

249067

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249067

การจักจำแนกพืชสกุลน้ำเต้า (Genus Nymphaea L.) โดยไขว้จิตกรวิไลวรรณผู้จัดทำ  
วิชาคลีโงโหด ในคณะโรทหารภัก

ฉบับที่ เดือนมกราคม

จิตกรวิไลวรรณผู้จัดทำวิชาคลีโงโหด มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นวิทยากรที่ปรึกษา  
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
 เมษายน 2555  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

600254424

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



249067

การจัดจำแนกพืชสกุลบัวสาย (Genus Nymphaea L.) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับ  
นิวคลีโอไทด์ในคลอโรพลาสต์



วสันต์ เอี่ยมลัดตร

วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

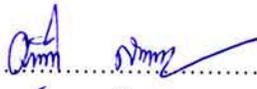
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

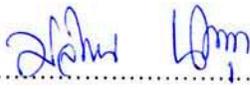
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

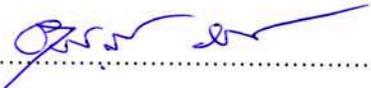
เมษายน 2555

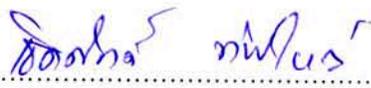
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

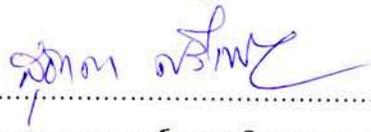
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การจัดจำแนกพืชสกุลบัว  
สาย (Genus *Nymphaea* L.) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ในคลอโรพลาสต์" ของ  
วสันต์ เอี่ยมลัดดร เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

  
.....ประธาน  
(ดร. อภินันท์ ลิ้มมงคล)

  
.....กรรมการ  
(ดร. มลิวรรณ นาคขุนทด)

  
.....กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุพันธ์ กงบังเกิด)

  
.....กรรมการ  
(ดร. เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่)

  
.....กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ คุณหญิงสุชาดา ศรีเพ็ญ)

อนุมัติ



.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คินีจ ภูพัฒน์วิบูลย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

๒๗ เมษายน ๒๕๕๕

## ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ดร.มลิวรรณ นาคขุนทด ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุพันธ์ กงบังเกิด และ ดร.เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.อภิรักษ์ ลิ้มมงคล ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ คุณหญิงสุชาดา ศรีเพ็ญ กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และแนวทางการแก้ปัญหาต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณ คุณวีรญา บุญเตี้ย ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณ นพชัย ชาญศิลป์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ พร้อมเทพ ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างบัวสายในการทำวิจัย รวมถึงการให้คำแนะนำและช่วยเหลือแก้ไขปัญหาต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณสุนันท์ โพธิ์น้อยยัง คุณจิรวรรณ ต่วนโต คุณวิภาดา วัชรสุนทรกิจ และเจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยาทุกท่าน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ตลอดจนถึงอาจารย์ในภาควิชาชีววิทยาทุกท่านที่ให้ความสนใจในการทำงาน

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้จัดสรรทุนงบประมาณแผ่นดินประจำปี 2554 เพื่อใช้ในการทำวิจัย และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา จากงบประมาณรายได้ ประจำปีการศึกษา 2553 สำหรับนิสิตปริญญาโท จนสำเร็จลุล่วงได้ตามวัตถุประสงค์

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้กำลังใจจนผู้วิจัยทำงานสำเร็จไปได้ด้วยดี

วสันต์ เอื้อมลฉัตร

ชื่อเรื่อง	การจัดจำแนกพืชสกุลบัวสาย (Genus <i>Nymphaea</i> L.) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ในคลอโรพลาสต์
ผู้วิจัย	วสันต์ เชื้อมลฉัตร
สถานที่ปรึกษา	ดร. มลิวรรณ นาคขุนทด
กรรมการที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนุพันธ์ กงบังเกิด ดร. เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วท.ม. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2554
คำสำคัญ	บัวสาย คลอโรพลาสต์ ลำดับนิวคลีโอไทด์

