



Volume 35 Number 4 July - August 2016  
ISSN : 1686-9664

Journal of

# SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY

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

Journal of Science and Technology Maharakham University  
were listed Thai-Journal Citation Index Centre.  
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อยู่ในฐานข้อมูล TCI

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีที่ 35 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม 2559

Journal of SCIENCE and TECHNOLOGY MAHASARAKHAM UNIVERSITY Volume 35 Number 4 July - August 2016



ปีที่ 35 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม 2559  
ISSN : 1686-9664

วารสาร

# วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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



**วัตถุประสงค์**

เพื่อเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการและผลงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีเนื้อหาครอบคลุมงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์สุขภาพและวิศวกรรมศาสตร์ บทความและบทความวิจัยที่จะนำมาตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะต้องได้รับการตรวจสอบทางวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิ (peer review) ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเพื่อให้วารสารมีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล

**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 ไม้ไม้  
ศาสตราจารย์ ดร.วิชัย บุญแสง

**บรรณาธิการ**

ศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ประเทพา  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**ผู้ช่วยบรรณาธิการ**

รองศาสตราจารย์ นายสัตวแพทย์ ดร.วรพล เองวานิช  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**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 ศิริอมพรพรรณ  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
รองศาสตราจารย์ ดร.อำพล ธรรมเจริญ  
มหาวิทยาลัยบูรพา  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา บุญยะสิทธิ์พรรณ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ขวัญใจ กนกเมธากุล  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา อารมณีดี  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.นิวัฒน์ เสนาะเมือง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญจง ขาวสิทธิวงษ์  
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.พรเทพ ถนงแก้ว  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.นฤมล แสงประดับ  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เทอดศักดิ์ คำเหม็ง  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
รองศาสตราจารย์ ดร.เย็น ภู่วรรณ  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
รองศาสตราจารย์ ดร.วิลยา สุทธิชา  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชวลิต บุญปก  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัววรรณ ศรีชัยกุล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บังอร กุมพล  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิริเกษม ศิริลักษณ์  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิศรา ประสพพัฒนา  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพรัตน์ พุทธกาล  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุชา เพียรชนะ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี  
อาจารย์ ดร.เสกสรร สุขะเสนา  
มหาวิทยาลัยนเรศวร  
อาจารย์ ดร.รักษิณดา วัฒนาลัย  
มหาวิทยาลัยสยาม  
อาจารย์ ดร.สมนึก พวงพรพิทักษ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
Mr.Paul Dulfer  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม  
นางฉวีวรรณ อรรถะเศรษฐ์  
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**เลขานุการ**

นางพิชชา โชติวรรณกุล

**ผู้ช่วยเลขานุการ**

นางจิรารัตน์ กุสีฤทธิ์  
นางพักตร์วิไล 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

บทความและความคิดเห็นในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นความคิดเห็นของผู้เขียนกองบรรณาธิการ ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไปและบทความในวารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สวทศ.ตีพิมพ์ตามกฎหมายไทยการจะนำไปเผยแพร่ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากกองบรรณาธิการเท่านั้น

**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-distict, Kantharawichai District,  
Maha Sarakham Province 44150  
Tel & Fax: 0 4375 4238 ext. 1754

**Advisors**

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

**Editor-in-Chief**

Professor Dr.Preecha Prathepha  
Maharakham University

**Assistant Editors**

Associate Professor Dr.Worapol Aengwanich  
Maharakham University

**Editorial Board**

Professor Dr. Thaweesakdi Boonkerd  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.La-orsri Sanoamuang  
Khon Kaen University  
Professor Dr.Supannee Promthet  
Khon Kaen University  
Professor Dr. Pranee Anprung  
Chulalongkorn University  
Professor Dr.Sampam 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 Puangprongpitag  
Maharakham University  
Paul Dulfer  
Maharakham University  
Chaweewan Akkasesthang  
Maharakham University

**Secretary**

Pichaya Chowtivanakul

**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

The articles and opinions expressed in the Journal of Science and Technology are those of the authors. Readers are invited to make argumentative comments to any article appearing in the journal. All articles in the Journal of Science and Technology are protected by the copyright laws of Thailand, and publishing or dissemination of any article requires written permission of approval from the editorial board.

## บทบรรณาธิการ

ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของโลกด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมือง ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของพลเมืองโลก โดยรวมนั้น จากการจับกระแสโลกพบว่า นโยบายลดโลกร้อนที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลกที่เกิดขึ้น จากสาเหตุของมลพิษที่พลเมืองโลกได้สร้างขึ้น ยังเป็นนโยบายที่คงไว้เดิมและมีมาตรการเข้มข้นขึ้นตามลำดับ เพื่อความยั่งยืนของโลกใบนี้ที่ต้องหมุนตัวรอบตนเองและรอบดวงอาทิตย์วันแล้ววันเล่า ท่ามกลางมลพิษทั้งหลายทั้งปวงที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นมาปกคลุม ทั่วมุมโลกใบนี้ไปแล้วปีแล้ว

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับนี้ มีบทความวิจัยและบทความวิชาการที่น่าสนใจ จำนวน 13 เรื่อง การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระแสโลกด้านภาวะโลกร้อน ที่เกี่ยวข้องโดยตรงมีสองเรื่อง คือ การลดมลพิษที่เป็นสารเบนซีนในสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารพิษชนิดนี้ และการวิจัยการปลูกถั่วลิสงด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เรื่องแรกผู้วิจัยได้ค้นพบว่า เปลือกถั่วลิสงที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีความสามารถดักจับสารเบนซีนได้ดีกว่าวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบกัน น่าจะเป็นนิมิตรหมายว่า เปลือกถั่วลิสงน่าจะเป็นวัสดุที่สำคัญในระบบการใช้ประโยชน์ในด้านดักจับสารพิษอื่นๆ ได้อีกหลายชนิดและอาจนำไปสู่การผลิตชิ้นส่วนที่มีเปลือกถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อใช้ในการนี้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต การถกเถียงระหว่างการปลูกพืชที่ใช้ปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์ ยังไม่มีข้อยุติ ด้านการปกป้องรักษาดินให้มีความสมบูรณ์ รักษาระบบนิเวศนั้น ปุ๋ยอินทรีย์เป็นสิ่งที่ทุกฝ่ายให้เครดิตมากกว่าปุ๋ยเคมี ด้านผลผลิตนั้นยังมีข้อกังขาขึ้นอยู่กับแต่โดยทั่วไปเชื่อว่าการใช้ปุ๋ยเคมีน่าจะให้ผลผลิตดีกว่า ในบทความวิจัยที่นำเสนอในวารสารฉบับนี้ ที่ศึกษาผลผลิตถั่วลิสงจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น่าจะเป็นข้อค้นพบใหม่หรือข้อเสนอใหม่สู่วงการเกษตรกรรมอีกมุมหนึ่งที่แตกต่างในเชิงชนิดของพืชที่ปลูกเชิงพาณิชย์ ซึ่งนักวิชาการเกษตร น่าจะตื่นตาตื่นใจหรือในทางตรงข้ามอาจตกใจ ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อค้นพบดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีบทความวิจัยและบทความวิชาการอื่นที่ได้นำได้กล่าวถึงแต่มีความน่าสนใจ ที่ผู้เขียนได้นำเสนอ ผลการวิจัยที่ค้นพบความรู้ใหม่ รวมทั้งการนำเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในวงการวิชาการ ที่ควรติดตามอ่านทั้งฉบับโดยพลัน

ศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ประเทพา  
บรรณาธิการ

**คำอธิบายภาพปก** : การกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ

**ภาพปก** : ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์ และคณะ. 2559, 376-381., ชานนท์ ชื่นนรินทร์ และคณะ. 2559, 422-433.

## สารบัญ

### นิพนธ์ต้นฉบับ

- การกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 376  
**Filtration of Contaminated Benzene in Air Using Agricultural Waste**  
ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์, วิษณุศาสตร์ อาจโยธา  
Patapong Panpiboon, Vitsanusat Atyotha
- ความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว  
จังหวัดบึงกาฬ 382  
**Diversity of Ferns and Fern Allies in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Buengkan Province**  
วีระยุทธ ข้อนอก, ปิยะพร แสนสุข, อุษา ทองไพโรจน์  
Weerayut Khonok, Piyaporn Saensouk, U-sa Thongpairoj
- การตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่างสายพันธุ์ต่อปุ๋ยอินทรีย์ 393  
**Physiological Responses and Yield of Peanut Cultivars to Organic Fertilizers**  
ปลุกดิน ขยันงาน, สนั่น จอกลอย, นันทวุฒิ จงรังกลาง  
Plukdin kayanngan, Sanun Jogloy, Nuntawoot Jongrungklang
- ผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันต่อผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์ 405  
**Effect of Shoot Cutting at Different Growth Stages on Fresh Tuber Yield of Three Varieties of Jerusalem Artichoke**  
บุญธรรม ศรีหาล้า, สกุนกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแดง, พัชรี สิริตระกูลศักดิ์  
Boontham Srilah, Sakunkan Simla, Surasak Boontang, Phatcharee Siritrakulsak
- การพัฒนากระบวนสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา  
โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ 413  
**The Development of a Decision Support System to Apply for the Undergraduate Program Using Decision Tree Techniques**  
อนันต์ ปิณะเต  
Anan Pinate

## สารบัญ

- การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ 422
- Analyzing Color Values of a 3D Model for Color-blind People to Apply in a 3D Animated Cartoon**
- ชานนท์ ชื่นนิรันดร์, พงษ์พิพัฒน์ สายทอง, คชาภุษา เหลี่ยมไธสง  
Chanon Chuanniran, Pongpipat Saitong, Kachkrit Liamthaisong
- การจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสม ด้วยกระบวนการซ่อมแซม ร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบ 434
- Automated Course Timetabling using Hybrid Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search**
- ฉัตรดนัย พย์คณพงษ์, ฉัตรเกล้า เจริญผล  
Chatdanai Payakkapong, Chatklaw Jareonpon
- การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 445
- Geographic Information Systems for Analysis of a Surveillance Area of Psychiatric Patients in Hua Hin District, Prachuap Khiri Khan Province**
- อังคณา จัตตมาต, วุฒันนท์ มัตติทานนท์  
Aungkana Jattamart, Wutjanun Muttitanon
- การเปรียบเทียบผลการดูแลผู้คลอดครรภ์แรกระหว่างการนวดไทย แบบราชสำนักและการนวดกันกบต่อการลดความเจ็บปวดและลดเวลา ในระยะที่หนึ่งของการคลอด โรงพยาบาลมหาสารคาม 451
- The Comparative Effect of a Court-type Thai Traditional Massage Care Versus a Sacrum Massage Care to Reduce Labor Pain and Duration of Labor among Primigravida in The First Stage of Labor at Mahasarakham Hospital**
- ประภมพร มาตย์วิเศษ, ณัฐจาพร พิชัยณรงค์  
Pratomporn Matvises, Natchaporn Pichainarong

## สารบัญ

- ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น** 459  
**Parents' Attitudes Toward their Adolescent Child having Friends of the Opposite Sex**  
อััจฉรา ชัยชาญ, พร้อมจิตร ห่อนบุญheim, สุภาพร อาญาเมือง, อรัญญา ทองก้อน  
Atchara Chaichan, Promjit Hornboonherm, Supaporn Aryamuang, Aranya Thongkorn
- บทความวิชาการ**
- การติดเชื้อ Microsporidia ในคน** 467  
**Microsporidia Infection in Humans**  
สมจินตนา ท้วททิพย์  
Somjintana Tourtip
- คานไม้อัดกาว สำหรับงานโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทย** 478  
**The Glulam Beam for Long Span Timber Structures in Thailand**  
พีร์นิธิ อักษร  
Preenithi Aksorn

## การกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร Filtration of Contaminated Benzene in Air Using Agricultural Waste

ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์<sup>1</sup>, วิษณุศาสตร์ อาจโยธา<sup>2\*</sup>

Patapong Panpiboon<sup>1</sup>, Vitsanusat Atyotha<sup>2\*</sup>

Received: 10 October 2015; Accepted: 21 March 2016

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้สร้างตัวกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกถั่วลิสง, แกลบ, ชังข้าวโพด, ชานอ้อย และฟางข้าว โดยบรรจุในพัดลมดูดอากาศที่มีใบพัดและเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 3 แบบจากนั้นตรวจสอบความสามารถในการดูดซับเบนซีนของวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดด้วยเทคนิค ATR-IR พบว่า เปลือกถั่วลิสงมีประสิทธิภาพในการดูดซับเบนซีนสูงสุด (25%) รองลงมาคือแกลบ (20%) ชังข้าวโพด (11%) ชานอ้อย (5.24%) และ ฟางข้าว (4.38%) และอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับบรรจุตัวกรองที่ดีที่สุด คือ พัดลมดูดอากาศแบบห้าใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จากนั้นนำเปลือกถั่วลิสงบรรจุในอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปเก็บตัวอย่างเบนซีน 3 พื้นที่ ได้แก่ ปั๊มน้ำมัน ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ และ อู่ซ่อมรถยนต์ ในเขตอำเภอเมืองมหาสารคาม พบว่าร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีปริมาณเบนซีนปนเปื้อนสูงสุด คือ  $1.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  จากงานวิจัยนี้กล่าวได้ว่าวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรสามารถพัฒนาเป็นตัวกรองเบนซีนที่มีประสิทธิภาพที่สามารถพัฒนาต่อยอดไปได้

**คำสำคัญ :** เบนซีน ตัวกรอง การดูดซับ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

### Abstract

The purpose of this research was to invent an air filter that would remove contaminated Benzene from the air using 5 different agricultural wastes: peanut shells, husk, cob, bagasse and chaff. The completed filter was installed in an exhaust fan. The absorbing ability of the filter was monitored using the ATR-IR technique. It was found that the absorbing ability of the filter, arranged in order from the greatest to the least was peanut shells (25%), husk (20%), cob (11%), bagasse (5.24%) and chaff (4.38%). Moreover, the best design for installing the filter was a five-blade blower with a diameter of 20 cm. The filter made from peanut shells and the other developed equipment was set up at 3 different areas including a gas station, motorcycle repair shop and garage in Amphur Meaung, Mahasarakham. It was found that the motorcycle repair shops showed the highest contaminated benzene ( $1.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in the air. Therefore this research indicated that Agriculture Wastes can be utilized for removing benzene in the air.

**Keywords:** Benzene, Filter, Adsorption, Agricultural waste

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

<sup>2</sup> อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Mahasarakham University, Amphur Meaung, Mahasarakham 44000.

<sup>2</sup> Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Amphur Meaung, Khonkaen, 40000.

\* Corresponding author ; Vitsanusat Atyotha, HYPERLINK "mailto:v\_atyotha@hotmail.com" v\_atyotha@hotmail.com



## บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในเมืองเป็นปัญหาที่ขยายวงกว้างไปทั่วทุกแห่ง ไม่ว่าจะเป็นมลพิษ ในอากาศ ในดิน และในน้ำ ฯลฯ สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) สาร VOCs โดยเฉพาะเบนซิน เนื่องจากในธรรมชาติ เบนซินเป็นองค์ประกอบของสารปิโตรเลียม จึงทำให้เบนซินมีโอกาสนปนเปื้อนในน้ำมันเบนซินได้ มีข้อมูลว่าในน้ำมันเบนซินมีเบนซินปนเปื้อนอยู่น้อยกว่า 1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร<sup>1</sup> และจากผลการวิจัยการตรวจหาสารมลพิษ เบนซิน โทลูอีน และไซลีน ในไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน ทั้งในกลุ่มรถยนต์เก่าและใหม่<sup>2</sup> พบว่าค่าความเข้มข้นของเบนซิน โทลูอีน และไซลีน จะมากที่สุดที่รถยนต์เก่า คือ มีค่าเท่ากับ 12.11 ส่วนในล้านส่วน จึงเป็นไปได้อย่างมากที่จะพบเบนซินจากไอเสียของเครื่องยนต์ สถานีบริการน้ำมัน ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ และตู้ซ่อมรถยนต์ นอกจากนี้ในบูหรี่หมวนเองและบูหรี่กันกรองมีระดับเบนซินไม่ต่างกัน คือมีค่าเฉลี่ย  $68 \pm 11$  ไมโครกรัมต่อกรัมของบูหรี่หนึ่งหมวน<sup>3</sup> และยังมีรายงานผลการวิจัยจากสถาบันวิจัยจุฬารักษ์ ซึ่งสมเด็จพระเจ้าลูกเธอ เจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์ อัครราชกุมารี ทรงเป็นหนึ่งในคณะผู้วิจัย ระบุว่าคนงานในวัดที่ได้รับควันรูปซึ่งมีสารก่อมะเร็ง อย่างน้อย 3 ชนิด ได้แก่ สารเบนซิน สาร 1,3-บิวทาไดอีน และสารพอลิไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH) เมื่อทำการตรวจวัดความผิดปกติของดีเอ็นเอ พบว่า ระดับการแตกหักของดีเอ็นเอ และ 8-OHdG ในเม็ดเลือดขาวของคนงานที่ได้รับควันรูปจากการปฏิบัติงานในวัดสูงกว่าคนงานในหน่วยงานที่ไม่มีการจุดรูปประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้ความสามารถในการซ่อมแซมความผิดปกติของดีเอ็นเอของคนงานที่ได้รับควันรูปในวัดยังลดลง และยังพบอีกว่าความผิดปกติของดีเอ็นเอ มีความสัมพันธ์กับระดับการได้รับสารเบนซิน สาร 1,3-บิวทาไดอีน และสารพีเอเอชจากควันรูป<sup>4</sup> ทั้งนี้ปริมาณสูงสุดของเบนซินที่กระจายตัวอยู่ในอากาศบริเวณที่ทำงานโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต้องไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วน<sup>5</sup> และประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (พ.ศ. 2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าของสารเบนซินในบรรยากาศ ในเวลา 24 ชั่วโมงนั้น ต้องมีค่าไม่เกิน 7.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร<sup>6</sup> ดังนั้นเราจึงสามารถพบเบนซินได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งในและนอกบ้าน ตามระเบียบข้อกำหนดของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) กำหนดให้พนักงานเติมน้ำมันในสถานี

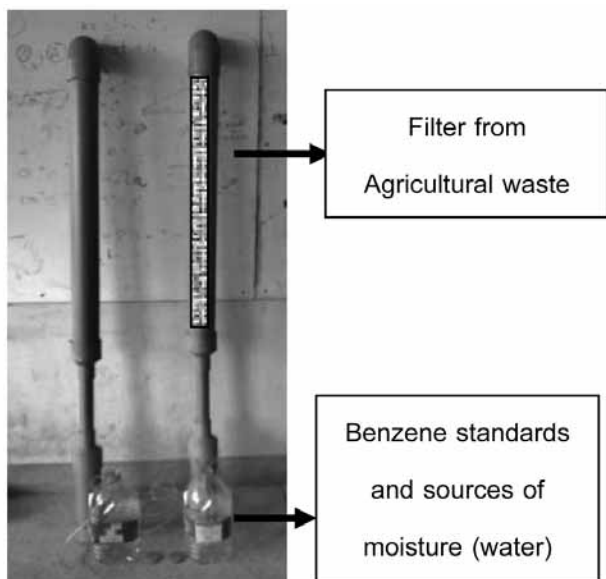
บริการน้ำมัน มีระดับเบนซินได้ไม่เกิน 0.1 ppm การได้รับพิษแบบเรื้อรังเป็นผลเนื่องมาจากมีการได้รับพิษที่ความเข้มข้นต่ำๆ เป็นเวลานาน ถ้าได้รับพิษที่ความเข้มข้น 1,500 ppm ใน 1 ชั่วโมง มีผลทำให้ระบบประสาทผิดปกติ ที่ความเข้มข้น 7,500 ppm ใน 1 ชั่วโมงครึ่งหรือ 20,000 ppm เป็นเวลา 2-3 นาที จะเป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิตได้ สาเหตุการเสียชีวิตเชื่อว่าเกิดจากการสูดดมไอระเหยของเบนซิน นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษา พบว่า ผู้ที่ได้รับสัมผัสเบนซินมีแนวโน้มความผิดปกติในสารพันธุกรรมสูงขึ้น ในขณะที่ความสามารถของการซ่อมแซมความผิดปกติของสารพันธุกรรมลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้<sup>7</sup> จากรายงานข้อมูลในปี พ.ศ.2554-2557 ของสำนักงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม พบว่าอำเภอเมืองมีการขยายตัวทั้งด้านสังคม เศรษฐกรรม และอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้มลพิษทางอากาศเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงต้องหาวิธีป้องกันอันตรายจากเบนซินในอากาศ จากผลงานวิจัยการบำบัดอากาศที่ปนเปื้อนเบนซินโดยการกรองชีวภาพด้วยตัวกลางกรองเศษวัสดุเกษตรกรรมคือเปลือกถั่วลิสงและแกลบพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเบนซินของเปลือกถั่วลิสง คือ 100% ส่วนแกลบ ได้ 61.38% ที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม อัตราการไหลของอากาศเข้าระบบเท่ากับ 0.42 ลิตร/นาที<sup>8</sup> ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องหาวัสดุอุปกรณ์ และตัวกลางที่ใช้ในการดักจับเบนซินที่มีราคาถูกสร้างง่าย และหาได้ในท้องถิ่น เพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้สร้างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอันตรายที่เกิดจากการปนเปื้อนของสารเบนซินในอากาศสำหรับท้องถิ่นของตัวเองได้

## วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้

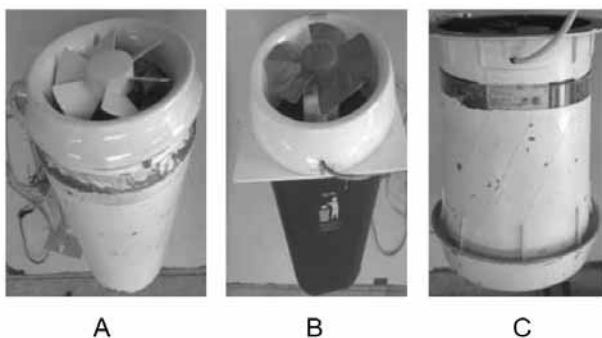
### 1. ขั้นตอนคัดเลือกตัวกรองสารเบนซิน

เตรียมตัวกลางจากเศษวัสดุเกษตรกรรม โดยการบดหรือตัดให้มีขนาด 4 เมช มีอยู่ 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกถั่วลิสง ชานอ้อย แกลบ หรือเปลือกข้าว ฟางข้าว ชังข้าวโพด นำเข้าสู่ระบบกรองที่ออกแบบขึ้น ซึ่งมีเงื่อนไขทดสอบ ดังนี้ คือ 1. สารละลายเบนซินบริสุทธิ์ 99 % ปริมาณ 5 ลิตร 2. แหล่งกำเนิดความชื้น ขนาด 5 ลิตร 3. คอลัมน์กรองชีวภาพ ทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ภายในบรรจุด้วยตัวกลางกรอง (เศษวัสดุทางการเกษตร) สูง 50 เซนติเมตร ดังนั้นจะมีปริมาตรของตัวกลางกรองประมาณ 1 ลิตร ต่อหนึ่งคอลัมน์ 4. ใช้อัตราการไหลอากาศ 0.5 ลิตร/นาที ดัง (Figure 1)



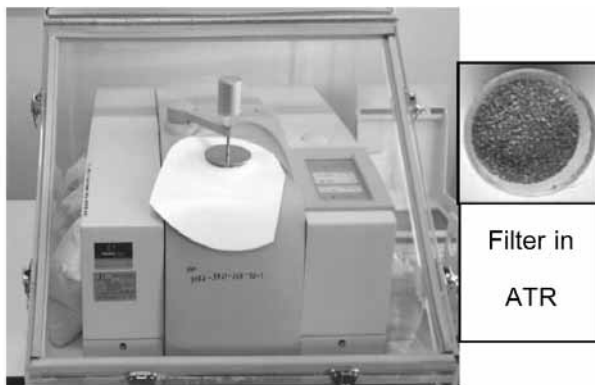
**Figure 1** Filter prepared from agricultural waste for adsorption efficiency investigation

2. ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์การกรองสารเบนซีน  
 สร้างอุปกรณ์ดักจับสารเบนซีนในอากาศ โดย  
 ต้องเป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย มีราคาถูก จึงได้เลือกพัดลมดูด  
 อากาศมา 3 แบบ อุปกรณ์ที่ใช้กรองสารเบนซีน A = แบบที่ 1  
 พัดลมแบบกลมหกใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm, B = แบบ  
 ที่ 2 พัดลมแบบกลมห้าใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm และ  
 = แบบที่ 3 พัดลมแบบกลมเจ็ดใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลาง 15  
 cm ดัง (Figure 4)



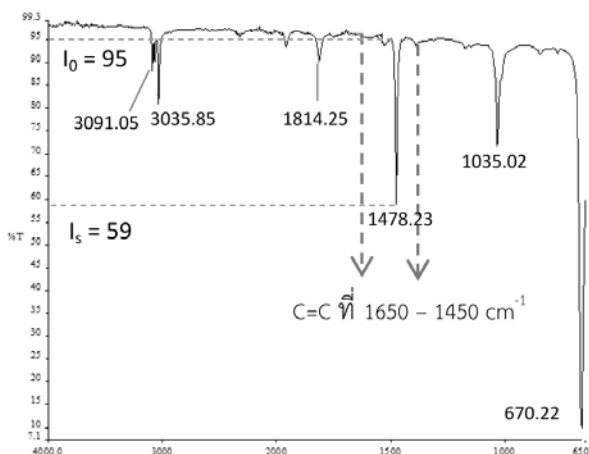
**Figure 4** Benzene filter

นำวัสดุที่ได้จากระบบกรองมาดให้ละเอียด นำ  
 ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spec-  
 trometer (ATR-IR) รุ่น Spectrum 400 Perkin Elmer สามารถ  
 หาปริมาณเบนซีนที่ถูกตัวกรองดูดซับไว้



**Figure 2** ATR-IR for analysis

เมื่อวิเคราะห์ตัวกรองชนิดต่างๆ ที่ดูดซับสารเบนซีน  
 จะได้กราฟของสารตัวอย่าง นำมาเปรียบเทียบกับกราฟของ  
 สารเบนซีนมาตรฐาน ที่ 1650 – 1450 cm<sup>-1</sup> (ฟังก์ชันหลักรูป  
 ของเบนซีน)<sup>10</sup> ดัง (Figure 3)



**Figure 3** ATR-IR spectra of standard benzene

โดยจะสามารถคำนวณหาปริมาณสารเบนซีนที่  
 ตัวกรองชนิดต่างๆ ที่ดูดซับไว้ได้ จากสมการ

$$C_u = C_s \frac{A_u}{A_s} \quad \dots (1)$$

เมื่อ  $A_u$  = ค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง  
 $A_s$  = ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน  
 $C_u$  = ค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง  
 $C_s$  = ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐาน

และเมื่อ Absorbance  $A = \log \frac{I_o}{I_s} = \log \frac{P_o}{P_s}$

$I_o$  = ตัวทำละลาย  $I_s$  = สารละลายตัวอย่างนำ  
 เปลือกแก้วลิส (ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับดีที่สุด)  
 ใส่ในอุปกรณ์ดักจับสารเบนซีนทั้ง 3 แบบ ทำการทดสอบ โดย

ต้องเป็นระบบปิด ควบคุม อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วลม ปริมาณตัวกรอง (เศษวัสดุทางการเกษตร) ปริมาณสารเบนซินมาตรฐาน 99 % ใช้เวลาในการทดลอง 30 วัน แล้วนำไส้กรองที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสารเบนซินด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance (ATR)

3. ขั้นตอนติดตั้งอุปกรณ์กรองเบนซินในพื้นที่วิจัย เลือกพื้นที่ ที่จะทำการติดตั้ง โดยดูจากลักษณะทั่วไป ว่ามีการปลดปล่อย หรือการปนเปื้อนของสารเบนซินอยู่เป็นประจำหรือไม่ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจึงได้ตัดสินใจเลือกสถานที่ติดตั้ง ดัง (Figure 4)

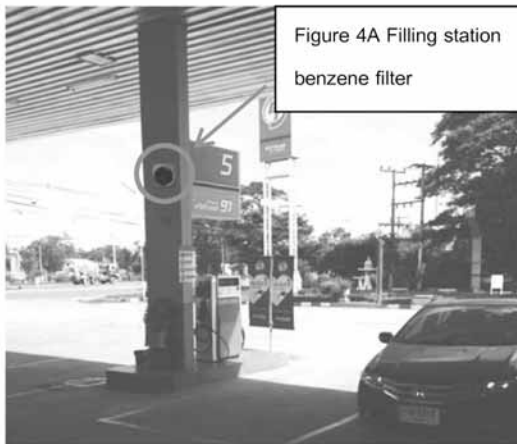


Figure 4 Area of benzene filter install

ติดตั้งอุปกรณ์กรองเบนซิน ในพื้นที่วิจัย เป็นระยะเวลา 30 วัน แล้วเก็บตัวกรอง (เปลือกถั่วลิสง) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารเบนซินที่ตัวกรองสามารถดักจับเบนซินได้ในอากาศ ด้วยเทคนิค ATR

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกตัวกรองสารเบนซินจากเศษวัสดุเกษตรกรรมในห้องปฏิบัติการ

ปริมาตรของสารเบนซินที่ถูกตัวกลางจากวัสดุเกษตรกรรมดูดซับไว้ โดยนำไปเทียบกับสเปกตรัมและค่าความเข้มข้นของสารเบนซินมาตรฐาน 99 % ที่ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร คำนวณจากสมการ 1 ได้ผลดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Adsorption efficiency of benzene filter from different adsorbents

filter	frequency (cm <sup>-1</sup> )	Benzene in filter (ml)	efficiency of absorption (%)
bagasse	1603.08	0.00438	4.38
cob	1630.66	0.011	11
chaff	1628.37	0.00524	5.24
husk	1633.85	0.02	20
peanut shells	1634.76	0.025	25

2. ผลการทดลองอุปกรณ์กรองเบนซินที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบรูปแบบของอุปกรณ์สำหรับบรรจุตัวกรองในการดูดซับเบนซิน เทียบกับสเปกตรัมและค่าความเข้มข้นของสารเบนซินมาตรฐาน 99 % ที่ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร โดยคำนวณจากสมการ 1 แสดงใน (Table 2)

Table 2 Adsorption of benzene from different type of equipment

Type of instrument	frequency (cm <sup>-1</sup> )	Benzene in filter (ml)	efficiency of absorption (%)
Type 1	1610.67	0.005	5
Type 2	1630.66	0.024	24.07
Type 3	1635.95	0.0053	5.3

3. ประสิทธิภาพการกรองเบนซินในพื้นที่วิจัย ปริมาตรของเบนซินที่ถูกตัวกรอง (เปลือกถั่วลิสง 250 กรัม) ดูดซับไว้จากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่ศึกษา 3 แห่ง แสดงใน (Table 3)

**Table 3** Contaminated Benzene in Air

Research areas	Benzene in filter (ml)	Benzene in air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Gas Station	$9.59 \times 10^{-4}$	<b>0.16</b>
Motorcycle Maintenance Shop	$2.14 \times 10^{-4}$	<b>1.78</b>
Car Maintenance Shop	$4.27 \times 10^{-4}$	<b>0.71</b>

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของเบนซินในอากาศ ต้องมีค่าไม่เกิน  $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (24 ชั่วโมง) หรือ ไม่เกิน  $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 ปี)

### วิจารณ์ผลงานวิจัย

นำความเข้มข้นของสารเบนซินในอากาศที่ได้ตรวจวัดจากพื้นที่วิจัย ทั้ง 3 แห่ง ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ ดังนี้ จากประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับเบนซินในบรรยากาศโดยทั่วไป ในเวลา 24 ชั่วโมง ต้องมีค่าไม่เกิน  $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  และกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งเบนซิน และสาร 1, 3 - บิวทาไดอิน จากโรงงานอุตสาหกรรมเคมี ต้องมีค่าไม่เกิน  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ซึ่งความเข้มข้นของสารเบนซินที่ปะปนในอากาศในพื้นที่วิจัยทั้ง 3 แห่ง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งสิ้น แต่ถ้านำไปเปรียบเทียบกับกำหนดมาตรฐานเบนซินในบรรยากาศโดยทั่วไป ในเวลา 1 ปี ต้องมีค่าไม่เกิน  $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ซึ่งผลที่ได้ คือ ความเข้มข้นของสารเบนซินในปั้มน้ำมัน และอู่ซ่อมรถยนต์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่บริเวณร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ถ้าคิดในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งค่าความเข้มข้นของเบนซินที่ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีค่าสูงกว่าพื้นที่วิจัยอื่น อาจเป็นผลมาจากบริเวณร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีขนาดเล็กกว่า การถ่ายเทอากาศไม่ค่อยดี และมีการให้บริการอยู่เป็นประจำ อาจเป็นสาเหตุส่งผลให้มีการสะสมตัวของเบนซินที่มากกว่าพื้นที่วิจัยอื่นได้ ดังนั้นจากงานวิจัยนี้ สามารถสร้างอุปกรณ์กรองเบนซินที่ใช้งานได้จริง สะดวก มีราคาไม่แพง วัสดุอุปกรณ์ส่วนใหญ่สามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยเฉพาะไส้กรองที่ทำมาจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรทำให้เกิดประโยชน์ และเทคโนโลยีในการสร้างอุปกรณ์นั้น ก็มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ประชาชนทั่วไปสามารถสร้างขึ้นมาใช้เองได้ เพื่อนำไปติดตั้งในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเบนซินในอากาศเขตอำเภอเมืองมหาสารคาม เพื่อสร้างความปลอดภัยต่อชีวิตประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นๆ ได้ (สารเบนซินเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง และโรคระบบทางเดินหายใจ)

### สรุปผลงานวิจัย

จากผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของการดูดซับเบนซินของตัวกลางที่ทำมาจากวัสดุทางการเกษตร พบว่า เปลือกถั่วลิสง

มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยติดตั้งในอุปกรณ์ที่เป็นพัลลมุดอากาศ 5 ใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และเมื่อนำไปติดตั้งในบริเวณที่ศึกษา พบว่า ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ มีค่าการปนเปื้อนสารเบนซินสูงสุด ซึ่งผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นรวมทั้งวัสดุทางการเกษตรสามารถนำไปใช้เป็นตัวกรองเบนซินได้

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากสาขาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เรื่องเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). Benzene. IARC Summaries & Evaluations [Internet]. 1982 [cite 2015 Jan 27];29:93. Available from HYPERLINK "http://www.inchem.org/documents/iarc/vol29/benzene.html" http://www.inchem.org/documents/iarc/vol29/benzene.html
2. ชีรวัดณ์ ทิพย์สีแสง. เบนซิน โทลูอีน และไซลีนในไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้ น้ำมัน [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.
3. Appel B.R, Guirguis G, Kim I.S, Garbin O, Fracchia M, Flessel C.P, et al. Benzene, benzo (a) pyrene, and lead in smoke from tobacco products other than cigarettes. Am J Public Health 1990;80: 560-564.
4. Navasumri P, Arayasiri M, Tin Hiang O.M, Leechawengwongs M, Promvijit J, Choonvisase S, et al. Potential health effects of exposure to carcinogenic compounds in incense smoke in temple workers. Chemico-Biological Interactions 2008;173: 19-31.
5. U.S. Department of Health and Human Services. (n.d.). ToxGuide™ for Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> [Internet]. 2007 [cite 2015 Jan 27]: 1-2. Available from HYPERLINK "http://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-3.pdf" http://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-3.pdf
6. สำนักงานจัดการคุณภาพอากาศ และเสียง [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: ข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูล VOCs และมาตรฐานกฎหมาย [อัปเดต 26 มกราคม 2557; อ้างถึง 29 มกราคม 2557]. สืบค้นจาก HYPERLINK "http://aqnis.

- pcd.go.th/vocs” <http://aqnis.pcd.go.th/vocs>
7. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 6. [อินเทอร์เน็ต]. ชลบุรี: อันตรายจากเบนซีน; 2553 [อ้างถึง 30 มกราคม 2557] สืบค้นจาก HYPERLINK “[http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J\\_05.pdf](http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J_05.pdf)” [http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J\\_05.pdf](http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J_05.pdf)
  8. สำนักงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม. ข้อมูลสถิติจำแนกตามสาขา และข้อมูลสถิติสารสนเทศสนับสนุนจังหวัด. 2554-57[อ้างถึง 2 กุมภาพันธ์ 2559]. สืบค้นจาก HYPERLINK “<http://mahasarakham.nso.go.th/>” <http://mahasarakham.nso.go.th/>
  9. เกริก วงศ์สอนธรรม. การบำบัดอากาศที่ปนเปื้อนเบนซีน โดยการกรองชีวภาพด้วยตัวกลางกรองเศษวัสดุเกษตรกรรม [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2549.
  10. สมเดช กนกเมธากุล. สเปกโทรสโกปี. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น. หจก.ขอนแก่นการพิมพ์. 2551.

## ความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ

### Diversity of Ferns and Fern Allies in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Buengkan Province

วีระยุทธ ข้อนอก,<sup>1\*</sup> ปิยะพร แสนสุข,<sup>2</sup> อุษา ทองไพโรจน์<sup>3</sup>  
 Weerayut Khonok,<sup>1\*</sup> Piyaporn Saensouk,<sup>2</sup> U-sa Thongpairoj<sup>3</sup>

Received: 25 October 2015; Accepted: 10 March 2016

#### บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น ที่พบในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ โดยสำรวจและเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 พบทั้งหมด 15 วงศ์ 24 สกุล 37 ชนิด จัดเป็นพืชใกล้เคียงเฟิร์น 2 วงศ์ 2 สกุล 6 ชนิด และเฟิร์น 13 วงศ์ 22 สกุล 31 ชนิด ได้แก่ วงศ์ Pteridaceae 5 สกุล 8 ชนิด วงศ์ Polypodiaceae 5 สกุล 7 ชนิด วงศ์ Selaginellaceae 1 สกุล 5 ชนิด Lygodiaceae 1 สกุล 3 ชนิด วงศ์ Blechnaceae 2 สกุล 2 ชนิด วงศ์ Tectariaceae และวงศ์ Thelypteridaceae วงศ์ละ 1 สกุล 2 ชนิด วงศ์ Oleandraceae Lycopodiaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Lindasaeaceae, Lomariopsidaceae และ Woodsiaceae พบเฟิร์นวงศ์ละ 1 ชนิด

**คำสำคัญ:** ความหลากหลาย เฟิร์น พืชใกล้เคียงเฟิร์น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว

#### Abstract

The diversity of ferns and fern allies in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Buengkan Province was studied. A survey and sampling were performed along natural trails during June 2012 to May 2014. The results showed 15 families, 24 genera, and 37 species. Among them, 13 families, 22 genera, 31 species were ferns. While 2 families 2 genera and 6 species were fern allies, including Pteridaceae (5 genera and 8 species), Polypodiaceae (5 genera and 7 species), Selaginellaceae (1 genus and 5 species), Lygodiaceae (1 genus and 3 species), Blechnaceae (2 genus and 2 species), Tectariaceae and Thelypteridaceae (1 genus and 2 species). One genus and one species Oleandraceae, Lycopodiaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Lindasaeaceae, Lomariopsidaceae and Woodsiaceae were found in equal number of taxa.

**Keywords:** Diversity, Fern and Fern allies, Phu Wua Wildlife Sanctuary

#### บทนำ

เฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นกระจายพันธุ์อยู่ในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนทั่วโลก มีหลายชนิดที่สามารถเจริญได้ในเขตหนาว มีน้อยชนิดที่เจริญได้ในเขตแห้งแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้นเฟิร์นทั่วโลกพบประมาณ 250 สกุล 12,000 ชนิด ประกอบด้วยเฟิร์น 10,400 ชนิด และพืชใกล้เคียงเฟิร์นอีก 1,600 ชนิด ส่วนในประเทศไทยมีรายงานพบเฟิร์นประมาณ 139 สกุล 671 ชนิด<sup>1</sup> พืชกลุ่มนี้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้าน

ต่าง ๆ เช่น นำมาใช้เป็นไม้ประดับ ได้แก่ ข้าหลวงหลังลาย (*Asplenium nidus* L.) ชายผ้าสีดา (*Platycterium holttumii* Jonch. & Hennipman) บางชนิดใช้เป็นอาหาร เช่น ผักแว่น (*Marsilea crenata* Presl) ผักกูดน้ำ (*Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.) นำมาใช้เป็นวัสดุจักสาน เช่น ย่านลิเภา (*Lygodium* spp.) นำไปใช้เป็นยาสมุนไพร เช่น เฟิร์นเงิน (*Pteris ensiformis* Burm.f.) ใช้แก้อาการบัสสาวะเป็นเลือด แก้บิดมูกเลือด ใช้ขับปัสสาวะ ว่านกีบแรด (*Angiopteris*

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2,3</sup>อาจารย์ สังกัดภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master degree student, <sup>2,3</sup>Lecturer, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham, 44150 Thailand.

*eucta* (Forst.) Hoffm.) ใช้เป็นสมุนไพรบำรุงกำลัง เกล็ดนาคราช (*Davallia denticulate* (Burm. f.) Mett. Ex Kuhn) ใช้เป็นยาแก้อาการคัน แก้พิษงู ใบของกระแตไต่ไม้ (*Drynaria quercifolia* (L.) J. Sm.) ใช้เป็นยาแก้อาการบวม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความสำคัญด้านระบบนิเวศ มีบทบาทสำคัญทางด้านห่วงโซ่อาหาร ตลอดจนใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพทางสิ่งแวดล้อมได้<sup>2</sup>

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่าง 2 เขตภูมิศาสตร์พืชพรรณใหญ่ๆ คือ เขตภูมิศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคอินโดจีน (Indochina) และซุนดา (Sunda-typical of Malaysia, Sumatra, Borneo and Java) จึงทำให้ประเทศไทยเป็นศูนย์รวมของเขตพืชพรรณ (floristic elements) ที่สำคัญ 3 เขต ได้แก่ เขตพืชพรรณอินโด-พม่า (Indo-Burmese elements) เขตพืชพรรณอินโด-จีน (Inco-Chinese element) และเขตพืชพรรณมาเลเซีย (Malesian element) เป็นผลให้มีพืชพรรณหลากหลาย และมีการค้นพบพืชพรรณเฉพาะถิ่น (endemic species) ของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ห่างไกลเข้าถึงยาก ทำให้ยังไม่ค่อยมีการศึกษามากนัก<sup>3</sup> ซึ่งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว อยู่ในเขตภูมิศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคอินโดจีน มีเนื้อที่ประมาณ 186.5 ตารางกิโลเมตร สูงจากระดับน้ำทะเล 160 ถึง 448 เมตร สภาพป่าเป็นป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และทุ่งหญ้าลานหิน<sup>4</sup> และยังเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญมีน้ำตกที่สวยงามหลายแห่ง ได้แก่ น้ำตกเจ็ดสี น้ำตกชะแนน น้ำตกถ้ำพระ และน้ำตกถ้ำฝุ่น จากสภาพความสมบูรณ์จึงก่อให้เกิดพืชพรรณนานาชนิด และมีรายงานการพบพืชชนิดใหม่ (new species) คือ กะเพราศักดิ์สิทธิ์ (*Platostoma tridechii* Suddee)<sup>5</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานพืชเฉพาะถิ่น ได้แก่ เปราะภูจิรวงศ์ (*Caulokaempferia* sp.) สิรินธรวัลลี (*Bauhinia sirindhorniae* K. & S.S. Larsen)<sup>6</sup> กาฝากวงกลีบแดง (*Tolypanthus lageniferus* (Wight) Tieghem)<sup>7</sup> ก้ามกุ้งภูวัว (*Phyllagathis nanakorniana* Wangwasit, Norsaengsri & Cellin.)<sup>8</sup> และหม้อพื้นเกลียว (*Ceropegia thailandica* Meve.)<sup>9</sup> แต่พืชกลุ่มเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น ยังไม่มีการรายงานการศึกษาด้านอนุกรมวิธานในพื้นที่นี้มาก่อน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจะได้ข้อมูลใหม่ของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นเพิ่มขึ้นและยังทำให้ได้ข้อมูลจำนวนชนิดเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น อันเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาและวางแผนในการจัดการอนุรักษ์เฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นต่อไป

## วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจและจำแนกชนิดของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ

## วิธีการศึกษา

สำรวจและเก็บตัวอย่างเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นตามเส้นทางเดินเท้าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัวจังหวัดบึงกาฬ โดยแบ่งเป็น 4 จุด (1) เส้นทางศึกษาธรรมชาติบริเวณที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว (2) บริเวณน้ำตกถ้ำฝุ่น (3) บริเวณน้ำตกชะแนน (4) บริเวณน้ำตกถ้ำพระ (5) บริเวณน้ำตกเจ็ดสี เก็บตัวอย่างเฟิร์นให้ครบสมบูรณ์ทุกส่วนบันทึกข้อมูลสภาพป่าลักษณะทางนิเวศวิทยาของบริเวณที่เก็บตัวอย่างบันทึกภาพเฟิร์นทั้งต้นและสภาพแหล่งที่พบ ศึกษาสัณฐานวิทยาเพื่อระบุชนิดเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น โดยใช้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาใช้รูปวิธานของ Tagawa and Iwatsuki<sup>10,11,12,13</sup> แกะไขว่วงศ์ สกุล และชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Towards a stable nomenclature for Thai ferns<sup>14</sup> และเปรียบเทียบตัวอย่างเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นกับตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิงในหอพรรณไม้กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช (BKF) และพิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพ (BK)

## ผลการศึกษา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 พบเฟิร์นทั้งหมดจำนวน 65 หมายเลข สามารถจำแนกได้เป็น 15 วงศ์ 24 สกุล 37 ชนิด แบ่งออกเป็นพืชใกล้เคียงเฟิร์น 2 วงศ์ 2 สกุล 6 ชนิด และเฟิร์น 13 วงศ์ 22 สกุล 31 ชนิด ได้แก่ วงศ์ Lycopodiaceae, Selaginellaceae, Blechnaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Lindasaeaceae, Lygodiaceae, Oleandraceae, Lomariopsidaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Tectariaceae, Thelypteridaceae และ Thelypteridaceae (Table 1)

## วิจารณ์และสรุปผล

จากการศึกษาเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ วงศ์ที่พบมากที่สุด คือ Pteridaceae, Polypodiaceae, Selaginellaceae และ Lygodiaceae จำนวน 8, 7, 5 และ 3 ชนิด ตามลำดับเฟิร์นวงศ์ Pteridaceae และ Polypodiaceae พบจำนวนชนิดมากที่สุดเนื่องจากเฟิร์นทั้ง 2 วงศ์นี้เป็นวงศ์ที่มีจำนวนสมาชิกมากจึงเป็นเหตุให้พบเฟิร์น 2 วงศ์นี้มากที่สุดในพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งตามลักษณะถิ่นอาศัยได้ 3 แบบ คือ เฟิร์นขึ้นบนดิน 21 ชนิด เฟิร์นขึ้นบนหิน 2 ชนิด เฟิร์นอิงอาศัย 5 ชนิด เฟิร์นเกาะเลื้อย 3 ชนิด และเฟิร์นที่มีลักษณะวิสัยได้มากกว่า 1 แบบอีก 6 ชนิด เฟิร์นส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สมบูรณ์ และค่อนข้างชุ่มชื้น จึงทำให้

พบเฟิร์นที่เจริญบนดินมากที่สุด เพราะดินเป็นวัสดุปลูกชั้นดี มีทั้งธาตุอาหารที่เฟิร์นต้องการ อินทรีย์สารต่างๆ รวมทั้งยังช่วยรักษาความชื้นได้ดีอีกด้วย

เฟิร์นส่วนใหญ่ที่พบเป็นเฟิร์นที่มีการกระจายพันธุ์กว้าง พบได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศไทย เช่น *Adiantum philippense* (Figure 25), *Dicranopteris linearis* (Figure 11), *Drynaria quercifolia* (Figure 19), *D. bonii* (Figure 18), *Microsorium punctatum* (Figure 23) และ *Lygodium flexuosum* (Figure 13) ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในประเทศไทยของ Tagawa and Iwatsuki 10,11,12,13

พื้นที่พบเฟิร์นมากที่สุดคือ เส้นทางศึกษาธรรมชาติบริเวณที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว พบจำนวน 29 ชนิด เหตุที่พบมากอาจเพราะเป็นพื้นที่มีระยะทางในการเดินสำรวจยาวที่สุด จากที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว ไปจนถึงจุดสูงสุดของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว คือ ภูวัวเหนือถ้าพราย อีกทั้งยังมีสภาพป่าหลากหลายแบบส่วนพื้นที่ที่พบเฟิร์นน้อยที่สุดคือ บริเวณน้ำตกเจ็ดสี พบจำนวน 2 ชนิด อาจเนื่องมาจากสภาพป่าแห้งแล้งมาก และพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลานหิน

เฟิร์นที่พบจำนวนน้อยในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

ภูวัว คือ *Cyathea gigantea* (Figure 9) พบเพียง 2 ต้น ส่วน *Phymatosorus cuspidatus* (Figure 20), *Bolbitis appendiculata* (Figure 10) และ *Tectaria fauriei* (Figure 33) นั้นพบหลายต้น แต่พบเพียงจุดเดียวในพื้นที่ ซึ่งถ้าสภาพแวดล้อมบริเวณจุดที่เฟิร์นเหล่านี้อาศัยอยู่ถูกทำลาย ซึ่งอาจทำให้เฟิร์นเหล่านี้สูญพันธุ์ไปจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัวได้ นอกจากนี้ยังพบเฟิร์นชายผ้าสีดา (*Platycterium holttumii*) (Figure 24) ถูกนำออกมาจากป่าธรรมชาติและนำมาปลูกประดับตามอาคารบ้านเรือนซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เฟิร์นชนิดนี้สูญหายไปจากป่าธรรมชาติได้ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นความจำเป็นในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมให้สมบูรณ์คงอยู่ต่อไป

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและขอขอบคุณทุนอุดหนุนส่งเสริมการวิจัยระดับบัณฑิต ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**ร่วปรึธานระบวงค์ของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น**

1. สร้างสปอร์ที่สอบบิลัส
  2. ไบคล้ายขน ..... 1. Lycopodiaceae
  2. ไบคล้ายเกล็ด.....2. Selaginellaceae
1. สร้างสปอร์ที่ไบ
  3. แอนนูลัสเรียงแนวนอน
    4. ไม่มีเยื่อคลุมกลุ่มอับสปอร์..... 6. Gleicheniaceae
    4. มีเยื่อคลุมแต่ละอับสปอร์.....8. Lygodiaceae
  3. แอนนูลัสเรียงแนวเฉียงหรือแนวตั้ง
    5. แอนนูลัสเรียงแนวเฉียง ..... 4. Cyatheaceae
    5. แอนนูลัสเรียงแนวตั้ง
      6. ลำต้นมีเกล็ดปกคลุม
        7. กลุ่มอับสปอร์มีเยื่อคลุม.....9. Oleandraceae
        7. กลุ่มอับสปอร์ไม่มีเยื่อคลุม ..... 11. Polypodiaceae
      6. ลำต้นมีขนปกคลุม
        8. กลุ่มอับสปอร์มีเยื่อคลุม
          9. กลุ่มอับสปอร์รูปกลม หรือรูปไต
            10. กลุ่มอับสปอร์รูปไต ..... 10. Lomariopsidaceae
            10. กลุ่มอับสปอร์รูปกลม
              11. เส้นใบแยกสองแฉก ..... 14. Thelypteridaceae
              11. เส้นใบเป็นร่างแห..... 13. Tectariaceae



9. กลุ่มอับสปอร์ไม่กลม
12. กลุ่มอับสปอร์เป็นแถวยาว ขนานชิดเส้นกลางใบทั้งสองด้าน..... 3. Blechnaceae
12. กลุ่มอับสปอร์เกิดบริเวณขอบใบเกิดติดกันหนาแน่นหรือแถวยาว
13. เยื่อคลุมกลุ่มอับสปอร์เปิดออกทางขอบใบ ..... 7. Lindasaeaceae
13. ขอบใบม้วนพับ เป็นเยื่อคลุมกลุ่มอับสปอร์เทียม ..... 12. Pteridaceae  
(*Adiantum*, *Cheilanthes*, *Pteris*)
8. กลุ่มอับสปอร์ไม่มีเยื่อคลุม
14. กลุ่มอับสปอร์รูปแถบ ..... 12. Pteridaceae (*Taenitis*)
14. กลุ่มอับสปอร์เกิดติดกันหนาแน่นหรือตามเส้นใบย่อย
15. กลุ่มอับสปอร์เกิดติดกันหนาแน่น ..... 5. Dryopteridaceae
15. กลุ่มอับสปอร์เกิดตามเส้นใบย่อย
16. ใบเดี่ยว หรือใบประกอบแบบขนนก 1 ชั้น ..... 12. Pteridaceae (*Parahemionitis*)
16. ใบประกอบแบบขน 2 ชั้น ..... 15. Woodsiaceae

**Table 1** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province

Family	Botanical name	Vernacular name	Habit	Location
1. Lycopodiaceae	<i>Lycopodium cernum</i> L.	Sam Loe Yod	T	1,3
2. Selaginellaceae	<i>Selaginella argentea</i> (Wall. ex Hook. & Grev.) Spring	Pho Kar Ti Mea	T	4
	<i>S. helferi</i> Warb.	Yha Rong Hai	T	1,4
	<i>S. intermedia</i> (Blume.) Spring	Hi Moi Saw Kae	T	2
	<i>S. ornate</i> (Hook. & Grev.) Sping	-	T	1,2
	<i>S. wallichii</i> (Hook. & Grev.) Spring	Kood Yi	T	1
3. Blechnaceae	<i>Blechnum orientale</i> L.	Kood Doi	T	3,4
	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.f.) Bedd.	Phuck Kood Dang	T,C	3
4. Cyatheaceae	<i>Cyathea gigantea</i> (Wall. ex Hook.) Holttum	Ma Ha Sa Dum	T	1
5. Dryopteridaceae	<i>Bolbitis appendiculata</i> (Willd.) K. Iwats.	-	L	1
6. Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	Chon	T	2,3,4,5
7. Lindasaeaceae	<i>Lindsaea ensifolia</i> Sw.	Hang Nok Ka Ling	T	1,2
8. Lygodiaceae	<i>Lygodium flexuosum</i> (L.) Sw.	Li Phoa Yai	C	1,3
	<i>L. microphyllum</i> (Cav.) R. Br.	Li Phoa Yung	C	1,2,3,4,5
	<i>L. polystachyum</i> Wall. ex Moore	Li Phoa Yong	C	1
9. Oleandraceae	<i>Oleandra undulata</i> (Wild.) Ching	Nak Ka Rat Bai Kuen	T	1
10. Lomariopsidaceae	<i>Nephrolepis falcate</i> (Cav.) C. Chr.	Kood Hin	T,L	1,5
11. Polypodiaceae	<i>Drynaria bonii</i> Christ	Kra Ta Tai Hin	E,L	1,4
	<i>D. quercifolia</i> (L.) J. Sm.	Kra Ta Tai Mai	E	1,2,4
	<i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel.	Kra Prok Sing	E	1,4
	<i>Phymatosorus cuspidatus</i> (D. Don) Pic. Serm	Kood Chum	L	1

**Table 1** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province (Continued).

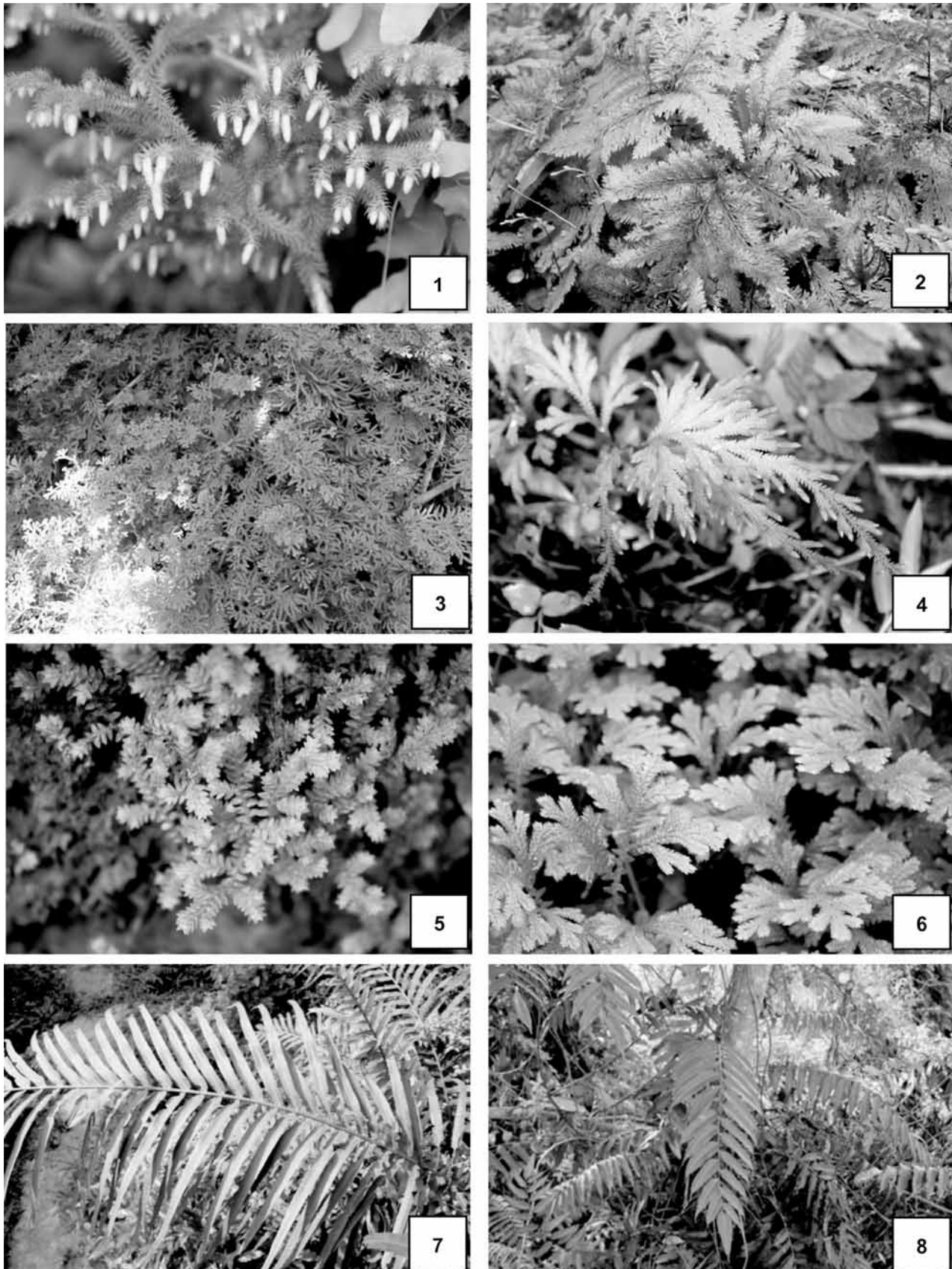
Family	Botanical name	Vernacular name	Habit	Location
	<i>Platycterium holttumii</i> Jonch. & Hennipman	Chai Pha Si Da	E	1,4
	<i>Pyrrosia lanceolata</i> (L.) Farw.	-	E	1
	<i>P. longifolia</i> (Burm.f.) Mort.	Sa Mong	E	1,4
12. Pteridaceae	<i>Adiantum philippense</i> L.	Kood Hoo Cwak	T,L	1,2
	<i>Cheilanthes belangeri</i> (Bory) C. Chr.	Kra Chod Khai	T	1,2
	<i>C. krameri</i> Fr. & Sav.	-	T,L	2
	<i>C. tenuifolia</i> (Burm. f.) Sw.	Chon Phee	T,L	1,2
	<i>Parahemionitis cordata</i> (Roxb. ex Hook. & Grev.) Fraser-Jenk	-	T	1,2
	<i>Pteris biaurita</i> L.	Kood Hang Kang	T	4
	<i>P. decrescens</i> Christ	-	T	1
	<i>Taenitis blechnoides</i> (Willd.) Sw.	Kood Prong	T	1,3
13. Tectariaceae	<i>Tectaria fauriei</i> Tagawa	-	T	1
	<i>T. impressa</i> (Fee) Holttum	Kood Kwang	T	1
14. Thelypteridaceae	<i>Cyclosorus parasiticus</i> (L.) Farw.	Kood Ka Fak	T	1
	<i>C. terminans</i> (J.Sm. ex Hook.) Panigrahi	-	T	1
15. Woodsiaceae	<i>Diplazium esculentum</i> (Retz.) Sw.	Kood Kin	T	1

**Note:-** **Habit** T = Terrestrials E = Epiphytes  
L = Lithophytes C = Climbing

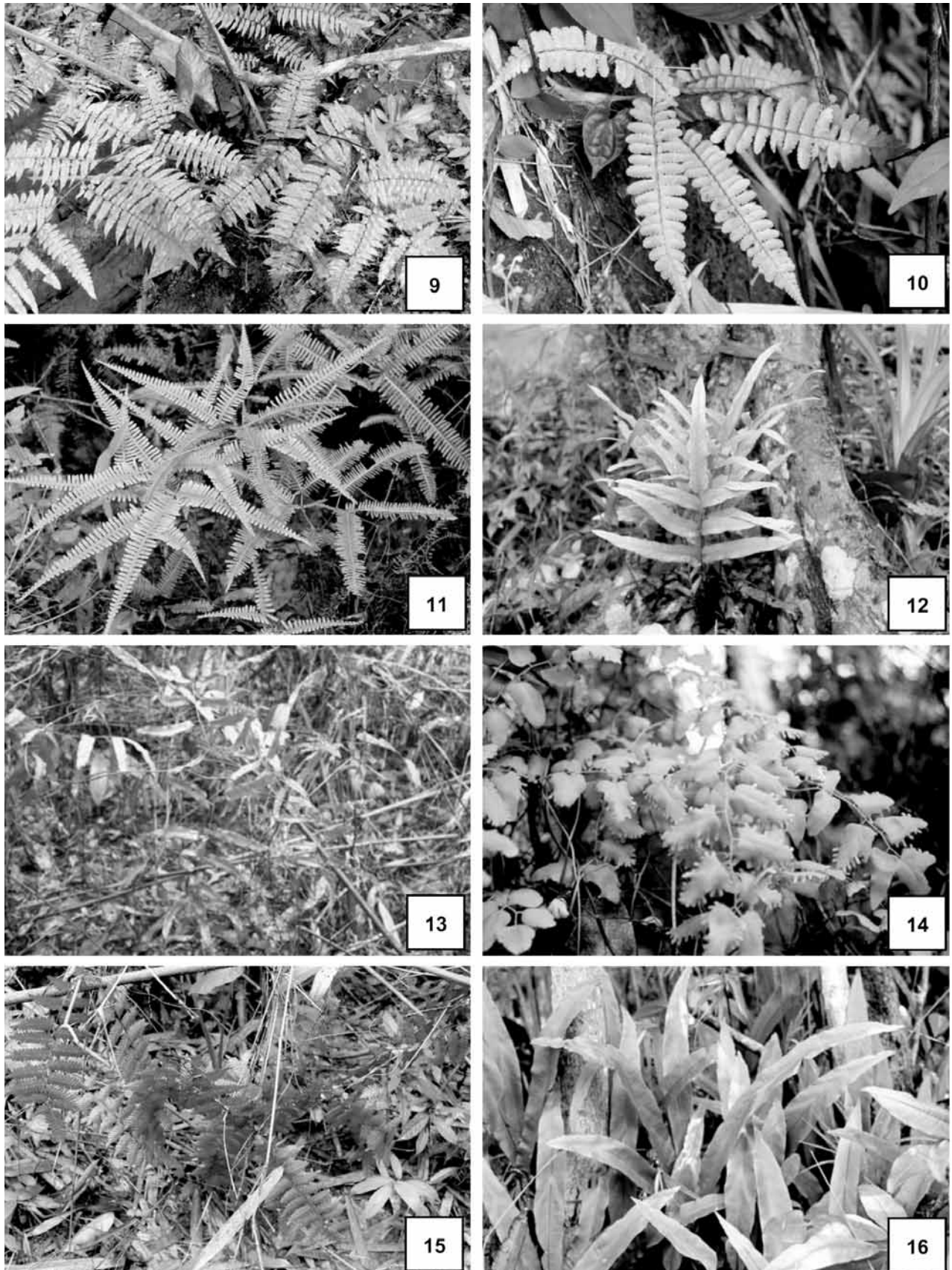
**Location** (1) = Nature trails near Phu Wua Wildlife Sanctuary  
(2) = Thun Fun Waterfall (3) = Cha Nan Waterfall  
(4) = Thum Pha Waterfall (5) = Chet Si Waterfall

## เอกสารอ้างอิง

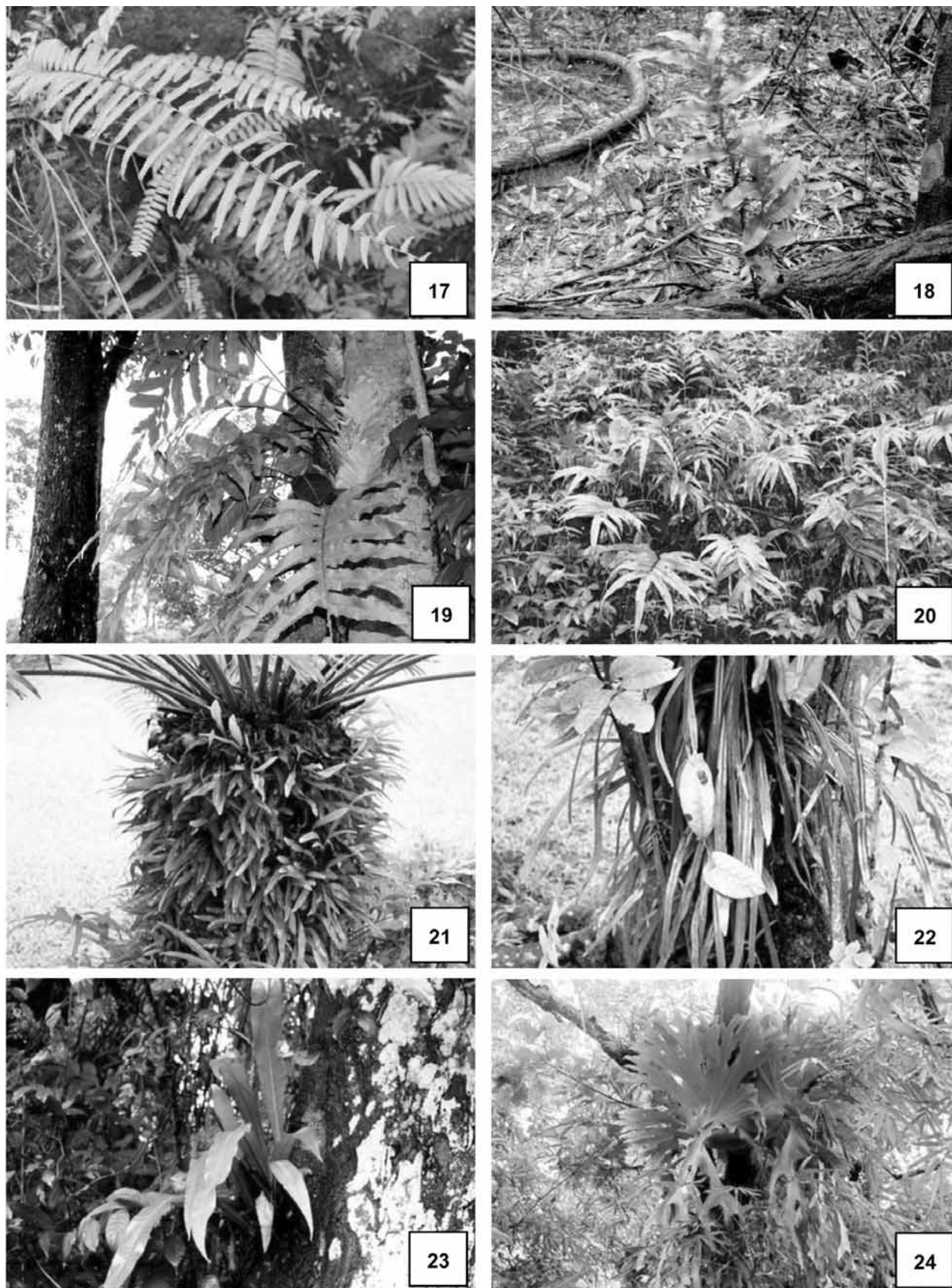
1. จารุพันธ์ ทองแถม, ปิยะเกษตร สุขสถาน. Ferns. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สารคดี; 2550
2. จารุพันธ์ ทองแถม. เฟิร์นสำหรับคนรักเฟิร์นและผู้ปลูกมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์ พริ้นติ้งกรุ๊ป; 2536
3. ราชนีย์ ภูมา. พืชเฉพาะถิ่นและพืชหายากในประเทศไทยในแง่ของเขตภูมิศาสตร์พืชพรรณ. กลุ่มงานพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ; 2547
4. ทวี แก้วพวง. ความหลากหลายชนิดของพืชสมุนไพรวงศ์ถั่วในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดหนองคาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2550
5. Suddee S. A new species of *Platostoma* (Labiatae) from Thailand. Thai Forest Bulletin (Botany) 38: 59–63; 2010
6. Larsen K and Larsen S S. *Bauhinia sirindhorniae* sp. nov. (Leguminosa-Caesalpinioideae) a remarkable new species from Thailand. Nordic Journal of Botany Volume 17, Issue 2: 113–118; 1997
7. Barlow BA. *Tolypanthus* (Loranthaceae) : a new genus record for Thailand and a new species. Thai Forest Bulletin (Botany) 33: 1–7; 2005
8. Wangwasit K, Cellinese N and Norsaeangri M. *Phyllagathis nanakorniana* (Melastomataceae) a new species from Thailand. Blumea 55 (3): 246-248; 2010
9. Meve U. *Ceropegia thailandica* (Asclepiadoideae-Ceropgieae), a spectacular new Thai species. Bradleya. 27: 161-164; 2009
10. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 1. Royal Forest Department: Bangkok; 1979
11. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 2. Royal Forest Department: Bangkok; 1985
12. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 3. Royal Forest Department: Bangkok; 1988
13. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 4. Royal Forest Department; 1989
14. Linsay S, Middleton DJ, Boonkerd T and Suddee S. Towards a stable nomenclature for Thai ferns. Thai Forest Bulletin (Botany) 37: 64–106; 2009



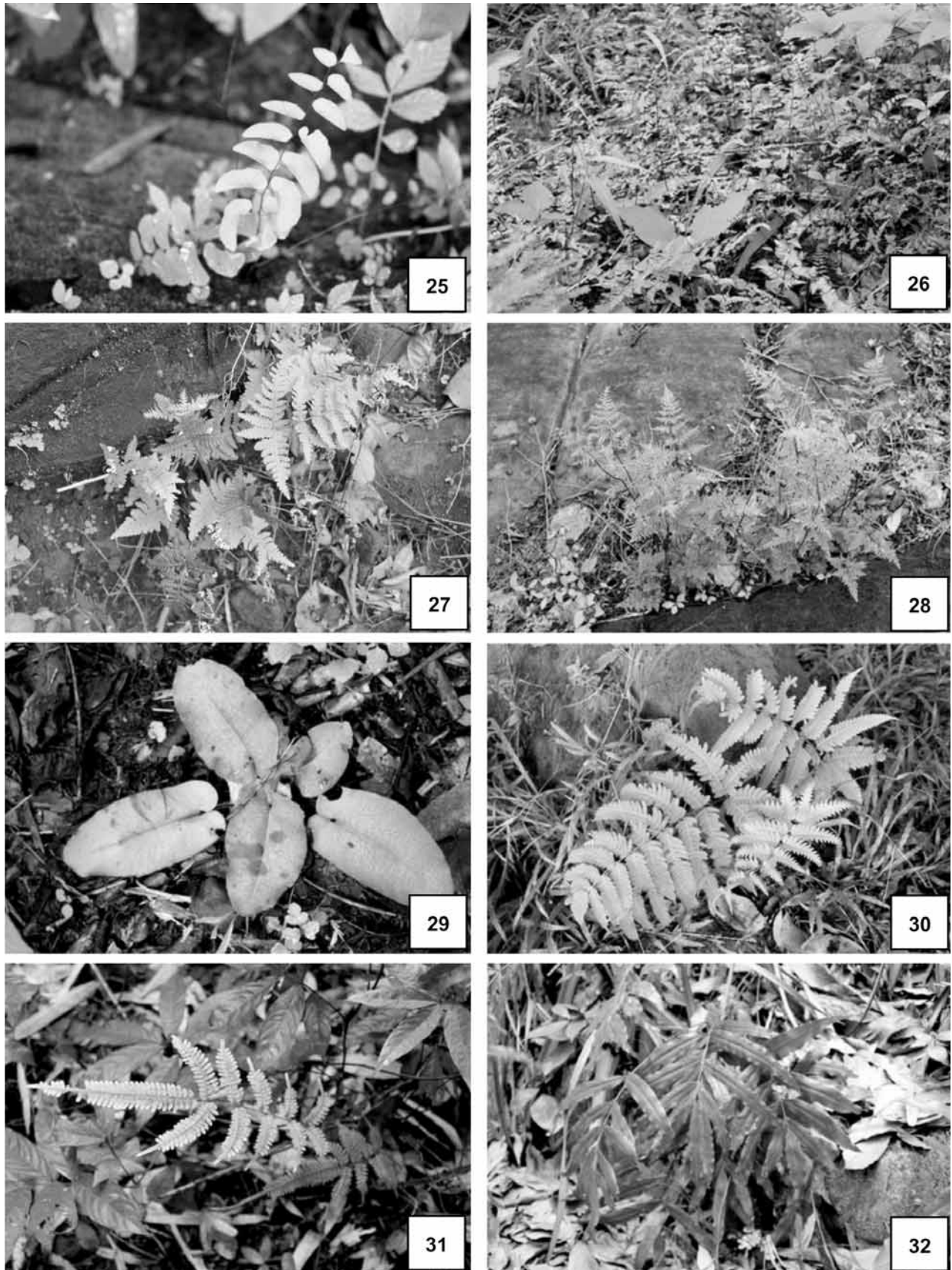
**Figures 1-8.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 1) *Lycopodium cernum*; (Figure 2) *Selaginella argentea*; (Figure 3) *S. helferi*; (Figure 4) *S. intermedia*; (Figure 5) *S. ornate*; (Figure 6) *S. wallichii*; (Figure 7) *Blechnum orientale*; (Figure 8) *Stenochlaena palustris*.



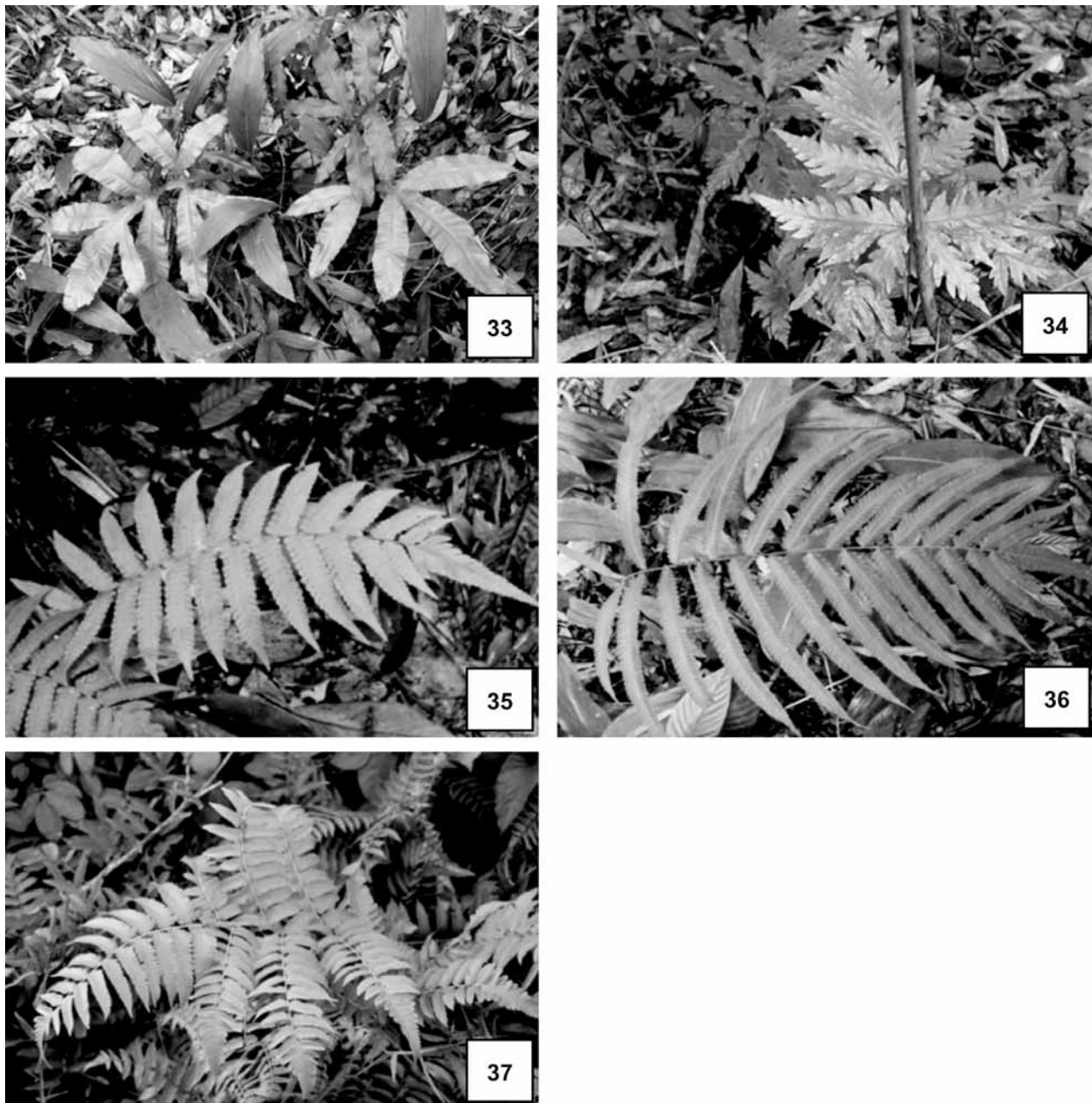
**Figures 9-16.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 9) *Cyathea gigantea*; (Figure 10) *Bolbitis appendiculata*; (Figure 11) *Dicranopteris linearis*; (Figure 12) *Lindsaea ensifolia*; (Figure 13) *Lygodium flexuosum*; (Figure 14) *L. microphyllum*; (Figure 15) *L. polystachyum*; (Figure 16) *Oleandra undulata*.



**Figures 17-24.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 17) *Nephrolepis falcate*; (Figure 18) *Drynaria bonii*; (Figure 19) *D. quercifolia*; (Figure 20) *Phymatosorus cuspidatus*; (Figure 21) *Pyrosia lanceolata*; (Figure 22) *P. longifolia*; (Figure 23) *Microsorium punctatum*; (Figure 24) *Platyserium holttumii*.



**Figures 25-32.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 25) *Adiantum philippense*; (Figure 26) *Cheilanthes belangeri*; (Figure 27) *C. krameri*; (Figure 28) *C. tenuifolia*; (Figure 29) *Parahemionitis cordata*; (Figure 30) *Pteris biaurita*; (Figure 31) *P. decrescens*; (Figure 32) *Taenitis blechnoides*.



**Figures 33-37.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 33) *Tectaria fauriei*; (Figure 34) *T. impressa*; (Figure 35) *Cyclosorus parasiticus*; (Figure 36) *C. terminans*; (Figure 37) *Diplazium esculentum*.



## การตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่างสายพันธุ์ต่อปุ๋ยอินทรีย์ Physiological Responses and Yield of Peanut Cultivars to Organic Fertilizers

ปลุกดิน ชัยนงาน<sup>1</sup>, สนั่น จอกลอย<sup>1</sup> นันทวุฒิ จงรังกลาง<sup>1\*</sup>

Plukdin kayanngan<sup>1</sup>, Sanun Jogloy<sup>1</sup> Nuntawoot Jongrungklang<sup>1\*</sup>

Received: 8 November 2015; Accepted: 15 March 2016

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ผู้บริโภคมีค่านิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในรูปแบบเกษตรอินทรีย์มากขึ้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชอาหารที่ปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและระบบนิเวศ แต่อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบอาจจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง อันเนื่องจากขาดข้อมูลด้านการผลิตที่เหมาะสม และขาดความเข้าใจทางสรีรวิทยาต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของถั่วลิสงในระบบอินทรีย์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่อปุ๋ยอินทรีย์อัตราที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomize Completely Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ กำหนดให้ main-plot คือ ชนิดและอัตราปุ๋ย และ sub-plot คือ ถั่วลิสง 6 สายพันธุ์ที่มีผลผลิตแตกต่างกัน เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate; CGR) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ทุกๆ 15 วัน ตั้งแต่ 15-90 วันหลังปลูก และที่อายุเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว ถั่วลิสงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราต่างๆ มีผลผลิตฝัก มวลชีวภาพ และดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งในถั่วลิสงทุกพันธุ์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 700 และ 1,400 กก/ไร่ ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ถั่วลิสงที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาของลักษณะ CGR LAI และ SCMR ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบโดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงจากระบบเคมี และพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ทุกพันธุ์สามารถใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสงแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้ ซึ่งความรู้จากการศึกษานี้ จะช่วยส่งเสริมระบบการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

**คำสำคัญ :** อัตราการเจริญเติบโต ดัชนีพื้นที่ใบ ผลผลิตฝัก มวลชีวภาพ ดัชนีเก็บเกี่ยว

### Abstract

Currently, consumers express concerns about agricultural products derived from organic production systems. The application of organic fertilizer is a choice in crop production with safety and ecology being carefully considered. A completely organic system for peanut production might reduce pod yield. Thus, this investigation was started in response to these concerns and the yield of peanut cultivars to different rates of organic fertilizers. Split-plot in Randomize Completely Block Design (RCBD) with four replications was used. Kinds and rates of fertilizer were assigned as a main plot, and sub-plot using six peanut genotypes with different yield productivities. Crop growth rate (CGR) leaf area index (LAI) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) were collected at intervals from 15 to 90 days after planting. At harvest date, biomass pod yield and harvest index (HI) were measured. Biomass, pod yield and HI of peanuts receiving organic fertilizer were not different from the chemical fertilizer application treatment. Moreover, the rate of 700 and 1400 kg/Rai organic treatments were found to have the same pod yield with chemical

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

\* Corresponding author: nuntawootjrk@gmail.com

treatment in all peanut genotypes. In addition, the response of physiological traits CGR LAI and SCMR were not significantly different with the difference in fertilizer treatments. The six peanut varieties in this study are able to be used in peanut organic production systems. This information could support a peanut production system with organic practice.

**Keywords:** crop growth rate, leaf area index, pod yield, biomass, harvest index

## บทนำ

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) เป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย การใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคเนื่องจากมีรสชาติอร่อย มีกลิ่นเฉพาะตัว และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณของโปรตีนและไขมันที่เป็นประโยชน์สูง<sup>1</sup> นอกจากนี้ ถั่วลิสงยังมีสารสำคัญ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ที่พบมากที่เยื่อหุ้มของเมล็ดถั่วลิสง<sup>2</sup> ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอันเป็นสาเหตุเป็นต้น

ในปัจจุบันผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรหันมาให้ความสนใจด้านความปลอดภัยมากขึ้น ทำให้เกิดค่านิยมการยอมรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในรูปแบบเกษตรอินทรีย์ในวงกว้างมากขึ้น สามารถยกระดับราคาของผลผลิตให้สูงขึ้น เกษตรอินทรีย์เป็นระบบการผลิตพืชที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการผลิตพืช เน้นการบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารหลัก ตลอดจนปริมาณอินทรีย์วัตถุ และช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน รักษาความสมดุลของธาตุอาหารภายในดิน<sup>3</sup> การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชอาหารที่ปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและระบบนิเวศ แต่อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบอาจจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง อันเนื่องจากขาดข้อมูลด้านการผลิตที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขาดข้อมูลอัตราที่เหมาะสมของธาตุอาหารในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถรักษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง

ปุ๋ยอินทรีย์อาจจะช่วยส่งเสริมการให้ผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของถั่วลิสง ซึ่งถั่วลิสงพันธุ์ khurpi ที่ได้รับปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์ 800 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมี 3.2:4.8:6.4 กก./ไร่ N: P: K เพิ่มปริมาณไนโตรเจนในปม 12.4% เพิ่มผลผลิตฝัก 19.3% เพิ่มปริมาณน้ำมันและโปรตีนในเมล็ดเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำเพียงอย่างเดียว<sup>4</sup> แต่ในปัจจุบันความต้องการของผู้บริโภคนำไปสู่การผลิตในรูปแบบอินทรีย์ทั้งระบบ ซึ่งต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว

ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อมวลชีวภาพและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน<sup>5</sup> และชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยมูลหมู ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์พลอยได้จากการผลิตผงชูรส (organic compound fertilizer of monosodium glutamate) ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี และสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย<sup>6</sup> แม้ว่าจะงานวิจัยในอดีตมีการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีแล้ว อย่างไรก็ตาม ข้อมูลผลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันยังไม่ชัดเจน เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีความหลากหลายในแต่ละพื้นที่ และปุ๋ยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่มีอัตราแนะนำอย่างทั่ว ๆ ไป ซึ่งการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์และใส่ตามความต้องการที่เหมาะสมจะเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้ ปัจจุบันยังขาดข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุของถั่วลิสงพันธุ์ต่าง ๆ หลังจากได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราที่แตกต่างกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่อปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราที่แตกต่างกัน ซึ่งความรู้ดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมระบบการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจน นำไปสู่ระบบการผลิตถั่วลิสงที่ยั่งยืนในแง่การเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

## วิธีการศึกษา

### แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomize Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยกำหนดให้ main-plot คือ ชนิดและอัตราปุ๋ย ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) อัตรา 25 กก./ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 350 กก./ไร่ (เป็นอัตราที่มีระดับ P ต่ำกว่าปุ๋ยเคมี 12-24-12 1 เท่า) 4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 700 กก./ไร่ (เป็นอัตราที่มีระดับ P เท่ากับปุ๋ยเคมี 12-24-12) และ 5) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1400 กก./ไร่ (เป็นอัตราที่มีระดับ P สูงกว่าปุ๋ยเคมี 12-24-12 1 เท่า) ส่วน sub-plot คือ ถั่วลิสง 6 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ICG 397, ICG 15042,

ICG 14170, KS 1, KS2 และ KKU 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตแตกต่างกัน

**การปลูกและการดูแลรักษา**

ทำการไถตะ 1 ครั้ง ไถแปร 1 ครั้ง และไถพรวน 1 ครั้ง เก็บตัวอย่างดิน 4 ระดับความลึกจากผิวดิน ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 ซม. นำตัวอย่างดินส่งตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ (% sand, % silt, % clay, Total N, Total P, Total K, Available P, Exchangeable K, organic matter, CEC และ pH) ก่อนปลูกถั่วลิสง (Table 1) และนำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Total N, Total P, Total K, organic matter, EC และ pH) (Table 1) ก่อนปลูกคลุกเมล็ดถั่วลิสงด้วยเชื้อไรโซเบียม ปลูก

ถั่วลิสงที่ระยะปลูก 50 x 20 ซม. หยอดเมล็ดหลุมละ 3 เมล็ด แปลงย่อยมีแถวยาว 5 ม. จำนวน 10 แถว เมื่อปลูกถั่วลิสงเสร็จทำการติดตั้งระบบน้ำมินิสปริงเกอร์ให้มีระยะห่างระหว่างหัวมินิสปริงเกอร์ 4 x 4 ม. ที่แรงดันน้ำ 1.5 บาร์ เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ให้น้ำแต่ละแปลงย่อยเท่าเทียมกันมากที่สุด ให้น้ำทันทีหลังจากปลูก เพื่อให้ถั่วลิสงงอกอย่างสม่ำเสมอ และให้น้ำตามความจำเป็นเมื่อถั่วลิสงเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ เมื่อถั่วลิสงอายุได้ 10 วันหลังปลูก ทำการปลูกซ่อม ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น เมื่อถั่วลิสงอายุ 15 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยที่โคนต้นตามตำรับ main plot แล้วกลับพื้นที่ จากนั้น ให้น้ำถั่วลิสงกำจัดวัชพืช โดยใช้จอบถาก จำนวน 2 ครั้งก่อนถั่วลิสงสร้างเข็ม

**Table 1** Characteristic of organic fertilizer and the soil at 0-60 cm depth before starting the experiment

Characteristic	Organic fertilizer	Soil sample			
		0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm
pH: 1:1 H <sub>2</sub> O	7.81	7.09	7.17	7.06	6.34
EC: 1:5 H <sub>2</sub> O (dS/m)	6.45	0.05	0.05	0.03	0.02
Organic matter (%)	17.48	0.55	0.52	0.42	0.36
Total N (%)	0.87	0.024	0.023	0.018	0.015
Total P (mg/kg)	0.353 (%)	138.23	118.49	94.35	68.02
Total K (mg/kg)	1.034 (%)	253.69	248.99	244.30	277.18
Available P (mg/kg)	-	49.26	46.63	27.21	11.85
Exchangeable K (mg/kg)	-	65.84	77.06	39.99	25.36
CEC (c mol/kg)	-	2.14	1.80	2.32	1.85
% sand (2.0-0.05 mm)	-	89.93	89.78	83.86	81.00
% silt (0.05-0.002 mm)	-	7.78	8.00	12.00	12.14
% clay (<0.002 mm)	-	2.29	2.22	4.14	6.08
C/N ratio	11.65	-	-	-	-

เมื่อถั่วลิสงอายุ 30 วัน ในทุก main plot ใส่ยิปซัม (CaSO<sub>4</sub>) ในอัตรา 50 กก./ไร่ ถั่วลิสงมีการแสดงอาการของโรคพืชจะทำการฉีดพ่นโดยสารชีวภาพป้องกัน โดยฉีดพ่นในปริมาณเท่ากันในทุกแปลงย่อย

**การเก็บข้อมูล**

ข้อมูลลักษณะสรีรวิทยาและการเจริญเติบโต

1) SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ตรวจวัดเมื่อถั่วลิสงอายุ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลัง

ปลูก โดยใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter reading ในแต่ละแปลงย่อย วัดค่าจากถั่วลิสงจำนวน 4 ต้น ในทุกไปย่อย โดยวัดใบที่ 2 นับจากยอดของลำต้นหลักที่แผ่ขยายเต็มที่

2) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ตรวจวัดเมื่อถั่วลิสงอายุ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก จากถั่วลิสง 5 ต้น นำใบไปวัดด้วยเครื่อง LI-3100 area meter (LI-COR, inc. Lincoln Nebraska, USA) แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ

3) อัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate; CGR) วัดน้ำหนักแห้งของต้น ใบ (ไม่รวมราก) และฝัก (ถ้ามี) ทำการตรวจวัดเมื่อถั่วลิสงอายุได้ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก โดยเก็บตัวอย่างถั่วลิสงจำนวน 5 ต้น นำมาแยกส่วนต้น ใบ และฝัก แยกออกจากกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง คำนวณ ค่า CGR จากสูตร

$$CGR = 1/G \times (W2-W1)/(T2-T1)$$

**ผลผลิต**

เมื่ออายุเก็บเกี่ยว เก็บตัวอย่างต้นและฝักถั่วลิสงจากพื้นที่ 15 ตร.ม. ของทุกแปลงย่อย ผลิตแยกฝักออกจากต้น เก็บฝักทั้งหมดจากพื้นที่มาตากแดดจนแห้ง (ความชื้นเมล็ดประมาณ 8%) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง ส่วนตัวอย่างต้นถั่วลิสง ชั่งน้ำหนักต้นทั้งหมด แล้วสุ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 48

ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งต้น จากนั้น นำข้อมูลที่ได้จากทั้งสองส่วนมาคำนวณหาดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) โดยคำนวณจากสมการ ดัชนีเก็บเกี่ยว = น้ำหนักฝักแห้ง/น้ำหนักแห้งทั้งหมด

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองตามการจัดสิ่งทดลองแบบ Split-plot Design ในแผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) test

**ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา**

**การตอบสนองด้านผลผลิตต่อปุ๋ยอินทรีย์**

ถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ ทั้งที่ไม่ได้รับปุ๋ย ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ ให้ผลผลิตฝักที่แตกต่างกัน แต่การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ทำให้มวลชีวภาพและดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลิสงแตกต่างกัน (Table 2) ส่วนในแง่พันธุ์ถั่วลิสงกับผลผลิตถั่วลิสงทั้ง 6 พันธุ์ มีมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน และจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยและพันธุ์ของลักษณะมวลชีวภาพและผลผลิตฝัก แต่พบในลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (Table 2) อย่างไรก็ตาม เพื่อความชัดเจนของผลการทดลอง จึงแสดงผลแยกอิทธิพลของปุ๋ยในถั่วลิสงแต่ละพันธุ์

**Table 2** Mean squares from analysis of variance for biomass, yield, harvest index (HI) at harvest with different fertilizers of 6 peanut varieties

Source of variation	DF	Biomass	Yield	Harvest index
Replication (R)	3	90685	925	0.00309
Fertilizer (F)	4	62625 ns	17438 *	0.00544 ns
Error R*F	12	71302	3582	0.00580
Varieties (V)	5	157985 *	296158 **	0.12712 **
F*V	20	76748 ns	7041 ns	0.01086 **
Error R*F*V	75	65620	7524	0.00418
Total	119			

DF = degree of freedom, \* Significant at p < 0.05, \*\* Significant at p < 0.01, ns not significant

การใส่ปุ๋ยต่างๆ ไม่ส่งผลต่อมวลชีวภาพและดัชนีเก็บเกี่ยว แต่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 700 และ 1,400 กก./ไร่ ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างกันและ

ทั้ง 3 ไร่ให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่ำไม่ทำให้ผลผลิตฝักต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่าปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยมูลหมู ปุ๋ยมูลไก่ และ

ปุ๋ยอินทรีย์พลอยได้จากการผลิตผงขุรสุให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี และสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งอาจเนื่องมาจากปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อมวลชีวภาพและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ส่งผลให้เกิดการส่งเสริมการสร้างผลผลิตฝักที่ดี ส่วนมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกัน โดยพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือพันธุ์ KKU 60 (Table 3) ซึ่งถั่วลิสงพันธุ์ KKU 60 เป็นพันธุ์ถั่วเมล็ดโต อายุสั้นที่ให้ผลผลิตสูง เมื่ออยู่ภายใต้สภาพการปลูกที่เหมาะสม<sup>7</sup>

ในแง่พฤติกรรมของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ พันธุ์ ICG 397 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีผลผลิตฝักแห้งต่ำกว่าที่ได้รับปุ๋ยทุกชนิดและทุกอัตรา และการใส่ปุ๋ยเคมีและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ผลผลิตฝักแห้งแตกต่างกัน และการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันของถั่วลิสงพันธุ์นี้ไม่ทำให้มวลชีวภาพและดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน สำหรับพันธุ์ ICG 14170 และ ICG 15042 เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตราแนะนำและปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 700 กก./ไร่ ให้ผลผลิตฝักสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยและทั้งสองพันธุ์เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีจะทำให้มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย พันธุ์ KKU 60 มีเพียงการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 700 กก./ไร่ ให้ผลผลิตฝักที่สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 700 กก./ไร่ ทำให้มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด ส่วนพันธุ์ KS 1 และ KS 2 การใส่ปุ๋ยหรือไม่ใส่ปุ๋ยไม่ส่งผลต่อผลผลิตฝัก (Figure 1) นอกจากนี้ ในบางพันธุ์ พบว่าค่าสำหรับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีผลผลิตฝักมวลชีวภาพ และดัชนีเก็บเกี่ยวที่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ย นั้นเป็นเพราะ การทดลองนี้ เป็นการศึกษาในสภาพแปลงทดลอง ซึ่งในดินมีธาตุอาหารเดิมอยู่แล้วส่วนหนึ่ง (Table 1) นอกจากนี้ ตลอดช่วงการทดลองมีการให้น้ำแก่ถั่วลิสงอย่างสม่ำเสมอในทุกๆ แปลงย่อย เพื่อลดความไม่เท่าเทียมของความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยอันเกิดจากความชื้นดิน ด้วยเหตุนี้ อาจทำให้ผลผลิตถั่วลิสงในตำรับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยของบางพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างจากตำรับที่ใส่ปุ๋ย

จากงานวิจัยในครั้งนี้ หากมองในแง่ผลผลิตและมวลชีวภาพ พบว่าพันธุ์ทั้ง 6 พันธุ์ สามารถใช้ผลิตในระบบที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ได้ โดยให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากระบบการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนในแง่ของดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ KKU 60 เป็นเพียงพันธุ์เดียวที่หากผลิตในระบบอินทรีย์ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 700 และ 1,400 กก./ไร่ ทำให้ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าการผลิตในระบบเคมี ส่วนพันธุ์อื่นๆ การผลิตในระบบเคมีและอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน

#### การตอบสนองด้านสรีรวิทยาต่อปุ๋ยอินทรีย์

การตอบสนองทางสรีรวิทยาสำหรับค่า CGR LAI และ SCMR ของถั่วลิสงที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่

แตกต่างกัน (Table 4) ยกเว้นค่า LAI ที่อายุ 45 วันหลังปลูก การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 700 และ 1,400 กก./ไร่ ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี แต่แตกต่างกับไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตราต่ำ (Table 4)

#### CGR

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า CGR ในแต่ละช่วงอายุถั่วลิสงมีแนวโน้มที่แตกต่างกันทั้งในด้านปุ๋ยและพันธุ์ที่แตกต่างกัน (Figure 2) โดยในพันธุ์ส่วนใหญ่ การใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มเพิ่ม CGR หลังจากใส่ปุ๋ย เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มเพิ่มค่า CGR ในช่วง 30-60 วันหลังปลูก และค่า CGR จะลดลงเมื่อถั่วลิสงมีอายุเพิ่มขึ้น หลังจากช่วงนี้ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ พันธุ์ส่วนใหญ่มีค่า CGR เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มรักษาค่า CGR ไว้ได้สูงในช่วงท้ายการเจริญเติบโต (75-90 วันหลังปลูก) (Figure 2) ซึ่งช่วงดังกล่าวถั่วลิสงอยู่ในช่วงการเติมเต็มเมล็ด<sup>9</sup> ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลหนึ่ง ที่ช่วยสนับสนุนการให้ผลผลิตฝักของถั่วลิสง แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบการตอบสนองด้านรูปแบบของ CGR ดังกล่าวในบางพันธุ์ ซึ่งการตอบสนองต่อปุ๋ยหรือประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของพันธุ์ถั่วลิสงมีความแตกต่างกัน<sup>10</sup>

#### LAI

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า LAI ในแต่ละช่วงอายุถั่วลิสงมีแนวโน้มที่แตกต่างกัน (Figure 3) โดยในพันธุ์ส่วนใหญ่ เมื่อการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มรักษาการเพิ่มขึ้นของค่า LAI ให้สูงไว้ได้ในช่วงท้ายการเจริญเติบโต (75-90 วันหลังปลูก) (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ CGR ที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถสนับสนุนให้ CGR รักษาในระดับในช่วงดังกล่าวไว้ได้ ซึ่งอาจจะเป็นตัวช่วยหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการได้มาของอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง และส่งผลไปถึงผลผลิตฝักของถั่วลิสง<sup>11</sup> แต่อย่างไรก็ตาม มีบางพันธุ์ที่ไม่พบพฤติกรรมเช่นนี้ ซึ่งการตอบสนองต่อปุ๋ยหรือประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ อาจจะไม่เหมือนกัน ดังนั้น ต้องมีการศึกษาประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยในถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ต่อไป การตอบสนองของ CGR และ LAI ในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตเช่นนี้อาจเป็นเพราะความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ถูกปลดปล่อยช้าและรักษาระดับไว้สูงได้ในช่วงท้ายๆ ของการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ซึ่งความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารของวัตถุดิบอินทรีย์ที่ใส่ในดินนั้น ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบอินทรีย์ และเกี่ยวข้องกับความเร็วของการปลดปล่อยธาตุอาหารของวัตถุดิบอินทรีย์นั้น<sup>12</sup> ซึ่งโดยปกติ การปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเกิดได้อย่างรวดเร็ว

**Table 3** Biomass, pod yield and harvest index (HI) at harvest with different fertilizers of 6 peanut varieties

Fertilizers	Biomass (kg/rai)		Pod yield (kg/rai)		HI	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
no fertilizer	1117.2		341	c	0.305	
chemical fertilizer 25 kg/rai	1152.2		385	ab	0.331	
Organic fertilizer 350 kg/rai	1166.1		355	bc	0.309	
Organic fertilizer 700 kg/rai	1253.3		407	a	0.339	
Organic fertilizer 1400 kg/rai	1194.2		390	ab	0.330	
F-test	ns		*		ns	
Varieties						
ICG 397	1155.3	b	368	b	0.323	bc
ICG 14170	1077.3	b	268	c	0.255	d
ICG 15042	1190.3	ab	325	b	0.285	cd
KS 2	1216.4	ab	317	bc	0.268	d
KKU 60	1322.3	a	613	a	0.473	a
KS 1	1098.0	b	363	b	0.333	b
F-test	*		**		**	

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference (LSD) (at  $p < 0.05$ ). \* Significant at  $p < 0.05$ , \*\* Significant at  $p < 0.01$ , ns not significant

### SCMR

สำหรับค่า SCMR การได้รับปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ทำให้ SCMR แตกต่างกัน (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับ<sup>13</sup> ที่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และฤดูกาล และพันธุ์กับการให้น้ำที่แตกต่างกัน<sup>14</sup> อย่างไรก็ตาม<sup>15</sup> พบว่าการใส่ไนโตรเจน อัตรา 80 กก./เฮกเตอร์ ทำให้ SCMR ของถั่วลิสงสูงขึ้น แต่งานทดลองดังกล่าว ศึกษาในถั่วลิสงเพียงพันธุ์เดียวและเป็นพันธุ์ที่แตกต่างจากการทดลองนี้ อีกทั้ง งานดังกล่าวมีอินทรีย์วัตถุในดินและไนโตรเจนต่ำกว่าดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ในแง่สรีรวิทยาพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีและเหมาะสมที่จะใช้ปลูกในระบบอินทรีย์ได้แก่ พันธุ์ ICG 397 ICG 14170 และ KS2 ซึ่งพันธุ์ ICG 397 ซึ่งในทุกอัตราปุ๋ยอินทรีย์มีค่า CGR สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี พันธุ์ ICG 14170 มีค่า CGR มีความเหมาะสมกับระบบอินทรีย์ สำหรับการใส่

ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตราสูง (1,400 กก./ไร่) ส่วนพันธุ์อื่นๆ การใส่ปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกัน ในแง่ของค่า LAI พันธุ์ ICG 397 ICG 14170 และ KS2 คือพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนพันธุ์อื่นๆ การตอบสนองของ LAI ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ดังนั้น หากมองการตอบสนองในแง่สรีรวิทยาพันธุ์ ICG 397 ICG 14170 และ KS2 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการปลูกในระบบอินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มพันธุ์ดังกล่าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ในแง่ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากลักษณะผลผลิตเป็นลักษณะที่มีความซับซ้อน มีลักษณะที่เข้ามาเกี่ยวข้องมาก (surrogate traits) การใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาเพียงไม่กี่ลักษณะไม่สามารถอธิบายผลผลิตได้อย่างชัดเจน<sup>14</sup> อย่างไรก็ตาม พันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทุกพันธุ์มีศักยภาพที่สามารถใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสงแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์

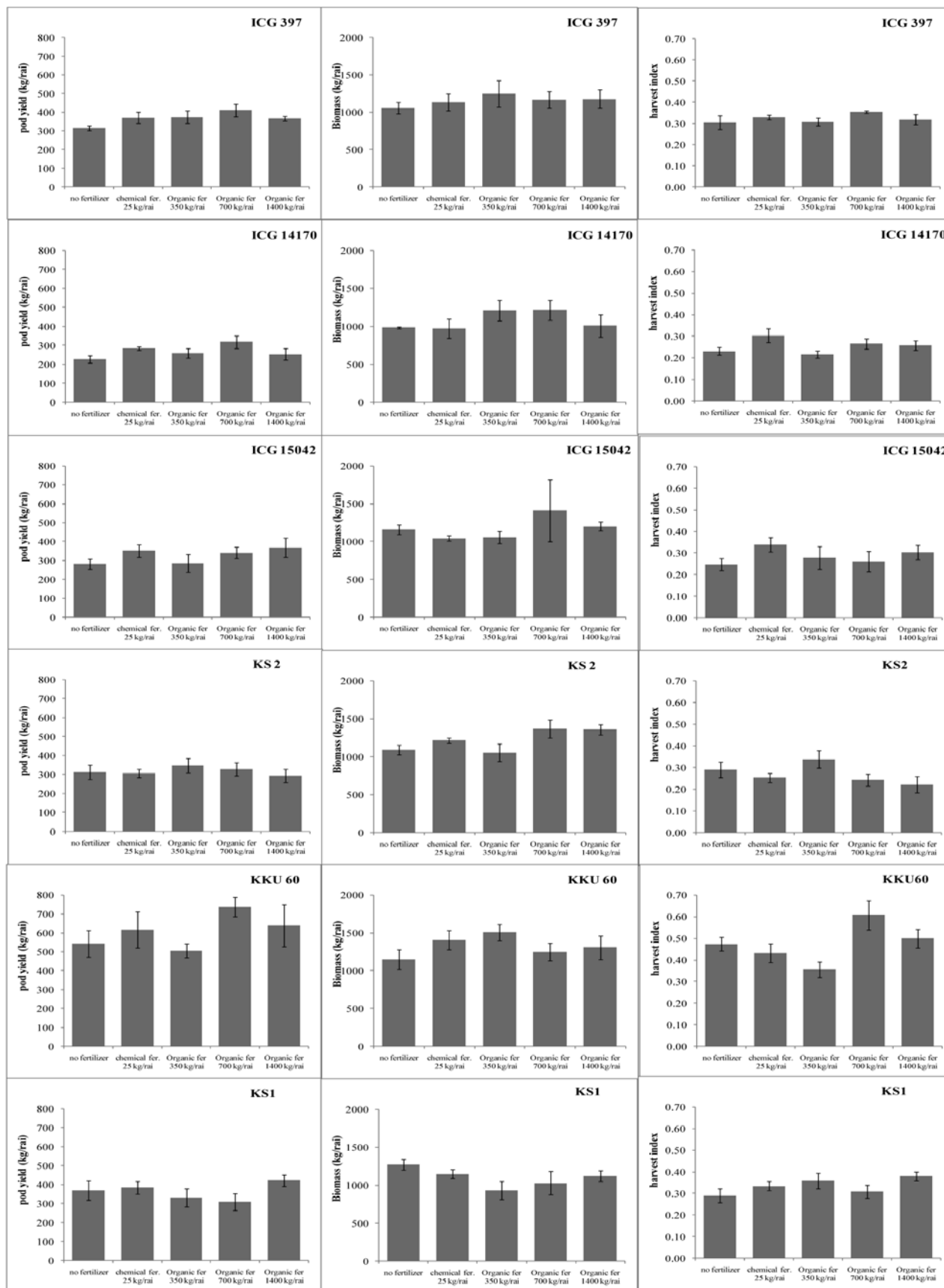


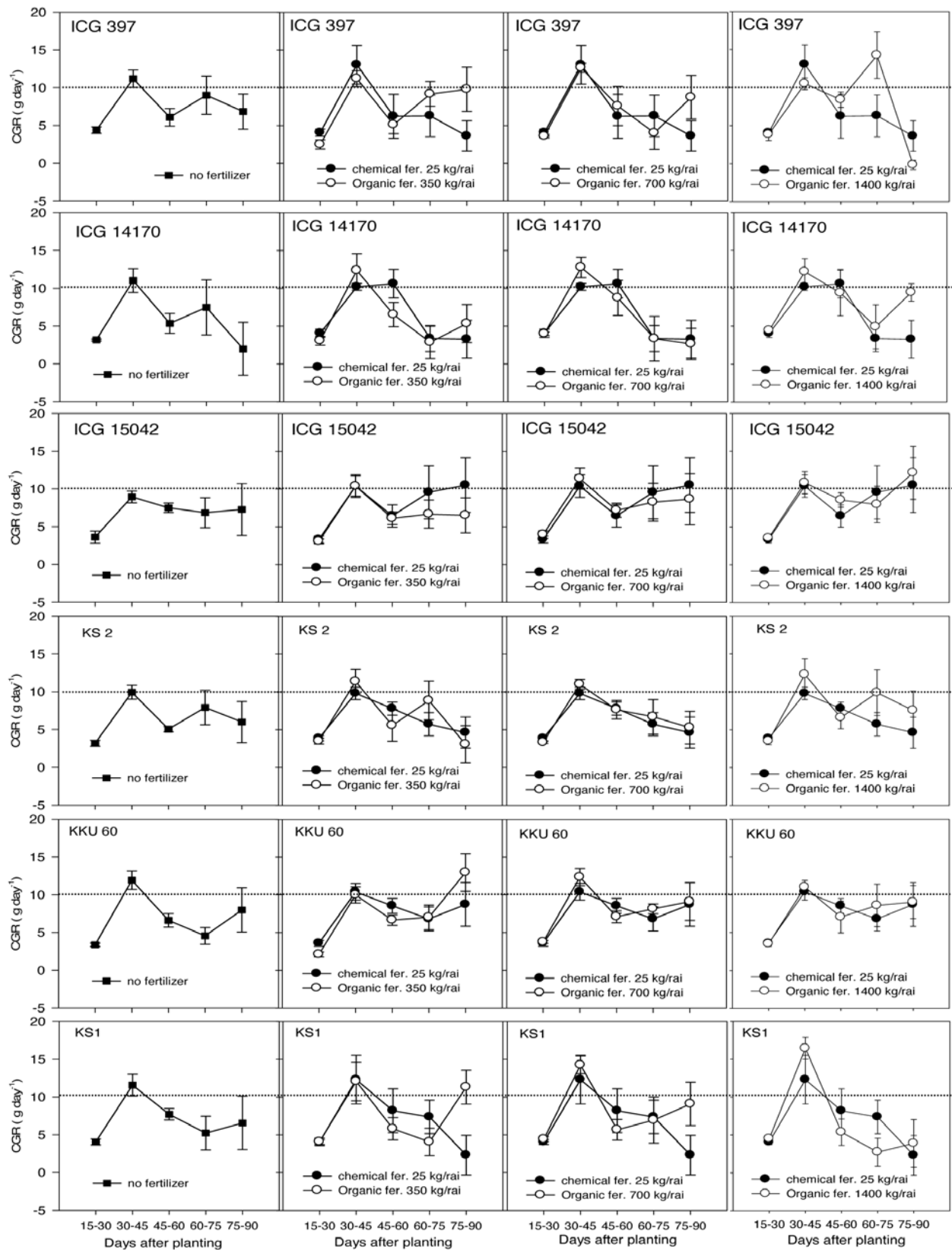
Figure 1 Pod yield, biomass and harvest index (HI) at harvest with different fertilizers of each peanut varieties LAI

**Table 4** crop growth rate (CGR; g/day), leaf area index (LAI) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) during crop season periods with different fertilizers of six peanut varieties

Physiological traits	Date	Fertilizers					F-test
		no fertilizer	chemical fer. 25 kg/rai	Organic fer. 350 kg/rai	Organic fer. 700 kg/rai	Organic fer. 1400 kg/rai	
CGR	15-30 DAP	3.63	3.83	3.05	3.85	3.89	ns
	30-45 DAP	10.93	11.03	11.23	12.40	12.22	ns
	45-60 DAP	6.39	7.90	5.96	7.32	7.57	ns
	60-75 DAP	7.17	6.52	6.94	6.23	8.06	ns
	75-90 DAP	6.11	5.07	6.81	6.04	6.99	ns
LAI	15 DAP	0.192	0.189	0.190	0.187	0.196	ns
	30 DAP	1.190	1.175	1.167	1.195	1.315	ns
	45 DAP	2.629 b	2.688 ab	2.566 b	2.970 a	2.977 a	*
	60 DAP	3.644	3.897	3.740	3.691	3.706	ns
	75 DAP	4.273	4.206	4.405	4.524	4.700	ns
	90 DAP	4.132	4.059	4.362	4.528	4.690	ns
SCMR	15 DAP	39.65	38.29	39.21	38.85	39.09	ns
	30 DAP	40.00	41.03	40.01	41.04	40.51	ns
	45 DAP	38.23	37.34	38.48	38.51	38.47	ns
	60 DAP	37.21	36.96	36.83	36.49	36.31	ns
	75 DAP	39.53	40.07	39.63	38.82	39.10	ns
	90 DAP	36.94	36.79	37.02	36.44	37.23	ns

Mean in the same row with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference (LSD) (at  $p < 0.05$ ) \* Significant at  $p < 0.05$ , \*\* Significant at  $p < 0.01$ , ns not significant





**Figure 2** crop growth rate (CGR) of each peanut genotype with different fertilizer applications during crop season periods.

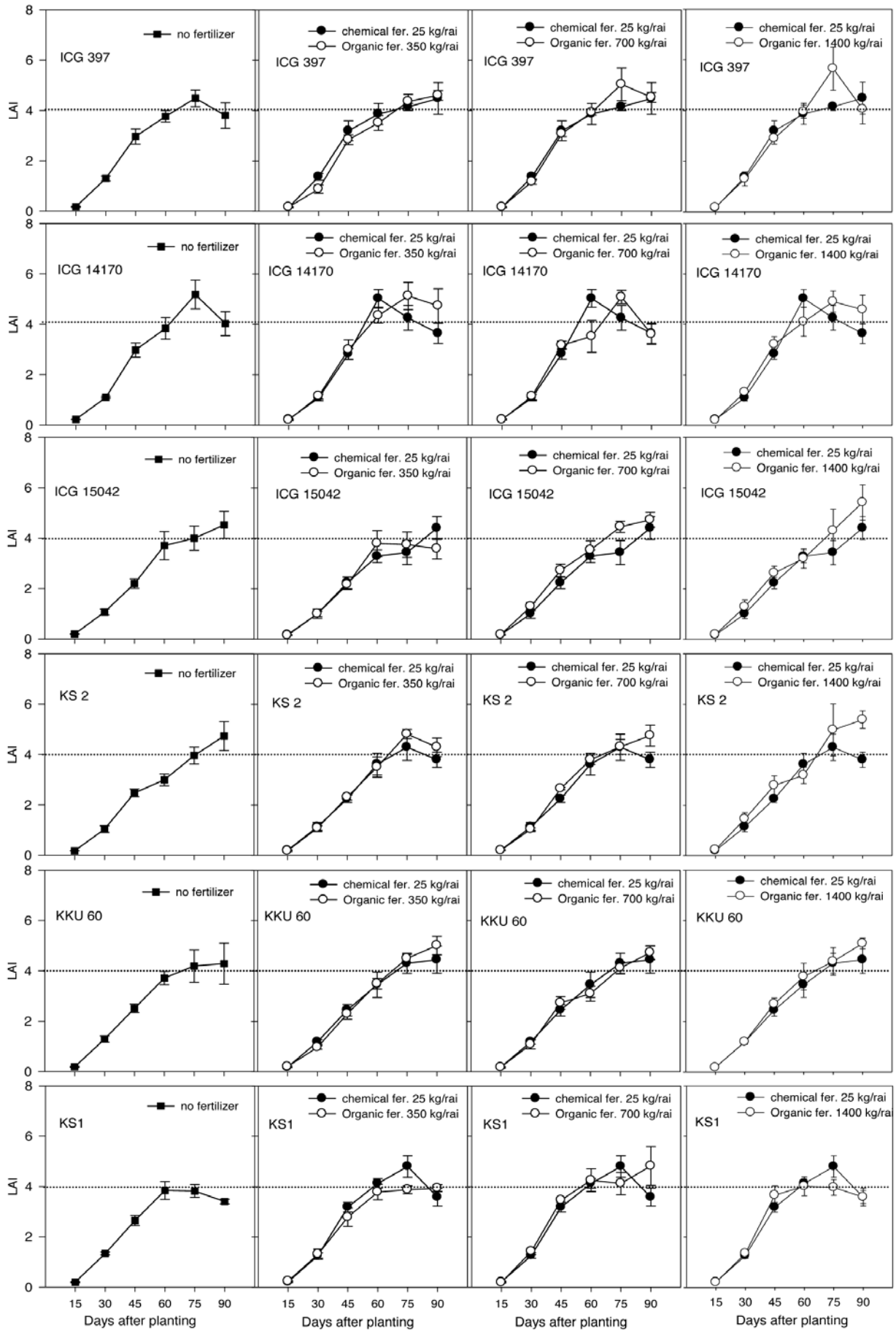


Figure 3 Leaf area index (LAI) of each peanut genotype with different fertilizer applications during crop season periods.

## สรุป

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราต่างๆแก่ถั่วลิสงให้มวลชีวภาพ ผลผลิตฝักและดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ มีการตอบสนองต่อปุ๋ยได้แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ถั่วลิสงทุกพันธุ์ที่ทำการศึกษามีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ อัตรา 700 และ 1,400 กก/ไร่ ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการได้รับปุ๋ยเคมี การตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น CGR LAI และ SCMR ของถั่วลิสงที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน แต่รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า CGR และ LAI ในแต่ละช่วงอายุของถั่วลิสงมีแนวโน้มที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ส่วนใหญ่ เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มรักษาค่า CGR และ LAI ให้ยังคงสูงไว้ได้ในช่วงทำการเจริญเติบโต ซึ่งอาจจะเป็นตัวช่วยหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการให้ผลผลิตฝักของถั่วลิสงได้ ถั่วลิสงทั้ง 6 พันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ทุกพันธุ์มีศักยภาพที่สามารถใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสงแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งความรู้ที่จากการวิจัยนี้จะช่วยส่งเสริมระบบการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกลุ่มวิจัยการปรับปรุงถั่วลิสงและแก่นตะวันเพื่อคุณค่าเชิงอาหารสุขภาพและศูนย์ปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน

## เอกสารอ้างอิง

1. Wesche-Ebeling P, Welti-Chanes J, Santos-Garcia J, Maiti RK, Heredia-Garcia N. 2002. Food and feed science. P.243-283. In: R.K. Maiti, and P. Wesche-Ebeling. The peanut (*Arachis hypogaea*) crop. Science Publishers Inc., NH, USA.
2. Khaopha S, Senawong T, Jogloy S, Patanothai A. Comparison of total phenolic content and composition of individual phenolic acids in testae and testa-removed kernels of 15 Valencia-type peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. Afr. J. Biotechnol. 2012; 11: 15923-15930.
3. ปานชีวัน ปอนพังกา, ปริญญาพร เผ่ามงคล, และสุวิมล ทุมวารี. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินลูกรังและเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวาน. แก่นเกษตร. 2557; 42 (ฉบับพิเศษ 1): 700-707.
4. Basu M, Bhadoria PBS, Mahapatra SC. Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in

response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. Bioresource Technol. 2008; 99: 4675-4683.

5. Sun RL, Zhao BQ, Zhu LS. Effects of long-term fertilization on soil enzyme activities and its role in adjusting-controlling soil fertility. J. Plant Nutr. Fert. Sci. 2003; 9: 406-410.
6. Lin XJ, Wang F, Cai HS, Lin CB, He CM, Li QH, Li Y. 2010. Effects of different organic fertilizers on soil microbial biomass and peanut yield. p.72-75. In: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. August 1-6, 2010, Brisbane, Australia.
7. Jogloy C, Jaisil P, Akkasaeng C, Kesmala T, Jogloy S. Heritability and correlation for maturity and pod yield in peanut. J. Appl. Sci. Res. 2011; 7: 134-140.
8. Boote KJ. Growth stage of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Sci. 1982; 9: 35-40.
9. Jongrunklang N, Toomsan B, Vorasoot N, Jogloy S, Boote KJ, Hoogenboom G, Patanothai A. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. Field Crops Res. 2011, 120: 262-270.
10. Junjittakarna J, Pimratch S, Jogloy S, Htoon W, Singkham N, Vorasoot N, Toomsan B, Holbrook CC, Patanothai A. Nutrient uptake of peanut genotypes under different water regimes. Int. J. Plant Prod. 2013; 7: 677-692.
11. Koolachart R, Suriham B, Jogloy S, Vorasoot N, Wongkaew S, Holbrook CC, Jongrunklang N, Kesmala T, Patanothai A. Relationships between physiological traits and yield components of peanut genotypes with different levels of terminal drought resistance. SABRAO J. Breed. Genet. 2013; 45: 422-446.
12. Kaewpradit W, Toomsan B, Vityakon P, Limpinuntana V, Saenjan P, Jogloy S, Patanothai A, Cadisch G. Regulating mineral N release and greenhouse gas emissions by mixing groundnut residues and rice straw under field conditions. Eur. J. Soil Sci. 2008; 59: 640-652.
13. Songsri P, Jogloy S, Holbrook CC, Kesmala T, Vorasoot N, Akkasaeng C, Patanothai A. Association

of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agr. Water Manage.* 2009; 96: 790-798.

14. Jongrunklang N, Toomsan B, Vorasoot N, Jogloy S, Kesmala T, Patanothai A. Identification of peanut genotypes with high water use efficiency under drought stress conditions from peanut germplasm of diverse origins. *Asian J. Plant Sci.* 2008; 7: 628-638.
15. Ziaeidoustan H, Azarpour E, Safiyar S. Study the Effects of Different Levels of Irrigation Interval, Nitrogen and Superabsorbent on Yield and yield component of peanut. *Intl J Agri Crop Sci.* 2013; 5: 2071-2078.

## ผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันต่อผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์

### Effect of Shoot Cutting at Different Growth Stages on Fresh Tuber Yield of Three Varieties of Jerusalem Artichoke

บุญธรรม ศรีหาล้า สุกุลกานต์ สิมลา<sup>1\*</sup> สุรศักดิ์ บุญแดง<sup>1</sup> พัชรี สิริตระกูลศักดิ์  
Boontham Srilah<sup>1</sup> Sakunkan Simla<sup>1\*</sup> Surasak Boontang<sup>1</sup> Phatcharee Siritrakulsak<sup>1</sup>

Received: 30 November 2015; Accepted: 20 February 2016

#### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการแตกต่างกันต่อองค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ แก่นตะวัน 3 พันธุ์ (#2, #3 และ #50-4) และ sub plot คือ การตัดยอด 3 รูปแบบ (ไม่ตัดยอด ตัดยอดที่ระยะออกไหล และตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50%) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรยโสธร ในฤดูฝน ระหว่างเดือน มิถุนายน-พฤศจิกายน 2558 บันทึกข้อมูล ได้แก่ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักต่อหัว น้ำหนักหัวสดต่อต้น และผลผลิตหัวสด พบว่า การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันพันธุ์ #2 มากที่สุด ส่วนการตัดยอดที่ระยะออกไหลเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันพันธุ์ #3 และ #50-4 มากที่สุด เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ให้ผลผลิตมากที่สุด จะเห็นได้ว่าการตัดยอดทำให้แก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองที่ต่างกัน ทำให้ได้ผลผลิตแตกต่างกันไปด้วย ผลการศึกษานี้สามารถใช้แนวทางสำหรับการผลิตแก่นตะวันให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน

**คำหลัก:** ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต *Helianthus tuberosus*

#### Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of shoot cutting at different growth stages on fresh tuber yield and the yield component of three varieties of Jerusalem artichoke. The experiment was laid out in a split plot randomized complete block design. Three varieties of Jerusalem Artichoke (#2, #3 and #50-4) and three shoot cutting stages (no shoot cutting, cutting at initial rhizome stage and cutting at 50% flowering stage) were assigned as the main plot and sub plot, respectively. A field trial was conducted at Yasothorn Agricultural Research and Development Centre, in the wet season (June-November 2015). Number of tuber per plant, tuber fresh weight, fresh tuber weight per plant and fresh tuber yield were recorded. A results found that planting with cuttings at the 50% flowering stage was suitable for production of #2 had and the suitable pattern for production of #3 and #50-4 were planted with cutting at initial rhizome stage, because it has the highest yield. The results indicated that there were different responses between the Jerusalem artichoke varieties and shoot cutting that effected yield. The results of this study can be used as a production guideline for Jerusalem artichoke.

