า ปัญหาอุปสรรค เพื่อจะได้ร่วมกันแก้ไขไปพร้อมกันโดยไม่ต้องเก็บปัญหาไว้ พบว่า ผู้บริหารและกรรมการที่ได้รับแต่งตั้งจะทำหน้าที่ติดตามผลการดำเนินงาน แล้วรายงานผลแก่ที่ประชุมทราบเป็นระยะ

10) ขั้นตอนการสรุปผล เป็นขั้นตอนที่บุคลากรทุกคนจะต้องมีส่วนในการรับรู้ผลสำเร็จของงานร่วมกัน เพราะเป็นผลผลิตของบุคลากรที่จะรับรู้ว่าสิ่งที่ดำเนินการมานั้นมีผลสัมฤทธิ์เป็นอย่างไร พบว่า เทศบาลได้ประชุมกลุ่มเพื่อสรุปผลวิเคราะห์ปัจจัยความสำเร็จและถอดบทเรียนไปพร้อมกัน

11) ขั้นตอนการยกย่องเชิดชู เป็นกระบวนการที่เพิ่มเข้ามาหลังจากที่เทศบาลได้ปฏิบัติงานตามแผนสำเร็จ พบว่า เป็นกระบวนการที่ไม่เป็นรูปแบบ แต่สำคัญและจำเป็นเนื่องจาก บุคลากรได้ร่วมกันทำกิจกรรมด้วยความเสียสละเป็นการทำความดีที่ควรจะต้องเชิดชู เป็นการสร้างกำลังใจได้แก่ การมอบเกียรติบัตรในที่ประชุม การมอบของรางวัล

จากกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานน่าอยู่และน่าทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรครั้งนี้ พบว่า มี 11 ขั้นตอน มีขั้นตอนที่เพิ่มเข้ามาคือ การสนับสนุนของผู้บริหาร การรวบรวมข้อมูล การกำหนดแนวทางแก้ปัญหา การบริหารจัดการแผน และการยกย่องเชิดชู ส่วนขั้นตอนที่หายไปนั้นได้ดำเนินการแทรกรวมเป็นขั้นตอนเดียวกัน ได้แก่ การติดตาม/สังเกตผล และประเมินผล รวมเป็นขั้นตอนการติดตามและประเมินผล ขั้นตอนสรุปผล วิเคราะห์ปัจจัยแห่งความสำเร็จ และการถอดบทเรียน รวมเป็นขั้นตอนการสรุปผล และได้นำหลักการบริหารของเฮนรี ฟาโย มาประยุกต์ใช้ในการวางแผน (Planning) กำหนดขึ้นเป็นแผนการปฏิบัติงานไว้สำหรับเป็นแนวทางของการทำงาน การจัดองค์การ (Organizing) จัดวางตำแหน่งและบทบาทของบุคคลให้อยู่ในส่วนประกอบที่เหมาะสมและช่วยให้งานขององค์การบรรลุผลสำเร็จได้ การบังคับบัญชาสั่งการ (Commanding) การสั่งการงานและจัดวางคนให้เหมาะสมกับงาน การประสานงาน (Coordinating) การติดต่อประสานงาน เชื่อมโยงงานของทุกคนให้เข้ากันได้ และ

กำกับให้ไปสู่จุดหมายเดียวกัน การควบคุม (Controlling) เป็นการควบคุมดูแลการดำเนินงาน ครอบคลุมทั้งประเด็นด้านบุคลากร การปฏิบัติงาน วัสดุอุปกรณ์ และงบประมาณ

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้มีบุคลากรของเทศบาลเข้ามามีบทบาทร่วมกันในทุกขั้นตอนได้เป็นกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลปาดัว จากเดิมที่ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน เป็นไปตามกระบวนการแก้ไขปัญหาสอดคล้องกับแนวคิดการมีส่วนร่วมของ จุฬารัตน์ โสตะ<sup>17</sup> ได้อธิบายไว้ว่าการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นสิทธิขั้นพื้นฐานอันชอบธรรมของคนทุกคนที่ต้องการการยอมรับและยกย่อง โดยการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการแสดงออกเกี่ยวกับการปรับปรุงวิถีชีวิตของเขา ประชาชนย่อมรู้ดีว่าตนเองกำลังต้องการอะไร มีปัญหาอะไรและอยากแก้ปัญหาอย่างไร ถ้าให้โอกาสแก่ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกิจกรรมการพัฒนา ย่อมช่วยให้โครงการต่าง ๆ สอดคล้องความต้องการที่แท้จริงของประชาชนได้ดีกว่า ด้านกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรนั้น สอดคล้องกับทวิวัตติ บุญดีกุล<sup>18</sup> ได้อธิบายถึงระดับของการมีส่วนร่วมของประชาชนไว้ว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนมีหลายระดับ โดยวิธีการแบ่งการมีส่วนร่วมของประชาชนอาจแบ่งได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความละเอียดของการแบ่งเป็นสำคัญ ระดับขั้นการมีส่วนร่วมของประชาชนอาจแบ่งได้จากระดับต่ำสุดไปหาระดับสูงสุด

ผลการดำเนินงานจากกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรเทศบาลตำบลปาดัวครั้งนี้ พบว่า เกิดผลลัพธ์ 2 ลักษณะ คือ 1) ผลลัพธ์เชิงกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากร 11 ขั้นตอน นำไปสู่แผนงานการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน 3 โครงการ ได้แก่ โครงการสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โครงการส่งเสริมสุขภาพแบบองค์รวม และโครงการลด ละ เลิกบุหรี่ในสถานที่ทำงาน 2) ผลลัพธ์ต่อการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน การมีส่วนร่วมขององค์กรและบุคลากร ด้านความสะอาดของสถานที่ทำงาน มีความปลอดภัยของชีวิตในการทำงาน มีการจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการมีสุขภาพดี และความมีชีวิตชีวาของบุคลากรเทศบาลตำบลปาดัวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษางานวิจัยของ ปารีชาติ คำดี<sup>19</sup> ได้ศึกษาการพัฒนาการมีส่วนร่วมของบุคลากรองค์การบริหารส่วนตำบลนครเดิฐ อำเภอสครินคร จังหวัดสุโขทัย ในการสร้างสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน พบว่า บุคลากรองค์การบริหารส่วนตำบลนครเดิฐก่อนการได้

รับการพัฒนาอยู่ในระดับน้อย หลังจากได้รับการพัฒนาการมีส่วนร่วมในการพัฒนาสถานที่ทำงานเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับมาก

ปัจจัยแห่งความสำเร็จต่อกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน โดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรจากการวิจัยครั้งนี้ที่สำคัญ ปัจจัยแรกคือผู้บริหาร เนื่องจากผู้บริหารให้ความสำคัญและสนับสนุนถึงเชิงนโยบายและปฏิบัติ พร้อมทั้งมีการจัดตั้งคณะกรรมการดำเนินงาน จัดทำแผนงานและงบประมาณ การกำกับ ติดตาม และประเมินผล ปัจจัยที่สองคือ บุคลากร การมีส่วนร่วมในการรับและให้ข้อมูลความรู้ด้านความเสี่ยงด้านสุขภาพและการปฏิบัติงาน มีความเข้าใจปัญหา จึงเกิดการมีส่วนร่วมในกิจกรรมและกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เป็นพลังขับเคลื่อนที่สำคัญส่งผลให้แผนงานโครงการได้รับงบประมาณและบรรลุเป้าหมาย และปัจจัยสุดท้าย การมีส่วนร่วมการวางแผนแบบมีส่วนร่วมเป็นการสร้างค่านิยมองค์กรด้วยการปลูกจิตสำนึกต่อความรู้สึกเป็นเจ้าของในการร่วมวางแผนลงมือปฏิบัติ รับผิดชอบต่อหน้าที่และองค์กร รวมทั้งรับผลประโยชน์ร่วมกัน ปัจจัยทั้ง 3 อย่างดังกล่าวที่มีผลต่อความสำเร็จต่อกระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงานโดยการมีส่วนร่วมของบุคลากรได้มาจากการถอดบทเรียนจากผู้ร่วมวิจัย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษางานวิจัยของ อวยพร พิศเพ็ง<sup>20</sup> ได้ทำการศึกษาผลการประยุกต์ใช้การจัดการอย่างมีส่วนร่วมร่วมกับแผนที่ทางเดินยุทธศาสตร์ต่อการดำเนินงานกองทุนหลักประกันสุขภาพระดับพื้นที่ กรณีศึกษาตำบลเมืองแก อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ พบว่า ปัจจัยสำเร็จในการดำเนินงานนั้น แก่นนำสุขภาพต้องมีอำนาจในการตัดสินใจด้วยตนเอง มีความรู้สึกเป็นเจ้าของ มีส่วนร่วมในการตัดสินใจ การวางแผน ลงมือปฏิบัติ และติดตามประเมินผลด้วยตนเอง มีการจัดเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้อย่างสม่ำเสมอในระดับพื้นที่

จากงานวิจัยครั้งนี้ มีข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ ควรมีการส่งเสริมปัจจัยแห่งความสำเร็จของการดำเนินงานพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน เพื่อให้มีความยั่งยืนยิ่งขึ้นไป นำหลักธรรมาภิบาลมาใช้ร่วมกับการดำเนินงานพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และให้มีการดำเนินงานส่งเสริม สนับสนุนบทบาทหน้าที่ของบุคลากรในการดำเนินงานพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน เพื่อเพิ่มศักยภาพของบุคลากรอย่างต่อเนื่อง

สำหรับการวิจัยครั้งต่อไป การศึกษากระบวนการพัฒนาสถานที่ทำงานในครั้งต่อไป ส่งผลให้สถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงานขึ้น เพื่อให้เกิดการพัฒนาด้านกระบวนการ

จัดการได้รูปแบบที่เหมาะสม ควรมีการเพิ่มวงรอบการวิจัยเพิ่มขึ้นเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องและยั่งยืนในระยะยาว ควรเพิ่มขนาดตัวอย่างในกลุ่มของฝ่ายสภาเทศบาลเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย เพื่อให้ได้แนวทางที่หลากหลายเพิ่มขึ้นในกระบวนการในการพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงานต่อไป และควรมีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมของบุคลากรในการดำเนินงานพัฒนาสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน เพื่อพัฒนาการดำเนินงานให้ดียิ่งขึ้นไป

### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคลากรของเทศบาลที่ให้ความร่วมมือและเสียสละเวลาเข้าร่วมกิจกรรม ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี และ การวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณรายได้ประจำปี 2556 จากเทศบาลตำบล ป่าดิว อำเภอบ้านดุง จังหวัดยโสธร

### เอกสารอ้างอิง

1. World Health Organization (WHO). Community Enrollment in Health for Primary Health Care. Bethesda : McGraw-Hill Book Company; 2007.
2. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. โครงการสถานที่ทำงานนอกระบบนอกระบบสำนักงานสำหรับสถานประกอบการหรือสถานที่ทำงานที่มีผู้ปฏิบัติงานไม่น้อยกว่า 10 คน. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2546.
3. วัฒนา วงเกียรติรัตน์. การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการประเมินผลและการติดตามผลเชิงสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2547.
4. ณรงค์ จันทรา. ผลกระทบของการบริหารการเปลี่ยนแปลงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากรสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษาในจังหวัดอุดรธานี. วิทยานิพนธ์ บ.ช.มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2549.
5. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือสถานที่ทำงานนอกระบบนอกระบบสำนักงาน "สะอาด ปลอดภัย สิ่งแวดล้อม ดีมีชีวิตชีวา". โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก; 2553.
6. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดยโสธร. การรวบรวมสถิติประจำปี 2556. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดยโสธร; 2556.
7. ธนกร จีระออน. รูปแบบการป้องกันโรคไข้เลือดออกในระดับชุมชน จังหวัดบุรีรัมย์. วิทยานิพนธ์ ส.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2553.
8. Kemmis, S. & Mc Taggart, R. Participatory Action Research in Denzin, K.N., Lincoln, S.Y.(Ed.),

*Handbook of Qualitative Research*. London : Sage Publication, Inc; 2000.

9. พัชรา กลางประพันธ์. การประยุกต์ใช้วงจรคุณภาพเดมมิ่ง และการวางแผนแบบมีส่วนร่วมสู่การเป็นโรงเรียนส่งเสริมสุขภาพ อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร. วิทยานิพนธ์ ส.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2549
10. สิน พันธุ์พินิจ. เทคนิคการวิจัยทางสังคมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : บริษัทจูนพับลิชชิ่ง จำกัด; 2547
11. วันชัย วัฒนศัพท์ และคณะ. คู่มือการมีส่วนร่วมของประชาชน การตัดสินใจที่ดีกว่าโดยให้ชุมชนมีส่วนร่วม. ขอนแก่น : โรงพิมพ์ศิริภักดิ์ออฟเซ็ท; 2551.
12. สุมิทา กลางการ และวราภรณ์ พรหมสัจยพรต. หลักการวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 6. มหาสารคาม : สารคามการพิมพ์ – สารคามเปเปอร์; 2553.
13. รังสรรค์ สิงห์เลิศ, ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์. มหาสารคาม : สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2551.
14. วีระศักดิ์ สืบเสาะ. การวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือวิจัย. คณะสาธารณสุขศาสตร์. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2551.
15. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. คู่มือการดำเนินกิจกรรม 5 ส. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่; 2548'
16. เพ็ญศรี เปลี่ยนขำ. การสาธารณสุขมูลฐาน. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏเพชรบุรี. ราชบุรี : ธรรมรักษ์การพิมพ์; 2542.
17. จุฬารัตน์ ไสตะ และคณะ. บทบาทการมีส่วนร่วมของประชาชนและองค์การบริหารส่วนตำบลในงานอนามัยสิ่งแวดล้อม. รายงานวิจัย. ขอนแก่น : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2546.
18. ถวิลวดี บุญดีกุล. ระบบการบริหารราชการแบบมีส่วนร่วมระดับจังหวัด : ทำอย่างไรให้เป็นจริง. นนทบุรี. สถาบันพัฒนาพระปกเกล้า; 2551.
19. ปาริชาติ คำดี. การพัฒนาการมีส่วนร่วมของบุคลากรองค์การบริหารส่วนตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ในการสร้างสถานที่ทำงานนอกระบบและนำทำงาน. วิทยานิพนธ์ ส.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2553.
20. อวยพร พิศพิง. ผลการประยุกต์ใช้การจัดการอย่างมีส่วนร่วมร่วมกับแผนที่ทางเดินยุทธศาสตร์ต่อการดำเนินงานกองทุนหลักประกันสุขภาพระดับพื้นที่ตำบลเมืองแก อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์. วิทยานิพนธ์ ส.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2553.

## การพัฒนาแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียน วัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

### Development of an Injury Prevention Model for Primary Students in Wadphoetong School, Mueang Buriram District, Buriram Province

กนิษฐา จอดนอก<sup>1</sup> อัครเดช ดีอ้อม<sup>2</sup> สิริกัญญา ฤทธิ์แปลก<sup>3</sup>

Kanittha Chodnock<sup>1</sup> Akaradej Deaom<sup>2</sup> SiriKanya Ridthplake<sup>3</sup>

Received: 9 August 2015; Accepted: 30 November 2015

#### บทคัดย่อ

การวิจัยรูปแบบการวิจัยในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียน วัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนทั้งหมด 120 คน คือ นักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 1-6 จำนวน 60 คน และผู้ปกครองจำนวน 60 คน แบ่งการศึกษาออกเป็น 4 ระยะ คือ วิเคราะห์สถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุในนักเรียน วางแผนปฏิบัติเพื่อหาแนวทางป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียน ทดลองใช้รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุ และประเมินผล เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล คือ แบบบันทึกข้อมูลและแบบสอบถาม ซึ่งแบบสอบถามหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 และ 0.86 ในกลุ่มของนักเรียนและกลุ่มผู้ปกครอง ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยสถิติเชิงพรรณนา Pair samples t – test ผลการวิจัยพบว่า เมื่อนำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปใช้ พบว่า มีผลช่วยเพิ่มพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุและลดการบาดเจ็บของนักเรียน มีการบริหารจัดการเพื่อสร้างความปลอดภัย ที่สำคัญพบว่า นักเรียนและผู้ปกครองมีพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ถ้านำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปใช้ต้องปรับให้เหมาะสมตามบริบทของโรงเรียนอื่น ๆ

**คำสำคัญ :** อุบัติเหตุ การป้องกันอุบัติเหตุในโรงเรียน นักเรียนประถมศึกษา

#### Abstract

The purpose of this design study was to develop an injury prevention model for primary students in Wadphoetong School, Mueang Buriram District, Buriram Province. The samples used in this study, with a total of 120 samples, were composed of 60 students studying in the level of Prathomsuksa 1 – 6 and 60 samples of their parents. The study was divided into 4 phases : 1) situation analysis of an accident happened in the classroom, 2) planning for guideline performance in injury prevention in the classroom , 3) trial of the injury prevention model, and 4) evaluation. The data were collected by using the data recording form and the questionnaire developed by researcher. The questionnaires were tested for reliability using Cronbach' s alpha coefficient. Reliabilities of the questionnaires on injury prevention behavior were 0.82 and 0.86 on a group of students and their parents, respectively. The questionnaires data were analyzed by descriptive statistics, paired samples t – test. The results showed that : The injury prevention model effectively increased the injury prevention behavior and also reduced the injury in the students. Additionally, this study indicated that the behavior in injury prevention significantly increased in both the students and their parents ( $p < 0.001$ ). This injury prevention model should be considerably modified depending on the school context.

<sup>1,2,3</sup>อาจารย์คณะพยาบาลศาสตร์ บุรีรัมย์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น, <sup>3</sup>นาวาอากาศโทหญิง ดร. อาจารย์คณะพยาบาลศาสตร์ บุรีรัมย์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น อ.เมืองบุรีรัมย์ จ.บุรีรัมย์ 31000,

<sup>1,2</sup> teacher, <sup>3</sup>Wing Commander Dr., Lecturer, Faculty of Nursing, Western University , Mueang Buriram District, Buriram 31000, E-mail : kachodnock16@gmail.com

## บทนำ

อุบัติเหตุ<sup>1</sup> เป็นสาเหตุของการเสียชีวิตในเด็กไทยจำนวนถึง 36% ในช่วงปี 1999-2003 ซึ่งมีอัตราการตายสูงถึง 22.1 ต่อ 100,000 ประชากร ซึ่งสาเหตุการตายที่พบบ่อยที่สุดคือการจมน้ำซึ่งมีสัดส่วนถึงร้อยละ 47 รองลงมาคือ การได้รับบาดเจ็บจากการจราจร (ร้อยละ 22.8) และสำหรับคนไทยแล้วอุบัติเหตุเป็นสาเหตุของภาระโรค (Burden of disease) ได้สูงสุดถึงอันดับสองของประเทศ<sup>2</sup>อุบัติเหตุในเด็กเป็นที่สนใจของคนทั่วโลกเพราะทำให้เกิดการตาย การต้องนอนโรงพยาบาลและการพิการไปตลอดชีวิต เด็กจำนวนมากที่ได้รับอุบัติเหตุในประเทศที่มีรายได้ปานกลางและรายได้ต่ำ (low and middle income countries: LMIC)<sup>3</sup> นอกจากนี้เด็กมีประสบการณ์ และความสามารถในการจัดการกับอันตรายจากสิ่งแวดล้อมที่น้อย ขณะที่มีความสนใจในธรรมชาติและชอบที่จะศึกษา สำหรับอุบัติเหตุในเด็ก ควรที่จะมุ่งสร้างการเรียนรู้ที่เด็กนักเรียนเป็นอันดับต้นๆ แต่พบว่าการปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยยังไม่ได้ทำกันอย่างเป็นกิจวัตร

ผลกระทบจากการเกิดอุบัติเหตุส่งผลต่อเด็ก<sup>4</sup> คือผลกระทบด้านร่างกายและผลกระทบด้านจิตใจ ซึ่งผลกระทบด้านร่างกาย คือ ทำให้เกิดอาการบาดเจ็บ มีบาดแผลถลอก ฟกช้ำดำเขียว ห้อเลือด ฉีกขาดเจาะเป็นรูลึก ทำให้เด็กเจ็บปวดทุกข์ทรมานจากบาดแผล และเป็นช่องทางให้เชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายเด็ก ผลกระทบต่อเส้นเลือด อาจมีการฉีกขาดของเส้นเลือดฝอยหรือเส้นเลือดใหญ่ ทำให้มีเลือดออกได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับว่าเส้นเลือดอะไรฉีกขาด ถ้าเด็ก เสียเลือดมาก อาจเกิดอาการช็อกและเป็นอันตรายต่อชีวิตได้ ผลกระทบต่อกลิ้ามเนื้อหรือเนื้อเยื่อของร่างกาย ทำให้มีการฟกช้ำหรือฉีกขาด เมื่อเนื้อเยื่อหรือกล้ามเนื้อได้รับบาดเจ็บ จะเกิดการหลั่งสาร ฮีสตามีน ทำให้มีเลือดมาคั่งบริเวณที่บาดเจ็บ ทำให้เกิดปวดบวมแดงร้อนหรือเกิดการอักเสบได้ ผลกระทบต่อกระดูก ถ้าเป็นอุบัติเหตุที่รุนแรงอาจทำให้มี กระดูกแตกร้าวหรือหักได้ ทำให้โครงสร้างของอวัยวะต่าง ๆ ที่ห่อหุ้มกระดูกหรือเป็นแกนกลางเสียไป ทำให้เกิดอันตรายกับเนื้อเยื่อบริเวณรอบๆ กระดูก และผลกระทบต่อสมอง จากการถูกกระแทกบริเวณศีรษะ การหกล้มศีรษะฟาดพื้น หรืออุบัติเหตุจากยานพาหนะ อาจส่งผลกระทบต่อสมองของเด็ก จึงควรรับให้การรักษาเพื่อมิให้เกิดอันตรายร้ายแรงกับเด็ก ส่วนผลกระทบด้านจิตใจนั้น พบว่า อุบัติเหตุที่เกิดกับเด็กทำให้สภาพร่างกายเด็ก ได้รับความเจ็บปวดทุกข์ ทรมานจากบาดแผล ประเภทต่าง ๆ ส่งผลกระทบต่อจิตใจเด็ก โดยเด็กเกิดความวิตกกังวลใจต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เกิดความกลัวฝังใจ ทำให้เด็กไม่กล้าแสดงออก อาจมีพฤติกรรมถดถอย มีพัฒนาการ

ล่าช้า พ่อแม่ ผู้ดูแลเด็ก จึงควรให้การดูแลเอาใจใส่ไม่ให้เด็กอยู่ในภาวะเช่นนี้ยาวนาน การเกิดอุบัติเหตุส่วนใหญ่จะพบในระดับชั้นประถมศึกษา ซึ่งโรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นโรงเรียนประถมศึกษา พบว่าเกิดอุบัติเหตุเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 ซึ่งอยู่ในวัยเรียน โดยอุบัติเหตุที่พบบ่อยที่สุด แขนขาแพลง หรือหัก อวัยวะของร่างกายเข้าไปติดขัดกับอะไรที่แคบ ๆ แล้วเอาออกไม่ได้ ตกบันได หรืออุบัติเหตุจากการเล่นกีฬา ซึ่งเกิดรุนแรงจนเกิดอุบัติเหตุขึ้นจนกระทั่งต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ได้แก่ หกล้ม แขนขาหัก ซึ่งเกิดรุนแรงจนเกิดอุบัติเหตุขึ้นจนกระทั่งต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลมาแล้ว ได้แก่ หกล้ม แขนขาหัก และครูได้อบรมการป้องกันอุบัติเหตุและปฐมพยาบาลพื้นฐานเพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในโรงเรียน จากอาจารย์ประจำสาขาวิชาการพยาบาลเด็กและวัยรุ่นมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น บุรีรัมย์ หากครูและผู้ปกครองเข้ามามีส่วนร่วมในการดูแลเรื่องการป้องกันอุบัติเหตุในโรงเรียนอาจจะสามารถช่วยป้องกันอุบัติเหตุเด็กวัยเรียนได้เป็นอย่างดี

ดังนั้นการวิจัยเชิงปฏิบัติแบบมีส่วนร่วม ผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการกำหนดโครงการบริการวิชาการแก่สังคมเพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียน ครู และผู้ปกครอง โรงเรียนและชุมชนภายใต้นโยบายโรงเรียนส่งเสริมสุขภาพจะทำให้การป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในเด็กดำเนินการได้อย่างยั่งยืน

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์จังหวัดบุรีรัมย์
2. พัฒนารูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง
3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของนักเรียน และผู้ปกครองภายหลังดำเนินการตามรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง ที่พัฒนาขึ้น

## สมมติฐานในการวิจัย

หลังการทดลองใช้รูปแบบพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุในโรงเรียนในโรงเรียนของนักเรียนและผู้ปกครองดีกว่าก่อนทดลอง

## กรอบแนวความคิดในการวิจัย

อุบัติเหตุในเด็กนักเรียนมีสาเหตุจากหลายปัจจัย ทั้งที่เป็นเหตุทางตรงและทางอ้อม ทั้งในระดับบุคคล ครอบครัว

