ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา
สาขา

ปฐพีวิทยา
ภาควิชา

เรื่อง การจัดการปุ๋ยสำหรับชาจีนที่ปลูกบนดินที่สูง พื้นที่ม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่

Fertilizer Management for Chinese Tea Grown on Highland Soils, Mon Ngo Area, Chiang Mai Province

นามผู้วิจัย ว่าที่ร้อยตรีวิวัฒน์ แสงเพ็ชร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ **เดือน** **พ.ศ.**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดการปุ๋ยสำหรับชาจีนที่ปลูกบนดินที่สูง พื้นที่ม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่

Fertilizer Management for Chinese Tea Grown on Highland Soils, Mon Ngo Area, Chiang Mai Province

โดย

ว่าที่ร้อยตรีวิวัฒน์ แสงเพ็ชร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิวัฒน์ แสงเพ็ชร, ว่าที่ร้อยตรี 2552: การจัดการปุ๋ยสำหรับชาจีนที่ปลูกบนดินที่สูง พื้นที่ม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภิฌา ธนะจิตต์, ปร.ด. 84 หน้า

การศึกษาอิทธิพลของรูปแบบการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตชาจีน 2 สายพันธุ์ (เบอร์ 12 และก้านอ่อน) และผลตกค้างของปุ๋ยต่อสมบัติดินในชาจีนที่ปลูกบนขั้นบันไดซึ่งอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่าง 980-990 เมตร ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 4 ซ้ำ 5 วิธีการจัดการปุ๋ย ได้แก่ ตำรับที่ 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย ตำรับที่ 2 การใส่มูลวัวอัตรา 2000 กก.ต่อไร่ (เทียบเท่า 21.6-5.6-25.0 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) ตำรับที่ 3-5 เป็นการใส่ปุ๋ยเคมีที่ได้มาจากการผสมระหว่างปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยสูตร 25-7-7 อัตรา 75.2-5.6-5.6, 75.2-5.6-5.6, 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ โดยตำรับที่ 4 และ 5 แบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง ครั้งที่ 2 ใส่หลังจากการใส่ครั้งแรก 15 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตใบชาจีนสดจำนวน 3 ครั้ง ได้แก่เดือนกันยายน และพฤศจิกายน ปี 2551 และกุมภาพันธ์ ปี 2552 โดยทำการใส่ปุ๋ยก่อนการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-50 วันสำหรับครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่วนการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายไม่มีการใส่ปุ๋ยแต่อย่างใด

ผลการศึกษา พบว่า ผลตกค้างจากการใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลองส่งผลให้ค่าพีเอช ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดินบนมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าดินล่าง การใส่มูลวัวอัตรา 2000 กก. ต่อไร่ ทำให้ดินมีค่าพีเอชและปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับที่ 3-5) ไม่ทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้

ผลผลิตชาจีน ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบยอด และการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตของชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติภายใต้การจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ การแบ่งใส่ปุ๋ยในตำรับที่ 4 (37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) มีแนวโน้มให้ผลผลิตใบชาจีนสดสายพันธุ์เบอร์ 12 สูงสุด เท่ากับ 453 กก.ต่อไร่ และตำรับที่ 5 (75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) สำหรับสายพันธุ์ก้านอ่อนให้ผลผลิตเท่ากับ 298 กก. ต่อไร่ ปริมาณไนโตรเจนในใบยอดของชาจีนทั้งสองสายพันธุ์มีค่าอยู่ในพิสัยกว้าง (3.16-5.0%) ซึ่งมีอยู่ในเกณฑ์ต่ำถึงเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตตามปกติ แต่มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงกว่าระดับวิกฤต โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.30-0.50 และ 1.91-2.69 ตามลำดับ ใบชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารหลักต่ำกว่าสายพันธุ์เบอร์ 12 แต่ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 มีการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตสูงกว่าชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน การใส่ปุ๋ยในอัตราสูง (75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง การสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไปกับผลผลิตมีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 6.05, 0.57, 3.55 และ 4.09, 0.41, 2.46 กก.ต่อไร่ สำหรับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อนตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักมีปริมาณต่ำกว่าส่วนที่เพิ่มเติมในรูปของปุ๋ยตามตำรับทดลองต่าง ๆ

___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Viwat Sangphet, Acting Second Lieutenant 2009: Fertilizer Management for Chinese Tea Grown on Highland Soils, Mon Ngo Area, Chiang Mai Province. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Miss Suphicha Thanachit, Ph.D. 84 pages.

Influence of fertilizer management pattern on yields of Chinese tea (#12 and Oolong varieties) and residual effect on soil properties were studied. Field experiments were carried out in highland soil with level terrace installed. The site was situated between 980-990 m above MSL in the area of Mon Ngo Royal Project Development Centre, Chiang Mai Province. Randomized complete block design with five fertilizer management methods and four replications was employed. Fertilizer management methods consisted of T1: no fertilizer (control), T2: 2,000 kg cattle manure per rai (equal to 21.6-5.6-25.0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ rai^{-1}), T3 to T5: mixed chemical fertilizers between urea and 25-7-7 with the rates of 75.2-5.6-5.6, 75.2-5.6-5.6, 37.6-2.8-2.8 kg $N-P_2O_5-K_2O$ rai^{-1}, respectively. For T4 and T5, nitrogen application was split equally with application interval being at 15 days after the first one. Yield was harvested at three following times, in September and November 2008, and in February 2009. Fertilizer in each treatment was applied 45-50 days before harvesting time for the first and second harvests and there was no fertilizer application before the last harvest.

Results revealed that the residual effect of fertilizers induced significant differences in the soil pH, available K and exchangeable Al of which topsoil was more affected than that of subsoils. Application of cattle manure at the rate of 2000 kg rai^{-1} clearly increased soil pH and available K, whereas exchangeable Al was decreased. Nevertheless, all chemical fertilizers (T3-T5) showed no impact on lowering soil pH and on increasing exchangeable Al.

Yields, concentration of macronutrients in tip and the first three leaves from the tip, and macronutrients loss by crop removal of both varieties showed no statistical difference among treatments. The split application of fertilizer in T4 (75.2-5.6-5.6 kg $N-P_2O_5-K_2O$ rai^{-1}) tended to give maximum yield of 453 kg rai^{-1} for No. 12 variety and 298 kg rai^{-1} in T5 (37.6-2.8-2.8 kg $N-P_2O_5-K_2O$ rai^{-1}) for Oolong variety. There was a wide range of nitrogen concentration in harvested leaves for both varieties (3.16-5.0%) indicating low to sufficient level for normal growth of these Chinese teas, while phosphorus and potassium concentrations were higher than that of critical level for normal growth with the amounts of 0.3-0.5 and 1.91-2.69%, respectively. Macronutrient concentrations in leaves of Oolong variety were lower than those of No. 12 variety. No. 12 variety had higher loss of macronutrients by crop removal than did Oolong variety. The high rate of fertilizer (75.2-5.6-5.6 kg $N-P_2O_5-K_2O$ rai^{-1}) using split application gave the highest loss of nitrogen, phosphorus and potassium with the amounts of 6.05, 0.57 and 3.55 kg rai^{-1}, and 4.09, 0.41 and 2.46 kg rai^{-1} for No. 12 and Oolong varieties, respectively. However, the total loss of these nutrients by crop removal was lower than those applied in in the form of fertilizers in all treatments.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ศุภิฌา ธนะจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี สุทธิประการ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำปรึกษาและข้อแนะนำ ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ ดร. วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงขอขอบพระคุณทางคณาจารย์ของภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน

ขอขอบคุณทางมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ทุนเพื่อสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้พื้นที่ในการทดลอง ขอขอบคุณ คุณลุงเดช ที่คอยดูแลแปลงชา และอำนวยความสะดวกในการทำงานเป็นอย่างดี รวมถึงเจ้าหน้าที่ของโครงการหลวงทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการเดินทาง

ขอขอบคุณคุณชัยภัทร คงแก้ว เจ้าหน้าที่ห้องวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ดินและพืช

ขอขอบคุณ คุณนฤเนตร เกียรติเสริมขจร ที่ช่วยให้คำปรึกษาเป็นอย่างมาก คุณเฟื่องลดา ธนะโชติ และคุณณัฐพล ศรีอำไพ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการปฏิบัติงานทั้งในและนอกสนาม รวมถึง รุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้องปฐพีวิทยาทุกคนที่ให้กำลังใจตลอดมา

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อศักดิ์ชัย คุณแม่มาลี คุณย่าแตงกวา คุณอาปราณี และพี่สาวคุณศิริพร แสงเพ็ชร ที่ได้อบรมสั่งสอน เป็นกำลังใจอันใหญ่ยิ่ง พร้อมกำลังทรัพย์ในการศึกษา และตักเตือนข้าพเจ้าตลอดมา วิทยานิพนธ์เล่มนี้ สำเร็จได้โดยผู้มีพระคุณดังที่ได้ข้างต้น ขออุทิศแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านที่ข้าพเจ้าเคารพนับถือ

วิวัฒน์ แสงเพ็ชร

ตุลาคม 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	22
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ภาคผนวก	68
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	84

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การกระจายขนาดอนุภาคและสมบัติทางเคมีของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (No.12) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (Oolong)	24
2	การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทำการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อน	26

ตารางผนวกที่

1	สมบัติทางเคมีของมูลวัวที่ใช้ในการทดลอง	69
2	สมบัติทางเคมีของดินบนก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	70
3	สมบัติทางเคมีของดินล่างก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	71
4	สมบัติทางเคมีของดินบนก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	72
5	สมบัติทางเคมีของดินล่างก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	73
6	สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	74
7	สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	75
8	น้ำหนักผลผลิตใบชาสดตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	76
9	น้ำหนักผลผลิตใบชาสดตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	76
10	น้ำหนักผลผลิตใบชาแห้งตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	77
11	น้ำหนักผลผลิตใบชาแห้งตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	77
12	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	78
13	ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	78
14	ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	79
15	ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	79
16	ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักรวมหนึ่งปีของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และ พันธุ์ก้านอ่อน	80

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
17	เกรณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบที่สามนับจากปลายยอด	81
18	เกรณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	81
19	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน	82

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แปลงทดลองชาพันธุ์เบอร์ 12	17
2	แปลงทดลองชาพันธุ์ก้านอ่อน	18
3	การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)	28
4	การเปลี่ยนแปลงอินทรียวัตถุภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)	30
5	การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนรวมภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)	32
6	การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)	33
7	การเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)	35
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)	37
9	ผลผลิตน้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) ของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	40
10	ผลผลิตน้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) ของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน	42
11	ปริมาณการสะสมของธาตุไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในใบยอดชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12	45

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

12 ปริมาณการสะสมของธาตุไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในใบยอดชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน 47

13 ปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ไปกับผลผลิตชาจีนของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 50

14 ปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ไปกับผลผลิตชาจีนของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน 52

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การจัดการปุ๋ยสำหรับชาจีนที่ปลูกบนดินที่สูง พื้นที่ม่อนเงาะ จังหวัดเชียงใหม่

Fertilizer Management for Chinese Tea Grown on Highland Soils, Mon Ngo Area, Chiang Mai Province

คำนำ

ชา (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze.) เป็นพืชยืนต้นอุตสาหกรรมที่ใช้แปรรูปเป็นเครื่องดื่มและผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ มีแหล่งกำเนิดมาจากทางตอนใต้ของประเทศจีน โดยชาวจีนนิยมดื่มน้ำชาซึ่งเป็นเครื่องดื่มประจำชาติมาตั้งแต่ศตวรรษที่ 8 ต่อมาพระภิกษุรูปหนึ่งได้นำชาจากประเทศจีนไปยังประเทศญี่ปุ่น นับแต่นั้นมาชาจึงกลายเป็นที่นิยมในประเทศญี่ปุ่น และในศตวรรษที่ 17 ชาวยุโรปได้นำชาจากประเทศจีนไปยังประเทศของตนเพื่อใช้เป็นเครื่องดื่ม และสกัดทำตัวยา ต่อมาในศตวรรษที่ 19 ชาจึงกลายเป็นเครื่องดื่มที่แพร่หลายไปทั่วโลก

ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกชาประมาณ 97,000 ไร่ โดยพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน แพร่ และน่าน เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่มีอากาศและลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสม โดยสามารถผลิตชาได้ปีละประมาณ 6,000 ตัน สามารถผลิตชาส่งออกทำรายได้ให้แก่ประเทศเฉลี่ยปีละประมาณ 100 ล้านบาท แต่อย่างไรก็ตามมูลค่าผลิตภัณฑ์ของชาไทยก็ยังคงต่ำมากเมื่อเทียบกับมูลค่าผลิตภัณฑ์ชาที่นำเข้าจากต่างประเทศเนื่องจากผลผลิตชาที่ผลิตได้มีคุณภาพต่ำ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2547)

ชาเจริญเติบโตได้ดีทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น โดยสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมควรมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ระหว่าง 1,000-3,000 เมตร มีอุณหภูมิอยู่ในพิสัย 18-30 องศาเซลเซียส และมีระดับอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ตลอดปีเพื่อให้ต้นชามีการสร้างยอดใหม่อย่างต่อเนื่อง โดยอุณหภูมิจะมีผลต่อคุณภาพใบชาสด ชาที่ปลูกบนพื้นที่สูงที่มีอากาศเย็นจะทำให้ใบชาสดมีคุณภาพดีแต่มีผลผลิตต่ำ การปลูกชาของประเทศไทยส่วนใหญ่ปลูกบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน ง่ายต่อการกร่อนดิน ดินส่วนใหญ่เกิดจากวัสดุตกค้างและตะกอนดาดเชิงเขา ที่เป็นทั้งดินตื้น ดินลึก และอาจพบเป็นกรวดหรือชิ้นส่วนหินปะปนอยู่ในเนื้อดิน ดินมีการระบายน้ำดี มีค่าพีเอชเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกรดจัด แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการค่อนข้างสูง และมีระดับความอุดมสมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต่ำถึงปานกลาง ซึ่งลักษณะและสมบัติของดินที่แตกต่างกันจะขึ้นอยู่กับชนิดของหินต้นกำเนิดและระดับพัฒนาการของดิน

อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าพื้นที่ปลูกชาของประเทศไทยที่สามารถผลิตชาจีนคุณภาพดีมีเพียง 3,938 ไร่ (สุภาพ และศรัณยู, 2550) อาจเป็นผลเนื่องมาจากเทคโนโลยีทางด้านดินและปุ๋ยที่เกี่ยวข้องกับชานั้นมีอยู่ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น ๆ รวมทั้งเกษตรกรที่ปลูกชามีความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการปุ๋ยไม่ดีนักหรือยังคงขาดเทคโนโลยีด้านปุ๋ยที่เหมาะสม ผลผลิตชาจีนที่ได้จึงต่ำ ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาอัตราปุ๋ยที่สัมพันธ์กับลักษณะดินรวมถึงวิธีการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตชาจีนจึงเป็นเรื่องที่ควรจะมีการศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อผลผลิตของชาจีนสองสายพันธุ์ที่ปลูกบนพื้นที่สูง

2. เพื่อศึกษาผลตกค้างของรูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ที่มีต่อสมบัติดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของชา

ชื่อสามัญ : Tea

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze.

ชา เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก มีความสูงประมาณ 30 ฟุต มีทรงพุ่มเป็นรูปกรวย และมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์โดยสังเขป (ระเบียบ, 2538) ดังนี้

ระบบราก ต้นชาที่เพาะจากเมล็ดจะมีรากแก้ว และมีรากฝอยสำหรับหาอาหาร รากชาจะมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้ง ซึ่งการแตกยอดใหม่ของต้นชาจะขึ้นกับการสำรองคาร์โบไฮเดรตในราก โดยทั่วไปต้นชาที่งอกจากเมล็ดจะมีรากหยั่งลึกในดินเฉลี่ยประมาณ 1.5 เมตร หรือมากกว่า

ใบ เป็นใบเดี่ยว การจัดเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับ 1 ใบต่อ 1 ข้อ โดยพัฒนาจากตาที่มุมใบ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ปลายใบแหลมแผ่นหนา หน้าใบเป็นมัน ใบยาวประมาณ 7-30 เซนติเมตร ใต้ใบมีขนอ่อนปกคลุม ปากใบมีมากบริเวณใต้ใบ ชาอัสสัมจะมีใบสีอ่อนขนาดใหญ่ ส่วนชาจีน มีใบแคบ และมีสีค่อนข้างคล้ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชาอัสสัม

ดอก จะเกิดออกมาจากตาระหว่างลำต้นกับใบมีทั้งดอกเดียวและดอกช่อ เป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีทั้งเกสรตัวผู้และตัวเมีย เกสรตัวผู้มีสีเหลืองจำนวนมาก ก้านเกสรตัวผู้ยาวประมาณ 8-10 มิลลิเมตร อับเกสรตัวผู้มี 2 ช่อง ก้านชูเกสรตัวเมียสั้น ยอดเกสรตัวเมียมี 3-5 แฉก กลีบดอกมีจำนวน 5-8 กลีบ มีสีขาว มีลักษณะโค้งเว้าแบบรูปไข่กลับ กลีบเลี้ยงมีสีเขียว

ผล เป็นแคปซูล เปลือกหนามีสีน้ำตาลอมเขียว แบ่งเป็น 3 ช่อง มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.5-2.0 เซนติเมตร ระยะเวลาจากเริ่มติดผลจนถึงผลแก่จะใช้เวลาประมาณ 9-12 เดือน และเมื่อผลแก่เต็มที่ ผลจะแตกทำให้เมล็ดหล่นลงดินได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมล็ด มีรูปร่างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8-1.6 เซนติเมตร มีใบเลี้ยง 2 ใบ มีลักษณะอวบหนา มีน้ำมันมากหุ้มต้นอ่อนไว้ ผนังเมล็ดแข็งหนาเชื่อมติดกับเปลือกหุ้มเมล็ด ซึ่งมีลักษณะบางเหนียว เมล็ดจะสามารถงอกได้ใน 2-3 อาทิตย์

2. พันธุ์ชา

ชาแบ่งออกได้เป็น 3 พันธุ์หลัก (ระเบียบ, 2538) ได้แก่

2.1 ชาอัสสัม (Assam tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* Var. assamica (Mast.) ลักษณะเป็นลำต้นเดี่ยว มีความสูงประมาณ 6-18 เมตร ใบใหญ่ เจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง มีการออกดอกเป็นช่อ ช่อละ 2-4 ดอก ชาอัสสัมแบ่งออกเป็น 5 สายพันธุ์

สายพันธุ์อัสสัมใบจาง (Light leaved Assam Jat) ต้นมีขนาดเล็ก ยอดและใบมีสีเขียวอ่อน ลักษณะใบมันวาว ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่อ่อนแอ ให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพไม่ดี เมื่อนำมาแปรรูปจะได้ชาจีนที่มีสีน้ำตาล

สายพันธุ์อัสสัมใบเข้ม (Dark leaved Assam Jat) ยอดและใบมีสีเขียวเข้ม ใบนุ่มเป็นมัน มีขนปกคลุม ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี เมื่อนำมาแปรรูปจะได้ชาจีนที่มีสีดำ

สายพันธุ์มานิปุริ (Manipuri Jat) เป็นพันธุ์ที่แข็งแรง ให้ผลผลิตสูง ใบมีสีเขียวเข้มเป็นประกาย ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนแล้งได้ดี

สายพันธุ์พม่า (Burma Jat) ใบมีสีเขียวเข้ม ใบแก่จะมีสีเขียวแกมน้ำเงิน ใบกว้าง แผ่นใบเป็นรูปไข่ ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดีมาก

สายพันธุ์ลูไซ (Lushai Jat) ขอบใบหยักลึก ปลายใบเห็นชัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 ชาเขมร (Indo-china tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* Var. Indo-china ลักษณะลำต้นเดี่ยว มีความสูงประมาณ 5 เมตร ใบแข็งเป็นมัน ใบยาว ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย แผ่นใบม้วนงอเป็นรูปคล้ายตัววี ก้านใบมีสีแดง ในฤดูแล้งใบจะมีสีแดงเรื่อ ๆ ยอดอ่อนจะมีรสชาดฝาดจัด มีปริมาณแทนนินในใบสูง ทนแล้งได้ดี

2.3 ชาจีน (Chinese Tea) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Camellia sinensis* Var. sinensis ลักษณะลำต้นเป็นพุ่มเตี้ย สูงประมาณ 2-3 เมตร ใบมีสีเขียวเข้ม ขนาดเล็ก ยาวแคบ ขนาดใบยาว 3.8-6.4 เซนติเมตร ตั้งตรง ขอบใบหยักแบบฟันเลื่อย เส้นใบมองเห็นไม่ชัด ข้อถี่ ปล้องสั้น ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำและสภาพแวดล้อมที่ผันแปรได้ดี ผลผลิตต่ำเมื่อเทียบกับชาพันธุ์อัสสัม สายพันธุ์ชาจีนที่งานพัฒนาและส่งเสริมการผลิตชาจีน มูลนิธิโครงการหลวงได้แนะนำให้เกษตรกรในพื้นที่มีจำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์เบอร์ 12 (พันธุ์จินเชียนอู่หลง) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (พันธุ์หย่วนจืออู่หลง (สุภาพ และศรัณยู, 2550)

สายพันธุ์เบอร์ 12 (พันธุ์จินเชียนอู่หลง) เป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี มีความต้านทานต่อโรคและแมลงได้ดีจะให้ผลผลิตต่อไร่สูง เมื่อแปรรูปจะได้เป็นชาอู่หลงที่มีคุณภาพปานกลางถึงค่อนข้างดี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2538)

สายพันธุ์ก้านอ่อน (พันธุ์หย่วนจืออู่หลง) สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม มีความต้านทานต่อโรคและแมลง และให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับพันธุ์เบอร์ 12 แต่เมื่อทำการแปรรูปแล้วจะทำให้ได้ชาอู่หลงที่มีคุณภาพดีมาก (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2538)

