

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการนำเอาแนวความคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์ระบบนิเวศน์ป่าไม้ ซึ่งเป็นระบบนิเวศน์ธรรมชาติที่เกิดสมดุลของธาตุอาหารในตัวเอง (Self nutrient balance) มาใช้ในการศึกษาเพื่อที่จะประเมินถึงความเหมาะสมในเชิงนิเวศวิทยาของระบบนิเวศน์ที่มักหาแพะร่าบัก้าเป็นพืชหลักแต่ละระบบ โดยเป็นการศึกษาถึง 3 ประเด็นหลักคือสังคมพืช (Plant community) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (Physical environment) และการหมุนเวียนธาตุอาหาร (Nutrient cycling) การศึกษาถึงสังคมพืชนั้นได้แก่ ลักษณะโครงสร้าง การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ส่วนการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพได้แก่ คุณสมบัติของดิน ความชื้นในดินและอุณหภูมิของอากาศ สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการหมุนเวียนธาตุอาหารนั้นจะทำให้ทราบถึงกลไกการทำงานของระบบนิเวศน์ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ พบว่าทำให้ทำการศึกษาและวิธีการศึกษาสามารถอธิบายได้ดังนี้

3.1. พื้นที่ที่ใช้ทำการศึกษา

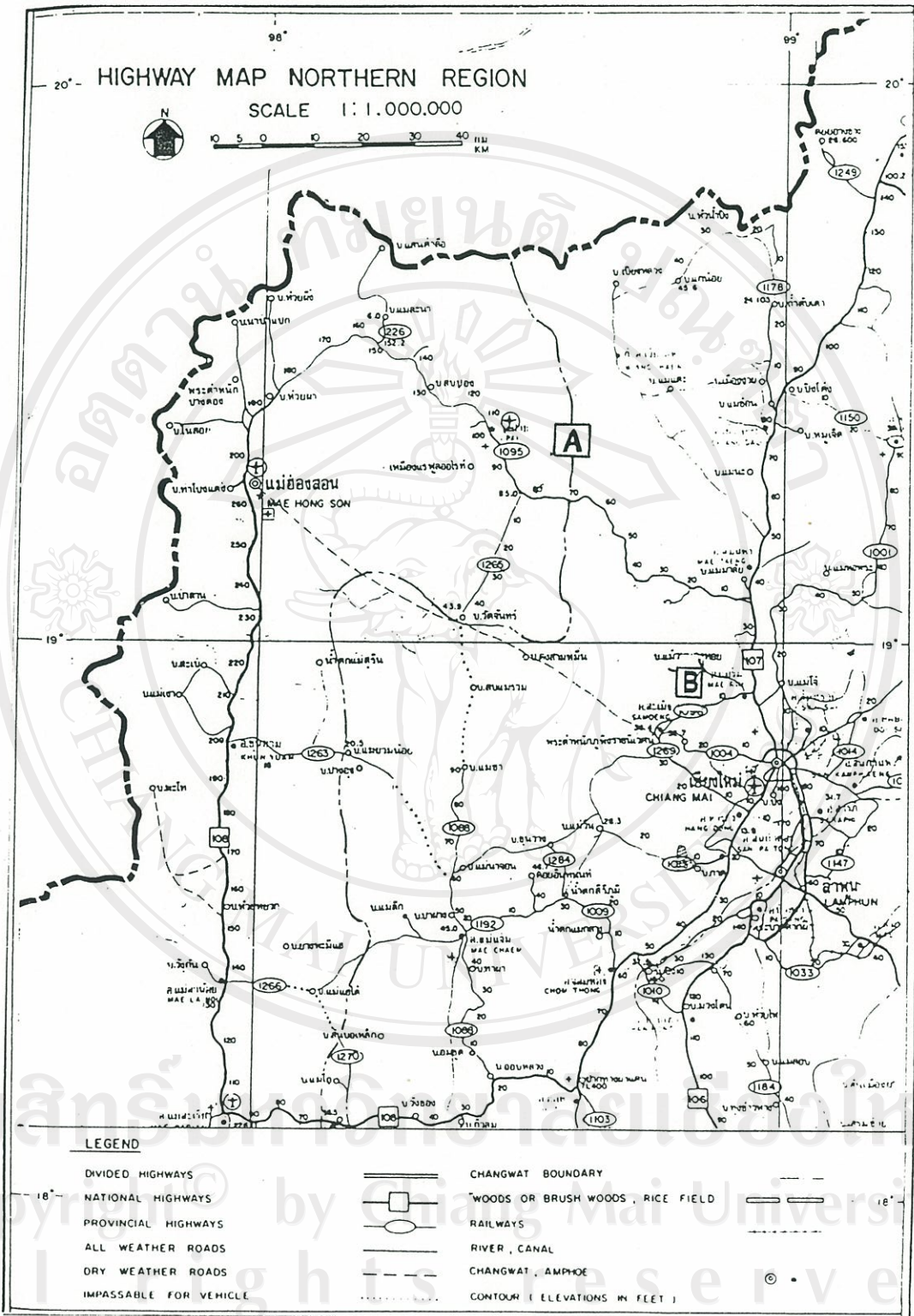
การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้พื้นที่ทดลอง 2 แห่งคือ

