



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตาในสวนลำไย ต่อสิ่งแวดล้อม

โดย รศ. สมชาย องค์กรประเสริฐ และคณะ

มิถุนายน 2544

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ

การประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตาในสวนลำไย ต่อสิ่งแวดล้อม

คณะผู้วิจัย

1. รศ. สมชาย องค์กรประเสริฐ ภาควิชาดินและปุ๋ย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. อาจารย์ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร ภาควิชาดินและปุ๋ย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
3. อาจารย์ศุภธิดา อ่ำทอง ภาควิชาดินและปุ๋ย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

ชุดโครงการไม้ผลและผลิตภัณฑ์จากไม้ผล

คำนิยม

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยอย่างยิ่งที่ให้โอกาสแก่คณะผู้วิจัยได้ทำการวิจัยโครงการนี้ ขอขอบคุณอย่างยิ่งเช่นกัน แด่ รศ. ดร. พีรเดช ทองอำไพ ผู้อำนวยการฝ่ายเกษตร (ฝ่าย 2) และ รศ. ดร. จริ่งแท้ ศิริพานิช ผู้จัดการเครือข่ายวิจัยและพัฒนาพืชสวนที่ให้ความกรุณาติดตามงานและให้คำชี้แนะตลอดระยะเวลาดำเนินโครงการ

ผู้บริหารมหาวิทยาลัยแม่โจ้ คณะผลิตกรรมการเกษตร และภาควิชาดินและปุ๋ยก็เป็นผู้ที่คณะผู้วิจัยต้องแสดงความขอบคุณเช่นกัน ที่ได้กรุณาให้ความสะดวกต่างๆ ทั้งในเรื่องอาคารสถานที่และเวลาในการทำวิจัย

คุณสรเดช จันทร์เที่ยง คุณโยธิน นันตา คุณพัฒนพงษ์ สีกา และคุณนิคม มุลทุ่ง ทั้ง 4 คนเป็นผู้ช่วยนักวิจัยที่ขยันขันแข็งและมีความคิดริเริ่ม ได้ช่วยเสนอแนะข้อปฏิบัติหลายประการอันมีผลให้วิจัยสมบูรณ์มากขึ้น คณะผู้วิจัยขอขอบคุณและบันทึกชื่อไว้ในรายงานนี้

เกษตรอำเภอสันทราย อำเภอสารภี อำเภอเมืองลำพูน และอำเภอป่าซางได้กรุณาให้ข้อมูลและข้อคิดต่างๆ และแนะนำให้รู้จักเจ้าของสวนลำไย ที่สำคัญที่สุดคือเจ้าของสวนลำไย 25 สวนที่ถูกเลือกเป็นตัวแทนสวนลำไยในการวิจัยนี้ ได้กรุณาอนุญาตให้คณะผู้วิจัยใช้พื้นที่เก็บตัวอย่างดินและน้ำ และให้ข้อมูลและข้อคิดต่างๆ ตั้งแต่ก่อนเริ่มโครงการจนเสร็จสิ้นโครงการ คณะผู้วิจัยรู้สึกเป็นหนี้บุญคุณของทุกท่านอย่างยิ่ง

กลุ่มคนสุดท้ายที่ต้องแสดงความขอบคุณคือครอบครัวของคณะผู้วิจัย ที่ต้องได้รับแรงกดดันจากการทำงานหนักของคณะผู้วิจัย แต่ก็คอยให้กำลังใจแก่คณะผู้วิจัยตลอดเวลา

สารบัญ

กิจกรรมที่	เรื่อง / หัวข้อ	หน้า
	คำนิยม	i
	สารบัญ	ii
	Executive summary	1
	บทคัดย่อ	8
	Abstract	9
	ปัญหาที่ทำการวิจัยและความสำคัญของปัญหา	10
	วัตถุประสงค์	10
	การตรวจเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
	1. การใช้ประโยชน์จากคลอเรต	10
	2. ความเป็นพิษของคลอเรต	11
	3. การเคลื่อนที่และผลตกค้างของคลอเรตในดิน	12
	รายละเอียดของวิธีการ ผลการทดลอง และตารางข้อมูลเป็นรายกิจกรรม	13
1	การสำรวจและคัดเลือกดิน 10 ชนิดและสวนลำไย 25 สวน	13
1.1	พื้นที่ปลูกลำไย	13
1.2	ชุดดินในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน	13
1.3	การคัดเลือกสวนและดิน และวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน	13
2	การหาวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- , ClO_2^- ที่ละเอียด แม่นยำ และวิเคราะห์ได้ครั้งละจำนวนมาก	18
2.1	วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Iodometric	18
2.2	วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Spectrophotometric	18
2.3	การปรับวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Spectrophotometric ให้เหมาะสมกับสารสกัดจากดิน	18
2.4	การหา recovery ของ ClO_3^- ในสารสกัดจากดินเปรียบเทียบกับสารละลายบริสุทธิ์	19
2.5	การทดสอบความคงที่ของค่า Absorbance	19
2.6	รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่กำหนดใช้ในการทดลองครั้งนี้	21
2.6.1	การวิเคราะห์คลอเรต (ClO_3^-)	21
2.6.2	การวิเคราะห์คลอไรท์ (ClO_2^-)	22
2.7	การหา recovery ของ ClO_2^- จากสารสกัดจากดินเปรียบเทียบกับสารละลายบริสุทธิ์	23
3	การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตและผลกระทบต่อคุณสมบัติดิน	25

กิจกรรมที่	เรื่อง / หัวข้อ	หน้า
3.1	การบ่มตัวอย่างดินสำหรับศึกษาการสลายตัว	25
3.2	ผลการวิเคราะห์คลอเรตเมื่อบ่มได้ 50, 100, 184 และ 200 วัน	25
3.3	การสลายตัวของโซเดียมคลอเรต	27
3.4	การวิเคราะห์คลอไรด์	27
3.5	สหสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของคลอเรตกับสมบัติต่างๆ ของดิน	28
3.6	ผลกระทบของคลอเรตต่อคุณสมบัติของดิน	29
4	การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อ	32
4.1	การหาเทคนิคสำหรับการศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อ	32
4.2	การทดลองการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อเปรียบเทียบกับไม่ปลอดเชื้อ	33
4.2.1	วิธีการ	33
4.2.2	ผลการทดลอง	33
5	การศึกษาการเคลื่อนที่ การถูกดูดกินโดยพืช และการสลายตัวของคลอเรตในดินโดย	38
5.1	การจำแนกสถานการณ์ในสวนลำไยเป็น 6 สถานการณ์	38
5.2	การทดลองตามสถานการณ์ที่ 1 (ฤดูแล้ง ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน)	38
5.2.1	วิธีการทดลอง	38
5.2.2	ผลการทดลอง	39
5.3	การทดลองตามสถานการณ์ที่ 1 ชั่ว (ฤดูแล้ง ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน)	41
5.3.1	วิธีการทดลอง	41
5.3.2	ผลการทดลอง	42
5.4	การจำลองสถานการณ์ 5 (ฤดูฝน ในดินที่ลุ่ม-น้ำใต้ดินตื้น มีพืชขึ้นอยู่ในดิน)	46
5.4.1	วิธีการทดลอง	46
5.4.2	ผลการทดลอง	47
5.5	การจำลองสถานการณ์ 6 (ฤดูฝน ในดินที่ดอน-น้ำใต้ดินลึก มีพืชขึ้นอยู่ในดิน)	50
5.5.1	วิธีการทดลอง	50
5.5.2	ผลการทดลอง	51
5.6	การจำลองสถานการณ์ 1 และ 4 (ฤดูแล้ง มีและไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน)	52
5.6.1	วิธีการทดลอง	52
5.6.2	ผลการทดลอง	52

กิจกรรมที่	เรื่อง / หัวข้อ	หน้า
6	การศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อจุลินทรีย์ดินและไส้เดือน	58
6.1	การศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อจุลินทรีย์ดิน	58
6.1.1	การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับวัดการหายใจของจุลินทรีย์ดิน	58
6.1.2	วิธีการทดลอง	59
6.1.3	ผลการทดลอง	59
6.2	การหาความเข้มข้นวิกฤตของการปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอเรตในดินสำหรับไส้เดือน	60
6.2.1	การทดลองเบื้องต้นเลี้ยงไส้เดือนกำจัดขยะอินทรีย์	60
6.2.2	การทดลองเบื้องต้นเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์พื้นเมือง (<i>Pheretima sp.</i>)	61
6.2.3	การทดลองเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์พื้นเมือง (<i>Pheretima sp.</i>) ในความเข้มข้น 0-500 มก./กก.	61
6.2.4	การหาความเข้มข้นวิกฤตของการปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอเรตในดินสำหรับไส้เดือน โดยการสำรวจปริมาณไส้เดือนในสวนลำไย	62
6.2.5	การทดลองเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์พื้นเมือง (<i>Pheretima sp.</i>) ในความเข้มข้น 0-80 มก./กก.	65
7	การศึกษาผลกระทบของโพแทสเซียมคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของ	66
7.1	ค่าน้ำ	66
7.2	การทดลองที่ 1 mineralization ของไนโตรเจนในโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 0 – 3,000 มก./กก.	66
7.2.1	วิธีการ	66
7.2.2	ผลการทดลอง	67
7.3	การทดลองที่ 2 mineralization ของไนโตรเจนในโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 0 – 1,000 มก./	70
7.3.1	วิธีการ	70
7.3.2	ผลการทดลอง	70
8	ผลกระทบของการใช้โซเดียมคลอเรตต่อเสถียรภาพของเม็ดดิน (aggregate stability)	74
8.1	ค่าน้ำ	74
8.2	อุปกรณ์และวิธีการ	74
8.3	ผลการทดลอง	74
8.4	สรุปผลการทดลอง	74
9	การศึกษาผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไย 25 สวน	76
9.1	การศึกษากการกระจายด้านข้างออกนอกแนวที่ราดคลอเรต	76
9.1.1	การเก็บตัวอย่างดินจากสวนที่เกษตรกรเพิ่งราดคลอเรตใหม่ๆ	76
9.1.2	การทดลองราดคลอเรตและให้น้ำโดยนักวิจัยเอง	78

กิจกรรมที่	เรื่อง / หัวข้อ	หน้า
9.1.3	สรุปผลการทดลอง	82
9.2	การติดตามผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไย	83
9.2.1	ประวัติการใส่คลอเรต	83
9.2.2	ผลวิเคราะห์ดิน	83
9.3	สรุปผลการทดลอง	91
10	การศึกษาการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในสวนลำไย	92
10.1	ผลการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดิน	92
10.2	ผลการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดิน	96
11	การศึกษาการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดิน	96
11.1	คำนำ	96
11.2	การทดลองที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ 1	97
11.2.1	วิธีการ	97
11.2.2	ผลการทดลอง	97
11.3	การทดลองที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการ 2	98
11.3.1	วิธีการ	98
11.3.2	ผลการทดลอง	98
11.3.3	วิจารณ์ผลการทดลอง	99
11.4	การทดลองที่ 3 การทดลองในสนาม 1	100
11.4.1	วิธีการ	100
11.4.2	ผลการทดลอง	100
11.4.3	วิจารณ์ผลการทดลอง	103
11.5	การทดลองที่ 4 การทดลองในสนาม 2	103
11.5.1	วิธีการ	103
11.5.2	ผลการทดลอง	104
11.6	สรุปผลการทดลอง	104
	สรุปผลการวิจัยทั้งโครงการ	105
	เอกสารอ้างอิง	107
	ภาคผนวกที่ 1 บทความสำหรับเผยแพร่	109
	ภาคผนวกที่ 2 ตารางเปรียบเทียบวัตถุประสงค์และกิจกรรม	114

Executive Summary

คลอเรตเป็นสารพิษ โปแทสเซียมและโซเดียมคลอเรตจึงถูกใช้เป็นการป้องกันกำจัดวัชพืชและทำให้ใบพืชร่วงมานานกว่า 70 ปีแล้ว. เมื่อมีการค้นพบว่าสารคลอเรตสามารถชักนำการออกดอกของลำไยได้ ทำให้มีเกษตรกรทั่วประเทศจำนวนมากใช้สารคลอเรตในสวนลำไย จึงจำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสภาพแวดล้อม ตลอดจนหาแนวทางลดผลกระทบ. การประเมินผลกระทบและหาวิธีลดผลกระทบดังกล่าวได้ทำโดยมีกิจกรรมต่างๆ 11 กิจกรรม ดังมีรายละเอียดโดยสังเขปถึงเหตุผล หลักการ วิธีการ ผลการศึกษา และข้อวิจารณ์ของกิจกรรมต่างๆ ดังต่อไปนี้.

กิจกรรมที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกดิน 10 ชนิดและสวน 25 สวน

จากข้อมูลที่ว่าพื้นที่ปลูกลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนมีมากถึง 68 % ของของประเทศ จึงได้กำหนดพื้นที่ศึกษาเพียงในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน. จากการสำรวจพื้นที่และการตอบสนองของเจ้าของสวน ได้คัดเลือกสวนไว้ศึกษา 26 สวน เป็นสวนในกลุ่ม 12 สวน ในที่ดอน 14 สวน ดินในสวนทั้ง 26 สวนนี้ประกอบด้วยชุดดิน (soil series) 11 ชุดดินที่พบมากเป็นอันดับต้นๆ ของดินในเชียงใหม่และลำพูน คุณสมบัติต่างๆ ของดินในสวนทั้ง 26 สวน กระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและมีพิสัยของคุณสมบัติต่างๆ กว้างพอที่จะใช้ศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อดินและปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตตามที่ต้องการ (ต่อมาเจ้าของสวนรายหนึ่งเปลี่ยนใจไม่ใส่คลอเรตในปีที่เริ่มการวิจัย จึงได้ตัดสวนนี้ออกจากการวิจัย).

กิจกรรมที่ 2 การหาวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่ปนกันอยู่ในดิน

วิธีการวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่ปนกันอยู่ในดินที่เที่ยงตรง แม่นยำ และรวดเร็วเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการวิจัยหัวข้อต่างๆ ต่อไป ได้ปรับปรุงวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ในน้ำ โดยหลักการ Spectrophotometric ที่เสนอโดย Chiswell and Keller-Lehmann (1993) ให้สามารถใช้วิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ในดินได้ละเอียดถึงหน่วย มก./กก. ของตัวอย่างดิน 20 กรัมได้อย่างเที่ยงตรง แม่นยำ และรวดเร็ว. การวิเคราะห์เริ่มด้วยการสกัด ClO_3^- และ ClO_2^- ด้วยน้ำโดยใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำเท่ากับ 1 : 1 และเขย่าเป็นเวลา 5 นาที. ในขั้นการพัฒนาสืบว่าการใช้กรดเกลือเข้มข้น 50 % ทำให้ได้ recovery ของ ClO_3^- ใกล้เคียง 100 % มากกว่าการใช้กรดเกลือ 100 % ตามวิธีของ Chiswell and Keller-Lehmann (1993). ได้ทดสอบวิธีที่ปรับปรุงนี้กับสารละลาย ClO_3^- และ ClO_2^- บริสุทธิ์ และกับคลอเรตที่ผสมกับทราย(ล้างด้วยกรด) และกับดิน 10 ชนิด จนได้ recovery ของคลอเรตเป็นที่พอใจ.

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตและผลกระทบต่อสมบัติของดิน

ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการสลายตัวของคลอเรตในดินชนิดต่างๆ และผลกระทบของคลอเรตต่อสมบัติของดินเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ผลกระทบของคลอเรตต่อดินและกำหนดการจัดการที่เหมาะสม จึงได้ศึกษาโดยการผสมโปแทสเซียมคลอเรตกับดิน 10 ชนิดด้วยความเข้มข้น 0, 100, 200, 300 และ 400 มก./กก. แล้วบ่มไว้ในห้องปฏิบัติการ (เมื่อราดโปแทสเซียมคลอเรตในสวนลำไยตามคำแนะนำของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ความเข้มข้นของโปแทสเซียมคลอเรตที่แนะนำโดยตรงจะเท่ากับประมาณ 200 มก./กก.). ได้วิเคราะห์ดินเมื่อบ่มได้ 50, 100, 184 และ 230 วัน. ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าคลอเรตสลายตัวได้มากขึ้นอย่างมากระหว่างดินชนิดต่างๆ ตั้งแต่สลายตัวเกือบหมดในเวลา 50 วันในดินชนิดหนึ่ง (ที่ความเข้มข้น 100 มก./กก.) จนถึงเกือบไม่สลายตัวเลยในเวลา 100 วันในดินอีกชนิดหนึ่ง (ที่ความเข้มข้น 400 มก./กก.). เมื่อความเข้มข้นของคลอเรตในดินมากขึ้นปริมาณการสลายตัวเป็น มก./กก. (absolute values) มากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น. แต่เมื่อคำนวณเป็น % แล้ว การสลายตัวเป็น % ของคลอเรตที่ดินได้รับ (relative values) มีค่าน้อยลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น. เมื่อบ่มดินนาน 230 วัน คลอเรตในดิน 4 ชนิดที่คลอเรตสลายตัวได้เร็ว สลายตัวได้มากกว่า 90 %. คลอเรตสลายตัวได้เร็วในดินที่มีอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัส, แคลเซียม, แมกนีเซียม และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง และสลายตัวได้ช้าใน

ดินที่มีเปอร์เซ็นต์ ทราย และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุลบ (AEC) สูง. กล่าวโดยสรุปคือคลอเรตสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง.

จากการวิเคราะห์สมบัติของดินที่น่าจะได้รับผลกระทบจากการใส่โพแทสเซียมคลอเรต พบว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้น 100 - 400 มก./กก. ไม่มีผลต่อ pH, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, NO_3^- และ NH_4^+ แต่มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น.

นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่โซเดียมคลอเรตทำให้คลอเรตสลายตัวช้ากว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรต. ค่าเฉลี่ยจากดิน 9 ชนิดที่ทดลองพบว่าเมื่อบ่มได้ 230 วันคลอเรตจากโซเดียมคลอเรตสลายตัวได้เพียง 58.49 % ของคลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรต. เมื่อคำนึงถึงจุดนี้จึงน่าจะสนับสนุนให้ใช้โพแทสเซียมคลอเรตมากกว่าโซเดียมคลอเรต.

กิจกรรมที่ 4 การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อ

ความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสลายตัวของคลอเรตเป็นข้อมูลพื้นฐานอีกประการหนึ่งที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบและกำหนดการจัดการที่เหมาะสม. การศึกษาหัวข้อนี้เริ่มด้วยการหาเทคนิควิธีการศึกษา. พบว่าเมื่อต้องการศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อ ต้องแยกหนึ่ง(ฆ่าเชื้อ)ดินและสารละลายคลอเรตต่างหากจากกัน แล้วจึงนำมาผสมกันภายหลัง. ถ้าผสมคลอเรตกับดินแล้วนำไปทิ้งจะทำให้คลอเรตบางส่วนสลายตัวไปทันที. จากนั้นจึงศึกษาว่าจุลินทรีย์ดินมีส่วนในการย่อยสลายคลอเรตเพียงใด โดยการบ่มดิน 5 ชนิดที่ถูกนิ่งและไม่ถูกนิ่งกับคลอเรต. พบว่าในดินที่ถูกนิ่งคลอเรตไม่สลายตัวเลยแม้เวลาจะผ่านไปถึง 93 วัน. แต่ในดินที่ไม่ถูกนิ่งคลอเรตสลายตัวไปบางส่วน และสลายตัวไปมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น. ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการสลายตัวของคลอเรตในดิน เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น. การทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับองค์ประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย. จากการตรวจเอกสารทำให้ทราบว่าเมื่อมีคลอเรตอยู่ด้วย รากพืชและจุลินทรีย์ดูดกินคลอเรตไปพร้อมกับ NO_3^- จากนั้นคลอเรตในเซลล์พืชและจุลินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกเป็นคลอไรต์ (ClO_2^-) โดยเอนไซม์ nitrate reductase เหมือนกับที่ NO_3^- ถูกปลดปล่อยออกเป็น NO_2^- . คลอไรต์นี้เองที่เป็นพิษต่อเซลล์. เมื่อทราบว่าจุลินทรีย์เป็นตัวการแต่ประการเดียวที่ทำให้คลอเรตสลายตัว การส่งเสริมการสลายตัวของคลอเรตจึงทำได้โดยการจัดการใดๆ ที่ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์.

กิจกรรมที่ 5 การศึกษาการเคลื่อนที่ สลายตัว ถูกดูดกิน และการตกค้างของคลอเรตในดิน โดยจำลองสถานการณ์ในสวนลำไย

การศึกษาในกิจกรรมที่ 3 เป็นการศึกษาที่บ่มดินขึ้นกับคลอเรตอยู่กับที่ ไม่มีการชะของน้ำและไม่มีการพืชรู้น้อยด้วย. การศึกษาการเคลื่อนที่ สลายตัว ถูกดูดกิน และการตกค้างของคลอเรตในดิน โดยมีการเคลื่อนที่ของน้ำและพืชรู้น้อยด้วยจะทำให้ได้ข้อมูลที่ลึกซึ้งกว่าการศึกษาในกิจกรรมที่ 3. การศึกษาทำโดยบรรจุดินลงในท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 และ 10 ซม. ยาว 50 และ 100 ซม. โดยมีและไม่มีการปลูกพืช (ข้าวโพด) แล้วใส่โพแทสเซียมคลอเรตและรดน้ำให้ดินเปียกถึงระดับต่างๆ ตลอดจนมีการซึมของน้ำออกจากท่อด้วย.

เมื่อไม่มีการปลูกพืช พบว่าคลอเรตเคลื่อนที่ไปในดินได้ดีเท่ากับระดับที่น้ำเคลื่อนที่ในดิน. การให้น้ำมากซึ่งทำให้มีการเคลื่อนที่ของคลอเรตในดินมากขึ้น ไม่เพียงจะทำให้คลอเรตกระจายเฉลี่ยไปในชั้นดินเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้นด้วย. จากการทดลองในดิน 2 ชนิด เมื่อให้น้ำพอให้ดินเปียกถึง 45 ซม. ทำให้คลอเรตสลายตัวได้ประมาณ 1.5 เท่าของการให้น้ำเพียงพอให้ดินเปียกถึง 15 ซม. ดังนั้นการให้น้ำมากกว่าการรดน้ำแกล้งตามปกติเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของคลอเรตก็จะทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้น. เมื่อมีพืชรู้น้อยด้วย พบว่าปริมาณคลอเรตที่ถูกดูดกินโดยพืชมีปริมาณเท่าๆ กับที่สลายตัวไป. ทั้งการมีพืชรู้น้อยบนดิน (มีรากพืชในดิน) และปริมาณการให้น้ำ จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การตกค้างและกระจายของคลอเรตในดินแต่ละสวนต่างกัน นอกเหนือจากปัจจัยเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน (ดูกิจกรรมที่ 3).

เมื่อใส่คลอเรตตามอัตราที่แนะนำ (200 มก./กก.) มีการปลูกพืชและมีการชะด้วยน้ำ คลอเรตที่ถูกชะส่วนใหญ่ถูกชะลงพื้นระดับรากพืชในการชะ 2 ครั้งแรก. คำแนะนำที่ได้จากการทดลองนี้คือหากต้องการกำจัดคลอเรตในดินโดยชะ ก็สามารรถทำได้โดยการชะเพียง 2 ครั้งก็พอ.

กิจกรรมที่ 6 ผลกระทบของโพแทสเซียมคลอเรตต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินและไส้เดือน

จุลินทรีย์ดินมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศของดิน เช่นเดียวกัน ไส้เดือนก็เป็นสิ่งมีชีวิตในดินที่แสดงถึงคุณภาพของระบบนิเวศในดินที่ดี. เมื่อจะใช้วัสดุใดๆ ที่เป็นสารพิษกับดินจึงจำเป็นต้องมีข้อมูลเกี่ยวกับระดับของผลกระทบของสารพิษเหล่านั้นต่อจุลินทรีย์ดินและไส้เดือน.

ได้ศึกษาว่าโพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้นมากสามารถฆ่าจุลินทรีย์ดินได้ทั้งหมด (เป็น soil sterilant) หรือไม่ โดยการวัดการหายใจของจุลินทรีย์ (วัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจ) ในดินที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 0, 100 และ 1,000 มก./กก. เปรียบเทียบกับในดินที่ไม่ได้รับคลอเรตแต่ถูกนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 18 วัน. พบว่าปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากดินที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตทั้งอัตรา 0, 100 และ 1,000 มก./กก. ใกล้เคียงกัน แต่มากกว่าที่เกิดจากดินที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตและถูกนึ่งฆ่าเชื้ออย่างมาก. ผลการทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโพแทสเซียมคลอเรตที่ผสมกับดินที่ความเข้มข้นสูงถึง 1,000 มก./กก. ไม่ได้ฆ่าจุลินทรีย์ในดินทั้งหมด คือไม่ทำให้ดินอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ. ฉะนั้นการวัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดการหายใจของจุลินทรีย์ดินจึงไม่สามารถใช้เป็นดัชนีที่แสดงถึงความเข้มข้นวิกฤติของคลอเรตที่ตกค้างในดินที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมในดินได้.

ได้ศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อการอยู่รอดของไส้เดือน โดยทดลองเลี้ยงไส้เดือน (พันธุ์ที่พบในสวนลำไย) ในดินที่ปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอเรต พบว่าการปนเปื้อนของโพแทสเซียมคลอเรตในดินสูงสุดที่ไส้เดือนมีชีวิตรอยู่ได้เกิน 1 เดือนอยู่ระหว่าง 40 – 60 มก./กก.

กิจกรรมที่ 7 ศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจน

ในบรรดาธาตุที่พืชจำเป็นต้องได้รับจากดิน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่พืชต้องการมากที่สุด ถ้าหากส่วนหนึ่งส่วนใดของวัฏจักรไนโตรเจนถูกขัดขวางโดยการใช้สารพิษใดๆ กับดินในระยะยาว ก็จะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศของดินอย่างสำคัญ. จึงได้ศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจน โดยผสมผงถั่วเหลืองกับดินที่มีโพแทสเซียมคลอเรตปนเปื้อนอยู่ด้วยความเข้มข้นต่างๆ และบ่มไว้ 7, 14, 21, 28 และ 35 วัน แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณ NH_4^+ , NO_2^- และ NO_3^- . พบว่าโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้นมากถึง 3,000 มก./กก. ไม่มีผลต่อกระบวนการ ammonification และกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่โพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้นเพียง 50 มก./กก. มีผลให้กระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- ในดินที่ทดลอง 2 ดินลดลง 18 – 38 % เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีคลอเรต.

จากผลการศึกษาในกิจกรรมที่ 6 และ 7 นี้จึงได้ข้อสรุปว่าระดับการตกค้างของคลอเรตที่จัดว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของดินอยู่ที่ประมาณ 50 มก. KClO_3 /กก. ของดิน.

กิจกรรมที่ 8 การศึกษาผลกระทบของโซเดียมคลอเรตต่อเสถียรภาพของเม็ดดิน

โซเดียมคลอเรตสามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้เช่นเดียวกับโพแทสเซียมคลอเรต. การใช้โซเดียมคลอเรตเป็นที่นิยมนั้นในหมู่เกษตรกรภาคใต้และภาคตะวันออก. การที่ดินได้รับโซเดียมมากระดับหนึ่งอาจจะทำให้โครงสร้างดินเสีย คือเม็ดดินจะแตกกระจายได้ง่าย จึงได้ทำการทดลองบ่มดินกับโซเดียมคลอเรต อัตรา 1 - 4 เท่าของคำแนะนำ แล้ววัดเสถียรภาพของเม็ดดิน. พบว่าการได้รับโซเดียมคลอเรตที่อัตรา 4 เท่าของคำแนะนำทำให้ดินที่มี CEC ต่ำมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากถึงระดับที่เป็นดินโซดิก แต่ก็ไม่พบว่าเสถียรภาพของเม็ดดินต่างจากดินที่ได้รับโซเดียมคลอเรตอัตราที่น้อยกว่าและดินที่ไม่ได้รับโซเดียม

คลอเรตเลย. เมื่อคำนึงว่าในสภาพในสวนลำไยที่มีการชะล้างของโซเดียมด้วย จึงสรุปได้ว่าการใช้โซเดียมคลอเรตในสวนลำไยจะไม่ทำให้โครงสร้างดินเสีย.

กิจกรรมที่ 9 การติดตามผลตกค้างของโพแทสเซียมคลอเรตในสวนลำไย

การศึกษาหัวข้อนี้เป็นหัวข้อหลักของการประเมินผลกระทบของการใช้คลอเรตในสวนลำไย. ข้อมูลปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในสวนลำไยที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการใส่คลอเรต เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณคลอเรตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (หัวข้อ 6 และ 7) จะทำให้ประเมินได้ว่าการใช้คลอเรตมีผลกระทบระยะสั้นและระยะยาวอย่างไร.

การราดคลอเรตให้กับต้นลำไยนั้นไม่ได้รดทั่วพื้นที่ทรงพุ่ม หากแต่รดเป็นแนวกว้างประมาณ 30-50 ซม. เป็นวงกลมรอบพื้นที่ทรงพุ่ม. ได้ศึกษาการกระจายทางด้านข้างออกจากแนวราดคลอเรต เพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบจากคลอเรต โดยเจาะเก็บตัวอย่างดินที่ระยะ 50 และ 100 ซม. จากแนวที่ราดคลอเรตทั้งด้านในและด้านนอก จากสวนที่เกษตรกรเพิ่งราดคลอเรต 2 สวน และที่นักวิจัยราดคลอเรตเอง 3 สวน. พบว่าโดยทั่วไปมีการกระจายของคลอเรตออกจากแนวที่ราดบ้าง แต่เป็นปริมาณน้อย จนผลกระทบของคลอเรตต่อดินในสวนลำไยจำกัดอยู่ตรงแนวที่ราดคลอเรตโดยตรงเท่านั้น.

ได้เก็บข้อมูลอัตราและวิธีการใส่โพแทสเซียมคลอเรต และการให้น้ำของสวนลำไย 25 สวนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนมีนาคม 2544 พบว่ามีสวนที่ใช้คลอเรตเป็นปีที่ 3 แล้ว 2 สวน, ที่ใช้คลอเรตเป็นปีที่ 2 มี 9 สวน, อีก 13 สวนใช้คลอเรตไปเพียงครั้งเดียว, มี 1 สวนที่ใส่คลอเรตถึง 3 ครั้งภายในปี 2543 ปีเดียว. มีแนวโน้มที่อัตราการใส่โพแทสเซียมคลอเรตต่อดินของเกษตรกรทั่วไปจะเพิ่มมากขึ้น.

ได้เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกต่างๆ ตรงแนวราดคลอเรตในสวนลำไย 25 สวนมาวิเคราะห์หาคลอเรตที่ตกค้าง 8 ครั้งในเดือนกุมภาพันธ์, มีนาคม, มิถุนายน, กรกฎาคม, สิงหาคม, กันยายน, พฤศจิกายน 2543 และ กุมภาพันธ์/มีนาคม 2544 ซึ่งเป็นการเก็บดินหลังจากการใส่คลอเรตแล้ว 2 - 540 วัน. ผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ในสภาพสวนลำไย ปัจจัยอื่นๆ เช่น อัตราการใส่คลอเรตและการให้น้ำ มีส่วนเป็นตัวกำหนดปริมาณการตกค้างของคลอเรตเช่นเดียวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่พบว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความเร็วของการสลายตัวในสภาพห้องปฏิบัติการ ปริมาณการตกค้างของคลอเรตในสวนลำไยจึงไม่ค่อยสัมพันธ์กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน. เมื่อเก็บตัวอย่างดินภายใน 2-3 วันหลังจากการราดคลอเรตพบว่ามีคลอเรตในดินเข้มข้นถึง 200 - 500 มก./กก. ภายใต้การจัดการที่เกษตรกรทั่วไปกระทำอยู่ในปัจจุบัน คลอเรตตกค้างอยู่ในแนวราดคลอเรตโดยตรงในระดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ระหว่าง 40 - 100 มก. KClO_3 /กก. เป็นระยะเวลาระหว่าง 55 - 150 วันหลังจากการราดคลอเรต. ผลกระทบนี้ถือได้ว่าเป็นผลกระทบในระยะสั้นและกระทบต่อในพื้นที่ส่วนน้อยของสวนลำไย ตรงแนวราดคลอเรตเท่านั้น. เมื่อเวลาผ่านไปคลอเรตจะสูญเสียไปจากดินจนเหลือตกค้างอยู่ในดิน ที่ระดับใดระดับหนึ่งของชั้นดินไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในเวลา 75 - 360 วันหลังจากใส่คลอเรต ยกเว้นในดินที่เป็นดินทรายและมีอินทรีย์วัตถุต่ำบางดินมีคลอเรตเหลือตกค้างอยู่เกิน 15 มก./กก. แต่ไม่เกิน 35 มก./กก. การมีคลอเรตเหลือตกค้างในดินในระดับนี้ ถ้าเกษตรกรใส่คลอเรต 12 เดือนต่อครั้งก็ถือว่าในสวนส่วนใหญ่ไม่มีการสะสมคลอเรตข้ามปี ที่จะเป็นผลกระทบระยะยาว. จากแนวโน้มที่อัตราการใส่โพแทสเซียมคลอเรตต่อดินของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องมีการติดตามการตกค้างของคลอเรตในสวนลำไยต่อไป.

กิจกรรมที่ 10 การติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในสวนลำไย

การปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดิน (ระดับตื้น) และในน้ำผิวดินในสวนลำไย เป็นอีกแง่มุมหนึ่งของผลกระทบของการใช้คลอเรตในสวนลำไยที่ต้องศึกษา. เนื่องจากการพบว่าความเข้มข้น ClO_3^- และ ClO_2^- ที่เป็นพิษต่อสัตว์ทดลองมีระดับต่ำมาก EPA ของสหรัฐอเมริกา กำลังพิจารณาออกกฎหมายควบคุมปริมาณ chlorine dioxide, chlorite และ chlorate ที่ปนเปื้อนในน้ำประปา. เป็นไปได้ที่ควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของสารทั้ง 3 ชนิดรวมกันไม่เกิน 1 มก./ลิตร. สำหรับความเป็นพิษของ ClO_3^- ต่อจุลินทรีย์และสาหร่ายในน้ำก็มีรายงานว่าสำหรับจุลินทรีย์และสาหร่ายบางชนิดที่ไวต่อความเป็นพิษของคลอเรตนั้น ความเข้มข้นที่เป็นพิษอยู่ที่ระดับ 0.1 มก./ลิตร.

จากการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินที่ความลึก 50–150 ซม. ตรงแนวที่ราดคลอเรตโดยตรง ในสวนในที่ลุ่ม 12 สวน 5 ครั้ง พบว่ามีเพียง 9 สวนที่มีน้ำใต้ดินปรากฏในท่อที่ฝังไว้. ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตพบว่า ปริมาณคลอเรตในน้ำใต้ดินใน 7 สวนจาก 9 สวนผันแปรขึ้นลงสอดคล้องกับปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน. โดยทั่วไปสรุปได้ว่า ปริมาณคลอเรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินในสวนส่วนใหญ่ (7 ใน 9 สวน) มีไม่เกิน 10 มก./ลิตร. หลังจากใส่คลอเรตเกิน 138 วัน. เนื่องจากไม่มีการศึกษาการกระจายด้านข้างของคลอเรตในน้ำใต้ดิน จึงไม่สามารถกำหนดขอบเขตของการปนเปื้อน แต่คาดว่า จะมีกระจายออกด้านข้างเพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับที่พบว่ามีกระจายออกด้านข้างของคลอเรตในดินเพียงเล็กน้อย. สำหรับคลอไรด์นั้นไม่พบว่ามีปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน.

นอกจากนี้ยังได้ติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดิน ในสระและร่องคูในสวน 4 สวนที่มีสระและร่องคูอยู่ใกล้ต้นลำไยที่ใส่คลอเรต ผลการวิเคราะห์คือตรวจไม่พบคลอเรตในน้ำ. ที่ตรวจไม่พบนี้เป็นไปได้ทั้งที่ไม่มีการปนเปื้อนหรือมีการปนเปื้อนในระดับเศษส่วนของ มก./ลิตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้อยู่วิเคราะห์ได้ไม่ละเอียดพอ.

จากผลการศึกษาในหัวข้อนี้ประกอบกับข้อมูลจากต่างประเทศ จึงสมควรอย่างยิ่งที่ต้องแนะนำเกษตรกรไม่ให้บริโภคน้ำจากบ่อน้ำตื้น สระ ร่อง คู ในสวนลำไยที่มีการใช้คลอเรตโดยตรง หรือสวนข้างเคียงมีการใช้คลอเรต.

กิจกรรมที่ 11 การศึกษาการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดิน

เมื่อการใส่คลอเรตให้ผลที่ต้องการ คือทำให้ลำไยออกดอกแล้ว โดยปกติมักจะออกดอกภายใน 1 เดือน. หลังจากนั้นก็น่าจะจัดการให้คลอเรตที่เหลือตกค้างอยู่ในดินสลายตัวสูญหายไปจากดินจนหมดโดยเร็วที่สุด. เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อต้านลำไยให้เหลือน้อยที่สุด. จึงได้ศึกษาวิธีการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดินในห้องปฏิบัติการ โดยการเปรียบเทียบ ม ดิ น ที่ มี คลอเรตกับวัสดุต่างๆ เช่น กากน้ำตาล ปุ๋ยยูเรีย จุลินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์เหลว (liquid organic fertilizer, หรือที่นิยมเรียกกันว่าน้ำสกัดชีวภาพ). ผลการทดลองสรุปได้ว่าน้ำตาล ซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ง่าย ส่งเสริมให้คลอเรตในดินสลายตัวได้เร็วขึ้น ขณะที่ยูเรียขัดขวางการสลายตัวของคลอเรตในดิน. สำหรับวัสดุอื่น เช่น จุลินทรีย์ต่างๆ ยังไม่สามารถให้ข้อสรุปได้ว่ามีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินอย่างไร. ผลการทดลองรดสารละลายกากน้ำตาลให้กับดินในสวนลำไยที่มีคลอเรต ยืนยันว่าเมื่อปฏิบัติถูกต้องสารละลายกากน้ำตาลก็ส่งเสริมให้คลอเรตในดินในสวนลำไยสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก.

สรุปผลการศึกษาทั้งโครงการ

การสลายตัวของคลอเรตในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น. การทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับองค์ประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย. คลอเรตจึงสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง. พบว่าอัตราการสลายตัวของคลอเรตสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัส, แคลเซียม, แมกนีเซียม และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) และสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ทราย และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุลบ (AEC).

การใส่โพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้น 2 เท่าของคำแนะนำไม่มีผลต่อ pH, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, NO_3^- และ NH_4^+ แต่มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น. การใส่โซเดียมคลอเรตที่อัตรา 4 เท่าของคำแนะนำทำให้ดินที่มี CEC ต่ำมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากถึงระดับที่เป็นดินโซดิก (ในห้องปฏิบัติการ) แต่ก็ไม่ทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินเสีย. พบว่าคลอเรตจากโซเดียมคลอเรตสลายตัวช้ากว่าคลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรตประมาณครึ่งหนึ่ง.

สำหรับผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินนั้น พบว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ 1,000 มก./กก. ไม่ได้ฆ่าจุลินทรีย์ในดินทั้งหมด คือไม่ทำให้ดินอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ. การปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอไรด์ในดินสูงสุดที่ใส่เดือนมีชีวิตอยู่ได้เกิน 1 เดือนอยู่ระหว่าง 40 – 60 มก./กก. โพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้นสูงถึง 3,000 มก./กก. ไม่มีผลต่อกระบวนการ ammonification และกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่โพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้นเพียง 50 มก./กก. มีผลให้กระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- ในดินที่ทดลอง 2 ดินลดลง 18 – 38 % เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีคลอไรด์. จึงได้ข้อสรุปว่าระดับการตกค้างของคลอไรด์ที่จัดว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของดินอยู่ที่ประมาณ 50 มก. KClO_3 /กก. ของดิน.

คลอไรด์เคลื่อนที่ไปในดินได้ดีเท่ากับระดับที่น้ำเคลื่อนที่ในดิน. การให้น้ำมากซึ่งทำให้มีการเคลื่อนที่ของคลอไรด์ในดินมากขึ้น ไม่เพียงทำให้คลอไรด์กระจายเฉลี่ยไปในชั้นดินเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอไรด์สลายตัวไปได้มากขึ้นด้วย. จากการทดลองในดิน 2 ชนิด เมื่อให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 45 ซม. ทำให้คลอไรด์สลายตัวได้ประมาณ 1.5 เท่าของการให้น้ำเพียงพอให้ดินเปียก 15 ซม. เมื่อใส่คลอไรด์ตามอัตราที่แนะนำ (200 มก./กก.) ในสภาพที่มีการปลูกพืชและมีการชะโดยน้ำ คลอไรด์ที่ถูกชะส่วนใหญ่ออกชะลงพื้นระดับรากพืชในการชะ 2 ครั้งแรก. เมื่อมีพืชขึ้นอยู่ด้วยพบว่าปริมาณคลอไรด์ที่ถูกดูดกินโดยพืชมีปริมาณเท่ากับที่สลายตัว.

จากการเก็บข้อมูลการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ในสวนลำไย 25 สวนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนมีนาคม 2544 พบว่ามีสวนที่ใช้คลอไรด์เป็นปีที่ 3 แล้ว 2 สวน, ที่ใช้คลอไรด์เป็นปีที่ 2 มี 9 สวน, อีก 13 สวนใช้คลอไรด์ไปเพียงครั้งเดียว, มี 1 สวนที่ใช้คลอไรด์ถึง 3 ครั้งภายในปี 2543 ปีเดียว และมีแนวโน้มที่อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ต่อต้นของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น.

ผลการวิเคราะห์ดินสรุปได้ว่า ในสภาพสวนลำไย ปัจจัยอื่นๆ เช่น อัตราการใส่คลอไรด์และการให้น้ำ มีส่วนเป็นตัวกำหนดปริมาณการตกค้างของคลอไรด์เช่นเดียวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่พบว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความเร็วของการสลายตัวในสภาพห้องปฏิบัติการ. ปริมาณการตกค้างของคลอไรด์ในสวนลำไยจึงไม่ค่อยสัมพันธ์กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน. เมื่อเก็บตัวอย่างดินภายใน 2-3 วันหลังจากการราดคลอไรด์พบว่ามีคลอไรด์ในดินเข้มข้นถึง 200 – 500 มก./กก. ภายใต้การจัดการที่เกษตรกรทั่วไปกระทำอยู่ในปัจจุบัน คลอไรด์ตกค้างอยู่ในแนวรากคลอไรด์โดยตรงในระดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ระหว่าง 40 – 100 มก. KClO_3 /กก. เป็นระยะเวลาระหว่าง 55 – 150 วันหลังจากการราดคลอไรด์. ผลกระทบนี้ถือได้ว่าเป็นผลกระทบในระยะสั้นและกระทบต่อพื้นที่ส่วนน้อยของสวนลำไย เฉพาะตรงแนวรากคลอไรด์เท่านั้น เนื่องจากพบว่าการกระจายของคลอไรด์ออกจากแนวที่ราดเพียงเล็กน้อย. เมื่อเวลาผ่านไปคลอไรด์จะสูญเสียไปจากดินจนเหลือตกค้างอยู่ในดินไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในเวลา 75 ถึง 360 วัน ยกเว้นในดินที่เป็นดินทรายและมีอินทรีย์วัตถุต่ำบางดินเหลือตกค้างอยู่เกิน 15 มก./กก. แต่ไม่เกิน 35 มก./กก. การมีคลอไรด์เหลือตกค้างในดินในระดับนี้ ถ้าเกษตรกรใส่คลอไรด์ 12 เดือนต่อครั้งโดยใช้อัตราเท่าเดิม ก็ถือได้ว่าในสวนส่วนใหญ่จะไม่มีการสะสมคลอไรด์ข้ามปี ที่จะเกิดผลกระทบระยะยาว. แต่จากแนวโน้มที่อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ต่อต้นของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ต้องมีการติดตามการตกค้างของคลอไรด์ในสวนลำไยต่อไป.

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ในน้ำได้ดินที่ระดับความลึก 50-150 ซม. พบว่าคลอไรด์ผันแปรขึ้นลงสอดคล้องกับปริมาณคลอไรด์ที่ตกค้างในดิน. โดยทั่วไปสรุปได้ว่าปริมาณคลอไรด์ที่ปนเปื้อนในน้ำได้ดินในสวนส่วนใหญ่มีไม่เกิน 10 มก./ลิตร หลังจากใส่คลอไรด์เกิน 138 วัน. แม้จะไม่มีการศึกษาการกระจายด้านข้างของคลอไรด์ในน้ำได้ แต่ก็คาดว่าจะมีการกระจายออกด้านข้างเพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับที่พบว่าคลอไรด์ในดินกระจายออกด้านข้างเพียงเล็กน้อย. นอกจากนี้ยังได้ติดตามการปนเปื้อนของคลอไรด์ในน้ำผิวดิน ในสระและร่องคูในสวนลำไย 4 สวนที่มีสระและร่องคูอยู่ใกล้ต้นลำไยที่ใส่คลอไรด์. จากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่าไม่พบคลอไรด์ในน้ำ. ที่ไม่พบนี้เป็นไปได้ทั้งที่ไม่มีการปนเปื้อนหรือมีการปนเปื้อนในระดับเศษส่วนของ มก./ลิตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ยวดยวิเคราะห์ได้ไม่ละเอียดพอ.

ในการหาสารที่สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรต พบว่าสารละลายกากน้ำตาลส่งเสริมให้คลอเรตในดินสลายตัวได้เร็วขึ้น ขณะที่ยี่ห้อขี้ดขางการสลายตัวของคลอเรตในดิน. สำหรับวัสดุอื่นๆ เช่นจุลินทรีย์ต่างๆ ยังไม่สามารถให้ข้อสรุปได้ว่ามีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินอย่างไร.

คำแนะนำสำคัญที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

1. เพื่อไม่ให้ผลตกค้างของคลอเรตในดินสะสมข้ามปีจนมีผลกระทบระยะยาว จึงควรแนะนำเกษตรกรไม่ให้ใช้คลอเรตเกินกว่า 12 เดือนครั้ง และไม่ใช่มากกว่าอัตราที่แนะนำ คือ 10 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม.
2. เพื่อลดผลกระทบระยะสั้นให้เหลือน้อยและสั้นที่สุด จึงควรแนะนำเกษตรกรให้น้ำแก่ต้นลำไยมากกว่าการให้น้ำตามปกติ 2 ครั้งหลังจากที่เห็นลำไยออกดอก หรือราดด้วยน้ำกากส่า หรือกากน้ำตาลผสมน้ำด้วยอัตราส่วน 1 : 33 – 50.
3. ควรแนะนำให้เกษตรกรใช้โพแทสเซียมคลอเรตมากกว่าโซเดียมคลอเรตเพราะสลายตัวได้เร็วกว่า แม้ว่าโพแทสเซียมคลอเรตจะละลายน้ำยากกว่าโซเดียมคลอเรตก็ตาม.
4. จากผลการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินระดับต้น ประกอบกับข้อมูลจากต่างประเทศ จึงสมควรอย่างยิ่งที่ต้องแนะนำเกษตรกรไม่ให้บริโภคน้ำจากบ่อน้ำดิน สระ ร่อง ภูเขา ในสวนลำไยที่มีการใช้คลอเรต หรือเมื่อสวนข้างเคียงมีการคลอเรต.
5. คลอเรตสลายตัวได้ช้าและเป็นพิษต่อพืชสูงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งว่าอัตราการใช้คลอเรตที่เหมาะสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจะน้อยกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ จึงสมควรที่จะสนับสนุนให้มีการวิจัยหาอัตราการใช้คลอเรตที่เหมาะสมสำหรับดินแต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาล เพื่อให้มีการใช้คลอเรตน้อยที่สุดตามความจำเป็นเท่านั้น.
6. เนื่องจากมีแนวโน้มที่อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้านของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการติดตามผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไยต่อไป.

บทคัดย่อ

คลอเรตเป็นสารพิษ โปแทสเซียมและโซเดียมคลอเรตจึงถูกใช้เป็นสารป้องกันกำจัดวัชพืชและทำให้ใบพืชร่วง. เมื่อเร็วๆ นี้มีการค้นพบว่าสารคลอเรตสามารถชักนำการออกดอกของลำไยได้ ทำให้มีเกษตรกรทั่วประเทศจำนวนมากใช้สารคลอเรตในสวนลำไย จึงจำเป็นต้องมีการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสภาพแวดล้อม ตลอดจนหาทางลดผลกระทบดังกล่าว. หัวข้อที่ศึกษาประกอบด้วยวิธี (mode) และอัตราการสลายตัวและการเคลื่อนที่ของคลอเรตในดินชนิดต่างๆ, ผลกระทบของคลอเรตต่อสมบัติของดิน จุลินทรีย์ดิน ไส้เดือน และการเปลี่ยนแปลงไนโตรเจนในดิน, ผลตกค้างและการปนเปื้อนของคลอเรตในดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินในสวนลำไย และสุดท้ายการเร่งการสลายตัวของคลอเรต.

ผลการศึกษาพบว่า การสลายตัวของคลอเรตในดินทั้งหมดเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ ปฏิริยาเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับองค์ประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย. คลอเรตสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม และความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูง และสลายตัวได้ช้าในดินที่มีทรายและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุลบ (AEC) สูง. คลอเรตจากโปแทสเซียมคลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าจากโซเดียมคลอเรตประมาณ 2 เท่า. คลอเรตเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ดีมาก การให้น้ำมากหลังจากการใส่คลอเรตไม่เพียงทำให้คลอเรตเคลื่อนที่ไปในชั้นดินได้ลึกกว่าเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากกว่าด้วย. การชะเพียง 2 ครั้งเพียงพอทำให้คลอเรตส่วนใหญ่เคลื่อนที่ลงพื้นระดับรากพืช.

พบว่าโปแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 1,000 มก./กก. ไม่ทำให้ดินปลดเชื้อ และไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการ ammonification และกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่ความเข้มข้น 50 มก./กก. มีผลให้กระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยนแปลงของ NO_2^- เป็น NO_3^- ลดลง 18 – 38 %. โปแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 40-60 มก./กก. เป็นความเข้มข้นสูงที่สุดของการปนเปื้อนคลอเรตที่ไส้เดือนมีชีวิตรอยู่ได้เกิน 1 เดือน. ดังนั้นระดับวิกฤติของคลอเรตที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในดินน่าจะอยู่ที่ประมาณ 50 มก./กก.

จากการติดตามผลตกค้างและการปนเปื้อนของคลอเรตในดิน น้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินในสวนลำไยของเกษตรกร 25 สวนเป็นเวลา 18 เดือน พบว่ามีคลอเรตตกค้างในดินตรงแนวที่มีการใส่คลอเรตโดยตรง เมื่อ 2 – 3 วัน หลังใส่เป็นความเข้มข้นมากถึง 200 – 500 มก. KClO_3 /กก.ดิน. ภายใต้งานจัดการของเกษตรกรทั่วไป ความเข้มข้นนี้ลดลงเหลือระหว่าง 40 – 100 มก./กก. ภายในเวลา 55 – 150 วัน. การศึกษาการกระจายด้านข้างของคลอเรต พบว่าคลอเรตกระจายด้านข้างเพียงเล็กน้อย. ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการใช้คลอเรตในสวนลำไยมีผลตกค้างระยะสั้นในช่วงเวลาดังกล่าวจำกัดอยู่ในแนวราดคลอเรตโดยตรง. เมื่อเวลาผ่านไปคลอเรตเหลือตกค้างในดินไม่เกิน 35 มก./กก. ภายใน 75 – 360 วันในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเหลือไม่เกิน 15 มก./กก. ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและสูง. ถ้าเกษตรกรใส่คลอเรตปีละครั้งด้วยอัตราเท่าเดิม ก็จะมีโอกาสน้อยมากที่คลอเรตจะสะสมข้ามปีจนมีผลกระทบสิ่งแวดล้อมในดินในระยะยาว. แต่กลับพบว่า มีแนวโน้มที่อัตราการใส่โปแทสเซียมคลอเรตต่อต้นของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการติดตามผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไยต่อไป.

สำหรับปริมาณคลอเรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน พบว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน. ในสวนส่วนใหญ่มีไม่เกิน 10 มก./ลิตร หลังจากใส่คลอเรตเกิน 138 วัน. นอกจากนี้ยังได้ติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดินในสวนที่ใช้คลอเรต ซึ่งไม่พบการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดิน.

การทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าสารละลายกากน้ำตาลที่มีน้ำตาลอยู่ประมาณ 1.5 % ทำให้คลอเรตสลายตัวเร็วกว่าแต่สารละลายยูเรีย 1 % ทำให้คลอเรตสลายช้าลง. การทดลองในสวนลำไยได้ผลยืนยันว่าสารละลายกากน้ำตาลทำให้คลอเรตสลายตัวเร็วขึ้นมาก.

Abstract

Chlorates are toxic substances. Thus, both potassium chlorate and sodium chlorate have been used as herbicides and defoliants. Recently it was found that application of chlorate, by soil application or foliage spray, could induce flowering of longan trees, the most important fruit tree of northern Thailand, within a month after the application. Since then chlorates have been applied in most of the longan plantations all over the country.

The environmental impact assessment of the application of chlorates was done. The following are some topics of the studies: the mode and rate of decomposition and movement in various soil types; the effects on microorganisms, earth worm, mineralization of nitrogen and selected soil properties, both chemical and physical properties; and the residues and contamination in soils, surface water and shallow ground water; and the methods for enhancing of the decomposition.

The results show that the decomposition of chlorate in the soil is completely biochemical process. The decomposition rate is high in soil which high contents of organic matter, phosphorous, calcium, magnesium and CEC, and low in soil which has high contents of sand and AEC. The chlorate in the form of potassium chlorate decomposes twice as fast as that in the form of sodium chlorate. Chlorate is readily mobile with water in soil. The more chlorate moves in soil, the more decomposition take place. Most of chlorate residues could be leached out of root-zone within 2 times of leaching.

It was found that 1,000 mg KClO_3/kg does not make the soils sterile and effect the transformation of protein-N to NH_4^+ and NH_4^+ to NO_2^- , but 50 mg KCO_3/kg reduces the transformation of NO_2^- to NO_3^- by 18 – 38 %. The maximum concentration of chlorate that earthworm can survival over a month is 40 - 60 mg KCO_3/kg . Therefor, the critical contamination of chlorate on the soil environment should be around 50 mg KCO_3/kg .

One and a half year monitoring of chlorate residues in 25 longan plantations indicated that the chlorate found in the soils at the application strips a few days after the application were as high as 200–500 mg (of KClO_3) per kilogram of soils. The application rate trends to increase. Under farmers' management these concentrations reduce to 40 – 100 mg/kg, the critical concentration of the soil environment, within 55 – 150 days. Since it is found that there is no significant lateral movement of chlorate, therefor, the short-term effect on the environment in the longan plantations is limited under the application strips. The residue of chlorate decreases with time to less 35 mg/kg with in 75 to 360 days in low fertile soils and to less than 15 mg/kg in high and medium fertile soils. If farmer apply chlorate once a year there is less likelihood for chlorate to accumulate over years. Therefor, the long-term effect on the soil environment is nil. However, monitoring on the residue of chlorate in the longan plantations should be continued since the application rate trends to increase.

The contamination of chlorate in shallow grown water varied with the residues of chlorate in soils. By 138 day after the application the contamination was not more than 10 mg/L. Monitoring of the contamination in surface water revealed that no contamination was detected.

Under laboratory condition it was found that dilute molasses solution, with 1.5 % sugar, enhances the decomposition of chlorate, while 1 % of urea solution retards the decomposition. The capacity of dilute molasses in enhancing the decomposition of chlorate was confirmed in a field trial.

ปัญหาที่ทำการวิจัยและความสำคัญของปัญหา

นักวิทยาศาสตร์ทราบมานานกว่า 70 ปีแล้วว่าสารประกอบที่มี chlorate ions (ClO_3^-) เป็นองค์ประกอบ ไม่ว่าจะเป็นโซเดียมคลอเรต (NaClO_3) หรือโพแทสเซียมคลอเรต (KClO_3) เมื่อใช้ที่ความเข้มข้นมากถึงระดับหนึ่งต่างเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต. โซเดียมคลอเรตจึงถูกใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชและสารทำให้ใบพืชร่วงชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมานาน. จนเมื่อเร็วๆ นี้มีการค้นพบว่าเมื่อใช้โพแทสเซียมคลอเรตและโซเดียมคลอเรตด้วยอัตราเหมาะสม โดยการให้ทางดินหรือพ่นทางใบสามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้. การค้นพบนี้เป็นประโยชน์แก่เกษตรกรชาวสวนลำไยในระยะสั้นอย่างแน่นอน. ตั้งแต่ฤดูการผลิตปี 2542/43 มีชาวสวนลำไยจำนวนมากในทุกภาคของประเทศต่างใช้สารดังกล่าว และคาดว่าจะใช้กันมากขึ้นอีกมากในฤดูการผลิตต่อไป. ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่า ถ้ามีการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตและโซเดียมคลอเรตในสวนลำไยอย่างกว้างขวางและในระยะยาวแล้ว จะมีผลกระทบต่อต้นลำไย ต่อดิน จุลินทรีย์ดิน และจะมีการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินหรือไม่ อย่างไร.

วัตถุประสงค์

- 1 เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการสลายตัว, การเคลื่อนที่, การสะสม และผลกระทบของคลอเรต ต่อสมบัติของดิน และต่อกิจกรรมจุลินทรีย์ดินหลังจากใส่คลอเรตลงในดิน 3 -10 ชนิดและสวนลำไย 25 สวนที่เป็นตัวแทนจากแหล่งปลูกลำไยที่สำคัญ เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 1 จนถึง 365 วัน ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพสวนลำไยจริง.
- 2 เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการปนเปื้อนของคลอเรตที่อาจมีในน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในสวนลำไยที่มีการใช้สารคลอเรต 10 สวนเปรียบเทียบกับสวนที่ไม่ใช้คลอเรต 5 สวน.
- 3 เพื่อประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตกระตุ้นการออกดอกของลำไยต่อสิ่งแวดล้อมในสวนลำไย.
- 4 เพื่อหาแนวทางการลดผลกระทบของสารคลอเรตต่อสิ่งแวดล้อม (วัตถุประสงค์เพิ่มเมื่อขยายโครงการ).

การตรวจเอกสารและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

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 สามารถกระตุ้นการออกดอกก่อนฤดูของลำไยได้. พาวิน มะโนชัย (2541) ได้ทดลองในเดือนพฤศจิกายน 2541 พบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตที่เหมาะสมสำหรับการกระตุ้นให้ลำไยพันธุ์ดอให้ ออกดอกคือ 10 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม โดยทำให้ดอกออกได้เร็วที่สุดภายใน 17 วัน จึงได้กำหนดอัตรานี้เป็นอัตราแนะนำ.

2. ความเป็นพิษของคลอเรต

โซเดียมคลอเรตสามารถฆ่าต้นพืชทุกชนิดยกเว้น moss โดยการทำลาย phloem, เพิ่มอัตราการหายใจทำให้อาหารสำรองของพืชหมดไป และลดกิจกรรมของสาร catalyses. นอกจากนี้โซเดียมคลอเรตยังป้องกันการงอกของเมล็ดพืชได้ด้วย (Klingman, 1961). คลอเรตถูกดูดซึมเข้าในต้นพืชได้ทั้งจากทางรากและใบ. เมื่อมีคลอเรตอยู่ด้วยพืชจะดูดกินคลอเรตไปพร้อมๆ กับ NO_3^- โดยไม่มีการแบ่งแยก (Deane-Drummond and Grass, 1982). เอนไซม์ nitrate reductase ในเซลล์พืชส่วนใหญ่สามารถย่อยสลาย ClO_3^- ที่อยู่ในเซลล์ (in vivo) ให้กลายเป็น ClO_2^- ซึ่ง ClO_2^- นี้เองที่เป็นพิษต่อเซลล์พืชที่ทดสอบ (LaBrie, Wilkinson and Crowford, 1991). Hofstra (1977) เชื่อว่า ClO_2^- ที่ได้จากการทำงานของ nitrate reductase นี้ยับยั้งการทำงานของ (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^- ที่เซลล์หรือพืชได้รับพร้อมๆ กับ ClO_3^- .

การมี NO_3^- ในดินมากทำให้ความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรตลดลง (Crafts, 1933). พืช (*Arabidopsis*) ที่ปลูกในสารละลายที่มี NO_3^- เข้มข้น 5 mM เมื่อได้รับ ClO_3^- เข้มข้น 2 mM จะแสดงอาการใบเหลืองภายใน 4 - 5 วันและตายอย่างรวดเร็วต่อจากนั้น. แต่พืชชนิดเดียวกันนี้ที่ปลูกในสารละลายที่มีแต่เพียง NH_4^+ จะแสดงอาการได้รับพิษของ ClO_3^- ไวขึ้น 100 เท่า คือแสดงอาการเหมือนที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อมี ClO_3^- เพียง 0.02 mM (Steingrover and Feenstra, 1981). นอกจากนี้ความเป็นพิษของ ClO_3^- ต่อพืชยังลดลงในดินที่เป็นด่าง (Hurd-Karrer, 1941).

Crafts (1935 และ 1939) ได้ศึกษาความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรตต่อในดิน 4 และ 80 ชนิดของรัฐแคลิฟอร์เนีย โดยทำการทดลองในกระถางและใช้บาร์เลย์และโอ๊ตเป็นพืชทดลอง. พบว่าเนื้อดินไม่มีผลต่อความเป็นพิษของโซเดียมคลอเรต ขณะที่ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (วัดความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยการเติบโต ซึ่งแสดงออกโดยน้ำหนักแห้งของต้นพืช) 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 กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินก็กลับเป็นปกติ.

จุลินทรีย์และสาหร่ายในน้ำ และปลาต่างชนิดกันไวต่อความเป็นพิษของคลอเรตที่ความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างมาก. Van Wijk and Hutchinson (1995) ตรวจเอกสารพบว่า ความเข้มข้นของคลอเรตที่เป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในน้ำแตกต่างกันตั้งแต่ 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 ของสหรัฐอเมริกากำลังพิจารณาออกกฎควบคุมปริมาณ chlorine dioxide, chlorite และ chlorate ในน้ำประปา และมีความเป็นไปได้ที่ควบคุมไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของสารทั้ง 3 ชนิดรวมกันไม่เกิน 1 มก./ลิตร (Pfaff and Brockhoff, 1990).

3 การเคลื่อนที่และผลตกค้างของคลอเรตในดิน

ข้อดีของโซเดียมคลอเรตที่สามารถกำจัดวัชพืชที่มีระบบรากลึกได้ดี เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของคลอเรตไปกับน้ำได้ดีเมื่อถูกน้ำชะ. แต่การกระจายของคลอเรตที่ถูกน้ำชะเท่านั้นก็แตกต่างระหว่างดินชนิดต่างๆ โดยที่ดินที่อุ้มน้ำได้ดีทำให้คลอเรตแพร่ลงในดินได้ลึกน้อยกว่าดินที่อุ้มน้ำได้น้อย (Craft, 1935). จากการศึกษา (ในดินเขตอบอุ่น) ไม่พบว่าคลอเรตจะถูกตรึง (fixed) โดย soil colloids ในดิน (Crafts and Rosenfels, 1962).

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

รายละเอียดของวิธีการ ผลการทดลอง และตารางข้อมูลเป็นรายการ

กิจกรรมที่ 1 การสำรวจและคัดเลือกดิน 10 ชนิดและสวนลำไย 25 สวน

1.1 พื้นที่ปลูกลำไย

พงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์และคณะ (2541) ได้สำรวจพื้นที่ปลูกลำไยทั่วประเทศระหว่างปี 2539 ถึง 2541 พบว่ามีพื้นที่ปลูกทั้งสิ้น 481,833 ไร่ใน 26 จังหวัด. ในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนถึง 68 % (328,329 ไร่) ขณะที่พื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงราย พะเยา และลำปาง มีพื้นที่ปลูกรวมกันเพียง 72,126 ไร่ คิดเป็นเพียง 1 ใน 5 ของพื้นที่ปลูกในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ประกอบเมื่อพิจารณาจากแผนที่ดินแล้วเห็นว่าชุดดินสำคัญ (ที่พบเป็นพื้นที่กว้าง) ที่พบในจังหวัดเชียงราย พะเยา และลำปางก็เหมือนกับดินที่พบในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน จึงเห็นว่าการสำรวจและคัดเลือกดินและสวนลำไยที่จะใช้ในการศึกษาเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนก็น่าจะได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนที่เชื่อถือได้ของพื้นที่ปลูกลำไยของประเทศ จึงได้สำรวจและคัดเลือกดินและสวนลำไยที่จะใช้ในการศึกษาเพียงในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน.

จากข้อมูลของพงษ์ศักดิ์ อังกสิทธิ์ และคณะ (2541) พบว่าพื้นที่ปลูกลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนเป็นพื้นลุ่ม (พื้นที่เป็นนาข้าวมาก่อน) 53 % และเป็นพื้นที่ดอน 47 % จึงได้กำหนดว่าจะคัดเลือกดินและสวนลำไยที่จะใช้ในการศึกษาจากที่ลุ่มและที่ดอนอย่างละครึ่ง.

1.2 ชุดดินในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน

จากการศึกษาแผนที่ดินของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน (กองสำรวจดิน, 2519 และ กองสำรวจดิน, 2524) พบว่าในที่ลุ่มมีชุดดิน (soil series) อยู่ 15 ชุดดิน และในที่ดอนมี 17 ชุดดิน ในจำนวนชุดดินทั้ง 32 ชุดดินนี้ ชุดดินที่มีพื้นที่กว้างที่สุด 23 ลำดับแรก แสดงในตารางที่ 1 จึงได้กำหนดเบื้องต้นว่าจะสำรวจและเลือกสวนลำไยและดินที่จะใช้ในการศึกษาจากดิน 23 ชุดดินนี้.

1.3 การคัดเลือกสวนและดิน และวิเคราะห์สมบัติของดิน

ได้ขอข้อมูลบริเวณที่ปลูกลำไยเป็นแหล่งใหญ่ของอำเภอต่างๆ จากเกษตรอำเภอในจังหวัดเชียงใหม่และหารือกับผู้รู้เรื่องลำไย (เช่นอาจารย์พาวัน มะโนชัย สาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้) พบว่าพื้นที่ปลูกลำไยเป็นบริเวณกว้างของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนนั้นกระจุกตัวอยู่ในอำเภอรอบในของจังหวัด จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นประกอบกับผลการสำรวจและสังเกตสภาพพื้นที่ในสวนและการตอบสนองของเจ้าของสวนจำนวน 34 สวน ได้คัดเลือกสวนไว้ศึกษา 26 สวน. ดินในสวนลำไยทั้ง 26 สวนจำแนกได้ 11 ชุดดิน. ได้วิเคราะห์สมบัติของดินในแต่ละสวน ดังแสดงในตารางที่ 2 การกระจาย (distribution) ของสมบัติต่างๆ ของดินทั้ง 26 สวนแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งเห็นได้ว่า pH ของดินทั้ง 26 สวนกระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 5.2 – 7.7. ค่าอินทรีย์วัตถุของดินกระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 0.86 – 3.21 % และมีตัวอย่างดิน 2 สวนที่มีอินทรีย์วัตถุสูงถึง 4.01 และ 5.52 %, ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินกระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 9 – 311 มก./กก. และมีตัวอย่างดิน 2 สวนที่มีฟอสฟอรัสสูงถึง 432 และ 523 มก./กก., ค่าโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 35 – 392 มก./กก., ค่าแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 164 – 2,899 มก./กก. และมีตัวอย่าง 2 สวนที่มีแคลเซียมสูงถึง 5,261 และ 7,173 มก./กก. ซึ่งทั้ง 2 ดินนี้เป็นดินที่เกิดจากหินปูน, ค่าแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้กระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 322 – 344 มก./กก. และมีตัวอย่าง 1 สวนที่มีแมกนีเซียมสูงถึง 492 มก./กก., เปอร์เซ็นต์ทรายและดินเหนียวมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอเช่นกัน. โดยสรุปจึงกล่าวได้ว่าดินจากทั้ง 26 สวนมีพิสัยของการกระจายของสมบัติ

ต่างๆ กว้างพอให้ศึกษาถึงผลกระทบของสมบัติดินต่อการสลายตัวของคลอเรต และผลกระทบของการใส่คลอเรตต่อสมบัติของดินได้เป็นอย่างดี (ต่อมาพบว่ามีส่วนหนึ่งที่เจ้าของสวนเปลี่ยนใจไม่ใส่คลอเรตในปีที่เริ่มการวิจัย จึงเหลือสวนให้ติดตามศึกษา 25 สวน).

ตารางที่ 1 รายชื่อชุดดินที่พบเป็นพื้นที่กว้างที่สุด 23 ลำดับแรกของจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน (ชื่อชุดดินที่พิมพ์ด้วยตัวหนาเป็นชุดดินที่ถูกเลือกในการศึกษา)

	ชุดดิน (Soil Series)	สภาพพื้นที่ (Land forms)	Soil Taxonomy	พื้นที่ที่พบ (ไร่)		
				เชียงใหม่	ลำพูน	รวม
ที่ลุ่ม	1 หางดง	semi-recent terraces	Typic Tropaqualfs, fine kaolinitic	416,053	12,118	428,170
	2 Alluvial Complex (AC)	river basin		207,287	108,783	316,070
	3 ท่าม่วง	levee	Typic Ustifluvents, loamy mixed nonacid	186,706	40,208	226,914
	4 Alluvial Soils, poorly drained	river basin		174,541	7,711	182,253
	5 สันทราย	low terraces	Typic Tropaqualfs, coarse loamy mixed	129,258	35,527	164,785
	6 ราชบุรี	river basin	Aeric Tropaquepts, fine mixed nonacid	28,250	64,444	92,694
	7 เชียงราย	flood plain	Pinthic Paleaquults, clayey, kaolinitic	45,068	43,789	88,857
	8 แม่สาย	semi-recent terraces	Aeric Tropaqualfs, fine-silty mixed	15,439	35,802	51,241
	9 สรรพยา	lower levee	Aquic Ustifluvents, loamy mixed nonacid	33,033	6,334	39,367
	10 ลำปาง	low terraces	Typic Tropaqualfs, fine silty mixed	28,724	9,088	37,812
	11 พิมาย	river basin	Vertic Tropaquepts, very fine non-acid	31,223	1,928	33,151
ที่ดอน	12 ห้างฉัตร	middle terraces, erosion surfaces	Oxic Paleustults, clayey, mixed	172,344	93,636	265,980
	13 ปากช่อง	middle terraces, erosion surfaces	Oxic Paleustults, clayey, kaolinitic	189,578	52,326	241,904
	14 ดอยปุย	erosion surfaces	Ortroxic Palehumults, clayey, kaolinitic	165,163	-	165,163
	15 แม่แตง	middle terraces, erosion surfaces	Oxic Paleustults, clayey, kaolinitic	78,991	41,310	120,301
	16 ลาดหญ้า	erosion surfaces	Typic Haplustults, clayey, kaolinitic	103,406	-	103,406
	17 น้ำพอง	midle terraces, alluvial fan	Ustoxic Quartzipsamments	41,578	61,414	102,992
	18 บ้านจอ	middle terraces, erosion surfaces	Oxic Paleustults, clayey, kaolinitic	-	82,620	82,620
	19 โคราข	middle terraces, erosion surfaces	Oxic Paleustults, fine-loamy, siliceous	67,501	10,190	77,691
	20 สันป่าตอง	midle terraces, alloval fan	Oxic Paleustults, coarse-loamy, siliceous	51,703	24,235	75,938
	21 สะตึก	midle/high terraces, hill	Oxic Paleustults, fine-loamy, siliceous	36,623	22,307	58,931
	22 ตาคี	erosion in lime stone areas	Udorthenic Haplustolls, loamy-skeletal, carbonic	43,086	8,537	51,623
	23 หนองมด	middle terraces, erosion surfaces	Oxic Paleustults, clayey, kaolinitic	35,187	-	35,187

ตารางที่ 2 รายชื่อสวนสำไยและคุณสมบัติบางประการของดินลึก 0 - 20 และ 20 - 40 ซม.

เลขที่	ชื่อ นามสกุล	ท้องที่	พื้นที่	ชุดดิน	ความลึก	pH	OM	P avi	K	Ca	Mg	sand	Silt	Clay	CEC	AEC
					ซม.		%		มก./กก.				%			cmol/kg
1	สกว1	ประยูร อุปะโน	ยางเนิง สารภี	ลุ่ม หางดง ดินถม	0-20	7.5	1.19	41	73	2416	316	23.8	36.4	39.9	8.9	1.60
					20-40	7.2	0.95	22	68	1865	278	23.4	36.4	40.2		
2	สกว2	ประยูร อุปะโน	ยางเนิง สารภี	ลุ่ม Alluvial Complex, ทรายจัด	0-20	6.0	2.39	38	59	557	57	85.9	9.1	5.0	4.1	1.09
					20-40	5.8	1.53	14	63	507	41	81.2	10.5	8.3		
3	สกว4	อำนาจ ไชยาสุข	ดอนแก้ว สารภี	ลุ่ม หางดง	0-20	6.4	2.15	63	150	2489	308	12.5	52.6	34.9	11.4	1.03
					20-40	6.5	1.53	43	160	2787	329	12.5	50.8	36.7		
4	สกว5	นิโรจน์ แสนชัย	เวียงหนองร่อง	ดอน ท่าม่วง/สรรพยา	0-20	7.2	3.08	523	260	2627	226	46.2	34.8	19.0	9.6	0.79
					20-40	7.0	2.42	312	254	2424	209	42.9	36.4	20.7		
5	สกว7	ชูลีกร อัครภิรมย์	ดอยหล่อ ดอยหล่อ	ดอน สะตึก	0-20	6.8	1.16	31	118	624	68	67.9	21.3	10.8	5.3	1.10
					20-40	5.7	0.75	15	101	369	46	59.8	20.8	19.4		
6	สกว9	คำป็น แดงศักดิ์	ดอยหล่อ ดอยหล่อ	ดอน สะตึก	0-20	6.7	0.98	40	35	596	44	74.5	20.5	5.0	2.5	1.63
					20-40	5.6	0.73	21	33	321	36	64.1	21.7	14.2		
7	สกว10	จรรยา วงศ์จักร	ศรีบุญเรือง สันทราย	ดอน น้ำพอง	0-20	6.9	1.09	236	157	821	150	68.5	22.4	9.1	2.0	1.68
					20-40	6.3	0.56	133	98	433	102	64.6	24.1	11.3		
8	สกว11	อ. อ้อม แคมป์	แม่ใจ สันทราย	ดอน น้ำพอง	0-20	6.3	0.91	37	392	1012	106	72.6	21.6	5.8	2.1	1.83
					20-40	5.7	0.51	24	287	633	72	68.6	22.6	8.8		
9	สกว12	พาวิน มะโนชัย	เหมืองงาลำพูน	ลุ่ม ราชบุรี ดินถม	0-20	6.1	1.15	46	146	1588	238	20.8	37.4	41.8	9.5	1.25
					20-40	6.0	1.07	12	112	1402	211	25.1	36.7	38.2		
10	สกว13	เมา	ป่าไผ่ สันทราย	ดอน ห้างฉัตร	0-20	5.4	0.81	70	184	164	40	71.1	22.0	6.9	2.0	1.27
					20-40	5.0	0.51	42	163	97	31	63.8	19.8	16.4		
11	สกว14	ถา หอมสมบัติ	ป่าไผ่ สันทราย	ลุ่ม สันทราย	0-20	6.4	1.25	27	96	877	59	56.9	30.0	13.1	4.1	1.71
					20-40	6.2	1.05	13	93	675	42	49.1	32.7	18.2		
12	สกว15	สุนทร ชีรี	ป่าเหมือด สันทราย	ลุ่ม สันทราย	0-20	6.0	1.33	83	125	962	147	54.3	34.3	11.4	6.1	2.09
					20-40	6.0	1.07	37	84	742	111	47.4	33.7	18.9		
13	สกว17	อุ้นเรือน อุ้นเรือน	เหมืองงา เมืองลำพูน	ลุ่ม ราชบุรี ดินถม	0-20	5.7	1.74	24	263	1850	237	24.7	21.6	53.7	9.2	1.15
					20-40	5.6	1.41	35	288	1732	221	33.0	19.4	47.6		
14	สกว18	สงวน ผัดเจริญ	หนองข้างคีน เมืองลำพูน	ลุ่ม ท่าม่วง/สรรพยา	0-20	6.2	2.2	92	212	1870	249	46.5	35.0	18.6	10.1	1.21
					20-40	6.0	1.71	55	157	1527	229	41.6	36.7	21.7		
15	สกว19	บุญส่ง สมบูรณ์	ประตูป่า เมืองลำพูน	ลุ่ม ท่าม่วง/สรรพยา	0-20	5.6	1.82	200	288	1738	226	27.7	45.0	27.3	8.5	1.03
					20-40	5.4	1.36	82	201	1546	187	28.2	42.1	29.7		

ตารางที่ 2 รายชื่อสวนสำไยและคุณสมบัติบางประการของดินลึก 0 - 20 และ 20 - 40 ซม. (ต่อ)

เลขที่	ชื่อ นามสกุล	ห้องที่	พื้นที่ ชุดดิน	ความลึก	pH	OM	P avi	K	Ca	Mg	sand	Silt	Clay	CEC	AEC	
				ซม.		%	 มก./กก.					%		cmol/kg		
16	สกว20	ผด วิพรหมชัย	ตันธง เมืองลำพูน	ลุ่ม หางดง ดินถม	0-20	5.9	2.47	67	194	2369	34	8.4	48.8	42.8	16.7	1.18
					20-40	5.8	1.86	54	166	1875	28	19.5	42.4	38.1		
17	สกว21	ตัน อะกะเรือน	น้ำดิบ ป่าช้าง	ดอน น้ำพอง	0-20	6.8	1.61	143	869	2899	322	73.1	21.0	6.0	2.2	0.95
					20-40	5.7	0.72	36	428	2284	157	70.1	21.5	8.4		
18	สกว22	มณีนรัตน์ สุภาวงศ์	น้ำดิบ ป่าช้าง	ดอน ตาคลี	0-20	7.7	1.17	44	319	5261	314	46.5	26.2	27.3	11.1	1.44
					20-40	7.5	0.87	26	232	4821	129	35.7	30.7	33.6		
19	สกว23	สมชาย	น้ำดิบ ป่าช้าง	ดอน ตาคลี	0-20	7.2	5.52	278	384	7173	228	39.9	36.6	23.6	16.3	0.91
					20-40	7.1	3.81	122	249	6838	195	39.5	35.4	25.1		
20	สกว24	พิทักษ์ ปันทอง	จอมทอง	ดอน Alluvial Complex, ร่วนปนทราย	0-20	7.1	1.46	432	219	2496	188	52.1	28.9	19.0	6.5	1.49
					20-40	6.6	1.01	119	152	1276	137	50.6	27.5	21.9		
21	สกว26	ประสิทธิ์ กำแพงทิบ้านหวาย	ป่าช้าง	ลุ่ม แม่สาย	0-20	5.7	1.26	311	249	1014	200	35.4	42.8	21.8	7.0	1.09
					20-40	5.6	0.95	124	212	938	141	33.6	38.9	27.5		
22	สกว27	บุญเรือง ขุนแก้ว	แม่ปิง พร้าว	ดอน ปากช่อง	0-20	5.2	4.01	9	228	1343	492	14.5	25.7	59.8	12.8	1.23
					20-40	4.9	3.53	7	214	832	349	14.8	25.0	60.2		
23	สกว28	บุญเรือง ขุนแก้ว	แม่ปิง พร้าว	ดอน แม่แตง	0-20	5.2	3.21	123	262	690	127	58.6	22.5	18.9	4.4	1.54
					20-40	4.8	2.39	65	250	397	95	48.0	26.4	25.6		
24	สกว29	จันทร์ทิพย์ สิทธิ	ปากกว้าง แม่แตง	ดอน แม่แตง	0-20	5.7	3.08	102	267	1368	183	48.2	25.7	26.1	6.8	1.16
					20-40	5.4	1.78	85	244	841	127	38.6	27.9	33.5		
25	สกว 30	ปงแก้ว จอมขันเงิน	มะกอก ป่าช้าง	ลุ่ม แม่สาย	0-20	5.3	0.87	288	392	665	83	44.9	21.7	33.4	3.6	2.04
					20-40	5.8	0.75	156	321	987	93					
26	สกว31	จักรแก้ว เติวียะ	นครเจดีย์ ป่าช้าง	ดอน ตาคลี	0-20	7.4	1.57	76	333	1650	201	52.3	28.9	18.9		
					20-40	7.3	1.22	43	311	1723	188	43.5	34.1	22.4		
ความลึก 0 - 20 ซม					สูงสุด	7.7	5.52	523.25	869	7173	492	85.9	52.6	59.8	16.7	2.1
					ต่ำสุด	5.2	0.81	9.18	35	164	34	8.4	9.1	5.0	2.0	0.8
ความลึก 20 - 40 ซม					สูงสุด	7.5	3.81	312.00	428	6838	349	81.2	50.8	60.2		
					ต่ำสุด	4.8	0.51	7.00	33	97	28	8.4	9.1	5.0		

กิจกรรมที่ 2 การหาวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่ละเอียด แม่นยำ และวิเคราะห์ได้ครั้งละจำนวนมาก

2.1 วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Iodometric

ก่อนที่จะเริ่มโครงการได้วิเคราะห์ปริมาณ ClO_3^- ในดินโดยวิธี Iodometric (American Public Health Association, 1989) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้วัด ClO_3^- ในน้ำ. พบว่าวิธีการนี้สามารถตรวจวัด ClO_3^- ในปริมาณต่ำสุด 0.3 มก. ในดิน 20 กรัม (15 มก./กก.) จึงมีความไว (sensitivity) ไม่พอจะตรวจวัด ClO_3^- เป็น มก./กก. (0.02 มก.) ในดิน 20 กรัม (ซึ่งเป็นปริมาณดินที่เหมาะสมในการสกัด ClO_3^- หนึ่งหน่วย) ประกอบกับเป็นวิธีการที่ใช้เวลามากเกินไป จึงไม่สามารถใช้วิธี Iodometric ในการศึกษานี้ได้.

2.2 วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Spectrophotometric method

เมื่อเริ่มโครงการจึงได้ทดลองใช้วิธีการ Spectrophotometric ที่เสนอโดย Chiswell and Keller-Lehmann (1993). เนื่องจากวิธีการนี้เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ในน้ำ เมื่อนำมาวิเคราะห์ ClO_3^- ในดินจึงต้องหาวิธีการสกัด ClO_3^- ที่เหมาะสม. เนื่องจาก ClO_3^- ละลายน้ำได้ดีและเป็นไอออนลบไม่ถูกดูดซับกับดิน ในที่นี้จึงใช้น้ำเป็นตัวสกัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 1 ตามที่เสนอโดย Rosenfels (1938) และทดลองเขย่าสารละลายดินเป็นเวลา 5 และ 60 นาที. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ recovery ที่ได้จากการวิเคราะห์คลอเรตที่หลังจากผสมกับดินด้วยความเข้มข้นต่างๆ แสดงในตารางที่ 3. พบว่าการใช้เวลาเขย่าเพียง 5 นาทีก็ทำให้ค่าเฉลี่ยของ recovery จากทุกดินและทุกความเข้มข้นเท่ากับ 95.06 %. การเขย่านาน 60 นาทีไม่ทำให้มีค่าเฉลี่ยของ recovery เพิ่มขึ้น.

ตารางที่ 3 ค่า recovery ของการสกัดคลอเรตด้วยน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อดิน 1:1 โดยใช้เวลาเขย่าเวลา 5 และ 60 นาที

ปริมาณ มก./กก.	ดินหางดง (สกว 1)				ดินท่าม่วง (สกว 5)				ดินราชบุรี (สกว 12)			
	5 นาที		60 นาที		5 นาที		60 นาที		5 นาที		60 นาที	
	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน
KClO_3	97.38	10.22	85.12	8.21	86.44	4.12	74.22	3.83	109.66	36.72	100.54	18.54
	10.22	8.21	8.21	4.68	4.68	5.91	2.78	91.82	17.30	98.36	21.81	
	10.84	7.54	7.54	3.24	3.24	94.76	3.12	100.11	9.46	104.45	7.24	
	114.93	10.94	100.79	8.49	89.91	5.08	92.16	1.81	85.83	6.10	92.37	13.20
เฉลี่ย	99.34	9.27	96.74	7.23	88.98	4.59	87.18	2.88	96.86	17.40	98.93	15.20

2.3

2.4 รับวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Spectrophotometric ให้เหมาะสมกับสารสกัดจากดิน

จากตารางที่ 3 แม้ว่าค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้ง 4 ความเข้มข้นของ recovery ที่ได้จากดินต่างๆ จะใกล้เคียง 100 %. แต่ค่าเฉลี่ยของแต่ละความเข้มข้นต่างๆ ยังผันแปรห่างจาก 100 % เกินกว่าที่จะยอมรับได้. ขณะเดียวกันค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ได้ก็สูง และที่สำคัญคือค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ดิน (เขย่า 5 นาที) เท่ากับ 95.06 % ซึ่งจะทำให้การประเมินผลตกค้างของสารประกอบคลอเรตได้ต่ำกว่าความเป็นจริง จึงได้ทดลองวิเคราะห์หา recovery ของ KClO_3 ในสารละลายโดยตรง(ไม่มีดิน) โดยใช้กรด HCl ความเข้มข้น 25, 50, และ 75 % เปรียบเทียบกับความเข้มข้น 100 % ตามที่ Chiswell and Keller-Lehmann (1993) กำหนดไว้. ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้กรด HCl 50 % ค่าเฉลี่ยของ recovery จากแต่ละความเข้มข้น ใกล้เคียง 100 % และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ต่ำ. ส่วนกรด HCl 25 % นั้นไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของ indigo carmine ตามความเข้มข้นของคลอเรต.

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ recovery ที่ได้จากการวิเคราะห์ KClO_3 ทันทิในสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

KClO_3 ที่ใส่, มก./กก.	กรด 100 %		กรด 75 %		กรด 50 %	
	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
100	79.35	2.57	88.04	3.46	100.05	0.80
200	81.70	0.49	91.24	2.97	102.22	1.05
300	79.80	3.97	86.31	1.37	102.96	0.64
400	81.79	1.06	86.53	1.66	105.08	1.14
เฉลี่ย	80.66	2.02	88.03	2.37	102.58	0.91

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 จึงได้กำหนดจะใช้การสกัดคลอเรตด้วยน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อดิน 1 : 1 ใช้เวลาเขย่าสารละลายดิน 5 นาที และใช้กรด HCl 50 % เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ClO_2^- และ $\text{ClO}_2^{\cdot -}$ ต่อไปในการวิจัยนี้.

2.4 การหา recovery ของคลอเรตในสารสกัดจากดิน เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์สารละลายบริสุทธิ์

ได้ทดลองวิเคราะห์คลอเรตทันทีหลังจากผสมโพแทสเซียมคลอเรตกับดิน 11 ชนิดตามวิธีที่กำหนดในข้อ 2.3 เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์คลอเรตในสารละลายที่ไม่ได้ผสมกับดิน และที่ผสมกับทรายที่ล้างด้วยกรด ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 5. ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ย recovery ในสารละลาย (ไม่มีดิน) ใกล้เคียง 100 % อย่างยิ่งทุกความเข้มข้นและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำ. ส่วนเฉลี่ย recovery ที่ได้จากดิน (เฉลี่ยทุกดิน) ผันแปรระหว่าง 102.28 – 111.64 % ซึ่งใกล้เคียงกับ recovery ที่ได้จากทรายล้าง และยังมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยเฉลี่ย recovery ที่ได้จากดินสูงกว่า 100 % อยู่ 7.56 %. ความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในทางที่บวกนี้ เป็นสิ่งที่ยอมรับได้ เนื่องจากจะไม่ทำให้ประเมินผลตกค้างของคลอเรตในดินต่ำกว่าความเป็นจริง. การศึกษาของ Rosenfels and Crafts (1941) ก็พบว่า recovery ของการวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธีของ Rosenfels (1938) ในดิน 3 ชนิดผันแปรระหว่าง 92.37 – 125.64 %.

2.5 การทดสอบความคงที่ของค่า Absorbance

เมื่อแน่ใจว่าจะใช้วิธีการดังข้อ 2.4 ในการวิเคราะห์คลอเรตแล้ว จึงได้ทดลองต่อไปว่าจะใช้วิธีการนี้ วิเคราะห์ตัวอย่างพร้อมกันเป็นจำนวนมากในแต่ละครั้งโดยใช้ standard solution ชุดเดียวกันได้หรือไม่ จึงได้ ทดสอบความคงที่ของค่า absorbance ของ indigo carmine ระหว่าง 0 – 180 นาที. ผลการทดสอบแสดงในตาราง ที่ 6 ซึ่งได้ผลว่าค่า absorbance ของ indigo carmine คงที่อย่างยิ่งในช่วงเวลา 180 นาที อันทำให้สามารถ ดำเนินการเตรียมตัวอย่างดินเพื่ออ่านค่า absorbance ได้มากถึง 80 ตัวอย่างต่อการวัดค่า absorbance แต่ละครั้ง.

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของ recovery (%) ของการวิเคราะห์ ClO_3^- ในดินทันทีที่ใส่ลงในดิน 11 ชนิด (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

KClO_3 (มก./กก.)	สารละลาย 1 (ไม่มีดิน)		สารละลาย 2 (ไม่มีดิน)		ทรายที่ล้างด้วยกรด		ดินหางดง (สกว 4)		ดินท่าม่วง (สกว 5)	
	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD
100	101.09	1.59	105.56	0.83	104.85	1.95	107.44	2.60	97.36	7.65
200	101.34	0.90	102.70	0.72	110.83	1.96	107.27	2.35	102.05	2.82
300	104.27	2.56	103.83	1.15	114.72	3.19	111.46	0.90	111.04	3.34
400	105.31	0.50	100.04	0.85	107.56	4.95	114.27	3.95	112.69	1.18
เฉลี่ย	103.00	1.39	103.03	0.89	109.49	3.01	110.11	2.45	105.79	3.75
	ดินสะตึก (สกว 7)		ดินน้ำพอง (สกว 11)		ดินราชบุรี (สกว 12)		ดินห้างฉัตร (สกว 13)		ดินสันทราย (สกว 14)	
100	111.28	2.10	108.61	2.10	93.55	0.85	108.16	2.30	98.59	3.19
200	109.98	1.10	108.56	1.71	114.60	3.07	109.33	1.80	102.45	0.83
300	110.80	1.41	110.03	2.54	111.13	3.43	112.55	3.47	107.33	1.57
400	115.32	1.81	115.44	0.39	107.95	3.92	116.87	3.55	112.52	3.36
เฉลี่ย	111.85	1.60	110.66	1.69	106.81	2.82	111.73	2.78	105.22	2.24
	ดินท่าตะโก (สกว 22)		ดินตากลิ (สกว 23)		ดินปากช่อง(สกว 27)		ดินแม่แดง(สกว 29)		เฉลี่ยจากทุกดิน	
100	97.68	1.25	98.92	3.06	102.24	7.02	101.28	2.18	102.28	3.12
200	101.74	2.26	104.94	1.78	106.55	0.91	104.80	1.83	106.57	1.86
300	103.38	1.27	105.27	1.65	117.09	4.50	106.92	2.43	109.73	2.41
400	106.04	1.28	107.89	2.46	111.30	3.53	107.78	3.09	111.64	2.59
เฉลี่ย	102.21	1.51	104.25	2.23	109.29	3.99	105.20	2.38	107.56	2.49

ตารางที่ 6 ค่า Absorbance เมื่อเวลา 0 ถึง 180 นาที

ความเข้มข้น KClO ₃ , มก./กก.	Absorbance							เฉลี่ย CV, %
	5 นาที	30 นาที	60 นาที	90 นาที	120 นาที	180 นาที	เฉลี่ย	
0	1.168	1.170	1.164	1.166	1.164	1.164	1.166	0.217
0.69	1.012	1.016	1.014	1.012	1.012	1.012	1.013	0.165
1.38	0.857	0.859	0.856	0.859	0.855	0.859	0.858	0.205
2.07	0.703	0.712	0.701	0.703	0.699	0.704	0.704	0.633
2.76	0.552	0.553	0.552	0.551	0.549	0.554	0.552	0.312
3.45	0.386	0.388	0.387	0.387	0.384	0.387	0.387	0.357
4.14	0.231	0.234	0.235	0.233	0.233	0.232	0.233	0.607
4.83	0.101	0.101	0.101	0.101	0.100	0.100	0.101	0.513
เฉลี่ย	0.626	0.629	0.626	0.627	0.625	0.627		

2.6 รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์ ClO₃⁻ และ ClO₂⁻ ที่กำหนดจะใช้ในการทดลองครั้งนี้

วิธีวิเคราะห์ ClO₃⁻ และ ClO₂⁻ ตามวิธีที่เสนอโดย Chiswell and Keller-Lehmann (1993) ซึ่งปรับปรุงสำหรับการวิเคราะห์ในดินมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.6.1 การวิเคราะห์ ClO₃⁻

■ อุปกรณ์สำคัญ

1. เครื่องเขย่าแบบ end to end
2. water bath อุณหภูมิ 0-100 °C ยี่ห้อ GFL
3. spectrophotometer ยี่ห้อ Cecil รุ่น 1011
4. เครื่องกรองน้ำ deionized ยี่ห้อ Barnstead
5. เครื่องกลั่นน้ำ ยี่ห้อ GFL รุ่น 2012
6. ตู้ดูดไอกรด
7. ขวดพลาสติกขนาด 120 มล.

■ สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คลอไรต์

1. *deionized water*: ที่ผ่านกรอง 3 ครั้ง (pH = 7.0, EC = 1.5 μs/cm).
2. *50 % HCl (6 M)*: ตวงกรด HCl เข้มข้น (37 %, Merck) 500 มล. ด้วยขวดปริมาตร จากนั้นเติมน้ำ 1 เท้าด้วยน้ำกรอง deionized.
3. *indigo carmine solution*: ชั่ง indigo carmine (90%, Sigma) 0.0311 กรัม ละลายในน้ำ deionized water ประมาณ 100 มล. แล้วเติมกรด Conc. HCl 4 มล. แล้วปรับปริมาตรเป็น 200 มล. ด้วยขวดปริมาตร ถ่ายเก็บไว้ในขวดสีชา เก็บไว้ในตู้เย็น.
4. *Stock std. KClO₃ 25 มก./กก.*: ชั่ง KClO₃ (99.9 % AR, Sigma, FW 122.5) 0.025 g ละลายด้วย deionized water แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ถ่ายเก็บไว้ในขวดสีชา.

- การสกัด ClO_3^- จากดิน
 1. นำตัวอย่างดินที่ผึ่งในร่มแล้วมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. เก็บไว้ในถุงพลาสติก
 2. ชั่งดินที่ได้จากข้อ 1. จำนวน 20 กรัมใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 120 มล. เติมน้ำ deionized 20 มล.
 3. เขย่าสารละลายดินโดยใช้เครื่องเขย่า นาน 5 นาที
 4. กรองสารละลายดินด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 รองรับสารที่กรองได้ (filtrate) ด้วยหลอดทดลอง
- การพัฒนาสี (color developing) สำหรับ standard KClO_3 0-4 มก./กก.
 1. การทำ standard KClO_3 0-4 มก./ลิตร: ดูด stock std. KClO_3 25 มก./ลิตร. ด้วยปริมาตรดังตารางต่อไปนี้ ใส่ลงใน volumetric flask 25 มล.

ความเข้มข้นของ Standard KClO_3 (มก./ลิตร)	ปริมาตร stock 25 มก./ลิตร KClO_3 ที่ต้องการ (มล.)
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4

2. เติมน้ำ indigo carmine solution 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยกรด HCl 50 % เป็น 25 มล. นำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 45 -50 °C เป็นเวลา 10 นาที นำมาตั้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 610 nm โดยเครื่อง spectrophotometer
- การพัฒนาสี (color developing) สำหรับ filtrate จากตัวอย่างดิน
 1. ดูด filtrate จากตัวอย่างดิน ตั้งแต่ 1 – 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask 25 ml
 2. ปฏิบัติขั้นตอนต่างๆ ต่อไปเหมือนกับขั้นตอนการพัฒนาสี (color developing) สำหรับ standard KClO_3

2.6.2 การวิเคราะห์คลอไรท์ (ClO_2^-)

- สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คลอไรท์
 1. 1 M NaOH : ชั่ง NaOH (99%, Merck) 40.40 กรัม. ละลายด้วยน้ำกรอง deionized ประมาณ 400 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ deionized เป็น 1 ลิตร
 2. Ferrous reagent : ชั่ง Ammonium Iron(II) sulfate hexahydrate ($\text{H}_8\text{FeN}_2\text{O}_{12}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 99-101.5 %, Merck) 0.215 กรัม ละลายในน้ำ deionized 200 มล. เติมกรด Conc. HCl 4.9 มล. แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มล. ด้วยน้ำ deionized จากนั้นดูดสารละลายดังกล่าวข้างต้น 50 มล. มาเจือจางด้วยน้ำ deionized โดยปรับปริมาตรเป็น 500 มล. ถ่ายเก็บสารละลาย Ferrous reagent ทั้งสองความเข้มข้นไว้ในขวดสีชา
 3. Stock std. NaClO_2 25 มก./ ลิตร: ชั่ง NaClO_2 (80%, Fluka) 0.025 กรัม ละลายในน้ำ deionized แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ถ่ายเก็บไว้ในขวดสีชา

4 สารอื่นๆ เหมือนการวิเคราะห์คลอเรต (ClO_3^-) ยกเว้นไม่ต้องใช้ กรด HCl เข้มข้น 50 %

- การสกัดตัวอย่าง ClO_2^- จากดิน
ทำเหมือนการสกัด ClO_3^- จากดิน

- การพัฒนาสี (color developing) สำหรับ standard NaClO_2 0 - 2.8 มก./ลิตร

1. การทำ standard NaClO_2 0 - 2.8 มก./ลิตร : งด stock std. NaClO_2 25 มก./ลิตร ในปริมาตรดังตารางต่อไปนี้ ใส่ลงใน volumetric flask 25 มล.

ความเข้มข้นของ Standard NaClO_2 (มก./ลิตร)	ปริมาตร stock 25 มก./ลิตร. NaClO_2 ที่ต้องการ (มล.)
0	0
0.7	0.7
1.4	1.4
2.1	2.1
2.8	2.8

2. เติม 1 M NaOH ปริมาตร 0.4 มล
3. เติม ferrous reagent 1 มล.
4. เติม indigo carmine solution 5 มล.
5. ปรับปริมาตรด้วยน้ำ deionized ให้เป็น 25 มล.
6. นำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 45 -50 °C เป็นเวลา 10 นาที
7. นำมาตั้งที่อุณหภูมิห้องประมาณ 15 นาที
8. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ที่ 610 nm โดยเครื่อง spectrophotometer

- การพัฒนาสี (color developing) สำหรับ filtrate จากตัวอย่างดิน

1. งด filtrate จากตัวอย่างดิน ตั้งแต่ 1 – 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask 25 ml
2. ปฏิบัติขั้นตอนต่างๆ ต่อไปเหมือนการพัฒนาสีสำหรับ standard NaClO_2

2.7 การหา recovery ของ ClO_2^- จากสารสกัดจากดินเปรียบเทียบกับสารละลายบริสุทธิ์

การสลายตัวของ ClO_3^- จะได้ ClO_2^- จึงได้ทดลองหา recovery ของการวิเคราะห์ ClO_2^- ทันทีหลังจากที่ถูกผสมกับดิน ได้ผลการทดลองว่า recovery ของการวิเคราะห์ ClO_2^- ในสารละลาย(ไม่ผสมกับดิน) และในทรายล้าง (ทรายที่ถูกแช่ในกรด HClO_4 เข้มข้นนาน 24 ชั่วโมง) มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียง 100 % และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำอย่างยิ่ง แต่ recovery ของการวิเคราะห์ ClO_2^- ในดิน (หลังจากที่ ClO_2^- ถูกผสมกับดินทันที) มีค่าระหว่าง 0 – 44 % และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำอย่างยิ่งเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า ClO_2^- สลายตัวได้อย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับดิน (ตารางที่ 7).

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยของ recovery (%) ของการวิเคราะห์ ClO_2^- ในดินทันทีที่ใส่ลงในดิน 11 ชนิด (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

NaClO ₂ ที่ใส่, ppm	สารละลาย		ดินหางดง (สกว 4)		ดินหางดง (ซ้ำที่ 2)		ดินน้ำพอง (สกว 11)	
	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD
100	105.41	1.45	-1.53	0.18	-0.65	0.75	32.77	1.11
200	101.47	1.55	0.23	0.30	-0.38	0.35	44.56	1.55
300	103.03	3.18	13.94	0.50	10.52	1.08	44.50	1.41
400	102.75	4.20	34.60	0.99	25.07	0.96	55.98	1.48
เฉลี่ย	103.16	2.60	11.81	0.49	8.64	0.79	44.46	1.39
KClO ₃ ที่ใส่, ppm	ดินท่าตะโก (สกว 22)		ดินตาคีลี (สกว 23)		ทรายล้าง		สารละลาย	
	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD
100	-0.21	0.30	-0.79	0.18	106.89	1.19	105.39	1.44
200	-0.02	0.15	-0.48	0.10	101.07	1.42	102.12	2.25
300	-0.02	0.12	-0.29	0.33	100.86	0.66	102.54	2.79
400	0.08	0.13	-0.33	0.02	105.60	2.75	109.68	8.72
เฉลี่ย	-0.04	0.17	-0.47	0.16	103.60	1.50	104.93	3.80

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตและผลกระทบต่อคุณสมบัติดิน

3.1 การบ่มตัวอย่างดินสำหรับศึกษาการสลายตัว

เลือกดิน 10 ชนิดจากสวนลำไย 25 สวนที่เลือกศึกษาในกิจกรรมที่ 1 แล้วนำดินทั้ง 10 ชนิดบ่ม (incubate) กับ โปแทสเซียมคลอเรตความเข้มข้น 0, 100, 200, 300 และ 400 มก./กก. ความเข้มข้นสูงสุดของการบ่มโปแทสเซียมคลอเรตคือ 400 มก./กก. เป็นความเข้มข้นประมาณ 2 เท่าของอัตราการใช้โปแทสเซียมคลอเรตที่แนะนำโดยสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (10 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม สำหรับลำไยพันธุ์ดอ).

การบ่มตัวอย่างดินทำเป็นตัวอย่างเล็กๆ ที่พอสำหรับการวิเคราะห์หน่วยหนึ่งๆ คือดิน 20 กรัม. บ่มในขวดพลาสติก โดยผสมกับน้ำให้ดินชื้นประมาณความจุในสนาม ชั่งน้ำหนักขวดแล้วปิดฝาขวดไว้อย่างหลวมๆ พอให้อากาศถ่ายเทได้บ้าง มีการเติมน้ำเพื่อชดเชยน้ำที่ระเหยไปเดือนละครั้ง (โดยเติมน้ำเท่ากับน้ำหนักของแต่ละขวดที่ลดลง).