3. พื้นที่ปลูกชาจีนของโลกและประเทศไทย

พื้นที่ปลูกชาส่วนใหญ่จะอยู่ในทวีปเอเชีย โดยเฉพาะประเทศศรีลังกา ซึ่งมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 2.09 ล้านเฮกตาร์ คิดเป็นร้อยละ 86 ของพื้นที่ปลูกชาของโลกทั้งหมด และสามารถผลิตชาได้สูงกว่า 2,409,000 ตัน คิดเป็นร้อยละ 83 ของผลผลิตที่ผลิตได้ทั้งหมด (Zongmao, 1994)

สำหรับประเทศไทย พื้นที่ปลูกชาในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคเหนือของประเทศ ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ในระหว่าง 700-1,300 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน น่าน แพร่ ลำปาง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และตาก โดยจังหวัดเชียงรายเป็นจังหวัดที่มีการปลูกชามากที่สุดคิดเป็นพื้นที่ปลูกมากกว่าร้อยละ 80 ของพื้นที่ปลูกชาทั้งหมดของประเทศไทย (กาญจนา, 2531; ระเบียบ, 2538)

4. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการปลูกของชา

การทำสวนชาให้ได้ผลผลิตสูง คุณภาพดี เพื่อที่จะนำไปแปรรูปให้ได้ชาที่มีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการ จะมีปัจจัยและสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่ควรพิจารณา ได้แก่

4.1 สภาพภูมิอากาศ

ชาเจริญเติบโตได้ดีในเขตภูมิอากาศร้อนชื้นจนถึงเขตอบอุ่น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในพิสัย 18-30 องศาเซลเซียส แต่หากอุณหภูมิต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้ชาหยุดการเจริญเติบโต มีรายงานที่แสดงว่าอุณหภูมิจะมีผลต่อคุณภาพของใบชาสด ซึ่งใบชาจะมีคุณภาพสูงแต่จะมีผลผลิตต่ำเมื่อปลูกในพื้นที่ที่มีอากาศเย็น (Squire, 1979; Zoysa *et al*., 1999; Crane and Balerdi, 2005)

4.2 สภาพพื้นที่

สภาพพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกชา ควรมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่าง 1000–3000 เมตร มีความลาดชันไม่เกินร้อยละ 45 (Eden, 1976) โดยพื้นที่ควรหันหน้าไปทางด้านทิศเหนือหรือทิศตะวันออก เนื่องจากจะทำให้ต้นชาได้รับแสงแดดในช่วงเช้าทำให้ต้นชาสามารถปรุงอาหารและทำให้ได้ยอดชาที่สมบูรณ์ สำหรับการได้รับร่มเงาจากเหลี่ยมเขาในช่วงบ่าย จะช่วยลดการแพร่กระจายของโรคบางชนิดได้ เช่น โรคสาหร่ายแดง (สุภาพ และศรัณยู, 2550)

4.3 ลักษณะของดิน

โดยทั่วไปแล้วชาจะเจริญเติบโตได้ดีในดินลึก ดินร่วนที่มีการระบายน้ำดี มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัยกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5) (Eden, 1976) และมีปริมาณอะลูมินัมค่อนข้างสูง ซึ่งปริมาณอะลูมินัมจะมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชของดินกล่าวคือดินที่มีพีเอชต่ำ (<5.5) จะมีปริมาณอะลูมินัมสูง (Hornstrom *et al.,* 1995) แต่อย่างไรก็ตามหากดินมีพีเอช ต่ำกว่า 4.5 จะส่งผลให้สมดุล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของธาตุอาหารในดินเปลี่ยนแปลงไปไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของชา (Eyupoglu, 1999) ในขณะเดียวกัน รากของชาจะไม่สามารถเจริญได้หากดินมีค่าพีเอชมากกว่า 7 ส่งผลให้การเจริญเติบโตของชาช้าลง และตายลงในที่สุด (Othieno, 1992)

Adiloglu and Adiloglu (2006) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในดินและในใบชาโดยทำการเก็บตัวอย่างดินและใบชาจำนวน 35 บริเวณในประเทศตุรกี พบว่าดินที่ปลูกชาจะเป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียว ไม่มีความจำเป็นต้องเพิ่มเติมไนโตรเจน เนื่องจากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (34.8-78.8 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของชา ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียงพอแต่ชายังคงแสดงอาการขาดฟอสฟอรัส เนื่องจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงในดินจะถูกตรึงไว้ในระหว่างที่ชาจะเจริญเติบโต จึงทำให้ชาแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสได้ (Kacar *et al.,*1975) นอกจากนี้ Adiloglu and Adiloglu (2006) ยังได้รายงานว่า ดินที่ทำการศึกษานี้มีพีเอชเป็นกรดจัด (พีเอช 3.2-5.6) จึงทำให้ดินมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมต่ำ แต่ชาจะแสดงอาการขาดแมกนีเซียมเท่านั้น ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของชา อย่างไรก็ตาม ดินจะมีปริมาณเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสในระดับสูงซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของชา และอาจมีมากจนเป็นพิษต่อชาได้

Dang (2005) พบว่า ชาที่ปลูกบนดิน Haplic Acrisols ในประเทศเวียดนาม อายุของต้นชานั้นไม่มีอิทธิพลต่อการสะสมไนโตรเจน แคลเซียม หรือแมกนีเซียมในใบชา แต่จะมีผลต่อการสะสมโพแทสเซียมทั้งในใบแก่และใบอ่อน และการสะสมฟอสฟอรัสและกำมะถันในใบแก่

4.4 บทบาทของธาตุอาหารต่อการเจริญเติบโตของชา

4.4.1 ไนโตรเจน เป็นธาตุที่สำคัญต่อกระบวนการเจริญเติบโตและการสร้างสารที่สำคัญในพืช เช่น คลอโรฟิลล์ ฮอร์โมน ฯลฯ (ศุภนารถ, 2538) ต้นชาจะแสดงอาการขาดไนโตรเจนเมื่อปริมาณไนโตรเจนในใบชาลดลงต่ำกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนักแห้ง จะทำให้ระยะการแตกยอดสั้นลง ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลือง การเจริญเติบโตช้า ใบมีขนาดเล็ก จำนวนยอดมีน้อย ยอดมีขนาดเล็กลง ขนาดของข้อปล้องสั้นลง และใบร่วง (กฤษณา และคณะ, 2551; Willson, 1999)

Ishigaki (1974b) กล่าวว่า ชาจะใช้ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนียมจะทำให้ชามีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าเมื่อใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเทรต เช่นเดียวกับ Morita *et al.* (1998) ที่กล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ว่า ชาดูดกินแอมโมเนียมได้มากกว่าไนเตรท เมื่อใส่ไนโตรเจนในปริมาณความเข้มข้นที่เท่ากัน อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มากเกินไป จะมีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นและสมดุลธาตุอาหารในดินเปลี่ยนแปลงไป จึงอาจทำให้ผลผลิตชาลดลง (Eyupoglu, 1999) อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่า ชาเจริญเติบโตได้ดีในดินกรดที่มีอะลูมินัมสูงเช่นกัน (Matsumoto *et al,* 1976)

4.4.2 ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างระบบราก (Vance *et al*., 2003; Kochian *et al*., 2004; Lambers *et al*., 2006) โดยทั่วไปใบชาจะมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.3-0.9 ของน้ำหนักแห้ง ใบชาจะแสดงอาการขาดฟอสฟอรัสเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในต้นชาน้อยกว่าร้อยละ 0.4 จะส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นหยุดชะงักการเจริญของรากช้าลง ใบมีสีเข้ม ใบด้านไม่สะท้อนแสง ใบมีขนาดเล็กกว่าปกติ ลำต้นอ่อน ใบร่วง และตายในที่สุด (Willson and Choudhury, 1969; Salehi and Hajiboland, 2008)

Venkatesan and Ganapathy (2004) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อคุณภาพของชา พบว่าอัตราไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เหมาะสมคืออัตราส่วน 1:0.83 เป็นอัตราสูงสุดสัมพันธ์กับคุณภาพของชาทางด้านรสชาด การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 300 หรือ 450 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี จะทำให้ปริมาณกรดอะมิโนและสารประกอบโพลิฟีนอลของใบชาสูงขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลจะลดต่ำลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัสน้อยหรือไม่มีการใส่ปุ๋ยเลย

4.4.3 โพแทสเซียม มีบทบาทในการสร้างโครงสร้างที่แข็งแรงให้กับทุกส่วนของต้นชาและการควบคุมระดับน้ำในเซลล์ ใบชามีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในพิสัยร้อยละ 1.5-2.0 ของน้ำหนักแห้ง ลักษณะอาการขาดธาตุโพแทสเซียม ได้แก่ ขอบใบจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ใบร่วง ยอดไม่เจริญเติบโต ทำให้กิ่งและยอดอ่อนมีจำนวนน้อย ลำต้นลีบเล็ก และผลผลิตลดลง (Prasad and Power, 1997)

4.4.4 แมกนีเซียม ต้นชาต้องการเพียงปริมาณเล็กน้อยเท่านั้น เพียงร้อยละ 0.22 ของน้ำหนักแห้ง หากต้นชาได้รับแมกนีเซียมไม่เพียงพอ จะทำให้ใบแก่มีสีเหลือง เกิดจุดสีน้ำตาล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระหว่างเส้นใบและขยายขอบเขตใหญ่ขึ้น จำนวนใบอ่อนไม่ลดลง แต่มีสีใบผิดปกติจากเวลาที่ควรเป็น (Ruan *et al*., 1999)

Ruan and Hardter (2001) รายงานว่าชาที่ปลูกบนดินในอันดับอินเซปทิซอลส์ ออกซิซอลส์ และอัลทิซอลส์ ในประเทศจีน ซึ่งเป็นดินที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ โดยเฉพาะโพแทสเซียมและแมกนีเซียม ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของชา จึงทำให้ได้ผลผลิตต่ำลง การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมในอัตรา 644 และ 360 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จะมีผลทำให้ผลผลิตชาเพิ่มขึ้นสูงสุด อย่างไรก็ตามการใช้แมกนีเซียมในอัตราที่สูงเกินไป (480 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีผลทำให้ผลผลิตชาลดลง

Ruan *et al.* (1999) ทำการศึกษาผลของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่มีต่อปริมาณองค์ประกอบในใบชาดำ ชาอู่หลง และชาเขียว พบว่า การใส่โพแทสเซียมอัตรา 300 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ร่วมกับการใส่แมกนีเซียมอัตรา 35 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ทำให้ปริมาณกรดอะมิโนและคาเฟอีนเพิ่มขึ้นสูงสุด การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลในใบชาเพิ่มขึ้น แต่การใช้ปุ๋ยแมกนีเซียมเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณสารประกอบโพลิฟีนอลลดลง แสดงให้เห็นว่าธาตุโพแทสเซียมน่าจะช่วยส่งเสริมการเพิ่มปริมาณโพลิฟีนอลในใบชา (Willson and Choudhury, 1968; Ruan *et al*., 1998)

4.4.5 แคลเซียม มีหน้าที่สำคัญในการสร้างผนังเซลล์ โดยใบชาจะมีแคลเซียมอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.3-0.9 ของน้ำหนักแห้ง ลักษณะอาการขาดธาตุแคลเซียมได้แก่ ใบแก่จะกรอบ เปราะ ใบอ่อนมีสีซีดจาง บริเวณขอบใบมีสีน้ำตาล หากได้รับปริมาณแคลเซียมมากเกินไป จะทำให้ใบอ่อนเป็นสีเหลือง ใบม้วนเข้าด้านใน ทำให้ทรงพุ่มมีใบลดลง ปลายใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลดำ และร่วงในที่สุด (Hepler and Wayne, 1985)

4.4.6 เหล็ก ใบชามีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.7-1.5 ของน้ำหนักแห้ง โดยเหล็กจะมีผลต่อการสร้างคลอโรฟิลล์ในใบชา อาการขาดเหล็กจะแสดงอาการที่ใบอ่อนทำให้ใบอ่อนมีสีขาวหรือเหลืองซีด ๆ ต่อมาก็จะตายจากยอดลงมา ส่วนใบล่างจะยังมีสีเขียวอยู่ (Prasad and Power, 1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.4.7 อะลูมินัม โดยปริมาณอะลูมินัมที่พอเพียงต่อการปลูกชาจะอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.2-2.0 ของน้ำหนักแห้ง (Willson, 1999) อะลูมินัมจะมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายอนุมูลของแมงกานีสและฟอสฟอรัสในรูป Al-P complex ion ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ชาดูดดึงฟอสฟอรัสมาใช้ประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น ช่วยลำเลียงฟอสฟอรัสในต้นชาและกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นชา (Kinoshi *et al*., 1985) แต่จะลดความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม (Ishigaki, 1974a) และลดการดูดใช้แคลเซียม (Kinoshi *et al*., 1985)

Matsumoto *et al*. (1976) กล่าวว่า ชาเจริญเติบโตได้ดีในดินกรด เนื่องจากดินกรดจะมีปริมาณอะลูมินัมสูง ชาสามารถสะสมธาตุอะลูมินัมในปริมาณมากกว่า 30,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และส่วนใหญ่จะสะสมมากในใบแก่ และการสะสมอะลูมินัมในปริมาณสูงจะไม่เป็นพิษต่อชา อย่างไรก็ตามดินที่มีปริมาณอะลูมินัมต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตของชานั้นช้าลง (Ishigaki, 1984)

Haynes and Mokolobate (2001) รายงานว่าในสภาพที่ดินเป็นกรด ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์จะต่ำ โดยฟอสฟอรัสนั้นจะถูกตรึงอยู่กับอะลูมินัมเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อน การเพิ่มเติมอินทรียวัตถุลงไปจะช่วยลดความเป็นพิษของอะลูมินัม และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสได้

Ruan and Wong (2001) พบว่า ผลิตภัณฑ์ชาอัดแท่งที่ผลิตจากใบแก่จะมีการสะสมอะลูมินัมและฟลูออไรด์ในปริมาณสูงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ดังนั้น ยอดอ่อนของใบชาจึงเหมาะต่อการทำชาอัดแท่ง นอกจากนี้ Shu *et al*. (2003) ยังกล่าวอีกว่า ประชาชนชาวทิเบตที่อยู่ในมณฑลเสฉวนทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศจีน เป็นโรคฟลูออโรซิสซึ่งเกิดจากการที่ได้รับปริมาณฟลูออไรด์มากเกินไป เนื่องจากการดื่มชาที่มีความเข้มข้นของฟลูอไรด์สูงถึง 10.43 มิลลิกรัมต่อวัน นอกจากนี้มีรายงานว่าใบชาแก่จะมีปริมาณฟลูออไรด์และอะลูมินัมสูงกว่ายอดอ่อนใบชาสด (Cao *et al*., 1996; 1997)

Hamid *et al*. (2006) ทำการศึกษาอัตราของปุ๋ยคอก (3.5-7.0 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (200-600 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และกำมะถัน (100-300 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ในดินร่วนปนทรายที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของชา พบว่า การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในอัตรา 600 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่งผลให้ชามีความสูงมากที่สุด และมีจำนวนใบและรากมากที่สุด ส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การใช้กำมะถันในอัตรา 300 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของชา รองลงมา นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตจะส่งผลให้ดินเป็นกรดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับปุ๋ยคอกและกำมะถัน

โกศล (2551) ทำการศึกษาชนิดของปุ๋ยอินทรีย์ที่มีต่อผลผลิตชาจีนสองสายพันธุ์ (สายพันธุ์เบอร์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อน) ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า การใส่มูลไก่ มูลวัว มูลวัวร่วมกับการปุ๋ยอินทรีย์น้ำดอยคำเบอร์ 1 และมูลวัวร่วมกับการปุ๋ยอินทรีย์น้ำปูเพชร ไม่ทำให้ผลผลิตใบชาสดของชาจีนทั้งสองสายพันธุ์แตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่มูลไก่เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตชาจีนทั้งสองสายพันธุ์สูงที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตชาจีนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกตำรับในปีถัดไป

5. สารองค์ประกอบทางเคมีของชา

สารที่เป็นองค์ประกอบในใบชามีหลายชนิด แต่ที่พบมากคือ คาเฟอีน ซึ่งชาที่มีคุณภาพดีจะมีปริมาณคาเฟอีนอยู่ประมาณร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ใบชาสดจะมีสารเคมีกลุ่มที่เรียกว่าโพลิฟีนอล เป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนัก ซึ่งสารประกอบโพลิฟีนอล ที่มีมากในใบชานั้นจะเป็นสารในกลุ่มที่เรียกว่าฟลาโวนอลล์ หรือคาทิชิน ซึ่งจะมีอยู่ร้อยละ 60-80 จากปริมาณโพลิฟีนอลทั้งหมดในใบชา หรือคิดเป็นร้อยละ 18-32 ของน้ำหนักใบชาสด (Balentine *et al*., 1997; Wiseman *et al*., 1997) สารกลุ่มคาทิชินในใบชาแบ่งออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ epigallocat-echin-3-gallate (EGCG), epigallocate-chin (EGC), epicatechin-3-gallate (ECG), epicatechin (EC), Gallocatechin (GC), Catechin (C), Catechin gallate (CG) และ Gallocatechin gallate (GCG) โดยสาร epigallocat-echin-3-gallate (EGCG) จะเป็นสารที่พบมากที่สุดในสารกลุ่มคาเทชิน (Yang and Wang, 1993; Lin *et al*., 1996; Lin and Lin 1997) ปริมาณคาทิชินจะมีผลต่อสี กลิ่น รสของชา ซึ่งจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวชา โดยการเก็บชาในฤดูใบไม้ผลิ (รุ่นแรก) จะมีปริมาณคาทิชินประมาณร้อยละ 12-13 ซึ่งไม่แตกต่างจากการเก็บเกี่ยวในช่วงฤดูร้อน (รุ่น 2 และ 3) จะมีปริมาณคาทิชินประมาณร้อยละ 13-14 จึงทำให้รสชาดของชารุ่น 2 และ 3 มีรสขมกว่า อย่างไรก็ตามสารเหล่านี้พบได้ในทุกส่วนของต้น แต่จะพบในปริมาณมากในยอดชา รวมไปถึงใบที่ 2 และที่ 3 ถัดมาจากยอด โดยใบยอด ใบที่ 2 และใบที่ 3 จะมีปริมาณคาทิชินอยู่ร้อยละ14, 13 และ 12 ตามลำดับ (Wang *et al.,* 2002) ซึ่งจะสัมพันธ์กับการเก็บเอาเฉพาะส่วน “สองใบกับหนึ่งยอด” ของใบชาสด เพื่อให้ได้ชาดีมีคุณภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hertog *et al*. (1993) กล่าวว่า สารโพลิฟีนอลในใบชาจะมีคุณสมบัติในการต่อต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันการทำอันตรายเซลล์ ซึ่งเชื่อกันว่ามีส่วนทำให้ชลอการแก่และต่อต้านการเกิดโรคหัวใจและโรคมะเร็ง นอกจากนี้ Xu *et al*. (1992) รายงานว่า คาเฟอีนจะมีฤทธิ์ในการกระตุ้นระบบประสาทส่วนกลาง กระตุ้นการเต้นของหัวใจ การหายใจและการเพิ่มขึ้นของความดันเลือด จึงทำให้ร่างกายตื่นตัว

Khokhar and Magnusdottir (2002) ทำการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอล คาทิชิน และคาเฟอีนทั้งหมดในชาที่ใช้ในการบริโภคในประเทศอังกฤษ พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลและคาเฟอีนในชาเขียว (สารประกอบฟีนอล 87.0-106.3 และ คาเฟอีน 11-20 มิลลิกรัมต่อกรัม) และชาดำ (สารประกอบฟีนอล 80.5-134.9 และคาเฟอีน 20-28 มิลลิกรัมต่อกรัม) จะมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ชาเขียวจะมีปริมาณคาทิชินสูงกว่าชาดำ เช่นเดียวกับ Wang *et al*. (2002) ที่รายงานว่า ใบชาสดของชาเขียว ชาดำ และชาอู่หลง จะมีปริมาณคาทิชินอยู่ประมาณร้อยละ 30-50, 10 และ 8-20 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลชาจะมีปริมาณคาทิชินต่ำกว่าใบชา ทั้งนี้ความแตกต่างของปริมาณสารประกอบต่าง ๆ ในใบชาที่ผ่านการแปรรูปทั้งสองชนิด อาจเป็นผลเนื่องจากวิธีการปลูก อายุใบชา และวิธีการเก็บในระหว่างการขนส่งและหลังจากขนส่ง รวมถึงอุณหภูมิในระหว่างการหมักชา

6. สมบัติบางประการของดินที่สูง

ดินที่สูง คือดินที่พบอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 700 เมตรขึ้นไป ซึ่งระดับความสูงนี้เป็นจุดที่ผิวหน้าภูมิประเทศมีลักษณะโค้งเว้าเนื่องจากอิทธิพลของการกร่อนโดยน้ำ จะเริ่มเปลี่ยนเป็นโค้งนูน ดินมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณน้ำฝน และดินส่วนใหญ่มีพัฒนาการค่อนข้างสูง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2524)

