# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

**ปริญญา**

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

**สาขา** | **ภาควิชา**

**เรื่อง** การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

A Study on Some Environmental Factors Influencing Growth of *Avicennia alba* Bl. and *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.

**นามผู้วิจัย** นางสาวทิฆัมพร อรุณศรีประดิษฐ์

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** .....

( รองศาสตราจารย์วิพักตร์ จินตนา, Ph.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** .....

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขวัญชัย ดวงสถาพร, วท.ด. )

**ประธานสาขาวิชา** .....

( ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

.....

( รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

A Study on Some Environmental Factors Influencing Growth of *Avicennia alba* Bl. and *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.


โดย

นางสาวทิฆัมพร อรุณศรีประดิษฐ์


เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2553


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทิฆัมพร อรุณศรีประดิษฐ์ 2553: การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์วิพักตร์ จินตนา, Ph.D. 94 หน้า

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเลบริเวณอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร โดยการติดตั้งเดนโดรมิเตอร์กับลำต้น ที่ระดับสูงเพียงอก (1.3 เมตรเหนือพื้นดิน) สำหรับวัดการเติบโตรายเดือนทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก ตั้งแต่เดือนกันยายน 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 จากนั้น เก็บตัวอย่างเนื้อไม้เหนือเดนโดรมิเตอร์ด้วยเครื่องทรีพอร์ สำหรับนับจำนวนและวัดความกว้างของวงเติบโตที่เกิดขึ้นในรอบปี 2552 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของต้นไม้กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมโดยสูตรของเพียร์สัน และอธิบายความสัมพันธ์ด้วยเกณฑ์ของฮิงเคิล

จากการศึกษา พบว่าไม้แสมขาวมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยรายปี 12.97 มิลลิเมตร มีวงเติบโตปรากฏเฉลี่ย 4 วง ความกว้างของวงเฉลี่ย 1.482 มิลลิเมตร ไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยรายปี 8.77 มิลลิเมตร มีวงเติบโตเฉลี่ย 3 วง ความกว้างของวงเฉลี่ย 1.174 มิลลิเมตร อัตราการเติบโตรายปีของไม้แสมขาวและแสมทะเลมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับจำนวนวงเติบที่เกิดขึ้นในรอบปี ($r = 0.93$ และ 0.63 ตามลำดับ, $p < 0.01$) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งต่อการเติบโตของไม้แสมขาว ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดและปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุดในรอบวันของเดือนก่อนหน้า ($r = 0.74$ และ 0.68 ตามลำดับ, $p < 0.01$) นอกจากนั้น อัตราการเติบโตของไม้แสมขาวยังได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากปัจจัยอื่นๆ เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศและการขึ้นลงของน้ำทะเลในเดือนก่อนหน้า ได้แก่ จำนวนวันที่ฝนตก อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุด ($r = 0.60, 0.56, 0.55$ และ 0.49 ตามลำดับ, $p < 0.05$) ระดับน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลางและระดับน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูง ($r = -0.57$ และ $-0.53$ ตามลำดับ, $p < 0.05$) สำหรับสภาพภูมิอากาศในเดือนเดียวกัน พบว่า จำนวนวันที่ฝนตกและปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบเดือนมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่ออัตราการเติบโตของไม้แสมขาว ($r = 0.52$ และ 0.51 ตามลำดับ, $p < 0.05$) ขณะที่การเติบโตของไม้แสมทะเลได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของเดือนก่อนหน้าที่เพิ่มสูงขึ้น ($r = -0.49$, $p < 0.05$)

_____ _____ ____ / ____ / ____

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tikumporn Arunsripradit 2010: A Study on Some Environmental Factors Influencing Growth of *Avicennia alba* Bl. and *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Associate Professor Vipak Jintana, Ph.D. 94 pages.

This study aimed to investigate the influence of environmental factors on growth rate of *Avicennia alba* Bl. and *A. marina* (Forsk.) Vierh. in a mangrove forest at Western Mahachai bay, Samut Sakhon Province. Dendrometer bands were installed at the breast height (1.3 m above ground) of the sample trees. Growth rates were recorded monthly from September 2008 to January 2010. Wood cores above the dendrometer bands were subsequently sampled by Trephor. Annual growth ring formation in 2009 was investigated. The correlation coefficient between the growth rates and various environmental factors was calculated by Pearson's formula and described by the Hinkle criteria.

The results revealed that the average annual growth rate of *A. alba* was 12.97 mm with an average of 4 growth rings. The average width of growth ring was 1.482 mm. *A. marina* performed an average annual growth rate of 8.77 mm with an average of 3 growth rings. The average width of growth ring was 1.174 mm. The annual growth rates of both *A. alba* and *A. marina* were significantly correlated with their growth ring formation. ($r = 0.93$ and 0.63, respectively, $p < 0.01$). For the environmental factors, it was found that the growth rate of *A. alba* was determined to correlate the climatic and tidal conditions in the previous month such as total rainfall and the maximum daily rainfall ($r = 0.74$ and 0.68, respectively, $p < 0.01$), number of rainy day, minimum temperature, average relative humidity and maximum temperature ($r = 0.60$, 0.56, 0.55 and 0.49, respectively, $p < 0.05$), mean high tide level and the highest tide level ($r = -0.57$ and -0.53, respectively, $p < 0.05$). Its growth rate was also correlated with the current climatic conditions such as number of rainy day and total rainfall ($r = 0.52$ and 0.51, respectively, $p < 0.05$). Whereas, the growth rate of *A. marina* was determined to correlate the average temperature of the previous month. ($r = -0.49$, $p < 0.05$).

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ที่รัก ที่เป็นที่พักพิง และเป็นกำลังใจอันยิ่งใหญ่ในชีวิตของผู้ศึกษาเสมอ ขอบคุณน้องทั้งสองคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิพักตร์ จินตนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ผศ.ดร. ขวัญชัย ดวงสถาพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง แก้ไข และขัดเกลาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณ รศ. ดร.ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี ประธานการสอบ และผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ศ.ดร.ชำนาญ ฉัตรแก้ว ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าให้แนะนำ และตรวจทานข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้อันเป็นพื้นฐานความสำเร็จในการศึกษา ตลอดจนบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนงบประมาณบางส่วนในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์กองทัพเรือ และกรมควบคุมมลพิษ ตลอดจนหัวหน้าศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 จังหวัดสมุทรสาคร และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน

ขอขอบคุณคุณสุภาภรณ์ บัวจันทร์ คุณโชติกา เมืองสง คุณจานนท์ ศรีเกตุ คุณมาลินี แก้วขาว คุณกนกวรรณ์ หอมชะเอม ตลอดจนเพื่อน พี่และน้องคณะวนศาสตร์ และวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ที่ได้ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูล ตลอดจนการทำเล่มวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คุณค่าแห่งความดีและประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้ศึกษาขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือ ดูแล อบรมให้ความรู้ และเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา

ทิฆัมพร อรุณศรีประดิษฐ์

พฤษภาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (4) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 5 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 26 |
| อุปกรณ์ | 26 |
| วิธีการ | 26 |
| ผลและวิจารณ์ | 33 |
| ผล | 33 |
| วิจารณ์ | 58 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 63 |
| สรุป | 63 |
| ข้อเสนอแนะ | 64 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 66 |
| ภาคผนวก | 71 |
| ภาคผนวก ก เดนโดรมิเตอร์ที่ได้รับความเสียหาย และการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ | 72 |
| ภาคผนวก ข จำนวนและความกว้างของวงเติบโตไม้แสมขาวและแสมทะเลที่ปรากฏในแนวรัศมี | 78 |
| ภาคผนวก ค ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม | 83 |
| ภาคผนวก ง โครงสร้างสังคมพืชรอบต้นไม้ตัวอย่าง | 85 |
| ภาคผนวก จ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเลกับปัจจัยแวดล้อม | 88 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 94 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมขาว | 35 |
| 2 | การเติบโตรายต้นของไม้แสมขาว | 37 |
| 3 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมขาว | 38 |
| 4 | จำนวนและความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมขาว ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552 | 40 |
| 5 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและความกว้างของวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมขาว | 41 |
| 6 | อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมทะเล | 43 |
| 7 | การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรายต้นของไม้แสมทะเล | 45 |
| 8 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมทะเล | 46 |
| 9 | จำนวนและความกว้างของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมทะเล ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552 | 48 |
| 10 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเติบโต กับจำนวนและความกว้างของวงเติบโตของไม้แสมทะเล | 49 |
| 11 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของไม้แสมขาวและไม้แสมทะเลกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม | 56 |


**ตารางผนวกที่**


| | | |
|---|---|---|
| ก1 | เดนโดรมิเตอร์ที่ได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บข้อมูลเดือนกันยายน 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 | 73 |
| ก2 | อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายเดือนของไม้แสมขาว (มิลลิเมตร) | 74 |
| ก3 | อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายเดือนของไม้แสมทะเล (มิลลิเมตร) | 76 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| ข1 | จำนวนและความกว้างของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมขาว เดือนมกราคม ถึงธันวาคม 2552 | 79 |
| ข2 | จำนวนและความกว้างของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมทะเล เดือน มกราคม ถึงธันวาคม 2552 | 81 |
| ค1 | สถิติภูมิอากาศของจังหวัดสมุทรสาคร เดือนสิงหาคม 2551ถึง มกราคม 2553 | 84 |
| ง1 | ความเด่นสัมพัทธ์ของต้นไม้แสมขาว (ต้นตัวอย่าง) แต่ละต้น ในพื้นที่ขนาด 12.57 ตารางเมตร | 86 |
| ง2 | ความเด่นสัมพัทธ์ของต้นไม้แสมทะเล (ต้นตัวอย่าง) แต่ละต้น ในพื้นที่ขนาด 12.57 ตารางเมตร | 87 |
| จ1 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 89 |
| จ2 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและความกว้างของวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 89 |
| จ3 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 90 |
| จ4 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 91 |
| จ5 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 92 |
| จ6 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 92 |
| จ7 | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเลกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล | 93 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | กรอบแนวคิดการศึกษา | 4 |
| 2 | การกระจายพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย | 7 |
| 3 | แผนที่อ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ต. บางหญ้าแพรก อ. เมือง จ. สมุทรสาคร | 22 |
| 4 | แนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี 2543 ถึง ปี 2552 | 23 |
| 5 | แนวโน้มจำนวนวันที่ฝนตกรายปี ตั้งแต่ปี 2543 ถึง ปี 2552 | 23 |
| 6 | แนวโน้มอุณหภูมิอากาศรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึงเดือนธันวาคม 2552 | 24 |
| 7 | เดนโดรมิเตอร์ติดตามการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ | 28 |
| 8 | เครื่องทรีพอร์ (trephor) สำหรับเจาะเนื้อไม้ | 29 |
| 9 | ตัวอย่างไม้ที่นำเข้าสู่โปรแกรมสำเร็จรูป | 30 |
| 10 | การวัดความกว้างของวงเติบโตของไม้ | 31 |
| 11 | อัตราการเติบโตรายเดือนของไม้แสมขาว ในรอบปี 2552 | 36 |
| 12 | การเติบโตรายเดือนสะสมของไม้แสมขาว | 38 |
| 13 | อัตราการเติบโตรายเดือนของไม้แสมทะเล ในรอบปี 2552 | 44 |
| 14 | การเติบโตรายเดือนสะสมของไม้แสมทะเล | 46 |
| 15 | ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบเดือนและจำนวนวันที่ฝนตก | 51 |
| 16 | อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย | 52 |
| 17 | ระดับน้ำสถานีตรวจวัด จ.สมุทรสาคร | 54 |
| 18 | ความเค็มของน้ำสถานีตรวจวัด TC01 ปากแม่น้ำท่าจีน จ.สมุทรสาคร | 54 |
| 19 | อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมขาวและปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งมีความสัมพันธ์กัน | 60 |
| 20 | อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมทะเลและปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งมีความสัมพันธ์กัน | 61 |


ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

# A Study on Some Environmental Factors Influencing Growth of *Avicennia alba* Bl. and *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.

## คำนำ

โลกมีโครงสร้างหลักที่ประกอบไปด้วย 4 ภาคส่วน คือ บรรยากาศ (atmosphere) อุทกภาค (hydrosphere) ธรณีภาค (lithosphere) และชีวภาค (biosphere) รวมเป็นระบบซึ่งมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันในลักษณะการหมุนเวียนสสารและการถ่ายเทพลังงาน และมีผลร่วมกันในการกำหนดสภาวะภูมิอากาศของโลกและการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิต ในรอบหนึ่งศตวรรษที่ผ่านมา โครงสร้างชั้นบรรยากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงจากการเพิ่มเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จนส่งผลให้อุณหภูมิอากาศที่ระดับผิวโลกเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (IPCC, 2001 อ้างใน สำนักงานนโยบายและแผนธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม [ส.ผ.], 2551) ประเทศไทยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศ จำนวน 45 สถานี ตั้งแต่ พ.ศ. 2494 ถึง 2542 พบว่า ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงและต่ำกว่าค่าปกติในทุกภาคของประเทศ อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยในรอบ 49 ปี โดยภาคกลางและภาคตะวันออก อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7 องศาเซลเซียส ภาคกลางและภาคใต้ฝั่งตะวันตก อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7 องศาเซลเซียส อีกทั้ง แนวโน้มของอุณหภูมิสูงสุด และต่ำสุดเฉลี่ยที่ต่างจากค่าปกติในทุกภาคของประเทศ มีแนวโน้มสูงขึ้นและสูงกว่าค่าปกติ (นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์, 2544) ในขณะที่โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติได้คาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 1.5-3 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้ลมมรสุมในคาบสมุทรเอเชียแปซิฟิกเพิ่มกำลังแรงมากขึ้นและพัดเลยขึ้นเหนือไป ทำให้ฝนตกในท้องถิ่นกันดาร และเกิดความแห้งแล้งในพื้นที่ซึ่งมีฝนตกชุกตะกอนซึ่งพัดพามากับน้ำจะทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน ก่อให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน น้ำเซาะดินพังทลาย นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังส่งผลให้น้ำแข็งบริเวณขั้วโลกละลายกลายเป็นพื้นน้ำ ซึ่งสามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนได้ดีกว่าเดิม ดังนั้น หากพื้นน้ำมีอาณาเขตที่กว้างใหญ่ขึ้นจึงเป็นปัจจัยเสริมให้อุณหภูมิอากาศสูงขึ้น ในขณะเดียวกัน น้ำทะเลที่มีอุณหภูมิสูงจะมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ลดน้อยลง ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซดังกล่าวออกสู่บรรยากาศมากขึ้นและเป็นเหตุให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นไปอีก (ทรงกรต, 2547) นอกจากนี้ อุณหภูมิอากาศเหนือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระดับพื้นน้ำยังเหนี่ยวนำการขยายตัวของมวลน้ำทำให้ระดับน้ำสูงขึ้น โดยช่วงเวลาที่ผ่านมานั้น ระดับน้ำทะเลทั่วโลกสูงขึ้นเฉลี่ย 1 ถึง 2.5 มิลลิเมตรต่อปี (สผ, 2551) ส่งผลให้พื้นที่ชายฝั่งซึ่งส่วนใหญ่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลไม่มากนัก เกิดเปลี่ยนแปลงไปได้อย่างรวดเร็ว เห็นชัดเจนว่า การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมทางโครงสร้างหรือบทบาทของสิ่งแวดล้อมหนึ่งนั้น นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมรอบอย่างเป็นลูกโซ่

ในภาวะที่ภูมิอากาศโลกเกิดความแปรปรวนเช่นนี้ มนุษย์ได้กลับมาให้ความตระหนักถึงความสำคัญของสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ การศึกษาเกี่ยวกับนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อมเป็นรากฐานความรู้ที่สำคัญยิ่งที่จะนำไปสู่การจัดการสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษามีความสนใจเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำของป่าชายเลนอันเป็นระบบนิเวศที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นน้ำและพื้นดิน ซึ่งอำนวยคุณค่าต่อการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงบทบาทของการทำหน้าที่รักษาสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง (ecosystem service) และการเก็บกักคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศสู่สังคมพืช ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและสะสมในรูปอินทรียคาร์บอน ในการศึกษาครั้งนี้ ได้เลือกพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณป่าสงวนแห่งชาติอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล ตลอดจนปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ น้ำฝน อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเค็มของน้ำ ซึ่งล้วนมีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ในป่าชายเลน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# วัตถุประสงค์

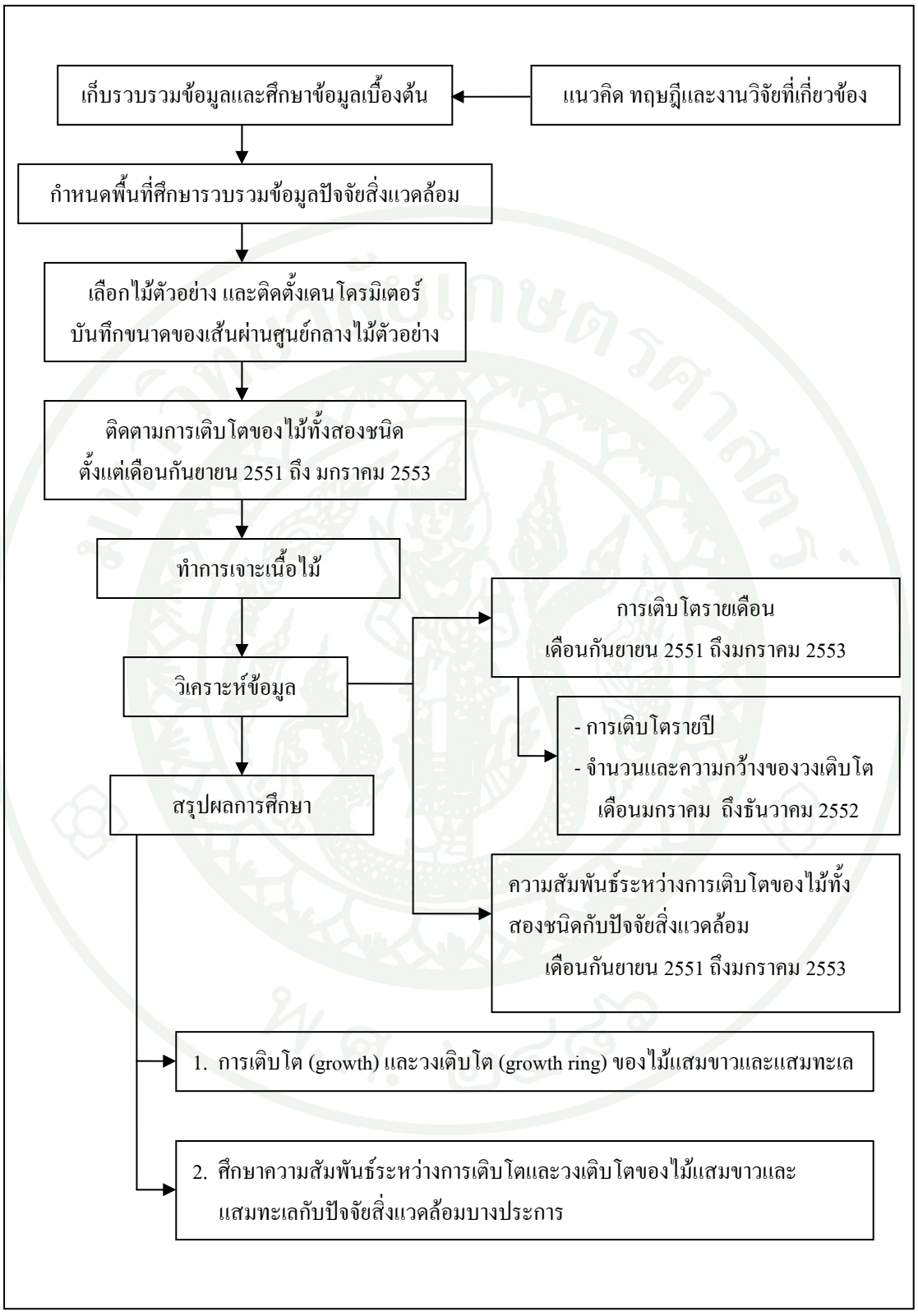
1. ศึกษาการเติบโต (growth) และวงเติบโต (growth ring) ของไม้แสมขาวและแสมทะเล

2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตและวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเลกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ

## ขอบเขตการศึกษา

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีผลต่อการเติบโตและวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ครั้งนี้ ดำเนินการในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นพื้นที่ในความดูแลของศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง โดยติดตามอัตราการเติบโตรายเดือนของไม้แสมทั้งสองชนิดจากเดนโดรมิเตอร์ที่ติดตั้งครั้งแรกในวันที่ 31 สิงหาคม 2551 ระยะเวลาที่ทำการศึกษารวมทั้งสิ้น 17 เดือน คือเดือนกันยายน 2551 จนถึงเดือนมกราคม 2553 โดยในเดือนสุดท้ายของการติดตามการเติบโต ทำการเจาะเนื้อไม้ทั้งสองชนิดเพื่อนับจำนวนและวัดความกว้างของวงเติบโตที่เกิดขึ้นในช่วงหนึ่งปี โดยอ้างอิงกับข้อมูลการเติบโตที่อ่านจากเดนโดรมิเตอร์ในเดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552 สำหรับข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลาของศึกษา ได้รับความอนุเคราะห์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังนี้ น้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศ จากกรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล จากกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ และข้อมูลความเค็มของน้ำ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากกรมควบคุมมลพิษ รายละเอียดกรอบแนวคิดการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 1** กรอบแนวคิดการศึกษา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# การตรวจเอกสาร

ป่าชายเลน หรือป่าโกงกาง ตรงกับภาษาอังกฤษใช้คำว่า mangrove forest หรือ intertidal forest หมายถึง กลุ่มสังคมพืชซึ่งขึ้นอยู่ตามชายฝั่งทะเลในเขตน้ำทะเลลงต่ำสุดและน้ำทะเลขึ้นสูงสุด (สนิท, 2532) พบได้ในบริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ อ่าว ทะเลสาบ และเกาะ ที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำเค็มในมหาสมุทรและน้ำจืดจากแผ่นดิน ทั้งนี้พืชที่ขึ้นในป่าชายเลนมีลักษณะทางสรีรวิทยาและการปรับตัวทางโครงสร้างที่คล้ายคลึงกันเพื่อให้สามารถดำรงอยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าวได้ พันธุ์ไม้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยไม้สกุลโกงกาง (Rhizophoraceae) เป็นสำคัญ และมีไม้สกุลอื่นขึ้นปะปน (อุทิศ, 2541) สภาพพื้นที่ป่าชายเลนโดยปกติเป็นเลนอ่อนหรือทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของชายฝั่งทะเลหรือชายฝั่งลำน้ำ ทำให้ดินต้องจมน้ำอยู่เป็นเวลานาน (ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล, 2543) ประกอบกับการมีน้ำเค็มท่วมถึงทำให้พืชพรรณมีการปรับตัวให้ขึ้นได้บนดินเลนที่อ่อนนิ่มและขาดออกซิเจน ด้วยการปรับระบบรากให้เหมาะสม เช่น การมีรากค้ำยัน (prop root) รากหายใจ (pneumatophores) และพูพอน (buttress) ใบส่วนใหญ่มีสารเคลือบ (wax) เพื่อป้องกันการเสียน้ำมากเกินไป ในขณะที่พืชพรรณบางชนิดมีต่อมขับเกลือที่โคนใบ (อุทิศ, 2541)

## 1. การกระจายของป่าชายเลน และพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน

ป่าชายเลนของโลกส่วนใหญ่จะขึ้นกระจัดกระจายอยู่ตามชายฝั่งทะเลเขตร้อนตั้งแต่อเมริกาตอนใต้ อเมริกากลาง อัฟริกา เอเชีย และหมู่เกาะแปซิฟิค สามารถขึ้นอยู่และเจริญเติบโตได้บ้างในเขตกึ่งร้อน เช่น นิวซีแลนด์ แต่มีพันธุ์ไม้น้อยชนิดมาก โดยอินโดนีเซียเป็นประเทศที่มีป่าชายเลนมากที่สุดในโลกมีพื้นที่ประมาณ 26.57 ล้านไร่และรองลงมาคือ บราซิล มีประมาณ 15.63 ล้านไร่ เนื่องจากทั้งสองประเทศมีชายฝั่งทะเลที่ยาวมาก (สนิท, 2550)

ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าชายเลนกระจายตามแนวชายฝั่งในภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคใต้ รวม 24 จังหวัด โดยปี 2504 มีรายงานพื้นที่ป่าชายเลนทั่วประเทศ 3,679 ตารางกิโลเมตร แต่หลังจากนั้นได้ถูกทำลายลงด้วยกิจกรรมหลายประเภทของมนุษย์ จนในปี 2539 มีพื้นที่ป่าชายเลนเหลืออยู่เพียง 1,676 ตารางกิโลเมตร แต่ภายหลังจากการดำเนินนโยบายการฟื้นฟูป่าชายเลน เช่น การปลูกป่าทดแทนและการลดการบุกรุกทำลายป่าส่งผลให้ในปี 2543 มีพื้นที่ป่าชายเลนเพิ่มขึ้นเป็น 2,453 ตารางกิโลเมตร และในปี 2547 เพิ่มเป็น 2,758 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นพื้นที่ 1,460,621.86 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่ป่าชายเลนในภาคตะวันออก 5 จังหวัด ได้แก่ ตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี และฉะเชิงเทรา รวมพื้นป่าชายเลน 152,309.76 ไร่ พื้นที่ป่าชายเลนในภาคกลาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6 จังหวัด ได้แก่ สมุทรปราการ สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ รวมพื้นที่ป่าชายเลนได้ 41,426.18 ไร่ พื้นที่ป่าชายเลนในภาคใต้ฝั่งอ่าวไทย 7 จังหวัด ได้แก่ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส รวมพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 177,293.32 ไร่ พื้นที่ป่าชายเลนในภาคใต้ฝั่งทะเลอันดามัน 6 จังหวัด ได้แก่ ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล รวมพื้นที่ป่าชายเลนทั้งหมด 1,089,592.61 ไร่ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2550)

พันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทยประกอบไปด้วยพืชมีหลายชนิด ทั้งไม้ยืนต้น พวกกาฝาก เถาวัลย์ และสาหร่าย ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีลักษณะทางกายวิภาคและสรีระคล้ายคลึงกัน สำหรับประเทศไทย Santisuk (1983) ได้รายงานว่ามีพันธุ์ไม้อยู่ถึง 35 วงศ์ 53 สกุล และ 74 ชนิด พันธุ์ไม้เด่นและสำคัญส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae โดยเฉพาะในสกุลไม้โกงกาง (*Rhizophora*) สกุลไม้โปรง (*Ceriops*) และสกุลไม้ถั่ว และพังกาหัวสุม (*Bruguiera*) พันธุ์ไม้ในวงศ์ Sonneratiaceae ได้แก่ สกุลไม้ลำพู และลำแพน (*Sonneratia*) พันธุ์ไม้ในวงศ์ Verbenaceae ได้แก่ สกุลไม้แสม (*Avicennia*) นอกจากนี้ ยังมีพันธุ์ไม้ในวงศ์ Meliaceae ได้แก่ สกุลไม้ตะบูน และตะบัน (*Xylocarpus*) เป็นต้น ทั้งนี้ พันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้ง 74 ชนิดนั้นอาจแบ่งได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มของต้นไม้ และพุ่มไม้ที่ขึ้นอยู่ในเขตน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย และอีกกลุ่มคือ ต้นไม้และพุ่มไม้ที่ขึ้นอยู่ในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าชายเลน ลักษณะสำคัญของสังคมพืชป่าชายเลน คือ การแบ่งแนวเขตของพันธุ์ไม้จากบริเวณชายฝั่งจนลึกเข้าไปพื้นที่ป่าด้านใน (สนิท, 2532; สง่า และคณะ, 2530) โดยสามารถสรุปได้ ดังนี้

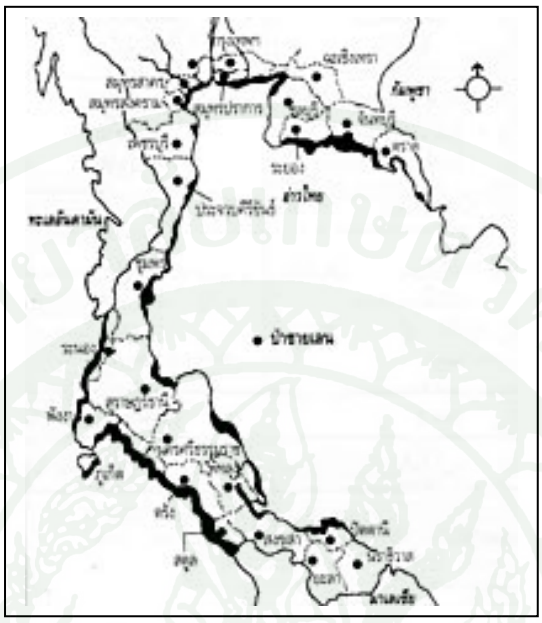
กลุ่มไม้แสม และลำพู เป็นไม้เบิกนำที่ชอบขึ้นอยู่บริเวณริมน้ำ ดินเป็นดินเลนมีทรายผสม มีน้ำท่วมถึงเป็นประจำ เช่นเดียวกันกับ กลุ่มไม้โกงกางซึ่งขึ้นอยู่ตามริมน้ำบริเวณดินเลนหนา โดยโกงกางใบใหญ่ จะขึ้นในบริเวณที่เป็นดินเลนอ่อน และลึกเข้ามาจะเป็นโกงกางใบเล็ก