และชุมชน เช่น ลักษณะของนักเรียนรายบุคคล สภาพแวดล้อมภายในรวมทั้งโดยรอบโรงเรียน พฤติกรรมการเลี้ยงดูเด็กของผู้ปกครอง มาตรการการป้องกันอุบัติเหตุของโรงเรียน เป็นต้น การวิจัยครั้งนี้นำมาตรฐานความปลอดภัย 13 ประการ คือ มาตรฐานที่ 1 ชุมชนจะต้องดำเนินการป้องกันการบาดเจ็บ โดยความสนใจของชุมชนเอง โดยมีการจัดตั้งกลุ่มพหุภาพ (cross-sectorial group) ในระดับชุมชน มาตรฐานที่ 2 เชื่อมโยงหน่วยงาน องค์กรภายนอกชุมชน ที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ นั้น เพื่อแก้ไขปัญหาการบาดเจ็บ มาตรฐาน ที่ 3 ดำเนินกิจกรรมทั้งการป้องกันการบาดเจ็บโดย ไม่ตั้งใจ (unintentional injuries) และการบาดเจ็บโดยตั้งใจ (intentional injuries) ตามลำดับความสำคัญของปัญหา มาตรฐานที่ 4 ให้ความสนใจเป็นพิเศษกับกลุ่มเสี่ยง เช่น เด็กในครอบครัวยากจน เด็กพิการ เป็นต้น มาตรฐานที่ 5 มีระบบการเฝ้าระวังการบาดเจ็บของชุมชน มาตรฐานที่ 6 มีระบบการสำรวจความปลอดภัยในสิ่งแวดล้อม (safety round) และพฤติกรรมเสี่ยง (risk behavior monitoring) ในชุมชน มาตรฐานที่ 7 สนับสนุนการใช้อุปกรณ์เสริมความปลอดภัยต่างๆ (safety equipment) มาตรฐานที่ 8 มีการต่อต้านผลิตภัณฑ์ (hazardous product) และสิ่งแวดล้อมอันตราย (hazardous environment) มาตรฐานที่ 9 อันตราย (ทั้งผู้ใหญ่และเด็ก) อันจะนำไปสู่การบาดเจ็บในเด็ก เช่น เมล็ดข้าวโพด น้ำเด็กนั่งตักขณะขับรถ เป็นต้น มาตรฐานที่ 10 มีการฝึกอบรมการป้องกันการบาดเจ็บในเด็ก การปฐมพยาบาล การปฏิบัติกรู๊ซิปเบื้องต้นในชุมชน มาตรฐานที่ 11 สามารถดำเนินการระยะยาว โดยใช้ทรัพยากรปกติ งบประมาณปกติที่ท้องถิ่นต้องบริหารจัดการอยู่แล้ว เพียงแต่ใช้ให้มีคุณค่า และให้เป็นประโยชน์ต่องาน สร้างเสริมความปลอดภัย มาตรฐานที่ 12 มีการกำหนดตัวชี้วัดความปลอดภัยที่เหมาะสมสำหรับชุมชน เพื่อใช้เป็นตัววัดผลการดำเนินงาน และมาตรฐานที่ 13 มีการรวบรวมความรู้ ประสบการณ์ที่ได้จากการดำเนินงานในชุมชน เผยแพร่สู่ชุมชนอื่น เพื่อขยายผลให้เกิดการดำเนินงานการสร้างเสริมความปลอดภัยในเด็กในระดับชาติ มาใช้เป็นกรอบแนวคิดในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมี ส่วนร่วม เพื่อวิเคราะห์สถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุ และพัฒนารูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุ โดยใช้ขั้นตอน PDCA คือ การวางแผน การปฏิบัติการตรวจสอบการปรับแผน ไปจนกว่าจะได้รูปแบบที่เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียน ที่สามารถนำมากำหนดเป็นนโยบาย และมาตรการของโรงเรียน รวมทั้งการจัดสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงทางสังคมของครอบครัว เพื่อป้องกันอุบัติเหตุในเด็กนักเรียนประถมศึกษา

## วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้ประกอบด้วย 4 ระยะ แต่ละระยะมีการกำหนดกลุ่มเป้าหมาย วิธีการเก็บข้อมูล เครื่องมือ และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

**ระยะที่ 1** วิเคราะห์สถานการณ์การเกิดอุบัติเหตุในนักเรียน

**ระยะที่ 2** วางแผนปฏิบัติเพื่อหาแนวทาง การป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียน

**ระยะที่ 3** ทดลองใช้รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุ สำหรับนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนวัดโพธิ์ทอง

**ระยะที่ 4** ประเมินผลหลังทดลองใช้รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง

## ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียน วัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ จำนวน 123 คน และผู้ปกครอง 123 คน

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 จำนวน 60 คน ซึ่งนักเรียนจะต้องมาเรียนอย่างสม่ำเสมอ ไม่เคยขาดเรียน สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความเต็มใจ และผู้ปกครองนักเรียนที่มีความเต็มใจในการเข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้ จำนวน 60 คน ที่สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความเต็มใจ โดยใช้นักเรียนที่ศึกษาในห้อง 1/2 2/2 3/2 4/2 5/2 และ 6/2 ซึ่งเป็นนักเรียนทั้งหมดที่มาเรียนอย่างสม่ำเสมอไม่เคยขาดเรียน สมัครใจเข้าร่วมงานวิจัยด้วยความเต็มใจ และผู้ปกครองนักเรียนยินยอมเข้าร่วมวิจัยในครั้งนี้ ถ้านักเรียนขาดเรียน ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมงานวิจัย และผู้ปกครองไม่เต็มใจในการเข้าร่วมงานวิจัยในครั้งนี้ก็จะไม่สามารถเข้าร่วมงานวิจัยได้ และเหตุผลที่เลือกโรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เนื่องจากในอำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ มีโรงเรียนประถมศึกษาทั้งหมด 12 โรงเรียน มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น บุรีรัมย์ ห่างจากอำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 11 กิโลเมตร จึงให้โรงเรียนประถมศึกษาอื่น ๆ อยู่ไกลจากพื้นที่รับผิดชอบ ซึ่งระยะทางระหว่างมหาวิทยาลัยเวสเทิร์นไปโรงเรียนวัดโพธิ์ทอง 2 กิโลเมตร อยู่ใกล้มหาวิทยาลัยมากที่สุด นอกจากนี้ โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ยังเป็นโรงเรียนที่ฝึกงาน และให้บริการวิชาการในรายวิชาการพยาบาลเด็กและวัยรุ่น



เป็นการบูรณาการ การเรียนการสอน บริการวิชาการและงานวิจัย นอกจากนี้ทั้งสองสถาบันได้ทำข้อตกลงความร่วมมือระหว่างหน่วยงาน (Memorandum of Understanding : MOU) จึงทำให้ผู้วิจัยตัดสินใจเลือกโรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ เป็นโรงเรียนที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลประกอบด้วย

1. แบบบันทึกการเกิดอุบัติเหตุของนักเรียนในโรงเรียน
2. แบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6
3. แบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของผู้ปกครอง

### การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและความเที่ยงตรงตามเนื้อหาจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ภายหลังจากแก้ไขปรับปรุงได้นำไปหาความเชื่อมั่นของเครื่องมือกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 ในโรงเรียนวัดโพธิ์ทองอำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ ในห้องเรียน 1/1 2/1 3/1 4/1 5/1 และ 6/1 ตามลำดับ จำนวน 30 คน และผู้ปกครองจำนวน 30 คน โดยแบบสอบถามแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 - 6 มีจำนวน 15 ข้อ แบ่งเป็น 2 ด้านคือ อุบัติเหตุที่เกิดในห้องเรียน และอุบัติเหตุที่เกิดนอกห้องเรียน และแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของผู้ปกครองจำนวน 15 ข้อ แบ่งเป็นคำถามเชิงบวก (positive) 8 ข้อ และคำถามเชิงลบ (negative) 7 ข้อ คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 เท่ากับ 0.82 และแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของผู้ปกครอง เท่ากับ 0.86

### ข้อกำหนดเชิงจริยธรรม

ผู้วิจัยทำเรื่องขออนุมัติไปยังคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมวิจัย มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น โดยเคารพสิทธิความเป็นส่วนตัวและปกปิดความลับ มีการแนะนำตัวเอง ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูล และระยะเวลาของการวิจัย ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและระยะเวลาของการวิจัย

พร้อมทั้งแจ้งให้ทราบถึงสิทธิในการตอบรับและปฏิเสธการเข้าร่วมได้โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล นอกจากนี้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จากการวิจัยได้นำเสนอในภาพรวมเท่านั้น โดยมีเนื้อหาครอบคลุมการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการต้องเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ และสามารถถอนตัวจากการเข้าร่วมโครงการเมื่อไรก็ได้ หากกลุ่มตัวอย่างยินดีให้ความร่วมมือในการวิจัย จะลงนามยินยอมในแบบฟอร์ม (informed consent form) และข้อมูลที่ได้จากการวิจัย ผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับและนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น โดยการวิจัยนี้ได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรม จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยมหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของผู้ปกครอง โดยให้ผู้ปกครองตอบด้วยตนเอง
2. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของเด็กอายุ 6 - 9 ปี โดยอ่านคำถามให้เด็กฟัง
3. ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของเด็กอายุ 10-12 ปี โดยให้นักเรียนตอบด้วยตนเอง

นอกจากนี้ยังมีการสนทนากลุ่มด้วย ในระหว่างทำการวิจัยครั้งนี้ไม่มีผู้ใดต้องถูกตัดออกจากการวิจัย

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของผู้ปกครองและนักเรียนนำมาคำนวณค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของพฤติกรรมกำบังอุบัติเหตุของนักเรียนและผู้ปกครอง ก่อนและหลังการใช้รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุสำหรับนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนวัดโพธิ์ทอง ทดสอบด้วยสถิติ Paired samples t - test

### ผลการศึกษา

1. สถานการณ์และปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุในนักเรียน ข้อมูลทั่วไปของนักเรียนชั้นปีที่ 1-6 โรงเรียน วัดโพธิ์ทอง จำนวน 60 คน พบว่า มีนักเรียนชาย ร้อยละ 50 และนักเรียนหญิง ร้อยละ 50 โดยพบว่า อุบัติเหตุในนักเรียนที่พบมากที่สุด ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 คือ วิ่งชนกัน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คือ หกล้ม โดยพบว่า ช่วงเวลาที่เกิด

อุบัติเหตุบ่อยที่สุด คือ ช่วงพักกลางวัน และสถานที่เกิดอุบัติเหตุที่พบส่วนใหญ่ คือ ห้องเรียน โดยพบว่า จำนวนร้อยละอุบัติเหตุที่พบบ่อย คือ นักเรียนได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุร้อยละ 33.33 จากมีดเหลาดินสอบาดมือ และพบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุในนักเรียนชั้นประถมศึกษา จำนวน 60 คน พบว่า อายุ เพื่อน และเพศ เป็นปัจจัยที่พบมากที่สุด ร้อยละ 100 โดยพบในเพศชายมากกว่าเพศหญิง พบในเพศชาย ร้อยละ 64 และเพศหญิง ร้อยละ 36 ตามลำดับ

การปฏิบัติความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐาน 13 ประการ ของโรงเรียนสร้างเสริมความปลอดภัย พบว่า โรงเรียนยังปฏิบัติได้ไม่ครบ ทุกมาตรฐาน คือมาตรฐานที่ 1 ชุมชนจะต้องดำเนินการป้องกันการบาดเจ็บโดยความสนใจของชุมชนเอง โดยมีการจัดตั้งกลุ่มพหุภาพ (cross-sectorial group) ในระดับชุมชน

2. รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ รูปแบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้ (Figure 1)

ระยะที่ 1 การสร้างความไว้วางใจ ด้วยการสร้างสัมพันธภาพที่ดี ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 1 เดือน เริ่มจากผู้วิจัยในฐานะอาจารย์พยาบาล เข้าไปสร้างความไว้วางใจ ด้วยการสร้างสัมพันธภาพที่ดี เพื่อค้นหาจุดตั้งต้นของการพัฒนารูปแบบ ซึ่งผู้วิจัยในฐานะครูพยาบาลสามารถสร้างความไว้วางใจ ด้วยการสร้างสัมพันธภาพที่ดีได้ง่าย นักเรียนพร้อมที่จะเปิดรับความรู้มาก กล่าวคือกล้าแสดงออก นอกจากนี้ครูประจำชั้นยังให้ความร่วมมือในการหาแนวทาง เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุเป็นอย่างดี มีการนำผลการปฏิบัติงานด้านความปลอดภัยในโรงเรียนตามมาตรฐาน 13 ประการ เสนอให้อาจารย์ในโรงเรียนได้รับทราบ และมีการสื่อสารข้อมูลเรื่องการป้องกันอุบัติเหตุไปยังผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งนักเรียน ครู ผู้ปกครอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกันเป็นระยะ

ระยะที่ 2 ร่วมดูแลความปลอดภัยนักเรียน เป็นระยะที่ครูในโรงเรียน และผู้ปกครองมีส่วนร่วมในการดูแลนักเรียนอย่างเป็นรูปธรรม โดยจัดสนทนากลุ่มทั้งหมด 3 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 2 เดือน ผู้วิจัยนำข้อมูลอุบัติเหตุที่พบ ให้แก่ครูและ

ระยะที่ 3 ระยะของการร่วมกันดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุอย่างจริงจังและปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง ในระยะนี้ผู้ปกครองมีความสำคัญในการให้คำแนะนำบุคลากรในการป้องกันอุบัติเหตุด้วย โดยที่ผู้ปกครองจะมารับส่งนักเรียนทุกวัน และส่งข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดอุบัติเหตุให้กับผู้วิจัย

ระยะที่ 4 ประเมินผล และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ในระหว่างดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุ ในระยะนี้ครู ผู้ปกครอง และนักเรียน ได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นถึงปัญหาและอุปสรรคที่พบ โดยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ปฏิบัติตามแนวทางการป้องกันอุบัติเหตุแล้วปลอดภัย อุบัติเหตุลดน้อยลง

3. การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของนักเรียนและพฤติกรรมความเสี่ยง เพื่อป้องกันอุบัติเหตุของผู้ปกครองภายหลังการนำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปใช้

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3 มีคะแนนพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.113$ ) ส่วนนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 มีคะแนนพฤติกรรม กรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.791$ ) เมื่อพิจารณานักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 พบว่า มีคะแนนพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.049$ ) ทำให้อุบัติเหตุลดลง (Table 1) เหตุผลที่ต้องแยกการศึกษาเป็นชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3 และชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 เนื่องจากแบ่งตามพัฒนาการของเด็ก ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3 (อายุ 7 – 9 ปี) เด็กวัยนี้มีความอยากรู้อยากเห็น สามารถจำเหตุการณ์ที่ผ่านมาได้ มีความสนใจที่จะทำสิ่งต่าง ๆ และจะพยายามทำให้สำเร็จ รู้จักชอบหรือไม่ชอบสิ่งนั้นสิ่งนี้ มีสมาธิจดจ่อกับกิจกรรมยังค่อนข้างสั้น ยังขาดเหตุผลในการคิด การทำสิ่งใด ๆ และชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 (อายุ 10 – 12 ปี) วัยนี้เป็นวัยที่สมองกำลังพัฒนาเต็มที่ การเรียน การหาเหตุผล ความคิดและการแก้ปัญหาดีขึ้น สามารถตัดสินใจด้วยตนเอง และมีการไตร่ตรองก่อนตัดสินใจ ไม่ทำอย่างหุนหันพลันแล่น มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และเหตุผลที่นำเสนอตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 เพื่อให้เห็นภาพรวมที่เกิดอุบัติเหตุขึ้นในโรงเรียน

พฤติกรรมกรรมการดูแลเพื่อป้องกันอุบัติเหตุของผู้ปกครอง ภายหลังการใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3 ผู้ปกครองของนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.649$ ) ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 ผู้ปกครองของนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.364$ ) เมื่อพิจารณานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 พบว่า ผู้ปกครองของนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.738$ ) (Table 2)

## วิจารณ์และสรุปผล

1. สถานการณ์และปัจจัยการเกิดอุบัติเหตุในนักเรียน

ข้อมูลทั่วไปของนักเรียนชั้นปีที่ 1-6 โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง จำนวน 60 คน พบว่า มีนักเรียนชาย ร้อยละ 50 และนักเรียนหญิง ร้อยละ 50 อุบัติเหตุที่พบมากที่สุด chez นักเรียนที่พบมากที่สุด คือ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 คือ วิ่งชนกัน และนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 คือ หกล้ม ร้อยละ 10 โดยพบว่า ช่วงเวลาที่เกิดอุบัติเหตุบ่อยที่สุดคือ ช่วงพักกลางวัน และสถานที่เกิดอุบัติเหตุที่พบส่วนใหญ่คือ ห้องเรียน โดยพบว่า จำนวนร้อยละอุบัติเหตุที่พบบ่อย คือ นักเรียนได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุ จากการถูกมีดเหลาดินสอบาดมือ ร้อยละ 33.33 และพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุในนักเรียน ชั้นประถมศึกษา คือ อายุ เพื่อน และเพศ เป็นปัจจัยที่พบมากที่สุด ถึงร้อยละ 100 โดยพบว่า ปัจจัยด้านเพศชายพบมากกว่าเพศหญิง พบในเพศชาย จำนวน ร้อยละ 64 และเพศหญิง ร้อยละ 36 ตามลำดับ ส่วนการปฏิบัติตามความปลอดภัยตามเกณฑ์มาตรฐาน 13 ประการ ของโรงเรียนสร้างเสริมความปลอดภัยนั้น พบว่า โรงเรียนยังปฏิบัติได้ไม่ครบทุกมาตรฐาน คือ มาตรฐานที่ 1 ชุมชนจะต้องดำเนินงานการป้องกัน การบาดเจ็บโดยความสนใจของชุมชนเอง โดยมีการจัดตั้งกลุ่มพหุภาพ (cross-sectorial group) ในระดับชุมชน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สมจินตนา คำพินิจ, จริยาวัตร คมพัยค์ม์ และวนิดา ดุรงค์ฤทธิชัย (2550)<sup>4</sup> การพัฒนาการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินี ผลการวิจัย พบว่า ผลการวิจัยพบว่านักเรียนได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในโรงเรียนร้อยละ 75.5 โดยเฉลี่ยเกิดอุบัติเหตุเดือนละ 3 ครั้งต่อคน ส่วนใหญ่เกิดจากสะดุดล้มหรือถูกชนล้มขณะวิ่งเล่นในโรงเรียน ซึ่งพบมากในชั้นประถม ศึกษาตอนต้น อายุ 6 - 9 ปี เป็นช่วงพักกลางวันในบริเวณใต้ถุนตึกเรียน สนามกีฬาและบันไดทางขึ้นตึกเรียน ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดอุบัติเหตุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ ระดับการศึกษาและความพิการของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุธีร์ รัตนะมงคลกุล (2555)<sup>1</sup> โครงการการศึกษาปัญหาและการควบคุมอุบัติเหตุในเด็กนักเรียนโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน ผลการศึกษาพบการเกิดอุบัติเหตุทั้งสิ้น 1,098 ราย คิดเป็นอัตราอุบัติเหตุการเกิดเท่ากับ 90.5 ต่อ 1,000 ประชากรเด็ก (95%CI: 85.4-95.7) ส่วนสาเหตุของการบาดเจ็บที่พบบ่อยตามลำดับ คือ การได้รับ แรงกระแทกจากวัตถุและจากสัตว์ การพลัดตกและจากการจรรยา ผลการศึกษาที่ครอบคลุมทั้งชุมชนนี้ จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบของชุมชนนี้และชุมชนเกษตรกรรมอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายกัน การในการพัฒนาวิธีการป้องกัน เพื่อ

ลดอุบัติเหตุและผลกระทบที่เกิดขึ้น และสอดคล้องกับ ยุพิน สาเรือง, วนิดา ดุรงค์ ฤทธิชัย และจริยาวัตร คมพัยค์ม์ (2557)<sup>5</sup> การพัฒนาหุ่นส่วนสุขภาพเพื่อป้องกันการบาดเจ็บให้แก่เด็กวัยเรียนในชุมชน ผลการวิจัย พบว่า เด็กวัยเรียน ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อายุเฉลี่ย 8.8 ปี ไม่มีโรคประจำตัว พฤติกรรมการป้องกันตนเองจากการบาดเจ็บโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ผู้ดูแลหรือผู้ปกครองส่วนมากเป็นบิดา/มารดา ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอายุเฉลี่ย 41.6 ปี พฤติกรรมการป้องกันการบาดเจ็บให้แก่เด็กวัยเรียนโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง ปัจจัยที่มีผลต่อการบาดเจ็บในเด็กวัยเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ เด็กช่วงอายุระหว่าง 6-8 ปี

2. สร้างรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง

รูปแบบที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 4 ระยะ โดยเริ่มจากระยะที่ 1 การสร้างความไว้วางใจ ด้วยการสร้างสัมพันธภาพที่ดี ระยะที่ 2 ร่วมดูแลความปลอดภัยนักเรียนระยะที่ 3 ระยะของการร่วมกันดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุอย่างจริงจัง และปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง และระยะที่ 4 ประเมินผล และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุ ทำให้เกิดการพัฒนาศักยภาพที่ดูแลนักเรียนให้เข้ามามีส่วนร่วม และเพิ่มศักยภาพในการป้องกันอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับการศึกษาของสมจินตนา คำพินิจ, จริยาวัตร คมพัยค์ม์ และวนิดา ดุรงค์ ฤทธิชัย (2550)<sup>4</sup> การพัฒนาการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินี ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ การสร้างสัมพันธภาพที่ประทับใจจากเด็กสู่ครู การร่วมดูแลใส่ใจความปลอดภัยของนักเรียน และการร่วมกันดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุที่ชัดเจนและต่อเนื่อง และเมื่อนำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปใช้พบว่า มีผลช่วยเพิ่มพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ และลดการบาดเจ็บของนักเรียน ครูนำความรู้การป้องกันอุบัติเหตุสอดแทรกในกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านสื่อต่าง ๆ มากขึ้น มีการบริหารจัดการเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยในโรงเรียน ภายใต้มาตรฐานโรงเรียนสร้างเสริมความปลอดภัย อาจารย์พยาบาลให้บริการสุขภาพเชิงรุก นำข้อมูลการเกิดอุบัติเหตุของเด็กมาใช้ เพื่อสร้างพฤติกรรมป้องกันให้แก่เด็ก มีการพัฒนาสื่อการสอนทางการพยาบาลและมีส่วนร่วมในการบริหารความปลอดภัยภายในโรงเรียน ที่สำคัญพบว่านักเรียนและผู้ปกครองมีพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้น และนักเรียนมีพฤติกรรมเสี่ยงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การศึกษาครั้งนี้เสนอแนะว่า ให้นำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ภายใต้การดำเนินการตาม

มาตรฐานของโรงเรียนสร้างเสริมความปลอดภัย และการนำไปใช้ต้องปรับให้เหมาะสมกับบริบทของโรงเรียนนั้น ๆ

จากรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องจะเห็นได้ว่า ครูเป็นผู้ขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็ก โดยให้ผู้ปกครองมีส่วนร่วม ดังนั้น ครูและผู้ปกครองจึงมีความสำคัญในการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของเด็กชั้นประถมศึกษา

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุของนักเรียนและผู้ปกครอง ภายหลังจากดำเนินการตามรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง ที่พัฒนาขึ้น

นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3 มีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.113$ ) ส่วนนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 มีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.791$ ) เมื่อพิจารณานักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 พบว่า มีคะแนนพฤติกรรม การป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.049$ ) และพฤติกรรมการดูแลเพื่อป้องกันอุบัติเหตุของผู้ปกครองภายหลังจากใช้รูปแบบที่พัฒนาขึ้น พบว่า นักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 3 ผู้ปกครองของนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.649$ ) ส่วนนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – 6 ผู้ปกครองของนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.364$ ) เมื่อพิจารณานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 – 6 พบว่า ผู้ปกครองของนักเรียนมีคะแนนพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางสถิติที่  $p < 0.001$  ( $t = 1.738$ ) โดยสอดคล้องกับการศึกษาของสมจินตนา คำพินิจ, จริยาวัตร คมพยัคฆ์ และวนิดา ดุรงค์ฤทธิชัย (2550)<sup>4</sup> การพัฒนาการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินี ผลการวิจัย พบว่า รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุประกอบด้วยขั้นตอน 3 ขั้นตอน คือ การสร้างสัมพันธภาพที่ประทับใจจากเด็กสู่ครู การร่วมดูแลใส่ใจความปลอดภัยของนักเรียน และการร่วมกันดำเนินการป้องกันอุบัติเหตุที่ชัดเจนและต่อเนื่อง และเมื่อนำรูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุไปใช้ พบว่ามีผลช่วยเพิ่มพฤติกรรมการป้องกันอุบัติเหตุ และลดการบาดเจ็บของนักเรียน ครูนำความรู้การป้องกันอุบัติเหตุสอดแทรกในกิจกรรมการเรียนการสอนผ่านสื่อต่าง ๆ มากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของจิรนนท์ อังกาสิ (2551)<sup>7</sup> ได้ศึกษาเรื่องการมี

ส่วนร่วมของผู้ปกครองนักเรียนในการจัดการศึกษา และคุณลักษณะของนักเรียนโรงเรียนศิริราชวิทยาลัย สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่ การศึกษาสกลนคร เขต 1 การศึกษาครั้งนี้ ผลการวิจัยพบว่า (1) ผู้ปกครองนักเรียนมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาของโรงเรียนศิริราชวิทยาลัย โดยรวมและรายด้านอยู่ในระดับมาก (2) คุณลักษณะของนักเรียนในโรงเรียนศิริราชวิทยาลัย ตามความคิดเห็นของผู้ปกครองโดยรวมและรายด้าน อยู่ในระดับมาก (3) ผู้ปกครองนักเรียนที่มี เพศ อายุ และวุฒิการศึกษา แตกต่างกัน มีระดับการมีส่วนร่วม ในการจัดการศึกษาของโรงเรียนศิริราชวิทยาลัย ไม่แตกต่างกัน แต่ผู้ปกครองนักเรียนที่มีอาชีพ แตกต่างกัน มีระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.01$  (4) ผู้ปกครองนักเรียนที่มี เพศ อายุ และวุฒิการศึกษา แตกต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียนโรงเรียนศิริราชวิทยาลัย ไม่แตกต่างกัน แต่ผู้ปกครองนักเรียน ที่มีอาชีพแตกต่างกัน มีความคิดเห็นเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ  $p < 0.05$

