



วิทยานิพนธ์

การจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง

**FERTILIZER MANAGEMENT FOR CRISPHEAD LETTUCE
(*LACTUCA SATIVA* VAR. CAPITATA L.) GROWN ON SOIL
WITH HIGH RESIDUAL PHOSPHOROUS**

นางสาวศพิษา สัจวิเศษ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2550



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง การจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง

Fertilizer Management for Crisphead Lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) Grown on
Soil with High Residual Phosphorous

نامผู้วิจัย นางสาวศศิษา สัมวิเศษ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

สมเ.

(อาจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

สมเ.

(ศาสตราจารย์เอบ เขียวรัตน์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

อ.ดร. สุทธิประการ

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

สมเ.

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 2 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง

Fertilizer Management for Crisphead Lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) Grown on Soil with
High Residual Phosphorous

โดย

นางสาวศุภิษา สัมวิเศษ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2550

ศพียา สังวิเศษ 2550: การจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ปรินญาวิทยา
ศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก: อาจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 110 หน้า

การทดสอบการจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ดำเนินการในโรงเรือนภายใน
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2549 มีวัตถุประสงค์
เพื่อทดสอบอัตราและชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูงภายใต้
สภาพโรงเรือน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 7 ดำรับการทดลอง แต่ละดำรับมี
การทดลองซ้ำจำนวน 4 ซ้ำ ทำการทดลองในพื้นที่เดิมจำนวน 3 ครั้ง

ผลการศึกษา พบว่า การปลูกครั้งแรก ผลผลิตที่ได้รับจากดำรับที่ใส่ปุ๋ยผักในสูตรมูลนิธิโครงการหลวง
(ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมอัตรา 154.13 16.70 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) แต่มีการใส่
ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ ¼ ของสูตรดังกล่าว ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3,345 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในครั้งที่ 2
และ 3 ผลผลิตสูงสุดได้จากการใช้ปุ๋ยชนิดเดียวกันแต่ลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลงมาเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของอัตรา
แนะนำ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 2,528 และ 2,691 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยที่
แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมอัตรา 79.74 47.81 และ
58.48 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยต่ำสุดในการปลูกแรกเท่ากับ 2,209 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการ
ปลูกครั้งที่สอง ดำรับที่มีการลดปริมาณฟอสฟอรัสลงเหลือ ¼ ของดำรับเปรียบเทียบ ให้ผลผลิตต่ำสุดเท่ากับ
2,135 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกครั้งสุดท้ายผลผลิตต่ำสุดได้จากปุ๋ยสูตรที่แนะนำโดยมูลนิธิโครงการหลวง
(ดำรับเปรียบเทียบ) ซึ่งได้ผลผลิตเท่ากับ 2,168 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ผลผลิตผักกาดหอมห่อของแต่ละ
ดำรับการทดลองมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติในการปลูกทั้งสามครั้ง สำหรับปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสใน
ส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างดำรับการทดลองแต่ไม่แสดง
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่ใส่กับการสะสม ขณะที่ไนโตรเจนและ โพแทสเซียม พืชสามารถดูดขึ้นไปสะสม
ในระดับที่เพียงพอแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างดำรับการทดลองต่าง ๆ ในกรณีของ แคลเซียมและ
แมกนีเซียมนั้น พืชมีแนวโน้มจะมีการดูดใช้ไม่ค่อยเพียงพอ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่อปลูกผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูงสามารถลด
ปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ในระดับหนึ่ง เนื่องจากฟอสฟอรัสมัถุรตกค้างอยู่ในดินได้เป็นระยะเวลา
ยาวนาน การเพิ่มผลผลิตผักกาดหอมห่อเมื่อปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ควรมีการพิจารณาถึงการให้ธาตุ
อาหารรองเนื่องจากปริมาณที่พืชดูดขึ้นไปสะสมในเนื้อเยื่อค่อนข้างต่ำ ขณะที่จุลธาตุอาหารก็ควรมีการศึกษา
เพิ่มเติม เนื่องจาก ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารบางตัวอาจถูกบดบังด้วยฟอสฟอรัสที่เหลืตกค้างอยู่ใน
ดินสูงได้

ศพียา สังวิเศษ
ลายมือชื่อนิสิต

สมชัย .
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

๒๙ / ๓.๑. / ๕๐

Salisa Sungviset 2007: Fertilizer Management for Crisphead Lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) Grown on Soil with High Residual Phosphorous. Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Mr. Somchai Anusornpornperm, Ph.D. 110 pages.

The study on fertilizer management for crisphead lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L.) grown on high residual phosphorous soil was conducted on Typic Paleudalf soil located in Thung Luang Royal Project Development Centre in 2006. The objective was to examine rate and type of fertilizers for growing crisphead lettuce on high residual available phosphorus soil in green house. The experimental design was randomized complete block employing seven treatments, each with four replications. Three similar experiments were continually undertaken in the same area.

Results showed that the fertilizer formula recommended by the Royal Project Foundation with $\frac{3}{4}$ time P (154.13, 16.70 and 97.78 kg N, P and K rai^{-1} , respectively) of actual rate gave the highest yield of 3,345 kg rai^{-1} in the first crop while the lowest yield of 2,209 kg rai^{-1} was gained from the treatment using the formula recommended by the local centre (79.74, 47.81 and 58.48 kg N, P and K rai^{-1}). For second and third crops, similar trend was obtained from the treatment with P reduction but with $\frac{1}{2}$ of recommended rate (control) that gave the yields of 2,528 and 2,691 kg rai^{-1} , respectively. Further reduction of P down to $\frac{1}{4}$ of the control offered only 2,135 kg rai^{-1} for second crop. Furthermore, yield obtained from the control treatment in the last crop was the lowest (2,168 kg rai^{-1}). There was, however, no statistical difference among yields. In the context of plant uptake, P uptake showed statistically significant difference among fertilizer formula used in the experiment of all crops but without correlation with the rate of P applied to the soil due to the initial high content of available P in the soil. There was no difference in N and K uptakes. Ca and Mg seemed to be in sufficient for plant growth, considering the amounts taken up by this plant.

Growing this lettuce on soil with high residual available P, P fertilizer can clearly be reduced with satisfactory yield obtained. It also is practically helpful in terms of lessening further accumulation of this plant nutrient that commonly has negative effect on the availability of some other nutrients. To increase yield of this plant grown on this soil, higher rates of N and K application, based on the results of this study, hardly improve significant yield. Other different types of trial with Fe, Zn, Ca and Mg included may prove more successful in trying to alleviate the problem caused by the excessive amounts of P and, perhaps, subsequently raise the yield of crisphead lettuce grown on this particular soil.

Salisa Sungviset

Student's signature

Somchai Anusornpornperm 29/ Oct / 07

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ ดร. เอิบ เพ็ชรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในเรื่องการเรียน การทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ ดร. พิชิต พงษ์สกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณโครงการนำร่องการพัฒนามาตรฐานคุณภาพอาหารเพื่อการส่งออก: กรณีโครงการหลวง ฝ่ายวิจัย มูลนิธิโครงการหลวงที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยนี้ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง ตำบลแม่วีน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การทดลอง รวมถึงการอำนวยความสะดวกด้านที่พักและอาหารระหว่างปฏิบัติงาน ขอขอบพระคุณคุณอนุสิทธิ บุญมี เจ้าหน้าที่ส่งเสริมฯ ประจำศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง และคุณหล้า เถาอย่าง เกษตรกรผู้ร่วมโครงการ ด้านการติดต่อประสานงาน การดำเนินการทดลอง และการเก็บข้อมูลงานวิจัย ตลอดจนเจ้าหน้าที่มูลนิธิโครงการหลวงทุกท่าน ที่อำนวยความสะดวกในการเดินทางไปยังพื้นที่ปฏิบัติงาน ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่าน บุคลากรและเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่ดี รวมถึงพี่ ๆ น้อง ๆ สโมสรนิสิตบัณฑิตปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและกำลังใจตลอดมา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมัย คุณแม่กุศล และน้องสาวพิไภรณ์ สังวิเศษ รวมทั้งญาติพี่น้องทุกท่าน ที่คอยสนับสนุนช่วยเหลือในการศึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ ประโยชน์อันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอบอบแด่ บิดา มารดา ครู อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนให้ข้าพเจ้ามีความรู้มาจนถึงปัจจุบัน

ศพิษา สังวิเศษ

ตุลาคม 2550

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	92
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	110

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงปริมาณปุ๋ยที่ใช้ทั้งหมด ต่อ 1 ฤดูปลูก	24
2	แสดงการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำการศึกษา	47
3	แสดงค่าวิเคราะห์ของดินบนที่เก็บจากแปลงทดลองก่อนปลูก	49
4	แสดงค่าวิเคราะห์ของดินล่างที่เก็บจากแปลงทดลองก่อนปลูก	49
5	แสดงค่าวิเคราะห์ของดินบนที่เก็บจากแปลงทดลองหลังปลูก	51
6	แสดงค่าวิเคราะห์ของดินล่างที่เก็บจากแปลงทดลองหลังปลูก	51
7	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำริการทดลอง	59
8	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผักกาดหอมห่อระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ	60
9	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำริการทดลอง	60
10	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำริการทดลอง	65
11	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำริการทดลอง	67
12	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำริการทดลอง	73
13	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำริการทดลอง	74
14	แสดงส่วนต่างระหว่างปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1	77
15	แสดงส่วนต่างระหว่างปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 2	78
16	แสดงส่วนต่างระหว่างปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 3	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา	96
2 ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา	97
3 การแบ่งกลุ่มเนื้อดิน	98
4 ระดับชั้นของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	99
5 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	100
6 เกณฑ์การแบ่งระดับปริมาณกรดที่สกัดได้	103
7 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	104
8 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน	105
9 ผลผลิตน้ำหนักรากและน้ำหนักรากแห้งของผักกาดหอมห่อ ปลูกรั้งที่ 1	106
10 ผลผลิตน้ำหนักรากและน้ำหนักรากแห้งของผักกาดหอมห่อ ปลูกรั้งที่ 2	106
11 ผลผลิตน้ำหนักรากและน้ำหนักรากแห้งของผักกาดหอมห่อ ปลูกรั้งที่ 3	107
12 แสดงการเปลี่ยนแปลง non SI unit เป็น SI unit	108

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงการเตรียมแปลงปลูก และระยะปลูกผักกาดหอมห่อในโรงเรือน การเตรียมกล้าพืช และต้นกล้าอายุ 25 วันหลังเพาะเมล็ดพร้อมย้ายลงแปลงปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา มีการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดและสปริงเกอร์	23
2 แสดงลักษณะสภาพภูมิประเทศ และภาพหน้าตัดดินบริเวณที่ทำการศึกษ	32
3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคนาตราย อนุภาคนาตรายแป้ง และอนุภาคนาตรายดินเหนียวกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	33
4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดินกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	34
5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในน้ำ และค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในสารละลาย 1 M KCl กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	36
6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณไนโตรเจนรวม กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	38
7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	39
8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	42
9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	43
10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน โดยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตด และอัตราร้อยละความอิ่มตัวของดิน กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	45
11 ผลผลิตน้ำหนัสดอกของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ปลูกครั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง	53
12 ผลผลิตน้ำหนักรากของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง	54

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13 ผลผลิตน้ำหนักรากสดของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ปลูกรั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง	61
14 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกรั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง	62
15 ผลผลิตน้ำหนักรากสดของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ปลูกรั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง	68
16 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกรั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง	69
17 ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ในแต่ละดำรับการทดลองเมื่อเปรียบเทียบเป็นจำนวนเงินลงทุน	75
18 ส่วนต่างมูลค่าผลผลิตผักกาดหอมห่อจากการปลูกรั้งทั้ง 3 ครั้ง	80
 ภาพผนวกที่	 หน้า
1 แสดงแปลงปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือนที่ ปลูกรั้งที่ 1 ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 ปลูกรั้งที่ 2 ช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 และปลูกรั้งที่ 3 ช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549	109

การจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง

Fertilizer Management for Crisphead Lettuce (*Lactuca sativa* var. capitata L)

Grown on Soil with High Residual Phosphorous

คำนำ

ปุ๋ยเป็นปัจจัยทางการเกษตรที่สำคัญชนิดหนึ่งที่น่าสนใจเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช พืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารปุ๋ยที่แตกต่างกัน และดินแต่ละชนิดก็มีปริมาณธาตุอาหารพืชสะสมอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันด้วย การใช้ปุ๋ยจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงปัจจัยหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นทุนการผลิตและผลผลิตที่ได้รับ การใช้ปุ๋ยมากเกินไปความต้องการของพืชทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และในหลาย ๆ กรณีไม่ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจาก อาจทำให้พืชได้รับธาตุอาหารบางชนิดมากเกินไปจนเป็นพิษต่อพืชโดยตรง หรือทำให้สมดุลระหว่างธาตุอาหารบางชนิดในดินเสียไป ส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติและอาจจะทำให้ได้ผลผลิตน้อยลง อย่างเช่นในพื้นที่ที่มีการปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือนที่ใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องเป็นเวลานานของเกษตรกรที่อยู่ภายใต้การดูแลของมูลนิธิโครงการหลวง โดยพบว่า ดินมีการสะสมธาตุอาหารบางธาตุ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณที่สูงผิดปกติ ทั้งนี้เนื่องจาก พืชสามารถใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปได้ประมาณร้อยละ 10-20 เท่านั้น (สรสิทธิ์, 2518) ส่วนที่เหลือก็จะสะสมอยู่ในดิน จากรายงานข้อมูลวิเคราะห์ดินเบื้องต้นของตัวอย่างดินที่เก็บจากแปลงปลูกผักในพื้นที่โครงการหลวง 9 สถานี/ศูนย์พบว่า ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเหล่านี้ อยู่ในพิสัยระหว่าง 85-409 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็น 6-27 เท่าของระดับที่เพียงพอความต้องการของพืชทั่วไป ส่วนโพแทสเซียมมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 276-468 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็น 7-12 เท่าของระดับที่เพียงพอความต้องการของพืช (เล็ก, 2548)

ผักกาดหอมห่อ (crisphead lettuce) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* var. capitata L. จัดอยู่ในวงศ์ Compositae (นิพนธ์, 2549) เป็นพืชผักเมืองหนาวที่เจริญเติบโตได้ดีเมื่ออุณหภูมิช่วงกลางวันอยู่ระหว่าง 18-25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่วงกลางคืนอยู่ในช่วง 10-15 องศาเซลเซียส (Ryder, 1998) สามารถปลูกได้ผลผลิตดีในบริเวณพื้นที่ทางภาคเหนือของประเทศไทย บริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าร้อยละ 85 ขึ้นไปและช่วงแสงต่อวันยาว 14-16 ชั่วโมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางเฉลี่ยตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป พืชนี้ชอบดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในพิสัย 6-7 ผักกาดหอมห่อเป็นพืชล้มลุก ลำต้นขึ้นเป็นกอ ใบสี

เขียวอ่อน บางกรอบ ขอบใบหยัก มีใบห่อซ้อนกันเป็นห้วกลม ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคม (ประสิทธิ์, 2549) ตลาดมีความต้องการมากส่งผลให้มูลค่าของผลิตผลค่อนข้างสูง แต่ระบบการผลิตและการจัดการเพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพและต่อเนื่องตลอดทั้งปีนั้นยังทำได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน ซึ่งมักจะให้ผลผลิตต่ำ และเกิดปัญหาโรคพืช ยกเว้นแต่การปลูกในโรงเรือน ถึงแม้ว่า ผักกาดหอมห่อเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณน้อยแต่พืชก็ต้องการอย่างสม่ำเสมอ โดยในระยะแรกของการเจริญเติบโต ธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของราก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออุณหภูมิในดินต่ำ ดังนั้น การศึกษาทดลองการจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่ออย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง น่าจะเกิดประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกในด้านการลดต้นทุนการผลิตในขณะที่ผลผลิตที่ได้รับเป็นที่น่าพึงพอใจ รวมถึงการลดการสะสมธาตุนี้ในดินที่มีอยู่มากเกินไป ซึ่งมักก่อให้เกิดผลเสียในเรื่องของความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกผักกาดหอมห่อทั่วไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยต่าง ๆ ของผักกาดหอมห่อที่ปลูกภายใต้สภาพโรงเรือน
2. เพื่อศึกษาปริมาณผลผลิตของผักกาดหอมห่อเมื่อมีการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการธาตุอาหารพืชของผักกาดหอมห่อกับลักษณะดินที่ใช้ปลูก เมื่อมีการจัดการปุ๋ยที่แตกต่างกัน

การตรวจเอกสาร

ปริมาณการตกค้างของธาตุอาหารพืชในดิน

เล็ก (2548) ได้รวบรวมผลการวิเคราะห์ทางเคมีของพื้นที่ปลูกผักใน 9 สถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง พบว่า การสะสมปริมาณธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียมมีปริมาณสูงมากเกินความต้องการที่พืชทั่วไปจะใช้หมด ในประเทศไทยการประเมินปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการว่าจะเพียงพอหรือไม่นั้น ในโตรเจนจะประเมินจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งปริมาณการตกค้างของไนโตรเจนในดินจากปุ๋ยมีน้อยมาก ส่วนใหญ่จะสูญเสียโดยการละลายหรือระเหยออกไป ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะประเมินจากค่าวิกฤติ (critical value) ของผลการวิเคราะห์ดิน ค่าวิกฤติของฟอสฟอรัสที่ใช้สำหรับพืชทั่วไปรวมถึงพืชผัก มีค่าระหว่าง 15-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมมีค่าระหว่าง 40-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง พบมีค่าอยู่ระหว่าง 85-409 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็น 6-27 เท่าของระดับที่เพียงพอกับความต้องการของพืช ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 276-468 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็น 7-12 เท่าของระดับที่เพียงพอกับความต้องการของพืช ขณะที่ค่าสูงสุดของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่พบสูงสุดมีมากถึง 900 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็น 45-60 เท่าของระดับที่เพียงพอกับความต้องการของพืช ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีอยู่ถึง 808 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือคิดเป็น 9-23 เท่าของระดับที่เพียงพอกับความต้องการของพืช สาเหตุที่มีการสะสมของธาตุอาหารพืชในดินสูง เนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ธาตุฟอสฟอรัสจึงเกิดการสะสมในดิน ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มีเพียงร้อยละ 10-20 ของปริมาณที่ใส่ไปในดินแต่ละครั้ง ที่เหลือจะสะสมอยู่ในดิน ส่วนโพแทสเซียมแม้จะสามารถละลายน้ำและถูกชะละลายได้ง่าย แต่ก็สามารถถูกดูดซับไว้ในดินได้ โดยเฉพาะดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่สูง ในพื้นที่ของโครงการหลวงที่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อย่างต่อเนื่อง ปัญหาการสะสมของธาตุอาหารพืชเหล่านี้จะมีความรุนแรงขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาพโรงเรือน เนื่องจากกระบวนการชะละลายเกิดขึ้นได้น้อยกว่าสภาพธรรมชาติภายนอกโรงเรือน ในสภาพดังกล่าว ควรลดหรือลดการใช้ปุ๋ยทั้งสองลง เพราะนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองปุ๋ยแล้ว การสะสมของธาตุทั้งสองในปริมาณสูง อาจส่งผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารอื่นในดิน เช่น ในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสสูง ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจะลดลง ซึ่งอาจจะทำให้พืชแสดงอาการขาดธาตุสังกะสีได้ เช่นเดียวกันกับปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่สูงในดินจะไปลดอัตราการดูดธาตุแมกนีเซียมของราก ซึ่งทำให้พืชแสดงอาการ

ขาดแมกนีเซียมได้แม้ว่าในดินจะมีธาตุนี้อยู่ในปริมาณสูงก็ตาม (โครงการหลวง, 2549) สำหรับธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน โดยปกติแล้ว ดินส่วนใหญ่ไม่ค่อยขาดธาตุทั้งสาม จึงไม่ค่อยมีความจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพิ่มเติม ยกเว้นในกรณีที่พืชแสดงอาการขาดธาตุให้เป็นอย่างชัดเจน ในกรณีของธาตุอาหารเสริมอื่น ดินที่มักขาดธาตุอาหารเสริม ได้แก่ (โครงการหลวง, 2549)

1. ดินทรายที่เป็นกรดจัด และมีการชะละลายสูง ดินที่เป็นกรดจัด การละลายของธาตุโมลิบดีนัมมีน้อย ดังนั้น ดินกรดจึงมักขาดธาตุโมลิบดีนัม สำหรับธาตุอาหารเสริมชนิดอื่น ซึ่งละลายได้ดีในสภาวะที่ดินเป็นกรด อาจมีโอกาสดูแลเสียออกไปจากดินได้ง่ายโดยการชะละลาย จึงมีโอกาสขาดได้เช่นกัน

2. ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง และมีการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลักในปริมาณมากทำให้พืชดูดใช้ธาตุอาหารเสริมมากตามไปด้วย

3. ดินที่มีอินทรีย์วัตถุมากหรือดินอินทรีย์ ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงเกินร้อยละ 20 ดินประเภทนี้พบในบริเวณที่ลุ่มมีน้ำขัง ธาตุอาหารเสริมที่มักจะขาด ได้แก่ ธาตุทองแดง เพราะอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่มาก และอยู่ในรูปของฮิวมัส สามารถดูดยึดธาตุทองแดงไว้อย่างเหนียวแน่น ทำให้ไม่มีประโยชน์ต่อพืช

4. ดินค่าง ธาตุอาหารพืชที่มักจะขาดในดินประเภทนี้ ได้แก่ ธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ซึ่งมักจะดูดยึดไว้ทำให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ฟอสฟอรัสในดิน

ดินโดยทั่วไปมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างจำกัดเมื่อเทียบกับปริมาณของไนโตรเจนและโพแทสเซียม โดยเฉลี่ยแล้วในดินมีฟอสฟอรัสทั้งหมดเพียงร้อยละ 0.06 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีถึงร้อยละ 0.14 และ 0.83 ตามลำดับ โดยทั่วไปดินที่ใช้ในการเกษตรจะมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดประมาณร้อยละ 0.02 การแจกกระจายของธาตุฟอสฟอรัสในแต่ละพื้นที่และภายในหน้าตัดดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัตถุต้นกำเนิด ความมากน้อยของการชะละลาย และประวัติการใช้ที่ดิน ในพื้นที่เพาะปลูก พบว่า ดินชั้นบนจะมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงกว่าดินชั้นล่างที่รากพืชแพร่กระจายอยู่ เนื่องจากพืชจะมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในระยะใกล้รากมากกว่าระดับผิวดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่

ในดินไม่ได้อยู่ในรูปที่พืชจะนำไปใช้ได้ทั้งหมด เนื่องจากส่วนใหญ่อยู่ในรูปของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ทั้งชนิดที่ละลายน้ำง่ายและชนิดที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อพิจารณาจากความเป็นประโยชน์ต่อพืชจะสามารถจำแนกฟอสฟอรัสในดินได้ 3 ชนิด คือ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชช้ามาก (very slowly available phosphate) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชช้า (slowly available phosphate) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเร็ว (readily available phosphate) (ชัยฤกษ์, 2529)

สารประกอบฟอสฟอรัสที่พบในดินแบ่งออกเป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ สารประกอบฟอสเฟตอินทรีย์ และสารประกอบฟอสเฟตอนินทรีย์ ในดินโดยทั่วไปมีฟอสเฟตทั้งสองส่วนนี้ต่างกัน สารประกอบฟอสเฟตอินทรีย์ประกอบด้วย ไฟติน (phytin) ฟอสโฟไลปิด (phospholipids) และกรดนิวคลีอิก (nucleic acids) ซึ่งดินได้รับฟอสฟอรัสในรูปอินทรีย์สารส่วนใหญ่จากซากพืชและซากสัตว์ พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้โดยตรง ต้องอาศัยจุลินทรีย์ช่วยแปรสภาพให้อยู่ในรูปออร์โทฟอสเฟต (orthophosphate: H_2PO_4^- HPO_4^{2-} PO_4^{3-}) เสียก่อน พืชจึงจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ที่เป็นแหล่งสำคัญที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสแก่พืชนั้น Chang and Jackson (1957) ได้แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คืออยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต (calcium phosphate) เหล็กฟอสเฟต (iron phosphate) และอะลูมิเนียมฟอสเฟต (aluminium phosphate) อยู่ในรูปใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าปฏิกิริยาของสารละลายดิน ยกตัวอย่างเช่น ในสภาพดินที่มีค่าปฏิกิริยาดินต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และพบอยู่มาก คือ ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) ซึ่งเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ง่ายที่สุด ที่ pH ระหว่าง 6.8-7.2 จะมีอยู่ในรูปโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) มากซึ่งพืชดูดได้ช้ากว่ารูปแรก หาก pH สูงกว่า 7.2 จะมีรูป PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ซึ่งพืชดูดใช้ได้ยาก (ยงยุทธ, 2546) ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่จะเป็นประโยชน์ที่สุดเมื่อปฏิกิริยาดินมีค่าประมาณ 6.5 หากค่าปฏิกิริยาดินต่ำกว่านี้ ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะถูกดูดซับโดยออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม (Fe/Al oxides) เกิดการตกตะกอนเป็นอะลูมิเนียมฟอสเฟต และเหล็กฟอสเฟต แต่หากค่าปฏิกิริยาดินสูงกว่า 7 ฟอสฟอรัสก็จะตกตะกอนกับ Ca^{2+} เกิดเป็นแร่ที่มีแคลเซียมและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ (Ca-P mineral) (Havlin *et al.*, 2005)

ในดินกรด เหล็กและอะลูมิเนียมที่ละลายได้จะทำปฏิกิริยากับ H_2PO_4^- เกิดเป็นสารประกอบ hydroxy phosphate ที่ไม่ละลายน้ำ Havlin *et al.* (2005) รายงานว่า อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Al) เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดซับฟอสฟอรัส เนื่องจาก 1 meq. ของอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่อดิน 100 กรัม สามารถตกตะกอนกับฟอสฟอรัสได้มากถึง 100 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัสต่อลิตร ดังนั้น ในสารละลายดินจึงมักจะพบสารประกอบอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปเหล็กฟอสเฟตและอะลูมิเนียมฟอสเฟตมากกว่าในรูปแคลเซียมฟอสเฟต (Sharpley, 1999)

ในดินต่าง ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียม (Ca^{2+}) และแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เกิดเป็นสารประกอบ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ที่ไม่ละลายน้ำ (Brady, 1974) สารฟอสเฟตอนินทรีย์ในดินมักจะพบในรูปแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งจะละลายออกมาเป็นประโยชน์มากกว่าเหล็กฟอสเฟตและอะลูมิเนียมฟอสเฟต ฟอสฟอรัสทั้ง 3 รูปนี้สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่งเป็นอีกรูปหนึ่งได้เมื่อค่าปฏิกิริยาของดินเปลี่ยนไป (Kamprath *et al.*, 1965) หากปฏิกิริยาดินมีค่าต่ำกว่า 5.5 แคลเซียมฟอสเฟตจะเปลี่ยนเป็นอะลูมิเนียมและเหล็กฟอสเฟต เมื่อค่าปฏิกิริยาดินเพิ่มขึ้นอะลูมิเนียมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟตก็จะเปลี่ยนรูปไปเป็นแคลเซียมฟอสเฟต (Sharpley, 1999) ในสภาพดินกรดฟอสเฟตจะตกตะกอนบนพื้นผิวของเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ การสูญเสียสภาพการละลายได้ของฟอสเฟตในสภาพดังกล่าว เรียกว่า การตรึงฟอสฟอรัส (phosphorous fixation)

