



วิทยานิพนธ์

การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

**REDUCTION OF PHOSPHOROUS FERTILIZATION FOR
GROWING JAPANESE CUCUMBER (*Cucumis sativus* L.)**

นางสาวนครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

Reduction of Phosphorous Fertilization for Growing Japanese Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

نامผู้วิจัย นางสาวนครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

คมเื้อ

(อาจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

กรรมการ

ว : 12

(ศาสตราจารย์เอิบ เขียววรินทร์มณ, Ph.D.)

กรรมการ

ปัทมา จุล:

(อาจารย์ปริยานุช จุลกะ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

อ.ดร. สกปร:

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

อ.ดร. สกปร:

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 1 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

Reduction of Phosphorous Fertilization for Growing Japanese Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

โดย

นางสาวนครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ. 2550

นกรินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์ 2550: การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวา
ญี่ปุ่น ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชา
ปฐพีวิทยา ประชานกรรมการที่ปรึกษา: อาจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 99 หน้า

การศึกษาเพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น บนดิน Udic
Haplustept ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตกค้างอยู่สูง ทดลองในพื้นที่โรงเรียนของศูนย์
พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ต.ปึงโค้ง อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2549-
เมษายน 2550 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการลดการใช้ปุ๋ยหลัก
โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัส วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block โดยมีการให้ปุ๋ย
ร่วมกับน้ำชลประทาน

ผลการศึกษา พบว่า ดำรับที่ 5 ซึ่งใส่ปุ๋ยอัตรา $\frac{1}{2}$ ของดำรับเปรียบเทียบ ให้ผลผลิตสูงสุด
เท่ากับ 436.2 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ดำรับที่ 6 ซึ่งเป็นปุ๋ยแนะนำในเขตชลประทานให้ผลผลิตเฉลี่ย
ต่ำสุดเท่ากับ 328.1 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งดำรับเปรียบเทียบใช้ปุ๋ยในปริมาณสูงสุดได้ผลผลิตเฉลี่ย
328.6 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ผลผลิตของแต่ละดำรับมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณธาตุ
อาหารสะสมในใบและผลเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นดำรับ
ที่ 4 พบปริมาณไนโตรเจนในผลสูงสุด

การปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในดินนี้สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงได้ ถึงแม้ว่าจะ
ไม่ให้ผลผลิตสูงสุดแต่ผลตอบแทนจะสูงกว่า และยังเป็นการช่วยลดการสะสมธาตุนี้ในดินระยะ
ยาว ปริมาณปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในดิน
ค่างที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูง ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมน่าจะ
มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชนี้ เนื่องจาก สาเหตุการขาดขวงการดูดใช้
หรือการลดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารเหล่านี้โดยฟอสฟอรัสที่ตกค้าง ปฏิกริยาดินที่มีค่า
สูง ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่มีอยู่สูงในดิน

นกรินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์
ลายมือชื่อนิติ

ณ.ปอ.
ลายมือชื่อประธานกรรมการ

31 / ก.ย. / 50

Nakarinthip Putthasit 2007: Reduction of Phosphorous Fertilization for Growing Japanese Cucumber (*Cucumis sativus* L.). Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Mr. Somchai Anusornpornpeam, Ph.D. 99 pages.

The study was undertaken in the greenhouse on Udic Haplustept soil that had high pH status and high residual available phosphorous. The trials were located in the area of Huai Luek Royal Project Development Centre, commencing from June 2006 to April 2007. The aim was to seek suitable fertilization for growing Japanese cucumber in this particular soil, especially in the case of P reduction. Randomized Complete Block Design was employed for all experiments. Fertilizers were used in the form of fertigation.

Results showed that the highest fresh yield of 436.2 kg rai^{-1} was gained from the treatment using one half of the amounts as applied in the control (328.6 kg rai^{-1} fresh yield) whereas the control's yield was also lower than those applying lower and no P (373.2 and 339.3 kg rai^{-1} fresh yield, respectively). There was, however, no statistical difference among treatments. In addition, major plant nutrients taken up by Japanese cucumber had no correlation with different rates of fertilizer application.

According to the results, the reduction of P could not give the highest yield of Japanese cucumber but economically seems to give a satisfactory yield when compared with recommended rate of P. Thus, it would result in reducing the further accumulation of P. Suitable fertilizer rate and ratio for growing this plant still need be adjusted in this type of soils. Minor and macro nutrients may largely have played important role in the growth and yield of this plant because high residual available P, K and Ca contents with high soil pH level might restrain the availability of Zn, Fe, Cu and Mg, and possibly produce an irregular growth of this cucumber.

Nakarinthip Putthasit

Student's signature

Somchai Anusornpornpeam. 31 / Oct. / 07

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ประธานกรรมการที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. เอิบ เขียวรีนรมณ์ กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก อาจารย์ ดร.ปริญญช จุลกะ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ วิสุทธิ์ สุวรรณภินันท์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ช่วยให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ โครงการนำร่องการพัฒนามาตรฐานคุณภาพอาหารเพื่อการส่งออก: กรณีโครงการหลวง ฝ่ายวิจัยมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ หัวหน้าและเจ้าหน้าที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ตำบลห้วยลึก อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลอง รวมถึงการอำนวยความสะดวกด้านที่พักและอาหารระหว่างปฏิบัติงาน คุณกฤษฎดา หงษ์ทอง เจ้าหน้าที่ส่งเสริมฯ ประจำศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ที่ช่วยเหลือด้านการติดต่อประสานงาน การดำเนินการทดลอง และการเก็บข้อมูลงานวิจัย ดร.ไพฑูรย์ พลสนะ และคุณเสียงทอง นุดาลัย ฝ่ายวิจัยโครงการหลวง สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ เพื่อน ๆ น้อง ๆ สาขาปฐพีวิทยา ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจทั้งในด้านการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งขอกราบขอบพระคุณ คุณครู อาจารย์ทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ได้ให้ความรู้ ให้การอบรมสั่งสอนจนข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ-คุณแม่ ผู้ให้การอุปการะและเป็นกำลังใจอย่างมาก รวมทั้งน้องชาย และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ช่วยเหลือและให้กำลังใจในการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอด

นครินทร์ทิพย์ พุทธสิทธิ์

ตุลาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	24
ผล	36
สรุปและข้อเสนอแนะ	66
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	67
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	68
ภาคผนวก	76
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	99

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สัณฐานวิทยาของดินที่ทำการศึกษาระดับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วย ลึก จ.เชียงใหม่	38
2 สมบัติทางกายภาพบางประการของดินตัวแทนในพื้นที่แปลงทดลอง	41
3 ปฏิกิริยาดินและสถานะธาตุอาหารของดินตัวแทนในพื้นที่ทดลอง	41
4 สมบัติการแลกเปลี่ยนทางเคมีของดินตัวแทนในพื้นที่ทดลอง	42
5 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของแปลงทดลองที่ทำการศึกษาหาอัตราปุ๋ยที่ เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น	44
6 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยแตงกวาญี่ปุ่นตามในตำรับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของ แตงกวาญี่ปุ่นแบ่งตามเกรด โดยคิดจากจำนวนประชากร 12 ต้น	46
7 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยตำรับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดและแห้งของผลผลิต แตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)	48
8 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ	50
9 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่ แตกต่างกัน	55
 ตารางผนวกที่	
1 สมบัติของดินบางประการในแปลงที่ทำการศึกษาหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (ก่อนปลูก)	81
2 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อผลผลิตน้ำหนักสดแตงกวาญี่ปุ่นในตำรับต่าง ๆ โดยแบ่งตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น)	82
3 อิทธิพลของปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักสดและแห้งของผลผลิต แตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)	83
4 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา ต่าง ๆ กัน	84

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
5 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสใน อัตราที่แตกต่างกัน	84
6 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของแปลงทดลองที่ทำการศึกษาหาอัตรา โพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น (ก่อนปลูก)	86
7 อิทธิพลปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นซึ่งแบ่ง ตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น)	87
8 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ต่อปริมาณน้ำหนักรากและแห้ง ของผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)	88
9 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา ต่าง ๆ	89
10 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ที่เหมาะสม	90
11 อิทธิพลปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นซึ่งแบ่ง ตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น)	91
12 อิทธิพลปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นซึ่งแบ่ง ตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น)	92
13 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ต่อปริมาณน้ำหนักรากและแห้ง ของผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)	93
14 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา ต่าง ๆ	94
15 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ เหมาะสม	95
16 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี	96

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเตรียมแปลงปลูกต้นกล้าแตงกวาญี่ปุ่น เมื่ออายุต้นกล้า 10-12 วัน	28
2	การเตรียมแปลงสำหรับการทดลองศึกษาการลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัส สำหรับ แตงกวาญี่ปุ่น	29
3	การเจริญเติบโตของแตงกวาญี่ปุ่นที่ระดับอายุต่าง ๆ	30
4	สภาพพื้นที่และลักษณะหน้าตัดดินในพื้นที่ทำการศึกษา ณ ศูนย์พัฒนา โครงการหลวงห้วยลึก อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	37
5	เปรียบเทียบน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ	46
6	เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดใน ใบแตงกวาญี่ปุ่น	52
7	เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผล แตงกวาญี่ปุ่น	53
8	ส่วนต่างของรายได้ผลผลิตหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ ในแต่ละดำรับการ ทดลอง	55
ภาพผนวกที่		
1	เปรียบเทียบน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ	82
2	ส่วนต่างของรายได้ของผลผลิตหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ ในแต่ละดำรับการ ทดลองการเปรียบเทียบอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส	84
3	เปรียบเทียบน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ	86

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
4	ส่วนต่างของรายได้ของผลผลิตหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ ในแต่ละดำรับการทดลองการเปรียบเทียบอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม	89
5	เปรียบเทียบน้ำหนักสดของเตงกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ	91
6	ส่วนต่างของรายได้ของผลผลิตหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ ในแต่ละดำรับการทดลองการเปรียบเทียบอัตราปุ๋ยไนโตรเจน	94

การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

Reduction of Phosphorous Fertilization for Growing Japanese Cucumber

(*Cucumis sativus* L.)

คำนำ

แตงกวา (cucumber) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis sativus* L. (สุเทวี, 2522) เป็นพืชฤดูเดียว ซึ่งอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae หรือ Gourd เช่น แตงกวาญี่ปุ่นซึ่งเป็นพืชผักใช้กินผล ปลูกง่าย อายุสั้น ช่วงเวลาเหมาะกับการปลูกคือ ช่วงฤดูแล้ง อากาศเย็น ควรปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 300-1500 เมตรขึ้นไป

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด และมีความสำคัญเป็นอันดับสองรองจากไนโตรเจน ธาตุนี้มีบทบาทเกี่ยวกับการสะสมและปลดปล่อยพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในพืช โดยพบว่า ช่วยกระตุ้นการออกดอกและเจริญเป็นผลในระยะเวลาที่เหมาะสม ช่วยทำให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้น ทั้งยังช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิดและลดอิทธิพลของไนโตรเจนซึ่งมีผลทำให้พืชอ่อนแอได้ หากได้รับในปริมาณที่มากเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลผลิตคือ พืชจะแก่เร็วกว่าปกติ แตกยอดอ่อนได้เร็ว แต่ใบเล็ก ขอบสีนํ้าเงิน (มุกดา, 2544)

พืชตระกูลแตงมีความต้องการธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อย (มุกดา, 2544) แต่พืชกลุ่มนี้ยังคงต้องการอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต ธาตุฟอสฟอรัสจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิดินต่ำ อีกทั้งยังช่วยในการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้น ใบ ดอก ผล ตลอดฤดูกาลปลูก อย่างไรก็ตามปัญหาหลักของการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่คือ จากปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปดินทั้งหมด พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงร้อยละ 10-20 ของปริมาณที่ใส่ลงไปเท่านั้น ส่วนที่เหลือจะสะสมอยู่ในดิน จากการที่พืชไม่สามารถใช้ปุ๋ยนี้ได้เต็มประสิทธิภาพ และเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอย่างต่อเนื่อง จะก่อให้เกิดผลเสียต่อสมดุลของธาตุอาหารในดิน รวมถึงเป็นการสิ้นเปลืองต้นทุนค่าปุ๋ยอีกด้วย ดังนั้น การศึกษาทดลองการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูง น่าจะเป็นการศึกษาที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกด้านการลดต้นทุนการผลิต

ขณะที่ผลผลิตที่ได้รับเป็นที่น่าพึงพอใจ อีกทั้งในระยะยาวยังน่าจะช่วยลดปัญหาการสะสมธาตุไนโตรเจน ซึ่งพบอยู่ทั่วไปในพื้นที่ที่ใช้ปลูกพืชผักเมืองหนาวภายใต้สภาพโรงเรือนที่อยู่ภายใต้การดูแลของมูลนิธิโครงการหลวง

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น เมื่อมีการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส
เปรียบเทียบกับแปลงเกษตรกรที่มีการให้ปุ๋ยครบสูตร

เพื่อศึกษาถึงผลตอบแทนของการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นเปรียบเทียบระหว่างสูตรปุ๋ยต่าง ๆ เมื่อ
ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูง

การตรวจเอกสาร

ฟอสฟอรัสในดิน

ดินโดยทั่วไปมักจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะมีค่าเฉลี่ยเพียงร้อยละ 0.06 สำหรับที่ดินที่ใช้ทำการเกษตร ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีถึงร้อยละ 0.14 และ 0.83 ตามลำดับ (สรสิทธิ์, 2518) ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดินดังกล่าวไม่ได้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด เนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่ละลายน้ำง่ายและชนิดที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อพิจารณาจากความเป็นประโยชน์ต่อพืช สามารถจำแนกฟอสฟอรัสในดินได้ดังนี้ สารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชช้ามาก (very slowly available phosphate) สารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชช้า (slowly available phosphate) และสารประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเร็ว (readily available phosphate)

ชัยฤกษ์ (2529) แบ่งสารประกอบฟอสฟอรัสในดินออกเป็น 2 จำพวกใหญ่ ๆ คือ สารประกอบอินทรีย์ และสารประกอบอนินทรีย์ ฟอสฟอรัส

1) สารประกอบอินทรีย์ประกอบด้วย ไฟติน (phytin) ฟอสโฟไลปิด (phospholipids) และกรดนิวคลีอิก (nucleic acids) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้โดยตรงต้องอาศัยจุลินทรีย์ช่วยแปรสภาพให้อยู่ในรูปออร์โทฟอสเฟต (orthophosphate : H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) เสียก่อนพืชจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2) สารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นแหล่งสำคัญที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสแก่พืชนั้น ได้แก่ แคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) เหล็กฟอสเฟต (iron phosphate) และอลูมิเนียมฟอสเฟต (aluminium phosphate) ในสภาพดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกลางหรือค่อนข้างด่าง สารอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินมักจะพบในรูปแคลเซียมฟอสเฟตมากกว่าเหล็กฟอสเฟตและอลูมิเนียมฟอสเฟต สำหรับสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปเหล็กฟอสเฟตและอลูมิเนียมฟอสเฟตนั้น มักจะพบในดินที่มีสภาพเป็นกรดมากกว่าในรูปแคลเซียมฟอสเฟต โดยที่แคลเซียมฟอสเฟตจะละลายได้ง่ายกว่าเหล็กฟอสเฟต ส่วนอลูมิเนียมฟอสเฟตจะละลายได้ง่ายกว่าเหล็กฟอสเฟต ฟอสฟอรัสทั้ง 3 รูปนี้สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งเป็นอีกรูปหนึ่งได้ โดยถูกควบคุมด้วยค่าปฏิกิริยาดิน หากมีค่าต่ำกว่า 5.5 จะทำให้แคลเซียมฟอสเฟตเปลี่ยนเป็นอลูมิเนียมและเหล็กฟอสเฟต เมื่อค่าปฏิกิริยาดินเพิ่มขึ้น อลูมิเนียมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟตจะเปลี่ยนรูปเป็นแคลเซียมฟอสเฟต (Sharpley, 1999)

อิทธิพลของฟอสฟอรัสที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด และมีความสำคัญเป็นอันดับสองรองจากไนโตรเจน ฟอสฟอรัสมิมีบทบาทเกี่ยวกับการสะสมและปลดปล่อยพลังงานในกระบวนการเมแทบอลิซึม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในพืช โดยพบว่า ช่วยกระตุ้นการออกดอกและเจริญเป็นผลในระยะเวลาที่เหมาะสม ช่วยทำให้ผลผลิตของพืชสูงขึ้น ทั้งยังช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคบางชนิดและลดอิทธิพลของไนโตรเจนซึ่งมีผลทำให้พืชอ่อนแอได้ หากได้รับในปริมาณที่มากเกินไปจะมีผลต่อคุณภาพของผลผลิตคือ พืชจะแก่เร็วกว่าปกติ แตกยอดอ่อนได้เร็ว แต่ใบเล็ก ขั้วสั้น แกรน (มูกดา, 2544)

หากได้รับไม่เพียงพอพืชจะแสดงอาการแก่ช้ากว่าปกติ ออกดอกช้า จำนวนดอก ผลและเมล็ดลดลง ลำต้น ดอกและผล แคระแกรนไม่สมบูรณ์ อายุการเก็บเกี่ยวช้า ขณะที่ใบร่วงเร็วกว่าปกติ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้มีปริมาณเมล็ดต่อผลต่ำ (Havlin *et al.*, 1999, 2005) นอกจากนี้การขยายขนาดจะช้า และจำนวนใบน้อยกว่าปกติ เพราะเซลล์ชั้นผิวมีฟอสฟอรัสต่ำจึงมีผลต่อการลดการขยายตัวของเซลล์พืช (ยงยุทธ, 2543) ส่วนในไม้ผลบางชนิดหากได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ เช่น ส้ม จะลดความหนาแน่นของใบ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของผลผลิตไม่ดี มีกรดมาก และผลร่วงก่อนแก่ (สัมฤทธิ์, 2538) และในบางกรณีอาจมีลำต้นหรือเถาบิดเป็นเกลียว เนื้อไม้แข็งแต่เปราะและหักง่าย ทำให้พืชพวงธัญพืชหักล้มได้ง่ายกว่าปกติ การเจริญเติบโตของพืชในระยะแรกนั้นต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณสูง และลดลงเมื่อพืชเจริญเติบโตมากขึ้น ดังนั้น พืชจึงควรได้รับฟอสฟอรัสเพียงพอในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโต ซึ่งโดยปกติพืชควรได้รับฟอสฟอรัสในช่วงแรกของการเจริญเติบโตคิดเป็นสัดส่วนมากกว่าค่าเฉลี่ยของทั้งฤดูปลูก เนื่องจากในระยะแรก ๆ พืชจะดูดฟอสฟอรัสไปสะสมไว้ที่ลำต้น และใบแล้วจึงส่งไปยังผล (มูกดา, 2544)

สรสิทธิ์ (2514) และ Bendel and Weil (2000) ได้กล่าวว่า การขาดธาตุฟอสฟอรัสมีผลทำให้ใบร่วงก่อนแก่ ดอกและผลไม่สมบูรณ์ ผลสุกก่อนแก่ แต่ถ้าพืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไปจะเร่งการสุกของผลให้เร็วขึ้น เพราะไปลดการดูดธาตุไนโตรเจน นอกจากนี้ธาตุฟอสฟอรัสยังช่วยเพิ่มความชื้นของโพแทสเซียม ทั้งยังส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากแขนงและรากฝอย ซึ่ง สัมฤทธิ์ (2538) พบว่า แครอทจะมีเนื้อแข็งกระด้างทำให้ผลผลิตของพืชห่ามีคุณภาพต่ำ แต่ในพืชตระกูลถั่วที่ได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอจะมีการกระจายคาร์โบไฮเดรตลงสู่รากมากกว่าปกติ ทำให้มีการเจริญเติบโตของส่วนรากอยู่ขณะที่ลำต้นหยุดการเจริญเติบโตแล้ว เนื่องจากลักษณะทางสรีระของรากที่รักษาสภาพรากไว้เพื่อการดูดหาอาหารมาเพิ่มเติม (Smith *et al.*, 1990)

Tisdale and Nelson (1975) กล่าวว่า พืชที่ได้รับฟอสฟอรัสอย่างเพียงพอจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากฝอยและรากแขนงในระยะแรกของการเจริญเติบโต ช่วยทำให้ลำต้นและระบบรากพืชแข็งแรงมีความทนทานต่อการหักล้มและต้านทานโรคได้ดี นอกจากนี้ยังช่วยเร่งการออกดอกและติดเมล็ดได้เร็วยิ่งขึ้น เพิ่มคุณภาพของผัก ผลไม้ พืชอาหารสัตว์ และธัญพืช และช่วยแก้ผลเสียจากการที่พืชได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป ถ้าพืชได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชจะทำให้การเจริญเติบโตของพืชช้ากว่าปกติ ลำต้นแคระแกร็น ใบ และลำต้นของพืชบางชนิดอาจแสดงการขาดให้เห็นโดยเกิดสีม่วง เช่น ข้าวโพดได้รับฟอสฟอรัสมากไปจะทำให้ผลผลิตลดลง เพราะฟอสฟอรัสทำให้พืชแก่เร็วกว่าปกติ ในขณะที่พืชยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ มีผลให้การเจริญเติบโตของพืชที่เป็นส่วนเหนือดินลดลง (दानุ, 2544)

ปุ๋ยฟอสเฟต

1. ลักษณะทั่วไปของปุ๋ยฟอสเฟต

ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในปุ๋ยทุกชนิดจะบอกเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของ phosphorus pentoxide (P_2O_5) สำหรับธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีชนิดต่าง ๆ มักนิยมบอกในรูป P_2O_5 มากกว่าในรูปธาตุฟอสฟอรัส (elemental P) และในการรับประกันปริมาณฟอสฟอรัสในปุ๋ยเคมีนิยมใช้ร้อยละของ P_2O_5 ในตัวปุ๋ยเป็นเกณฑ์และในส่วนของการฟอสเฟตรูปต่างๆ ที่มีอยู่ในปุ๋ย (ปิยะ, 2527; คณะจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ดังนี้

Water soluble P_2O_5 หมายถึง ปริมาณ P_2O_5 ที่ละลายน้ำ มักระบุเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของ P_2O_5 ในตัวอย่างทั้งหมด

Citrate soluble P_2O_5 หมายถึง ปริมาณ P_2O_5 ที่ละลายในสารละลายแอมโมเนียมซิเตรตที่อยู่ในสภาพสะเทิน (pH 7.0) และมีความเข้มข้น 1 N มักระบุเป็นร้อยละของ P_2O_5 ในตัวอย่างทั้งหมด

Citrate insoluble P_2O_5 หมายถึง ปริมาณ P_2O_5 ที่วิเคราะห์ได้จากกากที่เหลือหลังจากการสกัดด้วยน้ำและด้วยสารละลายแอมโมเนียมซิเตรต

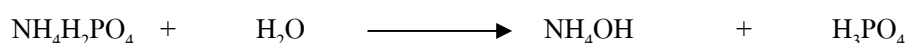
Available P_2O_5 หมายถึง ปริมาณ P_2O_5 ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณ P_2O_5 ที่ละลายน้ำได้กับปริมาณ P_2O_5 ที่ละลายได้ในสารละลายซิเตรต

Total P_2O_5 หมายถึงปริมาณ P_2O_5 ซึ่งเป็นผลรวมของปริมาณ P_2O_5 ที่มีประโยชน์ต่อพืชกับปริมาณ P_2O_5 ที่ไม่ละลายในสารละลายซีเตรต

ฟอสฟอรัสในปุ๋ยฟอสเฟตมีทั้งส่วนที่ละลายน้ำได้ง่ายและส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมาก โดยทั่วไปฟอสเฟตที่ละลายน้ำพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ส่วนที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำยากนั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. การเปลี่ยนสภาพของปุ๋ยฟอสเฟต

การเปลี่ยนสภาพของปุ๋ยฟอสเฟตเมื่อใส่ลงไปในดินนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบภายในปุ๋ย ขนาดของเม็ดปุ๋ย และสมบัติของดิน เช่น ความชื้นและค่าปฏิกิริยาของดิน สำหรับการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยฟอสเฟตในดินซึ่งเป็นฟอสเฟตชนิดที่ละลายน้ำ ได้แก่ ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต (superphosphate) ซึ่งมีด้วยกัน 2 ชนิด คือ ปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตชนิดธรรมดาและปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตชนิดเข้มข้น รวมทั้งปุ๋ยเชิงประกอบ (compound fertilizer) ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (monoammonium phosphate; MAP) และปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate; DAP) ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดละลายน้ำได้นั้นประกอบด้วยฟอสฟอรัสในรูป P_2O_5 อยู่ร้อยละ 20-52 เมื่อละลายจะให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเกือบทั้งหมด หากใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดิน ปุ๋ยสามารถดูดความชื้นจากดินไปละลายเม็ดปุ๋ยได้ และจะมีฟอสเฟตบางส่วนเหลือตกค้างในดิน ส่วนใหญ่เหลืออยู่ในรูปของไคแคลเซียมฟอสเฟต (Ca_2HPO_4) ซึ่งมีผลทำให้ดินบริเวณรอบ ๆ เม็ดปุ๋ยมีสภาพเป็นกรดจัด ($pH < 4.5$) เมื่อใส่ฟอสฟอรัสซูเปอร์ฟอสเฟต หากใส่ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตจะมี pH สูงกว่า ($pH > 4.5$) เนื่องจากกรดฟอสฟอริกที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างปุ๋ยกับน้ำ สำหรับปฏิกิริยาการละลายของปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตแสดงได้ ดังนี้ (Fan and Mackenzie, 1993; พิสมัย, 2544)



