

ธาตุอาหารพืชกับคุณภาพผลผลิตกาแฟอาราบิก้า
2. ผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ ที่มีต่อ
การเจริญเติบโตและผลผลิตของกาแฟในสภาพไม่มีร่มเงา

กชกร ป้อมน้อย ¹, มานัส แสนมณีชัย ² และ พิตยา สรวมศิริ ¹

PLANT NUTRITION AND YIELD QUALITY OF
ARABICA COFFEE 2. EFFECT OF NITROGEN,
PHOSPHOROUS AND MICRONUTRIENT ON GROWTH
AND YIELD OF UNSHADED COFFEE PLANTS

Kochakorn Pomnoi ¹, Manas Sanmaneechai ² Pittaya Sruamsiri ¹

ABSTRACT : Effects of nitrogen, phosphorous and micronutrients on growth and yield were studied on Arabica coffee plant (4 years of age) grown unshaded at Khun-Changkian Highland Agricultural Research and Training Centre, Chiang Mai. Nitrogen fertilizer at the rate of 16-32 Kg N/rai could significantly increase both plant height and node number. Nitrogen could also enhance yield by increase bean dry weight at the same fruit size. This effect of nitrogen could also achieve through phosphorous and micronutrient fertilizers. Phosphorous and micronutrients showed however no significant effect on plant growth.

¹ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200.

² ภาควิชาปรับปรุงดินและอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 50200.

¹ Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

² Department of Soil Science and Conservation, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand.

บทคัดย่อ : จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกาแฟระบือ อายุ 4 ปี ที่ปลูกอยู่ในสภาพกลางแจ้ง ของสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรกรที่สูงชันข้างเขื่อนจังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16-32 กก. N/ไร่ มีผลทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านความสูงและจำนวนข้อ ตลอดจนช่วยเพิ่มผลผลิตได้ โดยเพิ่มน้ำหนักของสารกาแฟแต่ไม่เพิ่มขนาดผล ในขณะที่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและจุลธาตุจะไม่ส่งผลเด่นชัดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต แต่จะเพิ่มน้ำหนักของสารกาแฟได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน.

คำนำ

ในการปลูกกาแฟระบือที่พื้นที่สูงภาคเหนือของประเทศไทย เกษตรกรมักประสบปัญหาเกี่ยวกับอาการยอดแห้งตาย (Die back) หรือผลแห้งตายคาต้น ซึ่งส่งผลให้ต้นพืชอ่อนแอ ผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตลดลง การขาดแคลนธาตุอาหารที่จำเป็น ตลอดจนการขาดความสมดุลระหว่างธาตุอาหารชนิดต่างๆ อาจเป็นสาเหตุของอาการดังกล่าวได้ ดังนั้นการเพิ่มปุ๋ยให้กับต้นกาแฟอาจเป็นหนทางแก้ไขปัญหานี้ได้ อย่างไรก็ตาม การจัดการในส่วนนี้ยังขาดข้อมูลวิจัยอีกจำนวนมากเพื่อกำหนดวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลที่ต้องการจะต้องพิจารณาถึงแต่ลักษณะของดินปลูกไปจนถึงพฤติกรรมของต้นพืชด้วย.

Lampaopong *et. al.* (1985) พบว่า สภาพดินทั่วไปของแปลงปลูกกาแฟพื้นที่บนภูเขาสูงภาคเหนือของไทยจะมีความลาดชันเฉลี่ย 10.14% ดินบนมี pH 4.5-6.5 อินทรีย์วัตถุ 2.0-11.7% และฟอสฟอรัสเฉลี่ย 7.4 ppm ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก นอกจากนี้ยังมีจุลธาตุค่อนข้างต่ำ โดยมีธาตุเหล็ก 15.6 แมงกานีส 2 ทองแดง 0.3 และธาตุสังกะสี 0.5 ppm เท่านั้น ดังนั้น ในการปลูกกาแฟเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีจึงจำเป็นต้องปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้เพียงพอเสมอ.