3.2 ผลการวิเคราะห์คลอเรตเมื่อบ่มได้ 50, 100, 184 และ 200 วัน

เนื่องจากผลการทดลองเบื้องต้นก่อนเริ่มโครงการ (วิเคราะห์คลอเรตโดยวิธี Iodometry) ทำให้เชื่อว่าคลอเรตสลายตัวในดินได้อย่างรวดเร็ว จึงกำหนดไว้ว่าจะวิเคราะห์ คลอเรตเมื่อบ่มได้ 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60 และ 90 วัน (และมากกว่า 90 วันถ้าจำเป็น). แต่เมื่อยังไม่ได้วิธีวิเคราะห์คลอเรตที่ละเอียดพอ (ดูหัวข้อที่ 2) จึงต้องปล่อยดินที่บ่มไว้ให้มีอายุการบ่มผ่านไปเรื่อยๆ จนดินที่บ่มไว้มีอายุบ่มได้ประมาณ 50 วันจึงพร้อมที่จะวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรตเป็นครั้งแรก. ผลการวิเคราะห์คลอเรตเมื่อบ่มได้ 50 วันแสดงให้เห็นว่าคลอเรตในดิน (บ่มในห้องปฏิบัติการ) ไม่ได้สลายตัวอย่างรวดเร็วตามที่เข้าใจแต่แรก จึงได้วิเคราะห์คลอเรตครั้งต่อไปเป็นระยะห่างกว่าที่กำหนดไว้แต่แรก คือได้วิเคราะห์เมื่อระยะ 100, 184 และ 230 วัน.

ผลการวิเคราะห์ปริมาณการสลายตัวของโปแทสเซียมคลอเรตเมื่อบ่มได้ 50 และ 100 วันแสดงในตารางที่ 8 และเมื่อบ่มได้ 184 และ 230 วัน แสดงในตารางที่ 9. จากข้อมูลในตารางที่ 8 และ 9 แสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะเวลาที่คลอเรตสัมผัสกับดินยาวนาน คลอเรตก็สลายตัวไปได้มากขึ้นเรื่อยๆ. เมื่อบ่มโปแทสเซียมคลอเรตกับดินในห้องปฏิบัติการได้ 50, 100, 184 และ 230 วัน คลอเรตที่บ่มไว้สลายตัวโดยเฉลี่ยจากทุกความเข้มข้นและทุกดินเท่ากับ 30.15, 43.80, 66.73 และ 79.49 % ตามลำดับ. การสลายตัวของคลอเรตแตกต่างกันอย่างมากระหว่างดินชนิดต่างๆ โดยคลอเรตที่บ่มในดินแม่แดง (สกว 29) สลายตัวได้เร็วที่สุด. เมื่อบ่มได้ 50 วัน คลอเรตที่บ่มไว้ 100 มก./กก. สลายตัวได้เกือบทั้ง 100 %, เมื่อบ่มได้ 184 วันคลอเรตที่บ่มไว้ 200 มก./กก. สลายตัวได้เกือบทั้ง 100 %, และเมื่อบ่มได้ 230 วันคลอเรตที่บ่มไว้ 300 และ 400 มก./กก. สลายตัวได้เกือบทั้ง 100 %. สำหรับดินอื่นๆ ที่คลอเรตสลายตัวได้เร็วได้แก่ ดินท่าม่วง (สกว 5) ซึ่งคลอเรตสลายตัวได้มากกว่า 90% ในทุกความเข้มข้นที่บ่มไว้ เมื่อบ่มได้ 184 วัน, ดินหางดง (สกว 4) และดินตาคลี (สกว 22) ซึ่งคลอเรตสลายตัวได้มากกว่า 90% ในทุกความเข้มข้นที่บ่มไว้ เมื่อบ่มได้ 230 วัน.

คลอเรตที่บ่มในดินห้างฉัตร (สกว 13) สลายตัวได้น้อยที่สุด โดยที่ดูเหมือนจะไม่สลายตัวเลยแม้จะบ่มไว้นานถึง 100 วัน. คลอเรตที่บ่มด้วยความเข้มข้น 400 มก./กก. มีค่าการสลายตัวติดลบทั้งเมื่อ 50 วันและ 100 วัน, เมื่อบ่มได้ 184 และ 230 วันมีการสลายตัวเฉลี่ยในทุกความเข้มข้นเท่ากับ 27.14 และ 32.46% ตามลำดับ.

เมื่อบ่มได้ 50 วันค่าเฉลี่ยการสลายตัวของคลอเรตในทุกดินเป็น มก./กก. (absolute values) มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างการบ่มด้วยความเข้มข้นระหว่าง 100 – 400 มก./กก. คือระหว่างสลายตัว 51.95 ถึง 67.61 มก./กก. แต่เมื่อบ่มได้ 100, 184 และ 230 วัน การสลายตัวเป็น มก./กก. เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นที่บ่ม แต่การเพิ่มขึ้นของการสลายตัวเป็น มก./กก. นี้ก็ไม่ได้สัดส่วนกับความเข้มข้นที่ผสมกับดิน จึงทำให้เมื่อคำนวณการสลายตัวเป็น % ของโปแทสเซียมคลอเรตที่บ่ม (relative values) พบว่าเมื่อความเข้มข้นของโปแทสเซียมคลอเรตในดินมากขึ้นเปอร์เซ็นต์ของการสลายมีค่าตัวน้อยลง.

ตารางที่ 8 ปริมาณ KClO_3 (เป็น มก./กก.) ที่สลายตัวไประหว่างการบ่มกับดินในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 50 และ 100 วัน *

ดิน	บ่ม 50 วัน					บ่ม 100 วัน				
	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่ผสมกับดิน (มก./กก.)					ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่ผสมกับดิน (มก./กก.)				
	100	200	300	400	เฉลี่ย	100	200	300	400	เฉลี่ย
ดินหางคอง (สกว 4)	63.43	37.41	108.24	5.68	53.69	75.62	138.68	151.98	172.42	134.68
ดินสรรพยา (สกว 5)	63.49	89.26	99.08	57.19	77.26	75.29	136.26	164.87	191.07	141.87
ดินสุตึก (สกว 7)	30.71	37.31	45.36	63.31	44.17	39.84	48.08	65.57	70.35	55.96
ดินน้ำพอง (สกว 11)	37.85	25.51	10.96	35.40	27.43	49.65	42.85	27.97	22.94	35.85
ดินราชบุรี (สกว 12)	48.82	51.90	65.88	87.72	63.58	61.93	79.58	76.36	88.21	76.52
ดินห้างฉัตร (สกว 13)	25.50	17.70	15.16	(-3.54)	19.45	29.95	19.70	(-13.8)	(-31.29)	24.83
ดินสันทราย (สกว 14)	54.70	70.76	59.44	58.30	60.80	76.89	70.22	84.81	64.13	74.01
ดินท่าตะโก (สกว 22)	45.51	52.94	39.42	(-5.28)	45.96	73.54	107.37	132.70	148.10	115.43
ดินปากช่อง (สกว 27)	(-1.06)	65.91	66.23	66.98	66.37	68.15	80.81	87.75	68.05	76.19
ดินแม่แตง (สกว 29)	97.58	149.94	144.33	166.32	139.54	98.95	110.20	242.97	261.68	178.45
เฉลี่ย**	51.95	59.86	65.41	67.61	59.83	64.98	83.38	115.00	120.77	91.38
การสลายเฉลี่ยในทุกดิน (คิดเป็น % ของปริมาณที่บ่ม)**										
ดิน	บ่ม 50 วัน					บ่ม 100 วัน				
	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่บ่ม (มก./กก.)					ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่บ่ม (มก./กก.)				
	100	200	300	400	เฉลี่ย	100	200	300	400	เฉลี่ย
	51.95	29.93	21.80	16.90	30.15	64.98	41.69	38.33	30.19	43.80

* ได้ตัดข้อมูลข้อของดินหางคอง (สกว 1) ออกจากคำนวณทั้งหมด เนื่องจากพบว่าตัวอย่าง ดิน สกว 1 ที่เก็บมานั้นมีโพแทสเซียมคลอไรด์ปนเปื้อนอยู่ประมาณ 300 มก./กก. มีผลให้การสลายตัวของโพแทสเซียมคลอไรด์ที่บ่มกับดินนี้คลาดเคลื่อนไปจากแนวโน้มของดินอื่นๆ มาก.

** ในการเฉลี่ย ไม่รวมค่าผิดปกติที่อยู่ในวงเล็บ.

ตารางที่ 9 ปริมาณ ClO_3^- (เป็น มก./กก. KClO_3) ที่สลายตัวไประหว่างการบ่มกับดินในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 184 และ 230 วัน

ดิน	บ่ม 184 วัน					บ่ม 230 วัน				
	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่บ่ม (มก./กก.)					ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่บ่ม (มก./กก.)				
	100	200	300	400	เฉลี่ย	100	200	300	400	เฉลี่ย
ดินหางคอง (สกว 4)	93.34	181.93	208.94	216.72	175.23	103.5	197.46	277.81	374.11	238.22
ดินสรรพยา (สกว 5)	95.81	190.94	287.33	361.59	233.92	98.77	196.89	292.23	386.68	243.64
ดินสุตึก (สกว 7)	83.19	112.80	142.51	112.43	112.73	98.42	188.12	224.46	232.99	185.99
ดินน้ำพอง (สกว 11)	72.34	96.29	120.07	75.40	91.02	87.46	130.51	166.03	205.92	147.48
ดินราชบุรี (สกว 12)	69.02	119.79	142.55	177.18	127.13	104.65	133.61	145.85	74.92	114.76
ดินห้างฉัตร (สกว 13)	86.63	78.32	59.28	47.20	67.86	78.66	79.48	100.25	66.24	81.16
ดินสันทราย (สกว 14)	91.38	151.05	190.49	222.47	163.85	91.60	175.1	221.49	360.56	212.19
ดินท่าตะโก (สกว 22)	90.45	150.30	189.74	221.72	163.05	87.12	175.81	286.57	355.07	226.14
ดินแม่แตง (สกว 29)	98.17	198.57	267.38	348.45	228.14	99.45	197.85	286.63	373.59	239.38
เฉลี่ย	86.70	142.22	178.70	198.13	151.44	94.40	163.87	222.37	270.01	187.66
การสลายเฉลี่ยในทุกดิน (เป็น % ของปริมาณที่บ่ม)										
ดิน	บ่ม 184 วัน					บ่ม 230 วัน				
	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่บ่ม (มก./กก.)					ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่บ่ม (มก./กก.)				
	100	200	300	400	เฉลี่ย	100	200	300	400	เฉลี่ย
	86.70	71.11	59.57	49.53	66.73	94.40	81.94	74.12	67.50	79.49

3.3 การสลายตัวของโซเดียมคลอเรต

การศึกษการสลายตัวของโซเดียมคลอเรตใช้วิธีวิเคราะห์คลอเรตเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ของโพแทสเซียมคลอเรต. ได้วิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในดินที่ผสมด้วยโซเดียมคลอเรตเมื่อบ่มได้ 230 วัน. ผลการวิเคราะห์ปริมาณการสลายตัวของคลอเรตแสดงในตารางที่ 10. เช่นเดียวกับโพแทสเซียมคลอเรต คลอเรตจากโซเดียมคลอเรตสลายตัวได้เร็วที่สุดในดินแม่แดง (สกว 29) และสลายตัวได้ช้าที่สุดในดินห้างฉัตร (สกว 13). โดยภาพรวมคลอเรตจากโซเดียมคลอเรตสลายตัวได้ช้ากว่าโพแทสเซียมคลอเรต. โดยเฉลี่ยจากทุกดินและทุกความเข้มข้นโพแทสเซียมคลอเรตสลายตัว 79.49 % เมื่อบ่มได้ 230 วัน แต่โซเดียมคลอเรตสลายตัวได้เพียง 46.50 %. กล่าวได้ว่าเมื่อบ่มได้ 230 วัน คลอเรตจากโซเดียมคลอเรตสลายตัวได้เพียง 58.49 % ของคลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรต.

ตารางที่ 10 ปริมาณ NaClO_3 (คำนวณเทียบเป็น มก./กก. ของ KClO_3) ที่สลายตัวไประหว่างการบ่มกับดินในห้องปฏิบัติการ ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 230 วัน

ดิน	ความเข้มข้นของ NaClO_3 ที่ผสมแต่แรก (เทียบเป็น มก./กก. ของ KClO_3)				
	100	200	300	400	เฉลี่ย
ดินหางดง (สกว 4)	98.01	166.64	194.19	153.63	153.12
ดินสรพยา (สกว 5)	105.95	195.63	228.95	108.1	159.66
ดินสะตึก(สกว 7)	73.98	89.73	57.40	30.03	62.79
ดินน้ำพอง (สกว 11)	79.56	27.49	45.41	56.8	52.32
ดินราชบุรี (สกว 12)	94.17	65.23	56.05	80.44	73.97
ดินห้างฉัตร (สกว 13)	18.68	5.36	44.91	88.9	39.46
ดินสันทราย (สกว 14)	77.35	58.23	11.46	14.07	40.28
ดินท่าตะโก (สกว 22)	89.75	136.5	156.44	161.07	135.94
ดินปากช่อง (สกว 27)	40.26	46.33	20.56	38.08	36.31
ดินแม่แดง (สกว 29)	99.16	194.85	246.66	213.59	188.57
เฉลี่ย	77.69	98.60	106.20	94.47	94.24
การสลายตัวเฉลี่ยในทุกดิน คิดเป็น % ของปริมาณที่ผสมแต่แรก					
ความเข้มข้นของ NaClO_3 ที่ผสมแต่แรก (มก./กก. ของ KClO_3)					
	100	200	300	400	เฉลี่ย
	77.69	49.30	35.40	23.62	46.50

3.4 การวิเคราะห์คลอไรต์

ในการศึกษการสลายตัวของคลอเรต นอกจากวัดปริมาณคลอเรตโดยตรงแล้ว ยังได้กำหนดจะวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรต์ที่ได้จากการสลายตัวของคลอเรตด้วย. เมื่อวิเคราะห์คลอไรต์หลังจากบ่มดินโพแทสเซียมคลอเรตได้ 100 วันไม่พบคลอไรต์เลย จึงได้บ่มดินกับโพแทสเซียมคลอเรตชุดใหม่แล้ววัดคลอไรต์เมื่อบ่มได้ 10 วัน. ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรต์แสดงในตารางที่ 11 พบว่าในทุกดินและทุกความเข้มข้นของการใส่โพแทสเซียมคลอเรตวิเคราะห์พบคลอไรต์มีค่าต่ำมาก ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ClO_2^- ไม่คงตัวเมื่ออยู่กับดิน. ดังผลการหา recovery ของ NaClO_2 ที่สัมผัสกับดินทันทีในตารางที่ 7 หัวข้อ 2.7 และตารางที่ 15 หัวข้อที่ 4.1

ตารางที่ 11 ปริมาณคลอไรต์ (คำนวณเทียบเป็น มก./กก. ของ KClO_3) ที่พบในดินที่บ่มกับโพแทสเซียมคลอเรตในห้องปฏิบัติการ ด้วยความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 10 วัน

ดิน	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่ผสมแต่แรก (เทียบเป็น มก./กก.)				
	100	200	300	400	เฉลี่ย
ดินหางคอง (สกว 4)	-0.03	-0.04	0.05	-0.15	-0.04
ดินสรรพยา (สกว 5)	-0.03	0.31	0.28	0.16	0.18
ดินสุะตึก (สกว 7)	-0.17	-0.28	-0.45	-0.16	-0.26
ดินน้ำพอง (สกว 11)	0.48	-0.20	0.05	0.13	0.11
ดินราชบุรี (สกว 12)	0.07	-0.08	-0.07	0.20	0.03
ดินห้างฉัตร (สกว 13)	-0.14	0.23	0.06	-0.01	0.03
ดินสันทราย (สกว 14)	0.34	0.11	0.02	-0.11	0.09
ดินท่าตะโก (สกว 22)	0.26	0.40	0.36	0.34	0.34
ดินปากช่อง (สกว 27)	0.15	0.06	-0.36	-0.06	-0.05
ดินแม่สาย (สกว 29)	-0.34	-0.33	-0.29	-0.27	-0.31
เฉลี่ย	0.06	0.02	-0.04	0.01	0.01

3.5 สหสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของคลอเรตกับสมบัติต่างๆ ของดิน

ได้วิเคราะห์สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างการสลายตัวของคลอเรตกับสมบัติต่างๆ ของดินได้ดังตารางที่ 12. พบว่าการสลายตัวของคลอเรตในระยะเวลาต่างๆ มีสหสัมพันธ์เชิงบวกอย่างอื่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ. นอกจากนี้ยังพบว่าการสลายตัวของคลอเรตในบางเวลามีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้, แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้, ความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) และเปอร์เซ็นต์ทรายแป้ง. สหสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการสลายตัวของคลอเรตกับปริมาณดินเหนียนั้นแม้ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ก็มีค่าค่อนข้างสูง. นอกจากนี้พบว่าการสลายตัวของคลอเรตมีสหสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ทรายและความสามารถแลกเปลี่ยนประจุลบ (AEC). ค่าสหสัมพันธ์ที่พบระหว่างการสลายตัวของคลอเรตกับคุณสมบัติต่างๆ ของดินนี้สามารถใช้อธิบายความเร็วช้าของการสลายตัวของคลอเรตในดินต่างๆ. ดินห้างฉัตร (สกว 13) เป็นดินที่มีอินทรีย์วัตถุน้อย, ฟอสฟอรัสและ CEC ค่อนข้างน้อย, และมีทรายอยู่มาก คลอเรตในดินห้างฉัตรจึงสลายตัวได้ช้าที่สุด. ในทางตรงกันข้ามดินแม่แดง (สกว 29) มีอินทรีย์วัตถุมาก, มีฟอสฟอรัสและ CEC ในระดับกลางๆ, และมีทรายอยู่ค่อนข้างน้อย คลอเรตในดินแม่แดงจึงสลายตัวได้เร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับดินอื่นๆ.

วิจารณ์ผลการทดลอง

Schwendiman (1941) ได้ศึกษาความเป็นพิษและการสลายตัวของโซเดียมคลอเรต โดยผสมโซเดียมคลอเรตตั้งแต่ 28 ถึง 476 มก. ต่อกระถางกับดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่างกันตั้งแต่ 4.4 ถึง 70.6 % (โดยการผสมดินชนิดหนึ่งกับ well-decomposed peat อัตราต่างๆ) แล้วบ่มไว้ 3 สัปดาห์. พบว่าคลอเรตไม่ได้สลายตัวไปเลยในทุกความเข้มข้นของคลอเรตและอินทรีย์วัตถุ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือปริมาณอินทรีย์วัตถุที่แตกต่างกันอย่างมากนี้ไม่มีผลให้การสลายตัวของคลอเรตในดินเร็วขึ้น. ผลการศึกษาของ Schwendiman (1941) จึงดูเหมือนขัดแย้งกับการทดลองนี้. แต่เมื่อศึกษาผลทดลองของ Schwendiman (1941) ต่อไปพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีมากขึ้นทำให้ความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้น (ข้าวโอ๊ตเติบโตได้ดีกว่าในดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ) และความเป็นพิษของคลอเรตต่อข้าวโอ๊ตน้อยลง นั่นคือมี mineralization ของอินทรีย์วัตถุปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ให้แก่ข้าวโอ๊ต ซึ่งจุลินทรีย์ดินก็จะได้ประโยชน์จาก mineralization นี้ด้วย. ระยะเวลาทดลอง 3 สัปดาห์นี้เพียงพอที่จะเห็นความแตกต่างของการเติบโตของข้าวโอ๊ต แต่ไม่เพียงพอที่จะเห็นความแตกต่างของการสลายตัวของคลอเรต. นั่นคือระยะเวลาทดลองที่สั้นเพียง 3 สัปดาห์น่าจะเป็นเหตุของความแตกต่างของผลการทดลอง.

ตารางที่ 12 สัมประสิทธิ์ของสหสัมพันธ์ระหว่างการสลายของ KClO_3 กับสมบัติต่างๆ ของดิน
(ตัดข้อมูลบางตัวที่ผันแปรจากข้อมูลอื่นมากออกจากการคำนวณ)

เวลาบ่ม (วัน)	pH	OM, (%)	Avi. P, (มก./กก.)	Exch. K, (มก./กก.)	Exch. Ca, (มก./กก.)	Exch. Mg, (มก./กก.)	CEC (cmol/kg)	AEC(cmol/ kg)	Sand, (%)	Silt, (%)	Clay, (%)
50	-0.061	0.712**	0.461**	-0.018	0.006	0.097	0.174	-0.297	-0.214	0.158	0.194
100	0.102	0.723**	0.556**	0.082	0.389**	0.275	0.386**	-0.435**	-0.317*	0.362*	0.208
184	0.209	0.602**	0.250	0.047	0.334*	0.365*	0.298	-0.408**	-0.294	0.297	0.249
230	0.194	0.411**	0.082	0.054	0.308*	0.285	0.258	-0.233	-0.183	0.207	0.137

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

3.6 ผลกระทบของคลอเรตต่อคุณสมบัติของดิน

ได้วิเคราะห์สมบัติของดิน 10 ชนิดที่บ่มกับ KClO_3 ด้วยความเข้มข้น 0 – 400 มก./กก. เมื่อบ่มได้ 90 และ 252 วัน ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 13 และ 14. ข้อมูลในตารางที่ 13 และ 14 แสดงให้เห็นว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรตในดินระหว่าง 100 – 400 มก./กก. ไม่มีผลให้คุณสมบัติของดินเมื่อ 90 และ 252 วันเปลี่ยนแปลงไปจากที่ไม่ใส่ การใส่โพแทสเซียมคลอเรตไม่ทำให้ pH เปลี่ยนแปลง, ไม่มีผลให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเร็วขึ้นหรือช้าลง, ไม่มีผลให้การสลายตัวของไนโตรเจนในอินทรีย์วัตถุเป็น NH_4^+ และไม่มีผลให้กระบวนการ nitrification (ซึ่งทำให้ NH_4^+ เปลี่ยนเป็น NO_3^-) ต่างกันเองระหว่างความเข้มข้นต่างๆ ของโพแทสเซียมคลอเรต และระหว่างดินที่ได้รับกับไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต. ปริมาณ NO_3^- และ NH_4^+ ที่วิเคราะห์ได้เป็นค่าที่ทั่วไปสำหรับดินที่มีการถ่ายเทอากาศดีคือมีปริมาณ NO_3^- มากกว่าปริมาณ NH_4^+ หลายเท่า. แนนอนการใส่โพแทสเซียมคลอเรตทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเพิ่มขึ้น.

วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาในกิจกรรมที่ 7 หัวข้อการศึกษาผลกระทบของโพแทสเซียมคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจนพบว่าคลอเรตที่ความเข้มข้น 50 มก./กก. มีผลขัดขวางกิจกรรมของจุลินทรีย์ *Nitrobacter sp.* ในการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- ทำให้ดินที่บ่มกับคลอเรตไปได้ระยะหนึ่งมี NH_4^+ สูง แต่มี NO_3^- ต่ำเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ได้รับคลอเรต (ภาพที่ 15 และ 16). การศึกษาในหัวข้อดังกล่าวมีการเติมอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายง่ายและมีไนโตรเจนสูงได้แก่ถั่วเหลืองบดให้แกล็ดด้วย จึงมีแหล่งอินทรีย์วัตถุให้เกิดกระบวนการ mineralization, ammonification และ nitrification. แต่ในการบ่มดินเพื่อศึกษาการสลายตัวของคลอเรตนี้ไม่มีการเติมอินทรีย์วัตถุ. อินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินจึงมีอยู่ในรูปฮิวมัสที่จุลินทรีย์จะเข้าย่อยสลายได้อย่างช้ามาก. การใส่คลอเรตกับดินจึงไม่มีผลต่อกระบวนการ nitrification จนเห็นความแตกต่างของ NH_4^+ และ NO_3^-

ตารางที่ 13 ค่า pH, อินทรีย์วัตถุ, NO_3^- , และ NH_4^+ ของดินต่างๆ ที่บ่มกับ โปแตสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 0 – 400 มก./กก. เป็นเวลา 90 วัน และค่า analysis of variance

มก./กก.		สกว												เฉลี่ย
	KClO_3	1	4	5	7	11	12	13	14	22	23	27	29	
pH	0	6.36	5.52	8.08	8.15	6.65	6.01	7.7	5.21	7.76	7.7	6.81	6.22	5.76
	100	6.81	6.85	7.97	8.09	6.56	6.36	5.45	6.02	7.51	6.01	6.74	6.06	5.64
	200	6.85	6.77	7.86	8.17	6.48	6.32	5.65	6.1	7.42	6.29	6.71	6.02	5.66
	300	6.79	6.68	7.67	7.88	6.12	6.39	6.09	5.93	7.51	7.37	6.54	6.07	5.70
	400	6.82	6.36	7.85	8.2	6.1	6.5	5.8	5.47	7.14	6.06	6.61	5.94	5.53
	เฉลี่ย	6.73	6.44	7.89	8.10	6.38	6.32	6.14	5.75	7.47	6.69	6.68	6.06	5.66
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างชนิดดิน												= 13.08**		
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ KClO_3												= <1ns		
CV												= 18.0 %		
อินทรีย์- วัตถุ %	0	1.56	2.07	3.52	1.23	1.53	1.38	0.79	1.53	2.09	5.63	3.05	2.93	1.78
	100	1.47	2.8	3.46	1.3	1.06	1.46	0.69	1.61	2.18	5.8	3.28	3.22	1.82
	200	1.45	2.08	3.37	1.35	1.07	1.13	0.66	1.46	2.19	5.29	4.9	3.14	1.67
	300	1.41	2.29	3.27	1.29	1.11	1.31	0.56	1.57	2.38	5.09	4.25	2.99	1.69
	400	1.25	2.6	3.45	1.2	1.06	1.31	0.65	1.55	2.34	5.39	3.62	3.13	1.73
	เฉลี่ย	1.43	2.37	3.41	1.27	1.17	1.32	0.67	1.54	2.24	5.44	3.82	3.08	1.74
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างดิน												= 61.68**		
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ KClO_3												= <1ns		
CV												= 6.8 %		
NO_3^- มก./กก.	0	2.48	8.17	2.00	3.48	7.46	5.79	2.82	3.66	4.25	3.72	3.92	3.01	3.65
	100	2.75	8.72	2.19	1.85	7.55	6.20	2.53	4.13	4.07	2.21	3.41	4.54	3.52
	200	2.75	7.69	2.43	2.03	5.23	5.05	2.05	3.46	6.15	4.10	3.26	4.79	3.41
	300	2.78	8.13	2.60	2.96	4.76	4.87	1.92	3.49	5.84	3.09	3.24	4.85	3.37
	400	2.69	8.26	2.74	2.84	4.86	4.54	1.86	3.21	5.65	6.51	3.34	4.14	3.60
	เฉลี่ย	2.69	8.19	2.39	2.63	5.97	5.29	2.24	3.59	5.19	3.92	3.43	4.26	3.51
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างดิน												= 12.70**		
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ KClO_3												= <1ns		
CV												= 26.6 %		
NH_4^+ มก./กก.	0	0.00	0.10	0.13	0.47	0.06	0.01	0.21	0.06	0.18	0.09	0.06	0.19	0.11
	100	0.14	0.10	0.14	0.49	0.00	0.00	0.29	0.07	0.06	0.05	0.05	0.29	0.11
	200	0.15	0.02	0.09	0.00	0.63	0.00	1.06	0.13	0.05	0.03	0.17	0.55	0.18
	300	0.10	0.06	0.18	0.03	1.11	0.06	0.00	0.19	0.04	0.05	0.17	0.00	0.15
	400	0.12	0.00	0.21	0.00	1.81	0.08	1.18	0.17	0.05	0.31	0.05	0.25	0.33
	เฉลี่ย	0.10	0.06	0.15	0.20	0.72	0.03	0.55	0.12	0.07	0.11	0.10	0.26	0.18
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างดิน												= 2.77*		
ค่า F ของความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ KClO_3												= 1.37ns		
CV												= 134.5%		

กิจกรรมที่ 4 การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อ

4.1 การหาเทคนิคสำหรับการศึกษาการสลายตัวของ ClO_3^- ในดินในสภาพปลอดเชื้อ

มีข้อสงสัยว่าในการผสมคลอเรตกับดินเพื่อบ่มในสภาพปลอดเชื่อนั้นควรผสมคลอเรตกับดินก่อนหรือหลังจากการนึ่งดินเพื่อฆ่าเชื้อ. ถ้าผสมคลอเรตกับดินก่อนนึ่ง ความร้อนจากการนึ่งจะทำให้ ClO_3^- และ ClO_2^- สลายตัวแตกต่างกันไปจากดินที่ไม่นึ่งหรือไม่เพียงใด. จึงได้ทดลองผสม KClO_3 และ NaClO_2 ความเข้มข้น 0 – 400 มก./กก. กับดินสันทราย (สกว 14) ที่ถูกนึ่ง (ด้วย autoclave ที่ความดัน 1 บรรยากาศเป็นเวลา 30 นาที) แล้วและที่ยังไม่ถูกนึ่ง แต่นำไปนึ่งหลังจากผสมแล้ว. จากนั้นจึงวิเคราะห์ หา recovery ของ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่พบ ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 15. ผลการหา recovery แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอเรตที่ถูกนึ่งพร้อมกับดินเกือบไม่สลายตัวเลย แต่โพแทสเซียมคลอเรตที่ถูกนึ่งพร้อมกับดินคงเหลืออยู่เพียง 54.97 – 80.30 % สำหรับความเข้มข้น 100 – 400 มก./กก. นั่นคือการผสม KClO_3 กับดินก่อนแล้วจึงนำไปนึ่งฆ่าเชื้อทำให้โพแทสเซียมคลอเรตสลายตัวทันทีระหว่าง 45.03 – 19.70 % ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตที่ผสม. สำหรับ NaClO_2 นั้นสลายตัวทันทีเฉลี่ย 71.35 % เมื่อสัมผัสกับดินโดยไม่ต้องถูกนึ่ง (คงเหลืออยู่เฉลี่ย 28.65 %) และเมื่อถูกนึ่งฆ่าเชื้อพร้อมกับดิน NaClO_2 จะสลายตัวหมดทันทีแสดงให้เห็นว่า ClO_2^- ไม่เสถียรในดิน.

ดังนั้นเมื่อต้องการศึกษาการสลายตัวของ ClO_3^- ในสภาพปลอดเชื้อจึงต้องใช้วิธีนึ่งดินให้ปลอดเชื้อก่อนแล้วจึงผสม ClO_3^- กับดินเพื่อบ่มต่อไปด้วยเทคนิคที่ปลอดเชื้อ.

ยังมีข้อสงสัยอีกว่าเมื่อต้องผสมสารละลาย ClO_3^- และ ClO_2^- กับดินที่นึ่งแล้วด้วยเทคนิคที่ปลอดเชื้อ การทำให้สารละลาย KClO_3 และ NaClO_2 ปลอดเชื้อโดยการนึ่งจะทำให้ KClO_3 และ NaClO_2 ในสารละลายสลายตัวหรือไม่. จึงได้ทดลองนึ่งสารละลายบริสุทธิ์ของ KClO_3 และ NaClO_2 ที่ใช้เตรียมเป็น standard curve แล้วนำมาพัฒนาสีเปรียบเทียบกับสารละลายที่ไม่ผ่านการนึ่ง ได้ผลดังภาพที่ 2 ซึ่งค่า absorbance ของความเข้มข้นต่างๆ ไม่เปลี่ยนแปลงเลย. แสดงให้เห็นว่า การนึ่งไม่ทำให้สารละลายบริสุทธิ์ของ KClO_3 และ NaClO_2 สลายตัวเลย จึงสามารถนึ่งสารละลายบริสุทธิ์ของ KClO_3 และ NaClO_2 แล้วนำมาผสมกับดินที่นึ่งแล้วได้.

ตารางที่ 15 Recovery ของ KClO_3 และ NaClO_2 ที่ผสมกับดินที่ผ่านและไม่ผ่านการนึ่ง

ปริมาณ KClO_3 ที่ผสม (มก./กก.)	Recovery ของ KClO_3 และ NaClO_2 (%)			
	KClO_3 ถูกนึ่งพร้อมกันดิน		ดินถูกนึ่งก่อนผสม KClO_3	
	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
100	54.97	4.75	89.08	1.60
200	69.16	4.13	96.75	1.43
300	77.01	0.92	98.05	1.70
400	80.30	1.76	101.83	1.05
เฉลี่ย	70.36	2.89	96.43	1.45
ปริมาณ NaClO_2 ที่ผสม (มก./กก.)	NaClO_2 ถูกนึ่งพร้อมกันดิน		ดินถูกนึ่งก่อนผสม NaClO_2	
	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
100	0.28	0.27	12.89	1.37
200	0.20	0.15	25.24	2.41
300	0.22	0.16	34.78	0.53
400	0.16	0.06	41.68	2.77
เฉลี่ย	0.22	0.16	28.65	1.77

* ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

4.2 การทดลองการสลายตัวของ ClO_3^- ในดินในสภาพปลอดเชื้อเปรียบเทียบกับไม่ปลอดเชื้อ

4.2.1 วิธีการ

- ชั่งดิน 5 ชนิดตัวอย่างละ 20 กรัมใส่ขวดพลาสติกขนาด 120 มล. แล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วย autoclave แล้วผสมสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตกับที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ให้ได้ความเข้มข้นต่างๆ ตั้งแต่ 0 – 1,000 มก./กก.แล้วบ่มไว้.
- ดำเนินการเช่นเดียวกันกับดินที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ.
- เมื่อบ่มได้ 15, 30, 63 และ 93 วัน นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรตในดิน.

4.2.2 ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 16, 17, 18 และ 19 ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าคลอเรตที่ผสมกับดินทุกชนิดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วทุกความเข้มข้นและในทุกระยะเวลาการบ่มไม่สลายตัวเลย กล่าวคือมี recovery ใกล้เคียงหรือเกิน 100% ในทุกความเข้มข้นในทุกดินและทุกระยะเวลาที่บ่มดิน. (recovery ที่เกิน 100 % โดยเฉพาะเมื่อโพแทสเซียมคลอเรตมีความเข้มข้นสูงนี้พบตั้งแต่การทดลองหาวิธีวิเคราะห์คลอเรตในดิน, ตารางที่ 5 ในหัวข้อ 2.4) แต่กับดินที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อมาก่อน คลอเรตสลายตัวได้มากน้อยต่างกันในแต่ละชนิด โดยที่คลอเรตสลายตัวได้มากที่สุดที่ดินแม่แดง (สกว 29) และสลายตัวได้น้อยที่สุดในดินห้างฉัตร (สกว13) การที่คลอเรตสลายตัวได้มากที่สุดที่ดินแม่แดง และสลายตัวได้น้อยที่สุดในดินห้างฉัตรนี้สอดคล้องกับผลการทดลองในตารางที่ 8 และ 9 ในหัวข้อที่ 3.2 เมื่อระยะเวลาบ่มนานขึ้นคลอเรตในดินที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อก็สลายตัว

ได้มากขึ้น. โดยเฉลี่ยในทุกดินเมื่อบ่มได้ 15, 30, 63 และ 93 วันคลอเรตตกค้างในดินน้อยลงตามลำดับ คือ 91.28, 86.18, 78.50 และ 74.60 %.

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการสลายตัวของคลอเรตในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น การทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับองค์ประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย. นั่นคือคลอเรตไม่ไวพอที่จะทำปฏิกิริยากับฮิวมัสในดินที่อุดมภูมิและความดันปรกติ. คลอเรตทำปฏิกิริยากับฮิวมัสในดินได้เมื่อถูกน้ำพร้อมกับดิน (ตารางที่ 15) แต่สารบริสุทธิ์ของ ClO_3^- ไม่สลายตัวเมื่อถูกน้ำ (ภาพที่ 2).

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในดินที่ผ่านและไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อหลังบ่มได้ 15 วัน

ดิน	KClO_3 ที่ผสม (มก./กก.)	ปริมาณ KClO_3 ที่พบหลังบ่มได้ 15 วัน (มก./กก.)					
		ดินนึ่งฆ่าเชื้อ			ดินไม่นึ่งฆ่าเชื้อ		
		เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม
ดินหางดง(สกว 4)	250	269.73	10.00	107.89	226.23	4.10	90.49
	500	507.41	2.73	101.48	466.81	8.32	93.36
	750	858.77	33.33	114.50	768.60	9.61	102.48
	1000	1060.37	12.58	106.04	1020.72	18.76	102.07
	เฉลี่ย			107.48			97.10
ดินราชบุรี(สกว 12)	200	214.25	3.62	107.13	170.95	23.76	85.47
	400	430.35	5.89	107.59	375.11	13.36	93.78
	600	658.87	6.35	109.81	620.49	9.83	103.41
	800	994.21	131.82	124.28	801.09	11.29	100.14
	เฉลี่ย			112.20			95.70
ดินห้วยฉัตร(สกว 13)	150	178.66	2.13	119.11	123.86	29.61	82.57
	300	318.37	3.89	106.12	281.27	10.96	93.76
	450	535.43	12.76	118.98	463.36	20.41	102.97
	600	712.98	9.97	118.83	616.57	21.94	102.76
	เฉลี่ย			115.76			95.52
ดินท่าตะโก(สกว 22)	200	231.64	13.16	115.82	179.31	8.94	89.65
	400	415.11	1.60	103.78	337.14	6.61	84.28
	600	705.39	19.60	117.56	541.97	38.10	90.33
	800	920.49	14.42	115.06	685.02	10.58	85.63
	เฉลี่ย			113.06			87.47
ดินแม่สาย(สกว 29)	200	215.89	5.00	107.95	130.90	2.80	65.45
	400	448.92	2.12	112.23	314.27	5.50	78.57
	600	669.13	24.21	111.52	537.02	26.44	89.50
	800	955.50	11.00	119.44	710.70	20.57	88.84
	เฉลี่ย			112.78			80.59
เฉลี่ยของดิน 5 ชนิด				112.26			91.28

* ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ KClO_3 ในดินที่ผ่านและไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อหลังบ่มได้ 30 วัน

ดิน	KClO_3 ที่ผสม (มก./กก.)	ปริมาณ KClO_3 ที่พบหลังบ่มได้ 30 วัน (มก./กก.)					
		ดินนึ่งฆ่าเชื้อ			ดินไม่นึ่งฆ่าเชื้อ		
		เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม
ดินหางคอง (สกว 4)	250	253.32	2.52	101.33	197.92	10.85	79.17
	500	542.37	15.11	108.47	442.99	13.68	88.60
	750	836.83	35.20	111.58	695.38	11.47	92.72
	1000	1156.14	9.94	115.61	922.44	4.61	92.24
	เฉลี่ย			109.25			88.18
ดินราชบุรี (สกว 12)	200	216.51	16.13	108.26	155.45	8.66	77.72
	400	457.43	2.87	114.36	370.75	11.87	92.69
	600	659.81	10.15	109.97	578.63	5.56	96.44
	800	917.71	3.64	114.71	764.48	7.58	95.56
	เฉลี่ย			111.82			90.60
ดินห้างฉัตร (สกว 13)	150	154.29	11.97	102.86	125.84	24.14	83.89
	300	306.01	6.61	102.00	284.82	4.01	94.94
	450	513.89	3.81	114.20	462.34	4.24	102.74
	600	686.28	6.05	114.38	604.83	20.15	100.81
	เฉลี่ย			108.36			95.59
ดินท่าตะโก (สกว 22)	200	185.23	10.71	92.61	162.05	3.79	81.03
	400	387.68	5.21	96.92	370.93	2.75	92.73
	600	631.36	20.06	105.23	569.87	10.71	94.98
	800	881.00	9.64	110.12	674.27	75.96	84.28
	เฉลี่ย			101.22			88.26
ดินแม่สาย (สกว 29)	200	186.42	13.08	93.21	93.86	7.67	46.93
	400	421.69	18.49	105.42	260.98	12.39	65.24
	600	630.95	9.96	105.16	476.20	9.77	79.37
	800	890.68	11.27	111.34	651.50	2.87	81.44
	เฉลี่ย			103.78			68.25
เฉลี่ยของดิน 5 ชนิด				106.89			86.18

* ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ KClO_3 ในดินที่ผ่านและไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อหลังบ่มได้ 63 วัน

ดิน	KClO_3 ที่ผสม (มก./กก.)	ปริมาณ KClO_3 ที่พบหลังบ่มได้ 63 วัน (มก./กก.)					
		ดินนึ่งฆ่าเชื้อ			ดินไม่นึ่งฆ่าเชื้อ		
		เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม
ดินหางดง(สกว 4)	250	254.57	1.08	101.83	160.47	4.70	64.19
	500	544.97	12.17	108.99	410.87	3.26	82.17
	750	836.22	7.47	111.50	646.60	4.07	86.21
	1000	1171.23	25.62	117.12	891.74	15.72	89.17
	เฉลี่ย			109.86			80.44
ดินราชบุรี(สกว 12)	200	206.93	3.48	103.46	127.81	3.41	63.90
	400	438.65	3.97	109.66	314.58	4.14	78.65
	600	667.29	11.84	111.21	565.13	4.36	94.19
	800	941.47	8.24	117.68	756.20	4.14	94.53
	เฉลี่ย			110.51			82.82
ดินห้วยจรเข้ม(สกว 13)	150	155.60	0.99	103.73	125.90	3.62	83.93
	300	312.95	6.57	104.32	283.90	5.25	94.63
	450	536.17	10.39	119.15	456.70	12.99	101.49
	600	672.10	65.98	112.02	590.46	18.04	98.41
	เฉลี่ย			109.80			94.62
ดินท่าตะโก(สกว 22)	200	198.41	2.57	99.20	132.91	4.41	66.45
	400	426.29	5.38	106.57	299.59	12.30	74.90
	600	664.19	7.94	110.70	530.49	12.88	88.41
	800	934.76	17.30	116.84	694.00	23.63	86.75
	เฉลี่ย			108.33			79.13
ดินแม่สาย(สกว 29)	200	192.17	4.81	96.09	54.27	3.91	27.13
	400	399.73	40.34	99.93	211.46	1.03	52.86
	600	643.50	14.15	107.25	413.68	14.93	68.95
	800	933.94	16.28	116.74	584.42	2.82	73.05
	เฉลี่ย			105.00			55.50
เฉลี่ยของดิน 5 ชนิด				108.70			78.50

* ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ปริมาณ KClO_3 ในดินที่ผ่านและไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ หลังบ่มได้ 93 วัน

ดิน	KClO_3 ที่ผสม (มก./กก.)	ปริมาณ KClO_3 ที่พบหลังบ่มได้ 93 วัน (มก./กก.)					
		ดินนึ่งฆ่าเชื้อ			ดินไม่นึ่งฆ่าเชื้อ		
		เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เป็น % ของ ที่ผสม
ดินหางดง(สกว 4)	250	265.40	6.18	106.16	145.12	7.25	58.05
	500	542.82	35.52	108.56	364.81	26.33	72.96
	750	828.02	10.95	110.40	645.87	10.36	86.12
	1000	1118.74	20.76	111.87	858.85	9.56	85.89
	เฉลี่ย			109.25			75.75
ดินราชบุรี(สกว 12)	200	214.86	11.57	107.43	121.61	3.44	60.80
	400	436.10	11.40	109.02	291.84	8.69	72.96
	600	674.39	7.53	112.40	544.48	9.58	90.75
	800	929.63	28.85	116.20	740.99	14.57	92.62
	เฉลี่ย			111.26			79.28
ดินห้างฉัตร(สกว 13)	150	162.46	9.35	108.31	126.44	5.40	84.29
	300	310.37	4.40	103.46	264.19	25.66	88.06
	450	516.93	7.44	114.87	430.76	15.91	95.72
	600	688.75	2.54	114.79	583.54	22.37	97.26
	เฉลี่ย			110.36			91.33
ดินท่าตะโก(สกว 22)	200	204.98	3.27	102.49	113.36	6.64	56.68
	400	430.64	4.97	107.66	290.00	10.14	72.50
	600	662.52	8.52	110.42	518.57	16.56	86.43
	800	933.22	44.75	116.65	710.23	77.05	88.78
	เฉลี่ย			109.31			76.10
ดินแม่สาย(สกว 29)	200	200.22	9.14	100.11	47.06	6.12	23.53
	400	417.26	10.35	104.32	182.41	7.64	45.60
	600	642.74	3.33	107.12	391.11	11.78	65.18
	800	892.69	13.79	111.59	543.02	8.62	67.88
	เฉลี่ย			105.78			50.55
เฉลี่ยของดิน 5 ชนิด				109.19			74.60

* ค่าเฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

กิจกรรมที่ 5 การศึกษาการเคลื่อนที่ การถูกดูดกินโดยพืช และการสลายตัวของคลอเรต โดยจำลองสถานการณ์ในสวนลำไย

5.1 การจำแนกสถานการณ์ในสวนลำไยออกเป็น 6 สถานการณ์

- **สถานการณ์ 1 “ฤดูแล้ง ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน”** เป็นการใส่คลอเรตในฤดูแล้ง มีการให้น้ำชลประทานพอให้ดินเปียกถึงความลึกตั้งแต่ 15 - 45 ซม. คือมีการเคลื่อนที่ของคลอเรตภายในความลึก 15 – 45 ซม. โดยไม่มีการชะล้างออกไปจากความลึก 45 ซม. ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 50 ซม. ใส่ดินลึก 45 ซม. ไม่ปลูกพืชในท่อดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรตโดยไม่มีการดูดกินคลอเรตของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง.
- **สถานการณ์ 2 “ฤดูฝน น้ำได้ดินตื้น ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน”** เป็นการใส่คลอเรตในฤดูฝน ในดินที่ลุ่ม (มีน้ำได้ดินที่ความลึกประมาณ 45 ซม.) มีฝนตกมากพอที่จะทำให้ให้น้ำเคลื่อนที่ในดินลงถึงระดับน้ำได้ดินที่ความลึก 45 ซม. ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 50 ซม. ใส่ดินลึก 45 ซม. ไม่ปลูกพืชในท่อดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรตโดยไม่มีการดูดกินคลอเรตของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง ให้น้ำจนมีน้ำซึมออกจากดิน และเก็บน้ำที่ซึมออกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต.
- **สถานการณ์ 3 “ฤดูฝน น้ำได้ดินลึก ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน”** เป็นการใส่คลอเรตในฤดูฝน ในดินที่ดอน (ไม่มีน้ำได้ดินภายในความลึก 95 ซม.) มีฝนตกมากพอที่จะทำให้ให้น้ำเคลื่อนที่ในดินลงจนพ้นความลึก 95 ซม. ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 100 ซม. ใส่ดินลึก 95 ซม. ไม่ปลูกพืชในท่อดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรต โดยไม่มีการดูดกินคลอเรตของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง ให้น้ำจนมีน้ำซึมออกจากดิน เก็บน้ำที่ซึมออกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต.
- **สถานการณ์ 4 “ฤดูแล้ง มีพืชขึ้นอยู่ในดิน”** เป็นการใส่คลอเรตในฤดูแล้ง มีการให้น้ำชลประทานพอให้ดินเปียกถึงความลึกตั้งแต่ 15 - 45 ซม. คือมีการเคลื่อนที่ของคลอเรตภายในความลึก 15 – 45 ซม. โดยไม่มีการชะล้างออกไปจากความลึก 45 ซม. ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 50 ซม. ใส่ดินลึก 45 ซม. ปลูกข้าวโพดในท่อดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรต โดยมีการดูดกินคลอเรตของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง.
- **สถานการณ์ 5 “ฤดูฝน น้ำได้ดินตื้น มีพืชขึ้นอยู่ในดิน”** เป็นการใส่คลอเรตในฤดูฝน ในดินที่ลุ่ม (มีน้ำได้ดินที่ความลึกประมาณ 45 ซม.) มีฝนตกมากพอที่จะทำให้ให้น้ำเคลื่อนที่ในดินลงถึงระดับน้ำได้ดินที่ความลึก 45 ซม. ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 50 ซม. ใส่ดินลึก 45 ซม. ปลูกข้าวโพดในท่อดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรตโดยมีการดูดกินคลอเรตของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง ให้น้ำจนมีน้ำซึมออกจากดิน เก็บน้ำที่ซึมออกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต.
- **สถานการณ์ 6 “ฤดูฝน น้ำได้ดินลึก มีพืชขึ้นอยู่ในดิน”** เป็นการใส่คลอเรตในฤดูฝน ในดินที่ดอน (ไม่มีน้ำได้ดินภายในความลึก 95 ซม.) มีฝนตกมากพอที่จะทำให้มีน้ำเคลื่อนที่ในดินลงจนพ้นความลึก 95 ซม. ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 100 ซม. ใส่ดินลึก 95 ซม. ปลูกข้าวโพดในท่อดิน เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรตโดยมีการดูดกินคลอเรตของพืชเข้ามาเกี่ยวข้อง ให้น้ำจนมีน้ำซึมออกจากดิน และเก็บน้ำที่ซึมออกเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต.

5.2 การทดลองตามสถานการณ์ที่ 1 (ฤดูฝน น้ำใต้ดินตื้น ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน) ในดินปากช่อง (สกว 27)

5.2.1 วิธีการทดลอง มีการจัดการต่างๆ ดังนี้

- ตัวอย่างดินที่ใช้ทดลองถูกขุดแยกเป็นชั้นๆ ที่ความลึก 0 – 15, 15 – 30 และ 30 – 45 ซม. ตามลำดับ แล้วนำมาผึ่งให้แห้งในร่ม ทบเบาๆ และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มม.
- ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. ยาว 50 ซม. หุ้มปลายล่างของท่อด้วยผ้าดิบและตาข่ายไนลอน บรรจุดินลงในท่อเรียงเป็นชั้นตามธรรมชาติ โดยบรรจุให้ดินแต่ละชั้นมีความหนาแน่นเท่ากับความหนาแน่นรวมของดินธรรมชาติในสวน.
- ใส่โพแทสเซียมคลอเรตด้วยปริมาณที่จะทำให้ดินในท่อลึก 15 ซม. มีโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 0, 200, และ 400 มก./กก. (ใส่โพแทสเซียมคลอเรต 0, 86, และ 172 มก. ต่อน้ำหนัก 433 กรัมของดินลึก 15 ซม.).
- การให้น้ำแก่ดิน แบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้
 1. ให้น้ำครั้งแรก แล้วเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์หลังจากให้น้ำ 4 วัน.
 2. ให้น้ำ 2 ครั้ง คือเมื่อหลังจากให้น้ำครั้งแรกแล้วปล่อยให้น้ำแห้ง (น้ำหนักน้ำลดลง) ไป 30 % จึงให้น้ำครั้งที่ 2 แล้วเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์หลังจากให้น้ำครั้งแรก 17 วัน.
 3. ให้น้ำ 3 ครั้ง คือเมื่อหลังจากให้น้ำครั้งแรกแล้วปล่อยให้น้ำแห้ง (น้ำหนักน้ำลดลง) ไป 30 % จึงให้น้ำและเติมน้ำอีก 2 ครั้ง แล้วเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ หลังจากให้น้ำครั้งแรก 30 วัน.
- ปริมาณน้ำที่ให้สำหรับแต่ละช่วงเวลากการให้น้ำแบ่งเป็น 3 ปริมาณ คือปริมาณที่ทำให้ดินเปียกลึก 15, 30 และ 45 ซม. (ให้น้ำ 107, 215 และ 322 ซม.³ ตามลำดับ).
- การทดลองนี้จึงประกอบด้วยท่อดิน 54 ท่อ (3 ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรต, 3 ช่วงเวลาให้น้ำ, 3 ปริมาณน้ำ และ 2 ซ้ำ)
- ในการเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์ ได้เก็บตัวอย่างดินแยกเป็นชั้นๆ ชั้นละ 5 ซม

5.2.2 ผลการทดลอง

- ผลการวิเคราะห์คลอเรตในความลึกต่างๆ ของแท่งดินจำลองแสดงในภาพที่ 3 และ 4 และตารางที่ 20. ภาพที่ 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าคลอเรตเคลื่อนที่กระจายไปตามความลึกของดินเท่ากับระดับน้ำที่เคลื่อนที่ไปในดิน. เมื่อให้น้ำมากขึ้นทำให้คลอเรตเคลื่อนที่กระจายไปตามความลึกของดินมากขึ้น จึงมีคลอเรตอยู่ในดินแต่ละชั้นเข้มข้นน้อยกว่าดินที่ได้รับน้ำน้อย.
- ผลการวิเคราะห์ดินหลังการให้น้ำครั้งที่ 1, 2 และ 3 (ตารางที่ 20) เมื่อคลอเรตได้สัมผัสดินเป็นเวลา 4, 17 และ 30 วัน ตามลำดับ พบว่าคลอเรตได้สลายตัวไปโดยเฉลี่ย 44.29, 50.18 และ 54.15 % ตามลำดับ นั่นคือเมื่อคลอเรตสัมผัสกับดินนานขึ้นก็สลายตัวไปได้มากขึ้น.
- นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของคลอเรตจากการให้น้ำ 1 ถึง 3 ครั้งในดินที่ได้รับน้ำพอให้ดินเปียกลึก 15, 30 และ 45 ซม. เท่ากับ 33.28, 56.80 และ 58.54 % ตามลำดับ การให้น้ำมากขึ้นนอกจากทำให้คลอเรตเคลื่อนที่กระจายไปตามความลึกของดินมากขึ้น ยังทำให้คลอเรต

- สลายตัวได้มากขึ้นด้วย โดยการให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 45 ซม. ทำให้คลอเรตสลายตัวได้มากเป็น 1.76 เท่าของการให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 15 ซม. (58.54% ต่อ 33.28%).
- เมื่อเปรียบเทียบการสลายตัวของคลอเรตในสภาพจำลองแท่งดินในท่อที่มีการให้น้ำหลายครั้ง ดินมีการเปียกและแห้ง กับในสภาพการบ่มดินในห้องปฏิบัติการของดินปากช่องด้วยกัน พบว่าในสภาพจำลองแท่งดินในท่อที่มีการให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 15 ซม. จำนวน 1 – 3 ครั้งใน 4, 17 และ 30 วัน ทำให้คลอเรตสลายตัวได้ 20.9, 40.42 และ 38.51 % แต่ในสภาพบ่มในห้องปฏิบัติการ คลอเรตสลายตัวไปเมื่อ 50 และ 100 วันเท่ากับ 24.85 และ 28.05 % จึงแสดงได้ว่าในสภาพที่จำลองแท่งดินในท่อ คลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าในสภาพบ่มในห้องปฏิบัติการมาก.

