



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

ปริญญา

วนวัฒนวิทยา

วนวัฒนวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ณ คอยอ่างขาง
จังหวัดเชียงใหม่

Litterfall and Litter Decomposition in Exotic Tree Plantations at Doi Angkhang Chiang
Mai Province

นามผู้วิจัย นางสาวกชนาฏ แสงอ่อน

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อาจารย์รุ่งเรือง พูลศิริ, Dr.nat.techn.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์, M.S.)

กรรมการ

(อาจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์มณฑล จำริญญพุกฤษ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น
ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

Litterfall and Litter Decomposition in Exotic Tree Plantations at Doi Angkhang
Chiang Mai Province

โดย

นางสาวภูษณา แสงอ่อน

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)

พ.ศ. 2550

ภุชนาฏ แสงอ่อน 2550: ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ณ คอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ วิทยุภาควิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาวิชาวนวัฒนวิทยา ภาควิชาวนวัฒนวิทยา ประชานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์รุ่งเรือง พูลศิริ, Dr.nat.techn. 131 หน้า

การศึกษาปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ณ คอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ได้ทำการศึกษาในสวนป่าไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด ได้แก่ กระจดินคอย (*Acacia confusa*), จันทร์ทองใต้ห้วย (*Fraxinus griffithii*), เมเปิลหอม (*Liquidambar formosana*), การบูร (*Cinnamomum camphora*) และสนหนาม (*Cunninghamia lanceolata*) ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2547 ถึงเดือนตุลาคม 2548 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการร่วงหล่น การสลายตัว และการปลดปล่อยสารอาหารจากซากพืชที่จะกลับลงสู่พื้นดิน ทำการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชโดยการเก็บซากพืชที่ร่วงหล่นในกระเบรรองรับซากพืชทุกวันสุดท้ายของเดือน แยกส่วนที่เป็น ใบ กิ่ง เปลือก ส่วนสปีพันธุ และส่วนอื่นๆ วิเคราะห์น้ำหนักแห้งและปริมาณสารอาหาร การสลายตัวของซากพืชทำการศึกษาโดยวิธีใช้ถุงตาข่ายใส่ใบพืชแห้ง ชั่งน้ำหนักก่อนแห้งของซากใบที่เหลืออยู่ในถุงทดลอง ทุกๆ เดือน และทำการวิเคราะห์หาปริมาณการสลายตัวและการปลดปล่อยสารอาหารของซากพืช

ผลการศึกษาพบว่า เมเปิลหอมมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชรวมสูงที่สุด รองลงมา คือ กระจดินคอย, จันทร์ทองใต้ห้วย, การบูร และสนหนาม คือ ประมาณ 7.5262, 6.9887, 6.0760, 5.2686 และ 3.5584 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โดยพบว่าไม้ทั้ง 5 ชนิด จะมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากที่สุดในช่วงฤดูแล้ง และน้อยที่สุดในช่วงฤดูฝน สำหรับการสลายตัวของซากพืช พบว่า ซากใบการบูร ย่อยสลายเร็วที่สุด รองลงมาคือ จันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม, กระจดินคอย และ สนหนาม กล่าวคือมีอัตราการย่อยสลาย เท่ากับร้อยละ 72.43, 61.78, 57.39, 48.36 และ 23.99 ต่อปี ตามลำดับ ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) เท่ากับ 1.2886, 0.9620, 0.8530, 0.6609 และ 0.2743 ต่อปี ตามลำดับ โดยน้ำหนักแห้งของซากใบพืชทั้ง 5 ชนิดที่สูญหายไปในแต่ละเดือน มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ ในการสลายตัวของซากพืช ความเข้มข้นของไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และแคลเซียม จะลดลงในช่วงแรก และค่อยๆ เพิ่มขึ้นในระยะหลัง ความเข้มข้นของโพแทสเซียมจะลดลงอย่างรวดเร็ว และเพิ่มขึ้นในระยะหลัง ในขณะที่ความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้น

อัตราการปลดปล่อย (release) สารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช พบว่า สารอาหารที่มีการปลดปล่อยสูงที่สุด คือ ไนโตรเจน รองลงมา คือ แคลเซียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ โดยเมเปิลหอมมีอัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวมากที่สุด และสนหนามมีอัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวน้อยที่สุด

Putchanat Sang-on 2007: Litterfall and Litter Decomposition in Exotic Tree Plantations at Doi Angkhang Chiang Mai Province. Master of Science (Forestry), Major Field: Silviculture, Department of Silviculture. Thesis Advisor: Mr. Roongreang Poolsiri, Dr.nat.techn. 131 pages.

The study on litterfall and litter decomposition in exotic tree plantations of *Acacia confusa*, *Fraxinus griffithii*, *Liquidambar formosana*, *Cinnamomum camphora* and *Cunninghamia lanceolata* were carried out at Doi Angkhang Chiang Mai Province during November 2004 to October 2005. The objectives were to study litterfall, decomposition, and mineral release from litter. The study on litterfall was monthly collected from the litter traps, and then separated leaf, branch, bark, reproductive, and the others for chemical analysis. Litter decomposition was studied by the litter bag method. The remaining leaf litters in the litter bags were oven-dried and weighed every month for analyzed the litter decomposition and mineral release.

The results showed that *L. formosana* produced the highest annual litterfall production followed by the *A. confusa*, *F. griffithii*, *C. camphora* and *C. lanceolata* were 7.5262, 6.9887, 6.0760, 5.2686, and 3.5584 tons per hectare, respectively. The litterfall production was highest in dry season and lowest in rainy season. The annual leaves litter decomposition was fastest in *C. camphora* (72.43%) followed by *F. griffithii* (61.78%), *L. formosana* (57.39%), *A. confusa* (48.36%) and *C. lanceolata* (23.99%), and their annual decay constant (k) were 1.2886, 0.9620, 0.8530, 0.6609 and 0.2743, respectively. The mean dry weight loss per month of whole litters had a positive correlation with temperature, relative humidity, and precipitation of the study area. The concentrations of N, P, and Ca were decreasing at the early stage of study period and were increased at the later stage; the concentration of K were rapidly decreasing at the early stage of decomposition and were increased at the last stage, while the concentration of Mg tended to decline with the increasing decomposition time.

The highest rate of nutrient release by litter decomposition was N followed by Ca, K, Mg, and P, respectively. The rate of nutrient release of *L. formosana* was highest and *C. lanceolata* was lowest.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร. รุ่งเรือง พูลศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ. วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์ กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชาเอก และ อ. พิบูลย์ กังแฮ กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชารอง ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รศ. สมกิต สิริพัฒนคิลก ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณมูลนิธิโครงการหลวง ผู้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย สถานที่วิจัย รวมถึงสถานที่พักขณะทำการวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงทุกท่านที่คอยอำนวยความสะดวกและให้ความร่วมมือด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย ขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สวพ.) และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง และขอขอบคุณรุ่นพี่วนศาสตร์ เพื่อนๆ วนศาสตร์รุ่นที่ 66 และรุ่นน้องวนศาสตร์ทุกๆ คน สำหรับกำลังใจ คำปรึกษาและความช่วยเหลือในหลายๆ ด้าน

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และทุกคนในครอบครัวที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนตลอดมา ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่คุณพ่อคุณแม่ ตลอดจนคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ และให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอด

ภูชนาฏ แสงอ่อน

พฤษภาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
ลักษณะทั่วไปของไม้ที่ทำการศึกษา	4
ลักษณะการร่วงหล่นและปริมาณของซากพืช	10
ส่วนประกอบของซากพืช	12
ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช	12
การสลายตัวของซากพืช	15
ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของซากพืช	16
การศึกษาการย่อยสลายของซากพืช	17
การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการย่อยสลายของซากพืชในถุงทดลอง	18
สารอาหารที่จำเป็นต่อพืช	19
การหมุนเวียนของสารอาหาร	20
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	33
ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช	33
การสลายตัวของซากพืช	66
อัตราการปลดปล่อย (release) สารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช	100
สรุปและข้อเสนอแนะ	102
สรุป	102
ข้อเสนอแนะ	106

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	107
ภาคผนวก	116

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2548 จากสถานีตรวจวัด อากาศมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	32
2	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของกระถินคอย ในแต่ละเดือนตลอด ระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	35
3	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของจันทร์ทองใต้หวัน ในแต่ละเดือนตลอด ระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	36
4	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของเมเปิลหอม ในแต่ละเดือนตลอด ระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	37
5	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของการบูร ในแต่ละเดือนตลอด ระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	38
6	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอด ระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	39
7	ปริมาณผลผลิตของซากพืชในป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทย	43
8	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของซากพืชที่ร่วงหล่นรายปีของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	53
9	ปริมาณสารอาหารและอัตราการคืนกลับของสารอาหารในส่วนต่างๆ ของซากพืช ที่ร่วงหล่นของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	56
10	น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการ ย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย, จันท์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม (Tree) ที่สูญหายไปในแต่ละเดือน(Month) ในแต่ละซ้ำ ที่ทำการศึกษา ตามวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ	69
12	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบกระถินคอย เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	74
13	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบจันท์ทองใต้หวัน เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	75
14	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบเมเปิลหอม เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	76
15	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบการบูร เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	77
16	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบสนหนาม เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	78
17	น้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	<p>น้ำหนักแห้งของซากใบจันทร์ทองใต้หวั่น และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	85
19	<p>น้ำหนักแห้งของซากใบเมเปิลหอม และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	86
20	<p>น้ำหนักแห้งของซากใบการบูร และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	87
21	<p>น้ำหนักแห้งของซากใบสนหนาม และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	88
22	<p>อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบกระถินคอยตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	92
23	<p>อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบจันทร์ทองใต้หวั่น ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	93
24	<p>อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบเมเปิลหอมตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	94
25	<p>อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบการบูรตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่</p>	95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากไบสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	96
27	อัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช ในสวนป่า กระถินคอย, จันทร์ทอง ใต้หวัน, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนหนาม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	100
ตารางผนวกที่		
1	ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของกระถินคอย ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	117
2	ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของจันทร์ทองใต้หวัน ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	120
3	ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของเมเปิ้ลหอม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	123
4	ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของการบูร ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	126
5	ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่	129

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะทั่วไปของกระถินคอย (<i>Acacia confusa</i> Merr.)	5
2	ลักษณะทั่วไปของจันทร์ทองใต้หวัน (<i>Fraxinus griffithii</i> C.B. Clarke)	6
3	ลักษณะทั่วไปของเมเปิลหอม (<i>Liquidambar formosana</i> Hance.)	7
4	ลักษณะทั่วไปของการบูร (<i>Cinnamomum camphora</i> (L.) J.S. Presl)	9
5	ลักษณะทั่วไปของสนหนาม (<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.)	10
6	ตำแหน่งการวางกระบะรองรับซากพืช (litter trap) ทั้ง 5 กระบะ และถุงตาข่ายไนลอน (litter bag) ทั้ง 36 ถุง ในแปลงไม้แต่ละชนิด	25
7	การวางกระบะรองรับซากพืช (litter trap) ในแปลงทดลอง	26
8	การวางถุงตาข่ายไนลอน (litter bag) ในแปลงทดลอง	26
9	ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่เป็นใบและกิ่ง ของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน	40
10	ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่เป็นเปลือกและส่วนสืบพันธุ์ ของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน	41
11	ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ และซากพืชรวม ของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน	42
12	ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของกระถินคอยและจันทร์ทองใต้หวัน	59
13	ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของเมเปิลหอมและการบูร	60
14	ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของสนหนาม	61
15	อัตราการคืนกลับของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากซากพืชที่ร่วงหล่น	63
16	อัตราการคืนกลับของโพแทสเซียมและแคลเซียมจากซากพืชที่ร่วงหล่น	64
17	อัตราการคืนกลับของแมกนีเซียมจากซากพืชที่ร่วงหล่น	65
18	น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	68
19	น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน จากสมการสหสัมพันธ์	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่สูญหายไปรายเดือน กับปริมาณน้ำฝน รายเดือน อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน	71
21	ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	79
22	ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	80
23	ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	81
24	ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่เหลืออยู่ในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	89
25	ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียม ที่เหลืออยู่ในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	90
26	ปริมาณแมกนีเซียม ที่เหลืออยู่ในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	91
27	อัตราการคืนกลับของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในแต่ละเดือน ในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	97
28	อัตราการคืนกลับของโพแทสเซียมและแคลเซียม ในแต่ละเดือน ในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	98
29	อัตราการคืนกลับของแมกนีเซียม ในแต่ละเดือน ในซากใบกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน	99
30	อัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืชกระถินคอย, จันท์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม	101

ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น

ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

Litterfall and Litter Decomposition in Exotic Tree Plantations at Doi Angkhang

Chiang Mai Province

คำนำ

ถึงแม้ทรัพยากรป่าไม้ของประเทศในปี พ.ศ.2547 จะมีพื้นที่เพิ่มขึ้นจากปีก่อนๆ เป็นร้อยละ 32.66 ของพื้นที่ประเทศ แต่พบว่ายังไม่เพียงพอต่อความต้องการของรัฐบาลซึ่งได้ตั้งเป้าหมายไว้ที่ร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของประชากรเป็นไปในอัตราสูง ความต้องการใช้ที่ดิน และการใช้ผลผลิตจากป่าไม้เพิ่มมากขึ้น มีการตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกแผ้วถางพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตร ตลอดจนการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยขาดการวางแผน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่บนภูเขาสูงทางภาคเหนือ ซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร และเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำสำคัญหลายสาย เช่น แม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเข้าไปดำเนินการเพื่อหามาตรการป้องกัน และบำรุงดูแลรักษาพื้นที่ที่เป็นแหล่งต้นน้ำเหล่านี้ เช่น โครงการฟื้นฟูสภาพป่าหรือปลูกป่าทดแทน ดังตัวอย่างพื้นที่ดอยอ่างขาง ซึ่งเป็นโครงการหนึ่งที่ดำเนินตามแนวพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ที่ทรงมีพระราชประสงค์ที่จะฟื้นฟูป่าธรรมชาติ และแหล่งต้นน้ำลำธาร จึงได้มีการทดลองปลูกสวนป่าโดยนำพันธุ์ไม้โตเร็วจากต่างประเทศซึ่งได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลได้หวั่น มาปลูกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 เป็นต้นมา ตลอดระยะเวลา 20 กว่าปีที่ผ่านมา การปลูกสวนป่า ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ก่อให้เกิดประโยชน์นานัปการ ทั้งในด้านการนำไม้มาทำเครื่องใช้ไม้สอยต่างๆ ใช้ในงานก่อสร้าง ทำเฟอร์นิเจอร์ เพาะเห็ดหอม และยังช่วยสร้างทัศนียภาพที่สวยงาม ส่งเสริมการท่องเที่ยวอีกทางหนึ่งด้วย นอกจากนี้ประโยชน์ที่กล่าวมาแล้วนั้นการปลูกสวนป่ายังสามารถส่งผลประโยชน์ทางอ้อมให้แก่พื้นที่ เช่น ช่วยทำให้สภาพภูมิอากาศใกล้ผิวดินดีขึ้น ป้องกันไฟป่า รวมถึงการอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์อีกประการหนึ่งของการจัดการป่าไม้

การจัดการป่าไม้ส่วนใหญ่จะมองในลักษณะของประโยชน์ หรือผลผลิตทางด้านเศรษฐกิจ (economic yield) คือ ใช้ในทางการค้าในรูปของไม้ท่อน ไม้แปรรูป ไม้พื้น เป็นต้น แต่ผลผลิตทางด้านชีววิทยา (biological yield) ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis)

การดูดซับสารอาหาร และการหมุนเวียนสารอาหาร (nutrient cycling) ซึ่งจะมีผลรวมไปถึงดินที่ต้นไม้ขึ้นอยู่ด้วยนั้น เป็นผลผลิตที่มีความสำคัญยิ่งอีกรูปหนึ่ง เพราะการหมุนเวียนของสารอาหารเป็นกระบวนการสำคัญในระบบนิเวศป่าไม้ ที่จะเคลื่อนย้ายสารอาหารไป-กลับ จากสิ่งที่มีชีวิต (ต้นไม้) กับสิ่งไม่มีชีวิต (ดิน) อันก่อประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตบนดิน เช่น ต้นไม้ สัตว์หน้าดิน จุลินทรีย์ดิน ที่นำสารอาหารไปเสริมสร้างการเติบโตกับส่วนต่างๆ และสืบพันธุ์ให้ดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ในส่วนของสิ่งไม่มีชีวิต คือ ดิน นั้น ต้นไม้มีส่วนสำคัญในการเติมสารอาหารลงสู่ดิน จากการปลดปล่อยสารอาหารของต้นไม้ในรูปของซากพืชที่ร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืช ทำให้ดินชั้นบนมีปริมาณสารอาหารมากขึ้น ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่ต่อไป ซึ่งก็จะเอื้อประโยชน์กลับไปให้แก่ต้นไม้อีกครั้ง

การศึกษาถึงปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่นนี้ จึงเกิดขึ้นเพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณของซากพืชที่ร่วงหล่นลงมาในแต่ละปีและปริมาณของสารอาหารพืชที่จะกลับลงสู่พื้นดินในรูปของซากพืช อันจะเป็นแนวทางที่จะศึกษาถึงการหมุนเวียนของสารอาหารพืชในระบบนิเวศของป่านี้ต่อไป และเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดควมวัดแนววิธีวางแผนการจัดการและปรับปรุงสวนป่า โดยทำควบคู่กับการจัดการด้านผลผลิตทางสวนป่าให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจมากที่สุด และยังสามารถรักษาสภาพแวดล้อมและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่เป็นต้นทุนสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าในรอบตัดฟัน (rotation) ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของเศษซากส่วนต่างๆ ของต้นไม้ ในสวนป่าไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด
2. เพื่อศึกษาอัตราการย่อยสลายและการปลดปล่อยสารอาหารของซากพืช ในสวนป่าไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของไม้ที่ทำการศึกษา

1. กระจินคอย (*Acacia confusa* Merr.)

กระจินคอยเป็นไม้โตเร็ว และเป็นไม้พื้นเมืองของไต้หวัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Acacia confusa* Merr. อยู่ในวงศ์ Leguminosae วงศ์ย่อย Mimosasae กระจินคอยขึ้นกระจายอยู่ในระดับความสูง 100-600 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง และสามารถปรับตัวได้ดี เหมาะสำหรับปลูกเป็นแนวกันลม (wind break) และไม้ให้ร่ม รวมทั้งปลูกเพื่อป้องกันดินพังทลายและแผ่นดินเลื่อน กระจินคอยเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง เรือนยอดแผ่กว้างไม่ผลัดใบ ลักษณะค่อนข้างกลม มีกิ่งก้านมากและมีขนาดใหญ่ทำให้เรือนยอดทึบ ใบอ่อนคล้ายหางนกที่ซ้อนทับกัน ใบแก่มีลักษณะยาวเรียวคล้ายเข็มหรือดาบ มีสีเขียวอมเทา กว้าง 0.8-1 เซนติเมตร และยาว 6-12 เซนติเมตร ใบออกขนานกัน 5-7 แถว มีเส้นใบ (vein) 3-5 เส้น ลำต้นตั้งตรง เปลือกมีสีคล้ำ เปลือกนอกมีสีเทาอมน้ำตาล เปลือกค่อนข้างเรียบ เนื้อไม้ในส่วนของกระพี้มีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล แก่นมีสีแดงอ่อนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีลักษณะของเสี้ยนตรง ลักษณะเนื้อไม้หยาบ และมีความหนาแน่นสูง ดอกมีสีเหลืองทอง ออกดอกตอนปลายกิ่งมีลักษณะกลม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-9 มิลลิเมตร มีกลีบดอก 4 กลีบ ก้านเกสรยาว 5-10 มิลลิเมตร มีเกสรเพศผู้มากกว่าเกสรเพศเมีย เกสรเพศเมียมีลักษณะยื่นยาวออกมาทางด้านนอกของดอก และยาวกว่าเกสรเพศผู้ ออกดอกในช่วงระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม ผลมีลักษณะยาวเป็นฝักขนาน สีน้ำตาล ขนาด 4-9 เซนติเมตร ปลายทั้ง 2 ด้านมีลักษณะแหลม เมื่อแก่ฝักจะแห้ง มีก้านฝักสั้น ใน 1 ฝักมีเมล็ด 5-8 เมล็ด ลักษณะเมล็ดแบนเรียบรูปวงรี เนื้อไม้ใช้ในการก่อสร้าง ไม้หมอนรางรถไฟ ทำเฟอร์นิเจอร์ ส่วนประกอบเครื่องมือเกษตรกรรม และเชื้อเพลิง ฯลฯ (สิริลักษณ์, 2533) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะทั่วไปของกระถินคอย (*Acacia confusa* Merr.)

2. จันทร์ทองใต้หวัน (*Fraxinus griffithii* C.B. Clarke)

จันทร์ทองใต้หวันเป็นไม้โตเร็วและไม้พื้นเมืองของใต้หวัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke มีชื่อพื้นเมืองว่า ไป่ จี หยิว หรือ ชัน ชู่ เล่น และมีชื่ออังกฤษว่า Griffith's Ash อยู่ในวงศ์ Oleaceae ขึ้นกระจายอยู่ในเขตที่มีความสูง 400-750 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง เติบโตได้ดีบริเวณที่มีฝนตกชุก และอุณหภูมิปานกลางตลอดปี เป็นต้นไม้ที่ไม่ทนทานต่อแรงลมจึงไม่เหมาะที่จะปลูกในพื้นที่ที่มีลมแรง มีรอบตัดฟัน 20-25 ปี จันทร์ทองใต้หวันเป็นไม้กิ่งผลัดใบ มีลำต้นสูงใหญ่ และมีใบร่วงเพียงบางส่วน ใบเป็นใบประกอบ ใบย่อยหรือใบประกอบเกิดเป็นคู่ๆ ต้นอ่อนมีใบย่อยเพียง 2-5 คู่ สั้นและแบน ก้านใบจะเหนียวคล้ายหนัง บางใบคล้ายรูปเข็มและบางใบก็กลม มีสีเขียว กว้าง 2.5-4 เซนติเมตร ยาว 5-14 เซนติเมตร ทางด้านท้องใบมีสีเขียวปนเขียวไม่มีขน แต่ตรงก้านใบย่อยจะมีขนอ่อนๆ เปลือกไม้มีสีแดงอมน้ำตาล กระพี้และแก่นแยกกัน ไม้ดอก มีสีเขียวเหลืองอมเทา เมื่อมีอายุมากจะมีสีเข้มขึ้น วงปีเห็นได้ชัดเจน เนื้อไม้เหนียว ดอกออกเป็นพุ่ม และติดกันเป็นรูปกลีบดอกบัวตอนปลายก้านใบ ดอกมีสีขาว มีขน กลีบดอกมี 4 กลีบ คล้ายรูปสี่เหลี่ยม ยาว 2 มิลลิเมตร

มีช่องรังไข่ 2 รัง ในเกสรเพศเมีย เมล็ดคณุนและปลายเบนยาวคล้ายปีกซึ่งยาว 3 เซนติเมตร เรียบและลื่น เนื้อไม้เหนียว มีความทนทานต่อการขัดสีและแรงเสียดสีสูง เนื้อไม้ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ก่อสร้าง เครื่องมือในการเกษตร อุปกรณ์กีฬา กระสวยด้าย และอุปกรณ์เครื่องเรือน ฯลฯ (ศิริพรรณ, 2531) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะทั่วไปของจันทร์ทองใต้หวัน (*Fraxinus griffithii* C.B. Clarke)

3. เมเปิลหอม (*Liquidambar formosana* Hance.)

เมเปิลหอมเป็นไม้โตเร็ว และเป็นไม้พื้นเมืองของใต้หวัน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Liquidambar formosana* Hance. ชื่อสามัญคือ Fragrant maple หรือ Formosana sweet gum อยู่ในวงศ์ Hamamelidaceae สามารถพบขึ้นได้ในที่สูง 100-1,500 เมตร แต่ไม่เกิน 1,800 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง สามารถขึ้นได้ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนถึงกึ่งร้อน ทนทานต่อความหนาวเย็นและทนลม สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี มีความสามารถในการแตกหน่อสูง มีรอบตัดฟัน 15 ปี และรอบตัดฟันในการสืบพันธุ์แบบให้แตกหน่อ 10 ปี เมเปิลหอมเป็นพรรณไม้ผลัดใบขนาดใหญ่ เรือนยอดมีรูปทรง

สวยงาม มีลักษณะของใบคล้ายกับใบของเมเปิล มีลักษณะใบเป็นแบบรูปฝ่ามือ ปลายใบแหลม แยกเป็น 3 แฉก ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย ก้านใบยาว 10-12 เซนติเมตร ใบก่อนร่วงจะเปลี่ยนเป็น สีแดง เนื้อไม้มีสีเหลืองหรือสีน้ำตาลอ่อน แก่นและกระพี้แยกออกจากกันไม่เด่นชัดนัก ดอกแยกเพศ กัน ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่บนต้นเดียวกัน ดอกมีสีเหลือง ไม่มีกลีบเลี้ยง ตรงกลางดอกมีลักษณะ เหมือนเกสรตัวผู้ ดอกเพศเมียตรงกลางมีกลีบดอก 4-5 กลีบ มีก้านเกสรเพศเมีย 2 ก้าน มีขน มีช่อง เมล็ด 2 ช่อง ดอกเพศผู้มีเกสร 4-5 อัน มองเห็นไม่ชัดเจน เมล็ดมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2.5 เซนติเมตร เนื้อไม้ใช้ในการก่อสร้าง ทำกล่อง อุปกรณ์ต่อเรือ แกะสลัก ปลูกเป็นไม้ประดับ และทำ เชื้อเพลิง นอกจากนี้เนื้อไม้และกิ่งไม้ที่ได้จากการตัดกิ่งยังสามารถนำมาใช้ในการเพาะเห็ดหอม ให้เห็ดหอมคุณภาพดี (ถนอมศักดิ์, 2533) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของเมเปิลหอม (*Liquidambar formosana* Hance.)

4. การบูร (*Cinnamomum camphora* (L.) J.S. Presl)

การบูรเป็นพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติในญี่ปุ่น หมู่เกาะริวกิว ตอนใต้แม่น้ำแยงซี ในจีน เกาะไหหลำ ไต้หวัน และเวียดนาม มีการปลูกในหลายประเทศในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน รวมทั้งในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cinnamomum camphora* (L.) J.S. Presl ชื่อสามัญคือ camphor tree, Japanese camphor tree, Chinese sassafras อยู่ในวงศ์ Lauraceae โดยทั่วไประดับความสูงของพื้นที่ต่ำกว่า 1,000 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง จัดว่ามีความเหมาะสม ถ้าปลูกในบริเวณที่มีฝนตกชุก ดินควรระบายน้ำดี เนื่องจากเป็นไม้ที่มีระบบรากตื้น และไม้ทนต่อสภาพน้ำท่วม การบูรเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบขนาดใหญ่ มีกลิ่นหอม สูง 15-30 เมตร ระบบรากตื้น แผ่กว้าง เปลือกดำต้นสั้น อ้วนป้อม เปลือกดำต้นเป็นร่องลึก ทรงพุ่มแผ่กว้าง ใบเรียงสลับ มีกลิ่นหอม ก้านใบเรียวเล็ก ยาว 1.5-3 เซนติเมตร ใบรูปรีแกมรูปไข่กว้าง ไปจนถึงรูปใบหอกแกมรูปขอบขนาน กว้าง 2-7 เซนติเมตร ยาว 5-12 เซนติเมตร โคนใบหู่ ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ปลายใบแหลมหรือเรียวแหลม ใบบางคล้ายกระดาษ สีเขียวเข้มเป็นมัน มีเส้นใบหลัก 3 เส้น มีต่อม 2 ต่อม อยู่ในส่วนแกนกลางแขนงใบ ออกดอกตามซอกใบเป็นช่อแยกแขนง ช่อดอกยาวถึง 7 เซนติเมตร ก้านดอกยาว 1-1.5 มิลลิเมตร ผิวเกลี้ยง ดอกสมบูรณ์เพศ มีขนาดเล็ก วงกลีบรวมรูปหลอด มี 6 กลีบ ส่วนหนึ่งของกลีบติดกับผล กลีบรูปไข่ ขนาดกว้าง 1 มิลลิเมตร ยาว 2.5-3 มิลลิเมตร รูปหู่ สีเขียวแกมเหลือง ผลเป็นแบบผลมีเนื้อหลายเมล็ด รูปกลมแบน เส้นผ่าศูนย์กลาง 7-10 มิลลิเมตร ผลสุกสีม่วงดำ มี 1 เมล็ด เมล็ดมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 มิลลิเมตร การใช้ประโยชน์ มีน้ำมันหอมในใบ เนื้อไม้ และราก จัดว่ามีความสำคัญมากทางยา และใช้เป็นสารฆ่าเชื้อ ใช้ประโยชน์เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม การผลิตเซลลูโลส วัตถุระเบิด และพลาสติก สรรพคุณทางยาส่วนใหญ่ใช้เป็นยาทาถอนวรักรักษา อาการแน่นหน้าอก ปวดกล้ามเนื้อ และข้ออักเสบ กระตุ้นหัวใจ และการไหลเวียนเลือด ใช้ในการผลิตสบู่ ผลิตภัณฑ์หอม และสารป้องกันกำจัดวัชพืช เป็นน้ำมันชักเงา (drying solvents) สำหรับสีทากระเบื้อง และปลูกเป็นไม้ให้ร่ม เป็นต้น (ถนอมศักดิ์, 2533) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ลักษณะทั่วไปของการบูร (*Cinnamomum camphora* (L.) J.S. Presl)

5. สนหนาม (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)

สนหนามมีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนกลาง และตอนใต้ของประเทศจีน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. ชื่อสามัญคือ China fir อยู่ในวงศ์ Taxodiaceae สามารถขึ้นได้ในสภาพพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินดี มีการระบายน้ำดี สนหนามเป็นพรรณไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบขนาดใหญ่ มีความสูง 15-25 เมตร และในสภาพธรรมชาติอาจสูงได้ถึง 50 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกได้ถึง 300 เซนติเมตร ทรงพุ่มมีรูปร่างคล้ายปิรามิด ความกว้างเรือนยอด 3.1-9.1 เมตร ใบมีลักษณะคล้ายเข็ม ปลายใบแหลม ผิวใบเรียบ มีสีเขียวอ่อนถึงสีเขียวอมน้ำเงิน ใบเรียงตัวแบบเวียนสลับ (spiral) ใบมีความกว้าง 1.5-5 มิลลิเมตร ยาว 3-7 เซนติเมตร กิ่งมีการแผ่กระจาย ตอนปลายกิ่งห้อยลง เปลือกนอกมีสีน้ำตาลปนแดงจนถึงสีเทาเข้ม และแตกเป็นร่องตามยาว (longitudinal) เปลือกในมีสีเหลืองปนแดงหรือสีแดง ดอกแยกเพศกัน ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่บนต้นเดียวกัน มีขนาดเล็กถึงเล็กมาก เกสรตัวผู้มีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล เกสรตัวเมียมีสีเหลืองถึงสีเขียว ผลรูปทรงเหมือนไข่ มีความกว้าง 1.2-4 เซนติเมตร ยาว 1.8-4.5 เซนติเมตร

และมักจะเกิดตรงปลายกิ่ง ผลอ่อนมีสีเขียวเมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลปนแดง เมล็ดมีสีน้ำตาลเข้ม โดย 1 scale จะมี 3 เมล็ด เนื้อไม้ใช้ในการก่อสร้าง ทำเชื้อเพลิง และปลูกเป็นไม้ประดับ (Breen, 2006) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของสนหนาม (*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)

ลักษณะการร่วงหล่นและปริมาณของซากพืช

ความหมายของคำว่าซากพืช (litter) ในทางนิเวศวิทยาป่าไม้ หมายถึง ใบไม้ กิ่งไม้เล็กๆ ดอก ผล bract scale หรือชิ้นส่วนเล็กๆ ของพืช รวมไปถึงซากแมลงที่ติดอยู่ตามใบไม้ และร่วงหล่นลงสู่พื้นดิน (Tsai, 1974) และ Klinge (1974) ได้ให้ความหมายของคำว่า ผลผลิตของซากพืช หรือ litter production คือ ปริมาณของอินทรีย์วัตถุทั้งหมดเป็นชิ้นส่วนของพืชที่ตายไปแล้ว เช่น ใบ เปลือก กิ่ง ดอก ผล และลำต้นหรือส่วนที่ยังมีชีวิตอยู่ เช่น เมล็ด และใบสด รวมไปถึงซากสัตว์หรือแมลงที่ร่วงหล่นลงมาด้วย อย่างไรก็ตามปริมาณของซากพืชนี้จะหมายถึงเศษไม้เล็กๆ ใบไม้ที่ร่วงหล่นลงมาทับถมกันในชั้นของอินทรีย์วัตถุเท่านั้น ไม่ได้รวมถึงไม้ขนาดใหญ่ เช่น กิ่งขนาด

ใหญ่ ลำต้น หรือผลที่มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก Curlin (1970) กล่าวว่า ใบ กิ่ง และลำต้น เป็น ส่วนที่สำคัญ และให้ปริมาณสารอาหารกลับลงสู่พื้นป่ามากที่สุด แม้ว่าปริมาณสารอาหารในใบจะไม่ค่อยคงที่ เปลี่ยนแปลงไปได้ตามฤดูกาล แคลเซียมจะมีการสะสมตลอดฤดูการเติบโต ขณะที่ โพแทสเซียม และไนโตรเจนจะลดลงในระยะแก่จัด (Kramer and Kozlowski, 1960) หลังจากฤดูกาลเติบโต ฟอสฟอรัสจะค่อนข้างคงที่จนกว่าใบจะร่วงหล่น การลดลงของปริมาณสารอาหารนี้ จะมีความสัมพันธ์กับการดูดซึมของไม้ และการชะล้างของใบ (Carlisle *et al.*, 1966a) ในฤดูใบไม้ร่วง บางส่วนของไนโตรเจน และสารอาหารพืชอื่นๆ ในใบจะเคลื่อนย้ายไปสู่กิ่งอ่อนก่อนที่ใบจะร่วงหล่น กรรมวิธีที่สารอาหารเคลื่อนย้ายจากใบไปสู่กิ่งอ่อนนี้มีความสำคัญต่อต้นไม้มาก เพราะไม่เช่นนั้นแล้วสารอาหารส่วนใหญ่จะสูญหายไปชั่วคราวกับใบที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นดิน (Kramer and Kozlowski, 1960) แม้ว่าการร่วงหล่นของใบจะมีตลอดทั้งปีแต่จะมากที่สุด ในฤดูใบไม้ร่วง (Bray and Gorham, 1964) ซึ่งจะมีปริมาณสูงสุดเนื่องจากชนิดพรรณพืชและปัจจัยภูมิอากาศ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว พวกพืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm) จะมีการทิ้งใบสม่ำเสมอตลอดปีในระยะที่ใบร่วง

Bray and Gorham (1964) กล่าวว่า การร่วงหล่นของซากพืชส่วนใหญ่แล้วจะแปรผันไปตามเขตภูมิอากาศ ในป่าผลัดใบทางเขตนานิวโลกเหนือใบไม้จะร่วงหล่นมากในฤดูใบไม้ร่วงซึ่งมีระยะเวลาค่อนข้างสั้น และจะร่วงหล่นเป็นปริมาณสูงสุดในเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน (Carlisle *et al.*, 1966b) ในเขตอบอุ่นทางตอนใต้ ต้นไม้จะผลัดใบในช่วงระหว่างเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน และจะมีปริมาณสูงสุดในเดือนพฤษภาคม (Jensen, 1974) ส่วนในเขตอบอุ่นทางนิวซีแลนด์และออสเตรเลีย ใบไม้จะร่วงหล่นมากในเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน (Bray and Gorham, 1964) ป่าไม้ในเขตร้อนชื้นจะมีใบไม้ร่วงหล่นตลอดทั้งปี แต่จะมีปริมาณสูงสุดในฤดูร้อนแห้งแล้งระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม (Nye, 1961; Hopkins, 1966; Rodin and Bazilevich, 1967; Klinge, 1974) สำหรับป่าไม้ในประเทศไทย วัลลภ (2512) ได้ทำการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของเศษไม้ใบไม้ป่าดิบเขาบริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีไม้ก่อกำเนิดเป็นพรรณไม้หลัก ผลการศึกษาปรากฏว่า ปริมาณการร่วงหล่นมีมากในฤดูร้อนเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนธันวาคมจะมีการร่วงหล่นน้อย และปริมาณของเศษไม้ใบไม้มากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดในเดือนสิงหาคม ทั้งนี้เพราะต้นไม้จำเป็นต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาวะของความร้อนแห้งแล้ง โดยการทิ้งใบเพื่อลดการคายน้ำจึงมีการร่วงหล่นมาก ส่วนในช่วงที่มีความชื้นสูงต้นไม้ไม่ต้องลดการคายน้ำเพื่อมีชีวิตรอดจึงมีปริมาณการร่วงหล่นน้อย (สามัคคี และ ชุมพล, 2517)

จากการเปรียบเทียบผลผลิตของซากพืชในสภาพป่าต่างๆ แล้วปรากฏว่า ในแต่ละท้องที่จะมีปริมาณแตกต่างกันออกไป แต่ป่าไม้ในเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนจะให้ผลผลิตสูงกว่าเขตอื่นๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าป่าเขตร้อนนี้ตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรี (tertiary period) มาจนถึงปัจจุบันยังไม่ถูกรบกวนทางธรณีวิทยาเหมือนป่าทางเขตหนาว จึงมีวิวัฒนาการอันยาวนาน มีพรรณพืชใหม่เกิดมาก และหนาแน่นเป็นระบบนิเวศที่สลับซับซ้อน ประกอบกับสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะภูมิอากาศเอื้ออำนวยต่อการเติบโตมาก ดังนั้นจึงมีผลผลิตขั้นปฐมภูมิ (primary productivity) สูงกว่าป่าเขตร้อนอื่นๆ

ส่วนประกอบของซากพืช

Bray and Gorham (1964) กล่าวว่า ส่วนประกอบของซากพืชที่ร่วงหล่นมาโดยตรงนั้น ประกอบด้วยส่วนของใบประมาณร้อยละ 60-76 กิ่งร้อยละ 12-15 เปลือกร้อยละ 1-14 และผลร้อยละ 1-17 โดยเฉพาะต้นไม้ที่เปลือกหลุดร่วงได้ง่ายจะให้ปริมาณเศษไม้สูงกว่าต้นไม้ที่เปลือกติดแน่นกับลำต้น และในการผลิตเมล็ดของต้นไม้จะมีการผันแปรไปในแต่ละปี ส่วนปริมาณซากพืชที่ไม่ใช่ใบ (non-leaf litter) Nye (1961) พบว่า ปริมาณซากพืชจากลำต้นจะมีร้อยละ 15-50 ของปริมาณซากพืชทั้งหมดในแต่ละปี และโดยเฉลี่ยแล้วปริมาณของเศษไม้นี้จะมีประมาณร้อยละ 27-31 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด (Bray and Gorham, 1964)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช

ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของหมู่ไม้ อายุของหมู่ไม้ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ สภาพภูมิอากาศ ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ความเร็วลม ทิศทางการรับแสง และความอุดมสมบูรณ์ของดิน และอาจรวมถึงอันตรายจากแมลงเข้าทำลาย (Bray and Gorham, 1964)

1. ชนิดของหมู่ไม้

จากการศึกษาของศิริวัฒน์ (2519) พบว่า ป่าเต็งรังสะแกราชมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชเท่ากับ 4.66 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี ในขณะที่ป่าดิบแล้งบริเวณเดียวกันมีปริมาณผลผลิตของซากพืชถึง 7.71 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี (เกษม และ สามัคคี, 2523) และ 8.17 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี (ธำรง, 2527) ประพันธ์ (2537) ได้รวบรวมผลการศึกษาผลผลิตของซากพืชในป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทย พบว่า ปริมาณซากพืชของป่าดิบชื้นมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ สวนป่าสนเขา ป่าดิบแล้ง และป่า

ตั้งรับ โดยมีปริมาณผลผลิตเท่ากับ 23.22, 11.35, 7.71 และ 4.66 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ Bray and Gorham (1964) ยังพบว่าชนิดของพรรณไม้ มีผลต่อปริมาณซากพืชในป่า เช่น พวกพืชเมล็ดเปลือย (gymnosperm) จะให้ปริมาณซากพืชสูงกว่าพืชดอก (angiosperm) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพวกพืชเมล็ดเปลือยมีใบเขียวสดตลอดทั้งปี Kittredge (1940) กล่าวว่า ไม้ที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติหรือเป็นไม้ที่เกิดประจำถิ่นจะให้ปริมาณซากพืชน้อยกว่าพรรณไม้นอกถิ่นกำเนิด