การตรึงฟอสฟอรัส

การตรึงฟอสฟอรัส (phosphorous fixation) หมายถึง ปรากฏการณ์ที่ฟอสฟอรัสถูกเปลี่ยนจากรูปที่ละลายได้ (soluble form) ไปอยู่ในรูปที่ไม่ละลาย (insoluble form) หรือรูปที่ละลายน้ำได้ยาก ดินส่วนมากจะเปลี่ยน soluble phosphate จากปุ๋ยไปเป็น insoluble phosphate ได้เร็วมาก ซึ่งจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุนี้ลดลง (ชัยฤกษ์, 2529) หรือเป็นกระบวนการที่สารประกอบฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ง่ายทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุ ไอออน และสารประกอบต่าง ๆ ในดินแล้วกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากและเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง ดังนั้น ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงในดินประมาณร้อยละ 80-90 พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่ส่วนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีน้อยมากเพียงร้อยละ 10-20 เท่านั้น (สรสิทธิ์, 2518) เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปดินในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายนั้นจะเกิดการรวมตัวกับสารประกอบหรือสารบางอย่างภายในดิน (Haseman *et al.*, 1950) โดยทั่วไปเกิดจากกระบวนการที่สำคัญ 3 กระบวนการ คือ

1. การตกตะกอนด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (chemical precipitation) เป็นกระบวนการที่ฟอสเฟตไอออนทำปฏิกิริยาเคมีกับแคตไอออนพวกเหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เกิดเป็นสารประกอบฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายน้ำ ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดหรือด่าง โดยในดินกรดจะมีเหล็กและอะลูมิเนียมทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตไอออนเกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (Hsu, 1964; Tisdale and Nelson, 1975)

2. การดูดซับ (absorption phenomena) เป็นปรากฏการณ์ที่ฟอสเฟตไอออนถูกดูดซับที่ผิวของ แร่ดินเหนียว หรือเซสควิออกไซด์ (sesquioxide) ด้วยแรง electrostatic bonding กล่าวคือประจุ

ลบของฟอสเฟตไอออนถูกดูดซับอยู่กับประจุของแร่ดินเหนียว หรือเชสควิกไอไซด์ (Haseman *et al.*, 1950)

3. ปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนประจุลบ (anion exchange reaction) เป็นปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนระหว่างฟอสเฟตไอออนในสารละลายดินกับไฮดรอกไซด์ไอออนที่ผลึกของแร่ดินเหนียว หรือเชสควิกไอไซด์ (Bear, 1964)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณของปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปดินจะถูกตรึงมากน้อยแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับอำนาจในการตรึง (fixing power) ของดิน อำนาจในการตรึงฟอสเฟตของดินนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบปุ๋ยฟอสฟอรัส สมบัติและองค์ประกอบบางประการของดินสำคัญคือ ปฏิกิริยาดิน อุณหภูมิ ชนิดและปริมาณของแคตไอออนในดิน ชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว และอินทรีย์วัตถุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตต่อปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

การสะสมฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชและฟอสเฟตอินทรีย์ จะพบมากในดินบนที่ระดับความลึก 0-7.5 เซนติเมตร เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูงกว่าปริมาณที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมด รวมถึงปริมาณที่ถูกตรึงและถูกชะล้าง แต่ถ้าใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่พอดีกับปริมาณที่พืชนำไปใช้ได้รวมถึงปริมาณที่ถูกตรึงและถูกชะล้าง จะไม่มีการสะสมฟอสฟอรัสทั้งสองรูปดังกล่าวเพิ่มขึ้น แต่เป็นเพียงการรักษาระดับให้มีความพอเพียงในดินให้คงเดิม ส่วนแปลงที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตจะมีปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น การสะสมของฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และฟอสเฟตอินทรีย์จะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยและระยะเวลาในการสะสมที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ฟอสเฟตอินทรีย์ในดินไม่เพิ่มตามอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส แต่จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการสะสม (Nguyen *et al.*, 1989; Flolate and Enright, 1991; Lambert *et al.*, 2000) Thompson (1966) พบว่า พืชสามารถใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงในดินได้เพียงร้อยละ 10-30 และจะมีปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตตกค้างอยู่ในดินร้อยละ 70-90 เช่นเดียวกันกับ Hopkins (1910) ได้ทำการทดลองที่ Bradbalk field ในประเทศอังกฤษ พบว่า หลังจากใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ติดต่อกันเป็นเวลา 50 ปี ผลปรากฏว่า ฟอสฟอรัสจะถูกตรึงไว้ในดินบนเป็นส่วนใหญ่และปุ๋ยนี้ไม่เคลื่อนย้ายไปไกลจากจุดที่ใส่เท่าไรนัก Weeks and Miller (1949) รายงานว่า ดินที่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตติดต่อกันเป็นเวลาหลายปี จะมีฟอสฟอรัสเหลืออยู่มากกว่าดินที่ไม่ได้รับปุ๋ยชนิดนี้ติดต่อกัน และฟอสเฟตที่ตกค้างอยู่ในดินจะละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ ถ้าหากว่าสารละลายของดินที่อยู่รอบ ๆ รากมีปริมาณของ

ฟอสฟอรัสไม่พอกับความต้องการของพืช Olsen and Fried (1957) ทำการทดลอง พบว่า ดินที่มีการตรึงฟอสเฟตสูงนั้น ผลตกค้างของฟอสเฟตในรุ่นที่สองจะมีจำนวนน้อย เว้นแต่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตมาแล้วเป็นเวลาหลายปี ฟอสเฟตที่ตกค้างในดินจะสะสมมากขึ้น และจากผลการทดลองของ Volk (1945) พบว่า เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 53.8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ติดต่อกัน 7 ปีแล้วหยุดใส่ จะมีผลตกค้างของปุ๋ยที่สามารถใช้ต่อไปได้อีกถึง 5 ปี

นิลประไพ และคณะ (2518) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระดับฟอสฟอรัสในดินระหว่างตัวอย่างเดิมที่อยู่ในสภาพดินนา กับแปลงผักที่ปลูกติดต่อกัน 2 ถึง 5 ปี พบว่า มีการสะสมของธาตุฟอสฟอรัสในดินเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด คือ จากปริมาณเริ่มแรกเพียง 4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อเปลี่ยนสภาพจากทำนามาเป็นแปลงปลูกผักที่ติดต่อกันเป็นเวลานานกว่า 5 ปี มีการสะสมธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณถึง 539 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับธาตุโพแทสเซียมจากปริมาณเริ่มแรก 243 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นเป็น 390 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ชัยโรจน์ (2535) ได้ทำการศึกษาผลปัจจุบันและผลตกค้างของปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองและข้าวโพด พบว่า ชนิดของปุ๋ยฟอสเฟตที่ใช้ในอัตราต่าง ๆ กันในการทดลอง ที่ได้จากการคำนวณปริมาณ P_2O_5 ในรูปที่เป็นประโยชน์ ปรากฏว่า ปุ๋ยหินฟอสเฟตมีแนวโน้มให้ผลตกค้างของฟอสฟอรัสในดินสูงและยังคงตกค้างในดินอยู่ในระดับสูงทั้ง 3 ถั่วปลูก รองลงมาคือการใช้ปุ๋ยผสมระหว่างปุ๋ยหินฟอสเฟตกับปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ใช้ในอัตราเดียวกันให้ผลตกค้างต่ำสุด

ผลของปริมาณการตกค้างของปุ๋ยฟอสเฟตในดินต่อผลผลิตของพืช

แม้ว่าปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปดินจะเปลี่ยนรูปหรือถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก แต่เป็นเพียงการสูญเสียความสามารถในการละลาย (solubility) เท่านั้น ซึ่งฟอสฟอรัสที่ถูกเปลี่ยนรูปหรือถูกตรึงนี้อาจถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ภายหลัง (Russell, 1973)

ธัญญรัตน์ (2541) ได้ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและเชื้อจุลินทรีย์ต่อผลผลิตของผักกาดหอมที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสสูง พบว่าผักกาดหอมที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสสูงกว่ามีแนวโน้มว่าผลผลิตน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และจำนวนใบ จะสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ

ผักกาดหอมที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำกว่า โดยการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตนั้น ไม่ได้ช่วยทำให้ผลผลิตของผักกาดหอมเพิ่มขึ้น

วิโรจน์ และคณะ (2530) ได้ศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ต่อถั่วเหลือง โดยใช้ปุ๋ยทริบิเลตซูเปอร์ฟอสเฟต 4 อัตรา (0 3 6 และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่) ร่วมกับปุ๋ยหินฟอสเฟต 4 อัตรา (0 100 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่) ทำการทดลองตั้งแต่ฤดูฝนปี พ.ศ. 2528 และดำเนินการอย่างต่อเนื่องบนที่เดียวกันในปีต่อ ๆ มา เพื่อศึกษาผลตกค้างของปุ๋ยที่ใส่ในปีแรก ผลปรากฏว่าปุ๋ยฟอสเฟตทั้งสองชนิดมีผลตกค้างอย่างเด่นชัด และโดยเฉลี่ยปุ๋ยอัตราสูงกว่าจะให้ผลตกค้างมากกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราที่ต่ำกว่า โดยผลตกค้างของปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟตที่อัตรา 3 6 และ 12 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ให้ผลผลิต 243 298 และ 351 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ส่วนผลตกค้างของปุ๋ยหินฟอสเฟตที่อัตรา 100 200 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองดีกว่าปุ๋ยซูเปอร์ฟอสเฟต คือ 315 354 และ 393 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตทั้งสองชนิดร่วมกันโดยเฉลี่ยมีผลทำให้การตกค้างของปุ๋ยสูงกว่าการใส่ปุ๋ยชนิดใดชนิดหนึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

อิสริยาภรณ์ (2538) ได้ศึกษาผลตกค้างของการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและทริบิเลตซูเปอร์ฟอสเฟตติดต่อกัน 20 ปี ต่อสมบัติและความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน พบว่าถ้าใช้แปลงปลูกข้าวโพดที่มีได้ใส่ปุ๋ยเป็นมาตรฐานเปรียบเทียบกับแปลงที่ใส่ปุ๋ยในอัตราสูงสุด (180-180 กิโลกรัม $N-P_2O_5$ ต่อเฮกตาร์) ติดต่อกันนาน 20 ปี ดินในแปลงที่ใส่ปุ๋ยสองชนิดนี้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานจะมีความสามารถในการให้ผลผลิตของดินสูงกว่ากรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ย

การจัดการเกี่ยวกับฟอสฟอรัสในดิน

โดยทั่วไป สามารถจำแนกฟอสฟอรัสตามความเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ 3 ประเภท ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้เพื่อรักษาสมดุลระหว่างกันและกัน ฟอสเฟตไอออนถูกตรึงได้ง่ายมากในดินเมื่อมีการใส่ปุ๋ยที่ละลายน้ำได้ดี ฟอสเฟตที่ละลายออกมาจะถูกตรึงโดยกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสมากกว่าร้อยละ 70 โดยเฉพาะในสภาพที่ความเป็นกรด-ด่างของดินไม่เหมาะสม ฉะนั้น ฟอสฟอรัสจึงมักเป็นธาตุอาหารที่มีปัญหามากในดินและยากต่อการจัดการ ถ้าต้องการเพิ่มปริมาณฟอสเฟตให้พืชที่ปลูกได้ใช้อย่างเต็มประสิทธิภาพ จำเป็นต้องจัดการเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการละลายได้ของฟอสเฟตในดิน เพื่อลดปริมาณการตรึงฟอสเฟตที่ใส่ลงไป (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ซึ่งสามารถทำได้โดย

1. ปรับระดับค่าปฏิกิริยาของดินให้อยู่ระหว่าง 6-7
2. ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตโดยโรยเป็นแถวเล็กในดินใกล้ ๆ แถวของพืช (banding application) หรือ ไกล่รากพืช
3. ลดพื้นที่สัมผัสระหว่างปุ๋ยฟอสเฟตกับดิน เช่น ใช้ปุ๋ยชนิดเป็นเม็ด (granular) ถ้าเป็นปุ๋ยฟอสเฟตชนิดละลายยาก ควรใช้ชนิดละเอียดเพื่อละลายได้เร็วขึ้น
4. เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดินอย่างสม่ำเสมอ โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสด โดยทั่วไป การใส่อินทรีย์วัตถุในดินจะช่วยลดการตรึงฟอสฟอรัสได้ (Reddy *et al.*, 1980) เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น กรดอินทรีย์และฮิวมัส สามารถลดการตรึงฟอสฟอรัสได้โดยไปเคลือบ Fe/Al oxides ป้องกันมิให้เกิดการตรึงฟอสฟอรัสโดย Fe/Al oxides (Havlin *et al.*, 2005) อินทรีย์วัตถุจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น

ฟอสฟอรัสในพืช

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารมหัพภาค (macronutrients) ที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตที่พบในพืชส่วนใหญ่ในปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม (Tisdale and Nelson, 1975) แต่มีความสำคัญต่อพืชเป็นอันดับสองรองจากไนโตรเจน (Brady, 1974) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของอินทรียสารที่สำคัญมากมายหลายชนิด เช่น นิวคลีโอโปรตีน กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิพิด ATP และโคเอนไซม์ ซึ่งเกี่ยวข้องในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช โดยพืชต้องการฟอสฟอรัสร้อยละ 0.3-0.5 ของน้ำหนักแห้ง เพื่อให้การเจริญเติบโตในระยะพัฒนา (vegetative stage) เป็นไปตามปกติ (ยงยุทธ, 2546)

ฟอสฟอรัสมีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน อันเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญ พลังงานที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และเมแทบอลิซึมของสารประกอบคาร์โบไฮเดรตจะถูกเก็บไว้ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต (adenosine triphosphate; ATP และ adenosine diphosphate; ADP) สำหรับใช้ในการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของพืช นอกจากนี้ ฟอสฟอรัสยังเป็นส่วนประกอบของนิวคลีโอไทด์และลิพิดอีกด้วย ในด้านการเจริญเติบโตของพืช ฟอสฟอรัสทำให้การแบ่งเซลล์และการพัฒนาของส่วนที่เจริญเติบโตของพืช (ยอดและราก) เป็นไปได้ดี อีกทั้งยังช่วยให้พืชออก

ดอกและเร่งการแก่ของพืชทำให้พืชผักเก็บเกี่ยวได้เร็ว ทำให้พืชมีความแข็งแรงและต้านทานต่อโรคแมลง สำหรับพืชผัก ฟอสฟอรัสทำให้พืชตั้งตัวได้เร็วโดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโต (อานันท์, 2547) รูปของฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้ คือ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) ส่วนจะอยู่ในรูปไหนมากกว่ากันขึ้นอยู่กับค่าปฏิกิริยาดินของสารละลายดินในขณะนั้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้ว ปัญหาเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสจะเกี่ยวข้องกับระดับของค่าปฏิกิริยาดินที่ไม่เหมาะสมเป็นส่วนใหญ่

การตอบสนองของพืชต่อการใช้น้ำฟอสเฟตจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดปุ๋ยและปริมาณของฟอสฟอรัสในดินเป็นสำคัญ ในส่วนของชนิดพืชในปี 1978 สถาบันโพแทชและฟอสเฟต รายงานเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของรากกับปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารพืชว่า พืชที่มีระบบรากฝอย (fibrous root system) มีประสิทธิภาพในการดูดใช้ธาตุอาหารพืชได้ดีกว่าพืชที่มีระบบรากแก้ว (tap root system) ทั้งนี้เนื่องจากรากพืชในระบบรากฝอยมีพื้นที่สัมผัสมากกว่า นอกจากนี้ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตพืชยังมีความต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณที่แตกต่างกันไป โดยในระยะแรกพืชต้องการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณมากเพื่อเสริมสร้างการเจริญเติบโต เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นความต้องการฟอสฟอรัสจะค่อย ๆ ลดน้อยลง (Mangel and Barber, 1974)

ยงยุทธ (2546) กล่าวว่า พืชที่ขาดฟอสฟอรัสมีการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญ 2 ประการ คือ 1) ใบขยายขนาดช้าจึงมีขนาดเล็ก และ 2) จำนวนใบน้อย สาเหตุที่แผ่นใบมีการขยายช้าก็เพราะเซลล์ชั้นผิวไม่ค่อยขยายตัว อันเนื่องมาจากเซลล์ชั้นผิวมีฟอสฟอรัสต่ำ และสภาพการนำน้ำของรากลดลง แม้ว่าการขยายขนาดใบจะลดลงอย่างมาก แต่ปริมาณโปรตีนและคลอโรฟิลล์ต่อหน่วยพื้นที่ใบลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เนื่องจากขนาดใบลดมากแต่คลอโรฟิลล์ลดน้อยกว่าทำให้ใบพืชที่ขาดฟอสฟอรัสในระยะแรกใบจะมีสีเขียวเข้มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาอัตราการสังเคราะห์แสงต่อหน่วยของคลอโรฟิลล์พบว่ามีค่าลดลง เมื่อการเจริญเติบโตของส่วนเหนือดินลดลงมาก แต่มีผลกระทบต่อรากน้อย ดังนั้นพืชที่ขาดฟอสฟอรัสจึงมีค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเหนือดินกับรากลดลงด้วย

สมบุญ (2548) กล่าวว่า ลักษณะของพืชที่ขาดฟอสฟอรัสใบจะมีสีเขียวเข้ม ใบ ก้านใบและลำต้นอาจมีสีม่วง ซึ่งเกิดจากการสะสมแอนโทไซยานินจะแสดงอาการในใบแก่ก่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ลำต้นของพืชจะเรียวเล็กแคระแกรน การเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก ทำให้อายุการเก็บเกี่ยวของพืชจะช้ากว่าปกติ ในบางกรณีที่พืชได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป พืชจะเกิดใบเหลืองเนื้อเยื่อใบแห้งตายเป็นหย่อม ๆ ในใบแก่ปลายใบจะไหม้ ใบอ่อนระหว่างเส้นใบจะเหลือง

ผักกาดหอมหัว (Crisphead Lettuce)

ข้อมูลทั่วไป

ผักกาดหอม (Lettuce) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lactuca sativa* L. เป็นพืชฤดูเดียวจัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) ประกอบด้วยพืช 800 สกุล จำนวนกว่า 20,000 ชนิด สามารถจำแนกตามอนุกรมวิธานได้ดังนี้

Kingdom: Plantae

Division: Magnoliophyta

Class: Magnoliopsida

Order: Asterales

Family: Asteraceae

Genus: *Lactuca*

Species: *L.sativus*

ประวัติและความเป็นมา

ผักกาดหอมมีการปลูกแพร่หลายในหลายประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะในแถบอเมริกาเหนือ ทางตะวันตกของยุโรป ประเทศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ออสเตรเลีย และบางส่วนของเอเชีย (Ryder, 1999) สลัดหรือผักกาดหอม (Lettuce : *Lactuca sativa* L.) จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae (Compositae) เป็นวงศ์ค่อนข้างใหญ่ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นสายพันธุ์ป่ามีเพียงไม่กี่ชนิดที่นำมาปลูกเพื่อการค้า โดยที่ Compositae คือกลุ่มพืชที่มีก้านดอกเดี่ยว มีช่อดอกบนจำนวนมาก ส่วน Asteraceae คือกลุ่มพืชที่เนื้อเยื่อมีสารคัลลายน้ำนมในลำต้นและส่วนอื่น ๆ Lettuce จึงมีความหมายว่า น้ำนมจากพืช (milk juice of plant) Lac (*Lactuca* มีรากศัพท์มาจากภาษาละตินที่หมายถึงนม) Lettuce อาจจะมีรากศัพท์มาจากภาษาฝรั่งเศสโบราณ คือ laitue ซึ่งหมายถึงน้ำนม Sativar หมายถึง พืชที่มีการขยายพันธุ์โดยเมล็ด อยู่ในวงศ์ Asteraceae (formerly Compositae) รวมทั้ง endive (*Chicorium*) salsify (*Tragopogon*) artichoke (*Cynara*) chicory (*Chicorium*) dandelion (*Taraxacum*) sunflower (*Helianthus*) และ chrysanthemum

ผักกาดหอมห่อ (lettuce) สามารถจำแนกตามลักษณะ ขนาดและรูปร่างของใบ ระดับของการห่อหุ้ม การลดลงของสี ชนิดของลำต้น และลักษณะอื่น ๆ โดยถูกจำแนกได้เป็น 6 ประเภท ได้แก่ crisphead butterhead cos lettuce leaf lettuce stem lettuce และ Latin lettuce แต่ในปัจจุบันได้จำแนกออกเป็น 7 ประเภท โดยรวมกลุ่ม oil-seed lettuce เข้าไปด้วย (Boukema *et al.*, 1990)

ผักกาดหอมห่อ (crisphead lettuce) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปยุโรป ถูกนำเข้ามาปลูกแถบเอเชียในประเทศจีนตั้งแต่ศตวรรษที่ 5 และแพร่กระจายไปทั่วทั้งทวีป (Soundy and Smith, 1992) ผักกาดหอมห่อเข้าสู่ประเทศไทยเมื่อใดไม่มีหลักฐานปรากฏที่แน่ชัด แต่ในปัจจุบันนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ผักกาดหอมห่อจึงมีชื่อเรียกหลาย ๆ ชื่อ ในภาคเหนือเรียกว่า ผักกาดยี่ ภาคกลางเรียกว่า ผักสลัด หรือสลัดแก้ว เป็นต้น ส่วนใหญ่นิยมนำมาบริโภคเป็นผักสด ทำสลัดผัก นำมาผัดไฟแดงแบบผัดเร็ว และใช้เป็นผักรองจานอาหารเพื่อให้สวยงามและกินได้อีกด้วย คุณค่าสารอาหารที่สำคัญในผักกาดหอมห่อ คือ มีปริมาณวิตามินซี แคลโรทีน และมีปริมาณโฟเลตค่อนข้างสูง ซึ่งช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง ป้องกันและต้านสารก่อมะเร็ง ช่วยบรรเทาอาการท้องผูก มีฤทธิ์เป็นยานอนหลับอ่อน ๆ เป็นผักที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน

ผักกาดหอมห่อเป็นผักสดที่มูลนิธิโครงการหลวงสูงมีศักยภาพในการผลิตสูงมากเป็นอันดับแรก ๆ ของประเภทผักสด โดยในปี 2545 มีปริมาณการผลิต 1,135,338.80 กิโลกรัม และในปี 2546 มีปริมาณการผลิตสูงขึ้นถึง 2,000,960.50 กิโลกรัม (ฉันทนา และคณะ, 2549)

พื้นที่ปลูกผักกาดหอมห่อในประเทศไทย นิยมปลูกบริเวณพื้นที่สูงตอนเหนือของประเทศ เช่น ในพื้นที่ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และจังหวัดเพชรบูรณ์ (ธีรศักดิ์, 2545) ซึ่งพันธุ์ที่ทนร้อนได้ดีที่สุดคือ พันธุ์ใบ (leafy type) ได้แก่ Butterhead และ Crisphead สำหรับการปลูกในประเทศไทยสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ปลูกได้ผลดีที่สุดในช่วงเดือนตุลาคม-เมษายน ชนิดของผักกาดหอมห่อที่ปลูกกันบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย มี 3 ชนิดด้วยกัน (ประสิทธิ์, 2549) ได้แก่

1. ชนิดห่อหุ้มแน่น (crisphead) มีลักษณะใบหยาบ กรอบ เปราะ เห็นเส้นกลางใบชัดเจน ใบห่อหุ้มแน่นแข็งคล้ายกะหล่ำปลี เป็นชนิดที่นิยมกันมากทางการค้า เพราะขนส่งได้สะดวก มีการสูญเสียย่อย ได้แก่ พันธุ์ Great Lake Ballard Fame และ Georgia เป็นต้น

2. ชนิดพันธุ์ห่อไม่แน่น (butterhead) ลักษณะใบอ่อนนุ่ม ผิวใบเป็นมันคล้ายลูกเคลือบด้วยน้ำมันหรือเนย ใบข้างในซ้อนทับกันแน่นพอประมาณ ลักษณะคล้ายดอกกุหลาบ ใบไม่กรอบ

เหมือนชนิดแรก เป็นผักกาดหอมชนิดที่ชอบอากาศหนาวเย็น ไม่ทนทานต่ออากาศร้อน แต่อายุการเก็บเกี่ยวจะเร็วกว่าชนิดห่อหัวแน่น ได้แก่ พันธุ์ Big Boston และ White Boston เป็นต้น

3. ชนิดห่อหัวค่อนข้างยาว (cos) ซึ่งมีลักษณะห่อหัวรูปกลมยาวตั้งตรง ใบแข็ง ยาวและแคบ นิยมปลูกมากในทวีปยุโรป แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ พันธุ์ที่มีหัวขนาดใหญ่ ได้แก่ พันธุ์ Paris White และ White Heart เป็นต้น พันธุ์ที่มีหัวขนาดเล็ก ได้แก่ พันธุ์ Little Gem เป็นต้น

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก รากของผักกาดหอมเป็นระบบรากแก้วที่แข็งแรงอวบอ้วนและเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อปลูกในดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นเพียงพอ รากแก้วสามารถหยั่งลึกลงไปใต้ดินได้ถึง 60 เซนติเมตรหรือมากกว่าเมื่อถึงระยะที่แทงช่อดอก การย้ายกล้ามาปลูกบนแปลงรากแก้วอาจได้รับความเสียหายได้ง่าย รากแขนงและรากฝอยจะแพร่กระจายอยู่ใกล้ผิวดินในระดับความลึก 30 เซนติเมตรปริมาณรากจะอยู่เป็นกลุ่มหนาแน่น และจะลดลงตามระดับความลึกของดิน ทำให้การดูดน้ำธาตุอาหารพืชส่วนมากเกิดในดินบนใกล้ชั้นผิวดิน (Jackson, 1995)

ลำต้น ผักกาดหอมมีลำต้นตั้งตรง มีข้อปล้องถี่และสั้น แต่ละข้อจะเป็นที่เกิดของใบ ลำต้นมีลักษณะอวบอ้วน ถ้าปลูกในพื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์มาก ๆ ลำต้นจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ได้ถึง 2 นิ้ว ในระยะแรกจะมองไม่ค่อยเห็นเนื่องจากมีใบปกคลุมอยู่ จะเห็นลำต้นชัดเจนขึ้นในระยะแทงช่อดอก

ใบ ใบของผักกาดหอมห่อแตกออกจากลำต้นโดยรอบ มีสีเขียวอ่อน เจริญปนเหลืองจนถึงเขียวแก่ ลักษณะเนื้อใบหนาและอ่อนนุ่ม ใบจะทำให้เกิดการห่อหัวอัดกันแบบหลวม ๆ คล้ายกะหล่ำปลี ใบที่อยู่ข้างในมีลักษณะเป็นมัน บางชนิดมีวังงอและเปราะ มีเส้นใบสังเกตได้ชัดเจน ขอบใบหยักหรือเว้าแหว่ง มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันตามสายพันธุ์