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีปัญหาสำหรับการปลูกกาแฟบนที่สูง ทั้งนี้เพราะธาตุนี้จะสูญเสียไปจากดินได้ง่ายและหลายทาง เช่น ถูกชะล้างโดยน้ำ ระเหยไปในรูปก๊าซ จุลินทรีย์ในดินนำไปใช้ ตลอดจนถูกเคลื่อนย้ายไปกับผลผลิตที่เก็บเกี่ยวออกไป (Snoeck and Jadin, 1990) กาแฟที่ปลูกโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่ากาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงา (Haarer, 1962) นอกจากนี้ กาแฟจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีมาก การเพิ่มไนโตรเจนอย่างเพียงพออาจช่วยเพิ่มผลผลิตได้ถึง 30% (Miskin *et. al.*, 1972) ผลกระทบของปุ๋ยไนโตรเจนต่อต้นกาแฟที่เด่นชัดคือ ช่วยเร่งการเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่งก้าน และใบ Mitchell (1988) รายงานว่า ไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มจำนวนดอกต่อข้อ และการติดผลได้ด้วย.

กาแฟจะต้องการธาตุฟอสฟอรัสที่น้อยกว่าในโตรเจนมาก แต่ในสภาพแปลงปลูก กาแฟก็มักประสบปัญหาการขาดธาตุนี้ได้เสมอ เนื่องจากดินที่ใช้ปลูกกาแฟมักจะมีอัตราการตรึง ฟอสฟอรัสค่อนข้างสูง เนื่องจากดินเป็นกรดจัด และมีปริมาณเหล็ก หรืออลูมิเนียมออกไซด์หรือ ไฮดรอกไซด์สูง จึงทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสและเกิดการตกตะกอน ทำให้ความเป็นประโยชน์ ของฟอสฟอรัสลดลง (Sanchez, 1976, Tisdale *et. al.*, 1985) แต่ธาตุนี้ก็จำเป็นสำหรับ เมตาบอลิซึมของพืช ตลอดจนการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และการออกดอกติดผล ธาตุนี้จะมี ผลกระทบต่อการให้ผลผลิตกาแฟน้อยกว่าในโตรเจน แต่จะมีความสำคัญมากขณะที่กาแฟมีอายุน้อย โดยทั่วไปกาแฟจะมีระดับฟอสฟอรัสในใบประมาณ 0.10-0.16% ถ้ามีน้อยกว่านี้ถือว่าพืชขาดธาตุ ฟอสฟอรัส River and Martin (1988) ทดลองกับกาแฟที่ปลูกในดินที่มี Available P = 26.4 ppm พบว่า การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มผลผลิตได้มากถึง 115% ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วร่วมกับ ข้อมูลของ Lampaopong *et. al.* (1985) ที่พบว่าดินปลูกกาแฟบนที่สูงภาคเหนือของไทย จะมี ค่า Available P เพียง 7.4 ppm เท่านั้น การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง นภาพร อมรจิตติ (2521) พบว่า ในการสร้างเมล็ดกาแฟ 1,000 กก. ดินกาแฟต้องการใช้ฟอสฟอรัสจาก ดินไม่น้อยกว่า 15-20 กก.

ธาตุจะมีความสำคัญต่อกาแฟเช่นเดียวกับในโตรเจนและฟอสฟอรัส แม้ว่าจะต้อง การในปริมาณไม่มากเท่า Lambat (1987) พบว่า ธาตุสังกะสีมีผลต่อขนาดของผล ตลอดจน กลิ่นและรสชาติของกาแฟ นริศ อัมรัมย์ (2534) พบว่า สังกะสีจะช่วยเพิ่มความทนแล้งให้กับ กาแฟได้ นภาพรอมรจิตติ (2521) รายงานว่า กาแฟบนที่สูงมักจะแสดงอาการขาดสังกะสีได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มที่ปลูกบนพื้นที่ชันบันได ประภาวิทย์ และธรรมศิริ (2531) รายงานว่า ธาตุทองแดงใน Cu-fungicide จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงได้ ธาตุโบรอนจะช่วย เพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยในโตรเจน แคลเซียม และโปแตสเซียมได้.