2. อายุของหมู่ไม้

เกษม และคณะ (2515) พบว่า ในสวนสักปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะผันแปรตามอายุ กล่าวคือ ในสวนสักที่มีอายุ 1, 2, 6 และ 8 ปี จะมีปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น 2.51, 3.84, 5.49 และ 11.65 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณผลผลิตซากพืชในสวนป่าไม้สน (*Pinus caribea*) ประเทศไนจีเรีย ซึ่งรวบรวมข้อมูลโดย Vitousek (1984) พบว่า ไม้สนที่มีอายุ 4, 7, 8 และ 9 ปี จะมีปริมาณผลผลิตของซากพืช 1.9, 5.6, 5.6 และ 6.7 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โดยปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอายุหมู่ไม้จนกระทั่งเรือนยอดปกคลุมชิดติดกันแล้ว ปริมาณการร่วงหล่นจะค่อนข้างคงที่ (Bray and Gorham, 1964) นอกจากนี้ Ogawa *et al.* (1961) ยังพบว่า พรรณไม้ชั้นบนจะผลัดใบเร็วกว่าพรรณไม้พื้นล่างหรือพรรณไม้ชนิดเดียวกันที่อยู่ต่ำกว่าในพื้นที่เดียวกัน

3. สภาพภูมิอากาศ

Bray and Gorham (1964) สรุปว่า ผลผลิตของพืชในเขตภูมิอากาศที่แตกต่างกันมีความสำคัญคือ ในเขต tundra จะมีผลผลิตเฉลี่ย 1 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ขณะที่ในป่าเขตร้อนจะมีผลผลิตสูงถึง 11 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี เขตหนาวและเขตอบอุ่นจะมีปริมาณเฉลี่ย 3.5 และ 5.5 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ ช่วงอุณหภูมิเฉลี่ยประจำปีในแต่ละเขตภูมิอากาศ จะมีความผันแปรตั้งแต่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งในขั้วโลกเหนือ ไปจนถึงในเขตศูนย์สูตรซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 25 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งนี้จะมีผลต่อการดำรงชีวิตของพืช ซึ่งในเขตร้อนจะมีระยะเวลายาวนานตลอดปี และเกือบตลอดปีในป่าเขตอบอุ่น แต่ในเขตทุนดรา (tundra) แล้วช่วงอุณหภูมิเหนือจุดเยือกแข็งจะมีประมาณ 6 เดือนหรือน้อยกว่า จึงมีฤดูการเติบโตสั้นมาก ดังนั้นในเขตร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าและมีการเติบโตยาวนานกว่า ทำให้มีการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดีกว่า จึงมีความสำคัญต่อผลผลิตขั้นปฐมภูมิมาก (Bray and Gorham, 1964) Proctor (1983) ได้รวบรวมข้อมูล

ผลการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องผลผลิตของซากพืชในเขตภูมิอากาศมหัพภาค (macroclimate) ต่างกันของโลก พบว่า ในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างมากจะมีผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของซากพืช นอกจากนี้ในเขตภูมิอากาศมหัพภาคเดียวกันความแตกต่างของฤดูกาลตามลักษณะภูมิอากาศจุลภาค (microclimate) ก็มีผลต่อปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชด้วย เช่น บริเวณป่าดิบแล้งสะแกราช พบว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมีมากที่สุดในเดือนเมษายนมีปริมาณ 2.17 ตันต่อเฮกตาร์ (เกษม และ สามัคคี, 2523) ประเทือง (2522) ศึกษาชี้ลักษณะของต้นไม้ในป่าดิบแล้ง พบว่า ปริมาณการร่วงหล่นของใบจะปรากฏมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนพฤศจิกายน สอดคล้องกับการศึกษาผลผลิตของซากพืชในป่าดิบแล้งของ พรเทพ (2545) ซึ่งพบว่า ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะมีมากในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) คิดเป็นประมาณร้อยละ 75-78 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชทั้งหมด และมีปริมาณการร่วงหล่นน้อยในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) คิดเป็นประมาณร้อยละ 22-25 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชทั้งหมด

4. ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง

พื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางในระดับกลาง จะมีปริมาณน้ำฝนพอเหมาะกับการเติบโตของต้นไม้มากกว่าที่ระดับสูง ซึ่งอุณหภูมิจะลดต่ำลงมาก ลมพัดแรงไม่เหมาะต่อการเติบโตของต้นไม้ และในที่ระดับต่ำๆ จะมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า ดังนั้นในพื้นที่ที่ระดับความสูง 450-850 เมตร จะให้ปริมาณซากพืชสูงสุด

5. ทิศทางรับแสง

จากการศึกษาของ Bray and Gorham (1964) ถึงความแตกต่างของปริมาณซากพืชเนื่องมาจากทิศทางรับแสง ปรากฏว่า ในทางทิศตะวันตกจะให้ผลผลิตต่ำกว่าด้านลาดที่หันไปทางทิศตะวันออก ด้านลาดที่ให้ปริมาณซากพืชมากที่สุด คือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้รับความร้อนแรงจากแสงอาทิตย์น้อยกว่าด้านอื่น และด้านที่ให้ผลผลิตต่ำสุด คือ ด้านตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งได้รับความร้อนแรงจากแสงอาทิตย์มากที่สุด ในช่วงบ่ายจะร้อนจัดทำให้มีการระเหยน้ำมากกว่า ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่าจะให้ปริมาณซากพืชสูงกว่า (Moller, 1947; Jensen, 1974; Gessel and Turner, 1974)

6. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Tsutsumi *et al.* (1983) ได้ทำการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจากสวนป่าไม้ *Chamaecyparis obtusa* อายุ 26 ปี จำนวน 4 หมู่ไม้ พบว่า ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะเพิ่มมากขึ้นหากดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

การสลายตัวของซากพืช

Curlin (1970) กล่าวว่า หลังจากที่ซากพืชร่วงหล่นลงสู่พื้นป่าแล้วจะมีการสลายตัวจนอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ในที่สุด ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่จะทำการย่อยสลาย โดยในระยะแรกการสลายตัวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ต่อมามีแนวโน้มที่จะคงที่และค่อยๆ สลายตัวอย่างช้าๆ เป็นเวลาหลายเดือนหรือหลายปี

คำว่า การย่อยสลาย หรือ decomposition ใช้อธิบายถึงกระบวนการหลายอย่างร่วมกัน ที่ทำให้ซากอินทรีย์แตกหักแยกออกจากกันเป็นอนุภาคเล็กๆ จนกระทั่งอยู่ในรูปของสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Waring and Schlesinger, 1985) Mason (1967) ได้มีการแบ่งการย่อยสลายของซากพืชออกเป็น 3 กระบวนการหลัก คือ การชะล้าง (leaching) การผุพัง (weathering) และการกระทำจากสิ่งมีชีวิต (biological action)

การชะล้าง เป็นการที่สารอาหารที่ยังเหลือค้างอยู่ในซากพืช รวมทั้งของเสียจากกระบวนการทางสรีรวิทยาที่มาสะสมอยู่ในซากพืชก่อนจะหลุดร่วงจากลำต้นละลายไปกับน้ำที่ไหลผ่าน อันมีผลต่อการลดลงของน้ำหนักซากพืชเป็นอย่างมากภายหลังจากที่ซากตกถึงพื้น การผุพัง ได้แก่ การแตกหักของซากพืชโดยเฉพาะใบ เนื่องจากปัจจัยทางกายภาพต่างๆ เช่น อิทธิพลจากความร้อน แสง ลม น้ำ และแรงกระทบจากเมล็ดฝ่น ส่วนการกระทำจากสิ่งมีชีวิตมาจากสัตว์ขนาดเล็กในดิน (fauna) และจุลินทรีย์ (Mason, 1967) โดยกิจกรรมของสัตว์เล็กๆ ในดินจะมีผลกระทบต่อการสลายตัวของซากพืชมาก Maldaque (1967) กล่าวว่า ในป่าเขตร้อนที่ไต้เดือนมีน้อย ปลวกจะมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมการสลายตัวของซากพืชอย่างมาก และการสลายตัวของซากพืชในเขตร้อนที่เป็นไปอย่างรวดเร็วนี้ Lee and Wood (1971) กล่าวว่า ส่วนใหญ่แล้วเป็นผลเนื่องมาจากกิจกรรมของมดและปลวก

จุลินทรีย์หลัก 2 กลุ่มที่เกี่ยวข้องในการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ ราและแบคทีเรีย ทั้งคู่มีกลไกพื้นฐานอย่างเดียวกันในการย่อยซากพืชที่มันขึ้นอาศัย คือ การปล่อยเอนไซม์ที่เรียกว่า extra cellular enzyme หรือ exoenzyme ออกมาย่อยโมเลกุลของซากพืชที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลงแล้วดูดซึมผ่านเข้าทางผนังเซลล์ (Richards, 1976)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของซากพืช

ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายซากพืชแบ่งเป็น 3 ปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม สมบัติของซาก และกลุ่มผู้ย่อยสลาย ปัจจัยเหล่านี้มีความสัมพันธ์ร่วมกัน ซึ่งในสภาพโดยทั่วไปสามารถเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปน้อยได้เป็น ปัจจัยสิ่งแวดล้อม สมบัติของซากและกลุ่มผู้ย่อยสลาย ตามลำดับ (Anderson and Swift, 1983)

1. ปัจจัยสิ่งแวดล้อม

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้น ปริมาณน้ำฝนมีผลต่อการลดลงอย่างรวดเร็วของน้ำหนักซากพืชโดยตรงในระยะแรก โดยการชะล้างสารอาหารและสารต่างๆ ที่ละลายน้ำได้ง่ายออกจากซาก (Mason, 1967; Perry, 1994) ขณะที่อุณหภูมิและความชื้น มีผลทางอ้อมต่อการย่อยสลายในช่วงหลัง โดยเอื้ออำนวยสภาพที่เหมาะสมต่อความเป็นอยู่และกิจกรรมของกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ย่อยสลาย (Waring and Schlesinger, 1985) เมื่อพิจารณาจากการสลายตัวของซากพืชในเขตภูมิอากาศต่างๆ กัน พบว่า ในป่าเขตร้อนชื้นใบไม้ที่ร่วงหล่นลงมาจะสูญเสียโครงสร้างภายในเวลา 2 สัปดาห์ ในขณะที่ป่าเขตหนาวจะใช้เวลาเป็นเดือนหรือถึงปี (Jensen, 1974) Madge (1965) และ Hopkins (1966) กล่าวว่า ในเขตร้อน ความชื้นจะเป็นปัจจัยจำกัด ขณะที่เขตอบอุ่น อุณหภูมิจะเป็นปัจจัยจำกัด (Edward and Heath, 1963)

2. สมบัติของซาก

สมบัติของซาก มีผลโดยตรงต่อการย่อยสลาย ซึ่งมีการพบว่าองค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิดของซากอินทรีย์วัตถุดิบพื้นป่ามีอัตราการย่อยสลายไม่เท่ากัน ลำดับความเร็วในการย่อยสลายได้แก่ น้ำตาล, hemicellulose, cellulose, lignin, waxes และ phenols ตามลำดับ ซึ่งซากพืชแต่ละชนิดประกอบด้วยสารเหล่านี้ในอัตราส่วนที่ไม่เท่ากัน (Perry, 1994) ส่งผลให้ซากแต่ละชนิดมี

อัตราการสลายตัวแตกต่างกัน จากการศึกษาทงกายวิภาคพบว่า ส่วนของใบจะมีการสลายตัวตามลำดับต่อไปนี้ mesophyll > epidermis > veins (Remezov, 1961) อัตราการสลายตัวของพรรณไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C/N ratio) ปริมาณสารอาหาร และลักษณะทางกายวิภาค (Coile, 1937) จากการศึกษาของ Williams and Gray (1974) พบว่า ซากพืชแต่ละชนิดจะมีการสลายตัวในอัตราที่แตกต่างกันต่างๆ ที่อยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทั้งนี้เป็นเพราะความแตกต่างในเรื่องลักษณะ โครงสร้าง และองค์ประกอบของใบ Witkamp (1966) กล่าวว่า ใบไม้ตระกูลสน (conifer) จะสลายตัวช้ากว่าไม้ใบกว้าง และซากพืชของไม้ผลัดใบจะมีการสลายตัวอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะแปรผันตามชนิดของพรรณพืช และพบว่าการสลายตัวของใบจะมีอัตราเร็วกว่าในเนื้อไม้ (Curlin, 1970)

3. กลุ่มผู้ย่อยสลาย

ในระบบนิเวศป่าไม้ สัตว์ในดินมีความสำคัญต่อการสลายซากพืชทางกายภาพ ส่วนหน้าที่หลักของการเปลี่ยนรูปองค์ประกอบทางเคมีถูกกระทำโดยราและแบคทีเรีย ในซากพืชชั้นบนสัตว์ในดินจำนวนมากทำให้ซากพืชแตกหักเป็นชิ้นละเอียด (fragmentation) และผสมซากพืชเข้าด้วยกัน เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวและปรับสภาพให้เหมาะต่อการเติบโตของจุลินทรีย์ รวมทั้งกระจายอากาศและความชื้นในชั้นซากให้ทั่วถึง (Waring and Schlesinger, 1985) การสลายโครงสร้างทางเคมีของซากพืชเกิดขึ้นน้อยมาก (น้อยกว่าร้อยละ 10) เมื่อเทียบกับปริมาณที่สัตว์กินเข้าไป (Richards, 1976) กลุ่มผู้ย่อยสลาย จึงเป็นอีกหนึ่งตัวการสำคัญต่อการย่อยสลายซากพืชโดยตรง การมีชนิดและจำนวนผู้ย่อยสลายมากย่อมทำให้มีโอกาสในการย่อยสลายมาก (Waring and Schlesinger, 1985)

การศึกษาการย่อยสลายของซากพืช

การใช้ถุงเก็บซากพืช (litter bag) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากในการศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากพืช วิธีนี้มีข้อดีคือ ลดโอกาสเกิดการสูญหายของซากพืชทางกายภาพ จึงสามารถประมาณน้ำหนักที่ลดลงได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งซากพืชที่อยู่ในถุงสามารถนำกลับมาศึกษาได้โดยง่าย นอกจากนี้ ยังสามารถเปรียบเทียบการสลายของซากแต่ละชนิดได้ในสภาพพื้นที่เดียวกัน และเปรียบเทียบอิทธิพลของผู้ย่อยสลายอินทรีย์สารในแต่ละกลุ่มได้ โดยการเลือกใช้ขนาดช่องตาข่ายอย่างไรก็ตาม สภาพแวดล้อมของซากในถุงย่อมแตกต่างจากสภาพจริงตามธรรมชาติอยู่บ้าง ซึ่งอาจมีผลต่อการย่อยสลาย (Lousier and Parkinson, 1976)

ขนาดของช่องตาข่าย เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการย่อยสลายของซากที่อยู่ในถุงทดลอง ตาข่ายที่มีช่องแคบหรือตาถี่เกินไป จะป้องกันสัตว์ในดินที่เข้าไปมีส่วนร่วมในการย่อยสลายซากพืช ในทางกลับกันตาข่ายที่มีช่องกว้างหรือตาห่างเกินไป จะทำให้ซากพืชขนาดเล็กที่ยังไม่สลายตัวสูญหายไปจากถุง (Lousier and Parkinson, 1976) Edward and Heath (1963) พบว่า ตาข่ายที่มีช่องห่างขนาด 0.003 มิลลิเมตร ยอมให้จุลินทรีย์ผ่านเข้าออกเท่านั้น ช่องห่างขนาด 0.5 มิลลิเมตร ยอมให้จุลินทรีย์และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังขนาดเล็กผ่านเข้าออก และช่องห่างขนาด 7 มิลลิเมตร ยอมให้สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังทั้งหมดผ่านเข้าออกได้

การใช้ถุงทดลองในการศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากพืช โดยทั่วไปแล้วยังแบ่งได้เป็น 2 วิธี (Lousier and Parkinson, 1976) ดังนี้

วิธีแรก ซากพืชในถุงทดลองหลังจากนำมาหาคำนวณน้ำหนักที่เปลี่ยนไปแล้ว จะไม่นำกลับไปวางเพื่อศึกษาต่อไปอีก วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันมาก แต่ต้องเตรียมถุงทดลองให้มีจำนวนมากพอต่อการสุ่มไปชั่งน้ำหนักให้ครบตามจำนวนซ้ำในระยะเวลาที่ต้องการ วิธีนี้ต้องรู้ระยะเวลาที่แน่นอนในการศึกษา

วิธีที่สอง ซากพืชในถุงทดลองหลังจากนำมาหาคำนวณน้ำหนักที่เปลี่ยนไปแล้ว ถูกนำกลับไปวางในสภาพเดิมเพื่อศึกษาการสลายตัวไปอีกจนครบตามระยะเวลาที่กำหนด หรือจนกว่าซากพืชจะย่อยสลายหมดไป วิธีนี้ใช้จำนวนถุงทดลองในตอนเริ่มต้นการทดลองน้อยกว่าวิธีแรก คือให้พอเท่ากับจำนวนซ้ำที่ต้องการเท่านั้น อย่างไรก็ตามวิธีนี้ถูกวิจารณ์ว่าก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนกับผลที่ได้รับ เนื่องจากการนำซากพืชกลับมาอบเพื่อหาคำนวณน้ำหนักเหล่านั้น มีผลต่อทั้งโครงสร้างทางกายภาพและทางเคมีของซาก นอกจากนี้การเคลื่อนย้ายถุงทดลองเป็นการเปลี่ยนสภาพแวดล้อมของถุง ทำให้กิจกรรมต่างๆ ที่ดำเนินมาอย่างต่อเนื่อง เช่นกิจกรรมของจุลินทรีย์ ถูกรบกวนให้ชะงักขาดช่วงลง

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการย่อยสลายของซากพืชในถุงทดลอง

นักนิเวศวิทยานิยมพิจารณาและเปรียบเทียบอัตราการย่อยสลายของซากในระบบนิเวศด้วยค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) (Perry, 1994) ซึ่งตัวเลขค่าคงที่ของการย่อยสลายที่มีค่าสูง แสดงถึงอัตราการย่อยสลายที่สูง Wieder and Lang (1982) พบว่า การใช้สมการ single exponential คำนวณค่าคงที่ของการย่อยสลายเป็นวิธีหนึ่งที่ดีที่สุด ที่แสดงการสูญเสียน้ำหนักของซากภายใต้ระยะเวลา

ที่ผ่านไปได้อย่างถูกต้องตามหลักคณิตศาสตร์ และเป็นไปตามความเป็นจริงในทางชีววิทยา ซึ่ง Olson (1963) ได้อธิบายรายละเอียดของสมการไว้ดังนี้

$$x/x_0 = e^{-kt}$$

$$k = -[\ln(x/x_0)]/t$$

เมื่อ x_0 คือ น้ำหนักแห้งของซากใบพืชเมื่อเริ่มสลายตัว
 x คือ น้ำหนักแห้งของซากที่เวลา t และ
 t คือ เวลาที่ใช้ในการสลายซึ่งนิยมใช้ในปี

ในการศึกษาการสลายตัวของซากพืชโดยใช้ถุงทดลองนี้ นอกจากต้องการทราบค่าคงที่ของการย่อยสลายแล้ว ยังมักสนใจที่จะเปรียบเทียบความเหมือนหรือแตกต่างในการย่อยสลายที่มีอิทธิพลมาจากชนิดของซาก พื้นที่แปลงหรืออิทธิพลอื่นๆ เช่น ขนาดของช่องห่างของถุงทดลองอีกด้วย การใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับใช้พิจารณาตัดสินความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยเหล่านี้ ทั้งยังสามารถอธิบายถึงการย่อยสลายได้ในบางกรณีอีกด้วย (Wieder and Lang, 1982)

สารอาหารที่จำเป็นต่อพืช

สารอาหารเป็นองค์ประกอบทางโครงสร้างที่สำคัญของพืช และเป็นตัวการทำให้กระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชดำเนินไปได้อย่างเป็นปกติ (Perry, 1994) Salisbury and Ross (1969) ได้ให้หลักเกณฑ์ในการกำหนดว่า สารอาหารใดจำเป็นต่อพืชไว้ 3 ประการด้วยกัน คือ ประการแรก สารอาหารนั้นต้องจำเป็นต่อกระบวนการเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช ถ้าพืชขาด กระบวนการทั้งสองนี้จะไม่เกิดหรือเกิดได้ไม่สมบูรณ์ ประการที่สอง ความต้องการนั้นเป็นความต้องการที่เฉพาะเจาะจงไม่สามารถให้สารอาหารอื่นทดแทนได้ และประการที่สาม สารอาหารนั้นต้องมีผลโดยตรงต่อพืช ไม่ใช่เป็นตัวกระตุ้นให้พืชสามารถใช้ประโยชน์สารอาหารอื่น หรือเป็นตัวยับยั้งสารพิษจากสารอาหารอื่น สารอาหารที่จำเป็นต่อพืชโดยทั่วไปซึ่งเป็นที่ยอมรับกันในขณะนี้ มี 17 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิกเกิล คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) ได้จำแนกสารอาหารเหล่านี้ออกเป็นกลุ่ม ตามแหล่งที่มาและปริมาณความต้องการของพืชดังต่อไปนี้

1. สารอาหารที่จำเป็นต่อพืช ที่พืชได้จากอากาศและน้ำ ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน มักไม่ปรากฏว่าพืชขาดสารอาหารเหล่านี้
2. สารอาหารที่จำเป็นต่อพืช ที่พืชได้จากดิน จำแนกได้เป็น
 - 2.1 สารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก หรือมหธาตุ (macronutrient element) มี 6 สารอาหาร แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย กลุ่มแรกเป็นสารอาหารที่ดินมักมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม กลุ่มที่สองเป็นสารอาหารที่ดินมีเพียงพอต่อความต้องการของพืช ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน
 - 2.2 สารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณน้อย หรือจุลธาตุ (micronutrient element หรือ trace element) มี 8 สารอาหาร ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดีนัม คลอรีน และนิกเกิล

การหมุนเวียนของสารอาหาร

สารอาหารมีการเคลื่อนที่เปลี่ยนกลับไปกลับมา ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมที่ไม่มีชีวิต หมุนเวียนเป็นวัฏจักร ซึ่งการหมุนเวียนของสารอาหารที่สำคัญๆ เป็นดังนี้

คาร์บอน ออกซิเจน และไฮโดรเจน มีแหล่งสะสมในอากาศและน้ำ หมุนเวียนแลกเปลี่ยนกับพืชโดยมีอากาศเป็นตัวกลางสำคัญ ทำให้ครอบคลุมพื้นที่ในวงกว้าง มีการหมุนเวียนครบวัฏจักรอย่างรวดเร็ว สารอาหารเหล่านี้เข้าไปเป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตโดยเริ่มจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยพืชนำเอาคาร์บอน และออกซิเจน จากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมารวมกับไฮโดรเจนจากน้ำ เกิดเป็นสารประกอบน้ำตาลสะสมในพืช ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของเซลล์ และจะถูกถ่ายทอดไปยังผู้บริโภคที่เข้ามากินจนถึงผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ในที่สุด สิ่งมีชีวิตเหล่านี้โดยเฉพาะผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์จะปลดปล่อยสารอาหารเหล่านี้กลับคืนสู่บรรยากาศในกระบวนการหายใจ โดยนำเอาก๊าซออกซิเจนจากบรรยากาศมารับไฮโดรเจนกลับไปในรูปแบบของโมเลกุลน้ำ และปลดปล่อยคาร์บอน และออกซิเจนสู่บรรยากาศ ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Salisbury and Ross, 1969; Perry, 1994)

ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในดินในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) หรือ ไนเตรต (NO_3^-) ซึ่งพืชดูดน้ำเข้าไปพร้อมกับคาร์บอนเพื่อสร้างเป็นกรดอะมิโนและโปรตีนในกระบวนการ nitrogen assimilation แล้วถูกถ่ายทอดผ่านไปตามห่วงโซ่อาหารจนในที่สุดกลายเป็นซากอินทรีย์ ซึ่งจะถูกลอกซิไดส์ต่อในกระบวนการ nitrification ไปเป็นไนไตรต์ (NO_2^-) โดยแบคทีเรีย *Nitrosomonas* และจากไนไตรต์ไปเป็นไนเตรต โดยแบคทีเรีย *Nitrobacter* ตามลำดับ ซึ่งไนเตรตที่ได้นี้จะถูกพืชดูดกลับคืนไปใช้ประโยชน์อีกครั้ง อย่างไรก็ตามไนเตรตอาจถูกจุลินทรีย์บางชนิด เช่น แบคทีเรีย *Pseudomonas* เปลี่ยนให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจนในกระบวนการ denitrification สู่อากาศ ไนโตรเจนที่สูญหายออกนอกระบบบนผืนนี้ อาจได้รับกลับคืนจากการตรึงก๊าซไนโตรเจนในอากาศโดยจุลินทรีย์ที่สามารถตรึงไนโตรเจน ทั้งที่อาศัยอยู่แบบอิสระและอาศัยอยู่ร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น จากปรากฏการณ์ฟ้าผ่า และจากปุ๋ยไนโตรเจนที่มีการใส่ลงไปในระบบนิเวศบางระบบ (King, 1980)

ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมาก ซึ่งในดินมักมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช นอกจากนี้การขาดสารอาหารนี้ ยังเกิดจากการที่ฟอสฟอรัสถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำโดยเหล็กและอลูมิเนียมในสภาพที่ดินเป็นกรด และโดยแคลเซียมในดินที่มีสภาพเป็นด่าง (Salisbury and Ross, 1969; Kucera, 1978) การหมุนเวียนของฟอสฟอรัสเริ่มจากพืชดูดสารอาหารนี้ในรูป H_2PO_4^- หรือ HPO_4^{2-} ที่มาจากการผุพังของวัตถุดิบกำเนิดดินประเภทหินฟอสเฟต (phosphate rock) ฟอสฟอรัสนี้จะเข้าไปเป็นองค์ประกอบของโปรตีน และสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน ฟอสฟอรัสเคลื่อนย้ายตามห่วงโซ่อาหารจากพืชไปยังสัตว์ที่เข้ามาบริโภค ซึ่งเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สารจะทำหน้าที่ปลดปล่อยฟอสฟอรัส ออกจากซากอินทรีย์ในระหว่างการสลายให้กลับมามีอยู่ในรูป H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีกครั้ง (King, 1980)

กำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในรูปของซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ที่พืชดูดขึ้นจากดินนำไปเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ถูกส่งผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร และจะถูกปลดปล่อยกลับคืนสู่ดินในรูปเดิมเมื่อสิ่งมีชีวิตในห่วงโซ่อาหารเหล่านี้ตายลง อย่างไรก็ตามซัลเฟตไอออนอาจมีที่มาจากหลายแหล่งคือ จากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ ที่เกิดจากการถลุงแร่เหล็ก (FeS) การเผาถ่านหิน และการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง จากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่ซากอินทรีย์วัตถุถูกย่อยสลายโดยแบคทีเรียในสภาพที่ขาดก๊าซออกซิเจน ซึ่งก๊าซเหล่านี้จะรวมตัวไปกับน้ำในบรรยากาศตกลงมาในรูปของกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) แล้วแตกตัวให้ซัลเฟตไอออนอีกครั้งหนึ่ง หรือถูกเปลี่ยน

ให้อยู่ในรูปนี้โดยจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากำมะถันนี้มีการหมุนเวียนทั้งในรูปของก๊าซและสารละลาย (Salisbury and Ross, 1969)

โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม หมุนเวียนในรูปของประจุบวก (cation) ที่แตกตัวในน้ำหรือของเหลว ทั้งในดินและในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ไม่รวมตัวทางเคมีเป็นสารประกอบ (King, 1980) ยกตัวอย่างถึงการหมุนเวียนของโพแทสเซียมในป่าไอล์และป่าสนที่มีอายุเท่ากันในพื้นที่เดียวกันว่า โพแทสเซียมถูกดูดขึ้นจากดินเข้าไปในต้นไอล์ในรูปประจุบวก บางส่วนตกค้างอยู่ในใบและกิ่งที่ร่วงหล่น บางส่วนถูกส่งผ่านต่อไปยังผู้บริโภคร และกลับคืนสู่ดินเมื่อผู้บริโภคนั้นขับถ่ายหรือตายลง และเมื่อต้นไอล์นั้นตาย ผู้ย่อยสลายอินทรีย์สารจะเข้าทำลายผนังเซลล์และเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้โพแทสเซียมไอออนที่อยู่ในเซลล์ถูกชะล้างปลดปล่อยลงสู่ดิน ซึ่งอาจถูกรากของต้นไอล์ต้นอื่นๆ ดูดขึ้นไปเป็นการเริ่มต้นวัฏจักรใหม่อีกครั้ง วัฏจักรของสารอาหารเหล่านี้ไม่ครบวงจรเสียเลยทีเดียว เนื่องจากแคตไอออน (cation) อาจถูกชะล้างโดยฝนให้ไหลลงตามแหล่งน้ำต่างๆ คือ โดยปกติในแต่ละปีพืชจะดูดประจุสารอาหารเหล่านี้ไปใช้เพียงหนึ่งในสิบของประจุที่ถูกชะล้างลงแหล่งน้ำ ประจุที่สูญเสียไปนี้อาจได้รับทดแทนกลับคืนจากการผุพังของวัตถุต้นกำเนิดดิน และจากน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดิน (Ricklefs, 1982)

เหล็ก สังกะสี ทองแดง แมงกานีส โมลิบดีนัม และนิกเกิล ในสภาพปกติไม่ละลายน้ำ แต่ความสามารถในการละลายและเป็นประโยชน์ต่อพืชจะเพิ่มขึ้น เมื่อมีการรวมตัวกับโมเลกุลอินทรีย์ที่เรียกว่าคีเลต (chelate) เกิดเป็นสารประกอบที่เรียกว่าคีเลตคอมเพลกซ์ (chelate complex) โครงสร้างของคีเลตคอมเพลกซ์ ประกอบด้วยประจุของสารอาหารที่เป็นโลหะล้อมรอบด้วยโมเลกุลอินทรีย์คีเลตนี้อาจถูกปล่อยมาจากรากพืช mycorrhizae และจุลินทรีย์ต่างๆ ตัวอย่างของ chelate ได้แก่ humic acid, fulvic acid เป็นต้น พืชดูดคีเลตคอมเพลกซ์ของสารอาหารต่างๆ เหล่านี้เข้าไปใช้ในกระบวนการทางสรีรวิทยาภายใน และอาจมีการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหาร ซึ่งในที่สุดจะถูกปลดปล่อยคืนกลับลงสู่ดินเมื่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ตายลง (Perry, 1994)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในภาคสนาม
 - 1.1 กระจบะรองรับซากพืช (litter trap) ขนาด 1×1 ตารางเมตร จำนวน 25 กระจบะ
 - 1.2 ถุงตาข่ายไนล่อน (litter bag) ขนาด 50×50 ตารางเซนติเมตร มีช่องตาข่ายขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 180 ถุง
 - 1.3 ถุงกระดาษ
 - 1.4 ลวดเย็บกระดาษ
 - 1.5 ปากกาเคมี (permanent marker)
 - 1.6 ลวด

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
 - 2.1 เครื่องชั่งน้ำหนัก
 - 2.2 ตู้อบความร้อนแห้ง
 - 2.3 หลอดทดลอง
 - 2.4 บีกเกอร์ (beaker)
 - 2.5 เครื่อง CN Analyzer
 - 2.6 เครื่อง Spectrophotometer
 - 2.7 เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

วิธีการ

1. การวางแผนแปลงตัวอย่าง

วางแผนแปลงตัวอย่าง ขนาด 20×20 ตารางเมตร ในสวนป่าไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด ได้แก่ กระจดินคอย (*Acacia confusa*), จันทร์ทองใต้หวัน (*Fraxinus griffithii*), เมเปิลหอม (*Liquidambar formosana*), การบูร (*Cinnamomum camphora*) และสนหนาม (*Cunninghamia lanceolata*) ซึ่งไม้ทั้ง 5 ชนิด เริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2525 และมีระยะปลูก (spacing) 2.5×2.5 เมตร บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเลือกจากพื้นที่ที่มีการกระจายของพรรณพืชที่สม่ำเสมอ

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลในแปลงตัวอย่าง

2.1 การศึกษาปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น

ใช้กระบะรองรับซากพืช (litter trap) ขนาด 1×1 ตารางเมตร โดยมีกรอบไม้ทั้ง 4 ด้าน ด้านล่างบุด้วยตาข่ายไนลอน ส่วนด้านบนของกระบะเปิดโล่งไว้เพื่อรองรับซากพืชที่ร่วงหล่นจากด้านบน และยกกระบะให้สูงจากพื้นดินประมาณ 1 เมตร ในการศึกษาครั้งนี้ใช้กระบะทั้งหมดจำนวน 25 กระบะ โดยแบ่งเป็น 5 กระบะต่อไม้ 1 ชนิด (1 แปลง) วางกระจายทั่วพื้นที่แปลงทดลอง คือ วาง 4 กระบะใน 4 มุม โดยวางถัดเข้ามาด้านในแปลง ห่างจากมุมแปลงประมาณ 4-5 เมตร และอีกกระบะที่เหลือวางบริเวณกึ่งกลางแปลงทดลอง (ภาพที่ 6 และ 7)

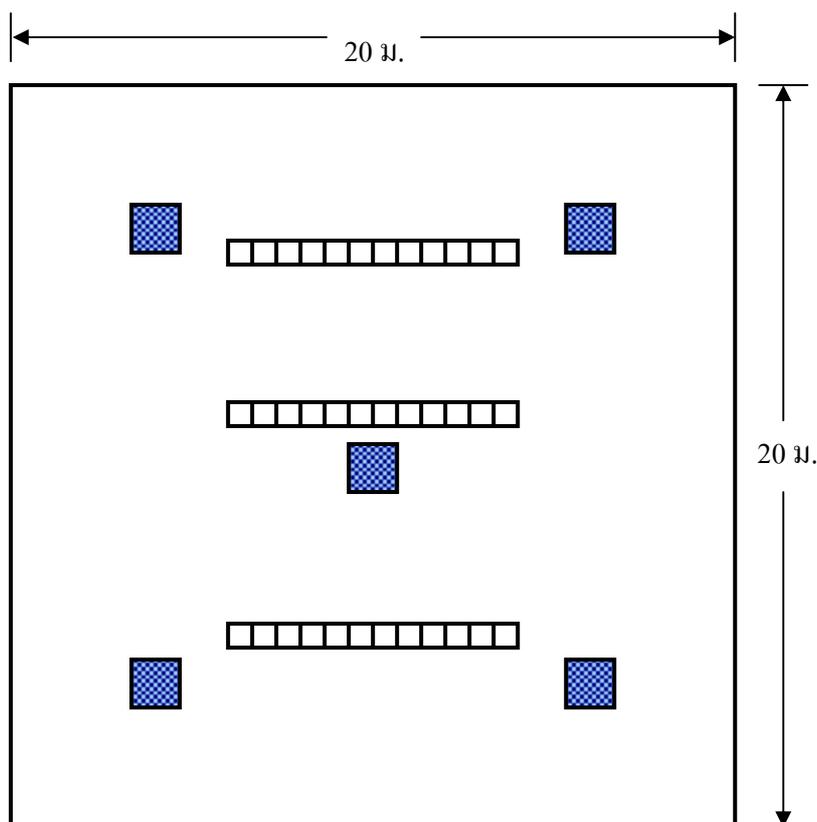
เก็บข้อมูลโดยการเก็บปริมาณของซากพืชที่ร่วงหล่นลงมาในแต่ละกระบะ ทุกๆ วันสุดท้ายของเดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 รวมเวลา 1 ปี

2.2 การศึกษาการสลายตัวของซากพืช

ทำการศึกษาในพื้นที่บริเวณเดียวกันกับการศึกษาปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น โดยทำการเลือกเก็บใบกระจดินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่มีลักษณะสมบูรณ์ที่ร่วงหล่นอยู่ในแปลงของไม้แต่ละชนิด จากนั้นทำการชั่งใบพืชแต่ละชนิดให้ได้น้ำหนักสด 50 กรัม บรรจุในถุงตาข่ายไนลอน (litter bag) ขนาด 50×50 ตารางเซนติเมตร มีช่องตาข่ายขนาด 2 มิลลิเมตร

ชนิดละ 36 ถุง แล้วเย็บปิดปากถุง นำไปวางบนพื้นป่าตามชนิดไม้ต่างๆ โดยวางถุงให้ราบกับพื้นดิน เป็น 3 แถว (3 ซ้ำ) แถวละ 12 ถุง คือ แถวแรกวางบริเวณด้านบนของแปลง แถวที่สองวางบริเวณกึ่งกลางแปลง และแถวที่สามวางบริเวณด้านล่างของแปลง แล้วใช้ลวดยึดปากถุงกับพื้นดินเพื่อป้องกันการเลื่อนไหลของถุง (ภาพที่ 6 และ 8) พร้อมทั้งให้หมายเลขกำกับแต่ละถุงเพื่อใช้สำหรับการสุ่มตัวอย่างไปตรวจวัดในแต่ละเดือน และสุ่มเก็บใบพืชแต่ละชนิดจากแปลงทดลองมาอีกหนึ่งส่วน นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักเริ่มต้นการทดลอง ทั้งนี้เพื่อวัดการสลายตัวของซากพืชที่ร่วงหล่น

เก็บข้อมูล โดยการเก็บถุงตาข่ายในลอนทุกๆ เดือน รวมทั้งสิ้น 12 เดือน โดยเก็บจากแปลงไม้ทั้ง 5 ชนิด แปลงละ 3 ถุง จากแต่ละแถว (3 ซ้ำ) ดังนั้นในแต่ละเดือนจึงเก็บถุงตาข่ายในลอนใส่ใบพืชรวมทั้งหมด 15 ถุง โดยเริ่มเก็บพร้อมกับการศึกษาปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น คือ เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 รวมเวลา 1 ปี



ภาพที่ 6 ตำแหน่งการวางกระบะรองรับซากพืช (litter trap) ทั้ง 5 กระบะ และถุงตาข่ายในลอน (litter bag) ทั้ง 36 ถุง ในแปลงไม้แต่ละชนิด



ภาพที่ 7 การวางกระบะรองรับซากพืช (litter trap) ในแปลงทดลอง



ภาพที่ 8 การวางถุงตาข่ายไนลอน (litter bag) ในแปลงทดลอง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การศึกษาปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น

นำซากพืชที่เก็บได้ จากแต่ละกระบะในแต่ละเดือนมาทำการแยกชิ้นส่วนของซากพืช ออกเป็นส่วนของ ใบ, กิ่ง, ส่วนสืบพันธุ์ (ดอก ผล เมล็ด), เปลือก และอื่นๆ (ซากพืชชนิดอื่นๆ เช่น ไม้พื้นล่างหรือซากพืชที่ปลิวมาจากแหล่งอื่น และซากแมลงรวมถึงซีแมลงต่างๆ) แล้วนำมา อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำมาชั่ง น้ำหนักแห้ง เพื่อแสดงปริมาณการร่วงหล่นในรูปของน้ำหนักแห้งของแต่ละส่วนและของซาก พืชรวมทั้งหมด จากนั้นนำตัวอย่างพืชแต่ละส่วนของไม้ทั้ง 5 ชนิดมาวิเคราะห์หาปริมาณ สารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) ที่ห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยาป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การวิเคราะห์ไนโตรเจนใช้วิธีของ Dumus หรือ dry combustion ด้วย เครื่อง CN Analyzer รุ่น CN CORDER MT-700 ส่วนฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และ แมกนีเซียม จะทำการสกัดด้วยวิธี Wet ashing ด้วยกรด $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4\text{-HClO}_4$ acid mixture ใน อัตราส่วน $\text{HNO}_3\text{:H}_2\text{SO}_4\text{:HClO}_4$ เท่ากับ 5: 1: 2 โดยทำการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Vanadomolybdate yellow color) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ wavelength 440 นาโนเมตร วิเคราะห์โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) เพื่อหาปริมาณสารอาหารที่พืชปลดปล่อยคืนสู่ดินรายปี

คำนวณหาปริมาณสารอาหารที่ได้จากอัตราการคืนกลับ (return) ลงสู่ดินของซากพืชที่ ร่วงหล่นของไม้แต่ละชนิด ได้จากสูตร

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหาร} \\ \text{ในซากพืชที่เป็นใบ} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{ผลผลิตซากพืชที่เป็นใบ} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{ความเข้มข้นของสารอาหารใน} \\ \text{ซากพืชที่เป็นใบ (ร้อยละ)} \end{array} \right]}{100}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหาร} \\ \text{ในซากพืชที่เป็นกิ่ง} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{ผลผลิตซากพืชที่เป็นกิ่ง} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{ความเข้มข้นของสารอาหารใน} \\ \text{ซากพืชที่เป็นกิ่ง (ร้อยละ)} \end{array} \right]}{100}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหาร} \\ \text{ในซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{ผลผลิตซากพืชที่เป็นส่วน} \\ \text{สับพันธุ์ (กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{ความเข้มข้นของสารอาหารในซาก} \\ \text{พืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์ (ร้อยละ)} \end{array} \right]}{100}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหาร} \\ \text{ในซากพืชที่เป็นเปลือก} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{ผลผลิตซากพืชที่เป็นเปลือก} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{ความเข้มข้นของสารอาหารใน} \\ \text{ซากพืชที่เป็นเปลือก (ร้อยละ)} \end{array} \right]}{100}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหาร} \\ \text{ในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ} \\ \text{(กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{ผลผลิตซากพืชที่เป็นส่วน} \\ \text{อื่นๆ (กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{ความเข้มข้นของสารอาหารใน} \\ \text{ซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ (ร้อยละ)} \end{array} \right]}{100}$$

