

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบัญตารางประกอบ	ฉ
สารบัญรูปประกอบ	ค
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3. สมมติฐานของการวิจัย	2
1.4. ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	7
2.1. การใช้ประโยชน์เทคนิคแบบบานเกล็ด	7
2.2. ระบบบานเกล็ดระบบสูง	10
2.3. การวิเคราะห์เชิงนิเวศวิทยาของระบบบานเกล็ด	11
2.4. การหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศบานเกล็ด	12
2.5. ลักษณะบางประการของต้นกาแฟและต้นไม้ให้ร่ม	17
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการศึกษา	19
3.1. พื้นที่ใช้การศึกษา	19
3.2. แปลงทดลองที่ใช้ในการศึกษา	25
3.3. การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล	27

	หน้า
3.4. การวิเคราะห์น้ำในห้องปฏิบัติการ	32
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	34
4.1. โครงสร้างของสังกะสีในระบบ	34
4.2. การเจริญเติบโตของต้นกาแฟและไม้ไผ่	47
4.3. การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ	55
4.3.1. อุณหภูมิของอากาศใกล้ผิวดิน	55
4.3.2. ความชื้นในดิน	60
4.3.3. คุณสมบัติและลักษณะของดิน	62
4.4. การหมุนเวียนธาตุอาหาร	72
4.4.1. การเข้าสู่ระบบของธาตุอาหาร	72
4.4.1.1. ธาตุอาหารที่ละลายมากับน้ำฝน	73
4.4.2. การหมุนเวียนของธาตุอาหารภายในระบบ	80
4.4.2.1. ธาตุอาหารในน้ำฝนที่ชะผ่านเรือนยอด	80
4.4.2.2. ธาตุอาหารในน้ำที่ชะผ่านตามลำต้น	83
4.4.2.3. การหมุนเวียนกลับของธาตุอาหารจากซากพืชที่ร่วงหล่นลงสู่ดิน	85
4.4.2.4. การสะสมของธาตุอาหารในมวลชีวภาพของส่วนที่อยู่เหนือดิน ของไม้ไผ่และต้นกาแฟ	94
4.4.2.5. การสะสมของธาตุอาหารในพืชที่ปกคลุมผิวดิน	114
4.4.2.6. การสะสมของธาตุอาหารทั้งหมด	116
4.4.2.7. ขบวนการ Mineralization ของไนโตรเจนในดิน	120
4.4.3. การออกจากระบบของธาตุอาหาร	131
4.4.3.1. ธาตุอาหารที่ออกไปกับผลผลิต	131
4.4.3.2. ธาตุอาหารจากการชะล้างในดิน	133

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved

	หน้า
บทที่ 5 บทสรุป	137
เอกสารอ้างอิง	141
ภาคผนวก	148
ประวัติผู้เขียน	210

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศหน่วยพัฒนา ต้นน้ำที่ 9 (ห้วยน้ำรู) อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่ (2518-2528)	22
2	ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิของอากาศเฉลี่ยที่สถานีวิจัยและฝึกอบรม เกษตรที่สูง ขุนช่างเคี่ยน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2529-2533)	24
3	ลักษณะ เบื้องต้นของแปลงที่ใช้ศึกษาที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน ...	26
4	การเจริญเติบโตของต้นกาแฟเมื่ออายุ 4 ปี และ 6 ปี ของแปลงทดลองที่ คอยสามหมื่น	48
5	การเจริญเติบโตของต้นกาแฟเมื่ออายุ 3 ปี และ 5 ปี ของแปลงทดลองที่ คอยขุนช่างเคี่ยน	50
6	การเจริญเติบโตของต้นไม้ให้ร่มเมื่ออายุ 4 ปี และ 6 ปี ของแปลงทดลอง ที่คอยสามหมื่น	51
7	การเจริญเติบโตของต้นไม้ให้ร่มเมื่ออายุ 2 ปี และ 4 ปี ของแปลงทดลอง ที่คอยขุนช่างเคี่ยน	52
8	อัตราการเพิ่มพูนของกาแฟและต้นไม้ให้ร่มที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน ในช่วง 2 ปี (2532-2534)	53
9	คุณสมบัติทางกายภาพของดินบางประการตามระดับความลึกของดินในแปลง ปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน	65
10	คุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการตามระดับความลึกของดินในแปลงปลูก กาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน	67