ดินที่สูงส่วนใหญ่จะเกิดจากวัสดุตกค้างและตะกอนหินดาดเชิงเขา โดยทั่วไปดินในบริเวณพื้นที่สูงจะประกอบด้วยดินหลายชนิด มีทั้งดินตื้น และดินลึก อาจพบกรวดหรือชิ้นส่วนหินปะปนอยู่ในเนื้อดิน ดินส่วนใหญ่มีการระบายน้ำดี เป็นดินที่มีการพัฒนาการตั้งแต่ปานกลางถึงสูง มีสภาพการซาบซึมน้ำปานกลางถึงเร็ว มีอัตราน้ำไหลบ่าตามผิวดินปานกลางถึงเร็ว อย่างไรก็ตามลักษณะและสมบัติของดินโดยเฉพาะ เนื้อดิน พีเอช ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และปริมาณเบสที่สกัดได้จะมีความแตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับชนิดของหินต้นกำเนิดและระดับพัฒนาการของดิน (กองสำรวจดิน, 2522; พิบูลย์, 2526; เอิบ, 2534; Oughton, 1972)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินที่สูงบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยเป็นดินที่มีการระบายน้ำดี มีเนื้อดินอยู่ในพิสัยกว้าง ตั้งแต่เนื้อดินหยาบจนถึงเนื้อดินละเอียด มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด จัดอยู่ในกลุ่มดินหลัก Reddish Brown soils และ Red Yellow Podzolic soils ซึ่งเป็นดินที่เกิดมาจากหินอัคนีที่มีเนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ หินตะกอนหรือหินแปร ส่วนดินที่มีปฏิกิริยาดินเป็นด่าง จัดอยู่ในกลุ่มดินหลัก Red Brown Earths ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากหินปูนหรือหินดินดานเป็นส่วนใหญ่ โดยดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่สลายตัวอยู่กับที่ หรือที่เรียกว่าวัสดุตกค้างจากหินต่าง ๆ ดินจะลึกปานกลาง และค่อนข้างตื้นเมื่อเกิดอยู่บนพื้นที่ลาดชัน และสำหรับดินที่เกิดจากตะกอนหินดาดเชิงเขาของหินต่าง ๆ ดินจะลึก (กองสำรวจดิน, 2522; พิบูลย์, 2526) ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง เนื่องจากดินเหล่านี้มีการชะละลายสูง ทำให้ด่างถูกชะไปกับน้ำ ประกอบกับสภาพพื้นที่ซึ่งง่ายต่อการกร่อน จึงไม่เหมาะสมต่อการใช้ทางการเกษตร (พิบูลย์, 2526; พรเทพ, 2541) โดยพบว่าสมบัติทางกายภาพของดินไม่ได้เป็นข้อจำกัดในการใช้ทำการเกษตร แต่การที่ดินมีพีเอชต่ำ (4.2-5.5) จะเป็นข้อจำกัดที่สำคัญ (นิวัติ, 2546; บรรณพิชญ์, 2551; วิทยา, 2551) เนื่องจากจะลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางตัว โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และจุลธาตุอาหารพืช และยังอาจส่งผลให้เกิดการละลายของเหล็ก และ อะลูมินัมในปริมาณมากจนมีผลเป็นพิษต่อพืชได้ (Brady and Weil, 2007)

Sahibin *et al*. (2002) รายงานสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน บนพื้นที่สูงที่เกิดมาจากหินแกรนิตประเทศมาเลเซีย พบว่า ดินมีเนื้อหยาบถึงเนื้อละเอียดปานกลาง ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง ปฏิกิริยาดินอยู่ในพิสัยกว้างตั้งแต่กรดรุนแรงมากถึงกรดเล็กน้อย ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ ดังนั้นจึงควรมีการเพิ่มปูนขาว เพื่อเพิ่มค่าพีเอชและเพิ่มปริมาณแคลเซียม และเป็นการช่วยลดปัญหาอะลูมินัม และ เหล็กเป็นพิษด้วย

Hikmatullah and Prasetyo (2003) ได้ทำการศึกษาลำดับดินบนพื้นที่สูง โดยดินอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 550-1600 เมตร จำนวน 5 บริเวณ ในประเทศอินโดนีเซีย ดินเหล่านี้เกิดมาจากหินแอนดีไซต์ พบว่า ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลจะมีผลต่อสมบัติดินบางประการและระดับพัฒนาการของดิน โดยระดับความสูงที่ลดต่ำลงจะมีผลทำให้ปริมาณอนุภาคขนาดทราย วัสดุอสัญฐาน และฟอสฟอรัสในดินต่ำลง ในทางตรงกันข้ามปริมาณอนุภาคดินเหนียว ค่าพีเอช และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินกลับสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ชาจีนสายพันธุ์เบอร์12 และก้านอ่อน
2. มูลวัว ปุ๋ยเคมีสูตร 25-7-7 และ 46-0-0 (ปุ๋ยยูเรีย)
3. อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเตรียมแปลงทดลอง
4. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการเก็บตัวอย่างดิน
5. เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช
6. เคมีภัณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ดินและพืช
7. อุปกรณ์ เครื่องแก้วและสารเคมีสำหรับการทดลอง

วิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

แปลงชาจีนของเกษตรกร จำนวน 2 แปลงทดลอง ได้แก่ แปลงสายพันธุ์เบอร์ 12 (# 12) และแปลงสายพันธุ์ก้านอ่อน (Oolong) ที่มีอายุ 8 ปี ในพื้นที่บริเวณโครงการหลวงม่อนเงาะ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพที่ 1 และ 2) ซึ่งพื้นที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ประมาณ 980-990 เมตร มีสภาพภูมิอากาศเป็นแบบกึ่งร้อนชื้น และมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 21.3 องศาเซลเซียส

2. การวางแผนการทดลอง

1. จัดทำแปลงทดลองของแต่ละสายพันธุ์ แปลงทดลองมีการตัดเป็นขั้นบันได มีขนาดประมาณ 200 ตารางเมตร ชาจีนแต่ละต้นปลูกห่างกัน 0.8 เมตร ในแต่ละแถวตามขั้นบันได จากนั้นทำการแบ่งเป็นแปลงย่อย จำนวน 20 แปลง โดยแต่ละแปลงย่อยจะมีชาจีน จำนวน 7 ต้น (พื้นที่ 1 ไร่ ปลูกชาจีน จำนวน 2,000 ต้น)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ทำการวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ ตามระดับของขั้นบันได ประกอบด้วย 5 ตำรับการทดลอง ได้แก่

ตำรับที่ 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ตำรับควบคุม)
ตำรับที่ 2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่
(เทียบเท่ากับ 21.6-5.6-25.0 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่)
ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่
ตำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยอัตรา 47.6-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่
หลังจากนั้น 15 วัน ใส่ปุ๋ยอัตรา 27.6-0-0 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่
ตำรับที่ 5 ใส่ปุ๋ยอัตรา 23.8-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่
หลังจากนั้น 15 วัน ใส่ปุ๋ยอัตรา 13.8-0-0 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

มูลวัวที่ใช้ในการศึกษา มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเท่ากับร้อยละ 1.08, 0.29 และ 1.25 ตามลำดับ มีค่าพีเอช 8 และค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 3.35 เดซิซีเมนต่อเมตร (ตารางผนวกที่ 1)

ตำรับที่ 3-5 อัตราปุ๋ยที่ใช้ได้มาจากการผสมแบบคลุกเคล้าของปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) และปุ๋ยสูตร 25-7-7 ทำการใส่ปุ๋ยตามตำรับทดลองหลังจากการตัดแต่งกิ่ง 1 วัน โดยโรยเป็นแถบแล้วกลบบริเวณด้านในของแถวชาจีน ยกเว้นตำรับที่ 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี สำหรับตำรับที่ 4 และ 5 ทำการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 2 เป็นการใส่ปุ๋ยยูเรียหลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เป็นเวลา 15 วัน

ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตใบชาจีนหลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 ประมาณ 45-50 วัน จำนวน 3 ครั้ง โดยทำการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ในวันที่ 24 กันยายน 2551 หลังจากนั้นอีกประมาณ 15 วัน ทำการใส่ปุ๋ยตามตำรับทดลองอีกครั้ง และเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2ในวันที่ 19 พฤศจิกายน 2551 หลังจากนั้นไม่มีการใส่ปุ๋ยซึ่งเป็นช่วงพักแปลง และทำการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 1 แปลงทดลองชาสายพันธุ์เบอร์ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 2 แปลงทดลองชาสายพันธุ์ก้านอ่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเก็บข้อมูล

2.1 การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดิน ในแต่ละแปลงย่อยก่อนทำการทดลอง และหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก ได้แก่ ดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) นำตัวอย่างดินที่ได้ไปผึ่งลมให้แห้ง บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

2.2 การเก็บข้อมูลทางด้านพืช

ทำการเก็บใบชาสด เก็บเฉพาะยอดชาจนถึงใบที่ 3 หลังจากการใส่ปุ๋ยครั้งแรกประมาณ 45-50 วัน โดยทำการเก็บเกี่ยวยอดชาจีน จำนวน 3 ครั้ง ในเดือนกันยายน และ พฤศจิกายน ปี 2551 และ เดือนกุมภาพันธ์ ปี 2552 ตามลำดับ

ทำการชั่งน้ำหนักสดของยอดใบชา จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งใบชาแห้งสนิท ทำการชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วนำตัวอย่างไปบดให้ละเอียด เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 การวิเคราะห์ดิน

3.1.1 การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (Particle size distribution) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง (sieving method) ในขนาดอนุภาคทราย โดยวิธี pipette method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ในขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1.2 พีเอชดิน (Soil pH) โดยเครื่องวัดพีเอช (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 (Thomas, 1996; National Soil Survey Center, 1996)

3.1.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934; Faithfull, 2002)

3.1.4 ปริมาณไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965; Bremner and Mulvaney, 1982)

3.1.5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) ทำการสกัดด้วยน้ำยา Bray II (Bray and Kurtz, 1945) และวิเคราะห์ปริมาณโดยใช้วิธี colorimetric และวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer

3.1.6 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) ทำการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) และวัดปริมาณโดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer

3.1.7 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (Extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม ทำการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1965) และวัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

3.1.8 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ (Extractable aluminum) ทำการสกัดด้วยสารละลาย 1M KCl และวัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Thomas, 1982)

3.2 การวิเคราะห์พืช

3.2.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) ย่อยสลายโดย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Micro-Kjeldahl (Isaac and Johnson, 1976; Bremner and Mulvaney, 1982)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total phosphorus) ย่อยสลายโดย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี vanado-molybdate yellow color (Yoshida *et al*., 1971)

3.2.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total potassium) ย่อยสลายโดย H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture และวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ atomic absorption spectrophotometer (Jones and Case, 1990; Mill and Jones, 1996)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาความแตกต่างของตำรับการทดลองต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม IRRISTAT หากข้อมูลมีความแตกต่างในระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป จะนำข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. สภาพแวดล้อมและลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ปลูกชาจีนของเกษตรกรในบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์ฯ นี้มีพื้นที่รับผิดชอบ 84.27 ตารางกิโลเมตร (52,670.77 ไร่) เป็นพื้นที่อยู่ในบริเวณป่าสงวนแห่งชาติแม่แตง มีหมู่บ้านในเขตรับผิดชอบจำนวน 17 หมู่บ้าน ประชากรประกอบด้วยคนเมืองและเผ่าม้ง ส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพการเกษตรเป็นหลัก ได้แก่ พืชสวน ไม้ผลเมืองหนาว และพืชไร่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2550)

ลักษณะภูมิประเทศโดยส่วนใหญ่ของพื้นที่เป็นเนินเขา ภูเขาสลับซับซ้อนของหินแกรนิต หินทรายสีน้ำตาลแดง หินควอตซ์ไซต์ และหินดินดาน และมีที่ราบน้อยมาก (กรมทรัพยากรธรณี, 2526) พื้นที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ในพิสัย 700-1,250 เมตร ลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical monsoonal climate: Am) และแบบกึ่งร้อนชื้น (Humid subtropical climate: Cw) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.3 องศาเซลเซียสต่อปี อุณหภูมิสูงสุด 40.5-42.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 3-6 องศาเซลเซียส มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 76 และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,419.5 มิลลิเมตรต่อปี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

พื้นที่แปลงทดลองชาจีนทั้ง 2 สายพันธุ์อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ในพิสัย 980 ถึง 990 เมตร สภาพพื้นที่มีความชันสูงมาก (ร้อยละ 45) จึงได้มีการปรับพื้นที่ให้เป็นขั้นบันได โดยตอนบนของแปลงทดลองอยู่บริเวณตอนบนขั้นบันได และวางตัวลาดเทลงไปอยู่บริเวณส่วนไหล่ของขั้นบันได ดินทั้งสองบริเวณมีการพัฒนามาจากตะกอนหินดาดเชิงเขาวางตัวอยู่บนวัสดุตกค้างของหินกลุ่มแกรโนไดออไรต์ (Colluvium over residuum derived from granodiorite) เป็นดินค่อนข้างลึก พบชิ้นส่วนหินปะปนอยู่ในหน้าตัดดิน ดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลปนแดง มีการระบายน้ำดี อัตราการซาบซึมน้ำที่ผิวดินเร็ว น้ำไหลบ่าหน้าผิวดินช้าเนื่องจากการทำขั้นบันได

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. สมบัติดินก่อนทำการทดลอง

การกระจายขนาดอนุภาคและสมบัติทางเคมีของดินบนที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร และดินล่างที่ความลึก 30-60 เซนติเมตรของแปลงชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ก่อนการทำการทดลองแสดงในตารางที่ 1 และตารางผนวกที่ 2 ถึง 5

2.1 แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียวทั้งดินบนและดินล่าง ดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายอยู่ในพิสัย 437-383 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 331-309 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ในพิสัย 232-308 กรัมต่อกิโลกรัม

สมบัติทางเคมีของดินบน พบว่า ดินมีพีเอชต่ำ โดยเป็นกรดจัดมาก (pH 4.7) มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (32.1 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำ (1.2 กรัมต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (52 และ96 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ) อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ 29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลาง (12.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 30) ในกลุ่มเบสที่สกัดได้ แคลเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาเป็นแมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม (2.3, 0.9, 0.3 และ 0.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ)

ดินล่างที่ความลึก 30-60 เซนติเมตร พบว่า ดินมีพีเอชต่ำ โดยเป็นกรดจัดมาก (pH 4.4) มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง (14.8 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมาก (0.5 กรัมต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ (5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ 43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชที่ต่ำลง มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลาง (14.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 13)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 การกระจายขนาดอนุภาคและสมบัติทางเคมีของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (# 12) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (Oolong)

Soil properties	# 12		Oolong	
	topsoil	subsoil	topsoil	subsoil
Sand (g kg^{-1})	437	383	433	391
Silt (g kg^{-1})	331	309	335	309
Clay (g kg^{-1})	232	308	232	300
Soil pH	4.7	4.4	4.9	4.6
Organic matter (g kg^{-1})	32.1	14.8	29.5	13.0
Total N (g kg^{-1})	1.2	0.5	1.1	0.4
Available P (mg kg^{-1})	52	5	39	8
Available K (mg kg^{-1})	96	66	86	74
Extractable Ca ($cmol_c$ kg^{-1})	2.3	0.8	2.2	1.0
Extractable Mg ($cmol_c$ kg^{-1})	0.9	0.5	1.1	0.6
Extractable K ($cmol_c$ kg^{-1})	0.2	0.1	0.2	0.1
Extractable Na ($cmol_c$ kg^{-1})	0.3	0.3	0.3	0.3
Exchangeable Al (mg kg^{-1})	29	43	10	33
BS (%)	30	13	10	9
CEC ($cmol_c$ kg^{-1})	12.9	14.9	38.9	24.2

2.2 แปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

เนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียวเช่นเดียวกันกับแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 ดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายอยู่ในพิสัย 433-391 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 335-309 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวอยู่ในพิสัย 232-300 กรัมต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดินบนมีพีเอชต่ำ โดยเป็นกรดจัดมาก (pH 4.9) มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อน ข้างสูง (29.5 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำ (1.1 กรัมต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง (39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (86 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูงมาก (38.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 10)

สำหรับดินล่าง ดินมีพีเอชต่ำ โดยเป็นกรดจัดมาก (pH 4.6) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (13 กรัมต่อกิโลกรัม) ไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมาก (0.4 กรัมต่อกิโลกรัม) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ 33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูง (24.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 9)

3 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินแสดงในตารางที่ 2 โดยใช้ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และอัตราร้อยละการอิ่มตัวเบส ตามเกณฑ์การประเมินของกองสำรวจดิน (2523) (ตารางผนวกที่ 18)

3.1 แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ดินบนที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลาง และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำ สำหรับดินล่างที่ระดับความลึก 30-60 เซนติเมตร พบว่า ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และค่าความจุแลก เปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าดินบนมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง ในขณะที่ดินล่างมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 แปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางทั้งในดินบนและดินล่าง โดยดินบน มีปริมาณอินทรียวัตถุ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูงมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ สำหรับดินล่างมีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 2 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนการทำการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อน

Depth	OM	Available		CEC	BS	Total score	Rating
		P	K				
(cm)	($g\ kg^{-1}$)	(-----$mg\ kg^{-1}$------)		($cmol_c\ kg^{-1}$)	(%)		
# 12							
0-30	32.1 (2)	52 (3)	96 (3)	12.9 (2)	30 (1)	11	Medium
30-60	14.8 (1)	5 (1)	66 (2)	14.9 (2)	13 (1)	7	Low
Oolong							
0-30	29.5 (2)	39 (3)	86 (2)	38.9 (3)	10 (1)	11	Medium
30-60	13.0 (1)	8 (1)	74 (2)	24.2 (3)	9 (1)	8	Medium

หมายเหตุ วิธีประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินใช้วิธีการให้คะแนน
(ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)
โดยคะแนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
คะแนนรวมอยู่ระหว่าง 8-12 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง
คะแนนรวมมากกว่าหรือเท่ากับ 13 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ผลของรูปแบบการจัดการปุ๋ยต่อสมบัติดิน

หลังจากการใส่ปุ๋ยตามตำรับทดลองต่าง ๆ เป็นเวลา 2 ครั้ง พบว่า รูปแบบการจัดการปุ๋ยส่งผลต่อสมบัติบางประการของดินให้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ค่าพีเอชดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ของแปลงชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ โดยที่การจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อสมบัติดินบนมากกว่าดินล่าง (ตารางผนวกที่ 6 และ 7)

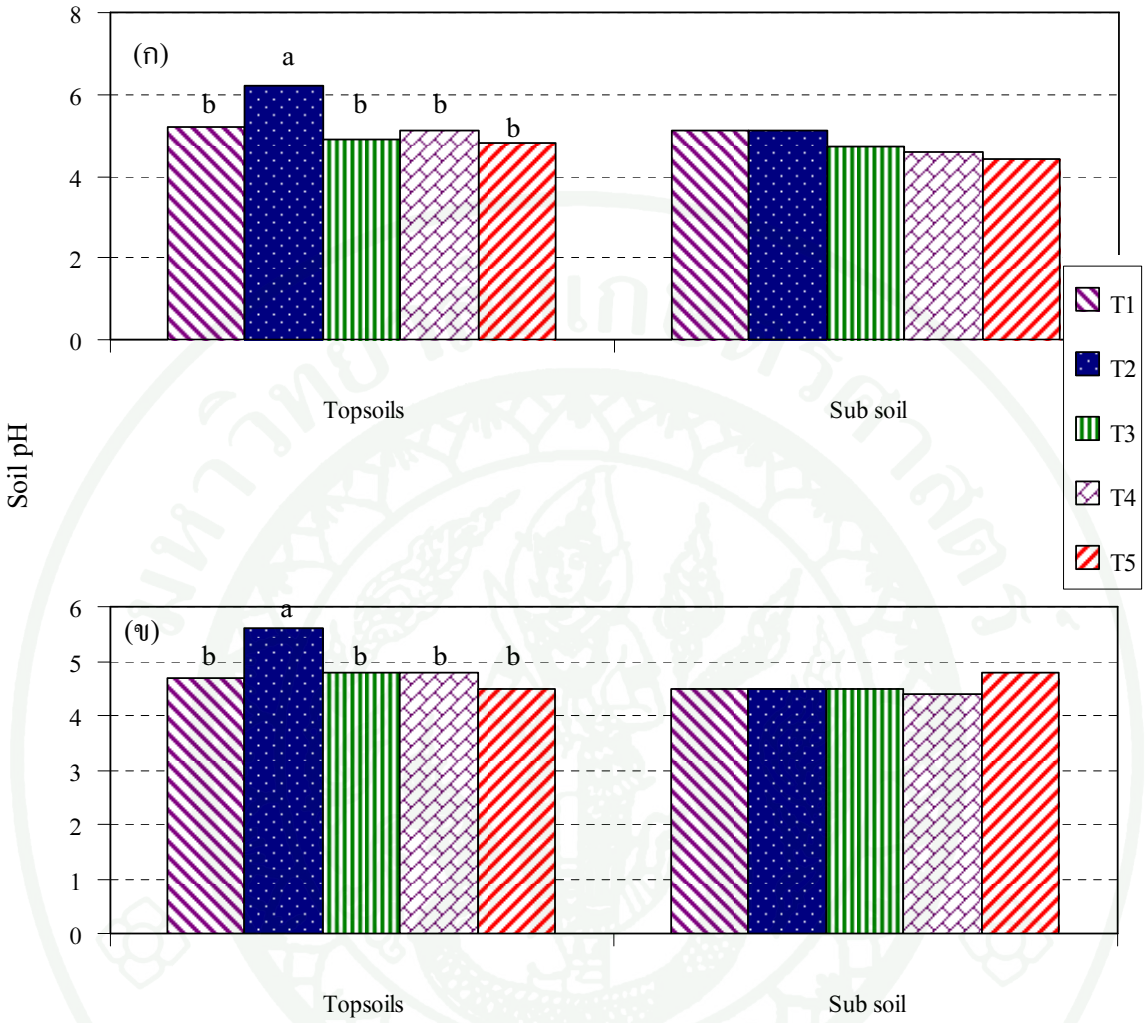
4.1 ค่าพีเอช

การใส่มูลวัว อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้ดินบนมีความเป็นกรดน้อยกว่าตำรับการทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินมีค่าพีเอชเท่ากับ 6.2 สำหรับแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ภาพที่ 3ก) และ 5.6 สำหรับแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน (ภาพที่ 3ข) ในขณะที่วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ส่งผลให้ดินมีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 4.8-5.3 และ 4.5-4.8 ในแปลงสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อน ตามลำดับ

สำหรับดินล่างในแปลงชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ค่าพีเอชของดินภายใต้รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่การใส่มูลวัว มีแนวโน้มให้ดินมีค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นโดยมีค่าเท่ากันกับแปลงที่ไม่ได้มีการใส่ปุ๋ย

เมื่อพิจารณาการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ พบว่ามีแนวโน้มให้ค่าพีเอชของดินเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยส่วนใหญ่จะมีค่าเพิ่มขึ้น จากค่าวิเคราะห์ดินก่อนการทำการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีด้วยวิธีต่าง ๆ ไม่ส่งผลให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ค่าพีเอชของทั้งดินบนและดินล่าง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจาก เมื่อมูลวัวเกิดการสลายตัวจะเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ซึ่งเพิ่มความเป็นบัฟเฟอร์ให้แก่ดิน จึงเกิดการต้านทานดินไม่ให้เป็นกรดได้ง่าย (Brady and Weil, 2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชดินภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 และ 95 สำหรับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อนตามลำดับ