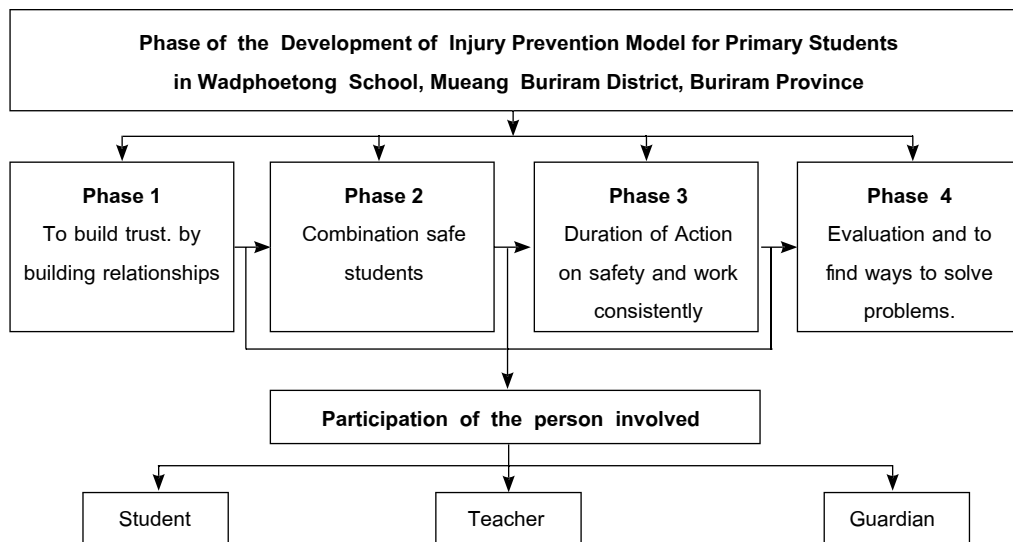
จะเห็นได้ว่า รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุสามารถช่วยลดการเกิดอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ สามารถป้องกันอุบัติเหตุได้เป็นอย่างดี หลังจากที่มีการศึกษาวิจัย นักเรียนได้มีการแก้ไขปัญหาเมื่อวิ่งชนกัน มีดเหลาดินสอบาดมือ หกล้ม ได้เรียนรู้การปฐมพยาบาลเบื้องต้น และการป้องกันอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นได้ โดยมีครูพยาบาล และครูคอยดูแลอย่างใกล้ชิด

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรนำแนวทางการแก้ปัญหาการป้องกันอุบัติเหตุ ที่ดำเนินการ จากนักเรียน และผู้ปกครองไปจัดทำโครงการบริการวิชาการแก่สังคม เพื่อเพิ่มพูนความรู้และทักษะในสิ่งที่จำเป็น ในการป้องกันอุบัติเหตุ ในโรงเรียนให้กับนักเรียน และลดการเกิดอุบัติเหตุ
2. ผู้บริหารระดับสูงและผู้เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลจากไปเป็นประโยชน์ ต่อการวางแผนนโยบายในโรงเรียน และมาตรการที่มีความเฉพาะของโรงเรียนได้
3. รูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษา โรงเรียนวัดโพธิ์ทอง อำเภอเมืองบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ มีลักษณะเฉพาะเจาะจง หากจะนำไปใช้ในบริบทอื่น ๆ ควรปรับให้เหมาะสม เพื่อให้มีรูปแบบที่สามารถนำไปใช้ได้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อพื้นที่นั้น ๆ

**ข้อเสนอแนะ**

ระยะเวลาที่ศึกษาวิจัยน้อย ควรเพิ่มระยะเวลามากขึ้น  
ติดตามประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียนอย่างต่อเนื่องทุก  
6 เดือน เพื่อให้เกิดการพัฒนาโรงเรียนที่ยั่งยืน



Consider the problem of accidents, Causes and effects analysis, Activities to prevent accidents and evaluation

**Figure 1** The Development of Injury Prevention Model for Primary Students in Wadphoetong School, Mueang Buriram District, Buriram Province

**Table 1** The developed model could increase the injury prevention behavior of student (n = 60)

Accident prevention of child behavior	Mean ± SD		Mean Difference	95%CI Of Mean Difference Lower Upper	S.D.	t	P-value
	Pre	Post					
Grade 1 – 3	1.28±0.45	3.03±1.26	2.16	1.38 2.55	1.29	1.113	< 0.001*
Grade 4 – 6	1.37±0.49	4.25±1.04	2.81	1.11 1.96	1.66	1.791	< 0.001*
Grade 1 – 6	1.33±0.47	3.64±1.30	2.02	1.39 2.10	1.30	1.049	< 0.001*

\* sig at < 0.05\*

**Table 2** The developed model could increase the injury prevention behavior of parents (n = 60)

Accident prevention of parents behavior	Mean ± SD		Mean Difference	95%CI Of Mean Difference Lower Upper	S.D.	t	P-value
	Pre	Post					
Grade 1 – 3	1.43±0.56	3.43±1.27	1.50	1.62 0.71	0.71	1.649	< 0.001*
Grade 4 – 6	1.47±0.50	4.42±0.72	2.50	1.17 0.52	1.61	1.364	< 0.001*
Grade 1 – 6	1.45±0.53	3.93±1.14	2.00	2.57 3.19	1.52	1.738	< 0.001*

\* sig at < 0.05\*

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น ปีงบประมาณ 2557

## เอกสารอ้างอิง

1. สุธีร์ รัตนะมงคลกุล. โครงการศึกษาปัญหาและการควบคุมอุบัติเหตุในเด็กนักเรียนโดยใช้ชุมชนเป็นฐาน. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคมคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 2555.
2. Peden M, McGee K, Krug E. Injury: a leading cause of the global burden of disease, 2000. Geneva: World Health Organisation 2002.
3. Hofman K, Primack A, Keusch G, Hrynkow S. Addressing the Growing Burden of Trauma and Injury in Low- and Middle-Income Countries. American Journal of Public Health. 2005; 95(1):13-7.
4. สมจินตนา คำพินิจ, จริยาวัตร คมพยัคฆ์ และวนิดา ดุรงค์ฤทธิชัย. การพัฒนารูปแบบการป้องกันอุบัติเหตุในนักเรียนประถมศึกษาโรงเรียนราชินี. วารสาร มจร. วิชาการ 1. 2550; 11(21), 1-15.
5. ยุพิน สาเรือง, วนิดา ดุรงค์ฤทธิชัย และจริยาวัตร คมพยัคฆ์. การพัฒนาหุ่นส่วนสุขภาพเพื่อป้องกันการบาดเจ็บให้แก่เด็กวัยเรียนในชุมชน. วารสารพยาบาลสาธารณสุข. 28(2), 2557; 39-50.
6. จีรนนท์ อังกาสิ. การมีส่วนร่วมของผู้ปกครองนักเรียนในการจัดการศึกษาและคุณลักษณะของนักเรียนโรงเรียนศิริราชวรวิหาร สังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา สกลนคร เขต 1. วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2551.

ผลของการประยุกต์ใช้โปรแกรมอาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุต่อการสร้าง การมีส่วนร่วม  
ในการดำเนินงานของชมรมผู้สูงอายุ ตำบลหนองกุง อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ  
The Result of an Application of the Elderly Volunteers to Establish Participation in  
the Operation of an Elderly Club in Nhongkung Subdistrict, Nonkoon District, Sisaket  
Province

พัฒนาชัย พิมพ์สวัสดิ์<sup>1</sup>, วิรัตน์ ปานศิลา<sup>2</sup>, เฉลิมพล ตันสกุล<sup>3</sup>

Patanachai Pimsawat<sup>1</sup>, Virat Pansila<sup>2</sup>, Chalernpol Tansakul<sup>3</sup>

Received: 4 September 2015; Accepted: 22 December 2015

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการจัดการ และการมีส่วนร่วมของชมรมผู้สูงอายุในตำบลหนองกุง อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นสมาชิกชมรมผู้สูงอายุ จำนวน 69 คน จากชมรมผู้สูงอายุที่ได้รับ โปรแกรมวิธีการจัดการแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วมและ แรงสนับสนุนทางสังคมโดยอาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุ จำนวน 36 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 33 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองการมีการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมในการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุโดยทั่วไปและ ตามแนวคิดการจัดการองค์การแบบมีส่วนร่วมของวงจร เดมมิ่งใน 5 ด้านเพิ่มสูงขึ้น มากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ ( $p < 0.001$ ) โดยสรุป ผลของการประยุกต์ใช้ แนวคิดการจัดการองค์การแบบมีส่วนร่วมของวงจร เดมมิ่ง การวางแผนแบบมีส่วนร่วม (A-I-C) และแรงสนับสนุนทางสังคมโดย อาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุต่อการสร้างมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุ ส่งผลให้ชมรมผู้สูงอายุมีการดำเนินกิจกรรมอย่างมีส่วนร่วม ของทุกคนและเกิดการพัฒนาในทางที่ดีขึ้น สามารถนำไปปรับใช้ในพื้นที่อื่นให้ประสบความสำเร็จได้ในอนาคต

**คำสำคัญ:** วงจรเดมมิ่ง การวางแผนแบบมีส่วนร่วม การจัดการแบบมีส่วนร่วม แรงสนับสนุนทางสังคม Elderly volunteers

### Abstract

This study is aimed to compare two groups of elderly volunteers chosen to establish levels of participation in the management of an elderly club at Nhongkung Subdistrict, Amphoe Nonkoon, Changwat Sisaket. Data for the study was collected from 69 people of the elderly club. The experimental group received the management of Deming cycle, A-I-C and Social Support by elderly volunteers of 36 people and a comparison group of 33 people. The results showed that the experimental group adjusted their level of participation in the Participation in Process of Elderly Club Management in general and in five aspects from before the experiment at a moderate to a high level; more than the comparison group at the .05 level of significance. In conclusion, the Application of Self-Efficacy theory and Social Support with Effects of Participation and Application of Deming cycle in development was one possible way to improve the Management of the Elderly Club and to provide some healthy activities. This study could be implemented in other Subdistricts in the future.

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม, <sup>3</sup> รองศาสตราจารย์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา จังหวัดศรีสะเกษ

<sup>2</sup> Master's degree, <sup>2</sup> Asst. Prof., Faculty of Public health, Mahasarakham University, Mahasarakham, <sup>3</sup> Faculty of Public health, Chalermkarnhana University, Sisaket

## บทนำ

ในปัจจุบัน ผู้สูงอายุเป็นกลุ่มประชากรที่เพิ่มขึ้นเร็วที่สุดมีทิศทางเดียวกับประชากรโลก<sup>1</sup> ที่มีอายุขัยเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้น แนวโน้มการเกิดลดลงและคาดว่าจะมีผู้สูงอายุถึง 12.5 ล้านคนในปี พ.ศ.2563<sup>2</sup> รัฐบาลจึงได้ประกาศให้ปี พ.ศ.2545 เป็นปีแห่งการรณรงค์สร้างสุขภาพทั่วไทย ภายใต้ยุทธศาสตร์ “รวมพลังสร้างสุขภาพโดยการมีส่วนร่วมจากภาคีเครือข่ายในทุกๆภาคส่วน”อันจะนำไปสู่การสร้างสุขภาพที่ยั่งยืน<sup>3</sup> จึงถูกคาดหวังให้มีการดำเนินงานของชมรมที่เป็นระบบและเกิดรูปธรรม<sup>4</sup>

ประเทศไทยเมื่อ พ.ศ.2557<sup>5</sup> มีชมรมผู้สูงอายุ 328 ชมรม คิดเป็นร้อยละ 60.57 ของจำนวนผู้สูงอายุ มีการดำเนินงานชมรมผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่อง ร้อยละ 27.58 ซึ่งสอดคล้องกับบริบทตำบลหนองกุงที่มีผู้สูงอายุ 680 คน เป็นสมาชิกชมรม 267 คน คิดเป็นร้อยละ 30.51 ซึ่งจากการนิเทศงานสาธารณสุขผสมผสาน เครือข่ายบริการสุขภาพอำเภอโนนคูณ ปี พ.ศ.2557 พบว่าร้อยละ 90 ของชมรมผู้สูงอายุขาดการดำเนินกิจกรรมอย่างต่อเนื่องและขาดการมีส่วนร่วมของสมาชิก ร้อยละ 90 ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมินชมรมผู้สูงอายุคุณภาพ

เพื่อส่งเสริมให้เกิดการมีส่วนร่วมผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้รูปแบบและแนวทางการดำเนินงานร่วมกันของชุมชน โดยการประยุกต์แนวคิดการจัดการแบบมีส่วนร่วม<sup>6</sup>ของวงจรคุณภาพเดิมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (A-I-C)<sup>7</sup> และแรงสนับสนุนทางสังคม (Social Support) โดยอาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุ เพื่อสร้างการมีส่วนร่วม<sup>8</sup> ของผู้สูงอายุในคณะกรรมการ<sup>9</sup> ชมรมผู้สูงอายุให้เข้มแข็ง<sup>10</sup>มากขึ้น โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้<sup>11</sup>และเชื่อมโยงระหว่างชมรมอื่นๆ เพื่อที่จะนำไปสู่การพัฒนาชมรมผู้สูงอายุอย่างยั่งยืน<sup>12</sup> (Sustainable Development)

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง โดยการประยุกต์แนวคิดการจัดการองค์กรแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดิมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (A-I-C) และแรงสนับสนุนทางสังคมโดยอาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุ

## สมมติฐานการวิจัย

1. ภายหลังจากทดลองกลุ่มทดลองมีความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง

2. ภายหลังจากทดลองกลุ่มทดลองมีความคิดเห็นต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

3. ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลองมีความคิดเห็นต่อการดำเนินงานชมรมผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่อง เพิ่มขึ้นกว่าก่อนการทดลอง

## ขอบเขตของงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการเปรียบเทียบการมีส่วนร่วมในกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุ ตำบลหนองกุง อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ ระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2557 เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้สูงอายุ จำนวนทั้งสิ้น 69 ราย

## ระเบียบวิธีวิจัย

เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experimental Research) โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (Experimental group) และกลุ่มเปรียบเทียบ (Comparison group) ทำการวัดก่อนและหลังการทดลอง เพื่อเปรียบเทียบการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุ ตำบลหนองกุง โดยเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ด้วยแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

## ระยะเวลาของการศึกษา

เดือนพฤษภาคม 2557 – เดือนมิถุนายน 2557

## เกณฑ์ในการคัดเลือก

มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในเขตตำบลหนองกุง อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ คัดเลือกโดยการสุ่มอย่างเป็นระบบ (Cluster Sampling Technique) โดยการโยนเหรียญเลือกครั้งแรกเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 36 คน และครั้งที่สองเป็น กลุ่มเปรียบเทียบ จำนวน 33 คน

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ หลักสูตรการอบรมการจัดการแบบมีส่วนร่วมในการดำเนินงานชมรมผู้สูงอายุ ได้แก่ การวางแผนแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดิมมิ่งการวางแผนแบบมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์ (Appreciation Influence Control : A-I-C) และการให้แรงสนับสนุนทางสังคม (Social Support)



## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบสอบถามที่ผู้วิจัยได้ประยุกต์ขึ้นประกอบด้วย ข้อคำถาม 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอายุ เพศ สถานะภาพสมรส ระดับการศึกษาอาชีพ รายได้เฉลี่ย ต่อเดือน ระยะเวลาที่เข้ามาเป็นสมาชิกชมรมสร้างสุขภาพ ลักษณะเป็น คำถามแบบเลือกตอบลงในช่องว่าง

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการดำเนินงานชมรมผู้สูงอายุ

ส่วนที่ 3 แบบวัดการมีส่วนร่วมในการดำเนินงานชมรมผู้สูงอายุ

ส่วนที่ 4 แบบวัดความคิดเห็นเกี่ยวกับความต่อเนื่องของชมรมผู้สูงอายุ ด้วยการวัดความคิดเห็นแบ่งเป็น 6 ส่วน ดังนี้

1. การดำเนินกิจกรรมในช่วงที่ผ่านมา
  2. การประชุมของสมาชิก
  3. การเข้าร่วมกิจกรรมของสมาชิก
  4. การได้รับข่าวสารที่เป็นประโยชน์
  5. การประสานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
  6. การควบคุมกำกับ ติดตามประเมินผล
- 2.2 แบบบันทึกการดำเนินงานผู้ให้แรงสนับสนุน
- 2.3 แบบบันทึกการดำเนินงานผู้สูงอายุ

### การทดสอบคุณภาพเครื่องมือ

นำไปทดลองใช้กับกลุ่มประชากรที่มีความคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการวิจัยมากที่สุด โดยใช้กับคณะกรรมการ, สมาชิกชมรมผู้สูงอายุ และอาสาสมัครสาธารณสุขของตำบล โนนค้อ อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ แล้วจึงนำไปทดสอบคุณภาพของเครื่องมือทางสถิติ เพื่อนำมาวิเคราะห์ปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

1. แบบวัดความคิดเห็นการดำเนินงานชมรมผู้สูงอายุ นำมาวิเคราะห์คุณภาพหาค่าความเที่ยง (Reliability) มีค่าความเชื่อมั่น 0.84
2. แบบวัดการมีส่วนร่วมในการพัฒนาชมรมผู้สูงอายุ นำมาวิเคราะห์คุณภาพหาค่าความเที่ยง (Reliability) มีค่าความเชื่อมั่น 0.85
3. แบบวัดความต่อเนื่องในการให้แรงสนับสนุนทางสังคม นำมาวิเคราะห์คุณภาพหาค่าความเที่ยง (Reliability) มีค่าความเชื่อมั่น 0.82
4. แบบบันทึกความคิดเห็นเกี่ยวกับความยั่งยืนของชมรมผู้สูงอายุ นำมาวิเคราะห์คุณภาพหาค่าความเที่ยง (Reliability) มีค่าความเชื่อมั่น 0.83

## การดำเนินการวิจัย

ดำเนินการอบรมโดยประยุกต์แนวคิดการประชุมเชิงปฏิบัติการตามกระบวนการ A-I-C โดยใช้วิธีการบรรยาย ประชุมกลุ่ม ระดมความคิดเห็น ดังนี้

### กลุ่มทดลอง

#### สัปดาห์ที่ 1

อบรมให้ความรู้เรื่อง โดยประยุกต์แนวคิดการวางแผนแบบมีส่วนร่วมของวงจรมีมิ่ง 3วัน หัวข้อการสร้างองค์ความรู้ วิสัยทัศน์ แนวทาง การจัดลำดับความสำคัญ การแบ่งความรับผิดชอบ

#### สัปดาห์ที่ 2 – 5

ดำเนินงานพัฒนาชมรมผู้สูงอายุ โดยประยุกต์ใช้การวางแผนแบบมีส่วนร่วมของวงจรมีมิ่ง แจกบัตรบันทึกกิจกรรมตามหน้าที่ และดำเนินงานตามแผน

#### สัปดาห์ที่ 6

ตรวจสอบกิจกรรม (Check) ของกลุ่มตัวอย่าง โดยจัดกิจกรรมประชุมติดตามผลการปฏิบัติงาน เป็นการนิเทศติดตามครั้งที่ 1 โดยแยกบทบาท ดังนี้

1.1 บทบาทผู้วิจัย เป็นผู้ร่วมสังเกตการณ์ และผู้อำนวยการความสะดวก (Facilitator) ในการริเริ่มกิจกรรมให้คำปรึกษา ประเมินผลงาน

1.2 บทบาทผู้ปฏิบัติงานร่วมกิจกรรมโดยตรวจสอบกิจกรรมแต่ละประเภทที่ได้รับมอบหมาย หาส่วนขาดและการเสนอรูปแบบการปรับปรุงแก้ไข มอบหมายงานให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องตามแผนต่อไป

#### สัปดาห์ที่ 7 - 11

ดำเนินงานพัฒนาชมรมผู้สูงอายุ โดยประยุกต์ใช้การวางแผนแบบมีส่วนร่วมของวงจรมีมิ่ง ในขั้นตอนการปรับปรุงแก้ไข (Action)

1. ปรับปรุงแก้ไขกิจกรรม (Action)
2. การปฏิบัติงานตามแผนการแก้ไขส่วนขาดที่จัดทำขึ้น โดยที่ทีมงานผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

#### สัปดาห์ที่ 12

1. จัดกิจกรรมประชุมติดตามผลการปฏิบัติงาน เป็นการนิเทศติดตามครั้งที่ 2 โดยแยกบทบาทของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ดังนี้

1.1 บทบาทผู้วิจัย เป็นผู้ร่วมสังเกตการณ์ และผู้อำนวยการความสะดวก (Facilitator) ในการประชุมสังเกตการณ์ปรับกิจกรรมการดำเนินงาน ประเมินผล

1.2 บทบาทผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง ได้แก่ การนำเสนอการจัดกิจกรรม ประสานงาน การร่วมจัดทำรายงาน และการประเมินผลงานและกิจกรรม

2. เก็บбатรันทีกกิจกรรมการปฏิบัติงานหลังการประยุกต์ใช้การวางแผนแบบมีส่วนร่วมของวงจร เดมมิ่งและการจัดการแบบมีส่วนร่วม

สัปดาห์ที่ 16

ติดตาม ประเมินผลความต่อเนื่องของการจัดการแบบมีส่วนร่วมของกลุ่มทดลอง ดังแผนภูมิดังนี้

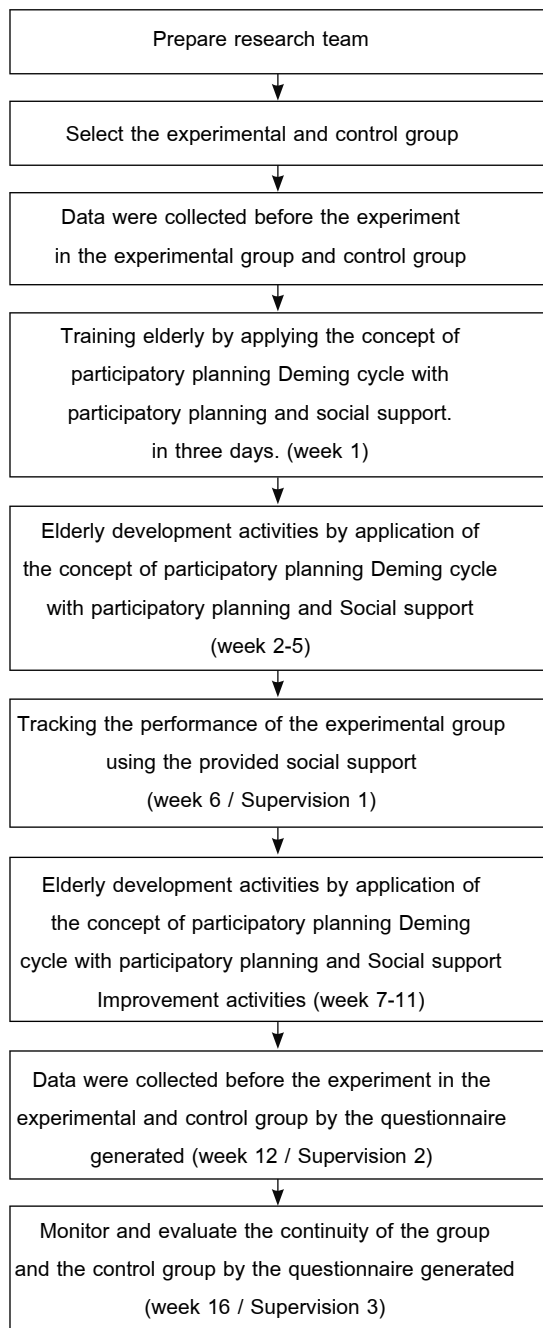


Figure 1 Process of system design

**ขั้นตอนการทำวิจัย**

1. สํารวจข้อมูลผู้สูงอายุ
2. ประชุมผู้สูงอายุและเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้อง
3. จัดทำหลักสูตรฝึกอบรมและจัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกิจกรรม
4. เตรียมทีมผู้ช่วยวิจัยที่เคยผ่านการอบรมกระบวนการเสริมสร้างความเข้มแข็งชุมชน เป็นเจ้าหน้าที่สาธารณสุขในพื้นที่
5. จัดหางบประมาณ วัสดุอุปกรณ์ เอกสาร
6. คัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ทำหนังสือเชิญ ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ในเขตรับผิดชอบ
7. ประสานสถานที่ดำเนินการวิจัย

