



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Effects of Chemical Fertilizer Application with Gypsum on Growth and Yield of
Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

นามผู้วิจัย นางสาวชาลินี คงสุต

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ศุภชัย อำคา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ริระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Effects of Chemical Fertilizer Application with Gypsum on Growth and Yield of Cassava
(*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

โดย

นางสาวชาลิณี คงสุค

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชาลินี คงสุต 2554: ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต
ของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D. 67 หน้า

ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ
Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 7 ดำรับทดลอง ได้แก่ ดำรับควบคุม
($T_1 = \text{Control}$) ดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($T_2 = \text{IF}_{100\%} + G_0$) ดำรับทดลองที่ใส่
ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 และ 50 กก./ไร่ ($T_3 = \text{IF}_{100\%} + G_{25}$ และ $T_4 =$
 $\text{IF}_{100\%} + G_{50}$) ดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($T_5 = \text{IF}_{75\%} + G_0$) และดำรับ
ทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 และ 50 กก./ไร่ ($T_6 =$
 $\text{IF}_{75\%} + G_{25}$ และ $T_7 = \text{IF}_{75\%} + G_{50}$)

ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่
($\text{IF}_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่า
วิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($\text{IF}_{100\%} + G_{25}$) ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = \text{Control}$) มีผลให้
ความสูงต้นของมันสำปะหลังต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ในด้านผลผลิตของมันสำปะหลัง
พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($\text{IF}_{100\%}$) หรือการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน
($\text{IF}_{75\%}$) ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 หรือ 50 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนัก
เฉลี่ยต่อหัว และเปอร์เซ็นต์แป้งของผลผลิตหัวสดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่า
วิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($\text{IF}_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส
และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับ
ยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($\text{IF}_{100\%} + G_{25}$) ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = \text{Control}$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจน
ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Chalinee Khongsud 2011: Effects of Chemical Fertilizer Application with Gypsum on Growth and Yield of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Chaisit Thongjoo, Ph.D. 67 pages.

Investigation was made on the effects of chemical fertilizer applied with gypsum on growth and yield of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) planted in Kamphaeng Saen soil series. Randomized Complete Block Design (RCBD) was used as an experimental design consisted of 7 treatments, i.e., a) control/unfertilized treatment ($T_1 = \text{control}$); b) chemical fertilizer based on soil analysis ($T_2 = IF_{100\%} + G_0$); c-d) chemical fertilizer based on soil analysis combining with gypsum 25 and 50 kg/rai ($T_3 = IF_{100\%} + G_{25}$ and $T_4 = IF_{100\%} + G_{50}$); e) chemical fertilizers based on soil analysis only 75% ($T_5 = IF_{75\%} + G_0$); f-g) chemical fertilizers based on soil analysis only 75% combining with gypsum 25 and 50 kg/rai ($T_6 = IF_{75\%} + G_{25}$ and $T_7 = IF_{75\%} + G_{50}$).

The study revealed that applying chemical fertilizer based on soil analysis combining with gypsum 50 kg/rai ($IF_{100\%} + G_{50}$) gave the highest effect on cassava height nearly the same as applying chemical fertilizer based on soil analysis combining with gypsum 25 kg/rai ($IF_{100\%} + G_{25}$) while the control treatment ($T_1 = \text{control}$) effected on the lowest of plant height of all growth stages. Regarding yield of cassava, it was found that applying chemical fertilizer based on soil analysis ($IF_{100\%}$) or applying chemical fertilizer based on soil analysis only 75% ($IF_{75\%}$) both single applying or combining with gypsum 25 and 50 kg/rai ($IF_{100\%} + G_0$, $IF_{100\%} + G_{25}$, $IF_{100\%} + G_{50}$, $IF_{75\%} + G_0$, $IF_{75\%} + G_{25}$ and $IF_{75\%} + G_{50}$) effected on the fresh root yields, average weight per root and starch contents of cassava fresh root yields nearly the same. Further, applying chemical fertilizer based on soil analysis combining with gypsum 50 kg/rai ($IF_{100\%} + G_{50}$) effected on the highest concentration of total N, P and K in fresh root yield nearly the same as applying chemical fertilizer based on soil analysis combining with gypsum 25 kg/rai ($IF_{100\%} + G_{25}$) while the control treatment ($T_1 = \text{control}$) effected on the lowest concentration of total N, P and K in fresh root yield.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์ ดร. ศุภชัย อัมภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งอาจารย์ ดร. ฝอยฝน ชูติดำรง ประธานการสอบ อาจารย์ ดร. วิสุทธิ วีรสาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑามาศ รมแก้ว ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนจาก บริษัท ดี เค ที จำกัด ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านเงินทุนวิจัยเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากรของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสนทุกท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขณะทำการวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ คุณพ่อชลัน และคุณแม่เย็นจิตร คงสุค สำหรับการมอบอีกหนึ่งสิ่งที่มีค่าให้กับชีวิต และยังเป็นกำลังใจที่สำคัญตลอดมา ขอบขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ชาลิณี คงสุค
เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	30
สรุปผลการทดลอง	56
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	58
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	67

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสนก่อนการทดลอง	18
2	การใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัมตามตำรับทดลอง (การทดลองที่ 1)	22
3	การใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัมตามตำรับทดลอง (การทดลองที่ 2)	26
4	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำชะละลายที่ ระยะต่างๆ	31
5	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ (soluble P) ของน้ำชะละลายที่ระยะต่างๆ	33
6	ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ (soluble K) และปริมาณแคลเซียมที่ละลาย ได้ (soluble Ca) ของน้ำชะละลายที่ระยะต่างๆ	35
7	ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ (soluble Mg) ของน้ำชะละลายที่ระยะต่างๆ	36
8	ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน	38
9	จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน	39
10	ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน	40
11	น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน	41
12	ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมัน สำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน	45
13	ความกว้างของหัว ความยาวของหัว และเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมัน สำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน	46
14	สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมัน สำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน	47
15	ปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วย บง 60 ที่อายุ 12 เดือน	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ของดินภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี	51
17	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K) ของดินภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี	53
18	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg) ของดินภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี	55

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1 การติดตั้งอุปกรณ์ชะละลาย

23



ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต
ของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Effects of Chemical Fertilizer Application with Gypsum on Growth and Yield
of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชอาหารที่สำคัญในลำดับที่ 5 ของโลก รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง โดยประชากรของประเทศในแถบอาฟริกา อเมริกาใต้ หรือเอเชียบางประเทศ เช่น อินโดนีเซียและอินเดีย มีการบริโภคมันสำปะหลังเป็นปริมาณมาก หรือคิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด นอกจากนี้ยังมีการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์หรือส่วนผสมของอาหารสัตว์อีกประมาณ 28-30 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้เกษตรกรมากเป็นลำดับที่ 4 รองจากยางพารา อ้อย และข้าว โดยประเทศไทยส่งออกมันสำปะหลังมากที่สุดในโลก แต่ใช้บริโภคภายในประเทศน้อยมาก มีรายงานว่าในปี พ.ศ. 2551 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.75 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวสดรวม 25.16 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 3.40 ตันต่อไร่ ซึ่งแหล่งปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือคิดเป็นร้อยละ 62 ภาคกลางและภาคตะวันออกคิดเป็นร้อยละ 28 ส่วนภาคเหนือคิดเป็นร้อยละ 10 สำหรับการส่งออกมันสำปะหลังของไทยมักแปรรูปเป็นมันอัดเม็ด มันเส้น และแป้งมัน โดยตลาดสำคัญของมันอัดเม็ดของไทย คือ สหภาพยุโรป ในขณะที่ตลาดสำคัญของแป้งมัน คือ ญี่ปุ่น (ศูนย์สถิติการเกษตร, 2551)

ปุ๋ยเคมีเป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิต และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ขงยุทธ และคณะ, 2551) ในแต่ละปีจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชเป็นปริมาณมาก โดยในปี พ.ศ. 2552 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 3,867,187 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 42,413 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ด้วยมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้น การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่สอดคล้องกับราคาปุ๋ย แล้วปรับใช้ให้เหมาะสมกับค่าวิเคราะห์ดิน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะเสริมสร้างความเข้มแข็งของระบบการผลิตของประเทศไทย ให้สามารถแข่งขันในระบบการค้าเสรีได้ การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารพืชในดินจากค่าวิเคราะห์ดินเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกมากมาย เช่น ลักษณะของ

ดินที่แตกต่างกันในแต่ละชุดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันตามการจัดการดินหรือการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร สภาพภูมิอากาศ หรือปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี เป็นต้น (ระวีวรรณ และคณะ, 2552; ศิริสุตา และคณะ, 2552)

ยิปซัม เป็นสารประกอบของแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต มีสูตรทางเคมี คือ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวหรือไม่มีสี เนื้ออ่อน มีความสามารถในการละลายน้ำได้ประมาณ 2.5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร (ขงยุทธ, 2542) การนำผลงานวิจัยทางเกษตรที่เกี่ยวกับยิปซัมจากต่างประเทศมาปรับใช้ในประเทศไทย พบว่า ยิปซัมมีคุณสมบัติที่ดีมากในการปรับปรุงดินเสื่อมโทรม โดยเฉพาะดินที่มีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเป็นเวลายาวนาน กล่าวคือ เมื่อนำยิปซัมมาใช้ปรับปรุงดินเสื่อมโทรม จะมีผลให้ดินมีศักยภาพในการให้ผลผลิตโดยภาพรวมดีขึ้น (Warrington *et al.*, 1989; Miller, 1987; Agassi *et al.*, 1990) จึงเกิดแนวคิดในการนำยิปซัมมาพิสูจน์สมบัติเด่นด้านการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเสริมประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย การลดการชะละลายธาตุอาหาร ตลอดจนผลที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังในสภาพแปลง ทั้งนี้เพื่อเป็นอีกทางเลือกสำหรับเกษตรกรในการลดต้นทุนในส่วนของปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตมันสำปะหลังต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการลดการชะละลายธาตุอาหารพืช
2. เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน
3. เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อสมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะและสมบัติทั่วไปของชุดดินกำแพงแสน

ชุดดินกำแพงแสนจัดไว้ในกลุ่มดิน non calcic brown soils ปัจจุบันได้จัดไว้เป็น silty, Haplustalfs พบมากในภาคกลางบริเวณสันดินริมน้ำสองฝั่งของลำน้ำต่างๆ (กองสำรวจดิน, 2525) เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำค่อนข้างใหม่ มีความลาดชัน 2-3 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมาก การระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินค่อนข้างช้า (โรจน์, 2525) ในชั้นไทรพรวนมีเนื้อดินประเภท silty clayloam ประกอบด้วยอนุภาคทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) เท่ากับ 17.48, 54.61 และ 27.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Kheoruenromne *et al.*, 1985) ในสภาพที่ผิวน้ำดินมีอนุภาคทรายแป้งสูงมากและมีอินทรีย์วัตถุต่ำ น่าจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดแผ่นแข็งปิดผิวดิน (soil crust) ได้ง่ายขึ้น (จรรยา, 2519) เนื่องจากแรงประทะของเม็ดฝนทำให้เม็ดดินแตกและฟุ้งกระจาย จนทำให้อนุภาคทรายแป้งซึ่งมีลักษณะแบนจะเรียงตัวเป็นชั้นแผ่นแข็งบางๆ ซึ่งก่อให้เกิดผลเสียต่างๆ เช่น การแทรกซึมน้ำของดินลดลง (Tackett and Pearson, 1965) เพิ่มปริมาณน้ำไหลบ่าทำให้เกิดการกัดกร่อนของผิวดิน (soil erosion) ความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้นและทำให้ความต้านทานของดินต่อการซึมน้ำของรากพืชเพิ่มขึ้น (Epstein and Grant, 1967) ดินกำแพงแสนจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะมีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในเกณฑ์สูง ในชั้นไทรพรวนมีอินทรีย์วัตถุ 2.28 เปอร์เซ็นต์ มีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 186.25 และ 363.68 mg/kg ของ P และ K ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 7.43 (ดิน:น้ำ = 1:1) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) 21.34 มิลลิกรัมสมมูลต่อ 100 กรัมของดิน และมีค่าการอิ่มตัวด้วยด่าง 95.82 เปอร์เซ็นต์ (Kheoruenromne *et al.*, 1985) ดินชุดนี้ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับการทำสวนผัก ปลูกพืชไร่ และทำสวนผลไม้ (กองสำรวจดิน, 2525)

2. ลักษณะทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae เป็นไม้พุ่มที่มีอายุอยู่ได้หลายปี (shrubby perennial crop) ความสูงของต้นมันสำปะหลังจะแตกต่างกันตามพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ใบมันสำปะหลังเป็นแบบ simple leaf แผ่นใบ (lamina) ประกอบด้วยแฉกใบ (lobe) ลึกแบบรูปมือ (palmate) ตามปกติมีใบ 3-9 ใบ แฉกใบที่อยู่ใกล้ช่อดอกมีขนาดเล็กและมีจำนวนน้อย มีเพียง 1-3 แฉก รูปร่างของแฉกใบจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวผู้ (staminate flower) และดอกตัวเมีย (pistillate flower) เรียกว่า monoecious plant อยู่กันคน

ละดอก แต่อยู่ในช่อดอกเดียวกัน ช่อดอกเป็นแบบ panicle ช่อดอกเกิดที่จุดที่แตกกิ่งที่ยอดของต้น (apical branch) ดังนั้น พันธุ์ที่ไม่แตกกิ่งจึงไม่มีช่อดอก ส่วนผลของมันสำปะหลังเป็นแบบ capsule มันสำปะหลังมีระบบรากแบบ adventitious root คือ มีรากจริง (true หรือ wiry roots) และรากสะสม (modified หรือ storage roots) รากจริงจะเจริญเติบโตไปทางด้านลึกมากกว่าด้านข้าง ทำหน้าที่เป็นรากยึดเหนี่ยวและหาอาหารให้แก่ต้น ส่วนรากสะสมจะเจริญเติบโตไปในทางด้านข้างรอบๆ ต้น (โสภณ, 2526; Alfredo Augusto Cunha Alves, 2002) มันสำปะหลังเป็นพืชที่เก็บสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตหรือแป้งไว้ในราก โดยทั่วไปหัวมันที่มีอายุ 12 เดือนที่ได้รับปริมาณน้ำฝนเพียงพอและไม่มีฝนตกชุกขณะเก็บเกี่ยว จะมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้งถึงร้อยละ 70-80 ดังนั้น มันสำปะหลังจึงเป็นพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานแก่คนและสัตว์ได้ดีที่สุด

มันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตประเทศละตินอเมริกา เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตคาร์โบไฮเดรตสำหรับประชากรโลกในเขตร้อน (Kawano, 1980) บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังจะอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ แต่บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนมากมักอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ ถึง 15 องศาใต้ (Cock and Rosas, 1975) มันสำปะหลังสามารถขึ้นได้ดีในดินทั่วไป แม้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่ไม่สามารถปลูกพืชอื่นได้ มีความทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดและด่างได้ดี (Rogers and Appan, 1971; Putthacharoen *et al.*, 1998) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 25-29 องศาเซลเซียส (Onwueme, 1978; Alves, 2002) แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 16-38 องศาเซลเซียส (Cock, 1984) ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี มีการกระจายตัวของปริมาณฝนดี นอกจากนี้ มันสำปะหลังยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่ระดับน้ำทะเลถึงระดับความสูง 2,300 เมตร (Onwueme, 1978; Alves, 2002) สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากในลำดับต้นๆ และถือเป็นประเทศที่สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.4 ล้านไร่ ผลผลิต 28 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.78 ตันต่อไร่ ซึ่งตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในปี 2550/2551 ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชทดแทนพลังงานเพื่อผลิตเอทานอล โดยไม่มีนโยบายเพิ่มพื้นที่การผลิต แต่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตหัวสดต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด และในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่ดินเนื้อหยาบจนถึงเนื้อดินเหนียว ปฏิกิริยาของดินตั้งแต่กรดจัดถึงด่างปาน

กลาง (pH 4.5-8.0) สามารถปลูกได้ทั้งในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงระดับสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง คือ ดินที่มีเนื้อหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียวร่วนปนทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี มีปฏิกิริยาของดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0) หน้าดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป (ชาญ และ โชติ, 2537) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก คิดเป็นพื้นที่ปลูกถึงร้อยละ 88 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ลักษณะดินที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งเป็นดินในอันดับ Ultisols, Entisols และ Oxisols ประกอบด้วยกลุ่มดิน Paleustals ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนทราย และมีการสะสมดินเหนียวชั้นล่าง (Kaolinite) เช่น ชุดดินโคราช (Kt) วาริน (Wn) ยโสธร (Yt) ห้วยโป่ง (Hp) และมาบบอน (Mp) ส่วนกลุ่มดินที่สำคัญอีกกลุ่ม คือ Quartsipsamment เช่น ชุดดินสัทธิบ (Sh) พัทยา (Pu) และน้ำพอง (Ng) เป็นต้น (Duangpatra, 1988)

3. ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ต้น ใบ และหัว พบว่า มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าฟอสฟอรัส ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังดูดใช้ในโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดิน และดูดใช้โพแทสเซียมเพื่อการสะสมแป้งในหัวได้ผิวดิน (Hagens and Sittibusaya, 1990) นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังขณะเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน พบว่า มันสำปะหลังใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงถึง 15.2 และ 12.4 กิโลกรัมไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ใช้ธาตุฟอสฟอรัสเพียง 3.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ (โชติ และคณะ, 2529) กอบเกียรติ และคณะ (2549) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนของต้น ใบ และหัวสูงสุดรวมเฉลี่ย 11.7 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ มีการดูดใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสรองลงมาเฉลี่ยเท่ากับ 9.6 และ 3.9 กิโลกรัมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อไร่ ตามลำดับ โดยปริมาณไนโตรเจนจะสะสมในส่วนต้นและใบ 5.7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มากกว่าในส่วนของหัวซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ สำหรับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะสะสมอยู่ในส่วนหัวของมันสำปะหลังเฉลี่ย 2.3 และ 8.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการสะสมจะมากกว่าในส่วนของต้นและใบซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 1.6 และ 3.1 กิโลกรัมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้น เมื่อมันสำปะหลังแสดงอาการขาดธาตุนี้ ไนโตรเจนจากส่วนของใบล่างจะถูกเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงส่วนยอดหรือส่วนอ่อนของต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; ชาญ และ โชติ, 2537) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบแทนอย่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของหัวสด โดยจะเพิ่มขึ้นในดินแทบทุกชนิด โชติ และคณะ (2519) ได้สรุปอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 8 ถึง 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ แต่ผลผลิตตอบสนองที่ได้รับจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และการกระจายตัวของฝนอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินชุดตัดหีบในอัตราสูงเกินไป (32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลงจาก 26.4 เป็น 20.9 เปอร์เซ็นต์ (โชติ และคณะ, 2522)

ฟอสฟอรัสแม้ว่ามันสำปะหลังจะมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ธาตุฟอสฟอรัสก็มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สำคัญอย่างยิ่ง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมักขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) กล่าวคือ ถ้าดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุเหล็ก (Fe-P) และอะลูมิเนียม (Al-P) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง ขณะเดียวกัน ถ้า pH ของดินมากกว่า 7 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุแคลเซียม (Ca-P) ซึ่งมีผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดในช่วง pH 6-7 (ชาญ และ โชติ, 2537; Howeler, 2002) นอกจากนี้ โชติ และคณะ (2522) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ก็เพียงพอสำหรับการยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนทรายได้

โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นไปยังราก พบว่า ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมที่ดูดจากดินจะสะสมอยู่ในหัว หากดินที่ใช้เพาะปลูกเป็นดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ เมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกัน อาจมีผลให้ธาตุโพแทสเซียมในดินไม่เพียงพอ (ชาญ และคณะ, 2537) โชติ และคณะ (2529) ทดลองการใส่ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรติดต่อกัน 9 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N-P-K อย่างครบถ้วน มีผลให้มันสำปะหลังได้ผลผลิต 3.42 ตันต่อไร่ แต่เมื่อใส่ปุ๋ย N-K และ N-P จะได้ผลผลิต 2.97 และ 1.95 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความรุนแรงของการขาดธาตุโพแทสเซียม ที่ส่งผลให้ผลผลิตของหัวลดต่ำลงอย่างชัดเจน

4. ลักษณะและคุณสมบัติของสารปรับปรุงดิน

สารปรับปรุงดิน หรือ soil conditioners หมายถึง สารที่ใช้ใส่ดินเพื่อปรับสมบัติทางฟิสิกส์ โดยเฉพาะ เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ปุ๋ยหมัก และสารพอลิเมอร์สังเคราะห์ ซึ่งได้แก่ complex vinyl, acrylic compounds และอนุพันธ์ (derivative) อื่นๆ ซึ่งมีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบ สารเหล่านี้ช่วยให้คอลลอยด์ และอนุภาคดินขนาดเล็กๆ จับตัวเป็นเม็ดดิน และได้โครงสร้างดินแบบก้อนกลมพูน (crumb structure) เมื่อดินมีโครงสร้างดีขึ้นจะส่งผลให้การซึมน้ำ และการถ่ายเทอากาศดีขึ้น นอกจากนี้ เมื่อดินแห้งผกดินก็จะไม่แข็งอีกด้วย (ยงยุทธ, 2542) หรือในอีกความหมายหนึ่ง คือ สารใดๆ ก็ตามที่ทำให้เมื่อใส่ลงไปในดินแล้วสามารถช่วยปรับปรุงดินให้มีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ (ปิยะ, 2537; ปิยะ, 2553) ซึ่งทัศนีย์ (2537) ได้ให้ความหมายของสารปรับปรุงดินว่าเป็นสารใดก็ตามที่ใส่ลงไปในดินแล้วทำให้สภาพทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช อาจมีธาตุอาหารพืชปนอยู่ในสารนั้น แต่วัตถุประสงค์ที่ใช้ไม่เน้นการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืช

สารปรับปรุงดินมีหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ดังนี้ คือ

4.1 สารปรับปรุงสภาพทางเคมี

สภาพทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และความเค็ม เป็นต้น ซึ่งถ้าดินมีสมบัติทางเคมีไม่เหมาะสม จะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ตัวอย่างเช่น ในกรณีของดินกรดจัด (acid sulfate soils) พืชมักได้รับพิษจากธาตุเหล็ก อะลูมิเนียม แมงกานีส ขณะเดียวกันก็จะมีปัญหาการขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส แคลเซียม และโมลิบดีนัม เป็นต้น ตัวอย่างสารปรับปรุงสมบัติทางเคมี ได้แก่

4.1.1 ปูน (lime) เป็นสารประกอบพวกคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ของแคลเซียมและแมกนีเซียม เมื่อใส่ปูนลงไปในดินจะเกิดปฏิกิริยาสะเทินความเป็นกรด ทำให้ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ปัญหาเกี่ยวกับธาตุอาหารพืชต่างๆ ที่เป็นพิษหรือการขาดแคลนในสภาพดินเป็นกรดก็จะหายไป ปูนเป็นสารประกอบที่มีราคาไม่แพงและหาได้ไม่ยาก ดังนั้น การปลูกพืชในดินกรดหรือดินกรดจัดจึงมีการแนะนำให้ใส่หินปูนบด หรือปูนมาร์ลเพื่อแก้ไขความเป็นกรดของดินก่อนที่จะใส่ปุ๋ยและปลูกพืช นอกจากนี้ ปูนยังช่วยแก้ปัญหาการดูดโพแทสเซียมของพืชที่มากเกินไปจนความจำเป็น อีกทั้งยังช่วยเร่งให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเร็วขึ้น

ส่งผลให้นโตรเจนเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะสภาพดินที่เหมาะสมมีผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินดีขึ้นนั่นเอง

4.1.2 ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เป็นสารประกอบที่นิยมใช้เพื่อแก้ปัญหาดินที่มีโซเดียมสูง โดยเฉพาะดินโซดิก พืชที่ปลูกจะเจริญเติบโตไม่ปกติ เนื่องจาก ดินมีค่า pH สูงส่งผลให้พืชขาดธาตุอาหารหลายธาตุ โดยเฉพาะธาตุต่างๆ เช่น เหล็ก แมงกานีส โบรอน เป็นต้น นอกจากนี้ การที่ดินมีโซเดียมสูงจะมีผลให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินไม่ดี ดินมีลักษณะแน่นทึบ ไถพรวนยาก ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการใส่สารประกอบที่ทำให้ดินเป็นกรด หรือสารประกอบที่มีประจุบวกอื่นเพื่อเข้าไปไล่ที่โซเดียมออกมาให้เหลือในดินน้อยลง เช่น ยิปซัม กำมะถันผง กรดกำมะถัน หรือพืชปุ๋ยสด เป็นต้น ยิปซัมที่มีความเหมาะสม ต่อการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้ คือ มีความบริสุทธิ์สูงมากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคลเซียมไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ และกำมะถันในรูปซัลเฟตไม่น้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) เป็นกลางหรือด่างเล็กน้อย (pH 7-8) มีความละเอียดสูง สามารถร่อนผ่านตะแกรง 200 mesh ได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ปราศจากสารพิษที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสภาพแวดล้อม (ปิยะ, 2537; ปิยะ, 2553)