T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Zhang (1998) และ Whalen *et al*. (2000) พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกทั้งในรูปที่ผ่านการย่อยสลายและยังไม่ย่อยสลาย จะส่งผลให้ค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยคอกที่ยังไม่ผ่านการย่อยสลาย เช่นเดียวกันกับการศึกษาของสมศักดิ์ และคณะ (2542) ที่ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยคอกในชุดดินหุบกะพง บริเวณศูนย์วิจัยอาหารสัตว์เพชรบุรี พบว่า การใส่ปุ๋ยคอกทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดลดต่ำลง หรือ อีกนัยหนึ่งก็คือ ทำให้ค่าพีเอชของดินเพิ่มสูงขึ้น

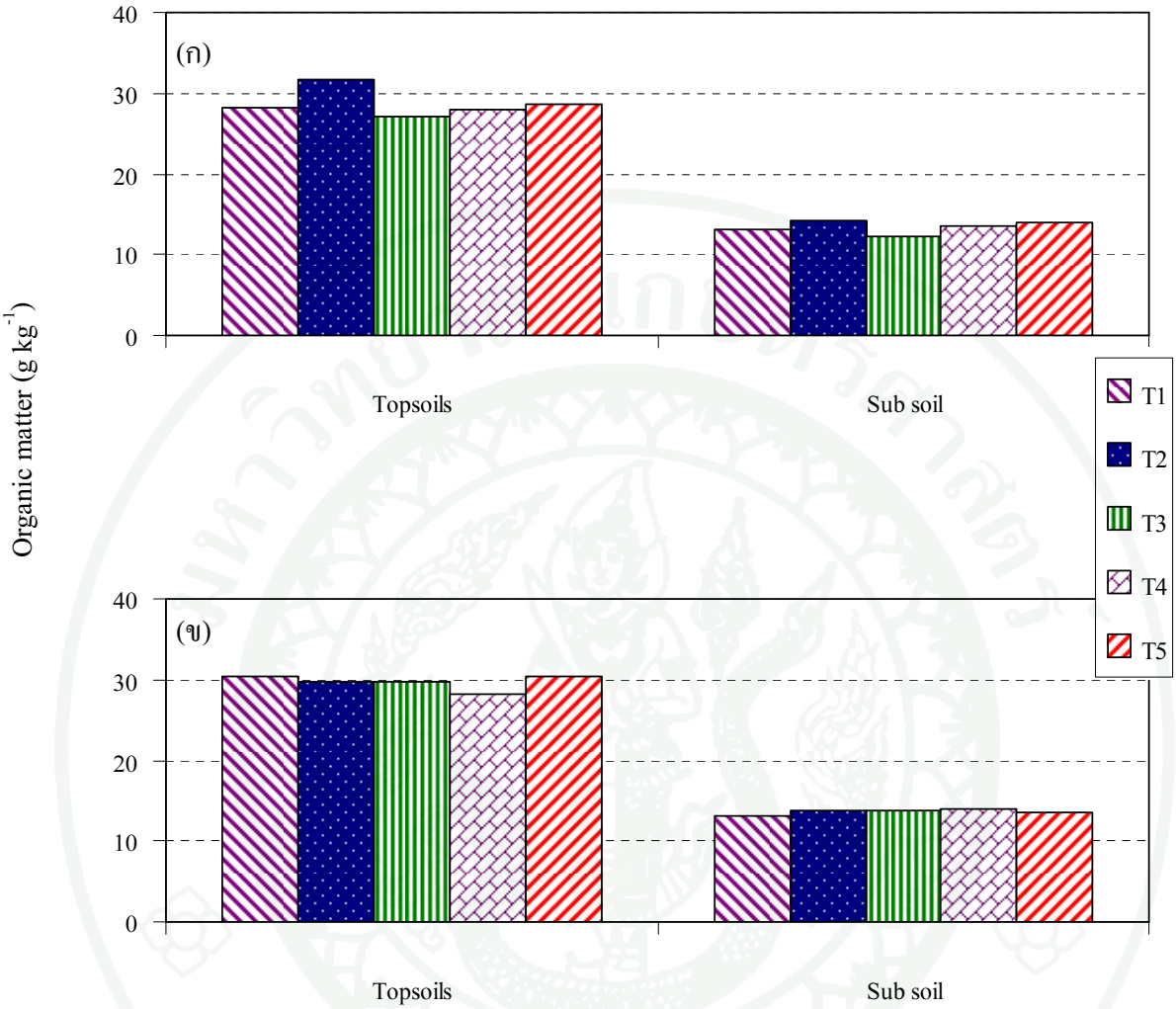
4.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 ปริมาณอินทรียวัตถุที่สะสมอยู่ในดินบนภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยแปลงที่ได้รับมูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว โดยมีปริมาณเท่ากับ 31.7 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีแนวโน้มให้มีการสะสมอินทรียวัตถุต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 27 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 4ก) แต่วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อปริมาณอินทรียวัตถุของดินล่าง อย่างไรก็ตามในกรณีของดินล่าง การใส่มูลวัวทำให้มีดินมีแนวโน้มที่จะสะสมอินทรียวัตถุสูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ โดยแปลงที่ทำการใส่มูลวัวมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 14.2 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณก่อนเริ่มทำการทดลอง

สำหรับดินของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน รูปแบบการจัดการปุ๋ยไม่มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งดินบนและดินล่าง โดยพบว่า แปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้งจะมีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ เพียงเล็กน้อย (ภาพที่ 4ข)

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการปุ๋ยส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ใช้ปลูกชาจีนทั้งสองแปลงทดลองไม่ชัดเจน โดยดินชั้นไถพรวนมีค่าอยู่ในพิสัย 27.0-31.7 และ 28.2-30.0 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อน และมีค่าอยู่ในพิสัย 12.2-14.2 และ 13.1-13.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินล่างของแปลงชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)

หมายเหตุ T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.3 ไนโตรเจนรวม

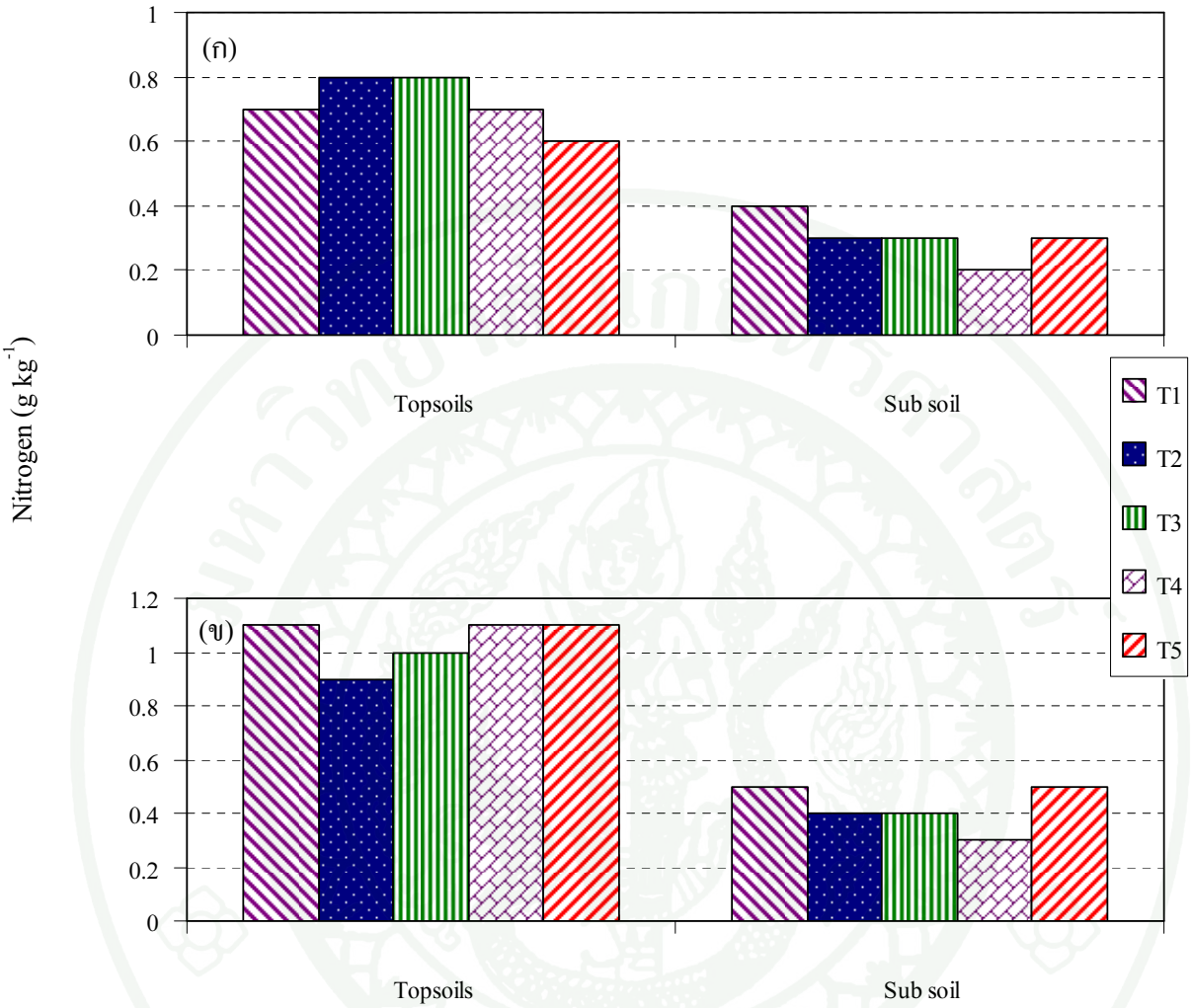
ดินบนของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 พบว่า ในแปลงที่ใส่ปุ๋ยมูลวัวและปุ๋ยอัตราสูง (75.2-5.6-5.6 ก.ก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$) มีปริมาณไนโตรเจนรวมเท่ากัน (0.8 กรัมต่อกิโลกรัม) โดยมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยในตำรับอื่นเล็กน้อย สำหรับดินล่างในตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยปริมาณไนโตรเจนรวมสูงที่สุดเท่ากับ 0.4 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาผลของการใส่ปุ๋ยคอกต่อปริมาณไนโตรเจนรวมของดินระหว่างก่อนการทดลองและภายหลังการทดลองแล้ว พบว่า ดินล่างการใส่ปุ๋ยมูลวัวหรือการใส่ปุ๋ยในตำรับอื่นไม่ทำให้ระดับไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5 ก)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนรวมของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน พบว่า ดินบนที่ได้รับปุ๋ยในแต่ละตำรับนั้นไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมแตกต่างกันโดยพบค่าอยู่ในพิสัย 0.9-1.1 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างใต้ชั้นไถพรวน พบว่า ในตำรับควบคุม และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่โดยแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้งมีปริมาณไนโตรเจนรวมเท่ากับ 0.5 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสูงกว่าในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยมูลวัวเพียงเล็กน้อย (0.4 กรัมต่อกิโลกรัม) และเมื่อพิจารณาระดับไนโตรเจนรวมในดินก่อนการทดลองและภายหลังจากการใส่ปุ๋ยไปสองครั้งติดต่อกัน พบว่า การใส่ปุ๋ยมูลวัวหรือการใส่ปุ๋ยในตำรับอื่นไม่ทำให้ระดับของไนโตรเจนรวมในดินบนและดินล่างเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 5ข) จากผลการวิเคราะห์ดินแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนที่ใส่ในรูปของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี ไม่มีการเหลือตกค้างอยู่ในดินเนื่องจากปริมาณบางส่วนจะถูกใช้โดยชาจีนในขณะที่อีกบางส่วนน่าจะสูญหายไปกับการชะละลาย

4.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 จากการทดลอง พบว่า วิธีการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดินทั้งในชั้นไถพรวนและใต้ชั้นไถพรวน อย่างไรก็ตาม การใส่มูลวัวมีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นกว่าดินก่อนปลูก กล่าวคือเพิ่มจาก 51.0 เป็น 62.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 6ก) เช่นเดียวกันกับดินล่างซึ่งให้ผลในลักษณะเดียวกันโดยมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 5.0 เป็น 6.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทั้งที่น่าจะเป็นผลมาจากการใส่มูลวัวซึ่งเมื่อเกิดการสลายตัวจึงจะปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้มูลวัวมีผลทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นเป็น 6.2 ฟอสฟอรัสจึงสามารถเปลี่ยนมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากขึ้น (Vadas *et al*., 2007)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนรวมภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)

หมายเหตุ T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

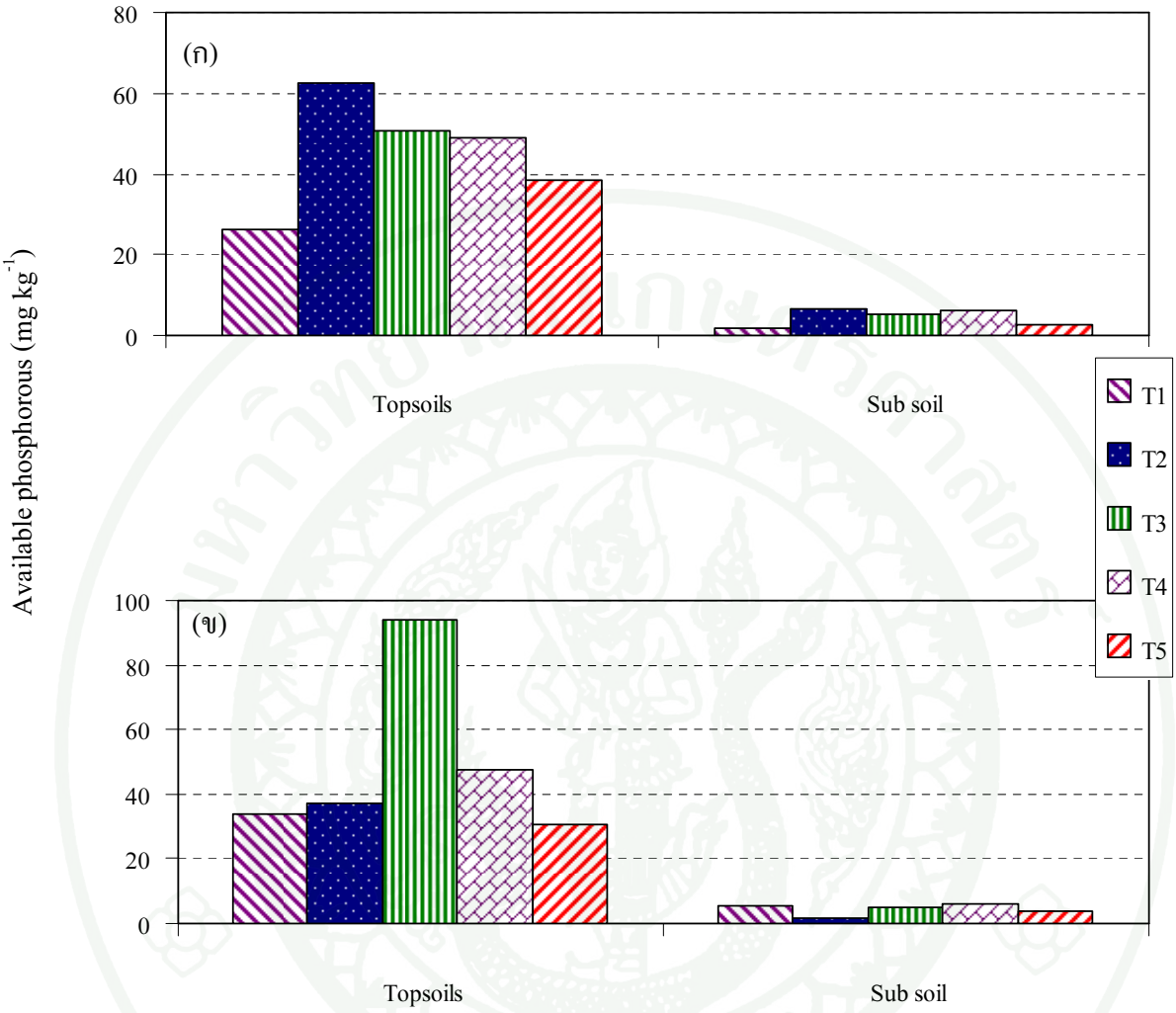
T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)

หมายเหตุ T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

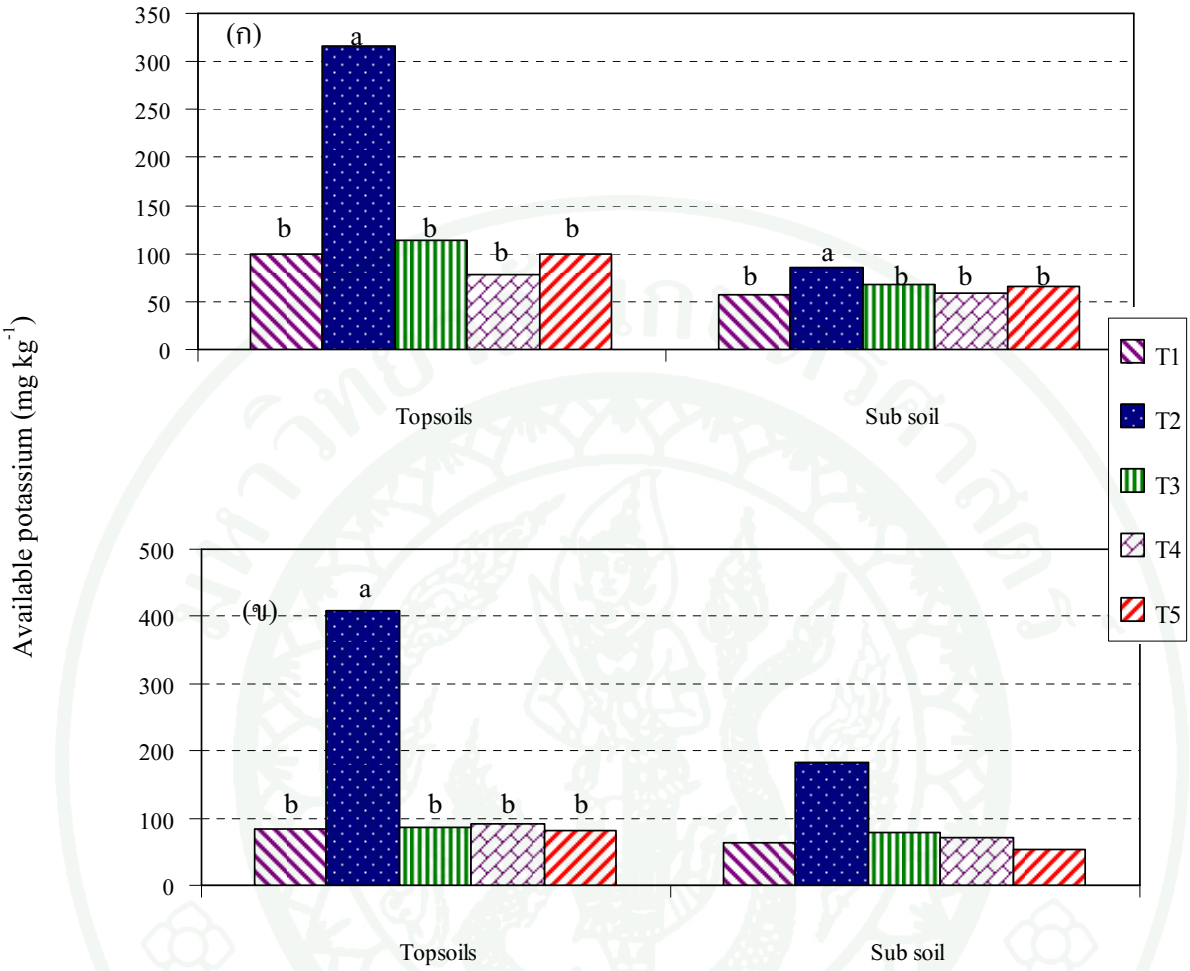
เช่นเดียวกันกับแปลงชาจีนสายพันธุ์สายพันธุ์ก้านอ่อนที่พบว่า รูปแบบการจัดการปุ๋ยส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งดินบนและดินล่าง (ภาพที่ 6ข) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณสูงกว่าการใส่มูลวัวและการไม่ใส่ปุ๋ย ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูง (75.2-5.6-5.6 ก.ก. N-P_2O_5-K_2O) มีแนวโน้มให้ดินบนมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณสูงสุดมีค่าเท่ากับ 93.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ดินล่างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 1.8-5.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงว่าการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินล่างใต้ชั้นไถพรวน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเกิดการสะสมอยู่ในดินชั้นไถพรวนเป็นปริมาณสูงกว่าใต้ชั้นไถพรวน (Harris, 2002) ประกอบกับดินของแปลงทดลองสายพันธุ์ก้านอ่อนมีความเป็นกรดมากกว่าแปลงทดลองสายพันธุ์เบอร์ 12 ซึ่งในสภาพที่พีเอชดินเป็นกรด (pH<5.0) ฟอสฟอรัสที่จะละลายออกมาจากปุ๋ยส่วนใหญ่จะเกิดการตกตะกอนรวมกับเหล็ก และอะลูมินัม จึงทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุนี้ลดลง (Bhadoria *et al.,* 2002)

4.5 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 พบว่า การใส่มูลวัวทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทั้งในดินบนและดินล่าง โดยมีค่าเท่ากับ 408.5 และ 66.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ภาพที่ 7ก) และแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำ (อัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้งจะมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 81.5 และ 59.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินบนและดินล่าง ตามลำดับ ซึ่งปริมาณดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับแปลงที่ไม่ได้มีการใส่ปุ๋ย

สำหรับชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน พบว่า มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับดินของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 โดยการใส่มูลวัวมีผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการปุ๋ยรูปแบบอื่น ๆ โดยมีค่า 317.0 และ 84.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินบนและดินล่าง ตามลำดับ (ภาพที่ 7ข)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)