**วิธีดำเนินการศึกษา**

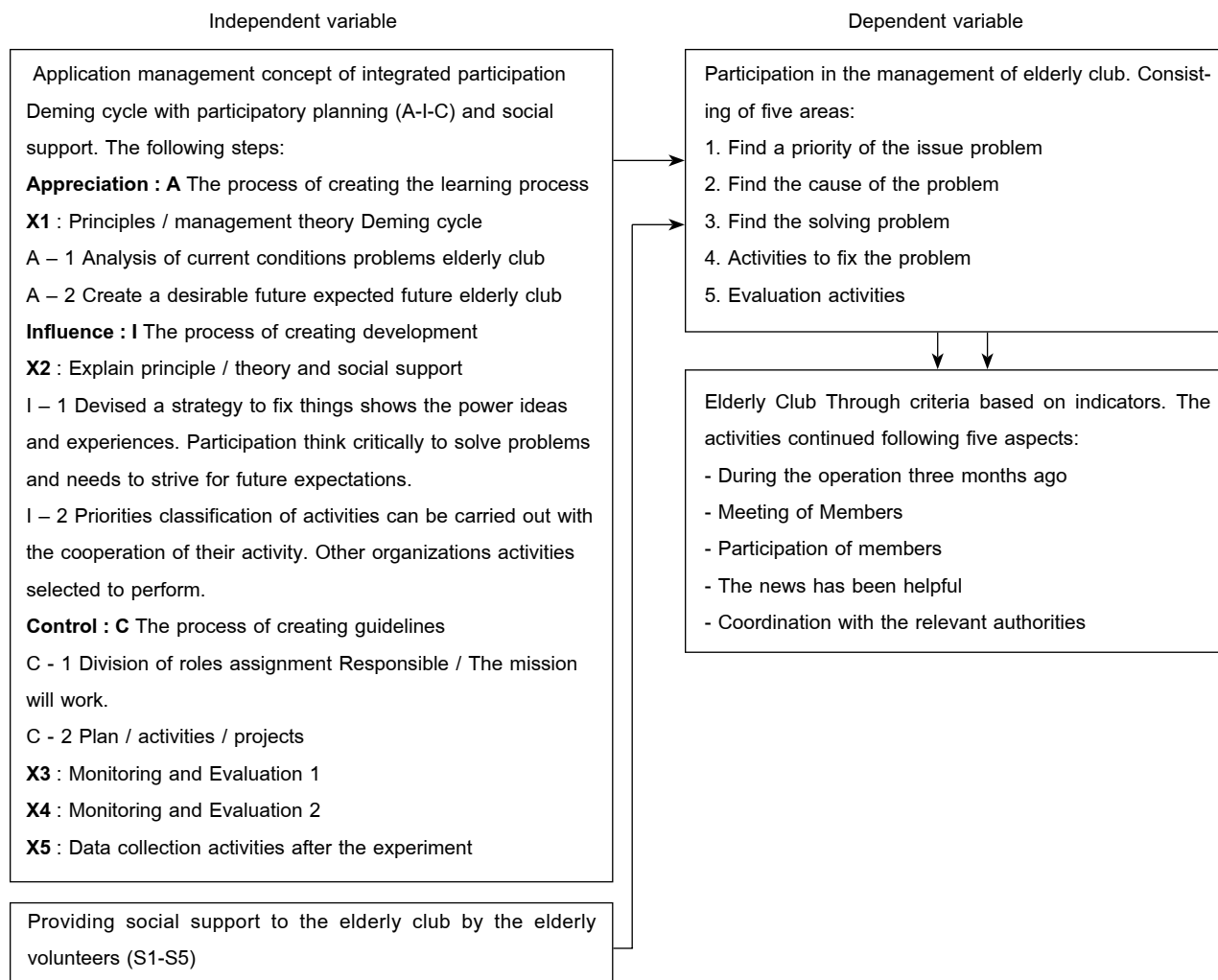
กลุ่มทดลองได้รับการอบรมวิธีการจัดการแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วมและแรงสนับสนุนทางสังคมโดยอาสาสมัครสาธารณสุข อบรมเชิงปฏิบัติการ แล้ววัดผลการมีส่วนร่วมใน 5 ขั้นตอนของชมรมผู้สูงอายุดังนี้ 1) ค้นหา จัดลำดับความสำคัญของปัญหา 2) การค้นหาสาเหตุของปัญหา 3) การพิจารณาหาแนวทางแก้ไข ปัญหา 4) การแก้ไขปัญหา 5) การประเมินผล โดยการอบรมให้ความรู้ ประชุมติดตามผลการปฏิบัติงาน และนิเทศติดตามส่วนกลุ่มเปรียบเทียบไม่ได้รับการจัดการทดลอง แล้วจึงเก็บข้อมูลหลังการทดลองทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยใช้แบบสอบถามที่สร้างขึ้นเพื่อเปรียบเทียบการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**

ผู้สูงอายุที่สุ่มคัดเลือกเข้ามาวิเคราะห์ข้อมูลมีจำนวนทั้งสิ้น 69 ราย โดยมีผู้สูงอายุที่ได้รับวิธีการจัดการแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วมและแรงสนับสนุนทางสังคมโดยอาสาสมัครผู้สูงอายุ จำนวน 36 ราย และผู้สูงอายุ จำนวน 33 ราย ไม่ได้รับการจัดการกิจกรรมการทดลอง

จากตาราง 2 พบว่า การดำเนินงานของชมรมผู้สูงอายุในกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยของระดับการมีส่วนร่วมของการดำเนินงานของชมรมผู้สูงอายุ ภายหลังการทดลองเพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ในกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการดำเนินงานของชมรมผู้สูงอายุไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ )

**กรอบแนวคิดการวิจัย**



**Table 1** Comparison of the average scores of participate in the implementation of the elderly within the experimental group (n = 36) and control group (n = 33) before and after the experiment.

Participation operationof elderly club	$\bar{x}$	SD	p-value
Experimental group			
before experimental	1.94	0.32	0.000*
after experimental	2.58	0.28	
Control group			
before experimental	2.04	0.28	0.691
after experimental	2.07	0.38	

\* significant level  $\alpha$  0.05

**Table 2** Comparison of the average score of participation in the management of elderly among the five groups (n = 36) and control group (n = 33) before and after the experiment .

Participation in management of elderly club	$\bar{x}$	SD	p-value
Before the experiment			
experiment group	1.94	0.32	0.119
control group	2.04	0.28	
After the experiment			
experimental group	2.58	0.28	0.000*
control group	2.07	0.38	

\* significant level  $\alpha$  0.05

จากตาราง 2 พบว่า ชมรมผู้สูงอายุ กลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ มีคะแนนเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุ 5 ด้าน ก่อนการทดลองไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ ) แต่ภายหลังการทดลองกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุ มากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

**Table 3** Comparison of average score on the continuation of the elderly within the experimental group (n = 36) and control group (n = 33) before and after the experiment

Continuation of the elderly club	$\bar{x}$	SD	p-value
Experimental group			
before the experiment	1.75	0.37	0.000*
after the experiment	2.59	0.28	
Control group			
before the experiment	1.87	0.29	0.458
after the experiment	1.91	0.33	

\* significant level  $\alpha$  0.05

จากตาราง 3 พบว่า ชมรมผู้สูงอายุกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความต่อเนื่องของชมรมผู้สูงอายุ ภายหลังการทดลอง เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ในกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความต่อเนื่องของชมรมผู้สูงอายุ ไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ )

**Table 4** Comparison of the continuity of the elderly between the experimental group (n = 36) and control group (n = 33) before and after the experiment .

Continuation of the elderly club	$\bar{x}$	SD	p-value
Experimental group			
before the experiment	1.75	0.37	0.102
after the experiment	1.87	0.29	
Control group			
before the experiment	2.59	0.28	0.000*
After the experiment	1.91	0.33	

\* significant level  $\alpha$  0.05

จากตาราง 4 พบว่า ชมรมผู้สูงอายุกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความต่อเนื่องของชมรมผู้สูงอายุ ภายหลังจากทดลอง เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ในกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความต่อเนื่องของชมรมผู้สูงอายุไม่แตกต่างกัน ( $p > 0.05$ )

### อภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบการมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุของกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยการประยุกต์แนวคิดการจัดการองค์กรแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (A-I-C) และแรงสนับสนุนทางสังคมโดยอาสาสมัครสาธารณสุขผู้สูงอายุสามารถอภิปรายผลดังนี้

ข้อที่ 1 ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลองมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุ เพิ่มขึ้นและมากกว่า ก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถอธิบายได้ว่า ภายหลังจากทดลองได้รับกิจกรรมการทดลอง ทำให้กลุ่มทดลองเกิดกระบวนการเรียนรู้ ในการบริหารงานชมรมผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้อง

ข้อที่ 2 ภายหลังจากทดลอง กลุ่มทดลองมีส่วนร่วมในการจัดการชมรมผู้สูงอายุมากกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถอธิบายได้ว่า ภายหลังจากกลุ่มทดลองได้รับกิจกรรมการทดลอง ได้มีโอกาสในการร่วมแสดงความคิดเห็นวิเคราะห์ ค้นหาปัญหา และสาเหตุของปัญหา ไม่ถูกรอรับจากสมาชิกในกลุ่มหรือคนใดคนหนึ่ง จึงทำให้เกิดการยอมรับการวางแผนงานและการมีส่วนร่วมของสมาชิกกลุ่มสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อที่ 3 ภายหลังจากทดลองกลุ่มทดลองมีพฤติกรรมในการดำเนินกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุอย่างต่อเนื่องเพิ่มขึ้นมากกว่าหลังการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สามารถอธิบายได้ว่า หลังจากกลุ่มทดลองได้รับกิจกรรมการทดลองแล้ว ทำให้พฤติกรรมในการดำเนินกิจกรรมชมรมผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นมากกว่าการทดลอง

สามารถอธิบายได้ว่า ภายหลังจากกลุ่มทดลองได้รับกิจกรรมการทดลองโดยการประยุกต์แนวคิดการจัดการองค์กรแบบมีส่วนร่วมของวงจรเดมมิ่งร่วมกับการวางแผนแบบมีส่วนร่วม (A-I-C) และแรงสนับสนุนทางสังคมโดยอาสาสมัครสาธารณสุข กลุ่มทดลองมีพฤติกรรมการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุอยู่ในระดับมาก

### ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาติดตามและประเมินผล หลังการเข้าร่วมโปรแกรมไปแล้วเป็นระยะๆ อย่างน้อยทุก 6 เดือน เพื่อจะได้ทราบถึงความยั่งยืนและความก้าวหน้าการดำเนินงานของชมรมผู้สูงอายุ 2. ควรนำไปทดลองใช้ในพื้นที่ต่างกัน เพื่อศึกษาเปรียบเทียบมุมมองในพื้นที่ที่ประสบความสำเร็จกับพื้นที่ที่ไม่ประสบความสำเร็จ

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากคณะกรรมการชมรมผู้สูงอายุ อาสาสมัครสาธารณสุข ตำบลหนองกุง อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัตน์ ปานศิลา อาจารย์ประจำคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม รองศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล ต้นสกุล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยเฉลิมกาญจนา ที่ปรึกษาตลอดจนผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ช่วยตรวจเครื่องมือการวิจัยและขอขอบคุณผู้บังคับบัญชาและเพื่อนร่วมงานที่มีส่วนช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณบิดามารดาและสุดท้ายที่คอยเป็นกำลังใจที่สำคัญ คือ คุณณภาพร พิมพ์สวัสดิ์ ภรรยาที่สนับสนุนในทุกๆ ด้านเป็นอย่างดี ประโยชน์จากการทำวิจัยฉบับนี้ ขอมอบให้ผู้ที่จะทำการศึกษา ค้นคว้าวิทยานิพนธ์เพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องยิ่งขึ้นไป

### เอกสารอ้างอิง

- บรรลุ ศิริพานิช. ผู้สูงอายุ: การเปลี่ยนแปลงของร่างกาย และการทำงานของร่างกายเมื่อเข้าสู่วัยสูงอายุ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดี; 2542.
- สำนักงานส่งเสริมและพิทักษ์ผู้สูงอายุ. ผู้สูงอายุในประเทศไทย (ประเด็นการวิจัยที่สอดคล้องกับแผนผู้สูงอายุแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2545- 2564). กรุงเทพมหานคร : บริษัท ปิยะทิพย์พรินติ้ง จำกัด; 2549.
- กองสุขศึกษา กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือประชาชน 10 แนวทางสร้างสุขภาพ. [ออนไลน์] 2546 [สืบค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2557]; ได้จาก <http://www.anamai.moph.go.th/download>
- ประสิทธิ์ สิริพันธ์และเพ็ญประภา ศิริโรจน์. สถานการณ์และแนวทางการพัฒนารูปแบบชมรมผู้สูงอายุ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข 2542.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ประชากรโลก: ประชากรไทย. 2547.
- กัญญารัตน์ อินตายนง. การมีส่วนร่วมของชุมชนในการป้องกันและแก้ไขปัญหาโรคเอดส์ : กรณีศึกษาเปรียบเทียบ

เทียบชุมชน 3 แห่งของภาคเหนือตอนบน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2543.

7. นิภาภรณ์ หวะสุวรรณ. การทดลองใช้กระบวนการประชุมปฏิบัติการอย่างมีส่วนร่วมและสร้างสรรค์ขององค์กร (A-I-C) เพื่อเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนในการนำแผนพัฒนาสาธารณสุขไปสู่การปฏิบัติ: กรณีศึกษาแผนงานป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกระดับหมู่บ้านของจังหวัดชัยภูมิ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2543.
8. เบญจมาศ ประไพพงษ์. ประสิทธิภาพการใช้กิจกรรม A-I-C เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้การปรับปรุงบริการและการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างโรงพยาบาลเสนาและชุมชน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาสาขารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต]. : มหาวิทยาลัยมหิดล; 2545.
9. จิตติมา อินทะท่ามา. การพัฒนาการเรียนรู้ของคณะกรรมการชุมชนในการจัดการสิ่งแวดล้อมเมืองโดยใช้กระบวนการ A-I-C กรณีศึกษาชุมชนเขตพื้นที่เทศบาลนคร นครราชสีมา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยมหิดล; 2543.
10. สัมพันธ์ เตชะอธิก และคณะ. การพัฒนาความเข้มแข็งขององค์กรชาวบ้าน. ขอนแก่น : สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2540 ก.
11. วัลยา ทองน้อย. การประยุกต์แบบแผนความเชื่อสุขภาพร่วมกับแรงสนับสนุนทางด้านสังคมในการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเพื่อป้องกันโรคหลอดเลือดสมองผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ตำบลโนนพะยอม อำเภอชนบท จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพ ปีที่ 5 ฉบับที่ 1; 2557. หน้า 37-49.
12. ระวี แก้วสุกใส. ความเข้มแข็งของชมรมผู้สูงอายุ วัดคำโนนอำเภอบุณยวม จังหวัดแม่ฮ่องสอน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต]. : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2545.

# พื้นฐานของแม่เหล็กขั้วเดียวเชิงทฤษฎี

## Basic Theoretical Magnetic Monopole

พีเชฐ วนิชชาพงศ์เจริญ<sup>1</sup>

Pichet Vanichchajongjaroen<sup>1</sup>

Received: 30 October 2015; Accepted: 4 December 2015

### บทคัดย่อ

บทความนี้เน้นอธิบายและขยายความแนวคิดเบื้องต้นของทฤษฎีสนามแม่เหล็กขั้วเดียว โดยยึดคำอธิบายของ Dirac นอกจากนี้บทความนี้ยังอธิบายเส้นทางการพัฒนาของทฤษฎีสนามแม่เหล็กขั้วเดียว ซึ่งตลอดเส้นทางจะพบว่าแม่เหล็กขั้วเดียวนั้นเกี่ยวข้องกับหลายหัวข้อในฟิสิกส์ทฤษฎี เช่น ไฟฟ้าแม่เหล็ก ทฤษฎีกลศาสตร์ควอนตัม ฟิสิกส์อนุภาค ทฤษฎีสมมาตรยิ่งยวด และทฤษฎีสตริง

**คำสำคัญ:** แม่เหล็กขั้วเดียว ฟิสิกส์ทฤษฎี

### Abstract

This article discusses the basic idea of a magnetic monopole based on Dirac's explanation. It also describes lines of developments of the theory of a magnetic monopole. Along the way, the simple idea of a magnetic monopole is demonstrated to be related to various topics in theoretical physics, for example, electricity-magnetism, quantum mechanics, particle physics, supersymmetry and string theory.

**Keywords:** Magnetic Monopole, Theoretical Physics

### บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าแม่เหล็กประกอบไปด้วยสองขั้วเรียกว่าขั้วเหนือกับขั้วใต้ คำถามหนึ่งที่พบได้บ่อยคือ สามารถแยกขั้วเหนือกับขั้วใต้ของแม่เหล็กออกจากกันได้อย่างสมบูรณ์แบบหรือไม่ การนำแม่เหล็กมาตัดตรงกลางระหว่างขั้วเหนือกับขั้วใต้ นั้นไม่ได้เป็นการแยกขั้วทั้งสองออกจากกัน แต่แม่เหล็กที่ถูกตัดออกมาทั้งสองแท่งก็มีทั้งขั้วเหนือและขั้วใต้เป็นของตัวเอง

ในทางทฤษฎีมีการทำนายถึงการมีอยู่ของแม่เหล็กขั้วเดียวมาตั้งแต่ปี 1931 แล้ว โดย Paul Dirac ซึ่งแม่เหล็กขั้วเดียวนั้นมีลักษณะเป็นอนุภาคชนิดหนึ่ง การอธิบายถึงแม่เหล็กขั้วเดียวนั้นนอกจากจะใช้ทฤษฎีทางไฟฟ้าแม่เหล็กแล้ว ยังต้องอาศัยกลศาสตร์ควอนตัมเข้าช่วยอีกด้วย

ถึงแม้ว่าจนถึงบัดนี้ยังไม่มีการค้นพบแม่เหล็กขั้วเดียว แต่ก็มีการคาดหวังว่าแม่เหล็กขั้วเดียวนั้นมีอยู่จริง เช่น จากการมีอยู่ของแม่เหล็กขั้วเดียวนั้นเป็นเพียงคำอธิบายเดียวว่าทำไมวัตถุที่มีประจุ จะต้องมีการประจุไม่ต่อเนื่อง กล่าวคือต้องเป็นจำนวนเท่าของค่าประจุอิเล็กตรอน (หมายเหตุ: ในทางทฤษฎียังมีอนุภาคมูลฐาน คือ ควาร์ก (quark) ซึ่งมีประจุเป็นเศษส่วนของประจุอิเล็กตรอน แต่จะไม่กล่าวถึงควาร์กในส่วนเนื้อหาหลักของบทความนี้ เนื่องจากการอธิบายควาร์กจะต้องอาศัยทฤษฎีควอนตัมโครโมไดนามิกส์ (quantum chromodynamics) ซึ่งอยู่นอกเหนือขอบเขตของบทความนี้) นอกจากนี้ทฤษฎีแม่เหล็กขั้วเดียวนั้นยังมีความสำคัญอย่างมากกับฟิสิกส์ทฤษฎี โดยเฉพาะฟิสิกส์อนุภาค เช่น ทำให้เข้าใจความสมมาตรในฟิสิกส์อนุภาคได้ดีขึ้น

<sup>1</sup> อาจารย์, วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน “สถาบันสำนักเรียนท่าโพธิ์ชัย” มหาวิทยาลัยนเรศวร อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก email: pichetv@nu.ac.th

<sup>1</sup> Lecturer, The Institute for Fundamental Study, “The Tah Poe Academia Institute”, Naresuan University, Muang, Phitsanulok 65000, Thailand email: pichetv@nu.ac.th

ในบทความนี้จะเน้นอธิบายและตีความแนวคิดบางส่วนของ Dirac เกี่ยวกับทฤษฎีพื้นฐานของแม่เหล็กขั้วเดียว ถึงแม้ว่าจะมีบทความวิชาการมากมายเกี่ยวกับแม่เหล็กขั้วเดียวในภาษาอังกฤษ แต่จากที่ผู้เขียนทราบ ยังไม่พบบทความใดในภาษาไทยที่อธิบายทฤษฎีพื้นฐานของแม่เหล็กขั้วเดียว ผู้เขียนหวังว่าบทความนี้จะ เป็นพื้นฐานสำหรับนักวิจัยไทยที่ต้องการศึกษาทฤษฎีแม่เหล็กขั้วเดียวต่อไปในอนาคต

### สนามไฟฟ้าและกฎของเกาส์

ประจุไฟฟ้าเป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัตถุซึ่งแสดงอำนาจทางไฟฟ้า วัตถุสองชนิดที่มีประจุไฟฟ้า จะมีแรงทางไฟฟ้ากระทำต่อกัน ค่าของประจุไฟฟ้านั้นอธิบายด้วยปริมาณซึ่งจะมีค่าเป็นบวกหรือเป็นลบขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของแรง หากวัตถุสองชนิดผลัดออกจากกันด้วยแรงทางไฟฟ้า จะกล่าวว่า ประจุไฟฟ้าของวัตถุทั้งสองมีเครื่องหมายเดียวกัน แต่หากวัตถุสองชนิดดึงดูดเข้าหากันด้วยแรงทางไฟฟ้า จะกล่าวว่า ประจุไฟฟ้าของวัตถุทั้งสองมีเครื่องหมายต่างกัน จากนิยามอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ ดังนั้นวัตถุที่ดึงดูดกับอิเล็กตรอนด้วยแรงทางไฟฟ้าจะมีประจุเป็นลบ แต่วัตถุที่ดึงดูดกับอิเล็กตรอนด้วยแรงทางไฟฟ้าจะมีประจุเป็นบวก

อาจมองได้ว่าประจุไฟฟ้าหรือกลุ่มของประจุไฟฟ้านั้น สร้างสนามของแรงไฟฟ้าขึ้นมา กล่าวคือเมื่อวางประจุไฟฟ้าทดสอบอันหนึ่งลงบนสนามนี้จะทราบได้ทันทีว่าแรงที่กระทำต่อประจุไฟฟ้าทดสอบนี้เป็นอย่างไร ทั้งนี้ค่าของประจุไฟฟ้าทดสอบนั้นจะต้องมีค่าน้อยมากๆ เพื่อที่จะไม่ไปรบกวนสนามไฟฟ้าของกลุ่มประจุไฟฟ้าที่กำลังพิจารณา

เนื่องจากนิยามของสนามไฟฟ้านั้นเกี่ยวข้องกับแรง ซึ่งเป็นปริมาณเวกเตอร์ สนามไฟฟ้าจึงเป็นปริมาณเวกเตอร์ด้วย (หมายเหตุ: ที่จริงแล้ว หากกล่าวโดยเคร่งครัด สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ไม่ใช่ปริมาณเวกเตอร์ หากแต่เป็นองค์ประกอบของปริมาณเทนเซอร์ แต่การกล่าวว่า สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นปริมาณเวกเตอร์นั้น ก็เพียงพอแล้วสำหรับบทความนี้) (Figure 1) แสดงตัวอย่างของสนามไฟฟ้า

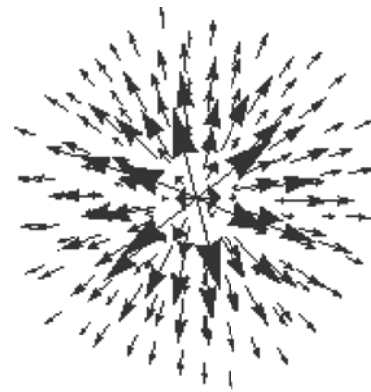
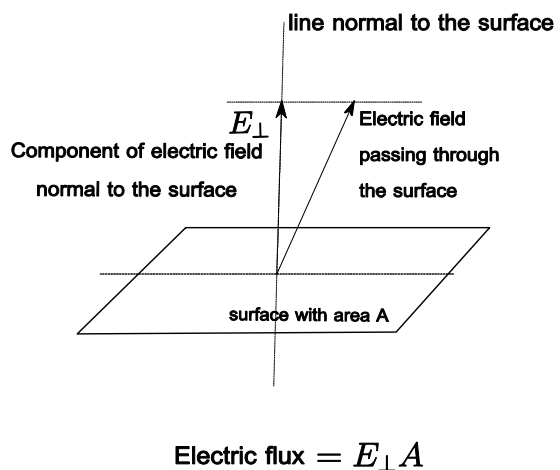


Figure 1 Example of electric field

พิจารณามิวสมมติเล็กๆ มิวหนึ่ง ฟลักซ์ไฟฟ้าที่ผ่านมิวนั้นคือการวัดปริมาณสนามไฟฟ้าที่ตั้งฉากกับมิว การคำนวณทำได้โดยการนำองค์ประกอบของสนามไฟฟ้า ณ จุดบนมิวนั้น คูณด้วยพื้นที่ของมิวนั้น สำหรับการหาฟลักซ์ไฟฟ้าที่ผ่านมิวใด ๆ นั้น ทำได้โดยการแยกส่วนพิจารณามิวเล็กๆ แล้วคำนวณฟลักซ์ไฟฟ้าที่ผ่านมิวเล็กๆ นั้นเสร็จแล้วจึงนำฟลักซ์ไฟฟ้าทั้งหมดที่เกิดจากมิวเล็กๆ มารวมกัน



$$\text{Electric flux} = E_{\perp} A$$

Figure 2 Electric flux through a small surface

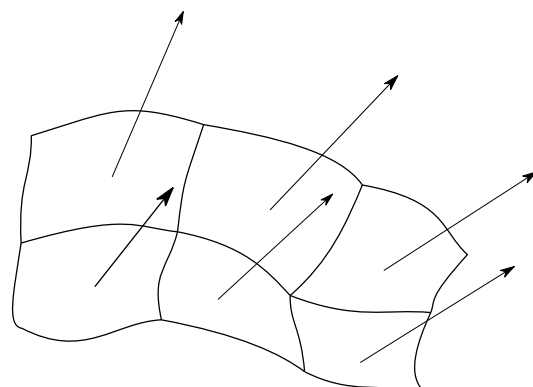
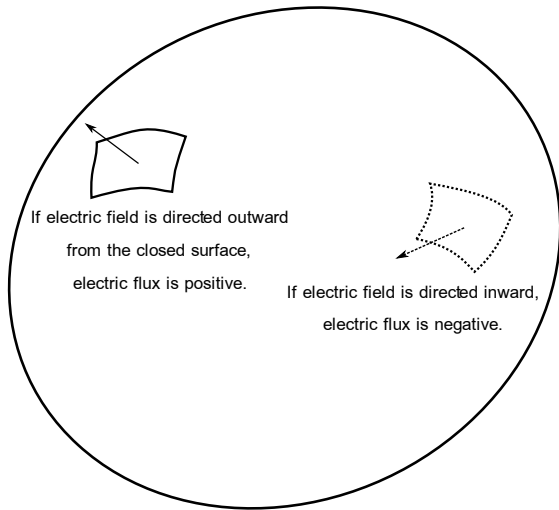


Figure 3 Electric flux through any surface can be obtained by combining fluxes from small surfaces



การคำนวณฟลักซ์ไฟฟ้านั้นจะต้องคำนึงถึงเครื่องหมายด้วย ในที่นี้จะเน้นพิจารณาฟลักซ์ไฟฟ้าที่ผ่านผิวปิด โดยที่หากองค์ประกอบของสนามไฟฟ้าส่วนที่ตั้งฉากกับส่วนย่อยของผิวปิดมีทิศพุ่งออกจากผิวส่วนนั้น ฟลักซ์ไฟฟ้าจากส่วนนั้นจะมีค่าเป็นบวก แต่หากองค์ประกอบของสนามไฟฟ้าส่วนที่ตั้งฉากกับผิว มีทิศพุ่งเข้าผิว ฟลักซ์ไฟฟ้าจากส่วนนั้นจะมีค่าเป็นลบ