**Keywords:** yield, yield component, *Helianthus tuberosus*

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

<sup>1</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, MahaSarakham 44150

\* Corresponding Author: sakunkan.s@msu.ac.th, sakunkans@gmail.com

## บทนำ

แก่นตะวัน หรือ Jerusalem artichoke มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* เป็นพืชอยู่ในสกุล *Helianthus* มีลักษณะคล้ายดอกทานตะวันและบัวตอง แต่มีขนาดเล็กกว่า มีหัวใต้ดินเพื่อเก็บสะสมอาหารคล้ายมันฝรั่ง แก่นตะวันมีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวของประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถปลูกและปรับตัวได้ดีในสภาพเพาะปลูกของประเทศไทย แก่นตะวันเป็นพืชที่สามารถนำเอาหัวมาใช้ประโยชน์ เป็นอาหารได้ทั้งคนและสัตว์ จัดว่าเป็นพืชสมุนไพร ทำอาหารได้หลากหลายประเภท อาทิเช่น บริโภคสด ประุงเป็นอาหารคาวหวาน นอกจากนี้ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ จากรายงานการวิจัยของต่างประเทศ พบว่า การบริโภคแก่นตะวันจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะ จึงทำให้เหลือเยื่อใยจำนวนมาก แก่นตะวันมีสารเยื่อใยอาหารที่ให้แคลอรีต่ำ ช่วยลดความอ้วน ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด เนื่องจากในหัวมีสารสำคัญ เรียกว่า inulin ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยน้ำตาล fructose ต่อกันเป็นโมเลกุลยาว จึงไม่เป็นปัญหากับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ช่วยลด Cholesterol, Triglyceride และ LDL (low density lipoprotein ซึ่งเป็นไขมันที่ความหนาแน่นต่ำ ที่ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง) ในร่างกายจึงลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* แต่ลดการทำงานของแบคทีเรียก่อโรค เช่น *Coliforms* และ *E. coli* จึงเป็นที่ยอมรับกันว่าแก่นตะวันเป็น Prebiotic ทำให้ภูมิคุ้มกันร่างกายดีขึ้น<sup>1,2</sup>

ด้วยเหตุนี้ทำให้แก่นตะวันเป็นที่ต้องการทั้งในภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก เพราะนอกจากการบริโภคแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับเป็นอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เอทานอล และการผลิตแอลกอฮอล์ ซึ่งอาจพัฒนาเป็นพืชพลังงานทดแทนในอนาคตต่อไป<sup>3</sup> แต่ในปัจจุบันพบว่า ผลผลิตแก่นตะวันยังมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งที่มีพื้นที่การผลิตแก่นตะวันเพิ่มขึ้น ประกอบกับการผลิตแก่นตะวันไม่สามารถทำได้ในสภาพที่อากาศเย็น จึงให้มีผลผลิตจำหน่ายเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น สำหรับการจำหน่ายทั้งปีทำได้โดยอาศัยการเก็บรักษาหัวแก่นตะวันในสภาพเย็นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ที่สามารถทำได้อยู่ 2 รูปแบบ คือ การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีผลผลิตต่อไร่เพิ่มมากขึ้น และการจัดการการเขตกรรม เพื่อเพิ่มผลผลิต ทั้งการจัดการเรื่องน้ำ ปุ๋ย หรือระยะปลูก การวิเคราะห์ผลผลิตของพืชโดยอาศัยแนวคิดเรื่องการสะสมน้ำหนักแห้งและการเจริญของส่วนผลผลิตจากสารอาหารที่พืชสร้างขึ้นมานั้น นิยม

ศึกษาในเรื่องการกระจายของน้ำหนักแห้งระหว่างอวัยวะ โดยใช้แนวคิดเรื่อง source/sink relationship ทั้งนี้นิยมให้คำจำกัดความของ source คือแหล่งสร้างหรือให้สารอาหาร (photosynthate) ส่วน sink คือแหล่งที่สะสมหรือรับสารอาหาร (assimilate)<sup>4</sup>

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีการลงหัวเช่นเดียวกับมันสำปะหลัง จึงทำให้พืชทั้งสองชนิดนี้มีสรีรวิทยาของการลงหัวคล้ายกัน ในมันสำปะหลังมีรายงานว่าการตัดยอดสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังได้<sup>5-8</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานในพืชชนิดอื่น อาทิเช่น ถั่วลิสง<sup>9-10</sup> ถั่วเหลือง<sup>11</sup> ถั่วฝักยาว<sup>12</sup> *Erysimum strictum*<sup>13</sup> ดังนั้นในครั้งนี้นี้จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขการผลิตแก่นตะวันในประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการตัดยอดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน เพื่อศึกษาเป็นแนวทางสำหรับการผลิตแก่นตะวันให้มีผลผลิตแก่นตะวันเพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมต้นกล้า การปลูกและดูแลรักษา

1.1 เพาะกล้าแก่นตะวัน แก่นตะวันที่ทำมาใช้ในการทดสอบครั้งนี้ มี 3 พันธุ์ คือ #2, #3 และ #50-4 ซึ่งแต่ละพันธุ์มีขนาดหัวพันธุ์ต่างกัน แต่ขนาดของหัวพันธุ์นั้นไม่มีผลต่อผลผลิตของแก่นตะวัน<sup>14</sup> จึงนำมาทำการเพาะกล้าโดยการตัดหัวให้มีตา 2-3 ตาต่อชิ้น และมีขนาดของชิ้นตาใกล้เคียงกัน นำมาบ่มในเกลบดำขึ้น 7-10 วัน จากนั้นย้ายลงในถาดเพาะขนาด 104 หลุม ที่มีเกลบดำเป็นวัสดุเพาะ วางถาดในที่ร่มแสงรำไร และรดน้ำดูแลต้นกล้าจนต้นกล้ามีใบจริง 2 คู่

1.2 เตรียมแปลงปลูก โดยทำการไถตะไถแปรและไถพรวน 1-2 ครั้ง ตามสภาพพื้นที่ จากนั้นปรับระดับพื้นที่ให้เสมอกับด้วยเครื่องพรวน จากนั้นยกแปลงปลูกให้เป็นรูปสามเหลี่ยมให้มีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร แต่แปลงย่อยยาว 6.5 เมตร

1.3 ย้ายกล้าลงปลูกในแปลงที่มีความชื้น โดยปลูกให้มีระยะห่างระหว่างต้น 40 เซนติเมตร และให้น้ำทันทีหลังปลูก โดยให้น้ำปล่อยตามร่อง อย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก

1.4 ดายหญ้ากำจัดวัชพืช 1-2 ครั้งตามความเหมาะสม

1.5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 1 เดือนหลังปลูก

1.6 ทำการตัดยอดตามสิ่งทดลอง คือ ไม่ตัดยอด ตัดที่ระยะออกไหลที่ 15 วันโดยตัดข้อที่ 3 จากยอด (นับจากปล้องที่เหลือง) และตัดที่ระยะดอกบาน 50 % ที่ประมาณ 60 วัน ตัดข้อที่ 3 จากยอด (นับจากปล้องที่เหลือง)

## 2. การบันทึกข้อมูล

### 2.1 องค์ประกอบผลผลิต<sup>15</sup>

1) จำนวนหัวต่อต้น (หัว) สุ่มนับจำนวนหัวต่อต้นจากตัวอย่าง 5 ต้น ของแต่ละแปลงย่อย ในระยะเก็บเกี่ยว

2) น้ำหนักหัวสดต่อหัว (กรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดของแต่ละหัว จำนวน 10 ต้นหัว ในแต่ละแปลงย่อย ที่ระยะการเก็บเกี่ยว โดยนำหัวไปล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

3) น้ำหนักหัวสดต่อต้น (กรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดของแต่ละต้น จำนวน 5 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย ที่ระยะการเก็บเกี่ยว โดยนำหัวไปล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

### 2.2 ผลผลิต<sup>15</sup>

ผลผลิตหัวสดต่อไร่ (กิโลกรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดที่ระยะการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย โดยนำหัวแก่ต้นวันทั้งหมดไปล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนักผลผลิตหัวสดต่อแปลงย่อย จากนั้นนำไปคำนวณเป็นผลผลิตหัวสดต่อไร่

## 3. การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะ

### 3.1 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะ

ทั้งหมดที่ทำการศึกษิตตามแผนการทดลองแบบ spit plot in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ แก่นตะวัน 3 พันธุ์ คือ แก่นตะวัน #2 แก่นตะวัน #3 และแก่นตะวัน #50-4 และ sub plot คือ การตัดยอด 3 รูปแบบ คือ ไม่ตัดยอด ตัดยอดที่ระยะออกไหล และตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50%

3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการทดลอง

### 1. ลักษณะจำนวนหัวต่อต้น

จำนวนหัวต่อต้นเป็นลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีความสำคัญในแก่นตะวัน เนื่องจากจำนวนหัวที่มาก หมายถึงผลผลิตที่มากเช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษาพบว่า แก่นตะวัน พันธุ์ #3 เป็นพันธุ์ที่มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด ที่ 37.53 หัวต่อต้น และการไม่ตัดยอด ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุดที่ 28.37 หัวต่อต้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการตัดยอดที่ระยะออกไหล ที่มีจำนวน 26.16 หัวต่อต้น ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันกับระยะการตัดยอด พบว่าจำนวนหัวต่อต้นของแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะ

ดอก 50% ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด จำนวน 19.60 หัวต่อต้น ส่วนในพันธุ์ #3 และ #50-4 การไม่ตัดยอด ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด จำนวน 44.80 และ 24.60 หัวต่อต้นตามลำดับ (Table 1) เมื่อพิจารณาจาก (Figure 1) ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าพันธุ์ #2 และพันธุ์ #3 กับ #50-4 มีการตอบสนองกับการตัดยอดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยในพันธุ์ #2 เมื่อมีการตัดยอด ส่งผลให้มีจำนวนหัวต่อต้นเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน พันธุ์ #3 และ #50-4 เมื่อมีการตัดยอด ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นลดลง

### 2. ลักษณะน้ำหนักสดต่อหัว

น้ำหนักสดต่อหัวเป็นลักษณะที่ใช้บอกขนาดของหัวแก่ต้นวัน ซึ่งเป็นลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีความสำคัญอีกลักษณะหนึ่ง โดยหัวที่มีน้ำหนักสดมาก เป็นสิ่งที่บอกถึงผลผลิตที่มากเช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษาพบว่า แก่นตะวันพันธุ์ #2 เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักสดต่อหัวมากที่สุด ที่ 8.25 กรัมต่อหัว แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ #2 เป็นพันธุ์ที่มีขนาดหัวใหญ่ที่สุด สำหรับระยะการตัดยอดที่ต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้น้ำหนักสดต่อหัวแตกต่างกัน ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและระยะการตัดยอดพบว่า น้ำหนักสดต่อหัวของแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ทำให้มีน้ำหนักสดต่อหัวมากที่สุด ที่ 9.67 และ กรัมต่อหัว ตามลำดับ และในพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดระยะออกไหล ทำให้มีน้ำหนักสดต่อหัวมากที่สุด ที่ 5.05 และ 8.64 กรัมต่อหัว (Table 1) ในส่วนของทิศทางการตอบสนองต่อการตัดยอดพบว่าในพันธุ์ #3 และ #50-4 มีการตอบสนองต่อการตัดยอดเหมือนกัน (Figure 1)

### 3. ลักษณะน้ำหนักสดหัวต่อต้น

น้ำหนักสดหัวต่อต้นเป็นสิ่งที่สำคัญในการบ่งบอกถึงผลผลิตของแก่นตะวัน โดยผลจากการศึกษาพบว่า แก่นตะวันพันธุ์ #3 มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ 176.02 กรัมต่อต้น และการตัดยอดที่ระยะออกไหล ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุด ที่ 154.35 กรัมต่อต้น ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและระยะการตัดยอดพบว่า น้ำหนักสดหัวต่อต้นของแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุด ที่ 213.17 กรัมต่อต้น ส่วนในพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดระยะออกไหล ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุดที่ 223.57 และ 184.74 กรัมต่อต้น (Table 1) เมื่อพิจารณา

การตอบสนองต่อการตัด พบว่าพันธุ์ #2 และพันธุ์ #3 กับ #50-4 มีการตอบสนองกับการตัดยอดแตกต่างกันเช่นเดียวกัน โดยในพันธุ์ #2 เมื่อมีการตัดยอด ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน พันธุ์ #3 และ #50-4 เมื่อมีการตัดยอด ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นลดลง (Figure 1)

#### 4. ลักษณะผลผลิตหัวสด

ผลผลิตหัวสด คือ หัวสดของแแก่นตะวันที่เก็บขึ้นมาจากแปลงปลูกที่ผ่านการล้างทำความสะอาด และผึ่งให้หมาดในร่ม ผลจากการศึกษาพบว่า แแก่นตะวันพันธุ์ #3 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตหัวสดมากที่สุด คือ 1,173.50 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับระยะการตัดยอดที่ต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้ผลผลิตหัวสดแตกต่างกัน ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แแก่นตะวันและระยะการตัดยอดพบว่า ผลผลิตหัวสดของแแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ทำให้มีผลผลิตหัวสดมากที่สุด ที่ 1,421.20 กิโลกรัมต่อไร่ ในพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดระยะออกไหล ทำให้มีผลผลิตหัวสดมากที่สุด ที่ 1,490.60 และ 1,231.70 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) ในส่วนของการตอบสนองต่อการตัดยอดพบว่าผลผลิตหัวสดต่อไร่มีการตอบสนองเช่นเดียวกันกับลักษณะน้ำหนักหัวสดต่อต้น (Figure 1)

#### วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันในแต่ละวัน 3 พันธุ์ จะเห็นได้ว่า แแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อการตัดยอดต่างกัน โดยพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ให้ผลผลิตหัวสดดีที่สุด สำหรับพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดที่ระยะออกไหล ให้ผลผลิตหัวสดดีที่สุด ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่ตัดยอด โดยผลผลิตที่มากกว่านั้นมีมากกว่า 13.33 และ 27.08% ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากแแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการพัฒนาการแตกต่างกันดังในรายงานที่ทำการศึกษาคณาจารย์เจริญเติบโต และชีพลักษณะของแแก่นตะวัน โดยทำการศึกษาในแแก่นตะวัน 2 พันธุ์ คือ CN 52867 หรือพันธุ์ #3 และ HEL 65 หรือพันธุ์ #2 ซึ่งเป็นพันธุ์เดียวกันที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ 2 พันธุ์ พบว่าแแก่นตะวันทั้ง 2 พันธุ์มีการเจริญเติบโต และชีพลักษณะในแต่ละระยะพัฒนาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ<sup>16</sup> ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุทำให้พันธุ์แแก่นตะวันที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีการตอบสนองต่อการตัดยอดแตกต่างกัน เนื่องจากการที่พันธุ์ต่างกันเป็นผลมาจากการที่มีพันธุกรรมต่างกัน และจากการที่พันธุกรรมต่างกันนั้นจึงทำให้แต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อ

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ต่างกัน จากการที่แแก่นตะวันทั้ง 3 พันธุ์มีการตอบสนองต่อการตัดยอดต่างรูปแบบกันนั้นสามารถแบ่งได้ เป็น 2 ประเด็นดังนี้

#### การเพิ่มแหล่งสร้างอาหาร (source increasing)

การเพิ่มแหล่งสร้างอาหารในการศึกษาคครั้งนี้ คือ การตัดยอดในระยะออกไหล การตัดยอดในระยะนี้เป็นการตัดยอดในระยะ T1 ซึ่งเป็นระยะที่เริ่มออกไหล (stolonization) ไหลมีการพัฒนายาว 2-5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะในช่วง V6-V8 (ระยะที่มีใบจริง 6-8 คู่)<sup>16</sup> การตัดยอดในระยะนี้เป็นช่วงเริ่มต้นของการเจริญเติบโต การตัดยอดเป็นการตัดส่วนที่พืชสร้างออกซินออก ทำให้ยับยั้งปรากฏการณ์การขมของส่วนยอด (apical meristem) กระตุ้นตาข้างให้มีการแบ่งเซลล์และขยายขนาด พืชจึงแตกตาข้างได้ทำให้ต้นพืชมีลักษณะเป็นพุ่ม และแตกกิ่งมากขึ้น<sup>17-18</sup> ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุให้ผลผลิตของแแก่นตะวันพันธุ์ #3 และ #50-4 ที่ตัดยอดในระยะออกไหลมีผลผลิตมากขึ้น (13.10 และ 27.08% ของการไม่ตัดยอด ตามลำดับ) เนื่องจากการตัดในระยะนี้เป็นการตัดเพื่อเพิ่มแหล่งสร้างอาหาร ส่งผลให้มีการสะสมอาหารในแหล่งสะสม หรือหัวของแแก่นตะวันมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกันในถั่วลิสง<sup>9-10</sup> ถั่วเหลือง<sup>11</sup> ถั่วฝักยาว<sup>12</sup> และ *Erysimum strictum*<sup>13</sup> ในส่วนของพันธุ์ #2 ที่เมื่อมีการตัดยอดในระยะออกไหล แล้วไม่ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากกลไกการตอบสนองต่อการตัดยอดของพันธุ์ #2 ต่างจากในพันธุ์ #3 และ #50-4 ที่เมื่อมีการตัดยอดแล้ว จะมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่สร้างได้ไปเพื่อการสร้างยอดใหม่ มากกว่าการนำไปใช้เพื่อการสร้างไหล ซึ่งเห็นได้จากจำนวนหัวต่อต้นที่ลดลงเมื่อมีการตัดยอด

#### การลดแหล่งใช้อาหาร (sink reduction)

อวัยวะที่เป็นแหล่งใช้อาหาร หรือเก็บสะสมอาหาร (sink) มี 2 แบบ คือ เนื้อเยื่อที่กำลังเจริญ และเนื้อเยื่อเก็บอาหาร ดังนั้นการเคลื่อนย้ายอาหารจากแหล่งสร้างไปยังแหล่งใช้หรือเก็บสะสม จึงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช<sup>19</sup> การลดแหล่งใช้อาหารในการศึกษาคครั้งนี้ คือ การตัดยอดระยะออกดอก 50% ซึ่งเป็นการลดแหล่งใช้และแหล่งสะสมอาหารในรูปของดอกและเมล็ด เมื่อลดแหล่งใช้และแหล่งสะสมในส่วนเหนือดินลง จึงเป็นสาเหตุให้มีการเคลื่อนย้ายอาหารที่สร้างขึ้นมาลงไปยังสะสมในส่วนของหัวหรือส่วนที่อยู่ใต้ดินมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุในผลผลิตของแแก่นตะวันพันธุ์ #2 ที่มีการตัดยอดในระยะดอกบาน 50% มีผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 105.58% ของการไม่ตัดยอด ลักษณะเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกัน



ในผักโขม<sup>20</sup> และข้าวสาลี<sup>21</sup> ในส่วนของพันธุ์ #3 และ #50-4 ที่เมื่อมีการตัดยอดในระยะออกดอก 50% แล้วไม่ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากกลไกการตอบสนองต่อการตัดยอดของพันธุ์ #3 และ #50-4 ต่างจากในพันธุ์ #2 ที่เมื่อมีการตัดยอดในระยะออกดอก 50% แล้ว จะมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่สร้างได้ไปเพื่อการสร้างดอกใหม่ มากกว่าการนำไปใช้เพื่อการสะสมในหัวซึ่งเห็นได้จากน้ำหนักสดต่อหัวที่ลดลงเมื่อมีการตัดยอด

### สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของการตัดยอดที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในแต่ละวัน 3 พันธุ์ สามารถสรุปรูปแบบการผลิตสำหรับการบริโภคสดได้ว่า การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวสดแก่ต้นวันพันธุ์ #2 มากที่สุด และการตัดยอดที่ระยะออกไหลเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวสดแก่ต้นวันพันธุ์ #3 และ #50-4 มากที่สุด เนื่องจากทั้ง 2 รูปแบบเป็นรูปแบบที่ทำให้มีผลผลิตหัวสดดีที่สุด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนานิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปี 2558 ประเภทนิสิตระดับปริญญาโท คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรยโสธร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. สนั่น จอกลอย. แก่นตะวันไม่ดอกประดับบ้านพืชอาหารสมุนไพร. [online]. 2549 ได้จาก: <http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/prapas/jerusalem.html>. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2557
2. เคหะการเกษตร. แก่นตะวัน. [online]. 2555. ได้จาก: <http://www.kehakaset.com/index.php/component/content/article/79-information/970-2012-09-11-07-03-51>. สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2557
3. สุดาวรัตน์ คำผา, ปรีญา พวงสำลี หวังสมนึก, สนั่น จอกลอย, พินิจ หวังสมนึก และอาร์นต์ พัฒน์ทัย. แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) พืชชนิดใหม่ใช้เป็นพลังงาน

4. ประวิตร โสภโณดร. การกระจายน้ำหนักแห้งในพืช. เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาการผลิตพืช. [online]. 2556. ได้จาก: <http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/physio/index.htm>. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2557
5. อุทัย เข็นภักดี, กำพล นรินทรพร, ชาญ ธิพร, โสภณสินธุประมา. ผลของการตัดยอดเมื่ออายุต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลัง. ใน: รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2522. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ; 2522. หน้า 213-216
6. วิจารย์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล, จำลอง เขียมจันรรจา, สมยศ พุทธเจริญ. อิทธิพลของระยะปลูกและจำนวนครั้งในการตัดยอดที่มีต่อผลผลิตยอดแห้ง ปริมาณโปรตีนผลผลิตหัวมันแห้ง และผลผลิตแบ่งของมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2533
7. พร้อมพรรณ เสรีวิชัยสวัสดิ์, วิจารย์ วิชชุกิจ, จำลอง เขียมจันรรจา. อิทธิพลของการชะลอระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการตัดและไม่ตัดต้นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพแบ่งของมันสำปะหลัง. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2546. หน้า 274-282
8. สุวีรัตน์ แสงนิล. ผลของการตัดยอดมันสำปะหลังที่มีต่อผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554
9. อิศรา สุขสถาน. ผลของการตัดยอดต่อการเพิ่มผลผลิตของถั่วลิสง 2 พันธุ์. ใน: รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสงครั้งที่ 8. 3-5 พฤษภาคม 2532; โรงแรมใหม่ไทย ร้อยเอ็ด; 2532
10. รัฐพล ชูยอด. อิทธิพลการตัดยอดต่อผลผลิตถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2536
11. พรวิภา หาญสำเนา. อิทธิพลของการตัดยอดและตัดใบอ่อนเพื่อลดการแข่งขันภายในต้นที่มีการติดฝัก การเจริญเติบโตของเมล็ดและผลผลิตของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539
12. สุทีวัส รัชญะอุตร. การถ่ายเทเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตถั่วฝักยาวโดยวิธีการตัดยอดในระบบเกษตรอินทรีย์สำหรับเกษตรกรในอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง.

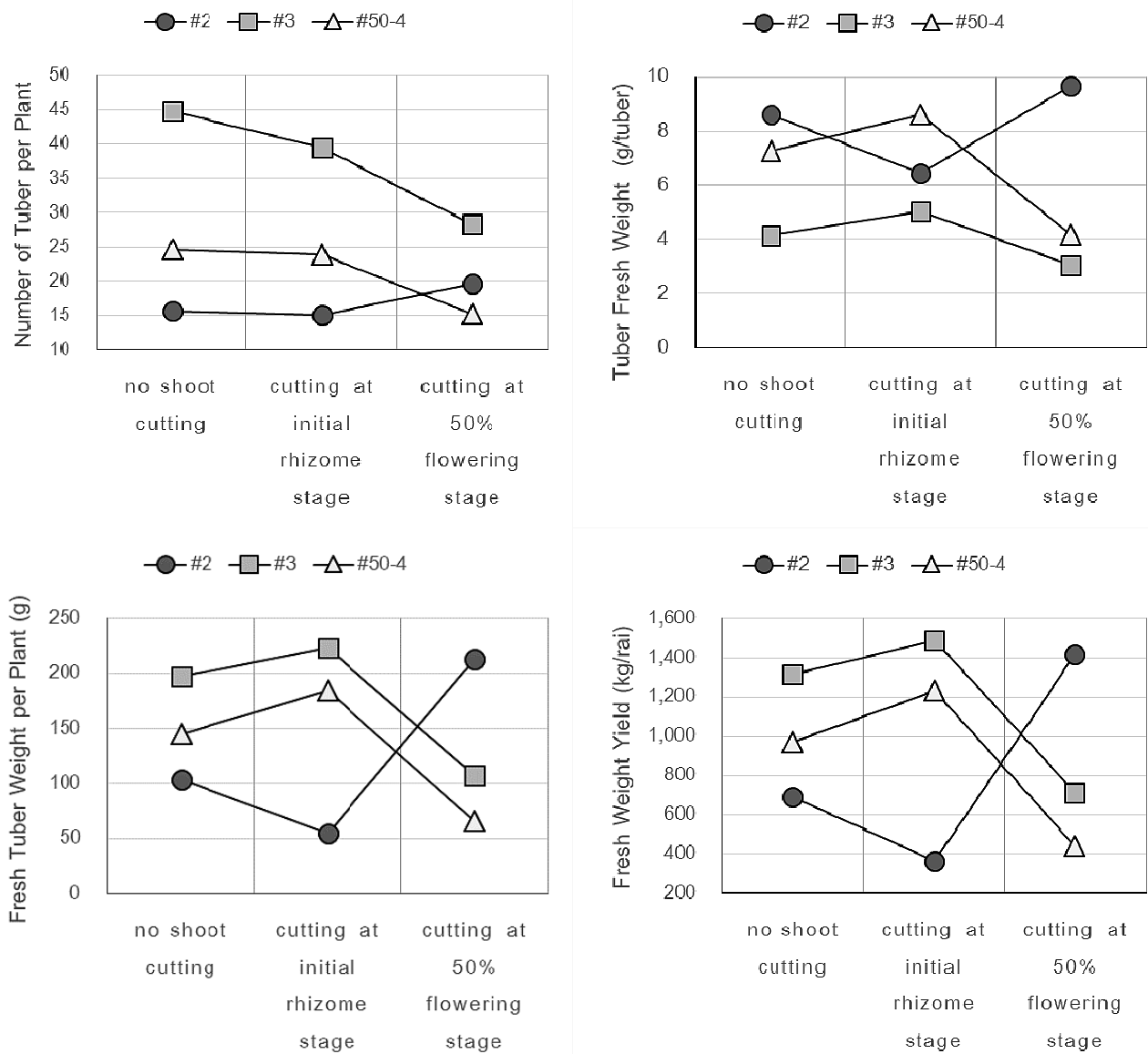
- วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 2557;7(1): 27-34
13. Rautio P, Huhta AP, Piippo S, Tuomi J, Juenger T, Saari M, Aspi J. Overcompensation and adaptive plasticity of apical dominance in *Erysimum strictum* (Brassicaceae) in response to simulated browsing and resource availability. *OIKOS* 2005;111: 179-191
  14. สนั่น จอกลอย รัชณี พุทธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตูลา และถวัลย์ เกษมาลา. อิทธิพลของการใช้ส่วนขยายพันธุ์ต่อการออก การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) 2549;34(2):151-156.
  15. วรงค์รัตน์ พิมพ์แสน. ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของลักษณะผลผลิตแก่นตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553
  16. Paungbut D, Jogloy S, Vorasoot N, Patanothai A. Growth and phenology of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Pak. J. Bot.* 2015;47(6): 2207-2214
  17. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548
  18. ลิลลี่ กาวีติตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุรียา ตันติวิวัฒน์. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2552
  19. โสระยา ร่วมรังษี. สรีรวิทยาไม้ดอกประเภทหัว. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2558
  20. Roitner-Schobesberger B, Kaul HP. Source capacity during flowering affects grain yield of amaranth (*Amaranthus* sp.). *Plant Soil Environ.* 2013;59(10): 472-477
  21. Abdoli M, Saeidi M, Jalali-Honarmand S, Mansourifar S, Ghobadi M, Cheghamirza K. Effect of source and sink limitation on yield and some agronomic characteristics in modern bread wheat cultivars under post anthesis water deficiency. *Acta agriculturae Slovenica.* 2013;101(2): 173-182.

**Table 1** Fresh tuber yield component and yield of three varieties under three shoot cutting patterns

Treatments	Number of Tuber per Plant		Tuber Fresh Weight (g/tuber)		Fresh Tuber Weight per Plant (g)		Fresh Weight Yield (kg/rai)		
<b>Varieties</b>									
#2	16.80	b <sup>1/</sup>	8.25	a	123.87	b	825.80	b <sup>1/</sup>	
#3	37.53	a	4.07	c	176.02	a	1,173.50	a	
#50-4	21.24	b	6.70	b	132.13	b	880.90	b	
<b>Shoot cutting</b>									
no shoot cutting	28.37	a	6.67		148.91		992.80	ab	
cutting at initial rhizome stage	26.16	a	6.05		154.35		1,029.10	a	
cutting at 50% flowering stage	21.06	b	6.31		128.76		858.40	b	
<b>Varieties×Shoot cutting</b>									
#2×no shoot cutting	15.70	d	8.63	ab	103.69	cd	691.30	cd	
#2×cutting at initial rhizome stage	15.10	d	6.46	cd	54.74	e	365.00	e	
#2×cutting at 50% flowering stage	19.60	cd	9.67	a	213.17	a	1,421.20	a	
#3×no shoot cutting	44.80	a	4.14	ef	197.68	a	1,317.90	a	
#3×cutting at initial rhizome stage	39.50	a	5.05	de	223.57	a	1,490.60	a	
#3×cutting at 50% flowering stage	28.30	b	3.04	f	106.82	cd	712.10	cd	
#50-4×no shoot cutting	24.60	bc	7.26	bc	145.37	bc	969.20	bc	
#50-4×cutting at initial rhizome stage	23.87	bc	8.64	ab	184.74	ab	1,231.70	ab	
#50-4×cutting at 50% flowering stage	15.27	d	4.20	ef	66.29	de	441.90	de	
<b>F-test</b>									
Varieties	**		**		*		*		
Shoot cutting	**		ns		ns		ns		
Varieties×Shoot cutting	**		**		**		**		
CV(Block*Var)	13.7		14		18.02		18.02		
CV(Block*Var*Cutting)	12.3		15		16.62		16.62		

<sup>1/</sup>Means followed by the same letter in the same column of the varieties, shoot cutting and the interaction of varieties and shoot cutting are not significantly different at  $p \leq 0.05$ .

ns: non-significant, \* and \*\* significant at  $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$ , respectively.



**Figure 1** Trend of fresh tuber yield component and yield of three varieties under three shoot cutting patterns

## การพัฒนาาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

### The Development of a Decision Support System to Apply for the Undergraduate Program Using Decision Tree Techniques

อนันต์ ปินะเต<sup>1</sup>

Anan Pinate<sup>1</sup>

Received: 6 December 2015; Accepted: 11 March 2016

#### บทคัดย่อ

การรับสมัครบุคคลเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีกระบวนการในการคัดเลือกผู้สมัครที่มีคุณสมบัติตรงตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด ซึ่งการแนะนำการศึกษาจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ ในการประชาสัมพันธ์ข้อมูลการสมัครให้กับผู้สมัครทราบ อาทิเช่น ข้อมูลการเลือกสาขาวิชา โดยทั่วไปผู้สมัครจะเลือกสาขาวิชาโดยยึดหลักตามความชอบ ความรู้สึกของตนเองเป็นส่วนใหญ่ โดยไม่ได้คำนึงถึงความรู้และทักษะด้านต่างๆ ของตนเอง ส่งผลให้เมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชานั้นแล้วเกิดปัญหาผลการเรียนที่ตกต่ำ ไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด อันเป็นผลทำให้ต้องพ้นสภาพการเป็นนิสิตตั้งนั้นการประชาสัมพันธ์ข้อมูลเพื่อให้ผู้สมัครได้ใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชานั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการแนะนำการศึกษาต่อ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ C4.5 เพื่อค้นหากฎการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาและนำกฎการตัดสินใจที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชา เพื่อให้ผู้ที่สมัครเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี ได้ทำการทดลองการเลือกสาขาวิชาก่อนการเลือกสมัครจริง ผู้สมัครจะได้ทราบถึงสาขาวิชาที่เหมาะสมกับความรู้และทักษะของผู้สมัครเองเมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชานั้น จากการวิจัยสามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้จำนวนทั้งสิ้น 333 กฎจากทั้งหมด 51 สาขาวิชาที่ทำการทดลอง และสามารถสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาได้

**คำสำคัญ :** เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ กฎการตัดสินใจ

#### Abstract

When recruiting an individual to study at the undergraduate level in Mahasarakham University, there is a selection process to qualify applicants in line with university regulations. Thus, a study guide becomes an important source of information for the applicant It explains the disciplines and selection information. Generally, disciplines will be selected based on the applicants' choices, mostly without taking into consideration the individuals' knowledge and various skills. As a result, applicants will fail courses at the university if they do not pass the criteria set forth by the university. How to select disciplines becomes a really important process. This research presents the use of decision tree with C4.5 technique to search for decision rules in selecting fields of study and to improve decision rules to become a decision support system in order to help applicants be able to experiment with selecting fields of study before actual application. The applicants will realize which fields of study are compatible with their knowledge and skills. From the research, there were 333 decision rules from 51 experimental fields of study and decision.

**Keywords :** decision tree technique, decision rule

<sup>1</sup> นักวิชาการคอมพิวเตอร์ กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Computer Technical Officer, Division of Academic Affair, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm 44150 Thailand.

**บทนำ**

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ ที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี และบัณฑิตศึกษาระบบการการรับสมัครเพื่อคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อคัดเลือกผู้ที่จะเข้าศึกษาให้ตรงตามคุณสมบัติของสาขาวิชาที่กำหนด ขั้นตอนการรับสมัครบุคคลเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี มีอยู่หลายขั้นตอนด้วยกันการแนะนำประชาสัมพันธ์ข้อมูลเกี่ยวกับการรับเข้าศึกษาเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งรวมถึงการให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกเรียนในสาขาวิชาของผู้สมัครให้ตรงตามทักษะ และความรู้ของผู้สมัครเองถือเป็นข้อมูลที่สำคัญยิ่ง จากปัญหาที่สำคัญของการรับสมัครเข้าศึกษาในสาขาวิชาต่างๆ โดยส่วนใหญ่ผู้สมัครจะเลือกสมัครในสาขาวิชาตามความชอบ สมัครตามเพื่อน หรือผู้ปกครอง โดยไม่ได้คำนึงถึงความรู้ และทักษะที่ตนเองมี ส่งผลกระทบเมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชาดังกล่าวแล้วทำให้ผลการเรียนตกต่ำ เกิดปัญหาผลการเรียนไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด การผันสภาพการเป็นนิสิต การขอย้ายสาขาวิชา และการผลิตบัณฑิตในสาขาวิชาไม่สูงเท่าที่ควร จากข้อมูลรายงานประจำปีของกองทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบว่ามีจำนวนนิสิตที่ผันสภาพการเป็นนิสิตเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษา จากข้อมูลปีการศึกษา 2552 - 2555 มีนิสิตที่ผันสภาพร้อยละ 5.22, 10.30, 10.32, 10.48 ตามลำดับ<sup>2</sup> จากปัญหาส่งผลกระทบต่อผู้เรียน ได้แก่ เสียเวลาในการเรียน เสียค่าใช้จ่ายในการเรียน เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวมหาวิทยาลัยมีความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเรียนของผู้สมัคร โดยให้ผู้สมัครทำการทดลองความรู้ และทักษะที่ผู้สมัครมีอยู่เพื่อให้ทราบว่าจะสาขาวิชาที่เหมาะสมกับตนเอง โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลประวัตินิสิตที่สำเร็จการศึกษา และข้อมูลประวัติการสมัครเข้าเรียนของนิสิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มาทำการทดลองโดยวิธีเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 (Decision Tree C4.5) เพื่อหาแบบจำลองและกฎการตัดสินใจเพื่อนำกฎที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา

**วัตถุประสงค์**

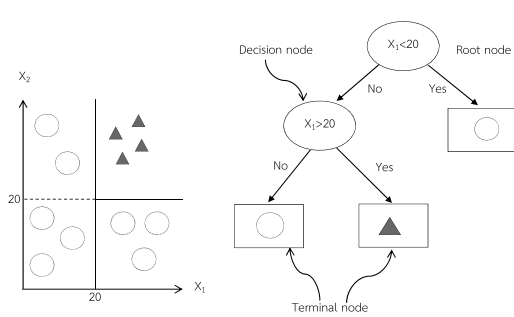
เพื่อสร้างแบบจำลองและกฎการตัดสินใจด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 และพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครเรียนในสาขาวิชาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**ทบทวนวรรณกรรม**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาทฤษฎี และวิธีการดำเนินการทดลองด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ และการวัดประสิทธิภาพของผลการทดลองโดยมีรายละเอียด ดังนี้

**ต้นไม้ตัดสินใจ**

วิธีต้นไม้ตัดสินใจเป็นโมเดลที่มีรูปแบบที่ได้รับความนิยม โครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบลำดับชั้นโดยมีการตัดสินใจ ซึ่งประกอบด้วย โหนดที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision Node) และโหนดใบ (Terminal node) แต่ละโหนดตัดสินใจนั้นจะมีการสร้างฟังก์ชันที่เอาไว้สำหรับทดสอบทางเลือก  $f_m(x)$  จากการป้อนข้อมูลเข้า (Input) จะทดสอบตามทางเลือกไปเรื่อยๆ ไปจนถึงโหนดใบ จะได้คำตอบในที่สุดรายละเอียดดัง (Figure 1)



**Figure 1** ตัวอย่างต้นไม้ที่สร้างจากชุดการสอน

**อัลกอริทึม C4.5**

เป็นอัลกอริทึม ที่พัฒนามาจากอัลกอริทึม ID3<sup>4</sup> เป็นอัลกอริทึมในการจำแนกประเภทข้อมูลใช้หลักการสร้างต้นไม้โดยคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดมาเป็นโหนดราก (Root Node) โดยใช้ค่า Gain Ratio ที่สูงที่สุดเป็นโหนดราก และโหนดถัดไป และต้องหาค่า Entropy, Information Gain และ Split Information มีวิธีการการหาค่า ดังนี้

การหาค่า Entropy เป็นสมการที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entropy Measure) รายละเอียดดังสมการที่ 1

$$Entropy(s) = \sum_{i=1}^c -P_i \log_2 P_i \tag{1}$$

โดย  $s$  คือ Attribute หรือคุณลักษณะ ที่นำมาวัดค่า Entropy  $P_i$  คือ สัดส่วนของจำนวนสมาชิกในกลุ่ม  $i$  เทียบกับจำนวนสมาชิกทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

การหาค่า Information Gain เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าสารสนเทศก่อนนำไปใช้ในการหาค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกน (Gain Ratio) รายละเอียดดังสมการที่ 2

$$Gain(S, A) = Entropy(s) - \sum_{v \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Entropy(S_v) \quad (2)$$

โดย  $A$  คือ คุณลักษณะ  $A$

$|S_v|$  คือ จำนวนสมาชิกของคุณลักษณะ  $A$  ที่มีค่า  $V$

$|S|$  คือ จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

การหาค่า Split Information เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าสารสนเทศของการแบ่งแยก รายละเอียดดังสมการที่ 3

$$Split\ Information(S, A) = - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{S} \log_2 \frac{|S_i|}{S} \quad (3)$$

โดย  $S_i$  คือ จำนวนของจำนวนสมาชิกในกลุ่ม  $i$

การหาค่า Gain Ratio เป็นสมการที่เพิ่มขึ้นจากอัลกอริทึม ID3 เพื่อลดความลำเอียงของข้อมูล รายละเอียดดังสมการ 4

$$Gain\ Ratio(S, A) = \frac{Gain(S, A)}{Split\ Information(S, A)} \quad (4)$$

### การวัดประสิทธิภาพ

ในการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองในแต่ละข้อมูล ที่ทำการทดลองตามสาขาวิชา โดยใช้ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง (Accuracy) ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Precision) ค่าความระลึกของแบบจำลอง (Recall) และค่าความเหวี่ยงของแบบจำลอง (F-Measure) การวัดประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลตามแนวคิดทางด้านการค้นคืนสารสนเทศ ซึ่งการวัดค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองนั้นจะอาศัยตาราง Confusion Matrix ในการคำนวณค่ารายละเอียดดัง (Figure 2)

		Predicted Class	
		$C_1$	$C_2$
Actual	$C_1$	TP	FN
	$C_2$	FP	TN

Figure 2 Confusion Matrix

TP คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_1$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_1$

TN คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_2$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_2$

FP คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_1$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_2$

FN คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_2$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_1$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (5)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (6)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (7)$$

$$F-Measure = \frac{2 * Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (8)$$

### วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 จากข้อมูลที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ข้อมูลประวัติการศึกษาของผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2549 – 2554 และข้อมูลประวัติการสมัครเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีโดยข้อมูลทั้งสองนี้ต้องเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันโดยมีข้อมูลที่ทำกรทดลอง 18,221 ชุดข้อมูลรวมทั้งหมด 51 สาขาวิชาการทดลองทำการเตรียมข้อมูลในแต่ละสาขาวิชาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้กับโปรแกรม WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) ซึ่งประกอบด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลทดสอบ (Data Testing) และข้อมูลเรียนรู้ (Data Training) โดยใช้หลักการแบ่งข้อมูลแบบ 10-fold Cross Validation จากนั้นทำการทดลองโดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 (Decision Tree C4.5) เพื่อหาแบบจำลอง และทำการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง (Evaluation) จากแบบจำลองสามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจ (Decision Rule) และนำกฎการตัดสินใจที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา เพื่อให้ผู้สมัครได้ทำการทดสอบก่อนการเลือกสาขาวิชานั้น

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แสดงขั้นตอน และกรอบแนวคิดเพื่อให้ทราบกระบวนการในการวิจัยในครั้งนี้โดยมีรายละเอียดดัง (Figure 3)

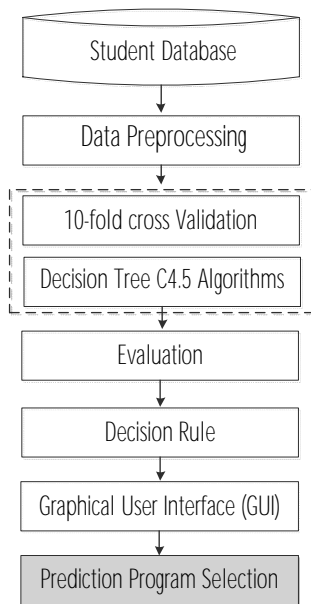


Figure 3 Conceptual framework

ข้อมูลที่ใช้ทำการทดลองนั้นจะแยกตามสาขาวิชาและการทดลองออกเป็นข้อมูลรายสาขาวิชา ข้อมูลในแต่ละสาขาวิชาประกอบด้วยข้อมูลตัวแปร โดยเลือกข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการเลือกสมัครของสาขาวิชา ข้อมูลตัวแปรคุณลักษณะ (Attribute) ได้แก่ เพศ ผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ผลการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้ (GPA) ได้แก่ วิชาภาษาไทย วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาสังคมศึกษา วิชาสุขศึกษา วิชาศิลปะ วิชาการงานอาชีพ และวิชาภาษาต่างประเทศ ตัวแปรคำตอบหรือตัวแปรคลาส (Class) คือ ผลการเรียนนิสิตที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม รายละเอียดตัวแปรคุณลักษณะ (Attribute) และตัวแปรคำตอบ (Class) มีรายละเอียดดัง (Table 1) และตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในแต่ละสาขาวิชา มีรายละเอียดดัง (Table 2)

Table 1 Variable

Variable	Explanation
Sex	Sex
GPAX	Grade point average
GPA1	Grade point average Thai Language
GPA2	Grade point average Mathematics
GPA3	Grade point average Science
GPA4	Grade point average Social studies
GPA5	Grade point average Health education
GPA6	Grade point average Art
GPA7	Grade point average Home working
GPA8	Grade point average English
GPA	Grade point average in Mahasarakham University

Table 2 Data sample

Sex	GPAX	GPA1	GPA2	GPA3	GPA4	GPA5	GPA6	GPA7	GPA8	GPA
Female	3.35	3.50	3.00	3.26	3.68	3.75	3.50	3.62	3.32	3.52
Male	2.54	2.00	2.00	3.05	4.00	4.00	2.05	4.00	2.00	2.56
Male	2.40	2.55	1.54	2.60	2.52	3.57	3.36	2.50	2.33	2.35
Female	3.29	3.40	2.60	2.70	3.00	3.90	3.20	3.40	2.40	3.10
Female	3.00	3.35	1.70	3.16	3.17	3.40	3.50	3.45	3.31	2.74
Female	3.92	4.00	3.66	4.00	4.00	4.00	4.00	3.97	3.97	3.56
Male	3.51	3.71	3.05	3.42	3.94	4.00	4.00	3.50	3.60	3.20
Female	2.98	2.20	1.90	1.80	3.34	3.10	3.70	3.40	3.19	2.23
Male	3.71	4.00	3.32	3.56	4.00	4.00	3.90	4.00	3.76	3.64



ในการแทนค่าข้อมูลในการทดลอง เพื่อทำการทดลองในข้อมูลแต่ละสาขาวิชา เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองนั้น เพื่อให้ถูกต้อง และมีความแม่นยำในการทดลอง ข้อมูลต้องอยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์เข้าใจถึงความหมายของข้อมูลนั้นเสียก่อน การวิจัยนี้ได้มีการแทนค่าข้อมูลให้กับข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) และผลการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้ (GPA) ซึ่งข้อมูลทั้งสองส่วนเป็นข้อมูลคะแนนแบบมีทศนิยม ซึ่งก่อนทำการทดลองกับข้อมูลต้องทำการแทนค่าเพื่อลดการกระจายของข้อมูลซึ่งเป็นทศนิยมแบบต่อเนื่อง (Binning data) โดยผู้วิจัยได้แทนค่าข้อมูลโดยมีการแบ่งช่วงคะแนนผลการเรียนออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนข้อมูลที่ตัวแปรคุณลักษณะ (Attribute) มีการแทน

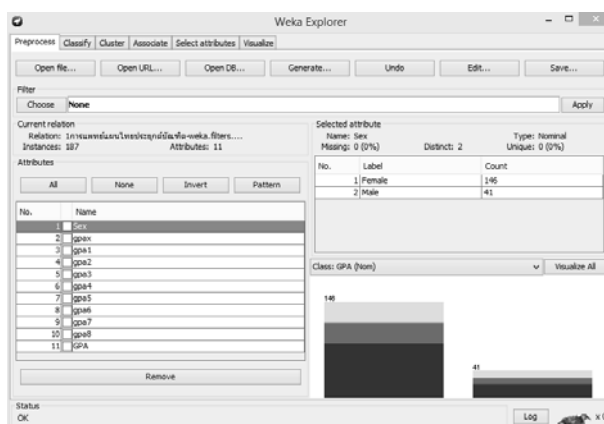
ค่าช่วงคะแนนผลการเรียนออกเป็น 3 ระดับ คือ ช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 0.00 – 2.50 อยู่ในระดับต่ำ (Low) แทนค่า L, ช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 2.51 – 3.25 อยู่ในระดับกลาง (Medium) แทนค่า M และช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 3.26 – 4.00 อยู่ในระดับสูง (High) แทนค่า H และส่วนข้อมูลที่เป็นคำตอบ (Class) มีการแทนค่าช่วงคะแนนออกเป็น 3 ระดับ คือ ช่วงคะแนนผลการเรียน (GPA) ระหว่าง 2.00 – 2.74 เป็นระดับพอใช้ แทนค่า Fair, ช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 2.75 – 3.24 เป็นระดับดี แทนค่า Good และช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 3.25 – 4.00 เป็นระดับดีเยี่ยม แทนค่า Excellent ตัวอย่างการแทนค่าข้อมูลในการทดลอง ในข้อมูลแต่ละสาขาวิชาดัง (Table 3)

**Table 3** Substitution information

Sex	GPAX	GPA1	GPA2	GPA3	GPA4	GPA5	GPA6	GPA7	GPA8	GPA
Female	H	H	M	H	H	H	H	H	H	Excellent
Male	M	L	L	M	H	H	L	H	L	Fair
Male	L	M	L	M	M	H	H	L	L	Fair
Female	H	H	M	M	M	H	M	H	L	Good
Female	M	H	L	M	M	H	H	H	H	Fair
Female	H	H	H	H	H	H	H	H	H	Excellent
Male	H	H	M	H	H	H	H	H	H	Good
Female	M	L	L	L	H	M	H	H	M	Fair
Male	H	H	H	H	H	H	H	H	H	Excellent

เมื่อแทนค่าให้กับข้อมูลทุกสาขาวิชาที่จะทำการทดลองแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) การทดลองโดยทำการทดลองในข้อมูลที่ละสาขาวิชา รายละเอียดดัง (Figure 4)

จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเลือกวิธีการจำแนก (Classify) และเลือกวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 (J48) โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทดลองรายละเอียดดัง (Figure 5)



**Figure 4** Program information WEKA



**Figure 5** Analysis result

## ผลการวิจัย

จากการทดลองโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม WEKA โดยทำการทดลองข้อมูลในแต่ละสาขาวิชา ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) เพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างเป็นกฎการตัดสินใจ (Decision Rule)

และนำกฎที่ได้ไปพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา ผลจากการทดลองข้อมูลแต่ละสาขาวิชา ได้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความเหยิง (F-Measure) รายละเอียดดัง (Table 4)

**Table 4** Results

Major Name	Decision Tree (C45)				Rule Number
	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	
Bachelor of Applied Thai Traditional Medicine	81.28	0.833	0.813	0.818	10
Pharmaceutical Care	97.17	0.955	0.972	0.962	3
Bachelor of Nursing Science	80.06	0.818	0.801	0.800	5
Bachelor of Public Health	82.73	0.780	0.827	0.886	5
Bachelor of Science Program in Nutrition and Food Safety Management	79.11	0.822	0.791	0.798	7
<b>Bachelor of Science Chemistry</b>	78.06	0.746	0.781	0.740	4
<b>Bachelor of Science Biology</b>	71.08	0.748	0.711	0.720	7
<b>Bachelor of Science Mathematic</b>	77.70	0.709	0.777	0.727	5
Bachelor of Science Program in Food Technology	70.28	0.607	0.703	0.631	5
Bachelor of Science Program in Biotechnology	84.61	0.818	0.846	0.816	6
Bachelor of Science Program in Agricultural Technology	77.94	0.753	0.769	0.759	10
Bachelor of Science Program in Food Product Development	80.88	0.654	0.809	0.723	5
Bachelor of Science Program in Animal Science	77.14	0.709	0.761	0.711	5
Bachelor of Science Environmental Technology	71.71	0.721	0.717	0.717	8
Bachelor of Science Environmental and Resource Management	77.00	0.777	0.770	0.749	11
Bachelor of Arts Information Science	72.39	0.742	0.724	0.728	9
Bachelor of Science Information Technology	73.82	0.671	0.738	0.660	5
Bachelor of Science Computer Science	79.03	0.705	0.790	0.795	6
Bachelor of Communication Arts	78.09	0.684	0.781	0.706	8
Bachelor of Engineering	81.58	0.699	0.816	0.749	6
Bachelor of Architecture	71.00	0.685	0.710	0.779	7
Bachelor of Creative Arts	78.20	0.784	0.782	0.778	11
Bachelor of Accountancy	84.67	0.835	0.847	0.811	8
Bachelor of Marketing	83.57	0.767	0.836	0.764	9
Bachelor of Management	73.45	0.672	0.735	0.666	6
Bachelor of Business Computing	78.82	0.725	0.788	0.691	9
Bachelor of Financial Management	73.13	0.735	0.731	0.714	8
Bachelor of Human Resource Management	74.60	0.712	0.746	0.747	5
Bachelor of Business Economics	72.99	0.712	0.730	0.715	7
Bachelor of Tourism and Hotel Management	74.96	0.740	0.750	0.716	7
Bachelor of Music	71.68	0.703	0.717	0.696	7

Major Name	Decision Tree (C45)				Rule Number
	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	
Politics and Government	77.77	0.790	0.778	0.769	9
International Relations	77.47	0.740	0.755	0.745	6
Bachelor of Political Science	76.62	0.792	0.766	0.753	9
Bachelor of Arts Program in Thai	88.21	0.825	0.842	0.836	7
Bachelor of Arts Program in English	79.70	0.831	0.797	0.797	4
Bachelor of Arts Program in Chinese	70.00	0.615	0.700	0.648	7
Bachelor of Arts Program in Japanese	74.53	0.724	0.745	0.722	6
Bachelor of Arts Program in History	74.19	0.692	0.742	0.710	4
Bachelor of Arts Program in Community Development	88.85	0.844	0.849	0.845	6
Bachelor of Education Program in General Science	77.66	0.765	0.777	0.748	6
Bachelor of Education Program in Mathematics	75.00	0.800	0.750	0.744	5
Bachelor of Education Program in Social Studies	82.85	0.804	0.829	0.815	6
Bachelor of Education Program in English	84.22	0.824	0.842	0.797	6
Bachelor of Education Program in Thai Language	74.23	0.737	0.742	0.710	7
Bachelor of Education Program in Early Childhood Education	77.00	0.593	0.770	0.670	4
Bachelor of Education Program in Educational Technology	78.41	0.762	0.784	0.772	6
Bachelor of Science Program in Psychology	88.66	0.841	0.847	0.842	4
Bachelor of Science Program in Sport Science	78.73	0.796	0.787	0.763	4
Bachelor of Fine and Applied Arts Program in Visual Arts	80.00	0.793	0.800	0.785	5
Bachelor of Laws Program	81.49	0.740	0.815	0.744	8

จากผลการทดลองในแต่ละสาขาวิชา ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) อัลกอริทึม C4.5 สามารถนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละสาขามาสร้างเป็นกฎการตัดสินใจ (Decision rule) ที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อพัฒนาเป็นระบบ

สนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชา ผลการทดลองสามารถสร้างเป็นต้นไม้ตัดสินใจในแต่ละสาขาวิชา ตัวอย่างต้นไม้ตัดสินใจสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์บัณฑิตมีรายละเอียดดัง (Figure 5)

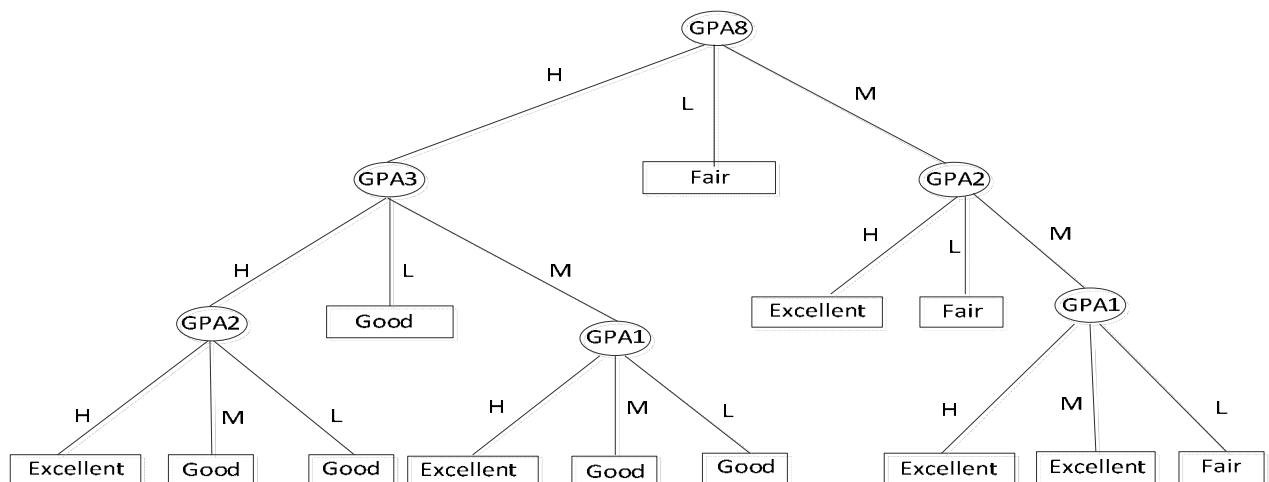


Figure 5 Example Tree Bachelor of Applied Thai Traditional Medicine

จากต้นไม้ตัดสินใจตัวอย่างการทดลองสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์บัณฑิต สามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้จำนวน 10 กฎรายละเอียดของแต่ละกฎมีดังนี้

**Rule1** IF GPA8=H AND GPA3=H AND GPA2=H THEN GPA=Excellent

**Rule2** IF GPA8=H AND GPA3=H AND GPA2=(M OR L) THEN GPA=Good

**Rule3** IF GPA8=H AND GPA3=M AND GPA1=H THEN GPA=Excellent

**Rule4** IF GPA8=H AND GPA3=M AND GPA1=(M OR L) THEN GPA=Good

**Rule5** IF GPA8=H AND GPA3=L THEN GPA=Good

**Rule6** IF GPA8=M AND GPA2=H THEN GPA=Excellent

**Rule7** IF GPA8=M AND GPA2=L THEN GPA=Fair

**Rule8** IF GPA8=M AND GPA2=M AND GPA1=H THEN GPA=Excellent

**Rule9** IF GPA8=M AND GPA2=M AND GPA1=(M OR L) THEN GPA=Fair

**Rule10** IF GPA8=L THEN GPA=Fair

จากการทดลองข้อมูลในแต่ละสาขาวิชาทั้งหมดจำนวน 51 สาขาวิชา สามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้ทั้งสิ้น 333 กฎการตัดสินใจ สามารถนำกฎที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาก่อนการสมัครเลือกในสาขาวิชานั้น รายละเอียดดัง (Figure 6)

Figure 6 Home program

เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลเพื่อทำการทดสอบผ่านระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาแล้วระบบจะแสดงผลการทดสอบทุกสาขาวิชา และแสดงผลระดับผลการเรียนเมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชานั้น รายละเอียดดัง (Figure 7)

Figure 7 Test Results

### อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองและกฎการตัดสินใจด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 และนำกฎการตัดสินใจที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมาพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครเรียนในสาขาวิชาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จากการทดลองพบว่าสามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้ทั้งหมด 333 กฎการตัดสินใจจากข้อมูลในการทดลอง 51 สาขาวิชา

### ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยเฉพาะผลการเรียนก่อนเข้าเรียนในมหาวิทยาลัย การเรียนในระดับมหาวิทยาลัยปัจจัยด้านอื่นๆ อาจจะมีผลต่อผลการเรียนของนิสิต อาทิเช่น การเอาใจใส่ในการเรียน การมีระเบียบวินัยในการเรียน เป็นต้น และการวิจัยนี้ไม่สามารถทดลองกับข้อมูลได้ทุกสาขาวิชาที่เปิดรับเข้าศึกษาอันเนื่องมาจากจำนวนข้อมูลที่ไม่เพียงพอในการทดลอง ในอนาคตผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะทำการทดลองให้ครบทุกสาขาวิชาที่มหาวิทยาลัยรับเข้าศึกษา

### กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2559 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เอกสารอ้างอิง

1. กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.ระเบียบ  
การการสมัครคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาใน ระดับปริญญา  
ตรี ระบบรับตรง ปี 2549-2554.
2. กองทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัย มหาสารคาม.  
รายงานประจำปี 2552-2555
3. กฤษณะ ไวยมัย, ชิดชนก ส่งศิริ, ธนาวินท์ รักธรรมานนท์.  
การใช้เทคนิคด้าต้าไมนิ่งเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์; NECTEC Technical Journal,  
Vol.3, No.11; 2001 July-October 2001.
4. ฉัตรเกล้า เจริญผล. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา  
Introduction to Data Mining 2013.
5. ชุตติมา อุดมะณี, ประสงค์ ปรานีตพลกรัง. การพัฒนาตัว  
แบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบอัตโนมัติออนไลน์  
สำหรับการเลือกสาขาวิชาเรียนของนักศึกษาระดับ  
อุดมศึกษา; Journal of Information science and Tech-  
nology, Vol.1, ISSUE 2, JUL-DEC 2010.
6. บุญเสริม กิจศิริกุล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ  
ย่อยที่ 7 อัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูล; ปี 2545.
7. ประเวศน์ วงษ์คำชัย, ใช้งาน AJAX และ PHP แบบมือ  
อาชีพ; พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ : ไทย เจริญการพิมพ์,  
2550.
8. อนันต์ ปิณะเต, ฉัตรเกล้า เจริญผล, แกมกาญจน์  
สมประเสริฐศรี. การใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลในการเลือก  
กลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาต่อระดับปริญญาตรี;  
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,  
ปีที่ 33, ฉบับที่ 6, ประจำเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม  
2557.
9. Han J, Kamber M, Data Mining Concepts and Tech-  
niques; The Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
10. Olson D, Shi Y. Introduction to Business Data Mining;  
McGraw Hill International Edition, 2007.
11. Tomas B, Marcel J, Pavel K, Selection Representative  
Data Sets; INTECH 2012.
12. Zdravko M, Ingrid R, An Introduction to the WEKA  
Data Mining System.

## การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ

### Analyzing Color Values of a 3D Model for Color-blind People to Apply in a 3D Animated Cartoon

ชานนท์ ชื่นนิรันดร์<sup>1</sup>, พงษ์พิพัฒน์ สายทอง<sup>2</sup>, คชากฤษ เหลี่ยมไธสง<sup>3</sup>

Chanon Chuanniran<sup>1</sup>, Pongpipat Saitong<sup>2</sup>, Kachkrit Liamthaisong<sup>3</sup>

Received: 30 January 2016; Accepted: 4 April 2016

#### บทคัดย่อ

แอนิเมชัน 3 มิติ เป็นการ์ตูนที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิก มีสีสันสวยงามเพื่อดึงดูดความสนใจ แต่แอนิเมชันในปัจจุบันไม่ได้ออกแบบมาเพื่อกลุ่มคนที่มีปัญหาทางด้านสายตา โดยเฉพาะกลุ่มคนตาบอดสี ที่ดวงตาไม่สามารถแยกค่าสีได้ แต่ต้องการการรับชมสื่อบันเทิงที่เข้าถึงง่ายอย่างแอนิเมชัน ส่งผลกระทบต่อการรับชม การพัฒนาค่าสีที่ออกแบบสำหรับคนตาบอดสีจึงจำเป็นอย่างยิ่ง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์หาค่าสีจากโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว 2) เพื่อพัฒนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไโรฟริก 3) เพื่อประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้น 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับตาบอดสีแดงและเขียว 2) การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ 3) แบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ คนตาบอดสีแดงและเขียวจากโรงพยาบาลมหาสารคาม จำนวน 5 คน ข้อมูลจากแผนกผู้ป่วย ประจำปี พ.ศ. 2555 ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

ผลการวิจัย พบว่า การประเมินประสิทธิภาพของการ์ตูนแอนิเมชันสำหรับใช้กับคนตาบอดสี โดยผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก กลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียว สามารถแยกค่าสีจากการรับชมการ์ตูนแอนิเมชันได้ดีขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจาก สามารถแยกค่าสีต่าง ๆ จากการรับชมการ์ตูนแอนิเมชันได้โดยตรง ค่าสีพิเศษช่วยเพิ่มความสามารถในการแยกแยะสิ่งต่าง ๆ จากฉากและตัวละครให้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังนั้น ค่าสีพิเศษที่ใช้กับการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับคนตาบอดสีแดงและเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ :** การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ตาบอดสี การแยกค่าสี

#### Abstract

3D animation which is colorful and attractive, usually involves a cartoon that has been created with computer graphic software. Unfortunately, the current form of animation does not support the blind, especially color-blind people whose eyes are unable to classify colors.

While these color-blind people also want to enjoy watching 3D animation as normal people, the development of suitable colors for these people is lagging. The research tools used in this study comprised 1) a 3D model color classification test form for the participants' with red-green color blindness; 2) a 3D animation cartoon created and developed by the researcher; 3) an evaluation form to affirm the quality of the 3D animation cartoon; and 4) a participant's satisfaction evaluation form. Meanwhile, the sample group consisted of 5 people with red-green color blindness from Mahasarakham Provincial Hospital who were selected by purposive sampling technique from the patient's profiles recorded in 2012.

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>23</sup> อาจารย์, สาขาสื่ออนิเมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกัลลภวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master student, <sup>23</sup> Lecturer, New Media Major, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150, E-mail : nmdthaij@hotmail.com

The findings suggest that the expert's evaluation of the 3D animation for the colorblind people was rated highly affirming its effectiveness to support the blind. Amongst those red-green color blind people, the participants gained better ability to classify those two colors after watching the animation, rated with a very high score. That is, the participants were able to accurately classify certain colors from one another as the developed colors helped enhance their ability to clearly separate the colors from the settings and cartoon characters. Therefore, the specially developed colors used in the 3D animation perfectly support red-green color blind people to see things better.

**Keywords:** 3D animation cartoon, color blindness, color classification

## บทนำ

ตาบอดสีเป็นความผิดปกติอย่างหนึ่งจากดวงตา เกิดขึ้นจากการมีจำนวนเซลล์โคน ในจอประสาทตาน้อยกว่าคนทั่วไป ปัญหาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อ การแยกแยะสีที่มีโทนสีใกล้เคียงกัน<sup>1</sup> ผู้ที่มีอาการตาบอดสีจะมองเห็นได้เป็นปกติ แต่จะมีความผิดปกติในเรื่องของการแยกสี โดยทั่วไปจะมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตาบอดสีตั้งแต่กำเนิดซึ่งเป็นโรคทางพันธุกรรมพบมากในผู้ชายร้อยละ 7 และผู้หญิงพบร้อยละ 1 ชนิดที่พบมากที่สุดคือตาบอดสีแดงและสีเขียว ผู้ป่วยจะแยกสีแดงและสีเขียวออกจากสีอื่น ๆ ค่อนข้างลำบาก<sup>2</sup> ลักษณะอาการตาบอดสีส่วนมากมักจะประสบปัญหาในการแยกค่าสีที่มีความใกล้เคียงกัน แต่ยังสามารถมองเห็นสีเหล่านั้นและสามารถบอกได้ เช่น ผู้ที่ตาบอดสีแดงยังมองเห็นสีแดงและบอกถูกว่าเป็นสีแดง ผู้ที่ตาบอดสีเขียวยังสามารถมองเห็นสีเขียวและบอกว่าเป็นสีเขียวได้ถูกต้อง แม้ว่ามองเห็นสีแดงและเขียวผิดไปจากคนอื่น ทั้งนี้เพราะได้รับการเรียนรู้และจดจำจากประสบการณ์ในวัยเด็กว่าสีที่พบเห็นคือสีอะไร<sup>3</sup> นอกจากนี้ปัญหาการมองเห็นสีที่บกพร่องของผู้ที่มีอาการตาบอดสี ยังส่งผลกระทบต่อสถานการณ์ที่สีมีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจ เช่น การตัดสินใจว่าผลไม้สุกหรือใกล้สุก การเลือกสีเสื้อผ้าผืนไป การเลือกหยิบเม็ดยาผิดชนิดผิดสีเนื่องจากการแยกค่าสีที่ผิดเพี้ยน ทำให้เกิดความเข้าใจผิดต่อการนำมาบริโภค แม้แต่การขับรถในบางประเทศจะไม่ออกใบขับขี่ให้ผู้ที่ตาบอดสี เนื่องจากกลัวว่าจะมองสัญญาณไฟจราจรและไฟท้ายรถยนต์ไม่ชัดเจน<sup>4</sup> หรือคนตาบอดสีกับการทำงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก ซึ่งงานด้านนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับสี การผลิตงานส่วนใหญ่จะเป็นงานด้านสีที่พัฒนาจากโปรแกรม เช่น การออกแบบสื่อมัลติมีเดีย และการตูนแอนิเมชัน สีที่เลือกใช้ในการลงพื้นผิววัตถุ (texture) จะมีค่าความเข้มสี (Brightness) ที่แตกต่างกันออกไปเช่น ค่าสี RGB จากโปรแกรม Photoshop จะมีค่าความเข้มสีที่ 0 – 255 แต่เนื่องจากคนตาบอดสีแดงและเขียวมองเห็นสีได้ต่างจากคนปกติ จึงส่งผลกระทบต่อการใช้สีที่ถูกต้องหรือเลือกสีผิดเพี้ยนไปผลิตการ์ตูนแอนิเมชัน

การ์ตูนแอนิเมชัน คือ การสร้างภาพเคลื่อนไหว ด้วยการนำภาพนิ่งมาเรียงลำดับกันและแสดงผลอย่างต่อเนื่อง ทำให้ดวงตาเห็นภาพที่มีการเคลื่อนไหวในลักษณะภาพติดตา<sup>5</sup> การ์ตูนแอนิเมชันมี 2 ลักษณะ คือ การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิติ การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติจะมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวในมุมมองกว้างและมุมมอง มีสีสันชัดเจนไม่ซับซ้อน ส่วนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติจะมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวในมุมมอง มุมกว้างและมุมลึก ขั้นตอนการทำซับซ้อนมากกว่าแบบ 2 มิติ ภาพจะเป็นมิติสวยงาม มีแสงเงาที่ชัดเจน<sup>6</sup> สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว การชมการ์ตูนแอนิเมชันทั้งสองแบบนี้จะมีการมองเห็นสีที่แตกต่างกัน โดยสีของการ์ตูนแอนิเมชันในรูปแบบ 2 มิติ จะมองเห็นสีได้ชัดเจนเนื่องจากไม่มีแสงเงา ความลึก ทำให้สามารถแยกแยะสีของภาพได้พอสมควร ส่วนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติจะมีรูปแบบสีที่ซับซ้อนมากขึ้น เพราะมีแสงและเงาเป็นองค์ประกอบ ทำให้จาก สภาพแวดล้อม ตัวละคร และส่วนประกอบอื่นๆ มีสีกลมกลืนกันมากจนแยกสีที่มีโทนใกล้เคียงกันได้ยากส่งผลกระทบต่อารรับชมของคนตาบอดสีแดงและเขียว แม้ว่าปัจจุบันจะมีโปรแกรมสำหรับปรับเปลี่ยนสีภาพให้เหมาะสมกับคนตาบอดสี หรือแผ่นทดสอบตาบอดสีในรูปแบบต่างๆ<sup>7</sup> ทั้งนี้การทดสอบยังจำกัดเฉพาะภาพนิ่งหรือภาพ 2 มิติ จากสภาพปัญหาข้างต้น ทำให้คนตาบอดสีมีข้อจำกัดในการแยกค่าสี ทั้งสีจากสิ่งรอบตัวและสีจากการ์ตูนแอนิเมชันที่ผลิตมาสำหรับคนปกติรับชมเท่านั้น ภาพจากการ์ตูนแอนิเมชันบางเรื่องมีความละเอียดของสีที่กลมกลืนอย่างมากเป็นปัญหาต่อการรับชมของคนตาบอดสีแดงและเขียว หากมีการผลิตสื่อเหล่านั้นที่ใช้ค่าสีที่โดดเด่นมากขึ้น โดยสีดังกล่าวผ่านการวิเคราะห์ ออกแบบ ให้มีความเหมาะสมกับการรับชมของคนตาบอดสีแดงและเขียว ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับชมการ์ตูนแอนิเมชันได้มากยิ่งขึ้น

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ เพื่อประยุกต์ใช้ในการการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ซึ่งค่าสีที่ได้จากโมเดลจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลงพื้นผิว (texture) เพื่อพัฒนาโหมดการ

รับชมที่มีค่าสีที่เหมาะสมกับคนตาบอดสีแดงและเขียว ช่วยให้แยกค่าสีได้เพิ่มประสิทธิภาพในการรับชมได้ดียิ่งขึ้น

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Colin Egan<sup>8</sup> กล่าวว่าอาการตาบอดสีแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ ตาบอดสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เกิดจากความผิดปกติของเซลล์โคนหรือเซลล์รูปกรวยรับแสง ส่งผลทำให้การรับรู้ค่าสีต่างๆ ได้แก่อสีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงินจะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับภาวะปกติ ผู้ที่ตาบอดสีชนิดต่างๆ จะสับสนในเรื่องแยกแยะโทนสีที่ใกล้เคียงกัน เช่น สีแดง สีส้ม และสีเหลืองที่อยู่ใกล้เคียงกัน หรือจะเป็นสีเขียว สีน้ำเงิน ที่มองเห็นเลื่อนลาน หรืออาจมองไม่เห็นเลย

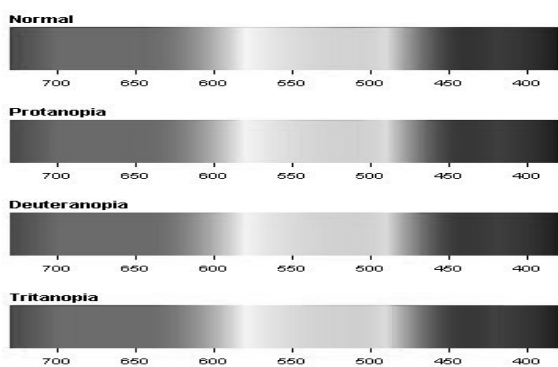


Figure 1 Colors Perceived by Color Blinds (<http://imeos.blogspot.com/2010/11/physiology-of-vision.html>)

### ทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา

นนทิชา ถาวรไพฑูริย์บุตร<sup>9</sup> ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ทางสายตา ดังนี้

#### 1) ทฤษฎีพัฒนาการ (Developmental Theory)

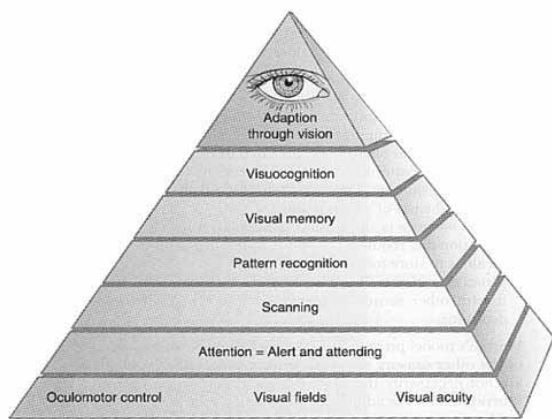


Figure 2 Developmental Theory (Warren, 1993 อ้างใน Kramer & Hinojosa, 2010)

Warren<sup>10</sup> ได้เสนอแผนภาพแสดงพัฒนาการ ด้านการรับรู้ทางสายตา เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมิน และการบำบัดตามลำดับที่ถูกต้อง ขั้นตอนของการพัฒนาจะเริ่มต้นจากฐานด้านล่างแล้วจึงค่อยๆ ไปสู่ความสามารถที่สูงขึ้นไป มีความหมายดังนี้

- Visual fields คือ ช่วงการมองเห็นทั้งหมดของสายตา
- Visual acuity คือ ความสามารถในการส่งสิ่งที่มองเห็นไปยังสมองเพื่อแยกแยะได้อย่างถูกต้อง
- Visual attention คือ ช่วงความสนใจในการมอง ภาวะความตื่นตัวและมีสมาธิกับสิ่งที่มองเห็น
- Scanning คือ ความสามารถในการมองเห็นสภาพแวดล้อมต่างๆ อย่างรวดเร็ว และสามารถจดจำภาพที่เห็นนั้นได้ด้วย
- Pattern recognition คือ ความสามารถในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น เช่น สี รูปทรง
- Visual memory คือ ความสามารถในการจดจำ และเรียกเอาความจำจากการมองเห็นออกมาใช้ได้
- Visual cognition คือ ความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปบูรณาการร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการรับรู้อื่นๆ

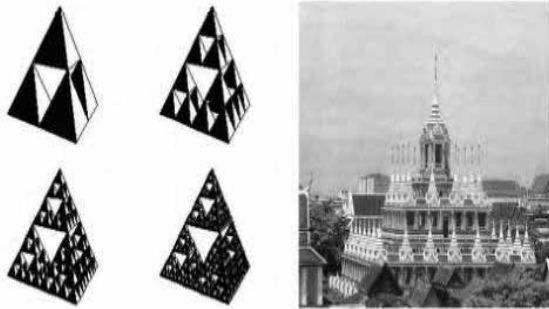
เกียรติศักดิ์ ฤกษ์บุตรีศรี<sup>11</sup> กล่าวว่า การนำเสนอใช้โครงสร้างแม่ลายมาดัดแปลงโดยการเพิ่ม หรือลด ให้เป็นลวดลายที่ซับซ้อน วิจิตรพิสดารในการถ่ายทอดลักษณะที่คล้ายคลึงตัวเอง ไปสู่ส่วนต่างๆ ทำให้เกิดการรับรู้ลวดลายที่เชื่อมโยงกันมากขึ้น การทำงานของระบบประสาทการมองเห็นมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการรับรู้ความเคลื่อนไหวในลักษณะนี้ กล่าวคือ การรับรู้มิติที่เกิดขึ้นจากลวดลายรวมถึงสถาปัตยกรรม (ทั้งที่เป็นจริง และเป็นภาพลวงตา) เกิดจากการทำงานโดยอัตโนมัติของระบบประสาทการมองเห็นของมนุษย์ ทำให้บางครั้งเรารับรู้สถาปัตยกรรมได้แตกต่างกัน เช่น สูง ต่ำ หนัก เบา ไกล ใกล้ ไม่เท่ากันในแต่ละตำแหน่งที่เรามองดู ซึ่งเป็นการรับรู้โดยการนำหลักการทางเรขาคณิต เข้าไปสร้างแบบแผนเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของงาน ช่วยเร่งเร้าให้เกิดจากการรับรู้ทางสายตาผ่านรูปทรงเรขาคณิตได้มากขึ้น

#### 2. ทฤษฎีการออกแบบของ ADDIE Model

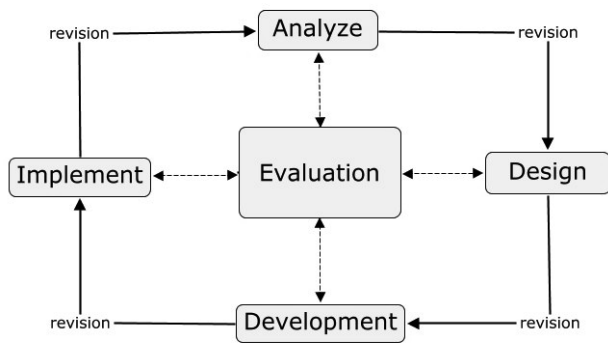
ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล<sup>12</sup> กล่าวว่า ADDIE Model เป็นรูปแบบการสอนที่ออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนการสอน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดและเป็นระบบปิด (Closed System) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่



1. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)
2. ขั้นการออกแบบ (Design)
3. ขั้นการพัฒนา (Development)
4. ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) และพิจารณาจากผลลัพธ์ในขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้าย



**Figure 3** Geometrical resemblance to the castle (Rita Ringis, Thai Temples and Temple Murals (New York:Oxford University Press.1998), 61)



**Figure 4** ADDIE Model ([https://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE\\_Model](https://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE_Model))

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

สมชาย ปรการเจริญ<sup>13</sup> ได้ศึกษาอาการตาบอดสีโดยใช้วิธีที่เรียกว่า The Farnsworth D-15 test และพัฒนาโปรแกรมรูปภาพที่สามารถตรวจสอบและเปลี่ยนสีของรูปภาพให้มีสีที่เหมาะสมต่อการมองเห็นของผู้ที่มีอาการตาบอดสีในลักษณะต่างๆ อีกทั้งมีการรวบรวมส่วนที่ใช้ในการทดสอบอาการตาบอดสีไว้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถบอกถึงลักษณะอาการตาบอดสีของผู้ใช้งานโปรแกรมได้

ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสีสามารถช่วยให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีตรวจสอบอาการตาบอดสีอย่างคร่าวๆ ได้ด้วยตัวเอง และทำการตรวจสอบแยกประเภทของอาการตาบอดสีเพื่อแจ้งให้ผู้ทดสอบทราบผลได้ ในส่วนของการเปลี่ยนภาพของโปรแกรมสามารถเปลี่ยนสีภาพให้เหมาะสมกับลักษณะอาการตาบอดสีประเภทนั้นๆ ได้ ซึ่งการ

เปลี่ยนสีของภาพจะใช้การสลับค่าของสี (ค่า R, G และ B) เช่น การเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงินจะใช้การสลับค่า G และค่า B โดยที่ค่า R คงเดิม ซึ่งทำให้สีใหม่ของภาพเกิดความเหลืองล้า และมีการไลโทนสีจึงทำให้ภาพยังคงความสมจริงอยู่บ้าง

Miguel Neiva<sup>14</sup> ได้พัฒนาระบบที่จะช่วยให้คนตาบอดสีสามารถระบุค่าสี โดยสร้างระบบสีขึ้นมาใหม่ด้วยสัญลักษณ์ง่ายๆ เพื่อใช้กับคนตาบอดสีประเภทต่างๆ (คล้ายๆ อักษรเบรลล์ของคนตาบอด) โดยยึดเอาแม่สีซึ่งประกอบด้วยสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดง สีขาวและสีดำ โดยในแต่ละสีจะมีสัญลักษณ์แทนสีนั้นๆ อาทิ สีน้ำเงินเป็นรูปสามเหลี่ยม สีเหลืองเป็นเส้นทแยง สีแดงเป็นสี่เหลี่ยม สีขาวเป็นกรอบ สีเหลือง และสีดำเป็นสี่เหลี่ยมทึบ ส่วนที่เป็นสีผสม อย่างสีเขียว สีส้มหรือสีอื่นๆ เพียงแค่นำสัญลักษณ์ของแม่สีมารวมกัน ก็จะทำให้เกิดสัญลักษณ์ของสีผสมต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ที่มีปัญหาตาบอดสี ผลการศึกษาพบว่า ระบบการระบุค่าสีโดยสัญลักษณ์ เป็นประโยชน์อย่างมากต่อคนตาบอดสี และเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้า เพิ่มความพึงพอใจและคุณภาพชีวิตของคนตาบอดสีได้อย่างดียิ่ง

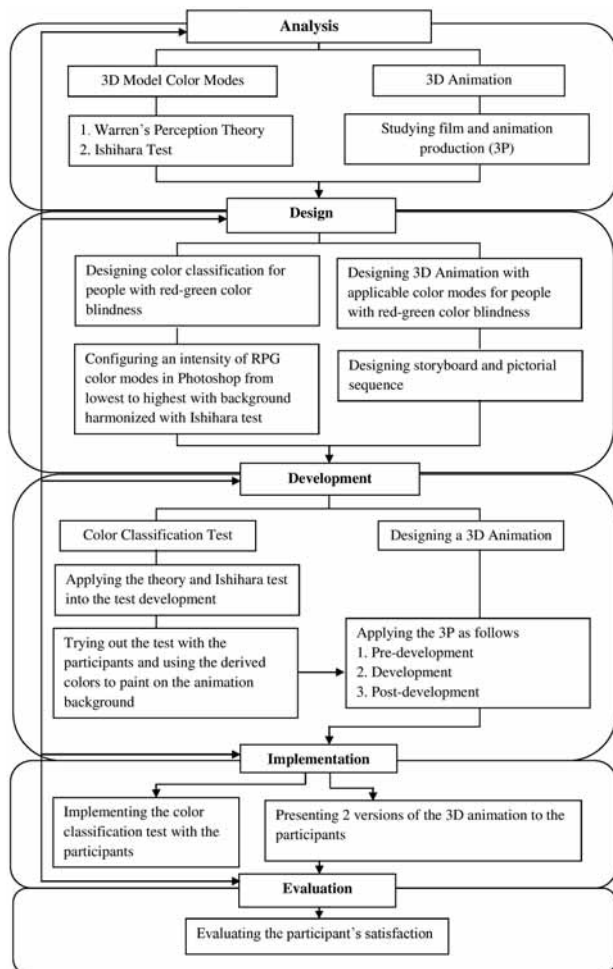
Henrik warpefelt<sup>15</sup> ได้ศึกษามุมมองในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ของคนตาบอดสี โดยใช้การระบุพื้นที่ปัญหา เช่น สีประตู สีจากหลอดไฟ สีของพลังชีวิต และตรวจสอบโดยใช้หลักการของ HCI ผลการศึกษาพบว่า การระบุพื้นที่ปัญหาทำให้กลุ่มคนเล่นเกมที่ตาบอดสีรับรู้ถึงถึงปัญหาของตน จากการมองเห็นค่าสีที่ไม่ชัดเจน นอกจากนี้ยังมีโทนสีอีกหลายชนิดที่ใช้ในการตรวจสอบได้ผลดี ได้แก่ โทนสี BBC

**กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา**

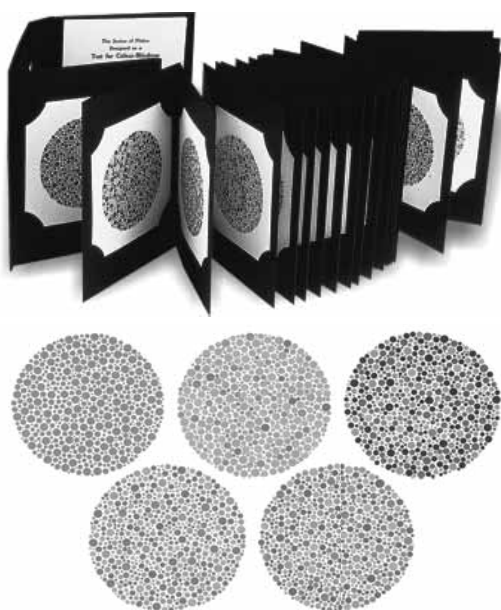
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา สร้างแบบทดสอบ โดยนำหลักการออกแบบของ ADDIE Model ที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ในส่วนของการ์ตูนแอนิเมชันใช้หลักการผลิตภาพยนตร์และแอนิเมชัน (3P) ในการพัฒนา ประกอบด้วย ขั้นตอนก่อนการผลิต ขั้นตอนการผลิต และขั้นตอนหลังการผลิต (Figure 5)

**เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการวิจัย**

1. แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบ โดยประยุกต์แนวคิด Developmental Theory ของ Warren และการออกแบบแผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara ของ Shinobu Ishihara<sup>16</sup> มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงและจัดทำเป็นแบบทดสอบแยกค่าสี สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว

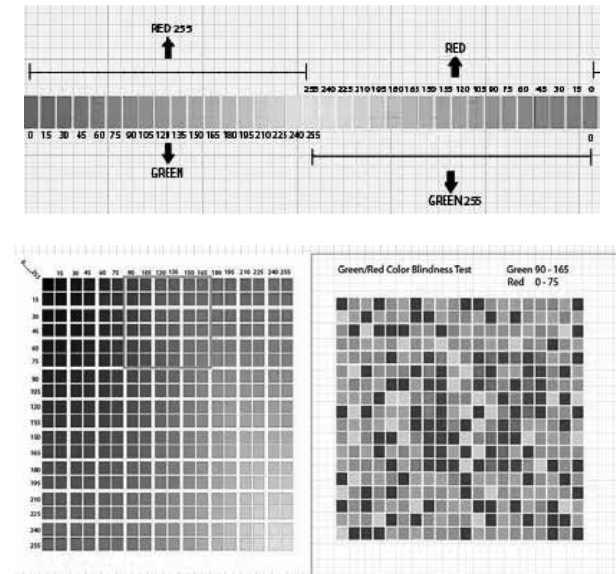


**Figure 5** The Analytical Framework of the 3D Model Color Classification for the People with Red-Green Color Blindness



**Figure 6** Sample of Ishihara Test Used to Construct the Color Classification Test for the People with Red-Green Color Blindness

แผ่นทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ ใช้ค่าสีโหมด RGB จากโปรแกรม Photoshop โดยใช้ค่าสีตั้งแต่ 0 -255 เรียงลำดับความเข้มของสี (Figure7)



**Figure 7** The Configuration of the RGB Color Intensity from 0 – 255

2. การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบในการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อใช้วิเคราะห์การรับชม โดยกำหนดรูปแบบของสีที่ใช้กับแอนิเมชันแบ่งเป็นสีสำหรับคนปกติและคนตาบอดสี ใช้ค่าสีทั่วไปจากโปรแกรม Photoshop โหมด RGB สำหรับคนปกติและใช้ค่าสีจากการวิเคราะห์แบบทดสอบ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว การลงสีพื้นผิวของวัตถุต่างๆ เช่น ใบไม้ เม็ดพริก จะใช้โมเดลรูปแบบเดียวกัน แต่ลงสีต่างกัน เช่น ค่าสีสำหรับคนปกติจะใช้ค่า R 255 G 0 B 0 ซึ่งได้สีที่แดงสด เพราะไม่มีส่วนผสมของสีอื่นๆ แต่สีสำหรับคนตาบอดสีนั้นนำค่าสีมาจากแบบทดสอบ จึงมีส่วนผสมของสีเพิ่มเติม เพื่อให้สีเกิดความโดดเด่นมากยิ่งขึ้น เช่น ค่าสี Red จะใช้ค่า R 255 G 0 B 100 เป็นต้น

การกำหนดเนื้อเรื่องของการ์ตูนแอนิเมชันใช้การจำลองสถานการณ์ที่มีสีเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ เช่น การเก็บพริก การมองสัญญาณไฟจราจร เม็ดยาที่มีอยู่หลายสี เป็นต้น แต่ละ

ฉากที่ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน จะมีโทนสีแตกต่างกันอย่างชัดเจนเพื่อใช้วิเคราะห์ผลการรับชม

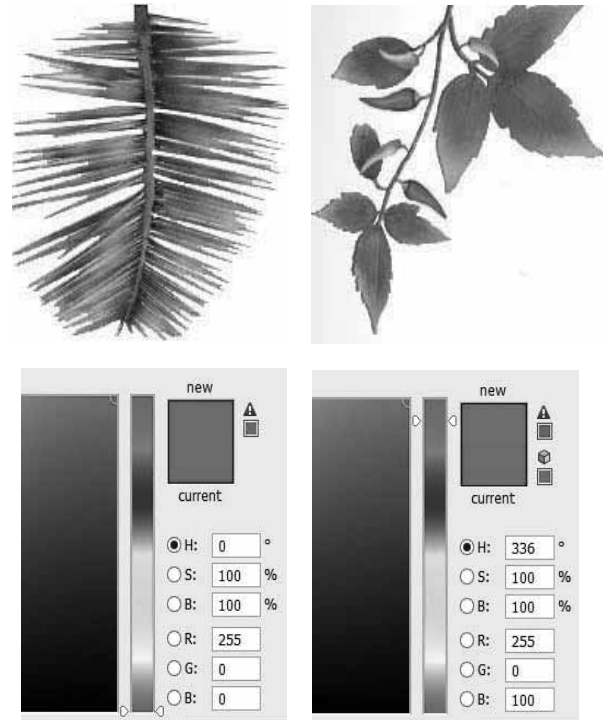
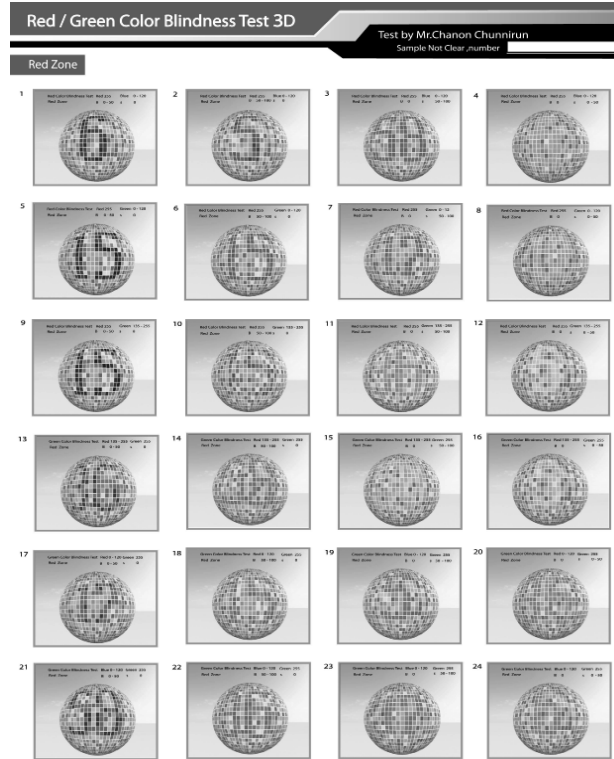


Figure 9 The Colors Derived from the Color Classification Test

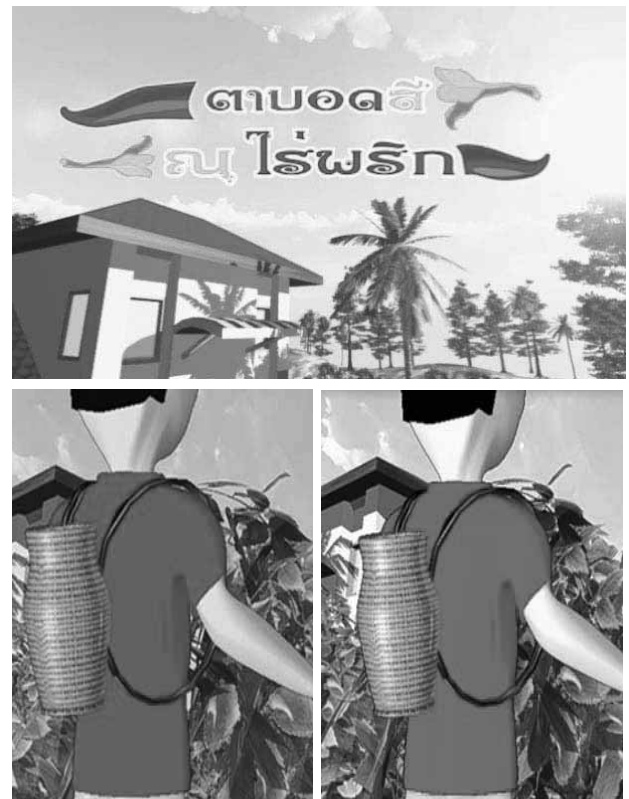
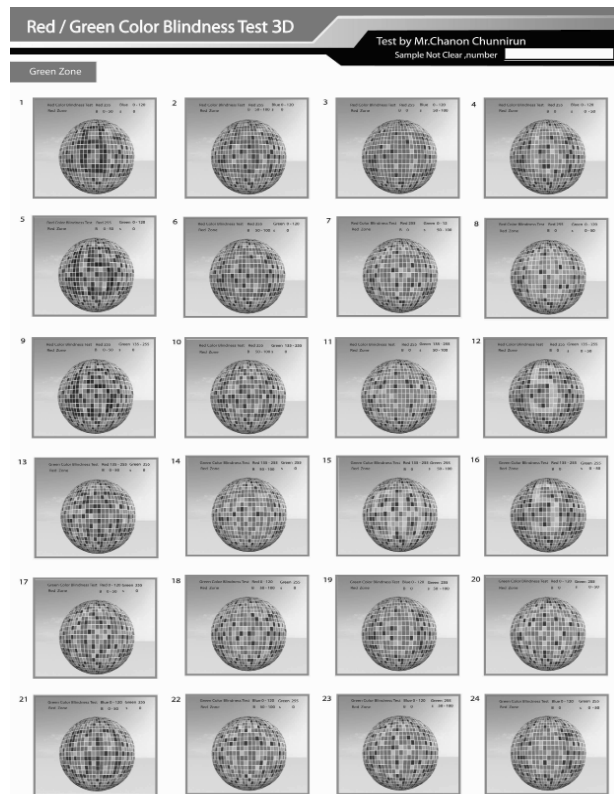
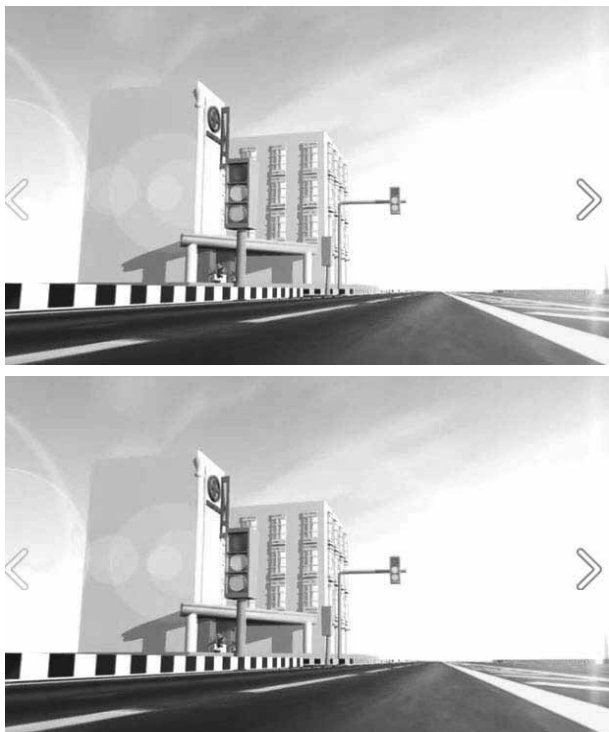


Figure 8 The Final Version of the Red- Green Color Blindness Classification Test



**Figure 10** The Colors Derived from the Color Classification Test

### ขอบเขตในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ คนตาบอดสีจากโรงพยาบาลมหาสารคาม ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกเฉพาะคนตาบอดสีแดงและเขียว ที่สามารถทำแบบทดสอบเพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จำนวน 5 คน

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ การทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ จากกลุ่มตัวอย่าง และการทดสอบการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่องตาบอดสี ณ ไร่พริก โดยสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

#### 1. การทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียว โดยใช้แบบทดสอบเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับต่อไปนี้

1) ให้คนตาบอดสีแดงและเขียว ทำแบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ

2) นำผลการทำแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างมารวบรวมและวิเคราะห์ผล โดยแยกค่าสีที่กลุ่มตัวอย่างรับชมแล้วไม่สามารถแยกแยะได้หรือมองเห็นไม่ชัดเจนออกมาเป็นค่าสีเฉพาะ

3) นำค่าสีที่กลุ่มตัวอย่างแยกแยะได้อย่างชัดเจนและค่าสีที่กลุ่มตัวอย่างแยกแยะไม่ได้ ไปประยุกต์ใช้ในการการ์ตูนแอนิเมชัน

2. เมื่อพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเสร็จ ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ และแบบสอบถามความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน โดยเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบประเมินตรวจสอบ เพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุง แล้วนำแบบประเมินที่ผ่านการแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ด้านสี และด้านบทบรรยาย ประเมินคุณภาพของการ์ตูนแอนิเมชัน พร้อมรับฟังข้อเสนอนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมเมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงนำการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ไปให้กลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียวทดสอบการรับชมแล้วประเมินและสรุปผลการรับชม จากแบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแยกแยะค่าสี

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว ที่ผู้วิจัยนำแนวคิดจากแผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara ของ Shinobu Ishihara

โดยประกอบด้วย แบบทดสอบแยกค่าสีแดงและแบบทดสอบแยกค่าสีเขียว จากผู้ทดสอบ 5 คน ที่ได้ทำแบบทดสอบให้ผลดังต่อไปนี้

จากตาราง 1 พบว่า ค่าสีแดงและเขียวที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถแยกออกจากโทนสีแดงได้ คือ

1) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Brightness 51-100% Red 255 และมี 1 คนไม่สามารถแยกได้ที่ค่า Brightness 51-100% Red 136 -255

2) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Brightness 51-100% Green 136 -255

3) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Saturation 0-100% Red 136-255

4) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Saturation 0-100% Green 255

5) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Saturation 0-50% Blue 0 -135 และมีอีก 1 คนที่ไม่สามารถแยกค่าสีได้ที่ Saturation 51-100% Blue 0 -135



**Table 2** The Color Modes That the Participants Unable to Classify Red and Green from the Green Tone

Group Unclassified Colors	Red Color							
	Brightness							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1			✓				✓	
Person 2			✓				✓	
Person 3							✓	
Person 4			✓				✓	
Person 5			✓				✓	

Group Unclassified Colors	Green Color							
	Brightness							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1				✓				✓
Person 2				✓				✓
Person 3				✓				✓
Person 4				✓				✓
Person 5				✓				✓

Group Unclassified Colors	blue Color							
	Brightness							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1								
Person 2						✓		
Person 3						✓		
Person 4								
Person 5								

Group Unclassified Colors	Red Color							
	Saturation							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1								✓
Person 2								✓
Person 3		✓						
Person 4		✓						
Person 5								✓

Group Unclassified Colors	Green Color							
	Saturation							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1						✓		
Person 2						✓		
Person 3								✓
Person 4								✓
Person 5						✓		

Group Unclassified Colors	Blue Color							
	Saturation							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1						✓		
Person 2						✓		
Person 3		✓						
Person 4		✓						
Person 5						✓		

(Table 2) พบว่า ค่าสีแดงและเขียวที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถแยกออกจากโทนสีเขียวได้ คือ

1) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Brightness 51-

100% Red 136-255 และมี 4 คน ไม่สามารถแยกค่าสีได้ที่ค่า Brightness 0-50% Red 136 – 255

2) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Brightness 0-100%

## Green 255

3) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Brightness 51-100% Blue 136-255

4) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Saturation 51-100% Red 255 และมี 2 คน ไม่สามารถแยกได้ที่ค่า Saturation 0-50% Red 0 -135

5) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Saturation 51-100% Green 0 – 135 และมี 2 คน ไม่สามารถแยกได้ที่ค่า Saturation 51 - 100% Green 255

6) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Saturation 51-100% Blue 0 -135 และมีอีก 2 คนที่ไม่สามารถแยกค่าสีแดงได้ที่ Saturation 0-50% Blue 0 -135

**Table 3** The assessment of the experts on the 3D cartoon animation

Evaluation of auality Level	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. Design	4.57	0.51	มากที่สุด
2. Visual and novement	4.71	0.53	มากที่สุด
3. Cartoon story and sound record	4.42	0.53	มาก
Total	4.57	0.51	มากที่สุด

จากตาราง 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}= 4.57$  , S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณารายด้าน ทั้งสามด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านที่คะแนนเฉลี่ย

มากที่สุด ได้แก่ ด้านภาพและการเคลื่อนไหว รองลงมา คือ ด้านการออกแบบ ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านบทการ์ตูนและการบันทึกเสียง

**Table 4** Analysis of the samples after the satisfaction of watching 3D cartoon animation

Satisfaction after Watching 3 D Animation	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. Samples can seperate Red and green from Animation	4.00	0.57	level
2. Red and Green on texture was clear	5.00	0.00	high
3. Animation creute and interesting about color blindness	5.00	0.00	very high
4. Cartoon and background was Suitable	5.00	0.00	very high
5. Animation graphic was Suitable	5.00	0.00	very high
6. All content was Suitable	4.00	0.57	high
7. Watchers got knowledge about color blindness	4.00	0.57	high
Total	4.50	0.51	very high

จาก (Table 4) พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจหลังการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก โดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{x}=4.50$ , S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ค่าสีแดงและเขียวของพื้นผิว (Texture) มีความชัดเจน, การ์ตูนแอนิเมชันช่วยกระตุ้นให้มีความสนใจเกี่ยวกับอาการตาบอดสี,

ฉากและตัวละครของการ์ตูนแอนิเมชันมีความสวยงาม, กราฟิกของแอนิเมชันมีความสวยงาม ( $\bar{x}= 5.00$ , S.D. = 0.00) รองลงมา ได้แก่ สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวจากการ์ตูนแอนิเมชันได้, การจัดองค์ประกอบโดยรวมมีความเหมาะสม, ได้รับสาระความรู้เกี่ยวกับอาการตาบอดสี ( $\bar{x}= 4.00$ , S.D. = 0.57)



**Figure 9** Chilies that the Participants Unable to Classify them from the Chili Leaves



**Figure 10** Chilies that the Participant Able to Classify them from the Chili Leaf

**สรุปผล**

แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิด Developmental Theory และแผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara<sup>16</sup> แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียว เมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบ จากการกำหนดค่า Red Green Blue (RGB) 0 – 255 ค่า Brightness 0 – 100 และ ค่า Saturation 0 – 100 ทำให้ได้ค่าตัวเลขที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถแยกแยะค่าสีได้ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ และนำค่าสีในส่วนนี้มาใช้ร่วมกับการ์ตูนแอนิเมชัน โดยกำหนดเป็นโทนสีของแอนิเมชันในรูปแบบการรับชมทั่วไป และนำค่าสีอีกส่วนหนึ่งที่คนตาบอดสีแยกแยะได้ ซึ่งเป็นค่า (RGB) 0 – 255 ค่า Brightness 0 – 100 และ ค่า Saturation 0 – 100 ทั้งหมด ที่นอกเหนือจากค่าตัวเลขในตาราง มากำหนดเป็นโทนสีสำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว เพื่อประเมินความสามารถในการแยกค่าสีแดงและเขียว จากการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน ซึ่งได้ผลอยู่ที่ ( $\bar{x}$  = 4.00 , S.D. = 0.57)ค่าสีทั้งสองรูปแบบยังส่งผลต่อความชัดเจนของภาพ

ในการ์ตูนแอนิเมชัน เมื่อนำค่าสีในโทนปกติเปรียบเทียบกับค่าสีสำหรับคนตาบอดสีพบว่า ความชัดเจนจากการใช้สีแดงและเขียวบนพื้นผิว มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ( $\bar{x}$  = 5.00, S.D. = 0.00) จากการวิเคราะห์ข้อมูล ควรหลีกเลี่ยงค่าสีจากตารางเพราะเป็นค่าสีที่ไม่สามารถแยกแยะได้ ควรใช้ค่าสีที่นอกเหนือจากค่าสีดังกล่าวร่วมกับการ์ตูนแอนิเมชัน เพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมกับคนตาบอดสี ถึงแม้ว่าคนตาบอดสีจะมีความสามารถในการรับชมที่แตกต่างกันบ้าง แต่เมื่อใช้ค่าสีนี้แล้วจะช่วยให้ภาพมีความโดดเด่น แยกโทนที่กันอย่างชัดเจน เพิ่มความสามารถในการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน

**ข้อเสนอแนะ**

- 1) งานวิจัยชิ้นนี้ มีข้อจำกัดในด้านประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ผู้วิจัยต้องกำหนดกรอบของประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบเจาะจง เพื่อใช้ในการวัดผล หากมีงานวิจัยครั้งต่อไป ผู้สนใจสามารถทำการวิจัยโดยเปลี่ยนประชากรกลุ่มตัวอย่าง เช่น เพศ อายุ ที่ส่งผลต่อการมองเห็นค่าสี
- 2) ควรเพิ่มเติมกลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น กลุ่มคนตาบอดสีในเพศหญิง เนื่องจากเป็นกลุ่มประชากรที่พบได้น้อย
- 3) ควรนำค่าสีที่ได้จากการพัฒนา ไปใช้ร่วมกับสื่อรูปแบบต่างๆ ที่นอกเหนือจากการ์ตูนแอนิเมชัน เช่น การปรับโทนสีของภาพยนตร์ แผ่นภาพ ไปสเตอร์ หนังสือ หรือสื่อประชาสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดสื่อที่คนตาบอดสีสามารถรับชมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์ทุกท่าน และคณะวิทยาการสารสนเทศที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

**บรรณานุกรม**

1. ณวัฒน์ วัฒนชัย. ตาบอดสี. (ออนไลน์) เข้าถึงได้ [http://www.med.cmu.ac.th/dept/eye/2012/index.php?option=com\\_content&view=article&id=142](http://www.med.cmu.ac.th/dept/eye/2012/index.php?option=com_content&view=article&id=142) เมื่อ วันที่ 21 เมษายน 2557.
2. ฐาปนวงศ์ ตั้งอุไรวรรณ. จักษุแพทย์เผยชายไทยร้อยละ 8 ตาบอดสีแต่ไม่รู้ตัว. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <http://takree.com> ตาบอดสีเผยผู้ชายร้อยละ/ เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2558



3. สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต. สารานุกรม, ศึกษาศาสตร์; 2555 (22,17). รัชการพิมพ์
4. สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต. ตามอดสี Color blind (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <http://haamor.com/th/ตามอดสี> เมื่อวันที่ 8 มกราคม 2558
5. ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2552). เทคโนโลยีมัลติมีเดีย, กรุงเทพฯ: เคทีพี
6. บุศรินทร์ เอี่ยมธนากุล. การพัฒนาสื่อการเรียนประเภท ภาพยนตร์การ์ตูน 2 มิติ เรื่อง ธรรมชาติ DESIGN. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา; 2554 หน้า 4
7. สมชาย ปรากฏเจริญ. โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24-25 พฤษภาคม 2548 หน้า 366-371
8. Colin Egan.(2010). Do you see What I see? - Understanding the Challenges of Colour-Blindness in Online Learning, University of Hertfordshire: 211-218p
9. นนทิดา ดาวโรจน์บุตร. กรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา. มหาวิทยาลัยมหิดล; 2555 หน้า 26-27.
10. Kramer, P. & Hinojosa, J. (2010). Frame of reference for pediatric occupational therapy ,3rd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
11. เกียรติศักดิ์ ฤกษ์บุตรศรี. (2548): การรับรู้ความเคลื่อนไหวทางสายตากับการออกแบบสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2548 หน้า 77-79
12. ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. addie-mode (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก<http://infowalailak.blogspot.com/2009/01/addie-model.html> เมื่อวันที่ 9 มกราคม 2558
13. สมชาย ปรากฏเจริญ. โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24-25 พฤษภาคม 2548 หน้า 366-371.
14. Miguel Neiva. (2009),COLOR IDENTIFYING SYSTEM FOR COLOR BLIND PEOPLE, University of Minho; 1-7p
15. Henrik warpefelt. (2010), Colorblind computer gaming. Stockholm University;
16. วีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์. แผ่นทดสอบตาบอดสี. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=846> เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2558

# การจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบ

## Automated Course Timetabling using Hybrid Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search

ฉัตรดนัย พยัคฆพงษ์<sup>1</sup>, ฉัตรเกล้า เจริญผล<sup>2</sup>

Chatdanai Payakkapong<sup>1</sup>, Chatklaw Jareonpon<sup>2</sup>

Received: 4 November 2015; Accepted: 24 February 2016

### บทคัดย่อ

การจัดตารางสอนเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ปัจจุบันมีการนำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการจัดตารางสอนหลายวิธี ซึ่งวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน แต่ยังเป็นวิธีการหาคำตอบในวงกว้างเท่านั้นและไม่เจาะจงค้นหาเฉพาะที่ทำให้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมเสมอไป และยังมีปัญหาการค้นหาคำตอบได้ล่าช้า งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมและนำวิธีการหาคำตอบแบบทาบมาใช้ปรับปรุงกระบวนการคัดเลือก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งพบว่า ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่มีค่า 0.9 และความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่มีค่า 0.3 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด 2) การศึกษาถึงผลกระทบของกระบวนการซ่อมแซม โดยเป็นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่างวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม จากการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานมากกว่าเล็กน้อย แต่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน และ 3) การศึกษาถึงผลกระทบของขนาดข้อมูล โดยแบ่งขนาดของข้อมูลเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ และเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่าง วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบ จากผลการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบให้ค่าฟิตเนสที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่

**คำสำคัญ:** วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม วิธีการหาคำตอบแบบทาบ การจัดตารางสอน

### Abstract

A timetable is an important part of teaching, and artificial intelligence can be used to help this task. A Genetic algorithm is always used to solve the problems of timetable arrangement. This algorithm is a search algorithm that possibly finds an optimized solution, not necessarily the best solution. Moreover, it is time consuming. This research proposes a hybrid algorithm between a Genetic algorithm with improving fitness value and Tabu search for improving the selected process. This research experiment was divided into 3 experiments. 1) Finding the parameter of the Genetic Algorithm. The best crossover rate was 0.9 and the best mutation rate was 0.3. 2) Learning about the impact of the repairing process by comparing between 3 algorithms (normal Genetic algorithm, Genetic algorithm with improving the fitness value, and our hybrid algorithm). The result showed that the fitness value of the hybrid algorithm is explicitly higher than others, but the computational time only slightly increased. 3) Testing on the various sizes of datasets by classifying the data into small, medium, and large sizes. From all datasets, our hybrid algorithm performed the best fitness value, especially in large size of classrooms dataset.

**Keywords:** Genetic Algorithm, Tabu Search, Course Timetabling

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150,

<sup>1</sup> master degree student, <sup>2</sup> Assist. Prof., Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

**บทนำ**

การจัดตารางสอนมีความสำคัญมากต่อการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัย หากขาดการจัดการที่ดีย่อมก่อให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอนได้ จึงมีความจำเป็นต้องบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาการจัดตารางสอนเป็นปัญหาในกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนยากต่อการหาคำตอบที่ดีที่สุด<sup>1</sup> (NP-hard) กลุ่มของอัลกอริทึมที่ใช้แก้ไขปัญหานี้คือ อัลกอริทึมกลุ่มเมตาฮีริสติกส์<sup>2</sup> (Metaheuristic)

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการทางเมตาฮีริสติกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกใช้งานกันอย่างกว้างขวาง และเป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการแก้ไขปัญหายุ่งยากเกี่ยวกับการจัดตารางสอน เช่น ในงานวิจัยของ Wang<sup>3</sup> ภูพงษ์ พงษ์เจริญ<sup>4</sup> และวีณา พรหมเทศ<sup>5</sup> ที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางสอน ซึ่งทั้งสามงานวิจัยทำให้ทราบว่า การจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมทำงานได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นการค้นหาคำตอบในวงกว้างเท่านั้นและเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง ทำให้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมเสมอไป และยังพบปัญหาการค้นหาคำตอบได้ล่าช้ากับขนาดของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะเห็นได้จากในหลายๆ งานวิจัยได้ทำการปรับปรุงวิธีการขั้นตอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับ Sequential local search<sup>6</sup> การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ การปรับปรุงกระบวนการกลายพันธุ์และการข้ามสายพันธุ์ใหม่<sup>7</sup> การเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมเข้าไปก่อนกระบวนการคัดเลือก<sup>8</sup> นอกจากปรับปรุงกระบวนการแล้วยังมีการประยุกต์วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับเมตาฮีริสติกส์ชนิดอื่น เช่น การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบูน<sup>9</sup> จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเมตาฮีริสติกส์แบบผสมโดยการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบูน โดย Sadaf Naseem Jat และ Shengxiang Yang<sup>9</sup> มีการใช้ข้อบังคับในการจัดตารางสอนที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้มากที่สุด และความน่าสนใจของกระบวนการซ่อมแซมในงานวิจัยของ วีณา พรหมเทศ<sup>5</sup> ซึ่งหากนำความสามารถของทั้งสองงานวิจัยมาใช้ร่วมกัน น่าจะทำให้ประสิทธิภาพของการจัดตารางสอนทำได้ดียิ่งขึ้น

**วัตถุประสงค์**

เพื่อพัฒนากระบวนการการซ่อมแซมสำหรับการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบูน

**วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา**

การจัดตารางสอน คือ การกำหนดคาบเวลาที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละวันให้กับวิชาเรียนทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ภายใต้ข้อบังคับหรือข้อจำกัดต่างๆ ของทรัพยากรทางการศึกษา เช่น จำนวนของอาจารย์ จำนวนของห้องเรียน ประเภทของห้องเรียน จำนวนวิชา และเงินทุน เป็นต้น ในการจัดตารางสอน ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดคือข้อบังคับของตารางสอน ซึ่งข้อบังคับทำให้ตารางสอนสามารถดำเนินการเรียนการสอนไปได้อย่างรวดเร็ว โดยการจัดตารางสอนเกี่ยวข้องกับการกำหนดข้อบังคับอยู่สองประเภท คือ ข้อบังคับหลัก (Hard constraints) และข้อบังคับรอง (Soft constraints)

ข้อบังคับหลัก คือ การกำหนดให้ตารางสอนที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงจะต้องไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก หากมีการละเมิดข้อบังคับหลักแม้แต่ข้อเดียว จะทำให้ตารางสอนนั้นๆ ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางสอนของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เพราะฉะนั้นข้อบังคับหลักจึงเป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมากำหนดไว้สำหรับการจัดตารางสอน ดัง (Table 1)

**Table 1** Hard Constraint

Number	Constraint
1	At the same time, a lecturer must have only one class for teaching.
2	At the same time, a student must have only one class for studying.
3	At the same time, a classroom must be used for only one class for studying.
4	Avoid the period that be not allowed for taking class.
5	A type of classroom must be match with a type of subject.
6	A size of room must be enough for a group of students.

ข้อบังคับรอง คือ ข้อบังคับที่จะไม่มีผลต่อการใช้งานของตารางสอน แต่ข้อบังคับรองเป็นข้อบังคับที่ทำให้ตารางสอนนั้นๆ เป็นที่พอใจสำหรับอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษามากยิ่งขึ้น เปรียบเสมือนส่วนที่ปรับปรุงให้ตารางสอนใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อบังคับรองจากการสำรวจด้วยแบบสอบถามจากอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ซึ่งแบ่งเป็นอาจารย์จำนวน 100 คน และนักศึกษา จำนวน 100 คน รวมเป็น 200 คน โดยแบบสอบถามเป็นแบบสอบถามที่รวมข้อบังคับรองของการจัดตารางสอนที่

ได้จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดตารางสอนนำมารวมรวมทำเป็นแบบสอบถาม เพื่อถามอาจารย์และนักศึกษาเลือกข้อบังคับที่มีผลหรือมีประโยชน์กับผู้ใช้ข้อมูล ในลักษณะของตัวเลือกความสำคัญจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด เพื่อนำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อบังคับรองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งผลของแบบสอบถามทำให้ได้ข้อบังคับรองดัง (Table 2)

Table 2 Soft Constraint

Number	Constraint
1	Lecturers should have many free days per week.
2	Students shouldn't have a class in the last period of day.
3	There shouldn't be only one class per day.
4	Lecturers and students prefer to have no gab between the two classes.
5	Students shouldn't have a class in the first period of day.
6	There shouldn't be more than 2 classes per day.

