

ในดินปากช่องที่เป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน (ตารางที่ 9 ง. และ ภาพที่ 4 ข.) ปริมาณคลอเรตตกค้างที่เกิดจากการราดในปีแรกเคลื่อนที่ลงลึกประมาณ 100 ซม. แม้ว่าคลอเรตจะสลายตัวไปได้เร็วในดินปากช่องที่มีอินทรีย์วัตถุสูงเกือบถึง 1 % แต่ปริมาณคลอเรตที่ในชั้นดินก็ยังเกินระดับวิกฤติที่ชั้น 40-60 ซม. หลังจากการราดปีแรกได้ครบปี. เมื่อราดคลอเรตซ้ำเป็นปีที่ 2 เห็นได้ชัดเจนว่าคลอเรตตกค้างได้เคลื่อนที่ลงลึกกว่าในปีแรก โดยพบที่ความลึก 120-140 ซม. เมื่อ 125 วันหลังจากการราดปีที่ 2 แต่ก็สลายตัวไปได้เร็ว จึงพบปริมาณคลอเรตที่ในชั้นดินก็ยังเกินระดับวิกฤติที่ชั้นเฉพาะที่ความลึก 20-60 ซม. ปริมาณโพแทสเซียมคลอเรตที่ยังคงตกค้างในแปลงทดลอง (ขนาด 4×4 เมตร) เมื่อหลังจากการราดได้ครบ 1 ปี และ (เกือบ) ครบ 2 ปี พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน คือ 0.891 กก. และ 0.615 กก. (ตารางที่ 9 ง. และ ภาพที่ 4 ข.) แสดงให้เห็นว่าการสลายตัวของคลอเรตในดินปากช่องในปีที่ 2 ไม่เร็วกว่าในปีที่ 1 ซึ่งต่างจากในดิน 3 ชุดดินที่กล่าวถึงมาก่อนหน้านี้.

5.3 การตกค้างของคลอเรตที่ราดปลายฤดูแล้ง 2 ครั้ง

จากตารางที่ 10 ก. และภาพที่ 5 ก. เมื่อราดคลอเรตในปีแรกไปได้เพียง 73 วัน ในดินน้ำพองเห็นได้ชัดว่าคลอเรตเคลื่อนที่ลงดิน โดยมีความเข้มข้นที่สุดที่ระดับความลึก 60-80 ซม. และเมื่อ 139 วันหลังคลอเรตส่วนใหญ่ก็เคลื่อนที่ลงลึกไปอีก โดยมีความเข้มข้นที่สุดที่ระดับความลึก 60-100 ซม. และเกือบไม่เหลือคลอเรตที่ชั้น 0-40 ซม. เมื่อราดไปได้ 210 วัน เกือบไม่พบคลอเรตที่ชั้น 0-120 ซม. เมื่อราดไปได้ ครบปีคลอเรตได้เคลื่อนที่ไปตกค้างที่ความลึก 160-260 ซม. แต่ทั้งหมดตกค้างอยู่ระดับไม่เกินระดับวิกฤติ. ในดินน้ำพองหลังจากการราดคลอเรตในปีที่ 2 ไปได้ 198 วัน คลอเรตได้เคลื่อนที่ลงไปตกค้างที่ความลึกระหว่างประมาณ 160 -300 ซม. และเกือบไม่พบคลอเรตที่ชั้น 0-120 ซม. เมื่อติดตามต่อไปเมื่อ 263 และ 339 วันหลังจากการราดครั้งที่ 2 พบว่าคลอเรตตกค้างมีปริมาณใกล้เคียงกับที่พบเมื่อ 198 วัน นั่นคือมีแนวโน้มที่คลอเรตตกค้างในดินล่างจะไม่สลายตัวต่อไป.

ในดินสันทราย (ตารางที่ 10 ข. ภาพที่ 5 ข.) เมื่อ 73 – 322 วันหลังราด คลอเรตส่วนใหญ่ยังอยู่ที่ความลึกไม่เกิน 40 ซม. และมีปริมาณลดลงตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น. แต่เมื่อ 322 วันหลังราด คลอเรตยังคงค้างที่ความลึก 0-20 ซม. อยู่เกินระดับวิกฤติ เมื่อครบปีคลอเรตตกค้างได้เคลื่อนที่ลงไปตกค้างมากที่สุดที่ความลึก 40-60 ซม. และค้างอยู่เกินระดับวิกฤติเล็กน้อย. หลังจากการราดในดินสันทรายในปีที่ 2 ไปได้ 339 วัน พบว่ามีคลอเรตค้างอยู่เพียงเล็กน้อย กระจายตั้งแต่ดินบนจนถึงความลึก 140 ซม. นั่นคือการสลายตัวของคลอเรตใส่ซ้ำเป็นปีที่ 2 เร็วกว่าการใส่คลอเรตเป็นปีแรก เช่นเดียวกับที่พบปรากฏการณ์เช่นนี้ในการราดกลางฤดูฝน

ในดินโคราช เมื่อ 70 – 138 วันหลังราด คลอเรตกระจายตั้งแต่ผิวดินจนถึงความลึก 100 ซม. โดยตกค้างมากที่สุดที่ชั้นดินลึก 40-60 ซม. เมื่อ 209 วันหลังราด คลอเรตได้เคลื่อนที่ลงไปที่สะสมมากที่สุดที่ความลึก 80-100 ซม. เมื่อครบปีพบคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เกินระดับวิกฤติที่ความลึก 40-120 ซม. เช่นเดียวกันเมื่อราดครั้งที่ 2 ครบปีพบคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เกินระดับวิกฤติที่ความลึก 40-120 ซม. (ตารางที่ 10 ก. ภาพที่ 6 ก.)

ในดินปากช่อง เมื่อ 138 วันหลังราด คลอเรตได้เคลื่อนที่ลงไปที่สะสมมากที่สุดที่ความลึก 60-80 ซม. และเมื่อ 260 วันหลังราด คลอเรตได้เคลื่อนที่ลงไปที่สะสมมากที่สุดที่ความลึก 80-100 ซม. แต่มีปริมาณลดลงจากเมื่อ 138 วันมาก เมื่อครบปีพบคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เกินระดับวิกฤติที่ความลึก 60-100 ซม. เช่นเดียวกันเมื่อราดครั้งที่ 2 ครบปีพบคลอเรตอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่เกินระดับวิกฤติที่ความลึก 40-120 ซม. (ตารางที่ 10 ง. ภาพที่ 6 ข.)

เป็นที่น่าสังเกตว่า ในดินน้ำพอง สันทราย และโคราช ปริมาณคลอเรตตกค้างเมื่อราดครบปีจากการราดปลายฤดูแล้งปีที่ 2 นี้ ไม่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตกค้างเมื่อครบปีที่แรก ซึ่งขัดแย้งกับผลการราดคลอเรตเมื่อกลางฤดูฝน.

ตารางที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ จากที่รากลางฤดูฝนจำนวน 4.4 กก./16 ม²

ก. ชุดดินน้ำพอง ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 25 ก.ค. 2546 และเมื่อ 25 ก.ค. 2547

	พ.ศ. 2546				พ.ศ. 2547				พ.ศ. 2548				พ.ศ. 2549
วันเก็บ	29 ต.ค.	29 ต.ค.	24 ธ.ค.	23 มี.ค.	14 พ.ค.	21 ก.ค.	30 ก.ย.	20 พ.ย.	20 ม.ค.	21 มี.ค.	16 พ.ค.	16 ก.ค.	13 มี.ค.
วันหลังราด	35	96	152	241	293	361	430(65)	390(125)	543(178)	604(239)	661(296)	726(361)	962(597)
ความลึก	ม.ก./ก.ก.....												
0-20 ซม.	3	0	2	0	1	2	1	5	7	0	8	1	2
20-40 ซม.	179	0	1	0	1	1	0	5	7	0	2	1	0
40-60 ซม.	339	0	2	0	1	2	1	4	7	0	2	0	0
60-80 ซม.	271	1	2	3	0	2	1	4	7	0	3	1	1
80-100 ซม.	68	26	24	20	54	8	2	11	11	8	7	2	0
100-120 ซม.	na	na	72	54	78	60	8	39	67	13	36	9	1
120-140 ซม.	na	na	na	94	127	132	53	68	35	45	71	22	1
140-160 ซม.	na	na	na	68	86	141	94	95	75	72	91	37	0
160-180 ซม.	na	na	na	na	76	270	75	115	121	52	87	48	15
180-200 ซม.	na	na	na	na	49	125	116	151	177	87	84	50	43
200-220 ซม.	na	na	na	na	51	na	na	na	na	52	82	46	77
220-240 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	65	72	35	63
240-260 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	37	29	26	45
260-280 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	19	47	18	32
280-300 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	11	29	12	25
คลอไรด์ตกค้าง ²	4,437	147	564	1,301	2,878	4,079	1,927	2,727	2,817	2,544	3,565	1,701	1,682

ข. ชุดดินสันทราย ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 25 ก.ค. 2546 และ 25 ก.ค. 47

	พ.ศ. 2546				พ.ศ. 2547				พ.ศ. 2548				พ.ศ. 2549
วันเก็บตัวอย่าง	29 ต.ค.	29 ต.ค.	24 ธ.ค.	23 มี.ค.	14 พ.ค.	21 ก.ค.	30 ก.ย.	20 พ.ย.	20 ม.ค.	21 มี.ค.	16 พ.ค.	16 ก.ค.	13 มี.ค.
วันหลังราด	35	96	152	241	293	361	430(65)	390(125)	543(178)	604(239)	661(296)	726(361)	962(597)
ความลึก	ม.ก./ก.ก.....												
0-20 ซม.	848	211	115	94	94	109	209	120	28	19	39	40	1
20-40 ซม.	255	128	74	68	49	49	369	37	27	0	17	7	2
40-60 ซม.	133	75	27	29	15	137	270	40	20	0	13	4	2
60-80 ซม.	60	26	7	12	7	17	168	37	20	0	8	0	1
80-100 ซม.	34	11	6	6	2	10	155	17	14	0	16	1	1
100-120 ซม.	na	na	na	4	4	na	166	20	10	0	7	0	0
120-140 ซม.	na	na	na	8	na	na	7	na	na	0	6	0	0
140-160 ซม.	na	na	na	9	na	na	na	na	na	0	0	0	0
คลอไรด์ตกค้าง ²	6,517	2,231	1,124	1,150	815	1,613	6,898	1,365	606	92	501	259	36

¹ na = ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์

² เป็นการประมาณปริมาณคลอไรด์ที่ยังคงตกค้างในพื้นที่ 4*4 ม² โดยคำนวณจากผลคูณของความเข้มข้น, พื้นที่, ความลึกของชั้นดิน และความหนาแน่นรวมของดินแต่ละชั้น จากนั้นรวมค่าที่ได้ของทุกชั้นดินที่ได้วิเคราะห์, มีหน่วยเป็นกรัม

ตารางที่ 9 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ จากที่ราดกลางฤดูฝนจำนวน 4.4 กก./16 ม² (ต่อ)

ค. ชุดดินโคราช ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 25 ก.ค. 2546 และเมื่อ 25 ก.ค. 2547

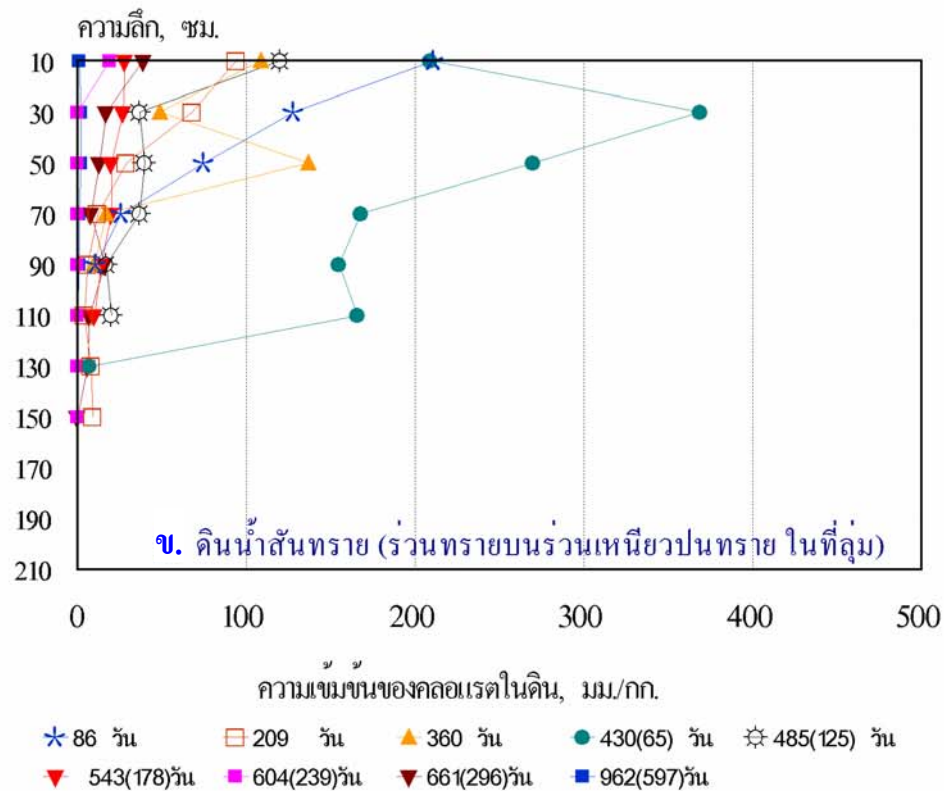
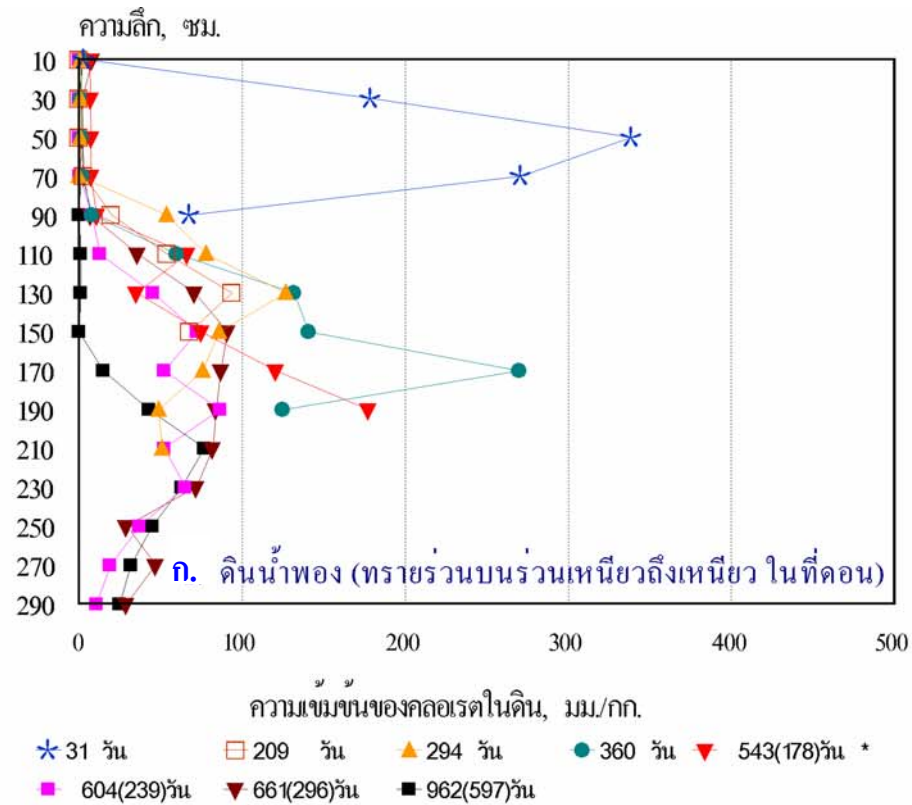
	พ.ศ. 2546				พ.ศ. 2547				พ.ศ. 2548		พ.ศ. 2549	
วันเก็บ	29 สค	29 ตค	24 ธค	23 มีค	14 พค	21 กล	30 กย	20 พย	20 มก	21 มีค	16 พ.ค	13 มีค
วันหลังราด	35	96	152	241	293	361	430(65)	390(125)	543(178)	604(239)	661(296)	962(597)
ความลึก	ม.ก./											
0-20 ซม.	116	138	79	83	40	63	210	214	27	40	156	11
20-40 ซม.	228	305	129	52	64	100	369	322	79	43	70	19
40-60 ซม.	311	157	78	64	87	81	270	201	85	66	30	19
60-80 ซม.	84	43	24	66	73	72	168	109	85	58	24	15
80-100 ซม.	52	20	13	48	53	65	155	53	58	26	22	14
100-120 ซม.	na ¹	na	12	35	24	53	166	29	40	20	4	6
120-140 ซม.	na	na	na	na	15	22	7.4	37	41	16	4	13
140-160 ซม.	na	na	na	na	7	na	na	na	7	6	7	17
160-180 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	3	1	14
180-200 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	2	11	11
คลอไรด์ค้ำ ²	4,004	3,310	1,682	1,789	1,882	2,356	6,897	4,881	2,198	1,449	1,654	729

ง. ชุดดินปากช่อง ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 25 ก.ค. 2546 และเมื่อ 25 ก.ค. 2547

	พ.ศ. 2546				พ.ศ. 2547				พ.ศ. 2548		พ.ศ. 2549	
วันเก็บ	29 สค	29 ตค	24 ธค	23 มีค	14 พค	21 กล	30 กย	20 พย	20 มก	21 มีค	16 พ.ค	13 มีค
วันหลังราด	35	96	152	241	293	361	430(65)	390(125)	543(178)	604(239)	661(296)	962(597)
ความลึก	ม.ก./ก.ก.....											
0-20 ซม.	40	12	1	2	34	6	2	5	7	0	5	0
20-40 ซม.	162	75	118	79	135	28	52	29	104	53	11	1
40-60 ซม.	49	58	84	64	90	92	332	11	249	91	51	2
60-80 ซม.	6	19	15	9	11	35	321	122	156	35	21	18
80-100 ซม.	5	5	5	3	3	13	168	47	38	14	7	18
100-120 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	29	8	0	5	14
120-140 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	37	6	0	4	1
140-160 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	6	0	3	2
160-180 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	6	0
180-200 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	6	1
200-220 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	0
220-240 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	0
240-260 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	0
260-280 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	0
280-300 ซม.	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	1
คลอไรด์ค้ำ ²	1,306	857	1,124	793	1,364	891	4,576	1,491	2,965	987	615	320

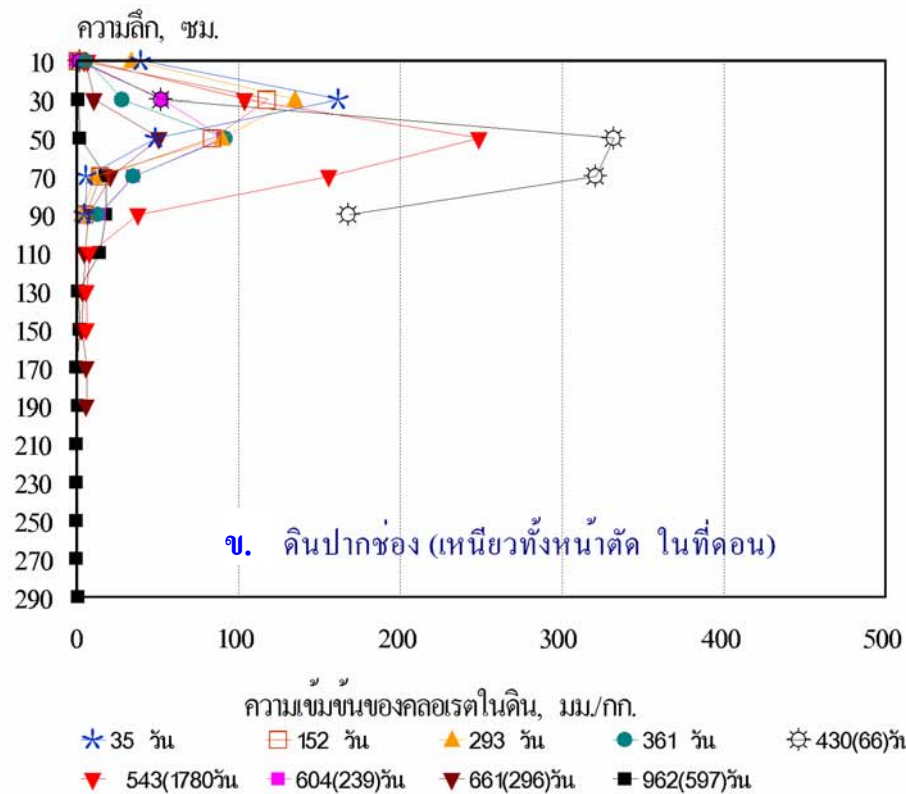
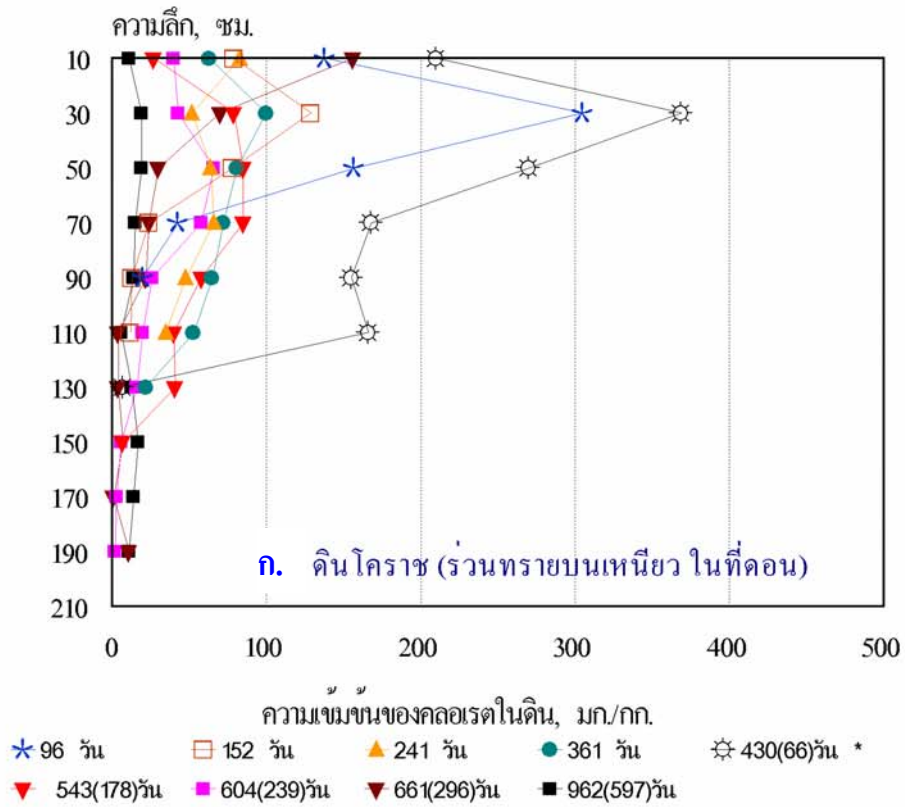
¹ na = ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์

² เป็นการประมาณปริมาณคลอไรด์ที่ยังคงค้ำในพื้นที่ 4*4 ม² โดยคำนวณจากผลคูณของความเข้มข้น, พื้นที่, ความลึกของชั้นดิน และความหนาแน่นรวมของดินแต่ละชั้น จากนั้นรวมค่าที่ได้ของทุกชั้นดินที่ได้วิเคราะห์, มีหน่วยเป็นกรัม



ภาพที่ 3 การตกค้างและการเคลื่อนที่ในดินน้ำพองและสันทาย ในการราดคลอเร็ตฤดูฝน

* ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนวันหลังการราดคลอเร็ตปีที่ 2