**Figure 4** When computing electric flux through a closed surface, one needs to be careful with sign.

กฎหนึ่งที่สำคัญในการอธิบายพฤติกรรมของสนามไฟฟ้าคือกฎของเกาส์สำหรับสนามไฟฟ้า ซึ่งระบุว่า “ฟลักซ์ไฟฟ้าที่ผ่านผิวปิดใดๆ จะมีค่าขึ้นอยู่กับประจุไฟฟ้าลัพท์ที่อยู่ภายในผิวปิดนั้น” ซึ่งเขียนเป็นสมการคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\oiint_{\text{closed surface}} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{Q_{\text{enclosed}}}{\epsilon_0}$$

โดยที่  $\vec{E}$  คือสนามไฟฟ้า  $d\vec{S}$  คือเวกเตอร์ตั้งฉากกับพื้นผิวส่วนเล็กๆ  $\vec{E} \cdot d\vec{S}$  คือฟลักซ์ของสนามไฟฟ้าที่ผ่านผิวนั้น สัญลักษณ์  $\oiint_{\text{closed surface}} \vec{E} \cdot d\vec{S}$  แทนการรวมของฟลักซ์ไฟฟ้าทั่วผิวปิด  $Q_{\text{enclosed}}$  คือค่าประจุไฟฟ้าลัพท์ที่อยู่ภายในผิวปิด  $\epsilon_0$  คือค่าคงที่ที่เรียกว่าค่าสภาพยอมของสุญญากาศ

**กฎของเกาส์สำหรับสนามแม่เหล็ก**

เนื่องจากแม่เหล็กสามารถออกแรงดึงดูดและแรงผลักได้ จึงอาจจะลองนิยามสนามแม่เหล็กโดยอาศัยแนวคิดมาจาก

การนิยามสนามไฟฟ้า กล่าวคือพิจารณาแรงแม่เหล็กที่ทำต่อประจุแม่เหล็กทดสอบ แต่ทว่าในทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าแบบฉบับ (classical electrodynamics) นั้นไม่มีประจุแม่เหล็กจึงไม่สามารถนิยามโดยวิธีนี้ได้ แต่อย่างไรก็ตามการนิยามสนามแม่เหล็กนั้นยังสามารถกระทำได้ ซึ่งโดยทั่วไปมักพิจารณาแรงที่แม่เหล็กกระทำต่อจุดประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่

นอกจากกฎของเกาส์ของสนามไฟฟ้าแล้ว ยังมีกฎของเกาส์ของสนามแม่เหล็กด้วย ซึ่งระบุในการทำงานเหมือนกัน กล่าวคือฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านผิวปิดใดๆ มีค่าเท่ากับประจุแม่เหล็กลัพท์ที่อยู่ภายในผิวปิดนั้น แต่เนื่องจากไม่มีแม่เหล็กขั้วเดี่ยว จึงทำให้ประจุแม่เหล็กภายในผิวปิดใดๆ เป็นศูนย์เสมอ กฎของเกาส์สำหรับสนามแม่เหล็กจึงเขียนได้เป็น

$$\oiint_{\text{closed surface}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

**ศักย์สเกลาร์ และศักย์เวกเตอร์**

ในการศึกษาพฤติกรรมของไฟฟ้าและแม่เหล็กนั้น แทนที่จะศึกษาโดยตรงจากสนามไฟฟ้า และสนามแม่เหล็ก การคำนวณโดยใช้ปริมาณอันได้แก่ศักย์สเกลาร์ (scalar potential) และศักย์เวกเตอร์ (vector potential) นั้นสะดวกกว่ามาก ในกรณีไฟฟ้าและแม่เหล็กสถิต ศักย์สเกลาร์  $V$  และศักย์เวกเตอร์  $\vec{A}$  นิยามผ่านสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V$$

$$\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$$

เพื่อที่จะอธิบายการใช้งานของศักย์สเกลาร์อย่างคร่าวๆ ลองพิจารณาตัวอย่างต่อไปนี้ พิจารณาจุดประจุซึ่งมีประจุไฟฟ้า  $q$  ค่าศักย์สเกลาร์ ณ จุดที่ห่างจากจุดประจุไประยะ  $r$  คือ

$$V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

สนามไฟฟ้าคือ

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r}$$

โดยที่  $\hat{r}$  คือเวกเตอร์ขนาดหนึ่งหน่วย มีทิศทางชี้ออกจากจุดประจุไปยังจุดที่พิจารณา ขั้นตอนสำคัญในตัวอย่างนี้คือหลังจากที่ทราบว่าจะระบบนี้ประกอบไปด้วยจุดประจุ ซึ่งมีประจุไฟฟ้า  $q$  แล้ว จะสามารถคำนวณศักย์สเกลาร์  $V$  ได้ แล้วจึงคำนวณสนามไฟฟ้า  $\vec{E}$  ซึ่งเป็นสิ่งที่สนใจ

ตามที่ได้อธิบายไปข้างต้นว่าในทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าแบบฉบับนั้นไม่อนุญาตให้มีแม่เหล็กขั้วเดียว เพื่อให้เข้าใจในเหตุผล ลองพิจารณาดูว่าจะเกิดอะไรขึ้นหากพยายามเพิ่มประจุแม่เหล็กเข้าไปในทฤษฎี ในขั้นต้นลองสมมติว่ามีประจุแม่เหล็ก  $g$  ซึ่งให้ศักย์เวกเตอร์เป็น  $\vec{A}$  ดังนั้นจะได้ว่าสนามแม่เหล็กคือ  $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$  หากลองคำนวณฟลักซ์ของสนามแม่เหล็กนี้จะได้

$$\begin{aligned} \oint_{\text{closed surface}} \vec{B} \cdot d\vec{S} &= \oint_{\text{closed surface}} \vec{\nabla} \times \vec{A} \cdot d\vec{S} \end{aligned}$$

แต่กฎทางคณิตศาสตร์ระบุว่าทางขวามือของสมการข้างต้นนั้นมีค่าเป็นศูนย์เสมอ ดังนั้น

$$\oint_{\text{closed surface}} \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

ซึ่งระบุว่าไม่มีประจุแม่เหล็ก จึงขัดแย้งกับสมมุติฐานในตอนต้น

**คำอธิบายของ Dirac**

ในปี 1931 Dirac<sup>1</sup> เสนอว่าการจะมีแม่เหล็กขั้วเดียวได้นั้นศักย์เวกเตอร์จะต้องมีค่าไม่ต่อเนื่อง กล่าวคือ เอกลักษณะทางคณิตศาสตร์นี้

$$\oint_{\text{closed surface}} \vec{\nabla} \times \vec{A} \cdot d\vec{S} = 0$$

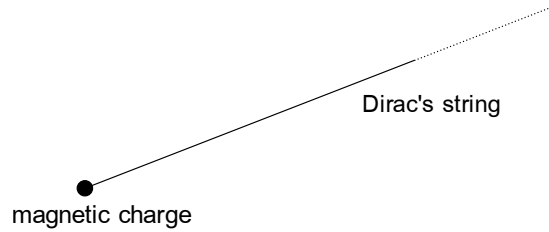
เป็นจริงเฉพาะกรณีที่ศักย์เวกเตอร์มีค่าต่อเนื่อง ดังนั้นหากศักย์เวกเตอร์มีค่าไม่ต่อเนื่องจะได้ว่า

$$\oint_{\text{closed surface}} \vec{\nabla} \times \vec{A} \cdot d\vec{S} \neq 0$$

ผลที่ตามมาคือฟลักซ์แม่เหล็กผ่านผิวปิดมีค่าไม่เป็นศูนย์ และจากกฎของเกาส์จะสรุปได้ว่ามีประจุแม่เหล็กลึบอยู่ภายในผิวปิดนั้น ซึ่งแปลว่ามีสนามแม่เหล็กขั้วเดียว

หากกล่าวในรายละเอียด Dirac เสนอว่าศักย์เวกเตอร์จะมีขนาดเป็นค่าเอกฐาน ณ ตำแหน่งของจุดประจุแม่เหล็ก และตามเส้นยาวอนันต์ที่ต่อออกมาจากประจุแม่เหล็กนั้นเส้นที่ยาวอนันต์นี้ถูกเรียกในภายหลังว่าเส้นเชือกของ Dirac (Dirac's string) แต่ทฤษฎีพลศาสตร์ไฟฟ้าแบบฉบับนั้นไม่อนุญาตให้ศักย์เวกเตอร์มีค่าไม่ต่อเนื่องตามที่ Dirac เสนอมา

อย่างไรก็ดีข้อเสนองานของ Dirac สามารถเป็นไปได้หากพิจารณา กลศาสตร์ควอนตัมร่วมด้วย



**Figure 5** A Dirac's string extended from a magnetic monopole

การศึกษาอิเล็กตรอนในกลศาสตร์ควอนตัมนั้น จะอาศัยปริมาณที่เรียกว่าฟังก์ชันคลื่น  $\psi$  ซึ่งเป็นฟังก์ชันของตำแหน่ง โดยที่ ณ ตำแหน่งใดๆ ฟังก์ชันคลื่นนั้นจะถูกอธิบายด้วยปริมาณสองปริมาณคือ แอมพลิจูด และมุมเฟส

การอธิบายต่อจากนี้จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างมุมเฟสและสนามแม่เหล็กขั้วเดียว แต่เพื่อให้เห็นแนวคิดคร่าวๆ พิจารณาตัวอย่าง คือสมการของ Schrödinger ที่ไม่ขึ้นกับเวลา ซึ่งอธิบายอิเล็กตรอนอิสระในทางกลศาสตร์ควอนตัม

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi = E\psi$$

โดยที่  $\hbar$  คือค่าคงที่ของพลังค์ (planck's constant)  $m$  คือมวลของอิเล็กตรอน  $\psi$  คือฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอน และ  $E$  คือพลังงานซึ่งเกี่ยวข้องกับฟังก์ชันคลื่น  $\psi$  หากเขียนฟังก์ชันคลื่นเป็น  $\psi = \psi_0 e^{i\alpha/\hbar}$  โดยที่  $\alpha$  เป็นฟังก์ชันขึ้นกับตำแหน่ง จะได้ว่า  $\psi_0$  ประพฤติตัวตามสมการ

$$\frac{1}{2m} (-i\hbar \vec{\nabla} + \vec{\nabla} \alpha)^2 \psi_0 = E\psi_0$$

ซึ่งเป็นสมการ Schrödinger ที่ไม่ขึ้นกับเวลา ในรูปแบบเดียวกับสมการที่อธิบายอิเล็กตรอนภายใต้ศักย์เวกเตอร์  $\vec{A} = \vec{\nabla} \alpha / e$  ซึ่งหากจะอธิบายสนามแม่เหล็กขั้วเดียว จะต้องได้ว่า  $\alpha$  มีค่าที่ไม่ต่อเนื่อง มิฉะนั้นสนามแม่เหล็ก  $\vec{B} = \vec{\nabla} \times \vec{A}$  จะมีค่าเป็นศูนย์

จากแนวคิดข้างต้นจะเห็นได้ว่า ตัวคูณ  $e^{i\alpha/\hbar}$  ซึ่งเป็นส่วนของมุมเฟสของฟังก์ชันคลื่น มีความสำคัญคือแปลงระบบที่อธิบายอิเล็กตรอนอิสระ มาเป็นระบบที่อธิบายอิเล็กตรอนภายใต้สนามแม่เหล็กขั้วเดียว ภายใต้เงื่อนไขที่ว่า  $\alpha$  ต้องมีค่าที่ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งจะกล่าวถึงประเด็นนี้ในลำดับต่อไป แต่ก่อนอื่น จะขยายความเกี่ยวกับมุมเฟสของฟังก์ชันคลื่น

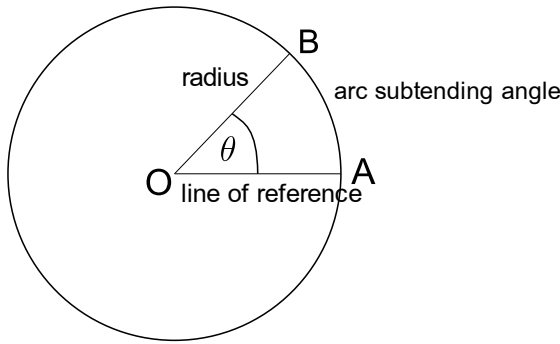


Figure 6 Angle measurement in radian

สามารถกล่าวได้ว่ามุมเฟสเป็นมุมชนิดหนึ่ง การวัดมุมในทางฟิสิกส์จะนิยมวัดในหน่วยเรเดียน ซึ่งหาได้จากการนำความยาวของส่วนโค้งที่รองรับมุมนั้น มาหารด้วยรัศมีของวงกลมจาก (Figure 6) ความยาวส่วนโค้งนั้นวัดเทียบกับเส้นอ้างอิง  $\overline{OA}$  กล่าวคือ มุม  $\theta$  คำนวณได้จากสูตร

$$\theta = \frac{\text{Arc length } AB}{\text{length of } \overline{OA}}$$

หากวัดส่วนโค้งทวนเข็มนาฬิกาเทียบกับเส้นอ้างอิง จะกำหนดให้ความยาวมีค่าเป็นบวกแต่หากวัดตามเข็มนาฬิกา จะกำหนดให้ความยาวมีค่าเป็นลบ จากนิยามนี้จะเห็นได้ว่ามุมสามารถมีค่าเป็นลบได้

การวัดมุมรอบวงกลมหนึ่งรอบ จะได้มุม  $2\pi$  ซึ่งหาได้จากการคำนวณง่ายๆ คือ

$$\frac{\text{circumference}}{\text{radius}} = 2\pi$$

ซึ่งมาจากนิยามของค่า  $\pi$  ลองย้อนกลับมาดู Figure 6 การวัดความยาวส่วนโค้ง  $AB$  นั้น แทนที่จะวัดแบบตรงไปตรงมาตามนิยามอาจทำได้โดยการวัดจากจุด  $A$  แล้วกวาดไปหนึ่งรอบแล้วค่อยมาจบที่จุด  $B$  ซึ่งการวัดในลักษณะนี้จะได้มุมคือ

$$\frac{\text{circumference}}{\text{radius}} + \frac{\text{Arc length } AB}{\text{radius}} = 2\pi + \theta$$

ในทำนองเดียวกัน อาจวัดความยาวส่วนโค้งโดยการกวาดจากจุด  $A$  เป็นจำนวน  $n$  รอบแล้วค่อยวัดความยาวส่วนโค้ง  $AB$  ในแบบปกติ ดังนั้นมุมที่วัดได้ จะอยู่ในรูป

$$2\pi n + \theta$$

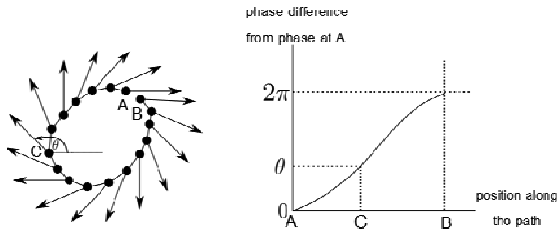
โดยที่  $n$  เป็นจำนวนเต็มใดๆ ซึ่งมีค่าเป็นบวกหากกวาดรอบวงกลมในทิศทวนเข็มนาฬิกา แต่เป็นลบหากกวาดรอบวงกลมในทิศตามเข็มนาฬิกา ดังนั้นการวัดมุมจึงมีความกำกวม เนื่องจาก  $n$  มีค่าเป็นจำนวนเต็มใดๆ ก็ได้

ระบบหนึ่งในกลศาสตร์ควอนตัมนั้นอธิบายได้ด้วยฟังก์ชันคลื่น หากพิจารณาเฉพาะมุมเฟสของฟังก์ชันคลื่น อาจมองภาพได้ว่าค่าของมุมเฟส ณ แต่ละจุดบนปริภูมิ นั้นได้ถูกกำหนดไว้แล้ว อันที่จริงแล้วระบบนี้ยังสามารถถูกอธิบายได้ในรูปแบบอื่น เช่น หากมีการหมุนมุมเฟส ณ ทุกๆ จุดบนปริภูมิด้วยค่าที่เท่าๆ กันแล้ว ฟังก์ชันคลื่นใหม่ที่ได้นี้ก็ยังคงอธิบายระบบเดิมอยู่ ดังนั้นแม้จะพิจารณาระบบเดิม การอธิบายค่าของมุมเฟส ณ ตำแหน่งเดียว จะมีความกำกวม แต่หากพิจารณาสองตำแหน่งที่อยู่ใกล้กัน จะพบว่าความต่างของมุมเฟสนั้นมีค่าที่แน่นอน ไม่ว่าจะอธิบายระบบนี้ในรูปแบบใดก็ตาม

ที่จริงแล้วค่าความต่างของมุมเฟสระหว่างจุดสองจุดใดๆ จะมีค่าขึ้นอยู่กับเส้นทางด้วย ซึ่งผลก็คือการวนตามเส้นทางที่เป็นวงปิดไม่ได้รับประกันว่ามุมเฟสจะไม่เปลี่ยนแปลง กล่าวคือ หากพิจารณาที่จุด  $A$  ซึ่งฟังก์ชันคลื่นมีค่ามุมเฟสค่าหนึ่ง การวนไปตามวงปิดแล้วกลับมาที่จุด  $A$  จะพบว่ามีความเป็นไปได้ที่ค่ามุมเฟสจะเปลี่ยนไป การเปลี่ยนของค่ามุมเฟสนั้นเกิดได้จากสองปัจจัยคือ การที่ฟังก์ชันคลื่นมีค่าเป็นศูนย์ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนปริภูมิ และภายใต้อิทธิพลของสนามแม่เหล็ก

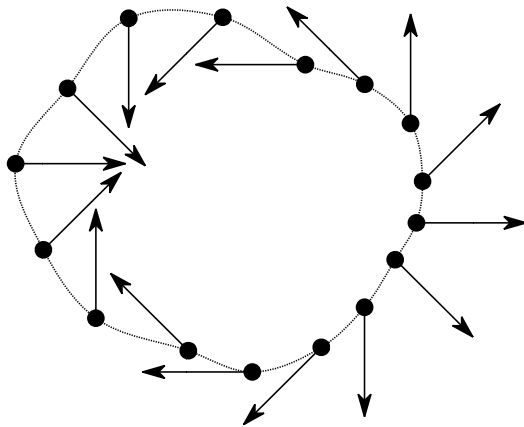
จะเริ่มจากการพิจารณารณที่ฟังก์ชันคลื่นมีค่าเป็นศูนย์ ณ จุดใดจุดหนึ่งบนปริภูมิ แต่ไม่มีสนามไฟฟ้าแม่เหล็กในระบบ

จากที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ค่าความต่างของมุมเฟสระหว่างจุดสองจุดใดๆ จะมีค่าขึ้นอยู่กับเส้นทางด้วยตัวอย่างเช่นจาก (Figure 7) ถึงแม้ว่าจุด  $A$  กับจุด  $B$  จะอยู่ใกล้กัน แต่หากติดตามค่าความต่างของมุมเฟสไปตามเส้นโค้งที่กำหนดให้ในรูปจะพบว่าเฟสของจุด  $A$  กับจุด  $B$  นั้นต่างกันเกือบ  $2\pi$  หากต่อเส้นโค้งนั้นจนเป็นวงปิด จะพบว่าจากการเริ่มที่จุด  $A$  แล้วไปตามเส้นทางจนกลับมาที่จุด  $A$  อีกครั้งหนึ่งนั้น ทำให้มุมเฟสมีค่าเปลี่ยนไป  $2\pi$



**Figure 7** Left: phase along the given path. Right: a rough plot showing the phase difference from that of point A. The determination of the phase difference is demonstrated on a point C.

โดยทั่วไปแล้ว การวนตามเส้นทางที่เป็นวงปิดสามารถทำให้มุมเฟสเปลี่ยนไป  $2\pi n$  โดยที่  $n$  เป็นจำนวนเต็ม ตัวอย่างที่แสดงใน (Figure 8) เป็นกรณีที่  $n = 2$



**Figure 8** Going around the closed path given in this figure in the counterclockwise direction will change the phase by  $4\pi$

สำหรับวงปิดใน (Figure 7) และ (Figure 8) นั้น จะมีจุดภายในวงปิดที่มีค่าฟังก์ชันคลื่นเป็นศูนย์ ซึ่งสามารถทำให้ประจักษ์ได้โดยสมมุติให้วงปิดนั้นค่อยๆ เล็กลงเรื่อยๆ จนเป็นจุด ซึ่ง ณ จุดนี้ จะไม่สามารถบอกค่าของมุมเฟสของฟังก์ชันคลื่นได้ ซึ่งกรณีเดียวที่สอดคล้องคือ ฟังก์ชันคลื่น ณ จุดนี้ ต้องมีค่าเป็นศูนย์ ที่จริงแล้ว บริเวณที่ฟังก์ชันคลื่นมีค่าเป็นศูนย์นั้น ไม่ได้มีลักษณะเป็นจุด แต่มีลักษณะเป็นเส้น เรียกว่าเส้นบัพ (nodal line)

จากที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้มุมเฟสของฟังก์ชันคลื่นเปลี่ยนไปหลังจากวนรอบวงปิดคือ การที่ระบบมีอันตรกิริยากับสนามไฟฟ้าแม่เหล็ก

พิจารณาอิเล็กตรอนประจุ  $e$  ภายใต้สนามแม่เหล็ก  $\vec{B}$  และสมมุติว่าฟังก์ชันคลื่นของอิเล็กตรอน ณ จุด

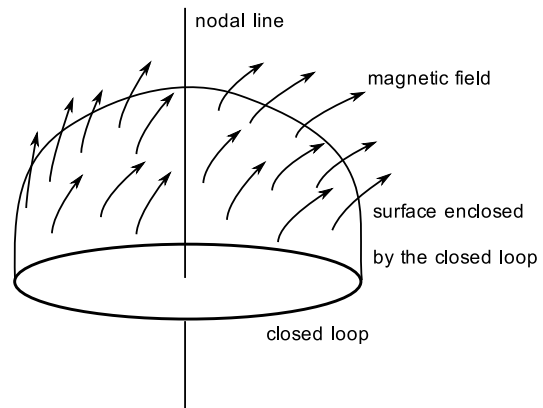
ใดๆ บนปริภูมิ มีค่าไม่เป็นศูนย์ Dirac อธิบายว่าในกรณีนี้ มุมเฟสที่เปลี่ยนไปหลังจากวนรอบวงปิด มีค่าแปรผันตรงกับฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านวงปิดนั้น

หากรวมทั้งสองปัจจัยเข้าด้วยกันจะได้ว่าการเปลี่ยนมุมเฟสของฟังก์ชันคลื่น หลังจากวนรอบวงปิดนั้นมีค่า

phase change

$$= 2\pi n + \frac{2\pi e}{h} \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

โดยที่  $h$  คือค่าคงที่ของพลังค์ ในพจน์แรก ค่า  $n$  เป็นจำนวนเต็มที่ขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของเส้นบัพที่ผ่านผิวซึ่งถูกล้อมรอบโดยวงปิด และในพจน์ที่สอง การอินทิเกรตนั้นก็ทำทั่วผิวนั้นเช่นกัน



**Figure 9** Total phase change around the closed loop is determined by the nodal line passing through the surface enclosed by the loop and by magnetic flux passing through that surface

ค่าของมุมเฟสที่เปลี่ยนไปจากการวนรอบวงปิดนั้น ไม่ได้ขึ้นอยู่กับผิวที่พิจารณา トラバドที่ผิวนั้นถูกล้อมรอบด้วยวงปิดนั้น หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ขอบของผิวนั้นคือวงปิด

เนื่องจากผิวปิดไม่มีขอบ ดังนั้นจึงไม่มีวงปิดที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งทำให้ได้ว่าเฟสที่เปลี่ยนไปมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น

$$0 = 2\pi n + \frac{2\pi e}{h} \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

ดังนั้น

$$\frac{e}{h} \iint \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

เป็นจำนวนเต็ม ซึ่งจะมีค่าไม่เป็นศูนย์หากเส้นลวดมีจุดปลาย อยู่ภายในผิวปิด Dirac แสดงตัวอย่างสำหรับกรณีแม่เหล็ก ขั้วเดี่ยวอยู่ที่จุดปลายของเส้นลวด และเส้นเชือกของ Dirac ทับ กับเส้นลวดพอดี (ดู **Figure 5** ประกอบ) ในกรณีนี้จะได้ว่าฟลักซ์ ของแม่เหล็กที่ผ่านผิวปิดมีค่าเท่ากับประจุแม่เหล็ก  $g$  และ

$$\frac{eg}{h} = 1$$

หากเปลี่ยนไปพิจารณาอนุภาคชนิดอื่น ซึ่งสมมุติว่า มีประจุ  $q$  มุมเฟสที่เปลี่ยนไปจากการวนรอบวงปิดคือ

$$\begin{aligned} \text{phase change} &= 2\pi n + \frac{2\pi q}{h} \iint \vec{B} \cdot d\vec{S} \end{aligned}$$

แต่  $n$  ไม่จำเป็นต้องมีค่าเป็น  $-1$  อีกต่อไปแต่เป็นได้ตั้งแต่  $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$  ด้วยเหตุนี้ผลที่ได้คือ

$$\frac{qg}{h} = n$$

ซึ่งจะได้

$$q = \frac{nh}{g} = ne$$

ซึ่งบ่งบอกว่าอนุภาคต่าง ๆ จะต้องมียุคเป็นจำนวนเท่า ของประจุอิเล็กตรอน

### ทฤษฎีแม่เหล็กขั้วเดี่ยวขั้นพัฒนา

หลังจากที่ Dirac ได้เสนอทฤษฎีแม่เหล็กขั้วเดี่ยวแล้ว นั้น ได้มีการพัฒนาต่อเนื่องกันมาโดยตลอด