จากรายงานการวิจัยดังกล่าวมาแล้วทั้งหมด จะเห็นได้ว่ากาแฟเป็นพืชที่มีความ ต้องการธาตุอาหารพืชมากทั้งปริมาณและชนิด จากการสังเกตในหลาย ๆ กรณี พบว่า กาแฟ เป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารมากในช่วงการติดผล จนกระทั่งผลสุก ซึ่งในเรื่องนี้ก็ยังไม่มีการ ทดลองยืนยันภายใต้สภาพแปลงปลูกของไทย ดังนั้น การทดลองครั้งนี้จึงอาจใช้เป็นแนวทาง พิจารณาการให้ปุ๋ยกับดินกาแฟอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าการลงทุนต่อไป.

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในพืชทดลองเป็นกาแฟอาราบิก้าสายพันธุ์ Catimor 90 อายุ 4 ปี จำนวน 108 ต้น ซึ่งปลูกกลางแจ้ง ด้วยระยะปลูก 2x2 เมตร อยู่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช้าง-เคียน วางแผนการทดลองแบบ 2x3x3 Factorial in split block design มีชุดธาตุ 2 ระดับ (+ และ -) เป็น Main plot มี Combination ของไนโตรเจน (N) 3 ระดับ (0, 16 และ 32 กก. N/ไร่) และฟอสฟอรัส (P) 3 ระดับ (0, 8 และ 16 กก. P₂O₅/ไร่) เป็น Sub plot รวมเป็น 18 กรรมวิธี (Treatment) ทำ 3 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นกาแฟ 2 ต้น.

การใส่ปุ๋ย : ปุ๋ยฟอสฟอรัสใส่ครั้งเดียวเมื่อผลอยู่ในระยะ Pinhead stage ส่วนปุ๋ยไนโตรเจน แบ่งใส่ 3 ครั้งในระยะพัฒนาการของผลเป็น Pinhead (มิถุนายน), Bean formation (กันยายน) และ Ripening (พฤศจิกายน) และการพ่นจุลินทรีย์ให้ทางใบ กระทำเดือนละ 1 ครั้งติดต่อกัน 6 เดือน (กรกฎาคม-ธันวาคม)

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การบันทึกข้อมูล : เก็บตัวอย่างดินเมื่อเริ่มต้นการทดลอง (ก่อนใส่ปุ๋ย) เพื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหาร ตรวจสอบการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนข้อของกิ่งกลางทรงพุ่ม และการให้ผลผลิต ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบกาแฟในแต่ละช่วงพัฒนาการของผล.

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณสมบัติของดินปลูก

ในตารางที่ 1 เป็นคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินในระดับความลึก 0-15 ซม. ทำการขุดเจาะเพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนเริ่มใส่ปุ๋ย ตามกรรมวิธีของการทดลอง.

อาจนับได้ว่าดินที่ปลูกกาแฟของแปลงทดลองนี้ มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสและโปแตสเซียม อาจเนื่องจากผลตกค้างของธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ได้ให้กับต้นกาแฟอย่างสม่ำเสมอติดต่อกันมานาน 3 ปีแล้ว.

Table 1. Physical and chemical properties of soil at 0-15 cm.

Properties	Soil
Physical :	
Texture	Sandy clay
Sand (%)	53.1
Clay (%)	22.9
Density (g/cm ³)	1.13
Poration (%)	46.6
Chemical :	
pH	5.5
Organic matter (%)	5.4
Nitrogen (%)	0.15 - 0.18
Phosphorous (ppm)	48.0
Potassium (ppm)	253
Ferous (ppm)	10
Manganese (ppm)	10
Copper (ppm)	0.5
Zinc (ppm)	2.0

2. ผลกระทบต่ออัตราการเพิ่มความสูงและจำนวนข้อ

การศึกษานี้มีผลของธาตุอาหารที่มีต่ออัตราการเพิ่มความสูง กระทำโดยวัดความสูงและนับจำนวนข้อของต้นกาแฟเมื่อเริ่มทดลอง (มิถุนายน) และตรวจวัดและนับอีกครั้งหนึ่งเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ธันวาคม) ค่าความสูงและจำนวนข้อที่เพิ่มขึ้นเป็นอัตราการเพิ่มความสูงและจำนวนข้อ ดังแสดงผลการศึกษาในตารางที่ 2.