4.1.3 สารประกอบที่มีจุลธาตุต่างๆ ได้แก่ สารประกอบที่มีธาตุอาหารพวกเหล็ก สังกะสีหรือจุลธาตุอาหารพืชอื่นๆ ซึ่งมักนิยมใส่ลงไปดินด่างโดยตรงหรือพ่นไปที่ต้นพืชก็ได้ ตัวอย่างเช่น ดินปนหินปูน (calcareous soil) จัดเป็นดินที่ต้องแก้ไขปรับปรุงจึงจะสามารถปลูกพืชได้ผลดี ดินประเภทนี้มีหินปูนปะปนอยู่มาก จึงมีค่า pH สูงกว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืชปกติ ทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนจุลธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะเหล็กและสังกะสี ซึ่งพบเห็นได้ในชุดดินตาคลี และชุดดินลพบุรี หากทำการปลูกข้าวโพดหรือถั่วในชุดดินลักษณะดังกล่าวมักพบว่าพืชมีอาการเหลืองที่ใบอ่อน และผลผลิตจะลดลงได้ (Houng, 1984)

4.2 สารปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์

สภาพทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ ความโปร่ง ความร่วนซุย หรือความแน่นทึบ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทอากาศและการอุ้มน้ำของดิน ในการทำการเกษตรหรือการเกษตรกรรมแบบต่างๆ จะเป็นตัวการเร่งให้อินทรีย์วัตถุในดินมีการสลายตัวได้เร็วขึ้น ส่งผลให้ดินมีโครงสร้างไม่ดีและแน่นทึบ เนื่องจากไม่มีตัวเชื่อมให้อนุภาคดินเกาะกันเป็นเม็ดดิน (aggregate) การใช้เครื่องจักรกลต่างๆ ในการเตรียมดิน รวมทั้งการเหยียบย่ำของโค และกระบือ จะทำให้ดินแน่นทึบ ซึ่งดินที่มี

ลักษณะทางฟิสิกส์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชไร่ ควรเป็นดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่เพื่อการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 โดยปริมาตร ดินประเภทนี้มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินที่อัดตัวกันแน่น อย่างไรก็ตาม เมื่อดินเกิดลักษณะแน่นทึบ ควรใส่สารที่ใช้ปรับปรุงสภาพฟิสิกส์ของดินซึ่งมีหลายชนิดด้วยกัน คือ

4.2.1 อินทรีย์วัตถุในดิน หรือฮิวมัส ประกอบด้วยสารประกอบ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ สารประกอบที่ไม่ใช่ฮิวมิก (non-humic substance) และสารประกอบฮิวมิก (humic substance) สารประกอบประเภทแรก ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน และสารประกอบอื่น ๆ ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์จำพวกแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีส และรา ส่วนสารประกอบฮิวมิก ได้แก่ ฮิวมิก ฮิวมิกแอซิดและฟูลวิกแอซิด สารประกอบฮิวมิกนี้มีคุณสมบัติเป็นกรดรุนแรง มีลักษณะสีเหลืองจนถึงดำเข้ม เป็นสารประกอบ polyelectrolyte ที่มีโมเลกุลใหญ่ มี functional group ที่สำคัญ คือ carboxylic group และ phenolic OH group ตัวอย่างสารที่ใส่ลงไปเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินได้แก่

ก) สารประกอบอินทรีย์ที่สลายตัวแล้ว (decomposed organic materials) หรือ สารประกอบอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio ต่ำ ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้เมื่อใส่ลงไปดินจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นฮิวมัส ฮิวมิกแอซิดก็เป็นส่วนหนึ่งของฮิวมัสที่มีประโยชน์มากมาย ดังนั้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นวัสดุปรับปรุงดินจึงเป็นสิ่งที่ดีและเหมาะสม

ข) สารประกอบอินทรีย์ที่ยังไม่สลายตัว (undecomposed organic materials) ได้แก่ ขุยมะพร้าว แกลบสด และขี้เถ้าแกลบ รวมทั้งวัสดุอินทรีย์เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากเมล็ดพืช และกากตะกอนจากการกำจัดน้ำเสีย เป็นต้น

ค) ฮิวมิกแอซิดที่ผลิตในเชิงการค้า ได้มีการนำกลินต์ที่เรียกว่า leonardite หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกลินต์มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน สารประกอบนี้มีลักษณะเป็นก้อนสีน้ำตาลเหมือนถ่านหิน มีปริมาณฮิวมิกแอซิดอยู่สูง (30-60 เปอร์เซ็นต์) ในการผลิตฮิวมิกแอซิดเป็นการค้าเพื่อนำไปใช้ทางการเกษตร สารประกอบนี้มีลักษณะเป็นสารละลายเข้มข้น และควรทำการเจือจางก่อนใส่ลงดิน หรือฉีดพ่นไปยังพืชโดยตรง สารปรับปรุงดินชนิดนี้ช่วยส่งเสริมให้สมบัติทางชีวเคมีของดินดีขึ้นคล้ายคลึงกับฮิวมัสในดิน แต่มีข้อควรพิจารณาดังนี้ คือ สารประกอบที่ได้จากถ่านหินจะอยู่ในชั้นที่สลายตัวมากแล้ว ดังนั้น การสูญเสียคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และสารประกอบ

อื่นๆ จึงมีมาก ขณะที่มีการบ่อนเป็นองค์ประกอบค่อนข้างสูงและอยู่ในโครงสร้างที่แน่น อย่างไรก็ตาม อิมมูบิลิซด์ก็สามารถแตกตัว (immobilized) ได้ง่าย ถึงแม้จะใส่ในรูปที่ละลายน้ำได้

4.2.2 สารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์สังเคราะห์ที่ผลิตเป็นการค้า เป็นสารสังเคราะห์ประเภทพอลิเมอร์ต่างๆ ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ สามารถละลายน้ำได้และเชื่อมโยงอนุภาคของดินให้เกาะกันเป็นเม็ดดิน มีความทนต่อการสลายตัวได้มากน้อยแตกต่างกันตามแต่ลักษณะของสารพอลิเมอร์นั้นๆ จากการศึกษาการใช้สาร polyvinyl acetate และ polyvinyl alcohol ในการปรับปรุงสภาพทางฟิสิกส์ของดินโซดิกกับมะเขือเทศ พบว่า ดินที่ใส่สารปรับปรุงดินดังกล่าวมีการเกาะตัวของเม็ดดินดีขึ้น และการซาบซึมน้ำดีขึ้น ขณะที่ดินที่ไม่มีการใส่สารปรับปรุงดินจะมีลักษณะแน่นทึบ และการซาบซึมน้ำของดินช้ากว่า (Carr and Greenland, 1975)

4.3 สารปรับปรุงดินเพื่อการรักษาความชื้น

4.3.1 สารอุ้มน้ำ (high water absorbing polymer) คือ สารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่ เกิดจากการรวมตัวกันของสารประกอบพอลิเมอร์กับ cross linker เช่น ผสม acrylic acid กับ tetra-ethylene glycol diacrylate เป็นต้น สารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่นี้มีคุณสมบัติที่อุ้มน้ำได้ดี คือ สามารถดูดน้ำบริสุทธิ์ได้ประมาณ 200-400 เท่าของน้ำหนักแห้งของตัวสาร

4.3.2 calcined clay เกิดจากการเผาดินเหนียวที่อุณหภูมิ 1,500-1,800°F และทำให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว ผลของการทำให้ร้อนและเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จะส่งผลให้ดินเหนียวเสียการคงรูปและมีโครงสร้างแบบสามมิติ มีลักษณะเป็นคอลลอยด์ มีความสามารถดูดซับประจุบวกได้ ต่อเมื่อใส่สารดังกล่าวลงในดิน จะช่วยให้ดินมีการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้น โดยปกติอัตราที่แนะนำ คือ 10-20 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรดิน

4.3.3 isolite เป็น diatomaceous earth ที่ทนความร้อนทำให้ไม่แตกหักง่าย มีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ หากพิจารณาโครงสร้างผ่านกล้องจุลทรรศน์จะมีลักษณะคล้ายรังผึ้ง isolite มีองค์ประกอบหลัก คือ silicon dioxide ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) ที่มีเนื้อละเอียด รูปร่างคล้ายขอลูก เกิดจากการทับถมของ diatom เมื่อใส่ลงดินจะมีผลให้ดินอุ้มน้ำได้มากขึ้น จึงนิยมใช้ในการเกษตร โดยเฉพาะงานทางด้านพืชสวน

4.3.4 ซีโอไลต์ (zeolites) เป็นแร่อะลูมิโนซิลิเกตชนิดหนึ่งที่มีโซเดียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เป็นแร่ทุติยภูมิที่เกิดในช่องว่างของหินอัคนีที่เป็นค้าง แผลงที่พบซีโอไลต์ คือ ทวีปเอเชีย ยุโรป อเมริกาเหนือ และแอฟริกา ซีโอไลต์มีการเรียงตัวของโครงสร้างอยู่ในรูปลักษณะของวงแหวน ก่อให้เกิดช่องว่างภายในเป็นจำนวนมาก จึงสามารถดูดซับอนุภาคของธาตุต่างๆ ตลอดจนโมเลกุลของสารอินทรีย์และน้ำ อีกทั้งมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) สูง และรักษาความชื้นให้กับดิน นอกจากนี้ สารซีโอไลต์ที่สลายตัวจะปลดปล่อยธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม เหล็กให้กับพืชอีกด้วย (ปริดา และคณะ, 2535)

สารปรับปรุงดินโดยทั่วไปมีบทบาทที่สำคัญต่อการปรับปรุงสภาพ “tri - phase” หรือสภาพการกระจายสัดส่วน และโครงสร้างการจัดเรียงของมวลดิน น้ำ และอากาศในดิน การใช้สารปรับปรุงดินที่มีคุณภาพดีและใช้อย่างถูกต้อง จะมีส่วนส่งเสริมให้ดินมีสภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช อันเนื่องมาจากสมบัติทางฟิสิกส์ของดินดีขึ้น จึงมีผลทำให้พืชสามารถใช้ น้ำ อากาศ และธาตุอาหารพืชในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ปิยะ, 2537; ปิยะ, 2553)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำสารปรับปรุงดินมาใช้ประโยชน์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารปรับปรุงดินในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยที่มีอยู่ได้ดังต่อไปนี้

ปริดา และคณะ (2535) ศึกษาผลของการใช้สารซีโอไลต์ร่วมกับหินฟอสเฟตเพื่อปรับปรุงดินเสื่อมโทรม โดยทำการทดลองบ่มดินชุดโคราชและบ้านจ้อยในห้องปฏิบัติการ พบว่า เมื่อใส่หินฟอสเฟตร่วมกับสารซีโอไลต์ทำให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสละลายออกมาเป็นประโยชน์มากขึ้น ต่อมาเมื่อทดลองกับถั่วเขียวพืชมันในกระถางโดยใช้ดินชุดเดิม พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในรูปหินฟอสเฟตไม่ว่าจะใส่เพียงอย่างเดียวหรือใส่ร่วมกับสารซีโอไลต์ มีผลทำให้พืชมีน้ำหนักแห้งมากกว่าการใส่ในรูปโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟตและการใส่สารซีโอไลต์ โดยดำรับที่ใส่หินฟอสเฟตร่วมกับสารซีโอไลต์มีแนวโน้มดีกว่าการใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียว

นงลักษณ์ และพวงเล็ก (2538) ศึกษาผลของการใช้สารซีโอไลต์ต่อการชะล้างธาตุอาหารพืชในดินร่วนทรายชุดสตึก โดยผสมดินกับสารซีโอไลต์และ/หรือ ปุ๋ยอินทรีย์ N-P-K ผลปรากฏว่าการใส่สารซีโอไลต์ช่วยลดปริมาณการชะล้างปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมลงได้อย่างมาก โดยธาตุไนโตรเจนถูกชะล้างน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับที่ไม่ใส่สารซีโอไลต์ประมาณ 25 เท่า

คิดเป็นอัตราการสูญเสียในโตรเจนเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณปุ๋ยทั้งหมด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ในโตรเจนถูกชะล้างเกินกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณปุ๋ย ส่วนโพแทสเซียมสูญเสียเพียง 8 เปอร์เซ็นต์เมื่อใส่สารซีโอไลต์ และอัตราการสูญเสียจะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 102 เปอร์เซ็นต์ และ 125 เปอร์เซ็นต์ ในคำรับควบคุมและกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ตามลำดับ นอกจากนี้ สารซีโอไลต์ยังทำให้ในโตรเจนและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เหลืออยู่ในดินมากขึ้น แต่ก็มีปริมาณเกลือโซเดียมในดินเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะสารซีโอไลต์มีโซเดียมเป็นส่วนประกอบอยู่มากพอสมควร