กลุ่มไม้พังกาหัวสุม ไม้ถั่วและไม้โปรง ขึ้นอยู่ในบริเวณที่ดินเลนค่อนข้างแข็ง และน้ำทะเลท่วมถึงในระดับปกติ

กลุ่มไม้ฝาดและไม้ตะบูน ขึ้นในที่ดินเลนแข็ง และพื้นที่ระดับค่อนข้างสูง น้ำทะเลท่วมถึงเป็นบางคราว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กลุ่มไม้ตาตุ่ม ไม้หงอนไก่ทะเล และไม้เป้ง ขึ้นที่ดินเลนแข็งและเป็นพื้นที่สูง น้ำทะเลเมื่อน้ำท่วมสูงสุดเท่านั้น



**ภาพที่ 2** การกระจายพื้นที่ป่าชายเลนในประเทศไทย

**ที่มา**: สนิท (2541)

1.1 ลักษณะทั่วไปของไม้แสมขาวและแสมทะเล

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกพันธุ์ไม้ในวงศ์ Avicenniaceae สองชนิดพันธุ์ ได้แก่ แสมขาว (*Avicennia alba* Bl.) และแสมทะเล (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.) ซึ่งเป็นไม้เบิกนำ (pioneer species) ที่พบมากในพื้นที่ศึกษา ลักษณะทั่วไปของไม้ดังกล่าว สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน (2550) ได้อธิบายถึงไว้ดังนี้

แสมขาวเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูง 8-20 เมตร ไม่มีพูพอน ลำต้นแตกกิ่งระดับต่ำ เรือนยอดค่อนข้างกลม แผ่กว้าง หนาทึบ กิ่งห้อยลง เปลือกเรียบสีเทาถึงดำ มักจะมีสีสนิม เกิดจากพวกเชื้อราติดตามกิ่ง และผิวของลำต้น มีรากหายใจ คล้ายดินสอยาว 15-30 เซนติเมตร เหนือผิวดิน หนาแน่นบริเวณโคนต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามกัน แผ่นใบรูปใบหอกแกมรีหรือรูปขอบขนาน ขนาด 2-5 × 5-16 เซนติเมตร ปลายใบแหลมถึงเรียวแหลม ฐานใบแหลม ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมัน ด้านท้องใบมีขนยาวนุ่ม สีเทาอ่อน หรือ สีเทาเงินหรือสีออกขาว แผ่นใบเมื่อแห้งจะเป็นสีดำ ก้านใบยาว 1-2 เซนติเมตร

ดอกออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง หรือง่ามใบใกล้ปลายกิ่ง เป็นช่อเชิงลดยาว 3–8 เซนติเมตร มีขนยาว นุ่มสีน้ำตาลเหลืองหม่นปกคลุมดอก ดอกมีขนาดเล็ก ดอกย่อยไม่มีก้านดอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.4-0.6 เซนติเมตร กลีบเลี้ยง 5 กลีบ กลีบดอก 4 กลีบ ยาว 0.2-0.3 เซนติเมตร โคนกลีบติดกัน สีเหลืองส้ม เกสรเพศผู้ 4 อัน ออกดอกระหว่างเดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน

ผลคล้ายรูปพริก หรือรูปไข่เบี้ยว แบน ขนาด1.5-2 × 2.5-4 เซนติเมตร ปลายผลมีจะงอย เปลือกอ่อนนุ่ม สีเหลืองอมเขียว มีขนยาวนุ่มสีเขียวอ่อน ผลแก่เปลือกจะแตกด้านข้างตามความยาวผล และม้วนเป็นหลอดกลม แต่ละผลมี 1 เมล็ด

แสมทะเลเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก สูง 5-8 เมตร มีลักษณะเป็นพุ่ม ส่วนใหญ่มีสองลำต้นหรือมากกว่า ไม่มีพูพอน เรือนยอดโปร่ง มีรากหายใจคล้ายดินสอ ยาว 10-20 เซนติเมตรเหนือผิวดิน เปลือกเรียบเป็นมัน สีขาวอมเทา หรือขาวอมชมพู ต้นที่อายุมากเปลือกจะหลุดออก เป็นเกล็ดบางๆ คล้ายแผ่นกระดาษ และผิวของเปลือกใหม่จะมีสีเขียว

ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงตรงข้าม แผ่นใบรูปรี หรือรูปใบหอกแกมรูปไข่ขนาด 1.5-4 × 3-12 เซนติเมตร ปลายใบแหลมถึงมนเล็กน้อย ฐานใบรูปลิ่ม ขอบใบเรียบ ม้วนเข้าหากันทางด้านท้องใบ มีลักษณะคล้ายหลอดกลม ใบด้านบนสีเขียวเข้ม เป็นมัน ด้านท้องใบขาวอมเทา หรือขาวมีนวล ก้านใบยาว 0.4-1.4 เซนติเมตร

ดอกออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง หรือง่ามใบใกล้ปลายกิ่ง เป็นช่อเชิงลด ก้านช่อดอกยาว 1-5 เซนติเมตร แต่ละช่อมี 8-14 ดอก ช่อดอกย่อยเป็นช่อกระจุก ก้านดอกยาว 0.5-1.5 เซนติเมตร ดอกย่อยไม่มีก้าน ดอกมีขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยง 5 กลีบติดคงทนกลีบดอก 4 กลีบรูปไข่กว้างยาว 0.3 เซนติเมตรโคนกลีบติดกันสีส้มอมเหลืองถึงเหลือง เกสรเพศผู้ 4 อัน ออกดอกประมาณเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลรูปไข่ กว้าง เบี้ยว ถึงเกือบกลม แบนด้านข้าง ขนาด 1.5-2 × 1.5-2.5 เซนติเมตร เปลือกอ่อนนุ่ม สีเขียวออมเหลือง มีขนนุ่ม ปลายผลไม่มีจะงอย ผลแก่เปลือกจะแตก ด้านข้างตามยาวผล และม้วนเป็นหลอดกลม แต่ละผลมี 1 เมล็ด

**2. การเติบโตของต้นไม้และปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง**

2.1 การเติบโตของต้นไม้

สมบุญ (2548) กล่าวว่า การเติบโต (growth) ของพืชเป็นการเปลี่ยนแปลงทางปริมาณ ซึ่งไม่กลับคืน (irreversible) หมายถึง การเพิ่มขนาด มวลสาร หรือปริมาตรของเซลล์พืชโดยเกิดจากผลรวมของการแบ่งเซลล์และการขยายขนาดของเซลล์ การเติบโตจึงสามารถวัดได้ในเชิงปริมาณ ในขณะที่ การพัฒนา (development) เป็นการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ทั้งลักษณะภายนอกและโครงสร้างภายใน ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของเซลล์ (cell differentiation) โดยมีการจัดแบบแผนของรูปร่างให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ที่แตกต่างกัน ตามที่ได้ถูกกำหนดโดยลักษณะทางพันธุกรรม การเปลี่ยนสภาพ (differentiation) ทำให้เกิดเซลล์ เนื้อเยื่อและอวัยวะ ซึ่งมีโครงสร้างและหน้าที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ ลดาวัลย์ และคณะ (2550) กล่าวไว้ว่า การพัฒนาเป็นผลร่วมของการเติบโตและการเปลี่ยนสภาพ โดยการเติบโตเกิดขึ้นก่อน จากการแบ่งตัวและการขยายขนาดของเซลล์ หลังจากการเติบโตได้ขนาดของเซลล์ที่เหมาะสมแล้ว จึงค่อยเข้าสู่ระยะการพัฒนาไปเป็นเซลล์ต่างๆ กัน ในบางกรณีพบว่า การพัฒนาอาจเกิดขึ้นพร้อมกับการเติบโตก็ได้ (สมบุญ, 2548) สำหรับการเติบโตของพืชในขั้นแรกนั้น เป็นการเติบโตที่เรียกว่าการเติบโตขั้นปฐมภูมิ ซึ่งเกิดจากการแบ่งเซลล์ของเนื้อเยื่อเจริญจะอยู่บริเวณส่วนปลายของต้นไม้ ได้แก่ ปลายยอด และปลายราก (apical meristems) จนการเพิ่มขนาดทางความยาวหรือความสูงขึ้น โดยเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นจากการเติบโตปฐมภูมิ เรียกว่า เนื้อเยื่อปฐมภูมิ (primary tissues) สำหรับเนื้อเยื่อเจริญที่อยู่ด้านข้าง เรียกว่า เนื้อเยื่อเจริญด้านข้าง (lateral meristems) ซึ่งผลของการเติบโตของเนื้อเยื่อเจริญด้านข้างทำให้ต้นไม้มีการเพิ่มขนาดทางเส้นผ่านศูนย์กลาง เรียกว่า การเติบโตทุติยภูมิ (secondary growth) ซึ่งพบในไม้ยืนต้น เนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นจากการเติบโตทุติยภูมิ เรียกว่า เนื้อเยื่อทุติยภูมิ (secondary tissues) โดยกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า แคมเบียม (cambium) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสภาพของโพรแคมเบียม (procambium) และยังคงอยู่ภายในกลุ่มท่อลำเลียงของการเจริญเติบโตขั้นแรก เรียกว่า fascicular cambium ในขณะที่แคมเบียมอีกกลุ่มหนึ่งไม่ได้เกิดจากโพรแคมเบียม แต่เปลี่ยนมาจาก interfascicular parenchyma เรียกว่า interfascicular cambium โดยแคมเบียม อยู่ระหว่าง primary xylem และ primary phloem

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และสร้าง secondary xylem เข้าใจกลางของลำต้น สร้าง secondary phloem ออกทางด้านนอก (เทียมใจ, 2546) โดยเซลล์ที่เจริญเข้าด้านในกลายเป็นเนื้อไม้ ส่วนเซลล์ที่เจริญออกมาด้านนอกจะเจริญต่อไปเป็นเปลือกไม้ (bark) เนื้อไม้หรือไม้มีลักษณะเป็นรูพรุนโดยตลอด เรียกว่าเซลล์ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันทั้งรูปร่าง ลักษณะ ตลอดจนความหนาของผนังเซลล์ ส่วนใหญ่เนื้อไม้ประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ที่มีรูปร่างยาว แคบ และกลวง ทำหน้าที่เกี่ยวกับการลำเลียงน้ำอนินทรีย์สารและวัตถุดิบซึ่งเป็นสารละลายรวมทั้งแร่ธาตุต่างๆ จากรากขึ้นไปสู่ส่วนบนของลำต้น เนื้อเยื่อลำเลียงนี้เรียกว่า ไซเลม (xylem) โดยมักอยู่คู่กับโฟลเอม (phloem) ซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงอาหารเสมอ เรียกรวมกันว่า เนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) (ฉรงค์, 2531) โดยปกติกิจกรรมการแบ่งเซลล์และการเติบโตของแคมเบียมจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงฤดูเติบโต (growing season) ซึ่งมักจะอยู่ในช่วงฤดูฝน และช้าลงในช่วงปลายฤดูฝนย่างเข้าสู่ฤดูหนาว อัตราการเติบโตที่ต่างกันนี้ ทำให้เมื่อตัดลำต้นด้านตัดขวาง จะเห็นส่วนของไซเล็มทุติยภูมิมีลักษณะเป็นชั้นๆ เรียกว่า วงเติบโต (growth ring ) (ลดาวัลย์ และคณะ, 2550) สำหรับพืชในเขตหนาวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันมากในระยะเวลาหนึ่งของปี สามารถแยกวงปีออกเป็นสองส่วนคือ เนื้อไม้ต้นฤดู (spring wood หรือ early wood) ซึ่งหมายถึง ไซเลมทุติยภูมิที่สร้างในฤดูใบไม้ผลิอุณหภูมิอากาศเหมาะสมและอาหารอุดมสมบูรณ์ทำให้ส่วนนี้มีความกว้าง เซลล์มีขนาดใหญ่ผนังบางไม่แข็งแรง และเนื้อไม้ปลายฤดู (autumn wood, summer wood หรือ late wood) หมายถึง ไซเลมทุติยภูมิที่สร้างในฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วงที่เป็นภาวะไม่สมบูรณ์ทำให้ส่วนนี้แคบและเซลล์มีขนาดเล็กผนังหนา มีความแข็งแรงมาก (พวงผกา, 2548) และปรากฏสีเนื้อเยื่อที่เข้มกว่าเนื้อไม้ต้นฤดู ดังนั้น เมื่อเนื้อไม้มีการเจริญเติบโตของเนื้อเยื่อครบตามฤดูกาลเติบโตจึงเห็นการเติบโตที่เป็นชั้นสีอ่อน และสีเข้ม ซึ่งรวมเรียกว่า วงเติบโต (growth ring หรือ growth layer) และถ้าในหนึ่งปีเกิดวงเติบโตเพียงหนึ่งวง เรียกวงที่เกิดขึ้นนั้นว่า วงปี (annual ring หรือ annual layer) โดยความกว้างของวงสามารถสะท้อนถึงสภาพแวดล้อมนั้นๆ เช่น วงขนาดกว้างแสดงถึงสภาวะแวดล้อมที่ปกติหรือค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ แต่ถ้าวงแคบจะแสดงให้เห็นถึงสภาพแวดล้อมที่ผิดปกติ เช่น ความแห้งแล้ง ปัจจุบันเรานิยมใช้วงปีของต้นไม้คาดคะเนภูมิอากาศในอดีตผ่านมา ในขณะที่ไม้บางชนิดอาจมีวงเติบโตวงที่สองเกิดขึ้น ชั้นที่เกิดขึ้นนั้นเรียกว่า วงปีปลอม (false annual ring) ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการแปรปรวนของสภาพดินฟ้าอากาศหรือโรคต่างๆ ส่วนชั้นของวงเติบโตที่ประกอบไปด้วย สองวงหรือมากกว่า เรียกว่า วงปีซ้อน (multiple annual ring) ซึ่งเกิดขึ้นได้ในกรณีที่แคมเบียมส่วนหนึ่งไม่สามารถแบ่งตัวจนทำให้วงปีที่เกิดขึ้นมีไม่ครบวง ส่วนที่ไม่ครบวงนี้ไปซ้อนทับกับวงเก่าเรียกวงเติบโตนี้ว่า วงชะงัก (discontinuous ring) (เทียมใจ, 2546; ลดาวัลย์ และคณะ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตอากาศแบบร้อนชื้นแถบศูนย์สูตร สภาพอากาศร้อนและชุ่มชื้น อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของอากาศสูงตลอดปีและไม่แตกต่างกันมากนักในฤดูหนาว ทำให้ไม้ มีการสร้างไซเลมทุติยภูมิที่ค่อนข้างเป็นเนื้อเดียวกัน เห็นวงเติบโตได้ไม่ชัดเจนเท่ากับไม้ที่อยู่ในเขตอากาศแบบอบอุ่น (พวงผกา, 2548) ประเทศไทยมีการศึกษาเรื่องวงปีอย่างจริงจังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538 โดยพบว่า ไม้สัก ไม้สนสองใบและไม้สนสามใบเป็นพันธุ์ไม้ที่มีศักยภาพในการนำมาศึกษาวงปีเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้เพราะมีวงปีที่ชัดเจน (นาฏสุดา, 2550) ทั้งนี้ พันธุ์ไม้บางชนิดในป่าชายเลนก็มีวงเติบโตเช่นกัน เช่น *Avicennia germinans* ที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลนของรัฐฟลอริดา ทางตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ในหนึ่งปีต้นไม้นั้นมีวงเติบโต 2-6 วง (Gill, 1971 อ้างใน วิพักตร์, 2527)

2.2 ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้

การเติบโตของพืชเป็นปรากฏการณ์ที่สลับซับซ้อนเกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ที่เป็นตัวควบคุม ซึ่งพืชมีระบบรับรู้สัญญาณของสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เริ่มงอกจากเมล็ด จินดา (2524) กล่าวว่าปัจจัยที่ควบคุมการเติบโตของพืชแบ่งออกเป็น 3 ปัจจัย คือ

2.2.1 genetic control เป็นปัจจัยทางพันธุกรรม ในพืชแต่ละชนิดจะมีคุณลักษณะทางพันธุกรรม (genetic characteristic) แตกต่างกัน หรือแม้ว่าจะเป็นพืชชนิดเดียวกันแต่หาก gene locus แตกต่างกัน ก็จะมีลักษณะบางอย่างแตกต่างกันเช่นกัน นอกจากนี้พันธุกรรมยังเป็นตัวกำหนดว่าในพืชหนึ่งๆ จะสามารถเติบโตได้เท่าใด

2.2.2 internal interaction หรือ organismal control หรือ hormonal or chemical control คือ การควบคุมจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายใน หรือการควบคุมของสารกระตุ้นที่สร้างจากเซลล์หรือฮอร์โมนหรืออวัยวะที่เจริญมาก่อน โดยลดาวัลย์ และคณะ (2550) กล่าวว่า สารซึ่งควบคุมการเติบโตของต้นไม้ (plant growth regulator หรือ PGR) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในต้นไม้ มีระดับความเข้มข้นที่ต่ำมาก แต่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางสรีรวิทยา โดยการกระตุ้นหรือยับยั้งการเติบโตในต้นไม้นั้นๆ สารควบคุมการเติบโตที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ เรียกว่า ฮอร์โมน (hormone) สารควบคุมการเติบโตของพืชมีหลายชนิด แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน และมีผลต่อการเติบโตที่แตกต่างกัน ในบางครั้งอาจพบว่าต้องใช้สารควบคุมการเติบโตมากกว่าหนึ่งชนิดในการร่วมกันทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่ง สารควบคุมการเติบโตของพืชที่พบในปัจจุบัน สามารถ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำแนกตามคุณสมบัติออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้ ออกซิน (auxin), จิบเบอเรลลิน (gibberellin), ไซโทไคนิน (cytokinin), เอธิลีน (ethylene) และสารยับยั้งการเติบโต (growth inhibitors)

2.2.3 environmental control เป็นการควบคุมโดยสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการแสดงออกของพันธุกรรม และสภาพการทำงานภายในโดยเฉพาะระบบฮอร์โมน สิ่งแวดล้อมหลักที่สำคัญได้แก่ สภาพดินฟ้าอากาศ (climatic factors) คือ แสง อุณหภูมิ ความชื้น รวมถึงปริมาณน้ำและแร่ธาตุอาหารในดิน ลดาวัลย์ และคณะ (2550) กล่าวว่า ปัจจัยภายนอกส่งผลทางอ้อมต่ออัตราการเติบโตและกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเติบโต อันได้แก่ กระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ การสร้างอาหาร การสังเคราะห์ฮอร์โมน การดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร และการขนย้ายสารอาหาร เป็นต้น ปัจจัยภายนอกแบ่งได้เป็น ปัจจัยที่ไม่มีชีวิต (biotic factors) และปัจจัยที่มีชีวิต (abiotic factors) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างบทบาทของปัจจัยที่ไม่มีชีวิตที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศว่าเป็นไปตามกฎทางนิเวศวิทยา ดังนี้

ก. Liebig-Blackman' s Law of minimum เป็นแนวคิดเกี่ยวกับปัจจัยจำกัด ซึ่งกล่าวไว้โดยสรุปว่า เมื่อการเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อัตราการเติบโตจะถูกจำกัดในปัจจัยที่น้อยที่สุด ซึ่งกฎนี้มีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้กับระบบนิเวศที่มีสภาวะแวดล้อมค่อนข้างคงที่ เพราะการเปลี่ยนแปลงไปของสิ่งแวดล้อมจะทำให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตเปลี่ยนแปลงไปด้วย และย่อมส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศนั้น

ข. Shelford' s Law of the tolerance ซึ่งกล่าวว่า การเติบโตของสิ่งมีชีวิตนั้นไม่ได้ถูกจำกัดโดยปัจจัยที่น้อยที่สุดเท่านั้น แต่ปัจจัยที่มากเกินไปก็เป็นตัวที่จำกัดการเติบโตของสิ่งมีชีวิตด้วยเช่นกัน นั่นคือ สิ่งมีชีวิตจะดำรงอยู่ในช่วงปัจจัยที่เหมาะสม หรือที่เรียกว่า ช่วงความทนทาน (Limits of tolerance)

ค. Law of limiting Factors เป็นการรวมเอากฎ Liebig-Blackman' s Law of minimum และ Shelford' s Law of the tolerance เข้าด้วยกัน รวมเรียกว่า Law of limiting Factors ซึ่งกล่าวโดยสรุปว่า การดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศต้องมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นอย่างเพียงพอ และปัจจัยสิ่งแวดล้อมนั้นต้องไม่มาก หรือน้อยเกินไปกว่าความทนทานของสิ่งมีชีวิต และหากปัจจัยสิ่งแวดล้อม เกิดการเปลี่ยนแปลงจนไม่เหมาะสมกับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต อาจส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในลักษณะต่างๆ คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) ในกรณีที่สิ่งมีชีวิตไม่สามารถทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงได้ สิ่งมีชีวิตนั้นๆ อาจตายทั้งหมด

2) สิ่งมีชีวิตที่เป็นตัวเต็มวัยอาจตายหมด และทายาทรูปของตัวอ่อน เมล็ด หน่อฯลฯ ซึ่งสามารถเติบโตได้ใหม่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมขึ้น

3) สิ่งมีชีวิตที่มีความสามารถเคลื่อนที่ได้ในวงจำกัด อาจมีการปรับตัวในลักษณะจำศีล สิ่งมีชีวิตที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดีอาจอพยพออกจากพื้นที่

4) สิ่งมีชีวิตปรับตัวให้เกิดความทนทานต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป

ลดาวัลย์ และคณะ (2550) กล่าวว่า ปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่มีความซับซ้อน โดยปัจจัยหนึ่งมักจะส่งผลต่ออีกปัจจัยหนึ่งเป็นลูกโซ่ ดังนั้นในการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้นั้น จึงจำเป็นต้องเข้าใจถึงเหตุต่างๆ ดังนี้

ก. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการส่งผลต่อต้นไม้อย่างต่อเนื่อง ในขณะที่ปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการส่งผลต่อต้นไม้เป็นครั้งคราว

ข. ความสำคัญของปัจจัยสิ่งแวดล้อมหนึ่งๆ ต่อการเติบโตของต้นไม้แปรผันไปตามเวลา

ค. การเปลี่ยนแปลงการเติบโตอันเนื่องมาจากการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมอาจไม่ปรากฏให้เห็นเมื่อเวลาผ่านไป

ง. การตอบสนองการเติบโตต่อสภาพแวดล้อมเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมก่อนหน้า

จ. ความผันแปรของการเติบโตต่อสภาพสิ่งแวดล้อมขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฉ. การปรับตัวทางสัณฐานวิทยาของต้นไม้เมื่อเวลาผ่านไปจะมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของต้นไม้อย่างถาวร

จากข้อสรุปที่กล่าวมาข้างต้น ได้ถูกนำมาพัฒนาให้กลายเป็นแบบจำลองในรูปแบบต่างๆ บนพื้นฐานแนวความคิดเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งมีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ โดยแสดงลักษณะชุดข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันของตัวแปรที่ผ่านการตรวจทดสอบแบบจนได้แบบจำลองที่เหมาะสมในการประมาณการ โดยแบบจำลองในรูปสมการทางคณิตศาสตร์หรือทางสถิติสามารถใช้ในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และทำให้เข้าใจปรากฏการณ์เฉพาะที่เกิดขึ้นได้ Fritts (1976) กล่าวถึง แบบจำลองซึ่งสามารถใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของวงปีกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้ลักษณะความสัมพันธ์ ดังนี้คือ ความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างของวงปีกับลักษณะของสิ่งแวดล้อมในปีเดียวกัน ($t$) ความกว้างของวงปีกับสิ่งแวดล้อมปีก่อนหน้า ($t$-1) ความกว้างของวงปีกับสิ่งแวดล้อมปีต่อมา ($t$+1) และความกว้างของวงปีกับสิ่งแวดล้อมปีถัดไป ($t$+k)

สำหรับปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีผลต่อการดำรงชีพของต้นไม้นั้น แบ่งออกได้เป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านภูมิอากาศ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านชีวภาพและปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านไฟ ทั้งนี้ ลดาวัลย์ และคณะ (2550) ได้แบ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านภูมิอากาศ ออกเป็น

ก. รังสีดวงอาทิตย์และแสง แสงเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เนื่องจากเป็นแหล่งพลังงานในการดูดซับของพืชเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี แต่แสงที่มีปริมาณมากเกินไปอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อเซลล์พืชได้ เนื่องจากแสงมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ในพืช เช่น ความเข้มแสงต่อกระบวนการทางสรีรวิทยา ไม่ว่าจะเป็นการสังเคราะห์แสง การหายใจ การสืบพันธุ์ การผลิตฮอร์โมน การเปิดและปิดของปากใบ การผลิตคลอโรฟิลล์ การงอกของเมล็ด คุณภาพแสงมีผลอย่างมากต่อการชักนำการออกดอก สำหรับช่วงเวลาที่พืชได้รับแสงในรอบวันมีผลต่อการออกดอก การเติบโตและการแตกตัวจากสภาวะงัน

ข. พลังงานความร้อนและอุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชอย่างมาก เนื่องจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่างๆ ที่เกิดในเซลล์พืชมักถูกควบคุมโดยอุณหภูมิ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิมักมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของแสง เนื่องจากพืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีการปรับอุณหภูมิของต้นไปตามสภาพแวดล้อม อุณหภูมิจึงมีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเติบโตและการพัฒนาของพืช ซึ่งพืชแต่ละชนิดมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) สำหรับการเติบโตและการพัฒนาที่ไม่เท่ากัน แต่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม การเติบโตและการพัฒนาจะลดลง โดยพืชแต่ละชนิดมีช่วงของความทนทานต่ออุณหภูมิต่ำสุดและสูงสุดไม่เท่ากัน

ค. น้ำและความชื้น น้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของพืช เนื่องจากน้ำมีความสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม อันได้แก่ กระบวนการสร้างอาหาร หรือการเปลี่ยนสารอาหารเพื่อใช้ในการเติบโต เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์ ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายที่ทำให้ก๊าซและสารอาหารสามารถเคลื่อนที่จากเซลล์หนึ่งไปยังเซลล์หนึ่งได้ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวทำปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดกระบวนการต่างๆ เช่น กระบวนการสังเคราะห์แสง และกระบวนการย่อยสลายสารอาหาร อีกทั้ง น้ำยังเป็นตัวรักษาความเต่งซึ่งมีความสำคัญต่อการเพิ่มขนาด การเติบของเซลล์ การเปิด-ปิดของปากใบ นอกจากนี้ พืชยังมีการปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อความเครียดที่เกิดจากน้ำทั้งต่อความแล้งหรือสภาพที่มีน้ำมากเกินไป โดยนักนิเวศวิทยาได้จำแนกพืชออกตามลักษณะถิ่นที่อยู่ที่เกี่ยวข้องกับน้ำออกเป็น 3 กลุ่ม คือ 1) ไฮโดรไฟท์ เป็นพืชในสภาพน้ำขัง 2) ซีโรไฟท์เป็นพืชทนแล้งหรือสภาพที่มีความชื้นในดินน้อย และ 3) มีโซไฟท์เป็นพืชในสภาพทั่วไป ที่ไม่สามารถทนสภาวะขาดน้ำหรือสภาวะที่มีน้ำมากเกินไป

ง. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จัดเป็นก๊าซเรือนกระจกสำคัญ ต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซดังกล่าวผ่านกระบวนการทางเคมีต่างๆ ได้อินทรียสารที่มีความสลับซับซ้อน มีการเคลื่อนย้ายในส่วนต่างๆ ของลำต้น และสะสมในรูปอินทรียคาร์บอนซึ่งจะถูกปลดปล่อยเมื่อต้นไม้ตาย หรือมีการตัดฟันเพื่อนำมาใช้ประโยชน์

จ. ลม เป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเติบโตของต้นไม้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ผลทางตรงนั้นทำให้ กิ่งหัก ยอดไม้หัก หรืออาจโค่นล้มลง ส่วนผลทางอ้อมนั้นส่งผลต่ออุณหภูมิ การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และความชื้นของบรรยากาศบริเวณโดยรอบ

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมของป่าชายเลนมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความความแตกต่างทางโครงสร้างของสังคมพืช ทั้งความหลากชนิด ปริมาณแต่ละชนิด สัดส่วนแต่ละชนิด รวมถึงการกระจายแต่ละชนิด สนิท (2531) แบ่งปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อป่าชายเลนออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. ภูมิประเทศชายฝั่ง (coastal physiography) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อลักษณะโครงสร้างโดยเฉพาะชนิดและการกระจายพันธุ์ไม้และสัตว์น้ำตลอดจนขนาดพื้นที่ป่าชายเลนอย่างมาก หากเป็นชายฝั่งจมตัวซึ่งเป็นที่ราบแคบๆ ริมฝั่งทะเลหรือรอบเกาะใกล้ภูเขาสูง ป่าชายเลนที่ขึ้นจะเป็นแนวแคบๆ ต่างจากบริเวณชายฝั่งแบบยกตัวที่มีพื้นที่ราบกว้างทำให้ป่าชายเลนขึ้นอยู่เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ ด้วยลักษณะความเป็นพื้นที่ราบและความใกล้ไกลภูเขาที่แตกต่างกันนี้เอง ส่งผลต่อการท่วมถึงของน้ำทะเลและการตกตะกอน รวมถึงลักษณะ และสมบัติของดินตะกอน