3.1.1. พื้นที่ A

สถานที่ทดลองและวิจัยเกี่ยวกับระบบนิเวศน์ระบบเกษตรบนพื้นที่สูงดอยสามหมื่น บ้านหัวแม่ เมือง อำเภอบ้านฝาง จังหวัดแม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นเขตติดต่อกับอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ อยู่ในความดูแลของกองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้ (รูปที่ 2)

ก. ตำแหน่งที่ตั้ง

บนเส้นทางสายแม่มาลัย-ป่าฝาง ตรงกิโลเมตรที่ 72 นับจากตลาดแม่มาลัย อ. แม่แตง จ. เชียงใหม่ จะมีทางแยกไปทางขวา เข้าสู่อุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง เข้าไป 27 กิโลเมตร



รูปที่ 2

แผนที่โดยสังเขปของตำแหน่งที่ตั้งของมหาวิทยาลัยศึกษาด้านการเกษตรสองแห่ง (พื้นที่ A คือพื้นที่ดอยสามหมื่น และพื้นที่ B คือพื้นที่ดอยชนช้างเคียน)

ถึงบ้านหัวแม่เมือง อ. ปาย จ. แม่ฮ่องสอน ซึ่งเป็นหมู่บ้านที่อยู่ใกล้กับสถานศึกษา ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 19 องศา 26 ลิปดาเหนือและลองจิจูดที่ 98 องศา 35 ลิปดาตะวันออก

ข. ลักษณะภูมิอากาศ

เนื่องจากพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลมาก จึงมีลักษณะภูมิอากาศแตกต่างจากบริเวณพื้นล่างทั่วไปของภาคเหนือ อย่างไรก็ตามยังจัดเป็นภูมิอากาศแบบมรสุมคือมี 3 ฤดูได้แก่ ฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์และฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงกลางเดือนพฤษภาคม จากข้อมูลของสถานีตรวจวัดอากาศหน่วยพัฒนาพื้นที่ 9 (ห้วยน้ำรู) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,904.7 มม./ปี และอุณหภูมิเฉลี่ย 19.2 °C. (ค่าเฉลี่ย 10 ปี ระหว่างปี 2518-2528) (ตารางที่ 1)

ค. ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ทดลองอยู่บนพื้นที่สูงมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาที่มีความลาดชันสูงสลับกับหุบเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,300 เมตร และมีความลาดชันของของพื้นที่มากกว่า 35 %

ง. พืชพันธุ์ธรรมชาติ

พืชพันธุ์ไม้ในป่าเดิม เป็นป่าดิบเขาเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นบริเวณยอดเขาหรือสันเขาที่มีไม้สนขึ้นผสมอยู่กับป่าดิบเขา พันธุ์ไม้ที่สำคัญได้แก่ ไม้ตระกูลก่อ (Fagaceae) เช่น ก่อแป้น ก่อเดือย ก่อแหลม ก่อตาหมู เป็นต้น พันธุ์ไม้ตระกูลอื่นได้แก่ ทะโล้ ค่าหค มะนอต เป็นต้น ไม้สนที่พบมีทั้งไม้สนสองใบและไม้สนสามใบ แต่เนื่องจากพื้นที่บางส่วนถูกแผ้วถางทำไร่เลื่อนลอยโดยชาวเขาเผ่าลีซอ ทำให้ปัจจุบันพบว่าพื้นที่บางส่วนเป็นพื้นที่ทำไร่กับไร่ร้างที่มีหญ้าคา หญ้าสาบหมาและต้นสาบเสือขึ้นอยู่หนาแน่น โดยชาวเขาจะหมุนเวียนปลูกธัญพืชต่างๆ ได้แก่ ข้าวไร่ ถั่วแดง ข้าวโพดและมันฝรั่ง พื้นที่บางส่วนที่เคยเป็นไร่เลื่อนลอยก็มีการฟื้นฟูโดยการปลูกไม้สนสามใบโดยกองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้