ปิยะ และชัยดิษฐ์ (2539) ศึกษาผลของการใช้สารซีโอไลต์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยนา พบว่า การใช้สารซีโอไลต์ระดับต่างๆ ทั้งที่ใส่เดี่ยวหรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่มีผลแตกต่างทางสถิติต่อการสะสมน้ำหนักรากแห้งของต้นส่วนเหนือคอราก น้ำหนักรากแห้ง และน้ำหนักแห้งทั้งต้น สำหรับผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับสารซีโอไลต์มีผลในเชิงบวกต่อการตอบสนองของพืชมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารซีโอไลต์ในอัตราร้อยละ 10 ร่วมกับปุ๋ยออสโมค็อต ปรากฏว่า พืชแสดงการตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีที่ใช้ในรูปของน้ำหนักแห้งมากที่สุด

เฉลิมชัย (2542) ศึกษาการใช้ประโยชน์จากกากตะกอนบ่อกึ่งและ/หรือสารซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการดูดซับธาตุอาหาร และการเจริญเติบโตของกวางตุ้งที่ปลูกในชุดดินน้ำพอง พบว่า คำรับทดลองที่ใช้กากตะกอนบ่อกึ่งและ/หรือสารซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลการเจริญเติบโตของกวางตุ้งในด้านความสูง จำนวนใบ ผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งดีกว่าการใช้กากตะกอนบ่อกึ่งแต่เพียงอย่างเดียว ขณะที่คำรับทดลองที่มีการใช้สารซีโอไลต์ร่วมกับกากตะกอนบ่อกึ่งมีผลในการลดการชะล้างธาตุอาหารพืช และการเจริญเติบโตของกวางตุ้งใกล้เคียงกับการใช้สารซีโอไลต์อย่างเดียว นอกจากนี้ การใช้สารซีโอไลต์และ/หรือ กากตะกอนบ่อกึ่งภายหลังการสิ้นสุดการทดลอง มีแนวโน้มให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างลดลง ค่าการนำไฟฟ้าและปริมาณในโตรเจนทั้งหมดของชุดดินน้ำพองมีค่าเพิ่มขึ้น

ปรางวลัย (2543) ศึกษาอัตราที่เหมาะสมของกากตะกอนบ่อกึ่งและ/หรือสารซีโอไลต์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในชุดดินปากช่อง พบว่า คำรับทดลองที่มีการใช้สารซีโอไลต์และ/หรือกากตะกอนบ่อกึ่งในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ให้ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในช่วง 81.74-83.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สารซีโอไลต์และ/หรือกากตะกอนบ่อกึ่งในอัตรา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ช่วง 77.60-79.94 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนี้ การใช้

กากตะกอนบ่อกึ่งแต่เพียงอย่างเดียว หรือการใช้ร่วมกับสารชีโอไลต์ให้ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชใกล้เคียงกับการใช้สารชีโอไลต์อย่างเดียว

รัชนิกร (2543) ศึกษาอัตราที่เหมาะสมของกากตะกอนบ่อกึ่งและ/หรือสารชีโอไลต์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใช้สารชีโอไลต์และ/หรือกากตะกอนบ่อกึ่งในอัตรา 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักให้ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในช่วง 85.48-88.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สารชีโอไลต์และ/หรือกากตะกอนบ่อกึ่งแต่เพียงอย่างเดียว

เดือนเต็ม (2543) ศึกษาอัตราที่เหมาะสมของกากตะกอนบ่อกึ่งและ/หรือสารชีโอไลต์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในชุดดินยางตลาด พบว่า การใช้สารชีโอไลต์และ/หรือกากตะกอนบ่อกึ่งที่อัตรา 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักให้ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในช่วง 73.77-76.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สารชีโอไลต์และ/หรือกากตะกอนบ่อกึ่งที่อัตรา 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งให้ประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในช่วง 74.84-80.73 เปอร์เซ็นต์

รสมาลิน และคณะ (2543) ศึกษาผลของปุ๋ยมาร์ลร่วมกับปุ๋ยหมักและวัสดุอินทรีย์ (แกลบสด) ในการปรับปรุงดินกรดจัด (ชุดดินรังสิต) เพื่อปลูกเฮลิโคเนีย พบว่า ปุ๋ยมาร์ลไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและจำนวนดอกของเฮลิโคเนีย แต่การใช้วัสดุอินทรีย์มีผลให้การเจริญเติบโตและจำนวนดอกเฮลิโคเนียสูงกว่าการไม่ใช้วัสดุอินทรีย์ ภายหลังการใช้วัสดุอินทรีย์เพียง 3 เดือน มีผลให้ความหนาแน่นรวมที่ผิวหน้าดินลดลงระหว่าง 0.820-0.902 g/cm³ และความชื้นที่ผิวหน้าดินเพิ่มสูงขึ้น 24.9-24.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้ปุ๋ยมาร์ลร่วมกับการใช้วัสดุอินทรีย์ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณอะลูมิเนียมและแมงกานีสที่สกัดได้มีค่าลดลง

กำชัย และคณะ (2544) ศึกษาผลของการใช้โดโลไมท์ร่วมกับปุ๋ยหมักและหินฟอสเฟตที่มีต่อการปรับปรุงดินกรด (ชุดดินหนองมด) พบว่า การใช้วัสดุปรับปรุงดินทั้ง 3 ชนิด มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณเหล็กที่เป็นพิษลดลง

รังสรรค์ และคณะ (2546) ศึกษาการปรับปรุงดินกรดด้วยวัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ แกลบ และแกลบผสม (แกลบของถ่านหินผสมกับขี้ปัสสาวะและปูนขาว สัดส่วน 5:4:1 โดยปริมาตร) ในอัตราต่างๆ คือ 0, 1, 2, 3 และ 4 ตันต่อไร่ พบว่า การใช้แกลบผสมอัตรา 4 ตันต่อไร่ มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้นสูงสุด อย่างไรก็ตาม แกลบจะมีประสิทธิภาพในการสะเทินกรดได้ดีกว่าแกลบผสม นอกจากนี้ การใช้แกลบยังมีผลในการเพิ่มค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) เปอร์เซ็นต์การอิ่มตัวด้วยไอออนบวกที่เป็นด่าง ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในดิน ตลอดจนการดูดใช้ในโตรเจนของพืช ส่วนธาตุโลหะหนักในดิน เช่น Cd, As, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, และ Zn พบในปริมาณที่น้อยมาก

สมศักดิ์ (2551) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับเพอไลต์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับเพอไลต์ มีผลให้ค่าความสูงของข้าวใกล้เคียงกัน ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ มีผลให้การแตกกอของข้าวสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ มีผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวที่ระยะ 2 เดือนสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์ มีผลให้ค่าความสูง การแตกกอต่อต้น และค่าความเขียวของใบข้าวต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

ในด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ มีผลให้จำนวนรวงต่อกอของข้าว น้ำหนักรวมทั้งหมด และน้ำหนักฟางทั้งหมดของข้าวมากที่สุด รองลงมา คือ การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์ มีผลให้จำนวนรวงต่อกอของข้าว น้ำหนักรวมทั้งหมด และน้ำหนักฟางทั้งหมดของข้าวน้อยที่สุด ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดทั้งหมดและน้ำหนักเมล็ดดีของข้าวสูงที่สุด รองลงมา คือ การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ การใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด น้ำหนักเมล็ดดี และน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวต่ำที่สุด

ประสิทธิ์ (2552) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับเพอไลต์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100

เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์มีผลให้ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์มีผลให้ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบอ้อยต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

ในด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่อายุ 12 เดือน พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์มีผลให้น้ำหนักผลผลิต และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 70 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์มีผลให้น้ำหนักผลผลิต และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุด นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ยังมีผลให้ความยาวลำอ้อยมากที่สุด รองลงมา คือ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 70 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับเพอไลต์มีผลให้จำนวนปล้องต่อลำของอ้อยใกล้เคียงกัน ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์มีผลให้น้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์มีผลให้จำนวนปล้องต่อลำ และน้ำหนักต่อลำของอ้อยต่ำที่สุด

ปิยมาภรณ์ (2553) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับเพอไลต์ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ปรากฏผลโดยภาพรวมดังนี้ คือ การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 100 เปอร์เซ็นต์ มีผลให้ความสูงของต้นข้าวโพดมากที่สุด ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี 100 และ 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ส่วนการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar) ของข้าวโพดมากที่สุด ใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar) และค่าความเขียวของใบข้าวโพดต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

ในด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นและจำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงไป คือ การใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นและจำนวนฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดต่ำที่สุด นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ส่งผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก และน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดสูงที่สุด

รองลงมา คือ การใช้ปุ๋ยเคมี 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ปุ๋ยเคมี 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับเพอไลต์ ตามลำดับ ส่วนการไม่ใช้ปุ๋ยเคมีและเพอไลต์มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด และเปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดต่ำที่สุด ขณะที่ผลให้เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเปลือกและเปอร์เซ็นต์น้ำหนักซังของข้าวโพดสูงที่สุด



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks) จัดจำแนกอยู่ใน Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed isohyperthermic (Soil Survey Staff, 1975) โดยสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสนก่อนการทดลอง

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้	ความหมาย
pH (soil : water = 1:1)	7.36	เป็นกลาง
EC _e (dS/m)	0.96	ไม่เค็ม
Organic matter (%) ^{1/}	0.92	ต่ำ
Available P (mg/kg) ^{2/}	44.44	สูง
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	54.68	ต่ำ
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	1,523.58	สูง
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	68.29	ปานกลาง
Sand (%) ^{4/}	44.65	-
Silt (%) ^{4/}	23.63	-
Clay (%) ^{4/}	31.72	-
Texture ^{4/}	clay loam	ดินร่วนเหนียว

หมายเหตุ ^{1/} = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

^{2/} = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

^{3/} = Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

^{4/} = คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

2. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K₂O)

3. ยิปซัมที่ใช้ในการทดลอง ใช้สารที่มีชื่อทางการค้าว่า “กรีนแคล” ของบริษัท ดี เค ที่ จำกัด โดยยิปซัสดังกล่าวมีความบริสุทธิ์ 96-98 เปอร์เซ็นต์ มีความละเอียด 325 mesh มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) 7.0-7.5 ประกอบด้วยธาตุแคลเซียม (CaO) 32 เปอร์เซ็นต์ ธาตุแมกนีเซียม (MgO) 2 เปอร์เซ็นต์ และธาตุกำมะถัน (SO₄-S) 18 เปอร์เซ็นต์

4. อุปกรณ์ในการชะละลาย (ภาพที่ 1)

5. ท่อนพ่นน้ำมันสำหรับใช้พ่นหัวบง 60

6. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดวัชพืช ได้แก่ alachlor

7. อุปกรณ์ในการเตรียมแปลง ได้แก่ รถแทรกเตอร์ เทปวัดระยะ คราด และจอบ

8. อุปกรณ์สำหรับเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ เหล็กง่ามสำหรับจับหัวมันสำปะหลัง มีด เครื่องชั่งน้ำหนักพืชในสนาม ถุงพลาสติก และถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่าง

9. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แ่งโดยใช้เครื่องชั่งแบบ Remain Scale

10. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ พลั่วตักดิน-ขุดดิน (spades) เพื่อเก็บตัวอย่างดิน (core sampling) ถุงเก็บตัวอย่างดิน (sample bags) และพลั่วตักดินขนาดเล็ก (mini spades)

11. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ ได้แก่

11.1 pH meter (Orion-420A model)

11.2 Electrical conductivity meter (Orion-4010 model)

11.3 Micro-Kjeldahl distillation apparatus (Gerhard- VAP 20 model)

11.4 Digestion apparatus (Gerhard: Ger 704000 model)

11.5 Atomic absorption spectrophotometer (Varian-SpectrAA 229 FS)

11.6 Spectrophotometer (Biochrom)

11.7 Balance ± 0.00 mg (Sartorius)

11.8 ตู้อบ (Memmert-EED 240 model)

12. อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและกายภาพในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

การศึกษาประกอบด้วย 2 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการลดการชะล้างธาตุอาหารพืช

1. แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD.)
ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 7 ดำรับทดลอง ดังนี้

ดำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัม (Control)

ดำรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$)

ดำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่
($IF_{100\%} + G_{25}$)

ดำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
($IF_{100\%} + G_{50}$)

ดำรับทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$)

ดำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม
อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$)

ดำรับทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม
อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ($IF_{75\%} + G_{50}$)

2. การเตรียมตัวอย่างดิน ปุ๋ยเคมี และยิปซัม

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง ที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (air dry) จากนั้น ผสมคลุกเคล้าดินให้มีความสม่ำเสมอ นำดินส่วนหนึ่งมาบดแล้วร่อนผ่านตะแกรง ขนาด 2 มิลลิเมตร

