บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

4.1 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา

จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่แสดงไว้ในภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าในช่วงปีที่มีการศึกษามีการกระจายตัวของฝนค่อนข้างดีตั้งแต่มีนาคมถึงพฤศจิกายนโดยมีฝนตกมากกว่า 200 มม. ต่อเดือน ในเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมทุกเดือน การกระจายตัวของฝนดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนตัวของปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินได้บ้าง นอกจากนี้ ยังอาจทำให้จุลธาตุที่ฉีดพ่นทางใบถูกชะล้างไป อย่างไรก็ตามในการทดลองครั้งนี้ได้พยายามเลือกช่วงเวลาที่จะฉีดพ่นจุลธาตุทางใบในจังหวะฝนทิ้งช่วง ส่วนค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และค่าอุณหภูมิ จะเห็นได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศสูงกว่า 60 % ตลอดทั้งปี ในช่วงฤดูฝนจะสูงเกือบถึง 90 % อุณหภูมิส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25°ซ ตั้งแต่มีนาคมถึงตุลาคม ช่วงอุณหภูมิดังกล่าวถือว่าเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟอราบีก้า Willson (1985) พบว่ากาแฟอราบีก้าจะเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 15 – 24 °ซ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่านี้จะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง

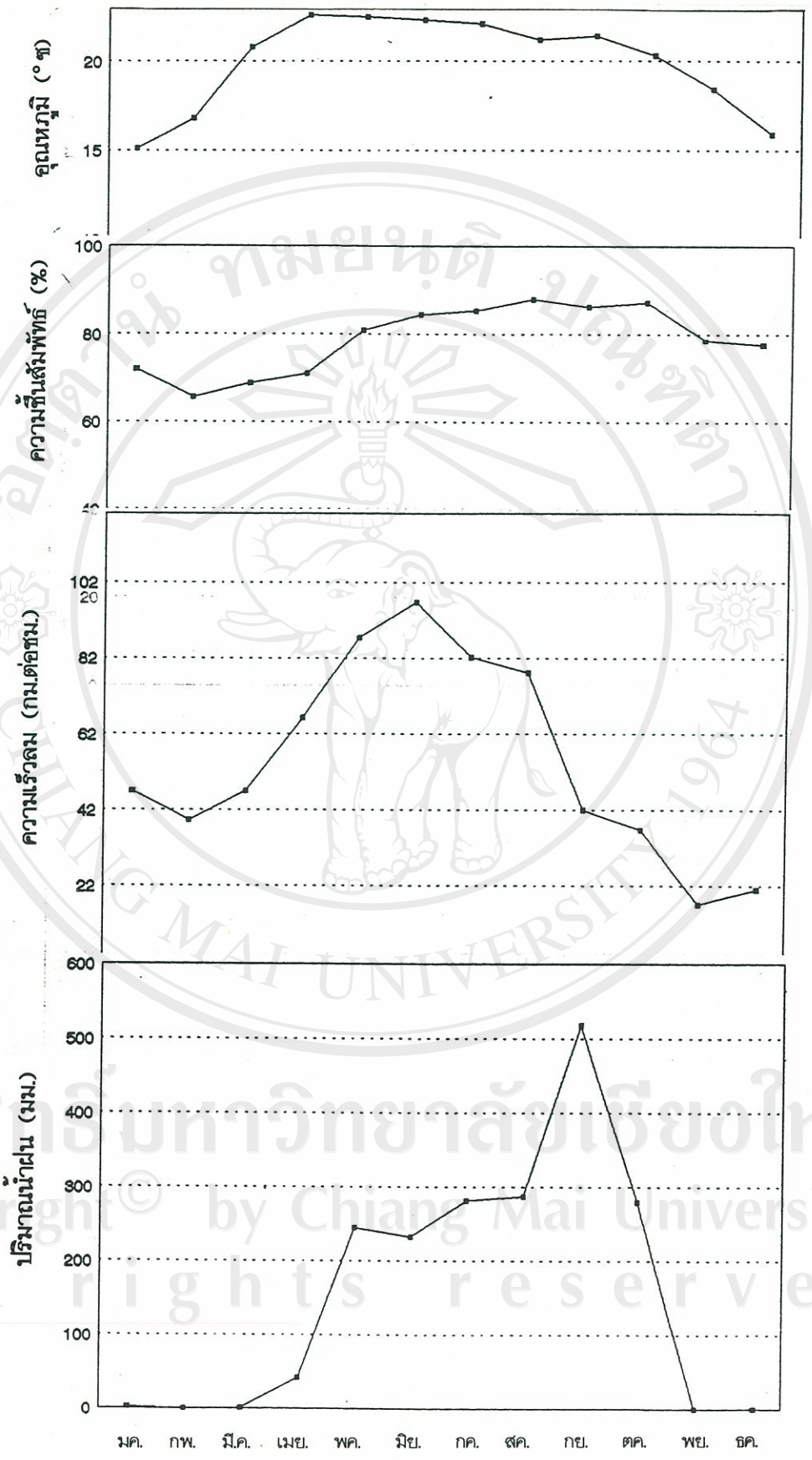
4.2 การเจริญเติบโตของกาแฟ

4.2.1 ความสูง

การศึกษาเกี่ยวกับความสูงของกาแฟ เริ่มดำเนินการตั้งแต่ 1 วันก่อนที่จะมีการใส่ปุ๋ย และเมื่อ 60 วัน (สิงหาคม), 150 วัน (พฤศจิกายน) และ 200 วัน (มกราคม) ตามลำดับ โดยวัดที่ 10 ซม. เหนือระดับผิวดิน ความสูงที่ตรวจวัดได้ในแต่ละช่วงจะนำไปเป็นตัวตั้งและลบด้วยค่าความสูงที่วัดเมื่อก่อนหน้านี้ได้เป็นความสูงที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3

นอกจากนี้ได้มีการศึกษาถึง ความสูงที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อเริ่มการทดลองโดยเปรียบเทียบความสูง ระหว่างเมื่อ 200 วัน (เก็บเกี่ยว) กับความสูงก่อนการใส่ปุ๋ย ค่าความสูงที่เก็บได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งจะเห็นได้ว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับดินจะมีผลต่อการเพิ่มความสูงของต้นกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ฟอสฟอรัสและการฉีดพ่นจุลธาตุให้ทางใบไม่ทำให้ความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ได้มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5 แสดงอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมและปริมาณน้ำฝนของสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมการเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน ปี 2536

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใส่ปุ๋ย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่ออัตราการเพิ่มความสูง จะเห็นได้ว่าเมื่อให้ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ดินในอัตรา 16 และ 32 กก.N ต่อไร่ จะทำให้ต้นกาแฟสูงขึ้นใกล้เคียงกัน และสูงกว่าที่ไม่ได้ให้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4) ผลการทดลองนี้ยืนยันงานวิจัยของ Cervellini และคณะ (1989) พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับต้นกาแฟในอัตรา 60, 120, 180 และ 240 กรัมต่อต้นจะทำให้ต้นกาแฟมีความสูงเพิ่มขึ้นในอัตรา 5 - 10 %

Klemm (1966) กล่าวว่า ไนโตรเจนจะมีส่วนอย่างสำคัญในการทำให้เกิดการยืดตัวของยอด (Shoot Elongation) ในขณะที่จะทำให้การเจริญเติบโตของรากลดลง เป็นที่น่าสังเกตว่า ถึงแม้ว่าฟอสฟอรัสจะไม่มีผลโดยตรงต่ออัตราการเพิ่มความสูงของต้นกาแฟ แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับการให้ปุ๋ยไนโตรเจน (N-P interaction) พบว่า การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับดินจะทำให้ผลทางบวกของไนโตรเจนลดลง คือ จะทำให้อัตราการเพิ่มความสูงของต้นทั้งที่ระดับ 16, 32 กก.N ต่อไร่ ลดลงกว่าที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ภาพที่ 6)

ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นพืชเป็นสิ่งที่ทราบกันดี สัดส่วนระหว่าง N/P ที่มีค่าไนโตรเจนสูงจะทำให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าในกรณีที่มีค่าฟอสฟอรัสสูง Radhakrishnan et al. (1986) ได้ศึกษาอัตราการใช้ปุ๋ย N:P:K ที่เหมาะสมกับกาแฟเพื่อให้กาแฟมีผลผลิตสูง จะมีอัตราส่วน 154:116:154 กก.ต่อเฮกตาร์

4.2.2 จำนวนข้อใบ

ในตารางที่ 5 เป็นอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสต่อจำนวนข้อบนกิ่งกลางลำต้นที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังจากใส่ปุ๋ย พบว่าเมื่อเริ่มทดลอง (ก่อนการใส่ปุ๋ย) จำนวนข้อบนกิ่งกลางทรงพุ่ม จะมีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 18.5 - 22.9 และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จำนวนข้อดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ในการตรวจวัดเมื่อ 60, 150 และ 200 วันตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (หลังเก็บเกี่ยว) ได้มีการนับจำนวนข้อและเปรียบเทียบกับจำนวนข้อเมื่อเริ่มการทดลอง พบว่าเฉพาะไนโตรเจนที่มีผลทำให้จำนวนข้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ฟอสฟอรัสและจุลธาตุไม่มีผลอย่างเด่นชัด (ตารางที่ 6)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 3 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุต่อความสูงของกาแฟที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

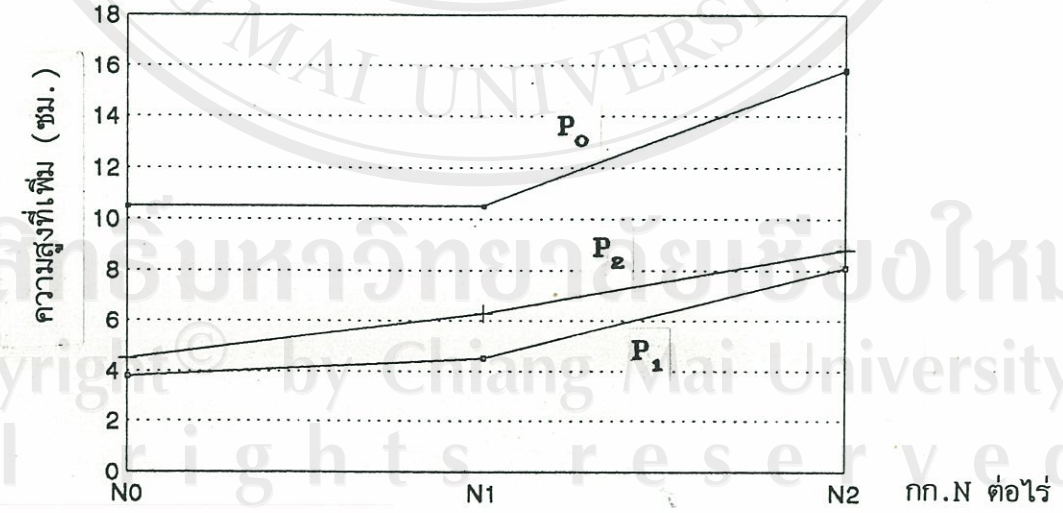
กรรมวิธีที่	ความสูงที่เพิ่ม (เซนติเมตร)				ความสูงที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร)
	ก่อนการใส่ปุ๋ย (มิถุนายน)	หลังการใส่ปุ๋ย			
		60 วัน* (สิงหาคม)	150 วัน* (พฤศจิกายน)	200 วัน* (มกราคม)	
$TE_0P_0N_0$	109.8	4.66	2.66	3.16	10.5
$TE_0P_0N_1$	129.0	2.83	3.66	4.00	10.5
$TE_0P_0N_2$	130.3	4.83	4.83	6.16	15.9
$TE_0P_1N_0$	124.0	1.83	1.08	0.09	3.8
$TE_0P_1N_1$	126.0	2.00	1.41	1.08	4.5
$TE_0P_1N_2$	116.7	5.33	3.16	2.00	8.1
$TE_0P_2N_0$	109.3	2.33	0.09	1.25	4.5
$TE_0P_2N_1$	110.7	6.50	3.75	4.08	14.3
$TE_0P_2N_2$	114.3	4.83	1.58	2.41	8.9
$TE_1P_0N_0$	106.3	3.00	2.83	4.16	9.7
$TE_1P_0N_1$	113.8	5.33	1.58	1.91	8.9
$TE_1P_0N_2$	121.8	4.00	3.50	3.00	10.5
$TE_1P_1N_0$	108.0	1.83	1.00	3.00	5.8
$TE_1P_1N_1$	115.7	7.33	4.50	2.83	14.8
$TE_1P_1N_2$	117.3	8.00	3.75	2.75	14.5
$TE_1P_2N_0$	108.0	3.50	2.50	2.00	8.0
$TE_1P_2N_1$	119.7	4.16	3.00	4.16	11.3
$TE_1P_2N_2$	118.2	5.00	3.83	2.00	10.8
LSD 0.05					
TE	NS	NS	NS	NS	NS
N	5.27	1.20	1.24	NS	3.25
P	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกาแฟภายหลังการเก็บเกี่ยว

	ความสูงที่เพิ่ม (ซม.)	
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)		
0	9.00	
2.4	10.39	
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)		
0	6.94	b
16	10.69	a
32	11.44	a
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)		
0	10.86	
8	8.58	
16	9.63	



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความสูงของต้นกาแฟภายหลังการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงระดับปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้กับต้นกาแฟ พบว่าในอัตรา 16, 32 กก.N ต่อไร่ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทั้ง 2 กรณีจะทำให้ต้นกาแฟมีจำนวนข้อเพิ่มขึ้นจากไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (ตารางที่ 6) ซึ่งตรงกับรายงานของ Cannell (1985) พบว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่ต้นกาแฟจะทำให้จำนวนข้อเพิ่มเมื่อพิจารณาถึงอุปนิสัยในการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตซึ่งจำนวนข้อที่มีการเจริญเติบโตในปีนี้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการให้ผลผลิตของต้นกาแฟในปีต่อไป จึงเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มไนโตรเจนให้กับดินจะมีประโยชน์ต่อต้นกาแฟใน 2 ลักษณะ คือ

1. จะช่วยให้ต้นพืชมีการเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ตามปกติ หรือดีขึ้นในปีที่มีการให้ปุ๋ย
2. จะเป็นประโยชน์แฝง หรือประโยชน์ต่อเนื่องที่เกิดจากการที่ปุ๋ยไนโตรเจนไปมีผลทำให้จำนวนข้อบนกิ่งเพิ่มอันจะทำให้ผลผลิตในปีถัดไปเพิ่มขึ้นได้ด้วย

เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบร่วมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อการเพิ่มจำนวนข้อบนกิ่งกลางทรงพุ่ม พบว่า ผลของไนโตรเจนที่ทำให้จำนวนข้อเพิ่มขึ้นจะเกิดได้ดีขึ้นเมื่อต้นพืชได้รับธาตุฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอ การเพิ่มไนโตรเจนในอัตราสูงถึง 32 กก.N ต่อไร่ ในขณะที่ไม่ได้เพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสเลย (P_0) จะทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนข้อบนกิ่งลดลง ดังแสดงในภาพที่ 7 ผลการทดลองนี้สามารถใช้ยืนยันสัดส่วนระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ใส่ให้กับดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ดังที่พบว่า มีผลต่ออัตราการเพิ่มความสูง

4.2.3 <u>ขนาดของลำต้น</u>

ข้อมูลในหัวข้อนี้ ได้จากการวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ ที่ระดับความสูง 10 ซม. เหนือผิวดิน พบว่าต้นกาแฟในทุกกรรมวิธีมีการเพิ่มของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นในอัตราที่ต่ำมาก (ตารางที่ 7)

นอกจากนี้ยังพบว่าปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและจุลธาตุไม่มีผลต่ออัตราการเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต้นกาแฟที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีอายุ 3 1/2 ปี ซึ่งจัดว่าเป็นต้นกาแฟที่มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นใกล้จะถึงจุดเต็มที่แล้ว การเจริญเติบโตของต้นกาแฟหลังจากนี้จะเป็นด้านความสูง และ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุต่อจำนวนข้อของกิ่งกลางลำต้นกาแฟที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

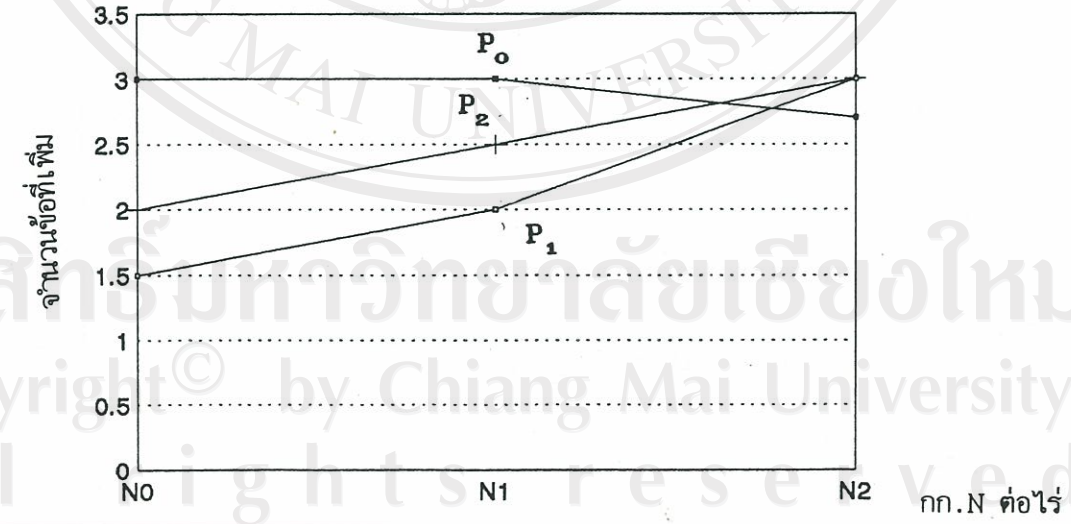
กรรมวิธีที่	จำนวนข้อของกิ่งกลางลำต้น				จำนวนคู่ใบที่เพิ่มขึ้นเมื่อสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว
	ก่อนการใส่ปุ๋ย (มิถุนายน)	หลังการใส่ปุ๋ย			
		60 วัน* (สิงหาคม)	150 วัน (พฤศจิกายน)	200 วัน (มกราคม)	
$TE_0P_0N_0$	19.7	0.9	1.2	0.5	2.6
$TE_0P_0N_1$	22.8	1.0	2.0	0.3	3.3
$TE_0P_0N_2$	22.9	1.0	1.4	0.5	2.9
$TE_0P_1N_0$	21.9	0.6	0.9	0.0	1.5
$TE_0P_1N_1$	21.8	0.8	0.5	0.7	2.0
$TE_0P_1N_2$	22.2	1.0	1.3	0.7	3.0
$TE_0P_2N_0$	19.6	1.0	0.5	0.4	2.0
$TE_0P_2N_1$	19.2	1.0	1.3	0.2	2.6
$TE_0P_2N_2$	19.4	1.0	1.2	0.3	2.5
$TE_1P_0N_0$	20.5	0.9	0.6	0.1	1.7
$TE_1P_0N_1$	19.5	1.0	0.9	0.8	2.8
$TE_1P_0N_2$	20.2	1.0	1.0	0.1	2.1
$TE_1P_1N_0$	18.5	0.8	0.2	0.4	1.5
$TE_1P_1N_1$	21.3	1.0	0.9	0.7	2.6
$TE_1P_1N_2$	20.5	1.0	1.8	0.08	2.8
$TE_1P_2N_0$	19.0	0.9	0.1	0.1	1.2
$TE_1P_2N_1$	21.5	1.0	0.7	1.8	3.6
$TE_1P_2N_2$	19.2	1.0	2.3	1.0	4.3
LSD 0.05					
TE	NS	NS	NS	NS	NS
N	NS	0.1	0.6	0.4	0.7
P	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 6 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนข้อของกิ่งกลางลำต้นภายหลังการเก็บเกี่ยว

	จำนวนข้อของกิ่งกลางลำต้นที่เพิ่ม	
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)		
0	2.5	
2.4	2.4	
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)		
0	1.8	b
16	2.7	a
32	2.8	a
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)		
0	2.5	
8	2.1	
16	2.7	



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนข้อของกิ่งกลางของต้นกาแฟภายหลังการเก็บเกี่ยว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 7 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกาแฟ ที่ระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ

กรรมวิธีที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง			ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเมื่อสิ้นสุดการเก็บเกี่ยว (เซนติเมตร) (มกราคม)
	ก่อนการใส่ปุ๋ย (มิถุนายน)	หลังการใส่ปุ๋ย		
		60 วัน* (สิงหาคม)	200 วัน (พฤศจิกายน)	
$TE_0P_0N_0$	3.35	0.05	0.02	0.07
$TE_0P_0N_1$	3.66	0.10	0.03	0.13
$TE_0P_0N_2$	3.72	0.07	0.03	0.10
$TE_0P_1N_0$	3.58	0.04	0.22	0.24
$TE_0P_1N_1$	3.83	0.06	0.21	0.27
$TE_0P_1N_2$	3.52	0.10	0.04	0.14
$TE_0P_2N_0$	3.37	0.04	0.08	0.12
$TE_0P_2N_1$	3.41	0.10	0.06	0.16
$TE_0P_2N_2$	3.49	0.05	0.01	0.06
$TE_1P_0N_0$	3.50	0.30	0.01	0.31
$TE_1P_0N_1$	3.81	0.05	0.13	0.18
$TE_1P_0N_2$	3.73	0.10	0.03	0.13
$TE_1P_1N_0$	3.41	0.20	0.16	0.36
$TE_1P_1N_1$	3.52	0.50	0.19	0.64
$TE_1P_1N_2$	3.68	0.20	0.23	0.43
$TE_1P_2N_0$	3.42	0.03	0.05	0.08
$TE_1P_2N_1$	3.65	0.10	0.21	0.31
$TE_1P_2N_2$	3.69	0.21	0.04	0.25
LSD 0.05				
TE	NS	NS	NS	NS
N	NS	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การยืดยาวของกิ่งมากกว่า (Willson, 1985) ดังนั้นจึงทำให้ธาตุอาหารที่เพิ่มให้กับดินในการทดลองครั้งนี้ ไม่สามารถแสดงผลต่ออัตราการเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 ผลผลิตกาแฟ

ผลผลิตสดและผลผลิตสารกาแฟ

ได้จากการเก็บผลผลิตของต้นกาแฟแต่ละต้นของแต่ละกรรมวิธีแล้วหาค่าเฉลี่ยคูณด้วยจำนวนต้น 400 ต้นต่อไร่ จะได้เป็นปริมาณผลผลิตกาแฟสด (กก.ต่อไร่) ซึ่งจากการศึกษา พบว่า ปริมาณผลผลิตกาแฟสดจะแปรผันไปตามปริมาณไนโตรเจนที่ให้ แต่ฟอสฟอรัสและจุลธาตุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตกาแฟสดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8 และตารางที่ 9)

ในส่วนของปริมาณผลผลิตสารกาแฟ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้นำเอาผลสดมาทำให้แห้ง และทำการผลิตสารกาแฟด้วยวิธี dry process พบว่า ในประเด็นนี้ไนโตรเจนและจุลธาตุ กลับไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตสารกาแฟแต่ฟอสฟอรัสจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะเป็นเฉพาะฟอสฟอรัสอัตรา 8 กก.P_2O_5 ต่อไร่ เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยเป็น 16 กก.P_2O_5 ต่อไร่ จะไม่สามารถทำให้ผลผลิตสารกาแฟแห้งเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาถึง อิทธิพลระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อน้ำหนักผลผลิตสดและน้ำหนักสารกาแฟ พบว่าทั้งไนโตรเจน และฟอสฟอรัสจะมีอิทธิพลเสริมกันในการเพิ่มผลผลิต การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้กับดินในสภาพที่ดินมีฟอสฟอรัสนั้นจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลของไนโตรเจนในการเพิ่มผลผลิตดังกล่าวจะลดลงในกรณีที่ต้นพืชได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่สูงมากเกินไป (ภาพที่ 8)

การที่ไนโตรเจนมีผลทำให้น้ำหนักผลสดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อน้ำหนักของสารกาแฟ แสดงว่าไนโตรเจนที่ใส่จะไปส่งผลกระทบต่อน้ำหนักส่วนเปลือก และเนื้อมากกว่าส่วนที่เป็นสารกาแฟ หรืออาจเป็นไปได้ว่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ให้กับต้นพืชจะไปมีผลทำให้เซลของผล และสารกาแฟมีความอวบน้ำมากขึ้น จึงทำให้น้ำหนักผลผลิตสดเพิ่มขึ้นแต่จะไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้ง (สารกาแฟ) ดังรายงานของ สมเจตน์และคณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(2526) กล่าวว่า การที่พืชได้รับปริมาณไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้นแต่ผนังเซลล์จะบางและมีน้ำอยู่เต็มเรียกว่า อวบน้ำ (succulence) ซึ่งน้ำหนักที่เพิ่มจะไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งในเซลล์แต่อย่างใด

ส่วนในกรณีของฟอสฟอรัส ซึ่งจะทำให้น้ำหนักของสารกาแฟเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ไม่มีผลต่อน้ำหนักผลสดแต่อย่างใด แสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสน่าจะส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนของเมล็ดได้ดีขึ้น ซึ่งตรงกับรายงานของ Rivera and martin (1989) พบว่า ได้ทดลองปุ๋ยกับกาแฟพันธุ์ Caturra ซึ่งปลูกในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) 26.4 สตล. พบว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะเพิ่มผลผลิตกาแฟได้ถึง 115 % เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสเลย ซึ่งผลกระทบดังกล่าว อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุเนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสในพืชจะเกี่ยวข้องอย่างมีนัยสำคัญต่อกระบวนการถ่ายทอดพลังงานใน Metabolism ต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ การสังเคราะห์แสง การเพิ่มและขยายตัวของเซลล์ (Teery and Ulrich, 1973) นอกจากนี้ Giaquinta and Quebedeaux (1980) ยังสรุปว่าฟอสฟอรัสยังเกี่ยวข้องอย่างสำคัญต่อการรักษาระดับของสัดส่วนแป้งต่อน้ำตาล ในใบพืชซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังผล (Sink and Source duration)

<u>น้ำหนักผลสด 100 ผล และ % สารกาแฟขนาดความกว้างมากกว่า 5.5 มม.</u>

น้ำหนักผลสด 100 ผลได้จากการสุ่มผลจำนวน 100 ผลจากที่เก็บเกี่ยวแล้วนำมาชั่งน้ำหนักก่อนที่จะนำไปแยกเอาสารกาแฟ โดยวิธี dry process พบว่า ทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อน้ำหนักผลสดและน้ำหนักสารกาแฟ 100 ผล (ตารางที่ 8 และตารางที่ 9) ซึ่งต่างจากในกรณีของอิทธิพลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อน้ำหนักผลกาแฟสดและปริมาณของสารกาแฟ

ข้อแตกต่างของอิทธิพลดังกล่าวอาจ เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของการสุ่มตัวอย่างผลสด 100 ผลมาเพื่อใช้ในการทดลอง เพราะถึงแม้ว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะไม่สามารถทำให้น้ำหนักผลสด 100 ผลและสารกาแฟแตกต่างกันแต่ก็ใช้แสดงแนวโน้ม ให้เห็นว่าสามารถเพิ่มน้ำหนักผลและน้ำหนักสารกาแฟได้บ้าง

ในส่วนของปริมาณสารกาแฟที่มีขนาดกว้างมากกว่า 5.5 มม. (%) พบว่า ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุจะมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อคุณภาพของผล (Grade) ในกรณีที่พิจารณาจากขนาดของสารกาแฟ ทั้งนี้ ในกรณีของไนโตรเจนการเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 8 แสดงปริมาณน้ำหนักและขนาดของผลผลิตกาแฟ