ตารางที่ 20 ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวไป (เป็น % ของปริมาณ KClO_3 ที่ให้เมื่อเริ่มแรก) ในท่อดินจำลอง หลังจากให้น้ำแก่ดิน 1 – 3 ครั้ง (ภายใน 30 วัน) ด้วยปริมาณน้ำพอให้ดินเปียกถึงความลึก 15 – 45 ซม. เปรียบเทียบกับการบ่มดินในห้องปฏิบัติการ (50 และ 100 วัน) ของดินปากช่อง (สกว 27)

	วิธีการ	ความลึกที่ให้น้ำ (ซม.)	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่ใส่ (มก./กก.)		
			200	400	เฉลี่ย
จำลองแทงดินในท่อ	ให้น้ำ 1 ครั้ง,	15	31.13	10.68	20.9
	วิเคราะห์ตัวอย่าง	30	69.54	57.58	63.56
	ดิน 4 วันหลัง	45	62.86	33.96	48.41
	จากให้น้ำครั้งแรก	เฉลี่ย	54.51	34.07	44.29
	ให้น้ำ 2 ครั้ง,	15	34.21	46.64	40.42
	วิเคราะห์ตัวอย่าง	30	55.83	49.06	52.44
	ดิน 17 วันหลัง	45	65.81	49.55	57.68
	จากให้น้ำครั้งแรก	เฉลี่ย	51.95	48.42	50.18
	ให้น้ำ 3 ครั้ง,	15	24.71	52.32	38.51
	วิเคราะห์ตัวอย่าง	30	54.46	54.33	54.39
	ดิน 30 วันหลัง	45	82.85	56.21	69.52
	จากให้น้ำครั้งแรก	เฉลี่ย	54.01	54.29	54.15
จำลองแทงดินในท่อ	เฉลี่ยจากการให้น้ำ	15	30.01	36.55	33.28
	1 – 3 ครั้ง	30	59.94	53.66	56.80
		45	70.51	46.57	58.54
		เฉลี่ย	53.49	45.57	49.53
บ่มดินในห้องปฏิบัติการ	วิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังจากหมักได้ 50 วัน		32.96	16.74	24.85
	วิเคราะห์ตัวอย่างดินหลังจากหมักได้ 100 วัน		40.4	17.01	28.05

5.3 การทดลองตามสถานการณ์ที่ 1 (ฤดูฝน น้ำได้ดินต้น ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน) ข้างในดินน้ำพอง (สกว 11)

ได้ดำเนินการทดลองตามสถานการณ์ที่ 1 ข้างโดยใช้ดินน้ำพอง (สกว 11 ซึ่งเป็นดินที่คลอเรตสลายตัวได้ช้า)

5.3.1 วิธีการทดลอง

- วิธีการต่างๆ เหมือนวิธีการทดลองในข้อ 5.2.1 ยกเว้นปริมาณและเวลาการให้น้ำ.
- การให้น้ำแก่ดิน แบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา ดังนี้
 1. ให้น้ำครั้งเดียว แล้วเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ หลังจากให้น้ำ 4 วัน.
 2. ให้น้ำ 2 ครั้ง คือเมื่อหลังจากให้น้ำครั้งแรกแล้วปล่อยให้น้ำแห้ง (น้ำหนักรีดลดลง) ไป 30 % จึงให้น้ำครั้งที่ 2 แล้วเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์หลังจากให้น้ำครั้งแรก 15 วัน.

3. ให้น้ำ 3 ครั้ง คือเมื่อหลังจากให้น้ำครั้งแรกแล้วปล่อยให้แห้ง (น้ำหนักน้ำลดลง) ไป 30 % จึงให้น้ำและเติมน้ำอีก 2 ครั้ง แล้วเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ หลังจากให้น้ำครั้งแรก 21 วัน.

- ปริมาณน้ำที่ให้แก่สำหรับแต่ละช่วงเวลาการให้น้ำแบ่งเป็น 3 ปริมาณ คือปริมาณที่ทำให้ดินเปียกลึก 15, 30 และ 45 ซม. (ให้น้ำ 107, 215 และ 322 ซม.³ ตามลำดับ).

5.3.2 ผลการทดลอง

- ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตที่ความลึกต่างๆ ของแท่งดินจำลองแสดงในภาพที่ 5, 6 และ 7 และตารางที่ 21. ภาพที่ 5, 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่าการให้น้ำพอให้ดินเปียกเพียง 15 ซม. ทำให้คลอเรตสะสมอยู่ที่ใกล้ผิวดิน. การให้น้ำเท่าเดิมเป็นครั้งที่ 2 และ 3 ทำให้คลอเรตในดินเคลื่อนที่ได้ลึกมากขึ้นเพียงเล็กน้อย คลอเรตจึงยังคงสะสมอยู่มากที่ใกล้ผิวดิน. แต่เมื่อให้น้ำมากขึ้นพอให้ดินเปียกลึกถึง 30 และ 45 ซม. คลอเรตจะไปสะสมในชั้นดินลึกขึ้นกว่าการให้น้ำพอให้ดินเปียก 15 ซม. การให้เป็นครั้งที่ 2 และ 3 ทำให้คลอเรตในดินเคลื่อนที่ได้ลึกมากขึ้นมาก จนมีคลอเรตกระจายอยู่ในดินชั้นต่างๆ มากกว่าดินชั้นใกล้ผิวดิน. จากผลการทดลองในภาพที่ 5, 6 และ 7 จึงยืนยันผลการทดลองกับดินปากช่องในข้อ 5.2 ที่พบว่าคลอเรตเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ในดิน.
- ผลการวิเคราะห์ดินหลังการให้น้ำครั้งที่ 1, 2 และ 3 (ตารางที่ 21) เมื่อคลอเรตได้สัมผัสดินอยู่ 4, 15 และ 21 วัน ตามลำดับ พบว่าคลอเรตได้สลายตัวไปโดยเฉลี่ย 19.44, 38.04 และ 46.27% ตามลำดับ นั่นคือเมื่อคลอเรตสัมผัสกับดินนานขึ้นก็สลายตัวไปได้มากขึ้น.
- นอกจากนี้ยังพบว่าค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของคลอเรตจากการให้น้ำ 1 ถึง 3 ครั้งจากดินที่ได้รับน้ำพอให้ดินเปียกลึก 15, 30 และ 45 ซม. เท่ากับ 24.00, 34.14 และ 45.62 % ตามลำดับ. การให้น้ำมากขึ้นนอกจากทำให้คลอเรตเคลื่อนที่กระจายไปตามความลึกของดินมากขึ้นแล้ว ยังทำให้คลอเรตสลายตัวได้มากขึ้นด้วย โดยการให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 45 ซม. ทำให้คลอเรตสลายตัวได้มากเป็น 1.90 เท่าของการให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 15 ซม. (45.62 % ต่อ 24.00 %).
- ผลการทดลองในดินน้ำพองจึงยืนยันผลการทดลองในดินปากช่องที่ได้ข้อสรุปว่าการให้น้ำมากขึ้นทำให้มีการเคลื่อนที่ของคลอเรตในดินมากขึ้น ไม่เพียงทำให้คลอเรตกระจายเฉลี่ยไปในชั้นดินเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวได้มากขึ้นด้วย.

ตารางที่ 21 ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวไป (เป็น % ของปริมาณ KClO_3 ที่ให้เมื่อเริ่มแรก) ใน 토ดินจำลอง หลังจากให้น้ำแก่ดิน 1 – 3 ครั้ง (ภายใน 21 วัน) ด้วยปริมาณน้ำพอให้ดินเปียกถึงความลึก 15 – 45 ซม.

วิธีการ	ปริมาณคลอเรตที่สลายตัว (เป็น % ของ KClO_3 ที่ให้เมื่อเริ่มแรก)			
	ความลึกที่ให้น้ำ (ซม.)	ความเข้มข้นของ KClO_3 ที่ใส่ (มก./กก.)		
		200	400	เฉลี่ย
ให้น้ำ 1 ครั้ง,	15	20.43	4.57	12.50
วิเคราะห์ตัวอย่าง	30	23.04	11.21	17.13
ดิน 4 วันหลัง	45	35.3	22.09	28.70
จากให้น้ำครั้งแรก	เฉลี่ย	26.26	12.62	19.44
ให้น้ำ 2 ครั้ง,	15	26.96	26.04	26.50
วิเคราะห์ตัวอย่าง	30	45.51	35.27	40.39
ดิน 17 วันหลัง	45	57.93	36.54	47.24
จากให้น้ำครั้งแรก	เฉลี่ย	43.47	32.62	38.04
ให้น้ำ 3 ครั้ง,	15	31.88	34.13	33.01
วิเคราะห์ตัวอย่าง	30	50.89	38.89	44.89
ดิน 30 วันหลัง	45	71.92	49.91	60.92
จากให้น้ำครั้งแรก	เฉลี่ย	51.56	40.98	46.27
เฉลี่ยจากการให้น้ำ	15	26.42	21.58	24.00
1 – 3 ครั้ง	30	39.81	28.46	34.14
	45	55.05	36.18	45.62
	เฉลี่ย	40.43	28.74	34.58

5.4 การจำลองสถานการณ์ 5 (ฤดูฝน ในดินที่ลุ่ม-น้ำใต้ดินตื้น มีกาปลูกพืชในดิน) ในดินหางดง (สกว 4)

5.4.1 วิธีการทดลอง

- ตัวอย่างดินที่ใช้ทดลองถูกขุดแยกเป็นชั้นๆ ที่ความลึก 0 – 15, 15 – 30 และ 30 – 45 ซม. แล้วนำมาผึ่งให้แห้งในร่ม ทบเบาๆ และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มม.
- ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 50 ซม. หุ้มปลายล่างของท่อด้วยผ้าดิบและตาข่ายไนลอน บรรจุดินลงในท่อเรียงเป็นชั้นตามธรรมชาติ โดยบรรจุให้ดินแต่ละชั้นมีความหนาแน่นเท่ากับความหนาแน่นของดินธรรมชาติในสวน.
- ปลุกข้าวโพด 5 เมล็ดลงในกระบอก เมื่อต้นข้าวโพดอายุ 14 วันถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก เหลือต้นที่สมบูรณ์ที่สุดไว้เพียงต้นเดียว.
- ในการทดลองนี้มีท่อบรรจุดินทั้งสิ้น 12 ท่อ สำหรับทดลองใส่โพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 0, 100, 200 และ 400 มก./กก. ทดลองอัตราละ 3 ซ้ำ. ในการคำนวณน้ำหนักโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักดินนั้น ใช้น้ำหนักของดินลึก 15 ซม. โดยมีพื้นฐานมาจากสมมติฐานว่าเมื่อเกษตรกรใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ในดินแล้วจะรดน้ำตามพอให้โพแทสเซียมเคลื่อนที่ลงในดินได้ 15 ซม.
- ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ตามอัตราที่กำหนด เมื่อต้นข้าวโพดในท่อมียาอายุได้ 45 วัน แล้วรดน้ำและเก็บน้ำที่ซึมออกจากท่อเมื่อวันต่าง ๆ ดังตารางที่ 22.
- หลังจากใส่โพแทสเซียมคลอไรด์แล้ว พบว่าต้นข้าวโพดที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 400 มก./กก. แสดงอาการใบเหลืองและแห้งตายภายใน 3 วัน จึงไม่ได้เก็บข้อมูลจากโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นนี้. ต้นข้าวโพดที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 200 มก./กก. มีใบไหม้บ้างแต่ก็อยู่รอดจนเสร็จสิ้นการทดลอง. ต้นข้าวโพดที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 100 มก./กก. มีอาการใบเหลืองเล็กน้อย.
- ตารางที่ 22 แสดงเวลากิจกรรมการทดลอง ปริมาณน้ำที่รด และปริมาณน้ำที่ซึมออกจากท่อ.

ตารางที่ 22 ตารางเวลากิจกรรมการทดลอง ปริมาณน้ำที่รด และปริมาณน้ำที่ซึมออกจากท่อ

วันที่	กิจกรรม	ปริมาณน้ำที่ซึมออกจากท่อ(เฉลี่ยจาก 3 ท่อ)
6 ก.ย. 43	ใส่สารโพแทสเซียมคลอไรด์ ให้น้ำ 1,400 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 177 มม.)	
13 ก.ย. 43	ให้น้ำ 2,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 252 มม.) เพื่อให้เกิดการชะครั้งที่ 1	
19 ก.ย. 43	เก็บน้ำที่ซึมออกจากการชะครั้งที่ 1	389 ± 101 มล. *
19 ก.ย. 43	ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.) เพื่อให้เกิดการชะครั้งที่ 2	
22 ก.ย. 43	เก็บน้ำที่ซึมออกจากการชะครั้งที่ 2	205 ± 130 มล.
22 ก.ย. 43	ให้น้ำ 500 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 63 มม.)	
25 ก.ย. 43	ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.) เพื่อให้เกิดการชะครั้งที่ 3	

2 ต.ค. 43	เก็บน้ำที่ซึมออกจากการชะครั้งที่ 3	350 ± 151 มล.
2 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.) เพื่อให้เกิดการชะครั้งที่ 4	
5 ต.ค. 43	เก็บน้ำที่ซึมออกจากการชะครั้งที่ 4	345 ± 82 มล.
11-12 ต.ค. 43	เก็บดินแยกเป็นชั้น ๆ ชั้นละ 5 ซม.	

* เฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.4.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 23 แสดงปริมาณน้ำที่ซึมออกจากท่อหลังจากการชะแต่ละครั้ง จำนวนเป็นความสูงของน้ำ (มม.). ปริมาณน้ำรวมจากการชะทั้ง 4 ครั้งที่ซึมผ่านท่อดินเฉลี่ยเท่ากับ 176.05, 182.55 และ 141.78 มม. สำหรับท่อที่ให้โพแทสเซียมคลอไรด์ 0, 100 และ 200 มก./กก. ตามลำดับ. ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนรายปีที่เชียงใหม่เท่ากับ 1,200 มม. ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านท่อนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 11 – 15 % ของปริมาณฝนรายปี ซึ่งน่าจะ เป็นปริมาณไม่ผิดไปจากที่เป็นจริงของการซึมผ่านชั้นดินลึก 45 ซม. ของดินที่ลุ่มมากนัก.

ตารางที่ 23 ปริมาณน้ำที่ซึมออกจากท่อดิน จำนวนเป็นความสูงของน้ำ, มม.

ความเข้มข้นของ KClO ₃ ที่ใส่ (มก./กก.)	ซ้ำที่	ปริมาณน้ำที่ซึมออกจากท่อดิน (จำนวนเป็นความสูง, มม.)				
		การชะครั้งที่				รวม
		1	2	3	4	
0		47.77	38.09	39.49	50.70	176.05
100	1	54.39	44.08	85.35	51.72	235.54
	2	42.42	9.55	37.07	50.06	139.10
	3	38.60	47.77	47.01	39.62	173.00
	เฉลี่ย	45.14	33.80	56.48	47.13	182.55
	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.24	21.08	25.49	6.56	48.92
200	1	56.69	11.21	24.46	31.34	123.70
	2	34.27	13.38	41.91	29.04	118.60
	3	72.48	18.85	36.56	55.16	183.05
	เฉลี่ย	54.48	14.48	34.31	38.51	141.78
	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	19.20	3.94	8.94	14.46	35.83
ปริมาณน้ำที่ให้ (มม.)		429.00	126.00	189.00	126.00	870.00

ตารางที่ 24 แสดงปริมาณคลอไรด์ที่ถูกชะ ตกค้างอยู่ในดิน และที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว เห็นได้ว่าการดูดกินของพืชและการสลายตัวเป็นช่องทางของการสูญหายของคลอไรด์ไปจากดินที่สำคัญที่สุด ถึง 68.21 – 68.28 % หรือมากกว่า 2 ใน 3 ของคลอไรด์ที่ดินได้รับ. ในสถานการณ์นี้ (ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ในฤดูฝน ในดินที่ลุ่ม-น้ำใต้ดินตื้น) คลอไรด์เคลื่อนที่ลงสู่ น้ำใต้ดินเพียง 13.98 – 24.07% หรือน้อยกว่า 1 ใน 4 ของคลอไรด์ที่ดินได้รับ. คลอไรด์ที่ถูกชะส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการชะครั้งแรก. การชะครั้งแรกสามารถชะได้ 26.88 จาก 30.18 มก. ของคลอไรด์ที่ถูกชะทั้งหมดในดินที่ได้รับคลอไรด์อัตรา 100 มก./กก., และสามารถชะได้ 58.45 จาก

103.97 มก. ของคลอเรตที่ถูกชะในดินที่ได้รับคลอเรตอัตรา 200 มก./กก. ส่วนคลอเรตที่คงค้างอยู่ในดินมีเพียง 7.72 – 17.75 %. แสดงให้เห็นว่าคลอเรตเคลื่อนที่ในดินไปกับน้ำได้ดีมาก. ผลที่ได้เป็นคำแนะนำในทางปฏิบัติจากการทดลองนี้คือ ถ้าต้องเร่งกำจัดคลอเรตออกจากเขตรากพืช สามารถทำได้โดยการให้น้ำมากพอให้น้ำซึมลงพื้นเขตรากพืชเพียง 1 หรือ 2 ครั้งก็พอ.

ตารางที่ 24 ปริมาณคลอเรตที่ถูกชะ ตกค้างอยู่ในดิน และที่ถูกพืชดูดกิน

ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 100 มก./กก. (216 มก./ดิน 2.16 กก.)					
	ความเข้มข้นของ ClO_3^- ในน้ำ ที่ซึมออก (มก. ของ KClO_3 /ลิตร)		ปริมาณ ClO_3^- ที่ถูกชะ, (มก. ของ KClO_3)		ปริมาณ ClO_3^- (% ของที่ได้รับ)
	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
การชะครั้งที่ 1	74.65	13.95	26.88	8.92	12.45
การชะครั้งที่ 2	7.37	4.96	2.50	2.09	1.16
การชะครั้งที่ 3	1.52	1.20	0.69	0.77	0.32
การชะครั้งที่ 4	0.51	0.68	0.11	0.26	0.05
ปริมาณ ClO_3^- รวมจากการชะ 4 ครั้ง (มก. ของ KClO_3)			30.18	9.24	13.98
ปริมาณ ClO_3^- ที่วิเคราะห์ได้ในดิน (มก. ของ KClO_3)			38.34	9.60	17.75
ปริมาณ ClO_3^- ที่พืชดูดและสลายตัว (มก. ของ KClO_3)			147.48	5.80	68.28
รวม			216.00		100.00

ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 200 มก./กก. (432 มก./ดิน 2.16 กก.)					
	ความเข้มข้นของ ClO_3^- ในน้ำ ที่ซึมออก (มก. ของ KClO_3 /ลิตร)		ปริมาณ ClO_3^- ที่ถูกชะ (มก. ของ KClO_3)		ปริมาณ ClO_3^- (% ของที่ได้รับ)
	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	
การชะครั้งที่ 1	180.85	77.47	58.45	52.07	13.53
การชะครั้งที่ 2	239.43	59.61	25.64	5.06	5.94
การชะครั้งที่ 3	72.35	56.88	17.68	14.68	4.09
การชะครั้งที่ 4	5.90	5.79	2.20	2.68	0.51
ปริมาณ ClO_3^- รวมจากการชะ 4 ครั้ง (มก. ของ KClO_3)			103.97	53.54	24.07
ปริมาณ ClO_3^- ที่วิเคราะห์ได้ในดิน (มก. ของ KClO_3)			33.36	3.83	7.72
ปริมาณ ClO_3^- ที่พืชดูดและสลายตัว (มก. ของ KClO_3)			294.67	58.26	68.21
รวม			432.00		100.00

* เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

5.5 การจำลองสถานการณ์ 6 (ฤดูฝน ในดินที่ดอน - น้ำใต้ดินลึก มีพืชขึ้นอยู่ในดิน) ในดินปากช่อง

5.5.1. วิธีการทดลอง

- ตัวอย่างดินที่ใช้ถูกขุดแยกเป็นชั้นๆ ที่ความลึก 0 – 15, 15 – 30 และ 30 – 45, 45 – 60, 60 – 75 และ 75 – 90 ซม. แล้วนำมาผึ่งให้แห้งในร่ม ทบเบาๆ และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มม.
- ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 100 ซม. หุ้มปลายล่างของท่อด้วยผ้าดิบและตาข่ายไนลอน บรรจุดินลงในท่อเรียงเป็นชั้นตามธรรมชาติ โดยบรรจุให้ดินแต่ละชั้นมีความหนาแน่นรวมเท่ากับความหนาแน่นรวมของดินธรรมชาติในสวน.
- ปลูกรำข้าวโพด 5 เมล็ดลงในกระบอก เมื่อดันข้าวโพดอายุ 14 วันถอนต้นไม่สมบูรณ์ออก เหลือต้นที่สมบูรณ์ที่สุดไว้เพียงต้นเดียว.
- ในการทดลองนี้มีท่อบรรจุดินทั้งสิ้น 9 ท่อ สำหรับทดลองใส่โพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 100, 200 และ 400 มม./กก. ทดลองอัตราละ 3 ซ้ำ. ในการคำนวณน้ำหนักโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อน้ำหนักดินนั้น ใช้น้ำหนักของดินลึก 15 ซม. โดยมีพื้นฐานมาจากสมมติฐานที่ว่า เมื่อเกษตรกรใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ในดินแล้วจะรดน้ำตามพอให้โพแทสเซียมคลอไรด์เคลื่อนที่ลงไปในดินได้ 15 ซม.
- ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ตามอัตราที่กำหนดเมื่อดันข้าวโพดในท่ออายุได้ 30 วัน แล้วรดน้ำเมื่อวันต่างๆ ดังตารางที่ 25 โดยแบ่งใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 400 มก./กก. เป็น 2 ครั้งๆ ละ 200 มก./กก. พบว่าต้นข้าวโพดที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 2 ครั้งมีอาการใบเหลืองมาก แต่ก็อยู่รอดจนเสร็จสิ้นการทดลอง.
- ตารางที่ 25 แสดงเวลากิจกรรมการทดลอง ปริมาณน้ำที่รด

ตารางที่ 25 ตารางเวลากิจกรรมการทดลอง ปริมาณน้ำที่รด

วันที่	กิจกรรม
2 ต.ค. 43	ใส่สารโพแทสเซียมคลอเรต 165 มก./ท่อ สำหรับ อัตรา 100 มก./กก., 330 มก./ท่อ สำหรับอัตรา 200 มก./กก. และ 330 มก./ท่อ สำหรับอัตรา 400 มก./กก. ครั้งแรก แล้วให้น้ำ 1,400 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 177 มม.).
6 ต.ค. 43	ใส่สารโพแทสเซียมคลอเรต 330 มก./ท่อ สำหรับอัตรา 400 มก./กก. ครั้งที่ 2 ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.).
11 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.)
15 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.)
19 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.)
23 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000 มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.)
27 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.)
31 ต.ค. 43	ให้น้ำ 1,000มล. (คิดเป็นน้ำลึก 126 มม.)
9-10 พ.ย. 43	เก็บดินแยกเป็นชั้น ๆ ชั้นละ 5 ซม.

5.5.2 ผลการทดลอง

ปริมาณคลอเรตที่ตกค้าง ถูกดูดกิน และสลายตัวหลังจากใส่ลงในดิน 39 วันและมีน้ำรด 1,053 มม. แสดงในตารางที่ 26. ภาพที่ 9 แสดงการกระจายของคลอเรตที่ตกค้างอยู่ในชั้นดิน. จากตารางที่ 26 เห็นได้ว่าคลอเรตที่ถูกดูดกินและสลายตัวมีปริมาณเท่าๆ เท่ากับที่ตกค้างอยู่ในดิน ทั้ง 3 ความเข้มข้น. จากภาพที่ 9 เห็นได้ว่าในทั้ง 3 ความเข้มข้นของคลอเรตที่ให้ คลอเรตสะสมอยู่มากเหนือระดับ 50 ซม. การกระจายเช่นนี้เหมือนกับภาพที่ 10 ในหัวข้อที่ 5.6.2 ในส่วนที่มีดินขาวโพลขึ้นอยู่ด้วย ทั้งนี้จะเนื่องจากปริมาณน้ำที่ให้ครั้งละ 1,000 มล. ทุกกระยะ 4 วันนั้นเพียงพอที่ทำให้น้ำซึมลงได้ความลึก 50 ซม. เพียงเล็กน้อย.

ตารางที่ 26 ปริมาณคลอเรตที่ตกค้าง และถูกดูดกินและสลายตัว

อัตรา	ตกค้างอยู่ในดิน			ถูกดูดกินและสลายตัว	
	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	% ของที่ใส่	เฉลี่ย	% ของที่ใส่
100 มก./กก. (165 มก./ท่อ)	96.50	12.32	58.48	68.50	41.52
200 มก./กก. (330 มก./ท่อ)	132.83	27.03	40.25	197.17	59.75
400 มก./กก. (660มก./ท่อ)	330.02	3.62	50.00	329.98	50.00

5.6 การจำลองสถานการณ์ 1 และ 4 (ฤดูแล้ง มีและไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน) ในดินหางดงและดินสันทราย

จากการทดลองจำลองสถานการณ์ 5 และ 6 (หัวข้อ 5.4 และ 5.5) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดูดกินของพืชและการสลายตัวของคลอเรตเป็นช่องทางที่สำคัญของการสูญหายของคลอเรตจากดิน มีข้อสงสัยว่าการดูดกินแต่ประการเดียวมีความสำคัญเพียงใด จึงได้ทดลองจำลองสถานการณ์ 1 (ฤดูแล้ง-ให้น้ำเพียงซึมลึกลงในดิน 30 ซม. ไม่มีพืชขึ้นอยู่ในดิน) และ สถานการณ์ 4 (ฤดูแล้ง-ให้น้ำเพียงซึมลึกลงในดินประมาณ 30 ซม. มีพืชขึ้นอยู่) พร้อมกัน ในดินหางดง (สกว 4) และ ดินสันทราย (สกว 14) เพื่อให้สามารถแยกการดูดกินคลอเรตของพืชจากการสลายตัว.

5.6.1. วิธีการทดลอง

- ตัวอย่างดินถูกขุดโดยขุดแยกเป็นชั้นๆ ที่ความลึก 0 – 15, 15 – 30 และ 30 – 45 ซม. แล้วนำมาผึ่งให้แห้งในร่ม ทบเบาๆ และร่อนด้วยตะแกรงขนาด 4 มม. บรรจุดินลงในท่อ PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 ซม. ยาว 50 ซม. โดยแยกตามชั้นความลึก.
- ในการทดลองนี้มีท่อบรรจุดินทั้งสิ้น 18 ท่อ สำหรับการทดลองสถานการณ์ 4 ที่มีต้นพืช (ข้าวโพด) 9 ท่อ และสถานการณ์ 1 ที่ไม่มีต้นพืช 9 ท่อ. ปลุกข้าวโพด 5 เมล็ดลงในท่อดินทั้ง 18 ท่อ เมื่อต้นข้าวโพดอายุ 14 วันถอนต้นที่ไม่สมบูรณ์ออก เหลือต้นที่สมบูรณ์ที่สุดไว้เพียงต้นเดียว.
- เมื่อต้นข้าวโพดมีอายุ 31 วันได้เลือกท่อดินที่ต้นข้าวโพดสมบูรณ์ที่สุด 9 ท่อ ไว้ทดลองแบบมีต้นพืชดูดกินคลอเรต (สถานการณ์ 4) และตัดต้นข้าวโพดจนชิดดินออกจากอีก 9 ท่อที่เหลือสำหรับการทดลองแบบไม่มีพืชดูดกินคลอเรต (สถานการณ์ 1) ทั้งนี้เพื่อให้สภาพของดินในท่อดินทั้ง 18 ท่อเหมือนกัน คือมีรากข้าวโพดขดแทรกอยู่ในดินเหมือนกัน อันจะทำให้มีการแทรกซึมของน้ำเหมือนกัน แต่ในท่อที่ต้นข้าวโพดถูกตัดจะไม่มีการดูดกินคลอเรต. จากนั้น อีก 5 วันจึงเริ่มใส่โพแทสเซียมคลอเรต.
- การทดลองครั้งนี้ใส่โพแทสเซียมคลอเรตอัตราเดียว คือ 195 มม./กก. (300 มก./ท่อ) โดยแบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละ 65 มม./กก. (100 มก./ท่อ) เนื่องจากการทดลองในข้อ 5.4 พบว่าเมื่อใส่โพแทสเซียมคลอเรตครั้งละมากกว่า 100 มม./กก. ต้นข้าวโพดมีอาการใบเหลือง. ในการคำนวณน้ำหนักโพแทสเซียมคลอเรตต่อน้ำหนักดินนั้น ใช้น้ำหนักของดินลึก 15 ซม. โดยมีพื้นฐานมาจากสมมุติฐานว่าเมื่อเกษตรกรใส่โพแทสเซียมคลอเรตในดินแล้วจะรดน้ำตามพอให้โพแทสเซียมเคลื่อนที่ลงในดินได้ 15 ซม. จากการคำนวณโดยมีพื้นฐานดังกล่าว การใส่โพแทสเซียมคลอเรตครั้งละ 65 มก./กก. ของดินลึก 15 ซม. เท่ากับ 100 มก./ท่อ. การให้โพแทสเซียมคลอเรต 300 มก. ต่อท่อ หรืออัตรา 195 มม./กก. นี้ใกล้เคียงกับอัตราที่ดินในแถบที่ใส่คลอเรตได้รับ (ดูหัวข้อ 3.2).
- การใส่โพแทสเซียมคลอเรต รดน้ำ และเก็บตัวอย่างดิน ดำเนินการเมื่อวันที่ต่าง ๆ ดังตารางที่ 27. การทดลองนี้มี 3 ซ้ำ.

5.6.2 ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดินที่มีต้นพืชและไม่มีต้นพืช และรายละเอียดผลการคำนวณปริมาณคลอเรตที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัวหลังการทดลองให้โพแทสเซียมคลอเรต 1 ถึง 3 ครั้งของดินหางดงและดินสันทรายแสดงในตารางที่ 28 และ 29.

ตารางที่ 27 ตารางเวลาดำเนินการกิจกรรมต่างๆ

วันที่	กิจกรรม
15 พ.ย. 43	ต้นข้าวโพดออก
16 ธ.ค. 43	ตัดต้นข้าวโพดจากท่อนดินที่กำหนดจะทดลองแบบไม่มีต้นข้าวโพด (สถานการณ์ 1).
21 ธ.ค. 43	ใส่โพแทสเซียมคลอเรต 100 มก. กับท่อนดินทั้ง 36 ท่อ แล้วรดน้ำ โดยกับท่อนที่มีต้นข้าวโพดรดน้ำ 500 มล. สำหรับดินหางดง และ 400 มล. สำหรับดินสันทราย. เนื่องจากต้นข้าวโพดในดินหางดงโตกว่าในดินสันทราย และให้น้ำ 300 มล. กับท่อนที่ไม่มีต้นข้าวโพดในดินทั้ง 2 ชนิด.
24 ธ.ค. 43	ในแต่ละดินเก็บตัวอย่างดินจากท่อนที่มีต้นข้าวโพด และท่อนที่ไม่มีต้นข้าวโพดอย่างละ 3 ท่อ โดยเก็บเป็นชั้นๆ ละ 5 ซม. เพื่อวิเคราะห์คลอเรต.
24 ธ.ค. 43	ใส่โพแทสเซียมคลอเรตอีก 100 มก. ให้กับท่อนดินทั้ง 24 ท่อที่เหลือ แล้วรดน้ำเหมือนการใส่คลอเรตครั้งแรก.
28 ธ.ค. 43	ในแต่ละดินเก็บตัวอย่างดินจากท่อนที่มีต้นข้าวโพด และท่อนที่ไม่มีต้นข้าวโพดอย่างละ 3 ท่อ โดยเก็บเป็นชั้นๆ ละ 5 ซม. เพื่อวิเคราะห์คลอเรต.
3 ม.ค. 44	ใส่โพแทสเซียมคลอเรตอีก 100 มก. ให้กับท่อนดินทั้ง 12 ท่อที่เหลือ แล้วรดน้ำเหมือนการใส่คลอเรตครั้งแรก.
5 ม.ค. 44	ในแต่ละดินเก็บตัวอย่างดินจากท่อนที่มีต้นข้าวโพด และท่อนที่ไม่มีต้นข้าวโพดอย่างละ 3 ท่อ โดยเก็บเป็นชั้นๆ ละ 5 ซม. เพื่อวิเคราะห์คลอเรต.

ตารางที่ 28 ปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน ถูกพืชดูดกิน และสลายตัว ในการทดลองสถานการณ์ 1 และ 4 ของดินหางดง

	สถานการณ์ 1		สถานการณ์ 4	
	(ปลูกข้าวโพดแล้วตัดก่อนเริ่มใส่โพแทสเซียมคลอเรต 4 วัน)		(ปลูกข้าวโพดแล้วปล่อยให้มีชีวิตตลอดการทดลอง)	
	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
หลังให้โพแทสเซียมคลอเรต 65 มก./กก. ครั้งที่ 1 แล้ว น้ำ 400 มล. สำหรับท่อนที่มีต้นข้าวโพด และ 300 มล. สำหรับท่อนที่ไม่มีต้นข้าวโพด	 มก. (ของโพแทสเซียมคลอเรต)			
- ปริมาณคลอเรตที่ให้แก่ดิน	100.00		100.00	
- ปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน	75.23*	25.92	58.82*	11.21
- ปริมาณคลอเรตที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว			41.18	
- ปริมาณคลอเรตที่สลายตัว	24.77			
- ปริมาณคลอเรตที่ถูกต้นข้าวโพดดูดกิน			16.41	

หลังให้โพแทสเซียมคลอไรด์ 100 มก.ครั้งที่ 2 แล้วรดน้ำ 400 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด และ 300 มล. สำหรับท่อมีดินข้าวโพด

- ปริมาณคลอไรด์ที่ให้แก่ดิน	200.00		200.00	
- ปริมาณคลอไรด์ที่ตกค้างในดิน	168.15*	16.36	111.40*	26.72
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว			88.60	
- ปริมาณคลอไรด์ที่สลายตัว	31.85			
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกดินข้าวโพดดูดกิน			56.75	

หลังให้โพแทสเซียมคลอไรด์ 100 มก.ครั้งที่ 3 แล้วรดน้ำ 400 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด และ 300 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด

- ปริมาณคลอไรด์ที่ให้แก่ดิน	300.00		300.00	
- ปริมาณคลอไรด์ที่ตกค้างในดิน	253.63*	12.15	141.73*	9.02
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว			158.27	
- ปริมาณคลอไรด์ที่สลายตัว	46.37			
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกดินข้าวโพดดูดกิน			111.90	

* เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

ตารางที่ 29 ปริมาณคลอไรด์ที่ตกค้างในดิน ถูกพืชดูดกิน และสลายตัว ในการทดลองสถานการณ์ 1 และ 4 ของดินสนทราย

	สถานการณ์ 1		สถานการณ์ 4	
	(ปลูกข้าวโพดแล้วตัดก่อนเริ่มใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ 4 วัน)		(ปลูกข้าวโพดแล้วปล่อยให้มีชีวิตตลอดการทดลอง)	
	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบนมาตรฐาน
หลังการทดลองให้โพแทสเซียมคลอไรด์ 100 มก. ครั้งที่ 1 แล้วรดน้ำ 320 มล. สำหรับท่อมีดินข้าวโพด และ 260 มล. สำหรับท่อมีดินไม่มีดินข้าวโพด	 มก. (ของโพแทสเซียมคลอไรด์)			
- ปริมาณคลอไรด์ที่ให้แก่ดิน	100.00		100.00	
- ปริมาณคลอไรด์ที่ตกค้างในดิน	75.07*	18.72	51.69*	21.93
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว			48.31	
- ปริมาณคลอไรด์ที่สลายตัว	24.93			
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกดินข้าวโพดดูดกิน			23.38	
หลังให้โพแทสเซียมคลอไรด์ 100 มก.ครั้งที่ 2 แล้วรดน้ำ 320 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด และ 260 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด				
- ปริมาณคลอไรด์ที่ให้แก่ดิน	200.00		200.00	
- ปริมาณคลอไรด์ที่ตกค้างในดิน	157.90*	22.11	125.05*	25.59
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว			74.95	
- ปริมาณคลอไรด์ที่สลายตัว	42.10			
- ปริมาณคลอไรด์ที่ถูกดินข้าวโพดดูดกิน			32.85	
หลังให้โพแทสเซียมคลอไรด์ 100 มก.ครั้งที่ 3 แล้วรดน้ำ 320 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด และ 260 มล.สำหรับท่อมีดินข้าวโพด				

- ปริมาณคลอเรตที่ให้แก่อิน	300.00		300.00	
- ปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน	212.65*	27.07	116.93*	17.74
- ปริมาณคลอเรตที่ถูกพืชดูดกินและสลายตัว			183.07	
- ปริมาณคลอเรตที่สลายตัว	87.35			
- ปริมาณคลอเรตที่ถูกต้นข้าวโพดดูดกิน			95.72	

* เหลือจาก 3 ชั่วโมง

ตารางที่ 30 เป็นตารางสรุปแสดงปริมาณคลอเรตที่ถูกพืชดูดกิน ที่สลายตัว และที่ตกค้างอยู่ในดินทั้งสอง เมื่อได้รับคลอเรตแต่ละครั้ง เห็นได้ว่าในดินสันทรายคลอเรตที่ถูกพืชดูดกินและที่สลายตัวมีปริมาณพอๆ กันทุกครั้งที่ใส่คลอเรต. แต่ในดินหางดงคลอเรตที่ถูกดูดกินมีปริมาณมากกว่าที่สลายตัวมาก ยกเว้นหลังการให้คลอเรตครั้งแรก. การที่คลอเรตถูกดูดกินเท่ากับ หรือมากกว่าที่สลายตัวนี้จึงมีผลให้เมื่อมีพืชขึ้นอยู่ด้วย คลอเรตสูญหายไปจากดินได้เร็วเป็น 2 เท่าหรือมากกว่าเมื่อไม่มีพืชขึ้นอยู่ด้วย. เห็นได้จากภายใน 10 วันคลอเรตที่ดินได้รับอัตรา 300 มก./ต่อ เหลือค้างอยู่ในดินที่มีพืชขึ้นอยู่ด้วยเพียง 116.93 – 141.73 มก./ต่อ. หรือเพียง 39 – 47 % เมื่อเปรียบเทียบกับ 148.51 – 165.67 มก./ต่อ. ซึ่งเท่ากับ 71 – 85 % ของดินที่ไม่มีพืชขึ้นอยู่.

ตารางที่ 30 สรุปปริมาณคลอเรตที่ถูกพืชดูดกิน ที่สลายตัว และที่ตกค้างอยู่ในดินของดินทั้งสอง เมื่อได้รับคลอเรตแต่ละครั้ง

ระยะเวลาและการได้รับ คลอเรต	ถูกดูดกิน		สลายตัว		ตกค้างอยู่ในดิน			
					มีต้นข้าวโพด		ไม่มีต้นข้าวโพด	
	ดินสันทราย	ดินหางดง	ดินสันทราย	ดินหางดง	ดินสันทราย	ดินหางดง	ดินสันทราย	ดินหางดง
	 มก./ต่อ							
3 วันหลังจากได้รับ ครั้งที่ 1	23.38	16.41	24.93	24.77	51.69	58.82	75.23	75.07
4 วันหลังจากได้รับ ครั้งที่ 2	32.85	56.75	42.10	31.85	125.05	111.40	168.15	157.90
3 วันหลังจากได้รับ ครั้งที่ 3	95.72	111.90	87.35	46.37	116.93	141.73	253.63	212.65

การกระจายของคลอเรตที่ตกค้างอยู่ในดินชั้นต่างๆ หลังการใส่คลอเรตแต่ละครั้งของดินหางดงและดินสันทรายแสดงในภาพที่ 10 และ 11. โดยทั่วไปเมื่อให้คลอเรตมากขึ้น ความเข้มข้นของคลอเรตที่พบในชั้นดินของดินทั้งสองมีมากขึ้นตามลำดับ. สำหรับดินสันทราย (ภาพที่ 10) ในทั้ง 3 ครั้งของการให้โพแทสเซียมคลอเรต เห็นได้ชัดว่าเมื่อมีต้นข้าวโพดอยู่ด้วย คลอเรตสะสมอยู่ที่ด้านบนของท่อไม่กระจายลงได้ความลึก 30 ซม. ขณะที่ในท่อที่ไม่มีต้นข้าวโพดคลอเรตกระจายอย่างค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดความลึก 50 ซม. ทั้งนี้ น่าจะเป็นเพราะว่าก่อนให้คลอเรตและน้ำครั้งแรกนั้นดินในท่อที่มีต้นข้าวโพดนั้นแห้งมาก ปริมาณการให้น้ำครั้งละ 400 มล. นั้นไม่เพียงพอที่จะทำให้น้ำซึมได้ลึกเกิน 30 ซม. สำหรับในดินหางดงคลอเรตกระจายตัวในชั้นดินได้ดีกว่าในดินสันทรายเนื่องจากได้รับน้ำมากกว่า. จึงกล่าวได้ว่าทั้งการมีพืชขึ้นอยู่บนดิน (มีรากพืชในดิน) และปริมาณการให้น้ำต่างเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้การตกค้างและกระจายของคลอเรตในดิน.

กิจกรรมที่ 6 การศึกษาผลกระทบของโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจุลินทรีย์ดินและไส้เดือน

6.1 การศึกษาผลกระทบของโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจุลินทรีย์ดิน

6.1.1 การทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับวัดการหายใจของจุลินทรีย์ดิน

วิธีวัดการหายใจที่จะใช้ในที่นี้คือการวัด CO_2 ที่เกิดจากดิน โดยให้ CO_2 ทำปฏิกิริยากับ NaOH ที่ทราบปริมาณที่แน่นอน แล้วไตเตรท NaOH ที่เหลือด้วยกรดเกลือ (HCl). มีปัญหาอยู่ว่าจะต้องใช้ NaOH และกรดเกลือเข้มข้นเท่าไร และให้ดินสัมผัสกับ NaOH ติดต่อกันนานเพียงใด จึงจะทำให้การวัด CO_2 มีประสิทธิภาพที่สุด. จึงได้ทำการทดลองเบื้องต้น (ไม่มีซ้ำ) โดยใช้ดินน้ำพอง. เนื่องจากผลการศึกษานี้ในกิจกรรมที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคลอไรด์ในดินนี้สลายตัวได้ช้า. การทดลองในดินนี้จึงน่าจะทำให้มีปริมาณคลอไรด์ในดินคงที่มากที่สุด. ขั้นตอนการทดลองมีดังต่อไปนี้

- ผสมกัวเลียงบด 20 กรัมกับดินน้ำพองแห้ง (บดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม.) จำนวน 1,200 กรัม แล้วผสมน้ำให้มีความชื้นที่เป็นประโยชน์ 45 % ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์. ทิ้งไว้ในห้อง 3 วัน จะสังเกตเห็นมีเส้นใยของเชื้อราเกิดขึ้น.
- แบ่งดินออกเป็น 3 ส่วนเท่าๆ กัน ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ละลายในน้ำ 28 มล. (น้ำจำนวนนี้จะทำให้ดินแต่ละส่วนมีความชื้นประมาณความจุในสนาม). ลงในดินแต่ละส่วน ให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ในดินแต่ละส่วนเท่ากับ 0, 100 และ 1,000 มก./กก.
- ชั่งดินขึ้นที่มีโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้นต่างๆ 120 กรัมใส่บีกเกอร์ นำบีกเกอร์บรรจุดินใส่ในขวดโหลขนาด 2,150 มล. ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 20 มล. บรรจุอยู่.
- เติม NaOH ความเข้มข้นต่างๆ 20 มล. ลงในขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มล. แล้วนำไปใส่ในขวดโหล ปิดฝาขวดโหลให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ในห้อง.
- นำ NaOH ใส่ไปไตเตรทด้วยกรดเกลือที่มีความเข้มข้นต่างๆ เมื่อ 1, 3 และ 7 วัน โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator.
- ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 31, 32 และ 33.

ตารางที่ 31 ปริมาณ HCl ที่ใช้ และปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นใน 1 วันของการบ่ม

การใส่คลอไรด์	ความเข้มข้นของ NaOH และ HCl ที่ใช้					
	0.05N NaOH / 0.05N HCl		0.1N NaOH / 0.05N HCl		0.2N NaOH / 0.1N HCl	
	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO_2 ที่เกิด (มก.)	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO_2 ที่เกิด (มก.)	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO_2 ที่เกิด (มก.)
blank	17.25	-	37.60	-	16.00	-
0 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน
100 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน			ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน
1,000 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO_2 มากเกิน

ตารางที่ 32 ปริมาณ HCl ที่ใช้ และปริมาณ CO₂ ที่เกิดขึ้นใน 3 วันของการบ่ม

การใส่คลอเรต	ความเข้มข้นของ NaOH และ HCl ที่ใช้					
	0.3N NaOH / 0.15N HCl		0.4N NaOH / 0.2N HCl		0.5N NaOH / 0.25N HCl	
	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO ₂ ที่เกิด (มก.)	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO ₂ ที่เกิด (มก.)	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO ₂ ที่เกิด (มก.)
blank	13.25	-	35.31	-	28.88	-
0 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO ₂ มากเกิน	2.60	287.85	4.1	272.53
100 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO ₂ มากเกิน	2.11	292.10	4.23	271.15
1,000 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO ₂ มากเกิน	2.08	292.23	4.85	264.28

ตารางที่ 33 ปริมาณ HCl ที่ใช้ และปริมาณ CO₂ ที่เกิดขึ้นใน 7 วันของการบ่ม

การใส่คลอเรต	ความเข้มข้นของ NaOH และ HCl ที่ใช้					
	0.3N NaOH / 0.15N HCl		0.4N NaOH / 0.2N HCl		0.5N NaOH / 0.25N HCl	
	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO ₂ ที่เกิด (มก.)	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO ₂ ที่เกิด (มก.)	HCl ที่ใช้ (มล.)	CO ₂ ที่เกิด (มก.)
blank	13.25	-	35.58	-	39.23	-
0 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO ₂ มากเกิน	5.03	268.81	13.55	282.42
100 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO ₂ มากเกิน	4.45	273.94	12.75	291.22
1,000 มก./กก.	ไตเตรทไม่ได้	เกิด CO ₂ มากเกิน	4.35	274.82	12.67	292.05

จากการพิจารณาผลการทดลองในตารางที่ 31, 32 และ 33 เห็นได้ว่าการใช้ NaOH ความเข้มข้น 0.4N ดักจับ CO₂ แล้วไตเตรท NaOH ที่เหลือด้วย HCl เข้มข้น 0.2 N มีช่วงความแตกต่างระหว่างปริมาณ HCl ที่ใช้ไตเตรท blank กับดินมากที่สุด ซึ่งจะทำให้การตรวจวัด CO₂ มีประสิทธิภาพที่สุด. จึงกำหนดว่าในการทดลองจริงจะใช้ NaOH ความเข้มข้น 0.4N และ HCl เข้มข้น 0.2N สำหรับระยะเวลาการบ่มจะใช้ครั้งละ 3 วัน (72 ชั่วโมง). เนื่องจากเห็นว่าน่าจะตรวจวัดความผันแปรของการหายใจของจุลินทรีย์ได้ดีกว่าการบ่มครั้งละ 7 วัน.

6.1.2 วิธีการ

การทดลองวัดการหายใจของดินน้ำพองที่ได้รับคลอเรตอัตราต่าง ๆ ได้ดำเนินการทดลองตามวิธีการต่อไปนี้

- ผสมถั่วเหลืองบด 27 กรัมกับดินน้ำพองแห้ง (บดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มม.) 1,600 กรัม แล้วผสมน้ำให้มีความชื้นที่เป็นประโยชน์ 45 % ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์. ทิ้งไว้ในห้อง 3 วัน จะสังเกตเห็นมีเส้นใยของราเกิดขึ้น.
- แบ่งดินเป็น 4 ส่วนเท่าๆ กัน ใส่โพแทสเซียมคลอเรตที่ละลายในน้ำ 28 มล. (น้ำจำนวนนี้จะทำให้ดินแต่ละส่วนมีความชื้นประมาณความจุในสนาม (field capacity) ลงในดินแต่ละส่วนให้มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตในดิน 0, 0, 100 และ 1,000 มก./กก. นำดินที่มีโพแทสเซียมคลอเรต 0 มก./กก. หนึ่งในสองส่วนไปนึ่งฆ่าเชื้อใน autoclave ที่ความดัน 1 บรรยากาศเป็นเวลา 30 นาที.
- ชั่งดินขึ้นที่มีโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้นต่างๆ 120 กรัมใส่บีกเกอร์ นำบีกเกอร์บรรจุดินใส่ในขวดโหลขนาด 2,150 มล. ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 20 มล. บรรจุอยู่.

- เติม NaOH 0.4N 20 มล. ลงในขวดชมพู (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มล. แล้วนำไปใส่ในขวดโหล ปิดฝาขวดโหลให้สนิท ตั้งทิ้งไว้ในห้องเป็นเวลา 3 วัน (72 ชั่วโมง) นำขวดชมพูที่มี NaOH 0.4N เดิมออก ใส่ขวดชมพูที่มี NaOH 0.4N ใหม่ลงไปแทน แล้วปิดฝาขวดโหลให้สนิท.
- ไตเตรท NaOH ที่นำออกจากขวดโหลด้วย HCl 0.2N แทนที่ โดยใช้ phenolphthalein เป็น indicator.
- ทำซ้ำเช่นนี้ทุก 3 วัน จนครบ 18 วัน.