บรรดางานที่สำคัญยกตัวอย่างเช่นงานของ 't Hooft<sup>2</sup> และ Polyakov<sup>3</sup> ในปี 1974 และงานของ Wu และ Yang<sup>4</sup> ในปี 1975 พบว่าแม่เหล็กขั้วเดี่ยวนั้นยังสามารถพบในทฤษฎีสนาม เกจแบบไม่อาบีเลียน (non-Abelian gauge theory หรือ Yang-Mills theory)<sup>5</sup> ได้เช่นกันโดย 't Hooft และ Polyakov ศึกษาคำตอบของแบบจำลอง Georgi-Glashow<sup>6</sup> เฉพาะในส่วนที่อธิบาย สนามเกจ และสนาม Higgs แบบไม่อาบีเลียน

คำตอบของ 't Hooft และ Polyakov นั้นมีความพิเศษ คือ ศักย์เวกเตอร์ของแม่เหล็กขั้วเดี่ยวนั้นมีค่าต่อเนื่อง ซึ่งลักษณะ นี้แตกต่างจากแม่เหล็กขั้วเดี่ยวของ Dirac ซึ่งค่าของศักย์เวกเตอร์ไม่ต่อเนื่อง ส่วนคำตอบของสนาม Higgs นั้นใช้ในการ อธิบายการทำลายสมมาตรที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous sym-

metry breaking) ของแม่เหล็กขั้วเดี่ยว แต่เดิม ทฤษฎีของ Georgi-Glashow มีสมมาตรคือ SU(2) ปรากฏการณ์การทำลายสมมาตรที่เกิดขึ้นเองนี้ ที่ขั้วของแม่เหล็กขั้วเดี่ยวยังคงมีสมมาตร SU(2) อยู่ แต่ที่บริเวณห่างไกลจากขั้วแม่เหล็ก สมมาตรนี้จะถูกทำลาย

แม่เหล็กขั้วเดี่ยวแบบ 't Hooft และ Polyakov นั้นไม่ได้ถูกจำกัดอยู่แค่ในแบบจำลอง Georgi-Glashow เท่านั้น แต่ ยังพบได้ในทฤษฎีการรวมแรงครั้งใหญ่ (Grand Unified Theory) ชนิดอื่นๆ เช่น SU(5)<sup>7</sup> ซึ่งเป็นแบบจำลองที่มีการรวมแรง มูลฐาน 3 ชนิด ได้แก่ แรงไฟฟ้าแม่เหล็ก แรงนิวเคลียร์แบบอ่อน และแรงนิวเคลียร์แบบเข้ม เข้าด้วยกัน

คาดกันว่าทฤษฎีการรวมแรงครั้งใหญ่ ใช้สำหรับอธิบาย ฟิสิกส์มูลฐานที่ระดับพลังงานที่สูงกว่าปัจจุบันมาก นี่จึงเป็น เหตุผลหนึ่งที่อธิบายว่าทำไมยังไม่มีการค้นพบแม่เหล็กขั้ว เดี่ยวในรูปแบบอนุภาคมูลฐาน กล่าวคือ วิธีการหนึ่งที่จะค้น พบแม่เหล็กขั้วเดี่ยวได้ คือ จะต้องรอให้มีการทดลองทาง ฟิสิกส์มูลฐานในระดับพลังงานที่สูงพอที่ทฤษฎีการรวมแรงครั้ง ใหญ่สามารถประยุกต์ใช้ได้

นอกจากการค้นพบว่าแม่เหล็กขั้วเดี่ยวเป็นคำตอบ ของทฤษฎีการรวมแรงครั้งใหญ่แล้ว ยังมีอีกเส้นทางที่น่าสนใจ Prasad และ Sommerfeld<sup>8</sup> ในปี 1975 และ Bogomolny<sup>9</sup> ในปี 1976 ค้นพบว่าในกรณีพิเศษ แม่เหล็กขั้วเดี่ยวของ 't Hooft และ Polyakov นั้น สามารถหาคำตอบที่เป็นรูปแบบปิด (closed form) ได้ ซึ่งกรณีพิเศษนี้มีความสำคัญมากและถูก เรียกว่าแม่เหล็กขั้วเดี่ยว BPS (BPS monopole) แม่เหล็กขั้ว เดี่ยวชนิดนี้ถูกประยุกต์ใช้เพื่อศึกษาทฤษฎีจำนวนมาก โดยเฉพาะทางด้านทฤษฎีสมมาตรยิ่งยวด (supersymmetry) และ ทฤษฎีสตริง (string theory) โดยแม่เหล็กขั้วเดี่ยว BPS เป็น กุญแจสำคัญในการช่วยเพิ่มความเข้าใจความสมมาตรใน ทฤษฎีเหล่านี้

### สรุป

แม่เหล็กขั้วเดี่ยวในทางทฤษฎีถูกเสนอโดย Dirac ในปี 1931 ซึ่งการมีอยู่ของแม่เหล็กขั้วเดี่ยวนั้นเป็นปรากฏการณ์ทาง ควอนตัม การมีอยู่ของแม่เหล็กขั้วเดี่ยวจะให้ผลว่าประจุไฟฟ้า มีค่าไม่ต่อเนื่อง

ทฤษฎีแม่เหล็กขั้วเดี่ยวนั้นถูกพัฒนามาต่อเนื่องนับ ตั้งแต่นั้นมา มีการค้นพบว่าแม่เหล็กขั้วเดี่ยวมีความสัมพันธ์ อย่างแยกไม่ได้จากทฤษฎีทางมูลฐานของฟิสิกส์อนุภาค และ การประยุกต์ใช้ทฤษฎีแม่เหล็กขั้วเดี่ยวกับทฤษฎีต่างๆ ทาง ฟิสิกส์อนุภาคทำให้เกิดความเข้าใจทฤษฎีเหล่านั้นได้ดีขึ้น

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ เสกสรร สุชะเสนา และ จารุณี  
เนียมทอง สำหรับข้อเสนอนี้และต่าง ๆ

## เอกสารอ้างอิง

1. Dirac PAM. Quantized Singularities in the Electro-magnetic Field. Proc Roy Soc Lond. 1931;A133:60–72.
2. 't Hooft G. Magnetic Monopoles in Unified Gauge Theories. Nucl Phys. 1974;B79:276–284.
3. Polyakov AM. Particle Spectrum in the Quantum Field Theory. JETP Lett. 1974;20:194–195.
4. Wu TT, Yang CN. Concept of Nonintegrable Phase Factors and Global Formulation of Gauge Fields. Phys Rev. 1975;D12:3845–3857.
5. Yang CN, Mills RL. Conservation of Isotopic Spin and Isotopic Gauge Invariance. Phys Rev. 1954;96:191–195.
6. Georgi H, Glashow SL. Unified weak and electromagnetic interactions without neutral currents. Phys Rev Lett. 1972;28:1494.
7. Georgi H, Glashow SL. Unity of All Elementary Particle Forces. Phys Rev Lett. 1974;32:438–441.
8. Prasad MK, Sommerfield CM. An Exact Classical Solution for the 't Hooft Monopole and the Julia-Zee Dyon. Phys Rev Lett. 1975;35:760–762.
9. Bogomolny EB. Stability of Classical Solutions. Sov J Nucl Phys. 1976;24:449.

# การพัฒนาระบบควบคุมเครือข่ายจากภายในสู่ภายนอกสำหรับเครือข่ายแบบหลายจุด

## Development of an Egress NAC System for Multi-Hop Networks

อรรถพล สุวรรณษา<sup>1</sup>, สมนึก พวงพรพิทักษ์<sup>1</sup>

Atthapol Suwannasa<sup>1</sup>, Somnuk Puangpronpitag<sup>1</sup>

Received: 31 August 2015; Accepted: 30 November 2015

### บทคัดย่อ

หลากหลายอุปกรณ์เครือข่ายต้องยืนยันตัวตนกับระบบควบคุมเครือข่ายจากภายในสู่ภายนอก (Egress NAC) เพื่อรับสิทธิ์ในการเข้าถึงเครือข่าย แต่ยังมีสามปัจจัยหลักที่ต้องคำนึงในการเลือกใช้ระบบเพื่อควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้ในเครือข่ายขนาดใหญ่แบบหลายจุด (Multi-Hop) ประกอบไปด้วย ความสามารถในการให้บริการ (Capacity) ความยืดหยุ่นในการใช้งาน (Flexibility) และความถูกต้องของระบบ (Validity) ทั้งนี้หลายระบบที่เป็น Open source ยังมีข้อจำกัดในเรื่องความสามารถในการให้บริการในการบริการผู้ใช้จำนวนมาก นอกจากนี้หลายระบบที่ถูกพัฒนามาแตกต่างกันของแต่ละผู้ผลิตยังมีความไม่ยืดหยุ่นในการใช้งาน และระบบส่วนใหญ่ยังมีความบกพร่องในการเก็บข้อมูล MAC address ของผู้ใช้ตามข้อกำหนดของ พรบ.ว่าด้วยการกระทำความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาระบบ Egress NAC ที่สนับสนุนการทำงานของทั้งสามปัจจัย ผลการพัฒนาแสดงให้เห็นว่าระบบมีประสิทธิภาพดีในการทำงานบนเครือข่ายแบบหลายจุดขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อจำนวนมาก อีกทั้งมีความยืดหยุ่นในการติดตั้งใช้งานโดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงระบบเครือข่ายใหม่ และยังสามารถเก็บข้อมูลผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง

**คำสำคัญ:** การยืนยันตัวตน ระบบควบคุมการเข้าถึงเครือข่าย เครือข่ายแบบหลายจุด

### Abstract

Several different end-user devices have to authenticate to an egress NAC system prior to granting network access. Nevertheless, enforcing the system to control these devices in a large-scale multi-hop network presents a number of challenges in three main factors including capacity, flexibility, and validity. Firstly, many open source systems provide insufficient capacity to serve the large amount of users. Secondly, several proprietary solutions may reduce the flexibility of the enforcement. Lastly, due to the Thailand Computer Crime Act of 2007, the failure of collecting valid user MAC addresses into log files is still the notable problem in most systems. Hence, this paper proposes the development of an egress NAC system to enhance the aforementioned factors. The experimental results have indicated that our system can effectively provide the capacity under the huge number of concurrent connections. The development outcomes have demonstrated that the system is flexible especially in achieving complete enforcement without disrupting the network. Furthermore, the system can also store valid log data of users.

**Keywords:** Authentication, Egress NAC, Multi-Hop Networks

<sup>1</sup> อาจารย์, ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์, คณะวิทยาการสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand

## บทนำ

ในเครือข่ายขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อแบบ Multi-Hop ผู้ใช้ (Client) สามารถใช้อุปกรณ์เครือข่ายต่างๆ ร้องขอการใช้งานจากหลากหลายจุด ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อความมั่นคงและการจัดการที่ยุ่งยาก จึงมีการติดตั้งระบบควบคุมเครือข่ายภายในสู่ภายนอก (Egress Network Access Control) หรือ Egress NAC เพื่อควบคุมผู้ใช้และอุปกรณ์เครือข่าย แต่การเลือกใช้ระบบ Egress NAC สำหรับเครือข่าย Multi-Hop จะต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัยหลักประกอบด้วย 1. Capacity คือความสามารถในการให้บริการผู้ใช้จำนวนมาก 2. Flexibility คือความยืดหยุ่นในการติดตั้งและใช้งาน และ 3. Validity คือความถูกต้องตามความต้องการพื้นฐาน<sup>1</sup> ที่ระบบ Egress NAC ต้องมีแต่ระบบในปัจจุบันยังมีปัญหาในทั้ง 3 ปัจจัยดังนี้

1) หลายระบบ Egress NAC แบบ Open source พัฒนาระบบพื้นฐานของ Firewall ของระบบปฏิบัติการ Linux (Iptables<sup>2</sup>) ที่ยังมีปัญหาในการตรวจสอบ Packet จำนวนมากในเครือข่าย Multi-Hop ขนาดใหญ่ ทำให้ขาด Capacity ในการให้บริการ

2) ระบบ Egress NAC แบบผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์จากผู้ผลิตรายใหญ่หลายรายที่เป็น Client/Server based ต้องมีการติดตั้งและตั้งค่าซอฟต์แวร์ฝั่งผู้ใช้ จึงขาด Flexibility ในการใช้งาน และ Open source ส่วนใหญ่ไม่ได้ออกแบบมาเพื่อ Multi-Hop ทำให้ต้องดัดแปลงระบบใหม่หรือเปลี่ยนโครงสร้างของระบบเดิม ซึ่งสร้างความซับซ้อนและอาจมีปัญหาด้านประสิทธิภาพที่ลดลง

3) นอกจากนี้การจัดการผู้ใช้ หรือ Accounting ถือเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของความต้องการพื้นฐาน<sup>1</sup> ของระบบ Egress NAC โดยระบบต้องสามารถตรวจสอบบัญชีผู้ใช้ได้และต้องเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งานผู้ใช้ (Log) ให้ถูกต้อง ซึ่งจากประกาศกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เรื่องหลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ พ.ศ. ๒๕๕๐<sup>3</sup> กำหนดให้ต้องมีการเก็บ MAC address ของเครื่องผู้ใช้ แต่ Egress NAC ในเครือข่าย Multi-Hop ส่วนใหญ่ล้มเหลวต่อ Validity ในการเก็บข้อมูลดังกล่าว เนื่องจาก MAC address จะถูกเปลี่ยนไปในแต่ละ Hop ตามหลักการพื้นฐานของการสื่อสารแบบ Multi-Hop

จากปัญหาในปัจจุบันหลักทั้ง 3 ปัจจัย งานวิจัยนี้จึงเสนอการพัฒนาระบบ Egress NAC สำหรับ Multi-Hop networks ด้วย Open source โดยมีการทดสอบ Capacity ถึง 32,766 การเชื่อมต่อ อีกทั้งทำงานแบบ Bridge<sup>4</sup> เพื่อ Flexibility ในการติดตั้ง และประยุกต์ GetMACAddress<sup>5</sup> module เพื่อ Validity ในการเก็บ Log ของผู้ใช้

## ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### Multi-Hop networks

หากอุปกรณ์เครือข่ายทุกชิ้นเชื่อมต่อเข้าเพียง 1 Local Area Network (LAN) การสื่อสารจะเป็นการส่งข้อมูลแบบ Single-Hop โดยที่ข้อมูลที่ส่งภายใน LAN จะถูกส่งจากเครื่องสู่เครื่องโดยตรง ซึ่ง Gateway Router หรือ Egress NAC Server มักติดตั้งภายใต้เครือข่ายเดียวกับเครื่องลูกข่ายตั้ง (Figure 1) แต่หากมีการส่งข้อมูลจากต้นทางถึงปลายทางผ่าน LAN มากกว่า 1 LAN ขึ้นไป จะเป็นระบบเครือข่ายแบบ Multi-Hop ซึ่งมักเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ เนื่องจากมีส่วนประกอบเป็นเครือข่ายย่อยๆ หลายเครือข่าย (Multi-LAN) การส่งข้อมูลจะถูกส่งต่อแบบ Hop by Hop ผ่านอุปกรณ์เครือข่ายอย่าง Switch หรือ Router ที่ทำหน้าที่แยกเครือข่ายในแต่ละ Hop ออกจากกัน โดยสุดท้ายต้องส่งผ่าน Core layer ของระบบก่อนออกสู่เครือข่ายภายนอกตั้ง (Figure 2)

### Egress NAC สำหรับ Multi-Hop networks

ระบบ Egress NAC ใช้ควบคุมผู้ใช้ภายในก่อนออกสู่เครือข่ายภายนอก ส่วนใหญ่ผู้ใช้ต้องผ่านการยืนยันตัวตน เช่น การใช้ Username และ Password เป็นต้น จากนั้นระบบจะจดจำค่า IP address หรือ MAC address ของเครื่องผู้ใช้ เพื่อให้สิทธิ์ Packet ผู้ใช้ที่ผ่านการยืนยันตัวตนในการใช้งานเครือข่ายหรือเข้าถึงอินเทอร์เน็ต

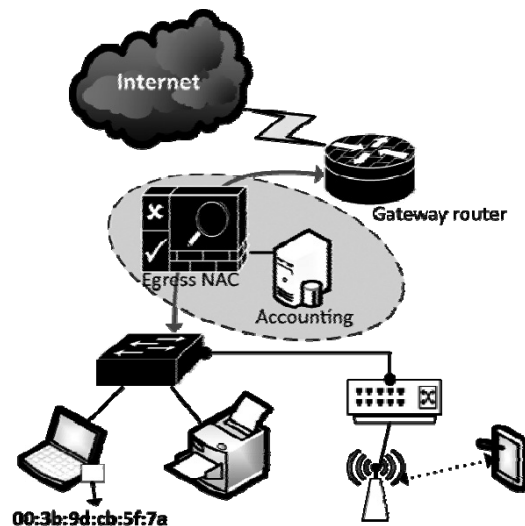


Figure 1 Single-Hop connections

ในการติดตั้งระบบ Egress NAC เพื่อใช้ควบคุมเครือข่ายขนาดใหญ่ที่มีการเชื่อมต่อแบบ Multi-Hop จำเป็นต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1) Capacity คือความสามารถในการรองรับการเชื่อมต่อจำนวนมาก เนื่องจากจำนวนอุปกรณ์เครือข่ายและผู้



ใช้จำนวนมากทำให้เกิดปริมาณ Packet มหาศาล ที่ Egress NAC server จะต้องมีประสิทธิภาพที่ดีในการตรวจสอบและจัดการสิทธิ์ของ Packet เหล่านั้น

2) Flexibility หรือความยืดหยุ่นในการใช้งาน ประกอบไปด้วย 1. สามารถนำ Egress NAC server ไปติดตั้งเข้ากับ Core layer ของเครือข่ายโดยที่ต้องไม่เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเดิม 2. ลดการตั้งค่าที่ซับซ้อนแก่ผู้ใช้ และ 3. ต้องสนับสนุนอุปกรณ์เครือข่ายและระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย

3) Validity คือต้องถูกต้องตามความต้องการพื้นฐานของ Egress NAC ประกอบด้วย Authentication, Authorization, และ Accounting หรือ AAA<sup>1</sup>

**ปัญหาด้าน Capacity ของระบบ Egress NAC**

ส่วนใหญ่มักพบในระบบ Egress NAC ที่เป็น Open source หลายระบบ เช่น Coovachilli<sup>6</sup>, ClearOS captive portal<sup>7</sup>, PepperSpot<sup>8</sup> และ NoCatAuth<sup>9</sup> เป็นต้น ที่อาศัย Firewall ของระบบปฏิบัติการ Linux อย่าง Iptables<sup>2</sup> เป็นตัวช่วยตรวจสอบสิทธิ์ของ Packet ผู้ใช้ ซึ่งหากต้องตรวจสอบ Packet ผู้ใช้จำนวนมาก ประสิทธิภาพจะลดลงจนอาจไม่สามารถให้บริการต่อได้ (ดังจะกล่าวในหัวข้อ “ทดสอบประสิทธิภาพด้าน Capacity”)

**ปัญหา Flexibility ในการใช้งาน Egress NAC**

การใช้มาตรฐาน IEEE 802.1x<sup>10</sup> ที่ผู้ใช้ต้องยืนยันตัวตนก่อนถึงจะได้รับหมายเลข IP address เพื่อใช้สื่อสาร ซึ่งหากเป็นอุปกรณ์ เช่น Printers Scanners และ IP phones เป็นต้น ที่ไม่สามารถยืนยันตัวตนด้วยตัวอุปกรณ์เองได้ นั่นคือจะไม่มี IP address ใช้สื่อสาร จำเป็นต้องตั้งค่าเพื่ออนุญาตให้อุปกรณ์เหล่านี้สื่อสารได้ เพิ่มความยุ่งยากในการจัดการอุปกรณ์ลักษณะดังกล่าว

Cisco NAC<sup>11</sup>, Microsoft NAP<sup>12</sup>, และ TCG TNC<sup>13</sup> เป็นระบบ NAC แบบ Client/Server<sup>14, 15</sup>

```

<record><rec-number>101</rec-number><foreign-keys><key app="EN" db-id="a0p9ddf0xzwtwef0f3xfpt3e00prttddrfr">101</key></foreign-keys><ref-type name="Conference Proceedings">10</ref-type><contributors><authors><author>G.J. Serrao</author></authors></contributors><titles><title>Network access control (NAC ที่พัฒนาโดยผู้ผลิตอุปกรณ์เครือข่ายรายใหญ่ ซึ่งต้องมีการจัดการ Agent ที่ฝั่งผู้ใช้ทำให้เกิดความยุ่งยากและการเปลี่ยนอุปกรณ์ต้องคำนึงถึงความเข้ากันได้ของแต่ละผู้ผลิต ส่วน Open source NAC มักถูกออกแบบมาให้ใช้งานในเครือข่ายแบบ Single-Hop เช่น Coovachilli6, Rahunas16, Zero-
    
```

shell<sup>17</sup>, และ ISAN-SNAC<sup>18, 19</sup> เป็นต้น หากจะนำไปใช้บนเครือข่ายแบบ Multi-Hop จะต้องปรับเปลี่ยนการทำงานภายในใหม่ซึ่งไม่สะดวกต่อผู้ใช้ที่ไม่มีความสามารถในการดัดแปลงระบบ อีกทั้งส่วนใหญ่มีระบบจ่าย IP address ในตัว ทำให้ต้องเปลี่ยนโครงสร้างเครือข่าย สร้างความยุ่งยากต่อผู้ดูแลระบบในการจัดการระบบ IP address ใหม่

**ปัญหา Validity ของระบบ Egress NAC**

ระบบจะต้องทำงานถูกต้องตามความต้องการพื้นฐาน 3 อย่าง คือ Authentication, Authorization, และ Accounting หรือ AAA ซึ่งทุกระบบ Egress NAC ล้วนแต่สามารถ Authentication และ Authorization ผู้ใช้ได้ แต่ส่วนใหญ่ยังมีปัญหาส่วน Accounting ที่ยังเก็บบันทึกข้อมูลการเข้าใช้งานผู้ใช้ (Log) ไม่ถูกต้อง

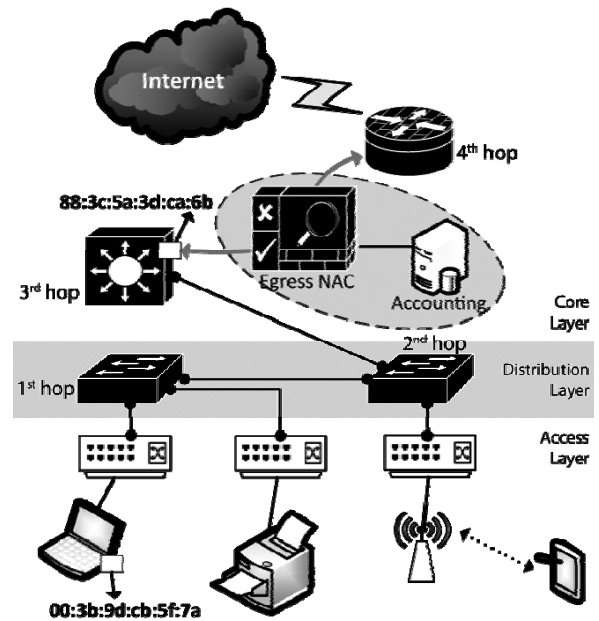


Figure 2 Multi-Hop connections

ในการสื่อสารแบบ Multi-Hop หมายเลข MAC address จะมีความผิดพลาดเนื่องจากถูกเปลี่ยนแปลงในแต่ละ Hop (เห็นได้จาก MAC address ที่ติดต่อกับ Egress NAC ไม่ใช่ของ Client แต่เป็นของ Core Switch ซึ่งเป็น Hop ล่าสุดที่เชื่อมต่อกับ Egress NAC ดัง (Figure 2) จากการสำรวจระบบ Egress NAC ที่ทำงานบน Multi-Hop networks ที่เป็นผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ เช่น Sangfor IAM<sup>20</sup> (กำลังใช้งานในมหาวิทยาลัยมหาสารคาม) Forescout<sup>21</sup> และ ระบบอื่นๆ ที่ไม่สามารถเปิดเผยข้อมูลได้ พบว่าเก็บข้อมูล MAC address ผู้ใช้ผิดพลาด หลายระบบเลือกที่จะไม่เก็บ MAC Address ทำให้ไม่สามารถนำ Log ไปใช้เป็นหลักฐานตามข้อกำหนดของ

หลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ พ.ศ. ๒๕๕๐<sup>3</sup> ได้ แม้ว่าระบบ Egress NAC ที่ใช้ Module getMACAddress<sup>5</sup> สามารถเก็บ MAC address ในเครือข่าย Multi-Hop ได้ถูกต้อง แต่ยังไม่มีการทดสอบ Capacity ในระบบเครือข่ายขนาดใหญ่ ซึ่งถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญของระบบ Egress NAC สำหรับ Multi-Hop networks

### วัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบได้คำนึงถึง 3 ปัจจัยหลักที่กล่าวในข้างต้น โดยมีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

1) เพื่อสนับสนุน Capacity ของเครือข่ายขนาดใหญ่ ซึ่งระบบได้เลือกใช้ Ipset<sup>22</sup> เป็นตัวกรอง Packet ผู้ใช้เพื่อลดข้อจำกัดของระบบ Egress NAC หลายระบบที่ทำงานโดยอาศัย Iptables<sup>2</sup> เป็นตัวกรอง Packet ที่มีการตรวจสอบกฎแบบ Linear order จากบนสู่ล่าง ทำให้อาจมีปัญหาต่อการตรวจสอบ Packet จำนวนมากภายใต้เครือข่ายขนาดใหญ่ (กรณี Worst case คือ Packet ที่ตรวจสอบไม่ตรงกับกฎใดเลย ทำให้เสียเวลาในการเปรียบเทียบกับกฎที่มีอยู่)

2) เพื่อให้ระบบมี Flexibility ในการนำไปใช้งานในเครือข่ายขนาดใหญ่ที่ต้องติดตั้ง Egress NAC server ที่ Core layer ของระบบ จึงพัฒนาระบบด้วยการเชื่อมต่อแบบ Bridge<sup>4</sup> โดยเสมือนว่า 3<sup>rd</sup> hop ใน (Figure 2) เชื่อมกับ 4<sup>th</sup> hop โดยตรงที่ Egress NAC server ต้องทำงานแบบ Transparent นอกจากนี้จะต้องไม่มีการตั้งค่าใดๆ ในฝั่งผู้ใช้ และสามารถใช้กับระบบ IP address เดิมของเครือข่ายได้ทันที