ช่อดอก ผักกาดหอมห่อมีช่อดอกแบบ panicle ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่อยู่เป็นกระจุกตรงยอด แต่ละจุดประกอบด้วยดอกย่อย 15-25 ดอกหรือมากกว่า ก้านช่อดอกแต่ละข้อยาวประมาณ 2 ฟุต ช่อดอกข้อแรกเกิดที่ยอดก่อน จากนั้นจะเกิดด้านข้างตรงมุมใบ (leaf axis) ช่อดอกที่เกิดจากส่วนยอดโดยตรงจะมีอายุมากที่สุด ส่วนช่อดอกอื่น ๆ จะมีอายุรองลงมาตามลำดับ

ดอก มีลักษณะเป็นดอกสมบูรณ์เพศ มีกลีบดอกสีเหลืองหรือขาวปนเหลือง ตรงโคนดอกเชื่อมติดกัน มีรังไข่ 1 ห้อง ยอดเกสรตัวเมีย 1 อัน มีลักษณะเป็น 2 แฉกและมีเกสรตัวผู้ 5 อัน ลักษณะเป็นกระโจมห่อหุ้มยอดเกสรตัวเมียเพื่อไว้ผสมตัวเอง ระยะดอกบาน ดอกจะบานช่วงเช้าและปิดในระยะเวลาสั้น ๆ โดยเฉพาะในช่วงที่มีอุณหภูมิต่ำ การผสมเกสรจะเสร็จสิ้นภายในเวลา 3-6 ชั่วโมง

เมล็ด ลักษณะเมล็ดเป็นเมล็ดเดี่ยว (achene) ซึ่งเมล็ดเจริญมาจากรังไข่รังเดียว มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง เปลือกเมล็ดจะไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้ง เมล็ดของผักกาดหอมห่อมีลักษณะแบนยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูปหอก มีเส้นเล็ก ๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิวเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีม ความยาวของเมล็ดประมาณ 4 มิลลิเมตรและกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร โดยดอก 1 ดอก จะมีหลายเมล็ดซึ่งจะสุกหลังจากดอกบานประมาณ 12 วัน

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต

ช่วงแสง แสงมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตมาก ถ้าผักกาดหอมห่อได้รับช่วงแสงต่อวันยาว และมีความเข้มของแสงต่ำ จะทำให้พื้นที่ใบเพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดี (Kalloo, 1981) ช่วงแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งที่มีอิทธิพลต่อการออกดอกของผักกาดหอมห่อ การเปลี่ยนแปลงของตาดอก เช่นเดียวกันกับในผักกาดหอมชนิด butterhead ช่วงแสงมีบทบาทต่อการกำเนิดดอก แต่มีผลเล็กน้อยในผักกาดหอมประเภทใบ (Rappaport and Wittwer, 1956) และยังพบว่าอิทธิพลของช่วงแสงมีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้นต่อการพัฒนาของก้านดอก (Knott and Deanon, 1970)

อุณหภูมิ ผักกาดหอมห่อ เป็นพืชผักเมืองหนาวที่เจริญเติบโตได้ดีเมื่ออุณหภูมิในช่วงกลางวันอยู่ระหว่าง 18-25 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิในช่วงกลางคืนอยู่ในช่วง 10-15 องศาเซลเซียส (Ryder, 1999) ดังนั้นเมื่อปลูกในสภาพอุณหภูมิต่ำจะทำให้ได้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกในสภาพอุณหภูมิสูง เนื่องจาก อุณหภูมิสูงจะทำให้การเจริญของใบถูกจำกัดและสร้างสารกลายน้ำนมออกมามาก มีเส้นใยมาก เนื้อเยื่อเหนียว ทำให้มีรสขม ช่อดอกเจริญเติบโตเร็ว ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ และคุณภาพของผลผลิตไม่ดี อุณหภูมิจะมีอิทธิพลต่อการเจริญของผักกาดหอมห่อและสลับขั้วเตอร์มากกว่าสายพันธุ์อื่น

ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ถ้าในช่วงปลูกผักกาดหอมห่อมีความชื้นสัมพัทธ์สูงตั้งแต่ร้อยละ 85 ขึ้นไปจะทำให้ผักกาดหอมห่อมีการเจริญเติบโตดีกว่าการปลูกในช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

หากปลูกที่อุณหภูมิเพียง 20 องศาเซลเซียส และได้รับช่วงแสง 16 ชั่วโมงต่อวันแล้ว จะทำให้จำนวนใบเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 15 (Tibbitts and Bottenberg, 1976)

สภาพดิน ผักกาดหอมเป็นพืชที่มีระบบรากค่อนข้างอ่อนแอและเจริญเติบโตหนาแน่นที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร สภาพดินสำหรับปลูกผักกาดหอมห่อโดยทั่วไปควรเป็นดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี และควรมีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ระหว่าง 6.0-6.5

โรคและแมลงศัตรูของผักกาดหอมห่อ

นุชนารถ (2546) ได้รายงานเรื่องโรคและแมลงศัตรูของผักกาดหอมห่อไว้ดังนี้

โรคเน่าและ (bacterial soft rot)

สาเหตุของโรคเกิดจากเชื้อแบคทีเรียชื่อ *Erwinia* sp. เป็นโรคที่พบและสร้างความเสียหายให้กับพืชอวบน้ำ โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝนที่อากาศร้อนอบอ้าว สร้างความเสียหายทั้งในแปลงปลูกหลังเก็บเกี่ยว ระหว่างเก็บในโรงเรือน ระหว่างการขนส่งและจำหน่าย ลักษณะอาการ เริ่มจากเป็นรอยชำเล็ก ๆ ลักษณะเป็นจุดน้ำน้ำ หากสภาพแวดล้อมเหมาะสมแผลจะขยายลึกลงไปเนื้อเยื่อและกระจายไปรอบต้น เนื้อเยื่อส่วนนั้นจะเน่ายุบตัวลงอย่างรวดเร็ว แผลและเป็นเมือกเยิ้มส่งกลิ่นเหม็นอย่างรุนแรง ผักจะเน่ายุบตายไปทั้งต้นขณะที่ใบยังเขียวอยู่ เมื่อจับต้นขึ้นมาก็จะหลุดติดมือได้ง่าย ซึ่งอาการส่วนมากจะเกิดที่โคนต้นระดับผิวดิน

โรคเน่าดำ (black rot)

สาเหตุเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* พบระบาดทั่วไปโดยเฉพาะในฤดูฝนหรือสภาพที่มีความชื้นสูง ลักษณะอาการที่พบ พืชจะมีใบแห้งเป็นสีน้ำตาลหรือเหลืองคล้ายสีทอง

โรคใบจุดของผักกาดหอมห่อ (Leaf Spot)

เชื้อสาเหตุ ได้แก่ *Cercospora longissima* มักพบอาการที่ใบแก่และใบล่างของต้น เริ่มแรกจะเกิดเป็นจุดเล็ก ๆ สีน้ำตาล เริ่มจากขอบใบแล้วต่อมาเป็นจุดแผลขยายสู่ส่วนกลางของใบ ขอบ

แผลมีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนกลางของแผลจะแห้งเป็นจุดสีฟางขาวทำให้ดูคล้ายตากบ เมื่อแผลลุกลามและรวมกันมาก ๆ จะทำให้เกิดอาการใบไหม้ทั้งใบได้

โรคใบไหม้ (Tip burn)

เกิดจากการขาดธาตุแคลเซียม มักพบในหน้าแล้งที่มีอากาศร้อนดินขาดน้ำ โดยอาการจะเริ่มจากขอบใบไหม้แห้งเป็นสีน้ำตาลลามจากปลายขอบด้านบนของใบ พบได้ในใบที่อยู่รอบนอกและใบที่ห่ออยู่ด้านใน ในกรณีที่ไม่รุนแรงจะเกิดเฉพาะใบล่างที่แก่โดยจะแห้งตายทั้งใบ ส่วนใบอ่อนจะแห้งและม้วนขึ้นเล็กน้อยเฉพาะส่วนที่แห้ง ในพืชที่พบอาการนี้อาจกระแสรุนแรงจนหยุดการเจริญเติบโตไม่ห่อหัวหรือหัวห่อไม่แน่น

โรคเหี่ยว (Wilt)

เกิดจากเชื้อราในดินสกุล *Rhizoctonia* ซึ่งจะทำลายบริเวณโคนต้นและรากทำให้เกิดแผลลุกลามออกไป ส่งผลให้พืชแสดงอาการกระแสรุนแรง เหลืองและเหี่ยวตายในที่สุด ส่วนโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อราสกุล *Sclerotium* หรือราเมล็ดผักกาด สามารถสังเกตเห็นได้ง่ายเนื่องจากพบเส้นใยสีขาวหยาบ ๆ ของเชื้อราบริเวณโคนต้นและดินรอบต้น ต่อมาก็จะสร้างเป็นเม็ดกลมสีขาวและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลคล้ายเมล็ดผักกาด ทำให้โคนเน่ามีผลให้ต้นพืชเหี่ยวในเวลาต่อมา

แมลงศัตรูพืช

จิ้งหรีดและหนอนด้วงแก้ว เป็นแมลงศัตรูที่สำคัญอาศัยอยู่ในดินหรือบริเวณรากพืชหรือใต้ดินบริเวณโคนต้น ลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร มักกัดกินรากและต้นกล้าทำให้ต้นเหี่ยวตาย ส่วนหนอนกระทู้ผักจะกัดกินใบของผักกาดหอมห่อ โดยพบช่วงการระบาดได้ตลอดทั้งปี

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ฟืชทดลอง ผักกาดหอมห่อ ใช้เมล็ดผักกาดหอมห่อ พันธุ์ Fame
2. กระบะเพาะและวัสดุเพาะต้นกล้า (จี้ถ้ำเกลบ:ขุยมะพร้าว:ปุ๋ยคอก อัตราส่วน 1:1:1)
3. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ ได้แก่
 - 3.1 ปุ๋ยยูเรีย (Urea; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, 46% N
 - 3.2 ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (Monoammonium phosphate (MAP); $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$)

สูตร 12-60-0

- 3.3 ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride; KCl) สูตร 0-0-60
- 3.4 ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15
- 3.5 ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21
- 3.6 ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0

4. สารเคมีที่ใช้สำหรับป้องกันกำจัดโรคและแมลง
5. อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเตรียมแปลงปลูก ได้แก่ ไม้ปักแปลงปลูก เชือก เทปวัดระยะ
6. อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเก็บตัวอย่างดินและบดดิน ได้แก่ จอบ เสียม พลั่วตักดิน
ถุงพลาสติก กรรไกรตัดดิน และตะแกรงร่อนดินขนาด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร
7. อุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับเก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถุงกระดาษ และมีด
8. อุปกรณ์สำหรับชั่งน้ำหนัก อบและบดตัวอย่างพืช คือ เครื่องชั่ง 3 และ 4 ตำแหน่ง ตู้อบ
ควบคุมอุณหภูมิ และเครื่องบดตัวอย่างพืช

9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช ได้แก่

- 9.1 pH meter
- 9.2 Spectrophotometer
- 9.3 Atomic absorption spectrophotometer
- 9.4 Micro Kjeldahl distillation apparatus
- 9.5 Digestion apparatus
- 9.6 เครื่องเขย่า (Reciprocating shaker)

10. เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสำรวจดินภาคสนาม (เอิบ, 2542; Soil Survey Division Staff, 1993)

11. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางกายภาพและทางเคมี

12. อุปกรณ์ เครื่องแก้วและสารเคมีสำหรับการทดลอง

วิธีการ

1. แผนการทดลอง

ทำการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยต่อปริมาณผลผลิตของผักกาดหอมห่อ โดยทำการทดลองจำนวน 3 ครั้ง แบ่งเป็น

การปลูก ครั้งที่ 1 ปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549

การปลูก ครั้งที่ 2 ปลูกระหว่างเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549

และการปลูก ครั้งที่ 3 ปลูกระหว่างเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งการปลูกในแต่ละครั้ง มีวางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) จำนวน 7 ดำรับการทดลอง ซึ่งแต่ละดำรับ มีการดำเนินการทดลองซ้ำจำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

ดำรับที่ 1 ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวง (เปรียบเทียบ)*

ดำรับที่ 2 ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป**

ตำรับที่ 3 ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง***

ตำรับที่ 4 ปุ๋ยผักใบเหมือนตำรับที่ 1 แต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ตำรับที่ 5 ปุ๋ยผักใบเหมือนตำรับที่ 1 แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ ของตำรับเปรียบเทียบ

ตำรับที่ 6 ปุ๋ยผักใบเหมือนตำรับที่ 1 แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของตำรับเปรียบเทียบ

ตำรับที่ 7 ปุ๋ยผักใบเหมือนตำรับที่ 1 แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ ของตำรับเปรียบเทียบ

*สูตรปุ๋ยผักใบในตำรับที่ 1 เป็นสูตรที่ส่งเสริมให้แก่เกษตรกรโดยมูลนิธิโครงการหลวง ใช้เป็นตำรับเปรียบเทียบ โดยให้ปุ๋ยร่วมกับน้ำชลประทาน (fertigation) ชนิดของปุ๋ยที่ใช้ประกอบด้วย

Stock A ได้แก่ แม่ปุ๋ย $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ และ Fe-EDTA (13%)

Stock B ได้แก่ แม่ปุ๋ย KNO_3 KH_2PO_4 NH_2CONH_2 MgSO_4 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ H_3BO_3 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (8.2%)

ในตำรับที่ 4 5 6 และ 7 ใช้ปุ๋ยเคมีประเภทละลายน้ำง่าย โดยใส่ปุ๋ยในโตรเจนและโพแทสเซียมปริมาณเท่ากับในตำรับที่ 1 แต่ปรับลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสลงตามอัตราส่วน อีกทั้งไม่ใส่จุลธาตุและธาตุอาหารรอง ปุ๋ยเคมีที่ใช้ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (12-60-0) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

**สูตรปุ๋ยในตำรับที่ 2 ให้ปุ๋ยในรูปปุ๋ยเม็ด ประกอบด้วยปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 รองก้นหลุมเมื่ออายุ 7-10 วันหลังจากย้ายกล้าลงปลูกในแปลงปลูกใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 15-15-15 ในอัตราส่วน 1:2 เมื่ออายุได้ 25-30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21

***สูตรปุ๋ยในตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยในรูปปุ๋ยเม็ดเช่นเดียวกับในตำรับที่ 2 โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 รองกันหลุม หลังย้ายไปปลูกในแปลงได้ประมาณ 10 วันใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และ 15-15-15 ในอัตราส่วน 1:1 และเมื่ออายุได้ 35 วันใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21

หมายเหตุ ปริมาณธาตุปุ๋ยที่ใช้ในแต่ละตำรับการทดลองต่อ 1 ฤดูกาลปลูกแสดงไว้ในตารางที่ 1

2. วิธีการดำเนินการทดลอง

2.1 การเตรียมแปลงปลูก

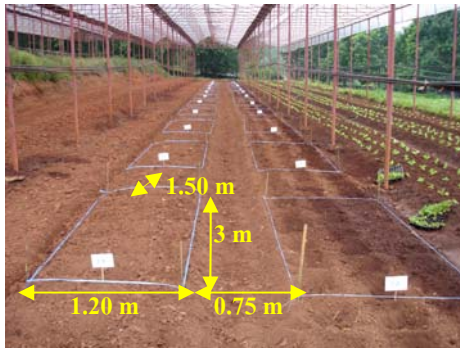
เตรียมแปลงในโรงเรือนที่คลุมหลังคาด้วยพลาสติก แปลงย่อยมีขนาด กว้าง 1.20 เมตร ยาว 3 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลงเท่ากับ 1.50 เมตร มีจำนวนทั้งหมด 28 แปลงย่อย ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,600 กิโลกรัมต่อไร่ คลุกเคล้าให้เข้ากันและปรับพื้นที่ให้มีความสม่ำเสมอ ขุดหลุมปลูกโดยมีระยะระหว่างต้นและระหว่างแถว เท่ากับ 30 x 30 เซนติเมตร จำนวน 21 หลุมต่อแปลงย่อย

2.2 การเตรียมกล้าพืช

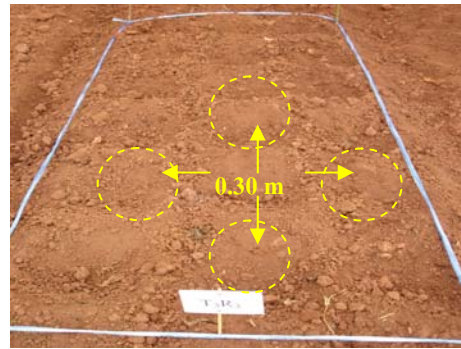
ใช้เมล็ดผักกาดหอมห่อพันธุ์ Fame เพาะในถาดหลุมขนาด 104 หลุม โดยใช้วัสดุผสมสำเร็จเป็นวัสดุเพาะกล้า ใช้ไม้บรรทัดขีดเป็นแนวทแยงลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร หยอดเมล็ดผักกาดหอมห่อหลุมละ 1 เมล็ด กลบทับบาง ๆ ด้วยวัสดุเพาะกล้า เมื่อดันกล้าอายุได้ 25 วันหลังเพาะเมล็ดจึงย้ายลงปลูกในแปลง

2.3 การปฏิบัติดูแลรักษา

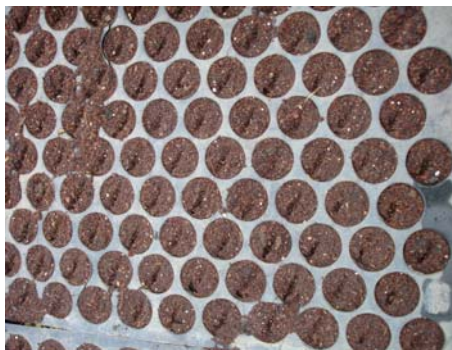
ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดและสปริงเกอร์ ระยะแรกให้น้ำทุกวันวันละครั้ง พิจารณาตามสภาพความชื้นของดิน ปลูกซ่อมเมื่อพืชอายุได้ 7 วันหลังจากมีการย้ายกล้าไปปลูก ในแต่ละสัปดาห์ก่อนใส่ปุ๋ยจะมีการพรวนดินเพื่อกำจัดวัชพืชและทำให้ดินร่วนโปร่ง มีการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดก่อนใส่ปุ๋ยตามตำรับการทดลอง การกำจัดวัชพืชจะดำเนินการสลับกับการพ่นสารเคมีกำจัดโรคและแมลงในทุกสัปดาห์ (หากพบปัญหาดังกล่าว) สัปดาห์สุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยวจะไม่มีการให้ปุ๋ยและพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 1 แสดงการเตรียมแปลงปลูก (ก) และระยะปลูก (ข) ผักกาดหอมห่อในโรงเรือน การเตรียมกล้าพืช (ค) และต้นกล้าอายุ 25 วันหลังเพาะเมล็ดพร้อมย้ายลงแปลงปลูก (ง) การปฏิบัติดูแลรักษา มีการให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด (จ) และสปริงเกอร์ (ฉ)

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณปุ๋ยที่ใช้ทั้งหมดต่อ 1 ฤดูปลูก

คำรับการทดลอง	ปริมาณธาตุปุ๋ย (กิโลกรัม/ไร่)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
คำรับที่ 1	154.13	22.29	97.78
คำรับที่ 2	73.39	58.29	42.29
คำรับที่ 3	79.94	47.81	58.48
คำรับที่ 4	154.13	0.00	97.78
คำรับที่ 5	154.13	16.70	97.78
คำรับที่ 6	154.13	11.11	97.78
คำรับที่ 7	154.13	5.59	97.78

2.4 การเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยวผักกาดหอมห่อที่อายุประมาณ 45-50 วันหลังย้ายกล้าไปปลูกในแปลง โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตและความแน่นของปลี

3. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช

3.1 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนการปลูกครั้งที่ 1 และหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในการปลูกครั้งที่ 3 โดยเก็บดินบนและดินล่างที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำการสุ่มเก็บ 2 จุดต่อ 1 แปลงย่อย ผึ่งดินให้แห้งในที่ร่ม บดดินด้วยโกร่งบดดิน แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 และ 0.5 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ที่ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

3.1.1 การปฏิบัติงานในภาคสนาม

ศึกษาหน้าตัดดินบริเวณโรงเรียนที่ทำการศึกษา โดยขุดหลุมให้มีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาดินในสนามศึกษา

สิ่งแวดล้อมพร้อมคำอธิบายหน้าตัดดินในแต่ละชั้นดิน (เอิบ, 2547) พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่

1) ตัวอย่างดินที่ถูกกรบกวน (disturbed soil sample) โดยเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมอย่างน้อยร้อยละ 60 ของเนื้อที่ผิวหน้าแนวดิ่งของแต่ละชั้น หน้าประมาณ 2 กิโลกรัม

2) ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil sample) เลือกเก็บดินชั้นที่ต้องการนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (hydraulic conductivity) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) (เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 1997)

3.1.2 การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1) วิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธีไปเปต (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) แล้วนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแจกแจงประเภทของเนื้อดินโดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดิน ตามการกำหนดของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (National Soil Survey Center, 1996)

2) การวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธี core method (National Soil Survey Center, 1996)

3) การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยใช้พลังงานขับเคลื่อนแปร (variable head method) (Klute, 1965)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1) ปฏิกริยาดิน (soil reaction, pH) วัดโดยใช้เครื่องวัดปฏิกริยาดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลาย 1 M KCl เท่ากับ 1:1 (Thomas, 1996; National Soil Survey Center, 1996)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) ใช้วิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934) คำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

$$\text{Organic matter (\%)} = \% \text{Organic carbon} \times 1.724$$

3) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) ย่อยสลายโดย $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-NaSO}_4\text{-Se}$ mixture และวัดโดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method (Jackson, 1965)

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) สกัดดินโดยวิธี Bray II (Bray and Kuntz, 1945) วิเคราะห์โดยวิธี colorimeter และหาปริมาณโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer

5) ปริมาณเบสที่สกัดได้ (extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่เป็นประโยชน์ (available K, Ca, Mg) ทำการสกัดด้วยสารละลาย 1N NH_4OAc pH 7.0 (Peech, 1945) และวิเคราะห์ปริมาณโดยใช้ Atomic absorption spectrophotometer

6) ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) ทำการสกัดด้วยสารละลายแบเรียมคลอไรด์ไตรเอทานอลามีน (barium chloride-triethanolamine) pH 8.2 (Peech, 1965)

7) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity; CEC) โดยการชะละลายแคตไอออนด้วยแอมโมเนียมอะซิเตดที่เป็นกลาง และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออนแล้วคำนวณค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

8) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าปริมาณเบสที่สกัดได้ และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (National Soil Survey Center, 1996) ดังสูตร

$$\% \text{ BS} = \frac{\text{Extractable Bases}}{\text{Extractable Bases} + \text{Extractable Acidity}} \times 100$$

3.2 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ตัวอย่างพืช

เก็บตัวอย่างพืชหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ชั่งน้ำหนักสดเฉพาะส่วนของต้น (รวมใบ) ในทุกแปลงโดยใช้เครื่องชั่ง สุ่มเก็บผักกาดหอมต่อจำนวน 2 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย กำจัดสิ่งปนเปื้อนที่ติดมากับตัวอย่างแล้วบรรจุในถุงกระดาษ อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาประมาณ 120 ชั่วโมง หรืออบจนน้ำหนักแห้งคงที่ จึงนำออกมาชั่งเพื่อหาน้ำหนักแห้งของต้น (รวมใบ)

การเตรียมตัวอย่างพืชสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพืช โดยการนำตัวอย่างออกจากคู่อบวางไว้ให้เย็นในอุณหภูมิห้อง ริปชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วบดจนละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช เก็บตัวอย่างพืชไว้ในถุงกระดาษขนาดเล็ก เพื่อสะดวกในการนำตัวอย่างไปอบอีกครั้ง และนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชในห้องปฏิบัติการ โดยย่อยสลายตัวอย่างพืชด้วย digestion mixture ($\text{H}_2\text{SO}_4\text{--Na}_2\text{SO}_4\text{--Se}$ mixture) เพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด และย่อยด้วย $\text{HNO}_2\text{--H}_2\text{SO}_4\text{--HClO}_4$ acid mixture digestion เพื่อหาปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด ดังนี้

1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยวิธีการกลั่น Micro-Kjeldahl method (ทศนีย์ และจรงค์, 2542; Mill and Jones, 1996)

2) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorous) โดยวิธี vanado-molybdate yellow color (Jaskson, 1958)

3) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Mill and Jones, 1996)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ และจากการทดลองในแปลง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value และค่าทางสถิติอื่น ๆ ไว้สำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

5. สถานที่และระยะเวลาในการทดลอง

5.1 สถานที่ทำการทดลอง

การศึกษาภาคสนาม ใช้พื้นที่โรงเรียนภายในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

5.2 ระยะเวลาในการทดลอง

ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2549 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550

ผลและวิจารณ์

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่และลักษณะดินบริเวณพื้นที่ศึกษา

1.1 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง ตั้งอยู่ที่บ้านห้วยตอง หมู่ 10 ตำบลแม่วิน อำเภอแม่แวว จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่รับผิดชอบ 102.08 ตารางกิโลเมตร หรือ 63,802 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ 11 หมู่บ้าน 609 ครัวเรือน ประชากรในพื้นที่ประกอบด้วยชาวไทยภูเขาเผ่ากะเหรี่ยงและม้ง พื้นที่มีลักษณะของสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาซับซ้อน สูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 960-1,200 เมตร พื้นที่ราบบริเวณหุบเขาถูกใช้ประโยชน์ในการทำนาและปลูกพืชผัก พืชผักที่ปลูก ได้แก่ ผักกาดหอม ห่อ ผักกาดขาวปลี กะหล่ำปลี และแครอท เป็นต้น หรือปลูกไม้ดอกไม้ประดับ ได้แก่ จิบไซฟิลลา ปักษาสวรรค์ แคลลาลิลลี่ เป็นต้น ส่วนพื้นที่ลาดเชิงเขาเหมาะสำหรับปลูกไม้ผล เช่น บัวย พลับ พลัม อาโวคาโด ส่วนพืชไร่ ได้แก่ กาแฟ และถั่วเหลือง เป็นต้น อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่เท่ากับ 17 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,400 มิลลิเมตรต่อปี เกษตรกรใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำทุ่งหลวง โดยมีคันเหมืองซีเมนต์ทอดน้ำลงมาใช้ในพื้นที่หมู่บ้านทุ่งหลวง และจากอ่างเก็บน้ำบนต้นน้ำแม่วินที่ไหลลงสู่ลำห้วยแม่วิน

1.2 สันฐานวิทยาของดิน

ดินที่ทำการศึกษบริเวณพื้นที่โรงเรียนสำหรับปลูกผักกาดหอมห่อภายในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง บ้านห้วยตอง ตำบลแม่วิน อำเภอแม่แวว จังหวัดเชียงใหม่ มีลักษณะเด่นคือเป็นดินดอนที่ลึกมาก มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-Bt6 สภาพพื้นที่เป็นที่ราบหรือเกือบราบ เนื่องจากการปรับพื้นที่เพื่อทำขั้นบันไดฐานกว้าง ที่มีความลาดชันร้อยละ 0.5 (วัดตามความยาวของเรือนทดลอง บนขั้นบันไดดินที่มีการตัดแปลง) ดินเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนหินดาตเชิงเขา (colluvium) วางตัวอยู่บนวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นวัสดุตกค้าง (residuum) ของหินไนส์ ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำของดินเร็ว การไหลบ่าของน้ำตามผิวดินช้า