6.1.3 ผลการวัดการหายใจของจุลินทรีย์ในดินที่ได้รับคลอเรตและนึ่งฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 34 แสดงผลการวัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจของจุลินทรีย์ในดินที่ได้รับคลอเรตอัตราต่างๆ และที่นึ่งฆ่าเชื้อ. ผลการวัดการปริมาณ CO_2 แสดงให้เห็นว่าปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากดินที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตทั้งอัตรา 100 และ 1,000 มก./กก. ใกล้เคียงกันมาก และยังใกล้เคียงมากกับปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากดินที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตและไม่นึ่งฆ่าเชื้อ แต่มากกว่าปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากดินที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตและนึ่งฆ่าเชื้ออย่างมากในทุกๆ 3 วันของการวัด CO_2 . นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากดินที่ไม่ถูกนึ่งฆ่าเชื้อลดลงตามระยะเวลาการทดลองที่นานขึ้น. น่าจะเนื่องจากแหล่งคาร์บอนที่ย่อยสลายง่าย (ถั่วเหลืองบด) ค่อย ๆ หดไปจากดิน.

ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าโพแทสเซียมคลอเรตที่ผสมกับดินที่ความเข้มข้นสูงถึง 1,000 มก./กก. ไม่ได้ฆ่าจุลินทรีย์ในดินทั้งหมด คือไม่ทำให้ดินอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ แต่อาจจะฆ่าจุลินทรีย์บางกลุ่มหรือไม่เป็นหัวข้อที่น่าจะได้รับการศึกษาต่อไป. ฉะนั้นการวัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินจึงไม่สามารถใช้เป็นดัชนีที่แสดงถึงความเข้มข้นวิกฤติของคลอเรตที่ตกค้างอยู่ในดินที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมในดินได้.

ตารางที่ 34 ผลการวัดปริมาณ CO_2 ที่เกิดจากการหายใจของจุลินทรีย์ในดินที่ได้รับคลอเรตอัตราต่างๆ และที่นึ่งฆ่าเชื้อ.

ความเข้มข้น KClO_3 ในดิน (มก./กก.)	ปริมาณ CO_2 ที่เกิดใน 72 ชั่วโมงของระยะ 3 วันต่างๆ หลังใส่สารคลอเรต (มก.)					
	3 วันที่หนึ่ง		3 วันที่สอง		3 วันที่สาม	
	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย*	เบี่ยงเบน มาตรฐาน
0	287.48	1.16	268.81	12.29	201.81	3.94
100	292.10	1.98	273.94	3.76	195.95	8.74
1000	292.39	0.67	274.82	1.87	196.39	6.49
เฉลี่ยของดินที่ ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ	290.66	1.27	272.52	5.97	198.05	6.39
0 มก./กก. ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ	60.37	1.16	-22.03	3.30	9.83	1.38

ความเข้มข้น KClO_3 ปริมาณ CO_2 ที่เกิดใน 72 ชั่วโมงของระยะ 3 วันต่างๆ หลังใส่สาร (มก.)

ในดิน (มก./กก.)	3 วันที่สี่		3 วันที่ห้า		3 วันที่หก		เฉลี่ย 6 ระยะ
0	104.54	10.4	68.17	5.54	47.67	8.18	163.08
100	100.58	6.87	80.05	3.24	51.48	6.86	165.68
1000	104.69	28.18	67.21	10.93	39.8	9.64	162.55
เฉลี่ยของดินที่							
ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ	103.27	15.15	71.81	6.57	46.32	8.23	163.77
0 มก./กก.							
ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ	19.92	2.74	11.12	3.66	1.32	6.35	10.38

* เฉลี่ยจาก 3 ซ้ำ

6.2 การหาความเข้มข้นวิกฤตของการปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอเรตในดินสำหรับไส้เดือน

6.2.1 การทดลองเบื้องต้นเลี้ยงไส้เดือนกำจัดขยะอินทรีย์

การทดลองเบื้องต้นเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์ต่างประเทศที่ได้รับการคัดเลือกสำหรับใช้กำจัดขยะอินทรีย์ (*Lumbricus rubellus*) โดยใช้ดินหางคอง (สกว 4) แห่ง 3 กิโลกรัม ผสมกับโพแทสเซียมคลอเรตให้ได้ความเข้มข้น 0, 500, 1,000, 2,000 และ 3,000 มก./กก. แล้วเติมน้ำให้ถึงความชื้นประมาณความจุในสนาม ไส้เดือนความเข้มข้นละ 10 ตัว (ไม่มีซ้ำ). ผลการนับจำนวนไส้เดือนที่อยู่รอดเป็นระยะๆ แสดงในตารางที่ 35. พบว่าไส้เดือนที่ได้รับการคัดเลือกพันธุ์สำหรับกำจัดขยะอินทรีย์ สามารถมีชีวิตอยู่ในดินที่มีโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้นถึง 2,000 มก./กก. ได้นานประมาณ 45 วัน.

ตารางที่ 35 การอยู่รอดของไส้เดือนพันธุ์ต่างประเทศสำหรับใช้กำจัดขยะอินทรีย์ (*Lumbricus rubellus*) ในดินที่มี โพแทสเซียม คลอเรต เข้มข้น 0 –3,000 มก./กก.

วันที่	จำนวนตัวที่อยู่รอดจากที่เลี้ยง 10 ตัวในแต่ละความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรต				
	0 มก./กก.	500 มก./กก.	1,000 มก./กก.	2,000 มก./กก.	3,000 มก./กก.
1	10	10	10	10	0
2	10	10	10	10	0
5	10	10	9	9	0
7	10	10	9	9	0
9	10	9	8	9	0
12	10	9	8	8	0
14	10	9	8	8	0
21	9	9	8	8	0
28	9	8	8	8	0
35	9	0	6	8	0
42	5	0	5	8	0
49	1	0	5	0	0

6.2.2 การทดลองเบื้องต้นเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์พื้นเมือง (*Pheretima sp.*)

การทดลองนี้ทำโดยใช้ดินหาง (สกว 4) แห่ง 3 กิโลกรัม ผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ให้ได้ความเข้มข้น 0, 500, 1,000, 2,000 และ 3,000 มก./กก. แล้วเติมน้ำให้ได้ความชื้นประมาณความจุในสนาม ใส่ไส้เดือนความเข้มข้นละ 10 ตัว (ไม่มีซ้ำ) ผลการนับจำนวนไส้เดือนที่อยู่รอดเป็นระยะๆ แสดงในตารางที่ 36. พบว่าไส้เดือนสายพันธุ์พื้นเมืองทนทานต่อการปนเปื้อนของโพแทสเซียมคลอไรด์ในดินต่ำกว่าไส้เดือนที่ได้รับการคัดเลือกสายพันธุ์มาก. โพแทสเซียมคลอไรด์ในดินเข้มข้นต่ำสุดในการทดลองเบื้องต้นนี้ คือ 500 มก./กก. ทำให้ไส้เดือนตายหมดภายใน 13 วัน.

ตารางที่ 36 การอยู่รอดของไส้เดือนพันธุ์พื้นเมือง (*Pheretima sp.*) ในดินที่มีโพแทสเซียมคลอไรด์ 0 –3,000 มก./กก.

วันที่	จำนวนตัวที่อยู่รอดจากที่เลี้ยง 10 ตัวในแต่ละความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์				
	0 มก./กก.	500 มก./กก.	1,000 มก./กก.	2,000 มก./กก.	3,000 มก./กก.
1	10	8	6	0	0
4	9	7	6	0	0
7	9	7	0	0	0
13	9	0	0	0	0
20	5	0	0	0	0
27	4	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0

6.2.3 การทดลองเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์พื้นเมือง (*Pheretima sp.*) ที่ความเข้มข้น 0 -500 มก./กก.

ใช้ดินบริเวณที่ขุดหาตัวไส้เดือน (ชุดดินน้ำพอง, ดินร่วนปนทราย, pH 7.73) เป็นดินสำหรับเลี้ยง โดยได้ปรับปรุงคุณภาพให้มีอาหารมากพอที่ไส้เดือนจะมีชีวิตอยู่ได้นาน. ผลการศึกษาในกิจกรรมที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคลอไรด์ในดินนี้สลายตัวได้ช้า. การทดลองในดินนี้จึงน่าจะทำให้มีปริมาณคลอไรด์ในดินค่อนข้างคงที่. ใช้ดินแห่ง 3 กิโลกรัมผสมกับปุ๋ยคอก 150 กรัม แล้วผสมกับโพแทสเซียมคลอไรด์ให้ได้ความเข้มข้น 0, 100, 200, 300 และ 500 มก./กก. เติมน้ำให้ได้ความชื้นประมาณความจุในสนาม (15 % โดยน้ำหนัก) ใส่ไส้เดือนความเข้มข้นละ 10 ตัว (ทำการทดลอง 4 ซ้ำ) นับจำนวนไส้เดือนที่อยู่รอดเป็นระยะๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 37. พบว่าที่ความเข้มข้น 500 มก./กก. ไส้เดือนตายเกือบหมดภายในสัปดาห์ที่ 1, ที่ความเข้มข้น 300 มก./กก. ไส้เดือนตายเกือบหมดภายในสัปดาห์ที่ 2, ที่ความเข้มข้น 200 มก./กก. ไส้เดือนตายเกือบหมดภายในสัปดาห์ที่ 3, และที่ความเข้มข้น 100 มก./กก. ไส้เดือนตายเกือบหมดภายในสัปดาห์ที่ 4. ขณะที่ในดินที่ไม่มีคลอไรด์ปนเปื้อนไส้เดือนมีชีวิตอยู่รอดครบ 10 ตัวทั้ง 4 ซ้ำ หลังจากเลี้ยงได้ 28 วัน ดังนั้นความเข้มข้นวิกฤติของโพแทสเซียมคลอไรด์สำหรับไส้เดือนพื้นบ้านจึงต้องต่ำกว่า 100 มก./กก.

ตารางที่ 37 การอยู่รอดของไส้เดือนพันธุ์พื้นบ้าน (*Pheretima sp.*) ในดินที่มีโพแทสเซียมคลอไรด์ 0 – 500 มก./กก.

วันที่	KClO ₃ มก./กก.	จำนวนตัวที่อยู่รอดจากที่เลี้ยง 10 ตัวในแต่ละความเข้มข้นของ KClO ₃				
		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 4	เฉลี่ย
7	0	10	10	10	10	10
	100	10	10	10	10	10
	200	10	8	3	5	6.5
	300	4	0	0	2	1.5
	500	0	0	0	1	0.25
14	0	10	10	10	10	10
	100	9	10	8	9	9
	200	8	3	0	1	3
	300	1	0	0	0	0.25
	500	0	0	0	0	0
21	0	10	10	10	10	10
	100	8	7	0	8	5.75
	200	0	0	0	1	0.25
	300	0	0	0	0	0
	500	0	0	0	0	0
28	0	10	10	10	10	10
	100	1	0	0	1	0.5
	200	0	0	0	1	0.25
	300	0	0	0	0	0
	500	0	0	0	0	0

6.2.4 การหาความเข้มข้นวิกฤตของการปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอไรด์ในดินสำหรับไส้เดือน โดยการสำรวจปริมาณไส้เดือนในสวนลำไย

หลังจากการทดลองเลี้ยงไส้เดือนในข้อ 6.4.3 จนได้ข้อสรุปว่า ความเข้มข้นวิกฤติของโพแทสเซียมคลอไรด์สำหรับไส้เดือนพื้นบ้านต้องต่ำกว่า 100 มก./กก. จึงได้ทำการทดลองต่อโดยใช้ความเข้มข้นระหว่าง 0 – 100 มก./กก. แต่เนื่องจากระยะเวลาที่ทดลองนี้เป็นปลายฤดูฝน ไส้เดือนที่เลี้ยงทดลองไว้จึงตายเองโดยธรรมชาติ ทำให้ไม่สามารถหาความเข้มข้นวิกฤติที่ต่ำกว่า 100 มก./กก. ได้ จึงได้พยายามหาความเข้มข้นวิกฤติโดยการสำรวจปริมาณไส้เดือนในดินได้ต้นลำไยที่มีการใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ และมีคลอไรด์ตกค้างอยู่ในดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่คลอไรด์ โดยมีสมมุติฐานว่าเมื่อความเข้มข้นของคลอไรด์ลดลงต่ำกว่าความเข้มข้นวิกฤติแล้วไส้เดือนจะกลับมาอยู่ในบริเวณที่ราดสารโพแทสเซียมคลอไรด์อีก.

■ การหาวิธีการสำรวจปริมาณไส้เดือนในดิน

ในการสำรวจปริมาณไส้เดือนดังกล่าว ต้องมีวิธีที่ทำให้สามารถตรวจนับจำนวนตัวไส้เดือนในพื้นที่ 3 ตารางเมตรต่อต้นลำไยต้นหนึ่งที่รวดเร็วและไม่รบกวนรากลำไย จึงมีแนวคิดว่าจะใช้สารบางชนิดราดลงดิน

แล้วทำให้ไส้เดือนหนีขึ้นมาบนดิน. จากการตรวจเอกสารพบว่ามีการใช้ฟอร์มาลิน. ในที่นี้ได้ทดลองใช้น้ำละลายผงซักฟอกความเข้มข้น 30, 45, 60 และ 90 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร ราดในสวนลำไยของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (สวนในที่ลุ่ม ดินชุดสันทราย) โดยมีวิธีการทดลองดังนี้.

- วางกรอบขนาด 1×1 ม. ไว้ที่ 4 ทิศ ได้ต้นลำไย ตรงแนวที่ราดคลอเรต.
- กวาดเศษใบไม้ที่อยู่ในและรอบๆ กรอบออกให้หมด.
- ผสมผงซักฟอก 30, 45, 60 และ 90 กรัมกับน้ำ 5 ลิตร กวนให้ผงซักฟอกละลายน้ำหมด โดยให้เกิดฟองน้อยที่สุด.
- ราดน้ำผงซักฟอกเข้มข้น 30 กรัมต่อ 5 ลิตรลงในกรอบที่ 1 โดยแบ่งราดครึ่งหนึ่งก่อน อีก 5 นาทีต่อมาจึงราดส่วนที่เหลือ.
- นับจำนวนไส้เดือนที่โผล่ขึ้นมาบนดินภายใน 10 นาทีหลังจากราดครั้งแรก (ซึ่งพบว่าไม่มีไส้เดือนโผล่จากรูหลังจาก 10 นาที).
- ทำเช่นเดียวกันนี้กับกรอบที่ 2 – 4 โดยใช้ผงซักฟอกเข้มข้น 45, 60 และ 90 กรัมต่อ 5 ลิตร.
- ทำการทดลองดังกล่าวข้างต้นทั้งหมดกับต้นลำไยในสวนลำไยของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (สวนในที่ลุ่ม ดินชุดสันทราย) ที่ราด NaClO_3 เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม 2542 จำนวน 4 ต้น เมื่อวันที่ 30-31 ตุลาคม 2543.
- ได้ผลการทดลองดังในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 จำนวนตัวไส้เดือนที่พบในกรอบ 1×1 ม. ในสวนลำไยของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ต้นที่	จำนวนตัวไส้เดือนที่พบในกรอบ 1×1 ม.				
	ความเข้มข้นของผงซักฟอก				เฉลี่ย
	30 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร	45 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร	60 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร	90 กรัมต่อน้ำ 5 ลิตร	
1 (ราด NaClO (10%) 2.6 ลิตร+น้ำ 10 ลิตร)	11	12	7	14	11.00
2 (ราด NaClO (10%) 3.3 ลิตร+น้ำ 10 ลิตร)	4	3	4	4	3.75
3 (ราด NaClO (10%) 5.2 ลิตร+น้ำ 10 ลิตร)	2	37	18	2	14.75
4 (ราด NaClO (10%) 7.7 ลิตร+น้ำ 10 ลิตร)	14	8	4	5	7.75
เฉลี่ย	7.75	15.00	8.25	6.25	9.31

จากผลการทดลองดังตารางที่ 38 เห็นได้ว่าความเข้มข้นของผงซักฟอก 30 กรัม/5 ลิตร เพียงพอที่จะทำให้ไส้เดือนหนีออกจากรูจึงเลือกใช้น้ำผสมผงซักฟอกอัตรานี้ราดดิน 5 ลิตรต่อพื้นที่ 1×1 ม. ในการสำรวจปริมาณไส้เดือนที่จะศึกษาต่อไป.

■ ผลการสำรวจปริมาณไส้เดือนในดิน

ได้สำรวจปริมาณไส้เดือนในดินใต้ต้นลำไยในพื้นที่ 3 m^2 ที่ตำแหน่งในทรงพุ่ม, แนวราดคลอเรต, และนอกทรงพุ่ม (ภาพที่ 12) โดยการราดน้ำผงซักฟอกตามวิธีการข้างต้น (เพิ่มราดน้ำผงซักฟอกเป็น 10 ลิตรต่อ

กรอบ 1×1 ม. เมื่อเห็นว่าดินแห้ง) จำนวน 8 ดัน แบ่งเป็นดันที่ราดคลอเร็ต 4 ดันและไม่ราดคลอเร็ต 4 ดัน ในสวนลำไย 3 สวนระหว่างวันที่ 9 – 13 พฤศจิกายน 2543. ผลการสำรวจในสวน สกว 13 (ดินห้างจัดร) เมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2543 พบไส้เดือน 2 ตัวที่ตำแหน่งราดโพแทสเซียมคลอเร็ตในดันที่ราดคลอเร็ต 1 ดันจาก 4 ดันที่ตรวจนับ และไม่พบไส้เดือนเลยจาก 4 ดันที่ไม่ราดโพแทสเซียมคลอเร็ต. ผลการสำรวจใน สกว 11 (ดินน้ำพอง) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 39. เห็นได้ว่าพบไส้เดือนน้อยมากทั้งจากดันที่ราดคลอเร็ตและไม่ราดคลอเร็ตในสวนทั้งสอง. ทั้งนี้จะเนื่องจากเป็นระยะต้นฤดูหนาว และดินบนของสวนทั้ง 2 ซึ่งเป็นที่ดอนแห้งแล้ว ไส้เดือนจึงหนีออกไปตายเกือบหมดแล้ว. ส่วนผลการสำรวจในสวนในที่ลุ่ม (ดินสันทราย สกว 14) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 40. ผลการสำรวจพบว่ามิชชูไส้เดือนอยู่ทั่วไปทั้งในดันที่ราดคลอเร็ตและไม่ราดคลอเร็ต. เมื่อราดน้ำผงซักฟอกลงไปกลับไม่พบไส้เดือนในพื้นที่ส่วนใหญ่ แต่พบอยู่มากเป็นจุดๆ ซึ่งเป็นจุดที่เป็นแอ่งต่ำกว่าและดินชื้นกว่าพื้นที่ข้างเคียง. ดังนั้นผลการสำรวจปริมาณไส้เดือนในสวนลำไย 3 สวน (ซึ่งมีคลอเร็ตตกค้างในดินบนน้อยกว่า 1 มก./กก.) ในเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นระยะต้นฤดูหนาวจึงไม่สามารถใช้เพื่อประเมินผลกระทบของการราดคลอเร็ตต่อไส้เดือนดินได้จึงไม่ได้สำรวจในสวนที่เหลือ.

ตารางที่ 39 ผลการสำรวจปริมาณไส้เดือนในดินน้ำพอง (สกว 11) เมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2543

ราดโพแทสเซียมคลอเร็ต 29 ธ.ค. 42, 518 กรัม/ดัน			ไม่ราดโพแทสเซียมคลอเร็ต		
ดันที่	ตำแหน่งในทรงพุ่ม	ไส้เดือน (ตัว/ ม ²)	ดันที่	ตำแหน่งในทรงพุ่ม	ไส้เดือน(ตัว/ม ²)
1	ใน	0	1	ใน	4
	ราดสาร	0		ราดสาร	1
	นอก	1		นอก	0
2	ใน	0	2	ใน	0
	ราดสาร	0		ราดสาร	1
	นอก	0		นอก	0
3	ใน	1	3	ใน	0
	ราดสาร	0		ราดสาร	0
	นอก	0		นอก	0
4	ใน	0	4	ใน	0
	ราดสาร	0		ราดสาร	0
	นอก	0		นอก	0
รวม	ใน	1	รวม	ใน	4
	ราดสาร	0		ราดสาร	2
	นอก	1		นอก	0
	รวม	2		รวม	6

ตารางที่ 40 ผลการสำรวจปริมาณไส้เดือนในดินสันทราย (สกว 14) เมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2543

ราดโพแทสเซียมคลอเรต 5 ก.ก. 42, 250-300 กรัม/ต้น			ไม่ราดโพแทสเซียมคลอเรต		
ต้นที่	ตำแหน่งในทรงพุ่ม	ไส้เดือน (ตัว/	ต้นที่	ตำแหน่งในทรงพุ่ม	ไส้เดือน (ตัว/ม ²)
1	ใน	3	1	ใน	2
	ราดสาร	9		ราดสาร	1
	นอก	5		นอก	0
2	ใน	15	2	ใน	0
	ราดสาร	0		ราดสาร	0
	นอก	1		นอก	0
3	ใน	1	3	ใน	5
	ราดสาร	1		ราดสาร	3
	นอก	1		นอก	21
4	ใน	0	4	ใน	0
	ราดสาร	0		ราดสาร	0
	นอก	2		นอก	2
5	ใน	0	5	ใน	3
	ราดสาร	2		ราดสาร	6
	นอก	1		นอก	0
6	ใน	1	6	ใน	0
	ราดสาร	21		ราดสาร	0
	นอก	0		นอก	0
7	ใน	0	7	ใน	0
	ราดสาร	0		ราดสาร	20
	นอก	0		นอก	0
8	ใน	5	8	ใน	0
	ราดสาร	6		ราดสาร	0
	นอก	0		นอก	0
เฉลี่ย	ใน	3.13	เฉลี่ย	ใน	1.43
	ราดสาร	4.88		ราดสาร	4.29
	นอก	1.25		นอก	3.29
รวม		9.25	รวม		9.00

6.2.5 การทดลองเลี้ยงไส้เดือนพันธุ์พื้นเมือง (*Pheretima sp*) ในความเข้มข้น 0-80 มก./กก.

ผลการศึกษากิจการครั้งที่ 2 แสดงให้เห็นว่าคลอเรตในดินห้างฉัตรสลายตัวได้ช้าที่สุด. การทดลองเลี้ยงไส้เดือนในดินนี้จึงน่าจะทำให้มีปริมาณคลอเรตในดินตลอดการทดลองคงที่มากที่สุด. ได้ปรับปรุงคุณภาพดินให้มีอาหารมากพอที่ไส้เดือนจะมีชีวิตอยู่ได้นาน โดยผสมขุยมะพร้าวแห้ง 150 กรัมกับดินแห้ง 3 กิโลกรัม แล้วผสมกับโพแทสเซียมคลอเรตให้ได้ความเข้มข้น 0, 20, 40, 60 และ 80 มก./กก. เติมน้ำให้ได้ความชื้นประมาณความจุในสนาม (15% โดยน้ำหนัก) ใส่ไส้เดือนความเข้มข้นละ 10 ตัว (ทำการทดลอง 4 ซ้ำ). นับจำนวนไส้เดือนที่อยู่รอดเมื่อ 2 และ 4 สัปดาห์. ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 41 พบว่าเมื่อเลี้ยงได้ 2 สัปดาห์ที่ความเข้มข้น 80 มก./กก. ไส้เดือนตาย 3 ตัวจาก 40 ตัว ที่ความเข้มข้นอื่นมีชีวิตรอดครบทั้ง. เมื่อเลี้ยงได้ 4 สัปดาห์ที่ความเข้มข้น 80 มก./กก. ไส้เดือนมีชีวิตรอดอยู่เพียง 1 ตัวจาก 40 ตัว ที่ความเข้มข้นอื่นมีตายบ้างเล็กน้อยต่างกัน. ผลวิเคราะห์ทางสถิติของข้อมูลเมื่อ 4 สัปดาห์ ชี้ให้เห็นว่าความเข้มข้น 80 มก./กก. ทำให้ไส้เดือนตายมากกว่าความเข้มข้นอื่นๆ

อย่างยิ่ง. ขณะที่ความเข้มข้นต่างๆ ระหว่าง 0 – 60 มก./กก. มีผลต่อไส้เดือนเหมือนกัน. อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าที่ความเข้มข้น 60 มก./กก. ตายมากกว่าความเข้มข้นที่เหลือ. ดังนั้นความเข้มข้นวิกฤติของโพแทสเซียมคลอเรตสำหรับไส้เดือนพื้นบ้านจึงอยู่ระหว่าง 40 - 60 มก./กก.

ตารางที่ 41 การอยู่รอดของไส้เดือนพันธุ์พื้นบ้าน (*Pheretima sp*) ในดินที่มี โพแทสเซียมคลอเรต 0 – 500 มก./กก.

วันที่	KClO ₃ มก./กก.	จำนวนตัวที่อยู่รอดจากที่เลี้ยง 10 ตัวในแต่ละความเข้มข้นของ KClO ₃				
		ซ้ำ 1	ซ้ำ 2	ซ้ำ 3	ซ้ำ 4	เฉลี่ย
14	0	10	10	10	10	10
	20	10	10	10	10	10
	40	10	10	10	10	10
	60	10	10	10	10	10
	80	9	9	9	10	9.25
28	0	4	5	5	10	6.00 a *
	20	7	9	10	9	8.75 a
	40	6	7	9	0	5.50 a
	60	1	1	4	8	3.5 a
	80	1	0	0	0	0.25 b

* ค่าเฉลี่ยที่กำกับด้วยอักษรต่างกัน ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

กิจกรรมที่ 7 การศึกษาผลกระทบของโพแทสเซียมคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจน

7.1 คำนำ

ในบรรดาธาตุที่พืชจำเป็นต้องได้รับจากดิน ไนโตรเจนเป็นธาตุที่พืชต้องการมากที่สุด ถ้าหากส่วนหนึ่งส่วนใดวัฏจักรของไนโตรเจนถูกขัดขวางโดยการใช้สารพิษใดๆ กับดินในระยะยาวก็จะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศของดินอย่างสำคัญ.

7.2 การทดลองที่ 1 mineralization ของไนโตรเจนในโพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้น 0 – 3,000 มก./กก.

7.2.1 วิธีการ

- การทดลองนี้ทำกับดิน 2 ชนิดคือดินหางคอง (สกว 4) และดินท่าตะโก (สกว 22)
- กับดินแต่ละชนิด ชั่งดินแห้ง 4 ส่วนๆ ละ 400 กรัม ผสมถั่วเหลืองบดละเอียด 7 กรัมและน้ำ 80 มล. กับดินแต่ละส่วนเพื่อให้มีความชื้น 20 % โดยน้ำหนัก (ต่ำกว่าประมาณความจุในสนามเล็กน้อย) บ่มตัวอย่างดินในถุงพลาสติก ปิดปากถุง หลวมๆ พอให้อากาศถ่ายเทได้.

- เมื่อบ่มได้ 3 วันจะมองเห็นเส้นใยของราด้วยตาเปล่า. แบ่งดิน 3 ส่วนแรกเป็นส่วนย่อยๆ ส่วนละ 20 กรัม (น้ำหนักดินแห้ง) ใส่ขวดพลาสติกขนาด 120 มล. ผสมโพแทสเซียมคลอเรตให้มีความเข้มข้น 0, 1,000 และ 3,000 มก./กก. โดยให้น้ำเพิ่มขึ้นอีก 5 % โดยน้ำหนัก ปิดฝาขวด. บ่มดินไว้จนถึงเวลาวิเคราะห์ โดยเปิดฝาให้มีการถ่ายเทอากาศสัปดาห์ละครั้ง.
- แบ่งดินส่วนที่ 4 เป็นส่วนย่อยๆ ส่วนละ 20 กรัม(น้ำหนักดินแห้ง) ใส่ขวดพลาสติกขนาด 120 มล. แล้วนำไปปิ้งฆ่าเชื้อใน autoclave ด้วยความดัน 1 บรรยากาศ เป็นเวลา 30 นาที บ่มดินไว้จนถึงเวลาวิเคราะห์โดยไม่เปิดฝาเลย.
- เมื่อครบ 7, 14, 28 และ 35 วัน หลังจากใส่โพแทสเซียมคลอเรตและนึ่งดิน นำตัวอย่างดินในขวดพลาสติกไปสกัดด้วย 1N KCl 100 มล. ต่อดิน 20 กรัม จากนั้นก็นำไปวิเคราะห์ปริมาณ NH_4^+ , NO_2^- และ NO_3^- ด้วย autoanalyzer.

7.2.2 ผลการทดลอง

ภาพที่ 13 แสดงปริมาณ NH_4^+ , NO_2^- และ NO_3^- เมื่อระยะเวลาต่างๆ ในดินทางดงที่ไม่ได้รับและได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 1,000 และ 3,000 มก./กก. และในดินนึ่งฆ่าเชื้อ. ภาพที่ 14 แสดงข้อมูลเดียวกันของดินท่าตะโก. เมื่อพิจารณาภาพที่ 13 และภาพที่ 14 พร้อมๆ กัน จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ , NO_2^- และ NO_3^- เมื่อเวลา 7 – 35 วันของดินทางดงและดินท่าตะโกเหมือนกันมาก ผลการทดลองในดินทั้งสองอธิบายได้ดังนี้.

ปริมาณ NH_4^+

ในดินที่ถูกนึ่งมี NH_4^+ เพียงเล็กน้อยตั้งแต่ระยะ 7 ถึง 28 วัน และเพิ่มขึ้นเป็น 35 – 65 มก./กก. เมื่อระยะ 35 วัน. แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ถูกฆ่าตายเกือบหมดในดินนึ่ง จึงไม่มีกระบวนการ ammonification และ nitrification ในระยะ 28 วันแรก. NH_4^+ ที่ตรวจพบเล็กน้อยในดินนึ่งในระยะนี้เป็น NH_4^+ ที่ค้างอยู่ในดินตั้งแต่มาก่อนถูกนึ่ง. ที่พบ NH_4^+ มากขึ้นเมื่อระยะ 35 วันน่าจะเนื่องจากจุลินทรีย์บางส่วนที่รอดตายจากการนึ่งได้ฟื้นตัวและมีกระบวนการ ammonification.

ในดินที่ใส่และไม่ใส่โพแทสเซียมคลอเรตเมื่อระยะ 7 วัน มี NH_4^+ ใกล้เคียงกัน ระหว่าง 40 – 80 มก./กก. เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอเรตค่อยๆ ลดลงจนใกล้เคียงศูนย์เมื่อ 35 วัน ขณะที่ NH_4^+ ในดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอเรต 1,000 และ 3,000 มก./กก. คงที่อยู่ระดับมากกว่า 80 มก./กก. โดยที่ดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอเรต 3,000 มก./กก. มีแนวโน้มที่จะมี NH_4^+ มากกว่าดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอเรต 1,000 มก./กก. เล็กน้อย. ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรตลงในดินเข้มข้น 1,000 และ 3,000 มก./กก. ไม่ขัดขวางกระบวนการ ammonification. การที่ NH_4^+ สูงคงที่ระหว่างวันที่ 14 – 35 ในดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอเรต แต่ลดลงจนใกล้เคียงศูนย์ในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอเรต แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอเรต 1,000 และ 3,000 มก./กก. ขัดขวางกระบวนการ nitrification ที่ต่อเนื่องจาก ammonification ดังจะแสดงให้เห็นได้ชัดเจนจากข้อมูลปริมาณ NO_2^- และ NO_3^- ต่อไป.

ปริมาณ NO_2^-

ในดินที่ถูหนึ่งและดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NO_2^- ต่ำมากตลอดการทดลอง. NO_2^- ที่ต่ำตลอดการทดลองในดินที่ถูหนึ่ง แสดงว่าไม่มีกระบวนการ nitrification เกิดขึ้น แต่ NO_2^- ที่ต่ำตลอดการทดลองในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์น่าจะเนื่องจากกระบวนการ nitrification ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องในดินนี้ทำให้ NO_2^- ที่เปลี่ยนแปลงมาจาก NH_4^+ ได้เปลี่ยนแปลงต่อไปเป็น NO_3^- แทนที่จึงไม่มี NO_2^- ตกค้าง. ขณะที่ดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NO_2^- ต่ำใกล้เคียงกับดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์เมื่อ 7 วัน จากนั้นปริมาณ NO_2^- ได้เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อ 28 วัน และกลับลดลงเมื่อ 35 วัน โดยที่ดินที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 3,000 มก./กก. มี NO_2^- มากกว่าดินที่ได้รับ 1,000 มก./กก. ผลการทดลองทั้งหมดในข้อหานี้แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ 1,000 และ 3,000 มก./กก. ไม่ขัดขวางกระบวนการ nitrification ในช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่ขัดขวางในช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- โดยที่โพแทสเซียมคลอไรด์ 3,000 มก./กก. ขัดขวางได้มากกว่า 1,000 มก./กก.

ปริมาณ NO_3^-

ปริมาณ NO_3^- ในดินที่ทั้งใส่และไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มีเพียงเล็กน้อยเมื่อ 7 และ 14 วัน แล้วเพิ่มมากขึ้นมากเมื่อ 28 และ 35 วัน โดยในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NO_3^- มากกว่าดินที่ใส่มาก และในระหว่างดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ด้วยกัน ดินที่ใส่ 1,000 มก./กก. มี NO_3^- มากกว่าดินที่ใส่ 3,000 มก./กก. ปริมาณ NO_3^- ในการทดลองนี้จึงยืนยันว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ 1,000 และ 3,000 มก./กก. ขัดขวางกระบวนการ nitrification ในช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- โดยที่โพแทสเซียมคลอไรด์ 3,000 มก./กก. ขัดขวางได้มากกว่า 1,000 มก./กก. ปริมาณคลอไรด์เมื่อ 35 วัน

ปริมาณคลอไรด์ที่คงค้างอยู่ในดินเมื่อ 35 วันหลังจากใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ 1,000 และ 3,000 มก./กก. ลงในดินทั้งสอง แสดงในตารางที่ 42. พบว่ามีคลอไรด์คงค้างอยู่ระหว่าง 81.38 – 87.87 % ของปริมาณที่ใส่ ซึ่งถือว่ายังมากพอที่จะทำให้ผลการทดลองผลกระทบของคลอไรด์ต่อ mineralization เบี่ยงเบนมากเกินไป.

ตารางที่ 42 ปริมาณคลอไรด์ที่คงค้างอยู่ในดินเมื่อ 35 วันหลังจากใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ 1,000 และ 3,000 มก./กก. ลงในดิน

ปริมาณคลอไรด์ที่ได้รับ	ปริมาณคลอไรด์ที่คงค้างอยู่ในดินเมื่อ 35 วันหลังได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์			
	ดินหางดง		ดินท่าตะโก	
	มก./กก.	%	มก./กก.	%
1,000 มก./กก.ดินหางดง	813.77	81.38	874.25	87.43
3,000 มก./กก.ดินท่าตะโก	2,643.33	87.87	2,507.69	83.59

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1 สรุปได้ว่าการผสมโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1,000 และ 3,000 มก./กก. ไม่ขัดขวางกระบวนการ ammonification และ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ ไปเป็น NO_2^- แต่ขัดขวางกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NO_2^- ไปเป็น NO_3^- โดย ความเข้มข้น 3,000 มก./กก. ขัดขวางมากกว่า 1,000 มก./กก.

7.3 การทดลองที่ 2 mineralization ของไนโตรเจนในโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 0 – 1,000 มก./กก.

7.3.1 วิธีการ

- การทดลองนี้ทำกับดิน 2 ชนิดคือดินน้ำพอง (สกว 11) และดินตาคลี (สกว 23)
- วิธีการต่างๆ ทำเหมือนกับหัวข้อ 7.2.1

7.3.2 ผลการทดลอง

ภาพที่ 15 แสดงปริมาณ NH_4^+ , NO_2^- และ NO_3^- เมื่อระยะเวลาต่างๆ ในดินน้ำพองที่ไม่ได้รับและได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 0, 50, 100, 200, 500 และ 1,000 มก./กก. และดินนิ่ง ภาพที่ 16 แสดงข้อมูลเดียวกันของดินตาคลี. เมื่อพิจารณาภาพที่ 15 และภาพที่ 16 พร้อมๆ กัน จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของ NH_4^+ , NO_2^- และ NO_3^- เมื่อเวลา 7 – 35 วันของดินน้ำพองและดินตาคลีเหมือนกันมาก จึงจะอธิบายผลการทดลองในดินทั้งสองไปพร้อมกัน.

ปริมาณ NH_4^+

ในดินน้ำพองที่ถูกนึ่งมี NH_4^+ ก่อนข้างคงไม่เกิน 15 มก./กก. ตลอดตั้งแต่ระยะ 7 ถึง 35 วัน เช่นเดียวกันในดินตาคลีที่ถูกนึ่งมี NH_4^+ ก่อนข้างคง ไม่เกิน 60 มก./กก ตลอดระยะเวลาระหว่าง 7 ถึง 35 วัน. แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ถูกฆ่าตายหมดในดินที่ถูกนึ่ง จึงไม่มีกระบวนการ ammonification และ nitrification. NH_4^+ ที่ตรวจพบในดินที่ถูกนึ่งเป็น NH_4^+ ที่ค้างอยู่ในดินตั้งแต่ก่อนถูกนึ่ง.

ในดินที่ใส่และไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์เมื่อ 7 วันมี NH_4^+ ใกล้เคียงกัน ระหว่าง 75 – 110 มก./กก. เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณ NH_4^+ ในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ค่อยๆ ลดลงจนใกล้เคียงศูนย์เมื่อ 35 วัน ในขณะที่ NH_4^+ ในดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์อัตราต่ำ (50 และ 100 มก./กก.) ลดลงตามระยะเวลาชัดเจนกว่าในดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์อัตราสูง (500 และ 1,000 มก./กก.). ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ลงในดินเข้มข้นตั้งแต่ 50 ถึง 1,000 มก./กก. ไม่ขัดขวางกระบวนการ ammonification. การที่ปริมาณ NH_4^+ ระหว่างวันที่ 14 – 35 ในดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มีค่าสูงกว่าดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์และดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NH_4^+ มากน้อยลดหลั่นกันตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้นตั้งแต่ 50 ถึง 1,000 มก./กก. มีผลขัดขวางกระบวนการ nitrification (ที่ต่อเนื่องจาก ammonification) มากน้อยตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ในดิน จึงทำให้ NH_4^+ ยังคงค้างเป็น NH_4^+ อยู่ต่อไป.

ปริมาณ NO_2^-

ในดินที่ถูกนึ่งและดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NO_2^- ต่ำมากตลอดการทดลอง. NO_2^- ที่ต่ำตลอดการทดลองในดินที่ถูกนึ่ง แสดงว่าไม่มีกระบวนการ nitrification เกิดขึ้น แต่ NO_2^- ที่ต่ำตลอดการทดลองในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์น่าจะเนื่องจากกระบวนการ nitrification ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องในดินนี้ ทำให้ NO_2^- ที่เปลี่ยนแปลงมาจาก NH_4^+ ได้เปลี่ยนแปลงเป็น NO_3^- ต่อไปทันที จึงไม่มี NO_2^- ตกค้าง. ขณะที่ดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NO_2^- (เมื่อวันที่ 21, 28 และ 35 สำหรับดินน้ำพอง และเมื่อวันที่ 14, 28 และ 35 สำหรับดินตาคลี) มากน้อยลดหลั่นกันตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยที่ปริมาณ NO_2^- ในดินทั้งสองที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 50 และ 100 มก./กก. ในระยะนี้มีค่าใกล้เคียงศูนย์. ผลการทดลองทั้งหมดในย่อหน้านี้แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 50 ถึง 1,000 มก./กก. ไม่ขัดขวางกระบวนการ nitrification ในช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่ขัดขวางในช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- โดยขัดขวางได้มากน้อยแตกต่างกันตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ในดิน.

ปริมาณคลอไรด์เมื่อ 35 วัน

ปริมาณคลอไรด์ที่คงค้างอยู่ในดินเมื่อ 35 วันหลังจากใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ 1,000 และ 3,000 มก./กก. ลงในดินทั้งสอง แสดงในตารางที่ 42. พบว่ามีคลอไรด์ตกค้างอยู่ระหว่าง 81.38 – 87.87 % ของปริมาณที่ใส่ ซึ่งถือว่ายังมากพอที่จะทำให้ผลการทดลองผลกระทบของคลอไรด์ต่อ mineralization เบี่ยงเบนมากเกินไป.

ปริมาณ NO_3^- ในดินที่ทั้งใส่และไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มีเพียงเล็กน้อยเมื่อ 7 วัน แล้วค่อยๆ เพิ่มขึ้นมากจนสูงสุดเมื่อ 35 วัน โดยในดินที่ไม่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์มี NO_3^- มากกว่าในดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ในทุกระยะของการทดลอง. ในระหว่างดินที่ใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ด้วยกัน ปริมาณ NO_3^- ในดินที่ทุกระยะการทดลองมากน้อยผันแปรผกผันกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์. จากปริมาณ NO_3^- ในการทดลองนี้จึงยืนยันว่าโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้นตั้งแต่ 50 ถึง 1,000 มก./กก. ขัดขวางกระบวนการ nitrification ในช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- โดยขัดขวางได้มากน้อยแตกต่างกันตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ในดิน.

เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยจากระยะ 28 และ 35 วัน สำหรับดินน้ำพอง พบว่ามี NO_3^- เกิดในดินที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 50 มก./กก. 62 % ของดินที่ไม่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ และข้อมูลนี้เป็น 82 % สำหรับดินตาคลี. จึงกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ 50 มก./กก. ขัดขวางกระบวนการ nitrification ในช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- ได้ 38 และ 18 % ในดินน้ำพองและดินตาคลี ตามลำดับ.

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 2 สรุปได้ว่าโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 50 ถึง 1,000 มก./กก. ไม่ขัดขวางกระบวนการ ammonification และกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ ไปเป็น NO_2^- แต่ขัดขวางกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NO_2^- ไปเป็น NO_3^- มากน้อยตามความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ โดยแม้ความเข้มข้นต่ำที่สุดคือ 50 มก./กก. สามารถขัดขวางได้ 18 และ 38 % ดินตาคลีและดินน้ำพอง ตามลำดับ เมื่อเทียบกับในดินที่ไม่มีคลอไรด์. การเปลี่ยน NH_4^+ ไปเป็น NO_2^- เกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ *Nitrosomonas sp.* และการเปลี่ยน NO_2^- ไปเป็น NO_3^- เกิดโดยจุลินทรีย์ *Nitrobacter sp.* จุลินทรีย์ *Nitrobacter sp.* ไวต่อสารเคมีต่างๆ มากกว่าจุลินทรีย์ *Nitrosomonas sp.* (Sharma and Albert, 1977).

กิจกรรมที่ 8 ผลกระทบของการใช้ NaClO_3 ต่อเสถียรภาพของเม็ดดิน (aggregate stability) และ Exchangeable Sodium Percentage (ESP)

8.1 คำนำ

โซเดียมคลอไรด์สามารถชักนำให้ลำไยออกดอกได้เช่นเดียวกับโพแทสเซียมคลอไรด์. โซเดียมคลอไรด์เป็นที่นิยมใช้กันในหมู่เกษตรกรภาคใต้และภาคตะวันออก. การที่ดินได้รับโซเดียมมากถึงระดับหนึ่งอาจทำให้ดินเป็นดินโซดิก คือมี exchangeable sodium percentage (ESP) มากกว่า 15 % ซึ่งมีผลให้เม็ดดินแตกกระจายได้ง่าย. ถ้าที่มี CEC ไม่เกิน 2 cmole/kg ได้รับโซเดียมคลอไรด์เทียบเท่าได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 400 มก./กก. ก็จะมีโซเดียมที่อาจแลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นอีก 0.33 cmole/kg. ซึ่งทำให้มีโซเดียมที่อาจแลกเปลี่ยนได้มากกว่า 15 % ของ CEC.

8.2 อุปกรณ์และวิธีการ

- ดินที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นดินปน (ระดับความลึก 0-20 ซม.) ของดินที่มี CEC ต่ำที่สุด 5 ชุดดินจาก 11 ชุดดินใน 25 ส่วน ดินทั้ง 5 ชุดมี CEC ระหว่าง 2.0 – 6.8 cmole/kg.
- ผสมโซเดียมคลอไรด์จำนวน 0, 0.87, 1.74 และ 3.48 กรัมกับดินแห้งของดินแต่ละชุดดิน ที่ร้อนผ่านตะแกรง 2 มม. แล้ว. ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ผสมกับดินนี้เทียบได้กับความเข้มข้น 0, 200, 400 และ 800 มก./กก. ของโพแทสเซียมคลอไรด์.
- จากนั้นเติมน้ำให้มีความชื้นประมาณความจุในสนาม แล้วบ่มดินไว้ 15 วัน เมื่อบ่มครบเวลาแล้วจึงนำดินไปผึ่งให้แห้งในร่ม นำดินที่แห้งดีแล้วไปวัดความเสถียรของเม็ดดิน (aggregate stability) ตามวิธี wet aggregates ของ Kemper and Resenau (1986).
- ขณะเดียวกันก็วัดปริมาณไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมในดินด้วย.

8.3 ผลการทดลอง

ปริมาณไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของ แคลเซียม, แมกนีเซียม, โพแทสเซียม, และโซเดียม และ ESP ของดิน 5 ชุดดินที่ได้รับ โซเดียมคลอไรด์ปริมาณต่างๆ แสดงในตารางที่ 43. เห็นได้ชัดเจนว่าปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่ดินได้รับ. การได้รับโซเดียมคลอไรด์เทียบเท่า 800 มก. KClO_3 /กก. ดิน (4 เท่าของอัตราแนะนำ) ทำให้ ESP สูงกว่า 15 % ในดินที่เบสที่แลกเปลี่ยนได้รวมต่ำ.

ค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพของเม็ดดินจากดิน 5 ชุดดินที่ได้รับโซเดียมคลอไรด์อัตราต่างๆ แสดงในตารางที่ 44. การวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าการได้รับโซเดียมคลอไรด์อัตราเทียบเท่า 200, 400 และ 800 มก. KClO_3 /กก. ดิน ไม่ทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินแตกต่างกันเองระหว่างอัตราต่างๆ และก็ไม่แตกต่างไปจากดินที่

ไม่ได้รับ NaClO_3 ในขณะที่มีความแตกต่างระหว่างดินชุดต่างๆ อย่างชัดเจน. นั่นคือแม้ดินจะมี ESP มากกว่า 15 % ไปบ้างก็ไม่ทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินเสียไป.

8.4 สรุปผลการทดลอง

การบ่มดินกับโซเดียมคลอไรด์ที่อัตรา 4 เท่าของคำแนะนำสำหรับการชักนำการออกดอกของลำไย ทำให้ดินที่มี CEC ต่ำมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากถึงระดับที่เป็นดินโซดิก แต่ก็ไม่พบว่ามีเสถียรภาพของเม็ดดินต่างจากอัตราอื่น และดินที่ไม่มีโซเดียม. เมื่อคำนึงถึงว่าในสภาพในสวนลำไยที่มีการชะล้างของโซเดียมด้วย จึงสรุปได้ว่าการใช้โซเดียมคลอไรด์ในสวนลำไยจะไม่ทำให้โครงสร้างดินเสีย (แต่โซเดียมคลอไรด์ มีผลตกค้างอยู่ในดินนานกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์, ดูหัวข้อ 3.3).

ตารางที่ 43 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ดินเหนียว และอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของ แคลเซียม, แมกนีเซียม, โพแทสเซียม, โซเดียม และ ESP

ดิน	ความเข้มข้น NaClO_3 มก./กก.	อินทรีย์วัตถุ* %	ดินเหนียว* %	exch. Ca	exch. Mg	exch. K	exch. Na	Sum of exch. cations	ESP %
น้ำพอง	0	0.91	5.80	0.20	2.13	0.64	0.03	3.00	1.05
	200	0.91	5.80	0.23	2.15	0.56	0.15	3.09	4.95
	400	0.91	5.80	0.27	2.63	0.87	0.47	4.24	10.99
	800	0.91	5.80	0.20	2.78	0.89	0.94	4.81	19.51
ห้างฉัตร	0	0.81	6.90	0.38	3.25	1.16	0.04	4.83	0.74
	200	0.81	6.90	0.36	3.27	1.07	0.21	4.91	4.28
	400	0.81	6.90	0.35	2.96	0.98	0.40	4.69	8.49
	800	0.81	6.90	0.31	3.14	1.06	0.94	5.45	17.30
สันทราย	0	1.25	13.10	0.30	6.10	1.93	0.03	8.36	0.34
	200	1.25	13.10	0.28	5.61	1.99	0.20	8.08	2.44
	400	1.25	13.10	0.30	5.80	2.02	0.31	8.43	3.70
	800	1.25	13.10	0.31	5.77	1.89	0.68	8.64	7.82
แม่แดง	0	3.21	18.90	0.51	3.86	1.40	0.02	5.80	0.41
	200	3.21	18.90	0.55	3.52	1.34	0.10	5.51	1.82
	400	3.21	18.90	0.58	3.53	1.34	0.25	5.70	4.33
	800	3.21	18.90	0.48	3.80	1.35	0.51	6.15	8.34
แม่สาย	0	0.87	33.40	0.56	4.39	1.50	0.01	6.46	0.19
	200	0.87	33.40	0.61	4.49	1.45	0.16	6.71	2.40
	400	0.87	33.40	0.63	4.28	1.52	0.36	6.80	5.29
	800	0.87	33.40	0.64	4.68	1.69	0.69	7.70	8.99

* ข้อมูลเดิม คัดลอกจากตารางที่ 2

ตารางที่ 44 ค่าเฉลี่ยของเสถียรภาพของเม็ดดินของดิน 5 ชุดดินที่ได้รับ โซเดียมคลอไรด์ปริมาณต่างๆ

ปริมาณ NaClO ₃ มก./กก.ดิน	ดินน้ำพอง	ดินห้างฉัตร	ดินสันทราย	ดินแม่แดง	ดินแม่สาย	เฉลี่ย
	%					
0	11.230 a	12.402 a	15.818 b	32.528 a	12.916 a	16.979 a
200	13.930 a	11.846 a	18.302 ab	26.230 b	17.268 a	17.515 a
400	13.002 a	12.650 a	17.070 ab	26.112 b	17.438 a	17.254 a
800	11.398 a	12.914 a	21.578 a	28.272 ab	16.238 a	18.080 a
เฉลี่ย	12.390	12.453	18.192	28.286	15.965	17.457

กิจกรรมที่ 9 การศึกษาผลตกค้างของโพแทสเซียมคลอไรด์ในสวนลำไย 25 สวน

9.1 การศึกษาการกระจายด้านข้างออกนอกแนวที่ราดคลอไรด์

โดยทั่วไปเกษตรกรราดคลอไรด์เป็นแถบวงกลมกว้างประมาณ 30 – 50 ซม. ค่อนไปทางปลายพื้นที่ทรงพุ่ม (ดูภาพที่ 12). การเก็บตัวอย่างดินสำหรับวิเคราะห์ผลตกค้างของคลอไรด์ในสวนลำไยที่จะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อ 9.2 นั้นเป็นการเก็บจากจุดกึ่งกลางของแถบที่เกษตรกรราดคลอไรด์ ซึ่งเชื่อว่าเป็นบริเวณที่มีคลอไรด์ตกค้างอยู่มากที่สุด. การเก็บตัวอย่างดินจากความลึกต่างๆ ของจุดกึ่งกลางแถบนี้นี้ทำให้ได้ข้อมูลการกระจายของคลอไรด์ในแนวดิ่งไปตามความลึกของดิน. เพื่อให้สามารถกำหนดขอบเขตการตกค้างของคลอไรด์ จำเป็นต้องมีข้อมูลการกระจายของคลอไรด์ในแนวนอน ออกด้านข้างแถบราดคลอไรด์ทั้งด้านในและนอกทรงพุ่มด้วย. จึงได้ศึกษาการกระจายของคลอไรด์ในแนวนอน โดยการเก็บตัวอย่างดินที่นอกแนวราดคลอไรด์จากสวนที่เกษตรกรเพิ่งราดคลอไรด์ใหม่ๆ และจากการทดลองราดคลอไรด์โดยนักวิจัยเอง.