หมายเหตุ ตัวอักษรแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

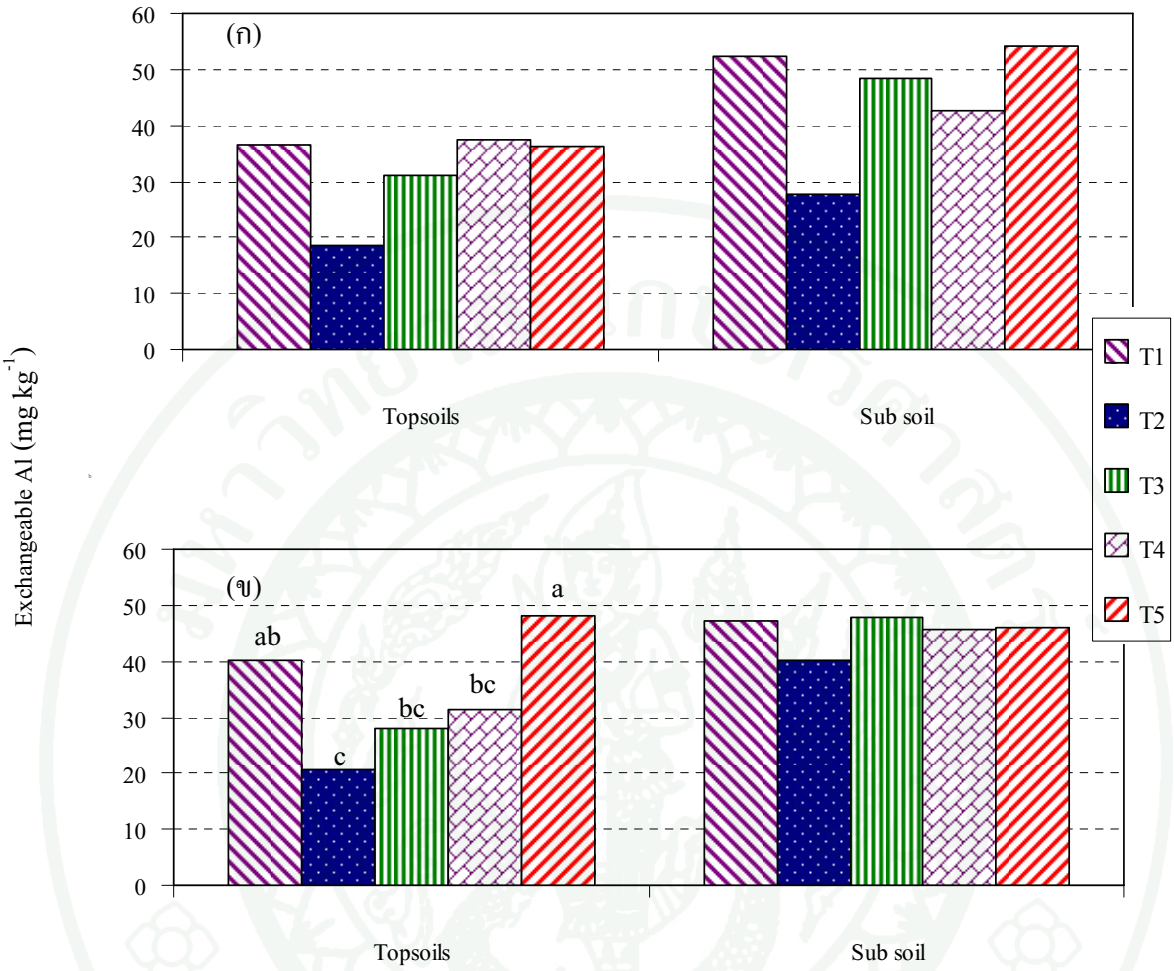
ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินโดยเฉพาะดินชั้นไถพรวนของแปลงทดลองชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ โดยพบว่า การใส่มูลวัวจะส่งผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด อาจเป็นผลมาจากการสลายตัวของมูลวัวจะปลดปล่อยโพแทสเซียมให้เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (Meek *et al*., 1982) นอกจากนี้การใส่มูลวัวยังช่วยเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุให้แก่ดินซึ่งเป็นการส่งเสริมให้ดินมีความสามารถในการดูดยึดธาตุโพแทสเซียมไว้ไม่ให้สูญหายโดยการชะละลาย เนื่องจากโดยปกติโพแทสเซียมจะเป็นธาตุที่ละลายน้ำได้ง่ายและสามารถสูญหายไปได้ง่ายโดยกระบวนการชะละลาย (Morton *et al*., 2004) อย่างไรก็ตามวิธีการใส่ปุ๋ยแบบต่าง ๆ ทั้งใส่แบบครั้งเดียวหรือการแบ่งใส่สองครั้ง ไม่ได้มีผลต่อการสูญเสียโพแทสเซียม

อย่างไรก็ตาม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินยังคงมีอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 53.9-408.5 และ 57.5-317.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อน ตามลำดับ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากดินที่ทำการทดลองมีเนื้อดินค่อนข้างละเอียด จึงช่วยลดการสูญหายของโพแทสเซียมโดยกระบวนการชะละลายได้ ประกอบกับตัววัตถุต้นกำเนิดดินมีแหล่งของโพแทสเซียมที่ให้แก่พืชได้ (Brady and Weil, 2007) นอกจากนี้ชาจีนเป็นพืชที่เก็บเกี่ยวใบยอด จึงต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจน ดังนั้นโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยต่าง ๆ รวมทั้งโพแทสเซียมที่มีอยู่ในดินเดิม จึงทำให้เกิดการสะสมอยู่ในระดับสูงมากสำหรับดินชั้นไถพรวนและปานกลางสำหรับดินใต้ชั้นไถพรวน นอกจากนี้ดินชั้นไถพรวนยังมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าดินใต้ชั้นไถพรวน

4.6 อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้

แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 รูปแบบการจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนและดินล่าง โดยการใส่มูลวัวมีผลทำให้ดินมีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุดเท่ากับ 18.6 และ 27.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินบน และดินล่าง ตามลำดับ (ภาพที่ 8ก) สำหรับแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่าง ๆ มีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าแปลงที่มีการใส่มูลวัวแต่มีปริมาณไม่แตกต่างจากแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ภายหลังการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ของดินบน (0-30 ซม.) และดินล่าง (30-60 ซม.) ในแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ก) และสายพันธุ์ก้านอ่อน (ข)

หมายเหตุ ตัวอักษรแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน พบว่า ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินบนมีความแตกต่างกันภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ เช่นเดียวกันกับดินของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 โดยการใส่มูลวัวมีผลทำให้ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 20.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่รูปแบบการจัดการปุ๋ยไม่ส่งผลให้ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินล่างแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การใส่มูลวัวมีแนวโน้มให้ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 40.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8ข) และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 47.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินโดยเฉพาะชั้นไถพรวนของแปลงชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ โดยพบว่า การใส่มูลวัว จะส่งผลให้ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมี เนื่องจากอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้สามารถจับตัวอยู่กับอินทรียวัตถุที่ได้มาจากการสลายตัวของมูลวัว เกิดเป็นสารประกอบอะลูมินัมอินทรีย์ (Owuor and Cheruiyot, 1989; Tang *et al*., 2007) เมื่อพิจารณาถึงวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราต่าง ๆ รวมทั้งการแบ่งใส่ไนโตรเจน พบว่า จะไม่ส่งผลให้อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีปริมาณแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 31.2-36.4 และ 42.6-52.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินบนและดินล่างของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และ 28.0-48.0 และ 45.7-47.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินบนและดินล่างของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน โดยดินล่างจะมีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าดินบน เนื่องจากดินล่างมีความเป็นกรดมากกว่า จึงทำให้ไฮโดรเจนไอออนเข้าไปไล่ที่อะลูมินัมไอออน จึงทำให้มีอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่า (Mibocha and Minocha, 2005) นอกจากนี้ Owuor and Cheruiyot (1989) ยังได้รายงานว่าการเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนส่งเสริมปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ชาจีนเป็นพืชที่ต้องการอะลูมินัมในปริมาณที่สูง เพื่อช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นชา (Konishi *et. al*., 1985) ดังนั้นปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินที่ทำการศึกษานี้ จึงไม่น่าส่งผลต่อการเจริญเติบโตของชาจีน

รูปแบบการจัดการปุ๋ยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดิน โดยส่งผลต่อดินชั้นไถพรวนเป็นส่วนใหญ่โดยพบว่า การใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ดินมีความเป็นกรด และอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมี ทั้งที่มีการใส่ครั้งเดียวหรือการแบ่งใส่ ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าพีเอช ปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ฟอสฟอรัสและ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะมีค่าพีเอช ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าแปลงที่มีการใส่มูลวัว แต่มีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดินในแปลงที่ทำการใส่มูลวัว และเมื่อพิจารณาถึงอินทรียวัตถุ พบว่า มีปริมาณต่ำกว่าดินในแปลงที่ทำการใส่มูลวัวเพียงเล็กน้อย

5. ผลของรูปแบบการจัดการปุ๋ยต่อผลผลิตชาจีน

5.1 ผลผลิตน้ำหนักสด

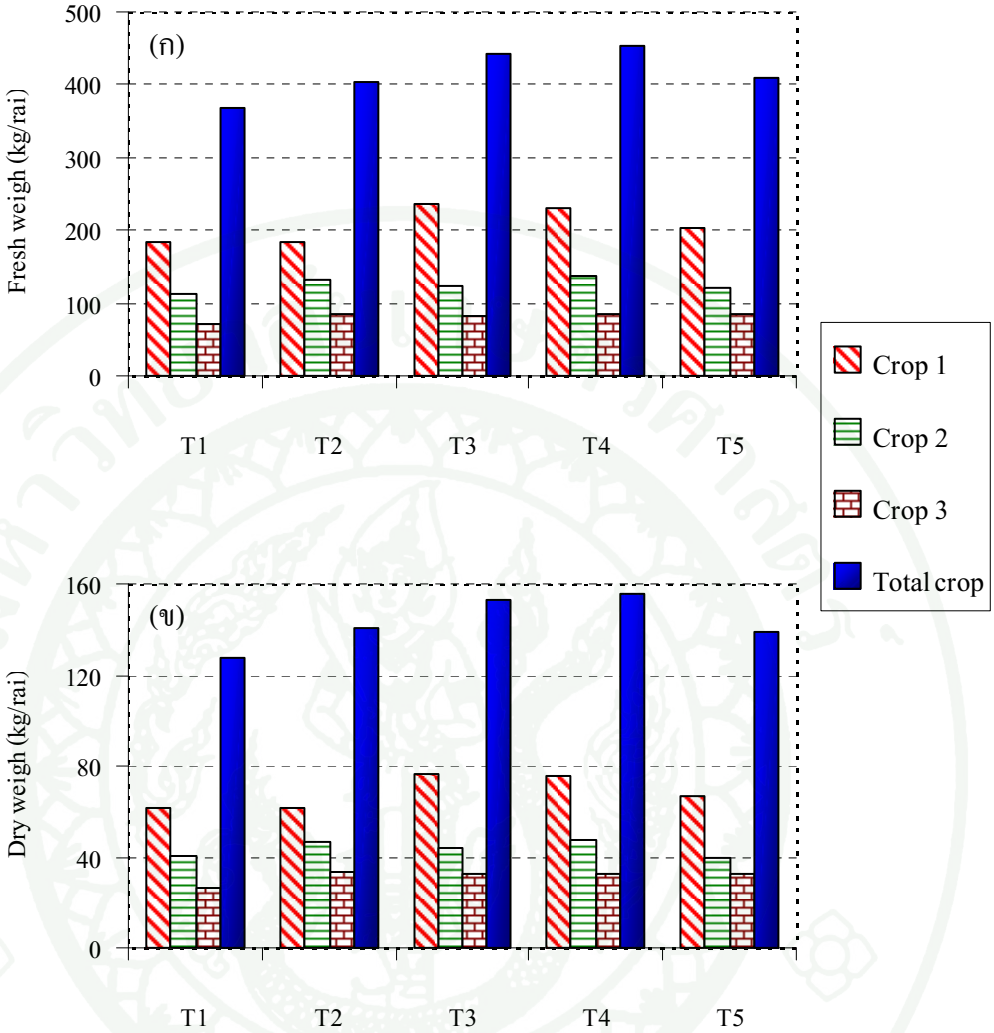
ผลผลิตน้ำหนักสดของใบชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ที่ทำการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้งแสดงในตารางผนวกที่ 8 และ 9

1) ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ผลผลิตน้ำหนักสดใบชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 ภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 1, 2 และ 3 (ภาพที่ 9ก) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (ตำรับ 3) การใส่ปุ๋ยในอัตราเดียวกันกับตำรับที่ 3 แต่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจนสองครั้ง (ตำรับ 4) และ การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราครึ่งหนึ่งของตำรับที่ 3 ที่มีการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้ง (ตำรับ 5) มีแนวโน้มให้ผลผลิตใบชาจีนสดสูงที่สุดสำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1, 2 และ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 235, 137 และ 86 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย (ตำรับที่ 1) ได้ผลผลิตใบชาจีนต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 184, 113 และ 70 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูง ในอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง ผลผลิตน้ำหนักสดรวมของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 ตลอดการเก็บเกี่ยว 3 ครั้งมีแนวโน้มสูงที่สุดมีปริมาณเท่ากับ 453 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับผลผลิตที่ได้จากการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูงที่มีการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว (441 กิโลกรัมต่อไร่) ขณะที่แปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และแปลงที่ทำการใส่ปุ๋ยมูลวัวอย่างเดียวมีแนวโน้มการให้ผลผลิตที่ต่ำกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 9 ผลผลิตน้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) ของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 2,000 ต้นต่อไร่

T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 จะตอบสนองต่อปุ๋ยที่ให้มากกว่าการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 จะได้ผลผลิตใบชาจีนสูงที่สุด และผลผลิตใบชาจีนมีแนวโน้มลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 อาจเป็นผลมาจากระยะที่ทำการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 เป็นช่วงต้นฤดูหนาว ส่งผลให้ชาจีนชะงักการเจริญเติบโต และในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 นั้นจะให้ผลผลิตต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นช่วงที่มีการพักแปลง ซึ่งไม่ได้ทำการใส่ปุ๋ยเลย แสดงให้เห็นว่าถึงพืชใช้ธาตุอาหารที่หลงเหลือมาจากการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 จึงทำให้ผลผลิตต่ำ และไม่มีความแตกต่างกันระหว่างการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ

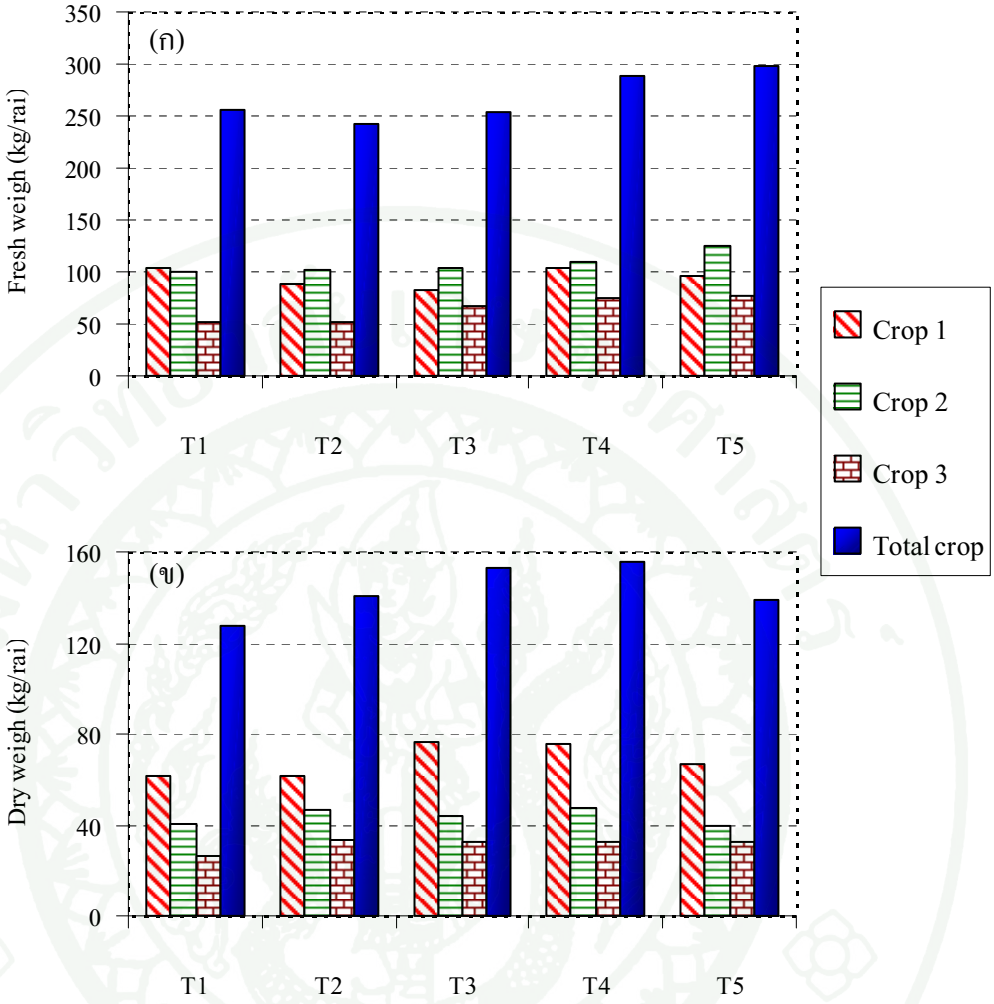
2) ชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

การจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดใบชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ , 2 และ 3 สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 พบว่า แปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย และแปลงที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง มีแนวโน้มให้ผลผลิตชาจีนสูงที่สุดเท่ากันโดยมีปริมาณเท่ากับ 104 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำ (37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงสุด โดยมีปริมาณผลผลิตใบชาสดเท่ากับ 126 และ 77 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ภาพที่ 10ก) ซึ่งส่งผลให้ผลผลิตรวมจากการเก็บเกี่ยว 3 ครั้งมีค่าสูงสุดเท่ากับ 298 กิโลกรัมต่อไร่

ชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน พบว่า การเก็บเกี่ยวในครั้งที่ 2 ชาจีนจะตอบสนองต่อปุ๋ยที่ให้มากที่สุด เนื่องจากเป็นช่วงต้นฤดูหนาว ซึ่งชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนสามารถเติบโตได้ดีในสภาพอุณหภูมิที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

เมื่อพิจารณาผลผลิตใบชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 มีผลผลิตรวมสูงกว่าชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนประมาณสองเท่าในทุกรูปแบบการจัดการปุ๋ย โดยมีปริมาณรวมจากการเก็บเกี่ยว 3 ครั้งอยู่ในพิสัย 367-453 และ 254-298 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อน ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจาก พื้นที่ที่ทำการศึกษานี้อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางต่ำว่า 1,000 เมตร ซึ่งปกติพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกชาควรอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,000-3,000 เมตร ส่งผลให้อุณหภูมิไม่ต่ำพอต่อการสร้างผลผลิต (Squire,

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 ผลผลิตน้ำหนักสด (ก) และน้ำหนักแห้ง (ข) ของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 2,000 ต้นต่อไร่

T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย

T2 ใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง

T5 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1979; Crane and Balerdi, 2005) โดยเฉพาะชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนจะชอบอุณหภูมิที่ต่ำกว่าสายพันธุ์เบอร์ 12 จึงทำให้ผลผลิตของสายพันธุ์นี้ต่ำกว่า อย่างไรก็ตามการปลูกชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนในสภาพอุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้ก็จะให้ผลผลิตสูงกว่านี้ แต่ยังคงมีปริมาณต่ำกว่าสายพันธุ์เบอร์ 12 เช่นในการศึกษาของโกศล (2551)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยเคมีจะทำให้ได้ผลผลิตใบชาจีนในปริมาณที่มากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่มูลวัวเพียงอย่างเดียว เนื่องจากมูลวัวจะมีปริมาณธาตุอาหารต่ำกว่าปุ๋ยเคมี (Oiken and Asiegbu, 1993) ทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชไม่เพียงต่อความต้องการของชาจีนสำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง (ตำรับที่ 3 และ 4) มีแนวโน้มให้ผลผลิตใบชาจีนเพิ่มขึ้น เนื่องจากชาจีนเป็นพืชที่เก็บยอดอ่อนเป็นผลผลิตจึงต้องการไนโตรเจนในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับธาตุอาหารอื่น ๆ (Okano *et al.,* 1997) อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยเคมีสองครั้งในอัตราสูงและอัตราต่ำมีแนวโน้มให้ผลผลิตรวมสูงสุด เนื่องจากจะช่วยลดการสูญเสียธาตุอาหารไปกับกระบวนการชะละลาย ทำให้ชาจีนสามารถใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5.2 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ที่ทำการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้งแสดงในตารางผนวกที่ 10 และ 11

1) ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

การใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลองไม่ทำให้น้ำหนักแห้งของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักสดของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 (ภาพที่ 9ข) โดยแปลงที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งสูงสุดเท่ากับ 156 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่แปลงไม่มีการใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 128 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2) ชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

ผลผลิตน้ำหนักแห้งของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10ข) พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูง 76.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 115 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีค่าเท่ากับ 114 กิโลกรัมต่อไร่ และแปลงที่มีการใส่มูลวัวเพียงอย่างเดียวจะให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมต่ำที่สุดเท่ากับ 95 กิโลกรัมต่อไร่