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาการจัดตารางสอนอัตโนมัติโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบของทาบูนและกระบวนการซ่อมแซม

เนื่องจากงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ เพราะฉะนั้นในการออกแบบจึงต้องออกแบบบนพื้นฐานของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยมีบางส่วนในการนำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูนมาใช้ปรับปรุงอัลกอริทึมให้ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ก่อนการพัฒนากระบวนการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสม สิ่งแรกที่ต้องทำคือการกำหนดรูปแบบของข้อมูล โครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรมมีลักษณะคล้ายกับการจำลองการทำงานของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ดัง (Figure 1)

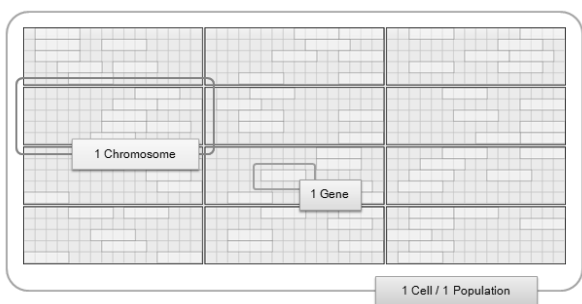


Figure 1 Chromosome Representation

จาก (Figure 1) สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดหรือเรียกในทางวิธีการเชิงพันธุกรรมเรียกได้ว่าเป็นประชากร (Population) ประกอบด้วยโครโมโซมหลายๆ ตัวรวมกัน โดยโครโมโซม 1 ตัว จะประกอบด้วยหน่วยพันธุกรรม (Gene) ในด้านการจัดตารางเรียนตารางสอนจะต้องมีกำหนดรูปแบบของโครโมโซมเช่นเดียวกัน โดยให้ตารางสอนหนึ่งตารางสอนที่ประกอบด้วยตารางเรียนของทุกหมู่เรียนกำหนดให้เป็นหนึ่งหน่วยของประชากร ในตารางเรียนของหนึ่งหมู่เรียนประกอบเป็นหนึ่งโครโมโซม และคาบเรียน (Period) หนึ่งคาบเรียนเป็นหนึ่งหน่วยพันธุกรรม

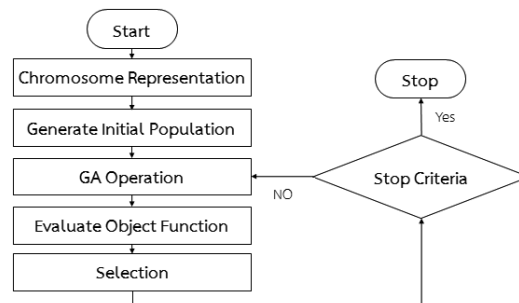


Figure 2 Genetic Algorithm

จาก (Figure 2) เป็นรูปภาพแสดงอัลกอริทึมของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบปกติ จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนการทำงานขั้นตอนหลัก คือ กำหนดรูปแบบโครโมโซม สร้างประชากรเริ่มต้น ปฏิบัติการ GA การประเมินค่าฟิตเนส กลไกการคัดเลือกและตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด จากอัลกอริทึมดังกล่าวเป็นอัลกอริทึมของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบปกติซึ่งไม่มีการปรับปรุงกระบวนการ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การปฏิบัติการ GA จะมีโอกาสที่ประชากรจะละเมิดข้อบังคับหลัก ซึ่งทำให้ประชากรตัวนั้นมีลักษณะที่ไม่ดี เมื่อเข้าสู่การคัดเลือกในรุ่นถัดไปประชากรกลุ่มนี้จะทำให้การหาคำตอบทำได้ช้าลง จากการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการในงานวิจัยของวิภา พรหมเทศ<sup>๕</sup> จึงมีการเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมเพื่อให้ประชากรลูกทุกตัวมีลักษณะที่ดีก่อนการคัดเลือกคือไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก โดยกระบวนการซ่อมแซมจะแสดงใน (Figure 3)

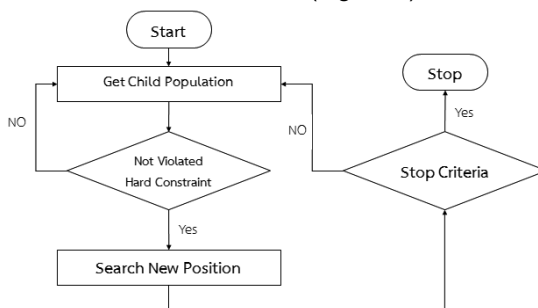


Figure 3 Repair Function

กระบวนการซ่อมแซมเริ่มต้นตั้งแต่การรับค่าประชากรลูกที่ได้จากการปฏิบัติการ GA ทุกตัว นำเข้าสู่การตรวจสอบการละเมิดข้อบังคับหลัก หากมีการละเมิดข้อบังคับหลักจะได้รับการซ่อมแซม คือ การหาตำแหน่งให้กับรายวิชาที่มีการละเมิดข้อบังคับหลักใหม่ ซึ่งตำแหน่งของรายวิชาคือคาบเรียนที่แบ่งออกเป็น 16 คาบต่อวันทั้งหมด 5 วัน จากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในการหาตำแหน่งใหม่จะทำในลักษณะของการสุ่มตำแหน่งของคาบวิชาให้กับรายวิชาที่มีการละเมิดข้อบังคับหลักใหม่ ซึ่งในการสุ่มตำแหน่งของคาบวิชาจะต้องเป็นตำแหน่งที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลักด้วย โดยทำการหาตำแหน่งจนได้ตำแหน่งที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก ทำเช่นนี้ทีละรายวิชาจนครบประชากรลูกทุกตัว เป็นอันจบการทำงาน หลังจากผ่านกระบวนการซ่อมแซมจะได้ประชากรลูกทุกตัวที่มีลักษณะที่ดีคือ ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก โดยกระบวนการซ่อมแซมจะเพิ่มลงไปหลังกระบวนการปฏิบัติการ GA ดัง (Figure 4)

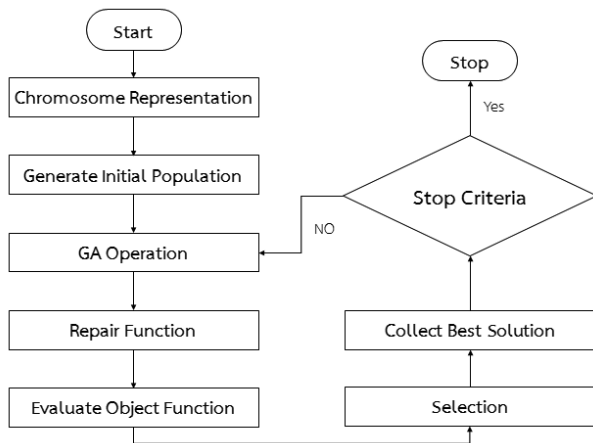


Figure 4 Genetic Algorithm with Repair Function

นอกจากกระบวนการซ่อมแซมที่ถูกเพิ่มเข้าไปในวิธีการเชิงพันธุกรรมแล้ว งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมการปรับปรุงวิธีการเชิงพันธุกรรมของ Sadaf Naseem Jat และ Shengxiang Yang<sup>9</sup> ที่ได้นำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมาเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยการทำงานของวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมีขั้นตอนการทำงานอยู่

5 กระบวนการ คือ สร้างคำตอบเริ่มต้น สร้างเซตคำตอบใกล้เคียง เลือกเซตคำตอบใกล้เคียงที่ดีที่สุด ตรวจสอบรายการต้องห้าม และตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด โดยวิธีการหาคำตอบแบบทาบู จะสามารถรับประกันได้ว่าประชากรที่เข้าสู่การหาคำตอบแบบทาบูจะได้ค่าของคำตอบที่ดีขึ้นหรือเท่าเดิม โดยค่าที่ได้จะไม่แย่ลงไปกว่าค่าเริ่มต้น ด้วยเหตุผลนี้ หากนำมาใช้ในการปรับปรุงประชากรของวิธีการเชิงพันธุกรรมย่อมทำให้ได้ประชากรที่มีลักษณะที่ดีขึ้นตามไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงนำมาใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมในส่วนของกระบวนการคัดเลือก หากประชากรตัวใดได้รับการคัดเลือก ก่อนที่จะเข้าสู่การหาคำตอบในรอบถัดไป ประชากรทุกตัวจะได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีการหาคำตอบแบบทาบูก่อน เพื่อให้ประชากรมีลักษณะที่ดีขึ้น ดัง (Figure 6)

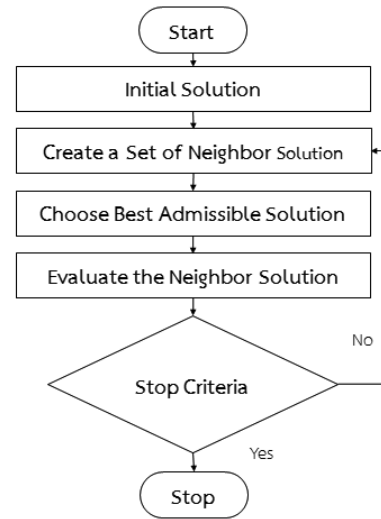


Figure 5 Tabu Search

การประเมินค่าฟิตเนส

ในกระบวนการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ในทุกรอบการทำงานต้องมีการตรวจสอบค่าฟิตเนสของประชากรทุกตัว ซึ่งค่าฟิตเนสดังกล่าวมาจาก 2 ส่วน คือ จากข้อบังคับหลัก และจากข้อบังคับรอง โดยจะต้องนับค่าจากวิชาเรียนของแต่ละตาราง หากมีการละเมิดข้อบังคับทั้งข้อบังคับหลักและรอง ค่าฟิตเนสจะถูกลบหนึ่ง หากไม่มีการละเมิดจะเพิ่มค่าเข้าไปหนึ่ง ทำเช่นนี้ในทุกรายวิชา สุดท้ายจะได้ค่าฟิตเนสของทุกๆ ประชากรซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันออกไป เพื่อนำเข้าสู่กลไกการคัดเลือก ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$fitness\ value = \sum_{i=1}^n H_i + \sum_{j=1}^m S_j \tag{1}$$

- เมื่อ n = จำนวนโครโมโซม
- H = ค่าฟิตเนสรวมข้อบังคับหลัก
- m = จำนวนข้อบังคับรอง
- S = ค่าฟิตเนสของข้อบังคับรอง

ในการหาค่าฟิตเนสของข้อบังคับหลักจะทำการคิดรวมทุกข้อบังคับ เนื่องจากหากมีการละเมิดข้อบังคับแม้แต่ข้อเดียวจะทำให้ตารางสอนนั้นใช้งานไม่ได้ ลักษณะการคำนวณจะแสดงให้เห็นในสมการด้านล่าง

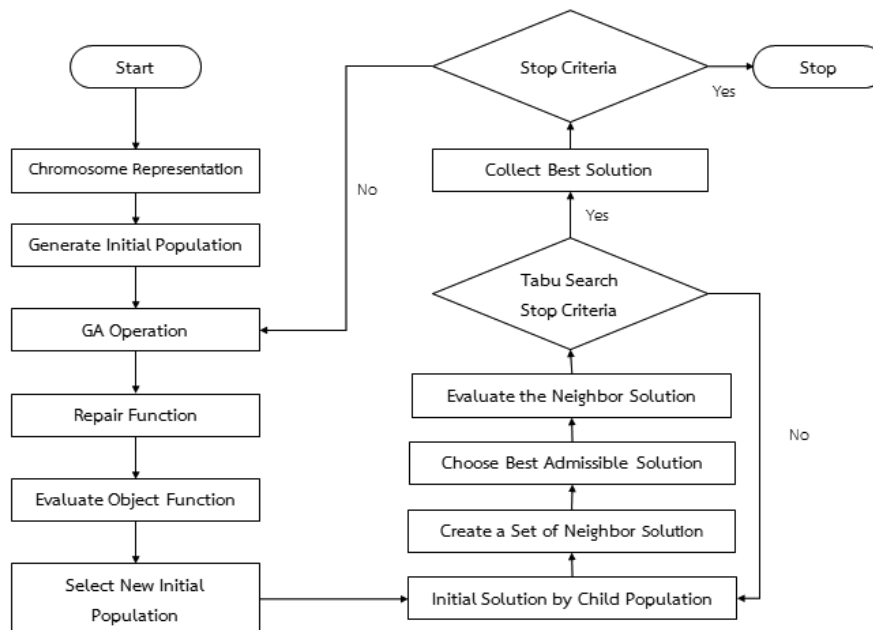


Figure 6 Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search

$$H = N - \sum_{i=1}^N v(i) \tag{2}$$

เมื่อ H = ค่าฟิตเนสข้อบังคับหลัก  
 N = จำนวนรายวิชาทั้งหมด  
 v = การละเมิดข้อบังคับหลักของรายวิชา

ในกรณีการคำนวณค่าฟิตเนสของข้อบังคับรองจะคิดเป็นรายข้อบังคับ เนื่องจากแต่ละข้อบังคับมีหลักการคำนวณที่ความแตกต่างกันออกไป

1) ตารางสอนของอาจารย์ควรกำหนดให้มีวันที่ว่างตลอดวันให้มากที่สุด

$$S_1 = \sum_{i=1}^N d(i) \tag{3}$$

เมื่อ S<sub>1</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 d = การนับจำนวนวันที่ว่างตลอดทั้งวัน  
 2) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมามีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

$$S_2 = \sum_{i=1}^N l(i) \tag{4}$$

เมื่อ S<sub>2</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 l = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน  
 3) ไม่ควรมีเรียนเพียงคาบเรียนเดียวต่อวัน

$$S_3 = \sum_{i=1}^N c(i) \tag{5}$$

เมื่อ S<sub>3</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 c = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนคาบเรียนเดียว  
 4) กลุ่มผู้เรียนและอาจารย์ไม่ชอบตารางที่มีช่วงเวลาว่างระหว่าง 2 วิชาที่จัดตารางไว้ในวันเดียวกัน

$$S_4 = \sum_{i=1}^N k(i) \tag{6}$$

เมื่อ S<sub>4</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 k = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนไม่มีตารางที่มีช่วงเวลาว่างระหว่าง 2 วิชาที่จัดตารางไว้ในวันเดียวกัน  
 5) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมามีเรียนในคาบแรกของวัน

$$S_5 = \sum_{i=1}^N f(i) \tag{7}$$

เมื่อ S<sub>5</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 f = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนในคาบแรกของวัน  
 6) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมามีเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน

$$S_6 = \sum_{i=1}^N t(i) \tag{8}$$

เมื่อ S<sub>6</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 t = การนับจำนวนวันที่เรียนไม่เกิน 2 วิชาต่อวัน

**การออกแบบและการทดลอง**

ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย 2) การทดลองผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม 3) การทดลองขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

**การทดลองที่ 1** การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย

ในการทดลองนี้เป็นการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย จึงต้องมีการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ (Crossover Rate) และค่าการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) ในหลายๆ ค่า ซึ่งเลือกขอบเขตการทดลองจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนขอบเขตทดลองของค่าการข้ามสายพันธุ์ตั้งแต่ 0.7 ถึง 1.0 และค่าการกลายพันธุ์ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 จากค่าที่เลือกมาจะได้การทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าทั้งหมดจำนวน 20 ค่า ซึ่งจะนำค่าเหล่านี้ไปทำการทดลองโดยใช้กลุ่มข้อมูลตารางสอนขนาดเล็ก มีรายละเอียดดัง (Table 3)

**Table 3** Small dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	90
Number of Section	14
Number of Course	30
Number of Teacher	29
Number of Room	20
Number of Population	50
Number of Generations	200

**การทดลองที่ 2** การทดลองผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การทดลองผลกระทบจากกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ได้มีการแบ่งอัลกอริทึมออกเป็น 2 ส่วน คือ อัลกอริทึมที่ใช้กระบวนการซ่อมแซม

และอัลกอริทึมที่ไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซม ทดลองโดยการประมวลผลทั้ง 2 อัลกอริทึมตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้งเพื่อเก็บข้อมูล เวลาและค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ โดยค่าพารามิเตอร์ในการทดลองเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ใน (Table 3) และใช้ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่ 0.7 และความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่ 0.5

**การทดลองที่ 3** การทดลองขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

การทดลองผลของการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบู ในด้านขนาดของข้อมูล ซึ่งการจัดตารางสอนขนาดของข้อมูลมีความสำคัญต่อการจัดตารางในด้านของเวลาที่ใช้ในการจัดไม่ว่าจะเป็นจำนวนคลาสเรียน รายวิชา อาจารย์ ห้องเรียน ซึ่งหากข้อมูลเหล่านี้มีจำนวนมาก และเงื่อนไขมีจำนวนมากย่อมทำให้การจัดตารางในแต่ละครั้งใช้เวลาในการจัดตารางเป็นเวลานาน เพราะฉะนั้นในการทดลองที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งในการทดลองจะให้เห็นถึงผลของขนาดข้อมูลที่มีความแตกต่างกันออกไป โดยเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีความแตกต่างกัน

ในการออกแบบการทดลองได้มีการแบ่งอัลกอริทึมออกเป็น 3 ส่วน คือ อัลกอริทึมที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู ทดลองโดยการประมวลผลทั้ง 4 อัลกอริทึมตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูล เวลาและค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองแบบเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ ทำเช่นนี้โดยทดลองกับข้อมูล 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ค่าพารามิเตอร์กำหนดเช่นเดียวกับการทดลองหาผลกระทบของกระบวนการซ่อมแซม แต่มีความแตกต่างกันในด้านของขนาดข้อมูลตารางสอนที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดดัง (Table 4-5)

**Table 4** Medium dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	249
Number of Section	43
Number of Course	147
Number of Teacher	105
Number of Room	120

**Table 5** Large dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	512
Number of Section	91
Number of Course	248
Number of Teacher	171
Number of Room	200

**ผลการทดลอง**

ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อศึกษาหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย

จากการทดลองปรับเปลี่ยนค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่าการกลายพันธุ์ ทั้งหมด 20 ค่า โดยแต่ละการทดลองทำการประมวลผลการทดลองละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บค่าฟิตเนสและเวลาในการทำงานต่อ 1 รอบการทำงาน ซึ่งผลที่ได้มีรายละเอียดดัง (Table 6)

**Table 6** Parameters for experiments 1

CR	MR	Max Fit	Round	Average Time	All Time
0.7	0.1	320	200	0.41	82.00
0.8	0.1	322	124	0.42	52.08
0.9	0.1	322	150	0.43	64.50
1.0	0.1	322	182	0.40	72.80
0.7	0.2	322	121	0.34	41.14
0.8	0.2	322	79	0.38	30.02
0.9	0.2	321	200	0.40	80.00
1.0	0.2	322	109	0.36	39.24
0.7	0.3	322	70	0.33	23.10
0.8	0.3	322	58	0.36	20.88
0.9	0.3	322	106	0.39	41.34

CR	MR	Max Fit	Round	Average Time	All Time
1.0	0.3	322	63	0.34	21.42
0.7	0.4	322	66	0.37	24.42
0.8	0.4	322	75	0.36	27.00
0.9	0.4	322	71	0.36	25.56
1.0	0.4	322	89	0.32	28.48
0.7	0.5	322	60	0.33	19.80
0.8	0.5	322	70	0.35	24.50
0.9	0.5	322	68	0.36	24.48
1.0	0.5	322	71	0.30	21.30

จากการทดลองพบว่า ในการจัดตารางสอนโดยเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ โดยการประมวลผล 20 รอบการทำงาน ส่วนใหญ่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดเท่ากันคือ 322 จำนวน 18 การทดลอง ซึ่งมีเพียง 2 การทดลองที่ได้ค่าสูงสุดที่ 320 และ 321 ซึ่งผลค่าฟิตเนสของการจัดตารางสอนจะขึ้นอยู่กับข้อมูลของตารางสอน โดยการนับจำนวนของค่าฟิตเนสแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ได้มาจากข้อบังคับหลัก และส่วนที่ได้จากข้อบังคับรอง ในส่วนของข้อบังคับหลักจะเท่ากับจำนวนของรายวิชาซึ่งนับจำนวนของรายวิชาที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก ในส่วนของข้อบังคับรองจะคำนวณตามข้อบังคับ ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของข้อบังคับ เมื่อคำนวณเสร็จจึงนำมารวมกันได้เป็นค่าฟิตเนส ลักษณะของค่าฟิตเนสของการจัดตารางสอนจึงขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูล คือ จำนวนรายวิชา จำนวนและลักษณะของข้อบังคับรอง ในการรันโปรแกรมเพื่อจัดตารางในทุกๆ การทดลองจะมีลักษณะที่คล้ายกันคือ เมื่อรันจนถึงจุดหนึ่งที่ได้ตารางสอนที่ดีที่สุด คือการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

การทดลองในด้านของเวลาเฉลี่ยต่อรอบกลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.1 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบมากกว่ากลุ่มอื่นคือมากกว่า 0.40 วินาทีทั้งหมด และยังมีค่าฟิตเนสสูงสุดในรอบที่มากกว่ากลุ่มอื่นด้วย กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.2 และ 0.3 มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันทั้งในด้านของเวลาและการพบค่าสูงสุด แต่ส่วนใหญ่ยังใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.4 และ 0.5 ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.35 วินาที แต่ก็มีเวลาเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันต่างกันเพียงไม่เกิน 0.1 วินาที หากมองที่การพบค่าฟิตเนสสูงสุด จะปรากฏในการทดลองที่มี Crossover Rate เท่ากับ 0.7 และ Mutation Rate เท่ากับ 0.5 พบการทดลองนี้พบค่าฟิตเนสสูงสุดในรอบที่ 60 ซึ่งน้อยที่สุด และใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 วินาทีต่อรอบการทำงาน โดยใช้เวลารวมเมื่อพบค่า



ฟิตเนสสูงสุดเท่ากับ 19.80 วินาที ซึ่งเป็นเวลารวมที่น้อยที่สุด โดยงานวิจัยฉบับนี้จึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวในการทดลองในลำดับต่อไป

ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมสำหรับการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

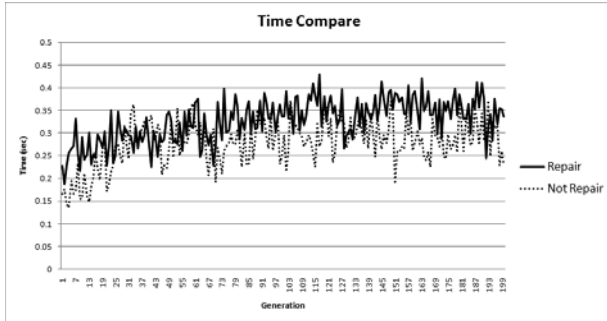


Figure 7 Time compare between GA with repair function and GA not repair function

ผลการทดลองในด้านของเวลาจาก (Figure 7) เวลาการทำงานของทั้ง 2 แบบใช้เวลาการทำงานที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาการทำงานที่น้อยกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใช้กระบวนการซ่อมแซมเล็กน้อย

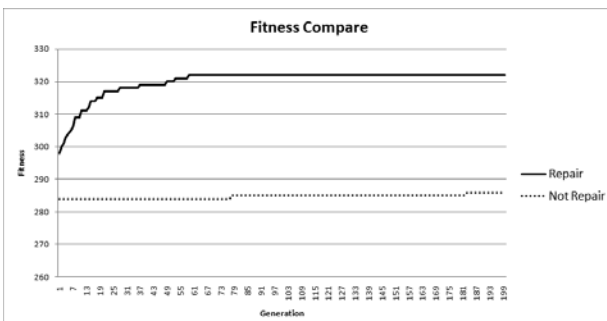


Figure 8 Fitness compare between GA with repair function and GA not repair function

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนสจาก (Figure 8) ปรากฏว่า ได้ลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสที่เพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในแต่ละรุ่น ในส่วนของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงรุ่นการทำงานตั้งแต่ 1 ถึงประมาณรุ่นที่ 20 จากนั้นค่าฟิตเนสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และหยุดการเพิ่มในช่วงรุ่นที่ 60 ซึ่งได้ค่าฟิตเนสที่ต่างกัน คือ วิธีที่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสสูงสุดที่ 322 ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้

กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสสูงสุดเพียง 286 ดัง (Figure 8)

ผลการทดลองที่ 3 การทดลองเปรียบเทียบผลกระทบของขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

### ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 9) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.45 วินาที และ 0.46 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบูเข้าไปปรับปรุงวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติยอมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

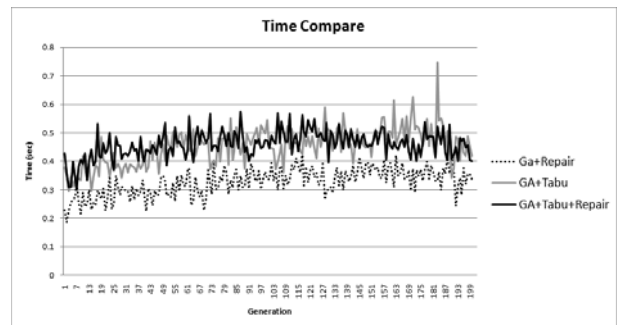


Figure 9 Time compare for small dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 10) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งทั้ง 3 อัลกอริทึม ได้ค่าฟิตเนสสูงสุดที่เท่ากัน คือ 322 แต่ทั้ง 3 อัลกอริทึมมีกราฟที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมมีการเพิ่มขึ้นของค่าฟิตเนสที่ละเล็กละน้อย โดยได้ค่าสูงสุดในรอบการทำงานที่ 60 ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู เป็นกราฟที่มีการเพิ่มของค่าฟิตเนสอย่างรวดเร็ว

ในช่วงแรกและจะหยุดเพิ่มเมื่อได้ค่าสูงสุด โดยได้ค่าสูงสุดในรอบการทำงานที่ 47 และ 34 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและจำนวนรอบของการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดได้ผลคือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $0.33 \times 60 = 19.80$  วินาที วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $0.45 \times 47 = 21.15$  วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $0.46 \times 34 = 15.64$  วินาที

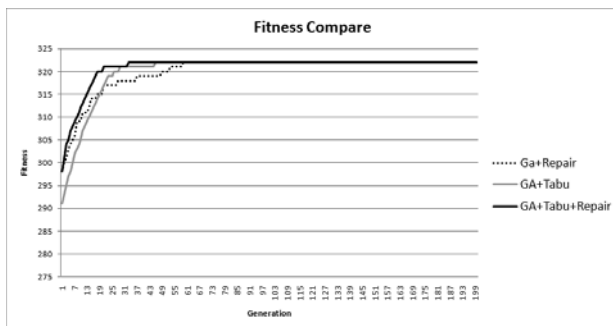


Figure 10 Fitness compare for small dataset

**ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดกลาง**

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดกลาง ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 11) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 1.12 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.34 วินาที และ 2.45 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบเข้าไปปรับปรุงวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติยอมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

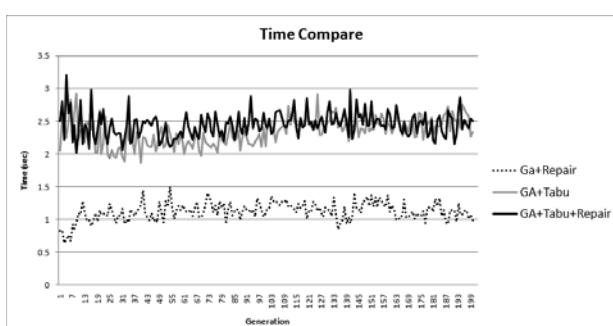


Figure 11 Time compare for medium dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 12) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกัน คือ ข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมและวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบได้ค่าสูงสุดที่ 973 และ 974 ตามลำดับ ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบได้ค่าสูงสุดที่ 976 หากเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและจำนวนรอบของการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดที่ 976 ได้ผลคือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $1.12 \times 200 = 224$  วินาที วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $2.34 \times 200 = 468$  วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $2.45 \times 73 = 178.85$  วินาที จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาในการทำงานในการหาค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดน้อยที่สุดคือ 178.85 วินาที และยังสามารถหาค่าฟิตเนสสุดท้ายที่สูงกว่า 2 อัลกอริทึมแรกอีกด้วย

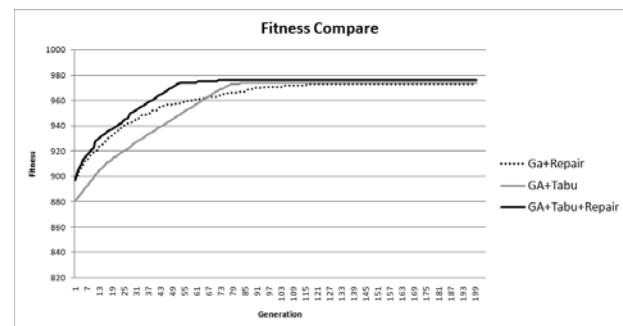


Figure 12 Fitness compare for medium dataset

**ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่**

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 13) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.44 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 10.91 วินาที และ 9.69 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบเข้าไปปรับปรุงวิธี

ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติยอมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

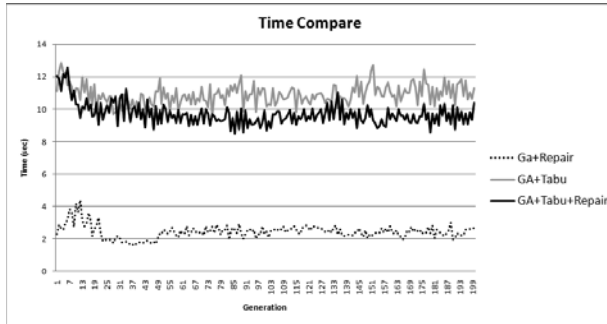


Figure 13 Time compare for large dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 14) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมค่าสูงสุดที่ 2,045 วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 2,061 และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 2,064 จากผลที่ได้ทำให้ทราบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูทำงานได้ดีที่สุดเนื่องจากได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด ถึงแม้ว่าในด้านของเวลาจะใช้เวลามากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมอยู่พอสมควร แต่ในการจัดตารางสอนจะมุ่งเน้นผลของค่าฟิตเนสเป็นหลัก

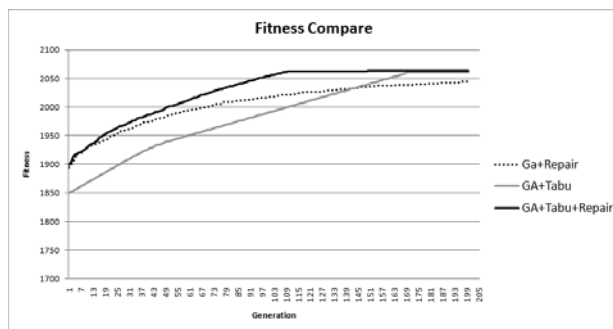


Figure 14 Fitness compare for large dataset

จากการทดลองทั้ง 3 ขนาดข้อมูล ในทุกๆ การทดลองให้ผลในด้านของตารางสอนในรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน การจัดตารางสอนบนพื้นฐานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ไม่ว่าจะเป็นการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู เมื่อทำการจัดตาราง ตารางสอนสุดท้ายที่ได้คือ

ตารางสอนที่มีค่าฟิตเนสสูงที่สุด คือทุกตารางสอนไม่มีการละเมิดข้อบังคับหลักแม้เพียงข้อเดียว และเป็นตารางสอนที่มีการละเมิดข้อบังคับรองน้อยที่สุดหรือการได้ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองมาก ซึ่งข้อบังคับรองเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าตารางสอนนั้นๆเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากน้อยเพียงใด ยิ่งละเมิดข้อบังคับรองน้อย นั้นหมายความว่าเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากตามไปด้วย เพราะฉะนั้นเมื่อทำการจัดตารางทั้ง 3 อัลกอริทึมเสร็จสิ้นจะได้ตารางสอนที่เหมาะสมที่สุดคือมีค่าฟิตเนสที่มากที่สุดเช่นกัน แต่สิ่งที่แตกต่างกันของทั้ง 3 อัลกอริทึมคือเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

### วิจารณ์และสรุปผล

การทดลองที่ 1 เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยทำการเปลี่ยนค่าการกลายพันธุ์และค่าการข้ามสายพันธุ์ ในส่วนของผลการทดลองพบว่าค่า 0.7 ของค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่า 0.5 ของค่าการกลายพันธุ์ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้เวลารวมน้อยที่สุดในการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลกระทบกระบวนการซ่อมแซมของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยการทดลองนั้นทดลองกับข้อมูลตารางสอนขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 อัลกอริทึม คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม โดยผลที่ได้ในด้านของเวลาวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติทำงานได้เร็วกว่าเล็กน้อย แต่ในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน ฉะนั้นวิธีการซ่อมแซมจึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการจัดตารางสอน โดยวิธีการซ่อมแซมเป็นส่วนที่ใช้ในการปรับปรุงค่าฟิตเนสของประชากรในแต่ละรอบกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้นก่อนที่จะเข้าสู่รอบการทำงานถัดไป

การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาผลกระทบของขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอน โดยใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยการเพิ่มวิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู ซึ่งเป็นการทดลองโดยแบ่งขนาดของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือข้อมูลขนาดเล็ก ข้อมูลขนาดกลาง และข้อมูลขนาดใหญ่ โดยแต่ละการทดลองได้เปรียบเทียบอัลกอริทึมจำนวน 3 อัลกอริทึม คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู จากผลการทดลองของทั้ง 3 กลุ่มข้อมูล พบว่า

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานของอัลกอริทึมที่น้อยที่สุด แต่ค่าฟิตเนสที่ได้จากอัลกอริทึมในทั้ง 3 กลุ่มข้อมูลได้ค่าที่น้อยกว่าอีก 2 อัลกอริทึม หากเปรียบเทียบในด้านของค่าฟิตเนสวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาค่าตอบแบบทาบู่ให้ผลที่ดีที่สุด ในทั้ง 3 กลุ่มข้อมูล จะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งให้ค่าฟิตเนสที่สูงแตกต่างจากอีก 2 อัลกอริทึมอย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากการรวมวิธีการซ่อมแซมในการปรับปรุงประชากรให้ดีขึ้นในแต่ละรอบกระบวนการทำงาน และรวมกับการหาค่าตอบแบบทาบู่เข้ามาปรับปรุงให้การจัดตารางสอนเข้าใกล้ค่าฟิตเนสที่ดีที่สุดได้เร็วยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้น วิธีการซ่อมแซมและการหาค่าตอบแบบทาบู่จึงมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.ฉัตรเกล้า เจริญผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินงาน รวมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิจัยอย่างดียิ่ง และได้รับการช่วยเหลือในการติดตามข้อมูลการจัดตารางสอนจาก คุณสุดา ทิพย์ประเสริฐ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลสำหรับการจัดตารางสอนเพื่อใช้ในการทดลองที่เป็นประโยชน์อย่างมาก งานวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์พร้อมทั้งการสนับสนุนเรื่องทุนการศึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง

### เอกสารอ้างอิง

1. Blondel V, Tsitsiklis JN. NP-Hardness of Some Linear Control Design Problems. *Siam J Control Optim* 1997; 35[6]: 2118–2127.
2. Said GAE-NA, Mahmoud AM, El-Horbaty E-SM. A Comparative Study of Meta-heuristic Algorithms for Solving Quadratic Assignment Problem. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 2014; 5[1]: 1-6.
3. Wang YZ. Using genetic algorithm methods to solve course scheduling problem. *Expert Systems with Applications* 2003; 25[1]: 39-50.
4. Pongcharoen P, Promtet W, Yenradee P, Hickks C. Stochastic Optimisation Timetabling Tool for univer-

city course scheduling. *International Journal of Production Economics* 2008; 112[2]: 903-918.

5. วิธนา พรหมเทศ. การจัดตารางสอนอัตโนมัติแบบยัดเยียดโดยใช้ Genetic Algorithms. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย; 2550.
6. Abdullah S, Turabieh H, McCollum B, Burke EK. "An Investigation of a Genetic Algorithm and Sequential Local Search Approach for Curriculum-based Course Timetabling Problems". *Multidisciplinary International Conference on Scheduling : Theory and Applications (MISTA 2009)*. Dublin, Ireland, 2009.
7. Bratkovic Z, Herman T, Omrcen V, Cupic M, Jakobovic D. "University Course Timetabling with Genetic Algorithm: a Laboratory Exercises Case Study". 2010.
8. Rahoual M, Saad R. Solving Timetabling Problems by Hybridizing Genetic Algorithms and Tabu Search. *PATAT 2006* 2006: 467–472.
9. Jat SN, Yang S. A Hybrid Genetic Algorithm and Tabu Search Approach for Post Enrolment Course Timetabling. *Journal of Scheduling manuscript* 2010

## การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

### Geographic Information Systems for Analysis of a Surveillance Area of Psychiatric Patients in Hua Hin District, Prachuap Khiri Khan Province

อังคณา จัตตามาศ<sup>1</sup>, วุฒันันท์ มัตติทานนท์<sup>2</sup>

Aungkana Jattamart<sup>1</sup>, Wutjanun Muttitanon<sup>2</sup>

Received: 24 November 2015; Accepted: 30 March 2016

#### บทคัดย่อ

จากปัญหาการเข้าถึงบริการของผู้ป่วยจิตเวชโดยเฉพาะผู้ป่วยในหมู่บ้านชนบท ประกอบกับระบบงานด้านสุขภาพจิตที่ขาดความเชื่อมโยงการกระจายระบบเครือข่ายบริการสุขภาพจิตในการดูแลผู้ป่วยแต่ละพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อการติดตามการรักษาอย่างต่อเนื่องได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสำรวจพื้นที่การพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอ หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และ 2) เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ 1) ชุมชนหรือหมู่บ้านที่พบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช 2) หมู่บ้าน 3) ถนน และ 4) แม่น้ำ นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลผู้ป่วยจิตเวชที่รับการรักษาในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 และมีเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน คือ 1) โปรแกรม ArcGIS Desktop Version 10.1 ในการสร้างแผนที่ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) พื้นที่ที่พบผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหินมากที่สุด 3 ลำดับแรกทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 คือ ตำบลหัวหิน รองลงมา คือ ตำบลหนองแก และตำบลหนองพลับ 2) จากแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน แสดงให้เห็นการกระจายตัวในเชิงเวลา สถานที่ และบุคคลได้ ซึ่งช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการวางแผนการดำเนินการ รักษาผู้ป่วยทางจิตเวชของคลินิกจิตเวช สอดคล้องกับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ระดับความพึงพอใจมาก และด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ในระดับพึงพอใจมาก แสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านสุขภาพผู้ป่วย ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการ ความแม่นยำ และความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล

**คำสำคัญ:** ผู้ป่วยจิตเวช พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วย ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

#### Abstract

This study proposes solutions to a mapping problem that prevents psychiatric patients from reaching their case centers. This research aimed 1) to observe the areas of psychiatric patients at Hua-Hin district, Prachuapkirikhan Province. 2) to make a monitoring map of psychiatric patients.

The factors used were: 1) community or a village that has psychiatric patients 2) villages 3) streets 4) the data were analyzed with psychiatric patients treated in the year 2013 and 2014. The tools used to process the research were 1) ArcGIS Desktop Version 10.1 software to create maps and 2) satisfaction rating by the specialist. The results showed that: 1) the area, where the most psychiatric patients were found, was in Hua-Hin

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อีเมล: aungkana.jat@rmutr.ac.th

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Business Information Technology, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Prachuapkhirikhan E-mail: aungkana.jat@rmutr.ac.th

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อีเมล: wutjanum.mut@mahidol.ac.th

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University

district with the third rank in 2013 and 2014. The second rank was at Nongkae and the third rank was at Nongplub. 2) The monitoring map of psychiatric patients in the Hua-Hin area showed satisfactorily the distribution of time, place and psychiatric persons. The results of the application of geographic information systems with an average score of satisfaction at high level of 4.00 and standard deviation score of satisfaction was 0.15. Satisfaction score of information was at a high level of 4.30, and standard deviation score of satisfaction was 0.27. These scores were able to show the importance of effective implementation of a working system for psychiatric patients.

**Keywords:** Psychiatric patients, Patients surveillance area, Geographic information systems

## บทนำ

สังคมปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ปัจจัยหนึ่งเป็นผลจากการที่เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ทำให้มนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสังคมได้ แต่ยังมีบุคคลส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสังคมได้ ทำให้เกิดความเครียดวิตกกังวล เกิดปัญหาทางสุขภาพจิตสูงขึ้น โดยเฉพาะความเครียดซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่ปัญหาทางสุขภาพจิตที่รุนแรง คือ โรควิตกกังวล ประกอบกับการไม่มีวิธีที่ถูกต้องในการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งผู้ป่วยจิตเวช คือ บุคคลที่ขาดความสามารถในการปรับตัว เป็นผลให้เกิดความแปรปรวนทั้งด้านความคิด อารมณ์ และพฤติกรรมอยู่ในสภาพที่ป่วยเรื้อรัง มักมีอาการเป็นๆ หายๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัว ต้องใช้ระยะเวลาในการรักษาพยาบาล ในปัจจุบันพบว่าผู้ป่วยจิตเวชมีจำนวนมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ป่วยจิตเวชในหมู่บ้านชนบท จะมีปัญหาในการเข้าถึงบริการ เนื่องจากโรงพยาบาลชุมชนส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถทำการวินิจฉัย และให้การรักษาพยาบาลแก่ผู้ป่วยจิตเวชได้ ผู้ป่วยจำเป็นต้องเดินทางไปรักษาที่โรงพยาบาลเฉพาะทางจิตเวช หรือโรงพยาบาลศูนย์/โรงพยาบาลทั่วไปที่มีจิตแพทย์อยู่ประจำ ซึ่งมีอยู่ไม่ครบทุกจังหวัด มีผู้ป่วยจิตเวชจำนวนไม่น้อยที่ขาดการวินิจฉัยตั้งแต่แรก ส่วนที่เคยได้รับการวินิจฉัยมาก่อนมักจะขาดการรักษาอย่างต่อเนื่องหรือขาดยา ทำให้ไม่สามารถควบคุมอาการได้ ส่งผลกระทบตามมาไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อผู้ป่วย เช่น ทำงานไม่ได้ ดูแลตัวเองไม่ได้ ถูกกระทำอย่างไร้ศักดิ์ศรี เป็นต้น ผลกระทบต่อครอบครัว เช่น เป็นภาระที่ต้องดูแลผู้ป่วย ทุกข์ใจ ถูกเพื่อนบ้านรังเกียจ ถูกผู้ป่วยทำร้ายร่างกาย อยู่อย่างหวาดกลัว เป็นต้น และผลกระทบต่อสังคม เช่น สังคมหวาดระแวง ขัดแย้งกับผู้ป่วยและครอบครัว

โรงพยาบาลหัวหิน ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นโรงพยาบาลทั่วไปขนาด 340 เตียงสังกัดกระทรวงสาธารณสุข มีความสามารถและคุณภาพการรักษาพยาบาลแบบองค์รวม ผสมผสาน ทุกระดับครอบคลุม

ทั้งเครือข่ายบริการ มีผู้ป่วยมารับบริการเฉลี่ยถึงวันละ 1,100 คน<sup>1</sup> โดยแบ่งออกเป็นคลินิกต่างๆ รวมไปถึงคลินิกจิตเวชที่มีจิตแพทย์อยู่ประจำ เป็นคลินิกที่ให้บริการบำบัดรักษา ผู้ป่วยจิตเวช ผู้ที่มีปัญหาสุขภาพจิตให้ได้รับการบำบัดรักษา และดูแลอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งสร้างความร่วมมือด้านการดำเนินงานสุขภาพจิต กับเครือข่ายในพื้นที่รับผิดชอบ ส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตในสังคมได้อย่างปกติสุข ซึ่งในปัจจุบันคลินิกจิตเวชมีผู้ป่วยมารับการรักษาเพิ่มขึ้นทุกวัน เนื่องจากทางโรงพยาบาลรับการรักษาต่อจากสถานพยาบาลอื่นทั้งในจังหวัดและนอกจังหวัด และยังมีบริการปรึกษาปัญหาทางด้านสุขภาพจิตทางโทรศัพท์ สำหรับผู้ป่วยในเครือข่ายพื้นที่รับผิดชอบของเขตอำเภอหัวหินนั้น จะรับรักษาผู้ป่วยแยกตามหน่วยบริการปฐมภูมิและยังมีการออกหน่วยเพื่อดูแล ติดตามการรักษาของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง ตามหน่วยบริการปฐมภูมิที่รับผิดชอบของเขตอำเภอหัวหิน และนำผลการติดตามการรักษาของผู้ป่วยมาเป็นแนวทางในการวางแผนการดำเนินการรักษาผู้ป่วยคลินิกจิตเวช โรงพยาบาล หัวหินต่อไป

ด้วยสาเหตุข้างต้นประกอบกับระบบการประมวลภาพรวมงานด้านสุขภาพจิตของผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในปัจจุบัน เป็นเพียงการนำเสนอรายงานหรือทะเบียนผู้ป่วยที่รับการตรวจรักษาในแต่ละสถานบริการสาธารณสุขเท่านั้น ขาดความเชื่อมโยงการกระจายระบบเครือข่ายบริการสุขภาพจิตและจิตเวชในการดูแลผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในภาพรวมของแต่ละพื้นที่ จึงเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการจัดทำ “การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์”

## วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อสำรวจพื้นที่การพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วย

1. โปรแกรม ArcGIS Desktop Version 10.1
2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร ใช้เป็นแผนที่พื้นฐาน (Base Map)
3. ส่วนของเว็บไซต์ที่ใช้ในการหาข้อมูลพิกัดละติจูดและลองจิจูด ได้แก่ เว็บไซต์ <http://maps.google.co.th/>

### วิธีการดำเนินการวิจัย

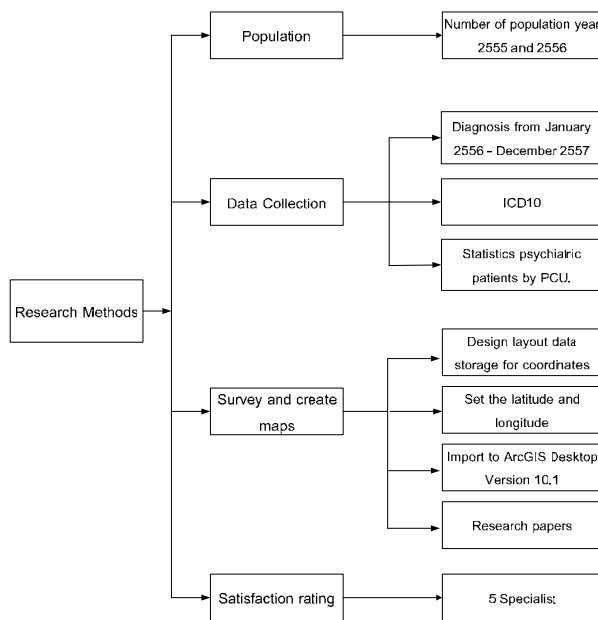


Figure 1 The research process

จาก (Figure 1) วิธีการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. กลุ่มประชากร: นำข้อมูลจำนวนประชากรแยกตามหน่วยบริการปฐมภูมิที่รับผิดชอบของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาใช้ในการวิจัย โดยใช้จำนวนประชากร 2 ปี คือ ปีพ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 จากข้อมูลของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง พ.ศ. 2557<sup>2</sup> ดังแสดงใน (Table 1)

2. การเก็บข้อมูล: สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยๆ ดังนี้

- ข้อมูลการคัดกรองตั้งแต่เดือน มกราคม 2556 - ธันวาคม 2557: เก็บข้อมูลการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวชจากระบบรายงานการรักษาของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน จากโปรแกรม Medical 2020 เนื่องจากโรงพยาบาลหัวหินเป็นสถานบริการสาธารณสุขระดับจังหวัด ทำหน้าที่ในการรักษาและรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในพื้นที่ 7 ตำบลของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพื่อส่งต่อให้

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยขั้นตอนการดำเนินงาน จะเริ่มจากสถานบริการสาธารณสุข ได้แก่ อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน สถานีอนามัย ศูนย์สุขภาพชุมชน เมื่อพบผู้ป่วยที่เสี่ยงทางด้านจิตเวช จะดำเนินการส่งผู้ป่วยมาคัดกรองและรักษาที่โรงพยาบาลหัวหิน จากนั้นข้อมูลการรักษาผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในพื้นที่ 7 ตำบลของอำเภอหัวหินทั้งหมดจะถูกรวบรวมและส่งข้อมูลไปยังสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด และกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุขต่อไป

- บัญชีการจำแนกโรคทางจิตเวช ICD10 (ICD-10 =International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problem): โดยโรคความผิดปกติทางจิตและพฤติกรรม (Mental and behavioral disorders) : คือกลุ่มรหัสโรค F00 – F99 จากบัญชีการจำแนกโรคทางจิตเวช ICD10 ของสำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข พ.ศ. 2553<sup>3</sup>

- สถิติผู้ป่วยแยกตามหน่วยบริการปฐมภูมิที่รับผิดชอบของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์: จากข้อมูลรายงานการรักษาผู้ป่วยของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2556 - พ.ศ. 2557

Table 1 แสดงข้อมูลจำนวนประชากรในแต่ละตำบลของอำเภอหัวหิน<sup>2</sup>

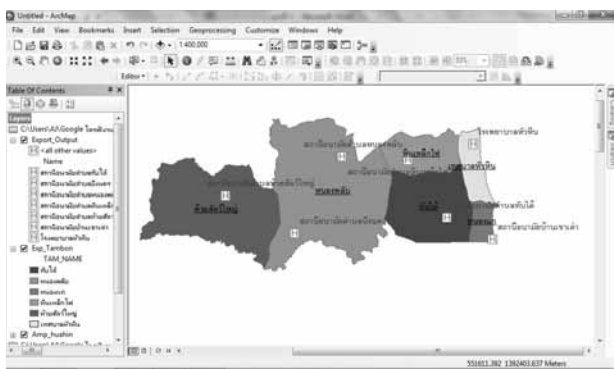
No.	District	Population (people)	
		2013	2014
1.	Hua-Hin	4,590	44,867
2.	Nongkae	14,932	14,502
3.	Hin-Lek-Fai	12,292	12,973
4.	Nongplub	6,131	4,394
5.	Tub-Tai	11,902	12,260
6.	Huay-Sat-Yai	6,436	6,510
7.	Bueng-Nakhon	4,497	4,590

3. สํารวจและสร้างแผนที่

3.1 ออกแบบรูปแบบในการจัดเก็บข้อมูลพิกัดตำบล: ทำการออกแบบฟอร์มในการจัดเก็บข้อมูลพิกัดที่ตั้งสถานพยาบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขของอำเภอหัวหินทั้ง 7 ตำบล

3.2 กำหนดตำแหน่ง ละติจูดและลองจิจูดของสถานพยาบาล: บันทึกข้อมูลตำแหน่ง ละติจูดและลองจิจูดของแต่ละสถานที่ โดยค้นหาตำแหน่งจากเว็บไซต์ <http://maps.google.co.th/>

3.3 นำข้อมูลเข้าโปรแกรม ArcGIS เพื่อจัดทำแผนที่



**Figure 2** Shape file the coordinates of the location of Hua-Hin

จาก (Figure 2) แสดงผลการนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม ArcGIS 10.1 เพื่อจัดทำแผนที่

**4. ประเมินความพึงพอใจ**

- การเก็บรวบรวมข้อมูล: ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ที่เป็นบุคลากรของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหินจำนวน 5 ท่าน

- การประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจ: เกณฑ์การให้คะแนนทำโดยนำเกณฑ์ข้อมูลคะแนน การแปลความหมายตัวเลขในระดับต่างๆ ของ Likert<sup>4</sup> 5 ระดับ มากำหนดความหมายของคะแนนของข้อคำถามเพื่อการสรุปผล

- วิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจด้วยโปรแกรม SPSS (Statistics Package for the Social Sciences): เพื่อนำเสนอข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา โดยใช้วิธีวัดความถี่ ค่าร้อยละ และคะแนนเฉลี่ย

**สรุปผลการวิจัย**

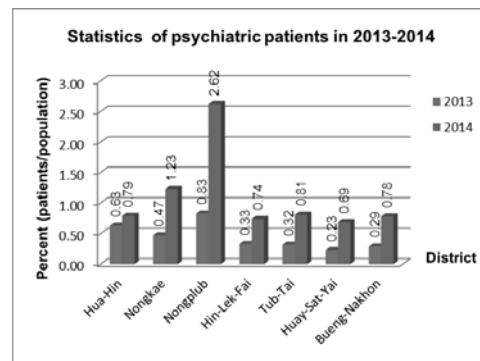
งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

- สถิติแสดงพื้นที่การพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน: จากการศึกษารายชื่อการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวช สามารถแสดงสถิติจำนวนผู้ป่วยด้านจิตเวชต่อจำนวนประชากรในแต่ละตำบล ได้ดัง (Figure 3)

จาก (Figure 3) อธิบายได้ว่าข้อมูลสถิติจำนวนผู้ป่วยด้านจิตเวชในปี 2556 พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกในตำบลหัวหิน จำนวนผู้ป่วย 274 ราย รองลงมา คือ ตำบลหนองแก จำนวน 70 ราย และลำดับที่ 3 คือตำบลหนองพลับ จำนวน 51 ราย และข้อมูลสถิติจำนวนผู้ป่วยด้านจิตเวชในปี 2557 พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกในตำบลหัวหิน จำนวนผู้ป่วย 355 ราย

รองลงมา คือ ตำบลหนองแก จำนวน 179 ราย และลำดับที่ 3 คือตำบลหนองพลับ จำนวน 115 ราย

- การประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบบประเมินความพึงพอใจ มีรายละเอียดดังนี้
- ด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูล: กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ในระดับพึงพอใจมาก
- ด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์: กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ในระดับพึงพอใจมาก
- ด้านการนำผลลัพธ์ไปใช้ประโยชน์: กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ในระดับพึงพอใจมาก



**Figure 3** Statistics of psychiatric patients in 2013-2014 of Hua-Hin

**อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ**

จากการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

- สรรวจพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้
- ในปี พ.ศ. 2556 สถิติการพบผู้ป่วยด้านจิตเวชพบว่า ตำบลที่พบจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดคือ ตำบลหัวหิน ร้อยละ 0.63 รองลงมา คือ ตำบล หนองแก ร้อยละ 0.47 รองลงมา คือ ตำบลหนองพลับร้อยละ 0.83 รองลงมา คือ ตำบล หินเหล็กไฟ ร้อยละ 0.33 รองลงมา คือ ตำบลทับใต้ ร้อยละ 0.32 รองลงมา คือ ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ ร้อยละ 0.23 และลำดับสุดท้ายคือ ตำบลบึงนคร ร้อยละ 0.29



• ในปี พ.ศ. 2557 สถิติการพบผู้ป่วยด้านจิตเวช พบว่า ตำบลที่พบจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดคือ ตำบลหัวหิน ร้อยละ 0.79 รองลงมา คือ ตำบล หนองแก ร้อยละ 1.23 รองลงมา คือ ตำบลหนองพลับร้อยละ 2.62 รองลงมา คือ ตำบลทับใต้ ร้อยละ 0.81 รองลงมา คือ ตำบลหินเหล็กไฟ ร้อยละ 0.74 รองลงมา คือ ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ ร้อยละ 0.69 และลำดับสุดท้าย คือ ตำบลบึงนคร ร้อยละ 0.78

จากการสำรวจพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สถิติการพบผู้ป่วยด้านจิตเวช พบว่า ตำบลที่พบจำนวนผู้ป่วยมากที่สุด คือ ตำบลหัวหิน ทั้ง ในปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2557 ซึ่งหากพิจารณาจากข้อมูลจำนวนประชากรในแต่ละตำบลของอำเภอหัวหินพบว่า ตำบลหัวหินมีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับ 1 ของอำเภอหัวหิน<sup>2</sup> แต่ขณะเดียวกันตำบล หัวหิน มีขนาดพื้นที่เพียง 49 ตารางกิโลเมตร<sup>2</sup> ซึ่งมีขนาดเล็กสุดเป็นลำดับที่ 2 ของอำเภอหัวหิน ทำให้อัตราความหนาแน่นต่อประชากรในตำบลสูงสุด ประกอบกับสภาพภูมิประเทศที่มีสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญหลายแห่ง ทำให้สภาพเศรษฐกิจของตำบล หัวหินส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการท่องเที่ยวและการพาณิชย์ เป็นแหล่งสร้างงานที่สำคัญให้แก่ประชากร ส่งผลให้อัตราการขยายตัวของประชากรที่อาศัยในพื้นที่ตำบลหัวหินมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นชุมชนเมืองที่มีการเปลี่ยนแปลงการดำรงชีวิตในสังคมอย่างรวดเร็ว นำไปสู่ความวิตกกังวลในการปรับตัวของมนุษย์ให้เข้ากับสังคม ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดปัญหาทางสุขภาพจิตที่รุนแรงต่อไป

• จัดทำแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปผลได้ดัง (Figure 4)

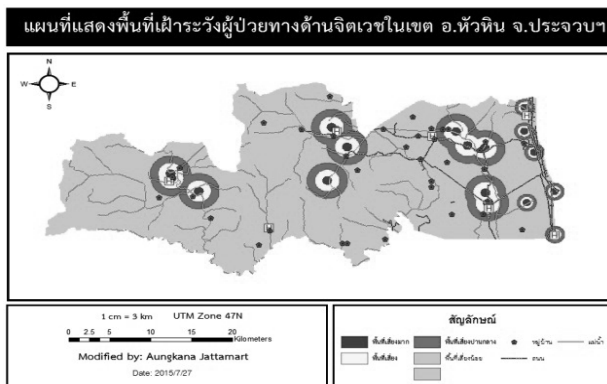


Figure 4 Surveillance area of psychiatric patients in Hua Hin, Prachuap Khiri Khan Province

จาก (Figure 4) สามารถอธิบายสัญลักษณ์ได้ดังนี้

- สีเขียว หมายถึง พื้นที่เสี่ยงมากที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

- สีแดง หมายถึง พื้นที่เสี่ยงที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

- สีเหลือง หมายถึง พื้นที่เสี่ยงปานกลางที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

- สีชมพู หมายถึง พื้นที่เสี่ยงน้อยที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

แผนที่ แสดงพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน แสดงให้เห็นการกระจายตัวในเชิงเวลา สถานที่ และกลุ่มประชากรได้ ซึ่งช่วยในการวางแผนการดำเนินการรักษาผู้ป่วยทางจิตเวชของคลินิกจิตเวช สอดคล้องกับงานวิจัยของ สรวงสุดา คงมั่ง เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา<sup>3</sup> เพื่อพัฒนาเครื่องมือระบบสารสนเทศในงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ในระดับพึงพอใจมาก และด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูล มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ในระดับพึงพอใจมาก ซึ่งสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านสุขภาพผู้ป่วย ที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้อง ความแม่นยำ และความรวดเร็ว ในการประมวลผลข้อมูลการรักษาผู้ป่วย ประกอบกับมีการบูรณาการข้อมูลการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวชกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ เพื่อสำรวจพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคในเชิงสถานที่และเวลา ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการวางแผนการดำเนินการรักษาผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทำให้ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับผลประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูลอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

การประยุกต์ใช้ข้อมูลการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวชจากระบบรายงานการรักษาของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน เพื่อกำหนดและศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค โดยใช้เกณฑ์การเกิดโรคซ้ำซากในพื้นที่เดิมในรอบ 2 ปี อัตราการพบผู้ป่วยต่ำสุด-สูงสุดในรอบ 2 ปี แบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงมาก เสี่ยง เสี่ยงปานกลาง และเสี่ยงน้อย ทำให้สามารถจัดระดับความเสี่ยงของพื้นที่แต่ละตำบลได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Su MD, Chang NT เรื่อง Framework for application of geographic information system to the monitoring of dengue vectors<sup>6</sup> ที่ศึกษาการกระจายของโรคไข้เลือดออก และใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในงานด้านวิทยาการระบาด

งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วย อาจนำข้อมูลในอดีตย้อนหลังมาใช้สนับสนุนการวิเคราะห์ประกอบ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์มากขึ้น
2. อาจมีการนำไปประยุกต์ต่อยอด โดยนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการพยากรณ์การเกิดโรคในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนโครงการ ทางด้านสุขภาพต่างๆ ของบุคลากร ในที่มสุขภาพจิตของโรงพยาบาลต่อไป
3. เกิดข้อจำกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วย เนื่องจากถือเป็นข้อมูลส่วนบุคคล ที่ไม่สามารถเปิดเผยได้ จึงเป็นการให้ความสำคัญที่การวิเคราะห์จำนวนผู้ป่วย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนทุนงานวิจัยงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2558

### เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน. รายงานการคัดกรองผู้ป่วยโรคจิตเวชปี 2557. ประจวบคีรีขันธ์: หัวหินสาร; 2556.
2. สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. ระบบสถิติทางการทะเบียน [อินเทอร์เน็ต]. ม.ป.ป. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2557]; เข้าถึงได้จาก: [http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat\\_age.php](http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age.php).
3. สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข. บัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศ ฉบับประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์; 2553.
4. Likert, Rensis. The Method of Constructing and Attitude Scale. Reading in Attitude Theory and Measurement. Fishbein, Martin, Ed. New York: Wiley & Son. 1967. p. 90-95.

5. สรวงสุดา คงมั่ง. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา เพื่อพัฒนาเครื่องมือระบบสารสนเทศในงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.
6. Su MD, Chang NT. Framework for application of geographic information system to the monitoring of dengue vectors. 1994 Dec; 10 Suppl: S94-10.

การเปรียบเทียบผลการดูแลผู้คลอดครรภ์แรกระหว่างการนวดไทยแบบราชสำนักและการนวดก้นกบ ต่อการลดความเจ็บปวดและลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด โรงพยาบาลมหาสารคาม

## The Comparative Effect of a Court-type Thai Traditional Massage Care Versus a Sacrum Massage Care to Reduce Labor Pain and Duration of Labor among Primigravida in The First Stage of Labor at Mahasarakham Hospital

ประถมพร มาตย์วิเศษ,<sup>1</sup> ณิชฎาพร พิชัยณรงค์<sup>2</sup>

Pratomporn Matvises,<sup>1</sup> Natchaporn Pichainarong<sup>2</sup>

Received: 11 October 2015; Accepted: 28 February 2016

### บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองชนิดสุ่มแบบมีกลุ่มเปรียบเทียบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการดูแลผู้คลอดครรภ์แรกด้วยการนวดไทยแบบราชสำนักและการนวดก้นกบต่อการลดความเจ็บปวดและลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอดที่โรงพยาบาลมหาสารคาม กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบกลุ่มละ 25 คน กลุ่มทดลองได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มเปรียบเทียบได้รับการนวดก้นกบ โดยใช้เวลานวดข้างซ้าย 15 นาทีและข้างขวา 15 นาที รวมระยะเวลา 30 นาที การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งครรภ์และการคลอด และส่วนที่ 3 มาตราวัดความเจ็บปวดเปรียบเทียบด้วยส่ายตา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ประกอบด้วย Paired samples t-test Independent samples t-test Chi-square test และ 95% CI กำหนดระดับนัยสำคัญที่  $p < 0.05$  ผลการศึกษา พบว่าภายหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.285$ ) โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ 0.27 คะแนน ร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลอง พบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ( $p = 0.098$ ) และกลุ่มทดลองใช้เวลาเฉลี่ยในระยะปากมดลูกเปิดเร็วสั้นกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.023$ ) จึงควรนำการนวดไทยแบบราชสำนักไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการดูแลผู้คลอด เพื่อช่วยลดความเจ็บปวดและช่วยลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด

**คำสำคัญ:** นวดไทยแบบราชสำนัก นวดก้นกบ ผู้คลอดครรภ์แรก

### Abstract

This randomized controlled trial aimed to compare effect of a court-type Thai traditional massage versus sacrum massage to reduce labor pain among primigravida in the first stage of labor at Mahasarakham hospital. Participants were randomly assigned to the experimental group and the comparison group, there were twenty-five in each group. The experimental group received a court-type Thai traditional massage while the comparison group received a sacrum massage. Both groups had each left and right sides for 15 minutes (total time 30 minutes). Data were collected by using a questionnaire that comprised 3 parts: part 1 general characteristics, part 2 information about pregnancy and

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโท, สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์, อาจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Master Degree Student, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

<sup>2</sup> Associate Professor, Lecturer, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

\* Corresponding author: Pratomporn Matvises, mskh.som@gmail.com

labor and part 3 visual analogue scales (VAS). Data were analyzed by descriptive statistics: percentage, mean and standard deviation, and by inferential statistics: Paired samples t-test, Independent samples t-test, Chi-square test and 95% CI at  $p < 0.05$ . The results revealed that the experimental group had a mean of pain score, which was less than those in the comparison group (0.27), and also were not significant difference at  $p = 0.285$ . The percentage of pain among primigravida, who were pain reduced after the experiment in both groups, were not significant difference at  $p = 0.098$  and the experimental group had the average time of the cervical dilatation in active phase shorter than those of the comparison group at a significant difference at  $p = 0.023$ . It could be suggested that the court-type Thai traditional massage may be considered to provide primigravida with reduced pain and reduced duration of the first stage of labor.

**Keywords:** court-type Thai traditional massage, sacrum massage, primigravida

## บทนำ

การคลอดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เพื่อขับทารก รก เยื่อหุ้มทารก และน้ำคร่ำออกจากโพรงมดลูก การเจ็บครรภ์คลอดเป็นอาการแสดงที่บ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นของระยะการคลอด เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ได้แก่ การหดตัวของมดลูก การเปิดขยายของปากมดลูก และแรงกดของศีรษะทารกที่บริเวณปากมดลูก<sup>1</sup> ในระยะที่หนึ่งของการคลอด ผู้คลอดจะรู้สึกเจ็บปวดบริเวณท้องน้อย เชิงกราน บั้นเอว และสะโพก ความปวดจะแผ่กระจายลงไปที่ต้นขาทั้งสองข้าง ความเจ็บปวดจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ร่างกายเกิดความตึงเครียด หลังสารแคทีโคลามีน และคอร์ติซอลออกมากขึ้น<sup>2</sup> ทำให้การหดตัวของมดลูกน้อยลง การเปิดขยายของปากมดลูกล่าช้า ทำให้การคลอดยาวนานขึ้น ส่วนผลกระทบต่อจิตใจ ผู้คลอดจะเกิดความวิตกกังวลและหวาดกลัวต่อกระบวนการคลอด มีความอดทนต่อความเจ็บปวดลดลง ทำให้ไม่สามารถควบคุมตัวเองได้ และไม่ให้ความร่วมมือในการคลอด อาจต้องให้การช่วยเหลือโดยใช้สูติศาสตร์หัตถการ เช่น การผ่าตัดคลอดทางหน้าท้อง ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการดมยาสลบหรือได้รับยาทางไขสันหลังได้<sup>3</sup> เช่น หากผู้คลอดแพ้ยาก็จะทำให้มีอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ความดันโลหิตต่ำ กดการทำงานของกล้ามเนื้อมดลูก ตลอดจนศูนย์การหายใจของทารกในครรภ์ได้ นอกจากนี้ความเจ็บปวดในระยะคลอดจะส่งผลโดยตรงต่อผู้คลอดแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อทารกในครรภ์ด้วย ซึ่งหากความเจ็บปวดคงอยู่เป็นเวลานานๆ จะทำให้ทารกในครรภ์เกิดภาวะอันตราย เช่น มีภาวะพร่องออกซิเจน และอัตราการเต้นของหัวใจช้าลง และเสียชีวิตในครรภ์ได้<sup>4</sup>

การบรรเทาความเจ็บปวดในระยะคลอดเป็นสิ่งที่ช่วยลดความทุกข์ทรมาน ความกลัว และความวิตกกังวลของผู้คลอด ทำให้ผู้คลอดรู้สึกสบายและผ่อนคลาย ซึ่งมีทั้งวิธีการ

ใช้ยาและวิธีไม่ใช้ยา สำหรับวิธีการบรรเทาความเจ็บปวดโดยไม่ใช้ยาในระยะคลอดมีหลายวิธี เช่น การใช้เทคนิคการผ่อนคลาย การเพ่งจุดสนใจและจินตนาการ การเบี่ยงเบนความสนใจ เทคนิคการหายใจ การใช้ความร้อนหรือความเย็น การแช่น้ำหรือการใช้น้ำในการบำบัด การบำบัดด้วยการสัมผัส การนวด การสะกดจิต การกระตุ้นปลายประสาทขนาดใหญ่ด้วยไฟฟ้าผ่านทางผิวหนัง การกดจุด และการฝังเข็ม เป็นต้น<sup>4</sup> วิธีการบรรเทาความปวดโดยไม่ใช้ยาที่นำมาใช้โดยทั่วไปในโรงพยาบาลที่ได้รับความนิยมกันมาก คือ เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้อง และการนวดก้นกบ<sup>5</sup> ซึ่งการนวดจัดได้ว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการลดความเจ็บปวดในระยะคลอดมากที่สุด เนื่องจากการนวดช่วยการไหลเวียนของเลือดลดการปวดเกร็งของกล้ามเนื้อ ช่วยให้ผู้คลอดลดความตึงเครียดและความวิตกกังวลของจิตใจ<sup>2</sup>

ปัจจุบันการแพทย์แผนไทยได้รับการยอมรับในเรื่องการมีบทบาทในการดูแลสุขภาพอนามัยของประชาชน และได้รับการผสมผสานเข้าสู่ระบบบริการสาธารณสุขของรัฐ ซึ่งการแพทย์แผนไทยประกอบด้วยองค์ความรู้ด้านเวชกรรม ด้านเภสัชกรรม ด้านหัตถเวชกรรม และด้านการผดุงครรภ์ ซึ่งเป็นศาสตร์ในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ การทำคลอด การดูแลหลังคลอด การดูแลทารกแรกเกิด ตลอดจนการให้คำแนะนำในการรับประทานอาหาร และการออกกำลังกายด้วยท่าฤๅษีดัดตน<sup>6</sup> การนวดไทยแบบราชสำนักจะช่วยกระตุ้นระบบไหลเวียนเลือด น้ำเหลือง และระบบประสาทให้ทำงานดีขึ้น ช่วยทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว ซึ่งจะเป็นผลดีในการบำบัดรักษาโรคที่มีอาการปวด ตึง ล้า ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย นอกจากนี้การนวดในหญิงตั้งครรภ์และหลังคลอด ยังสามารถช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยตามร่างกายได้ด้วย เช่น การปวดหลังปวดกระเบนเหน็บและปวดขา ผู้รับการบำบัดจะรู้สึกผ่อนคลาย มีจิตใจแจ่มใสเบิกบาน<sup>7</sup>

โรงพยาบาลมหาสารคาม เป็นโรงพยาบาลทั่วไปขนาด 580 เตียง และเป็นโรงพยาบาลส่งเสริมและสนับสนุนการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ผสมผสาน ในปี พ.ศ.2555 เริ่มมีการให้บริการหญิงตั้งครรภ์ในระยะรอคลอดด้วยการนวดและประคบสมุนไพรเพื่อบรรเทาความเจ็บปวดและช่วยให้ผู้คลอดเกิดการผ่อนคลาย คลายความวิตกกังวล โดยส่วนใหญ่ผู้คลอดในระยะที่ 1 ของการคลอด จะรู้สึกเจ็บปวดบริเวณท้องน้อยเชิงกราน บั้นเอว สะโพก และปวดร้าวลงไปที่ต้นขาทั้งสองข้าง<sup>1</sup> ซึ่งอยู่ในแนวเส้นของการนวดไทยแบบราชสำนัก คือ การนวดพื้นฐานหลัง การนวดพื้นฐานขาด้านนอก และการนวดพื้นฐานขาด้านใน การนวดไทยแบบราชสำนักนอกจากจะช่วยบรรเทาความเจ็บปวดได้ดีแล้ว ยังช่วยบังคับเลือดและความร้อนเข้าเชิงกราน สะโพก และไปทั่วขาได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยซึ่งปฏิบัติงานในกลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก จึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลของการนวดไทยแบบราชสำนักกับการนวดกันบก ต่อการลดความเจ็บปวดของผู้คลอดครั้งแรก ในระยะที่หนึ่งของการคลอด ที่มาคลอดที่โรงพยาบาลมหาสารคาม เพื่อเป็นการเพิ่มบทบาทให้กับแพทย์แผนไทยในการดูแลผู้คลอด และผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการนำวิธีการนวดไทยแบบราชสำนักไปใช้ เพื่อให้ผู้คลอดผ่อนคลาย และลดความเจ็บปวด ในระยะรอคลอดมากที่สุด และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อเปรียบเทียบความเจ็บปวด ภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบความเจ็บปวด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง
3. เพื่อเปรียบเทียบร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ
4. เพื่อเปรียบเทียบเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

**สมมติฐานการวิจัย**

1. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ลดลงกว่าก่อนการทดลอง
2. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
3. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
4. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของ

เวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอดสั้นกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากร ได้แก่ ผู้คลอดครรภ์แรก ที่มาคลอดที่ห้องคลอด โรงพยาบาลมหาสารคาม ระหว่างเดือนกันยายน - พฤศจิกายน 2558

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้คลอดครรภ์แรกที่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ โดยคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบทางเดียว<sup>9</sup> ดังนี้

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2\sigma^2(Z_\alpha + Z_\beta)^2}{(\mu_0 - \mu_1)^2} \\
 &= \frac{2(3.35)(1.64 + 1.28)^2}{(7.58 - 5.82)^2} \\
 &= 18.44 \approx 19
 \end{aligned}$$

มีการคำนวณปรับเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คาดว่าจะสูญหาย ร้อยละ 10<sup>9</sup> โดยไม่ตัดผู้สูญหายออกจากการวิเคราะห์

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร } n_{adj} &= \frac{n}{(1 - R)^2} \\
 &= \frac{19}{(1 - 0.10)^2} \\
 &= 23.45 \approx 25
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 25 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 25 คน ทำการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน ซึ่งกำหนดให้สลากที่มีหมายเลข 1 คือ กลุ่มทดลอง (นวดไทยแบบราชสำนัก) และหมายเลข 2 คือ กลุ่มเปรียบเทียบ (นวดกันบก)

**เกณฑ์การคัดตัวอย่างเข้าสู่การทดลอง**

1. ผู้คลอดมีอายุระหว่าง 20-34 ปี นับถึงวันกำหนดคลอด
2. ตั้งครรภ์เดี่ยว มีอายุครรภ์ตั้งแต่ 37-42 สัปดาห์
3. ไม่เคยผ่านการตั้งครรภ์และการคลอดมาก่อน
4. ไม่มีภาวะแทรกซ้อนในขณะตั้งครรภ์ เช่น ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ภาวะครรภ์เป็นพิษ รกเกาะต่ำ รกลอกตัวก่อนกำหนด และไม่มีประวัติได้รับการผ่าตัดมดลูกเป็นต้น

5. มีส่วนสูงเท่ากับหรือมากกว่า 145 เซนติเมตร ตามเกณฑ์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการตั้งครรภ์ มีผลให้คลอดยาก<sup>10</sup>

6. มีค่าดัชนีมวลกาย ก่อนการตั้งครรภ์น้อยกว่า 29.0 และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในระหว่างการตั้งครรภ์ เท่ากับ 5 กิโลกรัมขึ้นไป แต่ไม่เกิน 20 กิโลกรัม ตามเกณฑ์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการตั้งครรภ์ เนื่องจากพบอัตราตายปริกำเนิดสูง และมีผลให้คลอดยากเพราะทารกตัวโต<sup>10</sup>

7. อยู่ในระยะเจ็บครรภ์จริงและปากมดลูกเปิดตั้งแต่ 4-7 เซนติเมตร

8. ทารกอยู่ในท่าปกติ มีศีรษะเป็นส่วนนำและท้ายทอยอยู่ด้านหน้าของช่องเชิงกรานมารดา

9. สามารถอ่าน เขียน และพูดภาษาไทยได้

10. มีความยินดีและเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

### เกณฑ์การคัดตัวอย่างออกจากการทดลอง

1. ผู้ที่ได้รับยาบรรเทาปวดและยาเร่งคลอดก่อนและหลังการทดลอง
2. ผู้ที่มีรอยแดงหรือเขียวช้ำจากการนวด
3. ผู้คลอดที่ทำการทดลองได้ไม่ครบ 30 นาที
4. ผู้ที่ขอถอนตัวออกจากการวิจัย

### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

#### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 การนวดไทยแบบราชสำนักที่หลังและขาขณะมดลูกมีการหดตัว ประกอบด้วยการนวดพื้นฐานหลัง นวดพื้นฐานขาด้านนอก และนวดพื้นฐานขาด้านใน โดยผู้คลอดอยู่ในท่านอนตะแคงซ้ายข้างหนึ่ง แนวนวดตั้งฉากกับพื้น โดยเริ่มจากท่านอนตะแคงไปทางซ้ายมือก่อน ใช้เวลาข้างละ 15 นาที รวมใช้เวลา 30 นาที (กลุ่มทดลอง)

1.2 การนวดกันกบ ขณะมดลูกมีการหดตัว โดยผู้คลอดอยู่ในท่านอนตะแคงซ้ายข้างหนึ่ง แนวนวดตั้งฉากกับพื้น โดยเริ่มจากท่านอนตะแคงไปทางซ้ายมือก่อน ใช้เวลาข้างละ 15 นาที รวมใช้เวลา 30 นาที (กลุ่มเปรียบเทียบ)

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

แบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับอายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพปัจจุบัน รายได้ของครอบครัวต่อเดือน ส่วนสูง และน้ำหนัก

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งครรภ์และการคลอด ได้แก่ อายุครรภ์ การฝากครรภ์ จำนวนครั้งของการมา

ตรวจครรภ์ การฝากครรภ์คุณภาพ การเปิดขยายของปากมดลูกเมื่อแรกเจ็บ การเปิดขยายของปากมดลูกเมื่อเริ่มทำการทดลอง การแตกของถุงน้ำคร่ำ ชนิดของการคลอด เพศของทารก น้ำหนักแรกเกิด ค่าคะแนนการประเมินภาวะสุขภาพและสัญญาณชีพของทารกแรกเกิดที่ 1 นาที และ 5 นาที และภาวะแทรกซ้อนในระยะคลอด

ส่วนที่ 3 มาตรวัดความเจ็บปวดเปรียบเทียบด้วยสายตา (Visual Analogue Scales: VAS)<sup>11</sup> โดยให้ผู้คลอดทำเครื่องหมายขีดทับแถบบนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ตามความรู้สึกเจ็บปวดของผู้คลอดในขณะนั้น แล้วใช้ไม้บรรทัดวัดออกมาเป็นเซนติเมตร ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.0-10.0 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงนำค่าที่วัดได้ มาแทนค่าของความเจ็บปวด เป็น 0.0-10.0 คะแนน

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองที่ห้องคลอด อาคารสูติกรรม ชั้น 2 โรงพยาบาลมหาสารคาม ระหว่างเดือนกันยายน - พฤศจิกายน 2558 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกผู้คลอดครรภ์แรกที่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ ผู้วิจัยแนะนำตัวเอง ชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และขอความร่วมมือในการวิจัยในระยะเจ็บครรภ์จริง และปากมดลูกเปิดไม่เกิน 3 เซนติเมตร

2. เมื่อผู้คลอดตอบตกลงและลงชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน ซึ่งกำหนดให้สลากที่มีหมายเลข 1 คือ กลุ่มทดลอง และหมายเลข 2 คือ กลุ่มเปรียบเทียบ โดยผู้คลอดไม่ทราบว่าจะได้รับการดูแลแบบใด

3. เมื่อผู้คลอดเข้าสู่ระยะปากมดลูกเปิดเร็ว ตั้งแต่ 4-7 เซนติเมตร ทำการวัดคะแนนความเจ็บปวดก่อนทำการทดลองขณะมดลูกหดตัว

4. ทำการทดลองที่ละคน โดยเริ่มทดลองขณะที่มดลูกหดตัว ใช้เวลาในการนวดข้างซ้ายและข้างขวาข้างละ 15 นาที รวม 30 นาที

5. ทำการวัดคะแนนความเจ็บปวดของผู้คลอดทันทีหลังทำการทดลองครบ 30 นาที

6. เมื่อผู้คลอดแต่ละรายสิ้นสุดกระบวนการคลอดแล้ว ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาในระหว่างที่หนึ่งของการคลอดของผู้คลอด

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดภายในกลุ่มทดลองและภายในกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ Paired samples t-test
3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ Independent samples t-test
4. เปรียบเทียบร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ Chi-square test
5. เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยในระยะที่หนึ่งของการคลอดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ Independent samples t-test

**จริยธรรมและการพิทักษ์สิทธิ์**

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โรงพยาบาลมหาสารคาม เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 เลขที่ mskhe 021/2558

**ผลการศึกษา**

**ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 24.86 ปี มีสถานภาพคู่ ร้อยละ 88 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ร้อยละ 60 ไม่ได้ทำงาน ร้อยละ 36 และมีมาตรฐานของรายได้ของครอบครัวต่อเดือน เท่ากับ 15,000 บาท

กลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ มีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 25 ปี มีสถานภาพคู่ ร้อยละ 84 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ร้อยละ 44 ว่างงาน ร้อยละ 28 และมีมาตรฐานของรายได้ของครอบครัวต่อเดือน เท่ากับ 15,000 บาท

**ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งครรภ์และการคลอด**

กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก มีอายุครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 38.28 (±1.14) สัปดาห์ ฝากครรภ์ ร้อยละ 100 จำนวนการมาตรวจครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 8.60 (± 2.81) ครั้ง มีการฝากครรภ์ครบคุณภาพ ร้อยละ 60 เมื่อแรกเริ่มมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 1 เซนติเมตร ร้อยละ 44 เมื่อเริ่มทำการทดลองมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 4 และ 5 เซนติเมตร ร้อยละ 44 ใช้น้ำคร่ำแตกเอง ร้อยละ 84 คลอดปกติทางช่องคลอด ร้อยละ 80 และมีการคลอดโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ร้อยละ 20 เนื่องจากเป็นการป้องกันการคลอด

ยาวนาน (prophylactic) 1 คน และมารดาไม่มีแรงเบ่ง 4 คน ทารกเป็นเพศชาย ร้อยละ 56 น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย เท่ากับ 2,948.80 (±337.57) กรัม และมีค่าคะแนนการประเมินภาวะสุขภาพและสัญญาณชีพของทารกแรกเกิดที่ 1 นาที และ 5 นาที อยู่ระหว่าง 8-10 คะแนน ร้อยละ 100

กลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ มีอายุครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 38.64 (±0.76) สัปดาห์ ฝากครรภ์ ร้อยละ 96 จำนวนการมาตรวจครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 10.40 (±3.44) ครั้ง มีการฝากครรภ์ครบคุณภาพ ร้อยละ 64 เมื่อแรกเริ่มมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 1 เซนติเมตร ร้อยละ 56 เมื่อเริ่มทำการทดลองมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 5 เซนติเมตร ร้อยละ 48 ใช้น้ำคร่ำแตกเอง ร้อยละ 88 คลอดปกติทางช่องคลอด ร้อยละ 72 และมีการคลอดโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ร้อยละ 28 เนื่องจากเป็นการป้องกันการคลอดยาวนาน (prophylactic) 2 คน และมารดาไม่มีแรงเบ่ง 5 คน ทารกเป็นเพศหญิง ร้อยละ 56 น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย เท่ากับ 2,947.20 (±305.54) กรัม และมีค่าคะแนนการประเมินภาวะสุขภาพและสัญญาณชีพของทารกแรกเกิดที่ 1 นาที และ 5 นาที อยู่ระหว่าง 8-10 คะแนน ร้อยละ 100

**การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดภายในกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง**

หลังการทดลองกลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.005) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลอง เท่ากับ 0.92 คะแนน ส่วนกลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.003) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลอง เท่ากับ 0.56 คะแนน (Table 1)

**Table 1** Comparison of pain scores within experiment and comparison groups, before and after experiment

Group	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Experiment				
Before	8.39	±1.07	0.92	0.005*
After	7.47	±1.70		
Comparison				
Before	8.30	±1.54	0.56	0.003*
After	7.74	±1.65		

Paired samples t-test, significant at p<0.05

**การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่ม ก่อนและหลังการทดลอง**

ก่อนการทดลอง กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดไม่แตกต่างกัน (p=0.412) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 0.09 คะแนน ส่วนหลังการทดลอง กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดไม่แตกต่างกัน (p=0.285) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 0.27 คะแนน (Table 2)

**Table 2** Comparison of pain scores between experiment and comparison groups, before and after experiment

Group	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Before				
Experiment	8.39	±1.07	0.09	0.412
Comparison	8.30	±1.54		
After				
Experiment	7.47	±1.70	0.27	0.285
Comparison	7.74	±1.65		

Independent samples t-test, significant at p<0.05

**การเปรียบเทียบร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลอง**

กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน (p=0.098) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนัก ผู้คลอดมีความเจ็บปวดลดลง ร้อยละ 64 และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก ผู้คลอดมีความเจ็บปวดลดลง ร้อยละ 72 (Table 3)

**Table 3** Comparison labor pain percentage of primigravida between experiment and comparison groups

Pain score	Experiment n (%)	Comparison n (%)	$\chi^2$	p-value
Decrease	16 (64.00%)	18 (72.00%)		
Constant	0.00	2 (8.00%)	3.261 <sup>a</sup>	0.098
Increase	9 (36.00%)	5 (20.00%)		

Chi-square test, significant at p<0.05

**การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในระยະที่หนึ่งของการคลอด ระหว่างกลุ่ม**

กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีค่าเฉลี่ยของเวลาในระยະปากมดลูกเปิดเร็ว นับระยะเวลาตั้งแต่ปากมดลูกเปิด 4 เซนติเมตร จนกระทั่งปากมดลูกเปิด 7 เซนติเมตร (active phase) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.023) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยในระยະปากมดลูกเปิดเร็ว เท่ากับ 126.00 นาที (2 ชั่วโมง 6 นาที) และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบกใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 176.80 นาที (2 ชั่วโมง 57 นาที) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยในระยະปากมดลูกเปิดเร็วสั้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 50.80 นาที ส่วนระยະปากมดลูกเปิดช้า เริ่มตั้งแต่เจ็บครรภ์จริงจนกระทั่งปากมดลูกเปิด 3 เซนติเมตร (latent phase) กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบกมีค่าเฉลี่ยของเวลาไม่แตกต่างกัน (p=0.136) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 568.80 นาที (9 ชั่วโมง 29 นาที) และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก ใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 684.00 นาที (11 ชั่วโมง 24 นาที) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยสั้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 115.20 นาที (1 ชั่วโมง 55 นาที) และในระยະที่หนึ่งของการคลอด นับระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเจ็บครรภ์จริงจนถึงปากมดลูกเปิดขยาย 10 เซนติเมตร (first stage of labor) กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีค่าเฉลี่ยของเวลาไม่แตกต่างกัน (p=0.065) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 694.80 นาที (11 ชั่วโมง 35 นาที) และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก ใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 860.80 นาที (14 ชั่วโมง 21 นาที) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยสั้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 166.00 นาที (2 ชั่วโมง 46 นาที) (Table 4)

**Table 4** Comparison of average time in the first stage of labor between experiment and comparison groups

Stage of labor	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Latent phase				
Experiment	568.80	±331.84		
Comparison	684.00	±397.99	115.20	0.136
Active phase				
Experiment	126.00	±88.02		
Comparison	176.80	±86.59	50.80	0.023*



Stage of labor	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Stage 1				
Experiment	694.80	±356.10	166.00	0.065
Comparison	860.80	±401.99		

Independent samples t-test, significant at  $p < 0.05$

### อภิปรายผลการทดลอง

หลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดของกลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก ลดลงต่ำกว่าก่อนการทดลอง และลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่า การนวดไทยแบบราชสำนักสามารถลดความเจ็บปวดของผู้คลอด ในระยะที่หนึ่งของการคลอดได้ เนื่องจากการนวดเป็นการกระตุ้นใยประสาทขนาดใหญ่ที่บริเวณผิวหนัง ทำให้ยับยั้งการส่งผ่านกระแสประสาทความรู้สึกเจ็บปวด มีผลทำให้ระบบควบคุมประตูที่ระดับไขสันหลังปิดหรือปิดเกือบหมด จึงลดสัญญาณการส่งผ่านกระแสประสาทความรู้สึกเจ็บปวดไปยังสมอง ทำให้การรับรู้ความเจ็บปวดลดลง<sup>12</sup> สอดคล้องกับการศึกษาของทัศนีย์ คล้ายชา และคณะ<sup>3</sup> ที่ทำการศึกษารื่อง ผลของการนวดร่วมกับการประคบร้อนต่อความเจ็บปวดและการเผชิญความเจ็บปวดของผู้คลอดครรภ์แรก พบว่า การนวดร่วมกับการประคบร้อนในระยะที่ 1 ของการคลอดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chang, Chen & Huang<sup>13</sup> ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการนวดต่อการลดความเจ็บปวดของมารดาในระยะรอคลอด พบว่า กลุ่มที่ได้รับการนวดในระยะปากมดลูกเปิดเร็ว มีระดับความเจ็บปวดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการนวด และสอดคล้องกับการศึกษาของดาริกา วรวงษ์<sup>14</sup> ที่ทำการศึกษากการใช้เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้อง และการนวดกันกบต่อการลดความเจ็บปวดและความพึงพอใจในมารดาที่ไม่เคยผ่านการคลอด ในระยะที่ 1 ของการคลอด พบว่า การนวดกันกบมีผลให้คะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่าก่อนการทดลอง และมีสัดส่วนมารดาที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลองมากที่สุด

### ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. ควรนำการนวดไทยแบบราชสำนักไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการดูแลผู้คลอดในระยะที่หนึ่งของการคลอด เพื่อช่วยลดความเจ็บปวดและช่วยลดระยะเวลาการเปิดของปากมดลูก โดยอาจนำวิธีการนี้ขยายผลไปใช้กับแพทย์แผนไทยในการให้บริการในสถานพยาบาลอื่นๆ และอาจจัดเข้าเป็นการบริการในชุดสิทธิประโยชน์พื้นฐานของหลักประกันสุขภาพ

2. ควรมีการสอนและสาธิตวิธีการนวดแก่ญาติ ผู้ดูแล นักศึกษาพยาบาล และทีมบุคลากรทางการแพทย์ โดยนำไปใช้เป็นแนวทางในการดูแลผู้คลอด เพื่อช่วยลดความเจ็บปวด และช่วยลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- ควรทำการศึกษาผลของการนวดไทยแบบราชสำนักต่อเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอดในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น และในบริบทอื่นๆ รวมทั้งศึกษาในกลุ่มผู้คลอดครรภ์หลังเพื่อให้สามารถอ้างอิงผลการศึกษายังกลุ่มประชากรได้กว้างขึ้น
- ควรทำการศึกษาผลของการนวดไทยแบบราชสำนัก ต่อเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด ในระยะปากมดลูกเปิดช้า เพื่อเป็นแนวทางในการดูแลผู้คลอดให้ครอบคลุมทุกระยะการคลอด และช่วยลดระยะเวลาในการรอคลอด
- ควรศึกษาความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้คลอด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดบริการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้คลอดต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลมหาสารคามที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้คลอดทุกท่านที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

### เอกสารอ้างอิง

- วิวรรธน์ ภาษาประเทศ และคณะ. การพยาบาลระยะคลอด. พิมพ์ครั้งที่ 1 นนทบุรี: ยูทริเนทท์ การพิมพ์ จำกัด; 2556.
- ลักขณา ทานะผล. ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะกรูดในการนวดหน้าท้องต่อความเจ็บปวด ระยะเวลาและความพึงพอใจของผู้คลอดในระยะที่หนึ่งของการคลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการผดุงครรภ์ชั้นสูง มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.
- ทัศนีย์ คล้ายชา และคณะ. ผลของการนวดร่วมกับการประคบร้อนต่อความเจ็บปวดและการเผชิญความเจ็บปวดของผู้คลอดครรภ์แรก. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการผดุงครรภ์ชั้นสูง คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2556.
- ศศิธร พุ่มดวง. การลดปวดในระยะคลอดโดยไม่ใช้ยา. สงขลานครินทร์เวชสาร 2546;21(4): 291-300

5. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือวิทยากรโรงเรียนพ่อแม่สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข; 2547.
6. สถาบันการแพทย์แผนไทย. คู่มือแนวทางการผดุงครรภ์มารดาด้วยการแพทย์แผนไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระราชูปถัมภ์; 2557.
7. อภิชาติ ลิมตียะโยธิน และสมพร หนงบัวดี. หัตถเวชกรรมแผนไทย (การนวดไทยแบบราชสำนัก) การนวดพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: ศุภวณิชการพิมพ์; 2554.
8. Lemeshow S, Hosmer DW, Klar J, Lwanga SK. Adequacy of sample size in health studies. New York: John Wiley & Sons; 1990.
9. อรุณ จิรวัดน์กุล. ชีวสถิติสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2 ขอนแก่น: คลังน่านาวิทยา; 2548.
10. วิทยา ถิฐาพันธ์ และวิบูลพรรณ วิฑิตะติลก. เวชศาสตร์มารดาและทารกในครรภ์. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: บริษัทยูเนี่ยนครีเอชั่น จำกัด; 2544.
11. Turk DC, Melzack R. Handbook of pain assessment. 2<sup>nd</sup> ed. New York: The Guilford Press; 2001.
12. Melzack R. and Wall P.D. Pain mechanism: A new theory science; 1965. P. 971-979.
13. Chang, M.Y., Chen, C.H., Huang, K.F. A comparison of massage effects on labor pain using the McGill pain questionnaire. Journal of Nursing Research; 2006. P. 190–197.
14. ดาริกา วรวงศ์. ผลการใช้เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้อง และการนวดกันกบต่อการลดความเจ็บปวด และความพึงพอใจในมารดาที่ไม่เคยผ่านการคลอดในระยะที่ 1 ของการคลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.

## ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## Parents' Attitudes Toward their Adolescent Child having Friends of the Opposite Sex

อัจฉรา ชัยชาณ<sup>1</sup>, พร้อมจิตร ห่อนบุญheim<sup>2</sup>, สุภาพร อาญาเมือง<sup>1</sup>, อรัญญา ทองก้อน<sup>1</sup>Atchara Chaichan<sup>1</sup>, Promjit Hornboonherm<sup>2</sup>, Supaporn Aryamuang<sup>1</sup>, Aranya Thongkorn<sup>1</sup>

Received: 31 October 2015; Accepted: 4 April 2016

## บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น กลุ่มตัวอย่างคือพ่อแม่ที่มีลูกอายุระหว่าง 13-19 ปี จำนวน 190 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ Stratified Random Sampling เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล และส่วนที่ 2 ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น ประกอบด้วย 2 ด้าน คือด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรัก และด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบสอบถามคือ 0.86 และค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา เท่ากับ 0.72 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยาย และเปรียบเทียบความแตกต่างค่ากลางโดยใช้สถิติทดสอบ Mann-Whitney U-test

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็น แม่ (ร้อยละ 60) อายุอยู่ในช่วง 41-60 ปี (ร้อยละ 50.5) อายุเฉลี่ย 44.4 ปี (SD = 0.57) ส่วนใหญ่มีรายได้ระหว่าง 5,001 - 10,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 49.5) เรียนจบชั้นประถมศึกษา (ร้อยละ 36.8) สถานภาพสมรสคู่ (ร้อยละ 79.5) และประกอบอาชีพเกษตรกรกรรม (ร้อยละ 68.9) กลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น ด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรักมีทัศนคติในระดับดี ( $\bar{x}$  = 3.16, SD = 0.90) และด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ มีค่าเฉลี่ยของทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{x}$  = 2.85, SD = 0.91) เมื่อแยกพิจารณาตามเพศ พบว่าพ่อ แม่ มีทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการวิจัยพบว่าพ่อแม่มีทัศนคติในระดับดีกับการตั้งเงื่อนไขที่เข้มงวดจากการกลับบ้านดึก และจะพึงเหตุผลก่อนในกรณีไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศโดยไม่ขออนุญาต นั้นแสดงว่าพ่อแม่ มีการพูดคุยกับลูกอย่างมีเหตุผล สิ่งเหล่านี้จะทำให้ลูกมีความไว้วางใจในการปรึกษาปัญหาเรื่องเพศและส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับเพศตรงข้าม ซึ่งถือว่าเป็นการป้องกันความเสี่ยงจากปัญหาพฤติกรรมทางเพศได้

**คำสำคัญ:** ทัศนคติ พ่อแม่ วัยรุ่น เพื่อนต่างเพศ

## Abstract

This research survey aimed to explore parents' attitudes toward their adolescent children having friends of the opposite sex. A total of 190 parents (both mother and father), who had an adolescent child aged 13-19 years old, were selected by the stratified random sampling technique. Data were collected through a questionnaire. The questionnaire consisted of 2 parts: (1) personal data and (2) parents' attitudes toward their adolescent children having friends of the opposite sex. The second part comprised two aspects: (1) associating with a friend of the opposite sex as a lover, and (2) hanging out with a friend of the opposite sex. The Content Validity Index was 0.86 and the Alpha Cronbach's Coefficient Reliability was 0.72. The data were analyzed by descriptive statistics and Mann-Whitney U-test.

The results revealed that the majority of the sample group were female (60%) aged between 41-60 years old (50.5%). The age average of the samples was 44.4 (SD = 0.57). Most of them had an income between 5,001-10,000

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Mahasarakham province, Thailand, 44150.

<sup>2</sup> Associate Professor, Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Mahasarakham province, Thailand, 44150.

Baht per month (49.5%). Some graduated from primary school (36.8%), married (79.5%), Many of them earned a living from agricultural work (68.9%). The attitudes of the parents toward their adolescent children having friends of the opposite sex in the aspect “associating with a friend of the opposite sex as a lover” was at the *good* level ( $\bar{x}$ = 3.16, SD = 0.90), and their attitudes to the aspect “hanging out with a friend of the opposite sex” was at the *moderate* level ( $\bar{x}$ = 2.85, SD = 0.91). When taking the gender of the parents into consideration, it was found that there was no significant difference in their attitudes toward their adolescent children having friends of the opposite sex, at the 0.05 level.

Moreover, the parents' attitudes involving cautioning their children against and explaining to them negative consequences of hanging out at night with a friend of the opposite sex and listening to the children' reason why they did that without prior permission, was at the *good* level. This indicated that the parents talked to their children with a reason, so their kids have trust in them, consult with them about sex related problems and have appropriate behavior with someone of the opposite sex; these are considered as the way to prevent risks associated with sex behavior problems.

**Keywords:** Attitude, Parents, Adolescent, Friends of the opposite sex

## บทนำ

วัยรุ่นเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาย ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และความรู้สึกนึกคิด ตามทฤษฎีของอีริคสัน (ค.ศ.1927)<sup>1</sup> อธิบายว่าวัยรุ่นเป็นช่วงเวลาที่กำลังแสวงหาอัตลักษณ์ของตนเอง และเสริมสร้างความรับผิดชอบให้กับตนเอง ซึ่งมีรากฐานที่สำคัญมาจากครอบครัว ปัญหาที่พบในวัยนี้คือการที่ยังไม่ทราบว่าจะต้องทำอะไร ขาดความมั่นใจ ขาดความรอบคอบในการแก้ไขปัญหา ใช้เวลาอยู่กับเพื่อนเป็นส่วนใหญ่ ทั้งเพศเดียวกันและต่างเพศ ทำให้การคบเพื่อนกลายเป็นเรื่องที่มีความสำคัญสำหรับวัยรุ่น โดยเฉพาะการคบเพื่อนต่างเพศ เนื่องจาก การใช้เวลาอยู่กับเพื่อนต่างเพศ เป็นเวลานานจะเกิดความผูกพันและเปลี่ยนความสัมพันธ์ จากเพื่อนกลายเป็นคนรัก เกิดความรักใคร่ และอาจนำไปสู่การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร และอยู่ด้วยกันก่อนแต่งงาน<sup>2</sup> ด้วยเหตุที่วัยรุ่น เป็นวัยที่มีการสร้างฮอร์โมนเพศเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความต้องการทางเพศเพิ่มมากขึ้น ทั้งวัยรุ่นชายและหญิงประกอบกับสภาพแวดล้อมและความเจริญทางเทคโนโลยี ทำให้มีการเข้าถึงสื่อโฆษณาต่างๆ ทางโทรทัศน์และอินเทอร์เน็ต ได้ง่ายขึ้นรวมทั้งมีโอกาสเห็นการแสดงออกของพฤติกรรมทางเพศ จากสิ่งแวดลอมรอบตัว ทั้งจากกลุ่มเพื่อน<sup>2</sup> และบุคคลทั่วไป ผลการศึกษาของ ปฏิญญา เอี่ยมสำอางค์ และคณะพบว่า พฤติกรรมของวัยรุ่นมักมีอิทธิพลจากทางสังคม วัยรุ่นมักจะมีการเลียนแบบทัศนคติและพฤติกรรมของบุคคลอื่น โดยเฉพาะเพื่อน เช่นการตั้งครกซ์้าในกลุ่มวัยรุ่น มักพบเพิ่มมากขึ้นหากวัยรุ่นนั้นมีเพื่อนรุ่นราวคราวเดียวกัน ตั้งครกซ์<sup>3</sup> และเด็กวัยรุ่นชายจะตัดสินใจกระทำพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ เช่น การดื่มสุรา การดูหนังโป๊นั้น เกิดจากการชักนำของเพื่อนเป็นสำคัญ<sup>4</sup>

พฤติกรรมการคบเพื่อนต่างเพศของวัยรุ่นนั้นมีหลายรูปแบบ มักเริ่มตั้งแต่การคบเพื่อนต่างเพศในลักษณะเพื่อน หัดเที่ยวคบหาดูใจกัน หลังจากนั้นมีการเพิ่มความสัมพันธ์เป็นคนรัก เมื่อมีความสนิทสนมกันมากขึ้น ทำให้เกิดความเชื่อใจและอาจมีเพศสัมพันธ์เกิดขึ้นได้ การศึกษาที่ผ่านมามีพบว่าการคบเพื่อนต่างเพศของลูกในรูปแบบของคนรัก และการนัดพบกับเพื่อนต่างเพศนั้นค่อนข้างน้อย โดยพบว่าในเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศของลูกในรูปแบบของคนรัก พุดคุยกับลูกเพียง ร้อยละ 7.9 ส่วนการนัดพบกับเพื่อนต่างเพศ พบ ร้อยละ 24.1<sup>5,6</sup>

ปัญหาการมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร มีความเกี่ยวข้องกับการดูแล ความสนใจ ใส่ใจและการอบรมเลี้ยงดูของครอบครัว ซึ่งเป็นผู้วางรากฐานของพฤติกรรมที่สำคัญ หากพ่อแม่มีการเข้มงวดเรื่องการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม จะส่งผลให้สามารถควบคุมดูแลลูกตนเองในเรื่องต่างๆ ในชีวิตได้รวมทั้งการคบเพื่อนต่างเพศ นอกจากนี้วัยรุ่นเป็นวัยที่ยังต้องพึ่งพาพ่อแม่ ต้องการความอบอุ่นคุ้มครองและต้องการความช่วยเหลือในหลายโอกาส<sup>7</sup> พ่อแม่จึงควรเข้าใจสภาพจิตใจของวัยรุ่น เพื่อชักจูงให้เดินไปตามวิถีทางที่ถูกต้อง วัยรุ่นจะมีการเชื่อมโยงความรู้สึกนึกคิดที่เขาได้รับจากบรรยากาศที่พบภายในบ้าน ไปแสดงออกต่อบุคคลอื่นๆ ในสังคม สัมพันธภาพระหว่างพ่อแม่และลูกที่อบอุ่น มีความผูกพันกันในทางที่ดีจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการแสดงพฤติกรรมในทางบวกกับผู้อื่น และแสดงพฤติกรรมในทางที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับของสังคม<sup>7</sup> สำหรับการวางรากฐานของพฤติกรรมและเจตคติเรื่องเพศ การได้รับข้อมูลข่าวสารเรื่องเพศจากผู้ปกครองหรือ พ่อ แม่ เป็นสิ่งสำคัญ รวมถึงการกำกับติดตามของพ่อแม่ก็เป็นปัจจัย

เสริมของการเกิดพฤติกรรมอีกด้วย ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนลูกในเรื่องเพศของ พ่อ แม่ที่ผ่านมา พบว่ามีการสอนเรื่องเพศของพ่อ แม่อยู่ในระดับปานกลาง<sup>9,10</sup> พ่อ แม่ มีความเห็นว่าการพูดคุยเรื่องเพศกับลูกวัยรุ่น ควรให้ลูกเป็นผู้เริ่มก่อน เพราะเป็นเรื่องส่วนตัวของลูก<sup>11</sup> ในขณะที่ช่วงวัยรุ่น ยังมีความต้องการให้ พ่อ แม่/ผู้ปกครองเป็นผู้ให้คำปรึกษา พูดคุย เพื่อให้เกิดความมั่นใจ และสามารถเผชิญปัญหาที่พบในอนาคตได้ หากพ่อ แม่ ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการพูดคุยเรื่องเพศ หรือพฤติกรรมทางเพศกับลูก ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปัญหาการมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควรไม่ได้รับการแก้ไขและนำไปสู่ปัญหาการตั้งครรภ์ในวัยรุ่นที่รุนแรงมากยิ่งขึ้น

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับส่งเสริม แม่ที่มีลูกวัยรุ่น โดยใช้โปรแกรมการมีส่วนร่วม พบว่าแม่กลุ่มที่เข้าร่วมโปรแกรม มีทักษะการสื่อสารเพิ่มขึ้น และทัศนคติในการสื่อสารเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความมั่นใจในความรู้เรื่องเพศ และรู้เข้าใจปัญหาของวัยรุ่น จึงมีทัศนคติต่อการสื่อสารทางบวกมากขึ้นและมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เข้าโปรแกรม<sup>12</sup>

ผลการสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องเพศของวัยรุ่น พบว่าปัจจุบันวัยรุ่นมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร และมีการเจ็บป่วยด้วยโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์จำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในปีพ.ศ. 2550-2555 พบอัตราป่วยด้วยโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ในวัยรุ่นและเยาวชนอายุ 15-24 ปี มีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับคือ 50.1, 59.5, 76.5, 79.8, 89.5, 93.4 ต่อประชากร 100,000 คน<sup>13</sup> การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร ทำให้เกิดการตั้งครรภ์และการคลอดลูกของสตรีวัยรุ่น อายุ 15-19 ปี ในปีพ.ศ. 2550-2555 เท่ากับ 49.7, 50.1, 50.1, 50.1, 53.6, 53.8 ต่อประชากรหญิง 1,000 คน<sup>13</sup>

สำหรับสถานการณ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่ามีร้อยละการเกิดมีชีพของมารดาวัยรุ่น สูงที่สุดคือ ร้อยละ 19.6 รองลงมาคือ ภาคเหนือและภาคกลาง ร้อยละ 18.1 และ 17.98 ตามลำดับ<sup>14</sup> ในจังหวัดที่เป็นพื้นที่วิจัย ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่พบปัญหาพฤติกรรมทางเพศของวัยรุ่นไม่เหมาะสม จนเกิดการตั้งครรภ์ของวัยรุ่น โดยในปี พ.ศ. 2554 พบร้อยละของการเกิดมีชีพของทารกแรกเกิดในมารดาที่เป็นวัยรุ่น สูงเป็นอันดับ 10 ของประเทศ และในปี พ.ศ. 2555 พบร้อยละของการเกิดมีชีพของทารกแรกเกิดในมารดาที่เป็นวัยรุ่น สูงเป็นอันดับ 5 ของประเทศ<sup>14</sup> ซึ่งถือว่ามีการเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด

จากสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องเพศในส่วนของ การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควรที่ส่งผลให้ปัญหาการตั้งครรภ์ในวัยรุ่นไม่ได้รับการแก้ไขและนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้น แม้ว่าจะมีมาตรการต่างๆ ในการเข้าไปแก้ไขปัญหาโดย

ตลอด ผู้วิจัยเห็นว่าการมุ่งความสนใจไปที่วัยรุ่นฝ่ายเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะช่วยให้วัยรุ่นมีวิถีชีวิตที่ถูกต้อง ห่างไกลจากปัญหาอันเนื่องมาจากพฤติกรรมทางเพศที่ไม่เหมาะสม จึงมีความสนใจที่จะศึกษาในมิติของพ่อ แม่ โดยเริ่มจากประเด็นทัศนคติของพ่อ แม่ ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น ในด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรัก และด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ
2. เปรียบเทียบความแตกต่างค่ากลางของเพศและทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## วิธีการศึกษา

### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research)

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ พ่อ หรือแม่ที่อาศัยอยู่ในตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์

กลุ่มตัวอย่าง คือ พ่อหรือแม่ ที่อาศัยอยู่ที่ ตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์ และมีลูกอยู่ในช่วง อายุ 13-19 ปี เป็นเพศหญิงหรือเพศชายก็ได้ ในตำบลแห่งนี้มี 29 หมู่บ้าน จำนวน 3,000 ครอบครัว เนื่องด้วยแต่ละหมู่บ้านมีความแตกต่างกันของจำนวนครอบครัว เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนประชากรมากที่สุด จึงทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบ Stratified Random Sampling โดยแบ่งหมู่บ้านเป็น 3 กลุ่มตามจำนวนครอบครัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือหมู่บ้านที่มีจำนวนครอบครัว < 100

กลุ่มที่ 2 คือหมู่บ้านที่มีจำนวนครอบครัว 101 – 200

กลุ่มที่ 3 คือหมู่บ้านที่มีจำนวนครอบครัว > 201

จากนั้นเลือกครอบครัวในแต่ละกลุ่มโดยวิธีจับสลาก กลุ่มละ 1 ครอบครัว ผลการจับสลากได้ทั้งหมด 3 หมู่บ้านคือ หมู่ที่ 4 หมู่ที่ 20 และหมู่ที่ 22 ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม หลังจากนั้นเลือกกลุ่มตัวอย่างจากครอบครัวที่มีลูกวัยรุ่น อายุระหว่าง 13-19 ปี ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 190 คน ในจำนวนนี้เป็นแม่ จำนวน 114 คน และพ่อ จำนวน 76 คน

### เกณฑ์ในการคัดเลือกเข้ากลุ่มตัวอย่าง

- พ่อ หรือ แม่ ที่มีลูกอยู่ในช่วงวัยรุ่น (อายุ 13-19 ปี) ซึ่งมีลูกทั้งเพศหญิงเพศชาย หรือมีลูกเฉพาะเพศหญิงหรือเพศชายก็ได้

- สามารถอ่านออก และสื่อสารได้

- ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย

## การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้ ผู้วิจัยเสนอคณะกรรมการจริยธรรม การวิจัยคณะพยาบาลศาสตร์ และขออนุญาตจากผู้นำชุมชน เพื่อดำเนินการวิจัย ก่อนเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียด ของแบบสอบถาม รายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บรักษาความลับ ของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง การนำเสนอข้อมูลจะนำเสนอ เป็นภาพรวม ไม่ระบุชื่อผู้ให้ข้อมูลในผลการศึกษา กลุ่ม ตัวอย่างสามารถปฏิเสธไม่เข้าร่วมการวิจัยได้ โดยไม่มีผลเสีย ใดๆ หลังจากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างเซ็นยินยอมเข้าร่วมการ วิจัย

## เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส และอาชีพ

ส่วนที่ 2 ทักษะการรับมือต่อการคบเพื่อนต่างเพศ ของลูกวัยรุ่น แบ่งเป็น 2 ด้านคือ 1) ด้านการคบเพื่อนต่างเพศ ในแบบคนรัก มีข้อคำถาม 9 ข้อ และ 2) ด้านการไปเกี่ยวกับ เพื่อนต่างเพศ มีข้อคำถาม 6 ข้อ แบบสอบถามทั้งสองด้านมี ทั้งข้อคำถามเชิงลบ และเชิงบวก แบบสอบถามแต่ละส่วนมี ลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ให้เลือกตอบ ข้อใดข้อหนึ่ง โดยคำตอบมีตั้งแต่ ไม่เห็นด้วย ถึง เห็นด้วยมาก ซึ่งมีการกำหนดค่าคะแนนดังนี้

- 1 คะแนน หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 2 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 3 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 4 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยมาก

เกณฑ์การแปลความระดับของทักษะการรับมือ โดยคิดจาก ค่าพิสัย/ จำนวนอันตรภาคชั้น โดยแบ่งเป็น 3 ระดับดังนี้<sup>15</sup>

- |             |         |
|-------------|---------|
| 1.00 - 2.00 | ไม่ดี   |
| 2.01 - 3.00 | ปานกลาง |
| 3.01 - 4.00 | ดี      |

แบบสอบถามนี้ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำกลุ่มการพยาบาล ครอบครัว คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรง (CVI) เท่ากับ 0.86 ถือว่ามีความ สอดคล้องของเนื้อหาดี<sup>16</sup> จากนั้นนำไปทดลองใช้ กับบุคคลที่มี ลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และนำ มาทดสอบ ผลการวิเคราะห์ได้ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบ์คัลล์ฟา เท่ากับ 0.72<sup>17</sup>

## วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภายหลังจากได้รับอนุญาตให้ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัย ประสานงานกับผู้นำชุมชนในพื้นที่วิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลปี พ.ศ. 2553 โดยเข้าพบกลุ่ม ตัวอย่างตามครัวเรือน ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลชุดละประมาณ 5-10 นาที ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม ก่อนออกจากพื้นที่วิจัย

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานของ ประชากร เช่น อายุ เพศ การศึกษา สถิติที่ใช้คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติ ทดสอบ Mann-Whitney U-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของเพศและทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่องทัศนคติของพ่อแม่กับการคบเพื่อนต่าง เพศของลูกวัยรุ่น มีผลการศึกษาดังนี้คือ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นแม่ที่มีลูกวัยรุ่น (ร้อยละ 60) ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41-60 ปี (ร้อยละ 50.5) รายได้ส่วนใหญ่ อยู่ระหว่าง 5,000 -10,000 บาท (ร้อยละ 49.5) ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับ ประถมศึกษา (ร้อยละ 36.8) ส่วนใหญ่สถานภาพสมรสคู่ (ร้อยละ 79.5) ส่วนใหญ่อาชีพเกษตรกรกรรม (ร้อยละ 68.9) รายละเอียดดังแสดงใน (Table 1)

## ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของ ลูกวัยรุ่น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านทัศนคติต่อการคบเพื่อน ต่างเพศของลูกวัยรุ่นทั้ง 2 ด้านพบว่าด้านการคบเพื่อนต่าง เพศในแบบคนรักมีทัศนคติในระดับดี ( $\bar{x} = 3.16$ ,  $SD = 0.90$ ) และด้านการไปเกี่ยวกับเพื่อนต่างเพศ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับ ปานกลาง ( $\bar{x} = 2.85$ ,  $SD = 0.91$ )

ด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรัก พบว่ากลุ่ม ตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติระดับดี กับข้อความ “ไม่คิดว่าการ มีเพศสัมพันธ์ในวัยเรียนเป็นการทดสอบความเป็นลูกผู้ชาย” ( $\bar{x} = 3.62$ ,  $SD = 0.79$ ) รองลงมาคือ ข้อความ “ไม่ยินยอมให้ ลูกนำเพื่อนต่างเพศมาพักที่บ้าน” ( $\bar{x} = 3.51$ ,  $SD = 0.81$ ) และ “ไม่ยอมรับการพาเพื่อนต่างเพศเข้าบ้าน” ( $\bar{x} = 3.51$ ,  $SD = 0.78$ )

**Table 1** Descriptive statistics of Personal Data of Sample (n=190)

Personal Data	n	Percentage
<b>Sex</b>		
Female (Mother)	114	60
Male (Father)	76	40
<b>Age</b>		
< 40 years	86	45.3
41-60 years	96	50.5
≥ 61 years	8	4.2
Average ages = 44.4 years , SD = 0.57		
<b>Incomes (Per month) Baht</b>		
< 5,000	85	44.7
5,001 – 10,000	94	49.5
>10,001	11	5.8
Average incomes = 6,188.63 Baht/month, SD = 3.40		
<b>Educational level</b>		
No study	24	12.1
Primary school	70	36.8
Secondary school	59	31.1
Diploma	11	5.8
Bachelor	27	14.2
<b>Marital status</b>		
Couple	151	79.5
Widow	16	8.4
Divorce	15	7.9
Did not give information	8	4.2
<b>Occupation</b>		
Government employee	21	11.1
Private employee	24	12.6
Business Owners	11	5.8
Farmers	131	68.9
No job	3	1.6

ด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติในระดับดี กับข้อความ “จะตักเตือนชี้แจงผลเสียจากการกลับบ้านดึก” ( $\bar{x}$  = 3.50, SD = 0.74) รองลงมาคือ ข้อความ “ไม่ยินยอมให้ลูกนำเพื่อนต่างเพศมาพักที่บ้าน”

รองลงมาคือ “หากลูกไปเที่ยวโดยไม่ได้รับอนุญาต ควรถามหาเหตุผลและฟังคำอธิบายก่อนเสมอ” ( $\bar{x}$  = 3.43, SD = 0.79) รายละเอียด ดังแสดงใน (Table 2)

**Table 2** Average, Standard Deviation of Parents' attitudes toward their adolescent child having friends of the opposite sex in part of adolescent could have a romantic friendship of the opposite sex (n=190)

Items	Attitude level		Interpret of attitude level
	Mean	SD	
1. Associating with a friend of the opposite sex as a lover			
1.1 You will blame and not allow them to keep in touch any longer.	2.46	0.91	Moderate
1.2 You will let them keep in touch, but in the sight of adults.	3.29	0.85	Good
1.3 Your child can associate with that person as he/she pleases, and you don't mind.	2.89	1.06	Moderate
1.4 You neither support nor promote dating while studying.	3.24	0.93	Good
1.5 You give your child freedom to have a friend of the opposite sex.	2.44	1.02	Moderate
1.6 You think that having sex during study is a test of "manliness".	3.62	0.79	Good
1.7 You view that having sex during study is a common thing.	3.46	0.91	Good
1.8 You allow your child to bring a friend of the opposite sex to stay at your house.	3.51	0.84	Good
1.9 You permit your child to bring a friend of the opposite sex to the house.	3.51	0.78	Good
Overall part 1	3.16	0.90	Good

**Table 3** Average, Standard Deviation of Parents' attitudes toward their adolescent child having friends of the opposite sex in part of adolescent having friends of the opposite sex as traveling

Items	Attitude level		Interpret of attitude level
	Mean	SD	
2. Hanging out with a friend of the opposite sex			
2.1 If your child gets home late at night, you will blame or punish him/her and tell him/her not to do it again.	1.89	0.97	Poor
2.2 You will explain to your child negative consequences of getting home late at night.	3.50	0.74	Good
2.3 With a number of reasons, you don't permit your child to hang out with a friend of the opposite sex.	2.20	1.01	Moderate
2.4 If a child has hung out without prior permission, he/she should be blamed or punished so that he/she recognizes this is something they should never do.	3.05	0.86	Good
2.5 Once a child has hung out without permission, a parent should always ask and listen to his/her reason for doing that.	3.43	0.79	Good
2.6 A child should not be blamed or punished even though he/she has hung out without permission.	3.02	1.09	Good
Overall part 2	2.85	0.91	Moderate

การเปรียบเทียบความแตกต่างของเพศและทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

พบว่าเพศที่ต่างกันมีทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รายละเอียดดังแสดงใน (Table 4)



**Table 4** Mann-Whitney U-test of between sex and parents' attitudes toward their adolescent child having friends of the opposite sex (n =190)

Attitude	Sex	Z	P-value
Parents' attitudes	Male (Father)	-0.73	0.28
	Female (Mother)		

\*Significant at  $\alpha = 0.05$

## วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีอายุเฉลี่ยประมาณ 44 ปี (SD = 0.57) ซึ่งอยู่ในวัยผู้ใหญ่ ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสังคมของอีริกสัน (Erickson's psychosocial theory) พบว่าอยู่ในขั้นที่ 7 ขั้นห่วงชนรุ่นหลังกับคิดถึงแต่ตนเอง (Generativity VS Stagnation) ขั้นนี้อยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคนเป็นวัยแห่งความเป็นพ่อแม่ที่แท้จริง จะต้องแสดงความรับผิดชอบแบบผู้ใหญ่อย่างสมบูรณ์ มีความมุ่งมั่นที่จะสร้างครอบครัว อบรมสั่งสอนลูกหลานให้เป็นคนดี และประสบความสำเร็จในชีวิต สะท้อนถึงความเหมาะสมของช่วงวัยที่จะมีลูกวัยรุ่นและเมื่อพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นแล้วพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติในระดับดี กับข้อความที่ว่า "คบได้แต่ต้องอยู่ในสายตาผู้ใหญ่" และ "ไม่สนับสนุนหรือส่งเสริมการมีแฟนในวัยเรียน" เนื่องจากเกรงว่าจะส่งผลกระทบต่อเรียนของลูก ต้องการให้ลูกสำเร็จการศึกษา และประสบความสำเร็จในชีวิต ซึ่งเป็นทัศนคติที่บ่งบอกถึงวุฒิภาวะตามช่วงวัยและการทำหน้าที่ในบทบาทของพ่อแม่ สอดคล้องกับการศึกษาของ ภารดี บุญเพิ่ม ที่ทำการศึกษารื่อง การสอนเพศศึกษาของครอบครัวที่มีลูกวัยรุ่น พบว่า ครอบครัวสอนลูกให้แสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับเพศและรู้จักกาลเทศะ ร้อยละ 94.3 และพ่อแม่ส่วนใหญ่จะสอนเรื่องสัมพันธภาพ และสังคมวัฒนธรรม<sup>9,18</sup> และผลการศึกษาดังกล่าวยังพบว่า พ่อแม่มีการเข้มงวดเรื่องการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม ส่งผลให้พ่อแม่ควบคุมดูแลลูกตนเองในเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศ สอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าทัศนคติของพ่อแม่อยู่ในระดับดี ในข้อความ "ลูกต้องอยู่ในสายตาของผู้ใหญ่" ( $\bar{x} = 3.29$ , SD = 0.85) และ "หากลูกไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศจะตักเตือนชี้แจงผลเสียจากการกลับบ้านดึก" ( $\bar{x} = 3.50$ , SD = 0.74) และ สอดคล้องกับผลการศึกษาของเสถียร และคณะพบว่า ร้อยละ 98.1 เห็นด้วยว่าพ่อแม่ควรกำชับลูกเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศหญิงให้รักษาวนลงวนตัว ชายให้มีความรับผิดชอบ และให้เกียรติผู้หญิง<sup>11</sup> และการศึกษาของ กัญญนันท์ ภัทร์สรณ์ศิริ

พบว่าบทบาทและหน้าที่ของพ่อแม่สามารถลดผลกระทบ เช่น การตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ได้ แต่หากพ่อแม่ มีความขัดแย้งกัน ปัญหาต่างๆ อาจเพิ่มขึ้น<sup>19</sup>

เมื่อพิจารณาระดับทัศนคติตามเพศ พบว่าพ่อและแม่ มีทัศนคติเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าเพศไม่มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติและการสอนเพศศึกษากับลูกวัยรุ่น ลูกวัยรุ่นมีความต้องการให้ทั้งพ่อ และแม่พูดคุยและสอนเรื่องเพศ เนื่องจากเป็นบุคคลที่ใกล้ชิดมากที่สุด<sup>11</sup> นอกจากนี้พ่อแม่ ควรให้ความรู้ คำแนะนำในการหลีกเลี่ยงสิ่งชั่วร้ายทางเพศ สอนลูกสาวให้รักษาวนลงวนตัว สอนให้ลูกชายให้เกียรติผู้หญิงและไม่ฉวยโอกาส และเปิดโอกาสให้ได้เข้าสังคมกับเพื่อนต่างเพศดีกว่าปิดกั้น ซึ่งจะทำให้ลูกหนีไปสังสรรค์ในที่ลับตาผู้ใหญ่ แล้วเกิดความพลาดพลั้ง โดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์<sup>19</sup> หากพ่อแม่และแม่ มีทัศนคติที่ดี และเหมาะสมแล้ว ลูกวัยรุ่นก็ย่อมมีทัศนคติที่ดีตามไปด้วย เนื่องจากลูกมีการเรียนรู้และเลียนแบบบิดา มารดาซึ่งเป็นผู้ที่อยู่ใกล้ชิด สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธปัญญา (Social cognitive learning theory) ของบันดูรา เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์ส่วนใหญ่มักเป็นการเรียนรู้โดยการสังเกตหรือการเลียนแบบ การเรียนรู้เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างคน กับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว<sup>20</sup>

## ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. พ่อแม่ควรให้คำแนะนำในการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น
2. พ่อ แม่ควรให้ลูกขออนุญาตก่อนไปเที่ยวนอกบ้านกับเพื่อนต่างเพศ
3. เมื่อลูกทำผิดควรพูดจาด้วยเหตุผลเพื่อให้ลูกวัยรุ่นเกิดความไว้วางใจในการปรึกษาปัญหาที่พบ
4. พ่อแม่ควรเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติตัวต่อลูกที่เป็นวัยรุ่น เพราะเป็นวัยที่สังเกตและหาแนวทางในการปฏิบัติตน

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนทุนวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- พรพรรณทิพย์ ศิริวรรณบุศย์. ทฤษฎีจิตวิทยาพัฒนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2551.
- สัจจา ทาโต. การมีเพศสัมพันธ์ก่อนเวลาอันควรของวัยรุ่นไทย. วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ 2550; 1(2):19-30.
- ปฏิญญา เอี่ยมสำอางค์, รุ่งรัตน์ ศรีสุริยเวศน์, พรนภา หอมสินธุ์. ปัจจัยเสี่ยงต่อการตั้งครรภ์ซ้ำที่ไม่ตั้งใจของวัยรุ่น. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2556; 8(1): 55-67.
- วรวรรณ ทิพย์วาริรมย์, อาภาพร เผ่าวัฒนา และปัญญรัตน์ ลากวงค์วัฒนา. ปัจจัยที่ใช้ทำนายพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของเด็กวัยรุ่นชาย จังหวัดพิษณุโลก. วารสารพยาบาลสาธารณสุข 2556; 27(1): 31-45.
- ศิริรัตน์ พันแก้ว และลำปาง แม่นมาตย์. แนวทางป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรตอนต้น (ปวช.) ที่ศึกษาในสถานศึกษา ในเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานอนแก่นเขต 1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. Proceeding ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารกิจการสาธารณะ ครั้งที่ 2 “ชุมชนท้องถิ่น:พลังแห่งการปฏิรูปประเทศไทย. 7 สิงหาคม 2557.
- Nair MKC, Leena ML, Paul MK, Pillai HV, Babu G, Russell PS, et al. Attitude of Parents and Teachers towards Adolescent Reproductive and Sexual Health Education. Indian J Pediatr 2012; 79 (Suppl 1): S60–S63.
- นวรรตน์ ศรีรัฐเพชร. สัมพันธภาพของพ่อแม่-ลูก กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งระหว่างบุคคลของวัยรุ่น. ปรินญาณินพนธ์ (จิตวิทยาพัฒนาการ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. 2539.
- วัชรภรณ์ บัตรเจริญ, ปาหนัน พิษขยิกัญญาและอาภาพร เผ่าวัฒนา. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของนักเรียนไทย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารสาธารณสุขศาสตร์ 2555. 42(1); 30-40.
- สุรีย์พร กฤษเจริญ, กัญจนี พลอินทร์, จูติพร อิงคถาวรวงศ์ และจรัญ ศรีทวีวัฒน์. การสอนเรื่องเพศของพ่อแม่และความต้องการการเรียนรู้เรื่องเพศของลูก. สงขลานครินทร์เวชสาร 2551. 26(1); 61-70.
- สุมิตรา เนียมกัน และโสภณภัทร ศรีไชย. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสื่อสารเรื่องเพศระหว่างผู้ปกครองกับลูกหลานที่เข้าสู่วัยแตกเนื้อหนุ่มเนื้อสาว. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี 2556. 24(2); 36-46.
- เสถียร เชื้อลี และนงเยาว์ ณรงค์แสง. ความรู้ทัศนคติและรูปแบบการสอนเรื่องเพศศึกษาในครอบครัว กรณีศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2550.
- กมลทิพย์ ทิพย์สังวาล, รุ่งรัตน์ ศรีสุริยเวศน์ และพรนภา หอมสินธุ์. ผลของโปรแกรมการมีส่วนร่วมของมารดาต่อการสื่อสารเรื่องเพศ ระหว่างมารดาและลูกวัยรุ่นหญิงตอนต้น. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2013; 8(2): 69-80.
- สถานการณ์อนามัยการเจริญพันธุ์ในวัยรุ่นและเยาวชน. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. เข้าถึงเมื่อ 2557 มกราคม 28. เข้าถึงได้จาก <http://rh.ana-mai.moph.go.th/home.html>
- กลุ่มภารกิจด้านข้อมูลข่าวสารสุขภาพ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. เข้าถึงเมื่อ 2557 กันยายน 7. เข้าถึงได้จาก HYPERLINK “<http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/index.htm>” <http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/index.htm>.
- ประกาย จิโรจน์กุล. การวิจัยทางการแพทย์: แนวคิดหลักการ และวิธีปฏิบัติ. โครงการสวัสดิการวิชาการสถาบันพระบรมราชชนก. พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี: ธนาเพลส ;2556.
- อิศรัฎฐ์ รินโรสง. การหาดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา. ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เข้าถึงเมื่อ 2557 มิถุนายน 20. เข้าถึงได้จาก <https://sites.google.com/site/stats2researchs/student-of-the-month/johndoe>.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
- ภารดี บุญเพิ่ม. การสอนเพศศึกษาของครอบครัวที่มีลูกวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาการพยาบาลครอบครัว). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2544.
- กัญญนันท์ ภัทร์สรณ์สิริ. บทบาทของพ่อแม่ในการอบรมดูแลลูกธิดาให้เป็นเยาวชนที่ดีของสังคมไทย. วารสารวิชาการปฐมวัน 2554.1(2); 23-26.
- Bandura A. Social Learning Theory. Stand ford university. 1971. New York: General learning press.