ภาพที่ 4 การตกค้างและการเคลื่อนที่ในดิน โคราชและปากช่อง ในการราดคลอเร็ตฤดูฝน

* ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนวันหลังราดคลอเร็ตปีที่ 2

ตารางที่ 10 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ จากที่ราดไว้ปลายฤดูแล้งจำนวน 4.4 กก./16 ม²

ก. ชุดดินน้ำพอง ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 3 มี.ค 2547 และ 20 มี.ค 2548

วันเก็บตัวอย่าง	พ.ศ. 2547						พ.ศ. 2548			พ.ศ. 2549	
	15 พค	20 กค	29 ก.ย	19 พ.ย.	19 ม.ค.	20 มี.ค.	16 พ. ค	20 ก.ค	4 ก.ย	8 ธ.ค	22 ก.พ
วันหลังราด	73 วัน	139 วัน	210 วัน	261 วัน	322 วัน	383 วัน	439(57)	504(122)	550(198)	645(263)	721(339)
ความลึก,ซม.	ม.ก./ก.ก.....										
0-20	36	3	0	4	7	1	540	68	9	8	7
20-40	83	10	1	0	7	0	37	228	9	7	7
40-60	135	113	1	0	6	0	17	96	7	8	7
60-80	252	251	1	2	6	0	17	28	7	8	6
80-100	173	249	1	4	11	0	16	17	7	8	7
100-120	na ¹	na	2	5	11	0	16	11	9	7	7
120-140	na	na	29	6	19	8	25	4	13	9	7
140-160	na	na	na	15	21	16	na	3	17	9	12
160-180	na	na	na	na	20	20	na	3	19	12	18
180-200	na	na	na	na	23	18	na	4	25	20	17
200-220	na	na	na	na	na	1	na	2	28	75	20
220-240	na	na	na	na	na	13	na	3	26	53	22
240-260	na	na	na	na	na	5	na	3	20	33	24
260-280	na	na	na	na	na	0	na	1	17	26	23
280-300	na	na	na	na	na	0	na	0	17	26	24
คลอไรด์ตกค้าง ²	3,546	3,324	190	194	710	444	3,267	2,377	1,228	1,664	1,116

ข. ชุดดินสันทราย ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 3 มี.ค 2547 และ 20 มี.ค 2548

วันเก็บตัวอย่าง	พ.ศ. 2547						พ.ศ. 2548			พ.ศ. 2549	
	15 พค	20 กค	29 ก.ย	19 พ.ย.	19 ม.ค.	20 มี.ค.	16 พ. ค	20 ก.ค	4 ก.ย	8 ธ.ค	22 ก.พ
วันหลังราด	73 วัน	139 วัน	210 วัน	261 วัน	322 วัน	383 วัน	439(57)	504(122)	550(198)	645(263)	721(339)
ความลึก,ซม.	ม.ก./ก.ก.....										
0-20	721	331	153	87	69	10	540	475	225	21	5
20-40	202	29	59	20	39	25	37	88	42	9	5
40-60	94	16	26	18	11	59	17	32	31	9	7
60-80	42	24	11	9	8	8	17	44	27	9	9
80-100	21	20	12		8	4	16	16	20	8	7
100-120	na	na	12	11	7	0	16	12	22	8	5
120-140	na	na	23	na	11	na	25	16	24	6	10
120-140	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	11
คลอไรด์ตกค้าง	5,279	2,044	1,476	766	762	530	3,267	3,353	1,947	360	317

¹ na = ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์

² เป็นการประมาณปริมาณคลอไรด์ที่ยังคงตกค้างในพื้นที่ 4*4 ม² โดยคำนวณจากผลคูณของความเข้มข้น, พื้นที่, ความลึกของชั้น ดินและความหนาแน่นรวมของดินแต่ละชั้น จากนั้นรวมค่าที่ได้ของทุกชั้นดินที่ได้วิเคราะห์, มีหน่วยเป็นกรัม

ตารางที่ 10 ปริมาณโพแทสเซียมคลอไรด์ที่พบในดินชั้นต่างๆ จากที่ราดไว้ปลายฤดูแล้งจำนวน 4.4 กก./16 ม² (ต่อ)

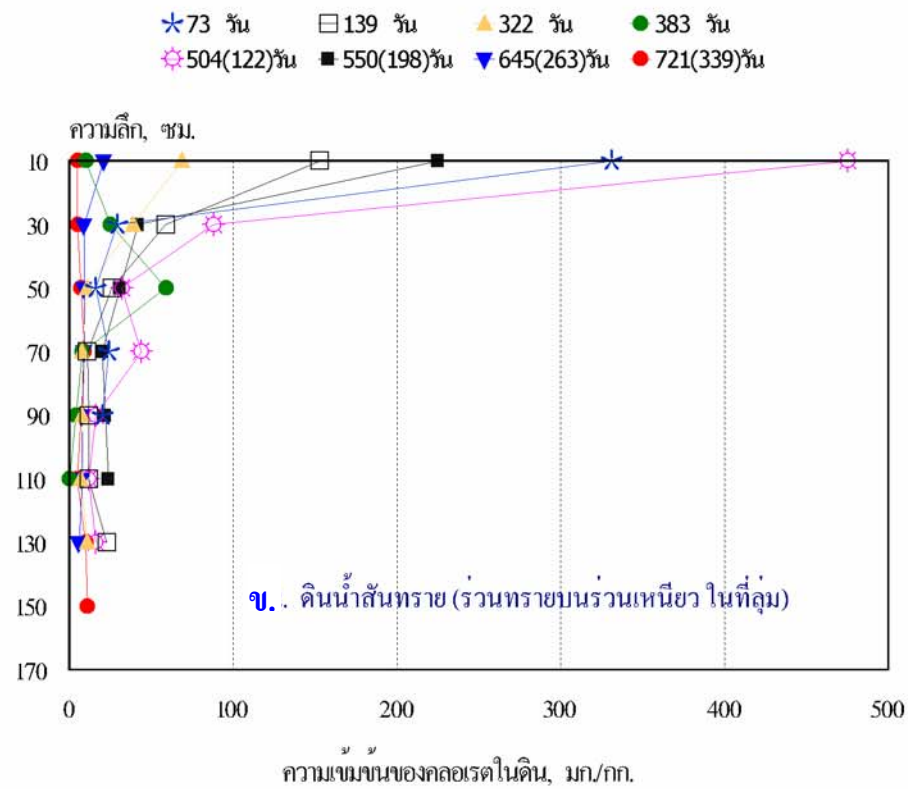
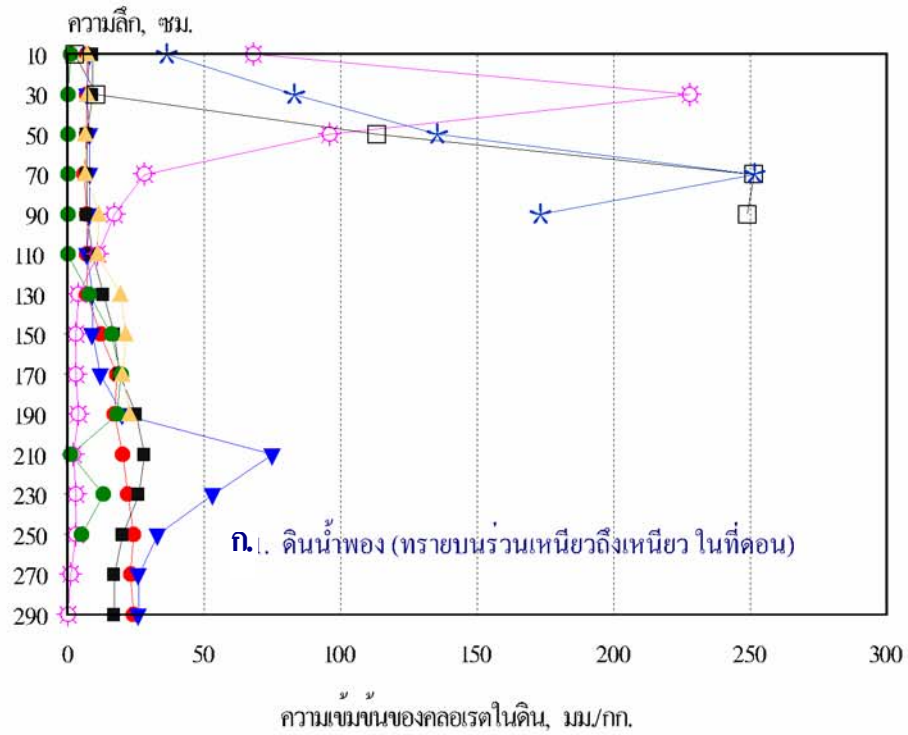
ก. ชุดดินโคราช ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 5 มี.ค 2547 และ 22 มี.ค 2548											
	พ.ศ. 2547						พ.ศ. 2548			พ.ศ. 2549	
วันเก็บตัวอย่าง	14 พ.ค.	21 ก.ค.	29 ก.ย.	19 พ.ย.	19 ม.ค.	20 มี.ค.	17 พ.ค.	25 ก.ค.	4 ก.ย.	10 ธ.ค.	22 ก.พ.
วันหลังราด	70 วัน	138 วัน	209 วัน	260 วัน	321 วัน	381 วัน	439(57)	504(122)	550(198)	645(263)	721(339)
ความลึก, ซม.	ม.ก./ก.ก.....										
0-20	76	155	1	8	5	3	301	181	246	5	5
20-40	119	75	1	3	7	17	119	262	262	7	20
40-60	103	120	1	17	12	26	53	204	246	12	20
60-80	66	87	6	14	9	28	79	32	218	43	51
80-100	35	55	103	11	17	29	53	67	66	37	35
100-120	na ¹	na	na	8	11	35	35	51	31	24	25
120-140	na	na	na	na	10	18	29	65	31	30	12
120-140	na	na	na	na	8	8	18	65	na	37	9
160-180	na	na	na	na	na	4	16	44	na	33	7
180-200	na	na	na	na	na	4	22	23	na	23	10
คลอไรด์ตกค้าง ²	2,026	2,489	611	320	421	910	3,668	5,090	5,585	1,347	1,025

ง. ชุดดินปากช่อง ราดคลอไรด์เมื่อวันที่ 5 มี.ค 2547 และ 22 มี.ค 2548

	พ.ศ. 2547						พ.ศ. 2548			พ.ศ. 2549	
วันเก็บตัวอย่าง	14 พ.ค.	21 ก.ค.	29 ก.ย.	19 พ.ย.	19 ม.ค.	20 มี.ค.	17 พ.ค.	25 ก.ค.	4 ก.ย.	10 ธ.ค.	22 ก.พ.
วันหลังราด	70 วัน	138 วัน	209 วัน	260 วัน	321 วัน	381 วัน	439(57)	504(122)	550(198)	645(263)	721(339)
ความลึก, ซม.	ม.ก./ก.ก.....										
0-20	432	41	2	8	6	20	989	48	7	2	6
20-40	119	35	1	10	5	7	153	140	87	1	9
40-60	26	318	2	9	12	12	15	123	189	1	23
60-80	6	253	23	21	26	25	34	97	166	74	65
80-100	2	36	20	54	10	28	23	55	13	130	6
100-120	na	na	na	na	6	3	2	11	88	149	8
120-140	na	na	na	na	5	0	5	5	121	35	10
120-140	na	na	na	na	5	0	5	4	1	7	11
160-180	na	na	na	na	na	2	1	5	5	6	7
180-200	na	na	na	na	na	2	1	5	7	7	7
200-220	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	8
220-240	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	6
240-260	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	6
260-280	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	6
คลอไรด์ตกค้าง	2,834	3,527	260	538	388	516	5,968	2,519	3,589	2,219	934

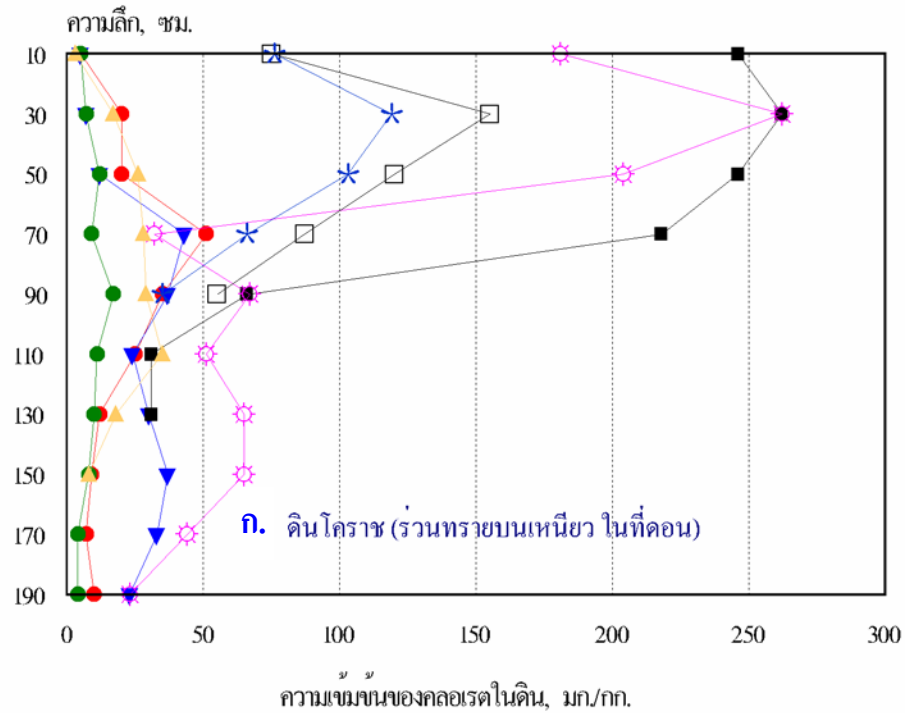
¹ na = ไม่ได้เก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์

² เป็นการประมาณปริมาณคลอไรด์ที่ยังคงตกค้างในพื้นที่ 4*4 ม² โดยคำนวณจากผลคูณของความเข้มข้น, พื้นที่, ความลึกของชั้นดิน และความหนาแน่นรวมของดินแต่ละชั้น จากนั้นรวมค่าที่ได้ของทุกชั้นดินที่ได้วิเคราะห์, มีหน่วยเป็นกรัม

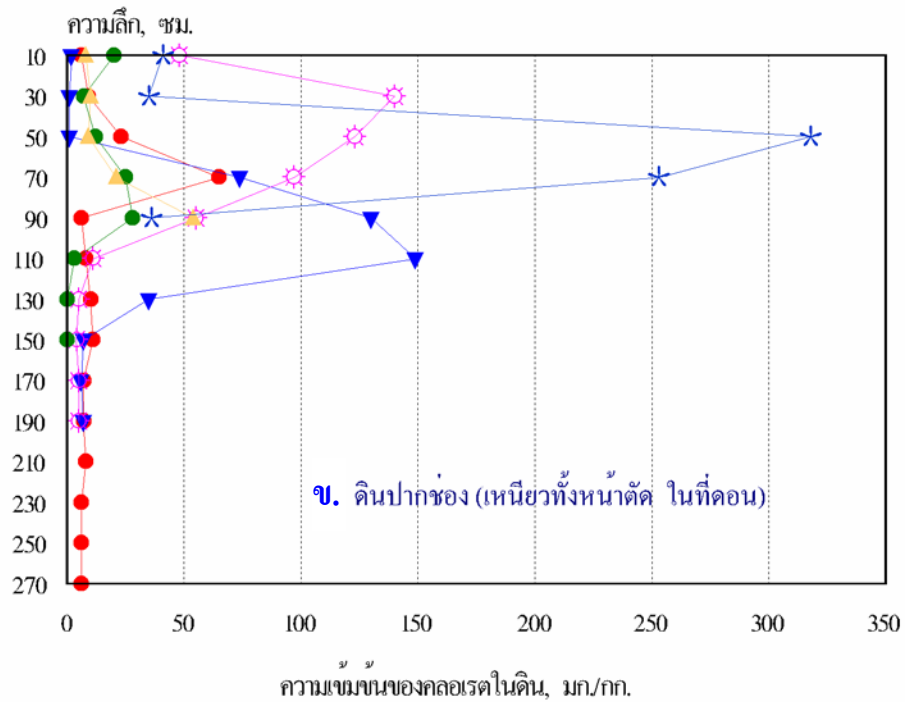


ภาพที่ 5 การตกค้างและการเคลื่อนที่ในดินน้ำพองและสันทาย ในการราดคลอไรด์ฤดูแล้ง

* ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนวันหลังการราดคลอไรด์ปีที่ 2



* 70 วัน □ 138 วัน ▲ 321 วัน ● 381 วัน
 * 504(122)วัน ■ 550(198)วัน ▼ 645(263)วัน ● 721(339)วัน



* 138 วัน ▲ 260 วัน ● 381 วัน
 * 504(122)วัน ▼ 645(263)วัน ● 721(339)วัน

ภาพที่ 6 การตกค้างและการเคลื่อนที่ในดินโคราชและปากช่อง ในการราดคลอเร็ตฤดูร้อนแล้ง

* ตัวเลขในวงเล็บคือจำนวนวันหลังการราดคลอเร็ตปีที่ 2

5.4 การเปรียบเทียบปริมาณคลอเรตตกค้างระหว่างการราดกลางฤดูฝนกับการราดปลายฤดูแล้ง

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตารางที่ 9 ก. กับตารางที่ 10 ก. ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณคลอเรตตกค้างในชุดดินน้ำพอง เมื่อราดกลางฤดูฝนและการราดปลายฤดูแล้ง ตามลำดับ พบว่าเมื่อราดคลอเรตกลางฤดูฝน คือปลายเดือนกรกฎาคม แล้วติดตามเมื่อ 2-3 เดือนต่อไป คือปลายเดือนกันยายนหรือตุลาคม จะเกือบไม่พบคลอเรตตกค้างอยู่ภายในความลึก 80-100 ซม. แต่เมื่อราดคลอเรตปลายฤดูแล้ง คือต้นเดือนมีนาคม แล้วติดตามเมื่อประมาณ 3-5 เดือนต่อไป คือกลางเดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม จะยังพบคลอเรตตกค้างอยู่เป็นจำนวนมากภายในความลึก 100 ซม. และคลอเรตจำนวนนี้จะเคลื่อนที่ลงลึกพื้นระดับ 100 ซม. เมื่อติดตามในเดือนกันยายน. ปรากฏการณ์นี้แสดงให้เห็นว่า ในดินที่ระบายน้ำดีและมีอินทรีย์วัตถุต่ำ (ซึ่งทำให้คลอเรตสลายตัวช้า คูบทที่ 8) เคลื่อนที่ของคลอเรตสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของน้ำ. ในแปลงที่ให้คลอเรตปลายฤดูแล้ง ในช่วงปลายฤดูแล้งที่ดินได้รับน้ำชลประทานเพียงความลึกของเขตรากพืช และช่วงต้นฤดูฝนที่น้ำฝนยังซึมลงลึกไม่เกิน 100 ซม. แม้ว่าเวลาจะผ่านไปประมาณ 5 เดือน คลอเรตส่วนใหญ่ก็ยังคงตกค้างอยู่ภายในความลึก 100 ซม. เมื่อถึงปลายฤดูฝนคลอเรตส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปกับน้ำที่ซึมลงลึกกว่า 100 ซม.

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตารางที่ 9 ข. กับตารางที่ 10 ข., ระหว่างตารางที่ 9 ค. กับตารางที่ 10 ค., และ ระหว่างตารางที่ 9 ง. กับตารางที่ 10 ง. ซึ่งเป็นข้อมูลปริมาณคลอเรตตกค้างในชุดดินสันทราย โกรซ และปากช่อง ไม่พบความแตกต่างระหว่างการตกค้างและการเคลื่อนที่ของคลอเรตจากการราดเมื่อกลางฤดูฝนกับปลายฤดูแล้ง อย่างชัดเจนเหมือนกรณีของดินน้ำพอง. ทั้งนี้ในกรณีของชุดดินสันทราย น่าจะเนื่องจากเป็นดินที่ลุ่ม การระบายน้ำไม่ดี น้ำจึงเคลื่อนที่ลงในชั้นดินได้น้อยแม้จะถึงปลายฤดูฝนเนื่องจากมีระดับน้ำใต้ดิน คลอเรตจึงเคลื่อนที่ลงในชั้นดินได้น้อยไปด้วย ประกอบกับมีน้ำขังอยู่ในดินชั้นล่าง คลอเรตในดินชั้นล่างจึงถูกย่อยสลายด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์ anaerobic ที่ย่อยสลายคลอเรตได้เร็วกว่า จุลินทรีย์ aerobic (คูบทที่ 5). ในกรณีของชุดดินปากช่องที่เป็นดินที่ดอน อินทรีย์วัตถุสูง โครงสร้างดี และระบายน้ำดี คลอเรตจึงน่าจะเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ดีเหมือนในชุดดินน้ำพอง. หากแต่อินทรีย์วัตถุที่มีอยู่สูงทำให้คลอเรตสลายตัวไปหมดเสียก่อน ก่อนที่จะได้เคลื่อนที่กับน้ำสู่ดินที่ลึกกว่า 100 ซม.

6. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. ในดินน้ำพองที่เป็นดินทรายร่วนบนดินร่วนเหนียวปนทราย ที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำและระบายน้ำดีกว่าดินอีก 3 ชุดดิน คลอเรตจึงสลายตัวได้น้อยกว่า (ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในบทที่ 8 ที่พบว่าอินทรีย์วัตถุเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญที่สุดในการกำหนดความเร็วในการสลายตัวของคลอเรตในดิน) และเคลื่อนที่ลงได้ลึก จนเกือบไม่พบคลอเรตตกค้างภายในความลึก 100 ซม. เมื่อสิ้นปีที่ 2 ของการทดลอง และติดตามพบว่าเคลื่อนที่ลงลึกด้วยความเข้มข้นที่มากกว่าระดับวิกฤติที่ความลึก 240 ซม.

2. ในดินสันทรายที่เป็นดินร่วนปนทรายบนดินร่วนเหนียวปนทรายในที่ลุ่มที่ระบายน้ำไม่ดี มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง คลอเรตจึงสลายตัวได้ระดับหนึ่งและเคลื่อนที่ลงลึกไม่เกิน 120 ซม. เมื่อสิ้นปีแรกพบคลอเรตตกค้างอยู่เกินระดับวิกฤติที่ความลึก 0-60 ซม. หลังจากการราดคลอเรตในปีที่ 2 คลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าในปีแรกมาก จึงไม่พบคลอเรตตกค้างในชั้นดินเกินระดับวิกฤติเลยตั้งแต่ 125 วันหลังราดปีที่ 2

3. ในดินโคราชที่เป็นดินร่วนปนทรายบนดินร่วนเหนียวปนทราย ที่มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง ในที่ดอนที่ระบายน้ำดีปานกลาง คลอเรตจึงเคลื่อนที่ลงได้ลึกกว่า และสลายตัวไปได้น้อยกว่าในดินสันทราย. เมื่อสิ้นปีแรกพบคลอเรตตกค้างอยู่เกินระดับวิกฤติที่ความลึก 0-120 ซม. หลังจากการราดคลอเรตในปีที่ 2 คลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าในปีแรกมาก. เมื่อเกือบสิ้นปีที่ 2 จึงพบคลอเรตตกค้างในชั้นดินเกินระดับวิกฤติเล็กน้อยที่ความลึก 40-80 ซม.

