



รายงานฉบับสมบูรณ์

สัญญาเลขที่ RDG4620033

โครงการ

การแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้และการตายของต้นลำไยที่
เกี่ยวเนื่องกับการใช้สารคลอเรต

รศ. สมชาย องค์กรประเสริฐ

นายวินัย วิริยะอลงกรณ์

นางนงลักษณ์ ปุระณะพงษ์

ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คำนิยม

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยอย่างยิ่ง ที่ให้โอกาสแก่คณะผู้วิจัยได้ทำการวิจัยโครงการนี้ ขอขอบคุณอย่างยิ่งเช่นกัน แด่ รศ. ดร. จันทรรัตน์ เรียวเดชะ ผู้อำนวยการฝ่ายเกษตร (ฝ่าย 2) และ รศ. ดร. จริ่งแท้ ศิริพานิช ผู้จัดการเครือข่ายวิจัยและพัฒนาพืชสวนที่ให้ความกรุณาติดตามงานและให้คำชี้แนะตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ

ผู้บริหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะผลิตกรรมการเกษตร และภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อมก็เป็นผู้ที่คณะผู้วิจัยต้องแสดงความขอบคุณเช่นกัน ที่ได้กรุณาให้ความสะดวกต่างๆ ทั้งในเรื่องอาคารสถานที่และเวลาในการทำวิจัย

ศาสตราจารย์ ดร.สุรนนท์ สุภัทรพันธุ์ กรุณาให้คำแนะนำด้านงานวิจัยเกี่ยวกับคลอเรดแก่คณะนักวิจัยเป็นพิเศษ ดังจดหมายส่วนตัวที่ท่านกรุณามีถึงหัวหน้าโครงการ มีหลายเรื่องเกินความสามารถของคณะนักวิจัย คณะนักวิจัยขอสำนึกในพระคุณของท่านเป็นอย่างยิ่ง และขออนุญาตนำจดหมายของท่านลงไว้เป็นภาคผนวกที่ 6 เพื่อว่าอาจจะมิผู้มีความสามารถสนใจปัญหาที่ท่านยังไม่ได้คำตอบ

คุณ ทวีศิลป์ วิโสภา และคุณนัฐวรา แสงอรุณ นักศึกษาปริญญาโท ผู้ทำวิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้ คุณวราภรณ์ ภูมิพิพัฒน์ และคุณนุจริย์ พรหมโสภา ทั้ง 2 คนเป็นผู้วิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชจำนวนมากตลอดงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณและบันทึกชื่อไว้ในรายงานนี้

เจ้าของสวนลำไย 42 สวนที่ถูกเลือกเป็นตัวแทนสวนลำไยในการวิจัยนี้ ได้กรุณาอนุญาตให้คณะผู้วิจัยใช้พื้นที่เก็บตัวอย่างดินและให้ข้อมูลและข้อคิดต่างๆ ตั้งแต่ก่อนเริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการ คณะผู้วิจัยรู้สึกเป็นหนี้บุญคุณของทุกท่านอย่างยิ่ง

กลุ่มคนสุดท้ายที่ต้องแสดงความขอบคุณคือครอบครัวของคณะผู้วิจัย ที่ต้องได้รับแรงกดดันจากการทำงานหนักของคณะผู้วิจัย แต่ก็คอยให้กำลังใจแก่คณะผู้วิจัยตลอดเวลา

สารบัญ

	หน้า
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	1
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
บทที่ 1 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1. การใช้ประโยชน์จากคลอเรต	5
2. ความเป็นพิษของคลอเรต	5
3. การเคลื่อนที่และผลตกค้างของคลอเรตในดิน	7
4. จุลินทรีย์ย่อยสลายคลอเรต	7
5. การเปลี่ยนแปลงของคลอเรตและไนเตรตในดินที่มีน้ำขัง	8
6. ผลการวิจัยการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม	8
บทที่ 2 การเร่งการสลายตัวของคลอเรตด้วยสารละลายกากน้ำตาลในสภาพสวนลำไย	10
1. คำนำ	
2. วัตถุประสงค์	10
3. การทดลองในห้องปฏิบัติการ	10
4. การทดลองในสวนลำไย	11
5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	12
บทที่ 3 การสำรวจการจัดการสวนและติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างในดิน	14
1 คำนำ	14
2 วัตถุประสงค์	14
3 อุปกรณ์และวิธีการ	14
4 ผลการศึกษา	15
4.1 การจำแนกประเภทสวน	15
4.2 คุณสมบัติพื้นฐานของดิน	16
4.3 อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรต	21
4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอก	21
4.5 ปริมาณคลอเรตตกค้างและการเคลื่อนที่	26
5. สรุปผลการสำรวจการจัดการสวนและติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างในดิน	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การติดตามการสะสมและเคลื่อนที่ของคลอเรตตกค้างในแปลงทดลอง	42
1. คำนำ	42
2. วัตถุประสงค์	42
3. อุปกรณ์และวิธีการ	42
4. ลักษณะพื้นที่ศึกษา	43
5. ผลการศึกษา	43
5.1 สมบัติของหน้าตัดดินที่ใช้ศึกษา	43
5.2 การตกค้างของคลอเรตที่ราดกลางฤดูฝน 2 ครั้ง	44
5.3 การตกค้างของคลอเรตที่ราดปลายฤดูแล้ง 2 ครั้ง	46
5.4 การเปรียบเทียบระหว่างการราดกลางฤดูฝนกับการราดปลายฤดูแล้ง	55
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	55
บทที่ 5 การแก้การตายจากน้ำท่วมขังของต้นลำไยบางต้นที่เคยได้รับคลอเรต	57
1. คำนำ	57
2. วัตถุประสงค์	57
3. การสลายตัวของคลอเรตและไนเตรตในดินในสภาพน้ำขัง	55
4. การทดลองในกระถางเพื่อศึกษาการตายของต้นลำไยที่ได้ในดินที่มี pH 5 และ 7	59
5. การสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไย	61
6. pH ดินของต้นลำไยปกติและต้นตาย	62
7. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	62
บทที่ 6 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการชักนำการออกดอกของลำไยโดยสารคลอเรต	64
1. คำนำ	64
2. วัตถุประสงค์	64
3. การเตรียมต้นลำไยสำหรับการทดลอง	64
4. ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรต ในการกระตุ้นการออกดอกของลำไย	65
4.1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรตใน “น้ำ” ในการกระตุ้นการออกดอก	65
4.2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรตใน “สารละลายธาตุอาหาร” สำหรับฤดูฝน	67
4.3 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรตใน “สารละลายธาตุอาหาร” สำหรับฤดูร้อน	70
4.4 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรตใน “สารละลายธาตุอาหาร” สำหรับฤดูหนาว	74
4.5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองความเข้มข้นที่เหมาะสม	75
5. อิทธิพลของธาตุอาหารต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต	76
5.1 อิทธิพลของฟอสเฟตต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต	76
5.2 อิทธิพลของไนเตรตต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต	81

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6. อิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต	86
6.1 pH ของสารละลายคลอเรตและธาตุอาหาร	86
6.2 การพรางแสง	91
6.3 การได้รับคลอเรตมาก่อน	94
6.4 ระยะเวลาที่รากลำไยสัมผัสสารละลายคลอเรต	95
7. สรุปผลการทดลอง	97
บทที่ 7 ปริมาณประชากรและความสามารถของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายของคลอเรต	99
1. คำนำ	99
2. วัตถุประสงค์	99
2. การหาปริมาณจุลินทรีย์	99
3. การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายโพแทสเซียมคลอเรตของเชื้อจุลินทรีย์	100
4. สรุปและ วิจารณ์ผลการทดลอง	100
บทที่ 8 การสลายตัวของคลอเรตในดินชั้นล่างเปรียบเทียบกับดินชั้นบน	102
1. คำนำ	102
2. วัตถุประสงค์	102
3. อุปกรณ์และวิธีการ	102
4. ลักษณะของพื้นที่ศึกษา	103
5. ผลการทดลอง	103
6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	105
บทที่ 9 สรุปผลการวิจัยและคำแนะนำ	109
เอกสารอ้างอิง	112
ภาคผนวกที่ 1 สูตรผสมสารละลายธาตุอาหารสำหรับเลี้ยงต้นลำไย ในกระถางทราย ตลอดจนงานวิจัย	114
ภาคผนวกที่ 2 การหาวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- ที่ละเอียด แม่นยำ และวิเคราะห์ได้ครั้งละจำนวนมาก	115
ภาคผนวกที่ 3 บทความ “คลอเรตกับสวนลำไย: ความคืบหน้าของงานวิจัย”	122
ภาคผนวกที่ 4 การเสนอรายงานภาค Poster ใน 18th World Congress of Soil Science	125
ภาคผนวกที่ 5 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์	127
ภาคผนวกที่ 6 จดหมายแนะนำจากศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ สุภัทรพันธุ์	129
ภาคผนวกที่ 7 ภาพประกอบ	131
ภาคผนวกที่ 8 ตารางสรุปกิจกรรม	135

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

Executive Summary

เหตุผลและหลักการ

ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เกษตรกรใช้เพื่อชักนำการออกดอกของลำไยในปีแรกๆ อยู่ระหว่าง 200 – 500 กรัมต่อต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 เมตร ซึ่งเป็นปริมาณตามคำแนะนำ. จากการติดตามปริมาณที่ตกค้างในดินพบว่าการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์อัตรานี้ มีผลกระทบระยะสั้นเฉพาะในแนวรากคลอไรด์เท่านั้น. ต่อมาเกษตรกรจำนวนมากพบว่าการออกดอกของลำไยไม่ดีเมื่อมีการใช้คลอไรด์หลายปี จึงเพิ่มอัตราการใช้สารคลอไรด์เป็นระหว่าง 1,000 – 1,500 กรัมต่อต้น ซึ่งก็ไม่ค่อยได้ผลดีตามที่คาดหวัง ทั้งยังอาจก่อปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นลำไย เช่นพบว่ามีต้นลำไยในที่ลุ่มตายแบบเฉียบพลันหลังจากได้รับสารคลอไรด์แล้วมีน้ำท่วมหรือน้ำขัง. การวิจัยนี้ดำเนินการเพื่อ 1) กำหนดแนวทางการแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารคลอไรด์ในสวนลำไย 2) ติดตามการตกค้างของคลอไรด์ในดินจากการที่อัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้นมากและกำหนดแนวทางลดผลกระทบ และ 3) กำหนดแนวทางป้องกันการตายของต้นลำไยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารคลอไรด์. กิจกรรมหลักของการวิจัยนี้ประกอบด้วย ศึกษาอิทธิพลปัจจัยต่างๆ ต่อความสามารถชักนำการออกดอกของลำไยของสารคลอไรด์ในสภาพสวนลำไยและในการทดลองในโรงเรือน ติดตามปริมาณคลอไรด์ตกค้างในดินในสภาพสวนลำไยและในการทดลอง ศึกษาอิทธิพลปัจจัยต่างๆ ต่อการสลายตัวของสารคลอไรด์ในดิน สำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยในที่ลุ่มและศึกษาสาเหตุการตาย และศึกษาปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอไรด์ในสภาพ aerobic.

ผลการวิจัยและคำแนะนำ

การแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารคลอไรด์ในสวนลำไย

อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ของชาวสวนลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนเพิ่มขึ้นโดยตลอด. ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ต่อต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2547 เท่ากับ 350 413 836 1,004 1,206 1,424 และ 1,412 กรัม/ต้น ซึ่งพบว่าในสวนที่ใช้มาก ในปี พ.ศ. 2546 และ 2547 ใช้มากถึง 4 – 6 เท่าของคำแนะนำ. เพื่อให้สามารถชักนำการออกดอกด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องใช้อัตราการใช้เพิ่มขึ้น เกษตรกรต้องปฏิบัติและไม่ปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. ไม่ต้องเตรียมดินลำไยด้วยปุ๋ยทางดินหรือทางใบที่มีฟอสฟอรัสสูง ซึ่งมักมีราคาแพง เพราะไม่ช่วยให้ต้นลำไยออกดอกดีขึ้น.
2. ต้องไม่ให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากในระยะใกล้กับการให้สารคลอไรด์เพื่อชักนำการออกดอก เพราะจะทำให้มีการออกดอกน้อยลง.
3. การใส่คลอไรด์เพื่อชักนำการออกดอกในฤดูฝนต้องหลีกเลี่ยงจังหวะเวลาที่ท้องฟ้าปิด เพราะจะทำให้การออกดอกไม่ดี แม้ว่าจะใช้คลอไรด์มากขึ้นก็ตาม เนื่องจากแสงไม่พอ. นอกจากนี้จังหวะเวลาที่ท้องฟ้าปิดก็อาจจะมีฝนตกหนัก ที่จะส่งผลให้คลอไรด์เคลื่อนที่ลงสู่ดินชั้นล่างอย่างรวดเร็วด้วย.
4. เมื่อชักนำให้ต้นลำไยออกดอกด้วยสารคลอไรด์หลายปีติดต่อกันแล้ว ต้องเว้นจังหวะการใช้สารคลอไรด์กับต้นลำไยบ้าง เพราะพบว่าการได้รับคลอไรด์ต่อเนื่องหลายครั้งทำให้ประสิทธิภาพการชักนำการออกดอกลดลง.
5. การให้คลอไรด์แบบแบ่งให้วันละน้อยๆ หลายวันติดต่อกัน เป็นทางเลือกหนึ่งในการชักนำการออกดอก ที่ได้ผลดี โดยเฉพาะในฤดูฝนจะช่วยลดความเสี่ยงที่คลอไรด์จะถูกชะล้างและภาวะท้องฟ้าปิดจากการมีพายุเข้า.

6. อัตราการใช้คลอเรตเพื่อชักนำการออกดอกในสภาพสวนลำไยในฤดูร้อนต้องมากกว่าในฤดูหนาว. ส่วนในฤดูฝนก็ควรจะมากกว่าในฤดูหนาวด้วย แม้ว่าอัตราที่เหมาะสมในการทดลองในกระถางจะเท่ากัน เนื่องจากในสภาพสวนลำไยต้องคำนึงถึงความเสี่ยงในการถูกชะล้างด้วยฝนด้วย.

7. การจัดการสวนที่เหมาะสม ได้แก่การตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่ง การให้น้ำที่เหมาะสม จนต้นลำไยมีสภาพต้นที่พร้อม เป็นปัจจัยที่มีผลให้การชักนำด้วยคลอเรตได้ผลดี ทั้งกับต้นลำไยอายุน้อยและอายุมาก.

8. สำหรับภาคราชการควรปรับอัตราแนะนำการใช้โพแทสเซียมคลอเรตในสวนลำไยทั่วไปเป็น 20 กรัมต่อตารางเมตร ของพื้นที่ทรงพุ่ม แทนอัตรา 10 กรัมต่อตารางเมตร ที่ได้แนะนำไว้เมื่อ พ.ศ. 2542.

การตกค้างของคลอเรตในดินจากการใช้อัตราการใช้สารคลอเรตเพิ่มขึ้นมากและแนวทางลดผลกระทบ

ดินบนพื้นที่ที่มีการใช้โพแทสเซียมคลอเรตมาอย่างต่อเนื่อง (5 ปีจากผลการศึกษา) มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายคลอเรตอยู่มาก. ในกลุ่มดินร่วนและดินเหนียวแม้จะใช้คลอเรตด้วยอัตราที่สูงประมาณ 4-6 เท่าของคำแนะนำ (40-60 กรัม/ม²ของพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม) ก็พบคลอเรตตกค้างอยู่ในดินภายในความลึก 100 ซม. และสลายตัวหมดในเวลา 1 รอบปี จึงไม่สะสมในระยะยาว. ในกลุ่มดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ที่ระบายน้ำได้ดี เมื่อใช้คลอเรตด้วยอัตราที่สูงดังกล่าวแม้จะผ่านไปครบรอบปี ก็ยังพบคลอเรตตกค้างที่ความลึกเกิน 100 ซม. ในดินเช่นนี้คลอเรตตกค้างจะเคลื่อนที่ลงลึกเกิน 100 ซม. ภายในเวลา 5-6 เดือน. ปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสลายตัวของคลอเรตในดินมากที่สุด. เมื่อคลอเรตที่ตกค้างในดินชั้นล่างที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าประมาณ 0.2 % นี้จะสลายตัวต่อไปอย่างช้ามาก จึงมีความเสี่ยงที่จะมีคลอเรตตกค้างนี้จะปนเปื้อนในน้ำใต้ดินในอนาคต. เพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าวเกษตรกรต้องปฏิบัติและไม่ปฏิบัติดังต่อไปนี้

1. เกษตรกรต้องจัดการเพื่อให้ดินมีอินทรีย์วัตถุสูงอยู่เสมอ ซึ่งก็จะเป็นผลดีเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยตรงด้วย.
2. เกษตรกรต้องไม่ใช้คลอเรตมากกว่า 2 เท่าของคำแนะนำในดินทราย และต้องกำจัดคลอเรตตกค้างด้วยน้ำตาลละลายน้ำด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 60 ภายในเวลาประมาณ 1 เดือนหลังจากใช้ โดยเฉพาะเมื่อใช้ในฤดูฝน. ส่วนในดินร่วนและดินเหนียวอาจจะใช้ได้มากถึง 3 เท่า โดยไม่มีผลตกค้างระยะยาว.

แนวทางป้องกันการตายของต้นลำไยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารคลอเรต.

จากการสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยในกลุ่มในระยะ 2 ปี (2548-49) พบว่ามีต้นลำไยที่ให้ผลแล้วจำนวน 3.60 % ตายแบบเฉียบพลัน ซึ่งเกษตรกรเจ้าของสวนเชื่อว่าการตายนี้เกี่ยวข้องกับการใส่สารคลอเรต. พบว่าโดยเฉลี่ย pH ของดินบริเวณต้นลำไยที่ตายเฉียบพลันต่ำกว่าต้นที่เป็นปรกติในสวนเดียวกัน 0.28 หน่วย. ผลการทดลองในกระถางแสดงให้เห็นว่าเมื่อต้นลำไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลาง (pH ประมาณ 7) แล้วถูกแช่น้ำหลังจากได้รับคลอเรตตายแบบเฉียบพลัน (เหมือนการตายของต้นลำไยที่ถูกน้ำขัง) ภายใน 3 วัน แต่ที่ปลูกในดินที่เป็นกรดปานกลาง (pH ประมาณ 5) การตายลักษณะนี้ลดลงกว่าครึ่ง.

เพื่อลดอัตราการตายของต้นลำไยในกลุ่มที่ถูกน้ำท่วมหลังจากได้รับคลอเรต เกษตรกรต้องรักษาระดับความกรดปานกลางของดินในพื้นที่ดังกล่าวไว้ โดยต้องไม่ใช้ปูนขาวหรือปูนโดโลไมท์โดยไม่วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างและความต้องการปูนของดินเสียก่อน. นอกจากนี้ในพื้นที่เช่นนี้ไม่ควรใช้คลอเรตในฤดูฝน หรือหากจำเป็นต้องใช้ก็ต้องกำจัดคลอเรตตกค้างภายใน 1 เดือน.

บทคัดย่อ

เมื่อพบว่าการออกดอกของลำไยไม่ดีจากมีการใช้คลอเรตซ์หลายปี เกษตรกรจำนวนมากจึงเพิ่มอัตราการใช้สารคลอเรตซ์ขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งก็ไม่ได้ผลดีตามที่คาดหวัง ทั้งยังอาจก่อปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและดินลำไย เช่นพบว่ามีดินลำไยในที่ล้มตายแบบเฉียบพลันหลังจากได้รับสารคลอเรตแล้วมีน้ำท่วมหรือน้ำขัง. การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้สารคลอเรตในสวนลำไย ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการที่อัตราการใช้สารคลอเรตเพิ่มขึ้น และกำหนดแนวทางลดผลกระทบ และป้องกันการตายของต้นลำไยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารคลอเรต. หัวข้อการวิจัยประกอบด้วย การติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างในดิน ศึกษาอิทธิพลปัจจัยต่างๆ ต่อความสามารถชักนำการออกดอกลำไยของสารคลอเรตและต่อการสลายตัวของสารคลอเรตในดิน. นอกจากนี้ยังได้สำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยในที่ลุ่มและศึกษาสาเหตุการตาย และศึกษาปริมาณและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอเรตในสภาพ aerobic.

ผลการวิจัยพบว่า มีคลอเรตที่สลายตัวไม่หมดและเคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นที่ลึกลงไปเรื่อยๆ จากการใช้โพแทสเซียมคลอเรตด้วยอัตราประมาณ 4-6 เท่าของคำแนะนำในดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ระบายน้ำดี. ในดินกลุ่มนี้เมื่อหลังจากการรดแล้ว 5-6 เดือนจะไม่พบคลอเรตตกค้างภายในความลึก 100 ซม. แต่จะพบที่ชั้นดินลึกลงไปจาก 100 ซม. ในดินร่วนและดินเหนียวโดยทั่วไปคลอเรตจะเคลื่อนที่ลงไปในดินลึกไม่เกิน 100 ซม. และจะสลายตัวได้เกือบหมดภายในระยะเวลาไม่เกิน 6-7 เดือนในเกือบทุกสวน. นอกจากนี้ยังพบว่าสลายตัวของคลอเรตที่ใส่ซ้ำที่เดิมเป็นปีที่ 2 เร็วกว่าในปีแรกมาก. ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการย่อยสลายของคลอเรตมากที่สุด โดยคลอเรตจะสลายตัวได้ดีในดินที่มีอินทรีย์วัตถุอย่างน้อยประมาณ 1 % เมื่อดินมีอินทรีย์วัตถุที่น้อยกว่าประมาณ 0.2 % การสลายตัวของคลอเรตลดลงอย่างมาก.

ความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายธาตุอาหาร ที่จะกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ดี คือ 200 มก./ลิตร สำหรับฤดูฝนและฤดูหนาว และ 400 มก./ลิตร สำหรับฤดูร้อน. เมื่อต้นลำไยได้รับคลอเรตเข้มข้นกว่าที่เหมาะสมจะกลายเป็นพิษ ซึ่งมีอาการตั้งแต่ออกดอกน้อยลง และทยอยออกดอกหลายรุ่น โดยไม่แสดงอาการเป็นพิษทางใบและยอด จนถึงใบไหม้และร่วง และไม่ออกดอก. ปริมาณฟอสฟอรัสและ pH ของสารละลายธาตุอาหาร ไม่มีผลให้การออกดอกโดยการชักนำของคลอเรต. การได้รับไนโตรเจนเกินระดับมาตรฐานทำให้ต้นลำไยแตกใบอ่อน และไม่ออกดอกด้วยการชักนำของโพแทสเซียมคลอเรต. การได้รับแสงไม่เพียงพอหลังการได้รับโพแทสเซียมคลอเรตเป็นเวลาเพียง 7 วัน มีผลให้การออกดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ. การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตเกินระดับที่เหมาะสมไม่สามารถชดเชยอิทธิพลของการได้รับแสงไม่เพียงพอ. เมื่อเคยได้รับโพแทสเซียมคลอเรตมาก่อนหลายครั้ง การชักนำการออกดอกในครั้งหลังๆ จะไม่ดี. การแบ่งให้โพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้นต่ำๆ หลายครั้งต่อเนื่องกัน มีผลให้ต้นลำไยออกดอกได้ดีเท่าๆ กับการให้คลอเรตที่เหมาะสมเพียง 2 ครั้ง. การใช้โพแทสเซียมคลอเรตมากขึ้นไม่สามารถแก้ปัญหาการออกดอกไม่ดี. การจัดการสวนและดินที่ดีเท่านั้นที่มีผลให้การออกดอกดี.

ผลการทดลองนำต้นลำไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลาง (pH ประมาณ 7) และที่เป็นกรด (pH ประมาณ 5) ลงแช่น้ำหลังจากได้รับคลอเรต พบว่าในดินที่เป็นกลางต้นลำไยตายอย่างเฉียบพลันทั้งหมดทุกต้น. การตายลักษณะนี้ลดลงกว่าครึ่งในดินที่เป็นกรดปานกลาง. จากการสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยให้ผลแล้วในที่ลุ่มในระยะ 2 ปี (2548-49) พบว่ามีต้นลำไยที่ตายทั้งหมด 7.94 % ในจำนวนนี้ประมาณครึ่งหนึ่ง คือ 3.60 % เป็นการตายแบบเฉียบพลัน ซึ่งเกษตรกรเจ้าของสวนเชื่อว่าการตายนี้เกี่ยวข้องกับการใส่สารคลอเรต. ทั้งกากน้ำตาล น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดงสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดีมาก.

ในดินที่ได้รับคลอเรตติดต่อกันหลายปีมีเชื้อจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายคลอเรตอยู่มาก. แนวความคิดที่ว่าอาจจะต้องแยกเชื้อจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายคลอเรต เพื่อนำมาขยายจำนวนและเพาะเชื้อให้กับดินที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อนจึงไม่จำเป็น.

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ได้กำหนดคำแนะนำเพื่อการจัดการคลอเรตตกค้างในดิน การใช้สารคลอเรตอย่างมีประสิทธิภาพ และการแก้ปัญหาการตายของต้นลำไยเมื่อได้รับคลอเรตแล้วถูกน้ำขัง หลายประการ.

Abstract

Many longan farmers have responded to the unsatisfied flower induction after the repeatedly application of chlorate for several years by increasing the application rates. This practice does not solve the problem but may create more problems on environment and longan orchards, e.g., the suddenly death of the treated trees in lowland after flood. This research was aimed at setting up recommendations for restraining of the application rate of chlorate, environmental impact assessment of chlorate residues and its remedy, and control of the death of the treated trees related to chlorate application. The components of this research are monitor of chlorate residue, study on the factors affecting flower induction of chlorate and degradation of chlorate in soil, survey on the death related chlorate application of the trees and its causes, and the study on the quantity and effective of chlorate degrading microorganisms in aerobic condition.