## การติดเชื้อ Microsporidia ในคน

### Microsporidia Infection in Humans

สมจินตนา ท้าวทิพย์<sup>1</sup>

Somjintana Tourtip<sup>1</sup>

Received: 18 October 2015; Accepted: 27 February 2016

#### บทคัดย่อ

การติดเชื้อ Microsporidia ในผู้ป่วยที่ทั้งติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ HIV ในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นอีกทั้งการติดเชื้อนี้ยังพบได้ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยสูงอายุ แต่จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อ Microsporidia มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนวรรณกรรมเพื่อรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการติดเชื้อ Microsporidia ให้เป็นปัจจุบันยิ่งขึ้น เพื่อนำมาใช้ประกอบแนวทางการป้องกันและรักษา การติดเชื้อ Microsporidia ในประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า Microsporidia เป็นเชื้อปรสิตแบบฉวยโอกาสที่พบได้ในผู้ป่วย HIV โดยมีโครงสร้างสำคัญของสปอร์คือ polar tube ที่ใช้ฉีด sporoplasm เข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านใหม่ โดยทั่วไปจะพบหลายสายพันธุ์ของ microsporidia ในสัตว์ต่างๆ ที่ติดเชื้อโรคชนิดนี้ แต่ในคนที่มีรายงานว่าก่อโรคอยู่ 4 สายพันธุ์คือ *Enterocytozoon*, *Nosema*, *Pleistophora* และ *Encephalitozoon* การวินิจฉัยแยกโรคที่เกิดขึ้นจากการติดเชื้อนี้คือ microsporidiosis ในคน ใช้ข้อมูลทั้งสัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุลของเชื้อ microsporidia

**คำสำคัญ:** Microsporidia, Microsporidiosis, transmission

#### Abstract

The proportion of microsporidial infections in patients with or without being HIV positive in Thailand tends to increase over time. The microsporidial infection can occur in both children and adults. Despite greater recognition of effect of the microsporidial infection to public health issues, there is still limited knowledge with respect to this infection in Thailand. The purpose of this study was to review the literature describing human microsporidial infection in varied aspects. The study findings revealed that the microsporidia was the opportunistic intracellular parasite in patients infected with human immunodeficiency virus (HIV). One of the main characteristics of this parasite was that it produced spores containing the polar tube which injected its sporoplasm into the new host cells. The Microsporidia was the most common infected disease among several animal species but some generas were recognized in human disease (microsporidiosis). To date, however, only four generas (*Enterocytozoon*, *Nosema*, *Pleistophora* and *Encephalitozoon*) have been reported in humans. Morphology and molecular biology are the main techniques for diagnosis the microsporidiosis in human.

**Keywords:** Microsporidia, Microsporidiosis, transmission

#### บทนำ

Microsporidia (Phylum *Microspora*) เป็นปรสิตที่พบได้ในทั้งสัตว์ที่มีและที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และมีมากกว่า 100 สปีชีส์ เป็นสาเหตุของการก่อโรคในคนได้ในลักษณะของ opportunistic infection ซึ่งพบได้มากในผู้ป่วยภูมิคุ้มกันบกพร่อง (acquired

immune deficiency syndrome, AIDS) ดังนั้นจึงทำให้เกิดการศึกษาอย่างกว้างขวางทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาและโครงสร้างทางชีวโมเลกุลของเชื้อ microsporidia สิ่งสำคัญของการติดเชื้อจากปรสิตชนิดนี้คือ ความสามารถในการส่งผ่านสารพันธุกรรม (nuclear materials) ของ microsporidia เข้าสู่เซลล์สิ่งมีชีวิต

<sup>1</sup> อาจารย์, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150, E-mail: stourtip@gmail.com

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, E-mail: stourtip@gmail.com

ได้หลายชนิด เช่น เข้าสู่กับ กระต่าย สุนัข และลิง<sup>1-3</sup> เนื่องจากเป็นปรสิตที่มีขนาดเล็ก รูปร่างรี มีสปอร์ที่มีลักษณะซับซ้อน และสามารถส่งผ่านสารพันธุกรรมที่อยู่ใน sporoplasm เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน (host) ได้ microsporidia จึงเป็นสาเหตุสำคัญในการก่อโรคในสัตว์และคนที่ได้รับเชื้อนี้เข้าไป<sup>1</sup> การติดเชื้อชนิดนี้ในคนเรียกว่า microsporidiosis

ในประเทศไทยมีรายงานจากการติดเชื้อ *E. cuculici* ในเซลล์เยื่อบุตาจากรายงานของ Matris และคณะในปี พ.ศ. 2548<sup>4</sup> โดยรวบรวมข้อมูลการตรวจพบเชื้อจากอุจจาระผู้ป่วย AIDS ระหว่าง ปี พ.ศ. 2541-2545 ซึ่งพบเพียง 10 ราย ในปี พ.ศ. 2549 มีรายงานการติดเชื้อ *E. bieuneusi* ในเยื่อบุตาเดินทางอาหารจาก โดยการตรวจ PCR เพื่อวินิจฉัยโรคนี้โดย Leelayoova และคณะ<sup>5</sup> ได้รายงาน Gen Bank accession number AY945808 และ AY945809 ในปี พ.ศ. 2555 ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อปรสิตนี้ร่วมกับอาการกล้ามเนื้ออักเสบที่รายงานในประเทศไทยมีเพียง 12 ราย<sup>6</sup> ข้อมูลการตรวจวินิจฉัยพบว่า Matos และคณะ<sup>7</sup> ได้รายงานการย้อมเนื้อเยื่อ ตรวจสอบด้วย TEM หรือ PCR และยังมีการตรวจทั้งการย้อมเนื้อเยื่อ และ PCR ในเด็กและผู้ใหญ่ที่มาด้วยอาการอุจจาระเหลวทั้งที่ติดเชื้อ/ไม่ติดเชื้อ HIV พบว่าการวินิจฉัยแม่นยำเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค microsporidiosis ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างครอบคลุม การศึกษาในครั้งนี้จึงทำการรวบรวมข้อมูลในด้าน สันฐานวิทยา วิธีการแพร่เชื้อ การจัดจำแนก การถ่ายทอดสู่คน พยาธิสรีรวิทยา การตรวจวินิจฉัยโรค จากข้อมูลนำมาสรุปและใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

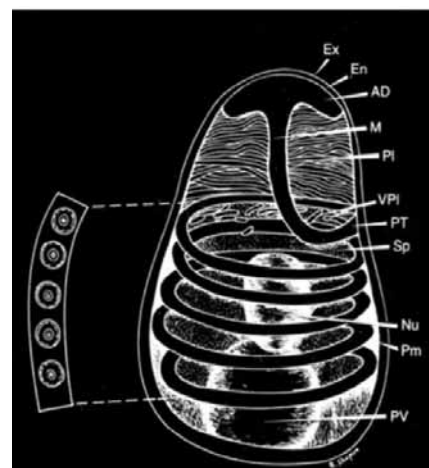
**สันฐานวิทยา (Morphology)** โดยทั่วไปสปอร์ของ microsporidia มีขนาดเล็ก รูปร่างรี บางช่วงชีวิตอาศัยอยู่ในเซลล์เจ้าบ้าน สปอร์ที่ก่อโรคในคนมีขนาดประมาณ 2-7x1.5-5 ไมโครเมตร<sup>1</sup> ในระยะ proliferative stage จะมีขนาดเพิ่มขึ้น และพบว่ามีหลายนิวเคลียส สปอร์สามารถย้อมติดสีได้โดยใช้ Hematoxilin and Eosin (H&E) หรือ histochemical stains อื่นๆ เช่น Gram' positive และ Acid fast stains มีรายงานพบว่าการติดเชื้อ *Enterocytozoon cuculici* ในเยื่อบุตาของผู้ป่วย AIDS ของประเทศไทยจำนวน 10<sup>10-12</sup> โดยใช้การตรวจด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างของ microsporidia เพื่อแยกแต่ละสปีชีส์ให้ชัดเจน จึงขอสรุปโครงสร้างแต่ละช่วงชีวิตของปรสิตชนิดนี้เป็นดังต่อไปนี้ คือ

Polar filament หรือ polar tube ของ microsporidia มีลักษณะเป็นท่อกลมขดเป็นวง<sup>1,9</sup> และเป็นโครงสร้างสำคัญที่อยู่ภายในสปอร์ จำนวนขดที่พบจะเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของแต่ละสปีชีส์ polarfilament เป็นโครงสร้างที่เริ่มจาก

ฐานที่เรียกว่า (anchoring disc หรือ polar sac) ซึ่งอยู่ด้านบนของสปอร์ polar filament นี้ยื่นลงมาพันรอบนิวเคลียสทางด้านล่างของสปอร์ ในช่วงการติดเชื้อ polar filament จะมีหน้าที่ในการนำ sporoplasm และ นิวเคลียสออกจาก mature spores ไปสู่เซลล์เจ้าบ้านโดยไม่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์เจ้าบ้าน และมักจะเรียกลักษณะขดที่ยื่นออกมาจากสปอร์ว่า polar tube ขนาดที่พบโดยประมาณ คือ 0.1-0.15x50-100 ไมโครเมตร<sup>5</sup>

Posterior vacuole เป็นช่องว่างที่สร้างมาจาก golgi vesicle เป็นโครงสร้างที่เกิดในระยะ mature spore หลังจากรมีการสร้าง polar filament หน้าที่ของ posterior vacuole ยังไม่เป็นที่ทราบชัดเจน

Spore wall หรือผนังของสปอร์ จะมีโปรตีนเคลือบอยู่ 2 ชั้น เมื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน พบว่ามีความหนาไม่เท่ากัน ด้านในหุ้มด้วย chitin ด้านนอกหุ้มด้วย (glycol) protein<sup>13</sup> ด้วยโครงสร้างนี้จึงพบมีสปอร์ของบางสปีชีส์ของ microsporidia ที่สามารถทนสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้นานถึง 10 ปีมีการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยนำสปอร์ของ *Encephalitozoon cuculici* ใส่ลงใน phosphate buffer saline ที่อุณหภูมิ 37°C และพบว่าสามารถมีชีวิตได้นาน 9 วัน หรือ นานถึง 6 เดือนหากเก็บในที่อุณหภูมิ-70°C<sup>14</sup> แต่หากนำมาใส่ในน้ำที่อุณหภูมิสูง 60°C นาน 5 นาที จะทำให้ผลของการติดเชื้อลดลง<sup>15</sup> (Figure 1)



**Figure 1** Morphology of the microsporidia size 1 - 10  $\mu$ m: electron dense exospore (Ex), electron lucent endospore (En), plasma membrane (Pm), sporoplasm (Sp), nucleus (Nu), posterior vacuole (PV), anchoring disc (AD), manubrium or straight portion (M), coils (PT), lamellar polaroplast (PI), vesicular polaroplast (VPI). (Modified from Franzen C. 2005.)

**วิธีการแพร่เชื้อ (Transmission)** การแพร่เชื้อเกิดจากการส่งผ่านสารพันธุกรรมของ microsporidia ด้วย polar tube ที่ยื่นออกไปนอกสปอร์และเข้าไปสู่ เซลล์เจ้าบ้านทำให้ sporoplasm ถูกนำเข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านด้วยการ endocytosis และยังคงพบกระบวนการหลบลีกลการต่อต้านของเซลล์เจ้าบ้านด้วยกลไก phago-/endo-/lysosome<sup>16</sup> ซึ่งเป็นวิวัฒนาการของ microsporidia ในแต่ละสปีชีส์ ด้วย ใน *Encephalitozoon* spp. การแพร่เชื้อเกิดจากการเจาะทะลุผนังเซลล์ ใน *Encephalitozoon hellem* การแพร่เชื้อใช้กระบวนการแทรกเข้าไปที่เยื่อหุ้มเซลล์ไฟโอบลาสท์ของปอดวัว<sup>17</sup> ใน *Encephalitozoon intestinalis* การแพร่เชื้อใช้ polar tube แทรกผ่านไปใน plasma membrane ของ macrophage<sup>18</sup> หรือเซลล์อื่นด้วยการกระตุ้นกระบวนการ phagocytosis โดยที่ sporoplasm และเซลล์เจ้าบ้านทำให้เกิดช่องว่างที่เรียกว่า membrane-derived space ขึ้น<sup>19</sup> การแพร่เชื้อที่ผ่านทางรกพบได้ในกลุ่มสัตว์กินเนื้อมากกว่าสัตว์กัดแทะ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการตั้งครรภ์และความรุนแรงของเชื้อ (Figure 2)

Lift cycle ปรสิตรูปแบบนี้มีวงจรชีวิตที่ค่อนข้างซับซ้อน เริ่มจากระยะที่ 1 germination ซึ่งเป็นระยะที่สปอร์ได้รับสัญญาณให้เกิดการปล่อย polar tube ระยะที่ 2 merogony เป็นการเพิ่มจำนวนของ microsporidia ในเซลล์เจ้าบ้านซึ่งพบว่า microsporidia ชนิดที่มีนิวเคลียสเดี่ยวเช่น *Encephalitozoon* spp. หรือชนิดที่มีหลายนิวเคลียส เช่น *Nosema* spp. สามารถพบสปอร์ที่เพิ่มจำนวนขึ้นนี้ได้ใหม่ในนิวเคลียสหรือไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้าน หาก microsporidia ได้รับสารอาหารจากเซลล์เจ้าบ้านอย่างสมบูรณ์ก็จะเกิดการแพร่เชื้อเข้าสู่เซลล์อื่นๆ ต่อไปได้ ระยะที่ 3 sporogony เป็นระยะที่มีการสร้างสปอร์ใหม่และมีการพัฒนาจนสมบูรณ์ และสามารถแพร่เชื้อเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านได้เช่นกัน<sup>13</sup>

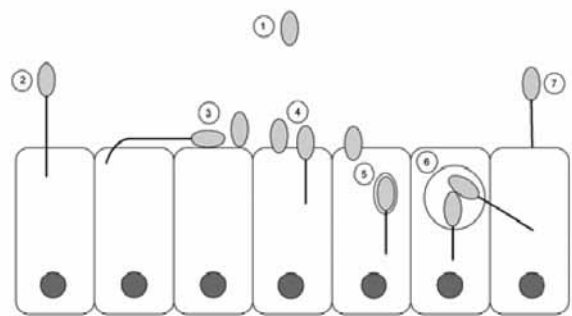
Germination เป็นระยะที่สปอร์ของ microsporidia ส่งผ่านสารพันธุกรรมเข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านและพัฒนาต่อไปโดยผ่านกระบวนการ merogony และ sporogony ซึ่งมีแคลเซียมเป็นสารที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตีในสปอร์ ส่งผลต่อการปล่อย polar tube ออกมา<sup>16</sup> โดยแรงที่เกิดขึ้นนี้สัมพันธ์กับจำนวนขดของ polafilament ด้วย

Merogony เมื่อ sporoplasm เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านจะเรียกว่า meronts ซึ่งมีการแบ่งตัวและรวมกันเป็นกลุ่มด้วยผนังเซลล์ในไซโตพลาสซึม ผ่านกระบวนการ binary หรือ multiple fission ต่อมาจะมีการแบ่งตัวของนิวเคลียสแบบซ้ำๆ (karyokinesis) ก่อนที่จะเกิดการแบ่งเซลล์ (cytokinesis) ทำให้เกิดลักษณะที่สังเกตเห็นง่ายคือ มีหลายนิวเคลียสและถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อ (plasma membrane) สภาวะเช่นนี้พบได้ในกลุ่ม *Enterocyto-*

*zoon bienewsi*<sup>21</sup> หรือเป็นกลุ่ม microsporidia ที่มีลักษณะต่อต้านคล้ายริบบิ้นใน *Septata intestinalis*<sup>18</sup>

Sporogony เกิดขึ้นจากการที่ meront พัฒนาไปเป็น sporont ลักษณะที่พบคือ มีรูปร่างไม่แน่นอน ขอบหนาตัวขึ้น โดย meront จะใช้กระบวนการเจริญเติบโตและรวมตัวของนิวเคลียสเริ่มเห็นโครงสร้างคล้ายสปอร์ ที่เรียกว่า sporoblast และมีการพัฒนาต่อไปจนเกิดสปอร์ที่สมบูรณ์ (mature spore) ที่มีขอบหนาขึ้น<sup>9</sup> แยกออกมาเป็นสปอร์ที่ชัดเจนพร้อมที่จะออกสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป

Host-parasite interface ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างเซลล์เจ้าบ้านและ microsporidia ขึ้นอยู่กับสกุลของแต่ละ microsporidia เช่น *E. bienewsi* เจริญในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้านเท่านั้น<sup>21</sup> ส่วน sporogony ของทั้ง *Enterocytozoon* และ *Septata* spp. จะเกิด parasitophorous vacuole ที่ถูกกั้นไว้ด้วยเยื่อหุ้มของเซลล์เจ้าบ้าน<sup>22-23</sup> นอกจากนั้นยังพบว่า *Pleistophora* sp. เจริญในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้านโดยมี sporophorous vesicle ที่หนาตัวขึ้นจากการที่ปรสิตรูปใช้เยื่อหุ้มของ เซลล์เจ้าบ้านมาหุ้มเอง<sup>24</sup>



**Figure 2** Hypothetical concepts of cell invasion of microsporidia. (Modified from Vivarès and Méténier, 2001.)

**การจัดจำแนกสายพันธุ์ (Taxonomy)** ในการจัด phylogenetic tree ของ microsporidia นั้นต้องใช้ข้อมูลจากหลากหลายเทคนิคในห้องปฏิบัติการ เช่น โครงสร้างของสปอร์ ทั้งภายนอกและภายใน การย้อมพิเศษ การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (LM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) รวมทั้งการใช้ polymerase chain reaction (PCR) และการหาลำดับเบสเปรียบเทียบกับข้อมูลใน GenBank<sup>7</sup> ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของ microsporidia ได้ดังนี้

### *Enterocytozoon* spp.

*Enterocytozoon bieneusi* Desports และคณะ<sup>25</sup> ได้รายงานการตรวจพบในเซลล์บุลำไส้เล็กในผู้ป่วย AIDS ที่มีอาการท้องร่วงร่วมด้วยและพบ microsporidia ชนิดนี้ในอวัยวะของระบบทางเดินอาหาร เช่น ในถุงน้ำดี ท่อน้ำดี ตับ<sup>26</sup> ท่อน้ำดีอ่อน ในระบบทางเดินหายใจ เช่น หลอดลมและในเยื่อบุโพรงจมูก<sup>27</sup>

*Enterocytozoon salmonis* มีการพบการติดเชื้อ microsporidia ชนิดนี้ในปลาเซลมอน<sup>25</sup> และพบวงจรชีวิตหลังจากติดเชื้อชนิดนี้โดยตรงในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้าน โดยไม่มีการสร้าง sporoplasm vesicle หรือ panspiroblastic membrane และไม่พบการแบ่งตัวของนิวเคลียสเป็นคู่ (diplokaya) ในทุกช่วงของพัฒนาการ แต่พบว่ามีหลายนิวเคลียสที่ต่อกันเป็นสายในช่วงแรกของการเกิด plasmodium และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ไม่เกิน 6 ไมโครเมตร เมื่อศึกษาด้วย TEM พบว่า microsporidia ชนิดนี้มีความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งใช้เป็นส่วนช่วยในการแยกสกลด้วยส่วนที่ทึบแสงด้านบนจะพัฒนาไปเป็นแผ่นที่เรียกว่า anchoring disc ซึ่งต่อมาจะพบ sporoblast พัฒนาใน plasmodium ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและยังคงพบเยื่อหุ้ม (plasmalema) ในระยะ plasmodialsporont และมีท่อยื่นออกมา เรียกว่า polar filament โดยที่โครงสร้างนี้จะพันรอบนิวเคลียส เมื่อพัฒนาต่อเป็น mature spore พบว่าจำนวนขดของ polar tube จะมากขึ้นและอัดแน่นในสปอร์ทำให้เกิดโครงสร้างเฉพาะที่สังเกตได้ คือ สปอร์มีรูปร่างรีขนาด 0.7-0.98x1.08-1.64 ไมโครเมตร มีเปลือกหุ้ม 2 ชั้นและมี polar filament ขด 5-7 รอบ การศึกษาโครงสร้างของสปอร์ในแนวตัดขวางจะพบว่า polar tube เรียงเป็น 2 แถว โดยมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง<sup>21</sup>

### *Encephalitozoon* spp.

*Encephalitozoon cuniculi* มีรายงานการแพร่เชื้อในกระต่ายเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1922<sup>29</sup> จึงได้รับการตั้งชื่อว่า *Encephalitozoon cuniculi* โดย Levaditi, Nicolau, Schoen ต่อมาในปี ค.ศ. 1923<sup>30-31</sup> สัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมพบการแพร่เชื้อปรสิตชนิดนี้ใน macrophage เซลล์บุผิว เซลล์บุหลอดเลือด เซลล์บุท่อไต เนื้อเยื่อสมอง

*Encephalitozoon hellem* มีรายงานใน ค.ศ. 1991 ว่าเชื้อปรสิตนี้มีการแพร่เชื้อได้ในเซลล์บุผิวของตาขาว เปลือกตา จมูก รวมถึงเนื้อเยื่อสมอง ไต ของผู้ป่วย AIDS<sup>32</sup>

*Encephalitozoon cuniculi* พบการแพร่เชื้อปรสิตนี้ในผู้ป่วยเด็ก 2 ราย ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์กับการติดเชื้อ AIDS<sup>33</sup> แต่ในรายที่พบการแพร่เชื้อในเนื้อเยื่อตับ<sup>34</sup> ร่วมกับการติดเชื้อในช่องท้อง<sup>35</sup> จะเป็นกลุ่มคนไข้ที่มีความสัมพันธ์กับ

### AIDS

วงจรชีวิตของ *Encephalitozoon* spp. เนื่องจากปรสิตนี้มีวงจรชีวิตในเซลล์เจ้าบ้าน ทำให้มีการใช้กระบวนการกินเยื่อหุ้มเซลล์ของเจ้าบ้านเพื่อทำให้เกิด parasitophorous vacuole (Figure 3) พบว่า meront มีการแบ่งนิวเคลียสแบบ binary fission อยู่ชิดด้านเยื่อหุ้มที่ติดกับช่องว่าง ทำให้รูปร่างของ meront พบได้ทั้งเป็นวงรีหรือเป็นวงกลม ขนาดประมาณ 1-3x2-3 ไมโครเมตร ขั้นตอนการสร้างสปอร์ เกิดจาก sporont ถูกแบ่งตัวตรงกลางของ parasitophorous vacuole ได้เป็น 2 sporoblasts และพัฒนาต่อไปจนได้สปอร์ที่สมบูรณ์ พบว่าขนาดสปอร์ของ *E. hellem* ประมาณ 1.0-1.5x2.0-2.5 ไมโครเมตร polar tube ขดอยู่ภายในสปอร์มี 5-7 รอบ

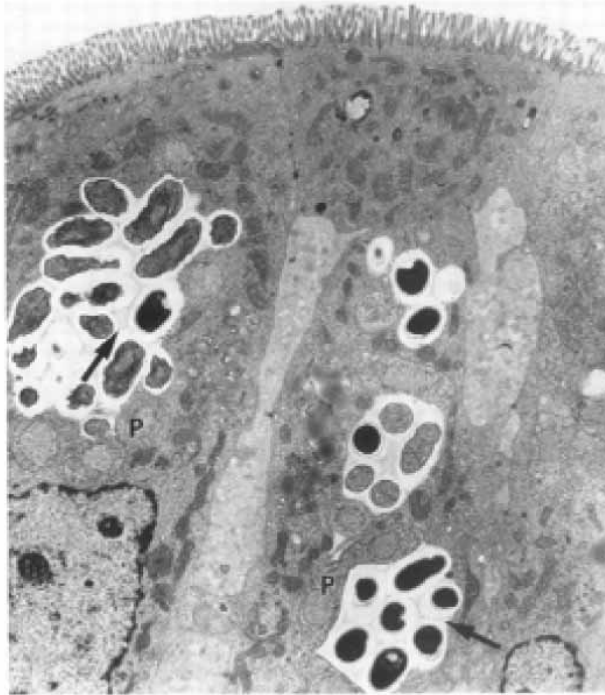


**Figure 3** The electron micrograph of the mature spore in the infected fibroblast in the HIV patient. Nucleus(N), proliferative forms (PF), Bar = 1 mm. (Modified from Weber R, et al.1994.)

*Sepata intestinalis* การแพร่เชื้อปรสิตนี้มีรายงานครั้งแรกโดย Calli และคณะ (1993)<sup>22, 36</sup> ตรวจพบเชื้อปรสิตนี้ในเซลล์บุผิวของลำไส้ และ macrophage ที่แทรกในชั้น lamina propria ในลำไส้ของผู้ป่วย AIDS ต่อมา มีรายงานในผู้ป่วย AIDS ที่มีภาวะท้องร่วงอย่างรุนแรง<sup>36-38</sup> ซึ่งตรวจพบการติดเชื้อปรสิตนี้ได้ ในเซลล์บุผิวของทางเดินน้ำดี หลอดลม จมูก และไต<sup>22, 37- 38</sup>

*S. intestinalis* มีสัณฐานวิทยาและพัฒนาการของการติดเชื้อคล้ายกับ *E. encephalitozoon* spp.<sup>22</sup> พบว่าช่วงที่เป็น meront เชื้อปรสิตนี้จะแบ่งเซลล์ในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้าน ทำให้ความยาวของ meront เพิ่มขึ้น ต่อมาจะมีช่องว่างมาคั่นระหว่างนิวเคลียส แต่ต่างกับ *S. intestinalis* ที่

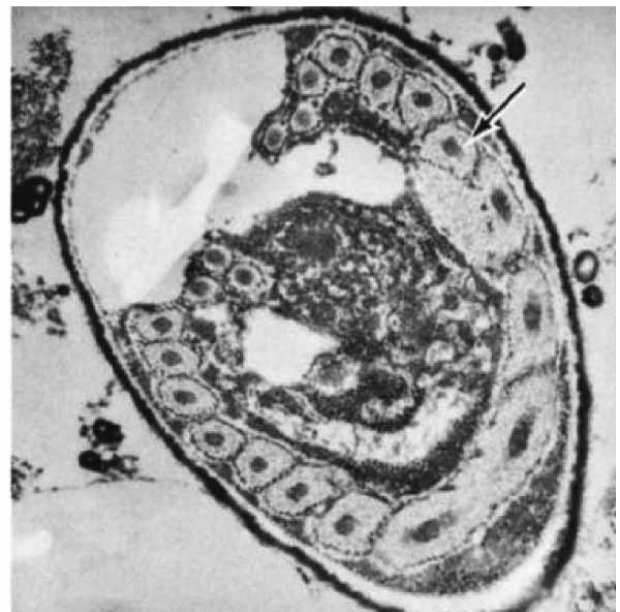
มีการพัฒนาเยื่อหุ้มที่มากขึ้นแต่ละนิวเคลียสจนเป็น เกิดผนังกัน (septum) จึงเป็นที่มาของการตั้งชื่อ *septata* การเกิด mature spore จะพบว่ามีความหนาเพียง 1.2x2 ไมโครเมตรและมี polar tube ที่มีความหนาเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. X 1.2 ไมโครเมตรซึ่งพันเป็นขด 4-7 รอบ (Figure 4)



**Figure 4** The electron micrograph of the spore of the *S. intestinalis*. Proliferative forms (P) Magnification, X7,260. (Modified from Weber R, et al.1994)

*Pleistophora* sp. ปรสิตรูปนี้พบได้ในแมลง ในสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยพบมากที่สุดในปลา<sup>39</sup> ในคนพบการแพร่เชื้อของปรสิตรูปนี้ในเซลล์กล้ามเนื้อของผู้ป่วย AIDS ร่วมกับการอักเสบของกล้ามเนื้อ<sup>27, 40</sup> พบว่าการแพร่เชื้อปรสิตรูปนี้เกิดขึ้นในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้านจะมีลักษณะพิเศษคือ ปรสิตรูปนี้จะสร้างถุงน้ำมาเชื่อมกับเซลล์เจ้าบ้านทำให้ผนังหนาตัวขึ้น ถุงน้ำที่เกิดขึ้นเรียกว่า sporophorous vesicle การแบ่งตัวของนิวเคลียสตลอดวงจรชีวิตจะไม่พบเป็นคู่ ในช่วง merogony จะพบการแบ่งตัวของนิวเคลียสเรียงต่อกันไปมากมาย ทำให้เกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า multinucleate plasmodia เมื่อเข้าสู่ sporogony การเกิดสปอร์พบว่ามีความสัมพันธ์กับจำนวนนิวเคลียสภายใน plasmodium พบว่าขนาดของสปอร์ประมาณ 2.8x3.2-3.4 ไมโครเมตร ท่อของ polar tube มีจำนวนขดอยู่ภายในสปอร์ 9-12 รอบ

*Nosema* spp. เป็น *Microsporidian* spp. พบว่าเป็นปรสิตที่ได้รับการตั้งชื่อเป็นชนิดแรก<sup>39</sup> การแพร่เชื้อของปรสิตชนิดนี้ พบว่าแพร่เชื้อโดยตรงเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน ในช่วง meront นิวเคลียสมีการแบ่งตัวเป็นคู่<sup>16,41</sup> การติดเชื้อมีปรสิตชนิด *Nosema* spp. ในคนมีรายงานเพียง 1 ราย จากการชันสูตรศพของเด็กที่ไม่มีต่อมไทมัส (athymic child)<sup>42</sup> โดย Margileth และคณะในปี ค.ศ. 1973 ซึ่งการตรวจผลชิ้นเนื้อพบเพียง sporoblast และ mature spore ที่มีความหนา 2.0-2.5x4.1-4.5 ไมโครเมตร มีท่อ polar tube ขดเป็นวงในสปอร์จำนวน 11 รอบ และได้ตั้งชื่อปรสิตนี้ว่า *Nosema connori* (Figure 5)



**Figure 5** The electron micrograph of the *Nosema connori*. (X30,000) (Modified from <http://emedicine.medscape.com/article/221631-overview>)

Microsporidium ในการศึกษาที่ผ่านมา การจัดจำแนกปรสิตรูปนี้ใช้ลักษณะเฉพาะของวงจรชีวิตในเซลล์เจ้าบ้าน โครงสร้างภายในสปอร์ รวมทั้งการแพร่เชื้อในสิ่งมีชีวิตต่างๆ แต่ยังคงมีกลุ่มปรสิตรูปนี้ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มตามอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ตามที่กล่าวมาได้ อาจเนื่องจากข้อมูลของวงจรชีวิต สันฐานวิทยา ชีวโมเลกุลจากฐานข้อมูลของ GenBank อย่างเช่น *Microsporidium ceylonensis* (ในผู้ป่วย corneal ulcer)<sup>41</sup>, *Microsporidium africanum* (ในผู้ป่วย corneal stroma) จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มของ microsporidium

**ระบาดวิทยา (Epidemiology)** พบข้อมูลการติดเชื้อมicrosporidia ในคนมากขึ้นแต่ยังไม่สามารถอธิบายกลไกและวิธีการถ่ายทอดจากสัตว์สู่คนได้ครบถ้วน พบว่ารายงานครั้งแรกพบในผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง HIV-Microsporidiosis

ดังนั้นการระบาดที่เกิดขึ้นในคนจึงแบ่งได้เป็น กลุ่มที่ 1 ผู้ป่วยติดเชื้อ HIV และกลุ่มที่ 2 ผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (CD4 < 100 cells/microl)<sup>46</sup> ณ ปัจจุบัน การศึกษาระบาดของวิทยาในคนพบว่าเมื่ออัตราการเพิ่มขึ้นของภาวะแทรกซ้อนในการเกิดภาวะถ่ายอุจจาระเหลวหรือสูญเสียน้ำเป็นร้อยละ 7-50<sup>47-55</sup> และอัตราความเสี่ยงจากการติดเชื้อจากสัตว์ปีกเพิ่มเป็นร้อยละ 3 จากการรายงานผู้ป่วยติดเชื้อ HIV จำนวน 2652 คนในเปรู<sup>56</sup> นอกจากนี้ยังพบรายงานจากผู้ป่วย 106 คน พบว่ามีถึงร้อยละ 15 จากการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งในกรณีดังกล่าวอาจพบและไม่พบผู้ป่วยมีภาวะถ่ายอุจจาระเหลวร่วมด้วย<sup>57</sup>

การติดเชื้อ microsporidia ในกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่ได้ติดเชื้อ HIV เช่นในผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่ปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขกระดูก ไต พบผู้ป่วยมีอาการถ่ายอุจจาระเหลวเรื้อรังภายหลังจำนวน 47 ราย และผู้ป่วยจำนวน 17 ราย ที่ตรวจ PCR ในระบบทางเดินอาหารพบเชื้อ *E. bienersi*<sup>58</sup> ทั้งนี้ยังไม่พบกลไกการก่อโรคในคนจากการที่ mature spore แทรกเข้ามาก่อโรคในผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ซึ่งพบว่าวงจรชีวิตของ microsporidia บางส่วนอยู่ในสัตว์ ทำให้เป็นที่น่าสังเกตว่าการติดเชื้อนี้อาจมีปัจจัยของสปอร์ซีสต์ของ microsporidia มีส่วนสำคัญในการติดเชื้อดังกล่าวด้วย<sup>59</sup> ทำให้การวินิจฉัยการติดเชื้อนี้ต้องใช้ทั้งหลักฐานวิทยา ระยะเวลาต่างๆ ของปรสิตที่พบในเซลล์เจ้าบ้าน ช่วงที่การระบาดของเชื้อ รวมทั้งความสามารถในการตอบสนองต่อต้านเชื้อของเซลล์เจ้าบ้านด้วย มีการทดลองครั้งแรกโดยใช้ *E. cuniculi* ที่เลี้ยงในหนู นำซีรัมมาตรวจสอบพบแอนติบอดีต่อเชื้อ<sup>60-61</sup>

การถ่ายทอดเชื้อสู่คน การติดเชื้อของ *Microsporidia* spp. ในคน ยังไม่พบกลไกและโฮสต์กักเก็บเชื้อ (reservoir host) และโฮสต์ตัวกลาง (intermediate host) ที่ชัดเจน มีรายงานการติดเชื้อในคนของ *Enterocytozoon* sp. ซึ่งตรวจพบเชื้อในอุจจาระ ปัสสาวะ สารคัดหลั่งจากทางเดินหายใจ ส่วนมากในสัตว์จะพบการติดเชื้อของ *Encephalitozoon* sp. ซึ่งมีรายงานการติดเชื้อจาก *E. cuniculi* จากสัตว์มาสู่คน<sup>32, 60-61</sup> *N. algerae* มีวงจรชีวิตในยู่ง ในการทดลองพบสปอร์แต่ไม่สามารถถ่ายทอดสู่หนูขาวได้<sup>62</sup> ยังไม่พบรายงานการติดเชื้อมาสู่คนได้แม้จะพบสปอร์ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่กล่าวมา<sup>63</sup>

มีความเป็นไปได้ว่าการถ่ายทอดของเชื้อเข้าสู่คนจะเกิดจากการได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยตรงจากการรับประทานอาหารที่มีอุจจาระปนเปื้อน<sup>37</sup> การร่วมเพศ<sup>64</sup> ซึ่งทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะและทวารหนักได้ เช่น *Enterocytozoon* sp. จากผลของระบาดวิทยาในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (กบ)<sup>65</sup> สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (สุนัข ลิง)<sup>66-67</sup> พบการถ่ายทอดของ *Encephalitozoon hellem* จากแม่สู่ลูกทางรกได้<sup>67-68</sup>

**พยาธิวิทยาสรีรวิทยา (Pathophysiology)** การศึกษาพยาธิวิทยาของ sporidiosis ในคนทำได้ในวงจำกัด เนื่องจากตรวจพบไม่ครบวงจรชีวิตของ microsporidia อีกทั้งยังพบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องในโรงพยาบาล ทำให้การตรวจหาเชื้อจากสิ่งส่งตรวจที่เกิดความผิดปกติของระบบต่างๆ ของผู้ป่วยเป็นไปได้ยาก ดังนั้นการตรวจพบเชื้อจากสารคัดหลั่ง เสมหะ น้ำปัสสาวะ และอุจจาระ ทำให้การอธิบายพยาธิสรีรวิทยาของโรคยังไม่ครบถ้วน แต่สามารถอธิบายการติดเชื้อแยกตามสกุลและระบบต่างๆ ของร่างกายได้ดังนี้

1. ระบบทางเดินอาหารเกิดจากการติดเชื้อของ *Enterocytozoon bienersi* เชื้อนี้พบการกระจายของเชื้อในเซลล์บุผิวของลำไส้และทางเดินน้ำดี เริ่มเข้าสู่เซลล์ทางด้านบนของเซลล์ ทำลายเซลล์อย่างรุนแรง ทำลายโกเบิลท์เซลล์ (goblet cell) เกิดภาวะเซลล์ฝ่อ (atrophy) และเชื่อมติดกันทำให้เกิดโรคลำไส้ (enteropathy) ในผู้ป่วย AIDS (AIDS enteropathy)<sup>69</sup> นอกจากนี้ยังพบการติดเชื้อเซลล์บุผิวที่ทางเดินหายใจ เซลล์ท่อของตับอ่อน เซลล์ตับ ไม่พบว่ามีการทำลายเซลล์ แต่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์บริเวณที่มีการอักเสบ ต่อมาจะพบการตีบของท่อทางเดินน้ำดี การวินิจฉัยทางจุลกายวิภาค (Histological study) พบว่า *E. bienersi* อยู่ในเนื้อเยื่อยึดต่อไตเยื่อบุผิว (lamina propria)<sup>70</sup>

2. ระบบทางเดินอาหาร เกิดจากการติดเชื้อและแพร่กระจายของ *S. intestinalis* พบการอักเสบของลำไส้เล็ก ร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองในขณะที่เชื้อเข้าสู่เซลล์บุผิว มีความสัมพันธ์กับมาโครฟาจเซลล์บุหลอดเลือด (endothelial cell) เซลล์สร้างเส้นใย (fibroblast) ใน lamina propria ยังพบความสัมพันธ์ของมาโครฟาจกับการติดเชื้อในไต ทางเดินหายใจส่วนล่าง ท่อทางเดินน้ำดี Histological study พบการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อต่อการอักเสบเรื้อรังของท่อไต (granulomatous tubulointerstitialnephritis) โดยมีเซลล์เม็ดเลือดขาวมารวมตัวกัน เช่น มาโครฟาจลิมโฟไซต์พลาสมาเซลล์และเซลล์ยักษ์แบบแลงฮานส์ (Langhan-type multinucleated giant cell)

3. การแพร่กระจายของเชื้อ *Encephalitozoon* spp. จากสัตว์ (encephalitozoonosis) โดยปกติแล้วขนาดที่เล็กของสปอร์ทำให้เกิดการติดต่อดังกล่าวโดยพบที่เซลล์บุระบบทางเดินอาหารต่อมาพบในระบบประสาทส่วนกลางในหนู ส่วนในคนพบว่า *Encephalitozoon hellem* ไม่พบการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร แต่พบในเซลล์บุตา ทางเดินหายใจ ทางเดินปัสสาวะ กลไกการติดเชื้อยังไม่สามารถอธิบายได้ แต่มีรายงานผลชิ้นเนื้อของผู้ป่วย AIDS เชื่อว่าเกิดจากการได้รับเชื้อทางระบบทางเดินหายใจ<sup>71</sup> และยังเป็นเส้นทางการแพร่เชื้อต่อไป



ของสปอร์ด้วย พบการติดเชื้อในทางเดินหายใจส่วนต้นและแพร่เข้าสู่กระแสเลือดและกระจายไปยังไต มีการกระจายของเชื้อทำให้เกิด interstitial nephritis พบทั้ง มาโครฟาจ และพลาสมาเซลล์ ในบริเวณที่เกิดเนื้อเยื่อเน่าตาย

ส่วนในตับของผู้ป่วย HIV มีสปอร์ของเชื้อในเซลล์ตับ<sup>31</sup> และยังพบเนื้อเยื่อเน่าตายแบบ granulomatous necrosis ร่วมด้วย

แม้ว่าจะพบเชื้อ *Enterocytozoon bieneusi*, *Encephalitozoon hellem* และ *S. intestinalis* ในระบบทางเดินหายใจ จากการเก็บสารคัดหลั่งหลังการทำ bronchoalveolar lavage เมื่อทำการทดลองในกระต่ายโดยการฉีดสปอร์เข้าไปในจมูกโดยตรง ยังไม่สามารถสรุปการติดเชื้อโดยตรงได้จากการทดลองนี้ แต่มีรายงานเพียงพบว่ามี การติดเชื้อรอบสองในระบบทางเดินอาหารเป็นที่น่าสังเกตว่า การติดเชื้อ *Encephalitozoon* ในสัตว์น่าจะมาจากผ่านการมีเพศสัมพันธ์ทำให้เกิดการติดเชื้อในทางเดินอาหารส่วนปลาย<sup>72</sup>

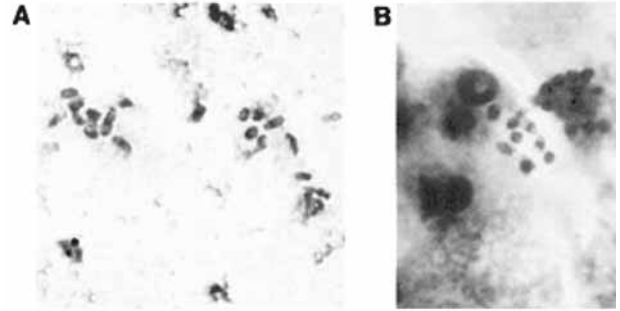
4. การติดเชื้อของ *Nosema* พบรายงานในผู้ป่วยเด็ก อายุ 4 เดือน จากผลการตรวจชิ้นเนื้อพบการติดเชื้อในทุกอวัยวะ ยกเว้นตับอ่อน<sup>42</sup> โดยพบมากที่กล้ามเนื้อกระบังลม ต่อมากระจายของเชื้อเข้าสู่กระแสเลือดแล้วแพร่กระจายไปยังอวัยวะต่างๆ

5. กล้ามเนื้ออักเสบ (Myositis) พบ Microsporidia ที่ทำให้เกิดการติดเชื้อเป็นกลุ่มของสปอร์ในกล้ามเนื้อปลาคือ *Pleistophora* sp. มีรายงานการติดเชื้อในผู้ป่วย AIDS 2 ราย พบเซลล์เม็ดเลือดขาวในกลุ่มตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ลิมโฟไซต์พลาสมาเซลล์อีสตีโอไซต์รอบๆ กล้ามเนื้อที่มีการอักเสบ<sup>24, 43</sup> ยังไม่พบการรับเชื้อจากภายนอก

6. ตาอักเสบ (Ocular infection) เป็นการติดเชื้อที่พบได้บ่อยของโรคนี้ในผู้ป่วยภูมิคุ้มกันบกพร่อง และในผู้ป่วยที่พบ *Nosema* sp. เป็นเชื้อที่ติดต่อและมีความสัมพันธ์กับผู้ป่วยที่มีตาอักเสบแบบ keratitis และ corneal ulcer พบสปอร์ในมาโครฟาจแทรกในชั้นแก้วตา ร่วมกับมีเซลล์เม็ดเลือดขาว mononuclear monocyte และ neutrophil<sup>14, 43</sup>

**การตรวจวินิจฉัยโรค**

ในการวินิจฉัยที่นิยมคือการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงและอิเล็กตรอนสัณฐานวิทยาของแต่ละช่วงพัฒนา sporogony, merogony ขนาด รูปร่างของสปอร์ในแต่ละ Microsporidia spp. ที่แตกต่างกัน นำมาซึ่งการวินิจฉัยแยกเชื้อในเนื้อเยื่อต่างๆ ของผู้ป่วย เทคนิคนี้พัฒนามากในการตรวจหาเชื้อในอุจจาระ<sup>67</sup> ด้วยการย้อม Giemsa, trichrome<sup>73</sup>, H&E, chromotrope นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Figure 6)



**Figure 6** The light micrograph of the specific stain (Ryan-Blue modified trichrome) of the microsporidial spores. (A) The spores from the feces, (B) The spores from the intestinal epithelium (Modified from Garcia SL. 2002.)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ใช้ในการแยก microsporidia แต่ละสปีชีส์ จากขนาดและรูปร่างของสปอร์ และศึกษาภายในโดยการนับจำนวนขดของ polar filament รอบเป็นแบบเดี่ยวหรือคู่ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเตรียมเนื้อเยื่อ ขนาดของเนื้อเยื่อที่เล็ก (1x1 มิลลิเมตร) ปริมาณของเชื้อในสิ่งส่งตรวจ ความชำนาญในการแยกประเภท ทำให้การวินิจฉัยแยกโรคได้ช้า (Figure 7)

*Enterocytozoon* spp. สามารถมีการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายจะใช้การตรวจหาแอนติบอดีในซีรัม ส่วน *Nosema* sp. และ *Encephalitozoon* sp. สามารถเพาะเลี้ยงเชื้อได้ จากข้อมูลของ GenBank ทำให้สามารถใช้ PCR ในการตรวจหาเชื้อนี้ได้ และพัฒนา probe ทำ immunohistochemistry ในการตรวจวินิจฉัยได้แม่นยำยิ่งขึ้น



**Figure 7** The electron micrograph of the *Encephalitozoon intestinalis* in the small intestine. (Modified from Garcia SL. 2002.)

ในปี ค.ศ. 2011 มีการตรวจในผู้ป่วย keratitis จำนวน 30 ราย โดยใช้เทคนิค PCR นำ primers ตรวจหาเชื้อ microsporidia spp. (*Vittaforma corneae*) ได้ PCR product 1200 bp พบเชื้อนี้จำนวน 10 ราย<sup>74</sup> จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการตรวจหาเชื้อที่มีปริมาณน้อย รวดเร็ว และผู้ป่วยจำนวนมาก

## บทสรุป

การติดเชื้อ microsporidia ในคนมีรายงานในกลุ่มผู้ป่วยติดเชื้อ HIV และผู้ป่วยมีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องเป็นส่วนมาก กลไกการกระจายของเชื้อเข้าสู่คนยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด มักจะเป็นการติดเชื้ออย่างรุนแรงในระบบทางเดินอาหาร ทางเดินปัสสาวะ ทางเดินหายใจ และตา แม้ว่าจะมีการทดลองนำสปอร์ของเชื้อสปอร์ี่ร์ต่างๆ มาฉีดเข้าโดยตรงกับสัตว์ทดลอง แต่ยังไม่สามารถยืนยันการติดต่อสู่คนได้อย่างชัดเจน พบการรวมกลุ่มของเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ โดยรอบเนื้อเยื่อที่เน่าตาย ซึ่งเป็นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยในแต่ละอวัยวะที่ถูกรุกราน การศึกษาจากเนื้อเยื่อวิทยาตลอดจนการตรวจพิเศษต่างๆ จึงพัฒนาเพื่อให้ทันต่อการตรวจวินิจฉัยที่รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น Microsporidiosis ในคน นอกจากจะคำนึงถึงการชักประวัติการติดเชื้อ HIV การตรวจร่างกาย ยังต้องทำการเก็บสารคัดหลั่ง และเนื้อเยื่อ ของผู้ป่วยเพื่อทำการตรวจวินิจฉัยโดยใช้การย้อมพิเศษเพื่อตรวจสอบสปอร์ เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาและการสกัดสารพันธุกรรมของ microsporidia ที่ก่อโรคเพื่อใช้การตรวจวินิจฉัยด้วยเทคนิค PCR ที่มีประสิทธิภาพสูงในการวินิจฉัย Microsporidiosis ในผู้ป่วยต่อไป จากการพบทวนวรรณกรรมยังพบความยากลำบากในการวินิจฉัยโรคนี้จากการตรวจด้วยเทคนิคต่างๆ ที่กล่าวมา จึงควรมีการศึกษาสารพันธุกรรมของเชื้อนี้ในสัตว์และในคนเพื่อให้เกิดการรายงานเข้าไปใน GenBank accession number ทำให้การตรวจวินิจฉัยได้เร็วขึ้นและแม่นยำมากยิ่งขึ้นต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- Canning EU, Lom J. The microsporidia of vertebrates. Academic Press, Inc., New York. 1986.
- Shadduck JA, Pakes SP. Spontaneous disease of laboratory animals which interfere with biomedical research: Enterocytozoonosis and toxoplasmosis. Am J Pathol 1971;64:657-674.
- Siebold HR, Fessell EN. Intestinal microsporidiosis in *Callicebus moloch*. Lam AnimSci 1973;23:115-118.
- Mathis A., Weber R, Deplazes, P. Zoonotic potential of the microsporidia. *Clinical Microbiology Reviews* 2005;18(3):423-445.
- Leelayoova S, Subrungruang I, Rangsin R, Chavalitshewinkoon-Petmitr P, Worapong J, Naaglor T, Mungthin M. Transmission of *Enterocytozoon bieneusi* genotype A in a Thai orphanage. Am J Trop Med Hyg 2005;73:104-107.
- Suankratay C, Thiansukhon E, Nilaratanakul V, Putaporntip C, Jongwutiwes S. Disseminated Infection Caused by Novel Species of Microsporidium, Thailand. Emerg Infect Dis. 2012;18(2):302-304.
- Matos O, Lobo ML, Xiao L. Epidemiology of *Enterocytozoon bieneusi* infection in humans. J Parasitol Res 2012;2012: 1-19.
- Sprague V, Becnel JJ, Hazard EI. Taxonomy of phylum Microspora. Crit Rev Microbiol 1992;18: 285-395.
- Weidner EZ. Ultrastructural study of microsporidian invasion into cells. Parasitenkd 1972;40:227-242.
- De Groote MA, Visvesvara G, Wilson ML, Pieniazek NJ, Slemenda SB, DaSilva AJ, Leitch GJ, Bryan RT, Reves R. PCR and culture confirmation of disseminated *Encephalitozoon cuniculi* in a patient with AIDS: successful therapy with albendazole. J Infect Dis 1995;171:1375-1378.
- Tosoni A, Nebuloni M, Ferri A, Bonetto S, Antinori S, Scaglia M, Xiao L, Moura H, Visvesvara GS, Vago L, Costanzi G. Disseminated microsporidiosis caused by *Encephalitozoon cuniculi* (dogtype) in an Italian AIDS patient: a retrospective study. Mod Pathol 2002; 15:577-583.
- Fayer R. Infectivity of microsporidia spores stored in seawater at environmental temperatures. J Parasitol 2004;90:654-657.
- Canning EU, Lom J, Dykova I. The *Microsporidia* of vertebrates. Academe Press. New York 1986.
- Shadduck JA, Polley MB. Some factors influencing the *in vitro* infectivity and replication of *Encephalitozoon cuniculi*. J Protozool 1978;25:491-496.
- Koudela B, Kučerová Š, Hudcovic T. Effect of low and high temperatures on infectivity of *Encephalitozoon cuniculi* spores suspended in water. Folia Parasitol 1999;46:171-174.

16. Franzen C. How do microsporidia invade cells? *Folia Parasitol Rev* 2005;52:36–40.
17. Bigliardi E, Saxxhi L. Cell biology and invasion of the microsporidia. *Microbes Infect* 2001;3:373–379.
18. Magaud A, Achbarou A, Desportes LI. Cell invasion by the microsporidium *Encephalitozoon intestinalis*. *J Eukaryot Microbiol* 1997;44:81S.
19. Foucault C, Drancourt M. Actin mediates *Encephalitozoon intestinalis* entry into the human enterocyte-like cell line, Caco-2. *Microb Pathog* 2000;28:51–58.
20. Weber R, Bryan RT, Schwartz DA, Owen RL. Human microsporidial infections. *Clin Microbiol Rev* 1994;7(4): 426-461.
21. Cali A, Owen RL. Intracellular development of *Enterocytozoon*, a unique microsporidian found in the intestine of AIDS patients. *J Protozool* 1990;37:145-155.
22. Cali A, Kotler DP, Orenstein JM. *Septata intestinalis* n.g., n.sp., an intestinal microsporidian associated with chronic diarrhea and dissemination in AIDS patients. *J Protozool* 1993;40:101-112.
23. Canning EU. Microsporidia.. In Kreier JP, Baker JR, editors. *Parasitic protozoa*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press; 1993. vol. 6. P. 299-385.
24. Chup GL, Alroy J, Adelman LS, Breen JC, Skolnik PR. Myositis due to *Pleistophora* (microsporidia) in a patient with AIDS. *Clin Infect Dis* 1993;16:15-21.
25. Desportes IY, Le C, Galian A, Bernard F, Cochand-Priollet B, Lavergne A, Ravisse P, Modigliani R. Occurrence of a new microsporidian, *Enterocytozoon bieneusi* n.g., n.sp., in the enterocytes of a human patient with AIDS. *J Protozool* 1985;32:250-254.
26. Pol S, Romana C, Richard S, Carnot F, Dumont JL, Bouche H, Pialoux G, Stern M, Pays JF, Berthelot P. *Enterocytozoon bieneusi* infection in acquired immunodeficiency syndrome-related sclerosing cholangitis. *Gastroenterology* 1992;102:1778-1781.
27. Hartskeerl RA, Schuitema ARJ, Gool TV, Terpstra J. Genetic evidence for the occurrence of extra-intestinal *Enterocytozoon bieneusi* infections. *Nucleic Acids Res* 1993;21:4150.
28. Chilmonczyk S, Cox WT, Hedrick RP. *Enterocytozoon salmonis* n.sp.: an intranuclear Microsporidium from salmonid fish. *J Protozool* 1991;31:264-269.
29. Wright JH, Craighead EM. Infectious motor paralysis in young rabbits. *J Exp Med* 1922;36:135-140.
30. Levaditi C, Nicolau S, Schoen R. L'agent etiologique de l'encephalite epizootique du lapin (*Encephalitozoon cuniculi*). *CR Soc Biol Paris* 1923;89:984-986.
31. Weiser J. On the taxonomic position of the genus *Encephalitozoon* Levaditi, Nicolau & Schoen, 1923 (Protozoa, Microsporidia). *Parasitol* 1964;54:749-751.
32. Didier ES, Didier PJ, Friedberg DN, Stenson SM, Orenstein JM, Yee RW, Tio F0, Davis RM, Vossbrinck C, Millichamp N, Shaddock JA. Isolation and characterization of a new human microsporidian, *Encephalitozoon hellem* (n.sp.), from three AIDS patients with keratoconjunctivitis. *J Infect Dis* 1991;163:617-621.
33. Matsubayashi H, Koike T, Hagiwara S. A case of *Enterocytozoon*-like body infection in man. *Arch Pathol* 1959;67:181-187.
34. Terada S, Reddy KR, Jeffers LJ, Cali A, Schiff ER. Microsporidian hepatitis in the acquired immunodeficiency syndrome. *Ann Intern Med* 1987;107:61-62.
35. Zender HO, Arrigoni E, Eckert J, Kapanci Y. A case of *Encephalitozoon cuniculi* peritonitis in a patient with AIDS. *Am. J Clin Pathol* 1989;92:352-356.
36. Cali A, Orenstein JM, Kotler DP, Owen RL. A comparison of two microsporidian parasites in enterocytes of AIDS patients with chronic diarrhea. *J Protozool* 1991;38:S96-S98.
37. Orenstein JM, Dieterich DT, Kotler DP. Systemic dissemination by a newly recognized intestinal microsporidia species in AIDS. *AIDS* 1992;6:1143-1150.
38. Orenstein JM, Tenner M, Cali A, Kotler DP. A microsporidian previously undescribed in humans, infecting enterocytes and macrophages, and associated with diarrhea in an acquired immunodeficiency syndrome patient. *Hum Pathol* 1992;23:722-728.
39. Canning, EU, Hollister WS. Microsporidia of mammals-widespread pathogens or opportunistic curiosities? *Parasitol Today* 1987;3:267-273.
40. Ledford DK, Overman MD, Gonzalo A, Cali A, Mester W, Lockey RF. Microsporidiosis myositis in a patient with acquired immunodeficiency syndrome. *Ann Intern Med* 1985;102:628-630.

41. Ashton N, Wirasinha PA. Encephalitozoonosis (Nosematosis) of the cornea. *Br J Ophthalmol* 1973;57:669-674.
42. Margileth AM, Strano AJ, Chandra R, Neafie R, Blum M, McCully RM. Disseminated nosematosis in an immunologically compromised infant. *Arch Pathol* 1973;95:145-150.
43. Pinnolis M, Egbert PR, Font RL, Winter FC. Nosematosis of the cornea. *Arch Ophthalmol* 1981;99:1044-1047.
44. Canning EU, Hollister WS. Human infections with microsporidia. *Rev Med Microbiol* 1992;3:35-42.
45. Didier ES, Shaddock JA, Didier PJ, Millichamp N, Vossbrinck DR. Studies on ocular microsporidia. *J Protozool* 1991;38:635-638.
46. Leder K, Weller PF. Microsporidiosis. Uptodate. Dec 17, 2014.
47. Kotler DP, Orenstein JM. Prevalence of intestinal microsporidiosis in HIV-infected individuals referred for gastroenterological evaluation. *Am J Gastroenterol* 1994;89:1998.
48. Eeftinck Schattenkerk JK, van Gool T, van Ketel RJ, Bartelsman JF, Kuiken CL, Terpstra WJ, Reiss P. Clinical significance of small-intestinal microsporidiosis in HIV-infected individuals. *Lancet* 1991;337:895.
49. Kotler DP, Francisco A, Clayton F, et al. Small intestinal injury and parasitic diseases in AIDS. *Ann Intern Med* 1990;113:444.
50. Contreas CN, Berlin OG, Lariviere MJ, Pandhymas SS, Speck CE, Porschen R, Nakaya T. Examination of the prevalence and seasonal variation of intestinal microsporidiosis in the stools of persons with chronic diarrhea and human immunodeficiency virus infection. *Am J Trop Med Hyg* 1998;58:559.
51. Framm SR, Soave R. Agents of diarrhea. *Med Clin North Am* 1997;81:427.
52. Wuhib T, Silva TM, Newman RD, Garcia LS, Pereira ML, Chaves CS, Wahlquist SP, Bryan RT, Guerrant RL, Sousa de Q. Cryptosporidial infections in human immunodeficiency virus-infection patients in northeastern Brazil. *J Infect Dis* 1994;170:494.
53. Drobniewski F, Kelly P, Carew A, Ngwenya B, Luo N, Pankhurst C, Farthing M. Human microsporidiosis in African AIDS patients with chronic diarrhea. *J Infect Dis* 1995;171:515.
54. Van Gool T, Luderhoff E, Nathoo KJ, Kiire CF, Dankert J, Mason PR. High prevalence of *Enterocytozoon bieneusi* infections among HIV-positive individuals with persistent diarrhea in Harare, Zimbabwe. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1995;89:478.
55. Sobottka I, Schwartz DA, Schottelius J, Visvesvara GS, Pieniazek NJ, Schmetz C, Nock NP, Laufs R, Albrecht H. Prevalence and clinical significance of intestinal microsporidiosis in human immunodeficiency virus-infected patients with and without diarrhea in Germany: a prospective coprodiagnosis study. *Clin Infect Dis* 1998;26:475.
56. Bern C, Kawai V, Vargas D, Rabke-Verani J, Williamson J, Chavez-Valdez R, Xiao L, Sulaiman I, Vivar A, Ticona E, Navincopa M, Cama V, Moura H, Secor WE, Visvesvara G, Gilman GH. The epidemiology of intestinal microsporidiosis in patients with HIV/AIDS in Lima, Peru. *J Infect Dis* 2005;191:1658.
57. Rabeneck L, Gyorkey F, Genta RM, Gyorkey P, Foote LW, Risser JM. The role of Microsporidia in the pathogenesis of HIV-related chronic diarrhea. *Ann Intern Med* 1993;119:895.
58. Lores B, López-Miragaya I, Arias C, Fenoy S, Torres J, del Aguila C. Intestinal microsporidiosis due to *Enterocytozoon bieneusi* in elderly human immunodeficiency virus-negative patients from Vigo, Spain. *Clin Infect Dis* 2002;34:918.
59. Weiss LM, Cali A, Levee E, Laplace D, Tanowitz H, Simon D, Wittner M. Diagnosis of *Encephalitozoon cuniculi* infection by Western blot and the use of cross-reactive antigens for the possible detection of microsporidiosis in humans. *Am J Trop Med Hyg* 1992;47:456-462.
60. Didier PJ, Didier ES, Orenstein JM, Shaddock JA. Fine structure of a new human microsporidian, *Encephalitozoon hellem*, in culture. *J Protozool* 1991;38:502-507.
61. Visvesvara GS, Leitch GJ, Moura H, Wallace S, Weber R, Bryan RT. Culture, electron microscopy, and immunoblot studies on a microsporidian parasite

- isolated from the urine of a patient with AIDS. *J Protozool* 1991;38:S105-S111.
62. Undeen AH, Alger NE. Infection of the white mouse by a mosquito parasite. *ExpParasitol* 1976;40:86-88.
63. Avery SW, Undeen AH. The isolation of microsporidia and other pathogens from concentrated ditch water. *J Am Mosq Control Assoc* 1987;3:54-58.
64. Schwartz DA, Visvesvara GS, Weber R, Bryan RT. Male genital tract microsporidiosis and AIDS: prostatic abscess due to *Encephalitozoon hellem*. *J Eukaryot Microbiol*, in press.
65. Mohn SF, Nordstoga K, Dishington IW. Experimental encephalitozoonosis in the blue fox. Clinical, serological and pathological examination of vixens after oral and intrauterine inoculation. *Acta Vet Scand* 1982;23:490-502.
66. Nordstoga K. Nosematosis in the blue fox. *North Vet Med* 1972;24:21-24.
67. Zeman DH, Baskin GB. Encephalitozoonosis in squirrel monkeys (*Saimiris ciureus*). *Vet Pathol* 1985;22:24-31.
68. Hunt RD, King NW, Foster HL. Encephalitozoonosis: evidence for vertical transmission. *J Infect Dis* 1972;126:221-224.
69. Ullrich R, Zeitz M, Heise W, L'age M, Hoifken G, Riecken E0. Small intestinal structure and function in patients infected with human immunodeficiency virus (HIV): evidence for HIV-induced enteropathy. *Ann Intern Med* 1989;111:15-21.
70. Schwartz DA, Wilcox CM, Gorelkin L, Visvesvara GS, Weber R, Bryan RT. Enteroinvasive *Enterocytozoon bieneusi* (microsporidia) infection in a patient with AIDS. Submitted for publication.
71. Schwartz DA, Bryan RT, Hewan-Lowe K0, Visvesvara GS, Weber R, Cali A, Angritt P. Disseminated microsporidiosis (*Encephalitozoon hellem*) and acquired immunodeficiency syndrome. *Arch Pathol Lab Med* 1992;116:660-668.
72. Wicher V, Baughn RE, Fuentealba C, Shaddock JA, Abbruscato F, Wicher K. Enteric infection with an obligate intracellular parasite, *Encephalitozoon cuniculi*, in an experimental model. *Infect Immun* 1991;59:2225-2231.
73. Garcia SL. Minireview Laboratory Identification of the Microsporidia *J Clinical Microbiol* 2002;40(6):1892-1901
74. Reddy AK, Balne PK, Gaje K, Garg P. PCR for the diagnosis and species identification of microsporidia in patients with keratitis. *ClinMicrobiol Infect* 2011;17:476-478.
75. <http://emedicine.medscape.com/article/221631-overview>

# คานไม้อัดกาว สำหรับงานโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทย

## The Glulam Beam for Long Span Timber Structures in Thailand

พีร์นิธิ อักษร<sup>1</sup>Preenithi Aksorn<sup>1</sup>

Received: 24 November 2015; Accepted: 24 March 2016

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ช่วงยาว โดยการนำคานไม้อัดกาวมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากโครงสร้างช่วงยาวมีพื้นที่ให้ใช้งานมากกว่าช่วงสั้น ประกอบกับโครงสร้างไม้ยังได้รับความนิยมในงานออกแบบหลายประเภท ถึงแม้ไม้จะเริ่มหายากขึ้นก็ตาม บทความนี้จะนำเสนอถึงหลักการทั่วไปของโครงสร้างไม้ช่วงยาว และศึกษาถึงรูปแบบการนำไม้อัดกาวมาใช้กับงานโครงสร้างช่วงยาว โดยจะเสนอรูปแบบและตัวอย่างสำหรับงานก่อสร้างที่มีอยู่จริงประกอบวัสดุประสงค์ของบทความนี้เพื่อให้เข้าใจหลักการการออกแบบโครงสร้างไม้อัดกาว ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างช่วงยาวได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางสำหรับงานออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทยได้อีกด้วย

### Abstract

This study presents a design and construction concept for long span timber structures. The application of glulam timber is also introduced. The advantage of a long span is increased work area. The timber structure could also be applied for many other purposes. However, the lack of large sized material is still a big problem for long span construction. This study presents the general concept of long span timber and the application of the glulam idea. Case studies are also introduced in this study. This study can be used as a guideline for designing and constructing long span timber structures in Thailand.

### บทนำ

การออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างด้วยวัสดุที่ทำจากไม้ เป็นที่รู้จักและนิยมมาตั้งแต่ก่อนที่จะมีโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างเหล็ก เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ แต่เนื่องจากไม้เริ่มหายากขึ้น ประกอบกับขนาดไม้ที่มีอยู่มีขนาดเล็กกว่าแต่ก่อน ทำให้โครงสร้างไม้ในปัจจุบันสามารถออกแบบได้อย่างจำกัด โดยสามารถใช้งานได้ในงานออกแบบและก่อสร้างช่วงความยาวที่ไม่มากนัก บทความนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างไม้ที่มีความกว้างของช่วงโครงสร้างมากกว่าปกติที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยจะนำเสนอหลักการและรูปแบบที่ใช้ออกแบบโครงสร้างไม้ช่วงยาว (Timber long span structure) โดยการประยุกต์ใช้ไม้อัดกาว (Glulam) เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างไม้ช่วง

ยาว ที่เริ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยเสนอรูปแบบโครงสร้างไม้ในส่วนอื่น ที่มักจะพบได้ทั่วไปด้วย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างจริงสำหรับประเทศไทยได้

### ประเภทของโครงสร้างไม้ช่วงยาว (Type of Timber Long Span Structure)

ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาไม้โดยทั่วไปประกอบไปด้วย เสา อดะเซ ชื่อ ดั้ง ออกไก่ จันทัน และแป โดยแปจะรองรับวัสดุมุงแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่จันทัน ส่วนจันทันก็จะถ่ายน้ำหนักไปยังออกไก่ อดะเซ ดั้งและชื่อ ตามลำดับ ในบางกรณีถ้าช่วงเสามีระยะห่างที่มากเกินไปจนกว่าจะใช้ระบบทั่วไปที่กล่าวมาเนื่องจากขนาดหน้าตัดไม้มีไม่ใหญ่พอ จำเป็นต้องใช้

อาจารย์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Lecturer, Faculty of Architecture, Khon Kaen University

Correspondence to: Preenithi Aksorn, Faculty of Architecture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002.

Email: preenithi@kku.ac.th, preenithiaks@gmail.com

วิธีการอื่นเพื่อให้การออกแบบโครงสร้างได้ระยะที่มากขึ้น หลักการออกแบบและวิธีการที่นิยมใช้มีด้วยกันหลายวิธี ดังนี้คือ

**1. ระบบโครงข้อหมุน (Truss System)**

โครงข้อหมุน ประกอบด้วย โครงสร้างด้านบน (Top Member) โครงสร้างด้านล่าง (Bottom Member) และ โครงสร้างส่วนค้ำยัน (Diagonal Member) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่วางในแนวตั้งหรือแนวเอียง เมื่อมีน้ำหนักมากระทำในแนวตั้ง (Vertical Load) แรงภายในที่เกิดขึ้นจะมีทั้งแรงดึง (Tension Force) และแรงอัด (Compression Force) โดยชิ้นส่วนด้านบนจะเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงอัดและส่วนชิ้นส่วนด้านล่างจะเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงดึงเป็นหลัก ดังแสดงใน (Figure 1)

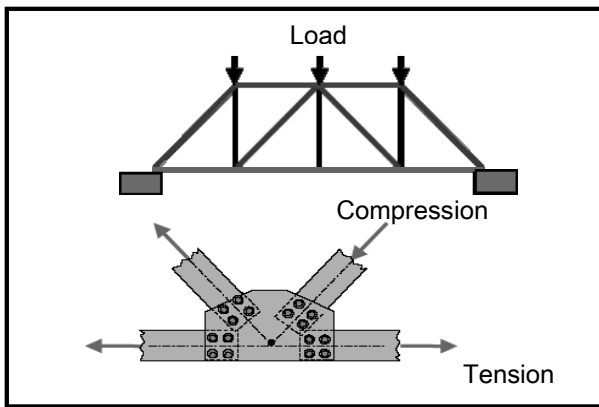


Figure 1 External and internal force member. <sup>4</sup>

การประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงข้อหมุน ควรจะวางให้แนวศูนย์กลางของชิ้นส่วนตรงกัน เพื่อให้เส้นแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงกันที่จุดๆ เดียว จะได้ไม่มีแรงเอียงศูนย์ (Eccentric Load) เกิดขึ้น เนื่องจากจะทำให้ชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าปกติ เพื่อให้สามารถรับแรงเอียงศูนย์ที่เพิ่มขึ้นได้ ส่วนลักษณะและรูปแบบโครงข้อหมุนช่วงยาวที่นิยมใช้กันมีด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งมีทั้งแบบโครงข้อแข็งสามเหลี่ยมทั่วไป โครงข้อหมุนแบบโค้ง ไปจนถึงโครงข้อหมุนที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น <sup>2, 3</sup> ดังแสดงใน (Figure 2)

วัตถุประสงค์หลักของโครงสร้างช่วงยาวแบบโครงข้อหมุนก็เพื่อต้องการพื้นที่ใช้งานที่กว้างขึ้นโดยไม่มีเสากลางมากีดขวาง ตัวอย่างที่เป็นที่นิยมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลายได้แก่ โครงหลังคาโรงงาน หอประชุม ที่พักอาศัยที่ต้องการพื้นที่ใช้งานกว้างๆ หรือ ลานจอดรถ เป็นต้น ดังแสดงใน (Figure 3) ส่วนรูปแบบการเชื่อมต่อของโครงข้อหมุนที่เป็นโครงสร้างไม้ช่วงยาว มีรูปแบบการออกแบบหลายวิธีด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การยึดด้วยตะปู แผ่นเหล็ก แหวนเหล็ก นอตหรือการบากทับแล้วประกบกันก็เป็นที่ยอมรับอย่างมาก ดังแสดงใน (Figure 4, 5)

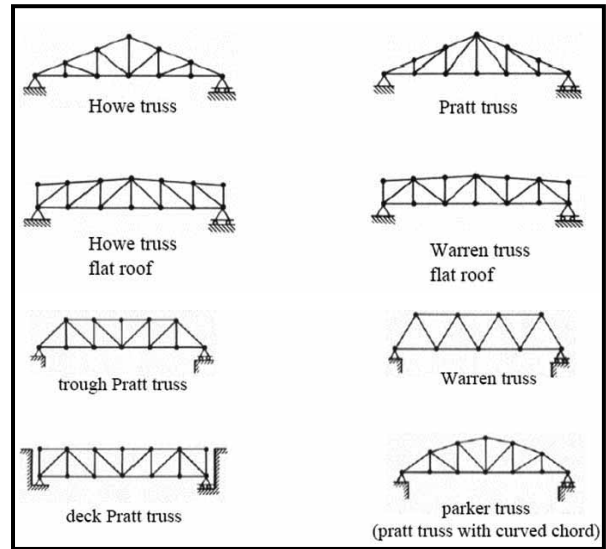


Figure 2 Structural system for truss. <sup>3</sup>



Figure 3 Samples of structural system. <sup>7</sup>

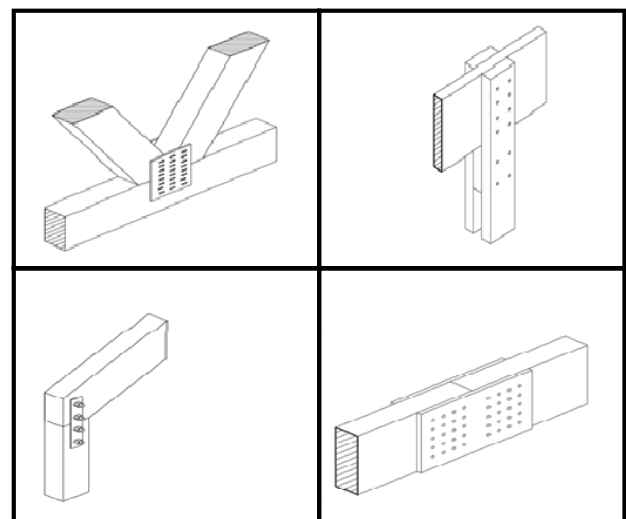


Figure 4 Connection type. <sup>5</sup>

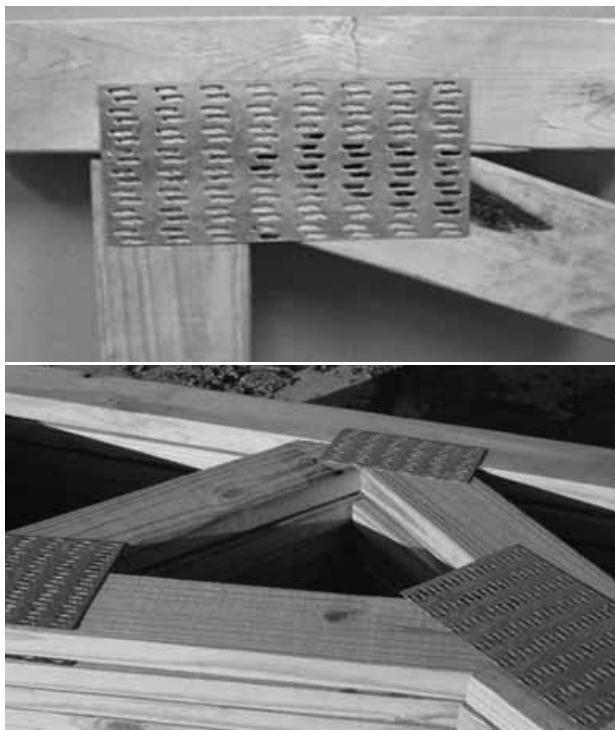


Figure 5 Samples of timber connection. <sup>5</sup>

2. ระบบคานไม้อัดกาว (Glulam Beam System)

ระบบคานไม้อัดกาว (Glued Laminated Timber Beam System, Glulam Beam System) ได้จากการนำไม้แผ่นขนาดเล็กหลายๆชิ้น มาประกอบยึดติดกันด้วยกาว ซึ่งสังเคราะห์มาจากสารเคมีประเภท กาวเรซอซินอล ฟอรัมัลดีไฮด์ ฟีนอล ยูเรีย เมลามีน และอื่นๆ จนทำให้ไม้แต่ละชั้นยึดติดกันจนแน่น ดังแสดงใน (Figure 6) <sup>1</sup> มีพฤติกรรมต่อการรับแรงกระทำร่วมกัน เหมือนกับเป็นวัสดุชิ้นเดียว (Homogenous Material) การออกแบบจะใช้หลักการของคานประกอบ (Composite Beam) โดยจะนำไม้แผ่นตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป มาจัดเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ ในแนวราบ แล้วยึดติดกันด้วยกาวจนแน่น ไม้ที่มีกำลังสูงจะถูกจัดให้อยู่ในส่วนบนและล่างของหน้าตัดคาน เพื่อรับหน่วยแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าสูง ส่วนไม้ที่มีกำลังต่ำจัดให้อยู่ส่วนกลาง เพื่อรับหน่วยแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าต่ำ เมื่อคานไม้อัดกาวรับแรงดัดเพิ่มขึ้น ไม้แต่ละส่วนจะเกิดหน่วยแรงได้เท่ากับกำลังสูงสุดของไม้ หน่วยแรงดัดและแรงเฉือนแสดงใน (Figure 7)

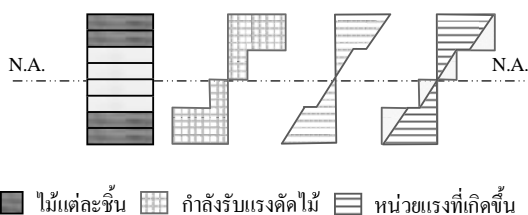


Figure 6 Stress of glulam timber under bending force. <sup>1</sup>

หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวในคานประกอบ (Strain and Stress for Composite Beam)

คานประกอบเป็นคานที่วัสดุถูกยึดติดเข้าด้วยกัน เพื่อให้โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักมากขึ้น หรือกรณีที่ต้องใช้คานที่มีช่วงยาวมากขึ้น มีพฤติกรรมเหมือนกับเป็นคานซึ่งทำจากวัสดุชิ้นเดียว เมื่อคานประกอบรับแรงดัด วัสดุแต่ละชนิดจะยึดหดตัวไปด้วยกัน แต่การกระจายของหน่วยแรงจะไม่เหมือนกับคานที่เป็นวัสดุชิ้นเดียว เพราะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นไม่เท่ากัน หน่วยแรงที่รอยต่อระหว่างวัสดุ ดังแสดงใน (Figure 7) โดยสามารถคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นได้ดังสมการที่แสดงข้างล่าง คานที่ถูกแปลงแล้วจะมีรูปร่างหน้าตัดที่เปลี่ยนไปจากเดิม ดังแสดงใน (Figure 8)

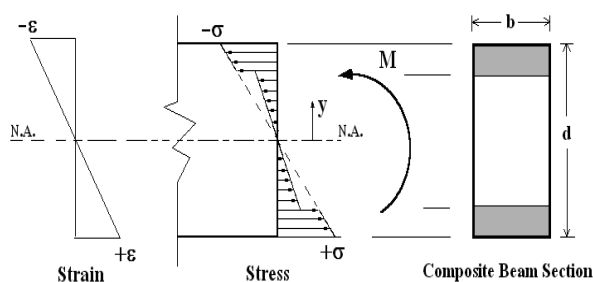


Figure 7 Strain and stress diagram for composite beam. <sup>8</sup>

1) อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modular ratio) การหาโมดูลัสความยืดหยุ่นในคานประกอบ สามารถหาได้โดยใช้ (สมการที่ 1)

$$n_2 = E_2/E_1, n_3 = E_3/E_1, \dots, n_n = E_n/E_1 \quad (1)$$

โดยที่  $n_2, n_3, n_n$  = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

$E_1$  = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้อ้างอิง

$E_2, E_3, \dots, E_n$  = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

2) ความกว้างหน้าตัดแปลง

การหาความกว้างหน้าตัดแปลง สามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 2

$$b_2 = n_2 \cdot b, b_3 = n_3 \cdot b, \dots, b_n = n_n \cdot b \quad (2)$$

โดยที่  $b$  = ความกว้างหน้าตัดของวัสดุที่ใช้อ้างอิง การแปลง

$b_2, b_3, \dots, b_n$  = ความกว้างหน้าตัดแปลง ของวัสดุแต่ละชนิด

$n_2, n_3, \dots, n_n$  = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด



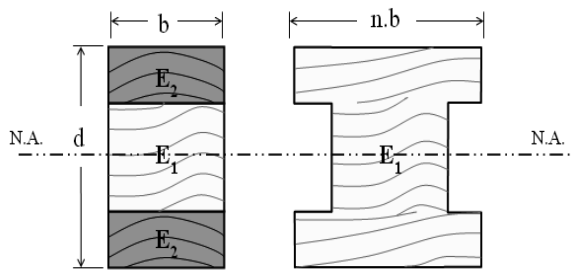


Figure 8 Transform section of composite beam. 8

3) หน่วยแรงและการยึดหดตัวของคานหน้าตัดแปลง เมื่อคานประกอบถูกแปลงหน้าตัด จะทำให้การกระจายของ หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวมีลักษณะเป็นเส้นตรงเส้น เดียว สามารถใช้สมการการตัดและกฎของฮุก วิเคราะห์หา หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวที่จุดต่างๆบนคานได้ ทั้งนี้ ค่าแฟกเตอร์ที่คูณกับความกว้างหน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิด จะทำให้รูปปร่างหน้าตัดของคานเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงใน (Figure 9) จึงต้องคำนวณโมเมนต์เฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดแปลงด้วย

3.1) หน่วยแรงตัดของหน้าตัดแปลง

การหาหน่วยแรงตัดที่เกิดขึ้นสามารถหา ได้ โดยใช้สมการที่ 3

$$\text{สมการแรงตัด } \sigma = \frac{My}{I} \quad (3)$$

โดยที่  $\sigma$  = หน่วยแรง ณ จุดที่พิจารณา บนหน้าตัดแปลง  
 $M$  = โมเมนต์ดัดบนหน้าตัดแปลง  
 $y$  = ระยะจากแกนสะเทินของหน้าตัดแปลงไป ยังจุดที่พิจารณา

$I$  = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัดแปลง

$$= I_1 + I_2 + A_2 \cdot r_2^2 + \dots + I_n + A_n \cdot r_n^2 \quad (4)$$

$I_1, I_2, \dots, I_n$  = โมเมนต์เฉื่อยหน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิด  
 $A_2, A_3, \dots, A_n$  = พื้นที่หน้าตัดแปลงของวัสดุแต่ละชนิด  
 $r_2, r_3, \dots, r_n$  = ระยะจากจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้า ตัดของวัสดุแต่ละชนิดถึงแกนสะเทินของพื้นที่หน้าตัดแปลง

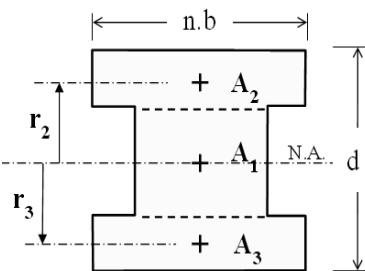


Figure 9 Moment of inertia for composite beam. 8

3.2) หน่วยการยึดหดตัวของหน้าตัดแปลง

สมการตามกฎของฮุก  $\epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (5)$

โดยที่  $\epsilon$  = หน่วยการยึดหดตัว  
 $\sigma$  = หน่วยแรงตั้งฉาก  
 $E$  = ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ

3) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ

ค่าหน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวในคานหน้า ตัดแปลงสามารถคำนวณได้ โดยใช้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น แต่ค่าหน่วยแรงที่ได้จะไม่ใช่ว่าที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ เพราะเป็นค่าที่ได้จากการเทียบโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละ ชนิดให้เสมือนกับเป็นวัสดุเดียว

เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริง จึงต้อง ทำการปรับค่าหน่วยแรงกลับคืน โดยใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัส ยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด ไปคูณกับค่าหน่วยแรงในคานหน้า ตัดแปลง ที่คำนวณได้ตั้งแต่แรก จึงจะได้ค่าหน่วยแรงที่เกิด ขึ้นจริงในคานประกอบ ดัง (สมการที่ 6) และ (Figure 10)

$$\sigma'_2 = n_2 \cdot \sigma_2, \quad \sigma'_3 = n_3 \cdot \sigma_3, \quad \dots, \quad \sigma'_n = n_n \cdot \sigma_n \quad (6)$$

โดยที่  $\sigma'_2, \sigma'_3, \dots, \sigma'_n$  = หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ  
 $\sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_n$  = หน่วยแรงในคานหน้าตัดแปลง  
 $n_2, n_3, \dots, n_n$  = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ แต่ละชนิด

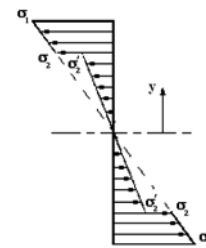


Figure 10 Stress for composite beam. 8

4) หน่วยแรงเฉือนในแนวราบของคานประกอบ สำหรับหน่วยแรงเฉือนในแนวราบที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับหน้า ตัดคานโดยทั่วไป คำนวณได้จาก (สมการที่ 7)

$$\text{สมการแรงเฉือนในแนวราบ } \tau = \frac{VQ}{It} \quad (7)$$

โดยที่  $\tau$  = หน่วยแรงเฉือนในแนวราบ ณ จุดที่พิจารณา  
 $V$  = แรงเฉือนบนหน้าตัดคาน ณ จุดที่พิจารณา  
 $Q$  = โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด ส่วนที่อยู่เหนือจุดที่ พิจารณา

$I$  = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัด รอบแกนสะเทิน

t = ความกว้างของรอยตัด ณ จุดที่พิจารณา

5) หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน

กำลังรับแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้ คำนวณได้ตาม

(สมการที่ 8) ดังนี้

$$\sigma_{PL} = \frac{P_{PL}}{A} \tag{8}$$

โดยที่  $\sigma_{PL}$  = กำลังรับแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้

$P_{PL}$  = แรงอัดที่จุดพิกัดเส้นตรง

A = พื้นที่หน้าตัดที่ต้านแรงอัด

6) หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน

แรงดึงขนานเสี้ยนของไม้ คำนวณได้ตาม

(สมการที่ 9) ดังนี้

$$\sigma_t = \frac{T_{max}}{A} \tag{9}$$

โดยที่  $\sigma_t$  = หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยนของไม้

T = แรงดึงสูงสุด

A = พื้นที่หน้าตัดวิกฤติของชิ้นทดสอบ

จากสมการหลายๆ สมการข้างบน ทำให้สามารถคำนวณหาหน่วยแรงตัด หน่วยแรงอัด และหน่วยแรงเฉือนได้ ซึ่งค่าที่คำนวณได้เหล่านี้จะต้องนำมาตรวจสอบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ สำหรับประเทศไทยหน่วยแรงที่ยอมให้ ใช้ตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์<sup>11</sup> ถ้าค่าที่คำนวณได้มีน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ ก็แสดงว่าหน้าตัดคานประกอบนั้นสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

**คุณสมบัติของไม้ในประเทศไทย (Timber Property in Thailand)**

สำหรับประเทศไทย การออกแบบโครงสร้างไม้ กรณีที่มีช่วงเสายาวมากกว่าปกติทั่วไป การออกแบบหน้าตัดคานประกอบ หรือออกแบบโครงข้อแข็งไม้ จำเป็นต้องใช้ไม้ที่มีอยู่ในประเทศ สำหรับไทยไม้ที่มีอยู่สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื้อแข็ง การออกแบบจะใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้เนื้อแข็งเทียบกับไม้เนื้ออ่อน เป็นแนวทางในการออกแบบหน้าตัดไม้ ดัง (Table 1) ซึ่งวิศวกรสามารถนำค่าเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและใช้งานได้จริงได้ ส่วนการตรวจสอบหน่วยแรงที่ยอมให้สามารถเปรียบเทียบค่าการออกแบบกับค่าที่ยอมให้เพื่อความปลอดภัยได้โดยใช้ไม่เกินค่ามาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่ง

ประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ดังแสดงใน (Table 2)

**Table 1** Modulus of elasticity ratio in different wood types of Thailand.<sup>11</sup>

Wood Type	Modulus of Elasticity	Modulus of Elasticity ratio compare with soft wood
Soft wood	100,000 ksc	100,000 / 100,000 = 1.00
Medium soft wood	120,000 ksc	120,000 / 100,000 = 1.20
Hard wood	140,000 ksc	140,000 / 100,000 = 1.40

**Table 2** Allowable stress of E.I.T. standard.<sup>11</sup>

Wood Type	Flexural and Tensile stress (ksc.)	Compressive Stress (ksc.)		Shear Parallel to Grain (ksc.)
		Parallel to Grain	Perpendicular to Grain	
Very soft wood	60	45	12	6
Soft wood	80	60	16	8
Medium soft wood	100	75	22	10
Hard wood	120	90	30	12
Very hard wood	150	110	40	15

ตัวอย่างไม้แต่ละชนิด ที่มีในประเทศไทย จัดแบ่งตามประเภทเนื้อไม้ มีดังนี้<sup>11</sup>

1. ไม้เนื้ออ่อนมาก ตัวอย่างเช่น กระท่อน จำปาป่า จิกนม ยมหอม ยางขาว สองสลึง เป็นต้น
2. ไม้เนื้ออ่อน ตัวอย่างเช่น กราด กระเจา กะบาก ตะปุ่นขาว พะยอม ยางแดง สัก อินทนิล เป็นต้น
3. ไม้เนื้อแข็งปานกลาง ตัวอย่างเช่น กว้าว ตะเคียนทอง ตะเคียนหมู ตะแบก ตาเสือ นนทรี พลวง มะค่าแต้ เป็นต้น
4. ไม้เนื้อแข็ง ตัวอย่างเช่น กันกรา แดง ตะคร้อ ไซ้ ตะคร้อหนาม เต็ง ประดู่ มะค่าโรง ยมหิน รัง เลียงมัน หลุมพอ สักชีควาย เคี่ยม เป็นต้น
5. ไม้เนื้อแข็งมาก ตัวอย่างเช่น กระพีเขาควาย เขลียง ตีนนก บุนนาค เป็นต้น

สำหรับต่างประเทศ ยกตัวอย่างเช่น ประเทศสวีเดน การผลิตคานไม้อัดกาวจะเน้นในเชิงอุตสาหกรรมมากกว่าการผลิตเพื่อใช้งาน ขั้นตอนและกระบวนการในการผลิตจะเริ่มจาก

การคัดเลือกต้นไม้ที่มีขนาดและอายุตามที่ต้องการ ตัดแล้วส่งเข้าโรงเลื่อยเพื่อเลื่อยให้ได้ขนาดตามมาตรฐานการผลิตหรือตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นจะผ่านกระบวนการอบแห้ง ไล่ไอน้ำ ตัดต่อยึดไม้ตามยาว โดยการเชื่อมต่อน้ำไม้ หรือรอยตำหนิต่างๆ ออกก่อนแล้วจึงตัดแบบซิกแซ็กเพื่อต่อให้ได้ความยาวตามต้องการ หลังจากนั้นจะทากาวด้านข้าง เพื่อประกบไม้ชั้นอื่นๆ แล้วอัดด้วยความดัน เพื่อยึดไม้เข้าด้วยกันให้ได้ขนาดหน้าตัดตามที่ต้องการ ก่อนที่จะไสแต่งให้เรียบร้อยก่อนบรรจุหีบห่อพร้อมจัดส่งต่อไป ดังแสดงใน (Figure 11, 12)

ปัจจุบันการใช้ไม้อัดกวางกำลังนิยมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะสิ่งก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม ศิลปกรรม ที่ต้องการแสดงผิวที่สวยงามของไม้ เช่น บ้านพักอาศัย สนามกีฬา สะพาน ศูนย์แสดงผลิตภัณฑ์ หอประชุม หรือแม้แต่โรงงาน ดังแสดงใน (Figure 13-15)

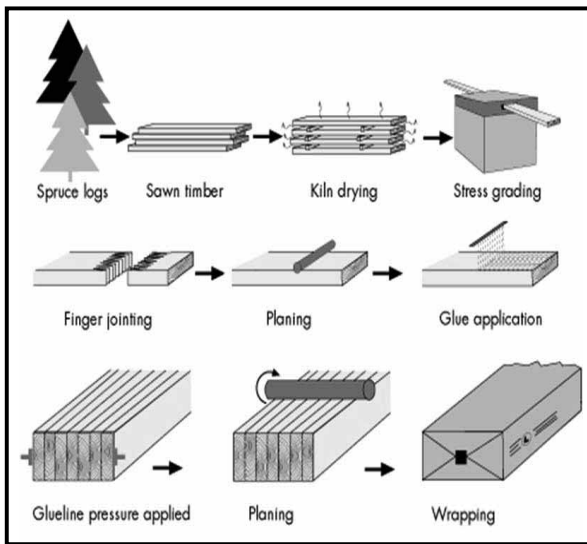


Figure 11 The production process of glulam. <sup>11</sup>



Figure 12 Samples of glulam from factory. <sup>10</sup>

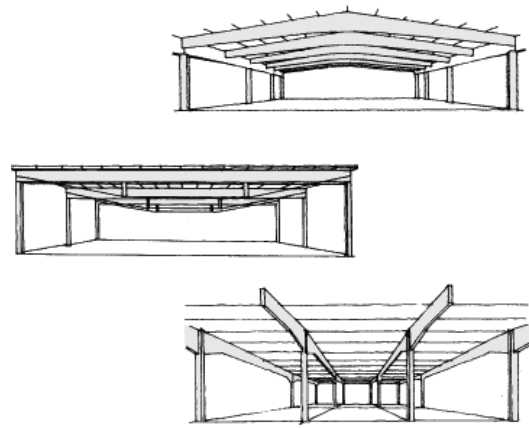


Figure 13 Rigid frame of glulam. <sup>8</sup>

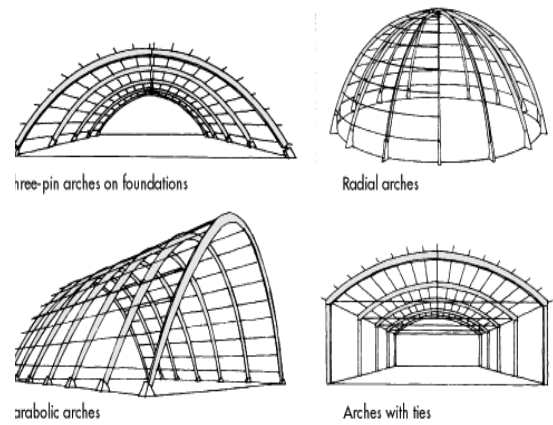


Figure 14 Curvature structure of glulam. <sup>8</sup>



Figure 15 Samples of glulam building. <sup>10</sup>

**3. ระบบโครงสร้างผสม (Composite Structure)**

ระบบนี้เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการผสมโครงสร้างตั้งแต่ 2 ชนิดหรือรูปแบบ เป็นต้นไป มาผสมกัน เพื่อให้เกิดความหลากหลายและสวยงามในการออกแบบ หรือเพื่อเป็นการใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การใช้เส้นลวดเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงเนื่องจากรับแรงดึงได้ดี หรือใช้เหล็กเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงและแรงอัด ตัวอย่างเช่น โครงไม้อัดกาวผสมโครงเหล็ก โครงข้อหมุนผสมโครงเหล็กและลวด โครงไม้อัดกาวของสนามกีฬาที่ใช้ลวดรับแรงดึง เป็นต้น ดังแสดงใน (Figure 16)

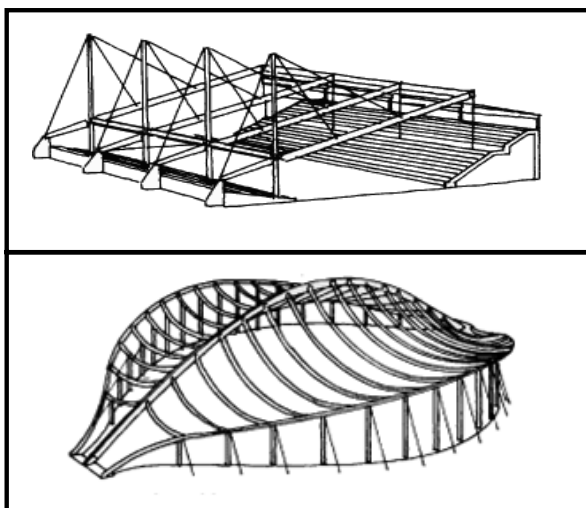


Figure 16 Composite structure of glulam. <sup>8</sup>

**กรณีศึกษาที่ 1: วัดพุทธาราม เจลิมพระเกียรติ ประเทศสวีเดน (Buddharama Temple, Fredrika, Sweden)**

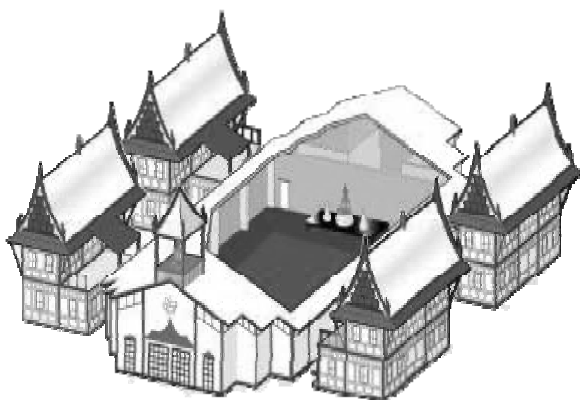


Figure 17 Buddharama Temple, Fredrika, Sweden. <sup>6</sup>

วัดพุทธารามเป็นวัดแห่งแรกในสวีเดน และในสแกนดิเนเวีย ได้รับการพัฒนาาร่วมกันและดูแลโดย สมาคมชาวพุทธไทยในสวีเดน ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ มหาเถรสมาคม สถานเอกอัครราชทูตไทยในสวีเดน การบินไทย และการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยเป็นอย่างดี วัดพุทธารามตั้งอยู่นอกเมือง Fredrika ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน ที่ตั้งวัดอยู่บนเนินเขาที่เขียวสงบ โดยมีทะเลสาบและภูเขาอยู่โดยรอบ ศาลาหลักของวัดเป็นสถาปัตยกรรมแบบไทยผสมกับอาคารหลักแบบสวีเดน มีขนาด 24x60 เมตร โครงสร้างศาลาหลักเป็นโครงสร้างคานไม้อัดกาวช่วงยาว เป็นออกแบบโครงข้อแข็ง สามารถรับแรงได้ทั้งแนวตั้ง แนวราบ และแนวการตัด ได้อย่างปลอดภัย โดยไม่มีเสากลางภายใน ซึ่งการที่ไม่มีเสากลางนั้นมีข้อดีคือ ไม่มีเสาที่ขวางพื้นที่ภายใน ทำให้ได้พื้นที่ในอาคารเพิ่มขึ้น มีที่โล่งที่กว้างขวางขึ้น ทำให้ผู้คนได้มากขึ้น ซึ่งภายในอาคารนี้มีห้องโถงจุคนได้ถึง 800 คน โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง สะดวกในการประกอบพิธีกรรมต่างๆ หรือใช้ในงานพิธีการสำคัญๆ หรือการจัดงานในวันสำคัญทางพระพุทธศาสนา เช่น วันวิสาขบูชา วันเข้าพรรษา ตลอดจนงานทอดกฐิน ผ้าป่า งานสงกรานต์ งานวันแม่ งานวันเฉลิมพระชนมพรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เป็นต้น ศาลาหลักของวัดเป็นอาคารไม้ช่วงยาวที่ออกแบบมาเพื่อให้รู้สึกถึงความสงบ ความร่มเย็น ใกล้เคียงธรรมชาติ โดยมีภูมิพระสงฆ์ โดยรอบ 4 หลัง แต่ละหลังมี 2 ชั้น ชั้นละ 4 ห้อง ซึ่งสามารถรองรับพระสงฆ์ได้ประมาณ 8-9 รูป และผู้ปฏิบัติธรรมได้จำนวนหนึ่ง ดังแสดงใน (Figure 17) ชาวไทย ชาวสวีเดน และประเทศอื่นที่นับถือพระพุทธศาสนา รวมทั้งนักเรียน นักศึกษา ประชาชนพากันเดินทางมาศึกษาพระพุทธศาสนา ปฏิบัติธรรม มาร่วมทำกิจกรรมที่วัดนี้อย่างไม่ขาดสาย

ข้อที่ควรระวังในการออกแบบโครงสร้างช่วงยาวตามกรณีศึกษานี้คือ การออกแบบและก่อสร้างรอยต่อต่างๆ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความชำนาญทั้งด้านการออกแบบและมีประสบการณ์การก่อสร้างจริงมาก่อน เพราะรอยต่อของโครงข้อแข็งจำเป็นต้องออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการการรับแรง เพื่อให้สามารถรับแรงได้ตามหลักการ และสามารถก่อสร้างได้จริง ขณะก่อสร้างจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยควบคุมและตรวจสอบ ให้รอยต่อของโครงสร้าง มีพฤติกรรมตามที่ได้ออกแบบไว้ และสามารถใช้งานได้อย่างจริง

## กรณีศึกษาที่ 2: บ้านไม้หน้าจั่ว ที่จังหวัด นครราชสีมา



Figure 18 Timber home in Nakorn Ratchasima, Thailand. <sup>9</sup>

บ้านไม้ชั้นเดียวหน้าจั่ว เป็นบ้านชั้นเดียวติดพื้น ไม้เป็นโครงสร้างหลักในการรับแรง จุดเด่นของบ้านอยู่ที่ หน้าจั่วไม้ช่วงยาวด้านหน้า ที่ไม่มีเสากลาง โครงสร้างไม้ใช้ไม้ เนื้อแข็งปานกลางเคลือบด้วยน้ำยา โดยออกแบบให้เป็นโครง ข้อแข็ง เพื่อให้สามารถรับแรงได้ทั้งแนวตั้ง แนวราบ และแนว การตัด ได้อย่างปลอดภัย หลังคาถูกออกแบบให้มีความชัน พอดีกับสัดส่วนของตัวบ้าน วัสดุผนังไม้เกือบทั้งหมด หลัง ข้อดีอีกอย่างของโครงสร้างแบบนี้คือมีพื้นที่ใช้งานที่มากขึ้น โดยไม่มีเสากลางขวาง พื้นที่ภายในโปร่ง โล่ง ให้ความรู้สึกปลอด โปร่งโล่งสบาย ตัวบ้านตกแต่งอย่างสวยงามตามแนวธรรมชาติ เพื่อให้เข้ากับโครงสร้างหลักที่เป็นไม้ เหมาะแก่การพักผ่อน หรือใช้รับแขก ในจำนวนที่ไม่มากนัก ซึ่งเข้ากับบรรยากาศของ แหล่งพักผ่อนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาอีกด้วย

### บทสรุปและวิจารณ์

โครงสร้างไม้ช่วงยาวมีด้วยกันหลายลักษณะและหลายรูปแบบ ได้แก่ ระบบโครงข้อหมุน (Truss System) โครงไม้อัดกาว (Glulam Beam) และโครงสร้างผสม (Composite Structure) ดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งแต่ละรูปแบบก็จะมีลักษณะเด่นในการ ใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หลักของ การใช้งานและการออกแบบ และเนื่องจากเทคโนโลยีปัจจุบัน มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีรูปแบบโครงสร้างไม้ช่วง ยาว เพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีตมากมายหลายรูปแบบ โดยเฉพาะ ไม้อัดกาวซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง สามารถ ประกอบยาวได้มากกว่า 100 เมตร และความลึกสามารถ ประกอบได้มากกว่า 2 เมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของแบบ เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ นอกจากนี้ไม้อัดกาวยังสามารถ ตัดให้โค้งงอเข้ารูปตามแบบที่กำหนด ถึงแม้จะมีรัศมีที่แคบ

ก็ตาม การนำโครงสร้างไม้อัดกาวมาใช้ในงานอาคารช่วงยาว สำหรับประเทศไทยยังมีไม่กว้างขวางนัก เนื่องจากโครงสร้าง ไม้ส่วนใหญ่มักนำมาก่อสร้างที่พักอาศัยทั่วไปซึ่งมีช่วงไม่มาก นัก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ ความนิยมในการนำไม้มาใช้ สำหรับโครงสร้างที่มีช่วงเสามากกว่าที่พักอาศัยทั่วไปมีมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องศึกษาถึงการออกแบบหน้าตัดคานไม้ ประกอบ หรือคานไม้อัดกาว ซึ่งบทความนี้ได้เรียบเรียงการ คำนวณหาค่าหน่วยแรงดัด หน่วยแรงเฉือน และหน่วยการหด ตัว จริงที่เกิดขึ้นเอาไว้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ตรวจสอบกับ ค่าที่ยอมรับได้ตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถาน แห่ง ประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อความปลอดภัยสำหรับ การออกแบบและใช้งานจริง

### เอกสารอ้างอิง

1. กองเกียรติ ศรีวิงสุ. การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของหน้า ตัดไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งที่ประกอบเป็นคานไม้อัด กาว (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2549.
2. ต่อพงษ์ ยมนาค. วัสดุและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
3. สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร. การออกแบบ โครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539.
4. Abdy Kermani. Structural timber design. Edinburgh: Blackwell Science; 1999.
5. Forest & Wood Products Australia. [cited 20 Novem- ber 2015]. from: <https://www.woodsolutions.com.au>.
6. Fredrika Buddharama Temple. [cited 19 November 2015]. from: <http://www.fredrika tempel.se>.
7. Glulam-structures. [cited 19 November 2015]. from: <http://glulam-structures.com>.
8. Holger Gross. Nordic glulam handbook. Stockholm: The Nordic Industrial Fund and the national R&D Organizations; 2001.
9. Home dd4u. [cite 19 November 2015]. from: [http:// www.homedd4u.com](http://www.homedd4u.com).
10. Nils Olsson. Timber arches structure. Osterund: Tekn lic; 2001.
11. The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage (E.I.T.). E.I.T. Standard 1002-16. Bangkok: The Engineering Institute of Thailand; 2517.

## 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) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาผลงานในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลง 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 ผู้ส่งงานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างใดอย่างหนึ่ง 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 ไม่ใช่คำย่อ 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 สิ่งที่มาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปรผล

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

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาดตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบด้วยสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

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

**กิตติกรรมประกาศ (Adcknowledgements)** 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. Ln 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. นักบริหาร 2547;24(2): 31-6

ข. วารสารเรียงหน้าต่อเนื่องกันตลอดปี

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

พิจารณ์ เจริญศรี. การปรับความพร้อมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารก่อนร่นเข้าสู่โลกกาวิวัฒน์ครั้งใหม่. นักบริหาร 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 infromatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Procedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switqerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.

พิทักษ์ พุทธวรชัย, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้นการสูกของพริก. 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. ดั้งที่มพัฒนาข้อสอบระดับชาติมันใจคุณภาพ. 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. List the information in 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

ท่านสามารถส่งจ่ายธนาคณัติหรือตัวแลกเงิน สั่งจ่าย ปณ.ทำxonยาง ในนาม:

นางฉวีวรรณ อังครระเศษฐัง กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 00033



## 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 00033

## บทบรรณาธิการ

ท่ามกลางการเปลี่ยนแปลงของโลกด้านสังคม เศรษฐกิจ การเมือง ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิต ความเป็นอยู่ของพลเมืองโลก โดยรวมนั้น จากการจับกระแสโลกพบว่า นโยบายลดโลกร้อนที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลกที่เกิดขึ้น จากสาเหตุของมลพิษที่พลเมืองโลกได้สร้างขึ้น ยังเป็นนโยบายที่คงไว้เดิมและมีมาตรการเข้มข้นขึ้นตามลำดับ เพื่อความยั่งยืนของโลกใบนี้ที่ต้องหมุนตัวรอบตนเองและรอบดวงอาทิตย์วันแล้ววันเล่า ท่ามกลางมลพิษทั้งหลายทั้งปวงที่มนุษย์ได้สร้างขึ้นมาปกคลุม ทั่วมุมโลกใบนี้ไปแล้วปีแล้ว

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ฉบับนี้ มีบทความวิจัยและบทความวิชาการที่น่าสนใจ จำนวน 13 เรื่อง การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระแสโลกด้านภาวะโลกร้อน ที่เกี่ยวข้องโดยตรงมีสองเรื่อง คือ การลดมลพิษที่เป็นสารเบนซีนในสถานประกอบการที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารพิษชนิดนี้ และการวิจัยการปลูกถั่วลิสงด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เรื่องแรกผู้วิจัยได้ค้นพบว่า เปลือกถั่วลิสงที่เป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร มีความสามารถดักจับสารเบนซีนได้ดีกว่าวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในการทดลองเปรียบเทียบ น่าจะเป็นนิมิตรหมายว่า เปลือกถั่วลิสงน่าจะเป็นวัสดุที่สำคัญในระบบการใช้ประโยชน์ในด้านดักจับสารพิษอื่นๆ ได้อีกหลายชนิดและอาจนำไปสู่การผลิตชิ้นส่วนที่มีเปลือกถั่วลิสงเป็นองค์ประกอบหลักเพื่อใช้ในการนี้ในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต การถกเถียงระหว่างการปลูกพืชที่ใช้ปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยอินทรีย์ ยังไม่มีข้อยุติ ด้านการปกป้องรักษาดินให้มีความสมบูรณ์รักษาระบบนิเวศนั้น ปุ๋ยอินทรีย์เป็นสิ่งที่ทุกฝ่ายให้เครดิตมากกว่าปุ๋ยเคมี ด้านผลผลิตนั้นยังมีข้อกังขาขึ้นอยู่กับแต่โดยทั่วไปเชื่อว่าการใช้ปุ๋ยเคมีน่าจะให้ผลผลิตดีกว่า ในบทความวิจัยที่นำเสนอในวารสารฉบับนี้ ที่ศึกษาผลผลิตถั่วลิสงจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น่าจะเป็นข้อค้นพบใหม่หรือข้อเสนอใหม่สู่วงการเกษตรกรรมอีกมุมหนึ่งที่แตกต่างในเชิงชนิดของพืชที่ปลูกเชิงพาณิชย์ ซึ่งนักวิชาการเกษตรน่าจะตื่นตาตื่นใจหรือในทางตรงข้ามอาจตกใจ ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อค้นพบดังกล่าว

นอกจากนี้ยังมีบทความวิจัยและบทความวิชาการอื่นที่ได้นำได้กล่าวถึงแต่มีความน่าสนใจ ที่ผู้เขียนได้นำเสนอ ผลการวิจัยที่ค้นพบความรู้ใหม่ รวมทั้งการนำเสนอแนวคิดใหม่ๆ ในวงการวิชาการ ที่ควรติดตามอ่านทั้งฉบับโดยพลัน

ศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ประเทพา  
บรรณาธิการ

**คำอธิบายภาพปก** : การกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร, การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ

**ภาพปก** : ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์ และคณะ. 2559, 376-381., ชานนท์ ชื่นนรินทร์ และคณะ. 2559, 422-433.

## สารบัญ

### นิพนธ์ต้นฉบับ

การกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 376

#### **Filtration of Contaminated Benzene in Air Using Agricultural Waste**

ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์, วิชาญศาสตร์ อาจโยธา

Patapong Panpiboon, Vitsanusat Atyotha

ความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว

จังหวัดบึงกาฬ

382

#### **Diversity of Ferns and Fern Allies in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Buengkan Province**

วีระยุทธ ข้อนอก, ปิยะพร แสนสุข, อุษา ทองไพโรจน์

Weerayut Khonok, Piyaporn Saensouk, U-sa Thongpairoj

การตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่างสายพันธุ์ต่อปุ๋ยอินทรีย์

393

#### **Physiological Responses and Yield of Peanut Cultivars to Organic Fertilizers**

ปลุกดิน ขยันงาน, สนั่น จอกลอย, นันทวุฒิ จงรังกลาง

Plukdin kayanngan, Sanun Jogloy, Nuntawoot Jongrungklang

ผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันต่อผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์

405

#### **Effect of Shoot Cutting at Different Growth Stages on Fresh Tuber Yield of Three**

#### **Varieties of Jerusalem Artichoke**

บุญธรรม ศรีหาล้า, สุกุลกานต์ สิมลา, สุรศักดิ์ บุญแดง, พัชรี สิริตระกูลศักดิ์

Boontham Srilah, Sakunkan Simla, Surasak Boontang, Phatcharee Siritrakulsak

การพัฒนากระบวนสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา

โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

413

#### **The Development of a Decision Support System to Apply**

#### **for the Undergraduate Program Using Decision Tree Techniques**

อนันต์ ปิณะเต

Anan Pinate

## สารบัญ

- การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ 422  
**Analyzing Color Values of a 3D Model for Color-blind People to Apply  
in a 3D Animated Cartoon**  
ชานนท์ ชื่นนิรันดร์, พงษ์พิพัฒน์ สายทอง, คชาภุษา เหลี่ยมไธสง  
Chanon Chuanniran, Pongpipat Saitong, Kachkrit Liamthaisong
- การจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสม  
ด้วยกระบวนการซ่อมแซม ร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู่ 434  
**Automated Course Timetabling using Hybrid Genetic Algorithms  
with Repair Function and Tabu Search**  
ฉัตรดนัย พย์คณพงษ์, ฉัตรเกล้า เจริญผล  
Chatdanai Payakkapong, Chatklaw Jareonpon
- การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช  
ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ 445  
**Geographic Information Systems for Analysis of a Surveillance Area of Psychiatric  
Patients in Hua Hin District, Prachuap Khiri Khan Province**  
อังคณา จัตตมาต, วุฒันนท์ มัตติทานนท์  
Aungkana Jattamart, Wutjanun Muttitanon
- การเปรียบเทียบผลการดูแลผู้คลอดครรภ์แรกระหว่างการนวดไทย  
แบบราชสำนักและการนวดกันกบต่อการลดความเจ็บปวดและลดเวลา  
ในระยะที่หนึ่งของการคลอด โรงพยาบาลมหาสารคาม 451  
**The Comparative Effect of a Court-type Thai Traditional Massage Care Versus  
a Sacrum Massage Care to Reduce Labor Pain and Duration of Labor among Primigravida  
in The First Stage of Labor at Mahasarakham Hospital**  
ประภมพร มาตย์วิเศษ, ณัฐจาพร พิชัยณรงค์  
Pratomporn Matvises, Natchaporn Pichainarong



## สารบัญ

- ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น 459  
**Parents' Attitudes Toward their Adolescent Child having Friends  
of the Opposite Sex**  
อััจฉรา ชัยชาญ, พร้อมจิตร ห่อนบุญheim, สุภาพร อาญาเมือง, อรัญญา ทองก้อน  
Atchara Chaichan, Promjit Hornboonherm, Supaporn Aryamuang, Aranya Thongkorn
- บทความวิชาการ**  
การติดเชื้อ **Microsporidia** ในคน 467  
**Microsporidia Infection in Humans**  
สมจินตนา ท้วททิพย์  
Somjintana Tourtip
- คานไม้อัดกาว สำหรับงานโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทย 478  
**The Glulam Beam for Long Span Timber Structures in Thailand**  
พีร์นิธิ อักษร  
Preenithi Aksorn

## การกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร Filtration of Contaminated Benzene in Air Using Agricultural Waste

ปฐมพงศ์ พันธุ์พิบูลย์<sup>1</sup>, วิษณุศาสตร์ อาจโยธา<sup>2\*</sup>

Patapong Panpiboon<sup>1</sup>, Vitsanusat Atyotha<sup>2\*</sup>

Received: 10 October 2015; Accepted: 21 March 2016

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้สร้างตัวกรองสารเบนซีนที่ปนเปื้อนในอากาศด้วยวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกถั่วลิสง, แกลบ, ชังข้าวโพด, ชานอ้อย และฟางข้าว โดยบรรจุในพัดลมดูดอากาศที่มีใบพัดและเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกัน 3 แบบจากนั้นตรวจสอบความสามารถในการดูดซับเบนซีนของวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดด้วยเทคนิค ATR-IR พบว่า เปลือกถั่วลิสงมีประสิทธิภาพในการดูดซับเบนซีนสูงสุด (25%) รองลงมาคือแกลบ (20%) ชังข้าวโพด (11%) ชานอ้อย (5.24%) และ ฟางข้าว (4.38%) และอุปกรณ์ที่เหมาะสมสำหรับบรรจุตัวกรองที่ดีที่สุด คือ พัดลมดูดอากาศแบบห้าใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร จากนั้นนำเปลือกถั่วลิสงบรรจุในอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อนำไปเก็บตัวอย่างเบนซีน 3 พื้นที่ ได้แก่ ปั๊มน้ำมัน ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ และ อู่ซ่อมรถยนต์ ในเขตอำเภอเมืองมหาสารคาม พบว่าร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีปริมาณเบนซีนปนเปื้อนสูงสุด คือ  $1.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$  จากงานวิจัยนี้กล่าวได้ว่าวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรสามารถพัฒนาเป็นตัวกรองเบนซีนที่มีประสิทธิภาพที่สามารถพัฒนาต่อยอดไปได้

**คำสำคัญ:** เบนซีน ตัวกรอง การดูดซับ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

### Abstract

The purpose of this research was to invent an air filter that would remove contaminated Benzene from the air using 5 different agricultural wastes: peanut shells, husk, cob, bagasse and chaff. The completed filter was installed in an exhaust fan. The absorbing ability of the filter was monitored using the ATR-IR technique. It was found that the absorbing ability of the filter, arranged in order from the greatest to the least was peanut shells (25%), husk (20%), cob (11%), bagasse (5.24%) and chaff (4.38%). Moreover, the best design for installing the filter was a five-blade blower with a diameter of 20 cm. The filter made from peanut shells and the other developed equipment was set up at 3 different areas including a gas station, motorcycle repair shop and garage in Amphur Meaung, Mahasarakham. It was found that the motorcycle repair shops showed the highest contaminated benzene ( $1.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in the air. Therefore this research indicated that Agriculture Wastes can be utilized for removing benzene in the air.

**Keywords:** Benzene, Filter, Adsorption, Agricultural waste

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

<sup>2</sup> อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Mahasarakham University, Amphur Meaung, Mahasarakham 44000.

<sup>2</sup> Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Amphur Meaung, Khonkaen, 40000.