ดินบนหนา 31 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นสีผสมของสีน้ำตาลเข้มและสีแดง เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทน

ของโครงสร้างดี ดินเมื่อแห้งจะแตกออกเป็นก้อนแข็งมาก แต่เมื่อชื้นเม็ดดินจะจับตัวกันเป็นก้อน ต้องใช้แรงกดพอประมาณ ดินจึงจะแตกออกจากกันเป็นเม็ด ๆ ดินเมื่อเปียกจะเหนียวและสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่าย ค่าปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ (field pH 5.5)

ดินล่างลึกตั้งแต่ 31-200+ เซนติเมตร มีสีแดงตลอดหน้าตัดดิน เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงปานกลาง มีความคงทนของโครงสร้างดี ดินเมื่อแห้งจะแตกออกจากกันได้ง่าย เมื่อชื้นเม็ดดินจะจับตัวกันเป็นก้อน ดินเปียกจะค่อนข้างเหนียวและสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ง่าย ค่าปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง (field pH 5.5-6.0)

ลักษณะเชิงสัณฐานวิทยาของพื้นที่ทำการศึกษา พบว่า ดินเป็นดินลึก ตามมาตรฐานความลึกดินในสนาม (เอิบ, 2547) เนื่องจากมีอิทธิพลของการผุพังอยู่กับที่ลงไปในระดับลึกมากกว่าการกร่อน (เอิบ, 2533; Butzer, 1976) ความลึกของชั้นดินบน (ชั้น A) ที่ระดับความลึก 0-31 เซนติเมตร มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; เอิบ, 2533) ทำให้ดินบนมีสีคล้ำกว่าดินล่าง และอิทธิพลของดินที่ได้จากการไถพรวนทางการเกษตร ทำให้มีการผสมคลุกเคล้าของอินทรีย์วัตถุ และในชั้นดินล่างแสดงลักษณะที่มีการสะสมดินเหนียว (Bt)

สีดิน มีตั้งแต่สีน้ำตาลเข้มจนถึงสีแดง โดยสีของชั้นดินบนจะคล้ำกว่าสีของชั้นดินล่าง เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่า (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 1997) ดินสีแดงเนื่องจากมีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตามกระบวนการเกิดดินที่ให้สีน้ำตาลปนแดง (rubification) และการเกิดสีแดง (ferrugination) (Buol *et al.*, 1997) โดยดินสีแดงมักเป็นดินลึก มีการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศดี (Soil Survey Division Staff, 1993) ทั้งนี้เพราะดินมีการจับตัวเป็นเม็ดโดยอิทธิพลของสารเชื่อมพวกเหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์ ดินเหล่านี้มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อย และมีปัญหาการตรึงอนุมูลฟอสเฟตจากปุ๋ยเนื่องจากอิทธิพลของออกไซด์ข้างต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

1.3 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีบางประการ

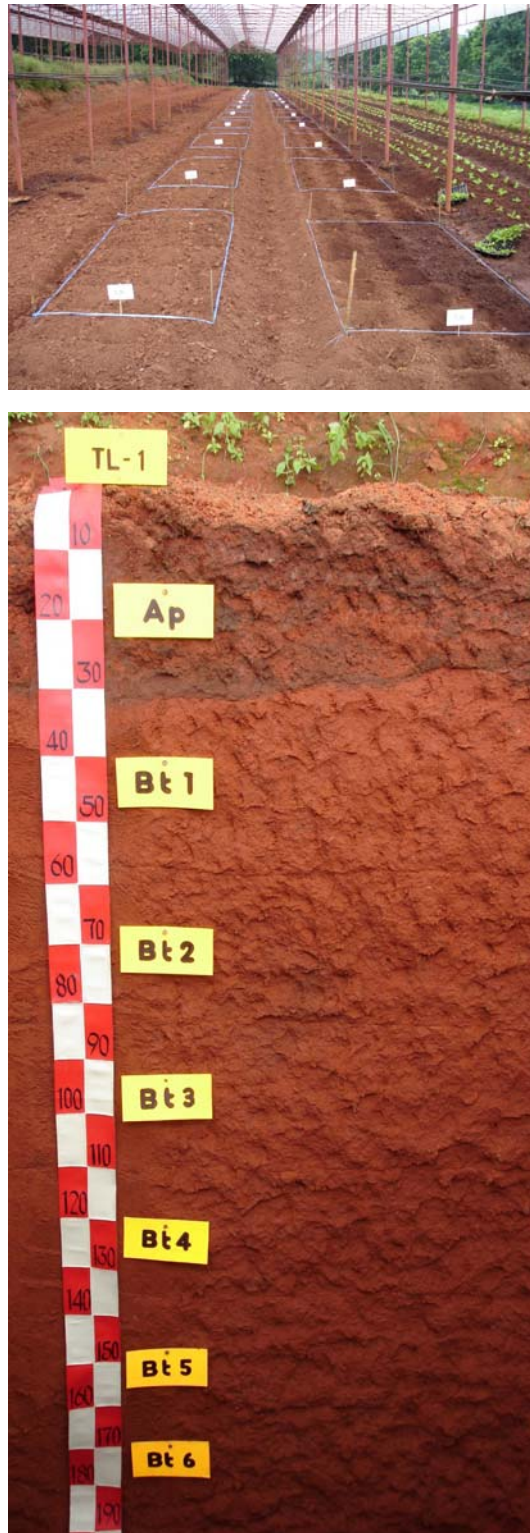
1.3.1 สมบัติทางกายภาพ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย การกระจายของขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ มีดังต่อไปนี้ (ตารางผนวกที่ 1)

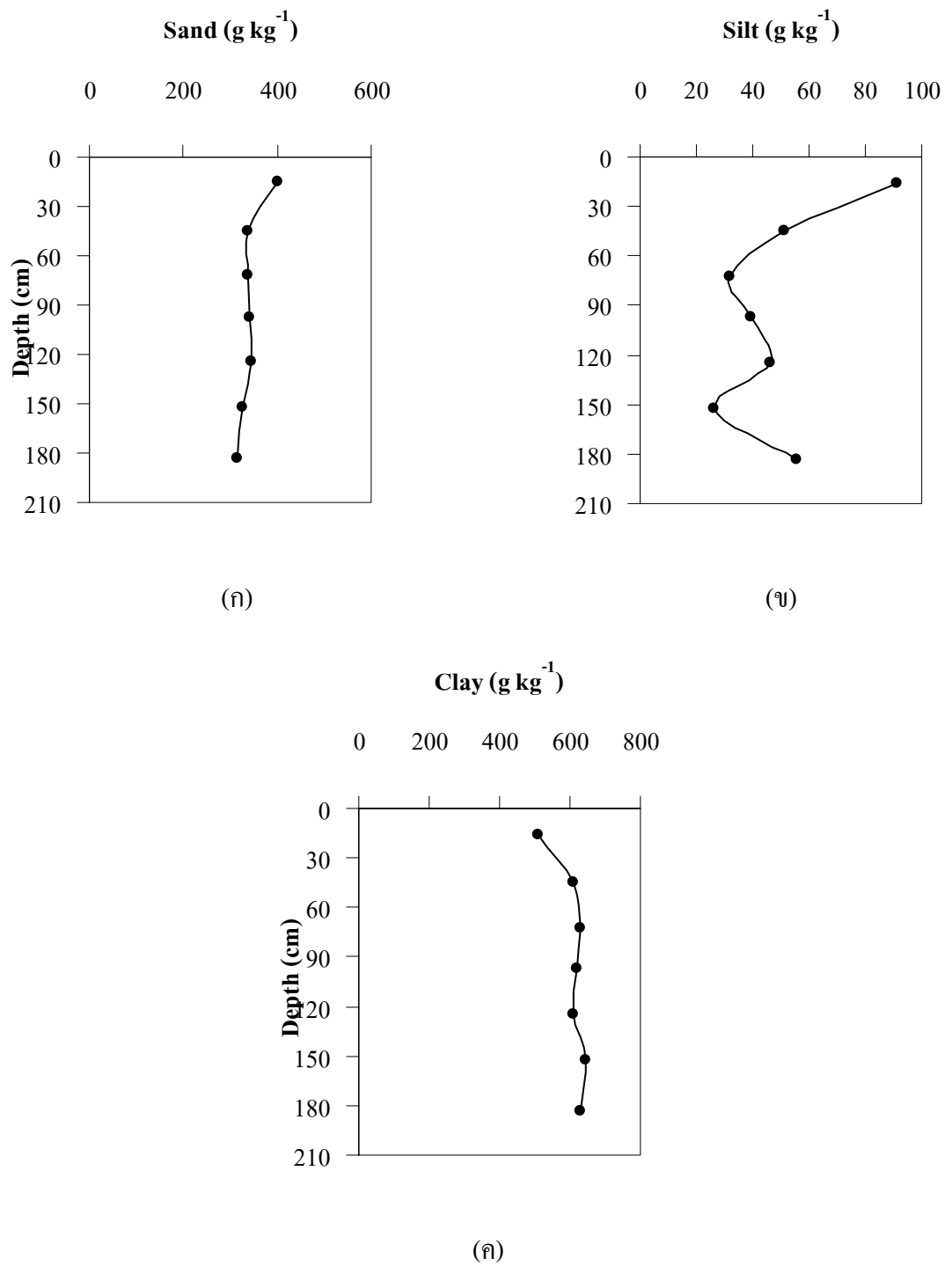
1) การกระจายของขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

ผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของขนาดอนุภาคในชั้นดินต่าง ๆ พบว่า การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินต่าง ๆ อยู่ในพิสัย 315-401 กรัมต่อกิโลกรัม โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแบ่งอยู่ในพิสัย 26-91 กรัมต่อกิโลกรัม มีค่าแปรปรวนแต่มีแนวโน้มลดลงตามความลึก และเพิ่มขึ้นในช่วงความลึก 85-139 เซนติเมตร และการกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินต่าง ๆ อยู่ในพิสัย 508-629 กรัมต่อกิโลกรัม มีการเพิ่มขึ้นของดินเหนียวอย่างชัดเจนตามความลึก เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ชั้นเนื้อดินพบว่า ชั้นดินบนและล่างเป็นดินเหนียว มีเนื้อละเอียด (ตารางผนวกที่.3 การแบ่งกลุ่มของชั้นดิน) (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

ดินบริเวณที่ทำการศึกษาเป็นดินมีพัฒนาการดี มีการแสดงการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้ดินตอนบนมีอนุภาคขนาดทรายเหลืออยู่มาก ส่วนชั้นดินล่างจะมีอนุภาคขนาดเล็กโดยเฉพาะดินเหนียวเพิ่มขึ้น เข้าเกณฑ์ของชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลลิก (Buol *et al.*, 1997; Soil Survey Staff, 1999)



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะสภาพภูมิประเทศ และภาพหน้าตัดดินบริเวณที่ทำการศึกษา



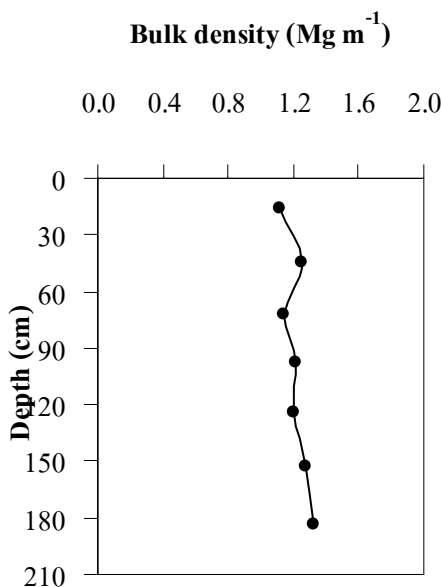
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และ อนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

2) ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินวัดโดยวิธี core method ตามความลึกในแต่ละชั้น แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 และใช้เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน ในตารางผนวกที่ 7 (นงคราญ, 2529)

ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน พบว่า ชั้นดินบนมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.12 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนชั้นดินล่างอยู่ในต่ำถึงระดับค่อนข้างต่ำ (1.15-1.33 เมกกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) (ภาพที่ 3)

ดินบริเวณที่ทำการศึกษามีความหนาแน่นของดินบนต่ำกว่าในดินล่าง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งโดยทั่วไปที่ดินบนมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินล่าง เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าและมีการเคลื่อนย้ายของอนุภาคขนาดดินเหนียวสู่ดินชั้นล่าง ซึ่งอนุภาคที่มีขนาดเล็กละเอียดจะแทรกตัวอยู่ในช่องว่างดิน ทำให้ดินแน่นขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Foth, 1990) อีกทั้งเมื่อตัดแปลงสภาพพื้นที่ให้เป็นขั้นบันได (terracing) และใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรขนาดใหญ่ในการเตรียมแปลงปลูก จึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นรวมของดิน โดยเฉพาะในชั้นดินตอนบน



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแน่นรวมกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

3) ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำในบริเวณที่ศึกษา ใช้เกณฑ์การแบ่งระดับชั้นตามตารางผนวกที่ 4 ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินแสดงถึงความยากง่ายในการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดิน ชนิดของเนื้อดิน ปริมาณและความต่อเนื่องของช่องว่างในดินเป็นหลัก ซึ่งดินที่มีโครงสร้างดินที่โปร่งและมีเนื้อดินหยาบน่าจะทำให้น้ำไหลผ่านได้ดีกว่าดินที่มีโครงสร้างแน่นทึบและเนื้อดินละเอียด (สุนทรี, 2529) จากการศึกษาพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินในชั้นดินบนอยู่ในระดับเร็วมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 46.25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนชั้นดินล่างอยู่ในระดับช้ามากถึงช้า มีค่าอยู่ในพิสัย 0.03-0.40 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องจาก ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่าง ซึ่งอินทรีย์วัตถุมีอิทธิพลที่ทำให้เกิดการเชื่อมตัวกันของอนุภาคดิน ทำให้อนุภาคดินเกาะยึดกันเป็นเม็ดดิน ก่อให้เกิดโครงสร้างของดินที่ดีสามารถดูดซับน้ำไว้ได้มาก ทำให้ดินมีสภาพร่วนซุย มีการซาบซึมน้ำและการระบายอากาศดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

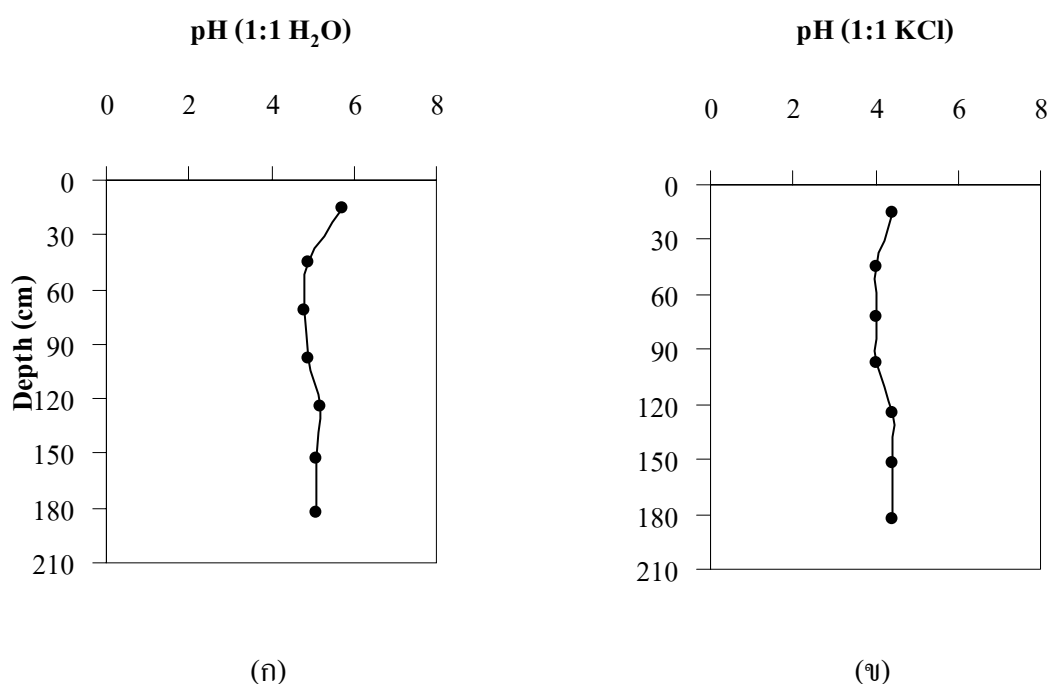
1.3.2 สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา แสดงผลไว้ในตารางผนวกที่ 2 โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตามตารางผนวกที่ 5 (เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Protect Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993) ผลการศึกษามีดังนี้

1) ปฏิกริยาดิน

ค่าปฏิกริยาดินในพื้นที่ที่ทำการศึกษา วัดโดยใช้ดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ชั้นดินบนมีค่าปฏิกริยาดินอยู่ในระดับกรดปานกลาง (pH 5.7) ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าปฏิกริยาดินอยู่ในระดับกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.8-5.2) ส่วนการวิเคราะห์ค่าปฏิกริยาดินโดยใช้อัตราส่วนดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1N ในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ดินมีค่าปฏิกริยาดินอยู่ในระดับกรดรุนแรงมาก (pH 4.0-4.4) โดยที่ชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับกรดรุนแรงมาก (pH 4.4) และชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในช่วงเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0-4.4) ซึ่งมีแนวโน้มลักษณะเดียวกันกับค่าที่วัดได้โดยใช้ดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 4)

ผลการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดินที่ศึกษา พบว่า ค่าที่วัดโดยใช้น้ำจะมีค่าสูงกว่าค่าที่วัดโดยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ ทำให้ผลต่างของค่าปฏิกิริยาของดินมีค่าเป็นลบ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการที่ดินมีระบบดินที่มีประจุสุทธิ (net charge) เป็นลบ ที่เน้นระบบการแลกเปลี่ยนประจุบวกหรือแคตไอออน ซึ่งเป็นธรรมชาติของระบบที่ถูกควบคุมโดยอิทธิพลของแร่ดินเหนียวซิลิเกต (Sanchez, 1976) ค่าปฏิกิริยาของดินที่วัดโดยน้ำอยู่ในระดับเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.8-5.7) เนื่องจากดินมีพัฒนาการค่อนข้างสูง เกิดการชะล้างเบสิกแคตไอออน (Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} และ Na^{+}) ออกไปจากหน้าตัดดิน ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนเข้ามาแทนที่บนผิวอนุภาคดินเหนียว จนในที่สุดเมื่อพื้นที่ผิวของอนุภาคดินมีไฮโดรเจนมากขึ้น และมีปริมาณสูงกว่าเบสิกแคตไอออน ก็ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548; Foth, 1990) ค่าปฏิกิริยาดินที่ต่ำกว่า 5.5 ธาตุฟอสฟอรัสจะรวมตัวเป็นสารประกอบกับเหล็กและอะลูมิเนียมที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช และอะลูมิเนียมที่ละลายออกมามากอาจเป็นพิษต่อพืชได้ (Landon, 1991)



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในน้ำ (ก) และค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในสารละลาย 1 M KCl (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ทำการศึกษา พบว่า ชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง อยู่ในพิสัย 25.73 กรัมต่อกิโลกรัม และชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก อยู่ในพิสัย 1.34-5.41 กรัมต่อกิโลกรัม โดยที่ชั้นดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจนและมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในตอนล่างของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 5)

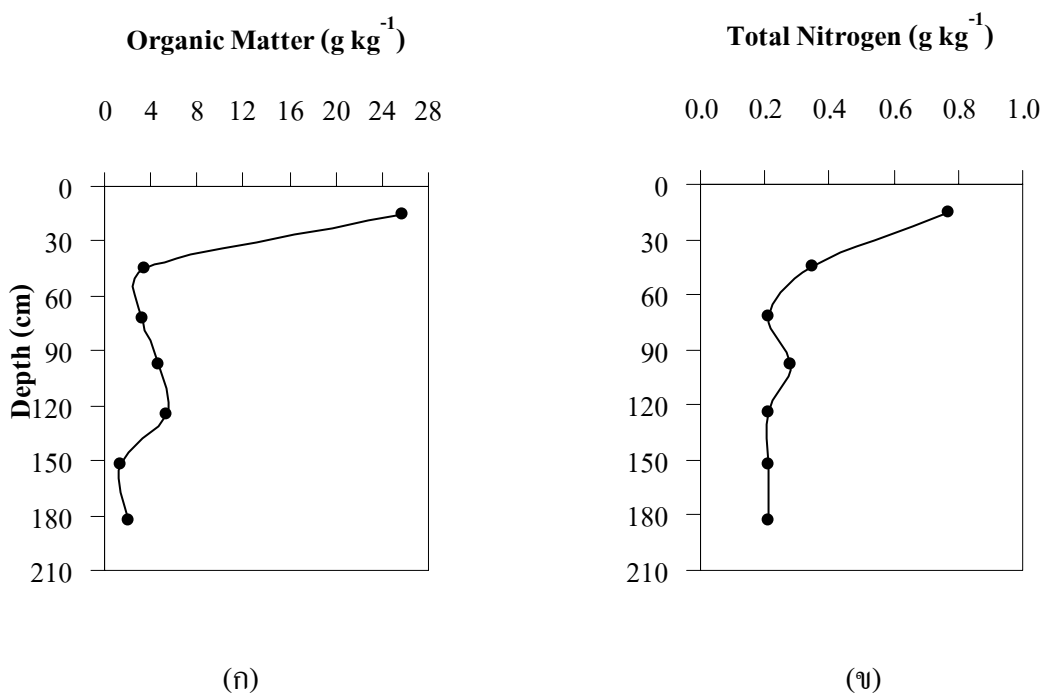
การที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนสูงกว่าชั้นดินล่าง เนื่องจากชั้นดินบนเป็นชั้นที่ทับถมของเศษพืช ใบ ลำต้น ที่ปกคลุมอยู่บนผิวดินและรากพืช อีกทั้งการเตรียมแปลงปลูกแต่ละครั้งที่ปลูกยังใส่ปุ๋ยคอก เมื่อไถกลบจะสลายตัวตามธรรมชาติ ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่ในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง (Thomson and Troeh, 1978)

3) ปริมาณไนโตรเจนรวม

ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินที่ทำการศึกษา จากการวิเคราะห์พบว่า ชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง อยู่ในพิสัย 0.77 กรัมต่อกิโลกรัม และชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก อยู่ในพิสัย 0.21-0.35 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 5) โดยส่วนใหญ่ชั้นดินบนจะมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งสำคัญของไนโตรเจนในดิน (ไพบูลย์, 2528) และโดยทั่วไปพื้นที่ทำการเกษตรชั้นดินบน (ลึก 0-15 เซนติเมตร) มีอินทรีย์วัตถุเพียงร้อยละ 0.5-5.0 โดยน้ำหนัก (ไพบูลย์, 2546)

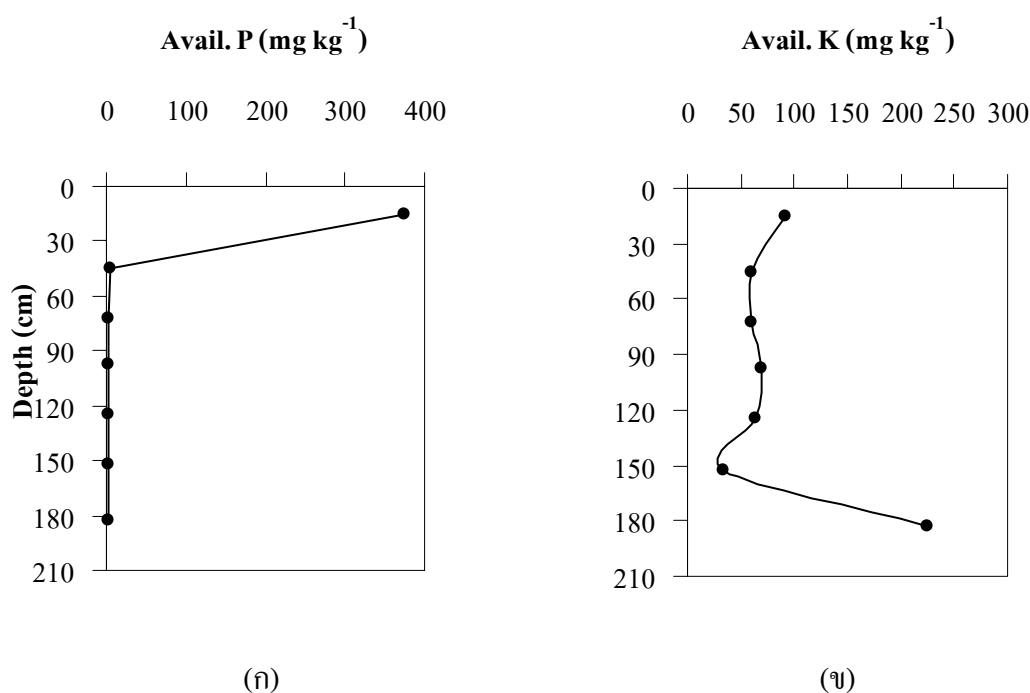
4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในชั้นดินบนของหน้าตัดดินมีค่าอยู่ในระดับสูงมากถึง 375.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ อยู่ในพิสัย 2.31-5.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส มีความสัมพันธ์กับค่าปฏิกิริยาดิน จากผลการวิเคราะห์พบว่า ดินมีค่าปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่เป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.8-5.7) ซึ่งฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยไอออนบวกที่ละลายได้พวก Fe^{+2} Al^{+3} และ ไฮดรอกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากของสารประกอบเหล็กฟอสเฟต และสารประกอบอะลูมิเนียมฟอสเฟต มีผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง (ชัยฤกษ์, 2529; Brady and Weil, 1999) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยเป็นแหล่งของฟอสเฟตอินทรีย์ (Sanchez, 1976) ซึ่งในดินที่ศึกษามีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (1.34-25.73 กรัมต่อกิโลกรัม) จึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผันแปรจากระดับต่ำมากถึงสูงมากไปด้วย อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่ศึกษา มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงในดินบน เนื่องจากผลตกค้างจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างต่อเนื่องของเกษตรกร โดยพืชที่ปลูกไม่สามารถใช้ได้หมด



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่า ในชั้นดินบนของหน้าตัดดินมีค่าอยู่ในระดับสูง (91.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนชั้นดินล่างมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก อยู่ในพิสัย 60.15-224.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาภายในหน้าตัดดิน พบว่า ชั้นดินบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าชั้นดินล่างตอนบน และเพิ่มมากขึ้นในชั้นดินตอนล่างของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 6)

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่มีค่าสูงในชั้นดินบน แล้วลดลงตามความลึกในชั้นดินล่างตอนบนอาจเป็นผลมาจากอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปมีการสะสมอยู่ในดินบนมากกว่าดินล่าง เมื่อมีการย่อยสลายอินทรีย์สารจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์บางส่วนแก่ดิน (Brady and Weil, 1999) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในระดับความลึก 166-200+ เซนติเมตร มีค่าอยู่ในระดับสูงมาก ซึ่งอาจเป็นผลจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่

เป็นหินไนส์ ซึ่งมีแร่ไมกาเป็นองค์ประกอบสำคัญ เมื่อสลายตัวแร่นี้จะให้โพแทสเซียมแก่ดิน (Sanchez *et al.*, 1983)

6) ปริมาณเบสที่สกัดได้

ปริมาณเบสที่สกัดได้ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และ โซเดียม ซึ่งปริมาณที่พบมีดังนี้ (ภาพที่ 7)