Significant chlorate residues were found in soil profiles and gradually moving down in soil profiles after the application of potassium chlorate at 4-6 folds of the recommended rate in good drainage sandy soil with low organic matter. Five to six months after application of chlorate in this type of soils its residue was found at the depth below 100 cm, but not within the depth of 100 cm. In general chlorate residue does not move to the depth over 100 cm in loamy and clayey soils. Almost all orchards on these types of soils minor quantity of residues were found after 6-7 months. In addition it was found that the degradation of chlorate applied at the same spot in the second year was faster than that of the first year application. Soil organic matter is the most important factor influencing the degradation rate. Affectively degradation was found in the soil containing approximately 1 % of organic matter. In the soils with less than 0.2 % of organic matter the degradation was very slow.

The appropriate concentration of potassium chlorate in nutrient solution for inducing flower in rainy and cool seasons is 200 mg/l. The appropriate concentration for hot season is 400 mg/l. Toxicity of over concentration ranges from less flowering with several flower sets without leave and apex symptom to leave burn and fall and no flowering. Phosphorous concentration and pH of the nutrient solution do not relate to flower induction. Over concentration of nitrogen induces leave flush and inhibits flowering. Shading for 7 days after application of chlorate significantly reduces flowering. Increasing of chlorate concentration can not compensate the effect of shading. Repeatedly application of chlorate diminishes the response of the trees to chlorate. Split application of chlorate to several times of low concentration results in the comparable flowering as did appropriate concentration. Increasing the application rate of chlorate is not able to solve the problem of diminishing response of the trees to chlorate. Good management of orchard and the trees, collectively, is the only way to achieve good flowering by chlorate.

The experiment on immersion of chlorate treated longan trees grown in pots with the soils of pH 5 and 7 revealed that all the trees grown in the soils of pH 7 suddenly died within 3 - 5 days, but less than half of those grown soil of pH 5 died in the same manner. The survey on the death of mature longan trees in lowlands during 2005-06 shown that percentage of death was 7.94 %. About a half of this, 3.6 %, died suddenly. Owners of the trees were convinced that the death related to the chlorate application. Cane sugar, brown or purified, is able to enhance the decomposition of residue chlorate, as do the molasses.

There many aerobic microorganisms that are able to effectively decompose chlorate residue in the soils repeatedly treated with chlorate. Therefore, it is not necessary to isolate, multiply and inoculate the effective isolates on the soil that never been treated.

Several recommendations for the management of residue chlorate, effective application of chlorate and control of the death related to chlorate of the trees were made from results of the research.

บทที่ 1

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1 การใช้ประโยชน์จากคลอเรต

โซเดียมคลอเรต (NaClO_3) ถูกค้นพบว่ามีพิษต่อพืชและใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชได้ มาตั้งแต่ช่วง ค.ศ. 1915-1925. ต่อมาในปี 1927 มีการผลิตโซเดียมคลอเรตเพื่อใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชในสหรัฐอเมริกา (Thomson, 1992). โซเดียมคลอเรตเป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชประเภท soil sterilant และ non-selective ซึ่งต้องใช้เป็นปริมาณมากจึงกำจัดวัชพืชได้ คือใช้ระหว่าง 80 - 220 กก./ไร่ และควบคุมวัชพืชได้นาน 6 - 12 เดือน. ส่วนใหญ่นิยมใช้กำจัดวัชพืชขึ้นต้นในพื้นที่ที่ไม่เป็นพื้นที่เกษตร เพื่อให้พื้นที่ปราศจากวัชพืชโดยสิ้นเชิงเป็นระยะยาว (Klingman, 1961 และ Crafts and Robbins, 1962). ความนิยมโซเดียมคลอเรตเป็นสารกำจัดวัชพืชมีมากในช่วงปี ค.ศ. 1930 - 1950 หลังจากนั้นก็ลดความนิยมลงมาก เนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพในดินที่อุดมสมบูรณ์สูง และการที่มีคุณสมบัติเป็นสารช่วยติดไฟ. แต่ก็ยังมีการใช้โซเดียมคลอเรตเป็นสารทำให้ใบพืชร่วงหรือเหี่ยว (defoliant) ก่อนเก็บเกี่ยวข้าวและฝ้ายในรัฐแคลิฟอร์เนีย ด้วยอัตรา 0.45 - 1.6 กก./ไร่ (Thomson, 1992 และ Crafts and Robbins, 1962).

เมื่อเร็วๆ นี้มีการค้นพบว่าเมื่อใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตและโซเดียมคลอเรตด้วยอัตราเหมาะสม โดยการโรยสารที่โคนต้นแล้วรดน้ำตามหรือผสมน้ำรดโคนต้น สามารถกระตุ้นให้ลำไยการออกดอกนอกฤดู. พาวัน และคณะ (2542) ได้ทดลองในเดือนพฤศจิกายน 2542 พบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นให้ลำไยพันธุ์ดอให้ออกดอกคือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม โดยทำให้ออกดอกได้เร็วที่สุดภายใน 17 วัน จึงได้กำหนดอัตรานี้เป็นอัตราแนะนำ. Manochai *et al.* (2001) รายงานว่าการให้สารโพแทสเซียมคลอเรตในฤดูหนาวและในฤดูร้อนออกดอกได้มากกว่าการให้สารในฤดูฝน ซึ่งน่าจะมีสาเหตุหนึ่งจากชะล้างของน้ำฝน.

2 ความเป็นพิษของคลอเรต

โซเดียมคลอเรตสามารถฆ่าต้นพืชทุกชนิดยกเว้น moss โดยการทำลาย phloem เพิ่มอัตราการหายใจทำให้อาหารสำรองของพืชหมดไป และลดกิจกรรมของสาร catalyses. นอกจากนี้โซเดียมคลอเรตยังป้องกันการงอกของเมล็ดพืชได้ด้วย (Klingman, 1961). คลอเรตถูกดูดซึมเข้าในต้นพืชได้ทั้งจากทางรากและใบ. เมื่อมีคลอเรตอยู่ด้วยพืชจะดูดกินคลอเรตไปพร้อมกับ NO_3^- (Deane-Drummond and Grass, 1982). เอนไซม์ nitrate reductase ในเซลล์พืชส่วนใหญ่สามารถย่อยสลาย ClO_3^- ที่อยู่ในเซลล์ (in vivo) ให้กลายเป็น ClO_2^- ไปพร้อมกับย่อยสลาย NO_3^- เป็น NO_2^- ซึ่ง ClO_2^- นี้เองที่เป็นพิษต่อเซลล์พืชที่ทดสอบ (LaBrie, Wilkinson and Crowford, 1991). Hofstra (1977) เชื่อว่า ClO_2^- ที่ได้จากการทำงานของ nitrate reductase นี้ยับยั้งการทำงาน (inactivate) เอนไซม์ nitrate reductase ด้วยกลไกที่ยังไม่ทราบแน่ชัด. คลอเรตจึงไม่เป็นพิษต่อเซลล์พืชในทันทีที่เซลล์สัมผัสกับคลอเรต แต่จะค่อยๆ เป็นพิษในเวลาต่อมา. Solomonson and Vennesland (1972) เชื่อว่าความเป็นพิษเกิดจากการที่ ClO_2^- ออกซิไดซ์ nitrate reductase โดยตรง เนื่องจาก ClO_2^- เป็น strong oxidant กว่า ClO_3^- . การที่ nitrate reductase สามารถรีดิวซ์ ClO_3^- ให้เป็น ClO_2^- ได้เหมือนกับที่รีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NO_2^- ทั้ง ClO_3^- และ NO_3^- จึงต่างเป็น competitive inhibitor ของกันและกัน (Solomonson and Vennesland, 1972 และ Nakagawa and Yamashita, 1986). ความเป็นพิษของ ClO_3^- จึงขึ้นอยู่กับปริมาณ NO_3^- ที่เซลล์หรือพืชได้รับพร้อมกับ ClO_3^- .

การมี NO_3^- ในดินมากทำให้ความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรตลดลง (Crafts, 1933). ต้น Arabidopsis ที่ปลูกในสารละลายที่มี NO_3^- เข้มข้น 5 mM เมื่อได้รับ ClO_3^- เข้มข้น 2 mM จะแสดงอาการใบเหลืองภายใน 4 - 5 วันและตายอย่างรวดเร็วในเวลาต่อมา. แต่พืชชนิดเดียวกันนี้ที่ปลูกในสารละลายที่มีแต่เพียง NH_4^+ จะแสดงอาการได้รับพิษของ ClO_3^- ไวขึ้น 100 เท่า คือแสดง

อาการเหมือนที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อมี ClO_3^- เพียง 0.02 mM (Steingrover and Feenstra, 1981). จากรายงานดังกล่าวทำให้จะเชื่อได้ว่า การที่ต้นลำไยที่เคยได้รับคลอเรตมักจะตายง่ายขึ้นเมื่อฝนตกหนักหรือเมื่อมีน้ำท่วมขังสาเหตุหลักน่าจะเนื่องจาก เมื่อดินมีน้ำขังและ เกิดกระบวนการ denitrification ทำให้ไนเตรตหมดไปจากดิน ต้นลำไยจึงไวต่อความเป็นพิษของคลอเรตมากขึ้น นอกเหนือจากการที่รากบางส่วนถูกทำลายและอ่อนแอลง ตามที่เชื่อกันทั่วไป. นอกจากนี้ความเป็นพิษของ ClO_3^- ต่อพืชยังลดลงในดินที่เป็นด่าง (Hurd-Karrer, 1941).

Minotti *et al.* (1969) ศึกษาเกี่ยวกับต้นกล้าของข้าวสาลีที่ขาดไนโตรเจน (nitrogen starved) พบว่า NH_4^+ ชัดขวางการดูดกลืน NO_3^- ทำนองเดียวกัน Dortch and Conway (1984), Blasco and Conway (1982) และ Cresswell and Syrett (1979) ก็พบว่าการมี NH_4^+ อยู่ในน้ำทำให้แฟล่งค์ตอนพืชดูดกลืน NO_3^- ได้น้อยลง. เนื่องจาก ClO_3^- มีพฤติกรรมเหมือน NO_3^- (nitrate analogue) จึงมีเหตุผลที่น่าจะเชื่อว่า NH_4^+ จะขัดขวางการดูดกลืน ClO_3^- ของพืชด้วย. ผลการทดลองเบื้องต้นของ Couture and Roussel (unpublished results) แสดงให้เห็นว่า NH_4^+ ลดความเป็นพิษของ ClO_3^- ต่อแฟล่งค์ตอนพืช. ดังนั้นการมีไนโตรเจนในดินมากทั้งในรูป NO_3^- และ NH_4^+ ต่างมีผลลดความเป็นพิษของคลอเรต.

มีรายงานว่าแสงมีผลให้ความเป็นพิษของคลอเรตต่อต้นข้าวสาลีและถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น (Liljestrom and Aberg, 1966 และ Harper, 1981) ซึ่งยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าความเป็นพิษที่รุนแรงขึ้นนี้เนื่องจากแสงเป็นแหล่งพลังงานที่มีผลให้กิจกรรมของ nitrate reductase เพิ่มขึ้น (Nicholas *et al.*, 1976) หรือเป็นผลโดยตรงจากปฏิกิริยา photochemical ของ ClO_3^- และ ClO_2^-

Crafts (1935 และ 1939) ได้ศึกษาความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรตต่อในดิน 4 และ 80 ชนิดของรัฐแคลิฟอร์เนีย โดยทำการทดลองในกระถางและใช้บาร์เลย์และโอ๊ตเป็นพืชทดลอง. พบว่าเนื้อดินไม่มีผลต่อความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรต ขณะที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีผลต่อความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรตอย่างเด่นชัด. เมื่อปลูกบาร์เลย์และโอ๊ตในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ น้ำหนักแห้งของต้นพืชลดลงอย่างชัดเจนเมื่อดินมีโซเดียมคลอเรตผสมอยู่เพียง 5 มก./กก. ขึ้นไป. แต่ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง น้ำหนักแห้งของต้นพืชจะลดลงอย่างชัดเจนเมื่อดินมีโซเดียมคลอเรตผสมอยู่ 40 มก./กก. ขึ้นไป.

Karki *et al.* (1973) ศึกษาผลกระทบของโซเดียมคลอเรตต่อการหายใจ กิจกรรมของเอนไซม์ และปริมาณของจุลินทรีย์ดิน โดยใส่โซเดียมคลอเรตลงในไร่ที่เป็นดินร่วนปนทราย ด้วยอัตรา 24 กก./ไร่ จากนั้นได้เก็บตัวอย่างดินจากระดับความลึก 0-20 ซม. เมื่อวันที่ 5, 27 และ 150 หลังจากการใส่โซเดียมคลอเรตมาศึกษากิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดิน. พบว่าการใส่โซเดียมคลอเรตไม่ทำให้จำนวนเซลล์ของ actinomycetes, cellulolytic, ammonifying, denitrifying bacteria และ total microflora ลดลง. แต่มีผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ได้แก่การหายใจและการทำงานของเอนไซม์ dehydrogenase ลดลงในตัวอย่างดินที่เก็บเมื่อ 5 และ 27 วัน, ส่วนในตัวอย่างที่เก็บเมื่อ 150 วัน กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินกลับเป็นปกติ.

จุลินทรีย์และสาหร่ายในน้ำ และปลาต่างชนิดกันไวต่อความเป็นพิษของคลอเรตที่ความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างมาก. Van Wijk and Hutchinson (1995) ตรวจเอกสารพบว่าความเข้มข้นของคลอเรตที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในน้ำแตกต่างกันตั้งแต่ 0.1 ถึง 43,137 มก./ลิตร, ต่อสาหร่ายในน้ำตั้งแต่ 0.1 ถึง 3,137 มก./ลิตร และสำหรับปลาตั้งแต่ 35 ถึง 18,824 มก./ลิตร.

สำหรับความเป็นพิษต่อสัตว์พบว่า ClO_3^- และ ClO_2^- ทำให้เกิด hemolytic anemia ในสัตว์ทดลอง (Condie, 1986 และ Daniel, *et al.* 1990). EPA ของสหรัฐอเมริกาแนะนำว่าในน้ำดื่มควรมี chlorine dioxide, chlorite และ chlorate การปนเปื้อนรวมกันไม่เกิน 1 มก./ลิตร (Gonce and Voudrias, 1994).

3 การเคลื่อนที่และผลตกค้างของคลอเรตในดิน

ข้อดีของโซเดียมคลอเรตที่สามารถกำจัดวัชพืชที่มีระบบรากลึกได้ดี เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของคลอเรตไปกับน้ำได้ดีเมื่อถูกน้ำชะ. แต่การกระจายของคลอเรตที่ถูกน้ำชะเท่านั้นก็แตกต่างระหว่างดินชนิดต่างๆ โดยดินที่อุ้มน้ำได้มากทำให้คลอเรตแพร่ลงในดินได้ลึกน้อยกว่าดินที่อุ้มน้ำได้น้อย (Craft, 1935). จากการศึกษา (ในดินเขตบ่อน) ไม่พบว่าคลอเรตจะถูกตรึง (fixed) โดย soil colloids ในดิน (Crafts and Rosenfels, 1962) เช่นเดียวกันกับการศึกษาของสมชาย และคณะ (2544) ก็พบว่าคลอเรตไม่ถูกตรึงในดินเลยแม้แต่น้อย.

โซเดียมคลอเรตที่ถูกใส่ลงในดินเพื่อใช้เป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืช คงฤทธิ์ป้องกันวัชพืชได้นานระหว่าง 6 เดือนถึง 5 ปี ขึ้นอยู่กับ อัตราการไถ ชนิด ความอุดมสมบูรณ์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นในดิน และภูมิอากาศ (Thomson, 1992.). ในดินร่วนในฤดูร้อนของภูมิอากาศแบบบ่อน ที่มีฝนตกเพียงพอให้ดินชื้นตลอดเวลา แต่ก็ไม่มากเกินไปที่จะทำให้โซเดียมคลอเรตถูกชะล้างไปจากเขตรากพืช การใช้โซเดียมคลอเรตอัตรา 82-218 กก./ไร่ คงฤทธิ์ป้องกันวัชพืชได้นาน 6-12 เดือน. แต่ในเขตแห้งแล้งโซเดียมคลอเรตอาจคงความเป็นพิษได้นานถึง 5 ปีหรือมากกว่า. ในเขตชื้นทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา (Humid Southeastern States of USA) ความเป็นพิษโซเดียมคลอเรตจะหมดไปในเวลา 6 เดือนในดินทราย และใน 12 เดือนในดินเหนียว. โซเดียมคลอเรตสลายตัวได้เร็วในดินที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 21°C (Klingman, 1961).

4 จุลินทรีย์ย่อยสลายคลอเรต

การสลายตัวของ chlorate ในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเท่านั้น ไม่มีปฏิกิริยาโดยตรงระหว่างสาร chlorate กับสารประกอบในดินที่จะทำให้ chlorate สลายตัวเกิดขึ้นในสภาพอุณหภูมิและความดันปกติ (สมชาย และคณะ, 2544). แม้สารประกอบ perchlorate จะเป็น oxidant แต่ก็มีมวลมาก แต่ลำพังการปรากฏในระบบที่น้ำที่ขาดออกซิเจนอย่างยิ่ง (Eh ต่ำกว่า -200mV) ก็ไม่เกิด abiotic perchlorate reduction (Bliven, 1996).

การย่อยสลาย chlorate ในดินโดยจุลินทรีย์เกิดได้ทั้งในสภาพมีออกซิเจน (aerobic condition) และขาดออกซิเจน (anaerobic condition). การย่อยสลายสภาพมีออกซิเจนเกิดโดย aerobic microorganisms ต่างๆ (รากพืช algae และ bacteria) ที่สามารถดูดกิน chlorate เข้าในเซลล์ได้พร้อมๆ กับการดูดกิน nitrate แล้วทั้ง chlorate และ nitrate ถูกลดออกซิเจนโดยเอนไซม์ nitrate reductase ให้เป็น chlorite (ClO_2^-) และ nitrite (NO_2^-) ตามลำดับ (Herman and Frankenberger, 1998). chlorite (ClO_2^-) ที่เกิดขึ้นนี้สามารถออกซิไดซ์องค์ประกอบของเซลล์ได้โดยตรง (เป็นพิษต่อเซลล์) (Solomonson and Vennesland, 1972) แล้วสลายตัวไปเป็น Cl^- และ O_2 ในที่สุด. สมชาย และคณะ (2544) พบว่า chlorite (ClO_2^-) สลายตัว 71.38 % ทันทีที่สัมผัสกับดินที่อุณหภูมิและความดันปกติ. การสลายตัวของ chlorate โดย aerobic microorganisms ยังไม่เป็นที่สนใจของนักวิชาการทั่วไปเหมือนจุลินทรีย์อีกกลุ่มที่เป็นพวก anaerobic และ facultative anaerobic ซึ่งจะได้กล่าวถึงในย่อหน้าถัดไป.

ในสหรัฐอเมริกามีการผลิตและใช้สารประกอบ chlorate และ perchlorate กันมาก ที่สำคัญที่สุดคือใช้สาร ammonium perchlorate เป็นเชื้อเพลิงของจรวด จนมีสาร chlorate และ perchlorate ปนเปื้อนในแหล่งน้ำ ที่ก่อให้เกิดภาวะวิกฤตสำหรับประชากรประมาณ 12 ล้านคน (Logan, 1998) จึงมีความพยายามที่จะกำจัดสารทั้งสองออกจากแหล่งน้ำและควบคุมไม่ให้ปนเปื้อนเพิ่มเติม โดยใช้ Bio-reactors ที่อาศัยหลักการส่งเสริมให้จุลินทรีย์ anaerobic ที่สามารถย่อยสลาย chlorate และ perchlorate ให้มีกิจกรรมย่อยสลายที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Bliven, 1996). จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลาย chlorate (Chlorate Respiring Microorganisms, CRM) หลายชนิดเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลาย perchlorate (Per-chlorate Respiring Microorganisms, PRM) ด้วย. ในทางตรงกันข้าม PRM หลายชนิดก็เป็น CRM ด้วย.

มีการตั้งข้อสังเกตว่าในธรรมชาติน่าจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอเรตได้มาตั้งแต่ ค.ศ. 1928. จนกระทั่ง ค.ศ. 1954 จึงมีการยืนยันในธรรมชาติมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอเรตได้ (Bryan and Rohlich, 1954). จุลินทรีย์ CRM มีกระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่วไปอย่างกว้างขวาง (Bliven, 1996) ทั้งในน้ำและดิน โดยเฉพาะในดินบน แม้จะไม่เคยปนเปื้อนด้วยคลอเรตมาก่อนก็ยังพบในอัตราต่ำ. โดยทั่วไปเมื่อดินมีการปนเปื้อนด้วยคลอเรตมาก่อน จะพบ CRM และ PRM เป็นปริมาณมากขึ้น จึงอนุมานจากการศึกษาของพวกเขว่าในการกำจัดสาร chlorate และ perchlorate ที่ปนเปื้อนอยู่กับดินโดยการใช้ประโยชน์จาก CRM และ PRM นั้น อาจจะไม่จำเป็นต้องเติมเชื้อ CRM และ PRM จากภายนอก (Bioaugmentation) หากพื้นที่นั้นๆ ได้ปนเปื้อนมาเป็นเวลาหนึ่งแล้ว (Wu *et al.*, 2001).

CRM และ PRM เป็นจุลินทรีย์พวก anaerobic ที่ใช้ chlorate และ perchlorate เป็น electron acceptor แต่ก็มีบางชนิดเป็น facultative anaerobic. การสลายตัวของ ClO_4^- เป็น Cl^- และ O_2 เกิดเป็นขั้นตอนของการลดออกซิเจนดังนี้ $\text{ClO}_4^- \rightarrow \text{ClO}_3^- \rightarrow \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}_2 \rightarrow \text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{O}_2$ โดยเอนไซม์ตัวเดียว คือ (per)chlorate reductase (van Ginkel *et al.*, 1998). แม้ในธรรมชาติจะมี CRM และ PRM และมีการปนเปื้อนของ chlorate และ perchlorate กิจกรรมย่อยสลายก็จะน้อยถ้ามีสารอาหารที่เป็นตัว electron donors น้อย (Logan, 1998). Wu *et al.* (2001) ทดลองใช้ acetate, lactate, citric acid, polyacetate release compound (PRC) และกากน้ำตาล (molasses) เป็น electron donors พบว่า electron donors เหล่านี้กระตุ้นให้ PRM จากแหล่งน้ำ 2 แหล่ง คือ น้ำสะอาด (Creek water) และน้ำเสีย (raw waste water) มีกิจกรรมย่อยสลาย perchlorate ได้ใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันมากสำหรับ PRM ที่มาจากดินที่ต่างๆ. สำหรับ PRM ที่มาจากดิน citric acid เป็น electron donors ที่มีประสิทธิภาพที่สุด. Rikken *et al.* (1996) พบว่าเมื่อมีไนเตรตและออกซิเจนปรากฏในระบบ ไนเตรตและออกซิเจนจะแย่งที่ chlorate และ perchlorate ในการเป็น electron acceptor ทำให้ประสิทธิภาพของ CRM และ PRM ในการย่อยสลาย chlorate และ perchlorate ลดลง. แต่ก็มี PRM ชนิดหนึ่ง คือ *Wolinella sucinogenes* ที่มีไนเตรตปรากฏในระบบไม่กระทบต่อการย่อยสลาย perchlorate (Wallace *et al.*, 1996).

5. การเปลี่ยนแปลงของคลอเรตและไนเตรตในดินที่มีน้ำขัง

เมื่อมีไนโตรเจนรูปใดก็ตามอยู่ในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี กระบวนการ nitrification จะเปลี่ยนไนโตรเจนนั้นๆ ให้เป็น NO_3^- เสมอ. เมื่อใส่คลอเรต (ClO_3^-) ลงในดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีนี้ ในดินจึงมีทั้งไนเตรตและคลอเรตอยู่ด้วยกัน. เมื่อมีน้ำขังในดิน รากพืชและ aerobic microorganisms จะใช้แกสออกซิเจนในการหายใจ (ใช้เป็น electron acceptor) จนหมด. หลังจากนั้น anaerobic microorganisms ก็จะเติบโตและใช้สารประกอบและอ็อกซิเจนที่อยู่ด้วยเป็น electron acceptor. ทั้งไนเตรตและคลอเรตจึงเป็น electron acceptor ด้วยทั้งคู่. ระหว่างไนเตรตหรือคลอเรต อ็อกซิเจนจะถูกใช้ก่อนขึ้นอยู่กับ pH และ redox potential ของดินเมื่อมีน้ำขัง. ในดินที่เป็นกลางหรือค่อนข้างเป็นด่างเมื่อถูกน้ำขังไนเตรตจะถูกใช้ก่อน แต่ถ้าดินเป็นกรดคลอเรตจะถูกใช้ก่อน. (เก็บความและตีความจาก Lindsay, 1979; McBride, 1994; Sparks, 1995; Weast, 1976; Yu, 1985). จากข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นไปได้ว่าเมื่อมีน้ำท่วมขัง หลังได้รับคลอเรตหรือคลอเรตยังคงค้างอยู่ในดิน ถ้าไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลางมีโอกาสตายด้วยพิษคลอเรต มากกว่าในดินที่เป็นกรด.

6. ผลการวิจัยการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม (สมชาย และคณะ, 2544)

การสลายตัวของคลอเรตในดินทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์. คลอเรตจึงสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ได้แก่มีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง. คลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าจากโซเดียมคลอเรตประมาณ 2 เท่า. คลอเรตเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ดีมาก การให้น้ำมากหลังจากการใส่คลอเรตไม่เพียงทำให้คลอเรตเคลื่อนที่ไปในชั้นดินได้ลึกกว่าเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากกว่าด้วย.