ตารางที่ ๒	หน้า
11 ปริมาณน้ำฝนเป็นรายเดือนในปี พ.ศ. 2532 ที่ตกลงมาในเขตคอยสามหมื่น และพื้นที่คอยขุนช่างเคี่ยน	74
12 ค่าความเป็นกรดต่างและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำฝนที่เก็บในในเดือนต่าง ๆ ในปี 2532 ที่คอยสามหมื่น	75
13 ค่าความเป็นกรดต่างและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในตัวอย่างน้ำฝนที่เก็บในในเดือนต่าง ๆ ในปี 2532 ที่คอยขุนช่างเคี่ยน	76
14 ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำฝนบริเวณคอยสามหมื่น ในปี 2532	78
15 ปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำฝนที่ตกลงมาบริเวณคอยขุนช่างเคี่ยน ในปี 2532	79
16 ค่าความเป็นกรดต่างและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำที่ชะผ่านเรือนยอดของต้นไม้ให้ร่มทั้ง 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปีที่คอยสามหมื่นในปี 2532	81
17 ค่าความเป็นกรดต่างและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำที่ชะผ่านตามลำต้นของต้นไม้ให้ร่มทั้ง 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปีที่คอยสามหมื่นในปี 2532	84
18 ปริมาณซากที่ร่วงหล่นของส่วนที่อยู่เหนือดินต่อเดือนของกาแฟและต้นไม้ให้ร่ม ในปี 2532 ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน ...	86
19 ปริมาณของธาตุอาหารต่าง ๆ ในซากที่ร่วงหล่นของส่วนที่อยู่เหนือดินของกาแฟและต้นไม้ให้ร่มในปี 2532 ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน	87
20 ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารต่าง ๆ ในซากที่ร่วงหล่นของส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นไม้ให้ร่มทั้ง 3 ชนิดและต้นกาแฟในปี 2532	88
21 ปริมาณเฉลี่ยของมวลชีวภาพและธาตุอาหารต่าง ๆ ในซากที่ร่วงหล่นของส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นกาแฟในแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยนในปี 2532	89

ตารางที่	หน้า
22 การกระจายของมวลชีวภาพในส่วนที่อยู่เหนือดินในต้นไม้ให้ร่มสามชนิดที่มีอายุ 4 ปี และ 6 ปี ที่คอยขุนข้าง เคียนและคอยสามหมื่น	96
23 การกระจายของธาตุไนโตรเจนในเนื้อเยื่อของส่วนที่อยู่เหนือดินในต้นไม้ให้ร่ม 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปี และ 6 ปี ที่คอยขุนข้าง เคียนและคอยสามหมื่น	99
24 การกระจายของธาตุฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อของส่วนที่อยู่เหนือดินในต้นไม้ให้ร่ม 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปี และ 6 ปี ที่คอยขุนข้าง เคียนและคอยสามหมื่น	101
25 การกระจายของธาตุโปแตสเซียมในเนื้อเยื่อของส่วนที่อยู่เหนือดินในต้นไม้ให้ร่ม 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปี และ 6 ปี ที่คอยขุนข้าง เคียนและคอยสามหมื่น ..	104
26 การกระจายของธาตุแคลเซียมในเนื้อเยื่อของส่วนที่อยู่เหนือดินในต้นไม้ให้ร่ม 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปี และ 6 ปี ที่คอยขุนข้าง เคียนและคอยสามหมื่น	106
27 การกระจายของธาตุแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อของส่วนที่อยู่เหนือดินในต้นไม้ให้ร่ม 3 ชนิดที่มีอายุ 4 ปี และ 6 ปี ที่คอยขุนข้าง เคียนและคอยสามหมื่น ..	108
28 มวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ต่อพื้นที่สะสมในส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นกาแฟที่อายุ 6 ปี และ 5 ปี ที่คอยสามหมื่นและคอยขุนข้าง เคียน .	111
29 ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารในส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นกาแฟ	111
30 ปริมาณมวลชีวภาพและธาตุอาหารต่อพื้นที่สะสมในส่วนที่อยู่เหนือดินของต้นกาแฟที่มีอายุ 5 ปีที่คอยขุนข้าง เคียนและอายุ 6 ปีที่คอยสามหมื่น	112
31 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพืชที่ปกคลุมดินในช่วงปีที่ 5-6 ภายหลังจากการปลูกของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนข้าง เคียน	115
32 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนที่อยู่เหนือดินของพืชทั้งหมดในแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่น และคอยขุนข้าง เคียน	117
33 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในดินลึก 1.00 เมตร ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนข้าง เคียน	117

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright © by Chiang Mai University
 All rights reserved