3) เพื่อความ Validity ของการจัดการผู้ใช้ (Accounting) ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ Module getMACAddress<sup>5</sup> เพื่อการเก็บข้อมูล Log ที่ถูกต้อง

### การพัฒนาระบบ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

ส่วนที่ 1 Core service ใช้ควบคุมสิทธิ์ผู้ใช้ (Authorization) ซึ่งการตรวจสอบสิทธิ์ของ Packet ผู้ใช้ว่าผ่านการยืนยันตัวตนแล้วหรือไม่ ใช้การตรวจสอบกฎ Firewall ของ Ipset 6.2<sup>22</sup> ที่มีประสิทธิภาพในการ Matching packet เนื่องด้วยวิธีการ Hash จึงมีความเร็วในการ Matching โดยสร้าง Whitelist เพื่อเก็บค่า IP address ผู้ใช้ที่ผ่านการยืนยันตัวตนเพื่อให้สิทธิ์ในการเข้าถึงเครือข่าย ซึ่งการเพิ่มหรือลบ IP address ผู้ใช้ใน Whitelist ด้วย Ipset ที่ Core Service จะทำการ Execute คำสั่งต่อไปนี้

---

```
# Add IP address to Whitelist
/usr/sbin/ipset add whitelist IPclient
# Delete IP address from Whitelist
/usr/sbin/ipset del whitelist IPclient
```

---

ส่วนที่ 2 Accounting ใช้เชื่อมต่อกับ Egress NAC ดัง (Figure 2) ทำเป็น Database server (ติดตั้งเป็น MySQL version 14.14) เพื่อใช้ในการเก็บและตรวจสอบข้อมูลผู้ใช้ที่ส่งมาจาก Core service และติดตั้งเป็น Freeradius-2 เพื่อใช้ตรวจสอบผู้ใช้และเก็บ Log

ส่วนที่ 3 User interface ติดตั้ง Apache 2.0 web server บน Egress NAC และพัฒนา login.php ด้วย PHP เพื่อตรวจสอบการยืนยันตัวตน (Authentication) กับ Server ที่จัดเก็บข้อมูลผู้ใช้ (Accounting) โดยผู้ใช้อัปโหลด Username และ Password เพื่อยืนยันตัวตน อีกทั้งควบคุม Session ผู้ใช้ (ประกอบไปด้วย Login, Logout, Session timed out) ในส่วนการติดต่อระหว่าง Core service และ PHP ใช้ XML-RPC<sup>23</sup> เป็นตัวเชื่อม

ส่วนที่ 4 Get MAC address ใช้เก็บค่า MAC address ที่ถูกต้องจาก Client โดยใช้ GetMACAddress<sup>5</sup> ซึ่งเครื่อง Client ต้องติดตั้ง Agent เพื่อดึงค่า MAC address แต่ตัว Agent จะแฝงอยู่ใน login.php และจะติดตั้งโดยอัตโนมัติเมื่อผู้ใช้งานการยืนยันตัวตน ซึ่งลดปัญหาความยุ่งยากในการจัดการ Agent

Egress NAC พัฒนาระบบปฏิบัติการ CentOS 6.7 kernel 2.6 และทำงานแบบ Bridge ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเครือข่าย สามารถติดตั้งที่ Core layer ของระบบได้ทันที เช่น ติดตั้งระหว่าง Core switch และ Gateway router ดัง (Figure 2) โดยที่ไม่ต้องเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเชื่อมต่อใหม่

---

#### Algorithm 1.1 Egress NAC Operation – Authentication

```
1: procedure AUTHENTICATION ( $Usr_{client}, Pwd_{client}, IP_{client}$ )
2:   if  $Usr_{client} = Usr_{radius}$  &&  $Pwd_{client} = Pwd_{radius}$  then
3:      $mac = \text{getMACAddress}()$ 
4:      $log \leftarrow Usr_{client}, IP_{client}, mac$ 
5:      $login = \text{ture}$ 
6:     go to procedure CORESERVICE ( $IP_{client}, login$ )
7:   end if
8: end procedure
```

---

### การทำงานของระบบ

ผู้ใช้จะต้องทำการยืนยันตัวตนก่อน โดยระบบจะทำการเปลี่ยนปลายทางของผู้ใช้ไปที่ login.php (ส่วนที่ 3) เพราะผู้ใช้ไม่ได้อยู่ใน Whitelist จากนั้นเริ่มป้อนข้อมูล Username ( $Usr_{client}$ ) และ Password ( $Pwd_{client}$ ) ส่วน IP address เครื่องผู้ใช้ ( $IP_{client}$ ) จะถูกส่งมายัง Egress NAC server ด้วย login.php โดยอัตโนมัติ จากนั้นก็จะเข้าสู่ Procedure Authentication ใน Algorithm 1.1 ซึ่ง Server จะนำข้อมูล  $Usr_{client}$  และ  $Pwd_{client}$  ไปตรวจสอบกับ Accounting server หากตรงกับข้อมูลที่มีในระบบแสดงว่าผู้ใช้มีตัวตนอยู่จริง ที่หน้า login.php ก็จะมีการเรียก getMACAddress (ส่วนที่ 4) ที่พัฒนาด้วย JAVA Applet (ติดตั้งโดยอัตโนมัติผ่าน Web browser) เพื่อดึงค่า MAC address ที่แท้จริงของเครื่อง Client จากนั้นนำข้อมูลผู้ใช้ไปเก็บไว้ใน Log files ที่ Accounting server

เมื่อยืนยันตัวตนเสร็จ ข้อมูล  $IP_{client}$  และสถานะการ Login ของผู้ใช้ (ซึ่งค่าจะเป็น True เมื่อผู้ใช้ทำการ Login และค่าจะเป็น False เมื่อผู้ใช้ทำการ Logout หรือ Session timed out) จะถูกส่งไปที่ Procedure Core service ตาม Algorithm 1.2 โดยระบบจะสร้าง Whitelist ด้วย Ipset โดยเก็บค่า IP address เพื่อใช้กรอง Packet ผู้ใช้ของผู้ใช้ที่ผ่านการยืนยันตัวตน และ IP address จะถูกลบออกจาก Whitelist เมื่อผู้ใช้ Logout หรือ Session timed out

#### Algorithm 1.2 Egress NAC Operation – Core service

```

1: procedure CORESERVICE ( $IP_{client}$ , login)
2:   start = true
3:   while start do
4:     if  $IP_{client}$  in whitelist && login = false then
5:       whitelist  $\rightarrow IP_{client}$ 
6:     else if login = true then
7:       whitelist  $\leftarrow IP_{client}$ 
8:     end if
9:     If start = false then /* Close service */
10:    go to 3
11:   end if
12: end while
13: end procedure

```

ซึ่งถ้า  $IP_{client}$  อยู่ใน Whitelist ระบบจะยอมปล่อย Packet ผู้ใช้ผ่าน แต่หากไม่อยู่และผู้ใช้ผ่านการยืนยันตัวตน

(login=true) ค่า IP address ผู้ใช้ก็จะถูกนำไปเก็บใน Whitelist แต่หาก IP ใดไม่อยู่ใน Whitelist ซึ่งเกิดจากผู้ที่ไม่ผ่านการยืนยันตัวตน ผู้ใช้ Logout หรือ Session timed out ระบบจะ Redirect ไปยังหน้า login.php เพื่อให้ผู้ใช้ยืนยันตัวตน หากผู้ดูแลระบบทำการปิดการทำงานของ Core Service (start=false) ตัว Service ก็จะไม่สามารถให้บริการในการตรวจสอบ Whitelist ได้ นั่นคือปิดการทำงานของระบบ Egress NAC

### การเชื่อมต่อเครือข่าย

เพื่อทดสอบระบบที่พัฒนาได้เชื่อมต่อแบบระบบปิดเพื่อควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีผลต่อการวัดประสิทธิภาพของระบบ ดัง (Figure 2) โดยจำลองการเชื่อมต่อแบบเครือข่าย Multi-Hop ที่ใช้อยู่จริงทั่วไป และใช้อุปกรณ์เครือข่ายจริง ซึ่งออกแบบการเชื่อมต่อทั้งหมด 4 hops แต่ละ hop มีรายละเอียดอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อแตกต่างกัน ดังนี้

1<sup>st</sup> hop – เป็นส่วน Distribution layer ใช้ Switch Cisco 2960 เชื่อมต่อกับ Switch ใน Access Layer (3Com baseline switch 2824) เพื่อกระจายการเชื่อมต่อของ Endpoint อย่าง PC หรือ Laptop เป็นต้น โดยมี PC เป็นเครื่องผู้ใช้ที่นำมาทดสอบซึ่งมีคุณสมบัติ คือ Intel Core 2 Duo 2.66GHz 2GB of RAM 500GB Hard disk และเชื่อมต่อด้วย Intel PRO/1000 Network Interface Card

2<sup>nd</sup> hop – Switch (Cisco 2960) เชื่อมต่อกับ Access Point เพื่อกระจายการเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ไร้สายเช่น Tablets หรือ Smart phones เป็นต้น

3<sup>rd</sup> hop – เป็น Core Switch (Cisco 2960) ติดตั้งที่ Core layer ของระบบ เพื่อเชื่อม Gateway router และ Switch ที่อยู่ใน Distribution layer

4<sup>th</sup> hop – เป็นส่วนของ Gateway router ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต โดยติดตั้งเป็น Server ที่มีคุณสมบัติ คือ Intel Core i5 3.30GHz 4GB of RAM 1TB Hard disk และเชื่อมต่อด้วย 10BaseT/100BaseT/1000BaseT Network Interface Card ระบบปฏิบัติการที่ใช้ คือ CentOS 6.7 และติดตั้ง Apache 2.0 เป็น Web server

เครื่อง Egress NAC มีคุณสมบัติ คือ Intel Xeon 2 processors 2.0 GHz 4GB of RAM Hard disk 1TB และมี 2 Network Interface Cards ที่มีคุณสมบัติคือ 10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T โดย Card ที่ 1 เชื่อมต่อกับ Core switch ส่วน Card ที่ 2 เชื่อมต่อกับ Gateway router และติดตั้งระบบปฏิบัติการ CentOS 6.7 ร่วมกับ Iptables-1.4.7 Ipset-6.11 Apache-2.0 PHP5 และ MySQL-14.14 เพื่อ Run ซอฟต์แวร์ Egress NAC ที่พัฒนา อีกทั้งเชื่อมต่อกับ Accounting server เพื่อตรวจสอบและเก็บ Log ข้อมูลผู้ใช้

Egress NAC ถูกพัฒนาให้ทำงานแบบ Bridge สามารถติดตั้งที่ Core layer โดยไม่ต้องแก้ไขโครงสร้างของเครือข่ายที่มีอยู่ก่อนหน้า ดังจะเห็นได้จากตำแหน่งที่ติดตั้งระหว่าง 3<sup>rd</sup> hop กับ 4<sup>th</sup> hop ใน (Figure 2) เพียงแต่ต้องตั้งค่า IP address ของ Egress NAC ให้สอดคล้องกับเครือข่าย นั่นคือต้องมี IP ให้ Egress NAC ในการ Redirect packet ผู้ใช้ที่ยังไม่ผ่านการยืนยันตัวตนไปยัง login.php ที่ Egress NAC server

ในการเชื่อมต่อแบบ Bridge จะต้องเชื่อม Egress NAC server เพื่อขวางทาง Packet ก่อนที่จะออกสู่อินเทอร์เน็ต เช่น ขวางระหว่าง Core switch และ Gateway router (ดัง Figure 2) แต่ระบบจะต้องมีการตั้งค่าให้สนับสนุนการทำงานแบบ Bridge ด้วย โดยที่ Egress NAC server จะต้องแก้ไข Configuration files บนระบบปฏิบัติการ CentOS ที่ /etc/sysconfig/network-scripts/ ประกอบไปด้วย 3 files (Ifcfg-eth0, Ifcfg-eth1, และ Ifcfg-br0) ดังต่อไปนี้

Ifcfg-eth0	Ifcfg-eth1
DEVICE=eth0	DEVICE=eth1
TYPE=ETHER	TYPE=ETHER
BRIDGE=br0	BRIDGE=br0

จากการเชื่อมต่อใน (Figure 5) ไฟล์ ifcfg-eth0 เป็นไฟล์ที่ตั้งค่าให้กับ Network Interface Card ที่ชื่อ eth0 (หมายเลข 1) และไฟล์ ifcfg-eth1 ตั้งค่าให้กับ eth1 (หมายเลข 4) จะเห็นว่ามีชนิดเป็น Ether (Ethernet) ทั้งสอง Cards ที่สำคัญ Bridge=br0 คือการเชื่อมต่อทั้งสอง Cards เข้าหากันด้วย Bridge ที่ชื่อ br0 ซึ่งมีการตั้งค่าดังในไฟล์ ifcfg-br0 ดังนี้

Ifcfg-br0
DEVICE=br0
TYPE=Bridge
IPADDR=10.99.90.2
GATEWAY=10.99.90.1
NETMASK=255.255.255.248

จากไฟล์ ifcfg-br0 เป็นการเชื่อม eth0 กับ eth1 โดยมีการตั้งค่า IP address ให้อยู่ใน LAN เดียวกับ Core layer เพื่อให้ระบบสามารถ Redirect packet ของผู้ใช้อย่างหน้า login.php ที่ Egress NAC server ได้ และตั้งค่า Gateway และ Subnet mask ไปยัง Gateway router เพื่อเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตต่อไป

### ทดสอบประสิทธิภาพด้าน Capacity

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

1) เนื่องด้วยหลายระบบ Egress NAC แบบ Open source ตรวจสอบ Packet ผู้ใช้ด้วย Iptables งานวิจัยนี้จึงได้ทดสอบ Iptables-based egress NAC ด้วยจำนวนการเชื่อมต่อที่ 254 อัตราร้องขอการเชื่อมต่ออยู่ที่ 1000 req/s (requests per second) และเพิ่มกฎ Iptables จาก 0 ถึง 30,000 กฎ เพื่อทดสอบว่าระหว่างระบบที่มีกฎน้อยๆ กับกฎจำนวนมาก จะมีผลต่อการตรวจสอบ Packet ที่ผ่านเข้าออกระบบมากน้อยเพียงใด โดยทำการทดสอบ 30 ครั้ง ในแต่ละการเพิ่มกฎ และเชื่อมต่อแบบ Multi-Hop ดัง (Figure 2)

2) ทดสอบระบบ Egress NAC ที่พัฒนา โดยทดลองแบบเดียวกับที่ทดลองในระบบ Egress NAC แบบ Iptables-based เพื่อหาว่าระบบที่พัฒนาจะมีความสามารถในการตรวจสอบ Packet จำนวนมากในเครือข่ายแบบ Multi-Hop มากน้อยเพียงใด

นอกจากนี้เพื่อทดสอบ Capacity ที่อาจต้องเผชิญในเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่มาก จึงได้ทดสอบเพิ่ม Request rate ที่ 5,000 20,000 และ 40,000 (req/s) และในแต่ละ Rate ทดสอบจาก 510 ถึง 32,766 connections และเพิ่มกฎ Firewall จาก 0 ถึง 30,000 โดยทดสอบ 30 ครั้ง ในแต่ละการเพิ่มกฎ

#### เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

การวัดประสิทธิภาพได้ใช้ซอฟต์แวร์ทดสอบประสิทธิภาพ httperf-0.9.0<sup>24</sup> เพื่อทดสอบการรับส่ง Packet ผ่านตัว Egress NAC ว่ามีประสิทธิภาพในการส่งต่อ Packet ของผู้ใช้ที่ผ่านการยืนยันตัวตนแล้ว หรือ การปฏิเสธ (Reject) Packet ของผู้ใช้ที่ยังไม่ผ่านการยืนยันตัวตนมากน้อยเพียงใด โดย httperf จะส่ง Packet ข้อมูลจาก Client ทั้งข้อมูลที่กระทบกฎแล้ว ยอมรับให้ปล่อยผ่านไปยัง Gateway router ได้ และข้อมูลที่กระทบกฎได้เลย ซึ่ง Packet จะถูก Drop ที่ทันที ซึ่งได้ทำการวัดค่าหลักๆ ดังนี้

- Connection time เป็นค่าเวลา (ms) ที่ใช้ในการส่ง Packet จากเครื่องผู้ใช้ผ่าน hop ต่างๆ และผ่าน Egress NAC ไปยัง Gateway router
- Response time เป็นค่าเวลา (ms) ที่ส่งจาก Gateway router ผ่าน Egress NAC และ hop ต่างๆ กลับมายังเครื่องผู้ใช้

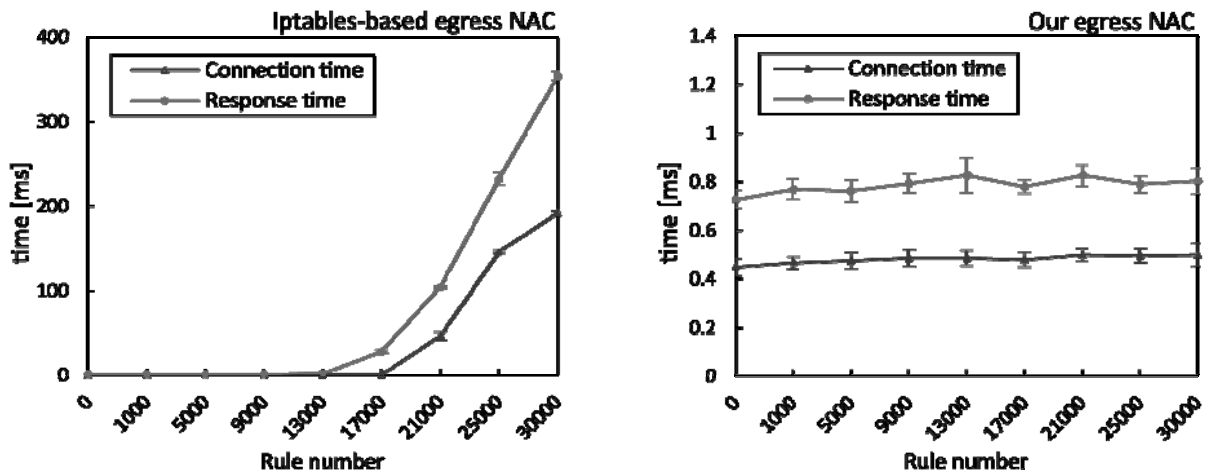


Figure 3 Comparison of the iptables-based egress NAC and our egress NAC

**ผลการทดลอง**

ผลการวัดประสิทธิภาพระบบ Egress NAC แบบ Open source ที่ทำงานแบบ Iptables-based ผลปรากฏดัง (Figure 3) จากรูปจะเห็นว่าหากจำนวนกฎน้อย (0-13,000) ค่า Connection time และค่า Response time ของ Iptables-based มีค่าน้อยมาก โดยค่าเวลาที่มากที่สุดที่ช่วงความเชื่อมั่น 95% คือ  $1.34 \pm 1.15$  ms และ  $2.60 \pm 1.16$  ms ตามลำดับ นั่นคือระบบยังมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบ Packet ของผู้ใช้ได้เป็นอย่างดี แต่เมื่อจำนวนกฎมีมากขึ้น (17,000-30,000) ยิ่งเพิ่มจำนวนกฎค่าเวลาที่ไต่ยิ่งเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก โดยค่า Connection time และค่า Response time ที่มากที่สุดคือ  $192.23 \pm 1.83$  ms และ  $354.25 \pm 5.49$  ms ตามลำดับ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพที่ลดลงเมื่อเทียบกับระบบที่งานวิจัยนี้พัฒนา ซึ่งจะเห็นว่าแม้ว่าจะเพิ่มจำนวนกฎมากขึ้นก็ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการตรวจสอบที่ลดลง โดยค่า Connection time และค่า Response time ที่มากที่สุดคือ  $0.50 \pm 0.046$  ms และ  $0.82 \pm 0.044$  ms ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าเวลาที่น้อยมาก

และเนื่องจาก Packet ที่ Egress NAC จะต้องตรวจสอบกับกฎ Firewall ที่มีอยู่ อีกทั้งต้องนำข้อมูลไปประมวลผล จึงจะส่ง Packet ตอบกลับผู้ใช้ได้ ทำให้ค่า Response time มีค่ามากกว่า Connection time อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าระบบที่พัฒนามีประสิทธิภาพในการตรวจสอบ Packet ผู้ใช้มากกว่า นอกจากการทดสอบ Capacity ในช่วงต้นแล้ว งานวิจัยนี้ยังทำการวัดประสิทธิภาพของระบบที่ต้องเผชิญกับเครือข่ายที่มีขนาดใหญ่มากในสถานการณ์ต่างๆ ตามที่กล่าวมา ผลที่ได้แสดงดัง (Figure 4)

ซึ่งพบว่า Request rate และ จำนวน Connection ที่มากขึ้นย่อมส่งผลต่อค่าเวลาที่เพิ่มขึ้นเพราะมี Traffic มากขึ้น อย่างไรก็ตามรูปแบบของค่าที่ได้คล้ายกัน โดยที่ 5,000 และ

20,000 Request rate แม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงของ Connection time และ Response time อยู่ตลอด (ทั้งนี้ก็เนื่องจากขึ้นอยู่กับจังหวะความคับคั่ง และความสามารถในการประมวลผลของ Egress NAC ณ เวลานั้นๆ) แต่การเพิ่ม Connection และจำนวนกฎไม่ได้ทำให้ค่าเวลาแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง ค่าที่ได้ยังคงใกล้เคียงกันในแต่ละการเพิ่ม Connection

ที่ 40,000 Request rate ลักษณะของค่าที่ได้ยังคงเป็นเช่นเดิม คือไม่ได้แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงในแต่ละการเพิ่ม Connection แต่จะสังเกตว่าค่า Response time ที่ 510 connections ยังอยู่ในระดับต่ำกว่า 300 ms เนื่องจากจำนวน Connection ยังไม่มาก แม้มี Request rate ที่มากแต่หากระบบยังสามารถประมวลผลจัดการ Packet ได้ ค่าที่ได้ก็จะไม่เพิ่มมากนัก แต่เมื่อจำนวน Connection มากขึ้นผนวกกับ Request rate ที่มาก ค่าก็จะมากขึ้นโดยขึ้นอยู่กับความคับคั่งและการประมวลผล Packet ที่ Egress NAC ณ ช่วงเวลานั้นๆ

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะเพิ่ม Request rate ไปที่ 40,000 req/s จำนวน Connection มากถึง 32,766 และมีกฎ Iptables ถึง 30,000 กฎ ค่า Connection time และค่า Response time ที่มากที่สุดยังอยู่ในระดับที่น้อยและไม่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงกับจำนวนกฎที่น้อยกว่า นั้นแสดงว่า ระบบ Egress NAC ที่พัฒนาสามารถให้บริการเครือข่าย Multi-Hop ขนาดใหญ่ได้อย่างดี และหากใช้ Hardware ที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ก็อาจได้ค่าเวลาที่น้อยลง

**ทดสอบ Flexibility ของการใช้งานระบบ**

เพื่อความยืดหยุ่นในการติดตั้ง ได้พัฒนาระบบให้สามารถเชื่อมต่อที่ Core layer โดยที่สามารถใช้ระบบ IP address ของเครือข่ายเดิม ซึ่งไม่สามารถทำได้กับระบบ Open source หลายระบบที่กล่าวมา

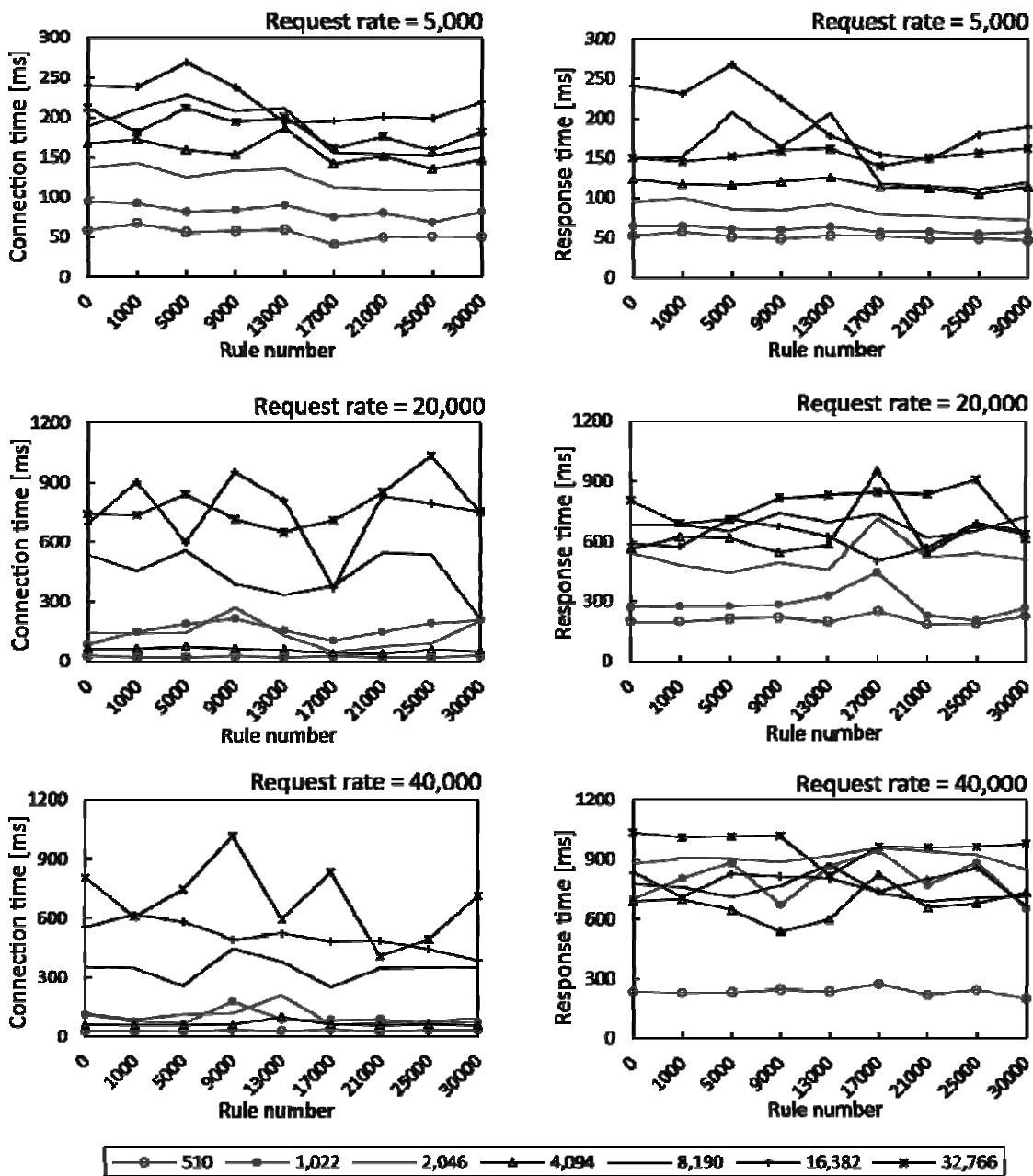


Figure 4 Our egress NAC in different request rates, connections, and rule numbers