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 1,000 กรัม บรรจุลงในกระบอกพีวีซีซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร ความสูง 18 เซนติเมตร และปากกระบอกรูปกรวยซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของช่องระบาย 2 เซนติเมตร โดยที่ปลายช่องระบายมีการใช้ลวดมัดให้แน่นพอสมควร เพื่อป้องกันตัวอย่างดินเจือปนในน้ำชะละลาย (leachate) จากนั้น ชั่งปุ๋ยเคมีและยิปซัมตามคำรับการทดลอง (ตารางที่ 2) แล้วผสมคลุกเคล้ากับดินในกระบอกพีวีซีที่ระดับความลึก 5 เซนติเมตรจากผิวดิน

เติมน้ำกลั่นลงในกระบอกพีวีซีให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ และเติมต่อไปเพื่อให้ น้ำหยดออกจากปากกระบอกรูปกรวยลงสู่บีกเกอร์ที่รองรับ รอจนกระทั่งได้น้ำชะละลายประมาณ 150-200 มิลลิลิตร จากนั้น นำน้ำชะละลายดังกล่าวไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีต่อไป การเติมน้ำกลั่นเพื่อให้ได้น้ำชะละลายกระทำ 3 ครั้ง คือ ที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน โดยครั้งแรกเติมน้ำกลั่นประมาณ 400-500 มิลลิลิตร ส่วนครั้งที่ 2 และ 3 เติมน้ำกลั่นประมาณ 150-200 มิลลิลิตร

3. การเก็บข้อมูล

เก็บตัวอย่างน้ำชะละลายที่รองรับด้วยบีกเกอร์ ที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ เช่น

3.1 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วัดโดยใช้ pH meter (ทักษิณ และจงรักภักย์, 2542)

3.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) วัดโดยใช้เครื่อง Electrical conductivity meter (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

3.3 total N วัดโดยวิธี Kjeldahl Method (ทักษิณ และจงรักภักย์, 2542)

3.4 soluble P วัดโดยใช้วิธี Ascorbic acid Method (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

3.5 soluble K, Ca และ Mg โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954)

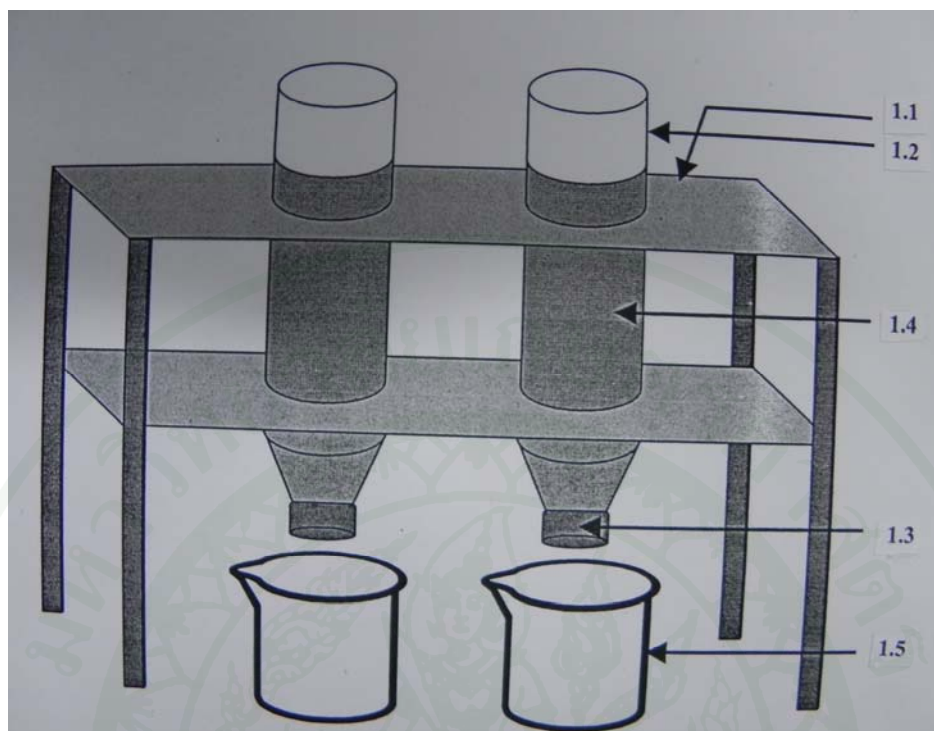
ตารางที่ 2 การใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัมตามตำรับทดลอง (การทดลองที่ 1)

ตำรับทดลอง	21-0-0 (กรัม/กระบอก) ^{1/}	0-0-60 (กรัม/กระบอก) ^{1/}	ยิปซัม (กรัม/กระบอก) ^{1/}
T ₁ = Control	-	-	-
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	11.90	2.08	-
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	11.90	2.08	3.91
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	11.90	2.08	7.81
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	8.93	1.56	-
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	8.93	1.56	3.91
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	8.93	1.56	7.81

หมายเหตุ - ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ คือ 16 และ 8 กิโลกรัม N และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ
(กรมวิชาการเกษตร, 2548)

- ตำรับทดลอง 3 และ 6 ใส่ยิปซัมอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนตำรับทดลอง 4 และ 7
ใส่ยิปซัมอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่

^{1/} ปริมาณปุ๋ยเคมีและยิปซัมในกระบอกเท่ากับ 1/100 จากปริมาณที่คำนวณได้ในแต่ละแปลงย่อย



ภาพที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ชะละลาย

- 1.1 ฐานไม้สำหรับวางกระบอกพีวีซี
- 1.2 กระบอกพีวีซี
- 1.3 ปากกระบอกรูปกรวยซึ่งอุดด้วยสำลี
- 1.4 ตัวอย่างดิน ปุ๋ยเคมี และขี้ปัสสาวะ ตามลำดับทดลอง
- 1.5 บีกเกอร์รองรับน้ำชะละลาย (leachate)

การทดลองที่ 2 การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต
ของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

1. แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD.) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 7 ดำรับทดลอง โดยมีดำรับทดลองดังนี้

ดำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัม (Control)

ดำรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%}+G_0$)

ดำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่
($IF_{100\%}+G_{25}$)

ดำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
($IF_{100\%}+G_{50}$)

ดำรับทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%}+G_0$)

ดำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม
อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ($IF_{75\%}+G_{25}$)

ดำรับทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยเคมี 75% ของอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม
อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ($IF_{75\%}+G_{50}$)

2. ขนาดแปลงทดลอง

พื้นที่ปลูกทั้งหมด 17 x 41 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 5 เมตร คิดเป็นพื้นที่ 25 ตารางเมตร และมีขนาดของพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3 x 5 ตารางเมตร

3. การปลูก

เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์ปรับพื้นที่ปลูกให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้น ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ซึ่งมีความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20 เซนติเมตร ปักลงในดินให้มีระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร และระยะระหว่างต้น 1 เมตร โดยในแปลงย่อยแต่ละแปลงจะใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังจำนวน 30 ท่อน

4. การใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัม

ใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ และยิปซัม ตามดำรับทดลอง (ตารางที่ 3) แบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัมเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 2 เดือน โดยใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 1/3 ของปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่ทั้งหมด ส่วนยิปซัมใส่เพียง 1/2 ของปริมาณยิปซัมที่ต้องใส่ทั้งหมด ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัมเมื่อมันสำปะหลังอายุได้ 4 เดือน โดยใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 2/3 ของปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่ทั้งหมด ส่วนยิปซัมใส่เพียง 1/2 ของปริมาณยิปซัมที่ต้องใส่ทั้งหมด (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัมตามคำรับทดลอง (การทดลองที่ 2)

คำรับทดลอง	21-0-0		0-0-60		ยิปซัม	
	(กรัม/แปลงย่อย)		(กรัม/แปลงย่อย)		(กรัม/แปลงย่อย)	
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
$T_1 = \text{Control}$	-	-	-	-	-	-
$T_2 = \text{IF}_{100\%} + G_0$	396.83	793.65	69.44	138.89	-	-
$T_3 = \text{IF}_{100\%} + G_{25}$	396.83	793.65	69.44	138.89	195.31	195.31
$T_4 = \text{IF}_{100\%} + G_{50}$	396.83	793.65	69.44	138.89	390.63	390.63
$T_5 = \text{IF}_{75\%} + G_0$	297.62	595.24	52.08	104.17	-	-
$T_6 = \text{IF}_{75\%} + G_{25}$	297.62	595.24	52.08	104.17	195.31	195.31
$T_7 = \text{IF}_{75\%} + G_{25}$	297.62	595.24	52.08	104.17	390.63	390.63

หมายเหตุ - ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ คือ 16 และ 8 กิโลกรัม N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ

(กรมวิชาการเกษตร, 2548)

- คำรับทดลอง 3 และ 6 ใส่ยิปซัมอัตรา 25 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนคำรับทดลอง 4 และ 7 ใส่ยิปซัมอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่

5. การเก็บข้อมูล

5.1 ข้อมูลดิน

5.1.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ก. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) วัดโดย pH meter ซึ่งใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเป็น 1:1 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

ข. ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) วัดโดย electrical conductivity meter โดยใช้สารละลายจากดินที่อิมัลชันน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ทศนีย์ และจรงักษ์, 2542)

ค. ปริมาณอินทรียวัตถุ หาโดยวิธี Walkley - Black method (Walkley and Black, 1934)

ง. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หาโดยวิธี Bray II แล้ววัดความเข้มสีด้วย spectrophotometer (Jackson, 1958)

จ. โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยการสกัดดินด้วย 1 N NH₄OAc (pH 7) แล้วนำไปวัดโดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer (ทศนีย์ และจรงักษ์, 2542)

5.1.2 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดิน (% sand, % silt, % clay) โดยวิธี Hydrometer

5.2 ข้อมูลพืช

5.2.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) โดยวัดตำแหน่งใบที่ 3-5 นับจากยอด จำนวน 15 ใบต่อต้น ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) สำหรับน้ำหนักสดของต้นส่วนเหนือดินดำเนินการเก็บข้อมูลที่อายุ 12 เดือน

5.2.2 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่อธิบายไว้โดยทศนีย์ และจรงักษ์ (2544) ดังนี้

ก. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธีของ Micro Kjeldahl

ข. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ใช้เครื่อง Spectrophotometer

ค. การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ใช้เครื่อง Atomic Absorption /Flame Emission Spectrophotometer

5.2.3 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ น้ำหนักสดของหัว จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว เส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของหัว และเปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด

5.2.4 สัดส่วนของน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักส่วนเหนือดิน (root to shoot ratio) ที่อายุ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร (ระวีวรรณ และคณะ, 2552; ศิริสุดา และคณะ, 2553)

$$\text{root to shoot ratio} = \frac{\text{น้ำหนักใต้ดิน (น้ำหนักผลผลิตหัวสด)}}{\text{น้ำหนักเหนือดิน (ได้แก่ น้ำหนักส่วนใบ ลำต้น และเหง้า)}}$$

5.2.5 ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ที่อายุ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร (ระวีวรรณ และคณะ, 2552; ศิริสุดา และคณะ, 2553)

$$\text{harvest index} = \frac{\text{นน. ผลผลิตหัวสด}}{\text{นน. ผลผลิตหัวสด + นน. เหนือดิน (ได้แก่ นน. ส่วนใบ ลำต้น และเหง้า)}}$$

หมายเหตุ การเก็บข้อมูลมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย กระทำโดยการสุ่มต้นมันสำปะหลังจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ จะนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างโดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

7. สถานที่ทำการทดลอง

1. แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
2. ห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

8. ระยะเวลาในการทดลอง

1 ปี (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 - เมษายน พ.ศ. 2553)

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการลดการชะล้างธาตุอาหารพืช

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการลดการชะล้างธาตุอาหารพืชในห้องปฏิบัติการ ปรากฏผลดังนี้

1. ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ค่า pH ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) ทั้งนี้อาจเป็นผลของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตซึ่งเมื่อใส่ลงไปในดิน อาจให้ผลของความเป็นกรดเกิดขึ้นกับดินหรือน้ำชะละลายได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH ของน้ำชะละลายสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 หรือ 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$ หรือ $IF_{100\%} + G_{50}$ หรือ $IF_{75\%} + G_{25}$ หรือ $IF_{75\%} + G_{50}$)

2. ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ค่า EC ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC ของน้ำชะละลายต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม มีแนวโน้มให้ค่า EC ของน้ำชะละลายต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ค่า EC ของน้ำชะละลายต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

ร่วมกับยิปซัมในอัตราที่ต่ำกว่า (25 กก./ไร่) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์ยิปซัมที่ใช้ในการทดลองอาจมีสารบางชนิดที่มีค่า CEC สูงเป็นองค์ประกอบ จึงมีส่วนช่วยในการลดการชะล้างธาตุอาหารของพืชได้ อย่างไรก็ตาม ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่า EC ของน้ำชะละลายสูงสุดที่ระยะ 7 วัน และลดลงต่ำสุดที่ระยะ 14 วัน