กรรมวิธีที่	ปริมาณผลผลิตกาแฟสด (กก./ไร่)	ปริมาณผลผลิตสารกาแฟ (กก./ไร่)	น้ำหนักผลสด 100 ผล (กรัม)	น้ำหนักสารกาแฟ100ผล (กรัม)	ปริมาณสารกาแฟขนาดกว้าง>5.5ม. (%)
$TE_0P_0N_0$	648.6	127.9	122.1	24.4	48.3
$TE_0P_0N_1$	743.9	138.1	126.9	23.5	51.6
$TE_0P_0N_2$	789.9	140.8	126.4	22.7	58.3
$TE_0P_1N_0$	701.8	137.4	127.2	24.9	51.6
$TE_0P_1N_1$	868.1	165.5	128.6	24.3	68.3
$TE_0P_1N_2$	888.1	170.1	119.4	22.7	68.3
$TE_0P_2N_0$	661.7	134.0	115.5	22.8	61.6
$TE_0P_2N_1$	743.6	143.9	119.8	23.0	70.0
$TE_0P_2N_2$	765.5	147.6	131.1	25.0	73.0
$TE_1P_0N_0$	707.4	137.0	128.1	24.7	50.0
$TE_1P_0N_1$	787.6	151.2	122.9	23.6	55.0
$TE_1P_0N_2$	831.1	153.6	134.9	24.9	65.0
$TE_1P_1N_0$	762.6	152.1	125.2	25.1	53.3
$TE_1P_1N_1$	886.8	174.6	127.4	25.0	68.0
$TE_1P_1N_2$	972.3	182.7	132.5	24.8	70.0
$TE_1P_2N_0$	802.3	162.2	139.5	28.3	68.3
$TE_1P_2N_1$	927.6	178.4	134.5	26.2	76.6
$TE_1P_2N_2$	891.5	169.2	134.4	25.5	76.6
LSD 0.05					
TE	NS	NS	4.27	NS	2.39
N	105.26	NS	NS	NS	2.28
P	NS	19.68	NS	NS	2.28
N * P	NS	NS	NS	NS	0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 9 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลผลิตสด และน้ำหนักผลผลิตสารกาแฟ

	น้ำหนักผลผลิตสด (กก.ต่อไร่)	น้ำหนักสารกาแฟ (กก.ต่อไร่)
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)		
0	756.8	145
2.4	841.8	162.3
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)		
0	**714.1b**	141.8
16	**826.3a**	158.6
32	**856.4a**	160.7
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)		
0	751.4	141.4
8	846.6	163.7
16	798.7	155.9

<u>หมายเหตุ</u>

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 10 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักผลผลิตสด น้ำหนักผลผลิตสารกาแฟ 100 ผล และ % สารกาแฟที่มีความกว้างมากกว่า 5.5 มิลลิเมตร

	ผลผลิตสด 100 ผล	สารกาแฟ 100 ผล	% สารกาแฟ
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)			
0	124.1b	23.70	62.04b
2.4	131.0a	25.38	64.81a
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)			
0	126.3	25.01	55.56c
16	126.7	24.31	65.00b
32	129.8	24.30	69.72a
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)			
0	126.9	23.94	54.72c
8	126.7	24.50	63.33b
16	129.1	25.18	72.22a

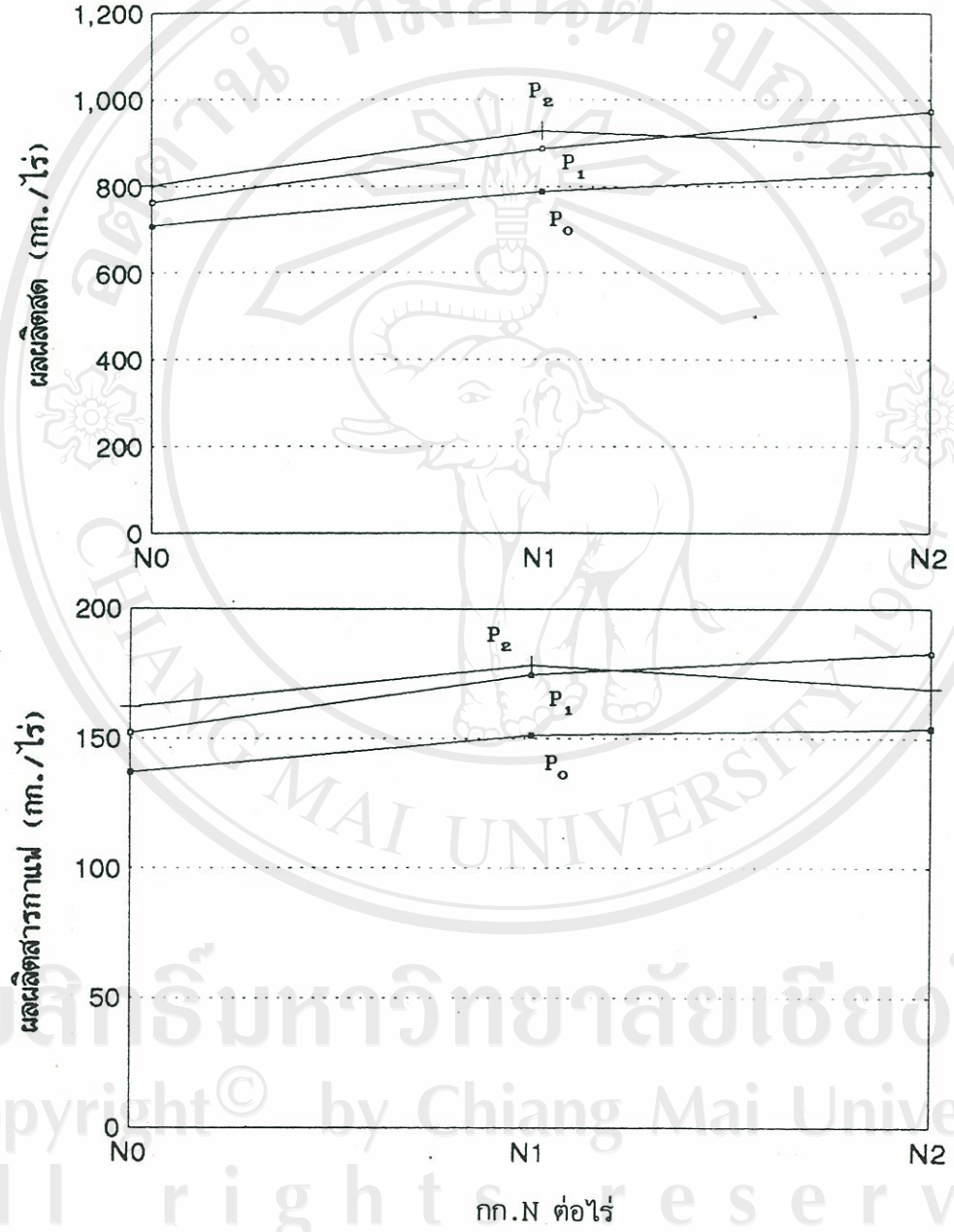
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีต่อน้ำหนักผลผลิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณไนโตรเจนจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของสารกาแฟขนาดใหญ่เพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันฟอสฟอรัสและจุลธาตุก็สามารถเพิ่มขนาดของสารกาแฟได้เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 10)

ตามหลักการพิจารณาการแบ่งเกรดสารกาแฟเพื่อการซื้อขาย ซึ่งสารกาแฟเกรด A หมายถึงสารกาแฟที่มีขนาดกว้างมากกว่า 5.5 มม. และมีสีเขียวแกมเทา ซึ่งจะได้สารกาแฟที่ได้มาตรฐาน และมีราคาดีที่สุด จึงอาจกล่าวได้ว่า ทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการผลิตสารกาแฟในกรณีที่เราจะมุ่งเน้นถึงคุณภาพของสารกาแฟในประเด็นของขนาด

4.5 ปริมาณธาตุอาหารในใบกาแฟ

ปริมาณของธาตุอาหารในใบกาแฟ จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะการเจริญเติบโตและตำแหน่งของใบ โดยทั่วไปปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ จะมีการสะสมมากในใบที่ (Active leaf) ก่อนการออกดอก ปริมาณของธาตุอาหารต่าง ๆ จะลดลงเมื่อพืชเริ่มให้ผลผลิต โดยที่ธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อยู่ที่ใบกาแฟจะเคลื่อนย้ายไปสู่ผลแต่ปริมาณของธาตุอาหารในใบจะมีต่ำสุดในระยะการเก็บเกี่ยวกาแฟ

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบกาแฟ กระทำโดยเก็บใบคู่ที่ 3 นับจากปลายกิ่ง โดยเก็บจากกิ่งที่ 5 นับจากปลายยอด และกิ่งที่อยู่บริเวณกลางทรงพุ่ม ซึ่งข้อแตกต่างระหว่างกิ่งทั้งสองอยู่ที่ว่ากิ่งบริเวณกลางทรงพุ่มจะเป็นกิ่งที่มีผลติดอยู่ส่วนกิ่งที่บริเวณยอดจะเป็นกิ่งที่ยังไม่ได้ผลผลิต เพื่อที่จะเปรียบเทียบถึงข้อแตกต่างของปริมาณธาตุอาหารในใบบนกิ่งที่มีผลกับกิ่งที่ยังไม่ให้ผล ทั้งนี้โดยการเก็บตัวอย่างใบมาวิเคราะห์ในระยะที่มีการพัฒนาของผล 3 ระยะ คือ ระยะหัวเข็มหมุด (มิถุนายน) ระยะสร้างเนื้อในเมล็ด (ตุลาคม) และระยผลสุก (มกราคม)

4.5.1 ไนโตรเจน

ปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งบน ระยะหัวเข็มหมุด (มิถุนายน) ระยะสร้างเนื้อเมล็ด (ตุลาคม) และระยะผลสุก (ปลายมกราคม) แสดงไว้ในตารางที่ 11 พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบคู่ที่ 3 ก่อนมีการใส่ปุ๋ยในใบของกิ่งบนมีค่าเฉลี่ย 2.44 % ปริมาณของไนโตรเจนในใบดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นภายหลังที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลงไป โดยความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบจะเพิ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ขึ้นเป็น 2.55 % ภายหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก 120 วัน (ระยะสร้างเนื้อเมล็ด) หลังจากนั้นปริมาณไนโตรเจนก็มีแนวโน้มลดลง ซึ่งในช่วงผลกาแฟสด (180 วันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก) ไนโตรเจนจะลดลงเหลือ 2.39 %

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของปุ๋ยที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน ในระยะสร้างเนื้อเมล็ด (120 วันหลังการใส่ปุ๋ย) พบว่าการใส่จุลธาตุไม่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนในใบของกิ่งบนเลย แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีผลทำให้ใบกาแฟมีการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 24) พืชที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเลยมีการสะสมไนโตรเจนในใบเพียง 2.15 % การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 32 กก.N ต่อไร่ มีผลทำให้การสะสมไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้นเป็น 2.61 และ 2.90 % ตามลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่กาแฟนั้นไม่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบนแต่อย่างใด

ในทำนองเดียวกัน พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางลำต้น (คู่ที่ 3 นับจากปลายกิ่งกลาง) มีความแตกต่างจากความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบน กล่าวคือ ใบมีการสะสมไนโตรเจนเพียง 2.27 % ปริมาณไนโตรเจนในใบดังกล่าวในระยะสร้างเนื้อเมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอันมาก อันเป็นผล มาจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 27) โดยที่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 32 กก.N ต่อไร่ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเลย ถึง 0.51 และ 0.86 % ตามลำดับ ในขณะที่ต้นกาแฟนี้ไม่ได้รับปุ๋ยเลยมีปริมาณไนโตรเจนในใบเพียง 2.01 % แต่ Winston (1993) พบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0 - 120 กก.ต่อเฮกแตร์ไม่มีผลต่อปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบเลย ส่วนการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและจุลธาตุไม่มีผลต่อการสะสมไนโตรเจนในใบที่ระยะนี้เลย

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางลำต้นที่ระยะผลสุก โดยทั่วไปมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าไนโตรเจนที่ระยะอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนในใบได้เคลื่อนย้ายไปสะสมในผลแทน ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 2.15 % พบว่าไนโตรเจนในใบดังกล่าวมีความผันแปรไปตามอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้แก่พืชอย่างเห็นเด่นชัด (ตารางที่ 11) ใบกาแฟของต้นที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเลยจะมีการสะสมไนโตรเจนในใบเพียง 1.74 % และการสะสมไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 2.23 % และ 2.51 % เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 32 กก.N ต่อไร่ ตามลำดับ Pavan et al. (1986) ได้ใส่ไนโตรเจนในอัตรา 60 กรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ย P และ K แก่กาแฟพบว่า มีผลทำให้ผลผลิตกาแฟเพิ่มขึ้นและปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 11 ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งที่ 5 นับจากยอด

กรรมวิธีที่	% N ในใบของกิ่งที่ 5			% N ในใบของกิ่งกลางลำต้น		
	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก
$TE_0P_0N_0$	2.02	2.08	2.08	1.50	2.04	1.74
$TE_0P_0N_1$	2.23	2.53	2.54	2.33	2.63	2.38
$TE_0P_0N_2$	2.57	2.95	2.62	2.80	2.87	2.66
$TE_0P_1N_0$	2.20	2.30	2.19	1.72	2.04	1.73
$TE_0P_1N_1$	2.42	2.66	2.36	2.41	2.56	2.17
$TE_0P_1N_2$	2.86	2.85	2.58	2.90	2.91	2.61
$TE_0P_2N_0$	2.19	2.33	2.27	2.05	2.07	1.70
$TE_0P_2N_1$	2.51	2.73	2.67	2.71	2.43	2.28
$TE_0P_2N_2$	2.89	2.98	2.90	2.85	2.79	2.53
$TE_1P_0N_0$	2.00	2.01	2.00	1.53	1.94	1.86
$TE_1P_0N_1$	2.35	2.69	2.42	1.90	2.47	2.18
$TE_1P_0N_2$	2.84	2.91	2.49	2.43	2.81	2.50
$TE_1P_1N_0$	2.14	2.07	2.16	1.69	2.01	1.73
$TE_1P_1N_1$	2.47	2.61	2.31	2.46	2.51	2.25
$TE_1P_1N_2$	2.80	2.90	2.56	2.67	2.93	2.39
$TE_1P_2N_0$	2.19	2.09	2.24	1.77	1.97	1.65
$TE_1P_2N_1$	2.54	2.42	2.44	2.54	2.44	2.12
$TE_1P_2N_2$	2.79	2.91	2.54	2.53	2.89	2.36
LSD 0.05						
TE	NS	NS	NS	NS	NS	Ns
N	NS	0.11	0.21	NS	0.12	0.18
P	NS	NS	NS	NS	Ns	Ns
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 12 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุไนโตรเจนในใบกาแฟ

	ก่อนใส่ปุ๋ย		120 วัน*		180 วัน*	
	ระยะหัวเข็มหมุด		ระยะสร้างเนื้อเมล็ด		ระยะผลสุก	
	บน	กลาง	บน	กลาง	บน	กลาง
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)						
0	2.33	2.31	2.60	2.48	2.47	2.20
2.4	2.28	2.44	2.51	2.44	2.35	2.11
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)						
0	2.29	2.32	2.14a	2.01c	2.15b	1.73c
16	2.29	2.40	2.61b	2.50b	2.46a	2.23b
32	2.34	2.39	2.92a	2.87a	2.62a	2.51a
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)						
0	2.30	2.34	2.53	2.46	2.36	2.22
8	2.32	2.40	2.57	2.49	2.36	2.14
16	2.30	2.39	2.58	2.43	2.51	2.10

หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความเข้มข้นในใบเพิ่มจาก 3 % เป็น 3.9 % ส่วน Reuter and Robinson (1986) ได้กล่าวว่า ระดับไนโตรเจนในใบคู่ที่ 4 นับจากปลายกิ่งที่มีการเจริญเติบโตและติดผลแล้วที่ระดับ 2.5 - 3.0 % เป็นระดับที่พอเพียงสำหรับกาแฟ ส่วนอิทธิพลของการใส่ปุ๋ยฟอส-ฟอรัสและจุลธาตุต่อปริมาณการสะสมไนโตรเจนในใบไม่ปรากฏให้เห็น Stephens (1968) พบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บใบเพื่อทำการวิเคราะห์และบ่งบอกถึงสถานภาพของไนโตรเจนในต้นกาแฟว่าอยู่ในช่วงฤดูแล้งถึงระยะการออกดอก และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้น

จากตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนในใบของกิ่งยอด และกิ่งกลางทรงพุ่มใกล้เคียงกันในระยะหัวเข็มหมุด ปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากยังไม่มีการให้ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ หลังจากนั้น พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนทางดินจะทำให้ปริมาณไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยจะแปรผันตามปริมาณไนโตรเจนที่ให้กับดินทั้งในระยะสร้างเนื้อเมล็ดและระยะผลสุก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณไนโตรเจนในกิ่งบนกับกิ่งกลางทรงพุ่ม จะเห็นได้ว่าใบที่อยู่บริเวณยอดจะมีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าใบบนกิ่งกลางทรงพุ่มซึ่งมีผลติดอยู่ ข้อแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้น อาจเนื่องจาก Sink effect ของผลกาแฟซึ่งทำให้มีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนบางส่วนไปยังผล

4.5.2 <u>ฟอสฟอรัส</u>

ตารางที่ 13 แสดงอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุต่อปริมาณการสะสมธาตุฟอสฟอรัสในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งบน (กิ่งที่ 5 นับจากยอด) พบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในกิ่งบน โดยทั่วไปในระยะติดผลที่มีขนาดเท่าหัวเข็มหมุดมีค่าโดยเฉลี่ย 0.13 % ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสในใบของกิ่งกลางลำต้นในระยะเดียวกันมีค่า 0.18 % เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตมากขึ้นปริมาณฟอสฟอรัสในใบของกิ่งบนและกิ่งกลางที่ระยะการสร้างเนื้อเมล็ด (สร้าง Endosperm) ไม่ว่าจะได้รับปุ๋ยฟอสเฟตหรือไม่ก็ตามมีความแปรปรวนเพียงเล็กน้อยโดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.10 - 0.15 สตล. Reuter and Robinson (1986) ได้แสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสที่ระดับ 0.15 - 0.20 สตล. ในใบคู่ที่ 4 จากปลายกิ่งที่มีการเจริญเติบโตเร็วเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 13 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งที่ 5 นับจากยอด

กรรมวิธีที่	% P ในใบของกิ่งที่ 5			% P ในใบของกิ่งกลางลำต้น		
	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด	120วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด	120วัน ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก
$TE_0P_0N_0$	0.12	0.13	0.14	0.13	0.16	0.16
$TE_0P_0N_1$	0.10	0.13	0.09	0.20	0.13	0.13
$TE_0P_0N_2$	0.08	0.12	0.08	0.14	0.12	0.13
$TE_0P_1N_0$	0.14	0.12	0.13	0.14	0.54	0.13
$TE_0P_1N_1$	0.14	0.12	0.11	0.14	0.13	0.12
$TE_0P_1N_2$	0.11	0.11	0.10	0.16	0.13	0.11
$TE_0P_2N_0$	0.14	0.13	0.15	0.20	0.16	0.18
$TE_0P_2N_1$	0.13	0.13	0.12	0.17	0.20	0.11
$TE_0P_2N_2$	0.11	0.10	0.10	0.20	0.13	0.13
$TE_1P_0N_0$	0.19	0.14	0.14	0.18	0.13	0.16
$TE_1P_0N_1$	0.12	0.11	0.10	0.20	0.12	0.16
$TE_1P_0N_2$	0.11	0.10	0.08	0.17	0.12	0.10
$TE_1P_1N_0$	0.09	0.12	0.14	0.19	0.13	0.13
$TE_1P_1N_1$	0.13	0.10	0.09	0.21	0.14	0.14
$TE_1P_1N_2$	0.10	0.10	0.09	0.17	0.12	0.10
$TE_1P_2N_0$	0.14	0.13	0.14	0.20	0.14	0.11
$TE_1P_2N_1$	0.15	0.12	0.15	0.21	0.13	0.15
$TE_1P_2N_2$	0.14	0.11	0.09	0.17	0.12	0.12
LSD 0.05						
TE	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N	NS	0.01	0.01	NS	NS	0.01
P	NS	NS	NS	NS	0.01	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุฟอสฟอรัสในใบกาแฟ

	ก่อนใส่ปุ๋ย		120 วัน*		180 วัน*	
	ระยะหัวเข็มหมุด		ระยะสร้างเนื้อเมล็ด		ระยะผลสุก	
	บน	กลาง	บน	กลาง	บน	กลาง
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)						
0	0.12	0.16	0.12	0.13	0.11	0.13
2.4	0.13	0.17	0.12	0.13	0.11	0.13
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)						
0	0.14	0.16	0.13a	0.13	0.14a	0.15a
16	0.13	0.17	0.12ab	0.14	0.11b	0.14a
32	0.11	0.17	0.11b	0.13	0.09c	0.12b
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)						
0	0.12	0.17	0.12	0.12b	0.10	0.14
8	0.12	0.16	0.12	0.13ab	0.11	0.13
16	0.13	0.18	0.11	0.14a	0.12	0.14

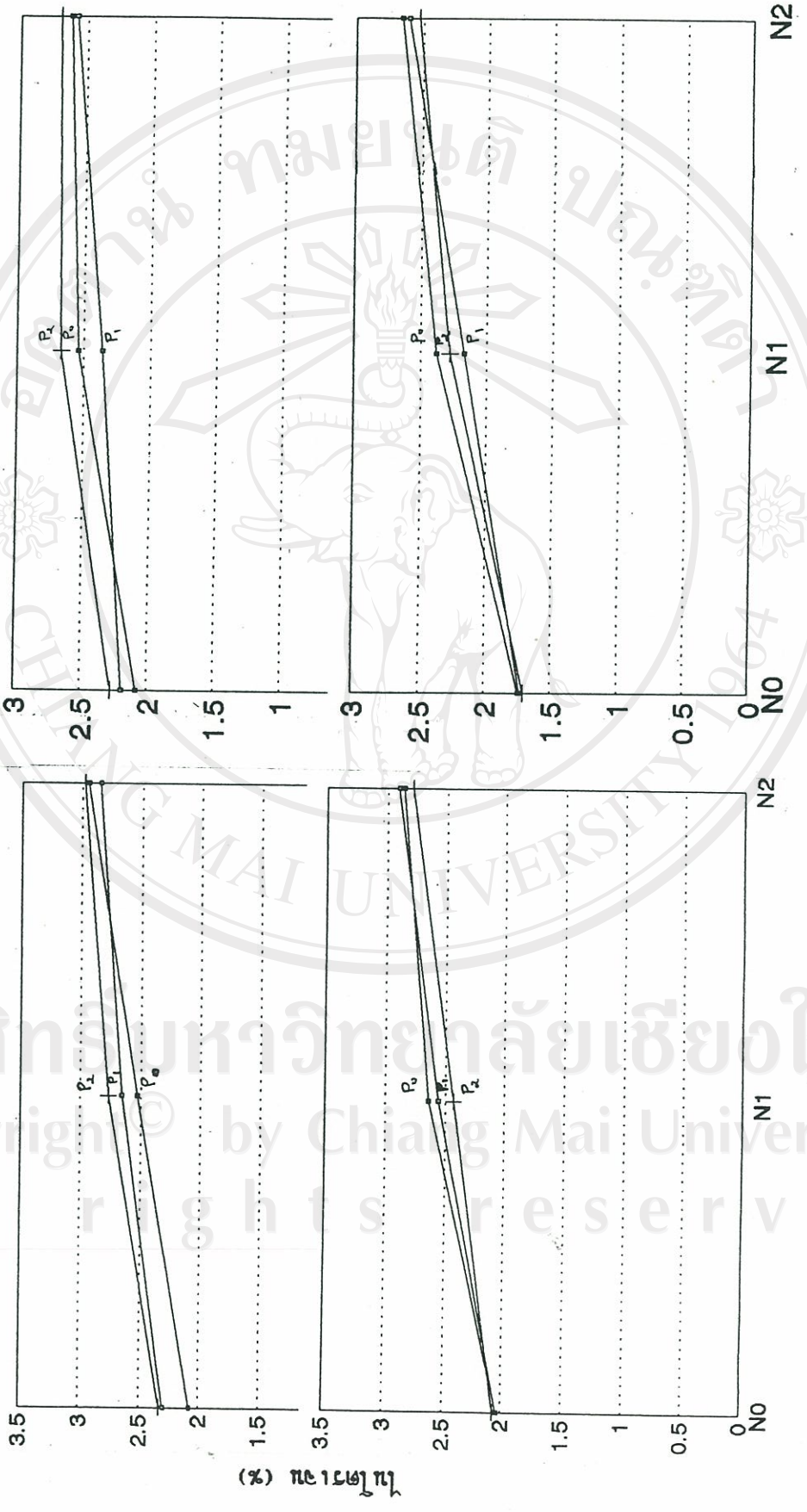
<u>หมายเหตุ</u>

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

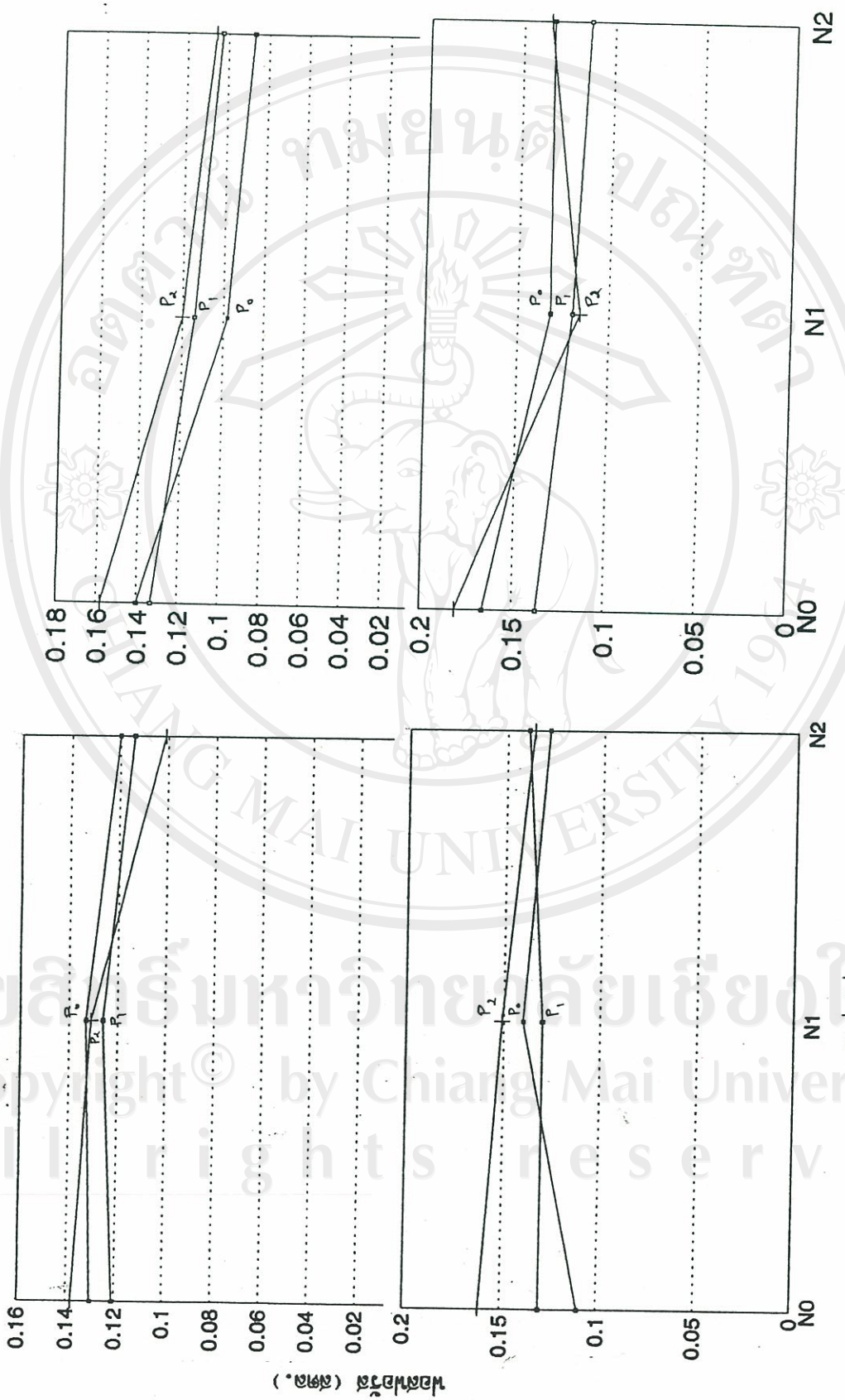
2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่ต่อปริมาณธาตุในโตรเจนในใบพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีต่อปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในกรณีของธาตุฟอสฟอรัสในใบ พบว่าจุลธาตุไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัสเลย แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ เมื่อยิ่งเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนก็จะยิ่งทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสในใบลดลง (ตารางที่ 14) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Stephene, 1968)

ความสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจนกับปริมาณฟอสฟอรัสในใบในกรณีดังกล่าวเป็นเครื่องยืนยันถึง ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงและจำนวนข้อ ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (N-P interaction) ที่มีต่อปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบกาแฟที่ระยะการพัฒนาของผลต่าง ๆ กัน พบว่า ในทุกระยะการเจริญเติบโตของผล การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนทางดินจะทำให้มีการสะสมไนโตรเจนในใบมากขึ้นในทุกระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ในลักษณะของอิทธิพลร่วมของปุ๋ยที่ใช้ พบว่าไนโตรเจนจะแสดงผลเด่นชัดกว่าฟอสฟอรัสต่อปริมาณไนโตรเจนในใบ ทั้งใบที่บริเวณยอดและใบกลางทรงพุ่ม (ภาพที่ 9)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสใบใบของกิ่งบริเวณยอด และใบของกิ่งบริเวณกลางทรงพุ่ม พบว่า ฟอสฟอรัสที่กิ่งบนจะมีปริมาณน้อยกว่าฟอสฟอรัสที่บริเวณกิ่งกลาง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีอัตราการเคลื่อนที่ในต้นพืชได้ช้า (Dias และคณะ, 1989) เป็นที่น่าสังเกตุว่า ผลของปุ๋ยไนโตรเจนที่ทำให้ฟอสฟอรัสในใบลดลงไม่อาจจะแก้ไขได้โดยการเพิ่มปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสให้กับดินอย่างเด่นชัด ดังแสดงในภาพที่ 10 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ (Avalable P) ค่อนข้างสูงอยู่แล้ว คือ 48.0 สตล. จึงทำให้การตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงในดินมีเพียงเล็กน้อย จากรายงานของ Willson (1985) พบว่าต้นกาแฟอราบีก้าอายุ 2 ปี สามารถเจริญได้ดีในดินที่มีระดับฟอสฟอรัสเพียง 26 สตล. เท่านั้น

4.5.3 <u>เหล็ก</u>

ตารางที่ 14 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุเหล็ก (Fe) ในใบกาแฟที่ระยะต่าง ๆ กัน พบว่าที่ระยะก่อนการใส่ปุ๋ยให้แก่กาแฟ (ต้นเดือนมิถุนายน 2536) ปริมาณของธาตุเหล็กในใบของกิ่งบนจะมีค่อนข้างสูงโดยเฉลี่ยมีค่า 166 สตล. เมื่อไม่มีการให้จุลธาตุแก่กาแฟ พบว่าในระยะที่กาแฟสร้างเนื้อเมล็ดนี้ (ต้นเดือนตุลาคม 2536) ปริมาณของเหล็กในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบน (กิ่งที่ 5 นับจากยอด) โดยเฉลี่ยมีค่า 139 สตล. และปริมาณของธาตุเหล็กในใบดังกล่าว จะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 77 สตล. ในระยะที่เริ่มเก็บ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลกาแฟ (กลางเดือนธันวาคม) สำหรับกาแฟที่ได้รับจุลธาตุด้วยการฉีดพ่นให้ทางใบนั้น พบว่า มีปริมาณการสะสมของธาตุเหล็กในใบมากกว่าใบที่ไม่ได้รับจุลธาตุเลย โดยใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบนในระยะสร้างเนื้อเมล็ดและระยะผลสุก มีค่า 152 และ 106 สตล. ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้แก่กาแฟพันธุ์คาร์ติมอร์ 90 นั้นพบว่า ไม่มีผลทำให้ปริมาณธาตุเหล็กในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง-ผนวกที่ 37,38 และ 39) โดยต้นกาแฟที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 0 – 32 กก. N/ไร่ มีความเข้มข้นของธาตุเหล็กในใบของกิ่งบนที่ระยะสร้างเนื้อเมล็ดอยู่ในช่วง 136 – 150 สตล. ซึ่งปริมาณธาตุเหล็กดังกล่าวลดลง เมื่อต้นกาแฟอยู่ในระยะผลสุกซึ่งมีเหล็กประมาณ 81 – 102 สตล. อย่างไรก็ตาม การใส่ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มที่จะทำให้กาแฟมีปริมาณการสะสมธาตุเหล็กในใบดังกล่าวสูงกว่าใบกาแฟที่ไม่ได้รับธาตุฟอสฟอรัสเลย

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กในใบที่ 3 ของกิ่งกลางลำต้นจะมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับใบในกิ่งยอด (กิ่งที่ 5) แต่ปริมาณการเปลี่ยนแปลงจะเห็นเด่นชัดกว่า กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของเหล็กในใบดังกล่าวก่อนการใส่ปุ๋ยจะมีธาตุเหล็กอยู่ 192 สตล. แต่ปริมาณของเหล็กในใบดังกล่าวในระยะการสร้างเปลือกหุ้มเมล็ดและระยผลสุกจะมีค่าเพียง 151 และ 106 สตล.ตามลำดับ การใส่ธาตุเหล็กให้แก่กาแฟทำให้ปริมาณการสะสมธาตุเหล็กในใบกาแฟสูงกว่าใบกาแฟที่ไม่ได้รับการพ่นด้วยธาตุเหล็กถึง 17 สตล.

ในระยะหัวเข็มหมุด ใบกาแฟทั้งใบของกิ่งคู่ที่ 5 และใบของกิ่งกลางทรงพุ่ม จะมีปริมาณธาตุเหล็กใกล้เคียงกัน คืออยู่ในช่วง 145 – 157 สตล. และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) ในระยะการพัฒนาการของผล พบว่า ใบกาแฟทุกกรรมวิธีจะมีปริมาณเหล็กลดลงตามลำดับเมื่อผลเข้าสู่ระยะสร้างเนื้อเมล็ด และระยะผลสุก ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้ดินจะไม่ช่วยทำให้ปริมาณเหล็กในใบเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่การพ่นจุลธาตุให้ทางใบจะช่วยเพิ่มปริมาณเหล็กในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตารางที่ 15 และ 16

การลดลงของปริมาณเหล็กในใบกาแฟในระยะที่ผลมีการเจริญเติบโตได้ยืนยันข้อเสนอแนะของ Cannell (1985) ที่กล่าวว่า ในระยะที่ผลกาแฟเจริญเติบโตจะมีการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากใบและกิ่งไปสะสมในผลด้วย ซึ่งถ้าต้นกาแฟขาดธาตุอาหาร จะทำให้เกิดอาการกิ่งแห้งตายในที่สุด ผลการศึกษาในครั้งนี้เพื่อบ่งชี้ให้เห็นว่า การเคลื่อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 15 แสดงปริมาณธาตุเหล็กในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งที่ 5 นับจากกิ่งยอด

กรรมวิธีที่	Fe ในใบของกิ่งที่ 5			Fe ในใบของกิ่งกลางลำต้น		
	ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย		ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย	
	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก
$TE_0P_0N_0$	125.0	134.7	86.5	192.3	151.2	106.0
$TE_0P_0N_1$	137.3	151.3	71.3	178.8	157.0	85.1
$TE_0P_0N_2$	106.9	146.3	80.3	139.7	170.5	88.5
$TE_0P_1N_0$	161.8	138.7	70.0	140.1	165.5	82.5
$TE_0P_1N_1$	158.5	135.8	85.0	139.0	130.7	83.2
$TE_0P_1N_2$	143.9	141.5	70.6	160.8	122.8	122.8
$TE_0P_2N_0$	206.3	157.2	84.3	188.0	154.8	121.2
$TE_0P_2N_1$	188.9	124.5	87.5	132.5	148.7	116.3
$TE_0P_2N_2$	151.9	125.7	61.5	153.0	137.3	69.7
$TE_1P_0N_0$	207.3	148.8	107.7	185.0	143.3	92.8
$TE_1P_0N_1$	168.2	129.5	122.3	181.8	200.8	134.0
$TE_1P_0N_2$	158.7	172.8	80.5	171.7	116.7	96.4
$TE_1P_1N_0$	167.2	158.0	97.4	149.5	128.0	118.8
$TE_1P_1N_1$	169.7	132.7	109.6	203.0	200.5	118.7
$TE_1P_1N_2$	222.7	164.3	79.5	184.5	149.3	103.8
$TE_1P_2N_0$	165.7	172.2	102.5	177.5	167.0	133.5
$TE_1P_2N_1$	160.0	140.2	138.7	199.3	174.5	131.0
$TE_1P_2N_2$	185.7	147.0	116.7	171.2	209.2	125.2
LSD 0.05						
TE	NS	NS	24.5	NS	15.6	NS
N	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 16 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุเหล็กในใบกาแฟ

	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด		120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด		180 วัน* ระยะผลสุก	
	บน	กลาง	บน	กลาง	บน	กลาง
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)						
0	153	158	139	**149b**	**77b**	97
2.4	178	180	152	**165a**	**106a**	117
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)						
0	172	172	152	152	91	109
16	163	172	136	169	102	111
32	161	163	150	151	81	101
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)						
0	150	174	147	157	91	100
8	170	162	145	149	85	105
16	176	170	144	165	98	116

<u>หมายเหตุ</u>

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ย้ายธาตุอาหารจากใบไปยังผลไม่ได้เกิดเฉพาะใบที่ติดอยู่กับผลเท่านั้น (ใบของกิ่งกลางทรงพุ่ม) ธาตุอาหารจะถูกเคลื่อนย้ายจากใบบริเวณยอดมาเลี้ยงผลด้วย ดังนั้นถ้าต้นพืชขาดธาตุอาหารจะทำให้การเจริญเติบโตโดยรวมและศักยภาพในการให้ผลผลิตปีต่อ ๆ ไปลดลงด้วยเช่นกัน ซึ่งแนวทางการแก้ไขจึงควรจะเป็นลักษณะการให้ปุ๋ยกับต้นกาแฟอย่างเพียงพอในการให้ผลผลิตแต่ละปี ซึ่งช่วงเวลาที่สำคัญ (Critical) จะเป็นช่วงที่ต้นพืชกำลังให้ผลผลิต การฉีดพ่นจุลธาตุให้ทางใบก็เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องกระทำเพื่อเพิ่มปริมาณจุลธาตุในใบให้ถึงระดับใกล้เคียงกับปกติ ในกรณีของธาตุเหล็ก Reuter and Robinson (1986) ได้รายงานว่า ค่า Critical level ของปริมาณธาตุเหล็กในใบจะอยู่ในช่วง 70 - 200 สตล.

นอกจากนี้ทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไม่มีผลต่อปริมาณธาตุเหล็กในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแล้ว ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสยังไม่มีอิทธิพลร่วม (Interaction) ต่อปริมาณธาตุเหล็กในใบเช่นกัน จึงไม่ได้แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กในใบพืชเนื่องจากอิทธิพลของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส

5.2.3 <u>แมงกานีส</u>

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณธาตุแมงกานีสในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งบน (กิ่งที่ 5 นับจากกิ่งยอด) พบว่า การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแมงกานีสในใบดังกล่าวจะผันแปรไปตามการพัฒนาการของพืช ในระยะที่กาแฟติดผลและมีผลมีขนาดเท่าหัวเข็มหมุดความเข้มข้นของแมงกานีสในใบจะมีสูงถึง 165 สตล. โดยปริมาณของแมงกานีสในใบของกิ่งบนจะลดลงเป็น 144 และ 141 สตล. ในระยะที่ผลกาแฟอยู่ในช่วงการสร้างเนื้อเมล็ด (Endosperm) และช่วงผลสุกแก่ตามลำดับ แต่ปริมาณของแมงกานีสในใบของกิ่งกลางลำต้นโดยทั่วไปจะมีปริมาณสูงกว่าปริมาณแมงกานีสในใบของกิ่งบน โดยที่ใบของกิ่งกลางลำต้นในระยะกาแฟติดผลขนาดเท่าหัวเข็มหมุดนั้นจะมีแมงกานีสสูงถึง 238 สตล. และปริมาณจะลดลงเหลือเพียง 118 สตล. ในระยะที่ผลสุกแก่ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ความแปรปรวนของแมงกานีสในใบจะค่อนข้างสูงในใบที่ 3 ของกิ่งกลางลำต้น Reuter and Robinson (1986) พบว่าระดับแมงกานีสในใบกาแฟของกิ่งที่มีการเจริญเติบโตเต็มที่ควรมีค่าประมาณ 50 - 100 สตล.

สำหรับผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนนั้นมีผลกระทบต่อปริมาณความเข้มข้นของแมงกานีสในใบของกิ่งบนอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ เมื่อทำการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชช่วง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ติดผลขนาดเท่าหัวเข็มหมุด ปริมาณการสะสมแมงกานีสในใบดังกล่าวเริ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 17) กล่าวคือ ใบของกาแฟที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเลยจะมีแมงกานีสอยู่ถึง 189 สตล.และปริมาณแมงกานีสในใบจะลดลงเหลือ 137 สตล. เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 36 กก.Nต่อไร่ แนวโน้มของอิทธิพลไนโตรเจนต่อปริมาณการสะสมแมงกานีสในใบของกิ่งกลางจะคล้ายคลึงกันแต่มีการสะสมแมงกานีสสูงกว่า

สำหรับอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งมีต่อปริมาณความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสในใบของกิ่งบนและกิ่งกลางลำต้นที่ระยะผลสุก จะไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางผนวกที่ 46 และ 49)

การพ่นจุลธาตุมีผลต่อปริมาณแมงกานีสในใบของกิ่งกลางอย่างมาก พบว่า ในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางช่วงระยะผลสุกมีปริมาณธาตุแมงกานีสในปริมาณสูงกว่าที่ไม่พ่นจุลธาตุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 49) โดยกาแฟต้นที่ได้รับการพ่นจุลธาตุจะมีปริมาณแมงกานีสในใบเท่ากับ 171.4 สตล. ในขณะที่ต้นกาแฟที่ไม่พ่นจะมีปริมาณแมงกานีสเท่ากับ 131 สตล. ตามลำดับ

ในทำนองเดียวกันกับธาตุเหล็ก การฉีดพ่นจุลธาตุให้ทางใบจะช่วยเพิ่มปริมาณแมงกานีสได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางกลับกัน การเพิ่มไนโตรเจนให้ทางดินจะมีแนวโน้มทำให้ปริมาณแมงกานีสในใบลดลง ดังแสดงในตารางที่ 17 ทั้งในใบของกิ่งบน และกิ่งกลางทรงพุ่ม

หน้าที่สำคัญของแมงกานีในเซลล์พืชมีหลายลักษณะ คือ เป็นองค์ประกอบของคลอโรพลาสต์ และเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้กับต้นพืชจะทำให้ต้นพืชมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งในด้านความสูงและการให้ผลผลิต ในลักษณะดังกล่าวต้นพืชจะมีความต้องการแมงกานีสมากขึ้น และแมงกานีสที่มีอยู่ปริมาณหนึ่งในต้นกาแฟก็จะถูกเฉลี่ยไปตามเซลล์ในแต่ละกลุ่มเนื้อเยื่อ ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าเมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้มีปริมาณแมงกานีสในใบลดลง

ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะไม่มีผลต่อปริมาณแมงกานีสในใบ และการเพิ่มจุลธาตุให้ทางใบจะส่งผลอย่างมีนัยสำคัญในการเพิ่มปริมาณแมงกานีสในใบพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในระยะผลสุกซึ่ง Sink affect ของผลลดความรุนแรงลงแล้ว (ตารางที่ 17) สมเจตน์ และคณะ (2526) พบว่าแมงกานีสมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยแมง-กานีสจะมีบทบาทในขบวนการสังเคราะห์แสงและเป็นตัวเร่งปฏิกริยาในเอนไซม์หลายชนิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 แสดงปริมาณธาตุแมงกานีสในกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งที่ 5 นับจากกิ่งยอด

กรรมวิธีที่	Mn ในใบของกิ่งที่ 5			Mn ในใบของกิ่งกลางลำต้น		
	ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย		ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย	
	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก
$TE_0P_0N_0$	174.0	144.4	140.7	187.0	208.5	118.2
$TE_0P_0N_1$	190.3	139.0	140.7	186.3	190.0	128.5
$TE_0P_0N_2$	195.3	134.8	145.8	201.2	171.8	141.7
$TE_0P_1N_0$	171.8	154.8	164.2	249.0	238.2	133.8
$TE_0P_1N_1$	166.3	152.0	121.0	230.0	225.0	130.3
$TE_0P_1N_2$	111.0	130.0	137.5	206.3	192.2	128.5
$TE_0P_2N_0$	155.7	208.8	116.7	275.7	253.2	137.0
$TE_0P_2N_1$	180.2	162.5	130.7	267.8	217.2	145.2
$TE_0P_2N_2$	171.2	105.3	152.0	263.3	232.7	115.0
$TE_1P_0N_0$	189.7	211.8	150.8	283.7	255.7	212.2
$TE_1P_0N_1$	127.8	187.7	115.2	269.5	244.5	153.3
$TE_1P_0N_2$	126.1	188.8	142.7	264.3	184.2	152.7
$TE_1P_1N_0$	176.9	235.0	167.3	225.0	245.5	173.0
$TE_1P_1N_1$	186.2	217.0	154.0	233.3	193.7	151.0
$TE_1P_1N_2$	178.8	107.7	151.7	230.3	192.5	163.3
$TE_1P_2N_0$	144.3	177.5	147.5	243.3	206.2	228.5
$TE_1P_2N_1$	186.7	200.8	174.8	260.7	247.7	192.7
$TE_1P_2N_2$	134.8	154.5	160.0	206.3	206.0	115.8
LSD 0.05						
TE	NS	NS	NS	NS	NS	27.2
N	NS	27.2	NS	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 18 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุแมงกานีสในใบกาแฟ

	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด		120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด		180 วัน* ระยะผลสุก	
	บน	กลาง	บน	กลาง	บน	กลาง
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)						
0	168	229	148	214	138	**131b**
2.4	161	246	187	219	151	**171a**
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)						
0	168	244	**189a**	234	148	167
16	172	241	**177a**	220	139	150
32	152	228	**137b**	197	138	136
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)						
0	167	232	168	209	139	151
8	165	229	116	214	149	147
16	162	252	168	227	147	156

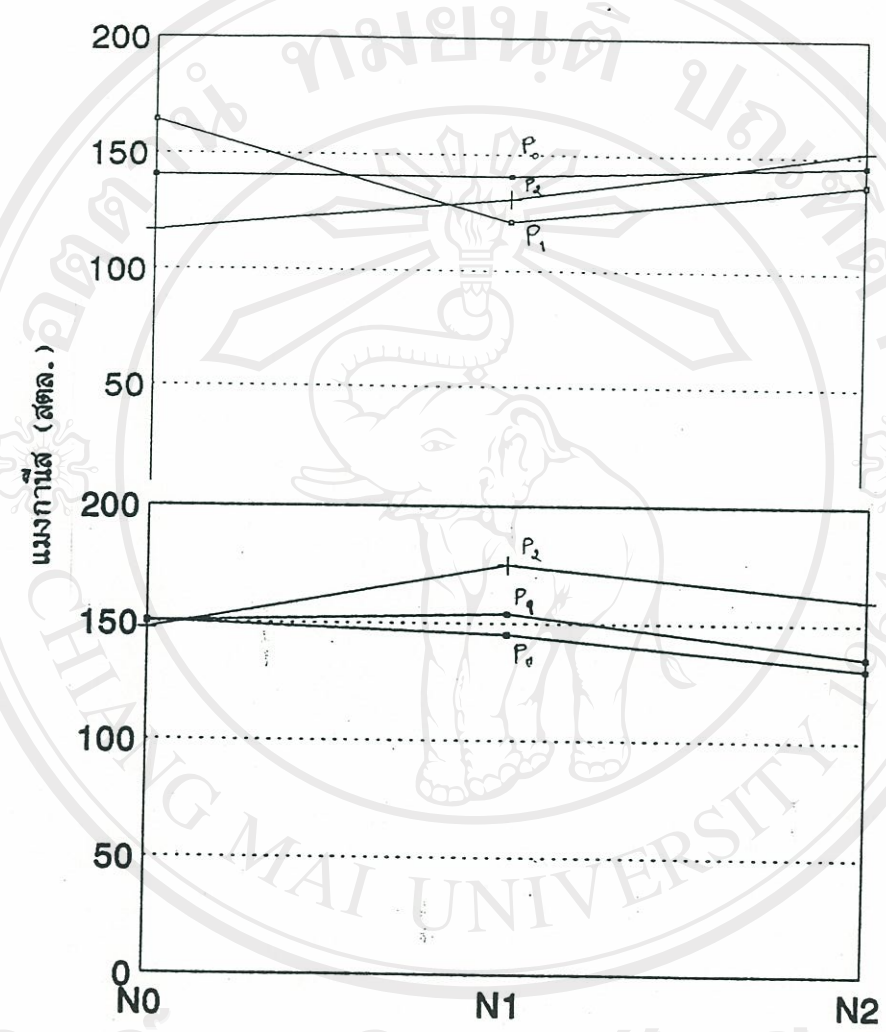
หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีต่อปริมาณธาตุแมงกานีสในใบพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ที่มีต่อปริมาณแมงกานีสในใบพืชในช่วงผลกำลังสร้างเนื้อเมล็ด และช่วงผลสุก ดังแสดงในภาพที่ 11 จะเห็นได้ว่า ไนโตรเจนจะแสดงผลมากกว่าฟอสฟอรัส โดยจะทำให้ปริมาณแมงกานีสในใบลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้ทางดิน โดยที่การเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสไปพร้อม ๆ กันจะไม่มีผลอย่างเด่นชัด ต่อการเปลี่ยนแปลงแมงกานีสในใบแต่อย่างใด

5.2.4 <u>ทองแดง</u>

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุทองแดงในใบกาแฟที่ระยะต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 19 พบว่า ความเข้มข้นของทองแดงในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบน (กิ่งที่ 5 นับจากยอด) ในระยะที่ผลมีขนาดเท่าหัวเข็มหมุดมีค่าเท่ากับ 31 สตล. และระยะผลสุก ใบกาแฟมีการสะสมทองแดงลดลงเหลือ 22 และ 20 สตล. ตามลำดับ

สำหรับใบกาแฟที่ได้รับปุ๋ยจุลธาตุมีการสะสมทองแดง สูงกว่าใบกาแฟที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นทองแดง ซึ่งปริมาณธาตุทองแดงในใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบนของต้นกาแฟที่ได้รับการฉีดพ่นธาตุทองแดงที่ระยะสร้างเนื้อในเมล็ด และระยะผลสุกมีค่า 30 และ 29 สตล. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าปริมาณของธาตุทองแดงในใบที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นจุลธาตุที่ระยะเวลาเดียวกันถึง 8 และ 5 สตล.ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 32 กก.N ต่อไร่จะทำให้ปริมาณความเข้มข้นของทองแดงในใบของกิ่งบนที่ระยะการสร้างเนื้อเมล็ดมีค่าเพียง 23 สตล. ซึ่งต่ำกว่ากาแฟที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเลยอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 16 กก.N ต่อไร่มีแนวโน้มทำให้ปริมาณทองแดงในใบลดลงแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณทองแดงในกิ่งบนและกิ่งกลางจะมีความเข้มข้นต่ำสุดเพียง 20 – 21 สตล.

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 0, 8 และ 16 กก.P_2O_5 ต่อไร่ ไม่มีผลต่อการสะสมธาตุทองแดงของใบของกิ่งบนหรือกิ่งกลางลำต้นกาแฟ ไม่ว่าจะเป็นระยะการสร้างเนื้อในเมล็ดหรือระยะผลสุกแก่ ซึ่งในระยะการสร้างเนื้อในเมล็ดนั้นใบของกิ่งบนหรือกิ่งกลางมีการสะสมธาตุทองแดงอยู่ในช่วง 20 – 26 สตล. และปริมาณการสะสมธาตุนี้ลดลงอยู่ในช่วง 21 – 24 สตล. เมื่อใบพืชอยู่ในระยะผลสุกแก่

ธาตุทองแดง เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับกาแฟ พบว่า 46 % ปริมาณทองแดงทั้งหมดที่ถูกดูดใช้โดยต้นกาแฟอยู่ในส่วนเหนือดิน (Cietto and Haag, 1992)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 แสดงปริมาณธาตุทองแดงในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งกลางและกิ่งที่ 5 นับจากกิ่งยอด

กรรมวิธีที่	Cu ในใบของกิ่งที่ 5			Cu ในใบของกิ่งกลางลำต้น		
	ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย		ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย	
	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก
$TE_0P_0N_0$	31.67	22.67	25.67	30.17	21.33	24.17
$TE_0P_0N_1$	29.83	23.33	23.33	31.50	30.67	23.83
$TE_0P_0N_2$	26.00	21.33	21.00	24.83	24.00	16.67
$TE_0P_1N_0$	24.67	24.67	22.33	29.00	28.00	25.83
$TE_0P_1N_1$	25.50	24.67	21.00	30.33	20.33	19.00
$TE_0P_1N_2$	22.00	21.33	17.17	25.00	18.67	21.33
$TE_0P_2N_0$	31.50	21.67	19.33	27.33	28.67	24.00
$TE_0P_2N_1$	28.67	21.33	15.67	26.50	24.33	18.00
$TE_0P_2N_2$	23.00	20.33	16.00	23.50	18.67	18.50
$TE_1P_0N_0$	39.50	36.67	27.17	34.83	35.33	29.50
$TE_1P_0N_1$	25.67	30.67	21.77	35.00	28.33	26.33
$TE_1P_0N_2$	25.67	25.67	24.67	28.67	33.67	24.33
$TE_1P_1N_0$	22.33	36.67	29.33	32.67	31.00	28.50
$TE_1P_1N_1$	35.00	33.00	22.67	32.00	29.33	24.17
$TE_1P_1N_2$	28.67	20.00	24.00	31.17	31.33	20.00
$TE_1P_2N_0$	29.50	30.00	28.67	33.00	25.33	25.00
$TE_1P_2N_1$	24.50	31.67	24.83	34.33	24.00	27.83
$TE_1P_2N_2$	23.83	27.33	21.33	28.50	27.33	22.33
LSD 0.05						
TE	NS	7.61	2.83	NS	NS	NS
N	NS	4.80	3.17	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 20 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุทองแดงในใบกาแฟ

	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด		120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด		180 วัน* ระยะผลสุก	
	บน	กลาง	บน	กลาง	บน	กลาง
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)						
0	26	27	22b	24	20b	21
2.4	28	32	30a	29	25a	25
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)						
0	29	31	29a	28	25a	26
16	28	31	27ab	26	21b	23
32	24	26	23b	26	21b	20
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)						
0	29	30	27	29	24	24
8	26	30	27	26	23	23
16	26	28	25	25	21	22

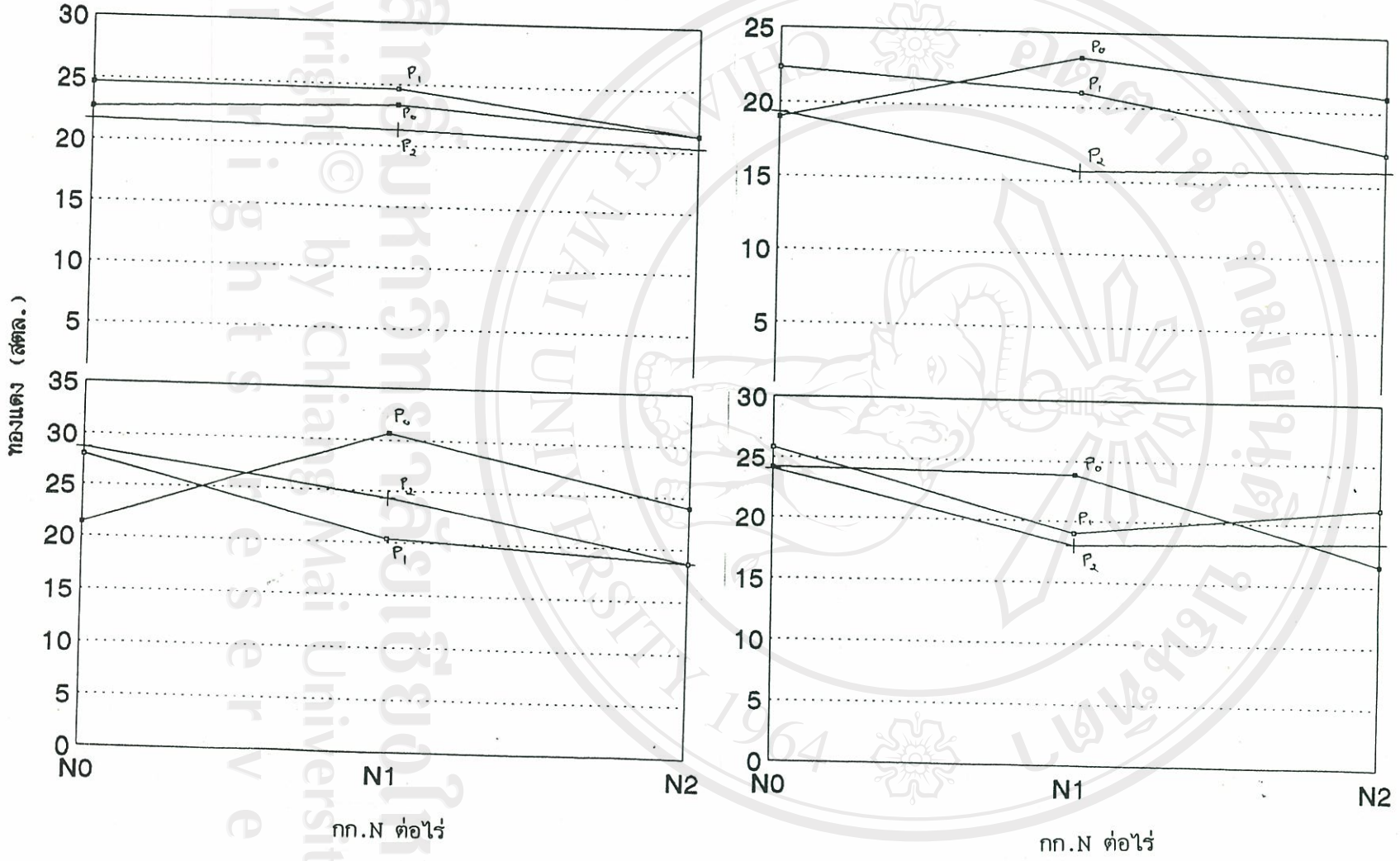
หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจน ฟอสฟอรัสที่มีต่อปริมาณธาตุทองแดงในใบพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Seremiah (1991) พบว่า ปริมาณทองแดงที่สะสมอยู่ที่ใบกาแฟพันธุ์ Robusta มีค่าอยู่ในช่วง 18 – 50 สตล.ในขณะที่กิ่งและรากกาแฟมีทองแดงอยู่ 11 – 32 และ 10 – 37 สตล.ตามลำดับ กาแฟ Arabica ที่ปลูกที่ประเทศเคนย่ามีความต้องการทองแดงมากกว่ากาแฟ Robusta สำหรับค่าวิกฤตของธาตุทองแดงในใบที่ 4 ของกิ่ง ๆ ที่มีการเจริญเติบโตเร็วจะมีค่า 16 – 20 สตล. (Reuter and Robinson, 1986)