\* Corresponding author ; Vitsanusat Atyotha, HYPERLINK "mailto:v\_atyotha@hotmail.com" v\_atyotha@hotmail.com

## บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในเมืองเป็นปัญหาที่ขยายวงกว้างไปทั่วทุกแห่ง ไม่ว่าจะเป็นมลพิษ ในอากาศ ในดิน และในน้ำ ฯลฯ สามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมลพิษทางอากาศอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds: VOCs) สาร VOCs โดยเฉพาะเบนซิน เนื่องจากในธรรมชาติ เบนซินเป็นองค์ประกอบของสารปิโตรเลียม จึงทำให้เบนซินมีโอกาสนปนเปื้อนในน้ำมันเบนซินได้ มีข้อมูลว่าในน้ำมันเบนซินมีเบนซินปนเปื้อนอยู่น้อยกว่า 1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร<sup>1</sup> และจากผลการวิจัยการตรวจหาสารมลพิษ เบนซิน โทลูอีน และไซลีน ในไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน ทั้งในกลุ่มรถยนต์เก่าและใหม่<sup>2</sup> พบว่าค่าความเข้มข้นของเบนซิน โทลูอีน และไซลีน จะมากที่สุดที่รถยนต์เก่า คือ มีค่าเท่ากับ 12.11 ส่วนในล้านส่วน จึงเป็นไปได้อย่างมากที่จะพบเบนซินจากไอเสียของเครื่องยนต์ สถานีบริการน้ำมัน ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ และตู้ซ่อมรถยนต์ นอกจากนี้ในบูหรี่หมวนเองและบูหรี่กันกรองมีระดับเบนซินไม่ต่างกัน คือมีค่าเฉลี่ย  $68 \pm 11$  ไมโครกรัมต่อกรัมของบูหรี่หนึ่งหมวน<sup>3</sup> และยังมีรายงานผลการวิจัยจากสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ซึ่งสมเด็จพระเจ้าลูกเธอ เจ้าฟ้าจุฬาภรณวลัยลักษณ์ อัครราชกุมารี ทรงเป็นหนึ่งในคณะผู้วิจัย ระบุว่าคนงานในวัดที่ได้รับควันรูปซึ่งมีสารก่อมะเร็ง อย่างน้อย 3 ชนิด ได้แก่ สารเบนซิน สาร 1,3-บิวทาไดอีน และสารพอลิไซคลิกแอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (PAH) เมื่อทำการตรวจวัดความผิดปกติของดีเอ็นเอ พบว่า ระดับการแตกหักของดีเอ็นเอ และ 8-OHdG ในเม็ดเลือดขาวของคนงานที่ได้รับควันรูปจากการปฏิบัติงานในวัดสูงกว่าคนงานในหน่วยงานที่ไม่มีการจุดรูปประมาณ 2 เท่า นอกจากนี้ความสามารถในการซ่อมแซมความผิดปกติของดีเอ็นเอของคนงานที่ได้รับควันรูปในวัดยังลดลง และยังพบอีกว่าความผิดปกติของดีเอ็นเอ มีความสัมพันธ์กับระดับการได้รับสารเบนซิน สาร 1,3-บิวทาไดอีน และสารพีเอเอชจากควันรูป<sup>4</sup> ทั้งนี้ปริมาณสูงสุดของเบนซินที่กระจายตัวอยู่ในอากาศบริเวณที่ทำงานโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต้องไม่เกิน 1 ส่วนในล้านส่วน<sup>5</sup> และประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 30 (พ.ศ. 2550) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าของสารเบนซินในบรรยากาศ ในเวลา 24 ชั่วโมงนั้น ต้องมีค่าไม่เกิน 7.6 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร<sup>6</sup> ดังนั้นเราจึงสามารถพบเบนซินได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งในและนอกบ้าน ตามระเบียบข้อกำหนดของ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) กำหนดให้พนักงานเติมน้ำมันในสถานี

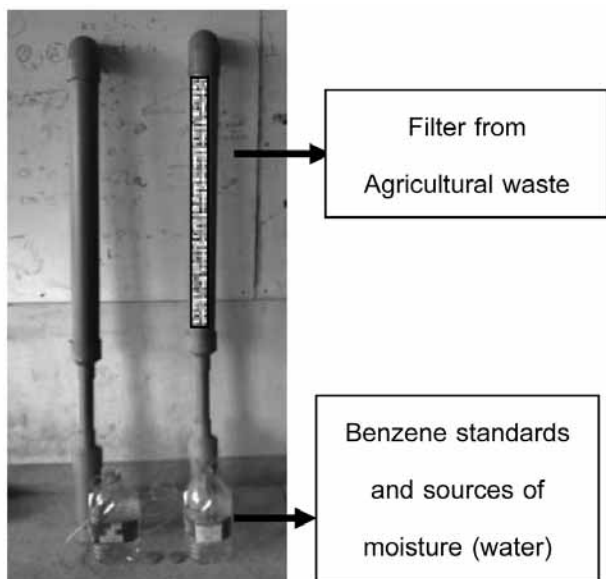
บริการน้ำมัน มีระดับเบนซินได้ไม่เกิน 0.1 ppm การได้รับพิษแบบเรื้อรังเป็นผลเนื่องมาจากมีการได้รับพิษที่ความเข้มข้นต่ำๆ เป็นเวลานาน ถ้าได้รับพิษที่ความเข้มข้น 1,500 ppm ใน 1 ชั่วโมง มีผลทำให้ระบบประสาทผิดปกติ ที่ความเข้มข้น 7,500 ppm ใน 1 ชั่วโมงครึ่งหรือ 20,000 ppm เป็นเวลา 2-3 นาที จะเป็นสาเหตุทำให้เสียชีวิตได้ สาเหตุการเสียชีวิตเชื่อว่าเกิดจากการสูดดมไอระเหยของเบนซิน นอกจากนี้ยังมีรายงานการศึกษา พบว่า ผู้ที่ได้รับสัมผัสเบนซินมีแนวโน้มความผิดปกติในสารพันธุกรรมสูงขึ้น ในขณะที่ความสามารถของการซ่อมแซมความผิดปกติของสารพันธุกรรมลดลง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดมะเร็งได้<sup>7</sup> จากรายงานข้อมูลในปี พ.ศ.2554-2557 ของสำนักงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม พบว่าอำเภอเมืองมีการขยายตัวทั้งด้านสังคม เศรษฐกรรม และอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้มลพิษทางอากาศเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นคณะผู้วิจัย จึงต้องหาวิธีป้องกันอันตรายจากเบนซินในอากาศ จากผลงานวิจัยการบำบัดอากาศที่ปนเปื้อนเบนซินโดยการกรองชีวภาพด้วยตัวกลางกรองเศษวัสดุเกษตรกรรมคือเปลือกถั่วลิสงและแกลบพบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดเบนซินของเปลือกถั่วลิสง คือ 100% ส่วนแกลบ ได้ 61.38% ที่ความเข้มข้น 50 พีพีเอ็ม อัตราการไหลของอากาศเข้าระบบเท่ากับ 0.42 ลิตร/นาที<sup>8</sup> ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงต้องหาวัสดุอุปกรณ์ และตัวกลางที่ใช้ในการดักจับเบนซินที่มีราคาถูกสร้างง่าย และหาได้ในท้องถิ่น เพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นเรียนรู้และเข้าใจได้ง่าย สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้สร้างเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอันตรายที่เกิดจากการปนเปื้อนของสารเบนซินในอากาศสำหรับท้องถิ่นของตัวเองได้

## วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ในงานวิจัยชิ้นนี้ ได้ดำเนินการวิจัย 3 ขั้นตอน ดังนี้

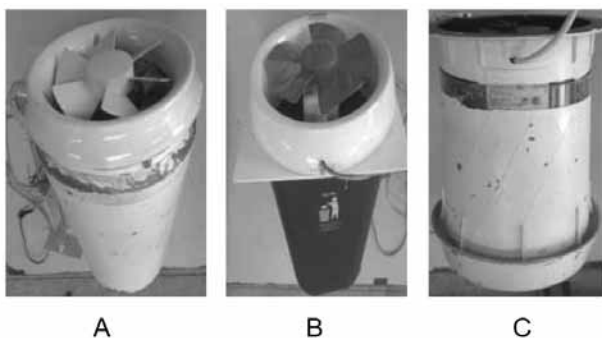
### 1. ขั้นตอนคัดเลือกตัวกรองสารเบนซิน

เตรียมตัวกลางจากเศษวัสดุเกษตรกรรม โดยการบดหรือตัดให้มีขนาด 4 เมช มีอยู่ 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกถั่วลิสง ชานอ้อย แกลบ หรือเปลือกข้าว ฟางข้าว ชังข้าวโพด นำเข้าสู่ระบบกรองที่ออกแบบขึ้น ซึ่งมีเงื่อนไขทดสอบ ดังนี้ คือ 1. สารละลายเบนซินบริสุทธิ์ 99 % ปริมาณ 5 ลิตร 2. แหล่งกำเนิดความชื้น ขนาด 5 ลิตร 3. คอลัมน์กรองชีวภาพ ทำจากท่อพีวีซีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ภายในบรรจุด้วยตัวกลางกรอง (เศษวัสดุทางการเกษตร) สูง 50 เซนติเมตร ดังนั้นจะมีปริมาตรของตัวกลางกรองประมาณ 1 ลิตร ต่อหนึ่งคอลัมน์ 4. ใช้อัตราการไหลอากาศ 0.5 ลิตร/นาที ดัง (Figure 1)



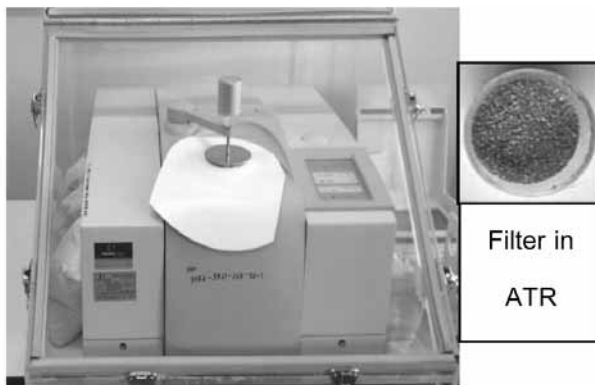
**Figure 1** Filter prepared from agricultural waste for adsorption efficiency investigation

2. ขั้นตอนการสร้างอุปกรณ์การกรองสารเบนซีน  
 สร้างอุปกรณ์ดักจับสารเบนซีนในอากาศ โดย  
 ต้องเป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย มีราคาถูก จึงได้เลือกพัดลมดูด  
 อากาศมา 3 แบบ อุปกรณ์ที่ใช้กรองสารเบนซีน A = แบบที่ 1  
 พัดลมแบบกลมหกใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm, B = แบบ  
 ที่ 2 พัดลมแบบกลมห้าใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm และ  
 = แบบที่ 3 พัดลมแบบกลมเจ็ดใบพัด เส้นผ่านศูนย์กลาง 15  
 cm ดัง (Figure 4)



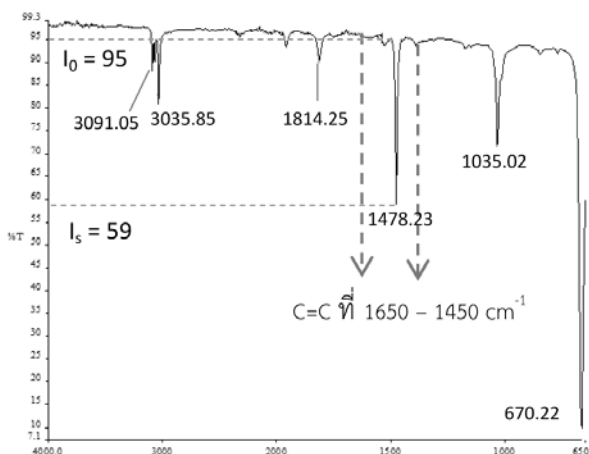
**Figure 4** Benzene filter

นำวัสดุที่ได้จากระบบกรองมาบดให้ละเอียด นำ  
 ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared Spec-  
 trometer (ATR-IR) รุ่น Spectrum 400 Perkin Elmer สามารถ  
 หาปริมาณเบนซีนที่ถูกตัวกรองดูดซับไว้



**Figure 2** ATR-IR for analysis

เมื่อวิเคราะห์ตัวกรองชนิดต่างๆ ที่ดูดซับสารเบนซีน  
 จะได้กราฟของสารตัวอย่าง นำมาเปรียบเทียบกับกราฟของ  
 สารเบนซีนมาตรฐาน ที่ 1650 – 1450 cm<sup>-1</sup> (ฟังก์ชันหลักรูป  
 ของเบนซีน)<sup>10</sup> ดัง (Figure 3)



**Figure 3** ATR-IR spectra of standard benzene

โดยจะสามารถคำนวณหาปริมาณสารเบนซีนที่  
 ตัวกรองชนิดต่างๆ ที่ดูดซับไว้ได้ จากสมการ

$$C_u = C_s \frac{A_u}{A_s} \quad \dots (1)$$

เมื่อ  $A_u$  = ค่าดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง  
 $A_s$  = ค่าดูดกลืนแสงของสารมาตรฐาน  
 $C_u$  = ค่าความเข้มข้นของสารตัวอย่าง  
 $C_s$  = ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐาน

และเมื่อ Absorbance  $A = \log \frac{I_o}{I_s} = \log \frac{P_o}{P_s}$

$I_o$  = ตัวทำลาย  $I_s$  = สารละลายตัวอย่างนำ  
 เปลือกแก้วลิส (ตัวกรองที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับดีที่สุด)  
 ใส่ในอุปกรณ์ดักจับสารเบนซีนทั้ง 3 แบบ ทำการทดสอบ โดย

ต้องเป็นระบบปิด ควบคุม อุณหภูมิ ความดัน ความเร็วลม ปริมาณตัวกรอง (เศษวัสดุทางการเกษตร) ปริมาณสารเบนซินมาตรฐาน 99 % ใช้เวลาในการทดลอง 30 วัน แล้วนำไส้กรองที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณสารเบนซินด้วยเทคนิค Attenuated Total Reflectance (ATR)

3. ขั้นตอนติดตั้งอุปกรณ์กรองเบนซินในพื้นที่วิจัย เลือกพื้นที่ที่จะทำการติดตั้ง โดยดูจากลักษณะทั่วไป ว่ามีการปลดปล่อย หรือการปนเปื้อนของสารเบนซินอยู่เป็นประจำหรือไม่ ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจึงได้ตัดสินใจเลือกสถานที่ติดตั้ง ดัง (Figure 4)

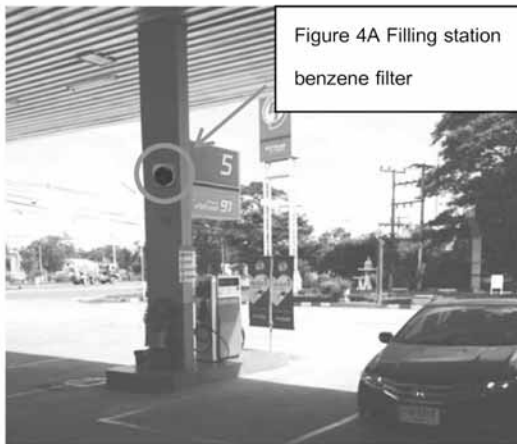


Figure 4A Filling station benzene filter



Figure 4B Motorcycle repair shops Benzene filter



Figure 4C Garage Benzene filter

Figure 4 Area of benzene filter install

ติดตั้งอุปกรณ์กรองเบนซิน ในพื้นที่วิจัย เป็นระยะเวลา 30 วัน แล้วเก็บตัวกรอง (เปลือกถั่วลิสง) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณสารเบนซินที่ตัวกรองสามารถกักจับเบนซินได้ในอากาศ ด้วยเทคนิค ATR

ผลการวิจัย

1. ผลการคัดเลือกตัวกรองสารเบนซินจากเศษวัสดุเกษตรกรรมในห้องปฏิบัติการ

ปริมาตรของสารเบนซินที่ถูกตัวกรองจากวัสดุเกษตรกรรมดูดซับไว้ โดยนำไปเทียบกับสเปกตรัมและค่าความเข้มข้นของสารเบนซินมาตรฐาน 99 % ที่ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร คำนวณจากสมการ 1 ได้ผลดังแสดงใน (Table 1)

Table 1 Adsorption efficiency of benzene filter from different adsorbents

filter	frequency (cm <sup>-1</sup> )	Benzene in filter (ml)	efficiency of absorption (%)
bagasse	1603.08	0.00438	4.38
cob	1630.66	0.011	11
chaff	1628.37	0.00524	5.24
husk	1633.85	0.02	20
peanut shells	1634.76	0.025	25

2. ผลการทดลองอุปกรณ์กรองเบนซินที่สร้างขึ้น เปรียบเทียบรูปแบบของอุปกรณ์สำหรับบรรจุตัวกรองในการดูดซับเบนซิน เทียบกับสเปกตรัมและค่าความเข้มข้นของสารเบนซินมาตรฐาน 99 % ที่ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร โดยคำนวณจากสมการ 1 แสดงใน (Table 2)

Table 2 Adsorption of benzene from different type of equipment

Type of instrument	frequency (cm <sup>-1</sup> )	Benzene in filter (ml)	efficiency of absorption (%)
Type 1	1610.67	0.005	5
Type 2	1630.66	0.024	24.07
Type 3	1635.95	0.0053	5.3

3. ประสิทธิภาพการกรองเบนซินในพื้นที่วิจัย ปริมาตรของเบนซินที่ถูกตัวกรอง (เปลือกถั่วลิสง 250 กรัม) ดูดซับไว้จากอุปกรณ์ที่ติดตั้งในพื้นที่ศึกษา 3 แห่ง แสดงใน (Table 3)

**Table 3** Contaminated Benzene in Air

Research areas	Benzene in filter (ml)	Benzene in air ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Gas Station	$9.59 \times 10^{-4}$	<b>0.16</b>
Motorcycle Maintenance Shop	$2.14 \times 10^{-4}$	<b>1.78</b>
Car Maintenance Shop	$4.27 \times 10^{-4}$	<b>0.71</b>

หมายเหตุ ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของเบนซินในอากาศ ต้องมีค่าไม่เกิน  $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (24 ชั่วโมง) หรือ ไม่เกิน  $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 ปี)

### วิจารณ์ผลงานวิจัย

นำความเข้มข้นของสารเบนซินในอากาศที่ได้ตรวจวัดจากพื้นที่วิจัย ทั้ง 3 แห่ง ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ ดังนี้ จากประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง กำหนดค่าเฝ้าระวังสำหรับเบนซินในบรรยากาศโดยทั่วไป ในเวลา 24 ชั่วโมง ต้องมีค่าไม่เกิน  $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  และกำหนดมาตรฐานควบคุมการปล่อยทิ้งเบนซิน และสาร 1, 3 - บิวทาไดอิน จากโรงงานอุตสาหกรรมเคมี ต้องมีค่าไม่เกิน  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ซึ่งความเข้มข้นของสารเบนซินที่ปะปนในอากาศในพื้นที่วิจัยทั้ง 3 แห่ง มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งสิ้น แต่ถ้านำไปเปรียบเทียบกับกำหนดมาตรฐานเบนซินในบรรยากาศโดยทั่วไป ในเวลา 1 ปี ต้องมีค่าไม่เกิน  $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ซึ่งผลที่ได้ คือ ความเข้มข้นของสารเบนซินในปั้มน้ำมัน และอู่ซ่อมรถยนต์ มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน แต่บริเวณร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน ถ้าคิดในระยะเวลา 1 ปี ซึ่งค่าความเข้มข้นของเบนซินที่ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีค่าสูงกว่าพื้นที่วิจัยอื่น อาจเป็นผลมาจากบริเวณร้านซ่อมรถจักรยานยนต์มีขนาดเล็กกว่า การถ่ายเทอากาศไม่ค่อยดี และมีการให้บริการอยู่เป็นประจำ อาจเป็นสาเหตุส่งผลให้มีการสะสมตัวของเบนซินที่มากกว่าพื้นที่วิจัยอื่นได้ ดังนั้นจากงานวิจัยนี้ สามารถสร้างอุปกรณ์กรองเบนซินที่ใช้งานได้จริง สะดวก มีราคาไม่แพง วัสดุอุปกรณ์ส่วนใหญ่สามารถหาได้ในท้องถิ่น โดยเฉพาะไส้กรองที่ทำมาจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรทำให้เกิดประโยชน์ และเทคโนโลยีในการสร้างอุปกรณ์นั้น ก็มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก ประชาชนทั่วไปสามารถสร้างขึ้นมาใช้เองได้ เพื่อนำไปติดตั้งในบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเบนซินในอากาศเขตอำเภอเมืองมหาสารคาม เพื่อสร้างความปลอดภัยต่อชีวิตประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นๆ ได้ (สารเบนซินเป็นสาเหตุของการเกิดโรคมะเร็ง และโรคระบบทางเดินหายใจ)

### สรุปผลงานวิจัย

จากผลการตรวจสอบประสิทธิภาพของการดูดซับเบนซินของตัวกลางที่ทำมาจากวัสดุทางการเกษตร พบว่า เปลือกถั่วลิสง

มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยติดตั้งในอุปกรณ์ที่เป็นพัลลมุดอากาศ 5 ใบพัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และเมื่อนำไปติดตั้งในบริเวณที่ศึกษา พบว่า ร้านซ่อมรถจักรยานยนต์ มีค่าการปนเปื้อนสารเบนซินสูงสุด ซึ่งผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นรวมทั้งวัสดุทางการเกษตรสามารถนำไปใช้เป็นตัวกรองเบนซินได้

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งจากสาขาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตขอนแก่น ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เรื่องเอกสาร วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำวิจัยครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. International Agency for Research on Cancer (IARC). Benzene. IARC Summaries & Evaluations [Internet]. 1982 [cite 2015 Jan 27];29:93. Available from HYPERLINK "http://www.inchem.org/documents/iarc/vol29/benzene.html" http://www.inchem.org/documents/iarc/vol29/benzene.html
2. ชีรวัดณ์ ทิพย์สีแสง. เบนซิน โทลูอีน และไซลีนในไอเสียจากรถยนต์ที่ใช้น้ำมัน [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2543.
3. Appel B.R, Guirguis G, Kim I.S, Garbin O, Fracchia M, Flessel C.P, et al. Benzene, benzo (a) pyrene, and lead in smoke from tobacco products other than cigarettes. Am J Public Health 1990;80: 560-564.
4. Navasumri P, Arayasiri M, Tin Hiang O.M, Leechawengwongs M, Promvijit J, Choonvisase S, et al. Potential health effects of exposure to carcinogenic compounds in incense smoke in temple workers. Chemico-Biological Interactions 2008;173: 19-31.
5. U.S. Department of Health and Human Services. (n.d.). ToxGuide™ for Benzene C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> [Internet]. 2007 [cite 2015 Jan 27]: 1-2. Available from HYPERLINK "http://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-3.pdf" http://www.atsdr.cdc.gov/toxguides/toxguide-3.pdf
6. สำนักงานจัดการคุณภาพอากาศ และเสียง[อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: ข้อมูลคุณภาพอากาศ ข้อมูล VOCs และมาตรฐานกฎหมาย [อัปเดต 26 มกราคม 2557; อ้างถึง 29 มกราคม 2557]. สืบค้นจาก HYPERLINK "http://aqnis.

- pcd.go.th/vocs” <http://aqnis.pcd.go.th/vocs>
7. ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ที่ 6. [อินเทอร์เน็ต]. ชลบุรี: อันตรายจากเบนซีน; 2553 [อ้างถึง 30 มกราคม 2557] สืบค้นจาก HYPERLINK “[http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J\\_05.pdf](http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J_05.pdf)” [http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J\\_05.pdf](http://dmsc2.dmsc.moph.go.th/webroot/chonburi/PDF/J_05.pdf)
  8. สำนักงานสถิติจังหวัดมหาสารคาม. ข้อมูลสถิติจำแนกตามสาขา และข้อมูลสถิติสารสนเทศสนับสนุนจังหวัด. 2554-57[อ้างถึง 2 กุมภาพันธ์ 2559]. สืบค้นจาก HYPERLINK “<http://mahasarakham.nso.go.th/>” <http://mahasarakham.nso.go.th/>
  9. เกริก วงศ์สอนธรรม. การบำบัดอากาศที่ปนเปื้อนเบนซีน โดยการกรองชีวภาพด้วยตัวกลางกรองเศษวัสดุเกษตรกรรม [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2549.
  10. สมเดช กนกเมธากุล. สเปกโทรสโกปี. พิมพ์ครั้งที่ 2. ขอนแก่น. หจก.ขอนแก่นการพิมพ์. 2551.

## ความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ

### Diversity of Ferns and Fern Allies in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Buengkan Province

วีระยุทธ ข้อนอก,<sup>1\*</sup> ปิยะพร แสนสุข,<sup>2</sup> อุษา ทองไพโรจน์<sup>3</sup>  
Weerayut Khonok,<sup>1\*</sup> Piyaporn Saensouk,<sup>2</sup> U-sa Thongpairoj<sup>3</sup>

Received: 25 October 2015; Accepted: 10 March 2016

#### บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น ที่พบในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ โดยสำรวจและเก็บตัวอย่าง ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 พบทั้งหมด 15 วงศ์ 24 สกุล 37 ชนิด จัดเป็นพืชใกล้เคียงเฟิร์น 2 วงศ์ 2 สกุล 6 ชนิด และเฟิร์น 13 วงศ์ 22 สกุล 31 ชนิด ได้แก่ วงศ์ Pteridaceae 5 สกุล 8 ชนิด วงศ์ Polypodiaceae 5 สกุล 7 ชนิด วงศ์ Selaginellaceae 1 สกุล 5 ชนิด Lygodiaceae 1 สกุล 3 ชนิด วงศ์ Blechnaceae 2 สกุล 2 ชนิด วงศ์ Tectariaceae และวงศ์ Thelypteridaceae วงศ์ละ 1 สกุล 2 ชนิด วงศ์ Oleandraceae Lycopodiaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Lindasaeaceae, Lomariopsidaceae และ Woodsiaceae พบเฟิร์นวงศ์ละ 1 ชนิด

**คำสำคัญ:** ความหลากหลาย เฟิร์น พืชใกล้เคียงเฟิร์น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว

#### Abstract

The diversity of ferns and fern allies in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Buengkan Province was studied. A survey and sampling were performed along natural trails during June 2012 to May 2014. The results showed 15 families, 24 genera, and 37 species. Among them, 13 families, 22 genera, 31 species were ferns. While 2 families 2 genera and 6 species were fern allies, including Pteridaceae (5 genera and 8 species), Polypodiaceae (5 genera and 7 species), Selaginellaceae (1 genus and 5 species), Lygodiaceae (1 genus and 3 species), Blechnaceae (2 genus and 2 species), Tectariaceae and Thelypteridaceae (1 genus and 2 species). One genus and one species Oleandraceae, Lycopodiaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Gleicheniaceae, Lindasaeaceae, Lomariopsidaceae and Woodsiaceae were found in equal number of taxa.

**Keywords:** Diversity, Fern and Fern allies, Phu Wua Wildlife Sanctuary

#### บทนำ

เฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นกระจายพันธุ์อยู่ในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนทั่วโลก มีหลายชนิดที่สามารถเจริญได้ในเขตหนาว มีน้อยชนิดที่เจริญได้ในเขตแห้งแล้ง เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ชุ่มชื้นเฟิร์นทั่วโลกพบประมาณ 250 สกุล 12,000 ชนิด ประกอบด้วยเฟิร์น 10,400 ชนิด และพืชใกล้เคียงเฟิร์นอีก 1,600 ชนิด ส่วนในประเทศไทยมีรายงานพบเฟิร์นประมาณ 139 สกุล 671 ชนิด<sup>1</sup> พืชกลุ่มนี้มีการนำมาใช้ประโยชน์ในด้าน

ต่าง ๆ เช่น นำมาใช้เป็นไม้ประดับ ได้แก่ ข้าหลวงหลังลาย (*Asplenium nidus* L.) ชายผ้าสีดา (*Platycterium holttumii* Jonch. & Hennipman) บางชนิดใช้เป็นอาหาร เช่น ผักแว่น (*Marsilea crenata* Presl) ผักกูดน้ำ (*Ceratopteris thalictroides* (L.) Brongn.) นำมาใช้เป็นวัสดุจักสาน เช่น ย่านลิเภา (*Lygodium* spp.) นำไปใช้เป็นยาสมุนไพร เช่น เฟิร์นเงิน (*Pteris ensiformis* Burm.f.) ใช้แก้อาการบัสสาวะเป็นเลือด แก้บิดมูกเลือด ใช้ขับปัสสาวะ ว่านกีบแรด (*Angiopteris*

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2,3</sup>อาจารย์ สังกัดภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master degree student, <sup>2,3</sup>Lecturer, Department of Biology, Faculty of Science, Mahasarakham University, Kantarawichai District, Mahasarakham, 44150 Thailand.



*evecta* (Forst.) Hoffm.) ใช้เป็นสมุนไพรบำรุงกำลัง เกล็ดนาคราช (*Davallia denticulate* (Burm. f.) Mett. Ex Kuhn) ใช้เป็นยาแก้อาการคัน แก้กพิษงู ใบของกระแตไต่ไม้ (*Drynaria quercifolia* (L.) J. Sm.) ใช้เป็นยาแก้อาการบวม เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีความสำคัญด้านระบบนิเวศ มีบทบาทสำคัญทางด้านห่วงโซ่อาหาร ตลอดจนใช้เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพทางสิ่งแวดล้อมได้<sup>2</sup>

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่าง 2 เขตภูมิศาสตร์พืชพรรณใหญ่ๆ คือ เขตภูมิศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคอินโดจีน (Indochina) และซุนดา (Sunda-typical of Malaysia, Sumatra, Borneo and Java) จึงทำให้ประเทศไทยเป็นศูนย์รวมของเขตพืชพรรณ (floristic elements) ที่สำคัญ 3 เขต ได้แก่ เขตพืชพรรณอินโด-พม่า (Indo-Burmese elements) เขตพืชพรรณอินโด-จีน (Inco-Chinese element) และเขตพืชพรรณมาเลเซีย (Malesian element) เป็นผลให้มีพืชพรรณหลากหลาย และมีการค้นพบพืชพรรณเฉพาะถิ่น (endemic species) ของประเทศไทย โดยเฉพาะพื้นที่ห่างไกลเข้าถึงยาก ทำให้ยังไม่ค่อยมีการศึกษามากนัก<sup>3</sup> ซึ่งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว อยู่ในเขตภูมิศาสตร์พืชพรรณภูมิภาคอินโดจีน มีเนื้อที่ประมาณ 186.5 ตารางกิโลเมตร สูงจากระดับน้ำทะเล 160 ถึง 448 เมตร สภาพป่าเป็นป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และทุ่งหญ้าลานหิน<sup>4</sup> และยังเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญมีน้ำตกที่สวยงามหลายแห่ง ได้แก่ น้ำตกเจ็ดสี น้ำตกชะแนน น้ำตกถ้ำพระ และน้ำตกถ้ำฝุ่น จากสภาพความสมบูรณ์จึงก่อให้เกิดพืชพรรณนานาชนิด และมีรายงานการพบพืชชนิดใหม่ (new species) คือ กะเพราศักดิ์สิทธิ์ (*Platostoma tridechii* Suddee)<sup>5</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานพืชเฉพาะถิ่น ได้แก่ เปราะภูจิรวงศ์ (*Caulokaempferia* sp.) สิรินธรวัลลี (*Bauhinia sirindhorniae* K. & S.S. Larsen)<sup>6</sup> กาฝากวงกลีบแดง (*Tolypanthus lageniferus* (Wight) Tieghem)<sup>7</sup> ก้ามกุ้งภูวัว (*Phyllagathis nanakorniana* Wangwasit, Norsaengsri & Cellin.)<sup>8</sup> และหม้อพื้นเกลียว (*Ceropegia thailandica* Meve.)<sup>9</sup> แต่พืชกลุ่มเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น ยังไม่มีการรายงานการศึกษาด้านอนุกรมวิธานในพื้นที่นี้มาก่อน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คาดว่าจะได้ข้อมูลใหม่ของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นเพิ่มขึ้นและยังทำให้ได้ข้อมูลจำนวนชนิดเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น อันเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาและวางแผนในการจัดการอนุรักษ์เฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นต่อไป

## วัตถุประสงค์

เพื่อสำรวจและจำแนกชนิดของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ

## วิธีการศึกษา

สำรวจและเก็บตัวอย่างเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นตามเส้นทางเดินเท้าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัวจังหวัดบึงกาฬ โดยแบ่งเป็น 4 จุด (1) เส้นทางศึกษาธรรมชาติบริเวณที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว (2) บริเวณน้ำตกถ้ำฝุ่น (3) บริเวณน้ำตกชะแนน (4) บริเวณน้ำตกถ้ำพระ (5) บริเวณน้ำตกเจ็ดสี เก็บตัวอย่างเฟิร์นให้ครบสมบูรณ์ทุกส่วนบันทึกข้อมูลสภาพป่าลักษณะทางนิเวศวิทยาของบริเวณที่เก็บตัวอย่างบันทึกภาพเฟิร์นทั้งต้นและสภาพแหล่งที่พบ ศึกษาสัณฐานวิทยาเพื่อระบุชนิดเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น โดยใช้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาใช้รูปวิธานของ Tagawa and Iwatsuki<sup>10,11,12,13</sup> แกะไข่อวตัก สกุน และชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Towards a stable nomenclature for Thai ferns<sup>14</sup> และเปรียบเทียบตัวอย่างเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นกับตัวอย่างพรรณไม้อ้างอิงในหอพรรณไม้กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช (BKF) และพิพิธภัณฑ์พืชกรุงเทพ (BK)

## ผลการศึกษา

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2557 พบเฟิร์นทั้งหมดจำนวน 65 หมายเลข สามารถจำแนกได้เป็น 15 วงศ์ 24 สกุล 37 ชนิด แบ่งออกเป็นพืชใกล้เคียงเฟิร์น 2 วงศ์ 2 สกุล 6 ชนิด และเฟิร์น 13 วงศ์ 22 สกุล 31 ชนิด ได้แก่ วงศ์ Lycopodiaceae, Selaginellaceae, Blechnaceae, Cyatheaceae, Dryopteridaceae, Lindasaeaceae, Lygodiaceae, Oleandraceae, Lomariopsidaceae, Polypodiaceae, Pteridaceae, Tectariaceae, Thelypteridaceae และ Thelypteridaceae (Table 1)

## วิจารณ์และสรุปผล

จากการศึกษาเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดบึงกาฬ วงศ์ที่พบมากที่สุด คือ Pteridaceae, Polypodiaceae, Selaginellaceae และ Lygodiaceae จำนวน 8, 7, 5 และ 3 ชนิด ตามลำดับเฟิร์นวงศ์ Pteridaceae และ Polypodiaceae พบจำนวนชนิดมากที่สุดเนื่องจากเฟิร์นทั้ง 2 วงศ์นี้เป็นวงศ์ที่มีจำนวนสมาชิกมากจึงเป็นเหตุให้พบเฟิร์น 2 วงศ์นี้มากที่สุดในพื้นที่ศึกษา สามารถแบ่งตามลักษณะถิ่นอาศัยได้ 3 แบบ คือ เฟิร์นขึ้นบนดิน 21 ชนิด เฟิร์นขึ้นบนหิน 2 ชนิด เฟิร์นอิงอาศัย 5 ชนิด เฟิร์นเกาะเลื้อย 3 ชนิด และเฟิร์นที่มีลักษณะวิสัยได้มากกว่า 1 แบบอีก 6 ชนิด เฟิร์นส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สมบูรณ์ และค่อนข้างชุ่มชื้น จึงทำให้

พบเฟิร์นที่เจริญบนดินมากที่สุด เพราะดินเป็นวัสดุปลูกชั้นดี มีทั้งธาตุอาหารที่เฟิร์นต้องการ อินทรีย์สารต่างๆ รวมทั้งยังช่วยรักษาความชื้นได้ดีอีกด้วย

เฟิร์นส่วนใหญ่ที่พบเป็นเฟิร์นที่มีการกระจายพันธุ์กว้าง พบได้เกือบทั่วทุกภาคของประเทศไทย เช่น *Adiantum philippense* (Figure 25), *Dicranopteris linearis* (Figure 11), *Drynaria quercifolia* (Figure 19), *D. bonii* (Figure 18), *Microsorium punctatum* (Figure 23) และ *Lygodium flexuosum* (Figure 13) ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์นในประเทศไทยของ Tagawa and Iwatsuki 10,11,12,13

พื้นที่พบเฟิร์นมากที่สุดคือ เส้นทางศึกษาธรรมชาติบริเวณที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว พบจำนวน 29 ชนิด เหตุที่พบมากอาจเพราะเป็นพื้นที่มีระยะทางในการเดินสำรวจยาวที่สุด จากที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว ไปจนถึงจุดสูงสุดของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว คือ ภูวัวเหนือถ้าพราย อีกทั้งยังมีสภาพป่าหลากหลายแบบส่วนพื้นที่ที่พบเฟิร์นน้อยที่สุดคือ บริเวณน้ำตกเจ็ดสี พบจำนวน 2 ชนิด อาจเนื่องมาจากสภาพป่าแห้งแล้งมาก และพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นลานหิน

เฟิร์นที่พบจำนวนน้อยในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

ภูวัว คือ *Cyathea gigantea* (Figure 9) พบเพียง 2 ต้น ส่วน *Phymatosorus cuspidatus* (Figure 20), *Bolbitis appendiculata* (Figure 10) และ *Tectaria fauriei* (Figure 33) นั้นพบหลายต้น แต่พบเพียงจุดเดียวในพื้นที่ ซึ่งถ้าสภาพแวดล้อมบริเวณจุดที่เฟิร์นเหล่านี้อาศัยอยู่ถูกทำลาย ซึ่งอาจทำให้เฟิร์นเหล่านี้สูญพันธุ์ไปจากเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัวได้ นอกจากนี้ยังพบเฟิร์นชายผ้าสีดา (*Platycterium holttumii*) (Figure 24) ถูกนำออกมาจากป่าธรรมชาติและนำมาปลูกประดับตามอาคารบ้านเรือนซึ่งอาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เฟิร์นชนิดนี้สูญหายไปจากป่าธรรมชาติได้ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงสะท้อนให้เห็นความจำเป็นในการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมให้สมบูรณ์คงอยู่ต่อไป

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาและขอขอบคุณทุนอุดหนุนส่งเสริมการวิจัยระดับบัณฑิต ประจำปีงบประมาณ 2556 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**ร่ววิชาชนะบวงศ์ของเฟิร์นและพืชใกล้เคียงเฟิร์น**

1. สร้างสปอร์ที่สอบบิลัส
  2. ไบคล้ายขน ..... 1. Lycopodiaceae
  2. ไบคล้ายเกล็ด.....2. Selaginellaceae
1. สร้างสปอร์ที่ใบ
  3. แอนนูลัสเรียงแนวนอน
    4. ไม่มีเยื่อคลุมกลุ่มอับสปอร์..... 6. Gleicheniaceae
    4. มีเยื่อคลุมแต่ละอับสปอร์.....8. Lygodiaceae
  3. แอนนูลัสเรียงแนวเฉียงหรือแนวตั้ง
    5. แอนนูลัสเรียงแนวเฉียง ..... 4. Cyatheaceae
    5. แอนนูลัสเรียงแนวตั้ง
      6. ลำต้นมีเกล็ดปกคลุม
        7. กลุ่มอับสปอร์มีเยื่อคลุม.....9. Oleandraceae
        7. กลุ่มอับสปอร์ไม่มีเยื่อคลุม ..... 11. Polypodiaceae
      6. ลำต้นมีขนปกคลุม
        8. กลุ่มอับสปอร์มีเยื่อคลุม
          9. กลุ่มอับสปอร์รูปกลม หรือรูปไต
            10. กลุ่มอับสปอร์รูปไต ..... 10. Lomariopsidaceae
            10. กลุ่มอับสปอร์รูปกลม
              11. เส้นใบแยกสองแฉก ..... 14. Thelypteridaceae
              11. เส้นใบเป็นร่างแห..... 13. Tectariaceae

9. กลุ่มอับสปอร์ไม่กลม
12. กลุ่มอับสปอร์เป็นแถวยาว ขนานชิดเส้นกลางใบทั้งสองด้าน..... 3. Blechnaceae
12. กลุ่มอับสปอร์เกิดบริเวณขอบใบเกิดติดกันหนาแน่นหรือแถวยาว
13. เยื่อคลุมกลุ่มอับสปอร์เปิดออกทางขอบใบ ..... 7. Lindasaeaceae
13. ขอบใบม้วนพับ เป็นเยื่อคลุมกลุ่มอับสปอร์เทียม ..... 12. Pteridaceae  
(*Adiantum*, *Cheilanthes*, *Pteris*)
8. กลุ่มอับสปอร์ไม่มีเยื่อคลุม
14. กลุ่มอับสปอร์รูปแถบ ..... 12. Pteridaceae (*Taenitis*)
14. กลุ่มอับสปอร์เกิดติดกันหนาแน่นหรือตามเส้นใบย่อย
15. กลุ่มอับสปอร์เกิดติดกันหนาแน่น ..... 5. Dryopteridaceae
15. กลุ่มอับสปอร์เกิดตามเส้นใบย่อย
16. ใบเดี่ยว หรือใบประกอบแบบขนนก 1 ชั้น ..... 12. Pteridaceae (*Parahemionitis*)
16. ใบประกอบแบบขน 2 ชั้น ..... 15. Woodsiaceae

**Table 1** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province

Family	Botanical name	Vernacular name	Habit	Location
1. Lycopodiaceae	<i>Lycopodium cernum</i> L.	Sam Loe Yod	T	1,3
2. Selaginellaceae	<i>Selaginella argentea</i> (Wall. ex Hook. & Grev.) Spring	Pho Kar Ti Mea	T	4
	<i>S. helferi</i> Warb.	Yha Rong Hai	T	1,4
	<i>S. intermedia</i> (Blume.) Spring	Hi Moi Saw Kae	T	2
	<i>S. ornate</i> (Hook. & Grev.) Sping	-	T	1,2
	<i>S. wallichii</i> (Hook. & Grev.) Spring	Kood Yi	T	1
3. Blechnaceae	<i>Blechnum orientale</i> L.	Kood Doi	T	3,4
	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.f.) Bedd.	Phuck Kood Dang	T,C	3
4. Cyatheaceae	<i>Cyathea gigantea</i> (Wall. ex Hook.) Holttum	Ma Ha Sa Dum	T	1
5. Dryopteridaceae	<i>Bolbitis appendiculata</i> (Willd.) K. Iwats.	-	L	1
6. Gleicheniaceae	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm. f.) Underw.	Chon	T	2,3,4,5
7. Lindasaeaceae	<i>Lindsaea ensifolia</i> Sw.	Hang Nok Ka Ling	T	1,2
8. Lygodiaceae	<i>Lygodium flexuosum</i> (L.) Sw.	Li Phoa Yai	C	1,3
	<i>L. microphyllum</i> (Cav.) R. Br.	Li Phoa Yung	C	1,2,3,4,5
	<i>L. polystachyum</i> Wall. ex Moore	Li Phoa Yong	C	1
9. Oleandraceae	<i>Oleandra undulata</i> (Wild.) Ching	Nak Ka Rat Bai Kuen	T	1
10. Lomariopsidaceae	<i>Nephrolepis falcate</i> (Cav.) C. Chr.	Kood Hin	T,L	1,5
11. Polypodiaceae	<i>Drynaria bonii</i> Christ	Kra Ta Tai Hin	E,L	1,4
	<i>D. quercifolia</i> (L.) J. Sm.	Kra Ta Tai Mai	E	1,2,4
	<i>Microsorium punctatum</i> (L.) Copel.	Kra Prok Sing	E	1,4
	<i>Phymatosorus cuspidatus</i> (D. Don) Pic. Serm	Kood Chum	L	1

**Table 1** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province (Continued).

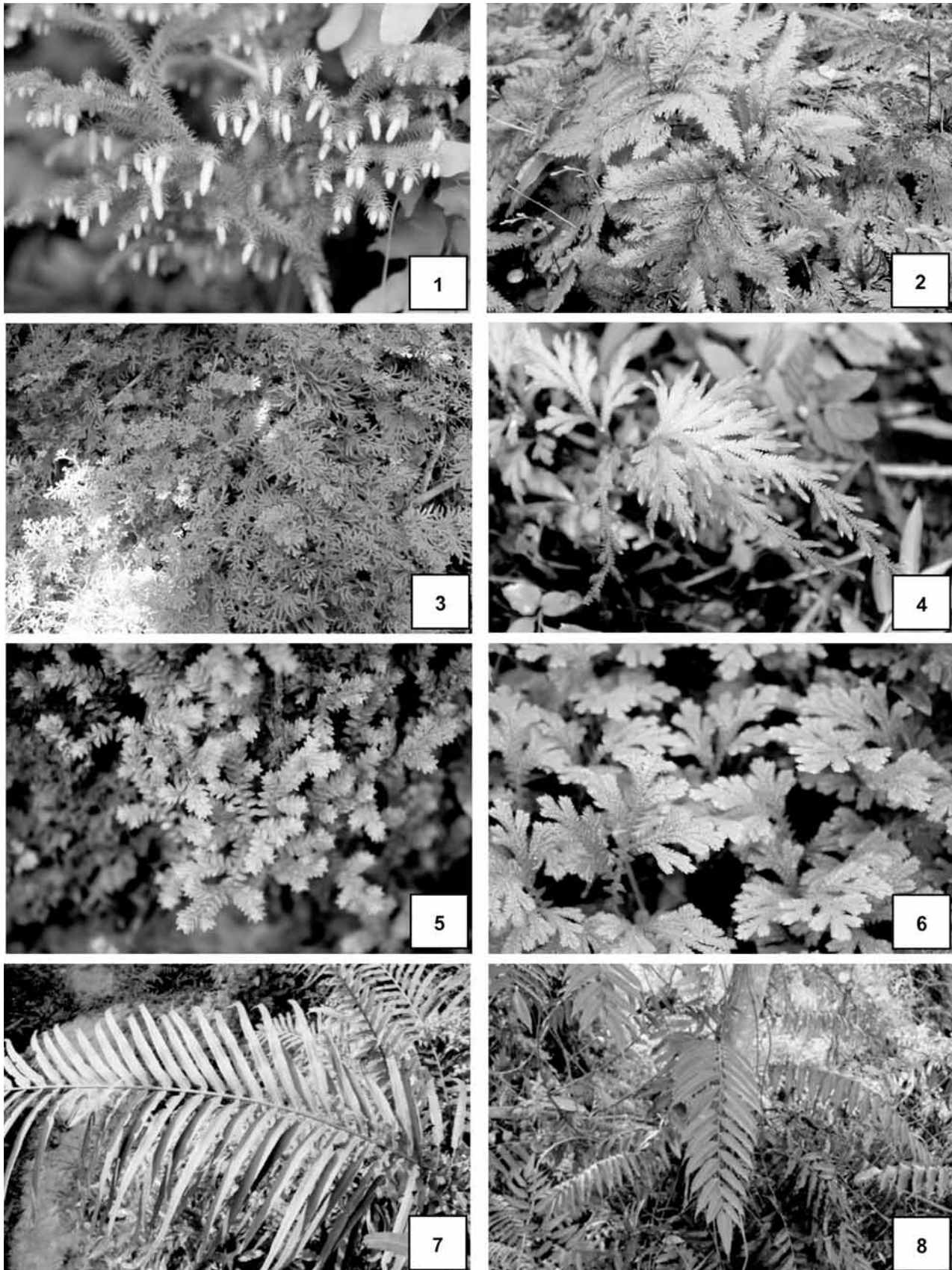
Family	Botanical name	Vernacular name	Habit	Location
	<i>Platycterium holttumii</i> Jonch. & Hennisman	Chai Pha Si Da	E	1,4
	<i>Pyrrosia lanceolata</i> (L.) Farw.	-	E	1
	<i>P. longifolia</i> (Burm.f.) Mort.	Sa Mong	E	1,4
12. Pteridaceae	<i>Adiantum philippense</i> L.	Kood Hoo Cwak	T,L	1,2
	<i>Cheilanthes belangeri</i> (Bory) C. Chr.	Kra Chod Khai	T	1,2
	<i>C. krameri</i> Fr. & Sav.	-	T,L	2
	<i>C. tenuifolia</i> (Burm. f.) Sw.	Chon Phee	T,L	1,2
	<i>Parahemionitis cordata</i> (Roxb. ex Hook. & Grev.) Fraser-Jenk	-	T	1,2
	<i>Pteris biaurita</i> L.	Kood Hang Kang	T	4
	<i>P. decrescens</i> Christ	-	T	1
	<i>Taenitis blechnoides</i> (Willd.) Sw.	Kood Prong	T	1,3
13. Tectariaceae	<i>Tectaria fauriei</i> Tagawa	-	T	1
	<i>T. impressa</i> (Fee) Holttum	Kood Kwang	T	1
14. Thelypteridaceae	<i>Cyclosorus parasiticus</i> (L.) Farw.	Kood Ka Fak	T	1
	<i>C. terminans</i> (J.Sm. ex Hook.) Panigrahi	-	T	1
15. Woodsiaceae	<i>Diplazium esculentum</i> (Retz.) Sw.	Kood Kin	T	1

**Note:- Habit** T = Terrestrials E = Epiphytes  
L = Lithophytes C = Climbing

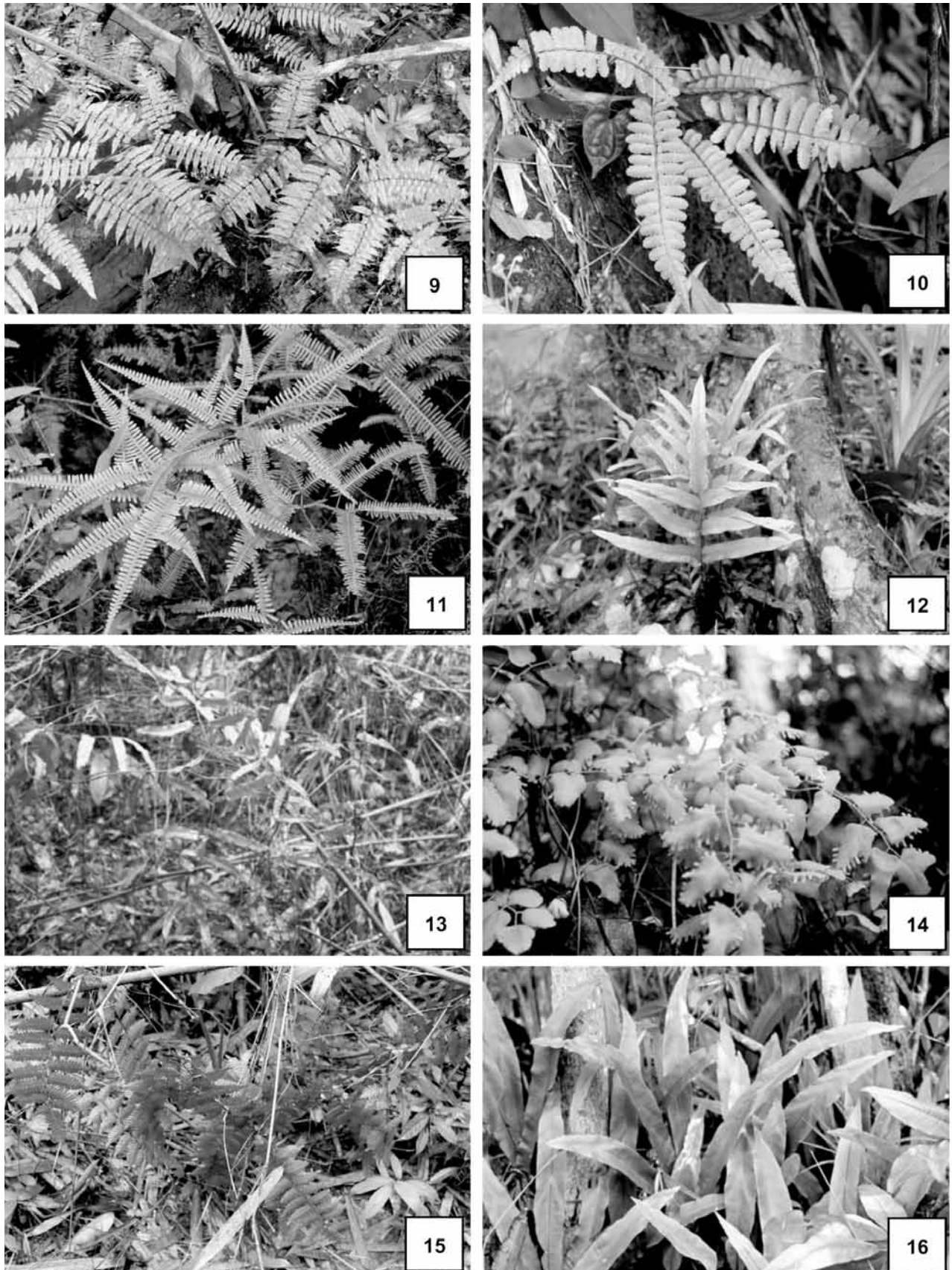
**Location** (1) = Nature trails near Phu Wua Wildlife Sanctuary  
(2) = Thun Fun Waterfall (3) = Cha Nan Waterfall  
(4) = Thum Pha Waterfall (5) = Chet Si Waterfall

## เอกสารอ้างอิง

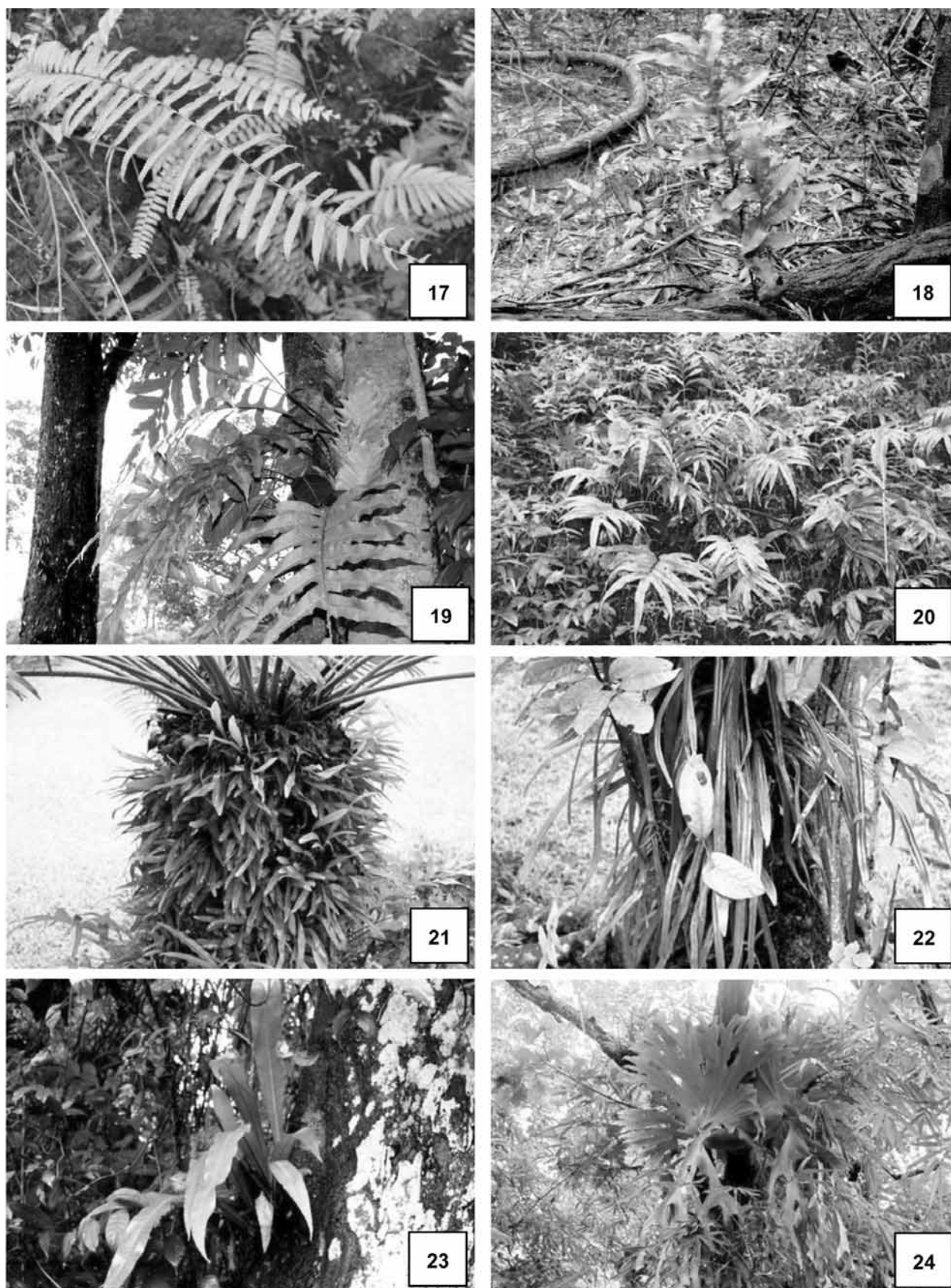
1. จารุพันธ์ ทองแถม, ปิยะเกษตร สุขสถาน. Ferns. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สารคดี; 2550
2. จารุพันธ์ ทองแถม. เฟิร์นสำหรับคนรักเฟิร์นและผู้ปลูกมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร: อมรินทร์ พริ้นติ้งกรุ๊ป; 2536
3. ราชนีย์ ภูมา. พืชเฉพาะถิ่นและพืชหายากในประเทศไทยในแง่ของเขตภูมิศาสตร์พืชพรรณ. กลุ่มงานพฤกษศาสตร์ป่าไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ; 2547
4. ทวี แก้วพวง. ความหลากหลายชนิดของพืชสมุนไพรวงศ์ถั่วในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว จังหวัดหนองคาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2550
5. Suddee S. A new species of *Platostoma* (Labiatae) from Thailand. Thai Forest Bulletin (Botany) 38: 59–63; 2010
6. Larsen K and Larsen S S. *Bauhinia sirindhorniae* sp. nov. (Leguminosa-Caesalpinioideae) a remarkable new species from Thailand. Nordic Journal of Botany Volume 17, Issue 2: 113–118; 1997
7. Barlow BA. *Tolypanthus* (Loranthaceae) : a new genus record for Thailand and a new species. Thai Forest Bulletin (Botany) 33: 1–7; 2005
8. Wangwasit K, Cellinese N and Norsaeangri M. *Phyllagathis nanakorniana* (Melastomataceae) a new species from Thailand. Blumea 55 (3): 246-248; 2010
9. Meve U. *Ceropegia thailandica* (Asclepiadoideae-Ceropgieae), a spectacular new Thai species. Bradleya. 27: 161-164; 2009
10. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 1. Royal Forest Department: Bangkok; 1979
11. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 2. Royal Forest Department: Bangkok; 1985
12. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 3. Royal Forest Department: Bangkok; 1988
13. Tagawa M and Iwatsuki K. Pteridophytes. In T. Smitinand and K. Larsen (eds.), Flora of Thailand, Vol. 3 part 4. Royal Forest Department; 1989
14. Linsay S, Middleton DJ, Boonkerd T and Suddee S. Towards a stable nomenclature for Thai ferns. Thai Forest Bulletin (Botany) 37: 64–106; 2009



**Figures 1-8.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 1) *Lycopodium cernum*; (Figure 2) *Selaginella argentea*; (Figure 3) *S. helferi*; (Figure 4) *S. intermedia*; (Figure 5) *S. ornate*; (Figure 6) *S. wallichii*; (Figure 7) *Blechnum orientale*; (Figure 8) *Stenochlaena palustris*.

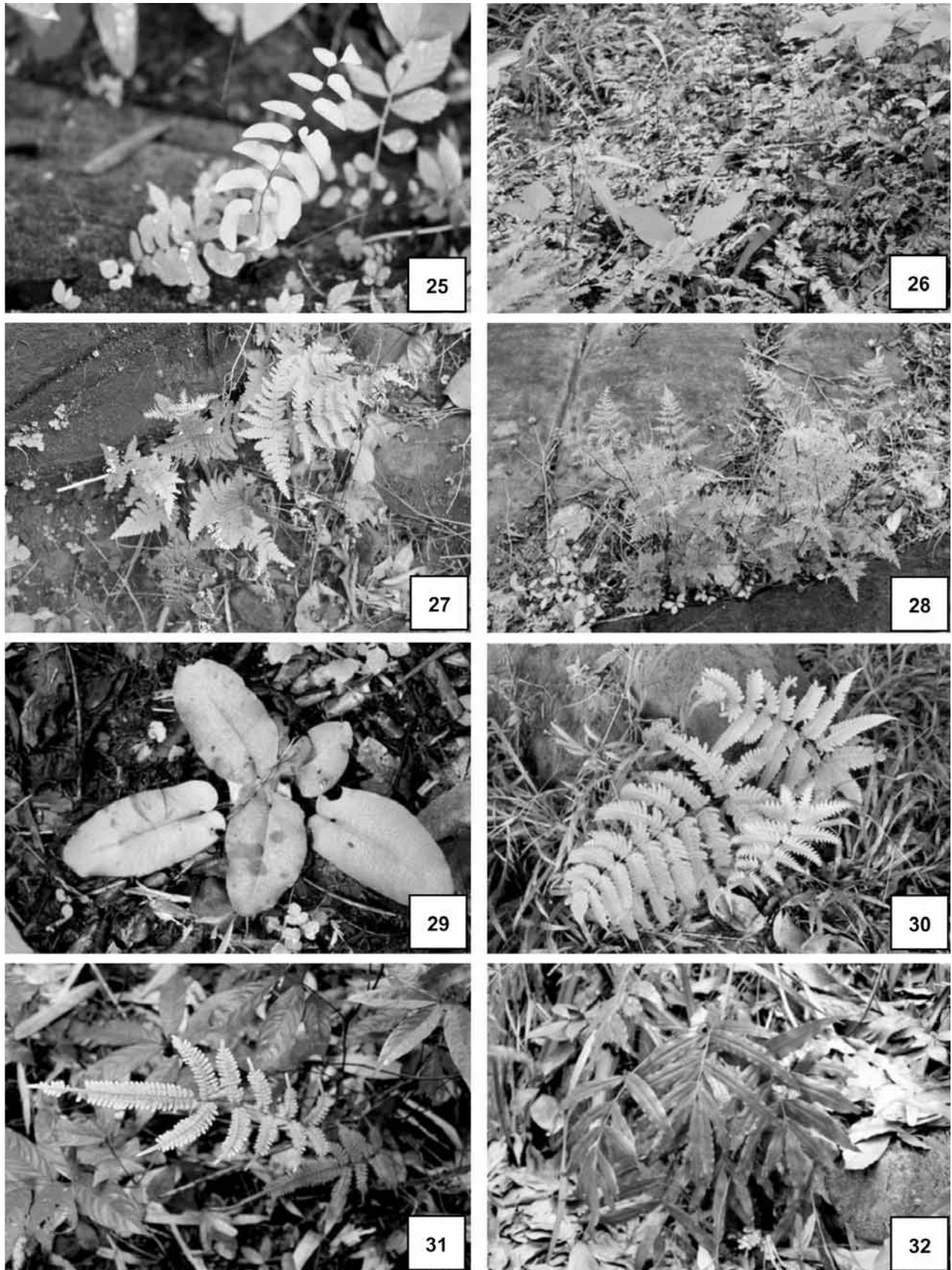


**Figures 9-16.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 9) *Cyathea gigantea*; (Figure 10) *Bolbitis appendiculata*; (Figure 11) *Dicranopteris linearis*; (Figure 12) *Lindsaea ensifolia*; (Figure 13) *Lygodium flexuosum*; (Figure 14) *L. microphyllum*; (Figure 15) *L. polystachyum*; (Figure 16) *Oleandra undulata*.

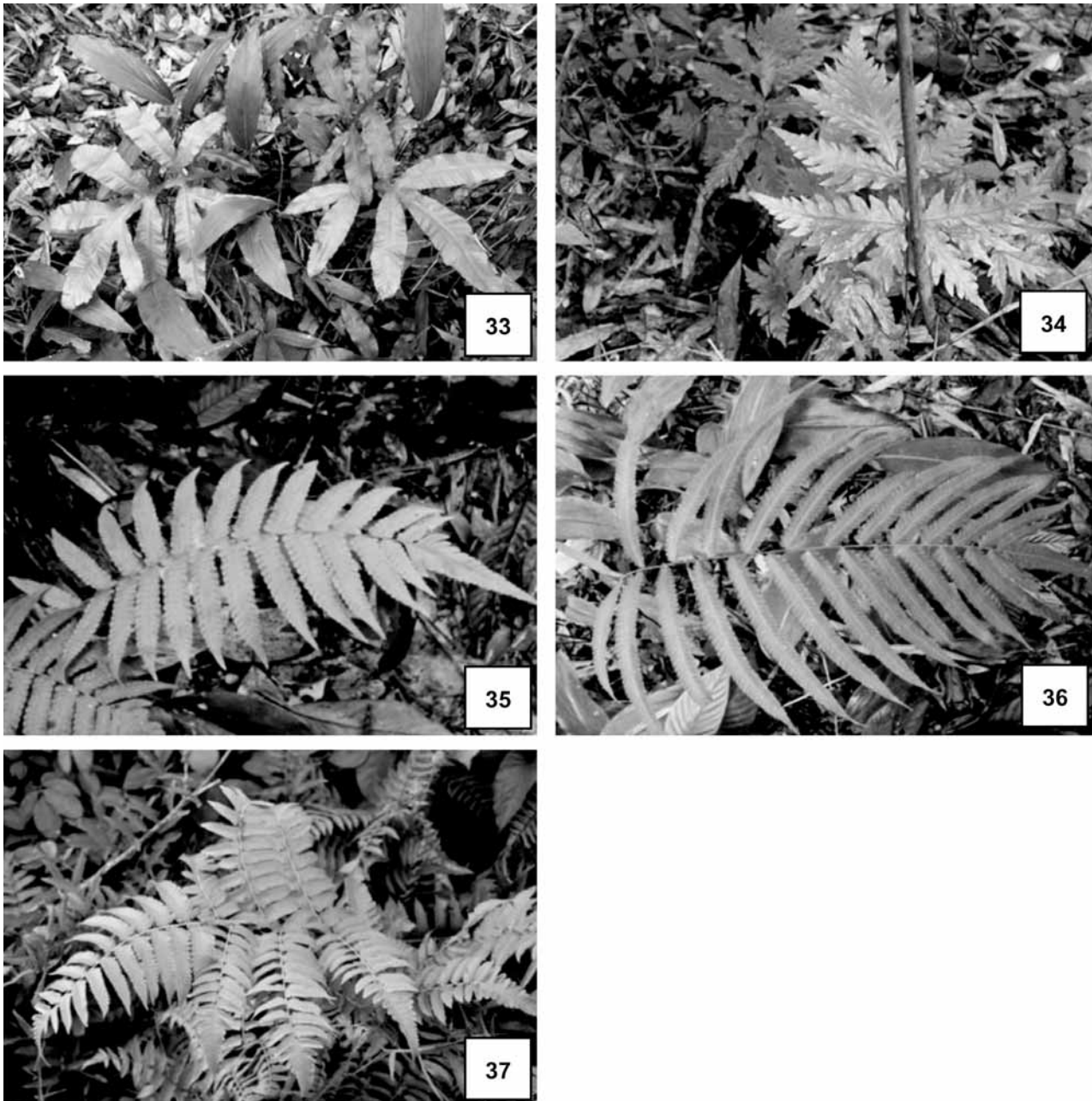


**Figures 17-24.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 17) *Nephrolepis falcate*; (Figure 18) *Drynaria bonii*; (Figure 19) *D. quercifolia*; (Figure 20) *Phymatosorus cuspidatus*; (Figure 21) *Pyrosia lanceolata*; (Figure 22) *P. longifolia*; (Figure 23) *Microsorium punctatum*; (Figure 24) *Platycterium holttumii*.





**Figures 25-32.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 25) *Adiantum philippense*; (Figure 26) *Cheilanthes belangeri*; (Figure 27) *C. krameri*; (Figure 28) *C. tenuifolia*; (Figure 29) *Parahemionitis cordata*; (Figure 30) *Pteris biaurita*; (Figure 31) *P. decrescens*; (Figure 32) *Taenitis blechnoides*.



**Figures 33-37.** Ferns and fern allies in Phu Wua wildlife sanctuary, Buengkan province : (Figure 33) *Tectaria fauriei*; (Figure 34) *T. impressa*; (Figure 35) *Cyclosorus parasiticus*; (Figure 36) *C. terminans*; (Figure 37) *Diplazium esculentum*.

## การตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่างสายพันธุ์ต่อปุ๋ยอินทรีย์ Physiological Responses and Yield of Peanut Cultivars to Organic Fertilizers

ปลุกดิน ชัยนงาน<sup>1</sup>, สนั่น จอกลอย<sup>1</sup> นันทวุฒิ จรุงกลาง<sup>1\*</sup>

Plukdin kayanngan<sup>1</sup>, Sanun Jogloy<sup>1</sup> Nuntawoot Jongrungklang<sup>1\*</sup>

Received: 8 November 2015; Accepted: 15 March 2016

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน ผู้บริโภคมีค่านิยมบริโภคผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในรูปแบบเกษตรอินทรีย์มากขึ้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชอาหารที่ปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและระบบนิเวศ แต่อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบ อาจจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง อันเนื่องจากขาดข้อมูลด้านการผลิตที่เหมาะสม และขาดความเข้าใจทางสรีรวิทยาต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของถั่วลิสงในระบบอินทรีย์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่อปุ๋ยอินทรีย์อัตราที่แตกต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomize Completely Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ กำหนดให้ main-plot คือ ชนิดและอัตราปุ๋ย และ sub-plot คือ ถั่วลิสง 6 สายพันธุ์ที่มีผลผลิตแตกต่างกัน เก็บข้อมูลอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate; CGR) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และ SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ทุกๆ 15 วัน ตั้งแต่ 15-90 วันหลังปลูก และที่อายุเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว ถั่วลิสงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตราต่างๆ มีผลผลิตฝัก มวลชีวภาพ และดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งในถั่วลิสงทุกพันธุ์ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 700 และ 1,400 กก/ไร่ ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้ ถั่วลิสงที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ มีการตอบสนองทางสรีรวิทยาของลักษณะ CGR LAI และ SCMR ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบโดยไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลงจากระบบเคมี และพันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยนี้ทุกพันธุ์สามารถใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสงแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์ได้ ซึ่งความรู้จากการศึกษานี้ จะช่วยส่งเสริมระบบการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

**คำสำคัญ :** อัตราการเจริญเติบโต ดัชนีพื้นที่ใบ ผลผลิตฝัก มวลชีวภาพ ดัชนีเก็บเกี่ยว

### Abstract

Currently, consumers express concerns about agricultural products derived from organic production systems. The application of organic fertilizer is a choice in crop production with safety and ecology being carefully considered. A completely organic system for peanut production might reduce pod yield. Thus, this investigation was started in response to these concerns and the yield of peanut cultivars to different rates of organic fertilizers. Split-plot in Randomize Completely Block Design (RCBD) with four replications was used. Kinds and rates of fertilizer were assigned as a main plot, and sub-plot using six peanut genotypes with different yield productivities. Crop growth rate (CGR) leaf area index (LAI) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) were collected at intervals from 15 to 90 days after planting. At harvest date, biomass pod yield and harvest index (HI) were measured. Biomass, pod yield and HI of peanuts receiving organic fertilizer were not different from the chemical fertilizer application treatment. Moreover, the rate of 700 and 1400 kg/Rai organic treatments were found to have the same pod yield with chemical

<sup>1</sup> ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

\* Corresponding author: nuntawootjrk@gmail.com

treatment in all peanut genotypes. In addition, the response of physiological traits CGR LAI and SCMR were not significantly different with the difference in fertilizer treatments. The six peanut varieties in this study are able to be used in peanut organic production systems. This information could support a peanut production system with organic practice.

**Keywords:** crop growth rate, leaf area index, pod yield, biomass, harvest index

## บทนำ

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) เป็นพืชตระกูลถั่วที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย การใช้ประโยชน์จากถั่วลิสงส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคเนื่องจากมีรสชาติอร่อย มีกลิ่นเฉพาะตัว และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณของโปรตีนและไขมันที่เป็นประโยชน์สูง<sup>1</sup> นอกจากนี้ ถั่วลิสงยังมีสารสำคัญ เช่น สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compound) ที่พบมากที่เยื่อหุ้มของเมล็ดถั่วลิสง<sup>2</sup> ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระอันเป็นสาเหตุเป็นต้น

ในปัจจุบันผู้บริโภคผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรหันมาให้ความสนใจด้านความปลอดภัยมากขึ้น ทำให้เกิดค่านิยมการยอมรับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรในรูปแบบเกษตรอินทรีย์ในวงกว้างมากขึ้น สามารถยกระดับราคาของผลผลิตให้สูงขึ้น เกษตรอินทรีย์เป็นระบบการผลิตพืชที่คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก ไม่ใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการผลิตพืช เน้นการบำรุงดินด้วยอินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารหลัก ตลอดจนปริมาณอินทรีย์วัตถุ และช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน รักษาความสมดุลของธาตุอาหารภายในดิน<sup>3</sup> การใช้ปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการผลิตพืชอาหารที่ปลอดภัยทั้งต่อผู้บริโภคและระบบนิเวศ แต่อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ทั้งระบบอาจจะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง อันเนื่องจากขาดข้อมูลด้านการผลิตที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขาดข้อมูลอัตราที่เหมาะสมของธาตุอาหารในรูปแบบปุ๋ยอินทรีย์ที่สามารถรักษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง

ปุ๋ยอินทรีย์อาจจะช่วยส่งเสริมการให้ผลผลิตทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของถั่วลิสง ซึ่งถั่วลิสงพันธุ์ khurpi ที่ได้รับปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยอินทรีย์ 800 กก./ไร่ และปุ๋ยเคมี 3.2:4.8:6.4 กก./ไร่ N: P: K เพิ่มปริมาณไนโตรเจนในปม 12.4% เพิ่มผลผลิตฝัก 19.3% เพิ่มปริมาณน้ำมันและโปรตีนในเมล็ดเมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำเพียงอย่างเดียว<sup>4</sup> แต่ในปัจจุบันความต้องการของผู้บริโภคนำไปสู่การผลิตในรูปแบบอินทรีย์ทั้งระบบ ซึ่งต้องใส่ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว

ปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อมวลชีวภาพและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน<sup>5</sup> และชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยมูลหมู ปุ๋ยมูลไก่ และปุ๋ยอินทรีย์พลอยได้จากการผลิตผงชูรส (organic compound fertilizer of monosodium glutamate) ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี และสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย<sup>6</sup> แม้ว่าจะงานวิจัยในอดีตมีการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีแล้ว อย่างไรก็ตาม ข้อมูลผลของอัตราปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสงพันธุ์ที่มีความแตกต่างกันยังไม่ชัดเจน เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีความหลากหลายในแต่ละพื้นที่ และปุ๋ยแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกัน ทำให้ไม่มีอัตราแนะนำอย่างทั่ว ๆ ไป ซึ่งการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์และใส่ตามความต้องการที่เหมาะสมจะเป็นแนวทางหนึ่งที่เหมาะสมได้ นอกจากนี้ ปัจจุบันยังขาดข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตในแต่ละช่วงอายุของถั่วลิสงพันธุ์ต่าง ๆ หลังจากได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราที่แตกต่างกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองทางสรีรวิทยาและผลผลิตของถั่วลิสงต่อปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราที่แตกต่างกัน ซึ่งความรู้ดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมระบบการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ตลอดจน นำไปสู่ระบบการผลิตถั่วลิสงที่ยั่งยืนในแง่การเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้

## วิธีการศึกษา

### แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Split-plot in Randomize Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยกำหนดให้ main-plot คือ ชนิดและอัตราปุ๋ย ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 12-24-12 (N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O) อัตรา 25 กก./ไร่ 3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 350 กก./ไร่ (เป็นอัตราที่มีระดับ P ต่ำกว่าปุ๋ยเคมี 12-24-12 1 เท่า) 4) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 700 กก./ไร่ (เป็นอัตราที่มีระดับ P เท่ากับปุ๋ยเคมี 12-24-12) และ 5) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด อัตรา 1400 กก./ไร่ (เป็นอัตราที่มีระดับ P สูงกว่าปุ๋ยเคมี 12-24-12 1 เท่า) ส่วน sub-plot คือ ถั่วลิสง 6 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ ICG 397, ICG 15042,

ICG 14170, KS 1, KS2 และ KKU 60 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตแตกต่างกัน

#### การปลูกและการดูแลรักษา

ทำการไถตะ 1 ครั้ง ไถแปร 1 ครั้ง และไถพรวน 1 ครั้ง เก็บตัวอย่างดิน 4 ระดับความลึกจากผิวดิน ได้แก่ 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 ซม. นำตัวอย่างดินส่งตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ (% sand, % silt, % clay, Total N, Total P, Total K, Available P, Exchangeable K, organic matter, CEC และ pH) ก่อนปลูกถั่วลิสง (Table 1) และนำตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี (Total N, Total P, Total K, organic matter, EC และ pH) (Table 1) ก่อนปลูกคลุกเมล็ดถั่วลิสงด้วยเชื้อไรโซเบียม ปลูก

ถั่วลิสงที่ระยะปลูก 50 x 20 ซม. หยอดเมล็ดหลุมละ 3 เมล็ด แปลงย่อยมีแถวยาว 5 ม. จำนวน 10 แถว เมื่อปลูกถั่วลิสงเสร็จทำการติดตั้งระบบน้ำมินิสปริงเกอร์ให้มีระยะห่างระหว่างหัวมินิสปริงเกอร์ 4 x 4 ม. ที่แรงดันน้ำ 1.5 บาร์ เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ให้น้ำแต่ละแปลงย่อยเท่าเทียมกันมากที่สุด ให้น้ำทันทีหลังจากปลูก เพื่อให้ถั่วลิสงงอกอย่างสม่ำเสมอ และให้น้ำตามความจำเป็นเมื่อถั่วลิสงเริ่มแสดงอาการขาดน้ำ เมื่อถั่วลิสงอายุได้ 10 วันหลังปลูก ทำการปลูกซ่อม ถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น เมื่อถั่วลิสงอายุ 15 วันหลังปลูก ใส่ปุ๋ยที่โคนต้นตามตำรับ main plot แล้วกลับทันที จากนั้น ให้น้ำถั่วลิสงกำจัดวัชพืช โดยใช้จอบถาก จำนวน 2 ครั้งก่อนถั่วลิสงสร้างเข็ม

**Table 1** Characteristic of organic fertilizer and the soil at 0-60 cm depth before starting the experiment

Characteristic	Organic fertilizer	Soil sample			
		0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	45-60 cm
pH: 1:1 H <sub>2</sub> O	7.81	7.09	7.17	7.06	6.34
EC: 1:5 H <sub>2</sub> O (dS/m)	6.45	0.05	0.05	0.03	0.02
Organic matter (%)	17.48	0.55	0.52	0.42	0.36
Total N (%)	0.87	0.024	0.023	0.018	0.015
Total P (mg/kg)	0.353 (%)	138.23	118.49	94.35	68.02
Total K (mg/kg)	1.034 (%)	253.69	248.99	244.30	277.18
Available P (mg/kg)	-	49.26	46.63	27.21	11.85
Exchangeable K (mg/kg)	-	65.84	77.06	39.99	25.36
CEC (c mol/kg)	-	2.14	1.80	2.32	1.85
% sand (2.0-0.05 mm)	-	89.93	89.78	83.86	81.00
% silt (0.05-0.002 mm)	-	7.78	8.00	12.00	12.14
% clay (<0.002 mm)	-	2.29	2.22	4.14	6.08
C/N ratio	11.65	-	-	-	-

เมื่อถั่วลิสงอายุ 30 วัน ในทุก main plot ใส่ยิปซัม (CaSO<sub>4</sub>) ในอัตรา 50 กก./ไร่ ถั่วลิสงมีการแสดงอาการของโรคพืชจะทำการฉีดพ่นโดยสารชีวภาพป้องกัน โดยฉีดพ่นในปริมาณเท่ากันในทุกแปลงย่อย

#### การเก็บข้อมูล

ข้อมูลลักษณะสรีรวิทยาและการเจริญเติบโต

1) SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) ตรวจวัดเมื่อถั่วลิสงอายุ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลัง

ปลูก โดยใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter reading ในแต่ละแปลงย่อย วัดค่าจากถั่วลิสงจำนวน 4 ต้น ในทุกไปย่อย โดยวัดใบที่ 2 นับจากยอดของลำต้นหลักที่แผ่ขยายเต็มที่

2) ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) ตรวจวัดเมื่อถั่วลิสงอายุ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก จากถั่วลิสง 5 ต้น นำไปวัดด้วยเครื่อง LI-3100 area meter (LI-COR, inc. Lincoln Nebraska, USA) แล้วนำมาคำนวณหาค่าดัชนีพื้นที่ใบ

3) อัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate; CGR) วัดน้ำหนักแห้งของต้น ใบ (ไม่รวมราก) และฝัก (ถ้ามี) ทำการตรวจวัดเมื่อถั่วลิสงอายุได้ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก โดยเก็บตัวอย่างถั่วลิสงจำนวน 5 ต้น นำมาแยกส่วนต้น ใบ และฝัก แยกออกจากกัน นำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง คำนวณ ค่า CGR จากสูตร

$$CGR = 1/G \times (W2-W1)/(T2-T1)$$

**ผลผลิต**

เมื่ออายุเก็บเกี่ยว เก็บตัวอย่างต้นและฝักถั่วลิสงจากพื้นที่ 15 ตร.ม. ของทุกแปลงย่อย ปลิดแยกฝักออกจากต้น เก็บฝักทั้งหมดจากพื้นที่มาตากแดดจนแห้ง (ความชื้นเมล็ดประมาณ 8%) แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง ส่วนตัวอย่างต้นถั่วลิสง ชั่งน้ำหนักต้นทั้งหมด แล้วสุ่ม 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักทั้งหมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 48

ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งต้น จากนั้น นำข้อมูลที่ได้จากทั้งสองส่วนมาคำนวณหาดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index; HI) โดยคำนวณจากสมการ ดัชนีเก็บเกี่ยว = น้ำหนักฝักแห้ง/น้ำหนักแห้งทั้งหมด

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลตามแผนการทดลองตามการจัดสิ่งทดลองแบบ Split-plot Design ในแผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) test

**ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา**

**การตอบสนองด้านผลผลิตต่อปุ๋ยอินทรีย์**

ถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ ทั้งที่ไม่ได้รับปุ๋ย ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ ให้ผลผลิตฝักที่แตกต่างกัน แต่การใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ทำให้มวลชีวภาพและดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลิสงแตกต่างกัน (Table 2) ส่วนในแง่พันธุ์ถั่วลิสงกับผลผลิตถั่วลิสงทั้ง 6 พันธุ์ มีมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน และจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยและพันธุ์ของลักษณะมวลชีวภาพและผลผลิตฝัก แต่พบในลักษณะดัชนีเก็บเกี่ยว (Table 2) อย่างไรก็ตาม เพื่อความชัดเจนของผลการทดลอง จึงแสดงผลแยกอิทธิพลของปุ๋ยในถั่วลิสงแต่ละพันธุ์

**Table 2** Mean squares from analysis of variance for biomass, yield, harvest index (HI) at harvest with different fertilizers of 6 peanut varieties

Source of variation	DF	Biomass	Yield	Harvest index
Replication (R)	3	90685	925	0.00309
Fertilizer (F)	4	62625 ns	17438 *	0.00544 ns
Error R*F	12	71302	3582	0.00580
Varieties (V)	5	157985 *	296158 **	0.12712 **
F*V	20	76748 ns	7041 ns	0.01086 **
Error R*F*V	75	65620	7524	0.00418
Total	119			

DF = degree of freedom, \* Significant at p < 0.05, \*\* Significant at p < 0.01, ns not significant

การใส่ปุ๋ยตำรับต่างๆ ไม่ส่งผลต่อมวลชีวภาพและดัชนีเก็บเกี่ยว แต่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 700 และ 1,400 กก./ไร่ ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างกันและ

ทั้ง 3 ตำรับให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่ำไม่ทำให้ผลผลิตฝักต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่าปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยมูลหมู ปุ๋ยมูลไก่ และ

ปุ๋ยอินทรีย์พลอยได้จากการผลิตผงขุรสุให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี และสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งอาจเนื่องมาจากปุ๋ยอินทรีย์ส่งผลต่อมวลชีวภาพและกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน ส่งผลให้เกิดการส่งเสริมการสร้างผลผลิตฝักที่ดี ส่วนมวลชีวภาพ ผลผลิตฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยวของถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกัน โดยพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือพันธุ์ KKU 60 (Table 3) ซึ่งถั่วลิสงพันธุ์ KKU 60 เป็นพันธุ์ถั่วเมล็ดโต อายุสั้นที่ให้ผลผลิตสูง เมื่ออยู่ภายใต้สภาพการปลูกที่เหมาะสม<sup>7</sup>

ในแง่พฤติกรรมของถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ พันธุ์ ICG 397 ที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีผลผลิตฝักแห้งต่ำกว่าที่ได้รับปุ๋ยทุกชนิดและทุกอัตรา และการใส่ปุ๋ยเคมีและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราต่างๆ ไม่ทำให้ผลผลิตฝักแห้งแตกต่างกัน และการใส่ปุ๋ยที่แตกต่างกันของถั่วลิสงพันธุ์นี้ไม่ทำให้มวลชีวภาพและดัชนีเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน สำหรับพันธุ์ ICG 14170 และ ICG 15042 เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตราแนะนำและปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 700 กก./ไร่ ให้ผลผลิตฝักสูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยและทั้งสองพันธุ์เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีจะทำให้มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย พันธุ์ KKU 60 มีเพียงการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 700 กก./ไร่ ให้ผลผลิตฝักที่สูงกว่าที่ไม่ได้รับการใส่ปุ๋ย และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ 700 กก./ไร่ ทำให้มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด ส่วนพันธุ์ KS 1 และ KS 2 การใส่ปุ๋ยหรือไม่ใส่ปุ๋ยไม่ส่งผลต่อผลผลิตฝัก (Figure 1) นอกจากนี้ ในบางพันธุ์ พบว่าค่าสำหรับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยมีผลผลิตฝักมวลชีวภาพ และดัชนีเก็บเกี่ยวที่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ย นั้นเป็นเพราะ การทดลองนี้ เป็นการศึกษาในสภาพแปลงทดลอง ซึ่งในดินมีธาตุอาหารเดิมอยู่แล้วส่วนหนึ่ง (Table 1) นอกจากนี้ ตลอดช่วงการทดลองมีการให้น้ำแก่ถั่วลิสงอย่างสม่ำเสมอในทุกๆ แปลงย่อย เพื่อลดความไม่เท่าเทียมของความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยอันเกิดจากความชื้นดิน ด้วยเหตุนี้ อาจทำให้ผลผลิตถั่วลิสงในตำรับที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยของบางพันธุ์มีค่าไม่แตกต่างจากตำรับที่ใส่ปุ๋ย

จากงานวิจัยในครั้งนี้ หากมองในแง่ผลผลิตและมวลชีวภาพ พบว่าพันธุ์ทั้ง 6 พันธุ์ สามารถใช้ผลิตในระบบที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ได้ โดยให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากระบบการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนในแง่ของดัชนีเก็บเกี่ยว พบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ KKU 60 เป็นเพียงพันธุ์เดียวที่หากผลิตในระบบอินทรีย์ ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 700 และ 1,400 กก./ไร่ ทำให้ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงกว่าการผลิตในระบบเคมี ส่วนพันธุ์อื่นๆ การผลิตในระบบเคมีและอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน

#### การตอบสนองด้านสรีรวิทยาต่อปุ๋ยอินทรีย์

การตอบสนองทางสรีรวิทยาสำหรับค่า CGR LAI และ SCMR ของถั่วลิสงที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่

แตกต่างกัน (Table 4) ยกเว้นค่า LAI ที่อายุ 45 วันหลังปลูก การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 700 และ 1,400 กก./ไร่ ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี แต่แตกต่างกับไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตราต่ำ (Table 4)

#### CGR

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า CGR ในแต่ละช่วงอายุถั่วลิสงมีแนวโน้มที่แตกต่างกันทั้งในด้านปุ๋ยและพันธุ์ที่แตกต่างกัน (Figure 2) โดยในพันธุ์ส่วนใหญ่ การใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มเพิ่ม CGR หลังจากใส่ปุ๋ย เมื่อเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ย นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มเพิ่มค่า CGR ในช่วง 30-60 วันหลังปลูก และค่า CGR จะลดลงเมื่อถั่วลิสงมีอายุเพิ่มขึ้น หลังจากช่วงนี้ ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ พันธุ์ส่วนใหญ่มีค่า CGR เพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มรักษาค่า CGR ไว้ได้สูงในช่วงท้ายการเจริญเติบโต (75-90 วันหลังปลูก) (Figure 2) ซึ่งช่วงดังกล่าว ถั่วลิสงอยู่ในช่วงการเติมเต็มเมล็ด<sup>9</sup> ซึ่งอาจจะเป็นเหตุผลหนึ่ง ที่ช่วยสนับสนุนการให้ผลผลิตฝักของถั่วลิสง แต่อย่างไรก็ตาม ไม่พบการตอบสนองด้านรูปแบบของ CGR ดังกล่าวในบางพันธุ์ ซึ่งการตอบสนองต่อปุ๋ยหรือประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของพันธุ์ถั่วลิสงมีความแตกต่างกัน<sup>10</sup>

#### LAI

รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า LAI ในแต่ละช่วงอายุถั่วลิสงมีแนวโน้มที่แตกต่างกัน (Figure 3) โดยในพันธุ์ส่วนใหญ่ เมื่อการใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มรักษาการเพิ่มขึ้นของค่า LAI ให้สูงไว้ได้ในช่วงท้ายการเจริญเติบโต (75-90 วันหลังปลูก) (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ CGR ที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สามารถสนับสนุนให้ CGR รักษาในระดับในช่วงดังกล่าวไว้ได้ ซึ่งอาจจะเป็นตัวช่วยหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการได้มาของอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสง และส่งผลไปถึงผลผลิตฝักของถั่วลิสง<sup>11</sup> แต่อย่างไรก็ตาม มีบางพันธุ์ที่ไม่พบพฤติกรรมเช่นนี้ ซึ่งการตอบสนองต่อปุ๋ยหรือประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยของถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ อาจจะไม่เหมือนกัน ดังนั้น ต้องมีการศึกษาประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยในถั่วลิสงแต่ละพันธุ์ต่อไป การตอบสนองของ CGR และ LAI ในช่วงท้ายของการเจริญเติบโตเช่นนี้อาจเป็นเพราะความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์ถูกปลดปล่อยช้าและรักษาระดับไว้สูงได้ในช่วงท้ายๆ ของการเจริญเติบโตของถั่วลิสง ซึ่งความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารของวัตถุดิบอินทรีย์ที่ใส่ในดินนั้น ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของคาร์บอนและไนโตรเจนที่เป็นองค์ประกอบของวัตถุดิบอินทรีย์ และเกี่ยวข้องกับความเร็วของการปลดปล่อยธาตุอาหารของวัตถุดิบอินทรีย์นั้น<sup>12</sup> ซึ่งโดยปกติ การปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยอินทรีย์จะเกิดได้อย่างรวดเร็ว

**Table 3** Biomass, pod yield and harvest index (HI) at harvest with different fertilizers of 6 peanut varieties

Fertilizers	Biomass (kg/rai)		Pod yield (kg/rai)		HI	
	Mean	SE	Mean	SE	Mean	SE
no fertilizer	1117.2		341	c	0.305	
chemical fertilizer 25 kg/rai	1152.2		385	ab	0.331	
Organic fertilizer 350 kg/rai	1166.1		355	bc	0.309	
Organic fertilizer 700 kg/rai	1253.3		407	a	0.339	
Organic fertilizer 1400 kg/rai	1194.2		390	ab	0.330	
F-test	ns		*		ns	
Varieties						
ICG 397	1155.3	b	368	b	0.323	bc
ICG 14170	1077.3	b	268	c	0.255	d
ICG 15042	1190.3	ab	325	b	0.285	cd
KS 2	1216.4	ab	317	bc	0.268	d
KKU 60	1322.3	a	613	a	0.473	a
KS 1	1098.0	b	363	b	0.333	b
F-test	*		**		**	

Mean in the same column with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference (LSD) (at  $p < 0.05$ ). \* Significant at  $p < 0.05$ , \*\* Significant at  $p < 0.01$ , ns not significant

### SCMR

สำหรับค่า SCMR การได้รับปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่ทำให้ SCMR แตกต่างกัน (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับ<sup>13</sup> ที่ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และฤดูกาล และพันธุ์กับการให้น้ำที่แตกต่างกัน<sup>14</sup> อย่างไรก็ตาม<sup>15</sup> พบว่าการใส่ไนโตรเจน อัตรา 80 กก./เฮกเตอร์ ทำให้ SCMR ของถั่วลิสงสูงขึ้น แต่งานทดลองดังกล่าว ศึกษาในถั่วลิสงเพียงพันธุ์เดียวและเป็นพันธุ์ที่แตกต่างจากการทดลองนี้ อีกทั้ง งานดังกล่าวมีอินทรีย์วัตถุในดินและไนโตรเจนต่ำกว่าดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

ในแง่สรีรวิทยาพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ที่ดีและเหมาะสมที่จะใช้ปลูกในระบบอินทรีย์ได้แก่ พันธุ์ ICG 397 ICG 14170 และ KS2 ซึ่งพันธุ์ ICG 397 ซึ่งในทุกอัตราปุ๋ยอินทรีย์มีค่า CGR สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี พันธุ์ ICG 14170 มีค่า CGR มีความเหมาะสมกับระบบอินทรีย์ สำหรับการใส่

ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตราสูง (1,400 กก./ไร่) ส่วนพันธุ์อื่นๆ การใส่ปุ๋ยเคมีกับปุ๋ยอินทรีย์ไม่มีความแตกต่างกัน ในแง่ของค่า LAI พันธุ์ ICG 397 ICG 14170 และ KS2 คือพันธุ์ที่มีการตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนพันธุ์อื่นๆ การตอบสนองของ LAI ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ดังนั้น หากมองการตอบสนองในแง่สรีรวิทยาพันธุ์ ICG 397 ICG 14170 และ KS2 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการปลูกในระบบอินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตาม กลุ่มพันธุ์ดังกล่าวมีการตอบสนองต่อปุ๋ยอินทรีย์ในแง่ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากลักษณะผลผลิตเป็นลักษณะที่มีความซับซ้อน มีลักษณะที่เข้ามาเกี่ยวข้องมาก (surrogate traits) การใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาเพียงไม่กี่ลักษณะไม่สามารถอธิบายผลผลิตได้อย่างชัดเจน<sup>14</sup> อย่างไรก็ตาม พันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ทุกพันธุ์มีศักยภาพที่สามารถใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสงแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์



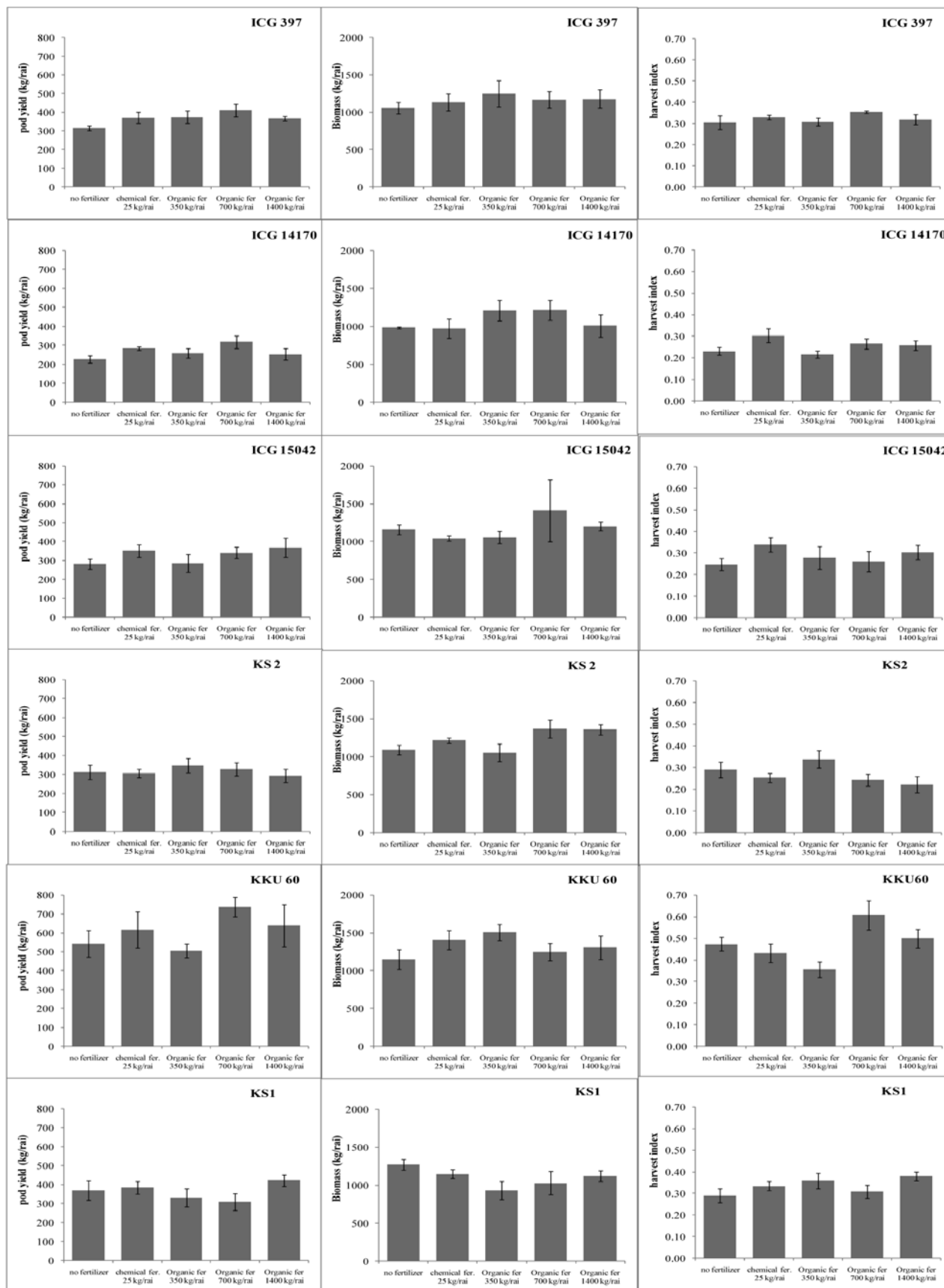
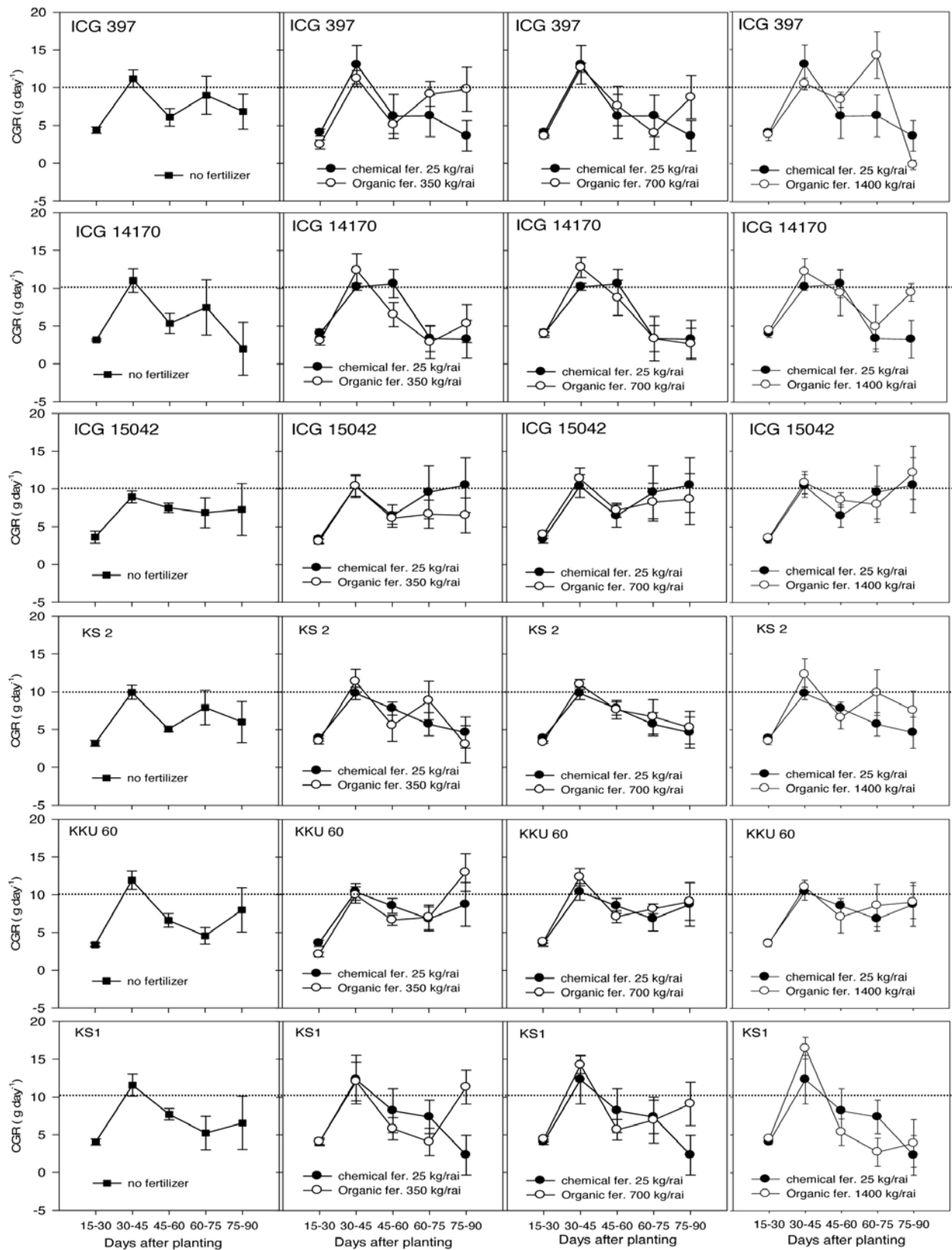


Figure 1 Pod yield, biomass and harvest index (HI) at harvest with different fertilizers of each peanut varieties LAI

**Table 4** crop growth rate (CGR; g/day), leaf area index (LAI) and SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) during crop season periods with different fertilizers of six peanut varieties

Physiological traits	Date	Fertilizers					F-test
		no fertilizer	chemical fer. 25 kg/rai	Organic fer. 350 kg/rai	Organic fer. 700 kg/rai	Organic fer. 1400 kg/rai	
CGR	15-30 DAP	3.63	3.83	3.05	3.85	3.89	ns
	30-45 DAP	10.93	11.03	11.23	12.40	12.22	ns
	45-60 DAP	6.39	7.90	5.96	7.32	7.57	ns
	60-75 DAP	7.17	6.52	6.94	6.23	8.06	ns
	75-90 DAP	6.11	5.07	6.81	6.04	6.99	ns
LAI	15 DAP	0.192	0.189	0.190	0.187	0.196	ns
	30 DAP	1.190	1.175	1.167	1.195	1.315	ns
	45 DAP	2.629 b	2.688 ab	2.566 b	2.970 a	2.977 a	*
	60 DAP	3.644	3.897	3.740	3.691	3.706	ns
	75 DAP	4.273	4.206	4.405	4.524	4.700	ns
	90 DAP	4.132	4.059	4.362	4.528	4.690	ns
SCMR	15 DAP	39.65	38.29	39.21	38.85	39.09	ns
	30 DAP	40.00	41.03	40.01	41.04	40.51	ns
	45 DAP	38.23	37.34	38.48	38.51	38.47	ns
	60 DAP	37.21	36.96	36.83	36.49	36.31	ns
	75 DAP	39.53	40.07	39.63	38.82	39.10	ns
	90 DAP	36.94	36.79	37.02	36.44	37.23	ns

Mean in the same row with the same letters are not significantly different by Least Significant Difference (LSD) (at  $p < 0.05$ ) \* Significant at  $p < 0.05$ , \*\* Significant at  $p < 0.01$ , ns not significant



**Figure 2** crop growth rate (CGR) of each peanut genotype with different fertilizer applications during crop season periods.

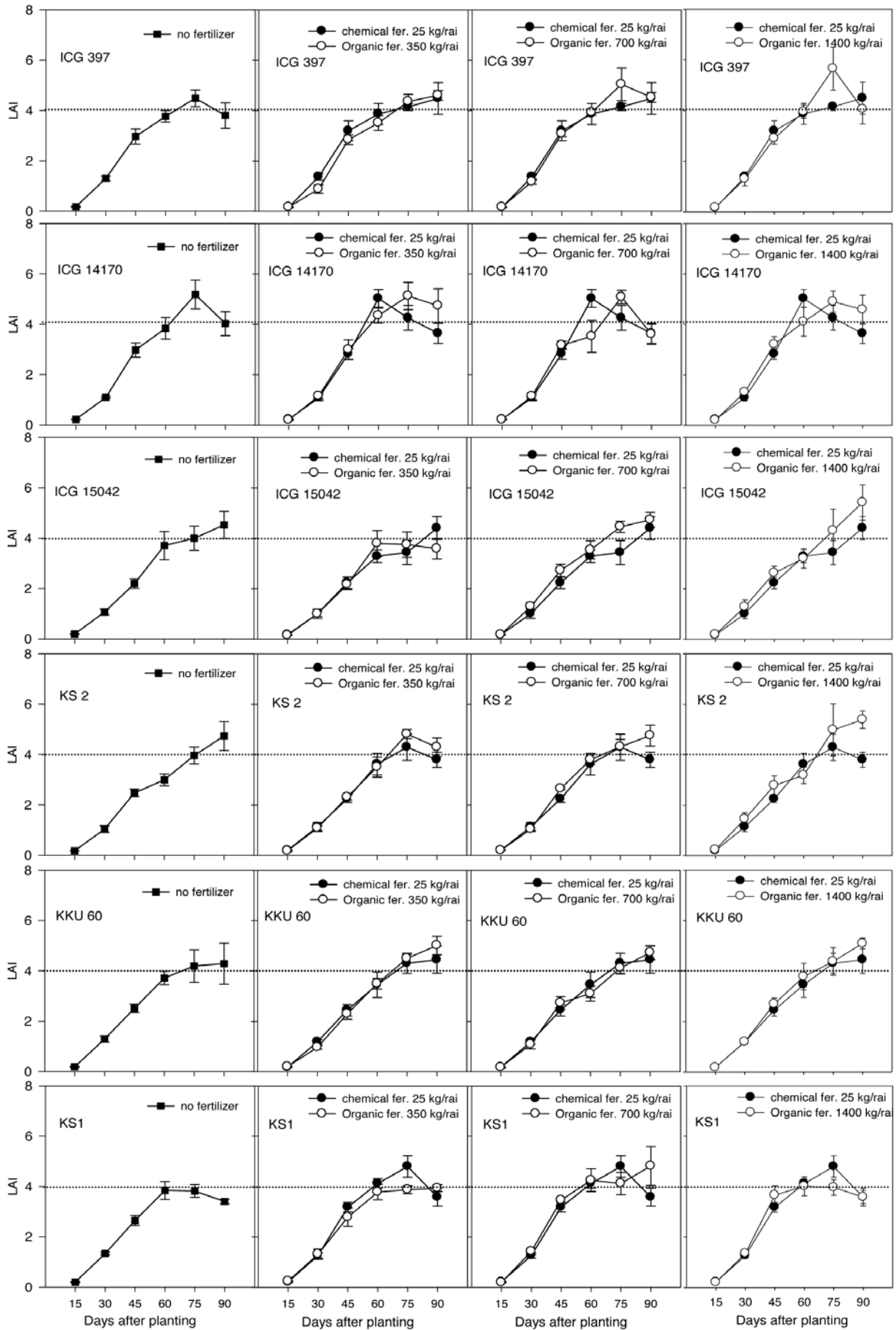


Figure 3 Leaf area index (LAI) of each peanut genotype with different fertilizer applications during crop season periods.

## สรุป

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในอัตราต่างๆแก่ถั่วลิสงให้มวลชีวภาพ ผลผลิตฝักและดัชนีเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมี ถั่วลิสงพันธุ์ต่างๆ มีการตอบสนองต่อปุ๋ยได้แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตาม ถั่วลิสงทุกพันธุ์ที่ทำการศึกษามีเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ อัตรา 700 และ 1,400 กก/ไร่ ให้ผลผลิตฝักไม่แตกต่างจากการได้รับปุ๋ยเคมี การตอบสนองทางสรีรวิทยา เช่น CGR LAI และ SCMR ของถั่วลิสงที่ได้รับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ไม่แตกต่างกัน แต่รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงค่า CGR และ LAI ในแต่ละช่วงอายุของถั่วลิสงมีแนวโน้มที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ส่วนใหญ่ เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มรักษาค่า CGR และ LAI ให้ยังคงสูงไว้ได้ในช่วงทำการเจริญเติบโต ซึ่งอาจจะเป็นตัวช่วยหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการให้ผลผลิตฝักของถั่วลิสงได้ ถั่วลิสงทั้ง 6 พันธุ์ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ทุกพันธุ์มีศักยภาพที่สามารถใช้ในระบบการผลิตถั่วลิสงแบบใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งความรู้ที่จากการวิจัยนี้จะช่วยส่งเสริมระบบการผลิตถั่วลิสงแบบอินทรีย์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นได้

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากกลุ่มวิจัยการปรับปรุงถั่วลิสงและแก่นตะวันเพื่อคุณค่าเชิงอาหารสุขภาพและศูนย์ปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน

## เอกสารอ้างอิง

1. Wesche-Ebeling P, Welti-Chanes J, Santos-Garcia J, Maiti RK, Heredia-Garcia N. 2002. Food and feed science. P.243-283. In: R.K. Maiti, and P. Wesche-Ebeling. The peanut (*Arachis hypogaea*) crop. Science Publishers Inc., NH, USA.
2. Khaopha S, Senawong T, Jogloy S, Patanothai A. Comparison of total phenolic content and composition of individual phenolic acids in testae and testa-removed kernels of 15 Valencia-type peanut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes. Afr. J. Biotechnol. 2012; 11: 15923-15930.
3. ปานชวีวัน ปอนพังกา, ปริญญาพร เฟ้ามงคล, และสุวิมล ทุมวารี. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงดินลูกรังและเพิ่มผลผลิตข้าวโพดหวาน. แก่นเกษตร. 2557; 42 (ฉบับพิเศษ 1): 700-707.
4. Basu M, Bhadoria PBS, Mahapatra SC. Growth, nitrogen fixation, yield and kernel quality of peanut in response to lime, organic and inorganic fertilizer levels. Bioresource Technol. 2008; 99: 4675-4683.
5. Sun RL, Zhao BQ, Zhu LS. Effects of long-term fertilization on soil enzyme activities and its role in adjusting-controlling soil fertility. J. Plant Nutr. Fert. Sci. 2003; 9: 406-410.
6. Lin XJ, Wang F, Cai HS, Lin CB, He CM, Li QH, Li Y. 2010. Effects of different organic fertilizers on soil microbial biomass and peanut yield. p.72-75. In: 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. August 1-6, 2010, Brisbane, Australia.
7. Jogloy C, Jaisil P, Akkasaeng C, Kesmala T, Jogloy S. Heritability and correlation for maturity and pod yield in peanut. J. Appl. Sci. Res. 2011; 7: 134-140.
8. Boote KJ. Growth stage of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Sci. 1982; 9: 35-40.
9. Jongrunklang N, Toomsan B, Vorasoot N, Jogloy S, Boote KJ, Hoogenboom G, Patanothai A. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. Field Crops Res. 2011, 120: 262-270.
10. Junjittakarna J, Pimratch S, Jogloy S, Htoon W, Singkham N, Vorasoot N, Toomsan B, Holbrook CC, Patanothai A. Nutrient uptake of peanut genotypes under different water regimes. Int. J. Plant Prod. 2013; 7: 677-692.
11. Koolachart R, Suriham B, Jogloy S, Vorasoot N, Wongkaew S, Holbrook CC, Jongrunklang N, Kesmala T, Patanothai A. Relationships between physiological traits and yield components of peanut genotypes with different levels of terminal drought resistance. SABRAO J. Breed. Genet. 2013; 45: 422-446.
12. Kaewpradit W, Toomsan B, Vityakon P, Limpinuntana V, Saenjan P, Jogloy S, Patanothai A, Cadisch G. Regulating mineral N release and greenhouse gas emissions by mixing groundnut residues and rice straw under field conditions. Eur. J. Soil Sci. 2008; 59: 640-652.
13. Songsri P, Jogloy S, Holbrook CC, Kesmala T, Vorasoot N, Akkasaeng C, Patanothai A. Association

of root, specific leaf area and SPAD chlorophyll meter reading to water use efficiency of peanut under different available soil water. *Agr. Water Manage.* 2009; 96: 790-798.

14. Jongrunklang N, Toomsan B, Vorasoot N, Jogloy S, Kesmala T, Patanothai A. Identification of peanut genotypes with high water use efficiency under drought stress conditions from peanut germplasm of diverse origins. *Asian J. Plant Sci.* 2008; 7: 628-638.
15. Ziaeidoustan H, Azarpour E, Safiyar S. Study the Effects of Different Levels of Irrigation Interval, Nitrogen and Superabsorbent on Yield and yield component of peanut. *Intl J Agri Crop Sci.* 2013; 5: 2071-2078.

## ผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันต่อผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์

## Effect of Shoot Cutting at Different Growth Stages on Fresh Tuber Yield of Three Varieties of Jerusalem Artichoke

บุญธรรม ศรีหาล้า สุกุลกานต์ สิมลา<sup>1\*</sup> สุรศักดิ์ บุญแดง<sup>1</sup> พัชรี สิริตระกูลศักดิ์Boontham Srilah<sup>1</sup> Sakunkan Simla<sup>1\*</sup> Surasak Boontang<sup>1</sup> Phatcharee Siritrakulsak<sup>1</sup>

Received: 30 November 2015; Accepted: 20 February 2016

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการแตกต่างกันต่อองค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตหัวสดของแก่นตะวัน 3 พันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ split plot in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ แก่นตะวัน 3 พันธุ์ (#2, #3 และ #50-4) และ sub plot คือ การตัดยอด 3 รูปแบบ (ไม่ตัดยอด ตัดยอดที่ระยะออกไหล และตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50%) ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรไรศร ในฤดูฝน ระหว่างเดือน มิถุนายน-พฤศจิกายน 2558 บันทึกข้อมูล ได้แก่ จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักต่อหัว น้ำหนักหัวสดต่อต้น และผลผลิตหัวสด พบว่า การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันพันธุ์ #2 มากที่สุด ส่วนการตัดยอดที่ระยะออกไหลเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตแก่นตะวันพันธุ์ #3 และ #50-4 มากที่สุด เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ให้ผลผลิตมากที่สุด จะเห็นได้ว่าการตัดยอดทำให้แก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองที่ต่างกัน ทำให้ได้ผลผลิตแตกต่างกันไปด้วย ผลการศึกษานี้สามารถใช้แนวทางสำหรับการผลิตแก่นตะวันให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน

**คำหลัก:** ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต *Helianthus tuberosus*

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of shoot cutting at different growth stages on fresh tuber yield and the yield component of three varieties of Jerusalem artichoke. The experiment was laid out in a split plot randomized complete block design. Three varieties of Jerusalem Artichoke (#2, #3 and #50-4) and three shoot cutting stages (no shoot cutting, cutting at initial rhizome stage and cutting at 50% flowering stage) were assigned as the main plot and sub plot, respectively. A field trial was conducted at Yasothorn Agricultural Research and Development Centre, in the wet season (June-November 2015). Number of tuber per plant, tuber fresh weight, fresh tuber weight per plant and fresh tuber yield were recorded. A results found that planting with cuttings at the 50% flowering stage was suitable for production of #2 had and the suitable pattern for production of #3 and #50-4 were planted with cutting at initial rhizome stage, because it has the highest yield. The results indicated that there were different responses between the Jerusalem artichoke varieties and shoot cutting that effected yield. The results of this study can be used as a production guideline for Jerusalem artichoke.