ตารางที่ 4 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของน้ำชะละลาย
ที่ระยะต่างๆ

ตำรับทดลอง	pH			EC (dS/m)		
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน
T ₁ = Control	7.39 ^a	7.42 ^a	7.46 ^a	1.67 ^f	1.74 ^f	1.23 ^c
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	6.64 ^b	6.57 ^b	6.53 ^b	32.54 ^a	38.56 ^a	28.62 ^a
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	7.30 ^a	7.31 ^a	7.33 ^a	22.35 ^c	26.34 ^c	17.52 ^c
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	7.38 ^a	7.39 ^a	7.41 ^a	15.32 ^e	18.47 ^{de}	13.45 ^d
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	6.74 ^b	6.64 ^b	6.62 ^b	27.56 ^b	32.14 ^b	23.33 ^b
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	7.20 ^a	7.23 ^a	7.26 ^a	20.04 ^d	23.56 ^{cd}	15.02 ^{cd}
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	7.32 ^a	7.34 ^a	7.35 ^a	13.48 ^e	15.22 ^e	11.65 ^d
F-test	*	**	**	**	**	**
CV (%)	3.66	2.03	2.84	6.30	14.08	13.29

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5) กล่าวคือ ที่ระยะ 1 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนที่ระยะ 7 และ 14 วัน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม มีแนวโน้มให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมในอัตราที่ต่ำกว่า (25 กก./ไร่) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์ยิปซัมที่ใช้ในการทดลองอาจมีสารบางชนิดที่มีค่า CEC สูงเป็นองค์ประกอบ จึงมีส่วนช่วยในการลดการชะล้างธาตุไนโตรเจนได้ อย่างไรก็ตาม ทุกดำรับทดลองมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดของน้ำชะละลายสูงสุดที่ระยะ 7 วัน และลดลงต่ำสุดที่ระยะ 14 วัน

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 5) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะ

ละลายต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม มีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมในอัตราที่ต่ำกว่า (25 กก./ไร่) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์ยิปซัมที่ใช้ในการทดลองอาจมีสารบางชนิดที่มีค่า CEC สูงเป็นองค์ประกอบ จึงมีส่วนช่วยในการลดการชะล้างธาตุฟอสฟอรัสได้ อย่างไรก็ตาม ทุกการทดลองมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ของน้ำชะละลายสูงที่สุดในระยะ 7 วัน

ตารางที่ 5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ (soluble P) ของน้ำชะละลายที่ระยะต่างๆ

คำรับทดลอง	Total N (%)			Soluble P (mg/kg)		
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน
T ₁ = Control	0.03 ^e	0.04 ^f	0.01 ^e	0.21 ^c	0.38 ^e	0.11 ^e
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	1.12 ^a	1.23 ^a	1.08 ^a	0.85 ^a	2.31 ^a	1.42 ^a
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	0.75 ^b	0.81 ^c	0.64 ^c	0.72 ^{ab}	1.87 ^c	1.11 ^{bc}
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	0.32 ^d	0.34 ^e	0.24 ^d	0.63 ^b	1.64 ^d	0.74 ^d
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	1.08 ^a	1.13 ^b	0.92 ^b	0.74 ^{ab}	2.10 ^b	1.24 ^b
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	0.63 ^c	0.66 ^d	0.57 ^c	0.64 ^b	1.85 ^c	0.97 ^c
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	0.27 ^d	0.30 ^e	0.22 ^d	0.60 ^b	1.55 ^d	0.61 ^d
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	8.52	6.51	12.59	13.31	7.08	10.34

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 6) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัม มีแนวโน้มให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมในอัตราที่ต่ำกว่า (25 กก./ไร่) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าผลิตภัณฑ์ยิปซัมที่ใช้ในการทดลองอาจมีสารบางชนิดที่มีค่า CEC สูงเป็นองค์ประกอบ จึงมีส่วนช่วยในการลดการชะล้างธาตุโพแทสเซียมได้ อย่างไรก็ตาม ทุกตัวทดลองมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายสูงสุดที่ระยะ 7 วัน และลดลงต่ำสุดที่ระยะ 14 วัน

6. ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 6) กล่าวคือ ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{50}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับ

ยิปซัมในอัตราที่ต่ำกว่า (25 กก./ไร่) อย่างไรก็ตาม ทุกคำรับทดลองมีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายลดลงตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตารางที่ 6 ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ (soluble K) และปริมาณแคลเซียมที่ละลายได้ (soluble Ca) ของน้ำชะละลายที่ระยะต่างๆ

คำรับทดลอง	Soluble K (mg/kg)			Soluble Ca (mg/kg)		
	1 วัน	7 วัน	14 วัน	1 วัน	7 วัน	14 วัน
T ₁ = Control	13.56 ^f	17.65 ^e	11.31 ^e	165.24 ^d	155.32 ^d	132.56 ^d
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	237.01 ^a	246.34 ^a	234.14 ^a	412.63 ^c	365.47 ^c	334.78 ^c
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	175.32 ^c	188.47 ^b	164.23 ^c	1,159.63 ^b	1,025.61 ^b	978.56 ^b
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	135.64 ^c	146.32 ^{cd}	127.62 ^d	1,389.54 ^a	1,278.08 ^a	1,103.24 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	216.24 ^b	227.54 ^a	204.21 ^b	355.47 ^c	333.47 ^c	289.57 ^c
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	153.47 ^d	164.81 ^c	150.45 ^c	1,112.36 ^b	987.56 ^b	912.47 ^b
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	127.45 ^e	135.21 ^d	122.45 ^d	1,296.87 ^a	1,208.53 ^a	1,008.23 ^{ab}
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	6.20	7.16	7.43	7.08	5.68	8.38

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

7. ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลาย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายที่ระยะ 1, 7 และ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 7) กล่าวคือ ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ (IF_{100%}+ G₅₀) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ (IF_{75%}+ G₅₀) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ (IF_{100%}+ G₂₅) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ (IF_{75%}+ G₂₅) ตามลำดับ ส่วนคำรับ

ควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมในอัตราที่ต่ำกว่า (25 กก./ไร่) อย่างไรก็ตาม ทุกการทดลองมีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายลดลงตามระยะเวลาที่ทำการทดลอง

ตารางที่ 7 ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายได้ (soluble Mg) ของน้ำชะละลายที่ระยะต่างๆ

การทดลอง	Soluble Mg (mg/kg)		
	1 วัน	7 วัน	14 วัน
T ₁ = Control	32.56 ^f	25.64 ^d	18.97 ^c
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	374.26 ^e	347.52 ^c	286.32 ^{cd}
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	573.56 ^c	423.16 ^b	345.26 ^b
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	685.24 ^a	586.32 ^a	423.56 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	359.45 ^e	324.65 ^c	261.32 ^d
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	534.21 ^d	408.72 ^b	315.26 ^{bc}
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	623.47 ^b	562.14 ^a	401.23 ^a
F-test	**	**	**
CV (%)	11.76	10.56	12.27

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 2 การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของ มันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมัน
สำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้
ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติ (ตารางที่ 8) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$)
มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่า
วิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่าง
เดียว ($IF_{100\%}+G_0$) ตามลำดับ ส่วนค่าควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังน้อย
ที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต โดยมีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ลดลง มีผลให้ความสูงต้น
ของมันสำปะหลังค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ
รายงานวิจัยของจันจิรา (2553) และประสิทธิ์ (2552) อีกทั้งการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50
กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับ
ยิปซัมอัตราต่ำกว่า (25 กก./ไร่) และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ

1.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผล
ให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ
(ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ความสูงต้นของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยง 60 ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน

ดำรับทดลอง	ความสูงต้น (ซม.)			
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
T ₁ = Control	121.83 ^b	258.40 ^d	328.17 ^c	345.20 ^c
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	129.83 ^{ab}	299.13 ^{ab}	376.00 ^{abc}	381.33 ^{abc}
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	136.47 ^a	305.33 ^a	378.33 ^{ab}	390.00 ^{ab}
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	136.83 ^a	306.33 ^a	390.67 ^a	406.50 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	122.27 ^b	277.00 ^c	350.00 ^d	363.83 ^{bc}
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	122.60 ^b	283.53 ^c	355.00 ^{cd}	371.03 ^{abc}
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	122.83 ^b	286.43 ^{bc}	357.00 ^{bcd}	376.33 ^{abc}
F-test	**	**	**	*
CV (%)	4.06	2.54	3.25	5.37

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 9 จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	จำนวนกิ่งต่อต้น			
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
$T_1 = \text{Control}$	3.03	3.13	3.50	3.83
$T_2 = \text{IF}_{100\%} + G_0$	3.23	3.53	3.70	3.93
$T_3 = \text{IF}_{100\%} + G_{25}$	3.33	3.63	3.83	4.03
$T_4 = \text{IF}_{100\%} + G_{50}$	3.33	3.67	3.87	4.10
$T_5 = \text{IF}_{75\%} + G_0$	3.10	3.30	3.53	3.87
$T_6 = \text{IF}_{75\%} + G_{25}$	3.10	3.33	3.57	3.90
$T_7 = \text{IF}_{75\%} + G_{50}$	3.17	3.37	3.63	3.90
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14.51	11.37	10.81	10.44

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

1.3 ค่าความเขียวของใบ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

1.4 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 11) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($\text{IF}_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (7.62 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($\text{IF}_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($\text{IF}_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (4.77 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับ

การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%}+G_0$) โดยมีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ลดลงมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังก่อนข้างด้า เมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของปิยะ (2536); ระวีวรรณ และคณะ (2552); ศิริสุดา และคณะ (2552); Sangkhasila *et al.* (2009)

ตารางที่ 10 ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	ค่าความเขียวของใบ (SPAD reading)			
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
$T_1 = \text{Control}$	39.84	36.93	33.08	34.42
$T_2 = IF_{100\%}+G_0$	43.06	39.52	37.49	38.05
$T_3 = IF_{100\%}+G_{25}$	44.00	39.73	38.03	38.11
$T_4 = IF_{100\%}+G_{50}$	44.41	40.21	39.12	38.26
$T_5 = IF_{75\%}+G_0$	41.83	38.45	36.80	35.47
$T_6 = IF_{75\%}+G_{25}$	42.27	38.59	37.02	37.13
$T_7 = IF_{75\%}+G_{50}$	42.74	38.70	37.09	37.35
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	3.81	5.08	6.46	10.30

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 11 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน

ดำรับทดลอง	น้ำหนักสดส่วนเนื้อดิน (ตัน/ไร่)
$T_1 = \text{Control}$	4.77 ^c
$T_2 = \text{IF}_{100\%} + \text{G}_0$	6.12 ^b
$T_3 = \text{IF}_{100\%} + \text{G}_{25}$	7.24 ^a
$T_4 = \text{IF}_{100\%} + \text{G}_{50}$	7.62 ^a
$T_5 = \text{IF}_{75\%} + \text{G}_0$	5.72 ^{bc}
$T_6 = \text{IF}_{75\%} + \text{G}_{25}$	6.54 ^{ab}
$T_7 = \text{IF}_{75\%} + \text{G}_{50}$	5.94 ^b
F-test	**
CV (%)	9.69

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

2.1 ผลผลิตหัวสด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 12) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (11.19 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ($IF_{100\%}+G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 และ 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{50}$ และ $IF_{75\%}+G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุมมีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (6.17 ตัน/ไร่) สำหรับเหตุผลที่ค่ารับควบคุมให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังสูงกว่าค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศ (3.40 ตัน/ไร่) อาจเนื่องมาจากปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่แปลงก่อนการทดลองมีสภาพเป็นทุ่งหญ้า และมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชและมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างในดิน นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ลดลงมีผลให้ผลผลิตหัวสดค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของจันจิรา (2553) และประสิทธิ์ (2552) อีกทั้งค่ารับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมอัตราสูง (50 กก./ไร่) มีแนวโน้มให้ผลผลิตหัวสดโดยภาพรวมมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมอัตราต่ำกว่า (25 กก./ไร่) และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ

2.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 12) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%}+G_0$) มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด (13.13 หัว) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ($IF_{100\%}+G_0$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุมมีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (11.20 หัว) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่

($IF_{100\%}+G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{25}$) ตามลำดับ

2.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.60 กก.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 และ 50 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{25}$ และ $IF_{75\%}+G_{50}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ($IF_{100\%}+G_0$) ตามลำดับ ส่วนการควบคุมมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.38 กก.)

2.4 ความกว้างของหัว

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 13) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (5.73 ซม.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{50}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) ตามลำดับ ส่วนการควบคุมมีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุด (4.88 ซม.)

