บทที่ 2

สอบสวนเอกสาร

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งมีพื้นที่ทั้งหมด 1,609,154 ไร่ หรือ 2,574 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ทั้งหมดอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 15 องศา 00 ฟิลิปดา ถึง 15 องศา 50 ฟิลิปดา เหนือ และเส้นแวง 99 องศา 00 ฟิลิปดา ถึง 99 องศา 28.5 ฟิลิปดาตะวันออก

ระบบนิเวศป่าผลัดใบประกอบด้วยระบบนิเวศป่าผลัดใบ 2 ชนิดหลัก คือ ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ มีพรรณไม้เด่น คือ เสลา (*Lagerstroemia tomentosa*) , มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa*) .ตะแบกใหญ่ (*Lagerstroemia calyculate*) ,แดง (*Xylia xylocarpa Var.Kerrii*) , ประดู่ (*Pterocarpa macrocarpus*) , ส้าน (*Dillenia pentagyna*) , สวอง (*Vitex limoniferia*) (Smitinard , 1997b) ระบบนิเวศป่าเต็งรังเป็นป่าที่มีลักษณะคล้ายป่าเบญจพรรณมาก ยกเว้นไม้เด่นในชั้นเรือนยอดเป็นไม้ในวงศ์ยางและถือเป็นไม้ดัชนีของสังคม คือ เต็ง (*Shorea obtusa*),รัง (*S.siamensis*),เหียง (*Diptercarpus obtusifolius*) , พลวง (*D.tuberculatus*) , ยางกราด (*D.intricatus*) (Smitinard ,1988)

การย่อยสลายอินทรียวัตถุหรือเศษซากพืชและการปลดปล่อยสารอาหารหรืออนินทรีย์สารต่างๆ เป็นจุดเชื่อมโยงของวงจรสารอาหารที่สำคัญในระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบนิเวศป่าเขตร้อน ซึ่งสารอาหารส่วนใหญ่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ ในขณะที่ระบบนิเวศป่าเขตอบอุ่น สารอาหารส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ในดิน (Odum,1983) กระบวนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นทันที หลังจากที่เศษซากพืชร่วงหล่นลงสู่พื้นดิน เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน ซึ่งมีการลดลงของสารตั้งต้นหรืออินทรีย์สารโดยเปลี่ยนไปเป็นสารอาหารหรืออนินทรีย์สารเข้าไปในส่วนต่าง ๆ ของระบบนิเวศเป็นวงจร (Dickinson and Pugh,1974 ; Swift et al.,1979)

กระบวนการย่อยสลาย ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ขั้นตอน (Witkamp , 1966 ; Webb et al., 1983) คือ

ก. กระบวนการที่ทำให้เศษซากพืช หักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย ซึ่งเป็นกระบวนการทางกายภาพ (comminution) จากการทำงานของสัตว์ในดิน การสึกกร่อนจากแรงลมและฝน เป็นกระบวนการทำงานที่เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเศษซากพืชซึ่งจะทำให้อัตราการออกซิเดชั่นเกิดเพิ่มขึ้น

ข. กระบวนการย่อยสลาย ที่เกิดจากการหลั่งสารพวกเอ็นไซม์ของแบคทีเรียในดิน โดยเอ็นไซม์จะทำการเปลี่ยนอินทรีย์สารหรือเศษซากพืช ให้เป็นอนินทรีย์สารหรือสารอาหารต่อไป

ค. กระบวนการชะล้าง (leaching) เป็นกระบวนการทำงานทางกายภาพโดยน้ำจะทำการละลายอินทรีย์สารออกจากระบบ

กระบวนการเหล่านี้อาจจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน หรือเกิดต่างเวลากัน ในกรณีที่ขั้นตอนต่าง ๆ ในกระบวนการย่อยสลายเกิดต่างเวลากัน ลำดับในการเกิดขึ้นจะถูกควบคุมโดยคุณภาพของเศษซากพืชหรืออินทรีย์วัตถุและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัจจัยทางกายภาพของดิน กระบวนการย่อยสลายที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศป่าไม้เขตร้อนมีความสลับซับซ้อนสูงมากเศษซากพืชจะถูกแมลงและสัตว์ในดินกัดกินเมื่อผ่านระบบทางเดินอาหาร จะมีการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์สารที่มีความซับซ้อนสูงมาเป็นอนินทรีย์สารที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อนต่ำหรือสารอาหาร อาจจะมีแบคทีเรียและราเข้าไปย่อยสลายเศษซากพืชนั้นตั้งแต่ขั้นเริ่มต้น แล้วถ่ายทอดไปสู่กลุ่มสิ่งมีชีวิตอื่นพร้อม กับการเปลี่ยนรูปโครงสร้างทางเคมีของอินทรีย์สาร (จิรากรณ์ คชเสนี,2537) จากการวิจัยการย่อยสลายในระบบนิเวศเขตร้อน พบว่าน้ำหนักและสารอาหารที่หายไปด้วยขบวนการชะล้าง จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 1 ถึง 3 เดือนแรกหลังจากที่เศษซากพืชตกสู่พื้น (Mason,1977 ; Takeda,1988 ; Gallardo and Merino , 1993)