6. รูปแบบการจัดการปุ๋ยต่อปริมาณธาตุอาหารหลักในใบยอดของชาจีน

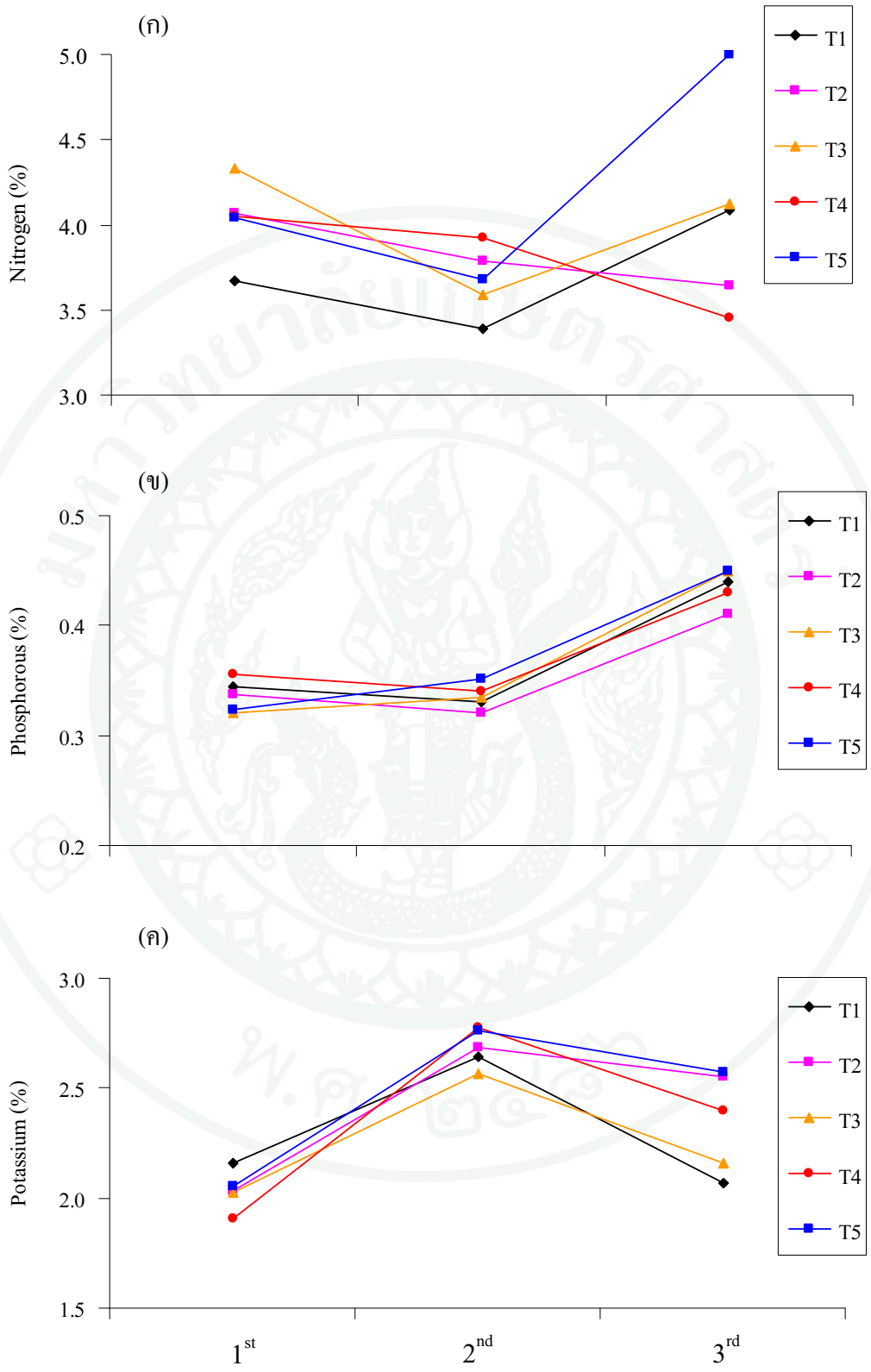
รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่ส่งผลให้การสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบชาจีนทั้งสองสายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 11 และ 12) โดยปริมาณการสะสมธาตุอาหารเหล่านี้แสดงในตารางผนวกที่ 12 และ 13

6.1 ไนโตรเจน

ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มสะสมไนโตรเจนในใบยอดสูงที่สุด มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.05-5.00 โดยอยู่ในระดับเพียงพอถึงสูง ซึ่งใบชามีการสะสมไนโตรเจนในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 อยู่ในพิสัยร้อยละ 3.67-4.33 และ 3.39-3.93 ตามลำดับ อยู่ในระดับต่ำถึงเพียงพอต่อความต้องการของชาจีน สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 นั้น ปริมาณการสะสมไนโตรเจนอยู่ในพิสัย 3.45-5.00 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำถึงสูง อย่างไรก็ตาม ชาจีนมีการสะสมไนโตรเจนลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 (ภาพที่ 11ก)

สำหรับชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนมีปริมาณไนโตรเจนในใบใกล้เคียงกันในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.16-3.78 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ใบชาจีนมีปริมาณการสะสมไนโตรเจนอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.2-4.3 อย่างไรก็ตาม ชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนมีแนวโน้มการสะสมไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และมีแนวโน้มลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ยกเว้นแปลงที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจะมีการสะสมไนโตรเจนในใบเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 12ก)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 ปริมาณการสะสมของไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในใบยอดชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.2 ฟอสฟอรัส

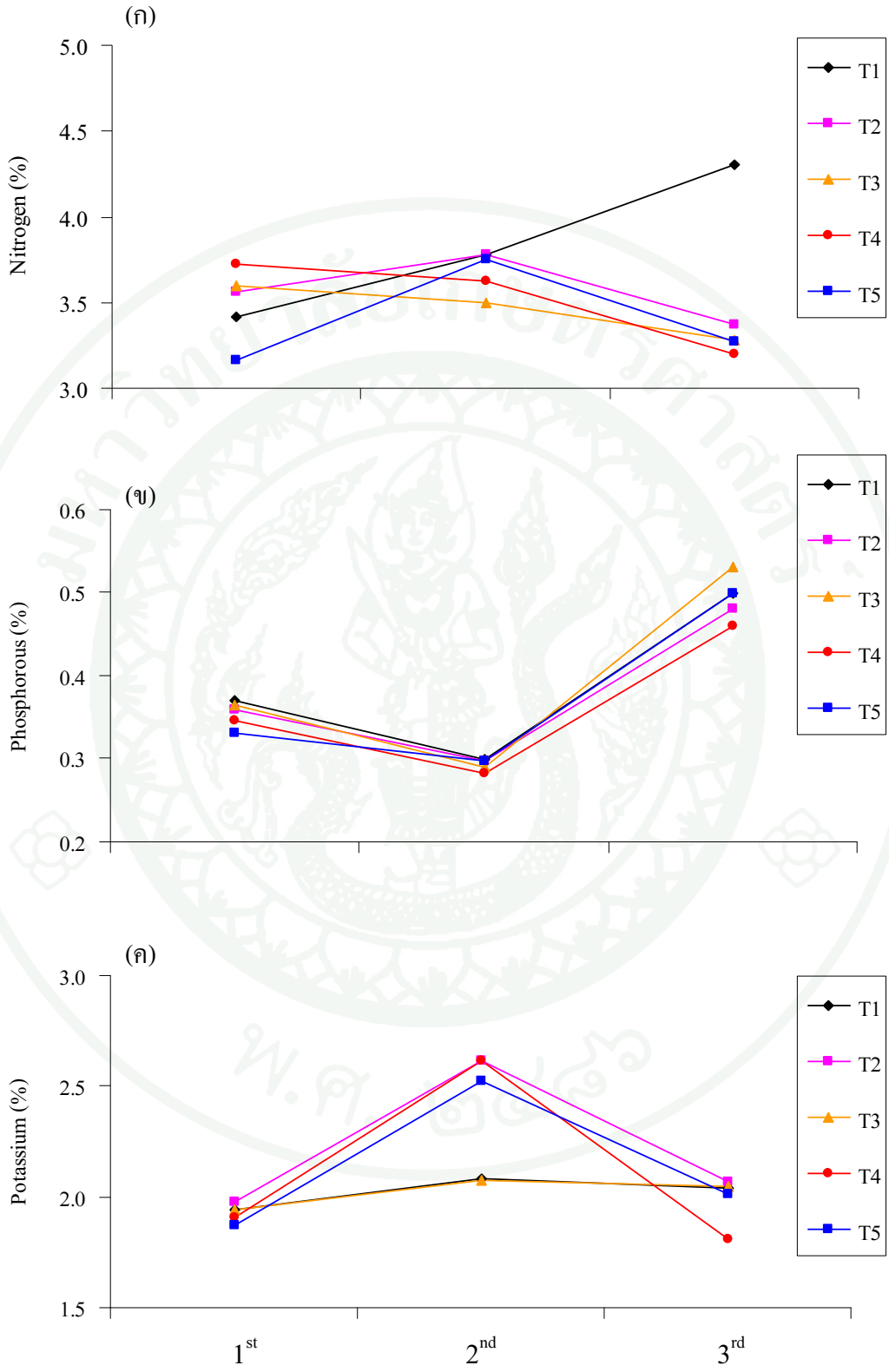
ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในใบยอดชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติภายใต้รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ในเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้ง (ภาพที่ 11ข และ 12ข) โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.32-0.45 และ 0.28-0.50 สำหรับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อนตามลำดับ ซึ่งระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบยอดชาจีนอยู่ในระดับที่สูงมาก (ศรีสม, 2547) ขณะที่การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ชาจีนมีแนวโน้มสะสมฟอสฟอรัสในใบยอดสูงที่สุดทั้งสองสายพันธุ์และสูงกว่าร้อยละ 0.25 ทั้งนี้น่าจะมีผลเนื่องจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณสูงมาก (30-94 และ 39-52 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน และสายพันธุ์เบอร์ 12 ตามลำดับ) ร่วมกับฟอสฟอรัสที่ได้มาจากปุ๋ยเคมีที่ให้รวมทั้งมูลวัว จึงทำให้ชาจีนดูดใช้ฟอสฟอรัสขึ้นไปสะสมอยู่ในปริมาณสูง อย่างไรก็ตาม การที่ชาจีนมีการสะสมฟอสฟอรัสที่สูงมากไป อาจส่งผลให้ผลผลิตใบยอดชาลดลง เนื่องจากพืชจะไม่มีการขยายข้อ ปล้อง และแตกยอด แต่จะออกดอกแทน จึงทำให้การสร้างยอดของชาจีนลดลงได้ (Poulton *et al.,* 2002)

6.3 โพแทสเซียม

ปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในใบยอดชาจีนทั้งสองสายพันธุ์มีปริมาณไม่แตกต่างกัน (ภาพที่ 11ค และ 12ค)

ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งแรก พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยมีแนวโน้มให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบยอดสูงที่สุดถึงร้อยละ 2.16 รองลงมา ได้แก่การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง ซึ่งมีปริมาณการสะสมเท่ากับร้อยละ 2.05 ในการเก็บเกี่ยวครั้งต่อมา ชาจีนมีการดูดใช้โพแทสเซียมขึ้นไปสะสมในใบยอดในปริมาณที่ใกล้เคียงกันโดยอยู่ในพิสัยร้อยละ 2.57-2.78 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำ (37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่) ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง มีแนวโน้มให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 2.57 รองลงมาคือการใส่มูลวัว อย่างไรก็ตามปริมาณการสะสมธาตุนี้ในการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้งอยู่ในระดับที่สูงมาก (ศรีสม, 2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 12 ปริมาณการสะสมของไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ในใบยอดชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับการสะสมปริมาณโพแทสเซียมในใบยอดของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนอยู่ในระดับที่สูงมาก (ศรีสม, 2547) เช่นเดียวกันกับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 โดยพบว่าการใส่มูลวัวมีแนวโน้มให้มีการสะสมโพแทสเซียมสูงที่สุด ทั้งในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1, 2 และ 3 โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 1.98, 2.62 และ 2.07 ตามลำดับ

ชาจีนทั้งสองสายพันธุ์มีแนวโน้มที่จะสะสมโพแทสเซียมเพิ่มมากขึ้นในการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งต่อ ๆ มา ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากดินของทั้งสองแปลงทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงจึงทำให้พืชดูดใช้แบบฟุ่มเฟือย (ยงยุทธ, 2546) แต่ไม่มีผลต่อการให้ผลผลิต

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในใบชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อน พบว่าในแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยใบชาจะมีปริมาณการสะสมธาตุอาหารเหล่านี้ใกล้เคียงกันมากซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัยแคบ ๆ เท่านั้น โดยใบยอดของชาจีนทั้งสองสายพันธุ์จะมีการสะสมไนโตรเจนเป็นปริมาณที่สูงที่สุดรองลงมาเป็นโพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ อย่างไรก็ตามชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนมีระดับการสะสมไนโตรเจนต่ำกว่าชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 ในขณะที่มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใกล้เคียงกัน

ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 ภายใต้รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ใบชาจะมีระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน และระดับความเข้มข้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 สำหรับโพแทสเซียมพบว่าระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และมีแนวโน้มลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยเคมีและมูลวัวไม่มีผลต่อการดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม แต่ส่งผลให้ชาจีนดูดใช้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เนื่องจากความเข้มข้นของไนโตรเจนพบอยู่ในระดับที่สูงกว่าการที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย รวมถึงการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ที่แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนที่เหลืออยู่ในดินอาจจะเพียงพอต่อการให้ผลผลิต แต่อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนในดินลดลงถึงร้อยละ 33-50 จากปริมาณเริ่มต้นก่อนการทดลอง (ตารางผนวกที่ 6) แสดงให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนอาจไม่เพียงพอในการเก็บเกี่ยวครั้งถัดมา จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม

สำหรับชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนภายใต้รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ พบว่า มีการสะสมไนโตรเจนในปริมาณที่ใกล้เคียงกันในการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้ง มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสลดลงในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และเพิ่มขึ้นในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 และปริมาณการสะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีและมูลวัวไม่มีผลต่อการดูดใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของชาจีน เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย แสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนในดินมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของชาจีนสายพันธุ์นี้ หรืออาจจะได้รับไนโตรเจนเพิ่มเติมจากน้ำฝน (Kolenbrander, 1977)

7. ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับใบชาจีน

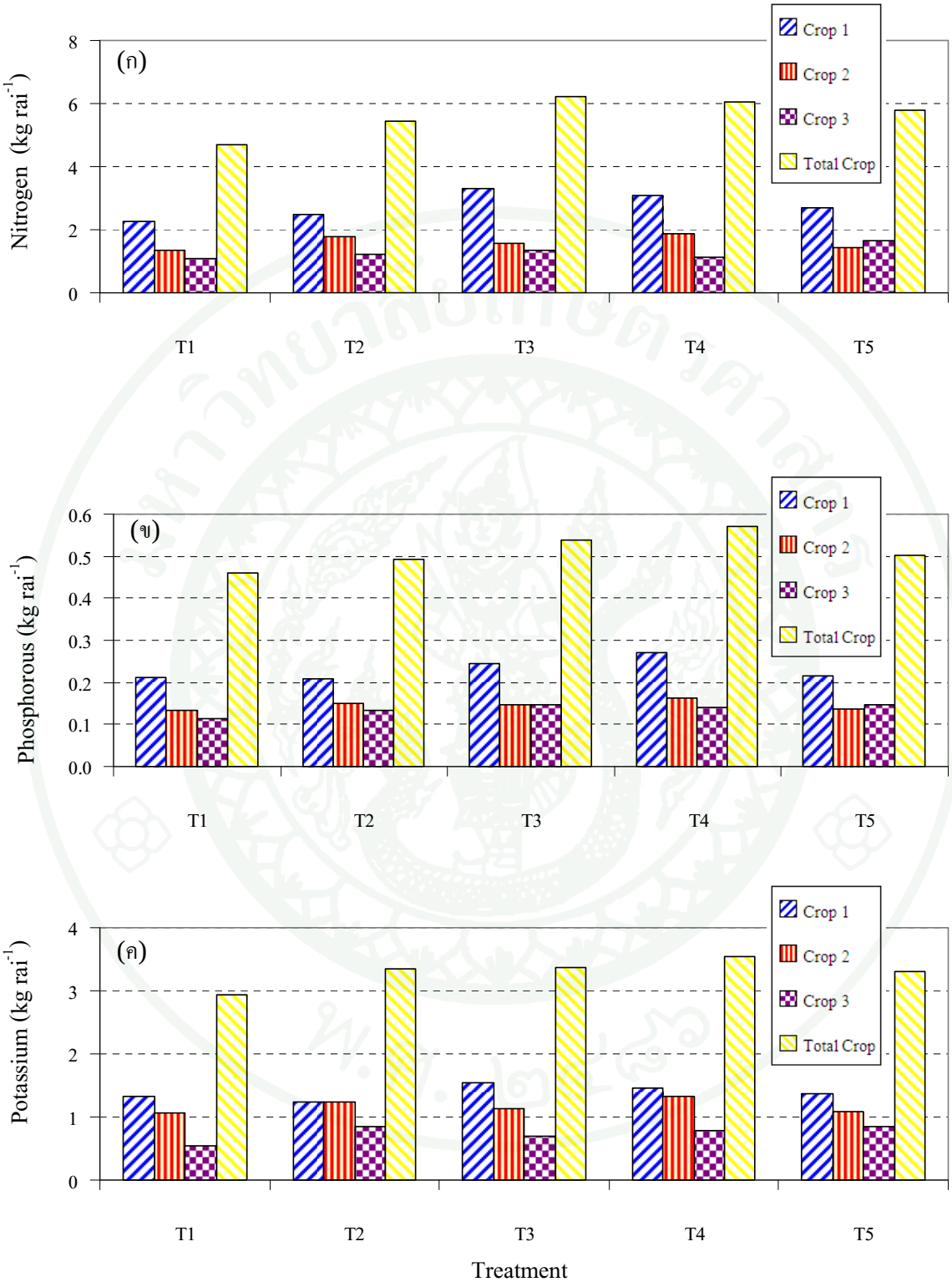
ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตชาจีนทั้งสองสายพันธ์แสดงในตารางผนวกที่ 14, 15 และ 16

7.1 แปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไปกับผลผลิตภายใต้รูปแบบการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 13)

การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีแนวโน้มเกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปกับผลผลิตสูงที่สุดมีปริมาณเท่ากับ 3.31 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 และอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ที่มีการใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง (ตำรับ 4 และ 5) ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจนติดไปกับผลผลิตสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1.87 และ 1.64 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาตลอดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีครั้งเดียวในอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนออกจากพื้นที่จากการเก็บเกี่ยวใบชาสดสูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ โดยมีปริมาณเท่ากับ 6.21 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งทั้งในอัตราสูงและอัตราต่ำ อย่างไรก็ตาม ไนโตรเจนจะติดไปกับผลผลิตในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มากกว่าครั้งที่ 2 และ 3 ทั้งนี้น่าจะเป็นสาเหตุมาจากในระยะที่เก็บบเกี่ยวครั้งแรกเป็นช่วงที่มีแดดออกค่อนข้างมาก ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงได้มากกว่า ซึ่งทำให้มีการดูดใช้ไนโตรเจนเพื่อนำไปสร้างเนื้อเยื่อเจริญได้มากกว่า(Takashima *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 ปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ไปกับผลผลิตของชาจีนของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณการสูญเสียฟอสฟอรัสไปกับผลผลิตชาจีนภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ มีปริมาณใกล้เคียงกันโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-0.27, 0.13-0.16 และ 0.12-0.15 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การสูญเสียฟอสฟอรัสไปกับผลผลิตตลอดการทดลองนั้น พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้เกิดการสูญเสียฟอสฟอรัสสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.57 กิโลกรัมต่อไร่

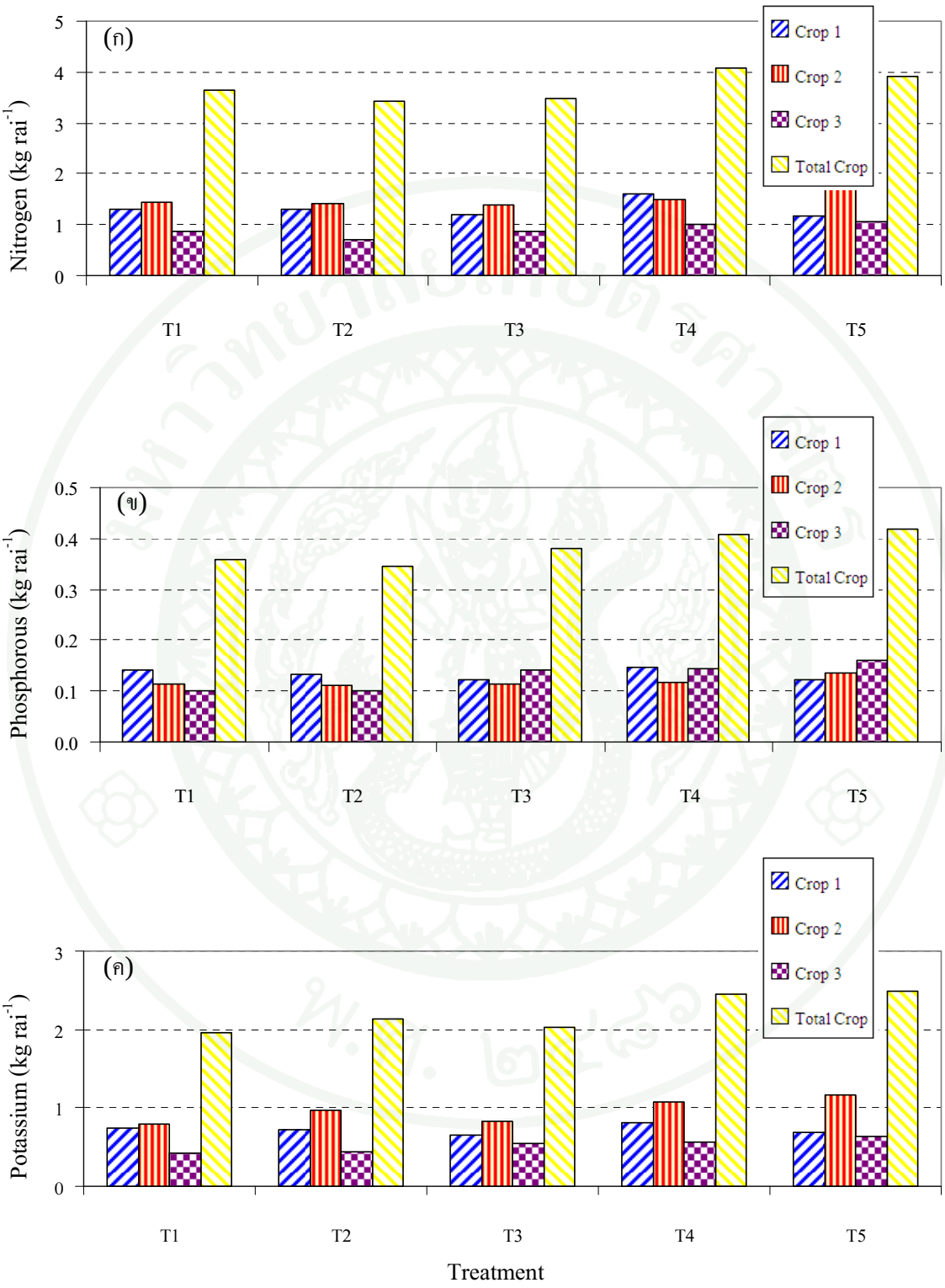
การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ มีแนวโน้มเกิดการสูญเสียโพแทสเซียมไปกับผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 1.55 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 การใส่ปุ๋ยอัตราสูงที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมติดไปกับผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1.32 กิโลกรัมต่อไร่ และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 การใส่มูลวัว และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งจะส่งผลให้มีโพแทสเซียมติดไปกับผลผลิตสูงสุดเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.84 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง พบว่า โพแทสเซียมสูญเสียไปกับใบชาจีนสดที่ถูกเก็บเกี่ยวออกไปตลอดทั้งปีมีแนวโน้มสูงสุดเท่ากับ 3.55 กิโลกรัมต่อไร่