สำหรับสารประกอบที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างปุ๋ยฟอสเฟตกับดินมีจำนวนมากกว่า 30 ชนิด ซึ่งแตกต่างกันไปตามเสถียรภาพและความเป็นประโยชน์ต่อพืช สารประกอบที่ละลายได้ง่ายจะสนองความต้องการของพืชได้ดีกว่าสารประกอบที่ละลายได้ยาก ทำให้สารประกอบเหล่านี้กลายเป็นแหล่งธาตุอาหารสำรองของพืช การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายกับที่ละลายน้ำได้ยาก

นั้น พบว่าปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายจะทำปฏิกิริยากับดินและความเป็นประโยชน์ก็จะลดลง แต่เมื่อเวลาผ่านไป ปุ๋ยชนิดนี้จะทำให้ดินมีปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์มากกว่าปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ยาก ดังนั้นการใช้ปุ๋ยที่ละลายน้ำง่ายช่วยให้การเจริญเติบโตในระยะแรกดีกว่า เนื่องจากปุ๋ยนั้นสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสได้มากและเร็วกว่าปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ยาก ตัวอย่างเช่น แคลเซียมโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตซึ่งเป็นปุ๋ยชนิดที่ละลายในแอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ละลายในดินได้ช้าจึงมีฟอสเฟตไอออนรอบ ๆ เม็ดปุ๋ยเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อเวลาผ่านไปปุ๋ยชนิดนี้จะละลายให้ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น หากเทียบความเป็นประโยชน์กับปุ๋ยที่ละลายน้ำง่ายก็จะมีค่าใกล้เคียงกัน โดยปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำง่ายและเป็นปุ๋ยที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ได้แก่ ซูเปอร์ฟอสเฟตและแอมโมเนียมฟอสเฟต (ยงยุทธ, 2528; ธัญวรรณ์, 2541)

3. ความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสกับธาตุอาหารอื่น ๆ

ฟอสเฟตในดินที่พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ขึ้นอยู่กับค่าปฏิกิริยาดิน เมื่อดินเป็นกรดจัดจะอยู่ในรูปของเหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟตซึ่งยากต่อการดูดใช้ของพืช เนื่องจากในสภาพดังกล่าว เหล็กและอลูมิเนียมละลายน้ำได้ยาก โดยเฉพาะเมื่อค่าปฏิกิริยาดินเท่ากับ 5.0 การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดินที่เป็นกรด ปุ๋ยที่ใส่ลงไปจะทำปฏิกิริยากับเหล็กและอลูมิเนียมเป็นส่วนใหญ่ ทำให้เหลือส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง ซึ่งบางครั้งพืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ถึงร้อยละ 10 ของปุ๋ยที่ใส่ลงไป ค่าปฏิกิริยาดินประมาณ 6-7 เป็นระดับที่ค่อนข้างเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ของพืช เพราะว่าฟอสเฟตในดินถูกตรึงน้อยที่สุด หากค่าปฏิกิริยาดินสูงกว่านี้ ฟอสเฟตในดินจะเป็นประโยชน์ลดลง เนื่องจากฟอสเฟตถูกตรึงโดยการทำปฏิกิริยากับแคลเซียม แมกนีเซียม และเกลือคาร์บอเนตของธาตุทั้งสองด้วย (Dev, 1992; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; Anonymous, 1999)

ส่วนสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ดีจะแตกตัวให้ออออนฟอสเฟตและไอออนอื่น ๆ เนื่องจากในดินมีสารประกอบจำพวก เหล็กออกไซด์ เหล็กไฮดรอกไซด์ อลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต และแมกนีเซียมคาร์บอเนตอยู่ เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมก็จะทำให้สารประกอบเหล่านี้ละลายและแตกตัวให้ออออนบวกต่าง ๆ เช่น ไอออนของเหล็ก อลูมิเนียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เมื่อไอออนฟอสเฟตกับไอออนบวกรวมตัวกันจะทำให้เกิดสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายได้ยากขึ้น เช่น เหล็กฟอสเฟต อลูมิเนียมฟอสเฟต แคลเซียมฟอสเฟต และสารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างซับซ้อน สำหรับสารประกอบเหล็กและอลูมิเนียมฟอสเฟต เมื่อสะสมอยู่ในดินมานานและเมื่อมีความชื้นที่เหมาะสมจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นแร่ที่มีผลึกของน้ำอยู่ใน

โครงสร้างและจะยากต่อการละลาย เป็นผลให้อนุมูลฟอสเฟตถูกตรึงอย่างสมบูรณ์ เช่น แร่สเตรนไต์ ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และแร่วารีไซต์ ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Kardos, 1964)

การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับฟอสฟอรัสจะทำให้พืชเพิ่มการดูดใช้ฟอสฟอรัสมากขึ้น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อพืช ซึ่งไนโตรเจนนั้นจะส่งเสริมการดูดใช้ฟอสฟอรัสโดยการเจริญเติบโตของส่วนยอดและราก เปลี่ยนกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช และเพิ่มความสามารถในการละลายและความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส การดูดซับฟอสเฟตขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในพืช เนื่องจากจะไปกระตุ้นการดูดใช้ของ H_2PO_4^- หรือ HPO_4^{2-} ให้เกิดความสมดุล เมื่อลดปริมาณของโปรตีนจาก NH_4^+ ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงพืชและมีผลต่อสารประกอบเชิงซ้อนฟอสฟอรัสที่เป็นตัวพา โดยทั่วไป ระดับของไนโตรเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึมนั้นเกิดจากไนเตรตหรือแอมโมเนียมซึ่งกระตุ้นการดูดใช้และเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสเมื่อค่าปฏิกิริยาดินลดลง (สุกิตติ, 2529; Prasad *et al.*, 1992; Sharma *et al.*, 1992)

ในข้าวสาลีที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ การใส่ฟอสฟอรัสเพียงเล็กน้อยมีผลต่อการดูดใช้โพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเป็น 298 ปอนด์ K_2O ต่อเอเคอร์ ในทางตรงกันข้าม เมื่อใช้ไนโตรเจนร่วมจะเพิ่มการใช้เป็น 131 ปอนด์ K_2O ต่อเอเคอร์ และเมื่อมีการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส จะทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในผลผลิตถั่วเพิ่มจากร้อยละ 2.1 เป็น 2.3 เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะทำให้การเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมในถั่วเพิ่มจาก 51 เป็น 77 ปอนด์ K_2O ต่อเอเคอร์ (Prasad and Power, 1997)

การขาดเหล็กนั้นเนื่องมาจากมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชบางชนิดมากเกินไป เช่น โคบอลต์ ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี โดยสังเกตจากปริมาณฟอสฟอรัสและโมลิบดีนัมที่สูงจะทำให้ขาดเหล็ก สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กกับฟอสฟอรัสในพืช ประการแรกคือ ระดับของฟอสฟอรัสสูงจะทำให้ขาดเหล็กอย่างรุนแรงซึ่งขึ้นอยู่กับระดับของปฏิกิริยาดิน สัดส่วนของลำต้นต่อรากเพิ่มขึ้นเมื่อระดับฟอสฟอรัสสูงและมีเหล็กในระดับต่ำ (Smith *et al.*, 1990) ประการที่สอง ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงความทนทานต่อเหล็กและฟอสฟอรัสที่ต่ำด้วย ซึ่งเห็นได้จากการเกิดคลอโรซิสของพืช (Neilands, 1994) ปัญหาของการขาดฟอสฟอรัสในการทำการเกษตรส่วนใหญ่เกิดจากสารประกอบฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่ไม่อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดใช้ได้ (Brady and Weil, 2002) การตรึงฟอสฟอรัสมักอยู่ในรูปของสารประกอบที่ละลายไม่ได้ เช่น เหล็กอะลูมิเนียม และแมงกานีส ภายใต้สภาพดินที่เป็นกรด และแคลเซียมในสภาพดินด่าง (Mengel *et al.*, 2001)

การเพิ่มฟอสฟอรัสให้แก่ดินทำให้ปริมาณของสังกะสีที่ละลายน้ำได้ในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงว่า อิทธิพลร่วมของสังกะสีและฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืชไม่น่าจะเกิดขึ้นในดิน (Pauli *et al.*, 1968) และรายงานของ Olson *et al.* (1965) พบว่า การเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้แก่ดินไม่มีผลกระทบต่อปริมาณสังกะสีในดิน ทั้งยังได้เสนอแนะว่า อิทธิพลร่วมของสังกะสีกับฟอสฟอรัสเกิดที่ผิวราก โดยให้เหตุผลว่า เมื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณสังกะสีในใบ ช่อ ปล้อง และรากลดลงในสัดส่วนที่เท่ากัน และไม่ขัดขวางการเคลื่อนย้ายของสังกะสีภายในพืช

แตงกวาญี่ปุ่น

1. การจำแนกตามอนุกรมวิธาน

แตงกวา (cucumber) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis sativus* L. (สุเทวี, 2522) เป็นพืชฤดูเดียวซึ่งอยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae หรือ Gourd วงศ์นี้แบ่งออกเป็น 34 genera มีอยู่ 8 species สามารถจำแนกตามอนุกรมวิธาน (John, 2007) ได้ดังนี้

Kingdom: Plantae

Division: Magnoliophyta

Class: Magnoliopsida

Order: Violales

Family: Cucurbitaceae

Genus: *Cucumis* L.

Species: *Cucumis sativus* L.

นอกจากนี้อาจแบ่งออกได้เป็น 5 subfamilies คือ Fevilleae, Melothriacae, Cucurbitaceae, Sicyoideae, และ Cyclanthereae แต่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจได้แก่ subfamilies Cucurbitaceae เช่น *Citrullus*, *Cucumis*, *Luffa*, *Lagenaria*, *Cucurbita* และ *Sicyoideae* เป็นต้น

2. ถิ่นกำเนิด

แตงกวาสวนใหญ่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย (ทางตอนใต้ของภูเขาคาหิมาลัย) หรือแถบประเทศพม่า สายพันธุ์ที่พบเป็นสายพันธุ์ป่าที่มีลักษณะใบและผลแตกต่างกันได้หลายแบบ ต่อจากนั้นมีการแพร่กระจายเข้าไปสู่ประเทศจีนอย่างรวดเร็ว การปลูกมักปลูกในเขตอบอุ่นและเขตร้อนหรือในแถบเอเชียกลางและตะวันออก รวมทั้งในแถบแอฟริกา จากหลักฐานพบว่ามี การนำมาปลูกและบริโภคเป็นเวลานานกว่า 3000 ปีมาแล้ว จากนั้นชาวกรีกและโรมันได้นำเข้าไปเผยแพร่ในทวีปยุโรปและต่อมามีการนำเข้าไปปลูกในประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับการนำเข้าของแตงกวามาในประเทศไทยนั้นพบจากหลักฐานแคตตาล็อกตราสารต่าง ๆ เล่มที่ 7 พ.ศ.2480-2483 โฆษณาขายเมล็ดพันธุ์ อิมปรูฟ ลองกรีน เออติฟอร์จูน แฟนซี ฟิคคิลิ่ง และกรีนโปรติฟิค (Papadopoulos, 1994)

3. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

แตงกวาอยู่ในกลุ่มไม้เนื้ออ่อน อวบน้ำ และเป็นพืชฤดูเดียวซึ่งมีโครโมโซม $2n=14$ มีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ (Edmond, 1931) ดังนี้

3.1 ลำต้น ในระยะแรกลำต้นจะตั้งตรงจากนั้นเจริญเป็นเถายาวประมาณ 4-8 ฟุต แตกกิ่งแขนงยาว 2-5 ฟุต สำหรับกิ่งแขนงมีลักษณะเป็นแบบ sympodial type โดยแต่ละข้อของกิ่งแขนงจะมีตาข้างซึ่งเป็นเนื้อเยื่อเจริญสำหรับกิ่งและผลใหม่เกิดตรงข้ามกับใบ ส่วนลำต้นมีลักษณะขรุขระ เมื่อตัดตามขวางจะเป็นสามเหลี่ยม และเมื่อแก่ลำต้นตรงกลางจะกลวง แต่ละข้อจะมีใบเดี่ยวซึ่งมีขนาดใบ 10-20 เซนติเมตร สำหรับแตงกวาทั่วไปและแตงกวาไร้เมล็ดมีขนาดใบ 20-40 เซนติเมตร มือเกาะบนก้านใบยาว 7-20 เซนติเมตร ขอบใบมีรอยหยักหยาบๆ ส่วนกลางใบเป็นส่วนที่กว้างที่สุด และมีขนปกคลุมบนผิวใบ และในข้อที่ 3-5 มีมือเกาะ สำหรับด้านล่างของก้านใบนั้นมือเกาะจะเจริญเติบโตพันรอบวัตถุ หากตัดตามขวางจะพบท่อน้ำและท่ออาหารจำนวน 10 ท่อสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้คือ กลุ่มแรกจะมีขนาดเล็กอยู่บริเวณขอบเหลี่ยมของลำต้น ส่วนอีกกลุ่มจะอยู่ด้านใน

3.2 ราก โดยทั่วไประบบรากจะครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างซึ่งมักจะแผ่ออกในแนวราบและแนวดิ่งอย่างรวดเร็วและหนาแน่น ความยาวประมาณ 1 เมตรและกระจายอยู่ในระดับไม่เกิน 30 เซนติเมตร รากแขนงอาจยาวประมาณ 15-30 เซนติเมตร ซึ่งอาจจะเจริญได้ดีกว่ารากแก้วและสามารถทดแทนรากแก้วได้เมื่อดันเจริญเต็มที่ (Weaver and Bruner, 1927)

3.3 ดอก ส่วนใหญ่แตงกวานั้นเป็นพืชที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกัน แต่อยู่บนต้นเดียวกัน เช่น แตงกวาสายพันธุ์พื้นเมือง พันธุ์จากสหรัฐอเมริกา และพันธุ์ที่ใช้สำหรับดอง ดังนั้น ดอกตัวเมียจะเจริญเป็นดอกเดี่ยวบนเถาหลักและเถาแขนง ทำให้มีเกสรตัวผู้ที่ไม่สมบูรณ์ กลีบดอกจำนวน 5 กลีบออกสีเหลือง ก้านเกสรตัวเมียอวบและสั้น ส่วนยอดเกสรแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ รังไข่ซึ่งภายในรังไข่มีช่องว่างสามช่อง ต่อมน้ำหวาน (nectary) มีลักษณะเป็นวงแหวนรอบฐานก้านเกสรตัวเมีย ส่วนดอกตัวผู้นั้นมีก้านดอกเรียวยาวเล็ก ไม่มีรังไข่กลีบเลี้ยงมี 5 กลีบ กลีบดอกจะมีสีเหลืองมีก้านเกสรตัวผู้ 3 ก้านซึ่งทั้ง 2 ก้านจะมีอับละอองเกสร 2 อัน ส่วนอีกก้านจะมี 1 หนึ่งอัน มักเจริญที่ข้อเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3-5 ดอก สำหรับปัจจัยที่ส่งเสริมการแสดงเพศของแตงกวาขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม โดยพบว่าแตงกวาที่มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียแยกกันแต่อยู่บนต้นเดียวกันในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิสูง (27°C) ความยาวแสงมากกว่า 14 ชั่วโมงต่อวัน อากาศร้อน ในโตรเจนสูง และปริมาณน้ำที่พอเหมาะจะทำให้เกิดดอกตัวผู้ แต่หากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดดอกตัวเมียมากกว่า แต่ต้นที่มีเฉพาะดอกตัวเมียนั้นไม่ได้มีสาเหตุจากสภาพแวดล้อมเพียงอย่างเดียว

3.4 ผล เป็นแบบ false berry หรือ pepo มีลักษณะเป็นเหลี่ยมยาว สี ขนาด และรูปร่าง ขึ้นกับสายพันธุ์ ขณะที่ยังอ่อนจะมีเปลือกสีเขียวแต่เมื่อผลโตเต็มที่จะกลายเป็นสีเหลืองขาว ส่วนพืวด้านนอกจะมีหนาม

4. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มของแสงสูง ตลอดจนมีความชื้นและธาตุอาหารพอเพียงและสม่ำเสมอ ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมปราศจากโรค แมลง พืชจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและให้ผลผลิตสูงซึ่งจำเป็นจะต้องมีการตัดแต่งกิ่ง เพื่อให้ใบได้รับแสงเต็มที่ การหมุนเวียนของอากาศดี การติดผลมากเกินไป อาจจะทำให้มีอาหารไปเลี้ยงผลไม่พอเพียงทำให้ผลมีคุณภาพต่ำ ควรปลิดผลทิ้งให้มีจำนวนที่เหมาะสม ในกรณีที่พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ลำต้นขนาดใหญ่ บิดหรือแตก ใบขนาดใหญ่ มือเกาะ (tendrils) ยาว ใบสีเขียวเข้ม ผลจำนวนมาก ดอกขนาดใหญ่ สีเหลืองเข้ม แสดงว่าอัตราการเจริญสูงเกินไป ในทางตรงกันข้ามถ้าหากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ขาดน้ำ อาหาร พืชจะชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Ohsens, 1991) มีดังนี้

4.1 อุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต การเจริญของดอก การติด และการเจริญของผล ตลอดจนคุณภาพของผล การเจริญของแตงกวาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวัน ถ้าหากอุณหภูมิเฉลี่ยสูง อัตราการเจริญเติบโตจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ถ้าหากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในช่วงกลางวันและกลางคืนสูง ความสูงของพืชจะเพิ่มขึ้นแต่ขนาดของใบจะลดลง อัตราการเจริญเติบโตของพืชจะสูงที่สุด เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยกลางวันและกลางคืนอยู่ในช่วง 28 องศาเซลเซียส และผลผลิตจะสูงที่สุดเมื่ออุณหภูมิกกลางคืนอยู่ในช่วง 19-20 องศาเซลเซียสและกลางวันอยู่ที่ 20-22 องศาเซลเซียส

สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง 18-24 องศาเซลเซียส และมีความชื้นในอากาศต่ำกว่าร้อยละ 95 เมื่อสภาพความชื้นในอากาศสูงจะทำให้เกิดโรคทางใบได้ง่าย และที่สภาพความชื้นในอากาศต่ำ นอกจากจะเหมาะสำหรับการเจริญเติบโต ยังเหมาะสำหรับการผสมเกสรและการเจริญของผล เนื่องจากเป็นสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเปิดของอับละอองเกสร และการทำงานของแมลง

4.2 แสง การเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับแสงซึ่งช่วยในกระบวนการสร้างอาหาร ในสภาพที่มีความเข้มของแสงต่ำประมาณ 5500 ลักซ์ (510 แรงเทียน) อัตราการสร้างอาหารในช่วงกลางวันจะต่ำและการใช้อาหารในตอนกลางคืนจะสูง ทำให้ผลร่วงมาก ผลผลิตต่ำ สำหรับเมล็ดที่เพิ่งออกนั้นต้องการแสง 12-14 ชั่วโมงต่อวัน และในช่วงฤดูหนาวใช้เวลาในการเจริญเติบโตประมาณ 5 สัปดาห์แต่ในฤดูร้อนใช้เวลาเพียง 4 สัปดาห์จึงสามารถเคลื่อนย้ายไปปลูกได้

4.3 ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) โดยทั่วไปแตงกวาญี่ปุ่นอาจต้องการความชื้นสัมพัทธ์สูงในช่วงระยะการเจริญเติบโตแต่ในบางกรณีจะทำให้เกิดการระบาดของโรคพืชได้ นอกจากนี้จะทำให้พืชมีการคายน้ำต่ำ ส่งผลให้มีการดูดสารละลายและธาตุอาหารของพืชต่ำ โดยเฉพาะแคลเซียมซึ่งพืชจำเป็นสำหรับการเจริญของใบอ่อนและผล สำหรับสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำนั้นจะเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโต การผสมเกสร การติดและการเจริญของผล เนื่องจากเป็นสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเปิดของอับละอองเกสรและการทำงานของแมลง แต่ก็เหมาะสำหรับการระบาดของโรคราแป้ง และไรแดง

4.4 คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในสภาพอากาศหนาวซึ่งการระบายอากาศไม่ดีจะมีคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 1,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในช่วงฤดูร้อนซึ่งระบายอากาศดีต้องมีการเติมคาร์บอนไดออกไซด์หากความเข้มข้นต่ำกว่า 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในสภาพ

อากาศปกติจะมีคาร์บอนไดออกไซด์ 330 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงเรือนให้มีความเข้มข้น 1,000-1,500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะให้ผลผลิตสูงกว่าปกติ 20-40 เปอร์เซ็นต์

4.5 การเคลื่อนที่ของอากาศ จะช่วยลดอุณหภูมิและกระจายความชื้นไปทางทิศด้านลาดของโรงเรือน ทั้งยังช่วยกระจายคาร์บอนไดออกไซด์จากส่วนบนสู่ทรงพุ่มของพืช เป็นการช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสง ทำให้เพิ่มคุณภาพผลผลิตและอนุรักษ์พลังงาน

5. แมลงศัตรูและโรคพืชตระกูลแตง

แตงกวาจัดอยู่ในกลุ่มไม้เนื้ออ่อน อวบน้ำ จึงมีปัญหาเกี่ยวกับโรคและแมลงศัตรูพืช (สิริวัฒน์, 2526) ดังนี้

5.1 เพลี้ยไฟ (Thrips : *Haplothrips floricola*)

เป็นแมลงขนาดเล็ก ตัวสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแก่ พบตามยอดใบอ่อน ดอก และผลอ่อน การทำลาย คุณน้ำเลี้ยงที่ใบ ดอกอ่อนและยอดอ่อน ทำให้ใบม้วนหงิกงอ รูปร่างผิดปกติเป็นกระจุก มีสีสลับเขียวเป็นทาง ระบาดมากในช่วงที่มีอากาศแห้งแล้งฝนทิ้งช่วง นับเป็นแมลงที่เป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการปลูกแตงกวา การป้องกันกำจัด ให้น้ำเพิ่มความชื้นในแปลงปลูก โดยให้น้ำเป็นฝอยตอนเช้าและตอนเย็น จะช่วยลดปัญหาของเพลี้ยไฟได้ ควรใช้สารฆ่าแมลง คือ สารคาร์โบฟูราธ ได้แก่ ฟุราดาน 3 จี หรือ คูราเทอร์ 3 จี 1 ช้อนชาต่อหลุม ใส่พร้อมกับการหยอดเมล็ด จะป้องกันได้ประมาณ 2 สัปดาห์ กรณีที่เริ่มมีการระบาดให้ใช้สารฆ่าแมลง เช่น พอสซ์เมซูโรล แลนเนท ไดคาร์โซล ออลคอลล อะโซดริน โตกูไทออน หรือทามารอน เป็นต้น

5.2 เพลี้ยอ่อน (Aphids: *Aphids gossypii*)

เป็นแมลงขนาดเล็ก ลำตัวคล้ายผลฝรั่ง มีท่อเล็ก ๆ ยื่นยาวออกไปทางส่วนท้ายของลำตัว 2 ท่อน เป็นแมลงปากดูด ตัวอ่อนสีเขียว ตัวแก่สีดำและมีปีก การทำลาย คุณน้ำเลี้ยงที่ใบและยอดอ่อน ทำให้ใบม้วน ต้นแคระแกร็น และยังเป็นพาหนะนำไวรัสด้วย มีระบาดมากในช่วงอากาศร้อนและแห้งซึ่งเป็นพืชมักจะขาดน้ำ โดยมีมดเป็นตัวนำหรือการบินย้ายที่ของตัวแก่ การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเช่นเดียวกับการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ

5.3 ไรแดง (Red spider mites: *Tetranychus* spp.)

