ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืช

Effects of Soil Amendments on Properties of Abandoned Tin Mine Soil and Plant Growth

ราชิณี แต้มรุ่งเรือง

Rachinee Tamroongroung

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Soil Resources Management
Prince of Songkla University
2558

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืช

ผู้เขียน นางสาวราชิณี แต้มรุ่งเรือง

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรดิน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ ยงเฉลิมชัย)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.จำเป็น อ่อนทอง)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ ยงเฉลิมชัย)

.....กรรมการ

(ดร.ขวัญตา ขาวมี)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรดิน

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชาวน์ ยงเฉลิมชัย)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ.....
(นางสาวราชิณี แต้มรุ่งเรือง)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวราชิณี แต้มรุ่งเรือง)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืช

ผู้เขียน นางสาวราชิณี แต้มรุ่งเรือง

สาขาวิชา การจัดการทรัพยากรดิน

ปีการศึกษา 2558

บทคัดย่อ

ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง มีสมบัติไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้พื้นที่ดินเหมืองแร่ร้างเพื่อทำการเกษตรนั้น จำเป็นจะต้องทำการปรับปรุงสมบัติของดินก่อน โดยทำการศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้สารปรับปรุงดิน คือ ซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ เวอร์มิคิวไลต์ ปุ๋ยหมัก และขุยมะพร้าว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ประกอบด้วย 15 ตำรับการทดลอง ทำ 3 ซ้ำ โดยปลูกข้าวโพดหวานเป็นพืชทดสอบภายใต้โรงเรือน

ผลการทดลองพบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมักทุกตำรับการทดลอง ทำให้ความสูง และน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม โดยตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก ให้ค่าความสูงของข้าวโพดหวานเฉลี่ยสูงสุด คือ 146 เซนติเมตร และให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงสุด คือ 33.52 กรัมต่อกระถาง แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดหวาน พบว่า ตำรับที่มีการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี และทองแดง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง นอกจากนี้ การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ยังพบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อินทรียวัตถุในดิน ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และกำมะถันที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ดังนั้น การใช้หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมักเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับปรุงคุณสมบัติของดินเหมืองแร่ร้างให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

Thesis Title	Effects of Soil Amendments on Properties of Abandoned Tin Mine Soil and Plant Growth
Author	Miss Rachinee Tamroongroung
Major Program	Soil Resources Management
Academic Year	2015

Abstract

Abandoned tin mine soil has properties that limit plant growth. It would need to be improved before it can be used for agriculture. The aim of this research was to study the effects of soil amendments on soil properties and growth of maize in tin mine soil using zeolite, polymer, pumice, vermiculite, compost and coconut dust in a green house. The experiment was arranged in a completely randomized design at 15 treatments with 3 replications.

The results showed that height and dry weight of maize increased when soil was amended with compost. Treatment of pumice with compost gave the highest height (146 cm) and dry weight (33.52 g pot^{-1}) significantly ($P \leq 0.01$) different from the unamended treatment. It was also found that application of soil amendments with compost in all treatments increased the amount of N, P, K, Ca, Mg, S, Zn and Cu in maize and also increased soil pH, organic matter, CEC, Total N, P, K, Ca, Mg and S. Therefore, using pumice with compost can improve tin mine soil to be suitable for plant growth.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เชาวน์ ยงเฉลิมชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาเสียสละเวลา ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดในด้านต่าง ๆ ตลอดจนช่วยตรวจสอบและแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ และสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. จำเป็น อ่อนทอง ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.ขวัญตา ขาวมี และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขข้อบกพร่องในด้านการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ และวิชาการด้านต่าง ๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกท่านที่ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือ ขอขอบพระคุณศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ ขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ภาควิชาธรณีศาสตร์ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อไพบูลย์ แต้มรุ่งเรือง คุณแม่สำเนียง แต้มรุ่งเรือง และพี่อินทิรา แต้มรุ่งเรือง ผู้สนับสนุนให้มีโอกาสทางการศึกษา ให้ความช่วยเหลือและทุนทรัพย์ตลอดการศึกษา ให้กำลังใจจนเป็นแรงผลักดันให้มีความอดทน และความมุมานะจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ราชิณี แต้มรุ่งเรือง

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(9)
รายการภาพ	(10)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำต้นเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	25
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	25
2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ	26
วัสดุ	26
สารเคมี	26
อุปกรณ์	28
วิธีการทดลอง	29
3. ผลการทดลอง	38
4. วิจารณ์ผลการทดลอง	61
5. สรุปและข้อเสนอแนะ	69
เอกสารอ้างอิง	71
ประวัติผู้เขียน	78

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	การแพร่กระจายของพื้นที่ดินเหมืองแร่ร้างในประเทศไทย	3
1.2	การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (Soil separate) ตามระบบสหรัฐอเมริกา (USDA)	10
1.3	ชนิดของโครงสร้างดินที่มีผลต่อการระบายน้ำและอากาศ	12
3.1	สมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง	38
3.2	สมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง	39
3.3	สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักและขุยมะพร้าว	40
3.4	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	47
3.5	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	49
3.6	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อค่าพีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน หลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	55
3.7	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน หลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	57
3.8	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดิน หลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	60

รายการภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	พื้นที่ศึกษาดินเหมืองแร่ดีบุกร้างบริเวณ (1) อำเภอบางกล่ำ (2) อำเภอนาหม่อม และ (3) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา	30
3.1	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความสูงของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	42
3.2	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ	42
3.3	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์	43
3.4	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์	43
3.5	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์	44
3.6	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์	45
3.7	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความชื้นในดิน	52
3.8	ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความต้านทานการชอนไชของรากพืช	53

บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

ในปัจจุบันอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการขยายตัวทางเศรษฐกิจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ความต้องการทรัพยากรที่ดินเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยและพื้นที่ทำกินมากขึ้น โดยพื้นที่ที่เหมาะสมในการใช้เพื่อทำการเกษตรมีเพียงประมาณร้อยละ 52 ของพื้นที่ทั้งประเทศ ประชากรส่วนใหญ่ของประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 62 ของประชากรทั้งประเทศ ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) ทำให้มีความจำเป็นต้องขยายพื้นที่ทำการเกษตรเพิ่มขึ้น เพื่อการผลิตอาหารอย่างเพียงพอ ทั้งนี้การขยายพื้นที่ทำการเกษตร ทำให้มีการบุกรุกตัดไม้ทำลายป่า เกิดการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมตามศักยภาพ และการใช้ที่ดินที่ไม่มีการอนุรักษ์ ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรดิน ทำให้ทรัพยากรดินมีศักยภาพในการทำการเกษตรลดน้อยลง แต่เนื่องจากพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเกษตรกรรมมีอยู่ในปริมาณจำกัด แนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มพื้นที่ทำการเกษตรให้แก่เกษตรกรได้ คือ การนำพื้นที่ดินที่มีปัญหาในการใช้ประโยชน์ทางด้านเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และหนึ่งในจำนวนนี้คือดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาแล้ว โดยถือว่าเป็นดินที่มีปัญหาชนิดหนึ่งที่มีมากในภาคใต้ของประเทศไทย พบว่ามีพื้นที่ดินเหมืองแร่ร้างรวมประมาณ 159,000 ไร่ (เฉลียว, 2534) ในจังหวัดสงขลามีถึง 7,686 ไร่ โดยส่วนใหญ่เกิดจากการหยุดทำกิจกรรมเหมืองแร่แล้วถูกปล่อยเป็นที่รกร้างว่างเปล่า ซึ่งในการนำดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตรยังมีข้อจำกัด ด้านทางกายภาพ และทางเคมีของดิน เนื่องจากดินเหมืองแร่ร้างเป็นดินที่เกิดขึ้นภายหลังจากการทำเหมือง พื้นที่เป็นที่ราบขรุขระสูง ๆ ต่ำ ๆ เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย หรือดินทรายปนกรวด เป็นดินที่มีโครงสร้างไม่เหมาะสม มีการอัดตัวกันแน่น ทำให้รากพืชไม่สามารถชอนไชหาอาหารได้ ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ ความชื้นที่เป็นประโยชน์จึงต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก (พิสุทธิ์ และปุญญะ, 2521; ชรัตน์, 2526; วิรัตน์, 2527; บุญวงศ์ และชรัตน์, 2533; Tanavud, 1999) เนื่องจากดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช (เอิบ, 2544) การที่จะนำพื้นที่มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องปรับปรุงดิน เพื่อ

แก้ไขปัญหาดังกล่าวของดินเหมืองแร่ร้าง โดยแนวทางการแก้ไขปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้าง จากการศึกษาของ พนม (2537) ทดสอบโดยการใส่ธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินเหมืองแร่ร้างที่มีผลต่อหญ้าพลิแคตูลัม พบว่า หญ้าพลิแคตูลัมสามารถเจริญเติบโตได้ดี นอกจากการใช้ปุ๋ยเคมีแล้ว สามารถนำวัสดุอินทรีย์และสารปรับปรุงดิน (ปิยะ, 2553) มาใช้ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้ดีขึ้น ทำให้ดินมีโครงสร้างดี ถ่ายเทอากาศสะดวก (ปรัญญา และคณะ, 2540) ดินร่วนซุย ทำให้น้ำระบายหรือการดูดซับน้ำได้มากขึ้น อุไรวรรณ (2545) พบว่า การใช้กากตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลเป็นปุ๋ยอินทรีย์และสารปรับปรุงดิน ช่วยทำให้ดินเพิ่มอัตราการแทรกซึมน้ำ เพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ทำให้น้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มมากขึ้น ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นพืชและผลผลิตพืช การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยเพิ่มค่าความเป็นกรดเป็นด่างและอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์สามารถปลดปล่อยให้แร่ธาตุอาหารพืชอย่างช้า ๆ และสามารถช่วยในการดูดซับแร่ธาตุอาหารพืชไว้ได้ ตลอดจนธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีเอาไว้ไม่ให้สูญเสียได้โดยง่าย นอกจากนี้มีการใช้สารปรับปรุงดิน เช่น ซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ และเวอร์มิคิวไลต์ มาช่วยในการปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น เพราะสารปรับปรุงดินเหล่านี้มีคุณสมบัติในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ถ่ายเทอากาศ (ปิยะ, 2553) อีกทั้งสารปรับปรุงดินยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินให้ดีขึ้น เพิ่มค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ซึ่งมีคุณสมบัติในดูดซับและการกักเก็บธาตุอาหาร ทำให้ถูกชะล้างได้น้อยลง และค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืช ทำให้พืชใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น จากการศึกษาของ นงลักษณ์ และพวงเล็ก (2538) ทดลองปลูกข้าวโพดในดินร่วนทรายโดยใช้แร่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ พบว่า การใช้แร่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินดีกว่าการใช้ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างเดียว

2. การตรวจเอกสาร

2.1 ปัญหาของดินในประเทศไทย

ดินมีปัญหา หมายถึง ดินที่มีคุณสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างที่ไม่เหมาะสมหรือไม่ค่อยเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการปลูกพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ เกิดขึ้นได้เองโดยธรรมชาติและจากการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ และต้องมีการจัดการดินเป็นกรณีพิเศษกว่าดินทั่วไป จึงจะสามารถใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกและให้ผลผลิตดีได้ กรมพัฒนาที่ดิน (2549) ได้จัดทำแผนที่ดินที่มีปัญหาในการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรขึ้นใหม่ ทั้งนี้เพื่ออำนวยประโยชน์ในการศึกษาลักษณะ

และขอบเขตการแพร่กระจายของดินมีปัญหาชนิดต่าง ๆ แบ่งดินที่มีปัญหาทางการเกษตรออกเป็น 7 ชนิด ได้แก่ ดินเค็ม ดินทรายจัด ดินอินทรีย์ ดินตื้น ดินกรดกำมะถัน ดินค่อนข้างเป็นทราย และดินพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ดินแต่ละประเภทนี้มีข้อจำกัดในการใช้เพื่อการเกษตร จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดิน หรือจัดการเพื่อให้สามารถเพาะปลูกได้เสียก่อน นอกจากนั้น ดินที่มีปัญหาอีกประเภทหนึ่ง คือ ดินเหมืองแร่ ซึ่งเป็นปัญหาของพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแร่แล้ว

2.2 ดินเหมืองแร่ร้าง

แร่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมต่าง ๆ และทำรายได้ให้ประเทศเป็นจำนวนมาก แต่การขุดค้นเอาทรัพยากรแร่ขึ้นมาใช้ประโยชน์นั้นย่อมจะก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ภายหลังจากการทำเหมืองแร่ พื้นที่ในบริเวณนั้นเสื่อมสภาพ ลักษณะดินเป็นทรายจัดมาก มีกองก้อนกรวด ก้อนหิน สภาพพื้นที่สูง ๆ ต่ำ ๆ มีขุมเหมืองกระจัดกระจายทั่วไป ถูกปล่อยทิ้งให้เป็นพื้นที่รกร้างว่างเปล่าเป็นส่วนใหญ่ จากการรายงานของ กรมพัฒนาที่ดิน (2539) พบพื้นที่ทำเหมืองแร่ร้าง เช่น จังหวัดพังงา มีเนื้อที่ 116,350 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 47.12 รองลงมา จังหวัดตราด มีเนื้อที่ 47,712 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 19.32 และ จังหวัดระนอง มีเนื้อที่ 25,350 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.27 เป็นต้น พบการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเหมืองแร่ร้าง ในตารางที่ 1.1 ซึ่งพื้นที่ทำเหมืองแร่ร้างจะพบในภาคใต้ส่วนมาก

ตารางที่ 1.1 การแพร่กระจายของพื้นที่ดินเหมืองแร่ร้างในประเทศไทย

จังหวัด	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ
พังงา	116,350	47.12
ตราด	47,712	19.32
ระนอง	25,350	10.27
ภูเก็ต	18,950	7.67
สุราษฎร์ธานี	15,803	6.40
นครศรีธรรมราช	9,392	3.80
สงขลา	7,384	2.99
ลำพูน	2,187	0.89
ยะลา	1,593	0.65
จันทบุรี	1,181	0.48
กระบี่	1,025	0.42
รวม	246,927	100

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2539)

1) การทำเหมืองแร่

การทำเหมืองแร่เป็นการนำทรัพยากรธรณีประเภทแร่ หิน ดิน ทราย หรืออัญมณีออกจากแหล่ง วิธีการทำเหมืองแร่ในประเทศไทย มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี แต่ละวิธีนั้นการลงทุนและการผลิตจะแตกต่างกันไป ซึ่งผู้ประกอบกิจการได้เลือกตามกำลังทุนทรัพย์และสภาพของท้องที่ วิธีการต่าง ๆ มีดังนี้

1.1) เหมืองแล่น ทำที่บนเนินสูงหรือตามไหล่เขา เป็นวิธีที่ลงทุนน้อย ได้แร่ไม่มากนักและมักจะมีปัญหาบุกรุกทำลายป่ามากกว่าวิธีอื่น

1.2) เหมืองสูบ วิธีนี้ใช้น้ำมาก ลงทุนสูงแต่ได้แร่มากพอคุ้มกับการลงทุน จึงมีคนนิยมทำกันมาก การทำเหมืองแร่วิธีนี้ทำให้พื้นที่กลายสภาพเป็นแอ่งหรือบ่อใหญ่ และมีกองมูลดิน หิน ทรายมากมาย และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

1.3) เหมืองฉีด คล้ายกับเหมืองสูบ แต่ผิดกันตรงที่วิธีนี้ใช้น้ำจากที่กักเก็บในที่สูงแล้วปล่อยลงมาตามแรงดึงดูดของโลก วิธีนี้ค่อนข้างยาก

1.4) เหมืองเรือขุด มีอยู่ 2 แบบ คือ แบบบนบก และในทะเล วิธีนี้ลงทุนค่อนข้างสูง การเก็บหรือผลิตแร่ได้ไม่ดีเท่าเหมืองสูบหรือฉีด แต่ทำลายดินไม่มากเพียงแต่ลดความอุดมสมบูรณ์ของดินลงไปเท่านั้น ดังนั้นการปรับปรุงหลังจากทำเหมือง จึงค่อนข้างง่ายและลงทุนต่ำ

1.5) เหมืองหาบ ในสมัยโบราณใช้แรงคนเปิดหน้าดินแล้วขุดและหาบดินผสมแร่จากบ่อที่ขุดมาล้างแยกแร่ออกมา แต่สมัยใหม่นี้มีการใช้แรงเครื่องยนต์เครื่องจักรมาแทนแทบหมดแล้ว จึงให้ชื่อวิธีนี้ว่าเหมืองเปิด เหมืองชนิดนี้ทำกันมากพอสมควร เพราะลงทุนไม่มากนักและผลผลิตดีพอควร

1.6) เหมืองเจาะงัน เป็นการทำโดยใช้แรงงานและใช้เครื่องจักร รวมทั้งการระเบิดเอาหินที่มีแร่มาทุบหรือแยกเอาแร่ออก วิธีนี้คงจะอันตรายและค่อนข้างหนัก

1.7) เหมืองอุโมงค์ เป็นการทำเหมืองในที่สูง โดยเจาะเป็นอุโมงค์ หรือปล่อง หรือทั้งสองอย่าง เปิดเข้าไปสู่แหล่งแร่ที่อยู่ลึกลงไปใต้ดิน อย่างไรก็ตามการทำแร่ด้วยการขุดอุโมงค์หรือปล่องนี้ แม้จะทำลายหน้าดินไม่มากแต่มีการทำลายป่าไม้และบริเวณต้นน้ำลำธารค่อนข้างสูงและเกิดการพังทลายของดิน

1.8) เหมืองปล่อง ได้แก่การทำเหมืองในที่ที่มีชั้นดินหนาโดยขุดเป็นปล่องลงไปถึงชั้นกะสะแร่ แล้วเอาแร่บนดินมาล้างรางแร่ต่อไป ความสูญเสียทางธรรมชาติก็คล้าย ๆ กับวิธีทำเหมืองอุโมงค์และมีอันตรายมากด้วย

เหมืองแร่ที่นิยมทำกันมากโดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศไทยมีเพียง 2 แบบคือ เหมืองสูบและเหมืองฉีด การทำเหมืองแร่ดีบุกสามารถดำเนินการได้หลายวิธี เช่น การใช้

แรงงานคน หรือการใช้เครื่องจักรโดยรถหรือเรือขุด หลังจากขุดเปิดหน้าดินแล้ว ก็ใช้น้ำอัดเข้ากระบอกฉีด ทำการฉีดพังดิน ส่วนผสมของน้ำและดินที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการแยกแร่ เพื่อสกัดเอาแร่ออกมา เหลือทิ้งไว้แต่กรวด หิน ทราย และตะกอนดินเลน เศษหินกระจัดกระจายทั่วไปเป็นหย่อม ๆ สลับกับที่ลุ่มต่ำตามชนิดของวิธีการทำเหมือง ทำให้อินทรียวัตถุและแร่ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะสูญหายไปกับแรงน้ำที่ใช้ฉีดเพื่อล้างแร่ ส่วนประกอบของดินที่มีขนาดใหญ่ตกตะกอนทับถมในบริเวณพื้นที่ที่ทำเหมือง ไม่มีส่วนประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงทำให้ไม่มีพืชขึ้นปกคลุมภายหลังจากทำเหมืองแร่

2.3 ดินเหมืองแร่ดีบุกจังหวัดสงขลา

จังหวัดสงขลาเคยมีการทำเหมืองแร่ดีบุกอย่างกว้างขวาง แร่ดีบุกนับว่าเป็นแร่เศรษฐกิจหลักของจังหวัด แหล่งแร่ดีบุกในจังหวัดสงขลาส่วนใหญ่เป็นแหล่งแร่แบบทุติยภูมิ และมีแหล่งแร่แบบปฐมภูมิในบางแห่ง

1) แหล่งแร่ดีบุกแบบปฐมภูมิ (primary deposits) ที่พบในจังหวัดสงขลา ได้แก่

1.1) แบบสายแร่น้ำร้อน (hydrothermal deposits) แหล่งแร่ดีบุกชนิดนี้มักมีแร่วุลแฟรมเกิดร่วมด้วย และพบชีไลต์บ้างเล็กน้อย พบแร่ดีบุกเกิดอยู่ทั้งในหินแกรนิตและหินท้องที่บริเวณแนวสัมผัส

1.2) แบบสายเพกมาไทต์ และแอไพลต์ (pegmatite, quartz-feldspar veins, aplite) เพกมาไทต์ คือ หินอัคนีที่มีขนาดหยาบมาก ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา แอไพลต์เป็นหินอัคนีที่มีขนาดละเอียด หินทั้ง 2 ชนิดนี้มักเกิดในหินแกรนิตหรือในหินท้องที่ที่สัมพันธ์กับหินแกรนิต รูปร่างไม่แน่นอน สายเพกมาไทต์นี้มีความสัมพันธ์กับการแทรกซอนของหินแกรนิต โดยที่สายเพกมาไทต์เป็นส่วนประกอบของหินแกรนิตที่มีน้ำมากหรือบางครั้งเกิดจากหินเหลวถูกบีบอัดอยู่ภายในจนทะลักเข้าไปประจุตามช่องว่างอาจเป็นรอยแตกรอยร้าวของหิน ช่องว่างระหว่างชั้นหินจึงทำให้สายเพกมาไทต์มีรูปร่างต่าง ๆ บางครั้งสายเพกมาไทต์แทรกเข้าประจุในรอยแตกเล็ก ๆ ในบริเวณที่หินเปราะแตกร้าวมากทำให้ได้กลุ่มของสายเพกมาไทต์ไขว้สานกันเป็นร่างแหซึ่งเรียกว่า “stockwork of pegmatite” โดยส่วนมากร่างแห (stockwork) นี้มักให้แร่ดีบุกที่ค่อนข้างสมบูรณ์

2) แหล่งแร่ดีบุกแบบทุติยภูมิ หรือแหล่งแร่พลัดหลุดจากหินต้นกำเนิดเดิม (secondary deposits) เนื่องจากแร่ดีบุกมีคุณสมบัติที่แข็งทนทานต่อการสึกกร่อนผุพัง เมื่อหินต้นกำเนิดเดิมผุพังลงทำให้แร่ดีบุกและแร่ที่เกิดอยู่ร่วมกันหลุดออกจากเนื้อหินเดิม และถูกพัดพาไปสะสมตัวใหม่ในบริเวณที่อยู่ต่ำกว่า ด้วยการทับถมสะสมตัวผ่านระยะเวลายาวนานจึงกลายเป็น

แหล่งแร่ขึ้น ผลผลิตแร่ดีบุกส่วนใหญ่ในจังหวัดสงขลาได้จากแหล่งแร่ประเภทนี้เป็นส่วนใหญ่ แหล่งแร่ดีบุกแบบที่สะสมตัวบนบกหรือแหล่งแร่บนบก (onshore deposits) เป็นแหล่งแร่ดีบุกที่สะสมตัวอยู่ตามบริเวณต่าง ๆ ได้แก่

2.1) แหล่งแร่แบบผุพังอยู่กับที่ (residual deposits) เป็นแหล่งแร่ดีบุกที่เกิดจากการผุสลายของหินต้นกำเนิดเดิม ทำให้แร่ดีบุกหลุดออกมาจากหินและสะสมตัวอยู่ในบริเวณหินต้นกำเนิดเดิมหรือใกล้เคียง

2.2) แหล่งลานแร่หรือแหล่งที่ราบลานแร่ (placer deposits) เป็นแหล่งแร่ซึ่งสะสมตัวอยู่บริเวณที่ราบลุ่ม

2.3) แหล่งแร่พลัดเชิงเขา (colluvium deposits) เป็นแหล่งแร่ที่เกิดจากหินต้นกำเนิดผุพัง ทำให้แร่ดีบุกหลุดออกมาจากหินและสะสมตัวอยู่ในบริเวณเชิงเขาหรือไหล่เขา

2.4) แหล่งแร่ตามท้องห้วย เป็นแหล่งแร่ที่พบแร่ดีบุกสะสมตัวในชั้นตะกอนกรวดทรายของทางน้ำที่ไหลผ่านหินต้นกำเนิด

แหล่งแร่ดีบุกในจังหวัดสงขลามีจำนวน 9 แหล่ง มีการผลิตตั้งแต่อดีตจนมีการหยุดทำการไปตั้งแต่ปี 2551 ปัจจุบันยังคงมีร่องรอยของหน้าเหมืองดีบุกเก่า และขุมเหมืองเก่าจำนวนมาก แสดงถึงความรุ่งเรืองของกิจการเหมืองแร่ดีบุกของจังหวัดสงขลาในอดีต (กรมทรัพยากรธรรมชาติ, 2557) โดยมีรายละเอียดของแต่ละแหล่งดังนี้