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหาร} \\ \text{ในซากพืชรวม (กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{ผลรวมของอัตราการคืนกลับของสารอาหารในซากพืชที่เป็น} \\ \text{ใบ, กิ่ง, ส่วนสับพันธุ์, เปลือก และอื่นๆ (กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right]$$

คำนวณหาปริมาณสารอาหารที่ได้จากอัตราการปลดปล่อย (release) จากการสลายตัวของซากพืชต่อปีของไม้แต่ละชนิด ได้จากสูตร

$$\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการปลดปล่อยสารอาหาร} \\ \text{คืนสู่ดิน (กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] = \frac{\left[\begin{array}{l} \text{อัตราการคืนกลับของสารอาหารใน} \\ \text{ซากพืชรวม (กิโลกรัม/เฮกเตอร์/ปี)} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{l} \text{อัตราการสลายตัว} \\ \text{รายปี (ร้อยละ)} \end{array} \right]}{100}$$

3.2 การศึกษาการสลายตัวของซากพืช

นำซากพืชที่อยู่ในถุงตาข่ายไนลอนไปล้างเศษดินที่ติดอยู่กับซากออกจนหมด ผึ่งซากให้แห้ง (air dried) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักแห้งของซากไบที่เหลืออยู่ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เช่นเดียวกับการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช

การศึกษาอัตราการสลายตัวของซากพืชแต่ละเดือน คิดเป็นร้อยละ โดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของซากพืชแต่ละถุงเมื่อเริ่มวางทิ้งไว้ ลบด้วยน้ำหนักแห้งของซากพืชแต่ละถุงที่เก็บในแต่ละเดือนหารด้วยน้ำหนักของซากพืชแต่ละถุงเมื่อเริ่มวางทิ้งไว้ คูณด้วย 100 ส่วนค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) คำนวณได้จากสมการของ Olson (1963) ดังนี้

$$x/x_0 = e^{-kt}$$

$$k = -[\ln(x/x_0)]/t$$

เมื่อ x_0 คือ น้ำหนักแห้งของซากใบพืชเมื่อเริ่มสลายตัว
 x คือ น้ำหนักแห้งของซากที่เวลา t
 t คือ เวลาที่ใช้ในการสลายซึ่งนิยมใช้เป็นปี

ในการวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของซากใบพืชที่สูญหายไปในแต่ละเดือน ในแต่ละซ้ำที่ทำการศึกษา ตามวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

4. สถานที่ทำการศึกษา

4.1 ลักษณะที่ตั้ง

สถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีที่ตั้งอยู่บริเวณคอกอ่างขาง ประมาณเส้นรุ้งที่ $19^{\circ}50'$ ถึง $19^{\circ}57'$ เหนือ และเส้นแวงที่ $99^{\circ}01'$ ถึง $99^{\circ}03'$ ตะวันออก อยู่ในเขตตำบลม่อนปิ่น อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ห่างจากตัวอำเภอฝางไปทางทิศตะวันตกประมาณ 25 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ต่างๆ ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	ห้วยซ่าน บ้านหนองบัว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
ทิศใต้	ติดต่อกับ	ห้วยหมาตาย บ้านแม่งอนน้อย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	คอยงู อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	สาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพเมียนมาร์

4.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่บริเวณดอยอ่างขาง มีลักษณะเป็นแอ่งรูปรีคล้ายกระทะ ประกอบด้วยเขาหินปูน และเขาหินดินดาน ทอดตัวตามแนวเหนือใต้ขนานกัน แนวดังกล่าวมาบรรจบกันทางทิศเหนือ และได้เกิดเป็นอ่างหรือกระทะขึ้น เทือกเขาหินปูนจะกั้นเขตแดนระหว่างประเทศไทย และสาธารณรัฐสังคมนิยมแห่งสหภาพเมียนมาร์ จากหัวอ่างถึงท้ายอ่าง ยาวประมาณ 8 กิโลเมตร และกว้างประมาณ 1-3 กิโลเมตร ภายในอ่างจะมีพื้นที่ค่อนข้างราบ ตอนกลางมีหลุมยุบตัว (sink hole) ขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่ 5-30 เมตร กว้างและลึก 4-20 เมตร มีเขาหินปูนที่ถูกกัดกร่อนไปมากแล้วปรากฏให้เห็นเป็นลูกเล็ก ๆ ทั่วไป ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศแบบคาสต์ (Karst topography) ความลาดชันของพื้นที่ไหล่เขาสองด้านส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 35-55 เปอร์เซ็นต์ ยอดเขาที่สูงที่สุดของเทือกเขาอ่างขาง สูงประมาณ 1,800 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ส่วนพื้นที่ราบของอ่างขางสูงประมาณ 1,400 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง สภาพพื้นที่มีทิศด้านลาดไปทางทิศใต้ (บุญยงค์, 2523)

4.3 ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยา ประกอบด้วยกลุ่มหินตะนาวศรี ชุดแก่งกระเจาน ที่มีอายุระหว่างยุคดีโวเนียน (Devonian) ถึงคาร์บอนิเฟอรัสตอนล่าง (Lower carboniferous) หินชุดนี้มีทั้งประเภทที่เป็น argillaceous sediments ประกอบด้วยหินดินโคลน (mudstone) และหินดินดาน (shale) มีสีเทาดำ น้ำตาล และประเภทที่เป็น arenaceous sediments ประกอบด้วย หินทราย (sandstone) และควอร์ตไซต์ (quartzite) และหินแกรนิต (graywacke) มีสีเทาจนถึงดำ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2525)

4.4 ลักษณะทางปฐพีวิทยา

ลักษณะดินบริเวณดอยอ่างขางประกอบด้วยกลุ่มดิน 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มดินที่สร้างตัวมาจากการผุพังของหินดินดาน หินทรายแป้ง หรืออาจมีบางส่วนของหินแปรปะปนอยู่บ้าง จะพบอยู่ทางทิศตะวันออกเป็นส่วนใหญ่ จำแนกดินตามอนุกรมวิธานดิน (Soil Taxonomy) ซึ่งเป็นระบบการจำแนกดินของกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาปี ค.ศ. 1975 เป็นกลุ่มดินย่อย Typic Palehumults ชุดดินบ้านหลวง (Ban Luang Series) หรือกลุ่มดินหลัก Reddish Brown Lateritic Soils ตามระบบการจำแนกดินแบบเก่า เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว อินทรีย์วัตถุสูงมาก ส่วนดินอีกกลุ่มเกิดจากการผุพังสลายตัวอยู่กับที่ของหินดินดาน หินปูน และอาจมีหินทรายแป้งปะปนอยู่ด้วย

จัดเป็นชุดดินอ่างขาง (Angkhang Series) กลุ่มดินย่อย Rhodic Paleudalfs หรือ กลุ่มดินหลัก Red Brown Earths ตามระบบการจำแนกดินแบบเก่า เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียวถึงดินเหนียวปนทรายแป้ง อินทรีย์วัตถุสูงมาก (บุญยงค์, 2523)

4.5 ลักษณะพืชพรรณ

สภาพป่าโดยทั่วไปถูกทำลายเป็นป่าเสื่อมโทรม ในปัจจุบันเป็นขั้นของการทดแทน ซึ่งได้จากการที่มีไม้เบิกนำ เช่น สาบหมา (*Eupatorium adenophorum* Spreng.) และพรรณไม้ในวงศ์ทานตะวัน (Asteraceae) อีกหลายชนิด ในอีกหลายพื้นที่ได้มีการปลูกป่าทดแทน และในพื้นที่ดั้งเดิมที่ไม่ค่อยถูกบุกรุกมาก สภาพป่าจะเป็นป่าดิบเขา ซึ่งทราบได้จากการที่มีไม้วงศ์ Fagaceae และมีต้นกำลังเสือโคร่ง (*Betula alnoides* Buch. Ham.) จำนวนมากซึ่งเป็นไม้ดัชนีของป่าดิบเขา ในบริเวณบนยอดเขาสูงจะพบพรรณไม้พวกไม้วงศ์ Fagaceae, Rosaceae และ Theaceae ส่วนพื้นที่ที่เปิดโล่งจะพบพรรณไม้วงศ์ Asteraceae และ Poaceae นอกจากนี้ยังพบ พรรณไม้เฉพาะถิ่น (endemic species) และพรรณไม้หายากหลายชนิด (rare species) ได้แก่ เสวตามร (*Dicellostyles zizyphifolia* (Griff) Phuphathanaphong) มังคี่หนู (*Docynia indica* (Wall.) Decne.) นางพญาเสือโคร่ง (*Prunus cerasoides* D. Don) เหยื่อจิง (*Impatiens kerrii* Craib) เจ้าแตรวง (*Oprimulinum* Bak. Var. *burmanicum*) มณฑาป่า (*Manglietia garrettii* Craib) แก้วมหาวัน (*Michelia floribunda* Fin. & Gagnep.) และ กุหลาบพันปี (*Rhododendron arboreum* Smith) เป็นต้น

4.6 ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณคอกอ่างขาง จัดอยู่ในประเภท temperate rainy climate: Cwb ตามระบบ Köppen-Geiger-Pohl System กล่าวคือ มีสภาพภูมิอากาศอบอุ่นและแห้งแล้งในฤดูหนาว อุณหภูมิเฉลี่ย 9.10 ถึง 25.90 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 17.50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 30.10 องศาเซลเซียสในเดือนเมษายน และอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 1.20 องศาเซลเซียสในเดือนมกราคม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,151.60 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายของฝนค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดปี โดยมีฝนตกชุกในเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน เหตุที่คอกอ่างขางมีปริมาณน้ำฝนสูงเนื่องมาจากคอกอ่างขางอยู่ในระดับสูง ท้องฟ้ามักปกคลุมด้วยเมฆและหมอกอยู่ตลอดเวลาโดยเฉพาะฤดูหนาว ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเฉลี่ย 65.90 เปอร์เซ็นต์ อากาศค่อนข้างชื้นอยู่ตลอดปี

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ จากสถานีตรวจวัดอากาศมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา (พฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2548) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2548 จากสถานีตรวจวัดอากาศมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง

เดือน ปี	ปริมาณน้ำฝน	อุณหภูมิเฉลี่ย	ความชื้นสัมพัทธ์
	รายเดือน (มม.)	รายเดือน (°C)	เฉลี่ยรายเดือน (%)
พ.ย. 2547	41.00	16.15	87.90
ธ.ค. 2547	0.00	11.90	63.90
ม.ค. 2548	0.00	13.45	90.65
ก.พ. 2548	0.00	16.65	89.40
มี.ค. 2548	45.30	18.00	79.25
เม.ย. 2548	43.20	20.65	85.52
พ.ค. 2548	160.90	21.10	86.60
มิ.ย. 2548	327.20	21.35	84.40
ก.ค. 2548	265.80	21.35	86.15
ส.ค. 2548	283.70	20.80	86.45
ก.ย. 2548	767.30	20.30	89.30
ต.ค. 2548	180.20	18.80	91.90

ผลและวิจารณ์

ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช

จากการศึกษาถึงการร่วงหล่นและปริมาณสารอาหารของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น ณ คอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. อัตราการร่วงหล่นของซากพืช

รายละเอียดปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชและส่วนต่างๆ ของซากพืชของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวั่น, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน แสดงในตารางที่ 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ และภาพที่ 9, 10 และ 11 ซึ่งพบว่า เมเปิลหอมมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชสูงสุด ประมาณ 7.5262 ตันต่อเฮกเตอร์ รองลงมาคือ กระถินคอย ประมาณ 6.9887 ตันต่อเฮกเตอร์ จันทร์ทองใต้หวั่น ประมาณ 6.0760 ตันต่อเฮกเตอร์ การบูร ประมาณ 5.2686 ตันต่อเฮกเตอร์ และสนหนาม ประมาณ 3.5584 ตันต่อเฮกเตอร์

เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตของซากพืชจากแหล่งต่างๆ ของโลกที่มีการรวบรวมไว้โดย Bray and Gorham (1964) พบว่า ในป่า Equatorial forest จะมีปริมาณซากพืชเฉลี่ย 10.72 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ป่า Warm Temperate forest จะมีปริมาณซากพืชเฉลี่ย 5.19 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี ป่า Cool Temperate forest จะมีปริมาณเฉลี่ย 3.30 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี จากที่กล่าวมาแล้วนั้น จะพบว่าสวนป่าเมเปิลหอม, กระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวั่น, และการบูร มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชอยู่ระหว่างป่า Equatorial forest กับป่า Warm Temperate forest และสนหนาม มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชใกล้เคียงกับป่า Cool Temperate forest และเมื่อเปรียบเทียบกับป่าชนิดอื่น (ตารางที่ 7) พบว่า ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในสวนป่าเมเปิลหอม มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าดิบแล้ง บริเวณเขื่อนน้ำพรม จังหวัดชัยภูมิ คือ ประมาณ 7.62 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (บัวเรศ และคณะ, 2523) ป่าดิบแล้ง สะแกราช จังหวัดนครราชสีมา คือ ประมาณ 7.71 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (เกษม และ สามัคคี, 2523) และป่าดิบเขาที่ห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ คือ ประมาณ 7.90 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี (วัลลภ, 2512) ในสวนป่ากระถินคอย พบว่า มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชใกล้เคียงกับป่าดิบเขาห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ คือ ประมาณ 6.88 ตันต่อเฮกเตอร์ต่อปี

(สามัคคี และ ชุมพล, 2517) และป่าดิบแล้งสังคมกึ่งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า จังหวัดนครราชสีมา คือ ประมาณ 6.80 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี (Bunyavejchewin, 1997) ในสวนป่าจันทร์ทองไต้หวัน มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชใกล้เคียงกับระบบวนเกษตรแบบสวนบ้าน อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี คือ ประมาณ 5.68 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี (ประพันธ์, 2537) ในสวนป่าการบูร มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชใกล้เคียงกับในป่าไผ่รวก หินลับ จังหวัดกาญจนบุรี คือ ประมาณ 4.81 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี (บุญวงศ์ และคณะ, 2521) และในสวนยางพารา อำเภอโป่งแรด จังหวัดระยอง คือ ประมาณ 4.86 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี (ประสิทธิ์, 2533) และในสวนป่าสนหนาม พบว่ามีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่น้อยที่สุด เมื่อเทียบกับปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะในป่าดิบชื้น อำเภอเขาช่อง จังหวัดตรัง (Kira *et al.*, 1967) ซึ่งมีปริมาณการร่วงหล่นสูงถึง 23.22 ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี เนื่องจากในป่าดิบชื้นมีความหลากหลายของชนิดพรรณพืช รวมถึงปริมาณมวลชีวภาพที่สูงกว่าป่าชนิดอื่น ทำให้ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชสูงตามไปด้วย

ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชของป่าแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ ชนิดพืช ความหนาแน่นของต้นไม้ ฯลฯ โดย Klinge (1974) กล่าวว่า ใบของต้นไม้ในป่าร้อนชื้นจะร่วงหล่นตลอดทั้งปี และจะมีอัตราการร่วงหล่นสูงสุดในระหว่างฤดูแล้งและฤดูร้อนระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ คือ เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชรายเดือน จะพบว่า ไม้ทั้ง 5 ชนิด มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากที่สุดในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) และน้อยที่สุดในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) ซึ่งสาเหตุที่ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากที่สุด อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาดังกล่าวมีสภาพอากาศที่ค่อนข้างแห้งแล้ง ไม่มีฝนตกหรือมีปริมาณฝนตกน้อยมาก ความชื้นในอากาศต่ำ ทำให้ต้นไม้ขาดน้ำ จึงจำเป็นต้องทิ้งใบเพื่อลดการคายน้ำ ซึ่งการคายน้ำของต้นไม้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ กล่าวคือ ถ้าอากาศร้อน ความชื้นต่ำ ลมพัดแรง พืชก็จะคายน้ำมาก และสาเหตุที่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่น้อย เนื่องจากระยะนี้อยู่ในช่วงฤดูฝน สภาพอากาศค่อนข้างชุ่มชื้น ฝนตกชุก โดยเฉพาะในเดือนกันยายน มีปริมาณฝนตกเฉลี่ย 767.30 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์สูงเฉลี่ยประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ยปานกลาง ทำให้มีปริมาณน้ำเพียงพอกับการเติบโตของต้นไม้ ประกอบกับต้นไม้มีการคายน้ำลดลง ต้นไม้จึงไม่ต้องทิ้งใบลงเพื่อลดการคายน้ำ และเป็นระยะที่ต้นไม้พยายามสร้างใบใหม่ขึ้นมาทดแทนส่วนที่สูญเสียไปในฤดูร้อน ใบส่วนใหญ่จึงเป็นใบใหม่ ยังเขียวอยู่ ดังนั้นใบที่จะร่วงหล่นลงมาในระยะนี้จึงมีเฉพาะใบที่หมดอายุ และใบที่เป็นโรคหรือถูกแมลงทำลายเท่านั้น ซึ่งก็มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ทำให้มีปริมาณการร่วงหล่นในระยะนี้น้อยด้วย

ตารางที่ 2 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของกระถินดอย ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	น้ำหนักแห้งที่ร่วงหล่น (ตัน/เฮกแตร์)					รวม	ร้อยละของการร่วงหล่นรายปี
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ		
1 (พ.ย. 47)	0.5912	0.0516	-	0.0083	0.0403	0.6914	9.89
2 (ธ.ค. 47)	0.3716	0.0451	-	0.0233	0.0172	0.4572	6.54
3 (ม.ค. 48)	0.4954	0.1001	-	0.0249	0.0362	0.6566	9.40
4 (ก.พ. 48)	0.5080	0.2444	0.0011	0.0344	0.0495	0.8374	11.98
5 (มี.ค. 48)	0.4806	0.0891	0.0020	0.0083	0.0203	0.6002	8.59
6 (เม.ย. 48)	0.6887	0.4544	0.0390	0.0620	0.0439	1.2879	18.43
7 (พ.ค. 48)	0.2961	0.0337	0.0016	0.0417	0.0107	0.3837	5.49
8 (มี.ย. 48)	0.1533	0.0572	0.0004	0.0350	0.0086	0.2545	3.64
9 (ก.ค. 48)	0.3440	0.1349	0.0013	0.0288	0.0140	0.5230	7.48
10 (ส.ค. 48)	0.1738	0.2058	0.0026	0.0174	0.0067	0.4063	5.81
11 (ก.ย. 48)	0.3170	0.1131	0.0010	0.0343	0.0113	0.4767	6.82
12 (ต.ค. 48)	0.3535	0.0282	0.0009	0.0182	0.0130	0.4138	5.92
รวม	4.7732	1.5576	0.0498	0.3366	0.2718	6.9889	100.00
เฉลี่ย	0.3978	0.1298	0.0042	0.0280	0.0226	0.5824	-
ร้อยละของแต่ละองค์ประกอบ	68.30	22.29	0.71	4.82	3.89	100.00	-

ตารางที่ 3 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของจันทร์ทองใต้ห้วน ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	น้ำหนักแห้งที่ร่วงหล่น (ตัน/เฮกเตอร์)					รวม	ร้อยละของการร่วงหล่นรายปี
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ		
1 (พ.ย. 47)	0.3237	0.0512	0.0026	0.0083	0.0513	0.4372	7.20
2 (ธ.ค. 47)	0.2881	0.0468	0.0029	0.0178	0.0348	0.3904	6.43
3 (ม.ค. 48)	0.4755	0.0762	0.0037	0.0353	0.0641	0.6548	10.78
4 (ก.พ. 48)	1.2356	0.1407	0.0089	0.0381	0.0766	1.4999	24.69
5 (มี.ค. 48)	0.9263	0.1567	0.0102	0.0110	0.0515	1.1557	19.02
6 (เม.ย. 48)	0.3170	0.1456	0.0072	0.0097	0.0576	0.5371	8.84
7 (พ.ค. 48)	0.1249	0.0208	0.0071	0.0096	0.0276	0.1900	3.13
8 (มี.ย. 48)	0.0963	0.0298	0.0088	0.0132	0.0163	0.1644	2.71
9 (ก.ค. 48)	0.1776	0.0543	0.0103	0.0182	0.0320	0.2924	4.81
10 (ส.ค. 48)	0.1445	0.0485	0.0164	0.0146	0.0175	0.2414	3.97
11 (ก.ย. 48)	0.1544	0.0372	0.0365	0.0220	0.0294	0.2795	4.60
12 (ต.ค. 48)	0.1471	0.0202	0.0195	0.0111	0.0354	0.2332	3.84
รวม	4.4109	0.8280	0.1342	0.2089	0.4940	6.0760	100.00
เฉลี่ย	0.3676	0.0690	0.0112	0.0174	0.0412	0.5063	-
ร้อยละของแต่ละองค์ประกอบ	72.60	13.63	2.21	3.44	8.13	100.00	-

ตารางที่ 4 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของเมเปิลหอม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

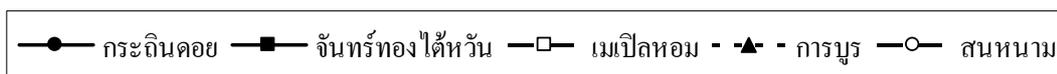
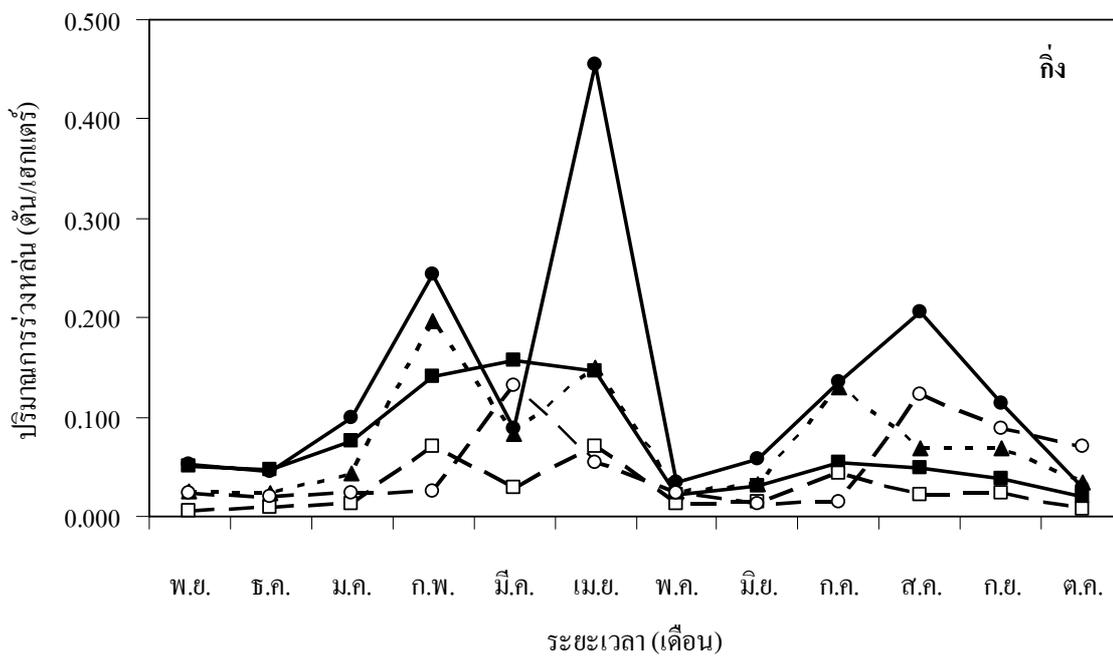
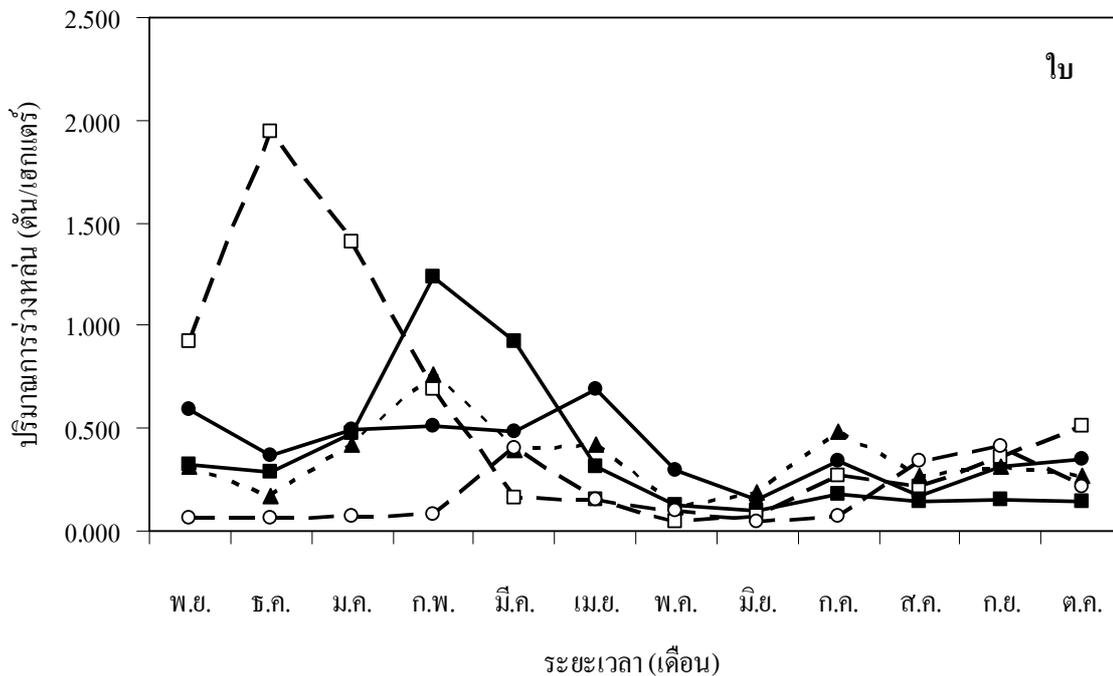
เดือน	น้ำหนักแห้งที่ร่วงหล่น (ตัน/เฮกแตร์)					รวม	ร้อยละของการร่วงหล่นรายปี
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ		
1 (พ.ย. 47)	0.9224	0.0062	-	0.0441	0.0161	0.9887	13.14
2 (ธ.ค. 47)	1.9462	0.0089	-	0.0468	0.0083	2.0102	26.71
3 (ม.ค. 48)	1.4044	0.0124	-	0.0628	0.0263	1.5059	20.01
4 (ก.พ. 48)	0.6856	0.0706	-	0.0074	0.0730	0.8366	11.12
5 (มี.ค. 48)	0.1575	0.0294	-	0.0013	0.0364	0.2246	2.98
6 (เม.ย. 48)	0.1487	0.0701	0.0008	0.0202	0.0262	0.2661	3.54
7 (พ.ค. 48)	0.0477	0.0126	-	0.0023	0.0077	0.0703	0.93
8 (มิ.ย. 48)	0.0674	0.0151	0.0021	0.0010	0.0086	0.0942	1.25
9 (ก.ค. 48)	0.2728	0.0427	0.0043	-	0.0147	0.3344	4.44
10 (ส.ค. 48)	0.2113	0.0220	0.0047	-	0.0092	0.2471	3.28
11 (ก.ย. 48)	0.3600	0.0239	-	0.0120	0.0071	0.4030	5.36
12 (ต.ค. 48)	0.5122	0.0079	-	0.0097	0.0153	0.5451	7.24
รวม	6.7362	0.3219	0.0119	0.2076	0.2489	7.5263	100.00
เฉลี่ย	0.5613	0.0268	0.0010	0.0173	0.0207	0.6272	-
ร้อยละของแต่ละองค์ประกอบ	89.50	4.28	0.16	2.76	3.31	100.00	-

ตารางที่ 5 นำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของการบูร ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

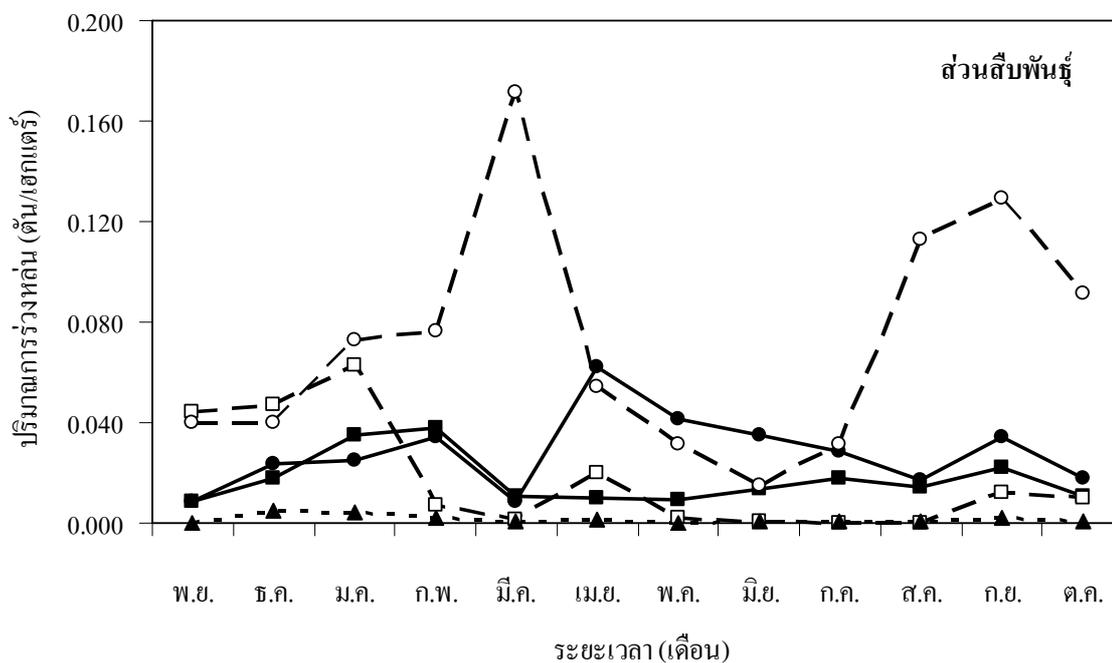
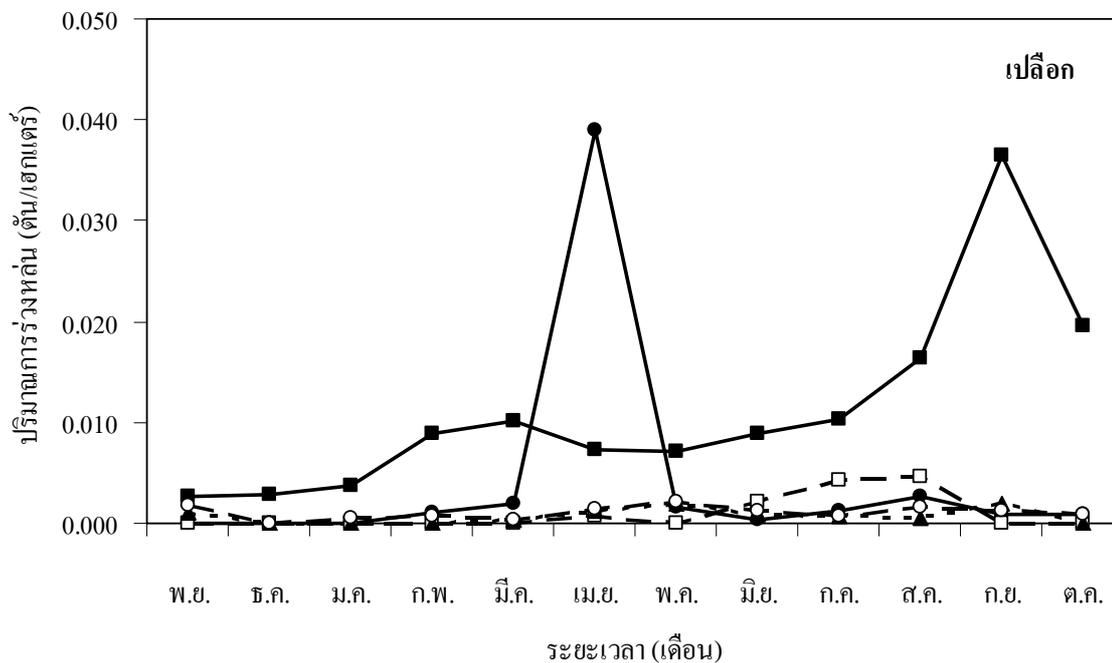
เดือน	น้ำหนักแห้งที่ร่วงหล่น (ตัน/เฮกแตร์)					รวม	ร้อยละของการร่วงหล่นรายปี
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ		
1 (พ.ย. 47)	0.3118	0.0261	0.0010	-	0.0268	0.3657	6.94
2 (ธ.ค. 47)	0.1693	0.0230	-	0.0049	0.0119	0.2091	3.97
3 (ม.ค. 48)	0.4196	0.0437	-	0.0045	0.0259	0.4937	9.37
4 (ก.พ. 48)	0.7628	0.1970	-	0.0020	0.0203	0.9822	18.64
5 (มี.ค. 48)	0.3921	0.0835	0.0003	0.0007	0.0107	0.4872	9.25
6 (เม.ย. 48)	0.4183	0.1496	0.0012	0.0014	0.0379	0.6084	11.55
7 (พ.ค. 48)	0.1182	0.0248	0.0019	-	0.0068	0.1516	2.88
8 (มี.ย. 48)	0.1909	0.0319	0.0009	0.0007	0.0068	0.2311	4.39
9 (ก.ค. 48)	0.4848	0.1304	0.0007	0.0005	0.0137	0.6301	11.96
10 (ส.ค. 48)	0.2668	0.0685	0.0006	0.0010	0.0106	0.3475	6.60
11 (ก.ย. 48)	0.3168	0.0687	0.0020	0.0019	0.0350	0.4245	8.06
12 (ต.ค. 48)	0.2679	0.0340	-	0.0009	0.0347	0.3375	6.40
รวม	4.1194	0.8812	0.0085	0.0183	0.2413	5.2687	100.00
เฉลี่ย	0.3433	0.0734	0.0007	0.0015	0.0201	0.4391	-
ร้อยละของแต่ละองค์ประกอบ	78.19	16.73	0.16	0.35	4.58	100.00	-

ตารางที่ 6 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	น้ำหนักแห้งที่ร่วงหล่น (ตัน/เฮกเตอร์)					รวม	ร้อยละของการร่วงหล่นรายปี
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ		
1 (พ.ย. 47)	0.0670	0.0241	0.0017	0.0402	0.0049	0.1380	3.88
2 (ธ.ค. 47)	0.0633	0.0199	-	0.0403	0.0021	0.1255	3.53
3 (ม.ค. 48)	0.0730	0.0241	0.0006	0.0730	0.0026	0.1733	4.87
4 (ก.พ. 48)	0.0844	0.0254	0.0008	0.0761	0.0062	0.1930	5.42
5 (มี.ค. 48)	0.4025	0.1310	0.0004	0.1714	0.0036	0.7088	19.92
6 (เม.ย. 48)	0.1514	0.0533	0.0014	0.0540	0.0039	0.2640	7.42
7 (พ.ค. 48)	0.1010	0.0243	0.0022	0.0311	0.0031	0.1618	4.55
8 (มี.ย. 48)	0.0489	0.0122	0.0013	0.0148	0.0026	0.0798	2.24
9 (ก.ค. 48)	0.0685	0.0143	0.0007	0.0313	0.0083	0.1230	3.46
10 (ส.ค. 48)	0.3370	0.1219	0.0017	0.1132	0.0044	0.5781	16.25
11 (ก.ย. 48)	0.4143	0.0881	0.0012	0.1291	0.0046	0.6373	17.91
12 (ต.ค. 48)	0.2117	0.0703	0.0008	0.0912	0.0017	0.3758	10.56
รวม	2.0230	0.6088	0.0127	0.8656	0.0482	3.5584	100.00
เฉลี่ย	0.1686	0.0507	0.0011	0.0721	0.0040	0.2965	-
ร้อยละของแต่ละองค์ประกอบ	56.85	17.11	0.36	24.33	1.35	100.00	-

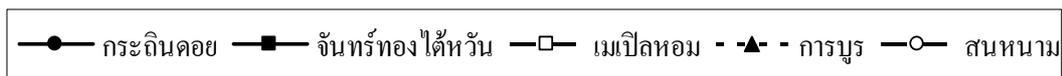
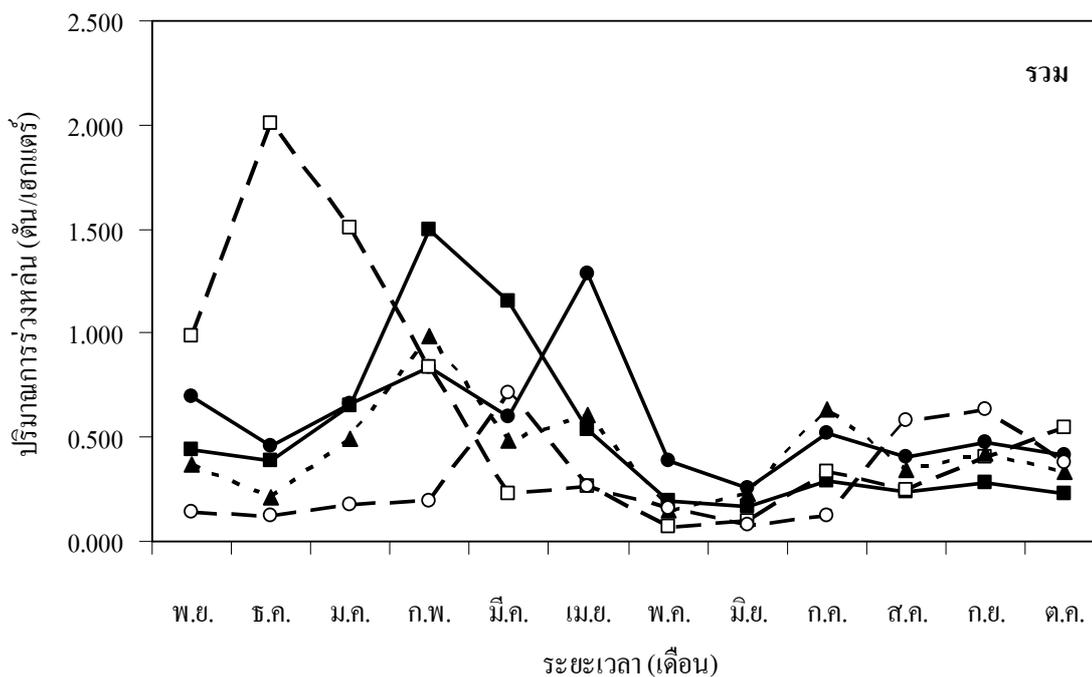
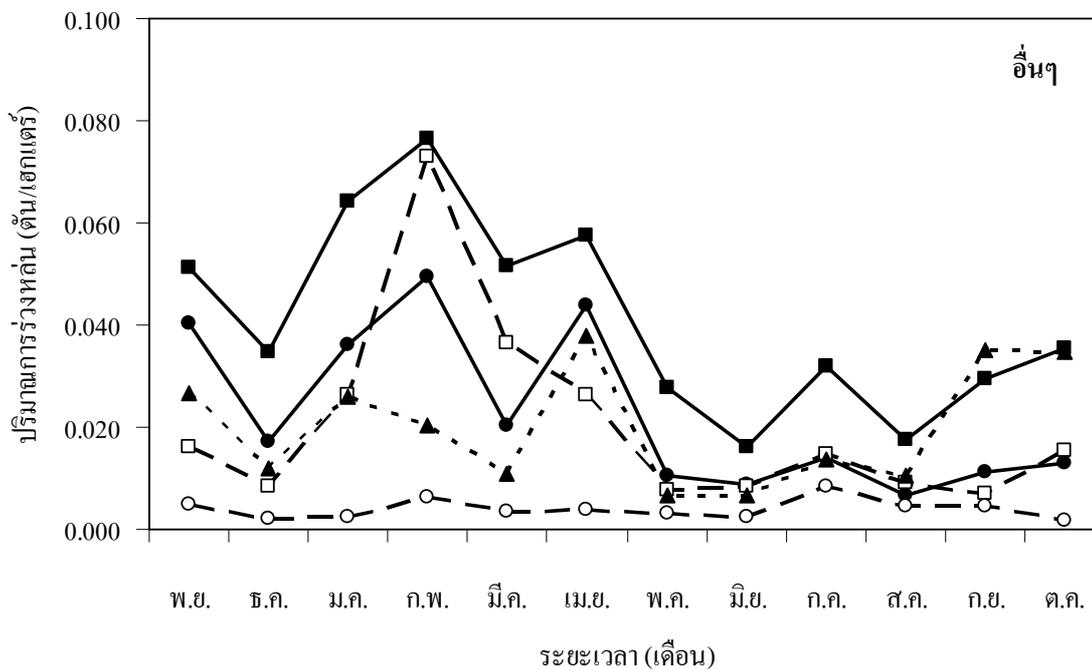