ไม่ได้เป็นแมลงแต่เป็นสัตว์ที่มีขา 8 ขา มีขนาดเล็กมาก มองเห็นเป็นจุดสีแดง การทำลายจะไปดูดน้ำเลี้ยงที่ใบและหยอดอ่อนทำให้ใบเป็นจุดด่างมีสีซีด โดยจะอยู่ใต้ใบเข้าทำลายร่วมกับเพลี้ยไฟและเพลี้ยอ่อน มักระบาดมากในช่วงอากาศร้อนและแห้งซึ่งเป็นช่วงที่พืชขาดน้ำ การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมีกำจัดไร เช่น เคลเทน ไตรโทออน หรือ โอไมท์ เป็นต้น

5.4 เตาแดงแดง (Red cucurbit beetle: *Aulacophora* *similis*) และเตาแดงดำ (Black cucurbit beetle: *A. frontalis*)

เป็นแมลงปีกแข็ง ปีกมีสีส้มแดงและสีดำเข้ม ตัวมีขนาดเล็กยาวประมาณ 0.5-0.8 เซนติเมตร อาศัยอยู่ตามกอข้าวที่เกี่ยวแล้วในนา หรือตามกอหญ้า การทำลายจะกัดกินใบตั้งแต่ระยะใบเลี้ยงจนกระทั่งต้นโต ทำให้เป็นแผลและเป็นพาหะของโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียด้วย ตัวเมียวางไข่บริเวณโคนต้น ตัวหนอนกัดกินราก การป้องกันกำจัด ควรทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลง รวมทั้งเศษซากตอหลังการเก็บเกี่ยว ควรใช้สารเคมีฉีดพ่น ได้แก่ เซฟวิน คาร์โบน็อกซี-85 หรือ ไบทริน หรือใช้สารเคมีชนิดเม็ด เช่น ฟุราดาน 3 จี หรือคูราแทร์ 3 จี ใส่หลุมปลูกพร้อมกับการหยอดเมล็ด จะป้องกันเตาแดงได้ประมาณ 2 สัปดาห์

5.5 หนอนกินใบแดง (Leaf eating caterpillar: *Palpita indica*) และหนอนไถเปลือกหรือหนอนเจาะผล (Fruit boring caterpillar: *Helicoverpa armigera*)

หนอนกัดกินใบแดง มีรูปร่างเรียวยาวประมาณ 2 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน ตรงกลางสันหลังมีเส้นแถบสีขาวตามยาว 2 เส้น หนอนตัวโตเต็มวัยเป็นผีเสื้อที่มีปีกโปร่งใสตรงกลาง ส่วนหนอนเจาะผลมีขนาดใหญ่กว่า ลำตัวยาวสีเขียวอ่อนถึงสีน้ำตาลดำ มีรอยต่อปล้องชัดเจน การทำลายจะเริ่มจากการกัดกินใบ ไถเปลือกเป็นแผลและเจาะผลเป็นสาเหตุให้โรคอื่น ๆ เข้าทำลายต่อได้ เช่น โรคผลเน่า เป็นต้น การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมี เช่น อโซดริน แลนเนท ทามารอน ไดกูไทออน บุก หรือ อะโกรน่า เป็นต้น

5.6 โรคน้ำค้าง (Downy mildew) หรือที่เกษตรกรนิยมเรียกว่าโรคใบลาย เกิดจากเชื้อ *Pseudoperonospora* sp.

ลักษณะอาการ เริ่มเป็นจุดสีเหลืองบนใบ แผลนั้นจะขยายออกเป็นเหลี่ยมในระหว่างเส้นใบ ถ้าเป็นมาก ๆ แผลลามไปทั้งใบทำให้ใบแห้งตาย ในตอนเช้าที่มีหมอกน้ำค้างจัดช่วงหลังฝนตกติดต่อกันทำให้มีความชื้นสูง ในบริเวณปลูก จะพบว่าใต้ใบตรงตำแหน่งของแผลจะมีเส้นใยสีขาวเกาะเป็นกลุ่มและมีสปอร์เป็นผงสีดำ การป้องกันกำจัด คลุกเมล็ดด้วยสารเคมีเอพรอน หรือ ริโดมิลเอ็มแซคก่อนปลูกหรือจะนำเมล็ดมาแช่สารเคมีที่ละลายน้ำเจือจางเป็นเวลา 3 ชั่วโมงก็ได้ เมื่อมีโรครบาดในแปลงและในช่วงนั้นมีหมอกและน้ำค้างมาก ซึ่งควรฉีด Curzate M8, Antrachor สลับกันเพื่อป้องกันการดื้อสารเคมีของเชื้อรา

5.7 โรคใบด่าง (Mosaic)

เชื้อสาเหตุคือ Cucumber mosaic virus ลักษณะอาการ ใบด่างสีเขียวเข้มสลับสีเขียวอ่อนหรือด่างเขียวสลับเหลืองเนื้อใบตะปุ่มตะป่ำ มีลักษณะนูนเป็นระยะ ๆ ใบหงิกเสียรูปร่าง การป้องกันกำจัด ในปัจจุบันยังไม่มีการใช้สารเคมีหรือวิธีการใด ๆ ที่จะลดความเสียหายเมื่อโรคนี้ระบาด ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดขณะนี้คือการป้องกันไม่ให้เกิดโรค เช่น เลือกแหล่งปลูกที่ปลอดจากเชื้อไวรัส อาจทำได้โดยเลือกแหล่งปลูกที่ไม่เคยปลูกผักตระกูลแตงมาก่อนและทำความสะอาดแปลงปลูกพร้อมทั้งบริเวณใกล้เคียงให้สะอาดไม่ให้เป็นที่อาศัยของเชื้อและแมลงพาหะ

5.8 โรคผลเน่า (Fruit rot)

เชื้อสาเหตุ *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* และ *Botrytis cinerea* ลักษณะอาการ มักเกิดกับผลที่สัมผัสดิน และผลที่แมลงกัดหรือเจาะทำให้เกิดแผลก่อน พบมากในสภาพที่เย็นและชื้น กรณีที่เกิดจากเชื้อพืเทียมจะเป็นแผลน้ำเริ่มจากส่วนปลายผล ถ้ามีความชื้นสูงจะมีเส้นใยฟูสีขาวขึ้นคลุม กรณีที่เกิดจากเชื้อไรซอกโทเนียจะเป็นแผลเน่าเน่าบริเวณผิวของผลที่สัมผัสดิน แผลจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแก่และมีรอยฉีกของแผลด้วย ส่วนกรณีที่เกิดจากเชื้อโบทริติสนั้น บริเวณส่วนปลายของผลที่เน่า จะมีเชื้อราขึ้นคลุมอยู่ การป้องกันกำจัด ทำลายผลที่เป็นโรค อย่าให้ผลสัมผัสดิน ป้องกันไม่ให้ผลเกิดบาดแผล

5.9 โรคราแป้ง (Powdery mildew)

เชื้อสาเหตุ *Oidium* sp. ลักษณะอาการ มักเกิดที่ใบล่างก่อนในระยะที่ผลโตแล้ว บนใบจะพบราสีขาวคล้ายผงแป้งคลุมอยู่เป็นหย่อม ๆ กระจายทั่วไป เมื่อรุนแรงจะคลุมเต็มผิวใบทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วแห้งตาย การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมี เช่น เบนเลท เดอโรซาล Diametan หรือ Sumilex ฉีดพ่นเมื่อพบการระบาด

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

การปลูกพืชกินผลขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้ปลูกที่จะให้อาหารพืชอย่างสมดุลระหว่างการเจริญทางลำต้น ใบ ดอกและผล ในกรณีที่มีความสมดุลในการเจริญเติบโตและผลผลิต สามารถสังเกตจากขนาดของลำต้น ขนาดและสีของใบ จำนวนและการเจริญของดอกผล ขนาดของลำต้นแตงกวาที่เหมาะสมควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร เถาแขนงมีขนาด 1 เซนติเมตร มีผลทุกข้อและเจริญอย่างรวดเร็ว (ประมาณ 7 วันหลังการผสมเกสร) ในกรณีที่เถาหรือลำต้นมีขนาดใหญ่กว่า 1.5 เซนติเมตร แสดงว่าอัตราการเจริญด้านลำต้น ใบสูงเกินไป มีผลทำให้เกิดผลหลายผลต่อข้อจนให้อาหารสำรองไม่พอเพียงต่อการเจริญของลำต้นและผล ทั้งยังทำให้รากหยุดชะงักและผลอาจร่วงได้สำหรับผลผลิตและระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการจัดการน้ำ รวมทั้งการให้น้ำปุ๋ยเคมี เช่น ชนิด ปริมาณและระยะเวลา ถึงแม้ว่าสารอินทรีย์อาจเป็นส่วนประกอบอยู่ในพืชในปริมาณที่ค่อนข้างต่ำ (ร้อยละ 1) แต่ชนิด ปริมาณและเวลาที่ใส่ปุ๋ยนั้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของแตงกวามาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกในโรงเรือน แม้ว่าแตงกวาเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารมากแต่การใส่ปุ๋ยมากเกินไปอาจจะทำอันตรายต่อราก เนื่องจากเป็นพืชที่ค่อนข้างอ่อนแอต่อความเค็มของสารละลายซึ่งการเจริญและการให้ผลผลิตจะลดลงเมื่อค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity : EC) ของสารละลายที่ใส่ลงไปสูงขึ้น ดังนั้นควรมีการตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ (Graifenberg *et al.*, 1986; Papadopoulos, 1994) ดังต่อไปนี้

1. ไนโตรเจน (nitrogen: N)

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญของลำต้น ใบ มากกว่าผล หากใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้การเจริญทางลำต้นและใบจะมีมากเกินไป จนทำให้ผลและรากชะงักการเจริญเติบโต ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปแอมโมเนียมจะช่วยให้การเจริญของลำต้น ใบ ส่วนแอมโมเนียม

ไนเตรทหรือยูเรีย หากใส่ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมจะช่วยให้การเจริญเติบโตได้แต่จะเป็นอันตรายต่อพืชได้ง่าย เช่น ทำให้ใบไหม้ ดังนั้นควรศึกษาข้อมูลก่อนใส่ปุ๋ยดังกล่าวและใช้อย่างระมัดระวัง ธาตุไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตแตงกวา หากขาดธาตุนี้จะทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต ใบจะเหลืองหลังจากปลูกไปได้ประมาณ 3 อาทิตย์ หากปลูกในดินทรายควรใส่ ไนโตรเจน 2-3 ครั้ง สำหรับใบแตงกวาที่ขาดไนโตรเจนจะมีเส้นใบสีเขียวอ่อนหรือเหลืองโดยเนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบจะเหลือง ใบอ่อนมีขนาดเล็ก ผลไม่สมบูรณ์ มีลักษณะผิดปกติโดยปลายผลแหลมและมีสีเหลืองหรือสีน้ำตาล

Roppongi (1992) ศึกษาวิธีการตรวจสอบความสมบูรณ์ของพืชโดยการตรวจสอบจากปริมาณไนเตรตในน้ำที่คั้นจากยอดอ่อนของแตงกวา พบว่าระยะการเจริญที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบคือ ระยะที่มีใบจริง 14 ถึง 16 ใบ ปริมาณไนเตรตที่เหมาะสมสำหรับระยะเริ่มเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 800-1,200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ระยะช่วงกลางของการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่าง 200-400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และระยะสุดท้าย 100-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับทุกระยะของการเจริญเติบโตปริมาณที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 1,000-1,200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม วิธีการตรวจสอบไนเตรตในน้ำที่คั้นจากยอดอ่อนที่ยอมรับมากที่สุดคือ Merchoquant Nitrate Test Strips

ลักษณะที่พืชเป็นอันตราย เนื่องจากการใช้แอมโมเนียมในปริมาณสูง ระยะแรกนั้นจะเกิดแผลเป็นจุดเล็ก ๆ ที่ใบ ต่อมาจะขยายตัวหรือรวมกันเป็นแผลใหญ่เหลือเฉพาะเส้นใบเป็นสีเขียว ส่วนพืชที่ขาดไนโตรเจนจะมีลำต้นขนาดเล็ก แข็ง ใบมีขนาดเล็ก เนื้อใบบาง สีซีด สำหรับธาตุไนโตรเจนนั้นสามารถเคลื่อนย้ายในพืชได้ดี ดังนั้น ใบแก่จะแสดงอาการก่อน โดยใบจะมีสีเขียวปนเหลือง จากนั้นจะขยายไปทั้งต้น ใบอ่อนจะหยุดชะงักการเจริญ ผลจะสั้น หนา สีเขียวอ่อน บิดงอ ขั้วจะสั้นและเหี่ยว หากได้รับไนโตรเจนมากเกินไปจะทำให้มีลำต้นมีขนาดใหญ่ ใบสีเขียวเข้มเป็นคลื่น ช่วงข้อสั้น มือเกาะจะติดกัน เถามะเขวจะสั้น ส่วนกรณีที่รุนแรง การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก ใบส่วนล่างจนถึงส่วนกลางของลำต้นจะหงิกงอและร่วง แผลระหว่างเส้นใบจะโปร่งแสง จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและน้ำตาล เมื่อขอบใบและระหว่างเส้นใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทำให้ต้นพืชตาย กรณีที่พืชยังไม่เหี่ยวอาจมีการให้น้ำ ควบคุมอุณหภูมิและความเข้มแสงต่ำ เพื่อป้องกันการคายน้ำ

สำหรับพืชที่เจริญปกติ พบว่าใบที่สามนับจากยอด (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร) จะมีปริมาณไนโตรเจน 5-6 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนของน้ำหนักแห้งหรือมี NO_3^- 0.5-1.5 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในใบอ่อนที่คลี่ออกเต็มที่หรือ 2-3 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ($0.6-1.2\% \text{NO}_3^-$) ใน sap ของ

ใบยอดที่คลี่ออกเต็มที่ ส่วนพืชที่ขาดไนโตรเจนจะมีปริมาณไนโตรเจนในใบอ่อนและใบแก่ต่ำกว่า 3 และ 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ

2. ฟอสฟอรัส (phosphorus: P)

แม้พืชจะต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าไนโตรเจนแต่พืชจะต้องการอย่างสม่ำเสมอ ในระยะแรกฟอสฟอรัสจะจำเป็นสำหรับการเจริญของราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิในดินต่ำ นอกจากนี้จะช่วยในการเจริญเติบโตทั้งทางลำต้น ใบ ดอก ผล ตลอดฤดูกาลปลูก พบว่า พืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส ในระยะแรกจะแสดงอาการชะงักการเจริญเติบโต หากขาดอย่างรุนแรงพืชจะหยุดการเจริญเติบโต ใบอ่อนจะเล็ก หนา สีเทาปนเขียว ใบแก่จะเกิดแผลมีลักษณะซ้ำ ที่เส้นใบและระหว่างเส้นใบ จากนั้นจะเปลี่ยนเป็นสีซีด เที่ยว ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและร่วงในที่สุด สำหรับธาตุฟอสฟอรัสนั้นจะไม่เป็นอันตรายต่อพืช ใบปกติจะมีปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อประมาณ 0.6-1.3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งสำหรับใบที่อยู่บนเถาหลัก ส่วนในพืชที่ขาดฟอสฟอรัสจะมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำกว่าร้อยละ 0.3 และ 0.2 ของน้ำหนักแห้งในใบแก่และใบอ่อนตามลำดับ

3. โพแทสเซียม (potassium: K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่เคลื่อนย้ายในพืชได้ดี ทำให้พืชต้องการในปริมาณที่สูงจึงเป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต เนื่องจากเป็นธาตุหลักและมีประจุบวก (cation) จึงทำหน้าที่สร้างความสมดุลกับกรดอินทรีย์ที่อยู่ในเซลล์ซึ่งมีประจุลบและ anion อื่น ๆ เช่น ซัลเฟต คลอไรด์ และไนเตรต นอกจากนี้ยังช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์และควบคุมการคายน้ำที่เกี่ยวข้องกับการเปิด ปิดของปากใบ ประสิทธิภาพของการดูดดึงโพแทสเซียมโดยพืชจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ระหว่างแร่ธาตุต่าง ๆ ในดิน เช่น ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งมีผลทำให้พืชแสดงอาการขาดโพแทสเซียม ส่วนแคลเซียมช่วยในการนำโพแทสเซียมขึ้นไปใช้โดยพืช กรณีที่ขาดแคลเซียมพืชจะแสดงอาการขาดโพแทสเซียมด้วย สำหรับแอมโมเนียมนั้นเป็นตัวจำกัดการนำโพแทสเซียมไปใช้ประโยชน์อย่างมาก และการขาดโพแทสเซียมจะทำให้พืชขาดธาตุเหล็กได้อีกด้วย

ในกรณีที่พืชขาดโพแทสเซียม ระยะเริ่มแรกจะแสดงอาการที่ใบแก่ก่อนและขยายจากใบล่างไปยังใบบนสุด พืชจะหยุดชะงักการเจริญ ช่วงข้อสั้น ใบขนาดเล็ก ขอบใบแก่จะแห้ง งอมีนวลลง

หลังจากนั้นแผลจะขยายไปยังเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างเส้นใบและเข้าสู่ส่วนกลางของใบ ผลจะมีส่วนปลายขยายใหญ่ส่วนที่ติดกับข้อจะไม่ขยายตัว ในดินทั่วไป ปริมาณโพแทสเซียมที่ค่อนข้างจะพอเพียงสำหรับการเจริญเติบโตของพืช นอกจากในดินทราย หากปลูกพืชไร่ดินพืชจะแสดงอาการขาดโพแทสเซียมทันทีเมื่อได้รับธาตุดังกล่าวไม่เพียงพอ การใช้โพแทสเซียมในอัตราที่สูงจะไม่เป็นอันตรายต่อพืชแต่จะเป็นสาเหตุให้พืชขาดธาตุอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก เป็นต้น นอกจากนี้พืชอาจดูดโพแทสเซียมเข้าไปมากโดยไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตซึ่งเรียกว่า “luxury consumption” (ชัยฤกษ์, 2530)

ใบพืชที่สมบูรณ์จะมีปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 4.1 ของน้ำหนักแห้งในใบอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร (ยอดอ่อนจะมีปริมาณโพแทสเซียมสูงร้อยละ 8-15) และ ปริมาณโพแทสเซียมใน petiole sap จะมีประมาณ 3500-5000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พืชจะแสดงอาการขาดธาตุนี้เมื่อมีปริมาณโพแทสเซียมในใบอ่อนต่ำกว่าร้อยละ 3.5 ของน้ำหนักแห้งและต่ำกว่า 3,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ใน petiole sap

4. แมกนีเซียม (magnesium: Mg)

พืชที่ปกติจะมีปริมาณแมกนีเซียมร้อยละ 0.5-0.7 ของน้ำหนักแห้งในใบอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร และในใบแก่มีปริมาณสูงกว่า (ร้อยละ 0.5-0.9 ในใบอ่อนและร้อยละ 1.5-2.0 ในใบแก่ที่สมบูรณ์) พืชจะเริ่มแสดงอาการขาดแมกนีเซียมเมื่อมีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่าร้อยละ 0.35 ของน้ำหนักแห้งในใบอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

5. แคลเซียม (calcium: Ca)

ใบพืชที่สมบูรณ์จะประกอบด้วยแคลเซียมร้อยละ 1.5 ของน้ำหนักแห้งในใบอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร แต่จะมีปริมาณสูงในใบแก่คิดเป็นร้อยละ 5.0 ของน้ำหนักแห้งในใบอ่อนที่คล้อยออกเต็มที่ พืชจะเริ่มแสดงอาการขาดแคลเซียมเมื่อมีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนักแห้ง ในใบอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร

6. สังกะสี (zinc: Zn)

ในพืชที่สมบูรณ์จะมีปริมาณสังกะสี 40-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งในใบที่ 5 ซึ่งคลื่อนอกเต็มที่ พืชจะเริ่มแสดงอาการขาดเมื่อมีปริมาณสังกะสีต่ำกว่า 20-25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือมีปริมาณสูงกว่า 150-180 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของใบแก่และ 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของใบอ่อนบริเวณส่วนยอด

7. เหล็ก (iron: Fe)

พืชที่สมบูรณ์จะมีปริมาณเหล็กในเนื้อเยื่อพืชประมาณ 100-300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งในใบที่ 5 นับจากยอดและใบที่คลื่อนอกเต็มที่ ในกรณีที่มีปริมาณเหล็กต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือมีปริมาณเหล็กมากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พืชก็อาจจะแสดงอาการขาดได้ เนื่องจากเหล็กอยู่ในรูปที่ไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้น ควรมีการใส่ปุ๋ยในรูปเกลือของเหล็กหรือ iron chelates ทางดิน (Fe-EDDHA อัตรา 5-10 กรัมต่อตารางเมตร หรือ Fe-DPTA อัตรา 12-20 กรัมต่อตารางเมตร) หรือนีดพ่นทางใบโดยใช้ Fe-EDTA เข้มข้น 0.2 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร iron chelates

8. แมงกานีส (manganese: Mn)

ปริมาณที่เหมาะสมในใบอ่อนประมาณ 30-60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในใบแก่ 100-250 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อปริมาณแมงกานีสในพืชลดต่ำกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะทำให้ผลผลิตลดลง หากต่ำกว่า 12-15 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พืชจะแสดงอาการขาดธาตุแมงกานีสได้ สำหรับอาการเป็นพิษของแมงกานีสนั้นพบน้อยมากซึ่งต้องได้รับแมงกานีสในปริมาณสูงกว่า 500 และ 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในใบอ่อนและใบแก่ตามลำดับ หากมีปริมาณสูงถึง 2000 และ 5000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในใบอ่อนและใบแก่ตามลำดับ จะมีผลทำให้ผลผลิตลดลง

9. ทองแดง (copper: Cu)

ในพืชที่สมบูรณ์จะมีปริมาณทองแดง 8-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งในใบที่ 5 ซึ่งคลื่อนอกเต็มที่ พืชจะเริ่มแสดงอาการขาดเมื่อมีปริมาณทองแดงต่ำกว่า 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

และจะรุนแรงขึ้นเมื่อมีปริมาณต่ำกว่า 0.8-2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สำหรับการขาดธาตุทองแดงจะทำให้ผลผลิตลดลงได้ถึงร้อยละ 20-90

10. โบรอน (boron: B)

อาการที่พบในพืชที่ขาดโบรอนจะปรากฏในระยะหลังการเก็บเกี่ยวครั้งแรก โดยใบที่อยู่ส่วนกลางและด้านล่างของลำต้นจะเริ่มเหลืองและกรอบ เนื้อเยื่อเจริญจะตาย เถามีขนาดเล็ก ใบอ่อนเจริญผิดปกติ ใบแก่จะมีเส้นใบเด่นชัด ขอบใบม้วน ใบมีขนาดเล็ก กรอบ ใบล่างจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ขอบใบจะเปลี่ยนเป็นสีครีม หลังจากนั้นใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ขอบใบม้วนลงด้านใน ผลจะสั้นและมีรอยแผลแตกตามยาวของผล รากจะเปลี่ยนเป็นสีดำและปลายรากบวม พืชที่ขาดโบรอนจะทำให้ผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 90 และคุณภาพของผลก็ไม่ดีด้วย การใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นโบรอนสูง (> 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จะเป็นอันตรายต่อแตงกวาได้ง่าย เนื่องจากโบรอนเป็นธาตุไม่เคลื่อนย้ายในพืช หากมีปริมาณโบรอนสูงเกินไป ในระยะแรกจะพบในใบแก่ก่อนเจริญเต็มที่ ใบแก่จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวปนเหลือง ขอบใบม้วนลง เจริญทางด้านข้าง หลังจากนั้นจะขยายขึ้นไปทางด้านบนของลำต้น มีแผลเป็นจุดสีเหลืองระหว่างเส้นใบ ในระยะที่รุนแรงพืชจะชะงักการเจริญ ใบบนมีขนาดเล็ก ดอกตัวเมียมีน้อย ดอกร่วง พืชที่สมบูรณ์จะมีปริมาณโบรอนเข้มข้น 6-8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้งในใบยอด

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์แดงกวางญี่ปุ่น (ชื่อทางการค้า Pretty Swallow)
2. ถาดหลุมเพาะต้นกล้า ขนาด 64 หลุม
3. วัสดุเพาะต้นกล้า (ขี้เถ้าแกลบ:ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยคอกอัตราส่วน 1:1:1)
4. ปุ๋ยเคมี ได้แก่
 - 4.1 ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)
 - 4.2 ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต(12-60-0)
 - 4.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)/ ปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรต (13-0-46)
5. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและบดดิน ได้แก่ พลับมือ ถุงพลาสติก กรรกตำดิน และตะแกรงร่อนดิน
6. pH meter
7. Spectrophotometer
8. Atomic Absorption Spectrophotometer
9. เครื่องบดตัวอย่างพืช
10. เครื่องอบตัวอย่างพืช
11. เครื่องย่อยตัวอย่างพืช

12. เครื่องจักร

13. อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมีสำหรับการทดลอง

วิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

การศึกษาหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตเตงกวาญี่ปุ่น วางแผนการทดลองแบบ RCB (Randomized Complete Block Design) มีจำนวน 6 ดำรับการทดลอง ซึ่งแต่ละดำรับ มีการดำเนินการทดลองจำนวน 4 ซ้ำดังนี้

T 1	อัตราปุ๋ยที่ใช้	290.35-39.68-370.35	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ (เปรียบเทียบ)
T 2	อัตราปุ๋ยที่ใช้	290.35-0.00-370.35	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
T 3	อัตราปุ๋ยที่ใช้	290.35-19.84-370.35	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
T 4	อัตราปุ๋ยที่ใช้	72.58-9.92-92.58	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
T 5	อัตราปุ๋ยที่ใช้	145.17-19.84-185.17	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
T 6	อัตราปุ๋ยที่ใช้	55.54-11.63-83.39	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่

หมายเหตุ T1 ปุ๋ยเตงกวาญี่ปุ่นสูตรมูลนิธิโครงการหลวง

การศึกษาหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) มีจำนวน 4 ดำรับการทดลอง ซึ่งแต่ละดำรับมีการดำเนินการทดลองจำนวน 4 ซ้ำดังนี้

P1	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-55.00	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ (เปรียบเทียบ)
P2	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-0.00-57.25	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
P3	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-9.41-52.75	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
P4	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-18.82-48.25	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่