1. แหล่งดีบุกทุ่งโพธิ์-ทุ่งขมิ้น อยู่ในพื้นที่ตำบลทุ่งขมิ้น อำเภอนาหม่อม เป็นแหล่งแบบปฐมภูมิซึ่งมีความสัมพันธ์กับหินแกรนิตอายุไทรแอสซิก โดยพบแร่ดีบุกฝังประอยู่ในเนื้อหินแกรนิต และสายแร่ควอตซ์ที่แทรกตัดเข้าไปในหินแกรนิต สายแร่ควอตซ์ที่มีแร่ดีบุกมีขนาดกว้าง 0.2-3 มิลลิเมตร

2. แหล่งดีบุกบ้านควนยาง อยู่ในพื้นที่ตำบลนาหว้า อำเภอจะนะ แหล่งแร่เป็นแหล่งดีบุกแบบลานแร่ ที่เกิดจากหินทัวร์มาลีนแกรนิตเนื้อหยาบ ซึ่งเป็นหินต้นกำเนิดผุพังทำให้แร่ดีบุกถูกพัดพาโดยทางน้ำไปสะสมตัวอยู่ในชั้นกรวดทรายในบริเวณที่ราบลุ่ม

3. แหล่งดีบุกเขาสูง อยู่ในพื้นที่ตำบลเกาะสะบ้า อำเภอเทพา เป็นแหล่งแร่แบบปฐมภูมิที่มีความสัมพันธ์กับหินแกรนิตอายุไทรแอสซิก ที่แทรกซอนเข้าไปในหินตะกอนอายุไทรแอสซิก ซึ่งประกอบไปด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน หินโคลน และหินเชิร์ต พบแร่ดีบุกเกิดฝังประในสายแร่ควอตซ์ขนาดเล็กที่แทรกตามรอยแตกของหินตะกอน และฝังประในหินตะกอนบริเวณใกล้รอยสัมผัส นอกจากนี้ยังมีแหล่งดีบุกแบบลานแร่ในพื้นที่ด้วย

4. แหล่งดีบุกควนกรด อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลท่าหมอไทร อำเภอจะนะ เป็นแหล่งแร่ดีบุกแบบแร่พลัดเชิงเขา พบแร่สะสมตัวในชั้นตะกอนบริเวณเชิงเขา

5. แหล่งดีบุกควนลิวง อยู่ในพื้นที่ตำบลท่าหมอไทร และตำบลสะพานไม้แก่น อำเภอจะนะ แหล่งแร่มีความสัมพันธ์กับหินมัสโคไวต์-ทัวร์มาลีนแกรนิตที่แทรกดันหินตะกอน โดยพบแร่ดีบุกเป็นแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ แหล่งแร่ดีบุกแบบปฐมภูมิพบแร่ดีบุกเกิดฝังประในสายแร่ควอตซ์ และสายแร่ควอตซ์ทัวร์มาลีน ที่แทรกตามรอยแตกของหินตะกอน ส่วนแหล่งแร่ดีบุกแบบทุติยภูมิพบแร่ดีบุกแบบลานแร่ในชั้นกรวดทราย

6. แหล่งดีบุกเขาคอหงส์ อยู่ในพื้นที่ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ เป็นแหล่งแร่แบบลานแร่สะสมตัวบริเวณที่ราบ พบชั้นกรวดทรายที่มีแร่ดีบุกหนา 0.9-1.2 เมตร อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 30 เมตร

7. แหล่งดีบุกเขาพระ อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลท่าชะมวง อำเภอรัตภูมิ อยู่บริเวณปลายสุดทางทิศตะวันออกของเทือกเขาแกรนิตเขากะช่อง เป็นแหล่งแร่แบบทุติยภูมิ ในอดีตเหมืองแร่เขาพระเปิดเป็นเหมืองฉีดและเปลี่ยนมาทำเป็นเหมืองหาบตามลำน้ำ พบชั้นดินหนา 2 เมตร ปิดทับชั้นกรวดทรายที่มีแร่ดีบุกหนา 1-1.5 เมตร ซึ่งมีหินดานที่รองรับชั้นแร่เป็นหินแกรนิตเนื้อละเอียดถึงปานกลาง

8. แหล่งดีบุกควนจง อยู่ในเขตพื้นที่ตำบลนาหม่อม อำเภอนาหม่อม เป็นแหล่งแร่ดีบุกแบบปฐมภูมิและแบบทุติยภูมิ แหล่งดีบุกแบบปฐมภูมิพบสายแร่ควอตซ์-ดีบุกแทรกอยู่ในรอยแตกหิน และพบแร่ดีบุกฝังประอยู่บริเวณผนังหินทรายใกล้รอยสัมผัสกับหินแกรนิต สำหรับแหล่งแร่แบบทุติยภูมิพบแร่ดีบุกที่ถูกพัดพาไปสะสมตัวบริเวณที่ราบเชิงเขาควนจง

9. แหล่งดีบุกควนไฉน อยู่ในเขตตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ และตำบลฉลุง อำเภอหาดใหญ่ เป็นแหล่งลานแร่ดีบุกที่ใหญ่ที่สุดของจังหวัดสงขลา พบแร่ดีบุกสะสมตัวบริเวณที่ราบเชิงเขาที่อยู่ระหว่างเทือกเขาแกรนิตสงขลากับเทือกเขาแกรนิตเขาแก้ว-วังพา แหล่งแร่ดีบุกนี้เป็นแหล่งแร่ที่หลุดและผุพังมาจากแหล่งต้นกำเนิด ซึ่งหลงเหลือให้เห็นเป็นเขาลูกโดดให้เห็น เช่น เขาควนไฉน เขาฝาละมี เขาโต๊ะเพชรและเขาขี้เหล็ก ชั้นกรวดทรายที่มีแร่ดีบุกหนา 3-5 เมตร

2.3.1 ผลกระทบจากการทำเหมืองแร่

2.3.1.1) ผลกระทบต่อทรัพยากรดิน

1) การเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินและที่ดิน

เนื่องจากการทำเหมืองแร่คือการนำแร่ที่อยู่ใต้ดินขึ้นมาใช้ประโยชน์จึงมีการตัก ขุด เจาะ ฉีดหรือการดำเนินการด้วยวิธีอื่น ๆ เพื่อเคลื่อนย้ายผิวดินชั้นบนที่อุดมสมบรูณ์ไปจากบริเวณแหล่งที่จะทำการขุดเจาะเสียก่อน หรือถูกชะล้างและพัดพาไปโดยน้ำหรือถูกพลิกกลับลงไปยังส่วนลึกของผิวดิน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการทำเหมือง ผลที่เกิดขึ้นคือ ผิวดินที่เหลืออยู่จะกลายเป็นดินที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกอีกต่อไป มีปริมาณอินทรีย์สาร

และธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืชต่ำมาก เมื่อผิวดินที่ปกคลุมแหล่งแร่อยู่นั้นถูกเคลื่อนย้ายจากแหล่งเดิมหรือมูลดินทรายที่เกิดจากการทำเหมืองแร่ถูกนำไปกองไว้ในบริเวณข้างเคียง เป็นเหตุให้ที่ดินบริเวณที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้วจะเกิดสภาพเป็นหลุมเป็นบ่อ และเป็นเนินกองหินดินทราย (ฉลอง, 2549) มีผลต่อคุณภาพที่ดิน

2) การสูญเสียเนื้อดิน

การทำเหมืองแร่ทำให้เกิดสภาพเป็นเนินกองดิน ทราย และหลุมบ่อขึ้น เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ บางส่วนมีความลาดชันสูง และเนื้อดินถูกเคลื่อนย้ายจากแหล่งเดิม เนื่องจากไม่มีพืชปกคลุมอยู่ ในระยะแรกได้รับอิทธิพลจากลมและฝนทำให้กองเนินทรายค่อย ๆ แผ่ขยายออกเป็นพื้นที่กว้างขวางขึ้น ความลาดชันจะลดน้อยลงและถูกน้ำฝนกัดเซาะ ทำให้เนื้อดินเป็นจำนวนมากต้องสูญเสียไปพร้อมกับกระบวนการชะล้าง และยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อเนื่องถึงทรัพยากรธรรมชาติอื่น ๆ

2.3.1.2) ผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำ

1) คุณสมบัติของน้ำ

ผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ที่มีต่อคุณสมบัติของน้ำที่เห็นเด่นชัดก็ คือ ความขุ่นของน้ำ ซึ่งเกิดจากตะกอนดินของการทำเหมืองแร่ที่ใช้น้ำในการฉีดพังดิน การแยกแร่ และการชะล้างพังทลายของดินบริเวณที่มีการทำเหมืองแร่ ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ตะกอนดินจะถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำระยะหนึ่ง ก่อนที่อนุภาคของดินซึ่งมีขนาดใหญ่จะตกตะกอนลงสู่พื้นที่ท้องน้ำแต่อนุภาคเล็ก จะยังคงแขวนลอยต่อไป ทำให้แหล่งน้ำขุ่นขึ้น นอกจากนั้นในการทำเหมืองแร่บางชนิด น้ำที่มีเศษแร่เจือปนอาจมีคุณภาพที่เป็นพิษได้ เช่น ปรอท แคดเมียม และอาร์เซนิค เป็นต้น

2) คุณสมบัติของพื้นท้องน้ำ

ผลจากตะกอนขุ่นข้นและตะกอนแขวนลอยซึ่งไหลมากับน้ำจะค่อย ๆ ตกตะกอนสู่พื้นท้องน้ำ ทำให้แหล่งน้ำโดยส่วนรวมเสื่อมคุณภาพ เกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำ และผิวพื้นท้องน้ำที่มีการสะสมตัวของตะกอนมาก หรือในบางกรณีที่มีการขุดหาแร่ในแหล่งน้ำโดยตรงก็จะทำให้สภาพของพื้นที่ท้องน้ำเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะเสื่อมโทรม ในบางบริเวณสภาพภูมิประเทศไม่เอื้ออำนวยให้กระแสน้ำมีความเร็วสูง การตกตะกอนก็จะเกิดมาก ซึ่งในที่สุดแหล่งน้ำจะตื้นเขินจนหายไปในที่สุด

3) ปริมาณน้ำ

ผลกระทบจากการทำเหมืองแร่ที่มีต่อปริมาณน้ำนั้น ในทางตรงอาจจะถือว่า เป็นผลกระทบในระดับที่ไม่สำคัญ แม้ว่าในการทำเหมืองแร่ส่วนใหญ่จะต้องดึงน้ำ

จำนวนมากไปใช้ในกระบวนการทำเหมือง แต่ในที่สุดก็จะกลับลงสู่แหล่งน้ำอีก แต่ถ้าพิจารณาผลกระทบที่ต่อเนื่อง กล่าวคือน้ำที่ปล่อยกลับลงสู่แหล่งน้ำนั้นมีคุณภาพเสื่อมโทรมลง คือมีความขุ่นข้นเพิ่มขึ้นหรืออาจมีสารเป็นพิษจากแร่นั้นเจือปน ทำให้ปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ต้องลดจำนวนลงไป นอกจากนั้นจากการที่ตะกอนจากเหมืองแร่ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขินยังส่งผลให้ปริมาณน้ำที่แต่ละแหล่งน้ำจะรองรับได้ลดลงไปด้วย

2.3.1.3) ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ

ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการทำเหมืองแร่ต่อคุณภาพของอากาศนั้น ส่วนใหญ่จะเกิดเฉพาะกรณีที่การทำเหมืองนั้นเป็นการทำเหมืองหาบ เช่น เหมืองหินปูนการระเบิดและย่อยหินเหมืองลิกไนท์ เพราะในการรวบรวมแร่โดยการขุดเจาะหรือตักจะทำให้เกิดฝุ่นละอองกระจายไปในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนั้นในขั้นตอนการลำเลียงขนแร่หรือในกระบวนการย่อยแร่ หากไม่มีการป้องกันอย่างดี ก็จะเกิดฝุ่นละอองกระจายไปในบรรยากาศข้างเคียงได้ และจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพและความเป็นอยู่ของประชาชนในเขตใกล้เคียง ซึ่งจะมีความรุนแรงมากหรือน้อยนั้น ขึ้นกับประเภทและปริมาณของฝุ่นที่เกิดขึ้น ฝุ่นแร่บางชนิดจะมีผลเพียงก่อให้เกิดความรำคาญ แต่บางชนิดก็จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ (เฉลิมศักดิ์, 2528)

จะเห็นได้ว่าการทำเหมืองแร่ทุกประเภท ทุกขนาด และทุกวิธีการจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยทรัพยากรหลักที่ได้รับผลกระทบรุนแรงที่สุดคือ ดิน และที่ดินซึ่ง ส่งผลต่อสมบัติของดิน

2.4. สมบัติของดินเหมืองแร่ร้าง (soil properties of mine)

2.4.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาแล้ว จะมีปัญหาในด้านสมบัติทางกายภาพของดินอยู่มากทั้งในส่วนของเนื้อดิน โครงสร้างดินที่เปลี่ยนแปลงไป รวมไปถึงความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน การถ่ายเทอากาศในดิน สมบัติทางกายภาพของดินซึ่งเป็นปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ดังนั้นในการพิจารณาเพื่อที่จะทำการฟื้นฟูพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเพื่อให้มีศักยภาพที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้อีกนั้น ควรต้องคำนึงถึงสมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ร้างได้แก่

1) เนื้อดิน

เนื้อดินเป็นสมบัติทางกายภาพขั้นมูลฐาน ซึ่งจะมีผลควบคุมสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของดิน เนื้อดินสื่อความหมายด้านขนาดหรือความหยาบ ละเอียดของอนุภาคอนินทรีย์ (inorganic particles) ที่เป็นองค์ประกอบของดินนั้น ในด้านปฐพีวิทยา เนื้อดินถูกจำแนก

เป็นหลายประเภท ในตารางที่ 1.2 สิ่งที่กำหนดประเภทของเนื้อดิน คือ สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคอนินทรีย์ 3 กลุ่มขนาด (soil separates) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 2 มิลลิเมตร คือ

1) อนุภาคทราย (sand) จัดเป็นกลุ่มขนาดโตที่สุดในดิน

2) อนุภาคทรายตะกอนหรืออนุภาคทรายแป้ง (silt) จัดเป็นกลุ่มขนาดปานกลาง

3) อนุภาคดินเหนียว (clay) จัดเป็นกลุ่มขนาดเล็กที่สุดในดิน

ตารางที่ 1.2 การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate) ตามระบบสหรัฐอเมริกา (USDA)

ขนาดอนุภาค	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (มม.)
ทรายหยาบมาก	2.00-1.00
ทรายหยาบ	1.00-0.50
ทรายหยาบปานกลาง	0.50-0.25
ทรายละเอียด	0.25-0.10
ทรายละเอียดมาก	0.10-0.05
ซิลท์หรือทรายแป้ง	0.05-0.002
ดินเหนียว	0.002

ที่มา: Scott (2000)

จำแนกกลุ่มเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่ม

1) กลุ่มเนื้อดินละเอียด (fine-textured soils) ประกอบด้วย 5 ประเภท ได้แก่ ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam) ดินเหนียวปนดินร่วน (clay loam) และดินเหนียว (clay)

2) กลุ่มเนื้อดินปานกลาง (medium-textured soils) ประกอบด้วย 4 ประเภท ได้แก่ ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วน (loam) ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) ดินทรายแป้ง (silt)

3) กลุ่มเนื้อดินหยาบ (coarse-textured soils) ประกอบด้วย 3 ประเภท ได้แก่ ดินทราย (sandy) ดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) ดินร่วนปนทราย (sandy loam)

ดินที่มีเนื้อดิน (soil texture) ของปริมาณอนุภาคทรายหยาบมากก็จะเพิ่มการซึมน้ำลงดิน อย่างไรก็ตามชั้นของดินแต่ละชั้นมีความสามารถในการให้น้ำผ่านแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากทรายมีความสามารถในการดูดยึดน้ำได้น้อยกว่า โดยเฉพาะดินเหนียวดูดยึดน้ำได้

มากกว่า เพราะมีพื้นที่ผิวมากกว่า นอกจากนี้ช่องว่างในดินของดินเหนียวมีขนาดเล็กกว่าดินทราย และชั้นของดินที่ให้โอกาสการซึมน้ำน้อยที่สุดจะเป็นตัวจำกัดการซึมน้ำ

เนื่องจากดินที่ผ่านกระบวนการทำเหมืองแร่จะถูกแยกขนาดของอนุภาคต่าง ๆ ของเนื้อดินออกจากกัน ทำให้ในพื้นที่เหมืองแร่ร้างมีกลุ่มเนื้อดินหยาบเป็นส่วนใหญ่ จากการศึกษาของ วิรัตน์ (2510) อ้างโดย อานุช (2543) ได้แบ่งดินเหมืองแร่ออกเป็น 2 ประเภท คือ ดินตะกอนที่เกิดจากการเก็บกักเอาไว้ในพื้นที่ และบางส่วนถูกน้ำท่วมพัดพาไปตกตะกอนเป็นแหล่ง ๆ อีกประเภทหนึ่งเป็นดินกรวดทราย และหินอยู่ภายในบริเวณพื้นที่เหมืองซึ่งมีเนื้อที่กว้างขวางมาก พบว่า เนื้อดินในพื้นที่ที่ยังไม่มีการทำเหมืองแร่ในเขตอำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ประกอบด้วยอนุภาคทราย 64 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 12.9 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 23.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ภายหลังจากการทำเหมืองแร่แล้ว เนื้อดินจะเปลี่ยนแปลงไป ส่วนประกอบอนุภาคทราย 91.4 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 3.3 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 5.3 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Tanavud (1999) ทำการศึกษาลักษณะเนื้อดินของเหมืองแร่ดีบุกร้าง ในบริเวณจังหวัดภูเก็ต พบว่าเนื้อดินมีลักษณะเป็นทราย (sand) ประกอบด้วยอนุภาคทราย 91.19 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 4.97 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 3.84 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ ก้อง (2545) ได้ศึกษาลักษณะเนื้อดินจากพื้นที่เหมืองแร่ร้าง ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าท่าสองยาง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก พบว่า สภาพเนื้อดินในพื้นที่ที่ยังไม่ได้ผ่านการทำเหมืองแร่ มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ประกอบด้วยอนุภาคทราย 69 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 24.33 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 6.67 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทำเหมืองแร่หาบ พบว่า เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย ประกอบด้วยอนุภาคทราย 71.67 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 19.33 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเหมืองแร่เจาะงัน พบว่า เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินทรายปนดินร่วน (loamy sand) ประกอบด้วยอนุภาคทราย 81 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 14.67 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 4.33 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการทำเหมืองแร่เป็นการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งภายหลังการทำเหมืองแร่แล้ว ดินที่เหลืออยู่ภายในพื้นที่เหมืองแร่ มักประกอบด้วยอนุภาคทรายเป็นส่วนใหญ่ ส่วนอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวพบว่ามีอยู่ในพื้นที่น้อยมาก

2) โครงสร้างดิน (soil structure)

โครงสร้างดิน หมายถึงการจับตัวของเม็ดดิน (soil aggregation) ที่มีรูปร่าง ขนาด และความคงตัวที่แตกต่างกัน การจับตัวของดินนี้เกิดจากการมีแรงยึดระหว่างอนุภาคของดิน หรือการที่เม็ดดินมีสารเชื่อมของอินทรีย์ และอนินทรีย์สารชนิดต่าง ๆ การยึดเกาะกันของอนุภาคดินทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน การร่วนซุยของดิน และความแข็งแรงของการเกาะตัว

ของดินที่แตกต่างกัน ซึ่งดินที่มีโครงสร้างดีจะมีสัดส่วนของช่องว่างขนาดใหญ่อยู่มากทำให้นำน้ำได้ดี ดินพวกนี้จึงมีอัตราการแทรกซึมสูง ตรงข้ามกับดินเนื้อละเอียดที่มีโครงสร้างไม่ดี คือ ดินไม่จับตัวกันเป็นก้อนจึงมีสัดส่วนของช่องว่างขนาดเล็กอยู่มาก สภาพนำน้ำของดินมีค่าต่ำ ดินก็จะมีอัตราการแทรกซึมต่ำ ปริมาณช่องว่างในดินจะลดลงโดยการอัดตัวของดินและแปรผันกลับกับความลึก ดินบนที่เป็นทรายจะมีช่องว่างในดินอยู่ในช่วง 35-50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ดินเนื้อปานกลางถึงละเอียดจะอยู่ในช่วง 40-60 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า สำหรับในดินล่างที่มีการอัดตัวบางครั้งอาจมีปริมาณช่องว่างเพียง 25-30 เปอร์เซ็นต์ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544) ได้จำแนกชั้นคุณภาพหรือระดับโครงสร้าง (grade of soil structure) ไว้ 4 ประเภทดังนี้ 1) ไม่มีโครงสร้าง (structureless) 2) โครงสร้างอ่อนแอ (weak) 3) โครงสร้างแข็งแรงปานกลาง (moderate) และ 4) โครงสร้างแข็งแรง (strong) และการจำแนกชนิดของโครงสร้างดินที่มีผลต่อการระบายน้ำและอากาศ ดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ชนิดของโครงสร้างดินที่มีผลต่อการระบายน้ำและอากาศ

ชนิดของโครงสร้าง	การระบายอากาศและน้ำ
ก้อนกลม	ดีมาก
ก้อนเหลี่ยม	ดี
แท่ง	พอใช้
แผ่น	เลว

ที่มา: คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

การทำเหมืองแร่เป็นกิจกรรมชนิดหนึ่งของมนุษย์ ที่มีผลกระทบทำให้โครงสร้างดินเปลี่ยนแปลงไปจากดินที่มีโครงสร้างกลายเป็นดินที่ไม่มีโครงสร้าง กล่าวคือ ลักษณะโครงสร้างเดิมของดินจะถูกทำลายไปจากสภาพเดิม เกิดขึ้นโดยกระบวนการทำเหมืองแร่ จากการขุดและทำลายหน้าดิน โดยใช้น้ำที่มีความดันสูงฉีดเข้าไปในบริเวณลานแร่หรือแหล่งแร่แล้วสูบเอาดิน หิน และน้ำขึ้นมาแยกแร่ออกซึ่งแรงดันของน้ำจะทำให้เม็ดดินแตกกระจายออกจากกัน โดยเฉพาะเม็ดดินที่มีแรงเกาะยึดกันระหว่างเม็ดดินอ่อนตัวลงในที่สุด โครงสร้างดินจะแตกกระจายออกจากกัน สิ่งมีชีวิตในดินตลอดจนส่วนต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นโครงสร้างดินหลุดลอยไปกับน้ำจนดินเหลืออินทรียวัตถุอยู่น้อยมาก ไม่มีสารเชื่อมเพียงพอที่จะเกาะยึดหรือเรียงตัวกันเป็นเม็ดดินได้ และเหลือขนาดอนุภาคทรายเป็นส่วนใหญ่ (Visser *et al.,* 1978) จึงทำให้ดินเหมืองแร่ร้างกลายเป็นดินประเภทที่โครงสร้างถูกทำลายหรือไม่มีโครงสร้าง (ชรัตน์, 2526; ก้อง, 2545)

3) ความหนาแน่นของดิน (soil density)

ความหนาแน่นของสารใด ๆ หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลกับปริมาตรของสารนั้น ๆ ความหนาแน่นของดินจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, Db) เป็นสัดส่วนระหว่างมวลของดินแห้งสนิทกับปริมาตรทั้งหมดของดิน และความหนาแน่นอนุภาค (particle density, Ds) เป็นสัดส่วนระหว่างมวลของดินแห้งสนิทกับปริมาตรของอนุภาคดิน โดยปกติป่าเปิดใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้เพาะปลูก มีความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.0-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินที่เหมาะแก่การเพาะปลูกจะมีความหนาแน่นรวมของดินประมาณ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนความหนาแน่นของอนุภาคในดินปกติจะอยู่ประมาณ 2.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร โดยความหนาแน่นรวมจะมีค่าน้อยกว่าความหนาแน่นอนุภาค เสมอ ชรัตน์ (2526) อ้างโดย คมน์ (2546) พบว่า ความหนาแน่นอนุภาคและความหนาแน่นรวมของดินเหมืองแร่ร้างโดยเฉลี่ยต่ำกว่าดินธรรมชาติที่ไม่เคยผ่านการทำเหมืองแร่มาก่อน สอดคล้องกับการศึกษาของ Yamamoto (1978) ได้ศึกษาดินเหมืองแร่ร้างในรัฐ Wyoming พบว่า สภาพดินเดิมก่อนทำเหมืองแร่ ดินมีความหนาแน่นรวมของดิน 1.62 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ภายหลังจากผ่านการทำเหมืองแร่แล้ว ความหนาแน่นรวมลดลงเหลือ 1.58 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนความหนาแน่นอนุภาคแต่ละพื้นที่นั้นมักมีความแตกต่างกันน้อยมาก ส่วนการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างมีค่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.64 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สูงกว่าดินในบริเวณสวนยางพาราซึ่งมีค่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.54 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม ชนิดและน้ำหนักของแร่ธาตุบางชนิดอาจมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นอนุภาคของดินได้เช่นเดียวกัน ถ้าอนุภาคเรียงตัวกันแล้วปริมาตรช่องมาก ความหนาแน่นรวมจะมีค่าต่ำ และกลับกัน ถ้าดินมีปริมาตรช่องน้อย ความหนาแน่นรวมจะมีค่าสูง(คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

4) สภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity)

ความสำคัญของความแตกต่างระหว่างสภาพอิ่มตัว (saturated) และไม่อิ่มตัว (unsaturated) ในการไหลผ่านของน้ำ จะบอกถึงทิศทางของสภาพการนำน้ำ อย่างไรก็ดีค่า Ksat คือสัมประสิทธิ์การนำน้ำ (transport coefficient for water) ในสภาพที่อิ่มตัว ตัวนำน้ำส่วนใหญ่จะประกอบด้วยส่วนของช่องขนาดใหญ่และมีความสม่ำเสมอ ตัวนำน้ำส่วนน้อยเท่านั้นที่จะมีปริมาตรคงอยู่ขนาดเล็ก Scott (2000) ได้กล่าวถึงผลศึกษาวิจัยไว้ว่าดินทรายจะมีสภาพการนำน้ำที่ดีและรวดเร็วกว่าดินเหนียว แต่ทั้งนี้สภาพนำน้ำของตัวอย่างดินเดียวกันจะผันแปรโดยตรงกับระดับความชื้น หากดินมีความชื้นสูง น้ำจะบรรจุอยู่ในช่องขนาดใหญ่ของดินนั้น และจะไหลไปได้อย่างรวดเร็วจึงมีสภาพนำน้ำสูง แต่ถ้าดินมีความชื้นต่ำ น้ำจะบรรจุอยู่ในช่องขนาดเล็ก ทำให้สภาพนำน้ำ

ช้า ลักษณะธรรมชาติของช่องในดินก็มีผลต่อการส่งผ่านน้ำด้วย ในขณะความชื้นสูงดินเนื้อหยาบจะมีสภาพนำน้ำสูงกว่าดินเนื้อละเอียด เพราะน้ำไหลผ่านช่องขนาดใหญ่ แต่ถ้าดินทั้งคู่มีความชื้นต่ำน้ำในดินต้องไหลผ่านช่องขนาดเล็ก สภาพนำน้ำของดินเนื้อหยาบจะต่ำกว่าของดินเนื้อละเอียด ทั้งนี้เพราะความต่อเนื่องของช่องขนาดเล็กในดินเนื้อหยาบไม่ดีเท่าความต่อเนื่องของช่องขนาดเล็กในดินเนื้อละเอียด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) จากการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินในบริเวณสวนยางพาราจะมีค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวมีค่าเท่ากับ 21.60 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ช้ากว่าดินเหมืองแร่ร้าง โดยดินเหมืองแร่ร้างมีค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวมีค่าเท่ากับ 408.25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งจัดได้ว่าดินทั้งสองมีค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวเร็วมาก Landon (1991) กล่าวว่า ค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวอยู่ที่ 2.00 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ถ้าเป็นดินที่มีค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวสูงกว่านั้นจะถือว่าเป็นดินที่มีปัญหาในเรื่องของการขาดน้ำ

5) ความชื้นในดิน (soil moisture)

ความชื้นในดิน หมายถึง ปริมาณน้ำหรือไอน้ำที่มีอยู่ในดิน ความชื้นในดินจะมีผลโดยตรงต่อพืชที่ขึ้นอยู่บนดินนั้น ทั้งนี้เพราะความชื้นในดินจะเป็นแหล่งน้ำแหล่งเดียวของพืชที่ขึ้นอยู่ในดินนั้นจะสามารถดูดและนำไปใช้ได้ สภาพความจุความชื้นสนาม (field capacity) เป็นระดับความชื้นที่ดีที่สุดนั้น จะบอกถึงความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างโครงสร้างดินกับการระบายน้ำและอากาศ โดยโครงสร้างดินที่ดีควรจะมีช่องสำหรับการระบายอากาศอย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรดินทั้งหมด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) โครงสร้างดินที่ดีนั้นจะต้องมีการกระจายขนาดของช่อง (pore-size distribution) ของดินให้เหมาะสมต่อการอุ้มน้ำ การระบายน้ำ ระบายอากาศ และการเจริญเติบโตของรากพืช ซึ่งในดินเหมืองแร่จะมีปริมาณความชื้นในดินน้อย เพราะลักษณะเนื้อดินเป็นดินหยาบทำให้การกักเก็บน้ำได้น้อย ดินมีขนาดของอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบอยู่สูง จากการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างมีความสามารถในการดูดยึดน้ำไว้ได้น้อยกว่าดินในสวนยางพารา โดยที่ดินเหมืองแร่ร้างจะมีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 2.15 เปอร์เซ็นต์ และดินในสวนยางพารามีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 9.52 เปอร์เซ็นต์ Sanchez and Cochane (1980) ได้กำหนดค่าวิกฤติของปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถ้ามีปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำกว่านี้ พืชที่ปลูกในบริเวณดินนี้ก็จะแสดงอาการขาดน้ำ

6) ความต้านทานการชอนไชของรากพืช (resistance to penetration)

เป็นแรงในดินที่ต้านต่อการชอนไชของรากพืชไปในอนุภาคดิน (Donald, 1965) ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากการยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคดิน และมีผลต่อความสามารถ

ของรากพืชในการชอนไชไปหาน้ำและธาตุอาหารพืชในดิน Taylor and Burnett (1964) รายงานว่า ดินที่มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชมากกว่า 2,500 กิโลปาสคาล จะเป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืชในดิน จากการศึกษาของ ธิตินัย (2546) ได้ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีที่สำคัญบางประการของชุดดินหลักในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่า ชุดดินสตูลในบริเวณลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชเท่ากับ 110.31 กิโลปาสคาล ไม่เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช เช่นเดียวกับการศึกษาของ อ้อมทิพย์ (2547) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาและฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา พบว่า ดินนาข้าวและดินนากุ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาตอนบน มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชเท่ากับ 154.93 และ 50.01 กิโลปาสคาล ตามลำดับ ไม่เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช

2.4.2 สมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร

ดินที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ในการทำเหมืองแร่มาแล้วจะส่งผลต่อสมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ที่จะกำหนดความอุดมสมบูรณ์ของดินและมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารที่พืชจะนำไปใช้ในการเจริญเติบโต สมบัติทางเคมีของดินจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นในการปรับปรุงฟื้นฟูพื้นที่ให้มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจึงต้องคำนึงถึงสมบัติทางเคมีด้วยเช่นกัน ได้แก่

1) พีเอช (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง หรือค่า pH เป็นสมบัติที่สำคัญของดินอีกประการหนึ่ง เนื่องจาก pH เกี่ยวข้องกับระดับธาตุอาหารในดินที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 14 ค่า pH น้อยกว่า 7 แสดงว่าเป็นกรด ค่า pH มากกว่า 7 แสดงว่าเป็นด่าง ซึ่งค่าที่เหมาะสมกับการเจริญเติบของพืช มีค่า pH ระหว่าง 5.5-6.5 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดินมักเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอตามฤดูกาล สภาพแวดล้อมและปัจจัยต่าง ๆ ที่ควบคุมปฏิกิริยาในดิน ถ้าดินมี pH ต่ำมาก แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียมในดินมีได้ปริมาณน้อย เนื่องจากมีไฮโดรเจนไอออนซึ่งไปไล่ที่ธาตุเหล่านี้ ที่ดูดซับที่คอลลอยด์ดินให้ออกมาในสารละลายดิน และถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่าย Riley (1978) และ Costigan (1978) กล่าวว่า การทำเหมืองแร่มีผลกระทบต่อระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน คือ ดินจะมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นหรือมี pH ต่ำลงกว่าเดิม ซึ่งดินเหมืองแร่ร้างส่วนใหญ่มักมีระดับ pH อยู่ระหว่าง 3.1-4.1 สาเหตุที่ทำให้ pH ของดินต่ำลง เพราะการแยกแร่ออกจากดินที่เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการทำเหมืองแร่ จำเป็นต้องใช้น้ำที่มีแรงสูงชะล้างเอาแร่ ดิน และหินมาแยกออกจากกันทำให้พวกแคตไอออนต่าง ๆ ถูกพัดพาสูญหายไปกับน้ำตะกอนเหมือง สอดคล้องกับการรายงานของ เพลินจิตร์ (2541) พบว่า ระดับ pH ของ

ดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มาแล้ว จะแสดงความเป็นกรดจัด ซึ่งสาเหตุดังกล่าวเกิดจากอิทธิพลของกระบวนการทำเหมืองแร่และการสลายตัวของเศษซากพืชที่ขึ้นอยู่กับพื้นที่เหมืองแร่ร้าง

2) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity : CEC)

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน หรือค่าซีอีซี (CEC) ของดิน เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณแคตไอออน ทั้งหมดที่ดินสามารถดูดยึดไว้ได้ ซึ่งดินแต่ละชนิดจะมีค่า CEC มากหรือน้อยก็ขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์ในดิน เช่น ฮิวมัส และแร่ดินเหนียว ชนิดต่าง ๆ ที่มีความสามารถในการดูดยึดแคตไอออนได้มากน้อยแตกต่างกัน ดินที่ดีควรมีค่า CEC ไม่น้อยกว่า 10 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีสมบัติในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ นอกจากนี้อินทรียวัตถุเป็นแหล่งที่ทำให้ดินมีค่า CEC สูงได้เช่นกัน โดยทั่วไปอนุภาคของดินเหนียวและอินทรียวัตถุสามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนประจุต่าง ๆ ในดินได้ดี เนื่องจากมีประจุลบจึงดึงดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ในดิน ซึ่งมีประจุบวกให้เข้ามาเกาะอยู่บริเวณพื้นผิวของตัวเองได้ ขณะที่ดินที่มีเนื้อหยาบ เช่น ดินทราย ซึ่งไม่มีอนุภาคดินเหนียวหรือมีอยู่เพียงเล็กน้อย รวมทั้งดินที่ขาดอินทรียวัตถุจะไม่มีประจุ จึงไม่สามารถดูดซับธาตุอาหารต่าง ๆ ไว้ได้ ทำให้ธาตุอาหารเหล่านั้นถูกชะล้างออกไปจากดินโดยน้ำได้ง่าย ชรัตน์ (2526) รายงานว่า กระบวนการทำเหมืองแร่ส่วนใหญ่เนื่องมาจากแรงดันน้ำโดยเฉพาะเหมืองฉีดและเหมืองสูบ ซึ่งใช้แยกแร่ หิน ดิน และทรายออกจากกัน ทำให้อนุภาคดินเหนียวในดินถูกชะออกไปกับน้ำ ดินเหมืองแร่จึงมีค่า CEC ต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ พิสุทธิ์ และปุญญะ (2521) พบว่าดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่แล้วจะมีค่า CEC เหลืออยู่ระหว่าง 0.3-9.2 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเท่ากับ 0.75 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ต่ำ Landon (1991) ได้กำหนดค่าวิกฤติของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเท่ากับ 5.0 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งดินเหมืองแร่ร้างมีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤติอยู่มาก

3) อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter)

อินทรียวัตถุในดิน หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฮิวมัส (humus) มีความหมายครอบคลุมตั้งแต่ส่วนของซากพืช หรือสัตว์ที่กำลังสลายตัว เซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่ และส่วนที่ตายแล้วตลอดจนสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลาย หรือส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ แต่ไม่รวมถึงรากพืชหรือเศษซากพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่สลาย หรือส่วนที่สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ และได้วิเคราะห์สารประกอบส่วนที่เป็นคาร์บอน พบว่า โดยทั่วไปอินทรียวัตถุในดินประกอบด้วย 1) สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 10–20 เปอร์เซ็นต์ 2) สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเช่น กรดอะมิโน และน้ำตาลอะมิโน (amino sugar) ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ 3)

สารประกอบ aliphatic fatty acid alkane และอื่น ๆ ประมาณ 10–20 เปอร์เซ็นต์ 4) ที่เหลือก็เป็นสารประกอบพวก aromatic compound (ยงยุทธ และคณะ, 2541) อินทรียวัตถุมีสมบัติที่จะดูดซับประจุบวกได้สูง เนื่องจากอินทรียวัตถุมีประจุลบสูง ดังนั้นดินที่มีอินทรียวัตถุมากจึงมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (CEC) และมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินได้ดีอีกด้วย การทำเหมืองแร่ทำให้ดินเหลืออินทรียวัตถุอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณของอินทรียวัตถุในดินเหมืองแร่ร้างจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยมีทั้งได้รับและสูญเสียไปจากดิน อินทรียวัตถุในดินควรมีประมาณ 1.5–2.0 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาของพิสุทธิ์ และปุญญะ (2521) อ้างโดย เพลินจิตร์ (2541) ได้ศึกษาพบว่า อินทรียวัตถุที่สูญเสียไปกับกระบวนการทำเหมืองแร่มีประมาณ 25.9 ตันต่อไร่ ทำให้ดินเหมืองแร่ร้างมีอินทรียวัตถุเหลืออยู่ประมาณ 0-0.5 เปอร์เซ็นต์ และจากการศึกษาของ อภิรักษ์ (2529) พบว่า อินทรียวัตถุบริเวณลานทรายผสมกรวดของดินเหมืองแร่ร้างบางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา มีค่าเท่ากับ 0.10-0.27 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ในดินเหมืองแร่ร้างมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ามีในปริมาณที่ต่ำและไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชเศรษฐกิจ แต่ก็มีพืชล้มลุกบางชนิดสามารถขึ้นได้

4) ไนโตรเจน

ไนโตรเจนเป็นธาตุที่สำคัญและเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อไนโตรเจนในดินมีปริมาณพอเหมาะแก่ความต้องการของพืช จะส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้รวดเร็ว ทำให้ลำต้น กิ่งก้าน และใบเจริญเติบโตได้ดี และยังเป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ กรดนิวคลีอิก และเอนไซม์ในพืช ช่วยในการเพิ่มปริมาณโปรตีนและผลผลิตพืชที่ให้เมล็ดและผล ในดินโดยทั่วไปมักมีปริมาณไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช มีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 0.02 ในดินเขตร้อนชื้นซึ่งมีปริมาณของอินทรียวัตถุต่ำ และสูญเสียไนโตรเจนในดินไปกับน้ำได้ง่าย โดยเฉพาะดินที่ผ่านกระบวนการทำเหมืองแร่ จากการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างจะมีปริมาณไนโตรเจนในดินเท่ากับ 0.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดได้ว่ามีปริมาณไนโตรเจนในดินต่ำ

5) ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่เป็นต่อการเจริญเติบโตของต้น การแพร่กระจายของรากพืชในระยะแรกของการเจริญเติบโต การออกดอกออกผลและสร้างเมล็ดของพืช ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีนและสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสงและการหายใจ พืชสามารถดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้ในรูป $H_2P0^-_4$ และ HPO_4^{2-} ในดินจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก เมื่อ

เปรียบเทียบกับปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียม ดินโดยทั่วไปมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช เนื่องจากถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก การทำเหมืองแร่เป็นกิจกรรมหนึ่งที่ทำให้ดินเหลือฟอสฟอรัสในดินปริมาณที่ต่ำมาก โดยน้ำที่ใช้ในกระบวนการทำเหมืองแร่จะทำให้แรงดูดยึดระหว่างอนุภาคธาตุอาหารกับผิวของคอลลอยด์ดินน้อยลงจนง่ายต่อการถูกชะล้างออกไป โดยฟอสฟอรัสส่วนนี้จะถูกพัดพาออกไปพร้อมกับน้ำและไปตกตะกอนอยู่บริเวณท้ายเหมือง จากการศึกษาของ พิสุทธิ์ และปุญญะ (2521) รายงานว่าฟอสฟอรัสสูญเสียไปจากการทำเหมืองแร่ประมาณ 2.05 กิโลกรัมต่อไร่ โดยฟอสฟอรัสจะถูกพัดพาออกไปพร้อมกับน้ำ และไปตกตะกอนอยู่บริเวณท้ายเหมือง และจากการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 0.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดได้ว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ

6) โพแทสเซียม

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับกระบวนการต่าง ๆ ของเซลล์พืช ช่วยในการสังเคราะห์น้ำตาลและแป้ง การเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากใบไปยังผล กระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ เพิ่มปริมาณกรดอินทรีย์และไนโตรเจนที่ใช้ในกระบวนการสร้างโปรตีน โครงสร้างเอนไซม์ ทำให้พืชแข็งแรงสามารถต้านทานโรค และส่งเสริมคุณภาพของผลผลิต โพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์ได้นั้นมีวัตถุต้นกำเนิดจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โพแทสเซียมที่อยู่ในอนุมูลบวก หรือโพแทสเซียมไอออน (K^+) พืชไม่สามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งเมื่อพืชดูดโพแทสเซียมไอออนเข้าไปแล้วส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอนุมูลโพแทสเซียม โพแทสเซียมเป็นธาตุที่ได้จากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ธาตุจำพวก เฟลด์สปาร์ และไมกา การทำเหมืองแร่นิยมทำกันในบริเวณที่มีดินที่ยังคงสภาพธรรมชาติอยู่ โดยกิจกรรมการทำเหมืองย่อมมีผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยเฉพาะการสูญเสียธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช จากการศึกษาของ พิสุทธิ์ และปุญญะ (2521) พบว่า การทำเหมืองแร่ทำให้ดินสูญเสียโพแทสเซียมประมาณ 95.4 กิโลกรัมต่อไร่ และจากการศึกษาของ อนิศรา (2544) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 0.13 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดได้ว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินต่ำ

7) แคลเซียม

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารรอง ซึ่งพืชต้องการปริมาณมากแต่น้อยกว่าธาตุหลัก ปกติมีอยู่ในดินค่อนข้างมากเพียงพอกับความต้องการของพืชทั่ว ๆ ไป แคลเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ และจำเป็นต่อการ

แบ่งเซลล์ แก้ฤทธิ์และต่อต้านของสารที่เป็นพิษ เช่น สารออกซิน ลดการดูดดึงโพแทสเซียม การเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรต และส่งเสริมการเกิดปมในรากถั่ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) แคลเซียมในดินมีปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นกับชนิดของดิน ดินที่มีปูนอยู่มาก จะมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าดินชนิดอื่น ส่วนใหญ่จะมีมากกว่าร้อยละ 2.5 แต่สำหรับดินทั่วไป แล้วจะมีประมาณร้อยละ 0.5-2.0 สำหรับดินทรายจะมีปริมาณแคลเซียมน้อยมาก คือ น้อยกว่าร้อยละ 0.1 การทำเหมืองแร่เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพดิน และมีผลทำให้สูญเสียปริมาณแคลเซียม จากการศึกษาของ อภิรักษ์ (2529) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างบางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา บริเวณลานกรวดผสมทราย มีปริมาณแคลเซียมเฉลี่ย 0.22-0.26 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดได้ว่ามีแคลเซียมในดินต่ำ

8) แมกนีเซียม

แมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการรองจากธาตุหลัก เช่นเดียวกับแคลเซียม ปกติจะมีอยู่ในดินเพียงพอกับการเจริญเติบโตของพืช แมกนีเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg) และแมกนีเซียมที่ละลายน้ำเป็นแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available Mg) ซึ่งมีในดินเนื้อละเอียดมากกว่าดินเนื้อหยาบ เช่น ดินเหนียวมีมากกว่าดินทราย เป็นต้น แมกนีเซียมมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายประการ คือ เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณแมกนีเซียมที่ผิวโลกเฉลี่ย 1.93 เปอร์เซ็นต์ และมีอยู่ในดินชั้นล่างมากกว่าดินบน การทำเหมืองแร่เป็นกิจรรมที่อาศัยกระบวนการโดยใช้แรงดันของน้ำ ทำให้แมกนีเซียมในดินส่วนนี้จะถูกพัดพาออกไปพร้อมกับน้ำและทำให้ดินสูญเสียแมกนีเซียมไปจำนวนมาก จากการศึกษาของ พิสุทธิ์ และปุญญะ (2521) พบว่า การทำเหมืองจะทำให้ดินสูญเสียแมกนีเซียมไปประมาณ 32.4 กิโลกรัมต่อไร่ และจากการศึกษาของ อภิรักษ์ (2529) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างบางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา บริเวณลานกรวดผสมทราย มีปริมาณแมกนีเซียมเฉลี่ย 0.031-0.039 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดได้ว่ามีแมกนีเซียมในดินต่ำ

9) กำมะถัน

กำมะถันในดินเป็นองค์ประกอบในสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คือ ซัลเฟตไอออน รากพืชดูดไอออนนี้โดยใช้โปรตีนขนส่งที่เยื่อหุ้มเซลล์ ดินเป็นแหล่งสำคัญของธาตุนี้ ซึ่งส่วนมากอยู่ในสารละลายดิน ซัลเฟตได้มาจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินและอินทรียวัตถุ ดังนั้นปริมาณซัลเฟตที่รากดูดมาจากดิน จึงขึ้นอยู่กับปริมาณของกำมะถันในวัตถุต้นกำเนิดและปริมาณอินทรียวัตถุในดินนั้นด้วย (ยงยุทธ, 2552) โดยปกติแล้วมักพบกำมะถันบริเวณผิวโลกประมาณ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การทำ

เหมืองแร่เป็นกิจกรรมชนิดหนึ่งที่ทำให้ดินสูญเสียกำมะถันไปเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะการทำเหมืองแร่ที่มีขั้นตอนการทำเหมืองโดยใช้แรงดันของน้ำฉีดชะละลายแยกแร่ออกจากดิน ซึ่งแรงดันของน้ำทำให้แรงดูดยึดระหว่างธาตุอาหารน้อยลง และถูกพัดพาไปกับน้ำตะกอนเหมือง จากการศึกษาของ พิสุทธิ์ และปุญญะ (2521) ได้วิเคราะห์น้ำตะกอนเหมืองแร่ อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา พบว่า มีกำมะถันอยู่ในรูปของซัลเฟตถึง 411.62 มิลลิกรัม แสดงว่า การทำเหมืองมีผลให้ดินสูญเสียกำมะถันในปริมาณสูง และจากการศึกษาของ อภิรักษ์ (2529) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างบางม่วง อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา บริเวณลานกรวดผสมทราย มีปริมาณกำมะถันเฉลี่ย 11.00-14.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจัดได้ว่ามีกำมะถันในดินต่ำ

ภายหลังจากการทำเหมืองแร่ ทำให้สมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง มีปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง จากการศึกษาของ ชรัตน์ (2526) สมบัติของดินดินเหมืองแร่ร้างที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตรแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) พบว่า ค่าที่วิเคราะห์ได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก แสดงว่าการทำเหมืองแร่นั้นทำให้สมบัติทางเคมีของดินมีค่าลดลง

2.4. สารปรับปรุงดิน

สารปรับปรุงดิน หมายถึง สารที่ได้จากธรรมชาติหรือจากสารสังเคราะห์ที่นำมาใช้เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินทางกายภาพหรือทางเคมีอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่างเพื่อให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (คณะกรรมการกำหนดมาตรการควบคุมการผลิตและจำหน่ายสารปรับปรุงดิน, 2542)

นอกเหนือจากการปรับปรุงสมบัติของดินโดยวิธีการปลูกพืช และการใช้วัสดุคลุมดินแล้ว สามารถปรับปรุงโดยการใช้สารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เศษพืช หรือผลพลอยได้ และวัสดุเหลือทิ้งจากการใช้ประโยชน์จากผลิตผลพืชหลังการเก็บเกี่ยว สารอินทรีย์ธรรมชาติ สารอินทรีย์สังเคราะห์ สารอนินทรีย์หรือสารเคมี และสารผสม

การจำแนกประเภทของสารปรับปรุงดินขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกเป็นสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสมบัติของตัวสาร สารปรับปรุงดินที่ใช้ในการเกษตรอาจจำแนกประเภทออกตามองค์ประกอบของตัวสารออกได้เป็น 3 ประเภท คือ สารอนินทรีย์หรือสารเคมี สารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ผสมสารอินทรีย์ นอกจากนั้นยังจำแนกประเภทตามแหล่งที่มาของสารปรับปรุงดินออกได้เป็น 3 แหล่งใหญ่ด้วยกัน ได้แก่ สารปรับปรุงดินที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ สารปรับปรุงดินในรูปผลพลอยได้ต่าง ๆ และสารปรับปรุงดินที่ได้จากการสกัดหรือจากการสังเคราะห์ทางเคมี

สารชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณค่าในการปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้นอาจจำแนกประเภทตามลักษณะการใช้ประโยชน์เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินที่มีปัญหาได้ 4 ประเภท คือ สารที่ใช้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินเป็นหลัก สารที่ใช้ปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินเป็นหลัก สารที่ใช้ปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพและความอุดมสมบรูณ์ของดินเป็นหลัก และสารที่ใช้ปรับปรุงสมบัติของดินแบบผสมผสาน ตัวอย่างลักษณะและสมบัติของสารปรับปรุงดินบางชนิดมีดังนี้

2.4.1 ซีโอไลต์ (zeolites)

ซีโอไลต์เป็นแร่ซิลิเกตในรูปสารประกอบไฮดรัส อะลูมิโนซิลิเกต (hydrous aluminosilicate) ที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุน โพรง หรือช่องว่างขนาดตั้งแต่ 2-10 แองสตรอม (angstrom) หรือระหว่าง 0.002-0.010 มิลลิเมตร ติดต่ออยู่ภายในโครงสร้างผลึกโดยมีโมเลกุลของน้ำแทรกอยู่จำนวนมาก ซึ่งเป็นสมบัติที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวของแร่ซีโอไลต์ โครงสร้างพื้นฐานของแร่ซีโอไลต์เป็นรูปสามเหลี่ยมสี่หน้าหรือเตตราฮีดรอน (tetrahedron) ของหมู่ AlO_4^{5-} และหมู่ SiO_4^{4-} เชื่อมต่อกับอะตอมของออกซิเจน (ปิยะ, 2553) สูตรทางเคมีโดยทั่ว ๆ ไป คือ $Na_2O{\cdot}Al_2O_3{\cdot}n\ SiO_2{\cdot}XH_2O$ หรือ $CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}n\ SiO_2{\cdot}XH_2O$ ซีโอไลต์ที่ได้จากแหล่งแร่ในธรรมชาติ หรือที่สังเคราะห์ขึ้นเองสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ทั้งทางด้านอุตสาหกรรมการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ สำหรับคุณค่าในทางการเกษตรนั้น สารซีโอไลต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการประมง การปศุสัตว์ และการปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร ประโยชน์ของสารซีโอไลต์ในทางเกษตร มีความสามารถในการดูดซับธาตุประจุบวกได้ในปริมาณมากหรือมีค่า CEC สูงมาก สามารถดูดซับโมเลกุลของน้ำ และก๊าซต่าง ๆ ได้อย่างดี ทำให้มีสมบัติในการช่วยบำบัดน้ำเสียหรือช่วยปรับปรุงคุณภาพน้ำโดยการบำบัดธาตุโลหะหนักในน้ำเสีย สารซีโอไลต์สามารถใช้ปรับปรุงดินที่มีสมบัติไม่เหมาะสมต่อการผลิตพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารประจุบวกของดินทรายที่มีความสามารถดูดยึดต่ำ จากการทดลองของ นงลักษณ์ และพวง เล็ก (2538) อ้างโดย ปิยะ (2553) โดยใช้แร่ซีโอไลต์ 10 กรัม ผสมดินร่วนทราย 10 กรัม และปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ชนิดละ 11, 11 และ 26 มิลลิกรัม ทำการปลูกข้าวโพด พบว่า เมื่อใช้แร่ซีโอไลต์กับปุ๋ยเคมี ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงดินดีกว่าการใช้แร่ซีโอไลต์กับปุ๋ยเคมีอย่างเดียว เช่นเดียวกับการทดลองของ สุรชัย (2548) ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอกร่วมกับซีโอไลต์ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดิน พบว่า การใช้ซีโอไลต์ทำให้ธาตุอาหาร ไนโตรเจน โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มสูงขึ้น และยังทำให้สมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดิน ความหนาแน่นรวม และความพรุนหลังการทดลองมีค่าเพิ่มสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างชัดเจน

2.4.2 หินพัมมิซ (pumice)

หินพัมมิซ หรือหินภูไมท์ เป็นหินแก้วภูเขาไฟชนิดหนึ่งที่ในพจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา พ.ศ. 2530 (คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530) เรียกว่า หินพัมมิซ หรือในทางการค้าในประเทศไทยนิยมเรียกว่า ภูไมท์ เป็นหินที่เกิดจากหินอัคนีประเภทหินร้อนที่เย็นตัวลงบนผิวโลกหรือนอกผิวโลก (extrusive igneous rock) พบได้ทั่วไปตามแหล่งภูเขาไฟประเทศต่างๆ องค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย สารพวกแก้วหรือซิลิกา (SiO_2) และอะลูมินา (Al_2O_3) ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของซิลิการต่ออะลูมินา ประมาณ 5:1 ถึง 6:1 ซึ่งใกล้เคียงกับซีโอไลต์ พัมมิซเป็นหินที่มีกำเนิดมาจากหินภูเขาไฟที่มีองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งในรูปแร่ซีโอไลต์ โดยมีลักษณะโปร่งพรุนเพราะส่วนแร่เนื้อในประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็กจำนวนมากที่สามารถกับเก็บน้ำและสารเคมีต่างๆ รวมทั้งธาตุอาหารพืชหลายชนิดได้ดี มีน้ำหนักเบา ทำให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรได้หลายลักษณะ ทั้งช่วยดูดซับสารพิษ ต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช ช่วยปรับปรุงการถ่ายเทอากาศและการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ช่วยปรับปรุงความจุในการอุ้มน้ำของดินและธาตุอาหารพืช (ปิยะ, 2553) จากรายงานผลการทดลองของ จินตนา และคณะ (2547) โดยการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 ในอัตรา 25 กิโลกรัม ผสมกับหินพัมมิซ 5 กิโลกรัม และการใช้หินพัมมิซอย่างเดียว ในอัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ กับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในดินร่วนปนทราย 2 แปลง และดินเหนียว 2 แปลง พบว่า ทุกแปลงทดลองผลผลิตข้าวเฉลี่ยที่ได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ได้รับปุ๋ยเคมีอย่างเดียวและข้าวที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่อย่างใด Duangpatra และคณะ (2005) ทดลองปลูกผักกาดเขียวปลีในดินที่ผสมปุ๋ยหมักทั้ง 5 ชนิด คือ ฝักถั่วลิสง ชานอ้อย ขุยมะพร้าว ซังฝักข้าวโพดบด และหินพัมมิซ พบว่า การใช้ดินผสมปุ๋ยหมักเมล็ดถั่วลิสงคัดทิ้งกับหินพัมมิซ ทำให้ผักกาดเขียวปลีเจริญเติบโตได้ดีกว่าใช้สารชนิดอื่นๆ ส่วนการทดลองของ ฉลอง และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความชื้นและการเจริญเติบโตของหญ้านวลน้อยบนแฟร์เวย์ สนามกอล์ฟบางปูคันทรีคลับ โดยศึกษาเพอร์ไลต์ เบนทอไนต์ พัมมิซ และยิปซัมโดยใส่แต่ละชนิดในอัตรา 50, 100 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของหญ้านวลน้อย ความชื้น และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน พบว่า การใส่เบนทอไนต์ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักสดหญ้านวลน้อยเฉลี่ยสูงที่สุด และทุกตำรับทดลองมีอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่แตกต่างกัน แต่การใส่พัมมิซ ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ความชื้นดินสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินอื่น ๆ

2.4.3 สารพอลิเมอร์ที่ดูดน้ำได้ในปริมาณมาก (high water-absorbing polymer)

สารพอลิเมอร์อีกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติไม่ละลายน้ำแต่ดูดน้ำได้ในปริมาณมาก สามารถใช้เป็นสารปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินบางประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สมบัติ

ในการอุ้มน้ำของดินบางชนิดที่มีความจุในการกักเก็บน้ำได้ต่ำ เช่น ดินทรายเนื้อหยาบหรือดินที่มีปริมาณเนื้อดินเหนียวต่ำ เป็นต้น ทำให้พืชสามารถใช้น้ำในดินและรวมทั้งปุ๋ยเคมีที่ใส่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้ามีการใช้ปุ๋ยเคมีควบคู่ไปกับการปรับปรุงความจุในการอุ้มน้ำของดิน จากการทดลองของ สนั่น (2540) ศึกษาผลของการใช้สารพอลิเมอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของทุเรียนในช่วงติดผล โดยการใส่สารพอลิเมอร์ในปริมาณ 2 กิโลกรัมต่อต้น ซึ่งมีวิธีคลุกเคล้ากับดินและการใส่เฉพาะที่ โดยให้น้ำสัปดาห์ละ 2 ครั้ง พบว่า การใช้สารพอลิเมอร์ช่วยทำให้ดินมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น และจากการทดลองของ ณัฐกานต์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ปีที่ 2) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ความสูงของต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด และความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับพัมมิซอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับพอลิอครีลามีดอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่

2.4.4 เวอร์มิคิวไลต์ (vermiculite)

เวอร์มิคิวไลต์ เป็นแร่ดินเหนียวประเภทหนึ่งซึ่งประกอบด้วยธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมดูดยึดอยู่ระหว่างผลึกที่ซ้อนทับกัน มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงมากที่สุดชนิดหนึ่ง ในดินโดยทั่วไป จะมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน ระหว่าง 144-207 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม และมีค่าเฉลี่ย 159 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม องค์ประกอบของแร่เวอร์มิคิวไลต์ชนิดไตรออกตาฮีดรอล สูตรทั่ว ๆ ไปคือ $(MgFe)_3(Al_xSi_{4-x})O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O \cdot Mg_x$ (เมื่อ X= 0.5-1.5) ซึ่งได้นำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในทางเกษตร โดยเฉพาะมีการนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดิน เพื่อช่วยแก้ไขปรับปรุงข้อจำกัดบางอย่างของดิน เช่น สามารถช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินได้ (ปิยะ, 2553) การใช้เวอร์มิคิวไลต์ในการเตรียมดินเพื่อปลูกหญ้าสนามควรหว่านเวอร์มิคิไลต์ในอัตรา 4 ลิตรต่อตารางเมตร แล้วพรวนคลุกเคล้ากับดินจะช่วยปรับสมบัติทางกายภาพของดินทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น และช่วยระบายอากาศดีขึ้นด้วย จากการศึกษาของอ้อมทิพย์ (2547) ได้ทำการฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งโดยการใช้เวอร์มิวคิวไลต์ในอัตรา 12.5, 25.0 และ 50.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ทำให้ความต้านทานการชอนไชของรากพืชลดลง ส่วนสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวและปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น

2.4.5 ปุ๋ยหมัก (compost)

ปุ๋ยหมัก เป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำวัสดุอินทรีย์จากพืช และสัตว์ทางการเกษตร และจากชุมชนมาผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น มีการสับ บด ร่อน และผ่าน

กรรมวิธีการหมักอย่างสมบูรณ์ จนแปรสภาพจากเดิม ซึ่งกระบวนการหมักเป็นการย่อยสลายทางชีววิทยา โดยอาศัยกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์บางชนิดภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ซึ่งจะย่อยสลายสารอินทรีย์จนกลายเป็นปุ๋ยที่มีลักษณะนุ่มยุ่ย ขาดจากกันได้ง่าย เหมาะที่จะใส่บำรุงดิน เพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยให้ดินร่วนซุย และอุ้มน้ำได้ดี ปุ๋ยหมัก เมื่อใส่ลงในดิน จะมีการย่อยสลายตัวช้า ทำให้สามารถปรับปรุงบำรุงดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ปุ๋ยหมักสามารถนำไปใช้กับพืชได้หลายชนิด ในดินทุกประเภท แต่อัตราที่ใช้จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสภาพดิน พื้นที่ปลูก ภูมิอากาศ โดยสามารถประเมินการใช้ปุ๋ยหมักกับพืชผัก ซึ่งเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ต้องการธาตุอาหารปริมาณมากในช่วงระยะสั้น ๆ การใส่ปุ๋ยหมักได้ทั้งแบบหว่านแล้วไถกลบดิน หรือใส่ลงในหลุม อัตราที่แนะนำ เช่น ถั่วฝักยาว ใส่อัตรา 1.5-2.0 ตันต่อไร่ พริก 3-4 ตันต่อไร่ เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2548) เนื่องจากดินเหมืองแร่ร้างมีสมบัติและข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนั้นการใส่อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และปุ๋ยอินทรีย์จึงเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ไขข้อจำกัดของดินเหมืองแร่ร้างได้ดีทั้งสมบัติทางเคมีและทางกายภาพ Lim และ Maenchalck (1978) รายงานว่า การนำอินทรียวัตถุเหล่านี้มาใช้ในการปรับปรุงดินเหมืองแร่ร้างจะเป็นการรักษาความชื้นและอุณหภูมิของดินไปในตัวด้วย การใส่อินทรียวัตถุสามารถเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน Sabey และคณะ (1990) ศึกษาโดยใส่กากตะกอนของเสียจากชุมชนเพื่อปรับปรุงสมบัติของดินเหมืองแร่ทองแดงร้าง พบว่า สามารถทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินดีขึ้น สอดคล้องกับของ อรวรรณ และคณะ (2552) ศึกษาศักยภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนปีที่ 1 ในนา ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า คุณสมบัติด้านเคมีของดินและธาตุอาหารในดิน เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่วัดได้เกือบทุกค่าปรับปรุงในทางที่ดีขึ้น นอกจากนี้การให้ปุ๋ยอินทรีย์ในการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนยังช่วยให้โครงสร้างดินดี ชุ่มน้ำ และระบายน้ำดีอย่างสม่ำเสมอ ผลผลิตสูง และเปอร์เซ็นต์ของฝักมาตรฐานของข้าวโพดอ่อนสูง เช่นเดียวกับการทดลองของ สิริกร (2550) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตและการดูดซับโลหะหนักของหญ้าแฝก 4 แหล่งพันธุ์ ที่ปลูกในดินเหมืองแร่สังกะสี พบว่า หญ้าแฝกที่ได้รับปุ๋ยหมักมีความสูง น้ำหนักแห้ง ปริมาณธาตุอาหารพืช โลหะหนักในต้นหญ้าแฝกสูงสุด โดยหญ้าแฝกที่ได้รับปุ๋ยหมักอัตรา 8 และ 4 ตันต่อไร่ ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งใช้อัตรา 4 ตันต่อไร่ ก็เพียงพอ และจากการศึกษาของ สรัญญา และคณะ (2548) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยหมักและปูนโดโลไมต์ต่อสมบัติของดิน และการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ดอน พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักให้ดินมีอินทรียวัตถุถึง 3 เปอร์เซ็นต์ มีส่วนช่วยทำให้ค่าพีเอชของดิน อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส แคลเซียม และ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยหมักนั้นนอกจากเพิ่มอินทรียวัตถุให้กับดินแล้ว ยังเพิ่มธาตุอาหารให้กับพืชด้วย

2.4.6 ขุยมะพร้าว (coconut dust)

ขุยมะพร้าว เป็นวัสดุเหลือใช้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมาย ผลิตภัณฑ์จากมะพร้าวนี้เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมเส้นใยมะพร้าวที่ได้จากการทุบหรือใช้เครื่องจักรตีเอาเฉพาะส่วนของเส้นใยของกาบมะพร้าวไปใช้ประโยชน์ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมนี้ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้มีทั้ง ขุยมะพร้าว เศษของเส้นใย กาบมะพร้าวสับ และซากที่เน่าเปื่อยผุพังของกาบมะพร้าวที่ทับถมกันมาเป็นเวลานานหรือที่เรียกว่า พีทมะพร้าว ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกได้ (สมลักษณ์, 2541) หรือได้จากโรงงานทำเบาะและที่นอน สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุสำหรับเพาะกล้า หรือเป็นวัสดุผสมเพาะปลูกพืชต่าง ๆ นอกจากนี้ขุยมะพร้าวยังมีประโยชน์ในการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน และช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินให้ดีขึ้น จากการศึกษาของ พนม (2537) ศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าพลิแคททูลั่ม *(Paspalum plicatulum)* ที่ปลูกในดินเหมืองแร่ร้างซึ่งผสมขี้เลื่อย และขุยมะพร้าว โดยใช้ขุยมะพร้าวในอัตรา 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักผสมกับดินเหมืองแร่ร้างและใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในอัตรา 32, 16 และ 14.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ พบว่า น้ำหนักแห้งของหญ้าพลิแคททูลั่มไม่มีความแตกต่าง จากการทดลองของ อรุชา และนภาพร (2554) ศึกษาผลของการใช้สารปรับปรุงดินต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการของดิน พบว่าในดินเนื้อหยาบการใส่ขุยมะพร้าวที่อัตรา 5.616 ตันต่อไร่ มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงมากที่สุดและค่าสภาพการนำน้ำของดินสูงขึ้นมากที่สุด

3. วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างในพื้นที่จังหวัดสงขลา
2. เพื่อศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืช

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้งทางกายภาพและทางเคมี เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำข้อมูลไปทดลองปรับปรุงสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างต่อไป
2. ทราบถึงผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชในดินเหมืองแร่ร้างอื่น ๆ

บทที่ 2

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. วัสดุ

1.1 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา
1.2 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา
1.3 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
1.4 ซีโอไลต์
1.5 สารพอลิเมอร์
1.6 หินพัมมิซ
1.7 เวอร์มิคิวไลต์
1.8 ปุ๋ยหมัก
1.9 ขุยมะพร้าว
1.10 เมล็ดข้าวโพดหวาน

2. สารเคมี

2.1 แอมโมเนียมไนเทรต (Ammonium nitrate : NH_4NO_3)
2.2 โมโนโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Sodium dihydrogen orthophosphate : $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$)
2.3 โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride : KCl)
2.4 กรดซัลฟิวริก (Sulphuric acid : H_2SO_4)
2.5 กรดไนทริก (Nitric acid : HNO_3)
2.6 กรดบอริก (Boric acid : H_3BO_3)
2.7 กรดเพอร์คลอริก (Perchloric acid : $HClO_4$)
2.8 กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid : $C_6H_8O_6$)
2.9 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid : HCl)

2.10 กรดอะซิติก (Acetic acid : CH_3COOH)

2.11 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide : H_2O_2

2.12 เฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตเฮกซาไฮเดรต (Ferrous ammonium sulfate hexahydrate : $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$)

2.13 โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate : $K_2Cr_2O_7$)

2.14 เฟอโรอินอินดิเคเตอร์ (Ferroin indicator)

2.15 สารผสมเร่งปฏิกิริยา (Catalyt mixture)

2.16 อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)

2.17 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide : NaOH)

2.18 โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate : Na_2SO_4)

2.19 โซเดียมคลอไรด์ (Sodium choride : NaCl)

2.20 แอมโมเนียมฟลูออไรด์ (Ammonium fluoride : NH_4F)

2.21 แอนทิโมนีโพแทสเซียมทาร์เทรต (Antimony potassium tartrate : $KSbO \cdot C_4H_4O_6 \cdot 0 \cdot 5H_2O$)

2.22 แอมโมเนียมโมลิบเดต (Ammonium molybdate : $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$)

2.23 แอมโมเนียมเมทาวาเนเดต (Ammonium metavanadate : NH_4VO_3)

2.24 กลีเซอรอล (Glycerol)

2.25 เอธานอล (Ethano l : C_2H_5OH)

2.26 แบเรียมคลอไรด์ (Barium chloride : $BaCl_2$)

2.27 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate : KH_2PO_4)

2.28 แอมโมเนียมอะซีเทต (Ammonium acetate : (NH_4OAc))

2.29 แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide : NH_4OH)

2.30 สทรอนเทียมคลอไรด์ (Strontium chloride : $SrCl_2 \cdot 6H_2O$)

2.31 แคลเซียมเททราไฮโดรเจนฟอสเฟตไดออร์โธฟอสเฟตโมโนไฮเดรต (Calcium tatrahydrogen di-orthophosphate monohydrate : $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$)

2.32 ไดเอธิลลีนไทรเอมีนเพนทาอะซีติกแอซิด (Diethylenetriaminepentaacetic acid : $C_{14}H_{23}N_3O_{10}$)

2.33 แคลเซียมคลอไรด์ไดไฮเดรต (Calcium chloride dehydrate : $CaCl_2 \cdot 2H_2O$)

2.34 ไทรเอธาโนลามีน (Triethanolamine : $C_6H_{15}NO_3$)

2.35 สารละลายมาตรฐานแคลเซียม (Standard calcium : 1,000 mg L^{-1})

2.36 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard phosphorus : 1,000 mg L^{-1}

2.37 สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม (Standard magnesium : 1,000 mg L^{-1})

2.38 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (Standard potassium : 1,000 mg L^{-1})

2.39 สารละลายมาตรฐานแมงกานีส (Standard manganese : 100 mg L^{-1})

2.40 สารละลายมาตรฐานสังกะสี (Standard zinc : 100 mg L^{-1})

2.41 สารละลายมาตรฐานเหล็ก (Standard iron : 100 mg L^{-1})

2.42 สารละลายมาตรฐานทองแดง (Standard copper : 100 mg L^{-1})

3. อุปกรณ์

3.1 พลั่วตักดิน

3.2 ถุงใส่ตัวอย่างดิน

3.3 กระถางสำหรับปลูกข้าวโพด

3.4 ตะแกรงร่อนดินขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร และ 0.5 เซนติเมตร

3.5 บัวรดน้ำ

3.6 ถุงกระดาษเก็บตัวอย่างพืช

3.7 มีดและกรรไกร

3.8 สายวัด

3.9 ตู้อบตัวอย่างพืช (Hot air oven)

3.10 เครื่องย่อยตัวอย่าง (Digestion block)

3.11 เครื่องเขย่า (table rotary shaker)

3.12 เครื่องหมุนเหวี่ยง (Centrifuge)

3.13 เตาให้ความร้อน (Hot plate)

3.14 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)

3.15 เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity meter)

3.16 เครื่องกลั่นไนโตรเจน (Nitrogen distillation apparatus)

3.17 เครื่องวิสิเบิลสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (Visible Spectrophotometer)

3.18 เครื่องเฟลมโฟโทมิเตอร์ (Flame Photometer)

3.19 เครื่องอะตอมมิกแอบซอบชันสเปกโทรโฟโทมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer)

3.20 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

3.21 เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.01 กรัม

3.22 เครื่องชั่ง ความละเอียด 0.0001 กรัม

3.23 เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ

3.24 เครื่องบดตัวอย่างพืช

3.25 กระดาษกรอง

4. วิธีการทดลอง

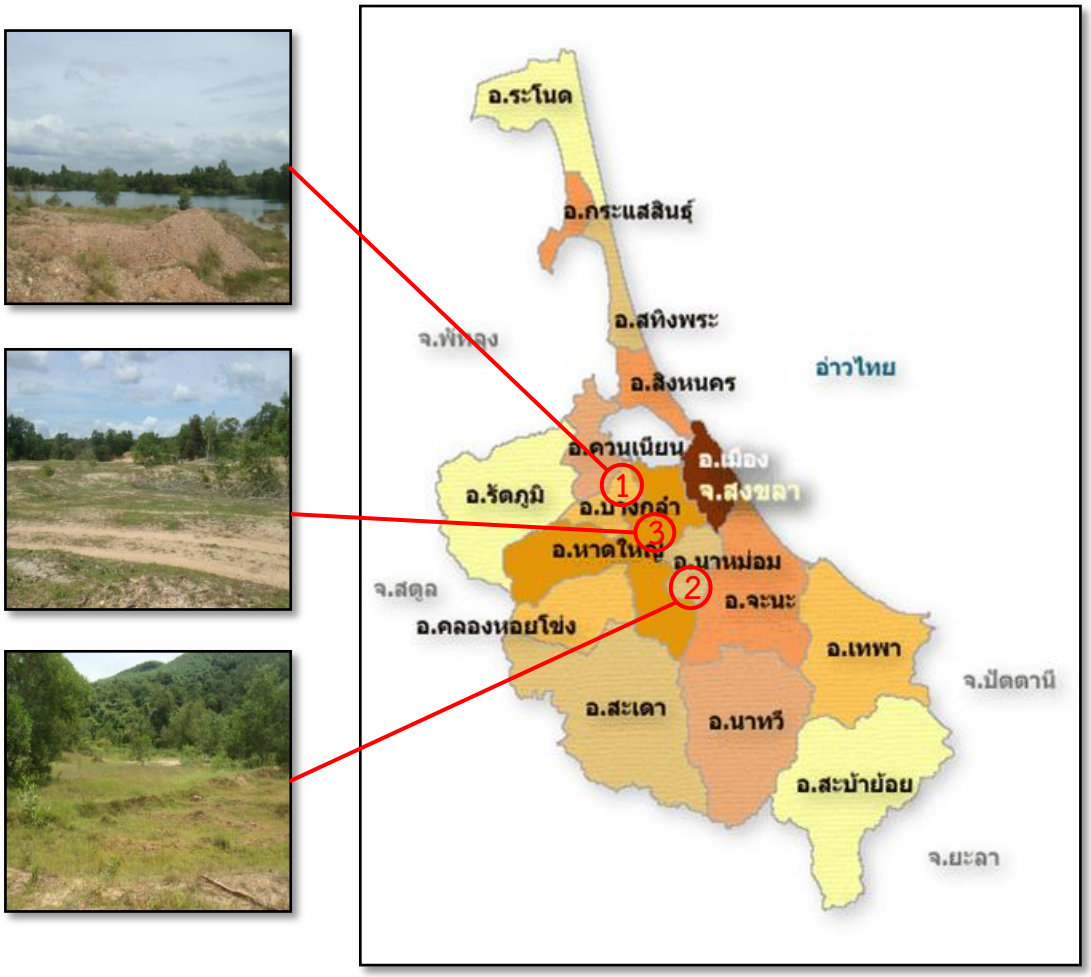
4.1 พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาพื้นที่เหมืองแร่ดีบุกร้าง จังหวัดสงขลา โดยเลือกเก็บตัวอย่างดินจากเหมืองแร่ดีบุกร้างจำนวน 3 เหมืองดังนี้