ภาพที่ 9 ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่เป็นใบและกิ่ง ของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน



● กระถินคอย ■ จันทร์ทองใต้หวัน □ เมเปิลหอม ▲ การบูร ○ สนหนาม

ภาพที่ 10 ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่เป็นเปลือกและส่วนสีบพันธุ์ ของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน



ภาพที่ 11 ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ และซากพืชรวม ของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน

ตารางที่ 7 ปริมาณผลผลิตของซากพืชในป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทย

ชนิดของสังคมพืช	พื้นที่ที่ศึกษา	ผลผลิตซากพืช (ตัน/เฮกแตร์/ปี)	เอกสารอ้างอิง
กระถินคอย	คอยอ่างขาง จ.เชียงใหม่	6.99	การศึกษาครั้งนี้
จันทร์ทองใต้หวั่น	คอยอ่างขาง จ.เชียงใหม่	6.08	การศึกษาครั้งนี้
เมเปิลหอม	คอยอ่างขาง จ.เชียงใหม่	7.53	การศึกษาครั้งนี้
การบูร	คอยอ่างขาง จ.เชียงใหม่	5.27	การศึกษาครั้งนี้
สนหนาม	คอยอ่างขาง จ.เชียงใหม่	3.56	การศึกษาครั้งนี้
ป่าดิบเขา	ห้วยคอกม้า จ.เชียงใหม่	6.88	สามัคคี และ ชุมพล (2517)
ป่าดิบเขา	ห้วยคอกม้า จ.เชียงใหม่	7.90	วัลลภ (2512)
ป่าดิบแล้ง	สระเกล้า จ.นครราชสีมา		
	- ตั้งคมตะเคียนหิน	6.40	Bunyavejchewin (1997)
	- ตั้งคมเคี่ยมคะนอง	6.80	Bunyavejchewin (1997)
ป่าดิบแล้ง	เขื่อนน้ำพรม จ.ชัยภูมิ	7.62	บัวเรศ และคณะ (2523)
ป่าดิบแล้ง	สระเกล้า จ.นครราชสีมา	7.71	เกษม และ สามัคคี (2523)
ป่าดิบแล้ง	สระเกล้า จ.นครราชสีมา	8.17	ธีรวง (2527)
ป่าดิบแล้ง	ห้วยหินลาด จ.ระยอง	9.39	ทรงธรรม (2532)
ป่าดิบชื้น	เขาช่อง จ.ตรัง	23.22	Kira <i>et al.</i> (1967)
ป่าเต็งรัง	สระเกล้า จ.นครราชสีมา	4.67	ศิริวัฒน์ (2519)
ป่าผสม	ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	11.56	ประเดิมชัย และ สมาน (2528)
ป่าชายเลน	ป่าชายเลน จ.ระนอง	8.92	บำรุง (2526)
ป่าเบญจพรรณที่มีไม้สัก	อ.งาว จ.ลำปาง	7.92	บุญวงศ์ และคณะ (2521)
สวนป่าสัก อายุ 8 ปี	อ.งาว จ.ลำปาง	11.65	สนิท และคณะ (2515)
สวนป่าสนเขา อายุ 12 ปี	อ.สอด จ.เชียงใหม่	11.35	บุญวงศ์ และคณะ (2521)
ป่าแดง	ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	12.65	ประเดิมชัย และ สมาน (2528)
ป่าไผ่	ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี	13.19	ประเดิมชัย และ สมาน (2528)
ป่าไผ่รวก	หินลับ จ.กาญจนบุรี	4.81	บุญวงศ์ และคณะ (2521)
สวนยางพารา	อ.โป่งแรด จ.ระยอง	4.86	ประสิทธิ์ (2533)
ระบบวนเกษตรแบบ	อ.เมือง จ.นนทบุรี	5.68	ประพันธ์ (2537)
สวนบ้าน			

2. องค์ประกอบของซากพืช

2.1 กระจินคอย

2.1.1 ปริมาณซากพืชที่เป็นใบ

ซากพืชที่เป็นใบ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.6887 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนเมษายน และน้อยที่สุดประมาณ 0.1533 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมิถุนายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นใบรวมทั้งสิ้นประมาณ 4.7732 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.3978 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 68.30 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.1.2 ปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่ง

ซากพืชที่เป็นกิ่ง พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.4544 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนเมษายน และน้อยที่สุดประมาณ 0.0282 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนตุลาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 1.5576 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.1298 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 22.29 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.1.3 ปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือก

ซากพืชที่เป็นเปลือก พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0390 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนเมษายน และไม่พบซากพืชที่เป็นเปลือกเลยในเดือนพฤศจิกายน, ธันวาคม และมกราคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือกรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.0498 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0042 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 0.71 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.1.4 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์

ซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0620 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนเมษายน และน้อยที่สุดประมาณ 0.0083 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤศจิกายน และมี

ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ้รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.3366 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0280 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 4.82 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.1.5 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ

ซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0495 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.0067 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนสิงหาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.2718 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0226 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 3.89 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.1.6 ปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมด

กระถินคอย พบว่า มีปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมดประมาณ 6.9889 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.5824 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีมากที่สุดในเดือนเมษายน ประมาณ 1.2879 ต้นต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 18.43 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน ประมาณ 0.2545 ต้นต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 3.64 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี สำหรับอัตราส่วนของส่วนต่างๆ ของซากพืชเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดดังนี้ ซากพืชที่เป็น ใบ กิ่ง ส่วนสับพันธุ้ อื่นๆ และเปลือก มีประมาณ 4.7732, 1.5576, 0.3366, 0.2718 และ 0.0498 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือประมาณร้อยละ 68.30, 22.29, 4.82, 3.89 และ 0.71 ตามลำดับ

2.2 จันท์ทองใต้หวั่น

2.2.1 ปริมาณซากพืชที่เป็นใบ

ซากพืชที่เป็นใบ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 1.2356 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.0963 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนมิถุนายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นใบรวมทั้งสิ้นประมาณ 4.4109 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.3676 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 72.60 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.2.2 ปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่ง

ซากพืชที่เป็นกิ่ง พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.1567 ตันต่อเฮกแตร์ ในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดประมาณ 0.0202 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนตุลาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.8280 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0690 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 13.63 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.2.3 ปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือก

ซากพืชที่เป็นเปลือก พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0365 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนกันยายน และน้อยที่สุดประมาณ 0.0026 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤศจิกายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือกรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.1342 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0112 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 2.21 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.2.4 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์

ซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0381 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.0083 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤศจิกายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.2089 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0174 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 3.44 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.2.5 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ

ซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0766 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.0163 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมิถุนายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.4940 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0412 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 8.13 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.2.6 ปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมด

จันทร์ทองใต้หวั่น พบว่า มีปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมดประมาณ 6.0760 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.5063 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณ 1.4999 ต้นต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 24.69 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน ประมาณ 0.1644 ต้นต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 2.71 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี สำหรับอัตราส่วนของส่วนต่างๆ ของซากพืชเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดดังนี้ ซากพืชที่เป็น ใบ กิ่ง อื่นๆ ส่วนสับพันธุ์ และเปลือก มีประมาณ 4.4109, 0.8280, 0.4940, 0.2089 และ 0.1342 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือประมาณร้อยละ 72.60, 13.63, 8.13, 3.44 และ 2.21 ตามลำดับ

2.3 เมเปิลหอม

2.3.1 ปริมาณซากพืชที่เป็นใบ

ซากพืชที่เป็นใบ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 1.9462 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนธันวาคม และน้อยที่สุดประมาณ 0.0477 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤษภาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นใบรวมทั้งสิ้นประมาณ 6.7362 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.5613 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 89.50 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.3.2 ปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่ง

ซากพืชที่เป็นกิ่ง พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0706 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดประมาณ 0.0062 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนตุลาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.3219 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0268 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 4.28 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.3.3 ปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือก

ซากพืชที่เป็นเปลือก พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0047 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนสิงหาคม และไม่พบซากพืชที่เป็นเปลือกเลยในเดือนพฤศจิกายน, ธันวาคม, มกราคม, กุมภาพันธ์, มีนาคม พฤษภาคม, กันยายน และตุลาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือกรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.0119 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0010 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 0.16 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.3.4 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์

ซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0628 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมกราคม และไม่พบซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์เลยในเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.2076 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0173 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 2.76 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.3.5 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ

ซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0730 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.0071 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนกันยายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.2489 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0207 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 3.31 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.3.6 ปริมาณผลผลิตของซากพืชทั้งหมด

เมเปิลหอม พบว่า มีปริมาณผลผลิตของซากพืชทั้งหมดประมาณ 7.5263 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.6272 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีมากที่สุดในเดือนธันวาคม ประมาณ 2.0102 ตันต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 26.71 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม ประมาณ 0.0703 ตันต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 0.93 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี สำหรับอัตราส่วนของส่วนต่างๆ ของซากพืชเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดดังนี้ ซากพืชที่เป็น ใบ

กิ่ง อื่นๆ ส่วนสืบพันธุ์ และเปลือก มีประมาณ 6.7362, 0.3219, 0.2489, 0.2076 และ 0.0119 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือประมาณร้อยละ 89.50, 4.28, 3.31, 2.76 และ 0.16 ตามลำดับ

2.4 การบูร

2.4.1 ปริมาณซากพืชที่เป็นใบ

ซากพืชที่เป็นใบ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.7628 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.1182 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤษภาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นใบรวมทั้งสิ้นประมาณ 4.1194 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.3433 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 78.19 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.4.2 ปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่ง

ซากพืชที่เป็นกิ่ง พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.1970 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนกุมภาพันธ์ และน้อยที่สุดประมาณ 0.0230 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนธันวาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.8812 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0734 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 16.73 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.4.3 ปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือก

ซากพืชที่เป็นเปลือก พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0020 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนสิงหาคม และไม่พบซากพืชที่เป็นเปลือกเลยในเดือนธันวาคม, มกราคม, กุมภาพันธ์ และตุลาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือกรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.0085 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0007 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 0.16 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.4.4 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์

ซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0049 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนมกราคม และไม่พบซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์เลยในเดือนพฤศจิกายน และพฤษภาคม

และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ้รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.0183 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0015 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 0.35 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.4.5 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ

ซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0379 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนเมษายน และน้อยที่สุดประมาณ 0.0068 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤษภาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.2413 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0201 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 4.58 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.4.6 ปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมด

การบูร พบว่า มีปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมดประมาณ 5.2687 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.4391 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณ 0.9822 ต้นต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 18.64 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีน้อยที่สุดในเดือนพฤษภาคม ประมาณ 0.1516 ต้นต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 2.88 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี สำหรับอัตราส่วนของส่วนต่างๆ ของซากพืชเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดดังนี้ ซากพืชที่เป็น ใบ กิ่ง อื่นๆ ส่วนสับพันธุ้ และเปลือก มีประมาณ 4.1194, 0.8812, 0.2413, 0.0183 และ 0.0085 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือประมาณ ร้อยละ 78.19, 16.73, 4.58, 0.35 และ 0.16 ตามลำดับ

2.5 สุนหนาม

2.5.1 ปริมาณซากพืชที่เป็นใบ

ซากพืชที่เป็นใบ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.4143 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนกันยายน และน้อยที่สุดประมาณ 0.0489 ต้นต่อเฮกแตร์ในเดือนมิถุนายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นใบรวมทั้งสิ้นประมาณ 2.0230 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.1686 ต้นต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 56.85 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.5.2 ปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่ง

ซากพืชที่เป็นกิ่ง พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.1310 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดประมาณ 0.0122 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมิถุนายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นกิ่งรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.6088 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0507 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 17.11 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.5.3 ปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือก

ซากพืชที่เป็นเปลือก พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0022 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนพฤษภาคม และไม่พบซากพืชที่เป็นเปลือกเลยในเดือนธันวาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นเปลือกรวมทั้งสิ้นประมาณ 0.0127 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0011 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 0.36 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.5.4 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์

ซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.1714 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมีนาคม และน้อยที่สุดประมาณ 0.0148 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนมิถุนายน และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.8656 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0721 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 24.33 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.5.5 ปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ

ซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ พบว่า มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 0.0083 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนกรกฎาคม และน้อยที่สุดประมาณ 0.0017 ตันต่อเฮกแตร์ในเดือนตุลาคม และมีปริมาณซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ รวมทั้งสิ้นประมาณ 0.0482 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.0040 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน (ประมาณร้อยละ 1.35 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด)

2.5.6 ปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมด

สนหนาม พบว่า มีปริมาณผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมดประมาณ 3.5584 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือเฉลี่ยประมาณ 0.2965 ตันต่อเฮกแตร์ต่อเดือน ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีมากที่สุดในเดือนมีนาคม ประมาณ 0.7088 ตันต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 19.92 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี ปริมาณซากพืชทั้งหมดมีน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน ประมาณ 0.0798 ตันต่อเฮกแตร์หรือประมาณร้อยละ 2.24 ของปริมาณผลผลิตของซากพืชตลอดทั้งปี สำหรับอัตราส่วนของส่วนต่างๆ ของซากพืชเรียงลำดับจากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดดังนี้ ซากพืชที่เป็น ใบ ส่วนสับพันธุ กิ่ง อื่นๆ และเปลือก มีประมาณ 2.0230, 0.8656, 0.6088, 0.0482 และ 0.0127 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือประมาณร้อยละ 56.85, 24.33, 17.11, 1.35 และ 0.36 ตามลำดับ

จากผลการศึกษาสามารถสรุปปริมาณการร่วงหล่นและองค์ประกอบของซากพืชรวมทั้งหมดเป็นร้อยละของแต่ละองค์ประกอบในสวนป่าไม้ทั้ง 5 ชนิดได้ดังตารางที่ 8 คือ ซากพืชที่เป็นใบจะมีมากที่สุดสวนป่าเมเปิลหอม รองลงมาคือ การบูร, จันทร์ทอง ได้หวัน, กระจินคอย และสนหนาม คือ ประมาณร้อยละ 89.50, 78.19, 72.60, 68.30 และ 56.85 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด ตามลำดับ ซากพืชที่เป็นกิ่งจะมีมากที่สุดสวนป่ากระจินคอย รองลงมาคือ สนหนาม, การบูร, จันทร์ทอง ได้หวัน และเมเปิลหอม คือ ประมาณร้อยละ 22.29, 17.11, 16.73, 13.63 และ 4.28 ของปริมาณซากพืชทั้งหมดตามลำดับ ซากพืชที่เป็นเปลือกจะมีมากที่สุดสวนป่าจันทร์ทอง ได้หวัน รองลงมาคือ กระจินคอย, สนหนาม, การบูร และเมเปิลหอม คือ ประมาณร้อยละ 2.21, 0.71, 0.36, 0.16 และ 0.16 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด ตามลำดับ ซากพืชที่เป็นส่วนสับพันธุจะมีมากที่สุดสวนป่าสนหนาม รองลงมาคือ กระจินคอย, จันทร์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม และการบูร คือ ประมาณร้อยละ 24.33, 4.82, 3.44, 2.76 และ 0.35 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด ตามลำดับ และซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จะมีมากที่สุดสวนป่าจันทร์ทอง ได้หวัน รองลงมาคือ การบูร, กระจินคอย, เมเปิลหอม และสนหนาม คือประมาณร้อยละ 8.13, 4.58, 3.89, 3.31 และ 1.35 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด ตามลำดับ จะเห็นว่าปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชจะแตกต่างกันไป จากการศึกษารวบรวมของซากพืชบนพื้นป่าชนิดต่างๆ ทั่วโลกพบว่า มีองค์ประกอบของซากพืชคล้ายคลึงกัน คือ ซากพืชส่วนที่เป็นใบ > ซากพืชส่วนที่เป็นกิ่ง > ซากพืชส่วนที่เป็นอื่นๆ ตามลำดับ (Prachaiyo *et al.*, 1980; Veneklas, 1991; Bunyavejchewin and Nuyim, 1996; Hardivinoto *et al.*, 1996 และ Barnes *et al.*, 1998) และ สอดคล้องกับผลการศึกษาของศิริวัฒน์ (2519) ซึ่งพบว่า ปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นในป่าเต็งรังสะแกราช มีปริมาณใบมากที่สุดประมาณร้อยละ 73.69 กิ่ง ก้าน เปลือก ตา ประมาณร้อยละ 14.19 ดอก ผล ประมาณร้อยละ 11.08

และส่วนอื่นๆ ประมาณร้อยละ 1.03 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด และผลการศึกษาของประพันธ์ (2537) ในระบบวนเกษตรแบบสวนบ้าน ซึ่งมีปริมาณใบมากที่สุด ประมาณร้อยละ 81.75 กิ่ง ประมาณร้อยละ 13.94 และส่วนอื่นๆ ประมาณร้อยละ 4.31 ของปริมาณซากพืชทั้งหมด นอกจากนี้ Bray and Gorham (1964) กล่าวว่า ผลผลิตของซากพืชในป่าแต่ละชนิดนั้นจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ ป่าซึ่งอยู่ในเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนจะมีปริมาณผลผลิตของซากพืชสูงกว่าในเขตอื่นๆ โดยทั่วไปแล้ว องค์ประกอบของซากพืชนั้นประมาณร้อยละ 60-70 เป็นซากพืชส่วนที่เป็นใบ ร้อยละ 12-15 เป็นซากพืชส่วนที่เป็นกิ่ง ร้อยละ 1-14 เป็นซากพืชส่วนที่เป็นเปลือก และร้อยละ 1-17 เป็นซากพืชส่วนที่เป็นผล โดยผลผลิตของซากพืชส่วนที่เป็นผลจะเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละปี และจากการศึกษาของ Prachaiyo *et al.* (1980) พบว่า ปริมาณผลผลิตของซากในป่าดิบแล้ง เขื่อนจุฬาภรณ์ จังหวัดชัยภูมิ ประกอบด้วยซากพืชที่เป็นใบร้อยละ 67.74 ซากพืชที่เป็นกิ่งร้อยละ 19.04 และซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ร้อยละ 13.21 ของปริมาณผลผลิตซากพืชทั้งหมด Hardiwinoto *et al.* (1996) ได้ทำการศึกษาในป่าดิบชื้น แจมบี สุมาตรา อินโดนีเซีย พบว่า มีปริมาณผลผลิตของซากพืชที่เป็นใบร้อยละ 63.03 ซากพืชที่เป็นกิ่ง ร้อยละ 17.24 และซากพืชอื่นๆ ร้อยละ 19.74 ของปริมาณผลผลิตซากพืชทั้งหมด ดังนั้นเมื่อปริมาณผลผลิตของซากพืชส่วนที่เป็นใบมีมาก ก็จะส่งผลให้ผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมดมีมากตามไปด้วย

ตารางที่ 8 น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของซากพืชที่ร่วงหล่นรายปีของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดไม้	น้ำหนักแห้งที่ร่วงหล่น (ตัน/เฮกตาร์/ปี)					รวม
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	
กระถินคอย	4.7732 (68.30)	1.5576 (22.29)	0.0498 (0.71)	0.3366 (4.82)	0.2718 (3.89)	6.9889 (100.00)
จันทร์ทองใต้ห้วย	4.4109 (72.60)	0.8280 (13.63)	0.1342 (2.21)	0.2089 (3.44)	0.4940 (8.13)	6.0760 (100.00)
เมเปิลหอม	6.7362 (89.50)	0.3219 (4.28)	0.0119 (0.16)	0.2076 (2.76)	0.2489 (3.31)	7.5263 (100.00)
การบูร	4.1194 (78.19)	0.8812 (16.73)	0.0085 (0.16)	0.0183 (0.35)	0.2413 (4.58)	5.2687 (100.00)
สนหนาม	2.0230 (56.85)	0.6088 (17.11)	0.0127 (0.36)	0.8656 (24.33)	0.0482 (1.35)	3.5584 (100.00)

หมายเหตุ (...) มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

3. ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่น

ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของไม้แต่ละชนิด พบว่า เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม ในซากพืชมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 9 (รายละเอียดของสารอาหารในส่วนต่างๆ ของไม้แต่ละชนิด แสดงในตารางผนวกที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ) และภาพที่ 12, 13 และ 14 กล่าวคือ กระจินคอย มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ แคลเซียม และแมกนีเซียมมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จันทรทองได้ห้วน มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจนสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ แคลเซียมมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นใบ และแมกนีเซียมมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นกิ่ง เมเปิลหอม มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจนสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ แคลเซียม และแมกนีเซียมมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นใบ การบูร มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจน และแมกนีเซียมสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ฟอสฟอรัสมิเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นกิ่ง โพแทสเซียม มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ แคลเซียมมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชที่เป็นใบ และสนหนาม มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงสุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ

เมื่อพิจารณาในแต่ละสารอาหาร พบว่า ไนโตรเจนในกระจินคอยจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ ส่วนไม้ชนิดอื่นจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ การที่ไนโตรเจนมีมากในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ เนื่องจากว่าซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ นั้น จะรวมเอาซากแมลงต่างๆ ที่ติดลงมากับซากพืชมาทำการวิเคราะห์ด้วย จึงได้ปริมาณไนโตรเจนสูงกว่า ส่วนในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการสืบพันธุ์นั้นจะมีการสะสมสารอาหารและเกลือแร่ต่างๆ อยู่มากเมื่อร่วงหล่นลงมาสารอาหารเหล่านี้จะติดลงไปด้วย ไม่เหมือนในใบซึ่งก่อนที่ใบจะร่วงหล่นในโตรเจนจะถูกเคลื่อนย้ายกลับคืนไปสู่ตาและกิ่งอ่อน ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่มาในรูปของใบมีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่า ซึ่งใกล้เคียงกับส่วนที่กิ่งก้านเปลือกตา เพราะพวกนี้ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นเซลล์ที่ตายแล้วอยู่มาก จึงมีการสะสมสารอาหารอยู่น้อยกว่าส่วนอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการร่วงหล่นของซากพืชในป่าเต็งรังของศิริวัฒน์ (2519) ฟอสฟอรัสในกระจินคอย, จันทรทองได้ห้วน และเมเปิลหอมจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ การบูรจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นกิ่ง และสนหนามจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่ในสารประกอบพวก

phytin, phospholipid และ nucleoprotein ซึ่งเป็นโครงสร้างของ protein ในเซลล์พืช nucleoprotein เป็นส่วนประกอบสำคัญของ chromosomes ส่วน phospholipid และ phytin จะทำหน้าที่เป็น storage อีกด้วย และในส่วนของฟอสฟอรัสที่มีมากในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ในสวนป่าสนหนาม ก็มีสาเหตุทำนองเดียวกันกับไนโตรเจน โพลีแซ็กคาไรด์ในสนหนามจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ส่วนไม้ชนิดอื่นจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบทอด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของเจษฎา (2544) และ Bunyavejchewin (1997) ที่พบว่าปริมาณความเข้มข้นของโพลีแซ็กคาไรด์จะมีมากในซากพืชที่เป็นส่วนสืบทอด แคลเซียมในกระถินคอยและสนหนาม จะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม และการบูร จะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นใบ ซึ่งคณาจารย์ภาควิชา ปฐพีวิทยา (2548) กล่าวว่า ส่วนใหญ่แคลเซียมจะสะสมอยู่ในส่วนที่เป็นใบและลำต้น นอกจากนี้ ปริมาณของแคลเซียมในพืชจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ดินที่พืชเติบโตอยู่ และปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ และแสงแดด ซึ่งล้วนมีผลต่อการดูดซับแคลเซียมของพืชทั้งสิ้น และในส่วนของ แมกนีเซียมในกระถินคอย, การบูร และสนหนาม จะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จันทร์ทองใต้ห้วยจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นกิ่ง และเมเปิลหอมจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นใบ เนื่องจาก แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในสารประกอบ chlorophyll, protochlorophyll, protein และ phytin ดังนั้นจึงมีการสะสมอยู่ที่ใบเป็นปริมาณมากกว่าส่วนอื่นๆ ของพืช

นอกจากนี้ ความเข้มข้นของ N, P, K, Ca, และ Mg ในซากพืชที่ร่วงหล่นโดยรวม ของไม้แต่ละชนิดยังแตกต่างกันไป โดยในเศษซากของกระถินคอย ความเข้มข้นของ $N > K > Mg > Ca > P$ ตามลำดับ ในเศษซากของจันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม และการบูร $N > K > Ca > Mg > P$ ตามลำดับ และในเศษซากของสนหนาม $N > Ca > K > Mg > P$ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าในส่วนประกอบของซากพืชทั้งหมดจะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่น้อยที่สุด นั่นก็เนื่องมาจากฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินมีปริมาณน้อยมาก ทั้งในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ คือ primary orthophosphate ($H_2PO_4^-$) และ secondary orthophosphate (HPO_4^{2-}) และในรูปของสารประกอบอินทรีย์ คือ phytin และ lecitin ฟอสเฟตอินทรีย์เหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน แต่มีอยู่ในดินเป็นปริมาณน้อยมากเพราะเป็นสารประกอบที่ไม่เสถียร จะสลายตัวไปโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์และเปลี่ยนไปเป็นฟอสเฟตอนินทรีย์ (inorganic phosphate) ในที่สุด สำหรับอินทรีย์ฟอสเฟตนั้นจะอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตและรูปต่างๆ ของเหล็ก อลูมิเนียม แมงกานีส ดิคาเนียมฟอสเฟต และ โอกลาสที่ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นมีน้อย ถ้า pH หรือสภาพของดินไม่เหมาะสมก็จะถูกตรึงได้โดยง่าย ดังนั้นพืชจึงดูดฟอสฟอรัสจากดินมาใช้ได้น้อย และกระจายอยู่ตามส่วนต่างๆ ของพืชน้อยกว่า สารอาหารพืชที่สำคัญอื่นๆ คือ ไนโตรเจน โพลีแซ็กคาไรด์ แคลเซียม และแมกนีเซียม

ตารางที่ 9 ปริมาณสารอาหารและอัตราการคืนกลับของสารอาหารในส่วนต่างๆ ของซากพืชที่ร่วงหล่นของกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

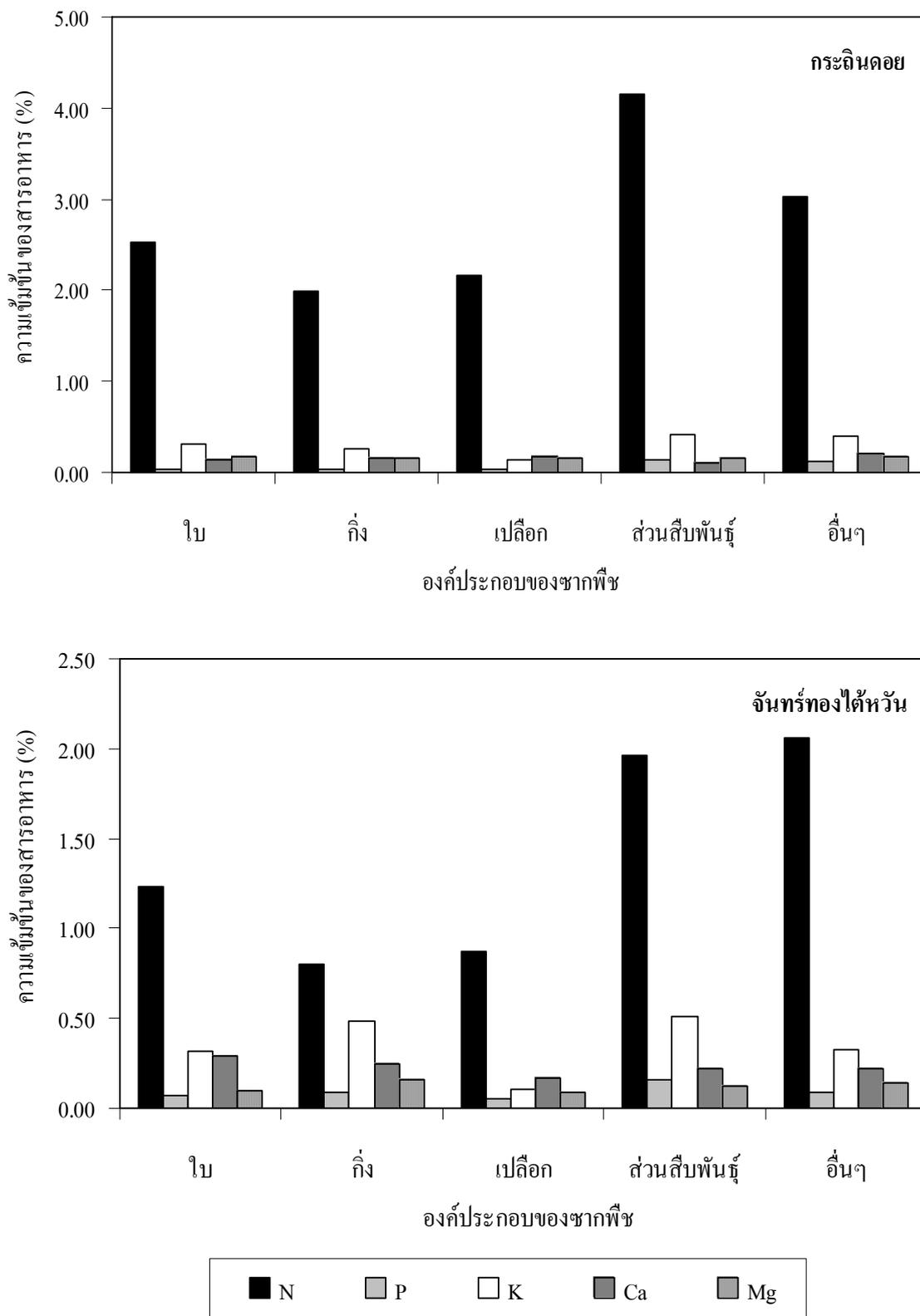
องค์ประกอบของซากพืช	ผลผลิตซากพืช (ตัน/เฮกแตร์/ปี)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)					อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
กระถินคอย											
ใบ	4.7732	2.53	0.04	0.32	0.14	0.17	120.7620	1.9093	15.2742	6.6825	8.1144
กิ่ง	1.5576	1.99	0.04	0.26	0.15	0.16	30.9962	0.6230	4.0498	2.3364	2.4922
เปลือก	0.0498	2.17	0.04	0.13	0.18	0.16	1.0807	0.0199	0.0647	0.0896	0.0797
ส่วนสืบพันธุ์	0.3366	4.16	0.13	0.41	0.11	0.16	14.0026	0.4376	1.3801	0.3703	0.5386
อื่นๆ	0.2718	3.03	0.12	0.39	0.21	0.18	8.2355	0.3262	1.0600	0.5708	0.4892
รวม	6.9889	-	-	-	-	-	175.0770	3.3160	21.8288	10.0496	11.7141
เฉลี่ย (ต่อเดือน)	0.5824	-	-	-	-	-	14.5897	0.2763	1.8191	0.8375	0.9762
จันทร์ทองใต้หวัน											
ใบ	4.4109	1.23	0.07	0.32	0.29	0.10	54.2541	3.0876	14.1149	12.7916	4.4109
กิ่ง	0.8280	0.80	0.09	0.48	0.25	0.16	6.6240	0.7452	3.9744	2.0700	1.3248
เปลือก	0.1342	0.87	0.05	0.11	0.17	0.09	1.1675	0.0671	0.1476	0.2281	0.1208
ส่วนสืบพันธุ์	0.2089	1.96	0.16	0.51	0.22	0.12	4.0944	0.3342	1.0654	0.4596	0.2507
อื่นๆ	0.4940	2.06	0.09	0.33	0.22	0.14	10.1764	0.4446	1.6302	1.0868	0.6916
รวม	6.0760	-	-	-	-	-	76.3165	4.6788	20.9325	16.6361	6.7988
เฉลี่ย (ต่อเดือน)	0.5063	-	-	-	-	-	6.3597	0.3899	1.7444	1.3863	0.5666

ตารางที่ 9 (ต่อ)

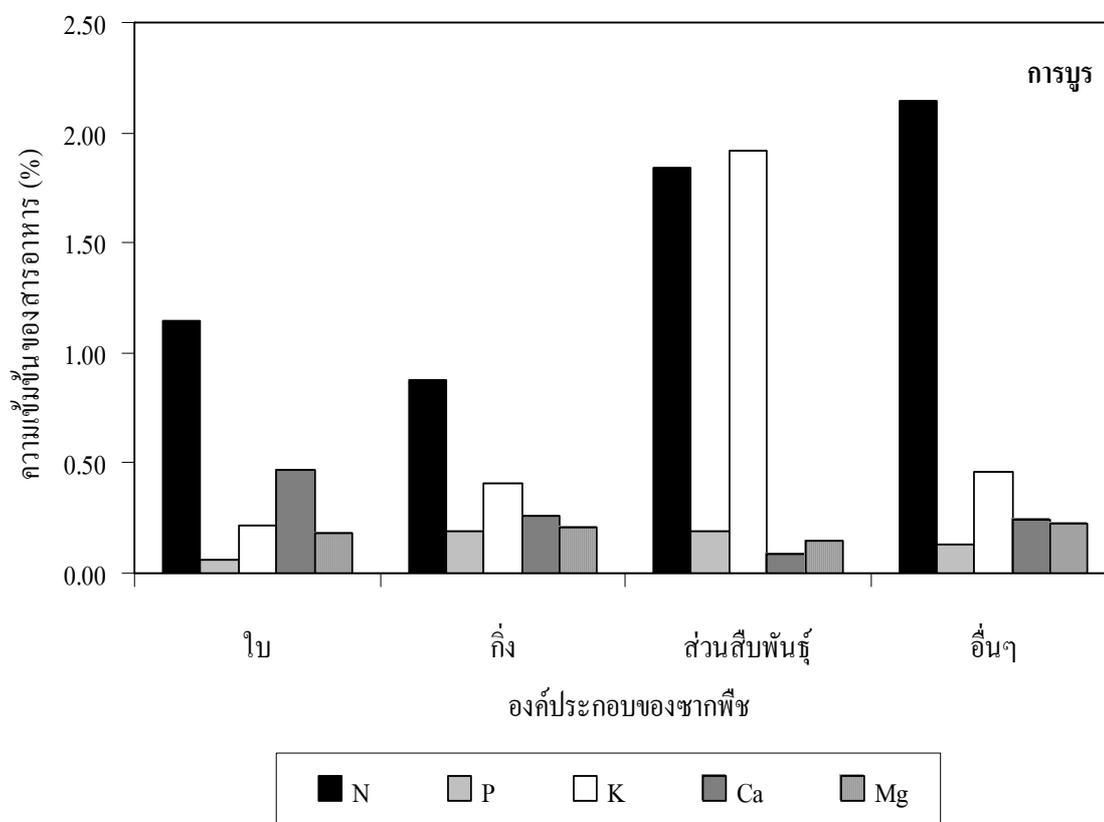
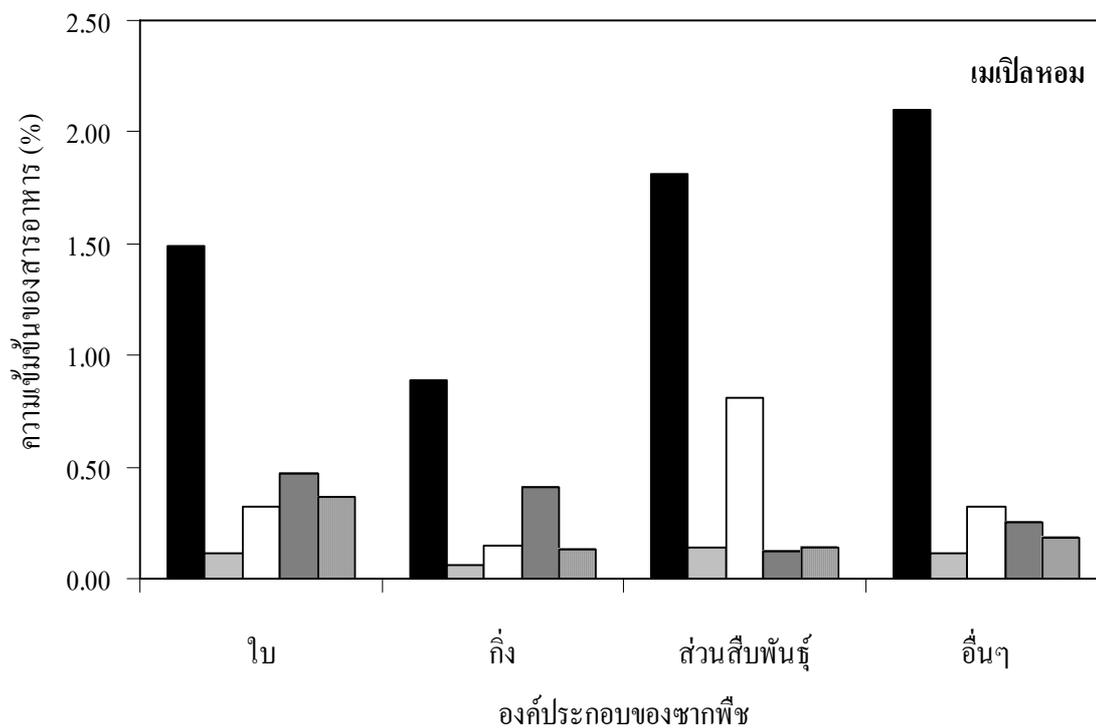
องค์ประกอบของ ซากพืช	ผลผลิตซากพืช (ตัน/เฮกแตร์/ปี)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)					อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
เมเปิลหอม											
ใบ	6.7362	1.49	0.11	0.32	0.47	0.37	100.3694	7.4098	21.5558	31.6601	24.9239
กิ่ง	0.3219	0.89	0.06	0.15	0.41	0.13	2.8649	0.1931	0.4829	1.3198	0.4185
เปลือก	0.0119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ส่วนสับพันธุ์	0.2076	1.81	0.14	0.81	0.12	0.14	3.7576	0.2906	1.6816	0.2491	0.2906
อื่นๆ	0.2489	2.10	0.11	0.32	0.25	0.18	5.2269	0.2738	0.7965	0.6223	0.4480
รวม	7.5263	-	-	-	-	-	112.2188	8.1674	24.5167	33.8513	26.0811
เฉลี่ย (ต่อเดือน)	0.6272	-	-	-	-	-	9.3516	0.6806	2.0431	2.8209	2.1734
การบูร											
ใบ	4.1194	1.15	0.06	0.22	0.47	0.18	47.3731	2.4716	9.0627	19.3612	7.4149
กิ่ง	0.8812	0.88	0.19	0.41	0.26	0.21	7.7546	1.6743	3.6129	2.2911	1.8505
เปลือก	0.0085	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ส่วนสับพันธุ์	0.0183	1.84	0.19	1.92	0.09	0.15	0.3367	0.0348	0.3514	0.0165	0.0275
อื่นๆ	0.2413	2.14	0.13	0.46	0.24	0.23	5.1638	0.3137	1.1100	0.5791	0.5550
รวม	5.2687	-	-	-	-	-	60.6282	4.4944	14.1369	22.2479	9.8479
เฉลี่ย (ต่อเดือน)	0.4391	-	-	-	-	-	5.0524	0.3745	1.1781	1.8540	0.8207

ตารางที่ 9 (ต่อ)