พบว่าโพแทสเซียมคลอเรตในดินเข้มข้น 1,000 มก./กก. ไม่ทำให้ดินปลดเชื้อ และไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการ ammonification และกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่ความเข้มข้น 50 มก./กก. มีผลให้การเปลี่ยนแปลงของ NO_2^- เป็น NO_3^- ลดลง 18 – 38 %. คลอเรตเข้มข้น 40-60 มก./กก. เป็นความเข้มข้นสูงที่สุดของการปนเปื้อนคลอเรตที่ไส้เดือนมีชีวิตรอยู่ได้เกิน 1 เดือน. ดังนั้นกำหนดว่าระดับวิกฤติของคลอเรตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในดินคือประมาณ 50 มก./กก.

จากการติดตามผลตกค้างและการปนเปื้อนของคลอเรตในดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินในสวนลำไยของเกษตรกร 25 สวน เป็นเวลา 18 เดือน พบว่ามีคลอเรตตกค้างในดินตรงแนวที่มีการใส่คลอเรตโดยตรง เมื่อ 2 – 3 วัน หลังใส่เป็นความเข้มข้นมากถึง 136 – 340 มก./กก. ภายใต้การจัดการของเกษตรกรทั่วไป ความเข้มข้นนี้ลดลงเหลือระหว่าง 27–68 มก./กก. ภายในเวลา 55 – 150 วัน. การศึกษาการกระจายด้านข้างของคลอเรต พบว่าคลอเรตกระจายด้านข้างเพียงเล็กน้อย. ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการใช้คลอเรตในสวนลำไยมีผลตกค้างระยะสั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจำกัดอยู่ในแนวราดคลอเรตโดยตรง. เมื่อเวลาผ่านไปคลอเรตเหลือตกค้างในดินไม่เกิน 24 มก./กก. ภายใน 75 – 360 วันในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเหลือไม่เกิน 10 มก./กก. ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและสูง. ถ้าเกษตรกรใส่คลอเรตปีละครั้งด้วยอัตราเท่าเดิมก็จะมีโอกาสน้อยมากที่คลอเรตจะสะสมข้ามปีจนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในดินในระยะยาว.

สำหรับปริมาณคลอเรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน. ในสวนส่วนใหญ่มีไม่เกิน 7 มก./ลิตร หลังจากใส่คลอเรตเกิน 138 วัน. นอกจากนี้ยังได้ติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดินในสวนที่ใช้คลอเรต ซึ่งไม่พบการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดิน.

การทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าสารละลายกากน้ำตาลที่มีน้ำตาลอยู่ประมาณ 1.5 % ทำให้คลอเรตสลายตัวเร็วกว่า แต่สารละลายยูเรีย 1 % ทำให้คลอเรตสลายช้าลง.

บทที่ 2

การเร่งการสลายตัวของคลอเรตด้วยสารละลายกากน้ำตาลในสภาพสวนลำไย

1. คำนำ

จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการและในพื้นที่ทดลองขนาดเล็กในโครงการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม (สมชาย และคณะ, 2544) พบว่าสารละลายกากน้ำตาล อัตราส่วน กากน้ำตาล : น้ำ 33 : 1 ซึ่งมีน้ำตาลซูโครสอยู่ประมาณ 1.5 % สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดินได้อย่างน่าพอใจ. เมื่อเผยแพร่ผลการวิจัยเบื้องต้นนี้สู่เกษตรกร ได้รับคำแนะนำว่ากากน้ำตาลเป็นวัสดุที่ไม่มีแพร่หลายทั่วไป ทำให้หาได้ยากและปัจจุบันมีราคาแพง เมื่อเทียบกับน้ำตาลทรายที่มีจำหน่ายในร้านค้าทั่วไปในหมู่บ้าน. ถ้าสามารถใช้กากน้ำตาลทรายเร่งการสลายตัวของคลอเรตเช่นเดียวกับกากน้ำตาลก็จะทำให้เกษตรกรทั่วไปสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้สะดวกยิ่งขึ้นและเสียค่าใช้จ่ายน้อยลง จึงควรทดลองการเร่งการสลายตัวของคลอเรตด้วยน้ำตาล พร้อมกับกากน้ำตาล ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสวนลำไย.

2. วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำตาลและกากน้ำตาลในการเร่งการสลายตัวของคลอเรต.

3. การทดลองในห้องปฏิบัติการ

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- การทดลองนี้ทำกับตัวอย่างดินชั้นบนของชุดดิน 2 ชุดดินที่เลือกเป็นตัวแทนของดินที่ลุ่มและดินที่ดอนที่พบมากในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ชุดดินสันทราย (ดินร่วนปนทรายในที่ลุ่ม – low terrace) และชุดดินน้ำพอง (ดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำในที่ดอน) โดยเก็บตัวอย่างดินบนของชุดดินสันทรายจากพื้นที่ระหว่างคันลำไย (พื้นที่ที่ไม่เคยได้รับโพแทสเซียมคลอเรต) ของสวนลำไยสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้. ตัวอย่างดินบนของชุดดินน้ำพองเก็บจากพื้นที่แปลงหญ้าอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ทั้ง 2 ประมาณ 2 กิโลกรัม แล้วผึ่งให้แห้งในร่ม บดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มม.
- การทดลองในแต่ละดิน วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design ประกอบด้วย 4 คำรับ คือ 1) น้ำกลั่น 2) สารละลายน้ำตาลทรายขาว 3) สารละลายน้ำตาลทรายแดง และ 4) สารละลายกากน้ำตาล. ทำการทดลอง 4 ซ้ำ.
- เตรียมละลายน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายแดง (มีน้ำตาลซูโครสประมาณ 100 %) ในน้ำกลั่น อัตราส่วนน้ำตาลต่อน้ำ 1: 66 และละลายกากน้ำตาล (มีน้ำตาลซูโครสประมาณ 50 %) ในน้ำกลั่น อัตราส่วนกากน้ำตาลต่อน้ำ 1: 33 สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นของน้ำตาลซูโครสประมาณ 1.5 % โดยมีน้ำ (ธรรมดา) เป็น control
- เติมโพแทสเซียมคลอเรตลงในสารละลายน้ำตาลต่างๆ และน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรต ที่เมื่อเติมสารละลายเหล่านี้ 4 มล. สำหรับชุดดินสันทราย 20 กรัม และ 3 มล. สำหรับชุดดินน้ำพอง 20 กรัม แล้ว จะทำให้มีโพแทสเซียมคลอเรตในดินเข้มข้น 200 ม.ก./ก.ก. (ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรต 200 ม.ก./ก.ก. นี้เป็นความเข้มข้นโดยประมาณในดินในแนวรากคลอเรตเมื่อรากคลอเรตตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม)

- บรรจุตัวอย่างดินแห้ง 20 กรัมลงในขวดพลาสติก (พอดีสำหรับ 1 หน่วยวิเคราะห์) เติมสารละลายน้ำตาลชนิดต่างๆ และน้ำกลั่นที่มีโพแทสเซียมคลอเรตอยู่ด้วย 4 มล. สำหรับชุดดินสันทราย และ 3 มล. สำหรับชุดดินน้ำพอง ซึ่งจะทำให้ตัวอย่างดินมีความชื้นประมาณความจุในสนาม ปิดฝาขวดแบบหลวมๆ
- บ่มตัวอย่างดินในขวดไว้ในห้องปฏิบัติการ .
- วิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตหลังจากบ่มดินกับโพแทสเซียมคลอเรตและน้ำตาลต่างๆ และน้ำกลั่นได้ 15 และ 30 วัน โดยวิธีที่ปรับปรุงจากวิธีของ Chiswell and Keller-Lehmann (1993) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 2).

3.2 ผลการทดลอง

พบว่าเมื่อ 30 วันหลังได้รับน้ำตาลชนิดต่างๆ ตัวอย่างดินน้ำพองมีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือระหว่าง 45-49 ม.ก./ก.ก. ขณะที่ตัวอย่างดินที่ไม่ได้รับน้ำตาลมีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือ 117 ม.ก./ก.ก. เช่นเดียวกัน ตัวอย่างดินสันทรายที่ได้รับน้ำตาลชนิดต่างๆ มีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือระหว่าง 22-93 ม.ก./ก.ก. ขณะที่ตัวอย่างดินที่ไม่ได้รับน้ำตาลมีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือ 196 ม.ก./ก.ก. (ตารางที่ 1). จึงแสดงให้เห็นว่า ทั้งกากน้ำตาล น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดีใกล้เคียงกัน.

ตารางที่ 1 ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตที่คงเหลืออยู่ในดินจากที่ผสมไว้ 200 ม.ก./ก.ก. ในห้องปฏิบัติการ

	ชุดดินน้ำพอง		ชุดดินสันทราย	
	บ่ม 15 วัน	บ่ม 30 วัน	บ่ม 15 วัน	บ่ม 30 วัน
	 ม.ก./ก.ก.			
น้ำ(กลั่น)	238a ¹	117a	228a	196b
น้ำตาลทรายขาว(ฟอกสี)	164b	45b	230a	93c
น้ำตาลทรายแดง(ไม่ฟอกสี)	146bc	44b	237a	27a
กากน้ำตาล	131c	49b	122b	22d
CV, %	6.98	3.14	2.47	3.07

¹ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันของชั้นความลึกดินเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4. การทดลองในสวนลำไย

ทำการทดลองใหม่แทนการทดลองเดิมที่ได้ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตตกค้างแปรปรวนมาก (ดูรายงานรอบ 6 เดือนที่ 1) เนื่องจากความผิดปกติการวิเคราะห์คลอเรตในห้องปฏิบัติการ จึงต้องเปลี่ยนผู้วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ดูหัวข้อ 5.2 ของบทที่ 8 ในรายงานนี้).

4.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- คัดเลือกต้นลำไยที่สมบูรณ์ 15 ต้นในสวนของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ชุดดินสันทราย) และอีก 15 ต้นในสวนเกษตรกรโกสัวัดเกษตรใหม่ (ชุดดินห้างฉัตร) ตำบลป่าไผ่ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. ให้สารโพแทสเซียมคลอเรตด้วยอัตรา 1,500 กรัมต่อต้นขนาดทรงพุ่ม 6 เมตร ในสวนของสาขาไม้ผล และให้ด้วยอัตรา 1,000 กรัมต่อต้นขนาดทรงพุ่ม 5 เมตร ของสวนเกษตรกรโกสัวัดเกษตรใหม่ (อัตราที่ให้นี้เป็นประมาณ 5 เท่าของคำแนะนำ)

- รอให้ต้นลำไยออกดอกจนช่อดอกยาวประมาณ 10 ซม. จึงเก็บดินในแนวรากตลอดจากต้นลำไยทั้ง 15 ต้นของแต่ละสวนมาวัดปริมาณคลอเรตที่ยังตกค้าง
- คัดเลือกต้นที่ยังมีคลอเรตตกค้างอยู่เสมอที่สุด 12 ต้นของแต่ละสวน
- ให้น้ำพอให้ดินในแนวรากคลอเรตขึ้นพอเหมาะ วันรุ่งขึ้นจึงรดน้ำและสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 1.5 % ด้วยอัตรา 5 ลิตรต่อตารางเมตร
- ดำรับที่ทดลองประกอบด้วย 1) น้ำ(ธรรมดา) เป็น control 2) สารละลายน้ำตาลทรายขาว (อัตรา 1 ก.ก./น้ำ 60 ลิตร) และ 3) สารละลายกากน้ำตาล (อัตรา 1 ลิตร./น้ำ 30 ลิตร) ทดลอง 4 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design
- เมื่อรดสารละลายน้ำตาลแล้วครบ 7 และ 14 วัน จึงเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. มาวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรต

4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ คือพบว่าในดินสันทรายทั้ง 2 ชั้นความลึก เมื่อ 14 วันหลังรดสารละลายน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด มีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือระหว่าง 4-21 ม.ก./ก.ก. ขณะที่ชั้นดินที่ไม่ได้รับน้ำตาลมีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือระหว่าง 65-105 ม.ก./ก.ก. ในดินห้างฉัตรทั้ง 2 ชั้นความลึก เมื่อ 14 วันหลังรดสารละลายน้ำตาลทั้ง 2 ชนิด มีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือระหว่าง 3-18 ม.ก./ก.ก. ขณะที่ชั้นดินที่ไม่ได้รับน้ำตาลมีโพแทสเซียมคลอเรตคงเหลือระหว่าง 49-69 ม.ก./ก.ก. แสดงให้เห็นว่า ทั้งกากน้ำตาล และน้ำตาลทรายขาว สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดี. ในสภาพสวนลำไยน้ำตาลชนิดต่างๆ เร่งการสลายตัวของโพแทสเซียมคลอเรตได้เร็วกว่าในห้องปฏิบัติการ.

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ทั้งกากน้ำตาล น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดงสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดีมาก ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสวนลำไย โดยห้องปฏิบัติการกากน้ำตาลสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดีกว่าน้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดง. แต่ในสภาพสวนลำไยน้ำตาลทรายขาวสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดีเท่ากับกากน้ำตาล. Sutigoolabud, *et al.*, (2004a and 2005) ได้ทำการทดลองโดยใช้น้ำตาลซูโครสบริสุทธิ์และกากน้ำตาลเป็นวัสดุ เร่งการสลายตัวของคลอเรตในสภาพห้องปฏิบัติการ ได้ผลที่สอดคล้องกัน. Ongprasert, Sutikoolabud and Aumtong (2002) พบว่าการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพ aerobic เป็นปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น. การทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับองค์ประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย. การสลายตัวของ ClO_4^- เป็น Cl^- และ O_2 โดยจุลินทรีย์พวก anaerobic เกิดเป็นขั้นตอนของการลดออกซิเจนดังนี้ $\text{ClO}_4^- \rightarrow \text{ClO}_3^- \rightarrow \text{ClO}_2^- \rightarrow \text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{O}_2$ โดยเอนไซม์ตัวเดียว คือ (per)chlorate reductase (van Ginkel *et al.*, 1998). กิจกรรมย่อยสลายย่อยสลายนี้จึงต้องมีสารอาหารที่เป็นตัว electron donors. ในธรรมชาติจะมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอเรตอยู่แล้ว และมีการปนเปื้อนของคลอเรตกิจกรรมย่อยสลายก็จะน้อยถ้ามีสารอาหารที่เป็นตัว electron donors น้อย (Logan, 1998). เมื่อมีกากน้ำตาลและน้ำตาลซึ่งเป็น electron donors จึงกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว (Wu *et al.*, 2001).

ตารางที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เหลือหลังเร่งกำจัดด้วยวัสดุต่างๆ (ม.ก./ก.ก.)

ชุดดิน	ความลึก	วัสดุที่ราด	1 วันก่อนราด	7 วันหลังราด	14 วันหลังราด
..... ม.ก./ก.ก.					
ดินชั้นทราย (ดินร่วนปนทราย ในที่ลุ่ม)	0 – 20 ซม.	น้ำ	81a ¹	78a	65a
		น้ำตาลทรายขาว	76a	38b	11b
		กากน้ำตาล	93a	25b	4b
		CV, %	27	23	25
	20 – 40 ซม.	น้ำ	102a	113a	105a
		น้ำตาลทรายขาว	115a	89b	21b
		กากน้ำตาล	98a	59b	7b
		CV, %	25	26	31
ชุดดินห้ำงฉัตร (ดินร่วนเหนียว ในที่ดอน)	0 – 20 ซม.	น้ำ	73a	56a	49a
		น้ำตาลทรายขาว	55a	26b	7b
		กากน้ำตาล	62a	17b	3b
		CV, %	17	16	19
	20 – 40 ซม.	น้ำ	70a	76a	69a
		น้ำตาลทรายขาว	64a	50b	18b
		กากน้ำตาล	52a	38b	7b
		CV, %	24	21	21

¹ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันของชั้นความลึกดินเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

บทที่ 3

การสำรวจการจัดการสวน การออกดอก และติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างในดิน

1. คำนำ

ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตที่เกษตรกรใช้เพื่อชักนำการออกดอกของลำไยในปีแรกๆ คือปี พ.ศ. 2542 - 2543 มีค่าอยู่ระหว่าง 200 – 500 กรัมต่อต้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 เมตร ซึ่งเมื่อติดตามปริมาณที่ตกค้างในดิน ก็พบว่าโพแทสเซียมคลอเรตไม่ตกค้างข้ามปี จึงได้ประเมินว่าการใช้โพแทสเซียมคลอเรตในสวนลำไยในขณะนั้น ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในดิน (สมชาย และคณะ, 2544). แต่ต่อมาพบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้นขนาดเท่าเดิมได้เพิ่มเป็นระหว่าง 1,000 – 1,200 กรัมต่อต้น ในปี พ.ศ. 2546 จึงน่าจะมีความเสี่ยงสูงขึ้นที่จะมีปัญหาผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมและต้นลำไย. ขณะเดียวกันก็พบว่าแม้จะใช้โพแทสเซียมคลอเรตมากขึ้นเพื่อชักนำการออกดอก เกษตรกรส่วนมากก็พบว่าการออกดอกของต้นลำไยก็ไม่ดีดังที่คาดหวัง.

2. วัตถุประสงค์

- เพื่อประเมินอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ได้แก่ การจัดการสวนและสภาพดิน อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรต และอายุต้นต่อการออกดอกของต้นลำไยโดยการชักของสารโพแทสเซียมคลอเรต.
- เพื่อหาข้อมูลปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดินในสวนลำไย ภายใต้การจัดการสวนลำไยของเกษตรกรทั่วไป.

3. อุปกรณ์และวิธีการ

- สำรวจสวนลำไย 50 สวน ในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ทั้งในที่ลุ่มและที่ดอน แล้วคัดเลือกไว้ 42 สวน เพื่อติดตามการใช้คลอเรต การออกดอก และการจัดการต่างๆ
- สอบถามประวัติการใช้คลอเรตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 และข้อมูลการจัดการเรื่องปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ ปูน ปุ๋ยทางใบ สารอาหารเสริม ระบบการให้น้ำ
- จำแนกประเภทสวน โดยพิจารณาจากปัจจัย 3 ปัจจัย คือ
 - อายุของต้นลำไยในสวน แยกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มอายุน้อย มีอายุ 5-12 ปี และกลุ่มอายุมาก มีอายุ 13-20 ปี
 - ความสมบูรณ์ของต้นและการจัดการสวน โดยสังเกตจากความสมบูรณ์ของต้น ใบ การตัดแต่งกิ่ง ลักษณะทรงพุ่ม และสภาพความสะอาด เรียบร้อยของสวน แล้วแยกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มจัดการดี และกลุ่มจัดการไม่ดี
 - อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่มโดยการเรียงลำดับอัตราการใช้ตั้งแต่น้อยที่สุดไปหามากที่สุด แล้วหามัธยฐาน (median) แล้วแยกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มใช้น้อยคือกลุ่มที่ใช้น้อยกว่าอัตราที่มัธยฐาน และกลุ่มใช้มาก คือกลุ่มที่ใช้มากกว่าอัตราที่มัธยฐาน ซึ่งพบว่ามัธยฐานของอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตในปี 2546 และ 2547 อยู่ที่ 27.5 กรัม/ตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม
- ประเมินการออกดอก ติดผล และผลผลิตโดยสายตา แล้วให้คะแนนดังนี้
 - 3 = ออกดอก / ติดผล / ผลผลิต 75-100 % ของยอดในต้น
 - 2 = ออกดอก / ติดผล / ผลผลิต 50-74 % ของยอดในต้น
 - 1 = ออกดอก / ติดผล / ผลผลิต <50 % ของยอดในต้น.
- ในแต่ละสวนที่ติดตามปริมาณคลอเรตตกค้าง ได้กำหนดต้นลำไยที่จะใช้ติดตามสวนละ 4 ต้น หลังจากสอบถามข้อมูลจากเจ้าของสวนจนได้ข้อมูลตามต้องการแล้ว เก็บตัวอย่างดินจากความลึก 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 ซม. จาก

พื้นที่ในแนวรากลอเรต (โดยปกติคือแนวเดียวกับการใส่ปุ๋ย) มาวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตตกค้างทุกระยะ 2-4 เดือน. เมื่อพบว่าในสวนใดที่มีคลอเรตตกค้างอยู่มากในชั้น 80-100 ซม. ก็จะเก็บตัวอย่างดินลึกลงไปอีก เป็น 100-120 ซม. จนในที่สุดได้ติดตามลงลึกถึง 220 ซม. ในสวนที่มีเนื้อดินเป็นทราย. เก็บตัวอย่าง 2 จุดจากดินลำไยแต่ละต้น ทำเป็นตัวอย่างรวม (composit sample) ของแต่ละสวน

- วิเคราะห์ปริมาณคลอเรตโดยวิธีที่ปรับปรุงจากวิธีของ Chiswell and Keller-Lehmann (1993) (รายละเอียดแสดงในภาคผนวกที่ 4).
- วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและเนื้อดินของตัวอย่างดินที่ความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. จากการเก็บตัวอย่างดินครั้งแรก.

4. ผลการศึกษา

4.1 การจำแนกประเภทสวน

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนสวน 8 ประเภท ที่จำแนกตาม 1) อายุต้นลำไย 2) ความสมบูรณ์ของดินและการจัดการสวน และ 3) อัตราการใช้คลอเรตต่อต้นในปี พ.ศ. 2546 และ 2547. พบว่าสวนที่มีความสมบูรณ์ของดินและการจัดการสวนไม่ดีและใช้คลอเรตน้อย ได้แก่สวนประเภท B1 และ D1 มีจำนวนน้อยกว่าสวนประเภทอื่นๆ คงเป็นเพราะความลำเอียงในการสุ่มหาสวนที่มักจะมองหาสวนที่ดูดีไว้ก่อน. ปี พ.ศ. 2547 เกษตรกร 8 ราย (ซึ่งกระจายอยู่ในสวนเกือบทุกประเภท) หยุดใส่คลอเรต การที่มีรายได้ไม่ดีจากการทำสวนลำไยเป็นสาเหตุหลักของการหยุดใส่คลอเรต และปล่อยให้ลำไยออกดอกโดยธรรมชาติ. ขณะเดียวกันก็มีสวนประเภท D2 ที่ใช้คลอเรตมาก ได้ลดอัตราการใช้คลอเรตลงจนเข้าเกณฑ์ประเภท D1 จึงทำให้จำนวนสวนประเภท D1 เพิ่มขึ้น.

ตารางที่ 3 การจำแนกประเภทสวน 8 ประเภทในปี 2546 และ 2547

ประเภทสวน	อายุต้น ¹	ความสมบูรณ์ของดินและการจัดการสวน ²	อัตราการใช้คลอเรต ³	จำนวนสวน	
				2546	2547
A1	น้อย	ดี	น้อย	5	4
A2	น้อย	ดี	มาก	7	6
B1	น้อย	ไม่ดี	น้อย	2	2
B2	น้อย	ไม่ดี	มาก	5	3
C1	มาก	ดี	น้อย	5	5
C2	มาก	ดี	มาก	10	7
D1	มาก	ไม่ดี	น้อย	2	4
D2	มาก	ไม่ดี	มาก	6	3

¹ อายุน้อย หมายถึงต้นลำไยมีอายุ 5-12 ปี อายุมาก หมายถึงต้นลำไยมีอายุ 13-20 ปี

² ความสมบูรณ์ของดินและการจัดการสวนดี หมายถึงสวนลำไยที่ต้นลำไยมีความสมบูรณ์ของดินและใบ มีการตัดแต่งกิ่งที่เปิดให้แสงเข้าถึงโคนต้น ทรงพุ่มไม่ชนกัน และสภาพสวนสะอาดและเรียบร้อย ไม่เผาใบลำไยที่ได้จากการตัดแต่งกิ่ง แต่นำมาคลุมพื้นที่ใต้ทรงพุ่ม

³ ความสมบูรณ์ของดินและการจัดการสวนไม่ดี หมายถึงสวนลำไยสภาพดินและการจัดการไม่ตรงกับที่ ดี

อัตราการใช้คลอเรตน้อย หมายถึงอัตราที่ใช้ต่ำกว่าอัตราที่มีมาตรฐาน

อัตราการใช้คลอเรตมาก หมายถึงอัตราที่ใช้มากกว่าอัตราที่มีมาตรฐาน

อัตราที่มีมาตรฐานของการใช้คลอเรตของทั้ง 2 ปีเท่ากับ 27.5 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม

4.2 คุณสมบัติพื้นฐานของดิน

จากตารางที่ 4 และภาพที่ 1 เห็นได้ว่า pH ของดินทั้ง 42 ส่วนมีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 4.13 – 7.58, ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินมีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 0.26 – 4.26 %, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 4 – 181 มก./กก. และมีสวนที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมากถึง 422, 467 และ 594 มก./กก. ซึ่งแสดงถึงการสะสมของฟอสฟอรัสจากการใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสสูงมานาน 2 ใน 3 สวนเหล่านี้เป็นสวนเก่า, โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 29 – 665 มก./กก. และมี 3 สวนที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมากถึง 892, 954 และ 991 มก./กก., แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 16 – 5,232 มก./กก. และ 4 สวนที่มีแคลเซียมสูงมากระหว่าง 8,744 - 14,844 มก./กก. ซึ่งทั้ง 4 ดินนี้เป็นดินที่เกิดจากหินที่เป็นด่างสูง, แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 6 – 464 มก./กก. และ 3 สวนที่มีแมกนีเซียมสูงมาก ระหว่าง 646 - 844 มก./กก., % อนุภาคดินเหนียวมีค่ากระจายอย่างสม่ำเสมอ อยู่ระหว่าง 2 – 38 % และมี 4 สวนที่มีอนุภาคดินเหนียว 47, 59 และ 72 %; สวนที่ 2 และ 3 เป็นสวนในกลุ่มมีดินเป็นดินเหนียว หุดดินราชบุรี แต่มีอินทรีย์วัตถุที่ดินชั้นบนต่ำ เนื่องจากการขุดร่องคู แล้วนำดินในร่องคูมาถมในพื้นที่ปลูกลำไย.