หมายเหตุ P1 ปุ๋ยแตงกวาญี่ปุ่นสูตรมูลนิธิโครงการหลวง

การศึกษาหาอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) มีจำนวน 5 ดำรับการทดลอง ซึ่งแต่ละดำรับ มีการดำเนินการทดลองจำนวน 4 ซ้ำดังนี้

K1	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-55.00	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่ (เปรียบเทียบ)
K2	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-38.44	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
K3	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-25.63	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
K4	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-12.81	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่
K5	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-0.00	กิโลกรัม N-P ₂ O ₅ -K ₂ O ต่อไร่

หมายเหตุ K1 ปุ๋ยแตงกวาญี่ปุ่นสูตรมูลนิธิโครงการหลวง

การศึกษาหาอัตราปุ๋ยในโตรเจนที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) มีจำนวน 5 ดำรับการทดลอง ซึ่งแต่ละดำรับ มีการดำเนินการทดลองจำนวน 4 ซ้ำดังนี้

N1	อัตราปุ๋ยที่ใช้	71.68-4.71-55.00	กิโกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ (เปรียบเทียบ)
N2	อัตราปุ๋ยที่ใช้	89.10-4.71-55.00	กิโกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่
N3	อัตราปุ๋ยที่ใช้	107.52-4.71-55.00	กิโกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่
N4	อัตราปุ๋ยที่ใช้	124.94-4.71-55.00	กิโกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่
N5	อัตราปุ๋ยที่ใช้	143.36-4.71-55.00	กิโกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่

หมายเหตุ N1 ปุ๋ยแตงกวาญี่ปุ่นสูตรมูลนิธิโครงการหลวง

2. การปลูกและดูแลรักษา

สำหรับการศึกษาทดลองในครั้งนี้ทำการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2549 (งานทดลองอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น) และปลูกแตงกวาญี่ปุ่นครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 29 มกราคม 2550 (งานทดลองอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น และอัตราปุ๋ยในโตรเจนที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น) โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 การคัดเมล็ดพันธุ์แตงกวา ควรคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีการบรรจุหีบห่อเมล็ดที่สามารถป้องกันความชื้นหรืออากาศจากภายนอกไม่ให้เข้าไปได้ ควรมีการคลุกสารเคมีเพื่อป้องกันศัตรูพืชที่อาจติดมากับเมล็ด ก่อนปลูกทุกครั้งควรทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกก่อน

2.2 การเตรียมดินเพาะกล้า อัตราส่วนจีเถ้าแกลบ:ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยคอก 1:1:1 คลุกให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงในถาดหลุมเพาะกล้าขนาด 64 หลุม นำเมล็ดแช่ในสารเคมีป้องกันสารกำจัดศัตรูพืช เช่น แคลเพน ออโรไซค์ ผสมในอัตราส่วน 5 กรัม ต่อน้ำ 1 ลิตร แช่เมล็ดนาน 30 นาที เพื่อทำลายเชื้อราที่ผิวเมล็ด จากนั้นนำมาแช่น้ำ 4 ชั่วโมง จึงนำเมล็ดที่บ่มไว้หยอดลงหลุมถาดเพาะกล้าหลุมละ 1 เมล็ด แล้วใช้วัสดุเพาะกล้างกลบบาง ๆ ประมาณ 1 ซม. หลังจากหยอดเมล็ดต้องให้น้ำทันที โดย

การฉีดพ่นให้เป็นฝอยละเอียดที่สุด ปริมาณที่ให้นั้นไม่ควรมากเกินไป ในช่วงฤดูร้อนควรให้วันละ 1 ครั้ง ให้ตรวจดูความชื้นก่อนให้น้ำทุกครั้ง ถ้าเพาะกล้าควรเก็บไว้ในที่มีแดดไม่จัดหรือมีการใช้วัสดุกันแสงไม่ให้มากกระทบต้นกล้ามากเกินไป เมื่อแสงกว่าเริ่มงอกให้หมั่นตรวจดูความผิดปกติของต้นกล้าเป็นระยะๆ หากมีการระบาดของแมลงหรือศัตรูพืชต้องรีบกำจัดโดยเร็ว เมื่อต้นกล้ามีใบจริงประมาณ 3-4 ใบ หรืออายุประมาณ 10-12 วัน ซึ่งอยู่ในระยะพร้อมที่จะย้ายไปปลูกในแปลง (ภาพที่ 3)

2.3 การเตรียมแปลง ในการเตรียมแปลงปลูกจะใช้จอบพรวนดินในการเตรียม แปลงพื้นที่ 1 ไร่ จะได้แปลงประมาณ 15-16 แปลงต่อความยาวแปลง 50 เมตร แปลงละประมาณ 110 ต้น (ภาพที่ 1)

2.4 วิธีการปลูก การเตรียมแปลงปลูก ถ้าเป็นระบบน้ำหยดจะต้องคลุมพลาสติกวิธีการปลูกใช้ระยะปลูก 30 X 30 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างร่อง 50-70 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) พื้นที่ 1 ไร่จะใช้ต้นกล้าประมาณ 1,860-1,900 ต้น หลังปลูกแล้วควรทำค้างไว้สำหรับต้นแตงกวาเพื่อพรางต้นไม่ให้โคนล้ม หลังปลูกประมาณ 20 - 30 วันหรือราว 22-25 ใบ จึงเริ่มเด็ดยอดแตงกวาญี่ปุ่นออกเพื่อบังคับให้แตกแขนงด้านข้างหลังปลูกประมาณ 40 วัน ก็เริ่มเก็บผลผลิตได้ (ภาพที่ 3)

3. การให้ปุ๋ย

ปุ๋ยที่ใช้เป็นปุ๋ยเคมีชนิดละลายน้ำ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0), ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12-60-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) หรือปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรด (13-0-46) ซึ่งมีการวิธีใส่โดยควบคุมค่าการนำไฟฟ้าดังนี้

สัปดาห์ที่ 1 EC 1.2 dS cm⁻¹ ซึ่งจะมีความเข้มข้นของปุ๋ยเท่ากับ 1,020 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สัปดาห์ที่ 2 EC 1.5 dS cm⁻¹ ซึ่งจะมีความเข้มข้นของปุ๋ยเท่ากับ 1,275 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สัปดาห์ที่ 3 EC 1.8 dS cm⁻¹ ซึ่งจะมีความเข้มข้นของปุ๋ยเท่ากับ 1,530 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สัปดาห์ที่ 4 ขึ้นไป EC 2-3 dS cm⁻¹ ซึ่งจะมีความเข้มข้นของปุ๋ยเท่ากับ 1,700-2,550 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 1 การเตรียมแปลงปลูกต้นกล้าแตงกวาญี่ปุ่น เมื่ออายุต้นกล้า 10-12 วัน

ก. การพรวนดินและตากดินทิ้งไว้ประมาณ 5-7 วัน

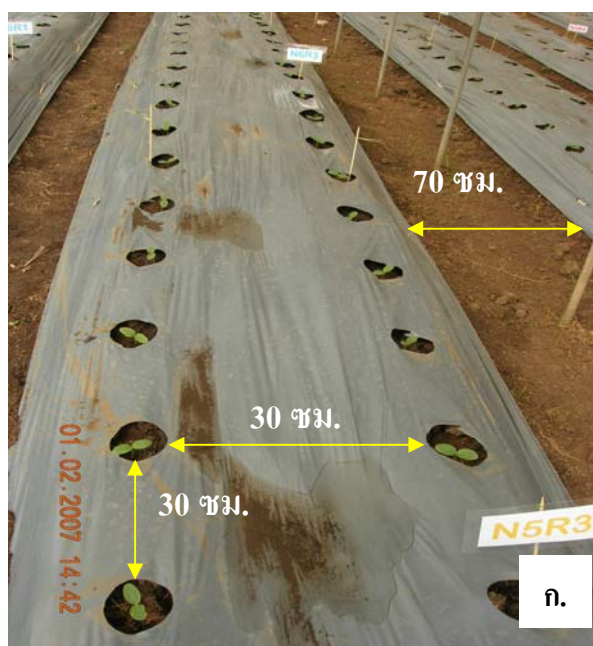
ข. ปรับสภาพดินโดยใช้ปุ๋ยคอก

ค. คลุมแปลงด้วยพลาสติก เพื่อควบคุมวัชพืช

ง. แปลงปลูกแตงกวาญี่ปุ่น เมื่อมีการวางระบบการให้น้ำ

4. การเก็บตัวอย่างดินและพืช

4.1 การเก็บตัวอย่างดิน ทำการขุดหลุมในบริเวณที่กำหนดให้มีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร (เอิบ, 2542ก; 2542ข) ตักแต่งหน้าดินที่ทำการศึกษาและทำคำอธิบายหน้าตัดดินในแต่ละชั้น การเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil sample) โดยเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมอย่างน้อยร้อยละ 60 ของเนื้อที่ผิวแนวดิ่งแต่ละชั้น หนักประมาณ 1 กิโลกรัม



ภาพที่ 2 การเตรียมแปลงสำหรับการทดลองศึกษาการลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับ
แตงกวาญี่ปุ่น

ก. ระยะปลูก 30 x 30 เซนติเมตร ระยะระหว่างร่อง 70 เซนติเมตร

ข. แปลงทดลองมีจำนวนพืชทดลอง 12 ต้นต่อแปลงย่อย โดยมีแนวป้องกันระหว่าง
แปลงทดลองย่อย 3 คู່



ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตของแตงกวาญี่ปุ่นที่อายุต่าง ๆ

ก. เมื่ออายุ 10-12 วัน หลังจากเพาะเมล็ด

ข. เมื่ออายุ 1 วัน หลังจากย้ายปลูก

ค. เมื่ออายุ 10 วัน หลังจากย้ายปลูก

ง. เมื่ออายุ 20-25 วัน

จ. เมื่ออายุ 40 วัน (เก็บเกี่ยวผลผลิต)

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในแปลงทดลอง ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตรจากผิวดินและที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร โดยสุ่มเก็บจำนวน 2 จุดต่อหนึ่งแปลงย่อย เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน

4.2 การเก็บตัวอย่างพืช เก็บตัวอย่างใบหลังจากย้ายกล้าปลูกอายุประมาณ 45 วัน และเก็บตัวอย่างผล นำมาชั่งน้ำหนักสดแล้วจึงนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส บดให้ละเอียดนำไปย่อยสลายและวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด สำหรับผลจะสุ่มเก็บตัวอย่างจากผลผลิตที่แบ่งได้เป็นเกรดต่าง ๆ โดยสามารถแบ่งเกรดตามราคาที่ได้รับซื้อผลผลิตโดยมูลนิธิโครงการหลวงได้ดังนี้

เกรด 1 ยาว 15-18 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.5-3 ซม. ผลตรง

เกรด 2 ยาว 15-20 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.0-3.5 ซม. ผลงอเล็กน้อย

เกรด U นอกเหนือจากเกรด 1 และ 2 ขนาดเล็กกว่า งามาก หรือมีตำหนิเล็กน้อย

เกรด R ผลเล็ก ผลใหญ่มีรอยคอดชัดเจน หรือบิดเบี้ยวมาก

5. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

5.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

วิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธีไปเปตต์ (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949) แล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแจกแจงประเภทเนื้อดินโดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดิน ตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

5.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

5.2.1 ปฏิกริยาของดิน (soil reaction, pH) โดยใช้ น้ำ ในอัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 และดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (National Soil Survey Center, 1996; Soil Conservation Service, 1984) วัดค่าโดยใช้เครื่องมือวัดปฏิกริยาของดิน (pH meter)

5.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter) ใช้วิธี Walkley and Black (Walkey and Black, 1934) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Organic matter (\%)} = \% \text{Organic C} \times 1.72$$

5.2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1958, ทศนิยมและจกรัณย์, 2542)

5.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) ใช้วิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี colorimetric (Bray and Kurtz, 1945) และวัดด้วย Spectrophotometer

5.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable potassium) โดยการสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตดความเข้มข้น 1 N ที่ pH 7 (Pratt, 1965) และวัดปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption spectrophotometer (AA)

5.2.6 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (extractable calcium) โดยการสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตด ความเข้มข้น 1 N ที่ pH 7 (Pratt, 1965) วัดปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption spectrophotometer (AA)

5.2.7 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (extractable magnesium) โดยการสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตด ความเข้มข้น 1 N ที่ pH 7 (Pratt, 1965) วัดปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (AA)

5.2.8 ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (extractable sodium) ใช้สกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตด ความเข้มข้น 1 N ที่ pH 7 (Pratt, 1965) วัดปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption spectrophotometer (AA)

5.2.9 ปริมาณเบสที่สกัดได้ (extractable bases) ซึ่งประกอบด้วยแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม โดยสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตด ความเข้มข้น 1 N ที่ pH 7 (Pratt, 1965) วัดปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption spectrophotometer (AA)

5.2.10 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) โดยการชะละลายไอออนบวกด้วยแอมโมเนียมอะซิเตรตที่เป็นกลาง และแทนที่แอมโมเนียมอะซิเตรตด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10 % ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาค่าความจุไอออนบวกของดิน (Chapman, 1965; Peech, 1945; 1965)

5.2.11 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าของปริมาณความเป็นเบสที่สกัดได้ และค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) (National Soil Survey Center, 1996) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{base saturation percentage} = \frac{\text{extractable bases} \times 100}{\text{extractable bases} + \text{extractable acidity}}$$

5.2.12 ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ในดิน (Soluble salts) โดยการวัด electrical conductivity ในสารละลายดินอิ่มตัว (saturated paste) แล้ววัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินด้วย electrical conductivity bridge (Richards, 1954)

6. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช

การเตรียมตัวอย่างพืช : นำตัวอย่างพืชที่เก็บมาใส่ถุงกระดาษแล้วเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 °C อบจนตัวอย่างพืชแห้งจึงนำมาบดจนละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช เก็บตัวอย่างพืชไว้ในถุงกระดาษ และอบตัวอย่างพืชอีกครั้งที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้จนเย็นใน desiccators ก่อนนำมาชั่งเพื่อทำการวิเคราะห์ (Jones and Case, 1990)

6.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture (H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Micro-Kjeldahl (Isaac and Johnson, 1976; Bremner and Mulvaney, 1982)

6.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphate) ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture (H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยวิธี Vanado-molybdate yellow color (Jones *et al.*, 1990; Mill and Jones, 1996)

6.3 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด (total K Ca and Mg) ย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion mixture (H_2SO_4 - Na_2SO_4 -Se mixture) และวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (Jones *et al.*, 1990; Mill and Jones, 1996)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมดโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาความแตกต่างของค่าการทดลองต่าง ๆ หากข้อมูลใดแตกต่างในระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ขึ้นไป ให้นำข้อมูลนั้นมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป

8. สถานที่และระยะเวลาทำการทดลอง

8.1 สถานที่ทำการทดลอง

8.1.1 การศึกษาภาคสนาม ใช้พื้นที่โรงเรือนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ตำบลปงโค้ง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

8.1.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการสาขางานสำรวจดิน และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

8.2 ระยะเวลาทำการวิจัย

เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2549-เดือนเมษายน พ.ศ. 2550

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. หากลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงได้จริง ก็สามารถนำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยนี้ถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรต่อไป โดยจะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้ในระดับหนึ่ง
2. สูตรปุ๋ยที่เหมาะสมต่อลักษณะดินที่ใช้ปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในพื้นที่
3. ลดปัญหาการสะสมธาตุฟอสฟอรัสในดินที่มีมากอยู่แล้ว ซึ่งเป็นการช่วยลดปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เนื่องจากการที่ดินมีปริมาณธาตุนี้อยู่มากเกินความต้องการพืชที่ปลูก

ผล

1. ลักษณะและสมบัติของดินในพื้นที่ทดลอง

การศึกษาลักษณะของดินในพื้นที่ทดลองได้ดำเนินการเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2549 โดยอยู่ภายในบริเวณพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก หมู่บ้านไทยสามัคคี ตำบลปิงโค้ง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

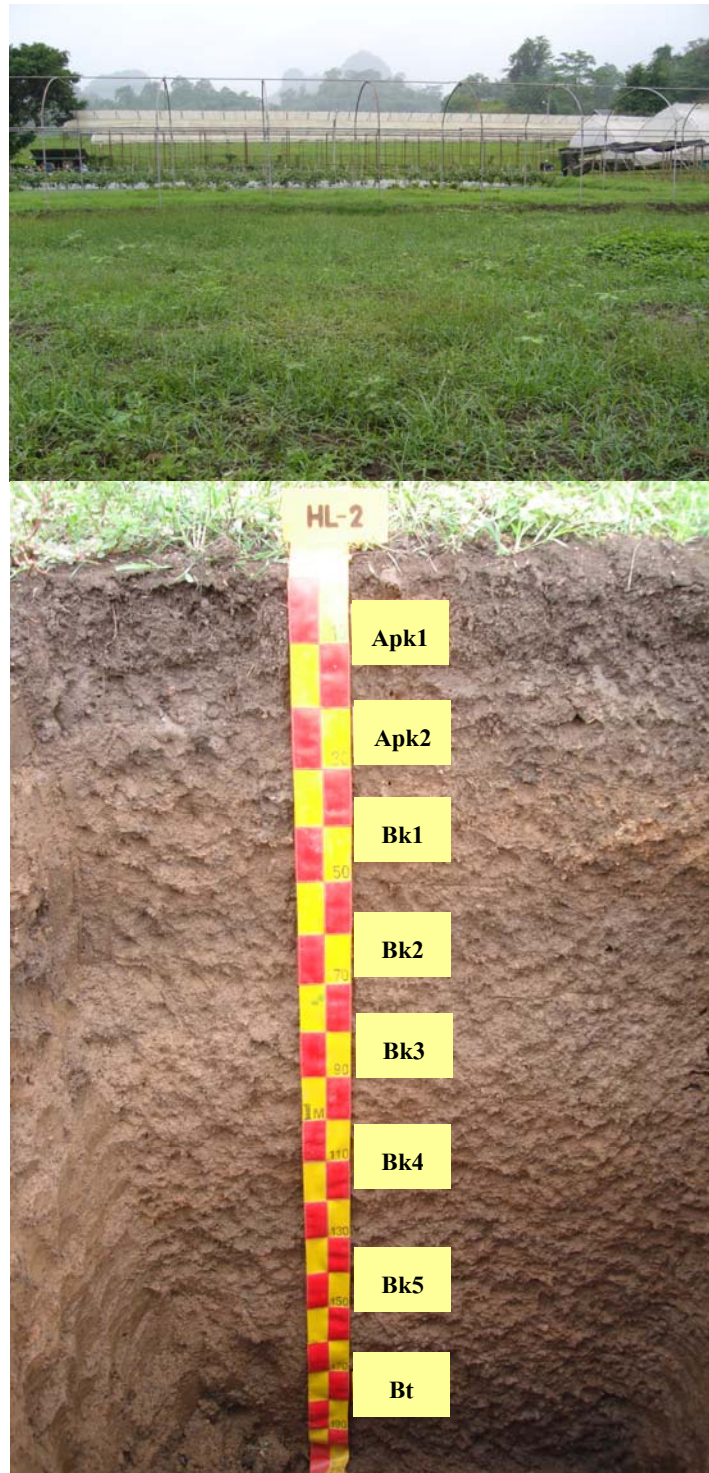
1.1 ลักษณะทั่วไป

จากการศึกษาภาคสนาม ณ แปลงปลูกแดงกว๊านญี่ปุ่นภายในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก โดยทำการศึกษาน้ำตัดดินถึงระดับความลึก 2 เมตร พบว่า บริเวณดังกล่าวมีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 556 เมตร ลักษณะสัณฐานภูมิประเทศเป็นแบบ graded upper residual hill สภาพพื้นที่ค่อนข้างราบ มีความลาดเทของพื้นที่ร้อยละ 2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,300 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ย 27 องศาเซลเซียส ภูมิอากาศเป็นแบบ tropical savanna ดินที่ศึกษาเป็นดินลึก เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่สลายตัวจากหินแปรที่มีแคลไซต์หรือมีแคลเซียมคาร์บอเนตแทรกอยู่ร่วมกับหินอื่น ๆ เป็นดินเนื้อละเอียดมีสีน้ำตาล ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำที่ผิวดินปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้า ระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตร ค่าปฏิกิริยาของดินในสนามเป็นด่างจัด (field pH 8.5) ชั้นกำเนิดดินเป็นแบบ Apk-Bk-Bt ดินนี้สามารถจำแนกได้เป็นดินในกลุ่มดินย่อย Udic Haplusteps (ภาพที่ 1)

1.2 สัณฐานวิทยาของดิน

ทำการศึกษาน้ำตัดดินถึงระดับความลึก 2 เมตร เพื่อจัดทำคำอธิบายน้ำตัดดิน (soil profile description) แสดงไว้ในภาคผนวก พบว่า ลักษณะของดินในพื้นที่ทดลอง (site characterization) สามารถแบ่งออกเป็น 8 ชั้นกำเนิดดิน (ตารางที่ 1) ดังนี้คือ Apk1-Apk2-Bk1-Bk2-Bk3-Bk4-Bk5-Bt ดินบนลึก 33 เซนติเมตร มีสีเทาเข้มปนน้ำตาลไปจนถึงสีน้ำตาลปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนปะปนกับโครงสร้างที่เป็นก้อนเหลี่ยมมุมคม มีความแข็งแรงดี ส่วนดินล่างลึกตั้งแต่ 33 เซนติเมตร ลงไป สีดินสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนเหลือง และชั้นล่างของน้ำตัดมีสีเทาเข้มปนน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินเหนียวและดินเหนียวปนกรวดสลับกัน

ระหว่างชั้นดิน โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ค่าปฏิกิริยาดินเท่ากับ 8.5 ตลอดหน้าตัดดิน
ขอบเขตระหว่างชั้นดินเป็นแบบเรียบและไม่ต่อเนื่อง



ภาพที่ 4 สภาพพื้นที่และลักษณะหน้าตัดดินในพื้นที่ที่ทำการศึกษา ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง
ห้วยลึก อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่

ตารางที่ 1 สถานะงานวิทยาของดินที่ทำการศึกษาริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก จ.เชียงใหม่

ชั้นดิน	ความลึก (ซม.)	สีพื้น	เนื้อดิน	โครงสร้างดิน	แหล่ง	ความเหนียว ชั้น	ปฏิกิริยาของดิน	ชั้นต่อเนื่อง	Others
		สีจุดประ					เปื่อย		
HL2-2 (Core site 1-Profile 1): Chang dao District, Changmai Province									
Apk1	0-12	10YR 3/2	C	3 f-m SBK	S	F	MS and VP	8.5	C and S
Apk2	12-33	10YR 3/4	C	3 m-c semiABK	VH	VF	MS and VP	8.5	C and S
Bk1	33-50	10YR 4/3	SGC	3 f-m SBK	SH	VF	MS and VP	8.5	C and S
Bk2	50-71	10YR 4/3	C	3 f-m SBK	SH	SF	MS and VP	8.5	C and W
Bk3	71-92	10YR 5/4	C	3 f-m SBK	SH	F	MS and VP	8.5	G and S
Bk4	92-129	10YR 5/6	SGC	3 f-m SBK	SH	SF	MS and VP	8.5	G and S
Bk5	129-165	10YR 5/7	SGC	3 f-m SBK	SH	SF	MS and VP	8.5	C and S
Bt	165-210+	10YR 3/3	C	3 m-c SBK	H	F	MS and VP	8.5	-

ตารางที่ 1 (ต่อ)

หมายเหตุ	เนื้อดิน:	VG = very gravelly, G = gravelly, SG = slightly gravelly, LS = loamy sand, SL = sandy loam, SCL = sandy clay loam, SC = sandy clay
	โครงสร้าง:	1 = weak, 2 = moderately weak, 3 = moderate, 4 = strong, SBK = subangular blocky structure, ABK = angular blocky structure, SG = single grain, vf = very fine, f = fine, m = medium, c = coarse
	ความเหนียว:	D = dry, S = soft, SH = slightly hard, H = hard, VH = very hard, M = moist, L = loose, Vfri = very friable, Fri = friable, SF = slightly firm, F = firm, VF = very firm, W = wet, NS = non-sticky, SS = slightly sticky, MS = moderately sticky, VS = very sticky, NP = non-plastic, SP = slightly plastic, MP = moderately plastic, VP = very plastic
	ชั้นดิน:	A = abrupt, C = clear, D = diffuse, G = gradual, S = smooth, W = wavy, I = irregular

1.3 สมบัติทางกายภาพ และเคมีบางประการ

ดินบนลึกประมาณ 33 เซนติเมตร ผลการวิเคราะห์การแจกกระจายชั้นอนุภาคดิน (ตารางที่ 2) พบว่า ดินชั้นนี้มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกิริยาของดินเป็นด่างจัด (strongly alkaline) ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.5 ดินบนตอนล่างมีเนื้อเป็นดินเหนียว ดินเป็นด่างจัด มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.5 ส่วนดินตอนล่างลึกตั้งแต่ 33 เซนติเมตรลงไป มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนกรวด ปฏิกิริยาของดินเป็นด่างจัดตลอดทุกชั้น ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8.5 เช่นกัน