9.1.1 การเก็บตัวอย่างดินจากสวนที่เกษตรกรเพิ่งราดคลอไรด์ใหม่ๆ

วิธีการ

ได้เก็บตัวอย่างดินจากสวนลำไย 2 สวน ที่เกษตรกรเพิ่งราดคลอไรด์ได้ประมาณ 60 – 70 วัน สวนละ 4 ต้น ข้อมูลรายละเอียดของแต่ละสวนแสดงในตารางที่ 45

ตารางที่ 45 ข้อมูลรายละเอียดของแต่ละสวนที่เก็บตัวอย่างดิน

สวน	ลักษณะ	
สวน 12	ชุดดิน	ราชบุรี
	วันราดคลอไรด์	28 ตุลาคม 2544
	อัตราราดคลอไรด์	250 กรัม/ต้น
	ลักษณะสวน	ยกแปลง มีร่องน้ำระหว่างแปลง
	วิธีรดน้ำ	พ่นน้ำจากเครื่องยนต์ที่อยู่ในเรือ
	วันเก็บตัวอย่างดิน	28 ธันวาคม 2544
สวน 23	ชุดดิน	ตาคี
	วันราดคลอไรด์	ต้นตุลาคม
	อัตราราดคลอไรด์	ประมาณ 1 กก./ต้น

ลักษณะสวน สวนในที่ดอน พื้นที่ลาดเอียงเล็กน้อย มีการปรับพื้นที่ในทรง
 วิธีรดน้ำ สายยาง
 วันเก็บตัวอย่างดิน 28 ธันวาคม 2544

ผลการวิเคราะห์ดิน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโครเรตที่พบในดินในสวน สกว. 12 (ดินราชบุรี) แสดงในตารางที่ 46. ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า มีการกระจายของโครเรตออกจากแถบราดโครเรตไปทางด้านนอกของทรงพุ่มมากกว่าด้านใน. ที่ระยะ 50 ซม.จากกึ่งกลางแถบราดโครเรตทางด้านนอกของทรงพุ่ม พบโครเรตที่ชั้นหนึ่งชั้นใดของการเก็บตัวอย่างดินมากกว่า 30 มก. $KClO_3$ /กก. ถึง 3 ดันใน 4 ที่เก็บตัวอย่างดิน. ขณะที่ระยะ 50 ซม.ทางด้านในพบโครเรตน้อยกว่า 20.52 – 22.77 มก./กก. ที่ความลึก 20 – 40 ซม. ของดันที่ 4. นอกจากนั้นพบโครเรตต่ำกว่า 20 มก./กก. ที่ระยะ 100 ซม. ทั้งด้านนอกและด้านในพบโครเรตในปริมาณที่เล็กน้อย คือเกือบทั้งหมดน้อยกว่า 10 มก./กก. สำหรับสวน สกว. 12 นี้สรุปได้ว่าการกระจายของโครเรตออกด้านข้างถึงระยะ 50 ซม.เพียงเล็กน้อย โดยกระจายออกด้านนอกมากกว่าด้านใน. คงเนื่องจากการปลูกกล้วยในสวนนี้เป็นการปลูกแบบขกแปลงและชุดกระหว่างแปลง โดยแปลงปลูกไถ้งนูนตรงกลาง เมื่อให้น้ำโดยพ่นน้ำจากเครื่องสูบน้ำที่ติดอยู่บนเรือ (ในคู) น้ำจึงไหลและพาโครเรตบางส่วนออกด้านนอกทรงพุ่ม.

ตารางที่ 46 ปริมาณโครเรตที่พบในดินในสวน สกว. 12 (ดินราชบุรี) (พื้นที่ที่ถูกระบายแสดงว่ามีการกระจายของโครเรตไปถึง).

ดันที่	ความลึก, ซม.	100 ซม. จากกลาง	50 ซม. ในจาก	กึ่งกลาง	50 ซม. จากกลาง	100 ซม. จากกลาง
		แถบด้านใน	กลางแถบด้านใน	แถบใส่สาร	แถบบ้านนอก	แถบบ้านนอก
1	0-10	1.43	16.26	67.90	57.43	1.20
	10-20	0.31	14.23	49.61	19.85	1.04
	20-30	0.98	12.89	101.67	17.73	0.59
	30-40	0.31	15.58	45.07	21.87	1.65
	40-50	1.20	7.94	12.35	22.99	0.53
	50-60	0.53	2.55	8.41	11.54	0.53
2	0-10	-0.89	7.72	129.58	16.97	9.29
	10-20	-0.39	13.11	185.88	11.76	1.20
	20-30	0.51	11.31	123.94	7.27	2.55
	30-40	-0.37	10.19	115.09	4.80	3.68
	40-50	0.10	4.35	80.51	1.88	5.25
	50-60	0.08	2.54	0.00	0.53	3.68
3	0-10	-0.37	0.00	101.93	46.81	3.90
	10-20	8.86	0.00	94.74	13.11	0.00
	20-30	1.20	0.75	44.67	12.21	2.78
	30-40	2.10	-0.14	21.09	10.86	1.20
	40-50	0.98	0.31	8.39	5.47	1.43
	50-60	3.26	1.88	1.50	0.00	0.00
4	0-10	1.65	8.62	27.15	36.47	10.31
	10-20	1.88	17.38	48.61	25.69	0.98
	20-30	0.75	20.52	108.64	17.83	4.01
	30-40	0.31	22.77	89.22	9.97	1.20
	40-50	1.43	16.26	46.81	5.47	0.53

	50-60	1.20	4.12	18.05	2.33	1.96
เฉลี่ย	0-10	0.29	9.14	102.49	33.89	6.18
	10-20	2.23	11.21	100.56	15.54	0.81
	20-30	0.61	11.13	98.80	11.97	2.48
	30-40	0.49	10.55	70.20	9.88	1.93
	40-50	0.76	6.28	29.61	7.27	1.94
	50-60	0.94	2.22	25.98	12.24	1.54

ผลการวิเคราะห์ปริมาณครอเร็ตที่พบในดินในสวน สกว. 23 (ดินตาคลี) แสดงในตารางที่ 47 ในสวน สกว. 23 นี้พบว่าครอเร็ตกระจายออกจากแถบที่ลาดไปถึงระยะ 100 ซม. ทั้งด้านนอกและด้านในอย่างชัดเจน และกระจายออกเท่าๆ กันทั้ง 2 ด้าน ทั้งนี้จะเนื่องจากการใส่ครอเร็ตอัตราสูงและใส่ซ้ำซ้อนกันถึง 3 ครั้งภายในปีเดียว. โดยเฉลี่ยว่าพบครอเร็ตตกค้างที่ระดับลึกของหน้าตัดดิน (30 – 60 ซม.) มากกว่าที่ระดับบน (0 – 30 ซม.) ซึ่งน่าจะเกิดจากการให้น้ำมากเกินไปหลังการให้ครอเร็ตประกอบกับการที่ดินตาคลีเป็นดินที่โปร่งพรุน น้ำซึมผ่านได้ดี.

ตารางที่ 47 ปริมาณครอเร็ตที่พบในดินในสวน สกว. 23 (ดินตาคลี) หลังจากที่ใช้เกษตรกรใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ได้ประมาณ 70 วัน (พื้นที่ที่ถูกระบายแสดงถึงว่ามี การกระจายของครอเร็ตไปถึง).

ต้นที่	ความลึก, ซม.	100 ซม. จากกลาง	50 ซม. ในจาก	กึ่งกลาง	50 ซม. จากกลาง	100 ซม. จากกลาง
		แถบด้านใน	กลางแถบด้านใน	แถบใส่สาร	แถบด้านนอก	แถบด้านนอก
1	0-10	53.24	26.52	259.56	19.33	32.13
	10-20	31.35	18.43	260.68	17.53	28.09
	20-30	20.00	24.5	330.3	25.17	22.81
	30-40	10.80	17.98	556.03	22.36	21.35
	40-50	6.30	9.67	407.79	15.96	17.53
	50-60	4.28	4.73	105.8	*	15.96
2	0-10	15.74	6.53	42.35	16.41	6.98
	10-20	19.33	6.98	13.04	14.39	10.57
	20-30	13.49	16.19	31.12	13.49	7.20
	30-40	8.10	82.44	98.05	15.29	8.77
	40-50	10.35	17.53	57.96	10.8	4.96
	50-60	*	10.8	*	2.04	*
3	0-10	21.13	30.78	36.06	35.28	22.03
	10-20	19.11	39.88	50.77	35.39	15.29
	20-30	17.53	43.36	83.68	30.67	17.76
	30-40	10.57	51.34	266.29	25.39	20.68
	40-50	8.77	*	645.87	36.85	*
	50-60	8.55	*	377.47	*	*
4	0-10	18.66	20.00	42.58	19.33	19.33
	10-20	17.08	17.53	41.23	19.78	16.41
	20-30	15.74	46.51	312.34	22.92	18.43
	30-40	*	*	28.31	15.74	7.43

	40-50	*	*	*	14.16	11.24
	50-60	*	*	*	*	*
เฉลี่ย	0-10	27.19	20.96	95.14	22.59	20.12
	10-20	21.72	20.71	91.43	21.77	17.59
	20-30	16.69	32.64	189.36	23.06	16.55
	30-40	9.82	50.59	237.17	19.70	14.56
	40-50	8.47	13.60	370.54	19.44	11.24
	50-60	4.28	7.77	241.64	2.04	15.96

* ไม่มีข้อมูล เนื่องจากเป็นชั้นดานของมาร์ล เก็บตัวอย่างดินไม่ได้

9.1.2 ทดลองราดคลอเรตเองและให้น้ำเองโดยนักวิจัย

วิธีการ

ได้ทดลองราดคลอเรตและให้น้ำโดยนักวิจัยเองในสวนลำไย 3 สวน สวนละ 6 ต้น. สวนแรกคือสวน สกว 11 อยู่ในที่ดอน ดินในสวนนี้เป็นชุดดินน้ำพองที่เป็นดินร่วนปนทรายหยาบตลอดความลึก 80 ซม. ระบายน้ำได้ดีมาก คลอเรตละลายตัวได้ค่อนข้างช้าในดินนี้ (ดูหัวข้อ 3.2). สวนที่ 2 คือสวน สกว. 13 อยู่ในที่ดอน ดินในสวนเป็นชุดดินห้วยจักร ที่มีดินบนเป็นดินร่วนปนทราย และดินล่าง (ความลึก 20 ซม. ลงไป) เป็นดินร่วนเหนียวและเหนียว. คลอเรตละลายตัวได้ช้าที่สุดในดินนี้ (ดูหัวข้อ 3.2). สวนที่ 3 คือสวน สกว 14 อยู่ในที่ลุ่ม ดินในสวนเป็นชุดดินสันทราย ที่มีดินบนเป็นดินร่วนปนทราย และดินล่าง (ความลึก 20 ซม. ลงไป) เป็นดินร่วนเหนียวและเหนียว. อัตราการราดคลอเรตของนักวิจัยคือ 15 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม โดยการผสมน้ำในปริมาณที่พอทำให้น้ำคลอเรตซึมลงได้ลึก 10 ซม. ในแถบวงกลมกว้าง 30 - 50 ซม. ก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม เนื่องจากมีฝนตกอย่างสม่ำเสมอหลังราดคลอเรตจึงไม่ได้ให้น้ำเลย และเก็บตัวอย่างดินหลังจากราดคลอเรตประมาณ 30 วัน ที่ระยะ 50 และ 100 ซม. จากจุดกึ่งกลางของแถบราดคลอเรต พร้อมๆ กับตัวอย่างจากจุดกึ่งกลางแถบ โดยเก็บตัวอย่างดินจากความลึก 0-20, 20-40, 40-60 และ 60-80 ซม. ตารางที่ 48 แสดงกิจกรรมและการตกของฝน.

ตารางที่ 48 แสดงกิจกรรมและการตกของฝน

วันที่	กิจกรรม
1-30 เมษายน 2544	ไม่มีฝนตกเลย
26 เมษายน 2544	ราดโพแทสเซียมคลอเรตในสวน สกว 11 โดยผสมน้ำพอให้คลอเรตซึมลงลึก 10 ซม.
1 พฤษภาคม 2544	ราดโพแทสเซียมคลอเรตในสวน สกว 14 โดยผสมน้ำพอให้คลอเรตซึมลงลึก 10 ซม.
2 พฤษภาคม 2544	ราดโพแทสเซียมคลอเรตในสวน สกว 13 โดยผสมน้ำพอให้คลอเรตซึมลงลึก 10 ซม.
3 พฤษภาคม 2544	ฝนตก 57.3 มม.
9 และ 10 พฤษภาคม 2544	ฝนตก 21.6 มม.
16 พฤษภาคม 2544	ฝนตก 28.8 มม.
26 และ 27 พฤษภาคม 2544	ฝนตก 107.0 มม.
26 พฤษภาคม 2544	เก็บตัวอย่างดินจากสวน สกว 11
31 พฤษภาคม 2544	เก็บตัวอย่างดินจากสวน สกว 13 และ 14

ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์คลอเรตใน สกว. 11 (ดินน้ำพอง) แสดงในตารางที่ 49. พบว่าดินที่ 2, 3 และ 5 คลอเรตไม่กระจายออกด้านข้างเลย. ที่เหลืออีก 3 ดันคลอเรตกระจายเล็กน้อยเข้าด้านในถึงระยะ 50 ซม. โดยเฉลี่ยกล่าวได้ว่าคลอเรตกระจายออกด้านข้างเล็กน้อย เข้าไปที่ระยะ 50 ซม. ทางด้านในทรงพุ่ม เป็นที่น่าสังเกตว่าวิเคราะห์พบคลอเรตที่ดันที่ 5 น้อยกว่าที่ราดลงไปและน้อยกว่าปริมาณที่พบในดันอื่นๆ มาก.

ผลการวิเคราะห์คลอเรตในสวน สกว. 13 (ดินห้างฉัตร) แสดงในตารางที่ 50. ผลการทดลองในสวน สกว. 13 แตกต่างอย่างมากกับการทดลองในสวน สกว. 11. การกระจายของคลอเรตในสวน สกว. 13 นี้ค่อนข้างแตกต่างกันระหว่างแต่ละดันที่ทดลอง โดยดันที่ 1 กระจายเข้าข้างในถึงระยะ 100 ซม., ดันที่ 2 กระจายออกมากถึงระยะ 50 ซม. ทั้ง 2 ด้าน, ดันที่ 3 กระจายมากระยะ 50 ซม. เฉพาะด้านใน, ดันที่ 4 กระจายเล็กน้อยระยะ 50 ซม. เฉพาะด้านใน, ดันที่ 5 กระจายออกมากถึงระยะ 50 ซม. ทั้ง 2 ด้าน, และสุดท้ายดันที่ 6 ไม่กระจายออกด้านข้างเลย. โดยเฉลี่ยในสวนนี้มีการกระจายเข้าด้านในมากกว่าออกด้านนอก โดยกระจายเข้าด้านในเล็กน้อยถึงระยะ 100 ซม. และกระจายค่อนข้างมากถึงระยะ 50 ซม.

ผลการวิเคราะห์คลอเรตในสวน สกว. 14 (ดินสันทราย) แสดงในตารางที่ 51. ผลการทดลองสวน สกว. 14 นี้คล้ายกับผลการทดลองในสวน สกว. 11 พบว่าดินที่ 1, 3 และ 4 ไม่กระจายออกด้านข้างเลย ดันที่ 2 กระจายออกด้านนอกเล็กน้อยถึงระยะ 50 ซม. ที่เหลืออีก 2 ดัน ดันหนึ่งกระจายเล็กน้อยเข้าด้านในถึงระยะ 50 ซม. และอีกดันหนึ่งกระจายถึงระยะ 100 ซม. โดยเฉลี่ยกล่าวได้ว่าคลอเรตกระจายเข้าด้านในทรงพุ่มมากกว่ากระจายออกด้านนอก.

ตารางที่ 49 ปริมาณคลอเรตที่พบในดินในสวน สกว. 11 (มก. /กก.) หลังจากทดลองใส่โพแทสเซียมคลอเรตได้ 30 วัน
อัตรา 15 กรัม/ม² (พื้นที่ที่ถูกระบายแสดงว่ามีการกระจายของคลอเรตไปถึง)

ดินที่	ความลึก, ซม.	100 ซม. จากกลาง แถบด้านใน	50 ซม. จากกลาง แถบด้านใน	กึ่งกลาง แถบใส่สาร	50 ซม. จากกลาง แถบด้านนอก	100 ซม. จากกลาง แถบด้านนอก
1	0 - 20	0.00	12.80	231.85	0.00	0.00
	20 - 40	0.00	0.00	183.33	0.00	0.00
	40 - 60	0.00	0.00	88.01	0.00	0.93
	60 - 80	0.00	0.00	20.68	1.39	1.61
2	0 - 20	1.85	2.08	0.00	6.64	0.71
	20 - 40	1.39	1.39	25.14	3.90	0.00
	40 - 60	1.16	1.39	105.70	0.00	0.00
	60 - 80	0.00	0.00	27.19	0.00	0.00
3	0 - 20	0.00	6.64	1.16	5.50	10.52
	20 - 40	0.00	2.08	25.59	0.25	0.93
	40 - 60	0.00	0.00	364.84	0.25	0.48
	60 - 80	0.00	0.00	159.35	0.48	0.00
4	0 - 20	5.80	22.17	1.38	12.35	5.80
	20 - 40	2.30	7.00	149.65	8.24	0.00
	40 - 60	0.00	15.31	92.58	3.21	0.00
	60 - 80	0.00	17.60	44.65	0.93	0.00
5	0 - 20	8.01	1.85	5.80	0.24	0.00
	20 - 40	0.00	0.00	2.30	0.71	0.24
	40 - 60	0.00	0.00	15.31	0.00	0.00
	60 - 80	0.00	0.00	44.65	0.00	0.00
6	0 - 20	1.16	22.05	20.66	2.99	0.00
	20 - 40	0.00	0.71	131.70	1.39	1.16
	40 - 60	0.71	0.00	108.67	0.93	0.25
	60 - 80	0.25	0.00	77.19	0.93	0.00
เฉลี่ย	0 - 20	2.80	11.27	43.48	4.62	2.84
	20 - 40	0.62	1.86	86.29	2.42	0.39
	40 - 60	0.31	2.78	129.19	0.73	0.28
	60 - 80	0.04	2.93	62.29	0.62	0.27

ตารางที่ 50 ปริมาณคลอเรตที่พบในดินในสวน สกว. 13 (มก.KClO₃/กก.) หลังจากทดลองใส่โพแทสเซียมคลอเรตได้ 30 วัน
อัตรา 15 กรัม/ม² (พื้นที่ที่ถูกระบายแสดงว่ามีการกระจายของคลอเรตไปถึง)

ต้นที่	ความลึก, ซม.	100 ซม. จากกลาง	50 ซม. จากกลาง	กึ่งกลาง	50 ซม. จากกลาง	100 ซม. จากกลาง
		แถบด้านใน	แถบด้านใน	แถบใส่สาร	แถบด้านนอก	แถบด้านนอก
1	0 - 20	87.86	44.35	48.98	4.12	2.04
	20 - 40	39.18	38.83	81.40	0.00	1.35
	40 - 60	11.27	10.57	34.11	12.65	3.42
	60 - 80	12.19	7.81	13.80	8.50	2.5
2	0 - 20	8.27	29.61	282.99	27.64	4.35
	20 - 40	2.96	57.52	25.23	39.53	0.05
	40 - 60	3.65	23.15	13.57	17.5	5.27
	60 - 80	4.35	10.34	6.65	7.81	5.04
3	0 - 20	0.00	66.42	240.31	0.65	0.65
	20 - 40	0.00	62.37	79.78	0.89	0.89
	40 - 60	0.00	17.96	54.29	2.04	2.04
	60 - 80	0.00	7.11	21.65	1.35	1.35
4	0 - 20	2.96	15.88	74.48	3.65	2.27
	20 - 40	2.50	29.95	25.34	10.57	2.04
	40 - 60	2.96	6.19	27.76	6.65	2.50
	60 - 80	4.11	9.19	14.13	5.50	2.27
5	0 - 20	14.73	26.61	40.80	23.38	5.27
	20 - 40	1.58	1.35	46.10	2.73	2.27
	40 - 60	2.96	2.96	34.22	3.42	4.58
	60 - 80	2.96	4.11	35.63	4.11	4.12
6	0 - 20	3.42	11.27	58.79	5.27	5.50
	20 - 40	3.42	5.04	94.89	4.81	5.73
	40 - 60	6.19	5.04	37.68	5.04	4.80
	60 - 80	4.35	5.04	19.34	5.96	4.35
เฉลี่ย	0 - 20	19.54	32.36	124.39	10.79	3.35
	20 - 40	8.27	32.51	58.79	9.76	2.06
	40 - 60	4.51	10.98	33.61	7.88	3.77
	60 - 80	4.66	7.27	18.53	5.54	3.27

ตารางที่ 51 ปริมาณคลอเรตที่พบในดินในสวน สกว. 14 (มก.KClO₃/กก.) หลังจากทดลองใส่โพแทสเซียมคลอเรตได้ 30 วัน

อัตรา 15 กรัม/ม² (พื้นที่ที่ถูกระบายแสดงว่ามีการกระจายของคลอเรตไปถึง).

ต้นที่	ความลึก, ซม.	100 ซม. จากกลาง	50 ซม. จากกลาง	กึ่งกลาง	50 ซม. จากกลาง	100 ซม. จากกลาง
		แถบด้านใน	แถบด้านใน	แถบใส่สาร	แถบด้านนอก	แถบด้านนอก
1	0 - 20	0.00	0	182.58	0.00	0.95
	20 - 40	0.00	0	73.45	0.00	0.00
	40 - 60	0.00	0	24.87	0.00	0.00
	60 - 80	0.00	0	12.84	0.00	0.00
2	0 - 20	0.70	1.2	370.96	125.38	0.00
	20 - 40	0.70	0.45	287.92	0.45	0.45
	40 - 60	0.04	0.2	117.52	0.04	0.95
	60 - 80	0.04	0.03	40.11	0.20	2.18
3	0 - 20	0.95	5.41	46.18	0.70	0.00
	20 - 40	0.00	0.7	263	0.00	0.00
	40 - 60	0.70	0.95	203.65	0.20	0.00
	60 - 80	0.00	2.93	80.51	0.00	0.00
4	0 - 20	0.00	1.2	134.25	2.44	0.00
	20 - 40	0.20	10.61	123.71	10.37	0.00
	40 - 60	1.44	0	41.85	5.91	0.06
	60 - 80	0.95	0.95	16.07	26.34	2.90
5	0 - 20	0.70	67.22	225.34	1.94	0.70
	20 - 40	0.00	14.08	295.36	0.00	0.20
	40 - 60	0.70	5.91	116.28	0.00	0.95
	60 - 80	0.50	20.28	16.07	0.00	0.00
6	0 - 20	7.64	73.94	258.18	0.02	0.00
	20 - 40	25.49	10.12	96.87	2.19	0.45
	40 - 60	9.13	3.67	40.23	1.94	0.00
	60 - 80	5.66	1.94	4.91	0.05	0.70
เฉลี่ย	0 - 20	1.67	24.83	202.92	21.75	0.28
	20 - 40	4.40	5.99	190.05	2.17	0.18
	40 - 60	2.00	1.79	90.73	1.35	0.33
	60 - 80	1.19	4.36	28.42	4.43	0.96

9.1.3 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองและผลการติดตามการกระจายของคลอเรตทั้งในสวนที่นักวิจัยจัดการเองและสวนที่จัดการโดยเกษตรกร สรุปได้ว่าการกระจายออกจากแนวที่ราดมาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับลักษณะการซึมน้ำของดินและวิธีการให้น้ำในสวน. ดินที่น้ำซึมได้ดีจะมีการกระจายด้านข้างน้อย. วิธีการให้น้ำแบบใช้ท่อพลาสติกทำให้คลอเรตกระจายเข้าด้านในมากกว่ากระจายออกด้านนอก. ขณะที่การปลูกลำไยแบบขกแปลง(ที่สันแปลงนูน) และให้น้ำพ่นจากเครื่องในเรือ ทำให้คลอเรตกระจายออกด้านนอกมากกว่าเข้าด้านใน.

เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอเรตที่พบนอกแนวราดของทั้ง 5 สวน จะพบว่ามีปริมาณเพียงเล็กน้อย (โดยเฉลี่ยต่ำกว่า 40 มก./กก. ภายใน 1 เดือน) ที่ระยะ 50 ซม. จากแนวราด. ยกเว้นสวนที่มีการใส่คลอ

เรตช้าซ้อน 3 ครั้งภายในปีเดียวที่พบว่าคลอเรตกระจายออกจากแนวถึง 100 ซม. แต่ก็ยังเป็นปริมาณต่ำ (โดยเฉลี่ยต่ำกว่า 40 มก./กก. ภายใน 70 วัน) เมื่อเทียบกับที่อยู่ตรงแนวที่พบระหว่าง 100 – 200 มก./กก. จึงอนุมานได้ว่าคลอเรตที่กระจายออกนอกแนวจะสลายตัวและถูกพืชดูดกินหมดไปจากดินอย่างรวดเร็ว จนไม่มีปัญหาผลตกค้างในระยะสั้นและระยะยาว โดยสิ้นเชิง.

9.2 การติดตามผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไย

9.2.1 ประวัติการใส่คลอเรต

หลังจากคัดเลือกสวนลำไย 26 สวนตามกิจกรรมที่ 1 แล้ว ในแต่ละสวนได้เลือกต้นลำไย 4 ต้นที่มีขนาดต้นเท่ากัน. ได้สอบถามประวัติการใช้โพแทสเซียมคลอเรตกับต้นลำไยทั้ง 4 ต้นแสดงในตารางที่ 52. จากการติดตามจนถึงเดือนมีนาคม 2544 พบว่ามีสวนที่ใช้คลอเรตแล้วเป็นปีที่ 3 จำนวน 2 สวน คือสวน สกว 1 และ 22 โดยสวน สกว 22 ใส่คลอเรตทุก ๆ 9 เดือน, ที่ใส่คลอเรตเป็นปีที่ 2 มี 9 สวน, อีก 13 สวนใส่คลอเรตไปเพียงครั้งเดียว, และมี 1 สวน คือ สกว 23 ที่ใส่คลอเรตถึง 3 ครั้งภายในปี 2543 ปีเดียว เนื่องจากการออกดอกของต้นลำไยจำนวนหนึ่งไม่สม่ำเสมอจากการใส่คลอเรตครั้งก่อนๆ เจ้าของจึงตัดดอกของต้นนั้นทิ้ง บำรุงต้น แล้วใส่คลอเรตใหม่. ในจำนวนสวนที่ใส่คลอเรตเป็นปีที่ 2 มีอยู่ 2 สวนที่ใส่คลอเรตห่างกัน 18 เดือน. มีอยู่สวนหนึ่งคือสวน สกว 31 ที่เจ้าของสวนเปลี่ยนใจไม่ใช้คลอเรตในปีที่เริ่มการวิจัย จึงไม่ติดตามวิเคราะห์ดินในสวนนี้. ที่สำคัญพบว่ามีแนวโน้มที่อัตราการใส่โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้นของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น.

9.2.2 ผลวิเคราะห์ดิน

ได้เก็บตัวอย่างดินจากแนวที่เกษตรกรใส่สารคลอเรตโดยตรงเพื่อวิเคราะห์คลอเรต 8 ครั้ง เมื่อวันที่ 17-23 กุมภาพันธ์, 17-30 มีนาคม, 15 มิถุนายน, 5-22 กรกฎาคม, 11-30 สิงหาคม, 18-29 กันยายน, 9-29 พฤศจิกายน 2543 และ 20 กุมภาพันธ์ - 30 มีนาคม 2544. ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมคลอเรตในดินที่ความลึกต่างๆ แสดงในตารางที่ 53 จากการเก็บตัวอย่างดินทั้ง 8 ครั้งเป็นการเก็บดินหลังจากเกษตรกรใส่สารคลอเรตตั้งแต่ 2 – 540 วัน. พบว่ามีปริมาณคลอเรตในดินแตกต่างกันอย่างมาก มีตั้งแต่ตรวจไม่พบจนมีมากถึง 569 มก./กก.

อย่างไรก็ตาม พบว่าข้อมูลผลการวิเคราะห์มีความผันแปรอยู่บ้าง ดังที่พบว่าผลวิเคราะห์ครั้งหนึ่งๆ มีคลอเรตมากกว่าครั้งก่อนหน้านั้น ทั้งๆ ที่เกษตรกรไม่ได้ใส่สารคลอเรตใหม่อีก. ทั้งนี้จะเกิดจากการกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอในการใส่คลอเรตของเกษตรกร.

เมื่อพิจารณาตารางที่ 53 เป็นรายสวนพบว่ามีความถี่ถึง 21 ใน 25 สวนที่ทุกชั้นความลึกของดินที่วิเคราะห์มีปริมาณคลอเรตลดลงเหลือไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในระยะเวลา 365 วันหลังการใส่โพแทสเซียมคลอเรต (ภายใน 1 รอบปี) ได้แก่สวน สกว 1, 2, 4, 5, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 27, 28, 29 และ 30 โดยในสวน สกว 7 และ 9 พบได้เร็วที่สุด คือมีคลอเรตที่ในดินทุกชั้นลดลงเหลือไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในระยะเวลา 75-85 วัน. ในจำนวนนี้มี 3 สวนที่ใส่คลอเรตเป็นปีที่ 2 คือ สวน สกว 1, 2 และ 7. ในอีก 2 สวน ได้แก่ สกว 10 และ 24 พบว่ายังมีคลอเรตตกค้างเกิน 15 มก./กก. แต่ไม่เกิน 35 มก./กก. ทั้งที่เวลาผ่านไปประมาณ 1 ปี ซึ่งสวนทั้ง 2 นี้มีดินที่จัดว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ (เป็นดินทรายที่มีอินทรียวัตถุต่ำ). สวน สกว 22 ที่มีการใส่คลอเรตทุกๆ ระยะ 9 เดือนมาแล้ว 3 ครั้ง จึงพบว่าไม่มี

ระยะใดที่คลอเรต (ที่มากที่สุดที่พบในชั้นดินหนึ่งชั้นใด) ในสวนนี้จะต่ำกว่า 16 มก./กก. สุดท้ายสำหรับสวน สกว 23 นั้นมีการใส่โพแทสเซียมคลอเรตซ้ำซ้อนกันถึง 3 ครั้งภายในปีเดียว จึงพบว่ามีคลอเรตสะสมอยู่มาก ตลอดเวลา.

เมื่อแจกแจงเป็นกลุ่มตามปริมาณที่พบ เพื่อดูว่าพิษของช่วงเวลาหลังใส่คลอเรตที่พบของแต่ละกลุ่ม ปริมาณ ได้ผลดังตารางที่ 54. จากตารางที่ 54 เห็นได้ว่าช่วงเวลาที่พบคลอเรตปริมาณตกค้างเป็นปริมาณที่เท่าๆ กันของแต่ละสวนนั้นมีพิษที่กว้างมาก เช่นในดินที่พบคลอเรต 10-20 มก./กก. นั้นเริ่มพบตั้งแต่ 55 วันหลังใส่ คลอเรตในสวนหนึ่ง แต่ในอีกสวนหนึ่งจะพบได้เมื่อใส่คลอเรตแล้ว 310 วัน เป็นต้น หรือกล่าวในอีกทางหนึ่ง ได้ว่าเมื่อเวลาประมาณ 80-87 วัน ในสวนหนึ่งมีคลอเรตตกค้างอยู่น้อยกว่า 10 มก./กก. แต่มากกว่า 100 มก./กก. ในอีกสวนหนึ่ง.

ตารางที่ 52 ประวัติการใส่สาร $KClO_3$ และวิธีการให้น้ำ

เลขสวน	ชื่อ นามสกุล	ขนาด ต้น, ม	2541	การใส่สารปี 2542		การใส่สารปี 2543		วิธีการใส่ $KClO_3$	วิธีการให้น้ำ
			วันที่	วันที่	ปริมาณ (กรัม /ต้น)	วันที่	ปริมาณ (กรัม/ต้น)		
สกว1	ประยูร อุปะโน	6.0	6 ตค 41	10 พย 42	300	23 สค 43	1,000	ผสมน้ำแล้วรดด้วยบัวเป็นวงก่อน ไปทางปลายทรงพุ่ม	สปริงเกอร์
สกว2	ประยูร อุปะโน	6.4	1 ตค 41	11 พย 42	250			ผสมน้ำแล้วรดด้วยบัวเป็นวงก่อน ไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อ พลาสติก
สกว4	อำนวย ไชยาสุข	6.4		24 ธค 42	200-300	20 มิย 43	300-400	ผสมน้ำแล้วรดด้วยบัวเป็นวงก่อน ไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อ พลาสติก
สกว5	นิโรจน์(สวนแสนชัย)	7.0		ตค 42	500	2 กย 43	1,000	โรยบริเวณน้ำสปริงเกอร์กระจาย ถึง	สปริงเกอร์
สกว7	หุสิกร อัครภิมย์	8.4		10 มิย 42	700	24 มิย 43	1000	ผสมน้ำแล้วรดด้วยบัวเป็นวงก่อน ไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก มีคันดินรอบทรงพุ่ม
สกว9	คำปิ่น แดงศักดิ์	8.8		1 ธค. 42	300-500			โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรง พุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก มีคันดินรอบทรงพุ่ม
สกว10	จรรยา วงศ์จักร์	10.0				25 เมย 43	300	โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรง พุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก
สกว11	อ. อ้อม แคมป์	11.2		29 ธค. 42	518			โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรง พุ่ม	ลากท่อพลาสติก แล้วปล่อยน้ำนองพื้นดิน
สกว12	อ. พาวิน มะโนชัย	5.0		2 พค. 42	200	28 ตค 43	250		สาดน้ำจากร่องเข้าหาแถวปลูกโดยเครื่องสูบน้ำในเรือ

ตารางที่ 52 ประวัติการใส่สาร $KClO_3$ และวิธีการให้น้ำ (ต่อ)

เลขสวน	ชื่อ นามสกุล	ขนาด ต้น, ม	2541	การใส่สารปี 2542		การใส่สารปี 2543		วิธีการใส่ $KClO_3$	วิธีการให้น้ำ
			วันที่	วันที่	ปริมาณ (กรัม /ต้น)	วันที่	ปริมาณ (กรัม/ต้น)		
สกว13	เมา	7.0		เมย 42	250-300			โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว14	ถา หอมสมบัติ	4.0		5 กค. 42	250-300			โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว15	สุนทร จิรี	8.0		21 พย. 42	250			โรยเป็นวงปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว17	อู่เนเรือน อู่เนเรือน	6.0		สค.42	300	กลาง สค 43	500		สาดน้ำจากร่องเข้าหาแถวปลูกโดยเครื่องสูบน้ำในเรือ
สกว18	สงวน ผัดเจริญ	10.0		21 ธค. 42	800	3 มค. 43	1,000	โรยเป็นวงที่โคนต้น	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว19	บุญส่ง สมบูรณ์	9.0		9 ตค. 42	500	18 กค 43	700	ผสมน้ำแล้วพ่นในพื้นที่ทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว20	ผัด วิพรหมชัย	5.0		12 ธค. 42	400	12 ธค. 43	700	ผสมน้ำแล้วรดด้วยบัวเป็นวงก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม	สาดน้ำจากร่องเข้าหาแถวปลูกโดยเครื่องสูบน้ำในเรือ
สกว21	ตัน อะกะเรือน	5				22 มิย 43	500	ผสมน้ำแล้วรดด้วยบัวเป็นวงก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว22	มณีรัตน์ สุภาวงศ์	6.6		เมย 42	400	มค และ ตค 43	500-700	โรยเป็นวงที่โคนต้น	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก มีคันดินรอบทรงพุ่ม

ตารางที่ 52 ประวัติการใส่สาร $KClO_3$ และวิธีการให้น้ำ (ต่อ)

เลขสวน	ชื่อ นามสกุล	ขนาด ต้น, ม	2541 วันที่	การใส่สารปี 2542		การใส่สารปี 2543		วิธีการใส่ $KClO_3$	วิธีการให้น้ำ
				วันที่	ปริมาณ (กรัม /ต้น)	วันที่	ปริมาณ (กรัม/ต้น)		
สกว23	สมชาย	7				5 มค 43 300 - 400 4 พค 43 500-800 ต้น ตค 43 1,000		ผสมน้ำแล้วพ่นในพื้นที่ทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก มีคันดินรอบทรงพุ่ม
สกว24	พิทักษ์ ปั่นทอง	9.0	5-6 ธค 41	5-6 ธค 42	700			ผสมน้ำแล้วพ่นในพื้นที่ทรงพุ่ม	สาดน้ำจากร่องเข้าหาแถวปลูกโดยเครื่องสูบน้ำในเรือ
สกว26	ประสิทธิ์ กำแพงทิพย์	6.8		8-18 พย 42	500				สาดน้ำจากร่องเข้าหาแถวปลูกโดยเครื่องในเรือ
สกว27	บุญเรือง ขุนแก้ว	6.3		19 พย. 42	500			ผสมน้ำแล้วพ่นในพื้นที่ทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก มีคันดินรอบทรงพุ่ม
สกว28	บุญเรือง ขุนแก้ว	8.1		12 ธค 42	700			ผสมน้ำแล้วพ่นในพื้นที่ทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำโดยท่อพลาสติก มีคันดินรอบทรงพุ่ม
สกว29	จันทร์ทิพย์ สิทธิ	8.0				ต้น มค 43 500		โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก
สกว 30	ปงแก้ว จอมขันเงิน	6.0		2 ธค. 42				โรยเป็นวงก่อนไปทางปลายทรงพุ่ม	วางระบบท่อ 2" แล้วให้น้ำในทรงพุ่มโดยท่อพลาสติก

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในดินในสวนลำไย, หน่วยเป็น มก. ของ $KClO_3$ (ช่องที่ระบายแสดงถึงการมีคลอเรตตกค้างน้อยกว่า 15 มก./กก.)

เลข	ชื่อ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7
		0 - 20 ซม. 17-23 กพ 43	0 - 20 ซม. 17-30 มีค 43	แยกชั้นเก็บ 15-20 มิย 2543	แยกชั้นเก็บ 5-22 กค 2543	แยกชั้นเก็บ 11-30 สค 2543	แยกชั้นเก็บ 18 - 29 กย 2543	แยกชั้นเก็บ 9 - 29 พย 2543
สกว1	ประยูร1	31 ppm (100 วัน)**	4 ppm (130 วัน)**	< 3 ppm at 0-10 cm, 5-6 ppm at 10-30 cm, < 1 ppm at 30-50 cm (220 วัน)**	< 2 ppm at 0-20 cm, 4 ppm at 40-60 cm (250 วัน)**	301-324 ppm at 0-30 cm (2 วัน)***	18-35 ppm at 0-15 cm, 39-52 ppm at 15-25 cm, 10-33 ppm at 25- 5 cm, < 2 ppm at 45 - 60 cm (30วัน)***	1- 5 ppm at 0 - 25 cm, 6 -10 ppm at 25 - 45 cm, < 2 ppm at 45 - 80 cm (80 วัน)***
สกว2	ประยูร2	28 ppm (100 วัน)**	5 ppm (130 วัน)**	< 2 ppm at 0-40 cm (220 วัน)**	< 1 ppm at 0-100 cm (244 วัน)**	8 ppm at 0-15 cm, < 2 ppm at 0-30 cm (287วัน)**	<1 ppm 0-60 cm (315วัน)**	<1 ppm 0-60 cm (371วัน)**
สกว4	อำนวย	< 2 (50 วัน)*	0 (80 วัน)*	< 2 ppm at 0-40 cm (170 วัน)*	25 ppm at 0 - 10 cm, 4-8 ppm at 20 - 60 cm (22 วัน)**	< 3 ppm at 0 - 60 cm (64 วัน)**	< 4 ppm at 0 - 60 cm (90วัน)**	31- 35 ppm at 0 - 40 cm, 3 ppm at 20 - 60 cm (149 วัน)**
สกว5	นิโรจน์	8 ppm (120 วัน)*	44 ppm (150 วัน)*	3 - 9 ppm at 0 - 20 cm, 27 ppm at 40 - 50 cm (240 วัน)*	5-9 ppm at 0 - 50 cm (270 วัน)*	13 ppm at 0 - 20 cm, 2 ppm at 20 - 60 cm (305 วัน)*	< 66 ppm at 0 - 20 cm, 42 ppm at 20 - 40 cm, 15 ppm at 40 - 60 cm (17 วัน)**	> 100 ppm at 0 - 20 cm, 70 ppm at 20 - 25 cm, 16 - 30 ppm at 25 - 45 cm (87 วัน)**
สกว7	ชูลีกร	2 ppm (240 วัน)*	18 ppm (270 วัน)*	6 ppm at 0 - 5 cm, < 1 ppm at 20-40 cm (360 วัน)*	218-258 ppm at 0-20 cm, 138 ppm at 20-30 cm, 49-52 ppm at 30-50 cm (20 วัน)**	11-26 ppm at 0-30 cm, 2 - 7 ppm at 30 - 50 cm (55 วัน)**	< 2 ppm at 0 - 20 cm, 9-10 ppm at 20-40 cm, 3 - 6 ppm at 40 - 60 cm (85 วัน)**	< 3 ppm at 0-60 cm 155 วัน)**

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในดินในสวนลำไย, หน่วยเป็น มก. ของ $KClO_3$ (ช่องที่ระบายแสดงถึงการมีคลอเรตตกค้างน้อยกว่า 15 มก./กก.) (ต่อ)

เลข	ชื่อ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7
		0 - 20 ซม.	0 - 20 ซม.	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ
		17-23 กพ 43	17-30 มีค 43	15-20 มิย 2543	5-22 กค 2543	11-30 สค 2543	18 - 29 กย 2543	9 - 29 พย 2543
สกว9	คำป็น	9 ppm (75 วัน)*	12 ppm (105 วัน)*	< 3 ppm at 0-40 cm (195 วัน)*	12 ppm at 0 - 20 cm, < 6 ppm at 20-60 cm (225 วัน)*	7 ppm at 0 - 20 cm, 1 ppm at 20 - 60 cm (260 วัน)*	< 3 - 9 ppm at 0 - 60 cm (290 วัน)*	< 1 ppm at 0-60 cm (360 วัน)*
สกว10	จรูญ	<1 ppm ไม่เคยไต่	<1 ppm ไม่เคยไต่	36 ppm (50 วัน)*	< 2 ppm at 0-40 cm (80 วัน)*	na	< 2 ppm at 0-80 cm (145 วัน)*	3 ppm at 0-20 cm, 10 - 27 ppm at 20 - 60 cm (215 วัน)*
สกว11	อ้อม	16 ppm (45 วัน)*	10 ppm (75 วัน)*	< 1 ppm at 0-40 cm (165 วัน)*	< 2 ppm at 0-40 cm (195 วัน)*	na	< 2 ppm at 0-80 cm (260 วัน)*	<1 ppm 0-100 cm (320 วัน)*
สกว12	พาวิน	1 ppm (280 วัน)*	1 ppm (310 วัน)*	na	na	na	na	> 100 ppm at 0 - 15 cm, 50 - 80 ppm at 15 - 30 cm, 10 - 30 ppm at 30 - 60 cm (23วัน)**
สกว13	เมา	na	5 ppm (300วัน)*	<1 ppm (390วัน)*	<3 ppm at 0-40 cm (420วัน)*	na	na	<1 ppm at 0-80 cm (540วัน)*
สกว14	ถา	na	2 ppm (275 วัน)*	<1 ppm (365วัน)*	<4 ppm at 0-40 cm (395วัน)*	<1 ppm at 0-60 cm (420วัน)*	<1 ppm at 0-80 cm (450วัน)*	<1 ppm at 0-100 cm (510วัน)*
สกว15	สุนทร	1 ppm (80วัน)*	3 ppm (110วัน)*	<1 ppm (200วัน)*	19 ppm at 0-20cm (230วัน)*	na	< 3 ppm at 0-80 cm (296วัน)*	<1 ppm at 0-60 cm (374วัน)*
สกว17	อุ้นเรือน	5 ppm (210 วัน)*	2 ppm (240 วัน)*	11 ppm at 0 - 5 cm (330 วัน)*	< 5 ppm at 0-100 cm (360 วัน)*	< 3 ppm at 0-100 cm (395 วัน)*	77 ppm at 0 - 20 cm, 3- 6 ppm at 20 - 60 cm (35 วัน)**	25-37 ppm at 0-30 cm, 0-7 ppm at 30-60 cm (92 วัน)**

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในดินในสวนลำไย, หน่วยเป็น มก. ของ $KClO_3$ (ช่องที่ระบายแสดงถึงการมีคลอเรตตกค้างน้อยกว่า 15 มก./กก.) (ต่อ)

		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7
		0 - 20 ซม.	0 - 20 ซม.	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ
เลข	ชื่อ	17-23 กพ 43	17-30 มีค 43	15-20 มีย 2543	5-22 กค 2543	11-30 สค 2543	18 - 29 กย 2543	9 - 29 พย 2543
สกว18	สววน	79 ppm (55 วัน)*	12 ppm (85 วัน)*	< 3 ppm at 0-40 cm (175 วัน)*	< 1 ppm at 0-100 cm (205 วัน)*	< 3 ppm at 0-100 cm (240 วัน)*	9 - 12 ppm at 0 - 40 cm (275 วัน)*	<1 ppm at 0-60 cm (355 วัน)*
สกว19	บุญส่ง	4 ppm (125 วัน)*	1 ppm (155 วัน)*	<1 ppm at 0-40 cm (245 วัน)*	9 ppm at 0-10 cm, < 6 ppm at 10-50 cm (277 วัน)**	68 ppm at 0-20 cm, 2 ppm at 20-40 cm (43วัน)**	10-14 ppm at 0-20 cm, < 5 ppm at 20-80cm (72 วัน)**	<1 ppm at 0-60 cm (125 วัน)*
สกว20	ผัด	11 ppm (65 วัน)*	34 ppm (95 วัน)*	<1 ppm at 0-40 cm (185 วัน)*	13 ppm at 20-40 cm, 7 ppm at 40-60 cm (213 วัน)*	4 - 7 ppm at 0- 40 cm, 20 ppm at 40-60 cm (262วัน)*	16-28 ppm at 0-50 cm, 7-12 ppm at 50-80 cm (291 วัน)*	< 2 ppm at 0 - 30 cm, 5-9 ppm at 30-60 cm, < 2 ppm at 60 - 90 cm (344 วัน)*
สกว21	ตัน	< 1 ppm ไม่เคยใส่	0 ppm ไม่เคยใส่	<1 ppm at 0-40 cm ไม่เคยใส่	505 ppm at 0-10cm, 265 ppm at 10-20 cm, 83 ppm at 20-30 cm (20 วัน)*	< 3 ppm at 0 - 20 cm, 13-28 ppm at 20-50 cm (60วัน)*	< 2 ppm at 0 - 60 cm , 8 ppm at 60-70 cm (95วัน)*	< 0 ppm at 0- 20 cm, 8-20 ppm at 20-80 cm, < 3 ppm at 80-100 cm (155วัน)*
สกว22	มณีรัตน์	76 ppm (30 วัน)**	11 ppm (60 วัน)**	9 - 22 ppm at 0-20 cm, < 2 at 20-50 cm (150 วัน)**	30-33 ppm at 0-20 cm, < 7 at 20-50 cm (180 วัน)**	22 ppm at 0-20 cm, < 5 at 20-60 cm (215 วัน)**	16 ppm at 0-10 cm, 9-12 ppm at 10-40 cm, 21 ppm at 40-60 cm (250 วัน)**	11-22 ppm at 0-60 cm, 4-7 ppm at 60-80 cm (40วัน)***
สกว23	สมชาย	10 ppm (25 วัน)*	18 ppm (55 วัน)*	9 - 15 ppm at 0-40cm (40 วัน)**	6-14 ppm at 0-50 cm (70 วัน)**	15-24 ppm at 0-20 cm, 34-59 ppm at 20-60 cm (105 วัน)**	10 ppm at 0 - 20 cm, 89 ppm at 20-40 cm, 118 ppm at 40-60 cm (140 วัน)***	542-569ppm at 0-20cm, 80-186ppm at 20-50cm (30 วัน)***

ตารางที่ 53 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในดินในสวนลำไย, หน่วยเป็น มก. ของ $KClO_3$ (ช่องที่ระบายแสดงถึงการมีคลอเรตตกค้างน้อยกว่า 15 มก./กก.) (ต่อ)

เลข	ชื่อ	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7
		0 - 20 ซม.	0 - 20 ซม.	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ	แยกชั้นเก็บ
		17-23 กพ 43	17-30 มีค 43	15-20 มิย 2543	5-22 กค 2543	11-30 สค 2543	18 - 29 กย 2543	9 - 29 พย 2543
สกว24	พิทักษ์	8 ppm (80 วัน)**	15 ppm (110 วัน)**	< 3 ppm at 0-60 cm (200 วัน)**	26 ppm at 0-20 cm, < 3 ppm at 20-60 cm (230 วัน)**	16-22 ppm at 0-40 cm (265 วัน)**	< 3 ppm at 0-60 cm (295 วัน)**	6 ppm at 20 - 40 cm, 21 ppm at 40 - 60 cm (355 วัน)**
สกว26	ประสิทธิ์	7 ppm (100 วัน)*	16 ppm (130 วัน)*	8 ppm at 0-20 cm, < 1 ppm at 20-40 cm (220 วัน)*	< 2 ppm at 0-40 cm (250 วัน)*	10 ppm at 0-20 cm, 3 ppm at 20-60 cm (285 วัน)*	6-10 ppm at 0-60 cm (315 วัน)*	< 7 ppm at 0 - 60 cm (375 วัน)*
สกว27	บุญเรือง 1	125 ppm (90 วัน)*	45 ppm (120 วัน)*	4 ppm at 0-5cm, 12 ppm at 10-20cm, < 4 ppm at 20-50 cm (210 วัน)*	<2 ppm at 0-70 cm (240 วัน)*	na	39 ppm at 0 - 20 cm, < 6 ppm at 20 - 60 cm (300 วัน)*	<1 ppm at 0-60 cm (360 วัน)*
สกว28	บุญเรือง 2	0 ppm (70 วัน)*	9 ppm (100 วัน)*	2 ppm at 0-40 cm (190 วัน)*	19 ppm at 0-20 cm, < 1 ppm at 20-60 cm (220 วัน)*	na	7-17 ppm at 0-60 cm (280 วัน)*	<1 ppm at 0-60 cm (340 วัน)*
สกว29	จันทร์ ทิพย์	39 ppm (30 วัน)*	na	6 - 20 ppm at 0 - 40 cm (150 วัน)*	7 ppm at 0-10cm, 21 ppm at 20-40cm (180 วัน)*	na	47 ppm at 0-20cm, 13-22 ppm at 20-40 cm (240 วัน)*	<1 ppm at 0-70 cm (300 วัน)*
สกว30	ปงแก้ว	6 ppm (80 วัน)*	19 ppm (106 วัน)*	< 2 ppm at 0-40 cm (196 วัน)*	< 9 ppm at 0-40 cm (223 วัน)*	< 8 ppm at 0-60 cm (268 วัน)*	< 2 ppm at 0-60 cm (320 วัน)*	<1 ppm at 0-60 cm (354 วัน)*

* จำนวนวันหลังการใส่สารเป็นปีที่ 1 ที่ได้เก็บตัวอย่างดิน

** จำนวนวันหลังการใส่สารเป็นปีที่ 2 ที่ได้เก็บตัวอย่างดิน

*** จำนวนวันหลังการใส่สารเป็นปีที่ 3 ที่ได้เก็บตัวอย่างดิน

na ไม่ได้วิเคราะห์

ตารางที่ 54 ช่วงเวลาที่พบคลอเรตปริมาณตกค้างเป็นปริมาณต่างๆ

ปริมาณคลอเรตที่พบ (มก. ของ KClO_3)	พิสัยของเวลาหลังใส่คลอเรต (วัน)
น้อยกว่า 10 มก./กก.	80 - 540 วัน
10 – 20 มก./กก.	55 – 310 วัน
20 – 40 มก./กก.	60 – 240 วัน
40 – 100 มก./กก.	55 – 150 วัน
มากกว่า 100 มก./กก.	2 - 87 วัน

ตารางที่ 55 แสดงลำดับความเร็วของการสลายตัวในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบกับระยะเวลาหลังใส่คลอเรตที่พบปริมาณไม่เกิน 15 มก./กก. ในสวนลำไย. เห็นได้ว่าระยะเวลาที่คลอเรตลดลงจนเหลือไม่เกิน 15 มก./กก. ในสวนลำไยนั้นไม่ค่อยสัมพันธ์กับความเร็วในการสลายตัวในห้องปฏิบัติการ มีเพียงในดินปากช่องและดินห้างฉัตรเท่านั้นที่ลำดับการสลายตัวในห้องปฏิบัติการกับในสภาพสวนสอดคล้องกัน.