#### บทคัดย่อ

249067

พืชสกุลบัวสาย (*Nymphaea* L.) มีสมาชิกจำนวนมากที่สุดภายในวงศ์บัวสาย (Nymphaeaceae) มีการกระจายพันธุ์อยู่เกือบทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น และมีความหลากหลายของสมาชิกมากกว่า 50 ชนิด เนื่องจากจำนวนโครโมโซม ระดับการเพิ่มจำนวนชุดโครโมโซม และรูปแบบกลไกการถ่ายทอดทางพันธุกรรมที่เกิดจากการผสมข้ามในประชากร เดิมการจัดจำแนกพืชสกุลนี้อาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาของดอกและส่วนต่างๆ เป็นสำคัญ ทำให้ความสัมพันธ์ในทางพันธุกรรมของพืชแต่ละชนิดไม่มีความแน่ชัด ดังนั้นเพื่อที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของสมาชิกแต่ละตัวอย่าง จึงได้สร้างความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของพืชในวงศ์บัวสายจำนวน 6 สกุล ด้วยการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอในคลอโรพลาสต์บริเวณ *trnT-L-F* แล้ววิเคราะห์ผลด้วยวิธี maximum parsimony พบว่าพืชสกุลบัวสายมีลักษณะความสัมพันธ์แบบ paraphyletic โดยมีสกุล *Victoria*, *Euryale* และ *Ondinea* อยู่ภายในกลุ่มด้วย แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะภายในสกุลบัวสายสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ กลุ่มแรกประกอบด้วยสกุลย่อย *Hydrocallis*, *Lotos* และ *Nymphaea petersiana* กลุ่มที่สองประกอบด้วยสกุลย่อย *Nymphaea*, *Anecphyra* และ *Brachyceras* ซึ่งผลที่ได้นั้นสอดคล้องกับการจัดจำแนกภายในสกุลบัวสายที่ประกอบด้วย 5 สกุลย่อยของ Conard ในปี ค.ศ. 1905

Title SYSTEMATICS OF WATERLILIES (GENUS *NYMPHAEA* L.)  
USING CHLOROPLAST DNA SEQUENCES

Author Wasan Aurmachat

Advisor Maliwan Nakkuntod, Ph.D.

Co - Advisor Assistant Professor Anupan Kongbangkerd, Dr.rer.net.  
Chridsak Thapyai, Ph.D.

Academic Paper Thesis M.S. in Biological Sciences,  
Naresuan University, 2011

Keywords *Nymphaea*, chloroplast, DNA sequences

#### ABSTRACT

249067

The Waterlilies (*Nymphaea* L.) is the largest genus of Nymphaeaceae. Its members are almost worldwide distribution from tropical to temperate regions. *Nymphaea* is the most diverse lineage with more than 50 species due to chromosome numbers, ploidy levels and genetic mechanisms on pattern of outcrossing among populations. The classification so far is mostly relied on the floral morphology and vegetative parts that made the classification as artificial relation. Therefore, to understand the relationships among its member, the phylogenetic relationships of six genera in Nymphaeaceae were reconstructed using *trnT-L-F* region in chloroplast DNA. Maximum Parsimony of *trnT-L-F* sequences data in genus *Nymphaea* depicted a paraphyletic group which genus *Euryale*, *Victoria* and *Ondinea* are nested within. In addition, there are two major lineages within the genus *Nymphaea*, one is *Hydrocallis* - *Lotos* - *Nymphaea petersiana* clade and the other is *Nymphaea* - *Brachyceras* - *Anecphyra* clade. These results supported the taxonomic system of genus *Nymphaea*, consisting of the 5 subgenera according to classification of Conard in 1905.

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษา.....	2
ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	2
สมมติฐานของการวิจัย.....	2
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
ประโยชน์ของพืชสกุลบัวสาย.....	3
การจัดจำแนกพืชในวงศ์บัวสาย.....	5
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชสกุลบัวสาย.....	6
การจัดจำแนกพืชภายในสกุลบัวสาย.....	7
ลักษณะทั่วไปของคลอโรพลาสต์ดีเอ็นเอ (Chloroplast DNA).....	9
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
ตัวอย่างพืชที่นำมาศึกษา.....	21
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	23
วิธีดำเนินการทดลอง.....	25
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
4 ผลการวิจัย.....	32
การสกัดดีเอ็นเอและการตรวจสอบคุณภาพดีเอ็นเอ.....	32
การเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอและหาลำดับนิวคลีโอไทด์.....	33
การวิเคราะห์ phylogenetic tree และความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการ.....	35

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ศึกษาลักษณะทางพฤกษศาสตร์บางประการ .....	48
5 บทสรุป.....	55
สรุปผลการวิจัย.....	55
อภิปรายผลการวิจัย.....	56
ข้อเสนอแนะ.....	65
บรรณานุกรม.....	67
ภาคผนวก.....	78
ประวัติผู้วิจัย.....	91

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์.....	21
2 ลักษณะลำดับนิวคลีโอไทด์ของไพรเมอร์แต่ละตำแหน่ง.....	29
3 ความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ.....	30
4 สภาวะที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอแต่ละบริเวณ.....	30
5 ผลการวิเคราะห์ maximum parsimony ของบริเวณระหว่างยีน <i>trnT-L-F</i> บริเวณ อินทรอนของยีน <i>trnL</i> และการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน.....	35
6 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์บางประการของพืชสกุลบัวสาย.....	54

## สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	คลอโรพลาสต์ดีเอ็นเอบริเวณระหว่างยีน <i>trnT-F</i> ที่ประกอบด้วยบริเวณระหว่างยีน <i>trnT-L</i> , อินทรอนของยีน <i>trnL</i> และบริเวณระหว่างยีน <i>trnL-F</i> .....	10
2	แถบดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นจากการสกัดด้วยวิธีดัดแปลงจาก Agrawal (M = GeneRuler™ 1 kb DNA Ladder; Lane 1,3 = <i>N. capensis</i> ; Lane 2,4 = <i>Nymphaea</i> sp. (ขาวอชุธยา); และ Lane 5 = <i>N. colorata</i> ).....	32
3	ผลการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนดีเอ็นเอบริเวณระหว่างยีน <i>trnT-L</i> (M = GeneRuler™ 1 kb DNA Ladder; Lane 1 = <i>Nymphaea</i> 'Chalongkwan'; Lane 2 = <i>N. lotus</i> ; Lane 3 = <i>Nymphaea</i> sp. ขาวชมพูเล็ก (ฐานใบเปิด); Lane 4 = <i>N. capensis</i> ; Lane 5 = <i>N. gigantea</i> (ดอกสีขาว); และ Lane 6 = <i>N. gigantea</i> (ดอกสีม่วง)) .....	33
4	ผลการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนดีเอ็นเอบริเวณอินทรอนของยีน <i>trnL</i> (M = GeneRuler™ 1 kb DNA Ladder; Lane 1 = <i>Victoria amazonica</i> ; Lane 2 = <i>Nymphaea</i> 'Royal purple'; Lane 3 = <i>Nymphaea</i> sp. (ขาวสวนหลวง); Lane 4 = <i>Nymphaea</i> sp. ขาวชมพูเล็ก (ฐานใบเปิด); และ Lane 5 = <i>Nymphaea</i> 'Sunrise').....	34
5	ผลการเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนดีเอ็นเอบริเวณระหว่างยีน <i>trnL-F</i> (M = GeneRuler™ 1 kb DNA Ladder; Lane 1 = <i>N. neorosea</i> ; Lane 2 = <i>N. carpentaria</i> ; Lane 3 = <i>N. immutabilis</i> ; Lane 4 = <i>N. atrans</i> ; Lane 5 = <i>N. violacea</i> ; Lane 6 = <i>N. alba</i> ; Lane 7 = <i>N. micrantha</i> ; Lane 8 = <i>N. mexicana</i> (ดอกขนาดใหญ่); Lane 9 = <i>N. cyanea</i> ; และ Lane 10 = <i>N. rudgeana</i> ). .....	34
6	ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น; A. การเพิ่มของลำดับนิวคลีโอไทด์ตรงบริเวณซ้ำ B. การเพิ่มขึ้นและการขาดหายของลำดับนิวคลีโอไทด์ C. การแทนที่ของลำดับนิวคลีโอไทด์.....	37

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
7	ลักษณะความผันแปรของลำดับนิวคลีโอไทด์เกิดขึ้น; A. และ B. ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่พบเฉพาะบางตัวอย่าง C. และ D. ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่บอกสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการได้.....	37
8	Maximum parsimonious tree จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณระหว่างยีน <i>trnT-L</i> โดยที่ O คือ outgroup และ A B C D E คือกลุ่มของสกุลย่อยต่างๆ (ตัวเลขด้านหน้าเครื่องหมายทับคือ bootstrap support ตัวเลขด้านหลังคือ character support ซีดคือค่า bootstrap support ที่น้อยกว่า 50%).....	39
9	Maximum parsimonious tree จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณอินทรอนของยีน <i>trnL</i> โดยที่ O คือ outgroup และ A B C D E คือกลุ่มของสกุลย่อยต่างๆ (ตัวเลขด้านหน้าเครื่องหมายทับคือ bootstrap support ตัวเลขด้านหลังคือ character support ซีดคือค่า bootstrap support ที่น้อยกว่า 50%).....	41
10	Maximum parsimonious tree จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณระหว่างยีน <i>trnL-F</i> โดยที่ O คือ outgroup และ A B C D E คือกลุ่มของสกุลย่อยต่างๆ (ตัวเลขด้านหน้าเครื่องหมายทับคือ bootstrap support ตัวเลขด้านหลังคือ character support ซีดคือค่า bootstrap support ที่น้อยกว่า 50%).....	45
11	Maximum parsimonious tree จากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณระหว่างยีน <i>trnT-L-F</i> ร่วมกับบริเวณอินทรอนของยีน <i>trnL</i> โดยที่ O คือ outgroup และ A B C D E คือกลุ่มของสกุลย่อยต่างๆ (ตัวเลขด้านหน้าเครื่องหมายทับคือ bootstrap support ตัวเลขด้านหลังคือ character support ซีดคือค่า bootstrap support ที่น้อยกว่า 50%).....	47

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
12	สัณฐานวิทยาของพืชสกุลบัวสาย; A. เหน้ําเจริญตามแนวตั้ง, B. เหน้ําเจริญตามแนวนอน และ C. ลักษณะของหัว.....	49
13	สัณฐานวิทยาของใบในพืชสกุลบัวสาย; A. ขอบใบจักฟันเลื่อย, B. และ C. ขอบใบเรียบเป็นคลื่น และ D. ขอบใบเรียบ.....	50
14	ลักษณะเส้นใบในพืชสกุลบัวสาย; A. เส้นใบนูน, B. เส้นใบเรียบ.....	51
15	สัณฐานวิทยาของดอกในพืชสกุลบัวสาย; A. กลีบเลี้ยงที่มีเส้นสีขาวพาดตามยาว, B. กลีบเลี้ยงสีเขียวเป็นมันวาว, C. เกสรเพศผู้เป็นแผ่นแบนและมีรยางค์, D. เกสรเพศผู้เป็นแท่งกลมและไม่มีรยางค์, E. เกสรเพศเมียที่ไม่มีรยางค์ที่ยอดเกสร, F. เกสรเพศเมียที่มีรยางค์ที่ยอดเกสร, G. เกสรเพศเมียที่มีรังไข่เชื่อมติดกัน, H. เกสรเพศเมียที่มีรังไข่แยกออกจากกัน.....	52
16	พฤกษศาสตร์ของดอกในพืชสกุลบัวสาย; A. การบานของดอกรูปค่อนวงกลม, B. การบานของดอกรูปครึ่งวงกลม, C. การบานของดอกรูปถ้วย.....	53
17	บัวสายพันธุ์ต่างๆ และสกุลใกล้เคียง; กรอบสีแดง กลุ่มสกุลย่อย <i>Anecphyra</i> กรอบสีเขียว กลุ่มสกุลย่อย <i>Brachyceras</i> กรอบสีฟ้า กลุ่มสกุลย่อย <i>Nymphaea</i> กรอบสีม่วง กลุ่มสกุลย่อย <i>Lotos</i> กรอบสีเหลือง สกุลใกล้เคียง.	80
18	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชมพูลินจง ( <i>Nymphaea lotus</i> ); A. เหน้ํา B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รังไข่ตัดตามยาว E. เกสรเพศผู้และรูปทรงการบานของดอก.....	81
19	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>Nymphaea</i> sp. (ขาวสวนหลวง); A. เหน้ํา B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รังไข่ตัดตามยาว E. เกสรเพศผู้และรูปทรงการบานของดอก.....	82
20	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบัวแดง ( <i>N. rubra</i> ); A. เหน้ํา B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รังไข่ตัดตามยาว E. เกสรเพศผู้และรูปทรงการบานของดอก.....	83

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
21	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>Nymphaea</i> sp. ขาวชมพูเล็ก (ฐานใบปิด); A. เกสรเพศผู้ B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รยางค์บนยอดเกสรเพศเมีย E. ดอกก่อนบานแสดงกลีบเลี้ยง.....	84
22	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>Nymphaea</i> sp. (ขาวอุษยา); A. เหง้า B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รังไข่ตัดตามยาว E. เกสรเพศผู้และรูปทรงการบานของดอก.....	85
23	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของบัวสุธาสิโนบล ( <i>N. capensis</i> ); A. เหง้า B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รยางค์บนยอดเกสรเพศเมีย E. เกสรเพศผู้และรูปทรงการบานของดอก.....	86
24	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>Nymphaea</i> 'Royal purple'; A. ต้นอ่อนบนสะดือใบ B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รังไข่ตัดตามยาว E. รูปทรงการบานของดอก.....	87
25	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>Nymphaea</i> 'Sunrise'; A. เหง้า B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รังไข่ตัดตามยาว E. เกสรเพศผู้และรูปทรงการบานของดอก.....	88
26	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>N. mexicana</i> ; A. เกสรเพศผู้ B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รยางค์บนยอดเกสรเพศเมีย E. ดอกก่อนบานแสดงกลีบเลี้ยง.....	89
27	ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของ <i>N. gigantea</i> ; A. ต้นอ่อน B. เส้นใบ C. รังไข่ตัดตามขวาง D. รยางค์บนยอดเกสรเพศเมีย E. รูปทรงการบานของดอก.....	90

## อักษรย่อ

DNA	=	กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (Deoxyribonucleic acid)
RNA	=	กรดไรโบนิวคลีอิก (Ribonucleic acid)
M	=	โมล (mole)
bp	=	คู่เบส (base pair)
Kb	=	กิโลเบส (kilobase)
mM	=	มิลลิโมล (millimole)
w/v	=	มวลต่อปริมาตร (weight/volume)