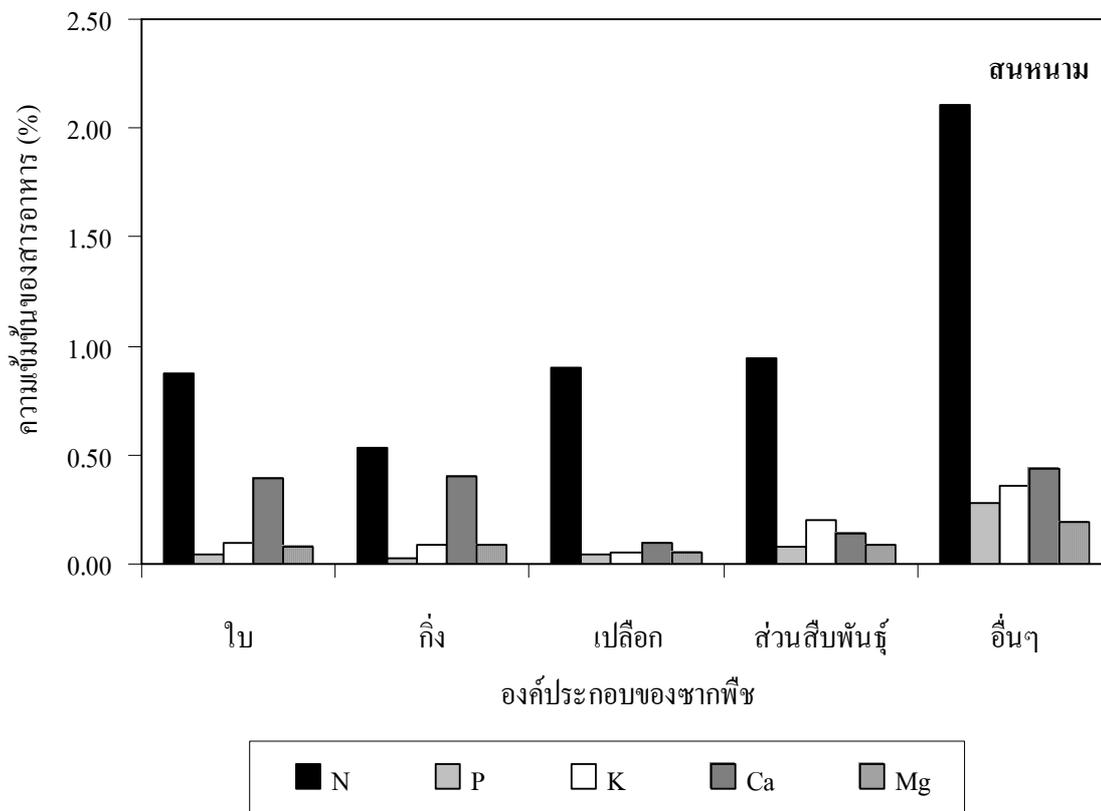
องค์ประกอบของ ซากพืช	ผลผลิตซากพืช (ตัน/เฮกแตร์/ปี)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)					อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
สนหนาม											
ใบ	2.0230	0.87	0.04	0.10	0.39	0.08	17.6001	0.8092	2.0230	7.8897	1.6184
กิ่ง	0.6088	0.53	0.03	0.09	0.40	0.09	3.2267	0.1826	0.5479	2.4352	0.5479
เปลือก	0.0127	0.90	0.04	0.05	0.10	0.05	0.1142	0.0051	0.0063	0.0127	0.0063
ส่วนสืบพันธุ์	0.8656	0.94	0.08	0.20	0.14	0.09	8.1370	0.6925	1.7313	1.2119	0.7791
อื่นๆ	0.0482	2.11	0.28	0.36	0.44	0.19	1.0172	0.1350	0.1736	0.2121	0.0916
รวม	3.5584	-	-	-	-	-	30.0953	1.8244	4.4821	11.7617	3.0433
เฉลี่ย (ต่อเดือน)	0.2965	-	-	-	-	-	2.5079	0.1520	0.3735	0.9801	0.2536



ภาพที่ 12 ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของกระถินคอยและจันทร์ทองใต้ห้วย



ภาพที่ 13 ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของเมเปิลหอมและการบูร

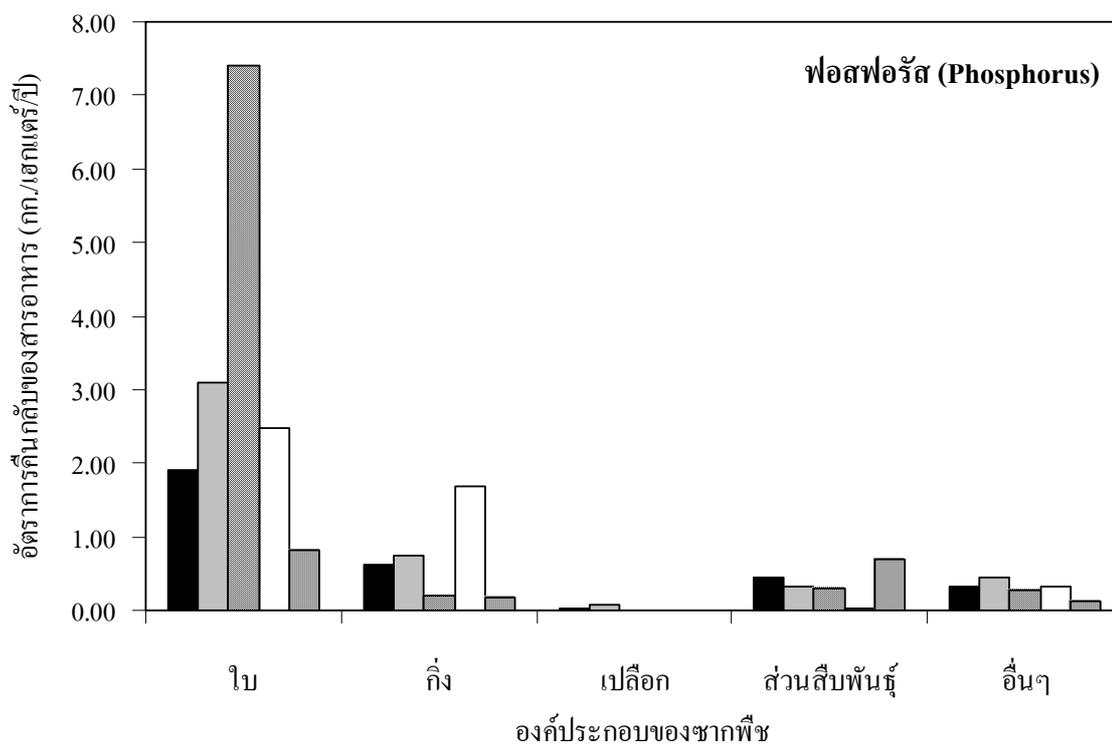
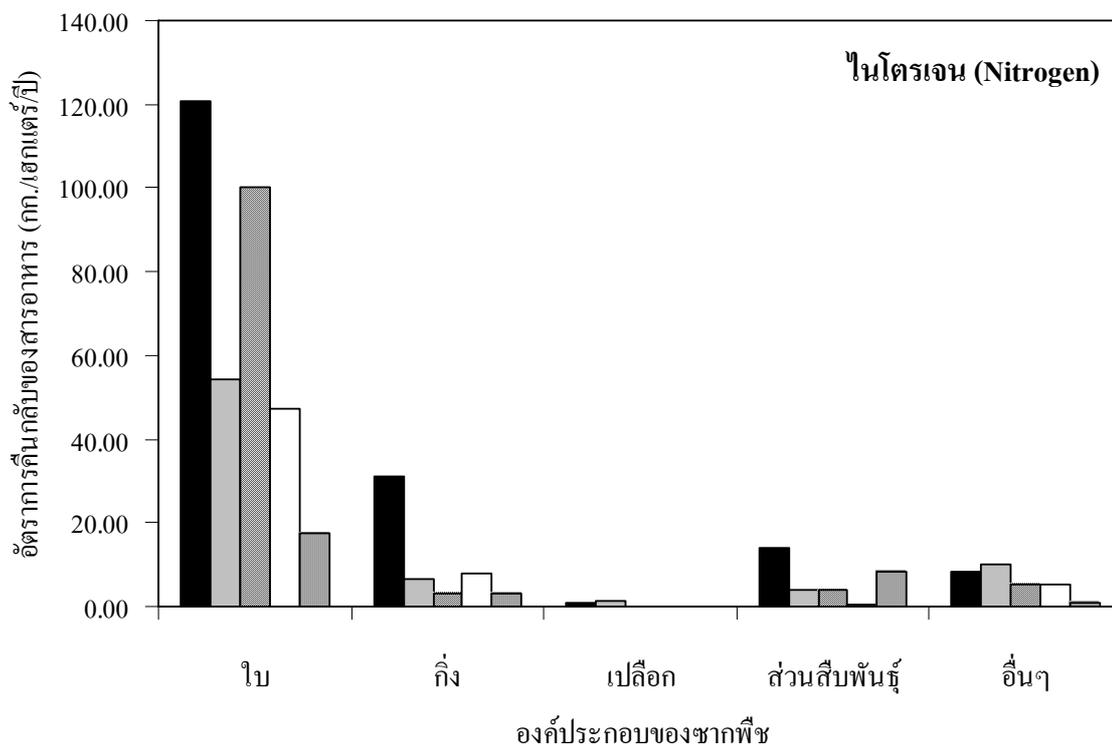


ภาพที่ 14 ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นของสนหนาม

4. อัตราการคืนกลับ (return) ของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่น

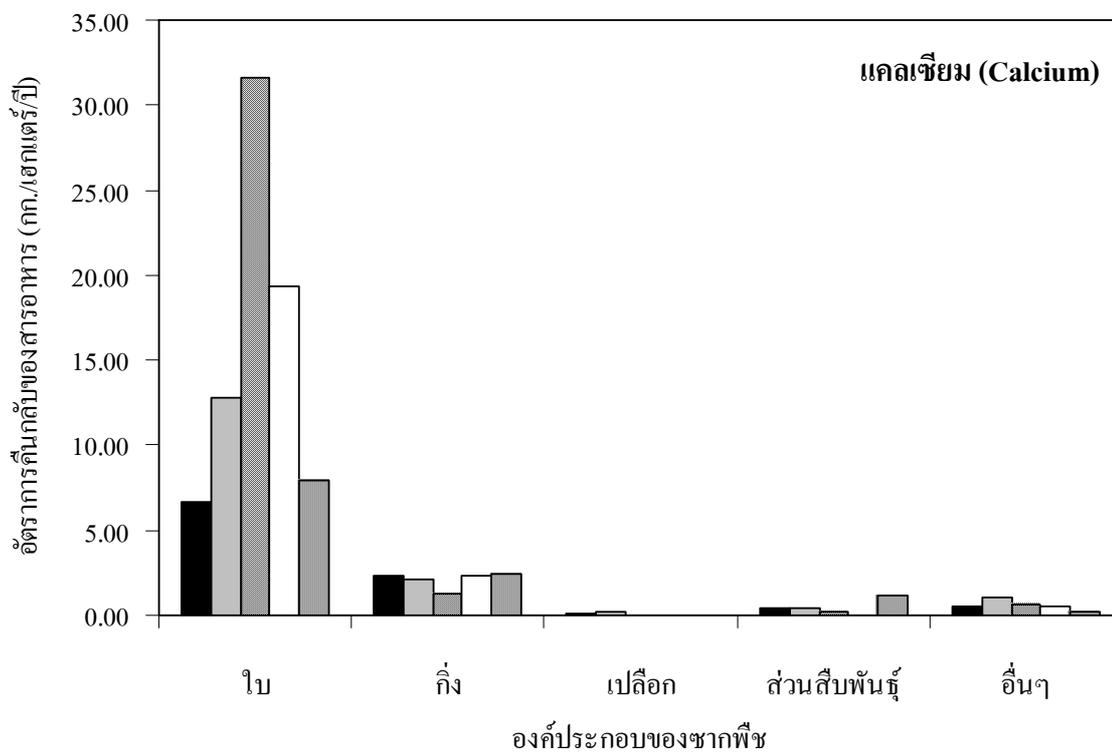
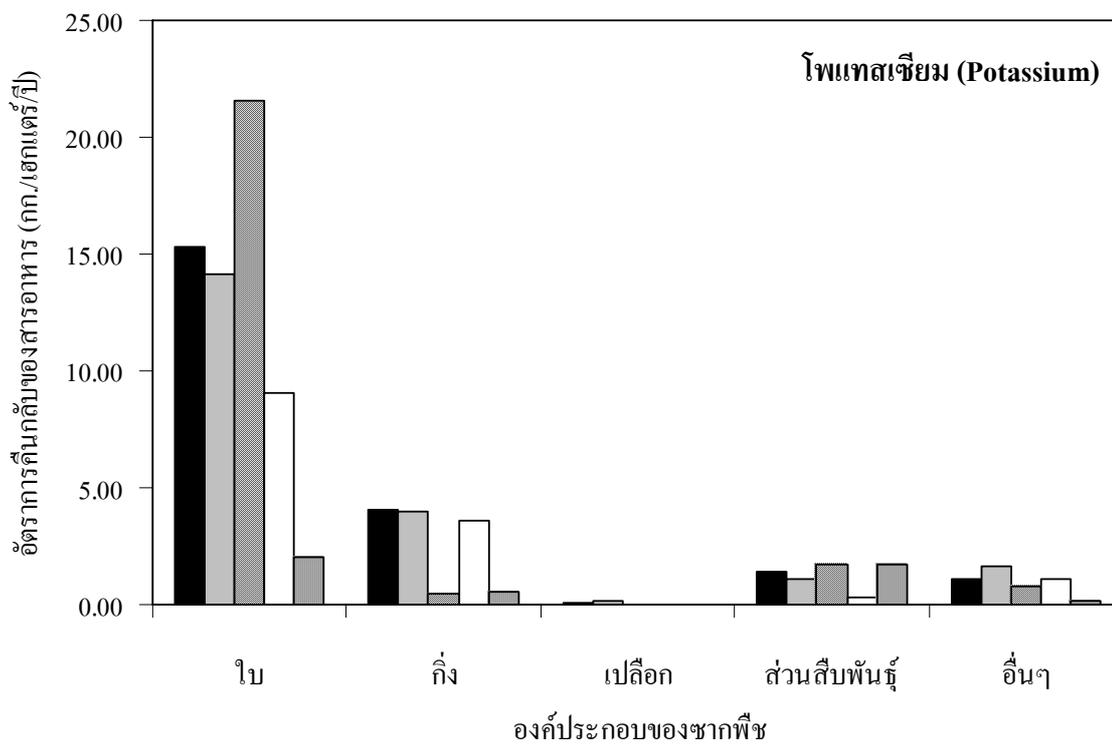
อัตราการคืนกลับของสารอาหารสู่ดินจากซากพืชที่ร่วงหล่น ในสวนป่าไม้ 5 ชนิด ประกอบด้วย N, P, K, Ca, และ Mg แสดงไว้ในตารางที่ 9 และภาพที่ 15, 16 และ 17 พบว่าสวนป่ากระถินดอยจะมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > K > Mg > Ca > P$ จันทร์ทองใต้หวันมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > K > Ca > Mg > P$ เมเปิลหอมมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > Ca > Mg > K > P$ การบูรและสนหนามมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > Ca > K > Mg > P$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในซากพืชของไม้ทั้ง 5 ชนิดนั้น ไนโตรเจนจะมีอัตราการคืนกลับสูงที่สุด และฟอสฟอรัสมีอัตราการคืนกลับน้อยที่สุด เนื่องจากไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดและต่ำที่สุด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาอัตราการคืนกลับของสารอาหารในซากพืชของไม้แต่ละชนิด พบว่า ไนโตรเจนจะมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากกระถินดอย รองลงมาคือ เมเปิลหอม, จันทร์ทองใต้หวัน, การบูร และสนหนาม คือ ประมาณ 175.0770, 112.2188, 76.3165, 60.6282 และ 30.0953 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ

ฟอสฟอรัสมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากเมเปิลหอม รองลงมาคือ จันทร์ทองใต้หวัน, การบูร, กระถินคอย และสนหนาม คือ ประมาณ 8.1674, 4.6788, 4.4944, 3.3160 และ 1.8244 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ โปแทสเซียมมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากเมเปิลหอม รองลงมาคือ กระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, การบูร และสนหนาม คือ ประมาณ 24.5167, 21.8288, 20.9325, 14.1369 และ 4.4821 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ แคลเซียมมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากเมเปิลหอม รองลงมาคือ การบูร, จันทร์ทองใต้หวัน, สนหนาม และกระถินคอย คือ ประมาณ 33.8513, 22.2479, 16.6361, 11.7617 และ 10.0496 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และ แมกนีเซียมมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากเมเปิลหอม รองลงมาคือ กระถินคอย, การบูร, จันทร์ทองใต้หวัน และสนหนาม คือ ประมาณ 26.0811, 11.7141, 9.8479, 6.7988 และ 3.0433 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาการคืนกลับของสารอาหารในแต่ละองค์ประกอบของซากพืชของไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่า ปริมาณสารอาหารในซากพืชที่คืนกลับ จะมีมากที่สุดในซากพืชส่วนที่เป็นใบ และน้อยที่สุดในซากพืชส่วนที่เป็นเปลือก หรืออาจกล่าวได้ว่าในซากพืชที่มีปริมาณการร่วงหล่นมากจะมีอัตราการคืนกลับของสารอาหารมากตามไปด้วย



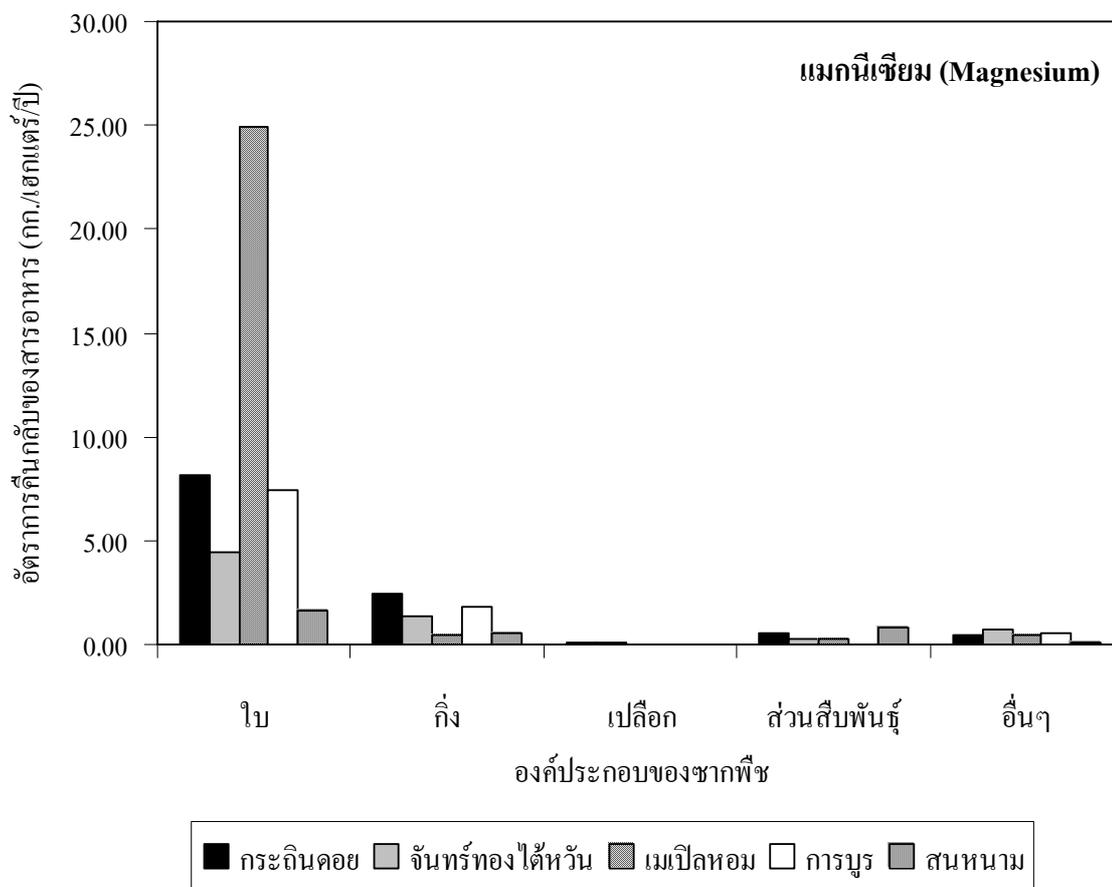
กระถินดอย
 จันทร์ทองใต้ห้วย
 เมเปิลหอม
 การบูร
 สนหนาม

ภาพที่ 15 อัตราการคืนกลับของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจากซากพืชที่ร่วงหล่น



กระถินดอย
 จันทร์ทองได้หวัน
 เมเปิลหอม
 การบูร
 สนหนาม

ภาพที่ 16 อัตราการคืนกลับของโพแทสเซียมและแคลเซียมจากซากพืชที่ร่วงหล่น



ภาพที่ 17 อัตราการคืนกลับของแมกนีเซียมจากซากพืชที่ร่ววงหล่น

การสลายตัวของซากพืช

1. อัตราการสลายตัวของซากพืช

น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน แสดงในตารางที่ 10 และภาพที่ 18 ซึ่งพบว่า อัตราการย่อยสลายของซากใบกระถินคอย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 48.36 โดยน้ำหนักต่อปี ของใบจันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 61.78, 57.39, 72.43, และ 23.99 โดยน้ำหนักต่อปี ตามลำดับ ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ที่คำนวณจากสมการ Olson (1963) มีค่าเท่ากับ 0.6609, 0.9620, 0.8530, 1.2886 และ 0.2743 ตามลำดับ แสดงถึงอัตราการสลายตัวของซากใบการบูรมีสูงที่สุด รองลงมาคือ จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, กระถินคอย และ สนหนาม ตามลำดับ เนื่องจากอัตราการสลายตัวของซากพืชนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างทั้งชนิดไม้และความผันแปรในช่วงระยะเวลา โดยช่วงระยะเวลาของการศึกษานั้นครอบคลุมทั้งช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน จากการสำรวจพบว่าใบหนาและแข็งจะสลายตัวได้ช้ากว่าในใบที่บางและนิ่ม Takeda *et al.* (1984) ได้ทำการศึกษาอัตราการสลายตัวของ (k) ของพรรณไม้ 7 ชนิด พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความหนาของใบและอัตราการสลายตัว มีปัจจัยหลายอย่างซึ่งสามารถอธิบายให้เห็นถึงความแตกต่างของอัตราการสลายตัวในป่าเขตร้อน ตัวอย่างเช่น การมีปริมาณสารอาหารที่มีความเข้มข้นต่ำ การมีปริมาณความเข้มข้นของลิกนินสูงนั้น เป็นผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลง (Anderson and Swift, 1983)

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม (Tree) ที่สูญหายไปในแต่ละเดือน (Month) ในแต่ละซ้ำ ที่ทำการศึกษา ตามวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) (ตารางที่ 11) พบว่าการสลายตัวของซากใบของไม้ทั้ง 5 ชนิด (Tree) มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ คือชนิดไม้ที่แตกต่างกัน มีการสลายตัวของซากพืชที่ไม่แตกต่างกัน ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

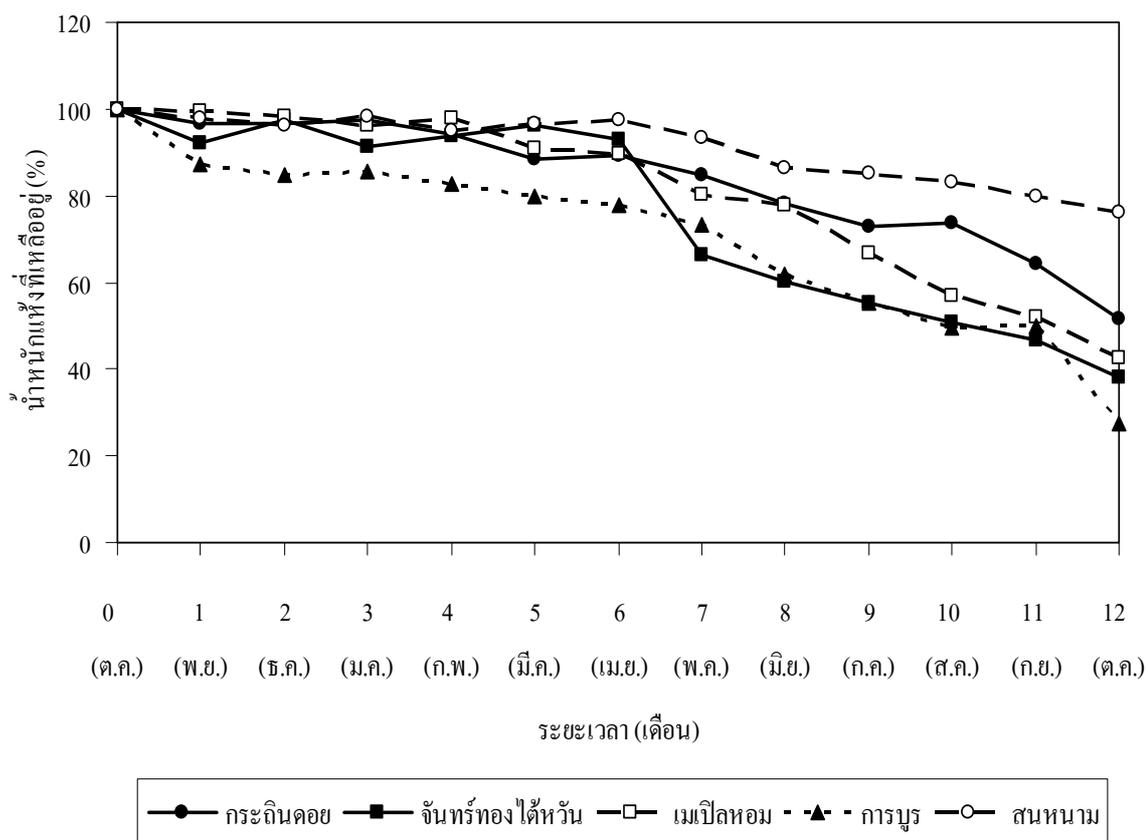
ส่วนปัจจัยด้านระยะเวลา (Time) ในแต่ละเดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า ไม้ต่างชนิดกัน ระยะเวลาที่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของซากใบพืชที่สูญหายไปมีค่าแตกต่างกัน

อิทธิพลร่วมระหว่างชนิดไม้กับระยะเวลา (Tree x Time) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ค่าความแตกต่างระหว่างน้ำหนักแห้งที่สูญเสียของไม้แต่ละชนิด ในแต่ละเดือน มีค่าแตกต่างกันตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับน้ำหนักแห้งของซากใบที่เหลืออยู่ สามารถแสดงให้อยู่ในรูปของสมการสหสัมพันธ์ (regression) โดยให้ค่าระยะเวลาในการย่อยสลายเป็นเดือน เป็นตัวแปรอิสระ (x) และค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ที่เหลืออยู่เป็นตัวแปรตาม (y) ดังภาพที่ 19

ตารางที่ 10 น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	น้ำหนักแห้งของซากใบพืชที่เหลืออยู่ (%)				
	กระถินคอย	จันทร์ทองใต้หวัน	เมเปิลหอม	การบูร	สนหนาม
0 (ต.ค. 47)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
1 (พ.ย. 47)	96.73	92.23	99.64	87.37	98.01
2 (ธ.ค. 47)	96.82	97.54	98.49	84.77	96.28
3 (ม.ค. 48)	97.46	91.51	96.25	85.61	98.16
4 (ก.พ. 48)	94.26	93.80	97.78	82.70	94.87
5 (มี.ค. 48)	88.34	96.36	90.80	79.83	96.85
6 (เม.ย. 48)	89.30	93.02	89.59	77.96	97.28
7 (พ.ค. 48)	84.66	66.15	80.12	73.48	93.51
8 (มี.ย. 48)	78.24	60.27	78.01	61.71	86.35
9 (ก.ค. 48)	72.76	55.20	66.71	55.23	85.28
10 (ส.ค. 48)	73.81	50.92	56.74	49.62	82.94
11 (ก.ย. 48)	64.28	46.62	51.96	50.15	79.95
12 (ต.ค. 48)	51.64	38.22	42.61	27.57	76.01
สลายตัวไป	48.36	61.78	57.39	72.43	23.99
k (ต่อปี)	0.6609	0.9620	0.8530	1.2886	0.2743



ภาพที่ 18 น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน

ตารางที่ 11 การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม (Tree) ที่สูญหายไปในแต่ละเดือน (Month) ในแต่ละซ้ำ ที่ทำการศึกษา ตามวิธีการ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

Source of Variance	Df	Sum Square	Mean Square	F
Treatment	59	5460.202	92.546	
<i>Tree</i>	4	334.243	83.561	2.135 ^{ns}
<i>Time (Month)</i>	11	2165.757	196.887	5.031 ^{**}
<i>Tree x Time</i>	44	2960.202	67.277	1.719 [*]
Error	120	4695.748	39.131	
Total	179	10155.950		

หมายเหตุ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

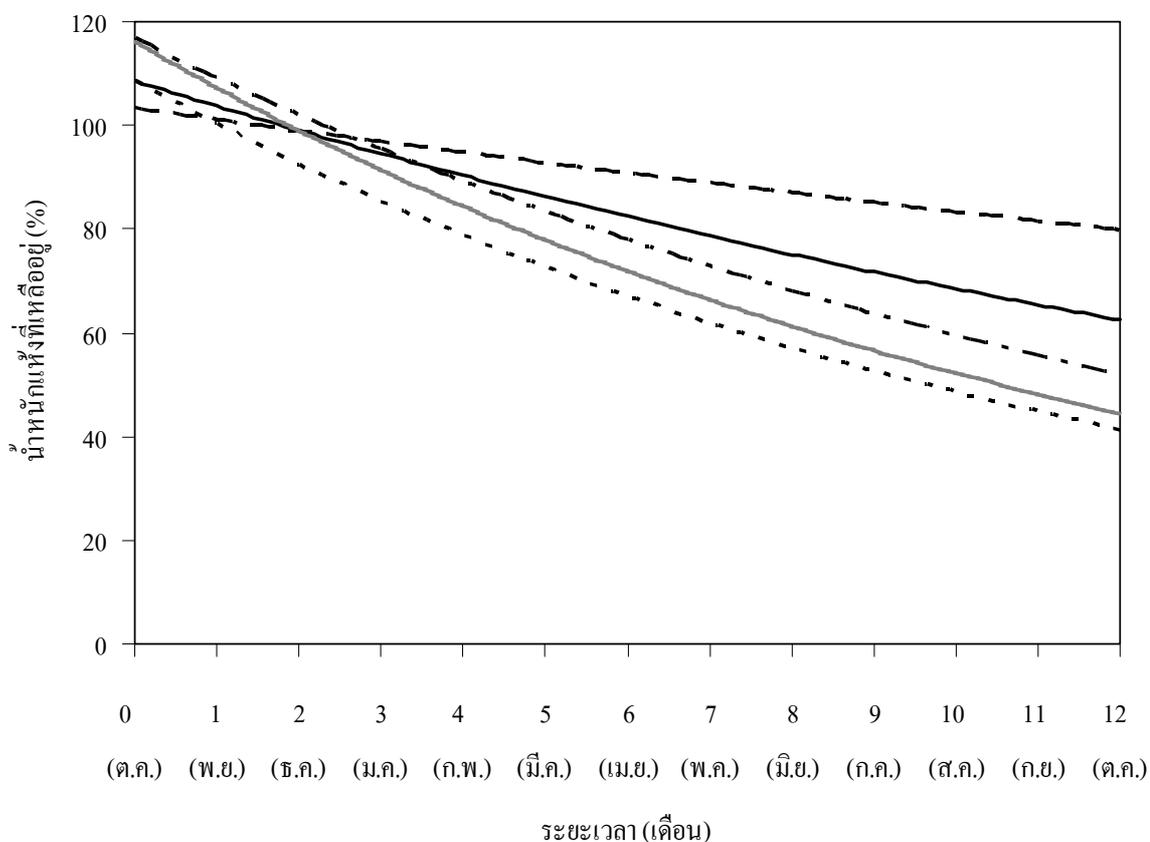
^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการสหสัมพันธ์ บอกให้ทราบว่าระยะเวลาที่มีอิทธิพลอย่างสูงต่อน้ำหนักแห้งของซากใบที่เหลืออยู่ (80-86 เปอร์เซ็นต์) โดยน้ำหนักแห้งของซากใบที่เหลืออยู่ แปรผันไปในทางตรงกันข้ามกับระยะเวลา คือ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้งของซากใบที่เหลืออยู่จะลดน้อยลง

อิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่ออัตราการย่อยสลายของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทอง ได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน

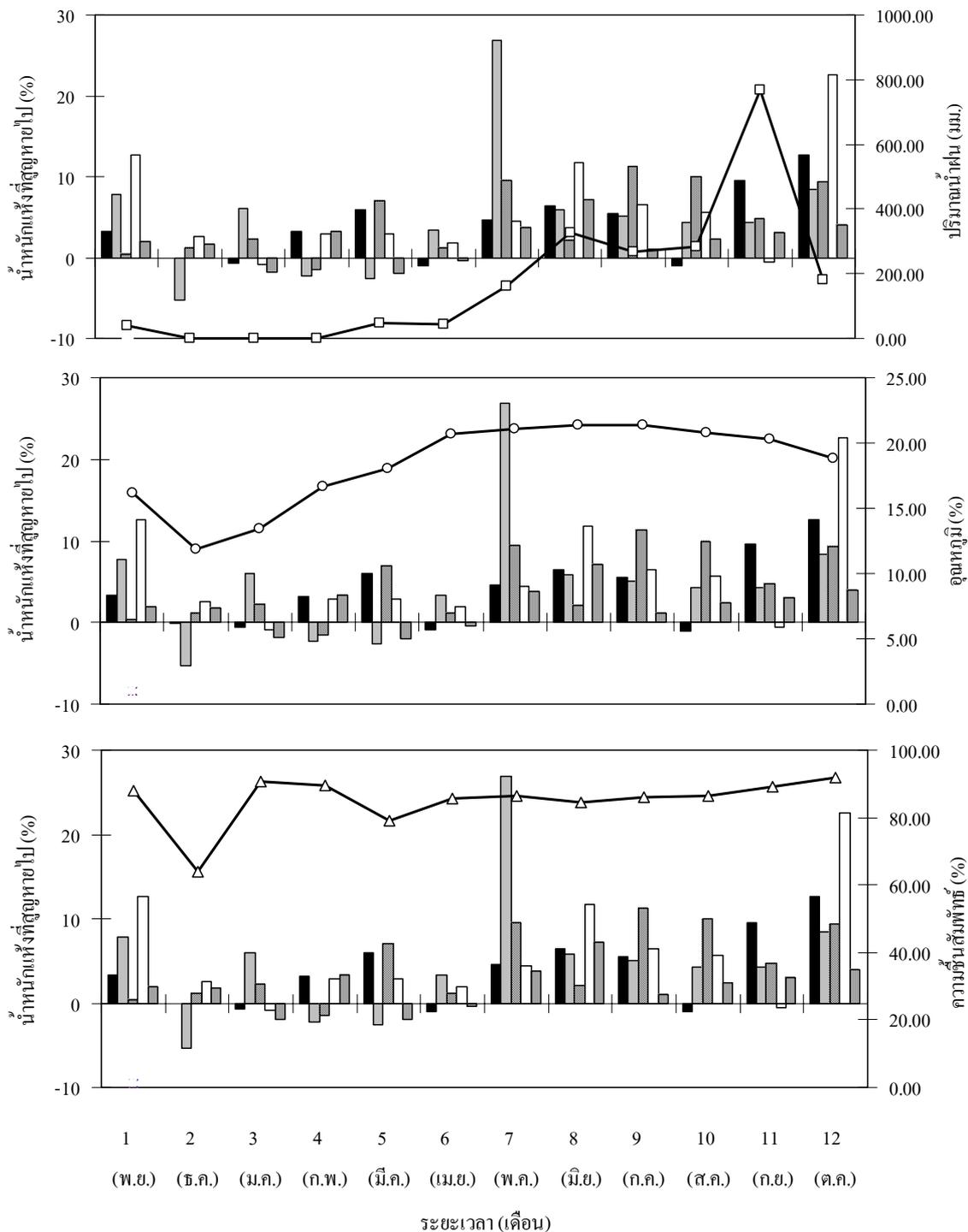
ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบพืชที่สูญเสียบ่อยรายเดือน กับปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน แสดงในภาพที่ 20 ซึ่งจะเห็นว่า การย่อยสลายของใบพืชทั้ง 5 ชนิด มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันกับปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ คือ เมื่อปริมาณน้ำฝนเพิ่ม การย่อยสลายก็จะเพิ่ม เมื่อน้ำฝนลดลงการย่อยสลายก็

จะลดลง ที่อุณหภูมิประมาณ 20-22 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ การย่อยสลายจะมีมาก เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดำเนินไปได้ดี ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ที่สูญเสียไปรายเดือนที่คิดลบ อาจเป็นผลมาจากความไม่สม่ำเสมอขององค์ประกอบในซากใบที่อยู่ในถุงทดลองแต่ละถุง หรืออาจเกิดจากการที่ซากใบในแต่ละถุงถูกสิ่งมีชีวิตเข้าย่อยสลายแตกต่างกัน ค่าที่คิดลบนี้อาจมีจำนวนน้อยลงหรือหมดไปได้ ถ้าเพิ่มจำนวนซ้ำหรือจำนวนถุงที่สุ่มเก็บแต่ละเดือนให้มากขึ้น



---	สนนาม	$y = 105.58e^{-0.0215x}$ ($R^2 = 0.8483$)
—	กระถินคอย	$y = 113.70e^{-0.0461x}$ ($R^2 = 0.8440$)
- · -	เมเปิ้ลหอม	$y = 124.93e^{-0.0673x}$ ($R^2 = 0.8503$)
- · · -	การบูร	$y = 117.82e^{-0.0804x}$ ($R^2 = 0.8060$)
—	จันทร์ทองใต้หวั่น	$y = 125.94e^{-0.0800x}$ ($R^2 = 0.8572$)

ภาพที่ 19 น้ำหนักแห้ง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวั่น, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน จากสมการสหสัมพันธ์



กระจินคอย
 จันทร์ทองได้หวัน
 เมเปิลหอม
 การบูร
 สนนาม
 ปริมาณน้ำฝน
 อุณหภูมิ
 ความชื้นสัมพัทธ์

ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักร่อง (เปอร์เซ็นต์) ของซากใบกระจินคอย, จันทร์ทองได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ที่สูญหายไปรายเดือน กับปริมาณน้ำฝนรายเดือน อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือน

2. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอาหารในซากใบพืชที่ย่อยสลาย

ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวั่น, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนหนามตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน แสดงในตารางที่ 12, 13, 14, 15 และ 16 ตามลำดับ เปรอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของสารอาหารที่เปลี่ยนแปลงไปในซากใบพืชทั้ง 5 ชนิด ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย แสดงในภาพที่ 21, 22 และ 23 สำหรับรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารอาหารแต่ละชนิดมีดังนี้

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในซากใบพืชทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยในช่วงเดือนแรกๆ และเพิ่มสูงขึ้นในเดือนหลังๆ สอดคล้องกับการศึกษาของ Lousier and Parkinson (1976) รวมทั้งของ MacLean and Wein (1978) ที่พบว่า ไนโตรเจนในซากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อซากยังสลายตัวนานเข้า ซึ่งมีสาเหตุมาจากการที่ไนโตรเจนถูกตรึงไว้โดยจุลินทรีย์ที่เข้ามาย่อยสลายที่เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่ซากและองค์ประกอบอื่นๆ ย่อยสลายมีน้ำหนักลดลง ทำให้การสูญเสียไนโตรเจนเกิดขึ้นน้อยกว่าการสูญเสียน้ำหนักแห้งของซาก ความเข้มข้นของไนโตรเจนจึงเพิ่มขึ้น (Lousier and Parkinson, 1978)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในซากใบพืชทั้ง 5 ชนิด จะเป็นไปในทางเดียวกันกับไนโตรเจน กล่าวคือ ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงไว้ในซากโดยจุลินทรีย์ที่เข้ามาย่อยสลาย ในขณะที่องค์ประกอบอื่นๆ สูญเสียออกไปจากซาก ส่งผลให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาจำนวนมากพบว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของฟอสฟอรัสยังคงมีแนวทางที่ไม่แน่นอน MacLean and Wein (1978) พบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในซากเพิ่มขึ้นในแปลงทดลองไม้สนและลดลงในแปลงไม้ใบกว้าง และยังพบว่าในพื้นที่เดียวกัน ใบพืชที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสเมื่อเริ่มต้นสูงจะทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในซากมีแนวโน้มยิ่งเพิ่มสูงมากขึ้นในระหว่างการย่อยสลาย Upadhyay and Singh (1989) พบว่า ใบพืชที่มีความเข้มข้นของไนโตรเจนหรือฟอสฟอรัสเมื่อเริ่มต้นสูงมักทำให้เกิดการตรึงสารอาหารนั้นในระหว่างที่ซากกำลังย่อยสลาย ส่งผลให้ความเข้มข้นของสารอาหารนั้นเพิ่มสูงขึ้น

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในซากใบพืชทั้ง 5 ชนิด มีแนวโน้มลดลงในช่วงแรก และลดลงมากโดยเฉพาะในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) เนื่องจากโพแทสเซียมมีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง ทำให้โพแทสเซียมถูกชะล้าง

ออกไปจากซากพีชอย่างรวดเร็วโดยปริมาณน้ำฝนที่ไหลผ่าน การสูญเสียโพแทสเซียมจึงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ความเข้มข้นในซากลดลงอย่างรวดเร็ว โพแทสเซียมถูกจัดให้อยู่ในองค์ประกอบของซากพีชที่ย่อยสลายเร็ว จากการศึกษาของ Attiwill (1968) พบว่า โพแทสเซียมสูญเสียไปจากซากใบ *Eucalyptus oblique* ที่กำลังย่อยสลายประมาณ 60-80 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 6 เดือน Lousier and Parkinson (1976) พบว่า โพแทสเซียมสูญเสียออกไปจากซากใบ Aspen และ Balsam ประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์ ภายในระยะเวลา 12-18 เดือน