2.5 ความยาวของหัว

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 13) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (26.22 ซม.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%}+G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) และ

การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{50}$) ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียง 75 เปอร์เซ็นต์ ($IF_{75\%}+G_0$) มีผลให้ความยาวของหัวมัน ลำปะหลังน้อยที่สุด (22.61 ซม.) ไม่แตกต่างกับดำรับควบคุม

2.6 เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ทางสถิติ (ตารางที่ 13) กล่าวคือ ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดโดยภาพรวมใกล้เคียงกันในช่วง 32.10-33.60 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้ เปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดน้อยที่สุดเพียง 29.63 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังพันธุ์
ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน

คำรับทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว (กก.)
T ₁ = Control	6.17 ^c	11.20 ^c	0.38 ^c
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	10.63 ^a	13.03 ^a	0.51 ^{ab}
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	10.77 ^a	11.23 ^c	0.60 ^a
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	11.19 ^a	12.80 ^{ab}	0.54 ^{ab}
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	8.95 ^b	13.13 ^a	0.43 ^{bc}
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	9.88 ^{ab}	11.73 ^{bc}	0.53 ^{ab}
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	9.90 ^{ab}	12.30 ^{abc}	0.51 ^{ab}
F-test	**	**	*
CV (%)	7.72	5.25	12.54

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางที่ 13 ความกว้างของหัว ความยาวของหัว และเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน

ตำรับทดลอง	ความกว้างของหัว (ซม.)	ความยาวของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์แบ่ง (%)
T ₁ = Control	4.88 ^c	22.78 ^{bc}	29.63 ^b
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	5.23 ^{abc}	25.43 ^a	32.97 ^a
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	5.73 ^a	26.22 ^a	33.27 ^a
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	5.55 ^{ab}	25.34 ^a	33.60 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	5.12 ^{bc}	22.61 ^c	32.10 ^a
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	5.36 ^{abc}	24.56 ^{abc}	32.23 ^a
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	5.61 ^{ab}	24.97 ^{ab}	32.97 ^a
F-test	*	*	**
CV (%)	5.34	5.01	2.76

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

2.7 สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 14) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว (IF_{100%}+G₀) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (1.74) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ (IF_{75%}+G₅₀) ส่วนตำรับควบคุมมีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของสำปะหลังน้อยที่สุด (1.31)

2.8 ดัชนีเก็บเกี่ยว

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 14) กล่าวคือ ทุกการทดลองมีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 0.55-0.64

ตารางที่ 14 สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน

การทดลอง	สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน	ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว
	(root to shoot ratio)	(Harvest index)
T ₁ = Control	1.31 ^d	0.55
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	1.74 ^a	0.64
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	1.49 ^c	0.60
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	1.46 ^c	0.59
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	1.57 ^{bc}	0.61
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	1.54 ^{bc}	0.60
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	1.67 ^{ab}	0.63
F-test	**	ns
CV (%)	5.17	7.05

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

3.1 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (0.251 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ($IF_{100\%}+G_0$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{50}$) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุมมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (0.157 เปอร์เซ็นต์)

3.2 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (0.165 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) ส่วนค่ารับควบคุมมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (0.085 เปอร์เซ็นต์)

3.6 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมมีผลให้ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 15) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (1.613 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ($IF_{100\%}+G_0$) ตามลำดับ ส่วน

ดำรับควบคุมมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (1.249 เปอร์เซ็นต์)

ตารางที่ 15 ปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่อายุ 12 เดือน

ดำรับทดลอง	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T ₁ = Control	0.157 ^d	0.085 ^d	1.249 ^c
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	0.225 ^b	0.132 ^b	1.573 ^{ab}
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	0.225 ^b	0.151 ^a	1.589 ^{ab}
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	0.251 ^a	0.165 ^a	1.613 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	0.199 ^c	0.112 ^c	1.421 ^b
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	0.199 ^c	0.112 ^c	1.424 ^b
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	0.225 ^b	0.126 ^{bc}	1.433 ^b
F-test	**	**	**
CV (%)	5.83	6.35	6.12

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสคมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT.

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัม สำหรับการปลูกมัน สำปะหลังในชุดดินกำแพงแสนเป็นระยะเวลา 1 ปี

4.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) โดยทุกดำนับทดลองมีผลให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงจะอยู่ในระดับเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993) คือ อยู่ในช่วง pH 7.12-7.48

4.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) มีผลให้ค่า EC_e ของดินสูงที่สุด (2.27 dS/m) ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ของดินต่ำที่สุด (1.00 dS/m) ไม่แตกต่างกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%}+G_0$) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง ($IF_{100\%}$) มีแนวโน้มให้ค่า EC_e ของดินสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่ำกว่า ($IF_{75\%}$) อย่างไรก็ตาม เมื่อนำเกณฑ์การประเมินจากคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่าทุกดำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม รวมทั้งดำรับควบคุมมีผลให้ค่า EC_e ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เกิน (0-2 หรือ 2-4 dS/m) หรือไม่มีผลกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืช

4.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 16) กล่าวคือ ทุกดำรับการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินใกล้เคียงกันในช่วง 1.19-1.35

เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับค่าควบคุม ซึ่งมีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด (0.87 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกค่ารับทดลองมีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำ (0.5-1.0 เปอร์เซ็นต์) ถึงค่อนข้างต่ำ (1.0-1.5 เปอร์เซ็นต์) คือ อยู่ในช่วง 0.87-1.35 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ของดินภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

ค่ารับทดลอง	pH (1:1)	EC_e (dS/m)	Organic matter (%)
$T_1 = \text{Control}$	7.48	1.00 ^d	0.87 ^b
$T_2 = IF_{100\%} + G_0$	7.26	1.16 ^d	1.26 ^a
$T_3 = IF_{100\%} + G_{25}$	7.24	2.12 ^a	1.27 ^a
$T_4 = IF_{100\%} + G_{50}$	7.12	2.27 ^a	1.35 ^a
$T_5 = IF_{75\%} + G_0$	7.39	1.45 ^c	1.19 ^a
$T_6 = IF_{75\%} + G_{25}$	7.37	1.79 ^b	1.24 ^a
$T_7 = IF_{75\%} + G_{50}$	7.28	1.84 ^b	1.24 ^a
F-test	ns	**	**
CV (%)	3.64	9.16	8.94

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติโดยใช้ DMRT.

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

5. ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ภายหลังการปลูกมันสำปะหลังในชุดดินกำแพงแสนเป็นเวลา 1 ปี

5.1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{50}$) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุด (56.15 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%}+G_{25}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%}+G_0$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 และ 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%}+G_{50}$ และ $IF_{75\%}+G_{25}$) ตามลำดับ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด (38.43 mg/kg) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง ($IF_{100\%}$) มีแนวโน้มให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่ต่ำกว่า ($IF_{75\%}$) และเมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่าทุกการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก (> 45 mg/kg) ขณะที่ตัวควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง (25-45 mg/kg)

5.2 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17) กล่าวคือ ทุกการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินใกล้เคียงกันในช่วง 60.81-73.01 mg/kg และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวควบคุม ซึ่งมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำที่สุด (48.61 mg/kg) อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (60-90 mg/kg) ขณะที่ตัวควบคุมมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ (30-60 mg/kg)

ตารางที่ 17 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. K) ของดินภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
T ₁ = Control	38.43 ^c	48.61 ^b
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	49.65 ^{ab}	66.02 ^a
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	52.90 ^{ab}	67.24 ^a
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	56.15 ^a	73.01 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	44.29 ^{bc}	60.81 ^{ab}
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	48.56 ^{ab}	62.08 ^{ab}
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	49.64 ^{ab}	63.05 ^{ab}
F-test	*	*
CV (%)	10.98	12.46

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.3 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 18) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินใกล้เคียงกันในช่วง 2,084.3-2,386.3 mg/kg และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำที่สุด (1,710.3 mg/kg) อย่างไรก็ตามเมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม รวมทั้งตำรับควบคุม มีผลให้ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับสูง (> 400 mg/kg)

5.4 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ภายหลังสิ้นสุดการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงที่สุด (103.86 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{50}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{75\%} + G_{25}$) ตามลำดับ ขณะที่ค่ารับควบคุมมีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำที่สุด (81.06 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%} + G_0$) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาร่วมด้วย พบว่า ทุกค่ารับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม รวมทั้งค่ารับควบคุม มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (60-120 mg/kg)

ตารางที่ 18 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Ca) และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exch. Mg) ของดินภายหลังการปลูกมันสำปะหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี

ตำรับทดลอง	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
T ₁ = Control	1,710.3 ^b	81.06 ^b
T ₂ = IF _{100%} +G ₀	2,084.3 ^a	82.19 ^b
T ₃ = IF _{100%} +G ₂₅	2,243.3 ^a	94.28 ^{ab}
T ₄ = IF _{100%} +G ₅₀	2,386.3 ^a	103.86 ^a
T ₅ = IF _{75%} +G ₀	2,129.7 ^a	85.39 ^b
T ₆ = IF _{75%} +G ₂₅	2,161.7 ^a	89.79 ^{ab}
T ₇ = IF _{75%} +G ₅₀	2,289.3 ^a	96.75 ^{ab}
F-test	**	*
CV (%)	7.52	9.34

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT.

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการลดการชะล้างธาตุอาหารพืช (การทดลองที่ 1) สามารถสรุปผลโดยภาพรวมได้ดังนี้

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%} + G_0$) มีผลให้ค่า pH ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมต่ำที่สุด ในทางตรงข้ามกลับมีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายได้ และปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายได้ของน้ำชะละลายโดยภาพรวมมากที่สุด

จากการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมที่มีต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ต้นฤดูฝน (การทดลองที่ 2) สามารถสรุปผลโดยภาพรวมได้ดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) ส่วนดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

2. การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{100\%}$) หรือการใส่ปุ๋ยเคมีเพียง 75% ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{75\%}$) ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 หรือ 50 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และเปอร์เซ็นต์แป้งของผลผลิตหัวสดใกล้เคียงกัน

3. การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{50}$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับยิปซัมอัตรา 25 กก./ไร่ ($IF_{100\%} + G_{25}$) ส่วนดำรับควบคุมมีผลให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

4. การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับยิปซัม และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและยิปซัม (control) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้ คือ ไม่ก่อให้เกิดดินเค็ม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงถึงสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำถึงปาน

กลาง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำถึงค่อนข้างต่ำ โดยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัม มีแนวโน้มให้สมบัติทางเคมีของดินดังกล่าวสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว ยกเว้นค่า pH ของดิน ส่วนค่ารับควบคุมมีผลให้สมบัติทางเคมีของดินดังกล่าวต่ำที่สุด

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำยิปซัมมาใช้เพื่อลดการชะล้างธาตุอาหารพืชโดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง ซึ่งส่งผลโดยภาพรวมในด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการค่อนข้างดี

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. **มันสำปะหลัง**. 124 น. ใน เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2547, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. 21-24 น. ใน เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจดิน. 2525. **ชุดดินที่สำคัญในประเทศไทย**, น. 77-101. ใน **รายงานประจำปี 2525. กรมพัฒนาที่ดิน**, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ชุมพล นาวิโรจน์ และไพโรจน์ พันธุ์พุกภัย. 2549. การจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกพืชมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารดินและปุ๋ย** 28 (1): 30-41.

กำชัย กาญจนชนเศรษฐ์, ประคัลภ์ กรุดเจริญ, สนั่น เผือกไร่ และชุมพล ยูวณิชยม. 2544. รายงานผลของ การใช้โดโลไมท์ร่วมกับปุ๋ยหมักและหินฟอสเฟตที่มีต่อระบบการปลูกข้าวโพด-ถั่วเขียวในการปรับปรุงดินกรดชุดดินหนองมด. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.

จันจิรา แสงสีเหลือง. 2553. **การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรวาย อิ่มเอมกมล. 2519. การศึกษาเบื้องต้นเพื่อทำให้เกิดเม็ดดินในดินกำแพงแสน.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิมชัย ผึ้งปาน. 2542. การใช้กากตะกอนบ่อเลี้ยงร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการชะล้างธาตุอาหารและการ

เจริญเติบโตของพืช. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชาญ อธิพร และโชติ สติธิบุศย์. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง,

น. 128-141. ใน เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, สถาบันวิจัยพืชไร่,

กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ระยอง.

โชติ สติธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2519. อิทธิพลของปุ๋ย

ไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง, น. 404-416. ใน รายงาน

ผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2519. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชติ สติธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย. 2529.

การปลูกพืชหมุนเวียนและการใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว, น. 63-74. ใน

เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง “เราจะพัฒนาดินอีสานกันอย่างไร”

จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชติ สติธิบุศย์, วิชัย นพอมรบดี, สนั่น รัตนานุกูล และ ชุมพล นาควิโรจน์. 2522. อิทธิพลของ

การใส่ไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่มีต่อปริมาณแป้งและผลผลิตมันสำปะหลัง. รายงาน

ผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2522 กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 57-60 น.

เดือนเต็ม อุ่นพระบุ. 2543. อัตราซีโอไลท์ที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชใน

ชุดดินยางตลาด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2537. บทบาทของสารปรับปรุงบำรุงดิน, น. 1-10. ใน เอกสารประกอบการ

สัมมนาทางวิชาการ เรื่อง สารปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร. สมาคมดินและปุ๋ยแห่ง

ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

นงลักษณ์ วิบูลสุข และพวงเล็ก โมรากุล. 2538. การใช้ซีโอไลท์ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร: ผลที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในดินและธาตุอาหารที่พืชจะล้าง. **วารสารดินและปุ๋ย**. 17 (3): 180-183.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2537. สารปรับปรุงดินทางกายภาพ, น. 1-29. ใน **เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการเรื่องสารปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร**. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. **สารปรับปรุงดิน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะ ดวงพัตราและชัยดิษฐ์ คำอำนาจ. 2539. **ผลของสารซีโอไลท์และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของกล้วยนา**. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยมาภรณ์ เจริญสุข. 2553. **ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับสารเพอไลต์ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประสิทธิ์ คล้ายเอี่ยม. 2552. **ผลของสารเพอไลต์ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ปรางวลัย อ่วมเจริญ. 2543. **อัตราซีโอไลท์ที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในชุดดินปากช่อง**. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ปรีดา พากเพียร, สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์, ไพโรจน์ โสมนัส และพิชิต พงษ์สกุล. 2535. แนวทางการใช้สารชีวโกลีเพื่อลดปัญหามลพิษและเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร. วารสารดินและปุ๋ย 14 (4): 337-341.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2542. ศัพท์ในวงการปุ๋ย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์ณิโรจน์ และ ชวลิต สงประชูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ระวีวรรณ โชติพันธ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้วและสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินพังแดงปลายฤดูฝน, น. 60-71. ใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ย ในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

รัชนิกร จ่างเจริญ. 2543. อัตราชีวโกลีที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการดูดซับธาตุอาหารพืชในชุดดินกำแพงแสน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

รังสรรค์ อิ่มเอิบ, นพรัตน์ บำรุงรักษ์, Koji Kawashima, Tomoyuki Amano และ Shigeru Kato. 2546. การปรับปรุงดินกรดโดยใช้เถ้าถ่านหิน. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

โรจน์ เทพพูลพล. 2525. รายงานการสำรวจดินจังหวัดนครปฐม. รายงานการสำรวจดินฉบับที่ 311. กองสำรวจดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 84 น.

รสมาลิน ณ ระนอง, สันติ รัตนอานูภาพ, บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ และเจริญ เจริญจำรัสชีพ. 2543. รายงานการวิจัย เรื่อง ผลของปูนมาร์ลร่วมกับปุ๋ยหมักและเกลบสดในการปรับปรุงดินรังสิตกรดจัดเพื่อปลูกเฮลิโคเนีย. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศิริสุดา บุตรเพชร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์.

2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62 . ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. วันที่ 9 ธันวาคม 2552 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ศูนย์สถิติการเกษตร. 2551. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2550/2551. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมศักดิ์ มัติโก. 2551. ผลของสารเพอร์ไรท์ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

โสภณ สันธูประมา. 2526. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์, น 9-15. ใน เอกสารวิชาการ เล่ม 7 มันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. วารสารเศรษฐกิจการเกษตร. 53 (608): 4-5 .

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2550-2552. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Alfredo Augusto Cunha Alves. 2002. Cassava botany and physiology. pp. 67-85. In Hillocks, R.J. , Thresh, J.M. and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International.

Agassi, M., I. Shainberg and J. Morin. 1990. Slope, aspect and phosphogypsum effects on runoff and erosion. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54:1102-1106.

Alves, A.A.C. 2002. Cassava botany and physiology. pp. 67-85. In Hillocks, R.J., Thresh J.M. and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International.

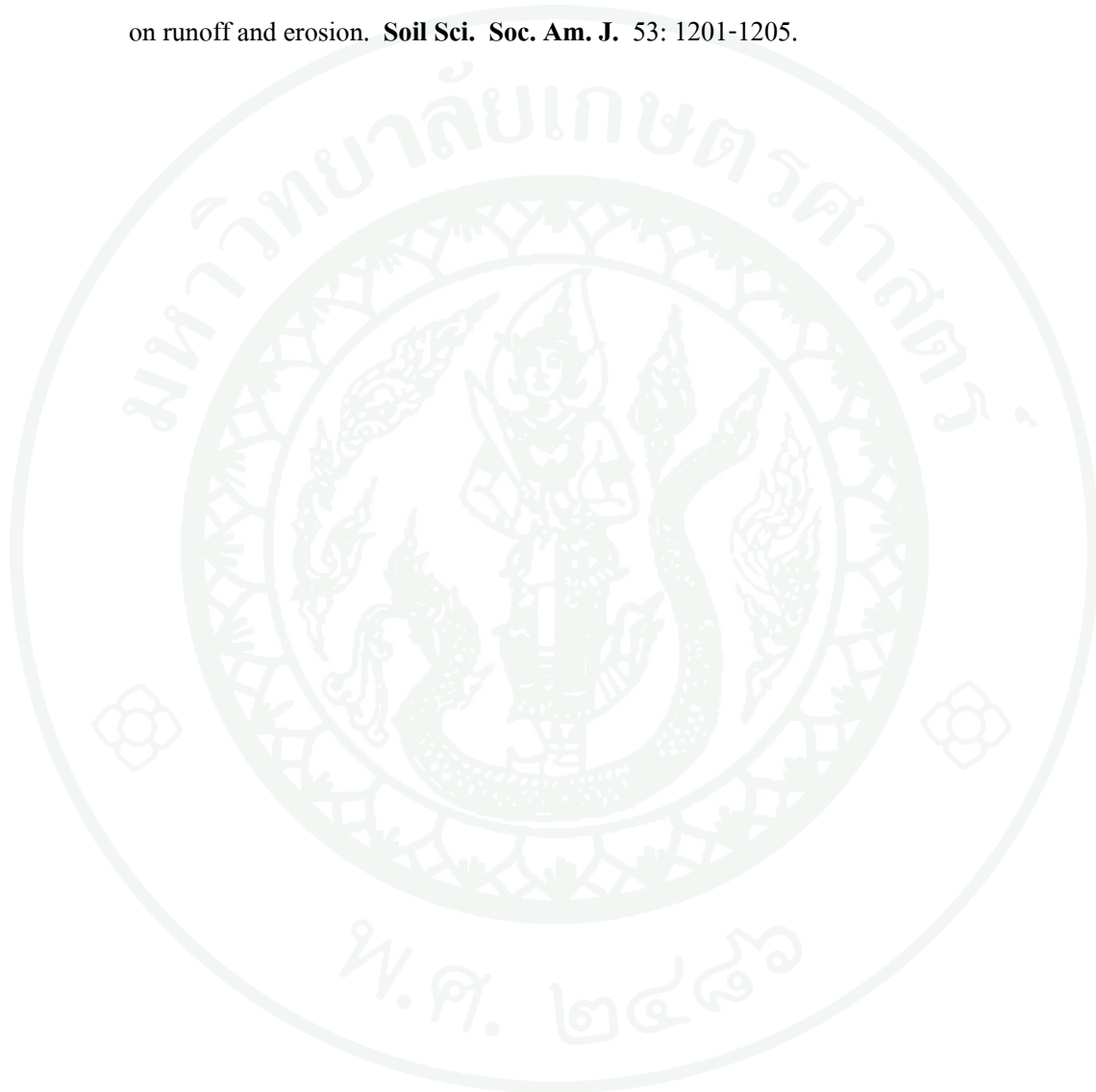
- Blake, G.R. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil, pp. 210-221. *In* Black, C.A. Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. and Dinauer, R.C. (eds). **Methods of Soil Analysis Part I : Physical and Minerological Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling.** American Society of Agronomy, Inc., Ublisher Madison, Wisconsin, USA.
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Carr, C.E. and D.J. Greenland. 1975. Potential application of polyvinyl acetate and polyvinyl alcohol in structural improvement of sodic soils. *In* **Soil conditioners, edited by B.A. Stewart. SSSA special publication series.** Soil Science Society of America., Inc., Publisher. Madison, Wisconsin, USA.
- Cock, J.H. 1984. Cassava, pp. 529-549. *In* Goldsworthy, P.R. and Fisher, N.M. (eds) **The physiology of Tropical Field Crops.** John Wiley & Sons, Chichester.
- Cock, J.H. and S. Rosas. 1975. Ecophysiology of cassava, pp. 1-14. *In* **Symposium on Ecophysiology of tropical Crops.** Communications Division of CEPLAC, Ilheus, Bahia Brazil.
- Duangpatra, P. 1988. Soil and Climatic Characterization of Major cassava Growing Areas in Thailand, pp. 157-184. *In* **CIAT cassava breeding and agronomy research in Asia.** Proceeding of a workshop held in Thailand, Oct. 26-28, 1987. Bangkok, Thailand.
- Epstein, E. and W.J. Grant. 1967. Soil losses and crust formation as related to some soil physical properties. **Soil Sci. Amer. Proc.** 31: 547-550.
- FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand.** Land Classification Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.

- Hagens, P. and C. Sittibusaya. 1990. Short and long term aspect of fertilizer applications on cassava in Thailand. pp. 244-259. In **Howeler, R.H. (ed) Proceedings 8th Symposium International Society of Tropical Root Crops**, Bangkok, Thailand, 30 October-5 November, 1988.
- Houng, K.H. 1984. Effect of sulfur on the chlorosis and yield of peanut grown on calcareous soils in the Hualien area of Taiwan. Proc. of the International Seminar on Ecology and Management of Problem Soils in Asia. **FFTC Book Series No. 27**.
- Howeler, R.H. 1981. **Mineral nutrition and fertilization of cassava**. Series 09EC-4. CIAT, Cali, Colombia.
- Howeler, R.H. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization, pp. 115-141. In Hillocks, R.J., Thresh J.M., and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. USA. 498 p.
- Kawano, K. 1980. Cassava in Hybridization of crop plants. **American Society of Agronomy-Crop Science Society of America**. pp. 225-233.
- Kheoruenromne, I., A. Suddhiprakarn, A. Eiumnoh, and P. Srijantr. 1985. Suitability and potential of Alfisols and Inceptisols for economic crops in Mae Klong basin, pp. 11-44. In Gavinlertvatana, P., I., Kheoruenromne, V., Korpraditskul, A., Sukthumrong, S., Nilnond, S., Jamornmarn, and S., Faungfupong. (eds.). **KU-ACNARP Cropping Programmes Technical Report 1984-1985**. Faculty of Agriculture, Kasetsart Univ., Bangkok.
- Miller, W.P. 1987. Infiltration and soil loss of three gypsum-amended Ultisols under simulated rainfall. **Soil Sci. Soc.Amer. J.** 51: 1314-1320.

- Onwueme, I.C. 1978. Botany of Cassava, pp. 109-117. *In* **The Tropical Tuber Crops Yams, Cassava Sweet Potato, and Cocoyams**. John Wiley and Sons Chichester. New York. Brisbane. Toronto.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis**. Part II. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.
- Putthachareon, S., R.H. Howeler, S. Jantawat and V. Vichukit. 1998. Nutrient uptake and soil erosion losses in cassava and six other Crops in a Psamment in eastern Thailand. **Field Crops Research** 57(1): 113-126.
- Rogers, D.J. and S.G. Appan. 1971. What's so great about cassava? **World Farming** 3 (6): 13-32.
- Sangkhasila, K., S. Butpetch, and R. Chotiphan. 2009. Dynamic Mathematical Model for Site Specific N fertilizer Recommendation, pp. 302-306. *In* **ASIMMOD 2009**. Proceedings "Simulation for Unsolved Problem" 3rd International Conference on Asian Simulation and Modeling 2009 in Bangkok, Thailand. January 22-23, 2009.
- Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys**. U.S. Dept. Agric., U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- Tackett, J.L. and R.W. Pearson. 1965. Some characteristics of soil crusts formed by stimulated rainfall. **Soil Sci.** 99: 407-413.
- U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. L.A. Richards (ed.) **Diagnosis and improvement at Saline and alkaline Soils**. U.S. Dept of agric. Handb.

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

Warrington, D., I. Shainberg, M. Agassi, and J. Morin. 1989. Effect of slope and phosphogypsum on runoff and erosion. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 53: 1201-1205.



ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวชาลินี กงสุค
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 20 พฤษภาคม 2529
สถานที่เกิด	อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-