เมื่อคำนวณสัดส่วนระหว่าง Ca/Mg (ในหน่วย cmol/kg) พบว่ามีมากถึง 16 สวนที่มีสัดส่วนดังกล่าวเกิน 5 ซึ่งอาจจะมีผลให้ความเป็นประโยชน์ของ Mg ลดลงจนพืชอาจจะขาด Mg ได้ แต่จากการตรวจเช็คสวนพบว่ามีเพียง 2 สวนเท่านั้นที่พบอาการขาด Mg อย่างชัดเจน ได้แก่สวนหมายเลข 15 และ 37.

โดยสรุปจึงกล่าวได้ว่าดินจากทั้ง 42 ส่วนมีพิษของการกระจายของสมบัติต่างๆ กว้างพอให้ศึกษาถึงผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ทางด้านดินต่อการออกดอกด้วยคลอเรตของลำไย

ตารางที่ 4 รายชื่อสวนลำไยและสมบัติบางประการของดินลึก 0-20 และ 20- 40 ซม. ¹

ประเภทสวน (2546)	เลขที่	ชุดดิน	เนื้อดิน	ความลึก (ซม.)	pH	อินทรีย์วัตถุ (%)	P ที่เป็นประโยชน์	K	Ca	Mg	ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว	สัดส่วน ² Ca/Mg
							มก./กก.....	ที่แลกเปลี่ยนได้			%			
A1	22	ห้วยฉัตร	ร่วน	0-20	7.35	1.44	11	283	736	171	40.9	31.4	27.7	2.6
			ร่วนเหนียว	20-40	5.83	0.89	6	245	572	157	35.7	33.3	31.0	2.2
A1	40	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	6.46	0.72	11	71	264	56	74.4	15.6	10.0	2.8
			ร่วนปนทราย	20-40	5.75	0.14	4	46	136	8	70.2	19.8	10.0	10.2
A1	19	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	5.79	1.51	141	289	776	149	75.2	14.0	10.8	3.1
			ร่วนปนทราย	20-40	5.63	1.42	73	262	612	149	76.5	13.2	10.3	2.5
A1	31	ลพบุรี	ร่วนเหนียว	0-20	7.12	3.20	18	289	14,844	844	28.1	33.9	38.0	10.6
			ร่วนเหนียว	20-40	7.09	1.37	3	170	14,743	849	33.3	30.7	36.0	10.4
A1	2	ราชบุรี	เหนียว	0-20	5.82	1.45	92	477	1,480	306	27.4	25.4	47.2	2.9
			เหนียว	20-40	6.49	0.53	17	129	1,944	273	27.2	27.6	45.2	4.3
A2	32	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วน	0-20	5.30	1.98	36	291	11,166	646	46.7	31.3	22.0	10.4
			ร่วน	20-40	5.94	1.37	9	119	11,446	676	45.1	28.9	26.0	10.2
A2	12	โคราซ	ร่วนเหนียวปนทราย	0-20	5.50	1.88	4	292	1,368	249	56.4	20.5	23.1	3.3
			ร่วนเหนียว	20-40	6.40	1.32	4	85	1,856	203	42.9	33.7	23.5	5.5
A2	18	หางดง	ร่วน	0-20	4.75	1.60	594	665	888	140	38.5	38.0	23.5	3.8
			ร่วน	20-40	5.00	1.37	133	328	804	155	38.5	38.0	23.5	3.1
A2	26	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วน	0-20	6.98	0.79	4	150	2,116	416	44.0	35.0	21.0	3.1
			ร่วนปนทราย	20-40	6.75	0.40	6	97	588	227	65.5	24.5	10.0	1.6
A2	38	แม่แตง	ทราย	0-20	7.47	0.68	41	128	232	31	83.8	11.2	5.0	4.5
			ทราย	20-40	7.53	0.14	16	88	208	21	84.9	10.6	4.5	5.9
A2	33	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	6.48	1.52	13	232	11,246	670	57.0	23.5	19.5	10.1
			ร่วน	20-40	6.78	1.07	6	106	12,189	700	39.4	36.1	24.5	10.4
A2	8	น้ำพอง	ทรายร่วน	0-20	5.83	0.65	67	97	64	27	79.4	12.9	7.7	1.4
			ทรายร่วน	20-40	5.93	0.46	27	66	68	28	76.3	15.3	8.4	1.4

ตารางที่ 4 รายชื่อสวนลำไยและสมบัติบางประการของดินลึก 0-20 และ 20- 40 ซม. (ต่อ)¹

ประเภทสวน (2546)	เลขที่	ชุดดิน	เนื้อดิน	ความลึก (ซม.)	pH	อินทรีย์วัตถุ (%)	P ที่เป็นประโยชน์มก./กก.....	K Ca Mg ที่แลกเปลี่ยนได้	ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว	สัดส่วน ² Ca/Mg
B1	28	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	7.14	0.56	25	288 1,784 164	69.0	19.0	12.0	6.5
			ร่วนปนทราย	20-40	7.28	0.44	10	124 1,056 150	70.3	19.7	10.0	4.2
B1	41	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	4.93	0.79	47	137 172 6	73.1	17.9	9.0	17.2
			ร่วนปนทราย	20-40	4.24	0.14	26	74 152 2	74.3	16.7	9.0	45.6
B2	27	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	6.34	0.91	39	325 676 124	80.4	12.9	6.7	3.3
			ร่วนปนทราย	20-40	6.68	0.66	20	186 380 71	75.2	15.5	9.3	3.2
B2	1	ห้วยฉัตร	ร่วนปนทราย	0-20	5.44	0.59	56	201 124 63	75.9	9.8	14.3	1.2
			ร่วนปนทราย	20-40	5.33	0.40	55	135 68 84	72.7	12.3	15.0	0.5
B2	3	ราชบุรี	เหนียว	0-20	5.59	2.56	147	442 1,016 190	31.1	21.9	47.0	3.2
			เหนียว	20-40	6.22	1.49	17	424 1,984 293	31.9	19.1	49.0	4.1
B2	7	น้ำพอง	ทรายร่วน	0-20	7.17	0.46	75	116 248 38	84.0	9.6	6.4	3.9
			ทรายร่วน	20-40	7.60	0.34	18	84 276 32	83.2	9.7	7.1	5.1
B2	5	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	0-20	6.16	1.12	95	324 340 41	57.0	26.5	16.5	5.0
			ร่วนปนทราย	20-40	5.84	0.59	24	146 432 66	53.5	35.1	11.5	4.0
C1	9	ปากช่อง	ร่วนเหนียวปนทราย	0-20	5.61	1.98	129	954 1,576 128	56.7	17.3	26.0	7.4
			ร่วนเหนียว	20-40	5.89	2.61	84	522 1,680 173	48.6	22.0	29.3	5.8
C1	35	สันทราย	ร่วน	0-20	4.64	3.04	16	261 452 92	38.8	39.2	22.0	3.0
			ร่วน	20-40	4.68	1.00	17	217 500 90	40.1	35.9	24.0	3.3
C1	11	โคราช	ร่วนปนทราย	0-20	5.26	2.24	77	423 952 181	50.7	29.9	19.5	3.2
			ร่วนเหนียวปนทราย	20-40	5.35	1.06	14	328 1,128 218	51.4	25.1	23.5	3.1
C1	15	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนเหนียวปนทราย	0-20	6.07	1.75	467	468 1,556 217	54.7	23.2	22.1	4.3
			ร่วนเหนียวปนทราย	20-40	6.85	0.92	187	161 1,256 177	59.3	19.9	20.8	4.3
C1	39	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนเหนียวปน	0-20	6.10	3.20	142	493 2,637 247	9.9	58.1	32.0	6.4
			ทรายแป้ง	20-40	6.20	2.10	40	312 2,918 248	6.2	53.8	40.0	7.1
C2	37	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วน	0-20	6.68	2.97	181	491 2,552 227	35.7	33.3	31.0	6.7
			ร่วน	20-40	6.91	2.64	57	390 2,308 180	37.8	39.1	23.1	7.7
C2	36	ที่ลาดเชิงซ้อน	ทรายร่วน	0-20	4.43	0.48	117	124 300 38	78.6	16.7	4.8	4.7
			ทรายร่วน	20-40	4.31	0.26	72	81 268 32	80.4	14.8	4.8	5.0
C2	23	ตากถี	ร่วนเหนียว	0-20	7.37	3.36	15	991 5,232 378	37.5	27.5	35.0	8.3
			ร่วนเหนียว	20-40	7.64	0.89	1	418 5,312 238	33.7	27.3	39.0	13.4

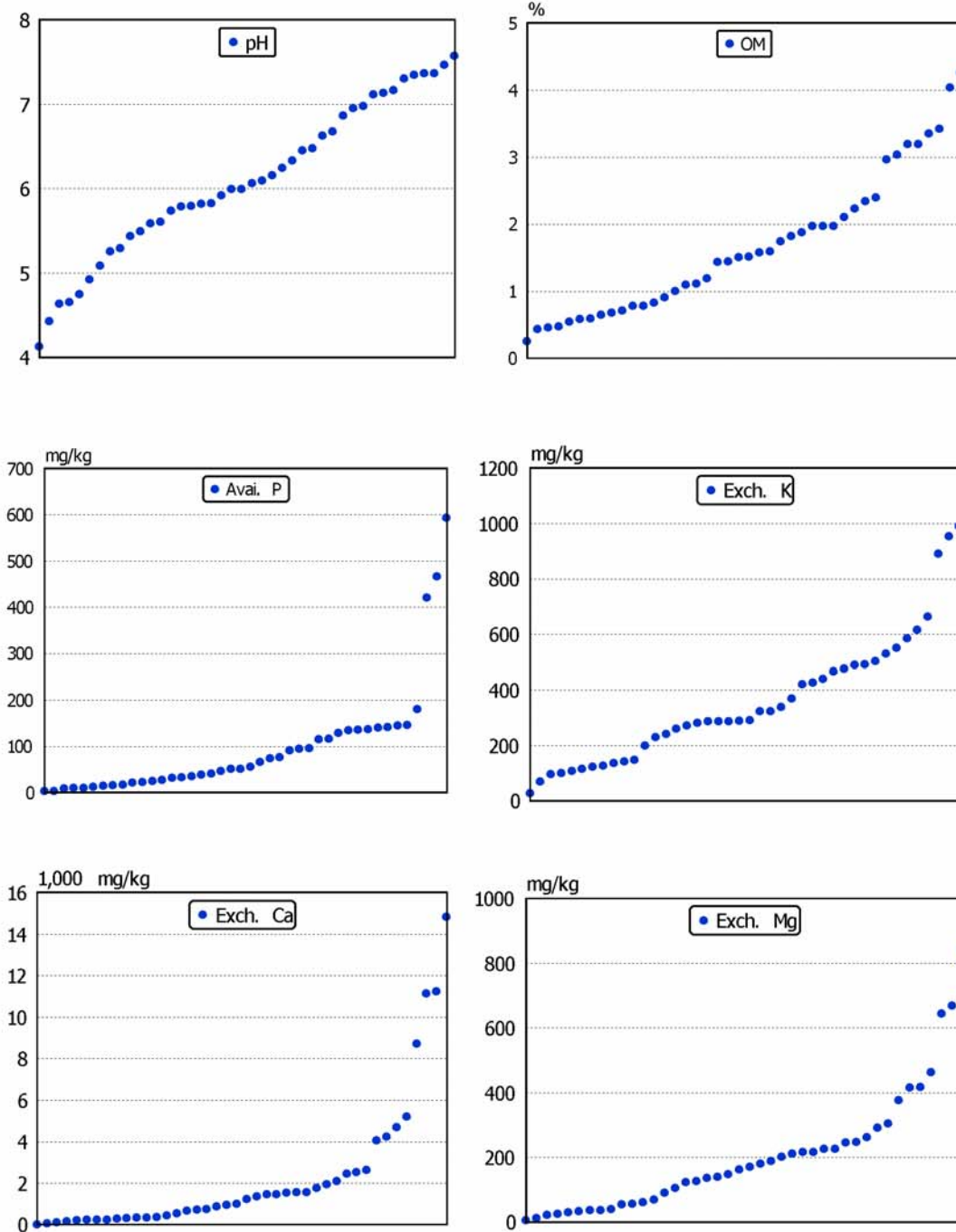
ตารางที่ 4 รายชื่อสวนลำไยและสมบัติบางประการของดินลึก 0-20 และ 20- 40 ซม. (ต่อ) ¹

ประเภทสวน (2546)	เลขที่ที่ดิน	ชื่อที่ดิน	เนื้อดิน	ความลึก (ซม.)	pH	อินทรีย์วัตถุ (%)	P ที่เป็นประโยชน์มก./กก.....	K Ca Mg ที่แลกเปลี่ยนได้	ทราย	ดินเหนียว	ดิน	สัดส่วน ² Ca/Mg
									%			
C2	25	ตาคลี	ร่วนเหนียวปนทราย	0-20 20-40	7.58 7.69	4.04 2.69	9 3	617 4,240 218 263 4,760 180	58.2 56.6	19.1 18.1	22.7 25.3	11.7 15.8
C2	4	ราชบุรี	เหนียว เหนียว	0-20 20-40	5.92 5.86	1.98 0.92	137 58	552 2,472 419 272 2,520 403	14.5 16.4	26.3 24.4	59.2 59.2	3.5 3.8
C2	29	ที่ลุ่ม เชิงซ้อน	ทราย ทราย	0-20 20-40	6.63 6.36	0.44 0.22	52 19	243 352 71 216 108 30	83.4 88.2	14.1 9.3	2.5 2.5	3.0 2.2
C2	10	โคราช	ร่วนเหนียวปนทราย เหนียวทราย	0-20 20-40	4.66 4.54	3.43 2.29	422 68	504 544 138 346 224 69	57.7 49.3	15.2 12.0	27.1 38.7	2.4 2.0
C2	16	ที่ลุ่ม เชิงซ้อน	ร่วนเหนียว ร่วนเหนียวปนทราย	0-20 20-40	5.80 6.07	1.58 0.93	146 56	371 1,576 212 176 1,532 203	41.1 49.3	27.7 19.5	31.2 31.2	4.5 4.5
C2	13	ที่ลุ่ม เชิงซ้อน	เหนียว เหนียว	0-20 20-40	6.00 6.70	2.40 1.57	34 21	427 1,240 106 266 2,608 122	17.0 20.3	10.7 15.5	72.3 64.2	7.0 12.9
C2	30	ที่ลุ่ม เชิงซ้อน	ทรายร่วน ทรายร่วน	0-20 20-40	6.00 5.90	1.10 0.13	32 21	109 260 58 94 112 20	81.1 82.3	14.9 13.8	4.0 4.0	2.7 3.3
D1	14	ที่ลาด เชิงซ้อน	ร่วนปนทราย ร่วนปนทราย	0-20 20-40	5.09 5.16	0.55 0.55	52 17	29 16 14 156 44 42	75.2 70.6	13.2 14.1	11.6 15.3	0.7 0.6
D1	17	ที่ลุ่ม เชิงซ้อน	ร่วนเหนียว ร่วนเหนียว	0-20 20-40	6.25 5.29	1.83 1.14	116 28	143 1,960 228 41 2,020 212	36.9 31.9	27.9 30.9	35.2 37.2	5.2 5.7
D2	24	ตาคลี	ร่วนเหนียวปน ทราย	0-20 20-40	7.37 7.56	2.35 2.74	23 5	586 4,720 264 210 4,500 190	55.1 55.9	20.9 16.1	24.0 28.0	10.7 14.2
D2	42	ที่ลาด เชิงซ้อน	ร่วนปนทราย ร่วนปนทราย	0-20 20-40	4.13 4.46	1.2 0.8	96 58	274 368 23 328 380 22	68.7 70.0	22.3 19.0	9.0 11.0	9.6 10.4
D2	20	น้ำพอง	ทรายร่วน ทรายร่วน	0-20 20-40	7.31 7.35	1.01 0.53	136 37	531 8,744 292 249 6,316 278	78.7 79.3	16.0 14.9	5.3 5.8	18.0 13.6
D2	21	แม่แตง	ร่วน ร่วน	0-20 20-40	6.96 7.03	0.60 0.46	22 32	101 352 34 126 316 30	45.0 39.1	29.8 33.7	25.2 27.2	6.3 6.4
D2	6	ที่ลุ่ม เชิงซ้อน	ร่วน ร่วน	0-20 20-40	6.87 7.49	2.11 0.92	135 41	340 1,480 202 193 1,276 182	42.6 48.4	36.7 32.2	20.7 19.3	4.4 4.2
D2	34	ที่ลาด เชิงซ้อน	ร่วนเหนียว ร่วนเหนียว	0-20 20-40	5.74 6.07	4.26 2.98	28 7	892 4,073 464 415 4,417 487	31.7 30.5	31.3 32.5	37.0 37.0	5.3 5.4

¹ ชื่อชุดดินส่วนใหญ่ได้จากการอ่านตำแหน่งพื้นที่จาก GPS แล้วนำมาหาชื่อชุดดินจากแผนที่ดินระดับจังหวัดของกรมพัฒนาที่ดิน มีเพียงบางสวนเท่านั้นที่หัวหน้าโครงการได้ตรวจสอบชุดดินในสนาม ซึ่งกำหนดว่าจะตรวจสอบให้ครบทุกสวนก่อนจบโครงการ

² สัดส่วน Ca/Mg เมื่อคำนวณในหน่วย cmol/kg

8



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของสมบัติของดินจากสวน 42 สวนที่ได้เลือกสำหรับการติดตาม
เรียงลำดับตั้งแต่สวนที่มีค่าร้อยละต่ำสุดจนถึงมากที่สุดของสมบัติดินแต่ละชนิด

4.3 อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์

ข้อมูลในตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการจำแนกประเภทสวนตามอัตราการใช้คลอไรด์เป็นประเภทใช้มากและน้อยในปี พ.ศ. 2547 ไม่ตรงกับในปี พ.ศ. 2546 ทั้งหมด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการใช้ของเกษตรกรบางราย ที่มีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง.

พบว่ามี 7 สวนที่ใช้คลอไรด์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541, 12 สวนที่ใช้คลอไรด์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542, 8 สวนที่ใช้คลอไรด์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 และอีก 11 สวนที่ใช้คลอไรด์มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ที่เหลือ 4 สวนเริ่มใช้คลอไรด์ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545. เมื่อพิจารณาอัตราการใช้ต่อต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2546 เห็นได้ชัดเจนว่าอัตราการใช้คลอไรด์ต่อต้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ต่อต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2546 เท่ากับ 350 413 836 1,004 1,206 และ 1,424 กรัม/ต้น. ขนาดต้นที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ต้องเพิ่มอัตราการใช้คลอไรด์ต่อต้น. แต่เหตุผลหลักน่าจะเป็นเพราะความรู้สึกของเกษตรกรว่าต้องเพิ่มอัตราการใช้เพื่อความมั่นใจในการชักนำการออกดอก. อัตราการใช้ต่อต้นในปี พ.ศ. 2547 เท่ากับ 1,412 กรัม/ต้น ซึ่งไม่เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2546 ขณะที่ต้นลำไยใน 5 สวนจาก 42 สวนมีขนาดใหญ่ขึ้น. ดังนั้นอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่มในปี พ.ศ. 2547 เท่ากับ 32.1 กรัม จึงลดลงเล็กน้อยจากอัตรา 34.3 กรัม ของปี พ.ศ. 2546. การอธิบายของคณะนักวิจัยถึงความไม่จำเป็นต้องเพิ่มอัตราการใช้คลอไรด์ขึ้นเรื่อยๆ ที่ชี้แจงแก่เกษตรกรเจ้าของสวนในโครงการวิจัยโดยตรง น่าจะมีผลให้เกษตรกรบางส่วนลดอัตราการใช้คลอไรด์ลง.

เมื่อพิจารณาอัตราการใช้เป็นรายสวน (ภาพที่ 2) พบว่าในปี พ.ศ. 2546 ส่วนใหญ่ของเกษตรกร คือ 39 ใน 42 สวนใช้คลอไรด์ไม่เกิน 52 กรัม/ม² พื้นที่ทรงพุ่ม (ประมาณ 5 เท่าของคำแนะนำ) มีเพียง 3 สวนที่ใช้มากถึง 96, 100 และ 119 กรัม. ในปี พ.ศ. 2547 มีเกษตรกร 8 รายหยุดใช้คลอไรด์. สวนทั้งหมดที่ยังใช้สารคลอไรด์ในปี พ.ศ. 2547 ใช้คลอไรด์ไม่เกิน 57 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม. อัตราที่เคยใช้มาก 96 และ 119 กรัม/ม² พื้นที่ทรงพุ่ม ของสวนที่ 8 และ 30 ได้ลดลงเป็น 53 และ 35 กรัม/ม² พื้นที่ทรงพุ่ม. ขนาดทรงพุ่มที่ใหญ่ขึ้น ขณะที่อัตราการใช้ต่อต้นลดลง เป็นสาเหตุให้อัตราการใช้ต่อตารางเมตรลดลง.

เมื่อเปรียบเทียบอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในกลุ่มสวนที่เป็นดินทราย (กลุ่มนี้ประกอบด้วยสวน 15 สวนที่มีอนุภาคดินเหนียวในดินชั้น 0-20 ซม. ไม่เกิน 12 %) กับในกลุ่มสวนที่เป็นดินร่วนและดินเหนียว (กลุ่มนี้ประกอบด้วยสวน 27 สวนที่มีอนุภาคดินเหนียวในดินชั้น 0-20 ซม. มากกว่า 14 %) พบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เฉลี่ยในกลุ่มดินทรายดูเหมือนจะมากกว่ากลุ่มดินร่วนและดินเหนียว ทั้งในปี พ.ศ. 2546 และ พ.ศ. 2547 กลุ่มดินทรายใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เฉลี่ย 39.08 และ 36.91 กรัม/ม² ขณะที่กลุ่มดินร่วนและดินเหนียวเฉลี่ย 32.3 และ 28.59 กรัม/ม² สำหรับปี 2546 และ 2547 ตามลำดับ. แต่เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดย T-Test พบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์เฉลี่ยในกลุ่มดินทั้ง 2 ชนิด ไม่ต่างกันทางสถิติ ทั้ง 2 ปี.

4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอก

ในตารางที่ 6 พบว่าในปี พ.ศ. 2546 เฉพาะปัจจัยด้านความสมบูรณ์ของต้นและการจัดการสวนเท่านั้น ที่มีผลต่อการออกดอก การติดผล และการให้ผลผลิต โดยสวนที่มีความสมบูรณ์ของต้นและการจัดการสวนดี มีการออกดอกด้วยสารคลอไรด์ ติดผล และให้ผลผลิตดีกว่าสวนที่มีความสมบูรณ์ของต้นและการจัดการสวนไม่ดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ส่วนปัจจัยด้านอายุของต้น ลำไยและอัตราการใช้คลอไรด์ไม่มีผลที่ชัดเจนต่อการออกดอก การติดผล และการให้ผลผลิต. แต่ในปี พ.ศ. 2547 กลับพบว่าปัจจัยทั้ง 3 ต่างไม่มีผลต่อการออกดอกเลย. ทั้งนี้คงเป็นเพราะว่าในฤดูหนาวปลายปี พ.ศ. 2546 ถึงต้นปี พ.ศ. 2547 มีอากาศหนาวเย็นต่อเนื่อง ทำให้ต้นลำไยทุกสภาพออกดอกได้ดีทุกต้น.