ข. ภูมิอากาศ (climate) ปัจจัยสภาวะแวดล้อมเกี่ยวกับภูมิอากาศที่สำคัญได้แก่ แสง อุณหภูมิ ฝน และลม โดยปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืช และสัตว์ในป่าชายเลน ในขณะเดียวกันก็มีความสำคัญต่อปัจจัยทางกายภาพอื่นๆ เช่น ปัจจัยที่เกี่ยวกับดินและน้ำในบริเวณป่าชายเลนอีกด้วย

1) แสง เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากต่อพืชสีเขียวในป่าชายเลนในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อให้ได้มาซึ่งอาหารเพื่อการเติบโตของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ นอกจากนี้แสงยังมีอิทธิพลต่อพันธุ์ไม้ในป่าชายเลนอีกหลายด้าน เช่น การเปิด-ปิดของปากใบ การหายใจ การคายน้ำ การออกดอกและการออกฝักของไม้ในป่าชายเลน ตลอดจนรูปทรง ลักษณะโครงสร้าง หน้าที่และกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นในป่าชายเลน โดยทั่วไปพรรณไม้ในป่าชายเลนเป็นกลุ่มไม้ที่ต้องการแสงมาก แสงจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดการกระจายของป่าชายเลนในแถบชายฝั่งทะเลโซนร้อนทั่วโลก ซึ่งความเข้มแสงที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของไม้ป่าชายเลนมีค่าระหว่าง 3,000-3,800 กิโลแคลอรีต่อตารางเมตรต่อวัน โดยพบว่า การปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนใต้ร่มเงาไม้ใหญ่มีอัตราการเติบโตต่ำ และมีอัตราการตายสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกกล้าไม้ป่าชายเลนในที่โล่ง

2) ฝน หมายรวมถึง ปริมาณ ระยะเวลาที่ฝนตก และการกระจายของฝนเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความเป็นอยู่และการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลนโดยเฉพาะการกระจาย การเติบโต และการออกดอกของพันธุ์ไม้ นอกจากนี้ฝนก็มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของอากาศและน้ำ ความเค็มของน้ำและน้ำในดิน โดยปกติแล้วป่าชายเลนสามารถขึ้นอยู่ และเติบโตได้ดี เมื่อพื้นที่ชายฝั่งมีปริมาณฝนตกประมาณ 1,500-3,000 มิลลิเมตรต่อปี แต่ก็สามารถขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีฝนตกถึง 4,000 มิลลิเมตรต่อปี และมีช่วงระยะของฝนตกระหว่าง 8-10 เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3) อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน โดยเฉพาะกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ อันมีผลต่อการเติบโต และการดำรงชีวิตของพืชในป่าชายเลน พบว่า ในอุณหภูมิที่แตกต่างกันปริมาณการแตกใบอ่อนของไม้ในป่าชายเลนมีอัตราในการแตกใบอ่อนแตกต่างกันไปด้วย

4) ลม เป็นปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญต่อระบบนิเวศในป่าชายเลน โดยลมมีอิทธิพลต่อการตกและการกระจายของฝน ซึ่งมีส่วนทำให้การระเหย และการคายน้ำของพืชเพิ่มมากขึ้น ตามชายฝั่งทะเล ลมมีอิทธิพลมากต่อความเร็วของกระแสน้ำและคลื่นที่มีผลโดยตรงต่อการพังทลายของดินชายฝั่ง ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของลักษณะโครงสร้างป่าชายเลนในขณะเดียวกันลมมีส่วนช่วยในการผสมพันธุ์ของไม้และกระจายของพันธุ์ไม้ แต่ถ้าพื้นที่ชายฝั่งบริเวณใดมีลมแรงจะทำให้ต้นไม้แคระแกรนและมีทรวดทรงผิดปกติได้

ค. ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล น้ำขึ้นน้ำลงนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งในการกำหนดการแบ่งเขตการขึ้นของพันธุ์ไม้หรือสัตว์ในป่าชายเลน ช่วงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มในบริเวณป่าชายเลนโดยในช่วงที่น้ำทะเลขึ้นหรือน้ำทะเลหนุนค่าความเค็มของน้ำห่างจากชายฝั่งหรือตลอดจนลำแม่น้ำจะสูงขึ้นด้วย ในทางตรงกันข้ามเมื่อน้ำทะเลลดลงค่าปริมาณความเค็มของน้ำก็ลดต่ำลงด้วย นอกจากนี้ความเค็มของน้ำยังขึ้นยังอยู่กับช่วงเวลาน้ำเกิด (spring tide) และน้ำตาย (neap tide) เนื่องจากช่วงน้ำเกิดน้ำที่มีความเค็มสูงไหลเข้าสู่ป่าชายเลนเป็นระยะทางไกลกว่าช่วงน้ำตาย การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำเนื่องจากน้ำขึ้นน้ำลงเป็นตัวจำกัดการแพร่กระจายสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลน โดยเฉพาะการกระจายในทางแนวนอน (horizontal distribution) การแลกเปลี่ยนมวลน้ำระหว่างน้ำจืดกับน้ำทะเลและมีผลต่อการแบ่งเขตของสิ่งมีชีวิตในแนวดิ่ง (vertical distribution) ในป่าชายเลน ในขณะเดียวกันระยะเวลาในการขึ้นลงของน้ำมีส่วนสำคัญในการกำหนดการกระจายของสิ่งมีชีวิต ลักษณะโครงสร้าง ตลอดจนหน้าที่กิจกรรมของระบบนิเวศป่าชายเลนซึ่งบริเวณป่าชายเลนที่มีน้ำขึ้นน้ำลงวันละหนึ่งครั้ง (diurnal tide) จะมีลักษณะโครงสร้างและความอุดมสมบูรณ์แตกต่างจากป่าชายเลนที่มีน้ำขึ้นน้ำลงวันละสองครั้ง (semi-diurnal tide) หรือในบริเวณที่มีการขึ้นลงของน้ำแบบผสม (mix tide) เช่น บริเวณที่มีน้ำท่วมถึงตลอดเวลาจะมีแต่ไม้โกงกางใบใหญ่ขึ้นได้ชนิดเดียว แต่ถ้าพื้นที่ที่มีน้ำท่วมถึงชั่วคราวจะมีไม้พังกาหัวสุม และตะบูนขึ้นเด่นอยู่ เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความแตกต่างในการขึ้นลงของน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระบบราก และลักษณะภายนอกของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน พบว่า ป่าชายเลนที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีความแตกต่างของการขึ้นลงของน้ำกว้าง จะทำให้ระบบรากหายใจสูงจากระดับผิวดินมาก ในทางกลับกันป่าชายเลนบริเวณใดมีความแตกต่างของการขึ้นลงของน้ำต่ำ ก็ทำให้ระบบรากไม่สูงจากพื้นผิวดินมากนัก เช่น ไม้แสม ลำพู ลำแพน ถ้าขึ้นอยู่ในป่าชายเลนที่มีความแตกต่างของน้ำขึ้นน้ำลงกว้าง ระบบรากหายใจจะมีขนาดใหญ่และสูงจากผิวดินมากในทางตรงข้าม ถ้าป่าชายเลนบริเวณใดมีผลต่างการขึ้นลงของน้ำแคบ รากพวกไม้แสม ลำพู ลำแพนจะมีขนาดเล็กและสูงจากผิวดินน้อยซึ่งการที่รากของพันธุ์ไม้เหล่านี้มีระบบรากที่แตกต่างกันทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของสัตว์ชนิดต่างๆ ที่อาศัยอยู่ตามบริเวณรากแตกต่างกันไป

ง. คลื่นและกระแสน้ำ (wave and currents) คลื่นในบริเวณชายฝั่งมีความสำคัญในแง่ของการกัดเซาะดินชายฝั่ง ทำให้เกิดการพังทลาย รวมถึงการกวนตะกอนทำให้ตกตะกอนอีกครั้ง โดยเมื่อมีน้ำขึ้นหรือน้ำลง กระแสน้ำที่ผิวหน้าเป็นกระแสที่เคลื่อนตัวไปตามแรงเหวี่ยงตัวของมวลน้ำที่มีชนิดของน้ำแตกต่างกันทั้งอุณหภูมิ ความเค็ม ความลึก และช่วงเวลาของน้ำขึ้นน้ำลง ส่วนกระแสน้ำพื้นผิวท้องน้ำเป็นกระแสนำที่ขับเคลื่อนตะกอนไปตามแรงเหวี่ยงของมวลน้ำ ทั้งนี้คลื่นกระแสน้ำมีอิทธิพลโดยตรงต่อการแพร่กระจายของพันธุ์ไม้ ในทางอ้อม คลื่นและกระแสน้ำมีบทบาทสำคัญในการตกตะกอนบริเวณชายฝั่ง หรือเกิดสันทรายหรือหาดทรายตามบริเวณปากอ่าว แล้วพื้นที่เหล่านี้จะมีพันธุ์ไม้ป่าชายเลนขึ้นและขยายลงสู่ทะเลได้

จ. ความเค็มของน้ำทะเล (water salinity) และความเค็มของน้ำในดิน (soil water salinity) ความเค็มเป็นความเข้มข้นของเกลือในน้ำ ซึ่งโดยปกติ หมายถึงโซเดียมคลอไรด์หรือการวัดความเข้มข้นของสารละลายแร่ธาตุต่างๆ ในน้ำ ความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงระดับไปตามแต่ละบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำจืด เช่น น้ำทะเลเปิดความเค็มจะต่ำ บริเวณชายฝั่งความเค็มเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำ ความเค็มเป็นปัจจัยสำคัญในการเติบโต การรอดตาย และการแบ่งเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน โดยปกติป่าชายเลนสามารถขึ้นอยู่และเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณน้ำกร่อยซึ่งมีค่าความเค็มของน้ำและค่าความเค็มของน้ำในดินระหว่าง 10-30‰ อย่างไรก็ตาม พันธุ์ไม้ป่าชายเลนบางชนิดสามารถขึ้นอยู่และทนทานได้ในพื้นที่ที่มีความเค็มของน้ำสูงมาก แต่ช่วงความเค็มที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกลุ่มไม้ป่าชายเลนมีค่าระหว่าง 28-34‰ มีการศึกษาว่า ไม้แสมทะเลมีความทนทานต่อความเค็มในช่วงกว้าง คือสามารถเติบโตได้ตั้งแต่ความเค็มสูงถึงความเค็มต่ำ รวมถึงความเค็มที่แปรปรวนได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฉ. ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ในป่าชายเลนโดยเฉพาะการหายใจ และการสังเคราะห์แสง ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำบริเวณป่าชายเลนมีการเปลี่ยนแปลงตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีค่าต่ำสุดในเวลากลางคืนและสูงสุดในเวลากลางวัน ทั้งนี้ ป่าชายเลนมีการให้ออกซิเจนละลายในน้ำมาก เนื่องจากมีสิ่งมีชีวิตอาศัยอยู่เป็นจำนวนมาก และมีการหายใจซึ่งเกิดจากรากหายใจ ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณป่าชายเลนจึงต่างกันตามเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้

ช. ดิน (soil) ดินป่าชายเลนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการจำกัดการเติบโตและการกระจายของไม้ป่าชายเลน โดยดินป่าชายเลนเป็นดินที่เกิดจากการทับถมของตะกอนจากการกัดเซาะชายฝั่งแม่น้ำ การพังทลายของดินบนภูเขาที่ไหลตามมาตามแม่น้ำลำคลอง และการตกตะกอนจากสารแขวนลอยในมวลน้ำ ลักษณะของตะกอนดินต่างๆ ที่มาทับถมในบริเวณชายฝั่งและป่าชายเลนนั้นจึงมีลักษณะแตกต่างกัน เนื่องมาจากต้นแหล่งกำเนิดของตะกอนเป็นสำคัญ

ซ. ธาตุอาหาร (nutrients) ธาตุอาหารในป่าชายเลนมี 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ อนินทรียสาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งส่วนใหญ่ในป่าชายเลนมีมากพอ แหล่งที่มาที่สำคัญ เช่น น้ำฝน น้ำไหลผ่านแผ่นดิน ดินตะกอน น้ำทะเลและการผุสลายของอินทรียวัตถุ และอีกประเภทคือ อินทรียสาร หมายถึง สารอาหารอินทรีย์ที่มีต้นกำเนิดมาจากสิ่งมีชีวิต มีรูปเป็นสารแขวนลอยที่มีขนาดประมาณ 1 ไมครอน มีแหล่งสำคัญ 2 แหล่งใหญ่ๆ คือ จากในป่าชายเลนเองและจากนอกป่าชายเลน

**3. การวัดการเติบโต**

การวัดการเติบโตของของต้นไม้ หมายถึง การวัดความเติบโตทางความสูง (height growth) การเติบโตทางพื้นที่หน้าตัด (basal area) และการเติบโตทางปริมาตร (volume growth) โดยอาจวัดต่อระยะเวลาหนึ่ง หรือเป็นช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งการเติบโตสามารถแสดงด้วยค่าต่างๆ ต่อไปนี้ (ปัสสี, 2534)

3. 1 ความเพิ่มพูนรายปี (current annual increment) เป็นการเติบโตหรือความเพิ่มพูนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 ความเพิ่มพูนระยะคาบ (periodic increment) เป็นความเพิ่มพูนที่เพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่งซึ่งมากกว่าหนึ่งปี อาจเป็นช่วงละ 5 ปี หรือ 10 ปีก็ได้

3.3 ความเพิ่มพูนเฉลี่ยในระยะคาบ (periodic annual increment) เป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หาได้โดยเอาความเพิ่มพูนรายคาบหารด้วยจำนวนปีในระยะคาบนั้น

3.4 ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment) เป็นความเพิ่มพูนเฉลี่ยที่หาได้จากความเพิ่มพูนสะสมทั้งหมด หารด้วยอายุทั้งหมด

**4. เครื่องมือที่ใช้ศึกษาการเติบโตของต้นไม้**

4.1 เดนโดรมิเตอร์ (dendrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้เฝ้าติดตามการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้เป็นรายต้นที่เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเครื่องมือดังกล่าวให้ความละเอียดสูง และเกิดความผิดพลาดในการวัดต่ำ ลักษณะเครื่องมือสามารถรัดติดกับต้นไม้ได้อย่างถาวร อายุการใช้งานขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ มีทั้งทำจากเหล็ก อะลูมิเนียม สำหรับเดนโดรมิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเครื่องมือซึ่งประกอบขึ้นเองจากแถบอะลูมิเนียม (Jintana, 1991) โดยมีค่าความละเอียดในการวัดเท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร

4.2 เครื่องทีพอร์ (trephor) เป็นเครื่องมือที่ใช้สกัดไม้ขนาดเล็ก (microcores) ซึ่งขนาดไม้ตัวอย่างที่ได้จะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร และยาว 20 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับการใช้เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงของเนื้อไม้ โดยไม่ทำลายต้นไม้

4.3 โปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งใช้ในการวัดความกว้างวงเติบโตเป็นโปรแกรมที่มีการพัฒนามากว่ายี่สิบปี โดยใช้เทคนิค 2D และ 3D มาช่วยในการประมวลผลภาพ มีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางในหลายสาขาวิชา

**5. สถานที่ทำการวิจัย**

จังหวัดสมุทรสาครตั้งอยู่ในพื้นที่ตอนล่างของภาคกลาง ประมาณเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ และเส้นแวงที่ 100 องศาตะวันออก มีชายฝั่งทะเลยาว 41 กิโลเมตร พื้นที่ป่าชายเลน 33.32 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น 3.91% ของพื้นที่จังหวัด โดยการศึกษานี้ดำเนินการในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ป่าอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตกตามแผนที่แนบกฎกระทรวง ฉบับที่ 1202 (พ.ศ.2530) ออกตามความในพระราชบัญญัติป่าสงวนแห่งชาติ พ.ศ. 2507 เขตพื้นที่ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมืองสมุทรสาคร พื้นที่ป่าชายเลนประมาณ 477 ไร่ (ภาพที่ 3)

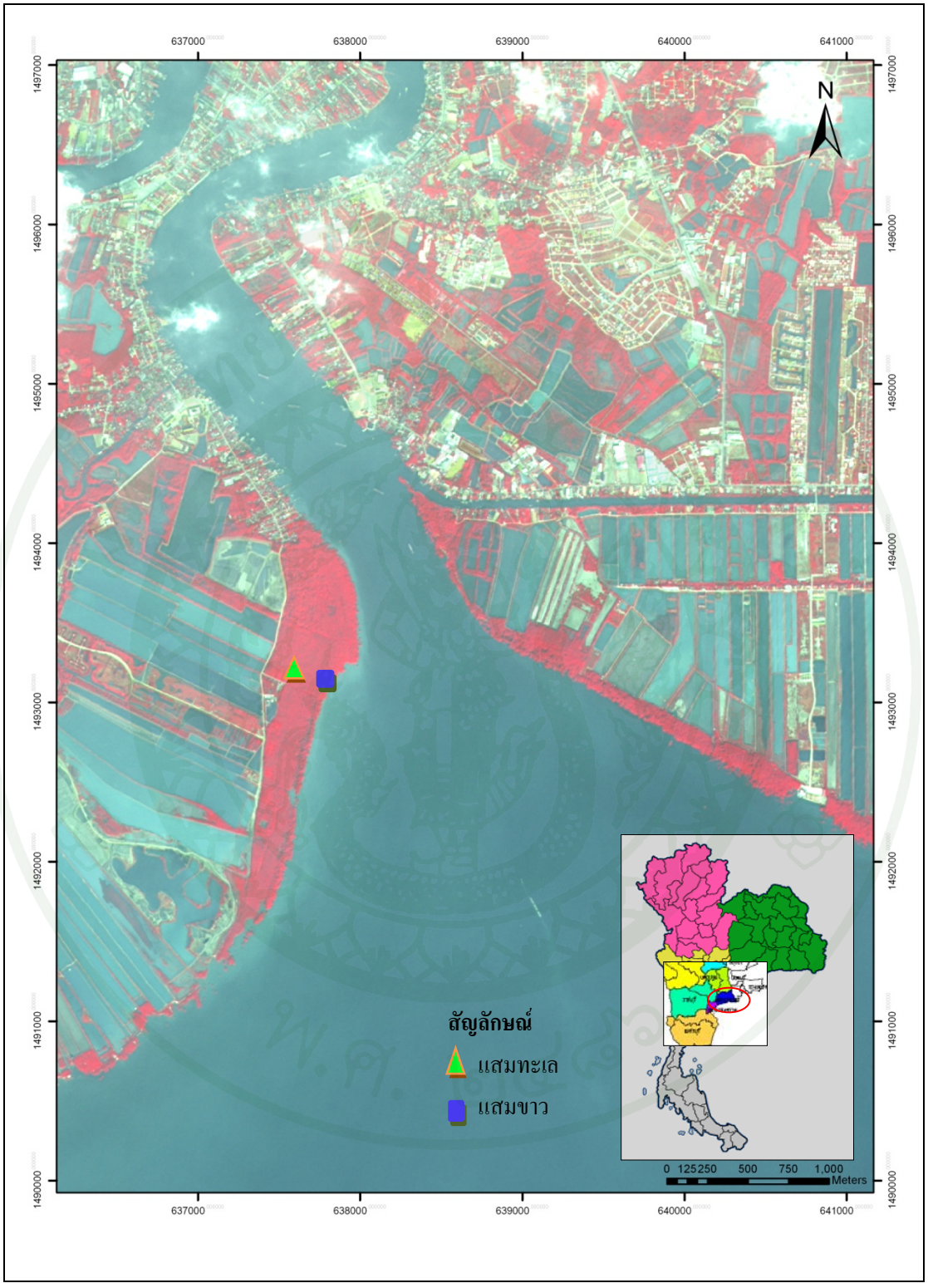
5.1 ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศ เป็นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1-2 เมตร มีแม่น้ำท่าจีนเป็นแม่น้ำสายหลักไหลผ่านตอนกลางของจังหวัด มีลำคลองแยกสาขาทั่วจังหวัด 324 ลำคลอง บริเวณปากแม่น้ำมีการพัดพาธาตุอาหาร อินทรียวัตถุ และตะกอนจากต้นน้ำมาทับถม ประกอบกับอิทธิพลของกระแสน้ำทะเลที่นำเอาโคลนเลนมาทับถม ทำให้เกิดหาดเลนยาวตลอดแนวชายฝั่ง ปัจจุบันตามแนวชายฝั่งทะเลส่วนใหญ่มีสภาพเป็นพื้นที่ทำนากุ้ง นาเกลือ บางส่วนเป็นย่านอุตสาหกรรม ที่อยู่อาศัย และย่านธุรกิจ

5.2 ลักษณะภูมิอากาศ

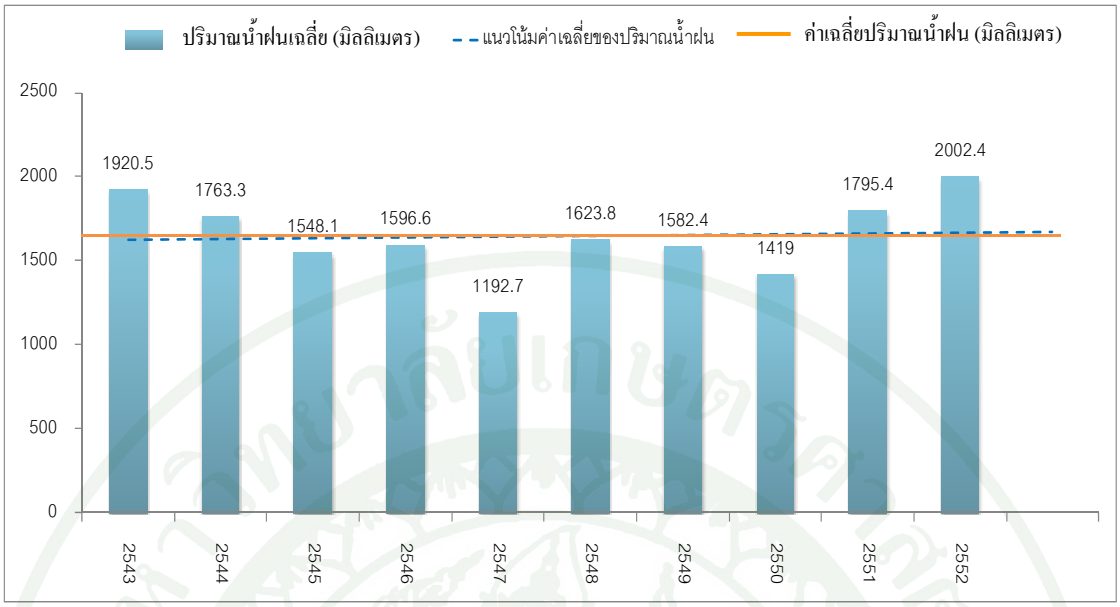
ลักษณะภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้หรือลมมรสุมฤดูร้อนพัดผ่าน ทำให้ฝนตกชุก ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ฝนตกน้อยในช่วงเดือนธันวาคมและมกราคม ในรอบ 40 ปีมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1,260 มิลลิเมตร มีปริมาณน้ำท่าใน 2 ลุ่มน้ำย่อย รวมปีละ 1,364.40 ล้านลูกบาศก์เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 25-30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 72% จากข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานี 455203 (ท่าเรือคลองเตย) พบว่า ในรอบ 10 ปี มีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี 1644.42 มิลลิเมตรมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย (ภาพที่ 4) สอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของจำนวนวันที่ฝนตกซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.77 วัน (ภาพที่ 5) เช่นเดียวกับ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มลดต่ำลง ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มสูงขึ้น โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 36.11, 29.91 และ 29.98 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ภาพที่ 6)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

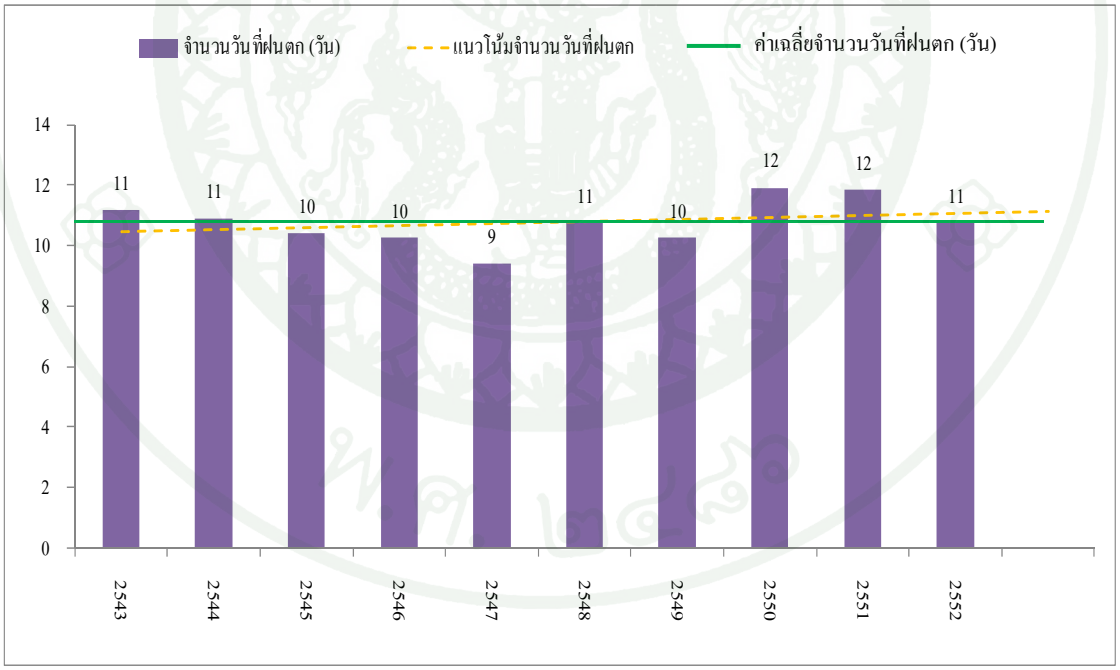



**ภาพที่ 3** แผนที่อ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ต. บางหญ้าแพรก อ. เมือง จ. สมุทรสาคร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

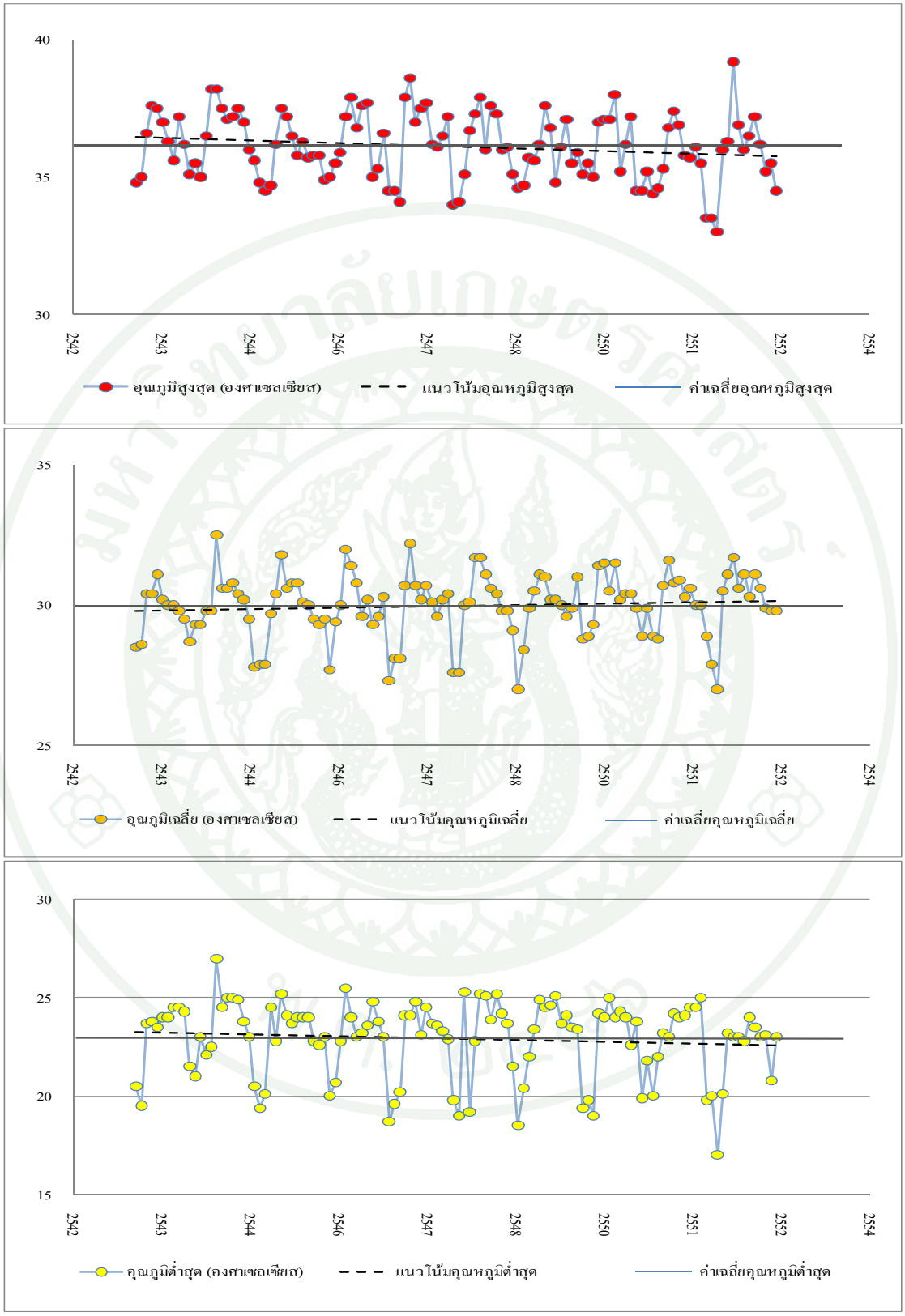



**ภาพที่ 4** แนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีตั้งแต่ปี 2543 ถึง ปี 2552




**ภาพที่ 5** แนวโน้มจำนวนวันที่ฝนตกรายปี ตั้งแต่ปี 2543 ถึง ปี 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 6** แนวโน้มอุณหภูมิอากาศรายเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม 2543 ถึงเดือนธันวาคม 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 พันธุ์ไม้ป่าชายเลน