Table 2. Effect of micronutrients, nitrogen and phosphorous on plant height and node number of Arabica coffee cultivar Catimor 90.

Fertilizer	Increase of ⁱ plant height (cm)	Increase of ^v node number
Micronutrient (Kg/rai)		
0	9.00 ²	2.5
2.4	10.39	2.4
Nitrogen (kg N/rai)		
0	6.94 ^{b, v}	1.8 ^b
16	10.69 ^a	2.7 ^a
32	11.44 ^a	2.8 ^a
Phosphorous (kg P ₂ O ₅ /rai)		
0	10.86	2.5
8	8.58	2.1
15	9.63	2.7

^v Increase within 7 months in year 4 of age^v Factors showed no interaction.^a Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript were not significant difference.

จะเห็นได้ว่าเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มความสูงและจำนวนข้อของต้นกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ฟอสฟอรัสและจุลธาตุไม่แสดงผลอย่างเด่นชัด การตอบสนองของต้นกาแฟต่อธาตุไนโตรเจนจะเห็นได้อย่างชัดเจน แม้จะใช้ปริมาณเพียง 16 กก N/ไร่ ก็ตาม ผลของการทดลองนี้ยืนยันงานของ Cervellini *et. al.* (1989) ซึ่งพบว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ต้นกาแฟสูงเพิ่มขึ้นได้ 5-10% และของ Cannell (1985) ซึ่งพบว่าธาตุไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มจำนวนข้อได้.

การที่ต้นกาแฟตอบสนองต่อการปุ๋ยไนโตรเจนได้ดีมาก แม้จะใช้ในอัตราต่ำแสดงให้เห็นความจำเป็นของการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้กับต้นกาแฟในระหว่างการติดผล และระหว่างผลกำลังเจริญเติบโต ซึ่งจะช่วยให้การเจริญเติบโตทางลำต้น กิ่ง ใบ ตีขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม การเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนควรจะต้องพิจารณาว่าธาตุไนโตรเจนจะสูญหายจากดินได้ค่อนข้างเร็วเนื่องจากการถูกระล้างของน้ำฝน วิธีการที่เหมาะสมน่าจะเป็นลักษณะของการทยอยใส่บ่อย ๆ ในปริมาณ ครั้งละน้อย ๆ.

ในการทดลองครั้งนี้ต้นกาแฟจะตอบสนองต่อธาตุฟอสฟอรัสไม่ดี อาจจะเนื่องจากดินปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัส (Available P) สูงอยู่แล้ว.

3. ผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิต

ปริมาณและคุณภาพผลผลิตต่อไร่ได้จาก การนำค่าเฉลี่ยของผลผลิตสดและผลผลิตสารกาแฟของแต่ละต้น คูณค่า จำนวนต้น 400 ต้น/ไร่ (ระยะปลูก 2x2 ม.) ส่วน % Bean weight เป็นค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของสารกาแฟจากผล 100 ผล เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักสดของผลชุดเดียวกัน.

ทำนองเดียวกับผลกระทบที่มีต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและจำนวนข้อ ปุ๋ยไนโตรเจน จะช่วยเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเพิ่มผลผลิตสดจาก 714.1 กก/ไร่ เป็น 826.3 และ 856.4 กก/ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 16 และ 32 กกN/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3) การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนไม่ทำให้น้ำหนัก 100 ผล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะทำให้ % Bean weight เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด แสดงว่าปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยไปเพิ่มปริมาณสารกาแฟมากกว่าส่วนของเนื้อผลและกะลา ซึ่งนับว่าเป็นข้อดีของธาตุไนโตรเจนที่น่าสนใจมาก เพราะส่วนที่เรานำไปใช้ประโยชน์คือ ส่วนของสารกาแฟ.