ทำนองเดียวกันกับแมงกานีสปริมาณทองแดงในใบจะลดลงในช่วงที่ผลมีการพัฒนาเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณทองแดงในระยะหัวเข็มหมุด (ตารางที่ 19) ทั้งนี้ เนื่องจากทองแดงเป็นธาตุอาหารพืชที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ค่อนข้างรวดเร็ว (วรวิทย์และพิทยา, 2531) นอกจากนี้ธาตุทองแดงจะถูกเคลื่อนย้ายไปสะสมในผล จึงทำให้ปริมาณทองแดงในใบลดลง

การพ่นจุลธาตุให้ทางใบ จะสามารถเพิ่มปริมาณทองแดงในใบพืชได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่การเพิ่มไนโตรเจนให้กับต้นพืชกลับมีผลทำให้ปริมาณทองแดงลดลง ตารางที่ 20 ผลการทดลองนี้อาจอธิบายได้ทำนองเดียวกับผลของไนโตรเจนต่อธาตุแมงกานีสในใบเกี่ยวกับการเฉลี่ยปริมาณธาตุทองแดงไว้ในเนื้อเยื่อที่มีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับไนโตรเจนมากขึ้น

ในทำนองเดียวกันกับอิทธิพลร่วมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีต่อจุลธาตุตัวอื่นได้แก่ เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี พบว่าปุ๋ยไนโตรเจนจะมีอิทธิพลมากกว่าปุ๋ยฟอสฟอรัสในกรณีที่ใส่ไปด้วยกัน โดยจะทำให้ปริมาณจุลธาตุในใบลดลง หรือมีแนวโน้มลดลง และการฉีดพ่นจุลธาตุให้ทางใบช่วยยกระดับปริมาณจุลธาตุในใบพืชได้เล็กน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแมงกานีส และทองแดง (ภาพที่ 12)

5.2.6 สังกะสี

อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีที่ระยะการสร้างเนื้อในเมล็ด (Endosperm) และระยะผลสุกของใบคู่ที่ 3 ของกิ่งบน (กิ่งที่ 5 นับจากยอด) และกิ่งกลางลำต้น แสดงไว้ในตารางที่ 21 พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ มีผลต่อการสะสมปริมาณไนโตรเจนในใบของกิ่งบนอย่างมีนัยสำคัญ พืชที่ไม่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนเลยจะมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีสูงถึง 19.5 สตล. และปริมาณความเข้มข้นของธาตุสังกะสีจะลดลงเมื่อพืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น การสะสมธาตุสังกะสีในใบดังกล่าวจะมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 17 สตล. เมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 36 กก.N ต่อไร่ ในระยะผลสุกซึ่งในใบของกิ่งบนจะมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ในช่วง 17.1 - 18.5 สตล. ในขณะที่ใบบนกิ่งกลางลำต้นมีสังกะสีอยู่ในช่วง 19 - 20 สตล.

ส่วนอิทธิพลของฟอสฟอรัสนั้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุสังกะสีในใบบนกิ่งยอดหรือกิ่งกลางลำต้น ในระยะที่มีการสร้างเนื้อในเมล็ดและระยะสุกแก่ ไม่ว่าจะมีการเพิ่มเติมปุ๋ยฟอสเฟตสูงถึง 16 กก.P_2O_5 ต่อไร่ โดยทั่ว ๆ ไปปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสของใบบนกิ่งยอดทั้ง 2 ระยะก็มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งในช่วงที่พืชสร้างเนื้อหุ้มเมล็ดและผลสุกแก่จะมีปริมาณการสะสมสังกะสีเฉลี่ย 18.4 และ 17.7 สตล. ตามลำดับ

การพ่นจุลธาตุซึ่งประกอบไปด้วยธาตุสังกะสี เหล็ก แมงกานีส ทองแดง โบรอน และโมลิบดีนัมนั้น ถึงแม้จะทำให้ปริมาณการสะสมสังกะสีในใบของกิ่งบนเพิ่มขึ้น แต่ก็ไม่มีความแตกต่างกันกับการไม่พ่นจุลธาตุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 58 - 60) ซึ่งโดยทั่วไปใบของกิ่งบนและกิ่งกลางลำต้น มีการสะสมธาตุสังกะสีเฉลี่ย 18.6 - 21 สตล. ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสังกะสีดังกล่าวอยู่ในระดับที่พอเพียง (Adequate level) เท่ากับ 15 - 30 สตล. สำหรับกาแฟ (Reuter and Robinson, 1986)

จากผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 21 จะเห็นได้ว่าทั้งการฉีดพ่นจุลธาตุให้ทางใบ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ไม่มีผลต่อปริมาณธาตุสังกะสีในใบกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ในตารางที่ 22 จะเห็นได้ว่าปริมาณสังกะสีในใบของกิ่งกลางทรงพุ่มจะมีมากกว่าในใบของกิ่งบริเวณยอด ซึ่งจะเป็นเฉพาะในช่วงระยะหัวเข็มหมุดเท่านั้น เมื่อผลมีการเจริญเติบโตปริมาณสังกะสีจะลดลงอย่างรวดเร็ว และค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในใบของกิ่งกลางทรงพุ่ม ซึ่งจะอยู่ติดกับผล แสดงถึง ความต้องการสังกะสีของผลและเมล็ด สำหรับการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ อาจกล่าวได้ว่าผลกาแฟต้องการสังกะสีในปริมาณที่มากกว่าปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับความต้องการจุลธาตุตัวอื่น ๆ ดังจะเห็นได้ว่า ปริมาณสังกะสีในใบพืชจะลดลงถึง 60 % เมื่อเทียบกับในระยะหัวเข็มหมุด ซึ่งปริมาณที่เคลื่อนย้ายออกจากใบเพื่อไปเลี้ยงผลก็ยังนับว่าไม่เพียงพอ จนทำให้ต้องมีการเคลื่อนย้ายสังกะสีจากใบบริเวณยอดมาเลี้ยงผลด้วย นอกจากนี้ การฉีดพ่นสังกะสีให้ทางใบก็ยังไม่อาจช่วยเพิ่มหรือทดแทนปริมาณสังกะสีที่ถูกเคลื่อนย้ายออกไปเลี้ยงผลแต่อย่างใด จากผลการทดลองนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 21 แสดงปริมาณธาตุสังกะสีในใบกาแฟคู่ที่ 3 ของกิ่งที่ 5 และกิ่งกลาง

กรรมวิธีที่	Zn ในใบของกิ่งที่ 5			Zn ในใบของกิ่งกลางลำต้น		
	ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย		ก่อนใส่ปุ๋ย	หลังการใส่ปุ๋ย	
	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก	ระยะหัวเข็มหมุด	120 วัน ระยะสร้างเนื้อเมล็ด	180 วัน ระยะผลสุก
$TE_0P_0N_0$	37.50	20.00	17.17	46.50	17.5	16.00
$TE_0P_0N_1$	27.83	19.5	16.83	44.48	19.67	16.33
$TE_0P_0N_2$	29.83	17.33	18.17	32.50	17.50	16.17
$TE_0P_1N_0$	43.50	18.50	18.00	41.17	20.00	21.67
$TE_0P_1N_1$	33.83	17.67	18.17	39.83	16.33	21.50
$TE_0P_1N_2$	39.17	19.33	18.00	35.73	14.50	22.83
$TE_0P_2N_0$	31.50	18.67	18.23	64.42	21.50	19.50
$TE_0P_2N_1$	42.23	16.67	16.67	43.00	20.42	16.17
$TE_0P_2N_2$	38.07	16.50	16.33	45.00	22.00	17.50
$TE_1P_0N_0$	46.17	20.33	20.33	55.92	22.00	25.17
$TE_1P_0N_1$	26.33	21.50	17.83	55.17	19.33	17.17
$TE_1P_0N_2$	28.33	13.33	17.67	53.17	20.50	18.00
$TE_1P_1N_0$	30.07	20.00	18.17	53.50	23.17	18.17
$TE_1P_1N_1$	28.73	19.67	19.67	66.50	25.73	21.33
$TE_1P_1N_2$	33.50	16.50	16.67	51.83	24.33	21.83
$TE_1P_2N_0$	29.17	19.50	18.83	93.62	21.67	20.83
$TE_1P_2N_1$	35.33	21.33	17.17	39.60	21.83	22.17
$TE_1P_2N_2$	26.83	18.33	15.50	43.92	24.67	19.67
LSD 0.05						
TE	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

* จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 22 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุสังกะสีในใบกาแฟ

	ก่อนใส่ปุ๋ย ระยะหัวเข็มหมุด		120 วัน* ระยะสร้างเนื้อเมล็ด		180 วัน* ระยะผลสุก	
	บน	กลาง	บน	กลาง	บน	กลาง
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)						
0	35	43	18.24	19	17.51	19
2.4	31	57	18.94	23	19.98	20
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)						
0	36	59	19.5	21	18.46	20
16	32	48	19.39	20	17.72	19
32	32	43	16.89	21	17.06	19
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)						
0	32	47	18.67	19	18	18
8	34	48	18.61	21	18.11	21
16	33	54	18.5	22	17.12	19

หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาจกล่าวได้ว่า การฉีดพ่นสังกะสีให้ต้นกาแฟในช่วงที่ผลกำลังเจริญเติบโตเป็นสิ่งที่จำเป็นที่จะทำให้ผลมีการเจริญเติบโตตามปกติ และเป็นการป้องกันไม่ให้ต้นกาแฟต้องดึงธาตุสังกะสีสำรองในใบและกิ่งออกมาใช้ในการเลี้ยงผล ดังมีรายงานของ (Cannell, 1985) Guimarass (1989) ได้ทดลองพ่น $ZnSO_4$ แก่กาแฟ พบว่า การพ่นสังกะสีในอัตรา 9.4 กก.ต่อเฮกตาร์ ในเดือน พฤศจิกายน, กุมภาพันธ์ และเมษายน ทำให้ได้ผลผลิตสารกาแฟสูงสุดถึง 1,647 กก.ต่อเฮกตาร์ ในขณะที่กาแฟไม่ได้รับสังกะสีเลยจะให้ผลผลิตเพียง 1,000 กก.ต่อเฮกตาร์ กาแฟที่ให้ผลผลิตสูงสุดนี้จะมีปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี 21 - 25 สตล. และมีอัตราส่วน P และ Zn เท่ากับ 70 - 90 ส่วน Lambot (1987) พบว่า การพ่น Zn-EDTA มีความเข้มข้น 90 กรัมต่อลิตรในอัตรา 4 ลิตรต่อเฮกแตร์ ทำให้กาแฟมีการสะสมสังกะสีในใบเพิ่มจาก 5.6 สตล. เป็น 14.5 สตล. และทำให้อาการขาดสังกะสีของกาแฟอราบีก้าไม่ปรากฏ การใส่สังกะสีไม่มีผลต่อผลผลิตของกาแฟแต่จะช่วยเพิ่ม Tryptophan Amino acid ของสารกาแฟ ตลอดจนปรับปรุงการผสมเกสรและขนาดของสารกาแฟ รวมทั้งปรับปรุงกลิ่นและรสชาดของกาแฟด้วย

การให้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสังกะสีในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21)

ปริมาณธาตุอาหารในสารกาแฟ

ดังแสดงในตารางที่ 24 จะเห็นได้ว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในสารกาแฟอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่การฉีดพ่นจุลธาตุจะช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในสารกาแฟ โดยที่การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสจะไม่มีผลอย่างเด่นชัดต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็กในสารกาแฟ

เมื่อพิจารณาถึงความเกี่ยวข้องกันของปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในผลที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการให้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทางดิน และการพ่นจุลธาตุให้ทางใบ ที่อาจเกี่ยวพันถึงคุณภาพของสารกาแฟ ซึ่งจะพิจารณาจากองค์ประกอบที่เป็น Purine N และ Amino acid ต่าง ๆ อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่เพิ่มนี้อาจเพิ่มคุณภาพของสารกาแฟได้ด้วย

ส่วนในตารางที่ 25 ได้แสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นจุลธาตุทางใบ จะช่วยเพิ่มปริมาณทองแดงในสารกาแฟ แต่การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ธาตุทองแดงในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาถึงรายงานของ Maroko (1988a) ได้ทดลองพบว่า ผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 23 แสดงปริมาณธาตุต่าง ๆ ในสารกาแฟ