ในอดีตพื้นที่ป่าชายเลนของจังหวัดสมุทรสาครพบพันธุ์ไม้กว่า 29 ชนิด ปัจจุบันเหลืออยู่มีน้อยชนิด ส่วนมากเป็นไม้แสมทะเล แสมขาว และโกงกางใบเล็กที่ขึ้นอยู่บ้างบริเวณด้านหลังกลุ่มไม้แสม ริมฝั่งแม่น้ำพบพรรณไม้จำพวก ลำพู แสมขาว ต้นจาก และหลังแนวพรรณไม้เหล่านี้พบไม้ตะบูนขาว และพังกาหัวสุมดอกขาว บริเวณริมฝั่งแม่น้ำซึ่งห่างจากฝั่งทะเลขึ้นไป พบไม้ตีนเป็ดทะเลบ้าง

การวิจัยของสนิท (2542) ในพื้นที่ปากแม่น้ำท่าจีน พบพันธุ์ไม้เด่น 2 ชนิด คือแสมขาวและแสมทะเล ขึ้นกระจัดกระจายเป็นแนวกว้างกว่า 200–300 เมตร พบไม้โกงกางใบเล็กขึ้นอยู่บ้างบริเวณด้านหลังไม้แสม และยังพบไม้ชนิดอื่นๆ ประมาณ 8 ชนิดขึ้นกระจัดกระจายตามริมฝั่งแม่น้ำเป็นแนวแคบๆ ระยะทางประมาณ 10-15 เมตร ซึ่งกล่าวได้ว่า ไม้แสมจัดเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำ (pioneer species) ของป่าชายเลนบริเวณนี้ สอดคล้องกับ วลัยพร (2547) ได้ศึกษาโครงสร้างสังคมพืชป่าชายเลนในป่าสงวนแห่งชาติป่าอ่าวมหาชัย พบว่า บริเวณสถานีวิจัยและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 จังหวัดสมุทรสาคร มีพันธุ์ไม้ป่าชายเลน 6 ชนิด คือ แสมทะเล (*Avicennia marina*) แสมขาว (*Avicennia alba*) โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) จาก (*Nypa fruticans*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) และถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ ไม้รุ่นและลูกไม้มีค่าเท่ากับ 451, 492 และ 23,867 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ โดยพบว่า แสมทะเลมีความสูงเฉลี่ย 6.9 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 7.1 เซนติเมตร แสมขาวมีความสูงเฉลี่ย 7 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.2 เซนติเมตร จากการสำรวจโครงสร้างสังคมพืชป่าชายเลนสามารถแบ่งเขตการขึ้นของสังคมพืชบริเวณดังกล่าวได้เป็น 2 แนวเขต ตามค่าดรรชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบ คือ ระยะ 10 เมตร จากชายฝั่งทะเลเป็นแนวเขตของแสมขาว มีค่าดรรชนีความสำคัญ 251.17 และเขตตั้งแต่ 30 เมตรขึ้นไป จนด้านในสุดของป่าชายเลนเป็นเขตของไม้แสมทะเลทั้งหมด มีค่าดัชนีความสำคัญตั้งแต่ 173.30-267.21 จึงสรุปได้ว่าพื้นที่ดังกล่าวมีแสมทะเลเป็นไม้เด่น ยกเว้นบริเวณริมชายฝั่งทะเลที่มีไม้แสมขาวเป็นไม้เด่น ส่วนชนิดพันธุ์ไม้ที่เหลือเป็นไม้ขนาดเล็กและพบเพียงจำนวนน้อยเท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# อุปกรณ์และวิธีการ

## อุปกรณ์

1. เดนโดรมิเตอร์ (dendrometer) ทำจากแผ่นอลูมิเนียม (aluminum band)
2. เครื่องทรีพอร์ (trephor) สำหรับเจาะเนื้อไม้ตัวอย่าง
3. เทปวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ (diameter tape)
4. เครื่องมือวัดความสูงต้นไม้
5. ไม้สำหรับยึดไส้ไม้ตัวอย่าง
6. แบบบันทึกข้อมูล
7. แผนที่
8. เครื่องมือกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (GPS)
9. เครื่องสแกนเนอร์ (scanner)
10. โปรแกรมสำเร็จรูปซึ่งใช้ในการวัดความกว้างของวงเติบโต
11. โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

## วิธีการ

**1. การเลือกพื้นที่ศึกษาและหน่วยตัวอย่าง**

ในการวิจัยนี้ได้เลือกพื้นที่ศึกษาในพื้นที่ป่าชายเลน บริเวณป่าสงวนแห่งชาติอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งเป็นพื้นที่ในความดูแลของศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 2 กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง ลักษณะสังคมพืชประกอบด้วยพันธุ์ไม้ชนิดสำคัญสองชนิด คือ ไม้แสมขาวที่พบเป็นไม้เด่นในบริเวณป่าที่อยู่ติดกับแนวชายฝั่ง และไม้แสมทะเลซึ่งเป็นไม้เด่นในบริเวณป่าที่อยู่ลึกเข้าไปตอนใน (วลัยพร, 2547; สนิท, 2542)

คัดเลือกต้นไม้ตัวอย่างที่มีลักษณะลำต้นเปลาตรง ไม่มีร่องรอยความเสียหายที่เกิดจากโรคหรือแมลง จำนวน 50 ต้น แบ่งเป็นไม้แสมขาวและไม้แสมทะเล ชนิดละ 25 ต้น ทั้งนี้ เลือกเฉพาะต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter at Breast Height; DBH) ตั้งแต่ 10 เซนติเมตรขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไป วัดและบันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง (Height) ของต้นไม้ตัวอย่างทุกต้น

**2. การเก็บรวบรวมข้อมูล**

2.1 ข้อมูลทุติยภูมิ

2.1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพโดยทั่วไปของพื้นที่ศึกษา รวมถึงแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ได้จากการค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารงานวิจัย และผลงานทางวิชาการต่างๆ ดังปรากฏในหัวข้อการตรวจเอกสาร

2.1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ศึกษา รวบรวมจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องดังนี้

ก. ข้อมูลภูมิอากาศ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ จากสถานีตรวจวัดที่อยู่ใกล้ที่สุด คือ สถานี 455203 (ท่าเรือคลองเตย) ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่ศึกษาประมาณ 39 กิโลเมตร (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553)

ข. ข้อมูลระดับการขึ้นและลงของทะเล จากกรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ (2553)

ค. ข้อมูลความเค็มของน้ำบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน จากสถานีตรวจวัดปากแม่น้ำท่าจีน (TC 01) ของกรมควบคุมมลพิษ (2553)

2.2 ข้อมูลปฐมภูมิ

2.2.1 การศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายเดือน

ติดตั้งเดนโดรมิเตอร์ซึ่งมีความละเอียดในการวัด 0.01 มิลลิเมตร ที่ระดับ 1.3 เมตรเหนือพื้นดินกับต้นไม้ตัวอย่างทุกต้น (ภาพที่ 7) อ่านค่าเริ่มต้นหลังการติดตั้งและบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ดังกล่าวทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 เป็นเวลารวม 17 เดือน

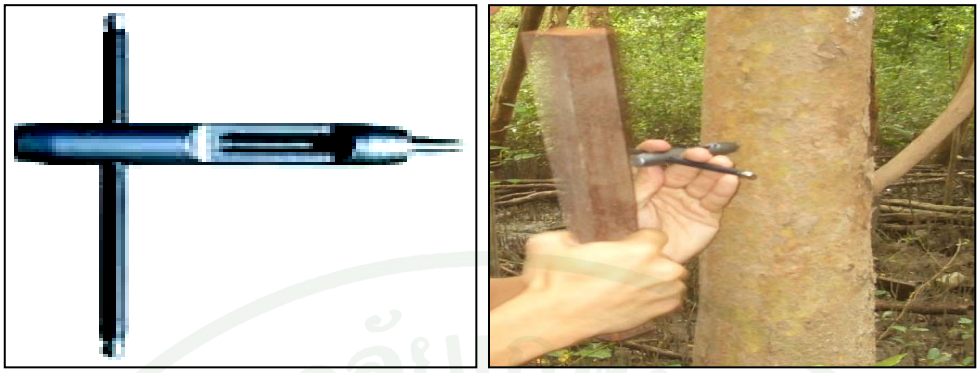
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2 การศึกษาวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

ก. การศึกษาวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ดำเนินการในเดือนมกราคม 2553 โดยใช้เครื่องทรีพอร์ (ภาพที่ 8) เจาะเนื้อไม้ของต้นไม้ตัวอย่างทั้งสองชนิด บริเวณใกล้เคียงกับตำแหน่งที่ติดตั้งเดนโดรมิเตอร์มากที่สุด โดยในแต่ละต้นดำเนินการเก็บตัวอย่างทั้ง 4 ทิศ คือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก นำไส้ไม้ตัวอย่างมาวางบนร่องของแท่นรองรับชิ้นไม้ที่จัดเตรียมไว้ โดยยึดติดให้แน่นด้วยกาว เขียนรหัสกำกับชนิดไม้ตัวอย่างให้ชัดเจนโดยใช้อักษร A แทนไม้แสมขาว และ M แทนไม้แสมทะเล เขียนลำดับเลขประจำต้นให้สอดคล้องกับเบอร์ต้นที่ติดตั้งเดนโดรมิเตอร์ พร้อมระบุทิศที่ทำการเจาะเนื้อไม้ ด้วยอักษร N, S, E, W แทนทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก ตามลำดับ

**ภาพที่ 7** เดนโดรมิเตอร์ติดตามการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



**ภาพที่ 8** เครื่องทรีพอร์ (trephor) สำหรับเจาะเนื้อไม้

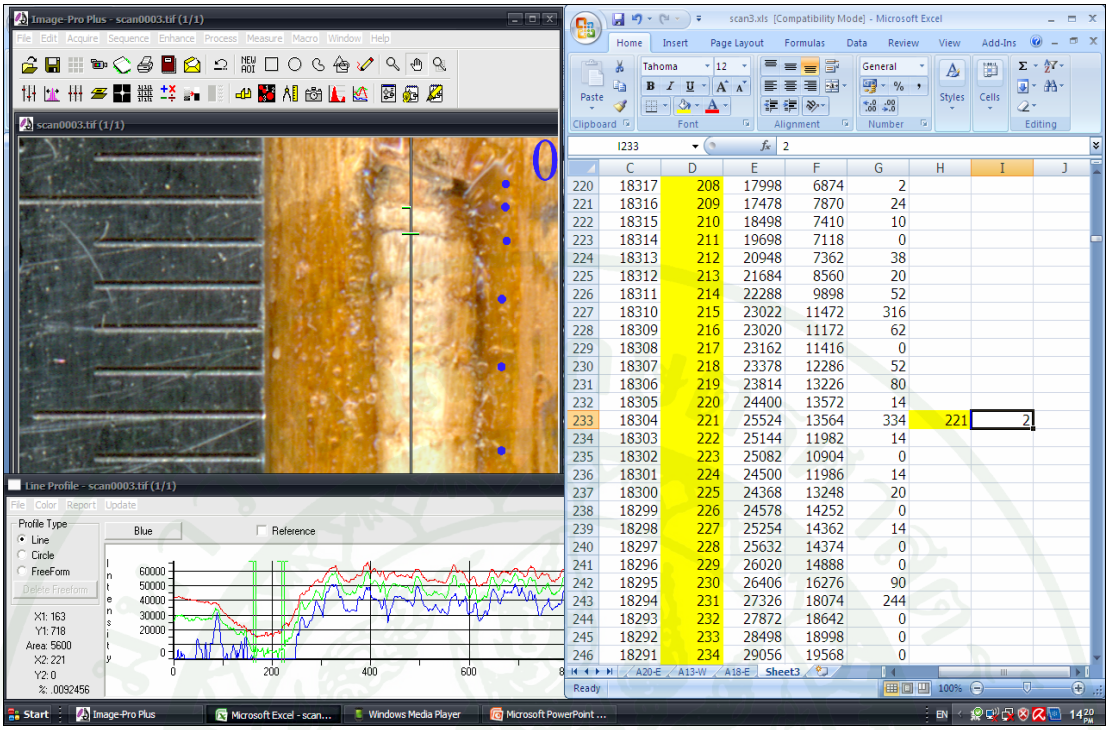
ข. การดำเนินงานในห้องปฏิบัติการรุกขกาลวิทยา

1) นำไส้ไม้ตัวอย่างผึ่งให้แห้ง โดยวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2-3 วัน หลังจากตัวอย่างไม้แห้งและยึดสนิทกับแท่นไม้แล้ว ดำเนินการเปิดหน้าไม้ให้เรียบเสมอกันโดยใช้มีดผ่าตัด ปาดในส่วนที่ยื่นพ้นแท่นรองรับไม้ขึ้นมา ขัดไม้ตัวอย่างด้วยกระดาษทรายจากเบอร์หยาบไปละเอียดอีกครั้งเพื่อให้หน้าไม้มีความสม่ำเสมอ และเห็นวงเติบโตที่ชัดเจนขึ้น

2) ทำความสะอาดไม้ตัวอย่าง และนำเข้าเครื่องสแกนเนอร์ โดยวางไม้ตัวอย่างให้ตั้งฉากกับเครื่องสแกนเนอร์ ระวังไม่ให้ไม้ตัวอย่างเอียง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนเชิงมุมที่อาจเกิดขึ้น ตั้งค่าความละเอียดภาพ (resolution) เท่ากับ 2300 dpi

3) นำภาพสแกนดังกล่าวเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อวัดความกว้างของวงเติบโตโดยกำหนดขอบเขตของวงจากบริเวณที่มีสีอ่อนไปจนถึงบริเวณที่มีสีเข้ม ค่าที่ได้จากโปรแกรมเป็นค่าของความละเอียดในหน่วยพิกเซล (pixel) จึงต้องปรับค่าหน่วยความละเอียดที่ได้จากโปรแกรมให้อยู่ในรูปเซนติเมตร โดยนำค่าที่ได้ไปหารด้วย 944.882

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



**ภาพที่ 9** ตัวอย่างไม้ที่นำเข้าสู่โปรแกรมสำเร็จรูป

## 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 อัตราการเติบโตรายเดือน คำนวณโดยใช้สูตร

$$\Delta DBH = R_n - R_{(n-1)}$$

เมื่อ $\Delta DBH$ คือ อัตราการเติบโตรายเดือน (มิลลิเมตร)

$R_n$ คือ ค่าที่อ่านได้จากแถบอลูมิเนียมในเดือนปัจจุบัน

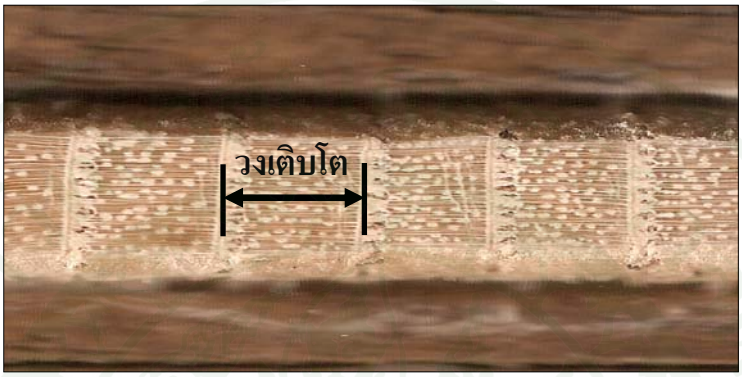
$R_{(n-1)}$ คือ ค่าที่อ่านได้จากแถบอลูมิเนียมในก่อนหน้า

3.2 จำนวนและความกว้างของวงเติบโต

จากค่าการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายต้นของต้นไม้ นำมาใช้ในการนับจำนวนและวัดความกว้างของวงเติบโตในรัศมีการเติบโตของไม้ตัวอย่างแต่ละต้น โดยนับจำนวนวงเติบโตจากระยะการเติบโตทางรัศมี ทั้ง 4 ทิศ หรืออย่างน้อย 2 ทิศ เพื่อหาค่าเฉลี่ยจำนวนวงเติบโตที่เกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในช่วงเวลาหนึ่งปี ตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม 2552 การนับวงเติบโต ดำเนินการนับเฉพาะวงที่ปรากฏขอบเขตของวงชัดเจนจากบริเวณที่มีสีอ่อนถึงบริเวณที่มีสีเข้ม พร้อมกับวัดความกว้างของวงเติบโต แล้วทำการทดสอบความคลาดเคลื่อนของการวัด หากพบความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น ต้องทำการปรับแก้ค่าความกว้าง (ภาพที่ 10)




**ภาพที่ 10** การวัดความกว้างของวงเติบโตของไม้

3.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการเติบโตของต้นไม้

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient; r) โดยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ อธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้เกณฑ์การจำแนกตาม Hinkle D. E. (1998) ดังนี้

| ค่า r | ระดับของความสัมพันธ์ |
|---|---|
| 0.90 - 1.00 | มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก |
| 0.70 - 0.90 | มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง |
| 0.50 - 0.70 | มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง |
| 0.30 - 0.50 | มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ |
| 0.00 - 0.30 | มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เครื่องหมาย + และ - หน้าตัวเลขสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์บอกถึงทิศทางความสัมพันธ์ กล่าวคือ

r มีเครื่องหมาย + หมายถึง มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวกัน

r มีเครื่องหมาย - หมายถึง มีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้าม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ผลและวิจารณ์

## ผล

การศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โดยติดตั้งเดนโดรมิเตอร์ที่ระดับ 1.30 เมตรเหนือพื้นดินของต้นไม้ตัวอย่างทั้งสองชนิด ชนิดละ 25 ต้น และติดตามการเติบโตทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน พ.ศ. 2551 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 รวม 17 เดือน มีผลการศึกษา ดังนี้

เดนโดรมิเตอร์จำนวนหนึ่งได้รับความเสียหายภายหลังการติดตั้ง โดยเดนโดรมิเตอร์ที่ติดตั้งไว้กับต้นแสมขาว ขาดเสียหายจำนวน 2 อัน พบในเดือนกันยายนและเดือนพฤศจิกายน 2552 (11 และ 12 เดือนหลังการติดตั้ง) ตามลำดับ ส่วนที่ติดตั้งไว้กับต้นแสมทะเล พบเดนโดรมิเตอร์เสียหาย จำนวน 8 อัน โดยพบขาดอันแรกในเดือนกุมภาพันธ์ 2552 (5 เดือนหลังการติดตั้ง) ต่อมาในเดือนมีนาคมมีการหักโค่นของต้นไม้ตัวอย่างจำนวน 1 ต้น ทำให้ไม่สามารถติดตามผลต่อไปได้ เดือนเมษายนมีเดนโดรมิเตอร์ขาดเพิ่มอีก 1 อัน และในเดือนพฤษภาคม 2552 (7 เดือนหลังการติดตั้ง) พบเดนโดรมิเตอร์ขาดมากที่สุด จำนวน 3 อัน ส่วนในเดือนมิถุนายน สิงหาคม และพฤศจิกายน 2552 พบเดนโดรมิเตอร์ขาดเพิ่มอีกเดือนละ 1 อัน ทำให้เมื่อสิ้นสุดการศึกษา มีจำนวนเดนโดรมิเตอร์คงเหลือติดอยู่กับต้นไม้ตัวอย่าง 40 ต้น (คิดเป็น 80% ของต้นไม้ตัวอย่างทั้งหมด) ประกอบด้วย แสมขาว 23 ต้น และแสมทะเล 17 ต้น (คิดเป็น 92% และ 68% ของต้นไม้ตัวอย่างแต่ละชนิด ตามลำดับ) (ตารางผนวกที่ ก1) สำหรับผลการศึกษาอัตราการเติบโตรายเดือนของไม้แสมขาวและแสมทะเล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 1. การเติบโต (growth) และวงเติบโต (growth ring) ของไม้แสมขาวและแสมทะเล

1.1 ไม้แสมขาว

1.1.1 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก

จากการศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกโดยใช้เดนโดรมิเตอร์ พบว่า ในเดือนกันยายน 2551 ซึ่งเป็นเดือนแรกของการศึกษานั้น ไม้แสมขาวมีอัตรา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเติบโตเฉลี่ย 1.20 มิลลิเมตรต่อเดือน ในเดือนตุลาคมมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสูงที่สุด 2.98 มิลลิเมตรต่อเดือน เดือนพฤศจิกายนมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 2.20 มิลลิเมตรต่อเดือน และอัตราการเติบโตลดลงในเดือนธันวาคม 2551 มกราคม กุมภาพันธ์ และมีนาคม 2552 โดยมีค่าเฉลี่ยคิดเป็น 1.17, 0.74, 0.58 และ 0.61 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ เดือนเมษายนมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 0.88 มิลลิเมตรต่อเดือน และเดือนพฤษภาคมมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 2.07 มิลลิเมตรต่อเดือน เดือนมิถุนายนอัตราการเติบโตลดต่ำลงเหลือ 1.75 มิลลิเมตรต่อเดือน เดือนกรกฎาคมและสิงหาคมมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 0.77 และ 0.89 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ ต่อมาในเดือนกันยายนอัตราการเติบโตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 1.90 มิลลิเมตรต่อเดือน และลดต่ำลงในช่วงเดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2552 และเดือนมกราคม 2553 โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ย คิดเป็น 1.07, 1.04, 0.67 และ 0.58 มิลลิเมตรต่อเดือนตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ไม้แสมขาวมีการเติบโตน้อยที่สุดในเดือนมกราคม 2553 ซึ่งมีอัตราการเติบโต 0.58 มิลลิเมตรต่อเดือน และมีการเติบโตมากที่สุดในเดือนตุลาคม 2551 ซึ่งมีอัตราการเติบโต 2.98 มิลลิเมตรต่อเดือน รวมระยะเวลาของการศึกษาทั้งสิ้น 17 เดือน ไม้แสมขาวมีการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมีค่าพิสัยอยู่ในช่วง 0.58–2.98 มิลลิเมตรต่อเดือน คิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ย 1.24 มิลลิเมตรต่อเดือน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการเติบโตของไม้แสมขาวเฉพาะในช่วงหนึ่งปี ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552 พบว่า มีอัตราการเติบโตรายปี (current annual growth) เท่ากับ 12.97 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1)

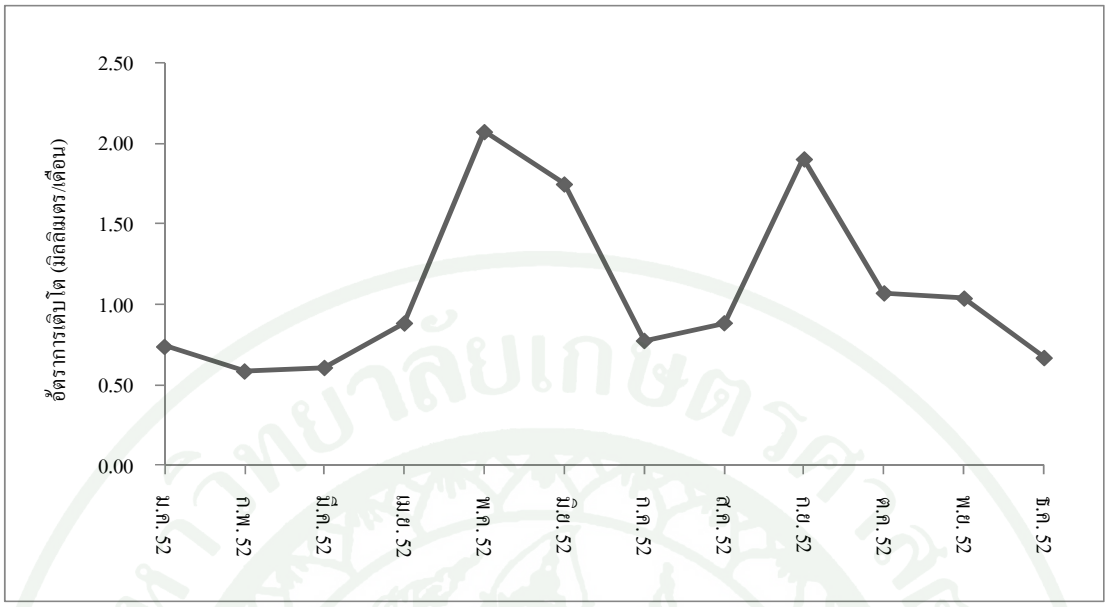
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 1** อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมขาว

หน่วย มิลลิเมตร : เดือน

| เดือนที่ | เดือน | แสมขาว (n = 23) |
|---|---|---|
| 1 | กันยายน 2551 | 1.20 ± 0.57 |
| 2 | ตุลาคม 2551 | 2.98 ± 0.76 |
| 3 | พฤศจิกายน 2551 | 2.20 ± 0.79 |
| 4 | ธันวาคม 2551 | 1.17 ± 0.63 |
| 5 | มกราคม 2552 | 0.74 ± 0.44 |
| 6 | กุมภาพันธ์ 2552 | 0.58 ± 0.33 |
| 7 | มีนาคม 2552 | 0.61 ± 0.30 |
| 8 | เมษายน 2552 | 0.88 ± 0.45 |
| 9 | พฤษภาคม 2552 | 2.07 ± 1.03 |
| 10 | มิถุนายน 2552 | 1.75 ± 0.68 |
| 11 | กรกฎาคม 2552 | 0.77 ± 0.39 |
| 12 | สิงหาคม 2552 | 0.89 ± 0.53 |
| 13 | กันยายน 2552 | 1.90 ± 0.65 |
| 14 | ตุลาคม 2552 | 1.07 ± 0.47 |
| 15 | พฤศจิกายน 2552 | 1.04 ± 0.45 |
| 16 | ธันวาคม 2552 | 0.67 ± 0.45 |
| 17 | มกราคม 2553 | 0.58 ± 0.46 |
| อัตราการเติบโตรายปี (มกราคม–ธันวาคม 2552) | | 12.97 ± 0.53 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 11** อัตราการเติบโตรายเดือนของไม้แสมขาว ในรอบปี 2552

จากภาพ 11 แสดงให้เห็นถึงรูปแบบการเติบโตรายปีในแต่ละช่วงเดือนของไม้แสมขาว ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงธันวาคม 2552 พบว่า การเติบโตรายเดือนของไม้แสมขาวมีแนวโน้มเพิ่มสูงเป็น 2 ช่วง ช่วงแรก ตั้งแต่เดือนมีนาคม ถึงเมษายนและพฤษภาคม อัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นจาก 0.61 เป็น 0.88 และ 2.07 มิลลิเมตรต่อเดือนตามลำดับ จากนั้นตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม มีอัตราการเติบโตลดลงและต่ำสุดในเดือนกรกฎาคม โดยมีค่า 1.75 และ 0.77 มิลลิเมตรต่อเดือนตามลำดับ และช่วงที่สองตั้งแต่เดือนสิงหาคม อัตราการเติบโตเพิ่มเป็น 0.89 มิลลิเมตรต่อเดือน เดือนกันยายนมีอัตราการเติบโต 1.90 มิลลิเมตรต่อเดือน และลดลงอย่างต่อเนื่องในเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม โดยมีอัตราการเติบโต 1.07, 1.04 และ 0.67 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ

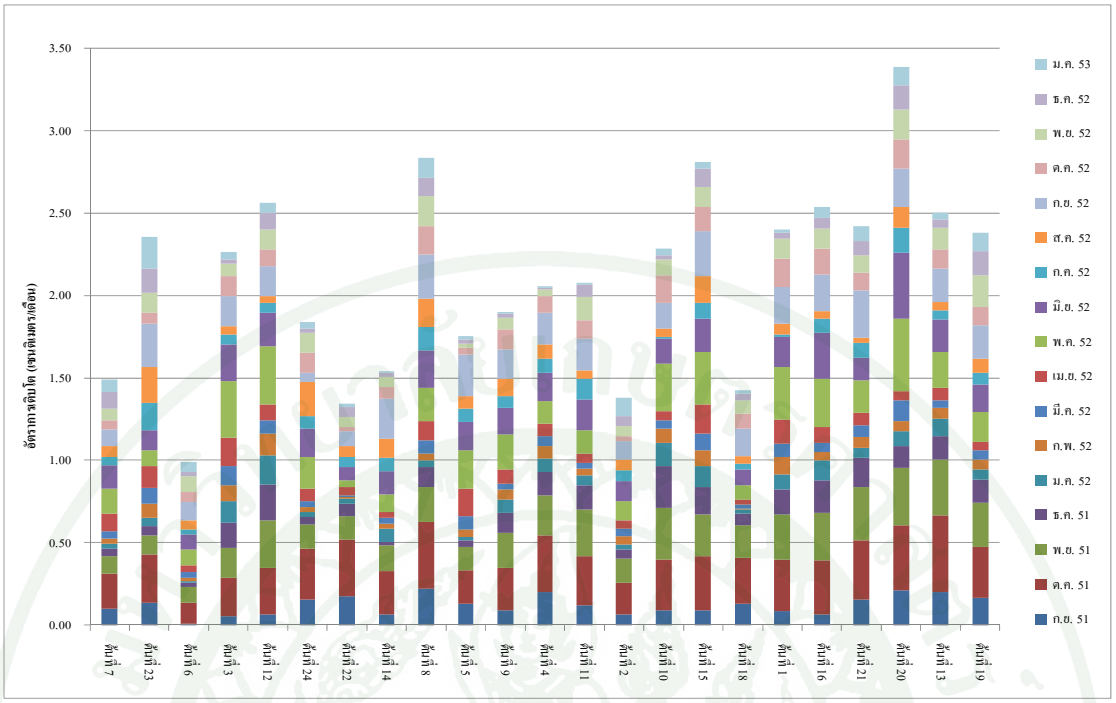
จากการศึกษาการเติบโตรายต้นในช่วง 17 เดือน พบว่า ไม้แสมขาวมีพิสัยของการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางในช่วง 9.91–33.88 มิลลิเมตร โดยต้นที่ 6 มีการเติบโตต่ำที่สุด 9.91 มิลลิเมตร ต้นที่ 20 มีการเติบโตสูงสุด 33.88 มิลลิเมตร การเติบโตเฉลี่ยรายต้นเท่ากับ 21.11 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) ซึ่งจากภาพที่ 12 ได้ทำการเรียงลำดับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 2** การเติบโตรายต้นของไม้แสมขาว

| ต้นที่ | การเติบโต (มิลลิเมตร) | |
|---|---|---|
| | 12 เดือน | 17 เดือน |
| 1 | 15.63 ± 0.85 | 24.03 ± 0.96 |
| 2 | 8.08 ± 0.32 | 13.77 ± 0.45 |
| 3 | 15.99 ± 0.87 | 22.67 ± 0.83 |
| 4 | 11.21 ± 0.51 | 20.57 ± 0.87 |
| 5 | 12.21 ± 0.84 | 17.54 ± 0.79 |
| 6 | 6.73 ± 0.34 | 9.91 ± 0.37 |
| 7 | 9.48 ± 0.40 | 14.93 ± 0.48 |
| 8 | 17.57 ± 0.72 | 28.36 ± 0.89 |
| 9 | 12.08 ± 0.58 | 19.00 ± 0.71 |
| 10 | 12.82 ± 0.79 | 22.84 ± 1.01 |
| 11 | 12.19 ± 0.56 | 20.78 ± 0.83 |
| 12 | 16.50 ± 0.83 | 25.61 ± 0.92 |
| 13 | 13.16 ± 0.64 | 25.03 ± 1.16 |
| 14 | 10.29 ± 0.62 | 15.41 ± 0.75 |
| 15 | 19.35 ± 0.73 | 28.13 ± 0.84 |
| 16 | 15.93 ± 0.88 | 25.40 ± 0.98 |
| 18 | 7.25 ± 0.46 | 14.23 ± 0.74 |
| 19 | 13.88 ± 0.59 | 23.82 ± 0.76 |
| 20 | 21.92 ± 1.22 | 33.88 ± 1.23 |
| 21 | 13.19 ± 0.70 | 24.23 ± 0.97 |
| 22 | 5.89 ± 0.25 | 13.46 ± 0.81 |
| 23 | 15.64 ± 0.62 | 23.54 ± 0.69 |
| 24 | 11.44 ± 0.66 | 18.39 ± 0.80 |
| เฉลี่ย | 12.97 ± 4.04 | 21.11 ± 5.79 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 12** การเติบโตรายเดือนสะสมของไม้แสมขาว

จากต้นที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุด ไปหาต้นที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางมากที่สุด พบว่า ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของต้นแสมขาวกับการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายต้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.52 อธิบายได้ว่า ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของต้นแสมขาวกับการเติบโตมีความสัมพันธ์กันทางบวกในระดับปานกลาง กล่าวคือ ต้นแสมขาวที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่ามีแนวโน้มการเติบโตมากกว่าต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 3** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมขาว

| การเติบโตไม้แสมขาว | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ |
|---|---|
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้น | 0.52 (*) |

**หมายเหตุ** * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.2 จำนวนและความกว้างของวงเติบโต

จากการนับจำนวนวงเติบโตที่ปรากฏในแนวรัศมีทั้งสี่ทิศของไม้แสมขาว พบว่ามีจำนวนวงเติบโตเฉลี่ยน้อยที่สุด 2 วง และมากที่สุด 6 วง ต้นที่มีจำนวนวงเติบโตน้อยที่สุด คือ ต้นที่ 18 และต้นที่ 22 ต้นที่มีจำนวนวงเติบโตมากที่สุด คือ ต้นที่ 16 โดยมีจำนวนวงเติบโตเฉลี่ย 4 วงต่อปี (ตารางที่ 4)

ความกว้างของวงเติบโตมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 1.035 มิลลิเมตรต่อวง และมากที่สุด 1.694 มิลลิเมตรต่อวง โดยต้นที่มีความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตน้อยที่สุด คือ ต้นที่ 5 และต้นที่มีความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตมากที่สุด คือ ต้นที่ 24 ทั้งนี้ ความกว้างของวงเติบโตของไม้แสมขาวมีค่าเฉลี่ย 1.482 มิลลิเมตรต่อวง (ตารางที่ 4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 4** จำนวนและความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมขาว ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552

หน่วย มิลลิเมตร

| ต้นที่ | การเติบโตในแนวรัศมี | จำนวนและความกว้างเฉลี่ย |
|---|---|---|
| 1 | 7.81 | 5 (1.482 ± 0.148) |
| 2 | 4.04 | 3 (1.153 ± 0.500) |
| 3 | 8.00 | 5 (1.648 ± 0.266) |
| 4 | 5.60 | 3 (1.627 ± 0.302) |
| 5 | 6.10 | 5 (1.195 ± 0.238) |
| 6 | 3.37 | 3 (1.035 ± 0.218) |
| 7 | 4.74 | 3`(1.548 ± 0.195) |
| 8 | 8.78 | 6 (1.589 ± 0.349) |
| 9 | 6.04 | 4 (1.534 ± 0.217) |
| 10 | 6.41 | 4 (1.605 ± 0.384) |
| 11 | 6.10 | 4 (1.460 ± 0.272) |
| 12 | 8.25 | 5 (1.331 ± 0.202) |
| 13 | 6.58 | 4 (1.580 ± 0.235) |
| 14 | 5.14 | 4 (1.236 ± 0.129) |
| 15 | 9.67 | 6 (1.462 ± 0.236) |
| 16 | 7.96 | 5 (1.465 ± 0.314) |
| 18 | 3.63 | 2 (1.543 ±0.359) |
| 19 | 6.94 | 4 (1.627 ± 0.381) |
| 20 | 10.96 | 6 (1.581 ± 0.151) |
| 21 | 6.59 | 4 (1.636 ± 0.368) |
| 22 | 2.94 | 2 (1.579 ± 0.333) |
| 23 | 7.82 | 5 (1.477 ± 0.275) |
| 24 | 5.72 | 3 (1.694 ± 0.298) |
| เฉลี่ย | | 4 (1.482 ± 0.176) |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโต และวงเติบโตของไม้แสมขาว

ก. จำนวนวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมขาว

จำนวนวงเติบโตเฉลี่ยของไม้แสมขาวกับการเติบโตรายต้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.93 นั่นแสดงถึง มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงมากระหว่างจำนวนวงเติบโตเฉลี่ยกับการเติบโตของไม้แสมขาว ซึ่งอธิบายได้ว่า ต้นแสมขาวที่มีการเติบโตมากย่อมมีจำนวนวงเติบโตมากด้วย (ตารางที่ 5)

ข. ความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตไม้แสมขาวกับการเติบโต

ความกว้างเฉลี่ยของไม้แสมขาวกับการเติบโตรายต้น ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.30 ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำ อธิบายได้ว่า ต้นแสมขาวที่มีการเติบโตมากกว่าจะมีความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตมากกว่า (ตารางที่ 5)

**ตารางที่ 5** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและความกว้างของวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมขาว

| การเติบโตของไม้แสมขาว | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ |
|---|---|
| จำนวนวงเติบโตเฉลี่ย | 0.93 (**) |
| ความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโต | 0.30 |

**หมายเหตุ** * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 ไม้แสมทะเล

1.2.1 การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก

จากการศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกของไม้แสมทะเล พบว่า ในเดือนกันยายน 2551 มีค่าอัตราการเติบโตเฉลี่ย 0.74 มิลลิเมตรต่อเดือน และมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกันในเดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2551 เดือนมกราคม และกุมภาพันธ์ 2552 มีค่า 1.30, 1.23, 1.26, 1.27 และ 1.34 มิลลิเมตรต่อเดือนตามลำดับ ในเดือนมีนาคม เมษายน พฤษภาคม มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม อัตราการเติบโตลดลงเป็น 1.04, 0.91, 0.75, 0.86, 0.36 และ 0.25 มิลลิเมตรต่อเดือนตามลำดับ ในเดือนกันยายนมีอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นโดยมีอัตราการเติบโต 0.67 มิลลิเมตรต่อเดือน เดือนตุลาคม พฤศจิกายน ธันวาคม 2552 และเดือนมกราคม 2553 มีอัตราการเติบโตลดต่ำลง โดยมีอัตราการเติบโต 0.55, 0.44, 0.35 และ 0.25 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า ในเดือนสิงหาคม 2552 ไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตน้อยที่สุด 0.25 มิลลิเมตรต่อเดือน และในเดือนกุมภาพันธ์ 2552 มีอัตราการเติบโตมากที่สุด 1.34 มิลลิเมตรต่อเดือน รวมระยะเวลาที่ทำการศึกษา 17 เดือน ไม้แสมทะเลมีค่าพิสัยอัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกตั้งแต่ 0.25–1.34 มิลลิเมตรต่อเดือน ค่าเฉลี่ย 0.80 มิลลิเมตรต่อเดือน การเติบโตรายปี (current annual growth) ของไม้แสมทะเล ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552 มีค่าเท่ากับ 8.77 มิลลิเมตร (ตารางที่ 6)

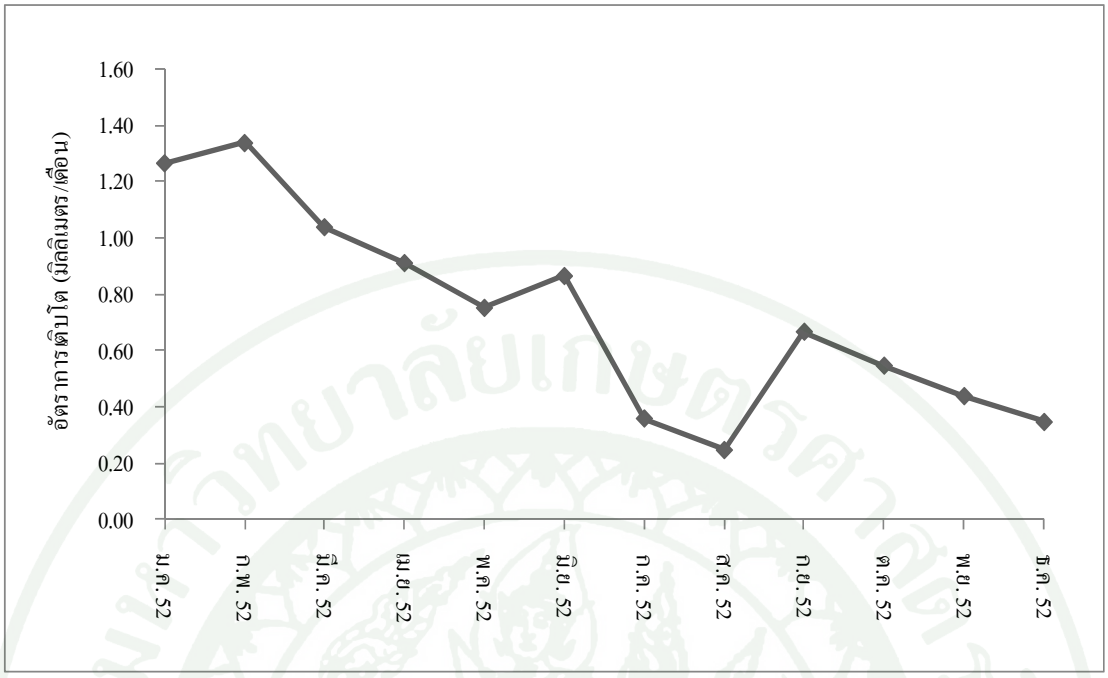
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 6** อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมทะเล

หน่วย มิลลิเมตร : เดือน

| เดือนที่ | เดือน | แสมทะเล (n = 17) |
|---|---|---|
| 1 | กันยายน 2551 | 0.74 ± 0.26 |
| 2 | ตุลาคม 2551 | 1.30 ± 0.42 |
| 3 | พฤศจิกายน 2551 | 1.23 ± 0.57 |
| 4 | ธันวาคม 2551 | 1.26 ± 0.64 |
| 5 | มกราคม 2552 | 1.27 ± 0.56 |
| 6 | กุมภาพันธ์ 2552 | 1.34 ± 0.75 |
| 7 | มีนาคม 2552 | 1.04 ± 0.56 |
| 8 | เมษายน 2552 | 0.91 ± 0.32 |
| 9 | พฤษภาคม 2552 | 0.75 ± 0.31 |
| 10 | มิถุนายน 2552 | 0.86 ± 0.31 |
| 11 | กรกฎาคม 2552 | 0.36 ± 0.02 |
| 12 | สิงหาคม 2552 | 0.25 ± 0.23 |
| 13 | กันยายน 2552 | 0.67 ± 0.21 |
| 14 | ตุลาคม 2552 | 0.55 ± 0.33 |
| 15 | พฤศจิกายน 2552 | 0.44 ± 0.38 |
| 16 | ธันวาคม 2552 | 0.35 ± 0.31 |
| 17 | มกราคม 2553 | 0.25 ± 0.29 |
| การเติบโตรายปี (มกราคม 2552–ธันวาคม 2552) | | 8.77 ± 0.36 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 13** อัตราการเติบโตรายเดือนของไม้แสมทะเล ในรอบปี 2552

จากภาพที่ 13 แสดงให้ทราบถึงรูปแบบการเติบโตรายปีของไม้แสมทะเล ในช่วงเดือนมกราคม มีค่าการเติบโตเฉลี่ยรายเดือน 1.27 มิลลิเมตร ในเดือนกุมภาพันธ์มีการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1.34 มิลลิเมตรต่อเดือน และลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนพฤษภาคม คือ 1.04, 0.91 และ 0.75 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ เดือนมิถุนายนการเติบโตเพิ่มขึ้นเป็น 0.86 มิลลิเมตรต่อเดือน และลดลงในเดือนกรกฎาคม และสิงหาคม โดยมีอัตราการเติบโต 0.36 และ 0.25 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ ในเดือนกันยายนมีอัตราการเติบโต 0.67 มิลลิเมตรต่อเดือน และลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคม โดยมีอัตราการเติบโต 0.55, 0.44 และ 0.35 มิลลิเมตรต่อเดือน ตามลำดับ

จากการศึกษาการเติบโตรายต้นในช่วง 17 เดือน ไม้แสมทะเลมีพิสัยของการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 6.82–20.80 มิลลิเมตร โดยต้นที่ 13 มีการเติบโตต่ำที่สุด 6.82 มิลลิเมตร และต้นที่ 7 มีการเติบโตสูงสุด 20.80 มิลลิเมตร การเติบโตเฉลี่ยรายต้น เท่ากับ 15.55 มิลลิเมตร (ตารางที่ 7) และในภาพที่ 14 เมื่อเรียงลำดับของต้นไม้ตัวอย่างตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด พบว่า ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมทะเลไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า

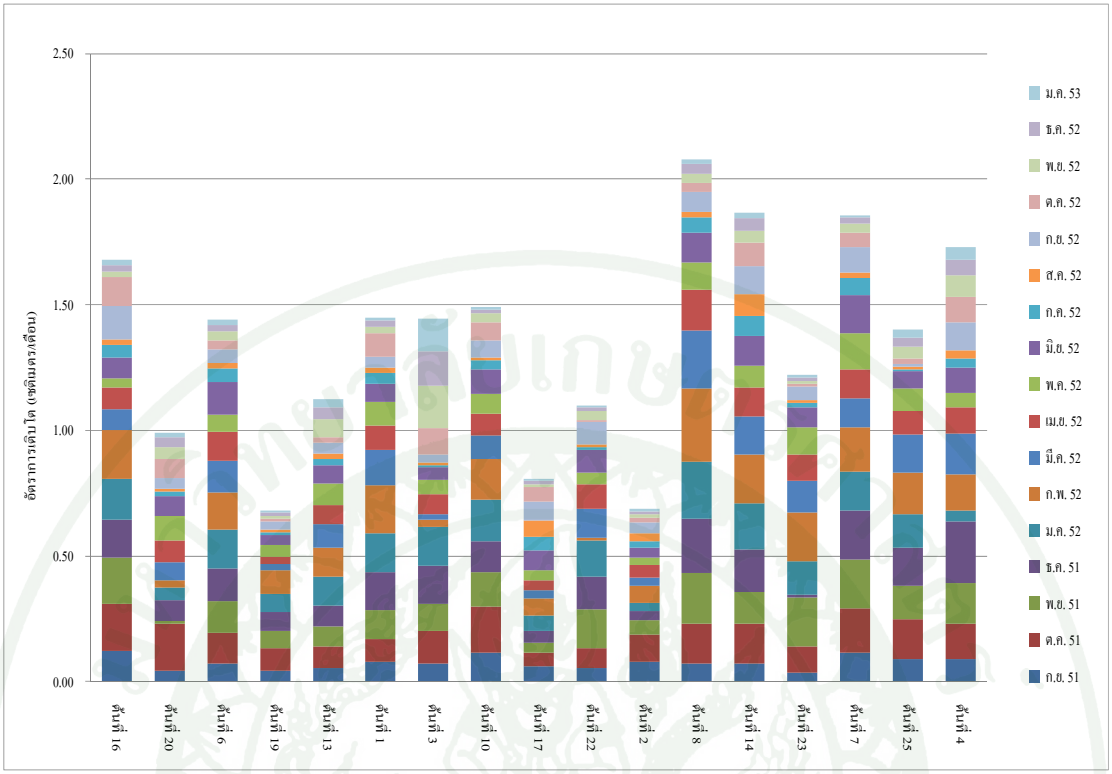
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.34 อธิบายได้ว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมทะเลมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำ (ตารางที่ 8)

**ตารางที่ 7** การเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกรายต้นของไม้แสมทะเล

| ต้นที่ | การเติบโต (มิลลิเมตร) | |
|---|---|---|
| | 12 เดือน | 17 เดือน |
| 1 | 10.03 ± 0.56 | 14.47 ± 0.53 |
| 2 | 3.97 ± 0.16 | 6.88 ± 0.26 |
| 3 | 8.54 ± 0.57 | 14.44 ± 0.54 |
| 4 | 10.41 ± 0.42 | 17.28 ± 0.56 |
| 5 | 9.70 ± 0.50 | 14.41 ± 0.48 |
| 6 | 11.65 ± 0.54 | 18.57 ± 0.63 |
| 7 | 14.12 ± 0.91 | 20.80 ± 0.87 |
| 8 | 9.23 ± 0.51 | 14.90 ± 0.56 |
| 9 | 7.90 ± 0.34 | 11.23 ± 0.31 |
| 10 | 13.21 ± 0.47 | 18.65 ± 0.50 |
| 11 | 10.15 ± 0.57 | 16.78 ± 0.63 |
| 12 | 5.98 ± 0.23 | 8.08 ± 0.22 |
| 13 | 3.96 ± 0.28 | 6.82 ± 0.30 |
| 14 | 6.47 ± 0.28 | 9.91 ± 0.43 |
| 15 | 6.71 ± 0.49 | 11.00 ± 0.52 |
| 16 | 8.66 ± 0.62 | 12.20 ± 0.65 |
| 17 | 8.38 ± 0.57 | 14.00 ± 0.58 |
| เฉลี่ย | 8.77 ± 2.83 | 13.55 ± 4.18 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 14** การเติบโตรายเดือนสะสมของไม้แสมทะเล

**ตารางที่ 8** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมทะเล

| การเติบโตไม้แสมทะเล | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ |
|---|---|
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้น | 0.34 |

**หมายเหตุ** * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 จำนวนและความกว้างของวงเติบโต

จากการนับจำนวนวงเติบโตที่ปรากฏในแนวรัศมีทั้งสี่ทิศ พบว่า มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดจำนวน 2 วง และมากที่สุดจำนวน 4 วง ต้นที่มีจำนวนวงเติบโตน้อยที่สุด คือ ต้นที่ 1, 2, 3, 13, 19, 22 และต้นที่ 25 ต้นที่มีจำนวนวงเติบโตมากที่สุด คือ ต้นที่ 8 โดยมีจำนวนวงเติบโตเฉลี่ย 3 วงต่อปี (ตารางที่ 9)

ความกว้างของวงเติบโตมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด 1.003 มิลลิเมตรต่อวง และมากที่สุด 2.146 มิลลิเมตรต่อวง ต้นที่มีความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตน้อยที่สุด คือ ต้นที่ 17 และต้นที่ 19 และต้นที่มีความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตมากที่สุดคือต้นที่ 1 ทั้งนี้ ความกว้างของวงเติบโตเฉลี่ยของไม้แสมทะเลมีค่า 1.624 มิลลิเมตรต่อวง (ตารางที่ 9)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 9** จำนวนและความกว้างของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมทะเล ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม 2552

หน่วย มิลลิเมตร

| ต้นที่ | การเติบโตในแนวรัศมี | จำนวนและความกว้างเฉลี่ย |
|---|---|---|
| 1 | 5.02 | 2 (2.146 ± 0.354) |
| 2 | 1.99 | 2 (1.189 ± 0.281) |
| 3 | 4.27 | 2 (1.793 ±0.408) |
| 4 | 5.20 | 3 (1.893 ± 0.458) |
| 6 | 4.85 | 3 (1.515 ± 0.140) |
| 7 | 5.83 | 3 (2.140 ± 0.342) |
| 8 | 7.06 | 4 (1.824 ± 0.340) |
| 10 | 4.62 | 3 (1.840 ± 0.471) |
| 13 | 3.95 | 2 (1.583 ± 0.283) |
| 14 | 6.60 | 3 (1.877 ± 0.376) |
| 16 | 5.07 | 3 (1.793 ± 0.458) |
| 17 | 2.99 | 3 (1.003 ± 0.295) |
| 19 | 1.98 | 2 (1.003 ± 0.086) |
| 20 | 3.24 | 3 (1.335 ± 0.324) |
| 22 | 3.36 | 2 (1.450 ± 0.470) |
| 23 | 4.33 | 3 (1.447 ± 0.195) |
| 25 | 4.19 | 2 (1.781 ± 0.106) |
| เฉลี่ย | | 3 (1.624 ± 0.350) |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโต และวงเติบโตของไม้แสมทะเล

ก. จำนวนวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมทะเล

จำนวนวงเติบโตเฉลี่ยของไม้แสมทะเล กับการเติบโตรายต้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.63 หมายถึง จำนวนวงเติบโตเฉลี่ยของไม้แสมทะเลมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับการเติบโต อธิบายได้ว่า ต้นแสมทะเลที่มีการเติบโตมากกว่าย่อมจะมีจำนวนวงเติบโตมากกว่าตามไปด้วย (ตารางที่ 10)

ข. ความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมทะเล

ความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตกับการเติบโตรายต้นของไม้แสมทะเลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.81 หมายถึง ความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโต มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับการเติบโต อธิบายได้ว่า ต้นแสมทะเลที่มีการเติบโตมากกว่าย่อมจะมีความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตมากกว่าด้วย (ตารางที่ 10)

**ตารางที่ 10** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเติบโต กับจำนวนและความกว้างของวงเติบโตของไม้แสมทะเล

| การเติบโตของไม้แสมทะเล | ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ |
|---|---|
| จำนวนวงเติบโตเฉลี่ย | 0.63 (**) |
| ความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโต | 0.81 (**) |

**หมายเหตุ** * มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล**

2.1 ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการในพื้นที่ศึกษา

ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ ได้แก่ น้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิอากาศ จากสถานีตรวจวัดที่ 455203 (ท่าเรือคลองเตย) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553) ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล จากสถานีตรวจวัดปากแม่น้ำท่าจีน และค่าความเค็มของน้ำ จากสถานีตรวจสอบ TC 01 บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) มีรายละเอียดข้อมูล ดังนี้

2.1.1 น้ำฝน

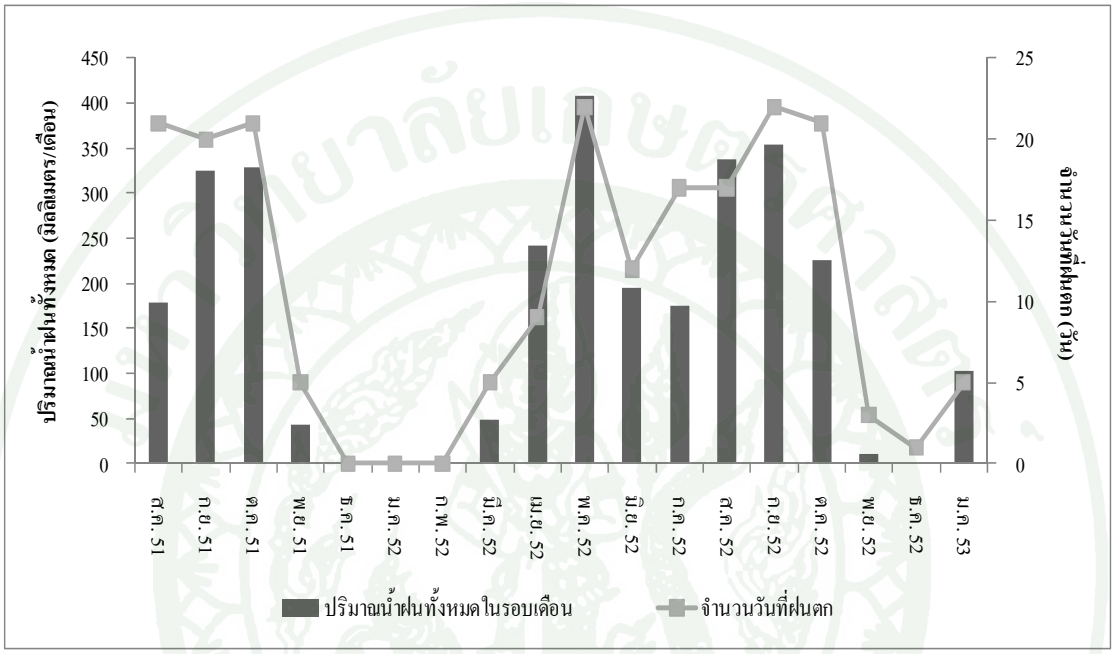
ข้อมูลน้ำฝนซึ่งนำมาวิเคราะห์ ประกอบด้วย จำนวนวันที่ฝนตก ปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบวัน และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบเดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 พบว่า แนวโน้มการกระจายของน้ำฝนในรอบปีสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ช่วง ดังเช่น ในปี 2552 ช่วงแรกเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน มีปริมาณน้ำฝน 49.30, 242.20, 409.20 และ 195.60 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเดือนพฤษภาคมเป็นเดือนที่มีจำนวนวันฝนตกมากที่สุด 22 วัน ขณะที่เดือนมีนาคมมีปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตกเล็กน้อย และในช่วงที่สองตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน มีปริมาณน้ำฝน 175, 337.20, 354.90, 225.30 และ 11.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีจำนวนวันฝนตกมากที่สุด 22 วัน ขณะที่ช่วงพฤศจิกายนถึงเดือนธันวาคม มีปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันที่ฝนตกเพียงเล็กน้อยเท่านั้น สำหรับช่วงต้นปีตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ไม่มีปริมาณน้ำฝนแต่อย่างใด (ภาพที่ 15)

2.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งนำมาวิเคราะห์ คือ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในรอบเดือน ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนมีค่าตั้งแต่ 52-71% ในช่วงปี 2552 ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ย 63.83% (พิสัยเท่ากับ 54-71%) โดยเดือนมกราคมมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด คือ 54% ในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน ความชื่นสัมพัทธ์สูงขึ้น คือ 61%, 65% และ 63% ตามลำดับ ในเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกันยายนความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 69%, 67%, 68%, 67% และ 68% ตามลำดับ และสูงสุดในเดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตุลาคม คือ 71% ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม เป็นเดือนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำ คือ 57% และ 56% ตามลำดับ เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์แสดงถึง อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศต่อปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงความชื้นในอากาศจึงแปรผันตามกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ (ภาพที่ 16)