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของดิน ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (4.19 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมาก (0.55-1.02 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ซึ่งปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของดินในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (0.56 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมาก (0.02-0.09 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ของดินในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ (0.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในชั้นดินล่างตอนบนจนถึงตอนกลางของหน้าตัดดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก (0.09-0.18 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในชั้นดินล่างตอนล่าง (166-200+ เซนติเมตร) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง (0.58 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และเพิ่มสูงขึ้นในชั้นดินล่างตอนล่าง ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้เป็นเพียงร้อยละ 1-2 ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นจึงพบปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในปริมาณที่ต่ำกว่าปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Brady and Weil, 1999)

ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้

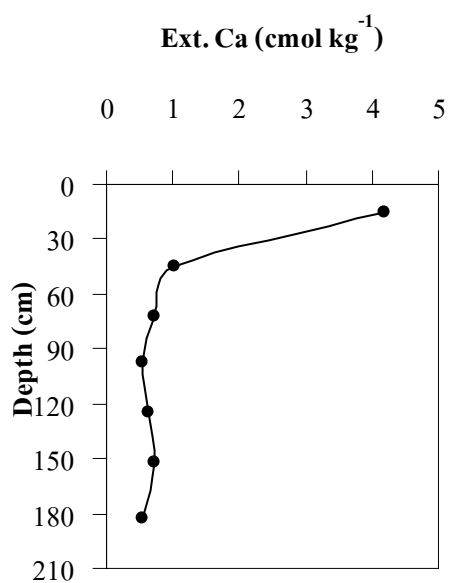
ผลการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ ในชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีอยู่ในระดับสูงมาก (3.41-3.85 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) จะเห็นได้ว่าปริมาณที่วิเคราะห์ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน และแสดงแนวโน้มที่ค่อนข้างคงที่ตามความลึก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบสที่สกัดได้ จะเห็นได้ว่า ดินที่ทำการศึกษามีพัฒนาการดี ในชั้นดินบนจะมีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ในอยู่ในระดับต่ำ และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก ส่วนปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีอยู่ในระดับสูงมากตลอดหน้าตัดดิน

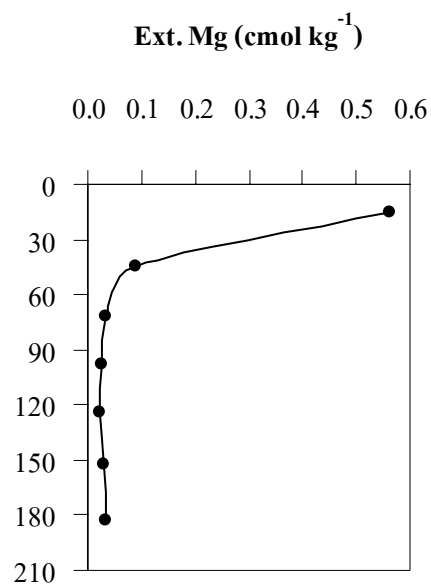
7) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ของดินในพื้นที่ศึกษา พบว่า ในชั้นดินบนพบอยู่ในระดับปานกลาง (8.45 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนในชั้นดินล่างอยู่ในระดับต่ำ อยู่ในพิสัย 4.18-5.12 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 8)

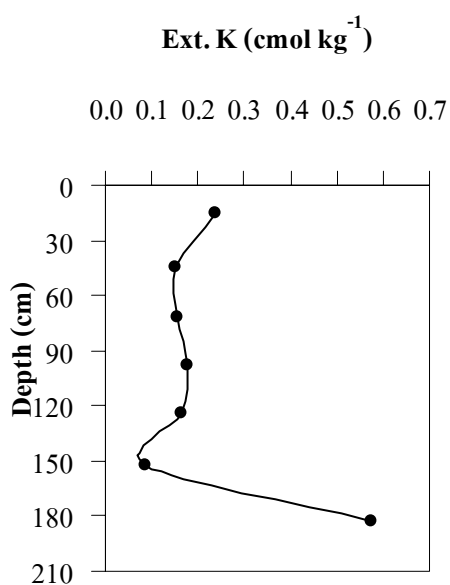
ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากพื้นที่อยู่ในเขตร้อนชื้น จึงมีกระบวนการชะละลายทำให้สูญเสียเบสที่แตกไอออนไปจากหน้าตัดดิน ซึ่งเป็นลักษณะของดินที่มีพัฒนาการ (Thomson and Troeh, 1978; Sanchez *et al.*, 1983)



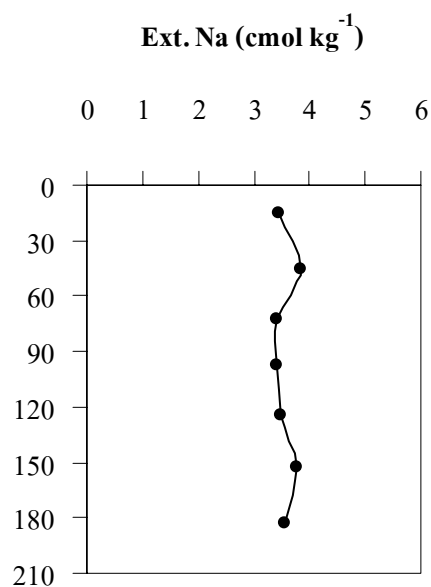
(ก)



(ข)



(ค)



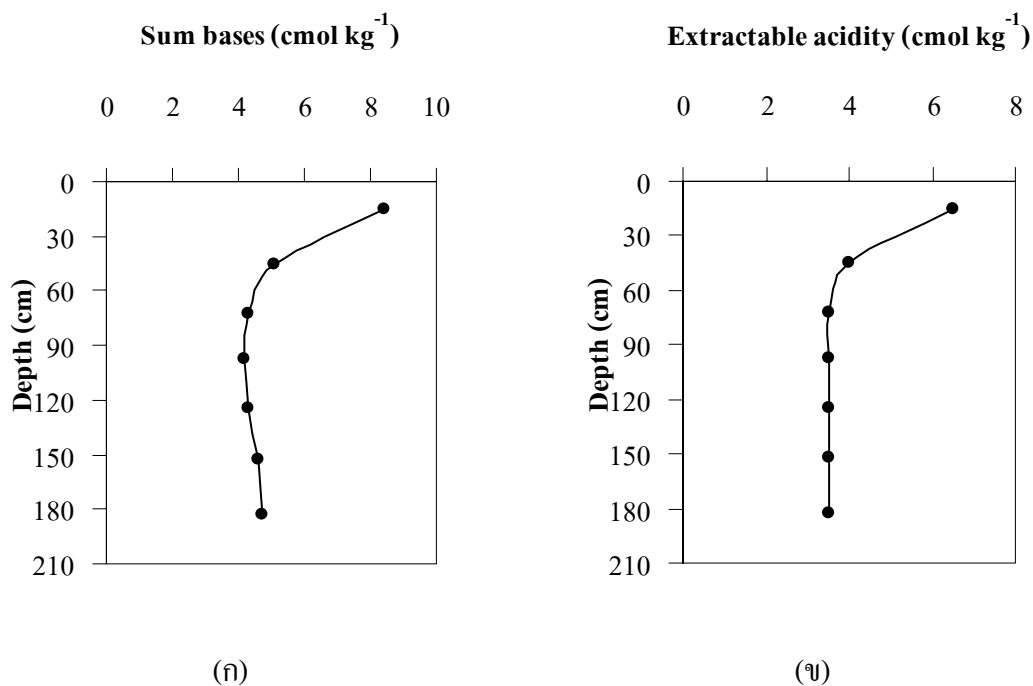
(ง)

ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) และปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

8) ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (6.50 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ส่วนชั้นดินล่างอยู่ในระดับปานกลาง มีพิสัยอยู่ระหว่าง 3.50-4.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก (ภาพที่ 8)

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ส่วนใหญ่จะมีความสัมพันธ์กับค่าปฏิกิริยาและปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่าดินบนมีปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้สูงกว่าดินล่าง เนื่องจากในดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินล่าง เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวอนุมูลกรดในอินทรีย์วัตถุก็จะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (Brady and Weil, 1999)



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

9) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ผลการวิเคราะห์ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน โดยวิธี 1 M NH₄OAc ที่เป็นกลาง พบว่า ชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง (14.95 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และชั้นดินล่างมีค่า

อยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ โดยอยู่ในพิสัย 3.75-6.00 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในตอนล่างของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 9)

ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ในชั้นดินบนจะมีค่าสูงกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก สำหรับค่าประจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่ทำการศึกษามีความสัมพันธ์กับเนื้อดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน รวมถึงชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว ซึ่งในชั้นดินบนค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่สูงกว่าดินล่างเป็นผลมาจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนที่มีปริมาณสูงกว่าชั้นดินล่างมาก ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว (Sanchez, 1976; Young, 1976) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ดินในบริเวณที่ทำการศึกษประกอบไปด้วยแร่ดินเหนียวที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ซึ่งน่าจะ ได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ และกลุ่มแร่เหล็กออกไซด์ ซึ่งอาจจะรวมไปถึงอะลูมิเนียมออกไซด์ด้วย

10) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส

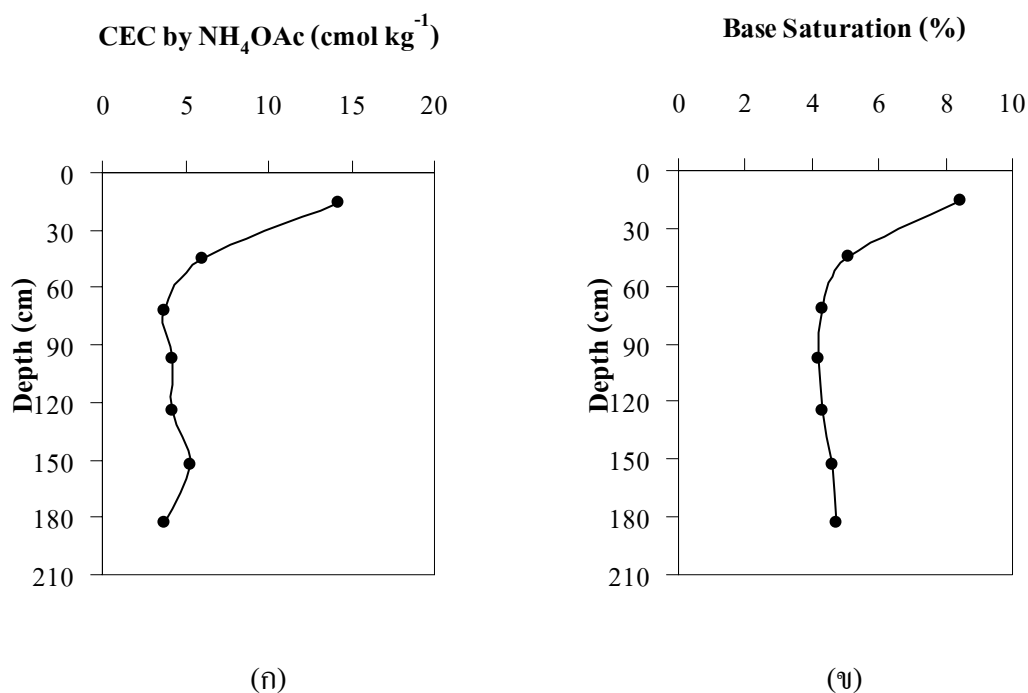
อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินที่ศึกษา พบว่า ชั้นดินบนและดินล่างมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง อยู่ในพิสัยร้อยละ 54.44-57.35 (ภาพที่ 9) ซึ่งอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา ส่วนใหญ่มีค่าใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตามความลึก ซึ่งดินมีความอิ่มตัวด้วยเบสสูงกว่าร้อยละ 35 อาจเนื่องจากอิทธิพลของการชะละลายยังเกิดไม่รุนแรงมากนัก ทำให้เบสิกแคตไอออนยังคงหลงเหลือและสะสมอยู่ในหน้าตัดดิน

1.4 หน่วยการจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะดินทางฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา สามารถจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) ได้ดังต่อไปนี้

1) การจำแนกชั้นสูง

การจำแนกในชั้นอันดับ (order) ของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ภายในหน้าตัดดินมีการสะสมดินเหนียวในดินล่างที่ชัดเจนที่เรียกว่าชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลิก (argillic horizon) และมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสสูงกว่าร้อยละ 35 จึงจัดอยู่ในอันดับแอลฟิซอลส์ (Alfisols)



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน โดยวิธีแอมโมเนียมอะซิเตต (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

การจำแนกในชั้นอันดับย่อย (suborder) เนื่องจากพื้นที่ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างมาก อากาศค่อนข้างเย็น ทำให้ดินมีความชื้นในรอบปีต่อเนื่องค่อนข้างยาวนาน จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบยูดิก (udic) ซึ่งทำให้ดินนี้อยู่ในอันดับดินย่อย Udalf

การจำแนกในชั้นกลุ่มดินใหญ่ (great groups) จำแนกเป็น Paleudalf เนื่องจากปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวไม่ลดลงมากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีการสะสมมากที่สุด ภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตรจากผิวดิน และพบชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลิก (argillic horizon) ที่มีสีดินตรงตามข้อกำหนดของดินนี้

การจำแนกในชั้นกลุ่มดินย่อย (subgroup) เนื่องจากภายในหน้าตัดดินไม่แสดงลักษณะอื่นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มดินใหญ่ จึงสามารถจำแนกได้เป็น Typic

2) ชั้นอนุกรมวิธานดินของดิน

จำแนกเป็น Typic Paleudalf

1.5 การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ตารางผนวกที่ 8) ใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523) โดยใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ซึ่งได้แสดงวิธีาคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ในตารางที่ 2 พบว่า ดินที่ทำการศึกษามีระดับความอุดมสมบูรณ์ในชั้นดินบน (0-31 เซนติเมตร) ซึ่งเป็นช่วงความลึกในเขตรากพืชอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูง อาจได้รับอิทธิพลจากผลตกค้างของการใส่ปุ๋ยทั้งสองชนิดของเกษตรกร ส่วนในดินล่าง (31-200+ เซนติเมตร) ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำ

ตารางที่ 2 แสดงการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำการศึกษา

ช่วง ความลึก (cm)	ชั้นดิน	ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (g kg ⁻¹)	ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (mg kg ⁻¹)	ปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (mg kg ⁻¹)	ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน (cmol kg ⁻¹)	อัตราร้อยละ ความอิ่มตัวเบส (%)	รวม คะแนน	ระดับความ อุดมสมบูรณ์ ของดิน
0-31	ดินบน	25.73 (2)	375.27 (3)	91.91 (3)	14.25 (2)	56.51 (2)	12	ปานกลาง
31-200	ดินล่าง	3.38 (1)	3.13 (1)	85.02 (2)	4.54 (1)	50.85 (2)	7	ต่ำ

หมายเหตุ วิธีวัดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ถ้าคะแนนเท่ากับ 13 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

2. ผลการทดลอง

2.1 ผลการวิเคราะห์ดิน

2.1.1 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนปลูกในแปลงทดลอง

เมื่อนำตัวอย่างดินก่อนปลูก ครั้งที่ 1 ทั้งดินบน (0-15 เซนติเมตร) และดินล่าง (15-30 เซนติเมตร) ในแปลงปลูกผักกาดหอมห่อมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย มีค่าอยู่ในพิสัย 5.4-6.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 46-71 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (1.44-2.27 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก เช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 245.4-495.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 445.9-884.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 1.14-2.27 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 6.20-9.76 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง (1.48-3.26 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.72-1.41 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3 และ 4)

โดยปกติแล้วดินที่มีระดับของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เกินกว่า 45 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางผนวกที่ 5) จัดได้ว่าเป็นดินที่มีธาตุนี้ในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่สูงมาก ซึ่งผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตัวอย่างดินเหล่านี้อยู่ในระดับที่สูงมากทั้งในดินบนและดินล่าง แสดงให้เห็นว่า ดินในเรือนทดลองนี้ผ่านการใส่ปุ๋ยเคมีมาเป็นระยะเวลายาวนาน โดยเฉพาะปุ๋ยเคมีที่มีราคาถูกในอดีต ได้แก่ ปุ๋ยสูตร 16-20-0 และปุ๋ยที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งได้แก่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 แต่เนื่องจากการใส่ปุ๋ยเหล่านี้ในดินที่มีปริมาณเหล็กออกไซด์อยู่สูงและมีค่าปฏิกิริยาดินค่อนข้างเป็นกรด จึงทำให้เกิดการสะสมของธาตุฟอสฟอรัสในดินอยู่ในปริมาณที่สูงมาก เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดใช้ได้หมด ธาตุฟอสฟอรัสส่วนที่ถูกตรึงก็จะเริ่มปลดปล่อยออกมาในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้นเมื่อสภาพแวดล้อมของดินเหมาะสม ซึ่งอาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยก็เป็นได้

ตารางที่ 3 แสดงค่าวิเคราะห์ของดินบนที่เก็บจากแปลงทดลองก่อนปลูก

ตัวอย่าง ดินบน	pH	OM	Total N	Avail. P	Avail.K	Extractable base			
						Ca	Mg	K	Na
						(-----cmol kg ⁻¹ -----)			
	H ₂ O	(-----g kg ⁻¹ -----)		(-----mg kg ⁻¹ -----)					
ดำรับที่ 1	5.9	49	1.80	282.8	850.0	7.01	2.74	2.18	1.08
ดำรับที่ 2	5.9	63	1.94	495.3	847.5	9.76	2.74	2.17	1.20
ดำรับที่ 3	5.6	60	1.86	275.7	750.9	6.42	2.33	1.92	1.15
ดำรับที่ 4	5.8	61	2.01	452.7	752.0	7.23	2.39	1.95	1.33
ดำรับที่ 5	5.9	52	2.17	247.1	671.0	6.32	2.11	1.72	1.12
ดำรับที่ 6	6.1	55	2.08	390.8	847.4	8.88	3.26	2.17	1.34
ดำรับที่ 7	6.0	57	2.12	354.5	884.8	8.39	2.46	2.27	1.41

ตารางที่ 4 แสดงค่าวิเคราะห์ของดินล่างที่เก็บจากแปลงทดลองก่อนปลูก

ตัวอย่าง ดินล่าง	pH	OM	Total N	Avail. P	Avail.K	Extractable base			
						Ca	Mg	K	Na
						(-----cmol kg ⁻¹ -----)			
	H ₂ O	(-----g kg ⁻¹ -----)		(-----mg kg ⁻¹ -----)					
ดำรับที่ 1	5.7	46	1.44	245.4	445.9	6.95	2.10	1.14	0.72
ดำรับที่ 2	5.7	48	1.59	336.2	643.3	6.52	1.94	1.65	0.96
ดำรับที่ 3	5.5	46	2.03	285.4	602.0	6.20	1.48	1.54	0.92
ดำรับที่ 4	5.5	68	2.14	367.7	383.1	6.62	2.12	1.75	1.03
ดำรับที่ 5	5.5	49	2.00	331.0	572.8	7.60	2.07	1.47	0.96
ดำรับที่ 6	5.8	60	1.75	361.7	647.9	7.66	2.31	1.66	0.89
ดำรับที่ 7	5.4	71	1.61	316.2	614.1	7.58	2.34	1.57	0.96

2.1.2 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังปลูกในแปลงทดลอง

เมื่อนำตัวอย่างดินในแปลงปลูกผักกาดหอมห่อหลังการปลูกครั้งที่ 3 ทั้งดินบน (0-15 เซนติเมตร) และดินล่าง (15-30 เซนติเมตร) มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ พบว่า ค่าปฏิกิริยาของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 4.9-5.8 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 46-71 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง อยู่ในพิสัย 15-45 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณไนโตรเจนรวมในดินบนอยู่ในระดับสูง (1.33-2.10 กรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนในดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (0.63-1.40 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมากเช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 245.4-495.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 233.7-534.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 0.61-1.38 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 0.50-1.88 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ขณะที่พบปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ (0.32-0.96 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3.46-3.97 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 5 และ 6)

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกในแปลงทดลองทั้งดินบนและดินล่าง พบว่า ดินมีค่าปฏิกิริยาของดินลดต่ำลงหรือมีความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน แม้แต่ในดำรับการทดลองที่ 4 ที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีอยู่ในระดับสูงมากแต่ก็ลดลงจากเดิม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินมีปริมาณธาตุอาหารพืชที่ตกค้างจากการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่องเป็นปริมาณมาก ยกเว้นปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ที่อยู่ในระดับต่ำมาก และปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากในดำรับการทดลองต่าง ๆ ไม่ได้ใส่แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มเติมในรูปของปุ๋ยเคมีหรือมีการใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้นดำรับเปรียบเทียบ หรือในดำรับที่ใช้ปุ๋ยสูตรของเกษตรกรที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ที่ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) มีแคลเซียมอยู่ร้อยละ 2 เป็นต้น

ตารางที่ 5 แสดงค่าวิเคราะห์ของดินบนที่เก็บจากแปลงทดลองหลังปลูก

ตัวอย่าง ดินบน	pH	OM	Total N	Avail. P	Avail.K	Extractable base			
						Ca	Mg	K	Na
						(-----cmol kg ⁻¹ -----)			
	H ₂ O	(-----g kg ⁻¹ -----)	(-----mg kg ⁻¹ -----)						
ดำรับที่ 1	5.8	34	1.33	516.9	531.5	1.55	0.64	1.38	3.75
ดำรับที่ 2	5.1	53	2.10	878.5	393.2	1.81	0.67	1.02	3.86
ดำรับที่ 3	5.1	58	1.68	743.1	353.0	1.59	0.73	0.92	3.97
ดำรับที่ 4	5.5	41	1.82	612.6	330.7	1.76	0.82	0.86	3.74
ดำรับที่ 5	5.1	56	1.89	495.1	387.3	1.40	0.72	0.75	3.91
ดำรับที่ 6	5.3	58	1.33	579.3	312.4	1.88	0.84	0.81	3.63
ดำรับที่ 7	5.4	59	1.61	629.9	302.0	1.79	0.96	0.79	3.77

ตารางที่ 6 แสดงค่าวิเคราะห์ของดินล่างที่เก็บจากแปลงทดลองหลังปลูก

ตัวอย่าง ดินล่าง	pH 1:1	OM	Total N	Avail. P	Avail.K	Extractable base			
						Ca	Mg	K	Na
						(-----cmol kg ⁻¹ -----)			
	H ₂ O	(-----g kg ⁻¹ -----)	(-----mg kg ⁻¹ -----)						
ดำรับที่ 1	5.2	15	0.63	137.7	298.6	0.54	0.36	0.78	3.46
ดำรับที่ 2	4.9	35	1.12	279.4	348.7	0.68	0.47	0.91	3.60
ดำรับที่ 3	5.0	36	1.40	420.1	276.9	0.77	0.51	0.72	3.56
ดำรับที่ 4	5.0	36	1.26	222.3	325.6	0.50	0.33	0.85	3.54
ดำรับที่ 5	5.4	29	1.40	619.4	260.0	0.94	0.58	0.68	3.69
ดำรับที่ 6	4.9	45	1.19	365.2	267.9	0.44	0.32	0.70	3.58
ดำรับที่ 7	5.1	36	1.26	354.9	233.7	0.56	0.39	0.61	3.59

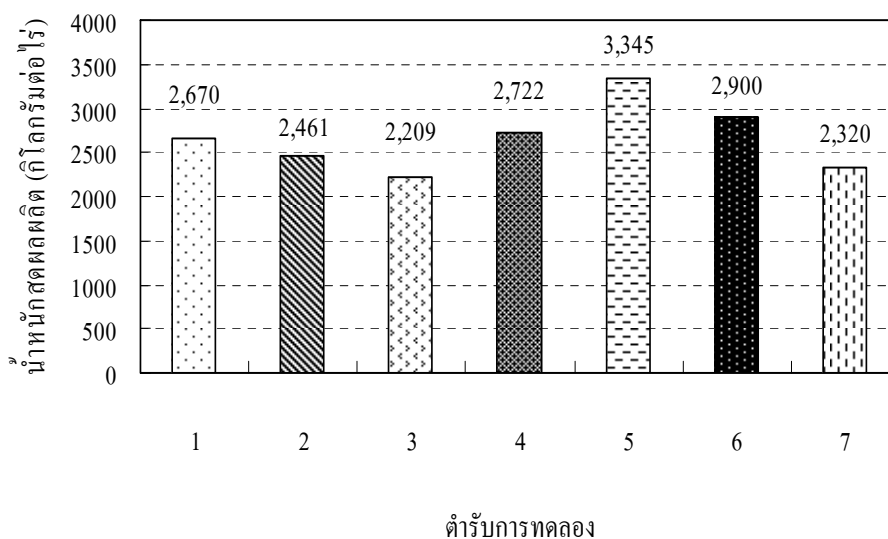
2.2 ผลผลิตผักกาดหอมห่อ

การปลูกครั้งที่ 1

1) น้ำหนักสด

ผลการทดสอบอัตราและชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือนที่ปลูกช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 พบว่า ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จากดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 154.13 16.70 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ ของสูตรดังกล่าว ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3,345 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 10) รองลงมาคือ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง แต่ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงมาครึ่งหนึ่ง ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ และดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 2,900 2,722 2,670 2,461 และ 2,320 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ขณะที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 79.74 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2,209 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อของแต่ละดำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 9)

ผลการทดลอง พบว่า การปลูกผักกาดหอมห่อในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส มีน้ำหนักสดที่ได้ไม่แตกต่างกันกับดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งอาจเป็นเพราะดินมีฟอสเฟตที่ตกค้างอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์หรือละลายออกมาได้มากเมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม จึงเพียงพอกับความต้องการของพืช

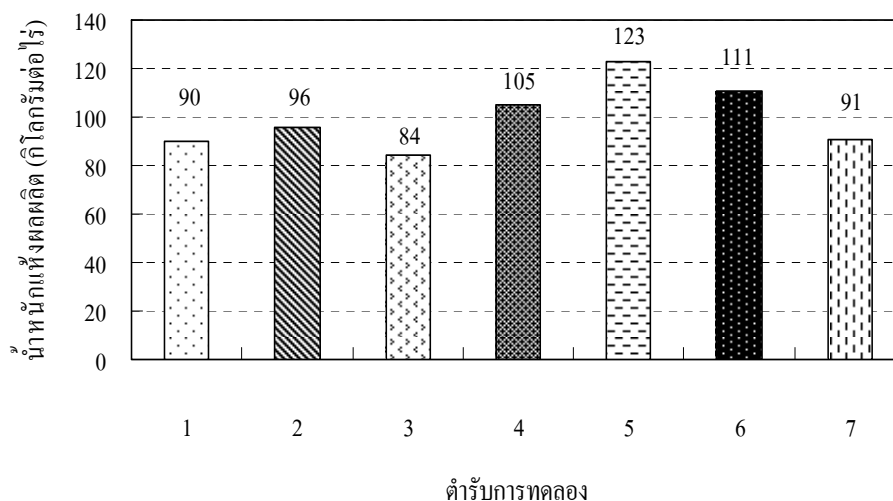


ภาพที่ 11 ผลผลิตน้ำหนักรวมของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ปลูกรั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามตำรับการทดลอง

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 7,578 ต้นต่อไร่

2) น้ำหนักแห้ง

เมื่อใส่ปุ๋ยตามอัตราและชนิดตามตำรับการทดลอง น้ำหนักแห้งที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า ผลผลิตน้ำหนักรวมที่ได้มีทิศทางไปทางเดียวกับผลผลิตน้ำหนักรวม โดยที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 154.13 16.70 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ ของสูตรดังกล่าว ให้น้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 289 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 79.74 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้น้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 197 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 9) ซึ่งจากการทดลองจะเห็นว่าผลผลิตน้ำหนักรวมที่ได้มีทิศทางไปในทางเดียวกับผลผลิตน้ำหนักรวม



ภาพที่ 12 ผลผลิตน้ำหนักแห้งของฝักกาดหอมห่อ ปลุกครั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามตำรับการทดลอง

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 7,578 ต้นต่อไร่

3) ปริมาณความเข้มข้นและการดูใช้ธาตุอาหารบางชนิดในฝักกาดหอมห่อ

ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนและลำต้นของฝักกาดหอมห่อ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืช พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 79.94 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณไนโตรเจนสะสมเฉลี่ยสูงสุดเป็นปริมาณร้อยละ 2.98 ส่วนตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 2.65 อย่างไรก็ตามไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้มีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในใบและต้นฝักกาดหอมที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองมีค่าอยู่ในพืชที่ฝักกาดหอมห่อเจริญเติบโตในระดับปกติ (ร้อยละ 2.0-3.0) ตามรายงานของ Hochmuth *et al.* (1994) (ตารางที่ 8)

ถึงแม้ว่าปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) แต่ก็มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของผลผลิต โดยที่ในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 16.70 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดใช้สูงสุดเท่ากับ 3.56 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 79.94 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดใช้ต่ำสุดเท่ากับ 2.47 กิโลกรัมต่อไร่ จากการทดลองใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ตามการทดลอง (ตารางที่ 1) โดยแบ่งไว้ในระยะต่าง ๆ กัน พบว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระดับสูง (154.1 กิโลกรัมต่อไร่) ทำให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อเพิ่มขึ้น สำหรับการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในระดับต่ำ (79.9 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตต่ำสุด ทั้งนี้เนื่องจาก ในโตรเจนมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อ

ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยได้รับเปรียบเทียบที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 22.29 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.41 รองลงมา คือ การทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัสเพียงครึ่งหนึ่ง และอัตรา $\frac{1}{4}$ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.40 และ 0.38 สำหรับการทดลองที่เหลือพืชมีการสะสมฟอสฟอรัสต่ำกว่า 3 ดำรับข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยสูตรของเกษตรกร พืชมีการดูดใช้ธาตุนี้ขึ้นไปสะสมเพียงร้อยละ 0.26 อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของพืชนี้ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่แต่อย่างใด ทั้งนี้เนื่องจาก ดำรับที่ 2 มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากที่สุดเท่ากับ 58.29 กิโลกรัมต่อไร่แต่กลับมีการสะสมของธาตุนี้ในส่วนเหนือดินน้อยที่สุด และต่ำกว่าดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสด้วย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่ประโยชน์สะสมอยู่ในระดับที่สูงมากอยู่แล้ว จึงทำให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปไม่มีผลต่อการสะสมธาตุนี้ในส่วนเหนือดินของพืช

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์พืชกับค่าวิเคราะห์ของ Hochmuth *et al.* (1994) พบว่า ผักกาดหอมห่อจากการทดลองนี้มีปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมดยู่ในเกณฑ์ปกติ

ตามที่ได้รายงานไว้ คืออยู่ในพิสัยร้อยละ 0.25-0.50 (ตารางที่ 8) แม้แต่ในดำรับการทดลองที่ใช้ปุ๋ย ผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตรา 154.13 0 และ 97.98 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ซึ่งปริมาณการดูใช้ ฟอสฟอรัสก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) โดยในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิ โครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมใน อัตรา 154.13 16.70 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูใช้สูงสุดเท่ากับ 0.44 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในดำรับการทดลองดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์ พัฒนาโครงการหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตรา 79.94 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) และดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตรา 154.13 0 และ 97.98 กิโลกรัมต่อ ไร่ตามลำดับ) มีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูใช้ต่ำสุดเท่ากับ 0.25 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างอยู่สูง การไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อการดูใช้และนำขึ้นไป สะสมของชาตุนีในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อ ซึ่งในขณะที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบ สูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตรา 73.39 58.29 และ 42.29 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ซึ่งเป็นดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณสูงสุด แต่กลับมี ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมอยู่ในส่วนเหนือดินของพืชเฉลี่ยต่ำสุด ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า การใส่ปุ๋ย ฟอสฟอรัสในดินนี้อาจจะไม่ช่วยให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อ เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด เนื่องจากอิทธิพลของฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่เดิม

โพแทสเซียม

ผลการวิเคราะห์ชาตุนีในเนื้อเยื่อพืช พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในส่วนเหนือดิน ของผักกาดหอมห่อในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตรา 154.13 22.29 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในเนื้อเยื่อพืชส่วนเหนือดินสูงสุด เท่ากับร้อยละ 6.18 ส่วน ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในพืชต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 4.07 (ตารางที่ 7) อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสะสมของชาตุนีในเนื้อเยื่อพืชส่วนเหนือดินไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ย โพแทสเซียมที่ใช้ และผลการวิเคราะห์ก็ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง ดำรับการทดลองต่าง ๆ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ใน

ระดับสูงมากแล้ว (ตารางที่ 3 และ 4) สำหรับปริมาณของธาตุนี้ในผักกาดหอมห่อทั่วไปความอยู่ระหว่างร้อยละ 2.5-5.0 (Hochmuth *et al.*, 1994) ซึ่งจะเห็นได้ว่า จากผลวิเคราะห์พืชที่ได้จากงานทดลองนี้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในพืชส่วนเหนือดินมีค่าใกล้เคียงกับพืชบน หรือมากกว่าในทุกการทดลอง (ร้อยละ 4.07-6.18) และเป็นที่น่าสนใจว่า ในทำการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป (ที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 42.29 กิโลกรัมต่อไร่) มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อใกล้เคียงกับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ (การที่ 5 6 และ 7) ส่วนปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสดของผักกาดหอมห่อ แต่ไม่ทำให้ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) โดยที่ทำการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสะสมในพืชสูงสุด เท่ากับ 6.17 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนทำการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{4}$ (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 5.59 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในพืชต่ำสุดเท่ากับ 4.10 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง (97.78 กิโลกรัมต่อไร่) หรือในอัตราต่ำ (42.29 กิโลกรัมต่อไร่) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อแต่อย่างใด

แคลเซียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมรวมที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยที่ในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไปมีปริมาณแคลเซียมรวมทั้งหมดเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.46 รองลงมา คือ การทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส การทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง การทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ การทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) และการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ซึ่งมีปริมาณแคลเซียมรวมทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับร้อยละ 0.42 0.40 0.39 0.37 และ 0.35 ตามลำดับ ขณะที่ทำการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณแคลเซียมรวมทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 0.28 การที่พืชมีการสะสมธาตุแคลเซียมสูงสุดในการที่ใส่ปุ๋ยสูตรของเกษตรกร

น่าจะมีสาเหตุจากปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) ที่ใช้มีแคลเซียมอยู่ร้อยละ 2 ขณะที่ตำรับอื่น ๆ พืชไม่ได้รับแคลเซียมเพิ่มเติมจากการใส่ในรูปของปุ๋ยเคมีหรือมีการใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังในตำรับเปรียบเทียบ เป็นต้น นอกจากนี้ ยังพบว่า ผักกาดหอมห่อที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองนี้ ในทุกตำรับการทดลองมีการสะสมธาตุแคลเซียมในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ (ร้อยละ 1.4-2.0) (Hochmuth *et al.*, 1994) ดังที่มีรายงานไว้ค่อนข้างมาก ส่วนปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 9) โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเหนือดินของพืชสูงสุด เท่ากับ 0.50 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมต่ำสุด เท่ากับ 0.25 กิโลกรัมต่อไร่

แมกนีเซียม

ปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 7) กล่าวคือ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในพืชสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.16 ขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อพืชต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.11 ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า ในตำรับการทดลองที่ 2 3 4 และ 5 มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของพืชใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 7) ที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะว่า ในตำรับเปรียบเทียบที่มีการให้ปุ๋ยไปกับน้ำชลประทาน ในสูตรปุ๋ยจะมี $MgSO_4$ ผสมอยู่ด้วย จึงอาจส่งผลให้มีการสะสมของธาตุนี้สูงกว่าตำรับอื่น ๆ เพราะไม่ได้มีการใส่ธาตุแมกนีเซียมเพิ่มเติมให้แก่พืชแต่อย่างใด สำหรับปริมาณแมกนีเซียมในผักกาดหอมห่อที่มีรายงานไว้ พบว่า ควรอยู่ในพิสัยระหว่างร้อยละ 0.3-0.7 (Hochmuth *et al.*, 1994) ซึ่งค่าวิเคราะห์แมกนีเซียมในทุกตำรับการทดลอง มีค่าต่ำกว่าค่าที่รายงานไว้ดังกล่าวทั้งหมด ส่วนปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อของแต่ละตำรับการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9) โดยตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ มีปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของพืชสูงสุด เท่ากับ 0.17 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมต่ำสุด เท่ากับ 0.10 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของพืช

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1 ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามค่ารับการทดลอง

ตัวอย่างพืช	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพืช (%)				
	N	P ¹	K	Ca	Mg
ตำรับที่ 1	2.83	0.41 ^a	6.18	0.37	0.16
ตำรับที่ 2	2.78	0.26 ^c	4.79	0.46	0.14
ตำรับที่ 3	2.98	0.31 ^{bc}	5.10	0.40	0.13
ตำรับที่ 4	2.89	0.34 ^{abc}	5.04	0.42	0.14
ตำรับที่ 5	2.86	0.33 ^{abc}	4.88	0.39	0.14
ตำรับที่ 6	2.65	0.40 ^{ab}	4.07	0.35	0.12
ตำรับที่ 7	2.90	0.38 ^{ab}	4.58	0.28	0.11
F-test	ns	*	ns	ns	ns
C.V.(%)	8.65	18.37	22.28	27.71	21.65

หมายเหตุ 1 ในแนวตั้งค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตามการวิเคราะห์แบบ Duncan's Multiple Range Test

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลจากการจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ที่ปลูกครั้งที่ 1 ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูร้อนเข้าสู่ต้นฤดูฝน ปัญหาที่พบในแปลงปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือน ได้แก่ สภาพความแตกต่างของอุณหภูมิในช่วงกลางวันกับกลางคืน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน โรคและการเข้าทำลายของแมลงศัตรู เช่น โรคเหี่ยว (wilt) โรคใบจุด (leaf spot) โรคใบไหม้ (tip burn) โรคเน่าและ (bacterial soft rot) หนอนคืบกะหล่ำ จิ้งหรีดและหนอนด้วงแก้ว รวมทั้งการไม่ห่อหัวของผักกาดหอมห่อ จำเป็นต้องดูแลอย่างใกล้ชิดเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารของผักกาดหอมหัว (crisphead lettuce) ในระยะต่าง ๆ (ดัดแปลงจาก Hochmuth *et al.*, 1994)

ส่วนของพืช ที่วิเคราะห์	ระยะเวลาใน การเก็บตัวอย่าง	ปริมาณธาตุอาหาร (%)				
		N	P	K	Ca	Mg
ใบเจริญเต็มที่	มีใบที่ 8	0.4-5.0	0.4-0.6	5.0-7.0	1.0-2.0	0.3-0.5
ใบเริ่มห่อ	เริ่มห่อหัว	2.5-4.0	0.4-0.6	4.5-8.0	1.4-2.0	0.3-0.7
ใบห่อหัว	ห่อหัวสมบูรณ์	2.0-3.0	0.25-0.5	2.5-5.0	1.4-2.0	0.3-0.7

ตารางที่ 9 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมหัว ที่ปลูกครั้งที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง

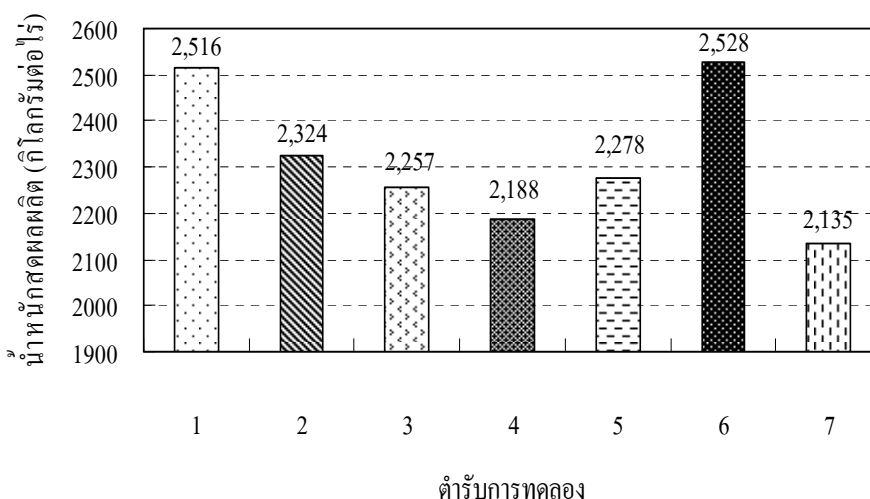
ตัวอย่างพืช	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในพืช (กิโลกรัมต่อไร่)				
	N	P	K	Ca	Mg
ดำรับที่ 1	2.52	0.37	5.60	0.34	0.14
ดำรับที่ 2	2.68	0.25	4.64	0.43	0.14
ดำรับที่ 3	2.47	0.25	4.22	0.33	0.11
ดำรับที่ 4	3.03	0.35	5.27	0.44	0.15
ดำรับที่ 5	3.56	0.42	6.17	0.50	0.17
ดำรับที่ 6	2.92	0.44	4.48	0.38	0.13
ดำรับที่ 7	2.64	0.35	4.10	0.25	0.10
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	22.05	29.95	32.87	35.55	31.25

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การปลูกครั้งที่ 2

1) น้ำหนักสด

ผลการทดสอบอัตราและชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือนที่ปลูกช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 พบว่า ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จากการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของสูตรดังกล่าว ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2,528 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 10) รองลงมา คือ ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 22.29 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 2,516 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 79.74 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2,135 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นที่น่าสังเกตว่า น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของผักกาดหอมห่อที่ปลูกครั้งที่ 2 มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำหนักสดของผลผลิตผักกาดหอมห่อของแต่ละดำเนินการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 10)

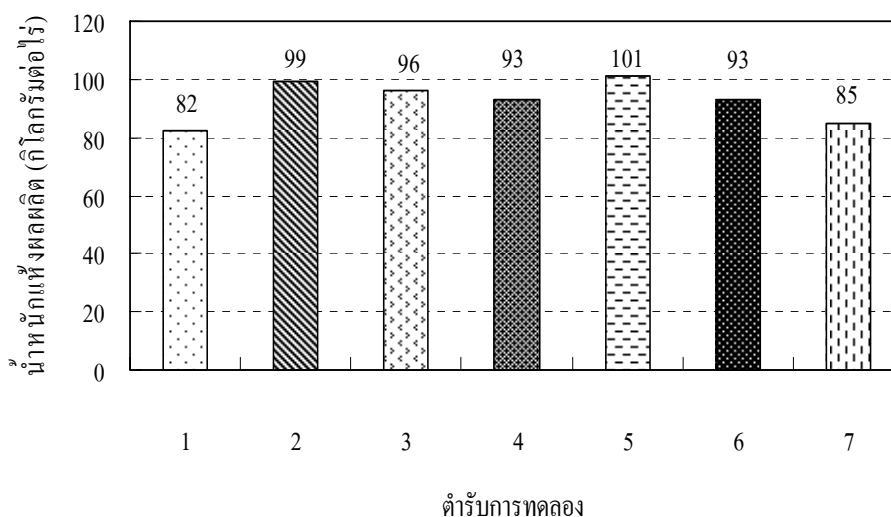


ภาพที่ 13 ผลผลิตน้ำหนักสดของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ปลูกครั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำเนินการทดลอง

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 7,578 ต้นต่อไร่

2) น้ำหนักแห้ง

เมื่อใส่ปุ๋ยตามอัตราและชนิดตามคำรับการทดลอง น้ำหนักแห้งที่ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 10) โดยพบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ได้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักสด ยกเว้นในคำรับที่ 1 ซึ่งมีความแปรปรวนของผลผลิต โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบภายในคำรับการทดลองเดียวกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของแปลงทดลองที่มีการปรับสภาพพื้นที่มาได้ไม่นาน โดยที่พื้นที่เดิมมีความลาดชันค่อนข้างมาก ต่อมาภายหลังได้มีการปรับพื้นที่ให้เป็นชั้นบันไดแบบเรียบและมีความกว้างของขั้นเท่ากับขนาดของโรงเรือน ซึ่งหน้าดินเดิมได้ถูกเคลื่อนย้ายออกไปถมทับอยู่ในส่วนต่ำของแปลง อีกทั้งบริเวณแปลงปลูกในคำรับการทดลองนี้อยู่ใกล้กับขอบบนของชั้นบันไดติดกับโรงเรือนอื่น จึงอาจทำให้เกิดความแปรปรวนของผลผลิตในคำรับการทดลองนี้ โดยเฉพาะปริมาณของแสงส่องสว่างซึ่งอาจจะถูกบดบังได้โดยด้านขอบของชั้นบันไดที่มีความสูงค่อนข้างมาก



ภาพที่ 14 ผลผลิตน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมห่อ ปลูกครั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามคำรับการทดลอง

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 7,578 ต้นต่อไร่

3) ปริมาณความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารบางชนิดในผักกาดหอมห่อ

ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ กัน พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{2}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับร้อยละ 3.03 ขณะที่ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) มีปริมาณไนโตรเจนสะสมเฉลี่ยต่ำสุด คือร้อยละ 2.67 ทั้งที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราเดียวกัน ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในส่วนเนื้อดินของพืชนี้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสดของผลผลิต อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติแต่อย่างใด (ตารางที่ 10) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในใบและต้นผักกาดหอมห่อทั่วไปควรอยู่ในพิสัยระหว่างร้อยละ 2.0-3.0 (Hochmuth *et al.*, 1994) (ตารางที่ 8) โดยพบว่า ผลวิเคราะห์ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในส่วนเนื้อดินของพืชมีค่าใกล้เคียงกับพิสัยบน หรือมากกว่าในบางค่ารับการทดลอง (ร้อยละ 2.67-3.03)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณการดูดใช้ในไนโตรเจนของผักกาดหอมห่อนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กันตามค่ารับการทดลอง (ตารางที่ 1) โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูง (154.1 กิโลกรัมต่อไร่) เช่นในค่ารับการทดลองที่ 6 ก็มีปริมาณการดูดใช้ในไนโตรเจนใกล้เคียงกันกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำ (73.39 กิโลกรัมต่อไร่) เช่นเดียวกับที่พบในค่ารับการทดลองที่ 2

ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) โดยค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 0 และ 97.98 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในพืชเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.36 รองลงมา คือ ค่ารับการทดลองที่ 1 2 และ 6 ที่มีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับร้อยละ 0.35 ซึ่งอาจจะเกิดสาเหตุจากดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมอยู่สูง ทำให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสของพืชไม่ได้รับอิทธิพลจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามชนิดและอัตราที่แตกต่างกันของแต่ละค่ารับการทดลอง

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์พืชกับค่าวิเคราะห์ของ Hochmuth *et al.* (1994) พบว่า ผักกาดหอมห่อจากการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสรวมทั้งหมด อยู่ในเกณฑ์ปกติ คือ ในช่วงระหว่างร้อยละ 0.25-0.50 (ตารางที่ 8) แม้แต่ในดำรับการทดลองที่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 0 และ 97.98 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของพืช เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง (58.29 กิโลกรัมต่อไร่) จะมีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณสูงสุด เท่ากับ 0.35 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ก็ไม่ได้แตกต่างจากดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ซึ่งมีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ 0.34 กิโลกรัมต่อไร่

โพแทสเซียม

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณการสะสมของโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 0 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในเนื้อเยื่อพืชส่วนเหนือดินสูงสุด เท่ากับร้อยละ 5.17 ส่วนดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 5.59 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมในพืชต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 4.51 อย่างไรก็ตาม ปริมาณการสะสมของธาตุนี้ในเนื้อเยื่อพืชส่วนเหนือดินไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ และผลการวิเคราะห์ก็ให้ผลที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างดำรับการทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 10) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (ตารางที่ 3 และ 4) จึงทำให้พืชดูดใช้ธาตุนี้ได้อย่างเพียงพอ การใส่ปุ๋ยนี้เพิ่มเติมจึงไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณการดูดใช้ สำหรับปริมาณของธาตุนี้ในผักกาดหอมห่อทั่วไปความอยู่ระหว่างร้อยละ 2.5-5.0 (Hochmuth *et al.*, 1994) ซึ่งจากผลวิเคราะห์พืชในงานทดลองนี้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในพืชส่วนเหนือดินมีค่าใกล้เคียงกับพิสัยบน หรือมากกว่าในทุกดำรับการทดลอง (ร้อยละ 4.51-5.17) แต่มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) โดยที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 79.94 47.81 และ 58.48 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสะสมในพืชสูงสุดเท่ากับ 5.03 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{4}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 5.59 และ 97.78

กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในพืชต่ำสุด เท่ากับ 3.84 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูง (97.78 กิโลกรัมต่อไร่) หรือในอัตราต่ำ (58.48 กิโลกรัมต่อไร่) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ไม่มีผลต่อปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อแต่อย่างใด

ตารางที่ 10 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 2 ระหว่างเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง

ตัวอย่างพืช	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพืช (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
ดำรับที่ 1	2.67	0.35	4.80	0.42	0.16
ดำรับที่ 2	2.92	0.35	4.94	0.44	0.15
ดำรับที่ 3	2.88	0.32	5.09	0.37	0.15
ดำรับที่ 4	2.98	0.36	5.17	0.38	0.14
ดำรับที่ 5	2.74	0.30	4.72	0.42	0.14
ดำรับที่ 6	3.03	0.35	5.09	0.39	0.16
ดำรับที่ 7	3.01	0.31	4.51	0.34	0.13
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	11.75	25.27	21.71	22.46	21.67

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

แคลเซียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) โดยที่ในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไปมีปริมาณแคลเซียมเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.44 ขณะที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณแคลเซียมรวมทั้งหมดเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.28 ส่วนในดำรับการทดลองอื่น ๆ มีปริมาณแคลเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินของพืชมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการสะสมแคลเซียมใน

ส่วนเนื้อดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นที่น่าจะมีสาเหตุจากในตำรับที่ใช้ปุ๋ยสูตรของเกษตรกรใช้ทั่วไป ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ (15-15-15) ที่มีแคลเซียมปะปนอยู่ในปุ๋ยร้อยละ 2 ทำให้พืชมีการสะสมธาตุแคลเซียมสูงสุด ขณะที่ตำรับอื่น ๆ พืชไม่ได้รับแคลเซียมเพิ่มเติมจากการใส่ในรูปของปุ๋ยเคมีหรือมีการใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ดังเช่นในตำรับเปรียบเทียบ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าผักกาดหอมห่อที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองนี้ ในทุกตำรับการทดลองมีการสะสมธาตุแคลเซียมในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติไว้ค่อนข้างมาก (ร้อยละ 1.4-2.0) ดังที่มีรายงาน (Hochmuth *et al.*, 1994) สำหรับปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเนื้อดินของผักกาดหอมห่ออื่น ๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเนื้อดินของผักกาดหอมห่อที่ปลูกครั้งที่ 1 โดยที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเนื้อดินของพืชสูงสุดเท่ากับ 0.44 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมต่ำสุดเท่ากับ 0.25 กิโลกรัมต่อไร่

แมกนีเซียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในส่วนเนื้อดินของผักกาดหอมห่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) กล่าวคือ ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในพืชสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.16 ขณะที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในพืชต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.13 ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่า ในทุกตำรับการทดลองมีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อพืชใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 10) ที่เป็นเช่นนี้อาจ เพราะว่า ในตำรับเปรียบเทียบที่มีการให้ปุ๋ยไปกับน้ำชลประทาน ในสูตรปุ๋ยที่มี $MgSO_4$ ผสมอยู่ด้วย จึงมีการสะสมของธาตุนี้สูงกว่าตำรับอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณการสะสมใกล้เคียงกัน เพราะไม่ได้มีการใส่ธาตุแมกนีเซียมเพิ่มเติมให้แก่พืชแต่อย่างใด สำหรับปริมาณแมกนีเซียมในผักกาดหอมห่อที่มีรายงานไว้ พบว่า ควรอยู่ในพิสัยระหว่างร้อยละ 0.3-0.7 (Hochmuth *et al.*, 1994) ซึ่งจากค่าวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมที่สะสมในพืชของทุกตำรับการทดลองมีค่าต่ำกว่าค่าที่รายงานดังกล่าวทั้งหมด ส่วนปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในส่วนเนื้อดินของผักกาดหอมห่อไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) โดยที่ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ และตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$

มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของพืชสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.15 ขณะที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการสะสมแมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของพืชต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 0.11

ตารางที่ 11 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 2 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง

ตัวอย่างพืช	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในพืช (กิโลกรัมต่อไร่)				
	N	P ^{IV}	K	Ca	Mg
ดำรับที่ 1	2.21	0.28	4.02	0.35	0.13
ดำรับที่ 2	2.85	0.35	4.73	0.43	0.14
ดำรับที่ 3	2.79	0.30	5.03	0.37	0.15
ดำรับที่ 4	2.76	0.34	4.83	0.35	0.13
ดำรับที่ 5	2.69	0.29	4.87	0.44	0.15
ดำรับที่ 6	2.84	0.33	4.75	0.37	0.15
ดำรับที่ 7	2.58	0.26	3.84	0.29	0.11
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	22.95	34.16	34.17	35.13	33.58

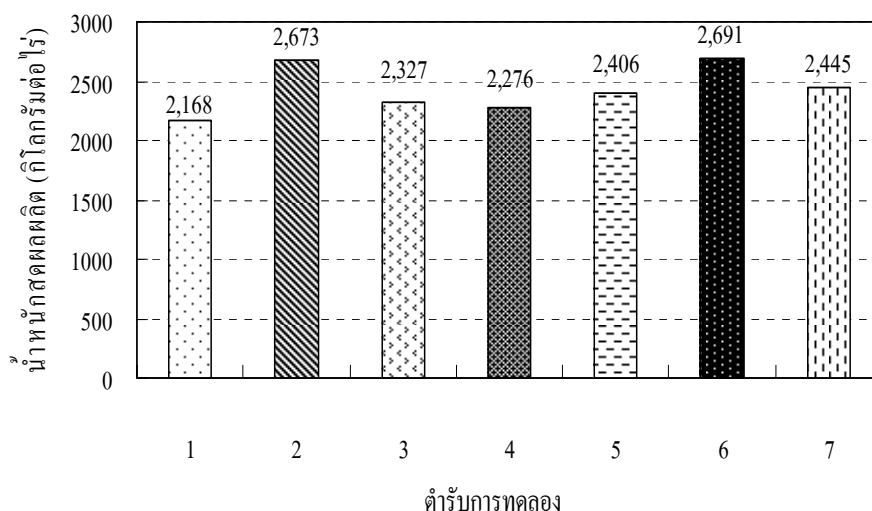
หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ที่ปลูกครั้งที่ 2 ช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน ปัญหาที่พบในแปลงปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือน ได้แก่ ช่วงแสงที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากมีฝนตกเกือบตลอดทั้งวัน ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และความชื้นในดินสูง ทำให้โรคและการเข้าทำลายของแมลงศัตรูก่อนข้างรุนแรงกว่าการปลูกในครั้งอื่น เช่น โรคเน่าดำ (black rot) โรคเหี่ยว (wilt) โรคใบไหม้ (tip burn) โรคเน่าและ (bacterial soft rot) จิ้งหรีดและหนอนด้วงแก้ว รวมทั้งการไม่ห่อหัวและการห่อหัวไม่แน่นของผักกาดหอมห่อ