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวแทนดินชุดนี้ (ตารางที่ 3 และ 4) แสดงให้เห็นว่า ดินตอนบนหนาซึ่งประมาณ 33 เซนติเมตร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูงถึงสูง มีฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 31.85-42.96 กรัมต่อกิโลกรัม ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างสูงถึงสูง (13.02-13.46 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก (492.70-905.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมาก (122.65-246.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนดินตอนล่างลึกตั้งแต่ 33 เซนติเมตร ลงไป ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางถึงต่ำมาก (4.56-18.27 กรัมต่อกิโลกรัม) ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวกปานกลางถึงสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำถึงสูงและในระดับความลึก 165-210 เซนติเมตรเมตร ลงไป พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำถึงสูงมาก (34.76-158.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) กล่าวโดยสรุป ดินที่ทำการศึกษานี้มีปริมาณธาตุอาหารตามธรรมชาติสูง แต่สมบัติทางกายภาพอาจจะเป็นปัญหาต่อการซึ่มของรากพืชได้บ้าง เนื่องจากมีเนื้อเป็นดินเหนียว ซึ่งค่อนข้างแน่นทึบ

1.4 หน่วยการจำแนกดิน สามารถอธิบายได้ ดังนี้

อันดับ (order): อินเซปติซอลส์ (Inceptisol) เนื่องจากดินในบริเวณดังกล่าวเป็นดินที่เริ่มมีพัฒนาการโดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของวัตถุต้นกำเนิดดิน แต่ไม่มีชั้นสะสมใด ๆ ปรากฏในหน้าตัดดิน

อันดับย่อย (suborder): Ustept เนื่องจากดินในบริเวณที่ทำการศึกษาพบในเขตร้อนชื้นที่มีระบอบความชื้นแบบ ustic คือในรอบปีต้องมีช่วงแห้งต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 90 วัน ทั้งยังมีสภาพภูมิอากาศแบบอบอุ่น หรือมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 15-22 องศาเซลเซียสและอุณหภูมิในฤดูร้อนและหนาวแตกต่างกันไม่เกิน 6 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพบางประการของดินตัวแทนในพื้นที่แปลงทดลอง

Horizon	Depth (cm)	Particle size distribution (g kg ⁻¹)			Textural class
		Clay	Silt	Sand	
Apk1	0-12	572.0	358.0	70.0	clay
Apk2	12-33	594.0	344.0	62.0	clay
Bk1	33-50	432.0	455.0	113.0	silty clay
Bk2	50-71	527.0	303.0	169.0	silty clay
Bk3	71-92	544.0	298.0	158.0	clay
Bk4	92-129	406.0	427.0	167.0	silty clay
Bk5	129-165	399.0	448.0	153.0	silty clay loam
Bt	165-210+	613.0	341.0	45.0	clay

ตารางที่ 3 ปฏิกริยาดินและสถานะธาตุอาหารของดินตัวแทนในพื้นที่ทดลอง

Horizon	Depth (cm)	Soil reaction		Organic matter (g kg ⁻¹)	Total N (g kg ⁻¹)	Aval. P (mg kg ⁻¹)	Aval. K (mg kg ⁻¹)
		H ₂ O	KCl				
Apk1	0-12	7.8	6.8	42.96	3.22	905.42	246.16
Apk2	12-33	8.0	6.8	31.85	1.54	492.70	122.65
Bk1	33-50	8.2	7.7	7.71	1.05	36.44	146.07
Bk2	50-71	8.2	6.6	18.27	0.70	16.92	36.93
Bk3	71-92	8.3	7.1	9.10	1.40	6.68	85.57
Bk4	92-129	8.3	7.0	4.56	0.70	15.59	158.09
Bk5	129-165	8.4	7.1	6.31	0.56	15.84	98.06
Bt	165-210+	8.3	7.1	10.53	0.84	172.4	34.76

ตารางที่ 4 สมบัติการแลกเปลี่ยนทางเคมีของดินตัวแทนในพื้นที่ทดลอง

Horizon	Depth (cm)	Sum								BS (%)
		Extractable base (EB)				of EB	Exch. Acidity	CEC		
		Ca	Mg	K	Na			Sum	NH ₄ OAc	
← c mol kg ⁻¹ →										
Apk1	0-12	9.42	1.38	0.63	0.05	11.48	1.99	13.46	21.21	54.13
Apk2	12-33	9.46	1.24	0.31	0.02	11.03	1.99	13.02	20.46	53.91
Bk1	33-50	11.2	0.83	0.37	0.03	12.47	0.50	12.98	14.94	83.47
Bk2	50-71	7.47	0.84	0.09	0.02	8.42	0.49	8.92	17.75	47.44
Bk3	71-92	9.88	0.72	0.22	0.02	10.84	0.00	10.84	13.68	79.24
Bk4	92-129	5.78	0.61	0.41	0.04	6.84	0.00	6.84	11.24	60.85
Bk5	129-165	5.39	0.67	0.25	0.04	6.35	0.00	6.35	10.97	57.89
Bt	165-210+	5.28	0.59	0.09	0.02	5.98	2.49	8.46	21.66	27.61

กลุ่มดิน (great group): Haplustept เนื่องจากไม่มีลักษณะอื่นใดที่สามารถจัดจำแนกเข้าในกลุ่มดินอื่น ยกตัวอย่างเช่น ไม่พบชั้นดานแข็ง (duripan) ที่จัดเข้าอยู่ในกลุ่มดิน Durustepts ไม่พบชั้นดินล่างวิญฉัยแคลซิก (calcic horizon) จึงไม่สามารถจำแนกได้เป็น Calciustepts และมีปริมาณอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสสูงเกินที่จะจำแนกเข้าอยู่ในกลุ่มดิน Dystrustepts เป็นต้น

กลุ่มดินย่อย (subgroup): Udic Haplustept: เนื่องจาก เมื่อไม่มีระบบชลประทาน บางชั้นดินหรือทุกชั้นดินบริเวณส่วนควบคุมความชื้นดิน (moisture control section) ไม่แห้งสะสมเกินกว่า 120 วันในรอบปีปกติ เมื่ออุณหภูมิที่ระดับความลึกต่ำกว่า 50 เซนติเมตรจากชั้นผิวดินสูงกว่า 8 องศาเซลเซียส

2. การศึกษาหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

2.1 สมบัติของดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินในทุกคำรับการทดลองเก็บที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร แสดงไว้ในตารางที่ 5 พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร เป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.6-7.8) ปริมาณเกลือที่ละลายได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรอยู่ในช่วง 1.7-2.5 เดซิซีเมนต่อเมตร ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (1.0-1.6 เดซิซีเมนต่อเมตร) แต่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้งสองระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัยระหว่าง 38.2 และ 65.11 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ปริมาณไนโตรเจนรวมทั้งหมดที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตรอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 0.16-0.34 กรัมต่อกิโลกรัม (เอิบ, 2542; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร พบในปริมาณที่สูงมาก โดยอยู่ในพิสัย 539.1-581.4 และ 398.4-446.0 มิลลิกรัมกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 1.34-1.85 และ 1.11-1.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) แล้ว พบว่า ดินทั้งสองระดับความลึกมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในตัวอย่างดินมีปริมาณสูง โดยปริมาณที่พบมีค่าอยู่ในพิสัย 34.6-36.1 และ 34.4-35.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ สำหรับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าใกล้เคียงกันในทั้งสองชั้นความลึก (4.87-5.42 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) สำหรับโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในพิสัย 1.13-1.71 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในระดับสูง

ตารางที่ 5 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของแปลงทดลองที่ทำการศึกษาหาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

ดำรับการ ทดลอง	pH ^{1/}	EC ^{2/} (dS m ⁻¹)	OM ^{3/} (g kg ⁻¹)	Total N ^{4/} (mg kg ⁻¹)	Avail. P ^{5/} (mg kg ⁻¹)	K ^{6/}	Ca ^{6/}	Mg ^{6/}	Na ^{6/}
0-15 cm									
T1	7.7	2.5	38.20	0.21	539.10	1.64	35.90	5.02	1.41
T2	7.6	1.3	46.20	0.20	574.20	1.40	34.60	5.02	1.40
T3	7.7	1.7	47.70	0.19	578.70	1.34	36.00	5.33	1.38
T4	7.7	1.7	47.10	0.20	586.40	1.48	34.90	5.17	1.48
T5	7.6	1.7	45.50	0.19	577.80	1.85	36.10	5.40	1.58
T6	7.7	1.7	43.60	0.20	581.60	1.35	34.70	5.20	1.29
15-30 cm									
T1	7.7	1.6	48.00	0.34	446.00	1.36	34.40	5.15	1.21
T2	7.7	1.5	46.40	0.16	406.90	1.34	34.80	5.42	1.71
T3	7.7	1.2	40.10	0.26	398.40	1.11	35.60	4.87	1.13
T4	7.7	1.1	46.50	0.16	415.40	1.40	34.50	5.38	1.42
T5	7.7	1.0	45.10	0.22	398.80	1.32	35.00	5.20	1.47
T6	7.8	1.0	46.10	0.22	407.60	1.19	35.20	5.21	1.33

1/ วัดโดย pH meter 1:1 H₂O

2/ วัดโดย Electric conductivity bridge 1:1 H₂O

3/ Walkley and Black method

4/ Kjeldahl method

5/ Bray II

6/ สกัดด้วย 1 N NH₄OAc pH 7.0

2.2 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

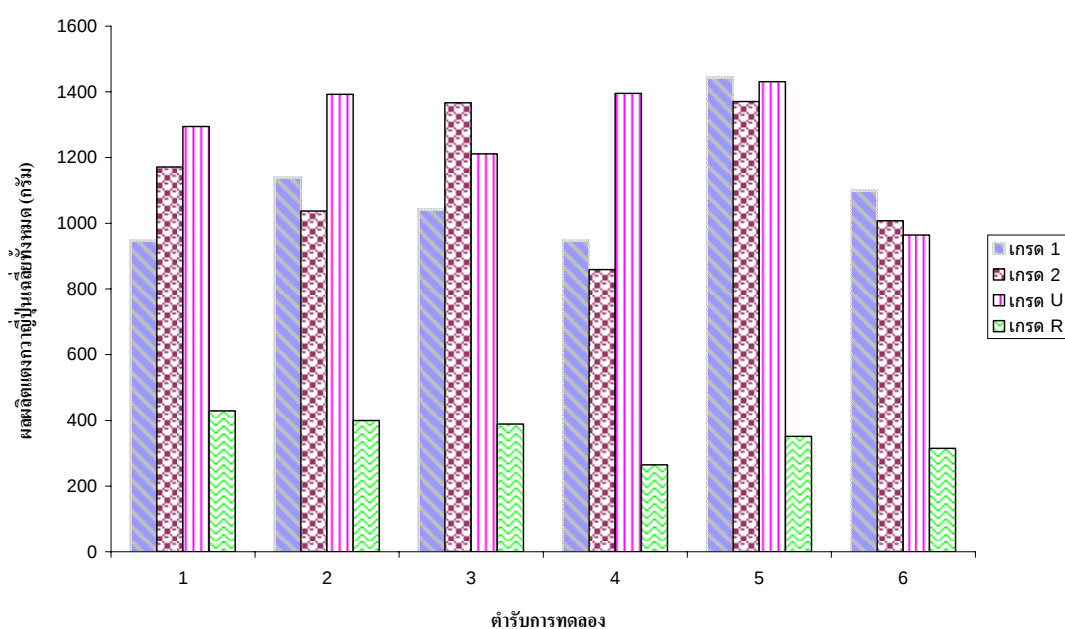
ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นคิดจากน้ำหนักสดที่เก็บรวบรวมในแต่ละวัน โดยแบ่งออกเป็น 4 เกรด ได้แก่ เกรด 1 เกรด 2 เกรด U และเกรด R โดยการรับซื้อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นของมูลนิธิโครงการหลวง จะรับซื้อโดยประกันราคาให้เฉพาะเกรด 1 และ 2 ที่ราคากิโลกรัมละ 20 บาทเท่านั้น ส่วนราคาเกรด U และ R จะขึ้นอยู่กับราคาในท้องตลาดซึ่งส่วนใหญ่มีราคาต่ำอยู่ระหว่าง 2-5 บาทต่อกิโลกรัม

ผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราปุ๋ยต่าง ๆ ต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น (ตารางที่ 6 และภาพที่ 5) พบว่า ดำรับเปรียบเทียบกับให้ผลผลิตเกรด U เท่ากับ 1.29 กิโลกรัม ขณะที่เกรด 2 และ 1 ให้ผลผลิตเท่ากับ 1.17 และ 0.95 กิโลกรัมตามลำดับ เมื่อมีการลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลงในดำรับที่ 2 (ใส่ฟอสฟอรัสปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของดำรับเปรียบเทียบกับ) และดำรับที่ 3 (ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส) ปริมาณผลผลิตเกรด 1 สูงกว่าดำรับเปรียบเทียบกับ (1.15 และ 1.04 กิโลกรัมตามลำดับ) ส่วนผลผลิตเกรด 2 พบว่า ดำรับที่ 3 ซึ่งใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา $\frac{1}{2}$ ของดำรับที่ 1 ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1.37 กิโลกรัม เปรียบเทียบกับเกรด U ที่มีปริมาณสูงสุดเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (1.39 กิโลกรัม)

ตารางที่ 6 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยแต่งกวาญี่ปุ่นตามในตำรับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของแต่งกวาญี่ปุ่นแบ่งตามเกรด โดยคิดจากจำนวนประชากร 12 ต้น

ตำรับการทดลอง	ผลผลิตแต่งกวาญี่ปุ่นสด (กรัม)			
	เกรด 1	เกรด 2	เกรด U	เกรด R
T1	948.80	1171.30	1294.50	423.80
T2	1151.50	1037.50	1392.50	400.00
T3	1041.30	1366.80	1211.30	388.80
T4	947.50	858.80	1395.00	265.00
T5	1443.80	1370.80	1456.00	351.30
T6	1099.50	1017.50	963.80	290.00
F-test	NS	NS	NS	NS
CV (%)	29.66	24.48	29.19	56.02

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพที่ 5 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของแต่งกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ

เมื่อเปรียบเทียบการลดปริมาณปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ พบว่า คำรับที่ 5 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของอัตราที่ใช้ในคำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตสูงสุดในทุกเกรดเมื่อเปรียบเทียบกับคำรับที่ 1 (เปรียบเทียบ) สำหรับคำรับที่ 5 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยอัตรา $\frac{1}{2}$ ของคำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตทั้งสามเกรดใกล้เคียงกันมาก ดังนี้ เกรด 1 ได้ผลผลิตเท่ากับ 1.44 กิโลกรัม เกรด 2 ได้ผลผลิต 1.37 กิโลกรัม และเกรด U เท่ากับ 1.46 กิโลกรัม แต่คำรับที่ 4 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยอัตรา $\frac{1}{4}$ ของคำรับเปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเกรด 1 ใกล้เคียงกับคำรับที่ 1 (เปรียบเทียบ) แต่มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตที่เป็นเกรดต่ำสูงกว่า สำหรับคำรับที่ 6 ซึ่งเป็นอัตราที่แนะนำให้ใช้ในเขตอบอุ่น (สูตร Papadopoulos) ให้ผลผลิตเกรด 1 และ 2 สูงกว่าคำรับที่ 4 ที่ใส่ปุ๋ยในอัตรา $\frac{1}{4}$ ของคำรับที่ 1 (1.10 และ 1.02 กิโลกรัม ตามลำดับ) แต่ปริมาณผลผลิตของทั้งสองเกรดต่ำกว่าคำรับทดลองอื่น ๆ ทั้งสิ้น อย่างไรก็ตาม ผลผลิตในทุกเกรดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาผลผลิตต่อไร่ โดยคำนวณจากแดงกวางญี่ปุ่นจำนวน 1,860 ต้น ผลผลิตที่ได้จากแต่ละคำรับการทดลองแสดงได้ไว้ในตารางที่ 7 โดยผลผลิตต่อไร่ของแต่ละคำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับผลผลิตของแดงกวางญี่ปุ่นที่คิดต่อต้น เป็นที่น่าสังเกตว่า องค์ประกอบส่วนใหญ่ในแดงกวางญี่ปุ่นผลสด ประกอบด้วยส่วนที่เป็นน้ำถึงประมาณ 96-97 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสดทั้งหมด โดยไม่ว่าจะมีการลดปุ๋ยเคมีลงเท่าใดก็ตาม สัดส่วนระหว่างน้ำหนักสดกับปริมาณน้ำที่อยู่ในผลสดก็มีค่าใกล้เคียงกันในทุกคำรับการทดลอง

ตารางที่ 7 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยดำรับต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดและแห้งของผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักสดแตงกวาญี่ปุ่น		น้ำหนักแห้งแตงกวาญี่ปุ่น	
	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่
T1	176.70	328.60	6.09	11.32
T2	182.40	339.30	6.98	12.97
T3	200.70	373.20	7.42	13.80
T4	150.50	280.00	5.17	9.62
T5	234.50	436.20	7.16	13.31
T6	176.40	328.10	6.58	12.24
F-test	NS	NS	NS	NS
%CV.	20.66	20.66	20.66	39.85

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2.3 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยต่อการสะสมธาตุอาหารหลักไนโบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น

2.3.1 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ พิจารณา ค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบแตงกวาญี่ปุ่น (ตารางที่ 8) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับแตงกวาญี่ปุ่นซึ่งได้รับปุ๋ยสูตรที่แนะนำสำหรับการปลูกในเขตอบอุ่น (Papadopoulos) มีแนวโน้มว่าพืชสามารถดูดใช้ไนโตรเจนสะสมในใบมากที่สุด (ภาพที่ 6) เมื่อเทียบกับดำรับเปรียบเทียบ ส่วนในผล (ภาพที่ 7) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสะสมสูงสุดเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา $\frac{1}{4}$ ของปริมาณปุ๋ยในดำรับที่ 1 (72.58-92.92-92.58 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่) เท่ากับ 3.81 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ปุ๋ยดำรับเปรียบเทียบ และดำรับที่ 5 ปุ๋ยอัตรา $\frac{1}{2}$ ของดำรับที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากันคือ ร้อยละ 3.38 สำหรับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผลในดำรับที่ 6 มีค่าต่ำสุดคือ ร้อยละ 2.69 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างดำรับที่ 4 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{4}$ ของปริมาณปุ๋ยดำรับที่ 1 กับดำรับเปรียบเทียบ พบว่า ดำรับที่ 4 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในผล

สูงกว่าค่ารับเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนค่ารับที่ 5 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{2}$ ของปริมาณปุ๋ยในค่ารับที่ 1 มีปริมาณไนโตรเจนเท่ากับค่ารับเปรียบเทียบ นั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติแต่ไม่แตกต่างกับค่ารับที่ 4 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียง $\frac{1}{2}$ ของอัตราปุ๋ยในค่ารับที่ 1

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโบและผลแดงกวางฉู้ปุ่น พบว่า ค่ารับปุ๋ยในทุกอัตราให้ปริมาณไนโตรเจนไนโบและผลต่ำกว่าที่รายงานโดย Mill *et al.* (1996) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่สะสมไนโบและผลของแดงกวางฉู้ปุ่นควรอยู่ในระดับร้อยละ 4.3-6.0 แม้ว่าปริมาณธาตุไนโตรเจนที่วิเคราะห์จะต่ำกว่ารายงานดังกล่าว แต่ผลการวิเคราะห์มีความขัดแย้งอยู่พอสมควรเนื่องจากค่ารับที่ 6 ปุ๋ยสูตรที่แนะนำสำหรับการปลูกในเขตอบอุ่น (Papadopoulos) (55.54-11.63-83.39 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนน้อยที่สุดกลับมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดไนโบสูงสุด ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดในผลแดงกวางฉู้ปุ่น พบในค่ารับที่ 4 ซึ่งใส่ปุ๋ยในอัตรา $\frac{1}{4}$ ของปุ๋ยค่ารับที่ 1 ซึ่งมีปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนสูงมาก (290.35-39.68-370.35 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ไม่เหมาะสม หรือไม่ใช้ช่วงเวลาเดียวกัน จึงทำให้พบปริมาณไนโตรเจนน้อยกว่าข้อมูลที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้

2.3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

ค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมไนโบและผลของแดงกวางฉู้ปุ่นเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ (ตารางที่ 8) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมไนโบสูงสุด (ภาพที่ 6) คือ ค่ารับที่ 3 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{4}$ ของค่ารับเปรียบเทียบคือ ร้อยละ 0.49 รองลงมาคือ ค่ารับที่ 2 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียง $\frac{1}{2}$ (ร้อยละ 0.38) และค่ารับเปรียบเทียบเท่ากับร้อยละ 0.26 ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในผลสูงสุด (ภาพที่ 7) คือ ค่ารับที่ 5 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{2}$ ของค่ารับเปรียบเทียบ (ร้อยละ 0.57) รองลงมาคือ ปุ๋ยสูตรที่แนะนำสำหรับการปลูกในเขตอบอุ่น (Papadopoulos) และค่ารับที่ 3 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา $\frac{1}{2}$ ของค่ารับที่ 1 และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในผลเท่ากันคือ ร้อยละ 0.56 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในผลต่ำที่สุดคือ ค่ารับที่ 3 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{4}$ ของค่ารับเปรียบเทียบ (ร้อยละ 0.47) ทั้งยังพบว่า ค่ารับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (290.35-0-370.35 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่) นั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดสะสมไนโบและผลไม่แตกต่างกับค่ารับเปรียบเทียบ (290.35-39.68-370.35 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่) แต่อย่างใด

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชที่เหมาะสม ควรมีปริมาณอยู่ในระดับร้อยละ 0.3-1.0 (Mill *et al.*, 1996) ซึ่งจากผลวิเคราะห์ตัวอย่างใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่นที่ได้จากการทดลอง พบว่า ค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงดังกล่าว แม้กระทั่งในตำรับที่ 2 ที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสแต่อย่างใด แสดงให้เห็นว่า ในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่ในปริมาณสูง การไม่ให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะไม่ผลต่อการดูใช้และนำขึ้นไปสะสมของธาตุนี้ทั้งในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น เนื่องจากปริมาณที่สกัดได้จากตัวอย่างทั้งใบและผลของแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณที่ใช้กับปริมาณที่สะสมอยู่ในชิ้นส่วนของพืชที่นำมาวิเคราะห์

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราต่าง ๆ

Fertilizer formulation	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (%)		ปริมาณฟอสฟอรัส ทั้งหมด (%)		ปริมาณโพแทสเซียม ทั้งหมด (%)	
	ใบ	ผล	ใบ	ผล	ใบ	ผล
T1	2.85	3.38ab	0.26	0.53	5.4	13.42
T2	2.82	3.08bc	0.29	0.48	5.35	11.61
T3	2.72	3.35ab	0.38	0.55	6.27	13.82
T4	2.72	3.81a	0.49	0.47	5.96	14.35
T5	2.69	3.38ab	0.35	0.57	6.91	15.14
T6	2.85	2.69c	0.33	0.56	5.92	12.62
F-test	NS	*	NS	NS	NS	NS
% CV.	10.38	12.51	13.6	11.34	21.74	11.96

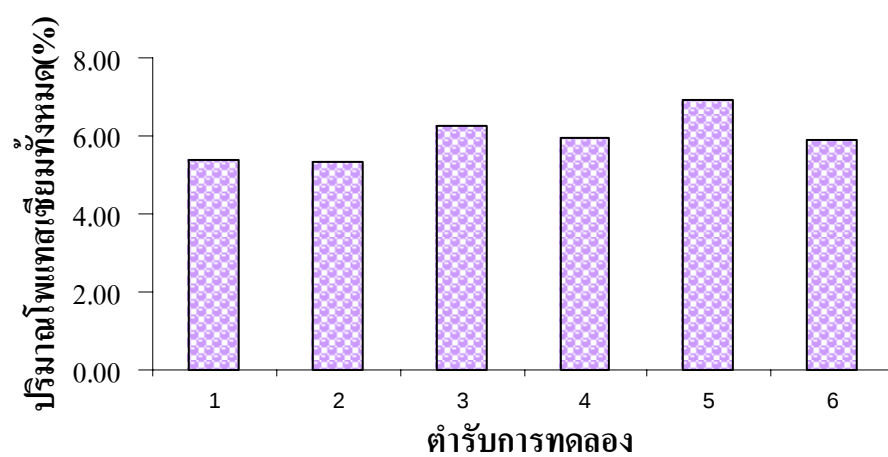
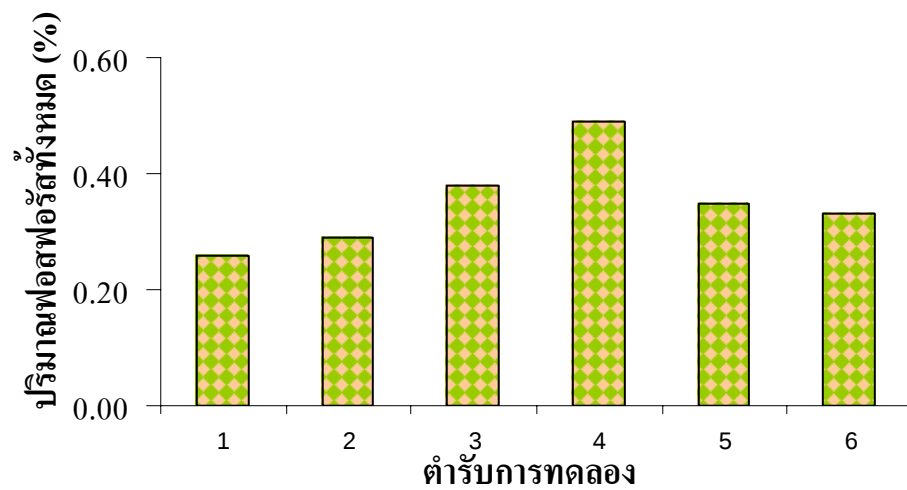
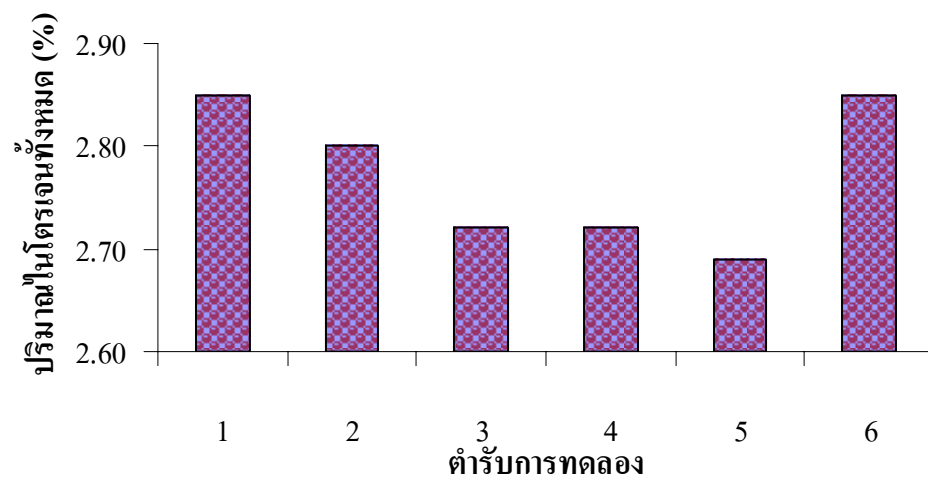
หมายเหตุ * หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

