

**(ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ TH SarabunPSK 16 pt. ตัวหนา)**

**อิทธิพลของช่องว่างระหว่างเรือนยอดและแม่ไม้ต่อการกำหนดลักษณะของชนิดไม้เด่นในสังคมพืช  
ป่าพรุน้ำจืดบ้านเซปะหละ อำเภอู้มผาง จังหวัดตาก**

**The Influencing of Canopy Gap and Conspecific Adult Tree Determined the  
Characteristic of Dominant Species in Ban Se Pa La Freshwater Swamp Forest, Umphang  
District Tak Province**

**(1 Enter)**

แหลมไทย อาชานอก<sup>1\*</sup> จตุพร โกฏค่างพลู<sup>1</sup> สุพรรณษา รอดคงไร<sup>1</sup> ดาริณี จันด้วง<sup>1</sup> พิพัฒ เกตุดี<sup>2</sup> และ มงคล คำสุข<sup>3</sup>

**(1 Enter)**

<sup>1</sup> สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

<sup>2</sup> สำนักโครงการพระราชดำริและกิจการพิเศษ กรุงเทพฯ 10900

<sup>3</sup> สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

\*Corresponding author: E-mail: lamthainii@gmail.com

**(1 Enter)**

**บทนำ (TH SarabunPSK 14 pt. ตัวหนา กึ่งกลาง)**

ป่าพรุน้ำจืด (freshwater swamp forest) ถือได้ว่าเป็นสังคมพืชที่สำคัญอีกสังคมหนึ่งในเขตร้อน โดยทั่วไปป่าพรุ  
น้ำจืดมักปรากฏในพื้นที่ลุ่มต่ำ หรือตามริมแม่น้ำขนาดใหญ่ซึ่งทำให้มีน้ำขังตลอดทั้งปี และมีการทับถมของซากพืชซากสัตว์ ซึ่งเป็น  
สาเหตุให้ดินมีสภาพความเป็นกรดจัด จนบางครั้งเกิดการสะสมของซากพืชเป็นชั้นหนาที่เรียกว่า ดินพีช (peat soils) อย่างไรก็ตาม  
ก็ตามในบางครั้งซากพืชที่ทับถมเหล่านี้อาจถูกพัดพาไปกับสายน้ำได้ เมื่อเกิดการพัดพาอย่างรุนแรงจึงทำให้ในบางครั้งไม่  
ปรากฏดินพีชอยู่ในพื้นที่ (Bannister et al., 2017) ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างจากป่าพรุทั่วไป (peat swamp forest) ที่มีดิน  
พีชทับถมอยู่ตลอด เนื่องจากน้ำที่ขังไม่เกิดการพัดพาอย่างรุนแรง (Lampela et al., 2016)

ป่าพรุน้ำจืดในประเทศไทยนอกจากจะปรากฏในพื้นที่ลุ่มต่ำแล้วยังปรากฏในพื้นที่ภูเขาสูง โดยเฉพาะพื้นที่ลุ่มบนภูเขาที่มี  
มีลำห้วยไหลผ่าน ซึ่งเป็นที่รู้จักกันทั่วไป คือ ป่าพรุ อ่างกา บนยอดดอยอินทนนท์ ส่วนในพื้นที่อื่นๆ ยังไม่เป็นที่รู้จักและตก  
สำรวจอยู่เป็นจำนวนมาก (ธวัชชัย, 2554) นอกจากนี้ในประเทศไทยการศึกษาลักษณะโครงสร้าง องค์ประกอบชนิดพันธุ์  
และปัจจัยที่ส่งผลต่อการสืบต่อพันธุ์ของป่าพรุน้ำจืดในที่สูงยังมีอยู่น้อยมาก

ป่าพรุบ้านเซปะหละ อำเภอู้มผาง จังหวัดตาก เป็นป่าพรุน้ำจืดบนที่สูงอีกแห่งหนึ่งที่ยังไม่เคยมีการศึกษาลักษณะ  
ทางนิเวศวิทยามาก่อน คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาลักษณะของสังคมพืชป่าพรุแห่งนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา  
องค์ประกอบชนิด พันธุ์พืช และหาลักษณะของชนิดพันธุ์ไม้เด่นในสังคมพืชโดยใช้ปัจจัยด้านช่องว่างระหว่างเรือนยอดและ  
ปริมาณแม่ไม้เป็นตัวกำหนด ซึ่งผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกชนิดไม้สำหรับการฟื้นฟูป่าพรุน้ำจืดที่  
เสื่อมโทรมในพื้นที่อื่นๆ อีกต่อไป