สวนหมายเลข 10 เป็นตัวอย่างของสวนที่ใช้คลอไรด์เพิ่มอย่างมากและต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี 2541 และพบว่าลำไยเกือบไม่ออกดอกจากการราดคลอไรด์ในอัตรา 4,000 กรัม/ต้น เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2546 นักวิจัยจึงแนะนำให้เจ้าของสวนกำจัดคลอไรด์

ตารางที่ 5 ประวัติการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์

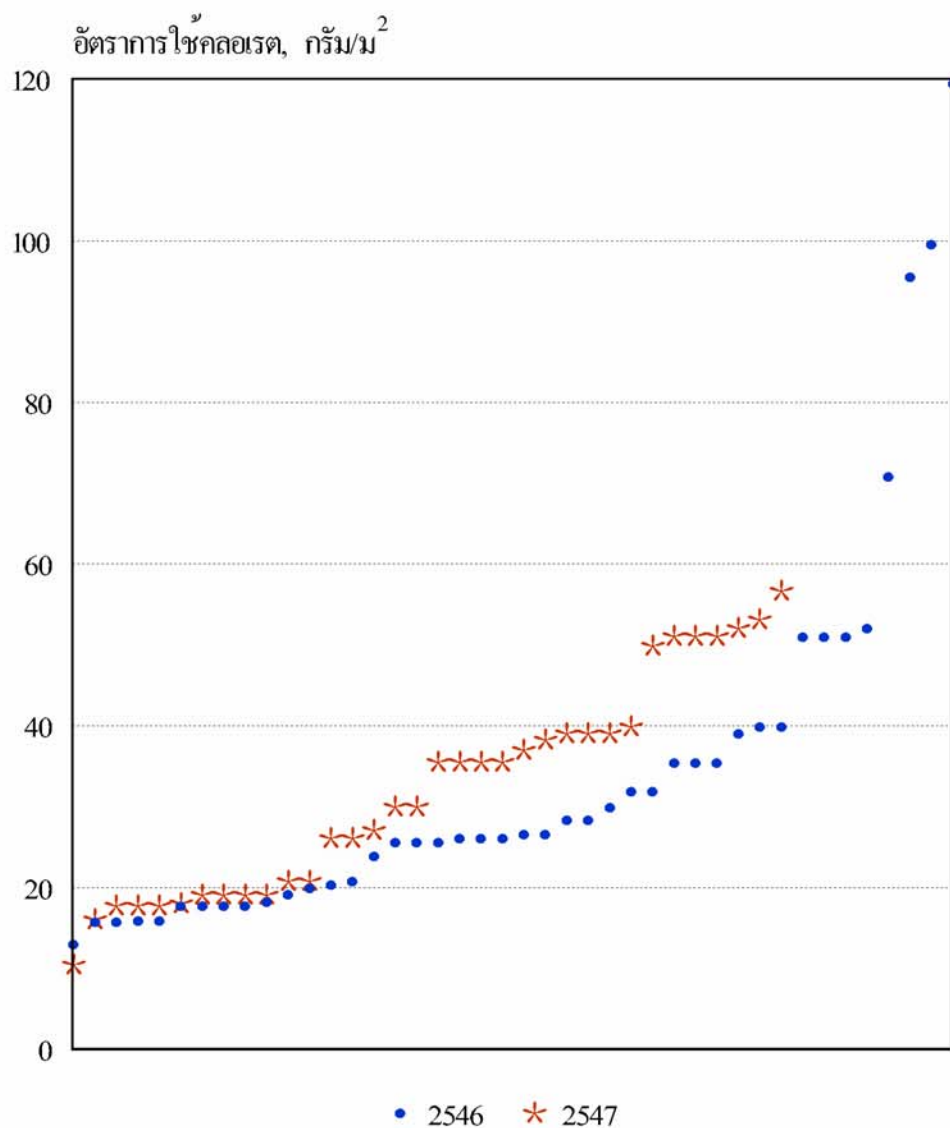
เลข ที่	ชนิดดิน	เนื้อดิน (0-20 ซม.)	ประวัติการใช้คลอไรด์ (กรัม/ตัน) ปี พ.ศ.					พ.ศ. 2546							พ.ศ. 2547								
								การใส่คลอไรด์				ประ เภท	คะแนนการ		การใส่คลอไรด์				ประ เภท	คะแนนการ			
			Ø ม.	เมื่อ	กรัม/ ตัน	กรัม/ ม. ²	ออก ดอก	ติด ผล	Ø ม.	เมื่อ	กรัม / ตัน		กรัม / ม. ²	ออก ดอก	ติด ผล	Ø ม.	เมื่อ	กรัม / ตัน		กรัม / ม. ²	ออก ดอก	ติด ผล	Ø ม.
2541	2542	2543	2544	2545	ม.	เมื่อ	กรัม/ ตัน	กรัม/ ม. ²	สวน	ออก ดอก	ติด ผล	ม.	เมื่อ	กรัม / ตัน	กรัม / ม. ²	สวน	ออก ดอก	ติด ผล	ม.				
22	ห้างฉัตร	ร่วน	-	200	500	700	600	7	5กค46	500	13	A1	2	1	1	7	25มีย47	1,000	26	A1	3	3	3
40	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	-	200	200	4	24พย46	200	16	A1	2	2	2	5	10ธค47	1,000	51	A2	3	2	
19	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	-	-	3,000	8	24มค47	800	16	A1	3	3	3	8	25มีย47	2,500	50	A2	2	1	1
31	ลพบุรี	ร่วนเหนียว	-	-	-	300	300	6	12มค46	500	18	A1	3	3	3	ไม่ราดคลอไรด์ในปี 2547							
2	ราชบุรี	เหนียว	200	350	500	500	700	7	2สค46	700	18	A1	3	3	3	7	15พย47	400	10	A1	3	3	
32	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วน	-	-	-	500	1,000	5	13พย46	500	25	A1	3	2	2	5	25พย47	1,000	51	A2	3	2	
12	โคราช	ร่วนเหนียว	-	-	400	500	700	7	20เมย46	1,000	26	A1	3	2	2	7	17มีย47	1,500	39	A2	2	2	2
18	หางดง	ร่วน	-	150	500	700	1,000	7	22ธค46	1,000	26	A1	3	2	2	7	2พย47	1,000	26	A1	2	1	
26	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วน	-	-	-	200	200	3	1มค46	200	28	A2	3	3	2	3	ไม่ราดคลอไรด์ในปี 2547						
38	แม่แตง	ทราย	-	-	-	-	500	6	15พย46	1,000	35	A2	3	3	3	6	ไม่ราดคลอไรด์ในปี 2547						
33	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	-	500	500	4	13พย46	500	40	A2	3	3	3	6	20ธค47	500	18	A1	3	3	
8	น้ำพอง	ทรายร่วน	-	-	500	500	1,000	4	7มีย46	1,200	96	A2	3	3	3	6	15มีย47	1,500	53	A2	2	2	2
28	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	200	200	300	400	6	9มค46	500	18	B1	3	2	1	6	2พย47	1,000	35	B2	3	2	
41	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	800	1,000	1,000	10	24พย46	1,500	19	B1	1	1	1	10	10ธค47	1,500	19	B1	2	2	
27	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	200	400	500	700	6	1กย46	1,000	35	B2	2	2	1	6	2พย47	1,000	35	B2	3	2	
1	ห้างฉัตร	ร่วนปนทราย	-	300	-	500	800	6	6มีย46	1,000	35	B2	2	2	1	6	15พย47	1,000	35	B2	2	2	
3	ราชบุรี	เหนียว	-	-	1,200	1,500	1,500	7	15พย46	1,500	39	B2	1	1	1	7	15ธค47	800	21	B1	2	1	

ตารางที่ 5 ประวัติการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ (ต่อ)

เลข ที่	ชุดดิน	เนื้อดิน(0-20 ซม.)	ประวัติการใช้คลอเรต (กรัม/ตัน)					พ.ศ. 2546							พ.ศ. 2547								
			ปี					Ø ม.	การใส่คลอเรต		ประ เภท	คำแนะนำ			Ø ม.	การใส่คลอเรต		ประ เภท	คำแนะนำ				
			2541	2542	2543	2544	2545		เมื่อ	กรัม / ตัน		กรัม / ม. ²	ออก ดอก	ติด ผล		ผล ผลิต	เมื่อ		กรัม / ตัน	กรัม / ม. ²	สวน	ออก ดอก	ติด ผล
7	น้ำพอง	ทรายร่วน	-	700	900	1,000	1,000	5	18กค46	1,000	51	B2	2	2	1	6	ไม่ราดคลอเรตในปี 2547						
5	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	500	3,000	3,000	8	13พค46	5,000	100	B2	1	1	1	8	ไม่ราดคลอเรตในปี 2547						
9	ปากช่อง	ร่วนเหนียวปนทราย	-	-	600	800		9	1มค46	1,000	16	C1	3	3	2	9	4มค47	1,000	16	C1	3	2	2
35	ต้นทราย	ร่วน	300	300	500	-	500	9	14พย46	1,000	16	C1	3	3	3	9	ไม่ราดคลอเรตในปี 2547						
11	โคราช	ร่วนปนทราย	600	1,000	1,500	2,000	-	12	20เมย46	2,000	18	C1	3	2	1	12	17มิย47	2,000	18	C1	2	1	1
15	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนเหนียวปนทราย	-	1,000	1,300	1,700	2,000	12	25กค46	2,000	18	C1	3	3	2	12	13สค47	2,000	18	C1	1	1	1
39	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	200	300	500	1000	1000	8	20มีค46	1000	20	C1	2	2	1	8	20มีค47	1,500	30	C2	2	1	1
37	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วน	-	-	-	1,000	2,000	10	4มค46	2,000	25	C1	1	1	1	10	2มค47	2,900	37	C2	3	3	3
36	ที่ลาดเชิงซ้อน	ทรายร่วน	500	600	700	800	1,000	7	11ธค46	1,000	26	C1	1	1	1	7	10ธค47	1,500	39	C2	3		
23	ดาคี	ร่วนเหนียว	-	300	1,000	2,000	3,000	12	1พค46	3,000	27	C1	3	3	3	12	ไม่ราดคลอเรตในปี 2547						
25	ดาคี	ร่วนเหนียวปนทราย	-	200	3,000	3,000	3,000	12	16สค46	3,000	27	C1	3	2	2	12	3มค47	3,000	27	C1	2	2	1
4	ราชบุรี	เหนียว	200	450	600	800	800	6	20พย46	800	28	C2	2	2	1	7	19พย46	700	18	C1	2	2	2
29	ที่ลุ่มเชิงซ้อน.	ทราย	-	-	-	-	1,000	8	10สค46	1,500	30	C2	3	2	2	8	ไม่ราดคลอเรตในปี 2547						
10	โคราช	ร่วนเหนียวปนทราย	400	800	1,500	2,000	3,000	10	12กค46	4,000	51	C2	1	1	1	10	5มค47	3,000	38	C2	3	3	3
16	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนเหนียว	-	-	700	1,000	1,500	7	24พค46	2,000	52	C2	3	3	2	7	13สค47	2,000	52	C2	1	1	1
13	ที่ลาดเชิงซ้อน	เหนียว	-	-	-	500	-	6	5กค46	2,000	71	C2	3	2	2	7	1ธค47	1,500	39	C2	3	2	
30	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ทรายร่วน	-	-	-	500	700	4	28พย45	1,500	119	C2	2	2	3	6	25ธ.ค47	1,000	35	C2	2	1	

ตารางที่ 5 ประวัติการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ (ต่อ)

เลข ที่	ชนิดดิน	เนื้อดิน(0-20 ซม.)	ประวัติการใช้คลอไรด์ (กรัม/ตัน)					พ. ศ. 2546								พ. ศ. 2547							
			ปี พ. ศ.					การใส่คลอไรด์		ประ		คะแนนการ				การใส่คลอไรด์		ประ		คะแนนการ			
			2541	2542	2543	2544	2545	Ø ม.	เมื่อ	กรัม / ตัน	กรัม / ม. ²	เกท สวน	ออก ดอก	ติด ผล	ผล ผลิต	Ø ม	เมื่อ	กรัม / ตัน	กรัม / ม. ²	เกท สวน	ออก ดอก	ติด ผล	ผล ผลิต
14	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	-	300	400	5	12กค46	400	20	D1	1	1	1	5	7มีย46	1,000	51	D2	2	1	1
17	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วนเหนียว	-	-	-	500	-	7	24มค46	800	21	D1	2	2	1	7	26พย47	800	21	D1	3	3	
24	ตาคี	ร่วนเหนียวปนทราย	-	-	-	-	700	8	15ธค46	1,200	24	D1	2	1	1	8	2ตค47	2,000	40	D2	3	3	2
42	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนปนทราย	-	-	-	2000	2000	10	24พย46	2,000	25	D2	3	2	1	10	2พย47	1,500	19	D1	3		
20	น้ำพอง	ทรายร่วน	-	200	1,000	1,500	1,500	10	9พค46	2,500	32	D2	1	1	1	10	25พย47	1,500	19	D1	3		
21	แม่แดง	ร่วน	-	200	1,000	1,500	1,500	10	5กค46	2,500	32	D2	2	1	1	10	25พย47	1,500	19	D1	3		
6	ที่ลุ่มเชิงซ้อน	ร่วน	-	-	-	1,000	1,000	8	13พค47	2,000	40	D2	1	1	1	8	5มค47	1,500	30	D2	2	1	1
34	ที่ลาดเชิงซ้อน	ร่วนเหนียว	-	400	500	800	1,000	5	15ธค46	1,000	51	D2	2	1	1	5	ไม่รูดคลอไรด์ในปี 2547						
เฉลี่ย			413	836	1,004	1,206			1,424	34.3							1,412	31.4					
มาตรฐาน									26.3								30.0						



ภาพที่ 2 อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตเป็น กรัม/ตารางเมตรพื้นที่ทรงพุ่ม
(แกนอนปีนการเรียงลำดับอัตราการใช้คลอเรต ตั้งแต่ต่ำสุดไปหามากที่สุด)

ตกค้างในดินชั้นบนโดยการใช้กากน้ำตาลละลายน้ำเมื่อเดือนกันยายน 2546 และแนะนำให้ลดอัตราการใช้คลอเรตลงเหลือไม่เกิน 3,000 กรัม/ตัน. จากการราดใหม่เมื่อ 5 มกราคม 2547 (เพื่อเสริมการออกดอกโดยธรรมชาติ) พบว่าลำไยออกดอก ติดผล และได้ผลผลิตดี.

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยคะแนนจากการประเมิน และค่า t ของการเปรียบเทียบความแตกต่าง

ปัจจัย	จำนวนสวน	พ.ศ. 2546			จำนวนสวน	พ.ศ. 2547
		ค่าเฉลี่ยคะแนนจากการประเมิน				ค่าเฉลี่ยคะแนนจากการประเมินการออกดอก
		การออกดอก	การติดผล	ผลผลิต		
อายุน้อย	19	2.42	2.16	1.89	15	2.53
อายุมาก	23	2.17	1.83	1.52	19	2.42
t		0.99 ns	1.39 ns	1.5 ns		0.52 ns
จัดการดี	27	2.59	2.30	2.07	22	2.41
จัดการไม่ดี	15	1.73	1.40	1.00	12	2.58
t		3.83**	4.24**	5.3**		0.78 ns
ใช้มาก	19	2.11	1.89	1.63	15	2.47
ใช้น้อย	23	2.43	2.04	1.74	19	2.47
t		1.33 ns	0.61 ns	0.42 ns		0.03 ns

4.5 ปริมาณคลอเรตตกค้างและการเคลื่อนที่

จากตารางที่ 7 เมื่อพิจารณาการตกค้างของคลอเรตในดิน สามารถแบ่งสวนทั้ง 42 สวนได้เป็น 4 กลุ่ม โดยใช้ปริมาณอนุภาคดินเหนียวในเนื้อดินที่ความลึก 0-20 ซม. และปริมาณคลอเรตที่ราดในปี พ.ศ. 2547 เป็นเกณฑ์. ด้านปริมาณอนุภาคดินเหนียวแบ่งหลายๆ เป็น 2 ประเภท คือดินที่มีอนุภาคดินเหนียวตั้งแต่ 12 % ลงไปถือว่าเป็น “ดินทราย” ส่วนดินที่มีอนุภาคดินเหนียวมากกว่า 14 % ถือว่าเป็น “ดินร่วนและดินเหนียว”. การแบ่งประเภทอัตราการใช้คลอเรตได้ใช้มาตรฐานของอัตราการใช้ คือ อัตรา 27.5 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม (ตารางที่ 3) ซึ่งเท่ากับ 170 กรัม/ม² ของพื้นที่ในแนวราบเป็นเกณฑ์ โดยถือว่าราดมากเมื่อราดมากกว่า 170 กรัม/ม² ของพื้นที่ในแนวราบ และถือว่าราदन้อยเมื่อราदन้อยกว่า 170 กรัม/ม² ของพื้นที่ในแนวราบ. เมื่อแบ่งตามเกณฑ์ทั้ง 2 จึงแบ่งได้ 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มดินทรายใช้คลอเรตมาก ในกลุ่มนี้มี 12 สวน ได้แก่สวนเลขที่ 14, 36, 7, 8, 30, 40, 27, 19, 5, 28, 38 และ 29
2. กลุ่มดินทรายใช้คลอเรตน้อย ประกอบด้วยสวน 3 สวน ได้แก่สวนเลขที่ 20, 42 และ 41
3. กลุ่มดินร่วนและดินเหนียวใช้คลอเรตมาก ในกลุ่มนี้มี 10 สวน ได้แก่สวนเลขที่ 34, 16, 32, 10, 13, 24, 12, 26 1, และ 37
4. กลุ่มดินร่วนและดินเหนียวใช้คลอเรตน้อย ประกอบด้วยสวน 17 สวน ได้แก่สวนเลขที่ 6, 39, 25, 23, 22, 18, 3, 4, 17, 21, 11, 15, 33, 9, 2, 31 และ 35

ในตารางที่ 7 ได้เรียงลำดับสวนต่างๆ ภายในแต่ละกลุ่ม โดยเรียงลำดับตามลำดับตามการกล่าวถึงในการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณคลอเรตตกค้าง ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มดินทรายใช้คลอเร็ตมาก

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้น 0-20 ซม. ของทุกสวนในกลุ่มนี้มีน้อยกว่า 1.0 % ยกเว้นสวนที่ 19, 5 และ 30.

ในสวนเลขที่ 14 (อินทรีย์วัตถุ 0.55 %) พบการตกค้างของคลอเร็ตประมาณ 25 มก./กก. ที่ความลึก 100-140 ซม. ซึ่งมากกว่าชั้นดินที่อยู่เหนือขึ้นไป เมื่อหลังจากการคลอเร็ต 287 กรัม/ม² ของพื้นที่ในแนวราบได้ 312 และ 417 วัน. ในสวนเลขที่ 7 (อินทรีย์วัตถุ 0.46 %) ใช้คลอเร็ตในปี 2546 280 กรัม/ม² แล้วไม่ใช้อีกในปี 2547 และ 2548 พบคลอเร็ตตกค้างเกินระดับวิกฤติที่ความลึก 40-80 ซม. เมื่อ 25 -102 วันหลังราด. แต่เมื่อติดตามไปเรื่อยๆ จนเมื่อ 701 และ 973 วันหลังราด พบว่าคลอเร็ตตกค้างที่ความลึก 140-200 ซม. มีมากกว่าที่ชั้นที่อยู่เหนือขึ้นไปอย่างชัดเจน แสดงว่าแม้ว่าจะราดคลอเร็ตเพียงครั้งเดียวเมื่อเกือบ 3 ปีก่อน คลอเร็ตก็ได้เคลื่อนที่ลงลึกไปได้ระดับหนึ่ง และคลอเร็ตปริมาณนี้สลายตัวต่อไปอย่างช้ามาก.

สวนเลขที่ 8 (อินทรีย์วัตถุ 0.65 %) ใช้คลอเร็ต 531 กรัม/ม² ในปี 2546 และได้ลดอัตราการใช้ลงเหลือ 301 กรัม/ม² ในปี 2547 เมื่อ 66 วันหลังราด 531 กรัม/ม² พบคลอเร็ตตกค้างเกินระดับวิกฤติ ที่ความลึก 40-100 ซม. เมื่อติดตามอีกเมื่อ 143 วันพบว่าที่ระดับความลึกเดิมมีคลอเร็ตตกค้างอยู่น้อยกว่าเดิมมาก. น่าจะเป็นเพราะว่าคลอเร็ตได้เคลื่อนที่ลงลึกกว่าระดับที่ติดตาม. หลังราดคลอเร็ต 301 กรัมในปี 2547 ได้ 146, 241, 367 และ 658 วัน พบคลอเร็ตในปริมาณที่มีนัยสำคัญ (27- 48 มก./กก.) ที่ความลึก 100-200 ซม. จึงเห็นได้ว่าคลอเร็ตตกค้างได้เคลื่อนที่ลงลึกไปตามเวลาที่มากขึ้น และคลอเร็ตปริมาณนี้สลายตัวต่อไปอย่างช้ามาก เช่นเดียวกับในสวนเลขที่ 7.

ข้อมูลคลอเร็ตตกค้างของสวนเลขที่ 27 (อินทรีย์วัตถุ 0.91 %) ที่พบคลอเร็ต 37.7 - 48.4 มก./กก. ที่ชั้น 80-160 ซม. เมื่อ 308 วัน และ ข้อมูลคลอเร็ตตกค้างของสวนเลขที่ 28 (อินทรีย์วัตถุ 0.26 %) ที่พบคลอเร็ต 23.1 - 29.5 มก./กก. ที่ชั้น 80-140 ซม. เมื่อ 299 วันช่วยยืนยันข้อสรุปที่ได้จากข้อมูลของ 3 สวนข้างบน

ข้อมูลจากสวนที่ 14, 7, 8 และ 27 บ่งชี้ว่าการราดคลอเร็ตในดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ด้วยอัตราประมาณ 4-6 เท่าของคำแนะนำ ทำให้มีโอกาสที่คลอเร็ตที่สลายตัวไม่หมดจะเคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นที่ลึกลงไปเรื่อยๆ และคลอเร็ตปริมาณนี้สลายตัวต่อไปอย่างช้ามาก (ดูบทที่ 4 และบทที่ 8)

ในอีกด้านหนึ่ง ข้อมูลคลอเร็ตตกค้างเมื่อ 13, 92, และ 150 วันหลังราดของสวนที่ 30 (อินทรีย์วัตถุ 1.10 %) ที่พบว่าคลอเร็ตตกค้างในชั้นดิน 0 - 120 ซม. น้อยตั้งแต่เมื่อราดได้ 13 และ 92 วัน และเมื่อราดได้ 150 วัน พบคลอเร็ตมากที่สุดเพียง 21 มก./กก. ที่ชั้น 100-120 ซม. ซึ่งมากกว่าที่ชั้นดินบนและล่างของชั้นนี้อย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่ามวลของคลอเร็ตไม่ได้เคลื่อนที่ลงลึกไปมากกว่าชั้นนี้. เมื่อติดตามวิเคราะห์จนถึงชั้นความลึก 300 ซม. เมื่อ 440 วันหลังราด ก็ไม่พบคลอเร็ตตกค้างอย่างมีนัยสำคัญที่ความลึกระหว่าง 200-300 ซม. ทั้งหมดนี้อูมานต่อไปได้ว่าการมีอินทรีย์วัตถุสูงในดินทรายจะช่วยให้คลอเร็ตสลายตัวได้เร็วและลดโอกาสที่คลอเร็ตตกค้างจะเคลื่อนที่ลงลึก ข้อมูลคลอเร็ตตกค้างของสวนเลขที่ 40 (อินทรีย์วัตถุ 0.72 %) ที่พบคลอเร็ตมากที่สุดเพียง 29.1 มก./กก. ที่ชั้น 60-80 ซม. เมื่อ 190 วัน และพบ 23.3.5 มก./กก. ที่ชั้น 100-120 ซม. เมื่อ 240 วัน ช่วยยืนยันข้อสรุปที่ได้จากข้อมูลของสวนที่ 30.

ส่วนสวนที่ 19 (อินทรีย์วัตถุ 1.51 %) ซึ่งเป็นดินทรายที่มีอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดในกลุ่มนี้ มีข้อมูลไม่พอที่จะยืนยันข้อสรุปที่ได้จากข้อมูลของสวนที่ 30 สมควรติดตามคลอเร็ตในชั้นดินที่ลึกกว่า 100 ซม. แต่ทำไม่ได้เนื่องจากในชั้นดินมีหินปนมาก. สวนเลขที่ 5 (อินทรีย์วัตถุ 1.12 %) ใช้คลอเร็ตมากที่สุด ในปี 2546 ใช้ถึง 569 กรัม/ม² ของพื้นที่ในแนวราบ (11 เท่าของคำแนะนำ) เมื่อ 69, 168 และ 281 วันหลังราด พบคลอเร็ตตกค้างเกินระดับวิกฤติ (50 มก./กก.) ในความลึกระหว่าง 20-100 ซม. การติดตามเมื่อ 423 วันพบว่าภายในความลึก 100 ซม. มีคลอเร็ตตกค้างอยู่มากที่ระดับความลึก 80-100 ซม. ดังนั้นคลอเร็ตน่าจะได้เคลื่อนที่ลงลึกกว่าชั้นดินที่ได้ติดตามไปแล้ว แสดงให้เห็นว่าการมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 1 % ในดินทรายก็ไม่ช่วยให้คลอเร็ตสลายตัวได้เร็วพอที่คลอเร็ตจะไม่เคลื่อนที่ลงลึก ถ้าวราดคลอเร็ตมากถึง 11 เท่าของคำแนะนำ

2. กลุ่มดินทรายใช้คลอเรตน้อย

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้น 0-20 ซม. ของทุกสวนในกลุ่มนี้น้อยกว่า 1 % ยกเว้นสวนที่ 42 มีอินทรีย์วัตถุ 1.20%

ในสวนเลขที่ 20 (อินทรีย์วัตถุ 0.60 %) เมื่อหลังจากการคลอเรต 183 กรัม/ม² ในปี 2546 ได้ 230 วัน มีคลอเรตตกค้างอยู่มากที่สุด 37.2 มก./กก. ที่ความลึก 80-100 ซม. และเมื่อหลังจากการคลอเรต 110 กรัม/ม² ในปี 2547 ได้ 92 วัน คลอเรตได้เคลื่อนที่ลงถึงความลึก 140 ซม. โดยมีตกค้างอยู่มากที่สุด 54.5 มก./กก. ที่ความลึก 80-100 ซม. เมื่อติดตามคลอเรตกลุ่มนี้ไปจนถึงความลึก 260 ซม. เมื่อ 210 และ 310 วันหลังราด พบว่าคลอเรตปริมาณนี้ได้เคลื่อนที่ลงไปถึงความลึก 200 และ 260 ซม. และสลายตัวต่อไปช้ามาก.

ในสวนเลขที่ 42 (อินทรีย์วัตถุ 1.20 %) เมื่อหลังจากการคลอเรต 146 กรัม/ม² ในปี 2546 ได้ 136 วัน คลอเรตตกค้างอยู่ที่ความลึก 60-100 ซม. และเมื่อหลังจากการคลอเรต 110 กรัม/ม² ในปี 2547 ได้ 136 วัน คลอเรตตกค้างอยู่มากที่สุด 49 มก./กก. ที่ความลึก 80 -100 ซม. เมื่อติดตามคลอเรตกลุ่มนี้ไปจนถึงความลึก 260 ซม. เมื่อ 212 และ 311 วันหลังราด พบว่าคลอเรตปริมาณนี้ได้เคลื่อนที่ลงไปถึงความลึก 60-80 และ 100-120 ซม. คลอเรตตกค้างในสวน 20 และ 42 นี้บ่งชี้ว่าแม้จะราดเพียงประมาณ 2 เท่าของคำแนะนำในดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ก็มีโอกาที่คลอเรตที่สลายตัวไม่หมดจะเคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นที่ลึกลงไปเรื่อยๆ

ในสวนเลขที่ 41 (อินทรีย์วัตถุ 0.46 %) ไม่พบคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญภายในความลึก 100 ซม. เมื่อหลังการคลอเรตเกิน 103 วัน เนื่องจากไม่สามารถเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ความลึกเกิน 100 ซม. จึงไม่สามารถระบุได้ว่ามีคลอเรตตกค้างที่ความลึกเกิน 100 ซม. หรือไม่

3. กลุ่มดินร่วนและดินเหนียวใช้คลอเรตมาก

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้น 0-20 ซม. ของทุกสวนในกลุ่มนี้มีมากกว่า 1.5 % ยกเว้นสวนที่ 1 และ 26 ที่มีอินทรีย์วัตถุเพียง 0.59 และ 0.79 %.