เหมืองที่ 1 เหมืองแร่ดีบุกร้าง ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา ขอบเขตพิกัดเส้นรุ้ง (latitude) ที่ 7º0'58" เหนือ และเส้นแวง (longitude) ที่ 100º24'7" ตะวันออก

เหมืองที่ 2 เหมืองแร่ดีบุกร้าง ตำบลทุ่งขมิ้น อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา ขอบเขตพิกัดเส้นรุ้ง ที่ 6º55'47" เหนือ และเส้นแวงที่ 100º31'34" ตะวันออก

เหมืองที่ 3 เหมืองแร่ดีบุกร้าง ตำบลทุ่งใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ขอบเขตพิกัดเส้นรุ้ง ที่ 7º3'29" เหนือ และเส้นแวงที่ 100º31'34" ตะวันออก (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 พื้นที่ศึกษาดินเหมืองแร่ดีบุกร้างบริเวณ (1) อำเภอบางกล่ำ (2) อำเภอนาหม่อม และ (3) อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

4.2 ศึกษาสมบัติดินทางกายภาพและเคมีบางประการของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง

4.2.1 เก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินจากดินเหมืองแร่ดีบุกร้างของ 3 อำเภอในบริเวณจังหวัดสงขลา จำนวน 3 พื้นที่ เก็บที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินแบบสุ่ม (random sampling) จำนวนเหมืองละ 5 จุด จากพื้นที่ 50 ตารางเมตร โดยแบ่งลักษณะการเก็บตัวอย่างออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) การเก็บดินแบบไม่กระทบกระเทือน (undisturbed soil samples) การเก็บดินแบบนี้ใช้อุปกรณ์การเก็บ คือ กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (soil sampler : Dai DIK – 1600) เก็บไว้ในอุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส

2) การเก็บดินแบบกระทบกระเทือน (disturbed soil samples) การเก็บดินลักษณะนี้โดยใช้พลั่ว (spade) บรรจุตัวอย่างดินในถุงเพื่อป้องกันการปนเปื้อน

4.2.2 การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินทั้งหมดที่เก็บแบบกระทบกระเทือน ในแต่ละจุดคลุกเคล้ากัน นำไปผึ่งในที่ร่มจนแห้ง แล้วบดด้วยโกร่งบดดินเบา ๆ แล้วร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 0.5 เซนติเมตร เก็บไว้ใช้สำหรับปลูกต้นข้าวโพดหวานในเรือนกระจก ส่วนดินที่ร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 มิลลิเมตร บรรจุตัวอย่างดินทั้งหมดในกระป๋องพลาสติกที่มีฝาปิด เพื่อเก็บเอาไว้ใช้สำหรับเป็นตัวอย่างวิเคราะห์สมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ ทั้งสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

4.2.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

4.2.3.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

1) เนื้อดิน (soil texture) วิเคราะห์ด้วยวิธี (hydrometer method) แล้วประเมินจากค่าร้อยละของอนุภาคปฐมภูมิทั้งสาม ได้แก่ อนุภาคทราย (% sand) อนุภาคทรายแป้ง (% silt) และอนุภาคดินเหนียว (% clay) โดยใช้ตารางสามเหลี่ยมมาตรฐาน (Gee and Bauder, 1986)

2) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) วิเคราะห์ด้วยวิธี Core method ใช้การอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างมวลของดินขณะที่แห้งสนิทกับปริมาณทั้งหมดของดิน (Blake and Hartge, 1986)

3) สภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity) วิเคราะห์ด้วยวิธี Falling head permeameter โดยนำกระบอกโลหะบรรจุตัวอย่างดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ วางบนจานรอง สวมวงแหวนยางเข้ากับหลอดแก้ว เติมน้ำลงในหลอดแก้วจนเต็ม เริ่มจับเวลาเมื่อน้ำไหลผ่านขีดปริมาตรส่วนบนจนถึงขีดปริมาตรขีดล่าง บันทึกและคำนวณ (Youngs, 1991)

4) ความชื้นในดิน (soil moisture) วิเคราะห์ค่าร้อยละความชื้น และค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดิน (moisture retention percentage and available water capacity) ในดินที่ดึงวัสดุพื้น (metric suction) 33 และ 1,500 กิโลพาสคาล (KPa) หรือ 1/3 และ 15 บาร์ (Bar) วิธีคำนวณปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช คำนวณจาก ผลต่างระหว่างความชื้นที่ระดับความจุความชื้นในสนามกับความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (Cassel and Nielsen, 1986)

4.2.3.2 สมบัติทางเคมีของดิน

1) พีเอช (soil pH) วัดด้วยเครื่อง pH meter โดยใช้สัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5

2) สภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity : EC_e) วัดด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter โดยใช้สัดส่วนของดินต่อน้ำเท่ากับ 1:5

3) อินทรียวัตถุ (organic matter) วิเคราะห์โดยวิธีวอล์คเลย์-แบลค์ โดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมตเข้าไปออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ และอาศัยความร้อนจากกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างไปไทเทรตกับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟต เพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากการออกซิไดซ์คาร์บอน แล้วคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุ (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

4) ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) วิเคราะห์โดยวิธีเจลดาล (Kjeldahl method) โดยนำตัวอย่างย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก จากนั้นนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และใช้กรดบอริกจับแก๊สแอมโมเนีย แล้วนำไปไทเทรตหาแอมโมเนียมด้วยกรดบอริก และคำนวณหาไนโตรเจน (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) วิเคราะห์โดยสกัดด้วยเบรย์ทู ทำให้เกิดสีด้วยวิธีโมลิบดินัมบลู และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

6) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย 1 โมลาร์ แอมโมเนียมอะซีเทต พีเอช 7 นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ไปวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

7) แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca and Mg) สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย 1 โมลาร์ แอมโมเนียมอะซีเทต พีเอช 7 นำสารละลายตัวอย่างที่สกัดได้ไปวัดความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

8) กำมะถันที่เป็นประโยชน์ (available S) สกัดตัวอย่างดินด้วยแคลเซียมเททราไฮโดรเจนฟอสเฟตไดออร์โธฟอสเฟตโมโนไฮเดรต แล้ววิเคราะห์โดยวิธีเทอบิดิเมตริก และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

9) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity : CEC) สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย 1 โมลาร์ แอมโมเนียมอะซีเทต พีเอช 7 จากนั้นล้างแอมโมเนียมส่วนเกินออกด้วยเอธานอล แล้วจึงไล่ที่แอมโมเนียมที่ดินดูดซับไว้โดยใช้สารละลาย

โซเดียมคลอไรด์ที่มีสภาพเป็นกรด และนำสารละลายตัวอย่างที่ได้ไปกลั่นหาแอมโมเนียม (วรรณา, 2538; จำเป็น, 2547)

4.3 ศึกษาองค์ประกอบของปุ๋ยหมักและขุยมะพร้าว

4.3.1 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีดังนี้

1) พีเอช (pH) วัดด้วยเครื่อง pH meter โดยใช้สัดส่วนวัสดุต่อน้ำเท่ากับ 1:10 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

2) สภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity : EC_e) วัดด้วยเครื่อง Electrical conductivity meter โดยใช้สัดส่วนของวัสดุต่อน้ำเท่ากับ 1:10 (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

3) อินทรีย์คาร์บอน และอินทรียวัตถุ (OC and OM) วิเคราะห์โดยวิธีวอล์คเลย์-แบลค์ โดยใช้โพแทสเซียมไดโครเมตเข้าไปออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ และอาศัยความร้อนจากกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จากนั้นนำสารละลายตัวอย่างไปไทเทรตกับเฟอรัสแอมโมเนียมซัลเฟตเพื่อหาปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือจากการออกซิไดซ์คาร์บอน แล้วคำนวณหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและอินทรียวัตถุ (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

4) ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และใช้กรดบอริกจับแก๊สแอมโมเนีย แล้วนำไปไทเทรตหาแอมโมเนียมด้วยกรดบอริก และคำนวณหาไนโตรเจน (กรมวิชาการเกษตร, 2551; อิสริยาภรณ์, 2539)

5) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) คำนวณจาก C : N ratio = OC (%) / total N (%) (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

6) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) มาทำให้เกิดสีด้วยวิธี Vanadomolybdate และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

7) โพแทสเซียมทั้งหมด (total K) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) วัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Emission Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

8) แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด (total Ca and Mg) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) วัดความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

9) กำมะถันทั้งหมด (total S) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) แล้ววิเคราะห์โดยวิธีเทอบิดีเมตริก วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

10) เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีทั้งหมด (total Fe, Mn, Zn and Cu) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) วัดความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

4.4 ศึกษาการเจริญเติบโตและสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูกข้าวโพดหวาน

4.4.1 วางแผนการทดลอง

เลือกพื้นที่ศึกษาดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ตำบลท่าช้าง อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา ขอบเขตพิกัดเส้นรุ่งที่ 7º0'58" เหนือ และเส้นแวงที่ 100º24'7" ตะวันออก ซึ่งลักษณะพื้นที่มีบริเวณกว้างและใกล้ชุมชน เพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษา โดยการนำดินเหมืองแร่ดีบุกร้างที่ร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 5 มิลลิเมตร มาชั่งใส่ถุงพลาสติกขนาด 16 x 18 นิ้ว ถุงละ 8 กิโลกรัม ใส่ธาตุไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไนเตรต (NH_4NO_3) ธาตุฟอสฟอรัสในรูปโมโนโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$) และธาตุโพแทสเซียมในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ในรูปสารละลาย โดยไนโตรเจน (N) ใช้อัตรา 1.64 กรัมต่อถุง ฟอสฟอรัส (P_2O_5) ใช้อัตรา 1.03 กรัมต่อถุง และโพแทสเซียม (K_2O) ใช้อัตรา 0.82 กรัมต่อถุง (ชัยรัตน์ และคณะ, 2538) จากนั้นผสมกับสารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ตามอัตราที่กำหนดไว้ตามแผนการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 15 ตำรับการทดลอง ทำ 3 ซ้ำ คือ

ตำรับการทดลองที่ 1 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK (Control) (S+N)

ตำรับการทดลองที่ 2 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + ซีโอไลต์ 0.15% (S+N+ZL)

ตำรับการทดลองที่ 3 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + ซีโอไลต์ 0.15% + ปุ๋ยหมัก 3% (S+N+ZL+C)

ตำรับการทดลองที่ 4 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + ซีโอไลต์ 0.15% + ขุยมะพร้าว 3% (S+N+ZL+CD)

ตำรับการทดลองที่ 5 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + สารพอลิเมอร์ 0.25% (S+N+P)

ตำรับการทดลองที่ 6 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + สารพอลิเมอร์ 0.25% + ปุ๋ยหมัก 3% (S+N+P+C)

ตำรับการทดลองที่ 7 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + สารพอลิเมอร์ 0.25% + ขุยมะพร้าว 3% (S+N+P+CD)

ตำรับการทดลองที่ 8 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + หินพัมมิซ 5% (S+N+PM)

ตำรับการทดลองที่ 9 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + หินพัมมิซ 5% + ปุ๋ยหมัก 3% (S+N+PM+C)

ตำรับการทดลองที่ 10 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + หินพัมมิซ 5% + ขุยมะพร้าว 3% (S+N+PM+CD)

ตำรับการทดลองที่ 11 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + เวอร์มิคิวไลต์ 2.5% (S+N+VL)

ตำรับการทดลองที่ 12 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + เวอร์มิคิวไลต์ 2.5% + ปุ๋ยหมัก 3% (S+N+VL+C)

ตำรับการทดลองที่ 13 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + เวอร์มิคิวไลต์ 2.5% + ขุยมะพร้าว 3% (S+N+VL+CD)

ตำรับการทดลองที่ 14 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + ปุ๋ยหมัก 3% (S+N+C)

ตำรับการทดลองที่ 15 ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง + NPK + ขุยมะพร้าว 3% (S+N+CD)

โดยกำหนดปริมาณสารปรับปรุงดินที่ใช้ในการศึกษา คือ ซีโอไลต์ใช้อัตรา 12 กรัมต่อถุง (Bouzo และคณะ, 1994 อ้างโดย ปิยะ, 2553) สารพอลิเมอร์ใช้อัตรา 20 กรัมต่อถุง (สนั่น, 2540) หินพัมมิซใช้อัตรา 400 กรัมต่อถุง (จินตนา และคณะ, 2547) เวอร์มิคิวไลต์ใช้อัตรา 200 กรัมต่อถุง (ปิยะ, 2553) ปุ๋ยหมักใช้อัตรา 240 กรัมต่อถุง (มนตรี, 2553) ขุยมะพร้าวใช้อัตรา 240 กรัมต่อถุง (พนม, 2537) หลังจากผสมคลุกเคล้าดินและสารปรับปรุงชนิดต่าง ๆ ให้เข้ากัน ทำการเติมน้ำให้อยู่ที่ระดับความจุความชื้นสนาม บ่มทิ้งไว้ 1 สัปดาห์ แล้วนำไปเทใส่ในกระถางขนาด 10 ลิตร ปลูกข้าวโพดหวานลงในกระถาง และรดน้ำข้าวโพดที่ระดับความจุความชื้นสนาม

4.4.2 การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

ทำการบันทึกข้อมูลความสูงของข้าวโพดหวานจากโคนต้นถึงปลายใบ เมื่อข้าวโพดหวานมีอายุครบ 6 สัปดาห์ ตัดข้าวโพดหวานแยกส่วนเหนือดินและราก ใส่ในถุงกระดาษนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานส่วนเหนือดินและส่วนราก บันทึกข้อมูล

4.4.3 วิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

นำตัวอย่างพืชส่วนเหนือดินที่ผ่านการอบ บดด้วยเครื่องบดให้ละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช นำมาวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช ดังนี้

1) ไนโตรเจน (total N) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น ทำให้เกิดแก๊สแอมโมเนียโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และใช้กรดบอริกจับแก๊สแอมโมเนีย แล้วนำไปไทเทรตหาแอมโมเนียมด้วยกรดบอริก และคำนวณหาไนโตรเจน (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

2) ฟอสฟอรัส (total P) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) มาทำให้เกิดสีด้วยวิธี Vanadomolybdate และวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

3) โพแทสเซียม (total K) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) วัดความเข้มข้นของโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

4) แคลเซียม และแมกนีเซียม (total Ca and Mg) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) วัดความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

5) กำมะถัน (total S) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) แล้ววิเคราะห์โดยวิธีเทอบิดีเมตริก วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Visible Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

6) เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี (total Fe, Mn, Zn and Cu) โดยนำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยด้วยกรดผสมไนทริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 : $HClO_4$; 3 : 1) วัดความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (อิสริยาภรณ์, 2539; จำเป็น, 2547)

4.4.4 วิเคราะห์สมบัติของดินหลังปลูก

4.4.4.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

1) ความชื้นในดิน (soil moisture) วิเคราะห์โดยวิธี Gravimetric method โดยชั่งตัวอย่างดินจากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ บันทึกน้ำหนักดินก่อนและหลังอบและคำนวณหาความชื้นในดิน

2) ความต้านทานการชอนไชของรากพืช (resistance to penetration) วิเคราะห์โดยการใช้เครื่องวัดความต้านทานการชอนไชของรากพืช (penetrometer) กดลงไปบนตัวอย่างดินแล้วอ่านค่าที่ได้ (ชาญชัย, 2527)

4.4.4.2 สมบัติทางเคมีของดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินหลังสิ้นสุดการทดลอง สุ่มเก็บดินจากกระถางปลูกข้าวโพดหวานในแต่ละกระถาง นำไปผึ่งลมให้แห้ง บดด้วยโกร่งบดดิน แล้วร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บใส่กระป๋องพลาสติกที่มีฝาปิด เพื่อเก็บเอาไว้ใช้สำหรับเป็นตัวอย่างวิเคราะห์สมบัติของดินในห้องปฏิบัติการ จากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินหลังปลูกเช่นเดียวกันกับวิธีวิเคราะห์ดินก่อนปลูก

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ปริมาณธาตุอาหารในพืช และปริมาณธาตุอาหารในดินหลังปลูกที่ได้จากการทดลอง ไปวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียวด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของแต่ละตำรับการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

บทที่ 3

ผลการทดลอง

1. สมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและวัสดุปรับปรุงดิน

จากการศึกษาสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างเบื้องต้น บริเวณดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ทั้ง 3 เหมือง คือ เหมืองที่ 1 อำเภอบางกล่ำ เหมืองที่ 2 อำเภอนาหม่อม และเหมืองที่ 3 อำเภอหาดใหญ่ จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน พบว่า ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ทั้ง 3 เหมือง มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน (Loamy sand) เป็นส่วนมาก ประกอบด้วยอนุภาคทราย 80-84 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคทรายแป้ง 8-11 เปอร์เซ็นต์ และอนุภาคดินเหนียว 4-12 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความหนาแน่นรวมของดินสูงเท่ากับ 1.68-1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวเร็วเท่ากับ 32.4-61.2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง มีค่าความจุความชื้นสนามเท่ากับ 4.16-7.52 เปอร์เซ็นต์ ค่าจุดเหี่ยวถาวรเท่ากับ 2.86-4.77 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเท่ากับ 1.07-2.80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม (ตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 สมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง

สมบัติดิน	เหมืองที่ 1	เหมืองที่ 2	เหมืองที่ 3	ระดับเหมาะสม	อ้างอิง
Texture	Loamy sand	Loamy sand	Loamy sand		
Sand (%)	84	80	83	-	
Silt (%)	11	8	13	-	
Clay (%)	5	12	4	-	
Bulk density (g cm^{-3})	1.68	1.69	1.69	1.4-1.6	นงคราญ (2529)
Hydraulic conductivity (cm hr^{-1})	32.4	61.2	36.0	2	Landon (1991)
Field capacity (%)	4.16	5.84	7.52	6-16	Sanchez and Cochrane (1980)
Permanent wilting point (%)	2.86	4.77	4.72	3-6	Sanchez and Cochrane (1980)
Plant available water (%)	1.30	1.07	2.80	10.00	Sanchez and Cochrane (1980)

ส่วนจากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง พบว่ามีค่าพีเอชเป็นกรดจัดเท่ากับ 5.3-5.4 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำมากเท่ากับ 0.01-0.02 เดซิซีเมนต่อเมตร ปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำเท่ากับ 1.6-5.7 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.1-0.3 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 1.14-3.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 0.04-0.06, 0.28-0.32 และ 0.06-0.42 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนเท่ากับ 0.76-1.77 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าที่เหมาะสม ส่วนกำมะถันที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 14.46-19.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 สมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง

สมบัติดิน	เหมืองที่ 1	เหมืองที่ 2	เหมืองที่ 3	ระดับเหมาะสม	อ้างอิง
pH (soil:water = 1:5)	5.4	5.3	5.3	5.5-6.5	คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)
EC_e (soil:water = 1:5) (dS m^{-1})	0.01	0.02	0.01	≤2	เอิบ (2544)
CEC ($cmol_c$ kg^{-1})	0.76	1.77	1.42	10-15	เอิบ (2544)
Organic matter (g kg^{-1})	2.1	5.7	1.6	15-25	เอิบ (2544)
Total N (g kg^{-1})	0.1	0.3	0.1	10-25	เอิบ (2544)
Available P (mg kg^{-1})	1.14	3.50	1.62	10-15	เอิบ (2544)
Exchangeable K ($cmol_c$ kg^{-1})	0.04	0.05	0.06	0.3-0.6	เอิบ (2544)
Exchangeable Ca ($cmol_c$ kg^{-1})	0.29	0.32	0.28	5-10	เอิบ (2544)
Exchangeable Mg ($cmol_c$ kg^{-1})	0.12	0.06	0.42	1-3	เอิบ (2544)
Available S (mg kg^{-1})	14.46	19.27	16.78	11-20	คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2544)

สำหรับการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของปุ๋ยหมักและขุยมะพร้าว (ตารางที่ 3.3) มีธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกัน พบว่า ปุ๋ยหมักมีค่าพีเอชเป็นด่างเล็กน้อย เท่ากับ 7.58 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 7.36 เดซิซีเมนต่อเมตร มีค่าอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 11.77 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 7.36 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 1.60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 15.15 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 2.05 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันทั้งหมดเท่ากับ 15.22, 0.92 และ 1.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณ

จุลธาตุมีปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีทั้งหมดเท่ากับ 1,636, 3,615, 261 และ 1,447 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ขณะที่ในขุยมะพร้าวมีค่าพีเอชเป็นกรดจัดมากเท่ากับ 4.72 มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 2.73 เดซิซีเมนต่อเมตร มีค่าอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 18.95 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 105 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าในปุ๋ยหมัก ในขุยมะพร้าวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.18 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 0.12 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.19 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันทั้งหมดเท่ากับ 0.06, 0.04 และ 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณจุลธาตุมีปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีทั้งหมดเท่ากับ 323.00, 16.21, 1.59 และ 6.05 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

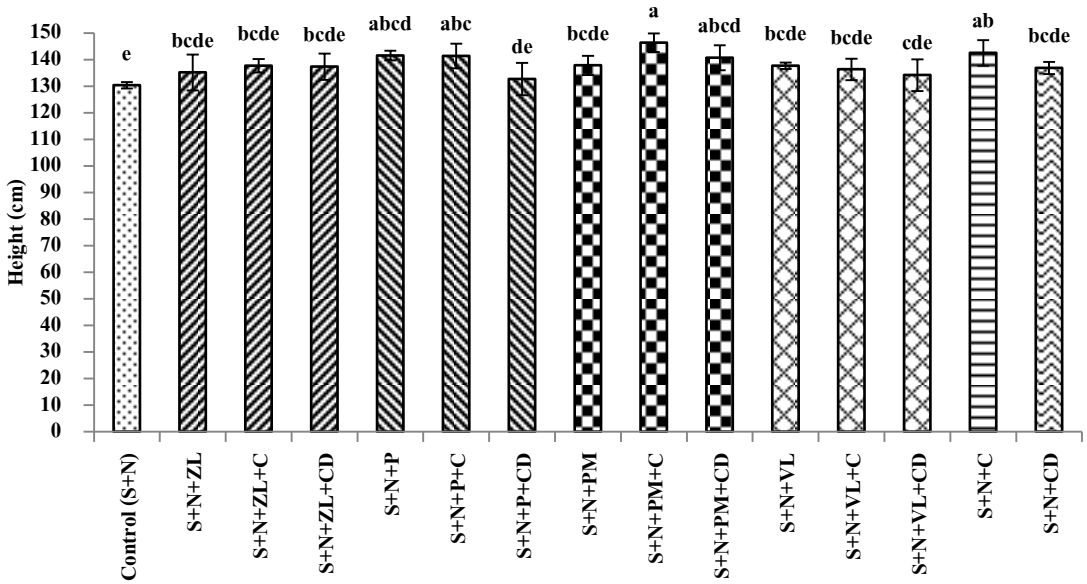
ตารางที่ 3.3 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักและขุยมะพร้าว