**(1 Enter)**

**อุปกรณ์และวิธีการ (TH SarabunPSK 14 pt. ตัวหนา กึ่งกลาง)**

สถานที่ศึกษา ป่าพรุบ้านเซปะหละ ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 2 บ้านเซปะหละ ตำบลแม่ละมุ้ง อำเภอู้มผาง จังหวัดตาก มี  
ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ตั้งแต่ 650 - 700 เมตร มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,600 - 1,700 มิลลิเมตร

การคัดเลือกพื้นที่และการเก็บข้อมูล พิจารณาคัดเลือกพื้นที่วางแปลงตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)  
แล้ววางแปลงตัวอย่างแบบแถบ (belt plot) ขนาด 10 เมตร x 300 เมตร จำนวน 3 แถบ โดยกำหนดให้แต่ละแถบห่างกัน  
100 เมตร ซึ่งในแต่ละแถบจะแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 30 แปลงต่อแถบ รวมทั้งสิ้น 90 แปลง  
แล้วทำการสำรวจองค์ประกอบของพรรณไม้ โดยการบันทึกชื่อชนิดไม้ยืนต้น (species list) และทำการวัดขนาดเส้นผ่าน  
ศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height: DBH) ของไม้ทุกต้นที่มีขนาด DBH  $\geq$  1 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการวัด  
การปกคลุมของเรือนยอดภายในแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ทุกๆ แปลงโดยใช้เครื่อง spherical densiometer

วิเคราะห์ข้อมูล จำแนกไม้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ไม้ใหญ่ (tree) หมายถึงไม้ที่มีขนาด DBH  $\geq$  4.5 เซนติเมตร และ  
ลูกไม้ (sapling) หมายถึงไม้ที่มีขนาด DBH  $<$  4.5 เซนติเมตร แล้วทำการวิเคราะห์ค่าทางสังคมของไม้ใหญ่และลูกไม้ โดย



วิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (importance value index, IVI) และวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener index ( $H'$ ) แล้วทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณลูกไม้ชนิดที่เป็นไม้เด่น กับเปอร์เซ็นต์ของช่องว่างระหว่างเรือนยอด (canopy gap) และปริมาณแม่ไม้ (conspecific adult tree) โดยคัดเลือกชนิดไม้เด่นที่มีจำนวนต้นรวมกันมากกว่าหรือเท่ากับ 30 ต้นขึ้นไปมาวิเคราะห์ด้วย วิธี generalize linear mixed model (GLMM) โดยกำหนดให้ปัจจัยที่เป็นตัวแปรตามคือ เปอร์เซ็นต์ของช่องว่างระหว่างเรือนยอด ซึ่งคำนวณได้จากส่วนกลับของเปอร์เซ็นต์การปกคลุมของเรือนยอด และปริมาณแม่ไม้ หาได้จากการนับจำนวนไม้ใหญ่ของแต่ละชนิดภายในแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร และกำหนดให้แต่ละแปลง 10 เมตร x 10 เมตร เป็นค่าปัจจัยการสุ่ม (random factor) ทั้งนี้ทำการคัดเลือกแบบจำลองของ GLMM ด้วยการกำหนดค่า akaike information criterion (AIC) ต่ำสุด ด้วยฟังก์ชัน StepAIC โดยใช้ Package MuMIn ด้วยโปรแกรม R version 3.4.1

(1 Enter)

### ผลและวิจารณ์ (TH SarabunPSK 14 pt. ตัวหนา กึ่งกลาง)

#### ความหลากหลายชนิด

พบจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 64 ชนิด 45 สกุล 30 วงศ์ พบพืชในวงศ์ Myrtaceae มากที่สุด โดยแบ่งเป็นไม้ใหญ่ (DBH  $\geq$  4.5 cm) จำนวน 46 ชนิด 36 สกุล 27 วงศ์ และลูกไม้ (DBH < 4.5 cm) จำนวน 51 ชนิด 37 สกุล 25 วงศ์ โดยไม้ใหญ่และลูกไม้มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.75 และ 2.74 ตามลำดับ