จากการที่เวลาที่ต้องการหลังจากการใส่คลอเรตที่จะทำให้ปริมาณคลอเรตที่ตกค้างเท่าๆ กันนั้นแตกต่างกันอย่างมากในระหว่างดินสวนต่าง ประกอบกับลำดับเวลาที่คลอเรตเหลือตกค้างอยู่ไม่เกิน 15 มก./กก. ในสวนลำไยแต่ละสวนนั้นไม่ค่อยสัมพันธ์กับความเร็วในการสลายตัวในห้องปฏิบัติการ. ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าปัจจัยอื่นๆ เช่น อัตราการใส่คลอเรต วิธีและอัตราการให้น้ำ มีส่วนกำหนดการตกค้างของคลอเรตเช่นเดียวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน.

ตารางที่ 55 การเปรียบเทียบความเร็วในการสลายตัวในห้องปฏิบัติการกับในสวนลำไย

ลำดับของความเร็วในการสลายในห้องปฏิบัติการ	ดิน / สวน	ปริมาณคลอเรตที่สลาย มก./กก. (เฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์เมื่อ 50, 100, 184 และ 230 วัน)	ระยะเวลาหลังใส่คลอเรตที่พบปริมาณไม่เกิน 15 มก./กก. ในสวน (วัน)	ลำดับความเร็วในสวน
1	ดินแม่แดง / สกว 29	196.38	300	7
2	ดินสรรพยา / สกว 5	174.17	270	5
3	ดินหางดง / สกว 4	150.46	64 และ 170	1 และ 4
4	ดินสันทราย / สกว 14	127.71	365	9
5	ดินสะตึก / สกว 7	99.71	85	2
6	ดินราชบุรี / สกว 12	95.50	280	6
7	ดินน้ำพอง / สกว 11	75.45	165	3
8	ดินปากช่อง / สกว 27	71.28	360	8
9	ดินห้างฉัตร / สกว 13	48.33	390	10

9.3 สรุปผลการทดลอง

โดยสรุปกล่าวได้ว่า ในสภาพสวนลำไย ปัจจัยอื่นๆ เช่น อัตราการใส่คลอเรต วิธีและอัตราการให้น้ำ มีส่วนเป็นตัวกำหนดอัตราการสลายตัวของคลอเรตเช่นเดียวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่พบว่าเป็นปัจจัยสำคัญในสภาพห้องปฏิบัติการ. ภายใต้การจัดการที่เกษตรกรทั่วไปกระทำอยู่ในปัจจุบัน คลอเรตตกค้างอยู่ในแนวรากคลอเรตโดยตรงในระดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ระหว่าง 40 – 100 มก./กก. ภายในเวลา 55 – 150 วันหลังจากการใส่คลอเรต (50 มก./กก. มีผลต่อกระบวนการ nitrification, 80 มก./กก. มีผลให้ไส้เดือนตาย

ภายใน 1 เดือน). ผลกระทบนี้ถือได้ว่าเป็นผลกระทบในระยะสั้นและกระทบต่อพื้นที่ส่วนน้อยของสวนลำไยตรงแนวลาดคลองเตรเท่านั้น. เมื่อเวลาผ่านไปคลองเตรจะสูญเสียไปจากดินจนเหลือตกค้างอยู่ในดิน ที่ระดับใดระดับหนึ่งของชั้นดินไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในเวลา 75 ถึง 360 วันหลังจากใส่คลองเตร ยกเว้นดินที่เป็นดินทรายและมีอินทรียวัตถุต่ำบางดินเหลือตกค้างอยู่เกิน 15 มก./กก. แต่ไม่เกิน 35 มก./กก. การมีคลองเตรเหลือตกค้างในดินในระดับนี้ ถ้าเกษตรกรใส่คลองเตร 12 เดือนต่อครั้งก็จะถือว่าในสวนส่วนใหญ่ไม่มีการสะสมคลองเตรข้ามปีที่จะเป็นผลกระทบระยะยาว.

กิจกรรมที่ 10 การศึกษาการปนเปื้อนของคลองเตรในน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในสวนลำไย

10.1 ผลการติดตามการปนเปื้อนของคลองเตรและคลอไรต์ในน้ำใต้ดิน

ได้ส่งท่อ PVC เป็นชุด 4 ท่อ (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม.) ที่มีความยาวและเจาะรูให้น้ำใต้ดินที่ระดับความลึกแตกต่างกันซึมเข้าท่อ (ดังภาพที่ 17) ในทรงพุ่มของต้นลำไยที่ได้เลือกไว้ 4 ต้น (ตามข้อ 9.1) เฉพาะสวนในกลุ่ม 12 สวน. ได้เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในท่อต่างๆ มาวัดปริมาณ ClO_3^- และ ClO_2^- รวม 5 ครั้ง. พบว่ามีเพียง 9 สวนที่มีน้ำใต้ดินปรากฏในท่อ. ผลการวิเคราะห์ปริมาณ ClO_3^- และ ClO_2^- ดังตารางที่ 56.

เมื่อพิจารณาตารางที่ 56 เป็นรายสวนพบว่า ปริมาณคลองเตรในน้ำใต้ดินใน 7 สวนจาก 9 สวนสอดคล้องกับปริมาณคลองเตรที่ตกค้างในดิน คือสวน สกว 2, 12, 14, 15, 18, 19 และ 20. เมื่อปริมาณคลองเตรตกค้างในดินต่ำ คลองเตรในน้ำใต้ดินก็ต่ำด้วย ยกเว้นที่พบ 29.65 มก./ลิตร ในต้นที่ 1 ที่ความลึก 50-75 ซม. ของสวน สกว 18, และ 31.68 มก./ลิตร ในต้นที่ 1 ที่ความลึก 75-90 ซม. ของสวน สกว 19 ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากขึ้นโดยไม่มีการใส่คลองเตรในดินก่อนหน้านี้. เมื่อมีการใส่คลองเตรในสวน สกว 12 เมื่อเดือนพฤศจิกายน 2543 ปริมาณคลองเตรในน้ำใต้ดินในเดือนพฤศจิกายน 2543 ก็สูงตามปริมาณคลองเตรในดินด้วย. เช่นเดียวกันเมื่อมีการใส่คลองเตรในสวน สกว 19 เมื่อเดือนกรกฎาคม 2543 ปริมาณคลองเตรในน้ำใต้ดินในเดือนสิงหาคม ต้นกันยายน และปลายกันยายน 2543 ก็สูงตามปริมาณคลองเตรในดินด้วย. การสูงขึ้นของคลองเตรในน้ำใต้ดินพบสูงขึ้นในบางต้นและบางความลึกเท่านั้น.

ในสวน สกว 4 พบคลองเตรในน้ำใต้ดินที่ความลึก 50 – 75 ซม. ของต้นลำไยต้นหนึ่งคือต้นที่ 4 มีความเข้มข้นสูงกว่าที่พบทั่วไป คือ 110.33 มก./ลิตร เมื่อ 64 วันหลังจากใส่คลองเตร เช่นเดียวกัน ในสวน สกว 30 พบคลองเตรในน้ำใต้ดินที่ความลึก 75-100 ซม. ต้นที่ 1 มีความเข้มข้นสูง 72.76 มก./ลิตร เมื่อ 238 วันหลังจากใส่คลองเตร ทั้งๆ ที่ปริมาณคลองเตรตกค้างในดินในระยะเดียวกันของสวนทั้ง 2 ต่ำมากทุกระดับความลึก. อย่างไรก็ตาม ปริมาณคลองเตรในน้ำใต้ดินนี้ก็ลดลงอย่างรวดเร็วในการวิเคราะห์ครั้งถัดไป ในเวลาอีกประมาณ 1 เดือน.

โดยทั่วไปสรุปได้ว่าปริมาณคลองเตรที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินทุกระดับความลึกในสวนส่วนใหญ่ (7 ใน 9 สวน) มีไม่เกิน 10 มก./กก. หลังจากใส่คลองเตรเกิน 138 วัน. ผลการวิเคราะห์คลอไรต์ (ClO_2^-) ใน 3 ครั้งแรกของการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน ไม่พบคลอไรต์ในน้ำใต้ดินอย่างมีนัยสำคัญ จึงไม่วิเคราะห์คลอไรต์ต่อไปอีก.

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรต์และคลอไรต์ในน้ำใต้ดิน, มก./ลิตร ^{1 2 3}

			1st time May-43		2nd time Jul-43		3rd time Aug-43		4th time Early Sep-43	5th time Late Sep-43	6th time Nov-43
Plantations	Plants	Depth, cm	chlorate	chlorite	chlorate	chlorite	chlorate	chlorite	chlorate	chlorate	chlorate
TRF2			181 days ⁴		244 days						371 days
	1	50-75	-0.42	-0.06	0.11	0.37	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.31
	1	75-100	-0.38	-0.19	0.02	0.35	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.27
	2	50-75	-0.74	0.03	0.02	0.46	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.04
	2	75-100	0.24	1.56	0.25	1.62	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.19
	3	50-75	-0.20	0.44	0.11	1.27	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.50
	3	75-100	-0.11	1.12	0.35	1.04	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.50
	4	50-75	-0.42	-0.16	-0.12	0.49	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.50
	4	75-100	-0.34	-0.17	0.07	0.46	na 1	na 1	na 1	na 1	-0.27
TRF4			138days		22 days		64 days		74 days		149 days
	1	50-75	na2	na2	9.19	0.49	na2	na2	na2	na 1	na2
	1	75-100	na2	na2	0.25	0.43	5.18	-0.35	2.68	na 1	0.03
	1	100-125	-0.16	0.08	0.21	0.35	0.19	-0.38	0.39	na 1	0.87
	1	125-150	-0.51	0.66	0.16	0.98	-0.03	0.82	0.54	na 1	-0.42
	2	50-75	na2	na2	na2	na2	na2	na2	na2	na 1	17.77
	2	75-100	-0.38	0.69	0.21	0.29	0.81	0.01	0.87	na 1	0.18
	2	100-125	-0.20	0.35	0.30	0.55	-0.07	0.55	1.47	na 1	0.34
	2	125-150	-0.20	0.71	0.58	0.46	na2	na2	na2	na 1	-0.04
	3	50-75	na2	na2	na2	na2	1.21	-0.29	2.56	na 1	na2
	3	75-100	-0.38	0.17	1.14	0.29	1.21	-0.26	2.22	na 1	9.70
	3	100-125	-0.25	0.06	7.89	0.23	0.06	-0.41	0.54	na 1	14.93
	3	125-150	-0.38	-0.23	0.58	0.32	25.82	-0.23	11.08	na 1	0.64
	4	50-75	na2	na2	na2	na2	110.33	0.25	35.42	na 1	-0.42
	4	75-100	0.02	0.36	6.95	0.55	2.94	-0.23	3.11	na 1	5.72
	4	100-125	-0.20	0.14	0.58	0.52	2.54	0.19	1.23	na 1	9.47
	4	125-150	-0.20	0.69	0.21	0.32	na2	na2	na2	na 1	0.11
TRF 12			388 days		437 days		486 days		515 days		23 days
	1	50-75	-0.03	0.03	0.35	-0.12	-0.08	na 1	na 1	-0.82	na2
	1	75-100	0.08	-0.22	2.81	0.52	0.01	na 1	na 1	-0.82	6.31
	1	100-125	0.08	-0.28	0.58	0.08	-0.21	na 1	na 1	-0.71	92.27
	1	125-150	0.06	-0.25	0.58	0.06	-0.34	na 1	na 1	-0.82	62.79
	2	50-75	0.23	0.40	0.72	0.14	0.14	na 1	na 1	-0.71	2.04
	2	75-100	0.06	-0.05	0.53	0.17	0.01	na 1	na 1	-1.05	27.72
	2	100-125	0.03	-0.14	0.39	0.23	-0.21	na 1	na 1	-0.37	8.19
	2	125-150	0.01	-0.26	0.39	0.29	0.05	na 1	na 1	-0.26	6.69
	3	50-75	0.03	0.03	4.37	0.72	0.96	na 1	na 1	-0.37	na2
	3	75-100	-0.08	-0.17	0.72	-0.18	0.61	na 1	na 1	-0.37	-0.26
	3	100-125	0.08	-0.14	0.91	-0.12	-0.12	na 1	na 1	-0.71	-0.34
	3	125-150	0.08	-0.14	0.67	-0.09	-0.25	na 1	na 1	-0.26	-0.34
	4	50-75	-0.01	-0.20	2.02	0.23	0.40	na 1	na 1	-0.48	-0.41
	4	75-100	-0.01	-0.19	0.53	0.00	0.01	na 1	na 1	-0.37	26.03
	4	100-125	0.08	-0.23	0.58	-0.06	-0.04	na 1	na 1	-0.37	-0.26
	4	125-150	0.08	0.01	0.63	0.00	-0.12	na 1	na 1	-0.37	-0.41

¹ na1 ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำครั้งนั้นมาวิเคราะห์

² na2 ไม่มีน้ำใต้ดินปรากฏในท่อและความลึกนั้น

³ หลังการวิเคราะห์ครั้งที่ 3 ไม่ได้วิเคราะห์คลอไรต์อีก เนื่องจากไม่พบคลอไรต์อย่างมีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ 3 ครั้งแรก

⁴ จำนวนวันหลังการใส่คลอไรต์

Plantations	Plants	Depth, cm	1st time		2nd time		3rd time		4th time	5th time	6th time
			May-43	chlorite	Jul-43	chlorite	Aug-43	chlorite	Early Sep-43	Late Sep-43	Nov-43
			chlorate		chlorate		chlorate		chlorate		chlorate
TFR14			310 days ⁴		365 days		400 days			434 days	
	1	50-75	-0.16	-0.58	na2	na2	-0.11	-0.06	na1	-0.86	na1
	1	75-100	-0.11	-0.08	-0.28	0.17	-0.03	0.00	na1	-0.86	na1
	1	100-125	-0.47	-0.28	-0.33	0.07	-0.11	0.31	na1	-0.94	na1
	1	125-150	0.02	-0.14	0.26	0.07	-0.03	0.00	na1	-0.86	na1
	2	50-75	-0.29	4.07	-0.24	2.90	-0.07	3.90	na1	-0.79	na1
	2	75-100	-0.25	3.69	-0.33	4.27	-0.11	5.16	na1	-0.94	na1
	2	100-125	-0.51	0.21	-0.33	0.13	-0.07	0.34	na1	-0.86	na1
	2	125-150	-0.20	-0.27	-0.16	-0.16	-0.07	-0.44	na1	-0.94	na1
	3	50-75	-0.11	-0.16	0.90	-0.06	-0.11	-0.03	na1	-0.94	na1
	3	75-100	-0.34	0.05	0.05	0.53	-0.07	-0.13	na1	-0.71	na1
	3	100-125	-0.20	0.33	-0.07	-0.16	-0.15	-0.44	na1	-0.79	na1
	3	125-150	-0.11	0.13	-0.03	0.10	-0.03	-0.30	na1	-0.79	na1
	4	50-75	-0.07	2.85	0.18	4.81	-0.03	8.31	na1	-0.71	na1
	4	75-100	-0.20	2.35	0.10	0.23	-0.03	0.38	na1	-0.71	na1
	4	100-125	-0.16	1.27	0.05	1.81	-0.03	2.55	na1	-0.79	na1
	4	125-150	-0.38	0.30	0.22	-0.16	0.23	4.38	na1	-0.56	na1
TFR15			171 days		230 days		261 days			295 days	374 days
	1	50-75	na2	na2	9.07	1.81	0.02	3.94	na1	0.94	na2
	1	75-100	2.55	0.43	-0.07	0.17	0.79	3.94	na1	-0.71	-0.02
	1	100-125	-0.42	-0.11	0.10	0.10	0.61	0.65	na1	-0.86	-0.09
	1	125-150	-0.25	-0.16	-0.03	0.13	-0.03	0.72	na1	-0.71	-0.17
	2	50-75	na2	na2	na2	na2	1.68	0.82	na1	4.64	na2
	2	75-100	1.75	0.10	3.17	0.20	3.69	0.99	na1	2.00	na2
	2	100-125	3.99	0.63	0.14	0.04	-0.03	-0.03	na1	-0.11	-0.02
	2	125-150	-0.11	-0.16	0.22	0.17	-0.03	-0.03	na1	-0.64	-0.25
	3	50-75	na2	na2	3.04	0.63	5.70	4.99	na1	-0.79	na2
	3	75-100	1.39	0.00	0.26	0.50	0.66	3.19	na1	0.12	-0.17
	3	100-125	-0.11	0.38	1.06	-0.10	0.19	0.27	na1	-0.56	-0.17
	3	125-150	-0.16	-0.06	6.67	1.22	-0.11	3.53	na1	-0.64	-0.25
	4	50-75	na2	na2	0.35	0.07	-0.11	0.11	na1	-0.34	na2
	4	75-100	-0.07	0.54	0.05	0.40	-0.20	0.27	na1	-0.49	-0.17
	4	100-125	-0.07	-0.01	0.52	0.00	-0.11	0.07	na1	-0.56	-0.17
	4	125-150	-0.47	-0.12	0.22	-0.03	-0.33	-0.10	na1	-0.41	-0.02
TRF18			142 days		205 days		240 days			269 days	322 days
	1	50-75	29.65	0.54	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	1	75-100	-0.08	-0.17	2.67	0.61	na2		na1	2.35	-0.18
	1	100-125	0.17	-0.13	0.07	0.52	0.27		na1	0.54	0.43
	1	125-150	0.64	0.60	-0.16	1.04	-0.21		na1	-0.48	-0.26
	2	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	2	75-100	0.10	0.01	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	2	100-125	0.14	-0.20	na2	na2	na2		na1	0.08	6.31
	2	125-150	4.57	0.17	-0.30	0.84	na2		na1	0.20	1.51
	3	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	3	75-100	1.12	-0.43	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	3	100-125	3.14	-0.02	na2	na2	na2		na1	1.45	-0.26
	3	125-150	na2	na2	-0.30	0.95	na2		na1	-0.37	0.13
	4	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	4	75-100	1.27	-0.05	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	4	100-125	0.08	-0.14	na2	na2	na2		na1	-0.26	-0.49
	4	125-150	1.69	-0.20	0.39	0.90	na2		na1	-0.26	-0.41

1 na1 ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำครึ้นนมาวเคราะห์

2 na2 ไม่มีน้ำใต้ดินปรากฏในท่อและความลึกนั้น

3 หลังการวิเคราะห์ครั้งที่ 3 ไม่ได้วิเคราะห์คลอไรต์อีก เนื่องจากไม่พบคลอไรต์อย่างมีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ 3 ครั้งแรก

4 จำนวนวันหลังการใส่คลอไรด์

ตารางที่ 56 ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรต์และคลอไรต์ในน้ำใต้ดิน, มก./ลิตร (ต่อ)^{1 2 3}

			1st time		2nd time		3rd time		4th time	5th time	6th time
Plantations	Plants	Depth, cm	May-43		Jul-43		Aug-43		Early Sep-43	Late Sep-43	Nov-43
			chlorate	chlorite	chlorate	chlorite	chlorate	chlorite	chlorate	chlorate	chlorate
TRF19			228 days ⁴		277 days		43 days		46 days	72 days	125 days
	1	50-75	2.39	0.11	0.25	0.37	106.32		90.87	6.32	-0.57
	1	75-100	0.30	-0.17	31.60	0.26	67.38		41.17	19.48	-0.49
	1	100-125	5.32	0.44	4.61	0.35	5.41		9.82	1.79	-0.03
	1	125-150	7.25	1.12	0.11	0.43	13.31		18.09	5.19	0.59
	2	50-75	na2	na2	5.95	0.78	na2		na2	11.03	na2
	2	75-100	0.10	0.04	2.63	0.55	115.54		54.01	5.53	-0.26
	2	100-125	3.97	0.60	0.35	0.46	4.03		20.69	0.54	-0.41
	2	125-150	3.67	0.55	1.05	0.58	8.23		6.51	17.67	3.20
	3	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na2	-0.03	na2
	3	75-100	2.11	-0.05	0.58	0.49	0.01		0.52	-0.37	-0.57
	3	100-125	1.20	-0.06	3.47	0.46	0.31		0.09	0.31	-0.72
	3	125-150	0.10	-0.26	1.23	0.37	0.01		-0.24	-0.03	-0.64
	4	50-75	-0.01	0.32	3.84	0.32	0.18		0.98	-0.48	na2
	4	75-100	0.98	0.04	0.67	0.26	-0.25		0.55	-0.94	-0.57
	4	100-125	0.17	-0.08	1.37	0.32	1.00		1.25	-0.26	-0.57
	4	125-150	1.31	0.09	5.00	0.26	0.74		0.99	-0.60	-0.57
TRF20			164 days		223 days		262 days			291 days	344 days
	1	50-75	0.96	-0.13	na2	na2	na2		na1	na2	na1
	1	75-100	0.14	-0.11	-0.26	0.52	0.53		na1	-0.71	-0.64
	1	100-125	0.17	-0.25	-0.30	0.37	0.01		na1	-0.82	-0.72
	1	125-150	0.10	0.03	-0.02	0.46	0.22		na1	-0.48	-0.87
	2	50-75	1.09	-0.25	na2	na2	na2		na1	na2	na2
	2	75-100	0.34	-0.26	-0.07	0.49	0.22		na1	1.56	-0.34
	2	100-125	1.53	-0.34	0.44	0.43	0.87		na1	-0.37	-0.87
	2	125-150	0.39	-0.08	0.16	0.46	3.81		na1	-0.26	-0.64
	3	50-75	2.81	-0.29	na2	na2	na2		na1	1.45	na2
	3	75-100	2.08	0.07	-0.16	0.61	-0.08		na1	-0.48	-0.64
	3	100-125	2.09	0.21	0.11	0.35	0.01		na1	3.26	2.66
	3	125-150	0.17	0.41	0.25	0.49	-0.04		na1	0.20	-0.34
	4	50-75	0.14	-0.20	na2	na2	-0.30		na1	-0.03	na2
	4	75-100	0.06	0.01	-0.07	0.46	0.27		na1	1.45	-0.34
	4	100-125	0.52	0.29	-0.16	0.29	-0.25		na1	-0.26	-0.41
	4	125-150	0.06	0.64	0.30	0.43	0.70		na1	-0.26	-0.41
TFR30			160 days		213 days		238 days		275 days	320 days	354 days
	1	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na2	na2	na2
	1	75-100	5.84	0.01	na2	na2	72.76		38.79	na2	na2
	1	100-125	0.92	0.36	na2	na2	0.17		3.84	na2	0.67
	1	125-150	-0.15	0.23	16.54	4.70	0.44		1.25	na2	1.36
	2	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na2	na2	na2
	2	75-100	3.23	0.01	na2	na2	8.47		6.54	na2	na2
	2	100-125	0.24	-0.19	1.32	0.90	1.40		2.33	na2	9.83
	2	125-150	-0.08	-0.11	0.81	0.43	0.53		0.98	na2	0.06
	3	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na2	na2	na2
	3	75-100	45.34	-0.13	na2	na2	38.62		15.64	5.75	na2
	3	100-125	0.90	0.17	0.44	0.66	14.58		9.11	-0.11	0.83
	3	125-150	-0.31	0.07	0.39	0.52	0.71		2.31	5.14	8.37
	4	50-75	na2	na2	na2	na2	na2		na2	na2	na2
	4	75-100	2.64	0.15	na2	na2	5.71		4.56	na2	na2
	4	100-125	5.27	0.00	8.28	0.46	4.89		1.32	na2	0.44
	4	125-150	0.08	-0.08	6.09	1.30	20.75		7.43	na2	4.12

¹ na1 ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำครั้งนี้มาวิเคราะห์

² na2 ไม่มีน้ำใต้ดินปรากฏในท่อและความลึกนั้น

³ หลังการวิเคราะห์ครั้งที่ 3 ไม่ได้วิเคราะห์คลอไรต์อีก เนื่องจากไม่พบคลอไรต์อย่างมีนัยสำคัญในการวิเคราะห์ 3 ครั้งแรก

⁴ จำนวนวันหลังการใส่คลอเรต

10.2 ผลการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดิน

ในจำนวนสวนในกลุ่ม 12 สวนที่ศึกษา มี 5 สวนที่มีแหล่งน้ำผิวดินที่อยู่ติดต้นลำไยที่ใส่คลอเรต ประกอบด้วยสระน้ำ และคูระหว่างร่องปลูกลำไย ได้เก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำเหล่านี้มาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรต 3 ครั้งในเดือนสิงหาคม กันยายน และพฤศจิกายน 2543. ลักษณะของแหล่งน้ำและผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตแสดงในตารางที่ 57. ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 57 แสดงให้เห็นว่าไม่มีคลอเรตตกค้างในแหล่งน้ำที่ติดอยู่กับกลุ่มต้นลำไยที่ใส่คลอเรต แม้ในระยะ 1 เดือนหลังจากใส่คลอเรต ซึ่งพบคลอเรตตกค้างอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก (สวน สกว 1 และ 12).

ตารางที่ 57 ลักษณะของแหล่งน้ำและผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในแหล่งน้ำ

สวนและลักษณะแหล่งน้ำ	ปริมาณคลอเรต และ จำนวนวันหลังใส่คลอเรต		
	สิงหาคม	กันยายน	พฤศจิกายน
สกว 1 สระน้ำขนาด 20 × 40 เมตร อยู่ท้ายสวน	-0.19 มก./กก. (2 วัน)	-0.38 มก./กก. (30 วัน)	-0.27 มก./กก. (80 วัน)
สกว 4 สระน้ำขนาด 5 × 5 เมตร อยู่ข้างสวน	-0.08 มก./กก. 64 วัน	0.19 มก./กก. (90 วัน)	-0.41 มก./กก. (155 วัน)
สกว 12 คูกว้าง 2 เมตร ระหว่างร่องปลูกลำไย 6 เมตร	-0.23 มก./กก. (468 วัน)	-0.32 มก./กก. (515 วัน)	-0.36 มก./กก. (22 วัน)
สกว 19 สระน้ำขนาด 5 × 20 เมตร อยู่ข้างสวน	0.11 มก./กก. (43 วัน)	-0.60 มก./กก. (72 วัน)	-0.09 มก./กก. (125 วัน)
สกว 20 คูกว้าง 1.5 เมตร ระหว่างร่องปลูกลำไย 6 เมตร	-0.14 มก./กก. (262 วัน)	-0.26 มก./กก. (291 วัน)	-0.19 มก./กก. (344 วัน)

กิจกรรมที่ 11 การศึกษาการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดิน

11.1 คำนำ

เมื่อการใส่คลอเรตให้ผลที่ต้องการ คือทำให้ลำไยออกดอกแล้ว โดยปรกติมักจะออกดอกภายใน 1 เดือน. หลังจากนั้นก็จะจัดการให้คลอเรตที่เหลือตกค้างอยู่ในดินสลายตัวสูญหายไปจากดินจนหมดโดยเร็วที่สุด. เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อต้นลำไย (ที่อาจจะมิ) ให้เหลือน้อยที่สุด. จึงได้ทดลองหาวัสดุชนิดต่างๆ ที่คาดว่าจะเป็นตัวกระตุ้นให้จุลินทรีย์ดินทำงานได้ดีขึ้น (ผลการทดลองในหัวข้อ 4.2.2 แสดงให้เห็นว่าการสลายตัวของคลอเรตเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์เท่านั้น). วัสดุเหล่านี้จะเป็นของเหลวหรือเป็นของแข็งที่ละลายน้ำได้ง่าย เพื่อให้สามารถรดและซึมเข้าไปในชั้นดินที่มีคลอเรตตกค้างอยู่ได้อย่างสะดวก.

ในการทดลองนี้ได้พิจารณาใช้วัสดุ 3 ประเภท โดยมีวัตถุประสงค์ของการใช้วัสดุแต่ละชนิดดังนี้

1. น้ำกากส่า (น้ำเหลือทิ้งจากโรงงานสุราที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบ ซึ่งมีน้ำตาลปนอยู่ประมาณ 1 %) เพื่อให้เป็นแหล่งคาร์บอนแก่จุลินทรีย์. แต่ขณะทดลองโรงงานสุราที่เชียงใหม่หุุดผลิตสุรา ไม่มีน้ำกากส่า จึงใช้น้ำกากน้ำตาล – molasses ซึ่งมีน้ำตาลอยู่ 50 % มาผสมน้ำ 33 เท่าให้มีน้ำตาลเหลือ 1.5 %).

2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ (liquid organic fertilizers, ที่นิยมเรียกกันว่าปุ๋ยน้ำชีวภาพ) และจุลินทรีย์ (ที่มีขายในตลาด) เพื่อให้เป็นแหล่งของตัวจุลินทรีย์

3. ยูเรีย เพื่อให้เป็นแหล่งไนโตรเจน

ได้ทำการทดลอง 4 การทดลอง โดยทดลองในห้องปฏิบัติการ 2 การทดลอง และทดลองในสวนลำไย อีก 2 การทดลอง.

11.2 การทดลองที่ 1 การทดลองในห้องปฏิบัติการ 1

11.2.1 วิธีการ

การทดลองนี้ประกอบด้วยสารละลายสูตรต่างๆ 10 สูตร ดังในปรากฏในตารางที่ 58 และ 59 และทดลองกับดิน 5 ชนิด คือ ดินหางคอง ดินน้ำพอง ดินราชบุรี ดินท่าตะโก และดินแม่แตง. แต่ละหน่วยการทดลองใช้ดิน 20 กรัม ทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยมีขั้นตอนการทดลองโดยสังเขปดังต่อไปนี้

- ผสมดิน 20 กรัมกับสารละลายสูตรต่างๆ ที่มีโพแทสเซียมคลอเรตอยู่ด้วย อัตรา 200 มก./กก. (4 มก./ดิน 20 กรัม) โดยใช้สารละลายพอให้ดินชื้นเท่ากับความจุในสนามโดยประมาณ.
- บ่มไว้ในขวดพลาสติกขนาด 120 มล. ปิดฝาหลวมๆ พอให้อากาศถ่ายเทได้.
- เมื่อบ่มได้ 15 และ 30 วันจึงนำดินมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรต.

11.2.2 ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตเมื่อ 15 และ 30 วันแสดงในตารางที่ 58 และ 59 ตามลำดับ. ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตเมื่อ 15 วันของดินน้ำพอง ดินท่าตะโกและดินแม่แตงผันแปรมาก (พบว่ามีความคลอเรตมากกว่า 200 มก./กก. คือมากกว่าที่ใส่ไว้ในหลายสูตร. ภายหลังพบว่าทุกครั้งที่นำสารที่กรองได้จากการสกัดคลอเรตไปเก็บคั่งคั่นไว้ในตู้เย็น ก่อนจะพัฒนาสีในวันรุ่งขึ้น จะได้ผลการวิเคราะห์ที่แปรปรวนและมากกว่าค่าที่ควรจะเป็นมาก) จึงไม่เสนอข้อมูลในตารางที่ 58. ข้อมูลในตารางที่ 58 และ 59 ชี้ให้เห็นว่าสารละลายของกากน้ำตาลอย่างเดียวกันทำให้คลอเรตสลายตัวได้มากกว่าสารละลายที่ผสมวัสดุอื่นๆ ด้วยอย่างเด่นชัดในทุกดิน ยกเว้นดินในแม่แตงที่คลอเรตในดินนี้สลายตัวได้เร็ว (ดูหัวข้อ 3.2). ขณะที่สูตรอื่นๆ ไม่ค่อยแตกต่างกัน. ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของคลอเรตเมื่อ 15 วันจากดินทั้ง 2 ชนิดและทุกสูตรยกเว้นสูตรที่มีแต่กากน้ำตาลอย่างเดียวกันเท่ากับ 38.16 มก./กก. ขณะที่ค่าเฉลี่ยจากดินทั้ง 2 ชนิดของสูตรกากน้ำตาลอย่างเดียวกันเท่ากับ 110.93 มก./กก. จึงเห็นได้ว่าการสลายตัวของคลอเรตที่ได้รับกากน้ำตาลอย่างเดียวกันมากกว่าของสูตรอื่นๆ ที่มีวัสดุต่างๆ และยูเรียผสมกับกากน้ำตาลถึง 2.90 เท่า. ข้อมูลลักษณะเดียวกันนี้เมื่อ 30 วันเท่ากับ 1.65 เท่า. น่าเสียดายที่ในการทดลองนี้ไม่มีสูตรน้ำธรรมดาเพื่อเป็นตัว control ด้วย.

โดยสรุปผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากากน้ำตาลส่งเสริมการสลายตัวของคลอเรต. แต่เมื่อมียูเรียและวัสดุอื่นผสมอยู่ด้วยกลับทำให้ความสามารถส่งเสริมการสลายตัวของคลอเรตของน้ำตาลลดลง หรือไม่ส่งเสริมการสลายตัวของคลอเรต. Bowser and Newton(1935) พบว่าเมื่อผสมคั้นอัลฟัลฟาบกับดินจะทำให้คลอเรตสลายตัวอย่างรวดเร็ว. นั่นคืออินทรีย์วัตถุที่ถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ได้ง่ายส่งเสริมการสลายตัวของคลอเรต.

ตารางที่ 58 ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวจากที่ผสมไว้ 200 มก./กก. เมื่อผสมและบ่มดินกับสารละลายสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 15 วัน

สูตรสารละลายเร่งการสลายตัวของคลอเรต	ดินหางดง	ดินราชบุรี	เฉลี่ย*
กากน้ำตาลผสมน้ำ 33 เท่าให้มีน้ำตาลอยู่ 1.5 %	108.17b	113.68 b	110.93 a
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1%	67.93 ab	25.73 a	46.83 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + ฮิวโมส 1%	39.01 a	10.66 a	24.84 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + EM 2%	39.88 a	26.71 a	33.30 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำสกัดหอยเชอรี่ 1 2%	53.64 ab	45.11 a	49.38 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำสกัดหอยเชอรี่ 2 2%	17.41 a	37.64 a	27.53 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + จุลินทรีย์ 1 1%	58.17 ab	62.67 a	60.42 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + จุลินทรีย์ 2 1%	39.36 a	48.46 ab	43.91 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำปุ๋ยหมัก 1%	32.91 a	20.86 a	26.89 b
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำปุ๋ยคอก 1%	38.66 a	22.03 a	30.35 b
เฉลี่ยจากทุกสูตร ยกเว้นสูตรกากน้ำตาลอย่างเดียว	42.99	33.32	38.16

* ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างชนิดดินกับสารละลายสูตรต่าง ๆ ไม่สำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 59 ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวจากที่ผสมไว้ 200 มก./กก. เมื่อผสมและบ่มดินกับสารละลายสูตรต่าง ๆ เป็นเวลา 30 วัน

สูตรสารละลายเร่งการสลายตัวของคลอเรต	ดินหางดง	ดินนำพอง	ดินราชบุรี	ดินท่าตะโก	ดินแม่แตง	เฉลี่ย*
กากน้ำตาลผสมน้ำ 33 เท่าให้มีน้ำตาลอยู่ 1.5 %	131.06 d	49.07 c	150.30 d	75.63 c	114.63b	104.14
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1%	93.34 abc	41.79 bc	91.62 c	21.11 a	84.95 ab	66.56
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + ฮิวโมส 1%	85.595 abc	26.41 abc	79.62 abc	28.18 ab	74.08 a	58.78
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + EM 2%	106.138 cd	30.05 abc	85.48 abc	63.55 c	97.77 ab	76.60
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำสกัดหอยเชอรี่ 1 2%	102.265 bcd	36.83 abc	78.75 abc	63.04 c	92.23 ab	74.62
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำสกัดหอยเชอรี่ 2 2%	66.057 a	14.84 ab	66.00 abc	43.08 abc	91.16 ab	56.23
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + จุลินทรีย์ 1 1%	67.575 ab	5.18 a	89.84 bc	57.80 bc	95.64 ab	63.14
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + จุลินทรีย์ 2 1%	63.872 a	3.43 a	56.38 abc	54.06 abc	100.48 ab	55.64
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำปุ๋ยหมัก 1%	65.58 a	6.57 ab	53.47 a	64.94 c	95.64 ab	57.24
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% + น้ำปุ๋ยคอก 1%	71.45 abc	6.57 ab	54.44 ab	65.97c	96.68 ab	59.02
เฉลี่ยจากทุกสูตร ยกเว้นสูตรกากน้ำตาลอย่างเดียว	80.21	19.07	72.85	51.31	92.07	63.10

* ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างชนิดดินกับสารละลายสูตรต่าง ๆ สำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

11.3 การทดลองที่ 2 การทดลองในห้องปฏิบัติการ 2

11.3.1 วิธีการ

การทดลองนี้ประกอบสารละลาย 6 สูตร ดังในปรากฏในตารางที่ 60 และ 61 ซึ่งมีน้ำอยู่ด้วยเพื่อเป็น control ทดลองกับกิน 4 ชนิด คือ ดินน้ำพอง ดินราชบุรี ดินท่าศาลา และดินแม่แดง. แต่ละหน่วยการทดลองใช้ดิน 20 กรัม ทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยมีขั้นตอนการทดลองโดยสังเขปดังต่อไปนี้

- ผสมดิน 20 กรัมกับสารละลายสูตรต่างๆ พอให้ดินชื้นเท่ากับความจุในสนามโดยประมาณ โดยผสมโพแทสเซียมคลอเรตด้วยอัตรา 200 มก./กก. (4 มก. ต่อดิน 20 กรัม).
- บ่มไว้ในขวดพลาสติกขนาด 120 มล. ปิดฝาหลวมๆ พอให้อากาศถ่ายเทได้.
- เมื่อบ่มได้ 15, 30 และ 45 วันจึงนำดินมาวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต.

11.3.2 ผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตเมื่อบ่มได้ 15 และ 45 วันแสดงในตารางที่ 60 และ 61 ตามลำดับ. ในที่นี้ไม่ได้แสดงปริมาณคลอเรตที่วิเคราะห์เมื่อบ่มได้ 30 วัน เนื่องจากค่าวิเคราะห์แปรปรวนมาก และได้มากกว่า 200 มก./กก. ที่ใส่ไว้ (พบว่าทุกครั้งที่นำสารที่กรองได้จากการสกัดคลอเรตไปเก็บค้างคืนไว้ในตู้เย็น ก่อนจะพัฒนาสีในวันรุ่งขึ้น จะได้ผลการวิเคราะห์ที่แปรปรวนและมากกว่าค่าที่ควรจะเป็นมาก). เมื่อพิจารณาข้อมูลในตารางที่ 60 และ 61 พบว่าสูตรสารละลายที่ไม่มียูเรียอยู่ด้วย ได้แก่สูตรของกากน้ำตาลอย่างเดียวและกากน้ำตาล + น้ำปุ๋ยหมัก ทำให้คลอเรตสลายตัวได้ใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มสลายได้มากกว่าน้ำ (control) และสารละลายสูตรที่มียูเรียผสมอยู่ด้วย. นอกจากนี้ยังพบว่าการสลายตัวของคลอเรตเมื่อมีสารละลายยูเรีย 1 % (อย่างเดียว) อยู่ด้วยเกิดได้ช้าที่สุดในเกือบทุกดิน. ผลการทดลองที่จึงชี้ว่าขณะที่น้ำตาลมีผลให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วขึ้น กลับมีแนวโน้มว่ายูเรียมีผลให้คลอเรตสลายตัวได้ช้าลง.

11.3.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

Minotti *et al.* (1969) ศึกษาเกี่ยวกับดินกล้ำของข้าวสาลีที่ขาดไนโตรเจน (nitrogen starved) พบว่า NH_4^+ ขัดขวางการดูดกิน NO_3^- . ทำนองเดียวกัน Dortch and Conway (1984), Blasco and Conway (1982) และ Cresswell and Syrett (1979) ก็พบว่าการมี NH_4^+ อยู่ในน้ำทำให้แฟลงค์คอนฟิซดูดกิน NO_3^- ได้น้อยลง. เนื่องจาก ClO_3^- มีพฤติกรรมเหมือน NO_3^- (nitrate analogue) จึงมีเหตุผลที่น่าจะเชื่อว่า NH_4^+ จะขัดขวางการดูดกิน ClO_3^- ของพืชด้วย. ผลการทดลองเบื้องต้นของ Couture and Roussel (unpublished results) แสดงให้เห็นว่า NH_4^+ ลดความเป็นพิษของ ClO_3^- ต่อแฟลงค์คอนฟิซ. ดังนั้นคำอธิบายถึงปรากฏการณ์ที่พบว่าการเติมยูเรียลงในสูตรสารละลายเพื่อเร่งการสลายคลอเรตนั้นมีผลให้คลอเรตสลายตัวได้ช้าลง (พบคลอเรตเหลืออยู่มากกว่าเมื่อไม่เติมยูเรีย) นั้นเป็นเพราะว่ายูเรียขัดขวางการดูดกินคลอเรตของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นสมมุติฐานที่น่าจะได้ศึกษาต่อไป. เมื่อยูเรียขัดขวางการดูดกินคลอเรตของจุลินทรีย์ ทำให้คลอเรตไม่สลายตัว จึงไม่สามารถสรุปได้ว่าวัสดุอื่นๆ ที่ใส่ควบไปกับกากน้ำตาลและยูเรียในการทดลองที่ 1 ไม่สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรต จะต้องมีการทดลองใช้วัสดุเหล่านั้นเดี่ยวๆ หรือควบกับกากน้ำตาลโดยไม่เติมยูเรียต่อไป.

ตารางที่ 60 ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวจากที่ผสมไว้ 200 มก. /กก. เมื่อผสมและบ่มดินกับสารละลายสูตรต่างๆ เป็นเวลา 15 วัน

สูตรสารละลายเร่งการสลายตัวของคลอเรต	ดินน้ำพอง	ดินราชบุรี	ดินตากลี	ดินแม่แตง	เฉลี่ย*
กากน้ำตาลผสมน้ำ 33 เท่าให้มีน้ำตาลอยู่ 1.5 %	36.02 b	51.28 c	88.43 c	65.71a	60.36 c
กากน้ำตาล + น้ำปุ๋ยหมัก 1 %	3.76 a	46.14 bc	70.68 bc	52.61 a	43.30 b
น้ำ (ธรรมดา)	2.49 a	22.32 ab	32.71 a	65.04 a	30.64 ab
ยูเรียละลายน้ำ 1 %	2.18 a	12.31 a	28.73 a	40.50 a	20.93 a
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1%	1.70 a	24.26 abc	44.48 ab	68.36 a	34.70 ab
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% น้ำปุ๋ยหมัก 1 %	-7.20 a	6.18 a	43.32 ab	61.56 a	25.96 a
เฉลี่ย	6.49	27.08	51.39	58.96	37.23

* ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างชนิดดินกับสารละลายสูตรต่าง ๆ ไม่สำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 61 ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวจากที่ผสมไว้ 200 มก. /กก. เมื่อผสมและบ่มดินกับสารละลายสูตรต่างๆ เป็นเวลา 45 วัน

สูตรสารละลายเร่งการสลายตัวของคลอเรต	ดินน้ำพอง	ดินราชบุรี	ดินตากลี	ดินแม่แตง	เฉลี่ย*
กากน้ำตาลผสมน้ำ 33 เท่าให้มีน้ำตาลอยู่ 1.5 %	48.88 c	107.33 d	154.24 d	147.32 c	114.44
กากน้ำตาล + น้ำปุ๋ยหมัก 1 %	47.71c	83.46 c	122.63 c	155.22 c	102.25
น้ำ (ธรรมดา, control)	29.33 a	56.14 b	80.33 b	120.55 b	71.58
ยูเรียละลายน้ำ 1 %	33.43 ab	38.69 a	54.00 a	95.31 a	55.35
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1%	37.37 abc	54.99 b	92.35 b	116.71 b	75.35
กากน้ำตาล+ ยูเรีย 1% น้ำปุ๋ยหมัก 1 %	43.36 bc	55.97 b	80.99 b	117.69 b	74.50
เฉลี่ย	40.01	66.09	97.42	125.47	82.25

* ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างชนิดดินกับสารละลายสูตรต่าง ๆ สำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %

11.4 การทดลองที่ 3 การทดลองในสนาม 1

11.4.1 วิธีการ

- การทดลองเป็นแบบ 2×2 factorial ประกอบด้วย การรดคลอเร็ต 2 อัตราคือ 200 มก./กก. (156 กรัม/4 ม².) และ 400 มก./กก. (312 กรัม/ 4 ม².) และการเร่งการสลายของคลอเร็ต 2 วิธี คือ สารละลายกากน้ำตาลอัตราส่วน กากน้ำตาลต่อน้ำ 1: 50 (มีน้ำตาล 1 % โดยประมาณ) เปรียบเทียบกับน้ำธรรมดา.
- การทดลองทำในพื้นที่ 2×2 ม. 4 ซ้ำในดินน้ำพอง.
- การรดคลอเร็ตทำโดยผสมโพแทสเซียมคลอเร็ต 156 กรัมกับน้ำ 20 ลิตร แล้วรดในพื้นที่ 4 ม². สำหรับอัตรา 200 มก./กก. ผสมและ 312 กรัมกับน้ำ 40 ลิตรแล้วรดสำหรับอัตรา 400 มก./กก. รดคลอเร็ตเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2544.
- หลังจากรดคลอเร็ตได้ 7 วันจึงรดสารเร่งการสลาย โดยรดสารละลายกากน้ำตาลและน้ำอัตรา 40 ลิตร/4 ม².
- หลังจากรดสารละลายกากน้ำตาลและน้ำได้ 7 และ 14 วันได้จึงเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเร็ต โดยแบ่งเก็บเป็นชั้นๆ ที่ความลึก 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-20 ซม.
- ตารางที่ 62 แสดงตารางเวลากิจกรรมและปริมาณฝนระหว่างการทดลอง

ตารางที่ 62 แสดงตารางเวลากิจกรรมและปริมาณฝนระหว่างการทดลอง

วันที่	กิจกรรมและฝน
26-27 พฤษภาคม 2544	ฝนตกรวม 107 มม.
29 พฤษภาคม 2544	รดคลอเร็ต
2-3 พฤษภาคม 2544	ฝนตกรวม 18.3 มม.
4 พฤษภาคม 2544	รดน้ำและสารละลายกากน้ำตาล
11 พฤษภาคม 2544	เก็บตัวอย่างดินเมื่อ 7 วันหลังรดน้ำและสารละลายกากน้ำตาล
18 พฤษภาคม 2544	เก็บตัวอย่างดินเมื่อ 14 วันหลังรดน้ำและสารละลายกากน้ำตาล

11.4.2 ผลการทดลอง

ปริมาณคลอเร็ตที่วิเคราะห์ได้ในภายในชั้นดิน 0-20 ซม. เมื่อ 7 และ 14 วันหลังจากรดสารเร่งการสลายคลอเร็ตแสดงในตารางที่ 63. ปริมาณคลอเร็ตที่วิเคราะห์ได้ในชั้นดิน 0-20 ซม.ของดินที่รดด้วยกากน้ำตาลผสมน้ำ 1: 50 ใกล้เคียงกับที่รดด้วยน้ำ(ธรรมดา) มาก ทั้งเมื่อ 7 และ 14 วันหลังจากรด. การวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าปริมาณคลอเร็ตที่พบในดินที่รดด้วยกากน้ำตาลและน้ำไม่แตกต่างกัน. ผลการทดลองในสนามนี้จึงขัดแย้งกับการทดลองในห้องปฏิบัติการที่พบว่ากากน้ำตาลช่วยให้การสลายตัวของคลอเร็ตเร็วกว่าน้ำ.

ภาพที่ 18 และ 19 แสดงการกระจายของคลอเรตในชั้นดินเมื่อ 7 และ 14 วันหลังจากการกระจายคลอเรต. พบว่าในดินที่รดด้วยสารละลายกากน้ำตาลและน้ำมีคลอเรตกระจายอยู่ในชั้นดินแต่ละชั้นใกล้เคียงหรือเท่าๆ กัน. ในทั้ง 2 ระยะเวลาที่เก็บตัวอย่างดินและและทั้ง 2 ความเข้มข้นของคลอเรตที่รด พบว่าคลอเรตอยู่ที่ดินชั้นบนมากที่สุด และกระจายอยู่ตื้นลงเมื่อความลึกของดินมากขึ้น. การกระจายของคลอเรตนี้ สอดคล้องกับผลการตรวจวัดคลอเรตในสวนลำไยของเกษตรกรหลายๆ สวน.

11.4.3 วิจัยรณผลการทดลอง

คำอธิบายสำหรับความขัดแย้งระหว่างผลการทดลองในห้องปฏิบัติการกับการทดลองนี้คือ เมื่อผสมสารละลายสูตรต่างๆ กับดินในการทดลองที่ 1 และ 2 ในห้องปฏิบัติการนั้นเป็นการผสมกับดินแห้ง เมื่อผสมแล้วจะได้ระดับความชื้นประมาณความจุในสนาม จากนั้นบ่มอยู่กับที่. วัสดุต่างๆ รวมทั้งกากน้ำตาลที่ผสมอยู่กับสารละลายแต่ละสูตรนั้นได้สัมผัสอยู่กับดินตรงตามความเข้มข้นที่คำนวณไว้ตลอดเวลาที่บ่ม. ปริมาณสารละลายที่ทำให้ดินน้ำพองแห้ง 20 กรัมมีความชื้นที่ความจุในสนามคือ 3 มล. ซึ่งเมื่อคำนวณเป็นปริมาณสารละลายต่อพื้นที่ 1 ตารางเมตร ลึก 15 ซม. เท่ากับ 22.5 ลิตร. ในการทดลองในสนามนี้รดดินด้วยสาร 10 ลิตรต่อตารางเมตร. ถ้ารดสารละลายอัตรานี้เมื่อดินแห้ง สารละลายก็จะเคลื่อนที่ลงในดิน(ทำให้ดินเปียก)ได้ลึกไม่เกิน 15 ซม. และไม่เคลื่อนลงลึกต่อไปอีกถ้าไม่มีฝนตก ปริมาณน้ำตาลที่ผสมกับดินก็จะตรงตามสูตรที่กำหนด. แต่ความเป็นจริงในการทดลองนี้ การรดน้ำและสารละลายต่างๆ เพียง 1-2 วันหลังฝนตกปานกลาง ดินชั้นบนจึงน่าจะมีความชื้นประมาณความจุในสนามหรือมากกว่าอยู่แล้ว. น้ำและสารละลายกากน้ำตาลที่รดจึงซึมได้ลึกและน้ำตาลถูกเชื้อจากจนไม่มีผลให้จุลินทรีย์มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น.