4. ในดินปากช่องที่เป็นดินเหนียวจัดและมีโครงสร้างดี ระบายน้ำดี อินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินทั้ง 3 ชุดดินก่อนหน้านี้ คลอเรตจึงสลายตัวได้ดีในทุกชั้นดิน ทำให้ไม่พบคลอเรตในปริมาณที่มีนัยสำคัญที่ความลึกเกิน 100 ซม. อย่างไรก็ตามยังพบคลอเรตตกค้างอยู่เกินระดับวิกฤติที่ชั้นดิน 20-60 ซม.

5. การสลายตัวของคลอเรตจากการราดเมื่อกลางฤดูฝนในปีที่ 2 ในชุดดินน้ำพอง สันทราย และโคราช เร็วกว่าในปีแรกมาก. ทั้งนี้เนื่องจากในดินเคยได้รับคลอเรตมาก่อน จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอเรตได้เพิ่มปริมาณมากขึ้น (Bliven, 1996. และ Wu *et al.*, 2001). แต่ปริมาณคลอเรตตกค้างเมื่อราดครบปีจากการราดปลายฤดูแล้งปีที่ 2 ในดินน้ำพอง สันทราย และโคราช ไม่น้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตกค้างเมื่อครบปีที่แรก ซึ่งขัดแย้งกับผลการราดคลอเรตเมื่อกลางฤดูฝน. Sutigoolabud, *et .al.*, (2004) ทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าเมื่อได้รับคลอเรตซ้ำหลายครั้ง การสลายตัวในครั้งหลังๆ จะช้ากว่าครั้งแรก.

6. เมื่อเปรียบเทียบปริมาณคลอเรตตกค้างระหว่างในแปลงทดลองปีแรกกับในสวนลำไย ในชนิดดิน อัตราการราด และระยะเวลาที่ใกล้เคียงกัน พบว่าในสภาพสวนลำไยมีคลอเรตตกค้างอยู่น้อยกว่าอย่างชัดเจน น่าจะเป็นเพราะว่าในสภาพสวนลำไยมีการให้คลอเรตติดต่อกันมาหลายปี การที่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน ทำให้มีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายคลอเรตได้เพิ่มปริมาณมากขึ้นกว่าดินในแปลงทดลองที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน (Bliven, 1996)

7. โดยสรุปจากผลการศึกษาในดินทั้ง 4 ชุดดินจึงสรุปได้ว่าเมื่อราดโพแทสเซียมคลอเรตอัตรา 2 ก.ก./ต้นของต้นที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เมตร หรือประมาณ 5 เท่าของคำแนะนำ ในดินทรายร่วนที่ระบายน้ำดีและมีอินทรีย์วัตถุต่ำ เช่นชุดดินน้ำพอง คลอเรตจะสลายตัวได้ช้าและเคลื่อนที่ลงสู่ดินชั้นล่างได้เร็ว โดยเฉพาะเมื่อราดในฤดูฝน จนมีคลอเรตตกค้างอยู่ในชั้นดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำมากและคลอเรตตกค้างเหล่านี้จะสลายตัวต่อไปอย่างช้ามาก จนน่าจะมีโอกาสเคลื่อนที่ลงลึกในชั้นดินไปเรื่อยๆ จนถึงชั้นน้ำใต้ดินได้ในระยะยาว

8. ผลการศึกษาในแปลงทดลองในบ่อน้ำสอดคล้องกับผลการติดตามการตกค้างของคลอเรตในสภาพสวนลำไยภายใต้การจัดการของเกษตรกรทั่วไป (บทที่ 3) ที่พบว่าไม่มีคลอเรตตกค้างอยู่ในภายในความลึก 100 ซม. เมื่อหลังราดโพแทสเซียมคลอเรตประมาณ 1 ปี แต่พบคลอเรตตกค้างอยู่มากที่ความลึกเกิน 100 ซม. เมื่อการใช้โพแทสเซียมคลอเรตอัตราสูงในชุดดินน้ำพอง และสอดคล้องกับการทดลองของ Craft (1935) ที่ได้ผลว่าเมื่อถูกน้ำชะเท่านั้น ในดินอุ้มน้ำได้น้อยคลอเรตแพร่ลงในดินได้ลึกกว่าในดินที่อุ้มน้ำได้มาก.

1. คำนำ

2. วัตถุประสงค์

3. การสลายตัวของคลอเรตและไนเตรตในดินในสภาพน้ำขัง (ขาดออกซิเจน) : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษาความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารและการเติบโตของต้นกล้าลำไยที่ปลูกในกระถาง พบว่า ช่วง pH ของดินที่เหมาะสมกับการเติบโตที่สุดอยู่ระหว่าง 5.0 - 6.5 (ปฏิภาณ และ พาวิณ, 2548) ในงานทดลองนี้จึงกำหนดที่จะศึกษากับ pH ของดินที่สูงและต่ำของช่วง pH ที่เหมาะสมนี้ คือ pH 5.0 และ 7.0

วัดถ้ำประแสงค์

เพื่อหาข้อมูลปริมาณการสลายตัวของคลอเรตและไนเตรตในภาวะขาด O_2 ในดินที่เป็นกลางและเป็นกรด

อุปกรณ์และวิธีการ

- การทดลองนี้เลือกทดลองกับดินในที่ลุ่ม ซึ่งเป็นพื้นที่มีปัญหาดินล้าไยตายที่เชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการใช้สารคลอเรต คือชุดดินชุดดินสันทราย (ดินร่วนปนทราย จากสวนของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สวนเลขที่ 35) ซึ่งมี pH เท่ากับ 6.2 และชุดดินราชบุรี (ดินเหนียวจากสวนอาจารย์พาวัน มะโนชัย, สวนเลขที่ 2) ซึ่งมี pH เท่ากับ 6.2
- นำตัวอย่างดินแต่ละชุดดินประมาณ 1 กิโลกรัมมาปรับให้มี pH ประมาณ 5 ด้วยสารละลายกรด H_3PO_4 (laboratory grade) และอีกประมาณ 1 กิโลกรัมมาปรับให้มี pH ประมาณ 7 ด้วยปูนขาว (ที่ใช้ในงานก่อสร้าง)
- เมื่อตัวอย่างดินทั้ง 2 ชุดดินถูกปรับ pH จน pH คงที่แล้ว ผึ่งให้แห้งในร่ม บดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มม.
- ชั่งตัวอย่างดินเป็นหน่วยๆ หน่วยละ 20 กรัม ใส่ในขวดพลาสติก เติมสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตและสารละลายโพแทสเซียมไนเตรดให้ดินในแต่ละขวด ให้ได้ความเข้มข้นในดิน 200 มก./กก. ของ $KClO_3$ และ 50 มก./กก. ของ NO_3^- ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นจนอยู่ในสภาพขังน้ำ
- นำขวดตัวอย่างดินที่ผสมคลอเรตและไนเตรดแล้วนี้บรรจุในโถแก้วที่มีฝาผนึกได้สนิท บรรจุ Anaerocult® (MERCK) ซึ่งเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับ O_2 จน O_2 ภายในโถหมดภายในเวลา 4 ชั่วโมง บรรจุ Anaerotest® strip (MERCK) ซึ่งเป็น indicator สำหรับบอกสภาพปราศจาก O_2 ของอากาศในโถแก้ว
- เมื่อเก็บตัวอย่างดินที่ผสมคลอเรตและไนเตรดในโถแก้วที่มีสภาพปราศจาก O_2 ครบ 3, 7 และ 15 วัน นำตัวอย่างดินในขวดพลาสติกมาวิเคราะห์หาปริมาณคลอเรตโดยวิธีที่ปรับปรุงจากวิธีของ Chiswell and Keller-Lehmann (1993) (ภาคผนวกที่ 2) และวิเคราะห์ไนเตรดโดยวิธี Stern – distillation (Keeney and Nelson, 1982)
- ทำการทดลอง 4 ซ้ำ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามแผนการทดลองแบบ completely randomized design
- บันทึกข้อมูล ปริมาณ $KClO_3$ และ NO_3^- ที่ยังเหลืออยู่ในตัวอย่างดิน

ผลการทดลอง

ในตารางที่ 11 เห็นได้ชัดว่าเมื่อดินเป็นกรด (pH ประมาณ 5) นั้น ทั้ง ClO_3^- และ NO_3^- สลายตัวได้เร็วกว่าเมื่อดินเป็นกรด (pH ประมาณ 7) อย่างมีนัยสำคัญ. เมื่อ 3 วัน ในดินเป็นกรด NO_3^- มากกว่าในดินเป็นกลาง 2.7 – 8.1 เท่า. เมื่อ 7 วัน NO_3^- หหมดไปจากดินทั้งดินที่เป็นกรดและเป็นกลาง. แต่ ClO_3^- ยังคงตกค้างอยู่ โดยที่เป็นกรดพบ ClO_3^- มากกว่าที่เป็นกลาง 5.3 - 8.8 เท่า. คลอเรตหมดไปจากดินทั้งที่เป็นกรดและเป็นกลางภายใน 15 วัน. ดังนั้นเมื่อระยะหลังจาก 7 วันไปแล้วในดินในสภาพน้ำขังจึงมีแต่ ClO_3^- โดยปราศจาก NO_3^- .

ตารางที่ 11 ปริมาณ NO_3^- และ ClO_3^- ที่พบในดินหลังจากบ่มในสภาพขาด O_2

ชุดดิน	pH	3 วัน		7 วัน		15 วัน	
		NO_3^-	$KClO_3$	NO_3^-	$KClO_3$	NO_3^-	$KClO_3$
ชุดดินราชบุรี	5.0	7.5a	225a	0	154a	0	0
	6.9	2.8b	216b	0	29b	0	0
	CV, %	13.65	1.8		12.29		
ชุดดินสันทราย	5.1	5.7a	206a	0	114a	0	0
	7.2	0.7b	172b	0	13b	0	0
	CV, %	9.48	3.05		3.62		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมรรถที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

4. การทดลองในกระถางเพื่อศึกษาการตายของต้นลำไยที่ได้รับคลอเรตในดินที่มี pH 5 และ 7

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการตอบสนองของต้นลำไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลางและดินกรด เมื่อถูกน้ำท่วมหลังจากได้รับคลอเรต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมและ pH ดินที่ใช้ในการทดลอง

- ใช้ดินร่วนเหนียวชุดดินทางดง (ดินที่ลุ่ม) ประมาณ 600 กิโลกรัม(ดินแห้ง) แบ่งดินเป็น 2 กอง ๆ ละ ประมาณ 300 กิโลกรัม โดยกองในโรงเรือนที่มีพื้นซีเมนต์ ผสมแกลบดิบเพื่อให้ดินปลูกที่ระบายน้ำและถ่ายเทอากาศได้ดี โดยผสมในอัตราส่วน ดิน : แกลบดิบ ประมาณ 2 : 1 โดยปริมาตร pH ของดินผสมเมื่อเริ่มต้นมีค่าประมาณ 6
- เกี่ยกองดินผสมแต่ละกองให้แผ่กว้าง ปรับ pH ของดินผสมกองหนึ่งให้เป็น 5 โดยการเติมกรดกำมะถันชนิด commercial grade ตามอัตราที่ได้ทดลองมาก่อนกับตัวอย่างดิน 1 กิโลกรัมในห้องปฏิบัติการ ปรับ pH ของดินผสมอีกกองหนึ่งให้เป็น 7 โดยการผสมปูนขาวที่ใช้ในงานก่อสร้าง ตามอัตราที่ได้ทดลองมาก่อนกับตัวอย่างดิน 1 กิโลกรัมในห้องปฏิบัติการ
- พรมน้ำ คลุกกลับกอง และเก็บตัวอย่างดินเพื่อวัด pH ทุกสัปดาห์ เมื่อ pH ของดินยังไม่เท่ากับเป้าหมาย ก็เติมกรดหรือปูนอีกทีละน้อย จนกระทั่ง pH ของดินคงที่ตามเป้าหมายที่ต้องการเป็นเวลา 3 สัปดาห์ติดต่อกัน

การปลูกต้นลำไยทดลอง

- ล้างรากและตัดรากและกิ่งต้นลำไยที่เลี้ยงในกระถางดินทั่วไปมา 1 ปีแล้ว ปลูกต้นลำไยในดินผสมที่มี pH ประมาณ 5 และ 7 ในกระถางดินเผาขนาด 14 นิ้ว โดยใช้ดินผสมกระถางละ 10 กิโลกรัม(ดินแห้ง) ปลูกต้นลำไยกับดินระดับ pH ละ 25 ต้น
- เลี้ยงต้นลำไยในกระถางทั้งหมดในโรงเรือนพลาสติกให้แตกกิ่งและใบ 2 รุ่น ในเวลาประมาณ 4 เดือน

การทดลองให้คลอเรตและแช่น้ำ

- เลือกต้นลำไย 15 ต้นที่โตสม่ำเสมอที่สุดของดินแต่ละระดับ pH
- แบ่งต้นลำไย 15 ต้นเป็น 3 กลุ่มๆ ละ 5 ต้นสำหรับการทดลอง 3 การทดลอง คือ
 1. ได้รับคลอเรตแล้วถูกแช่น้ำ (+ คลอเรต + แช่น้ำ)
 2. ไม่ได้รับคลอเรตแล้วถูกแช่น้ำ (- คลอเรต + แช่น้ำ)
 3. ได้รับคลอเรตแล้วไม่ถูกแช่น้ำ (+ คลอเรต - แช่น้ำ)
- สำหรับต้นลำไยที่กำหนดให้ได้รับคลอเรต ให้โพแทสเซียมคลอเรต 2 กรัม/กระถาง (เท่ากับความเข้มข้น 200 มก./กก.) โดยการละลายน้ำรด
- ให้โพแทสเซียมไนเตรต 0.5 กรัม/กระถาง กับต้นลำไยทุกกระถาง โดยการละลายน้ำรด
- หลังจากให้โพแทสเซียมไนเตรตและโพแทสเซียมคลอเรต ได้ 2 วัน นำกระถางต้นลำไยที่ถูกกำหนดว่าต้องแช่น้ำ ลงแช่น้ำในถังซีเมนต์ โดยให้ทั้งกระถางจมอยู่ใต้น้ำ

- สังเกตอาการของต้นลำไยทุกต้นเป็นรายวันเป็นเวลา 8 วัน
- เก็บตัวอย่างดินจากแต่ละกระถางเพื่อวิเคราะห์ปริมาณคลอเรตเมื่อก่อนนำลงแช่น้ำ และวันที่ 3 และ 6 นับตั้งแต่มีการนำต้นลำไยบางส่วนลงแช่น้ำ
- ที่นำต้นลำไยลงแช่น้ำและเก็บข้อมูลเพียง 8 วัน เพราะเมื่อวันที่ 7 ได้รับผลการวิเคราะห์คลอเรตในดินพบว่ามีความคลอเรตในดินที่ถูกแช่น้ำเหลืออยู่เฉลี่ยไม่เกิน 3 มก./กก. ซึ่งไม่น่าจะเป็นพิษต่อไปอีกแล้ว ถ้าให้แช่น้ำต่อไปต้นลำไยที่ยังไม่ตายด้วยพิษคลอเรตก็อาจจะตายด้วยการถูกแช่น้ำโดยตรง

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บในการทดลองนี้คือลักษณะอาการและการตายของต้นลำไยทั้ง 30 ต้นเป็นรายวันตลอด 8 วันและปริมาณคลอเรตเมื่อก่อนถูกนำลงแช่น้ำวันที่ 3 และ 6 ในดินแต่ละนับตั้งแต่มีการนำต้นลำไยบางส่วนลงแช่น้ำ. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอเรตโดย t-test แบบ group comparison.

ผลการทดลอง

ปริมาณคลอเรตในดิน

ในตารางที่ 12 ปริมาณคลอเรตที่วิเคราะห์ได้ในดินที่ใส่คลอเรตต้นทุกการทดลองและทุกระยะเวลาแปรมาก จนมี CV ระหว่าง 34.92 – 80.06 % เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของ pH 5 กับ pH 7 แล้ว แล้วไม่พบความแตกต่างสถิติ. ยกเว้นค่าเฉลี่ยเมื่อก่อนแช่น้ำในการทดลองได้รับคลอเรตโดยไม่แช่น้ำ (+ คลอเรต - แช่น้ำ). ปริมาณคลอเรตที่ตรวจพบเมื่อก่อนนำต้นลำไยลงแช่น้ำ (2 วันหลังได้รับคลอเรต) ของทุกการทดลองมีค่าระหว่าง 32.34 – 85.60 มก./กก. จากที่ใส่ไว้ 200 มก./กก. เมื่อเปรียบเทียบกับค่าสลายตัวของคลอเรตจากการบ่มโพแทสเซียมคลอเรตกับดินชนิดต่างในห้องปฏิบัติการ พบว่าต้องใช้เวลาราว 50 วันจึงจะทำให้ปริมาณคลอเรตที่ใส่ไว้ 200 มก./กก. ลดลงเหลือระดับประมาณนี้. น่าจะเป็นเพราะว่าภายใน 2 วันนั้นคลอเรตส่วนใหญ่ถูกดูดกินและย่อยสลายโดยระบบรากที่หนาแน่นของต้นลำไยในกระถาง. เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณตรวจพบหลังนำกระถางลงแช่น้ำกับปริมาณก่อนแช่น้ำ โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ พบแนวโน้มว่าเมื่อถูกแช่น้ำคลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าที่ไม่ถูกแช่น้ำ และเมื่อแช่น้ำได้ 3 วัน ดินที่มี pH 7 มีคลอเรตตกค้างอยู่มากกว่าดินที่มี pH 5

ตารางที่ 12 ปริมาณคลอเรตในดินเมื่อก่อนและหลังถูกแช่น้ำ

การทดลอง	pH ของดิน	ก่อนแช่น้ำ (2 วันหลังได้รับคลอเรต)	3 วัน หลังแช่น้ำ	6 วัน หลังแช่น้ำ
		 มก./กก.		
+ คลอเรต	5	42.70a	13.16a (30.82) ¹	2.71a (6.35)
+ แช่น้ำ	7	32.34a	4.38a (13.54)	2.76a (8.53)
	CV, %	71.36	80.06	47.22
+ คลอเรต	5	38.87a	15.54a (39.98)	8.76a (22.54)
- แช่น้ำ	7	85.60b	34.17a (39.92)	21.73a (25.39)
	CV, %	34.92	48.97	62.34

¹ ข้อมูลในวงเล็บ เป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณคลอเรตที่คงเหลือเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเมื่อก่อนนำกระถางลงแช่น้ำ

อาการและการตายของต้นลำไย

จากตารางที่ 13 พบว่า ในการทดลองได้รับคลอเรตแล้วถูกแช่น้ำ (+ คลอเรต + แช่น้ำ) ต้นลำไยในดิน pH ประมาณ 7 ตายแบบเฉียบพลันภายใน 3 วัน ทั้ง 5 ต้นที่ทดลอง. แต่ในดินที่มี pH 5 ต้นลำไยตายแบบเฉียบพลันภายใน 3 วัน 1 ต้น และตายแบบเฉียบพลันภายใน 5 วัน อีก 2 ต้น ส่วนที่เหลืออีก 2 ต้นเป็นปรกติตลอดเวลาที่แช่น้ำ 8 วัน. ในการทดลองไม่ได้รับคลอเรตแล้วถูกแช่น้ำ (- คลอเรต + แช่น้ำ) ต้นลำไยทั้งหมด คือ 5 ต้นในดิน pH 5 และอีก 5 ต้นในดิน pH 7 ต่างมีอาการปรกติตลอด 8 วันที่กระถางถูกแช่น้ำ. ในการทดลองได้รับคลอเรตแล้วไม่ถูกแช่น้ำ (+ คลอเรต - แช่น้ำ) พบว่าทั้ง 5 ต้นที่อยู่ในดิน pH 5 ปรกติตลอด 8 วัน และทั้ง 5 ต้นที่อยู่ในดิน pH 7 แสดงอาการเฉาเล็กน้อยใน 3 วันแรก แล้วฟื้นตัวเป็นปรกติได้.

ผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าในดินที่เป็นกลาง การได้รับคลอเรตทางดินและยังมีคลอเรตตกค้างในดิน เมื่อมีน้ำท่วมจะทำให้ต้นลำไยตายเฉียบพลัน แต่ในดินที่เป็นกรดโอกาสที่ต้นลำไยตายจะลดลง. แม้ได้รับคลอเรตโดยไม่ถูกน้ำขังด้วยคลอเรตในดินที่เป็นกลางก็เป็นพิษต่อต้นลำไยมากกว่าในดินกรด.

ตารางที่ 13 อาการและการตายของต้นลำไยที่ได้รับคลอเรตและถูกแช่น้ำ

การทดลอง	pH 5	pH 7
+ คลอเรต + แช่น้ำ	3 ต้นตายเฉียบพลันภายใน 3-5 วัน 2 ต้นปรกติตลอด 8 วัน	ทั้ง 5 ต้นตายเฉียบพลันภายใน 3 วัน
- คลอเรต + แช่น้ำ	ทั้ง 5 ต้นปรกติตลอด 8 วัน	ทั้ง 5 ต้นปรกติตลอด 8 วัน
+ คลอเรต - แช่น้ำ	ทั้ง 5 ต้นปรกติตลอด 8 วัน	ทั้ง 5 ต้นเฉาเล็กน้อยใน 3 วันแรก แล้วฟื้นตัวได้

5. การสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไย

ได้สุ่มเลือกบ้านในพื้นที่ลุ่ม 6 หมู่บ้านในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ที่มีการปลูกลำไยมาก แล้วสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยอายุเกิน 4 ปี (ให้ผลแล้ว) ในระยะ 2 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2547-48) โดยสาเหตุที่เกษตรกรเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับและไม่เกี่ยวข้องกับการใช้สารคลอเรต ในแต่ละหมู่บ้านได้เก็บข้อมูลจากเกษตรกรทุกรายที่ปลูกลำไย ผลการสำรวจแสดงในตารางที่ 14 พบว่า ในบ้านปิงน้อย ตำบลสันทราย อำเภอสารภี เชียงใหม่ซึ่งเป็นพื้นที่แอ่งหลังแม่น้ำ (back swamp) มีต้นลำไยตายมากที่สุดถึง 13.57 % ขณะที่หมู่ 6 ตำบลคันธงอำเภอเมือง ลำพูน ที่ตั้งบนสันริมน้ำ (levee) มีต้นลำไยตายเพียง 3.58 % เฉลี่ยในพื้นที่ลุ่มทั้งหมดมีต้นลำไยตายในเวลา 2 ปี 7.94 % ในจำนวนนี้มีเกือบครึ่งหนึ่ง คือ 3.60 % ที่เจ้าของเชื่อว่าเป็นการตายที่เกี่ยวข้องกับการใส่สารคลอเรตมีผลให้ต้นลำไยตาย คือมีอาการตายเฉียบพลันโดยไม่มีใบเหลืองและร่วงมาก่อน ต่างจากการตายด้วยสาเหตุอื่นๆ ได้แก่ น้ำขัง(น้ำได้ดินตื้น) น้ำท่วม วัชพืชมาก ขาดการเอาใจใส่ ที่ต้นลำไยจะค่อยๆโทรม ใบเล็กลง และตายในที่สุด เพอร์เซ็นการตายที่เชื่อว่าเกี่ยวข้องกับการใส่สารคลอเรตในแต่ละหมู่บ้านผันแปรระหว่าง 1.93 ถึง 4.40 %

ตารางที่ 14 จำนวนต้นลำไยที่ตายทั้งหมดในระยะเวลา 2 ปี (พ.ศ. 2547-48) และที่ตายด้วยสาเหตุที่เชื่อว่าเกี่ยวกับสารคลอเรต

บ้าน	ลักษณะพื้นที่	จำนวนผู้ปลูก ลำไย	จำนวนต้น	จำนวนต้น ตายทั้งหมด	จำนวนต้นตายที่ เจ้าของเชื่อว่า เกี่ยวกับคลอเรต
ปึงน้อย ตำบลสันทราย	back swamp	90 ราย	9,549 ต้น	1,296 ต้น	335 ต้น
อำเภอสารภี เชียงใหม่				13.57 %	3.50 %
หมู่ 6 ตำบลคันธง อำเภอเมือง	levee	72 ราย	6,124 ต้น	219 ต้น	159 ต้น
ลำพูน				3.58 %	2.60 %
หลุก ตำบลเหมืองง่า อำเภอ	back swamp	135 ราย	18,110 ต้น	1,402 ต้น	798 ต้น
เมือง ลำพูน				7.74 %	4.40 %
ปากล้อง ตำบลหนองปลาสะ	low terrace	79 ราย	9,544 ต้น	591 ต้น	362 ต้น
วาย บ้านโอง ลำพูน				6.19 %	3.79 %
หัวข่วง ตำบลสองแคว กิ่ง	low terrace	82 ราย	5,724 ต้น	387 ต้น	111 ต้น
อำเภอคดยหล่อ เชียงใหม่				6.67 %	1.93 %
รวม		379 ราย	49,051 ต้น	3,895 ต้น	1,765 ต้น
เฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การตาย				7.94 %	3.60%

6. pH ดินของต้นลำไยปรกติและต้นตาย

หลังจากได้ข้อมูลปริมาณการตายของต้นลำไยของเกษตรกรแต่ละรายของทั้ง 5 บ้านแล้ว ได้เลือกเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณโคนต้นลำไยที่เพิ่งตายและต้นลำไยปรกติของเกษตรกรรายที่มีต้นลำไยตายมาก ด้วยสาเหตุตามความเชื่อของเกษตรกรว่าเกิดจากการใช้สารคลอเรตแล้วถูกน้ำท่วมหรือน้ำขัง (ตายเฉียบพลันโดยไม่มีใบเหลือง ร่วงมาก่อน) เพื่อวัด pH ดิน ได้ผลดังตารางที่ 15. ผลการสำรวจจากเกษตรกร 16 ราย พบว่ามีเกษตรกรเพียง 4 รายเท่านั้นที่ใช้ปูน (โดโลไมท์) เกษตรกรที่เหลือ 12 รายไม่เคยใช้ปูนมาเลย ซึ่งจากการสำรวจสวน 42 สวนที่ใช้ติดตามการตกค้างของคลอเรตในดิน ก็พบว่ามีเพียง 4 สวนเท่านั้นที่ใช้ปูนในปี พ.ศ. 2547 (ภาคผนวกที่ 2). pH ของดินจากบริเวณต้นปรกติผันแปรระหว่าง 5.03 ถึง 7.16 โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 6.24 ส่วนของดินจากบริเวณต้นที่เพิ่งตายผันแปรระหว่าง 5.69 ถึง 7.50 โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 6.52 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของ pH 0.28 หน่วย เป็นความแตกต่างที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ.

7. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองและสำรวจ

คลอเรตในดินในสภาพขาด O_2 (น้ำขัง) สลายตัวจนหมดภายใน 15 วัน (ตารางที่ 11). การทดลองคล้ายกันนี้แต่บ่มคลอเรตกับดิน 4 ชนิดในสภาพมี O_2 (ดินที่มีความชื้นที่ระดับความจุในสนาม) พบว่าคลอเรตสลายตัวไปเพียง 10-35 % ของที่บ่มไว้ 200 มก./กก. (สมชาย และคณะ, 2544) แสดงให้เห็นว่า chlorate reducing microorganisms (CRM) ประเภท anaerobic มีประสิทธิภาพกว่าประเภท aerobic มาก. งานทดลองนี้จึงสามารถอธิบายผลการทดลองที่พบในโครงการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม (สมชาย และคณะ, 2544) ซึ่งพบว่าการให้น้ำมากไม่เพียงทำให้คลอเรตเคลื่อนที่ลงในดินได้ลึกขึ้นเท่านั้น หากยังทำให้คลอเรตสลายตัวไปได้มากขึ้นด้วย. การได้รับน้ำมากอาจจะทำให้เกิดสภาพขาด O_2 เป็นจุดๆ ในชั้นดินเป็นระยะเวลานั้นๆ จึงทำให้ CRM ทำงาน.

ตารางที่ 15 pH ดินของดินลำไยปรกติและดินตายที่เจ้าของเชื่อว่าเกี่ยวข้องกับสารคลอเรต

บ้าน	เกษตรกร	การใช้ปุ๋ย	pH	
			ดินปรกติ	ดินตาย
ปิงน้อย ต.สันทราย อ.สารภี จ.เชียงใหม่	นาง สมบูรณ์ ศรีบุญทอง	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	5.46	6.00
	นาย เกษม พรหมแปง	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	5.54	5.75
	นาง ทา กาวิละ	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	5.79	5.88
หมู่ 6 ต.ต้นธง อ.เมือง จ.ลำพูน	นาง จันทร์สม ชันชะรง	ใส่ปุ๋ยโคโลไมด์	6.73	7.50
	นาง แสงดา โวหาร	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	5.94	5.57
หลุก ต.เหมืองง่า อ.เมือง จ.ลำพูน	นาย อินทร อริวรรณ	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	6.22	7.27
	นาง บุญปิ่น ใจธรรม	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	6.77	6.17
	นาย ดวงจันทร์ คำบุญเรือง	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	5.03	5.91
	นาย สุมิตร สุริยะธง	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	5.54	5.69
	นาย ดวงจันทร์ ธรรมแสน	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	6.09	6.67
ปากล้อง ต.หนองปลาซวย อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน	นาง นาง มุลช่อง	ใส่ปุ๋ยโคโลไมด์	6.50	7.21
	นาย สิงห์คำ คำมูล	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	7.03	6.88
	นาย สีวัน หนูตัน	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	6.63	6.75
หัวข่วง ต.สองแคว อ.ดอยหล่อ จ.เชียงใหม่	นาง สม แก้วแสง	ใส่ปุ๋ยโคโลไมด์	6.90	7.12
	นาง ลุน บุญมา	ไม่มีการใช้ปุ๋ย	6.50	6.56
	นาย ดวงคำ แก้วแสง	ใส่ปุ๋ยโคโลไมด์	7.16	7.35
เฉลี่ย			6.24	6.52
CV, %			10.20	

เมื่อ 3 วันหลังจากขาด O_2 ปริมาณ NO_3^- ในดินเป็นกรด NO_3^- มากกว่าในดินเป็นกลาง 2.7 – 8.1 เท่า (ตารางที่ 11). แสดงให้เห็นว่าในดินที่เป็นกลางเมื่อถูกน้ำขัง NO_3^- ถูก anaerobic microorganisms ใช้เป็น electron acceptor ก่อน ClO_3^- . ผลการทดลองนี้จึงเป็นไปตามที่เก็บความและตีความจาก Lindsay. (1979), McBride. (1994), Sparks. (1995), Weast. (1976) และ Yu. (1985).

ผลการทดลองนำดินลำไยลงแช่น้ำ (ตารางที่ 13) เป็นตามสมมุติฐานว่าเมื่อมีน้ำท่วมขังหลังได้รับคลอเรตหรือคลอเรตยังตกค้างอยู่ในดิน ลำไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลางมีโอกาสตายด้วยพิษคลอเรตมากกว่าในดินที่เป็นกรด. เนื่องจากดินลำไยในดินที่เป็นกลางได้รับ NO_3^- น้อยลง เพราะในดินที่เป็นกลาง anaerobic microorganisms ใช้ NO_3^- เป็น electron acceptor ก่อนใช้ ClO_3^- ดังที่พบในตารางที่ 11. Steingrover and Feenstra. (1981) รายงานว่าการได้รับ ClO_3^- โดยไม่ได้รับ NO_3^- เลยทำให้พืชไวต่อความเป็นพิษของ ClO_3^- ขึ้น 100 เท่า. ผลการทดลองหัวข้อ 4.1 และ 4.2 ของบทที่ 6 ในรายงานนี้ ได้ผลที่สอดคล้องกับรายงานของ Steingrover and Feenstra. (1981). จึงอนุมานได้ว่าการได้รับ NO_3^- น้อยลงเมื่อดินลำไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลางถูกน้ำขัง ก็จะทำให้ ClO_3^- เป็นพิษต่อดินลำไยมากขึ้นด้วย.

จากการสำรวจปริมาณการตายของดินลำไยในกลุ่มในระยะ 2 ปี (2548-49) พบว่ามีดินลำไยตายแบบเฉียบพลัน ที่เจ้าของสวนเชื่อว่าการตายนี้เกี่ยวข้องกับการใส่สารคลอเรต จำนวน 3.60 % จึงน่าจะยังถือไปว่าปัญหานี้ไม่รุนแรง.

บทที่ 6

ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการชักนำการออกดอกของลำไยโดยสารคลอเรต

1. คำนำ

การใส่โพแทสเซียมคลอเรตเพื่อชักนำการออกดอกของลำไยในปีแรก โดยทั่วไปได้ผลเป็นที่พอใจของเกษตรกร. แต่เมื่อมีการใส่สารคลอเรตซ้ำกลับไม่ได้ผลตามที่คาดหวัง. เกษตรกรจึงต้องใส่สารคลอเรตเพิ่มมากกว่าที่เคยใส่. จากสำรวจเบื้องต้นขณะเมื่อจัดทำข้อเสนอโครงการวิจัยนี้พบว่าอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตได้ค่อยๆ เพิ่มขึ้นจาก 200-500 กรัม/ต้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-7 เมตร เมื่อ 2 ปีแรกของการใช้ เป็น 1,000 – 2,000 กรัม/ต้นในปีที่ 6-7 ของการใช้. (ผลการสำรวจจาก 42 สวนในบทที่ 3 ของรายงานนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ต่อต้นทุกขนาดตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2547 เท่ากับ 350 413 836 1,004 1,206 1,424 และ 1,412 กรัม/ต้น.)

แนวโน้มดังกล่าวนอกจากจะทำให้ต้นทุนการผลิตลำไยเพิ่มขึ้นแล้ว ยังมีผลให้มีความเสี่ยงสูงขึ้นที่จะมีปัญหาผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมและดินลำไย. อย่างไรก็ตาม มีเกษตรกรส่วนน้อยที่ใช้โพแทสเซียมคลอเรตเพิ่มขึ้นน้อยกว่าที่กล่าวมา คือใช้ประมาณ 500 กรัม/ต้น ซึ่งก็ได้ผลดี. ในการศึกษาเพื่อกำหนดอัตราการใช้สารคลอเรตที่เหมาะสมในการชักนำการออกดอกของลำไยที่ได้ทำกันมาแล้วทั้งหมด ยังไม่มีการศึกษาอย่างเป็นระบบถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของการใช้สารคลอเรต โดยเฉพาะปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงสมควรที่จะมีการทดลองอย่างละเอียดและเป็นระบบ เพื่อให้เข้าใจถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ อันจะทำให้เข้าใจสาเหตุของปรากฏการณ์ที่เกษตรกรต้องใช้สารคลอเรตเพิ่มมากขึ้น และสามารถกำหนดวิธีการใช้คลอเรตที่เหมาะสมกับสภาพของสวนลำไยประเภทต่างๆ โดยไม่เพิ่มอัตราการใช้ขึ้นทุกปีต่อไป.

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ต่อการออกดอกของลำไยโดยการชักนำของโพแทสเซียมคลอเรต

3. การเตรียมต้นลำไยสำหรับการทดลอง

การทดลองทุกการทดลองในบทนี้ทำกับต้นลำไยอายุ 1.5-2.5 ปี ที่ปลูกในกระถางทรายขนาด 14 นิ้ว และธาตุอาหารโดยระบบน้ำหยด (sand culture หรือ substrate culture โดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูก). ต้นพันธุ์ลำไยที่ใช้เป็นต้นกล้าลำไยแบบเสียบยอดพันธุ์ดอ. อายุของต้นพันธุ์ที่อยู่สวนก่อนถูกซื้อมาใช้ในงานนี้ประมาณ 6 เดือน. ทรายที่ใช้เป็นวัสดุปลูกเป็นทรายก่อสร้าง (ทรายหยาบ) ที่ล้างน้ำไล่ตะกอนซิลิกาและดินเหนียวที่ติดอยู่บ้างจนหมด ได้นำใส่.

การเตรียมต้นลำไยทำโดย นำต้นกล้าลำไยอายุประมาณ 6 เดือนมาล้างรากจากวัสดุปลูกเดิมที่เป็นดินผสม ตัดรากและยอดบางส่วนออกแล้วปลูกในกระถางทราย. เตรียมต้นลำไยเช่นนี้ทั้งสิ้น 600 ต้น ในโรงเรือนโครงเหล็กหลังคาพลาสติก ด้านข้างเปิดโล่งทั้งหมด ขนาด 6 x 24 เมตร 3 โรง มีพัดลมระบายอากาศโรงเรือนละ 2 เครื่อง. จัดสร้างระบบให้น้ำและธาตุอาหารโดยระบบน้ำหยด. ให้สารละลายธาตุอาหารทุก 3 วัน วันละ 2.0 ลิตร/กระถาง. ในวันที่ไม่ให้ธาตุอาหารให้น้ำวันละครั้งๆ ละ 2.0 ลิตร/กระถาง เช่นกัน. ในวันที่อากาศร้อนจัด ใช้สายยางพ่นน้ำให้ใบเปียกและเปิดพัดลมระบายอากาศในตอนบ่าย. ในเบื้องต้นใช้สูตรธาตุอาหารของ Hoagland and Arnon (1952). มีการปรับสูตรผสมสารละลายธาตุอาหารทุกระยะ 2 เดือน หลังจากปรับสูตรได้ 3 ครั้งในเวลา 6 เดือนแรกของการเลี้ยง ก็ได้สูตรที่เหมาะสมโดยสังเกตจากอาการและสีของใบลำไย. สูตรผสมธาตุอาหารที่เหมาะสมที่ใช้ต่อไปจนทดลองงานทดลองที่เหมาะสมแสดงในภาคผนวกที่ 1. ในระหว่างเลี้ยงต้นลำไยได้เด็ดปลายยอดของกิ่งลำไยแต่ละต้นเป็นระยะๆ เพื่อกระตุ้นให้กิ่งเพิ่ม.

เลี้ยงต้นลำไยในโรงเรือนดังกล่าวเป็นเวลา 1 ปี มีการแตกยอดและใบอ่อนประมาณ 4 ครั้ง จนได้ต้นลำไยที่มียอดต้นละประมาณ 10 ยอด จึงถือว่าเป็นต้นลำไยที่พร้อมใช้ในการทดลอง. ดังนั้นการทดลองแรกๆ จึงใช้ต้นลำไยอายุประมาณ 1.5 ปี ส่วนการทดลองหลังๆ ซึ่งทิ้งระยะห่างจากการทดลองแรกประมาณ 1 ปี จึงใช้ต้นลำไยอายุประมาณ 2.5 ปี. การทดลองทุกการทดลองใช้ต้นลำไยที่ไม่เคยได้รับคลอเร็ตมาก่อนทั้งสิ้น ยกเว้นการทดลอง 6.3 เพื่อศึกษาอิทธิพลของการได้รับคลอเร็ตมาก่อน.

4. การทดลองความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเร็ต ในการกระตุ้นการออกดอกของลำไย

4.1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเร็ตใน “น้ำ” ในการกระตุ้นการออกดอกของลำไย

4.1.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- คัดเลือกต้นลำไย มียอดที่สมบูรณ์ต้นละ 9 - 12 ยอด จำนวน 20 ต้น สำหรับการทดลองที่ประกอบด้วย 4 คำรับ 5 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design
- คำรับ 4 คำรับ ประกอบด้วยความเข้มข้น 200, 400, 600 และ 800 มก./ลิตร
- เริ่มการทดลองเมื่อวันที่ 2 สิงหาคม 2547 โดยรดสารละลายโพแทสเซียมคลอเร็ตตามความเข้มข้นที่กำหนดให้กับต้นลำไยกระถางละ 2 ลิตร แล้วให้น้ำตามปกติ 2 วัน ก่อนให้สารละลายโพแทสเซียมคลอเร็ตอีกครั้งในวันที่ 5 สิงหาคม 2547 จากนั้นให้สารละลายธาตุอาหารสลับกับการให้น้ำตามปกติ
- เก็บข้อมูล
 - อาการของใบลำไย
 - วันแรกที่เห็นตาออกของต้นลำไยแต่ละต้น
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอกของต้นลำไยแต่ละต้น โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อดอกโผล่ออกมายาว 1 นิ้วขึ้นไป เทียบกับจำนวนยอดทั้งหมด

4.1.2 ผลการทดลอง

1. อาการของยอดและใบลำไย

จากข้อมูลในตารางที่ 16 เห็นได้ชัดเจนว่าโพแทสเซียมคลอเร็ตละลายในน้ำ ความเข้มข้น 400-800 มก./ลิตร ต่างเป็นพิษต่อต้นลำไย โดยแสดงอาการได้รับพิษรุนแรงขึ้นเมื่อความเข้มข้นมากขึ้น. อาการโดยทั่วไปคือยอดและใบเหลือง แล้วไหม้และร่วงเมื่อได้รับพิษรุนแรงขึ้น โดยเริ่มจากใบอ่อนก่อน. ยอดที่มีใบร่วงมากจะไม่เกิดตาออกเลย และแตกใบอ่อนในระยะประมาณ 1 เดือนหลังจากใบร่วง. ขณะเดียวกันก็มียอดที่ใบร่วงไม่หมด ไม่แตกใบอ่อน แต่ก็ไม่ได้เกิดตาออก. ส่วนต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเร็ตละลายในน้ำเข้มข้น 200 มก./ลิตร ไม่แสดงอาการเป็นพิษทางใบและยอดให้เห็น.

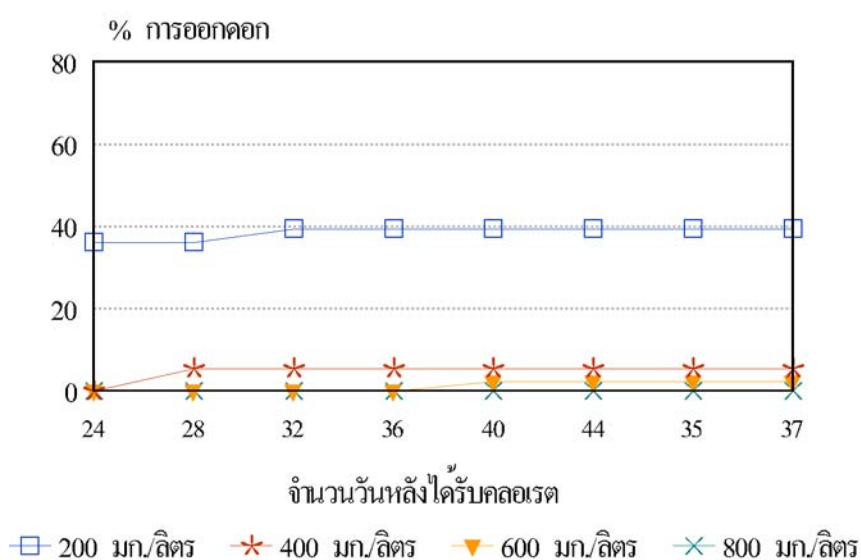
2. เปอร์เซ็นต์การเกิดตาออกสะสม

เนื่องจากความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเร็ตใน “น้ำ” ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นพิษต่อต้นลำไย ทำให้ต้นลำไยส่วนน้อยเท่านั้นที่ออกดอก จึงมีข้อมูลขาดหายไปมาก จนไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้. ข้อมูลที่แสดงทั้งหมดจึงเป็นเพียงค่าเฉลี่ย. จากข้อมูลในภาพที่ 7 พบว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเร็ต 200 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาออกวันแรกในวันที่ 22 หลังจากได้รับสารคลอเร็ต โดยมียอดที่แตกตาออกในวันแรก 33.48 % จากนั้นมียอดที่แตกตาออกอีกเป็น 41.82 % และเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดตาออกสะสมสูงสุด หลังจากได้รับสารคลอเร็ต 28 วัน โดยต้นลำไย 3 ต้นใน 5 ต้นที่แตกตาออก. ต้นลำไยที่ได้รับ

ตารางที่ 16 อาการของยอดและใบลำไยหลังได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ในน้ำที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อ 7-10 วันหลังได้รับ

ความเข้มข้น, มก./ลิตร	จำนวนวันหลังได้รับคลอไรด์		
	7 วัน	9 วัน	11 วัน
200	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
400	ทุกต้นมียอดและใบเหลือง บางต้นมีใบร่วง	2 ต้นเริ่มฟื้นตัว อีก 3 ต้นยังมีใบร่วงต่อ	ทุกต้นเริ่มฟื้นตัว
600	3 ต้นมีอาการใบไหม้ 2 ต้นมีอาการใบเหลือง	3 ต้นมีอาการใบที่ยอดร่วงหมด 1 ต้นมีใบเหลืองบางใบ 1 ต้นเริ่มฟื้นตัว	3 ต้นมีอาการใบที่ยอดร่วงหมด 2 ต้นเริ่มฟื้นตัว
800	ทุกต้นมีใบไหม้	4 ต้นมีอาการใบที่ยอดร่วงหมด 1 ต้นมีอาการใบร่วงบางใบ	4 ต้นมีอาการใบที่ยอดร่วงหมด 1 ต้นเริ่มฟื้นตัว

โพแทสเซียมคลอไรด์ 400 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 32 หลังจากได้รับสารคลอไรด์ โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 5.54 % จากนั้นไม่มียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นอีกเลย โดยต้นลำไย 2 ต้นใน 5 ต้นที่แตกตาดอก. ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 600 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 40 หลังจากได้รับสารคลอไรด์ โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 2.22 % จากนั้นไม่มียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นอีกเลย โดยต้นลำไย 1 ต้นใน 5 ต้นที่แตกตาดอก. ส่วนต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 800 มก./ลิตร ไม่มียอดที่แตกตาดอกเลย.