#### องค์ประกอบชนิดพันธุ์

ไม้ใหญ่ พบว่ามีขนาดพื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 40.56 ตร.ม./เฮกแตร์ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 43.2 เซนติเมตร และมีความหนาแน่นของหมู่ไม้ เท่ากับ 1,428 ต้น/เฮกแตร์ นอกจากนี้ยังพบว่ามีการปกคลุมเรือนยอดเฉลี่ย เท่ากับ 74 เปอร์เซ็นต์ หรือมีขนาดช่องว่างระหว่างเรือนยอดเฉลี่ย เท่ากับ 26 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 10 อันดับแรก ได้แก่ ไคร้อย้อย (*Elaeocarpus grandiflorus*), หว่าพรุ (*Syzygium hulletianum*), แดงน้ำ (*Pometia pinnata*), เตยหนาม (*Pandanus tectorius*), ชมพู่ซ่า (*S. siamense*), หว่า (*S. cumini*), ตังหน (*Calophyllum* sp.), สนุ่น (*Salix tetrasperma*), ทองหลางป่า (*Erythrina subumbrans*) และเงาะหนู (*Nauclea subdita*) มีค่าเท่ากับ 36.39, 35.03, 31.99, 28.16, 24.63, 22.06, 15.48, 12.48, 11.19 และ 10.94 ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังพบว่าสังคมพืชป่าพรุบริเวณนี้มีการกระจายตัวของชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ขนาดใหญ่เป็นไปในรูปแบบ Revers J-shape คือ ปรากฏไม้ขนาดเล็กอยู่จำนวนมากและมีจำนวนลดลงเรื่อยๆ เมื่อมีขนาดความโตเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าสังคมพืชแห่งนี้มีการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติเป็นไปอย่างปกติกล่าวคือมีไม้ขนาดเล็กที่พร้อมจะเจริญเติบโตขึ้นมาทดแทนไม้ขนาดใหญ่ภายในสังคม

ลูกไม้ พบว่ามีขนาดพื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 12.74 ตร.ม./เฮกแตร์ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย เท่ากับ 3.96 เซนติเมตร และมีความหนาแน่นของหมู่ไม้ เท่ากับ 1,363 ต้น/เฮกแตร์ และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ พบว่าชนิดที่มีค่า

ดัชนีความสำคัญ 10 อันดับแรก ได้แก่ ชมพู่ น้ำ, ตังหน, สะเทิบ (*Phoebe paniculata*), หว่า พรุ, แดงน้ำ, ไคร้ย้อย, หว่าน้ำ (*Syzygium thorelii*), จำปี พรุ (*Magnolia floribunda*), เต็ม (*Bischofia javanica*) และหว่า มีค่าเท่ากับ 84.01, 50.37, 24.74, 19.90, 18.41, 11.76, 11.52, 10.45, 10.23 และ 9.08 ตามลำดับ

#### อิทธิพลของช่องว่างระหว่างเรือนยอดและแม่ไม้ต่อลูกไม้

จากการคัดเลือกลูกไม้ของชนิดไม้เด่นที่มีจำนวนต้นมากกว่าหรือเท่ากับ 30 ต้น มีจำนวนทั้งหมด 13 ชนิด พบว่าชนิดที่มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) กับปริมาณของแม่ไม้ (conspecific adult tree) เพียงอย่างเดียว ได้แก่ ไคร้ย้อย จำปี พรุ ชมพู่ น้ำ แดงน้ำ ตังหน มะเดื่อน้ำ และ สะเทิบ แสดงว่าชนิดไม้เหล่านี้จะ ตั้งตัวอยู่ภายใต้เรือนยอดของแม่ไม้ นอกจากนี้ยังพบว่า สนุ่น และ เงาะหนู มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณช่องว่างระหว่างเรือนยอด ( $p < 0.001$ ) และมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณแม่ไม้ ( $p < 0.001$ ) แสดงว่าชนิดไม้เหล่านี้สามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่ที่แสงมากในบริเวณที่เกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด ซึ่งในขณะที่ ชมพู่ หว่า หว่าน้ำ และหว่าพรุ มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับช่องว่างระหว่างเรือนยอดและปริมาณของแม่ไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) แสดงว่าชนิดไม้เหล่านี้สามารถตั้งตัวได้ดีทั้งในพื้นที่ที่ปรากฏช่องว่างระหว่างเรือนยอดและภายใต้เรือนยอดของแม่ไม้ (Table 1)

#### ลักษณะของชนิดพันธุ์ไม้เด่น

จากผลการศึกษาในข้างต้น สามารถจำแนกลักษณะชนิดพันธุ์ไม้เด่นออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ชนิดไม้ทนร่ม (shade tolerance species) คือ ชนิดที่สามารถตั้งตัวได้ดีเฉพาะภายใต้เรือนยอดของแม่ไม้ ได้แก่ ไคร้ย้อย แดงน้ำ ชมพู่ น้ำ และตังหน ซึ่งชนิดพันธุ์เหล่านี้ปรากฏเป็นไม้เด่นในสังคมพืชทั้งในระดับไม้ใหญ่และลูกไม้ แสดงว่าระดับลูกไม้ของชนิดพันธุ์เหล่านี้มีความสามารถในการเติบโตได้ดีภายใต้ร่มเงาของแม่ไม้ (Ligot et al., 2014)