จ. ลักษณะทางธรณีวิทยาและวัตถุดินกำเนิดดิน

พบแร่ควอตซ์เป็นก้อนปนอยู่ตามชั้นดิน ส่วนใต้ชั้นดินลงไปมีหินทรายและหินดินดานอยู่ ดินในพื้นที่มีวัตถุดินกำเนิดดินเป็นหินแกรนิตที่อยู่ในยุค Carboniferous

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศหน่วยพัฒนา
ตำบลท่า 9 (ห้วยน้ำรู) อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่ (2518-2528)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	อุณหภูมิอากาศ (°ซ)		
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
มค.	79.5	21.3	12.9	17.1
กพ.	16.0	24.6	9.5	17.0
มีค.	32.1	27.8	14.3	21.0
เมย.	75.7	27.9	14.8	21.3
พค.	237.9	26.7	16.3	21.5
มิย.	241.7	24.5	16.3	20.4
กค.	290.0	24.5	16.2	20.3
สค.	321.0	23.8	16.1	19.9
กย.	313.7	24.1	15.8	19.9
ตค.	192.3	24.5	14.3	19.4
พย.	71.4	23.3	11.2	17.2
ธค.	32.9	23.6	7.8	15.7
รวม	1,904.2			
เฉลี่ย	-	24.7	13.7	19.2

ลิขสิทธิ์ในทำวิทยาสัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang - Mai - University

All rights reserved

3.1.2. พื้นที่ B

สถานีวิจัยและฝึกอบรม เกษตรที่สูงชนช้างเคียน บริเวณ site B (ไร่ไก่ป๋าสัน) ซึ่งอยู่ในความดูแลของคณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่ ตั้งอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จ. เชียงใหม่ (รูปที่ 2)

ก. ตำแหน่งที่ตั้ง

พื้นที่อยู่ห่างจากมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ 30 กม. โดยใช้เส้นทางจากถนนห้วยแก้วและถนนศรีวิชัยผ่านพระตำหนักภูพิงคราชนิเวศน์และยอดดอยปุยแล้วเข้าสู่เขตติดต่อระหว่าง อ. เมือง และ อ. แม่ริม จ. เชียงใหม่ ถึงพื้นที่ทำการศึกษ ซึ่งตั้งอยู่ทิศจุดที่ 18 องศา 49 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 98 องศา 53 ลิปดาตะวันออก

ข. ลักษณะภูมิอากาศ

มีลักษณะภูมิอากาศคล้ายคลึงกับหอดอยสามหมื่น จากข้อมูลของสถานีตรวจอากาศของสถานี พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของพื้นที่มีค่า 1,793.3 มม./ปี และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 18.8 ° ซ. (ค่าเฉลี่ย 5 ปี ระหว่างปี 2529-2533) (ตารางที่ 2)

ค. ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ทดลองอยู่บนที่ มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ภูเขาที่มีความลาดเทสูง สลับกับหุบเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเล ประมาณ 1,200 เมตร มีความลาดชันของของพื้นที่มากกว่า 35 %

ง. พืชพันธุ์ธรรมชาติ

พื้นที่ส่วนใหญ่ เป็นป่าดิบ เขามพันธุ์ไม้ เช่นเดียวกับหอดอยสามหมื่น สำหรับป่าสนธรรมชาติ พบเฉพาะบริเวณเส้นเขา มีส่วนป่าสนสามใบขึ้นอยู่บริเวณใกล้เคียง

จ. ลักษณะทางธรณีวิทยาและวิถุดันกำเนิดดิน

พื้นที่แห่งนี้มีลักษณะ เป็นภูเขาสูงชัน ทิศพบในบริเวณนี้ได้แก่ หินแกรนิต ควอทไซต์ ไมกาซีลิตและหินทราย วิถุดันกำเนิดดิน เป็นหินแกรนิตที่อยู่ในยุค Triassic และ Late Cretaceous (คณะวนศาสตร์ 2531)

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยที่สถานีวิจัยและฝึกอบรม เกษตรที่สูง
ขุนช่างเคี่ยน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2529-2533)