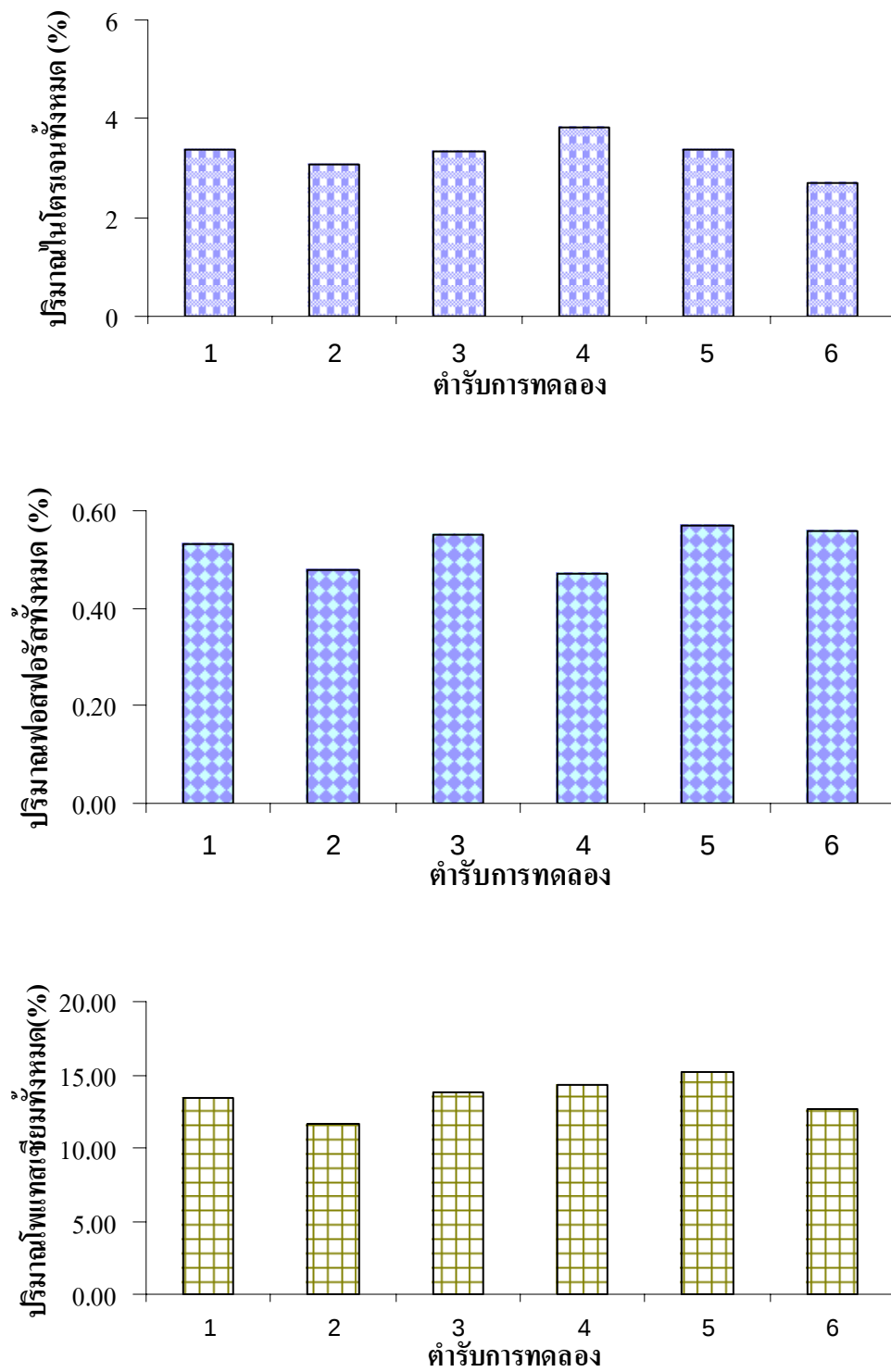
2.3.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น (ตารางที่ 8) พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สะสมในใบและผล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบและผลสูงสุด (ภาพที่ 6 และ 7) ได้จากดำรับที่ 5 ที่ใช้อัตราปุ๋ย $\frac{1}{2}$ ของดำรับเปรียบเทียบ (145.17-19.84-185.17 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) โดยมีปริมาณ โพแทสเซียมในใบและผลเท่ากับร้อยละ 6.91 และ 15.14 ตามลำดับ ส่วนปริมาณโพแทสเซียม ทั้งหมดในใบและผลที่พบต่ำสุดได้จากดำรับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ร้อยละ 5.35 และ 11.61 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสะสมของธาตุนี้ในเนื้อเยื่อพืชทั้งในส่วนใบและผลไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ และผลการวิเคราะห์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างดำรับการทดลองต่าง ๆ แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่อลดปริมาณการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ดังเช่น ในดำรับที่ 4 5 และ 6 (อัตรา 92.58 185.17 และ 83.39 กิโลกรัมต่อไร่) ปริมาณการสะสมธาตุ โพแทสเซียมทั้งหมดในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่นของทั้งสามดำรับการทดลองยังมีค่าใกล้เคียง กับดำรับที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 370.35 กิโลกรัมต่อไร่ (ดำรับที่ 1 2 และ 3)

จากรายงานของ Mill *et al.* (1996) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่สะสมในใบ และผลของแตงกวาญี่ปุ่นควรอยู่ในระดับร้อยละ 3.1-5.5 แต่ค่าวิเคราะห์ที่ได้จากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่า แตงกวาญี่ปุ่นในทุกดำรับการทดลอง มีการดูดใช้โพแทสเซียมในปริมาณที่สูงเกิน ปริมาณที่เหมาะสมทั่วไปตามที่ได้มีรายงานมาก่อนหน้านี้ เป็นไปในลักษณะของการดูดใช้แบบ ฟุ่มเฟือย (luxury consumption) ที่พบทั่วไปในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพียงพอ หรือมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินไปเกินความต้องการของพืช แต่จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตที่ เพิ่มขึ้นของพืชแต่อย่างใด (ยงยุทธ, 2546)



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในใบแดงกวางตุ้งปุ่น
เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลแดงกล้วยปุ่น
เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ

2.4 ผลตอบแทนเมื่อมีการใช้ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกันสำหรับการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

เนื่องจากการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะลดปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้เพื่อช่วยในการลดต้นทุนการผลิต และลดปริมาณการสะสมของปุ๋ยที่ตกค้างอยู่ในดิน เนื่องจากพืชใช้ได้ไม่หมด เพื่อเป็นการแก้ปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารในระยะยาวด้วย ปริมาณผลผลิตที่ได้รับจากการทดลองนี้ ซึ่งได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 6 และ 7 นั้น เมื่อนำมาคิดคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่ (ตารางที่ 9) พบว่า ดำรับที่ 5 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{2}$ ของดำรับที่ 1 ให้ผลผลิตเกรด 1 และ 2 ต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 436.2 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ดำรับที่ 3 และ 2 ใช้ปุ๋ยเท่ากับดำรับเปรียบเทียบแต่มีการลดปุ๋ยฟอสฟอรัสลงมาครึ่งหนึ่งและไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส โดยให้ผลผลิตในเกรด 1 และ 2 เท่ากับ 373.2 และ 339.3 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามดำรับข้างต้นนี้ให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเกรด 1 และ 2 สูงกว่าในดำรับเปรียบเทียบ ซึ่งได้ผลผลิตเท่ากับ 328.6 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกับดำรับที่ใช้ปุ๋ยที่แนะนำให้ใช้ในเขตอบอุ่น (328.1 กิโลกรัมต่อไร่) ปริมาณผลผลิตที่จัดอยู่ในเกรด 1 และ 2 นี้มีความสำคัญมาก เนื่องจากผลผลิตทั้งสองเกรดมีราคาสูงกว่าผลผลิตในเกรด R และ U โดยมีราคาสูงกว่าประมาณเกือบ 10 เท่าตัว

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตที่เป็นเกรด U และ R ในดำรับที่ 5 ซึ่งมีการลดปริมาณปุ๋ย $\frac{1}{2}$ ของดำรับเปรียบเทียบยังให้ผลผลิตสูงสุด (280.1 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาได้แก่ ดำรับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (277.8 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนดำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตทั้งสองเกรดนี้เท่ากับ 266.3 กิโลกรัมต่อไร่ และในดำรับที่ 6 ซึ่งใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำในเขตอบอุ่นให้ผลผลิตเกรด R และ U ต่ำสุดเท่ากับ 194.3 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อคิดเป็นมูลค่าผลผลิตรวม โดยคิดจากราคา 20 บาทต่อกิโลกรัมสำหรับแตงกวาญี่ปุ่นเกรด 1 และ 2 และ 2.50 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับผลแตงกวาญี่ปุ่นเกรด R และ U พบว่า ดำรับที่ให้มูลค่าของผลผลิตรวมสูงสุดคือ ดำรับที่ 5 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{2}$ ของดำรับเปรียบเทียบ โดยมีมูลค่าของผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 9,424 บาท รองลงมาตามลำดับได้แก่ ดำรับที่ 3 ที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส $\frac{1}{2}$ ของดำรับเปรียบเทียบ (8,084 บาท) ดำรับที่ 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (7,481 บาท) ดำรับเปรียบเทียบ (7,238 บาท) ดำรับที่ใช้ปุ๋ยสำหรับแตงกวาญี่ปุ่นที่ปลูกในเขตอบอุ่น (7,048 บาท) และดำรับที่ให้มูลค่าผลผลิตต่ำสุดได้แก่ดำรับที่ 4 อัตราปุ๋ย $\frac{1}{4}$ ของดำรับเปรียบเทียบ มีมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 6,243 บาทต่อไร่ (ภาพที่ 8)

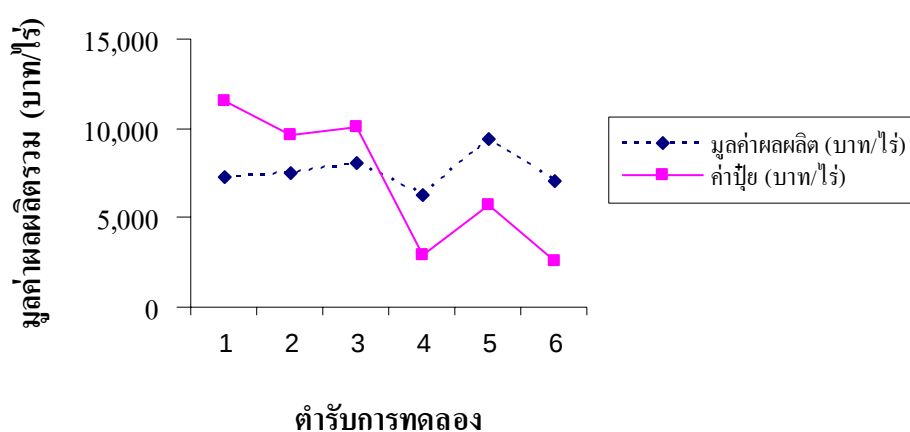
ตารางที่ 9 แสดงส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน

ตำรับ ทดลอง	ผลผลิต (ก.ก./ไร่) ¹	ผลผลิต (ก.ก./ไร่) ²	มูลค่าผลผลิต (บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) ³	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต (บาท)
T1	328.6	266.3	7,238	11,481	-4,243
T2	339.3	277.8	7,481	9,576	-2,095
T3	373.2	248.0	8,084	10,052	-1,968
T4	280.0	257.3	6,243	2,870	3,373
T5	436.2	280.1	9,424	5,740	3,684
T6	328.1	194.3	7,048	2,529	4,519

1 เกรด 1 และ 2 ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท

2 เกรด U และ R ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 2.50 บาท

3 จำนวนโดยใช้ราคาปุ๋ยยูเรีย 820 บาท/50 กิโลกรัม โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 1,200 บาท/25 กิโลกรัม โพแทสเซียมไนเตรด 650 บาท/50 กิโลกรัม



ภาพที่ 8 ส่วนต่างรายได้หลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในแต่ละตำรับการทดลอง

สำหรับค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมี พบว่า ค่ารับเปรียบเทียบมีค่าใช้จ่ายสูงสุดเท่ากับ 11,481 บาทต่อไร่ เนื่องจากใช้ปุ๋ยในปริมาณสูงสุด (290.35-39.68-370.35 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่) ขณะที่ค่ารับอื่นจะมีปริมาณการใช้ปุ๋ยลดลงดังที่ได้แสดงไว้แล้วในตารางที่ 9 โดยค่ารับที่ 4 อัตราปุ๋ย ¼ ของค่ารับเปรียบเทียบ และค่ารับที่ใช้ปุ๋ยที่แนะนำสำหรับการปลูกในเขตชลประทานมีค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยต่ำสุดเท่ากับ 2,870 และ 2,529 บาทต่อไร่ตามลำดับ เมื่อคำนวณผลตอบแทนภายหลังหักค่าใช้จ่ายเฉพาะปุ๋ยเคมีแล้ว พบว่า ในค่ารับที่ 6 ให้ผลกำไรสูงสุด (ยังไม่ได้หักค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ) เท่ากับ 4,519 บาทต่อไร่ ส่วนค่ารับที่ 5 และ 4 ก็ให้ผลตอบแทนในทางบวกเช่นเดียวกัน (3,684 และ 3,373 บาทต่อไร่ตามลำดับ) สำหรับค่ารับเปรียบเทียบและค่ารับที่มีการลดการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสนั้นให้มูลค่าผลผลิตต่ำกว่าค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีในทั้งสามค่ารับการทดลอง

3. การศึกษาหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

3.1 การศึกษาหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

3.1.1 สมบัติของดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินในทุกค่ารับการทดลองเก็บที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเป็นด่างเล็กน้อย (pH 7.5-7.7) ปริมาณเกลือที่ละลายได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตรสูงกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แต่ไม่มีผลกระทบต่อค่าการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณอินทรียวัตถุในดินจัดอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับสูงมาก โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 1.82-3.22 กรัมต่อกิโลกรัม (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; เอ็บ, 2542;) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบในปริมาณที่สูงมากโดยอยู่ในพิสัย 571.97-1254.12 และ 538.66-1066.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 8.21-16.32 และ 8.98-18.04 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) แล้ว พบว่า ดินทั้งสองระดับความลึกมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูง ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในดินบนและดินล่าง โดยมีปริมาณอยู่ในระดับสูง (4.85-6.28 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) สำหรับโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในพิสัย 4.16-5.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัมซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก

3.1.2 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

ผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นซึ่งคิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น แสดงในตารางผนวกที่ 2 พบว่า อัตราปุ๋ยดำรับต่าง ๆ มีผลทำให้แตงกวาญี่ปุ่นมีน้ำหนักผลผลิตเกรด U แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ผลผลิตเกรด 1 และ 2 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเปรียบเทียบปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสในทุกดำรับการทดลอง (ภาพผนวกที่ 1) ดำรับที่ 3 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 2 เท่าของดำรับที่ 1 ให้ผลผลิตเกรด 1 และ 2 สูงสุดเมื่อเทียบกับดำรับเปรียบเทียบ ส่วนดำรับที่ 4 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 4 เท่าของดำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตทั้งสามเกรดต่ำมากเช่นเดียวกับดำรับที่ 2 เมื่อเทียบกับดำรับอื่น ๆ และน้ำหนักผลผลิตทั้งสามเกรดมีปริมาณใกล้เคียงกัน อาจเนื่องมาจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงมากจนทำให้พืชไม่สามารถตอบสนองต่อปุ๋ยที่ใส่ลงไป แต่สำหรับดำรับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เกิดการตรึงกับจุลธาตุต่าง ๆ ภายในดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Stewart (1969) และ Stewart and Reed (1969) พบว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้น แต่หากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง การใส่ปุ๋ยเพิ่มลงไปไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตแต่อย่างใด และยังสอดคล้องกับงานของสุรเดช (2523) ที่พบว่า การปลูกถั่วฝักยาวในดินชุดกำแพงแสนไม่มีผลตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสเกี่ยวกับการให้ผลผลิตถั่วฝักยาวหากดินมีปริมาณธาตุอาหารดังกล่าวเพียงพอ

เมื่อคำนวณผลผลิตต่อพื้นที่ 1 ไร่ (แตงกวาญี่ปุ่นจำนวน 1,860 ต้น) ผลผลิตที่ได้ในแต่ละดำรับการทดลองแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 3 พบว่า ผลผลิตต่อไร่ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแต่ละดำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่ได้ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด (ภาพผนวกที่ 1) ซึ่งไม่สอดคล้องกับรายงานของสุนทร (2522) เกี่ยวกับการให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสสามารถเพิ่มน้ำหนักแห้งและเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในถั่วเหลืองในทุกระยะการเจริญเติบโต ทั้งนี้ยังช่วยให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ดี ดังนั้น ปริมาณฟอสฟอรัสอัตราที่ใช้อยู่ในดำรับที่เปรียบเทียบ (4.71 กิโลกรัม P ต่อไร่) น่าจะเป็นอัตราที่สูงเพียงพอต่อความต้องการของพืชนี้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากดินที่ปลูกมีความแตกต่างของปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างค่อนข้างมาก การสรุปให้ชัดเจนข้างต้นอาจจะยังไม่ถูกต้อง

3.1.3 อิทธิพลของปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการสะสมธาตุอาหารหลักในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ พิจารณาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบแตงกวาญี่ปุ่น แสดงในตารางผนวกที่ 4 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบมีแนวโน้มการสะสมสูงสุดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในตำรับที่ 4 อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส 4 เท่าของตำรับเปรียบเทียบ (71.68-18.82-48.25 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่) โดยมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 5.62 รองลงมา ได้แก่ ตำรับที่ 3 มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 2 เท่าของตำรับเปรียบเทียบมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 5.31 และพบว่า ตำรับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีแนวโน้มว่าพืชดูดไนโตรเจนไปสะสมในใบได้ใกล้เคียงกับตำรับเปรียบเทียบ แสดงให้เห็นว่าการลดปริมาณฟอสฟอรัสลงไม่มีผลต่อการดูดไนโตรเจนขึ้นไปสะสมในใบแต่อย่างใด

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในใบและผลเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ แสดงในตารางผนวกที่ 4 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในเนื้อเยื่อแตงกวาญี่ปุ่น ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในเนื้อเยื่อแตงกวาญี่ปุ่น จากทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกันมาก อยู่ในพิสัยระหว่างร้อยละ 0.70 - 0.78 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมตรงกับรายงานของ Mill *et al.* (1996) ที่กล่าวว่า แตงกวาญี่ปุ่นที่เจริญเติบโตดีจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในระดับร้อยละ 0.3-1.0

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 4 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบและผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และอยู่ในระดับที่มีรายงานไว้โดย Mill *et al.* (1996) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืชส่วนผลไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้

3.1.4 ผลตอบแทนเมื่อมีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกันสำหรับการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

ปริมาณผลผลิตที่ได้รับจากการทดลองนี้ ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 3 นั้น หากนำมาคิดคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่ ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 5 พบว่า คำรับที่ 3 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 2 เท่าของคำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตเกรด 1 และ 2 ต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 139.9 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ คำรับเปรียบเทียบและคำรับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเท่ากับ 139.1 และ 94.2 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และคำรับที่ 4 มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4 เท่าของคำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ 80.2 กิโลกรัมต่อไร่ หากพิจารณาผลผลิตเกรด U พบว่า คำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 187.6 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่ คำรับที่ 4 มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4 เท่า (173.2 กิโลกรัมต่อไร่) สำหรับคำรับที่ 2 ซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ให้ผลผลิตเกรด U ต่ำสุดเท่ากับ 114.3 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อพิจารณามูลค่าผลผลิตรวม (ภาพผนวกที่ 2) พบว่า คำรับเปรียบเทียบมีมูลค่าของผลผลิตต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 3,720.00 บาท รองลงมาเรียงตามลำดับได้แก่ คำรับที่ 3 ที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 2 เท่าของคำรับเปรียบเทียบเท่ากับ 3,541.75 บาท สำหรับคำรับที่ 2 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (2,454.81 บาท) ให้มูลค่าผลผลิตใกล้เคียงกับคำรับที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 4 เท่าของคำรับเปรียบเทียบ (2,470.31 บาท)

เมื่อคำนวณผลตอบแทนภายหลังจากหักค่าใช้จ่ายเฉพาะปุ๋ยเคมีแล้ว พบว่า คำรับที่ 1 ให้ผลกำไรสูงสุด (ยังไม่ได้หักค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ) เท่ากับ 1,603.67 บาทต่อไร่ ส่วนคำรับที่ 2 และ 3 ก็ให้ผลตอบแทนในทางบวกเช่นเดียวกัน (1,288.83 และ 535.13 บาทต่อไร่ตามลำดับ) และคำรับที่ 4 ขาดทุนประมาณ 235.85 บาทต่อไร่ขณะที่ยังไม่หักค่าใช้จ่ายด้านอื่นแต่อย่างใด

3.2 การศึกษาหาอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

3.2.1 สมบัติของดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินในทุกคำรับการทดลองเก็บที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 6 พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง (pH 7.4-8.1) ปริมาณเกลือที่ละลายได้ที่ระดับ

ความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร (0.46-1.95 เดซิซีเมนต่อเมตร) แต่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้งสองระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งจัดอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; เอิบ, 2542) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; เอิบ, 2542) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบในปริมาณที่สูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 9.7-15.57 และ 8.97-15.75 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) แล้ว พบว่า ดินทั้งสองระดับความลึกมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก ในขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูงสำหรับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (2.82-6.46 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) สำหรับปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก

3.2.2 อิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

ผลการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น แสดงในตารางผนวกที่ 7 พบว่า ปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่แตกต่างกันมีผลทำให้แตงกวาญี่ปุ่นมีน้ำหนักผลผลิตเกรด U แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เกรด 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเกรด 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อธิบายได้ว่า (ภาพผนวกที่ 4) คำรับที่ 2 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมปริมาณ $\frac{3}{4}$ ของคำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตสูงสุดในทุกเกรดเมื่อเปรียบเทียบกับคำรับที่ 1 (เปรียบเทียบ) สำหรับคำรับที่ 3 มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพียง $\frac{1}{2}$ ของคำรับเปรียบเทียบให้ผลผลิตเกรด 1 ใกล้เคียงกับคำรับเปรียบเทียบแต่มีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตที่เป็นเกรดต่ำสูงกว่า

เมื่อพิจารณาผลผลิตต่อไร่ โดยคำนวณจากพื้นที่ 1 ไร่ แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 8 พบว่า ผลผลิตต่อไร่ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแต่ละคำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทำให้ทราบว่า การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่ทำให้ผลผลิตรวมลดลงแต่อย่างใด สังเกตได้จากทุกคำรับการทดลองที่มีการลดปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม รวมถึงคำรับสุดท้ายที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมแต่อย่างใด ให้ผลผลิตรวมสูงกว่าในคำรับเปรียบเทียบทั้งสิ้น (ภาพผนวกที่ 3)