ความเข้มข้นของแคลเซียมในซากใบพีชทั้ง 5 ชนิด ลดลงในช่วงแรก และเพิ่มสูงขึ้นในระยะหลัง แม้ว่าการศึกษาในครั้งนี้จะตรงกันข้ามกับสมบัติของแคลเซียม ซึ่งเป็นสารอาหารที่ถูกชะล้างให้สูญหายออกไปจากซากที่กำลังย่อยสลายได้ง่ายเช่นเดียวกับโพแทสเซียมและแมกนีเซียม (Attiwill, 1968) และส่งผลให้ความเข้มข้นของแคลเซียมมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานเข้า (MacLean and Wein, 1978) แต่การศึกษาจำนวนมากพบว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นรวมไปถึงปริมาณของแคลเซียมในซากที่กำลังย่อยสลายยังมีแนวทางที่ไม่แน่นอน ในจำนวนนี้ Attiwill (1968); Brinson (1977) รวมทั้ง Lousier and Parkinson (1978) พบว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมในใบมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในระยะแรก Wood (1974) กล่าวถึงสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในซากที่กำลังสลายตัวเพิ่มขึ้นว่า เกิดจากการที่สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังชนิดต่างๆ ที่กัดกินใบพีชเป็นอาหารเลือกกินเนื้อเยื่อใบส่วนที่มีแคลเซียมต่ำออกไป เหลือแต่เนื้อเยื่อส่วนที่มีแคลเซียมสูงไว้ นอกจากนี้ Lousier and Parkinson (1978) ยังให้พิจารณาถึงแหล่งที่มาของแคลเซียมจากภายนอกด้วย ซึ่งที่สำคัญได้แก่ จากการฟุ้งของวัตถุต้นกำเนิดดินในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินปูน ซึ่งจะสลายตัวให้แคลเซียมออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจร่วมกันมีอิทธิพลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมในซากที่กำลังสลายตัว

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมมีแนวโน้มลดลงอย่างช้าๆ เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นสารอาหารที่ถูกชะล้างให้ออกจากซากที่กำลังสลายตัวได้ง่ายเช่นเดียวกับโพแทสเซียมและแคลเซียม (Attiwill, 1968; MacLean and Wein, 1978)

ตารางที่ 12 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบกระถินดอย
เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	132.24	2.64	0.05	0.20	0.30	0.19
1 (พ.ย. 47)	127.91	2.67	0.06	0.16	0.19	0.13
2 (ธ.ค. 47)	128.03	2.78	0.06	0.16	0.26	0.14
3 (ม.ค. 48)	128.88	2.62	0.05	0.14	0.27	0.14
4 (ก.พ. 48)	124.65	2.55	0.05	0.15	0.21	0.14
5 (มี.ค. 48)	116.81	2.76	0.10	0.16	0.32	0.14
6 (เม.ย. 48)	118.09	2.87	0.09	0.15	0.38	0.15
7 (พ.ค. 48)	111.95	3.00	0.11	0.11	0.42	0.16
8 (มิ.ย. 48)	103.47	3.23	0.10	0.07	0.36	0.15
9 (ก.ค. 48)	96.21	3.58	0.09	0.10	0.41	0.17
10 (ส.ค. 48)	97.60	3.17	0.07	0.07	0.32	0.13
11 (ก.ย. 48)	85.00	3.41	0.06	0.06	0.36	0.13
12 (ต.ค. 48)	68.29	3.37	0.07	0.06	0.38	0.11

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบจันทร์ทองไต้หวัน เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	113.70	1.26	0.08	0.18	0.85	0.16
1 (พ.ย. 47)	104.87	1.50	0.09	0.17	0.63	0.16
2 (ธ.ค. 47)	110.91	1.64	0.09	0.15	0.78	0.17
3 (ม.ค. 48)	104.05	1.45	0.09	0.14	0.66	0.17
4 (ก.พ. 48)	106.65	1.36	0.12	0.14	0.77	0.16
5 (มี.ค. 48)	109.56	1.41	0.13	0.13	1.21	0.15
6 (เม.ย. 48)	105.76	1.55	0.14	0.13	1.11	0.16
7 (พ.ค. 48)	75.21	2.09	0.11	0.06	1.13	0.17
8 (มิ.ย. 48)	68.53	2.24	0.13	0.09	0.49	0.16
9 (ก.ค. 48)	62.76	1.92	0.13	0.10	0.59	0.15
10 (ส.ค. 48)	57.89	2.29	0.12	0.09	0.59	0.14
11 (ก.ย. 48)	53.01	2.01	0.11	0.09	0.35	0.15
12 (ต.ค. 48)	43.45	2.08	0.13	0.10	0.38	0.16

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบเมเปิลหอม
เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
จังหวัดเชียงใหม่

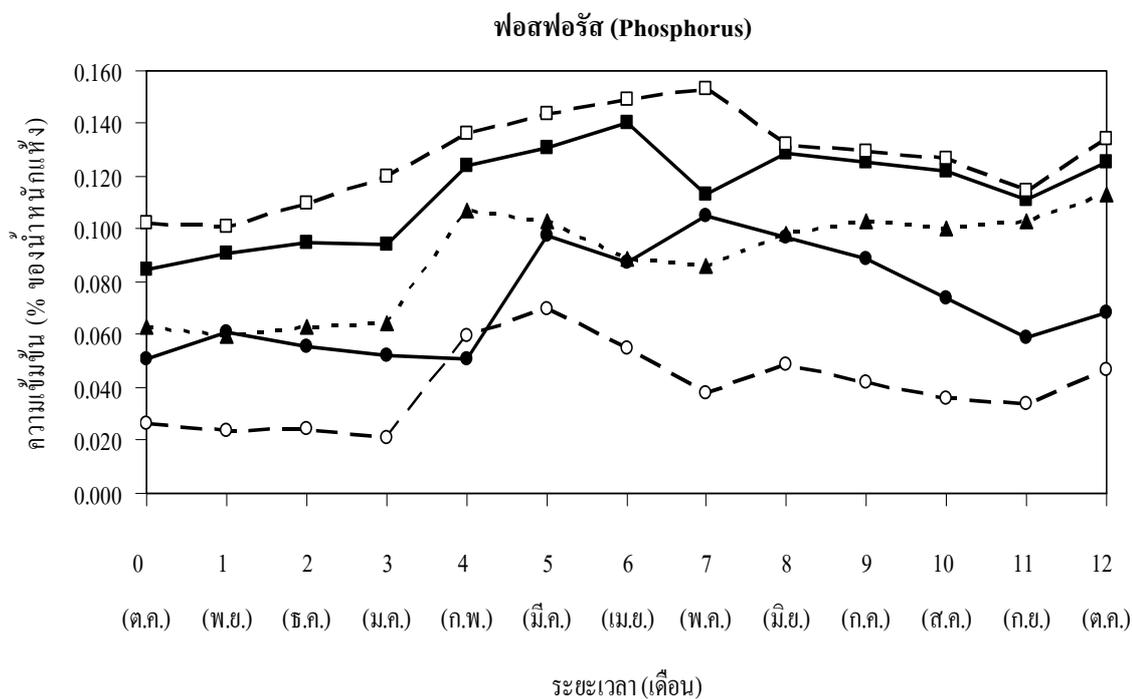
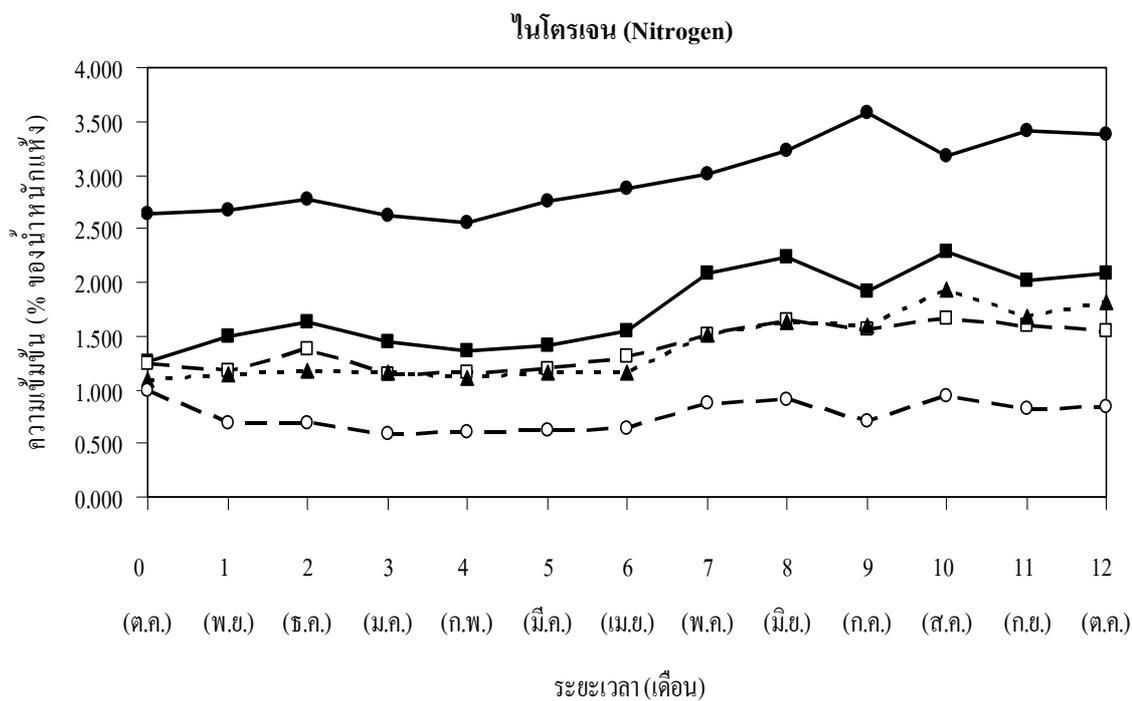
ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	121.53	1.24	0.10	0.22	1.48	0.35
1 (พ.ย. 47)	121.09	1.18	0.10	0.20	1.30	0.30
2 (ธ.ค. 47)	119.69	1.38	0.11	0.20	1.24	0.31
3 (ม.ค. 48)	116.97	1.15	0.12	0.22	1.23	0.33
4 (ก.พ. 48)	118.83	1.16	0.14	0.21	1.05	0.33
5 (มี.ค. 48)	110.35	1.19	0.14	0.18	1.39	0.33
6 (เม.ย. 48)	108.88	1.32	0.15	0.17	1.40	0.31
7 (พ.ค. 48)	97.37	1.51	0.15	0.12	1.56	0.33
8 (มิ.ย. 48)	94.80	1.64	0.13	0.08	1.52	0.33
9 (ก.ค. 48)	81.07	1.56	0.13	0.07	0.98	0.29
10 (ส.ค. 48)	68.96	1.66	0.13	0.07	1.14	0.23
11 (ก.ย. 48)	63.15	1.59	0.11	0.07	1.03	0.21
12 (ต.ค. 48)	51.79	1.55	0.13	0.10	0.91	0.22

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบการบูร
เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	131.94	1.10	0.06	0.13	2.18	0.17
1 (พ.ย. 47)	115.28	1.14	0.06	0.12	2.06	0.16
2 (ธ.ค. 47)	111.85	1.17	0.06	0.11	1.58	0.16
3 (ม.ค. 48)	112.96	1.17	0.06	0.12	1.46	0.17
4 (ก.พ. 48)	109.12	1.10	0.11	0.10	1.26	0.16
5 (มี.ค. 48)	105.33	1.16	0.10	0.11	2.31	0.15
6 (เม.ย. 48)	102.87	1.16	0.09	0.10	1.50	0.14
7 (พ.ค. 48)	96.95	1.52	0.09	0.07	2.53	0.13
8 (มิ.ย. 48)	81.43	1.63	0.10	0.07	2.46	0.15
9 (ก.ค. 48)	72.87	1.59	0.10	0.10	1.84	0.15
10 (ส.ค. 48)	65.47	1.93	0.10	0.12	1.43	0.13
11 (ก.ย. 48)	66.17	1.68	0.10	0.12	1.25	0.13
12 (ต.ค. 48)	36.37	1.81	0.11	0.12	1.46	0.14

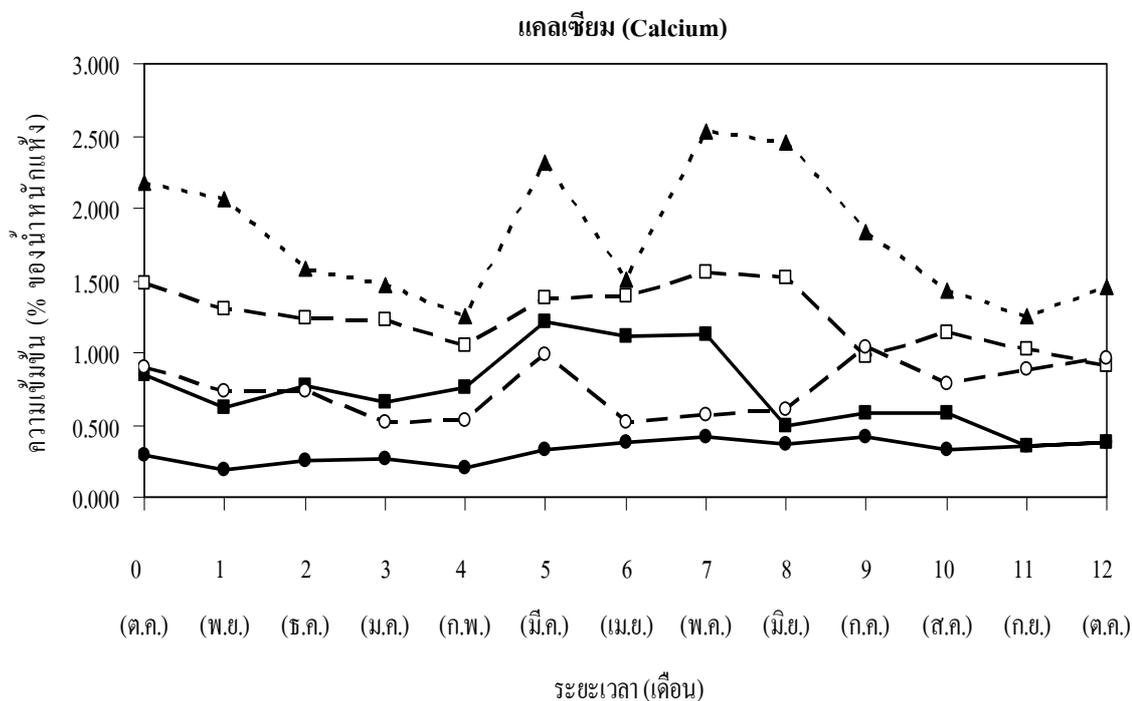
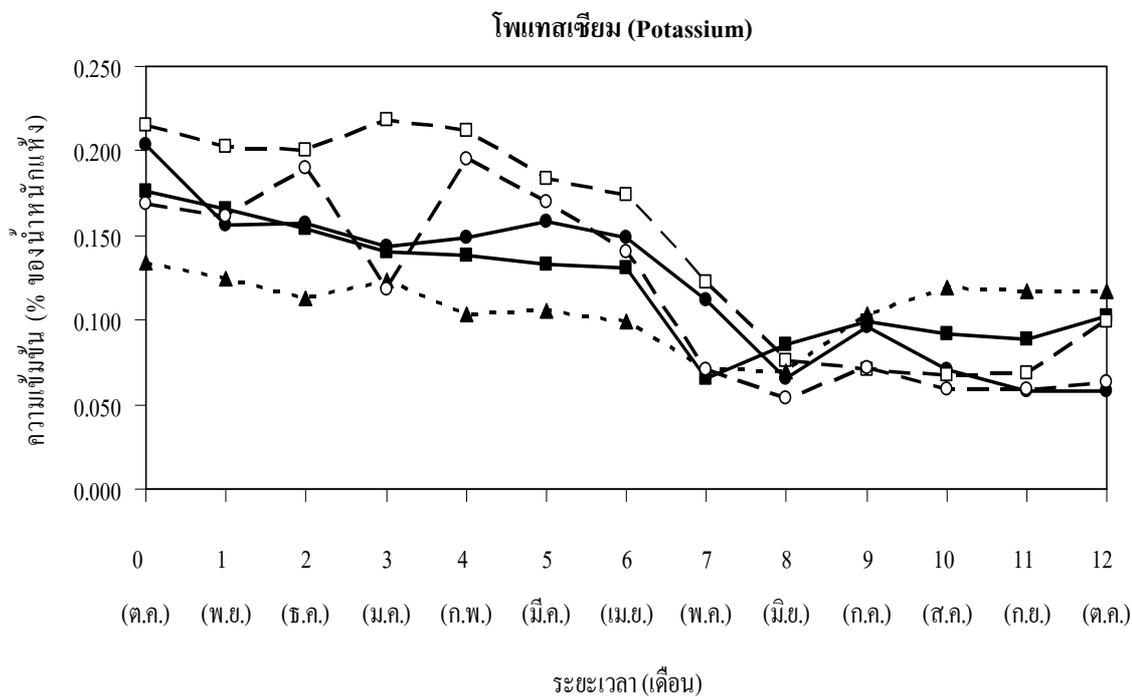
ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้ง และความเข้มข้นของสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากไบสนหนาม
เมื่อเริ่มต้น และที่เหลืออยู่ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง
จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ความเข้มข้นของสารอาหาร (% ของน้ำหนักแห้ง)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	183.97	0.99	0.03	0.17	0.90	0.14
1 (พ.ย. 47)	180.31	0.69	0.02	0.16	0.73	0.11
2 (ธ.ค. 47)	177.13	0.69	0.02	0.19	0.74	0.11
3 (ม.ค. 48)	180.59	0.58	0.02	0.12	0.52	0.09
4 (ก.พ. 48)	174.53	0.60	0.06	0.19	0.54	0.10
5 (มี.ค. 48)	178.17	0.62	0.07	0.17	0.98	0.08
6 (เม.ย. 48)	178.97	0.64	0.05	0.14	0.52	0.10
7 (พ.ค. 48)	172.04	0.88	0.04	0.07	0.56	0.10
8 (มิ.ย. 48)	158.87	0.91	0.05	0.05	0.61	0.09
9 (ก.ค. 48)	156.89	0.71	0.04	0.07	1.04	0.09
10 (ส.ค. 48)	152.59	0.94	0.04	0.06	0.78	0.06
11 (ก.ย. 48)	147.08	0.82	0.03	0.06	0.89	0.06
12 (ต.ค. 48)	139.83	0.84	0.05	0.06	0.96	0.07



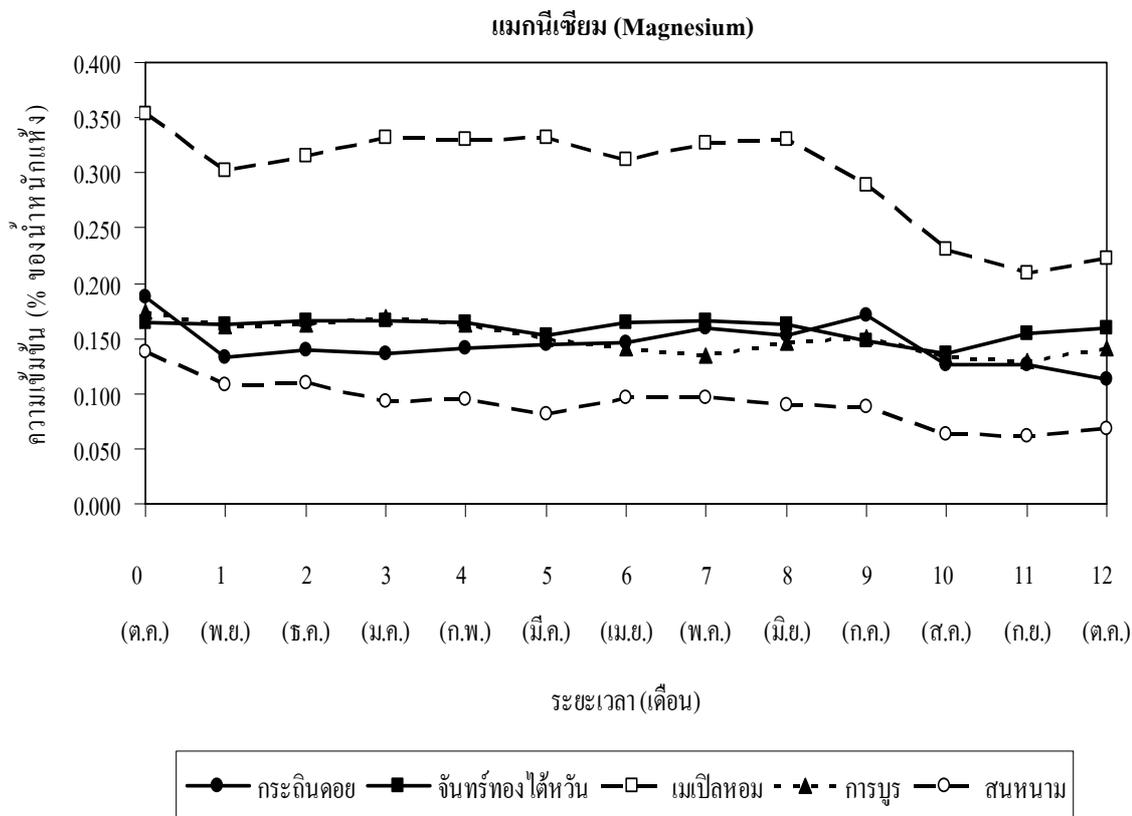
กระจินคอก
 จันทรทองได้หวัน
 เมเปิลหอม
 การบูร
 สนนาม

ภาพที่ 21 ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในซากใบกระจินคอก, จันทรทองได้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน



กระถินคอย
 จันทร์ทองใต้หวัน
 เมเปิลหอม
 การบูร
 สนนาม

ภาพที่ 22 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและแคลเซียมในซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะการย่อยสลาย 12 เดือน



ภาพที่ 23 ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในซากใบกระจินคอย, จันท์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน

3. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารอาหารจากการสลายตัวของซากพืช

Brinson (1977) กล่าวถึงการที่ความเข้มข้นของสารอาหารในซากเปลี่ยนแปลงในแต่ละระยะการย่อยสลายว่าเกิดได้หลายกรณี การที่ความเข้มข้นของสารอาหารลดลงนั้นอาจเกิดจากการสูญเสียสารอาหารนั้นออกไปมากกว่าองค์ประกอบอื่นๆ ในซาก ในทางกลับกัน การที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอาจมาจากการที่มีสารอาหารเข้ามาสะสมอยู่ในซาก หรือการที่สารอาหารนั้นสูญเสียออกไปจากซากพืช น้อยกว่าเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ ดังนั้นสารอาหารที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอาจมีปริมาณที่เหลืออยู่ในซากเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้ จากสิ่งเหล่านี้จึงทำให้การศึกษาจำนวนมากเปลี่ยนความเข้มข้นของสารอาหารที่อยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งนี้ไปเป็นปริมาณสารอาหาร (nutrient content) ของซากที่อยู่ในถุงทดลองในแต่ละระยะที่ทำการศึกษา และนำไปสู่การพิจารณาว่าซากใบพืชในถุงทดลองนี้ เป็นแหล่งที่ปลดปล่อยสารอาหารออกไปเป็นปริมาณเท่าใดในกระบวนการย่อยสลายอีกด้วย (Brinson, 1977; MacLean and Wein, 1978)

น้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) แสดงในตารางที่ 17 สำหรับ จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม แสดงในตารางที่ 18, 19, 20 และ 21 ตามลำดับ ปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ที่เหลืออยู่ในซากใบพืชทั้ง 5 ชนิด ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน แสดงในภาพที่ 24, 25 และ 26

ลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหาร (กรัมต่อตารางเมตร) ในซากใบกระถินคอย จันทร์ทองใต้หวัน และสนหนาม ก่อนการทดลองมีปริมาณ $N > Ca > K > Mg > P$ ส่วนปริมาณสารอาหารในซากใบเมเปิลหอม และการบูร ก่อนการทดลองมีปริมาณ $Ca > N > Mg > K > P$ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดจากซากใบเมเปิลหอม และการบูรยังคงเป็น $Ca > N > Mg > K > P$ และลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดจากซากใบสนหนามก็ยังคงเป็น $N > Ca > K > Mg > P$ ส่วนในซากใบกระถินคอย และจันทร์ทองใต้หวันพบว่ามีลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหารที่คืนกลับเปลี่ยนไปเป็น $N > K > Mg > Ca > P$ และ $Ca > N > K > Mg > P$ ตามลำดับ โดยที่ลำดับที่เปลี่ยนแปลงไปมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก จึงอาจสรุปได้ว่าสารอาหารในซากใบที่มีปริมาณสูงย่อมมีการคืนกลับไป ในปริมาณสูงเช่นกัน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสวัญณ์ (2540) ที่อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี

ค่าคงที่ของการย่อยสลายของสารอาหาร (k) พบว่า ในระยะเวลาหนึ่งปีสารอาหารในซากใบกระถินคอย ที่ย่อยสลายไปเร็วเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยคือ $K > Mg > N > Ca > P$ จันทร์ทองใต้หวัน คือ $Ca > K > Mg > P > N$ เมเปิลหอม คือ $K > Ca > Mg > N > P$ การบูร คือ $Ca > Mg > K > N > P$ และสนหนาม คือ $K > Mg > N > Ca > P$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าสารอาหารที่มีอัตราการย่อยสลายเร็วที่สุด คือ โปแทสเซียมและแคลเซียมเนื่องจากเป็นสารอาหารที่ถูกชะล้างได้โดยง่าย และสารอาหารที่มีอัตราการย่อยสลายช้าที่สุด คือ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

เมื่อพิจารณาอัตราการคืนกลับของสารอาหารจากการสลายตัวของซากพืช พบว่า อัตราการคืนกลับของไนโตรเจนในสวนป่า การบูร > เมเปิลหอม > จันทร์ทองใต้หวัน > สนหนาม > กระถินคอย ฟอสฟอรัสในสวนป่า การบูร > เมเปิลหอม > จันทร์ทองใต้หวัน > กระถินคอย > สนหนาม โปแทสเซียมในสวนป่า กระถินคอย > เมเปิลหอม > จันทร์ทองใต้หวัน > การบูร > สนหนาม

แคลเซียมในสวนป่า จันทร์ทองใต้ห้วย > การบูร > เมเปิลหอม > กระจิณคอย > สนหนาม และ แมกนีเซียมในสวนป่า การบูร > เมเปิลหอม > กระจิณคอย > จันทร์ทองใต้ห้วย > สนหนาม กล่าวคือ ปริมาณไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม ที่คืนกลับทั้งหมดซึ่งคิด เป็นร้อยละจากซากใบกระจิณคอย มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 34.08, 27.70, 84.51, 34.59 และ 70.10 ตามลำดับ ซากใบจันทร์ทองใต้ห้วย มีร้อยละ 36.92, 37.90, 78.77, 82.92 และ 61.79 ตามลำดับ ซากใบเมเปิลหอม มีร้อยละ 46.73, 44.60, 80.63, 73.80 และ 73.21 ตามลำดับ ซากใบการบูร มีร้อยละ 54.64, 49.46, 74.55, 81.54 และ 77.30 ตามลำดับ และซากใบสนหนาม มีร้อยละ 35.51, -26.68, 73.17, 18.93 และ 62.00 ตามลำดับ

อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบกระจิณคอย ตลอด ระยะเวลาย่อยสลาย 12 เดือน แสดงในตารางที่ 22 สำหรับ จันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม แสดงในตารางที่ 23, 24, 25 และ 26 ตามลำดับ และภาพที่ 27, 28 และ 29

การศึกษาครั้งนี้พบว่า สารอาหารส่วนใหญ่สูญเสียออกไปจากซากใบที่อยู่ในถุงทดลอง ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา หรือมีอัตราการคืนกลับของสารอาหารตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา มีเพียงฟอสฟอรัสและแคลเซียมที่สูญเสียออกไป หรือมีการคืนกลับในระยะแรก ตามด้วยการสะสม จนมีปริมาณเพิ่มขึ้น ก่อนที่จะมีการปลดปล่อยปริมาณสารอาหารอีกครั้งในระยะสุดท้าย รวมถึง ฟอสฟอรัสในซากใบของสนหนามที่มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสาเหตุการเพิ่มของปริมาณสารอาหารอาจมาจากการสะสมทางกายภาพและกิจกรรมของจุลินทรีย์ Staaf and Berg (1982) และ Upadhyay and Singh (1989) กล่าวว่า รูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารอาหารในซากพืชที่กำลังสลายตัว นั้นประกอบด้วย 3 ระยะติดต่อกันตามลำดับ คือ ระยะแรกเกิดการสูญเสียสารอาหารออกเนื่องจาก อิทธิพลการชะล้างของฝน ตามด้วยระยะที่สองที่เกิดการตรึงและสะสมสารอาหารนั้นจนมีปริมาณ เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารอาหารถูกนำเข้าสู่ซากโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ และระยะสุดท้ายเกิดการสูญเสีย ปริมาณสารอาหารขึ้นอีกครั้ง

ตารางที่ 17 น้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้ง เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ปริมาณสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	132.24	3.4911	0.0661	0.2645	0.3967	0.2513
1 (พ.ย. 47)	127.91	3.4152	0.0767	0.2047	0.2430	0.1663
2 (ธ.ค. 47)	128.03	3.5592	0.0768	0.2048	0.3329	0.1792
3 (ม.ค. 48)	128.88	3.3767	0.0644	0.1804	0.3480	0.1804
4 (ก.พ. 48)	124.65	3.1786	0.0623	0.1870	0.2618	0.1745
5 (มี.ค. 48)	116.81	3.2240	0.1168	0.1869	0.3738	0.1635
6 (เม.ย. 48)	118.09	3.3892	0.1063	0.1771	0.4487	0.1771
7 (พ.ค. 48)	111.95	3.3585	0.1231	0.1231	0.4702	0.1791
8 (มิ.ย. 48)	103.47	3.3421	0.1035	0.0724	0.3725	0.1552
9 (ก.ค. 48)	96.21	3.4443	0.0866	0.0962	0.3945	0.1636
10 (ส.ค. 48)	97.60	3.0939	0.0683	0.0683	0.3123	0.1269
11 (ก.ย. 48)	85.00	2.8985	0.0510	0.0510	0.3060	0.1105
12 (ต.ค. 48)	68.29	2.3014	0.0478	0.0410	0.2595	0.0751
คืนกลับ	63.95	1.1898	0.0183	0.2235	0.1372	0.1761
%	48.36	34.08	27.70	84.51	34.59	70.10
k (ต่อปี)	0.6609	0.4167	0.3244	1.8648	0.4245	1.2074

ตารางที่ 18 น้ำหนักแห้งของซากใบจันทร์ทองใต้หวัน และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ปริมาณสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	113.70	1.4326	0.0910	0.2047	0.9665	0.1819
1 (พ.ย. 47)	104.87	1.5731	0.0944	0.1783	0.6607	0.1678
2 (ธ.ค. 47)	110.91	1.8189	0.0998	0.1664	0.8651	0.1885
3 (ม.ค. 48)	104.05	1.5087	0.0936	0.1457	0.6867	0.1769
4 (ก.พ. 48)	106.65	1.4504	0.1280	0.1493	0.8212	0.1706
5 (มี.ค. 48)	109.56	1.5448	0.1424	0.1424	1.3257	0.1643
6 (เม.ย. 48)	105.76	1.6393	0.1481	0.1375	1.1739	0.1692
7 (พ.ค. 48)	75.21	1.5719	0.0827	0.0451	0.8499	0.1279
8 (มิ.ย. 48)	68.53	1.5351	0.0891	0.0617	0.3358	0.1096
9 (ก.ค. 48)	62.76	1.2050	0.0816	0.0628	0.3703	0.0941
10 (ส.ค. 48)	57.89	1.3257	0.0695	0.0521	0.3416	0.0810
11 (ก.ย. 48)	53.01	1.0655	0.0583	0.0477	0.1855	0.0795
12 (ต.ค. 48)	43.45	0.9038	0.0565	0.0435	0.1651	0.0695
คืนกลับ	70.25	0.5289	0.0345	0.1612	0.8013	0.1124
%	61.78	36.92	37.90	78.77	82.92	61.79
k (ต่อปี)	0.9620	0.4607	0.4764	1.5497	1.7670	0.9620

ตารางที่ 19 น้ำหนักแห้งของซากใบเมเปิลหอม และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้ง เมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

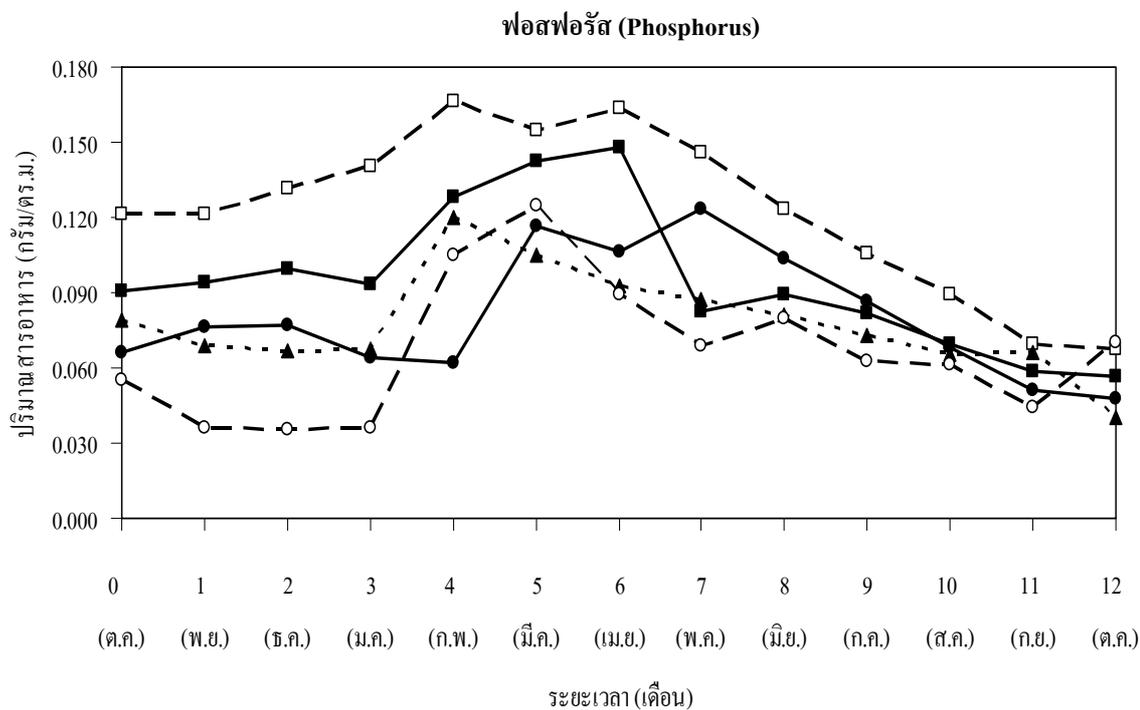
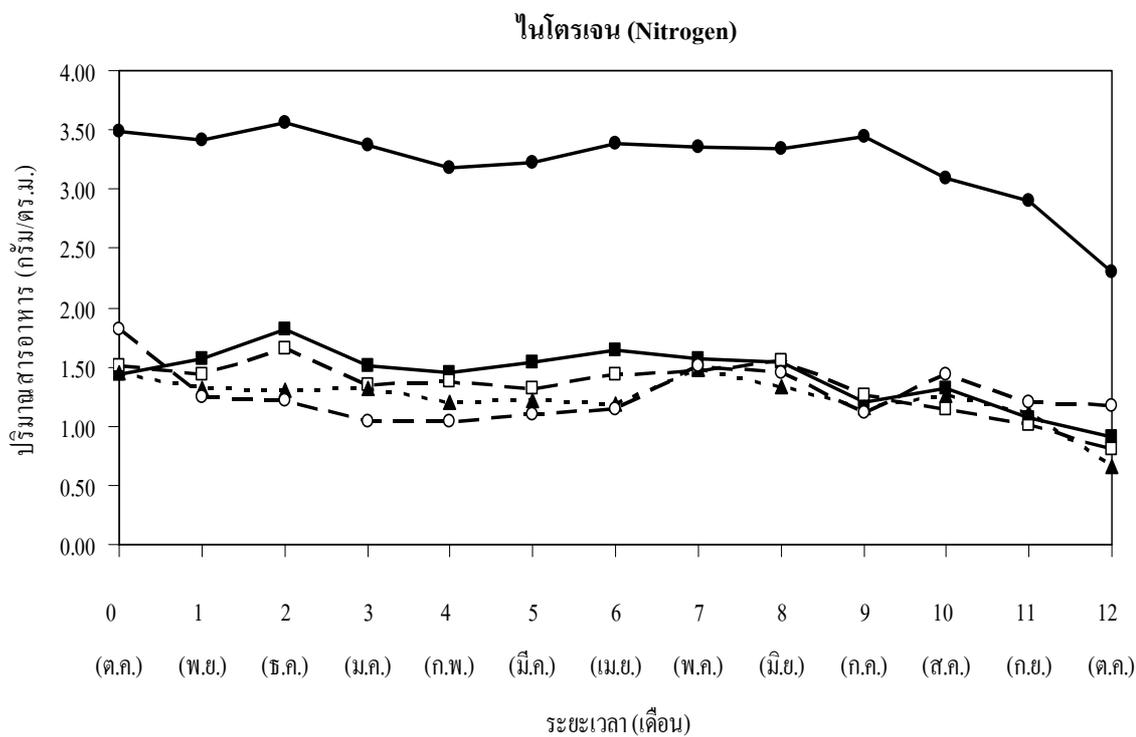
ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ปริมาณสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	121.53	1.5070	0.1215	0.2674	1.7986	0.4254
1 (พ.ย. 47)	121.09	1.4289	0.1211	0.2422	1.5742	0.3633
2 (ธ.ค. 47)	119.69	1.6517	0.1317	0.2394	1.4842	0.3710
3 (ม.ค. 48)	116.97	1.3452	0.1404	0.2573	1.4387	0.3860
4 (ก.พ. 48)	118.83	1.3784	0.1664	0.2495	1.2477	0.3921
5 (มี.ค. 48)	110.35	1.3132	0.1545	0.1986	1.5339	0.3642
6 (เม.ย. 48)	108.88	1.4372	0.1633	0.1851	1.5243	0.3375
7 (พ.ค. 48)	97.37	1.4703	0.1461	0.1168	1.5190	0.3213
8 (มิ.ย. 48)	94.80	1.5547	0.1232	0.0758	1.4410	0.3128
9 (ก.ค. 48)	81.07	1.2647	0.1054	0.0567	0.7945	0.2351
10 (ส.ค. 48)	68.96	1.1447	0.0896	0.0483	0.7861	0.1586
11 (ก.ย. 48)	63.15	1.0041	0.0695	0.0442	0.6504	0.1326
12 (ต.ค. 48)	51.79	0.8027	0.0673	0.0518	0.4713	0.1139
คืนกลับ	69.74	0.7042	0.0542	0.2156	1.3274	0.3114
%	57.39	46.73	44.60	80.63	73.80	73.21
k (ต่อปี)	0.8530	0.6298	0.5906	1.6414	1.3393	1.3173

ตารางที่ 20 น้ำหนักแห้งของซากใบการบูร และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ปริมาณสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	131.94	1.4513	0.0792	0.1715	2.8763	0.2243
1 (พ.ย. 47)	115.28	1.3142	0.0692	0.1383	2.3748	0.1844
2 (ธ.ค. 47)	111.85	1.3086	0.0671	0.1230	1.7672	0.1790
3 (ม.ค. 48)	112.96	1.3216	0.0678	0.1356	1.6492	0.1920
4 (ก.พ. 48)	109.12	1.2003	0.1200	0.1091	1.3749	0.1746
5 (มี.ค. 48)	105.33	1.2218	0.1053	0.1159	2.4331	0.1580
6 (เม.ย. 48)	102.87	1.1933	0.0926	0.1029	1.5431	0.1440
7 (พ.ค. 48)	96.95	1.4736	0.0873	0.0679	2.4528	0.1260
8 (มี.ย. 48)	81.43	1.3273	0.0814	0.0570	2.0032	0.1221
9 (ก.ค. 48)	72.87	1.1586	0.0729	0.0729	1.3408	0.1093
10 (ส.ค. 48)	65.47	1.2636	0.0655	0.0786	0.9362	0.0851
11 (ก.ย. 48)	66.17	1.1117	0.0662	0.0794	0.8271	0.0860
12 (ต.ค. 48)	36.37	0.6583	0.0400	0.0436	0.5310	0.0509
คืนกลับ	95.57	0.7930	0.0392	0.1279	2.3453	0.1734
%	72.43	54.64	49.46	74.55	81.54	77.30
k (ต่อปี)	1.2886	0.7906	0.6825	1.3686	1.6895	1.4828

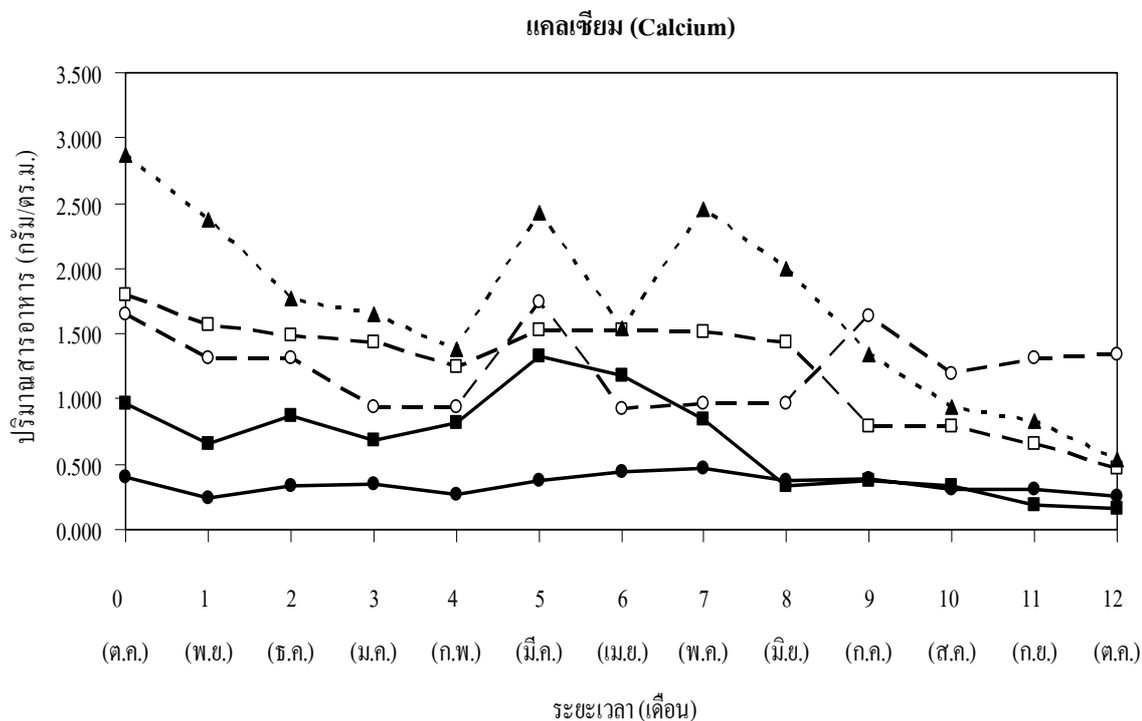
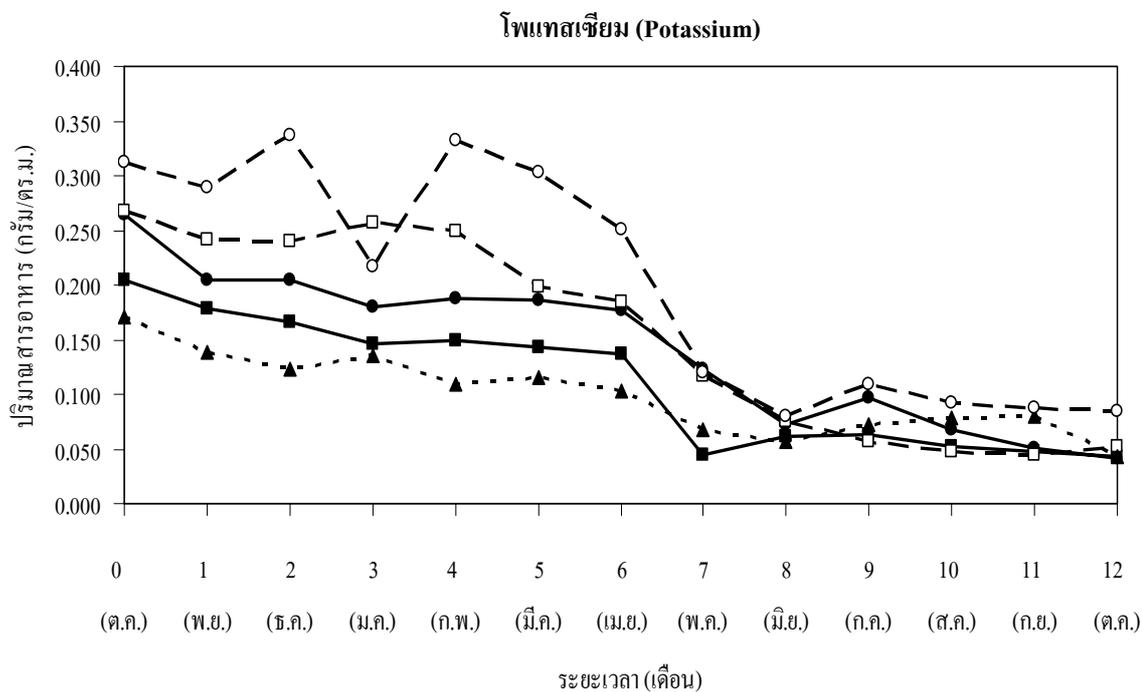
ตารางที่ 21 น้ำหนักแห้งของซากใบสนหนาม และปริมาณสารอาหารชนิดต่างๆ ในซากใบแห้งเมื่อเริ่มต้นการทดลอง และที่เหลืออยู่ในถุงทดลองตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน รวมทั้งปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดตลอดระยะเวลา 12 เดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลา การย่อยสลาย (เดือน)	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก แห้งของซากที่ เหลืออยู่ (กรัม/ตร.ม.)	ปริมาณสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
		N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	183.97	1.8213	0.0552	0.3127	1.6557	0.2576
1 (พ.ย. 47)	180.31	1.2441	0.0361	0.2885	1.3163	0.1983
2 (ธ.ค. 47)	177.13	1.2222	0.0354	0.3365	1.3108	0.1948
3 (ม.ค. 48)	180.59	1.0474	0.0361	0.2167	0.9391	0.1625
4 (ก.พ. 48)	174.53	1.0472	0.1047	0.3316	0.9425	0.1745
5 (มี.ค. 48)	178.17	1.1047	0.1247	0.3029	1.7461	0.1425
6 (เม.ย. 48)	178.97	1.1454	0.0895	0.2506	0.9306	0.1790
7 (พ.ค. 48)	172.04	1.5140	0.0688	0.1204	0.9634	0.1720
8 (มิ.ย. 48)	158.87	1.4457	0.0794	0.0794	0.9691	0.1430
9 (ก.ค. 48)	156.89	1.1139	0.0628	0.1098	1.6317	0.1412
10 (ส.ค. 48)	152.59	1.4343	0.0610	0.0916	1.1902	0.0916
11 (ก.ย. 48)	147.08	1.2061	0.0441	0.0882	1.3090	0.0882
12 (ต.ค. 48)	139.83	1.1746	0.0699	0.0839	1.3424	0.0979
คืนกลับ	44.14	0.6467	-0.0147	0.2289	0.3134	0.1597
%	23.99	35.51	-26.68	73.17	18.93	62.00
k (ต่อปี)	0.2743	0.4386	-0.2365	1.3158	0.2098	0.9675



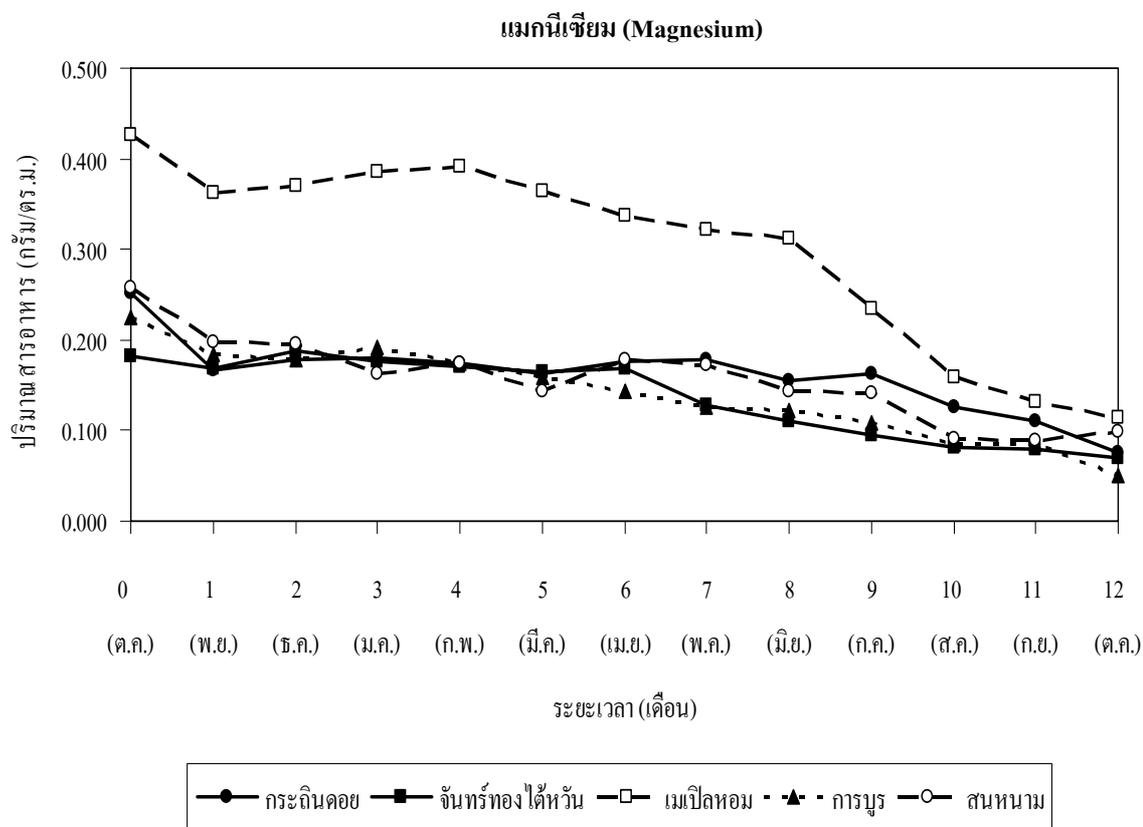
กระจินคอย
 จันท์ทองใต้หวัน
 เมเปิ้ลหอม
 การบูร
 สนนาม

ภาพที่ 24 ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่เหลืออยู่ในซากใบกระจินคอย, จันท์ทองใต้หวัน, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน



● กระถินคอย ■ จันทร์ทองใต้หวัน □ เมเปิ้ลหอม ▲ การบูร ○ สนนาม

ภาพที่ 25 ปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียม ที่เหลืออยู่ในซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะการย่อยสลาย 12 เดือน



ภาพที่ 26 ปริมาณแมกนีเซียม ที่เหลืออยู่ในซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิ้ลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน

ตารางที่ 22 อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบกระถินคอย
ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาการย่อย สลาย(เดือน)	อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1 (พ.ย. 47)	0.0759	-0.0106	0.0598	0.1537	0.0850
2 (ธ.ค. 47)	-0.0681	-0.0107	0.0596	0.0638	0.0720
3 (ม.ค. 48)	0.1145	0.0017	0.0840	0.0487	0.0708
4 (ก.พ. 48)	0.3126	0.0038	0.0775	0.1350	0.0767
5 (มี.ค. 48)	0.2672	-0.0507	0.0776	0.0229	0.0877
6 (เม.ย. 48)	0.1020	-0.0402	0.0873	-0.0520	0.0741
7 (พ.ค. 48)	0.1326	-0.0570	0.1413	-0.0735	0.0721
8 (มี.ย. 48)	0.1491	-0.0374	0.1921	0.0242	0.0961
9 (ก.ค. 48)	0.0468	-0.0205	0.1683	0.0023	0.0877
10 (ส.ค. 48)	0.3972	-0.0022	0.1962	0.0844	0.1244
11 (ก.ย. 48)	0.5926	0.0151	0.2135	0.0907	0.1408
12 (ต.ค. 48)	1.1898	0.0183	0.2235	0.1372	0.1761

ตารางที่ 23 อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบจันทร์ทองใต้หวัน
ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ระยะเวลาการย่อย สลาย(เดือน)	อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1 (พ.ย. 47)	-0.1404	-0.0034	0.0264	0.3058	0.0141
2 (ธ.ค. 47)	-0.3863	-0.0089	0.0383	0.1014	-0.0066
3 (ม.ค. 48)	-0.0761	-0.0027	0.0590	0.2797	0.0050
4 (ก.พ. 48)	-0.0178	-0.0370	0.0554	0.1452	0.0113
5 (มี.ค. 48)	-0.1122	-0.0515	0.0622	-0.3592	0.0176
6 (เม.ย. 48)	-0.2067	-0.0571	0.0672	-0.2075	0.0127
7 (พ.ค. 48)	-0.1393	0.0082	0.1595	0.1166	0.0541
8 (มี.ย. 48)	-0.1025	0.0019	0.1430	0.6307	0.0723
9 (ก.ค. 48)	0.2276	0.0094	0.1419	0.5962	0.0878
10 (ส.ค. 48)	0.1069	0.0215	0.1526	0.6249	0.1009
11 (ก.ย. 48)	0.3671	0.0326	0.1570	0.7809	0.1024
12 (ต.ค. 48)	0.5289	0.0345	0.1612	0.8013	0.1124

ตารางที่ 24 อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบเมเปิลหอม ตลอด
ระยะเวลาย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

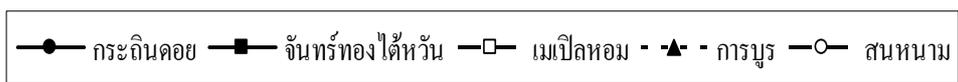
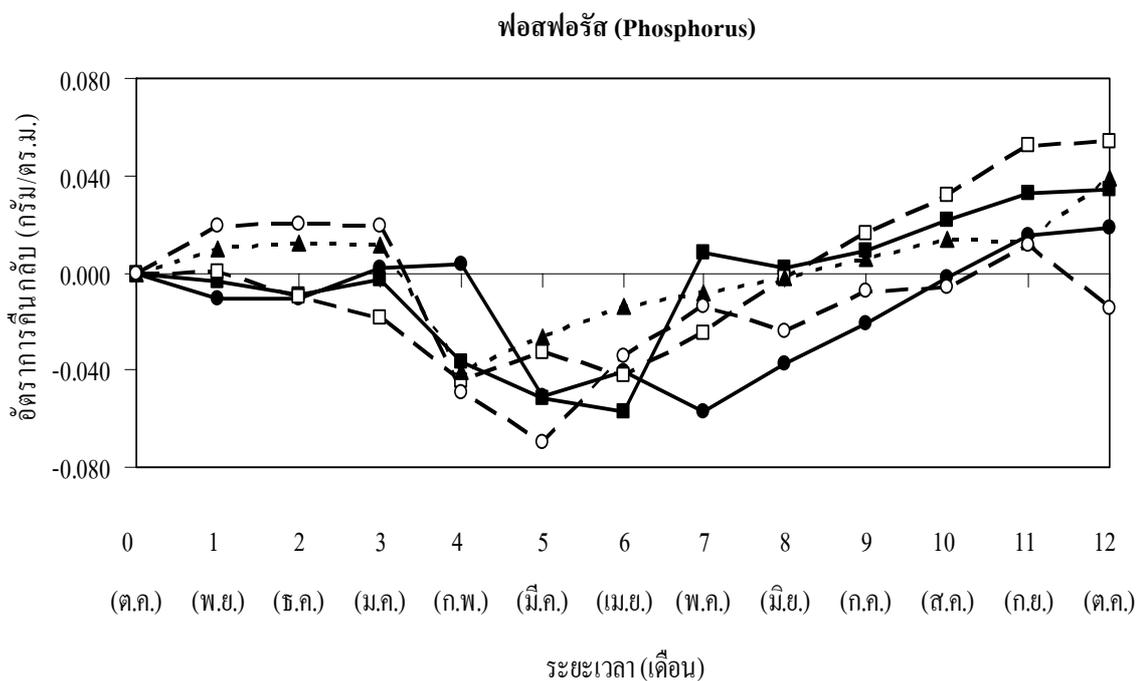
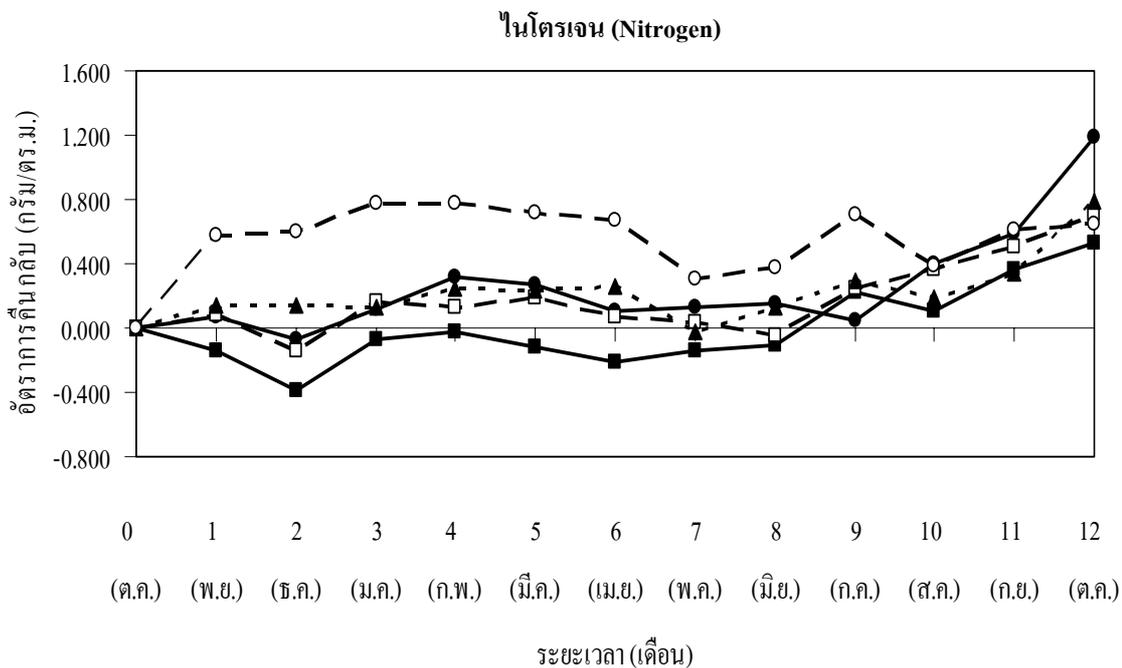
ระยะเวลาการย่อย สลาย(เดือน)	อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1 (พ.ย. 47)	0.0781	0.0004	0.0252	0.2245	0.0621
2 (ธ.ค. 47)	-0.1447	-0.0101	0.0280	0.3145	0.0543
3 (ม.ค. 48)	0.1618	-0.0188	0.0100	0.3599	0.0394
4 (ก.พ. 48)	0.1285	-0.0448	0.0178	0.5509	0.0332
5 (มี.ค. 48)	0.1938	-0.0330	0.0687	0.2648	0.0612
6 (เม.ย. 48)	0.0698	-0.0418	0.0823	0.2743	0.0878
7 (พ.ค. 48)	0.0367	-0.0245	0.1505	0.2797	0.1040
8 (มิ.ย. 48)	-0.0477	-0.0017	0.1915	0.3577	0.1125
9 (ก.ค. 48)	0.2423	0.0161	0.2106	1.0042	0.1903
10 (ส.ค. 48)	0.3622	0.0319	0.2191	1.0125	0.2667
11 (ก.ย. 48)	0.5029	0.0521	0.2232	1.1482	0.2927
12 (ต.ค. 48)	0.7042	0.0542	0.2156	1.3274	0.3114

ตารางที่ 25 อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบการบูร ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

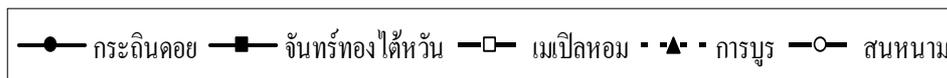
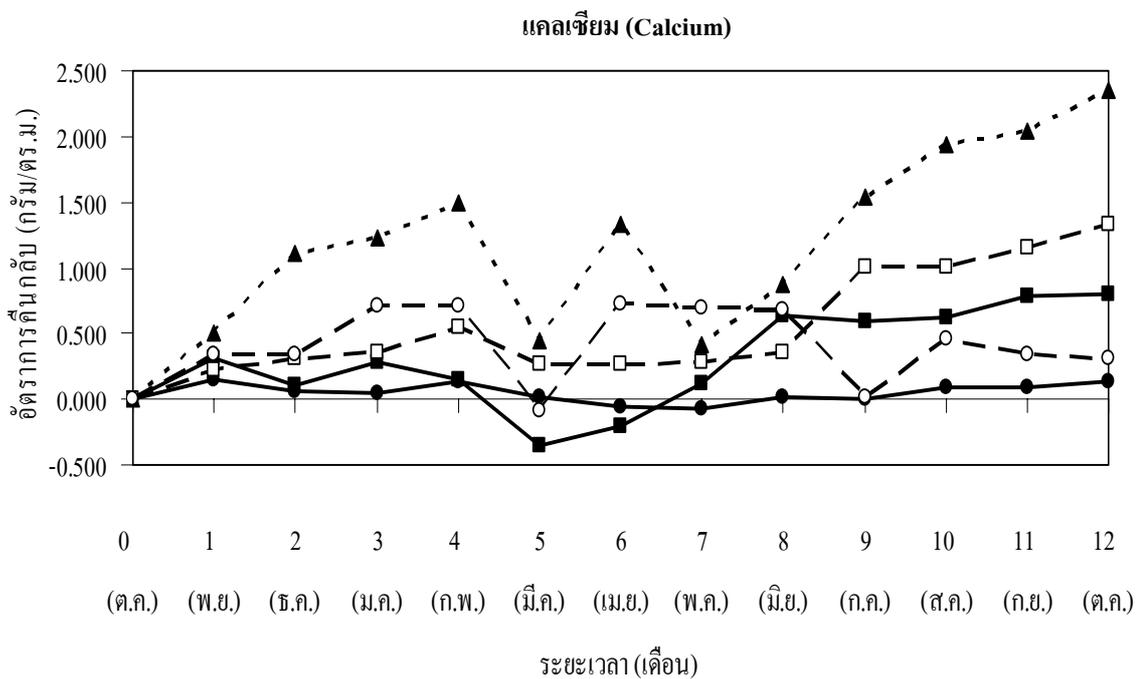
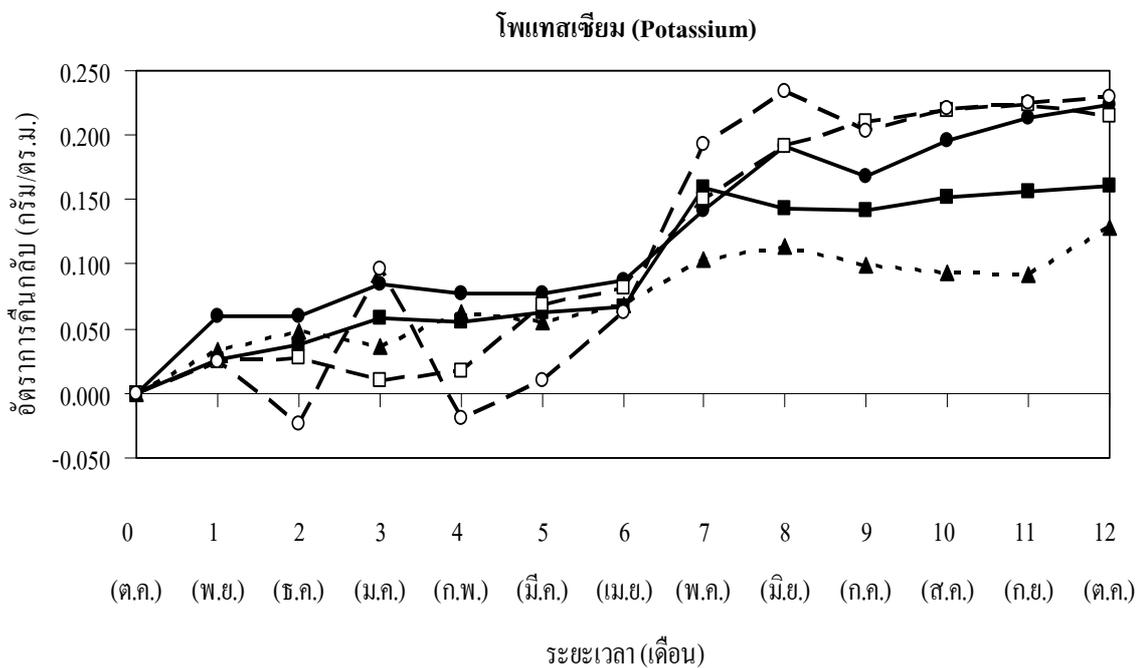
ระยะเวลาการย่อย สลาย(เดือน)	อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1 (พ.ย. 47)	0.1371	0.0100	0.0332	0.5015	0.0399
2 (ธ.ค. 47)	0.1427	0.0121	0.0485	1.1091	0.0453
3 (ม.ค. 48)	0.1297	0.0114	0.0360	1.2271	0.0323
4 (ก.พ. 48)	0.2510	-0.0409	0.0624	1.5014	0.0497
5 (มี.ค. 48)	0.2295	-0.0262	0.0557	0.4432	0.0663
6 (เม.ย. 48)	0.2580	-0.0134	0.0687	1.3332	0.0803
7 (พ.ค. 48)	-0.0223	-0.0081	0.1037	0.4235	0.0983
8 (มี.ย. 48)	0.1240	-0.0023	0.1145	0.8731	0.1022
9 (ก.ค. 48)	0.2927	0.0063	0.0987	1.5355	0.1150
10 (ส.ค. 48)	0.1878	0.0137	0.0930	1.9401	0.1392
11 (ก.ย. 48)	0.3397	0.0130	0.0921	2.0492	0.1383
12 (ต.ค. 48)	0.7930	0.0392	0.1279	2.3453	0.1734

ตารางที่ 26 อัตราการคืนกลับของสารอาหารชนิดต่างๆ ในแต่ละเดือน ในซากใบสนหนาม ตลอด
ระยะเวลาย่อยสลาย 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

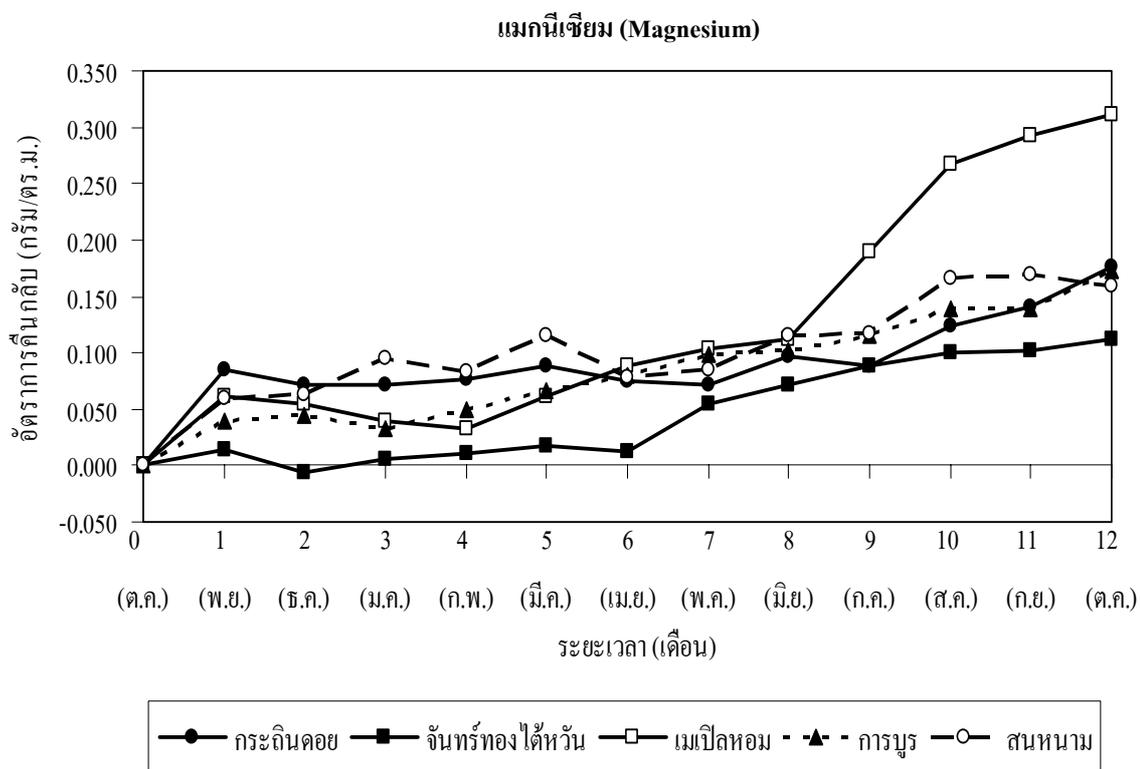
ระยะเวลาการย่อย สลาย(เดือน)	อัตราการคืนกลับของสารอาหาร (กรัม/ตร.ม.)				
	N	P	K	Ca	Mg
0 (ต.ค. 47)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1 (พ.ย. 47)	0.5772	0.0191	0.0243	0.3395	0.0592
2 (ธ.ค. 47)	0.5991	0.0198	-0.0238	0.3450	0.0627
3 (ม.ค. 48)	0.7739	0.0191	0.0960	0.7167	0.0950
4 (ก.พ. 48)	0.7741	-0.0495	-0.0189	0.7133	0.0830
5 (มี.ค. 48)	0.7166	-0.0695	0.0099	-0.0903	0.1150
6 (เม.ย. 48)	0.6759	-0.0343	0.0622	0.7251	0.0786
7 (พ.ค. 48)	0.3074	-0.0136	0.1923	0.6923	0.0855
8 (มี.ย. 48)	0.3756	-0.0242	0.2333	0.6866	0.1146
9 (ก.ค. 48)	0.7074	-0.0076	0.2029	0.0241	0.1164
10 (ส.ค. 48)	0.3870	-0.0058	0.2212	0.4655	0.1660
11 (ก.ย. 48)	0.6152	0.0111	0.2245	0.3467	0.1693
12 (ต.ค. 48)	0.6467	-0.0147	0.2289	0.3134	0.1597



ภาพที่ 27 อัตราการคืนกลับของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ในแต่ละเดือน ในซากใบกระถินดอย, จันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน



ภาพที่ 28 อัตราการคืนกลับของโพแทสเซียมและแคลเซียม ในแต่ละเดือน ในซากใบกระจินคอย, จันทร์ทองใต้หวั่น, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาย่อยสลาย 12 เดือน



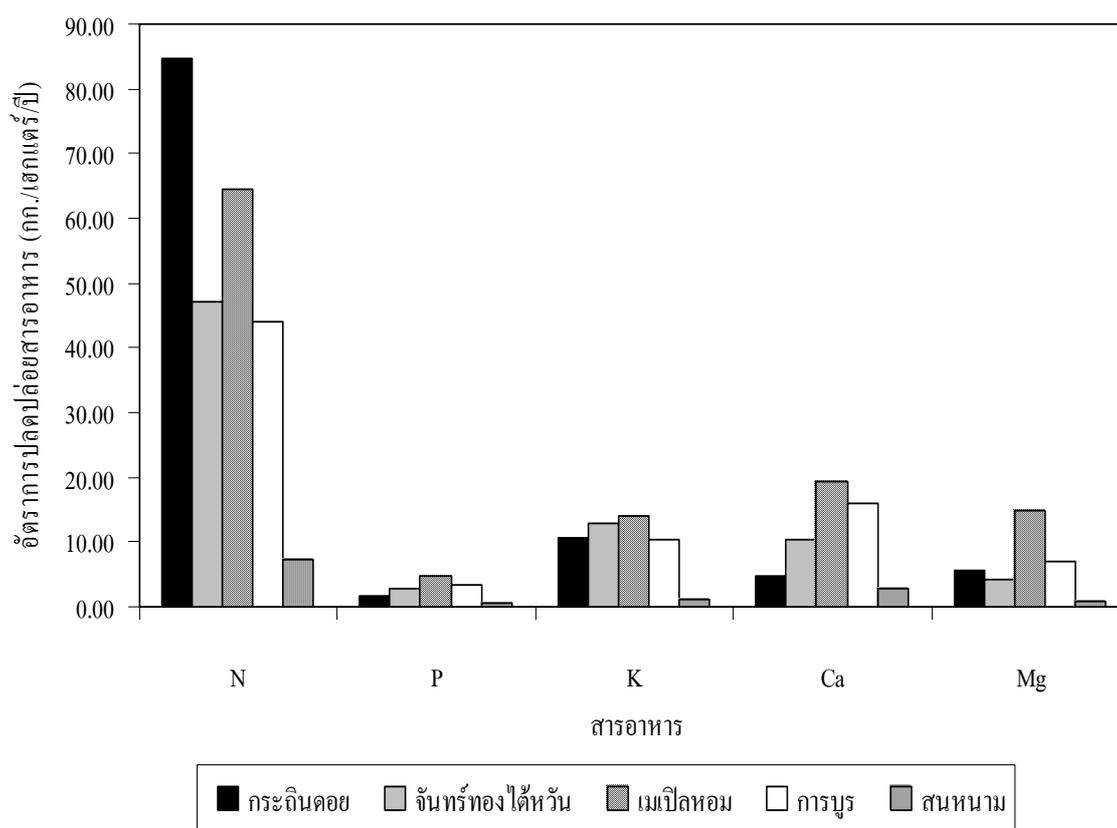
ภาพที่ 29 อัตราการคืนกลับของแมกนีเซียม ในแต่ละเดือน ในซากใบกระจดินคอย, จันทร์ทองใต้ห้วย, เมเปิลหอม, การบูร และสนนาม ตลอดระยะเวลาย่อยสลาย 12 เดือน

อัตราการปลดปล่อย (release) สารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช

อัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืชกระถินคอย, จันทร์ทอง ใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม แสดงในตารางที่ 27 และภาพที่ 30 พบว่า มีปริมาณ ไนโตรเจนมากที่สุดในส่วนป่ากระถินคอย เท่ากับ 84.6672 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี รองลงมาคือ ส่วนป่าเมเปิลหอม, จันทร์ทองใต้หวัน, การบูร และสนหนาม ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสและ แคลเซียมมากที่สุดในส่วนป่าเมเปิลหอม เท่ากับ 4.6873 และ 19.4273 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ รองลงมาคือส่วนป่าการบูร, จันทร์ทองใต้หวัน, กระถินคอย และสนหนาม ตามลำดับ โปแทสเซียมมากที่สุดในส่วนป่าเมเปิลหอม เท่ากับ 14.0702 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี รองลงมาคือ ส่วนป่าจันทร์ทองใต้หวัน, กระถินคอย, การบูร และสนหนาม ตามลำดับ และแมกนีเซียมมากที่สุดใน ส่วนป่าเมเปิลหอม เท่ากับ 14.9679 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี รองลงมาคือส่วนป่าการบูร, กระถิน คอย, จันทร์ทองใต้หวัน และสนหนาม ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มการปลดปล่อยของสารอาหาร $N > Ca > K > Mg > P$ นอกจากนี้ยังพบว่า เมเปิลหอมมีอัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการ สลายตัวมากกว่าไม้ชนิดอื่น เนื่องจากเมเปิลหอมมีปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นสูงกว่าไม้ชนิดอื่นและมี อัตราการสลายตัวเท่ากับ 57.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแม้ว่าจะมีอัตราการสลายตัวต่ำกว่าการบูรและ จันทร์ทองใต้หวัน แต่ปริมาณสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวนี้ จะขึ้นอยู่กับปริมาณ สารอาหารที่คืนกลับสู่ดินจากการร่วงหล่นของซากพืช ซึ่งเป็นฐานและต้นทุนในการประเมินหา ปริมาณสารอาหาร และอัตราการสลายตัวของซากพืช เนื่องจากเป็นค่าที่กำหนดปริมาณสารอาหารที่ จะสามารถสลายตัวได้ ดังนั้นถ้ามีปริมาณสารอาหารที่คืนกลับจากการร่วงหล่นของซากพืชมาก และมี อัตราการสลายตัวมากก็จะมีอัตราการปลดปล่อยอาหารจากการสลายตัวของซากพืชมากตามไปด้วย

ตารางที่ 27 อัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช ในส่วนป่ากระถินคอย, จันทร์ทอง ใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

ชนิดไม้	อัตราการสลายตัว (ร้อยละ/ปี)	อัตราการปลดปล่อยสารอาหาร (กิโลกรัม/เฮกแตร์/ปี)				
		N	P	K	Ca	Mg
กระถินคอย	48.36	84.6672	1.6036	10.5564	4.8600	5.6649
จันทร์ทองใต้หวัน	61.78	47.1483	2.8905	12.9321	10.2778	4.2003
เมเปิลหอม	57.39	64.4023	4.6873	14.0702	19.4273	14.9679
การบูร	72.43	43.9130	3.2553	10.2394	16.1141	7.1328
สนหนาม	23.99	7.2199	0.4377	1.0753	2.8216	0.7301



ภาพที่ 30 อัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืชกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในสวนป่าไม้ต่างถิ่น 5 ชนิด ได้แก่ กระจินดอย (*Acacia confusa*), จันทร์ทองใต้หวัน (*Fraxinus griffithii*), เมเปิลหอม (*Liquidambar formosana*), การบูร (*Cinnamomum camphora*) และสนหนาม (*Cunninghamia lanceolata*) บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2548 รวมเวลา 1 ปี สรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช

1.1 อัตราการร่วงหล่นของซากพืช พบว่า ในระยะเวลา 1 ปี เมเปิลหอมมีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชสูงสุด ประมาณ 7.5262 ตันต่อเฮกแตร์ รองลงมาคือ กระจินดอย ประมาณ 6.9887 ตันต่อเฮกแตร์ จันทร์ทองใต้หวัน ประมาณ 6.0760 ตันต่อเฮกแตร์ การบูร ประมาณ 5.2686 ตันต่อเฮกแตร์ และสนหนาม ประมาณ 3.5584 ตันต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชรายเดือนของไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่า มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชมากที่สุดในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) และน้อยที่สุดในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม)

1.2 ปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชส่วนต่างๆ พบว่า ซากพืชที่เป็นใบจะมีมากที่สุดในสวนป่าเมเปิลหอม ซากพืชที่เป็นกิ่งจะมีมากที่สุดในสวนป่ากระจินดอย ซากพืชที่เป็นเปลือกจะมีมากที่สุดในสวนป่าจันทร์ทองใต้หวัน ซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์จะมีมากที่สุดในสวนป่าสนหนาม และซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จะมีมากที่สุดในสวนป่าจันทร์ทองใต้หวัน จะพบว่าเมื่อปริมาณผลผลิตของซากพืชส่วนที่เป็นใบมีมาก ก็จะส่งผลให้ผลผลิตของซากพืชรวมทั้งหมดมีมากตามไปด้วย

1.3 ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่น พบว่า ไนโตรเจนในกระจินดอยจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ ส่วนไม้ชนิดอื่นจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ฟอสฟอรัสในกระจินดอย, จันทร์ทองใต้หวัน และเมเปิลหอมจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ การบูรจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นกิ่ง และสนหนามจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ โพแทสเซียมในสนหนามจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ ส่วนไม้ชนิดอื่นจะมีมาก

ที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนสืบพันธุ์ แคลเซียมในกระถินคอยและสนหนาม จะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จันทรทองใต้หวัน, เมเปิลหอม และการบูร จะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นใบ และแมกนีเซียม ในกระถินคอย, การบูร และสนหนาม จะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นส่วนอื่นๆ จันทรทองใต้หวันจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นกิ่ง และเมเปิลหอมจะมีมากที่สุดในซากพืชที่เป็นใบ ในส่วนของความเข้มข้นของ N, P, K, Ca, และ Mg ในซากพืชที่ร่วงหล่นโดยรวม จะแตกต่างกันไป โดยกระถินคอย ความเข้มข้นของ $N > K > Mg > Ca > P$ ตามลำดับ ในเศษซากของจันทรทองใต้หวัน, เมเปิลหอม และการบูร $N > K > Ca > Mg > P$ ตามลำดับ และในเศษซากของสนหนาม $N > Ca > K > Mg > P$ ตามลำดับ

1.4 อัตราการคืนกลับ (return) ของสารอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่น ส่วนป่ากระถินคอยจะมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > K > Mg > Ca > P$ จันทรทองใต้หวันมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > K > Ca > Mg > P$ เมเปิลหอมมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > Ca > Mg > K > P$ การบูรและสนหนามมีแนวโน้มการคืนกลับของ $N > Ca > K > Mg > P$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในซากพืชของไม้ทั้ง 5 ชนิด ในโตรเจนจะมีอัตราการคืนกลับสูงที่สุด และฟอสฟอรัสมีอัตราการคืนกลับน้อยที่สุด

อัตราการคืนกลับของสารอาหารในซากพืชของไม้แต่ละชนิด พบว่า ในโตรเจนจะมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากของกระถินคอย ส่วนฟอสฟอรัส, โพแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม จะมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดจากซากของเมเปิลหอม และเมื่อพิจารณาการคืนกลับของสารอาหารในแต่ละองค์ประกอบของซากพืชของไม้ทั้ง 5 ชนิด พบว่า ปริมาณสารอาหารในซากพืชที่คืนกลับ จะมีมากที่สุดในซากพืชส่วนที่เป็นใบ และน้อยที่สุดในซากพืชส่วนที่เป็นเปลือกหรืออาจกล่าวได้ว่าในซากพืชที่มีปริมาณการร่วงหล่นมากจะมีอัตราการคืนกลับของสารอาหารมากตามไปด้วย

2. การสลายตัวของซากพืช

2.1 ซากใบการบูร ย่อยสลายเร็วที่สุด รองลงมาคือ จันทรทองใต้หวัน, เมเปิลหอม, กระถินคอย และ สนหนาม ตามลำดับ กล่าวคือ ส่วนป่าการบูร มีอัตราการย่อยสลาย เท่ากับร้อยละ 72.43 ต่อปี จันทรทองใต้หวันร้อยละ 61.78 ต่อปี เมเปิลหอมร้อยละ 57.39 ต่อปี กระถินคอยร้อยละ 48.36 ต่อปี และสนหนามร้อยละ 23.99 ต่อปี ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) เท่ากับ 1.2886, 0.9620, 0.8530, 0.6609 และ 0.2743 ต่อปี ตามลำดับ โดยน้ำหนักแห้งของซากใบกระถินคอย, จันทรทองใต้หวัน, เมเปิลหอม,

การบูร และสนหนาม ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน (y) สัมพันธ์กับระยะเวลา (x) ดังสมการสหสัมพันธ์ต่อไปนี้

กระถินคอย	$y = 113.70e^{-0.0461x}$ ($R^2 = 0.8440$)
จันทร์ทองใต้หวั่น	$y = 125.94e^{-0.0800x}$ ($R^2 = 0.8572$)
เมเปิลหอม	$y = 124.93e^{-0.0673x}$ ($R^2 = 0.8503$)
การบูร	$y = 117.82e^{-0.0804x}$ ($R^2 = 0.8060$)
สนหนาม	$y = 105.58e^{-0.0215x}$ ($R^2 = 0.8483$)

2.2 นำหนักแห้งที่สูญหายไปรายเดือนของซากใบกระถินคอย, จันทร์ทองใต้หวั่น, เมเปิลหอม, การบูร และสนหนาม มีความสัมพันธ์กับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ ซึ่งได้แก่ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ โดยที่อุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการย่อยสลายเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น และเมื่อปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น อัตราการย่อยสลายก็มีแนวโน้มสูงขึ้น

2.3 ความเข้มข้นของไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และแคลเซียม จะลดลงในช่วงแรก และค่อยๆ เพิ่มขึ้นในระยะหลัง โปแทสเซียมความเข้มข้นจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน เนื่องจาก โปแทสเซียมเป็นสารอาหารที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง และเพิ่มขึ้นในระยะหลัง และแมกนีเซียม มีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาการย่อยสลายเพิ่มขึ้น

2.4 ลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหาร ในซากใบกระถินคอย จันทร์ทองใต้หวั่น และสนหนาม ก่อนการทดลองมีปริมาณ $N > Ca > K > Mg > P$ ส่วนปริมาณสารอาหารในซากใบเมเปิลหอม และการบูร ก่อนการทดลองมีปริมาณ $Ca > N > Mg > K > P$ เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดจากซากใบเมเปิลหอม และการบูรยังคงเป็น $Ca > N > Mg > K > P$ และลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหารที่คืนกลับทั้งหมดจากซากใบสนหนามก็ยังคงเป็น $N > Ca > K > Mg > P$ ส่วนในซากใบกระถินคอย และจันทร์ทองใต้หวั่น พบว่ามีลำดับความมากน้อยของปริมาณสารอาหารที่คืนกลับเปลี่ยนไปเป็น $N > K > Mg > Ca > P$ และ $Ca > N > K > Mg > P$ ตามลำดับ โดยที่ลำดับที่เปลี่ยนแปลงไปมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก จึงอาจสรุปได้ว่าสารอาหารในซากใบที่มีปริมาณสูงย่อมมีการคืนกลับไปในปริมาณสูงเช่นกัน

2.5 ในหนึ่งปีอัตราการคืนกลับจากการสลายตัวของไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส และแมกนีเซียม มีมากที่สุดในส่วนป่าการบูร โปแทสเซียมและแคลเซียมมีอัตราการคืนกลับมากที่สุดในสวนป่า กระจินคอย และจันทร์ทองใต้หวัน ตามลำดับ และอัตราการคืนกลับของฟอสฟอรัส, โปแทสเซียม, แคลเซียม และแมกนีเซียม มีน้อยที่สุดในสวนป่าสนหนาม ส่วนไนโตรเจนมีอัตราการคืนกลับน้อย ที่สุดในสวนป่ากระจินคอย กล่าวคือ ปริมาณไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, โปแทสเซียม, แคลเซียม และ แมกนีเซียม ที่คืนกลับทั้งหมดจากซากใบกระจินคอย มีค่าเท่ากับร้อยละ 34.08, 27.70, 84.51, 34.59 และ 70.10 ตามลำดับ สวนป่าจันทร์ทองใต้หวัน มีร้อยละ 36.92, 37.90, 78.77, 82.92 และ 61.79 ตามลำดับ สวนป่าเมเปิลหอม มีร้อยละ 46.73, 44.60, 80.63, 73.80 และ 73.21 ตามลำดับ สวนป่า การบูร มีร้อยละ 54.64, 49.46, 74.55, 81.54 และ 77.30 ตามลำดับ และสวนป่าสนหนาม มีร้อยละ 35.51, -26.68, 73.17, 18.93 และ 62.00 ตามลำดับ

2.6 ค่าคงที่ของการย่อยสลายของสารอาหาร (k) ในระยะเวลาหนึ่งปี สารอาหารในซากใบ กระจินคอย ที่ย่อยสลายไปเร็วเรียงตามลำดับจากมากไปน้อยคือ $K > Mg > N > Ca > P$ สวนป่า จันทร์ทองใต้หวัน คือ $Ca > K > Mg > P > N$ สวนป่าเมเปิลหอม คือ $K > Ca > Mg > N > P$ สวนป่า การบูร คือ $Ca > Mg > K > N > P$ และสวนป่าสนหนามคือ $K > Mg > N > Ca > P$

3. อัตราการปลดปล่อย (release) สารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช

อัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัวของซากพืช มีการปลดปล่อยของ ไนโตรเจนมากที่สุดในส่วนป่ากระจินคอย เท่ากับ 84.6672 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี รองลงมาคือ สวนป่าเมเปิลหอม, จันทร์ทองใต้หวัน, การบูร และสนหนาม ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสและ แคลเซียมมากที่สุดในสวนป่าเมเปิลหอม เท่ากับ 4.6873 และ 19.4273 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี ตามลำดับ รองลงมาคือ สวนป่าการบูร, จันทร์ทองใต้หวัน, กระจินคอย และสนหนาม ตามลำดับ โปแทสเซียมมากที่สุดในสวนป่าเมเปิลหอม เท่ากับ 14.0702 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี รองลงมาคือ สวนป่าจันทร์ทองใต้หวัน, กระจินคอย, การบูร และสนหนาม ตามลำดับ และแมกนีเซียมมากที่สุด ในสวนป่าเมเปิลหอม เท่ากับ 14.9679 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี รองลงมาคือสวนป่าการบูร, กระจินคอย, จันทร์ทองใต้หวัน และสนหนาม ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มที่การปลดปล่อยของ สารอาหาร $N > Ca > K > Mg > P$ ตามลำดับ และพบว่า เมเปิลหอมมีอัตราการปลดปล่อยสารอาหาร ที่ได้จากการสลายตัวมากที่สุด และไม้ที่มีอัตราการปลดปล่อยสารอาหารที่ได้จากการสลายตัว น้อยที่สุด คือ สนหนาม

ข้อเสนอแนะ

1. ในการศึกษาและการเก็บข้อมูล ควรทำอย่างมีระบบและต่อเนื่อง ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มข้นของสารอาหารในเศษซากพืชจะผันแปรแตกต่างกันไปโดยตลอด การศึกษาอย่างต่อเนื่องติดต่อกันหลายๆ ปี จะทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น
2. เนื่องจากอัตราการสลายตัวของเศษซากพืช ยังผันแปรแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบและลักษณะโครงสร้างของเศษซากพืช รวมถึงกลุ่มผู้ย่อยสลาย (สิ่งมีชีวิตในดิน ราและแบคทีเรีย) ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาโครงสร้างของเซลล์ รวมทั้งปริมาณและโครงสร้างของเซลลูโลส ลิกนิน และกลุ่มผู้ย่อยสลาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสลายตัวของซากพืชด้วย
3. ควรทำการศึกษาอัตราการสลายของซากพืชขนาดใหญ่ เช่น ลำต้น รวมทั้งกิ่งขนาดใหญ่ ที่มีอยู่บนพื้นป่า ทั้งนี้เนื่องจากการสลายของซากพืชขนาดใหญ่เหล่านี้เป็นการปลดปล่อยสารอาหารให้แก่ดินเช่นเดียวกับซากพืชขนาดเล็ก และอาจมีปริมาณสูง ทั้งนี้เนื่องจากมวลชีวภาพของซากพืชขนาดใหญ่มีอยู่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับซากพืชขนาดเล็ก
4. ควรมีการศึกษาถึงการหมุนเวียนสารอาหารในพื้นที่ โดยเฉพาะการดูดกินสารอาหารของต้นพืช (สารอาหารในส่วนของมวลชีวภาพของต้นพืช) และสารอาหารที่มีอยู่ในดิน เพื่อพิจารณาถึงปริมาณสารอาหารในซากพืชที่จะคืนกลับและหมุนเวียนในระบบว่ามีเพียงพอหรือไม่อย่างไร ตลอดจนสารอาหารที่คืนกลับสู่ระบบจากแหล่งอื่น เช่น สารอาหารที่ปะปนมากับน้ำฝน
5. ควรมีการทดลองในหลายๆ พื้นที่ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการพื้นที่ปลูกได้อย่างมากในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- เกษม จันทร์แก้ว และ สามัคคี บุญยะวัฒน์. 2523. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 66. 24 น.
- เกษม จันทร์แก้ว, ชูบ เข็มนาถ และ ทวี แก้วละเอียด. 2515. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 23. 36 น.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เจษฎา พันสถา. 2544. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้สะเดา ที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ถนอมศักดิ์ เขียบแหลม. 2533. การประมาณมวลชีวภาพของกิ่งและใบซึ่งได้จากการลิดกิ่ง, น. 126-148. ใน รายงานวิชาการการปลูกสร้างสวนป่าของนิสิตคณะวนศาสตร์ รุ่นที่ 53 สาขาวนวัฒนวิทยา. ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทรงธรรม สุขสว่าง. 2532. การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยเพื่อรักษาดินน้ำห้อยหินดาด จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธำรง ชินสุขใจประเสริฐ. 2527. การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งสะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บัวเรศ ประไซโย, พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู, ปรีชา ธรรมานนท์, วิสุทธิ์ สุวรรณานันท์, บุญฤทธิ์ ภูริยากร และ มณฑล จำเริญพุกภัย. 2523. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 71. 20 น.

- บุญยงค์ ภูผาเรือง. 2523. การสำรวจจำแนกดินและการกำหนดศักยภาพของที่ดินบริเวณเทือกเขา
ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บุญวงศ์ ไทยอุดคำห์, วิสุทธิ สุวรรณภินันท์ และวสันต์ เกตุปราณีต. 2521. รายงานวนศาสตร์วิจัย
เล่มที่ 52. 32 น.
- บำรุง คูหา. 2526. ผลผลิตและอัตราการสลายตัวของซากพืชในป่าชายเลนบริเวณพื้นที่ทำ
เหมืองแร่และป่าชายเลนธรรมชาติ จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประพันธ์ สัมพันธ์พานิช. 2537. ลักษณะโครงสร้าง ปริมาณการร่วงหล่นและอัตราการสลายตัวของ
ซากพืชในระบบวนเกษตรแบบสวนบ้าน บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประสิทธิ์ วรรณชัยลิต. 2533. การหมุนเวียนภายในของธาตุอาหารพืชในพื้นที่ปลูกยางพารา
บริเวณสถานีทดลองยางโป่งแรด จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประเดิมชัย แสงคุ้มชัย และ สมาน รวยสูงเนิน. 2528. เอกสารวิจัยเล่มที่ 7. 26 น.
- ประเทือง ธรรมนิคยกุล. 2522. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 64. 20 น.
- พรเทพ ช่อมะลิ. 2545. ลักษณะโครงสร้าง และผลผลิตของซากพืชในป่าดิบแล้งบริเวณคลองพลู
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วัลลภ สุคนธ์. 2512. การศึกษาปริมาณการสะสมและธาตุอาหารของอินทรีย์วัตถุในป่าดิบลุ่มน้ำ
ห้วยคอกม้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ศิริพรรณ ทวีสุข. 2531. ผลของการใส่ปุ๋ยและการควบคุมวัชพืชต่อการเจริญเติบโตของไม้ *Fraxinus giffithii* C. B. Clarke ณ ท้องที่ค้อยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริวัฒน์ เผ่าวงศา. 2519. การร่วงหล่นและปริมาณธาตุอาหารของซากพืชในป่าเต็งรัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สนิท อักษรแก้ว, ชูบ เข็มนาค และ ทวี แก้วละเอียด. 2515. รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 23. 36 น.
- สามัคคี บุญยะวัฒน์ และ ชุมพล งามผ่องใส. 2517. การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วยคอกม้า เล่มที่ 17. 21 น.
- สาขันธ์ สมฤทธิ์ผล. 2540. การย่อยสลายของซากใบไม้และใบรังในป่าผสมผลัดใบและราที่ย่อยสลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริลักษณ์ ภาคอรรด. 2536. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินภายหลังการเผา ณ ท้องที่ค้อยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2525. การวิเคราะห์และรวบรวมสรุปรายงานผลการสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน พื้นที่ภาคเหนือของประเทศ 2523-2525. โครงการสำรวจลุ่มน้ำทางภาคเหนือของประเทศไทยด้วยภาพถ่ายทางอากาศ, กรุงเทพฯ.
- Anderson, J.M. and M.J. Swift. 1983. Decomposition in Tropical Forests, pp. 287-309. In S. L. Sutton, T.C. Whitmore and A. C. Chadwick, eds. **Tropical Rain Forest: Ecology and Management**. Blackwell Scientific Publication, Alden Press, Oxford, Great Britain.
- Attwill, P.M. 1968. The Loss of Elements from Decomposing Litter. **Ecol.** 49(1): 142-144.
- Barnes, B.V., D.R. Zek., S.R. Denton and S.h. Spurr. 1998. **Forest Ecology**. John Wiley & Sons, INC. New York.

- Bray, J.R. and E. Gorham. 1964. Litter production in forests of the world. **Adv. Ecol. Res.** 2: 101-157.
- Breen, P. 2006. **Landscape Plants: Images, Identification, and Information.** Oregon State University's Landscape Plants. Available Source: <http://oregonstate.edu/dept/ldplants/culan.htm>, March 2, 2006.
- Brinson, M.M. 1977. Decomposition and Nutrient Exchange of Litter in an Alluvial Swamp Forest. **Ecol.** 58(3): 601-609.
- Bunyavejchewin, S. 1997. Ecological studies of tropical semi-evergreen rain forest at Sakaerat, Nakhon Ratchasima, Northeast Thailand, II. Litterfall. **Nat. Hist. Bull. Siam. Soc.** 45: 43-52.
- Bunyavejchewin, S. and T. Nuyim. 1996. Litterfall and nutrient content in Toh-Daeng primary peat swamp forest at Narathiwat province. **Thai J. For.** 15: 37-47.
- Carlisle, A., A.H.F. Brown and E.J. White. 1966a. The organic matter and nutrient element in the precipitation beneath a sessile oak canopy. **J. Ecol.** 54: 87-98.
- _____. 1966b. Litterfall, leaf production and the effects of defoliation by *Totrix Viridana* in a sessile oak (*Quercus petraea*) Woodland. **J. Ecol.** 54: 65-85.
- Coile, T.S. 1937. Composition of the leaf litter of forest trees. **Soil Sci.** 43: 349-355.
- Curlin, J.W. 1970. Nutrient Cycling as a factor in site Productivity and forest fertilization *In* Youngberg, C.T. and C.B. Davey. **Tree growth and Forest Soils;** Proc. of the third North Amer. For. Soils Conference. Oregon State Univ. Press.
- Edwards, C.A. and G.W. Heath. 1963. The role of soil animals in break down of leaf material. **Soil Organisms.** Amsterdam: North Holland.

- Gessel, S.P. and J. Turner. 1974. Litter production by Red Alder in Western Washington. **For. Sci.** 20: 325-330.
- Hardivinoto, S., D. Arianto and Y. Okimon. 1996. **Litter production and nutrient input of logged over forest in the tropical rain forest of Jambi, Sumatra**, pp. 48-58. Proceeding of the FORTROP'96: Tropical Forestry in the 21st century. 25-28 November 1996. Kasetsart University, Bangkok.
- Hopkins, B. 1966. Vegetation of the Olobeneji Forest Reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. **J. Ecol.** 54: 687-703.
- Jensen, V. 1974. Decomposition of angiosperm tree leaf litter. *In* Dickinson, C.H. and G.J.F. Pugh. **Biology of Plant Litter Decomposition Vol. I.** New York: Academic Press.
- King, T.J. 1980. **Selected Topics in Biology: Ecology**, reprinted, Thomas Nelson Ltd, Hong Kong.
- Kira, T., H. Ogawa, K. Yoda and K. Ogino. 1967. Comparative ecological studies on three main types of vegetation in Thailand. IV. Dry matter production with special reference to the Khao Chong rain forest. **Nature and Life in South East Asia.** 5: 149-174.
- Kittredge, J. 1940. A comparison of forest floor from plantation on same age and environment. **J. For.** 38: 729-731.
- Klinge, H. 1974. Litter production on tropical ecosystems. **IBP-Synthesis Meeting Kuala Lumpur 1974.** (Mimeographed)
- Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1960. **Physiology of Trees.** New York: McGraw-Hill Book Company Inc.

- Kucera, L.C. 1978. **The Challenge of Ecology**, 2nd ed. The C. V. Mosby Company, Saint Louis, USA.
- Lee, K.E. and T.G. Wood. 1971. **Termite and Soils**. London: Academic Press.
- Lousier, J.D. and D. Parkinson. 1976. Litter Decomposition in a Cool Temperate Deciduous Forest. **Can. J. Bot.** 54: 419-436.
- _____. 1978. Chemical Element Dynamics in Decomposition Leaf Litter. **Can. J. Bot.** 56: 2795-2812.
- MacLean, D.A. and R.W. Wein. 1978. Weight Loss and Nutrient Changes in Decomposing Litter and Forest Floor Material in New Brunswick Forest Stands. **Can. J. Bot.** 56: 2730-2749.
- Madge, D.S. 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. **Pedobiologia.** 5: 273-288.
- Maldague, M.E. 1967. **Progress in Soil Biology**. Amsterdam: North Holland.
- Mason, C.F. 1967. **Decomposition**. Edward Arnold, London.
- Moller, C.H. 1947. The effect of thinning, age and site on foliage, increment and loss of dry matter. **J. For.** 45: 393-404.
- Nye, P.H. 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forests. **Plant and Soil.** 13: 333-346.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1961. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in Southeast Asia.** 1: 20-158.

- Olson, J.S. 1963. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological System. **Ecol.** 44 (2): 322-331.
- Perry, D.A. 1994. **Forest Ecosystems.** The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Prachaiyo, B., P. Sahunalu, P. Dhanmanonda, W. Suwannapinund and M. Jumroenpruksa. 1980. Litter production in dry evergreen forest above Nampromm Dam, Chaiyapoom province. **For. Res. Bull. No. 71.** 18 p.
- Proctor, J. 1983. Tropical forest litterfall, pp. 267-273. In S.L. Sutton, T.C. Whitmore and A.C. Chadwick (eds.). **Tropical Rain Forest Ecology and Management.** Oxford University, United Kingdom.
- Remezov, N.P. 1961. Decomposition of forest litter and the cycle of elements in an oak forest. **Soviet Soil Sci.** 703-711.
- Richards, B.N. 1976. **Introduction to the Soil Ecosystem.** Longman Group Limited, London.
- Ricklefs, R.E. 1982. **Ecology,** 2nd ed. sixth printing, Chiron Press, Incorporated, New York, USA.
- Rodin, L.E. and N.I. Bazilevich. 1967. **Production and Mineral Cycling in Terrestrial Vegetation.** Edinburgh: Oliver and Boyd.
- Salisbury, F.B. and C. Ross. 1969. **Plant Physiology.** Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- Staaf, H. and B. Berg. 1982. Release and Accumulation of Plant Nutrients in Needle Litter During Decomposition: Long term Decomposition of Scots Pine Needle Litter. II. **Can. J. Bot.** 60: 1561-1568.

- Takeda, H., B. Prachaiyo and T. Tsutsumi. 1984. Comparison of decomposition rates of several tree leaf litter in a tropical forest in the North-east Thailand. **Jap. J. Ecol.** 34: 311-319.
- Tsai, L.M. 1974. Litterfall and mineral nutrient content of litter in Pasoh Forest Reserve. **IBP-Synthesis Meeting Kuala Lumpur 1974.** (Mimeographed)
- Tsutsumi, T., Y. Nishitani and Y. Kirimura. 1983. On the effects of soil fertility on the rate and the nutrient element concentration of litterfall in a forest. **Jap. J. Ecol.** 33: 313-322.
- Upadhyay, V.P. and J.S. Singh. 1989. Patterns of Nutrient Immobilization and Release in Decomposing Forest Litter in Central Himalaya, **India. J. Ecol.** 77: 127-146.
- Veneklas, E.J. 1991. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forest. **Columbia. J. Trop. Ecol.** 7: 319-336.
- Vitousek, P.M. 1984. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest. **Ecol.** 65(1): 258-298.
- Waring, R.H. and W.H. Schlesinger. 1985. **Forest Ecosystems: Concept and Management.** Academic Press, Inc., Orlando, Florida.
- Wieder, R.K. and G.E. Lang. 1982. A Critique of the Analytical Methods Used in Examining Decomposition Data Obtained from Litter Bags. **Ecol.** 63 (6): 1636-1642.
- Williams, S.L. and T.R.G. Gray. 1974. Decomposition of litter on soil surface. *In* Dickinson, C.H. and G.J.F. Pugh. **Biology of Plant litter Decomposition Vol. II.** New York: Academic Press.
- Witkamp, M. 1966. Decomposition of leaf litter in relation to environment microflora and microbial respiration. **Ecol.** 47: 194-201.

Wood, T.G. 1974. Field Investigations on the Decomposition of leaves of *Eucalyptus delegatensis* in Relation to Environment Factors. Cited J.D. Lousier and Parkinson. Chemical Element Dynamics in Decomposition Leaf Litter. **Can. J. Bot.** 56: 2795-2812.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของกระถินคอย ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	2.53	1.80	-	4.19	3.19	0.03	0.03	-	0.11	0.08
ธ.ค.	2.43	1.83	-	4.50	3.10	0.04	0.03	-	0.14	0.13
ม.ค.	2.33	2.07	-	4.18	2.58	0.03	0.04	-	0.12	0.14
ก.พ.	2.36	1.82	-	4.40	2.91	0.03	0.03	-	0.14	0.14
มี.ค.	2.38	2.09	-	4.17	2.76	0.04	0.03	-	0.11	0.09
เม.ย.	2.30	1.75	1.74	4.47	2.86	0.03	0.02	0.02	0.14	0.11
พ.ค.	2.51	2.29	-	4.54	3.63	0.04	0.05	-	0.15	0.13
มิ.ย.	2.86	2.07	-	4.71	3.36	0.06	0.05	-	0.16	0.13
ก.ค.	2.65	1.91	-	4.47	3.06	0.05	0.05	-	0.15	0.14
ส.ค.	2.74	1.88	2.60	3.83	2.56	0.06	0.05	0.05	0.14	0.11
ก.ย.	2.79	2.08	-	3.34	3.49	0.06	0.06	-	0.11	0.16
ต.ค.	2.49	2.33	-	3.16	2.86	0.04	0.07	-	0.08	0.11
เฉลี่ย	2.53	1.99	2.17	4.16	3.03	0.04	0.04	0.04	0.13	0.12

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของแคลเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.21	0.24	-	0.43	0.33	0.11	0.15	-	0.09	0.04
ธ.ค.	0.45	0.32	-	0.58	0.57	0.13	0.16	-	0.08	0.24
ม.ค.	0.48	0.38	-	0.51	0.66	0.13	0.15	-	0.08	0.19
ก.พ.	0.56	0.31	-	0.55	0.72	0.12	0.15	-	0.07	0.20
มี.ค.	0.44	0.33	-	0.53	0.47	0.11	0.15	-	0.08	0.07
เม.ย.	0.51	0.24	0.15	0.57	0.42	0.12	0.17	0.25	0.05	0.15
พ.ค.	0.22	0.25	-	0.28	0.28	0.16	0.15	-	0.14	0.28
มิ.ย.	0.29	0.32	-	0.28	0.22	0.16	0.14	-	0.15	0.22
ก.ค.	0.25	0.23	-	0.38	0.29	0.16	0.14	-	0.23	0.22
ส.ค.	0.19	0.16	0.11	0.38	0.21	0.14	0.14	0.12	0.14	0.27
ก.ย.	0.17	0.15	-	0.26	0.25	0.15	0.16	-	0.13	0.33
ต.ค.	0.12	0.24	-	0.16	0.22	0.15	0.13	-	0.12	0.26
เฉลี่ย	0.32	0.26	0.13	0.41	0.39	0.14	0.15	0.18	0.11	0.21

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.20	0.20	-	0.18	0.16
ธ.ค.	0.20	0.20	-	0.17	0.19
ม.ค.	0.20	0.19	-	0.18	0.23
ก.พ.	0.20	0.16	-	0.17	0.20
มี.ค.	0.19	0.19	-	0.15	0.14
เม.ย.	0.19	0.15	0.17	0.12	0.20
พ.ค.	0.17	0.13	-	0.13	0.15
มิ.ย.	0.16	0.14	-	0.15	0.16
ก.ค.	0.16	0.13	-	0.17	0.22
ส.ค.	0.14	0.14	0.15	0.19	0.20
ก.ย.	0.13	0.14	-	0.18	0.19
ต.ค.	0.16	0.15	-	0.19	0.17
เฉลี่ย	0.17	0.16	0.16	0.16	0.18

ตารางผนวกที่ 2 ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของจันทร์ทองได้หวัน ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	1.20	0.71	0.87	1.78	1.90	0.06	0.08	0.05	0.15	0.08
ธ.ค.	1.06	0.70	0.77	1.85	2.00	0.07	0.11	0.03	0.17	0.10
ม.ค.	1.01	0.71	0.72	1.81	2.04	0.08	0.11	0.04	0.18	0.09
ก.พ.	1.03	0.72	1.10	1.84	1.81	0.07	0.10	0.05	0.19	0.10
มี.ค.	1.01	0.75	0.67	2.07	1.77	0.06	0.09	0.03	0.19	0.07
เม.ย.	1.21	0.84	0.91	2.14	2.00	0.06	0.09	0.05	0.18	0.06
พ.ค.	1.31	0.95	0.94	2.11	2.15	0.07	0.09	0.06	0.13	0.08
มิ.ย.	1.40	0.86	0.91	2.04	2.17	0.08	0.08	0.06	0.17	0.11
ก.ค.	1.54	0.95	0.93	1.79	2.37	0.09	0.09	0.06	0.16	0.09
ส.ค.	1.44	0.83	0.90	1.98	2.26	0.12	0.09	0.06	0.14	0.09
ก.ย.	1.40	0.83	0.92	2.19	2.23	0.07	0.08	0.06	0.15	0.09
ต.ค.	1.13	0.71	0.80	1.93	1.96	0.06	0.08	0.06	0.15	0.10
เฉลี่ย	1.23	0.80	0.87	1.96	2.06	0.07	0.09	0.05	0.16	0.09

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของแคลเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.15	0.41	0.10	0.42	0.19	0.28	0.32	0.22	0.13	0.14
ธ.ค.	0.44	0.86	0.10	0.65	0.43	0.32	0.31	0.18	0.11	0.19
ม.ค.	0.47	0.87	0.09	0.94	0.53	0.38	0.34	0.19	0.11	0.18
ก.พ.	0.52	0.81	0.10	1.02	0.63	0.38	0.35	0.28	0.08	0.23
มี.ค.	0.40	0.62	0.14	0.57	0.48	0.39	0.37	0.21	0.10	0.31
เม.ย.	0.38	0.57	0.12	0.50	0.49	0.33	0.32	0.22	0.09	0.16
พ.ค.	0.26	0.26	0.12	0.31	0.18	0.27	0.21	0.14	0.28	0.22
มิ.ย.	0.35	0.25	0.10	0.36	0.28	0.21	0.17	0.14	0.39	0.11
ก.ค.	0.35	0.34	0.14	0.59	0.26	0.19	0.16	0.15	0.37	0.35
ส.ค.	0.23	0.30	0.13	0.32	0.21	0.23	0.14	0.11	0.26	0.26
ก.ย.	0.15	0.22	0.10	0.23	0.15	0.25	0.16	0.11	0.36	0.24
ต.ค.	0.16	0.24	0.08	0.25	0.12	0.27	0.17	0.10	0.29	0.28
เฉลี่ย	0.32	0.48	0.11	0.51	0.33	0.29	0.25	0.17	0.22	0.22

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.12	0.19	0.11	0.12	0.11
ธ.ค.	0.12	0.21	0.10	0.12	0.14
ม.ค.	0.12	0.21	0.09	0.12	0.20
ก.พ.	0.11	0.23	0.10	0.12	0.23
มี.ค.	0.11	0.22	0.09	0.12	0.16
เม.ย.	0.12	0.19	0.10	0.13	0.17
พ.ค.	0.08	0.13	0.07	0.10	0.11
มิ.ย.	0.09	0.10	0.07	0.13	0.15
ก.ค.	0.10	0.10	0.08	0.12	0.13
ส.ค.	0.09	0.10	0.09	0.11	0.12
ก.ย.	0.09	0.12	0.09	0.11	0.10
ต.ค.	0.08	0.15	0.10	0.11	0.11
เฉลี่ย	0.10	0.16	0.09	0.12	0.14

ตารางผนวกที่ 3 ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของเมเปิลหอม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	1.20	1.01	-	2.09	2.16	0.09	0.05	-	0.14	0.14
ธ.ค.	1.06	0.91	-	2.44	2.28	0.12	0.04	-	0.21	0.15
ม.ค.	1.08	1.04	-	2.38	2.28	0.15	0.05	-	0.20	0.08
ก.พ.	1.45	0.81	-	1.83	1.87	0.16	0.04	-	0.18	0.09
มี.ค.	1.68	0.89	-	-	1.77	0.11	0.06	-	-	0.07
เม.ย.	1.81	0.80	-	0.69	3.25	0.11	0.05	-	0.05	0.10
พ.ค.	1.93	0.99	-	-	1.99	0.09	0.08	-	-	0.09
มิ.ย.	1.90	0.81	-	-	2.31	0.11	0.07	-	-	0.12
ก.ค.	1.68	0.87	-	-	1.64	0.10	0.08	-	-	0.10
ส.ค.	1.57	0.95	-	-	1.78	0.09	0.08	-	-	0.12
ก.ย.	1.35	0.78	-	1.09	2.06	0.11	0.06	-	0.08	0.12
ต.ค.	1.16	0.79	-	2.14	1.82	0.09	0.07	-	0.15	0.12
เฉลี่ย	1.49	0.89	-	1.81	2.10	0.11	0.06	-	0.14	0.11

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของแคลเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.21	0.13	-	0.66	0.38	0.46	0.46	-	0.10	0.18
ธ.ค.	0.43	0.10	-	1.35	0.46	0.69	0.48	-	0.09	0.20
ม.ค.	0.43	0.11	-	1.23	0.52	0.89	0.36	-	0.08	0.09
ก.พ.	0.58	0.13	-	1.23	0.51	0.81	0.42	-	0.09	0.04
มี.ค.	0.45	0.27	-	-	0.38	0.43	0.46	-	-	0.10
เม.ย.	0.45	0.18	-	0.56	0.37	0.38	0.62	-	0.12	0.07
พ.ค.	0.19	0.14	-	-	0.15	0.29	0.30	-	-	0.22
มิ.ย.	0.29	0.13	-	-	0.22	0.33	0.28	-	-	0.33
ก.ค.	0.26	0.24	-	-	0.22	0.37	0.35	-	-	0.34
ส.ค.	0.20	0.21	-	-	0.22	0.32	0.41	-	-	0.52
ก.ย.	0.16	0.08	-	0.21	0.19	0.37	0.42	-	0.15	0.43
ต.ค.	0.14	0.09	-	0.41	0.18	0.33	0.37	-	0.18	0.43
เฉลี่ย	0.32	0.15	-	0.81	0.32	0.47	0.41	-	0.12	0.25

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสีบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.36	0.12	-	0.17	0.24
ธ.ค.	0.45	0.14	-	0.14	0.17
ม.ค.	0.53	0.17	-	0.14	0.14
ก.พ.	0.55	0.13	-	0.13	0.14
มี.ค.	0.38	0.14	-	-	0.15
เม.ย.	0.43	0.11	-	0.07	0.13
พ.ค.	0.25	0.13	-	-	0.13
มิ.ย.	0.33	0.12	-	-	0.19
ก.ค.	0.31	0.11	-	-	0.24
ส.ค.	0.29	0.13	-	-	0.22
ก.ย.	0.28	0.11	-	0.10	0.15
ต.ค.	0.30	0.12	-	0.25	0.25
เฉลี่ย	0.37	0.13	-	0.14	0.18

ตารางผนวกที่ 4 ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของการบูร ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	1.02	0.90	-	-	1.70	0.05	0.26	-	-	0.13
ธ.ค.	1.06	0.86	-	-	2.13	0.05	0.31	-	-	0.13
ม.ค.	1.10	0.96	-	1.68	1.94	0.06	0.29	-	0.19	0.14
ก.พ.	1.01	0.90	-	2.00	2.13	0.06	0.19	-	0.19	0.13
มี.ค.	1.09	0.89	-	-	2.03	0.05	0.19	-	-	0.07
เม.ย.	1.05	0.82	-	-	1.83	0.05	0.14	-	-	0.09
พ.ค.	1.54	1.00	-	-	3.52	0.08	0.17	-	-	0.15
มิ.ย.	1.44	1.07	-	-	2.53	0.08	0.16	-	-	0.14
ก.ค.	1.18	0.90	-	-	2.30	0.07	0.14	-	-	0.15
ส.ค.	1.14	0.76	-	-	1.85	0.07	0.14	-	-	0.13
ก.ย.	1.12	0.78	-	-	1.98	0.07	0.14	-	-	0.14
ต.ค.	1.08	0.73	-	-	1.76	0.07	0.20	-	-	0.11
เฉลี่ย	1.15	0.88	-	1.84	2.14	0.06	0.19	-	0.19	0.13

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของแคลเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.10	0.45	-	-	0.31	0.63	0.26	-	-	0.33
ธ.ค.	0.28	0.59	-	-	0.61	0.61	0.23	-	-	0.21
ม.ค.	0.30	0.57	-	1.79	0.92	0.57	0.24	-	0.08	0.32
ก.พ.	0.37	0.48	-	2.05	0.88	0.56	0.19	-	0.09	0.35
มี.ค.	0.31	0.51	-	-	0.57	0.52	0.18	-	-	0.20
เม.ย.	0.33	0.41	-	-	0.50	0.52	0.18	-	-	0.34
พ.ค.	0.17	0.40	-	-	0.33	0.33	0.30	-	-	0.19
มิ.ย.	0.23	0.43	-	-	0.35	0.33	0.30	-	-	0.21
ก.ค.	0.14	0.23	-	-	0.25	0.43	0.32	-	-	0.17
ส.ค.	0.14	0.28	-	-	0.25	0.37	0.32	-	-	0.15
ก.ย.	0.11	0.23	-	-	0.30	0.36	0.31	-	-	0.10
ต.ค.	0.10	0.31	-	-	0.19	0.38	0.31	-	-	0.29
เฉลี่ย	0.22	0.41	-	1.92	0.46	0.47	0.26	-	0.09	0.24

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสีบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.15	0.24	-	-	0.26
ธ.ค.	0.23	0.24	-	-	0.24
ม.ค.	0.21	0.22	-	0.15	0.23
ก.พ.	0.23	0.20	-	0.16	0.26
มี.ค.	0.22	0.20	-	-	0.22
เม.ย.	0.25	0.18	-	-	0.15
พ.ค.	0.16	0.22	-	-	0.20
มิ.ย.	0.17	0.22	-	-	0.22
ก.ค.	0.12	0.20	-	-	0.22
ส.ค.	0.15	0.19	-	-	0.23
ก.ย.	0.11	0.20	-	-	0.26
ต.ค.	0.11	0.23	-	-	0.21
เฉลี่ย	0.18	0.21	-	0.15	0.23

ตารางผนวกที่ 5 ความเข้มข้นของสารอาหารในส่วนต่างๆ ที่ร่วงหล่นของสนหนาม ในแต่ละเดือนตลอดระยะเวลาการร่วงหล่น 12 เดือน ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

เดือน	ความเข้มข้นของไนโตรเจน (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.90	0.51	-	1.05	2.18	0.03	0.02	-	0.11	0.38
ธ.ค.	0.81	0.44	-	1.46	-	0.04	0.01	-	0.16	-
ม.ค.	0.90	0.52	-	1.53	2.86	0.03	0.02	-	0.19	0.70
ก.พ.	0.84	0.49	-	1.24	2.19	0.04	0.01	-	0.12	0.21
มี.ค.	0.76	0.52	-	0.89	2.40	0.03	0.01	-	0.06	0.26
เม.ย.	0.83	0.55	-	0.77	1.96	0.03	0.02	-	0.05	0.11
พ.ค.	0.86	0.46	0.90	0.81	1.94	0.04	0.04	0.04	0.06	0.19
มิ.ย.	1.02	0.51	-	0.74	2.24	0.05	0.04	-	0.05	0.27
ก.ค.	0.94	0.51	-	0.66	1.93	0.05	0.04	-	0.04	0.15
ส.ค.	0.97	0.59	-	0.77	1.65	0.04	0.04	-	0.04	0.12
ก.ย.	0.80	0.59	-	0.67	2.02	0.04	0.03	-	0.04	0.44
ต.ค.	0.79	0.67	-	0.67	1.86	0.04	0.03	-	0.05	0.26
เฉลี่ย	0.87	0.53	0.90	0.94	2.11	0.04	0.03	0.04	0.08	0.28

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)					ความเข้มข้นของแคลเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสืบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.09	0.09	-	0.49	0.35	0.51	0.40	-	0.07	0.23
ธ.ค.	0.10	0.13	-	0.22	-	0.41	0.36	-	0.13	-
ม.ค.	0.09	0.08	-	0.27	0.65	0.41	0.38	-	0.13	0.68
ก.พ.	0.09	0.06	-	0.18	0.78	0.42	0.40	-	0.13	0.19
มี.ค.	0.13	0.12	-	0.25	0.41	0.36	0.37	-	0.08	0.29
เม.ย.	0.11	0.23	-	0.18	0.23	0.40	0.36	-	0.07	0.67
พ.ค.	0.10	0.10	0.05	0.13	0.12	0.39	0.37	0.10	0.17	0.35
มิ.ย.	0.08	0.04	-	0.20	0.31	0.35	0.41	-	0.22	0.34
ก.ค.	0.09	0.07	-	0.09	0.49	0.33	0.39	-	0.17	0.40
ส.ค.	0.07	0.05	-	0.05	0.16	0.35	0.41	-	0.18	0.31
ก.ย.	0.11	0.09	-	0.15	0.20	0.37	0.48	-	0.17	0.77
ต.ค.	0.12	0.07	-	0.14	0.24	0.33	0.43	-	0.15	0.66
เฉลี่ย	0.10	0.09	0.05	0.20	0.36	0.39	0.40	0.10	0.14	0.44

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

เดือน	ความเข้มข้นของธาตุแมกนีเซียม (% ของน้ำหนักแห้ง)				
	ใบ	กิ่ง	เปลือก	ส่วนสีบพันธุ์	อื่นๆ
พ.ย.	0.09	0.07	-	0.10	0.28
ธ.ค.	0.09	0.10	-	0.11	-
ม.ค.	0.09	0.08	-	0.12	0.40
ก.พ.	0.11	0.10	-	0.11	0.22
มี.ค.	0.08	0.09	-	0.09	0.20
เม.ย.	0.09	0.10	-	0.09	0.15
พ.ค.	0.07	0.08	0.05	0.09	0.11
มิ.ย.	0.07	0.08	-	0.09	0.15
ก.ค.	0.06	0.07	-	0.08	0.15
ส.ค.	0.07	0.08	-	0.08	0.11
ก.ย.	0.06	0.11	-	0.09	0.17
ต.ค.	0.07	0.10	-	0.10	0.18
เฉลี่ย	0.08	0.09	0.05	0.09	0.19