ตารางที่ 63 ปริมาณคลอเรทที่วิเคราะห์ได้ในภายในชั้นดิน 0-20 ซม. เมื่อ 7 และ 14 วันหลังจากการเร่งสลายคลอเรท

เวลาหลังจากรด	สารเร่งสลายคลอเรท	ปริมาณคลอเรทที่วิเคราะห์ได้ (กรัม $\text{KClO}_3/4 \text{ m}^2$)	
		ราดโพแทสเซียมคลอเรท	ราดโพแทสเซียมคลอเรท
สารเร่ง		156 กรัม / 4 m^2 (200 มก./กก.)	312 กรัม / 4 m^2 (400 มก./กก.)
7 วัน	น้ำ(ธรรมดา)	114.42	202.69
	กากน้ำตาล	116.19	237.94
14 วัน	น้ำ(ธรรมดา)	101.93	190.64
	กากน้ำตาล	102.85	203.03

11.4 การทดลองที่ 4 การทดลองในสนาม 2

11.5.1 วิธีการ

- ทำการทดลองเพียง 2 treatments คือ การเร่งการสลายของคลอเรทโดยรดสารละลายกากน้ำตาลอัตราส่วนกากน้ำตาลต่อน้ำ 1 : 33 (มีน้ำตาล 1.5 % โดยประมาณ) เปรียบเทียบกับการรดด้วยน้ำ(ธรรมดา). การราดคลอเรทมีเพียงอัตราเดียวคือ 400 มก./กก. (156 กรัม/ 2 m^2)
- การทดลองทำในพื้นที่ $1 \times 2 \text{ m}$. 4 ซ้ำในดินน้ำพอง.
- ก่อนราดคลอเรท 10 วันได้ใช้ผ้าพลาสติกคลุมพื้นที่แบบไม่ให้ถูกฝนแต่ให้มีการระเหยน้ำได้ และคลุมพื้นที่อยู่เช่นนั้นตลอดการทดลอง.
- การราดคลอเรททำโดยผสมโพแทสเซียมคลอเรท 156 กรัมกับน้ำ 10 ลิตร แล้วราดในพื้นที่ 2 m^2 เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2544.
- หลังจากการราดคลอเรทได้ 7 วันจึงรดสารเร่งการสลายคลอเรท โดยรดสารละลายกากน้ำตาลและน้ำอัตรา 16 ลิตร/ m^2 .

- หลังจากกรดสารละลายกากน้ำตาลและน้ำได้ 7 วัน ได้จึงเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรต โดยแบ่งเก็บเป็น 2 ชั้น ที่ความลึก 0-20 และ 20-40 ซม.

11.5.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 64 แสดงปริมาณคลอเรตที่วิเคราะห์ได้ในความลึก 0-40 ซม. หลังจากรดด้วยน้ำและสารละลายกากน้ำตาล 7 วัน. เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทั้งสองด้วยวิธีการเปรียบเทียบสองตัวแทน (เจริญ จันทลักษณ์, 2519) พบว่าค่าเฉลี่ยทั้งสองแตกต่างกันทางสถิติอย่างยิ่ง จึงสรุปได้ว่าสารละลายกากน้ำตาลเมื่อใช้อย่างเหมาะสมกับความชื้นเดิมในดินและความสามารถอุ้มน้ำของดินสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตในสภาพสวนลำไยได้ เช่นเดียวกับในสภาพห้องปฏิบัติการ.

ตารางที่ 64 ปริมาณคลอเรตที่วิเคราะห์ได้ในความลึก 0-40 ซม. หลังจากรดด้วยน้ำและสารละลายกากน้ำตาล 7 วัน

ซ้ำที่	ปริมาณคลอเรตที่วิเคราะห์ได้ในความลึก 0-40 ซม. (กรัม./2ม ²)	
	รดด้วยน้ำ	รดด้วยสารละลายกากน้ำตาล
1	60.25	25.04
2	148.85	45.78
3	61.41	3.36
4	100.69	1.73
เฉลี่ย	92.80	18.98

11.6 สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการสรุปได้ว่ากากน้ำตาล ซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุ(แหล่งคาร์บอน)ที่ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ได้ง่าย ส่งเสริมให้คลอเรตในดินสลายตัวได้เร็วขึ้น ขณะที่อยู่ระยะขางการสลายตัวของคลอเรตในดิน. สำหรับวัสดุอื่นยังไม่สามารถให้ข้อสรุปได้ว่ามีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินอย่างไร. ผลการทดลองกรดสารละลายกากน้ำตาลให้กับดินในสวนลำไยที่มีคลอเรต ยืนยันว่าเมื่อปฏิบัติถูกต้องสารละลายกากน้ำตาลส่งเสริมให้คลอเรตในดินสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก.

สรุปผลการศึกษาทั้งโครงการ

การสลายตัวของคลอเรตในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น. การทำปฏิกิริยาทางเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับองค์ประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย. คลอเรตจึงสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง. พบว่าอัตราการสลายตัวของคลอเรตสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัส, แคลเซียม, แมกนีเซียม และ CEC และสัมพันธ์เชิงลบกับเปอร์เซ็นต์ทราย และ AEC.

การใส่โพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 2 เท่าของคำแนะนำไม่มีผลต่อ pH, ปริมาณอินทรีย์วัตถุ, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์, NO_3^- และ NH_4^+ แต่มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น. การใส่โซเดียมคลอเรตที่อัตรา 4 เท่าของคำแนะนำทำให้ดินที่มี CEC ต่ำมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มากถึงระดับที่เป็นดินโซดิก (ในห้องปฏิบัติการ) แต่ก็ไม่ทำให้เสถียรภาพของเม็ดดินเสีย. พบว่าคลอเรตจากการใส่โซเดียมคลอเรตสลายตัวช้ากว่าคลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรตประมาณครึ่งหนึ่ง.

สำหรับผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินนั้น พบว่าโพแทสเซียมคลอเรต 1,000 มก./กก. ไม่ได้ฆ่าจุลินทรีย์ในดินทั้งหมดคือไม่ทำให้ดินอยู่ในสภาพปลอดเชื้อ. การปนเปื้อนโพแทสเซียมคลอเรตสูงสุดที่ใส่เดือนมีชีวิตอยู่ได้เกิน 1 เดือนอยู่ระหว่าง 40 – 60 มก./กก. โพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 3,000 มก./กก. ไม่มีผลต่อกระบวนการ ammonification และกระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NH_4^+ เป็น NO_2^- แต่โพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 50 มก./กก. มีผลให้กระบวนการ nitrification ช่วงการเปลี่ยน NO_2^- เป็น NO_3^- ในดินที่ทดลอง 2 ดินลดลง 18 – 38 % เมื่อเทียบกับดินที่ไม่มีคลอเรต. จึงได้ข้อสรุปว่าระดับการตกค้างของคลอเรตที่จัดว่ามีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของดินอยู่ที่ประมาณ 50 มก. KClO_3 /กก. ดิน.

คลอเรตเคลื่อนที่ไปในดินได้ดีเท่ากับระดับที่น้ำเคลื่อนที่ในดิน. การให้น้ำมากซึ่งทำให้มีการเคลื่อนที่ของคลอเรตในดินมากขึ้น ไม่เพียงแต่ทำให้คลอเรตกระจายเฉลี่ยไปในชั้นดินเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้นด้วย. จากการทดลองในดิน 2 ชนิด เมื่อให้น้ำพอให้ดินเปียกถึงความลึก 45 ซม. ทำให้คลอเรตสลายตัวได้ประมาณ 1.5 เท่าของการให้น้ำเพียงพอให้ดินเปียกถึงความลึก 15 ซม. เมื่อใส่คลอเรตตามอัตราที่แนะนำ (200 มก./กก.) มีการปลูกพืชและมีการชะ. คลอเรตที่ถูกชะส่วนใหญ่ถูกชะในการชะ 2 ครั้งแรก. เมื่อมีพืชขึ้นอยู่ด้วยพบว่าปริมาณคลอเรตที่ถูกดูดกินโดยพืชมีปริมาณใกล้เคียงกับที่สลายตัว.

จากการเก็บข้อมูลการใช้โพแทสเซียมคลอเรตในสวน 25 สวนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2542 ถึงเดือนมีนาคม 2544 พบว่ามีสวนที่ใช้คลอเรตแล้วเป็นปีที่ 3 แล้ว 2 สวน, ที่ใช้คลอเรตเป็นปีที่ 2 มี 9 สวน, อีก 13 สวนใช้คลอเรตไปเพียงครั้งเดียว, มี 1 สวนที่ใช้คลอเรตถึง 3 ครั้งภายในปี 2543 ปีเดียว และมีแนวโน้มที่อัตราการใส่โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้นของเกษตรกรจะมากขึ้น. ผลการวิเคราะห์ดินสรุปได้ว่า ในสภาพสวนลำไย ปัจจัยอื่นๆ เช่น อัตราการใส่ วิธีและปริมาณการให้น้ำ มีส่วนเป็นตัวกำหนดปริมาณการตกค้างของคลอเรตเช่นเดียวกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่พบว่าเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความเร็วของการสลายตัวในสภาพห้องปฏิบัติการ. เมื่อเก็บตัวอย่างดินภายใน 2-3 วันหลังจากการราดคลอเรตพบว่ามีคลอเรตในดินเข้มข้นถึง 200 – 500 มก./กก. ภายใต้การจัดการที่เกษตรกรทั่วไปกระทำอยู่ในปัจจุบัน คลอเรตตกค้างอยู่ในแนวราดคลอเรตโดยตรงในระดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ระหว่าง 40 – 100 มก. KClO_3 /กก.ดิน เป็นระยะเวลาระหว่าง 55 – 150 วันหลังจากการราดคลอเรต. ผลกระทบนี้ถือได้ว่าเป็นผลกระทบในระยะสั้นและกระทบต่อพื้นที่ส่วนน้อยของสวนลำไย เฉพาะบริเวณแนวราดคลอเรตโดยตรงเท่านั้น เนื่องจากพบว่าการกระจายของคลอเรตออกจากแนวที่ราดเพียงเล็กน้อย. เมื่อเวลาผ่านไปคลอเรตจะสูญหายไปจากดินจนเหลือตกค้างอยู่ในดินไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในเวลา 75 ถึง 360 วัน ยกเว้นดินที่เป็นดินทรายและมีอินทรีย์วัตถุต่ำบางดินเหลือตกค้างอยู่เกิน 15 มก./กก. แต่ไม่เกิน 35 มก./กก. การมีคลอเรตเหลือตกค้างในดินในระดับนี้ถ้าเกษตรกรใส่คลอเรต 12 เดือนต่อครั้งก็ถือว่าในสวนส่วนใหญ่ไม่มีการสะสมคลอเรตข้ามปี ที่จะเกิดผลกระทบระยะยาว.

ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตในน้ำใต้ดินในระดับความลึก 50-150 ซม. พบว่าคลอเรตผันแปรขึ้นลงสอดคล้องกับปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน. โดยทั่วไปสรุปได้ว่าปริมาณคลอเรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินในสวนส่วนใหญ่มีไม่เกิน 10 มก./ลิตร หลังจากใส่คลอเรตเกิน 138 วัน. เนื่องจากไม่มีการศึกษาการกระจายด้านข้างของคลอเรตในน้ำใต้ดิน จึงไม่สามารถกำหนดขอบเขตของการปนเปื้อน. แต่คาดว่าจะมีการกระจายออกด้านข้างเพียงเล็กน้อย เช่นเดียวกับที่พบว่ามีการกระจายออกด้านข้างของคลอเรตในดินเพียงเล็กน้อย. นอกจากนี้ยังได้ติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำผิวดินในสระและร่องคูใน 4 สวนที่มีสระและร่องคูอยู่ใกล้คันลำไยที่ใส่คลอเรต. ผลการวิเคราะห์ก็ตรวจไม่พบคลอเรตในน้ำ. ที่ตรวจไม่พบนี้เป็นไปได้ที่อาจจะไม่มีการปนเปื้อน หรือมีการปนเปื้อนในระดับเศษส่วนของ มก./ลิตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้อยู่วิเคราะห์ได้ไม่ละเอียดพอ.

ในส่วนการหาสารที่สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรต พบว่าสารละลายกากน้ำส้มเสริมให้คลอเรตในดินสลายตัวได้เร็วขึ้น ขณะที่ยูเรียขัดขวางการสลายตัวของคลอเรตในดิน. สำหรับวัสดุอื่น เช่น จุลินทรีย์ต่างๆ ไม่สามารถให้ข้อสรุปได้ว่ามีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินอย่างไร สมควรที่จะมีการศึกษาต่อไป.

คำแนะนำสำคัญที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าโดยตรงคือ

1. เพื่อไม่ให้ผลตกค้างของคลอเรตในดินสะสมข้ามปี อันจะทำให้มีผลกระทบระยะยาว จึงควรแนะนำเกษตรกรไม่ให้ใช้คลอเรตเกิน 12 เดือนครั้ง และไม่ใช้คลอเรตมากกว่าอัตราที่แนะนำ คือ 10 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม.
2. เพื่อลดผลกระทบระยะสั้นให้เหลือน้อยและสั้นที่สุด เกษตรกรควรให้น้ำแก่ต้นลำไยมากกว่าการรดน้ำตามปกติ 2 ครั้งหลังจากที่เห็นลำไยออกดอก หรือราดด้วยสารละลายกากน้ำตาลอัตราส่วน กากน้ำตาลต่อน้ำ 1 ต่อ 33 – 50.
3. ควรใช้โพแทสเซียมคลอเรตมากกว่าโซเดียมคลอเรตเพราะสลายตัวได้เร็วกว่า.
4. จากผลการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินระดับตื้น ประกอบกับข้อมูลจากต่างประเทศ จึงสมควรอย่างยิ่งที่จะต้องแนะนำเกษตรกรไม่ให้บริโภคน้ำจากบ่อน้ำตื้น สระ ร่อง คู ในสวนลำไยที่มีการใช้คลอเรตโดยตรง หรือเมื่อสวนข้างเคียงใช้คลอเรต.
5. คลอเรตสลายตัวได้ช้าและเป็นพิษต่อพืชสูงในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงมีความเป็นไปได้อย่างยิ่งว่าอัตราการใช้คลอเรตที่เหมาะสมกับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจะน้อยกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ จึงสมควรที่จะสนับสนุนให้มีการวิจัยหาอัตราการใช้คลอเรตที่เหมาะสมสำหรับดินแต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาล เพื่อให้มีการใช้คลอเรตน้อยตามความจำเป็นเท่านั้น.
6. เนื่องจากมีแนวโน้มที่อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้านของเกษตรกรจะเพิ่มมากขึ้น จึงต้องมีการติดตามผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไยต่อไป.

เอกสารอ้างอิง

- กองสำรวจดิน. 2519. แผนที่ดินจังหวัดเชียงใหม่. กองสำรวจดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร.
- กองสำรวจดิน. 2524. แผนที่ดินจังหวัดลำพูน. กองสำรวจดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพมหานคร.
- จรัญ จันทลักษณ์, 2519. สถิติ วิเคราะห์และวางแผนการวิจัย. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 442 หน้า.
- พาวิน มโนชัย. ภาควิชาพืชสวน, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ติดต่อบุคคลเมื่อ พฤศจิกายน 2542.
- พงษ์ศักดิ์ อังสิทธิ์, พิทยา สรวมศิริ และ ราไพพรรณ อภิชาติพงษ์ชัย. 2541. สถานะภาพการผลิตและแนวทางการพัฒนาปุ๋ยเพื่ออุตสาหกรรมในเขตภาคเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- American Public Health Association. 1989. Standard methods for examination of water and waste water, 17th edition. American Public Health Association. Washington, DC.
- Ashworth, R. Deb., Henriet, J., Lovett, J. F. 1970. Iodometry *In* G. R. Raw (editor) CIPAC Handbook Vol. I CIPAC Ltd, Harpenden, U. K.
- Audus, L. J. 1976. Herbicides : physiology, biochemistry and ecology (second edition) Vol. 1. Academic Press Inc., New York.
- Blasco, D. and Conway, H. L. 1982. Effects of ammonium on the regulation of nitrate assimilation in natural phytoplankton populations. *Exp. Mar. Biol. Ecol.* 61: 157-168.
- Bowser, W. E. and , J. D. 1935. Decomposition and movement of herbicides in soils and effects on soil microbiological activity and subsequent crop growth. *Can. Jour. Res.*, 8:73-100.
- Chiswell, B. and Keller-Lehmann, B. 1993. Spectrophotometric method for the determination of chlorite and chlorate. *Analyst.* 118:1457-1459.
- Condie, L. 1986. *J. Am. Water Work Assoc.* 78: 73-78. Cited by Dietrich, *et al.* 1992. Determination of chlorite and chlorate in chlorinated and chloraminated drinking water by flow injection analysis and ion chromatography. *Anal. Chem.* 64:496-502.
- Couture, E. and Roussel (unpublished results). Cited in Couture E. Chlorate and chlorite analysis in seawater, Chlorate sinks and toxicity to phytoplankton. M. S. Thesis. Dalhousie University, Nova Scotia, Canada.
- Crafts, A. S. 1935. The toxicity of sodium arsenite and sodium chlorate in four California soils. *Hilgardia* 9: 459-498.
- Crafts, A. S. 1939. Toxicity studies with sodium chlorate in eighty California soils. *Hilgardia* 12: 233-247.
- Crafts, A. S. and Robbins, W.W. 1962. *Weed Control*. McGraw-Hill, New York, USA.
- Cresswell, R. C. and Syrett, P. J. 1979. Ammonium inhibition of nitrate uptake by the diatom *Phaeodactylum tricornutum*. *Plant Science Letters*, 14:321-325.
- Daniel, et al. 1990. *J. Am. Water Work Assoc* 82: 61-69. Cited by Dietrich, *et al.* 1992. Determination of chlorite and chlorate in chlorinated and chloraminated drinking water by flow injection analysis and ion chromatography. *Anal. Chem.* 64:496-502
- Deane-Drummond, C. E. and Grass, A. D. M. 1982. Nitrate uptake in barley plants. A new approach using $^{36}\text{ClO}_3^-$ as an analog for NO_3^- . *Plant Physiol.* 70: 50-54.
- Dortch, Q. and Conway, H. L. 1984. Interaction between nitrate and ammonium uptake: variation with growth rate, nitrogen source and species. *Marine Biology*, 79: 151-164.
- Hofstra, J. J. 1977. Chlorate toxicity and nitrate reductase activity in tomato plants. *Physiol. Plant.* 41:65-69.
- Hurd-Karrer, Annie M. 1941. Chlorate toxicity and persistence in relation to soil reaction. *Jour. Agr. Res.* 63:841-894.
- Karki, A. B., Coupin, L., Kaiser, P. and Moussin, M. 1973. Effets du chlorate de sodium sur les microorganismes du sol, leur respiration et leur activite enzymatique. *Weed Research* 13,133-139.
- Kemper, W.D. and Resenau, R.C., 1986. Aggregate stability and size distribution. Page 425 – 442 *In* Klute, A. (Editor) *Methods of Soil Analysis*, Part 1, Second Edition. American Society of Agronomy, Medison, Wisconsin, USA
- Klingman, G. C. 1961. *Weed Control: As A Science*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- LaBrie, S. T., Wilkinson, J. Q. and Crawford, N. M. 1991. Effect of chlorate treatment on nitrate reductase and nitrite reductase gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* 97:873-879.
- Minotti P. L., William, D. C. and Jackson, W. A. 1969. The influence of ammonium on nitrate reduction in wheat seedlings. *Planta (Berl.)* 86:267-271.
- Nakagawa, H. and Yamashita, N. 1986. Chlorate reducing activity of spinach nitrate reductase. *Agric. Biol. Chem.* 50: 1983-1894.

- Pfaff, J. D. and Brockhoff, C. A. 1990. J. Am. Water Work Assoc. 82: 192-195. Cited by Dietrich, *et al.* 1992. Determination of chlorite and chlorate in chlorinated and chloraminated drinking water by flow injection analysis and ion chromatography. Anal. Chem. 64:496-502.
- Rosenfels, R. S. 1938. Determination of chlorate in soil extracts, culture solutions and plant sap. Jour. Assoc. Off. Agri. Chem. 21: 665-674.
- Rosenfels, R. S and A. S. Crafts. 1941. Chlorate distribution and the effect of nitrate concentration on chlorate toxicity in soil columns. Hilgardia 14:71-79.
- Schwendiman, Alvin. 1941. The toxicity and decomposition of sodium chlorate in soils. Amer. Soc. Agron. Jour. 33:522-537.
- Sharma, B. and Alhert, R. C. 1977. Nitrification and nitrogen removal. Water Res. 11:897.
- Solomonson, L. P., and B. Vennesland. 1972. Nitrate reductase and chlorate toxicity in *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Plant Physiol., 50: 421-24.
- Steingrover, E. and Feenstra, W. J. 1981. Resistance to low concentration of chlorate on nitrate free medium. Arabidopsis Inf Serv. 18: 143-145. Cited by LaBrie, S. T., Wilkinson, J. Q. and Crawford, N. M. 1991. Effect of chlorate treatment on nitrate reductase and nitrite reductase gene expression in *Arabidopsis thaliana*. Plant Physiology 97:873-879.
- Thomson, W. T. 1992. Agricultural Chemicals. Book II: Herbicides. Thomson Publications, Fresno, CA, USA.
- Van Wijk, D. J. and Hutchinson, T. 1995. The ecotoxicity of chlorate to aquatic organisms: A critical review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 32:244-253.

ภาคผนวกที่ 1 บทความสำหรับการเผยแพร่

ผลกระทบของคลอเรตต่อสิ่งแวดล้อมในสวนลำไยและแนวทางการลดผลกระทบ

สมชาย องค์กรประเสริฐ ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และศุภธิดา อำทอง

ภาควิชาดินและปุ๋ย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เป็นที่รู้กันมานานกว่า 70 ปีแล้วว่าสารประกอบที่มีคลอเรตเป็นองค์ประกอบ ไม่ว่าจะเป็นโพแทสเซียมคลอเรตหรือโซเดียมคลอเรต เมื่อใช้ที่ความเข้มข้นมากถึงระดับหนึ่งต่างก็เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โซเดียมคลอเรตจึงถูกใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในช่วง ค.ศ. 1930 - 1950 และปัจจุบันก็ยังใช้เป็นสารทำให้ใบฝ้ายร่วงก่อนเก็บเกี่ยวในรัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา การค้นพบว่าสารคลอเรตสามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ เป็นประโยชน์แก่ชาวสวนลำไยมากในระยะสั้นอย่างแน่นอน แต่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่า ถ้ามีการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยอย่างกว้างขวางและในระยะยาวแล้ว จะมีผลเสียต่อดินลำไย ต่อดิน ต่อจุลินทรีย์ดิน และจะมีการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน และในผลลำไยหรือไม่อย่างไร

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) จึงได้สนับสนุนให้คณะผู้วิจัย ศึกษาถึงผลกระทบของการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรตและโซเดียมคลอเรตต่อสิ่งแวดล้อมในสวนลำไย ตลอดจนหาแนวทางลดผลกระทบของคลอเรต ในกรณีที่มีพบว่ามีผลกระทบดังกล่าว

การศึกษานี้ได้ศึกษาจากสวนลำไย 25 สวนในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน แบ่งเป็นสวนในที่ลุ่ม 12 สวน ที่ดอน 13 สวน ดินในสวนทั้ง 25 สวนแบ่งได้เป็น 11 ชนิด ซึ่งพบมากในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติของดินพบว่าดินในสวนทั้ง 25 สวนมีคุณสมบัติต่างๆ แตกต่างกันอย่างกว้างขวางเพียงพอที่จะใช้ศึกษาตามแนวทางต่างๆ ที่จะกล่าวถึงต่อไปได้เป็นอย่างดี

1. แนวทางและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้ประกอบด้วยแนวทางการศึกษา 6 แนว และแต่ละแนวทางมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. การศึกษาธรรมชาติของการสลายตัวของคลอเรตในดินประเภทต่างๆ เพื่อหาข้อมูลว่าอะไรเป็นตัวการที่ทำให้คลอเรตในดินสลายตัว คลอเรตที่ผสมกับดินชนิดต่างๆ นั้นสลายตัวเร็วช้าเพียงใด ลักษณะของดินประการใดที่มีผลให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วหรือช้า อย่างไร

2. การศึกษาผลกระทบของการใส่คลอเรตต่อคุณสมบัติต่างๆ ของดิน เพื่อหาข้อมูลว่าคลอเรตทำให้ความอุดมสมบูรณ์ ความเป็นกรด-ด่าง โครงสร้างของดิน ฯลฯ เปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

3. การศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในดินและการมีชีวิตรอดของไส้เดือนดิน เพื่อหาข้อมูลว่าคลอเรตที่ตกค้างในดินมากเท่าไรจึงจะถือว่าเป็นระดับวิกฤติต่อสิ่งแวดล้อมในดิน

4. การศึกษาการเคลื่อนที่ การถูกชะล้าง และการถูกดูดกินของคลอเรตโดยพืช เพื่อหาข้อมูลว่าคลอเรตนั้นเคลื่อนที่ถูกชะล้าง และถูกดูดกินโดยพืชได้อย่างไร

5. การติดตามวิธีการใช้สารคลอเรตของเกษตรกร และวัดปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน ที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน และน้ำผิวดินในสวนลำไยที่มีการใส่คลอเรต โดยติดตามตั้งแต่หลังจากใส่ไม่กี่ปวันไปจนถึงนานกว่า 18 เดือน เพื่อดูว่าการใช้คลอเรตของเกษตรกรจะมีคลอเรตตกค้างอย่างไร และมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในดินอย่างไร
6. การศึกษาหาวิธีที่จะทำให้คลอเรตสลายตัวหายจากดินได้เร็วที่สุดหลังจากที่คลอเรตทำให้ลำไยออกดอกแล้ว เพื่อลดผลตกค้างของคลอเรตให้เหลือน้อยที่สุด

2. การศึกษาธรรมชาติการสลายตัวของคลอเรตในดินและผลกระทบต่อสมบัติของดิน

การศึกษาว่าตัวการที่ทำให้คลอเรตในดินสลายตัวคืออะไร ทำโดยการผสมโพแทสเซียมคลอเรตกับดิน 5 ชนิดที่ผ่านและไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วตั้งทิ้งไว้ในห้องทดลอง (เรียกว่าบ่มไว้) เป็นเวลา 15 - 93 วัน จึงนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรตในดิน ได้ผลว่าคลอเรตที่ผสมกับดินทุกชนิดที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อไม่สลายตัวเลยในทุกระยะการบ่ม คือพบคลอเรตใกล้เคียง 100 % ของที่ผสมลงไป แต่ในดินที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อมาก่อน คลอเรตสลายตัวได้มากน้อยต่างกันในแต่ละชนิด

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการสลายตัวของคลอเรตทั้งหมดในดิน เกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินล้วนๆ ปฏิกริยาทางเคมีโดยตรงระหว่างคลอเรตกับส่วนประกอบของดินไม่มีส่วนในการสลายตัวของคลอเรตเลย ผลที่ได้ในทางปฏิบัติจากความรู้ก็คือถ้าต้องการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดิน ก็ต้องจัดการให้จุลินทรีย์ดินเติบโตแข็งแรง มีกิจกรรมมาก ซึ่งจะได้กล่าวถึงอีกครั้งในหัวข้อที่ 6

การศึกษาความเร็วของการสลายตัวของคลอเรตและผลกระทบต่อสมบัติของดิน ในดินชนิดต่างๆ ทำโดยนำดิน 10 ชนิดมาผสมกับโพแทสเซียมคลอเรตและโซเดียมคลอเรตด้วยอัตราต่างๆ อัตราสูงสุดที่ผสมคือ 2 เท่าของอัตราที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้แนะนำให้ใส่คลอเรตสำหรับลำไยพันธุ์ดอ (อัตราแนะนำคือ 10 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม หรือระหว่าง 200 - 500 กรัมต่อต้น) แล้วบ่มดินที่ผสมคลอเรตนี้ไว้ในห้องทดลอง ก่อนจะนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรตเมื่อ 50, 100, 184 และ 230 วันหลังจากผสม

ผลการวิเคราะห์หาคลอเรตตกค้างในดินพบว่าคลอเรตสลายตัวได้มากน้อยต่างกันอย่างมากระหว่างดินชนิดต่างๆ ตั้งแต่สลายตัวเกือบหมดใน 50 วันในดินชนิดหนึ่ง จนถึงเกือบไม่สลายตัวเลยใน 100 วันในดินอีกชนิดหนึ่ง เมื่อบ่มดินนาน 230 วันคลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรตในดิน 4 ชนิดที่คลอเรตสลายตัวได้เร็ว สลายตัวได้มากกว่า 90 % แต่ในดินที่คลอเรตสลายตัวช้า คลอเรตสลายตัวไปเพียงประมาณ 28 - 43 % เท่านั้น

คลอเรตสลายตัวได้เร็วในดินที่มีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียมสูง และสลายตัวได้ช้าในดินทราย พืชต่างๆ ก็คลอเรตสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ซึ่งก็เป็นเพราะว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง จุลินทรีย์เติบโตแข็งแรงและมีกิจกรรมมาก คลอเรตจึงสลายตัวได้เร็ว

ในการวิเคราะห์คุณสมบัติของดินที่น่าจะได้รับผลกระทบจากการใส่โพแทสเซียมคลอเรต พบว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรตในระดับความเข้มข้น 2 เท่าของคำแนะนำไม่มีผลต่อความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แอมโมเนียและไนเตรต แต่มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น และยังพบว่าการใส่โซเดียมคลอเรตมากถึง 4 เท่าของคำแนะนำก็ไม่ทำให้โครงสร้างดินเสีย

นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่โซเดียมคลอเรตทำให้คลอเรตสลายตัวช้ากว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรตประมาณครึ่งหนึ่ง ผลที่ได้ในทางปฏิบัติจากความรู้ก็คือ การใช้โซเดียมคลอเรตจะมีผลตกค้างในดินนานกว่าการใช้โพแทสเซียมคลอเรต เกษตรกรจึงควรเลือกใช้โพแทสเซียมคลอเรตมากกว่าที่จะเลือกใช้โซเดียมคลอเรต แม้ว่าโพแทสเซียมคลอเรตจะละลายน้ำได้ยากกว่าโซเดียมคลอเรต

3. การศึกษาการเคลื่อนที่ของคลอเรตในดิน

ได้ศึกษาโดยบรรจุดินลงในท่อพีวีซี ใส่โพแทสเซียมคลอเรต แล้วรดน้ำพอให้ดินเปียกลึก 15, 30 และ 45 ซม. รดน้ำ 3 ครั้งในเวลา 30 วัน แล้วแยกดินในท่อเป็นชั้นๆ ชั้นละ 5 ซม. นำมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรต พบว่าคลอเรตเคลื่อนที่ในดินไปกับน้ำได้ดี จากการคำนวณปริมาณคลอเรตที่ตกค้างอยู่ในดินชั้นต่างๆ พบว่าการให้น้ำมากไม่เพียงทำให้คลอเรตกระจายเฉลี่ยไปในชั้นดินเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้นด้วย ในการทดลองกับดิน 2 ชนิดพบว่าเมื่อให้น้ำพอให้ดินเปียกลึก 45 ซม. ทำให้คลอเรตสลายตัวได้มากเป็นหนึ่งเท่าครึ่งของการให้น้ำเพียงพอให้ดินเปียก 15 ซม. ผลที่ได้ในทางปฏิบัติจากความรู้ก็คือ การให้น้ำมากกว่าที่เกษตรกรน้ำให้แก้ลำไยตามปกติเป็นอีกทางหนึ่งในการเร่งกำจัดคลอเรตจากดิน

นอกจากนี้ยังได้ทดลองชะคลอเรตให้ลงพื้นเขตรากพืช พบว่าเมื่อใส่คลอเรตอัตรา 1 – 2 เท่าของคำแนะนำ ส่วนใหญ่ของคลอเรตถูกชะลงพื้นเขตรากในการชะ 2 ครั้งแรก ผลที่ได้ในทางปฏิบัติจากความรู้ก็คือ เมื่อต้องการชะคลอเรตในสวนลำไย ก็ให้ชะเพียง 2 ครั้งก็พอ

4. การศึกษาหาความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตในดินที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนและการมีชีวิตรอดของไส้เดือน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการจากดินมากที่สุด ในธรรมชาติไนโตรเจนในดินเป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุที่พืชดูดกินไม่ได้ ต้องมีจุลินทรีย์ดินมาเปลี่ยนไนโตรเจนนี้ให้เป็นแอมโมเนียหรือไนเตรตเสียก่อนพืชจึงดูดกินได้ ความเข้มข้นของคลอเรตที่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน จึงเป็นตัวชี้วัดถึงผลกระทบของคลอเรตต่อสิ่งแวดล้อมที่ด้อย่างหนึ่ง ได้ศึกษาโดยผสมผงถั่วเหลืองบดเล็กน้อยกับดิน 2 ชนิด (ให้เป็นแหล่งเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจน) เติมน้ำให้ดินชื้นพอเหมาะ ผสมโพแทสเซียมคลอเรตอัตราต่างๆ แล้วบ่มไว้ในห้องทดลอง เมื่อบ่มครบ 7 – 35 วัน จึงนำดินไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียและไนเตรต พบว่าโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 50 มก./กก. มีผลให้การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนจากอินทรีย์วัตถุเป็นไนเตรตลดลง 18 – 38 %

ไส้เดือนเป็นสิ่งมีชีวิตในดินที่เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของสิ่งแวดล้อมของดินที่ดีอีกอย่างหนึ่ง จึงทดลองเลี้ยงไส้เดือนในดินที่ผสมคลอเรต พบว่าความเข้มข้นสูงสุดของคลอเรตที่ไส้เดือนจะมีชีวิตอยู่ได้เกิน 1 เดือนอยู่ระหว่าง 40 – 60 มก./กก. จากตัวบ่งชี้ทั้ง 2 ตัวที่ได้ศึกษา จึงสรุปได้ว่าความเข้มข้นของคลอเรตที่ถือเป็นระดับวิกฤติต่อสิ่งแวดล้อมในดินคือประมาณ 50 มก./กก.

5. การติดตามตรวจสอบผลตกค้างของสารคลอเรตในดิน น้ำใต้ดิน และน้ำในแหล่งน้ำในสวนลำไย

ได้ติดตามเก็บข้อมูลการใช้คลอเรต ได้แก่ วันที่ใส่ อัตราและวิธีการใส่ และเก็บตัวอย่างดินจากสวนลำไย 25 สวน มาวิเคราะห์รวม 8 ครั้ง ในช่วงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2543 ถึงเดือนมีนาคม 2544 การเก็บตัวอย่างดินทั้ง 8 ครั้งเป็นการเก็บดินหลังจากเกษตรกรใส่สารคลอเรตตั้งแต่ 2 – 540 วัน พบว่ามีปริมาณคลอเรตในดินแตกต่างกันอย่างมาก มีตั้งแต่ตรวจไม่พบเลย จนถึงมีมากถึง 569 มก./กก.

ภายใต้การจัดการที่เกษตรกรทั่วไปกระทำอยู่ในปัจจุบัน คลอเรตตกค้างอยู่ในแนวรากคลอเรตโดยตรงในระดับที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมคือ ระหว่าง 40 – 100 มก./กก. เป็นระยะเวลาระหว่าง 55 – 150 วันหลังจากราดคลอเรต ผลกระทบนี้ถือได้ว่าเป็นผลกระทบในระยะสั้นและกระทบต่อพื้นที่ส่วนน้อยของสวนลำไย ตรงแนวรากคลอเรตเท่านั้น เมื่อเวลาผ่านไป คลอเรตจะสูญเสียไปจนเหลือตกค้างอยู่ในดินไม่เกิน 15 มก./กก. ภายในเวลา 75 ถึง 360 วันหลังจากใส่คลอเรต ยกเว้นดินทรายที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำบางดินจะมีคลอเรตเหลือตกค้างอยู่เกิน 15 มก./กก. แต่ไม่เกิน 35 มก./กก. การมีคลอเรตเหลือตกค้างใน

ดินในระดับนี้ ถ้าเกษตรกรใส่คลอเรต 12 เดือนต่อครั้งโดยใช้อัตราเท่าเดิม ก็ถือว่าในสวนส่วนใหญ่จะไม่มีผลกระทบคลอเรตข้ามปี ที่จะเป็นผลกระทบระยะยาว แต่ที่สำคัญก็คือมีแนวโน้มที่อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้นของเกษตรกรได้เพิ่มมากขึ้น

ในงานสวนในที่ลุ่ม 12 สวนที่ศึกษา มี 5 สวนที่มีแหล่งน้ำผิวดินอยู่ใกล้ต้นลำไยที่ใส่คลอเรต ประกอบด้วยสระน้ำและคูระหว่างร่องปลูกลำไย ได้เก็บตัวอย่างน้ำในแหล่งน้ำเหล่านี้มาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรต 3 ครั้งในเดือนสิงหาคม กันยายน และพฤศจิกายน 2543 ผลการวิเคราะห์คือตรวจไม่พบคลอเรตในน้ำ ที่ตรวจไม่พบนี้อาจจะเป็นไปได้ทั้งที่ไม่มีการปนเปื้อนหรือมีการปนเปื้อนในระดับเศษส่วนของ มก./ลิตร ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ที่ใช้ยวูวิเคราะห์ได้ไม่ละเอียดพอ

จากการติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินที่ความลึก 50–150 ซม. ตรงแนวที่ราดคลอเรตโดยตรง ในสวนในที่ลุ่ม 9 สวน 5 ครั้ง ผลการวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตพบว่าปริมาณคลอเรตในน้ำใต้ดินใน 7 สวนจาก 9 สวน มีอย่างน้อยสอดคล้องกับปริมาณคลอเรตที่ตกค้างในดิน โดยทั่วไปสรุปได้ว่าปริมาณคลอเรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินในสวนส่วนใหญ่ (7 ใน 9 สวน) มีไม่เกิน 10 มก./ลิตร. หลังจากใส่คลอเรตเกิน 138 วัน

เนื่องจากมีรายงานการทดลองในต่างประเทศว่า เมื่อให้สัตว์ทดลองกินคลอเรตเพียงเล็กน้อย ในระยะยาวแล้วพบว่าคลอเรตเพียงเล็กน้อยนั้นเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง จึงสมควรอย่างยิ่งที่จะต้องแนะนำเกษตรกรไม่ให้บริโภคน้ำจากบ่อน้ำต้น สระร่องคู ในสวนลำไยที่มีการใช้คลอเรตโดยตรง หรือสวนข้างเคียงมีการใช้คลอเรต เนื่องจากปริมาณคลอเรตที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดินนั้นมากพอที่จะเป็นพิษในระยะยาวได้

6 การศึกษาการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดิน

เมื่อการใส่คลอเรตให้ผลที่ต้องการ คือทำให้ลำไยออกดอกแล้ว ซึ่งโดยปกติมักจะออกดอกภายใน 1 เดือน หลังจากนั้นก็จะจัดการให้คลอเรตที่เหลือตกค้างอยู่ในดินสลายตัวสูญหายไปจากดินจนหมดโดยเร็วที่สุด เพื่อจะได้ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและต่อต้านลำไยให้เหลือน้อยที่สุด จึงได้ศึกษาวิธีการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในดินในห้องปฏิบัติการ โดยการบ่มดินที่ใส่คลอเรตกับวัสดุต่างๆ เช่น สารละลายกากน้ำตาล (อัตราส่วนกากน้ำตาลต่อน้ำ 1 ต่อ 33 ทำให้มีน้ำตาลอยู่ 1.5 %) ปุ๋ยยูเรีย จุลินทรีย์ ปุ๋ยอินทรีย์เหลว (หรือที่นิยมเรียกกันว่าน้ำสกัดชีวภาพ) ผลการทดลองสรุปได้ว่าสารละลายกากน้ำตาลส่งเสริมให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก เนื่องจากสารละลายกากน้ำตาลเป็นอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์มีกิจกรรมเพิ่มมากขึ้น แต่พบว่าปุ๋ยยูเรียขัดขวางการสลายตัวของคลอเรตในดิน สำหรับวัสดุอื่น เช่น จุลินทรีย์ต่างๆ และ น้ำสกัดชีวภาพ ในขั้นนี้ยังไม่สามารถให้ข้อสรุปได้ว่ามีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินอย่างไร สมควรที่จะมีการศึกษาต่อไป ผลการทดลองรดสารละลายกากน้ำตาลให้กับดินในสวนลำไย ก็ได้ผลว่าเมื่อปฏิบัติถูกต้องสารละลายกากน้ำตาลส่งเสริมให้คลอเรตในดินในสวนสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก

7 ข้อสรุปจากผลการวิจัยสู่การปฏิบัติ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่าการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยที่เกษตรกรใช้อยู่ปัจจุบันมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะสั้น จึงสมควรต้องปรับการจัดการต่างๆ เพื่อให้คลอเรตมีผลตกค้างเหลือน้อยในดินน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและต้นลำไยน้อยที่สุดด้วย มาตรการที่ขอเสนอเพื่อให้ได้ผลดังกล่าว มีดังนี้

1. คำแนะนำการใส่คลอเรตที่มีอยู่ปัจจุบันยังเป็นคำแนะนำทั่วไป แต่ผลการวิจัยในข้อที่ 3 พบว่าคลอเรตสลายตัวในดินแต่ละชนิดได้เร็วช้าต่างกัน ดังนั้นปริมาณคลอเรตที่พอเหมาะเพื่อกระตุ้นการออกดอกของลำไยที่ปลูกในดินต่างชนิดกันจึงน่าจะต่างกัน ปัจจุบันยังไม่มีการวิจัยในหัวข้อนี้ จึงน่าจะสนับสนุนให้มีการวิจัยหาอัตราการใช้คลอเรตที่เหมาะสมกับดินแต่ละชนิดในแต่ละฤดูกาลต่อไป

2. เพื่อไม่ให้ผลตกค้างของคลอเรตในดินสะสมข้ามปีจนมีผลกระทบระยะยาว เกษตรกรต้องไม่ใช้คลอเรตเกินกว่า 12 เดือนครั้ง และไม่ใช้มากกว่าอัตราที่แนะนำ คือ 10 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม

3. เมื่อการใส่คลอเรตให้ผลตามที่ต้องการ คือทำให้ลำไยออกดอกแล้ว ก็น่าจะทำอะไรสักอย่างหรือหลายอย่างเพื่อเร่งให้คลอเรตที่เหลือตกค้างอยู่ในดินสลายตัวสูญหายไปจากดินจนหมด ผลการวิจัยข้อ 3 ที่ว่า “การให้น้ำมากซึ่งทำให้คลอเรตเคลื่อนที่ได้ลึกมากขึ้น ไม่เพียงแต่ทำให้คลอเรตกระจายเฉลี่ยไปในชั้นดินเท่านั้น แต่ยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้นด้วย” ดังนั้นเมื่อลำไยออกดอกแล้วในหน้าแล้ง จึงควรจะให้ให้น้ำมากพอให้ดินเปียกลึกถึง 30 - 40 ซม. สัปดาห์ 2 ครั้ง แทนที่จะให้น้ำเพียงให้ดินเปียกลึก 15 - 25 ซม. ตามที่เกษตรกรทั่วไปทำกันอยู่ ก็จะทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้น การให้น้ำมากนี้จะต้องให้ระยะเวลาห่างกันพอให้ดินแห้งก่อนจะให้น้ำอีกครั้งหนึ่ง มิฉะนั้นจะทำให้มีน้ำขังและในดินติดต่อกันนานเกินไปจนอาจจะทำให้ต้นลำไยตายได้

3. อีกแนวทางหนึ่งที่น่าจะทำเพื่อเร่งให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วขึ้น คือการบำรุงให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง จากผลการวิจัยข้อ 2 ที่ว่า “การสลายตัวของคลอเรตในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินล้วนๆ คลอเรตจึงสลายตัวได้เร็วในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง” เกษตรกรทุกท่านทราบคืออยู่แล้วว่าจะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงได้อย่างไร และการที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงก็ยังเป็นประโยชน์โดยตรงต่อต้นและผลผลิตลำไยอีกด้วยอยู่แล้ว

4. จากผลการวิจัยข้อ 6 ที่พบว่าสารละลายกากน้ำตาลส่งเสริมให้คลอเรตในดินสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก การให้น้ำตาลแก่ดินจึงเป็นอีกทางหนึ่งที่จะเร่งกำจัดคลอเรตจากดิน แหล่งน้ำตาลราคาถูกที่สุดน่าจะได้แก่น้ำกากสาจากโรงงานสุรา ซึ่งมีน้ำตาลอยู่ด้วย 1 % คำแนะนำเบื้องต้นในขณะนี้คือราดน้ำกากสาอัตรา 10 ลิตรต่อตารางเมตรของพื้นที่ที่ราดคลอเรตโดยตรงเมื่อดินค่อนข้างแห้ง ถ้าต้องราดเมื่อดินเปียกมากในฤดูฝน ควรใช้กากน้ำตาลละลายน้ำ 33 เท่า ซึ่งจะมีน้ำตาลอยู่ด้วย 1.5 %.

5. จากผลการวิจัยข้อ 2 ที่ว่า “การใส่โซเดียมคลอเรตทำให้คลอเรตสลายตัวช้ากว่าการใส่โพแทสเซียมคลอเรต” ทำให้มีอีกแนวทางหนึ่งสำหรับการลดผลกระทบของการใช้สารคลอเรต คือควรใช้โพแทสเซียมคลอเรตแทนโซเดียมคลอเรต แม้ว่าโพแทสเซียมคลอเรตจะละลายน้ำได้ยากกว่าโซเดียมคลอเรต

6. จากการพบว่ามีคลอเรตปนเปื้อนในน้ำใต้ดินระดับตื้น เกษตรกรจึงต้องไม่กินน้ำจากบ่อน้ำในสวนลำไยที่ใส่คลอเรต หรือเมื่อสวนข้างเคียงใช้คลอเรต สำหรับน้ำในสระ ร่อง คู นั้นแม้จะตรวจไม่พบคลอเรต ก็ไม่สมควรนำไปกินเนื่องจากปริมาณคลอเรตที่เป็นพิษระยะยาวต่อสัตว์ทดลองนั้นต่ำมาก

ภาคผนวกที่ 2 ตารางเปรียบเทียบ วัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน กิจกรรมที่ดำเนินการ และผลที่ได้รับ

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
1. เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการสลายตัว การเคลื่อนที่, การสะสม และผลกระทบของคลอเรต ต่อสมบัติของดินและต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินหลังจากคลอเรตถูกใส่ลงในดิน 3 -10 ชนิดและสวนลำไย 25 สวนที่เป็นตัวแทนจากแหล่งปลูกลำไยที่สำคัญเป็นระยะเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่ 1 จนถึง 330 วัน ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ และในสภาพสวนลำไยจริง	1. การสำรวจและคัดเลือกสวนลำไย 25 สวน และดิน 10 ชนิดที่จะใช้ในการศึกษา 2. การศึกษาอัตราสลายตัวของ ClO_3^- เป็น Cl^- และผลกระทบของคลอเรตต่อสมบัติของดิน 10 ชนิด ในสภาพห้องปฏิบัติการ 3. การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดิน ในสภาพปลอดเชื้อในดิน 5 ชนิด ในสภาพห้องปฏิบัติการ 4. การศึกษาการเคลื่อนที่และสะสมของคลอเรตในดิน 3 ชนิด ในสภาพห้องปฏิบัติการ ที่จำลองสถานการณ์จริงในสวนลำไย 5. การศึกษาผลตกค้างของโพแทสเซียมคลอเรตในดิน และผลกระทบต่อดินในสภาพสวนลำไย 25 สวน	1. การสำรวจและคัดเลือกสวนลำไย 25 สวน และดิน 10 ชนิด 2. การหาวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่ปนกันอยู่ในดิน 3. การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตและผลกระทบต่อสมบัติของดิน 10 ชนิด ในสภาพห้องปฏิบัติการ 4. การศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินในสภาพปลอดเชื้อในดิน 5 ชนิด ในสภาพห้องปฏิบัติการ 5. การศึกษาการเคลื่อนที่ สลายตัว ถูกดูดกิน และการตกค้างของคลอเรตในดิน โดยจำลองสถานการณ์ในสวนลำไย 6. การติดตามผลตกค้างของโพแทสเซียมคลอเรตในดินในสวนลำไย 25 สวน	1. สวนลำไย 25 สวนและดิน 10 ชนิด ที่เหมาะสำหรับการศึกษา 2. วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่ปนกันอยู่ในดิน ที่จะเอ็ชด แม่นยำ และเร็ว 3. ข้อมูลการสลายตัวของโพแทสเซียมคลอเรตและโซเดียมคลอเรตในดิน ที่ความเข้มข้น 4 ระดับ ในดิน 10 ชนิด ที่ 4 ระยะเวลา 4. ข้อมูลสมบัติดิน 10 ชนิดที่บ่มกับโพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้น 4 ระดับ 5. ข้อมูลการเคลื่อนที่ สลายตัว ถูกดูดกิน ถูกชะล้าง และตกค้างของคลอเรตในดิน โดยจำลองสถานการณ์ในสวนลำไย 5 สถานการณ์ 6. ข้อมูลผลตกค้างของคลอเรตในสวนลำไย 25 สวนจากการติดตาม 8 ครั้งในเวลา 18 เดือนหลังการใส่คลอเรต 7. ข้อมูลการกระจายของคลอเรตออกนอกแนวรากคลอเรตในสวน 5 สวน

ภาคผนวกที่ 2 ตารางเปรียบเทียบ วัตถุประสงค์ กิจกรรมที่วางแผน กิจกรรมที่ดำเนินการ และผลที่ได้รับ (ต่อ)

วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผน	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับ
2. เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับการปนเปื้อนของคลอเรตที่อาจมีในน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินในสวนลำไยที่มีการใช้คลอเรต 10 สวนเปรียบเทียบกับสวนที่ไม่ใช้คลอเรต 5 สวน	1. การศึกษาการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินและน้ำผิวในสวนลำไย 15 สวนที่มีการใช้คลอเรต	1. การติดตามการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินในสวนลำไย 9 สวนและน้ำผิวดิน 5 สวน	1. ข้อมูลการปนเปื้อนของคลอเรตในน้ำใต้ดินในสวนลำไย 9 สวนจากการติดตาม 6 ครั้งและน้ำผิวดิน 5 สวนจากการติดตาม 3 ครั้ง
3. เพื่อประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในการกระตุ้นการออกดอกของลำไยต่อสิ่งแวดล้อม	1. การศึกษาผลกระทบของ $KClO_3$ และ $NaClO_3$ ต่อการหายใจของจุลินทรีย์ในสภาพห้องปฏิบัติการ ในดิน 5 ชนิด 2. การศึกษาผลกระทบของ $NaClO_3$ ต่อ ESP และเสถียรภาพของเม็ดดินในดิน 3 ชนิดที่มี CEC ต่ำ ในสภาพห้องปฏิบัติการ	1. การศึกษาผลกระทบของโพแทสเซียมคลอเรตต่อการหายใจของจุลินทรีย์ในดิน 1 ชนิดและการย่อยของไส้เดือนในดิน 2 ชนิด 2. การศึกษาผลกระทบของ $NaClO_3$ ต่อ ESP และเสถียรภาพของเม็ดดิน ในดิน 5 ชนิดที่มี CEC ต่ำ ในสภาพห้องปฏิบัติการ 3. การศึกษาผลกระทบของคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจน	1. ข้อมูลการหายใจของจุลินทรีย์ในดินที่มีคลอเรตระดับต่างๆ และความเข้มข้นสูงสุดของคลอเรตในดินที่ไส้เดือนอยู่ได้เกิน 1 เดือน 2. ข้อมูล ESP และเสถียรภาพของเม็ดดินของดิน 5 ชนิดที่มี CEC ต่ำและได้รับโซเดียมคลอเรต 3 อัตรา 3. ข้อมูลผลกระทบของคลอเรตต่อกระบวนการ mineralization ของไนโตรเจน
4. เพื่อหาแนวทางการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการใช้คลอเรตในสวนลำไย ถ้ามี (เพิ่มเมื่อขยายโครงการ)	1. การศึกษาการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในห้องปฏิบัติการและในสวนลำไย	1. การศึกษาการเร่งการสลายตัวของคลอเรตในห้องปฏิบัติการและในสวนลำไย	1. ข้อมูลวัสดุที่สามารถและไม่สามารถเร่งการสลายของคลอเรตในห้องปฏิบัติการและวิธีการเร่งการสลายของคลอเรตในสวนลำไยโดยใช้กากน้ำตาล