การปลูกครั้งที่ 3

1) น้ำหนักสด

ผลการทดสอบอัตราและชนิดของปุ๋ยที่เหมาะสมต่อการปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือนที่ปลูกช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 พบว่า ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จากดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2,691 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 14) รองลงมา คือ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 73.39 58.29 และ 42.29 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 2,673 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 22.29 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้ผลผลิตโดยเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2,168 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำหนักสดของผลผลิตผักกาดหอมห่อของแต่ละดำรับการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 14)

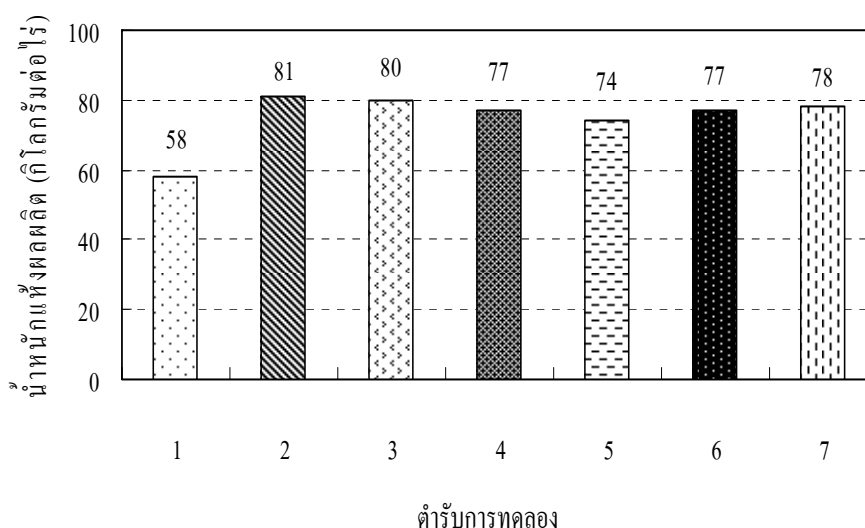


ภาพที่ 15 ผลผลิตน้ำหนักสดของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง ปลูกครั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 7,578 ต้นต่อไร่

2) น้ำหนักแห้ง

การใส่ปุ๋ยตามอัตราและชนิดที่ต่างกันของแต่ละดำรับการทดลอง น้ำหนักแห้งที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักสด โดยที่ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 73.39 58.29 และ 42.29 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้น้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 81 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{4}$ ให้น้ำหนักแห้งผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 80 78 และ 74 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ส่วนดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ให้น้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยใกล้เคียงกันเท่ากับ 77 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับดำรับการทดลองดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 22.29 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) ให้น้ำหนักแห้งผลผลิตเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 58 กิโลกรัมต่อไร่ (ภาพที่ 15) จากการทดลอง จะเห็นได้ว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งที่ได้มีทิศทางไปในทางเดียวกันกับผลผลิตน้ำหนักสด



ภาพที่ 16 ผลผลิตน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมห่อ ปลูกรั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง

หมายเหตุ ผลผลิตต่อไร่ คำนวณจากพื้นที่ปลูก 1,600 ตารางเมตร หรือ 7,578 ต้นต่อไร่

3) ปริมาณความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารบางชนิดในผักกาดหอมห่อ

ไนโตรเจน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อเมื่อมีการใส่ปุ๋ยอัตราต่าง ๆ พบว่า ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 73.39 58.29 และ 42.29 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) มีปริมาณไนโตรเจนที่สะสมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 3.03 ขณะที่ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{4}$ มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 2.78 ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในส่วนเหนือดินของพืชนี้มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับน้ำหนักสดของผลผลิต อย่างไรก็ตามปริมาณการสะสมไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 13) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนในใบและต้นผักกาดหอมห่อทั่วไปมักอยู่ในพิสัยร้อยละ 2.0-3.0 (Hochmuth *et al.*, 1994) (ตารางที่ 8) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ผลวิเคราะห์ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในส่วนเหนือดินของพืชมีค่าใกล้เคียงกับพิสัยบนหรือมากกว่าในบางค่ารับการทดลอง (ร้อยละ 2.78-3.03)

ปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) เมื่อเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ตามค่ารับการทดลอง (ตารางที่ 1) โดยที่มีแบ่งใส่ในระยต่าง ๆ พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูง (154.1 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างในค่ารับการทดลองที่ 1 มีปริมาณการดูดใช้ในโตรเจนน้อยกว่ากับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับต่ำ (73.39 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างในค่ารับการทดลองที่ 2 ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับปริมาณน้ำหนักแห้งของพืช

ฟอสฟอรัส

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบและลำต้นของผักกาดหอมห่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) โดยค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 11.11 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในพืชเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับร้อยละ 0.61 ขณะที่ค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 0 และ 97.98 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ)

มีปริมาณการสะสมในพืชเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.40 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์พืชกับค่าวิเคราะห์ของ Hochmuth *et al.* (1994) ตามที่ได้มีรายงานไว้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในใบและต้นผักกาดหอมห่อทั่วไปควรอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.25-0.50 (ตารางที่ 8) ซึ่งผลวิเคราะห์ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของพืชในการทดลองนี้มีค่าอยู่ก่อนไปทางพิสัยบน หรือมีค่าสูงกว่าพิสัยดังกล่าวในบางคำรับการทดลอง (ร้อยละ 0.40-0.61) แม้แต่ในคำรับการทดลองที่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เช่นเดียวกับปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของพืช เมื่อมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของคำรับเปรียบเทียบ (11.11 กิโลกรัมต่อไร่) พืชก็ยังคงมีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในปริมาณสูงสุดเท่ากับ 0.46 กิโลกรัมต่อไร่ โดยที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดใช้ของแต่ละคำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) ดังนั้น การใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับการปลูกผักกาดหอมห่อในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่สูงนี้ไม่น่าจะส่งผลต่อการดูดใช้แต่อย่างใด

โพแทสเซียม

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช พบว่า ปริมาณการสะสมของโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อในคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมสูงสุดเท่ากับร้อยละ 6.42 รองลงมาได้จาก คำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป ซึ่งมีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในพืชเท่ากับร้อยละ 5.84 ส่วนคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัสอัตรา $\frac{1}{4}$ ของคำรับเปรียบเทียบ มีปริมาณการสะสมโพแทสเซียมในพืชต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 3.27 โดยที่ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมในพืชส่วนเหนือดินมีค่าใกล้เคียงกับพิสัยบน หรือสูงกว่าในบางคำรับการทดลอง (ร้อยละ 3.27-6.42) เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการสะสมของธาตุนี้ดังที่ได้รายงานไว้โดย (Hochmuth *et al.*, 1994) ซึ่งโดยทั่วไปผักกาดหอมห่อควรมีธาตุโพแทสเซียมสะสมอยู่ในส่วนเหนือดินระหว่างร้อยละ 2.5-5.0 ส่วนปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 73.39 58.29 และ 42.29 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมสูงสุดเท่ากับ 4.72 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนคำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) (ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในอัตรา 154.13 22.29 และ 97.78 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 3.69 โดยที่ปริมาณการสะสมของธาตุนี้ในเนื้อเยื่อพืชส่วนเหนือดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างคำรับการทดลองต่าง ๆ (ตารางที่ 12)

แคลเซียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) โดยที่ในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ มีปริมาณการสะสมแคลเซียมในพืชเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับร้อยละ 0.39 ส่วนในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) การทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง และในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัสในอัตรา $\frac{1}{4}$ ของการที่แนะนำโดยมูลนิธิโครงการหลวง มีปริมาณการสะสมแคลเซียมต่ำสุดเท่ากับร้อยละ 0.33 ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันว่า น้ำหนักสดของผลผลิต นอกจากนี้ยังพบว่า ผักกาดหอมห่อที่เก็บเกี่ยวจากแปลงทดลองนี้ ในทุกการทดลองมีการสะสมธาตุแคลเซียมในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ปกติค่อนข้างมาก (ร้อยละ 1.4-2.0) (Hochmuth *et al.*, 1994) สำหรับปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อนั้นก็ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 12) โดยที่ในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของการเปรียบเทียบ และในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในส่วนเหนือดินของพืชสูงสุดเท่ากับ 0.30 กิโลกรัมต่อไร่ ขณะที่ในการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมต่ำสุดเท่ากับ 0.19 กิโลกรัมต่อไร่

แมกนีเซียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อพืช พบว่า ปริมาณการสะสมและปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในส่วนเหนือดินของพืชไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11 และตารางที่ 12) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ในการทดลองทุกการทดลองมีปริมาณการสะสมและการดูดใช้แมกนีเซียมในพืชใกล้เคียงกันมาก (ตารางที่ 11 และตารางที่ 12) ที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะว่า ในการเปรียบเทียบที่มีการให้ปุ๋ยไปกับน้ำชลประทาน ในสูตรปุ๋ยมี $MgSO_4$ ผสมอยู่ด้วย จึงมีการสะสมของธาตุนี้สูงกว่าการอื่น ๆ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน เพราะไม่ได้มีการใส่ธาตุแมกนีเซียมเพิ่มเติมให้แก่พืชแต่อย่างใด สำหรับปริมาณแมกนีเซียมในผักกาดหอมห่อที่มีรายงานไว้ พบว่า ควรอยู่ในพิสัยระหว่างร้อยละ 0.3-0.7 (Hochmuth *et al.*, 1994) แต่ค่าวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมในพืชของทุกการทดลองในการทดลองนี้ มีค่าต่ำกว่าค่าที่รายงานไว้ทั้งหมด

ตารางที่ 12 ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 3 ระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามดำรับการทดลอง

ตัวอย่างพืช	ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในพืช (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
ดำรับที่ 1	2.99	0.46	6.42	0.33	0.12
ดำรับที่ 2	3.03	0.48	5.84	0.36	0.13
ดำรับที่ 3	2.82	0.48	4.95	0.33	0.12
ดำรับที่ 4	2.86	0.40	5.27	0.35	0.12
ดำรับที่ 5	2.92	0.51	5.48	0.35	0.12
ดำรับที่ 6	2.98	0.61	5.47	0.39	0.13
ดำรับที่ 7	2.78	0.47	3.27	0.33	0.13
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	9.85	33.04	13.52	14.61	11.83

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการจัดการปุ๋ยผักกาดหอมห่อในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ที่ปลูกครั้งที่ 3 ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูฝนเข้าสู่ฤดูหนาว มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักกาดหอมห่อดี แต่ปัญหาที่พบในแปลงปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือน ได้แก่ ช่วงแสงที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากมีหมอกหนาในช่วงเช้า ลมแรงทำให้กล้าตั้งตัวได้ช้า กลางวันร้อนกลางคืนหนาว แต่มีความชื้นสูง บริเวณผิวดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมดินจะแห้งเร็ว แต่ไม่พบโรคและการเข้าทำลายของแมลงศัตรูรุนแรงเท่าการปลูกในครั้งที่ 1 และ 2 ใบผักกาดหอมห่อขยายขนาดชิดกับทรงพุ่มของต้นข้างเคียง มีข้อปล้องสั้น ใบซ้อนกันแน่นทำให้ห่อหัวแน่นขึ้น

ตารางที่ 13 ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 3 เมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราและชนิดของปุ๋ยตามค่ารับการทดลอง

ตัวอย่างพืช	ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในพืช (กิโลกรัมต่อไร่)				
	N	P	K	Ca	Mg
ค่ารับที่ 1	1.70	0.27	3.69	0.19	0.07
ค่ารับที่ 2	2.46	0.39	4.72	0.30	0.10
ค่ารับที่ 3	2.28	0.42	4.00	0.27	0.09
ค่ารับที่ 4	2.20	0.31	4.02	0.27	0.09
ค่ารับที่ 5	2.15	0.37	4.00	0.26	0.09
ค่ารับที่ 6	2.29	0.46	4.18	0.30	0.10
ค่ารับที่ 7	2.12	0.36	3.97	0.25	0.10
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	19.96	42.95	19.23	24.57	18.54

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

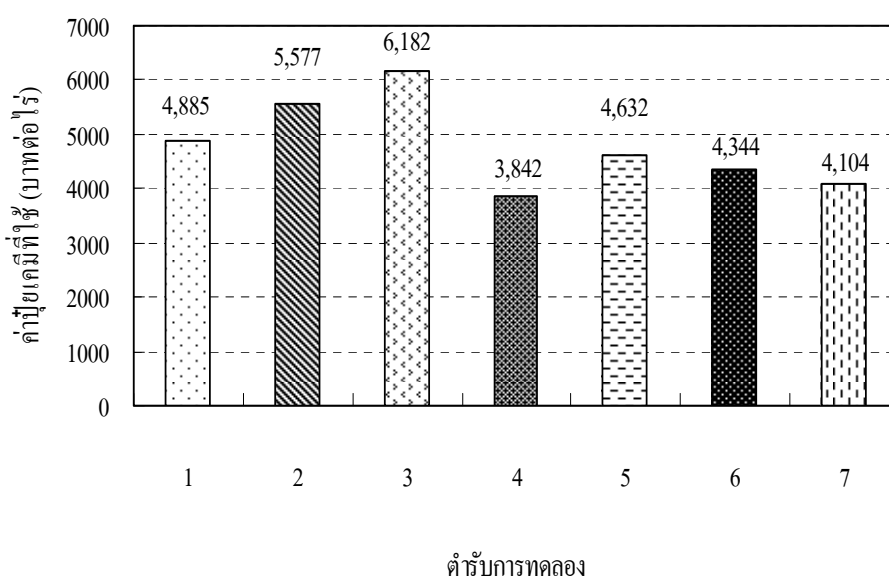
2.3 ผลตกค้างจากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตในดินตามค่ารับการทดลอง

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของผักกาดหอมห่อหลังตัดแต่ง พบว่า ในการปลูกพืชทั้ง 3 ครั้ง อัตราการดูดใช้ฟอสฟอรัสมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน คืออยู่ในพิสัย 0.25-0.44 0.26-0.35 และ 0.37-0.46 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งอัตราการดูดใช้ธาตุนี้พืชยังมีการสะสมอยู่ในเกณฑ์ปกติ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์ของ Hochmuth *et al.* (1994) ที่รายงานไว้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในใบและต้นผักกาดหอมห่อทั่วไปควรอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.25-0.50 (ตารางที่ 8) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินที่ใช้ในการทดลองนี้มีเพียงพอกับความต้องการของผักกาดหอมห่อ ซึ่งพืชนี้สามารถดูดขึ้นมาใช้ได้เพื่อการเจริญเติบโตได้ตามปกติ แม้แต่ในค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสก็ตาม ดังนั้น การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามค่ารับการทดลองส่วนใหญ่ จึงเหลือปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างอยู่ในดินเป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะในค่ารับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป ที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตสูงสุด คือเท่ากับ 58.29 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งพืชสามารถดูดใช้ขึ้นไปสะสมในใบและลำต้นจากการปลูกทั้ง 3 ครั้งได้เพียง 0.26 0.35 และ 0.48 กิโลกรัมต่อ

ไร่ตามลำดับ ซึ่งส่วนเหนือดินนี้เป็นส่วนที่ถูกนำออกไปจากพื้นที่ (crop removal) ดังนั้น จึงน่าจะเหลือปุ๋ยฟอสเฟตตกค้างอยู่ในดินมากพอสมควรคือประมาณ 58.03 57.94 และ 57.81 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

2.4 ต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีแต่ละดำรับการทดลองในการปลูกผักกาดหอมห่อ

เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีที่มีความแตกต่างกันในแต่ละดำรับการทดลอง จากภาพที่ 16 จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีที่ใช้ในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวงมีค่าสูงสุด คิดเป็นเงิน 6,182 บาทต่อไร่ รองลงมา คือ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง ส่วนในดำรับที่เหลือนั้นค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับผักกาดหอมห่อมีค่าลดหลั่นลงตามปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับที่ 1 โดยที่หากไม่มีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเลยจะช่วยลดต้นทุนด้านปุ๋ยได้ประมาณ 1,000 บาทต่อไร่ (เปรียบเทียบระหว่างดำรับที่ 1 และ 4)



ภาพที่ 17 ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใช้ในแต่ละดำรับการทดลองเมื่อเปรียบเทียบเป็นจำนวนเงินลงทุน

เมื่อเปรียบเทียบรายได้จากการขายผลผลิตต่อไร่ พบว่า ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ ให้ผลตอบแทนก่อนและหลังหักค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีออกแล้วสูงสุด เท่ากับ 73,593 และ 68,958 บาทต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

รองลงมา คือ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวง แต่ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงมาครึ่งหนึ่ง ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวงแต่ไม่มีการใส่ฟอสฟอรัส ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบของมูลนิธิการหลวง ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป และดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวง แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{4}$ มีรายได้ก่อนหักค่าปุ๋ยเคมีแล้ว เท่ากับ 63,800 59,884 58,740 54,142 และ 51,040 บาทต่อไร่ตามลำดับ หลังหักค่าปุ๋ยเคมีแล้วมีรายได้ เท่ากับ 58,456 56,042 53,855 48,565 46,936 และ 42,416 บาทต่อไร่ตามลำดับ ส่วนดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวงให้ผลตอบแทนก่อนและหลังหักค่าปุ๋ยแล้วต่ำสุด เท่ากับ 48,598 และ 42,416 บาทต่อไร่ นอกจากนี้แล้ว การให้ปุ๋ยในดำรับที่ 1 ซึ่งให้ร่วมกับน้ำชลประทาน (fertigation) นั้น จะใช้ปุ๋ยที่ละลายน้ำง่ายซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง ร่วมกับปุ๋ยที่ประกอบไปด้วยธาตุรองและจุลธาตุอาหารซึ่งในดำรับที่เหลือไม่มีการใส่ธาตุเหล่านี้แต่อย่างใด แต่การคิดคำนวณจะคิดจากราคาปุ๋ยทั่วไปและไม่รวมปุ๋ยที่เพิ่มเติมเหล่านี้ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีของดำรับที่ 1 อาจจะมีค่าต่ำกว่าความเป็นจริงไปบ้าง

สำหรับการทดลองที่ 2 และ 3 นั้น เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีที่ใช้ในแต่ละดำรับการทดลอง (คิดคำนวณโดยใช้ราคาเดียวกับการทดลองที่ 1) พบว่า ส่วนต่างภายหลังการหักค่าใช้จ่ายของปัจจัยด้านปุ๋ย (ตารางที่ 15 และ 16) มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกันคือ ผลตอบแทนหลังหักค่าใช้จ่ายจะดีที่สุดเมื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงมา $\frac{1}{2}$ ของอัตราที่ใช้ในดำรับเปรียบเทียบ เนื่องจากเมื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงตามอัตราดังกล่าวแล้ว ผลผลิตผักกาดหอมห่อที่ได้ยังคงสูงสุด (2,528 และ 2,691 กิโลกรัมต่อไร่ของการทดลองที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) และที่ค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยเคมีเกือบต่ำสุด คือเท่ากับ 4,344 บาทต่อไร่ ซึ่งมากกว่าดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและที่ใส่ในอัตราเพียง $\frac{1}{4}$ ของดำรับเปรียบเทียบเพียงเล็กน้อย (4,104 และ 3,842 บาทต่อไร่ตามลำดับ)

ส่วนมูลค่าผลผลิตในส่วนของการหักรายได้ปัจจัยด้านปุ๋ยเคมี สำหรับการทดลองที่ 2 เรียงลำดับจากมากไปน้อย มีดังนี้ 51,274 50,458 45,555 45,481 44,304 43,476 และ 42,870 บาทต่อไร่ (ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวง (เปรียบเทียบ) ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวง แต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง

และดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{4}$ ตามลำดับ) ขณะที่การทดลองสุดท้ายซึ่งให้ผลค่อนข้างคล้ายคลึงกัน มีมูลค่าผลผลิตในส่วนของการหักรายได้ปัจจัยด้านปุ๋ยเคมี เรียงตามลำดับ ดังนี้ 54,864 53,220 49,697 48,290 46,219 45,020 และ 42,811 บาทต่อไร่ (ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่เกษตรกรใช้อยู่ทั่วไป ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ใส่ฟอสฟอรัส $\frac{1}{4}$ ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{3}{4}$ ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวง และดำเนินการทดลองที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) ตามลำดับ)

ตารางที่ 14 แสดงส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 1

ดำเนินการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ¹	มูลค่าผลผลิต (บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) ²	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต (บาท)
1	2,670	58,740	4,885	53,855
2	2,461	54,142	5,577	48,565
3	2,209	48,598	6,182	42,416
4	2,722	59,884	3,842	56,042
5	3,345	73,590	4,632	68,958
6	2,900	63,800	4,344	59,456
7	2,320	51,040	4,104	46,936

หมายเหตุ ¹ คิตราคาผลผลิตในเกรด U น้ำหนัก 250 กรัม คิตราคากิโลกรัมละ 22 บาท

² คำนวณโดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ราคา 780 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ราคา 530 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ราคา 650 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ราคา 650 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ราคา 780 บาทต่อ 50 กิโลกรัม และปุ๋ยสูตร 12-60-0 ราคา 1,200 บาทต่อ 25 กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบส่วนต่างมูลค่าผลผลิตจากการปลูกทั้ง 3 ครั้ง จะเห็นได้ว่า ในดำรับการทดลองที่ 6 ที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวงแต่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณ $\frac{1}{2}$ มีแนวโน้มที่จะให้ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อสูงสุด ส่วนในดำรับการทดลองที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรมูลนิธิโครงการหลวง (เปรียบเทียบ) ให้ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อมีแนวโน้มลดต่ำลง ขณะที่ในดำรับการทดลองที่ 3 ที่ใส่ปุ๋ยผักใบสูตรที่แนะนำโดยศูนย์พัฒนาโครงการหลวงให้ส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อต่ำสุด (ภาพที่ 17)

ตารางที่ 15 แสดงส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 2

ดำรับการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ¹	มูลค่าผลผลิต (บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) ²	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต (บาท)
1	2,516	55,343	4,885	50,458
2	2,324	51,132	5,577	45,555
3	2,257	49,658	6,182	43,476
4	2,188	48,146	3,842	44,304
5	2,278	50,113	4,632	45,481
6	2,528	55,618	4,344	51,274
7	2,135	46,974	4,104	42,870

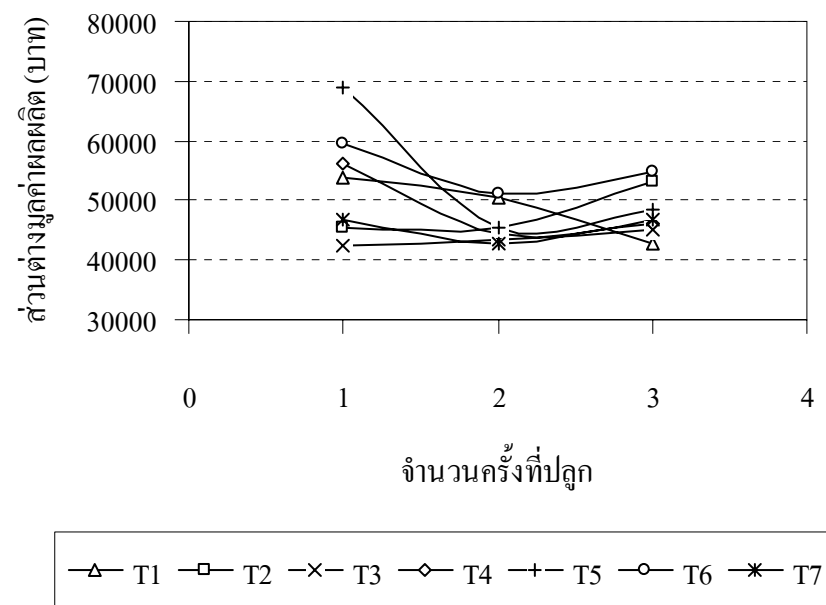
เมื่อพิจารณาในภาพรวมของทั้งสามการทดลอง พบว่า การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ ถึงแม้ว่าผลผลิตน้ำหนักสดที่ได้อาจจะไม่สูงที่สุดก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสูตรปุ๋ยต่าง ๆ อย่างไรก็ตาม การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยชนิดนี้ลงได้ ย่อมน่าจะเกิดประโยชน์ต่อการลดการสะสมธาตุฟอสฟอรัสในดินได้ในระยะยาว และอาจจะช่วยลดปริมาณฟอสฟอรัสที่ตกค้างในดินให้ลดลงอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลเสียด้านความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินได้อีกด้วย

ตารางที่ 16 แสดงส่วนต่างระหว่างค่าปุ๋ยกับผลผลิตผักกาดหอมห่อ ที่ปลูกครั้งที่ 3

ดำรับการทดลอง	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่) ¹	มูลค่าผลผลิต (บาท/ไร่)	ค่าปุ๋ย (บาท/ไร่) ²	ส่วนต่างมูลค่า ผลผลิต (บาท)
1	2,168	47,696	4,885	42,811
2	2,673	58,797	5,577	53,220
3	2,327	51,202	6,182	45,020
4	2,276	50,061	3,842	46,219
5	2,406	52,922	4,632	48,290
6	2,691	59,208	4,344	54,864
7	2,445	53,801	4,104	49,697

หมายเหตุ ¹ คัดราคาผลผลิตในเกรด U น้ำหนัก 250 กรัม คัดราคากิโลกรัมละ 22 บาท

² คำนวณโดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ราคา 780 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 16-20-0 ราคา 530 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ราคา 650 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ราคา 650 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ปุ๋ยสูตร 13-13-21 ราคา 780 บาทต่อ 50 กิโลกรัม และปุ๋ยสูตร 12-60-0 ราคา 1,200 บาทต่อ 25 กิโลกรัม



ภาพที่ 18 ส่วนต่างมูลค่าผลผลิตผักกาดหอมห่อจากการปลุกทั้ง 3 ครั้ง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การปลูกผักกาดหอมห่อทั้ง 3 ครั้ง มีแนวโน้มว่าสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสลงได้ในระดับหนึ่ง โดยไม่ทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ใช้เปรียบเทียบและดำรับการทดลองอื่น ๆ ที่แนะนำให้ใช้ในพื้นที่ในปัจจุบัน ซึ่งล้วนแต่มีการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณพอสมควรทั้งสิ้น โดยที่ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชยังอยู่ในเกณฑ์ที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ แม้แต่ในดำรับการทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เนื่องจากดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค้ำเพียงพอสอดคล้องความต้องการของพืช ส่วนปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในพืชในการปลูกครั้งที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูหนาว อุณหภูมิดินต่ำ มีแนวโน้มทำให้ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นมากกว่าการปลูกครั้งที่ 1 และ 2 สำหรับปริมาณธาตุอาหารหลัก เช่น ไนโตรเจนนั้น อัตราที่ใช้กันอยู่ น่าจะเพียงพอต่อความต้องการของพืช เนื่องจาก ปริมาณที่พืชดูดใช้ธาตุนั้นแล้วนำไปสะสมยังเนื้อเยื่อพืช มีปริมาณอยู่ในเกณฑ์ที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติแม้จะใส่ในปริมาณที่น้อยกว่าดำรับการทดลองที่ใช้เปรียบเทียบ เช่นเดียวกับปริมาณโพแทสเซียม