กรรมวิธีที่	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (ppm)	สังกะสี (ppm)	เหล็ก (ppm)	ทองแดง (ppm)	แมงกานีส (ppm)
$TE_0P_0N_0$	1.9	0.11	15.1	47.6	31.6	34.5
$TE_0P_0N_1$	2.1	0.14	15.3	38.0	34.0	54.0
$TE_0P_0N_2$	2.2	0.14	16.5	25.8	31.3	45.1
$TE_0P_1N_0$	2.0	0.14	20.5	54.1	34.3	43.5
$TE_0P_1N_1$	1.9	0.13	17.5	49.6	34.0	42.3
$TE_0P_1N_2$	2.2	0.13	15.1	21.6	26.6	36.3
$TE_0P_2N_0$	1.9	0.13	17.8	59.5	33.6	44.0
$TE_0P_2N_1$	2.1	0.15	19.5	63.6	33.3	43.5
$TE_0P_2N_2$	2.2	0.15	17.5	57.3	27.6	43.8
$TE_1P_0N_0$	1.9	0.14	17.1	79.3	40.3	46.5
$TE_1P_0N_1$	2.0	0.13	18.5	53.6	34.3	38.0
$TE_1P_0N_2$	2.1	0.14	19.6	56.5	33.0	39.6
$TE_1P_1N_0$	1.9	0.14	19.6	70.6	40.6	45.3
$TE_1P_1N_1$	2.1	0.14	19.6	62.0	38.0	44.5
$TE_1P_1N_2$	2.1	0.14	19.3	68.1	37.0	36.6
$TE_1P_2N_0$	1.9	0.14	16.1	52.8	36.0	31.3
$TE_1P_2N_1$	2.1	0.15	17.7	44.7	32.3	42.8
$TE_1P_2N_2$	2.1	0.14	17.6	78.0	34.0	39.8
LSD 0.05						
TE	NS	0.003	NS	NS	1.53	NS
N	0.06	NS	NS	NS	3.58	NS
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N * P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 24 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในสารกาแฟ

	ธาตุไนโตรเจน (%)	ธาตุฟอสฟอรัส (สตล.)	ธาตุเหล็ก (สตล.)
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)			
0	2.09	0.136	46.39
2.4	2.06	0.140	62.87
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)			
0	**1.96c**	0.13	60.69
16	**2.08b**	0.14	51.95
32	**2.19a**	0.14	51.25
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)			
0	2.06	0.14	50.17
8	2.09	0.14	54.39
16	2.08	0.14	59.34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกัน$^{+8X}$ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 25 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในสารกาแฟ

	ธาตุแมงกานีส (%)	ธาตุทองแดง (สตล.)	ธาตุสังกะสี (สตล.)
ปุ๋ยจุลธาตุ (กก.ต่อไร่)			
0	43.02	17.22	31.85b
2.4	40.50	17.87	36.19a
ปุ๋ย N (กก.ต่อไร่)			
0	40.86	17.75	36.11a
16	44.19	17.53	34.33ab
32	40.22	17.36	31.61b
ปุ๋ย P (กก.ต่อไร่)			
0	42.97	17.06	34.11
8	41.44	18.14	35.11
16	40.86	17.44	32.83

หมายเหตุ

* = จำนวนวันหลังการใส่ปุ๋ยครั้งแรก

1. = ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ P = 0.050

2. = ค่าเฉลี่ยที่ไม่มีตัวอักษรแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกรด A จะมีปริมาณทองแดงสะสมอยู่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเกรดอื่น ๆ จะเห็นได้ว่าการฉีดพ่นจุลธาตุให้ทางใบจะเป็นสิ่งที่จำเป็น ในขณะที่การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสารกาแฟในส่วนขององค์ประกอบของธาตุทองแดงได้เช่นกัน

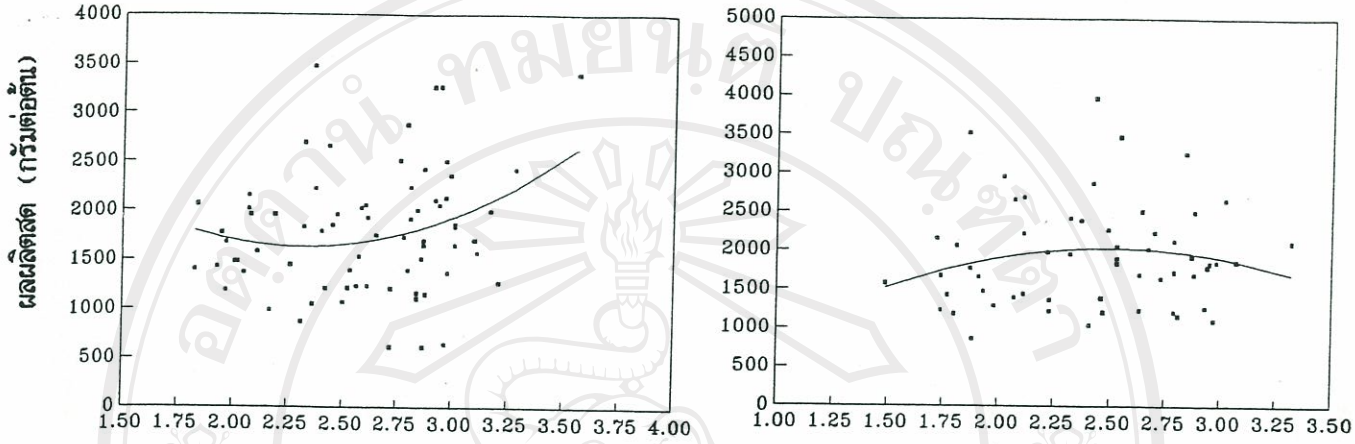
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสในใบกาแฟกับผลผลิต

ปริมาณไนโตรเจนในใบ

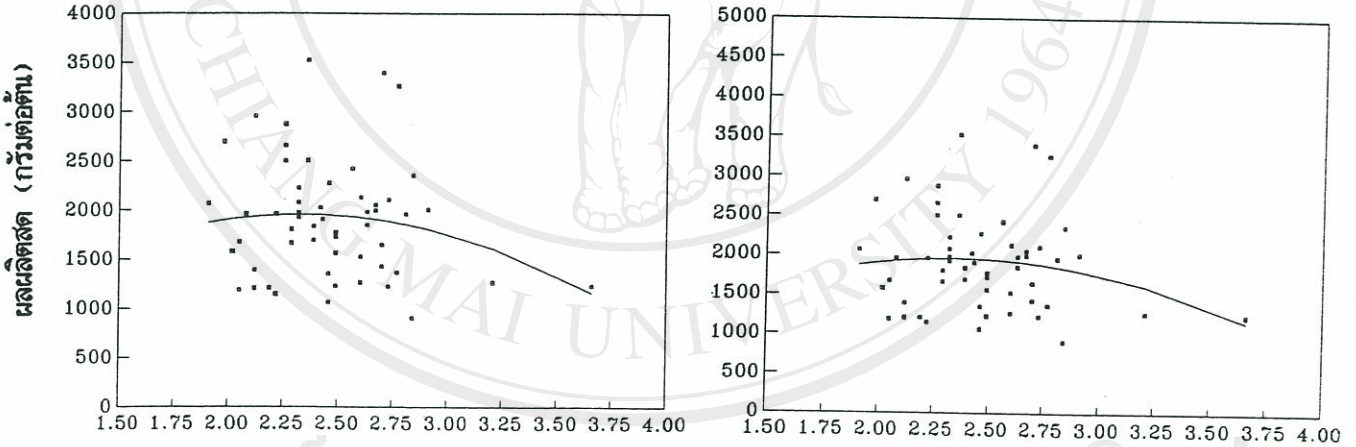
ในภาพที่ 13 เป็นค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนในใบ กับปริมาณผลผลิตที่ได้จากต้นพืชต้นเดียวกัน โดยได้แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ทั้งส่วนของใบที่อยู่บริเวณยอด และใบที่อยู่บริเวณกลางทรงพุ่ม โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ทั้งในระยะที่ผลสร้างเนื้อในเมล็ด และในระยะผลสุก จะเห็นได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนในใบกับผลผลิตของกาแฟจะมีค่อนข้างน้อย การเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในใบจาก 1.5 - 3.25 % ก็ยังไม่สามารถที่จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในใบต่าง ๆ ถึงแม้ว่าในผลการทดลองถึงอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ และปริมาณผลผลิตสด จะแสดงให้เห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์โดยตรงของปริมาณไนโตรเจนในใบและผลผลิตสด (ตารางที่ 13) ก็ตาม อาจเป็นไปได้ว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีการเคลื่อนย้ายได้ค่อนข้างรวดเร็วภายในต้นพืช การรักษาสมดุลย์ระหว่างไนโตรเจนในใบ ผล และกิ่งหรือแม้กระทั่งรากเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา (Cannell, 1985) ดังนั้นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของไนโตรเจนในใบกับผลผลิตจึงเป็นสิ่งที่ตอบได้ค่อนข้างยาก นอกจากนี้ผลผลิตของกาแฟยังขึ้นอยู่กับ จำนวนดอก จำนวนข้ออีกด้วย ซึ่งปัจจัยทั้งสองอย่างนี้ได้แสดงผลแล้วก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองซึ่งได้เริ่มใส่ปุ๋ยตั้งแต่ระยะติดผลเท่าหัวเข็มหมุดเป็นต้นมา

อย่างไรก็ตาม ความสัมพันธ์ระหว่างปุ๋ยไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ และปริมาณผลผลิตสดที่พบจากการทดลองครั้งนี้ อาจกล่าวได้ว่า ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ และผลผลิตสดของกาแฟอาจแปรผันตามกันได้ ซึ่งเรื่องนี้อาจจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปซึ่งการศึกษาจะต้องใช้เวลาต่อเนื่องกันประมาณ 2 - 3 ปีเพราะกาแฟเป็นไม้ผลยืนต้นที่มีอุปนิสัยพิเศษที่การให้ผลผลิตในปีต่อไปขึ้นกับพัฒนาการทางกิ่งในปีนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



กิ่งบน



กิ่งกลาง

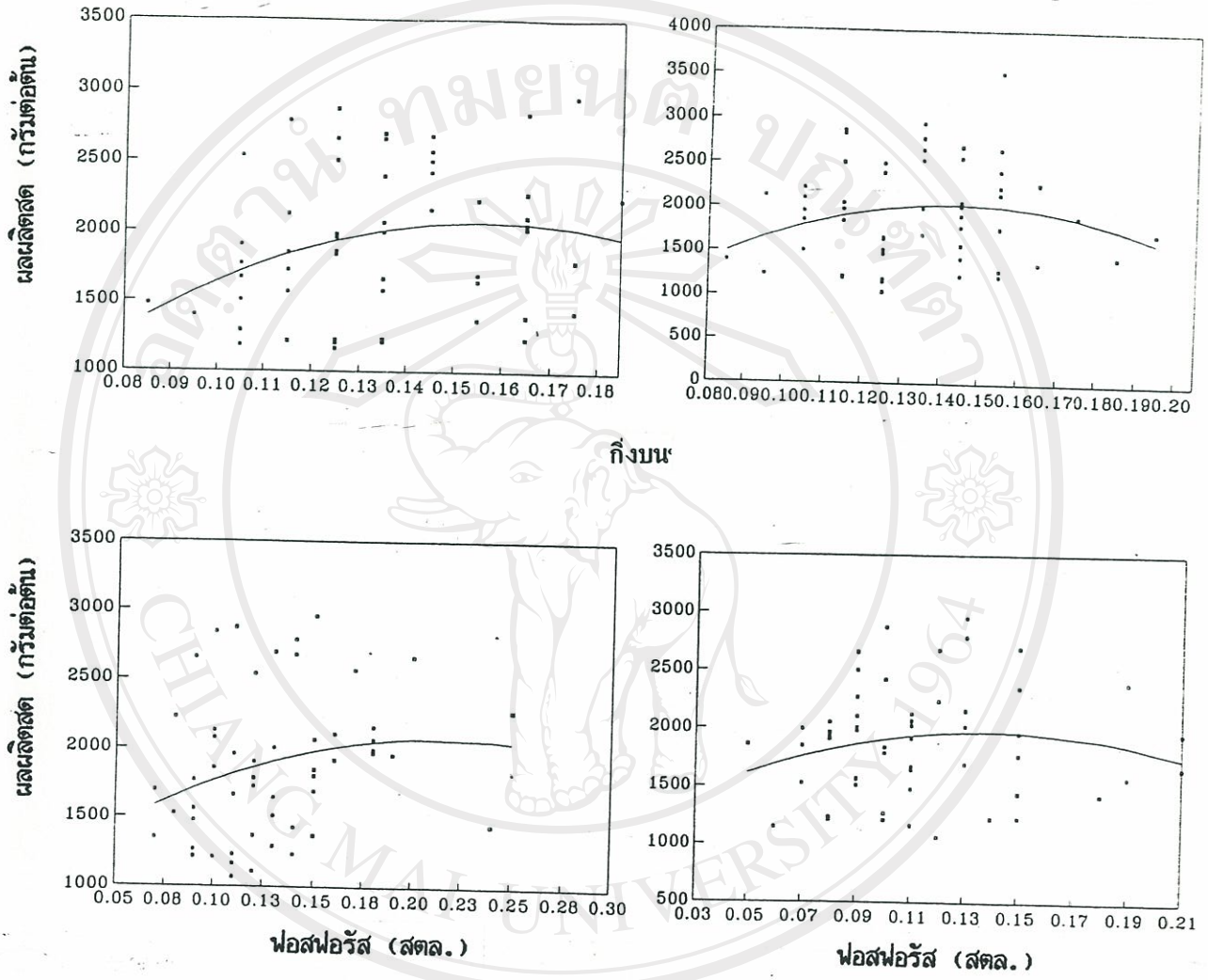
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบพืชกับผลผลิตสดต่อต้นในช่วงระยะสร้างเนื้อในเมล็ด และระยะผลสุก

ปริมาณฟอสฟอรัสในใบ

ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบกับผลผลิตสด พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในใบพืชที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้นได้อย่างเด่นชัด ดังแสดงในภาพที่ 14 อย่างไรก็ตาม ช่วงปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงกว่า 0.16 % มีแนวโน้มที่จะทำให้ผลผลิตลดลงได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในใบยอด และในใบกึ่งกลางทรงพุ่มของต้นพืชที่อยู่ในระยะที่ผลกำลังสร้างเนื้อในเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบพืชกับผลผลิตสดต่อต้นในช่วงระยะสร้างเนื้อในเมล็ด และระยะผลสุก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved