บทที่ 6

แนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้ง

จากผลการศึกษาสมบัติของดินที่ผ่านการทำนากุ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาได้ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในพื้นที่คือปัญหาในเรื่องของความเค็มและปริมาณเกลือที่สะสมในดินโดยเฉพาะโซเดียมในปริมาณที่สูงมาก ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีผลต่อโครงสร้างของดิน เกิดปัญหาดินแน่นทึบ ทำให้อัตราการซาบซึมของน้ำลงสู่ดินเป็นไปได้ช้า ซึ่งสมบัติทางฟิสิกส์เหล่านี้ล้วนเป็นข้อจำกัดต่อการงอกของเมล็ดและเจริญเติบโตของพืช (Largerwerff and Holland, 1960 ; Bernstein, 1962) ซึ่งแนวทางในการฟื้นฟูคุณภาพดินที่ผ่านการทำนากุ้งสามารถดำเนินการได้หลายแนวทางด้วยกันคือ

1. การล้างดินด้วยน้ำ เพื่อกำจัดเกลือและโซเดียมออกไปจากดิน (อรุณี, 2542) แต่การล้างดินเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยาก มีค่าใช้จ่ายสูง และต้องมีปัจจัยหลาย ๆ อย่าง พร้อมกัน เช่น ในพื้นที่ต้องมีแหล่งน้ำจืดที่มีปริมาณมากพอ ต้องมีแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากการล้างดิน วิธีการระบายที่มีประสิทธิภาพดีพอเพื่อไม่ให้เกลือที่ละลายไปกับน้ำแพร่กระจายออกสู่พื้นที่เกษตรข้างเคียง และดินต้องมีอัตราการให้น้ำไหลซึมผ่านได้ดีพอสมควร

2. การปลูกพืชทนเค็มตามระดับความเค็มของดิน (ตารางภาคผนวกที่ 7) ซึ่งเป็นวิธีการปรับปรุงดินเค็มด้วยวิธีทางชีวภาพที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาและฟื้นฟูพื้นที่ที่มีปัญหาทางด้านความเค็มของดินได้ พืชทนเค็มที่ได้มีการนำมาใช้ในการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่ ข้าวพันธุ์ทนเค็ม เช่น กข1 สันป่าตอง ขาวดอกมะลิ 105 เป็นต้น (พรรณี, 2542) หญ้าแฝก (สันติภาพ และคณะ, 2542) หญ้าคาลล่า (Akhter *et al.,* 2003) มะขามเปรี้ยว (วิโรจน์ และคณะ, 2529) ละมุด (สันติภาพ และคณะ, 2532) เนื่องจากการปรับปรุงดินด้วยวิธีนี้ต้องใช้ระยะเวลานาน วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมต่อการศึกษาทดลองในครั้งนี้

3. การใช้สารปรับปรุงดินผสมคลุกเคล้าลงไปในดินแล้วใช้น้ำที่มีความเค็มต่ำกว่าในสารละลายดินล้างดินควบคู่กันไป สารปรับปรุงดินที่นิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงดินเค็ม ได้แก่ ยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) (สมศรี, 2542) ซึ่งเป็นสารปรับปรุงดินที่มีแคลเซียมและกำมะถันเป็นองค์ประกอบหลัก แคลเซียมจะเข้าไปแทนที่โซเดียมในดิน ทำให้อนุภาคดินจับตัวกันเป็นก้อนดินได้ง่ายขึ้น ดินมีปริมาณช่องว่างและช่องอากาศในดินเพิ่มขึ้น น้ำและอากาศเคลื่อนที่ผ่านช่องว่าง

ระหว่างเม็ดดินได้สะดวกยิ่งขึ้น ซึ่งช่วยทำให้การงอกของเมล็ดเป็นไปได้ง่ายขึ้น (Quirk, 1971 ; Oades, 1984) ยิปซัมจึงเป็นสารปรับปรุงดินที่นิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงโครงสร้างของดิน

นอกจากนี้เวอร์มิคิวไลต์ (Vermiculite : $(Mg,Ca,K,Fe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2.4H_2O$) เป็นสารปรับปรุงดินอีกชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายในทางการ โดยเฉพาะมีการนำมาใช้เป็นสารปรับปรุงดินเพื่อช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินจับตัวกันเป็นเม็ดดินดีขึ้น มีช่องว่างภายในเพิ่มขึ้น มีการถ่ายเทอากาศในดินดีขึ้น (Davis and Wilson, 2002) ช่วยให้ดินมีความสามารถในการกักเก็บน้ำดีขึ้น และยังช่วยควบคุมการแลกเปลี่ยนแคทไอออนในดินได้อีกด้วย (Schundler ,1990) ดังนั้นเวอร์มิคิวไลต์จึงน่าจะเป็นสารปรับปรุงดินที่นำมาทดลองใช้ในการศึกษาครั้งนี้ด้วยเช่นกัน

แต่เนื่องจากดินในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินที่มีเนื้อละเอียด อัตราการไหลของน้ำซึมผ่านผิวหน้าลงไปในดินได้ช้ามาก การที่จะฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งโดยการใช้น้ำล้างดินเพียงอย่างเดียวนั้นอาจเป็นไปได้ยาก เพราะในบางพื้นที่ยังมีปัญหาเรื่องการขาดแคลนน้ำจืดเพื่อการอุปโภคบริโภคและมีปัญหาในเรื่องของระดับน้ำใต้ดินสูงมาก นอกจากนั้นการฟื้นฟูพื้นที่ดังกล่าวโดยใช้วิธีการเลือกปลูกพืชทนเค็มตามระดับความเค็มของดินถึงแม้จะเป็นวิธีที่ไม่ค่อยยุ่งยากมากนักในทางปฏิบัติ แต่ต้องใช้เวลาในการดำเนินการทดลองนาน ดังนั้นในการแก้ไขฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่ที่ผ่านการทำนากุ้งดังกล่าวเพื่อให้มีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตรได้อีก จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการที่จะสามารถแก้ไขข้อจำกัดของดินเพื่อให้ดีขึ้นในระดับหนึ่งก่อน และใช้ระยะเวลาในการดำเนินการทดลองไม่นานมากนัก ซึ่งหากสามารถปรับปรุงข้อจำกัดของดินในพื้นที่ได้แล้ว การฟื้นฟูทางด้านความอุดมสมบูรณ์หรือการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้เพียงพอกับความต้องการของพืชเป็นเรื่องที่สามารถทำได้ไม่ยากนัก

ดังนั้นในบทนี้จึงได้มีการทดลองศึกษาเพื่อหาแนวทางในการฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้ง โดยจะใช้สารปรับปรุงดินยิปซัมและเวอร์มิคิวไลต์ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตราต่าง ๆ กัน เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารปรับปรุงดินทั้งสองตลอดจนอัตราที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ซึ่งผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

6.1 การฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งโดยการใช้ยิปซัม

6.1.1 ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน (Saturated hydraulic conductivity)

จากผลการทดลอง พบว่าในตำรับทดลองที่มีการผสมยิปซัมกับดินที่ผ่านการ

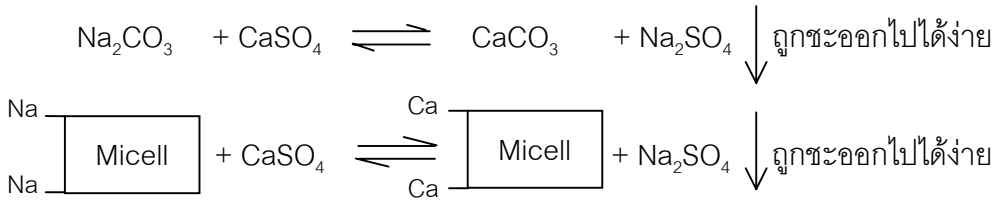
ทำนากุ้งอัตรา 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ มีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ (Ksat) เพิ่มขึ้นเป็น 0.042 0.048 และ 0.045 เมตรต่อวัน ตามลำดับ ในขณะที่ดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิมมีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เพียง 0.036 เมตรต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่มีการผสมยิปซัมมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ที่วัดได้ในดินที่ผ่านการทำนากุ้งยังคงมีค่าต่ำกว่าดินนาข้าวเดิม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ผสมกับยิปซัมในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	ดินนาข้าว	ดินที่ผ่านการทำนากุ้ง	อัตรายิปซัมที่ใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้ง (ตันต่อไร่)		
			2.0	4.5	6.0
ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ (m/day)	0.051a	0.036b	0.042ab	0.048a	0.045ab
อัตราการแพร่กระจายของออกซิเจน ($x10^{-8}$ g/cm^2/min)	37.29a	14.34c	32.27b	30.66b	32.27b
ความต้านทานการชอนไชของรากพืช (kPa)	154.93a	120.63b	110.53c	105.63c	110.53c
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (%)	13.82ab	9.72b	17.27a	14.28ab	17.12a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ในตำรับทดลองที่มีการผสมดินที่ผ่านการทำนากุ้งกับยิปซัมมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เร็วขึ้น เป็นผลเนื่องมาจากกลไกการแทนที่ของ Ca^{2+} ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักของยิปซัมเข้าไปแทนที่ Na^{+} ในดิน เพื่อเปลี่ยนเกลือ Na_2CO_3 และ NaCl ในดินให้เป็นเกลือ Na_2SO_4 ซึ่งเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ง่ายและเป็นพิษแก่พืชน้อยกว่าเกลือ Na_2CO_3 และ NaCl และขณะเดียวกันก็เปลี่ยน Exchangeable Na ที่ผิวอนุภาคดินให้เป็น Ca ซึ่งจะช่วยลดความเป็นพิษของโซเดียม และยังช่วยลดความแน่นทึบของดินลง ซึ่งเกลือ Na_2SO_4 จะสามารถถูกชะล้างออกได้ง่ายกว่า ดังสมการ



ผลจากการลดลงของปริมาณโซเดียมในดินทำให้โอกาสที่อนุภาคดินสามารถเกาะกันเป็นเม็ดดินได้ง่ายขึ้น จึงมีผลให้เกิดช่องขนาดใหญ่ และมีการกระจายของขนาดของช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น และมีปริมาณช่องว่างในดินเพิ่มขึ้นในระดับหนึ่ง ซึ่งช่องว่างขนาดใหญ่จะเป็นทางไหลผ่านของน้ำ น้ำจึงสามารถซึมลงสู่ดินได้เร็วขึ้นกว่าเดิม

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างอัตราของยิปซัมที่ใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตราต่าง ๆ กัน คือ 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ พบว่าประสิทธิภาพในการเพิ่มความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของยิปซัมในแต่ละอัตราต่อดินไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง (ตารางที่ 19) ทั้งนี้เนื่องจากดินเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาส่วนใหญ่จัดเป็นดินเค็มประเภทดินเค็มโซดิกซึ่งมีปริมาณโซเดียมสัมพัทธ์ (ESP) สูงมาก การใช้ยิปซัมเพื่อช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินในแง่ของการเพิ่มความสามารถในการซาบซึมน้ำได้นั้นจะต้องใช้เวลานานมาก ซึ่งระยะเวลาในการดำเนินการทดลองในครั้งนี้ค่อนข้างมีระยะเวลาจำกัด และยิปซัมเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างช้า จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าปฏิกิริยาของยิปซัมที่เกิดขึ้นอาจจะยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ซึ่งจากการศึกษาของ Ilyas และคณะ (1993) ถึงประสิทธิภาพของยิปซัมที่มีต่อความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ในดินเค็มโซดิก โดยหลังจากทำการทดลองผ่านไปเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าในดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดินเพิ่มขึ้นจาก 1.2 $x10^{-7}$ เมตรต่อวินาที เป็น 1.5 $x10^{-7}$ เมตรต่อวินาที ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาทดลองต่อไปอีกจนเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าในดินชั้นบนที่ระดับความลึกเดียวกันมีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านในดินเพิ่มขึ้นจาก 1.2 $x10^{-7}$ เมตรต่อวินาที เป็น 3.0 $x10^{-7}$ เมตรต่อวินาที ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากการศึกษานี้ได้ใช้เวลาในการทดลองมากขึ้น การเพิ่มขึ้นของความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดินในแต่ละตำรับทดลองน่าที่จะให้ผลของการศึกษาที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย

6.1.2 **อัตราการแพร่กระจายของออกซิเจน** (Oxygen diffusion rate)

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของยิปซัมต่ออัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในดิน พบว่าในตำรับทดลองที่มีการผสมกับยิปซัมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตรา 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ มีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเฉลี่ยเท่ากับ 32.27 30.66 และ 32.27 $x10^{-8}$ กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของรากพืช นั่นคือดินที่มีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนอยู่ในช่วง 20-30 $x10^{-8}$ กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที จะไม่มีปัญหาเรื่องการถ่ายเทอากาศในดินเกิดขึ้น (Stolzy and Letey, 1964) ในขณะที่ดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ไม่ได้มีการผสมกับยิปซัมมีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเพียง $14.34x10^{-8}$ กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19) การที่ดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ผสมกับยิปซัมมีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเพิ่มขึ้นสามารถอธิบายได้ว่าเป็นผลเนื่องมาจากการที่ Ca^{2+} เข้าไปแทนที่ Na^{+} บนผิวอนุภาคดิน ซึ่งจะช่วยลดความแน่นทึบของดินลง ทำให้อนุภาคดินมีการเกาะตัวกันดีขึ้น มีการเพิ่มขึ้นของขนาดและปริมาณของช่องว่างในดิน จึงทำให้ดินมีการระบายอากาศดีขึ้น

และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างอัตราของยิปซัมที่ใช้ผสมต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในดิน พบว่าการเพิ่มขึ้นของอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง เนื่องจากการใช้ยิปซัมเพื่อช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินนั้นจะต้องใช้เวลานานมากซึ่งระยะเวลาในการดำเนินการทดลองในครั้งนี้ค่อนข้างมีระยะเวลาจำกัด และยิปซัมเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างช้า ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่ากลไกการเกิดปฏิกิริยาของยิปซัมในแต่ละตำรับการทดลองอาจจะยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ ทำให้การเพิ่มขึ้นของอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

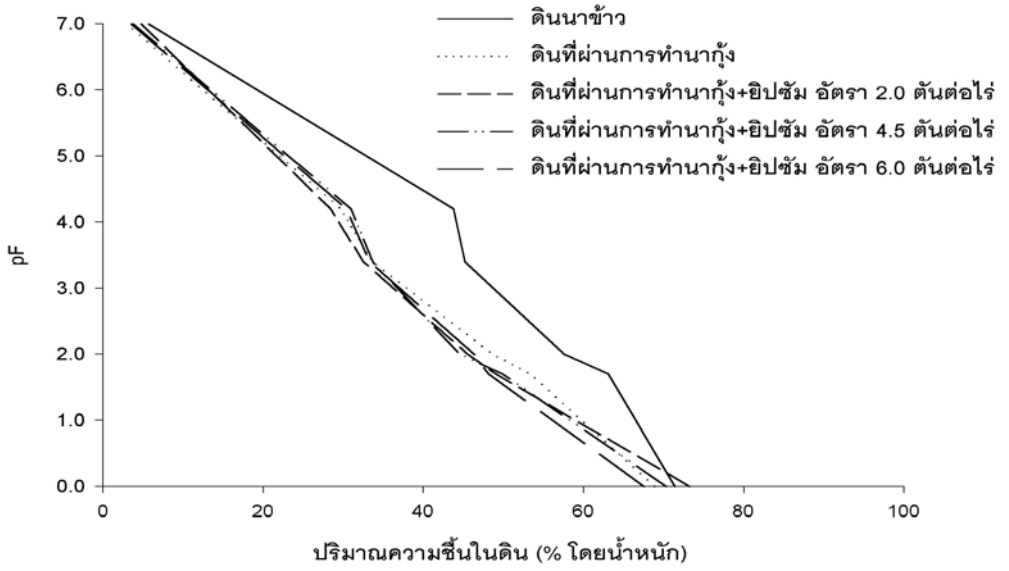
6.1.3 **ความต้านทานการชอนไชของรากพืช** (Resistance to penetration)

จากผลการทดลอง พบว่าในตำรับทดลองที่มีการผสมยิปซัมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตรา 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชที่ระดับความดัน 10 kPa คือ 110.53 105.63 และ 110.53 kPa ตามลำดับ ในขณะที่ดินนาข้าวเดิมและดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ไม่ได้มีการผสมกับยิปซัม มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืช 154.93 และ 120.63 kPa ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างอัตราของยิปซัมที่ใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งใน

อัตราต่าง ๆ กัน คือ 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ พบว่าค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง ซึ่งจากการศึกษาของ Taylor and Burnett (1964) พบว่าในดินที่มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชมากกว่า 2,500 kPa จะมีผลกระทบต่อความสามารถในการชอนไชของรากพืช ทำให้รากพืชมีความสามารถในการชอนไชลดลง แต่ค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชทั้งในส่วนของดินนาข้าวและดินที่ผ่านการทำนากุ้งมีค่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งในแง่ของความต้านทานการชอนไชของรากพืชจึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากพืช

6.1.4 **ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช** (Plant available water)

เมื่อพิจารณาแนวโน้มของเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินที่ระดับความดันต่าง ๆ กัน (ภาพที่ 11) พบว่าในตำรับทดลองที่มีการผสมกับยิปซัมในอัตรา 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 17.27 14.28 และ 17.12 % ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิม ซึ่งมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพียง 9.72 % ตามลำดับ จึงน่าจะเป็นผลจากการลดลงของปริมาณ Na^{+} ในดินที่เกิดขึ้นจากการแทนที่ของ Ca^{2+} จากยิปซัม ทำให้อนุภาคเกาะกันได้ดีขึ้น ดินจึงมีเริ่มโครงสร้างดีขึ้น มีการกระจายขนาดของช่องว่างเพิ่มมากขึ้น และมีความต่อเนื่องของช่องว่างในดินรวมทั้งปริมาณช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ดินมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างอัตราของยิปซัมที่ใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตราต่าง ๆ กัน คือ 2.0 4.5 และ 6.0 ตันต่อไร่ พบว่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่เพิ่มขึ้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละตำรับทดลอง เนื่องจากการใช้ยิปซัมเพื่อช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินนั้นจะต้องใช้เวลานานมากซึ่งระยะเวลาในการดำเนินการทดลองในครั้งนี้ค่อนข้างมีระยะเวลาจำกัด และยิปซัมเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ค่อนข้างช้า ซึ่งอาจจะเป็นไปได้ว่ากลไกการเกิดปฏิกิริยาของยิปซัมในแต่ละตำรับการทดลองอาจจะยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน



ภาพที่ 11 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินของดินนาข้าวและดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ผสมกับยิปซัมในอัตราต่าง ๆ กัน ที่ระดับความดันต่าง ๆ

6.2 การฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งโดยการใช้เวอร์มิคิวไลต์

6.2.1 ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดิน (Saturated hydraulic conductivity)

จากผลการทดลอง พบว่าในตำรับทดลองที่มีการผสมดินที่ผ่านการทำนากุ้งกับเวอร์มิคิวไลต์ในอัตราต่าง ๆ นั้น มีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้สูงขึ้นมากเมื่อเปรียบเทียบกับดินนาข้าวและดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 20) คือในตำรับทดลองที่มีการผสมเวอร์มิคิวไลต์ในอัตรา 12.5 25.0 และ 50.0 % โดยปริมาตร มีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดินเพิ่มขึ้นเป็น 0.086 0.127 และ 0.213 เมตรต่อวัน ในขณะที่ดินนาข้าวและดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิม มีค่าสัมประสิทธิ์ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เพียง 0.051 และ 0.036 เมตรต่อวัน ตามลำดับ โดยปกติในดินที่ใช้ในการทำการเกษตรทั่วไปที่มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ > 0.1 เมตรต่อวัน มักจะไม่ค่อยมีปัญหาน้ำท่วมขังในพื้นที่เกิดขึ้นเป็นเวลานาน ๆ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) เวอร์มิคิวไลต์จึงทำหน้าที่เสมือนเป็นสารเชื่อมให้อนุภาคดินรวมตัวกันเป็นก้อนดิน

(soil aggregation) เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น และจะทำให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง ซึ่งจากผลการวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดินที่ผ่านการทำนากุ้งภายหลังจากที่มีการผสมกับเวอร์มิคิวไลต์ พบว่าดินมีความหนาแน่นรวมลดลง คือในตำรับทดลองที่มีการผสมเวอร์มิคิวไลต์ 12.5 25.0 และ 5.0 % โดยปริมาตร มีค่าความหนาแน่นรวมเป็น 1.65 1.45 และ 1.25 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิมมีค่าความหนาแน่นรวมสูงถึง 1.78 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 20 สมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ผสมกับเวอร์มิคิวไลต์ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	ดินนาข้าว	ดินที่ผ่านการทำนากุ้ง	อัตราเวอร์มิคิวไลต์ที่ใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้ง (% โดยปริมาตร)		
			12.5	25.0	50.0
ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ (m/day)	0.051d	0.036e	0.086c	0.127b	0.213a
อัตราการแพร่กระจายของออกซิเจน ($x10^{-8}$ g/cm^2/min)	37.29a	14.34d	41.96bc	47.33b	105.09a
ความต้านทานการชอนไชของรากพืช (kPa)	154.93a	120.63b	110.53c	67.69d	29.70e
ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (%)	13.82d	9.72e	18.86c	29.80b	50.67a

หมายเหตุ ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

6.2.2 **อัตราการแพร่กระจายของออกซิเจน** (Oxygen diffusion rate)

เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิภาพของเวอร์มิคิวไลต์ต่ออัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในดิน พบว่าในตำรับทดลองที่มีการผสมเวอร์มิคิวไลต์ในอัตรา 12.5 25.0 และ 50.0 % โดยปริมาตร จะมีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในดิน $41.96x10^{-8}$ $47.33x10^{-8}$ และ $105.09 x10^{-8}$ กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ในขณะที่ดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิมมีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนเพียง $14.34x10^{-8}$ กรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เวอร์มิคิวไลต์จึงทำหน้าที่เสมือนเป็นสารเชื่อมให้อนุภาคดินรวมตัวกันเป็นก้อนดินเพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น การที่อนุภาคดินมีการเกาะตัวกันเป็นเม็ดดินได้มากขึ้นจะทำให้มีการเพิ่มขึ้นของขนาดและปริมาณของช่องว่างในดิน ในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่น้ำจะ

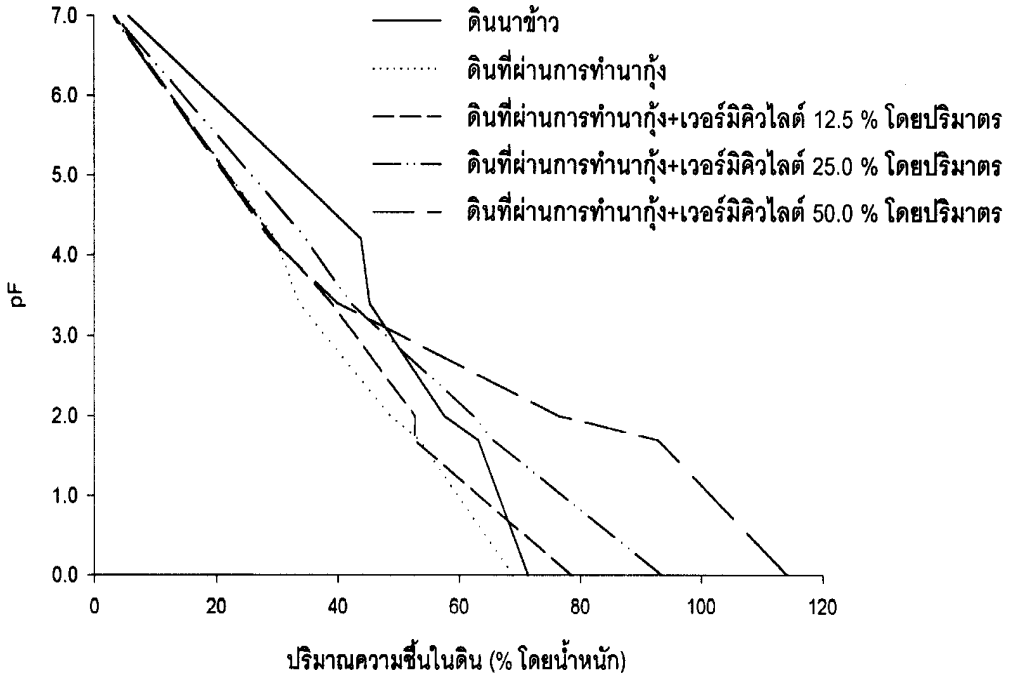
สามารถซึมผ่านลงสู่ดินได้เร็วขึ้น และเมื่อน้ำระบายออกจากช่องนั้นหมด อากาศจากภายนอกสามารถเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างนั้นได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้ดินมีการระบายอากาศดีขึ้น

6.2.3 **ความต้านทานการชอนไชของรากพืช** (Resistance to penetration)

จากผลการทดลอง พบว่าตำรับทดลองที่มีการผสมเวอร์มิคิวไลต์กับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตรา 12.5 25.0 และ 50.0 % โดยปริมาตร มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชที่ระดับความดัน 10 kPa ลดลง คือมีค่า 110.53 67.69 และ 29.70 kPa ตามลำดับ ในขณะที่ดินนาข้าวเดิมและดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ไม่ได้มีการผสมกับเวอร์มิคิวไลต์ มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืช 154.93 และ 120.63 kPa ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 20) และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบถึงความแตกต่างระหว่างอัตราของเวอร์มิคิวไลต์ที่ใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตรา พบว่าในตำรับทดลองที่ผสมกับเวอร์มิคิวไลต์ในอัตรา 50.0 % โดยปริมาตร จะมีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชต่ำสุด ซึ่งจากการศึกษาของ Taylor and Burnett (1964) พบว่าในดินที่มีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชมากกว่า 2,500 kPa จะมีผลกระทบต่อความสามารถในการชอนไชของรากพืช ซึ่งจากผลการศึกษาที่ได้ดินมีค่าความต้านทานการชอนไชของรากพืชอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งในส่วนของความต้านทานการชอนไชของรากพืชจึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของรากพืช

6.2.4 **ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช** (Plant available water)

ในตำรับทดลองที่มีการผสมกับเวอร์มิคิวไลต์ในอัตรา 12.5 25.0 และ 50.0 % โดยปริมาตร มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช 18.86 29.80 และ 50.67 % ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินนาข้าวและดินที่ผ่านการทำนากุ้งเดิมที่มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพียง 13.82 และ 9.72 % ตามลำดับ เนื่องจากเวอร์มิคิวไลต์เป็นสารปรับปรุงดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงจึงสามารถเก็บความชื้นได้มาก ดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่มีการผสมกับเวอร์มิคิวไลต์จึงมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาแนวโน้มของเส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินที่ระดับความดันต่าง ๆ กัน (ภาพที่ 12) พบว่าในตำรับทดลองที่ผสมดินที่ผ่านการทำนากุ้งกับเวอร์มิคิวไลต์ในอัตรา 50.0 % โดยปริมาตร ดินจะมีโครงสร้างดีขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเวอร์มิคิวไลต์จะทำหน้าที่เสมือนเป็นสารเชื่อมให้อนุภาคดินรวมตัวกันเป็นก้อนดินเพิ่มขึ้น ทำให้ดินมีขนาดของช่องว่างที่แตกต่างกัน มีการกระจายขนาดของช่องว่างมากขึ้น และมีความต่อเนื่องของช่องว่างในดินรวมทั้งปริมาณช่องว่างในดินเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 12 เส้นอัตลักษณ์ของน้ำในดินของดินนาข้าว และดินที่ผ่านการทำนากุ้งที่ผสมกับเวอร์มิคิวไลต์ในอัตราต่าง ๆ กัน ที่ระดับความดันต่าง ๆ กัน

6.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การทดลองใช้ยิปซัมผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตราต่าง ๆ กันนั้น พบว่าสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น คือดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เร็วขึ้น มีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในดินเพิ่มขึ้น และมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในการศึกษาทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าอัตราที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการผสมกับดินควรเป็นเท่าไร ซึ่งอาจจะเป็นเพราะยิปซัมเป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ช้ามากจึงจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในทดลองนาน ในการศึกษาทดลองครั้งนี้มีระยะเวลาที่ค่อนข้างจำกัดและเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ จึงอาจเป็นไปได้ว่าการทำปฏิกิริยาของยิปซัมอาจยังเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์และทั่วถึง

ส่วนการนำเวอร์มิคิวไลต์มาใช้ผสมกับดินที่ผ่านการทำนากุ้งในอัตราต่าง ๆ กันนั้น พบว่าทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกอัตราที่ใช้ผสม กล่าวคือดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้เร็วขึ้น มีอัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนในดินเพิ่มขึ้น และมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงขึ้น การที่เวอร์มิคิวไลต์ช่วยเพิ่มความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ของดินจะช่วยให้การชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดินบนเกิดขึ้นได้เร็วขึ้น เวอร์มิคิวไลต์จึงเป็นสารปรับปรุงดินที่มีศักยภาพต่อการที่จะนำมาใช้ในการฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในอนาคต

การใช้เวอร์มิคิวไลต์และยิปซัมในการศึกษานี้เป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการซึ่งมีสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (physical environment) แตกต่างจากสภาพจริง ๆ ในสนามมาก ดังนั้นจึงควรที่จะนำเวอร์มิคิวไลต์และยิปซัมไปทดลองปรับปรุงดินที่ผ่านการทำนากุ้งภายใต้สภาพความเป็นจริงในสนามก่อนที่จะเผยแพร่ให้เกษตรกรได้นำไปใช้ในการพัฒนาและฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งต่อไป

6.4 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาแนวทางในการพัฒนาและฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ได้มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ดินที่ผ่านการทำนากุ้งในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ถึงแม้ว่าจะมีพื้นที่เพียงร้อยละ 1.03 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด แต่การพัฒนาและฟื้นฟูพื้นที่ดังกล่าวเป็นสิ่งที่ควรจะต้องดำเนินการ ทั้งนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของทรัพยากรดินและน้ำและสภาพแวดล้อมในพื้นที่เป็นอย่างมาก ในส่วนของทรัพยากรดินนั้นพบว่าดินมีความเค็มมาก มีความหนาแน่นรวมสูง มีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านช้ามาก มีปริมาณช่องว่างในดินน้อย อัตราการแพร่กระจายของออกซิเจนต่ำ และมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยมาก ซึ่งทำให้ดินมีศักยภาพที่ไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการเพาะปลูก นอกจากนั้นยังพบว่าคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่ที่ทำนากุ้งมีความเค็มสูงมาก มีปริมาณออกซิเจนที่ละลายได้ต่ำ และมีค่าบีโอดีสูง ซึ่งเป็นเหตุให้แหล่งน้ำเกิดภาวะมลพิษและเน่าเสีย ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อสภาวะแวดล้อม จึงควรที่จะสนับสนุนให้มีการดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

- ส่งเสริมให้เกษตรกรทำการเลี้ยงกุ้งอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ เช่น ทำการเลี้ยงโดยใช้ระบบปิดหมุนเวียน (พิษณุ และ มานพ, 2543)

- ให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับระบบการจัดการคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอก เช่น ควรมีการสร้างบ่อพักน้ำ บ่อตากเลน แนวคันดินหรือคูคลองเพื่อใช้เป็นแนวป้องกันการแพร่กระจายความเค็มของน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งไปยังพื้นที่เกษตรข้างเคียง

- ให้คำปรึกษาแนะนำในการแก้ปัญหาการเลี้ยงกุ้งอย่างเป็นระบบเช่น การเตรียมบ่อและบำบัดดินก้นบ่อให้มีคุณภาพดีขึ้นก่อนที่จะปล่อยกุ้งลงเลี้ยงในรุ่นต่อไป

- มีการควบคุมการให้อาหารกุ้งและการใช้สารเคมี รวมไปถึงวิธีการจัดการกับตะกอนเลนและคุณภาพน้ำทิ้งจากบ่อเลี้ยงกุ้งอย่างถูกวิธีก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

- แนะนำให้เกษตรกรปลูกพืชทนเค็มประเภทไม้ยืนต้นในพื้นที่ที่ผ่านการทำนากุ้ง เช่น ชมพู่ มะขาม มะพร้าว ละมุด ฝรั่ง โกงกาง เสม็ด เป็นต้น ซึ่งนอกจากจะเป็นประโยชน์ในเชิงเศรษฐกิจแล้ว ยังเป็นการรักษาสุนทรียภาพของพื้นที่อีกทางหนึ่ง

2. การพัฒนาและฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยการใช้ยิปซัมผสมคลุกเคล้าลงไปในดินพบว่าทำให้สมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ผ่านการทำนากุ้งในพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น แต่การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงควรที่จะมีการสนับสนุนให้มีการดำเนินการทดลองถึงประสิทธิภาพของยิปซัมในสนาม ซึ่งเป็นการดำเนินการทดลองภายใต้สภาวะแวดล้อมในพื้นที่จริง เพื่อให้การทำปฏิกิริยาของยิปซัมกับดินเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ครบถ้วน

3. การนำเวอร์มิคิวไลต์มาใช้ปรับปรุงดินที่ผ่านการทำนากุ้ง พบว่าทำให้ดินที่ผ่านการทำนากุ้งมีสมบัติทางฟิสิกส์ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกอัตราที่ใช้ผสม เวอร์มิคิวไลต์จึงเป็นสารปรับปรุงดินที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้ในการฟื้นฟูดินที่ผ่านการทำนากุ้งในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องอาทิเช่น กรมพัฒนาที่ดิน กรมวิชาการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร กรมชลประทาน ควรที่จะมีการนำเวอร์มิคิวไลต์ไปศึกษาทดลองถึงประสิทธิภาพของเวอร์มิคิวไลต์ในสนาม โดยอาจเพิ่มอัตราของเวอร์มิคิวไลต์ที่ใช้ให้มีความหลากหลายมากขึ้นก่อนที่จะมีการแนะนำให้เกษตรกรนำไปใช้ต่อไป