การเปรียบเทียบส่วนต่างหลังหักค่าปุ๋ยเคมีที่ใช้ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการลดการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณต่าง ๆ กัน ไม่ทำให้ผลกำไรลดลง เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยด้านปุ๋ย ถึงแม้จะทำให้ผลผลิตต่ำกว่าการไม่ลดปุ๋ยชนิดนี้บ้างแต่ก็ไม่มากนัก ดังนั้น เมื่อปลูกผักกาดหอมห่อในดินที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องมานาน สามารถลดปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมีลงได้ในระดับหนึ่ง โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัสเนื่องจากมีผลตกค้างอยู่ในดินได้เป็นระยะเวลายาวนาน ดังผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชที่ตกค้างอยู่ในดินหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตในครั้งที่ 3 พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในทุกดำรับการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

ข้อเสนอแนะ

การปลูกผักกาดหอมห่อในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสตกค้างในปริมาณมาก การลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่ช่วยให้ผลผลิตผักกาดหอมห่อเพิ่มขึ้น ควรมีการพิจารณาถึงปัญหาการยับยั้งการดูดใช้ธาตุอาหารบางชนิดที่เกิดจากอิทธิพลของฟอสฟอรัสที่สะสมอยู่มากเกินพอในดิน เช่น สังกะสี และเหล็ก ทั้งนี้รวมไปถึง ปริมาณของปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียม ที่อาจจะมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตให้ผลผลิตของผักกาดหอมห่อด้วย เนื่องจาก ผลการวิเคราะห์เนื้อเยื่อพืช พบว่า ปริมาณของธาตุอาหารพืชทั้งสองอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ได้มีการศึกษามาก่อนหน้านี้ ประกอบกับผลวิเคราะห์ดินในพื้นที่ศึกษามีปริมาณธาตุอาหารพืชดังกล่าวไม่สูงมากนัก ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลจากการจัดการปุ๋ยธาตุอาหารรองและจุลธาตุ ดังกล่าวร่วมกับการปรับลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีผลต่อผลผลิตที่จะได้รับ เพื่อเพิ่มคุณภาพและปริมาณของผลผลิต และลดปัญหาความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินเมื่อมีการใช้พื้นที่เพาะปลูกพืชอย่างต่อเนื่อง

หากนำผลการทดลองไปขยายผล ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับคือ เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นจากการลดปริมาณปุ๋ยที่ใช้ อีกทั้งผลผลิตที่ได้รับเป็นที่น่าพึงพอใจ รวมถึงยังช่วยลดการสะสมธาตุนี้ในดินที่มีมากเกินพอ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียในเรื่องของความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินที่ใช้ปลูกผักกาดหอมห่อทั่วไป อย่างไรก็ตาม การทดสอบการใช้ปุ๋ยในลักษณะนี้อาจจะให้ผลแตกต่างกันบ้างเมื่อปลูกผักกาดหอมห่อในดินที่มีลักษณะแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถพบอยู่ได้ทั่วไปในพื้นที่ใกล้เคียง

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การศึกษาการจัดการปุ๋ยในดินที่มีฟอสฟอรัสตกค้างสูง ควรมีการศึกษาต่อไปอีกในหลายพื้นที่ที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลานาน และอยู่ภายใต้สภาพโรงเรือน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2523. **คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ ฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- โครงการหลวง. 2549. **เอกสารประกอบการบรรยาย เครือข่ายวิจัยพัฒนาพืชสวน**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย สกว, เชียงใหม่.
- ฉันทนา วิชรรัตน์, คำเกิง ป็องพาล, ปรีชา รัตนัง และนนุช กุศล. 2549. การปรับปรุงพันธุ์และผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมห่อ, น.25-32. ใน รายงานการประชุมวิชาการ ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2549. ฝ่ายวิจัย มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.
- ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ไชย. 2535. **การศึกษาผลปัจจุบันและผลตกค้างของปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองและข้าวโพด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2529. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชัยวัฒน์ วจนะวงษ์จิตร. 2541. **ผลของการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและเชื้อจุลินทรีย์ต่อผลผลิตของผักกาดหอม ที่ปลูกในดินที่มีฟอสฟอรัสสูง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรศักดิ์ ปิ่นวิชัย. 2545. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผักกาดหอมห่อตัดแต่งพร้อมบริโภค.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ประสิทธิ์ โนรี. 2549. ผลของเรือนโรงพลาสติกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกาดหอมห่อใน
ฤดูฝน. โครงการหลวง 10(3): 5-9.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและ
ศักยภาพของดินอัลฟิโซลส์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ไชยมงคล. 2549. ผักกาดหอมห่อ. สาขาพืชผัก ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

นิลประไพ จันทนภาพ, พวงเล็ก โมรากุล และสำเนา เพชรฉวี. 2518. สถานะความอุดมสมบูรณ์
ของดินสวนผักและปริมาณธาตุอาหารบางชนิดที่พืชผักต่างๆดูดไปใช้. กสิกร. 48(3): 151-
156.

นุชนารถ จงเลขา. 2546. คู่มือการควบคุมโรคและศัตรูต่าง ๆ ของพืชผักแบบผสมผสาน. ศูนย์
อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

ไพบุลย์ ประพุดิธรรม. 2528. เเคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพบุลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. เเคมีดิน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เล็ก มอญเจริญ. 2548. รายงานเบื้องต้นสถานภาพการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับพืชผักในพื้นที่โครงการ
หลวง. เอกสารเสนอต่อฝ่ายวิจัยโครงการหลวง, เชียงใหม่.

วิโรจน์ วานานวัช, วิจิตร ขจรมาลี, ชะลุค ชาร์ตพันธ์, เชียรชัย อารยางกูร, สมยศ วิลัยศักดิ์ และ
สุพัฒน์ วานเครือ. 2530. อิทธิพลของอัตราและชนิดปุ๋ยฟอสเฟตที่มีต่อผลผลิตถั่วเหลือง
ในดินเหนียวสีแดง (ผลตกค้างปีที่ 1), น.153-157. ใน การสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่ว
เหลืองครั้งที่ 2 (เล่ม 1). วันที่ 22-25 ธันวาคม 2530 โรงแรมไพลิน จังหวัดพิษณุโลก
ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่, สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. พิมพ์ครั้งที่ 4. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะ
วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2518. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. คู่มือประกอบการบรรยาย. ภาควิชา
ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุนทร อัครชนกุล. 2529. **หลักการปฐพีฟิสิกส์**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

อานัฐ ดันโซ. 2547. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน**. โครงการกองทุนปุ๋ยไฮโดรโปนิกส์ มูลนิธิโครงการ
หลวง, เชียงใหม่.

อิสริยาภรณ์ สุวรรณชาติ. 2538. ผลตกค้างของการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และทรีปเปิลซูเปอร์
ฟอสเฟตติดต่อกัน 20 ปีต่อสมบัติและความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2533. **ดินของประเทศไทย: ลักษณะ การแจกกระจาย และการใช้**. ภาควิชา
ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2547. **บทปฏิบัติการ การสำรวจดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. **การสำรวจดิน: มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- Bear, F.E. 1964. **Chemistry of the Soil**. 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Boukema, I.W., T. Hazekamp and T.J.L. van Hintum. 1990. **The CGN lettuce collection**.
Centre for Genetic Resources, Wageningen, the Netherlands.
- Brady, N.C. 1974. **The Nature and Properties of Soils**. 8th ed. Macmillan Publ. Co. Inc., New York.
- _____ and R.R. Weil. 1999. **The Nature and Properties of Soils**. 12th ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Science** 59: 39-45.
- Buol, S.W., F. D. Hole and R.J. McCracken. 1997. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State Univ. Press, Ames.
- Butzer, K.M. 1976. **Geomorphology from the Earth**. Harper and Row Publishers, New York.
- Chang, S.C. and M.L. Jackson. 1957. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Sci.** 84: 133-144.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black (ed.). **Method of Soil Analysis**. Part II. Agronomy No 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Day, D.R. 1965. Particle fraction and particle size analysis, pp. 546-566. *In* C.A. Black (ed.). **Method of Soil Analysis**. Part I. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

- Floate, M.T.S. and P.D. Enright. 1991. Effects of lime and 5 years sulphur and phosphorus application on soil pH, sulphur and phosphorus status of tussock grassland soil on East Otago upland, **New Zealand J. Agric. Res.** 34: 127-138.
- Foth, H.D. 1990. **Fundamentals of Soil Science**. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Haseman, J.F., E.H. Brown and C.D. Whitt. 1950. Some reactions of phosphate with clay and hydrous oxides of iron and aluminium. **Soil Sci.** 70: 257-271.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.M. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**. 7th ed. Pearson Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Hochmuth, G., Hanlon, Ed., Nagata, R., Snyder, G. and Schuenemen, T. 1994. **Fertilization recommendation for crisphead lettuce grown on organic soils in Florida**. University of Florida. Department of Horticultural Sciences. Original Publication.
- Hopkins, C.G. 1910. **Soil Fertility and Permanent Agriculture**. Ginn & Co., New York.
- Hsu, P.H. 1964. Adsorption of phosphate by aluminium and iron in soils. **Soil Sci. soc. Amer. Proc.** 28: 474-478.
- Jackson, L.E. 1995. Root architecture in cultivated and wild lettuce (*Lactuca* spp.). **Plant, Cell and Environment**. 18: 885-897.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis**. Advanced Course. Dept. of Soils, University of Wisconsin, Wisconsin, USA.

- Kaloo, K.H. 1981. Differentiation of lettuce cultivars (L.sativa var. Capitata). **Hort. Abstract.** 51: 31.
- Kamprath, E.J., W.L. Nelson and J.W. Fitts. 1965. The effect of pH, sulfate and phosphate concentration on the adsorption of sulfate by soils. **Soil Sci. Soc. Amer.** Proc. 20: 463-466.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soil. **Soil Sci.** 68: 15-24.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. In C.A. Black (ed.). **Method of Soil Analysis.** Part I. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Knott, J.E. and J.R. Deanon. 1970. **Vegetable Production in South East Asia.** Los Bonos: College of Agriculture, University of Philippines.
- Lambert, M.G.; D.A.Mackey and D.A.Costall. 2000. Effects of fertilizer application on nutrient status and organic matter content of hill soil. **New Zealand J. Agris. Res.** 43: 127-138.
- Landon, J.R. 1991. **Booker Tropical Soil Manual: A Handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in The Tropics and Subtropics.** Paperback ed. Booker Agriculture international., New York.
- Mangel, D.B. and S.A. Barber. 1974. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agron. J.** 66: 399-402.
- 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 Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- Nguyen, M.L.; D.S. Rickard and S.D. McBride. 1989. Pasture production and change in phosphorus and sulphur status in irrigated pasture receiving long-term applications of superphosphate fertilizer. **New Zealand J. Res.** 42: 133-142.
- Olsen, S.R. and M. Fried. 1957. Soil phosphorus and fertility, pp. 145-162. *In* **The Year Book of Agriculture**. The United state Government Printing office, USA.
- Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59: 25-28.
- Peech, M. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. *In* C.A. Black (ed.). **Method of Soil Analysis**. Part II. Monograph No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Perrot, M.T.S. and P.D.Enright. 1991. Effect of fertilizer phosphorous and liming on inorganic and organic soil phosphorous fractions. **New Zealand J. Agric. Res.** 34: 453-465.
- Potash and Potassium Institute. 1978. **Phosphorus for Agriculture**, Vol. LXII. Potash/Phosphate Institute, Attanta, GA.
- Rappaport, L. and S.H. Wittwer. 1956. Flowering in head lettuce as influenced by seed vernalization, temperature and photoperiod. **Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.** 67: 429-437.
- Reddy, K.R., M.R. Overcash and P.W. Westerman. 1980. Phosphorus adsorption-desorption characteristics of two soils utilized for disposal of animal wastes. **J. Environ. Qual.** 9: 86-92.
- Russell, E.W. 1973. **Soil Conditions and Plant Growth**. 10th ed., Longman, London.

- Ryder, E.J. 1999. **Lettuce endive and chicory**. Crop Production Science in Horticulture, CABI Publishing, New York.
- Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Sanchez, P.A., J.H. Vilachica and D.E. Bandy. 1983. Soil fertility dynamic after cleaning a tropical rainforest in Peru. **Amer. J.** 47: 1171-1178.
- Sharpley, A. 1999. Phosphorus availability, p. 18-38. *In* M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science**. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual**. U.S. Dept. Agr. Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 1999. **Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. 2nd ed. United States Dep. Of Agriculture, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Soil Survey Staff. 2006. **Keys to Soil Taxonomy**. 10th ed. Natural Resource Conservation Service. U.S. Dept. Agric., U.S. Govt. Printing Office, Washington, DC.
- Soundy, P. and I.E. Smith. 1992. Evaluation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars in the Natal midlands. **J. S. Afr. Soc. Hort. Sci.** 2(1): 46-49.
- Tibbitts, T.W. and G. Bottenberg. 1976. Growth of lettuce under controlled humidity levels. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 101(1): 70-73.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. **Soil Fertility and Fertilizers**. 3rd ed. Macmillan Publ. Co. Inc., New York.

- Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Method of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Thompson, L.M. and F.R. Troeh. 1978. **Soils and Soil Fertility**. 4th ed., McGraw-Hill Inc., New York.
- Thompson, R.P. 1966. **Phosphorus: Key Element in Plant and Animal Nutrition**. Int. Minerals and Chemical Corporation Skokie, Illinois, USA.
- Volk, G.W. 1945. Response to residual phosphorous of cotton in continuous culture. **J. Amer. Soc. Agron.** 37: 330-340.
- 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.
- Weeks, M.E. and H.F. Miller. 1949. The residual effects of phosphate used on long- time field experiments. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 13: 102-107.
- Young, A. 1976. **Tropical Soils and Soil survey**. Cambridge Univ. Press, London.

ภาคผนวก

คำอธิบายหน้าตัดดิน

(Soil profile description)

I Information on the site

Profile symbol	: TL-1
Classification	: Typic Paleudalf
Date of examination	: 19 October 2006
Described by	: Somchai Anusornpornperm, Suphicha Thanachit, Kosol Khenta and Salisa Sungviset
Location	: Ban Huai Tong, Mae Win Subdistrict, Mae Wang District, Chiangmai Province
Elevation	: Approximately 985 m (MSL)
Map sheet number	: - Coordination : 47Q0453166 ^E , 2068128 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Terraced footslope
2. Surrounding land form	: Nearly flat
3. Slope on which profile site	: 0.5% Aspect : 21 Azi
Land use	: Lettuce grown in green house
Annual rainfall	: Approximately 1,400 mm
Mean temperature	: Approximately 17°C
Climate	: Humid Subtropical Cilmate (Cwa)

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Slow
Depth of groundwater	: Deeper than 200 cm at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-31	Mixed Red (2.5YR 4/8) (30%) and dark reddish gray (2.5YR 3/1) (70%); very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; very few very fine vesicular pores; very few very fine and fine roots; 30% of subsoil materials mixed throughout the layer; few traces of charcoal, few traces of mica flake (mainly biotite); strongly acid (field pH 5.5); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	31-59	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay; strong very fine, fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; many very fine, few fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine roots; common very fine and fine coated sands; few traces of mica flake (mainly biotite); very few traces of charcoal; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt2
Bt2	59-85	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, very sticky and moderately plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine vesicular pores and very few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; common very fine and fine coated sands; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	85-110	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; common very fine and fine coated sands; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt4

Horizon	Depth (cm)	Description
Bt4	110-139	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; many very fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine roots; common very fine and fine coated sands; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	139-166	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; many very fine and very few fine vesicular pores; very few very fine roots; common very fine and fine coated sands; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	166-200+	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; many very fine and very few fine vesicular pores; very few very fine roots; common very fine and fine coated sands; strongly acid (field pH 5.5).

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density	K sat
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)				(Mg m ⁻³)	(cm hr ⁻¹)
0-31	Ap	401	91	508	Clay	1.12	46.25
31-59	Bt1	337	51	612	Clay	1.25	0.03
59-85	Bt2	339	32	629	Clay	1.15	0.06
85-110	Bt3	340	39	620	Clay	1.22	0.40
110-139	Bt4	345	47	608	Clay	1.21	0.06
139-166	Bt5	328	26	646	Clay	1.28	0.09
166-200+	Bt6	315	56	629	Clay	1.33	0.23

ตารางผนวกที่ 2 ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avail.P	Avail.K	Extractable bases				Sum	Extr.	CEC		BS
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	K	Na	bases	acidity	by sum	NH ₄ OAc	
(cm)				(-----g kg ⁻¹ -----)		(-----mg kg ⁻¹ -----)		(-----cmol kg ⁻¹ -----)								(%)
0-31	Ap	5.7	4.4	25.73	0.77	375.27	91.91	4.19	0.56	0.24	3.45	8.45	6.50	14.95	14.25	56.51
31-59	Bt1	4.9	4.0	3.41	0.35	5.49	59.62	1.02	0.09	0.15	3.85	5.12	4.00	9.12	6.00	56.13
59-85	Bt2	4.8	4.0	3.36	0.21	2.84	60.15	0.71	0.03	0.15	3.41	4.31	3.50	7.81	3.75	55.18
85-110	Bt3	4.9	4.0	4.72	0.28	2.92	68.61	0.55	0.02	0.18	3.43	4.18	3.50	7.68	4.25	54.44
110-139	Bt4	5.2	4.4	5.41	0.21	2.57	63.60	0.64	0.02	0.16	3.47	4.30	3.50	7.80	4.25	55.13
139-166	Bt5	5.1	4.4	1.34	0.21	2.66	33.28	0.72	0.03	0.09	3.79	4.62	3.50	8.12	5.25	56.89
166-200+	Bt6	5.1	4.4	2.01	0.21	2.31	224.85	0.55	0.03	0.58	3.54	4.71	3.50	8.21	3.75	57.35

ตารางผนวกที่ 3 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

คำเรียกทั่วไป	ลักษณะเนื้อดิน	ชั้นเนื้อดินต่าง ๆ (texture classes)
ดินทราย (sandy soils)	เนื้อหยาบ (coarse textured)	ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายละเอียดมาก) ทรายปนดินร่วนชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบปนดินร่วน ทรายปนดินร่วน ทรายละเอียดปนดินร่วน และ ทรายละเอียดมากปนดินร่วน)
ดินร่วน (loamy soils)	เนื้อดินหยาบปานกลาง (moderately coarse-textured)	ดินร่วนปนทรายหยาบ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายละเอียด
	เนื้อปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง
	เนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
ดินเหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง และดินเหนียว

ตารางผนวกที่ 4 ระดับชั้นของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ระดับชั้น	ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน ที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (cm hr ⁻¹)
ช้ามาก (very slow)	< 0.125
ช้า (slow)	0.125-0.50
ช้าปานกลาง (moderately slow)	0.50-2.00
ปานกลาง (moderate)	2.00-6.25
เร็วปานกลาง (moderately rapid)	6.25-12.50
เร็ว (rapid)	12.50-25.00
เร็วมาก (very rapid)	> 25.00

ที่มา: O'Neal (1952)

ตารางผนวกที่ 5 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน(เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

1. ปฏิกริยาของดิน (Soil reation), pH (ดิน : น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.4
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) (% organic carbon x 1.724)

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

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2535)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	< 1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0
ปานกลาง (M)	2.0-5.0
สูง (H)	5.0-7.5
สูงมาก (VH)	> 7.5

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	< 3
ต่ำ (L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (ML)	6-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-25
สูง (H)	25-45
สูงมาก (VH)	> 45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH₄OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	< 30
ต่ำ (L)	30-60
ปานกลาง (M)	60-90
สูง (H)	90-120
สูงมาก (VH)	> 120

6. ค่าที่สกัดได้ (extractable bases) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg^{-1})				
	extr.Ca	extr.Mg	extr.K	extr.Na	extr.bases
ต่ำมาก (VL)	< 2.0	< 0.3	< 0.2	< 0.1	< 2.6
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	2.6-6.6
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	6.6-14.3
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	14.3-31.2
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0	> 31.2

หมายเหตุ	VL	=	ต่ำมาก (very Low)
	L	=	ต่ำ (Low)
	ML	=	ค่อนข้างต่ำ (Moderately Low)
	M	=	ค่อนข้างต่ำ (Moderately Low)
	MH	=	ค่อนข้างสูง (Moderate High)
	H	=	สูง (High)
	VH	=	สูงมาก (very Low)

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	<3
ต่ำ (L)	3-5
ค่อนข้างต่ำ (ML)	5-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-20
สูง (H)	20-30
สูงมาก (VH)	>30

8. การอิ่มตัวด้วยไอออนที่เป็นค่า (base saturation)

ระดับ (rating)	พิสัย (%)
ต่ำ (L)	<35
ปานกลาง (M)	35-75
สูง (H)	>75

ตารางผนวกที่ 6 เกณฑ์การแบ่งระดับปริมาณกรดที่สกัดได้

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg ⁻¹)
ต่ำมาก	<1.0
ต่ำ	1.0-2.0
ปานกลาง	2.0-5.0
ค่อนข้างสูง	5.0-10.0
สูง	10.0-20.0
สูงมาก	>20.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 7 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ระดับ (rating)	พิสัย (Mg m^{-1})
ต่ำมาก	<1.2
ต่ำ	1.2-1.4
ปานกลาง	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง	1.6-1.8
สูง	1.8-2.0
สูงมาก	>2.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 8 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน (กองสำรวจดิน, 2523)

ระดับความอุดม สมบูรณ์ของดิน	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (g kg ⁻¹)	ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (mg kg ⁻¹)	ปริมาณโพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (mg kg ⁻¹)	ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน (cmol kg ⁻¹)	อัตราร้อยละ ความอิ่มตัวเบส (%)
ต่ำ	< 15 (1)	< 10 (1)	< 60 (1)	< 10 (1)	< 35 (1)
ปานกลาง	15-35 (2)	10-20 (2)	60-90 (2)	10-20 (2)	35-75 (2)
สูง	> 35 (3)	> 20 (3)	> 90 (3)	> 20 (3)	> 75 (3)

หมายเหตุ วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ถ้าคะแนนเท่ากับ 13 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ตารางผนวกที่ 9 ผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักร้างของผักกาดหอมห่อ ปลูกครั้งที่ 1

ดำรับการทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักรส		ผลผลิตน้ำหนักร้าง	
	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่
ดำรับที่ 1	352.25	2,669.35	13.71	89.68
ดำรับที่ 2	324.82	2,461.45	13.21	95.98
ดำรับที่ 3	291.54	2,209.25	15.22	84.00
ดำรับที่ 4	359.14	2,721.56	14.80	105.08
ดำรับที่ 5	441.43	3,345.14	16.32	123.21
ดำรับที่ 6	382.74	2,900.38	17.64	110.65
ดำรับที่ 7	306.10	2,319.64	14.46	91.44
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	17.61	17.61	21.96	20.35

ตารางผนวกที่ 10 ผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักร้างของผักกาดหอมห่อ ปลูกครั้งที่ 2

ดำรับการทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักรส		ผลผลิตน้ำหนักร้าง	
	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่
ดำรับที่ 1	331.98	2,515.73	12.96	81.71
ดำรับที่ 2	306.70	2,324.15	13.00	98.86
ดำรับที่ 3	297.86	2,257.18	12.64	96.04
ดำรับที่ 4	288.79	2,188.43	11.92	92.83
ดำรับที่ 5	300.59	2,277.89	13.84	100.67
ดำรับที่ 6	333.61	2,528.10	12.69	93.15
ดำรับที่ 7	281.77	2,135.22	11.05	85.09
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	19.56	19.56	20.61	20.54

ตารางผนวกที่ 11 ผลผลิตน้ำหนักรสและน้ำหนักร้างของผักกาดหอมห่อ ปลูกครั้งที่ 3

ตำรับการทดลอง	ผลผลิตน้ำหนักรส		ผลผลิตน้ำหนักร้าง	
	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่	กรัม/ต้น	กิโลกรัม/ไร่
ตำรับที่ 1	286.09	2,167.98	10.49	57.84
ตำรับที่ 2	352.68	2,672.58	12.04	81.37
ตำรับที่ 3	307.12	2,327.33	13.28	79.68
ตำรับที่ 4	300.28	2,275.55	13.76	77.17
ตำรับที่ 5	317.44	2,405.52	12.80	73.70
ตำรับที่ 6	355.14	2,691.25	12.04	77.47
ตำรับที่ 7	322.71	2,445.51	12.17	78.05
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	21.82	21.82	17.36	19.56

ตารางผนวกที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลง non SI unit เป็น SI unit

Quantity	SI unit	Conversion equation
Electrical conductivity	dS m^{-1}	$1 \text{ mS/cm} = \text{dS m}^{-1}$ $1 \mu\text{S/cm} = 0.001 \text{ dS m}^{-1}$
Cation exchange capacity	cmol (+) kg^{-1}	$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol (+) kg}^{-1}$
Anion exchange capacity	cmol (-) kg^{-1}	$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol (-) kg}^{-1}$
Exchange cation	cmol (+) kg^{-1}	$1 \text{ meq/100g} = \text{cmol (+) kg}^{-1}$
Mass ratio	g kg^{-1}	$1\% = 10 \text{ mg kg}^{-1}$
	mg kg^{-1}	$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg kg}^{-1}$ $1 \text{ mg/100g} = 10 \text{ mg kg}^{-1}$
	$\mu\text{g kg}^{-1}$	$1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g kg}^{-1}$
	mg kg^{-1}	$1 \text{ ppt} = 1 \text{ ng kg}^{-1}$
Mass concentration	g L^{-1}	$1\% = 10 \text{ g L}^{-1}$
	mg L^{-1}	$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg L}^{-1}$
	$\mu\text{g L}^{-1}$	$1 \text{ ppb} = 1 \mu\text{g L}^{-1}$
Density	Mg m^{-3}	$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ Mg m}^{-3}$
Specific surface	$\text{m}^2 \text{ kg}^{-1}$	$1 \text{ m}^2/\text{g} = 1000 \text{ m}^2 \text{ kg}^{-1}$
Pressure	kPa, Mpa	$1 \text{ bar} = 0.1 \text{ Mpa}$
Radioactivity	Bq	$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10}$
Rate, Yield	kg ha^{-1}	$1 \text{ kg/10a} = 10 \text{ kg ha}^{-1}$
	Mg ha^{-1}	$1 \text{ t/10a} = 10 \text{ Mg ha}^{-1}$



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ 1 แสดงการปลูกผักกาดหอมห่อภายใต้สภาพโรงเรือนที่ ปลูกครั้งที่ 1 ช่วงเดือน พฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2549 (ก) ปลูกครั้งที่ 2 ช่วงเดือนสิงหาคมถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2549 (ข) และปลูกครั้งที่ 3 ช่วงเดือนตุลาคม ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2549 (ค)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวศุภิษา สัมวิเศษ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	26 พฤศจิกายน 2525
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการเกษตร
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-