ภาพที่ 7 การเกิดตาดอกสะสมของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ใน "น้ำ" ในฤดูฝน

4.2 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมคลอไรด์ใน “สารละลายธาตุอาหาร” ในฤดูฝน

4.2.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลอง 4.1 ยกเว้นสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ให้แก่ต้นลำไยเป็นสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ในสารละลายธาตุอาหาร แทนที่จะใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ในน้ำ
- เก็บข้อมูล
 - อาการของใบลำไย
 - วันแรกที่เห็นตาดอกของต้นลำไยแต่ละต้น
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอกของต้นลำไยแต่ละต้น โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อดอกโผล่ออกมายาว 1 นิ้วขึ้นไป เทียบกับจำนวนยอดทั้งหมด
 - วัดขนาดช่อดอกเมื่อดอกบาน 50 %
 - จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย โดยนับทุกดอกของทุกช่อเมื่อดอกบานทุกวันตลอดระยะเวลาที่ดอกบาน
- เริ่มการทดลองเมื่อวันที่ 4 กันยายน 2547 โดยรดสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ให้กับต้นลำไยกระถางละ 2 ลิตร แล้วให้น้ำตามปกติ 2 วัน ก่อนให้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อีกครั้งในวันที่ 7 กันยายน 2547 จากนั้นให้สารละลายธาตุอาหารสลับกับการให้น้ำตามปกติ

4.2.2 ผลการทดลอง

1. อาการที่ยอดและใบลำไย

จากข้อมูลในตารางที่ 17 เห็นได้ว่าความเข้มข้น 800 มก./ลิตร เป็นพิษต่อต้นลำไยจนแสดงอาการทางใบและยอดอย่างชัดเจน ขณะที่ความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 800 มก./ลิตร ไม่ทำให้ต้นลำไยแสดงความเป็นพิษทางใบและยอด เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษที่เกิดกับต้นลำไยที่ได้รับคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเท่ากันระหว่างการทดลองหัวข้อ 4.1 กับ 4.2 จะเห็นว่าต้นลำไยที่ได้รับ ClO_3^- โดยไม่ได้รับ NO_3^- ไปพร้อมกันจะทำให้ต้นลำไยไวต่อความเป็นพิษของคลอไรด์มากขึ้นมากซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Steingrover and Feenstra (1981)

ตารางที่ 17 อาการที่ใบและยอดของต้นลำไยที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ			
ความเข้มข้น, มก./ลิตร	จำนวนวันหลังได้รับคลอไรด์		
	3 วัน	6 วัน	8 วัน
200	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
400	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
600	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
800	2 ต้นมีอาการใบเหลือง	2 ต้นมีใบร่วงทั้งยอด	ต้นที่ใบเหลือง/ร่วงเริ่มฟื้นตัว

2. เปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอก ขนาดช่อดอกและจำนวนดอก

เนื่องจากต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 800 มก./ลิตร มีต้นที่แสดงอาการได้รับพิษของคลอไรด์มากจนไม่ออกดอกเลย 2 ต้นใน 5 ต้น จึงตัดข้อมูลทั้งหมดของความเข้มข้น 800 มก./ลิตร ออกจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 18. เมื่อเปรียบเทียบจำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก % การเกิดตาดอก ขนาดช่อดอก และจำนวนดอก ระหว่างต้นลำไยที่ได้

KClO₃ เข้มข้น 200 - 600 มก./ลิตร เห็นได้ชัดว่าต้นลำไยที่ได้ KClO₃ เข้มข้นมากขึ้นจาก 200 เป็น 400 และเป็น 600 มก./ลิตร ทำให้ดอกออกช้ากว่า มีเปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอกและจำนวนดอกน้อยกว่า และขนาดช่อดอกเล็กกว่าทั้งๆ ที่ต้นลำไยที่ได้ KClO₃ ทุกความเข้มข้นต่างไม่มีการผิดปกติทางใบและยอด (ตารางที่ 11). แสดงให้เห็นว่า KClO₃ ที่ความเข้มข้น 400 และ 600 มก./ลิตร มีความเป็นพิษอยู่ระดับหนึ่งที่ทำให้ดอกออกน้อยลงและมีช่อดอกเล็กลงด้วย เมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นเป็น 800 มก./ลิตร ระดับความเป็นพิษมากจนถึงระดับที่แสดงออกทางใบและยอด และทำให้ไม่ออกดอกเลยในบางต้น.

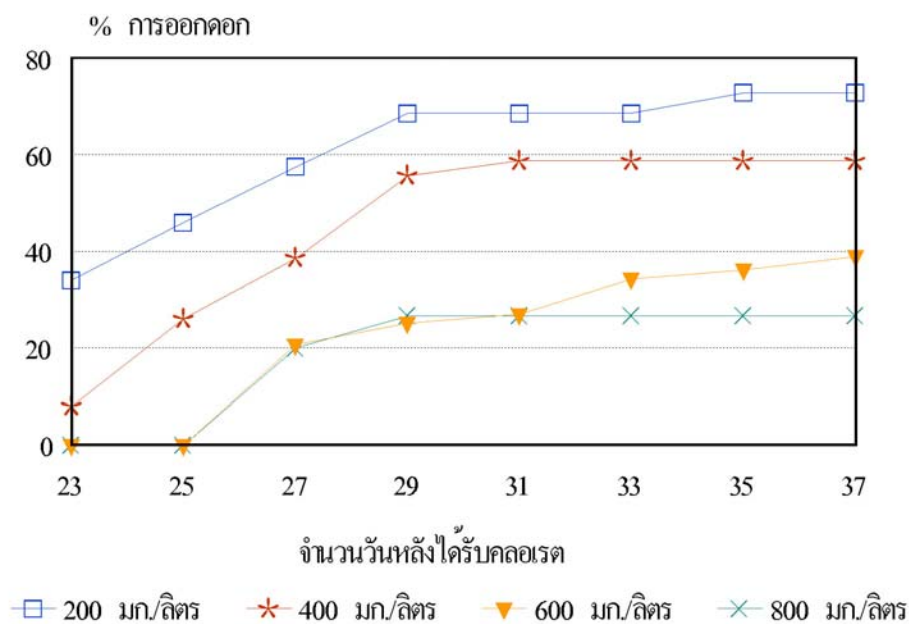
ตารางที่ 18 จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก, % การเกิดตาดอก, ความกว้างและความยาวช่อดอก และจำนวนดอกตัวผู้และ ดอกตัวเมีย

ความเข้มข้น มก./ลิตร	จำนวนวันที่เห็น ตาดอกแรก ¹	% การเกิด ตาดอก (%)	ความกว้าง ช่อดอก (ซม.)	ความยาวช่อ ดอก (ซม.)	จำนวนดอก ตัวผู้ (ดอก/ต้น)	จำนวน ดอกตัวเมีย (ดอก/ต้น)
200 มก./ลิตร	25.2b	72.83a	12.18a	20.04a	3,839a	401a
400 มก./ลิตร	27.8ab	58.73ab	8.38ab	16.52ab	3,035a	353a
600 มก./ลิตร	29.6a	38.98b	6.34b	9.66b	836b	73b
C.V. (%)	10.73	37.26	33.52	35.49	59.10	67.21

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมติที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

3. เปอร์เซ็นต์ของยอดที่เกิดตาดอกสะสม

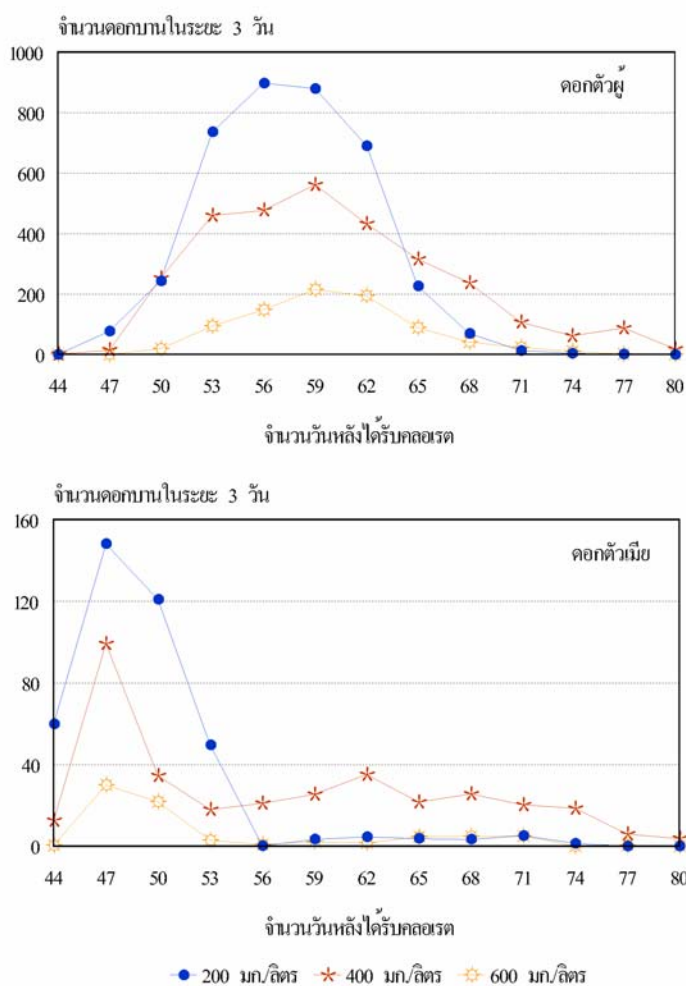
จากภาพที่ 8 พบว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 200 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 23 หลังจากได้รับสารคลอเรต โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 34.00 % จากนั้นมียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมียอดแตกตาดอกสะสมสูงสุด 72.83 % หลังจากได้รับสารคลอเรต 35 วัน. ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 400 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 23 หลังจากได้รับสารคลอเรต โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 8.00 % จากนั้นมียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมียอดแตกตาดอกสะสมสูงสุด 58.73 % หลังจากได้รับสารคลอเรต 31 วัน. ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 600 และ 800 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 27 หลังจากได้รับสารคลอเรต โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 20.00-20.67 % จากนั้นมียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย จนมียอดแตกตาดอกสะสมสูงสุด 38.98 % หลังจากได้รับสารคลอเรต 37 วัน. ต้นลำไยทุกต้นที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 200-600 มก./ลิตร เกิดตาดอกทุกต้น. ส่วนต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 800 มก./ลิตร มียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นเป็น 26.67 % ในวันที่ 29 หลังจากได้รับสารคลอเรต หลังจากนั้นไม่มีการแตกตาดอกเพิ่มขึ้นอีกเลย มีต้นลำไยเพียง 3 ต้นจาก 5 ต้นเท่านั้นที่เกิดตาดอก.



ภาพที่ 8 การเกิดตาดอกสะสมของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต
ความเข้มข้นต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารในฤดูฝน

4. ระยะการบานของดอกตัวผู้และตัวเมีย

จากในภาพที่ 9 พบว่าโดยทั่วไปดอกตัวเมียบานก่อนดอกตัวผู้ แต่ก็มีระยะที่เหลื่อมกันอยู่. ทั้งดอกตัวเมียและดอกตัวผู้ของต้นลำไยที่ได้รับคลอเรต 200 มก./ลิตร บานในช่วงเวลาสั้นๆ คือดอกตัวเมียบานระหว่างวันที่ 44-56 วัน และดอกตัวผู้บานระหว่างวันที่ 47-68 วัน หลังได้รับคลอเรต. ขณะที่ต้นลำไยที่ได้รับคลอเรต 400 มก./ลิตร มีจำนวนดอกน้อยกว่า แต่บานในช่วงเวลาที่ยาวกว่า คือดอกตัวเมียบานระหว่างวันที่ 44-80 วัน และดอกตัวผู้บานระหว่างวันที่ 50-77 วัน หลังได้รับคลอเรต. ส่วนต้นลำไยที่ได้รับคลอเรต 800 มก./ลิตร มีจำนวนดอกน้อยที่สุด ทั้งดอกตัวเมียและดอกตัวผู้บานในช่วงเวลาสั้นๆ คือดอกตัวเมียบานระหว่างวันที่ 47-53 วัน และดอกตัวผู้บานระหว่างวันที่ 53-68 วัน หลังได้รับคลอเรต. จึงเห็นได้ว่าเมื่อได้รับคลอเรตที่ความเข้มข้นที่เหมาะสม การออกดอกของลำไยจะออกมากและออกพร้อมกัน. แต่เมื่อได้รับคลอเรตที่ความเข้มข้นเกินระดับที่เหมาะสม การออกดอกจะน้อยลงและออกดอกแบบกระจายหลายรุ่น. ผลการทดลองนี้จึงสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่พบในสวนลำไยที่มีต้นลำไยทยอยออกดอกทีละน้อย เป็นหลายรุ่น.



ภาพที่ 9 ระยะการบานของดอกตัวผู้และตัวเมียของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตความเข้มข้นต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารในฤดูฝน

4.3 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรตใน “สารละลายธาตุอาหาร” ในการกระตุ้นการออกดอกลำไยในฤดูร้อน

4.3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลอง 4.2 ยกเว้นความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายธาตุอาหาร ที่ปรับเป็น 50, 100, 200, 300 และ 400 มก./ลิตร (เนื่องจากการทดลองก่อนหน้านี้ในฤดูฝนพบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 200 มก./ลิตร และความเข้มข้น 800 มก./ลิตร เป็นพิษรุนแรง การทดลองในฤดูร้อนนี้ ซึ่งดำเนินการหลังจากการทดลองในฤดูฝนจึงปรับให้ความเข้มข้น 200 มก./ลิตร เป็นความเข้มข้นกลางของการทดลอง ด้วยข้อจำกัดด้านจำนวนต้นลำไยที่ต้องใช้ต้นลำไยที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อนในทุกการทดลอง จึงไม่สามารถทดลองครอบคลุมความเข้มข้น 600 และ 800 มก./ลิตร ด้วย)

- เริ่มการทดลองเมื่อวันที่ 11 เมษายน 2548 โดยรดสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ให้กับต้นลำไยกระถางละ 2 ลิตร แล้วให้น้ำตามปกติ 2 วัน ก่อนให้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์อีกครั้งในวันที่ 14 เมษายน 2548 จากนั้นให้สารละลายธาตุอาหารสลับกับการให้น้ำตามปกติ

4.3.2 ผลการทดลอง

1. อาการที่ยอดและใบลำไย

ตารางที่ 19 แสดงอาการที่ใบและยอดของต้นลำไยที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ เห็นได้ว่าทุกความเข้มข้นของคลอไรด์ที่ทดลองไม่ทำให้ต้นลำไยแสดงความเป็นพิษทางใบและยอดเลย

ตารางที่ 19 อาการที่ใบและยอดของต้นลำไยที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น, มก./ลิตร	จำนวนวันหลังได้รับคลอไรด์		
	3 วัน	6 วัน	8 วัน
50	ต้นลำไยทุกต้น ไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
100	ต้นลำไยทุกต้น ไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
200	ต้นลำไยทุกต้น ไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
300	ต้นลำไยทุกต้น ไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
400	ต้นลำไยทุกต้น ไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		

2. เปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอก ขนาดช่อดอกและจำนวนดอก

เนื่องจากต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 50 และ 100 มก./ลิตร ไม่ออกดอกเลยทั้ง 5 ต้น จึงตัดข้อมูลทั้งหมดของความเข้มข้น 50 และ 100 มก./ลิตร ออกจากการวิเคราะห์ทางสถิติ และไม่แสดงผลในตารางที่ 19.

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอก ขนาดช่อดอก และจำนวนดอก ระหว่างต้นลำไยที่ได้ $KClO_3$ เข้มข้น 200 - 400 มก./ลิตร ในตารางที่ 20 พบว่าเปอร์เซ็นต์การออกดอกและจำนวนดอกเพศผู้ ของต้นลำไยที่ได้รับคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 400 มก./ลิตร มากกว่าความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ส่วนข้อมูลขนาดช่อดอกและจำนวนดอกเพศผู้แม่ ไม่ต่างกันทางสถิติ แต่ก็มีแนวโน้มที่ข้อมูลของความเข้มข้น 400 มก./ลิตรจะดีกว่าความเข้มข้นอื่นๆ. จึงถือได้ว่าความเข้มข้น 400 มก./ลิตร ของโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกับฤดูร้อน.

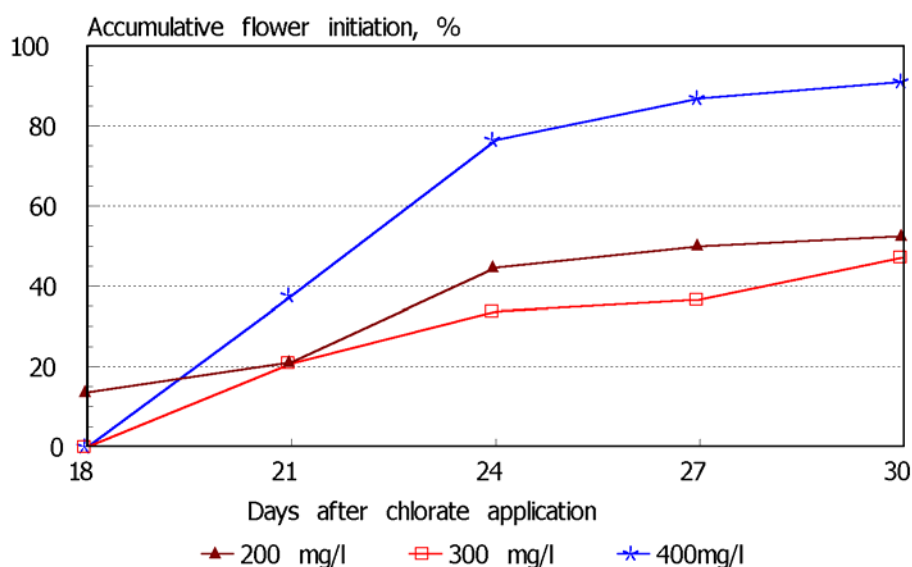
ตารางที่ 20 จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก, % การเกิดตาดอก, ความกว้างและความยาวช่อดอก และจำนวนดอกตัวผู้ และดอกตัวเมีย

ความเข้มข้น มก./ลิตร	จำนวนวันที่เห็น ตาดอกแรก ¹	% การเกิด ตาดอก	ความกว้างช่อ ดอก, ซม.	ความยาวช่อ ดอก, ซม.	ดอกเพศผู้ ดอก/ต้น	ดอกเพศเมีย ดอก/ต้น
200 มก./ลิตร	21.0a	52.50a	12.85a	18.77a	2,816a	400a
300 มก./ลิตร	22.0a	47.16a	10.63a	17.23a	2,030a	327a
400 มก./ลิตร	20.6a	91.12 b	17.28a	22.25a	5,416b	694a
C.V.(%)	11.50	41.55	43.76	30.29	53.82	60.35

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมติที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

3. เปอร์เซ็นต์ของยอดที่เกิดตาดอกสะสม

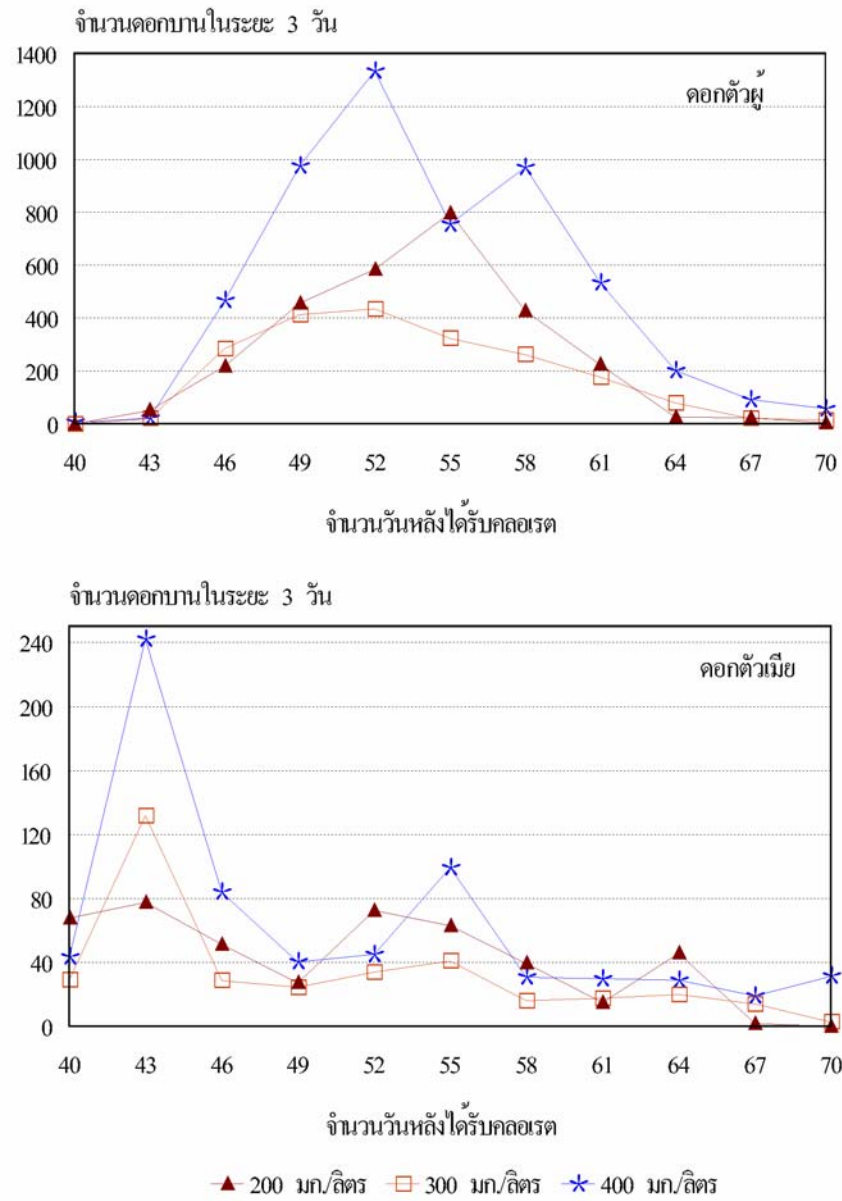
ในภาพที่ 10 แสดงให้เห็นว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 400 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 21 หลังจากได้รับสารคลอไรด์ โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 37.56 % จากนั้นมียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมียอดแตกตาดอกสะสมสูงสุด 91.11 % หลังจากได้รับสารคลอไรด์ 30 วัน. ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 200 และ 300 มก./ลิตร เริ่มมียอดที่แตกตาดอกวันแรกในวันที่ 18 และ 21 หลังจากได้รับสารคลอไรด์ โดยมียอดที่แตกตาดอกในวันแรก 13.57 และ 20.86 % จากนั้นมียอดที่แตกตาดอกเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนมียอดแตกตาดอกสะสมสูงสุด 52.50 และ 47.14 % หลังจากได้รับสารคลอไรด์ 30 วัน ตามลำดับ.



ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของยอดที่เกิดตาดอกสะสมของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ในฤดูร้อน

4. ระยะการบานของดอกตัวผู้และตัวเมีย

จากภาพที่ 11 พบว่าโดยทั่วไปดอกตัวเมียบานมาก่อนดอกตัวผู้ แต่ก็มีระยะที่เหลื่อมกันอยู่ ทั้งดอกตัวเมียและดอกตัวผู้ของต้นลำไยที่ได้รับคลอไรด์ 200 ถึง 400 มก./ลิตร มีระยะดอกบานในช่วงเวลาใกล้เคียงกันคือ ระหว่างวันที่ 40-70 วันหลังได้รับคลอไรด์. จากข้อมูลทั้งหมดจึงน่าจะสรุปได้ว่า เมื่อได้รับคลอไรด์ที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมหรือต่ำกว่า ต้นลำไยจะออกดอกพร้อมกัน แต่ที่ความเข้มข้นต่ำกว่าที่เหมาะสมจะออกดอกน้อยกว่า ซึ่งต่างจากแต่เมื่อได้รับคลอไรด์ที่ความเข้มข้นเกินระดับที่เหมาะสม การออกดอกจะน้อยลงและออกดอกแบบกระจายหลายรุ่น.



ภาพที่ 11 ระยะการบานของดอกตัวผู้และตัวเมียของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นต่างๆ ในสารละลายธาตุอาหารในตูรร้อน

4.4 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของคลอเรติน “สารละลายธาตุอาหาร” ในการกระตุ้นการออกดอกของลำไยในฤดูหนาว

- ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลอง 4.2 ยกเว้นความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายธาตุอาหาร ที่ปรับเป็น 100, 200, 300 และ 400, 500 มก./ลิตร
- เริ่มการทดลองเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2548 โดยรดสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตให้กับต้นลำไยประมาณละ 2 ลิตร แล้วให้น้ำตามปกติ 2 วัน ก่อนให้สารละลายโพแทสเซียมคลอเรตอีกครั้งในวันที่ 18 ตุลาคม 2548 จากนั้นให้สารละลายธาตุอาหารสลับกับการให้น้ำตามปกติ

4.4.1 ผลการทดลอง

1. อาการที่ใบยอดและใบลำไย

ตารางที่ 21 แสดงอาการที่ใบและยอดของต้นลำไยที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีคลอเรตความเข้มข้นต่างๆ เห็นได้ชัดว่าความเข้มข้นของคลอเรต 400 และ 500 มก./ลิตร ทำให้ต้นลำไยแสดงความเป็นพิษทางใบและยอด

ตารางที่ 21 อาการที่ใบและยอดของต้นลำไยที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่มีคลอเรตความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้น, มก./ลิตร	จำนวนวันหลังได้รับคลอเรต		
	3 วัน	6 วัน	8 วัน
100	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
200	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
300	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
400	ต้นลำไยทุกต้น ใบส่วนล่างเหลืองและร่วงบางใบ		
500	2 ใน 5 ต้นใบส่วนบนไหม้ และใบเริ่มเหลืองบางใบ		

2. การเกิดตาดอก ขนาดช่อดอกและจำนวนดอก

ข้อมูลในตารางที่ 22 แสดงให้เห็นว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรต 200, 300, 400 และ 500 มก./ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การออกดอก 100.00, 100.00, 79.16 และ 74.04 % ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ. เช่นเดียวกันจำนวนวันที่เห็นตาดอกแรกของความเข้มข้นต่างๆ ก็ไม่ต่างกันทางสถิติ. แต่เมื่อพิจารณาจากขนาดช่อดอกและจำนวนดอกทั้ง 2 เพศ จะเห็นได้ชัดเจนว่า ความเข้มข้น 200 มก./ลิตร เป็นความเข้มข้นที่ให้ขนาดช่อดอกและจำนวนดอกดีที่สุดสูงกว่าความเข้มข้นอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. ความเข้มข้น 200 มก./ลิตรของโพแทสเซียมคลอเรตจึงเป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมกับฤดูหนาว.

ตารางที่ 22 จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก เปอร์เซ็นต์การเกิดตาดอก ขนาดช่อดอก และจำนวนดอก

ความเข้มข้น มก./ลิตร	จำนวนวันที่เห็นตา ดอกแรก	% การเกิด ตาดอก	ความกว้างช่อ ดอก, ซม.	ความยาวช่อ ดอก, ซม.	ดอกเพศผู้ ดอก/ต้น	ดอกเพศเมีย ดอก/ต้น
200 มก./ลิตร	21.83a ¹	10.00a	20.06a	26.52a	5,587a	618a
300 มก./ลิตร	23.50a	100.00a	13.79ab	20.87ab	2,797 ab	371ab
400 มก./ลิตร	24.12a	79.16a	12.41ab	19.69ab	2,040ab	210ab
500 มก./ลิตร	22.14a	74.07a	7.48 b	11.96b	1,156 b	177b
C.V. (%)	12.05	25.54	31.17	24.16	59.49	54.74

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมุติฐานที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

4.5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลองความเข้มข้นที่เหมาะสม

เมื่อได้รับสารละลายคลอเรตด้วยความเข้มข้นที่เหมาะสม สารคลอเรตสามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ดี คือมีช่อดอกมาก ขนาดใหญ่ และออกดอกพร้อมกัน. ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมในการกระตุ้นการออกดอกของลำไยในฤดูฝนและฤดูหนาวคือ 200 มก./ลิตร และในฤดูร้อนคือ 400 มก./ลิตร. ข้อมูลจากการทดลองนี้ตรงกับความเชื่อของเกษตรกรที่ว่า ในฤดูร้อนต้นลำไยจะออกดอกยากต้องใช้คลอเรตมากขึ้น และในฤดูฝนก็จำเป็นต้องใช้คลอเรตมากกว่าในฤดูหนาวเนื่องจากจะมีการชะล้างของคลอเรตโดยน้ำฝน. การทดลองนี้ทำในโรงเรือน ปักจี้เนื่องจากการชะล้างของน้ำฝนจึงไม่มีผลต่อการทดลองนี้. แต่งานทดลองในสวนลำไยของพาวิน และคณะ (2544) พบว่าการราดคลอเรตอัตรา 4-16 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม ในฤดูต่างๆ ทำให้ลำไยออกดอกได้เท่าๆ กันทุกฤดู.

อย่างไรก็ตาม ยากที่จะเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตในการทดลองในกระถาง กับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตในดินเมื่อใช้ในการผลิตจริง. เนื่องจากการราดสารคลอเรตที่ทำกันอยู่ ไม่ได้ราดสารคลอเรตเต็มพื้นที่ได้ทรงพุ่ม หากแต่ราดเป็นแถบวงกลมที่ขอบทรงพุ่มเหมือนการใส่ปุ๋ย. อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรต 4-16 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม หากคำนวณเป็นความเข้มข้นในดินในแนวราด โดยกำหนดว่าสารคลอเรตได้ซึมลงกระจายอย่างเสมอในดินลึก 15 ซม. ก็ได้ความเข้มข้นประมาณ 100 - 400 มก./กก. ของดิน. หากคำนวณต่อไปว่าดินมีความชื้น 15 % โดยน้ำหนัก ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายดินก็จะเท่ากับ 666 - 2,666 มก./ลิตร ซึ่งรากของต้นลำไยเพียงในแถบวงกลมที่ราดคลอเรตโดยตรงเท่านั้นที่สัมผัสกับโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายดินที่มีความเข้มข้นนี้. หากจะเฉลี่ยความเข้มข้นในแถบวงกลมที่ราดคลอเรตไปทั่วเขตรากในพื้นที่ทรงพุ่มทั้งหมด เหมือนกับราดลำไยในกระถางทั้งระบบได้สัมผัสคลอเรต ก็จะได้ความเข้มข้นระหว่าง 118 - 474 มก./ลิตร.

ผลการทดลองความเข้มข้นที่เหมาะสมที่ทดลองในกระถางนี้บอกได้เพียงแนวโน้มเท่านั้น ยังไม่สามารถกำหนดเป็นอัตราแนะนำการใช้คลอเรตที่เฉพาะเจาะจงสำหรับสภาพสวนที่มี ชนิดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่ และฤดูกาลต่างกันได้. จึงสมควรทดลองทำการทดลองในสภาพสวนลำไยจริง โดยมีการเก็บข้อมูลของปัจจัยต่างๆ ทั้งด้านดิน พื้นที่ ต้นลำไย และการจัดการต่างๆ อย่างครบถ้วนต่อไป.

ขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายคลอเรตที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นการออกดอกของลำไยในฤดูหนาวและฤดูฝนต่ำกว่าในฤดูร้อน ความเข้มข้นที่ทำให้ต้นลำไยแสดงอาการเป็นพิษทางใบในฤดูหนาวก็ต่ำกว่าในฤดูฝนและฤดูร้อน เช่นกัน. เมื่อต้นลำไยได้รับคลอเรตเข้มข้นกว่าที่เหมาะสม คือได้รับที่ความเข้มข้น 400 และ 600 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารในฤดูฝน และความเข้มข้น 300 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารในฤดูหนาว คลอเรตที่เข้มข้นกว่าที่เหมาะสมนี้กลายเป็นพิษ ทำให้ช่อดอกน้อยลง ช่อดอกมีขนาดเล็ก และทะยอยออกดอกหลายรุ่น โดยไม่แสดงอาการเป็นพิษทางใบและยอด. แต่เมื่อเข้มข้นมากขึ้นเป็น 800 มก./ลิตร ในฤดูฝน และความเข้มข้น 400 - 500 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารในฤดูหนาว ต้นลำไยทุกต้นแสดงอาการได้รับพิษทางใบและยอด และออกดอกน้อยลง และช่อดอกมีขนาดเล็กมาก จนถึงเกือบไม่ออกดอกเลย. แต่เมื่อได้รับคลอเรตที่ความเข้มข้นต่ำกว่าที่เหมาะสม (ในฤดูร้อน) ต้นลำไยจะออกดอกน้อยลง แต่ก็ออกดอกพร้อมกันเป็นรุ่นเดียว.

การที่ต้นลำไยที่ได้รับคลอเรตมากกว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมแล้วออกดอกน้อยลงและมีระยะเวลาออกดอกยาวขึ้น โดยไม่มีอาการผิดปกตินี้ สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกษตรกรพบว่าเมื่อให้สารคลอเรตต่อต้นมากเกินไป ต้นลำไยจะออกดอกน้อยและทะยอยออกดอกเป็นหลายรุ่น โดยไม่แสดงอาการผิดปกติทางใบและยอด.

เมื่อได้รับสารละลายคลอเรตโดยไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหารไปพร้อมกัน ต้นลำไยไวต่อความเป็นพิษของคลอเรตมาก (Steingrover and Feenstra, 1981). ข้อมูลนี้ทำให้อนุมานได้ว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่นในดินทราย ความเข้มข้นของคลอเรตที่เหมาะสม คือความเข้มข้นที่ทำให้ดอกออกได้ดีและไม่เป็นพิษ น่าจะต่ำกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง.

5. อิทธิพลของธาตุอาหารต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต

5.1 อิทธิพลของฟอสเฟตต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต

5.1.1 วิธีการ

- วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial in CRD โดยมี 2 ปัจจัย คือ
 - ความเข้มข้นของคลอเรต ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ 200 และ 400 มก./ลิตร (ความเข้มข้นของคลอเรตที่เหมาะสมสำหรับฤดูฝนคือ 200 มก./ลิตร)
 - ความเข้มข้นของฟอสเฟต ประกอบด้วย 3 ความเข้มข้น คือ 47, 94 และ 141 มก./ลิตร (ความเข้มข้น 94 มก./ลิตร คือความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายฟอสเฟตที่ใช้ในการเลี้ยงต้นลำไยในการวิจัยนี้ทั้งหมด ความเข้มข้นของฟอสเฟตที่ใช้ในการทดลองนี้จึงเท่ากับ 0.5 1.0 และ 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐาน)
- การทดลองนี้มี 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นลำไยในกระถางทรายที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน 1 ต้น จึงใช้ ต้นลำไยทั้งหมด 30 ต้น
- ก่อนให้สาร $KClO_3$ ได้เลี้ยงต้นลำไยที่เตรียมไว้ในสารละลายธาตุอาหารมาตรฐานที่ปรับให้มีฟอสเฟตความเข้มข้นที่กำหนด 3 ระดับ ล้างน้ำเป็นเวลา 1 เดือน แล้วจึงให้สาร $KClO_3$ และเลี้ยงด้วยสารละลายที่มีฟอสเฟต 3 ความเข้มข้นดังกล่าวต่อไปอีกจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง
- ให้สาร $KClO_3$ ตามความเข้มข้นที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองเมื่อวันที่ 3 และ 6 กรกฎาคม 2548
- เก็บตัวอย่างใบลำไยเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 4 ครั้ง คือ
 - เมื่อก่อนเริ่มการทดลอง โดยต้นลำไยทั้งหมดยังได้รับสารละลายธาตุอาหารมาตรฐานเหมือนกัน (1 มิถุนายน 2548)
 - เมื่อหลังจากเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับให้มีฟอสเฟตเข้มข้น 3 ระดับ ได้ 1 เดือน (เก็บตัวอย่างใบเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2548 ให้สารคลอเรตเมื่อวันที่ 3 กรกฎาคม 2548)
 - เมื่อหลังจากเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับให้มีฟอสเฟตเข้มข้น 3 ระดับ ได้ 2 เดือน (เก็บตัวอย่างใบเมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2548 ซึ่งเป็นระยะแทงช่อดอก)
 - เมื่อหลังจากเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับให้มีฟอสเฟตเข้มข้น 3 ระดับ ได้ 3 เดือน (เก็บตัวอย่างใบเมื่อวันที่ 1 กันยายน 2548 ซึ่งเป็นที่ระยะดอกเริ่มบาน)
- โดยเก็บใบรวมที่ตำแหน่ง 3-4 จากยอด(มีอายุ 6 - 8 สัปดาห์) จำนวน 3 ใบรวมต่อดัน แล้วนำไปจาก 10 ดันที่ได้รับฟอสเฟตเข้มข้นเท่ากันมารวมเป็น 1 ตัวอย่างรวม (composite sample)
- เก็บข้อมูล
 - คะแนนความเป็นพิษ โดยให้คะแนนดังตารางที่ 23 เมื่อ 7 วันหลังจากให้สารคลอเรต
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอก โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อดอกโผล่ออกมายาว 1 นิ้วขึ้นไป เทียบกับยอดทั้งหมด
 - จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย โดยนับทุกดอกของทุกช่อเมื่อดอกบานทุกวันตลอดระยะเวลาที่ดอกบาน

ตารางที่ 23 คะแนนแสดงระดับความความเป็นพิษของคลอเรตที่ต้นลำไยแสดงออก

ลักษณะอาการที่รุนแรงที่สุดเมื่อ 7 วันหลังได้รับคลอเรต	คะแนน
ปรกติ	1
ที่ส่วนล่างของต้นมีใบเหลืองปนเขียว	2
ที่ส่วนล่างของต้นมีใบเหลืองและร่วง	3
ใบเหลืองทั้งต้น ที่ส่วนล่างของต้นมีใบไหม้ทั้งใบประกอบและร่วง	4
ใบไหม้ทั้งต้นและร่วง	5

5.1.2 ผลการทดลอง

1. ปริมาณฟอสฟอรัสในใบ

ปริมาณฟอสฟอรัสในใบเมื่อระยะต่างของการทดลองแสดงในตารางที่ 24 เป็นข้อมูลจากตัวอย่างใบรวมของ 10 ต้นที่ได้รับฟอสเฟตเท่ากัน ข้อมูลชุดนี้ไม่มีซ้ำ จึงแสดงได้แต่เพียงแนวโน้มว่าต้นลำไยที่ได้รับฟอสเฟตที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ 47 -141 มก./ลิตร เป็นเวลา 1 - 3 เดือนมีปริมาณฟอสฟอรัสในใบไม่ต่างกันเลย. ปริมาณฟอสฟอรัสในใบทั้งหมดนี้อยู่ในเกณฑ์ปริมาณธาตุอาหารปรกติในใบลำไยของยุทธนา และคณะ (2544) และเกณฑ์ที่กำหนดในจีนและไต้หวัน (Wang *et. al.*, 1992; Chen, 1997 and Wong and Kesta,1991).

ตารางที่ 24 ปริมาณฟอสฟอรัสในใบ

ความเข้มข้น ของฟอสเฟต	ฟอสฟอรัสในใบ, % ของน้ำหนักแห้ง				
	เมื่อเริ่มการทดลอง (ก่อนการได้รับสารละลายที่มี ฟอสเฟตเข้มข้นต่างกัน)	ระยะหลังได้รับฟอสเฟตที่ความเข้มข้นต่างกัน			
		1 เดือน (ก่อนให้คลอเรต)	2 เดือน (ระยะแทงช่อดอก)	3 เดือน (ระยะดอกบาน)	เฉลี่ย
47 มก./ลิตร	0.17	0.17	0.13	0.15	0.150
94 มก./ลิตร	0.16	0.16	0.13	0.13	0.140
141 มก./ลิตร	0.18	0.18	0.13	0.18	0.163
เฉลี่ย	0.17	0.170	0.130	0.153	0.151

2. ความเป็นพิษจากคลอเรต

ข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 25 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของฟอสเฟตและความเข้มข้นของคลอเรตมีปฏิสัมพันธ์ต่อการเป็นพิษต่อต้นลำไยอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง. เมื่อได้รับคลอเรตเข้มข้น 200 มก./ลิตร การเพิ่มความเข้มข้นของฟอสเฟตจาก 0.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานเป็น 1.0 เท่าไม่ทำให้คลอเรตเป็นพิษ แต่เป็นพิษอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 1.5 เท่า. เมื่อได้รับคลอเรตความเข้มข้น 400 มก./ลิตร ความเป็นพิษจากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อความเข้มข้นของฟอสเฟตเพิ่มจาก 0.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานเป็น 1.0 เท่า และไม่เพิ่มขึ้นอีกเมื่อเพิ่มเป็น 1.5 เท่า. คลอเรตความเข้มข้น 400 มก./ลิตรเป็นพิษมากกว่าความเข้มข้น 200 มก./ลิตรอย่างชัดเจน แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ต้นลำไยยังออกดอกได้.

ตารางที่ 25 คะแนนความเป็นพิษจากคลอเรตของต้นลำไยและผลวิเคราะห์ทางสถิติ

ความเข้มข้นของฟอสเฟต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย
	200 มก./ลิตร ¹	400 มก./ลิตร	
47 มก./ลิตร	1.00a	2.40a	1.70
94 มก./ลิตร	1.00a	3.40b	2.20
141 มก./ลิตร	1.80b	3.40b	2.60
เฉลี่ย	1.27	3.07	2.17
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	มีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 %		
CV, %	12.50		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

4. เปอร์เซ็นต์การออกดอก

จากข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 26 พบว่าความเข้มข้นของคลอเรตและความเข้มข้นของฟอสเฟตไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อการชักนำการออกดอก. ต้นลำไยที่ได้รับฟอสเฟตที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ 47 -141 มก./ลิตร ล่วงหน้าเป็นเวลา 1 เดือนมีเปอร์เซ็นต์การออกดอกไม่แตกต่างกัน. ต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 200 มก./ลิตร ออกดอกมากกว่าต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 400 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ตารางที่ 26 เปอร์เซ็นต์การออกดอก

ความเข้มข้นของฟอสเฟต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	400 มก./ลิตร	
47 มก./ลิตร	76.20	40.00	58.10a
94 มก./ลิตร	80.00	40.40	60.20a
171 มก./ลิตร	73.20	43.40	58.30a
เฉลี่ย ²	76.47ก	41.27ข	58.87
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญ		
CV, %	37.52		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

5. จำนวนดอกตัวผู้

ข้อมูลจำนวนดอกตัวผู้ต่อต้นตอบสนองต่อความเข้มข้นของคลอเรตและฟอสเฟต เหมือนกับข้อมูลเปอร์เซ็นต์การออกดอก กล่าวคือ ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอเรตและความเข้มข้นของฟอสเฟตต่อจำนวนดอกตัวผู้. ต้นลำไยที่ได้รับฟอสเฟตที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ 47 -141 มก./ลิตรล่วงหน้าเป็นเวลา 1 เดือนมีจำนวนดอกตัวผู้ต่อต้นไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 27). ต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 200 มก./ลิตร มีจำนวนดอกตัวผู้ต่อต้นมากกว่าต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 400 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ตารางที่ 27 จำนวนดอกตัวผู้ต่อต้น

ความเข้มข้นของฟอสเฟต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	400 มก./ลิตร	
47 มก./ลิตร	4,635	1,136	2,885a
94 มก./ลิตร	5,005	1,804	3,405a
171 มก./ลิตร	3,884	1,719	2,801a
เฉลี่ย ²	4,508ก	1,553ข	3,030
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญ		
CV, %	50.08		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมการที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกันไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกันไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

5. จำนวนดอกตัวเมีย

เช่นเดียวกับดอกตัวผู้ ในตารางที่ 28 เห็นได้ว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอเรตและความเข้มข้นของฟอสเฟตต่อจำนวนดอกตัวเมีย เช่นเดียวกับดอกตัวผู้ ในตารางที่ 26. ต้นลำไยที่ได้รับฟอสเฟตที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ 47 -141 มก./ลิตรล่วงหน้าเป็นเวลา 1 เดือนมีจำนวนดอกตัวเมียต่อต้นไม่แตกต่างกัน. ต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 200 มก./ลิตร จำนวนดอกตัวเมียต่อต้นมากกว่าต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 400 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ตารางที่ 28 จำนวนดอกเพศเมีย

ความเข้มข้นของฟอสเฟต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	400 มก./ลิตร	
47 มก./ลิตร	431	139	285a
94 มก./ลิตร	639	180	410a
171 มก./ลิตร	435	238	337a
เฉลี่ย ²	502ก	186ข	347
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญ		
CV, %	49.37		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมการที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกันไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกันไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

6. ความกว้างและความยาวช่อดอก

ค่าเฉลี่ยความกว้างและความยาวช่อดอกแสดงในตารางที่ 29 และ 30 เช่นเดียวกับข้อมูลอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้ว คือไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอเรตและความเข้มข้นของฟอสเฟตต่อความกว้างช่อดอก ต้นลำไยที่ได้รับฟอสเฟตที่ความเข้มข้น ตั้งแต่ 47 -141 มก./ลิตรล่วงหน้าเป็นเวลา 1 เดือนมีดอกที่กว้างและยาวเท่ากัน ต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 200 มก./ลิตร มีดอกที่กว้างและยาวกว่าต้นที่ได้รับคลอเรตด้วยความเข้มข้น 400 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ตารางที่ 29 ความกว้างของช่อดอกเมื่อคอกบาน 50 %

ความเข้มข้นของฟอสเฟต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	400 มก./ลิตร	
47 มก./ลิตร	14.6	8.6	11.63a
94 มก./ลิตร	14.4	8.9	11.66a
171 มก./ลิตร	14.8	12.3	13.56a
เฉลี่ย ²	14.63ก	9.94ข	12.28
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญ		
CV, %	22.48		

¹ ค่าเฉลี่ยในสคมภ์ที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 30 ความยาวช่อดอก

ความเข้มข้นของฟอสเฟต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	400 มก./ลิตร	
47 มก./ลิตร	24.9	10.9	17.9b
94 มก./ลิตร	23.3	17.8	20.5ab
171 มก./ลิตร	24.7	23.1	23.9a
เฉลี่ย ²	24.3ก	17.26ข	20.78
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ		
CV, %	22.47		

¹ ค่าเฉลี่ยในสคมภ์ที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

5.1.3 สรุปผลการทดลอง

การได้รับฟอสฟอรัสในรูปฟอสเฟตในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานเป็นเวลา 1 เดือนมีแนวโน้มไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลำไยแตกต่างกัน และก็ไม่มีผลให้การออกดอกโดยการชักนำของคลอเรตแตกต่างกัน. การได้รับสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตในเดือนกรกฎาคม ด้วยความเข้มข้น 400 มก./ลิตร ซึ่งเข้มข้นกว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับฤดูฝน เป็นพืชต่อต้านลำไยในระดับที่ทำให้มีอาการใบเหลืองถึงใบที่ส่วนล่างของต้นร่วงบ้าง แต่ต้นลำไยยังออกดอกได้ แม้ไม่ดีเท่าต้นลำไยที่ได้คลอเรตที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม.

5.2 อิทธิพลของไนเตรตต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต

5.2.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial โดยมี 2 ปัจจัย คือ
 - ความเข้มข้นของคลอเรต ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ 200 และ 300 มก./ลิตร (ความเข้มข้นของคลอเรตที่เหมาะสมสำหรับฤดูฝนและฤดูหนาวคือ 200 มก./ลิตร)
 - ความเข้มข้นของไนเตรต ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 245, 490 และ 735 มก./ลิตร (เท่ากับ 0.5 1.0 และ 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐาน)
- เลี้ยงต้นลำไยที่เตรียมไว้ในสารละลายธาตุอาหารมาตรฐานที่ปรับให้มีไนเตรตตามอัตราที่กำหนดไว้เป็นเวลา 1 เดือน ก่อนให้สาร $KClO_3$ และเลี้ยงด้วยสารละลายดังกล่าวต่อไปอีกจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง
- ให้สาร $KClO_3$ ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองเมื่อวันที่ 22 และ 25 ตุลาคม 2548
- การทดลองนี้มี 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นลำไยในกระถางทรายที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน 1 ต้น จึงใช้ ต้นลำไยทั้งหมด 30 ต้น
- เก็บตัวอย่างใบลำไยเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน 4 ครั้ง โดยเก็บใบรวมตำแหน่ง 3-4 จากยอด จำนวน 3 ใบรวมต่อต้น แล้วนำใบจาก 10 ต้นที่ได้รับไนเตรตเข้มข้นเท่ากันมารวมเป็น 1 ตัวอย่างรวม (composite sample)
 - เมื่อก่อนเริ่มการทดลอง โดยต้นลำไยทั้งหมดยังได้รับสารละลายธาตุอาหารมาตรฐานเหมือนกัน (15 กันยายน 2548)
 - เมื่อหลังจากเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับให้มีฟอสเฟตเข้มข้น 3 ระดับ ได้ 1 เดือน (เก็บตัวอย่างใบเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2548 ให้สารคลอเรตเมื่อวันที่ 22 ตุลาคม 2548)
 - เมื่อหลังจากเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับให้มีฟอสเฟตเข้มข้น 3 ระดับ ได้ 2 เดือน (เก็บตัวอย่างใบเมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2548 ซึ่งเป็นระยะแทงช่อดอก)
 - เมื่อหลังจากเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่ปรับให้มีฟอสเฟตเข้มข้น 3 ระดับ ได้ 3 เดือน (เก็บตัวอย่างใบเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2548 ซึ่งเป็นที่ระยะดอกเริ่มบาน)
- เก็บข้อมูล
 - คะแนนความเป็นพิษของคลอเรต โดยสังเกตอาการที่ใบและยอด และให้คะแนนดังตารางที่ 31 เมื่อ 7 วัน หลังจากให้สารคลอเรต
 - เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อน โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อใบ เทียบกับยอดทั้งหมดของแต่ละต้น
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอก โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อดอกยาว 1 นิ้วขึ้นไป เทียบกับยอดทั้งหมด
 - จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย โดยนับทุกดอกของทุกช่อเมื่อดอกบานทุกวันตลอดระยะเวลาที่ดอกบาน

ตารางที่ 31 คะแนนแสดงระดับความความเป็นพิษของคลอเรตที่ต้นลำไยแสดงออก

ลักษณะอาการที่รุนแรงที่สุดเมื่อ 7 วันหลังได้รับคลอเรต	คะแนน
ปรกติ	1
ที่ส่วนล่างของต้นมีใบเหลืองปนเขียว	2
ที่ส่วนล่างของต้นมีใบเหลืองและร่วง	3
ใบเหลืองทั้งต้น ที่ส่วนล่างของต้นมีใบไหม้ทั้งใบประกอบและร่วง	4
ใบไหม้ทั้งต้นและร่วง	5

5.2.2 ผลการทดลอง

1. ปริมาณไนโตรเจนในใบ

ปริมาณไนโตรเจนในใบเมื่อระยะต่างๆ ของการทดลองที่แสดงในตารางที่ 32 เป็นข้อมูลจากตัวอย่างใบรวมของ 10 ต้นที่ได้รับไนเตรดเท่ากัน. ข้อมูลชุดนี้ไม่มีซ้ำ จึงแสดงได้แต่เพียงแนวโน้มว่าปริมาณไนโตรเจนในใบของต้นลำไยผันแปรตามความเข้มข้นของไนเตรดที่ได้รับมาล่วงหน้าตั้งแต่ 1 - 3 เดือน. ปริมาณไนโตรเจนในใบทั้งหมดนี้ ยกเว้นเมื่อระยะบาน ต่ำกว่าเกณฑ์ปริมาณธาตุอาหารปรกติในใบลำไยของยูทรนา และ คณะ (2544). แต่อยู่ในขั้นต่ำสุดของเกณฑ์ที่กำหนดในจีนและไต้หวัน (Wang *et al.*,1992; Chen,1997 and Wong and Kesta,1991). มีข้อน่าสังเกตว่าปริมาณไนโตรเจนในใบเมื่อระยะบานต่ำกว่าระยะก่อนหน้านี้ อย่างชัดเจน.

2. ความเป็นพิษจากคลอเรต

ข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 33 แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของไนเตรดและความเข้มข้นของคลอเรตมีปฏิสัมพันธ์ต่อการเป็นพิษต่อต้นลำไยอย่างนัยสำคัญยิ่ง. เมื่อได้รับคลอเรตเข้มข้น 200 มก./ลิตร การเพิ่มความเข้มข้นของไนเตรดเป็น 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานไม่ทำให้คลอเรตเป็นพิษ. แต่เมื่อได้รับคลอเรตเข้มข้น 300 มก./ลิตร ความเป็นพิษจากคลอเรตเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไนเตรด.

ตารางที่ 32 ปริมาณไนโตรเจนในใบ

ระดับความเข้มข้นของไนเตรด	ไนโตรเจนในใบ, % โดยน้ำหนักแห้ง				
	เมื่อเริ่มการทดลอง (ก่อนการได้รับสารละลายที่มีไนเตรดเข้มข้นต่างกัน)	ระยะหลังได้รับไนเตรดที่ความเข้มข้นต่างกัน			
		1 เดือน (1 วันก่อนให้คลอเรต)	2 เดือน (ระยะแทงช่อดอก)	3 เดือน (ระยะดอกบาน)	เฉลี่ย
245 มก./ลิตร	1.17	1.09	1.17	0.67	0.98
490 มก./ลิตร	1.16	1.17	1.25	0.74	1.05
735 มก./ลิตร	1.18	1.19	1.28	0.83	1.10
เฉลี่ย	1.15	1.15	1.23	0.75	1.04

ตารางที่ 33 คะแนนความเป็นพิษจากคลอเรตของต้นลำไย

ความเข้มข้นของไนเตรต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
245 มก./ลิตร	1.00a ¹	1.00a	1.00
490 มก./ลิตร	1.00a	1.80b	1.40
735 มก./ลิตร	1.20a	3.80c	2.50
เฉลี่ย	1.07	2.2	
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	มีนัยสำคัญที่ความเชื่อมั่น 99 %		
CV, %	36.22		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมุติเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

3. การแตกใบอ่อน

เฉพาะต้นที่ได้รับคลอเรต ไนเตรตด้วย ความเข้มข้น 735 มก./ลิตร (1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐาน) เท่านั้นที่แตกใบอ่อน จึงได้แสดงข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลของต้นที่แตกใบอ่อน พบว่าต้นที่ได้รับคลอเรต 300 มก./ลิตรแตกใบอ่อนมากกว่าต้นที่ได้รับคลอเรต 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 34).

ตารางที่ 34 เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อน

ความเข้มข้นของไนเตรต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
245 มก./ลิตร	-	-	-
490 มก./ลิตร	-	-	-
735 มก./ลิตร	75.00ก ¹	98.00ข	-
CV, %	13.46		

¹ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรไทยต่างกัน ต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อพิจารณารายละเอียดคะแนนระดับความเป็นพิษและเปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนเป็นรายต้นจากข้อมูลดิบในตารางที่ 35 และ 36 จะเห็นว่า ต้นลำไยที่ได้รับคลอเรต 300 มก./ลิตร พร้อมกับไนเตรต 735 มก./ลิตร แสดงอาการเป็นพิษระดับ 3-5 ที่มีใบร่วงถึง 4 ใน 5 ต้น และทั้ง 4 ต้นนี้แตกใบอ่อนเกือบ 100 %. แต่ต้นลำไยที่ได้รับคลอเรต 200 มก./ลิตร พร้อมกับไนเตรต 735 มก./ลิตร ไม่แสดงอาการเป็นพิษเลยถึง 4 ใน 5 ต้น และแสดงอาการเป็นพิษระดับ 2 ที่ใบไม่ร่วงอีก 1 ต้น. ต้นลำไยทั้ง 5 ต้นนี้แตกใบอ่อนระหว่าง 50-88 % โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 75 %. แสดงให้เห็นว่าการแตกใบอ่อนของต้นลำไยทั้ง 5 ต้นนี้ ไม่ได้มีสาเหตุจากสรีรวิทยาของการร่วงของใบกระตุ้นการสร้างใบใหม่ หากแต่เกิดจากการได้รับไนเตรตมากเกินไป.

ตารางที่ 35 คะแนนระดับความเป็นพิษเป็นรายต้น

คะแนนระดับความเป็นพิษ						
ความเข้มข้น		ซ้ำที่				
กลอเรต	ไนเตรต	1	2	3	4	5
200 มก./ลิตร	245 มก./ลิตร	1	1	1	1	1
	490 มก./ลิตร	1	1	1	1	1
	735 มก./ลิตร	1	1	1	1	2
300 มก./ลิตร	245 มก./ลิตร	1	1	1	1	1
	490 มก./ลิตร	2	2	2	1	2
	735 มก./ลิตร	2	3	4	5	5

ตารางที่ 36 เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนเป็นรายต้น

เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อน						
ความเข้มข้น		ซ้ำที่				
กลอเรต	ไนเตรต	1	2	3	4	5
200 มก./ลิตร	245 มก./ลิตร	0	0	0	0	0
	490 มก./ลิตร	0	0	0	0	0
	735 มก./ลิตร	79	88	70	88	50
300 มก./ลิตร	245 มก./ลิตร	0	0	0	0	0
	490 มก./ลิตร	0	0	0	0	0
	735 มก./ลิตร	100	100	90	100	100

4. เปอร์เซ็นต์การออกดอก

ตารางที่ 37 แสดงข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบเฉพาะข้อมูลของต้นที่รับไนเตรตเข้มข้น 245 และ 490 มก./ลิตร ซึ่งออกดอกเท่านั้น. พบว่าความเข้มข้นของกลอเรตและความเข้มข้นของไนเตรตไม่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน โดยภาพรวมจึงพบว่าเมื่อต้นลำไยได้รับกลอเรตและไนเตรตในระดับที่ไม่เป็นพิษหรือเป็นพิษเล็กน้อย การได้รับกลอเรตเข้มข้นขึ้นจาก 200 เป็น 300 มก./ลิตร มีผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ จาก 56.3 % เป็น 83.5 %. แต่การได้รับไนเตรตเข้มข้นลดลงจากความเข้มข้นมาตรฐาน 490 มก./ลิตร เป็น 245 มก./ลิตร มีผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญจาก 76.8 % เป็น 63.0 %. ต้นที่ได้รับกลอเรต 300 มก./ลิตร มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกมากกว่าต้นที่ได้รับกลอเรต 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ.

ตารางที่ 37 เปอร์เซ็นต์การออกดอก

ความเข้มข้นของไนเตรต	ความเข้มข้นของกลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
245 มก./ลิตร	45.8	80.2	63.0a
490 มก./ลิตร	66.8	86.8	76.8b
735 มก./ลิตร	-	-	-
เฉลี่ย ²	56.3ก	83.5ข	
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ		
CV, %	33.04		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมติที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

5. จำนวนดอกเพศผู้

จากตารางที่ 38 แม้ว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนดอกตัวผู้ของต้นลำไยที่ได้คลอเรตและไนเตรตที่ความเข้มข้นต่างกันจะดูเหมือนต่างกัน แต่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ได้ค่า CV สูงถึง 72 % ทำให้พบว่าจำนวนดอกตัวผู้ของต้นลำไยที่ได้คลอเรตและไนเตรตที่ความเข้มข้นต่างๆ กันไม่ต่างกันทางสถิติ.

ตารางที่ 38 จำนวนดอกเพศผู้

ความเข้มข้นของไนเตรต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
245 มก./ลิตร	5,162	5,894	5,528a
490 มก./ลิตร	2,174	4,784	3,479a
735 มก./ลิตร	-	-	-
เฉลี่ย ²	3,668ก	5,339ก	4,503
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ		
CV, %	72.66		

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมติที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

6. จำนวนดอกตัวเมีย

ข้อมูลและผลการวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 39 แสดงให้เห็นว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของคลอเรตและความเข้มข้นของไนเตรตต่อจำนวนดอกตัวเมีย. ต้นที่ได้รับคลอเรต 300 มก./ลิตร มีดอกตัวเมียมากกว่าต้นที่ได้รับคลอเรต 200 มก./ลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. การได้รับไนเตรตเข้มข้นลดลงจากความเข้มข้นมาตรฐาน 490 มก./ลิตร เป็น 245 มก./ลิตร ไม่มีผลให้ดอกตัวเมียต่อต้นลดลง.

5.2.3 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

เมื่อได้รับโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 200 มก./ลิตร การเพิ่มความเข้มข้นของไนเตรตเป็น 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานไม่ทำให้คลอเรตเป็นพิษ. แต่เมื่อได้รับคลอเรตเข้มข้น 300 มก./ลิตร ความเป็นพิษเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของไนเตรตที่ได้รับ ทำให้ต้นที่ได้รับคลอเรตเข้มข้น 300 มก./ลิตร และไนเตรตเข้มข้น 735 มก./ลิตร มีใบร่วงและแตกใบอ่อน จึงไม่ออกดอก.

ปริมาณไนโตรเจนในใบเมื่อหลังจากที่ต้นลำไยได้รับสารละลายที่มีระดับไนโตรเจนต่างกัน มีแนวโน้มที่จะผันแปรไปตามปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ทำให้ต้นที่ได้รับคลอเรตเข้มข้น 200 มก./ลิตร และไนเตรตเข้มข้น 735 มก./ลิตร แตกใบอ่อนและไม่ออกดอก.

เมื่อต้นลำไยได้รับคลอเรตในระดับที่ไม่เป็นพิษหรือเป็นพิษเล็กน้อย แต่การได้รับไนเตรตเข้มข้นลดลงจากความเข้มข้นมาตรฐาน 490 มก./ลิตร เป็น 245 มก./ลิตร มีผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกลดลง แต่จำนวนดอกไม่ลดลง.

จึงสรุปรวบยอดได้ว่าการได้รับไนโตรเจนเกินระดับมาตรฐานทำให้ต้นลำไยแตกใบอ่อนจนไม่ออกดอก และการได้รับไนโตรเจนน้อยลงกว่าระดับมาตรฐาน ก็ไม่ช่วยให้การออกดอกดีขึ้น หากแต่ยังทำให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกลดลง.

ตารางที่ 39 จำนวนดอกตัวเมีย

ความเข้มข้นของไนเตรต	ความเข้มข้นของคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
245 มก./ลิตร	290	489	389a
490 มก./ลิตร	243	477	360a
735 มก./ลิตร	-	-	-
เฉลี่ย ²	266ก	483ข	374.65
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญ		
CV, %	55.37		

¹ ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

6. อิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ ต่อการชักนำการออกดอกโดยคลอเรต

6.1 pH ของสารละลายคลอเรตและธาตุอาหาร

6.1.1 วิธีการ

- วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 Factorial โดยมี 2 ปัจจัย คือ
 - ความเข้มข้นของคลอเรต ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ 200 และ 300 มก./ลิตร (ความเข้มข้นของคลอเรตที่เหมาะสมสำหรับฤดูฝนและฤดูหนาวคือ 200 มก./ลิตร)
 - pH ของสารละลายประกอบด้วย 3 ระดับ คือ 5.5, 6.0 และ 6.5 (โดยเลี้ยงต้นลำไยในสารละลายธาตุอาหารที่มี pH ตามกำหนดข้างต้น 1 เดือนก่อนหน้าจะราดสารคลอเรต และเลี้ยงต่อไปจนเสร็จสิ้นการทดลอง)
- การทดลองนี้มี 5 ซ้ำ แต่ละซ้ำใช้ต้นลำไยในกระถางทรายที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน 1 ต้น จึงใช้ ต้นลำไยทั้งหมด 30 ต้น
- เลี้ยงต้นลำไยที่เตรียมไว้ในสารละลายธาตุอาหารมาตรฐานที่ปรับให้มี pH ที่กำหนดไว้เป็นเวลา 1 เดือนก่อนให้สาร KClO_3 และเลี้ยงด้วยสารละลายดังกล่าวต่อไปอีกจนกระทั่งเสร็จสิ้นการทดลอง
- ให้สาร KClO_3 ตามอัตราที่กำหนดไว้ในแผนการทดลองเมื่อวันที่ 13 และ 16 มิถุนายน 2549
- เก็บข้อมูล
 - อาการเป็นพิษของใบลำไย โดยสังเกตอาการที่ใบและยอด
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอก โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อดอกโผล่ออกมายาว 1 เซนติเมตรขึ้นไปเทียบกับยอดทั้งหมด
 - จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมียโดยนับทุกดอกของทุกช่อเมื่อดอกบานทุกวันตลอดระยะเวลาที่ดอกบาน

6.1.2 ผลการทดลอง

1. ความเป็นพิษ

พบว่าต้นลำไยทั้งหมดไม่แสดงอาการเป็นพิษเลย (ตารางที่ 40)

ตารางที่ 40 อาการเป็นพิษของต้นลำไย			
สิ่งทดลอง	จำนวนวันหลังได้รับคลอเรต		
	3 วัน	6 วัน	8 วัน
pH 5.5 + KClO ₃ 200 มก./ลิตร	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
pH 5.5 + KClO ₃ 300 มก./ลิตร	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
pH 6.0 + KClO ₃ 200 มก./ลิตร	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
pH 6.0 + KClO ₃ 300 มก./ลิตร	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
pH 6.5 + KClO ₃ 200 มก./ลิตร	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
pH 6.5 + KClO ₃ 300 มก./ลิตร	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		

2. เปอร์เซ็นต์การออกดอก

ข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 41 แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอเรตที่ความเข้มข้น 200 และ 300 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารที่มี pH ตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้เปอร์เซ็นต์การออกดอกของต้นลำไยแตกต่างกัน ต้นลำไยทั้งหมดออกดอกเฉลี่ยระหว่าง 83.33 ถึง 95.83 % ซึ่งไม่ต่างกันทางสถิติ และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH ของสารละลายกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตต่อเปอร์เซ็นต์การออกดอก.

ตารางที่ 41 เปอร์เซ็นต์การออกดอก			
ระดับของ pH	ความเข้มข้นของสารโพแทสเซียมคลอเรต		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
pH 5.5	91.67	83.33	87.50 a
pH 6.0	95.83	95.83	95.83 a
pH 6.5	95.83	91.67	93.75 a
เฉลี่ย ²	94.43 ก	90.28 ก	93.26
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์		ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ	
C.V (%)		13.61	

¹ ค่าเฉลี่ยในสมรภูมิที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

3. จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก

ข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 42 แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 และ 300 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารที่มี pH ตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรกของต้นลำไยแตกต่างกัน จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรกของต้นลำไยทั้งหมดเท่ากับ 19.02 ถึง 21.13 วัน ซึ่งไม่ต่างกันทางสถิติ และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH ของสารละลายกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก.

ตารางที่ 42 จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก

ระดับของ pH	ความเข้มข้นของสารโพแทสเซียมคลอไรด์		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
pH 5.5	20.82	21.13	20.97 a
pH 6.0	19.57	19.02	19.29 a
pH 6.5	19.48	20.25	19.87 a
เฉลี่ย ²	19.96 ก	20.13 ก	20.04
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ		
C.V (%)	6.40		

¹ ค่าเฉลี่ยในแนวดิ่งที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

4. จำนวนดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย

ข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 43 และ 44 แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 และ 300 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารที่มี pH ตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมียของต้นลำไยแตกต่างกัน และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH ของสารละลายกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อจำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย.

ตารางที่ 43 จำนวนดอกเพศผู้

ระดับของ pH	ความเข้มข้นของสาร โพแทสเซียมคลอไรด์		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
pH 5.5	2,811	1,166	1,988a
pH 6.0	3,927	3,463	3,695a
pH 6.5	2,764	3,164	2,964a
เฉลี่ย ²	3,167.3ก	2,597.7ก	2,882
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์		ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ	
C.V (%)		63.85	

¹ ค่าเฉลี่ยในสมการที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 44 จำนวนดอกเพศเมีย

ระดับของ pH	ความเข้มข้นของสาร โพแทสเซียมคลอไรด์		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
pH 5.5	311	229	270.0a
pH 6.0	540	482	511.0a
pH 6.5	436	497	466.5a
เฉลี่ย ²	429.0ก	402.7ก	415.8
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์		ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ	
C.V (%)		45.93	

¹ ค่าเฉลี่ยในสมการที่ตั้งกำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

5. ขนาดช่อดอก

ข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติในตารางที่ 45 และ 46 แสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 200 และ 300 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหารที่มี pH ตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้ความกว้างและความยาวของช่อดอกของต้นลำไยแตกต่างกัน และไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH ของสารละลายกับความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ต่อความกว้างและความยาวของช่อดอก.

ตารางที่ 45 ความกว้างของช่อดอก

ระดับของ pH	ความเข้มข้นของสารโพแทสเซียมคลอไรด์		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
pH 5.5	17.63	10.43	14.03 a
pH 6.0	18.17	18.88	18.52 a
pH 6.5	14.27	16.12	15.20 a
เฉลี่ย ²	16.69 ก	15.14 ก	15.92
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ		
C.V (%)	33.84		

¹ ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแถวที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 46 ความยาวของช่อดอก

ระดับของ pH	ความเข้มข้นของสารโพแทสเซียมคลอไรด์		เฉลี่ย ¹
	200 มก./ลิตร	300 มก./ลิตร	
pH 5.5	19.32	9.00	14.16 b
pH 6.0	23.85	19.95	21.90 a
pH 6.5	15.57	16.65	16.11 b
เฉลี่ย ²	19.58 ก	15.20 ก	17.39
นัยสำคัญของปฏิสัมพันธ์	ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ		
C.V (%)	31.63		

¹ ค่าเฉลี่ยในแถวตั้งที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

² ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่กำกับด้วยอักษรไทยเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

6.1.3 สรุปผลการทดลอง

ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การออกดอก จำนวนดอก ขนาดช่อดอก แสดงให้เห็นว่าระดับ pH ของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกัน ตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้การกระตุ้นการออกดอกของลำไยด้วยสารโพแทสเซียมคลอไรด์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ. พบเพียงแต่แนวโน้มว่า จำนวนดอกและขนาดช่อดอกของต้นลำไยที่ได้รับสารละลายธาตุอาหารที่ pH 6.0 มากกว่าและใหญ่กว่าที่ pH 5.5 และ 6.5 เล็กน้อย อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ. การทดลองนี้ทำในช่วงปลายฤดูร้อนและต้นฤดูฝนจึงพบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์ 200 และ 300 มก./ลิตร ต่างมีผลให้ลำไยออกดอกได้ดีเท่าๆ กัน คือมากกว่า 90 % .