ธาตุฟอสฟอรัสและจุลธาตุมีผลต่อการเพิ่มเนื้อสารกาแฟเช่นกันแม้ว่า จะไม่สามารถทำให้ผลผลิตสดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ จุลธาตุยังทำให้น้ำหนัก 100 ผล เพิ่มขึ้นกว่าที่ไม่ได้ฉีดพ่นจุลธาตุด้วย แสดงว่าจุลธาตุจะช่วยเพิ่มขนาดผลได้ด้วย.

ตรงจุดนี้อาจกล่าวโดยรวมได้ว่า การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุให้กับต้นกาแฟระหว่างการติดผลเป็นสิ่งจำเป็น เพราะจะช่วยเพิ่มผลผลิตสารกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าจะมุ่งเน้นถึงผลผลิตสด เกษตรกรควรให้ความสนใจกับไนโตรเจนให้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินปลูกที่มีธาตุฟอสฟอรัส (Available P) ค่อนข้างสูง.

Table 3. Effect of micronutrient, nitrogen and phosphorous on yield and yield component of Arabica coffee cultivar Catimor 90.

Fertilizer	Cherry yield ¹ (kg/rai)	Bean (kg/rai)	100 Cherry ¹ weight (g)	% Bean ¹ weight
Micronutrient (kg/rai)				
0	756.8	145	124.1 ^b	62.04 ^b
2.4	841.8	162.3	131.0 ^a	64.81 ^a
Nitrogen (kg N/rai)				
0	714.1 ^{b, a'}	141.8	126.3	55.56 ^c
16	826.3 ^a	158.6	126.7	65.00 ^b
32	856.4 ^a	160.7	129.8	69.72 ^a
Phosphorous (kg P ₂ O ₅ /rai)				
0	751.4	141.4	126.9	54.72 ^c
8	846.6	163.7	126.7	63.33 ^b
16	798.7	155.9	129.1	72.22 ^a

¹ Factor showed no interaction.

^{a'} Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript were not significant difference.

4. ผลกระทบต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ

ใบกาแฟที่ 3-4 จากปลายกิ่งบริเวณกลางทรงพุ่มได้ถูกสุ่มเก็บมาในระยะพัฒนาการของผล 3 ระยะคือ ผลเท่าหัวเข็มหมุด ผลกำลังขยายตัว และช่วงผลสุก เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส พบว่า

ในกรณีของปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ : ในระยะผลเท่าหัวเข็มหมุด (Pinhead) ใบกาแฟจะมีปริมาณธาตุไนโตรเจน 2.31-2.44% ถ้าไม่มีการเพิ่มธาตุอาหารใด ๆ ให้กับต้นกาแฟ ปริมาณธาตุไนโตรเจนจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะพัฒนาการของผล และถึงจุดต่ำสุดเมื่อผลสุก การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสและจุลธาตุ ไม่ช่วยเพิ่มปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบ แต่มีแนวโน้มกลับทำให้ลดลงอีก (ตารางที่ 4) ในขณะที่การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจนในใบได้อย่างมีนัย

สำคัญทางสถิติ ในทุกระยะของการพัฒนาการของผล และยังช่วยรักษาปริมาณไนโตรเจนในใบให้คงที่ตลอดระยะการพัฒนาการของผลด้วย ซึ่งถ้าพิจารณาถึงผลดีของการรักษาธาตุอาหารสะสมในใบเพื่อแก้ปัญหาทั้งแห้งตายก็นับได้ว่าปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสิ่งจำเป็น.

ในกรณีของธาตุฟอสฟอรัสในใบ : ปริมาณจะลดลงเรื่อย ๆ เมื่อผลเจริญเติบโต เช่นเดียวกัน ยืนยันถึงการดึงเอาธาตุอาหารจากใบไปใช้เลี้ยงผล และความสามารถของผลในการแย่งธาตุอาหารที่ดูดซับมาโดยราก ตามที่ Cannell (1985) ได้เสนอไว้ว่า ในช่วงการเจริญเติบโต ผลจะใช้ธาตุอาหารที่ดูดซับโดยรากถึง 95%.

การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบเฉพาะในช่วงพัฒนาการที่ 2 (Fruit expansion) เท่านั้น ในขณะที่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งระยะผลขยายตัว (Fruit expansion) และระยะผลสุก (Fruit ripening) ความสัมพันธ์ระหว่างไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของดินพืชเป็นสิ่งที่ทราบกันดี สัดส่วนระหว่าง N/P ที่มีค่าไนโตรเจนสูงจะทำให้ดินพืชมีการเจริญเติบโตทางกิ่งใบ ในขณะที่เมื่อมี P สูง พืชจะแก่เร็วและออกดอกเร็ว ก็เป็นที่น่าสังเกตว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในใบจะแปรผกผันกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ให้กับต้นกาแฟ (ตารางที่ 4) กล่าวคือ เมื่อเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนปริมาณฟอสฟอรัสจะยิ่งต่ำลง ซึ่งน่าจะใช้เป็นข้อพิจารณาว่า การเพิ่มผลผลิตกาแฟโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนนั้น ควรจะใส่ครั้งละน้อย ๆ เพื่อเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในใบโดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณฟอสฟอรัสในใบมากนัก เพราะธาตุทั้ง 2 ชนิดมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของกาแฟเท่าเทียมกัน (Macronutrients) แม้ว่ากาแฟจะต้องการไนโตรเจนในปริมาณที่มากกว่าฟอสฟอรัสก็ตาม (Snoeck and Jardin, 1991).

ในส่วนของคุณสมบัติในใบ : ดังแสดงในตารางที่ 5 จะเห็นได้ว่าปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีในใบกาแฟในระยะผลสุก จะมีน้อยกว่าในระยะผลหั่วเข้มหมุดอย่างเด่นชัด การเพิ่มปุ๋ยให้กับต้นกาแฟทั้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และจุลธาตุ ไม่สามารถช่วยเพิ่มปริมาณจุลธาตุในใบได้แต่อย่างใด ยกเว้นในกรณีของธาตุแมงกานีส ซึ่งการฉีดพ่นจุลธาตุจะช่วยรักษาปริมาณให้คงอยู่ในระดับปกติได้ ในการทดลองครั้งนี้ทำการฉีดพ่นจุลธาตุเดือนละ 1 ครั้ง โดยใช้จุลธาตุผสมที่มีปริมาณ Fe 1.5%, Mn 1.5%, Cu 0.5%, Zn 0.5%, B 0.3% และ Mo 0.03% ในอัตรา 2.4 กก./ไร่ (6 กรัม/ลิตร/ต้น) ซึ่งอาจจะมีความเข้มข้นต่ำเกินไป นอกจากนี้ น้ำฝนอาจมีส่วนทำให้โอกาสดูดซับจุลธาตุลดลงด้วย อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าปริมาณจุลธาตุในใบกาแฟจะลดลง แต่ก็ยังอยู่ในระดับที่ไม่ต่ำกว่า Critical level ที่ Reuter and Robinson (1986) รายงานไว้ (ตารางที่ 6) นอกจากนี้ ปริมาณ Cu ในใบยังมีสูงมาก เนื่องจากการใช้ Cu-fungicide อย่างสม่ำเสมอด้วย.

Table 4. Effect of nitrogen, phosphorous and micronutrients on nitrogen and phosphorous content of coffee leaf at different stage of fruit development.