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	อุณหภูมิอากาศ (°ซ)		
		สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
มค.	0	21.9	10.5	15.4
กพ.	2.6	24.0	11.9	17.1
มีค.	16.0	26.0	14.0	19.1
เมย.	90.2	27.7	16.2	21.1
พค.	218.7	25.8	17.6	21.1
มิย.	278.3	24.1	17.7	20.4
กค.	249.2	23.9	17.6	20.3
สค.	339.2	24.0	17.2	20.1
กย.	246.8	23.9	16.8	19.9
ตค.	239.1	23.2	16.1	19.2
พย.	105.9	21.9	13.5	17.1
ธค.	7.3	20.1	9.9	14.2
รวม	1,793.3	-	-	-
เฉลี่ย	-	23.9	14.9	18.8

3.2. แปลงทดลองที่ใช้ในการศึกษา

แปลงทดลองที่ใช้ในการศึกษามีขนาด 10 X 10 ม. ในบริเวณที่ทำการทดลองได้ปลูกกาแฟอะราบิก้าแบบวนเกษตรในพื้นที่สองแห่ง ซึ่งผลกษณะของพื้นที่ดังกล่าวไปแล้ว แต่สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับแปลงที่ใช้ในการศึกษาดังนี้ (ตารางที่ 3)

ก. พื้นที่คอกยสามหมื่น (พื้นที่ A)

แปลงทดลองที่ใช้ของพื้นที่คอกยสามหมื่นจำนวน 4 แปลง แต่ละแปลงได้ถูกสร้างขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2528 โดยปลูกทดแทนบนพื้นที่เป็นไร่เลื่อนลอยเก่า บริเวณใกล้ยอดเขา มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,300 ม. และมีความลาดชันประมาณ 35% มีขนาด 15 X 15 ม. แต่ได้ทำการวางแปลงทดลองใหม่เพื่อใช้เป็นพื้นที่ใช้ในการทดลองขนาด 10 X 10 ม. โดยตัดพื้นที่ขอบแปลงเดิมข้างละ 2.5 ม. แต่ละแปลงมีการปลูกพืชดังนี้

แปลง A-1 เป็นแปลงที่ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิก้า (*Coffea arabica* Linn.) เพียงอย่างเดียวโดยมีระยะปลูก 2 ม. x 2 ม.

แปลง A-2 เป็นแปลงที่ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิก้าร่วมกับกระถินอินเดียเซีย (*Calliandra calothyrsus*) ระยะปลูกระหว่างกาแฟกับต้นไม้เท่ากับ 2 ม. x 2 ม.

แปลง A-3 เป็นแปลงที่ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิก้าร่วมกับสนสามใบ (*Pinus kesiya*) ระยะปลูกระหว่างกาแฟกับต้นไม้เท่ากับ 2 ม. x 2 ม.

แปลง A-4 เป็นแปลงที่ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิก้าร่วมกับแอปเปิลป่าหรือหมักขหนู (*Docynia indica*) ระยะปลูกระหว่างกาแฟกับต้นไม้เท่ากับ 2 ม. x 2 ม.

ข. พื้นที่คอกยขุนช้างเคียน (พื้นที่ B)

แปลงทดลองที่พื้นที่คอกยขุนช้างเคียนมีจำนวน 2 แปลง ตั้งอยู่บริเวณด้านล่างของพื้นที่ลาดเท แต่ละแปลงได้สร้างขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2530 มีการอนุรักษ์ดินโดยทำขั้นบันไดโดยมีความสูงของขั้นบันไดประมาณ 1.0-1.2 ม. และความกว้างของขั้นบันไดประมาณ 2 เมตร มีขนาด

ตารางที่ 3 ลักษณะเบื้องต้นของแปลงที่ใช้ศึกษาที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน

แปลงที่	ปีที่ปลูก	จำนวนต้น/ไร่		ความลาดเท	ทิศทาง	ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (ม.)
		กาแฟ	ต้นไม้	($^{\circ}$)	ความลาดเท ($^{\circ}$)	
<u>พื้นที่คอยสามหมื่น</u>						
A-1	มย. 2528	400	-	20	S 20 W	1,345
A-2	มย. 2528	208	192	20	S 20 W	1,345
A-3	มย. 2528	208	192	25	S 50 W	1,340
A-4	มย. 2528	208	192	25	S 60 W	1,335
<u>พื้นที่คอยขุนช่างเคี่ยน</u>						
B-1	พค. 2530	368	-	25	N 75 W	1,210
B-2	พค. 2530	256	272	20	N 75 W	1,200