โดยทั่วไปขั้นตอนแรกของกระบวนการย่อยสลายเศษซากพืชจะเริ่มต้น โดยสัตว์ในดิน เช่น ตะขาบ กิ้งกือ ตัวอ่อนของแมลงปีกแข็ง แมลงหางดีด ไรดิน และปลวกในเขตร้อนเป็นส่วนใหญ่ จะทำให้เกิดการแตกหักทางกายภาพของเศษซากพืช เป็นการเพิ่มพื้นที่และรอยแยกของเศษซากพืช โดยเฉพาะที่บริเวณผิวใบเพื่อเตรียมให้

จุลินทรีย์ดิน ซึ่งเป็นผู้ย่อยสลายทำการเปลี่ยนอินทรีย์สารเหล่านั้นให้เป็น อนินทรีย์สารหรือสารอาหาร (อุทิศ กุฎอินทร์ , 2536 ; Witkamp ,1966 ; Berg and Agren, 1984 ; Kimmins,1987) ผู้ย่อยสลาย เช่น รา แบคทีเรีย และโปรโตซัว จะทำการย่อยสลายเศษซากพืช โดยการปลดปล่อยเอ็นไซม์ภายในเซลล์ไปทำการย่อยเนื้อ เยื่อป้องกันชั้นนอกของเศษซากพืชทำให้ได้อนินทรีย์สารจุลินทรีย์ดินจะทำให้เกิดการสูญเสียเซลลูโลสและลิกนินอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นการทำลายเนื้อเยื่อระหว่างผิวใบด้านบนและด้านล่างของใบตลอดจนเส้นใบ ผิวใบ และขอบใบ โดยกิจกรรมเหล่านี้จะมีสัตว์ในดิน พวกไรดิน แมลงหางดีด มีส่วนร่วมในขั้นตอนเหล่านี้ด้วย

สัตว์ในดินขนาดกลางมีบทบาทที่สำคัญทางนิเวศวิทยา เป็นกลุ่มที่มีประโยชน์ต่อพืชและองค์ประกอบของดินเป็นอย่างมาก ในการเป็นตัวช่วยเร่งอัตราสลายเศษซากอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ทับถมบนผิวดินให้เกิดได้เร็วขึ้นก่อนที่เชื้อราแบคทีเรียและจุลินทรีย์จะย่อยสลายต่อเป็นการปลดปล่อยและหมุนเวียนสารอาหารในระบบนิเวศป่าไม้ กลุ่มสังคมของสัตว์ในดินขนาดกลางแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารและที่อยู่อาศัย (Anderson and Domsch,1980 ;Takeda,1995) ดังนั้นในระบบนิเวศป่าไม้เศษซากพืช จึงเป็นแหล่งอาหารและที่อยู่อาศัยของสัตว์ในดินขนาดกลางส่วนใหญ่ ดังนั้นกลุ่มสัตว์ในดินขนาดกลาง จึงตอบสนองต่อช่วงระยะของการย่อยสลายเศษซากพืชและปริมาณเศษซากพืชในระบบนิเวศ (Anderson,1975)

สารอาหารพืช หมายถึง สารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (essential element) ซึ่งสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีทั้งหมด 16 ชนิด คือ คาร์บอน(C) ,ไฮโดรเจน(H) , ออกซิเจน(O) ,ไนโตรเจน(N) , ฟอสฟอรัส(P) โปตัสเซียม(K) , แคลเซียม(Ca) , แมกนีเซียม(Mg) , กำมะถัน(S) , เหล็ก(Fe) ,โบรอน(B) , แมงกานีส(Mn) , สังกะสี(Zn) , ทองแดง(Cu) , โมลิปดินัม(Mo) และคลอรีน(Cl) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา , 2536)

วงจรสารอาหารเป็นการหมุนเวียน ถ่ายเทสารอาหารที่จำเป็นสำหรับสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การหมุนเวียนของสารอาหารเป็นคุณสมบัติที่ปรากฏขึ้นมาในระบบนิเวศที่ประกอบไปด้วย กลไกย่อยและองค์ประกอบของระบบนิเวศทั้งหมดเข้ามาทำหน้าที่เฉพาะมีปฏิสัมพันธ์และควบคุมซึ่งกันและกัน (Odum , 1969 ; Odum , 1983) การหมุน

เวียนสารอาหารในระบบนิเวศป่าไม้ธรรมชาติ ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 3 กระบวนการ คือ

1.กระบวนการที่สารอาหารถูกนำเข้าหรือเพิ่มปริมาณให้แก่ระบบ โดยการปลดปล่อยของดินและหินปะปนมากับฝนและการตรึงจากบรรยากาศ

2.กระบวนการเก็บกักสารอาหารไว้ในระบบโดยสะสมอยู่ในมวลชีวภาพพืช ในดินและในเศษซากเหลือของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

3.กระบวนการที่สารอาหารสูญเสียออกไปจากระบบ โดยการชะล้าง (leaching) การนำพาของมนุษย์ สัตว์ และภัยธรรมชาติ (Brown , 1984)

การสร้างผลผลิตมวลชีวภาพ (Productivity) เป็นตัวบ่งชี้ถึงผลของปัจจัย กระบวนการและปฏิสัมพันธ์มากมายที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ ปัจจัยที่ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการสร้างผลผลิต ประกอบด้วยปัจจัย 3 ประการ คือ

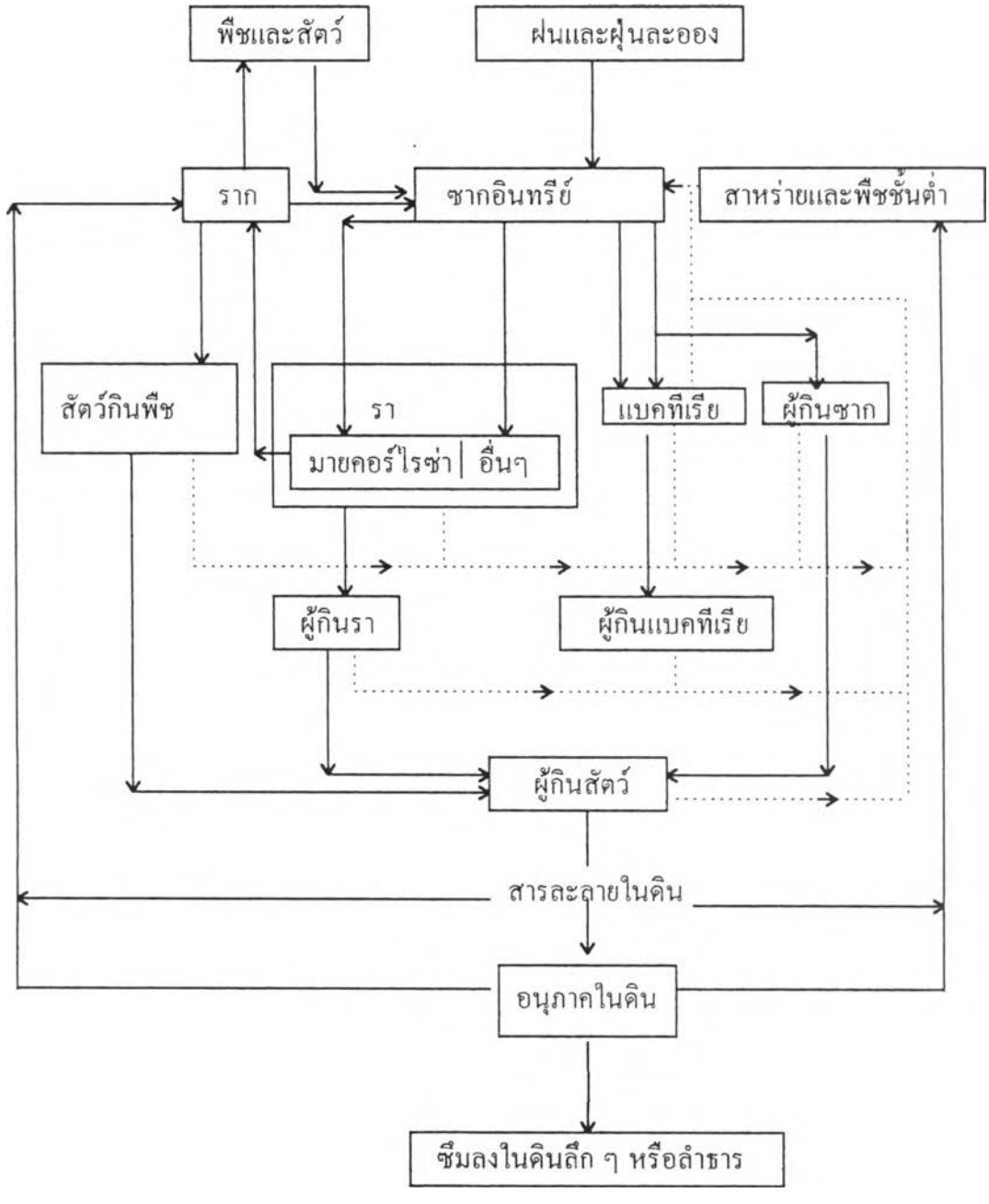
1. พลังงาน
2. น้ำ
3. สารอาหาร

ในระบบนิเวศป่าไม้เขตร้อน อัตราการเกิดกระบวนการทางชีวภาพเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปีได้ เนื่องมาจากระบบนิเวศเขตร้อนมีช่วงเวลาในการรับพลังงานความร้อนนาน อีกทั้งยังมีปริมาณความชื้นไม่จำกัด (Walter,1971) จึงส่งผลต่อปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพส ทำให้เกิดวงจรการปลดปล่อยสารอาหารคืนสู่ดิน (แสดงในแผนภูมิที่ 1) จากกระบวนการย่อยสลายเศษซากพืชที่ร่วงหล่น เมื่อเศษซากพืชร่วงหล่นสู่พื้นดินก็จะเกิดกระบวนการย่อยสลายเศษซากพืชจากผู้ย่อยสลาย ซึ่งกระบวนการย่อยสลายจะดำเนินไปด้วยดีก็เนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงเกือบตลอดปี อีกทั้งยังมีปริมาณความชื้นที่พอเหมาะแก่การทำงานของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลายดังนั้นอุณหภูมิที่สูง จึงส่งผลทำให้วงจรสารอาหารเกิดขึ้นในระบบนิเวศเขตร้อนชื้นมากกว่าในเขตอื่น

ปัจจัยของอุณหภูมิเพียงอย่างเดียว จะไม่ส่งผลให้เกิดผลิตผลมวลชีวภาพและขบวนการย่อยสลายได้ พบว่าในภูมิภาคที่ร้อนและแห้งแล้งจะมีขบวนการต่างๆ ทางชีวภาพน้อยลง (Jordan,1985) ในเขตอบอุ่นที่มีอุณหภูมิไม่สูงตลอดทั้งปี อีกทั้ง

ปริมาณความชื้นต่ำ อัตราการย่อยสลายและปริมาณผลผลิตมวลชีวภาพจึงน้อย เมื่อเทียบกับระบบนิเวศในเขตร้อนชื้น

การผุผังสลายตัวในระบบนิเวศป่าไม้เขตร้อนจะมีสูงกว่าเขตอบอุ่นและเขตหนาว โดยมีอุณหภูมิและความชื้นเป็นปัจจัยส่งเสริมที่สำคัญ ปริมาณสารอาหารที่สูญเสียไปกับน้ำเกิด เนื่องมาจากในระบบนิเวศเขตร้อนมีปริมาณฝนสูงกว่าเขตอื่น มีแหล่งต้นกำเนิดของไฮโดรเจนอิออนที่แลกเปลี่ยนสารอาหารที่ถูกจับบนอนุภาคดิน ให้มาละลายอยู่ในน้ำในดิน จึงทำให้อัตราการสูญเสียสารอาหารออกจากระบบสูง



แผนภูมิที่ 1 วงจรสารอาหารที่เกิดในดินในป่าธรรมชาติ ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลาย

ที่มา : จิรากรณ์ คชเสนี (2537)

มวลชีวภาพรวมไปถึงอินทรีย์สารต่าง ๆ ที่พืชสร้างขึ้นและสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ ราก ผล กิ่ง และก้าน (Whittaker and Marks,1975) จากการเปรียบเทียบผลผลิตมวลชีวภาพอันดับแรกเฉลี่ยรายปี ในระบบนิเวศชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 4

ระบบนิเวศ	ผลผลิตอันดับแรกสุทธิ (ก./ตร.ม./ปี)
ป่าดิบเขาร้อนชื้น	1000-3500
ป่าผลัดใบเขตศูนย์สูตร	1000-2500
ป่าไม่ผลัดใบในเขตอบอุ่น	600-2500
ป่าผลัดใบเขตอบอุ่น	600-2500
ป่าเขตหนาว	400-2000
ป่าไม้พุ่ม	250-1200
ทุ่งหญ้าซาวันน่า	250-2000
ทะเลทรายและกึ่งทะเลทราย	10-250

ตารางที่ 4 ผลผลิตอันดับแรกสุทธิและมวลชีวภาพของพืชในระบบนิเวศต่างๆ

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก Whittaker and Likens (1975)

พบว่าเขตร้อนจะมีผลผลิตอันดับแรกสุทธิเฉลี่ยสูงที่สุด อาจเนื่องมาจากเขตร้อนเป็นเขตที่มีฤดูกาลเจริญเติบโตยาวนานกว่าภูมิภาคเขตอื่น โดยในขณะที่เขตหนาวและเขตอบอุ่น มีระยะเวลาเพียง 1-9 เดือน

ซากอินทรีย์วัตถุหรือเศษซากพืชอันเป็นแหล่งสะสม (reservior) ของสารอาหารที่มีความสำคัญมาก ในระบบนิเวศป่าเขตร้อนมีอัตราการย่อยสารอาหารสูงกว่าระบบนิเวศป่าเขตอบอุ่น เนื่องมาจากมีปัจจัยต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการทำงานของสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยสลาย

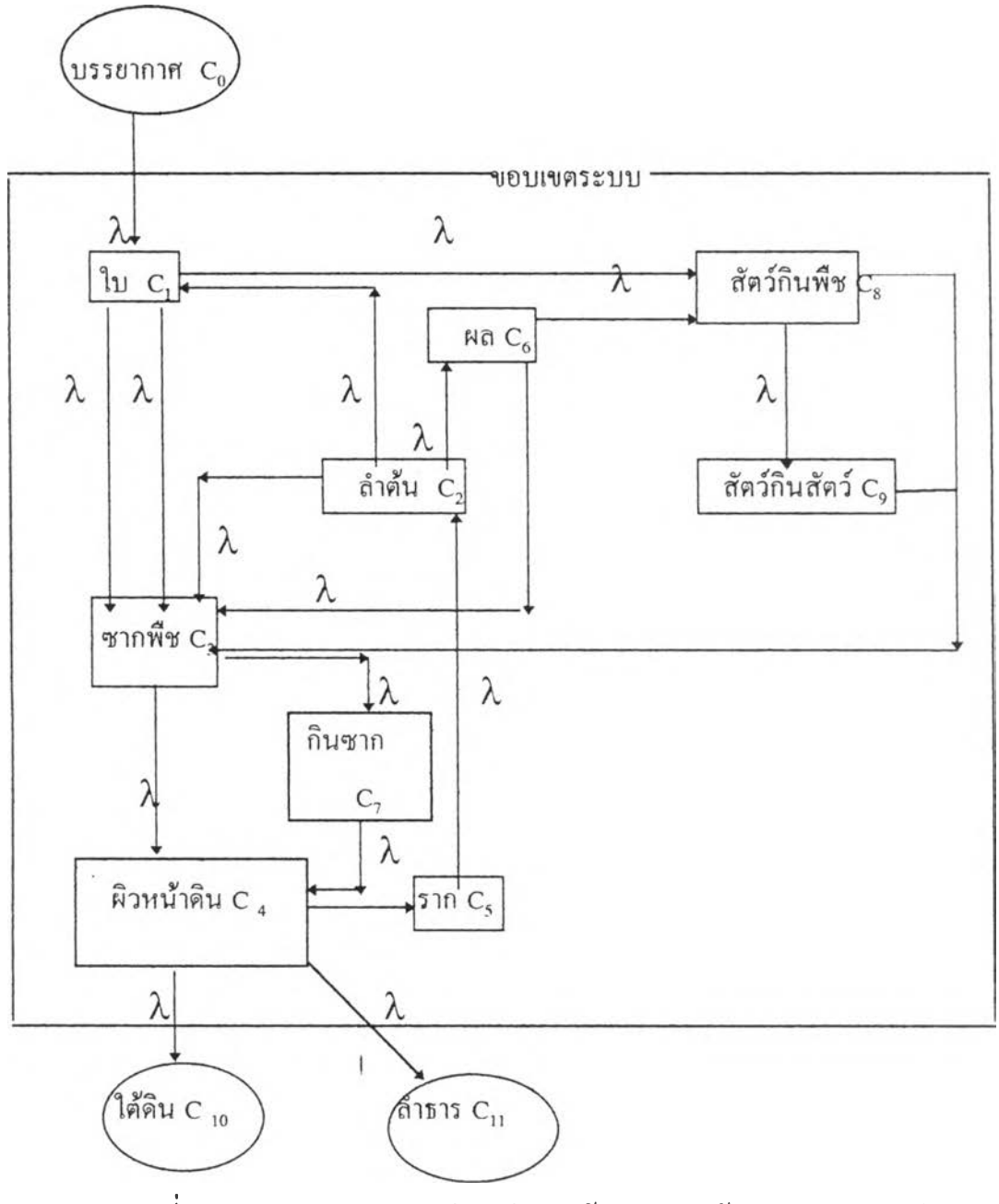
สารอาหารที่สำคัญและพบในสิ่งมีชีวิตมีประมาณ 60 ชนิด (Salisbury and Ross , 1969) สารอาหารที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต คือไฮโดรเจน คาร์บอน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ เนื่องมาจากสารอาหารเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ น้ำ (H_2O) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)โปรตีน กรดอะมิโน และกรดนิวคลีอิก สามารถจำแนก วงจรสารอาหารในระบบนิเวศได้ 2 แบบ คือ

1. วงจรที่ไม่ระเหย (Non - volatile cycle)

เป็นวงจรที่ไม่มีการระเหยของสารอาหารให้กลายเป็นไอระเหย ในการหมุนเวียน จึงเป็นสารอาหารพวกที่เป็นตะกอน (Sedimentary type) ดังแสดงในแผนภูมิที่ 2 เช่น ฟอสฟอรัส

2. วงจรระเหย (Volatile cycle)

เป็นวงจรของสารอาหารที่จะต้องมีช่วงหนึ่งเป็นไอระเหย ในการหมุนเวียน สารอาหารกลุ่มนี้จัดเป็นกลุ่มแก๊ส (Gaseous type) เช่น ไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์



แผนภูมิที่ 2 แบบจำลองระบบนิเวศป่าเขตร้อนแสดงเส้นทางการหมุนเวียนของสารอาหารที่มีวงจรไม่ระเหย

ที่มา :` ดัดแปลงมาจาก Jordan (1985)

จากแผนภูมิสามารถอธิบายการหมุนเวียนของสารอาหารโดยแบ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ของระบบนิเวศออกเป็น 12 ส่วน (compartment) โดยสัญลักษณ์ C_i เป็นตัวแทนแต่ละส่วน λ บอกลักษณะการเคลื่อนย้ายสารอาหารจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง เมื่อ C_0 เป็นน้ำฝน , C_1 เป็นใบพืช,C_2 เป็นลำต้น,C_3 เป็นซากพืช,C_4 เป็นดินชั้นบน,C_5 เป็นซากพืช,C_6 เป็นผลพืช, C_7 เป็นผู้ย่อยสลาย,C_8 เป็นสัตว์กินพืช,C_9 เป็นสัตว์กินสัตว์,C_{10} เป็นดินชั้นล่าง,C_{11} เป็นน้ำที่ไหลออกจากระบบ เส้นทางการไหลของการหมุนเวียนสารอาหารระหว่างดินและพืชในระบบนิเวศ จึงเริ่มจากรากพืชดูดสารอาหารจากดินส่งผ่านลำต้นและกิ่งก้านสู่ใบ เพื่อผลิตอินทรีย์วัตถุโดยอินทรีย์วัตถุที่ผลิตขึ้นส่วนหนึ่งจะใช้ในขบวนการหายใจของพืช อินทรีย์วัตถุส่วนที่เหลือจะถูกเก็บสะสมไว้ในส่วนต่าง ๆ ของพืชในรูปมวลชีวภาพ เมื่อสิ้นอายุขัยการใช้งานจะร่วงหล่นลงสู่ดินในรูปของเศษซากพืชแล้วเศษซากพืชจะค่อย ๆ สลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินปลดปล่อยสารอาหารคืนสู่ดิน

ความสำคัญของไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นสารอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และมีบทบาทในการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้เนื่องมาจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน และโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโปรโตปลาสซึม โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ประกอบด้วยโมเลกุลของกรดอะมิโนจำนวนมาก กรดอะมิโนเหล่านี้มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ไนโตรเจนยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ในเอ็นไซม์ต่าง ๆ ที่เป็นสารประกอบช่วยเร่งและควบคุมปฏิกิริยาต่าง ๆ ในพืชให้ดำเนินไป

แหล่งที่มาของไนโตรเจนในดิน นั้นมีอยู่ 4 แหล่งใหญ่ ด้วยกัน คือ

1. การตรึงไนโตรเจน (Nitrogen fixation)

1.1 จุลินทรีย์ที่อยู่แบบพึ่งพาอาศัย (Symbiotic microbes)

1.2 สิ่งมีชีวิตที่อยู่เป็นอิสระ

2. การหมุนเวียนภายในระบบ การหมุนเวียนของไนโตรเจนขึ้นอยู่กับกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์สารหรือเศษซากพืชเป็นสำคัญ กรณีเศษซากพืชเข้าสู่ระบบการย่อยสลายในช่วงเริ่มต้น จะมีสัดส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนสูงมาก

มากกว่า 25 ต่อ 1 ทำให้มีไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของผู้ย่อยสลาย มีผลทำให้อัตราการย่อยสลายต่ำมาก เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณคาร์บอนในระบบลดลง เนื่องมาจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น ใช้ในขบวนการหายใจหรือละลายไปกับน้ำ (leaching) จึงมีผล ทำให้มีไนโตรเจนเพียงพอสำหรับ การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลาย จึงมีผลทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (จิรากรณ์ คชเสนี , 2537)

ความสำคัญของฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารหลักที่สำคัญสารหนึ่ง ที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก ฟอสฟอรัส ที่พบในพืชและในดินเป็นพวก ออร์โทฟอสเฟต (Orthophosphate) คือ ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}) ฟอสฟอรัสที่พบในพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปไอออนของฟอสเฟตที่มีประจุลบเป็นปริมาณถึงร้อยละ 33-36 ของฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยที่เหลือพบในรูปสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟต ไอออนของฟอสเฟตอิสระส่วนใหญ่พบในระบบท่อลำเลียงและอยู่ในเซลล์ของพืช ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมระดับความเป็นกรดเป็นด่างภายในพืชให้คงที่ อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบ (resource) สำหรับขบวนการสร้างสารต่าง ๆ โดยเฉพาะสารที่เกี่ยวข้องกับระบบการถ่ายทอดพลังงานในพืช (สมบูรณ์ เตชะกัญญาวัฒน์ , 2536)

ฟอสฟอรัสมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของยีน (gene) บนโครโมโซม นิวคลีโอโปรตีน (nucleo protein) เกี่ยวข้องกับการทำงานหน้าที่ของเซลล์ การสร้างองค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ การแบ่งเซลล์และการสืบพันธุ์ อีกทั้งฟอสฟอรัสยังเป็นองค์ประกอบที่จำเป็นของสารฟอสเฟต ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่างๆ ของระบบ อาทิเช่น การสังเคราะห์แสงและระบบการหายใจของพืช การสร้างสาร ATP นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับการเติบโตและการดำรงชีพของพืช ด้วยเหตุนี้ฟอสฟอรัสจึงเกี่ยวข้องกับการสร้างเสริมการเติบโต ความแข็งแรงของพืชทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและราก ตลอดจนการออกดอกผล มีการศึกษาพบว่าส่วนที่เก็บสะสมฟอสฟอรัสที่สำคัญที่สุดก็คือมวลชีวภาพส่วนใบ เมื่อมีการผลัดใบ

ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพลดลงเป็นอย่างมาก แต่เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่มีความจำเป็นมาก และมีปริมาณจำกัดในระบบนิเวศเขตร้อน จึงทำให้พืชก่อนที่จะมีการผลัดใบ จะมีการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสจากใบเข้าสู่ลำต้นฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่มีวงจรที่มีความสลับซับซ้อนและปัญหามากที่สุด ในกลุ่มสารอาหารที่มีการหมุนเวียนที่ไม่เป็นไอระเหย ในส่วนของระบบนิเวศที่อยู่เหนือดิน วงจรฟอสฟอรัสก็เหมือนสารอาหารชนิดอื่น (จิรากรณ์ คชเสนี , 2537)

ฟอสฟอรัสเป็นสารอาหารที่ไม่มีการระเหยของสารอาหารให้กลายเป็นไอระเหย (non -volatile cycle) ฟอสฟอรัสมีวงจรสารอาหารที่มีความสลับซับซ้อนและมีปัญหามากที่สุด ในกระบวนสารอาหารที่มีการหมุนเวียนที่ไม่เป็นไอระเหยในส่วนของระบบนิเวศที่อยู่เหนือดิน วงจรของฟอสฟอรัสก็จะเหมือนสารอาหารตัวอื่น ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะพบอยู่ในรูปของพวก ออร์โทฟอสเฟตหรือพวกที่เปลี่ยนแปลงมาจากกรดเฟอริก (H_3PO_4) ดินในเขตร้อนจะมีความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัส (phosphorus fixation) สูงมาก ให้ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้มีน้อย กลายเป็นปัญหาที่สำคัญมากที่สุดในระบบนิเวศป่าเขตร้อน (Jordan . 1985)

รูปแบบของฟอสฟอรัสในระบบซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในดินนั้นมี 4 รูปแบบ คือ

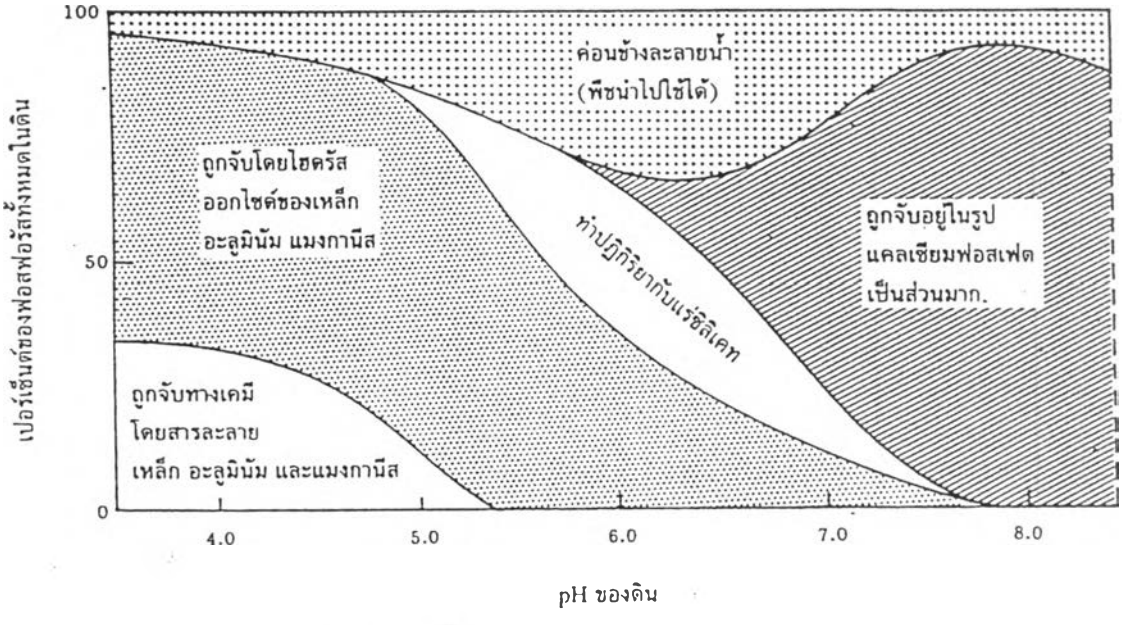
1.ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ด้วยกรด (Acid extractable phosphorus) คือฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำได้ และพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที (Available phosphorus)

2. ฟอสฟอรัสภายนอก (Non-occluded phosphorus) คือฟอสฟอรัสที่ถูกจับอยู่ที่ผิวของออกไซด์ หรือไฮดรัสออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมินั่ม หรืออนุภาคดิน

3. ฟอสฟอรัสภายใน (Occluded phosphorus) คือฟอสฟอรัสที่จับอยู่ภายในโครงสร้างของอนุภาคดิน หรือภายในโครงสร้างที่ประกอบด้วยออกไซด์เหล็กและอะลูมินั่ม

4. ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (Organic phosphorus) ฟอสฟอรัสที่จับกับอินทรีย์สารหรือถูกห่อหุ้มอยู่ภายในโครงสร้างของอินทรีย์สาร

ฟอสฟอรัสทั้ง 4 รูปแบบจะมีการเปลี่ยนแปลง ดังนี้คือระหว่างการสลายตัว จะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปของฟอสฟอรัสภายใน ซึ่งพืชไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นในเขตร้อนที่มีการผุผังสลายตัวสูงกว่าในเขตอบอุ่นและเขตหนาว จึงมีผลทำให้มีฟอสฟอรัสที่พืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่า แม้ว่าดินจะเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดเดียวกันก็ตาม ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของระบบนิเวศป่าเขตร้อน ดินในเขตร้อนจะมีความสามารถในการจับตัวฟอสฟอรัส จึงทำให้ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้มีน้อย แต่การหมุนเวียนมากกว่าป่าในเขตอบอุ่น (Vitousek,1984) ปัจจัยที่มีผลต่อการจับฟอสฟอรัส คือ



แผนภูมิที่ 3 แสดงเปอร์เซนต์ของฟอสฟอรัสที่รวมตัวเป็นสารประกอบกับธาตุอื่นเมื่อ pH ของดินเปลี่ยนไป
ที่มา : ดัดแปลงจาก Brady (1990)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระหว่างการผุผังสลายตัวสารอาหารประจุบวกต่างๆ จะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนหรืออะลูมินั่ม มีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างเพิ่มสูงมากขึ้น ซึ่งเป็นตัวการสำคัญ ที่มีผลต่อปฏิกิริยาของฟอสฟอรัสกับเหล็ก อะลูมินั่มและไฮดรัสออกไซด์ และจะค่อยๆ ลดปริมาณการตรึงลง เมื่อ pH ของดินสูงขึ้นแต่ในเวลาเดียวกันก็จะถูกตรึงด้วย Ca^{+2}, Mg^{+2} และ $CaCO_3$ เกิดเป็นแคลเซียมฟอตเฟต ปฏิกิริยาของฟอสฟอรัส ในสภาวะความเป็นกรด เป็นด่าง ต่างกัน คือ

กรณี pH ต่ำ ฟอสฟอรัสทำปฏิกิริยาเป็นสารประกอบฟอสเฟตกับเหล็ก อะลูมินั่มและแมงกานีส ซึ่งเป็นสารที่ไม่ละลายน้ำสลายตัวได้ยากและพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดของปัญหาการขาดแคลนฟอสฟอรัสในเขตร้อน เนื่องจากว่าดินในเขตร้อนโดยทั่วไปมักจะเป็นกรด

กรณี pH สูง ดินเป็นด่าง เช่นมีสารพวกแคลเซียมมาก ๆ ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากลายเป็นแคลเซียมฟอตเฟต ซึ่งพืชไม่สามารถจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ดังนั้นฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำและพืช สามารถจะนำไปใช้ประ โยชน์ได้จะต้องเป็นสภาวะที่ดินมี pH เป็นกลางค่อนไปทางกรดเล็กน้อย ระหว่าง 5.5 - 7 (Jordan ,1986)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลาย

petersen and Luxton (1982) ศึกษาเปรียบเทียบประชากรของสัตว์ในดินที่มีบทบาทต่กการย่อยสลาย เสนอว่าสังคมประชากรของสัตว์ในดินจะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับอาหารและที่อยู่อาศัย นั้นคือเศษซากพืช

Flanagan and Van Cleve (1983) ศึกษาผลของการย่อยสลายต่อวงจรสารอาหารและคุณภาพของอินทรีย์วัตถุในระบบนิเวศป่าไม้เขตไทก้า พบว่าอัตราการย่อยสลายและอัตราการเปลี่ยนเป็นอินทรีย์สารเป็นสารอาหารของไนโตรเจน เป็นผลมาจากคุณภาพของเศษซากพืช ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดและสังคมพืช

Seatedt (1989) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ขาข้อขนาดเล็กต่อการย่อยสลายเปลี่ยนแปลงอินทรีย์สารให้เป็นอนินทรีย์สาร พบว่าสัตว์ขาข้อขนาดเล็กจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการย่อยสลายใน 9-30 เดือน เฉลี่ย 23 %

Coleman et al. (1990) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสัตว์ในดินต่ออัตราการย่อยสลายในป่าสนกับทุ่งหญ้าแพรี่ พบว่าอัตราการย่อยสลายจะสูงขึ้นเมื่อปริมาณผู้ล่าของจุลินทรีย์ลดลง ทำให้ปริมาณและความหนาแน่นของสัตว์ในดินสูง และในระบบนิเวศที่มีความหนาแน่นของสัตว์ในดินต่ำจะมีอัตราการย่อยสลายต่ำไปด้วย

Sankaran (1993) ศึกษาอัตราการย่อยสลายเศษซากพืชของจามจุรี ยูคาลิปตัส และสัก ในอินเดีย พบว่าค่าคงที่การย่อยสลายเอ็กซ์โปแนนเชียลของสักจะมีค่าสูงสุด (2.0) ทำให้มีอัตราการย่อยสลายสูง พบว่ามีจุลินทรีย์ดินพวกราและแบคทีเรียเป็นปริมาณมากตลอดช่วงระยะเวลาของการย่อยสลาย

Hobbie (1995) ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการย่อยสลายเศษซากพืชในเขตทุนดรา พบว่าอุณหภูมิในช่วง 4-10 องศาเซลเซียสจะทำให้อัตราการย่อยสลายเศษซากพืชเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

Takeda (1995) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมแมลงหางดีด (order collembola) ที่เปลี่ยนแปลงในช่วงการย่อยสลายเศษซากพืชในป่าสน พบว่าแมลงหางดีดจะมีการอพยพเข้าและออกขึ้นอยู่กับปริมาณเศษซกพืชและระยะของาการย่อยสลาย

Sangwanit et al. (1995) ศึกษาผลของการย่อยสลายของเศษซากพืชในป่าผสมผลัดใบในป่าลุ่มน้ำ พบว่าอัตราการย่อยสลายเศษซากพืชในป่าผสมผลัดใบเกิดได้รวดเร็ว และมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปตัสเซียมในดินสูงกว่าป่าไผ่