Fertilizer	Leaf-Nitrogen ¹ (%)			Leaf-Phosphorous ¹ (%)		
	1	2	3	1	2	3
Micronutrient (kg/rai)						
0	2.31	2.48	2.20	0.16	0.13	0.13
2.4	2.44	2.44	2.11	0.17	0.13	0.13
Nitrogen (kg N/rai)						
0	2.32	2.01 ^{c-z}	1.73 ^c	0.16	0.13 ^a	0.15 ^a
16	2.40	2.50 ^b	2.23 ^b	0.17	0.12 ^{ab}	0.14 ^a
32	2.39	2.87 ^a	2.51 ^a	0.17	0.11 ^b	0.12 ^b
Phosphorous (kg P ₂ O ₅ /rai)						
0	2.34	2.46	2.22	0.17	0.12 ^b	0.14
8	2.40	2.49	2.14	0.16	0.13 ^{ab}	0.13
16	2.39	2.43	2.10	0.18	0.14 ^a	0.14

¹ 1 = Pinhead stage and before fertilizers application

2 = Fruit expansion

3 = Fruit ripening

Sample for Analysis were leaves of pair 3-4 on midstem-branch

^z Factors showed no interaction.

Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript were not significant difference.

Table 5. Effect of micronutrient, nitrogen and phosphorous on content of micronutrients in coffee leaf at different stages of fruit development.

Fertilizer	Fe (ppm) ¹		Mn (ppm) ²		Cu (ppm)		Zn (ppm)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Micronutrient (kg/rai)								
0	158	97	229	131 ^b	27	21	43	19
2,4	180	117	246	171 ^a	32	25	57	20
Nitrogen (kg N/rai)								
0	172	109	244	167	31	26	59	20
16	172	111	241	150	31	23	48	19
32	163	101	228	136	26	20	43	19
Phosphorous (kg P₂O₅/rai)								
0	174	100	232	151	30	24	47	18
8	162	105	229	147	30	23	48	21
16	170	116	252	156	28	22	54	19

¹ 1 = Pinhead stage and before fertilizer application

2 = Fruit ripening stage

² Factors showed no interaction

Means (under each factor and within column) with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$), those without superscript are not significant difference.

Table 6. Comparison of micronutrient content and the critical level of micronutrient content of coffee leaves.

Micronutrient (ppm)	Application of micronutrient		Critical level ^v (ppm)
	with	without	
Fe	117	97	70 - 200
Mn	171	131	50 - 100
Cu	25	21	16 - 20
Zn	20	19	15 - 30

^v Based on Reuter and Robinson (1966).

5. แนวทางประยุกต์ใช้

จากผลการทดลองเกี่ยวกับผลของปุ๋ยที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ ได้ชี้ให้เห็นแนวทางหรือข้อพิจารณาใช้ปุ๋ยกับกาแฟในหลาย ๆ ประเด็น ดังนี้ :

- 1) การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสิ่งจำเป็นมากตลอดช่วงพัฒนาการของผล ควรใส่ในปริมาณครั้งละไม่มาก แต่ทยอยใส่บ่อย ๆ เพราะไนโตรเจนจะสูญหายจากดินได้เร็ว และยังส่งผลทางอ้อมทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงด้วย.
- 2) การใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอาจไม่จำเป็นในกรณีที่ดินปลูกมีปริมาณฟอสฟอรัส (Available P) สูงอยู่แล้วถึงระดับ 48.0 ppm.
- 3) กาแฟที่ปลูกบนภูเขาทางภาคเหนือของไทยมักไม่ขาดจุลธาตุ แต่การฉีดพ่นธาตุเหล่านี้ก็ยังมีความจำเป็นต่อคุณภาพผลผลิต ซึ่งในการฉีดพ่นจุลธาตุนี้ การใช้ Cu-fungicide จะช่วยเพิ่ม Cu ให้กับต้นกาแฟอยู่แล้ว.
- 4) ถึงแม้ว่าจะได้ทราบข้อมูลผลกระทบของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และการสะสมธาตุอาหารบางชนิดในใบ การใช้ปุ๋ยให้ถูกต้องทั้งชนิด ปริมาณ และระยะเวลา ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่อไปอีก การมองความสัมพันธ์โดยรวมระหว่างปริมาณผลผลิต ปริมาณธาตุอาหารในใบ และความต้องการธาตุอาหารของพืชในแต่ละระยะของการเจริญ น่าจะเป็นแนวทางพิจารณาเพื่อนำไปสู่การเลือกใช้ชนิดปริมาณ และระยะเวลาใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องต่อไป.
- 5) ข้อควรคำนึงที่สำคัญก็คือ กาแฟเป็นพืชที่ออกดอกติดผลบนข้อของกิ่งที่มีอายุ 1 ปี การใส่ปุ๋ยและเร่งการเจริญเติบโตทางกิ่งใบในปีนี้ จะมีผลต่อผลผลิตในปีต่อไปด้วย.