กลุ่มที่ 2 กลุ่มชนิดพืชที่ต้องการแสงมาก (light demanding species) ได้แก่ สนุ่น และเงาะหนู ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้สามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่โล่งที่เกิดจากช่องว่างระหว่างเรือนยอด ซึ่งส่วนใหญ่ไม้ที่ต้องการแสงในปริมาณมากนี้มักมีลักษณะเป็นไม้เบิกนำ (Ligot et al., 2014)

กลุ่มที่ 3 ชนิดไม้ทั่วไป (generalist species) ได้แก่ ชมพู่ หว่า หว่าน้ำ และหว่าพรุ ชนิดไม้เหล่านี้สามารถตั้งตัวได้ดีทั้งในพื้นที่โล่งที่เกิดจากช่องว่างระหว่างเรือนยอดและพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยเรือนยอดของแม่ไม้

**Table 1** Generalized linear mixed model (GLMM) analysis of the relationships between the saplings of dominant species ( $\geq 30$  stems for each species) abundances in Ban Se Pa La freshwater swamp forest with the conspecific adult tree and canopy gap.

Species	Canopy Gap	Conspecific Adults
	Estimate	Estimate
<i>E. grandiflorus</i>		0.199***
<i>M. floribunda</i>		0.432***
<i>S. siamense</i>		0.157***
<i>P. pinnata</i>		0.114***
<i>C. sp.</i>		0.184***
<i>F. squamosa</i>		1.184***
<i>P. paniculata</i>		0.219***
<i>S. tetrasperma</i>	0.016***	-0.439**



<i>N. subdita</i>	0.032***	-0.528***
<i>S. megacarpum</i>	0.143***	0.772***
<i>S. cumini</i>	0.001***	0.532***
<i>S. thorelii</i>	0.012***	0.297 ***
<i>S. hulletianum</i>	0.025***	0.276***

Note\*\*\*  $p < 0.001$

ชี้ให้เห็นว่าชนิดไม้เหล่านี้มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมสูงโดยเฉพาะปัจจัยด้านปริมาณแสง กล่าวคือสามารถตั้งตัวได้ทั้งพื้นที่ที่มีแสงมากและในพื้นที่มีแสงน้อย ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Asanok et al. (2012) ที่พบว่าชนิดทั่วไปสามารถตั้งตัวได้ดีทั้งในพื้นที่ชายป่าด้านในและชายป่าด้านนอกของหย่อมป่าดิบเขา ที่เกิดจากการทำไร่เลื่อนลอยในบริเวณอำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก และที่น่าสังเกตคือชนิดไม้ในกลุ่มนี้ทั้งหมดเป็นไม้ในสกุลชมพู (*Syzygium* spp.) ซึ่งผลของชนิดไม้ในสกุลนี้สามารถลอยน้ำได้ จึงอาจเป็นสาเหตุให้ผลและเมล็ดกระจายไปได้ในพื้นที่โล่งที่อยู่ห่างไกลจากแม่ไม้ อีกทั้งชนิดไม้ในสกุลนี้ยังสามารถปรับตัวโดยการสร้างรากพอน และรากหายใจได้ จึงสามารถตั้งตัวได้ดีในพื้นที่พรุ (Singhakumara et al., 2003) นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดไม้เหล่านี้มีลักษณะการเป็นทั้งไม้เบิกนำ (pioneer species) และไม้ในสังคมถาวร (climax species) เห็นได้จากการปรากฏค่าดัชนีความสำคัญในระดับต้นๆ ทั้งในระดับลูกไม้และไม้ใหญ่ และพบกระจายทั่วไปทั้งพื้นที่โล่งและพื้นที่ภายใต้เรือนยอด

(1 Enter)

### สรุป (TH SarabunPSK 14 pt. ตัวหนา กึ่งกลาง)

เมื่อพิจารณาโดยรวมสังคมพืชป่าพรุน้ำจืดบ้านเซบะหละแห่งนี้ยังสามารถสืบต่อพันธุ์ได้ตามปกติ มีองค์ประกอบชนิดไม้ ประกอบไปด้วย ชนิดไม้ที่ทนร่ม ชนิดไม้ที่ต้องการแสงมาก และชนิดไม้ทั่วไป และส่วนใหญ่เป็นชนิดไม้ทั่วไปที่สามารถยึดครองพื้นที่ได้ดีทั้งในระดับไม้ใหญ่และลูกไม้ ดังนั้นชนิดไม้ทั่วไปจึงถือว่าเป็นกลุ่มพืชที่สำคัญในการกำหนดลักษณะสังคมพืช เนื่องจากชนิดพืชเหล่านี้สามารถเติบโตได้ทั้งในพื้นที่ที่เกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดและพื้นที่ภายใต้การปกคลุมของแม่ไม้ จากงานวิจัยนี้พบว่าพืชในสกุลชมพู ได้แก่ ชมพู หว่า หว่าน้ำ และหว่าพรุ มีลักษณะเป็นไม้ทั่วไป ดังนั้นหากต้องการจะฟื้นฟูป่าพรุน้ำจืดที่เสื่อมโทรมควรพิจารณาชนิดพืชเหล่านี้เพื่อปลูกทดแทน หลังจากนั้นค่อยนำชนิดไม้ ทนร่ม เช่น ไคร้ย้อย แดงน้ำ ชมพูน้ำ และ ดงหน มาปลูกในพื้นที่เพื่อส่งเสริมให้การฟื้นฟูป่าประสบความสำเร็จได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามควรจะมีการศึกษาปัจจัยแวดล้อมด้านอื่นๆประกอบไปด้วย โดยเฉพาะปัจจัยที่เกิดจากการรบกวนของมนุษย์

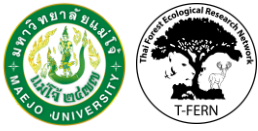
(1 Enter)

### เอกสารอ้างอิง (TH SarabunPSK 14 pt. ตัวหนา กึ่งกลาง)

ธวัชชัย สันติสุข. 2554. ป่าของประเทศไทย. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ

Asanok, L., Marod, D., Pattanavibool, A. and Nakashizuka, T. 2012. Colonization of tree species along an interior-exterior gradient across the forest edge in a tropical montane forest, northwest Thailand. *TROPICS*. 21 (3): 67-80.

Bannister, J.R., Kremer, K., Carrasco-Farías, N. and Galindo, N. 2017. Importance of structure for species richness and tree species regeneration niches in old-growth Patagonian swamp forests. *Forest Ecology and Management*. 401: 33-44.



- Lampela, M., Jauhiainen, J., Kämäri, I., Koskinen, M., Tanhuanpää, T., Valkeapää, A., Vasander, H. 2016. Ground surface microtopography and vegetation patterns in a tropical peat swamp forest. *Catena*. 139:127–136.
- Ligot, G., Balandier, P., Courbaud, B., Jonard, M., Kneeshaw, D. and Claessens, H. 2014. Managing understory light to maintain a mixture of species with different shade tolerance. *Forest Ecology and Management*. 327: 189–200.
- Migeot, J. and Imbert, D. 2011. Structural and floristic patterns in tropical swamp forests: A case study from the *Pterocarpus officinalis* (Jacq.) forest in Guadeloupe, French West Indies. *Aquatic Botany*. 94: 1–8.
- Singhakumara, B.M.P., Gamagea, H.K. and Ashton, M.S. 2003. Comparative growth of four *Syzygium* species within simulated shade environments of a Sri Lankan rain forest. *Forest Ecology and Management*. 174: 511–520.

#### หมายเหตุ

1. แบบฟอร์มบทคัดย่อแบบขยาย รวมทั้งสิ้นไม่เกิน 4 หน้า
2. การตั้งค่าน้ำกระดาษ บน (Top) 0.8 นิ้ว , ล่าง (Bottom) 0.8 นิ้ว, ซ้าย (Left) 1.25 นิ้ว และขวา (Right) 0.8 นิ้ว
3. ชื่อภาพและข้อมูลในภาพใช้ภาษาอังกฤษ เท่านั้น โดยคำว่า Figure .. ใช้ตัวหนา
4. ชื่อตารางและข้อมูลในตารางใช้ภาษาอังกฤษ เท่านั้น โดยคำว่า Table .. ใช้ตัวหนา
5. เอกสารอ้างอิงให้เป็นไปตามแบบฟอร์มของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 2558 คู่มือการเขียนวิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รายละเอียดตามลิงค์  
<https://erp.mju.ac.th/openFile.aspx?id=Mjl4MTk1&method=inline>