สมบัติ	วัสดุ	
	ปุ๋ยหมัก	ขุยมะพร้าว
pH (organic material:water = 1:10)	7.58	4.72
EC (organic material:water = 1:10) (dS m^{-1})	7.36	2.73
Organic carbon (%)	11.77	18.95
Total N (%)	1.60	0.18
C/N ratio	7.36	105
Total P_2O_5 (%)	15.15	0.12
Total K_2O (%)	2.05	1.19
Total Ca (%)	15.22	0.06
Total Mg (%)	0.92	0.04
Total S (%)	1.50	0.06
Total Fe (mg kg^{-1})	1,636	323
Total Mn (mg kg^{-1})	3,615	16.21
Total Cu (mg kg^{-1})	261	1.59
Total Zn (mg kg^{-1})	1,447	6.05

2. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพด

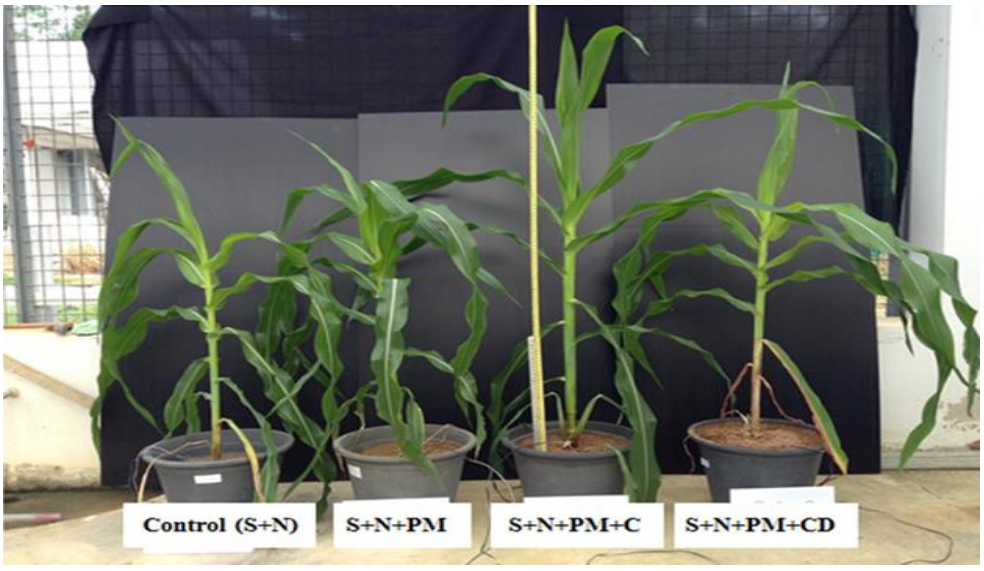
2.1 ความสูงของต้นข้าวโพดหวาน

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง (ภาพที่ 3.1) เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ พบว่า การใส่สารปรับปรุงดิน (ซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ และเวอร์มิคิวไลต์) เพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ต้นข้าวโพดหวานสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับตำรับควบคุม โดยการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงมากที่สุด คือ 146 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.2) ขณะที่ตำรับควบคุมทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงต่ำที่สุด คือ 130 เซนติเมตร หากพิจารณาจากกราฟตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (138 ซม.) มีแนวโน้มทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (137 ซม.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (135 ซม.) ตามลำดับ (ภาพที่ 3.3) เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ พบว่า การใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก (146 ซม.) มีแนวโน้มทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงกว่าการใส่หินพัมมิซร่วมกับขุยมะพร้าว (141 ซม.) และการใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียว (138 ซม.) ตามลำดับ (ภาพที่ 3.2) ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (142 ซม.) และการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (141 ซม.) มีแนวโน้มทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (133 ซม.) ตามลำดับ (ภาพที่ 3.4) เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ พบว่า การใส่เวอร์มิวคิวไลต์เพียงอย่างเดียว (138 ซม.) และการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (136 ซม.) มีแนวโน้มทำให้ข้าวโพดหวานมีความสูงกว่าการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (134 ซม.) ตามลำดับ (ภาพที่ 3.5)

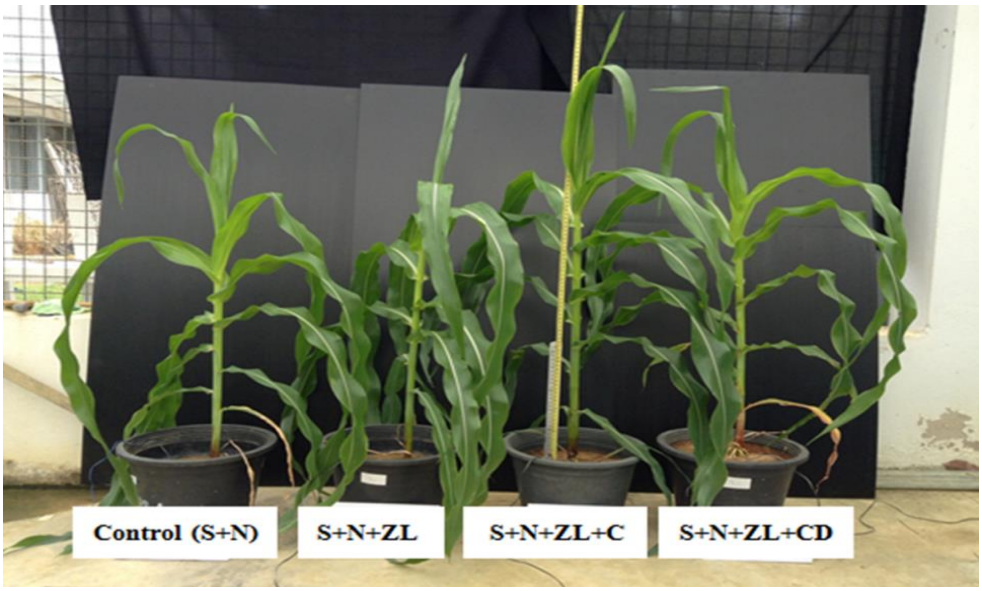


ภาพที่ 3.1 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความสูงของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์

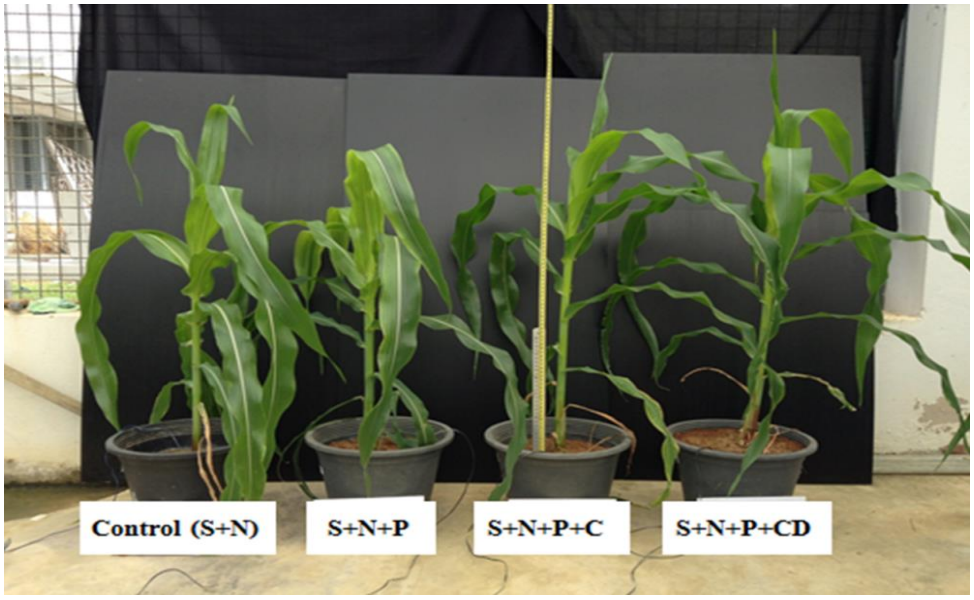
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว



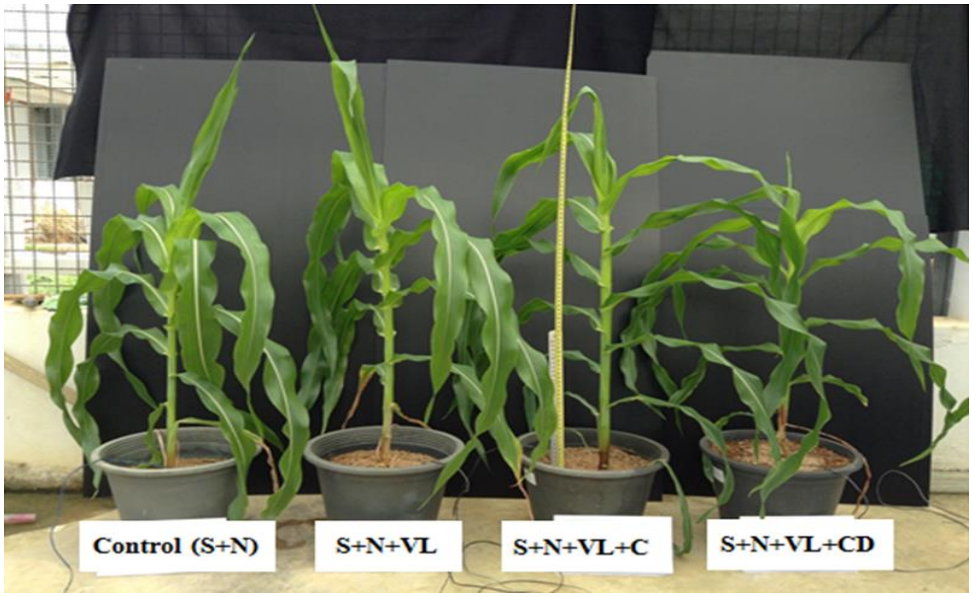
ภาพที่ 3.2 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับทดลองที่มีการใส่หินพัมมิซ



ภาพที่ 3.3 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับทดลองที่มีการใส่ซีโอไลต์



ภาพที่ 3.4 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับทดลองที่มีการใส่สารพอลิเมอร์

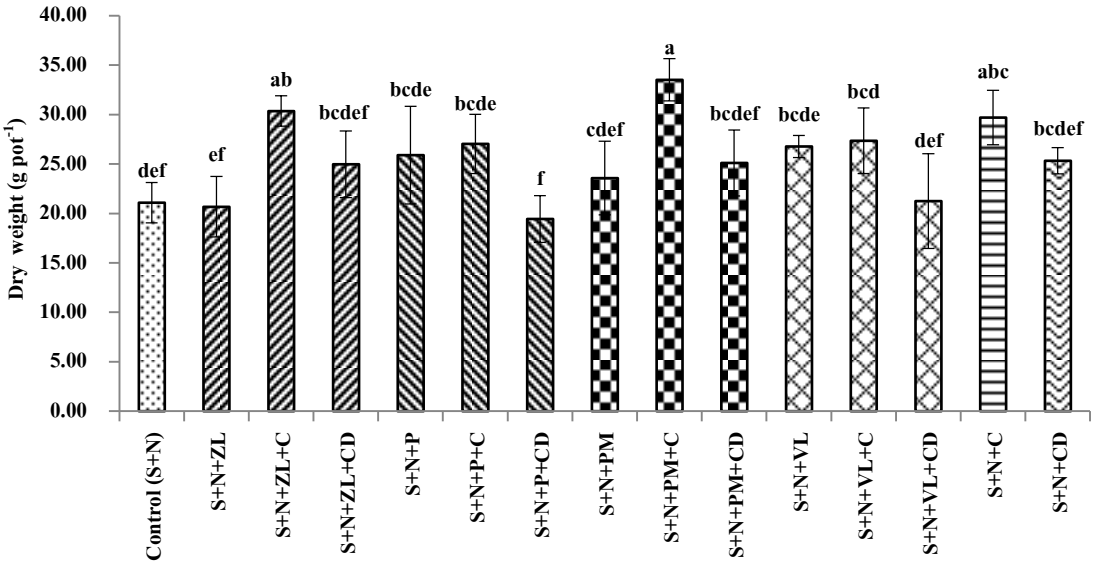


ภาพที่ 3.5 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในตำรับทดลองที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

2.1 น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวาน

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ พบว่า การใส่สารปรับปรุงดิน เพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3.6) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม ยกเว้นการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว และการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว โดยการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานมากที่สุด คือ 33.52 กรัมต่อกระถาง หากพิจารณาจากกราฟ ตำรับที่มีการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงกว่าตำรับควบคุมและตำรับอื่น ๆ โดยตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (30.36 ก./กระถาง) มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (24.98 ก./กระถาง) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (20.68 ก./กระถาง) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ พบว่า การใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก (33.52 ก./กระถาง) มีแนวโน้มทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่หินพัมมิซร่วมกับขุยมะพร้าว (25.11 ก./กระถาง) และการใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียว (23.57 ก./กระถาง) ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับที่มี

การใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (27.04 ก./กระถาง) มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (25.90 ก./กระถาง) และการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (19.44 ก./กระถาง) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ พบว่า การใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (27.35 ก./กระถาง) มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่เวอร์มิคิวไลต์เพียงอย่างเดียว (26.78 ก./กระถาง) และการใส่เวอร์มิวคิวไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (21.25 ก./กระถาง) ตามลำดับ



ภาพที่ 3.6 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

2.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช

2.2.1 ไนโตรเจนในพืช

จากการวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ พบว่า ความเข้มข้นของไนโตรเจนในข้าวโพดหวานมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 3.4) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดิน (ซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ และเวอร์มิคิวไลต์) เพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในข้าวโพดหวานส่วนใหญ่สูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับ

อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในข้าวโพดหวานต่ำกว่าตำรับควบคุม ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีความเข้มข้นของไนโตรเจนมากที่สุด คือ 31.32 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (29.10 ก./กก.) มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (24.73 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (17.93 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

2.3.2 ฟอสฟอรัสในพืช

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.4) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวานสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในข้าวโพดหวานต่ำกว่าตำรับควบคุม ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 9.81 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (9.43 ก./กก.) มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (8.54 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (5.58 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

2.3.3 โพแทสเซียมในพืช

สำหรับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.4) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในข้าวโพดหวานส่วนใหญ่สูงกว่าตำรับควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 62.91 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (57.54 ก./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (46.45 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (33.32 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (62.91 ก./กก.) มีแนวโน้ม

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (62.59 ก./กก.) และการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (61.62 ก./กก.) ตามลำดับ

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ในข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์

ตำรับทดลอง	ไนโตรเจน (ก./กก.)	ฟอสฟอรัส (ก./กก.)	โพแทสเซียม (ก./กก.)	แคลเซียม (ก./กก.)	แมกนีเซียม (ก./กก.)	กำมะถัน (ก./กก.)
1 Control(S+N)	23.75cd	6.14d	29.20f	2.43d	1.34c	0.07def
2 S+N+ZL	24.73cd	8.54ab	33.32f	2.30d	1.35c	0.07def
3 S+N+ZL+C	29.10ab	9.43ab	57.54b	3.95a	2.87a	0.16ab
4 S+N+ZL+CD	17.93ef	5.58d	46.45d	1.48f	0.97d	0.05f
5 S+N+P	26.50bc	6.42d	62.59a	1.47f	1.00d	0.11cd
6 S+N+P+C	31.32a	7.98c	62.91a	3.37bc	2.16b	0.13bc
7 S+N+P+CD	24.79cd	5.93d	61.62ab	1.40f	1.11cd	0.11cd
8 S+N+PM	24.26cd	8.71ab	30.81f	3.12c	2.01b	0.09de
9 S+N+PM+C	29.21ab	8.72ab	57.55b	3.98a	2.92a	0.13bc
10 S+N+PM+CD	18.09ef	4.81d	47.28cd	1.62ef	1.02d	0.09cde
11 S+N+VL	21.87de	5.81d	37.98e	2.46d	2.15b	0.13cd
12 S+N+VL+C	30.52a	9.81a	48.45cd	3.50b	2.80a	0.18a
13 S+N+VL+CD	18.75ef	4.79d	44.18d	1.92e	1.41c	0.13cd
14 S+N+C	26.09c	8.34ab	51.57c	4.21a	2.64a	0.19a
15 S+N+CD	17.39f	5.29d	43.54d	1.34f	0.91d	0.06ef
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	9.16	13.02	5.99	7.56	10.21	17.88

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยวิธี DMRT,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

2.3.4 แคลเซียมในพืช

ส่วนความเข้มข้นของแคลเซียมในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.4) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในข้าวโพดหวานสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในข้าวโพดหวานส่วนใหญ่ต่ำกว่าตำรับควบคุม ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงที่สุด คือ 4.21 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (3.95 ก./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของแคลเซียมในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (2.30 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (1.48 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

2.3.5 แมกนีเซียมในพืช

ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.4) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในข้าวโพดหวานสูงกว่าตำรับควบคุม ในทางตรงกันข้ามการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในข้าวโพดหวานส่วนใหญ่ต่ำกว่าตำรับควบคุม ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมักมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมสูงที่สุด คือ 2.92 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (2.87 ก./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (1.35 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.97 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซและตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (2.16 ก./กก.) มีแนวโน้มความเข้มข้นของแมกนีเซียมสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (1.11 ก./กก.) และการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (1.00 ก./กก.) ตามลำดับ

2.3.6 กำมะถันในพืช

สำหรับความเข้มข้นของกำมะถันในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.4) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของกำมะถันในข้าวโพดหวานสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของกำมะถันสูงที่สุด คือ 0.19 กรัม

ต่อกิโลกรัม รองลงมาการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก คือ 0.18 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (0.16 ก./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของกำมะถันในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (0.07 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.05 ก./กก.) ตามลำดับ ส่วนในตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมักจะทำให้ความเข้มข้นของกำมะถันในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว และการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว

ตารางที่ 3.5 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ในข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์

ตำรับทดลอง	เหล็ก (มก./กก.)	แมงกานีส (มก./กก.)	สังกะสี (มก./กก.)	ทองแดง (มก./กก.)
1 Control(S+N)	116.63bcd	293.09a	24.09de	3.86ef
2 S+N+ZL	130.99abcd	291.06a	24.21de	5.31cdef
3 S+N+ZL+C	107.10cd	71.95c	75.42b	13.46a
4 S+N+ZL+CD	117.28bcd	180.59b	20.11de	3.49ef
5 S+N+P	159.69a	161.77b	24.86d	6.55cdef
6 S+N+P+C	129.28abcd	74.64c	95.72a	9.69abc
7 S+N+P+CD	145.46ab	146.89b	24.82d	7.82bcde
8 S+N+PM	132.39abc	297.33a	21.50de	4.90def
9 S+N+PM+C	100.80cd	57.04c	59.14c	8.89bcd
10 S+N+PM+CD	108.95cd	159.36b	18.87de	4.12ef
11 S+N+VL	120.63bcd	81.77c	15.42e	7.83bcde
12 S+N+VL+C	123.37bcd	60.26c	66.37c	11.35ab
13 S+N+VL+CD	118.32bcd	71.04c	15.66e	3.10ef
14 S+N+C	97.99d	73.32c	66.22c	8.87bcd
15 S+N+CD	98.24cd	181.40b	19.57de	2.20f
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.74	15.17	12.83	38.43

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยวิธี DMRT,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

2.3.7 เหล็กในพืช

ความเข้มข้นของเหล็กในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.5) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของเหล็กสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทางตรงกันข้ามการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว ทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในข้าวโพดหวานส่วนใหญ่สูงกว่าตำรับควบคุม ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นเหล็กมากที่สุด คือ 159.69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (130.99 มล./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (117.28 มล./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (107.10 มล./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

2.3.8 แมงกานีสในพืช

นอกจากนี้ความเข้มข้นของแมงกานีสในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.5) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว มีความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียวมีความเข้มข้นของแมงกานีสมากที่สุด คือ 297.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (291.06 มล./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของแมงกานีสในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (180.59 มล./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (71.95 มล./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

2.3.9 สังกะสีในพืช

ความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.5) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดหวานสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดหวานมากที่สุด คือ 95.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (75.42 มล./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสีในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (24.21 มล./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (20.11 มล./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ และตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ พบว่า การใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (66.37 มล./กก.) มี

แนวโน้มความเข้มข้นของสังกะสีสูงกว่าการใส่เวอร์มิคิวไลต์กับขุยมะพร้าว (15.66 มล./กก.) และการใส่เวอร์มิคิวไลต์เพียงอย่างเดียว (15.42 มล./กก.) ตามลำดับ

2.3.10 ทองแดงในพืช

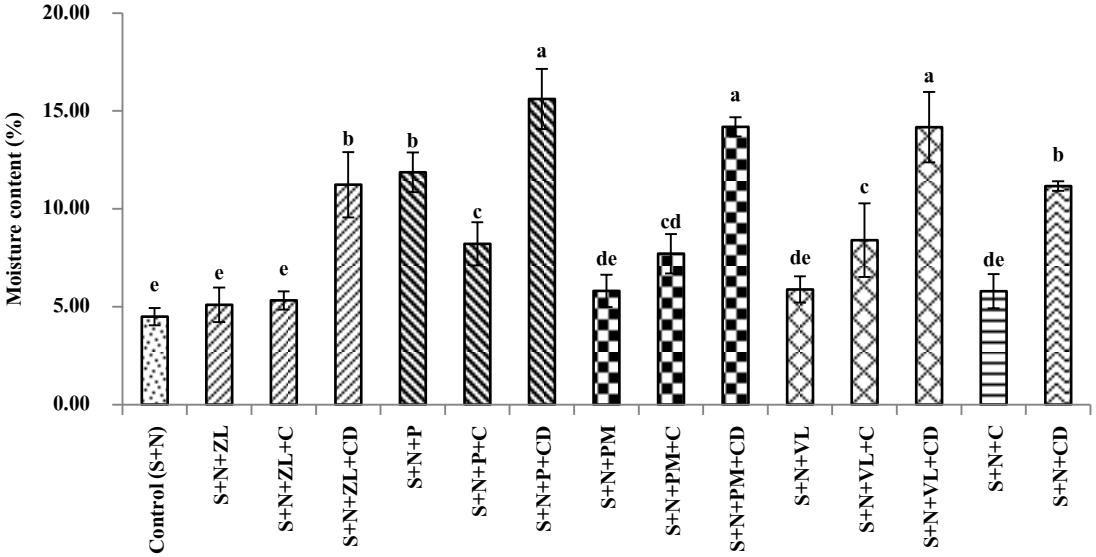
เช่นเดียวกันกับความเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.5) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ความเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพดหวานสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีความเข้มข้นของทองแดงมากที่สุด คือ 13.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (13.46 มล./กก.) ทำให้ความเข้มข้นของทองแดงในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (5.31 มล./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (3.49 มล./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (9.69 มล./กก.) มีแนวโน้มความเข้มข้นของทองแดงสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (7.82 มล./กก.) และการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (6.55 มล./กก.) ตามลำดับ

3. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติของดินหลังปลูก

3.1 ความชื้นในดิน

จากการศึกษาความชื้นในดิน (ภาพที่ 3.7) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ความชื้นในดินสูงกว่าตำรับควบคุมแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) โดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าวมีปริมาณความชื้นในดินสูงที่สุด คือ 15.61 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ตำรับควบคุมมีปริมาณความชื้นในดินต่ำที่สุด คือ 4.49 เปอร์เซ็นต์ หากพิจารณาจากกราฟตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (11.23 %) มีแนวโน้มให้ความชื้นในดินสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (5.32 %) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (5.10 %) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ พบว่า การใส่หินพัมมิซร่วมกับขุยมะพร้าว (14.19 %) มีแนวโน้มทำให้ปริมาณความชื้นในดินสูงกว่า การใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก (7.71 %) และการใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียว (5.81 %) ตามลำดับ ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (15.61 %) มีแนวโน้มทำให้ปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว

(11.87 %) และการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (8.21 %) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์ พบว่า การใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (14.17 %) มีแนวโน้มทำให้ปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (8.40 %) และการใส่เวอร์มิวคิวไลต์เพียงอย่างเดียว (5.88 %) ตามลำดับ