3.2.3 ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่างๆ พิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบแตงกวาญี่ปุ่น (ตารางผนวกที่ 9) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในใบแตงกวาญี่ปุ่นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าเปรียบเทียบและค่ารับที่ 5 ซึ่งไม่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม พืชมีแนวโน้มที่จะดูดไนโตรเจนขึ้นไปสะสมในใบใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่า การลดปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมลงไม่มีผลต่อการดูดไนโตรเจนของแตงกวาญี่ปุ่น แต่มีผลต่อการดูดไนโตรเจนขึ้นไปสะสมของแตงกวาญี่ปุ่น และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สะสมในผลแตงกวาญี่ปุ่น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าปริมาณที่สะสมในเนื้อเยื่อต่ำกว่าระดับที่มีรายงาน

จากผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบและผลแตงกวาญี่ปุ่น แสดงให้เห็นว่าไม่ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าเปรียบเทียบหรือลดปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมลง หรือไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แตงกวาญี่ปุ่นมีปริมาณไนโตรเจนในใบและผลสะสมอยู่เหมาะสมตามที่รายงานโดย Mill *et al.* (1996) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่นอยู่ในระดับร้อยละ 4.3-6.0

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ กัน แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 9 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในใบและผลแตงกวาญี่ปุ่น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในผลมีค่าลดลงเมื่อมีการลดปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อที่เหมาะสมควรมีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมอยู่ร้อยละ 0.3-1.0 (Mill *et al.*, 1996) ซึ่งแตงกวาญี่ปุ่นที่ปลูกในงานทดลองนี้ ในทุกค่ารับการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในพืชอยู่ในระดับดังกล่าว

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบและผลแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 9 พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับธนิต (2536) ซึ่งพบว่า ก่อนที่จะมีการผลิยอดอ่อนจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมทั้งในส่วนของกิ่งและใบ โดยมีอยู่ในส่วนของใบมากกว่าในส่วนของกิ่ง แต่อย่างไรก็ตาม อัตราปุ๋ยที่มีปริมาณโพแทสเซียมอยู่สูง ก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัด ซึ่งอาจเกิดจากการที่โพแทสเซียมมีการเคลื่อนย้ายที่ค่อนข้างอิสระภายในต้นพืช ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินที่ทำการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Stewart (1969) กับ Stewart and Reed (1969) ซึ่งพบว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำจะทำให้ได้ผลผลิตสูง แต่หากดินมีปริมาณโพแทสเซียมสูงอยู่แล้ว การใส่ปุ๋ยนี้เพิ่มเติมจะไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตแต่อย่างใด ซึ่งสอดคล้องกับสุรเดช (2523) พบว่า การปลูกถั่วฝักยาวในชุดดินกำแพงแสนที่ไม่มีผลตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

ส่วนปริมาณการสะสมของธาตุโพแทสเซียมในผล มีปริมาณโพแทสเซียมลดลงเมื่อลดปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม และจากรายงานของ Mill *et al.* (1996) ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่นควรอยู่ในช่วงร้อยละ 3.1-5.5 แสดงให้เห็นว่าแตงกวาญี่ปุ่นในทุกคำรับการทดลองมีการดูดใช้โพแทสเซียมในผลปริมาณที่สูงมากเกินปริมาณที่มีรายงาน ซึ่งเป็นไปในลักษณะของการดูดใช้แบบฟุ่มเฟือย (luxury consumption) ที่พบทั่วไปในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพียงพอหรือมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินไปเกินความต้องการของพืช แต่จะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นของพืชแต่อย่างใด (ยงยุทธ, 2546)

3.2.4 ผลตอบแทนเมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ กันในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น

ปริมาณผลผลิตที่ได้รับจากการทดลองนี้ (ตารางผนวกที่ 8) เมื่อนำมาคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่ซึ่งแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 10 พบว่า คำรับที่ 2 มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพียง $\frac{1}{4}$ ของคำรับเปรียบเทียบมีมูลค่าผลผลิตต่อไร่เท่ากับ 3,003.13 บาท รองลงมาเรียงตามลำดับได้แก่ คำรับที่ 5 ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (2,735.75 บาท) คำรับที่ 3 ที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของคำรับเปรียบเทียบ (2,706.69 บาท) คำรับที่ 4 ที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพียง $\frac{1}{4}$ ของ

ตำรับเปรียบเทียบ (2,406.38 บาท) และตำรับที่ให้มูลค่าผลผลิตต่ำสุดคือ ตำรับเปรียบเทียบ ให้มูลค่าของผลผลิตรวมเท่ากับ 2,044.06 บาทต่อไร่

เมื่อพิจารณาผลตอบแทนภายหลังจากหักค่าใช้จ่ายเฉพาะปุ๋ยเคมีแล้ว (ภาพผนวกที่ 5) พบว่า ตำรับที่ 5 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้ผลตอบแทนสูงสุด (ยังไม่ได้หักค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ) เท่ากับ 1,334.37 บาทต่อไร่ ส่วนตำรับที่ 2 3 และ 4 ก็ให้ผลตอบแทนในทางบวกเช่นเดียวกัน (1,102.02, 972.15 และ 838.42 บาทต่อไร่ตามลำดับ) ส่วนในตำรับที่ใส่ปุ๋ยตามอัตราแนะนำมีส่วนต่างเป็นลบ (-72.27 บาทต่อไร่) (ภาพผนวกที่ 4)

3.3 การศึกษาหาอัตราปุ๋ยในโตรเจนที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

3.3.1 สมบัติของดินก่อนปลูก

ผลการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างดินในทุกตำรับการทดลองเก็บที่ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 11 พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเป็นด่างเล็กน้อยถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 7.6-7.9) ปริมาณเกลือที่ละลายได้ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าที่ระดับความลึก 15-30 เซนติเมตร แต่ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้งสองระดับความลึกมีค่าใกล้เคียงกัน จัดอยู่ในระดับสูงมาก (เอิบ, 2542; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำมาก (เอิบ, 2542; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งเมื่อเปลี่ยนเป็นปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) แล้ว พบว่า ดินทั้งสองระดับความลึกมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก ขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในมีปริมาณสูงถึงสูงมาก ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูง สำหรับปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงมาก

3.3.2 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

ผลการศึกษาอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ต่อผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น คัดจากประชากรจำนวน 12 ต้น แสดงในตารางผนวกที่ 12 พบว่า ผลผลิตในทุกเกรดแตกต่างกันทาง

สถิติ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตในทุกคำรับการทดลอง พบว่า คำรับที่ 5 ซึ่งมีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนเท่าตัวให้ผลผลิตเกรด 1 สูงกว่าคำรับเปรียบเทียบและมีแนวโน้มให้ผลผลิตเกรดต่ำน้อยกว่า ส่วนคำรับที่ 2 3 และ 4 ให้ผลผลิตทุกระดับใกล้เคียงกับคำรับเปรียบเทียบ หากพิจารณาผลผลิตต่อไร่ โดยคำนวณจากพื้นที่ 1 ไร่ โดยสามารถปลูกแตงกวาญี่ปุ่นได้จำนวน 1,860 ต้น ซึ่งผลผลิตที่ได้จากในแต่ละคำรับการทดลองแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 13 พบว่า ทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อไร่ของแต่ละคำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการเพิ่มปริมาณปุ๋ยในโตรเจนมิได้มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต (ภาพผนวกที่ 5)

3.3.3 ปริมาณธาตุอาหารหลักสะสมในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่น

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อมีการใส่ปุ๋ยนี้ในอัตราที่แตกต่างกันในใบและผล แสดงในตารางที่ 14 พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในใบและผล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการเพิ่มปุ๋ยในโตรเจนในปริมาณเท่าตัวมีแนวโน้มว่าพืชนี้จะดูดใช้ธาตุไนโตรเจนขึ้นไปสะสมในใบได้ใกล้เคียงกับในคำรับเปรียบเทียบ ซึ่งอาจจะพอกกล่าวได้ว่า การเพิ่มปริมาณปุ๋ยในโตรเจนไม่ส่งผลต่อการดูดใช้ในโตรเจนของแตงกวาญี่ปุ่น และยังพบว่า ปริมาณไนโตรเจนในผลต่ำกว่าที่รายงานโดย Mill *et al.* (1996) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในใบและผลของแตงกวาญี่ปุ่นควรอยู่ในระดับร้อยละ 4.3-6.0

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในใบแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน แสดงในตารางผนวกที่ 14 พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในใบ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในผล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อที่เหมาะสมมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.3-1.0 (Mill *et al.*, 1996) ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่สะสมในเนื้อเยื่อพืชไม่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มปริมาณปุ๋ยในโตรเจน

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในใบเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 14) พบว่า การเพิ่มปริมาณการให้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบและผลแดงกวาญี่ปุ่นมีความแตกต่างกันทางสถิติ และปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมเนื้อเยื่อของแดงกวาญี่ปุ่นนั้นควรอยู่ในช่วงร้อยละ 3.1-5.5 (Mill *et al.*, 1996) แสดงให้เห็นว่า การสะสมธาตุโพแทสเซียมในใบและผลของแดงกวาญี่ปุ่นในทุกดำนับการทดลองอยู่ในระดับที่มีรายงานไว้

3.3.4 ผลตอบแทนเมื่อมีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กันสำหรับการปลูกแดงกวาญี่ปุ่น

ปริมาณผลผลิตที่ได้รับจากการทดลองดังที่ได้แสดงในตารางผนวกที่ 12 เมื่อนำมาคิดคำนวณเป็นผลผลิตต่อไร่ (ตารางผนวกที่ 15) พบว่า ดำนับเปรียบเทียบให้มูลค่าผลผลิตต่อไร่สูงสุดเท่ากับ 4,892.19 บาท และดำรับที่ให้มูลค่าผลผลิตต่ำสุดได้แก่ ดำรับที่ 4 มีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณอีก $\frac{3}{4}$ ของดำรับเปรียบเทียบ โดยมีมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 3,270.50 บาทต่อไร่ และเมื่อพิจารณาผลตอบแทนภายหลังจากหักค่าใช้จ่ายเฉพาะปุ๋ยเคมีแล้ว พบว่า ดำรับที่ 3 ให้ผลกำไรสูงสุด (ยังไม่ได้หักค่าใช้จ่ายด้านอื่น) เท่ากับ 4127.32 บาทต่อไร่ (ภาพผนวกที่ 6)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นบนดิน Udic Haplustepts ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตกค้างอยู่สูง ทดลองในพื้นที่โรงเรียนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ตำบลปึงโค้ง อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการลดการใช้ปุ๋ยหลักโดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัส สามารถสรุปได้ดังนี้

1. การปลูกแตงกวาญี่ปุ่นบนดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูงสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจาก การใส่ปุ๋ยสูตรที่มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงสุดกลับไม่ทำให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นสูงสุดแต่อย่างใด
2. การเพิ่มหรือลดปริมาณปุ๋ยที่ใช้ไม่ทำให้ผลผลิตของแตงกวาญี่ปุ่นแตกต่างกันทางสถิติ
3. การใส่ปุ๋ยในอัตรา 145.17 19.84 185.17 กิโลกรัม N-P-K ต่อไร่มีแนวโน้มให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นสูงสุด
4. การใช้ปุ๋ยสูตรต่ำมีแนวโน้มที่จะให้ผลตอบแทนสูงสุดเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีกับผลผลิตที่ได้รับ
5. ปริมาณปุ๋ยที่ใช้ไม่มีความสัมพันธ์กับการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งในใบและผลแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม แตงกวาญี่ปุ่นมีการสะสมธาตุหลักทั้งหมดในระดับที่สามารถเจริญเติบโตให้ผลผลิตได้ตามปกติ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราแตกต่างกัน แม้กระทั่งการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสแต่อย่างใด

ข้อเสนอแนะ

การปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในดินลักษณะนี้ (Udic Haplustepts) นอกจากปริมาณของปุ๋ยแล้ว สัดส่วนระหว่างธาตุอาหารหลักก็มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เนื่องจากความไม่สมดุลของธาตุอาหาร การใส่ธาตุปุ๋ย เช่น ฟอสฟอรัสจะไปทำให้เกิดการสะสมธาตุนี้มากขึ้น และก่อปัญหาต่อเนื่องซึ่งแก้ไขได้ยากมาก เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ตกค้างในดินนาน โดยถูกตรึงไว้ในรูปต่าง ๆ และปลดปล่อยออกมาเมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม ในกรณีของโพแทสเซียมอาจจะมีความน้อยกว่าเนื่องจากพืชสามารถดูดใช้ได้เกินความต้องการแต่จะไม่มีผลเสียต่อสรีรวิทยาของพืช แต่อาจส่งผลด้านลบต่อการลดปริมาณของการดูดใช้ธาตุอาหารตัวอื่นได้ ดังนั้น ปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ควรแนะนำให้เกษตรกรที่ปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในดินลักษณะนี้ ควรจะเป็นอัตราที่ต่ำหรือไม่ใส่เลยได้เช่นกัน

การศึกษาวิจัยข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างดินและธาตุอาหารพืชในการปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในดินลักษณะนี้ควรที่จะมีการดำเนินการต่อไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรปุ๋ยที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเป็นสูตรปุ๋ยที่ใช้ปลูกแตงกวาญี่ปุ่นในวัสดุปลูก การนำมาปรับใช้สำหรับการปลูกในดินยังต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยเฉพาะในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูง นอกจากการที่ฟอสฟอรัสที่ตกค้างเกินความต้องการของพืชปลูกมีผลทำให้พืชแก่เร็ว ขอบปลีงั้นแล้ว อันตรกิริยาของฟอสฟอรัสต่อความเป็นประโยชน์ของเหล็กและสังกะสีดังที่มีรายงานมา น่าจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชเช่นกัน

การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส แต่พยายามใช้การปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่ในดิน เช่น การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยการใส่ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอก เป็นต้น น่าจะเป็นแนวทางที่ช่วยลดปัญหาการสะสมธาตุนี้ต่อไป และอาจจะช่วยลดปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารในระยะยาว อีกทั้งยังอาจเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตด้านค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับปุ๋ยเคมีด้วย

นอกจากนี้ เนื่องจากดินมีค่าปฏิกิริยาดินสูง มีปริมาณโพแทสเซียมและแคลเซียมสูงเช่นกัน การศึกษาเพื่อทดสอบการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมอาจจะช่วยให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ ขณะที่ปริมาณแคลเซียมที่มีอยู่สูงอาจไปยับยั้งการดูดใช้แมกนีเซียมของพืชได้ จึงควรที่จะมีการศึกษาต่อไป เช่นเดียวกับการขาดจุลธาตุอาหารในดินดังนี้ด้วย

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2530. ธาตุอาหารพืช, น. 445-508. ใน **เอกสารประกอบการสอนชุดวิชา เกษตรทั่วไป 4: ดิน น้ำ และปุ๋ย**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

दानุ ราญญ. 2544. ผลตกค้างระยะยาวของปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดที่ปลูกบนชุดดินสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ธนิต ขุนทรง. 2536. ผลของ Gibberellic Acid และ Monopotassiumphosphate ต่อการออกดอกของมะนาวพันธุ์ไข่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธัญวรรณ์ วจนะวงศ์จิตร. 2541. ผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและเชื้อจุลินทรีย์ต่อผลผลิตของผักกาดหอมที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2527. ปุ๋ยฟอสฟอรัส, น. 67-133. ใน **เอกสารประกอบการบรรยายเทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิสมัย โพธิ์ศรี. 2544. ผลตกค้างระยะยาวของปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของถั่วเหลืองที่ปลูกบนชุดดินสติก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2546. ธาตุอาหารพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. โอ.เอส. พรินติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2514. คำบรรยายวิชาความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะ
เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2518. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. คู่มือประกอบการบรรยาย. ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. แร่ธาตุอาหารพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ

สุนทร พูลพิพัฒน์. 2522. ธาตุอาหารพืชที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและองค์ประกอบ
เคมีของถั่วเหลืองที่ปลูกในดินชุดเลย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรเดช จินตกานนท์. 2523. การศึกษาระดับของธาตุอาหารพืชในดินชุดกำแพงแสนโดยใช้
ถั่วฝักยาว (*Vigna sesquipedalis*) เป็นพืชทดสอบ: รายงานประจำปี 2523. ศูนย์ปฏิบัติการ
วิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 27 หน้า

สุกิตติ กำแพงเศรษฐ. 2529. อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตราน้ำและการคลุมดินต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวฝ้าย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุเทวี สุขปรากร. 2522. ผักฤดูร้อน. เอกสารประกอบการสอน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2542ก. การสำรวจดิน : มโนทัศน์ หลักการและแนวคิด. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

_____. 2542ข. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะ เกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Anonymous. 1999. Phosphorus interactions with other nutrients. **Better Crops** 83(1):1-5

Barry, D.A. J and M.H. Miller. 1989. Phosphorus nutrition requirement of maize seedlings for maximum yield. **Agron. J.** 81 : 95-99

Bandel, V.A., B.R. James and J.J. Meisinger. 2000. **Basic principles of soil fertility I: plant nutrients**. Department of Agronomy, University of Maryland, College Park.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. **The nature and properties of soils**. Pearson Education, New Jersey.

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 *et al.*, eds. **Methods of Soil Analysis: Part 2**. ASA Monograph Number 9.

- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis: Part II. Monograph No.9.** Amer. Soc. Agron. Inc., Amdison, Wisconsin.
- Chowdhury, A.K., R.G. McLaren and R.S. Swift. 1997. Effects of phosphate and lime applications on pasture zinc status. **NZ. Agric. Res.** 40:417-424.
- Dev, G. 1992. Interaction of phosphorus with other nutrients and crops husbandry factors. **Fertility News.** 37(4):59-63.
- Edmond, J.B. 1931. Seasonal variation in sex expression of certain cucumber varieties **Proc. Am. Soc. Hort. Sci.** 27 : 329-332
- Fan, M.X. and A.F. Mackenzie. 1993. Urea and phosphate fertilizer microsite: ammonia volatilization and pH charges. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 57:839-845.
- Graifenberg, A., D. Linardakis and I. Arzilli. 1986. Growth and uptake of plant food by mulched cucumbers grown under field conditions. **Hort.Abst.** 56(11) : 941
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management.** 6th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey.
- _____. 2005. **Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management.** 7th ed. Prentice Hall Inc., New Jersey.
- 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.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis.** Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.

John, K.K. 2007. Classification for Kingdom Plantae Down to Species *Cucumis sativus* L..

Plant profile. Available source:

<http://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=CUSA4&display=31>. October 2, 2007

Jone, 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.

Kardos, L.T. 1964. Soil fixation of plant, pp.184 In F.E.Bear, ed. **Chemistry of the Soil**. Van Nostrand Reinhold Can., New York.

Katyal, J.C., S.K. Das, K.L. Sharman and N.Saharan. 1992. Interaction of Zn in soil and their management. **Fertility News** 37(4):27-33.

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

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil interpretation handbook for Thailand**. Dep. of Land Development, Min. of Agri. and Crop., Bangkok.

Loneragan, J.F., D.L. Grunes, R.M. Welch, A.E. Aduayi, A.Tengah, V.A. Lazer and F.E. Cary. 1982. Phosphorus accumulation on toxicity in leaves in relation to zinc supply. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 46 : 345-352

Mengel K, E.A. Kirkby M. Kosegarten and T. Appel. 2001. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Kluwer Academic Publishers, Netherland.

- Mill, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. **Plant analysis handbook II: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide.** Micro Macro Publing Inc. USA.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual.** Soil Survey investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Neilands, J.B. 1994. Iron in biology, pp. 15–27. *In* J.A. Manthey, D.E. Crowley and D.G. Luster, eds. **Biochemistry of Metal Micronutrients in the Rhizosphere.** CRC Press, Boca Raton.
- Ohsens Enke Co., 1991. **Growing Cucumber in Greenhouse.** Roskildevej 325A, TAASTRUP, Denmark.
- Olson, R.A., D.D. Stukenholtz and C.A. Hooker. 1965. Phosphorus-zinc relations in corn and sorghum production. **Better Crops with Plant Food.** 49: 19-24
- Papadopoulos, A.P. 1994. **Growing greenhouse seedless cucumber in soil and soilless media.** Agriculture and Agri-Food, Canada.
- Pauli, A.W., Jr., R. Ellis and H.C. Moser. 1968. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. **Agron. J.** 60: 394-396
- Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59:25-28.
- _____. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis: Part II. Monograph No. 9.** American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.

- Prasad, R., S.N. Sharma and S. Singh. 1992. Fertilizer nitrogen interaction in crop production. **Fertility News** 37(4):75-83
- _____. and J.F. Power. 1997. **Soil fertility management for sustainable agriculture**. Boca Raton, Fla. Lewis.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of soil Analysis: Part II. Monograph No. 9**. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Richards, L.A. 1954. **Diagnostic and improvement of saline and alkaline soils**, pp.60-160. *In* U.S. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Agr. Hbk.
- Roppongi, K., 1992. Studies of nutritional diagnosis in fruit vegetable: I. Diagnosis of nitrogen nutrition in cucumber through the nitrate petiole juice. **Hort. Abst.** 62:252
- Sharma, P.K. and H.L.S. Tandon. 1992. Nitrogen and phosphorus in crop production, pp.1-20. *In* H.L.S. Tandon, ed. **Management of Nutrient Interaction. Fertilizer Development and Consultation organization**, New Delhi.
- Sharpley, A. 1999. Phosphorus availability, p. 18-38. *In* M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science**. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Tisdale, L.S., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. **Soil Fertility and Fertilizers**, 4th ed. Macmillan publ. Co., New York.
- Smith, F.W., W.A. Jackson and P.J. Van der Berg. 1990. Internal phosphorus flows during development of phosphorus stress in *Stylosanthes hamata*. **J. Plant Physiol.** 17:451-464.

Soil Conservation Service. 1984. **Procedures for collecting soil samples and method of analysis for soil survey investigation, No. 1 (revised)**. U.S. Dep. Agron., Washington D.C.

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual**. United States Department of Agriculture, Handbook No. 18. U.S. Gov. Print. Off., Washington, DC.

Stewart, F.B. 1968. The effect of spacing and fertilization on yield of southern peas. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 94: 337-338.

Stewart, F.B. and M. Reed. 1969. The effect of spacing and fertilization on yield of southern peas. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 94: 337-338.

Thomas, R.P. 1966. **Phosphate: key element in plant and animal nutrition**. Int. Min. and Chem. Corp., Skokie, Illinois.

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.

Weaver, J.E. and W.E. Bruner. 1927. **Root development of vegetable crops**. Mc Graw-Hall Co., Inc., New York.

ภาคผนวก

SOIL PROFILE DESCRIPTION

I Information on the site

Profile symbol	: HL-2
Classification	: Udic Haplustept
Date of examination	: 25 May 2006
Described by	: Irb Kheoruenromne Somchai Anusornpornp Nakarintip Putthasit Suphicha Thanachit Nattapol Chittamart Worachart Wisawapipat Kosol Khenta Salisa Sungviset.
Location	: Ban Thai Samakkee Tambon Ping Kong Amphoe Chiangdao Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 556 m (MSL)
Map sheet number	: None Coordination : 47 0506424 ^E , 21 59394 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Graded upper residual hill
2. Surrounding land form	: Nearly flat
3. Slope on which profile site	: 2% Aspect : 92 Azi
Land use	: Vegetables
Annual rainfall	: Approximately 1,300 mm
Mean temperature	: Approximately 27°C
Climate	: Tropical Savanna

II General information on the soil

Parent material	: Local alluvium over residuum derived from calcite bearing rocks
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Slow
Depth of groundwater	: Deeper than 210 cm at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk1	0-12	Very dark grayish brown (10YR 3/2); clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; very few very fine, fine and medium vesicular and few fine simple tubular pores; many very fine and very few fine roots; few fine cracks, few traces of dead roots, very few fine variegated sand; strongly alkaline (field pH 8.5); clear, smooth boundary to Apk2
Apk2	12-33	Dark yellowish brown (10YR 3/4); clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coats on faces of peds and pore walls; few very fine, very few fine, medium vesicular and few fine simple tubular pores; very few very fine roots; few traces of dead roots; few fine cracks; few faint pressure faces; strongly alkaline (field pH 8.5); clear, smooth boundary to Bk1
Btk1	33-50	Brown (10YR 4/3); slightly gravelly clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on faces of peds and pore walls; common very fine, few fine, very few medium vesicular and few fine simple dendritic tubular pores; practical no roots; few fine angular calcite bearing rock fragment; strongly alkaline (field pH 8.5); clear, smooth boundary to Bk2
Btk2	50-71	Dark yellowish brown (10YR 4/3); clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay

		coats on faces of peds and pore walls; common very fine, few fine medium vesicular and few fine simple tubular pores; practical no roots; few broken mollusk shell fragments; strongly alkaline (field pH 8.5); clear, smooth boundary to Bk3
Btk3	71-92	Yellowish brown (10YR 5/4); clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; very few very fine, common fine, few medium vesicular, very fine simple and dendritic tubular pores; practical no roots; few broken mollusk shell fragments; few traces of dead roots; few quartz fragments; strongly alkaline (field pH 8.5); gradual, smooth boundary to Bk4
Btk4	92-129	Yellowish brown (10YR 5/6); slightly gravelly clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on faces of peds and pore walls; common very fine, fine, few medium vesicular, common very fine, fine simple and dendritic tubular pores; practical no roots; few large calcite bearing rock fragments; strongly alkaline (field pH 8.5); gradual, smooth boundary to Bk5
Btk5	129-165	Yellowish brown (10YR 5/6); slightly gravelly clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and very plastic; common distinct clay coats on pore walls; few very fine, common fine, few medium vesicular and common very fine simple tubular pores; practical no roots; common calcite bearing rock fragments with various sizes ranging from 1-5 cm.; few faint pressure faces; strongly alkaline (field pH 8.5); clear, smooth boundary to Bt
Bt	165-210+	Very dark grayish brown(10YR 3/3); clay; moderate medium and coarse subangular blocky structure; hard dry, firm moist,

moderately sticky and very plastic; common distinct clay coats on faces of peds and pore walls; very few very fine, fine, medium vesicular and fine simple tubular roots; practical no roots; few fine cracks; few trace of dead roots; few faint pressure faces; strongly alkaline (field pH 8.5).