**Keywords:** yield, yield component, *Helianthus tuberosus*

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

<sup>1</sup> Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Kantarawichai District, MahaSarakhm 44150

\* Corresponding Author: sakunkan.s@msu.ac.th, sakunkans@gmail.com

## บทนำ

แก่นตะวัน หรือ Jerusalem artichoke มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Helianthus tuberosus* เป็นพืชอยู่ในสกุล *Helianthus* มีลักษณะคล้ายดอกทานตะวันและบัวตอง แต่มีขนาดเล็กกว่า มีหัวใต้ดินเพื่อเก็บสะสมอาหารคล้ายมันฝรั่ง แก่นตะวันมีถิ่นกำเนิดในเขตหนาวของประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถปลูกและปรับตัวได้ดีในสภาพเพาะปลูกของประเทศไทย แก่นตะวันเป็นพืชที่สามารถนำเอาหัวมาใช้ประโยชน์ เป็นอาหารได้ทั้งคนและสัตว์ จัดว่าเป็นพืชสมุนไพร ทำอาหารได้หลากหลายประเภท อาทิเช่น บริโภคสด ประุงเป็นอาหารคาวหวาน นอกจากนี้ยังมีการใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ จากรายงานการวิจัยของต่างประเทศ พบว่า การบริโภคแก่นตะวันจะไม่ถูกย่อยในกระเพาะ จึงทำให้เหลือเยื่อใยจำนวนมาก แก่นตะวันมีสารเยื่อใยอาหารที่ให้แคลอรีต่ำ ช่วยลดความอ้วน ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือด เนื่องจากในหัวมีสารสำคัญ เรียกว่า inulin ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยน้ำตาล fructose ต่อกันเป็นโมเลกุลยาว จึงไม่เป็นปัญหากับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ช่วยลด Cholesterol, Triglyceride และ LDL (low density lipoprotein ซึ่งเป็นไขมันที่ความหนาแน่นต่ำ ที่ทำให้เกิดภาวะหลอดเลือดแดงแข็ง) ในร่างกายจึงลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด นอกจากนี้ยังพบว่าเป็นประโยชน์ต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* แต่ลดการทำงานของแบคทีเรียก่อโรค เช่น *Coliforms* และ *E. coli* จึงเป็นที่ยอมรับกันว่าแก่นตะวันเป็น Prebiotic ทำให้ภูมิคุ้มกันร่างกายดีขึ้น<sup>1,2</sup>

ด้วยเหตุนี้ทำให้แก่นตะวันเป็นที่ต้องการทั้งในภาคครัวเรือน และภาคอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก เพราะนอกจากการบริโภคแล้ว ยังสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบสำหรับเป็นอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ เอทานอล และการผลิตแอลกอฮอล์ ซึ่งอาจพัฒนาเป็นพืชพลังงานทดแทนในอนาคตต่อไป<sup>3</sup> แต่ในปัจจุบันพบว่า ผลผลิตแก่นตะวันยังมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค ทั้งที่มีพื้นที่การผลิตแก่นตะวันเพิ่มขึ้น ประกอบกับการผลิตแก่นตะวันไม่สามารถทำได้ในสภาพที่อากาศเย็น จึงให้มีผลผลิตจำหน่ายเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น สำหรับการจำหน่ายทั้งปีทำได้โดยอาศัยการเก็บรักษาหัวแก่นตะวันในสภาพเย็นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

การเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่สามารถทำได้อยู่ 2 รูปแบบ คือ การปรับปรุงพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีผลผลิตต่อไร่เพิ่มมากขึ้น และการจัดการการเขตกรรม เพื่อเพิ่มผลผลิต ทั้งการจัดการเรื่องน้ำ ปุ๋ย หรือระยะปลูก การวิเคราะห์ผลผลิตของพืชโดยอาศัยแนวคิดเรื่องการสะสมน้ำหนักแห้งและการเจริญของส่วนผลผลิตจากสารอาหารที่พืชสร้างขึ้นมานั้น นิยม

ศึกษาในเรื่องการกระจายของน้ำหนักแห้งระหว่างอวัยวะ โดยใช้แนวคิดเรื่อง source/sink relationship ทั้งนี้นิยมให้คำจำกัดความของ source คือแหล่งสร้างหรือให้สารอาหาร (photosynthate) ส่วน sink คือแหล่งที่สะสมหรือรับสารอาหาร (assimilate)<sup>4</sup>

แก่นตะวันเป็นพืชที่มีการลงหัวเช่นเดียวกับมันสำปะหลัง จึงทำให้พืชทั้งสองชนิดนี้มีสรีรวิทยาของการลงหัวคล้ายกัน ในมันสำปะหลังมีรายงานว่าการตัดยอดสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังได้<sup>5-8</sup> นอกจากนี้ยังมีรายงานในพืชชนิดอื่น อาทิเช่น ถั่วลิสง<sup>9-10</sup> ถั่วเหลือง<sup>11</sup> ถั่วฝักยาว<sup>12</sup> *Erysimum strictum*<sup>13</sup> ดังนั้นในครั้งนี้นี้จึงได้ทำการศึกษาเพื่อหาเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมภายใต้เงื่อนไขการผลิตแก่นตะวันในประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการตัดยอดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแก่นตะวัน เพื่อศึกษาเป็นแนวทางสำหรับการผลิตแก่นตะวันให้มีผลผลิตแก่นตะวันเพียงพอต่อความต้องการในปัจจุบัน

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การเตรียมต้นกล้า การปลูกและดูแลรักษา

1.1 เพาะกล้าแก่นตะวัน แก่นตะวันที่ทำมาใช้ในการทดสอบครั้งนี้ มี 3 พันธุ์ คือ #2, #3 และ #50-4 ซึ่งแต่ละพันธุ์มีขนาดหัวพันธุ์ต่างกัน แต่ขนาดของหัวพันธุ์นั้นไม่มีผลต่อผลผลิตของแก่นตะวัน<sup>14</sup> จึงนำมาทำการเพาะกล้าโดยการตัดหัวให้มีตา 2-3 ตาต่อชิ้น และมีขนาดของชิ้นตาใกล้เคียงกัน นำมาบ่มในเกลบดำขึ้น 7-10 วัน จากนั้นย้ายลงในถาดเพาะขนาด 104 หลุม ที่มีเกลบดำเป็นวัสดุเพาะ วางถาดในที่ร่มแสงรำไร และรดน้ำดูแลต้นกล้าจนต้นกล้ามีใบจริง 2 คู่

1.2 เตรียมแปลงปลูก โดยทำการไถตะไถแปรและไถพรวน 1-2 ครั้ง ตามสภาพพื้นที่ จากนั้นปรับระดับพื้นที่ให้เสมอกับด้วยเครื่องพรวน จากนั้นยกแปลงปลูกให้เป็นรูปสามเหลี่ยมให้มีขนาดกว้าง 60 เซนติเมตร แต่ละแปลงย่อยยาว 6.5 เมตร

1.3 ย้ายกล้าลงปลูกในแปลงที่มีความชื้น โดยปลูกให้มีระยะห่างระหว่างต้น 40 เซนติเมตร และให้น้ำทันทีหลังปลูก โดยให้น้ำปล่อยตามร่อง อย่างสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก

1.4 ดายหญ้ากำจัดวัชพืช 1-2 ครั้งตามความเหมาะสม

1.5 ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่ออายุ 1 เดือนหลังปลูก

1.6 ทำการตัดยอดตามสิ่งทดลอง คือ ไม่ตัดยอด ตัดที่ระยะออกไหลที่ 15 วันโดยตัดข้อที่ 3 จากยอด (นับจากปล้องที่เหลือง) และตัดที่ระยะดอกบาน 50 % ที่ประมาณ 60 วัน ตัดข้อที่ 3 จากยอด (นับจากปล้องที่เหลือง)



## 2. การบันทึกข้อมูล

### 2.1 องค์ประกอบผลผลิต<sup>15</sup>

1) จำนวนหัวต่อต้น (หัว) สุ่มนับจำนวนหัวต่อต้นจากตัวอย่าง 5 ต้น ของแต่ละแปลงย่อย ในระยะเก็บเกี่ยว

2) น้ำหนักหัวสดต่อหัว (กรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดของแต่ละหัว จำนวน 10 ต้นหัว ในแต่ละแปลงย่อย ที่ระยะการเก็บเกี่ยว โดยนำหัวไปล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

3) น้ำหนักหัวสดต่อต้น (กรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดของแต่ละต้น จำนวน 5 ต้น ในแต่ละแปลงย่อย ที่ระยะการเก็บเกี่ยว โดยนำหัวไปล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนัก

### 2.2 ผลผลิต<sup>15</sup>

ผลผลิตหัวสดต่อไร่ (กิโลกรัม) บันทึกข้อมูลน้ำหนักหัวสดที่ระยะการเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อย โดยนำหัวแก่ต้นวันทั้งหมดไปล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำแล้วนำไปชั่งน้ำหนักผลผลิตหัวสดต่อแปลงย่อย จากนั้นนำไปคำนวณเป็นผลผลิตหัวสดต่อไร่

## 3. การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะ

### 3.1 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของลักษณะ

ทั้งหมดที่ทำการศึกษิตตามแผนการทดลองแบบ spit plot in randomized complete block จำนวน 3 ซ้ำ main plot คือ แก่นตะวัน 3 พันธุ์ คือ แก่นตะวัน #2 แก่นตะวัน #3 และแก่นตะวัน #50-4 และ sub plot คือ การตัดยอด 3 รูปแบบ คือ ไม่ตัดยอด ตัดยอดที่ระยะออกไหล และตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50%

3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant different (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการทดลอง

### 1. ลักษณะจำนวนหัวต่อต้น

จำนวนหัวต่อต้นเป็นลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีความสำคัญในแก่นตะวัน เนื่องจากจำนวนหัวที่มาก หมายถึงผลผลิตที่มากเช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษาพบว่า แก่นตะวัน พันธุ์ #3 เป็นพันธุ์ที่มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด ที่ 37.53 หัวต่อต้น และการไม่ตัดยอด ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุดที่ 28.37 หัวต่อต้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการตัดยอดที่ระยะออกไหล ที่มีจำนวน 26.16 หัวต่อต้น ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันกับระยะการตัดยอด พบว่าจำนวนหัวต่อต้นของแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะ

ดอก 50% ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด จำนวน 19.60 หัวต่อต้น ส่วนในพันธุ์ #3 และ #50-4 การไม่ตัดยอด ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด จำนวน 44.80 และ 24.60 หัวต่อต้นตามลำดับ (Table 1) เมื่อพิจารณาจาก (Figure 1) ทำให้เห็นได้ชัดเจนว่าพันธุ์ #2 และพันธุ์ #3 กับ #50-4 มีการตอบสนองกับการตัดยอดแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยในพันธุ์ #2 เมื่อมีการตัดยอด ส่งผลให้มีจำนวนหัวต่อต้นเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน พันธุ์ #3 และ #50-4 เมื่อมีการตัดยอด ทำให้มีจำนวนหัวต่อต้นลดลง

### 2. ลักษณะน้ำหนักสดต่อหัว

น้ำหนักสดต่อหัวเป็นลักษณะที่ใช้บอกขนาดของหัวแก่ต้นวัน ซึ่งเป็นลักษณะองค์ประกอบผลผลิตที่มีความสำคัญอีกลักษณะหนึ่ง โดยหัวที่มีน้ำหนักสดมาก เป็นสิ่งที่บอกถึงผลผลิตที่มากเช่นเดียวกัน ผลจากการศึกษาพบว่า แก่นตะวันพันธุ์ #2 เป็นพันธุ์ที่มีน้ำหนักสดต่อหัวมากที่สุด ที่ 8.25 กรัมต่อหัว แสดงให้เห็นว่าพันธุ์ #2 เป็นพันธุ์ที่มีขนาดหัวใหญ่ที่สุด สำหรับระยะการตัดยอดที่ต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้น้ำหนักสดต่อหัวแตกต่างกัน ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและระยะการตัดยอดพบว่า น้ำหนักสดต่อหัวของแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ทำให้มีน้ำหนักสดต่อหัวมากที่สุด ที่ 9.67 และ กรัมต่อหัว ตามลำดับ และในพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดระยะออกไหล ทำให้มีน้ำหนักสดต่อหัวมากที่สุด ที่ 5.05 และ 8.64 กรัมต่อหัว (Table 1) ในส่วนของทิศทางการตอบสนองต่อการตัดยอดพบว่าในพันธุ์ #3 และ #50-4 มีการตอบสนองต่อการตัดยอดเหมือนกัน (Figure 1)

### 3. ลักษณะน้ำหนักสดหัวต่อต้น

น้ำหนักสดหัวต่อต้นเป็นสิ่งที่สำคัญในการบ่งบอกถึงผลผลิตของแก่นตะวัน โดยผลจากการศึกษาพบว่า แก่นตะวันพันธุ์ #3 มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ 176.02 กรัมต่อต้น และการตัดยอดที่ระยะออกไหล ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุด ที่ 154.35 กรัมต่อต้น ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แก่นตะวันและระยะการตัดยอดพบว่า น้ำหนักสดหัวต่อต้นของแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุด ที่ 213.17 กรัมต่อต้น ส่วนในพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดระยะออกไหล ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นมากที่สุดที่ 223.57 และ 184.74 กรัมต่อต้น (Table 1) เมื่อพิจารณา

การตอบสนองต่อการตัด พบว่าพันธุ์ #2 และพันธุ์ #3 กับ #50-4 มีการตอบสนองกับการตัดยอดแตกต่างกันเช่นเดียวกัน โดยในพันธุ์ #2 เมื่อมีการตัดยอด ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน พันธุ์ #3 และ #50-4 เมื่อมีการตัดยอด ทำให้มีน้ำหนักสดหัวต่อต้นลดลง (Figure 1)

#### 4. ลักษณะผลผลิตหัวสด

ผลผลิตหัวสด คือ หัวสดของแแก่นตะวันที่เก็บขึ้นมาจากแปลงปลูกที่ผ่านการล้างทำความสะอาด และผึ่งให้หมาดในร่ม ผลจากการศึกษาพบว่า แแก่นตะวันพันธุ์ #3 เป็นพันธุ์ที่มีผลผลิตหัวสดมากที่สุด คือ 1,173.50 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับระยะการตัดยอดที่ต่างกัน พบว่าไม่มีผลทำให้ผลผลิตหัวสดแตกต่างกัน ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์แแก่นตะวันและระยะการตัดยอดพบว่า ผลผลิตหัวสดของแแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อระยะการตัดยอดต่างกัน โดยในพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ทำให้มีผลผลิตหัวสดมากที่สุด ที่ 1,421.20 กิโลกรัมต่อไร่ ในพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดระยะออกไหล ทำให้มีผลผลิตหัวสดมากที่สุด ที่ 1,490.60 และ 1,231.70 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1) ในส่วนของการตอบสนองต่อการตัดยอดพบว่าผลผลิตหัวสดต่อไร่มีการตอบสนองเช่นเดียวกันกับลักษณะน้ำหนักหัวสดต่อต้น (Figure 1)

#### วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาการตัดยอดที่ระยะพัฒนาการต่างกันในแต่ละวัน 3 พันธุ์ จะเห็นได้ว่า แแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อการตัดยอดต่างกัน โดยพันธุ์ #2 การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% ให้ผลผลิตหัวสดดีที่สุด สำหรับพันธุ์ #3 และ #50-4 การตัดยอดที่ระยะออกไหล ให้ผลผลิตหัวสดดีที่สุด ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่ตัดยอด โดยผลผลิตที่มากกว่านั้นมีมากกว่า 13.33 และ 27.08% ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องมาจากแแก่นตะวันแต่ละพันธุ์มีการพัฒนาการแตกต่างกันดังในรายงานที่ทำการศึกษาคณาจารย์เจริญเติบโต และชีพลักษณะของแแก่นตะวัน โดยทำการศึกษาในแแก่นตะวัน 2 พันธุ์ คือ CN 52867 หรือพันธุ์ #3 และ HEL 65 หรือพันธุ์ #2 ซึ่งเป็นพันธุ์เดียวกันที่ทำการศึกษานี้ 2 พันธุ์ พบว่าแแก่นตะวันทั้ง 2 พันธุ์มีการเจริญเติบโต และชีพลักษณะในแต่ละระยะพัฒนาการแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ<sup>16</sup> ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุทำให้พันธุ์แแก่นตะวันที่ทำการศึกษานี้มีการตอบสนองต่อการตัดยอดแตกต่างกัน เนื่องจากการที่พันธุ์ต่างกันเป็นผลมาจากการที่มีพันธุกรรมต่างกัน และจากการที่พันธุกรรมต่างกันนั้นจึงทำให้แต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อ

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่ต่างกัน จากการที่แแก่นตะวันทั้ง 3 พันธุ์มีการตอบสนองต่อการตัดยอดต่างรูปแบบกันนั้นสามารถแบ่งได้ เป็น 2 ประเด็นดังนี้

#### การเพิ่มแหล่งสร้างอาหาร (source increasing)

การเพิ่มแหล่งสร้างอาหารในการศึกษานี้ คือ การตัดยอดในระยะออกไหล การตัดยอดในระยะนี้เป็นการตัดยอดในระยะ T1 ซึ่งเป็นระยะที่เริ่มออกไหล (stolonization) ไหลมีการพัฒนายาว 2-5 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะในช่วง V6-V8 (ระยะที่มีใบจริง 6-8 คู่)<sup>16</sup> การตัดยอดในระยะนี้เป็นช่วงเริ่มต้นของการเจริญเติบโต การตัดยอดเป็นการตัดส่วนที่พืชสร้างออกซินออก ทำให้ยับยั้งปรากฏการณ์การขมของส่วนยอด (apical meristem) กระตุ้นตาข้างให้มีการแบ่งเซลล์และขยายขนาด พืชจึงแตกตาข้างได้ทำให้ต้นพืชมีลักษณะเป็นพุ่ม และแตกกิ่งมากขึ้น<sup>17-18</sup> ด้วยเหตุนี้จึงเป็นสาเหตุให้ผลผลิตของแแก่นตะวันพันธุ์ #3 และ #50-4 ที่ตัดยอดในระยะออกไหลมีผลผลิตมากขึ้น (13.10 และ 27.08% ของการไม่ตัดยอด ตามลำดับ) เนื่องจากการตัดในระยะนี้เป็นการตัดเพื่อเพิ่มแหล่งสร้างอาหาร ส่งผลให้มีการสะสมอาหารในแหล่งสะสม หรือหัวของแแก่นตะวันมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งลักษณะเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกันในถั่วลิสง<sup>9-10</sup> ถั่วเหลือง<sup>11</sup> ถั่วฝักยาว<sup>12</sup> และ *Erysimum strictum*<sup>13</sup> ในส่วนของพันธุ์ #2 ที่เมื่อมีการตัดยอดในระยะออกไหล แล้วไม่ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากกลไกการตอบสนองต่อการตัดยอดของพันธุ์ #2 ต่างจากในพันธุ์ #3 และ #50-4 ที่เมื่อมีการตัดยอดแล้ว จะมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่สร้างได้ไปเพื่อการสร้างยอดใหม่ มากกว่าการนำไปใช้เพื่อการสร้างไหล ซึ่งเห็นได้จากจำนวนหัวต่อต้นที่ลดลงเมื่อมีการตัดยอด

#### การลดแหล่งใช้อาหาร (sink reduction)

อวัยวะที่เป็นแหล่งใช้อาหาร หรือเก็บสะสมอาหาร (sink) มี 2 แบบ คือ เนื้อเยื่อที่กำลังเจริญ และเนื้อเยื่อเก็บอาหาร ดังนั้นการเคลื่อนย้ายอาหารจากแหล่งสร้างไปยังแหล่งใช้หรือเก็บสะสม จึงมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช<sup>19</sup> การลดแหล่งใช้อาหารในการศึกษานี้ คือ การตัดยอดระยะออกดอก 50% ซึ่งเป็นการลดแหล่งใช้และแหล่งสะสมอาหารในรูปของดอกและเมล็ด เมื่อลดแหล่งใช้และแหล่งสะสมในส่วนเหนือดินลง จึงเป็นสาเหตุให้มีการเคลื่อนย้ายอาหารที่สร้างขึ้นมาลงไปยังสะสมในส่วนของหัวหรือส่วนที่อยู่ใต้ดินมากขึ้น จึงเป็นสาเหตุในผลผลิตของแแก่นตะวันพันธุ์ #2 ที่มีการตัดยอดในระยะดอกบาน 50% มีผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 105.58% ของการไม่ตัดยอด ลักษณะเช่นนี้พบได้เช่นเดียวกัน

ในผักโขม<sup>20</sup> และข้าวสาลี<sup>21</sup> ในส่วนของพันธุ์ #3 และ #50-4 ที่เมื่อมีการตัดยอดในระยะออกดอก 50% แล้วไม่ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากกลไกการตอบสนองต่อการตัดยอดของพันธุ์ #3 และ #50-4 ต่างจากในพันธุ์ #2 ที่เมื่อมีการตัดยอดในระยะออกดอก 50% แล้ว จะมีการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่สร้างได้ไปเพื่อการสร้างดอกใหม่ มากกว่าการนำไปใช้เพื่อการสะสมในหัวซึ่งเห็นได้จากน้ำหนักสดต่อหัวที่ลดลงเมื่อมีการตัดยอด

### สรุปผลการทดลอง

ผลจากการศึกษาอิทธิพลของการตัดยอดที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันในแต่ละวัน 3 พันธุ์ สามารถสรุปรูปแบบการผลิตสำหรับการบริโภคสดได้ว่า การตัดยอดที่ระยะดอกบาน 50% เป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวสดแก่ต้นวันพันธุ์ #2 มากที่สุด และการตัดยอดที่ระยะออกไหลเป็นรูปแบบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตหัวสดแก่ต้นวันพันธุ์ #3 และ #50-4 มากที่สุด เนื่องจากทั้ง 2 รูปแบบเป็นรูปแบบที่ทำให้มีผลผลิตหัวสดดีที่สุด

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนานิสิตระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) งบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม และทุนอุดหนุนการวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปี 2558 ประเภทนิสิตระดับปริญญาโท คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ และขอขอบคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรยโสธร สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของการวิจัยในครั้งนี้

### เอกสารอ้างอิง

1. สนั่น จอกลอย. แก่นตะวันไม่ดอกประดับบ้านพืชอาหารสมุนไพร. [online]. 2549 ได้จาก: <http://www.rdi.ku.ac.th/kasetresearch53/group06/prapas/jerusalem.html>. สืบค้นเมื่อ 26 มิถุนายน 2557
2. เคหะการเกษตร. แก่นตะวัน. [online]. 2555. ได้จาก: <http://www.kehakaset.com/index.php/component/content/article/79-information/970-2012-09-11-07-03-51>. สืบค้นเมื่อ 24 มิถุนายน 2557
3. สุดาวรัตน์ คำผา, ปรียา พวงสำลี หวังสมนึก, สนั่น จอกลอย, พินิจ หวังสมนึก และอาร์นต์ พัฒน์ไทย์. แก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) พืชชนิดใหม่ใช้เป็นพลังงาน

4. ประวิตร โสภโณดร. การกระจายน้ำหนักแห้งในพืช. เอกสารประกอบการสอนวิชาสรีรวิทยาการผลิตพืช. [online]. 2556. ได้จาก: <http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/physio/index.htm>. สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2557
5. อุทัย เข็นภักดี, กำพล นรินทรพร, ชาญ ธิพร, โสภณสินธุประมา. ผลของการตัดยอดเมื่ออายุต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลัง. ใน: รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2522. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ; 2522. หน้า 213-216
6. วิจารย์ วิชชุกิจ, เอ็จ สโรบล, จำลอง เขียมจันรรจา, สมยศ พุทธเจริญ. อิทธิพลของระยะปลูกและจำนวนครั้งในการตัดยอดที่มีต่อผลผลิตยอดแห้ง ปริมาณโปรตีนผลผลิตหัวมันแห้ง และผลผลิตแบ่งของมันสำปะหลัง. กรุงเทพฯ: คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2533
7. พร้อมพรรณ เสรีวิชัยสวัสดิ์, วิจารย์ วิชชุกิจ, จำลอง เขียมจันรรจา. อิทธิพลของการชะลอระยะเวลาเก็บเกี่ยวหลังการตัดและไม่ตัดต้นที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพแบ่งของมันสำปะหลัง. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ; 2546. หน้า 274-282
8. สุวีรัตน์ แสงนิล. ผลของการตัดยอดมันสำปะหลังที่มีต่อผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2554
9. อิศรา สุขสถาน. ผลของการตัดยอดต่อการเพิ่มผลผลิตของถั่วลิสง 2 พันธุ์. ใน: รายงานการสัมมนาเรื่องงานวิจัยถั่วลิสงครั้งที่ 8. 3-5 พฤษภาคม 2532; โรงแรมใหม่ไทย ร้อยเอ็ด; 2532
10. รัฐพล ชูยอด. อิทธิพลการตัดยอดต่อผลผลิตถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2536
11. พรวิภา หาญสำเนา. อิทธิพลของการตัดยอดและตัดใบอ่อนเพื่อลดการแข่งขันภายในต้นที่มีการติดฝัก การเจริญเติบโตของเมล็ดและผลผลิตของถั่วเหลือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2539
12. สุทีวัส รัชญะอุตร. การถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิตถั่วฝักยาวโดยวิธีการตัดยอดในระบบเกษตรอินทรีย์สำหรับเกษตรกรในอำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง.

- วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา, 2557;7(1): 27-34
13. Rautio P, Huhta AP, Piippo S, Tuomi J, Juenger T, Saari M, Aspi J. Overcompensation and adaptive plasticity of apical dominance in *Erysimum strictum* (Brassicaceae) in response to simulated browsing and resource availability. *OIKOS* 2005;111: 179-191
  14. สนั่น จอกลอย รัชณี พุทธา รัชนก มีแก้ว วิลาวรรณ ตูลา และถวัลย์ เกษมาลา. อิทธิพลของการใช้ส่วนขยายพันธุ์ต่อการออก การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของแก่นตะวัน (*Helianthus tuberosus* L.) 2549;34(2):151-156.
  15. วรงค์รัตน์ พิมพ์แสน. ปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมของลักษณะผลผลิตแก่นตะวัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2553
  16. Paungbut D, Jogloy S, Vorasoot N, Patanothai A. Growth and phenology of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). *Pak. J. Bot.* 2015;47(6): 2207-2214
  17. สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. สรีรวิทยาของพืช. พิมพ์ครั้งที่ 4 กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2548
  18. ลิลลี่ กาวีติ๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์, สุรียา ตันติวิวัฒน์. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2552
  19. โสระยา ร่วมรังษี. สรีรวิทยาไม้ดอกประเภทหัว. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่; 2558
  20. Roitner-Schobesberger B, Kaul HP. Source capacity during flowering affects grain yield of amaranth (*Amaranthus* sp.). *Plant Soil Environ.* 2013;59(10): 472-477
  21. Abdoli M, Saeidi M, Jalali-Honarmand S, Mansourifar S, Ghobadi M, Cheghamirza K. Effect of source and sink limitation on yield and some agronomic characteristics in modern bread wheat cultivars under post anthesis water deficiency. *Acta agriculturae Slovenica.* 2013;101(2): 173-182.

**Table 1** Fresh tuber yield component and yield of three varieties under three shoot cutting patterns

Treatments	Number of Tuber per Plant		Tuber Fresh Weight (g/tuber)		Fresh Tuber Weight per Plant (g)		Fresh Weight Yield (kg/rai)	
<b>Varieties</b>								
#2	16.80	b <sup>1/</sup>	8.25	a	123.87	b	825.80	b <sup>1/</sup>
#3	37.53	a	4.07	c	176.02	a	1,173.50	a
#50-4	21.24	b	6.70	b	132.13	b	880.90	b
<b>Shoot cutting</b>								
no shoot cutting	28.37	a	6.67		148.91		992.80	ab
cutting at initial rhizome stage	26.16	a	6.05		154.35		1,029.10	a
cutting at 50% flowering stage	21.06	b	6.31		128.76		858.40	b
<b>Varieties×Shoot cutting</b>								
#2×no shoot cutting	15.70	d	8.63	ab	103.69	cd	691.30	cd
#2×cutting at initial rhizome stage	15.10	d	6.46	cd	54.74	e	365.00	e
#2×cutting at 50% flowering stage	19.60	cd	9.67	a	213.17	a	1,421.20	a
#3×no shoot cutting	44.80	a	4.14	ef	197.68	a	1,317.90	a
#3×cutting at initial rhizome stage	39.50	a	5.05	de	223.57	a	1,490.60	a
#3×cutting at 50% flowering stage	28.30	b	3.04	f	106.82	cd	712.10	cd
#50-4×no shoot cutting	24.60	bc	7.26	bc	145.37	bc	969.20	bc
#50-4×cutting at initial rhizome stage	23.87	bc	8.64	ab	184.74	ab	1,231.70	ab
#50-4×cutting at 50% flowering stage	15.27	d	4.20	ef	66.29	de	441.90	de
<b>F-test</b>								
Varieties	**		**		*		*	
Shoot cutting	**		ns		ns		ns	
Varieties×Shoot cutting	**		**		**		**	
CV(Block*Var)	13.7		14		18.02		18.02	
CV(Block*Var*Cutting)	12.3		15		16.62		16.62	

<sup>1/</sup>Means followed by the same letter in the same column of the varieties, shoot cutting and the interaction of varieties and shoot cutting are not significantly different at  $p \leq 0.05$ .

ns: non-significant, \* and \*\* significant at  $p \leq 0.05$  and  $p \leq 0.01$ , respectively.

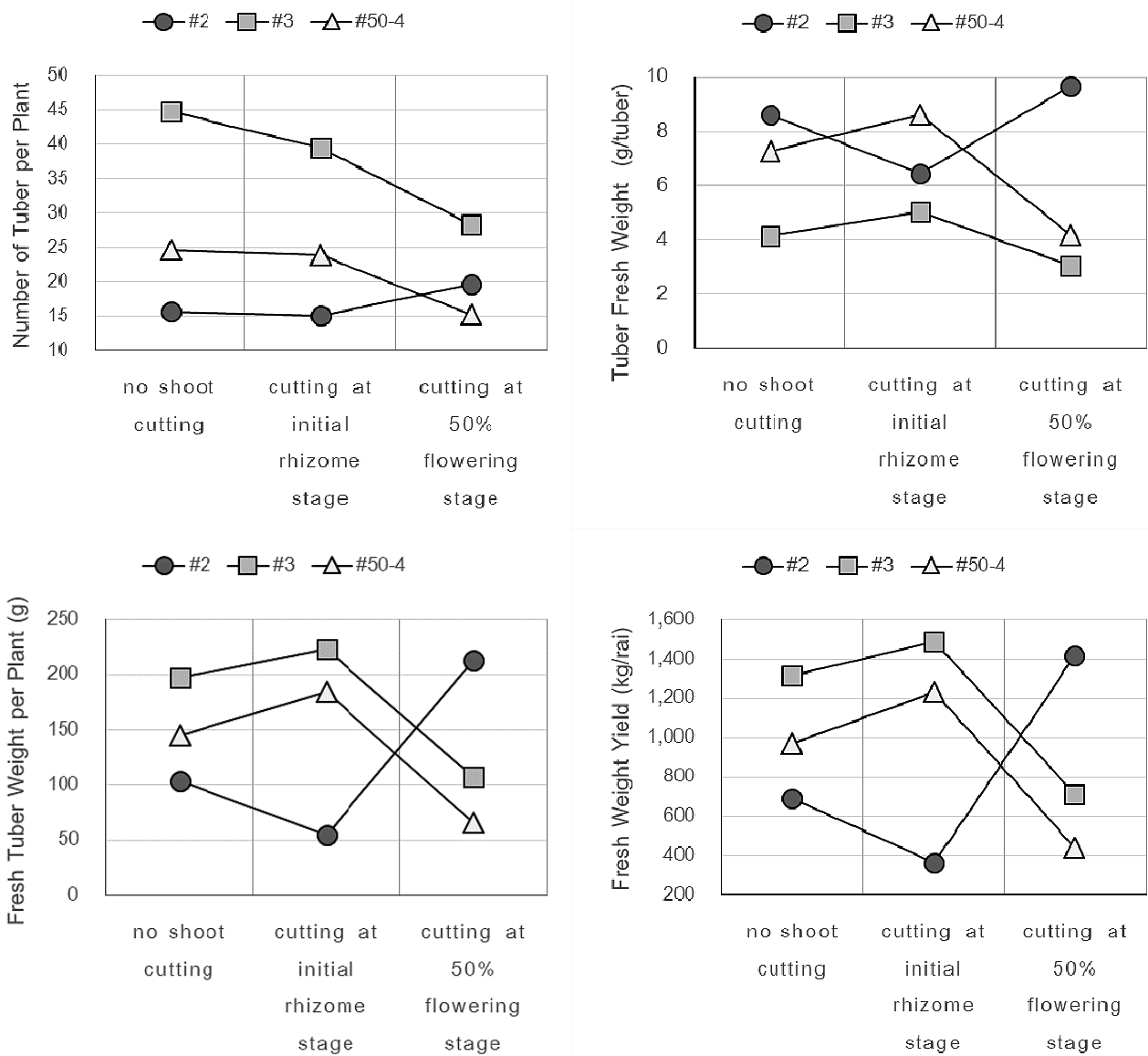


Figure 1 Trend of fresh tuber yield component and yield of three varieties under three shoot cutting patterns

## การพัฒนาาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ

### The Development of a Decision Support System to Apply for the Undergraduate Program Using Decision Tree Techniques

อนันต์ ปินะเต<sup>1</sup>

Anan Pinate<sup>1</sup>

Received: 6 December 2015; Accepted: 11 March 2016

#### บทคัดย่อ

การรับสมัครบุคคลเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีกระบวนการในการคัดเลือกผู้สมัครที่มีคุณสมบัติตรงตามที่มหาวิทยาลัยกำหนด ซึ่งการแนะนำการศึกษาจึงเป็นกระบวนการที่สำคัญ ในการประชาสัมพันธ์ข้อมูลการสมัครให้กับผู้สมัครทราบ อาทิเช่น ข้อมูลการเลือกสาขาวิชา โดยทั่วไปผู้สมัครจะเลือกสาขาวิชาโดยยึดหลักตามความชอบ ความรู้สึกของตนเองเป็นส่วนใหญ่ โดยไม่ได้คำนึงถึงความรู้และทักษะด้านต่างๆ ของตนเอง ส่งผลให้เมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชานั้นแล้วเกิดปัญหาผลการเรียนที่ตกต่ำ ไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด อันเป็นผลทำให้ต้องพ้นสภาพการเป็นนิสิตตั้งนั้นการประชาสัมพันธ์ข้อมูลเพื่อให้ผู้สมัครได้ใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชานั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการแนะนำการศึกษาต่อ งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ C4.5 เพื่อค้นหากฎการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาและนำกฎการตัดสินใจที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชา เพื่อให้ผู้ที่สมัครเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี ได้ทำการทดลองการเลือกสาขาวิชาก่อนการเลือกสมัครจริง ผู้สมัครจะได้ทราบถึงสาขาวิชาที่เหมาะสมกับความรู้และทักษะของผู้สมัครเองเมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชานั้น จากการวิจัยสามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้จำนวนทั้งสิ้น 333 กฎจากทั้งหมด 51 สาขาวิชาที่ทำการทดลอง และสามารถสร้างระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาได้

**คำสำคัญ :** เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ กฎการตัดสินใจ

#### Abstract

When recruiting an individual to study at the undergraduate level in Mahasarakham University, there is a selection process to qualify applicants in line with university regulations. Thus, a study guide becomes an important source of information for the applicant It explains the disciplines and selection information. Generally, disciplines will be selected based on the applicants' choices, mostly without taking into consideration the individuals' knowledge and various skills. As a result, applicants will fail courses at the university if they do not pass the criteria set forth by the university. How to select disciplines becomes a really important process. This research presents the use of decision tree with C4.5 technique to search for decision rules in selecting fields of study and to improve decision rules to become a decision support system in order to help applicants be able to experiment with selecting fields of study before actual application. The applicants will realize which fields of study are compatible with their knowledge and skills. From the research, there were 333 decision rules from 51 experimental fields of study and decision.

**Keywords :** decision tree technique, decision rule

<sup>1</sup> นักวิชาการคอมพิวเตอร์ กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Computer Technical Officer, Division of Academic Affair, Mahasarakham University, Kantharawichai District, MahaSarakhm 44150 Thailand.

**บทนำ**

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นสถาบันอุดมศึกษาของรัฐ ที่มีการจัดการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี และบัณฑิตศึกษาระบบการการรับสมัครเพื่อคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นกระบวนการที่สำคัญเพื่อคัดเลือกผู้ที่จะเข้าศึกษาให้ตรงตามคุณสมบัติของสาขาวิชาที่กำหนด ขั้นตอนการรับสมัครบุคคลเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรี มีอยู่หลายขั้นตอนด้วยกันการแนะนำประชาสัมพันธ์ข้อมูลเกี่ยวกับการรับเข้าศึกษาเป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งรวมถึงการให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการเลือกเรียนในสาขาวิชาของผู้สมัครให้ตรงตามทักษะ และความรู้ของผู้สมัครเองถือเป็นข้อมูลที่สำคัญยิ่ง จากปัญหาที่สำคัญของการรับสมัครเข้าศึกษาในสาขาวิชาต่างๆ โดยส่วนใหญ่ผู้สมัครจะเลือกสมัครในสาขาวิชาตามความชอบ สมัครตามเพื่อน หรือผู้ปกครอง โดยไม่ได้คำนึงถึงความรู้ และทักษะที่ตนเองมี ส่งผลกระทบเมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชาดังกล่าวแล้วทำให้ผลการเรียนตกต่ำ เกิดปัญหาผลการเรียนไม่ผ่านตามเกณฑ์ที่มหาวิทยาลัยกำหนด การผันสภาพการเป็นนิสิต การขอย้ายสาขาวิชา และการผลิตบัณฑิตในสาขาวิชาไม่สูงเท่าที่ควร จากข้อมูลรายงานประจำปีของกองทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พบว่ามีจำนวนนิสิตที่ผันสภาพการเป็นนิสิตเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษา จากข้อมูลปีการศึกษา 2552 - 2555 มีนิสิตที่ผันสภาพร้อยละ 5.22, 10.30, 10.32, 10.48 ตามลำดับ<sup>2</sup> จากปัญหาส่งผลกระทบต่อผู้เรียน ได้แก่ เสียเวลาในการเรียน เสียค่าใช้จ่ายในการเรียน เป็นต้น จากปัญหาดังกล่าวมหาวิทยาลัยมีความต้องการที่จะแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกเรียนของผู้สมัคร โดยให้ผู้สมัครทำการทดลองความรู้ และทักษะที่ผู้สมัครมีอยู่เพื่อให้ทราบว่าจะสาขาวิชาที่เหมาะสมกับตนเอง โดยผู้วิจัยได้นำข้อมูลประวัตินิสิตที่สำเร็จการศึกษา และข้อมูลประวัติการสมัครเข้าเรียนของนิสิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มาทำการทดลองโดยวิธีเทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 (Decision Tree C4.5) เพื่อหาแบบจำลองและกฎการตัดสินใจเพื่อนำกฎที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา

**วัตถุประสงค์**

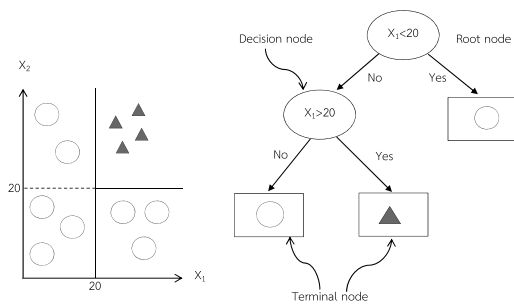
เพื่อสร้างแบบจำลองและกฎการตัดสินใจด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 และพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครเรียนในสาขาวิชาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

**ทบทวนวรรณกรรม**

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาทฤษฎี และวิธีการดำเนินการทดลองด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ และการวัดประสิทธิภาพของผลการทดลองโดยมีรายละเอียด ดังนี้

**ต้นไม้ตัดสินใจ**

วิธีต้นไม้ตัดสินใจเป็นโมเดลที่มีรูปแบบที่ได้รับความนิยม โครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจเป็นแบบลำดับชั้นโดยมีการตัดสินใจ ซึ่งประกอบด้วย โหนดที่ใช้ในการตัดสินใจ (Decision Node) และโหนดใบ (Terminal node) แต่ละโหนดตัดสินใจนั้นจะมีการสร้างฟังก์ชันที่เอาไว้สำหรับทดสอบทางเลือก  $f_m(x)$  จากการป้อนข้อมูลเข้า (Input) จะทดสอบตามทางเลือกไปเรื่อยๆ ไปจนถึงโหนดใบ จะได้คำตอบในที่สุดรายละเอียดดัง (Figure 1)



**Figure 1** ตัวอย่างต้นไม้ที่สร้างจากชุดการสอน

**อัลกอริทึม C4.5**

เป็นอัลกอริทึม ที่พัฒนามาจากอัลกอริทึม ID3<sup>4</sup> เป็นอัลกอริทึมในการจำแนกประเภทข้อมูลใช้หลักการสร้างต้นไม้โดยคัดเลือกคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดมาเป็นโหนดราก (Root Node) โดยใช้ค่า Gain Ratio ที่สูงที่สุดเป็นโหนดราก และโหนดถัดไป และต้องหาค่า Entropy, Information Gain และ Split Information มีวิธีการการหาค่า ดังนี้

การหาค่า Entropy เป็นสมการที่ใช้ในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล (Entropy Measure) รายละเอียดดังสมการที่ 1

$$Entropy(s) = \sum_{i=1}^c -P_i \log_2 P_i \tag{1}$$

โดย  $s$  คือ Attribute หรือคุณลักษณะ ที่นำมาวัดค่า Entropy  $P_i$  คือ สัดส่วนของจำนวนสมาชิกในกลุ่ม  $i$  เทียบกับจำนวนสมาชิกทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง



การหาค่า Information Gain เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าสารสนเทศก่อนนำไปใช้ในการหาค่ามาตรฐานอัตราส่วนเกน (Gain Ratio) รายละเอียดดังสมการที่ 2

$$Gain(S, A) = Entropy(s) - \sum_{v \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} Entropy(S_v) \quad (2)$$

โดย  $A$  คือ คุณลักษณะ  $A$

$|S_v|$  คือ จำนวนสมาชิกของคุณลักษณะ  $A$  ที่มีค่า  $V$

$|S|$  คือ จำนวนสมาชิกของกลุ่มตัวอย่าง

การหาค่า Split Information เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าสารสนเทศของการแบ่งแยก รายละเอียดดังสมการที่ 3

$$Split\ Information(S, A) = - \sum_{i=1}^n \frac{|S_i|}{S} \log_2 \frac{|S_i|}{S} \quad (3)$$

โดย  $S_i$  คือ จำนวนของจำนวนสมาชิกในกลุ่ม  $i$

การหาค่า Gain Ratio เป็นสมการที่เพิ่มขึ้นจากอัลกอริทึม ID3 เพื่อลดความลำเอียงของข้อมูล รายละเอียดดังสมการ 4

$$Gain\ Ratio(S, A) = \frac{Gain(S, A)}{Split\ Information(S, A)} \quad (4)$$

### การวัดประสิทธิภาพ

ในการวัดประสิทธิภาพของแบบจำลองในแต่ละข้อมูล ที่ทำการทดลองตามสาขาวิชา โดยใช้ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง (Accuracy) ค่าความแม่นยำของแบบจำลอง (Precision) ค่าความระลึกของแบบจำลอง (Recall) และค่าความเหวี่ยงของแบบจำลอง (F-Measure) การวัดประสิทธิภาพของการจำแนกข้อมูลตามแนวคิดทางด้านการค้นคืนสารสนเทศ ซึ่งการวัดค่าประสิทธิภาพของแบบจำลองนั้นจะอาศัยตาราง Confusion Matrix ในการคำนวณค่ารายละเอียดดัง (Figure 2)

		Predicted Class	
		$C_1$	$C_2$
Actual	$C_1$	TP	FN
	$C_2$	FP	TN

Figure 2 Confusion Matrix

TP คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_1$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_1$

TN คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_2$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_2$

FP คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_1$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_2$

FN คือ จำนวนข้อมูลแบบจำลองจำแนกกลุ่ม  $C_2$  และคำตอบเป็นกลุ่ม  $C_1$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (5)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (6)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (7)$$

$$F-Measure = \frac{2 * Precision * Recall}{Precision + Recall} \quad (8)$$

### วัตถุประสงค์และวิธีการศึกษา

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา โดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 จากข้อมูลที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย ข้อมูลประวัติการศึกษาของผู้ที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ปีการศึกษา 2549 – 2554 และข้อมูลประวัติการสมัครเข้าศึกษาในระดับปริญญาตรีโดยข้อมูลทั้งสองนี้ต้องเป็นข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันโดยมีข้อมูลที่ทำกรทดลอง 18,221 ชุดข้อมูลรวมทั้งหมด 51 สาขาวิชาการทดลองทำการเตรียมข้อมูลในแต่ละสาขาวิชาให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้กับโปรแกรม WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) ซึ่งประกอบด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ข้อมูลทดสอบ (Data Testing) และข้อมูลเรียนรู้ (Data Training) โดยใช้หลักการแบ่งข้อมูลแบบ 10-fold Cross Validation จากนั้นทำการทดลองโดยใช้เทคนิคต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 (Decision Tree C4.5) เพื่อหาแบบจำลอง และทำการวัดประสิทธิภาพแบบจำลอง (Evaluation) จากแบบจำลองสามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจ (Decision Rule) และนำกฎการตัดสินใจที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา เพื่อให้ผู้สมัครได้ทำการทดสอบก่อนการเลือกสาขาวิชานั้น

จากการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แสดงขั้นตอน และกรอบแนวคิดเพื่อให้ทราบกระบวนการในการวิจัยในครั้งนี้โดยมีรายละเอียดดัง (Figure 3)

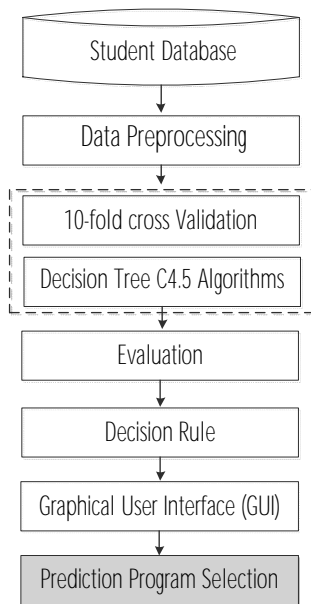


Figure 3 Conceptual framework

ข้อมูลที่ใช้ทำการทดลองนั้นจะแยกตามสาขาวิชาและการทดลองออกเป็นข้อมูลรายสาขาวิชา ข้อมูลในแต่ละสาขาวิชาประกอบด้วยข้อมูลตัวแปร โดยเลือกข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการเลือกสมัครของสาขาวิชา ข้อมูลตัวแปรคุณลักษณะ (Attribute) ได้แก่ เพศ ผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) ผลการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้ (GPA) ได้แก่ วิชาภาษาไทย วิชาคณิตศาสตร์ วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาสังคมศึกษา วิชาสุขศึกษา วิชาศิลปะ วิชาการงานอาชีพ และวิชาภาษาต่างประเทศ ตัวแปรคำตอบหรือตัวแปรคลาส (Class) คือ ผลการเรียนนิสิตที่สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม รายละเอียดตัวแปรคุณลักษณะ (Attribute) และตัวแปรคำตอบ (Class) มีรายละเอียดดัง (Table 1) และตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการทดลองในแต่ละสาขาวิชา มีรายละเอียดดัง (Table 2)

Table 1 Variable

Variable	Explanation
Sex	Sex
GPAX	Grade point average
GPA1	Grade point average Thai Language
GPA2	Grade point average Mathematics
GPA3	Grade point average Science
GPA4	Grade point average Social studies
GPA5	Grade point average Health education
GPA6	Grade point average Art
GPA7	Grade point average Home working
GPA8	Grade point average English
GPA	Grade point average in Mahasarakham University

Table 2 Data sample

Sex	GPAX	GPA1	GPA2	GPA3	GPA4	GPA5	GPA6	GPA7	GPA8	GPA
Female	3.35	3.50	3.00	3.26	3.68	3.75	3.50	3.62	3.32	3.52
Male	2.54	2.00	2.00	3.05	4.00	4.00	2.05	4.00	2.00	2.56
Male	2.40	2.55	1.54	2.60	2.52	3.57	3.36	2.50	2.33	2.35
Female	3.29	3.40	2.60	2.70	3.00	3.90	3.20	3.40	2.40	3.10
Female	3.00	3.35	1.70	3.16	3.17	3.40	3.50	3.45	3.31	2.74
Female	3.92	4.00	3.66	4.00	4.00	4.00	4.00	3.97	3.97	3.56
Male	3.51	3.71	3.05	3.42	3.94	4.00	4.00	3.50	3.60	3.20
Female	2.98	2.20	1.90	1.80	3.34	3.10	3.70	3.40	3.19	2.23
Male	3.71	4.00	3.32	3.56	4.00	4.00	3.90	4.00	3.76	3.64

ในการแทนค่าข้อมูลในการทดลอง เพื่อทำการทดลองในข้อมูลแต่ละสาขาวิชา เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองนั้น เพื่อให้ถูกต้อง และมีความแม่นยำในการทดลอง ข้อมูลต้องอยู่ในรูปแบบที่คอมพิวเตอร์เข้าใจถึงความหมายของข้อมูลนั้นเสียก่อน การวิจัยนี้ได้มีการแทนค่าข้อมูลให้กับข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลผลการเรียนเฉลี่ยสะสม (GPAX) และผลการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้ (GPA) ซึ่งข้อมูลทั้งสองส่วนเป็นข้อมูลคะแนนแบบมีทศนิยม ซึ่งก่อนทำการทดลองกับข้อมูลต้องทำการแทนค่าเพื่อลดการกระจายของข้อมูลซึ่งเป็นทศนิยมแบบต่อเนื่อง (Binning data) โดยผู้วิจัยได้แทนค่าข้อมูลโดยมีการแบ่งช่วงคะแนนผลการเรียนออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนข้อมูลที่ตัวแปรคุณลักษณะ (Attribute) มีการแทน

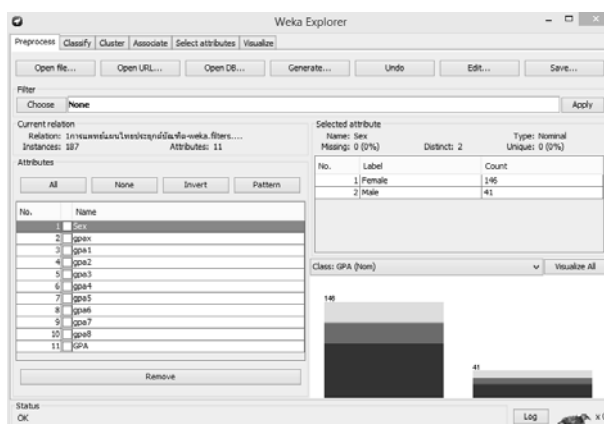
ค่าช่วงคะแนนผลการเรียนออกเป็น 3 ระดับ คือ ช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 0.00 – 2.50 อยู่ในระดับต่ำ (Low) แทนค่า L, ช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 2.51 – 3.25 อยู่ในระดับกลาง (Medium) แทนค่า M และช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 3.26 – 4.00 อยู่ในระดับสูง (High) แทนค่า H และส่วนข้อมูลที่เป็นคำตอบ (Class) มีการแทนค่าช่วงคะแนนออกเป็น 3 ระดับ คือ ช่วงคะแนนผลการเรียน (GPA) ระหว่าง 2.00 – 2.74 เป็นระดับพอใช้ แทนค่า Fair, ช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 2.75 – 3.24 เป็นระดับดี แทนค่า Good และช่วงคะแนนผลการเรียนระหว่าง 3.25 – 4.00 เป็นระดับดีเยี่ยม แทนค่า Excellent ตัวอย่างการแทนค่าข้อมูลในการทดลอง ในข้อมูลแต่ละสาขาวิชาดัง (Table 3)

**Table 3** Substitution information

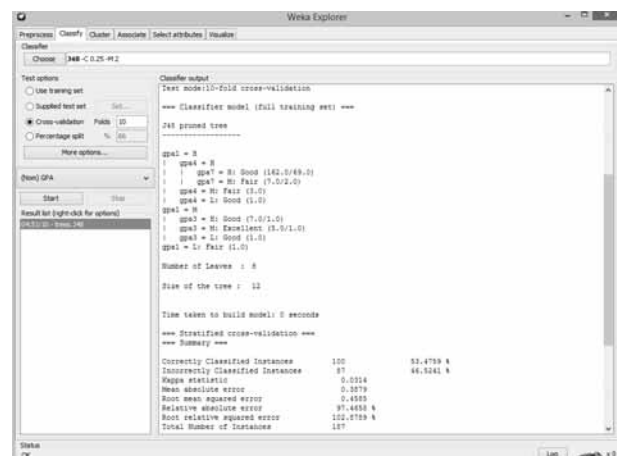
Sex	GPAX	GPA1	GPA2	GPA3	GPA4	GPA5	GPA6	GPA7	GPA8	GPA
Female	H	H	M	H	H	H	H	H	H	Excellent
Male	M	L	L	M	H	H	L	H	L	Fair
Male	L	M	L	M	M	H	H	L	L	Fair
Female	H	H	M	M	M	H	M	H	L	Good
Female	M	H	L	M	M	H	H	H	H	Fair
Female	H	H	H	H	H	H	H	H	H	Excellent
Male	H	H	M	H	H	H	H	H	H	Good
Female	M	L	L	L	H	M	H	H	M	Fair
Male	H	H	H	H	H	H	H	H	H	Excellent

เมื่อแทนค่าให้กับข้อมูลทุกสาขาวิชาที่จะทำการทดลองแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) การทดลองโดยทำการทดลองในข้อมูลที่ละสาขาวิชา รายละเอียดดัง (Figure 4)

จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเลือกวิธีการจำแนก (Classify) และเลือกวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 (J48) โปรแกรมจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลทดลองรายละเอียดดัง (Figure 5)



**Figure 4** Program information WEKA



**Figure 5** Analysis result

## ผลการวิจัย

จากการทดลองโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากโปรแกรม WEKA โดยทำการทดลองข้อมูลในแต่ละสาขาวิชา ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) เพื่อหาแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างเป็นกฎการตัดสินใจ (Decision Rule)

และนำกฎที่ได้ไปพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครในสาขาวิชา ผลจากการทดลองข้อมูลแต่ละสาขาวิชา ได้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) ค่าความระลึก (Recall) และค่าความเหวี่ยง (F-Measure) รายละเอียดดัง (Table 4)

**Table 4** Results

Major Name	Decision Tree (C45)				Rule Number
	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	
Bachelor of Applied Thai Traditional Medicine	81.28	0.833	0.813	0.818	10
Pharmaceutical Care	97.17	0.955	0.972	0.962	3
Bachelor of Nursing Science	80.06	0.818	0.801	0.800	5
Bachelor of Public Health	82.73	0.780	0.827	0.886	5
Bachelor of Science Program in Nutrition and Food Safety Management	79.11	0.822	0.791	0.798	7
<b>Bachelor of Science Chemistry</b>	78.06	0.746	0.781	0.740	4
<b>Bachelor of Science Biology</b>	71.08	0.748	0.711	0.720	7
<b>Bachelor of Science Mathematic</b>	77.70	0.709	0.777	0.727	5
Bachelor of Science Program in Food Technology	70.28	0.607	0.703	0.631	5
Bachelor of Science Program in Biotechnology	84.61	0.818	0.846	0.816	6
Bachelor of Science Program in Agricultural Technology	77.94	0.753	0.769	0.759	10
Bachelor of Science Program in Food Product Development	80.88	0.654	0.809	0.723	5
Bachelor of Science Program in Animal Science	77.14	0.709	0.761	0.711	5
Bachelor of Science Environmental Technology	71.71	0.721	0.717	0.717	8
Bachelor of Science Environmental and Resource Management	77.00	0.777	0.770	0.749	11
Bachelor of Arts Information Science	72.39	0.742	0.724	0.728	9
Bachelor of Science Information Technology	73.82	0.671	0.738	0.660	5
Bachelor of Science Computer Science	79.03	0.705	0.790	0.795	6
Bachelor of Communication Arts	78.09	0.684	0.781	0.706	8
Bachelor of Engineering	81.58	0.699	0.816	0.749	6
Bachelor of Architecture	71.00	0.685	0.710	0.779	7
Bachelor of Creative Arts	78.20	0.784	0.782	0.778	11
Bachelor of Accountancy	84.67	0.835	0.847	0.811	8
Bachelor of Marketing	83.57	0.767	0.836	0.764	9
Bachelor of Management	73.45	0.672	0.735	0.666	6
Bachelor of Business Computing	78.82	0.725	0.788	0.691	9
Bachelor of Financial Management	73.13	0.735	0.731	0.714	8
Bachelor of Human Resource Management	74.60	0.712	0.746	0.747	5
Bachelor of Business Economics	72.99	0.712	0.730	0.715	7
Bachelor of Tourism and Hotel Management	74.96	0.740	0.750	0.716	7
Bachelor of Music	71.68	0.703	0.717	0.696	7

Major Name	Decision Tree (C45)				Rule Number
	Accuracy	Precision	Recall	F-Measure	
Politics and Government	77.77	0.790	0.778	0.769	9
International Relations	77.47	0.740	0.755	0.745	6
Bachelor of Political Science	76.62	0.792	0.766	0.753	9
Bachelor of Arts Program in Thai	88.21	0.825	0.842	0.836	7
Bachelor of Arts Program in English	79.70	0.831	0.797	0.797	4
Bachelor of Arts Program in Chinese	70.00	0.615	0.700	0.648	7
Bachelor of Arts Program in Japanese	74.53	0.724	0.745	0.722	6
Bachelor of Arts Program in History	74.19	0.692	0.742	0.710	4
Bachelor of Arts Program in Community Development	88.85	0.844	0.849	0.845	6
Bachelor of Education Program in General Science	77.66	0.765	0.777	0.748	6
Bachelor of Education Program in Mathematics	75.00	0.800	0.750	0.744	5
Bachelor of Education Program in Social Studies	82.85	0.804	0.829	0.815	6
Bachelor of Education Program in English	84.22	0.824	0.842	0.797	6
Bachelor of Education Program in Thai Language	74.23	0.737	0.742	0.710	7
Bachelor of Education Program in Early Childhood Education	77.00	0.593	0.770	0.670	4
Bachelor of Education Program in Educational Technology	78.41	0.762	0.784	0.772	6
Bachelor of Science Program in Psychology	88.66	0.841	0.847	0.842	4
Bachelor of Science Program in Sport Science	78.73	0.796	0.787	0.763	4
Bachelor of Fine and Applied Arts Program in Visual Arts	80.00	0.793	0.800	0.785	5
Bachelor of Laws Program	81.49	0.740	0.815	0.744	8

จากผลการทดลองในแต่ละสาขาวิชา ด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) อัลกอริทึม C4.5 สามารถนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละสาขาวิชามาสร้างเป็นกฎการตัดสินใจ (Decision rule) ที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อพัฒนาเป็นระบบ

สนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชา ผลการทดลองสามารถสร้างเป็นต้นไม้ตัดสินใจในแต่ละสาขาวิชา ตัวอย่างต้นไม้ตัดสินใจสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์บัณฑิตมีรายละเอียดดัง (Figure 5)

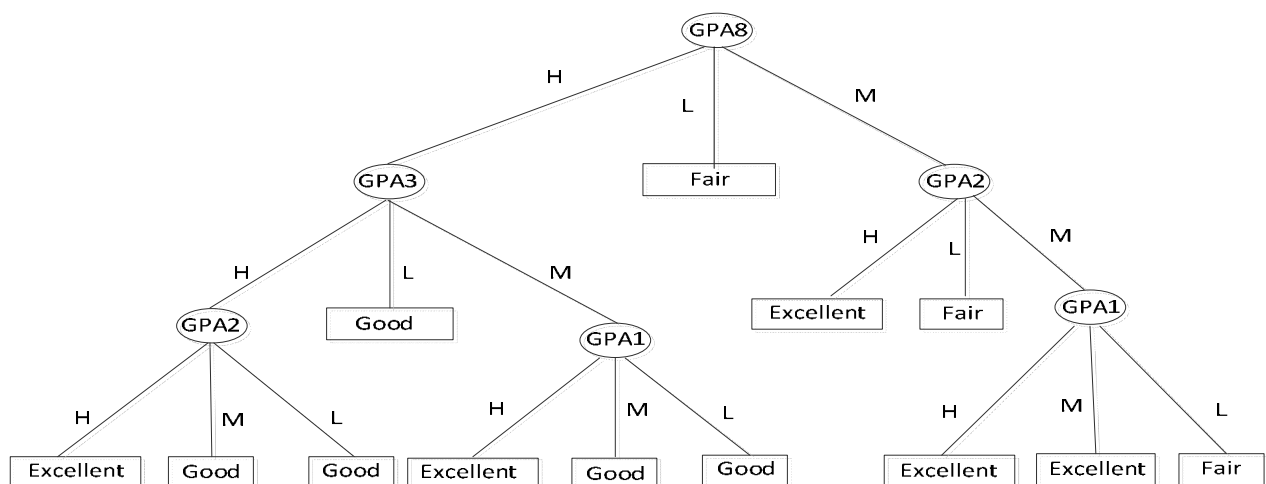


Figure 5 Example Tree Bachelor of Applied Thai Traditional Medicine

จากต้นไม้วัดตัดสินใจตัวอย่างการทดลองสาขาวิชาการแพทย์แผนไทยประยุกต์บัณฑิต สามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้จำนวน 10 กฎรายละเอียดของแต่ละกฎมีดังนี้

**Rule1** IF GPA8=H AND GPA3=H AND GPA2=H THEN GPA=Excellent

**Rule2** IF GPA8=H AND GPA3=H AND GPA2=(M OR L) THEN GPA=Good

**Rule3** IF GPA8=H AND GPA3=M AND GPA1=H THEN GPA=Excellent

**Rule4** IF GPA8=H AND GPA3=M AND GPA1=(M OR L) THEN GPA=Good

**Rule5** IF GPA8=H AND GPA3=L THEN GPA=Good

**Rule6** IF GPA8=M AND GPA2=H THEN GPA=Excellent

**Rule7** IF GPA8=M AND GPA2=L THEN GPA=Fair

**Rule8** IF GPA8=M AND GPA2=M AND GPA1=H THEN GPA=Excellent

**Rule9** IF GPA8=M AND GPA2=M AND GPA1=(M OR L) THEN GPA=Fair

**Rule10** IF GPA8=L THEN GPA=Fair

จากการทดลองข้อมูลในแต่ละสาขาวิชาทั้งหมดจำนวน 51 สาขาวิชา สามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้ทั้งสิ้น 333 กฎการตัดสินใจ สามารถนำกฎที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาก่อนการสมัครเลือกในสาขาวิชานั้น รายละเอียดดัง (Figure 6)

Figure 6 Home program

เมื่อผู้ใช้กรอกข้อมูลเพื่อทำการทดสอบผ่านระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสาขาวิชาแล้วระบบจะแสดงผลการทดสอบทุกสาขาวิชา และแสดงผลระดับผลการเรียนเมื่อเข้ามาศึกษาในสาขาวิชานั้น รายละเอียดดัง (Figure 7)

Figure 7 Test Results

**อภิปรายผลการวิจัย**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองและกฎการตัดสินใจด้วยวิธีต้นไม้ตัดสินใจ อัลกอริทึม C4.5 และนำกฎการตัดสินใจที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลมาพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกสมัครเรียนในสาขาวิชาในระดับปริญญาตรี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จากการทดลองพบว่าสามารถสร้างเป็นกฎการตัดสินใจได้ทั้งหมด 333 กฎการตัดสินใจจากข้อมูลในการทดลอง 51 สาขาวิชา

**ข้อเสนอแนะ**

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยเฉพาะผลการเรียนก่อนเข้าเรียนในมหาวิทยาลัย การเรียนในระดับมหาวิทยาลัยปัจจัยด้านอื่นๆ อาจจะมีผลต่อผลการเรียนของนิสิต อาทิเช่น การเอาใจใส่ในการเรียน การมีระเบียบวินัยในการเรียน เป็นต้น และการวิจัยนี้ไม่สามารถทดลองกับข้อมูลได้ทุกสาขาวิชาที่เปิดรับเข้าศึกษาอันเนื่องมาจากจำนวนข้อมูลที่ไม่เพียงพอในการทดลอง ในอนาคตผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะทำการทดลองให้ครบทุกสาขาวิชาที่มหาวิทยาลัยรับเข้าศึกษา

**กิตติกรรมประกาศ**

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2559 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

## เอกสารอ้างอิง

1. กองบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.ระเบียบ  
การการสมัครคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาใน ระดับปริญญา  
ตรี ระบบรับตรง ปี 2549-2554.
2. กองทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัย มหาสารคาม.  
รายงานประจำปี 2552-2555
3. กฤษณะ ไวยมัย, ชิดชนก ส่งศิริ, ธนาวินท์ รักธรรมานนท์.  
การใช้เทคนิคด้าต้าไมนิ่งเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษา  
คณะวิศวกรรมศาสตร์; NECTEC Technical Journal,  
Vol.3, No.11; 2001 July-October 2001.
4. ฉัตรเกล้า เจริญผล. เอกสารประกอบการสอนรายวิชา  
Introduction to Data Mining 2013.
5. ชุตติมา อุดมะณี, ประสงค์ ปรานีตพลกรัง. การพัฒนาตัว  
แบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจแบบอัตโนมัติออนไลน์  
สำหรับการเลือกสาขาวิชาเรียนของนักศึกษาระดับ  
อุดมศึกษา; Journal of Information science and Tech-  
nology, Vol.1, ISSUE 2, JUL-DEC 2010.
6. บุญเสริม กิจศิริกุล. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการ  
ย่อยที่ 7 อัลกอริทึมการทำเหมืองข้อมูล; ปี 2545.
7. ประเวศน์ วงษ์คำชัย, ใช้งาน AJAX และ PHP แบบมือ  
อาชีพ; พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ : ไทย เจริญการพิมพ์,  
2550.
8. อนันต์ ปิณะเต, ฉัตรเกล้า เจริญผล, แกมกาญจน์  
สมประเสริฐศรี. การใช้เทคนิคเหมืองข้อมูลในการเลือก  
กลุ่มสาขาวิชาที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาต่อระดับปริญญาตรี;  
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม,  
ปีที่ 33, ฉบับที่ 6, ประจำเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม  
2557.
9. Han J, Kamber M, Data Mining Concepts and Tech-  
niques; The Morgan Kaufmann Publishers, 2001.
10. Olson D, Shi Y. Introduction to Business Data Mining;  
McGraw Hill International Edition, 2007.
11. Tomas B, Marcel J, Pavel K, Selection Representative  
Data Sets; INTECH 2012.
12. Zdravko M, Ingrid R, An Introduction to the WEKA  
Data Mining System.

## การวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ

### Analyzing Color Values of a 3D Model for Color-blind People to Apply in a 3D Animated Cartoon

ชานนท์ ชื่นนิรันดร์<sup>1</sup>, พงษ์พิพัฒน์ สายทอง<sup>2</sup>, คชากฤษ เหลี่ยมไธสง<sup>3</sup>

Chanon Chuanniran<sup>1</sup>, Pongpipat Saitong<sup>2</sup>, Kachkrit Liamthaisong<sup>3</sup>

Received: 30 January 2016; Accepted: 4 April 2016

#### บทคัดย่อ

แอนิเมชัน 3 มิติ เป็นการ์ตูนที่ถูกสร้างขึ้นจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์กราฟิก มีสีสันสวยงามเพื่อดึงดูดความสนใจ แต่แอนิเมชันในปัจจุบันไม่ได้ออกแบบมาเพื่อกลุ่มคนที่มีปัญหาทางด้านสายตา โดยเฉพาะกลุ่มคนตาบอดสี ที่ดวงตาไม่สามารถแยกค่าสีได้ แต่ต้องการการรับชมสื่อบันเทิงที่เข้าถึงง่ายอย่างแอนิเมชัน ส่งผลกระทบต่อการรับชม การพัฒนาค่าสีที่ออกแบบสำหรับคนตาบอดสีจึงจำเป็นอย่างยิ่ง การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อวิเคราะห์หาค่าสีจากโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว 2) เพื่อพัฒนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก 3) เพื่อประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้น 4) เพื่อประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับตาบอดสีแดงและเขียว 2) การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ 3) แบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างหลังการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ คนตาบอดสีแดงและเขียวจากโรงพยาบาลมหาสารคาม จำนวน 5 คน ข้อมูลจากแผนกผู้ป่วย ประจำปี พ.ศ. 2555 ด้วยวิธีการเลือกแบบเจาะจง

ผลการวิจัย พบว่า การประเมินประสิทธิภาพของการ์ตูนแอนิเมชันสำหรับใช้กับคนตาบอดสี โดยผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับดีมาก กลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียว สามารถแยกค่าสีจากการรับชมการ์ตูนแอนิเมชันได้ดีขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับดีมาก เนื่องจาก สามารถแยกค่าสีต่าง ๆ จากการรับชมการ์ตูนแอนิเมชันได้โดยตรง ค่าสีพิเศษช่วยเพิ่มความสามารถในการแยกแยะสิ่งต่าง ๆ จากฉากและตัวละครให้ชัดเจนยิ่งขึ้นดังนั้น ค่าสีพิเศษที่ใช้กับการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กับคนตาบอดสีแดงและเขียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**คำสำคัญ :** การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ตาบอดสี การแยกค่าสี

#### Abstract

3D animation which is colorful and attractive, usually involves a cartoon that has been created with computer graphic software. Unfortunately, the current form of animation does not support the blind, especially color-blind people whose eyes are unable to classify colors.

While these color-blind people also want to enjoy watching 3D animation as normal people, the development of suitable colors for these people is lagging. The research tools used in this study comprised 1) a 3D model color classification test form for the participants' with red-green color blindness; 2) a 3D animation cartoon created and developed by the researcher; 3) an evaluation form to affirm the quality of the 3D animation cartoon; and 4) a participant's satisfaction evaluation form. Meanwhile, the sample group consisted of 5 people with red-green color blindness from Mahasarakham Provincial Hospital who were selected by purposive sampling technique from the patient's profiles recorded in 2012.

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>23</sup> อาจารย์, สาขาสื่ออนิเมิต คณะวิทยาการสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกัลลภวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

<sup>1</sup> Master student, <sup>23</sup> Lecturer, New Media Major, Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham, Thailand 44150, E-mail : nmdthaij@hotmail.com



The findings suggest that the expert's evaluation of the 3D animation for the colorblind people was rated highly affirming its effectiveness to support the blind. Amongst those red-green color blind people, the participants gained better ability to classify those two colors after watching the animation, rated with a very high score. That is, the participants were able to accurately classify certain colors from one another as the developed colors helped enhance their ability to clearly separate the colors from the settings and cartoon characters. Therefore, the specially developed colors used in the 3D animation perfectly support red-green color blind people to see things better.

**Keywords:** 3D animation cartoon, color blindness, color classification

## บทนำ

ตาบอดสีเป็นความผิดปกติอย่างหนึ่งจากดวงตา เกิดขึ้นจากการมีจำนวนเซลล์โคน ในจอประสาทตาน้อยกว่าคนทั่วไป ปัญหาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อ การแยกแยะสีที่มีโทนสีใกล้เคียงกัน<sup>1</sup> ผู้ที่มีอาการตาบอดสีจะมองเห็นได้เป็นปกติ แต่จะมีความผิดปกติในเรื่องของการแยกสี โดยทั่วไปจะมี 2 กลุ่ม คือ กลุ่มตาบอดสีตั้งแต่กำเนิดซึ่งเป็นโรคทางพันธุกรรมพบมากในผู้ชายร้อยละ 7 และผู้หญิงพบร้อยละ 1 ชนิดที่พบมากที่สุดคือตาบอดสีแดงและสีเขียว ผู้ป่วยจะแยกสีแดงและสีเขียวออกจากสีอื่น ๆ ค่อนข้างลำบาก<sup>2</sup> ลักษณะอาการตาบอดสีส่วนมากมักจะประสบปัญหาในการแยกค่าสีที่มีความใกล้เคียงกัน แต่ยังสามารถมองเห็นสีเหล่านั้นและสามารถบอกได้ เช่น ผู้ที่ตาบอดสีแดงยังมองเห็นสีแดงและบอกถูกว่าเป็นสีแดง ผู้ที่ตาบอดสีเขียวยังสามารถมองเห็นสีเขียวและบอกว่าเป็นสีเขียวได้ถูกต้อง แม้ว่ามองเห็นสีแดงและเขียวผิดไปจากคนอื่น ทั้งนี้เพราะได้รับการเรียนรู้และจดจำจากประสบการณ์ในวัยเด็กว่าสีที่พบเห็นคือสีอะไร<sup>3</sup> นอกจากนี้ปัญหาการมองเห็นสีที่บกพร่องของผู้ที่มีอาการตาบอดสี ยังส่งผลกระทบต่อสถานการณ์ที่สีมีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจ เช่น การตัดสินใจว่าผลไม้สุกหรือใกล้สุก การเลือกสีเสื้อผ้าผืนไป การเลือกหยิบเม็ดยาผิดชนิดผิดสีเนื่องจากการแยกค่าสีที่ผิดเพี้ยน ทำให้เกิดความเข้าใจผิดต่อการนำมาบริโภค แม้แต่การขับรถในบางประเทศจะไม่ออกใบขับขี่ให้ผู้ที่ตาบอดสี เนื่องจากกลัวว่าจะมองสัญญาณไฟจราจรและไฟท้ายรถยนต์ไม่ชัดเจน<sup>4</sup> หรือคนตาบอดสีกับการทำงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟิก ซึ่งงานด้านนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับสี การผลิตงานส่วนใหญ่จะเป็นงานด้านสีที่พัฒนาจากโปรแกรม เช่น การออกแบบสื่อมัลติมีเดียและการ์ตูนแอนิเมชัน สีที่เลือกใช้ในการลงพื้นผิววัตถุ (texture) จะมีค่าความเข้มสี (Brightness) ที่แตกต่างกันออกไปเช่น ค่าสี RGB จากโปรแกรม Photoshop จะมีค่าความเข้มสีที่ 0 – 255 แต่เนื่องจากคนตาบอดสีแดงและเขียวมองเห็นสีได้ต่างจากคนปกติ จึงส่งผลกระทบต่อการใช้สีที่ถูกต้องหรือเลือกสีผิดเพี้ยนไปผลิตการ์ตูนแอนิเมชัน

การ์ตูนแอนิเมชัน คือ การสร้างภาพเคลื่อนไหว ด้วยการนำภาพนิ่งมาเรียงลำดับกันและแสดงผลอย่างต่อเนื่อง ทำให้ดวงตาเห็นภาพที่มีการเคลื่อนไหวในลักษณะภาพติดตา<sup>5</sup> การ์ตูนแอนิเมชันมี 2 ลักษณะ คือ การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติและ 3 มิติ การ์ตูนแอนิเมชัน 2 มิติจะมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวในมุมมองกว้างและมุมมอง มีสีสันชัดเจนไม่ซับซ้อน ส่วนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติจะมีลักษณะเป็นภาพเคลื่อนไหวในมุมมอง มุมกว้างและมุมลึก ขั้นตอนการทำซับซ้อนมากกว่าแบบ 2 มิติ ภาพจะเป็นมิติสวยงาม มีแสงเงาที่ชัดเจน<sup>6</sup> สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว การชมการ์ตูนแอนิเมชันทั้งสองแบบนี้จะมีการมองเห็นสีที่แตกต่างกัน โดยสีของการ์ตูนแอนิเมชันในรูปแบบ 2 มิติ จะมองเห็นสีได้ชัดเจนเนื่องจากไม่มีแสงเงา ความลึก ทำให้สามารถแยกแยะสีของภาพได้พอสมควร ส่วนการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติจะมีรูปแบบสีที่ซับซ้อนมากขึ้น เพราะมีแสงและเงาเป็นองค์ประกอบ ทำให้จาก สภาพแวดล้อม ตัวละคร และส่วนประกอบอื่นๆ มีสีกลมกลืนกันมากจนแยกสีที่มีโทนใกล้เคียงกันได้ยากส่งผลกระทบต่อารรับชมของคนตาบอดสีแดงและเขียว แม้ว่าปัจจุบันจะมีโปรแกรมสำหรับปรับเปลี่ยนสีภาพให้เหมาะสมกับคนตาบอดสี หรือแผ่นทดสอบตาบอดสีในรูปแบบต่างๆ<sup>7</sup> ทั้งนี้การทดสอบยังจำกัดเฉพาะภาพนิ่งหรือภาพ 2 มิติ จากสภาพปัญหาข้างต้น ทำให้คนตาบอดสีมีข้อจำกัดในการแยกค่าสี ทั้งสีจากสิ่งรอบตัวและสีจากการ์ตูนแอนิเมชันที่ผลิตมาสำหรับคนปกติรับชมเท่านั้น ภาพจากการ์ตูนแอนิเมชันบางเรื่องมีความละเอียดของสีที่กลมกลืนอย่างมากเป็นปัญหาต่อการรับชมของคนตาบอดสีแดงและเขียว หากมีการผลิตสื่อเหล่านั้นที่ใช้ค่าสีที่โดดเด่นมากขึ้น โดยสีดังกล่าวผ่านการวิเคราะห์ ออกแบบ ให้มีความเหมาะสมกับการรับชมของคนตาบอดสีแดงและเขียว ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรับชมการ์ตูนแอนิเมชันได้มากยิ่งขึ้น

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการวิเคราะห์แยกค่าสีโมเดล 3 มิติ เพื่อประยุกต์ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ซึ่งค่าสีที่ได้จากโมเดลจะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการลงพื้นผิว (texture) เพื่อพัฒนาโหมดการ

รับชมที่มีค่าสีที่เหมาะสมกับคนตาบอดสีแดงและเขียว ช่วยให้แยกค่าสีได้เพิ่มประสิทธิภาพในการรับชมได้ดียิ่งขึ้น

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Colin Egan<sup>8</sup> กล่าวว่าอาการตาบอดสีแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ ตาบอดสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เกิดจากความผิดปกติของเซลล์โคนหรือเซลล์รูปกรวยรับแสง ส่งผลทำให้การรับรู้ค่าสีต่างๆ ได้แก่อสีแดง สีเหลือง สีเขียว และสีน้ำเงินจะลดลงอย่างมากเมื่อเทียบกับภาวะปกติ ผู้ที่ตาบอดสีชนิดต่างๆ จะสับสนในเรื่องแยกแยะโทนสีที่ใกล้เคียงกัน เช่น สีแดง สีส้ม และสีเหลืองที่อยู่ใกล้เคียงกัน หรือจะเป็นสีเขียว สีน้ำเงิน ที่มองเห็นเลื่อนลาน หรืออาจมองไม่เห็นเลย

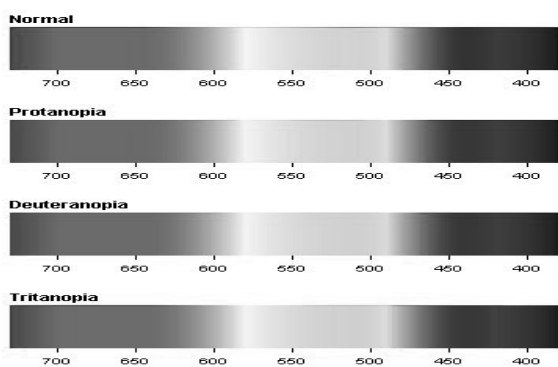


Figure 1 Colors Perceived by Color Blinds (<http://imeos.blogspot.com/2010/11/physiology-of-vision.html>)

### ทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา

นันทิชา ถาวรไพฑูริย์บุตร<sup>9</sup> ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการรับรู้ทางสายตา ดังนี้

#### 1) ทฤษฎีพัฒนาการ (Developmental Theory)

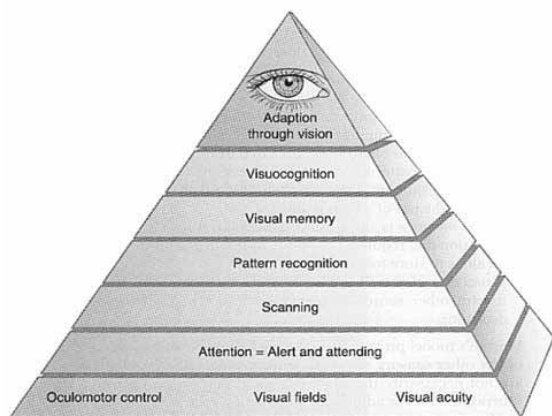


Figure 2 Developmental Theory (Warren, 1993 อ้างใน Kramer & Hinojosa, 2010)

Warren<sup>10</sup> ได้เสนอแผนภาพแสดงพัฒนาการ ด้านการรับรู้ทางสายตา เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมิน และการบำบัดตามลำดับที่ถูกต้อง ขั้นตอนของการพัฒนาจะเริ่มต้นจากฐานด้านล่างแล้วจึงต่อยอดไปสู่ความสามารถที่สูงขึ้นไป มีความหมายดังนี้

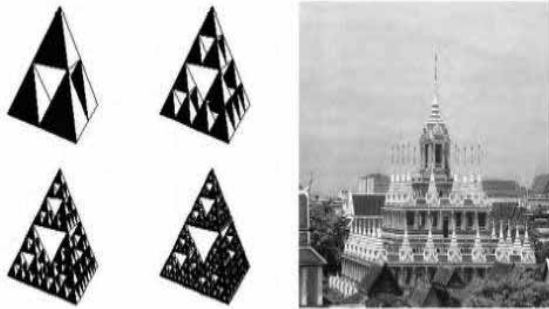
- Visual fields คือ ช่วงการมองเห็นทั้งหมดของสายตา
- Visual acuity คือ ความสามารถในการส่งสิ่งที่มองเห็นไปยังสมองเพื่อแยกแยะได้อย่างถูกต้อง
- Visual attention คือ ช่วงความสนใจในการมองภาวะความตื่นตัวและมีสมาธิกับสิ่งที่มองเห็น
- Scanning คือ ความสามารถในการมองเห็นสภาพแวดล้อมต่างๆอย่างรวดเร็วและสามารถจดจำภาพที่เห็นนั้นได้ด้วย
- Pattern recognition คือ ความสามารถในการเก็บข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น เช่น สี รูปทรง
- Visual memory คือ ความสามารถในการจดจำและเรียกเอาความจำจากการมองเห็นออกมาใช้ได้
- Visual cognition คือ ความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่ได้จากการมองเห็นไปบูรณาการร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการรับรู้อื่นๆ

เกียรติศักดิ์ ฤกษ์บุตรีศรี<sup>11</sup> กล่าวว่า การนำเสนอใช้โครงสร้างแม่ลายมาดัดแปลงโดยการเพิ่ม หรือลด ให้เป็นลวดลายที่ซับซ้อน วิจิตรพิสดารในการถ่ายทอดลักษณะที่คล้ายคลึงตัวเอง ไปสู่ส่วนต่างๆ ทำให้เกิดการรับรู้ลวดลายที่เชื่อมโยงกันมากขึ้น การทำงานของระบบประสาทการมองเห็นมีส่วนสำคัญอย่างมากต่อการรับรู้ความเคลื่อนไหวในลักษณะนี้ กล่าวคือ การรับรู้มิติที่เกิดขึ้นจากลวดลายรวมถึงสถาปัตยกรรม (ทั้งที่เป็นจริง และเป็นภาพลวงตา) เกิดจากการทำงานโดยอัตโนมัติของระบบประสาทการมองเห็นของมนุษย์ ทำให้บางครั้งเรารับรู้สถาปัตยกรรมได้แตกต่างกัน เช่น สูง ต่ำ หนัก เบา ไกล ใกล้ ไม่เท่ากันในแต่ละตำแหน่งที่เรามองดู ซึ่งเป็นการรับรู้โดยการนำหลักการทางเรขาคณิต เข้าไปสร้างแบบแผนเพื่อกำหนดความสัมพันธ์ของงาน ช่วยเร่งเร้าให้เกิดจากการรับรู้ทางสายตาผ่านรูปทรงเรขาคณิตได้มากขึ้น

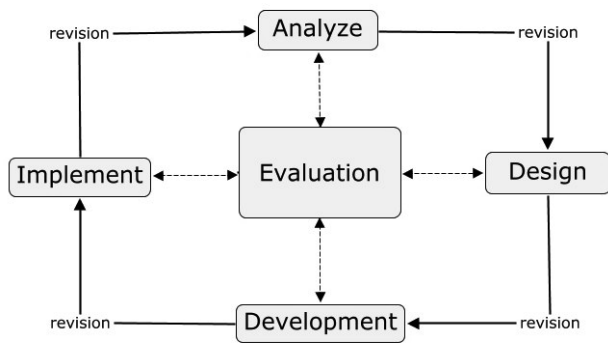
#### 2. ทฤษฎีการออกแบบของ ADDIE Model

ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล<sup>12</sup> กล่าวว่า ADDIE Model เป็นรูปแบบการสอนที่ออกแบบขึ้นมา เพื่อใช้ในการออกแบบและพัฒนาระบบการเรียนการสอน ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสามารถนำไปใช้ออกแบบและพัฒนาระบบเรียนคอมพิวเตอร์ได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดและเป็นระบบปิด (Closed System) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

1. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)
2. ขั้นการออกแบบ (Design)
3. ขั้นการพัฒนา (Development)
4. ขั้นการนำไปใช้ (Implementation) และพิจารณาจากผลลัพธ์ในขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้าย



**Figure 3** Geometrical resemblance to the castle (Rita Ringis, Thai Temples and Temple Murals (New York:Oxford University Press.1998), 61)



**Figure 4** ADDIE Model ([https://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE\\_Model](https://en.wikipedia.org/wiki/ADDIE_Model))

**งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

สมชาย ปรการเจริญ<sup>13</sup> ได้ศึกษาอาการตาบอดสีโดยใช้วิธีที่เรียกว่า The Farnsworth D-15 test และพัฒนาโปรแกรมรูปภาพที่สามารถตรวจสอบและเปลี่ยนสีของรูปภาพให้มีสีที่เหมาะสมต่อการมองเห็นของผู้ที่มีอาการตาบอดสีในลักษณะต่างๆ อีกทั้งมีการรวบรวมส่วนที่ใช้ในการทดสอบอาการตาบอดสีไว้ในโปรแกรม ซึ่งสามารถบอกถึงลักษณะอาการตาบอดสีของผู้ใช้งานโปรแกรมได้

ผลการศึกษาพบว่า โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสีสามารถช่วยให้ผู้ที่มีอาการตาบอดสีตรวจสอบอาการตาบอดสีอย่างคร่าวๆ ได้ด้วยตัวเอง และทำการตรวจสอบแยกประเภทของอาการตาบอดสีเพื่อแจ้งให้ผู้ทดสอบทราบผลได้ ในส่วนของการเปลี่ยนภาพของโปรแกรมสามารถเปลี่ยนสีภาพให้เหมาะสมกับลักษณะอาการตาบอดสีประเภทนั้นๆ ได้ ซึ่งการ

เปลี่ยนสีของภาพจะใช้การสลับค่าของสี (ค่า R, G และ B) เช่น การเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงินจะใช้การสลับค่า G และค่า B โดยที่ค่า R คงเดิม ซึ่งทำให้สีใหม่ของภาพเกิดความเหลืองล้า และมีการไลโทนสีจึงทำให้ภาพยังคงความสมจริงอยู่บ้าง

Miguel Neiva<sup>14</sup> ได้พัฒนาระบบที่จะช่วยให้คนตาบอดสีสามารถระบุค่าสี โดยสร้างระบบสีขึ้นมาใหม่ด้วยสัญลักษณ์ง่ายๆ เพื่อใช้กับคนตาบอดสีประเภทต่างๆ (คล้ายๆ อักษรเบรลล์ของคนตาบอด) โดยยึดเอาแม่สีซึ่งประกอบด้วยสีน้ำเงิน สีเหลือง สีแดง สีขาวและสีดำ โดยในแต่ละสีจะมีสัญลักษณ์แทนสีนั้นๆ อาทิ สีน้ำเงินเป็นรูปสามเหลี่ยม สีเหลืองเป็นเส้นทแยง สีแดงเป็นสี่เหลี่ยม สีขาวเป็นกรอบ สีเหลือง และสีดำเป็นสี่เหลี่ยมทึบ ส่วนที่เป็นสีผสม อย่างสีเขียว สีส้มหรือสีอื่นๆ เพียงแค่นำสัญลักษณ์ของแม่สีมารวมกัน ก็จะทำให้เกิดสัญลักษณ์ของสีผสมต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ที่มีปัญหาตาบอดสี ผลการศึกษาพบว่า ระบบการระบุค่าสีโดยสัญลักษณ์ เป็นประโยชน์อย่างมากต่อคนตาบอดสี และเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้า เพิ่มความพึงพอใจและคุณภาพชีวิตของคนตาบอดสีได้อย่างดียิ่ง

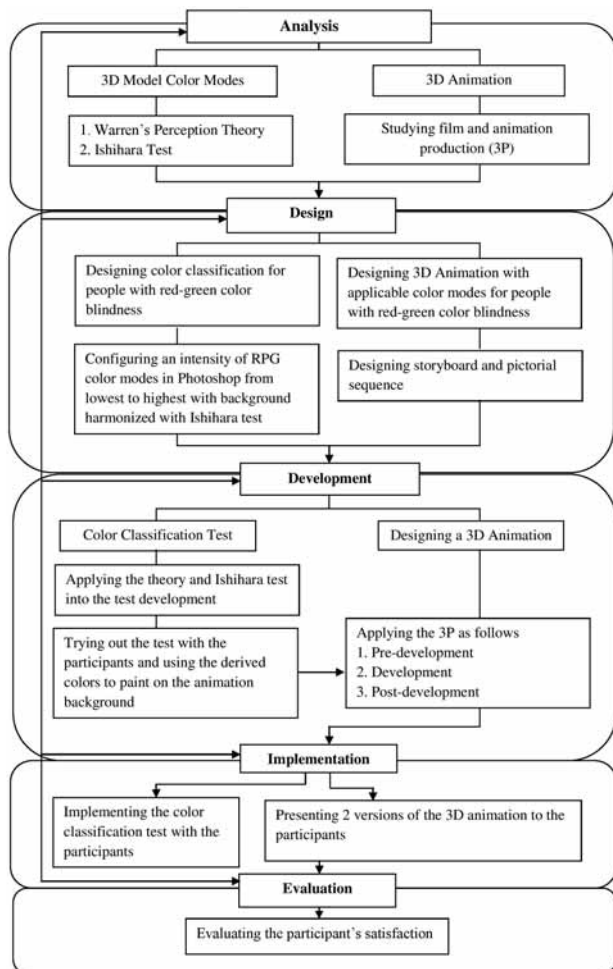
Henrik warpefelt<sup>15</sup> ได้ศึกษามุมมองในการเล่นเกมคอมพิวเตอร์ของคนตาบอดสี โดยใช้การระบุพื้นที่ปัญหา เช่น สีประตู สีจากหลอดไฟ สีของพลังชีวิต และตรวจสอบโดยใช้หลักการของ HCI ผลการศึกษาพบว่า การระบุพื้นที่ปัญหาทำให้กลุ่มคนเล่นเกมที่ตาบอดสีรับรู้ถึงถึงปัญหาของตน จากการมองเห็นค่าสีที่ไม่ชัดเจน นอกจากนี้ยังมีโทนสีอีกหลายชนิดที่ใช้ในการตรวจสอบได้ผลดี ได้แก่ โทนสี BBC

**กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา**

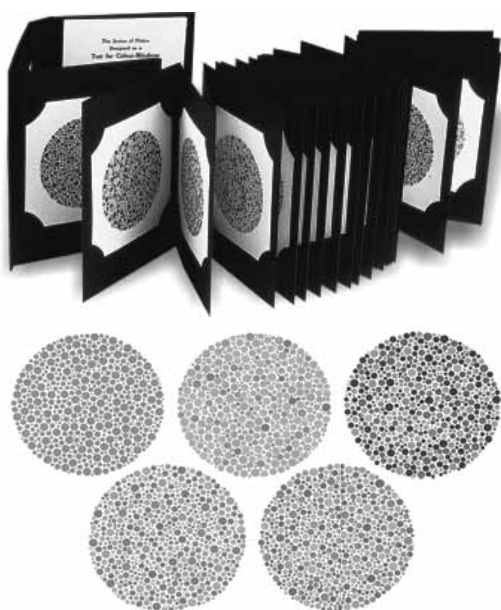
ประยุกต์ใช้ทฤษฎีการรับรู้ทางสายตา สร้างแบบทดสอบ โดยนำหลักการออกแบบของ ADDIE Model ที่ผู้วิจัยนำมาประยุกต์ใช้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนา การนำไปใช้ และการประเมินผล ในส่วนของการ์ตูนแอนิเมชันใช้หลักการผลิตภาพยนตร์และแอนิเมชัน (3P) ในการพัฒนา ประกอบด้วย ขั้นตอนก่อนการผลิต ขั้นตอนการผลิต และขั้นตอนหลังการผลิต (Figure 5)

**เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการวิจัย**

1. แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว ผู้วิจัยได้พัฒนาแบบทดสอบ โดยประยุกต์แนวคิด Developmental Theory ของ Warren และการออกแบบแผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara ของ Shinobu Ishihara<sup>16</sup> มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงและจัดทำเป็นแบบทดสอบแยกค่าสี สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว

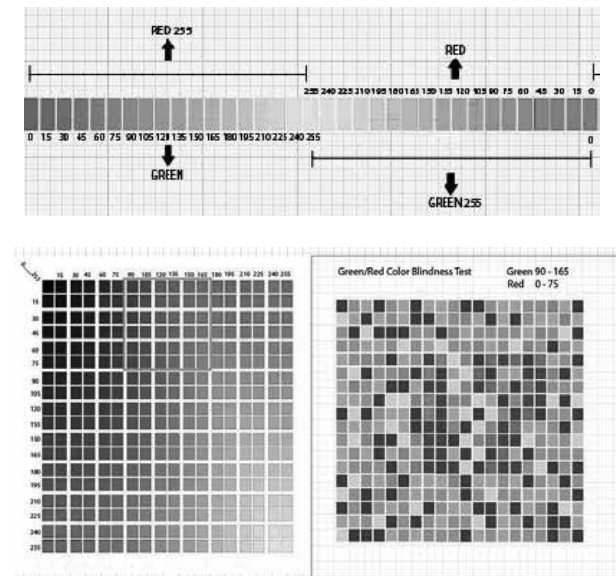


**Figure 5** The Analytical Framework of the 3D Model Color Classification for the People with Red-Green Color Blindness



**Figure 6** Sample of Ishihara Test Used to Construct the Color Classification Test for the People with Red-Green Color Blindness

แผ่นทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ ใช้ค่าสีโหมด RGB จากโปรแกรม Photoshop โดยใช้ค่าสีตั้งแต่ 0 -255 เรียงลำดับความเข้มของสี (Figure7)



**Figure 7** The Configuration of the RGB Color Intensity from 0 – 255

2. การ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบในการพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชันเพื่อใช้วิเคราะห์การรับชม โดยกำหนดรูปแบบของสีที่ใช้กับแอนิเมชันแบ่งเป็นสีสำหรับคนปกติและคนตาบอดสี ใช้ค่าสีทั่วไปจากโปรแกรม Photoshop โหมด RGB สำหรับคนปกติและใช้ค่าสีจากการวิเคราะห์แบบทดสอบ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว การลงสีพื้นผิวของวัตถุต่างๆ เช่น ใบไม้ เม็ดพริก จะใช้โมเดลรูปแบบเดียวกัน แต่ลงสีต่างกัน เช่น ค่าสีสำหรับคนปกติจะใช้ค่า R 255 G 0 B 0 ซึ่งได้สีที่แดงสด เพราะไม่มีส่วนผสมของสีอื่นๆ แต่สีสำหรับคนตาบอดสีนั้นนำค่าสีมาจากแบบทดสอบ จึงมีส่วนผสมของสีเพิ่มเติม เพื่อให้สีเกิดความโดดเด่นมากยิ่งขึ้น เช่น ค่าสี Red จะใช้ค่า R 255 G 0 B 100 เป็นต้น

การกำหนดเนื้อเรื่องของการ์ตูนแอนิเมชันใช้การจำลองสถานการณ์ที่มีสีเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ เช่น การเก็บพริก การมองสัญญาณไฟจราจร เม็ดยาที่มีอยู่หลายสี เป็นต้น แต่ละ

ฉากที่ใช้ในการ์ตูนแอนิเมชัน จะมีโทนสีแตกต่างกันอย่างชัดเจนเพื่อใช้วิเคราะห์ผลการรับชม

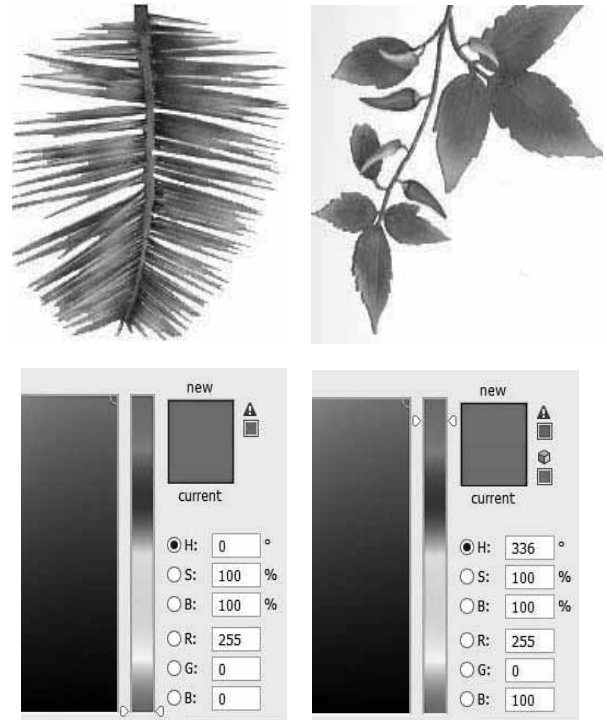
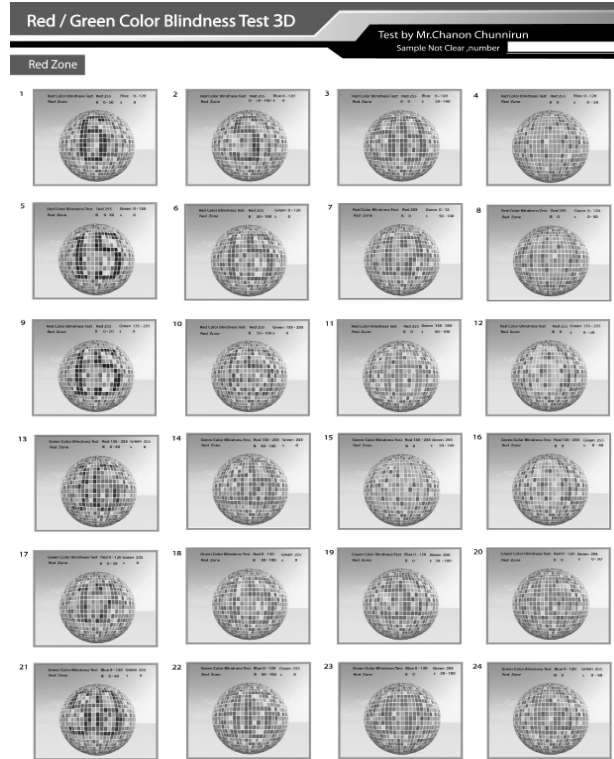


Figure 9 The Colors Derived from the Color Classification Test

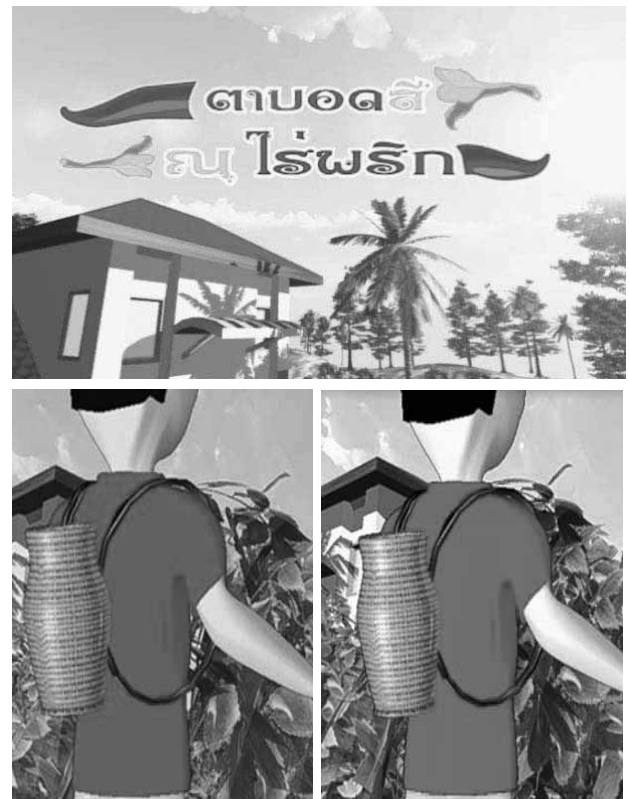
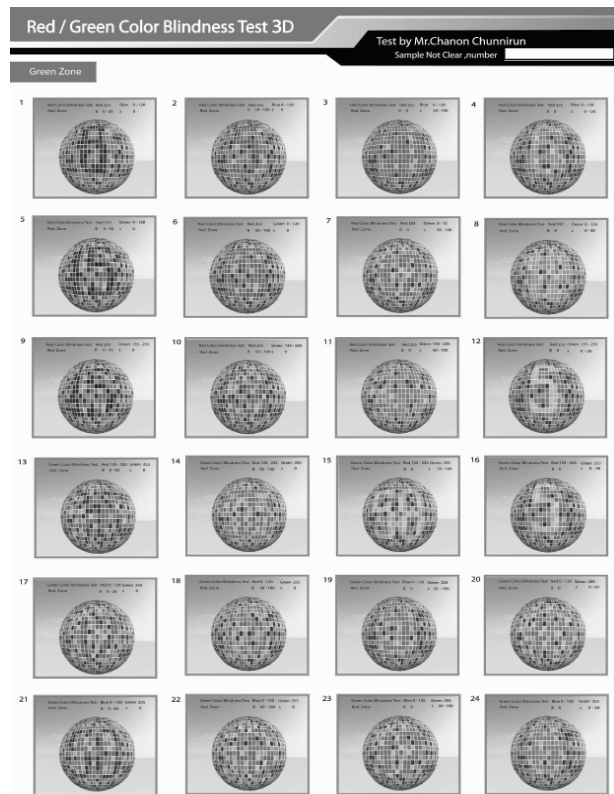
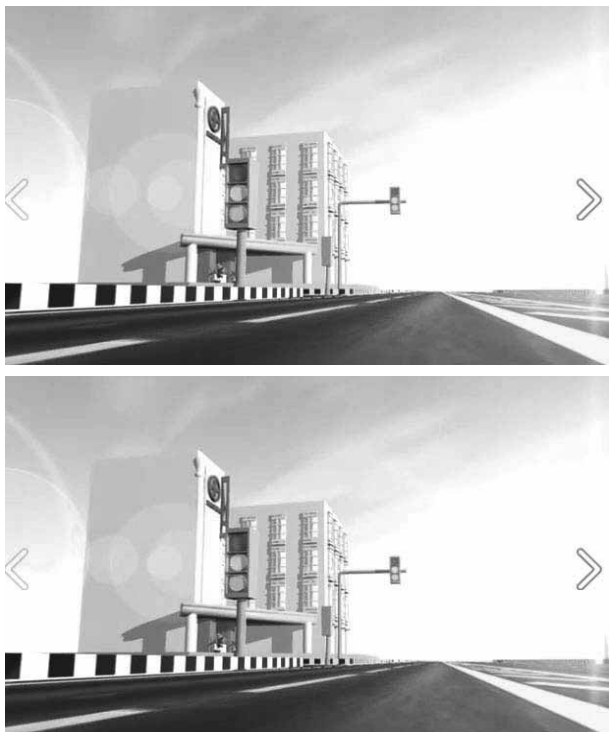


Figure 8 The Final Version of the Red- Green Color Blindness Classification Test



**Figure 10** The Colors Derived from the Color Classification Test

### ขอบเขตในการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ คนตาบอดสีจากโรงพยาบาลมหาสารคาม ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยเลือกเฉพาะคนตาบอดสีแดงและเขียว ที่สามารถทำแบบทดสอบเพื่อเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย จำนวน 5 คน

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยแบ่งเป็น 2 ช่วง ได้แก่ การทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ จากกลุ่มตัวอย่าง และการทดสอบการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่องตาบอดสี ณ ไร่พริก โดยสรุปขั้นตอนได้ดังนี้

#### 1. การทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ

ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียว โดยใช้แบบทดสอบเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับต่อไปนี้

1) ให้คนตาบอดสีแดงและเขียว ทำแบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ

2) นำผลการทำแบบทดสอบของกลุ่มตัวอย่างมารวบรวมและวิเคราะห์ผล โดยแยกค่าสีที่กลุ่มตัวอย่างรับชมแล้วไม่สามารถแยกแยะได้หรือมองเห็นไม่ชัดเจนออกมาเป็นค่าสีเฉพาะ

3) นำค่าสีที่กลุ่มตัวอย่างแยกแยะได้อย่างชัดเจนและค่าสีที่กลุ่มตัวอย่างแยกแยะไม่ได้ ไปประยุกต์ใช้ในการการ์ตูนแอนิเมชัน

2. เมื่อพัฒนาการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีเสร็จ ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินคุณภาพการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ และแบบสอบถามความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน โดยเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านแบบประเมินตรวจสอบ เพื่อนำไปแก้ไขปรับปรุง แล้วนำแบบประเมินที่ผ่านการแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ด้านสี และด้านบทบรรยาย ประเมินคุณภาพของการการ์ตูนแอนิเมชัน พร้อมรับฟังข้อเสนอนะเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมเมื่อเสร็จสมบูรณ์แล้ว จึงนำการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ ไปให้กลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียวทดสอบการรับชมแล้วประเมินและสรุปผลการรับชม จากแบบประเมินความพึงพอใจ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแยกแยะค่าสี

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ สำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว ที่ผู้วิจัยนำแนวคิดจากแผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara ของ Shinobu Ishihara

โดยประกอบด้วย แบบทดสอบแยกค่าสีแดงและแบบทดสอบแยกค่าสีเขียว จากผู้ทดสอบ 5 คน ที่ได้ทำแบบทดสอบให้ผลดังต่อไปนี้

จากตาราง 1 พบว่า ค่าสีแดงและเขียวที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถแยกออกจากโทนสีแดงได้ คือ

1) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 4 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Brightness 51-100% Red 255 และมี 1 คนไม่สามารถแยกได้ที่ค่า Brightness 51-100% Red 136 -255

2) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Brightness 51-100% Green 136 -255

3) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Saturation 0-100% Red 136-255

4) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Saturation 0-100% Green 255

5) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 1 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีแดงได้ที่ค่า Saturation 0-50% Blue 0 -135 และมีอีก 1 คนที่ไม่สามารถแยกค่าสีได้ที่ Saturation 51-100% Blue 0 -135



**Table 2** The Color Modes That the Participants Unable to Classify Red and Green from the Green Tone

Group Unclassified Colors	Red Color							
	Brightness							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1			✓				✓	
Person 2			✓				✓	
Person 3							✓	
Person 4			✓				✓	
Person 5			✓				✓	

Group Unclassified Colors	Green Color							
	Brightness							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1				✓				✓
Person 2				✓				✓
Person 3				✓				✓
Person 4				✓				✓
Person 5				✓				✓

Group Unclassified Colors	blue Color							
	Brightness							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1								
Person 2						✓		
Person 3						✓		
Person 4								
Person 5								

Group Unclassified Colors	Red Color							
	Saturation							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1								✓
Person 2								✓
Person 3		✓						
Person 4		✓						
Person 5								✓

Group Unclassified Colors	Green Color							
	Saturation							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1						✓		
Person 2						✓		
Person 3								✓
Person 4								✓
Person 5						✓		

Group Unclassified Colors	Blue Color							
	Saturation							
	0-50				51-100			
	Coler Picker				Coler Picker			
Sample	0	0-135	136-255	255	0	0-135	136-255	255
Person 1						✓		
Person 2						✓		
Person 3		✓						
Person 4		✓						
Person 5						✓		

(Table 2) พบว่า ค่าสีแดงและเขียวที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถแยกออกจากโทนสีเขียวได้ คือ

1) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Brightness 51-

100% Red 136-255 และมี 4 คน ไม่สามารถแยกค่าสีได้ที่ค่า Brightness 0-50% Red 136 – 255

2) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Brightness 0-100%



## Green 255

3) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Brightness 51-100% Blue 136-255

4) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Saturation 51-100% Red 255 และมี 2 คน ไม่สามารถแยกได้ที่ค่า Saturation 0-50% Red 0 -135

5) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Saturation 51-100% Green 0 – 135 และมี 2คน ไม่สามารถแยกได้ที่ค่า Saturation 51 - 100% Green 255

6) กลุ่มตัวอย่างจำนวน 3 คน ไม่สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวออกจากโทนสีเขียวได้ที่ค่า Saturation 51-100% Blue 0 -135 และมีอีก 2 คนที่ไม่สามารถแยกค่าสีแดงได้ที่ Saturation 0-50% Blue 0 -135

**Table 3** The assessment of the experts on the 3D cartoon animation

Evaluation of auality Level	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. Design	4.57	0.51	มากที่สุด
2. Visual and novement	4.71	0.53	มากที่สุด
3. Cartoon story and sound record	4.42	0.53	มาก
Total	4.57	0.51	มากที่สุด

จากตาราง 3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นเกี่ยวกับการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{x}= 4.57$  , S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณารายด้าน ทั้งสามด้านอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านที่คะแนนเฉลี่ย

มากที่สุด ได้แก่ ด้านภาพและการเคลื่อนไหว รองลงมา คือ ด้านการออกแบบ ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านบทการ์ตูนและการบันทึกเสียง

**Table 4** Analysis of the samples after the satisfaction of watching 3D cartoon animation

Satisfaction after Watching 3 D Animation	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ
1. Samples can seperate Red and green from Animation	4.00	0.57	level
2. Red and Green on texture was clear	5.00	0.00	high
3. Animation creute and interesting about color blindness	5.00	0.00	very high
4. Cartoon and background was Suitable	5.00	0.00	very high
5. Animation graphic was Suitable	5.00	0.00	very high
6. All content was Suitable	4.00	0.57	high
7. Watchers got knowledge about color blindness	4.00	0.57	high
Total	4.50	0.51	very high

จาก (Table 4) พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีความพึงพอใจหลังการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน 3 มิติ เรื่อง ตาบอดสี ณ ไร่พริก โดยรวมอยู่ในระดับ มากที่สุด ( $\bar{x}=4.50$ , S.D. = 0.51) เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อพบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด ได้แก่ ค่าสีแดงและเขียวของพื้นผิว (Texture) มีความชัดเจน, การ์ตูนแอนิเมชันช่วยกระตุ้นให้มีความสนใจเกี่ยวกับอาการตาบอดสี,

ฉากและตัวละครของการ์ตูนแอนิเมชันมีความสวยงาม, กราฟิกของแอนิเมชันมีความสวยงาม ( $\bar{x}= 5.00$ , S.D. = 0.00) รองลงมา ได้แก่ สามารถแยกค่าสีแดงและเขียวจากการ์ตูนแอนิเมชันได้, การจัดองค์ประกอบโดยรวมมีความเหมาะสม, ได้รับสาระความรู้เกี่ยวกับอาการตาบอดสี ( $\bar{x}= 4.00$ , S.D. = 0.57)



**Figure 9** Chilies that the Participants Unable to Classify them from the Chili Leaves



**Figure 10** Chilies that the Participant Able to Classify them from the Chili Leaf

**สรุปผล**

แบบทดสอบแยกค่าสีโมเดล 3 มิติ ที่พัฒนาขึ้นจากแนวคิด Developmental Theory และแผ่นทดสอบตาบอดสี Ishihara<sup>16</sup> แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนตาบอดสีแดงและเขียว เมื่อวิเคราะห์ผลการทดสอบ จากการกำหนดค่า Red Green Blue (RGB) 0 – 255 ค่า Brightness 0 – 100 และ ค่า Saturation 0 – 100 ทำให้ได้ค่าตัวเลขที่กลุ่มตัวอย่างไม่สามารถแยกแยะค่าสีได้ ซึ่งผู้วิจัยได้รวบรวมไว้ และนำค่าสีในส่วนนี้มาใช้ร่วมกับการ์ตูนแอนิเมชัน โดยกำหนดเป็นโทนสีของแอนิเมชันในรูปแบบการรับชมทั่วไป และนำค่าสีอีกส่วนหนึ่งที่คนตาบอดสีแยกแยะได้ ซึ่งเป็นค่า (RGB) 0 – 255 ค่า Brightness 0 – 100 และ ค่า Saturation 0 – 100 ทั้งหมด ที่นอกเหนือจากค่าตัวเลขในตาราง มากำหนดเป็นโทนสีสำหรับคนตาบอดสีแดงและเขียว เพื่อประเมินความสามารถในการแยกค่าสีแดงและเขียว จากการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน ซึ่งได้ผลอยู่ที่ ( $\bar{x}$  = 4.00 , S.D. = 0.57)ค่าสีทั้งสองรูปแบบยังส่งผลต่อความชัดเจนของภาพ

ในการ์ตูนแอนิเมชัน เมื่อนำค่าสีในโทนปกติเปรียบเทียบกับค่าสีสำหรับคนตาบอดสีพบว่า ความชัดเจนจากการใช้สีแดงและเขียวบนพื้นผิว มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ( $\bar{x}$  = 5.00, S.D. = 0.00) จากการวิเคราะห์ข้อมูล ควรหลีกเลี่ยงค่าสีจากตารางเพราะเป็นค่าสีที่ไม่สามารถแยกแยะได้ ควรใช้ค่าสีที่นอกเหนือจากค่าสีดังกล่าวร่วมกับการ์ตูนแอนิเมชัน เพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมกับคนตาบอดสี ถึงแม้ว่าคนตาบอดสีจะมีความสามารถในการรับชมที่แตกต่างกันบ้าง แต่เมื่อใช้ค่าสีนี้แล้วจะช่วยให้ภาพมีความโดดเด่น แยกโทนที่กันอย่างชัดเจน เพิ่มความสามารถในการรับชมการ์ตูนแอนิเมชัน

**ข้อเสนอแนะ**

- 1) งานวิจัยชิ้นนี้ มีข้อจำกัดในด้านประชากรกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ทำให้ผู้วิจัยต้องกำหนดกรอบของประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็นแบบเจาะจง เพื่อใช้ในการวัดผล หากมีงานวิจัยครั้งต่อไป ผู้สนใจสามารถทำการวิจัยโดยเปลี่ยนประชากรกลุ่มตัวอย่าง เช่น เพศ อายุ ที่ส่งผลต่อการมองเห็นค่าสี
- 2) ควรเพิ่มเติมกลุ่มประชากรที่ใช้ในการวิจัยให้หลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น กลุ่มคนตาบอดสีในเพศหญิง เนื่องจากเป็นกลุ่มประชากรที่พบได้น้อย
- 3) ควรนำค่าสีที่ได้จากการพัฒนา ไปใช้ร่วมกับสื่อรูปแบบต่างๆ ที่นอกเหนือจากการ์ตูนแอนิเมชัน เช่น การปรับโทนสีของภาพยนตร์ แผ่นภาพ ไปสเตอร์ หนังสือ หรือสื่อประชาสัมพันธ์ในรูปแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดสื่อที่คนตาบอดสีสามารถรับชมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

**กิตติกรรมประกาศ**

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มตัวอย่างผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษา คณาจารย์ทุกท่าน และคณะวิทยการสาธารณสุขที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

**บรรณานุกรม**

1. ณวัฒน์ วัฒนชัย. ตาบอดสี. (ออนไลน์) เข้าถึงได้ [http://www.med.cmu.ac.th/dept/eye/2012/index.php?option=com\\_content&view=article&id=142](http://www.med.cmu.ac.th/dept/eye/2012/index.php?option=com_content&view=article&id=142) เมื่อ วันที่ 21 เมษายน 2557.
2. ฐาปนวงศ์ ตั้งอุไรวรรณ. จักษุแพทย์เผยชายไทยร้อยละ 8 ตาบอดสีแต่ไม่รู้ตัว. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <http://takree.com> ตาบอดสีเผยผู้ชายร้อยละ/ เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2558

3. สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต. สารานุกรม, ศึกษาศาสตร์; 2555 (22,17). รัชการพิมพ์
4. สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต. ตามอดสี Color blind (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก <http://haamor.com/th/ตามอดสี> เมื่อวันที่ 8 มกราคม 2558
5. ทวีศักดิ์ กาญจนสุวรรณ. (2552). เทคโนโลยีมัลติมีเดีย, กรุงเทพฯ: เคทีพี
6. บุศรินทร์ เอี่ยมธนากุล. การพัฒนาสื่อการเรียนประเภท ภาพยนตร์การ์ตูน 2 มิติ เรื่อง ธรรมชาติ DESIGN. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา; 2554 หน้า 4
7. สมชาย ปรากฏเจริญ. โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24-25 พฤษภาคม 2548 หน้า 366-371
8. Colin Egan.(2010). Do you see What I see? - Understanding the Challenges of Colour-Blindness in Online Learning, University of Hertfordshire: 211-218p
9. นนทิดา ดาวเรืองบุตรี. กรอบอ้างอิงการรับรู้ทางสายตา. มหาวิทยาลัยมหิดล; 2555 หน้า 26-27.
10. Kramer, P. & Hinojosa, J. (2010). Frame of reference for pediatric occupational therapy ,3rd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
11. เกียรติศักดิ์ ฤกษ์บุตรศรี. (2548): การรับรู้ความเคลื่อนไหวทางสายตากับการออกแบบสถาปัตยกรรม. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร; 2548 หน้า 77-79
12. ฉัตรพงศ์ ชูแสงนิล. addie-mode (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก<http://infowalailak.blogspot.com/2009/01/addie-model.html> เมื่อวันที่ 9 มกราคม 2558
13. สมชาย ปรากฏเจริญ. โปรแกรมรูปภาพสำหรับคนตาบอดสี. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 24-25 พฤษภาคม 2548 หน้า 366-371.
14. Miguel Neiva. (2009),COLOR IDENTIFYING SYSTEM FOR COLOR BLIND PEOPLE, University of Minho; 1-7p
15. Henrik warpefelt. (2010), Colorblind computer gaming. Stockholm University;
16. วีรพัฒน์ เวชชประสิทธิ์. แผ่นทดสอบตาบอดสี. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=846> เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2558

# การจัดตารางสอนอัตโนมัติบนพื้นฐานวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบ

## Automated Course Timetabling using Hybrid Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search

ฉัตรดนัย พยัคฆพงษ์<sup>1</sup>, ฉัตรเกล้า เจริญผล<sup>2</sup>

Chatdanai Payakkapong<sup>1</sup>, Chatklaw Jareonpon<sup>2</sup>

Received: 4 November 2015; Accepted: 24 February 2016

### บทคัดย่อ

การจัดตารางสอนเป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียนการสอนเป็นอย่างมาก ปัจจุบันมีการนำปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยในการจัดตารางสอนหลายวิธี ซึ่งวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการหนึ่งที่น่าใช้กับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอน แต่ยังเป็นวิธีการหาคำตอบในวงกว้างเท่านั้นและไม่เจาะจงค้นหาเฉพาะที่ทำให้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมเสมอไป และยังมีปัญหาการค้นหาคำตอบได้ล่าช้า งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบผสมในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมและนำวิธีการหาคำตอบแบบทาบมาใช้ปรับปรุงกระบวนการคัดเลือก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ซึ่งพบว่า ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่มีค่า 0.9 และความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่มีค่า 0.3 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด 2) การศึกษาถึงผลกระทบของกระบวนการซ่อมแซม โดยเป็นการเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่างวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม จากการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานมากกว่าเล็กน้อย แต่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน และ 3) การศึกษาถึงผลกระทบของขนาดข้อมูล โดยแบ่งขนาดของข้อมูลเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ และเปรียบเทียบอัลกอริทึมระหว่าง วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบ จากผลการทดลองพบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบให้ค่าฟิตเนสที่ดีที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่

**คำสำคัญ:** วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม วิธีการหาคำตอบแบบทาบ การจัดตารางสอน

### Abstract

A timetable is an important part of teaching, and artificial intelligence can be used to help this task. A Genetic algorithm is always used to solve the problems of timetable arrangement. This algorithm is a search algorithm that possibly finds an optimized solution, not necessarily the best solution. Moreover, it is time consuming. This research proposes a hybrid algorithm between a Genetic algorithm with improving fitness value and Tabu search for improving the selected process. This research experiment was divided into 3 experiments. 1) Finding the parameter of the Genetic Algorithm. The best crossover rate was 0.9 and the best mutation rate was 0.3. 2) Learning about the impact of the repairing process by comparing between 3 algorithms (normal Genetic algorithm, Genetic algorithm with improving the fitness value, and our hybrid algorithm). The result showed that the fitness value of the hybrid algorithm is explicitly higher than others, but the computational time only slightly increased. 3) Testing on the various sizes of datasets by classifying the data into small, medium, and large sizes. From all datasets, our hybrid algorithm performed the best fitness value, especially in large size of classrooms dataset.

**Keywords:** Genetic Algorithm, Tabu Search, Course Timetabling

<sup>1</sup> นิสิตปริญญาโท, <sup>2</sup> ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150,

<sup>1</sup> master degree student, <sup>2</sup> Assist. Prof., Faculty of Informatics, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Maha Sarakham 44150, Thailand.

## บทนำ

การจัดตารางสอนมีความสำคัญมากต่อการเรียนการสอนในมหาวิทยาลัย หากขาดการจัดการที่ดีย่อมก่อให้เกิดปัญหาในการเรียนการสอนได้ จึงมีความจำเป็นต้องบริหารจัดการให้มีประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาการจัดตารางสอนเป็นปัญหาในกลุ่มของปัญหาที่ซับซ้อนยากต่อการหาคำตอบที่ดีที่สุด<sup>1</sup> (NP-hard) กลุ่มของอัลกอริทึมที่ใช้แก้ไขปัญหานี้คือ อัลกอริทึมกลุ่มเมตาฮีริสติกส์<sup>2</sup> (Metaheuristic)

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นวิธีการทางเมตาฮีริสติกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ถูกใช้งานกันอย่างกว้างขวาง และเป็นวิธีการหนึ่งที่ยอมรับใช้ในการแก้ไขปัญหายุ่งยากในการจัดตารางสอน เช่น ในงานวิจัยของ Wang<sup>3</sup> ภูพงษ์ พงษ์เจริญ<sup>4</sup> และวีณา พรหมเทศ<sup>5</sup> ที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมในการจัดตารางสอน ซึ่งทั้งสามงานวิจัยทำให้ทราบว่า การจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมทำงานได้เป็นอย่างดี แต่เนื่องจากวิธีการขั้นตอนเชิงพันธุกรรมเป็นการค้นหาคำตอบในวงกว้างเท่านั้นและเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง ทำให้คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่เหมาะสมเสมอไป และยังพบปัญหาการค้นหาคำตอบได้ล่าช้ากับขนาดของข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งจะเห็นได้จากในหลายๆ งานวิจัยได้ทำการปรับปรุงวิธีการขั้นตอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับ Sequential local search<sup>6</sup> การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ การปรับปรุงกระบวนการกลายพันธุ์และการข้ามสายพันธุ์ใหม่<sup>7</sup> การเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมเข้าไปก่อนกระบวนการคัดเลือก<sup>8</sup> นอกจากปรับปรุงกระบวนการแล้วยังมีการประยุกต์วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับเมตาฮีริสติกส์ชนิดอื่น เช่น การใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบูน<sup>9</sup> จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการเมตาฮีริสติกส์แบบผสมโดยการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบแบบทาบูน โดย Sadaf Naseem Jat และ Shengxiang Yang<sup>9</sup> มีการใช้ข้อบังคับในการจัดตารางสอนที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้มากที่สุด และความน่าสนใจของกระบวนการซ่อมแซมในงานวิจัยของ วีณา พรหมเทศ<sup>5</sup> ซึ่งหากนำความสามารถของทั้งสองงานวิจัยมาใช้ร่วมกัน น่าจะทำให้ประสิทธิภาพของการจัดตารางสอนทำได้ดียิ่งขึ้น

## วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนากระบวนการการซ่อมแซมสำหรับการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบูน

## วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การจัดตารางสอน คือ การกำหนดคาบเวลาที่เหมาะสมที่สุดในแต่ละวันให้กับวิชาเรียนทั้งหมดในแต่ละสัปดาห์ภายใต้ข้อบังคับหรือข้อจำกัดต่างๆ ของทรัพยากรทางการศึกษา เช่น จำนวนของอาจารย์ จำนวนของห้องเรียน ประเภทของห้องเรียน จำนวนวิชา และเงินทุน เป็นต้น ในการจัดตารางสอน ส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดคือข้อบังคับของตารางสอน ซึ่งข้อบังคับทำให้ตารางสอนสามารถดำเนินการเรียนการสอนไปได้อย่างรวดเร็ว โดยการจัดตารางสอนเกี่ยวข้องกับการกำหนดข้อบังคับอยู่สองประเภท คือ ข้อบังคับหลัก (Hard constraints) และข้อบังคับรอง (Soft constraints)

ข้อบังคับหลัก คือ การกำหนดให้ตารางสอนที่สามารถนำไปใช้งานได้จริงจะต้องไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก หากมีการละเมิดข้อบังคับหลักแม้แต่ข้อเดียว จะทำให้ตารางสอนนั้นๆ ไม่สามารถใช้งานได้ เนื่องจากในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากตารางสอนของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา เพราะฉะนั้นข้อบังคับหลักจึงเป็นไปตามที่มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมากำหนดไว้สำหรับการจัดตารางสอน ดัง (Table 1)

Table 1 Hard Constraint

Number	Constraint
1	At the same time, a lecturer must have only one class for teaching.
2	At the same time, a student must have only one class for studying.
3	At the same time, a classroom must be used for only one class for studying.
4	Avoid the period that be not allowed for taking class.
5	A type of classroom must be match with a type of subject.
6	A size of room must be enough for a group of students.

ข้อบังคับรอง คือ ข้อบังคับที่จะไม่มีผลต่อการใช้งานของตารางสอน แต่ข้อบังคับรองเป็นข้อบังคับที่ทำให้ตารางสอนนั้นๆ เป็นที่พอใจสำหรับอาจารย์ผู้สอนและนักศึกษามากยิ่งขึ้น เปรียบเสมือนส่วนที่ปรับปรุงให้ตารางสอนใช้งานได้ดียิ่งขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อบังคับรองจากการสำรวจด้วยแบบสอบถามจากอาจารย์และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ซึ่งแบ่งเป็นอาจารย์จำนวน 100 คน และนักศึกษา จำนวน 100 คน รวมเป็น 200 คน โดยแบบสอบถามเป็นแบบสอบถามที่รวมข้อบังคับรองของการจัดตารางสอนที่

ได้จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดตารางสอนนำมารวบรวมทำเป็นแบบสอบถาม เพื่อถามอาจารย์และนักศึกษาเลือกข้อบังคับที่มีผลหรือมีประโยชน์กับผู้ใช้ข้อมูล ในลักษณะของตัวเลือกความสำคัญจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด เพื่อนำผลมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อบังคับรองที่เหมาะสมที่สุดสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งผลของแบบสอบถามทำให้ได้ข้อบังคับรองดัง (Table 2)

Table 2 Soft Constraint

Number	Constraint
1	Lecturers should have many free days per week.
2	Students shouldn't have a class in the last period of day.
3	There shouldn't be only one class per day.
4	Lecturers and students prefer to have no gab between the two classes.
5	Students shouldn't have a class in the first period of day.
6	There shouldn't be more than 2 classes per day.

ขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาการจัดตารางสอนอัตโนมัติโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการหาคำตอบของทาบูนและกระบวนการซ่อมแซม

เนื่องจากงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสมในการพัฒนาระบบจัดตารางสอนอัตโนมัติ เพราะฉะนั้นในการออกแบบจึงต้องออกแบบบนพื้นฐานของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยมีบางส่วนในการนำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูนมาใช้ปรับปรุงอัลกอริทึมให้ทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ก่อนการพัฒนากระบวนการจัดตารางสอนอัตโนมัติด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบผสม สิ่งแรกที่ต้องทำคือการกำหนดรูปแบบของข้อมูล โครงสร้างของวิธีการเชิงพันธุกรรมมีลักษณะคล้ายกับการจำลองการทำงานของโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ดัง (Figure 1)

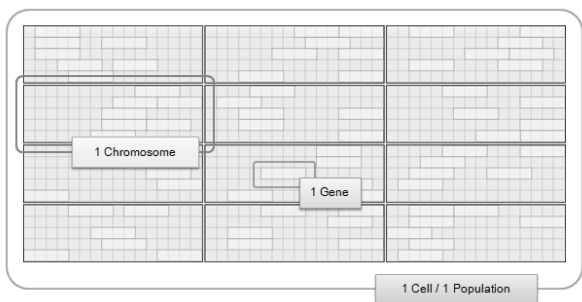


Figure 1 Chromosome Representation

จาก (Figure 1) สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดหรือเรียกในทางวิธีการเชิงพันธุกรรมเรียกได้ว่าเป็นประชากร (Population) ประกอบด้วยโครโมโซมหลายๆ ตัวรวมกัน โดยโครโมโซม 1 ตัว จะประกอบด้วยหน่วยพันธุกรรม (Gene) ในด้านการจัดตารางเรียนตารางสอนจะต้องมีกำหนดรูปแบบของโครโมโซมเช่นเดียวกัน โดยให้ตารางสอนหนึ่งตารางสอนที่ประกอบด้วยตารางเรียนของทุกหมู่เรียนกำหนดให้เป็นหนึ่งหน่วยของประชากร ในตารางเรียนของหนึ่งหมู่เรียนประกอบเป็นหนึ่งโครโมโซม และคาบเรียน (Period) หนึ่งคาบเรียนเป็นหนึ่งหน่วยพันธุกรรม

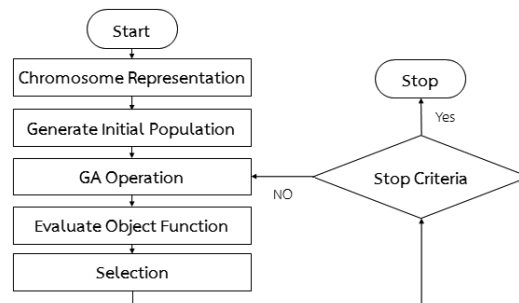


Figure 2 Genetic Algorithm

จาก (Figure 2) เป็นรูปภาพแสดงอัลกอริทึมของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบปกติ จะเห็นได้ว่ามีขั้นตอนการทำงานขั้นตอนหลัก คือ กำหนดรูปแบบโครโมโซม สร้างประชากรเริ่มต้น ปฏิบัติการ GA การประเมินค่าฟิตเนส กลไกการคัดเลือกและตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด จากอัลกอริทึมดังกล่าวเป็นอัลกอริทึมของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบปกติซึ่งไม่มีการปรับปรุงกระบวนการ ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น การปฏิบัติการ GA จะมีโอกาสที่ประชากรจะละเมิดข้อบังคับหลัก ซึ่งทำให้ประชากรตัวนั้นมีลักษณะที่ไม่ดี เมื่อเข้าสู่การคัดเลือกในรุ่นถัดไปประชากรกลุ่มนี้จะทำให้การหาคำตอบทำได้ช้าลง จากการศึกษาการปรับปรุงกระบวนการในงานวิจัยของวิภา พรหมเทศ<sup>๕</sup> จึงมีการเพิ่มกระบวนการซ่อมแซมเพื่อให้ประชากรลูกทุกตัวมีลักษณะที่ดีก่อนการคัดเลือกคือไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก โดยกระบวนการซ่อมแซมจะแสดงใน (Figure 3)

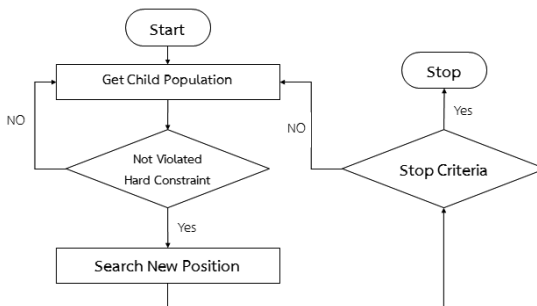


Figure 3 Repair Function

กระบวนการซ่อมแซมเริ่มต้นตั้งแต่การรับค่าประชากรลูกที่ได้จากการปฏิบัติการ GA ทุกตัว นำเข้าสู่การตรวจสอบการละเมิดข้อบังคับหลัก หากมีการละเมิดข้อบังคับหลักจะได้รับการซ่อมแซม คือ การหาตำแหน่งให้กับรายวิชาที่มีการละเมิดข้อบังคับหลักลงใหม่ ซึ่งตำแหน่งของรายวิชาคือคาบเรียนที่แบ่งออกเป็น 16 คาบต่อวันทั้งหมด 5 วัน จากวันจันทร์ถึงวันศุกร์ ในการหาตำแหน่งใหม่จะทำในลักษณะของการสุ่มตำแหน่งของคาบวิชาให้กับรายวิชาที่มีการละเมิดข้อบังคับหลักใหม่ ซึ่งในการสุ่มตำแหน่งของคาบวิชาจะต้องเป็นตำแหน่งที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลักด้วย โดยทำการหาตำแหน่งจนได้ตำแหน่งที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก ทำเช่นนี้ทีละรายวิชาจนครบประชากรลูกทุกตัว เป็นอันจบการทำงาน หลังจากผ่านกระบวนการซ่อมแซมจะได้ประชากรลูกทุกตัวที่มีลักษณะที่ดีคือ ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก โดยกระบวนการซ่อมแซมจะเพิ่มลงไปหลังกระบวนการปฏิบัติการ GA ดัง (Figure 4)

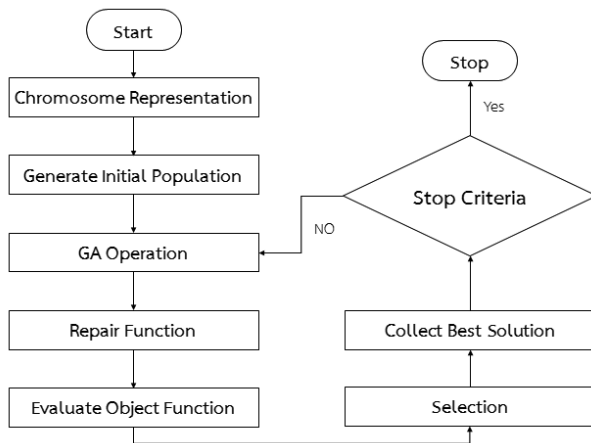


Figure 4 Genetic Algorithm with Repair Function

นอกจากกระบวนการซ่อมแซมที่ถูกเพิ่มเข้าไปในวิธีการเชิงพันธุกรรมแล้ว งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาเพิ่มเติมการปรับปรุงวิธีการเชิงพันธุกรรมของ Sadaf Naseem Jat และ Shengxiang Yang<sup>9</sup> ที่ได้นำวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมาเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยการทำงานของวิธีการหาคำตอบแบบทาบูมีขั้นตอนดัง (Figure 5)

วิธีการหาคำตอบแบบทาบู มีขั้นตอนการทำงานอยู่ 5 กระบวนการ คือ สร้างคำตอบเริ่มต้น สร้างเซตคำตอบใกล้เคียง เลือกเซตคำตอบใกล้เคียงที่ดีที่สุด ตรวจสอบรายการต้องห้าม และตรวจสอบเงื่อนไขการหยุด โดยวิธีการหาคำตอบแบบทาบู จะสามารถรับประกันได้ว่าประชากรที่เข้าสู่การหาคำตอบแบบทาบูจะได้ค่าของคำตอบที่ดีขึ้นหรือเท่าเดิม โดยค่าที่ได้จะไม่แย่ลงไปกว่าค่าเริ่มต้น ด้วยเหตุผลนี้ หากนำมาใช้ในการปรับปรุงประชากรของวิธีการเชิงพันธุกรรมย่อมทำให้ได้ประชากรที่มีลักษณะที่ดีขึ้นตามไปด้วย

งานวิจัยนี้จึงนำมาใช้ในการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมในส่วนของกระบวนการคัดเลือก หากประชากรตัวใดได้รับการคัดเลือก ก่อนที่จะเข้าสู่การหาคำตอบในรอบถัดไป ประชากรทุกตัวจะได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีการหาคำตอบแบบทาบูก่อน เพื่อให้ประชากรมีลักษณะที่ดีขึ้น ดัง (Figure 6)

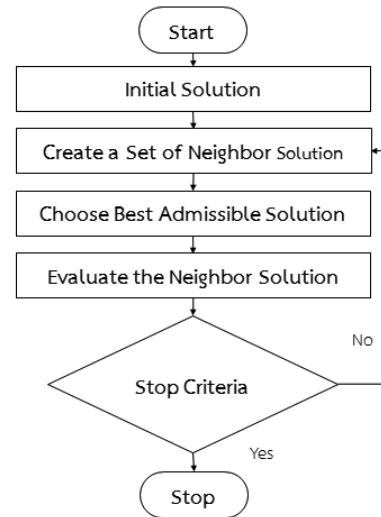


Figure 5 Tabu Search

### การประเมินค่าฟิตเนส

ในกระบวนการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ในทุกรอบการทำงานต้องมีการตรวจสอบค่าฟิตเนสของประชากรทุกตัว ซึ่งค่าฟิตเนสคิดจาก 2 ส่วน คือ จากข้อบังคับหลัก และจากข้อบังคับรอง โดยจะต้องนับค่าจากวิชาเรียนของแต่ละตาราง หากมีการละเมิดข้อบังคับทั้งข้อบังคับหลักและรอง ค่าฟิตเนสจะถูกลบหนึ่ง หากไม่มีการละเมิดจะเพิ่มค่าเข้าไปหนึ่ง ทำเช่นนี้ในทุกรายวิชา สุดท้ายจะได้ค่าฟิตเนสของทุกๆ ประชากรซึ่งมีค่าที่แตกต่างกันออกไป เพื่อนำเข้าสู่กลไกการคัดเลือก ซึ่งคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$fitness\ value = \sum_{i=1}^n H_i + \sum_{j=1}^m S_j \quad (1)$$

- เมื่อ n = จำนวนโครโมโซม
- H = ค่าฟิตเนสรวมข้อบังคับหลัก
- m = จำนวนข้อบังคับรอง
- S = ค่าฟิตเนสของข้อบังคับรอง

ในการหาค่าฟิตเนสของข้อบังคับหลักจะทำการคิดรวมทุกข้อบังคับ เนื่องจากหากมีการละเมิดข้อบังคับแม้แต่ข้อเดียวจะทำให้ตารางสอนนั้นใช้งานไม่ได้ ลักษณะการคำนวณจะแสดงให้เห็นในสมการด้านล่าง

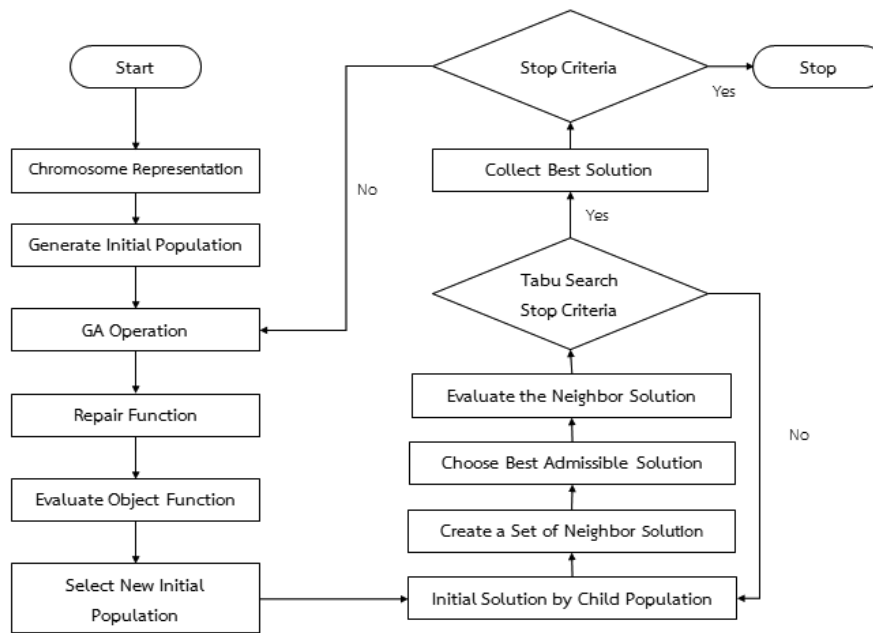


Figure 6 Genetic Algorithms with Repair Function and Tabu Search

$$H = N - \sum_{i=1}^N v(i) \tag{2}$$

เมื่อ H = ค่าฟิตเนสข้อบังคับหลัก  
 N = จำนวนรายวิชาทั้งหมด  
 v = การละเมิดข้อบังคับหลักของรายวิชา

ในกรณีการคำนวณค่าฟิตเนสของข้อบังคับรองจะคิดเป็นรายข้อบังคับ เนื่องจากแต่ละข้อบังคับมีหลักการคำนวณที่ความแตกต่างกันออกไป

1) ตารางสอนของอาจารย์ควรกำหนดให้มีวันที่ว่างตลอดวันให้มากที่สุด

$$S_1 = \sum_{i=1}^N d(i) \tag{3}$$

เมื่อ S<sub>1</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 d = การนับจำนวนวันที่ว่างตลอดทั้งวัน

2) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมามีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

$$S_2 = \sum_{i=1}^N l(i) \tag{4}$$

เมื่อ S<sub>2</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 l = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนในคาบสุดท้ายของวัน

3) ไม่ควรมีเรียนเพียงคาบเรียนเดียวต่อวัน

$$S_3 = \sum_{i=1}^N c(i) \tag{5}$$

เมื่อ S<sub>3</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 c = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนคาบเรียนเดียว

4) กลุ่มผู้เรียนและอาจารย์ไม่ชอบตารางที่มีช่วงเวลาว่างระหว่าง 2 วิชาที่จัดตารางไว้ในวันเดียวกัน

$$S_4 = \sum_{i=1}^N k(i) \tag{6}$$

เมื่อ S<sub>4</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 k = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนไม่มีตารางที่มี

ช่วงเวลาว่างระหว่าง 2 วิชาที่จัดตารางไว้ในวันเดียวกัน

5) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมามีเรียนในคาบแรกของวัน

$$S_5 = \sum_{i=1}^N f(i) \tag{7}$$

เมื่อ S<sub>5</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 f = การนับจำนวนวันที่ไม่มีเรียนในคาบแรกของวัน

6) กลุ่มผู้เรียนไม่ควรมามีเรียนเกิน 2 วิชาต่อวัน

$$S_6 = \sum_{i=1}^N t(i) \tag{8}$$

เมื่อ S<sub>6</sub> = ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองข้อที่ 1  
 N = จำนวนตารางของหมู่เรียน  
 t = การนับจำนวนวันที่เรียนไม่เกิน 2 วิชาต่อวัน



**การออกแบบและการทดลอง**

ในการทดลองแบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ 1) การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย 2) การทดลองผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม 3) การทดลองขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

**การทดลองที่ 1** การทดลองหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย

ในการทดลองนี้เป็นการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย จึงต้องมีการทดลองเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ (Crossover Rate) และค่าการกลายพันธุ์ (Mutation Rate) ในหลายๆ ค่า ซึ่งเลือกขอบเขตการทดลองจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางสอนขอบเขตทดลองของค่าการข้ามสายพันธุ์ตั้งแต่ 0.7 ถึง 1.0 และค่าการกลายพันธุ์ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 จากค่าที่เลือกมาจะได้การทดลองโดยการเปลี่ยนแปลงค่าทั้งหมดจำนวน 20 ค่า ซึ่งจะนำค่าเหล่านี้ไปทำการทดลองโดยใช้กลุ่มข้อมูลตารางสอนขนาดเล็ก มีรายละเอียดดัง (Table 3)

**Table 3** Small dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	90
Number of Section	14
Number of Course	30
Number of Teacher	29
Number of Room	20
Number of Population	50
Number of Generations	200

**การทดลองที่ 2** การทดลองผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

การทดลองผลกระทบจากกระบวนการการซ่อมแซมในการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ได้มีการแบ่งอัลกอริทึมออกเป็น 2 ส่วน คือ อัลกอริทึมที่ใช้กระบวนการซ่อมแซม

และอัลกอริทึมที่ไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซม ทดลองโดยการประมวลผลทั้ง 2 อัลกอริทึมตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้งเพื่อเก็บข้อมูล เวลาและค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองแบบมาเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ โดยค่าพารามิเตอร์ในการทดลองเดียวกันกับการทดลองที่ 1 ใน (Table 3) และใช้ค่าความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์ที่ 0.7 และความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์ที่ 0.5

**การทดลองที่ 3** การทดลองขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

การทดลองผลของการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับวิธีการค้นหาแบบทาบู ในด้านขนาดของข้อมูล ซึ่งการจัดตารางสอนขนาดของข้อมูลมีความสำคัญต่อการจัดตารางในด้านของเวลาที่ใช้ในการจัดไม่ว่าจะเป็นจำนวนคลาสเรียน รายวิชา อาจารย์ ห้องเรียน ซึ่งหากข้อมูลเหล่านี้มีจำนวนมาก และเงื่อนไขมีจำนวนมากย่อมทำให้การจัดตารางในแต่ละครั้งใช้เวลาในการจัดตารางเป็นเวลานาน เพราะฉะนั้นในการทดลองที่ 3 ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ซึ่งในการทดลองจะให้เห็นถึงผลของขนาดข้อมูลที่มีความแตกต่างกันออกไป โดยเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีความแตกต่างกัน

ในการออกแบบการทดลองได้มีการแบ่งอัลกอริทึมออกเป็น 3 ส่วน คือ อัลกอริทึมที่ใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู<sup>9</sup> และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู ทดลองโดยการประมวลผลทั้ง 4 อัลกอริทึมตามข้อมูลและพารามิเตอร์ที่กำหนด ทำการประมวลผลแบบละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูล เวลาและค่าฟิตเนส (Fitness) ในแต่ละรุ่นการทำงาน จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองแบบเปรียบเทียบในลักษณะของกราฟ ทำเช่นนี้โดยทดลองกับข้อมูล 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ค่าพารามิเตอร์กำหนดเช่นเดียวกับการทดลองหาผลกระทบของกระบวนการซ่อมแซม แต่มีความแตกต่างกันในด้านของขนาดข้อมูลตารางสอนที่ใช้ในการทดลอง มีรายละเอียดดัง (Table 4-5)

**Table 4** Medium dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	249
Number of Section	43
Number of Course	147
Number of Teacher	105
Number of Room	120

**Table 5** Large dataset

Parameters	Size
Number of Classroom	512
Number of Section	91
Number of Course	248
Number of Teacher	171
Number of Room	200

**ผลการทดลอง**

ผลการทดลองที่ 1 การทดลองเพื่อศึกษาหาค่าฟิตเนสของพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมของงานวิจัย

จากการทดลองปรับเปลี่ยนค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่าการกลายพันธุ์ ทั้งหมด 20 ค่า โดยแต่ละการทดลองทำการประมวลผลการทดลองละ 5 ครั้ง เพื่อเก็บค่าฟิตเนสและเวลาในการทำงานต่อ 1 รอบการทำงาน ซึ่งผลที่ได้มีรายละเอียดดัง (Table 6)

**Table 6** Parameters for experiments 1

CR	MR	Max Fit	Round	Average Time	All Time
0.7	0.1	320	200	0.41	82.00
0.8	0.1	322	124	0.42	52.08
0.9	0.1	322	150	0.43	64.50
1.0	0.1	322	182	0.40	72.80
0.7	0.2	322	121	0.34	41.14
0.8	0.2	322	79	0.38	30.02
0.9	0.2	321	200	0.40	80.00
1.0	0.2	322	109	0.36	39.24
0.7	0.3	322	70	0.33	23.10
0.8	0.3	322	58	0.36	20.88
0.9	0.3	322	106	0.39	41.34

CR	MR	Max Fit	Round	Average Time	All Time
1.0	0.3	322	63	0.34	21.42
0.7	0.4	322	66	0.37	24.42
0.8	0.4	322	75	0.36	27.00
0.9	0.4	322	71	0.36	25.56
1.0	0.4	322	89	0.32	28.48
0.7	0.5	322	60	0.33	19.80
0.8	0.5	322	70	0.35	24.50
0.9	0.5	322	68	0.36	24.48
1.0	0.5	322	71	0.30	21.30

จากการทดลองพบว่า ในการจัดตารางสอนโดยเปลี่ยนแปลงค่าการข้ามสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ โดยการประมวลผล 20 รอบการทำงาน ส่วนใหญ่ได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดเท่ากันคือ 322 จำนวน 18 การทดลอง ซึ่งมีเพียง 2 การทดลองที่ได้ค่าสูงสุดที่ 320 และ 321 ซึ่งผลค่าฟิตเนสของการจัดตารางสอนจะขึ้นอยู่กับข้อมูลของตารางสอน โดยการนับจำนวนของค่าฟิตเนสแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ได้มาจากข้อบังคับหลัก และส่วนที่ได้จากข้อบังคับรอง ในส่วนของข้อบังคับหลักจะเท่ากับจำนวนของรายวิชาซึ่งนับจำนวนของรายวิชาที่ไม่ละเมิดข้อบังคับหลัก ในส่วนของข้อบังคับรองจะคำนวณตามข้อบังคับ ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะของข้อบังคับ เมื่อคำนวณเสร็จจึงนำมารวมกันได้เป็นค่าฟิตเนส ลักษณะของค่าฟิตเนสของการจัดตารางสอนจึงขึ้นอยู่กับขนาดของข้อมูล คือ จำนวนรายวิชา จำนวนและลักษณะของข้อบังคับรอง ในการรันโปรแกรมเพื่อจัดตารางในทุกๆ การทดลองจะมีลักษณะที่คล้ายกันคือ เมื่อรันจนถึงจุดหนึ่งที่ได้ตารางสอนที่ดีที่สุด คือการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

การทดลองในด้านของเวลาเฉลี่ยต่อรอบกลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.1 มีเวลาเฉลี่ยต่อรอบมากกว่ากลุ่มอื่นคือมากกว่า 0.40 วินาทีทั้งหมด และยังมีค่าฟิตเนสสูงสุดในรอบที่มากกว่ากลุ่มอื่นด้วย กลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.2 และ 0.3 มีผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันทั้งในด้านของเวลาและการพบค่าสูงสุด แต่ส่วนใหญ่ยังใช้เวลาเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มที่ Mutation Rate เท่ากับ 0.4 และ 0.5 ซึ่งมีเวลาเฉลี่ยส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.35 วินาที แต่ก็มีเวลาเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกันต่างกันเพียงไม่เกิน 0.1 วินาที หากมองที่การพบค่าฟิตเนสสูงสุด จะปรากฏในการทดลองที่มี Crossover Rate เท่ากับ 0.7 และ Mutation Rate เท่ากับ 0.5 พบการทดลองนี้พบค่าฟิตเนสสูงสุดในรอบที่ 60 ซึ่งน้อยที่สุด และใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 วินาทีต่อรอบการทำงาน โดยใช้เวลารวมเมื่อพบค่า

ฟิตเนสสูงสุดเท่ากับ 19.80 วินาที ซึ่งเป็นเวลารวมที่น้อยที่สุด โดยงานวิจัยฉบับนี้จึงเลือกใช้ค่าดังกล่าวในการทดลองในลำดับต่อไป

ผลการทดลองที่ 2 การทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบกระบวนการการซ่อมแซมสำหรับการทำงานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

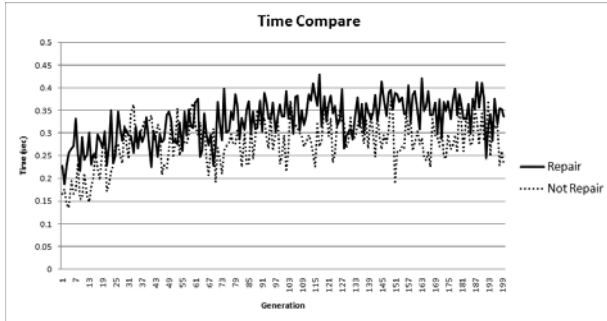


Figure 7 Time compare between GA with repair function and GA not repair function

ผลการทดลองในด้านของเวลาจาก (Figure 7) เวลาการทำงานของทั้ง 2 แบบใช้เวลาการทำงานที่ใกล้เคียงกัน แต่วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาการทำงานที่น้อยกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใช้กระบวนการซ่อมแซมเล็กน้อย

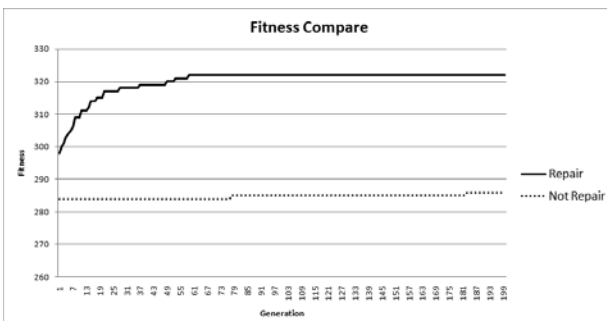


Figure 8 Fitness compare between GA with repair function and GA not repair function

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนสจาก (Figure 8) ปรากฏว่า ได้ลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบไม่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสที่เพิ่มขึ้นแต่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในแต่ละรุ่น ในส่วนของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงรุ่นการทำงานตั้งแต่ 1 ถึงประมาณรุ่นที่ 20 จากนั้นค่าฟิตเนสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และหยุดการเพิ่มในช่วงรุ่นที่ 60 ซึ่งได้ค่าฟิตเนสที่ต่างกัน คือ วิธีที่ใช้กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสสูงสุดที่ 322 ส่วนวิธีการที่ไม่ใช้

กระบวนการซ่อมแซมได้ค่าฟิตเนสสูงสุดเพียง 286 ดัง (Figure 8)

ผลการทดลองที่ 3 การทดลองเปรียบเทียบผลกระทบของขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู

### ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดเล็ก ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 9) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.33 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 0.45 วินาที และ 0.46 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบูเข้าไปปรับปรุงวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติยอมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

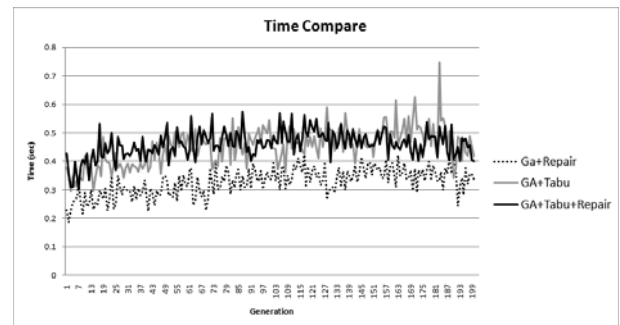


Figure 9 Time compare for small dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 10) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งทั้ง 3 อัลกอริทึม ได้ค่าฟิตเนสสูงสุดที่เท่ากัน คือ 322 แต่ทั้ง 3 อัลกอริทึมมีกราฟที่มีลักษณะแตกต่างกัน คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมมีการเพิ่มขึ้นของค่าฟิตเนสที่ละเล็กละน้อย โดยได้ค่าสูงสุดในรอบการทำงานที่ 60 ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู เป็นกราฟที่มีการเพิ่มของค่าฟิตเนสอย่างรวดเร็ว

ในช่วงแรกและจะหยุดเพิ่มเมื่อได้ค่าสูงสุด โดยได้ค่าสูงสุดในรอบการทำงานที่ 47 และ 34 ตามลำดับ หากเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและจำนวนรอบของการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดได้ผลคือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $0.33 \times 60 = 19.80$  วินาที วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $0.45 \times 47 = 21.15$  วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $0.46 \times 34 = 15.64$  วินาที

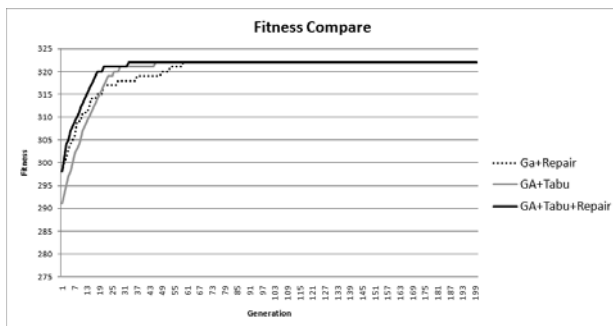


Figure 10 Fitness compare for small dataset

**ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดกลาง**

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดกลาง ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 11) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 1.12 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.34 วินาที และ 2.45 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบเข้าไปปรับปรุงวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติยอมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

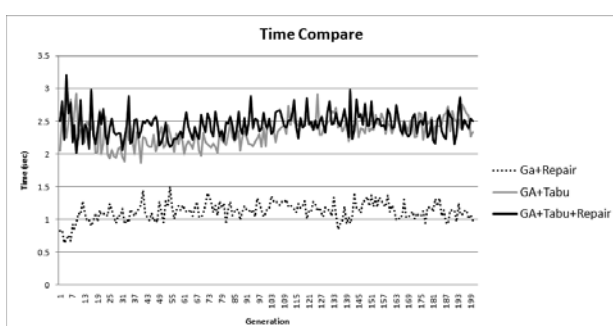


Figure 11 Time compare for medium dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 12) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกัน คือ ข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมและวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบได้ค่าสูงสุดที่ 973 และ 974 ตามลำดับ ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบได้ค่าสูงสุดที่ 976 หากเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยและจำนวนรอบของการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดที่ 976 ได้ผลคือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $1.12 \times 200 = 224$  วินาที วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $2.34 \times 200 = 468$  วินาที และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาการได้ค่าสูงสุดคือ  $2.45 \times 73 = 178.85$  วินาที จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาในการทำงานในการหาได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุดน้อยที่สุดคือ 178.85 วินาที และยังสามารถหาค่าฟิตเนสสุดท้ายที่สูงกว่า 2 อัลกอริทึมแรกอีกด้วย

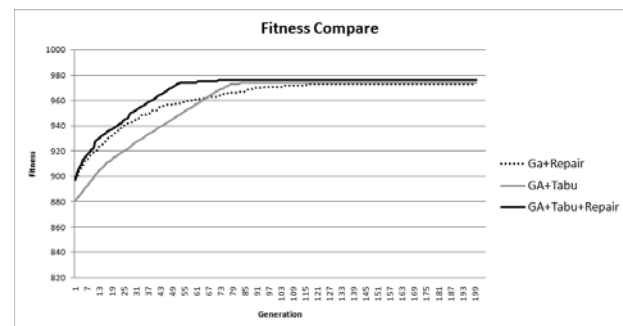


Figure 12 Fitness compare for medium dataset

**ผลการทดลองกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่**

ในการทดลองของกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ผลของการทดลองในด้านของเวลา ดัง (Figure 13) พบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด โดยใช้เวลาเฉลี่ย 2.44 วินาทีต่อ 1 รอบการทำงาน ส่วนวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบใช้เวลาในการทำงานที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้เวลาเฉลี่ย 10.91 วินาที และ 9.69 วินาที ต่อ 1 รอบการทำงานตามลำดับ ซึ่งใช้เวลาการทำงานมากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมอยู่พอสมควร เนื่องจากทั้งสองวิธีเป็นการรวมวิธีการแบบทาบเข้าไปปรับปรุงวิธี

ขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติยอมทำให้เวลาในการทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

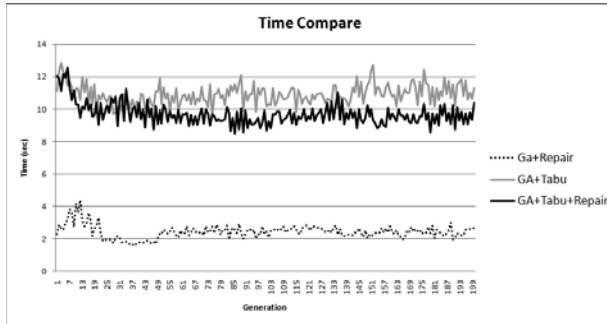


Figure 13 Time compare for large dataset

ผลของการทดลองในด้านของค่าฟิตเนส ดัง (Figure 14) พบว่า ได้กราฟลักษณะเดียวกันคือข้อมูลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แต่มีความแตกต่างกันในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมค่าสูงสุดที่ 2,045 วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 2,061 และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูได้ค่าสูงสุดที่ 2,064 จากผลที่ได้ทำให้ทราบว่า วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบูทำงานได้ดีที่สุดเนื่องจากได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด ถึงแม้ว่าในด้านของเวลาจะใช้เวลามากกว่าวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมอยู่พอสมควร แต่ในการจัดตารางสอนจะมุ่งเน้นผลของค่าฟิตเนสเป็นหลัก

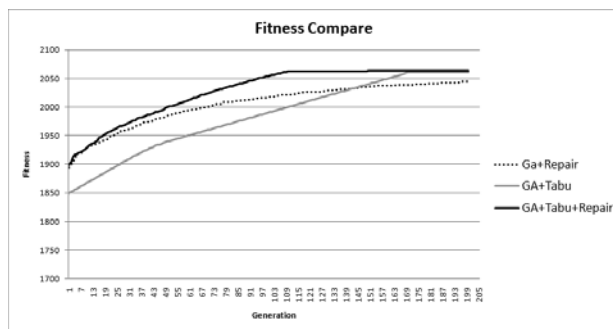


Figure 14 Fitness compare for large dataset

จากการทดลองทั้ง 3 ขนาดข้อมูล ในทุกๆ การทดลองให้ผลในด้านของตารางสอนในรูปแบบที่ใกล้เคียงกัน การจัดตารางสอนบนพื้นฐานของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ไม่ว่าจะเป็นการใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยกระบวนการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู เมื่อทำการจัดตาราง ตารางสอนสุดท้ายที่ได้คือ

ตารางสอนที่มีค่าฟิตเนสสูงที่สุด คือทุกตารางสอนไม่มีการละเมิดข้อบังคับหลักแม้เพียงข้อเดียว และเป็นตารางสอนที่มีการละเมิดข้อบังคับรองน้อยที่สุดหรือการได้ค่าฟิตเนสข้อบังคับรองมาก ซึ่งข้อบังคับรองเป็นสิ่งที่บ่งบอกว่าตารางสอนนั้นๆเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากน้อยเพียงใด ยิ่งละเมิดข้อบังคับรองน้อย นั้นหมายความว่าเหมาะสมกับผู้ใช้งานมากตามไปด้วย เพราะฉะนั้นเมื่อทำการจัดตารางทั้ง 3 อัลกอริทึมเสร็จสิ้นจะได้ตารางสอนที่เหมาะสมที่สุดคือมีค่าฟิตเนสที่มากที่สุดเช่นกัน แต่สิ่งที่แตกต่างกันของทั้ง 3 อัลกอริทึมคือเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

วิจารณ์และสรุปผล

การทดลองที่ 1 เป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดในการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยทำการเปลี่ยนค่าการกลายพันธุ์และค่าการข้ามสายพันธุ์ ในส่วนของผลการทดลองพบว่าค่า 0.7 ของค่าการข้ามสายพันธุ์ และค่า 0.5 ของค่าการกลายพันธุ์ เป็นค่าพารามิเตอร์มีที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากใช้เวลารวมน้อยที่สุดในการได้ค่าฟิตเนสที่สูงที่สุด

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาผลกระทบกระบวนการซ่อมแซมของวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม โดยการทดลองนั้นทดลองกับข้อมูลตารางสอนขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่าง 2 อัลกอริทึม คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติ และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม โดยผลที่ได้ในด้านของเวลาวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมแบบปกติทำงานได้เร็วกว่าเล็กน้อย แต่ในด้านของค่าฟิตเนส วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม ได้ค่าฟิตเนสที่สูงกว่าแบบปกติอย่างชัดเจน ฉะนั้นวิธีการซ่อมแซมจึงส่งผลกระทบต่อกระบวนการจัดตารางสอน โดยวิธีการซ่อมแซมเป็นส่วนที่ใช้ในการปรับปรุงค่าฟิตเนสของประชากรในแต่ละรอบกระบวนการทำงานให้ดียิ่งขึ้นก่อนที่จะเข้าสู่รอบการทำงานถัดไป

การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาผลกระทบของขนาดข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการจัดตารางสอน โดยใช้วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมด้วยการเพิ่มวิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมร่วมกับการหาคำตอบแบบทาบู ซึ่งเป็นการทดลองโดยแบ่งขนาดของข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่ม คือข้อมูลขนาดเล็ก ข้อมูลขนาดกลาง และข้อมูลขนาดใหญ่ โดยแต่ละการทดลองได้เปรียบเทียบอัลกอริทึมจำนวน 3 อัลกอริทึม คือ วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซม วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมผสมการหาคำตอบแบบทาบู และวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาคำตอบแบบทาบู จากผลการทดลองของทั้ง 3 กลุ่มข้อมูล พบว่า

วิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมใช้เวลาการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการทำงานของอัลกอริทึมที่น้อยที่สุด แต่ค่าฟิตเนสที่ได้จากอัลกอริทึมในทั้ง 3 กลุ่มข้อมูลได้ค่าที่น้อยกว่าอีก 2 อัลกอริทึม หากเปรียบเทียบในด้านของค่าฟิตเนสวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรมโดยใช้วิธีการซ่อมแซมผสมการหาค่าตอบแบบทาบู่ให้ผลที่ดีที่สุด ในทั้ง 3 กลุ่มข้อมูล จะเห็นได้ชัดในกลุ่มข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งให้ค่าฟิตเนสที่สูงแตกต่างจากอีก 2 อัลกอริทึมอย่างชัดเจน อันเนื่องมาจากการรวมวิธีการซ่อมแซมในการปรับปรุงประชากรให้ดีขึ้นในแต่ละรอบกระบวนการทำงาน และรวมกับการหาค่าตอบแบบทาบู่เข้ามาปรับปรุงให้การจัดตารางสอนเข้าใกล้ค่าฟิตเนสที่ดีที่สุดได้เร็วยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้น วิธีการซ่อมแซมและการหาค่าตอบแบบทาบู่จึงมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดตารางสอนด้วยวิธีขั้นตอนเชิงพันธุกรรม

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้และความกรุณาและอนุเคราะห์ช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ.ดร.ฉัตรเกล้า เจริญผล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวทางในการดำเนินงาน รวมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการจัดทำวิจัยอย่างดียิ่ง และได้รับการช่วยเหลือในการติดตามข้อมูลการจัดตารางสอนจาก คุณสุดา ทิพย์ประเสริฐ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ที่ได้กรุณาให้ข้อมูลสำหรับการจัดตารางสอนเพื่อใช้ในการทดลองที่เป็นประโยชน์อย่างมาก งานวิจัยนี้สำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์พร้อมทั้งการสนับสนุนเรื่องทุนการศึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยอย่างยิ่ง

### เอกสารอ้างอิง

1. Blondel V, Tsitsiklis JN. NP-Hardness of Some Linear Control Design Problems. *Siam J Control Optim* 1997; 35[6]: 2118–2127.
2. Said GAE-NA, Mahmoud AM, El-Horbaty E-SM. A Comparative Study of Meta-heuristic Algorithms for Solving Quadratic Assignment Problem. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 2014; 5[1]: 1-6.
3. Wang YZ. Using genetic algorithm methods to solve course scheduling problem. *Expert Systems with Applications* 2003; 25[1]: 39-50.
4. Pongcharoen P, Promtet W, Yenradee P, Hickks C. Stochastic Optimisation Timetabling Tool for univer-

city course scheduling. *International Journal of Production Economics* 2008; 112[2]: 903-918.

5. วิธนา พรหมเทศ. การจัดตารางสอนอัตโนมัติแบบยัดเยียดโดยใช้ Genetic Algorithms. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย; 2550.
6. Abdullah S, Turabieh H, McCollum B, Burke EK. "An Investigation of a Genetic Algorithm and Sequential Local Search Approach for Curriculum-based Course Timetabling Problems". *Multidisciplinary International Conference on Scheduling : Theory and Applications (MISTA 2009)*. Dublin, Ireland, 2009.
7. Bratkovic Z, Herman T, Omrcen V, Cupic M, Jakobovic D. "University Course Timetabling with Genetic Algorithm: a Laboratory Exercises Case Study". 2010.
8. Rahoual M, Saad R. Solving Timetabling Problems by Hybridizing Genetic Algorithms and Tabu Search. *PATAT 2006* 2006: 467–472.
9. Jat SN, Yang S. A Hybrid Genetic Algorithm and Tabu Search Approach for Post Enrolment Course Timetabling. *Journal of Scheduling manuscript* 2010

## การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

### Geographic Information Systems for Analysis of a Surveillance Area of Psychiatric Patients in Hua Hin District, Prachuap Khiri Khan Province

อังคณา จัตตามาศ<sup>1</sup>, วุฒันันท์ มัตติทานนท์<sup>2</sup>

Aungkana Jattamart<sup>1</sup>, Wutjanun Muttitanon<sup>2</sup>

Received: 24 November 2015; Accepted: 30 March 2016

#### บทคัดย่อ

จากปัญหาการเข้าถึงบริการของผู้ป่วยจิตเวชโดยเฉพาะผู้ป่วยในหมู่บ้านชนบท ประกอบกับระบบงานด้านสุขภาพจิตที่ขาดความเชื่อมโยงการกระจายระบบเครือข่ายบริการสุขภาพจิตในการดูแลผู้ป่วยแต่ละพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อการติดตามการรักษาอย่างต่อเนื่องได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสำรวจพื้นที่การพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอ หัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และ 2) เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการวิจัยดังนี้ 1) ชุมชนหรือหมู่บ้านที่พบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช 2) หมู่บ้าน 3) ถนน และ 4) แม่น้ำ นำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลผู้ป่วยจิตเวชที่รับการรักษาในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 และมีเครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงาน คือ 1) โปรแกรม ArcGIS Desktop Version 10.1 ในการสร้างแผนที่ 2) แบบประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า 1) พื้นที่ที่พบผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหินมากที่สุด 3 ลำดับแรกทั้งในปี พ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 คือ ตำบลหัวหิน รองลงมา คือ ตำบลหนองแก และตำบลหนองพลับ 2) จากแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน แสดงให้เห็นการกระจายตัวในเชิงเวลา สถานที่ และบุคคลได้ ซึ่งช่วยให้เกิดประสิทธิภาพในการวางแผนการดำเนินการ รักษาผู้ป่วยทางจิตเวชของคลินิกจิตเวช สอดคล้องกับผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ระดับความพึงพอใจมาก และด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูลมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ในระดับพึงพอใจมาก แสดงให้เห็นถึงการให้ความสำคัญต่อประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านสุขภาพผู้ป่วย ที่เกี่ยวข้องกับความต้องการ ความแม่นยำ และความรวดเร็วในการประมวลผลข้อมูล

**คำสำคัญ:** ผู้ป่วยจิตเวช พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วย ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

#### Abstract

This study proposes solutions to a mapping problem that prevents psychiatric patients from reaching their case centers. This research aimed 1) to observe the areas of psychiatric patients at Hua-Hin district, Prachuapkirikhan Province. 2) to make a monitoring map of psychiatric patients.

The factors used were: 1) community or a village that has psychiatric patients 2) villages 3) streets 4) the data were analyzed with psychiatric patients treated in the year 2013 and 2014. The tools used to process the research were 1) ArcGIS Desktop Version 10.1 software to create maps and 2) satisfaction rating by the specialist. The results showed that: 1) the area, where the most psychiatric patients were found, was in Hua-Hin

<sup>1</sup> อาจารย์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทางธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อีเมล: aungkana.jat@rmutr.ac.th

<sup>1</sup> Lecturer, Department of Business Information Technology, Faculty of Business Administration, Rajamangala University of Technology Rattanakosin, Prachuapkhirikhan E-mail: aungkana.jat@rmutr.ac.th

<sup>2</sup> อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อีเมล: wutjanum.mut@mahidol.ac.th

<sup>2</sup> Lecturer, Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University

district with the third rank in 2013 and 2014. The second rank was at Nongkae and the third rank was at Nongplub. 2) The monitoring map of psychiatric patients in the Hua-Hin area showed satisfactorily the distribution of time, place and psychiatric persons. The results of the application of geographic information systems with an average score of satisfaction at high level of 4.00 and standard deviation score of satisfaction was 0.15. Satisfaction score of information was at a high level of 4.30, and standard deviation score of satisfaction was 0.27. These scores were able to show the importance of effective implementation of a working system for psychiatric patients.

**Keywords:** Psychiatric patients, Patients surveillance area, Geographic information systems

## บทนำ

สังคมปัจจุบันมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ปัจจัยหนึ่งเป็นผลจากการที่เทคโนโลยีต่างๆ เข้ามามีบทบาทกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ทำให้มนุษย์ต้องปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่รอดในสังคมได้ แต่ยังมีบุคคลส่วนหนึ่งที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสังคมได้ ทำให้เกิดความเครียดวิตกกังวล เกิดปัญหาทางสุขภาพจิตสูงขึ้น โดยเฉพาะความเครียดซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่ปัญหาทางสุขภาพจิตที่รุนแรง คือ โรควิตกกังวล ประกอบกับการไม่มีวิธีที่ถูกต้องในการแก้ปัญหาของตนเอง ซึ่งผู้ป่วยจิตเวช คือ บุคคลที่ขาดความสามารถในการปรับตัว เป็นผลให้เกิดความแปรปรวนทั้งด้านความคิด อารมณ์ และพฤติกรรมอยู่ในสภาพที่ป่วยเรื้อรัง มักมีอาการเป็นๆ หายๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของผู้ป่วยและครอบครัว ต้องใช้ระยะเวลาในการรักษาพยาบาล ในปัจจุบันพบว่าผู้ป่วยจิตเวชมีจำนวนมากขึ้น โดยเฉพาะผู้ป่วยจิตเวชในหมู่บ้านชนบท จะมีปัญหาในการเข้าถึงบริการ เนื่องจากโรงพยาบาลชุมชนส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถทำการวินิจฉัย และให้การรักษาพยาบาลแก่ผู้ป่วยจิตเวชได้ ผู้ป่วยจำเป็นต้องเดินทางไปรักษาที่โรงพยาบาลเฉพาะทางจิตเวช หรือโรงพยาบาลศูนย์/โรงพยาบาลทั่วไปที่มีจิตแพทย์อยู่ประจำ ซึ่งมีอยู่ไม่ครบทุกจังหวัด มีผู้ป่วยจิตเวชจำนวนไม่น้อยที่ขาดการวินิจฉัยตั้งแต่แรก ส่วนที่เคยได้รับการวินิจฉัยมาก่อนมักจะขาดการรักษาอย่างต่อเนื่องหรือขาดยา ทำให้ไม่สามารถควบคุมอาการได้ ส่งผลกระทบตามมาไม่ว่าจะเป็นผลกระทบต่อผู้ป่วย เช่น ทำงานไม่ได้ ดูแลตัวเองไม่ได้ ถูกกระทำอย่างไร้ศักดิ์ศรี เป็นต้น ผลกระทบต่อครอบครัว เช่น เป็นภาระที่ต้องดูแลผู้ป่วย ทุกข์ใจ ถูกเพื่อนบ้านรังเกียจ ถูกผู้ป่วยทำร้ายร่างกาย อยู่อย่างหวาดกลัว เป็นต้น และผลกระทบต่อสังคม เช่น สังคมหวาดระแวง ขัดแย้งกับผู้ป่วยและครอบครัว

โรงพยาบาลหัวหิน ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นโรงพยาบาลทั่วไปขนาด 340 เตียงสังกัดกระทรวงสาธารณสุข มีความสามารถและคุณภาพการรักษาพยาบาลแบบองค์รวม ผสมผสาน ทุกระดับครอบคลุม

ทั้งเครือข่ายบริการ มีผู้ป่วยมารับบริการเฉลี่ยถึงวันละ 1,100 คน<sup>1</sup> โดยแบ่งออกเป็นคลินิกต่างๆ รวมไปถึงคลินิกจิตเวชที่มีจิตแพทย์อยู่ประจำ เป็นคลินิกที่ให้บริการบำบัดรักษา ผู้ป่วยจิตเวช ผู้ที่มีปัญหาสุขภาพจิตให้ได้รับการบำบัดรักษา และดูแลอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งสร้างความร่วมมือด้านการดำเนินงานสุขภาพจิต กับเครือข่ายในพื้นที่รับผิดชอบ ส่งผลให้ผู้ป่วยสามารถใช้ชีวิตในสังคมได้อย่างปกติสุข ซึ่งในปัจจุบันคลินิกจิตเวชมีผู้ป่วยมารับการรักษาเพิ่มขึ้นทุกวัน เนื่องจากทางโรงพยาบาลรับการรักษาต่อจากสถานพยาบาลอื่นทั้งในจังหวัดและนอกจังหวัด และยังมีบริการปรึกษาปัญหาทางด้านสุขภาพจิตทางโทรศัพท์ สำหรับผู้ป่วยในเครือข่ายพื้นที่รับผิดชอบของเขตอำเภอหัวหินนั้น จะรับรักษาผู้ป่วยแยกตามหน่วยบริการปฐมภูมิและยังมีการออกหน่วยเพื่อดูแล ติดตามการรักษาของผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง ตามหน่วยบริการปฐมภูมิที่รับผิดชอบของเขตอำเภอหัวหิน และนำผลการติดตามการรักษาของผู้ป่วยมาเป็นแนวทางในการวางแผนการดำเนินการรักษาผู้ป่วยคลินิกจิตเวช โรงพยาบาล หัวหินต่อไป

ด้วยสาเหตุข้างต้นประกอบกับระบบการประมวลภาพรวมงานด้านสุขภาพจิตของผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในปัจจุบัน เป็นเพียงการนำเสนอรายงานหรือทะเบียนผู้ป่วยที่รับการตรวจรักษาในแต่ละสถานบริการสาธารณสุขเท่านั้น ขาดความเชื่อมโยงการกระจายระบบเครือข่ายบริการสุขภาพจิตและจิตเวชในการดูแลผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในภาพรวมของแต่ละพื้นที่ จึงเป็นแรงจูงใจให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการจัดทำ “การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์”

## วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อสำรวจพื้นที่การพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. เพื่อจัดทำแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์



### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบด้วย

1. โปรแกรม ArcGIS Desktop Version 10.1
2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 กรมแผนที่ทหาร ใช้เป็นแผนที่พื้นฐาน (Base Map)
3. ส่วนของเว็บไซต์ที่ใช้ในการหาข้อมูลพิกัดละติจูดและลองจิจูด ได้แก่ เว็บไซต์ <http://maps.google.co.th/>

### วิธีการดำเนินการวิจัย

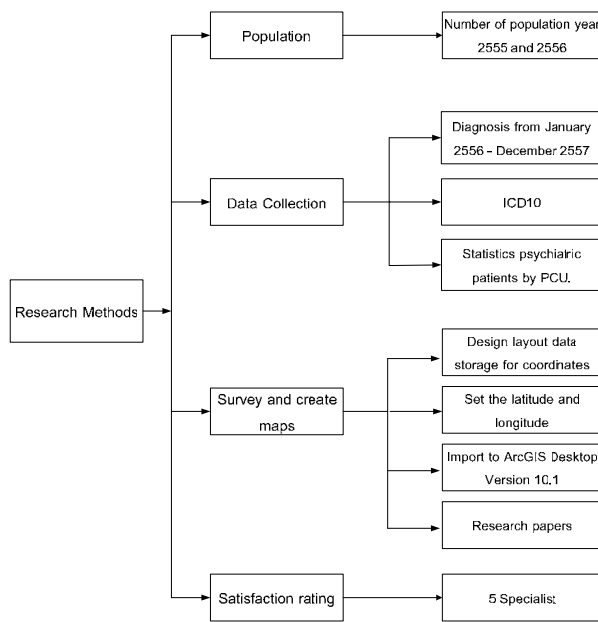


Figure 1 The research process

จาก (Figure 1) วิธีการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. กลุ่มประชากร: นำข้อมูลจำนวนประชากรแยกตามหน่วยบริการปฐมภูมิที่รับผิดชอบของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มาใช้ในการวิจัย โดยใช้จำนวนประชากร 2 ปี คือ ปีพ.ศ. 2556 และ พ.ศ. 2557 จากข้อมูลของสำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง พ.ศ. 2557<sup>2</sup> ดังแสดงใน (Table 1)

2. การเก็บข้อมูล: สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยๆ ดังนี้

- ข้อมูลการคัดกรองตั้งแต่เดือน มกราคม 2556 - ธันวาคม 2557: เก็บข้อมูลการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวชจากระบบรายงานการรักษาของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน จากโปรแกรม Medical 2020 เนื่องจากโรงพยาบาลหัวหินเป็นสถานบริการสาธารณสุขระดับจังหวัด ทำหน้าที่ในการรักษาและรวบรวมข้อมูลผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในพื้นที่ 7 ตำบลของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพื่อส่งต่อให้

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยขั้นตอนการดำเนินงาน จะเริ่มจากสถานบริการสาธารณสุข ได้แก่ อาสาสมัครประจำหมู่บ้าน สถานีอนามัย ศูนย์สุขภาพชุมชน เมื่อพบผู้ป่วยที่เสี่ยงทางด้านจิตเวช จะดำเนินการส่งผู้ป่วยมาคัดกรองและรักษาที่โรงพยาบาลหัวหิน จากนั้นข้อมูลการรักษาผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในพื้นที่ 7 ตำบลของอำเภอหัวหินทั้งหมดจะถูกรวบรวมและส่งข้อมูลไปยังสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด และกรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุขต่อไป

- บัญชีการจำแนกโรคทางจิตเวช ICD10 (ICD-10 =International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problem): โดยโรคความผิดปกติทางจิตและพฤติกรรม (Mental and behavioral disorders) : คือกลุ่มรหัสโรค F00 – F99 จากบัญชีการจำแนกโรคทางจิตเวช ICD10 ของสำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข พ.ศ. 2553<sup>3</sup>

- สถิติผู้ป่วยแยกตามหน่วยบริการปฐมภูมิที่รับผิดชอบของอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์: จากข้อมูลรายงานการรักษาผู้ป่วยของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2556 - พ.ศ. 2557

Table 1 แสดงข้อมูลจำนวนประชากรในแต่ละตำบลของอำเภอหัวหิน<sup>2</sup>

No.	District	Population (people)	
		2013	2014
1.	Hua-Hin	4,590	44,867
2.	Nongkae	14,932	14,502
3.	Hin-Lek-Fai	12,292	12,973
4.	Nongplub	6,131	4,394
5.	Tub-Tai	11,902	12,260
6.	Huay-Sat-Yai	6,436	6,510
7.	Bueng-Nakhon	4,497	4,590

3. สํารวจและสร้างแผนที่

3.1 ออกแบบรูปแบบในการจัดเก็บข้อมูลพิกัดตำบล: ทำการออกแบบฟอร์มในการจัดเก็บข้อมูลพิกัดที่ตั้งสถานพยาบาล สังกัดกระทรวงสาธารณสุขของอำเภอหัวหินทั้ง 7 ตำบล

3.2 กำหนดตำแหน่ง ละติจูดและลองจิจูดของสถานพยาบาล: บันทึกข้อมูลตำแหน่ง ละติจูดและลองจิจูดของแต่ละสถานที่ โดยค้นหาตำแหน่งจากเว็บไซต์ <http://maps.google.co.th/>

3.3 นำข้อมูลเข้าโปรแกรม ArcGIS เพื่อจัดทำแผนที่



**Figure 2** Shape file the coordinates of the location of Hua-Hin

จาก (Figure 2) แสดงผลการนำข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม ArcGIS 10.1 เพื่อจัดทำแผนที่

**4. ประเมินความพึงพอใจ**

- การเก็บรวบรวมข้อมูล: ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ ที่เป็นบุคลากรของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหินจำนวน 5 ท่าน

- การประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินความพึงพอใจ: เกณฑ์การให้คะแนนทำโดยนำเกณฑ์ข้อมูลคะแนน การแปลความหมายตัวเลขในระดับต่างๆ ของ Likert<sup>4</sup> 5 ระดับ มากำหนดความหมายของคะแนนของข้อคำถามเพื่อการสรุปผล

- วิเคราะห์แบบประเมินความพึงพอใจด้วยโปรแกรม SPSS (Statistics Package for the Social Sciences): เพื่อนำเสนอข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา โดยใช้วิธีวัดความถี่ ค่าร้อยละ และคะแนนเฉลี่ย

**สรุปผลการวิจัย**

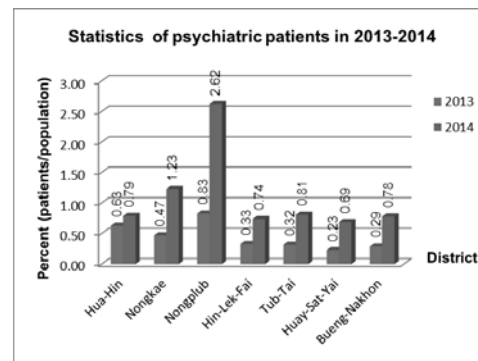
งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

- สถิติแสดงพื้นที่การพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน: จากการศึกษารายชื่อการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวช สามารถแสดงสถิติจำนวนผู้ป่วยด้านจิตเวชต่อจำนวนประชากรในแต่ละตำบล ได้ดัง (Figure 3)

จาก (Figure 3) อธิบายได้ว่าข้อมูลสถิติจำนวนผู้ป่วยด้านจิตเวชในปี 2556 พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกในตำบลหัวหิน จำนวนผู้ป่วย 274 ราย รองลงมา คือ ตำบลหนองแก จำนวน 70 ราย และลำดับที่ 3 คือตำบลหนองพลับ จำนวน 51 ราย และข้อมูลสถิติจำนวนผู้ป่วยด้านจิตเวชในปี 2557 พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกในตำบลหัวหิน จำนวนผู้ป่วย 355 ราย

รองลงมา คือ ตำบลหนองแก จำนวน 179 ราย และลำดับที่ 3 คือตำบลหนองพลับ จำนวน 115 ราย

- การประเมินผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบบประเมินความพึงพอใจ มีรายละเอียดดังนี้
- ด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูล: กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ในระดับพึงพอใจมาก
- ด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์: กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ในระดับพึงพอใจมาก
- ด้านการนำผลลัพธ์ไปใช้ประโยชน์: กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.35 ในระดับพึงพอใจมาก



**Figure 3** Statistics of psychiatric patients in 2013-2014 of Hua-Hin

**อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ**

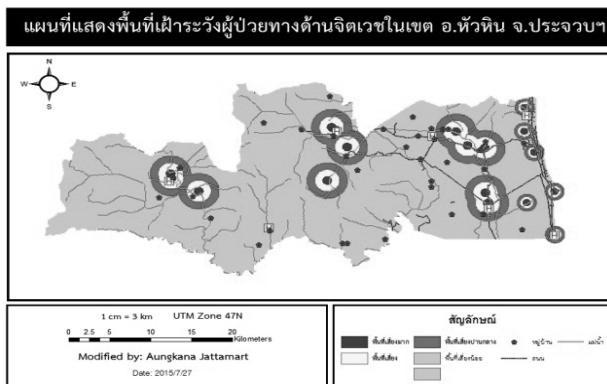
จากการวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

- สรรวจพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้
- ในปี พ.ศ. 2556 สถิติการพบผู้ป่วยด้านจิตเวชพบว่า ตำบลที่พบจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดคือ ตำบลหัวหิน ร้อยละ 0.63 รองลงมา คือ ตำบล หนองแก ร้อยละ 0.47 รองลงมา คือ ตำบลหนองพลับร้อยละ 0.83 รองลงมา คือ ตำบล หินเหล็กไฟ ร้อยละ 0.33 รองลงมา คือ ตำบลทับใต้ ร้อยละ 0.32 รองลงมา คือ ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ ร้อยละ 0.23 และลำดับสุดท้ายคือ ตำบลบึงนคร ร้อยละ 0.29

- ในปี พ.ศ. 2557 สถิติการพบผู้ป่วยด้านจิตเวชพบว่า ตำบลที่พบจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดคือ ตำบลหัวหิน ร้อยละ 0.79 รองลงมา คือ ตำบล หนองแก ร้อยละ 1.23 รองลงมา คือ ตำบลหนองพลับร้อยละ 2.62 รองลงมา คือ ตำบลทับใต้ ร้อยละ 0.81 รองลงมา คือ ตำบลหินเหล็กไฟ ร้อยละ 0.74 รองลงมา คือ ตำบลห้วยสัตว์ใหญ่ ร้อยละ 0.69 และลำดับสุดท้ายคือ ตำบลบึงนคร ร้อยละ 0.78

จากการสำรวจพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สถิติการพบผู้ป่วยด้านจิตเวช พบว่า ตำบลที่พบจำนวนผู้ป่วยมากที่สุดคือ ตำบลหัวหิน ทั้ง ในปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2557 ซึ่งหากพิจารณาจากข้อมูลจำนวนประชากรในแต่ละตำบลของอำเภอหัวหินพบว่า ตำบลหัวหินมีจำนวนประชากรมากเป็นอันดับ 1 ของอำเภอหัวหิน<sup>2</sup> แต่ขณะเดียวกันตำบล หัวหิน มีขนาดพื้นที่เพียง 49 ตารางกิโลเมตร<sup>2</sup> ซึ่งมีขนาดเล็กสุดเป็นลำดับที่ 2 ของอำเภอหัวหิน ทำให้อัตราความหนาแน่นต่อประชากรในตำบลสูงสุด ประกอบกับสภาพภูมิประเทศที่มีสถานที่ท่องเที่ยวสำคัญหลายแห่ง ทำให้สภาพเศรษฐกิจของตำบล หัวหินส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับการท่องเที่ยวและการพาณิชย์ เป็นแหล่งสร้างงานที่สำคัญให้แก่ประชากร ส่งผลให้อัตราการขยายตัวของประชากรที่อาศัยในพื้นที่ตำบลหัวหินมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นชุมชนเมืองที่มีการเปลี่ยนแปลงการดำรงชีวิตในสังคมอย่างรวดเร็ว นำไปสู่ความวิตกกังวลในการปรับตัวของมนุษย์ให้เข้ากับสังคม ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการเกิดปัญหาทางสุขภาพจิตที่รุนแรงต่อไป

- จัดทำแผนที่พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สามารถสรุปผลได้ดัง (Figure 4)



**Figure 4** Surveillance area of psychiatric patients in Hua Hin, Prachuap Khiri Khan Province

จาก (Figure 4) สามารถอธิบายสัญลักษณ์ได้ดังนี้

- สีเขียว หมายถึง พื้นที่เสี่ยงมากที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

- สีแดง หมายถึง พื้นที่เสี่ยงที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

- สีเหลือง หมายถึง พื้นที่เสี่ยงปานกลางที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

- สีชมพู หมายถึง พื้นที่เสี่ยงน้อยที่มีโอกาสพบผู้ป่วยทางด้านจิตเวช

แผนที่ แสดงพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวชในเขตอำเภอหัวหิน แสดงให้เห็นการกระจายตัวในเชิงเวลา สถานที่ และกลุ่มประชากรได้ ซึ่งช่วยในการวางแผนการดำเนินการรักษาผู้ป่วยทางจิตเวชของคลินิกจิตเวช สอดคล้องกับงานวิจัยของ สรวงสุดา คงมั่ง เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา<sup>3</sup> เพื่อพัฒนาเครื่องมือระบบสารสนเทศในงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ในด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มีผลการประเมินคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 ในระดับพึงพอใจมาก และด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูล มีผลการประเมินค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.30 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.27 ในระดับพึงพอใจมาก ซึ่งสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านสุขภาพผู้ป่วย ที่เกี่ยวข้องกับความถูกต้อง ความแม่นยำ และความรวดเร็ว ในการประมวลผลข้อมูลการรักษาผู้ป่วย ประกอบกับมีการบูรณาการข้อมูลการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวชกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ เพื่อสำรวจพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรคในเชิงสถานที่และเวลา ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการวางแผนการดำเนินการรักษาผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ทำให้ผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญกับผลประเมินความพึงพอใจด้านประสิทธิภาพจากผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และด้านความพึงพอใจเกี่ยวกับข้อมูลอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

การประยุกต์ใช้ข้อมูลการคัดกรองผู้ป่วยทางด้านจิตเวชจากระบบรายงานการรักษาของกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน เพื่อกำหนดและศึกษาพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค โดยใช้เกณฑ์การเกิดโรคซ้ำซากในพื้นที่เดิมในรอบ 2 ปี อัตราการพบผู้ป่วยต่ำสุด-สูงสุดในรอบ 2 ปี แบ่งเป็นพื้นที่เสี่ยงมาก เสี่ยง เสี่ยงปานกลาง และเสี่ยงน้อย ทำให้สามารถจัดระดับความเสี่ยงของพื้นที่แต่ละตำบลได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย

ของ Su MD, Chang NT เรื่อง Framework for application of geographic information system to the monitoring of dengue vectors<sup>6</sup> ที่ศึกษาการกระจายของโรคไข้เลือดออก และใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในงานด้านวิทยาการระบาด

งานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วยทางด้านจิตเวช ในเขตอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เพื่อหาพื้นที่เฝ้าระวังผู้ป่วย อาจนำข้อมูลในอดีตย้อนหลังมาใช้สนับสนุนการวิเคราะห์ประกอบ เพื่อเพิ่มความถูกต้องและแม่นยำในการวิเคราะห์มากขึ้น
2. อาจมีการนำไปประยุกต์ต่อยอด โดยนำข้อมูลที่ได้ ไปใช้ในการพยากรณ์การเกิดโรคในอนาคต เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนโครงการ ทางด้านสุขภาพต่างๆ ของบุคลากร ในที่มสุขภาพจิตของโรงพยาบาลต่อไป
3. เกิดข้อจำกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพของผู้ป่วย เนื่องจากถือเป็นข้อมูลส่วนบุคคล ที่ไม่สามารถเปิดเผยได้ จึงเป็นการให้ความสำคัญที่การวิเคราะห์จำนวนผู้ป่วย

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลในการจัดทำงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนทุนงานวิจัยงบประมาณเงินรายได้ประจำปี 2558

### เอกสารอ้างอิง

1. กลุ่มงานจิตเวช โรงพยาบาลหัวหิน. รายงานการคัดกรองผู้ป่วยโรคจิตเวชปี 2557. ประจวบคีรีขันธ์: หัวหินสาร; 2556.
2. สำนักบริหารการทะเบียน กรมการปกครอง. ระบบสถิติทางการทะเบียน [อินเทอร์เน็ต]. ม.ป.ป. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2557]; เข้าถึงได้จาก: [http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat\\_age.php](http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age.php).
3. สำนักนโยบายและแผนสาธารณสุข. บัญชีจำแนกโรคระหว่างประเทศ ฉบับประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์; 2553.
4. Likert, Rensis. The Method of Constructing and Attitude Scale. Reading in Attitude Theory and Measurement. Fishbein, Martin, Ed. New York: Wiley & Son. 1967. p. 90-95.

5. สรวงสุดา คงมั่ง. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา เพื่อพัฒนาเครื่องมือระบบสารสนเทศในงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.
6. Su MD, Chang NT. Framework for application of geographic information system to the monitoring of dengue vectors. 1994 Dec; 10 Suppl: S94-10.

การเปรียบเทียบผลการดูแลผู้คลอดครรภ์แรกระหว่างการนวดไทยแบบราชสำนักและการนวดก้นกบ ต่อการลดความเจ็บปวดและลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด โรงพยาบาลมหาสารคาม

## The Comparative Effect of a Court-type Thai Traditional Massage Care Versus a Sacrum Massage Care to Reduce Labor Pain and Duration of Labor among Primigravida in The First Stage of Labor at Mahasarakham Hospital

ประถมพร มาตย์วิเศษ,<sup>1</sup> ณิชฎาพร พิชัยณรงค์<sup>2</sup>

Pratomporn Matvises,<sup>1</sup> Natchaporn Pichainarong<sup>2</sup>

Received: 11 October 2015; Accepted: 28 February 2016

### บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองชนิดสุ่มแบบมีกลุ่มเปรียบเทียบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลการดูแลผู้คลอดครรภ์แรกด้วยการนวดไทยแบบราชสำนักและการนวดก้นกบต่อการลดความเจ็บปวดและลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอดที่โรงพยาบาลมหาสารคาม กลุ่มตัวอย่างถูกสุ่มเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบกลุ่มละ 25 คน กลุ่มทดลองได้รับการนวดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มเปรียบเทียบได้รับการนวดก้นกบ โดยใช้เวลานวดข้างซ้าย 15 นาทีและข้างขวา 15 นาที รวมระยะเวลา 30 นาที การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ซึ่งประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งครรภ์และการคลอด และส่วนที่ 3 มาตราวัดความเจ็บปวดเปรียบเทียบด้วยสกายตา วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติเชิงอนุมาน ประกอบด้วย Paired samples t-test Independent samples t-test Chi-square test และ 95% CI กำหนดระดับนัยสำคัญที่  $p < 0.05$  ผลการศึกษา พบว่าภายหลังการทดลองกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.285$ ) โดยกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ 0.27 คะแนน ร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลอง พบว่า ทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ( $p = 0.098$ ) และกลุ่มทดลองใช้เวลาเฉลี่ยในระยะปากมดลูกเปิดเร็วสั้นกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p = 0.023$ ) จึงควรนำการนวดไทยแบบราชสำนักไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการดูแลผู้คลอด เพื่อช่วยลดความเจ็บปวดและช่วยลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด

**คำสำคัญ:** นวดไทยแบบราชสำนัก นวดก้นกบ ผู้คลอดครรภ์แรก

### Abstract

This randomized controlled trial aimed to compare effect of a court-type Thai traditional massage versus sacrum massage to reduce labor pain among primigravida in the first stage of labor at Mahasarakham hospital. Participants were randomly assigned to the experimental group and the comparison group, there were twenty-five in each group. The experimental group received a court-type Thai traditional massage while the comparison group received a sacrum massage. Both groups had each left and right sides for 15 minutes (total time 30 minutes). Data were collected by using a questionnaire that comprised 3 parts: part 1 general characteristics, part 2 information about pregnancy and

<sup>1</sup> นิสิตระดับปริญญาโท, สาขาสาธารณสุขศาสตร์ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์, อาจารย์, คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Master Degree Student, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

<sup>2</sup> Associate Professor, Lecturer, Faculty of Public Health, Mahasarakham University

\* Corresponding author: Pratomporn Matvises, mskh.som@gmail.com

labor and part 3 visual analogue scales (VAS). Data were analyzed by descriptive statistics: percentage, mean and standard deviation, and by inferential statistics: Paired samples t-test, Independent samples t-test, Chi-square test and 95% CI at  $p < 0.05$ . The results revealed that the experimental group had a mean of pain score, which was less than those in the comparison group (0.27), and also were not significant difference at  $p = 0.285$ . The percentage of pain among primigravida, who were pain reduced after the experiment in both groups, were not significant difference at  $p = 0.098$  and the experimental group had the average time of the cervical dilatation in active phase shorter than those of the comparison group at a significant difference at  $p = 0.023$ . It could be suggested that the court-type Thai traditional massage may be considered to provide primigravida with reduced pain and reduced duration of the first stage of labor.

**Keywords:** court-type Thai traditional massage, sacrum massage, primigravida

## บทนำ

การคลอดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เพื่อขับทารก รก เยื่อหุ้มทารก และน้ำคร่ำออกจากโพรงมดลูก การเจ็บครรภ์คลอดเป็นอาการแสดงที่บ่งบอกถึงจุดเริ่มต้นของระยะการคลอด เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ได้แก่ การหดตัวของมดลูก การเปิดขยายของปากมดลูก และแรงกดของศีรษะทารกที่บริเวณปากมดลูก<sup>1</sup> ในระยะที่หนึ่งของการคลอด ผู้คลอดจะรู้สึกเจ็บปวดบริเวณท้องน้อย เชิงกราน บั้นเอว และสะโพก ความปวดจะแผ่กระจายลงไปที่ต้นขาทั้งสองข้าง ความเจ็บปวดจะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลให้ร่างกายเกิดความตึงเครียด หลังสารแคทีโคลามีน และคอร์ติซอลออกมากขึ้น<sup>2</sup> ทำให้การหดตัวของมดลูกน้อยลง การเปิดขยายของปากมดลูกล่าช้า ทำให้การคลอดยาวนานขึ้น ส่วนผลกระทบต่อจิตใจ ผู้คลอดจะเกิดความวิตกกังวลและหวาดกลัวต่อกระบวนการคลอด มีความอดทนต่อความเจ็บปวดลดลง ทำให้ไม่สามารถควบคุมตัวเองได้ และไม่ให้ความร่วมมือในการคลอด อาจต้องให้การช่วยเหลือโดยใช้สูติศาสตร์หัตถการ เช่น การผ่าตัดคลอดทางหน้าท้อง ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการดมยาสลบหรือได้รับยาทางไขสันหลังได้<sup>3</sup> เช่น หากผู้คลอดแพ้ยาก็จะทำให้มีอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน ความดันโลหิตต่ำ กดการทำงานของกล้ามเนื้อมดลูก ตลอดจนศูนย์การหายใจของทารกในครรภ์ได้ นอกจากนี้ความเจ็บปวดในระยะคลอดจะส่งผลโดยตรงต่อผู้คลอดแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อทารกในครรภ์ด้วย ซึ่งหากความเจ็บปวดคงอยู่เป็นเวลานานๆ จะทำให้ทารกในครรภ์เกิดภาวะอันตราย เช่น มีภาวะพร่องออกซิเจน และอัตราการเต้นของหัวใจช้าลง และเสียชีวิตในครรภ์ได้<sup>4</sup>

การบรรเทาความเจ็บปวดในระยะคลอดเป็นสิ่งที่ช่วยลดความทุกข์ทรมาน ความกลัว และความวิตกกังวลของผู้คลอด ทำให้ผู้คลอดรู้สึกสบายและผ่อนคลาย ซึ่งมีทั้งวิธีการ

ใช้ยาและวิธีไม่ใช้ยา สำหรับวิธีการบรรเทาความเจ็บปวดโดยไม่ใช้ยาในระยะคลอดมีหลายวิธี เช่น การใช้เทคนิคการผ่อนคลาย การเพ่งจุดสนใจและจินตนาการ การเบี่ยงเบนความสนใจ เทคนิคการหายใจ การใช้ความร้อนหรือความเย็น การแช่น้ำหรือการใช้น้ำในการบำบัด การบำบัดด้วยการสัมผัส การนวด การสะกดจิต การกระตุ้นปลายประสาทขนาดใหญ่ด้วยไฟฟ้าผ่านทางผิวหนัง การกดจุด และการฝังเข็ม เป็นต้น<sup>4</sup> วิธีการบรรเทาความปวดโดยไม่ใช้ยาที่นำมาใช้โดยทั่วไปในโรงพยาบาลที่ได้รับความนิยมกันมาก คือ เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้อง และการนวดก้นกบ<sup>5</sup> ซึ่งการนวดจัดได้ว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการลดความเจ็บปวดในระยะคลอดมากที่สุด เนื่องจากการนวดช่วยการไหลเวียนของเลือดลดการปวดเกร็งของกล้ามเนื้อ ช่วยให้ผู้คลอดลดความตึงเครียดและความวิตกกังวลของจิตใจ<sup>2</sup>

ปัจจุบันการแพทย์แผนไทยได้รับการยอมรับในเรื่องการมีบทบาทในการดูแลสุขภาพอนามัยของประชาชน และได้รับการผสมผสานเข้าสู่ระบบบริการสาธารณสุขของรัฐ ซึ่งการแพทย์แผนไทยประกอบด้วยองค์ความรู้ด้านเวชกรรม ด้านเภสัชกรรม ด้านหัตถเวชกรรม และด้านการผดุงครรภ์ ซึ่งเป็นศาสตร์ในการดูแลหญิงตั้งครรภ์ การทำคลอด การดูแลหลังคลอด การดูแลทารกแรกเกิด ตลอดจนการให้คำแนะนำในการรับประทานอาหาร และการออกกำลังกายด้วยท่าฤๅษีดัดตน<sup>6</sup> การนวดไทยแบบราชสำนักจะช่วยกระตุ้นระบบไหลเวียนเลือด น้ำเหลือง และระบบประสาทให้ทำงานดีขึ้น ช่วยทำให้กล้ามเนื้อคลายตัว ซึ่งจะเป็นผลดีในการบำบัดรักษาโรคที่มีอาการปวด ตึง ล้า ตามส่วนต่างๆ ของร่างกาย นอกจากนี้การนวดในหญิงตั้งครรภ์และหลังคลอด ยังสามารถช่วยบรรเทาอาการปวดเมื่อยตามร่างกายได้ด้วย เช่น การปวดหลังปวดกระเบนเหน็บและปวดขา ผู้รับการบำบัดจะรู้สึกผ่อนคลาย มีจิตใจแจ่มใสเบิกบาน<sup>7</sup>

โรงพยาบาลมหาสารคาม เป็นโรงพยาบาลทั่วไปขนาด 580 เตียง และเป็นโรงพยาบาลส่งเสริมและสนับสนุนการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ผสมผสาน ในปี พ.ศ.2555 เริ่มมีการให้บริการหญิงตั้งครรภ์ในระยะรอคลอดด้วยการนวดและประคบสมุนไพรเพื่อบรรเทาความเจ็บปวดและช่วยให้ผู้คลอดเกิดการผ่อนคลาย คลายความวิตกกังวล โดยส่วนใหญ่ผู้คลอดในระยะที่ 1 ของการคลอด จะรู้สึกเจ็บปวดบริเวณท้องน้อยเชิงกราน บั้นเอว สะโพก และปวดร้าวลงไปที่ต้นขาทั้งสองข้าง<sup>1</sup> ซึ่งอยู่ในแนวเส้นของการนวดไทยแบบราชสำนัก คือ การนวดพื้นฐานหลัง การนวดพื้นฐานขาด้านนอก และการนวดพื้นฐานขาด้านใน การนวดไทยแบบราชสำนักนอกจากจะช่วยบรรเทาความเจ็บปวดได้ดีแล้ว ยังช่วยบังคับเลือดและความร้อนเข้าเชิงกราน สะโพก และไปทั่วขาได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้วิจัยซึ่งปฏิบัติงานในกลุ่มงานการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก จึงสนใจที่จะศึกษาเปรียบเทียบผลของการนวดไทยแบบราชสำนักกับการนวดกันบก ต่อการลดความเจ็บปวดของผู้คลอดครรภ์แรก ในระยะที่หนึ่งของการคลอด ที่มาคลอดที่โรงพยาบาลมหาสารคาม เพื่อเป็นการเพิ่มบทบาทให้กับแพทย์แผนไทยในการดูแลผู้คลอด และผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการนำวิธีการนวดไทยแบบราชสำนักไปใช้ เพื่อให้ผู้คลอดผ่อนคลาย และลดความเจ็บปวด ในระยะรอคลอดมากที่สุด และเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป

**วัตถุประสงค์**

1. เพื่อเปรียบเทียบความเจ็บปวด ภายในกลุ่มทดลอง และภายในกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง
2. เพื่อเปรียบเทียบความเจ็บปวด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ ก่อนและหลังการทดลอง
3. เพื่อเปรียบเทียบร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ
4. เพื่อเปรียบเทียบเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

**สมมติฐานการวิจัย**

1. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ลดลงกว่าก่อนการทดลอง
2. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวด ลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
3. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ
4. ภายหลังการทดลอง กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยของ

เวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอดสั้นกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ

**ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง**

ประชากร ได้แก่ ผู้คลอดครรภ์แรก ที่มาคลอดที่ห้องคลอด โรงพยาบาลมหาสารคาม ระหว่างเดือนกันยายน - พฤศจิกายน 2558

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้คลอดครรภ์แรกที่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ โดยคำนวณขนาดตัวอย่างสำหรับการทดสอบทางเดียว<sup>9</sup> ดังนี้

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{2\sigma^2(Z_\alpha + Z_\beta)^2}{(\mu_0 - \mu_1)^2} \\
 &= \frac{2(3.35)(1.64 + 1.28)^2}{(7.58 - 5.82)^2} \\
 &= 18.44 \approx 19
 \end{aligned}$$

มีการคำนวณปรับเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่คาดว่าจะสูญหาย ร้อยละ 10<sup>9</sup> โดยไม่ตัดผู้สูญหายออกจากการวิเคราะห์

$$\begin{aligned}
 \text{สูตร } n_{adj} &= \frac{n}{(1 - R)^2} \\
 &= \frac{19}{(1 - 0.10)^2} \\
 &= 23.45 \approx 25
 \end{aligned}$$

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 25 คน และกลุ่มเปรียบเทียบ 25 คน ทำการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน ซึ่งกำหนดให้สลากที่มีหมายเลข 1 คือ กลุ่มทดลอง (นวดไทยแบบราชสำนัก) และหมายเลข 2 คือ กลุ่มเปรียบเทียบ (นวดกันบก)

**เกณฑ์การคัดตัวอย่างเข้าสู่การทดลอง**

1. ผู้คลอดมีอายุระหว่าง 20-34 ปี นับถึงวันกำหนดคลอด
2. ตั้งครรภ์เดี่ยว มีอายุครรภ์ตั้งแต่ 37-42 สัปดาห์
3. ไม่เคยผ่านการตั้งครรภ์และการคลอดมาก่อน
4. ไม่มีภาวะแทรกซ้อนในขณะตั้งครรภ์ เช่น ความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ภาวะครรภ์เป็นพิษ รกเกาะต่ำ รกลอกตัวก่อนกำหนด และไม่มีประวัติได้รับการผ่าตัดมดลูกเป็นต้น

5. มีส่วนสูงเท่ากับหรือมากกว่า 145 เซนติเมตร ตามเกณฑ์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการตั้งครรภ์ มีผลให้คลอดยาก<sup>10</sup>

6. มีค่าดัชนีมวลกาย ก่อนการตั้งครรภ์น้อยกว่า 29.0 และมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นในระหว่างการตั้งครรภ์ เท่ากับ 5 กิโลกรัมขึ้นไป แต่ไม่เกิน 20 กิโลกรัม ตามเกณฑ์ปัจจัยเสี่ยงที่มีผลต่อการตั้งครรภ์ เนื่องจากพบอัตราตายปริกำเนิดสูง และมีผลให้คลอดยากเพราะทารกตัวโต<sup>10</sup>

7. อยู่ในระยะเจ็บครรภ์จริงและปากมดลูกเปิดตั้งแต่ 4-7 เซนติเมตร

8. ทารกอยู่ในท่าปกติ มีศีรษะเป็นส่วนนำและท้ายทอยอยู่ด้านหน้าของช่องเชิงกรานมารดา

9. สามารถอ่าน เขียน และพูดภาษาไทยได้

10. มีความยินดีและเต็มใจเข้าร่วมการวิจัยจนเสร็จสิ้นกระบวนการ

### เกณฑ์การคัดตัวอย่างออกจากการทดลอง

1. ผู้ที่ได้รับยาบรรเทาปวดและยาเร่งคลอดก่อนและหลังการทดลอง
2. ผู้ที่มีรอยแดงหรือเขียวช้ำจากการนวด
3. ผู้คลอดที่ทำการทดลองได้ไม่ครบ 30 นาที
4. ผู้ที่ขอถอนตัวออกจากการวิจัย

### เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

#### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 การนวดไทยแบบราชสำนักที่หลังและขาขณะมดลูกมีการหดตัว ประกอบด้วยการนวดพื้นฐานหลัง นวดพื้นฐานขาด้านนอก และนวดพื้นฐานขาด้านใน โดยผู้คลอดอยู่ในท่านอนตะแคงซ้ายข้างหนึ่ง แแนวไหลตั้งฉากกับพื้น โดยเริ่มจากท่านอนตะแคงไปทางซ้ายมือก่อน ใช้เวลาข้างละ 15 นาที รวมใช้เวลา 30 นาที (กลุ่มทดลอง)

1.2 การนวดกันกบ ขณะมดลูกมีการหดตัว โดยผู้คลอดอยู่ในท่านอนตะแคงซ้ายข้างหนึ่ง แแนวไหลตั้งฉากกับพื้น โดยเริ่มจากท่านอนตะแคงไปทางซ้ายมือก่อน ใช้เวลาข้างละ 15 นาที รวมใช้เวลา 30 นาที (กลุ่มเปรียบเทียบ)

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

แบบสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับอายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพปัจจุบัน รายได้ของครอบครัวต่อเดือน ส่วนสูง และน้ำหนัก

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งครรภ์และการคลอด ได้แก่ อายุครรภ์ การฝากครรภ์ จำนวนครั้งของการมา

ตรวจครรภ์ การฝากครรภ์คุณภาพ การเปิดขยายของปากมดลูกเมื่อแรกเจ็บ การเปิดขยายของปากมดลูกเมื่อเริ่มทำการทดลอง การแตกของถุงน้ำคร่ำ ชนิดของการคลอด เพศของทารก น้ำหนักแรกเกิด ค่าคะแนนการประเมินภาวะสุขภาพ และสัญญาณชีพของทารกแรกเกิดที่ 1 นาที และ 5 นาที และภาวะแทรกซ้อนในระยะคลอด

ส่วนที่ 3 มาตรวัดความเจ็บปวดเปรียบเทียบด้วยสายตา (Visual Analogue Scales: VAS)<sup>11</sup> โดยให้ผู้คลอดทำเครื่องหมายขีดทับแถบบนเส้นตรงที่มีความยาว 10 เซนติเมตร ตามความรู้สึกเจ็บปวดของผู้คลอดในขณะนั้น แล้วใช้ไม้บรรทัดวัดออกมาเป็นเซนติเมตร ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 0.0-10.0 เซนติเมตร หลังจากนั้นจึงนำค่าที่วัดได้ มาแทนค่าของความเจ็บปวด เป็น 0.0-10.0 คะแนน

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองที่ห้องคลอด อาคารสูติกรรม ชั้น 2 โรงพยาบาลมหาสารคาม ระหว่างเดือนกันยายน - พฤศจิกายน 2558 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. คัดเลือกผู้คลอดครรภ์แรกที่มีคุณสมบัติครบตามเกณฑ์ ผู้วิจัยแนะนำตัวเอง ชี้แจงวัตถุประสงค์ ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย และขอความร่วมมือในการวิจัยในระยะเจ็บครรภ์จริง และปากมดลูกเปิดไม่เกิน 3 เซนติเมตร

2. เมื่อผู้คลอดตอบตกลงและลงชื่อยินยอมเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยการจับสลากแบบไม่ใส่คืน ซึ่งกำหนดให้สลากที่มีหมายเลข 1 คือ กลุ่มทดลอง และหมายเลข 2 คือ กลุ่มเปรียบเทียบ โดยผู้คลอดไม่ทราบว่าจะได้รับการดูแลแบบใด

3. เมื่อผู้คลอดเข้าสู่ระยะปากมดลูกเปิดเร็ว ตั้งแต่ 4-7 เซนติเมตร ทำการวัดคะแนนความเจ็บปวดก่อนทำการทดลองขณะมดลูกหดตัว

4. ทำการทดลองที่ละคน โดยเริ่มทดลองขณะที่มดลูกหดตัว ใช้เวลาในการนวดข้างซ้ายและข้างขวาข้างละ 15 นาที รวม 30 นาที

5. ทำการวัดคะแนนความเจ็บปวดของผู้คลอดทันทีหลังทำการทดลองครบ 30 นาที

6. เมื่อผู้คลอดแต่ละรายสิ้นสุดกระบวนการคลอดแล้ว ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาในระยะเวลาที่หนึ่งของการคลอดของผู้คลอด



**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดภายในกลุ่มทดลองและภายในกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ Paired samples t-test
3. เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองด้วยสถิติ Independent samples t-test
4. เปรียบเทียบร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ Chi-square test
5. เปรียบเทียบความแตกต่างของเวลาเฉลี่ยในระยะที่หนึ่งของการคลอดระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยสถิติ Independent samples t-test

**จริยธรรมและการพิทักษ์สิทธิ์**

การวิจัยครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์โรงพยาบาลมหาสารคาม เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558 เลขที่ mskhe 021/2558

**ผลการศึกษา**

**ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก มีอายุเฉลี่ยเท่ากับ 24.86 ปี มีสถานภาพคู่ ร้อยละ 88 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ร้อยละ 60 ไม่ได้ทำงาน ร้อยละ 36 และมีมาตรฐานของรายได้ของครอบครัวต่อเดือน เท่ากับ 15,000 บาท

กลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ มีอายุเฉลี่ย เท่ากับ 25 ปี มีสถานภาพคู่ ร้อยละ 84 จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษา ร้อยละ 44 ว่างงาน ร้อยละ 28 และมีมาตรฐานของรายได้ของครอบครัวต่อเดือน เท่ากับ 15,000 บาท

**ข้อมูลเกี่ยวกับการตั้งครรภ์และการคลอด**

กลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก มีอายุครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 38.28 (±1.14) สัปดาห์ ฝากครรภ์ ร้อยละ 100 จำนวนการมาตรวจครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 8.60 (± 2.81) ครั้ง มีการฝากครรภ์ครบคุณภาพ ร้อยละ 60 เมื่อแรกเริ่มมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 1 เซนติเมตร ร้อยละ 44 เมื่อเริ่มทำการทดลองมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 4 และ 5 เซนติเมตร ร้อยละ 44 ใช้น้ำคร่ำแตกเอง ร้อยละ 84 คลอดปกติทางช่องคลอด ร้อยละ 80 และมีการคลอดโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ร้อยละ 20 เนื่องจากเป็นการป้องกันการคลอด

ยาวนาน (prophylactic) 1 คน และมารดาไม่มีแรงเบ่ง 4 คน ทารกเป็นเพศชาย ร้อยละ 56 น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย เท่ากับ 2,948.80 (±337.57) กรัม และมีค่าคะแนนการประเมินภาวะสุขภาพและสัญญาณชีพของทารกแรกเกิดที่ 1 นาที และ 5 นาที อยู่ระหว่าง 8-10 คะแนน ร้อยละ 100

กลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ มีอายุครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 38.64 (±0.76) สัปดาห์ ฝากครรภ์ ร้อยละ 96 จำนวนการมาตรวจครรภ์เฉลี่ย เท่ากับ 10.40 (±3.44) ครั้ง มีการฝากครรภ์ครบคุณภาพ ร้อยละ 64 เมื่อแรกเริ่มมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 1 เซนติเมตร ร้อยละ 56 เมื่อเริ่มทำการทดลองมีการเปิดขยายของปากมดลูกเท่ากับ 5 เซนติเมตร ร้อยละ 48 ใช้น้ำคร่ำแตกเอง ร้อยละ 88 คลอดปกติทางช่องคลอด ร้อยละ 72 และมีการคลอดโดยใช้เครื่องดูดสุญญากาศ ร้อยละ 28 เนื่องจากเป็นการป้องกันการคลอดยาวนาน (prophylactic) 2 คน และมารดาไม่มีแรงเบ่ง 5 คน ทารกเป็นเพศหญิง ร้อยละ 56 น้ำหนักแรกเกิดเฉลี่ย เท่ากับ 2,947.20 (±305.54) กรัม และมีค่าคะแนนการประเมินภาวะสุขภาพและสัญญาณชีพของทารกแรกเกิดที่ 1 นาที และ 5 นาที อยู่ระหว่าง 8-10 คะแนน ร้อยละ 100

**การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดภายในกลุ่มก่อนและหลังการทดลอง**

หลังการทดลองกลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.005) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลอง เท่ากับ 0.92 คะแนน ส่วนกลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลอง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.003) โดยมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงกว่าก่อนการทดลอง เท่ากับ 0.56 คะแนน (Table 1)

**Table 1** Comparison of pain scores within experiment and comparison groups, before and after experiment

Group	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Experiment				
Before	8.39	±1.07	0.92	0.005*
After	7.47	±1.70		
Comparison				
Before	8.30	±1.54	0.56	0.003*
After	7.74	±1.65		

Paired samples t-test, significant at p<0.05

**การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดระหว่างกลุ่ม ก่อนและหลังการทดลอง**

ก่อนการทดลอง กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดไม่แตกต่างกัน (p=0.412) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดมากกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 0.09 คะแนน ส่วนหลังการทดลอง กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดไม่แตกต่างกัน (p=0.285) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักมีคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 0.27 คะแนน (Table 2)

**Table 2** Comparison of pain scores between experiment and comparison groups, before and after experiment

Group	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Before				
Experiment	8.39	±1.07	0.09	0.412
Comparison	8.30	±1.54		
After				
Experiment	7.47	±1.70	0.27	0.285
Comparison	7.74	±1.65		

Independent samples t-test, significant at p<0.05

**การเปรียบเทียบร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลอง**

กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีร้อยละผู้คลอดที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน (p=0.098) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนัก ผู้คลอดมีความเจ็บปวดลดลง ร้อยละ 64 และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก ผู้คลอดมีความเจ็บปวดลดลง ร้อยละ 72 (Table 3)

**Table 3** Comparison labor pain percentage of primigravida between experiment and comparison groups

Pain score	Experiment n (%)	Comparison n (%)	$\chi^2$	p-value
Decrease	16 (64.00%)	18 (72.00%)		
Constant	0.00	2 (8.00%)	3.261 <sup>a</sup>	0.098
Increase	9 (36.00%)	5 (20.00%)		

Chi-square test, significant at p<0.05

**การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเวลาในระยະที่หนึ่งของการคลอด ระหว่างกลุ่ม**

กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีค่าเฉลี่ยของเวลาในระยະปากมดลูกเปิดเร็ว นับระยะเวลาตั้งแต่ปากมดลูกเปิด 4 เซนติเมตร จนกระทั่งปากมดลูกเปิด 7 เซนติเมตร (active phase) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p=0.023) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยในระยະปากมดลูกเปิดเร็ว เท่ากับ 126.00 นาที (2 ชั่วโมง 6 นาที) และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบกใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 176.80 นาที (2 ชั่วโมง 57 นาที) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยในระยະปากมดลูกเปิดเร็วสั้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 50.80 นาที ส่วนระยະปากมดลูกเปิดช้า เริ่มตั้งแต่เจ็บครรภ์จริงจนกระทั่งปากมดลูกเปิด 3 เซนติเมตร (latent phase) กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบกมีค่าเฉลี่ยของเวลาไม่แตกต่างกัน (p=0.136) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 568.80 นาที (9 ชั่วโมง 29 นาที) และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก ใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 684.00 นาที (11 ชั่วโมง 24 นาที) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยสั้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 115.20 นาที (1 ชั่วโมง 55 นาที) และในระยະที่หนึ่งของการคลอด นับระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเจ็บครรภ์จริงจนถึงปากมดลูกเปิดขยาย 10 เซนติเมตร (first stage of labor) กลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักและกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก มีค่าเฉลี่ยของเวลาไม่แตกต่างกัน (p=0.065) โดยกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 694.80 นาที (11 ชั่วโมง 35 นาที) และกลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก ใช้เวลาเฉลี่ย เท่ากับ 860.80 นาที (14 ชั่วโมง 21 นาที) ซึ่งกลุ่มที่ได้รับการนัดไทยแบบราชสำนักใช้เวลาเฉลี่ยสั้นกว่ากลุ่มที่ได้รับการนัดกันบก 166.00 นาที (2 ชั่วโมง 46 นาที) (Table 4)

**Table 4** Comparison of average time in the first stage of labor between experiment and comparison groups

Stage of labor	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Latent phase				
Experiment	568.80	±331.84		
Comparison	684.00	±397.99	115.20	0.136
Active phase				
Experiment	126.00	±88.02		
Comparison	176.80	±86.59	50.80	0.023*

Stage of labor	$\bar{x}$	S.D.	Meandiff	p-value
Stage 1				
Experiment	694.80	±356.10	166.00	0.065
Comparison	860.80	±401.99		

Independent samples t-test, significant at  $p < 0.05$

### อภิปรายผลการทดลอง

หลังการทดลองคะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดของกลุ่มที่ได้รับการนวดไทยแบบราชสำนัก ลดลงต่ำกว่าก่อนการทดลอง และลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับการนวดกันกบ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ แสดงว่า การนวดไทยแบบราชสำนักสามารถลดความเจ็บปวดของผู้คลอด ในระยะที่หนึ่งของการคลอดได้ เนื่องจากการนวดเป็นการกระตุ้นใยประสาทขนาดใหญ่ที่บริเวณผิวหนัง ทำให้ยับยั้งการส่งผ่านกระแสประสาทความรู้สึกเจ็บปวด มีผลทำให้ระบบควบคุมประตูที่ระดับไขสันหลังปิดหรือปิดเกือบหมด จึงลดสัญญาณการส่งผ่านกระแสประสาทความรู้สึกเจ็บปวดไปยังสมอง ทำให้การรับรู้ความเจ็บปวดลดลง<sup>12</sup> สอดคล้องกับการศึกษาของทัศนีย์ คล้ายชา และคณะ<sup>3</sup> ที่ทำการศึกษารื่อง ผลของการนวดร่วมกับการประคบร้อนต่อความเจ็บปวดและการเผชิญความเจ็บปวดของผู้คลอดครรภ์แรก พบว่า การนวดร่วมกับการประคบร้อนในระยะที่ 1 ของการคลอดมีค่าเฉลี่ยคะแนนความเจ็บปวดน้อยกว่ากลุ่มที่ได้รับการพยาบาลตามปกติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chang, Chen & Huang<sup>13</sup> ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการนวดต่อการลดความเจ็บปวดของมารดาในระยะรอคลอด พบว่า กลุ่มที่ได้รับการนวดในระยะปากมดลูกเปิดเร็ว มีระดับความเจ็บปวดต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการนวด และสอดคล้องกับการศึกษาของดาริกา วรวงศ์<sup>14</sup> ที่ทำการศึกษารื่อง การใช้เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้อง และการนวดกันกบต่อการลดความเจ็บปวดและความพึงพอใจในมารดาที่ไม่เคยผ่านการคลอด ในระยะที่ 1 ของการคลอด พบว่า การนวดกันกบมีผลให้คะแนนเฉลี่ยความเจ็บปวดลดลงต่ำกว่าก่อนการทดลอง และมีสัดส่วนมารดาที่มีความเจ็บปวดลดลงหลังการทดลองมากที่สุด

### ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. ควรนำการนวดไทยแบบราชสำนักไปประยุกต์ใช้เป็นทางเลือกในการดูแลผู้คลอดในระยะที่หนึ่งของการคลอด เพื่อช่วยลดความเจ็บปวดและช่วยลดระยะเวลาการเปิดของปากมดลูก โดยอาจนำวิธีการนี้ขยายผลไปใช้กับแพทย์แผนไทยในการให้บริการในสถานพยาบาลอื่นๆ และอาจจัดเข้าเป็นการบริการในชุดสิทธิประโยชน์พื้นฐานของหลักประกันสุขภาพ

2. ควรมีการสอนและสาธิตวิธีการนวดแก่ญาติ ผู้ดูแล นักศึกษาพยาบาล และทีมบุคลากรทางการแพทย์ โดยนำไปใช้เป็นแนวทางในการดูแลผู้คลอด เพื่อช่วยลดความเจ็บปวด และช่วยลดเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- ควรทำการศึกษาผลของการนวดไทยแบบราชสำนักต่อเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอดในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น และในบริบทอื่นๆ รวมทั้งศึกษาในกลุ่มผู้คลอดครรภ์หลังเพื่อให้สามารถอ้างอิงผลการศึกษายังกลุ่มประชากรได้กว้างขึ้น
- ควรทำการศึกษาผลของการนวดไทยแบบราชสำนัก ต่อเวลาในระยะที่หนึ่งของการคลอด ในระยะปากมดลูกเปิดช้า เพื่อเป็นแนวทางในการดูแลผู้คลอดให้ครอบคลุมทุกระยะการคลอด และช่วยลดระยะเวลาในการรอคลอด
- ควรศึกษาความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้คลอด เพื่อเป็นแนวทางในการจัดบริการให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้คลอดต่อไป

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลมหาสารคามที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัยทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ อำนวยความสะดวก และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้คลอดทุกท่านที่สละเวลาและให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

### เอกสารอ้างอิง

- วิวรรธน์ ภาษาประเทศ และคณะ. การพยาบาลระยะคลอด. พิมพ์ครั้งที่ 1 นนทบุรี: ยูทริเนทท์ การพิมพ์ จำกัด; 2556.
- ลักขณา ทานะผล. ผลของการใช้น้ำมันหอมระเหยกลิ่นมะกรูดในการนวดหน้าท้องต่อความเจ็บปวด ระยะเวลาและความพึงพอใจของผู้คลอดในระยะที่หนึ่งของการคลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการผดุงครรภ์ชั้นสูง มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.
- ทัศนีย์ คล้ายชา และคณะ. ผลของการนวดร่วมกับการประคบร้อนต่อความเจ็บปวดและการเผชิญความเจ็บปวดของผู้คลอดครรภ์แรก. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิตสาขาการผดุงครรภ์ชั้นสูง คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล; 2556.
- ศศิธร พุ่มดวง. การลดปวดในระยะคลอดโดยไม่ใช้ยา. สงขลานครินทร์เวชสาร 2546;21(4): 291-300

5. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือวิทยากรโรงเรียนพ่อแม่สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข; 2547.
6. สถาบันการแพทย์แผนไทย. คู่มือแนวทางการผดุงครรภ์มารดาด้วยการแพทย์แผนไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระราชูปถัมภ์; 2557.
7. อภิชาติ ลิมตียะโยธิน และสมพร นองบัวดี. หัตถเวชกรรมแผนไทย (การนวดไทยแบบราชสำนัก) การนวดพื้นฐาน. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: ศุภวณิชการพิมพ์; 2554.
8. Lemeshow S, Hosmer DW, Klar J, Lwanga SK. Adequacy of sample size in health studies. New York: John Wiley & Sons; 1990.
9. อรุณ จิรวัดน์กุล. ชีวสถิติสำหรับงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สุขภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2 ขอนแก่น: คลังนานาวิทยา; 2548.
10. วิทยา ถิฐาพันธ์ และวิบูลพรรณ วิฑิตะติลก. เวชศาสตร์มารดาและทารกในครรภ์. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ: บริษัทยูเนี่ยนครีเอชั่น จำกัด; 2544.
11. Turk DC, Melzack R. Handbook of pain assessment. 2<sup>nd</sup> ed. New York: The Guilford Press; 2001.
12. Melzack R. and Wall P.D. Pain mechanism: A new theory science; 1965. P. 971-979.
13. Chang, M.Y., Chen, C.H., Huang, K.F. A comparison of massage effects on labor pain using the McGill pain questionnaire. Journal of Nursing Research; 2006. P. 190–197.
14. ดาริกา วรวงศ์. ผลการใช้เทคนิคการหายใจ การลูบหน้าท้อง และการนวดกันกบต่อการลดความเจ็บปวด และความพึงพอใจในมารดาที่ไม่เคยผ่านการคลอดในระยะที่ 1 ของการคลอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาพยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.

## ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## Parents' Attitudes Toward their Adolescent Child having Friends of the Opposite Sex

อัจฉรา ชัยชาณ<sup>1</sup>, พร้อมจิตร ห่อนบุญheim<sup>2</sup>, สุภาพร อาญาเมือง<sup>1</sup>, อรัญญา ทองก้อน<sup>1</sup>Atchara Chaichan<sup>1</sup>, Promjit Hornboonherm<sup>2</sup>, Supaporn Aryamuang<sup>1</sup>, Aranya Thongkorn<sup>1</sup>

Received: 31 October 2015; Accepted: 4 April 2016

## บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงสำรวจครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น กลุ่มตัวอย่างคือพ่อแม่ที่มีลูกอายุระหว่าง 13-19 ปี จำนวน 190 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบ Stratified Random Sampling เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล และส่วนที่ 2 ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น ประกอบด้วย 2 ด้าน คือด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรัก และด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ ค่าดัชนีความเที่ยงตรงของแบบสอบถามคือ 0.86 และค่าสัมประสิทธิ์ครอนบักอัลฟา เท่ากับ 0.72 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงบรรยายและเปรียบเทียบความแตกต่างค่ากลางโดยใช้สถิติทดสอบ Mann-Whitney U-test

ผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็น แม่ (ร้อยละ 60) อายุอยู่ในช่วง 41-60 ปี (ร้อยละ 50.5) อายุเฉลี่ย 44.4 ปี (SD = 0.57) ส่วนใหญ่มีรายได้ระหว่าง 5,001 - 10,000 บาทต่อเดือน (ร้อยละ 49.5) เรียนจบชั้นประถมศึกษา (ร้อยละ 36.8) สถานภาพสมรสคู่ (ร้อยละ 79.5) และประกอบอาชีพเกษตรกรรม (ร้อยละ 68.9) กลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น ด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรักมีทัศนคติในระดับดี ( $\bar{x}$  = 3.16, SD = 0.90) และด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ มีค่าเฉลี่ยของทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{x}$  = 2.85, SD = 0.91) เมื่อแยกพิจารณาตามเพศ พบว่าพ่อ แม่ มีทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการวิจัยพบว่าพ่อแม่มีทัศนคติในระดับดีกับการตั้งเงื่อนไขที่เข้มงวดจากการกลับบ้านดึก และจะพึงเหตุผลก่อนในกรณีไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศโดยไม่ขออนุญาต นั้นแสดงว่าพ่อแม่ มีการพูดคุยกับลูกอย่างมีเหตุผล สิ่งเหล่านี้จะทำให้ลูกมีความไว้วางใจในการปรึกษาปัญหาเรื่องเพศและส่งผลต่อการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับเพศตรงข้าม ซึ่งถือว่าเป็นการป้องกันความเสี่ยงจากปัญหาพฤติกรรมทางเพศได้

**คำสำคัญ:** ทัศนคติ พ่อแม่ วัยรุ่น เพื่อนต่างเพศ

## Abstract

This research survey aimed to explore parents' attitudes toward their adolescent children having friends of the opposite sex. A total of 190 parents (both mother and father), who had an adolescent child aged 13-19 years old, were selected by the stratified random sampling technique. Data were collected through a questionnaire. The questionnaire consisted of 2 parts: (1) personal data and (2) parents' attitudes toward their adolescent children having friends of the opposite sex. The second part comprised two aspects: (1) associating with a friend of the opposite sex as a lover, and (2) hanging out with a friend of the opposite sex. The Content Validity Index was 0.86 and the Alpha Cronbach's Coefficient Reliability was 0.72. The data were analyzed by descriptive statistics and Mann-Whitney U-test.

The results revealed that the majority of the sample group were female (60%) aged between 41-60 years old (50.5%). The age average of the samples was 44.4 (SD = 0.57). Most of them had an income between 5,001-10,000

<sup>1</sup> อาจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Mahasarakham province, Thailand, 44150.

<sup>2</sup> Associate Professor, Faculty of Nursing, Mahasarakham University, Mahasarakham province, Thailand, 44150.

Baht per month (49.5%). Some graduated from primary school (36.8%), married (79.5%), Many of them earned a living from agricultural work (68.9%). The attitudes of the parents toward their adolescent children having friends of the opposite sex in the aspect "associating with a friend of the opposite sex as a lover" was at the *good* level ( $\bar{x}$ = 3.16, SD = 0.90), and their attitudes to the aspect "hanging out with a friend of the opposite sex" was at the *moderate* level ( $\bar{x}$ = 2.85, SD = 0.91). When taking the gender of the parents into consideration, it was found that there was no significant difference in their attitudes toward their adolescent children having friends of the opposite sex, at the 0.05 level.

Moreover, the parents' attitudes involving cautioning their children against and explaining to them negative consequences of hanging out at night with a friend of the opposite sex and listening to the children's reason why they did that without prior permission, was at the *good* level. This indicated that the parents talked to their children with a reason, so their kids have trust in them, consult with them about sex related problems and have appropriate behavior with someone of the opposite sex; these are considered as the way to prevent risks associated with sex behavior problems.

**Keywords:** Attitude, Parents, Adolescent, Friends of the opposite sex

## บทนำ

วัยรุ่นเป็นวัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาย ทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และความรู้สึกนึกคิด ตามทฤษฎีของอีริคสัน (ค.ศ.1927)<sup>1</sup> อธิบายว่าวัยรุ่นเป็นช่วงเวลาที่กำลังแสวงหาอัตลักษณ์ของตนเอง และเสริมสร้างความรับผิดชอบให้กับตนเอง ซึ่งมีรากฐานที่สำคัญมาจากครอบครัว ปัญหาที่พบในวัยนี้คือการที่ยังไม่ทราบว่าจะต้องทำอะไร ขาดความมั่นใจ ขาดความรอบคอบในการแก้ไขปัญหา ใช้เวลาอยู่กับเพื่อนเป็นส่วนใหญ่ ทั้งเพศเดียวกันและต่างเพศ ทำให้การคบเพื่อนกลายเป็นเรื่องที่มีความสำคัญสำหรับวัยรุ่น โดยเฉพาะการคบเพื่อนต่างเพศ เนื่องจาก การใช้เวลาอยู่กับเพื่อนต่างเพศ เป็นเวลานานจะเกิดความผูกพันและเปลี่ยนความสัมพันธ์ จากเพื่อนกลายเป็นคนรัก เกิดความรักใคร่ และอาจนำไปสู่การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร และอยู่ด้วยกันก่อนแต่งงาน<sup>2</sup> ด้วยเหตุที่วัยรุ่น เป็นวัยที่มีการสร้างฮอร์โมนเพศเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีความต้องการทางเพศเพิ่มมากขึ้น ทั้งวัยรุ่นชายและหญิงประกอบกับสภาพแวดล้อมและความเจริญทางเทคโนโลยี ทำให้มีการเข้าถึงสื่อโฆษณาต่างๆ ทางโทรทัศน์และอินเทอร์เน็ต ได้ง่ายขึ้นรวมทั้งมีโอกาสเห็นการแสดงออกของพฤติกรรมทางเพศ จากสิ่งแวดลอมรอบตัว ทั้งจากกลุ่มเพื่อน<sup>2</sup> และบุคคลทั่วไป ผลการศึกษาของ ปฏิญญา เอี่ยมสำอางค์ และคณะพบว่า พฤติกรรมของวัยรุ่นมักมีอิทธิพลจากทางสังคม วัยรุ่นมักจะมีการเลียนแบบทัศนคติและพฤติกรรมของบุคคลอื่น โดยเฉพาะเพื่อน เช่นการตั้งครีกรักในกลุ่มวัยรุ่น มักพบเพิ่มมากขึ้นหากวัยรุ่นนั้นมีเพื่อนรุ่นราวคราวเดียวกัน ตั้งครีกรัก<sup>3</sup> และเด็กวัยรุ่นชายจะตัดสินใจกระทำพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศ เช่น การดื่มสุรา การดูหนังโป๊นั้น เกิดจากการชักนำของเพื่อนเป็นสำคัญ<sup>4</sup>

พฤติกรรมการคบเพื่อนต่างเพศของวัยรุ่นนั้นมีหลายรูปแบบ มักเริ่มตั้งแต่การคบเพื่อนต่างเพศในลักษณะเพื่อน หัดเที่ยวคบหาดูใจกัน หลังจากนั้นมีการเพิ่มความสัมพันธ์เป็นคนรัก เมื่อมีความสนิทสนมกันมากขึ้น ทำให้เกิดความเชื่อใจและอาจมีเพศสัมพันธ์เกิดขึ้นได้ การศึกษาที่ผ่านมามีพบว่าการคบเพื่อนต่างเพศของลูกในรูปแบบของคนรัก และการนัดพบกับเพื่อนต่างเพศนั้นค่อนข้างน้อย โดยพบว่าในเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศของลูกในรูปแบบของคนรัก พุดคุยกับลูกเพียง ร้อยละ 7.9 ส่วนการนัดพบกับเพื่อนต่างเพศ พบ ร้อยละ 24.1<sup>5,6</sup>

ปัญหาการมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร มีความเกี่ยวข้องกับการดูแล ความสนใจ ใส่ใจและการอบรมเลี้ยงดูของครอบครัว ซึ่งเป็นผู้วางรากฐานของพฤติกรรมที่สำคัญ หากพ่อแม่มีการเข้มงวดเรื่องการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม จะส่งผลให้สามารถควบคุมดูแลลูกตนเองในเรื่องต่างๆ ในชีวิตได้รวมทั้งการคบเพื่อนต่างเพศ นอกจากนี้วัยรุ่นเป็นวัยที่ยังต้องพึ่งพาพ่อแม่ ต้องการความอบอุ่นคุ้มครองและต้องการความช่วยเหลือในหลายโอกาส<sup>7</sup> พ่อแม่จึงควรเข้าใจสภาพจิตใจของวัยรุ่น เพื่อชักจูงให้เดินไปตามวิถีทางที่ถูกต้อง วัยรุ่นจะมีการเชื่อมโยงความรู้สึกนึกคิดที่เขาได้รับจากบรรยากาศที่พบภายในบ้าน ไปแสดงออกต่อบุคคลอื่นๆ ในสังคม สัมพันธภาพระหว่างพ่อแม่และลูกที่อบอุ่น มีความผูกพันกันในทางที่ดีจึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการแสดงพฤติกรรมในทางบวกกับผู้อื่น และแสดงพฤติกรรมในทางที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับของสังคม<sup>7</sup> สำหรับการวางรากฐานของพฤติกรรมและเจตคติเรื่องเพศ การได้รับข้อมูลข่าวสารเรื่องเพศจากผู้ปกครองหรือ พ่อ แม่ เป็นสิ่งสำคัญ รวมถึงการกำกับติดตามของพ่อแม่ก็เป็นปัจจัย

เสริมของการเกิดพฤติกรรมอีกด้วย ผลการวิจัยเกี่ยวกับการสอนลูกในเรื่องเพศของ พ่อ แม่ที่ผ่านมา พบว่ามีการสอนเรื่องเพศของพ่อ แม่อยู่ในระดับปานกลาง<sup>9,10</sup> พ่อ แม่ มีความเห็นว่าการพูดคุยเรื่องเพศกับลูกวัยรุ่น ควรให้ลูกเป็นผู้เริ่มก่อน เพราะเป็นเรื่องส่วนตัวของลูก<sup>11</sup> ในขณะที่ช่วงวัยรุ่น ยังมีความต้องการให้ พ่อ แม่/ผู้ปกครองเป็นผู้ให้คำปรึกษา พูดคุย เพื่อให้เกิดความมั่นใจ และสามารถเผชิญปัญหาที่พบในอนาคตได้ หากพ่อ แม่ ไม่ตระหนักถึงความสำคัญของการพูดคุยเรื่องเพศหรือพฤติกรรมทางเพศกับลูก ก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปัญหาการมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควรไม่ได้รับการแก้ไขและนำไปสู่ปัญหาการตั้งครรภ์ในวัยรุ่นที่รุนแรงมากยิ่งขึ้น

การศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับส่งเสริม แม่ที่มีลูกวัยรุ่น โดยใช้โปรแกรมการมีส่วนร่วม พบว่าแม่กลุ่มที่เข้าร่วมโปรแกรม มีทักษะการสื่อสารเพิ่มขึ้น และทัศนคติในการสื่อสารเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความมั่นใจในความรู้เรื่องเพศ และรู้เข้าใจปัญหาของวัยรุ่น จึงมีทัศนคติต่อการสื่อสารทางบวกมากขึ้นและมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้เข้าโปรแกรม<sup>12</sup>

ผลการสำรวจสถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องเพศของวัยรุ่น พบว่าปัจจุบันวัยรุ่นมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร และมีการเจ็บป่วยด้วยโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์จำนวนเพิ่มมากขึ้น โดยในปีพ.ศ. 2550-2555 พบอัตราป่วยด้วยโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ในวัยรุ่นและเยาวชนอายุ 15-24 ปี มีแนวโน้มสูงขึ้นตามลำดับคือ 50.1, 59.5, 76.5, 79.8, 89.5, 93.4 ต่อประชากร 100,000 คน<sup>13</sup> การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควร ทำให้เกิดการตั้งครรภ์และการคลอดลูกของสตรีวัยรุ่น อายุ 15-19 ปี ในปีพ.ศ. 2550-2555 เท่ากับ 49.7, 50.1, 50.1, 50.1, 53.6, 53.8 ต่อประชากรหญิง 1,000 คน<sup>13</sup>

สำหรับสถานการณ์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่ามีร้อยละการเกิดมีชีพของมารดาวัยรุ่น สูงที่สุดคือ ร้อยละ 19.6 รองลงมาคือ ภาคเหนือและภาคกลาง ร้อยละ 18.1 และ 17.98 ตามลำดับ<sup>14</sup> ในจังหวัดที่เป็นพื้นที่วิจัย ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่พบปัญหาพฤติกรรมทางเพศของวัยรุ่นไม่เหมาะสม จนเกิดการตั้งครรภ์ของวัยรุ่น โดยในปี พ.ศ. 2554 พบร้อยละของการเกิดมีชีพของทารกแรกเกิดในมารดาที่เป็นวัยรุ่น สูงเป็นอันดับ 10 ของประเทศ และในปี พ.ศ. 2555 พบร้อยละของการเกิดมีชีพของทารกแรกเกิดในมารดาที่เป็นวัยรุ่น สูงเป็นอันดับ 5 ของประเทศ<sup>14</sup> ซึ่งถือว่ามีการเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด

จากสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องเพศในส่วนของ การมีเพศสัมพันธ์ก่อนวัยอันควรที่ส่งผลให้ปัญหาการตั้งครรภ์ในวัยรุ่นไม่ได้รับการแก้ไขและนับวันจะทวีความรุนแรงขึ้น แม้ว่าจะมีมาตรการต่างๆ ในการเข้าไปแก้ไขปัญหาโดย

ตลอด ผู้วิจัยเห็นว่าการมุ่งความสนใจไปที่วัยรุ่นฝ่ายเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะช่วยให้วัยรุ่นมีวิถีชีวิตที่ถูกต้อง ห่างไกลจากปัญหาอันเนื่องมาจากพฤติกรรมทางเพศที่ไม่เหมาะสม จึงมีความสนใจที่จะศึกษาในมิติของพ่อ แม่ โดยเริ่มจากประเด็นทัศนคติของพ่อ แม่ ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## วัตถุประสงค์

1. ศึกษาทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น ในด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรัก และด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ
2. เปรียบเทียบความแตกต่างค่ากลางของเพศและทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## วิธีการศึกษา

### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research)

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ พ่อ หรือแม่ที่อาศัยอยู่ในตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์

กลุ่มตัวอย่าง คือ พ่อหรือแม่ ที่อาศัยอยู่ที่ ตำบลแห่งหนึ่งในจังหวัดบุรีรัมย์ และมีลูกอยู่ในช่วง อายุ 13-19 ปี เป็นเพศหญิงหรือเพศชายก็ได้ ในตำบลแห่งนี้มี 29 หมู่บ้าน จำนวน 3,000 ครอบครัว เนื่องด้วยแต่ละหมู่บ้านมีความแตกต่างกันของจำนวนครอบครัว เพื่อให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนประชากรมากที่สุด จึงทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบ Stratified Random Sampling โดยแบ่งหมู่บ้านเป็น 3 กลุ่มตามจำนวนครอบครัว ดังนี้

กลุ่มที่ 1 คือหมู่บ้านที่มีจำนวนครอบครัว < 100

กลุ่มที่ 2 คือหมู่บ้านที่มีจำนวนครอบครัว 101 – 200

กลุ่มที่ 3 คือหมู่บ้านที่มีจำนวนครอบครัว > 201

จากนั้นเลือกครอบครัวในแต่ละกลุ่มโดยวิธีจับสลาก กลุ่มละ 1 ครอบครัว ผลการจับสลากได้ทั้งหมด 3 หมู่บ้านคือ หมู่ที่ 4 หมู่ที่ 20 และหมู่ที่ 22 ซึ่งเป็นตัวแทนของแต่ละกลุ่ม หลังจากนั้นเลือกกลุ่มตัวอย่างจากครอบครัวที่มีลูกวัยรุ่น อายุระหว่าง 13-19 ปี ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 190 คน ในจำนวนนี้เป็นแม่ จำนวน 114 คน และพ่อ จำนวน 76 คน

### เกณฑ์ในการคัดเลือกเข้ากลุ่มตัวอย่าง

- พ่อ หรือ แม่ ที่มีลูกอยู่ในช่วงวัยรุ่น (อายุ 13-19 ปี) ซึ่งมีลูกทั้งเพศหญิงเพศชาย หรือมีลูกเฉพาะเพศหญิงหรือเพศชายก็ได้

- สามารถอ่านออก และสื่อสารได้

- ยินดีเข้าร่วมโครงการวิจัย

## การพิทักษ์สิทธิ์กลุ่มตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้ได้ ผู้วิจัยเสนอคณะกรรมการจริยธรรม การวิจัยคณะพยาบาลศาสตร์ และขออนุญาตจากผู้นำชุมชน เพื่อดำเนินการวิจัย ก่อนเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ชี้แจงรายละเอียด ของแบบสอบถาม รายละเอียดเกี่ยวกับการเก็บรักษาความลับ ของข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง การนำเสนอข้อมูลจะนำเสนอ เป็นภาพรวม ไม่ระบุชื่อผู้ให้ข้อมูลในผลการศึกษา กลุ่ม ตัวอย่างสามารถปฏิเสธไม่เข้าร่วมการวิจัยได้ โดยไม่มีผลเสีย ใดๆ หลังจากนั้นจึงให้กลุ่มตัวอย่างเซ็นยินยอมเข้าร่วมการ วิจัย

## เครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถามที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ รายได้ ระดับการศึกษา สถานภาพสมรส และอาชีพ

ส่วนที่ 2 ทักษะการรับมือต่อการคบเพื่อนต่างเพศ ของลูกวัยรุ่น แบ่งเป็น 2 ด้านคือ 1) ด้านการคบเพื่อนต่างเพศ ในแบบคนรัก มีข้อคำถาม 9 ข้อ และ 2) ด้านการไปเกี่ยวกับ เพื่อนต่างเพศ มีข้อคำถาม 6 ข้อ แบบสอบถามทั้งสองด้านมี ทั้งข้อคำถามเชิงลบ และเชิงบวก แบบสอบถามแต่ละส่วนมี ลักษณะเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ ให้เลือกตอบ ข้อใดข้อหนึ่ง โดยคำตอบมีตั้งแต่ ไม่เห็นด้วย ถึง เห็นด้วยมาก ซึ่งมีการกำหนดค่าคะแนนดังนี้

- 1 คะแนน หมายถึง ไม่เห็นด้วย
- 2 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยน้อย
- 3 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยปานกลาง
- 4 คะแนน หมายถึง เห็นด้วยมาก

เกณฑ์การแปลความระดับของทักษะการรับมือ โดยคิดจาก ค่าพิสัย/ จำนวนอันตรภาคชั้น โดยแบ่งเป็น 3 ระดับดังนี้<sup>15</sup>

- |             |         |
|-------------|---------|
| 1.00 - 2.00 | ไม่ดี   |
| 2.01 - 3.00 | ปานกลาง |
| 3.01 - 4.00 | ดี      |

แบบสอบถามนี้ได้รับการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งเป็นอาจารย์ประจำกลุ่มการพยาบาล ครอบครัว คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ได้ค่าดัชนีความเที่ยงตรง (CVI) เท่ากับ 0.86 ถือว่ามีความ สอดคล้องของเนื้อหาดี<sup>16</sup> จากนั้นนำไปทดลองใช้ กับบุคคลที่มี ลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน และนำ มาทดสอบ ผลการวิเคราะห์ได้ค่าสัมประสิทธิ์ครอนบ์คัลล์ฟา เท่ากับ 0.72<sup>17</sup>

## วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภายหลังจากได้รับอนุญาตให้ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัย ประสานงานกับผู้นำชุมชนในพื้นที่วิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลปี พ.ศ. 2553 โดยเข้าพบกลุ่ม ตัวอย่างตามครัวเรือน ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลชุดละประมาณ 5-10 นาที ผู้วิจัยได้ตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถาม ก่อนออกจากพื้นที่วิจัย

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้สถิติเชิงพรรณนา เพื่ออธิบายข้อมูลพื้นฐานของ ประชากร เช่น อายุ เพศ การศึกษา สถิติที่ใช้คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติ ทดสอบ Mann-Whitney U-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง ของเพศและทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

## ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่องทัศนคติของพ่อแม่กับการคบเพื่อนต่าง เพศของลูกวัยรุ่น มีผลการศึกษาดังนี้คือ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นแม่ที่มีลูกวัยรุ่น (ร้อยละ 60) ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41-60 ปี (ร้อยละ 50.5) รายได้ส่วนใหญ่ อยู่ระหว่าง 5,000 -10,000 บาท (ร้อยละ 49.5) ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับ ประถมศึกษา (ร้อยละ 36.8) ส่วนใหญ่สถานภาพสมรสคู่ (ร้อยละ 79.5) ส่วนใหญ่อาชีพเกษตรกรกรรม (ร้อยละ 68.9) รายละเอียดดังแสดงใน (Table 1)

## ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของ ลูกวัยรุ่น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านทัศนคติต่อการคบเพื่อน ต่างเพศของลูกวัยรุ่นทั้ง 2 ด้านพบว่าด้านการคบเพื่อนต่าง เพศในแบบคนรักมีทัศนคติในระดับดี ( $\bar{x} = 3.16$ ,  $SD = 0.90$ ) และด้านการไปเกี่ยวกับเพื่อนต่างเพศ มีค่าเฉลี่ยน้อยอยู่ในระดับ ปานกลาง ( $\bar{x} = 2.85$ ,  $SD = 0.91$ )

ด้านการคบเพื่อนต่างเพศในแบบคนรัก พบว่ากลุ่ม ตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติระดับดี กับข้อความ “ไม่คิดว่าการ มีเพศสัมพันธ์ในวัยเรียนเป็นการทดสอบความเป็นลูกผู้ชาย” ( $\bar{x} = 3.62$ ,  $SD = 0.79$ ) รองลงมาคือ ข้อความ “ไม่ยินยอมให้ ลูกนำเพื่อนต่างเพศมาพักที่บ้าน” ( $\bar{x} = 3.51$ ,  $SD = 0.81$ ) และ “ไม่ยอมรับการพาเพื่อนต่างเพศเข้าบ้าน” ( $\bar{x} = 3.51$ ,  $SD = 0.78$ )



**Table 1** Descriptive statistics of Personal Data of Sample (n=190)

Personal Data	n	Percentage
<b>Sex</b>		
Female (Mother)	114	60
Male (Father)	76	40
<b>Age</b>		
< 40 years	86	45.3
41-60 years	96	50.5
≥ 61 years	8	4.2
Average ages = 44.4 years , SD = 0.57		
<b>Incomes (Per month) Baht</b>		
< 5,000	85	44.7
5,001 – 10,000	94	49.5
>10,001	11	5.8
Average incomes = 6,188.63 Baht/month, SD = 3.40		
<b>Educational level</b>		
No study	24	12.1
Primary school	70	36.8
Secondary school	59	31.1
Diploma	11	5.8
Bachelor	27	14.2
<b>Marital status</b>		
Couple	151	79.5
Widow	16	8.4
Divorce	15	7.9
Did not give information	8	4.2
<b>Occupation</b>		
Government employee	21	11.1
Private employee	24	12.6
Business Owners	11	5.8
Farmers	131	68.9
No job	3	1.6

ด้านการไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติในระดับดี กับข้อความ “จะตักเตือนชี้แจงผลเสียจากการกลับบ้านดึก” ( $\bar{x}$  = 3.50, SD = 0.74) รองลงมาคือ ข้อความ “ไม่ยินยอมให้ลูกนำเพื่อนต่างเพศมาพักที่บ้าน”

รองลงมาคือ “หากลูกไปเที่ยวโดยไม่ได้รับอนุญาต ควรถามหาเหตุผลและฟังคำอธิบายก่อนเสมอ” ( $\bar{x}$  = 3.43, SD = 0.79) รายละเอียด ดังแสดงใน (Table 2)

**Table 2** Average, Standard Deviation of Parents' attitudes toward their adolescent child having friends of the opposite sex in part of adolescent could have a romantic friendship of the opposite sex (n=190)

Items	Attitude level		Interpret of attitude level
	Mean	SD	
1. Associating with a friend of the opposite sex as a lover			
1.1 You will blame and not allow them to keep in touch any longer.	2.46	0.91	Moderate
1.2 You will let them keep in touch, but in the sight of adults.	3.29	0.85	Good
1.3 Your child can associate with that person as he/she pleases, and you don't mind.	2.89	1.06	Moderate
1.4 You neither support nor promote dating while studying.	3.24	0.93	Good
1.5 You give your child freedom to have a friend of the opposite sex.	2.44	1.02	Moderate
1.6 You think that having sex during study is a test of "manliness".	3.62	0.79	Good
1.7 You view that having sex during study is a common thing.	3.46	0.91	Good
1.8 You allow your child to bring a friend of the opposite sex to stay at your house.	3.51	0.84	Good
1.9 You permit your child to bring a friend of the opposite sex to the house.	3.51	0.78	Good
Overall part 1	3.16	0.90	Good

**Table 3** Average, Standard Deviation of Parents' attitudes toward their adolescent child having friends of the opposite sex in part of adolescent having friends of the opposite sex as traveling

Items	Attitude level		Interpret of attitude level
	Mean	SD	
2. Hanging out with a friend of the opposite sex			
2.1 If your child gets home late at night, you will blame or punish him/her and tell him/her not to do it again.	1.89	0.97	Poor
2.2 You will explain to your child negative consequences of getting home late at night.	3.50	0.74	Good
2.3 With a number of reasons, you don't permit your child to hang out with a friend of the opposite sex.	2.20	1.01	Moderate
2.4 If a child has hung out without prior permission, he/she should be blamed or punished so that he/she recognizes this is something they should never do.	3.05	0.86	Good
2.5 Once a child has hung out without permission, a parent should always ask and listen to his/her reason for doing that.	3.43	0.79	Good
2.6 A child should not be blamed or punished even though he/she has hung out without permission.	3.02	1.09	Good
Overall part 2	2.85	0.91	Moderate

การเปรียบเทียบความแตกต่างของเพศและทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น

พบว่าเพศที่ต่างกันมีทัศนคติต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 รายละเอียดดังแสดงใน (Table 4)

**Table 4** Mann-Whitney U-test of between sex and parents' attitudes toward their adolescent child having friends of the opposite sex (n =190)

Attitude	Sex	Z	P-value
Parents' attitudes	Male (Father)	-0.73	0.28
	Female (Mother)		

\*Significant at  $\alpha = 0.05$

## วิจารณ์และสรุปผล

จากผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีอายุเฉลี่ยประมาณ 44 ปี (SD = 0.57) ซึ่งอยู่ในวัยผู้ใหญ่ ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสังคมของอีริกสัน (Erickson's psychosocial theory) พบว่าอยู่ในขั้นที่ 7 ขั้นห่วงชนรุ่นหลังกับคิดถึงแต่ตนเอง (Generativity VS Stagnation) ขั้นนี้อยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนกลางหรือวัยกลางคนเป็นวัยแห่งความเป็นพ่อแม่ที่แท้จริง จะต้องแสดงความรับผิดชอบแบบผู้ใหญ่อย่างสมบูรณ์ มีความมุ่งมั่นที่จะสร้างครอบครัว อบรมสั่งสอนลูกหลานให้เป็นคนดี และประสบความสำเร็จในชีวิต<sup>1</sup> สะท้อนถึงความเหมาะสมของช่วงวัยที่จะมีลูกวัยรุ่นและเมื่อพิจารณาถึงผลการวิเคราะห์ทัศนคติของพ่อแม่ต่อการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นแล้วพบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติในระดับดี กับข้อความที่ว่า "คบได้แต่ต้องอยู่ในสายตาผู้ใหญ่" และ "ไม่สนับสนุนหรือส่งเสริมการมีแฟนในวัยเรียน" เนื่องจากเกรงว่าจะส่งผลกระทบต่อเรียนของลูก ต้องการให้ลูกสำเร็จการศึกษา และประสบความสำเร็จในชีวิต ซึ่งเป็นทัศนคติที่บ่งบอกถึงวุฒิภาวะตามช่วงวัยและการทำหน้าที่ในบทบาทของพ่อแม่ สอดคล้องกับการศึกษาของ ภารดี บุญเพิ่ม ที่ทำการศึกษารื่อง การสอนเพศศึกษาของครอบครัวที่มีลูกวัยรุ่น พบว่า ครอบครัวสอนลูกให้แสดงพฤติกรรมที่เหมาะสมกับเพศและรู้จักกาลเทศะ ร้อยละ 94.3 และพ่อแม่ส่วนใหญ่จะสอนเรื่องสัมพันธภาพ และสังคมวัฒนธรรม<sup>9,18</sup> และผลการศึกษาดังกล่าวยังพบว่า พ่อแม่มีการเข้มงวดเรื่องการแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม ส่งผลให้พ่อแม่ควบคุมดูแลลูกตนเองในเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศ สอดคล้องกับผลการวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าทัศนคติของพ่อแม่อยู่ในระดับดี ในข้อความ "ลูกต้องอยู่ในสายตาของผู้ใหญ่" ( $\bar{x} = 3.29$ , SD = 0.85) และ "หากลูกไปเที่ยวกับเพื่อนต่างเพศจะตักเตือนชี้แจงผลเสียจากการกลับบ้านดึก" ( $\bar{x} = 3.50$ , SD = 0.74) และ สอดคล้องกับผลการศึกษาของเสถียร และคณะพบว่า ร้อยละ 98.1 เห็นด้วยว่าพ่อแม่ควรกำชับลูกเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศหญิงให้รักษาวนลงวนตัว ชายให้มีความรับผิดชอบ และให้เกียรติผู้หญิง<sup>11</sup> และการศึกษาของ กัญญนันท์ ภัทร์สรณ์ศิริ

พบว่าบทบาทและหน้าที่ของพ่อแม่สามารถลดผลกระทบ เช่น การตั้งครรภ์ไม่พึงประสงค์ได้ แต่หากพ่อแม่ มีความขัดแย้งกัน ปัญหาต่างๆ อาจเพิ่มขึ้น<sup>19</sup>

เมื่อพิจารณาระดับทัศนคติตามเพศ พบว่าพ่อและแม่ มีทัศนคติเรื่องการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 สอดคล้องกับการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าเพศไม่มีความสัมพันธ์ต่อทัศนคติและการสอนเพศศึกษากับลูกวัยรุ่น ลูกวัยรุ่นมีความต้องการให้ทั้งพ่อ และแม่พูดคุยและสอนเรื่องเพศ เนื่องจากเป็นบุคคลที่ใกล้ชิดมากที่สุด<sup>11</sup> นอกจากนี้พ่อแม่ ควรให้ความรู้ คำแนะนำในการหลีกเลี่ยงสิ่งชั่วร้ายทางเพศ สอนลูกสาวให้รักษาวนลงวนตัว สอนให้ลูกชายให้เกียรติผู้หญิงและไม่ฉวยโอกาส และเปิดโอกาสให้ได้เข้าสังคมกับเพื่อนต่างเพศดีกว่าปิดกั้น ซึ่งจะทำให้ลูกหนีไปสังสรรค์ในที่ลับตาผู้ใหญ่ แล้วเกิดความพลาดพลั้งโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์<sup>19</sup> หากพ่อและแม่ มีทัศนคติที่ดี และเหมาะสมแล้ว ลูกวัยรุ่นก็ย่อมมีทัศนคติที่ดีตามไปด้วย เนื่องจากลูกมีการเรียนรู้และเลียนแบบบิดา มารดาซึ่งเป็นผู้ที่อยู่ใกล้ชิด สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ทางสังคมเชิงพุทธปัญญา (Social cognitive learning theory) ของบันดูรา เชื่อว่าการเรียนรู้ของมนุษย์ส่วนใหญ่มักเป็นการเรียนรู้โดยการสังเกตหรือการเลียนแบบ การเรียนรู้เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างคน กับสิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัว<sup>20</sup>

## ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. พ่อแม่ควรให้คำแนะนำในการคบเพื่อนต่างเพศของลูกวัยรุ่น
2. พ่อ แม่ควรให้ลูกขออนุญาตก่อนไปเที่ยวนอกบ้านกับเพื่อนต่างเพศ
3. เมื่อลูกทำผิดควรพูดจาด้วยเหตุผลเพื่อให้ลูกวัยรุ่นเกิดความไว้วางใจในการปรึกษาปัญหาที่พบ
4. พ่อแม่ควรเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติตัวต่อลูกที่เป็นวัยรุ่น เพราะเป็นวัยที่สังเกตและหาแนวทางในการปฏิบัติตน

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณคณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคามที่สนับสนุนทุนวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

1. พรรณทิพย์ ศิริวรรณบุศย์. ทฤษฎีจิตวิทยาพัฒนาการ. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2551.
2. สัจจา ทาโต. การมีเพศสัมพันธ์ก่อนเวลาอันควรของวัยรุ่นไทย. วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ 2550; 1(2):19-30.
3. ปฏิญา เอี่ยมสำอางค์, รุ่งรัตน์ ศรีสุริยเวศน์, พรนภา หอมสินธุ์. ปัจจัยเสี่ยงต่อการตั้งครรภ์ซ้ำที่ไม่ตั้งใจของวัยรุ่น. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2556; 8(1): 55-67.
4. วรวรรณ์ ทิพย์วาริรมย์, อาภาพร เผ่าวัฒนา และปัญญรัตน์ ลากวงค์วัฒนา. ปัจจัยที่ใช้ทำนายพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของเด็กวัยรุ่นชาย จังหวัดพิษณุโลก. วารสารพยาบาลสาธารณสุข 2556; 27(1): 31-45.
5. ศิริรัตน์ พันแก้ว และลำปาง แม่นมาตย์. แนวทางป้องกันพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรตอนต้น (ปวช.) ที่ศึกษาในสถานศึกษา ในเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษานอนแก่นเขต 1 อำเภอเมือง จังหวัดน่าน. Proceeding ในการประชุมวิชาการระดับชาติด้านการบริหารกิจการสาธารณะ ครั้งที่ 2 “ชุมชนท้องถิ่น:พลังแห่งการปฏิรูปประเทศไทย. 7 สิงหาคม 2557.
6. Nair MKC, Leena ML, Paul MK, Pillai HV, Babu G, Russell PS, et al. Attitude of Parents and Teachers towards Adolescent Reproductive and Sexual Health Education. Indian J Pediatr 2012; 79 (Suppl 1): S60–S63.
7. นวรัตน์ ศรีรัฐเพชร. สัมพันธภาพของพ่อแม่-ลูก กับรูปแบบการแก้ปัญหาความขัดแย้งระหว่างบุคคลของวัยรุ่น. ปรินญาณินพนธ์ (จิตวิทยาพัฒนาการ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร. 2539.
8. วัชรภรณ์ บัตรเจริญ, ปาหนัน พิษขยิกัญญาและอาภาพร เผ่าวัฒนา. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมเสี่ยงทางเพศของนักเรียนไทย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. วารสารสาธารณสุขศาสตร์ 2555. 42(1); 30-40.
9. สุรีย์พร กฤษเจริญ, กัญจนี พลอินทร์, จูติพร อิงคถาวรวงศ์ และจรัญ ศรีทวีวัฒน์. การสอนเรื่องเพศของพ่อแม่และความต้องการการเรียนรู้เรื่องเพศของลูก. สงขลานครินทร์เวชสาร 2551. 26(1); 61-70.
10. สุมิตรา เนียมกัน และโสภณภัทร ศรีไชย. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการสื่อสารเรื่องเพศระหว่างผู้ปกครองกับลูกหลานที่เข้าสู่วัยแตกเนื้อหนุ่มเนื้อสาว. วารสารวิทยาลัยพยาบาลพระปกเกล้า จันทบุรี 2556. 24(2); 36-46.
11. เสถียร เชื้อลี และนงเยาว์ ณรงค์แสง. ความรู้ ทัศนคติและรูปแบบการสอนเรื่องเพศศึกษาในครอบครัว กรณีศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดอุบลราชธานี กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. 2550.
12. กมลทิพย์ ทิพย์สังวาล, รุ่งรัตน์ ศรีสุริยเวศน์ และพรนภา หอมสินธุ์. ผลของโปรแกรมการมีส่วนร่วมของมารดาต่อการสื่อสารเรื่องเพศ ระหว่างมารดาและลูกวัยรุ่นหญิงตอนต้น. วารสารสาธารณสุขมหาวิทยาลัยบูรพา 2013; 8(2): 69-80.
13. สถานการณ์อนามัยการเจริญพันธุ์ในวัยรุ่นและเยาวชน. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. เข้าถึงเมื่อ 2557 มกราคม 28. เข้าถึงได้จาก <http://rh.ana-mai.moph.go.th/home.html>
14. กลุ่มภารกิจด้านข้อมูลข่าวสารสุขภาพ สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. เข้าถึงเมื่อ 2557 กันยายน 7. เข้าถึงได้จาก HYPERLINK “<http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/index.htm>” <http://bps.ops.moph.go.th/Healthinformation/index.htm>.
15. ประกาย จิโรจน์กุล. การวิจัยทางการแพทย์: แนวคิดหลักการ และวิธีปฏิบัติ. โครงการสวัสดิการวิชาการสถาบันพระบรมราชชนก. พิมพ์ครั้งที่ 3. นนทบุรี: ธนาเพลส ;2556.
16. อิศริฐฐ์ รินโรสง. การหาดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา. ภาควิชารัฐประศาสนศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. เข้าถึงเมื่อ 2557 มิถุนายน 20. เข้าถึงได้จาก <https://sites.google.com/site/stats2researchs/student-of-the-month/johndoe>.
17. กัลยา วานิชย์บัญชา. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2550.
18. ภารดี บุญเพิ่ม. การสอนเพศศึกษาของครอบครัวที่มีลูกวัยรุ่น. วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาการพยาบาลครอบครัว). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2544.
19. กัญญนันท์ ภัทร์สรณ์สิริ. บทบาทของพ่อแม่ในการอบรมดูแลลูกธิดาให้เป็นเยาวชนที่ดีของสังคมไทย. วารสารวิชาการปฐมวัน 2554.1(2); 23-26.
20. Bandura A. Social Learning Theory. Stand ford university. 1971. New York: General learning press.