7.2 แปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

การสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ไปกับผลผลิตชาจีนสายพันธ์ก้านอ่อน ภายใต้รูปแบบการจัดการปุ๋ยไม่มีความแตกต่างกัน (ภาพที่ 14)

ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง มีการสูญเสียไนโตรเจนไปกับผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 1.59 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง มีปริมาณการสูญเสียไนโตรเจนเท่ากับ 1.72 และ 1.12 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับผลรวมของการสูญเสียตลอดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มการสูญเสียธาตุไนโตรเจนไปกับผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 3.31 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 ปริมาณการสูญเสียไนโตรเจน (ก) ฟอสฟอรัส (ข) และโพแทสเซียม (ค) ไปกับผลผลิตของชาจีนของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การสูญเสียฟอสฟอรัสไปกับผลผลิตชาจีนภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยรูปแบบต่าง ๆ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง มีการสูญเสียฟอสฟอรัสไปกับผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 0.15 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้มีปริมาณฟอสฟอรัสติดไปกับผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 0.14 และ 0.16 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการสูญเสียฟอสฟอรัสตลอดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้เกิดการสูญเสียฟอสฟอรัสโดยติดไปกับผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 0.42 กิโลกรัมต่อไร่

การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มเกิดการสูญเสียโพแทสเซียมไปกับผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 0.82 กิโลกรัมต่อไร่ ในการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้มีปริมาณโพแทสเซียมติดไปกับผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1.16 และ 0.64 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 37.6-2.8-2.8 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มให้มีการสูญเสียโพแทสเซียมตลอดการทดลองสูงสุดเท่ากับ 2.49 กิโลกรัมต่อไร่

การสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสซียม ไปกับผลผลิตใบชาจีนสดสายพันธุ์เบอร์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อน ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม แนวโน้มที่จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมของชาสายพันธุ์เบอร์ 12 จะสูงกว่าสายพันธุ์ก้านอ่อน เนื่องจากผลผลิตน้ำหนักสดสูงกว่า โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้งมีแนวโน้มที่จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไปกับผลผลิตชาจีนทั้งสองสายพันธุ์สูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม การสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมไปกับผลผลิตชาจีนทั้งสองสายพันธุ์นี้มีปริมาณต่ำกว่าส่วนที่เพิ่มเติมในรูปของปุ๋ยตามตำรับทดลองต่าง ๆ เนื่องจากบางส่วนถูกนำไปสะสมยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช สะสมอยู่ในดิน และสูญเสียไปโดยการชะละลาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษารูปแบบการจัดการปุ๋ยที่มีผลต่อผลผลิตชาจีนสายพันธุ์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อน และผลตกค้างที่มีผลต่อสมบัติดิน พบว่ารูปแบบการจัดการปุ๋ยส่งผลให้สมบัติดินมีความแตกต่างกันโดยส่งผลต่อดินชั้นไถพรวนมากกว่าดินใต้ชั้นไถพรวนแต่ไม่ทำให้ผลผลิตชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ ปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลักและการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตมีความแตกต่างกัน

หลังจากการใส่ปุ๋ยตามวิธีการต่าง ๆ เป็นระยะเวลาสองครั้งส่งผลให้สมบัติดินบางประการมีความแตกต่างกันทางสถิติ ได้แก่ ค่าพีเอช ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่า การใส่มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ดินมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นมาก และมีปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราต่าง ๆ ตามตำรับทดลองอื่น ๆ ต่อเนื่องติดต่อกันสองครั้งไม่ได้ส่งผลให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก็ไม่เพิ่มขึ้น

ผลผลิตน้ำหนักสดใบชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ภายใต้วิธีการจัดการปุ๋ยแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในการเก็บเกี่ยวทั้ง 3 ครั้ง พบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้งของปุ๋ยเคมีอัตราสูง (75.2-5.6-5.6 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) และอัตราครึ่งหนึ่ง (37.6-2.8-2.8 กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) มีแนวโน้มให้ผลผลิตใบชาสดรวมสูงที่สุดของชาจีนสายพันธุ์ 12 และก้านอ่อน ตามลำดับ โดยผลผลิตที่ได้มีค่า 453 และ 298 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อนตามลำดับ

ปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลักในใบยอดชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ พบว่า ปริมาณการสะสมไนโตรเจนอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.16-5.0 ซึ่งอยู่ในระดับต่ำถึงสูง มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับเพียงพอถึงสูงโดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.3-05 และ 1.91-2.69 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามชาจีนทั้งสองสายพันธุ์มีการสะสมไนโตรเจนสูงกว่าโพแทสเซียมและฟอสฟอรัส เนื่องจากชาจีนเป็นพืชที่เก็บใบยอดจึงมีการสะสมไนโตรเจนอยู่ในปริมาณที่มากกว่า อย่างไรก็ตามชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อนมีแนวโน้มสะสมธาตุอาหารหลักต่ำกว่าชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 มีแนวโน้มที่จะเกิดการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตมากกว่าชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน (4.69-6.21 และ 3.44-4.09 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่; 0.46-0.57 และ 0.34-0.42 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่; 2.13-3.55 และ 1.96-2.49 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ สำหรับชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และก้านอ่อน ตามลำดับ) การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราสูง (75.2-5.6-5.6 กก. $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่) ที่มีการแบ่งใส่ไนโตรเจน 2 ครั้ง มีแนวโน้มที่จะเกิดการสูญเสียไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ไปกับผลผลิตสูงกว่าวิธีการจัดการปุ๋ยแบบอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตของชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ก็มีค่าต่ำกว่าปริมาณปุ๋ยที่ให้ในอัตราต่าง ๆ ตามตำรับทดลอง

ชาจีนทั้งสองสายพันธุ์มีประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาจากปริมาณการสะสมธาตุอาหารหลักในยอดใบชา แต่เมื่อพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดิน ภายหลังการเก็บเกี่ยวครั้งหลัง พบว่า ชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 มีแนวโน้มการใช้ธาตุอาหารเหล่านี้สูงกว่าเนื่องจากมีการตกค้างน้อยกว่า

ข้อเสนอแนะ

1. การใส่มูลวัว ทำให้ผลผลิตใบชาจีนสดที่ได้มีปริมาณไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราและวิธีการใส่แบบต่าง ๆ แต่เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่า การใช้มูลวัวอัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลตอบแทนต่ำกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยและการใส่ปุ๋ยเคมี

2. การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกันที่ทำการใส่เพียงครั้งเดียว และมีการแบ่งใส่ 2 ครั้ง จะให้ผลผลิตชาจีนไม่แตกต่างกัน

3. สำหรับการไม่ใส่ปุ๋ยเลย ต่อไปอาจจะทำให้ผลผลิตชาจีนลดลงได้ หากไม่มีการใส่ปุ๋ยอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารสำรองในดินมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน

4. การศึกษาคุณภาพในใบชาจีนทั้งสองสายพันธุ์ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก จึงเห็นควรให้มีส่งเสริมและสนับสนุนงานวิจัย เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้บริโภค และส่งผลไปถึงการส่งออกในอนาคต ของประเทศไทย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษณา สุดทะสาร สุภาณี จงดี และรานี เคนเหลื่อม. 2551. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ชาเขียวจากต้นอ่อนข้าวหอม, น.398-406. *ใน* **เอกสารการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2551**. เล่มที่ 2/2 วันที่ 8-10 เมษายน 2551 ณ โรงแรมชลจันทร์พัทยารีสอร์ท จังหวัดชลบุรี.

กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม. 2526**. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยมาตราส่วน 1:500,000.**

กรมส่งเสริมการเษตร. 2538. **ชา**. เอกสารวิชาการที่ 71. กระทรวงเษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547 **ชา และชาหม่อน**. สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551. **รายงานสภาพอากาศประจำปี 2551 ของภาคเหนือ**. ระบบบริการสารสนเทศภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2524. **รายงานการสัมมนาการเกษตรภาคเหนือ ระหว่างวันที่ 23-27 กุมภาพันธ์ 2524**. ณ สำนักงานเกษตรภาคเหนือ, เชียงใหม่.

กองสำรวจดิน. 2522**. รายงานการสำรวจดินจังหวัดเชียงใหม่.** รายงานการสำรวจ ฉบับที่ 204**.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2523. **คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กาญจนา สิงหอำไพ. 2531. **รายงานการสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องชา**. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โกศล เคนทะ. 2551. **อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ต่อสมบัติดินบางประการและผลผลิตชาจีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ อนงค์รักษ์. 2546. **ลำดับดินบนพื้นที่สูงที่ได้รับอิทธิพลจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2551. **ลักษณะและสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรเทพ ศรีศุข. 2541. **ลักษณะของดินที่สูงบริเวณลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิบูลย์ กังแฮ. 2526. **การศึกษาลักษณะ และความเหมาะสมต่อการปลูกพืชของดินไหล่เขาบางชนิดในภาคเหนือของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2546. **ธาตุอาหารพืช.** พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระเบียบ โชติอำไพ. 2538. ชา. **กสิกร** 68: 480-481.

วิทยา จินดาหลวง. 2551. **การวิเคราะห์ปัจจัยทางดินที่มีผลต่อการผลิตพืชในพื้นที่อินทนนท์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรีสม สุวรรณวงค์. 2547. **การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช**. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภนารถ เกตุเจริญ. 2538. **ชา**. กองเกษตรสัมพันธ์ กรมส่งเสริมการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. 2550. **ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ**. แหล่งที่มา: http://www.hrdi.or.th/, 22 ธันวาคม 2551.

สมศักดิ์ เภาทอง, วีระศักดิ์ จิโนแสง และอานุภาพ เส็งสาย. 2542. อิทธิพลของปุ๋ยคอกและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของหญ้ากินนีสีม่วงในชุดดินหุบกะพง, น. 71-91. *ใน* **รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี 2542**. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุภาพ ชาวนา และ ศรัณยู อารินทร์. 2550. การปรับปรุงและดูแลคุณภาพผลิตใบชาเพื่อการแปรรูปชาคุณภาพ, น. 16. *ใน* **รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการและการฝึกอบรม**. งานพัฒนาและส่งเสริมผลิตชาจีน ฝ่ายพัฒนา มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2534. **ดินของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adiloglu, A. and S. Adiloglu. 2006. An investigation on nutritional status of tea (*Camellia sinensis* L.) grown in eastern black sea region of Turkey. **Pakistan J. Bio. Sci**. 9: 365-370.

Balentine, D.A., S.A. Wiseman and C.M. Bouwens. 1997. The chemistry of tea flavonoids. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr**. 37: 693-704.

Bhadoria, P.S., B. Steingrobe, N. Claassen and H. Liebersbach. 2002. Phosphorus efficiency of wheat and sugar beet seedlings grown in soils with mainly calcium, or iron and aluminium phosphate. **Plant and Soil** 246: 41-52.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2007. **The Nature and Properties of Soil**. 14th ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59: 39-45.

Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total, pp. 595-624. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. **Methods of Soil Analysis: Part II**. **Chemical and Microbiological Properties**. 2nd ed. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Cao, J., Y. Zhao and J. Liu. 1997. Brick tea consumption as the cause of dental fluorosis among children from Mongol, Kazak and Yugu populations in China. **Food Chem. Toxicol**. 35: 827-833.

_____, _____, _____, X. Bai, D. Zhou, S. Fang, M. Jia and J. Wu. 1996. The relationship of fluorosis and brick tea drinking in Chinese Tibetans. **Environ. Health Perspectives** 104: 1340-1343.

Crane, J.H. and C.F. Balerdi. 2005. **Tea Growing in the Florida Home Landscape**. Inst. Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.

Dang, M.V. 2005. Soil-plant nutrient balance of tea crops in the northern mountainous region, Vietnam. **Agr. Ecosyst. Env**. 105: 413-418.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, (ed.). **Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogy Methods.** Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Eden, T. 1976. **Tea**. Lowe and Brydone (Printer) Ltd., UK.

Eyupoglu, F. 1999. Fertility status of Turkish soils. **Soil and Fertilizer**. Res. Inst. Publ. No. 220: 112.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Faithfull, N.T. 2002. **Methods in Agricultural Chemical Analysis.** CAB International, Wallingford, UK.

Hamid, F.S., T. Ahmad, B.M. Khan, A. Waheed and N. Ahmed. 2006. Effect of soil pH in rooting and growth of tea cuttings (*Camellia sinensis* L.) at nursery level. **Pak. J. Bot**. 38: 293-300.

Harris, W.G. 2002. Phosphate minerals, pp. 637-665. *In* **Soil Mineralogy with Environment Applications**. SSSA Book Series No.7. Soil Sci. Soc. Amer. Madison.

Haynes, R.J. and M.S. Mokolobate. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. **Nutr. Cycl. Agroecosy**. 59: 47-63.

Hepler, P.K. and R.O. Wayne. 1985. Calcium and plant development. **Annu**. **Rev**. **Plant Physiol**. 36: 379-493.

Hertog, N.C.J.L., P.C.H. Hollman, M.B. Katan and D. Kromhout. 1993. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinations in adults in The Netherlands. **Nutr. Cancer** 20: 21-29.

Hikmatullah, H.S. and B.H. Prasetyo. 2003. Soil properties of the eastern toposequence of mount Kelimutu, Flores island, east Nusa Tenggara and their potential for agricultural use. **Indonesian J. Agric. Sci**. 4: 1-11.

Hornstrom E., A. Harbom, F. Edberg and C. Andrén. 1995. The influence of ph on aluminium toxicity in the phytoplankton species Monoraphidium dybowskii and M. griffithii. **Water, Air & Soil Pollution** 85(2): 817-822.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Isaac, R.A. and W.C. Johnson. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue, using a block digester. **J. Assoc. Off. Anal. Chem**. 59: 98-100.

Ishigaki, K. 1974a. Comparative studies of the effect of ammonium-nitrogen and nitrate-nitrogen on tea plant. Effect of the concentration of phosphorus and potassium. **Study of Tea** 44: 14-18.

Ishigaki, K. 1974b. Comparison between ammonium-nitrogen and nitrate-nitrogen on the effect of tea plant growth. **Japanese Agricultural Research Quaternary** 8: 101-105.

_____. 1984. Influences of aluminium and boron on the growth and the content of mineral elements of tea plants grown on the sand culture method. **Study of Tea** 66: 33-34.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advanced Course**. Department of Soils, University of Wisconsin.

Jones, J.B., Jr. and V.W. Case. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue sample, pp. 389-427. *In* R.L. Westerman, ed. **Soil Testing and Plant Analysis**. Soil Sci. Soc. Amer, Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Kacar, B., G. Celebi, K. Oskay and A.V. Katkat. 1975. An investigation on phosphorus fixation of acid soils in black sea region in Turkey. **Tubitak Publ**. 265: 1-107.

Khokhar, S. and S.G.M. Magnusdottir. 2002. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. **J. Agric. Food Chem**. 50: 565-570.

Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soil. **Soil Sci.** 68: 15-24.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kochian, L.V., O.A. Hoekenga and M.A. Pineros. 2004. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanism of aluminum tolerance and phosphorus efficiency. **Annu. Rev. Plant Biol**. 55: 459-493.

Kolenbrander, G.J. 1977. Nitrogen in organic matter and fertilizer as a source of pollution. **Progress in Water Technology** (8)4: 67-84.

Konishi, S., S. Miyamoto and T. Taki. 1985. Stimulatory effects of aluminum on tea plants grown under low and high phosphorus supply. **Soil Sci. Plant Nutri**. 31: 361-368.

Lambers, H., M.W. Shane, M.D. Cramer, S.J. Pearse and E.J. Veneklaas. 2006. Root structure and functioning for efficient acquisition of phosphorus: Matching morphological and physiological traits. **Ann. Bot**. 98: 693-713.

Lin, Y.L. and J.K. Lin. 1997. (-)-Epigallocatechin-3-gallate blocks the induction of nitric oxide synthase by down-regulating lipopolysaccharide-induced activity of transcription factor NF-kB. **Mol. Pharmacol**. 52: 465-472.

_____, I.M. Juan, Y.L. Chen, Y.C. Liang and J.K. Lin. 1996. Composition of polyphenols in fresh tea leaves and association of their oxygen radical-absorbing capacity with antiproliferative actions in fibroblast cell. **J. Agric. Food Chem**. 44: 1387-1394.

Matsumoto, H., E. Hirasawa, S. Morimura and E. Takahashi. 1976. Localization of aluminium in tea leaves. **Plant and Cell Physiol**. 17: 627-631.

Meek, B., L. Graham**,** T. Donovan**.** 1982. Long-term effects of manure on soil nitrogen, phosphorus, potassium, sodium, organic matter, and water infiltration rate. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 46: 1014-1019.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Mibocha R. and S.C. Minocha. 2005. Effects of soil pH and aluminum on plant respiration, 159-176. In H. Lambers, M. Ribas-Carbo, eds. **Plant respiration**. Springer, Netherlands.

Mill, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. **Plant Analysis Handbook II: A Practical Sampling, Preparation, Analysis and Interpretation Guide**. Macro Publing Inc., USA.

Morita, A., M. Ohta and T. Yoneyama. 1998. Uptake, transport and assimilation of ^{15}N-nitrate and ^{15}N-ammonium tea (*Camellia sinensis* L.) plants. **Soil Sci. Plant Nutr**. 44: 647-654.

Morton, J.D., C. G. Roach, M. J. Tong and A. H. C. Roberts. 2004. Potassium in soil and pasture and leaching of cations on an allophanic soil in New Zealand. **New Zealand J. Agr. Research** 47: 147-154.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual**. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0 National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Oikeh, S. O. and J.E. Asiegbu. 1993. Growth and yield responses of tomatoes to sources and rates of organic manures in ferralitic soil. **Bioresource-Technology** 45(1): 21-25.

Okano, K., K. Chutani and K. Matsuo. 1997. Suitable level of nitrogen fertilizer for Tea (*Camellia sinensis* L.) plants in relation to growth, photosynthesis, nitrogen uptake and accumulation of free amino acids. **J. Crop. Sci**. 66(2): 279-287.

Othieno, C.O. 1992. **Soils**. Chapman and Hall London.

Oughton, G.A. 1972. **Proposal for a Highland Zonal Development Project**. Tribal Research Centre, Chiang Mai, Thailand.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Owuor, P.O. and D.K.A. Cheruiyot**.** 1989. Effect of nitrogen fertilizers on the aluminum contents of mature tea leaf and extractable aluminum in the soil. **Plant and Soil** 119: 342-345.

Peech, M. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. **Chemical and Microbiological Properties.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Poulton J.L., D. Bryla, R.T. Koide and A.G. Stephenson. 2002. Mycorrhizal infection and high soil phosphorus improve vegetative growth and the female and male functions in tomato. **New Phytologist** 154: 255-26

Prasad, R. and J.F. Power. 1997. **Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture**. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, New York.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis: Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Ruan, J. and M.H. Wong. 2001. Accumulation of fluoride and aluminum related to different varieties of tea plant. **Environmental Geochemistry and Health** 23: 53-63.

_____ and R. Hardter. 2001. Productivity and quality response of tea to balanced nutrient management-Examples from China tea gardens, pp. 324-325, *In* W. J. Horst, M.K. Schenk and A. Buerkert, eds. **Plant Nutrition – Food Security and Sustainability of Agro-Ecosystems**. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

_____, X. Wu and R. Hardter 1999. Effect of potassium and magnesium nutrition on the quality components of different types of tea. **J. Sci. Food Agric**. 79: 47-52.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____, _____, Y. Ye, and R. Hardter. 1998. Effect of potassium, magnesium and sulpher applied in different forms of fertilizers on free amino acid content in leaves of tea (*Camellia sinensis* L.). **J. Sci. Food Agric**. 76: 389-396.

Sahibin, A.R., A.R. Zulfahmi, K.M. Lai, P. Errol and L. Tukimat. 2002. Physico-chemical properties of soil under vegetables cultivation in Cameron highland, pp. 668-674. *In* R. Omar, Z. Ali Rahman, M.T. Latif, T. Lihan and J.H. Adam, eds. **Symposium on Environment and Natural Resources.** 10-11th April 2002. Hotel Renaissance Kuala Lumpur, Malaysia.

Salehi, S.Y. and R. Haboland. 2008. A high internal phosphorus use efficiency in Tea (*Camellia sinesis* L.) plants. **Asian J. Plant Sci**. 7(1): 30-36.

Shu, W.S., Z.Q. Zhang, C.Y. Lan and M.H. Wong. 2003. Fluoride and aluminum concentrations of tea plants and tea products from Sichuan Province, PR China. **Chemosphere** 52: 1475-1482.

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** U.S. Dept. of Agr. Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Squeire, G.R. 1979. Weather, physiology and seasonality of tea (*Camellia sinensis*) yields in Malawi. **Experimental Agriculture** 15: 321-330.

Takashima, T., K. Hikosaka and T. Hirose. 2004. Photosynthesis or persistence: nitrogen allocation in leaves of evergreen and deciduous *Quercus* species. **Plant, Cell and Environment** 27: 1047–1054.