จาก (Figure 5) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Bridge ที่ Core layer ของระบบ เริ่มจากเชื่อม Egress NAC ที่หมายเลข 1 เข้ากับ Core switch ที่หมายเลข 2 และที่หมายเลข 3 ก็จะเชื่อมไปยัง Switch ที่ Distribution layer ต่อไป ในส่วนการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต หมายเลข 4 ที่ Egress NAC เชื่อมต่อไปยังหมายเลข 5 ที่ Gateway router และหมายเลข 6 เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตต่อไป จากนั้นตั้งค่า Configuration files ตามที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อ “การเชื่อมต่อเครือข่าย”

ระบบเดิมที่ไม่มี Egress NAC จะเชื่อมต่อ Core switch จากหมายเลข 2 ไปยังหมายเลข 5 ที่ Gateway router โดยตรง แต่เมื่อติดตั้งระบบ Egress NAC ก็เพียงนำมาแทรก

กลาง จึงไม่ต้องแก้ไขโครงสร้างของระบบเดิม เพิ่ม Flexibility ในการติดตั้งอย่างมาก นอกจากนี้ระบบยังไม่ต้องตั้งค่าใดๆ ฝั่ง Client ทำให้ไม่มีข้อจำกัดในการใช้งานระบบจาก Client ทุกอุปกรณ์และทุกระบบปฏิบัติการ

**ทดสอบ Validity ในการเก็บข้อมูลผู้ใช้**

เมื่อผู้ใช้ทำการ Login เข้าสู่ระบบผ่านหน้า login.php หากข้อมูลผู้ใช้ถูกต้องก็จะนำข้อมูลผู้ใช้ตามข้อกำหนดของประกาศกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เรื่อง หลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ พ.ศ. 2550 ไปเก็บไว้ใน Log files ที่ Accounting server

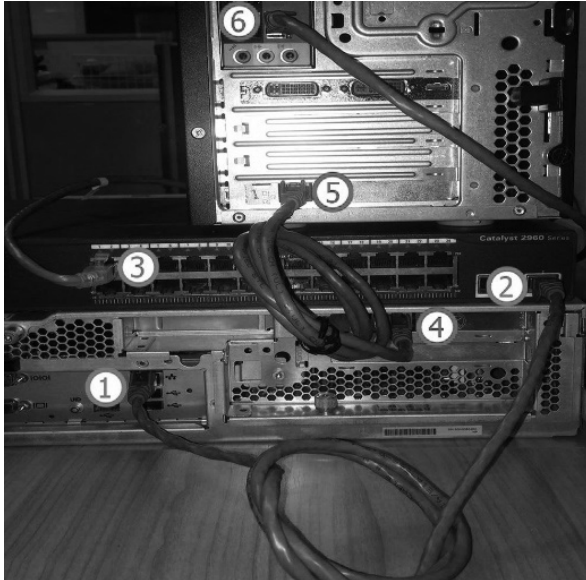


Figure 5 Core layer network set up

```
Tue Nov 10 09:56:14 2015
Acct-Status-Type = Start
Acct-Authentic = Local
User-Name = "alice"
Framed-IP-Address = 10.31.7.30
Calling-Station-Id = "00-3B-9D-CB-5F-7A"
NAS-Identifier = "Egress NAC"
NAS-IP-Address = 10.99.90.2
```

Figure 6 Authentication log

ในการตรวจสอบ Validity ของการเก็บข้อมูลสำคัญอย่าง MAC address ที่แท้จริงของเครื่องผู้ใช้ใน Log files ผลการเก็บข้อมูลปรากฏดัง (Figure 6) จะเห็นว่าแม้ว่าเครื่อง Client จะอยู่ต่าง Hop กับ Egress NAC server (Figure 2) ระบบยังสามารถเก็บ MAC address (00-3B-9D-CB-5F-7A) ที่เป็นหมายเลขจริงของเครื่องผู้ใช้ที่ใช้ในการทดลองและข้อมูลอื่นๆ ตามข้อกำหนดของหลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ พ.ศ. 2550 ได้อย่างถูกต้อง

### สรุปผล

เครือข่าย Multi-Hop มักเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ที่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์เครือข่ายหลายชนิด การเลือกระบบ Egress NAC จึงต้องคำนึงถึง 3 ปัจจัยหลัก คือ Capacity Flexibility และ Validity ซึ่งระบบ Open source ส่วนใหญ่มักมีปัญหาบนเครือข่ายแบบ Multi-Hop ที่ต้องแก้ไขระบบเครือข่ายใหม่ให้สนับสนุนระบบที่เลือกมาติดตั้ง อีกทั้งมี Capacity ที่น้อย หรืออีกหลายระบบที่ต้องตั้งค่า Agent ฝั่ง Client อาจมีปัญหา Flexibility ในการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์เครือข่าย และความเข้ากันได้ของซอฟต์แวร์ที่ทำงานแตกต่างระบบปฏิบัติการ และระบบที่ไม่ต้องตั้งค่าฝั่ง Client ก็ยังคงมีปัญหา Validity ในการเก็บข้อมูล Log ของผู้ใช้ที่ผิดพลาด

งานวิจัยนี้จึงพัฒนาระบบ Egress NAC เพื่อสนับสนุนการทำงานทั้ง 3 ปัจจัยหลัก โดยมีทั้งประสิทธิภาพในการให้บริการ ความยืดหยุ่นในการติดตั้งใช้งาน และความถูกต้องในการเก็บข้อมูลผู้ใช้

แต่ระบบยังต้องพัฒนาต่อในส่วนความสามารถในการให้บริการในกรณีที่ระบบมีความซับซ้อน (เนื่องจากติดตั้งที่ Core layer ของเครือข่ายซึ่งเป็นจุดสำคัญที่สุดของระบบ) โดยจะต้องส่งผลน้อยมากต่อการใช้งานตามปกติของเครือข่าย

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ปี 2558 จากหลักสูตรวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และขอขอบคุณข้อมูลระบบ Egress NAC จากสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

### เอกสารอ้างอิง

1. Aboba B, Wood J. Authentication, Authorization and Accounting (AAA) Transport Profile. IETF RFC 3539, 2003;
2. Netfilter. The netfilter.org iptables project. Available from <http://www.netfilter.org/projects/iptables>. Accessed July 10, 2015.
3. ประกาศกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เรื่องหลักเกณฑ์การเก็บรักษาข้อมูลจราจรทางคอมพิวเตอร์ของผู้ให้บริการ พ.ศ. 2550. ราชกิจจานุเบกษา
4. Linux Foundation. Bridge. Available from <http://www.linuxfoundation.org/collaborate/workgroups/networking/bridge>. Accessed October 29, 2015.
5. Suwannasa A, Puangpronpitag S. The Enhancement of Egress NAC Systems for Valid Logging. Journal of Science and Technology Mahasarakham University 2015; 34[3]: 270-276.
6. Coovachilli. Open Source Captive Portal Access Controller and RADIUS Software. Available from <http://coova.org/>. Accessed November 1, 2015.
7. ClearOS. Captive Portal with Dansguardian. Available from [http://www.clearos.com/resources/documentation/clearos/content:en\\_us:kb\\_howtos\\_captive\\_portal\\_with\\_dansguardian](http://www.clearos.com/resources/documentation/clearos/content:en_us:kb_howtos_captive_portal_with_dansguardian). Accessed November 1, 2015.
8. Vincent S, Vancon T. PepperSpot The Next Generation Captive Portal. Available from <http://pepperspot.sourceforge.net>. Accessed November 1, 2015.

9. NoCatAuth. Available from <http://sourceforge.net/projects/nocatauth>. Accessed November 1, 2015.
10. IEEE SA-Standards Board. IEEE Std 802.1X-2004 - Port Based Network Access Control. IEEE; 2004;
11. Cisco. Network Admission Control. Available from <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/network-admission-control>. Accessed October 19, 2015.
12. Microsoft. Networking and Access Technologies. Available from <https://technet.microsoft.com/en-us/network/bb545879>. Accessed October 29, 2015.
13. TCG. Trusted Network Communications. Available from [http://www.trustedcomputinggroup.org/developers/trusted\\_network\\_communications](http://www.trustedcomputinggroup.org/developers/trusted_network_communications). Accessed October 29, 2015.
14. Serrao GJ. Network access control (NAC): An Open Source Analysis of Architectures and Requirements. IEEE International Carnahan Conference on Security Technology (ICCST); 2010; 94-102.
15. Czarny B. Network Access Control Technologies. 2008;
16. Soutmun N, Soutmun S. Rahunas - Durable Captive Portal Solution. Available from <http://authen.rahunas.org>. Accessed November 1, 2015.
17. Ricciardi F. Hotspot router for authenticated network access. Available from <http://www.zeroshell.org>. Accessed November 1, 2015.
18. Puangpronpitag S, Suwannasa A. A design of egress NAC using an authentication visa checking mechanism to protect against MAC address spoofing attacks. 8th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON); 2011; 300-303.
19. Puangpronpitag S, Suwannasa A. A Lightweight Agent-based Egress NAC on Wireless LAN. International Conference on Computer & Information Science (ICCIS); Kuala Lumpur, Malaysia. IEEE 2012;
20. SangforIAM. Internet Access Management. Available from <http://www.sangfor.com/product/Internet-AccessManagement/outline.html>. Accessed July 2, 2014.
21. Forescout Technologies. Network Access Control & NAC Solutions. Available from <http://www.forescout.com>. Accessed November 1, 2015.
22. Kadlecik J. The netfilter.org ipset project. Available from <http://www.netfilter.org/projects/ipset>. Accessed June 16, 2015.
23. Kidd E. XML-RPC for C and C++ A lightweight RPC library based on XML and HTTP. Available from <http://xmlrpc-c.sourceforge.net>. Accessed November 1, 2015.
24. Httpperf. A tool for measuring web server performance. Available from <http://www.hpl.hp.com/research/linux/httpperf>. Accessed October 29, 2015.



## คำแนะนำสำหรับผู้พิมพ์

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำหนดพิมพ์ปีละ 6 ฉบับ ฉบับที่ 1 (มกราคม-กุมภาพันธ์) ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน) ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน) ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม-สิงหาคม) ฉบับที่ 5 (กันยายน-ตุลาคม) ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน-ธันวาคม) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้ โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิม หรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาผลงานพิมพ์ในวารสารใด บทความอาจถูกดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา รูปแบบ และสำนวน ตามที่กองบรรณาธิการเห็นสมควร ทั้งนี้เพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากลและนำไปอ้างอิงได้

### การเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ละเรื่องจะต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การใช้ภาษาไทยให้ยึดหลักการใช้คำศัพท์การเขียนทับศัพท์ภาษาอังกฤษตามหลักของราชบัณฑิตยสถานให้หลีกเลี่ยงการเขียนภาษาอังกฤษปนภาษาไทยในข้อความ ยกเว้นกรณีจำเป็น เช่น ศัพท์ทางวิชาการที่ไม่มีทางแปล หรือคำที่ใช้แล้วทำให้เข้าใจง่ายขึ้น คำศัพท์ภาษาอังกฤษที่เขียนเป็นภาษาไทยให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมด ยกเว้นชื่อเฉพาะ สำหรับต้นฉบับภาษาอังกฤษควรได้รับความตรวจสอบที่ถูกต้องด้านการใช้ภาษาจากผู้เชี่ยวชาญด้านภาษาอังกฤษก่อน
2. ขนาดของต้นฉบับ ใช้กระดาษขนาด A4 (8.5x11 นิ้ว) และพิมพ์โดยเว้นระยะห่างจากขอบกระดาษด้านละ 1 นิ้ว จัดเป็น 2 คอลัมน์ ระยะห่างระหว่างบรรทัดในภาษาที่ใช้ double space ภาษาอังกฤษล้วนให้เป็น single space
3. ชนิดของขนาดตัวอักษร ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้ใช้ตัวอักษร Browallia New ชื่อเรื่องให้ใช้อักษรขนาด 18 pt. ตัวหนา ชื่อผู้พิมพ์ใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวปกติ หัวข้อหลักใช้อักษรขนาด 16 pt. ตัวหนา หัวข้อรองใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา บทคัดย่อและเนื้อเรื่องใช้ตัวอักษรขนาด 14 pt. ตัวหนา เชิงอรรถหน้าแรกที่เป็นชื่อตำแหน่งทางวิชาการ และที่อยู่ของผู้พิมพ์ ใช้อักษรขนาด 12 pt. ตัวหนา
4. การพิมพ์ต้นฉบับ ผู้เสนองานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง ได้แก่ ".doc" (MS Word) หรือ ".rtf" (Rich Text)
5. จำนวนหน้า ความยาวของบทความไม่ควรเกิน 15 หน้า รวมตาราง รูป ภาพ และเอกสารอ้างอิง
6. จำนวนเอกสารอ้างอิงไม่เกิน 20 หน้า
7. รูปแบบการเขียนต้นฉบับ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ประเภทบทความรายงานผลวิจัยหรือบทความวิจัย (research article) และบทความจากการทบทวนเอกสารวิจัยที่ผู้อื่นทำเอาไว้ หรือบทความทางวิชาการ หรือบทความทั่วไป หรือบทความปริทัศน์ (review article)

### บทความรายงานผลวิจัย ให้เรียงลำดับหัวข้อดังนี้

**ชื่อเรื่อง (Title)** ควรสั้น กระชับ และสื่อเป้าหมายหลังของงานวิจัย ไม่ใช้คำย่อ ความยาวไม่เกิน 100 ตัวอักษร ชื่อเรื่องให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

**ชื่อผู้พิมพ์ [Author(s)]** และที่อยู่ ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และระบุตำแหน่งทางวิชาการ หน่วยงาน หรือสถาบันที่สังกัด และ E-mail address ของผู้พิมพ์ไว้เป็นเชิงอรรถของหน้าแรก เพื่อกองบรรณาธิการสามารถติดต่อได้

**บทคัดย่อ (Abstract)** เป็นการย่อเนื้อความงานวิจัยทั้งเรื่องให้สั้น และมีเนื้อหาครบถ้วนตามเรื่องเดิม ความยาวไม่เกิน 250 คำ หรือไม่เกิน 10 บรรทัด และไม่ควรใช้คำย่อ

**คำสำคัญ (Keyword)** ให้ระบุไว้ท้ายบทคัดย่อของแต่ละภาษาประมาณ 4-5 คำสั้น ๆ

**บทนำ (Introduction)** เป็นส่วนเริ่มต้นของเนื้อหา ที่บอกความเป็นมา เหตุผล และวัตถุประสงค์ ที่นำไปสู่งานวิจัยนี้ ให้ข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องจากการตรวจสอบเอกสารประกอบ

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา (Materials and Methods)** ให้ระบุรายละเอียด วัน เดือน ปีที่ทำทดลอง วัสดุ อุปกรณ์ สิ่งที่น่าสนใจ จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปลผล

**ผลการศึกษา (Results)** รายงานผลที่ค้นพบ ตามลำดับขั้นตอนของการวิจัย อย่างชัดเจนได้ใจความ ถ้าผลไม่ซับซ้อนและมีตัวเลขไม่มากควรใช้คำบรรยาย แต่ถ้ามีตัวเลข หรือ ตัวแปรมาก ควรใช้ตารางหรือแผนภูมิแทน

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาดตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือตั้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

**ตาราง รูป ภาพ แผนภูมิ (Table, Figures, and Diagrams)** ควรคัดเลือกเฉพาะที่จำเป็น แทรกไว้ในเนื้อเรื่องโดยเรียงลำดับให้สอดคล้องกับคำอธิบายในเนื้อเรื่อง และมีคำอธิบายสั้น ๆ เป็นภาษาอังกฤษ ที่สื่อความหมายได้สาระครบถ้วน กรณีที่เป็นตาราง คำอธิบายอยู่ด้านบน ถ้าเป็นรูป ภาพ แผนภูมิ คำอธิบายอยู่ด้านล่าง

**กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)** ระบุสั้น ๆ ว่างานวิจัยได้รับงานสนับสนุน และความช่วยเหลือจากองค์กรใดหรือผู้ใดบ้าง

**เอกสารอ้างอิง (References)** ระบุรายการเอกสารที่นำมาใช้อ้างอิงให้ครบถ้วนไว้ท้ายเรื่อง โดยใช้ Vancouver Style ดังตัวอย่างข้างล่าง และสามารถดูรายละเอียดและตัวอย่างเพิ่มเติมได้ที่ [www.journal.msu.ac.th](http://www.journal.msu.ac.th)

### 1. การอ้างอิงหนังสือ

**รูปแบบ:** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. พิมพ์ครั้งที่. สถานที่เมืองพิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. p 22-5. (ชื่อชุด; vol 288).

**ตัวอย่าง:** Getqen,TE. Health economics: Fundamentals of funds. New York: John Wiley & Son; 1997. P. 12-5 (Annals of New York academy of science; voll 288).

ชมพูนุช อ่องจิต. คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539

### 2. การอ้างอิงจากวารสาร

**รูปแบบ:** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่องหรือชื่อบทความ. ชื่อวารสาร. ปีที่พิมพ์ เดือนย่อ 3 ตัวอักษร วันที่;ปีที่ (ฉบับที่): เลขหน้า.

**ตัวอย่าง:**

ก. วารสารไม่เรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FK, Coppel AL, Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998 Mar 1;55(5):697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นกบริหาร 2547;24(2): 31-6

ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

Russell FD, Coppel AL Davenport AP. In vitro enzymatic processing of radiolabelled big ET-1 in human Kidney as a food ingredient, Biochem Pharmacol 1998;55:697-701

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นกบริหาร 2547;24(2): 31-6

### 3. รายงานจากการประชุมวิชาการ

**รูปแบบ :** ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ใน: ชื่อคณะบรรณาธิการ, editors. ชื่อเอกสารรายงานการสัมมนา เดือน (ย่อ 3 ตัว) วันที่; เมืองที่สัมมนา, ประเทศ. เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์; ปีที่พิมพ์. P.1561-5

**ตัวอย่าง:** Bengtsson S, solheim BG. Enforcement of data protection, privacy and security and security in medical infomatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switzerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.

พิทักษ์ พุทธวรชัย, กิตติ บุญเลิศรินทร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้น การสูกของพริก. ใน: เอกสารการประชุมสัมมนาทางวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 15. สถาบันวิจัยและพัฒนา สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. กรุงเทพฯ; 2541. หน้า 142-9

#### 4. การอ้างอิงจากพจนานุกรม

รูปแบบ: ชื่อพจนานุกรม. พิมพ์ครั้งที่. เมืองหรือสถานที่พิมพ์; ปีที่พิมพ์. หน้า.

ตัวอย่าง: Stedmin's medical dictionary. 26<sup>th</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1995. Apraxia; p. 119-20.

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชันส์; 2546. หน้า 1488

#### 5. การอ้างอิงจากหนังสือพิมพ์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อหนังสือพิมพ์ ปี เดือน วัน; Sect.: sohk 15.

ตัวอย่าง: Lee G. Hospitalizations tied to ozone pollution: study estimates 50,000 admissions annually. The Washington Post 1996 Jun 21; Sect. A: 3(col.5).

พรรณี รุ่งรัตน์ สทศ ตั้งทีมพัฒนาข้อสอบระดับชาติมันใจคุณภาพ. เดลินิวส์ 12 พฤษภาคม 2548.

#### 6. อ้างอิงจากหนังสืออิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: ชื่อผู้แต่ง. ชื่อเรื่อง. ชื่อวารสารอิเล็กทรอนิกส์ [หรือ serial online] ปีที่พิมพ์เอกสาร ถ้าจำเป็นระบุเดือนด้วย; Vol no (ฉบับที่): [จำนวนหน้าจากการสืบค้น]. ได้จาก: URL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> วันที่ เดือน ปีที่ทำการสืบค้น (เขียนเต็ม)

ตัวอย่าง: More SS. Factors in the emergence of infectious disease, Emerh Infect Dis [serial online] 1995 Jan-Mar; (1): [24 screene]. Available from: RL: <http://www.edc.gov/neidoc/EID/eid.htm> Accessed 25, 1999.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้และทิศทางในอนาคต. วารสารเทคโนโลยีวัสดุ ตุลาคม-ธันวาคม (17): 2542 ได้จาก: <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th/index.html> May 13 2005.

## Instruction for Authors

Research manuscripts relevant to subject matters outlined in the objectives are accepted from all institutions and private parties provided they have not been preprinted elsewhere. The context of the papers may be revised as appropriate to the standard. Vol.1 (January-February) Vol.2 (March-April) Vol.3 (May-June) Vol.4 (July-August) Vol.5 (September-October) Vol.6 (November-December)

### Preparation of manuscripts:

1. Manuscripts can be written in either Thai or English with the abstract in both Thai and English. Papers should be specific, clear, concise, accurate, and consistent. English language manuscripts should be checked by an English language editor prior to submission.
2. Manuscripts should be typed in MS word ".doc" or ".rtf" (Rich Text) on standard size paper, A4 or 8.5x11 inches, and arranged in two columns: single space for English, double space for Thai language.
3. Browallia font type is required with font size as follows:
  - Title the article: 18 pt. Bold
  - Name(s) of the authors: 16 pt.
  - Main Heading: 16 pt. Bold
  - Sub-heading: 14 pt. Bold
  - Body of the text: 14 pt
  - Footnotes for authors and their affiliations: 12pt.
4. The number of pages to 15, including references, tables, graphs, or pictures.
5. Types of manuscripts accepted: research articles and review articles.
6. Organization of research articles.

**Title:** denoted in both Thai and English, must be concise and specific to the point, normally less than 100 characters. Name(s) of the author(s) and their affiliation must be given in both Thai and English.

**Abstract:** This section of the paper should follow an informative style, concisely covering all the important findings in the text. Authors should attempt to restrict the abstract to no more than 250 words.

**Keywords:** Give at least 4-5 concise words.

The body of the text comprises the following headings:

**Introduction:** A summary of who is doing what, why where, and when?

**Materials and Methods:** A discussion of the materials used, and a description clearly detailing how the experiment was undertaken, e.g., experimental design, data collection and analysis, and interpretation.

**Results:** Present the output. If the information is complicated, add tables, graphs, diagrams etc., as necessary.

**Discussion and Conclusion:** Discuss how the results are relevant to the objectives or former findings, why? Finally state what recommendations could be drawn.

**Tables, figures, diagrams, pictures:** should be screened for those important to support the findings, and separated from the text. Captions should be placed above the tables but under the figures.

**Acknowledgement:** the name of the persons, organization, or funding agencies who helped support the research are acknowledged in this section.

**References:** listed and referred to in vancouver style.  
(<http://www.library.uq.edu.au/training/citation/vancouv.html>)

7. Authors of review articles should follow the typical format style. This includes an introduction, the body of content, conclusion, and references.

### **Submission of manuscripts**

Manuscripts can be submitted to the Editorial Board, Department of Research Support and Development, Mahasarakham University, Khamriang Subdistrict, Kantarawichai District, Maha Sarakham Province, 44150. Tel: 0-43754416 or 0-43754416 ext. 1339. Fax: 0-43754416.  
The author should submit the original paper and one copy together with a written disc.

### **Review of manuscripts:**

1. The editorial board will review all manuscripts for format compliance. Manuscripts formatted incorrectly will be returned to the author for correction.
2. Following submission of the corrected manuscript, the Peer Review Committee will review and offer comments
3. Manuscripts receiving the approval of the Peer Review Committee may be returned to the author for revision as advised by the Committee. Manuscripts failing to adopt the Committee's suggestions will not be published.



## ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-นามสกุล .....

ที่อยู่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ถนน..... แขวง/ตำบล.....

อำเภอ..... จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรสาร..... E-mail.....

หน่วยงาน.....

.....

.....

ถนน..... แขวง/ตำบล..... อำเภอ.....

จังหวัด..... รหัสไปรษณีย์..... โทรศัพท์.....

- สมัครเป็นสมาชิกหนึ่งปี      ค่าสมัคร 400 บาท
- สมัครเป็นสมาชิกสองปีติดต่อกัน      ค่าสมัคร 800 บาท

ท่านสามารถส่งจ่ายธนาคารหรือตัวแลกเงิน สั่งจ่าย ปณ.ทำxonยาง ในนาม:

**นางฉวีวรรณ อังครระเศษฐัง กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**

**ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150**



## Membership Application Form

### Journal of Science and Technology Mahasarakham University

Date.....

Name (Last).....(First).....

Mailing Address.....

.....

Sub-district..... District.....

Province (City/state)..... Country.....

Postal Code..... E-mail Address.....

Telephone No..... Fax No.....

One-Year membership (400 Baht)

Two Year Membership (800 Baht)

Please send your personal check or money order to the following address:

Mrs.Chaweewan Akkasesthang, Division of Research Supprt and Development, Boromarachakumaree  
Building, Khamriang Sub-district, Kantharawichai District, Maha Sarakham Province 44150