## การติดเชื้อ Microsporidia ในคน

### Microsporidia Infection in Humans

สมจินตนา ท้วทิตย์<sup>1</sup>

Somjintana Tourtip<sup>1</sup>

Received: 18 October 2015; Accepted: 27 February 2016

#### บทคัดย่อ

การติดเชื้อ Microsporidia ในผู้ป่วยที่ทั้งติดเชื้อและไม่ติดเชื้อ HIV ในประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นอีกทั้งการติดเชื้อนี้ยังพบได้ตั้งแต่วัยเด็กจนถึงวัยสูงอายุ แต่จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อ Microsporidia มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนวรรณกรรมเพื่อรวบรวมองค์ความรู้ที่มีอยู่ทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับการติดเชื้อ Microsporidia ให้เป็นปัจจุบันยิ่งขึ้น เพื่อนำมาใช้ประกอบแนวทางการป้องกันและรักษา การติดเชื้อ Microsporidia ในประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า Microsporidia เป็นเชื้อปรสิตแบบฉวยโอกาสที่พบได้ในผู้ป่วย HIV โดยมีโครงสร้างสำคัญของสปอร์คือ polar tube ที่ใช้ฉีด sporoplasm เข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านใหม่ โดยทั่วไปจะพบหลายสายพันธุ์ของ microsporidia ในสัตว์ต่างๆ ที่ติดเชื้อโรคชนิดนี้ แต่ในคนที่มีรายงานว่าก่อโรคอยู่ 4 สายพันธุ์คือ *Enterocytozoon*, *Nosema*, *Pleistophora* และ *Encephalitozoon* การวินิจฉัยแยกโรคที่เกิดขึ้นจากการติดเชื้อนี้คือ microsporidiosis ในคน ใช้ข้อมูลทั้งสัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุลของเชื้อ microsporidia

คำสำคัญ: Microsporidia, Microsporidiosis, transmission

#### Abstract

The proportion of microsporidial infections in patients with or without being HIV positive in Thailand tends to increase over time. The microsporidial infection can occur in both children and adults. Despite greater recognition of effect of the microsporidial infection to public health issues, there is still limited knowledge with respect to this infection in Thailand. The purpose of this study was to review the literature describing human microsporidial infection in varied aspects. The study findings revealed that the microsporidia was the opportunistic intracellular parasite in patients infected with human immunodeficiency virus (HIV). One of the main characteristics of this parasite was that it produced spores containing the polar tube which injected its sporoplasm into the new host cells. The Microsporidia was the most common infected disease among several animal species but some generas were recognized in human disease (microsporidiosis). To date, however, only four generas (*Enterocytozoon*, *Nosema*, *Pleistophora* and *Encephalitozoon*) have been reported in humans. Morphology and molecular biology are the main techniques for diagnosis the microsporidiosis in human.

Keywords: Microsporidia, Microsporidiosis, transmission

#### บทนำ

Microsporidia (Phylum *Microspora*) เป็นปรสิตที่พบได้ในทั้งสัตว์ที่มีและที่ไม่มีกระดูกสันหลัง และมีมากกว่า 100 สปีชีส์ เป็นสาเหตุของการก่อโรคในคนได้ในลักษณะของ opportunistic infection ซึ่งพบได้มากในผู้ป่วยภูมิคุ้มกันบกพร่อง (acquired

immune deficiency syndrome, AIDS) ดังนั้นจึงทำให้เกิดการศึกษาอย่างกว้างขวางทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาและโครงสร้างทางชีวโมเลกุลของเชื้อ microsporidia สิ่งสำคัญของการติดเชื้อจากปรสิตชนิดนี้คือ ความสามารถในการส่งผ่านสารพันธุกรรม (nuclear materials) ของ microsporidia เข้าสู่เซลล์สิ่งมีชีวิต

<sup>1</sup> อาจารย์, คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม 44150, E-mail: stourtip@gmail.com

<sup>1</sup> Lecturer, Faculty of Medicine, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150, E-mail: stourtip@gmail.com

ได้หลายชนิด เช่น เข้าสู่กับ กระต่าย สุนัข และลิง<sup>1-3</sup> เนื่องจากเป็นปรสิตที่มีขนาดเล็ก รูปร่างรี มีสปอร์ที่มีลักษณะซับซ้อน และสามารถส่งผ่านสารพันธุกรรมที่อยู่ใน sporoplasm เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน (host) ได้ microsporidia จึงเป็นสาเหตุสำคัญในการก่อโรคในสัตว์และคนที่ได้รับเชื้อนี้เข้าไป<sup>1</sup> การติดเชื้อชนิดนี้ในคนเรียกว่า microsporidiosis

ในประเทศไทยมีรายงานจากการติดเชื้อ *E. cuculii* ในเซลล์เยื่อบุตาจากรายงานของ Matris และคณะในปี พ.ศ. 2548<sup>4</sup> โดยรวบรวมข้อมูลการตรวจพบเชื้อจากอุจจาระผู้ป่วย AIDS ระหว่าง ปี พ.ศ. 2541-2545 ซึ่งพบเพียง 10 ราย ในปี พ.ศ. 2549 มีรายงานการติดเชื้อ *E. bieuneusi* ในเยื่อบุตาเดินทางอาหารจาก โดยการตรวจ PCR เพื่อวินิจฉัยโรคนี้โดย Leelayoova และคณะ<sup>5</sup> ได้รายงาน Gen Bank accession number AY945808 และ AY945809 ในปี พ.ศ. 2555 ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อปรสิตนี้ร่วมกับอาการกล้ามเนื้ออักเสบที่รายงานในประเทศไทยมีเพียง 12 ราย<sup>6</sup> ข้อมูลการตรวจวินิจฉัยพบว่า Matos และคณะ<sup>7</sup> ได้รายงานการย้อมเนื้อเยื่อ ตรวจสอบด้วย TEM หรือ PCR และยังมีการตรวจทั้งการย้อมเนื้อเยื่อ และ PCR ในเด็กและผู้ใหญ่ที่มาด้วยอาการอุจจาระเหลวทั้งที่ติดเชื้อ/ไม่ติดเชื้อ HIV พบว่าการวินิจฉัยแม่นยำเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ตามข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค microsporidiosis ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างครอบคลุม การศึกษาในครั้งนี้จึงทำการรวบรวมข้อมูลในด้าน สันฐานวิทยา วิธีการแพร่เชื้อ การจัดจำแนก การถ่ายทอดสู่คน พยาธิสรีรวิทยา การตรวจวินิจฉัยโรค จากข้อมูลนำมาสรุปและใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

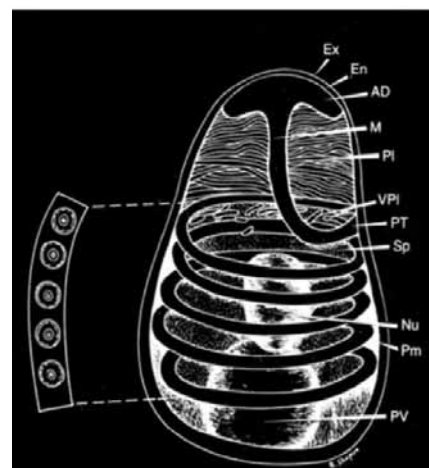
**สันฐานวิทยา (Morphology)** โดยทั่วไปสปอร์ของ microsporidia มีขนาดเล็ก รูปร่างรี บางช่วงชีวิตอาศัยอยู่ในเซลล์เจ้าบ้าน สปอร์ที่ก่อโรคในคนมีขนาดประมาณ 2-7x1.5-5 ไมโครเมตร<sup>1</sup> ในระยะ proliferative stage จะมีขนาดเพิ่มขึ้น และพบว่าหลายนิวเคลียส สปอร์สามารถย้อมติดสีได้โดยใช้ Hematoxilin and Eosin (H&E) หรือ histochemical stains อื่นๆ เช่น Gram' positive และ Acid fast stains มีรายงานพบว่าการติดเชื้อ *Enterocytozoon cuculii* ในเยื่อบุตาของผู้ป่วย AIDS ของประเทศไทยจำนวน 10<sup>10-12</sup> โดยใช้การตรวจด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น ดังนั้นการศึกษาโครงสร้างของ microsporidia เพื่อแยกแต่ละสปีชีส์ให้ชัดเจน จึงขอสรุปโครงสร้างแต่ละช่วงชีวิตของปรสิตชนิดนี้เป็นดังต่อไปนี้ คือ

Polar filament หรือ polar tube ของ microsporidia มีลักษณะเป็นท่อกลมขดเป็นวง<sup>1,9</sup> และเป็นโครงสร้างสำคัญที่อยู่ภายในสปอร์ จำนวนขดที่พบจะเป็นตัวกำหนดความแตกต่างของแต่ละสปีชีส์ polarfilament เป็นโครงสร้างที่เริ่มจาก

ฐานที่เรียกว่า (anchoring disc หรือ polar sac) ซึ่งอยู่ด้านบนของสปอร์ polar filament นี้ยื่นลงมาพันรอบนิวเคลียสทางด้านล่างของสปอร์ ในช่วงการติดเชื้อ polar filament จะมีหน้าที่ในการนำ sporoplasm และ นิวเคลียสออกจาก mature spores ไปสู่เซลล์เจ้าบ้านโดยไม่ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์เจ้าบ้าน และมักจะเรียกลักษณะขดที่ยื่นออกมาจากสปอร์ว่า polar tube ขนาดที่พบโดยประมาณ คือ 0.1-0.15x50-100 ไมโครเมตร<sup>5</sup>

Posterior vacuole เป็นช่องว่างที่สร้างมาจาก golgi vesicle เป็นโครงสร้างที่เกิดในระยะ mature spore หลังจากรมีการสร้าง polar filament หน้าที่ของ posterior vacuole ยังไม่เป็นที่ทราบชัดเจน

Spore wall หรือผนังของสปอร์ จะมีโปรตีนเคลือบอยู่ 2 ชั้น เมื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องผ่าน พบว่ามีความหนาไม่เท่ากัน ด้านในหุ้มด้วย chitin ด้านนอกหุ้มด้วย (glycol) protein<sup>13</sup> ด้วยโครงสร้างนี้จึงพบมีสปอร์ของบางสปีชีส์ของ microsporidia ที่สามารถทนสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้นานถึง 10 ปีมีการทดลองในห้องปฏิบัติการโดยนำสปอร์ของ *Encephalitozoon cuculii* ใส่ลงใน phosphate buffer saline ที่อุณหภูมิ 37°C และพบว่าสามารถมีชีวิตได้นาน 9 วัน หรือ นานถึง 6 เดือนหากเก็บในที่อุณหภูมิ -70°C<sup>14</sup> แต่หากนำมาใส่ในน้ำที่อุณหภูมิสูง 60°C นาน 5 นาที จะทำให้ผลของการติดเชื้อลดลง<sup>15</sup> (Figure 1)



**Figure 1** Morphology of the microsporidia size 1 - 10  $\mu$ m: electron dense exospore (Ex), electron lucent endospore (En), plasma membrane (Pm), sporoplasm (Sp), nucleus (Nu), posterior vacuole (PV), anchoring disc (AD), manubrium or straight portion (M), coils (PT), lamellar polaroplast (PI), vesicular polaroplast (VPI). (Modified from Franzen C. 2005.)

**วิธีการแพร่เชื้อ (Transmission)** การแพร่เชื้อเกิดจากการส่งผ่านสารพันธุกรรมของ microsporidia ด้วย polar tube ที่ยื่นออกไปนอกสปอร์และเข้าไปสู่ เซลล์เจ้าบ้านทำให้ sporoplasm ถูกนำเข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านด้วยการ endocytosis และยังคงพบกระบวนการหลบลีกลการต่อต้านของเซลล์เจ้าบ้านด้วยกลไก phago-/endo-/lysosome<sup>16</sup> ซึ่งเป็นวิวัฒนาการของ microsporidia ในแต่ละสปีชีส์ ด้วย ใน *Encephalitozoon* spp. การแพร่เชื้อเกิดจากการเจาะทะลุผนังเซลล์ ใน *Encephalitozoon hellem* การแพร่เชื้อใช้กระบวนการแทรกเข้าไปที่เยื่อหุ้มเซลล์ไฟโอบลาสท์ของปอดวัว<sup>17</sup> ใน *Encephalitozoon intestinalis* การแพร่เชื้อใช้ polar tube แทรกผ่านไปใน plasma membrane ของ macrophage<sup>18</sup> หรือเซลล์อื่นด้วยการกระตุ้นกระบวนการ phagocytosis โดยที่ sporoplasm และเซลล์เจ้าบ้านทำให้เกิดช่องว่างที่เรียกว่า membrane-derived space ขึ้น<sup>19</sup> การแพร่เชื้อที่ผ่านทางรกพบได้ในกลุ่มสัตว์กินเนื้อมากกว่าสัตว์กัดแทะ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการตั้งครรภ์และความรุนแรงของเชื้อ (Figure 2)

Lift cycle ปรสิตรูปแบบนี้มีวงจรชีวิตที่ค่อนข้างซับซ้อน เริ่มจากระยะที่ 1 germination ซึ่งเป็นระยะที่สปอร์ได้รับสัญญาณให้เกิดการปล่อย polar tube ระยะที่ 2 merogony เป็นการเพิ่มจำนวนของ microsporidia ในเซลล์เจ้าบ้านซึ่งพบว่า microsporidia ชนิดที่มีนิวเคลียสเดี่ยวเช่น *Encephalitozoon* spp. หรือชนิดที่มีหลายนิวเคลียส เช่น *Nosema* spp. สามารถพบสปอร์ที่เพิ่มจำนวนขึ้นนี้ได้ใหม่ในนิวเคลียสหรือไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้าน หาก microsporidia ได้รับสารอาหารจากเซลล์เจ้าบ้านอย่างสมบูรณ์ก็จะเกิดการแพร่เชื้อเข้าสู่เซลล์อื่นๆ ต่อไปได้ ระยะที่ 3 sporogony เป็นระยะที่มีการสร้างสปอร์ใหม่และมีการพัฒนาจนสมบูรณ์ และสามารถแพร่เชื้อเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านได้เช่นกัน<sup>13</sup>

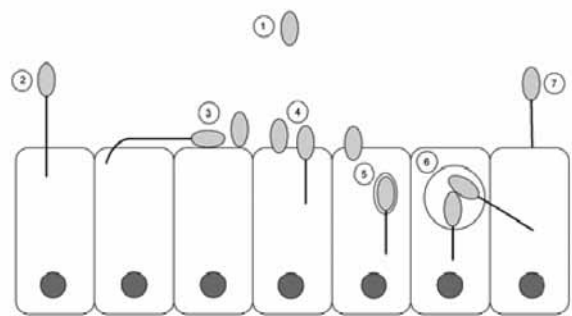
Germination เป็นระยะที่สปอร์ของ microsporidia ส่งผ่านสารพันธุกรรมเข้าไปในเซลล์เจ้าบ้านและพัฒนาต่อไปโดยผ่านกระบวนการ merogony และ sporogony ซึ่งมีแคลเซียมเป็นสารที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าออสโมลาลิตีในสปอร์ ส่งผลต่อการปล่อย polar tube ออกมา<sup>16</sup> โดยแรงที่เกิดขึ้นนี้สัมพันธ์กับจำนวนขดของ polafilament ด้วย

Merogony เมื่อ sporoplasm เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้านจะเรียกว่า meronts ซึ่งมีการแบ่งตัวและรวมกันเป็นกลุ่มด้วยผนังเซลล์ในไซโตพลาสซึม ผ่านกระบวนการ binary หรือ multiple fission ต่อมาจะมีการแบ่งตัวของนิวเคลียสแบบซ้ำๆ (karyokinesis) ก่อนที่จะเกิดการแบ่งเซลล์ (cytokinesis) ทำให้เกิดลักษณะที่สังเกตเห็นง่ายคือ มีหลายนิวเคลียสและถูกห่อหุ้มด้วยเยื่อ (plasma membrane) สภาวะเช่นนี้พบได้ในกลุ่ม *Enterocyto-*

*zoon bienewsi*<sup>21</sup> หรือเป็นกลุ่ม microsporidia ที่มีลักษณะต่อต้านคล้ายริบิ้นใน *Septata intestinalis*<sup>18</sup>

Sporogony เกิดขึ้นจากการที่ meront พัฒนาไปเป็น sporont ลักษณะที่พบคือ มีรูปร่างไม่แน่นอน ขอบหนาตัวขึ้น โดย meront จะใช้กระบวนการเจริญเติบโตและรวมตัวของนิวเคลียสเริ่มเห็นโครงสร้างคล้ายสปอร์ ที่เรียกว่า sporoblast และมีการพัฒนาต่อไปจนเกิดสปอร์ที่สมบูรณ์ (mature spore) ที่มีขอบหนาขึ้น<sup>9</sup> แยกออกมาเป็นสปอร์ที่ชัดเจนพร้อมที่จะออกสู่สิ่งแวดล้อมต่อไป

Host-parasite interface ความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างเซลล์เจ้าบ้านและ microsporidia ขึ้นอยู่กับสกุลของแต่ละ microsporidia เช่น *E. bienewsi* เจริญในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้านเท่านั้น<sup>21</sup> ส่วน sporogony ของทั้ง *Enterocytozoon* และ *Septata* spp. จะเกิด parasitophorous vacuole ที่ถูกกั้นไว้ด้วยเยื่อหุ้มของเซลล์เจ้าบ้าน<sup>22-23</sup> นอกจากนั้นยังพบว่า *Pleistophora* sp. เจริญในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้านโดยมี sporophorous vesicle ที่หนาตัวขึ้นจากการที่ปรสิตรูปใช้เยื่อหุ้มของ เซลล์เจ้าบ้านมาหุ้มเอง<sup>24</sup>



**Figure 2** Hypothetical concepts of cell invasion of microsporidia. (Modified from Vivarès and Méténier, 2001.)

**การจัดจำแนกสายพันธุ์ (Taxonomy)** ในการจัด phylogenetic tree ของ microsporidia นั้นต้องใช้ข้อมูลจากหลากหลายเทคนิคในห้องปฏิบัติการ เช่น โครงสร้างของสปอร์ ทั้งภายนอกและภายใน การย้อมพิเศษ การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบธรรมดา (LM) กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (transmission electron microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope) รวมทั้งการใช้ polymerase chain reaction (PCR) และการหาลำดับเบสเปรียบเทียบกับข้อมูลใน GenBank<sup>7</sup> ทำให้สามารถแบ่งกลุ่มของ microsporidia ได้ดังนี้

### *Enterocytozoon* spp.

*Enterocytozoon bieneusi* Desports และคณะ<sup>25</sup> ได้รายงานการตรวจพบในเซลล์บุลำไส้เล็กในผู้ป่วย AIDS ที่มีอาการท้องร่วงร่วมด้วยและพบ microsporidia ชนิดนี้ในอวัยวะของระบบทางเดินอาหาร เช่น ในถุงน้ำดี ท่อน้ำดี ตับ<sup>26</sup> ท่อน้ำดีอ่อน ในระบบทางเดินหายใจ เช่น หลอดลมและในเยื่อบุโพรงจมูก<sup>27</sup>

*Enterocytozoon salmonis* มีการพบการติดเชื้อ microsporidia ชนิดนี้ในปลาเซลมอน<sup>25</sup> และพบวงจรชีวิตหลังจากติดเชื้อชนิดนี้โดยตรงในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้าน โดยไม่มีการสร้าง sporoplasm vesicle หรือ panspiroblastic membrane และไม่พบการแบ่งตัวของนิวเคลียสเป็นคู่ (diplokaya) ในทุกช่วงของพัฒนาการ แต่พบว่ามีหลายนิวเคลียสที่ต่อกันเป็นสายในช่วงแรกของการเกิด plasmodium และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ไม่เกิน 6 ไมโครเมตร เมื่อศึกษาด้วย TEM พบว่า microsporidia ชนิดนี้มีความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งใช้เป็นส่วนช่วยในการแยกสกลด้วยส่วนที่ทึบแสงด้านบนจะพัฒนาไปเป็นแผ่นที่เรียกว่า anchoring disc ซึ่งต่อมาจะพบ sporoblast พัฒนาใน plasmodium ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและยังคงพบเยื่อหุ้ม (plasmalema) ในระยะ plasmodialsporont และมีท่อยื่นออกมา เรียกว่า polar filament โดยที่โครงสร้างนี้จะพันรอบนิวเคลียส เมื่อพัฒนาต่อเป็น mature spore พบว่าจำนวนขดของ polar tube จะมากขึ้นและอัดแน่นในสปอร์ทำให้เกิดโครงสร้างเฉพาะที่สังเกตได้ คือ สปอร์มีรูปร่างรีขนาด 0.7-0.98x1.08-1.64 ไมโครเมตร มีเปลือกหุ้ม 2 ชั้นและมี polar filament ขด 5-7 รอบ การศึกษาโครงสร้างของสปอร์ในแนวตัดขวางจะพบว่า polar tube เรียงเป็น 2 แถว โดยมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง<sup>21</sup>

### *Encephalitozoon* spp.

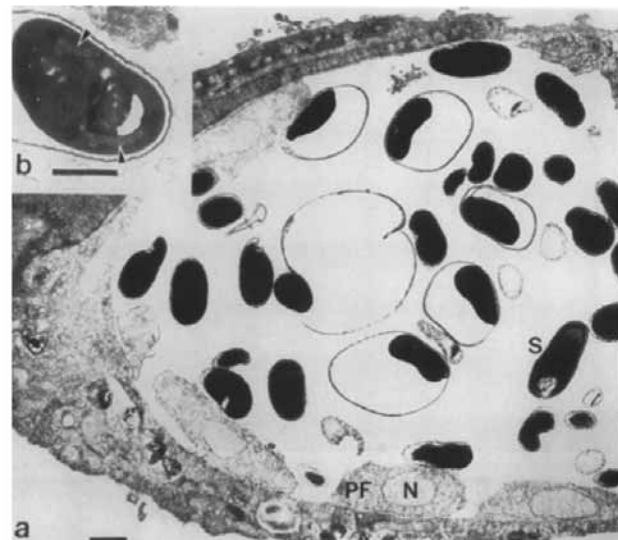
*Encephalitozoon cuniculi* มีรายงานการแพร่เชื้อในกระต่ายเป็นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1922<sup>29</sup> จึงได้รับการตั้งชื่อว่า *Encephalitozoon cuniculi* โดย Levaditi, Nicolau, Schoen ต่อมาในปี ค.ศ. 1923<sup>30-31</sup> สัตว์ที่เลี้ยงลูกด้วยนมพบการแพร่เชื้อปรสิตชนิดนี้ใน macrophage เซลล์บุผิว เซลล์บุหลอดเลือด เซลล์บุท่อไต เนื้อเยื่อสมอง

*Encephalitozoon hellem* มีรายงานใน ค.ศ. 1991 ว่าเชื้อปรสิตนี้มีการแพร่เชื้อได้ในเซลล์บุผิวของตาขาว เปลือกตา จมูก รวมถึงเนื้อเยื่อสมอง ไต ของผู้ป่วย AIDS<sup>32</sup>

*Encephalitozoon cuniculi* พบการแพร่เชื้อปรสิตนี้ในผู้ป่วยเด็ก 2 ราย ซึ่งไม่พบความสัมพันธ์กับการติดเชื้อ AIDS<sup>33</sup> แต่ในรายที่พบการแพร่เชื้อในเนื้อเยื่อตับ<sup>34</sup> ร่วมกับการติดเชื้อในช่องท้อง<sup>35</sup> จะเป็นกลุ่มคนไข้ที่มีความสัมพันธ์กับ

### AIDS

วงจรชีวิตของ *Encephalitozoon* spp. เนื่องจากปรสิตนี้มีวงจรชีวิตในเซลล์เจ้าบ้าน ทำให้มีการใช้กระบวนการกินเยื่อหุ้มเซลล์ของเจ้าบ้านเพื่อทำให้เกิด parasitophorous vacuole (Figure 3) พบว่า meront มีการแบ่งนิวเคลียสแบบ binary fission อยู่ชิดด้านเยื่อหุ้มที่ติดกับช่องว่าง ทำให้รูปร่างของ meront พบได้ทั้งเป็นวงรีหรือเป็นวงกลม ขนาดประมาณ 1-3x2-3 ไมโครเมตร ขั้นตอนการสร้างสปอร์ เกิดจาก sporont ถูกแบ่งตัวตรงกลางของ parasitophorous vacuole ได้เป็น 2 sporoblasts และพัฒนาต่อไปจนได้สปอร์ที่สมบูรณ์ พบว่าขนาดสปอร์ของ *E. hellem* ประมาณ 1.0-1.5x2.0-2.5 ไมโครเมตร polar tube ขดอยู่ภายในสปอร์มี 5-7 รอบ



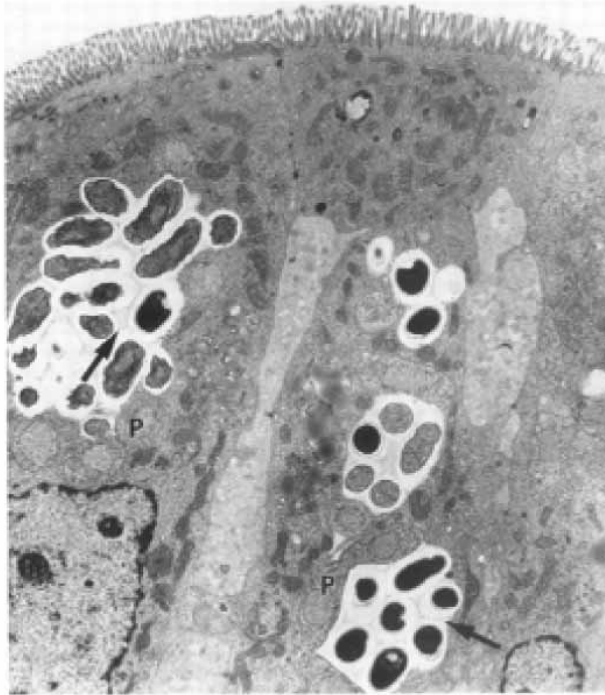
**Figure 3** The electron micrograph of the mature spore in the infected fibroblast in the HIV patient. Nucleus(N), proliferative forms (PF), Bar = 1 mm. (Modified from Weber R, et al.1994.)

*Sepata intestinalis* การแพร่เชื้อปรสิตนี้มีรายงานครั้งแรกโดย Calli และคณะ (1993)<sup>22, 36</sup> ตรวจพบเชื้อปรสิตนี้ในเซลล์บุผิวของลำไส้ และ macrophage ที่แทรกในชั้น lamina propria ในลำไส้ของผู้ป่วย AIDS ต่อมา มีรายงานในผู้ป่วย AIDS ที่มีภาวะท้องร่วงอย่างรุนแรง<sup>36-38</sup> ซึ่งตรวจพบการติดเชื้อปรสิตนี้ได้ในเซลล์บุผิวของทางเดินน้ำดี หลอดลม จมูก และไต<sup>22, 37- 38</sup>

*S. intestinalis* มีสัณฐานวิทยาและพัฒนาการของการติดเชื้อคล้ายกับ *E. encephalitozoon* spp.<sup>22</sup> พบว่าช่วงที่เป็น meront เชื้อปรสิตนี้จะแบ่งเซลล์ในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้าน ทำให้ความยาวของ meront เพิ่มขึ้น ต่อมาจะมีช่องว่างมาคั่นระหว่างนิวเคลียส แต่ต่างกับ *S. intestinalis* ที่



มีการพัฒนาเยื่อหุ้มที่มากขึ้นแต่ละนิวเคลียสจนเป็น เกิดผนังกัน (septum) จึงเป็นที่มาของการตั้งชื่อ *septata* การเกิด mature spore จะพบว่ามีความหนาเพียง 1.2x2 ไมโครเมตรและมี polar tube ที่มีความหนาเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มม. X 1.2 ไมโครเมตรซึ่งพันเป็นขด 4-7 รอบ (Figure 4)



**Figure 4** The electron micrograph of the spore of the *S. intestinalis*. Proliferative forms (P) Magnification, X7,260. (Modified from Weber R, et al.1994)

*Pleistophora* sp. ปรสิตนี้พบได้ในแมลง ในสัตว์มีกระดูกสันหลังโดยพบมากที่สุดในปลา<sup>39</sup> ในคนพบการแพร่เชื้อของปรสิตนี้ในเซลล์กล้ามเนื้อของผู้ป่วย AIDS ร่วมกับการอักเสบของกล้ามเนื้อ<sup>27, 40</sup> พบว่าการแพร่เชื้อปรสิตนี้เกิดขึ้นในไซโตพลาสซึมของเซลล์เจ้าบ้านจะมีลักษณะพิเศษคือ ปรสิตจะสร้างถุงน้ำมาเชื่อมกับเซลล์เจ้าบ้านทำให้ผนังหนาตัวขึ้น ถุงน้ำที่เกิดขึ้นเรียกว่า sporophorous vesicle การแบ่งตัวของนิวเคลียสตลอดวงจรชีวิตจะไม่พบเป็นคู่ ในช่วง merogony จะพบการแบ่งตัวของนิวเคลียสเรียงต่อกันไปมากมาย ทำให้เกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า multinucleate plasmodia เมื่อเข้าสู่ sporogony การเกิดสปอร์พบว่ามีความสัมพันธ์กับจำนวนนิวเคลียสภายใน plasmodium พบว่าขนาดของสปอร์ประมาณ 2.8x3.2-3.4 ไมโครเมตร ท่อของ polar tube มีจำนวนขดอยู่ภายในสปอร์ 9-12 รอบ

*Nosema* spp. เป็น *Microsporidian* spp. พบว่าเป็นปรสิตที่ได้รับการตั้งชื่อเป็นชนิดแรก<sup>39</sup> การแพร่เชื้อของปรสิตชนิดนี้ พบว่าแพร่เชื้อโดยตรงเข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน ในช่วง meront นิวเคลียสมีการแบ่งตัวเป็นคู่<sup>16,41</sup> การติดเชื้อปรสิตชนิด *Nosema* spp. ในคนมีรายงานเพียง 1 ราย จากการชันสูตรศพของเด็กที่ไม่มีต่อมไทมัส (athymic child)<sup>42</sup> โดย Margileth และคณะในปี ค.ศ. 1973 ซึ่งการตรวจผลชิ้นเนื้อพบเพียง sporoblast และ mature spore ที่มีความหนา 2.0-2.5x4.1-4.5 ไมโครเมตร มีท่อ polar tube ขดเป็นวงในสปอร์จำนวน 11 รอบ และได้ตั้งชื่อปรสิตนี้ว่า *Nosema connori* (Figure 5)



**Figure 5** The electron micrograph of the *Nosema connori*. (X30,000) (Modified from <http://emedicine.medscape.com/article/221631-overview>)

*Microsporidium* ในการศึกษาที่ผ่านมา การจัดจำแนกปรสิตนี้ใช้ลักษณะเฉพาะของวงจรชีวิตในเซลล์เจ้าบ้าน โครงสร้างภายในสปอร์ รวมทั้งการแพร่เชื้อในสิ่งมีชีวิตต่างๆ แต่ยังคงมีกลุ่มปรสิตนี้ที่ไม่สามารถจัดกลุ่มตามอนุกรมวิธาน (Taxonomy) ตามที่กล่าวมาได้ อาจเนื่องจากข้อมูลของวงจรชีวิต สันฐานวิทยา ชีวโมเลกุลจากฐานข้อมูลของ GenBank อย่างเช่น *Microsporidium ceylonensis* (ในผู้ป่วย corneal ulcer)<sup>41</sup>, *Microsporidium africanum* (ในผู้ป่วย corneal stroma) จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มของ microsporidium

**ระบาดวิทยา (Epidemiology)** พบข้อมูลการติดเชื้อ microsporidia ในคนมากขึ้นแต่ยังไม่สามารถอธิบายกลไกและวิธีการถ่ายทอดจากสัตว์สู่คนได้ครบถ้วน พบว่ารายงานครั้งแรกพบในผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง HIV-Microsporidiosis

ดังนั้นการระบาดที่เกิดขึ้นในคนจึงแบ่งได้เป็น กลุ่มที่ 1 ผู้ป่วยติดเชื้อ HIV และกลุ่มที่ 2 ผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง (CD4 < 100 cells/microl)<sup>46</sup> ณ ปัจจุบัน การศึกษาระบาดของวิทยาในคนพบว่า มีอัตราการเพิ่มขึ้นของภาวะแทรกซ้อนในการเกิดภาวะถ่ายอุจจาระเหลวหรือสูญเสียน้ำเป็นร้อยละ 7-50<sup>47-55</sup> และอัตราความเสี่ยงจากการติดเชื้อจากสัตว์ปีกเพิ่มเป็นร้อยละ 3 จากการรายงานผู้ป่วยติดเชื้อ HIV จำนวน 2652 คนในเปรู<sup>56</sup> นอกจากนี้ยังพบรายงานจากผู้ป่วย 106 คน พบว่ามีถึงร้อยละ 15 จากการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร ซึ่งในกรณีดังกล่าวอาจพบและไม่พบผู้ป่วยมีภาวะถ่ายอุจจาระเหลวร่วมด้วย<sup>57</sup>

การติดเชื้อ microsporidia ในกลุ่มผู้ป่วยที่ไม่ได้ติดเชื้อ HIV เช่นในผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่ปลูกถ่ายเนื้อเยื่อไขกระดูก ไต พบผู้ป่วยมีอาการถ่ายอุจจาระเหลวเรื้อรังภายหลังจำนวน 47 ราย และผู้ป่วยจำนวน 17 ราย ที่ตรวจ PCR ในระบบทางเดินอาหารพบเชื้อ *E. bienersi*<sup>58</sup> ทั้งนี้ยังไม่พบกลไกการก่อโรคในคนจากการที่ mature spore แทรกเข้ามาก่อโรคในผู้ป่วยที่มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง ซึ่งพบว่าวงจรชีวิตของ microsporidia บางส่วนอยู่ในสัตว์ ทำให้เป็นที่น่าสังเกตว่าการติดเชื้อนี้อาจมีปัจจัยของสปอร์ซีสต์ของ microsporidia มีส่วนสำคัญในการติดเชื้อดังกล่าวด้วย<sup>59</sup> ทำให้การวินิจฉัยการติดเชื้อนี้ต้องใช้ทั้งหลักฐานวิทยา ระยะเวลาต่างๆ ของปรสิตที่พบในเซลล์เจ้าบ้าน ช่วงที่การระบาดของเชื้อ รวมทั้งความสามารถในการตอบสนองต่อต้านเชื้อของเซลล์เจ้าบ้านด้วย มีการทดลองครั้งแรกโดยใช้ *E. cuniculi* ที่เลี้ยงในหนู นำซีรัมมาตรวจสอบพบแอนติบอดีต่อเชื้อ<sup>60-61</sup>

การถ่ายทอดเชื้อสู่คน การติดเชื้อของ *Microsporidia* spp. ในคน ยังไม่พบกลไกและโฮสต์กักเก็บเชื้อ (reservoir host) และโฮสต์ตัวกลาง (intermediate host) ที่ชัดเจน มีรายงานการติดเชื้อในคนของ *Enterocytozoon* sp. ซึ่งตรวจพบเชื้อในอุจจาระ ปัสสาวะ สารคัดหลั่งจากทางเดินหายใจ ส่วนมากในสัตว์จะพบการติดเชื้อของ *Encephalitozoon* sp. ซึ่งมีรายงานการติดเชื้อจาก *E. cuniculi* จากสัตว์มาสู่คน<sup>32, 60-61</sup> *N. algerae* มีวงจรชีวิตในยู่ง ในการทดลองพบสปอร์แต่ไม่สามารถถ่ายทอดสู่หนูขาวได้<sup>62</sup> ยังไม่พบรายงานการติดเชื้อมาสู่คนได้แม้จะพบสปอร์ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่กล่าวมา<sup>63</sup>

มีความเป็นไปได้ว่าการถ่ายทอดของเชื้อเข้าสู่คนจะเกิดจากการได้รับเข้าสู่ร่างกายโดยตรงจากการรับประทานอาหารที่มีอุจจาระปนเปื้อน<sup>37</sup> การร่วมเพศ<sup>64</sup> ซึ่งทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะและทวารหนักได้ เช่น *Enterocytozoon* sp. จากผลของระบาดวิทยาในสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ (กบ)<sup>65</sup> สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (สุนัข ลิง)<sup>66-67</sup> พบการถ่ายทอดของ *Encephalitozoon hellem* จากแม่สู่ลูกทางรกได้<sup>67-68</sup>

**พยาธิวิทยาสรีรวิทยา (Pathophysiology)** การศึกษาพยาธิวิทยาของ sporidiosis ในคนทำได้ในวงจำกัด เนื่องจากตรวจพบไม่ครบวงจรชีวิตของ microsporidia อีกทั้งยังพบในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่องในโรงพยาบาล ทำให้การตรวจหาเชื้อจากสิ่งส่งตรวจที่เกิดความผิดปกติของระบบต่างๆ ของผู้ป่วยเป็นไปได้ยาก ดังนั้นการตรวจพบเชื้อจากสารคัดหลั่ง เสมหะ น้ำปัสสาวะ และอุจจาระ ทำให้การอธิบายพยาธิสรีรวิทยาของโรคยังไม่ครบถ้วน แต่สามารถอธิบายการติดเชื้อแยกตามสกุลและระบบต่างๆ ของร่างกายได้ดังนี้

1. ระบบทางเดินอาหารเกิดจากการติดเชื้อของ *Enterocytozoon bienersi* เชื้อนี้พบการกระจายของเชื้อในเซลล์บุผิวของลำไส้และทางเดินน้ำดี เริ่มเข้าสู่เซลล์ทางด้านบนของเซลล์ ทำลายเซลล์อย่างรุนแรง ทำลายโกเบิลท์เซลล์ (goblet cell) เกิดภาวะเซลล์ฝ่อ (atrophy) และเชื่อมติดกันทำให้เกิดโรคลำไส้ (enteropathy) ในผู้ป่วย AIDS (AIDS enteropathy)<sup>69</sup> นอกจากนี้ยังพบการติดเชื้อเซลล์บุผิวที่ทางเดินหายใจ เซลล์ท่อของตับอ่อน เซลล์ตับ ไม่พบว่ามีการทำลายเซลล์ แต่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์บริเวณที่มีการอักเสบ ต่อมาจะพบการตีบของท่อทางเดินน้ำดี การวินิจฉัยทางจุลกายวิภาค (Histological study) พบว่า *E. bienersi* อยู่ในเนื้อเยื่อยึดต่อไตเยื่อบุผิว (lamina propria)<sup>70</sup>

2. ระบบทางเดินอาหาร เกิดจากการติดเชื้อและแพร่กระจายของ *S. intestinalis* พบการอักเสบของลำไส้เล็ก ร่างกายมีปฏิกิริยาตอบสนองในขณะที่เชื้อเข้าสู่เซลล์บุผิว มีความสัมพันธ์กับมาโครฟาจเซลล์บุหลอดเลือด (endothelial cell) เซลล์สร้างเส้นใย (fibroblast) ใน lamina propria ยังพบความสัมพันธ์ของมาโครฟาจกับการติดเชื้อในไต ทางเดินหายใจส่วนล่าง ท่อทางเดินน้ำดี Histological study พบการเปลี่ยนแปลงเนื้อเยื่อต่อการอักเสบเรื้อรังของท่อไต (granulomatous tubulointerstitialnephritis) โดยมีเซลล์เม็ดเลือดขาวมารวมตัวกัน เช่น มาโครฟาจลิมโฟไซต์พลาสมาเซลล์และเซลล์ยักษ์แบบแลงฮานส์ (Langhan-type multinucleated giant cell)

3. การแพร่กระจายของเชื้อ *Encephalitozoon* spp. จากสัตว์ (encephalitozoonosis) โดยปกติแล้วขนาดที่เล็กของสปอร์ทำให้เกิดการติดต่อดังกล่าวโดยพบที่เซลล์บุระบบทางเดินอาหารต่อมาพบในระบบประสาทส่วนกลางในหนู ส่วนในคนพบว่า *Encephalitozoon hellem* ไม่พบการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหาร แต่พบในเซลล์บุตา ทางเดินหายใจ ทางเดินปัสสาวะ กลไกการติดเชื้อยังไม่สามารถอธิบายได้ แต่มีรายงานผลชิ้นเนื้อของผู้ป่วย AIDS เชื่อว่าเกิดจากการได้รับเชื้อทางระบบทางเดินหายใจ<sup>71</sup> และยังเป็นเส้นทางการแพร่เชื้อต่อไป

ของสปอร์ด้วย พบการติดเชื้อในทางเดินหายใจส่วนต้นและแพร่เข้าสู่กระแสเลือดและกระจายไปยังไต มีการกระจายของเชื้อทำให้เกิด interstitial nephritis พบทั้ง มาโครฟาจ และพลาสมาเซลล์ ในบริเวณที่เกิดเนื้อเยื่อเน่าตาย

ส่วนในตับของผู้ป่วย HIV มีสปอร์ของเชื้อในเซลล์ตับ<sup>31</sup> และยังมีพบเนื้อเยื่อเน่าตายแบบ granulomatous necrosis ร่วมด้วย

แม้ว่าจะพบเชื้อ *Enterocytozoon bieneusi*, *Encephalitozoon hellem* และ *S. intestinalis* ในระบบทางเดินหายใจ จากการเก็บสารคัดหลั่งหลังด้วยการทำ bronchoalveolar lavage เมื่อทำการทดลองในกระต่ายโดยการฉีดสปอร์เข้าไปในจมูกโดยตรง ยังไม่สามารถสรุปการติดเชื้อโดยตรงได้จากการทดลองนี้ แต่มีรายงานเพียงพบว่ามี การติดเชื้อรอบสองในระบบทางเดินอาหารเป็นที่น่าสังเกตว่า การติดเชื้อ *Encephalitozoon* ในสัตว์น่าจะมาจากผ่านการมีเพศสัมพันธ์ทำให้เกิดการติดเชื้อในทางเดินอาหารส่วนปลาย<sup>72</sup>

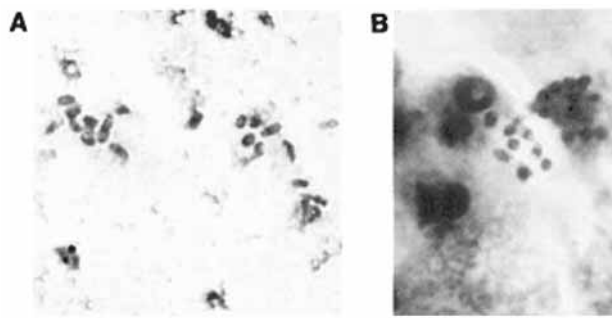
4. การติดเชื้อของ *Nosema* พบรายงานในผู้ป่วยเด็ก อายุ 4 เดือน จากผลการตรวจชิ้นเนื้อพบการติดเชื้อในทุกอวัยวะ ยกเว้นตับอ่อน<sup>42</sup> โดยพบมากที่กล้ามเนื้อกระบังลม ต่อมากระจายของเชื้อเข้าสู่กระแสเลือดแล้วแพร่กระจายไปยังอวัยวะต่างๆ

5. กล้ามเนื้ออักเสบ (Myositis) พบ Microsporidia ที่ทำให้เกิดการติดเชื้อเป็นกลุ่มของสปอร์ในกล้ามเนื้อปลาคือ *Pleistophora* sp. มีรายงานการติดเชื้อในผู้ป่วย AIDS 2 ราย พบเซลล์เม็ดเลือดขาวในกลุ่มตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกัน เช่น ลิมโฟไซต์พลาสมาเซลล์อีสตีโอไซต์รอบๆ กล้ามเนื้อที่มีการอักเสบ<sup>24, 43</sup> ยังไม่พบการรับเชื้อจากภายนอก

6. ตาอักเสบ (Ocular infection) เป็นการติดเชื้อที่พบได้บ่อยของโรคนี้ในผู้ป่วยภูมิคุ้มกันบกพร่อง และในผู้ป่วยที่พบ *Nosema* sp. เป็นเชื้อที่ติดต่อกันและมีความสัมพันธ์กับผู้ป่วยที่มีตาอักเสบแบบ keratitis และ corneal ulcer พบสปอร์ในมาโครฟาจแทรกในชั้นแก้วตา ร่วมกับมีเซลล์เม็ดเลือดขาว mononuclear monocyte และ neutrophil<sup>14, 43</sup>

**การตรวจวินิจฉัยโรค**

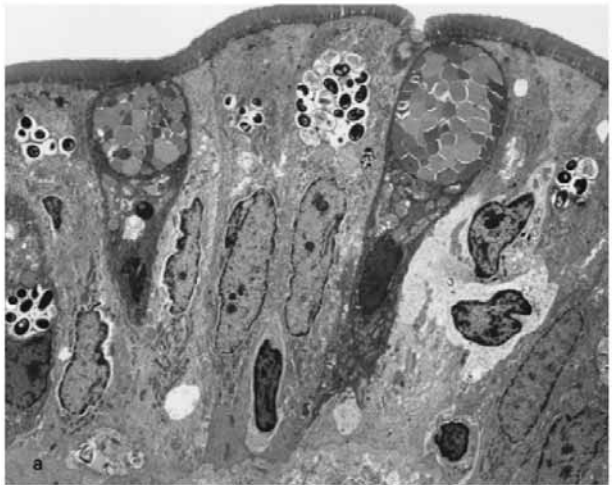
ในการวินิจฉัยที่นิยมคือการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสงและอิเล็กตรอนสัณฐานวิทยาของแต่ละช่วงพัฒนา sporogony, merogony ขนาด รูปร่างของสปอร์ในแต่ละ Microsporidia spp. ที่แตกต่างกัน นำมาซึ่งการวินิจฉัยแยกเชื้อในเนื้อเยื่อต่างๆ ของผู้ป่วย เทคนิคนี้พัฒนามากในการตรวจหาเชื้อในอุจจาระ<sup>67</sup> ด้วยการย้อม Giemsa, trichrome<sup>73</sup>, H&E, chromotrope นำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Figure 6)



**Figure 6** The light micrograph of the specific stain (Ryan-Blue modified trichrome) of the microsporidial spores. (A) The spores from the feces, (B) The spores from the intestinal epithelium (Modified from Garcia SL. 2002.)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน ใช้ในการแยก microsporidia แต่ละสปีชีส์ จากขนาดและรูปร่างของสปอร์ และศึกษาภายในโดยการนับจำนวนขดของ polar filament รอบเป็นแบบเดี่ยวหรือคู่ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการเตรียมเนื้อเยื่อ ขนาดของเนื้อเยื่อที่เล็ก (1x1 มิลลิเมตร) ปริมาณของเชื้อในสิ่งส่งตรวจ ความชำนาญในการแยกประเภท ทำให้การวินิจฉัยแยกโรคได้ช้า (Figure 7)

*Enterocytozoon* spp. สามารถมีการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายจะใช้การตรวจหาแอนติบอดีในซีรัม ส่วน *Nosema* sp. และ *Encephalitozoon* sp. สามารถเพาะเลี้ยงเชื้อได้ จากข้อมูลของ GenBank ทำให้สามารถใช้ PCR ในการตรวจหาเชื้อนี้ได้ และพัฒนา probe ทำ immunohistochemistry ในการตรวจวินิจฉัยได้แม่นยำยิ่งขึ้น



**Figure 7** The electron micrograph of the *Encephalitozoon intestinalis* in the small intestine. (Modified from Garcia SL. 2002.)

ในปี ค.ศ. 2011 มีการตรวจในผู้ป่วย keratitis จำนวน 30 ราย โดยใช้เทคนิค PCR นำ primers ตรวจหาเชื้อ microsporidia spp. (*Vittaforma corneae*) ได้ PCR product 1200 bp พบเชื้อนี้จำนวน 10 ราย<sup>74</sup> จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการตรวจหาเชื้อที่มีปริมาณน้อย รวดเร็ว และผู้ป่วยจำนวนมาก

## บทสรุป

การติดเชื้อ microsporidia ในคนมีรายงานในกลุ่มผู้ป่วยติดเชื้อ HIV และผู้ป่วยมีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องเป็นส่วนมาก กลไกการกระจายของเชื้อเข้าสู่คนยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด มักจะเป็นการติดเชื้ออย่างรุนแรงในระบบทางเดินอาหาร ทางเดินปัสสาวะ ทางเดินหายใจ และตา แม้ว่าจะมีการทดลองนำสปอร์ของเชื้อสปอร์ี่ร์ต่างๆ มาฉีดเข้าโดยตรงกับสัตว์ทดลอง แต่ยังไม่สามารถยืนยันการติดต่อสู่คนได้อย่างชัดเจน พบการรวมกลุ่มของเม็ดเลือดขาวชนิดต่างๆ โดยรอบเนื้อเยื่อที่เน่าตาย ซึ่งเป็นการตอบสนองของระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วยในแต่ละอวัยวะที่ถูกรุกราน การศึกษาจากเนื้อเยื่อวิทยาตลอดจนการตรวจพิเศษต่างๆ จึงพัฒนาเพื่อให้ทันต่อการตรวจวินิจฉัยที่รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น Microsporidiosis ในคน นอกจากจะคำนึงถึงการชักประวัติการติดเชื้อ HIV การตรวจร่างกาย ยังต้องทำการเก็บสารคัดหลั่ง และเนื้อเยื่อ ของผู้ป่วยเพื่อทำการตรวจวินิจฉัยโดยใช้การย้อมพิเศษเพื่อตรวจสอบสปอร์ เพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาและการสกัดสารพันธุกรรมของ microsporidia ที่ก่อโรคเพื่อใช้การตรวจวินิจฉัยด้วยเทคนิค PCR ที่มีประสิทธิภาพสูงในการวินิจฉัย Microsporidiosis ในผู้ป่วยต่อไป จากการพบทวนวรรณกรรมยังพบความยากลำบากในการวินิจฉัยโรคนี้จากการตรวจด้วยเทคนิคต่างๆ ที่กล่าวมา จึงควรมีการศึกษาสารพันธุกรรมของเชื้อนี้ในสัตว์และในคนเพื่อให้เกิดการรายงานเข้าไปใน GenBank accession number ทำให้การตรวจวินิจฉัยได้เร็วขึ้นและแม่นยำมากยิ่งขึ้นต่อไป

## เอกสารอ้างอิง

- Canning EU, Lom J. The microsporidia of vertebrates. Academic Press, Inc., New York. 1986.
- Shadduck JA, Pakes SP. Spontaneous disease of laboratory animals which interfere with biomedical research: Enterocytozoonosis and toxoplasmosis. Am J Pathol 1971;64:657-674.
- Siebold HR, Fessell EN. Intestinal microsporidiosis in *Callicebus moloch*. Lam AnimSci 1973;23:115-118.
- Mathis A., Weber R, Deplazes, P. Zoonotic potential of the microsporidia. *Clinical Microbiology Reviews* 2005;18(3):423-445.
- Leelayoova S, Subrungruang I, Rangsin R, Chavalitshewinkoon-Petmitr P, Worapong J, Naaglor T, Mungthin M. Transmission of *Enterocytozoon bieneusi* genotype A in a Thai orphanage. Am J Trop Med Hyg 2005;73:104-107.
- Suankratay C, Thiansukhon E, Nilaratanakul V, Putaporntip C, Jongwutiwes S. Disseminated Infection Caused by Novel Species of Microsporidium, Thailand. Emerg Infect Dis. 2012;18(2):302-304.
- Matos O, Lobo ML, Xiao L. Epidemiology of *Enterocytozoon bieneusi* infection in humans. J Parasitol Res 2012;2012: 1-19.
- Sprague V, Becnel JJ, Hazard EI. Taxonomy of phylum Microspora. Crit Rev Microbiol 1992;18: 285-395.
- Weidner EZ. Ultrastructural study of microsporidian invasion into cells. Parasitenkd 1972;40:227-242.
- De Groote MA, Visvesvara G, Wilson ML, Pieniazek NJ, Slemenda SB, DaSilva AJ, Leitch GJ, Bryan RT, Reves R. PCR and culture confirmation of disseminated *Encephalitozoon cuniculi* in a patient with AIDS: successful therapy with albendazole. J Infect Dis 1995;171:1375-1378.
- Tosoni A, Nebuloni M, Ferri A, Bonetto S, Antinori S, Scaglia M, Xiao L, Moura H, Visvesvara GS, Vago L, Costanzi G. Disseminated microsporidiosis caused by *Encephalitozoon cuniculi* (dogtype) in an Italian AIDS patient: a retrospective study. Mod Pathol 2002; 15:577-583.
- Fayer R. Infectivity of microsporidia spores stored in seawater at environmental temperatures. J Parasitol 2004;90:654-657.
- Canning EU, Lom J, Dykova I. The *Microsporidia* of vertebrates. Academe Press. New York 1986.
- Shadduck JA, Polley MB. Some factors influencing the *in vitro* infectivity and replication of *Encephalitozoon cuniculi*. J Protozool 1978;25:491-496.
- Koudela B, Kučerová Š, Hudcovic T. Effect of low and high temperatures on infectivity of *Encephalitozoon cuniculi* spores suspended in water. Folia Parasitol 1999;46:171-174.

16. Franzen C. How do microsporidia invade cells? *Folia Parasitol Rev* 2005;52:36–40.
17. Bigliardi E, Saxshi L. Cell biology and invasion of the microsporidia. *Microbes Infect* 2001;3:373–379.
18. Magaud A, Achbarou A, Desportes LI. Cell invasion by the microsporidium *Encephalitozoon intestinalis*. *J Eukaryot Microbiol* 1997;44:81S.
19. Foucault C, Drancourt M. Actin mediates *Encephalitozoon intestinalis* entry into the human enterocyte-like cell line, Caco-2. *Microb Pathog* 2000;28:51–58.
20. Weber R, Bryan RT, Schwartz DA, Owen RL. Human microsporidial infections. *Clin Microbiol Rev* 1994;7(4): 426-461.
21. Cali A, Owen RL. Intracellular development of *Enterocytozoon*, a unique microsporidian found in the intestine of AIDS patients. *J Protozool* 1990;37:145-155.
22. Cali A, Kotler DP, Orenstein JM. *Septata intestinalis* n.g., n.sp., an intestinal microsporidian associated with chronic diarrhea and dissemination in AIDS patients. *J Protozool* 1993;40:101-112.
23. Canning EU. Microsporidia.. In Kreier JP, Baker JR, editors. *Parasitic protozoa*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press; 1993. vol. 6. P. 299-385.
24. Chup GL, Alroy J, Adelman LS, Breen JC, Skolnik PR. Myositis due to *Pleistophora* (microsporidia) in a patient with AIDS. *Clin Infect Dis* 1993;16:15-21.
25. Desportes IY, Le C, Galian A, Bernard F, Cochand-Priollet B, Lavergne A, Ravisse P, Modigliani R. Occurrence of a new microsporidian, *Enterocytozoon bieneusi* n.g., n.sp., in the enterocytes of a human patient with AIDS. *J Protozool* 1985;32:250-254.
26. Pol S, Romana C, Richard S, Carnot F, Dumont JL, Bouche H, Pialoux G, Stern M, Pays JF, Berthelot P. *Enterocytozoon bieneusi* infection in acquired immunodeficiency syndrome-related sclerosing cholangitis. *Gastroenterology* 1992;102:1778-1781.
27. Hartskeerl RA, Schuitema ARJ, Gool TV, Terpstra J. Genetic evidence for the occurrence of extra-intestinal *Enterocytozoon bieneusi* infections. *Nucleic Acids Res* 1993;21:4150.
28. Chilmonczyk S, Cox WT, Hedrick RP. *Enterocytozoon salmonis* n.sp.: an intranuclear Microsporidium from salmonid fish. *J Protozool* 1991;31:264-269.
29. Wright JH, Craighead EM. Infectious motor paralysis in young rabbits. *J Exp Med* 1922;36:135-140.
30. Levaditi C, Nicolau S, Schoen R. L'agent etiologique de l'encephalite epizootique du lapin (*Encephalitozoon cuniculi*). *CR Soc Biol Paris* 1923;89:984-986.
31. Weiser J. On the taxonomic position of the genus *Encephalitozoon* Levaditi, Nicolau & Schoen, 1923 (Protozoa, Microsporidia). *Parasitol* 1964;54:749-751.
32. Didier ES, Didier PJ, Friedberg DN, Stenson SM, Orenstein JM, Yee RW, Tio F0, Davis RM, Vossbrinck C, Millichamp N, Shaddock JA. Isolation and characterization of a new human microsporidian, *Encephalitozoon hellem* (n.sp.), from three AIDS patients with keratoconjunctivitis. *J Infect Dis* 1991;163:617-621.
33. Matsubayashi H, Koike T, Hagiwara S. A case of *Enterocytozoon*-like body infection in man. *Arch Pathol* 1959;67:181-187.
34. Terada S, Reddy KR, Jeffers LJ, Cali A, Schiff ER. Microsporidian hepatitis in the acquired immunodeficiency syndrome. *Ann Intern Med* 1987;107:61-62.
35. Zender HO, Arrigoni E, Eckert J, Kapanci Y. A case of *Encephalitozoon cuniculi* peritonitis in a patient with AIDS. *Am. J Clin Pathol* 1989;92:352-356.
36. Cali A, Orenstein JM, Kotler DP, Owen RL. A comparison of two microsporidian parasites in enterocytes of AIDS patients with chronic diarrhea. *J Protozool* 1991;38:S96-S98.
37. Orenstein JM, Dieterich DT, Kotler DP. Systemic dissemination by a newly recognized intestinal microsporidia species in AIDS. *AIDS* 1992;6:1143-1150.
38. Orenstein JM, Tenner M, Cali A, Kotler DP. A microsporidian previously undescribed in humans, infecting enterocytes and macrophages, and associated with diarrhea in an acquired immunodeficiency syndrome patient. *Hum Pathol* 1992;23:722-728.
39. Canning, EU, Hollister WS. Microsporidia of mammals-widespread pathogens or opportunistic curiosities? *Parasitol Today* 1987;3:267-273.
40. Ledford DK, Overman MD, Gonzalo A, Cali A, Mester W, Lockey RF. Microsporidiosis myositis in a patient with acquired immunodeficiency syndrome. *Ann Intern Med* 1985;102:628-630.

41. Ashton N, Wirasinha PA. Encephalitozoonosis (Nosematosis) of the cornea. *Br J Ophthalmol* 1973;57:669-674.
42. Margileth AM, Strano AJ, Chandra R, Neafie R, Blum M, McCully RM. Disseminated nosematosis in an immunologically compromised infant. *Arch Pathol* 1973;95:145-150.
43. Pinnolis M, Egbert PR, Font RL, Winter FC. Nosematosis of the cornea. *Arch Ophthalmol* 1981;99:1044-1047.
44. Canning EU, Hollister WS. Human infections with microsporidia. *Rev Med Microbiol* 1992;3:35-42.
45. Didier ES, Shaddock JA, Didier PJ, Millichamp N, Vossbrinck DR. Studies on ocular microsporidia. *J Protozool* 1991;38:635-638.
46. Leder K, Weller PF. Microsporidiosis. Uptodate. Dec 17, 2014.
47. Kotler DP, Orenstein JM. Prevalence of intestinal microsporidiosis in HIV-infected individuals referred for gastroenterological evaluation. *Am J Gastroenterol* 1994;89:1998.
48. Eeftink-Schattenkerk JK, van Gool T, van Ketel RJ, Bartelsman JF, Kuiken CL, Terpstra WJ, Reiss P. Clinical significance of small-intestinal microsporidiosis in HIV-infected individuals. *Lancet* 1991;337:895.
49. Kotler DP, Francisco A, Clayton F, et al. Small intestinal injury and parasitic diseases in AIDS. *Ann Intern Med* 1990;113:444.
50. Contreas CN, Berlin OG, Lariviere MJ, Pandhymas SS, Speck CE, Porschen R, Nakaya T. Examination of the prevalence and seasonal variation of intestinal microsporidiosis in the stools of persons with chronic diarrhea and human immunodeficiency virus infection. *Am J Trop Med Hyg* 1998;58:559.
51. Framm SR, Soave R. Agents of diarrhea. *Med Clin North Am* 1997;81:427.
52. Wuhib T, Silva TM, Newman RD, Garcia LS, Pereira ML, Chaves CS, Wahlquist SP, Bryan RT, Guerrant RL, Sousa de Q. Cryptosporidial infections in human immunodeficiency virus-infection patients in northeastern Brazil. *J Infect Dis* 1994;170:494.
53. Drobniewski F, Kelly P, Carew A, Ngwenya B, Luo N, Pankhurst C, Farthing M. Human microsporidiosis in African AIDS patients with chronic diarrhea. *J Infect Dis* 1995;171:515.
54. Van Gool T, Luderhoff E, Nathoo KJ, Kiire CF, Dankert J, Mason PR. High prevalence of *Enterocytozoon bieneusi* infections among HIV-positive individuals with persistent diarrhea in Harare, Zimbabwe. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1995;89:478.
55. Sobottka I, Schwartz DA, Schottelius J, Visvesvara GS, Pieniazek NJ, Schmetz C, Nock NP, Laufs R, Albrecht H. Prevalence and clinical significance of intestinal microsporidiosis in human immunodeficiency virus-infected patients with and without diarrhea in Germany: a prospective coprodiagnosis study. *Clin Infect Dis* 1998;26:475.
56. Bern C, Kawai V, Vargas D, Rabke-Verani J, Williamson J, Chavez-Valdez R, Xiao L, Sulaiman I, Vivar A, Ticona E, Navincopa M, Cama V, Moura H, Secor WE, Visvesvara G, Gilman GH. The epidemiology of intestinal microsporidiosis in patients with HIV/AIDS in Lima, Peru. *J Infect Dis* 2005;191:1658.
57. Rabeneck L, Gyorkey F, Genta RM, Gyorkey P, Foote LW, Risser JM. The role of Microsporidia in the pathogenesis of HIV-related chronic diarrhea. *Ann Intern Med* 1993;119:895.
58. Lores B, López-Miragaya I, Arias C, Fenoy S, Torres J, del Aguila C. Intestinal microsporidiosis due to *Enterocytozoon bieneusi* in elderly human immunodeficiency virus-negative patients from Vigo, Spain. *Clin Infect Dis* 2002;34:918.
59. Weiss LM, Cali A, Levee E, Laplace D, Tanowitz H, Simon D, Wittner M. Diagnosis of *Encephalitozoon cuniculi* infection by Western blot and the use of cross-reactive antigens for the possible detection of microsporidiosis in humans. *Am J Trop Med Hyg* 1992;47:456-462.
60. Didier PJ, Didier ES, Orenstein JM, Shaddock JA. Fine structure of a new human microsporidian, *Encephalitozoon hellem*, in culture. *J Protozool* 1991;38:502-507.
61. Visvesvara GS, Leitch GJ, Moura H, Wallace S, Weber R, Bryan RT. Culture, electron microscopy, and immunoblot studies on a microsporidian parasite

- isolated from the urine of a patient with AIDS. J Protozool 1991;38:S105-S111.
62. Undeen AH, Alger NE. Infection of the white mouse by a mosquito parasite. ExpParasitol 1976;40:86-88.
63. Avery SW, Undeen AH. The isolation of microsporidia and other pathogens from concentrated ditch water. J Am Mosq Control Assoc 1987;3:54-58.
64. Schwartz DA, Visvesvara GS, Weber R, Bryan RT. Male genital tract microsporidiosis and AIDS: prostatic abscess due to *Encephalitozoon hellem*. J Eukaryot Microbiol, in press.
65. Mohn SF, Nordstoga K, Dishington IW. Experimental encephalitozoonosis in the blue fox. Clinical, serological and pathological examination of vixens after oral and intrauterine inoculation. Acta Vet Scand 1982;23:490-502.
66. Nordstoga K. Nosematosis in the blue fox. North Vet Med 1972;24:21-24.
67. Zeman DH, Baskin GB. Encephalitozoonosis in squirrel monkeys (*Saimiris ciureus*). Vet Pathol 1985;22:24-31.
68. Hunt RD, King NW, Foster HL. Encephalitozoonosis: evidence for vertical transmission. J Infect Dis 1972;126:221-224.
69. Ullrich R, Zeitz M, Heise W, L'age M, Hoifken G, Riecken E0. Small intestinal structure and function in patients infected with human immunodeficiency virus (HIV): evidence for HIV-induced enteropathy. Ann Intern Med 1989;111:15-21.
70. Schwartz DA, Wilcox CM, Gorelkin L, Visvesvara GS, Weber R, Bryan RT. Enteroinvasive *Enterocytozoon bieneusi* (microsporidia) infection in a patient with AIDS. Submitted for publication.
71. Schwartz DA, Bryan RT, Hewan-Lowe K0, Visvesvara GS, Weber R, Cali A, Angritt P. Disseminated microsporidiosis (*Encephalitozoon hellem*) and acquired immunodeficiency syndrome. Arch Pathol Lab Med 1992;116:660-668.
72. Wicher V, Baughn RE, Fuentealba C, Shaddock JA, Abbruscato F, Wicher K. Enteric infection with an obligate intracellular parasite, *Encephalitozoon cuniculi*, in an experimental model. Infect Immun 1991;59:2225-2231.
73. Garcia SL. Minireview Laboratory Identification of the Microsporidia J Clinical Microbiol 2002;40(6):1892-1901
74. Reddy AK, Balne PK, Gaje K, Garg P. PCR for the diagnosis and species identification of microsporidia in patients with keratitis. ClinMicrobiol Infect 2011;17:476-478.
75. <http://emedicine.medscape.com/article/221631-overview>

# คานไม้อัดกาว สำหรับงานโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทย

## The Glulam Beam for Long Span Timber Structures in Thailand

พีร์นิธิ อักษร<sup>1</sup>Preenithi Aksorn<sup>1</sup>

Received: 24 November 2015; Accepted: 24 March 2016

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดการออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ช่วงยาว โดยการนำคานไม้อัดกาวมาประยุกต์ใช้ เนื่องจากโครงสร้างช่วงยาวมีพื้นที่ให้ใช้งานมากกว่าช่วงสั้น ประกอบกับโครงสร้างไม้ยังได้รับความนิยมในงานออกแบบหลายประเภท ถึงแม้ไม้จะเริ่มหายากขึ้นก็ตาม บทความนี้จะนำเสนอถึงหลักการทั่วไปของโครงสร้างไม้ช่วงยาว และศึกษาถึงรูปแบบการนำไม้อัดกาวมาใช้กับงานโครงสร้างช่วงยาว โดยจะเสนอรูปแบบและตัวอย่างสำหรับงานก่อสร้างที่มีอยู่จริงประกอบวัสดุประสงค์ของบทความนี้เพื่อให้เข้าใจหลักการการออกแบบโครงสร้างไม้อัดกาว ที่สามารถนำไปใช้ในการออกแบบโครงสร้างช่วงยาวได้ นอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางสำหรับงานออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างไม้ช่วงยาวในประเทศไทยได้อีกด้วย

### Abstract

This study presents a design and construction concept for long span timber structures. The application of glulam timber is also introduced. The advantage of a long span is increased work area. The timber structure could also be applied for many other purposes. However, the lack of large sized material is still a big problem for long span construction. This study presents the general concept of long span timber and the application of the glulam idea. Case studies are also introduced in this study. This study can be used as a guideline for designing and constructing long span timber structures in Thailand.

### บทนำ

การออกแบบและก่อสร้างโครงสร้างด้วยวัสดุที่ทำจากไม้ เป็นที่รู้จักและนิยมมาตั้งแต่ก่อนที่จะมีโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก และโครงสร้างเหล็ก เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่หาได้จากธรรมชาติ แต่เนื่องจากไม้เริ่มหายากขึ้น ประกอบกับขนาดไม้ที่มีอยู่มีขนาดเล็กกว่าแต่ก่อน ทำให้โครงสร้างไม้ในปัจจุบันสามารถออกแบบได้อย่างจำกัด โดยสามารถใช้งานได้ในงานออกแบบและก่อสร้างช่วงความยาวที่ไม่มากนัก บทความนี้จึงได้นำเสนอแนวทางการออกแบบโครงสร้างไม้ที่มีความกว้างของช่วงโครงสร้างมากกว่าปกติที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยจะนำเสนอหลักการและรูปแบบที่ใช้ออกแบบโครงสร้างไม้ช่วงยาว (Timber long span structure) โดยการประยุกต์ใช้ไม้อัดกาว (Glulam) เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบโครงสร้างไม้ช่วง

ยาว ที่เริ่มนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดยเสนอรูปแบบโครงสร้างไม้ในส่วนอื่น ที่มักจะพบได้ทั่วไปด้วย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างจริงสำหรับประเทศไทยได้

### ประเภทของโครงสร้างไม้ช่วงยาว (Type of Timber Long Span Structure)

ส่วนประกอบของโครงสร้างหลังคาไม้โดยทั่วไปประกอบไปด้วย เสา อดะเซ ชื่อ ดั้ง ออกไก่ จันทัน และแป โดยแปจะรองรับวัสดุมุงแล้วถ่ายน้ำหนักลงสู่จันทัน ส่วนจันทันก็จะถ่ายน้ำหนักไปยังออกไก่ อดะเซ ดั้งและชื่อ ตามลำดับ ในบางกรณีถ้าช่วงเสามีระยะห่างที่มากเกินไปจนกว่าจะใช้ระบบทั่วไปที่กล่าวมาเนื่องจากขนาดหน้าตัดไม้มีไม่ใหญ่พอ จำเป็นต้องใช้

อาจารย์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Lecturer, Faculty of Architecture, Khon Kaen University

Correspondence to: Preenithi Aksorn, Faculty of Architecture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, 40002.

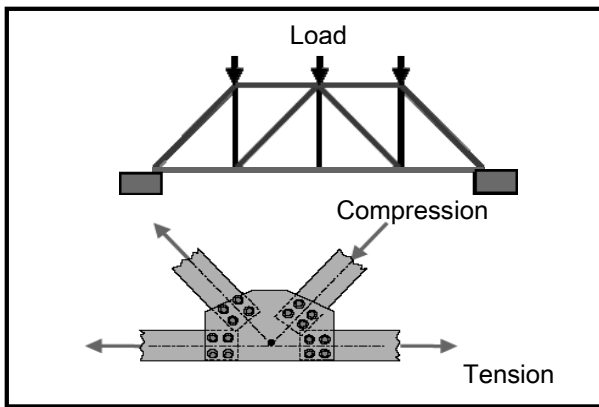
Email: preenithi@kku.ac.th, preenithiaks@gmail.com



วิธีการอื่นเพื่อให้การออกแบบโครงสร้างได้ระยะที่มากขึ้น หลักการออกแบบและวิธีการที่นิยมใช้มีด้วยกันหลายวิธี ดังนี้คือ

**1. ระบบโครงข้อหมุน (Truss System)**

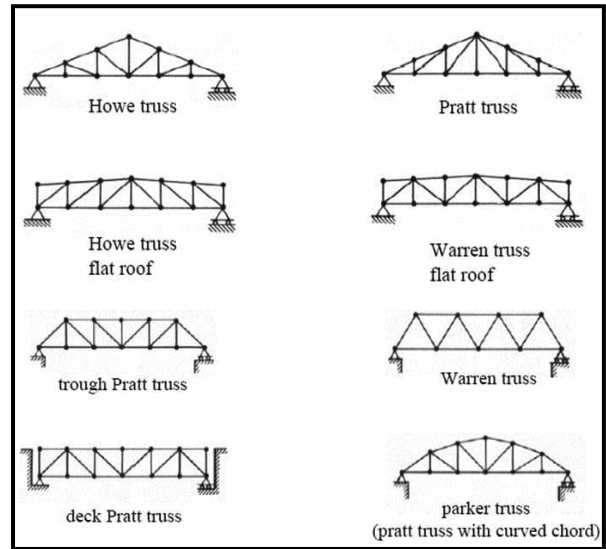
โครงข้อหมุน ประกอบด้วย โครงสร้างด้านบน (Top Member) โครงสร้างด้านล่าง (Bottom Member) และ โครงสร้างส่วนค้ำยัน (Diagonal Member) ซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่วางในแนวตั้งหรือแนวเอียง เมื่อมีน้ำหนักมากระทำในแนวตั้ง (Vertical Load) แรงภายในที่เกิดขึ้นจะมีทั้งแรงดึง (Tension Force) และแรงอัด (Compression Force) โดยชิ้นส่วนด้านบนจะเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงอัดและส่วนชิ้นส่วนด้านล่างจะเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงดึงเป็นหลัก ดังแสดงใน (Figure 1)



**Figure 1** External and internal force member. <sup>4</sup>

การประกอบและติดตั้งชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงข้อหมุน ควรจะวางให้แนวศูนย์กลางของชิ้นส่วนตรงกัน เพื่อให้เส้นแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงกันที่จุดๆ เดียว จะได้ไม่มีแรงเอียงศูนย์ (Eccentric Load) เกิดขึ้น เนื่องจากจะทำให้ชิ้นส่วนมีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าปกติ เพื่อให้สามารถรับแรงเอียงศูนย์ที่เพิ่มขึ้นได้ ส่วนลักษณะและรูปแบบโครงข้อหมุนช่วงยาวที่นิยมใช้กันมีด้วยกันหลายรูปแบบ ซึ่งมีทั้งแบบโครงข้อแข็งสามเหลี่ยมทั่วไป โครงข้อหมุนแบบโค้ง ไปจนถึงโครงข้อหมุนที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น <sup>2, 3</sup> ดังแสดงใน (Figure 2)

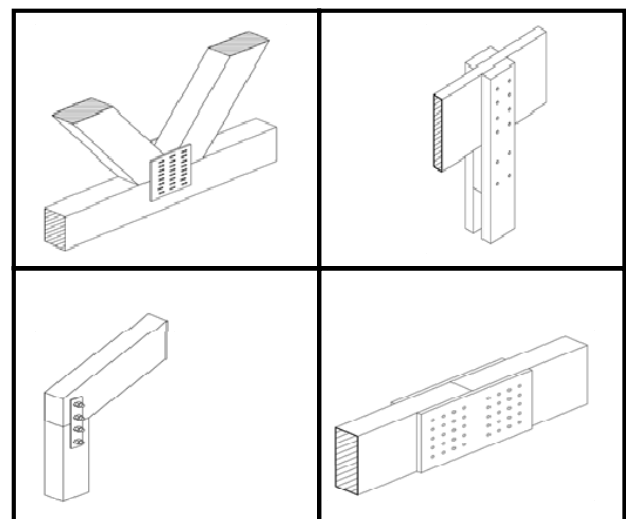
วัตถุประสงค์หลักของโครงสร้างช่วงยาวแบบโครงข้อหมุนก็เพื่อต้องการพื้นที่ใช้งานที่กว้างขึ้นโดยไม่มีเสายาวมากีดขวาง ตัวอย่างที่เป็นที่นิยมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลายได้แก่ โครงหลังคาโรงงาน หอประชุม ที่พักอาศัยที่ต้องการพื้นที่ใช้งานกว้างๆ หรือ ลานจอดรถ เป็นต้น ดังแสดงใน (Figure 3) ส่วนรูปแบบการเชื่อมต่อของโครงข้อหมุนที่เป็นโครงสร้างไม้ช่วงยาว มีรูปแบบการออกแบบหลายวิธีด้วยกัน ตัวอย่างเช่น การยึดด้วยตะปู แผ่นเหล็ก แหวนเหล็ก นอตหรือการบากทับแล้วประกบกันก็เป็นที่นิยมอย่างมาก ดังแสดงใน (Figure 4, 5)



**Figure 2** Structural system for truss. <sup>3</sup>



**Figure 3** Samples of structural system. <sup>7</sup>



**Figure 4** Connection type. <sup>5</sup>

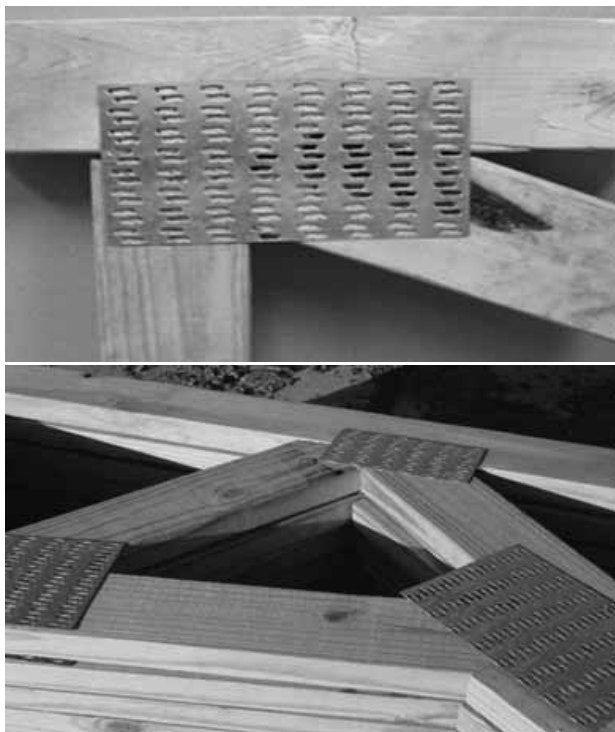
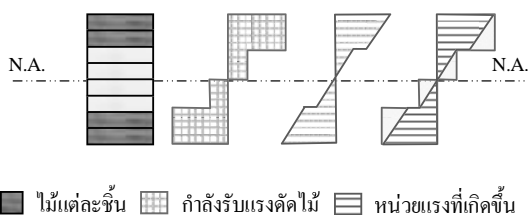


Figure 5 Samples of timber connection. <sup>5</sup>

2. ระบบคานไม้อัดกาว (Glulam Beam System)

ระบบคานไม้อัดกาว (Glued Laminated Timber Beam System, Glulam Beam System) ได้จากการนำไม้แผ่นขนาดเล็กหลายๆชิ้น มาประกอบยึดติดกันด้วยกาว ซึ่งสังเคราะห์มาจากสารเคมีประเภท กาวเรซอซินอล ฟอรัมัลดีไฮด์ ฟีนอล ยูเรีย เมลามีน และอื่นๆ จนทำให้ไม้แต่ละชั้นยึดติดกันจนแน่น ดังแสดงใน (Figure 6) <sup>1</sup> มีพฤติกรรมต่อการรับแรงกระทำร่วมกัน เหมือนกับเป็นวัสดุชิ้นเดียว (Homogenous Material) การออกแบบจะใช้หลักการของคานประกอบ (Composite Beam) โดยจะนำไม้แผ่นตั้งแต่สองชนิดขึ้นไป มาจัดเรียงซ้อนกันเป็นชั้นๆ ในแนวราบ แล้วยึดติดกันด้วยกาวจนแน่น ไม้ที่มีกำลังสูงจะถูกจัดให้อยู่ในส่วนบนและล่างของหน้าตัดคาน เพื่อรับหน่วยแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าสูง ส่วนไม้ที่มีกำลังต่ำจัดให้อยู่ส่วนกลาง เพื่อรับหน่วยแรงที่เกิดขึ้นซึ่งมีค่าต่ำ เมื่อคานไม้อัดกาวรับแรงดัดเพิ่มขึ้น ไม้แต่ละส่วนจะเกิดหน่วยแรงได้เท่ากับกำลังสูงสุดของไม้ หน่วยแรงดัดและแรงเฉือนแสดงใน (Figure 7)



■ ไม้แต่ละชั้น    ▨ กำลังรับแรงดัดไม้    ▨ หน่วยแรงที่เกิดขึ้น

Figure 6 Stress of glulam timber under bending force. <sup>1</sup>

หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวในคานประกอบ (Strain and Stress for Composite Beam)

คานประกอบเป็นคานที่วัสดุถูกยึดติดเข้าด้วยกัน เพื่อให้โครงสร้างสามารถรับน้ำหนักมากขึ้น หรือกรณีที่ต้องใช้คานที่มีช่วงยาวมากขึ้น มีพฤติกรรมเหมือนกับเป็นคานซึ่งทำจากวัสดุชิ้นเดียว เมื่อคานประกอบรับแรงดัด วัสดุแต่ละชนิดจะยึดหดตัวไปด้วยกัน แต่การกระจายของหน่วยแรงจะไม่เหมือนกับคานที่เป็นวัสดุชิ้นเดียว เพราะมีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นไม่เท่ากัน หน่วยแรงที่รอยต่อระหว่างวัสดุ ดังแสดงใน (Figure 7) โดยสามารถคำนวณหาหน่วยแรงที่เกิดขึ้นได้ดังสมการที่แสดงข้างล่าง คานที่ถูกแปลงแล้วจะมีรูปร่างหน้าตัดที่เปลี่ยนไปจากเดิม ดังแสดงใน (Figure 8)

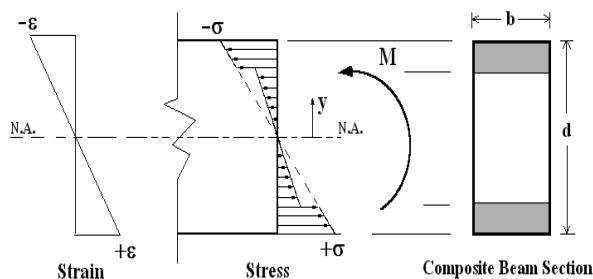


Figure 7 Strain and stress diagram for composite beam. <sup>8</sup>

1) อัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่น (Modular ratio) การหาโมดูลัสความยืดหยุ่นในคานประกอบ สามารถหาได้โดยใช้ (สมการที่ 1)

$$n_2 = E_2/E_1, n_3 = E_3/E_1, \dots, n_n = E_n/E_1 \quad (1)$$

โดยที่  $n_2, n_3, n_n$  = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

$E_1$  = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้อ้างอิง

$E_2, E_3, \dots, E_n$  = โมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

2) ความกว้างหน้าตัดแปลง

การหาความกว้างหน้าตัดแปลง สามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 2

$$b_2 = n_2 \cdot b, b_3 = n_3 \cdot b, \dots, b_n = n_n \cdot b \quad (2)$$

โดยที่  $b$  = ความกว้างหน้าตัดของวัสดุที่ใช้อ้างอิง การแปลง

$b_2, b_3, \dots, b_n$  = ความกว้างหน้าตัดแปลง ของวัสดุแต่ละชนิด

$n_2, n_3, \dots, n_n$  = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด

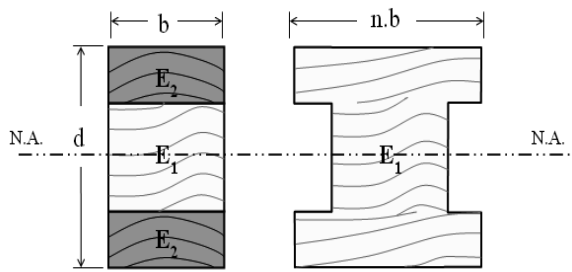


Figure 8 Transform section of composite beam. 8

3) หน่วยแรงและการยึดหดตัวของคานหน้าตัดแปลง เมื่อคานประกอบถูกแปลงหน้าตัด จะทำให้การกระจายของ หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวมีลักษณะเป็นเส้นตรงเส้น เดียว สามารถใช้สมการการตัดและกฎของฮุก วิเคราะห์หา หน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวที่จุดต่างๆบนคานได้ ทั้งนี้ ค่าแฟกเตอร์ที่คูณกับความกว้างหน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิด จะทำให้รูปปร่างหน้าตัดของคานเปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงใน (Figure 9) จึงต้องคำนวณโมเมนต์เฉื่อยของพื้นที่หน้าตัดแปลงด้วย

3.1) หน่วยแรงตัดของหน้าตัดแปลง

การหาหน่วยแรงตัดที่เกิดขึ้นสามารถหา ได้ โดยใช้สมการที่ 3

$$\text{สมการแรงตัด } \sigma = \frac{My}{I} \quad (3)$$

โดยที่  $\sigma$  = หน่วยแรง ณ จุดที่พิจารณา บนหน้าตัดแปลง  
 $M$  = โมเมนต์ดัดบนหน้าตัดแปลง  
 $y$  = ระยะจากแกนสะเทินของหน้าตัดแปลงไป ยังจุดที่พิจารณา

$I$  = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัดแปลง

$$= I_1 + I_2 + A_2 \cdot r_2^2 + \dots + I_n + A_n \cdot r_n^2 \quad (4)$$

$I_1, I_2, \dots, I_n$  = โมเมนต์เฉื่อยหน้าตัดของวัสดุแต่ละชนิด

$A_2, A_3, \dots, A_n$  = พื้นที่หน้าตัดแปลงของวัสดุแต่ละชนิด

$r_2, r_3, \dots, r_n$  = ระยะจากจุดศูนย์กลางของพื้นที่หน้า ตัดของวัสดุแต่ละชนิดถึงแกนสะเทินของพื้นที่หน้าตัดแปลง

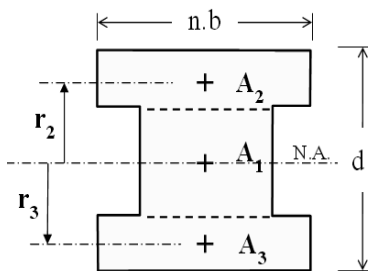


Figure 9 Moment of inertia for composite beam. 8

3.2) หน่วยการยึดหดตัวของหน้าตัดแปลง

$$\text{สมการตามกฎของฮุก } \epsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (5)$$

โดยที่  $\epsilon$  = หน่วยการยึดหดตัว

$\sigma$  = หน่วยแรงตั้งฉาก

$E$  = ค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ

3) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ

ค่าหน่วยแรงและหน่วยการยึดหดตัวในคานหน้า ตัดแปลงสามารถคำนวณได้ โดยใช้ความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น แต่ค่าหน่วยแรงที่ได้จะไม่ใช่ว่าที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ เพราะเป็นค่าที่ได้จากการเทียบโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละ ชนิดให้เสมือนกับเป็นวัสดุเดียว

เพื่อให้ได้ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริง จึงต้อง ทำการปรับค่าหน่วยแรงกลับคืน โดยใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัส ยืดหยุ่นของวัสดุแต่ละชนิด ไปคูณกับค่าหน่วยแรงในคานหน้า ตัดแปลง ที่คำนวณได้ตั้งแต่แรก จึงจะได้ค่าหน่วยแรงที่เกิด ขึ้นจริงในคานประกอบ ดัง (สมการที่ 6) และ (Figure 10)

$$\sigma'_2 = n_2 \cdot \sigma_2, \quad \sigma'_3 = n_3 \cdot \sigma_3, \quad \dots, \quad \sigma'_n = n_n \cdot \sigma_n \quad (6)$$

โดยที่

$\sigma'_2, \sigma'_3, \dots, \sigma'_n$  = หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจริงในคานประกอบ

$\sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_n$  = หน่วยแรงในคานหน้าตัดแปลง

$n_2, n_3, \dots, n_n$  = ค่าอัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของวัสดุ แต่ละชนิด

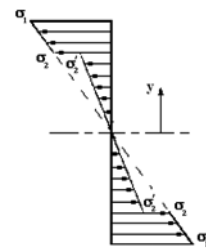


Figure 10 Stress for composite beam. 8

4) หน่วยแรงเฉือนในแนวราบของคานประกอบ สำหรับหน่วยแรงเฉือนในแนวราบที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับหน้า ตัดคานโดยทั่วไป คำนวณได้จาก (สมการที่ 7)

$$\text{สมการแรงเฉือนในแนวราบ } \tau = \frac{VQ}{It} \quad (7)$$

โดยที่  $\tau$  = หน่วยแรงเฉือนในแนวราบ ณ จุดที่พิจารณา

$V$  = แรงเฉือนบนหน้าตัดคาน ณ จุดที่พิจารณา

$Q$  = โมเมนต์ของพื้นที่หน้าตัด ส่วนที่อยู่เหนือจุดที่ พิจารณา

$I$  = โมเมนต์เฉื่อยของหน้าตัด รอบแกนสะเทิน

t = ความกว้างของรอยตัด ณ จุดที่พิจารณา

5) หน่วยแรงอัดขนานเสี้ยน

กำลังรับแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้ คำนวณได้ตาม

(สมการที่ 8) ดังนี้

$$\sigma_{PL} = \frac{P_{PL}}{A} \tag{8}$$

โดยที่  $\sigma_{PL}$  = กำลังรับแรงอัดขนานเสี้ยนของไม้

$P_{PL}$  = แรงอัดที่จุดพิกัดเส้นตรง

A = พื้นที่หน้าตัดที่ต้านแรงอัด

6) หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยน

แรงดึงขนานเสี้ยนของไม้ คำนวณได้ตาม

(สมการที่ 9) ดังนี้

$$\sigma_t = \frac{T_{max}}{A} \tag{9}$$

โดยที่  $\sigma_t$  = หน่วยแรงดึงขนานเสี้ยนของไม้

T = แรงดึงสูงสุด

A = พื้นที่หน้าตัดวิกฤติของชิ้นทดสอบ

จากสมการหลายๆ สมการข้างบน ทำให้สามารถคำนวณหาหน่วยแรงตัด หน่วยแรงอัด และหน่วยแรงเฉือนได้ ซึ่งค่าที่คำนวณได้เหล่านี้จะต้องนำมาตรวจสอบกับค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ สำหรับประเทศไทยหน่วยแรงที่ยอมให้ ใช้ตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์<sup>11</sup> ถ้าค่าที่คำนวณได้มีน้อยกว่าค่าที่ยอมให้ ก็แสดงว่าหน้าตัดคานประกอบนั้นสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย

**คุณสมบัติของไม้ในประเทศไทย (Timber Property in Thailand)**

สำหรับประเทศไทย การออกแบบโครงสร้างไม้ กรณีที่มีช่วงเสายาวมากกว่าปกติทั่วไป การออกแบบหน้าตัดคานประกอบ หรือออกแบบโครงข้อแข็งไม้ จำเป็นต้องใช้ไม้ที่มีอยู่ในประเทศ สำหรับไทยไม้ที่มีอยู่สามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้อปานกลาง และไม้เนื้อแข็ง การออกแบบจะใช้ค่าอัตราส่วนโมดูลัสความยืดหยุ่นของไม้เนื้อแข็งเทียบกับไม้เนื้ออ่อน เป็นแนวทางในการออกแบบหน้าตัดไม้ ดัง (Table 1) ซึ่งวิศวกรสามารถนำค่าเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบและใช้งานได้จริงได้ ส่วนการตรวจสอบหน่วยแรงที่ยอมให้สามารถเปรียบเทียบค่าการออกแบบกับค่าที่ยอมให้เพื่อความปลอดภัยได้โดยใช้ไม่เกินค่ามาตรฐานตามวิศวกรรมสถานแห่ง

ประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ดังแสดงใน (Table 2)

**Table 1** Modulus of elasticity ratio in different wood types of Thailand.<sup>11</sup>

Wood Type	Modulus of Elasticity	Modulus of Elasticity ratio compare with soft wood
Soft wood	100,000 ksc	100,000 / 100,000 = 1.00
Medium soft wood	120,000 ksc	120,000 / 100,000 = 1.20
Hard wood	140,000 ksc	140,000 / 100,000 = 1.40

**Table 2** Allowable stress of E.I.T. standard.<sup>11</sup>

Wood Type	Flexural and Tensile stress (ksc.)	Compressive Stress (ksc.)		Shear Parallel to Grain (ksc.)
		Parallel to Grain	Perpendicular to Grain	
Very soft wood	60	45	12	6
Soft wood	80	60	16	8
Medium soft wood	100	75	22	10
Hard wood	120	90	30	12
Very hard wood	150	110	40	15

ตัวอย่างไม้แต่ละชนิด ที่มีในประเทศไทย จัดแบ่งตามประเภทเนื้อไม้ มีดังนี้<sup>11</sup>

1. ไม้เนื้ออ่อนมาก ตัวอย่างเช่น กระท้อน จำปาป่า จิกนม ยมหอม ยางขาว สองสลึง เป็นต้น
2. ไม้เนื้ออ่อน ตัวอย่างเช่น กราด กระเจา กะบาก ตะปุ่นขาว พะยอม ยางแดง สัก อินทนิล เป็นต้น
3. ไม้เนื้อแข็งปานกลาง ตัวอย่างเช่น กว้าว ตะเคียนทอง ตะเคียนหมู ตะแบก ตาเสือ นนทรี พलग มะค่าแต้ เป็นต้น
4. ไม้เนื้อแข็ง ตัวอย่างเช่น กันกรา แดง ตะคร้อ ไซ้ ตะคร้อหนาม เต็ง ประดู่ มะค่าโรง ยมหิน รัง เลียงมัน หลุมพอ สักชีควาย เคี่ยม เป็นต้น
5. ไม้เนื้อแข็งมาก ตัวอย่างเช่น กระพีเขาควาย เขลียง ตีนนก บุนนาค เป็นต้น

สำหรับต่างประเทศ ยกตัวอย่างเช่น ประเทศสวีเดน การผลิตคานไม้อัดกาวจะเน้นในเชิงอุตสาหกรรมมากกว่าการผลิตเพื่อใช้งาน ขั้นตอนและกระบวนการในการผลิตจะเริ่มจาก

การคัดเลือกต้นไม้ที่มีขนาดและอายุตามที่ต้องการ ตัดแล้วส่งเข้าโรงเลื่อยเพื่อเลื่อยให้ได้ขนาดตามมาตรฐานการผลิตหรือตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นจะผ่านกระบวนการอบแห้ง ไล่ไอน้ำ ตัดต่อยึดไม้ตามยาว โดยการเชื่อมต่อน้ำไม้ หรือรอยตำหนิต่างๆ ออกก่อนแล้วจึงตัดแบบซิกแซ็กเพื่อต่อให้ได้ความยาวตามต้องการ หลังจากนั้นจะทากาวด้านข้าง เพื่อประกบไม้ชั้นอื่นๆ แล้วอัดด้วยความดัน เพื่อยึดไม้เข้าด้วยกันให้ได้ขนาดหน้าตัดตามที่ต้องการ ก่อนที่จะไล่ไอน้ำให้เรียบร้อยก่อนบรรจุหีบห่อพร้อมจัดส่งต่อไป ดังแสดงใน (Figure 11, 12)

ปัจจุบันการใช้ไม้อัดกาวกำลังนิยมก่อสร้างกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะสิ่งก่อสร้างทางสถาปัตยกรรม ศิลปกรรม ที่ต้องการแสดงผิวที่สวยงามของไม้ เช่น บ้านพักอาศัย สนามกีฬา สะพาน ศูนย์แสดงผลิตภัณฑ์ หอประชุม หรือแม้แต่โรงงาน ดังแสดงใน (Figure 13-15)

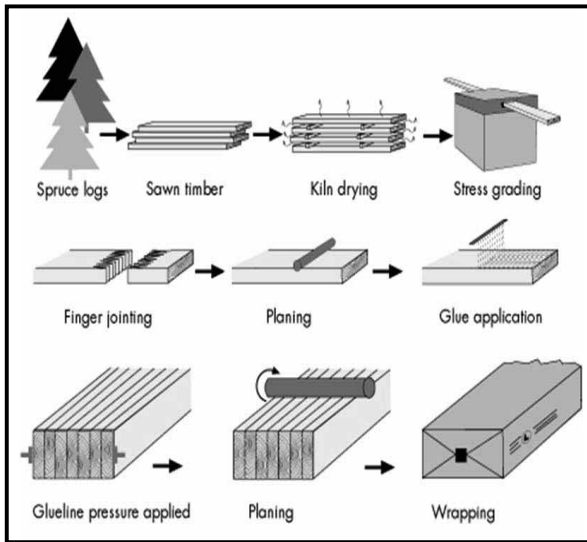


Figure 11 The production process of glulam. <sup>11</sup>



Figure 12 Samples of glulam from factory. <sup>10</sup>

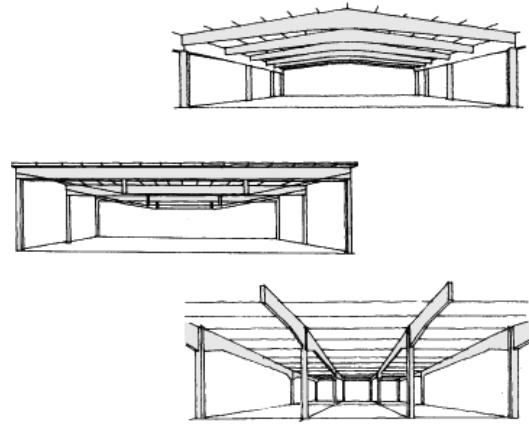


Figure 13 Rigid frame of glulam. <sup>8</sup>

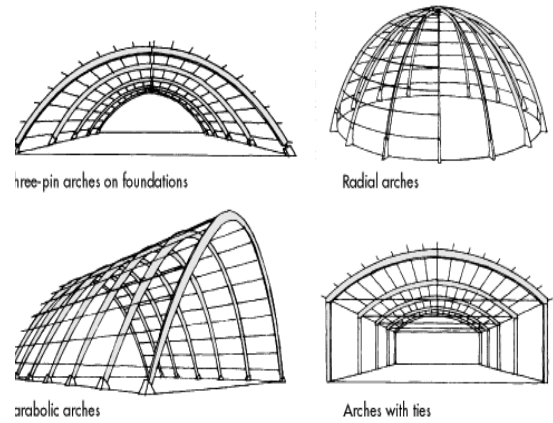


Figure 14 Curvature structure of glulam. <sup>8</sup>



Figure 15 Samples of glulam building. <sup>10</sup>

### 3. ระบบโครงสร้างผสม (Composite Structure)

ระบบนี้เป็นโครงสร้างที่เกิดจากการผสมโครงสร้างตั้งแต่ 2 ชนิดหรือรูปแบบ เป็นต้นไป มาผสมกัน เพื่อให้เกิดความหลากหลายและสวยงามในการออกแบบ หรือเพื่อเป็นการใช้คุณสมบัติเฉพาะตัวของวัสดุให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การใช้เส้นลวดเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงเนื่องจากรับแรงดึงได้ดี หรือใช้เหล็กเป็นชิ้นส่วนรับแรงดึงและแรงอัด ตัวอย่างเช่น โครงไม้อัดกาวผสมโครงเหล็ก โครงข้อหมุนผสมโครงเหล็กและลวด โครงไม้อัดกาวของสนามกีฬาที่ใช้ลวดรับแรงดึง เป็นต้น ดังแสดงใน (Figure 16)

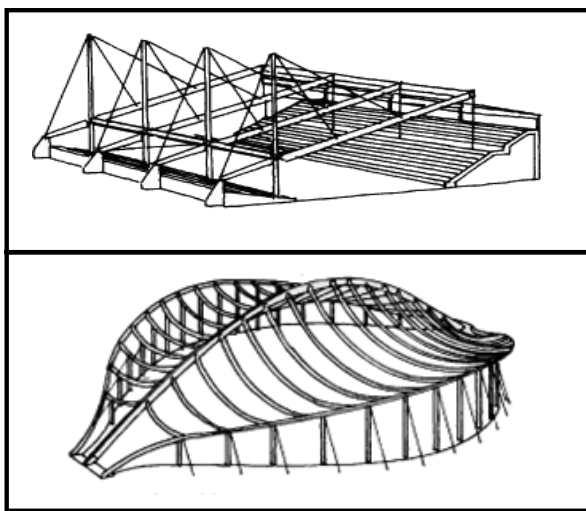


Figure 16 Composite structure of glulam. <sup>8</sup>

กรณีศึกษาที่ 1: วัดพุทธาราม เจลิมพระเกียรติ ประเทศสวีเดน (Buddharama Temple, Fredrika, Sweden)

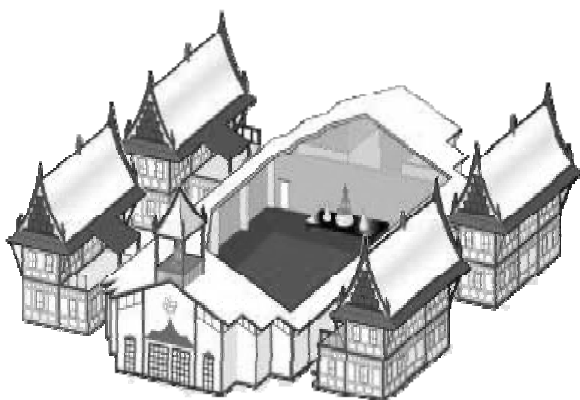


Figure 17 Buddharama Temple, Fredrika, Sweden. <sup>6</sup>

วัดพุทธารามเป็นวัดแห่งแรกในสวีเดน และในสแกนดิเนเวีย ได้รับการพัฒนาาร่วมกันและดูแลโดย สมาคมชาวพุทธไทยในสวีเดน ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ มหาเถรสมาคม สถานเอกอัครราชทูตไทยในสวีเดน การบินไทย และการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยเป็นอย่างดี วัดพุทธารามตั้งอยู่นอกเมือง Fredrika ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน ที่ตั้งวัดอยู่บนเนินเขาที่เรียบสงบ โดยมีทะเลสาบและภูเขาอยู่โดยรอบ ศาลาหลักของวัดเป็นสถาปัตยกรรมแบบไทยผสมกับอาคารหลักแบบสวีเดน มีขนาด 24x60 เมตร โครงสร้างศาลาหลักเป็นโครงสร้างคานไม้อัดกาวช่วงยาว เป็นออกแบบโครงข้อแข็ง สามารถรับแรงได้ทั้งแนวตั้ง แนวราบ และแนวการตัด ได้อย่างปลอดภัย โดยไม่มีเสากลางภายใน ซึ่งการที่ไม่มีเสากลางนั้นมีข้อดีคือ ไม่มีเสาที่ขวางพื้นที่ภายใน ทำให้ได้พื้นที่ในอาคารเพิ่มขึ้น มีที่โล่งที่กว้างขวางขึ้น ทำให้จุคนได้มากขึ้น ซึ่งภายในอาคารนี้มีห้องโถงจุคนได้ถึง 800 คน โดยไม่มีสิ่งกีดขวาง สะดวกในการประกอบพิธีกรรมต่างๆ หรือใช้ในงานพิธีการสำคัญๆ หรือการจัดงานในวันสำคัญทางพระพุทธศาสนา เช่น วันวิสาขบูชา วันเข้าพรรษา ตลอดจนงานทอดกฐิน ผ้าป่า งานสงกรานต์ งานวันแม่ งานวันเฉลิมพระชนมพรรษา พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เป็นต้น ศาลาหลักของวัดเป็นอาคารไม้ช่วงยาวที่ออกแบบมาเพื่อให้รู้สึกถึงความสงบ ความร่มเย็น ใกล้เคียงธรรมชาติ โดยมีภูมิพระสงฆ์ โดยรอบ 4 หลัง แต่ละหลังมี 2 ชั้น ชั้นละ 4 ห้อง ซึ่งสามารถรองรับพระสงฆ์ได้ประมาณ 8-9 รูป และผู้ปฏิบัติธรรมได้จำนวนหนึ่ง ดังแสดงใน (Figure 17) ชาวไทย ชาวสวีเดน และประเทศอื่นที่นับถือพระพุทธศาสนา รวมทั้งนักเรียน นักศึกษา ประชาชนพากันเดินทางมาศึกษาพระพุทธศาสนา ปฏิบัติธรรม มาร่วมทำกิจกรรมที่วัดนี้อย่างไม่ขาดสาย

ข้อที่ควรระวังในการออกแบบโครงสร้างช่วงยาวตามกรณีศึกษานี้คือ การออกแบบและก่อสร้างรอยต่อต่างๆ ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความชำนาญทั้งด้านการออกแบบและมีประสบการณ์การก่อสร้างจริงมาก่อน เพราะรอยต่อของโครงข้อแข็งจำเป็นต้องออกแบบให้ถูกต้องตามหลักการการรับแรง เพื่อให้สามารถรับแรงได้ตามหลักการ และสามารถก่อสร้างได้จริง ขณะก่อสร้างจำเป็นต้องมีผู้เชี่ยวชาญคอยควบคุมและตรวจสอบ ให้รอยต่อของโครงสร้าง มีพฤติกรรมตามที่ได้ออกแบบไว้ และสามารถใช้งานได้จริง

## กรณีศึกษาที่ 2: บ้านไม้หน้าจั่ว ที่จังหวัดนครราชสีมา



Figure 18 Timber home in Nakorn Ratchasima, Thailand. <sup>9</sup>

บ้านไม้ชั้นเดียวหน้าจั่ว เป็นบ้านชั้นเดียวติดพื้น ไม้เป็นโครงสร้างหลักในการรับแรง จุดเด่นของบ้านอยู่ที่ หน้าจั่วไม้ช่วงยาวด้านหน้า ที่ไม่มีเสากลาง โครงสร้างไม้ใช้ไม้เนื้อแข็งปานกลางเคลือบด้วยน้ำยา โดยออกแบบให้เป็นโครง ข้อแข็ง เพื่อให้สามารถรับแรงได้ทั้งแนวตั้ง แนวราบ และแนว การตัด ได้อย่างปลอดภัย หลังคาถูกออกแบบให้มีความชัน พอดีกับสัดส่วนของตัวบ้าน วัสดุผนังไม้เกือบทั้งหมด หลัง ข้อดีอีกอย่างของโครงสร้างแบบนี้คือมีพื้นที่ใช้งานที่มากขึ้น โดยไม่มีเสากลางขวาง พื้นที่ภายในโปร่ง โล่ง ให้ความรู้สึกปลอด โปร่งโล่งสบาย ตัวบ้านตกแต่งอย่างสวยงามตามแนวธรรมชาติ เพื่อให้เข้ากับโครงสร้างหลักที่เป็นไม้ เหมาะแก่การพักผ่อน หรือใช้รับแขก ในจำนวนที่ไม่มากนัก ซึ่งเข้ากับบรรยากาศของ แหล่งพักผ่อนในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาอีกด้วย

### บทสรุปและวิจารณ์

โครงสร้างไม้ช่วงยาวมีด้วยกันหลายลักษณะและหลายรูปแบบ ได้แก่ ระบบโครงข้อหมุน (Truss System) โครงไม้อัดกาว (Glulam Beam) และโครงสร้างผสม (Composite Structure) ดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งแต่ละรูปแบบก็จะมีลักษณะเด่นในการ ใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์หลักของ การใช้งานและการออกแบบ และเนื่องจากเทคโนโลยีปัจจุบัน มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ทำให้มีรูปแบบโครงสร้างไม้ช่วง ยาว เพิ่มมากขึ้นกว่าในอดีตมากมายหลายรูปแบบ โดยเฉพาะ ไม้อัดกาวซึ่งในปัจจุบันเป็นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวาง สามารถ ประกอบยาวได้มากกว่า 100 เมตร และความลึกสามารถ ประกอบได้มากกว่า 2 เมตร ขึ้นอยู่กับความยาวของแบบ เครื่องมือและเครื่องจักรที่ใช้ นอกจากนี้ไม้อัดกาวยังสามารถ ตัดให้โค้งงอเข้ารูปตามแบบที่กำหนด ถึงแม้จะมีรัศมีที่แคบ

ก็ตาม การนำโครงสร้างไม้อัดกาวมาใช้ในงานอาคารช่วงยาว สำหรับประเทศไทยยังมีไม่กว้างขวางนัก เนื่องจากโครงสร้าง ไม้ส่วนใหญ่มักนำมาก่อสร้างที่พักอาศัยทั่วไปซึ่งมีช่วงไม่มาก นัก อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้ ความนิยมในการนำไม้มาใช้ สำหรับโครงสร้างที่มีช่วงเสามากกว่าที่พักอาศัยทั่วไปมีมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องศึกษาถึงการออกแบบหน้าตัดคานไม้ ประกอบ หรือคานไม้อัดกาว ซึ่งบทความนี้ได้เรียบเรียงการ คำนวณหาค่าหน่วยแรงดัด หนอยแรงเฉือน และหน่วยการหด ตัว จริงที่เกิดขึ้นเอาไว้ เพื่อให้สามารถนำมาใช้ตรวจสอบกับ ค่าที่ยอมให้ตามมาตรฐานของสมาคมวิศวกรรมสถาน แห่ง ประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพื่อความปลอดภัยสำหรับ การออกแบบและใช้งานจริง

### เอกสารอ้างอิง

1. กองเกียรติ ศรีวิงสุ. การหาสัดส่วนที่เหมาะสมของหน้า ตัดไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งที่ประกอบเป็นคานไม้อัด กาว (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2549.
2. ต่อพงษ์ ยมนาค. วัสดุและการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2548.
3. สนั่น เจริญเผ่า และ วินิต ช่อวิเชียร. การออกแบบ โครงสร้างไม้และโครงสร้างเหล็ก. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2539.
4. Abdy Kermani. Structural timber design. Edinburgh: Blackwell Science; 1999.
5. Forest & Wood Products Australia. [cited 20 Novem- ber 2015]. from: <https://www.woodsolutions.com.au>.
6. Fredrika Buddharama Temple. [cited 19 November 2015]. from: <http://www.fredrika tempel.se>.
7. Glulam-structures. [cited 19 November 2015]. from: <http://glulam-structures.com>.
8. Holger Gross. Nordic glulam handbook. Stockholm: The Nordic Industrial Fund and the national R&D Organizations; 2001.
9. Home dd4u. [cite 19 November 2015]. from: [http:// www.homedd4u.com](http://www.homedd4u.com).
10. Nils Olsson. Timber arches structure. Osterund: Tekn lic; 2001.
11. The Engineering Institute of Thailand Under H.M. The King's Patronage (E.I.T.). E.I.T. Standard 1002-16. Bangkok: The Engineering Institute of Thailand; 2517.

## 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) ผู้พิมพ์ทุกท่านสามารถส่งเรื่องมาพิมพ์ได้โดยไม่ต้องเป็นสมาชิก และไม่จำเป็นต้องสังกัดมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผลงานที่ได้รับการพิจารณาในวารสารจะต้องมีสาระที่น่าสนใจ เป็นงานที่ทบทวนความรู้เดิมหรือองค์ความรู้ใหม่ที่ทันสมัย รวมทั้งข้อคิดเห็นทางวิชาการที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน และจะต้องเป็นงานที่ไม่เคยถูกนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารอื่นมาก่อนและไม่อยู่ในระหว่างพิจารณาผลงานในวารสารใด บทความอาจถูกตัดแปลง 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 ผู้ส่งงานจะต้องพิมพ์ส่งต้นฉบับในรูปแบบของแฟ้มข้อมูลต่อไปนี้ อย่างใดอย่างหนึ่ง 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 ไม่ใช่คำย่อ 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 สิ่งที่มาศึกษา จำนวน ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา อธิบายวิธีการศึกษา แผนการทดลองทางสถิติ วิธีการเก็บข้อมูลการวิเคราะห์และการแปรผล

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

**วิจารณ์และสรุปผล (Discussion and Conclusion)** แสดงให้เห็นว่าผลการศึกษาดตรงกับวัตถุประสงค์และเปรียบเทียบด้วยสมมติฐานของการวิจัยที่ตั้งไว้ หรือแตกต่างไปจากผลงานที่มีผู้รายงานไว้ก่อนหรือไม่ อย่างไร เหตุผลใดจึงเป็นเช่นนั้น และมีพื้นฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และให้จบด้วยข้อเสนอแนะที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ หรือทิ้งประเด็นคำถามการวิจัย ซึ่งเป็นแนวการสำหรับการวิจัยต่อไป

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

**กิตติกรรมประกาศ (Adcknowledgements)** 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. *นักบริหาร* 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. *นักบริหาร* 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 infromatics. Ln: Lun KC, Degoulet P, Piemme TE, Reinhoff O, editors. MEDINFO 92. Procedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Medical Informatics; 1992 Sep 6-10; Geneva, Switqerland, Amsterdam: North Holland; 1992. P.1561-5.

พิทักษ์ พุทธวรชัย, กิตติ บุญเลิศนิรันดร์ ทะนงศักดิ์ มณีวรรณ, พงาม เดชคำรณ, นภา ชันสุภา. การใช้เอทีฟอนกระตุ้นการสูกของพริก. 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. ดั้งที่มพัฒนาข้อสอบระดับชาติมันใจคุณภาพ. 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. List the information in 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

ท่านสามารถส่งจ่ายธนาคณัติหรือตัวแลกเงิน สั่งจ่าย ปณ.ทำxonยาง ในนาม:

นางฉวีวรรณ อังครระเศษฐัง กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 00033



## 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 00033