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติของดินบางประการในแปลงที่ทำการศึกษาหาอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (ก่อนปลูก)

ตัวรับการ ทดลอง	pH ^{1/}	EC ^{2/} (dS m ⁻¹)	OM ^{3/} (g kg ⁻¹)	Total N ^{4/} (mg kg ⁻¹)	Avail. P ^{5/} (mg kg ⁻¹)	K ^{6/}	Ca ^{6/}	Mg ^{6/}	Na ^{6/}
0-15 cm									
P1	7.7	1.97	46.45	2.87	744.92	16.32	23.23	5.92	4.16
P2	7.5	1.26	71.20	3.01	1254.12	10.91	23.18	6.28	4.99
P3	7.6	1.03	90.48	2.45	709.43	10.54	23.14	4.85	4.92
P4	7.9	0.76	62.92	3.22	571.97	8.21	25.06	5.65	4.83
15-30 cm									
P1	7.6	1.39	48.97	2.45	1066.85	18.04	22.42	6.13	5.12
P2	7.7	1.25	48.97	2.10	1066.85	17.66	20.80	5.56	4.91
P3	7.6	0.62	49.67	1.75	538.66	10.35	21.64	4.54	4.96
P4	7.7	0.79	49.67	1.82	538.66	8.98	20.32	4.32	5.07

1/ วัดโดย pH meter 1:1 H₂O

2/ วัดโดย electrical conductivity bridge 1:1 H₂O

3/ Walkley and Black method

4/ Kjeldahl method

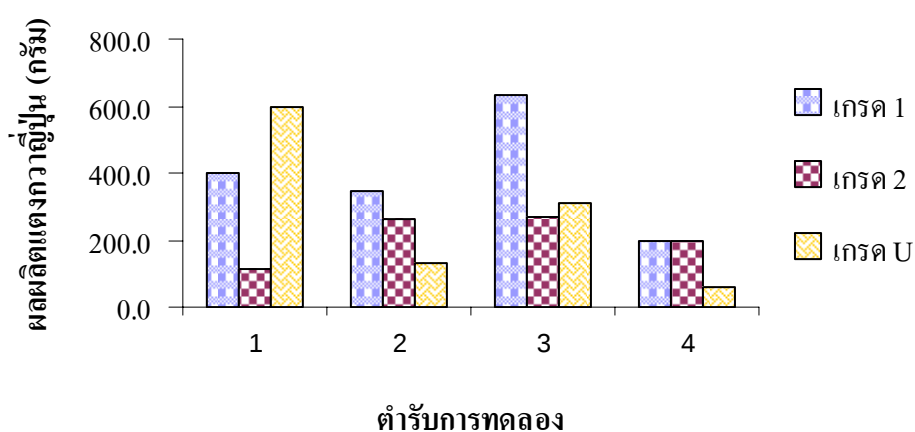
5/ Bray II

6/ สกัดด้วย 1 N NH₄OAc pH 7.0

ตารางผนวกที่ 2 อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อผลผลิตน้ำหนักสดเตังกวากุ้งปนตามตำรับต่าง ๆ โดยแบ่งตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ตัน)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักผลผลิตเตังกวากุ้งปนสด (กรัม)		
	เกรด 1	เกรด 2	เกรด U
P1	402.50	115.00	600.00
P2	345.50	262.50	130.00
P3	630.00	267.50	312.50
P4	195.00	195.00	57.50
F-test	NS	NS	**
%CV	49.77	91.79	70.72

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์โดยวิธี DMRT
 ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์
 NS ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพผนวกที่ 1 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของเตังกวากุ้งปนเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และR) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ 3 อิทธิพลของปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อน้ำหนักสดและแห้งของผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)

ดำรับการ ทดลอง	ผลผลิตน้ำหนัสด		ผลผลิตน้ำหนักแห้ง	
	(กรัม/ต้น)	(กิโลกรัม/ไร่)	(กรัม/ต้น)	(กิโลกรัม/ไร่)
P1	74.80ab	139.11ab	2.63ab	4.89ab
P2	50.63bc	94.20bc	1.92bc	3.58bc
P3	75.21a	139.88a	2.93a	5.55a
P4	43.13c	80.21c	1.65c	3.08c
F-test	*	*	*	*
% C.V.	26.03	26.03	27.03	26.97

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT
* ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ พื้นที่ 1 ไร่ ปลูกแตงกวาญี่ปุ่นจำนวน 1,860 ต้น

ตารางผนวกที่ 4 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราต่าง ๆ

ดำรับการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมด (%)		ปริมาณฟอสฟอรัส ทั้งหมด (%)		ปริมาณโพแทสเซียม ทั้งหมด (%)	
	ใบ	ผล	ใบ	ผล	ใบ	ผล
P1	4.96	3.39	0.70	0.73	3.60	4.59
P2	5.07	3.34	0.71	0.78	3.87	4.91
P3	5.31	3.15	0.72	0.75	3.81	4.71
P4	5.62	3.01	0.70	0.70	3.90	4.41
F-test	NS	NS	NS	NS	NS	NS
% C.V.	10.15	7.49	2.66	14.03	11.19	14.02

หมายเหตุ NS ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราที่แตกต่างกัน

ดำรับการทดลอง	ผลผลิต (ก.ก./ไร่) ^{1/}	ผลผลิต (ก.ก./ไร่) ^{2/}	มูลค่าผลผลิต รวม (บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) ^{3/}	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต (บาท)
P1	139.1	187.6	3720.0	2116.33	1603.67
P2	94.2	114.3	2454.81	1919.68	535.13
P3	139.9	148.8	3541.75	2312.92	1228.83
P4	80.2	173.2	2470.31	2706.16	-235.85

^{1/} เกรด 1 และ 2 ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท

^{2/} เกรด U ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 2.50 บาท

^{3/} คำนวณโดยใช้ราคาปุ๋ยยูเรีย 820 บาท/50 กิโลกรัม โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 1,200 บาท/25 กิโลกรัม โพแทสเซียมไนเตรด 650 บาท/50 กิโลกรัม

ตารางผนวกที่ 6 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของแปลงทดลองที่ทำการศึกษาหาอัตราโพแทสเซียมที่เหมาะสมต่อการปลูกแตงกวาญี่ปุ่น (ก่อนปลูก)

ตัวรับการทดลอง	pH ^{1/}	EC ^{2/} (dS m ⁻¹)	OM ^{3/} (g kg ⁻¹)	Total N ^{4/} (mg kg ⁻¹)	Avail. P ^{5/} (mg kg ⁻¹)	K ^{6/}	Ca ^{6/}	Mg ^{6/}	Na ^{6/}
0-15 cm									
K1	7.8	1.91	49.03	1.96	1026.93	10.59	9.54	2.82	1.95
K2	8.1	1.40	62.42	1.54	1708.46	15.57	20.56	6.46	1.13
K3	8.0	2.39	49.51	2.31	1169.29	14.21	21.03	6.26	0.97
K4	8.0	1.89	50.44	1.89	538.66	10.25	18.87	4.93	1.20
K5	8.0	1.46	48.32	1.89	538.66	9.70	26.16	6.02	1.41
15-30 cm									
K1	7.9	0.59	50.49	1.96	473.25	15.75	21.72	6.36	1.21
K2	7.8	0.54	49.03	2.10	780.87	13.13	21.20	6.29	0.99
K3	7.6	1.37	45.87	1.89	538.66	9.13	24.28	5.85	0.89
K4	7.8	1.95	49.52	1.75	744.92	8.97	21.10	5.27	1.38
K5	7.4	0.46	57.44	1.68	744.92	10.26	18.23	5.03	1.05

1/ วัดโดย pH meter 1:1 H₂O

2/ วัดโดย Electric conductivity bridge 1:1 H₂O

3/ Walkley and Black method

4/ Kjeldahl method

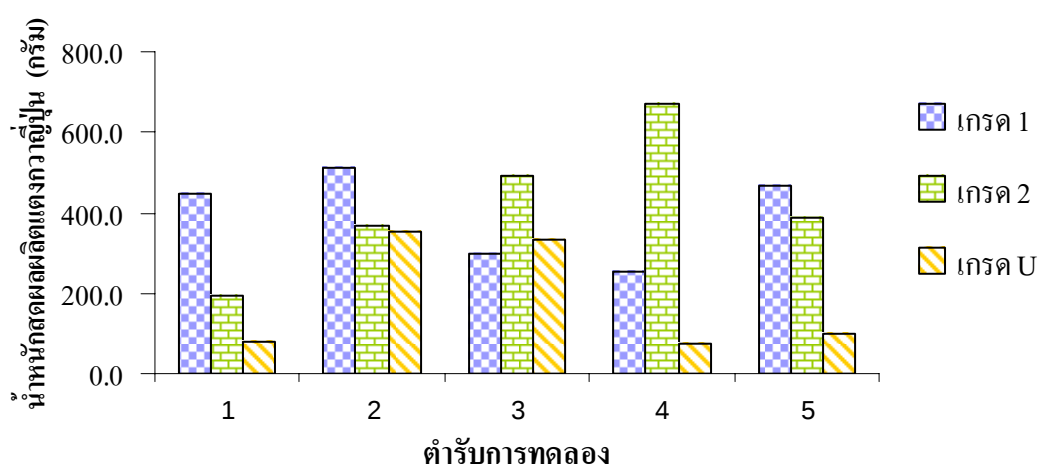
5/ Bray II

6/ สกัดด้วย 1 N NH₄OAc pH 7.0

ตารางผนวกที่ 7 อิทธิพลปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของเตงกวาญี่ปุ่นซึ่งแบ่งตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น)

ตำรับการทดลอง	น้ำหนักผลผลิตเตงกวาญี่ปุ่นสด (กรัม)		
	เกรด 1	เกรด 2	เกรด U
K1	447.5ab	192.5	77.5b
K2	510.0a	370.0	355.0a
K3	300.0bc	490.0	332.5a
K4	255.0c	670.0	75.0b
K5	467.5a	390.0	100.0b
F-test	*	NS	**
%C.V.	26.3	75.5	60.4

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT
 ** ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์
 * ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
 NS ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพผนวกที่ 3 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของเตงกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1, 2, U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ 8 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราต่าง ๆ ต่อปริมาณน้ำหนักรากและแห้งของ
ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น (เกรด 1 และ 2)

ค่ารับการทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักรากสด		ผลผลิตน้ำหนักแห้ง	
	(กรัม/ต้น)	(กิโลกรัม/ไร่)	(กรัม/ต้น)	(กิโลกรัม/ไร่)
K1	53.30	99.20	1.90	3.60
K2	73.30	136.40	3.10	5.80
K3	65.80	122.50	2.60	4.90
K4	63.10	117.40	2.50	4.60
K5	71.50	132.90	2.80	5.20
F-test	NS	NS	NS	NS
%C.V.	39.65	39.65	38.16	38.13

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
พื้นที่ 1 ไร่ ปลูกลงแตงกวาญี่ปุ่นจำนวน 1,860 ต้น

ตารางผนวกที่ 9 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่าง ๆ

ดำรับการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน		ปริมาณฟอสฟอรัส		ปริมาณโพแทสเซียม	
	ทั้งหมด (%)		ทั้งหมด (%)		ทั้งหมด (%)	
	ใบ	ผล	ใบ	ผล	ใบ	ผล
K1	5.07	3.93a	0.95	0.82	3.31	5.13
K2	4.38	3.78ab	0.96	0.78	3.63	4.88
K3	4.55	3.00bc	1.00	0.75	3.38	4.69
K4	4.81	3.13ab	0.9	0.69	3.38	4.33
K5	4.94	2.95c	0.97	0.65	3.38	4.05
F-test	NS	*	NS	NS	NS	NS
%C.V.	13.03	14.74	7.84	13.66	17.79	13.66

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT
 * ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 NS ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

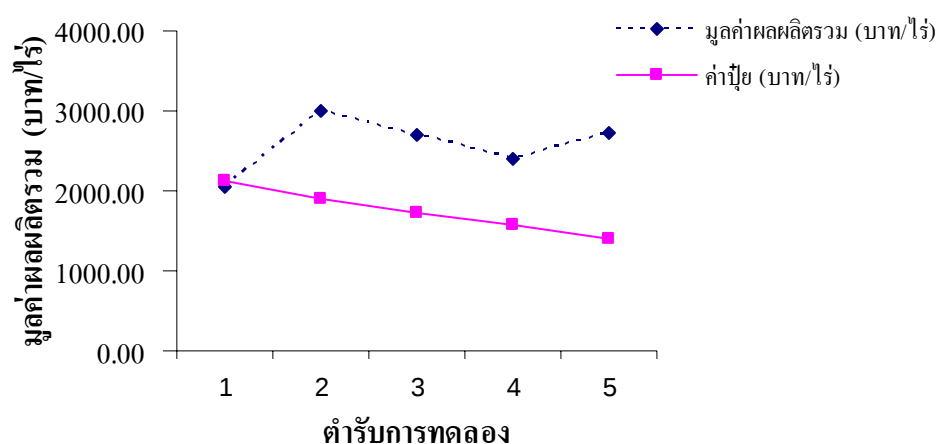
ตารางผนวกที่ 10 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตเตงกวาญี่ปุ่นในการทดลองทดสอบอัตราปุ๋ย
โพแทสเซียมที่เหมาะสม

ดำรับการ ทดลอง	ผลผลิต (ก.ก./ไร่)	ผลผลิต (ก.ก./ไร่)	มูลค่าผลผลิต รวม(บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่)	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต(บาท)
K1	99.20	12.00	2044.06	2116.33	-72.27
K2	136.40	55.00	3003.13	1901.11	1102.02
K3	122.50	51.50	2706.69	1734.54	972.15
K4	117.40	11.60	2406.38	1567.96	838.42
K5	132.90	15.50	2735.75	1401.38	1334.37

1 เกรด 1 และ 2 ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท

2 เกรด U ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 2.50 บาท

3 จำนวนโดยใช้ราคาปุ๋ยยูเรีย 820 บาท/50 กิโลกรัม โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต 1,200 บาท/25
กิโลกรัม โพแทสเซียมไนเตรด 650 บาท/50 กิโลกรัม



ภาพผนวกที่ 4 ส่วนต่างของรายได้ของผลผลิตหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในแต่ละการดำรับการทดลอง
อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม

ตารางผนวกที่ 11 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของแปลงทดลองที่ทำการการศึกษาหาอัตราปุ๋ย
ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น

คำรับการ ทดลอง	pH ^{1/}	EC ^{2/} (dS m ⁻¹)	OM ^{3/} (g kg ⁻¹)	Total N ^{4/}	Avail. P ^{5/} (mg kg ⁻¹)	K ^{6/}	Ca ^{6/}	Mg ^{6/}	Na ^{6/}
0-15 cm									
N1	7.8	1.09	46.00	0.24	709.43	10.81	20.86	5.65	1.15
N2	7.9	2.64	56.89	0.20	691.92	11.78	19.60	5.04	2.52
N3	7.8	1.34	52.15	0.33	855.82	11.19	20.79	5.31	2.49
N4	7.8	1.00	47.05	0.18	745.86	11.61	23.29	5.83	3.98
N5	7.8	1.43	58.93	0.21	764.32	13.44	21.02	5.30	4.19
15-30 cm									
N1	7.6	0.76	48.30	0.15	709.43	9.89	19.41	5.09	1.05
N2	7.7	0.99	56.03	0.23	762.90	11.81	22.89	5.77	2.48
N3	7.8	1.75	57.13	0.25	886.97	11.00	19.74	4.90	3.66
N4	7.8	0.44	49.22	0.23	840.80	13.27	21.94	5.83	4.02
N5	7.7	0.63	46.47	0.20	809.40	9.91	22.38	5.33	3.85

1/ วัดโดย pH meter 1:1 H₂O

2/ วัดโดย Electric conductivity bridge 1:1 H₂O

3/ Walkley and Black method

4/ Kjeldahl method

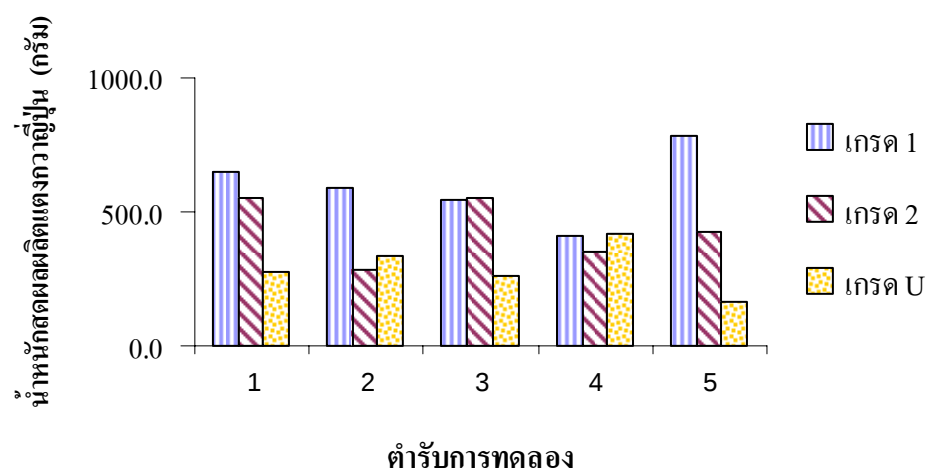
5/ Bray II

6/ สกัดด้วย 1 N NH₄OAc pH 7.0

ตารางผนวกที่ 12 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ ต่อน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นซึ่งแบ่งตามเกรด (คิดจากประชากรจำนวน 12 ต้น)

ดำรับการทดลอง	น้ำหนักผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นสด (กรัม)		
	เกรด 1	เกรด 2	เกรด U
N1	652.50	555.00	275.00
N2	590.00	282.50	337.50
N3	547.50	552.50	260.00
N4	412.50	347.50	420.00
N5	780.00	425.00	167.50
F-test	NS	NS	NS
%C.V.	61.11	48.51	75.42

หมายเหตุ NS ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ



ภาพผนวกที่ 5 เปรียบเทียบน้ำหนักสดของแตงกวาญี่ปุ่นเฉลี่ยตามเกรด (1 2 U และ R) ของมูลนิธิโครงการหลวง เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ 13 อิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนต่อน้ำหนักสดและแห้งของผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่น
(เกรด 1 และ 2)

ตำรับการทดลอง	ผลผลิตน้ำหนัสด		ผลผลิตน้ำหนักแห้ง	
	(กรัม/ต้น)	(กิโลกรัม/ไร่)	(กรัม/ต้น)	(กิโลกรัม/ไร่)
N1	100.60	187.20	3.90	7.30
N2	72.70	135.20	2.80	5.30
N3	91.70	170.50	3.20	6.00
N4	63.30	117.80	2.40	4.40
N5	100.40	186.80	3.70	6.90
F-test	NS	NS	NS	NS
%C.V.	36.62	36.62	34.70	34.68

หมายเหตุ NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
พื้นที่ 1 ไร่ ปุ๋ยแตงกวาญี่ปุ่นจำนวน 1,860 ต้น

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณธาตุอาหารสะสมในใบและผล เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ

ดำรับการทดลอง	ปริมาณไนโตรเจน		ปริมาณฟอสฟอรัส		ปริมาณโพแทสเซียม	
	ทั้งหมด (%)		ทั้งหมด (%)		ทั้งหมด (%)	
	ใบ	ผล	ใบ	ผล	ใบ	ผล
N1	5.91	3.17	0.66c	0.73	4.22	4.60
N2	5.99	3.65	0.66c	0.84	4.03	5.27
N3	6.27	3.30	0.67bc	0.78	4.16	4.91
N4	6.17	3.21	0.69ab	0.78	4.31	4.89
N5	5.84	3.23	0.74a	0.70	3.91	4.38
F-test	NS	NS	*	NS	NS	NS
% C.V.	8.53	7.49	5.04	9.84	5.71	9.84

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งในคอลัมน์เดียวกันที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างกัน ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT
 * ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
 NS ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

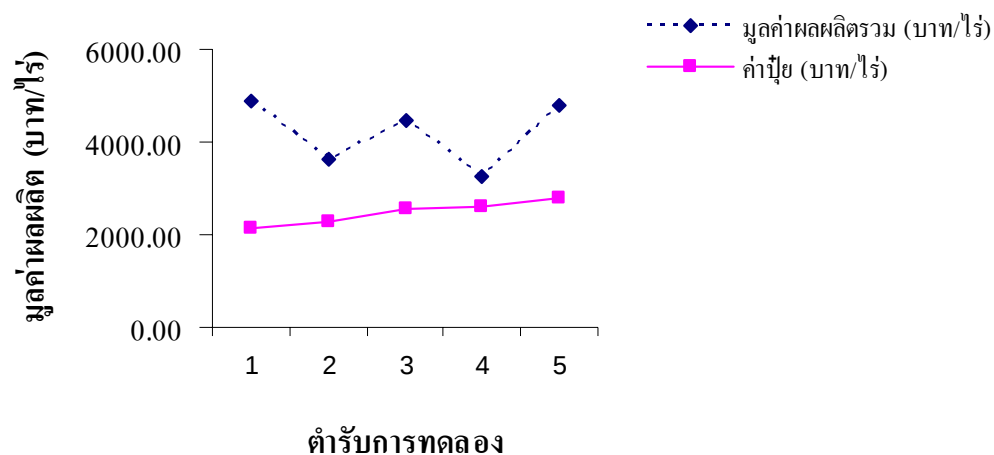
ตารางผนวกที่ 15 ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตแตงกวาญี่ปุ่นในการทดลองอัตราปุ๋ย
ไนโตรเจนที่เหมาะสม

ตัวรับการ ทดลอง	ผลผลิต (ก.ก./ไร่) ¹	ผลผลิต (ก.ก./ไร่) ²	มูลค่าผลผลิตรวม (บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) ³	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต (บาท)
N1	187.2	229.8	4892.19	2116.33	2775.86
N2	135.2	187.6	3642.50	168.34	3474.16
N3	170.5	210.8	4464.00	336.68	4127.32
N4	117.8	182.9	3270.50	505.02	2765.48
N5	186.8	212.7	4799.19	673.36	4125.83

1 เกรด 1 และ 2 ราคา กิโลกรัมละ 20 บาท

2 เกรด U ราคาเฉลี่ย กิโลกรัมละ 2.50 บาท

3 คำนวณโดยใช้ราคาปุ๋ยยูเรีย 820 บาท/50 กิโลกรัม



ภาพผนวกที่ 6 ส่วนต่างของรายได้ของผลผลิตหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลองอัตราปุ๋ย
ไนโตรเจนที่เหมาะสม

ตารางผนวกที่ 16 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี (เอ็บ, 2542; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

1. ปฏิกริยาของดิน (Soil reaction) (ดิน : น้ำ เท่ากับ 1:1)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	<4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (Organic matter)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	<5
ต่ำ (L)	5-10
ต่ำปานกลาง (ML)	10-15
ปานกลาง (M)	15-25
สูงปานกลาง (MH)	25-35
สูง (H)	35-45
สูงมาก (VH)	>45

3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
ต่ำมาก (VL)	< 0.25
ต่ำ (L)	0.50-0.75
ปานกลาง (M)	0.75-1.25
สูง (H)	1.25-1.75
สูงมาก (VH)	>2.25

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) (Bray II)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
ต่ำมาก (VL)	< 3
ต่ำ (L)	3-6
ต่ำปานกลาง (ML)	6-10
ปานกลาง (M)	10-15
สูงปานกลาง (MH)	15-25
สูง (H)	25-45
สูงมาก (VH)	> 45

5. เบสที่สกัดได้ (Extractable bases) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (range) (cmol kg^{-1})			
	extr. K	extr. Ca	extr. Mg	extr. Na
ต่ำมาก (VL)	< 0.2	< 2.0	< 0.3	< 0.1
ต่ำ (L)	0.2-0.3	2-5	0.3-1.0	0.1-0.3
ปานกลาง (M)	0.3-0.6	5-10	1.0-3.0	0.3-0.7
สูง (H)	0.6-1.2	10-20	3.0-8.0	0.7-2.0
สูงมาก (VH)	> 1.2	> 20	> 8.0	> 2.0

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นครินทร์ทิพย์ พุทธิสิทธิ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลสงขลานครินทร์ จ.สงขลา
ประวัติการศึกษา	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสภาราชินี จ.ตรัง ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ผลิตภัณฑ์ชีวภาพ) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-