แปลงเท่ากับ 15 X 15 ม. แต่ได้ทำการวางแปลงทดลองใหม่เพื่อใช้เป็นพื้นที่ใช้ในการทดลอง ขนาด 10 X 10 ม. โดยตัดพื้นที่ขอบแปลงเดิมข้างละ 2.5 ม. แต่ละแปลงมีการปลูกพืชดังนี้

แปลง B-1 เป็นแปลงที่ปลูกกาแฟพันธุ์ราบิการ์ร่วมกับถั่วมะแฮะ (*Cajanus cajan*) มีระยะปลูกระหว่างกาแฟ 2 เมตร โดยได้ปลูกถั่วมะแฮะเป็นแถวตามขอบด้านนอกของชั้นบนไค

แปลง B-2 เป็นแปลงที่ปลูกกาแฟพันธุ์ราบิการ์ร่วมกับกระถินอินโดนีเซีย (*Calliandra calothyrsus*) มีระยะปลูกระหว่างกาแฟกับต้นไม้ 2 เมตร

3.3. การเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูล

3.3.1. ข้อมูลเกี่ยวกับพืช

3.3.1.1. การเจริญเติบโต ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของกาแฟ โดยการวัดความสูงทั้งหมดของกาแฟและวัดขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นกาแฟระดับพิวดิน (D₀)

ทำการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นไม้ให้ร่ม โดยการวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้และวัดขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของต้นไม้ที่ความสูงระดับอก (ระดับความสูงที่ 1.30 เมตร จากพิวดิน (DBH))

3.3.1.2. ขนาดของเรือนยอด ทำการวัดขนาดของทรงพุ่มหรือเรือนยอด โดยวัดความสูงจากระดับพิวดินถึงกิ่งแรกที่มีชีวิตแล้วนำไปคำนวณหาความหนาของทรงพุ่ม และวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงพุ่ม เฉลี่ยของต้นกาแฟและต้นไม้

3.3.1.3. โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบ นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษา การเจริญเติบโตและขนาดของทรงพุ่ม จำนวนต้นต่อพื้นที่และระยะปลูกของกาแฟและต้นไม้ในแต่ละแปลงมาใช้ในการเขียนแสดงลักษณะโครงสร้างในแนวตั้งและแนวนอนระดับ

3.3.1.4. มวลชีวภาพและธาตุอาหารในพืช ทำการหามวลชีวภาพที่สะสมในส่วนของเนื้อเยื่อของกาแฟและต้นไม้ในส่วนที่อยู่เหนือระดับพิวดิน อันประกอบด้วย ลำต้น กิ่ง ใบ ดอกและผล

โดยเลือกตัดต้นกาแฟและต้นไม้ที่มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดเฉลี่ย ชนิดละ 3 ต้นต่อแปลง แล้วทำการตัดลำต้นของต้นไม้ให้ร่มที่ตัดพวดินแล้วแยกส่วน ตามระดับความสูงแบ่งเป็น 0-0.3 ม. (จากรดับพวดินถึงระดับความสูง 0.3 ม.), 0.3 ม.-1.3 ม., 1.3 ม.-2.3 ม., 2.3 ม.-3.3 ม., 3.3 ม.-4.3 ม. และที่ระดับความสูง 4.3 ม. ขึ้นไป พร้อมทั้งแยกส่วนที่เป็นลำต้นกิ่ง ใบ ดอกและผล แล้วนำไปหาน้ำหนักแห้งและความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ได้แยกไว้เพื่อศึกษาการกระจายของธาตุอาหารตามส่วนต่าง ๆ ส่วนต้นกาแฟนั้นได้ทำการตัดลำต้นที่ระดับพวดินนำส่วนที่อยู่เหนือดินทั้งหมดไปแยกเป็นส่วน โดยไม่แบ่งตามความสูงแต่แบ่งตามส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ ดอกและผล แล้วนำไปหาน้ำหนักแห้งและความเข้มข้นของธาตุอาหาร เพื่อศึกษาการกระจายของธาตุอาหารตามส่วนต่าง ๆ ที่ได้แยกไว้

3.3.2. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ

การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่ทำการศึกษาได้แก่ ปัจจัยเกี่ยวกับอุณหภูมิของอากาศใกล้พวดิน ความชื้นในดิน และคุณสมบัติของดิน สำหรับปัจจัยเกี่ยวกับแสงนั้นไม่ได้ทำการศึกษา แต่อาจจะพิจารณาได้จาก การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของอากาศใกล้พวดินโดยทำการเก็บข้อมูลทุก 1 เดือนในปี 2532

3.3.2.1. อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศใกล้พวดิน ทำการบันทึกอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศบริเวณใกล้พวดินในแต่ละแปลงในรอบ เดือน โดยติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์สำหรับบันทึกอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดไว้ในแต่ละแปลง โดยให้อยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 10 ซม. ใช้ใบหย้าคาปกคลุมไว้เพื่อป้องกันไม่ให้แสงอาทิตย์กระทบโดยตรงและมีการถ่ายเทของอากาศได้สะดวก

3.3.2.2. ความชื้นในดิน ทำการวัดความชื้นในดิน ตามระดับความลึกจากพวดินถึงระดับความลึก 1.00 เมตรของดินในแต่ละแปลงในรอบหนึ่งเดือน ซึ่งหาโดยวิธีชั่งน้ำหนักโดยใช้ core ขนาด 100 ลบ. ซม. ทำการเก็บดินบริเวณพวดิน (0-10 ซม.) โดยเก็บดินแบบรวม (composite sampling) แปลงละ 5 cores ตามแนวทะแยงมุมของแปลง ส่วนความชื้นในระดับความลึก 10-100 ซม. ใช้ core เก็บตัวอย่างตามด้านข้างของดินตั้งวิธีการในข้อ

3.3.2.3. (2.)

3.3.2.3. การศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน ทำการศึกษาถึงลักษณะรูปด้านข้างของดิน เพื่อดูลักษณะการพัฒนตัวของดิน และการศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลที่เกี่ยวกับคุณสมบัติของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

(1.) ทำการสำรวจดินเบื้องต้นในสนาม เพื่อแสดง และอธิบายถึงลักษณะหน้าตัดของดิน (soil profile) โดยการสุมขุดหลุมดิน หน้าตัดกว้างประมาณ 0.7 ม. ลึกประมาณ 1.1 ม. จำนวน 1 หลุมในแต่ละแปลง

(2.) ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการ และศึกษาถึง ขบวนการเปลี่ยนแปลงบางอย่างในดินแต่ละแปลง โดยสุมเก็บตัวอย่างดินตามชั้นระดับความลึก ของดินระดับต่าง ๆ จากระดับผิวดินถึงความลึก 1.00 ม. ซึ่งแบ่งเป็น 7 ชั้น คือ 00-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 ซม. โดยทำการเก็บตัวอย่างดินทุก หนึ่งเดือนเป็นระยะเวลา 1 ปี

3.3.3. การหมุนเวียนธาตุอาหาร

ธาตุอาหารที่ทำการศึกษาได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โบแทสเซียม แคลเซียมและ แมกนีเซียม โดยมีวิธีการศึกษาถึงขบวนการในการหมุนเวียนธาตุอาหารดังต่อไปนี้

3.3.3.1. ธาตุอาหารที่เข้าสู่ระบบ การเข้าสู่ระบบของธาตุอาหารมีหลายขบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การเข้ามาที่น้ำฝน การตรึงจากอากาศ การพุ้งของหินแร่ และการใส่ปุ๋ย แต่ในการ ศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะปริมาณธาตุอาหารที่เข้ามาในระบบโดยน้ำฝน โดยการวิเคราะห์ ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำฝนที่สุมเก็บจากฝนที่ตกลงมาในแต่ละเดือนของแต่ละพื้นที่ โดยใช้รางสังกะสีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 20 X 100 ซม. แล้วมีท่อถ่ายเทไปยังถังพลาสติก ขนาดความจุ 40 ล. แล้ววัดหาปริมาณน้ำฝนทุก 15-30 วัน ในช่วงที่มีฝนตก

3.3.3.2. การหมุนเวียนและการสะสมของธาตุอาหารภายในระบบ

(1.) ศึกษาถึงค่าความเป็นกรดด่างและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำที่ ชะผ่านเรือนยอดของต้นไม้ให้ร่ม โดยใช้รางสังกะสีรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 20 X 100 ซม. วาง

ไว้ปริมาณน้ำดื่มของต้นไม้แล้วมีท่อถ่ายเทไปยังถังพลาสติกขนาดความจุ 40 ล. จำนวน 3 ชุด ต่อแปลง แล้วเก็บตัวอย่างน้ำทุก 15-30 วันในช่วงที่มีฝนตก

(2). ศึกษาถึงค่าความเป็นกรดค่าและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำที่ไหลชะตามลำต้นของต้นไม้ให้รั่ม โดยใช้รางสังกะสีเกาะรอบลำต้นที่ระดับความสูง 1 ม. จากพื้นดิน เพื่อรองรับน้ำที่ไหลตามลำต้นแล้วมีท่อถ่ายเทไปยังถังพลาสติกขนาดความจุ 40 ล. จำนวน 3 ชุดต่อแปลง แล้วเก็บตัวอย่างน้ำทุก 15-30 วันในช่วงที่มีฝนตก