สรุปผลการทดลอง

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 16 และ 32 กก N/ไร่ จะช่วยให้ต้นกาแฟมีความสูง จำนวนข้อ และผลผลิตเพิ่มขึ้นกว่าไม่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเพิ่มผลผลิตเป็นผลมาจากผลของปุ๋ยต่อการเพิ่มขนาดของสารกาแฟ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ในการทดลองครั้งนี้ ต้นกาแฟไม่ตอบสนองต่อการปุ๋ยฟอสฟอรัสและจุลธาตุดีเท่าที่ตอบสนองต่อการปุ๋ยไนโตรเจน ทำให้ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดนี้ส่งผลดีเฉพาะการเพิ่มขนาดเนื้อสารกาแฟเท่านั้น โดยไม่มีผลช่วยเพิ่มผลผลิตสด และการเจริญเติบโตของลำต้นและจำนวนข้อ คลอโรเจนปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและจุลธาตุในใบ ยกเว้นทองแดง.

เอกสารอ้างอิง

- นภาพรอมรจิตติ, นกคด. (2521). ปุ๋ยกาแฟ. เอกสารเผยแพร่ของพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ 2 : 14.
- ยัมแย้ม, นริศ. (2534). การใช้สารเคมีกับกาแฟอาราบิก้าเพื่อความทนแล้ง. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 107 หน้า.
- ประภาวิทย์, วรวิทย์ และ สรวมศิริ, พัทยา. (2531). การศึกษาพฤติกรรมของปากใบกาแฟอาราบิก้า 2. อิทธิพลของธาตุทองแดงในสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา. วารสารเกษตร 4(3) : 163-167.
- Cannell, N.G.R. (1985). Physiology of coffee crop. In. M.N. Clifford and K.C. Willson (eds.). Coffee Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. The AVI Publishing Company, Inc., Connecticut. 457 p.
- Cervellini, G.S., S.V. Toledo, A.J. Reis and T.R. Rocha. (1989). Nitrogen fertilizer for coffee : Rates and application method of nitrochalk. Hort. Abstr. 59(1) : 78.
- Haarer, A.E. (1962). Modern Coffee Production. Leonard Hill Ltd., London 495 p.
- Lampaopong, B., D. Manajuti and J. Sukasem. (1985). A study on land characteristics of coffee cultivation in northern Thailand. Proceedings of coffee research reports on Arabica coffee growing and production. The Highland Coffee Research and Development Centre, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Thailand. p.58-81.
- Miskiu, E.E., C.R. Donald and N.M. Dale. (1972). Inheritance of physiological effects of stomatal frequency in barley. Crop. Sci. 12 : 780-783.
- Mitchell, H.W. (1988). Cultivation and Harvesting of the Arabica Coffee Tree. In Clarke, R.J. and R. Macrae (eds.). Coffee Volume 4. Agronomy. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. (1986). Plant Analysis : An Interpretation, Manual. Inkata Press, Melbourne, Sydney 218 p.
- River, R. and J.R. Martin. (1988). NPK fertilization of coffee trees growing at full sunlight on a red ferrallitic soil of Cuba. In 12th International Scientific Colloquium on Coffee. Hort. Abstr. 59(7) : 700.
- Sanchez, P.A. (1976). Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley & Sons. Inc., New York. 618 p.
- Snoeck, J. and P. Jadin. (1990). Calculation method to study mineral fertilization of coffee trees based on soil analyses. Hort. Abstr. 61(1) : 96.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. (1985). Soil fertility and Fertilizers. 4th ed. Mcmillan. Co., Inc. New York. 694 p.