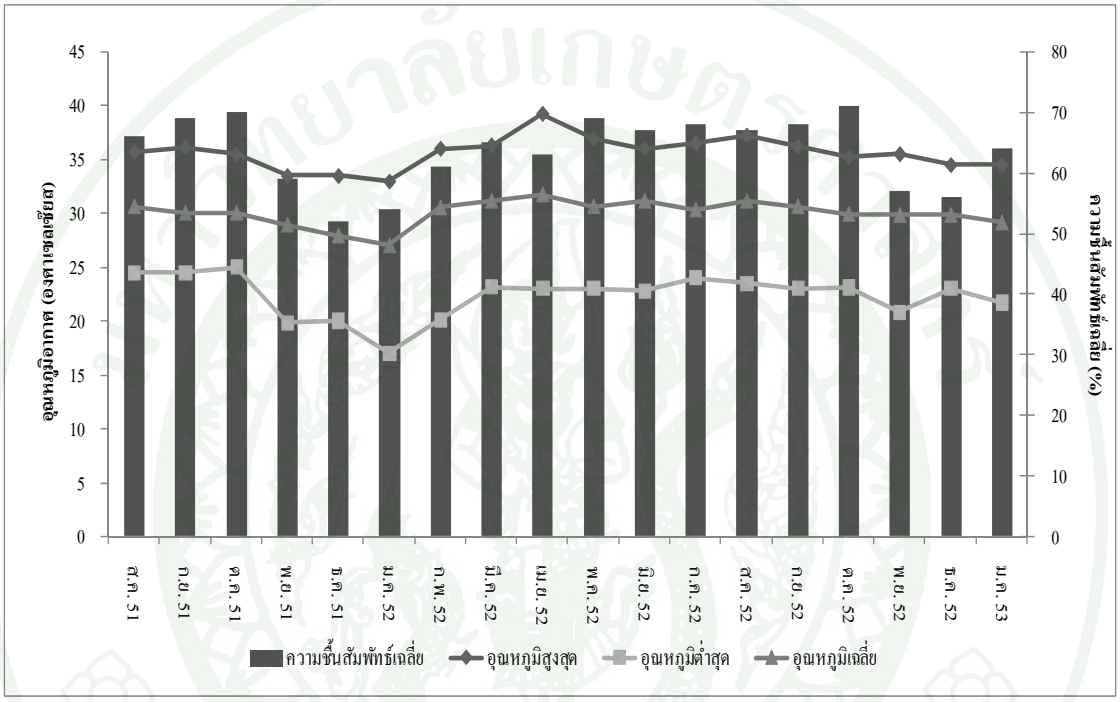

**ภาพที่ 15** ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบเดือนและจำนวนวันที่ฝนตก

2.1.3 อุณหภูมิอากาศ

ข้อมูลอุณหภูมิอากาศซึ่งนำมาวิเคราะห์ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และอุณหภูมิเฉลี่ย ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 พบว่า อุณหภูมิรายเดือนอยู่ในช่วงพิสัย 17-39.20 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน 29.94 องศาเซลเซียส ในรอบปี 2552 พบว่า อุณหภูมิรายเดือนอยู่ในช่วงพิสัย 24-39.20 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิสูงสุดมีค่าต่ำที่สุดในเดือนมกราคม 33 องศาเซลเซียส ในเดือนกุมภาพันธ์ และมีนาคม มีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 36 องศาเซลเซียส และมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายน 39.20 องศาเซลเซียส ในเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม อุณหภูมิมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 36-37 องศาเซลเซียส และลดต่ำลงในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม ประมาณ 34-35 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกันอุณหภูมิต่ำสุดมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม คือ 17 องศาเซลเซียส ในเดือนกุมภาพันธ์สูงเป็น 20 องศาเซลเซียส และมีค่าใกล้เคียงกันในเดือนมีนาคม ถึงมิถุนายน คือ ประมาณ 23 องศาเซลเซียสและมีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม คือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

24 องศาเซลเซียส และลดต่ำลงอีกครั้งในเดือนสิงหาคม ถึงตุลาคม คือ ประมาณ 23 องศาเซลเซียส โดยในเดือนพฤศจิกายนลดลงอีกโดยมีค่าประมาณ 21 องศาเซลเซียส และในเดือนธันวาคม อุณหภูมิมีค่าสูงขึ้น สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนนั้น มีอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง 27-31.70 องศาเซลเซียส โดยเดือนมกราคม เป็นเดือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำ และเดือนเมษายน 2552 นั้นมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด (ภาพที่ 16)




**ภาพที่ 16** อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย

2.1.4 ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล

จังหวะการขึ้นและลงของน้ำทะเลบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นระบบน้ำคู่ (semi-diurnal tide) ที่มีน้ำขึ้นลงวันละ 2 ครั้ง โดยน้ำขึ้นเต็มที่ที่สูงกว่า เรียกว่า น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูง (Higher High Water) ค่าเฉลี่ยของน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูง เรียกว่า น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลาง ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับการลงต่ำของระดับน้ำ คือ น้ำลงเต็มที่ที่ต่ำกว่า เรียกว่า น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำ (Lower Low Water) ค่าเฉลี่ยของน้ำลงเต็มที่ยอดต่ำ เรียกว่า น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำปานกลาง (กรมเจ้าท่า, 2550) ในช่วงเวลาของการศึกษา พบว่า การขึ้นลงของน้ำทะเลแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ในช่วงแรกน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงอยู่ในเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึงเดือนมกราคม 2552 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุดที่ 3.70 เมตร ช่วงที่สองเดือนกุมภาพันธ์ เมษายน ถึงมิถุนายน 2552 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุดที่ 3.60 เมตร และช่วงที่สามคือ

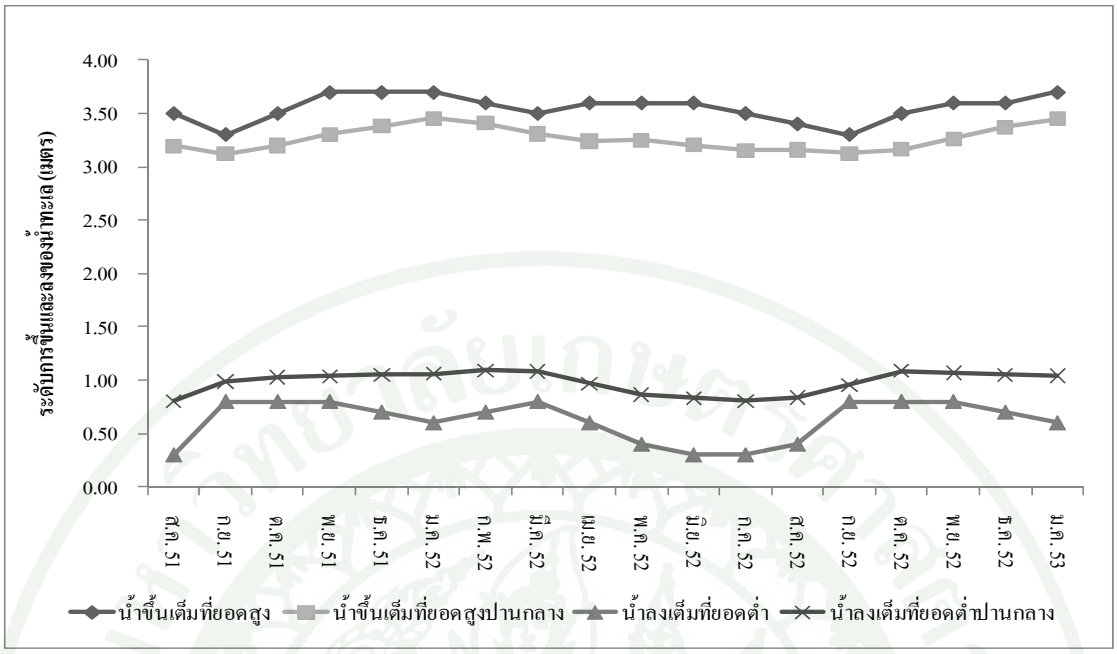
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงเดือนธันวาคม 2552 และมกราคม 2553 มีระดับน้ำขึ้นสูงสุดที่ 3.60 เมตร ขณะที่น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำ ช่วงแรกเดือนธันวาคม 2551 ถึงกุมภาพันธ์ 2552 มีระดับน้ำลงต่ำสุดที่ 0.70, 0.60 และ 0.70 เมตร ตามลำดับ ในช่วงที่สอง น้ำลงต่ำที่สุดในเดือนเมษายน พฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม 2552 ซึ่งมีระดับน้ำต่ำสุดที่ 0.60, 0.40 และ 0.40 เมตร และช่วงที่สามคือ เดือนธันวาคม 2552 และมกราคม 2553 ที่ระดับน้ำลงต่ำสุดเท่ากับ 0.60 และ 0.70 เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 17)

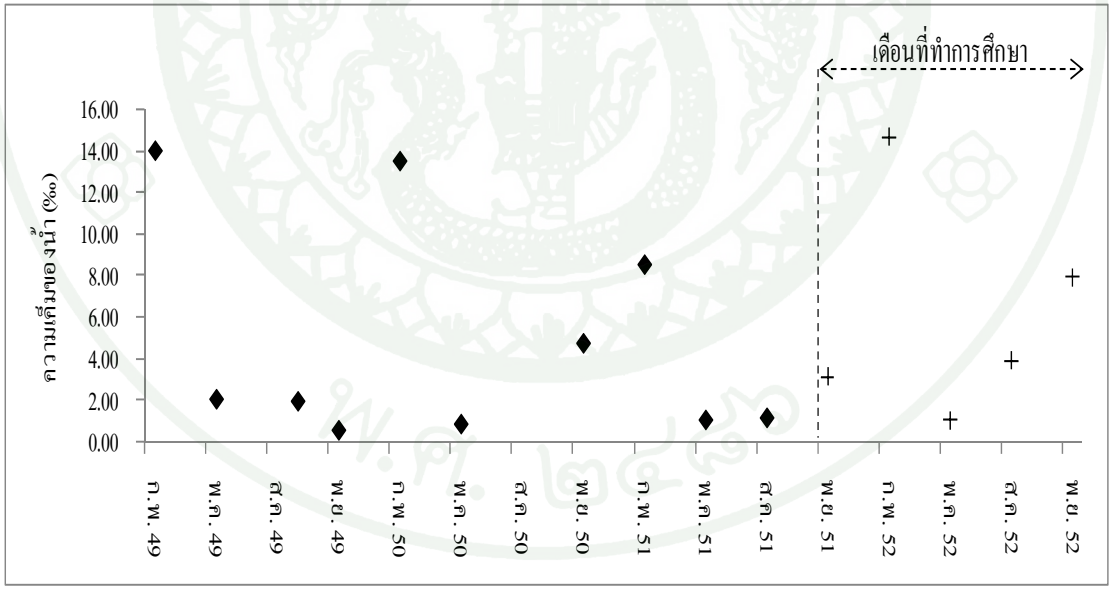
2.1.5 ความเค็มของน้ำ

ความเค็มของน้ำทะเลในพื้นที่ศึกษาเป็นข้อมูลจากโครงการการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำแม่น้ำท่าจีนและคูคลองสาขา ปี 2551 และปี 2552 สถานีตรวจสอบ TC 01 (ปากแม่น้ำท่าจีน) ซึ่งทำการตรวจสอบปีละ 4 ครั้ง โดยกำหนดให้ค่าความเค็มซึ่งตรวจสอบในเดือนกุมภาพันธ์เป็นตัวแทนความเค็มในช่วงฤดูร้อน ความเค็มซึ่งตรวจสอบในเดือนพฤษภาคม และสิงหาคมเป็นตัวแทนความเค็มในช่วงฤดูฝน และความเค็มซึ่งตรวจสอบในเดือนพฤศจิกายนเป็นตัวแทนความเค็มในช่วงฤดูหนาว พบว่า ในรอบปี 2552 ความเค็มเฉลี่ยตามฤดูกาล มีค่าสูงสุดในช่วงฤดูร้อน คือ 14.7 ‰ และมีค่าต่ำสุดในฤดูฝน คือ 2.45 ‰ และในช่วงฤดูหนาวมีค่า 7.9 ‰ ทั้งนี้เนื่องจาก ในช่วงฤดูร้อนไม่ได้รับอิทธิพลจากปริมาณน้ำฝนจึงทำให้ได้รับผลกระทบจากน้ำทะเลหนุนมากส่งผลให้ค่าความเค็มสูงขึ้น โดยในช่วงฤดูฝนความเค็มลดลงเนื่องจากมีปริมาณน้ำมากไหลลงผลักดันน้ำทะเลทำให้ความเค็มต่ำ (ภาพที่ 18)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 17** ระดับน้ำสถานีตรวจวัด จ.สมุทรสาคร




**ภาพที่ 18** ความเค็มของน้ำสถานีตรวจวัด TC01 ปากแม่น้ำท่าจีน จ.สมุทรสาคร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

ความสัมพันธ์ของการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล กับปัจจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้แก่ น้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล และความเค็มของน้ำ ซึ่งนำมาวิเคราะห์โดยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน และอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้เกณฑ์ของ Hinkle (1998) มีผลการศึกษา ดังนี้

2.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับการเติบโตรายเดือนของแสมขาวและแสมทะเล

ปัจจัยเกี่ยวกับน้ำฝนที่นำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับการเติบโตในครั้งนี้ ได้แก่ จำนวนวันที่ฝนตก ปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุดในรอบวัน และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบเดือน พบว่า ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของเดือนก่อนหน้า และปริมาณน้ำฝนสูงสุดในรอบวันของเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของแสมขาวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.74 และ 0.68 ตามลำดับ อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูง ในขณะที่จำนวนวันที่ฝนตกของเดือนก่อนหน้า จำนวนวันที่ฝนตกของเดือนเดียวกัน และปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของเดือนเดียวกัน กับการเติบโตของแสมขาวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.60, 0.52 และ 0.51 ตามลำดับ อธิบายได้ว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลาง กล่าวคือ เมื่อมีจำนวนวันที่ฝนตกมากขึ้น ปริมาณน้ำฝนสะสมในรอบวันมากขึ้น และปริมาณน้ำฝนมากขึ้น แสมขาวมีอัตราการเติบโตเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ น้ำฝนกับการเติบโตของแสมทะเลไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งบอกถึงความสัมพันธ์ทางลบในระดับต่ำมาก (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางที่ 11** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตของไม้แสมขาวและไม้แสมทะเลกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม

| ปัจจัยสิ่งแวดล้อม | แสมขาว | | แสมทะเล | |
|---|---|---|---|---|
| | เดือน | เดือน - 1 | เดือน | เดือน - 1 |
| น้ำฝน | | | | |
| จำนวนวันที่ฝนตก | 0.52 (*) | 0.60 (*) | -0.28 | -0.17 |
| ปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุดในรอบวัน | 0.30 | 0.68 (**) | -0.26 | -0.16 |
| ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดในรอบเดือน | 0.51 (*) | 0.74 (**) | -0.24 | -0.07 |
| ความชื้นสัมพัทธ์ | | | | |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย | 0.35 | 0.55 (*) | -0.29 | -0.22 |
| อุณหภูมิอากาศ | | | | |
| อุณหภูมิสูงสุด | -0.04 | 0.49 (*) | -0.26 | -0.35 |
| อุณหภูมิต่ำสุด | 0.26 | 0.56 (*) | -0.42 | -0.37 |
| อุณหภูมิเฉลี่ย | 0.05 | 0.33 | -0.29 | -0.49 (*) |
| ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล | | | | |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูง | -0.13 | -0.53 (*) | 0.30 | 0.18 |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลาง | -0.40 | -0.57 (*) | 0.31 | 0.36 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำ | 0.11 | 0.05 | 0.31 | 0.34 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำปานกลาง | -0.19 | -0.23 | 0.38 | 0.35 |
| ความเค็มของน้ำ[1/] | -0.34 | 0.25 | -0.52 | 0.06 |

**หมายเหตุ** เดือน-1 หมายถึง เดือนก่อนหน้า

[1/] วิเคราะห์ข้อมูลเดือนพฤศจิกายน 2551 เดือนกุมภาพันธ์ พฤษภาคม สิงหาคม และพฤศจิกายน 2552

* มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเติบโตรายเดือนของแสมขาวและแสมทะเล

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของไม้แสมขาวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.55 อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลาง กล่าวคือ ในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงแสมขาวมีอัตราการเติบโตที่สูงด้วยเช่นกัน ในขณะที่ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยกับการเติบโตของแสมทะเล ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งบอกถึงความสัมพันธ์ทางลบในระดับต่ำมาก (ตารางที่ 11)

2.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศกับการเติบโตของแสมขาวและแสมทะเล

อุณหภูมิต่ำสุดของเดือนก่อนหน้า และอุณหภูมิสูงสุดของเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของไม้แสมขาวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.56 และ 0.49 ตามลำดับ อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลาง และระดับต่ำตามลำดับ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ ส่งผลให้ไม้แสมขาวมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้น และอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของแสมทะเลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.49 อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางลบในระดับต่ำ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยมีผลให้อัตราการเติบโตของแสมทะเลลดลง (ตารางที่ 11)

2.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเลกับการเติบโตของแสมขาวและแสมทะเล

น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลางและน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงของเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของไม้แสมขาว มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.57 และ -0.53 ตามลำดับ อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางลบในระดับปานกลาง กล่าวคือ หากระดับน้ำขึ้นสูง การเติบโตของไม้แสมขาวจะลดลง ในขณะที่ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล กับการเติบโตของแสมทะเลไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ซึ่งบอกถึงความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำ (ตารางที่ 11)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำทะเลกับการเติบโตของแสมขาวและแสมทะเล

ความเค็มของน้ำในเดือนเดียวกันและความเค็มของน้ำเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของไม้แสมขาว ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.34 และ 0.25 ตามลำดับ อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางลบในระดับต่ำและเป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำมาก ตามลำดับ เช่นเดียวกับ ความเค็มของน้ำในเดือนเดียวกัน และความเค็มของน้ำเดือนก่อนหน้ากับการเติบโตของไม้แสมทะเลที่ไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ -0.52 และ 0.06 ตามลำดับ อธิบายได้ว่า เป็นความสัมพันธ์ทางลบในระดับปานกลางและเป็นความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำมาก ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

## วิจารณ์

ป่าชายเลนถือเป็นระบบนิเวศที่มีลักษณะเฉพาะที่เชื่อมโยงระหว่างระบบนิเวศในทะเล และระบบนิเวศบนบก โดยสังคมพืชในป่าชายเลนเป็นผู้ผลิตในระบบที่มีการปรับตัวทางสรีรวิทยาและการปรับตัวทางโครงสร้างที่คล้ายคลึงกัน ส่วนมากเป็นพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มได้ดี (halophyte) กล่าวได้ว่า ความแตกต่างทางชนิดพันธุ์ ปริมาณ สัดส่วน หรือการกระจายของพืชต่างๆ นั้น ล้วนเป็นผลที่เกิดจากความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อมในป่าชายเลน

การศึกษาการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเดนโดรมิเตอร์ พบว่า การเติบโตรายปีของไม้แสมขาวมีค่า 12.97 มิลลิเมตรต่อปี จำนวนวงที่เกิดขึ้นในระยะรัศมี 4 วงต่อปี โดยมีความกว้างของวงเติบโตเฉลี่ย 1.482 มิลลิเมตรต่อวง และการเติบโตรายปีของแสมทะเลมีค่า 8.77 มิลลิเมตรต่อปี นับจำนวนวงเติบโตได้ 3 วงต่อปี ความกว้างของวงเติบโตเฉลี่ย 1.624 มิลลิเมตรต่อวง สอดคล้องกับการศึกษาของ Gill (1971 อ้างใน วิพักตร์, 2527) ที่พบว่า *Avicennia germinans* ที่ขึ้นอยู่ในป่าชายเลนของรัฐฟลอริดา ทางตอนใต้ของประเทศสหรัฐอเมริกา มีวงเติบโตเกิดขึ้น 2-6 วงในหนึ่งปี และการศึกษาการพัฒนาแคมเบียมในไม้แสมทะเลของ Schmitz *et al*. (2008) ซึ่งพบว่า เกิดวงเติบโตจำนวนสามวงครึ่งในเวลาหนึ่งปี โดยลักษณะของวงเติบโตที่ปรากฏนั้นสามารถอธิบายโดยลักษณะเฉพาะของไม้ในวงศ์ Avicenniaceae เนื่องจากการเกิด included phloem หรือที่เรียกว่า การเกิดเปลือกแทรกในเนื้อไม้ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์ไม้โดยทั่วไป กล่าวคือ แรกสุดแคมเบียมของไม้แสมจะเกิดตามปกติเหมือนพืชที่มีการเติบโตขั้นที่สองทั่วๆ ไป ซึ่งเป็นผลให้มีการแยกไซเลมเข้าไปอยู่ด้านใน และโฟลเอมออกไปด้านนอก แต่เมื่อแบ่งตัวได้ระยะหนึ่งแคมเบียมจะหยุดการแบ่งตัว ซึ่ง

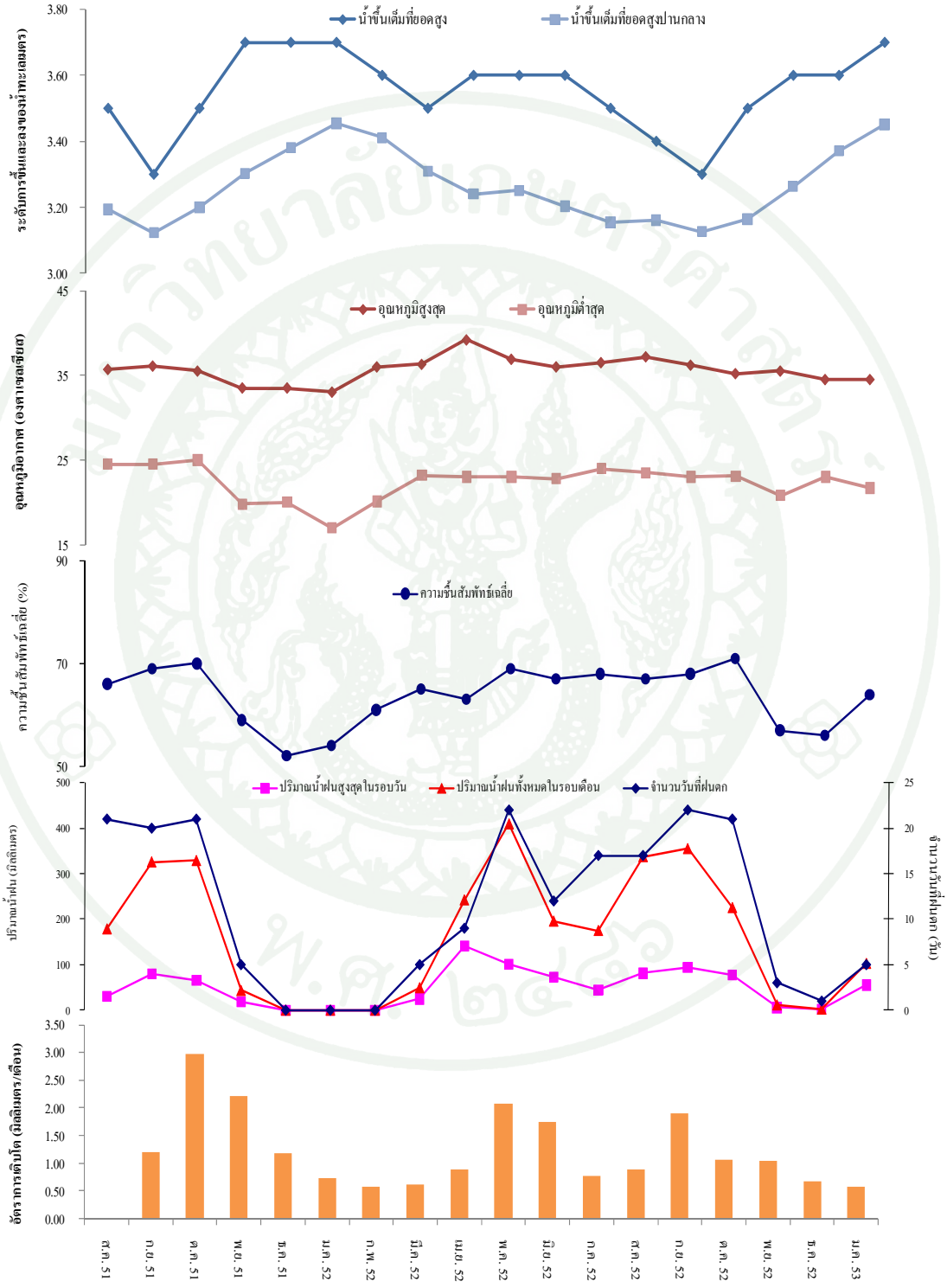
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาจอยู่ทางด้านในของโฟลเอม ต่อมาจะมีแคมเบียมที่สองเกิดขึ้นจากเนื้อเยื่อคอเท็กซ์ (cortex) ชั้นในสุด และแบ่งตัวให้ไซเลมเข้าไปข้างในและพาเรงไคมาออกไปทางด้านนอก ส่วนแคมเบียมที่สามเกิดจากส่วนหนึ่งของคอเท็กซ์และส่วนหนึ่งจากพาเรงไคมา ทางด้านนอกที่เจริญมาจากการแบ่งตัวของแคมเบียมที่สอง จะมีแคมเบียมใหม่เกิดติดต่อกัน โดยแต่ละแคมเบียมจะเกิดมาจากพาเรงไคมาทางด้านนอก ซึ่งเจริญมาจากแคมเบียมที่เกิดก่อนหน้าต่อๆ กันไป เรียกว่า included phloem

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาว แบ่งเป็นปัจจัยด้านบวก ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของเดือนก่อนหน้า ปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุดในรอบวันของเดือนก่อนหน้า จำนวนวันที่ฝนตกของเดือนก่อนหน้า อุณหภูมิต่ำสุดของเดือนก่อนหน้า ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนก่อนหน้า จำนวนวันที่ฝนตกของเดือนเดียวกัน ปริมาณฝนทั้งหมดของเดือนเดียวกัน อุณหภูมิสูงสุดของเดือนก่อนหน้า และปัจจัยด้านลบ ได้แก่ น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงของเดือนก่อนหน้า และน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลางของเดือนก่อนหน้า ขณะที่ไม้แสมทะเลมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมเพียงอย่างเดียวที่มีอิทธิพลด้านลบต่อการเติบโต นั่นคือ อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของเดือนก่อนหน้า (ภาพที่ 19 และภาพที่ 20) จากผลการศึกษา เห็นได้ว่า ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตก และปริมาณฝนสะสมสูงสุดในรอบวัน ต่างมีความสัมพันธ์กับการเติบโตของไม้แสมขาว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kruass *et al*. (2006) ซึ่งทำการศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน ที่มีต่อการเติบโตของต้นลำพูทะเล และพังกาหัวสุมดอกแดง โดยทำการศึกษาบริเวณหมู่เกาะทางตะวันออกของประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า รูปแบบการเติบโตของไม้ดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับ น้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เป็นช่วงตามฤดูกาลด้วย และสอดคล้องกับการศึกษาของ Jintana (1991) ที่ทำการศึกษาการเติบโตของไม้ป่าชายเลน จังหวัดระนอง พบว่า ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเติบโตของไม้ป่าชายเลน เช่นเดียวกันกับ Atipanumpai (1989) ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางนิเวศวิทยาและสรีรวิทยาของไม้กระถินเทพา พบว่า การเติบโตของไม้กระถินเทพา มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับ ปริมาณน้ำฝน และความชื้นสัมพัทธ์ และมีความสัมพันธ์ทางลบกับอุณหภูมิสูงสุด ในขณะที่ การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเลครั้งนี้ พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดกับอุณหภูมิสูงสุด มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเติบโตของไม้แสมขาว และอุณหภูมิเฉลี่ยมีความสัมพันธ์ทางลบกับการเติบโตของไม้แสมทะเล สอดคล้องกับแนวคิดเกี่ยวกับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเติบโตของพืช (optimum temperature) ซึ่งพบว่า อุณหภูมิต่ำสุดควรอยู่ระหว่าง 20-25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดควรอยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส (ชวนพิศ, 2544) รวมถึง Hutching and Saenger (1987) ที่พบว่า ไม้แสมทะเลแตกใบอ่อนในช่วงอุณหภูมิ 18-20 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง

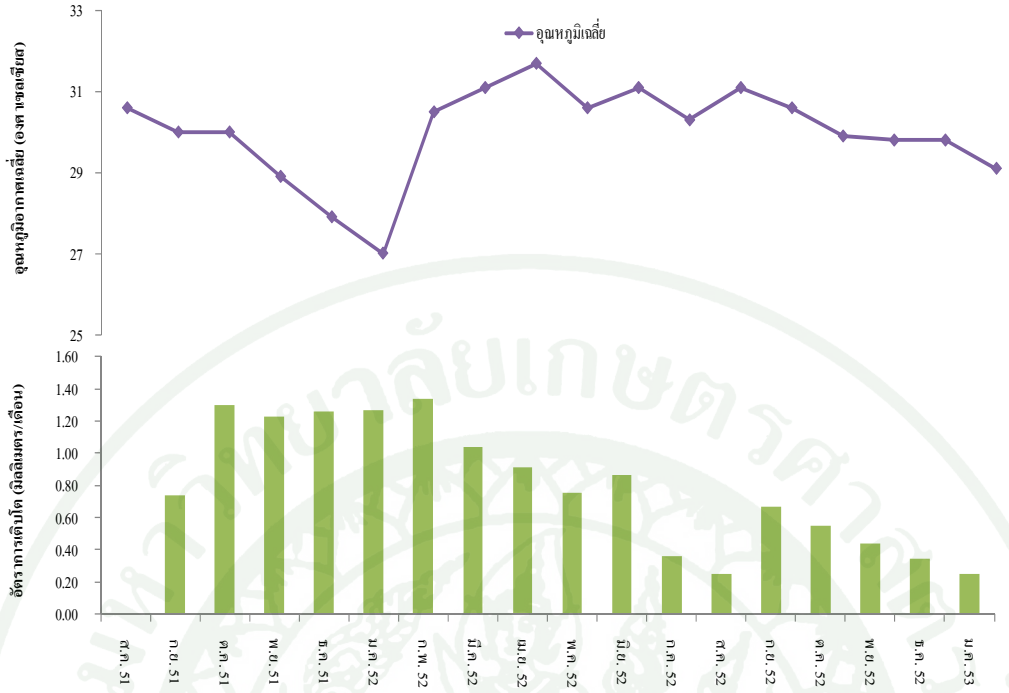
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษา คือ 27-32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่สูงกว่าช่วงอุณหภูมิดังกล่าว มีผลทำให้อัตราการแตกใบอ่อนของไม้แสมทะเลลดลง




**ภาพที่ 19** อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมขาวและปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งมีความสัมพันธ์กัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์




**ภาพที่ 20** อัตราการเติบโตเฉลี่ยรายเดือนของไม้แสมทะเลและปัจจัยสิ่งแวดล้อมซึ่งมีความสัมพันธ์กัน

จากผลการศึกษาข้างต้น สามารถอธิบายถึงอิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการเติบโตของพันธุ์ไม้เบิกนำในพื้นที่ป่าชายเลน อย่างไม้แสมขาวและแสมทะเล เนื่องจากผลการศึกษาแสดงให้ทราบว่า น้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย อุณหภูมิอากาศสูงสุด อุณหภูมิอากาศต่ำสุด มีความสัมพันธ์ทางบวกกับการเติบโตของไม้แสมขาว ในขณะที่ระดับการขึ้นของน้ำทะเลมีความสัมพันธ์ทางลบกับการเติบโตของไม้แสมขาว เช่นเดียวกันกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับการเติบโตของไม้แสมทะเล ดังนั้น หากปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงดังที่โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติได้คาดการณ์ไว้ ว่าในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ. 2573) อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้น 1.5-3 องศาเซลเซียส แล้ว นั่นหมายถึงอุณหภูมิต่ำสุดบริเวณพื้นที่ศึกษาจะอยู่ระหว่าง 18.5-28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดอยู่ระหว่าง 31.5-38 องศาเซลเซียส ซึ่งย่อมจะส่งผลกระทบต่อการเติบโตของพืชไม่มากก็น้อยเนื่องจากช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเติบโตเปลี่ยนไป (ลดาวัลย์, 2550) นอกจากนั้น หากระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ย่อมส่งผลทางลบต่อการเติบโตของไม้แสมเช่นเดียวกัน และหากเป็นไปกฎทางนิเวศวิทยาว่าด้วยการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตที่จะต้องมีปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่จำเป็นอย่างเพียงพอ ไม่มากหรือน้อยเกินไปกว่าความทนทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด และหากปัจจัยสิ่งแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงจนไม่เหมาะสมกับการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิต ก็จะส่งผลต่อสิ่งมีชีวิตในลักษณะต่างๆ สำหรับไม้แสมทั้งสองชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิข้างต้น อาจส่งผลมีการเติบโตและการพัฒนาลดลง หรืออาจค่อยๆ ตายลง เหลือเพียงลูกไม้ที่ต้องปรับตัวเกิดความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมดังกล่าว ย่อมส่งผลกระทบเป็นลูกโซ่ต่อระบบนิเวศโดยรวมอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

จากการศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล ในพื้นที่ป่าชายเลนอ่าวมหาชัยฝั่งตะวันตก ตำบลบางหญ้าแพรก อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีผลการศึกษาสรุปได้ ดังนี้

### 1. การเติบโต และวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

การศึกษาโดยใช้เดนโดรมิเตอร์ติดตามการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกของไม้แสมขาวและไม้แสมทะเล ตั้งแต่เดือนกันยายน 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553 พบว่า ไม้แสมขาวมีอัตราการเติบโตรายเดือนเฉลี่ย 1.24 มิลลิเมตรต่อเดือน การเติบโตในรอบปี 2552 มีค่า 12.97 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีพิสัยของการเติบโตตลอดระยะเวลาของการศึกษา 9.91–33.88 มิลลิเมตร เฉลี่ยรายต้น เท่ากับ 21.11 มิลลิเมตร นับจำนวนวงเติบโตที่ปรากฏในแนวรัศมีได้ 4 วงต่อปี ความกว้างของวงเติบโตเฉลี่ย 1.482 มิลลิเมตรต่อวง ไม้แสมทะเลมีอัตราการเติบโตรายเดือนเฉลี่ย 0.80 มิลลิเมตร การเติบโตในรอบปี 2552 มีค่า 8.77 มิลลิเมตร โดยมีพิสัยของการเติบโตตลอดระยะเวลาของการศึกษา ตั้งแต่ 6.82–20.80 มิลลิเมตร เฉลี่ยรายต้น เท่ากับ 13.55 มิลลิเมตร นับจำนวนวงเติบโตที่ปรากฏในแนวรัศมีได้ 3 วงต่อปี ความกว้างของวงเติบโตเฉลี่ย 1.624 มิลลิเมตรต่อวง

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายต้นกับจำนวนและความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะล พบว่า การเติบโตรายต้นของไม้แสมขาวมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงมากกับจำนวนวงเติบโตที่เกิดขึ้น ($r = 0.93$, $p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโต ($r = 0.30$, $p > 0.05$) ในขณะที่การเติบโตรายต้นของไม้แสมทะเล มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับจำนวนวงเติบโตที่เกิดขึ้น ($r = 0.63$, $p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับความกว้างเฉลี่ยของวงเติบโต ($r = 0.81$, $p < 0.01$) เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตรายต้นกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของไม้แสมขาวและแสมทะเล พบว่า การเติบโตรายต้นของไม้แสมขาวมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของต้นไม้ ($r = 0.52$, $p < 0.05$) ในขณะที่การเติบโตรายต้นกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของไม้แสมทะเลมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ ($r = 0.34$, $p > 0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**2. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการกับการเติบโตและวงเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล**

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมบางประการ ได้แก่ น้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล และความเค็มของน้ำ กับการเติบโตของไม้ทั้งสองชนิดที่ศึกษา มีผล ดังนี้

การเติบโตของไม้แสมขาวมีความสัมพันธ์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมในช่วงเดือนเดียวกัน คือ มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับจำนวนวันที่ฝนตก และปริมาณฝนทั้งหมดในรอบเดือน($r = 0.52$ และ $0.51$ ตามลำดับ, $p < 0.05$) และยังมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมในช่วงเดือนก่อนหน้าด้วย กล่าวคือ มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับสูงกับปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของเดือนก่อนหน้า($r = 0.74$, $p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับปริมาณน้ำฝนสะสมสูงสุดในรอบวันของเดือนก่อนหน้า และจำนวนวันที่ฝนตกของเดือนก่อนหน้า ($r = 0.68$, $p < 0.01$ และ $r = 0.60$, $p < 0.05$ ตามลำดับ) มีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับปานกลางกับอุณหภูมิต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนก่อนหน้า ($r = 0.56$ และ $0.55$, $p < 0.05$ ตามลำดับ) และมีความสัมพันธ์ทางบวกในระดับต่ำกับอุณหภูมิสูงสุดของเดือนก่อนหน้า ($r = 0.49$, $p < 0.05$) นอกจากนี้ ยังมีความสัมพันธ์ทางลบในระดับปานกลางกับน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลาง และน้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงของเดือนก่อนหน้าอีกด้วย ($r = -0.57, -0.53$, $p < 0.05$ ตามลำดับ) ขณะที่การเติบโตของไม้แสมทะเลส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในระดับที่ต่ำมากกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่ศึกษาทั้งหมด ยกเว้นกับค่าอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของเดือนก่อนหน้าเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กันในทางลบในระดับต่ำ ($r = -0.49$, $p < 0.05$)

## ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาการเติบโตของไม้ป่าชายเลนโดยใช้เดนโดรมิเตอร์ครั้งนี้ มีปัจจัยเรื่องความเค็มของน้ำทะเลเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้แถบอลูมิเนียมเกิดการผุกร่อน และขาดออกจากกันได้ง่าย การศึกษาครั้งต่อไปจึงควรใช้วัสดุที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของไอน้ำเค็มมากขึ้น

2. จากผลการศึกษาอัตราการเติบโตรายเดือนของต้นไม้ที่อ่านจากเดนโดรมิเตอร์ พบว่า ในรอบปี 2552 ไม้แสมขาวมีแนวโน้มของอัตราการเติบโตเพิ่มสูงขึ้นแบ่งเป็น 2 ช่วงเวลา คือ ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม และตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม แต่จากการนับจำนวนวง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เติบโตที่เกิดขึ้นในรอบปีของเนื้อไม้ที่พบจำนวน 4 วง แสดงให้เห็นว่าการเติบโตของไม้แสมขาวที่อ่านค่าจากเดนโดรมิเตอร์ทุกเดือนอาจไม่ครอบคลุมถึงการเติบโตแท้จริงที่เกิดขึ้นภายในเนื้อไม้ได้ ดังนั้น จึงควรทดลองโดยการลดระยะเวลาในการอ่านค่าจากเดนโดรมิเตอร์ให้สั้นลง เช่น ทุก 10 วัน หรือทุก 2 สัปดาห์ต่อครั้ง ประกอบกับการศึกษาพัฒนาการของแคมเบียมควบคู่ไปด้วย ซึ่งน่าจะทำให้เห็นถึงแนวโน้มของการเติบโตที่สอดคล้องกับการเกิดวงเติบโตของไม้ชนิดนี้ได้มากยิ่งขึ้น

3. ควรศึกษาการเติบโตของไม้แสมซึ่งเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำของป่าชายเลนอย่างต่อเนื่อง เพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพยากรณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก

4. ควรศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อการเติบโตของไม้ทั้งสองชนิดด้วย เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดิน และปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพอื่นๆ รวมถึงรายละเอียดระดับเซลล์ของไม้แสมขาวและแสมทะเลเพื่อให้ทราบถึงความแตกต่างของการเติบโตของต้นไม้ทั้งสองชนิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2553. **ข้อมูลความเค็มของน้ำสถานีตรวจวัดปากแม่น้ำท่าจีน (TC 01)**. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรมเจ้าท่า. 2552. **นิยามศัพท์เกี่ยวกับการขึ้นและลงของน้ำ**. กระทรวงคมนาคม. แหล่งที่มา: http://www.md.go.th/watermark/dictwater.php, 10 ธันวาคม 2552.

กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง. 2550. **แผนแม่บทการจัดการทรัพยากรป่าชายเลน**. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา).

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2553. **รายงานสภาพอากาศ จังหวัดกรุงเทพมหานคร (สถานี455203 ท่าเรือคลองเตย) ปี 2551- 2553**. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

กรมอุทกศาสตร์ทหารเรือ. 2553. **ระดับน้ำขึ้น-ลง ปี 2551- ปี 2553**. กองทัพเรือ. แหล่งที่มา: http://www.navy.mi.th/hydro/tide09/TC09h.xls, 30 มกราคม 2552.

เกษม จันทร์แก้ว. 2544. **วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จินดา ศรศรีวิชัย. 2524. **สรีรวิทยาพืชภาคการเจริญเติบโตและการควบคุม**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา, กรุงเทพฯ.

ทรงกต ทศานนท์. 2547. **เอกสารอ่านประกอบในรายวิชา 106706 หลักอุตุนิยมวิทยา**. สาขาวิชาการรับรู้จากระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เทียมใจ คมกฤส. 2546. **กายวิภาคของพฤกษ์**. พิมพ์ครั้งที่ 5. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงค์นาถ อู่ประสิทธิ์วงศ์. 2544. **ดัชนีและแนวโน้มของฝนและอุณหภูมิที่ผิดปกติในประเทศไทย**. กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. กรุงเทพฯ

นาฏสุดา ภูมิจำนงค์. 2550. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณรงค์ โทณานนท์. 2531. **ลักษณะโครงสร้างของไม้และการตรวจพิสูจน์**. สำนักพิมพ์ฟันนี่ พับบลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

ปัสสี ประสมสินธ์. 2534. **คู่มือปฏิบัติการคณิตป่าไม้**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

พวงผกา สุนทรชัยนาคแสง. 2548. **กายวิภาคและสัณฐานวิทยาของพืชมีดอก**. สำนักพิมพ์ท้อป, กรุงเทพฯ.

ลดาวัลย์ พวงจิตร, บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์, จงรัก วัชรินทร์รัตน์, มณฑล จำเริญพฤกษ์, สคาร ทีจันทึก, กอบศักดิ์ วันธงไชย และ สันต์ เกตุปราณีต. 2550. **วนวัฒนวิทยาพื้นฐานการปลูกป่า**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วลัยพร วุฒิไกรศรีอาคม. 2547. **การกระจายของขยะมูลฝอยและผลต่อคุณค่าของป่าชายเลนบริเวณอ่าวมหาชัย ฝั่งตะวันตก จังหวัดสมุทรสาคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วศิน อิงคพัฒนากุล. 2548. **นิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อม**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิพักตร์ จินตนา. 2527. **การประมาณอายุของไม้สำคัญบางชนิดในป่าชายเลน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศูนย์ประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2551. **การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ climate change**. แหล่งที่มา: http://www.onep.go.th, 10 มิถุนายน 2551.

สง่า สรรพศรี, สนิท อักษรแก้ว, จิตต์ คงแสงไชย, ประจิม สุกสีเหลือง, เพ็ญ ธรรมโชติ โสภณ หะวานนท์ และ นริศ ธรรมโชติ. 2530. **รายงานการวิจัยการศึกษาสังคมป่าไม้ชายเลนในประเทศไทย โดยวิธีการจัดหมวดหมู่และการวิเคราะห์ศักยภาพ**. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ส่วนอุทยานแห่งชาติทางทะเล. 2543. **คู่มืออุทยานแห่งชาติ ลำดับที่ 1 การสำรวจแนวปะการัง**. กรมป่าไม้ สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ, กรุงเทพฯ.

สนิท อักษรแก้ว. 2532. **ป่าชายเลน : นิเวศวิทยาและการจัดการ**. คอมพิวแอดเวอร์ไทซิงค์, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. **ป่าชายเลน... นิเวศวิทยาและการจัดการ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542. **การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย กรณีศึกษาระบบนิเวศป่าชายเลนปากแม่น้ำท่าจีน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

_____. 2550. ป่าชายเลน...ขุมทรัพย์เศรษฐกิจพอเพียงชุมชนชายฝั่งทะเล. **วารสารการจัดการป่าไม้** 1(1): 1-13.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. **สรีรวิทยาของพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน. 2550. **พันธุ์ไม้ป่าชายเลนในประเทศไทย**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

อุทิศ กุฏอินทร์. 2541. **นิเวศวิทยา : พื้นฐานเพื่อการป่าไม้**. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Atipanumpai, L. 1989. ***Acacia mangium*: Studies on the genetic variation in ecological and physiological characteristics of a fast-growing plantation tree species**. The Finnish Forest Research Institute, Finland.

Fritts, H.C. 1976. **Tree rings and climate**. Academic Press, London.

Hinkle, D.E., W. Wersma and S.E. Jurs. 1998. **Applied statistic for the behavioral sciences**. 5 th edition. Boston; Houghton, Mifflin Collage, USA.

Hutching, P. and P. Saenger. 1987. **Ecology of mangrove**. Australia university of Queenland Press, Australia.

IPPC. 2001. **The IPCC Third Assessment Report**. Climate Change. Available Source: http://en.wikipedia.org/wiki/IPCC_Third_Assessment_Report#Conclusions, December 5, 2009.

Jintana, V., A. Komiyama, H. Moriya and K. Ogino. 1985. Forest ecological studies of mangrove ecosystem in Ranong, Southern Thailand - 4. Diameter growth measurement by dendrometry. *In* **Studies on the mangrove ecosystem**, pp. 227–233. Nodai Research Institute, Tokyo University of Agriculture, Japan.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Jintana, V. 1991. Diameter Growth. *In* **Chapter 4. Soils and Forestry Studies. Final Report of the Integrated Multidisciplinary Survey and Research Programme of the Ranong Mangrove Ecosystem**, pp. 70-72. UNDP/UNESCO Regional Mangroves Project RAS/86/120. Funny Publishing Limited Partnership, Bangkok.

Krauss, K.W., B.D. Keeland, J.A. Allen, K.C. Ewel and D.J. Johnson. 2006. Effects of season, rainfall, and hydrogeomorphic setting on mangrove tree growth in Micronesia, pp. 161–170. *In* **Biotropica**. USA.

Santisuk, T. 1983. Taxonomy and distribution of the terrestrial trees and shrubs in the mangrove formations in Thailand. **Reprinted from Natural History Bulletin of the siam Society**. Vol. 31 (1983) No. 1.

Schmitz, N., A. Verheyden, J.G. Kairo, B. Hans and K. Nico. 2007. **Successive cambia development in *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh. is not climatically driven in the seasonal climate at Gazi Bay, Kenya Available**. Available Source: http://www.sciencedirect.com/, June 5, 2008.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ก**

เดนโดรมิเตอร์ที่ได้รับความเสียหาย และการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก1** เดนโดรมิเตอร์ที่ได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บข้อมูลเดือนกันยายน 2551 ถึงเดือนมกราคม 2553

| ชนิด | เริ่มต้น | เดนโดรมิเตอร์ที่ได้รับความเสียหายระหว่างการเก็บข้อมูลรายเดือน | | | | | | | | | | | | | | | | | เหลือ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2551 | | | | | | | | | 2552 | | | | | | | 2553 | |
| | | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | |
| แสมขาว | 25 อัน | | | | | | | | | | | | -1 | | | -1 | | | 23 |
| | 100% | | | | | | | | | | | | -4% | | | -4% | | | 92% |
| แสมทะเล | 25 อัน | | | | | -1 | -1* | -1 | -3 | | -1 | | -1 | | | -1 | | | 17 |
| | 100% | | | | | -4% | -4% | -4% | -12% | | -4% | | -4% | | | -4% | | | 68% |

**หมายเหตุ** * ต้นไม้หัก



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก2** อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายเดือนของไม้แสมขาว (มิลลิเมตร)

| ต้นที่ | อัตราการเติบโต | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2551 | | | | | | | 2552 | | | | | | | | | 2553 |
| | ก.ย. | ต.ค. | พย | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. |
| 1 | 0.82 | 3.18 | 2.71 | 1.50 | 0.93 | 1.06 | 0.81 | 1.45 | 3.21 | 1.80 | 0.18 | 0.64 | 2.22 | 1.74 | 1.20 | 0.37 | 0.20 |
| 2 | 0.64 | 1.94 | 1.45 | 0.56 | 0.31 | 0.48 | 0.46 | 0.48 | 1.18 | 1.20 | 0.71 | 0.64 | 1.11 | 0.28 | 0.60 | 0.63 | 1.10 |
| 3 | 0.55 | 2.29 | 1.84 | 1.50 | 1.34 | 0.97 | 1.15 | 1.74 | 3.43 | 2.20 | 0.62 | 0.54 | 1.78 | 1.26 | 0.72 | 0.25 | 0.50 |
| 4 | 2.00 | 3.44 | 2.42 | 1.41 | 0.83 | 0.77 | 0.58 | 0.77 | 1.39 | 1.70 | 0.88 | 0.86 | 1.89 | 1.05 | 0.36 | 0.13 | 0.10 |
| 5 | 1.27 | 2.03 | 1.45 | 0.38 | 0.21 | 0.48 | 0.81 | 1.65 | 2.36 | 1.70 | 0.79 | 0.75 | 2.56 | 0.42 | 0.24 | 0.25 | 0.20 |
| 6 | 0.09 | 1.24 | 0.97 | 0.28 | 0.10 | 0.19 | 0.35 | 0.39 | 0.96 | 0.90 | 0.35 | 0.54 | 1.11 | 0.63 | 0.96 | 0.25 | 0.60 |
| 7 | 1.00 | 2.12 | 1.06 | 0.47 | 0.31 | 0.29 | 0.46 | 1.06 | 1.50 | 1.40 | 0.53 | 0.64 | 1.00 | 0.56 | 0.72 | 1.00 | 0.80 |
| 8 | 2.18 | 4.06 | 2.13 | 1.22 | 0.41 | 0.39 | 0.81 | 1.16 | 2.04 | 2.30 | 1.41 | 1.71 | 2.67 | 1.74 | 1.80 | 1.13 | 1.20 |
| 9 | 0.91 | 2.56 | 2.13 | 1.22 | 0.83 | 0.58 | 0.35 | 0.87 | 2.14 | 1.60 | 0.71 | 1.07 | 1.78 | 1.19 | 0.72 | 0.25 | 0.10 |
| 10 | 0.91 | 3.09 | 3.10 | 2.53 | 1.45 | 0.87 | 0.46 | 0.58 | 2.89 | 1.50 | 0.09 | 0.54 | 1.56 | 1.67 | 0.96 | 0.25 | 0.40 |
| 11 | 1.18 | 3.00 | 2.81 | 1.50 | 0.62 | 0.39 | 0.35 | 0.58 | 1.39 | 1.90 | 1.24 | 0.54 | 1.89 | 1.12 | 1.44 | 0.75 | 0.10 |
| 12 | 0.64 | 2.82 | 2.90 | 2.16 | 1.76 | 1.35 | 0.81 | 0.97 | 3.54 | 2.00 | 0.62 | 0.43 | 1.78 | 1.05 | 1.20 | 1.00 | 0.60 |
| 13 | 2.00 | 4.68 | 3.39 | 1.41 | 1.03 | 0.68 | 0.46 | 0.77 | 2.14 | 2.00 | 0.53 | 0.54 | 2.00 | 1.19 | 1.32 | 0.50 | 0.40 |
| 14 | 0.64 | 2.65 | 1.55 | 0.19 | 0.83 | 0.29 | 0.35 | 0.39 | 1.07 | 1.40 | 0.79 | 1.18 | 2.44 | 0.70 | 0.60 | 0.25 | 0.10 |
| 15 | 0.91 | 3.26 | 2.52 | 1.69 | 1.24 | 0.97 | 1.04 | 1.74 | 3.21 | 2.00 | 0.97 | 1.61 | 2.78 | 1.47 | 1.20 | 1.13 | 0.40 |
| 16 | 0.64 | 3.26 | 2.90 | 1.97 | 1.24 | 0.48 | 0.58 | 0.97 | 2.89 | 2.80 | 0.88 | 0.43 | 2.22 | 1.60 | 1.20 | 0.63 | 0.70 |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก2** (ต่อ)

| ต้นที่ | อัตราการเติบโต | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2551 | | | | | | | 2552 | | | | | | | | | 2553 |
| | ก.ย. | ต.ค. | พย | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. |
| 18 | 1.27 | 2.82 | 1.94 | 0.75 | 0.21 | 0.10 | 0.23 | 0.29 | 0.86 | 1.00 | 0.35 | 0.43 | 1.67 | 0.91 | 0.84 | 0.38 | 0.20 |
| 19 | 1.64 | 3.09 | 2.71 | 1.41 | 0.62 | 0.58 | 0.58 | 0.48 | 1.82 | 1.70 | 0.71 | 0.86 | 2.00 | 1.12 | 1.92 | 1.50 | 1.10 |
| 20 | 2.09 | 3.97 | 3.48 | 1.31 | 0.93 | 0.58 | 1.27 | 0.58 | 4.39 | 4.00 | 1.50 | 1.29 | 2.33 | 1.74 | 1.80 | 1.50 | 1.10 |
| 21 | 1.55 | 3.62 | 3.19 | 1.78 | 0.62 | 0.68 | 0.69 | 0.77 | 1.93 | 1.40 | 0.88 | 0.32 | 2.89 | 1.05 | 1.08 | 0.87 | 0.90 |
| 22 | 1.73 | 3.44 | 1.45 | 0.75 | 0.31 | 0.10 | 0.12 | 0.48 | 0.43 | 0.80 | 0.62 | 0.64 | 0.89 | 0.28 | 0.60 | 0.63 | 0.20 |
| 23 | 1.36 | 2.91 | 1.16 | 0.56 | 0.52 | 0.87 | 0.92 | 1.35 | 0.96 | 1.20 | 1.68 | 2.14 | 2.67 | 0.63 | 1.20 | 1.50 | 1.90 |
| 24 | 1.55 | 3.09 | 1.45 | 0.47 | 0.31 | 0.29 | 0.35 | 0.77 | 1.93 | 1.70 | 0.79 | 2.04 | 0.56 | 1.26 | 1.20 | 0.25 | 0.40 |
| $\bar{x}$ | 1.20 | 2.98 | 2.20 | 1.17 | 0.74 | 0.58 | 0.61 | 0.88 | 2.07 | 1.75 | 0.77 | 0.89 | 1.90 | 1.07 | 1.04 | 0.67 | 0.58 |
| **SD** | 0.57 | 0.76 | 0.79 | 0.64 | 0.45 | 0.33 | 0.30 | 0.45 | 1.03 | 0.68 | 0.39 | 0.53 | 0.65 | 0.47 | 0.45 | 0.45 | 0.46 |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก3** อัตราการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางรายเดือนของไม้แสมทะเล (มิลลิเมตร)

| ต้นที่ | อัตราการเติบโตรายเดือน | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2551 | | | | | 2552 | | | | | | | | | | | 2553 |
| | กย. | ต.ค. | พย | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. |
| 1 | 0.79 | 0.88 | 1.16 | 1.50 | 1.55 | 1.94 | 1.38 | 0.97 | 0.97 | 0.70 | 0.44 | 0.21 | 0.44 | 0.94 | 0.24 | 0.25 | 0.10 |
| 2 | 0.79 | 1.06 | 0.58 | 0.38 | 0.31 | 0.68 | 0.35 | 0.48 | 0.29 | 0.40 | 0.26 | 0.32 | 0.44 | 0.19 | 0.12 | 0.13 | 0.10 |
| 3 | 0.71 | 1.32 | 1.06 | 1.50 | 1.55 | 0.29 | 0.23 | 0.77 | 0.58 | 0.50 | 0.09 | 0.11 | 0.33 | 1.03 | 1.68 | 1.38 | 1.30 |
| 4 | 0.88 | 1.41 | 1.65 | 2.44 | 0.41 | 1.45 | 1.62 | 1.06 | 0.58 | 1.00 | 0.35 | 0.32 | 1.11 | 1.03 | 0.84 | 0.63 | 0.50 |
| 5 | 0.71 | 1.24 | 1.26 | 1.31 | 1.55 | 1.45 | 1.27 | 1.16 | 0.68 | 1.30 | 0.53 | 0.21 | 0.56 | 0.38 | 0.36 | 0.25 | 0.20 |
| 6 | 1.15 | 1.76 | 1.94 | 1.97 | 1.55 | 1.74 | 1.15 | 1.16 | 1.45 | 1.50 | 0.71 | 0.21 | 1.00 | 0.56 | 0.36 | 0.25 | 0.10 |
| 7 | 0.71 | 1.59 | 2.03 | 2.16 | 2.28 | 2.90 | 2.31 | 1.65 | 1.06 | 1.20 | 0.62 | 0.21 | 0.78 | 0.38 | 0.36 | 0.37 | 0.20 |
| 8 | 1.15 | 1.85 | 1.35 | 1.22 | 1.66 | 1.65 | 0.92 | 0.87 | 0.77 | 1.00 | 0.35 | 0.11 | 0.67 | 0.75 | 0.36 | 0.13 | 0.10 |
| 9 | 0.53 | 0.88 | 0.77 | 0.84 | 1.14 | 1.16 | 0.92 | 0.77 | 0.87 | 0.70 | 0.26 | 0.21 | 0.44 | 0.19 | 0.72 | 0.50 | 0.30 |
| 10 | 0.71 | 1.59 | 1.26 | 1.69 | 1.86 | 1.94 | 1.50 | 1.16 | 0.87 | 1.20 | 0.79 | 0.86 | 1.11 | 0.94 | 0.48 | 0.50 | 0.20 |
| 11 | 1.24 | 1.85 | 1.84 | 1.50 | 1.66 | 1.94 | 0.81 | 0.87 | 0.39 | 0.80 | 0.53 | 0.21 | 1.33 | 1.13 | 0.24 | 0.25 | 0.20 |
| 12 | 0.62 | 0.53 | 0.39 | 0.47 | 0.62 | 0.68 | 0.35 | 0.39 | 0.39 | 0.80 | 0.53 | 0.64 | 0.78 | 0.56 | 0.12 | 0.13 | 0.10 |
| 13 | 0.44 | 0.88 | 0.68 | 0.75 | 0.72 | 0.97 | 0.23 | 0.29 | 0.48 | 0.40 | 0.09 | 0.11 | 0.33 | 0.09 | 0.12 | 0.13 | 0.10 |
| 14 | 0.44 | 1.85 | 0.10 | 0.84 | 0.52 | 0.29 | 0.69 | 0.87 | 0.97 | 0.80 | 0.18 | 0.11 | 0.44 | 0.75 | 0.48 | 0.38 | 0.20 |
| 15 | 0.53 | 0.79 | 1.55 | 1.31 | 1.45 | 0.10 | 1.15 | 0.97 | 0.48 | 0.90 | 0.09 | 0.11 | 0.89 | 0.09 | 0.36 | 0.12 | 0.10 |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ก3** (ต่อ)

| ต้นที่ | อัตราการเติบโตรายเดือน | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2551 | | | | | 2552 | | | | | | | | | | | 2553 |
| | กย. | ต.ค. | พย | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. |
| 16 | 0.35 | 1.06 | 1.94 | 0.09 | 1.34 | 1.94 | 1.27 | 1.06 | 1.06 | 0.80 | 0.18 | 0.11 | 0.56 | 0.09 | 0.12 | 0.13 | 0.10 |
| 17 | 0.88 | 1.59 | 1.35 | 1.50 | 1.34 | 1.65 | 1.50 | 0.97 | 0.87 | 0.70 | 0.09 | 0.11 | 0.11 | 0.19 | 0.48 | 0.38 | 0.30 |
| $\bar{x}$ | 0.74 | 1.30 | 1.23 | 1.26 | 1.27 | 1.34 | 1.04 | 0.91 | 0.75 | 0.86 | 0.36 | 0.25 | 0.67 | 0.55 | 0.44 | 0.35 | 0.25 |
| **SD** | 0.26 | 0.42 | 0.57 | 0.64 | 0.56 | 0.75 | 0.56 | 0.32 | 0.31 | 0.31 | 0.23 | 0.21 | 0.33 | 0.38 | 0.38 | 0.31 | 0.29 |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ข**

จำนวนและความกว้างของวงเติบโตไม้แสมขาวและแสมทะเลที่ปรากฏในแนวรัศมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข1** จำนวนและความกว้างของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมขาว เดือนมกราคม ถึงธันวาคม 2552

| ลำดับ | การเติบโตในแนวรัศมี (มิลลิเมตร) | จำนวน (ความกว้างเฉลี่ย) ของวงเติบโตที่ปรากฏในแต่ละทิศ | | | | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เหนือ | ออก | ใต้ | ตก | |
| ต้นที่ 1 | 7.81 | 5 (1.378 ± 0.269) | 5 (1.479 ± 0.351) | 3 (1.513 ± 0.164) | 5 (1.470 ± 0.299) | 5 (1.482 ± 0.148) |
| ต้นที่ 2 | 4.04 | 2 (0.947 ± 0.007) | 3 (1.235 ± 0.620) | 3 (1.178 ± 0.419) | 3 (1.300 ± 0.470) | 3 (1.153 ± 0.500) |
| ต้นที่ 3 | 8.00 | 5 (1.336 ± 0.169) | 5 (1.520 ± 0.304) | 3 (2.080 ±0.244) | 5 (1.627 ± 0.271) | 5 (1.648 ± 0.266) |
| ต้นที่ 4 | 5.60 | 3 (1.398 ± 0.233) | 2 (1.463 ± 0.258) | 2 (1.646 ± 0.127) | 3 (1.414 ± 0.157) | 3 (1.627 ± 0.302) |
| ต้นที่ 5 | 6.10 | 5 (0.994 ± 0.117) | 5 (1.143 ± 0.181) | 3 (1.454 ± 0.290) | 4 (1.286 ± 0.553) | 5 (1.195 ± 0.238) |
| ต้นที่ 6 | 3.37 | 2 (1.058 ± 0.239) | 3 (0.998 ± 0.167) | 2 (0.943 ± 0.449) | 2 (1.146 ± 0.465) | 3 (1.035 ± 0.218) |
| ต้นที่ 7 | 4.74 | 3 (1.711 ± 0.319) | 3 (1.782 ± 0.217) | 3 (1.445 ± 0.155) | 3 (1.508 ± 0.397) | 3`(1.548 ± 0.195) |
| ต้นที่ 8 | 6.04 | 7 (1.397 ± 0.334) | 5 (1.774 ± 0.377) | 5 (1.551 ± 0.344) | 5 (1.744 ± 0.507) | 6 (1.589 ± 0.349) |
| ต้นที่ 9 | 6.41 | 4 (1.364 ± 0.440) | 4 (1.388 ± 0.186) | 4 (1.552 ± 0.161) | 3 (1.837 ± 0.235) | 4 (1.534 ± 0.217) |
| ต้นที่ 10 | 6.10 | 3 (2.156 ± 0.529) | 3 (1.439 ± 0.353) | 4 (1.579 ± 0.354) | 3 (1.623 ± 0.383) | 4 (1.605 ± 0.384) |
| ต้นที่ 11 | 8.25 | 4 (1.551 ± 0.515) | 5 (1.086 ± 0.183) | 4 (1.421 ± 0.364) | 3 (1.585 ± 0.423) | 4 (1.460 ± 0.272) |
| ต้นที่ 12 | 6.58 | 5 (1.261 ± 0.159) | 5 (1.334 ± 0.216) | - | 5 (1.262 ± 0.342) | 5 (1.331 ± 0.202) |
| ต้นที่ 13 | 5.14 | 3 (1.388 ± 0.352) | 3 (1.685 ± 0.093) | 4 (1.164 ± 0.233 ) | 3 (1.891 ± 0.327) | 4 (1.580 ± 0.235) |
| ต้นที่ 14 | 9.67 | 4 (1.330 ± 0.306) | 4 (1.110 ± 0.359) | 5 (1.110 ± 0.094) | 4 (1.318 ± 0.359) | 4 (1.236 ± 0.129) |
| ต้นที่ 15 | 7.96 | 6 (1.436 ± 0.285) | - | 5 (1.776 ± 0.192) | 6 (1.431 ± 0.416) | 6 (1.462 ± 0.236) |
| ต้นที่ 16 | 3.63 | 5 (1.499 ± 0.449) | 4 (1.887 ± 0.596) | - | 5 (1.444 ± 0.280) | 5 (1.465 ± 0.314) |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข1** (ต่อ)

| ลำดับ | การเติบโตในแนวรัศมี (มิลลิเมตร) | จำนวน (ความกว้างเฉลี่ย) ของวงเติบโตที่ปรากฏในแต่ละทิศ | | | | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เหนือ | ออก | ใต้ | ตก | |
| ต้นที่ 18 | 6.94 | 2 (1.656 ± 0.322) | 3 (1.315 ± 0.281) | 2 (1.482 ± 0.404) | 2 (1.725 ± 0.314) | 2 (1.543 ±0.359) |
| ต้นที่ 19 | 10.96 | 4 (1.701 ± 0.490) | 4 (1.569 ± 0.349) | 4 (1.471 ± 0.259) | 4 (1.895 ± 0.589) | 4 (1.627 ± 0.381) |
| ต้นที่ 20 | 6.59 | 7 (1.591 ± 0.309) | 6 (1.689 ± 0.280) | 7 (1.404 ± 0.228) | 5 (1.879 ± 0.225) | 6 (1.581 ± 0.151) |
| ต้นที่ 21 | 2.94 | 3 (1.556 ± 0.231) | 4 (1.275 ± 0.687) | 4 (1.617 ± 0.367) | 3 (2.119 ± 0.218) | 4 (1.636 ± 0.368) |
| ต้นที่ 22 | 2.94 | 1 (2.253) | 2 (1.831 ± 0.329) | 3 (0.987 ± 0.188) | 1 (1.048) | 2 (1.579 ± 0.333) |
| ต้นที่ 23 | 7.82 | 4 (1.817 ± 0.246) | 5 (1.513 ± 0.303) | 6 (1.246 ± 0.323) | 5 (1.420 ± 0.401) | 5 (1.477 ± 0.275) |
| ต้นที่ 24 | 5.72 | 2 (1.889 ± 0.531) | 4 (1.066 ± 0.110) | 3 (1.350 ± 0.264) | 2 (2.370 ± 0.132) | 3 (1.694 ± 0.298) |
| เฉลี่ย | | 4 (1.507 ± 0.324) | 4 (1.436 ± 0.266) | 4 (1.427 ± 0.264) | 4 (1.580 ± 0.319) | 4 (1.482 ± 0.176) |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข2** จำนวนและความกว้างของวงเติบโตในแนวรัศมีของไม้แสมทะเล เดือนมกราคม ถึงธันวาคม 2552

| ลำดับ | การเติบโตในแนวรัศมี (มิลลิเมตร) | จำนวน (ความกว้างเฉลี่ย) ของวงเติบโตที่ปรากฏในแต่ละทิศ | | | | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เหนือ | ออก | ใต้ | ตก | |
| ต้นที่ 1 | 5.02 | 2 (2.057 ± 0.530) | 2 (2.103 ± 0.365) | 2 (1.852 ± 0.268) | 2 (2.151 ± 0.340) | 2 (2.146 ± 0.354) |
| ต้นที่ 2 | 1.99 | 2 (1.057 ± 0.269) | 2 (1.222 ± 0.427) | 1 (1.958) | 1 (0.890) | 2 (1.189 ± 0.281) |
| ต้นที่ 3 | 4.27 | 2 (1.859 ± 0.619) | 2 (1.572 ± 0.157) | 2 (1.532 ± 0.545) | 2 (2.221 ± 0.313) | 2 (1.793 ±0.408) |
| ต้นที่ 4 | 5.20 | 3 (1.688 ± 0.210) | 2 (1.994 ± 0.453) | 2 (1.762 ± 0.142) | 3 (1.672 ± 0.486) | 3 (1.893 ± 0.458) |
| ต้นที่ 6 | 4.85 | 3 (1.494 ±0.240) | 3 (1.366 ± 0.121) | 3 (1.607 ± 0.270) | 3 (1.503 ± 0.066) | 3 (1.515 ± 0.140) |
| ต้นที่ 7 | 5.83 | 3 (1.936 ± 0.492) | 3 (1.880 ± 0.439) | 2 (2.388 ± 0.108) | 3 (2.158 ± 0.367) | 3 (2.140 ± 0.342) |
| ต้นที่ 8 | 7.06 | 5 (1.282 ± 0.183) | 3 (2.175 ± 0.792) | 3 (1.988 ± 0.273) | 4 (1.709 ± 0.170) | 4 (1.824 ± 0.340) |
| ต้นที่ 10 | 4.62 | 3 (1.210 ± 0.248) | 2 (1.614 ±0.412) | 2 (2.312 ± 0.207) | 3 (1.861 ± 0.778) | 3 (1.840 ± 0.471) |
| ต้นที่ 13 | 3.95 | 2 (1.423 ± 0.127) | 2 (1.212 ± 0.097) | 2 (1.328 ± 0.382) | 1 (1.996) | 2 (1.583 ± 0.283) |
| ต้นที่ 14 | 6.60 | 3 (1.808 ± 0.150) | 3 (2.007 ± 0.498) | 2 (2.226 ± 0.334) | 3 (1.923 ± 0.203) | 3 (1.877 ± 0.376) |
| ต้นที่ 16 | 5.07 | 3 (1.588 ± 0.210) | 2 (1.894 ±0.453) | 2 (1.662 ± 0.142) | 3 (1.572 ± 0.486) | 3 (1.793 ± 0.458) |
| ต้นที่ 17 | 2.99 | 2 (1.111 ± 0.494) | 3 (0.984 ± 0.277) | 3 (0.946 ± 0.273) | 3(0.845 ± 0.338) | 3 (1.003 ± 0.295) |
| ต้นที่ 19 | 1.98 | 1 (0.931) | 2 (1.212 ± 0.125) | 2 (0.916 ± 0.053) | 1 (0.900) | 2 (1.003 ± 0.086) |
| ต้นที่ 20 | 3.24 | 2 (1.482 ± 0.178) | 2 (1.482 ± 0.284) | 2 (1.336 ± 0.482) | 3 (1.174 ± 0.164) | 3 (1.335 ± 0.324) |
| ต้นที่ 22 | 3.36 | 2 (1.604 ± 0.180) | 2 (1.852 ± 0.239) | 2 (2.064 ± 0.284) | 2 (1.550 ± 0.427) | 2 (1.450 ± 0.470) |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ข2** (ต่อ)

| ลำดับ | การเติบโตในแนวรัศมี (มิลลิเมตร) | จำนวน (ความกว้างเฉลี่ย) ของวงเติบโตที่ปรากฏในแต่ละทิศ | | | | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เหนือ | ออก | ใต้ | ตก | |
| ต้นที่ 23 | 4.33 | 3 (1.243 ± 0.198) | 3 (1.164 ± 0.221) | 3 (1.771 ± 0.561) | 3 (1.413 ± 0.159) | 3 (1.447 ± 0.195) |
| ต้นที่ 25 | 4.19 | 2 (1.421 ± 0.151) | 1 (2.639) | 2 (2.048 ± 0.052) | 3 (1.270 ± 0.143) | 2 (1.781 ± 0.106) |
| | | 3 (1.482 ± 0.321) | 2 (1.669 ± 0.448) | 2 (1.747 ± 0.434) | 3 (1.573 ± 0.447) | 3 (1.624 ± 0.350) |



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ค**

ข้อมูลปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ค1** สถิติภูมิอากาศของจังหวัดสมุทรสาคร เดือนสิงหาคม 2551ถึง มกราคม 2553

| ปัจจัย | 2551 | | | | | | 2552 | | | | | | | | | | | 2553 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. | เม.ย. | พ.ค. | มิ.ย. | ก.ค. | ส.ค. | ก.ย. | ต.ค. | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. |
| ฝน (มิลลิเมตร) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| จำนวนวัน | 21 | 20 | 21 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 9 | 22 | 12 | 17 | 17 | 22 | 21 | 3 | 1 | 5 |
| สูงสุดในรอบวัน | 30 | 80.2 | 65.8 | 18.3 | 0 | 0 | 0 | 24.2 | 140. | 101. | 73.1 | 44.5 | 81 | 94.4 | 76.9 | 5.2 | 2.2 | 54.8 |
| ทั้งหมดในรอบเดือน | 178.5 | 325. | 328. | 43.2 | 0 | 0 | 0 | 49.3 | 242. | 409. | 195. | 175 | 337. | 354. | 225.3 | 11.5 | 2.2 | 102. |
| ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เฉลี่ย | 66 | 69 | 70 | 59 | 52 | 54 | 61 | 65 | 63 | 69 | 67 | 68 | 67 | 68 | 71 | 57 | 56 | 64 |
| อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| สูงสุด | 35.7 | 36.1 | 35.5 | 33.5 | 33.5 | 33 | 36 | 36.3 | 39.2 | 36.9 | 36 | 36.5 | 37.2 | 36.2 | 35.2 | 35.5 | 34.5 | 34.5 |
| ต่ำสุด | 24.5 | 24.5 | 25 | 19.8 | 20 | 17 | 20.1 | 23.2 | 23 | 23 | 22.8 | 24 | 23.5 | 23 | 23.1 | 20.8 | 23 | 21.7 |
| เฉลี่ย | 30.6 | 30 | 30 | 28.9 | 27.9 | 27 | 30.5 | 31.1 | 31.7 | 30.6 | 31.1 | 30.3 | 31.1 | 30.6 | 29.9 | 29.8 | 29.8 | 29.1 |
| ความเค็มของน้ำ (%)* | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เฉลี่ย | 1.10 | - | - | 3.10 | - | - | 14.6 | - | - | 1.00 | - | - | 3.90 | - | - | 7.90 | - | - |
| ระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเล | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูง | 3.50 | 3.30 | 3.50 | 3.70 | 3.70 | 3.70 | 3.60 | 3.50 | 3.60 | 3.60 | 3.60 | 3.50 | 3.40 | 3.30 | 3.50 | 3.60 | 3.60 | 3.70 |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลาง | 3.19 | 3.12 | 3.20 | 3.30 | 3.38 | 3.45 | 3.41 | 3.31 | 3.24 | 3.25 | 3.20 | 3.15 | 3.16 | 3.13 | 3.16 | 3.26 | 3.37 | 3.45 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำ | 0.30 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.70 | 0.60 | 0.70 | 0.80 | 0.60 | 0.40 | 0.30 | 0.30 | 0.40 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.70 | 0.60 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำปานกลาง | 0.81 | 0.99 | 1.03 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.09 | 1.08 | 0.97 | 0.86 | 0.83 | 0.80 | 0.84 | 0.96 | 1.09 | 1.07 | 1.05 | 1.04 |

**หมายเหตุ** * กรมควบคุมมลพิษดำเนินการเก็บข้อมูลทุกสามเดือน



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก ง**

โครงสร้างสังคมพืชรอบต้นไม้ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ง1** ความเด่นสัมพัทธ์ของต้นไม้แสมขาว (ต้นตัวอย่าง) แต่ละต้น ในพื้นที่ขนาด 12.57 ตารางเมตร

| ต้น | BA ของต้นไม้ | | รวม | $Do_{แสมขาว}$ | $Do_{ต้นไม้บริวาร}$ | รวม | RDo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $BA_{แสมขาว\ (ม^2)}$ | $BA_{ต้นไม้อื่นๆ}$ | | | | | |
| 1 | 0.0263 | - | 0.0263 | 0.2104 | 0.0000 | 0.2104 | 100.0000 |
| 2 | 0.0215 | 0.0203 | 0.0418 | 0.1721 | 0.1621 | 0.3342 | 51.4854 |
| 3 | 0.0151 | 0.0200 | 0.0351 | 0.1210 | 0.1599 | 0.2808 | 43.0765 |
| 4 | 0.0207 | 0.0360 | 0.0567 | 0.1655 | 0.2880 | 0.4535 | 36.5003 |
| 5 | 0.0192 | 0.0207 | 0.0399 | 0.1534 | 0.1655 | 0.3189 | 48.1023 |
| 6 | 0.0140 | 0.0103 | 0.0243 | 0.1123 | 0.0825 | 0.1947 | 57.6473 |
| 7 | 0.0118 | 0.0125 | 0.0243 | 0.0943 | 0.1004 | 0.1947 | 48.4521 |
| 8 | 0.0187 | 0.0031 | 0.0218 | 0.1497 | 0.0245 | 0.1741 | 85.9552 |
| 9 | 0.0193 | 0.0011 | 0.0204 | 0.1540 | 0.0089 | 0.1630 | 94.5279 |
| 10 | 0.0229 | - | 0.0229 | 0.1828 | 0.0000 | 0.1828 | 100.0000 |
| 11 | 0.0213 | 0.0029 | 0.0243 | 0.1708 | 0.0235 | 0.1942 | 87.9222 |
| 12 | 0.0165 | 0.0119 | 0.0284 | 0.1317 | 0.0953 | 0.2270 | 58.0246 |
| 13 | 0.0462 | 0.0332 | 0.0794 | 0.3695 | 0.2659 | 0.6354 | 58.1550 |
| 14 | 0.0185 | 0.0065 | 0.0250 | 0.1478 | 0.0520 | 0.1999 | 73.9617 |
| 15 | 0.0243 | 0.0373 | 0.0616 | 0.1946 | 0.2983 | 0.4929 | 39.4829 |
| 16 | 0.0266 | 0.0021 | 0.0287 | 0.2126 | 0.0169 | 0.2295 | 92.6345 |
| 18 | 0.0248 | - | 0.0248 | 0.1981 | 0.0000 | 0.1981 | 100.0000 |
| 19 | 0.0484 | 0.0120 | 0.0604 | 0.3872 | 0.0964 | 0.4835 | 80.0686 |
| 20 | 0.0438 | 0.0179 | 0.0617 | 0.3504 | 0.1436 | 0.4939 | 70.9322 |
| 21 | 0.0336 | 0.0179 | 0.0516 | 0.2689 | 0.1436 | 0.4124 | 65.1886 |
| 22 | 0.0176 | 0.0064 | 0.0240 | 0.1406 | 0.0514 | 0.1920 | 73.2132 |
| 23 | 0.0127 | 0.0237 | 0.0364 | 0.1018 | 0.1896 | 0.2914 | 34.9398 |
| 24 | 0.0173 | 0.0176 | 0.0349 | 0.1382 | 0.1410 | 0.2792 | 49.4911 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ ง2** ความเด่นสัมพัทธ์ของต้นไม้แสมทะเล (ต้นตัวอย่าง) แต่ละต้น ในพื้นที่ขนาด 12.57 ตารางเมตร

| ต้น | BA ของต้นไม้ | | รวม | $Do_{แสมทะเล}$ | $Do_{ต้นไม้บริวาร}$ | รวม | RDo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $BA_{ต้นไม้บริวาร}$ | $BA_{แสมทะเล}$ | | | | | |
| 1 | 0.0176 | - | 0.0176 | 0.0014 | 0.0000 | 0.0014 | 100.0000 |
| 2 | 0.0195 | 0.0374 | 0.0569 | 0.0016 | 0.0030 | 0.0045 | 34.2773 |
| 3 | 0.0179 | 0.0183 | 0.0363 | 0.0014 | 0.0015 | 0.0029 | 49.4768 |
| 4 | 0.0296 | 0.0241 | 0.0537 | 0.0024 | 0.0019 | 0.0043 | 55.1591 |
| 6 | 0.0151 | 0.0125 | 0.0275 | 0.0012 | 0.0010 | 0.0022 | 54.6530 |
| 7 | 0.0247 | 0.0200 | 0.0447 | 0.0020 | 0.0016 | 0.0036 | 55.1793 |
| 8 | 0.0196 | 0.0247 | 0.0443 | 0.0016 | 0.0020 | 0.0035 | 44.3257 |
| 10 | 0.0182 | 0.0190 | 0.0372 | 0.0015 | 0.0015 | 0.0030 | 48.8665 |
| 13 | 0.0160 | 0.0109 | 0.0269 | 0.0013 | 0.0009 | 0.0022 | 59.5565 |
| 14 | 0.0215 | 0.0115 | 0.0331 | 0.0017 | 0.0009 | 0.0026 | 65.0685 |
| 16 | 0.0136 | 0.0207 | 0.0343 | 0.0011 | 0.0017 | 0.0027 | 39.5995 |
| 17 | 0.0186 | 0.0180 | 0.0366 | 0.0015 | 0.0014 | 0.0029 | 50.8689 |
| 19 | 0.0155 | 0.0057 | 0.0213 | 0.0012 | 0.0005 | 0.0017 | 73.1195 |
| 20 | 0.0148 | 0.0085 | 0.0233 | 0.0012 | 0.0007 | 0.0019 | 63.3871 |
| 22 | 0.0187 | 0.0077 | 0.0264 | 0.0015 | 0.0006 | 0.0021 | 70.8027 |
| 23 | 0.0219 | - | 0.0219 | 0.0018 | 0.0000 | 0.0018 | 100.0000 |
| 25 | 0.0291 | 0.0037 | 0.0328 | 0.0023 | 0.0003 | 0.0026 | 88.7495 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ภาคผนวก จ**

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์การเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเลกับปัจจัยแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ จ1** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตไม้แสมขาว | การเติบโตไม้แสมทะเล |
|---|---|---|---|
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นของไม้แสมขาว | Pearson Correlation | .518(*) | -.495(*) |
| | Sig. (2-tailed) | .011 | .043 |
| | N | 23 | 17 |
| ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเริ่มต้นไม้แสมทะเล | Pearson Correlation | -.248 | .342 |
| | Sig. (2-tailed) | .337 | .179 |
| | N | 17 | 17 |

**หมายเหตุ** ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

**ตารางผนวกที่ จ2** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างจำนวนและความกว้างของวงเติบโตกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตของไม้แสมขาว |
|---|---|---|
| จำนวนวงเติบโตเฉลี่ยของแสมขาว | Pearson Correlation | .928(**) |
| | Sig. (2-tailed) | .000 |
| | N | 23 |
| ความกว้างเฉลี่ยของไม้แสมขาว | Pearson Correlation | .302 |
| | Sig. (2-tailed) | .161 |
| | N | 23 |
| | | การเติบโตของไม้แสมทะล |
| จำนวนวงเติบโตเฉลี่ยของแสมทะเล | Pearson Correlation | .627(**) |
| | Sig. (2-tailed) | .007 |
| | N | 17 |
| ความกว้างเฉลี่ยของไม้แสมทะเล | Pearson Correlation | .806(**) |
| | Sig. (2-tailed) | .000 |
| | N | 17 |

**หมายเหตุ** ** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ จ3** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำฝนกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตของไม้แสมขาว | การเติบโตของไม้แสมทะเล |
|---|---|---|---|
| จำนวนวันที่ฝนตกของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .597(*) | -.174 |
| | Sig. (2-tailed) | .011 | .503 |
| | N | 17 | 17 |
| ปริมาณฝนสะสมสูงสุดในรอบวันของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .678(**) | -.158 |
| | Sig. (2-tailed) | .003 | .544 |
| | N | 17 | 17 |
| ปริมาณน้ำฝนทั้งหมดของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .741(**) | -.069 |
| | Sig. (2-tailed) | .001 | .793 |
| | N | 17 | 17 |
| จำนวนวันที่ฝนตกของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .521(*) | -.282 |
| | Sig. (2-tailed) | .032 | .272 |
| | N | 17 | 17 |
| ปริมาณฝนสะสมในรอบวันของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .303 | -.259 |
| | Sig. (2-tailed) | .237 | .315 |
| | N | 17 | 17 |
| ปริมาณฝนทั้งหมดต่อเดือนของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .510(*) | -.243 |
| | Sig. (2-tailed) | .036 | .347 |
| | N | 17 | 17 |

**หมายเหตุ** * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ จ4** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์กับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตของไม้แสมขาว | การเติบโตของไม้แสมทะเล |
|---|---|---|---|
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .552(*) | -.223 |
| | Sig. (2-tailed) | .022 | .389 |
| | N | 17 | 17 |
| ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .347 | -.286 |
| | Sig. (2-tailed) | .172 | .266 |
| | N | 17 | 17 |

**หมายเหตุ** * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ จ5** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตของไม้แสมขาว | การเติบโตของไม้แสมทะเล |
|---|---|---|---|
| อุณหภูมิสูงสุดของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .486(*) | -.349 |
| | Sig. (2-tailed) | .048 | .170 |
| | N | 17 | 17 |
| อุณหภูมิต่ำสุดของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .561(*) | -.365 |
| | Sig. (2-tailed) | .019 | .150 |
| | N | 17 | 17 |
| อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .329 | -.489(*) |
| | Sig. (2-tailed) | .197 | .046 |
| | N | 17 | 17 |
| อุณหภูมิสูงสุดของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | -.037 | -.264 |
| | Sig. (2-tailed) | .889 | .307 |
| | N | 17 | 17 |
| อุณหภูมิต่ำสุดของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .258 | -.422 |
| | Sig. (2-tailed) | .317 | .091 |
| | N | 17 | 17 |
| อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .049 | -.294 |
| | Sig. (2-tailed) | .853 | .252 |
| | N | 17 | 17 |

**ตารางผนวกที่ จ6** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตของแสมขาว | | การเติบโตของแสมทะเล | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | เดือนก่อนหน้า | เดือนเดียวกัน | เดือนก่อนหน้า | เดือนเดียวกัน |
| ความเค็มรายคาบ | Pearson Correlation | .254 | -.338 | -.057 | -.517 |
| | Sig. (2-tailed) | .680 | .578 | .928 | .373 |
| | N | 5 | 5 | 5 | 5 |

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตารางผนวกที่ จ7** ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับการขึ้นและลงของน้ำทะเลกับการเติบโตของไม้แสมขาวและแสมทะเล

| | | การเติบโตของไม้แสมขาว | การเติบโตของไม้แสมทะเล |
|---|---|---|---|
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | -.531(*) | .181 |
| | Sig. (2-tailed) | .028 | .488 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลางของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | -.571(*) | .362 |
| | Sig. (2-tailed) | .017 | .153 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | .050 | .342 |
| | Sig. (2-tailed) | .849 | .179 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำปานกลางของเดือนก่อนหน้า | Pearson Correlation | -.233 | .352 |
| | Sig. (2-tailed) | .368 | .166 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | -.132 | .301 |
| | Sig. (2-tailed) | .614 | .241 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำขึ้นเต็มที่ยอดสูงปานกลางของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | -.402 | .307 |
| | Sig. (2-tailed) | .110 | .230 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | .110 | .314 |
| | Sig. (2-tailed) | .674 | .219 |
| | N | 17 | 17 |
| น้ำลงเต็มที่ยอดต่ำปานกลางของเดือนเดียวกัน | Pearson Correlation | -.191 | .377 |
| | Sig. (2-tailed) | .462 | .135 |
| | N | 17 | 17 |

**หมายเหตุ** * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

# ประวัติการศึกษา และการทำงาน

**ชื่อ** นางสาวทิฆัมพร อรุณศรีประดิษฐ์

**เกิดวันที่** 20 กรกฎาคม 2526

**สถานที่เกิด** จังหวัดราชบุรี

**ประวัติการศึกษา** วท.บ. (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**ตำแหน่งปัจจุบัน** –

**สถานที่ทำงานปัจจุบัน** –

**ผลงานดีเด่นและ/หรือรางวัลทางวิชาการ** –

**ทุนการศึกษาที่ได้รับ** ทุนอุดหนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาประจำปีงบประมาณ 2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์