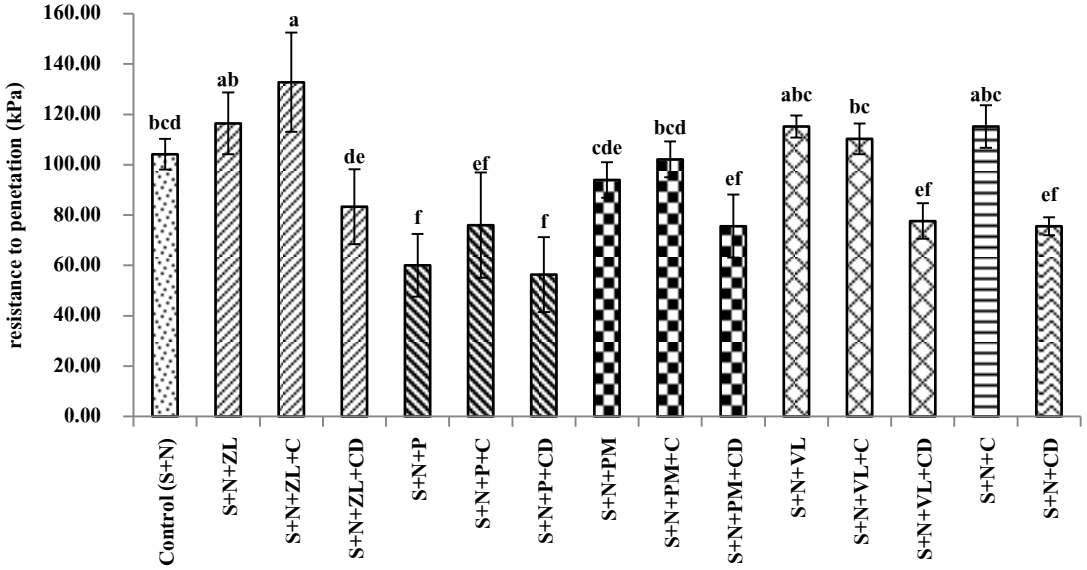
ภาพที่ 3.7 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความชื้นในดิน

เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

3.2 ความต้านทานการชอนไชของรากพืช

จากการศึกษาความต้านทานการชอนไชของรากพืช (ภาพที่ 3.8) หลังปลูกต้นข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ ในดินเหมืองแร่ร้าง พบว่า จากการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าวจะให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชน้อยกว่าการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และตำรับควบคุม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยเฉพาะการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าวทำให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชน้อยสุด คือ 56.38 กิโลปาสคาล ส่วนการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักจะให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชสูงสุด คือ 132.78 กิโลปาสคาล หากพิจารณาจากกราฟตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (132.78 กิโลปาสคาล) ทำให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (116.44 กิโลปาสคาล) และการใส่ซีโอไลต์

ร่วมกับขุยมะพร้าว (83.35 กิโลปาสคาล) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ พบว่า การใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก (102.14 กิโลปาสคาล) ทำให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียว (93.97 กิโลปาสคาล) และการใส่หินพัมมิซร่วมกับขุยมะพร้าว (75.58 กิโลปาสคาล) ตามลำดับ และตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (75.99 กิโลปาสคาล) ทำให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืช มีแนวโน้มสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (60.06 กิโลปาสคาล) และการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (56.38 กิโลปาสคาล) ในขณะที่ตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิว พบว่า การใส่เวอร์มิคิวไลต์เพียงอย่างเดียว (115.21 กิโลปาสคาล) ทำให้ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (110.31 กิโลปาสคาล) และการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (77.63 กิโลปาสคาล) ตามลำดับ



ภาพที่ 3.8 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความต้านทานการชอนไชของรากพืช

เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

3.3 พีเอช

จากการปรับปรุงดินทำให้ค่าพีเอชของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 3.6) โดยพบว่า การใส่สารปรับปรุงดิน (ซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ และเวอร์มิคิวไลต์) เพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดิน

ร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้นกว่าตำรับควบคุม ยกเว้น การใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้ การปรับปรุงดินโดยการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 6.50 และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียวมีค่าพีเอชน้อยที่สุด คือ 5.10 หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (pH 6.26) มีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (pH 5.94) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (pH 5.10) เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.4 ค่าสภาพการนำไฟฟ้า

ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.6) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 0.336 เดซิซีเมนต่อเมตร หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (0.273 เดซิซีเมน/ม.) มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.043 เดซิซีเมน/ม.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (0.033 เดซิซีเมน/ม.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.5 อินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดินหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.6) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียวทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 15.63 กรัมต่อกิโลกรัม และการใส่เวอร์มิคิวไลต์เพียงอย่างเดียวทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยที่สุด คือ 3.33 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (15.06 ก./กก.) ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (8.02 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (3.72 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

ตารางที่ 3.6 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อค่าพีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน หลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์

ตำรับทดลอง	พีเอช (1:5)	สภาพการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมน/ม.)	อินทรียวัตถุ (ก./กก.)	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (เซนติโมลประจุ/กก.)
1 Control(S+N)	5.30h	0.022d	3.78c	0.90gh
2 S+N+ZL	5.10h	0.033d	3.72c	1.03efgh
3 S+N+ZL+C	6.26abcd	0.273b	8.02b	1.72a
4 S+N+ZL+CD	5.94fg	0.043d	15.06a	1.73a
5 S+N+P	5.96efg	0.053d	3.83c	0.96fgh
6 S+N+P+C	6.40ab	0.336a	8.12b	1.53ab
7 S+N+P+CD	6.33abc	0.080d	14.54a	1.41bc
8 S+N+PM	5.80g	0.026d	3.53c	0.82h
9 S+N+PM+C	6.22bcde	0.283ab	8.14b	1.49b
10 S+N+PM+CD	6.17bcdef	0.050d	14.35a	1.43bc
11 S+N+VL	6.11cdef	0.047d	3.33c	1.15def
12 S+N+VL+C	6.50a	0.330a	8.25b	1.43bc
13 S+N+VL+CD	6.25abcd	0.080d	14.48a	1.37bcd
14 S+N+C	5.99defg	0.203c	8.77b	1.08efg
15 S+N+CD	5.35h	0.037d	15.63a	1.22cde
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	2.55	26.74	11.42	10.31

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยวิธี DMRT,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

3.6 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.6) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าตำรับควบคุมและตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าวให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมากที่สุด คือ 1.73 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียวให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนน้อยที่สุด คือ 0.82 เซนติโมล

ประจุต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (1.73 เซนติโมลประจุ/กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (1.72 เซนติโมลประจุ/กก.) ทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีแนวโน้มสูงกว่า การใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (1.03 เซนติโมลประจุ/กก.) ตามลำดับ ส่วนตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (1.53 เซนติโมลประจุ/กก.) ทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (1.41 เซนติโมลประจุ/กก.) และการใส่สารพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (0.96 เซนติโมลประจุ/กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.7 ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน

จากการปรับปรุงดินปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.7) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินเพิ่มขึ้นเพิ่มสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมากที่สุด คือ 0.58 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียวมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินน้อยที่สุด คือ 0.15 กรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (0.51 ก./กก.) ทำให้มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.20 ก./กก.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (0.15 ก./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.8 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

จากการปรับปรุงดินปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.7) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากที่สุด คือ 2,396.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วน การใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียวทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด คือ 48.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (2,396.94 มล./กก.) ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (52.23 มล./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (50.19 มล./กก.)

ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ขณะที่ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ พบว่าการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก (2,367.76 มล./กก.) ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มสูงกว่าการใส่หินพัมมิซร่วมกับขุยมะพร้าว (61.94 มล./กก.) และการใส่หินพัมมิซเพียงอย่างเดียว (58.39 มล./กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกับตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

ตารางที่ 3.7 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน หลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์

ตำรับทดลอง	ไนโตรเจนทั้งหมด (ก./กก.)	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มล./กก.)	โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมลประจุ/กก.)
1 Control(S+N)	0.15d	51.53c	0.02g
2 S+N+ZL	0.15d	52.23c	0.06fg
3 S+N+ZL+C	0.51b	2396.94a	0.32b
4 S+N+ZL+CD	0.20cd	50.19c	0.28bc
5 S+N+P	0.16d	65.26c	0.26bcd
6 S+N+P+C	0.58a	2093.04b	0.54a
7 S+N+P+CD	0.26c	51.75c	0.47a
8 S+N+PM	0.20cd	58.39c	0.03g
9 S+N+PM+C	0.57a	2367.76a	0.27bc
10 S+N+PM+CD	0.26c	61.94c	0.18cdef
11 S+N+VL	0.20cd	60.94c	0.05g
12 S+N+VL+C	0.56ab	2098.95b	0.24bcde
13 S+N+VL+CD	0.25c	63.59c	0.13defg
14 S+N+C	0.55ab	2380.14a	0.12efg
15 S+N+CD	0.20cd	48.28c	0.12efg
F-test	**	**	**
C.V. (%)	10.80	17.80	37.90

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยวิธี DMRT,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

3.9 โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.7) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นกว่าตำรับควบคุม ตำรับอื่น ๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนในดินได้มากที่สุด คือ 0.54 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (0.32 เซนติโมลประจุ/กก.) ทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนในดินมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.28 เซนติโมลประจุ/กก.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (0.06 เซนติโมลประจุ/กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.10 แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

จากการปรับปรุงดินปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.8) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด คือ 3.39 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (3.39 เซนติโมลประจุ/กก.) ทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.53 เซนติโมลประจุ/กก.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (0.38 เซนติโมลประจุ/กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.11 แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

จากการปรับปรุงดินปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.8) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด คือ 0.89 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (0.75 เซนติโมลประจุ/กก.) ทำให้มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีแนวโน้มสูง

กว่าการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (0.14 เซนติโมลประจุ/กก.) และการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (0.06 เซนติโมลประจุ/กก.) ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่สารพอลิเมอร์ ตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

3.12 กำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดิน

จากการปรับปรุงดินปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์ (ตารางที่ 3.8) พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ทำให้มีปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าตำรับควบคุม และตำรับอื่นๆ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ทั้งนี้การปรับปรุงดินโดยการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมักทำให้มีปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุด คือ 111.48 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หากพิจารณาการปรับปรุงดินตำรับที่มีการใส่ซีโอไลต์ พบว่า การใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (105.05 มล./กก.) ทำให้มีปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ซีโอไลต์เพียงอย่างเดียว (1.79 มล./กก.) และการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับขุยมะพร้าว (1.00 มล./กก.) ขณะที่ตำรับที่มีสารพอลิเมอร์ พบว่า การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก (105.68 มล./กก.) ทำให้ปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าว (1.59 มล./กก.) และการใส่สารพอลิเมอร์พียงอย่างเดียว (1.04 มล./กก.) เช่นเดียวกันกับตำรับที่มีการใส่หินพัมมิซ และตำรับที่มีการใส่เวอร์มิคิวไลต์

ตารางที่ 3.8 ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดิน หลังปลูกข้าวโพดหวานอายุ 6 สัปดาห์

ตำรับทดลอง	แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมลประจุ/กก.)	แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมลประจุ/กก.)	กำมะถันที่เป็นประโยชน์ (มล./กก.)
1 Control(S+N)	0.26e	0.06g	0.65c
2 S+N+ZL	0.38de	0.06g	1.79c
3 S+N+ZL+C	3.39a	0.75bc	105.05ab
4 S+N+ZL+CD	0.53de	0.14g	1.00c
5 S+N+P	0.26e	0.06g	1.04c
6 S+N+P+C	3.17a	0.67cd	105.68ab
7 S+N+P+CD	0.38de	0.12g	1.59c
8 S+N+PM	0.32e	0.07g	1.03c
9 S+N+PM+C	2.88b	0.77b	111.48a
10 S+N+PM+CD	0.43de	0.15fg	2.38c
11 S+N+VL	0.62d	0.23f	1.86c
12 S+N+VL+C	3.23a	0.89a	93.91ab
13 S+N+VL+CD	0.88c	0.32e	2.74c
14 S+N+C	3.16a	0.64d	81.36b
15 S+N+CD	0.40de	0.13g	1.31c
F-test	**	**	**
C.V. (%)	10.72	14.53	45.09

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % โดยวิธี DMRT,
** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %
เมื่อ S = ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง, N = ธาตุอาหาร NPK, ZL = ซีโอไลต์, P = สารพอลิเมอร์, PM = หินพัมมิซ, VL = เวอร์มิคิวไลต์, C = ปุ๋ยหมัก, CD = ขุยมะพร้าว

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

การวิจารณ์ผลการทดลองนี้ประกอบไปด้วย 1) สมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง 2) ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน และ 3) ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูก

1. สมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง

สมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง ในจังหวัดสงขลา (ตารางที่ 3.1) มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ประกอบด้วยอนุภาคทรายเป็นส่วนมาก เกิดขึ้นจากกระบวนการทำเหมือง ทำให้ดินถูกทำลายโครงสร้างเปลี่ยนแปลงเป็นดินที่ไม่มีโครงสร้าง ซึ่งการกระจายของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ของดิน (Ashraf *et al.,* 2011) มีอิทธิพลต่อความหนาแน่นรวมของดิน จากผลการศึกษาความหนาแน่นรวมของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง มีค่าเท่ากับ 1.68-1.69 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูง (นงคราญ, 2529) เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Sheoran และคณะ (2010) พบว่า ในดินเหมืองแร่มีค่าความหนาแน่นรวมสูง เนื่องจากดินมีการอัดตัวกันแน่นมากขึ้นจากกระบวนการทำเหมืองแร่ อีกทั้งดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง มีสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวมีค่าเท่ากับ 32.4-61.2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมีสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวเร็ว เนื่องจากอนุภาคดินมีขนาดใหญ่ มีแรงดึงระหว่างอนุภาคดินและโมเลกุลของน้ำต่ำ จึงไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในช่องว่างได้ ส่งผลต่อสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวซึ่งมีค่าระดับเหมาะสม คือ 2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (Landon, 1991) ดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง มีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำมีค่าเท่ากับ 1.07-2.80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโดยทั่วไปปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เหมาะสม คือ 10 เปอร์เซ็นต์ (Sanchez and Cochane, 1980) ทำให้พืชที่ปลูกในดินเหมืองแร่ดีบุกร้างจึงเสี่ยงต่อการขาดน้ำสูง และส่วนสมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง (ตารางที่ 3.2) พบว่า ค่าพีเอชของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างมีค่าพีเอชเป็นกรดจัดเท่ากับ 5.3-5.4 สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Riley (1978) พบว่า ดินเหมืองแร่ร้างส่วนใหญ่มักมีค่าพีเอชลดลงอยู่ระหว่าง 3.1-4.1 เกิดจากกระบวนการแยกแร่ออกจากดินทำให้แคตไอออนสภาพด่างต่าง ๆ ถูกพัดพาสูญหายไปกับน้ำ และมีไฮโดรเจนไอออนสูงขึ้นซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดมาก

ขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) และกระบวนการทำเหมืองแร่ยังทำให้ค่าสภาพการนำไฟฟ้ามีค่าลดลงเท่ากับ 0.01-0.02 เดซิซีเมนต่อเมตร ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำเท่ากับ 0.76-1.77 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม และปริมาณอินทรียวัตถุค่อนข้างต่ำเท่ากับ 1.6-5.7 กรัมต่อกิโลกรัม อีกทั้งจากผลการศึกษาปริมาณธาตุอาหารของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างทั้ง 3 เหมือง (ตารางที่ 3.2) พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.1-0.3 กรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเท่ากับ 1.14-3.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเท่ากับ 0.04-0.06, 0.28-0.32 และ 0.06-0.42 เซนติโมลประจุต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อยู่ในดินระดับต่ำ (เอิบ, 2544) ส่วนกำมะถันที่เป็นประโยชน์มีค่าเท่ากับ 14.46-19.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับที่เหมาะสม (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานว่าดินที่ผ่านการทำเหมืองแร่มีสภาพการนำไฟฟ้า ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่อยู่ในดินต่ำ (ชรัตน์, 2526; อภิรักษ์, 2529; บุญวงศ์ และชรัตน์, 2533; ก้อง, 2545; คมน์, 2546) เช่นเดียวกับการศึกษาของ อนิศรา (2544) ที่ได้ศึกษาผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นดินเหมืองแร่ร้าง พบว่า พื้นที่ดินที่เป็นดินเหมืองแร่ร้างมีเนื้อดินเป็นดินทราย มีความหนาแน่นรวมสูง ปริมาณความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ สภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวเร็ว มีค่าพีเอชเป็นดินกรดจัด ค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำ อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในดินต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ดินลักษณะดินทั่วไปในดินเขตร้อน (เอิบ, 2544) แสดงให้เห็นว่า จากค่าวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างในจังหวัดสงขลาทั้ง 3 แห่ง มีสมบัติทางกายภาพไม่เหมาะสม (ตารางที่ 3.1) และมีปริมาณธาตุอาหารในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ (ตารางที่ 3.1) ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง

2. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน

การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานจากการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตได้ดีทุกตำรับการทดลอง (ภาพที่ 3.2, 3.3, 3.4 และ 3.5) โดยเฉพาะการใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้ความสูง น้ำหนักแห้งของข้าวโพดหวานสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 146 เซนติเมตร และ 33.52 กรัมต่อกระถาง (ภาพที่ 3.1 และ 3.6) เนื่องจากสารปรับปรุงดินมีคุณสมบัติช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างให้มีสมบัติดีขึ้น

โดยสารปรับปรุงดินแต่ละชนิดจะมีสมบัติอุ้มน้ำ ดูดซับธาตุอาหาร และช่วยให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในขณะที่องค์ประกอบของปุ๋ยหมักมีธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในปุ๋ยหมักอยู่ด้วย (ตารางที่ 3.3) และในหินพัมมิซมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารพวกแก้วหรือซิลิกา (SiO_2) และอะลูมินา (Al_2O_3) สามารถดูดซับธาตุอาหารพืชหลายชนิด เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม จากการทดลองของ ณัฐกานต์ และคณะ (2558) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ปีที่ 2) โดยใส่สารปรับปรุงดิน ได้แก่ ซีโอไลต์ พัมมิซ และพอลิอครีลามีด พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับซีโอไลต์อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ความสูงของต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด และจากการศึกษาของ สรัญญา (2548) ได้ศึกษาผลของสารปรับปรุงดินบางชนิดต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ดอนในภาคใต้ของประเทศไทย พบว่า การใส่วัสดุปรับปรุงดินให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวโพดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับควบคุม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณวัสดุปรับปรุงดินที่ใส่ การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ยังเป็นผลทำให้เพิ่มปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ดีบุกร้างได้ดีขึ้น และจากผลการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในข้าวโพดหวาน (ตารางที่ 3.4) พบว่า ระดับธาตุอาหารในข้าวโพดหวานที่ปลูกในดินเหมืองแร่ดีบุกร้างมีค่าอยู่ในระดับเพียงพอ (ยงยุทธ, 2552) จากการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทั้งซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ และเวอร์มิคิวไลต์ ทำให้มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในข้าวโพดหวานสูงกว่าการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียวและการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว (ตารางที่ 3.4) เนื่องจากในปุ๋ยหมักมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองสูง คือ ไนโตรเจนทั้งหมด 1.60 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด 15.15 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมด 2.05 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมทั้งหมด 15.22 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมทั้งหมด 0.92 เปอร์เซ็นต์ และกำมะถันทั้งหมด 1.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.3) ทำให้ข้าวโพดหวานดูดธาตุอาหารมากขึ้นส่งผลให้ข้าวโพดหวานมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น จากงานวิจัยของกอบเกียรติ และคณะ (2551) ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพกับการผลิตข้าวโพดพันธุ์นครสวรรค์ 2 ในชุดดินวังสะพุง พบว่า การใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานระหว่างปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพ มีผลทำให้ข้าวโพดดูดใช้ธาตุอาหารพืชไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Budianta และคณะ (2013) ได้ศึกษาการปรับปรุงดินทรายเหมืองแร่ดีบุกเพื่อปลูกพืชตระกูลถั่วโดยใช้ปุ๋ยหมักและดินแร่ พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักทำให้พืชตระกูลถั่วดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีกว่าการใช้ดินแร่เพียงอย่างเดียว จาก

ผลการทดลองการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้พืชดูดใช้ไนโตรเจนมากกว่าการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว เนื่องจากปุ๋ยหมักมีค่าอัตราคาร์บอนต่อไนโตรเจน 7.36 น้อยกว่าในขุยมะพร้าว และเมื่อย่อยสลายจะมีธาตุไนโตรเจนถึง 1.60 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.3) และจากผลการทดลองทำให้ทั้งการใส่ซีโอไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่เวอร์มิคิวไลต์ร่วมกับปุ๋ยหมัก มีแนวโน้มความเข้มข้นของไนโตรเจนในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยหมักมากกว่าการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าวและการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 3.4) จากการทดลองของ สุรชัย (2548) ได้ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอกร่วมกับซีโอไลต์ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดิน พบว่า การใช้ซีโอไลต์ทำให้ไนโตรเจน โพแทสเซียม อินทรียวัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ สรัญญา และคณะ (2548) กล่าวว่า การใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับปุ๋ยหมักมีผลทำให้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น และข้าวโพดสามารถดูดใช้ไนโตรเจนได้เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยหมัก และจากการรายงานของ ถาวร (2550) ได้ทำการใส่วัสดุปูน ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี ทำให้พืชสามารถดูดใช้ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเช่นกัน นอกจากนี้การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้ข้าวโพดหวานดูดใช้ธาตุอาหารได้มากขึ้น มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.4) การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว จะช่วยให้ข้าวโพดหวานสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้เพิ่มขึ้น ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง

ความเข้มข้นของธาตุอาหารเสริมหรือจุลธาตุจากการทดลอง พบว่า การใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก และแมงกานีส (ตารางที่ 3.5) ในข้าวโพดหวาน พบว่า การใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ทำให้ปริมาณความเข้มข้นของเหล็ก และแมงกานีสลดลง แต่ยังอยู่ในระดับที่เพียงพอ (ยงยุทธ, 2552) ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน ซึ่งพืชโดยทั่วไปมีค่าเหล็กและแมงกานีสอยู่ระหว่าง 50-150 และ 20-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยค่าพีเอชของดินมีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน และอิทธิพลต่อการดูดใช้ธาตุอาหาร เพราะถ้าค่าพีเอชของดินต่ำ เหล็กและแมงกานีสจะละลายออกมาได้มาก แต่จะละลายได้น้อยลง ถ้าค่าพีเอชของดินสูงขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) เมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้นก็จะทำให้ข้าวโพดหวานดูดธาตุเหล็ก และแมงกานีสได้น้อยลง เนื่องจากปุ๋ยหมักมีธาตุอาหารเสริมเป็นองค์ประกอบและช่วยเพิ่มค่าพีเอชของดิน สำหรับความเข้มข้นของธาตุสังกะสี และทองแดงในข้าวโพดหวาน จากการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก พบว่า ความเข้มข้นของธาตุสังกะสี และทองแดงในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.5) เนื่องจากธาตุสังกะสีและทองแดงที่มีอยู่ในปุ๋ยหมัก

เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยตรง (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ซึ่งพืชโดยทั่วไปมีความต้องการธาตุสังกะสีและทองแดงอยู่ระหว่าง 20-100 และ 5-20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลการทดลองธาตุสังกะสีและทองแดงในพืชอยู่ในระดับเพียงพอ อีกทั้งข้าวโพดหวานมีความต้องการธาตุอาหารเสริมในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง แต่จะขาด หรือมีปริมาณต่ำกว่าค่าวิกฤตไม่ได้ ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อระบบการเจริญเติบโต และสรีรวิทยาของข้าวโพดอย่างยิ่ง อีกทั้งปริมาณความเข้มข้นของจุลธาตุในส่วนต่างๆ ของข้าวโพดหวานมีความผันแปรอย่างมาก อาจสูงหรือต่ำก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยสภาพแวดล้อม เช่น ปริมาณธาตุอาหารในดิน การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และพันธุ์พืชที่มีความสามารถในการสะสมธาตุอาหาร จากการศึกษาของ เจริญ (2549) ได้ศึกษาอิทธิพลของสารคีเลตและปุ๋ยหมักต่อการสะสมโลหะหนักของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินเหมืองแร่เหล็กและสังกะสี พบว่า หญ้าแฝกที่ปลูกในดินเหมืองแร่เหล็ก ในส่วนเหนือดินและรากมีธาตุสังกะสีและทองแดงเพิ่มขึ้น

3. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูก

สมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูกข้าวโพดหวาน จากการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว พบว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าวจะมีความชื้นในดินเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 3.7) กว่าการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียวและการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก นอกจากนี้การใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว ก็สามารถปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูก ช่วยให้ดินมีความชื้นในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากซีโอไลต์ สารพอลิเมอร์ หินพัมมิซ และ เวอร์มิคิวไลต์ มีสมบัติช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ ฉลอง และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความชื้นและการเจริญเติบโตของหญ้านวลน้อยบนแฟร์เวย์ สนามกอล์ฟบางปูคันทรีคลับ ศึกษาเพอร์ไลต์ เบนทอไนต์ พัมมิซ และยิปซัม โดยใส่แต่ละชนิดในอัตรา 50, 100 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ ต่อความชื้น และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน พบว่า การใส่พัมมิซในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีแนวโน้มให้ความชื้นดินสูงกว่าวัสดุปรับปรุงดินอื่น ๆ เช่นเดียวกับการศึกษาของ กิตติภพ (2547) การใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดินและการดูดใช้ธาตุอาหารของหอมแบ่ง พบว่า วิธีการใช้อัตราส่วนดินต่อเพอร์ไลต์ 150:15 กิโลกรัมร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ค่าความชื้นในดินสูงที่สุด เนื่องจากมีช่องขนาดเล็กในดินมากกว่าวิธีการอื่นและมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองโดยการใส่สาร

ปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว พบว่า ดินเหมืองแร่ดีบุกร้างมีความชื้นในดินเพิ่มขึ้น และเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างได้ ทั้งนี้ขุยมะพร้าวยังช่วยลดความหนาแน่นรวมของดิน และความพรุนรวมในดินเนื้อหยาบได้เช่นกัน (อรุชา และนภาพร, 2554) อีกทั้งการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าวช่วยในการถ่ายเทอากาศ การระบายน้ำ การแทรกซึมของน้ำดี ทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในการช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน โดยเฉพาะการใส่สารพอลิเมอร์ร่วมกับขุยมะพร้าวมีแนวโน้มให้ความชื้นในดินเพิ่มสูงที่สุดเท่ากับ 15.61 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3.7) เนื่องจากสารพอลิเมอร์มีสมบัติไม่ละลายน้ำมีความสามารถดูดน้ำได้ในปริมาณมาก และช่วยให้ดินมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น (สนั่น, 2540) นอกจากนี้การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวในดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน โดยปุ๋ยหมักมีอินทรียวัตถุที่จะช่วยพัฒนาโครงสร้างของดินให้ดีขึ้นโดยฮิวมัสในปุ๋ยหมักเป็นสารเชื่อมที่ดีทำให้อนุภาคดินเกาะกลุ่มเป็นเม็ด ช่วยกักเก็บความชื้นให้แก่ดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ส่วนความต้านทานการชอนไชของรากพืชของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูกข้าวโพดหวาน (ภาพที่ 3.8) จากการใส่สารปรับปรุงดินเพียงอย่างเดียว การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว การใส่ปุ๋ยหมัก และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 56.38-132.78 กิโลปาสคาล ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยค่าวิกฤตของความต้านทานการชอนไชของรากพืชมีค่า 2,500 กิโลปาสคาล (Tayor and Burnett, 1964) ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากพืช สอดคล้องกับการศึกษาของ ธิตินัย (2546) พบว่า ชุดดินหลักในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลามีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชไม่เป็นอุปสรรคต่อการชอนไชของรากพืช

สำหรับสมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง จากการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับขุยมะพร้าว และการใส่ขุยมะพร้าวเพียงอย่างเดียว ส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น แต่ไม่ทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานแตกต่างไปจากตำรับควบคุม ถึงแม้มีอินทรียวัตถุในดินมากกว่าการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก (ตารางที่ 3.3) เนื่องจากในขุยมะพร้าวมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนค่อนข้างสูง ซึ่งในกระบวนการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์เหล่านี้ จุลินทรีย์จะใช้สารคาร์บอนและไนโตรเจนที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์จำนวนมาก แต่มีไนโตรเจนอย่างจำกัด ทำให้ไม่สามารถย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ได้รวดเร็ว เมื่อผสมวัสดุอินทรีย์เหล่านี้ลงไปในดิน จุลินทรีย์ก็มักไปดึงเอาไนโตรเจนในดินไปใช้สร้างองค์ประกอบของเซลล์ เป็นการทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดปริมาณลง แต่จากการปรับปรุงดินโดยการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก และการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว ช่วยทำให้สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้น โดยเฉพาะการใส่

สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ช่วยให้ดินมีพีเอชเพิ่มขึ้น ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.6) ส่งผลให้ดินเหมืองแร่ดีบุกร้างมีความอุดมสมบรูณ์ของธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยหมักที่ใส่ลงไปในดินส่งเสริมการแลกเปลี่ยนแคตไอออนให้เพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อการลดการสูญเสียธาตุอาหารรูปแคตไอออนไปกับการชะละลาย และดินมีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินได้ดี ซึ่งเป็นช่วงความเหมาะสมต่อการดูดธาตุอาหารของพืชที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโต เช่นเดียวกันกับการรายงานของ มนตรี (2553) รายงานว่า ทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยหมักจากวัสดุพลอยได้ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มทุกอัตรา ทำให้พีเอชของดินเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชตลอดการทดลอง สอดคล้องกับการทดลองของ รัตนาภรณ์ และคณะ (2556) โดยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อคุณภาพ ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งและสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุกตำรับการทดลอง ทำให้เพิ่มอินทรียวัตถุ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากการศึกษาธาตุอาหารในดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูก พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูกเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.6 และ 3.7) โดยเฉพาะการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก สอดคล้องกับค่าการวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยหมัก (ตารางที่ 3.4) ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในปุ๋ยหมักสูง ช่วยในการปรับปรุงสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง สอดคล้องกับของ อรวรรณ และคณะ (2552) ศึกษาศักยภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนปีที่ 1 ในนา ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า คุณสมบัติด้านเคมีของดินและธาตุอาหารในดิน เช่น ความเป็นกรดเป็นด่าง ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่วัดได้เกือบทุกค่าปรับปรุงในทางที่ดีขึ้น นอกจากนี้การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ยังทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสะสมในดินเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.7) ทั้งนี้เนื่องจากในปุ๋ยหมักมีส่วนประกอบของวัตถุดิบที่เป็นแหล่งธาตุอาหารหลักสูง (ตารางที่ 3.3) และมีการใส่ทั้งธาตุอาหารหลัก จึงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่มาก บางส่วนพืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้โดยตรง แต่ส่วนที่เหลือจะค่อย ๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสยังคงสะสมในดินเพื่อประโยชน์ในการปลูกพืช สอดคล้องกับการศึกษาของ ถนอมขวัญ (2550) ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรลดการใช้ปุ๋ยเคมีกับข้าวโพดหวาน จังหวัดเชียงราย พบว่า ทำให้ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่เพิ่มขึ้นนั้นอาจเนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปจะเป็นแหล่งอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของ

จุลินทรีย์ ทำให้แปรสภาพสารอินทรีย์และจุลินทรีย์ที่ละลายอนินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น อีกทั้งจากผลการทดลองนี้ การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมักในดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ทำให้ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3.8) เนื่องจากปุ๋ยหมักทำให้ค่าพีเอชเพิ่มขึ้น และอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงทำให้ธาตุอาหารพืชละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดี พืชสามารถนำไปใช้ได้ และปุ๋ยหมักยังมีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ 1.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3.3) จึงทำให้มีปริมาณกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินหลังปลูกเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ มนตรี (2553) ได้ศึกษาการจัดการดินกรดที่ดอน โดยใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุพลอยได้ของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มร่วมกับปูนโดโลไมต์ และปุ๋ยเคมี พบว่า ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือทิ้งของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มอัตราสูงร่วมกับปูนโดโลไมต์และปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ ทำให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น จากผลการทดลองปริมาณธาตุอาหารในดินหลังปลูกข้าวโพดหวาน จะเห็นได้ว่า การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก จะช่วยให้สมบัติของดินดีขึ้น เนื่องจากสารปรับปรุงดินมีสมบัติช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินบางประการ (ปิยะ, 2553) อีกทั้งในปุ๋ยหมักมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอยู่ในปริมาณที่สูง (ตารางที่ 3.3) และเป็นการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดิน ทำให้ดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูกมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืช สรุปผลทดลอง ได้ดังนี้

1. ดินที่ผ่านกระบวนการทำเหมืองแร่มาแล้ว จะเห็นได้ว่าสมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน โครงสร้างของดินถูกทำลายกลายเป็นดินไม่มีโครงสร้าง ความหนาแน่นรวมของดินสูง มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เร็ว และมีความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ ส่วนสมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง มีค่าพีเอชของดินเป็นกรดจัด มีค่าสภาพการนำไฟฟ้าต่ำ อินทรียวัตถุในดินต่ำ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ อีกทั้งธาตุอาหารในดินทั้งธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองอยู่ในระดับต่ำ ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงต้องมีการปรับปรุงสมบัติดินทั้งทางกายภาพและทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง

2. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน จากการใส่สารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยหมัก ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานดี ทั้งในด้านความสูงและน้ำหนักแห้ง โดยเฉพาะการใช้หินพัมมิซร่วมกับปุ๋ยหมัก ให้ผลการทดลองที่ดี เพราะหินพัมมิซมีสมบัติในการอุ้มน้ำและช่วยเพิ่มความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดิน ซึ่งหินพัมมิซจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับพืชได้ใช้ประโยชน์ ยังช่วยส่งเสริมให้การใช้ปุ๋ยเคมีมีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งช่วยดูดซับธาตุอาหารพืช เช่น ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม การใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมักยังทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพดหวานเพิ่มขึ้น ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุ อยู่ในระดับที่เพียงพอ ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้ดี

3. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูก จากการปรับปรุงสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างหลังปลูกข้าวโพดหวานโดยการใส่สารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยหมัก ช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างให้ดีขึ้น ทำให้ความชื้นในดินเพิ่มขึ้น และดินมีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชไม่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวาน นอกจากนี้การใส่สารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยหมัก ช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินเหมืองแร่ดีบุกร้าง ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหาร

เพิ่มขึ้น ทั้งทำให้มีค่าพีเอชของดินและสภาพการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อินทรียวัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันเพิ่มขึ้นในดินหลังปลูก อีกทั้งผลการศึกษาจากการใส่สารปรับปรุงดินชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยหมัก สามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินเหมืองแร่ร้างอื่น ๆ เพื่อให้พืชสามารถดูดธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาพไร่นา

อย่างไรก็ตาม การใช้สารปรับปรุงดินเพื่อปรับปรุงสมบัติของดินเหมืองแร่ดีบุกร้างนั้น ควรมีการใส่สารปรับปรุงดินร่วมกับปุ๋ยหมัก ปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยเคมี ในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและทางเคมี จึงจะเห็นผลชัดเจน และเกิดประสิทธิภาพในการปรับปรุงสมบัติของดินเหมืองแร่ร้างและการเจริญเติบโตของพืชในดินเหมืองแร่ร้างต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรรมชาติ. 2557. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดสงขลา. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2539. รายงานการจัดการดินเหมืองแร่ร้าง. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. การอนุรักษ์ฟื้นฟู และพัฒนาทรัพยากรที่ดิน. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2555. ยุทธศาสตร์กรมพัฒนาที่ดินในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559). กรุงเทพฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพ ฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพ ฯ : กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ก้อง อามระดิษฐ์. 2545. การทดแทนของสังคมพืชบนพื้นที่เหมืองแร่ร้างในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าท่าสองยาง อำเภอท่าสองยาง จังหวัดตาก. กรุงเทพ ฯ : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กิตติภพ พรหมดี. 2547. การใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินและการดูดใช้ธาตุอาหารของหอมแบ่ง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการกำหนดมาตรการควบคุมการผลิต และจำหน่ายสารปรับปรุงดิน. 2542. *ใน* เอกสารประกอบการประชุมครั้งที่ 4/2542. หน้า. 10. กรุงเทพ ฯ : กรมวิชาการเกษตร.

คณะอนุกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา. 2530. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา อังกฤษ – ไทย. กรุงเทพ ฯ : คณะอนุกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาวิทยาศาสตร์ และวัฒนธรรมแห่งสหประชาชาติ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คมน์ เครืออยู่. 2546. การติดตามตรวจสอบผลการฟื้นฟูพื้นที่ทิ้งมูลดินทรายจากการทำเหมืองแร่ของ

บริษัทผาแดง อินดัสทรี จำกัด (มหาชน) อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำเป็น อ่อนทอง. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จินตนา หัสวายุกุล สัมพันธ์ รัตนสุภา สถาพร กาญจนาพันธ์ พิบูลวัฒน์ ยังสุข และบุญหนัก เปลี่ยนพิจิตร. 2547. การใช้ภูไมท์ ซีโอไลต์-สเมคไทต์ ซีโอไลต์ คาซัคสถาน และไคลนอพติโลไลต์กับการปลูกข้าว. *ใน* รายงานผลการวิจัย สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์. หน้า 36. กรุงเทพ ฯ : กระทรวงเกษตร และสหกรณ์.

เจริญ ยินดีรัมย์. 2549. อิทธิพลของสารคีเลตและปุ๋ยหมักต่อการสะสมโลหะหนักของหญ้าแฝกที่ปลูกในดินเหมืองแร่เหล็กและสังกะสี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉลอง นามทิพย์, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, สุภิฌา ธนะจิตต์ และสราวุฒิ รุ่งเมฆารัตน์. 2557. ผลของวัสดุปรับปรุงดินต่อความชื้นและการเจริญเติบโตของหญ้านวลน้อยบนแฟร์เวย์ สนามกอล์ฟบางปูคันทรีคลับ. ว. แก่นเกษตร 42 : 25-38.

ฉลอง สมนิ่ม. 2549. ลักษณะสังคมพืชและการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ฟื้นฟูสภาพที่ทิ้งดินมูลทรายเหมืองถ่านหินลิกไนต์ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เฉลิมศักดิ์ วานิชสมบัติ. 2528. ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางกายภาพของการทำเหมืองแร่. รายงานสัมมนาเรื่องปัญหาและแนวทางการปรับปรุงพื้นที่ที่ได้ใช้ทำเหมืองแล้ว ภูเก็ต วันที่ 8-11 พฤศจิกายน 2525 หน้า 13-22.

เฉลียว แจ้งไพร. 2534. ดิน น้ำ และเหมืองแร่. รายงานการสัมมนาเรื่องสภาวะแวดล้อมในปัจจุบันและอนาคตภาคใต้ สงขลา วันที่ 3-4 พฤษภาคม 2534 หน้า 172-179.

ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2526. สมบัติของดินภายหลังการทำเหมืองแร่ดีบุก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยรัตน์ นิลนนท์, วิเชียร จาฏุพจน์, วรรณา เลี้ยววาริน และสุภาณี ยงค์. 2538. สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย. ว. สงขลานครินทร์ 17 : 381-393.

ชาญชัย ธนาวุฒิ. 2527. ปฏิบัติการฟิสิกส์ของดิน. สงขลา : ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะ

ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ณัฐกานต์ พวงซ้อน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับสารปรับปรุงดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ปีที่ 2). การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ณ โรงแรมหรรษา เจบี อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 2-4 กรกฎาคม 2558 หน้า 110-119.

ถนอมขวัญ ทิพวงศ์. 2550. ผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในระบบเกษตรลดใช้ปุ๋ยเคมี กับข้าวโพดหวาน จังหวัดเชียงราย โครงการวิจัยสำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธิตินัย พงศ์พิริยะกิจ. 2546. สมบัติทางกายภาพและเคมีที่สำคัญบางประการของชุดดินหลักในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. การศึกษาชั้นดินวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอันดับอัลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงลักษณ์ วิบูลย์ และพวงเล็ก โมรากุล. 2538. การใช้ซีโอไลต์ปรับปรุงดินเพื่อการเกษตร. ว. ดินและปุ๋ย 17 : 180-183.

บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์ และชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์. 2533. ผลกระทบของการทำเหมืองแร่ดีบุกต่อสมบัติของดิน. ว. วนศาสตร์ 9 : 73-82.

ปรัญญา ธัญญาดี, เมธี มณีวรรณ และพิรัชฌา วาสนานุกูล. 2540. การปรับปรุงบำรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ. กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2553. สารปรับปรุงดิน. กรุงเทพ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พนม อินทฤทธิ์. 2537. การฟื้นฟูดินเหมืองแร่ดีบุกร้างเพื่อการเพาะปลูก. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิสุทธิ์ วิจารสรณ์ และปุญญะ เผ่าศรีทองคำ. 2521. รายงานการศึกษาลักษณะดิน บริเวณเหมืองร้างท้องที่จังหวัดพังงา ภูเก็ต และระนอง. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เพลินจิตร์ ชุมเรียง. 2541. การทดสอบถิ่นกำเนิดไม้สนทะเล (*Casuarina equisetifolia*) ซึ่งปลูกบนที่ดินเหมืองแร่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มนตรี ปานตู. 2553. การจัดการดินกรดที่ดอน โดยใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุพลอยได้ของโรงงานสกัด

น้ำมันปาล์มร่วมกับปุ๋ยโดโลไมต์ และปุ๋ยเคมี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจู. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ : ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนาภรณ์ คชวงศ์, แสงดาว เขาแก้ว, สุกัญญา แย้มประชา และธนูชัย กองแก้ว. 2556. การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ร่วมกับปุ๋ยเคมี ต่อคุณภาพ ผลผลิตหน่อไม้ฝรั่งและสมบัติทางเคมีของดิน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 5-7 กุมภาพันธ์ 2556 หน้า 17-24.

วรรณา เลี้ยววาริน. 2538. คู่มือการวิเคราะห์ดินและปุ๋ย. สงขลา : หน่วยปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิรัตน์ ตันภิบาล. 2527. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสนประดิพัทธ์ที่ปลูกบนดินเหมืองแร่เก่า. รายงานวิชาการประจำปี 2527. กรุงเทพ ฯ : กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สนั่น รัตนานุกูล. 2540. ศักยภาพทางการเกษตรของสารดูดน้ำโพลิเมอร์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สรัญญา ดำอำภัย. 2548. ผลของสารปรับปรุงดินบางชนิดต่อสมบัติของดิน และการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ดอนภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สรัญญา ดำอำภัย, จำเป็น อ่อนทอง และชัยรัตน์ นิลนนท์. 2548. ผลของปุ๋ยคอกและปูนโดโลไมต์ต่อสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในดินกรดที่ดอน. ว. สงขลานครินทร์ 27 : 727-737.

สมลักษณ์ ศรีฉ่ำ. 2541. วัสดุปลูกจากผักตบชวา. กรุงเทพ ฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริกร อนันเต่า. 2550. การวิเคราะห์โลหะหนักในหญ้าแฝกที่ปลูกในดินเหมืองแร่สังกะสีโดย

เทคนิคทางนิวเคลียร์. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรชัย ธนูศร. 2548. ศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ร่วมกับซีโอไลท์ ต่อผลผลิตข้าวโพดหวาน การเปลี่ยนแปลงสภาวะธาตุอาหารหลัก และสมบัติทางฟิสิกส์บางประการของดิน. ว. วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 22 : 35-44.

อรุชา มณฑปใหญ่ และนภาพร พันธุกมลศิลป์. 2554. ผลของการใช้สารปรับปรุงดินต่อสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการของดิน. การประชุมวิชาการครั้งที่ 8 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 8-9 เมษายน 2554 หน้า 38-45.

อนิศรา เพ็ญสุข. 2544. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีต่อทรัพยากรดินและน้ำในลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อภิรักษ์ อนันต์ศิริวัฒน์. 2529. ผลผลิตมวลชีวภาพกับสมบัติบางประการของดินเหมืองแร่ร้าง บางม่วง ตะกั่วป่า พังงา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, จิราพร ตุติวุฒิกุล, อังสนา อัครพิศาล, สมศักดิ์ จีรัตน์, สุพัตรา จีรัตน์, ยุทธศักดิ์ ยืนน้อย และอภิศักดิ์ กำเพ็ญ. 2552. โครงการศักยภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนปีที่ 1 ในที่นา ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายวิจัยท้องถิ่น.

อ้อมทิพย์ เด่นศรีเสรีกุล. 2547. การพัฒนาและฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งในบุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อานุช แก้ววงค์. 2543. การเจริญเติบโตและอัตราการรอดตายของไม้ป่าชายเลนในพื้นที่เหมืองแร่ศูนย์วิจัยป่าชายเลน จังหวัดระนอง. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิสริยาภรณ์ สุวรรณชาตรี. 2539. การวิเคราะห์พืช. สงขลา : หน่วยปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์. 2545. การใช้ประโยชน์กากตะกอนของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลสำหรับเป็นปุ๋ยอินทรีย์และสารปรับปรุงดิน. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2544. การสำรวจดิน. กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Ashraf, M.A., M.J. Maah. and L. Yusoff. 2011. Heavy metals accumulation in plants growing in ex mining catchment. Sci. Tech. 8 : 401-416.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. *In* Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical

and Mineralogical Method. (ed. A. Klute) pp. 363-375. Madison : Soil Science Society of America, Inc.

Budianta, D., G. Nuni and A.A. Gusti. 2013. Improvement of sand tailing fertility derived from post tin mining using leguminous crop applied by compost and mineral soil. J. Trop. Soils. 18 : 217-223.

Cassel, D.K. and D.R. Nielsen. 1986. Field capacity and available water capacity. *In* Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Method. (ed. A. Klute) pp. 901-926. Madison : Soil Science Society of America, Inc.

Costigan, P.A. 1978. Characterization and treatment of acid prodicing colliery spoil. *In* Ecology and Coal Resource Development. (ed. M.K. Wali), pp. 987-993. New York : Pergamon Press.

Donald, T.D. 1965. Penetrometer Measurements. *In* Methods of Soil Analysis. Part 1 : Physical and Mineralogical Method. (ed. A. Klute) pp. 472-484. Madison : Soil Science Society of America, Inc.

Duangpatra, J., P. Duangpatra, P. Promchote and A. Chinaputhi. 2005. The exploitation of aflatoxin contaminated peanut and pumice for developing organic compost for crop production. Prospects and emerging opportunities for peanut quality and utilization technology. Bangkok, Thailand, 9-12 January 2005, pp. 101.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. *In* Methods of Soil Analysis. Part 1: Physical and Mineralogical Method. (ed. A. Klute) pp. 383-411. Madison : Soil Science Society of America, Inc.

Landon, J.R. 1991. Booker Tropical Soil Manual. A handbook for soil survey and agricultural Land evaluation in the tropics and subtropics. Longman Scientific and Technical, London.

Lim, K.H. and G.G. Maenchalck. 1978. A Comparative Study of Organic Waste Materials, Mulching Levels and Planting Densities on the Yields of Mungbean and Their Effects on some Physical Characteristic of Tin Tailings. Serdand : University Pertanian Malaysia.

Riley, C.V. 1978. Spoil chemistry as modified by surface topography and precipitation. *In*

Ecology and Coal Resource Development. (ed. M.K. Wali), pp. 820-829. New York : Pergamon Press.

Sabey, B.R., R.L. Pendleton and B.L. Webb. 1990. Effect of municipal semage sludge application on growth of two reclamation shrub species in Copper mine spoils. J. Environ. Qual. 19 : 580-586.

Sanchez, P.A. and T.T. Cochane. 1980. Soil constraints in relation to major farming systems of Tropical America. *In* Soil-Related Constraints to Food Production in the Tropics. pp. 107-139. Phillippines : Los Banos.

Scott, H.D. 2000. Soil physics agriculture and environmental applications. Ames Iowa: Iowa State University.

Sheoran, V., A.S. Sheoran and P. Poonia. 2010. Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation : A Review. International J. Soil, Sediment and Water. 3 : 254-273.

Tanavud, C. 1999. Reclamation of land degraded by tin mining. Thai J. Agric. Sci. 32 (2) : 145-159.

Taylor, H.M. and E. Burnett. 1964. Influence of Soil Strength on root growth habits of Plants Soil Sci.98 : 174-180.

Visser, S., J. Zak. and D. Parkinson. 1978. Effect of surface mining on soil microbial communities and processes. *In* Ecology and Coal Resource Development. (ed. M.K. Wali), pp. 641-651. New York : Pergamon Press.

Yamamoto, T. 1978. Mixing overburden to simulate soil condition. *In* Ecology and Coal Resource Development. (ed. M.K. Wali), pp. 791-797. New York : Pergamon Press.

Youngs, E.G. 1991. Hydraulic conductivity of saturated soils. *In* Soil Analysis.Physical Method. (ed. K.A. Smith and C.E. Mullins) pp. 174-175. New York : Marce Dekker, Inc.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวราชิณี แต้มรุ่งเรือง

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5310620055

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์ ปฐพีศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (วิทยาเขตหาดใหญ่)	2551

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับระหว่างการศึกษา)

ทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ราชิณี แต้มรุ่งเรือง และเชาวน์ ยงเฉลิมชัย. 2558. ผลของการปรับปรุงสมบัติดินเหมืองแร่ดีบุกร้างและการเจริญเติบโตของพืชโดยใช้สารปรับปรุงดิน. การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ณ โรงแรมหรรษา เจบี อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 2-4 กรกฎาคม 2558 หน้า 387-401.