34	ผลรวมต่อปีของปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนที่มีอยู่ในดินก่อนการหมัก และผลรวมต่อปีของปริมาณอินทรีย์ไนโตรเจนภายหลังกการหมักดิน ทุก 1 เดือน (12 ครั้ง/ปี) ในสภาพสนามของดินในระดับความลึกต่าง ๆ ในแปลงปลูกกาแฟในปี 2532	122
35	ปริมาณมวลชีวภาพและธาตุอาหารที่ออกไปกับผลผลิตของแปลงปลูกกาแฟที่ดอยสามหมื่นและดอยขุนช่างเคี่ยนในปี 2532	132
36	ค่าความเป็นกรดต่างและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในน้ำที่ชะล้างผ่านดินลึก 1 เมตรของแปลงทดลองปลูกกาแฟ	134

สารบัญประกอบ

รูปที่		หน้า
1	ไคอะแกรมแสดงโครงสร้างของระบบวนเกษตรที่มีกาแฟ เป็นพืชหลัก	6
2	แผนที่โดยสังเขปของตำแหน่งที่ตั้งของพื้นที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองแห่ง	20
3	ลักษณะของโครงสร้างทางแนวดิ่ง (vertical structure) ของ สังคมพืชที่มีอายุ 4 ปีที่ดอยสามหมื่น	36
4	ลักษณะของโครงสร้างทางแนวดิ่ง (vertical structure) ของ สังคมพืชที่มีอายุ 2 ปีที่ดอยขุนช้างเคียน	38
5	ลักษณะโครงสร้างทางแนวราบ (horizontal structure) ของ สังคมพืชที่มีอายุ 4 ปีในแปลงปลูกกาแฟล้วน (A-1) ที่พื้นที่ดอยสามหมื่น ...	40
6	ลักษณะโครงสร้างทางแนวราบ (horizontal structure) ของสังคม พืชที่มีอายุ 4 ปีในแปลงปลูกกาแฟร่วมกับกระถินอินโดนีเซีย (A-2) ที่พื้นที่ ดอยสามหมื่น	41
7	ลักษณะโครงสร้างทางแนวราบ (horizontal structure) ของสังคม พืชที่มีอายุ 4 ปี ในแปลงปลูกกาแฟร่วมกับต้นสนสามใบ (A-3) ที่พื้นที่ ดอยสามหมื่น	42
8	ลักษณะโครงสร้างทางแนวราบ (horizontal structure) ของสังคม พืชที่มีอายุ 4 ปี ในแปลงปลูกกาแฟร่วมกับต้นแอปเปิลป่า (A-4) ที่พื้นที่ ดอยสามหมื่น	43
9	ลักษณะโครงสร้างทางแนวราบ (horizontal structure) ของสังคม พืชที่มีอายุ 2 ปี ในแปลงปลูกกาแฟร่วมกับถั่วมะแฮะ (B-1) ที่พื้นที่ดอยขุน ช้างเคียน	45

รูปที่		หน้า
10	ลักษณะโครงสร้างทางแนวนอน (horizontal structure) ของลำคอมพืชที่มีอายุ 2 ปีในแปลงปลูกกาแฟร่วมกับกระถินอินโดนีเซีย (B-2) ที่พื้นที่คอยขุนช่างเคี่ยน	46
11	ความผันแปรของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศใกล้ผิวดินในแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่น เป็นรายเดือนในรอบปี พ.ศ. 2532	56
12	ความผันแปรของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของอากาศใกล้ผิวดินในแปลงปลูกกาแฟที่คอยขุนช่างเคี่ยน เป็นรายเดือนใน พ.ศ. 2532	59
13	ความผันแปรของความชื้นในดินที่ระดับความลึก 0-100 ม. ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน เป็นรายเดือนใน พ.ศ. 2532	61
14	ลักษณะของหน้าตัดดินของดินในแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นและคอยขุนช่างเคี่ยน	63
15	การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของความเข้มข้นของอินทรีย์ไนโตรเจนภายหลังการหมักดินเป็นเวลา 1 เดือนที่ระดับความลึก 0-10 ซม. ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่นในสนาม	124
16	การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลของความเข้มข้นของอินทรีย์ไนโตรเจนภายหลังการหมักดินเป็นเวลา 1 เดือนที่ระดับความลึก 0-10 ซม. ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยขุนช่างเคี่ยนในสนาม	125
17	ความเข้มข้นสัทธิของอินทรีย์ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจากการหมัก (incubate) ดินที่ระดับความลึก 0-10 ซม. ของแปลงปลูกกาแฟที่คอยสามหมื่น และคอยขุนช่างเคี่ยนในสภาพที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 30 วัน	127