(3). ศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของธาตุอาหารที่หมุนเวียนกลับจากพืชลงสู่ดิน จากการร่วงหล่นของซากพืชที่อยู่เหนือดินสู่ดิน (litterfall) โดยใช้ litter traps รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 70 X 70 ซม. รองรับใบตื้นกาแฟจำนวน 6 อันต่อแปลง และรูปร่างกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 55 ซม. รองรับใบตื้นไม้ให้รั่มจำนวน 6 อันต่อแปลง ในแต่ละแปลงทำการเก็บตัวอย่างทุกช่วงเวลาหนึ่งเดือนต่อครั้ง เป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อนำไปหาน้ำหนักแห้งและวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหาร

(4). ศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นกาแฟ และต้นไม้ โดยทำการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับ ข้อ 3.3.1.4

(5). ศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในดิน ตั้งแต่ชั้นผิวดินจนถึงระดับความลึก 1.0 ม. โดยทำการเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 3.3.2.3. (2.)

(6). ศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในพีชชั้นล่าง โดยสุ่มเก็บตัวอย่างของพีชชั้นล่าง จากพื้นที่ขนาด 50 X 50 ซม. จำนวน 3 จุด ต่อแปลง ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างในช่วงปลายฤดูฝน เนื่องจากเป็นช่วงที่พีชเจริญเติบโตเต็มที่

(7). การหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน ได้แบ่งการศึกษาเป็นสองส่วนคือ
ก. ศึกษากระบวนการ Mineralization ของไนโตรเจนทั้งในสนามและห้องปฏิบัติการ ในสนามนั้นทำการศึกษาเปรียบเทียบกับ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของกระบวนการ โดยมุ่งที่จะศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นในดินในรอบปี ซึ่งอาจจะแตกต่างกันในแต่ละแปลงทดลอง โดยทำการแบ่งตัวอย่างดินที่เก็บในแต่ละเดือนทั้ง 7 ช่วงระดับความลึก (เหมือนในข้อ 3.3.2.3. (2.)) นำส่วนหนึ่งของตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาปริมาณ

อินทรีย์ไนโตรเจนในดินขณะนั้น และนำตัวอย่างดินอีกส่วนหนึ่งใส่ถุงพลาสติก ปิดถุงให้สนิทโดยให้หม้ออากาศขังอยู่ในถุงบางส่วน (ถุงนี้สามารถถ่ายเทอากาศกับภายนอกได้แต่ไม่สามารถถ่ายเทน้ำได้) นำถุงดินไปฝังไว้ในชั้นดินเดิมเป็นเวลา 1 เดือน แล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนในห้องปฏิบัติการ โดยปฏิบัติเช่นนี้ทุกเดือนเป็นเวลา 1 ปี การศึกษาไม่ได้มุ่งศึกษาขบวนการที่เป็นธรรมชาติจริง ๆ แต่ด้วยการใช้วิธีการเดียวกันในการศึกษา การเปรียบเทียบจึงสามารถกระทำได้

สำหรับการศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้มุ่งที่จะศึกษาถึงศักยภาพของดินในแต่ละแปลง ที่มีต่อขบวนการ Mineralization ของไนโตรเจนโดยนำดินชั้นบน (ช่วงระดับความลึก 0-10 ซม.) ของแต่ละแปลงมาทำการหมัก (incubation) เป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งมีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นด้วยวิธีการดังนี้คือ นำตัวอย่างดินที่ฝังไว้ในอากาศที่ผ่านการผสมคลุกเคล้ากันดีแล้วมาปรับระดับความชื้นใน 5 ระดับ คือ 5, 10, 20, 30 และ 45 % (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) ใส่ขวดพลาสติกแล้วปิดขวดด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันการระเหยของน้ำ แต่ยอมให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ แล้วนำไปใส่ตู้ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิในระดับต่างๆ เป็นระยะเวลา 30 วันโดยมีการควบคุมอุณหภูมิ 5 ระดับดังนี้คือ 8, 15, 25, 30 และ 40 °C.