สวนที่ 34, 32 และ 12 มีอินทรีย์วัตถุ 4.26, 1.98 และ 1.88 % และมีอัตราการราด 290, 287 และ 214 กรัม/ม² ตามลำดับ ไม่พบคลอเรตตกค้างในดินชั้นบนในระดับที่มีนัยสำคัญ เมื่อหลังการคลอเรตได้ 4-6 เดือน และขณะเดียวกันก็ไม่พบการตกค้างในลักษณะที่แสดงแนวโน้มมีการเคลื่อนที่ลงลึกเกินกว่าระดับที่ได้ติดตาม. ดังนั้นแม้ว่าจะราดคลอเรตในอัตราสูงในสวน 3 สวนนี้ คลอเรตในดินก็สลายตัวได้เร็วพอ จนตกค้างอยู่ไม่เกิน 4-5 เดือน

สวนที่ 1 เป็นสวนที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำสุดในกลุ่มนี้ คือมีเพียง 0.59 % มีการราดคลอเรต 3 ครั้งในช่วงเวลาที่ติดตาม โดยราดห่างกัน 8 และ 11 เดือน โดยแต่ละครั้งราดคลอเรตเท่ากัน คือ 200 กรัม/ม² ของพื้นที่ราดคลอเรต. ในการราดครั้งแรก พบว่าคลอเรตสลายตัวเกือบหมดจากชั้นดิน 100 ซม. ภายใน 3 เดือนครึ่ง โดยไม่มีแนวโน้มว่าจะเคลื่อนที่ลงลึก. ในการราดครั้งที่ 3 พบคลอเรตตกค้างที่ชั้น 0-40 ซม. เมื่อ 56 และ 131 วันหลังราด เมื่อถึง 192 วันคลอเรตกลุ่มนี้ได้สลายตัวไปมาก. ส่วนที่ตกค้างได้เคลื่อนลงไปที่ชั้น 20-60 ซม. แต่อีก 42 วันต่อมา คือ 233 วันหลังการคลอเรตกลุ่มนี้ได้สลายตัวไปหมด จนตรวจไม่พบภายในชั้นดิน 160 ซม. เมื่อ 233, 250 และ 296 วัน.

สวนที่ 26 เป็นอีกสวนที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ คือมีเพียง 0.79 % หลังจากการคลอเรตครั้งแรกได้ 284 วัน ไม่พบคลอเรตตกค้างในชั้นดิน 100 ซม. และ 169 วันหลังจากการคลอเรตครั้งที่ 2 คลอเรตก็สลายตัวเกือบหมดจากชั้นดิน 100 ซม. ข้อมูลของสวนที่ 1 และ 26 นี้แสดงว่าในดินร่วนและดินเหนียว แม้มีอินทรีย์วัตถุต่ำคลอเรตก็ยังสลายตัวได้หมดใน 6-7 เดือน.

ในสวนเลขที่ 16 (อินทรีย์วัตถุ 1.58 %) ในการราดคลอเรตในปี 2546 เมื่อ 185 วันหลังการราดพบคลอเรตตกค้างใกล้เคียงระดับวิกฤติที่ความลึก 20-40 ซม. คลอเรตกลุ่มนี้น่าจะสลายตัวหมดไปเมื่อ 340 วันหลังการราด. ในการราดคลอเรตในปี 2547 เมื่อ 151 วันหลังการราดในปี 2547 พบคลอเรตยังคงตกค้างอยู่มากที่ดินชั้นบนสุด. คลอเรตกลุ่มนี้ยังสลายตัวไม่หมดและได้กระจายลงลึกถึงชั้น

40-60 ซม. เมื่อ 212 วันหลังราด และลงลึกถึง 60-80 ซม. เมื่อ 276 วันหลังราด. เมื่อติดตามต่อเนื่องถึง 422 วันหลังราด ไม่พบคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญภายในความลึก 200 ซม.

สวนเลขที่ 10 เป็นตัวอย่างของสวนที่ใช้คลอเรตเพิ่มอย่างมากและต่อเนื่องมาตั้งแต่ปี 2541 และพบว่าถ้าใช้ทั้งสวนเกือบไม่ออกดอกจากการราด 4,000 กรัม/ต้น เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2546 นักวิจัยจึงแนะนำให้กำจัดคลอเรตออกจากดินชั้นบนโดยการไ้กากน้ำตาลละลายน้ำเมื่อเดือนกันยายน 2546. ผลวิเคราะห์คลอเรตตกค้างในเดือนตุลาคมและธันวาคม 2546 จึงพบคลอเรตน้อยในดินชั้น 0-40 ซม. หลังจากถ้าโยกออกดอกจากการราดเมื่อวันที่ 5 มกราคม 2547 เป็นที่พอใจแล้ว เจ้าของสวนได้ราดกากน้ำตาลกำจัดคลอเรตในเดือนมิถุนายน 2547 แบบให้มากกว่าที่แนะนำ คือให้ 10 ลิตร/ม² แทนที่จะเป็น 5 ลิตร/ม² เพื่อให้กากน้ำตาลซึมลงได้ลึก ในการวิเคราะห์ดินเดือนกรกฎาคม 2547 จึงพบคลอเรตเล็กน้อยในดินชั้นบนๆ สวนนี้จึงเป็นตัวอย่างที่ดีของการจัดการเร่งสลายคลอเรตตกค้างโดยกากน้ำตาล. เมื่อราดคลอเรตอีกครั้งในปี 2548 วันที่ 17 มกราคม โดยไม่ราดกากน้ำตาล พบว่าเมื่อ 151 วันคลอเรตจำนวนมากกระจายอยู่ในความลึก 10 ซม. และค่อยๆ ลดลงเมื่อ 212 และ 276 วัน จนเกือบไม่พบในความลึก 200 ซม.

สวนที่ 13 เป็นสวนที่มีดินเหนียวจัดที่สุด (72.3 %) และมีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (2.4%) ในการราดคลอเรตของปี 2546 พบว่าเมื่อ 205 วันหลังราด คลอเรตส่วนใหญ่ได้เคลื่อนที่ลงไปที่ชั้นดิน 40-80 ซม. ถัดจากนั้นอีก 42 วัน คือ 247 วันหลังราดตรวจไม่พบคลอเรตตกค้างภายในความลึก 100 ซม. การราดคลอเรตในปี 2547 พบว่าเมื่อ 142 วันหลังราด คลอเรตส่วนใหญ่ได้เคลื่อนที่ลงไปที่ชั้นดิน 60-100 ซม. เมื่อติดตามต่อไปจนถึง 247 วัน พบว่าคลอเรตส่วนนี้ได้สลายตัวไปหมด.

ข้อมูลของสวนที่ 10 และ 13 นี้แสดงให้เห็นว่าในดินร่วนและดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุสูง แม้จะใช้คลอเรตมากและต่อเนื่อง คลอเรตก็สลายตัวได้เร็วพอจนไม่ตกค้างข้ามปี จึงไม่เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมนอกสวน แต่ก็อาจจะเป็นปัญหาต่อต้นถ้าโย.

4. กลุ่มดินร่วนและดินเหนียวใช้คลอเรตน้อย

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินชั้น 0-20 ซม. ของทุกสวนในกลุ่มนี้มีมากกว่า 1.5 % โดยทั่วไปในสวนเลขที่ 3, 6, 39, 4, 22, 15, 33, 9, 2, 31, 17, 35 11 และ 37 ไม่พบคลอเรตตกค้างในดินชั้นบนในระดับที่มีนัยสำคัญ เมื่อหลังราดคลอเรตได้ 4-5 เดือน และขณะเดียวกันก็ไม่พบการตกค้างในลักษณะที่แสดงแนวโน้มมีการเคลื่อนที่ลงลึกเกินกว่าระดับที่ได้ติดตาม.

สวนสวนที่ 18 มีการราดคลอเรต 3 ครั้งในระหว่างการศึกษา พบคลอเรตตกค้างอยู่มากกว่าสวนอื่นๆ เมื่อเทียบในระยะเวลาหลังราดพอๆ กัน แต่ก็สลายตัวได้เกือบหมดหลังราดได้ครบปี.

สวนที่ 21 ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก (0.06 %) มีการราดคลอเรต 2 ครั้ง ในการราด 183 กรัม/ม² เมื่อปี 2546 พบว่าเมื่อ 142 วันหลังราด มีคลอเรตตกค้างที่ตั้งแต่ผิวดินจนถึงความลึก 100 ซม. และคลอเรตส่วนนี้ได้เคลื่อนที่ลงระหว่าง 40 – 160 ซม. เมื่อ 287 วันหลังราด แสดงให้เห็นว่าแม้ผ่านไป 9 เดือนคลอเรตก็สลายตัวไปได้ไม่มาก. แต่ในการราด 110 กรัม/ม² เมื่อปี 2547 พบว่าเมื่อ 92 วันหลังราดคลอเรตได้สลายตัวไปหมด โดยไม่เคลื่อนที่ลงลึก จึงตรวจไม่พบในความลึก 260 ซม. เมื่อ 206 และ 307 วันหลังราด.

สวนที่ 24 เป็นสวนที่มีดินเป็นค่างและมีอินทรีย์วัตถุสูง เมื่อระยะเวลา 6-7 เดือนหลังราดในการราดทั้ง 2 ปียังพบคลอเรตตกค้างอยู่ในระดับที่มีนัยสำคัญ แต่เมื่อระยะเวลาผ่านไปเกิน 1 ปี ก็ไม่พบคลอเรตตกค้างในชั้นดิน.

5. สรุปผลการสำรวจการจัดการสวนและติดตามปริมาณคลอเรตค้ำในดิน

ผลการสำรวจและติดตามในสวนลำไย 42 สวนในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน พบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตของชาวสวนลำไยเพิ่มขึ้นโดยตลอด นับตั้งแต่เมื่อพบว่าสามารถชักนำการออกดอกของลำไยด้วยสารคลอเรต โดยที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ต่อต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2546 เท่ากับ 350 413 836 1,004 1,206 และ 1,424 กรัม/ต้น. จากการประเมินผลการออกดอกในปี พ.ศ. 2546 พบว่า สภาพการจัดการสวนที่ดีเท่านั้นที่มีผลให้การออกดอกดี ขณะที่อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้นและอายุของต้นลำไยไม่มีผลต่อการออกดอก. ผลการสำรวจนี้สอดคล้องกับการสำรวจของ พาวิน (2550) ซึ่งได้สำรวจปริมาณการใช้โพแทสเซียมคลอเรตเพื่อชักนำการออกดอกนอกฤดูในปี พ.ศ. 2549 และประเมินการออกดอกของต้นลำไย กับเกษตรกรจำนวน 126 รายภายใต้โครงการส่งเสริมการผลิตลำไยนอกฤดู คุณภาพดี ต้นทุนต่ำ (สนับสนุน โดย สกว. 2548-2549) ได้ข้อสรุปว่าสวนลำไยที่ใช้โพแทสเซียมคลอเรตน้อยกว่า 20 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม (2 เท่าของอัตราแนะนำ) มีการออกดอกดีกว่าที่ใช้มากกว่าอัตราแนะนำ. อัตรา 20 กรัม/ม² ที่พาวิน(2550) ใช้เป็นเกณฑ์แบ่งอัตราการใช้ มาก-น้อย นี้ใกล้เคียงกับอัตรา 27.5 กรัมต่อตารางเมตร ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการวิจัยนี้.

การใช้โพแทสเซียมคลอเรตในดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ที่ระบายน้ำได้ดี ด้วยอัตราประมาณ 4-6 เท่าของคำแนะนำ ทำให้มีโอกาสที่คลอเรตที่สลายตัวไม่หมดจะเคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นที่ลึกลงไปเรื่อยๆ. ในดินกลุ่มนี้เมื่อหลังจากการรดแล้ว 5-6 เดือนจะไม่พบคลอเรตค้ำในดินลึก 100 ซม. แต่จะพบที่ชั้นดินลึกลงไปจาก 100 ซม. การมีอินทรีย์วัตถุสูงในดินทรายจะช่วยให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วและลดโอกาสที่คลอเรตค้ำจะเคลื่อนที่ลงลึกได้ระดับหนึ่ง. แต่การมีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 1 % ในดินทรายก็ไม่ช่วยให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วพอที่คลอเรตจะไม่เคลื่อนที่ลงลึก ถ้ารดคลอเรตมากถึง 11 เท่าของคำแนะนำ. อย่างไรก็ตามการรดเพียงประมาณ 2 เท่าของคำแนะนำในดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำบางดิน ก็มีโอกาสดที่คลอเรตที่สลายตัวไม่หมดจะเคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นที่ลึกลงไปเรื่อยๆ.

ในดินร่วนและดินเหนียวโดยทั่วไป คลอเรตจะเคลื่อนที่ลงไปในดินลึกไม่เกิน 100 ซม. ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง แม้ว่าจะรดคลอเรตในอัตราสูง (4-5 เท่าของคำแนะนำ) คลอเรตในดินก็สลายตัวได้เร็วพอ จนเหลือค้ำในดินไม่เกิน 4-5 เดือน. ในดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำคลอเรตก็สลายตัวได้หมดใน 6-7 เดือน. อย่างไรก็ตาม มีบางสวนที่คลอเรตยังสลายตัวไม่หมดแม้จะรดแล้วเกือบครบปี แต่ก็ไม่เคลื่อนที่ลงลึกเกิน 100 ซม. เมื่อรดคลอเรตในอัตราไม่เกิน 3 เท่าของคำแนะนำจะไม่พบคลอเรตค้ำในระดับที่มีนัยสำคัญ เมื่อหลังรดคลอเรตได้ 4-5 เดือน และก็ไม่พบการค้ำในลักษณะที่แสดงแนวโน้มมีการเคลื่อนที่ลงลึกเกินกว่าระดับที่ได้ติดตาม.

ข้อสรุปนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาในบทที่ 4 โดยการรดคลอเรตในแปลงทดลอง แล้วติดตามปริมาณค้ำเป็นเวลา 2 ปี.

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การราดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราดประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราดจริง)

เลขที่ ประเภท ชุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก		เก็บ มี.ย.-ก.ค 46		เก็บ ส.ค-ก.ย 46		เก็บ ต.ล-พ.ย 46		เก็บ ธ.ค-มี.ค 47		เก็บ เม.ย-พ.ค 47		เก็บ มี.ย-ก.ค 47		เก็บ ส.ค-พ.ย 47		เก็บ ธ.ค47-ม.ค 48		เก็บ ก.พ-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มี.ย-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49		
			(ซม.)	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.
กลุ่มดินทรายใช้คลอไรด์มาก																													
14	11.6	0.55	0-20	7	458.8	44	3.4	99	2.3						49	1.3					252	0.9	312	2.4	346	0.8	417	0.3	
D	15.3	0.55	20-40	ราด	39.9	ราด	43.9	ราด	4.3						ราด	2.0					[ราด	4.7	[ราด	1.4	[ราด	2.6	[ราด	0.1	
SI C			40-60	12กค46		12กค46	31.6	12กค46	34.5						7มีย47	13.5					7มีย47	21.7	7มีย47	1.6	10ธค47	5.8	10ธค47	6.0	
ที่ดอน			60-80	115		115	6.9	115	32.1						287	39.7					287	31.9	287	4.0	287	11.2	287	15.3	
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100	กรัม/ม ²		กรัม/ม ²	6.3	กรัม/ม ²	19.8						กรัม/ม ²	30.5					กรัม/ม ²	57.3	กรัม/ม ²	18.2	กรัม/ม ²	13.6	กรัม/ม ²	15.0	
			100-120																					24.4		8.3		20.4	
			120-140																					25.1		5.5		8.6	
			140-160																							2.9		6.0	
36	4.8	0.48	0-20							49	278.0	139	1.1						46	57.4	98	0.0	190	2.8	271	1.3			
C	4.8	0.26	20-40							[ราด	125.0	[ราด	1.1						[ราด	38.9	[ราด	12.7	[ราด	2.4	[ราด	1.0			
SI C			40-60							11ธค46	139.0	11ธค46	5.1						10ธค47	19.3	10ธค47	86.7	10ธค47	1.9	10ธค47	1.3			
ที่ดอน			60-80							143	20.0	143	19.8						214	11.3	214	55.7	214	1.1	214	6.7			
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100							กรัม/ม ²	20.0	กรัม/ม ²	4.1						กรัม/ม ²	12.3	กรัม/ม ²	17.9	กรัม/ม ²	1.0	กรัม/ม ²	6.1			
			100-120																					17.6		4.2			
			120-140																					14.9		4.4			
			140-160																						11.9		6.1		
			160-180																						8.5		5.7		
7	6.4	0.46	0-20	3	5.2	25	54.4	102	8.6	235	1.4				333	0.6	507	0.1	573	0.0	646	0.4	701	0.5			973	0.1	
B	7.1	0.34	20-40	[ราด	15.0	[ราด	93.8	[ราด	74.8	[ราด	0.1				[ราด	0.0	[ราด	2.2	[ราด	2.9	[ราด	0.2	[ราด	0.1			[ราด	0.1	
Np			40-60	18กค46	8.1	18กค46	129.1	18กค46	92.1	18กค46	1.6				18กค46	0.0	18กค46	17.5	18กค46	4.8	18กค46	0.4	18กค46	1.2			18กค46	0.0	
ที่ดอน			60-80	280	41.3	280	41.3	280	36.4	280	2.5				280	0.2	280	21.4	280	7.9	280	0.6	280	0.1			280	0.1	
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100	กรัม/ม ²		กรัม/ม ²	21.2	กรัม/ม ²	27.0	กรัม/ม ²	3.1				กรัม/ม ²	1.1	กรัม/ม ²	18.9	กรัม/ม ²	12.6	กรัม/ม ²	0.3	กรัม/ม ²	1.0			กรัม/ม ²	0.1	
			100-120																	13.4		1.2		1.4				1.4	
			120-140																					3.7				2.6	
			140-160																									7.7	
			160-180																			2.5		14.7					
			180-200																										
			200-220																										
* กรัม/ม ² ในที่นี้คือ กรัม/ม ² ของพื้นที่ในแนวราดคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง															SI C = slope complex														
																										</			

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การราดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราดประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ประเภท ชุดดิน พื้นที่	% ดินเหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ย 46		เก็บ ส.ค-ก.ย 46		เก็บ ค.ย-พ.ย 46		เก็บ ธค-มี.ค 47		เก็บ เม.ย-พ.ค 47		เก็บ มี.ย-ก.ค 47		เก็บ ส.ค-พ.ย 47		เก็บ ธ.ค47-ม.ค 48		เก็บ ก.พ-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มี.ย-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49	
			(ซม.)	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.
8	7.7	0.65	0-20	14	47.7	66	24.1			143	0.2			1	416.7	87	8	146	0.0	241	3.5	367	0.7			658	0.8
A	8.4	0.46	20-40	[ราด	52.2	[ราด	92.2			[ราด	0.0			[ราด	71.1	[ราด	43	[ราด	3.0	[ราด	1.6	[ราด	1.3			[ราด	2.0
Np			40-60	7มีย46		7มีย46	69.0			7มีย46	6.1			15มีย47	16.3	15มีย47	39	15มีย47	1.2	15มีย47	2.4	15มีย47	0.6			15มีย47	1.0
ที่ดอน			60-80	531		531	49.7			531	10.9			301	26.3	301	16	301	2.2	301	3.9	301	2.5			301.0	0.8
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100	กรัม/ม2)		กรัม/ม2)*	59.8			กรัม/ม2)	20.5			กรัม/ม2)	20.2	กรัม/ม2)	23	กรัม/ม2)	0.0	กรัม/ม2)	3.0	กรัม/ม2)	3.7			กรัม/ม2)	1.2
			100-120														36		39.9		3.7		3.3				0.2
			120-140														12		40.6		27.2		8.8				3.6
			140-160																48.3		44.3		22.7				6.5
			160-180																29.2		34.7		40.5				23.6
			180-200																14.3		24.7		26.8				20.7
30	4.0	1.10	0-20					324	2.8	439	14.0	524	3.5					13	7.0	92	4.0	150	1.9			440	2.8
C	4.0	0.13	20-40					[ราด	2.3	[ราด	12.9	[ราด	3.3					[ราด	25.3	[ราด	33.3	[ราด	2.4			[ราด	0.3
AI C			40-60					20ธค45	2.3	20ธค45	24.1	20ธค45	4.4					19 มค48	7.9	19 มค48	35.4	19 มค48	1.5			19 มค48	1.7
ที่ลุ่ม			60-80					664	4.2	664	25.9	664	8.7					200	5.3	200	28.9	200	2.0			200.0	2.5
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100					กรัม/ม2)	1.9	กรัม/ม2)	5.0	กรัม/ม2)	8.7					กรัม/ม2)	5.6	กรัม/ม2)	43.4	กรัม/ม2)	7.5			กรัม/ม2)	0.5
			100-120																		28.3		21.0				2.2
			120-140																				6.0				4.9
			140-160																				4.1				4.2
			160-180																				3.0				1.3
			180-200																				2.2				0.5
			200-220																								0.7
			220-240																								0.9
			240-260																								1.1
			260-280																								1.3
40	10.0	0.72	0-20									164	1.8					46	176.0	98	0.0	190	1.8	274	6.3		
A	10.0	0.14	20-40									[ราด	2.0					[ราด	15.0	[ราด	8.8	[ราด	1.5	[ราด	6.5		
SI C			40-60									24พย46	2.0					10ธ.ค47	7.1	10ธ.ค47	7.7	10ธ.ค47	2.7	10ธ.ค47	6.2		
ที่ดอน			60-80									88	1.8					287	6.4	287	0.0	287	29.1	287	5.0		
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100									กรัม/ม2)	2.6					กรัม/ม2)	6.7	กรัม/ม2)	0.0	กรัม/ม2)	13.5	กรัม/ม2)	7.1		
			100-120																				5.1		23.3		
			120-140			* กรัม/ม2 ในพื้นที่คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราบคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง								AI C = Alluvial complex				SI C = Slope complex					3.1		9.0		

[illegible]

เลขที่ ประเภท ชุด ดิน พื้นที่	%ดิน เหนียว	%OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค 46		เก็บ ต.ค-ก.ย 46		เก็บ ต.ค-พ.ย 46		เก็บ มี.ธ-ก.ค 47		เก็บ มี.ธ-ก.ค 47		เก็บ มี.ธ-ก.ค 47		เก็บ ต.ค-พ.ย 47		เก็บ มี.ธ-ก.ค 48		เก็บ ก.พ-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มี.ย-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49				
			(ซม.)	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	
27	6.7	0.91	0-20					276	14.0	419	4.0	504	4.1			15	136.0	98	13.1	177	3.4	228	2.7			308	6.7			
B	9.3	0.66	20-40					[วาด	42.3	[วาด	8.9	[วาด	2.8			[วาด	24	[วาด	7.9	[วาด	4.9	[วาด	4.3			[วาด	6.3			
A1C			40-60					9มค46	106.2	9มค46	9.5	9มค46	3.9			2พค47	25	2พค47	13.5	2พค47	9.2	2พค47	16.1			2พค47	8.6			
ที่ถุ่ม			60-80					200	54.1	200	10.8	200	3.1			200	15	200	22.3	200	4.4	200	26.5			200.0	16.6			
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100					กรั้ม/ม2	39.4	กรั้ม/ม2	14.6	กรั้ม/ม2	3.3			กรั้ม/ม2	12	กรั้ม/ม2	15.0	กรั้ม/ม2	5.6	กรั้ม/ม2	7.4			กรั้ม/ม2	37.7			
			120-140																	3.8		6.7					48.4			
			140-160																	1.1		3.2					44.0			
19	10.8	1.51	0-20	287	0.2									19	244.3	89	0.5	173	3.1	263	0.7		ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ลึกกว่า 100 ซม. เพราะเป็นหิน							
A	10.3	1.42	20-40	[วาด	1.3								[วาด	77.8	[วาด	0.3	[วาด	3.9	[วาด	0.0										
SI C			40-60	7กย45	0.0								25มิ.ย47	15.3	25มิ.ย47	4.0	25มิ.ย47	4.5	25มิ.ย47	1.1										
ที่คอน			60-80	91	0.9									284	9.7	284	15.7	284	5.6	284	0.0									
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100	กรั้ม/ม2	3.1									กรั้ม/ม2	5.3	กรั้ม/ม2	11.0	กรั้ม/ม2	15.2	กรั้ม/ม2	0.0									
5	5.0	1.12	0-20			69	17.9	168	3.3	281	7.0			423	1.4										781	1.0	ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ลึกกว่า 100 ซม. เพราะเป็นหิน			
B	4.0	0.59	20-40			[วาด	98.0	[วาด	54.9	[วาด	80.8			[วาด	2.0	* ไม่วาดตลอดในปี 2547 และ 2548								[วาด	0.0					
SI C			40-60			13พค46	69.4	13พค46	82.0	13พค46	127.6			13พค46	3.1									13พค46	0.2					
ที่คอน			60-80			569	53.8	569	54.5	569	101.6			569	10.7									569	1.1					
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100			กรั้ม/ม2	59.6	กรั้ม/ม2	28.7	กรั้ม/ม2	36.3			กรั้ม/ม2	21.6										กรั้ม/ม2	2.3				
28	12.0	0.26	0-20					282	5.1	419	4.0	504	4.1			6	311.0	98	7.2	177	0.5	219	32.0			299	8.6			
A	10.0	0.44	20-40					[วาด	11.6	[วาด	8.9	[วาด	2.8			[วาด	42.0	[วาด	27.8	[วาด	4.5	[วาด	46.9			[วาด	7.5			
A1C			40-60					9มค46	28.7	9มค46	9.5	9มค46	3.9			11พค47	15.0	11พค47	29.6	11พค47	3.1	11พค47	9.1			11พค47	7.3			
ที่ถุ่ม			60-80					100	16.7	100	10.8	100	3.1			200	15.0	200	34.6	200	1.0	200	8.7			200	9.6			
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100					กรั้ม/ม2	4.9	กรั้ม/ม2	14.6	กรั้ม/ม2	3.3			กรั้ม/ม2	11.0	กรั้ม/ม2	31.4	กรั้ม/ม2	1.9	กรั้ม/ม2	10.7			กรั้ม/ม2	23.1			
			120-140																		0.3		4.2				29.5			
			140-160	* กรั้ม/ม2 ในพื้นที่คือ กรั้ม/ม2 ของพื้นที่ในแนวลาดตลอดที่ได้รับตลอดจริง										Al C = Alluvial complex			SI C = Slope complex			4.3		2.6				11.7				
38	5.0	0.68	0-20							124	0.0			231	0.0															
A	4.5	0.14	20-40							[วาด	7.3			[วาด	0.0															
Mt			40-60							15พค46	21.0			15พค46	0.0	* ไม่วาดตลอดในปี 2547														
ที่คอน			60-80							200	17.0			200	0.1															
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100							กรั้ม/ม2	16.4			กรั้ม/ม2	0.0															

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การาคลอรไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราดประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราดจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท ชุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค 46		เก็บ ต.ค.-ก.ย 46		เก็บ ค.ค.-พ.ย 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค 47		เก็บ เม.ย.-พ.ค 47		เก็บ มี.ย.-ก.ค 47		เก็บ ต.ค.-พ.ย 47		เก็บ ธ.ค47-ม.ค 48		เก็บ ก.พ.-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มี.ย.-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49							
			(ซม.)	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์	ระยะ	กลอไรด์				
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.		
29	2.5	0.44	0-20					69	1.9	134	4.0	296	3.4																				
C	2.5	0.22	20-40					[ราด	1.9	[ราด	4.2	[ราด	4.8			* ไม่ราดคลอไรด์ในปี 2547																	
AI C			40-60					5สค46	8.8	5สค46	3.1	5สค46	2.8																				
ที่ลุ่ม			60-80					171	55.4	171	2.7	171	2.6																				
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100					กรัม/ม2)	91.6	กรัม/ม2)	7.2	กรัม/ม2)	3.3																				
กลุ่มดินทรายไร้คลอไรด์น้อย																																	
20	5.3	0.60	0-20			2	70.2	83	2.9			230	0.9					15	33.6	92	5.7			210	0.9	310	2.5						
D	5.8	0.46	20-40			[ราด	111.1	[ราด	14.6			[ราด	0.6					[ราด	147.3	[ราด	2.7			[ราด	0.7	[ราด	2.7						
Np			40-60			5มิย46	208.7	6มิย46	14.0			6มิย46	1.8					24พย47	43.2	24พย47	26.0			24พย47	0.4	24พย47	19.8						
ที่ดอน			60-80			183	42.5	183	29.0			183	7.7					110	48.5	110	33.3			110	0.4	110	2.7						
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100			กรัม/ม2)	47.5	กรัม/ม2)	74.9			กรัม/ม2)	37.2					กรัม/ม2)	94.0	กรัม/ม2)	54.5			กรัม/ม2)	0.9	กรัม/ม2)	1.9						
			100-120										2.4								23.6				23.1		3.5						
			120-140																		23.9				25.7		2.9						
			140-160																						24.3		13.1						
			160-180																						44.2		20.6						
			180-200																						21.5		28.7						
			200-220																						1.5		30.5						
			220-240																						0.1		21.7						
			240-260			* กรัม/ม2 ในพื้นที่คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราดคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง									AI C = Alluvial complex				SI C = Slope complex					0.7		22.0							
42	9.0	1.20	0-20									164	7.6					48	944.0				136	19.9	211	0.4	312	7.3					
D	11.0	0.80	20-40									[ราด	14.1					[ราด	66.4				[ราด	49.0	[ราด	3.3	[ราด	7.3					
SI C			40-60									24พย46	32.5					10ธค47	13.5				10ธค47	9.8	10ธค47	12.3	10ธค47	6.7					
ที่ดอน			60-80									146	18.6					110	8.9				110	0.0	110.0	17.3	110.0	6.1					
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100									กรัม/ม2)	23.1					กรัม/ม2)	10.0				กรัม/ม2)	0.0	กรัม/ม2)	4.7	กรัม/ม2)	7.3					
			100-120																									13.5					
41	9.0	0.79	0-20									103	3.0					61	60.0	98	28.2	ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ลึกกว่า 100 ซม. เพราะเป็นหิน				274	6.9						
B	9.0	0.14	20-40									[ราด	9.6					[ราด	27.9	[ราด	0.0					[ราด	4.8						
SI C			40-60									24พย46	1.6					25พย47	6.7	25พย47	0.0					25พย47	5.0						
ที่ดอน			60-80									110	2.0					110	5.9	110	0.0					110	6.5						
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100									กรัม/ม2)	2.6					กรัม/ม2)	5.7	กรัม/ม2)	0.0					กรัม/ม2)	6.3						

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การวัดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราคาประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท จุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค. 46		เก็บ ส.ค.-ก.ย. 46		เก็บ ต.ค.-พ.ย. 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค. 47		เก็บ เม.ย.-พ.ค. 47		เก็บ มิ.ย.-ก.ค. 47		เก็บ ส.ค.-พ.ย. 47		เก็บ ธ.ค.47-ม.ค. 48		เก็บ ก.พ.-มี.ค. 48		เก็บ เม.ย.-มิย 48		เก็บ มิ.ย-ก.ค. 48		เก็บ สค48-พค49		
			(ซม.)	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน
26	21.0	0.79	0-20					284	2.3	84	950.0	169	15.4															
A	10.0	0.40	20-40					[วาด	1.4	[วาด	400.0	[วาด	13.1															
AI C			40-60					1มค46	2.1	10ธค46	89.0	10ธค46	9.4	* ไม่วัดคลอไรด์ในปี 2547														
ที่อุ้ม			60-80					100	2.1	200	26.0	200	6.1															
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100					กรัม/ม2)	1.2	กรัม/ม2)	11.9	กรัม/ม2)	8.1															
16	31.2	1.58	0-20	51	35.4	98	5.6	185	17.8			340	1.8			2	144.0	80	39.5	151	119.0	212	51.6	276	6.8	422	1.0	
C	31.2	0.93	20-40	[วาด	61.3	[วาด	3.0	[วาด	53.1			[วาด	1.8			[วาด	38.0	[วาด	0.8	[วาด	70.0	[วาด	72.6	[วาด	15.2	[วาด	0.8	
AI C			40-60	24พค46	69.9	24พค46	6.0	24พค46	44.4			24พค46	3.3			15ส.ค47	2.0	15ส.ค47	57.8	15ส.ค47	29.6	15ส.ค47	82.6	15ส.ค47	12.3	15ส.ค47	2.0	
ที่อุ้ม			60-80	286	64.4	286	3.4	286	9.8			286	6.8			286	5.0	286	46.5	286	19.4	286	23.6	286	50.6	286	2.2	
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100	กรัม/ม2)		กรัม/ม2)*	0.4	กรัม/ม2)	6.3			กรัม/ม2)	6.1			กรัม/ม2)	4.0	กรัม/ม2)	8.9	กรัม/ม2)	25.9	กรัม/ม2)	5.0	กรัม/ม2)	11.7	กรัม/ม2)	4.9	
			100-120																			0.0		7.6		2.4		
			120-140																					3.7		1.4		
			140-160																					4.5		1.6		
			160-180																							1.4		
			180-200																							2.0		
10	27.1	3.43	0-20	99	4218.0	35	51.7	104	1.7	164	6.9	77	90.5	133	10.7	192	3.5	38	334.1	98	80.7	136	34.0	197	0.4	261	5.9	
C	38.7	2.29	20-40	[วาด	609.9	[วาด	73.3	[วาด	4.9	[วาด	9.1	[วาด	47.7	[วาด	95.8	[วาด	2.5	[วาด	37.9	[วาด	24.4	[วาด	23.3	[วาด	2.1	[วาด	5.7	
Kr			40-60	4มย46	409.5	12กค46	61.7	12กค46	20.7	12กค46	7.8	5มค47	34.9	5มค47	98.1	5มค47	5.4	17มค48	17.3	17มค48	12.6	17มค48	2.3	17มค48	2.1	17มค48	5.7	
ที่ดอน			60-80	220	97.9	293	53.0	293	84.4	293	16.3	220	96.0	220	115.4	220	16.9	220	10.0	220	9.9	220	4.5	220	20.7	220	4.9	
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100	กรัม/ม2)		กรัม/ม2)	64.4	กรัม/ม2)	63.4	กรัม/ม2)	35.6	กรัม/ม2)	57.9	กรัม/ม2)	36.4	กรัม/ม2)	12.2	กรัม/ม2)	6.4	กรัม/ม2)	9.1	กรัม/ม2)	5.3	กรัม/ม2)	24.9	กรัม/ม2)	13.2	
			100-120																				1.4		9.4		36.8	
			120-140																						35.7		6.3	
			140-160																						14.6		6.5	
			160-180																								7.7	
			180-200			* กรัม/ม2 ในนี้คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราบคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง								AI C = Alluvial complex			SI C = Slope complex										7.7	

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การรากลอเร็ตตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราคาประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท ชุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค 46		เก็บ ส.ค.-ก.ย 46		เก็บ ต.ค.-พ.ย 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค 47		เก็บ เม.ย.-พ.ค 47		เก็บ มิ.ย.-ก.ค 47		เก็บ ส.ค.-พ.ย 47		เก็บ ธ.ค47-ม.ค 48		เก็บ ก.พ.-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มิ.ย-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49	
			(ซม.)	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย	ระยะ	กลอเรีย
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.
13	72.3	2.40	0-20			15	47.3	92	47.8	205	15.0	247	0.0					72	44.5	142	4.6			247	0	ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ ลึกกว่า 100 ซม. เพราะเป็น หิน	
C	64.2	1.57	20-40			[ราด	53.1	[ราด	84.9	[ราด	35.0	[ราด	4.5					[ราด	17.3	[ราด	0.3			[ราด	4.5		
SI C			40-60			1กค46	38.9	1กค46	22.3	1กค46	73.3	1กค46	16.7					1ธค47	14.8	1ธค47	19.4			1ธค47	16.7		
ที่ดอน			60-80			401	20.0	401	9.1	401	56.0	401	0.3					214	41.0	214	44.9			214	0.3		
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100			กรัม/ม2)	12.8	กรัม/ม2)	7.0	กรัม/ม2)	23.4	กรัม/ม2)	0.0					กรัม/ม2)	28.7	กรัม/ม2)	47.5			กรัม/ม2)	0		
24	24.0	2.35	0-20					58	9.5			288	0.9					74	53.1	164	45.6	259	3.7	ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินที่ ลึกกว่า 80 ซม. เพราะเป็นชั้น ดินมาริล	153	19.2	
D	28.0	2.74	20-40					[ราด	1.7			[ราด	1.0					[ราด	364.2	[ราด	106.2	[ราด	1.5		[ราด	67.5	
Tk			40-60					15กค46	2.8			15กค46	1.0					2 ค.ค47	69.0	2 ค.ค47	59.9	2 ค.ค47	32.1		25กค48	7.4	
ที่ดอน			60-80					137				137						228		228		228	33.1		185	5.4	
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100					กรัม/ม2)*				กรัม/ม2)						กรัม/ม2)		กรัม/ม2)		กรัม/ม2)					
กลุ่มดินร่วนและดินเหนียวใช้กลอเรียน้อย																											
6	20.7	2.11	0-20	39	63.5	91	8.8	168	7.4	64	4.6			162	3.1			70	24.5				130	9.0	197	1.2	
D	19.3	0.92	20-40	[ราด	104.2	[ราด	24.9	[ราด	11.8	[ราด	3.3			[ราด	0.6			[ราด	14.9				[ราด	5.6	[ราด	2.9	
AI C			40-60	13พค46		13พค46	14.0	13พค46	45.2	5มค47	2.7			5มค47	2.9			12ธ.ค47	4.5				12ธ.ค47	6.6	12 ธ.ค47	4.8	
ที่ลุ่ม			60-80	114		114	3.3	114	6.0	228	3.3			228	4.0			171	5.3				171	7.4	171	0.5	
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100	กรัม/ม2)		กรัม/ม2)	5.0	กรัม/ม2)	9.5	กรัม/ม2)	3.3			กรัม/ม2)	3.3			กรัม/ม2)	0.0				กรัม/ม2)	6.6	กรัม/ม2)	3.1	
39	32.0	3.20	0-20							8	76.9			70	4.5	127	0.0			63	6.6	133	61.1			290	13.7
C	40.0	2.10	20-40							[ราด	50.7			[ราด	13.9	[ราด	0.0			[ราด	35.4	[ราด	25.9			[ราด	51.3
SI C			40-60							20มีค47	29.2			20มีค47	20.0	20มีค47	3.5			10 ธค47	28.6	10 ธค47	6.5			10 ธค47	36.4
ที่ดอน			60-80							114	8.2			114	9.6	114	3.3			171	11.0	171	4.0			171	22.3
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100							กรัม/ม2)	4.5			กรัม/ม2)	7.8	กรัม/ม2)	4.4			กรัม/ม2)	7.4	กรัม/ม2)	0.5			กรัม/ม2)	17.6
			100-120																								9.4
4	59.2	1.98	0-20			262	3.1					154	21.9							85	42.7	123	5.0	184	4.9	269	8.7
C	59.2	0.92	20-40			[ราด	0.9					[ราด	24.7							[ราด	36.7	[ราด	1.7	[ราด	1.4	[ราด	2.9
Rb			40-60			20พค45	0.4					19พค46	0.6							15 พ.ค47	15.3	15 พ.ค47	0.6	15 พ.ค47	0.5	15 พ.ค47	6.0
ที่ลุ่ม			60-80			160	0.4					160	1.7							110	6.1	110	1.2	160	1.0	160	3.8
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100			กรัม/ม2)	0.4					กรัม/ม2)	0.7							กรัม/ม2)	7.1	กรัม/ม2)	3.7	กรัม/ม2)	1.2	กรัม/ม2)	4.0
			100-120			* กรัม/ม2 ในที่นี้คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราบกลอเรียที่ได้รับกลอเรียจริง								AI C = Alluvial complex				SI C = Slope complex								3.3	

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การราดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราดประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท จุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค. 46		เก็บ ส.ค.-ก.ย. 46		เก็บ ค.พ.-พ.ย. 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค. 47		เก็บ เม.ย.-พ.ค. 47		เก็บ มี.ย.-ก.ค. 47		เก็บ ส.ค.-พ.ย. 47		เก็บ ธ.ค.47-ม.ค. 48		เก็บ ก.พ.-มี.ค. 48		เก็บ เม.ย.-มิย 48		เก็บ มี.ย.-ก.ค. 48		เก็บ สค48-พค49		
			(ซม.)	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน
22	27.7	1.44	0-20			64	32.6	147	3.2							43	8.4	125	4.8		201	5.3						
A	31.0	0.89	20-40			[วาด]	13.0	[วาด]	2.4							[วาด]	74.6	[วาด]	5.2		[วาด]	5.3						
Hc			40-60			5กค46	5.0	5กค46	2.9							5กค47	66.8	5กค47	4.5		5กค47	4.9						
ที่ดอน			60-80			71	4.2	71	5.5							143	35.5	143	18.4		143	4.5						
			80-100			กรัม/ม2)*	5.2	กรัม/ม2)	8.9							กรัม/ม2)	17.5	กรัม/ม2)	15.7		กรัม/ม2)	8.7						
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			100-120															14.1			4.2							
15	22.1	1.75	0-20			36	101.3	124	7.7			278	0.0			6	205.0	80	0.5	153	7.0	217	0.0	278	5.7			
C	20.8	0.92	20-40			[วาด]	108.2	[วาด]	13.3			[วาด]	1.9			[วาด]	51.0	[วาด]	0.1	[วาด]	7.7	[วาด]	0.0	[วาด]	1.8			
AI C			40-60			25กค46	43.4	25กค46	45.4			25กค46	0.8			13ส.ค47	19.0	13ส.ค47	0.0	13ส.ค47	7.3	13ส.ค47	6.6	13ส.ค47	2.3			
ที่ลุ่ม			60-80			103	13.6	103	13.3			103	0.8			103	21.0	103	0.0	103	5.6	103	7.4	103	3.1			
ให้น้ำโดยขังบนผิวดิน			80-100			กรัม/ม2)	5.3	กรัม/ม2)	10.1			กรัม/ม2)	1.0			กรัม/ม2)	17.0	กรัม/ม2)	0.0	กรัม/ม2)	7.0	กรัม/ม2)	6.8	กรัม/ม2)	7.0			
			100-120																						8.2			
			120-140																						4.1			
33	19.5	1.52	0-20							21	83.9	84	2.9	160	0.2			52	8.9	110	3.0	180	2.5					
A	24.5	1.07	20-40							[วาด]	57.2	[วาด]	6.6	[วาด]	0.6			[วาด]	12.9	[วาด]	3.1	[วาด]	0.9					
AI C			40-60							13พค46	19.6	13พค46	9.5	13พค46	2.0			20 ส.ค47	2.0	20 ส.ค47	1.5	20 ส.ค47	0.7					
ที่ลุ่ม			60-80							221	7.4	221	5.9	221	2.3			100	6.8	100	2.8	100	0.1					
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100							กรัม/ม2)	6.5	กรัม/ม2)	3.8	กรัม/ม2)	0.6			กรัม/ม2)	5.8	กรัม/ม2)	3.8	กรัม/ม2)	0.5					
9	26.0	1.98	0-20			227	1.4	296	1.9	16	15.6	78	22.5			193	5.0	40	297.3	100	24.8	138	5.4	199	0.3	263	1.3	
C	29.3	2.61	20-40			[วาด]	0.5	[วาด]	1.4	[วาด]	52.1	[วาด]	5.4			[วาด]	0.0	[วาด]	34.0	[วาด]	11.2	[วาด]	10.8	[วาด]	0.4	[วาด]	1.5	
Pc			40-60			1มค46	0.9	1มค46	3.0	4มค47	10.1	4มค47	3.6			4มค47	0.0	15 ม.ค48	10.6	15ม.ค48	5.1	15ม.ค48	51.2	15ม.ค48	0.9	15ม.ค48	3.5	
ที่ดอน			60-80			90	0.6	90	5.8	90	7.7	90	6.3			90	0.0	90	7.0	90	2.9	90	21.2	90	1.9	90	2.7	
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100			กรัม/ม2)	1.9	กรัม/ม2)	4.0	กรัม/ม2)	4.1	กรัม/ม2)	1.1			กรัม/ม2)	0.6	กรัม/ม2)	7.4	กรัม/ม2)	6.2	กรัม/ม2)	6.7	กรัม/ม2)	0.5	กรัม/ม2)	7.7	
			100-120			* กรัม/ม2 ในที่นี้คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราบคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง									AI C = Alluvial complex				SI C = Slope complex					4.6		5.1		12.7

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การราดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราดประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท ชุดคน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค 46		เก็บ ส.ค.-ก.ย 46		เก็บ ต.ค-พ.ย 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค 47		เก็บ เม.ย-พ.ค 47		เก็บ มิ.ย-ก.ค 47		เก็บ ส.ค-พ.ย 47		เก็บ ธ.ค47-ม.ค 48		เก็บ ก.พ-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มิ.ย-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49	
			(ซม.)	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด	ระยะ	ตลอด
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.
2	47.2	1.45	0-20			7	409.9	102	13.5			263	2.4					71	26.1	123	44.2	215	10.2				
A	45.2	0.53	20-40			[วาด	53.9	[วาด	24.5			[วาด	5.1					[วาด	18.4	[วาด	27.9	[วาด	2.3				
Rb			40-60			2สค46	8.1	2สค46	5.5			2สค46	0.0					15 พย.47	6.9	15 พย.47	1.1	15 พย.47	0.3				
ที่ลุ่ม			60-80			100	8.4	100	5.5			100	0.0					57	6.5	57	0.0	57	0.1				
ให้นำโดยสปริงเกอร์			80-100			กรัม/ม2)	0.2	กรัม/ม2)	1.7			กรัม/ม2)	0.6					กรัม/ม2)	5.9	กรัม/ม2)	0.0	กรัม/ม2)	0.1				
			100-120																				1.3				
			120-140																				5.8				
			140-160																				21.0				
31	38.0	3.20	0-20							3	55.0	66	7.2	142	2.0												
A	36.0	1.37	20-40							[วาด	7.6	[วาด	2.9	[วาด	0.0												
Lp			40-60							1สค46	4.0	1สค46	0.2	1สค46	0.0	* ไม่วัดตลอด เวลาในปี 2547											
ที่ดอน			60-80							100	3.3	100	0.6	100	2.7												
ให้นำโดยขังบนผิวดิน			80-100							กรัม/ม2)	4.0	กรัม/ม2)	0.4	กรัม/ม2)	2.7												
17	35.2	1.83	0-20	172	58.4	218	64.8					460	7.1							112	28.9	173	4.1	233	7.3		
D	37.2	1.14.	20-40	[วาด	49.3	[วาด	11.8					[วาด	1.0							[วาด	283.6	[วาด	3.5	[วาด	7.3		
AI C			40-60	24มค46		24มค46	3.5					24มค46	1.0							26 พ.ย47	5.9	26 พ.ย47	7.8	26 พ.ย47	6.7		
ที่ลุ่ม			60-80	115		115	1.2					115	1.0							115	0.0	115	7.6	115	6.1		
ให้นำโดยขังบนผิวดิน			80-100		กรัม/ม2)		กรัม/ม2)					กรัม/ม2)	1.1							กรัม/ม2)	0.0	กรัม/ม2)	5.7	กรัม/ม2)	7.3		
35	22.0	3.04	0-20							45	185.0	142	0.3	252	1.9												
C	24.0	1.00	20-40							[วาด	122.0	[วาด	39.3	[วาด	4.2	* ไม่วัดตลอดในปี 2547											
Sai			40-60							10พย46	32.5	10พย46	28.7	10พย46	4.1												
ที่ลุ่ม			60-80							90	0.9	90	8.0	90	7.5												
ให้นำโดยสปริงเกอร์			80-100							กรัม/ม2)	-	กรัม/ม2)	4.0	กรัม/ม2)	4.4												

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การราดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราดประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท ชุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค 46		เก็บ ส.ค.-ก.ย 46		เก็บ ต.ค.-พ.ย 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค 47		เก็บ เม.ย.-พ.ค 47		เก็บ มี.ย.-ก.ค 47		เก็บ ส.ค.-พ.ย 47		เก็บ ธ.ค47-มี.ค 48		เก็บ ก.พ.-มี.ค 48		เก็บ เม.ย-มิย 48		เก็บ มี.ย.-ก.ค 48		เก็บ สค48-พค49		
			(ซม.)	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน
11	19.5	2.24	0-20			118	24.0	187	3.5	337	3.6			29	64.3	103	1.1	193	10.6	252	3.9			318	3.4			
C	23.5	1.06	20-40			[ราด]	32.6	[ราด]	10.9	[ราด]	0.0			[ราด]	57.3	[ราด]	16.9	[ราด]	24.0	[ราด]	4.9			[ราด]	4.9			
Kr			40-60			24เมย46	10.9	24เมย46	50.8	24เมย46	0.0			17มิย47	37.1	17มิย47	24.9	17มิย47	27.1	17มิย47	4.9			17มิย47	9.2			
ที่ดอน			60-80			103	4.4	103	38.3	103	1.7			103	20.5	103	8.2	103	23.0	103	5.6			103	4.4			
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100			กรัม/ม2)	2.9	กรัม/ม2)	55.1	กรัม/ม2)	1.5			กรัม/ม2)	12.6	กรัม/ม2)	5.6	กรัม/ม2)	70.4	กรัม/ม2)	4.1			กรัม/ม2)	5.6			
			100-120								11.3														3.8			
			120-140																						1.8			
			140-160																						0.6			
37	31.0	2.97	0-20							43	226.0	89	145.0	190	2.5							6	309.5	68	6.6	163	1.5	
C	23.1	2.64	20-40							[ราด]	45.0	[ราด]	92.1	[ราด]	1.9							[ราด]	87.6	[ราด]	37.7	[ราด]	14.6	
SI C			40-60							2มค47	20.0	2มค47	51.6	2มค47	11.6							15เม.ย48	44.5	15เม.ย48	57.4	15เม.ย48	18.4	
ที่ดอน			60-80							146	19.0	146	47.3	146	14.2							212	67.6	212	27.3	212.0	12.8	
ให้น้ำโดยขังบนคว่ดิน			80-100							กรัม/ม2)	23.0	กรัม/ม2)	34.4	กรัม/ม2)	15.0							กรัม/ม2)	30.8	กรัม/ม2)	28.5	กรัม/ม2)	15.4	
			100-120																						1.5		5.7	
			120-140																								2.6	
18	23.5	1.60	0-20	172	95.9	218	26.0						128	117.4	210	64.3	277	1.4		82	57.5	143	9.2	204	0.3			
A	23.5	1.37	20-40	[ราด]	62.8	[ราด]	47.0						[ราด]	83.4	[ราด]	57.0	[ราด]	0.9		[ราด]	20.3	[ราด]	12.3	[ราด]	8.1			
Hd			40-60	24มค45		24มค45	13.4						22ธค46	29.4	22ธค46	37.0	22ธค46	1.3			26 พ.ย47	7.9	26 พ.ย47	27.5	26 พ.ย47	6.7		
ที่ลุ่ม			60-80	143		143	0.8						143	7.5	143	20.0	143	5.7			143	0.9	143	20.3	143	15.2		
ให้น้ำโดยขังบนคว่ดิน			80-100	กรัม/ม2)		กรัม/ม2)	2.0						กรัม/ม2)	4.3	กรัม/ม2)	12.0	กรัม/ม2)	2.2			กรัม/ม2)	0.5	กรัม/ม2)	23.5	กรัม/ม2)	9.7		
			100-120		* กรัม/ม2 ในพื้นที่คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราบคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง										AI C = Alluvial complex			SI C = Slope complex						15.2				
23	35.0	3.36	0-20					164	16.4				363	25.1	435	16.4												
C	39.0	0.89	20-40					[ราด]	134.0				[ราด]	86.4	[ราด]	16.5												
Tk			40-60					1พค46	134.7				1พค46	50.4	1พค46	10.5												
ที่ดอน			60-80					155	63.3				155		155	4.5												
ให้น้ำโดยขังบนคว่ดิน			80-100					กรัม/ม2)	5.3				กรัม/ม2)		กรัม/ม2)	2.6												

* ไม่ราดคลอไรด์ในปี 2547

ตารางที่ 7 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ (การวัดคลอไรด์ตามคำแนะนำ คือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม เท่ากับราคาประมาณ 52 กรัม/ม² พื้นที่ในแนวราบจริง) (ต่อ)

เลขที่ ประเภท ชุดดิน พื้นที่	% ดิน เหนียว	% OM	ความลึก	เก็บ มี.ย.-ก.ค. 46		เก็บ ส.ค.-ก.ย. 46		เก็บ ค.ค.-พ.ย. 46		เก็บ ธ.ค.-มี.ค. 47		เก็บ เม.ย.-พ.ค. 47		เก็บ มี.ย.-ก.ค. 47		เก็บ ส.ค.-พ.ย. 47		เก็บ ธ.ค.47-มี.ค. 48		เก็บ ก.พ.-มี.ค. 48		เก็บ เม.ย.-มิถ. 48		เก็บ มี.ย.-ก.ค. 48		เก็บ ส.ค.48-พ.ค.49	
			(ซม.)	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์	ระยะ	คลอไรด์
				วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.	วัน	มก./กก.
25	22.7	4.04	0-20					57	175.2			116	264.3	181	156.2			51	23.1	90	9.4	ไม่สามารถ เก็บได้		203	3.3	548	1.69
C	25.3	2.69	20-40					[ขาด]	239.9			[ขาด]	205.1	[ขาด]	45.4			[ขาด]	1,084.0	[ขาด]	707.7			[ขาด]	51.3	[ขาด]	0.12
Tk			40-60					16สค46	33.3			3มค47	164.5	3มค47	26.5			15คค47	303.0	15คค47	69.7			15คค47	172.3	15คค47	0.45
ที่ดอน			60-80					155	9.8			155	68.8	155				155		155	47.0			155	52.6	155	1.19
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100					กรัม/ม2)	na			กรัม/ม2)	na	กรัม/ม2)				กรัม/ม2)		กรัม/ม2)	19.1			กรัม/ม2)	15.7	กรัม/ม2)	2.13
21	25.2	0.60	0-20			59	287.7	142	50.7			287	3.8					15	830.6	92	2.0	206	0.9			307	5.5
D	27.2	0.46	20-40			[ขาด]	331.8	[ขาด]	171.0			[ขาด]	12.3					[ขาด]	31.5	[ขาด]	1.7	[ขาด]	0.7			[ขาด]	1.5
Mt			40-60			10คค46	148.1	10คค46	280.3			10คค46	64.4					24พย47	11.0	24พย47	1.3	24พย47	0.4			24พย47	1.7
ที่ดอน			60-80			183	49.5	183	123.8			183	91.7					110	13.9	110	0.1	110	0.4			110.0	0.9
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100			กรัม/ม2)*	34.9	กรัม/ม2)	145.6			กรัม/ม2)	122.7					กรัม/ม2)	16.6	กรัม/ม2)	0.1	กรัม/ม2)	0.9			กรัม/ม2)	1.7
			100-120										0.0								5.8		0.1				1.7
			120-140										0.0								3.5		0.3				1.7
			140-160										83.9								4.7		0.3				1.5
			160-180																				0.1				
			180-200																				0.5				
			200-220																				1.5				
			220-240																				0.1				
			240-260																				0.7				
3	47.0	2.56	0-20									267	3.4					41	170.0	93	127.4			239	12.1		
B	49.0	1.49	20-40									[ขาด]	44.6					[ขาด]	34.0	[ขาด]	118.8			[ขาด]	26.9		
Rb			40-60									20คค46	19.5					15พ.ย.47	12.0	15พ.ย.47	6.1			15พ.ย.47	22.7		
ที่ลุ่ม			60-80									214	1.5					114	16.0	114	12.1			114	9.3		
ให้น้ำโดยสปริงเกอร์			80-100									กรัม/ม2)	0.7					กรัม/ม2)	9.0	กรัม/ม2)	8.5			กรัม/ม2)	4.1		
			100-120			* กรัม/ม2 ในพื้นที่คือ กรัม/ม2 ของพื้นที่ในแนวราบคลอไรด์ที่ได้รับคลอไรด์จริง								Al C = Alluvial complex					Sl C = Slope complex						4.1		

บทที่ 4

การติดตามการสะสมและเคลื่อนที่ของคลอเรตตกค้างจากการใช้อัตราสูงและต่อเนื่องในแปลงทดลอง

1. คำนำ

การติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างจากการใช้โพแทสเซียมคลอเรตในสวนเกษตรกรรมในบทที่ 3 เป็นการติดตามในสภาพแวดล้อมและการจัดการที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะอัตราการใช้ จึงได้ผลการติดตามที่เป็นแนวโน้มในสภาพที่เป็นจริงในสวนลำไยขณะเมื่อติดตาม. อย่างไรก็ตาม เพื่อให้สามารถประเมินผลตกค้างในระยะยาวของการใช้โพแทสเซียมคลอเรตอัตราสูงกว่าที่ใช้ในปัจจุบัน จึงสมควรทำแปลงทดลองที่ควบคุมอัตราและความสม่ำเสมอในการรด ในชุดดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ปลูกลำไยในภาคเหนือ อันจะทำให้สามารถติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างและการเคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ.

2. วัตถุประสงค์

เพื่อติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างและการเคลื่อนที่ จากการรดโพแทสเซียมคลอเรตอัตราสูงและต่อเนื่อง ในชุดดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ปลูกลำไยในภาคเหนือ

3. อุปกรณ์และวิธีการ

- คัดเลือกพื้นที่ 4 พื้นที่ว่าง ที่มีดินเป็นชุดดินสำคัญในพื้นที่ปลูกลำไย ได้แก่ชุดดินสันทราย น้ำพอง โคราข และ ปากช่อง พื้นที่ทั้งหมดที่ใช้ทำแปลงทดลองเป็นพื้นที่ที่ไม่เคยได้รับสารคลอเรตมาก่อนเลย.
- ในพื้นที่ของดินแต่ละชุดดิน ได้เตรียมแปลงทดลองขนาด 4×4 เมตร 2 แปลง สำหรับการรดโพแทสเซียมคลอเรตเมื่อกลางฤดูฝน (= การรดคลอเรตเพื่อทำลำไยก่อนฤดู) 1 แปลง และสำหรับการรดคลอเรตเมื่อปลายฤดูแล้ง (= การรดคลอเรตเพื่อทำลำไยหลังฤดู) 1 แปลง
- เก็บตัวอย่างดินที่ความลึกต่างๆ ตั้งแต่ผิวดินจนถึง 200 ซม. วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและเนื้อดิน
- รดสารโพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 4.4 ก.ก./16 m^2 ของพื้นที่ศึกษา (เฉลี่ยต่อตารางเมตรเท่ากับ 275 กรัม/ม² ของพื้นที่ได้รับคลอเรตจริง ซึ่งคำนวณได้เท่ากับ 52 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม หรือ 2 ก.ก./ ดันของคันที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เมตร, เท่ากับ 5 เท่าของคำแนะนำ)¹
- การรดคลอเรตสำหรับพื้นที่ทดลองการรดกลางฤดูฝน (= การรดคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยก่อนฤดู) ได้รดเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม – 2 สิงหาคม 2546 แล้วรดซ้ำเมื่อครบ 1 ปี คือเมื่อวันที่ 25 กรกฎาคม 2547
- การรดคลอเรตสำหรับพื้นที่ทดลองการรดปลายฤดูแล้ง (= การรดคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยหลังฤดู) ได้รดเมื่อวันที่ 3-5 มีนาคม 2547 แล้วรดซ้ำเมื่อครบ 1 ปี คือเมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2548
- ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์และให้น้ำตลอดในฤดูแล้งแก่พื้นที่ทดลองทั้ง 2 พื้นที่เลียนแบบการจัดการในสวนลำไยจริง

¹ การรดคลอเรตให้กับต้นลำไย เกษตรกรไม่ได้รดเต็มพื้นที่ทรงพุ่ม หากแต่รดเป็นแถบวงกลมเล็กเข้ามาจากชายทรงพุ่มเล็กน้อย ความกว้างของแถบวงกลมและความลึกที่หลบเข้าในทรงพุ่มของแถบขึ้นอยู่กับขนาดของทรงพุ่ม สำหรับต้นลำไยที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม 7 เมตร ในที่นี้คำนวณโดยกำหนดให้แถบรดคลอเรตหลบจากขอบทรงพุ่มเข้าไป 10 ซม. และรดเป็นแถบกว้าง 35 ซม. ทำให้มีพื้นที่ทรงพุ่ม 38.5 m^2 แต่มีพื้นที่รดคลอเรต 7 m^2 เมื่อรดคลอเรต 2,000 กรัม/ตัน จึงได้อัตรา 52 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม และ 275 กรัม/ม² ของพื้นที่ในแนวรดคลอเรต (พื้นที่ได้รับคลอเรตจริง)

- ติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างโดยเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต ปีละ 4-6 ครั้ง โดยเก็บตัวอย่างดินเป็นชั้นๆ ชั้นละ 20 ซม. ในแปลงทดลองแต่ละแปลงเก็บตัวอย่างดินครั้งละ 4 จุด แล้วผสมตัวอย่างดินจาก 4 จุดทำเป็นตัวอย่างรวม (composite sample) ของแต่ละชั้น.
- ความลึกที่เก็บตัวอย่างดินในแต่ละครั้งแตกต่างกัน เมื่อเริ่มติดตามกำหนดเก็บตัวอย่างดินเพียง 5 ชั้น จากความลึก 0-100 ซม. แต่เมื่อพบว่าคลอเรตน้ำเคลื่อนที่ลงไปตกค้างที่ความลึกมากกว่า 100 ซม. ก็ตามเก็บลึกลงไปเรื่อยๆ จนเก็บลึกที่สุดถึง 300 ซม. สำหรับในแปลงทดลองของชุดดินสันทราย เก็บตัวอย่างดินได้ลึกที่สุดเพียง 160 ซม. เนื่องจากมีชั้นกรวดที่ความลึกมากกว่า 160 ซม.
- วิเคราะห์ปริมาณคลอเรตโดยวิธีที่ปรับปรุงจากวิธีของ Chiswell and Keller-Lehmann (1993) (ภาคผนวกที่ 2).

4. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

1. ชุดดินน้ำพอง พื้นที่ศึกษาเป็นมุมหนึ่งในแปลงหญ้าอาหารสัตว์ ของสาขาโคนม ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย เชียงใหม่ ที่มีการปลูกหญ้าอาหารสัตว์โดยใช้ปุ๋ยเคมีเล็กน้อยมาหลายปี. พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี.
2. ชุดดินสันทราย พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ว่างข้างสวนลินจี ของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เป็นที่ว่าง เคยเป็นแปลงปลูกผักและเป็นสนามตะกร้อ ของชมรมนักศึกษาไม้ผล ก่อนถูกทิ้งร้าง. พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี.
3. ชุดดินโคราช พื้นที่ศึกษาเป็นที่ว่างระหว่างคันลำไยอายุ 6 ปี สวนลำไยของคุณสงกรานต์ ไหมคำคำ (สวนหมายเลข 11 ในการติดตามการตกค้างของคลอเรตและการจัดการสวน) ตำบลเขื่อนผาก อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่. พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีปานกลาง.
4. ชุดดินปากช่อง พื้นที่ศึกษาเป็นที่ว่างระหว่างคันลำไยอายุ 2 ปี ในสวนลำไยของคุณกัญญา วิโสภา (สวนหมายเลข 9 ในการติดตามการตกค้างของคลอเรตและการจัดการสวน) ตำบลน้ำแพร่ อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่. แต่ก่อนพื้นที่นี้เคยเป็นสวนมะขามหวาน ก่อนเปลี่ยนมาปลูกลำไย พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี.

5. ผลการศึกษา

5.1 สมบัติของหน้าตัดดินที่ใช้ศึกษา

จากตารางที่ 8 พอสรุปความได้ว่า ดินน้ำพองเป็นดินทรายร่วนตั้งแต่ผิวดินจนถึงความลึก 80 ซม. จากนั้นปริมาณดินเหนียวจึงเพิ่มขึ้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายที่ความลึก 80-160 ซม. และเป็นดินเหนียวปนทรายที่ความลึก 160-220 ซม. และสุดท้ายปริมาณดินเหนียวลดลงเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายที่ความลึก 220-300 ซม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุของตัวอย่างชุดดินน้ำพองค่อนข้างต่ำ มีค่าระหว่าง 0.21 – 0.38 % ยกเว้นที่ความลึก 0-20 ซม. เท่านั้นที่มีค่า 0.54 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ชั้นดิน 0-140 ซม. มีค่าระหว่าง 12-33 มก./กก. และที่ความลึก 140-300 ซม. มีค่าน้อยกว่า 10 มก./กก. ปริมาณ Exch. K, Exch. Ca และ Exch. Mg ที่ชั้นดินลึกกว่า 180 ซม. มากกว่าที่ชั้นเหนือนั้นไปอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณดินเหนียวที่เพิ่มขึ้นของชั้นดินที่ลึกกว่า 180 ซม. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ชั้นดิน 0- 120 ซม. อยู่ในระดับปานกลาง ระหว่าง 19-33 มก./กก. แสดงถึงการที่เคยได้รับปุ๋ยเคมีมาบ้าง.

ดินบนของดินสันทรายที่ความลึก 0-60 ซม. เป็นดินร่วนปนทราย จากนั้นปริมาณดินเหนียวจึงเพิ่มขึ้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายจนถึงความลึก 160 ซม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ความลึก 0-20 ซม. เท่านั้นที่มีค่ามากกว่า 2 % แล้วลดลงเป็น 1.14 % ที่ความ

ลึก 20-40 ซม. ชั้นที่ลึกกว่านั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุระหว่าง 0.30-0.48 %. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำตลอดหน้าตัดดิน ยกเว้นที่ความลึก 0-40 ซม. ที่มีอยู่ระดับปานกลาง 22-34 มก./กก. แสดงถึงการที่เคยได้รับปุ๋ยเคมีมาบ้าง.

ดินบนของดินโคราชที่ความลึก 0-40 ซม. เป็นดินร่วนทราย จากนั้นปริมาณดินเหนียวจึงเพิ่มขึ้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายที่ความลึก 40-60 ซม. และเป็นดินเหนียวจนถึงความลึก 200 ซม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุของตัวอย่างชุดดินนี้ที่ความลึก 0-60 ซม. มีค่ามากกว่า 1.46 % ชั้นที่ลึกกว่านั้นมีอินทรีย์วัตถุระหว่าง 0.21-0.66 % เช่นเดียวกับตัวอย่างดินสันทราย ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำตลอดหน้าตัดดิน ยกเว้นที่ความลึก 0-40 ซม. ที่มีอยู่ระดับปานกลาง 20-21 มก./กก. แสดงถึงการที่เคยได้รับปุ๋ยเคมีมาบ้าง.

ตัวอย่างชุดดินปากช่องที่เป็นดินเหนียวจัดและมีโครงสร้างดีตลอดด้านหน้าตัด มีอินทรีย์วัตถุที่ชั้นบนสุดมากถึง 3.59 % แล้วลดลงเป็นระหว่าง 1.57-2.39 % ที่ชั้น 20-80 ซม. ชั้นดินต่อจากนั้นมีอินทรีย์วัตถุใกล้เคียง 1 % จนถึงความลึก 200 ซม. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำตลอดหน้าตัดดิน แสดงถึงการที่ไม่เคยได้รับปุ๋ยเคมีมาก่อนเลยในจุดที่เก็บตัวอย่างดินนี้.

5.2 การตกค้างของคลอเรตที่รากลางฤดูฝน 2 ครั้ง

จากตารางที่ 9 ก. และ ภาพที่ 3 ก. พบว่าในชุดดินน้ำพองมีคลอเรตอยู่ในดินชั้น 0-80 ซม. ที่เป็นดินทรายร่วนเพียงในระยะเวลาประมาณ 1 เดือนหลังจากการราดคลอเรตปีแรกเท่านั้น หลังจากนั้นคลอเรตได้เคลื่อนที่ลงไปในดินไปอยู่ที่ความลึก 100 ถึง 220 ซม. เมื่อหลังจากการราดได้ 294 และ 360 วัน. เช่นเดียวกัน หลังจากการราดปีที่ 2 ได้ 65 วัน พบคลอเรตเพียงเล็กน้อยในชั้นดิน 0-80 ซม. แต่พบมากที่ชั้น 100-200 ซม. ซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียวปนทราย และคงอยู่ในชั้นนี้ด้วยปริมาณที่ค่อนข้างคงที่จนถึงเมื่อ 178 วันหลังการราดปีที่ 2. เมื่อ 239 วันหลังการราดปีที่ 2 พบคลอเรตเคลื่อนที่ลงลึกถึงความลึก 300 ซม. โดยที่ระดับความลึก 140-240 ซม. พบปริมาณมากกว่า 50 มก./กก. ซึ่งถือว่าเป็นระดับที่วิกฤตต่อสิ่งแวดล้อมในดิน (สมชาย และ คณะ, 2544) เมื่อคำนวณปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตตกค้างในแปลงทดลอง (ขนาด 4 × 4 เมตร) จากทุกชั้นดินที่ได้เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ พบว่าจากปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตที่ราดลงไปปีละ 4.4 กก. เหลือตกค้างเมื่อสิ้นปีแรก 4.077 กก. (น่าจะมากกว่านี้หากเก็บตัวอย่างดินลึกลงไปอีก)และเหลือตกค้างเมื่อสิ้นปีที่ 2 1.701 กก. แสดงให้เห็นว่าคลอเรตสลายตัวไปได้ไม่น้อยมากในปีแรก และสลายตัวได้เร็วขึ้นมากในปีที่ 2. แต่โดยภาพรวมคลอเรตในแปลงทดลองบนดินชุดน้ำพองสลายตัวไปได้น้อยกว่าในชุดดินอื่นมาก.

ในชุดดินสันทรายที่เป็นดินร่วนปนทรายบนดินร่วนเหนียวปนทรายในกลุ่มที่ระบายน้ำไม่ดี (ตารางที่ 9 ข. และ ภาพที่ 3 ข.) พบคลอเรตตกค้างอยู่มากกว่า 100 มก./กก. เมื่อเวลา 65 – 86 วันหลังการราดคลอเรตแต่ละปี อยู่ในดินชั้น 0-40 และ 0-120 ซม. เมื่อครบ 1 ปีหลังการราดปีแรกพบคลอเรตตกค้างอยู่เกินระดับวิกฤตที่ความลึก 0-60 ซม. แต่เมื่อ 178 และ 239 หลังการราดปีที่ 2 พบว่าคลอเรตสลายตัวเกือบหมด พบคลอเรตเล็กน้อยเคลื่อนที่ลงลึกกว่า 120 ซม. เมื่อ 209 วันหลังการราดปีแรก และเมื่อ 65 วันหลังการราดปีที่ 2 ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตเหลือตกค้างในพื้นที่ทดลอง (ขนาด 4 × 4 เมตร) เมื่อสิ้นปีแรกเท่ากับ 1.613 กก. และเท่ากับ 0.259 กก. เมื่อสิ้นปีที่ 2 เห็นได้ว่าคลอเรตสลายตัวไปได้ระดับหนึ่งในปีแรก และสลายตัวได้เร็วขึ้นมากในปีที่ 2 เช่นเดียวกับในดินน้ำพอง.

ใน ตารางที่ 9 ค. และ ภาพที่ 4 ก. พบว่าการตกค้างของคลอเรตในดินโคราช ที่เป็นดินร่วนปนทรายบนดินเหนียวปนทราย มีลักษณะใกล้เคียงกับในดินสันทราย คือเมื่อ 96 และ 66 หลังจากการราดในปีที่ 1 และ 2 ตามลำดับ พบคลอเรตตกค้างอยู่เกิน 100 มก./กก. ที่ความลึก 0-60 และ 0-120 ซม. เมื่อครบ 1 ปีหลังการราดปีแรกพบคลอเรตตกค้างอยู่เกินระดับวิกฤตที่ความลึก 0-120 ซม. แต่เมื่อ 239 หลังการราดปีที่ 2 พบคลอเรตตกค้างอยู่เกินระดับวิกฤตที่ความลึก 40-80 ซม. เท่านั้น. พบคลอเรตเล็กน้อยเคลื่อนที่ลงลึกกว่า 140 ซม. เมื่อ 293 วันหลังการราดปีแรก และเมื่อ 178 วันหลังการราดปีที่ 2. ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตเหลือตกค้างในพื้นที่ทดลอง (ขนาด 4 × 4 เมตร) เมื่อสิ้นปีแรกเท่ากับ 2.355 กก. และเท่ากับ 1.654 กก. เมื่อสิ้นปีที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคลอเรตสลายตัวไปได้ระดับหนึ่งในปีแรก และสลายตัวได้เร็วขึ้นมากในปีที่ 2 เช่นเดียวกับในดิน 2 ชุดดินที่กล่าวถึงก่อนหน้านี้.

ตารางที่ 8 ผลวิเคราะห์สมบัติบางประการของในดินชั้นต่างๆ

ชุดดิน	Depth	pH	OM	Avai- P	Exch. K	Exch. Ca	Exch. Mg	sand	silt	clay
				%	mg/kg.....			%.....		
ดิน น้ำพอง	0-20	5.9	0.54	33	152	201	18	74.4	18.3	7.3
	20-40	5.1	0.38	31	36	176	32	75.1	17.6	7.3
	40-60	5.8	0.38	19	27	192	49	76.1	17.2	6.7
	60-80	5.4	0.33	19	55	239	61	75.0	17.7	7.3
	80-100	5.2	0.37	22	33	446	186	67.5	11.5	21.0
	100-120	5.2	0.33	25	29	250	232	58.6	12.4	29.0
	120-140	5.1	0.28	12	43	261	312	54.6	13.1	32.0
	140-160	5.2	0.28	9	84	328	318	50.3	12.7	37.0
	160-180	5.1	0.29	2	103	364	324	44.7	15.3	40.0
	180-200	5.0	0.36	2	108	322	284	42.6	14.8	42.7
	200-220	5.0	0.28	2	99	332	270	41.5	14.2	44.3
	220-240	4.7	0.21	1	92	158	152	43.2	20.3	36.5
	240-260	4.5	0.21	1	54	46	55	41.7	19.8	38.5
	260-280	4.6	0.21	1	59	74	78	43.5	21.0	35.5
	280-300	4.5	0.21	1	94	60	56	40.2	23.3	36.5
ดิน สันทราย	0-20	6.3	2.02	34	105	1,558	220	36.9	42.1	21.0
	20-40	6.5	1.14	22	87	1,093	166	41.6	39.4	19.0
	40-60	6.8	0.48	3	42	604	140	42.7	36.3	21.0
	60-80	6.9	0.33	3	47	453	128	43.2	33.8	23.0
	80-100	6.9	0.33	2	42	618	159	41.4	33.6	25.0
	100-120	7.0	0.32	3	84	708	178	41.3	33.7	25.0
	120-140	6.7	0.31	2	75	768	219	36.6	32.7	31.0
	140-160	5.1	0.3	1	59	387	156	40.3	24.7	35.0
ดิน โคราช	0-20	5.9	2.15	21	531	1,317	188	60.8	26.5	12.7
	20-40	5.7	1.58	20	300	1,196	230	48.3	34.4	17.3
	40-60	5.7	1.46	8	271	1,022	269	38.7	35.3	26.0
	60-80	5.9	0.66	4	242	813	251	42.6	32.7	24.7
	80-100	5.9	0.43	3	270	490	202	47.4	28.0	24.7
	100-120	5.0	0.59	2	35	338	193	49.6	24.4	26.0
	120-140	5.3	0.36	1	70	373	247	47.8	26.2	26.0
	140-160	5.6	0.35	1	77	456	315	48.3	17.7	34.0
	160-180	5.5	0.34	0	45	668	327	40.7	29.3	30.0
	180-200	5.5	0.21	1	107	828	323	41.8	30.9	27.0
ดิน ปากช่อง	0-20	5.5	3.59	3	765	960	187	25.4	22.6	52.0
	20-40	5.1	2.39	2	312	688	165	19.0	21.0	60.0
	40-60	5.4	1.68	2	305	368	146	14.0	11.0	75.0
	60-80	5.4	1.57	2	267	116	120	12.7	7.3	80.0
	80-100	5.5	0.92	3	252	168	130	12.2	5.3	82.5
	100-120	6.0	1.12	2	201	492	133	12.1	5.5	82.5
	120-140	6.0	1.01	1	206	504	117	12.2	2.8	85.0
	140-160	6.0	0.91	1	188	536	117	11.1	6.4	82.5
	160-180	5.9	0.90	1	161	496	94	13.6	6.4	80.0
	180-200	5.1	0.90	1	216	616	114	14.2	8.3	77.5