Tang, Y., J.H. Zhang, J.L. Schroder, M.E. Payton and D. Zhou. 2007. Animal Manure Reduces Toxicity in an Acid Soil. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 71: 1699-1707.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thomas, G.W. 1982. Exchange cations, pp. 159-166. *In* A.L. Page, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. **Chemical and Microbiological Properties.** 2nd ed. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

_____. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.** SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Vadas, P., R. Harmel and P. Kleinman. 2007. Transformations of soil and manure phosphorus after surface application of manure to field plots. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 77: 83-99.

Vance, C.P., C. Uhde-Stone and D.L. Allan. 2003. Phosphorus acquisition and use: Critical adaptation by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytol**. 157: 423-447.

Venkatesan, S. and M.N.K. Ganapathy. 2004. Impact of nitrogen and potassium fertilizer application on quality of CTC teas. **Food Chem**. 84: 325-328.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci**. 37: 29-35.

Wang, H., X. You and Z. Chen. 2002. The chemistry of tea volatiles, pp. 93-100. *In* Y. Zhen ed., **Tea Bioactivity and Therapeutic Potential**. Taylor & Francis, London.

Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clayton and J.P Carefoot. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 64: 962–966.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Willson, K.C. 1999. **Coffee, Cocoa and Tea**. CABI Publishing, London, UK.

_____ and R. Choudhury. 1968. Fertilisers and tea quality. **Tea** 9: 17-19.

_____ and _____. 1969. Fertilizers and tea quality. **Two and a Bud** 15: 92-95.

Wiseman, S.A., D.A. Balentine and B. Frei. 1997. Antioxidants in tea. **Crit. Rev. Food Sci. Nutr**. 37: 705-718.

Xu, Y., C.T. Ho, S.G. Amin, C. Han and F.L. Chung. 1992. Inhibition of tobacco-specific nitrosamine-induced lung tumorigenesis in A/J mice by green tea and its major polyphenol as antioxidants. **Cancer Res**. 52: 3875–3879.

Yang, C.S. and Z.Y. Wang. 1993. Tea and cancer. **J. Natl. Cancer Inst**. 85: 1038-1049.

Yoshida, S., D.A. Forno and J.H. Cook. 1971. **Laboratory Manure for Physiological Studies of Rice.** Int. Rice Res. Inst., Los Banos, Laguna, Philippines.

Zhang, H. 1998. Animal manure can raise soil pH. **Production Technology** 10(7): 1-2.

Zongmao, C. 1994. Tea science in the year 2000 with special reference to China, pp. 51-59. *In* **Integrated Crop Management in Tea Towards Higher Productivity.** April, 26-27, 1994. International Potash Institute, Switzerland.

Zoysa, A.K.N., P. Loganathan and M.J. Hedley. 1999. Phosphorus utilization efficiency and depletion of phosphate fractions in the rhizosphere of three tea (*Camellia sinensis* L.) clones. **Nutr. Cycl. Agroecosyst**. 53: 189-201.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางเคมีของมูลวัวที่ใช้ในการทดลอง

Properties of cattle manure	
pH	8
EC (dS m^{-1})	3.35
Total N (%)	1.08
Total P (%)	0.29
Total K (%)	1.25

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 สมบัติทางเคมีของดินบนก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Properties	Treatment	Replication				Average
		1	2	3	4	
pH	T1	4.7	4.4	4.1	4.9	4.5
	T2	4.5	4.7	4.8	4.7	4.7
	T3	4.1	4.1	4.9	5.1	4.6
	T4	4.7	4.4	4.7	5.2	4.8
	T5	4.6	4.7	4.8	4.8	4.7
OM (g kg^{-1})	T1	37.39	33.61	34.30	34.30	34.90
	T2	26.41	33.96	2.84	37.73	25.24
	T3	26.07	30.18	30.18	33.96	30.10
	T4	32.93	26.75	37.39	30.53	31.90
	T5	32.59	33.96	28.81	30.53	31.47
Total N (g kg^{-1})	T1	1.09	1.37	1.44	1.54	1.36
	T2	1.30	1.02	1.26	1.61	1.30
	T3	1.30	1.30	0.88	1.54	1.25
	T4	1.37	0.74	1.65	1.09	1.21
	T5	0.84	1.37	1.05	1.09	1.09
Availble P (mg kg^{-1})	T1	42.50	27.50	50.00	57.50	44.38
	T2	250.00	28.00	5.00	202.50	121.38
	T3	95.00	8.50	14.00	50.00	41.88
	T4	13.50	6.00	25.50	55.00	25.00
	T5	30.00	13.50	9.50	52.50	26.38
Availble K (mg kg^{-1})	T1	139.46	92.01	129.60	74.26	108.83
	T2	99.22	50.42	55.19	119.36	81.05
	T3	55.39	46.40	130.19	153.43	96.35
	T4	150.70	100.00	105.74	80.33	109.19
	T5	54.87	161.36	53.95	65.44	83.91
Exchangable Al (mg kg^{-1})	T1	0.98	1.21	1.62	0.51	1.08
	T2	0.93	0.82	1.02	0.67	0.86
	T3	2.09	2.51	0.96	0.47	1.51
	T4	0.88	1.33	0.82	0.36	0.85
	T5	1.39	0.90	1.54	0.63	1.12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินล่างก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Properties	Treatment	Replication				Average
		1	2	3	4	
pH	T1	4.1	3.8	3.8	5.1	4.2
	T2	4.1	4.2	4.4	4.8	4.4
	T3	4.9	3.5	4.6	5.1	4.5
	T4	4.0	4.1	5.0	4.9	4.5
	T5	4.0	4.0	4.4	4.4	4.2
OM (g kg^{-1})	T1	14.50	14.41	17.84	10.96	14.43
	T2	12.69	15.09	16.12	13.38	14.32
	T3	14.75	14.75	13.72	15.09	14.58
	T4	17.15	13.38	13.72	14.41	14.67
	T5	17.84	13.38	17.15	15.09	15.87
Total N (g kg^{-1})	T1	0.56	0.70	0.74	0.46	0.61
	T2	0.56	0.49	0.74	0.39	0.54
	T3	0.63	0.56	0.39	0.46	0.51
	T4	0.74	0.42	0.49	0.46	0.53
	T5	0.56	0.42	0.49	0.49	0.49
Availble P (mg kg^{-1})	T1	2.00	1.00	3.50	5.00	2.88
	T2	27.50	3.75	1.50	9.50	10.56
	T3	0.75	2.75	1.00	5.00	2.38
	T4	1.25	1.50	2.00	3.50	2.06
	T5	12.50	2.00	1.75	3.50	4.94
Availble K (mg kg^{-1})	T1	30.06	85.10	46.79	107.71	67.41
	T2	48.71	40.24	23.79	115.01	56.94
	T3	64.02	76.64	41.25	90.08	68.00
	T4	57.42	78.49	188.77	73.42	99.52
	T5	24.60	67.56	17.82	49.04	39.75
Exchangable Al (mg kg^{-1})	T1	2.24	1.53	1.63	0.60	1.50
	T2	1.96	2.26	2.83	0.16	1.80
	T3	1.19	2.69	2.07	0.17	1.53
	T4	1.52	2.21	1.80	0.37	1.48
	T5	2.40	2.04	0.47	1.35	1.57

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 สมบัติทางเคมีของดินบนก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Properties	Treatment	Replication				Average
		1	2	3	4	
pH	T1	4.7	4.8	5.2	4.5	4.8
	T2	5.1	5.3	4.8	4.6	5.0
	T3	4.9	5.1	4.8	4.6	4.9
	T4	4.3	5.7	4.5	4.5	4.8
	T5	4.7	5.4	4.9	4.9	5.0
OM (g kg^{-1})	T1	23.32	24.01	32.93	33.27	28.38
	T2	31.21	24.01	31.56	29.16	28.99
	T3	37.04	33.96	27.10	29.84	31.99
	T4	31.90	33.61	29.84	24.35	29.93
	T5	26.75	31.21	24.70	30.18	28.21
Total N (g kg^{-1})	T1	0.88	0.91	1.19	1.19	1.04
	T2	1.19	1.05	1.40	1.12	1.19
	T3	1.16	1.47	1.09	1.16	1.22
	T4	1.40	1.05	1.23	1.12	1.20
	T5	1.05	0.77	0.67	1.12	0.90
Availble P (mg kg^{-1})	T1	9.00	6.00	24.00	85.00	31.00
	T2	42.50	18.50	32.50	13.50	26.75
	T3	150.00	34.50	10.00	55.00	62.38
	T4	13.50	67.50	12.00	12.00	26.25
	T5	21.00	27.00	11.00	117.50	44.13
Availble K (mg kg^{-1})	T1	60.05	71.08	149.72	76.20	89.26
	T2	121.13	76.46	53.11	95.85	86.64
	T3	29.34	84.93	100.36	103.20	79.46
	T4	53.70	103.08	60.24	57.07	68.52
	T5	116.43	104.25	103.61	95.93	105.06
Exchangable Al (mg kg^{-1})	T1	0.75	0.42	0.08	0.39	0.41
	T2	0.31	0.69	0.12	0.24	0.34
	T3	0.22	0.33	0.52	0.08	0.29
	T4	0.42	0.21	0.41	0.75	0.45
	T5	0.47	0.21	0.43	0.32	0.36

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 สมบัติทางเคมีของดินล่างก่อนทำการทดลองของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Properties	Treatment	Replication				Average
		1	2	3	4	
pH	T1	4.7	4.7	4.5	4.3	4.6
	T2	4.5	4.5	4.7	4.9	4.7
	T3	4.3	4.8	4.8	4.7	4.7
	T4	4.5	5.0	4.2	4.5	4.6
	T5	4.5	4.9	4.0	5.1	4.6
OM (g kg^{-1})	T1	11.32	14.41	13.72	14.41	13.47
	T2	10.63	14.06	13.38	18.52	14.15
	T3	11.32	10.63	11.32	13.72	11.75
	T4	14.06	14.75	16.81	11.66	14.32
	T5	10.63	12.35	10.29	12.69	11.49
Total N (g kg^{-1})	T1	0.32	0.46	0.46	0.49	0.43
	T2	0.32	0.35	0.53	0.67	0.47
	T3	0.42	0.39	0.42	0.46	0.42
	T4	0.63	0.56	0.60	0.35	0.54
	T5	0.32	0.46	0.28	0.28	0.34
Availble P (mg kg^{-1})	T1	1.75	0.75	1.50	10.00	3.50
	T2	1.50	0.25	3.00	9.00	3.44
	T3	2.75	0.50	2.50	12.00	4.44
	T4	3.00	5.50	2.00	10.00	5.13
	T5	1.50	1.50	1.00	85.00	22.25
Availble K (mg kg^{-1})	T1	65.56	95.31	70.89	48.04	69.95
	T2	59.49	64.55	63.26	109.47	74.19
	T3	46.60	44.80	83.81	99.88	68.77
	T4	75.50	56.77	62.04	97.84	73.04
	T5	60.47	108.34	81.41	82.97	83.30
Exchangable Al (mg kg^{-1})	T1	1.10	0.74	1.81	2.18	1.46
	T2	0.86	0.28	1.88	1.10	1.03
	T3	0.51	1.60	1.69	0.96	1.19
	T4	0.04	1.01	1.92	2.33	1.33
	T5	0.98	1.39	1.80	0.50	1.17

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Treatment	pH 1:1	OM	Total N	Avail. P	Avail. K	Exch. Al
		(------- g kg^{-1}--------)		(----------mg kg^{-1}----------)		
Topsoil[1/]	4.7	32.1	1.2	52.0	96.0	29.2
T1	5.2b	28.1	0.7	26.4	83.5b	36.4
T2	6.2a	31.7	0.8	62.7	408.5a	18.6
T3	4.9b	27.0	0.8	50.5	87.1b	31.2
T4	5.1b	28.0	0.7	48.9	90.3b	37.6
T5	4.8b	28.6	0.6	38.6	81.5b	36.2
F-test[2/]	**	ns	ns	ns	**	ns
Subsoil[1/]	4.4	14.8	0.5	5.0	66.0	42.5
T1	5.1	13.2	0.4	1.9	64.7b	52.5
T2	5.1	14.2	0.3	6.5	182.3a	27.6
T3	4.7	12.2	0.3	5.3	78.2b	48.4
T4	4.6	13.6	0.2	6.0	72.3b	42.6
T5	4.4	13.9	0.3	2.8	53.9b	54.2
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	**	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยของค่าวิเคราะห์ของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ; ** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Treatment	pH 1:1	OM	Total N	Avail. P	Avail. K	Exch. Al
		(------- g kg^{-1}--------)		(----------mg kg^{-1}----------)		
Topsoil[1/]	4.9	29.5	1.1	39.0	86.0	10.0
T1	4.7b	30.3	1.1	34.0	99.7b	40.1ab
T2	5.6a	29.8	0.9	37.1	317.0a	20.6c
T3	4.8b	29.7	1.0	93.9	113.0b	28.0bc
T4	4.8b	28.2	1.1	47.4	77.5b	31.4bc
T5	4.5b	30.3	1.1	30.8	99.2b	48.0a
F-test[2/]	*	ns	ns	ns	**	**
Subsoil[1/]	4.6	13.0	0.4	8.0	74.0	33.3
T1	4.5	13.1	0.5	5.2	57.5	47.3
T2	4.5	13.7	0.4	1.8	84.7	40.1
T3	4.5	13.8	0.4	5.1	67.7	47.7
T4	4.4	13.9	0.3	5.8	59.0	45.7
T5	4.8	13.6	0.5	3.7	65.4	45.9
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/] ค่าเฉลี่ยของค่าวิเคราะห์ของดินบน (0-30 เซนติเมตร) และดินล่าง (30-60 เซนติเมตร) ก่อนทำการทดลอง

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ;*,** = แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และ 99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 น้ำหนักผลผลิตใบชาสดตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Treatment	Leaf fresh weight[1/] (kg rai^{-1})			
	1	2	3	Total
T1	184	113	70	367
T2	185	133	86	404
T3	235	123	83	441
T4	232	137	85	453
T5	202	122	86	410
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 น้ำหนักผลผลิตใบชาสดตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Treatment	Leaf fresh weight[1/] (kg rai^{-1})			
	1	2	3	Total
T1	104	100	51	256
T2	89	102	51	242
T3	82	105	67	254
T4	104	109	76	289
T5	95	126	77	298
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 น้ำหนักผลผลิตใบชาแห้งตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Treatment	Leaf dry weight[1/] (kg rai^{-1})			
	1	2	3	Total
T1	61	40	26	128
T2	61	47	33	141
T3	76	44	32	153
T4	76	48	32	156
T5	67	39	33	139
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 11 น้ำหนักผลผลิตใบชาแห้งตลอดการทดลองของแปลงชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Treatment	Leaf dry weight[1/] (kg rai^{-1})			
	1	2	3	Total
T1	39	38	20	97
T2	37	37	21	95
T3	33	40	27	100
T4	43	41	31	115
T5	37	46	32	114
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Treatment	Nitrogen[1/]			Phosphorous[1/]			Potassium[1/]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	(------- % -------)			(------- % -------)			(------- % -------)		
T1	3.67	3.39	4.09	0.35	0.33	0.44	2.16	2.65	2.07
T2	4.07	3.78	3.64	0.34	0.32	0.41	2.04	2.69	2.55
T3	4.33	3.59	4.12	0.32	0.34	0.45	2.02	2.57	2.16
T4	4.05	3.93	3.45	0.36	0.34	0.43	1.91	2.78	2.40
T5	4.05	3.68	5.00	0.32	0.35	0.45	2.05	2.76	2.57
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 13 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Treatment	Nitrogen[1/]			Phosphorous[1/]			Potassium[1/]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	(------- % -------)			(------- % -------)			(------- % -------)		
T1	3.42	3.78	4.30	0.37	0.30	0.50	1.94	2.08	2.04
T2	3.56	3.78	3.37	0.36	0.30	0.48	1.98	2.62	2.07
T3	3.60	3.50	3.28	0.37	0.29	0.53	1.94	2.08	2.05
T4	3.73	3.62	3.20	0.35	0.28	0.46	1.91	2.62	1.81
T5	3.16	3.75	3.27	0.33	0.30	0.50	1.88	2.53	2.01
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12

Treatment	Nitrogen[1/]			Phosphorous[1/]			Potassium[1/]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	(------ kg rai^{-1} ------)			(------ kg rai^{-1} ------)			(------ kg rai^{-1} ------)		
T1	2.26	1.36	1.07	0.21	0.13	0.12	1.33	1.06	0.54
T2	2.49	1.76	1.20	0.21	0.15	0.14	1.25	1.25	0.84
T3	3.31	1.57	1.34	0.24	0.15	0.15	1.55	1.12	0.70
T4	3.07	1.87	1.12	0.27	0.16	0.14	1.45	1.32	0.78
T5	2.71	1.45	1.64	0.22	0.14	0.15	1.37	1.08	0.84
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 15 ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักไปกับผลผลิตของชาจีนสายพันธุ์ก้านอ่อน

Treatment	Nitrogen[1/]			Phosphorous[1/]			Potassium[1/]		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	(------ kg rai^{-1} ------)			(------ kg rai^{-1} ------)			(------ kg rai^{-1} ------)		
T1	1.32	1.45	0.88	0.14	0.12	0.10	0.75	0.80	0.42
T2	1.31	1.41	0.71	0.13	0.11	0.10	0.73	0.98	0.44
T3	1.20	1.39	0.88	0.12	0.12	0.14	0.65	0.82	0.55
T4	1.59	1.49	1.00	0.15	0.12	0.14	0.82	1.08	0.57
T5	1.16	1.72	1.05	0.12	0.14	0.16	0.69	1.16	0.64
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 และ 2 ในเดือนกันยายน และพฤศจิกายน 2551 และการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 ในเดือนกุมภาพันธ์ 2552

[2/] ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 16 ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักรวมหนึ่งปีของชาจีนสายพันธุ์เบอร์ 12 และสายพันธุ์ก้านอ่อน

Treatment	Nitrogen		Phosphorous		Potassium	
	# 12	Oolong	# 12	Oolong	# 12	Oolong
	(------ kg rai^{-1} ------)		(------ kg rai^{-1} ------)		(------ kg rai^{-1} ------)	
T1	4.69	3.64	0.46	0.36	2.93	1.96
T2	5.46	3.44	0.49	0.34	3.34	2.14
T3	6.21	3.47	0.54	0.38	3.37	2.02
T4	6.05	4.09	0.57	0.41	3.55	2.46
T5	5.79	3.92	0.50	0.42	3.30	2.49
F-test[1/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ [1/]ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 17 เกรณฑ์ประเมินระดับของธาตุอาหารในใบที่ 3 นับจากปลายยอด (ศรีสม, 2547)

Nutrient (%)	Rating		
	Deficiency	Sufficiency	High
N	< 3.80	3.80-4.80	> 4.80
P	< 0.19	0.19-0.25	> 0.25
K	< 1.80	1.80-2.00	> 2.00
Ca	< 0.40	0.40-0.60	> 0.60
Mg	< 0.15	0.15-0.30	> 0.30
S	< 0.10	0.10-0.30	> 0.30

ตารางผนวกที่ 18 เกรณฑ์มาตรฐานในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

Soil fertility rating	OM ($g\ kg^{-1}$)	Avail. P ($mg\ kg^{-1}$)	Avail. K ($mg\ kg^{-1}$)	CEC ($cmol\ kg^{-1}$)	BS (%)
Low	< 15 (1)	< 10 (1)	< 60 (1)	< 10 (1)	< 35 (1)
Medium	15-35 (2)	10-20 (2)	60-90 (2)	10-20 (2)	35-75 (2)
High	> 35 (3)	> 20 (3)	> 90 (3)	> 20 (3)	> 75 (3)

หมายเหตุ วิธีประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินใช้วิธีการให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง) โดยคะแนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ คะแนนรวมอยู่ระหว่าง 8-12 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง คะแนนรวมมากกว่าหรือเท่ากับ 13 ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน (เอิบ, 2542ก; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

Soil properties	Range	Rating
Soil pH (1:1 Soil: H_2O)	< 3.5	Ultra acid
	3.5-4.4	Extremely acid
	4.5-5.0	Very strongly acid
	5.1-5.5	Strongly acid
	5.6-6.0	Moderately acid
	6.1-6.5	Slightly acid
	6.6-7.3	Neutral
	7.4-7.8	Slightly alkaline
	7.9-8.4	Moderately alkaline
	8.5-9.0	Strongly alkaline
	> 9.0	Very strongly alkaline
Organic matter (g kg^{-1})	< 5	Very low
	5-10	Low
	10-15	Moderately low
	15-25	Moderate
	25-35	Moderate high
	35-45	High
	> 45	Very high
Total nitrogen (g kg^{-1})	< 1.0	Very low
	1.0-2.0	Low
	2.0-5.0	Moderately
	5.0-7.5	High
	> 7.5	Very high
Available P by Bray II (mg kg^{-1})	< 3	Very low
	3-6	Low
	6-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-25	Moderate high
	25-45	High
	> 45	Very high
Available K by NH_4OAc (mg kg^{-1})	< 30	Very low
	30-60	Low
	60-90	Moderately
	90-120	High
	> 120	Very high

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 19 (ต่อ)

Soil properties	Range	Rating
Extractable bases ($cmol_c\ kg^{-1}$)		
Ca	< 2.0	Very low
	2-5	Low
	5-10	Moderately
	10-20	High
	> 20	Very high
Mg	< 0.3	Very low
	0.3-1.0	Low
	1.0-3.0	Moderately
	3.0-8.0	High
	> 8.0	Very high
K	< 0.2	Very low
	0.2-0.3	Low
	0.3-0.6	Moderately
	0.6-1.2	High
	> 1.2	Very high
Na	< 0.1	Very low
	0.1-0.3	Low
	0.3-0.7	Moderately
	0.7-2.0	High
	> 2.0	Very high
Sum bases	< 2.6	Very low
	2.6-6.6	Low
	6.6-14.3	Moderately
	14.3-31.2	High
	> 31.2	Very high
CEC by NH_4OAC ($cmol_c\ kg^{-1}$)	<3	Very low
	3-5	Low
	5-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-20	Moderately high
	20-30	High
	>30	Very high
%Base saturation	<35	Low
	35-75	Moderately
	>75	High

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีวิวัฒน์ แสงเพ็ชร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่10 เดือน มกราคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติ ฯ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์