ข. ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สามารถสกัดได้ในดิน โดยเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองตามวิธีการเก็บตัวอย่างดินที่ได้กล่าวไปแล้วในข้อ

3.2.2.3. (2.) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารในรูปที่สามารถสกัดได้ (Extractable P, K, Ca and Mg) โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน 8 ครั้ง ในช่วงหนึ่งปีมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.3.3.3. ธาตุอาหารที่ออกจากระบบ กระบวนการที่ทำให้ธาตุอาหารออกจากระบบนี้หลายกระบวนการ แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณธาตุอาหารที่ออกไปจากระบบ โดยออกไปกับการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเมล็ดกาแฟ โดยการนำปริมาณผลผลิตเมล็ดกาแฟในรูปน้ำหนักแห้งต่อต้นต่อปีของแต่ละแปลง และวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารในเมล็ดกาแฟ เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่ออกไปกับผลผลิต

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษากระบวนการชะล้างธาตุอาหารในดินโดยใช้ Lysimeter ที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 0.3 ตร.ม. พังลงในดินลึก 1 ม. แต่สำหรับกระบวนการชะล้างพังทลายของผิวน้ำดินนั้นไม่ได้ทำการศึกษา

3.4. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการประกอบด้วยการวิเคราะห์ธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืช ในดิน ในน้ำฝน น้ำที่ชะล้างดิน และคุณสมบัติของดิน

3.4.1. การวิเคราะห์พืช

3.4.1.1. การหามวลชีวภาพในรูปน้ำหนักแห้ง โดยการนำเอาตัวอย่างพืชมาอบที่ 85 °C. ซึ่งจนได้น้ำหนักคงที่ (อบเป็นเวลา 48-72 ชม.)

3.4.1.2. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างพืช โดยการสุ่มเอาตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาบด และวิเคราะห์ด้วยวิธีการดังนี้

(1). นำตัวอย่างที่บดแล้วทำการย่อยโดยวิธี Wet ashing โดยใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้นแล้วใช้วิธี Micro Kjeldhal method วิเคราะห์หาความเข้มข้นของไนโตรเจน

(2). นำตัวอย่างที่บดแล้วทำการย่อยด้วยวิธี Wet ashing โดยใช้กรดผสมระหว่างกรดไนตริกเข้มข้นและกรดซัลฟูริกเข้มข้น ในอัตราส่วน 6 ต่อ 1 แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีการดังนี้

ก. ฟอสฟอรัสใช้วิธี Ammonium vanadate และ Colorimetric method

ข. โพแทสเซียมอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer

ค. แคลเซียมและแมกนีเซียม ใช้วิธีอ่านด้วยเครื่อง Atomic absorption

3.4.2. การวิเคราะห์ดิน

3.4.2.1. สมบัติทางกายภาพ (Physical properties)

(1). เนื้อดิน (Soil texture) ใช้วิธี Hydrometer method

(2). ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ใช้วิธี Core method

(3). ความหนาแน่นของอนุภาค (Particle density) ใช้วิธี Pycnometer

- (4). ความชื้นในดิน (Soil moisture content) ใช้วิธีชั่งน้ำหนักโดยอบที่ 105°C . เป็นเวลา 48 ชม.

3.4.2.2. สมบัติทางเคมี (Chemical properties)

- (1). ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity) โดยวิธีใช้สารละลาย ammonium acetate 1 N, pH 7 เป็นตัวสกัด
- (2). ปฏิกริยาของดิน (pH) ใช้ pH meter วัดโดยใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 2 : 5
- (3). ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) ในดินโดยวิธี Micro Kjeldahl method
- (4). ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน โดยวิธีใช้สารละลาย Potassium chloride 2 N เป็นตัวสกัด และวิธี Micro Kjeldahl method
- (5). ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินใช้วิธี Wet oxidation ของ Walkley and Black
- (6). ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extractable P) โดยวิธี Bray II และ Colorimetric method
- (7). ปริมาณโปแตสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) โดยวิธีสกัดด้วยสารละลาย Ammonium acetate 1 N, pH 7.0 และอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer
- (8). ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Ca and Mg) โดยวิธีใช้สารสกัดสารละลาย ammonium acetate 1 N, pH 7.0 และอ่านด้วยเครื่อง Atomic absorption

3.4.3. การวิเคราะห์น้ำ

- (1). ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนใช้วิธี Micro Kjeldahl method
- (2). ฟอสฟอรัสใช้วิธี Colorimetric method
- (3). โปแตสเซียมอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer
- (4). แคลเซียมและแมกนีเซียม ใช้วิธีอ่านด้วยเครื่อง Atomic absorption