6.2 การพรางแสง

6.2.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- การทดลองประกอบด้วยสิ่งทดลอง 5 สิ่ง คือ
 - KClO_3 200 มก./ลิตร ไม่พรางแสง
 - KClO_3 200 มก./ลิตร พรางแสงด้วยตาข่ายชาแลนสีดำ 50% เนื้อเรือนยอด 50 ซม. เป็นเวลา 7 วัน
 - KClO_3 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยตาข่ายชาแลนสีดำ 50% เนื้อเรือนยอด 50 ซม. เป็นเวลา 7 วัน
 - KClO_3 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยตาข่ายชาแลนสีดำ 90% เนื้อเรือนยอด 50 ซม. เป็นเวลา 7 วัน
 - KClO_3 400 มก./ลิตร พรางแสงด้วยตาข่ายชาแลนสีดำ 90% เนื้อเรือนยอด 50 ซม. เป็นเวลา 7 วัน
- การทดลองนี้มี 5 ซ้ำ
- ดำเนินการทดลองระหว่างเดือนตุลาคม 2548 ถึงเดือนมกราคม 2549
- ทุกสิ่งทดลองให้โพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายธาตุอาหาร 2 ครั้ง ห่างกัน 3 วัน
- เก็บข้อมูล
 - คะแนนความเป็นพิษของคลอเรต โดยสังเกตอาการที่ใบและยอดแล้วให้คะแนนดังตารางที่ 47 เมื่อ 7 วันหลังจากให้สารคลอเรต
 - วันแรกที่เห็นตาดอกของต้นลำไยแต่ละต้น
 - เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อน โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อใบ เทียบกับยอดทั้งหมดของแต่ละต้น
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอก โดยการตรวจนับยอดที่แตกเป็นช่อดอกยาว 1 นิ้วขึ้นไป เทียบกับยอดทั้งหมด
 - จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย โดยนับทุกดอกของทุกช่อเมื่อดอกบานทุกวันตลอดระยะเวลาที่ดอกบาน

ตารางที่ 47 คะแนนแสดงระดับความความเป็นพิษของคลอเรตที่ต้นลำไยแสดงออก

ลักษณะอาการที่รุนแรงที่สุดเมื่อ 7 วันหลังได้รับคลอเรต	คะแนน
ปรกติ	1
ที่ส่วนล่างของต้นมีใบเหลืองปนเขียว	2
ที่ส่วนล่างของต้นมีใบเหลืองและร่วง	3
ใบเหลืองทั้งต้น ที่ส่วนล่างของต้นมีใบไหม้ทั้งใบประกอบและร่วง	4
ใบไหม้ทั้งต้นและร่วง	5

6.2.2 ผลการทดลอง

1. ความเป็นพิษ

ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 400 มก./ลิตร แล้วถูกพรางแสง 90 % มีอาการเป็นพิษสูงสุด และแตกต่างจากสิ่งทดลองอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 48). ขณะเดียวกันพบว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 200 มก./ลิตร เท่ากัน ต้นที่ได้รับการพรางแสงมีคะแนนการเป็นพิษเท่ากับ 2.20 แต่ต้นที่ได้รับแสงเต็มที่ ไม่แสดงอาการเป็นพิษเลย

ประกอบกับการเป็นพิษระดับ 2.60-3.20 คะแนนของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 300 มก./ลิตร แล้วถูกพรางแสง 50-90 % ทำให้เห็นว่าผลการทดลองนี้ขัดแย้งกับสมมุติฐานที่กำหนดจากการตรวจสอบว่าแสงมีผลทำให้ความเป็นพิษของคลอไรด์ต่อต้นลำไยและถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น (Liljestrom and Aberg, 1966 และ Harper, 1981).

ตารางที่ 48 คะแนนความรุนแรงของ อาการจากความเป็นพิษของสาร โพแทสเซียมคลอไรด์

สิ่งทดลอง	คะแนนความเป็นพิษ ¹
KClO ₃ 200 มก./ลิตร ไม่พรางแสง	1.00c
KClO ₃ 200 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	2.20b
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	3.20ab
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	2.60b
KClO ₃ 400 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	3.80a
CV, %	24.00

¹ ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

2. เปอร์เซ็นต์และระยะเวลาแตกใบอ่อน

เฉพาะ ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 300 และ 400 มก./ลิตร โดยมีการพรางแสง 90 % เท่านั้นที่แตกใบอ่อน ตารางที่ 49 จึงแสดงข้อมูลและวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบเฉพาะ 2 สิ่งทดลองนี้เท่านั้น ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนและระยะเวลาแตกใบอ่อนไม่ต่างกันทางสถิติ.

ตารางที่ 49 เปอร์เซ็นต์การแตกใบอ่อนและระยะเวลาแตกใบอ่อนหลังจากได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์

สิ่งทดลอง	การแตกใบอ่อน, %	ระยะเวลาแตกใบอ่อน, วัน
KClO ₃ 200 มก./ลิตร ไม่พรางแสง	-	-
KClO ₃ 200 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	-	-
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	-	-
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	84.40a ¹	11.24a
KClO ₃ 400 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	77.00a	11.07a
CV, %	80.7	11.16

¹ ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4. เปอร์เซ็นต์การออกดอก

ตารางที่ 50 แสดงข้อมูลและผลวิเคราะห์ทางสถิติเฉพาะสิ่งทดลองที่ทำให้ลำไยออกดอกเท่านั้น ซึ่งพบว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 200 มก./ลิตร โดยไม่พรางแสงออกดอกถึง 91.07 % และเมื่อมีการพรางแสง 50 % ออกดอกเพียง 68.51 % แสดงให้เห็นว่าปริมาณแสงไม่พอในระยะ 7 วันหลังได้รับคลอไรด์มีผลให้การออกดอกลดลง และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์เป็น 300 มก./ลิตร โดยพรางแสง 50 % เท่ากันกลับทำให้ออกดอกเพียง 32.49 % แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มความเข้มข้นโพแทสเซียมคลอไรด์ไม่สามารถชดเชยอิทธิพลของปริมาณแสงที่ไม่พอ.

ในด้านจำนวนวันออกดอกหลังจากได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ พบว่าการได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ที่เข้มข้นเกินไปทำให้การออกดอกช้าลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 50 เปอร์เซ็นต์การออกดอกและระยะเวลาออกดอกหลังจากได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์

สิ่งทดลอง	การออกดอก, %	ระยะเวลาออกดอก, วัน
KClO ₃ 200 มก./ลิตร ไม่พรางแสง	91.07a ¹	29.46b
KClO ₃ 200 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	68.51ab	29.00b
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	32.49b	39.61a
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	-	-
KClO ₃ 400 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	-	-
CV, %	31.24	9.78

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมุติเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

5. จำนวนดอก

ตารางที่ 51 แสดงจำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย พบว่าจำนวนดอกเพศผู้และดอกเพศเมียต่อโพแทสเซียมคลอไรด์และปริมาณแสงเป็นไปในแนวทางเดียวกับเปอร์เซ็นต์การออกดอก

ตารางที่ 51 จำนวนดอกตัวผู้ ดอกตัวเมีย และสัดส่วนเพศดอก

สิ่งทดลอง	จำนวนดอกต่อต้น	
	ดอกเพศผู้	ดอกเพศเมีย
KClO ₃ 200 มก./ลิตร ไม่พรางแสง	4,678a ¹	610a
KClO ₃ 200 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	1,347b	498a
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 50% 7 วัน	284b	58b
KClO ₃ 300 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	-	-
KClO ₃ 400 มก./ลิตร พรางแสงด้วยซาแลน 90% 7 วัน	-	-
CV, %	50.41	55.42

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมุติเดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

6.2.3 สรุปและวิจารณ์ผล

การศึกษานี้แสดงให้เห็นชัดว่าการได้รับแสงไม่เพียงพอ (ถูกพรางแสงด้วยซาแลน 50%) หลังการได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นเวลาเพียง 7 วัน ก็มีผลให้การออกดอกทั้งในรูปของเปอร์เซ็นต์ยอดที่ออกดอกและจำนวนดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งตรงกับการศึกษาของสุภาวดี (2545) ที่พบว่าการพรางแสงตลอดเวลาตั้งแต่หลังได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์จนกระทั่งออกดอก มีผลให้การออกดอกน้อยลง. การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์เกินระดับที่เหมาะสมไม่สามารถลดอิทธิพลของการได้รับแสงไม่พอ. จากผลการศึกษานี้อนุมานได้ว่าการให้โพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มมากขึ้นในฤดูฝน แม้ไม่ถูกชะล้างโดยฝน ก็ไม่สามารถ

แก้ปัญหาการออกดอกไม่ดีเนื่องจากท้องฟ้าปิดหลังการได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์. นอกจากนี้ยังอนุมานได้ว่าการตัดแต่งกิ่งให้โปร่งเพื่อมีแสงเข้าในทรงพุ่มอย่างเหมาะสมก็น่าจะช่วยการชักนำการออกดอกด้วยสารคลอไรด์ได้ผลดีด้วย.

6.3 การได้รับคลอไรด์มาก่อน

6.3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- เลี้ยงต้นลำไย 32 ต้นในกระถางทรายด้วยสารละลายธาตุอาหารจนมีอายุประมาณ 1 ปี
- แบ่งต้นลำไยออกเป็น 4 กลุ่ม
 - กลุ่มที่ 1 ได้รับคลอไรด์มาก่อน 3 ครั้ง
 - กลุ่มที่ 2 ได้รับคลอไรด์มาก่อน 2 ครั้ง
 - กลุ่มที่ 3 ได้รับคลอไรด์มาก่อน 1 ครั้ง
 - กลุ่มที่ 4 ไม่เคยได้รับคลอไรด์มาก่อน
- เมื่อต้นลำไยแต่ละกลุ่มที่ได้รับคลอไรด์แต่ละครั้งออกดอกแล้ว ตัดยอดทิ้งเมื่อระยะดอกบาน เพื่อไม่ให้ต้นลำไยโทรมจากการติดผลและเป็นการกระตุ้นให้แตกใบใหม่เร็วขึ้น จากนั้นก็เลี้ยงต่อให้ต้นลำไยแตกใบอีก 1-2 รุ่น ก่อนให้คลอไรด์ครั้งต่อไป
- ความเข้มข้นของคลอไรด์ที่ให้แต่ละครั้งปรับตามความเข้มข้นที่เหมาะสมของแต่ละฤดู
- วันให้คลอไรด์ครั้งต่างๆ ของแต่ละกลุ่มมีดังต่อไปนี้

กลุ่ม ที่	จำนวนครั้งที่ได้รับ คลอไรด์มาก่อน	วันให้โพแทสเซียมคลอไรด์				
1	3 ครั้ง	2 และ 5 ต.ค. 47	บางต้นออก	14 และ 17 เม.ย. 48	5 และ 8 ก.ย. 48	27 และ 30 พ.ย. 48
2	2 ครั้ง	-	ดอกเองเมื่อ	14 และ 17 เม.ย. 48	5 และ 8 ก.ย. 48	27 และ 30 พ.ย. 48
3	1 ครั้ง	-	ภูมิภาพันธ์	-	5 และ 8 ก.ย. 48	27 และ 30 พ.ย. 48
4	0 ครั้ง	-	2548	-	-	27 และ 30 พ.ย. 48

- นับจำนวนช่อและวัดความกว้างและความยาวช่อดอกเมื่อดอกบาน 50 % ของต้นลำไยทั้ง 4 กลุ่ม คำนวณเปอร์เซ็นต์การออกดอกโดยเทียบจำนวนช่อที่ออกดอกกับช่อทั้งหมดของแต่ละต้น

6.3.2 ผลการทดลอง

จากตารางที่ 52 พบว่าแม้ค่า CV ของข้อมูลแต่ละชุดจะสูงถึงระหว่าง 45.11 – 55.17 % แต่ก็เห็นได้ชัดเจนว่าต้นลำไยที่ไม่เคยได้รับคลอไรด์มาก่อนออกดอกได้ดีกว่าที่เคยได้รับคลอไรด์มาก่อน ทั้งด้านเปอร์เซ็นต์การออกดอกและขนาดดอก. เมื่อได้รับคลอไรด์มาก่อนการออกดอก % การออกดอกลดลง และขนาดดอกเล็กลงตามจำนวนครั้งที่ได้รับคลอไรด์มาก่อน.

ตารางที่ 52 เปอร์เซ็นต์การออกดอกและขนาดช่อดอก

จำนวนครั้งที่ได้รับคลอเรตมาก่อน	% การออกดอก	ความกว้างช่อดอก, ซม.	ความยาวช่อดอก, ซม.
3 ครั้ง	27.04c ¹	5.24b	8.10b
2 ครั้ง	34.96bc	5.92b	11.08b
1 ครั้ง	63.89ab	11.18b	16.08b
ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน	89.68a	22.22a	27.36a
CV, %	45.15	55.17	45.11

¹ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่ต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

6.4 ระยะเวลาที่รากลำไยสัมผัสสารละลายคลอเรต

6.4.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- เลือกต้นลำไยในกระถางทราย 25 ต้นที่เลี้ยงด้วยสารละลายธาตุอาหารจนมีอายุประมาณ 2 ปี
- แบ่งต้นลำไยเป็น 5 กลุ่มๆ ละ 5 ต้น โดยให้ภายในแต่ละกลุ่มมีความสม่ำเสมอของต้นมากที่สุด
- จัดสิ่งทดลอง ได้แก่ ความเข้มข้นและระยะเวลาสัมผัส ให้แก่ต้นลำไยแต่ละต้นในแต่ละกลุ่มดังนี้
 - ให้ KClO_3 เข้มข้น 100 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหาร 2 ลิตร/ต้น วันเว้นวัน 7 ครั้งติดต่อกัน
 - ให้ KClO_3 เข้มข้น 200 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหาร 2 ลิตร/ต้น วันเว้นวัน 4 ครั้งติดต่อกัน
 - ให้ KClO_3 เข้มข้น 300 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหาร 2 ลิตร/ต้น วันเว้นวัน 3 ครั้งติดต่อกัน
 - ให้ KClO_3 เข้มข้น 400 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหาร 2 ลิตร/ต้น วันเว้นวัน 2 ครั้งติดต่อกัน (ความเข้มข้น ที่เหมาะสมสำหรับฤดูร้อน)
 - ให้ KClO_3 เข้มข้น 500 มก./ลิตร ในสารละลายธาตุอาหาร 2 ลิตร/ต้น 1 ครั้ง
- เก็บข้อมูล
 - จำนวนวันที่ลำไยออกดอกหลังได้สัมผัสกับสารคลอเรตเป็นวันแรก
 - เปอร์เซ็นต์การออกดอก โดยคำนวณจากจำนวนยอดที่ออกดอกยาวอย่างน้อย 1 นิ้ว เทียบกับจำนวนยอดทั้งหมด
 - ความกว้างและความยาวช่อดอกเมื่อดอกบาน
 - จำนวนดอกเพศผู้เพศเมีย
 - ทดลองระหว่างเดือนมิถุนายน - สิงหาคม 2548 โดยเริ่มให้โพแทสเซียมคลอเรตแก่ต้นลำไยเมื่อวันที่ 3 มิถุนายน 2548

6.4.2 ผลการทดลอง

1. ความเป็นพิษ

ในตารางที่ 53 เห็นได้ว่าทุกสิ่งทดลองไม่เป็นพิษทางใบและยอดเลย

ตารางที่ 53 อาการที่ใบและยอดของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ตามระยะเวลาที่สัมผัสสาร

สิ่งทดลอง	จำนวนวันหลังได้รับคลอไรด์		
	3 วัน	6 วัน	9 วัน
โพแทสเซียมคลอไรด์ 100 ม.ก./ลิตร-7 ครั้ง	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
โพแทสเซียมคลอไรด์ 200 ม.ก./ลิตร-4 ครั้ง	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
โพแทสเซียมคลอไรด์ 300 ม.ก./ลิตร-3 ครั้ง	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
โพแทสเซียมคลอไรด์ 400 ม.ก./ลิตร-2 ครั้ง	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		
โพแทสเซียมคลอไรด์ 500 ม.ก./ลิตร-1 ครั้ง	ต้นลำไยทุกต้นไม่มีอาการผิดปกติทางใบและยอด		

2. จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก เปรอร์เซ็นต์การออกดอก และขนาดช่อดอก

ในตารางที่ 54 พบว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 300, 400 และ 500 มก./ลิตรเป็นเวลา 3, 2 และ 1 วันติดต่อกัน ตามลำดับ มีจำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก ระหว่าง 23.44 – 25.82 วัน ซึ่งไม่ต่างกันทางสถิติ และน้อยกว่าค่า 27.77-29.79 วัน ของต้นที่ได้รับสารคลอไรด์เข้มข้น 100 และ 200 มก./ลิตร เป็นเวลา 7 และ 4 วันตามลำดับ.

ต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 100 ถึง 400 มก./ลิตรเป็นเวลา 7, 4, 3, และ 2 วันติดต่อกัน ตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์การออกดอกระหว่าง 76.78- 85.18 % ซึ่งไม่ต่างกันทางสถิติ และมากกว่า 35.28 % ของต้นที่ได้รับสารคลอไรด์เข้มข้น 500 มก./ลิตรเป็นเวลา 1 วัน.

ขนาดช่อดอกทั้งความกว้างและความยาว ของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ 300 มก./ลิตรเป็นเวลา 3 วันมีขนาดใหญ่กว่าของต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้นอื่นอย่างชัดเจน.

ตารางที่ 54 จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรกหลังได้รับสารคลอไรด์ ครั้งแรก เปรอร์เซ็นต์การออกดอก และขนาดช่อดอก

สิ่งทดลอง	จำนวนวันที่เห็นตาดอก	เปอร์เซ็นต์การออกดอก	ความกว้างช่อดอก (ซ.ม)	ความยาวช่อดอก (ซ.ม)
KClO ₃ 100 มก./ลิตร-7 ครั้ง	29.79a	84.47a	12.91ab	16.59ab
KClO ₃ 200 มก./ลิตร-4 ครั้ง	27.77ab	76.78a	11.56b	17.16ab
KClO ₃ 300 มก./ลิตร-3 ครั้ง	24.10c	84.17ba	19.07a	23.44a
KClO ₃ 400 มก./ลิตร-2 ครั้ง	23.44c	85.18a	9.94b	14.61b
KClO ₃ 500มก./ลิตร-1 ครั้ง	25.82bc	35.28b	5.62b	12.42b
CV, %	6.04	36.28	28.34	19.65

¹ ค่าเฉลี่ยในสมมติที่กำกับด้วยอักษรลาตินเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

3. จำนวนดอก

จำนวนดอกทั้ง 2 เพศในตารางที่ 55 แสดงให้เห็นว่าต้นลำไยที่ได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 400 มก./ลิตรเป็นเวลา 4 วัน มีจำนวนดอกตัวผู้สูงที่สุด เท่ากับ 3,378 ดอก แต่ก็ไม่ได้แตกต่างจากจำนวน 1,335 ถึง 2,177 ดอก ของต้นที่ได้รับคลอไรด์เข้มข้น 100 ถึง 300 มก./ลิตร จำนวนดอกตัวเมียตอบสนองต่อความเข้มข้นและระยะเวลาสัมผัสคลอไรด์เช่นเดียวกับจำนวนดอกตัวผู้ของโพแทสเซียมคลอไรด์

ตารางที่ 55 จำนวนดอกตัวผู้และดอกตัวเมีย

สิ่งทดลอง	จำนวนดอกต่อต้น	
	ดอกตัวผู้	ดอกตัวเมีย
KClO ₃ 100 มก./ลิตร-7 ครั้ง	2,177ab ¹	222ab
KClO ₃ 200 มก./ลิตร-4 ครั้ง	1,335ab	328ab
KClO ₃ 300 มก./ลิตร-3 ครั้ง	1,884ab	290ab
KClO ₃ 400 มก./ลิตร-2 ครั้ง	3,378a	391a
KClO ₃ 500 มก./ลิตร-1 ครั้ง	577b	115b
CV, %	64.72	56.49

¹ ค่าเฉลี่ยในสัปดาห์ที่กำกับด้วยอักษรเหมือนกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95 %

6.4.3. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลทั้งหมด ได้แก่ จำนวนวันที่เห็นตาดอกแรก เปอรเซ็นต์การออกดอก ขนาดช่อดอก และจำนวนดอก กล่าวได้ว่าการให้โพแทสเซียมคลอเรตเข้มข้น 100, 200, 300 และ 400 มก./ลิตร เป็นจำนวน 7, 4, 3 และ 2 ครั้งแบบวันเว้นวันตามลำดับ มีผลให้ต้นลำไยออกดอกได้ดีใกล้เคียงกัน. ขณะเดียวกันก็พบว่า การให้โพแทสเซียมคลอเรตด้วยความเข้มข้นต่ำ หลายครั้งรวมถึงการให้ที่ความเข้มข้น 500 มก./ลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่เป็นพิษ แต่ให้ครั้งเดียว ต่างไม่เป็นพิษต่อต้นลำไย. ดังนั้นหากมีระบบให้น้ำแบบสปริงเกอร์อยู่แล้ว การให้คลอเรตแบบแบ่งให้วันละน้อยหลายวันติดต่อกัน น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อลดผลกระทบจากความเข้มข้นของคลอเรตต่อต้นลำไย ขณะเดียวกันหากให้วิธีนี้ในฤดูฝนก็อาจช่วยลดความเสี่ยงที่จะถูกชะล้างโดยฝนตกหนักจากการให้ครั้งเดียวได้.

7. สรุปผลการทดลอง

7.1 ความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมคลอเรต

เมื่อได้รับโพแทสเซียมคลอเรตในสารละลายธาตุอาหารด้วยความเข้มข้นที่เหมาะสม คือ 200 มก./ลิตร สำหรับฤดูฝนและฤดูหนาว และ 400 มก./ลิตร สำหรับฤดูร้อน สารคลอเรตสามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ดี คือมีช่อดอกมาก ขนาดใหญ่ และออกดอกพร้อมกัน. เมื่อต้นลำไยได้รับคลอเรตเข้มข้นกว่าที่เหมาะสมจะกลายเป็นพิษ ทำให้ช่อดอกน้อยลง ช่อดอกมีขนาดเล็ก และทยอยออกดอกหลายรุ่น โดยไม่แสดงอาการเป็นพิษทางใบและยอด. แต่เมื่อเข้มข้นมากขึ้นอีกจะทำให้ต้นลำไยแสดงอาการได้รับพิษทางใบและยอด ออกดอกน้อยลง และช่อดอกมีขนาดเล็กลงมาก จนถึงไม่ออกดอกเลย.

ขณะที่ความเข้มข้นของสารละลายคลอเรตที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นออกดอกของลำไยในฤดูร้อนสูงกว่าในฤดูหนาวและฤดูฝน ความเข้มข้นที่ทำให้ต้นลำไยแสดงอาการเป็นพิษทางใบฤดูร้อนก็สูงกว่าในฤดูหนาว เช่นกัน เมื่อได้รับคลอเรตที่ความเข้มข้นต่ำกว่าที่เหมาะสม (ในฤดูร้อน) ต้นลำไยจะออกดอกน้อยลง แต่ก็ออกดอกพร้อมกันเป็นรุ่นเดียว.

เมื่อได้รับสารละลายคลอเรตโดยไม่ได้รับสารละลายธาตุอาหารไปพร้อมกัน ต้นลำไยไวต่อความเป็นพิษของคลอเรตมาก. ข้อมูลนี้ทำให้อนุมานได้ว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เช่นในดินทราย ความเข้มข้นของคลอเรตที่เหมาะสมน่าจะต่ำกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง.

7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับการชักนำการออกดอกโดยโพแทสเซียมคลอไรด์

การได้รับฟอสฟอรัสในรูปแบบฟอสเฟตในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานเป็นเวลา 1 เดือนมีแนวโน้มไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลำไยแตกต่างกัน และก็ไม่มีผลให้การออกดอกโดยการชักนำของโพแทสเซียมคลอไรด์แตกต่างกัน.

เมื่อได้รับสารละลายที่มีระดับไนโตรเจนต่างกันเป็นเวลา 1 เดือนปริมาณไนโตรเจนในใบมีแนวโน้มที่จะผันแปรไปตามปริมาณไนโตรเจนที่ได้รับ ทำให้ต้นลำไยที่ได้รับไนโตรเจนเกินระดับมาตรฐานแตกใบอ่อนและไม่ออกดอก แต่การได้รับไนโตรเจนน้อยกว่าระดับมาตรฐานก็ไม่ช่วยให้การออกดอกดีขึ้น.

7.3 ปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการชักนำการออกดอกโดยโพแทสเซียมคลอไรด์

ระดับ pH ของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้การกระตุ้นการออกดอกของลำไยด้วยสารโพแทสเซียมคลอไรด์ต่างกัน

การได้รับแสงไม่เพียงพอหลังการได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์เป็นเวลาเพียง 7 วัน ก็มีผลให้การออกดอกทั้งในรูปของเปอร์เซ็นต์ยอดที่ออกดอก จำนวนดอก และขนาดช่อดอก ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ. การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอไรด์เกินระดับที่เหมาะสมไม่สามารถลดอิทธิพลของการได้รับแสงไม่เพียงพอ แต่ยังคงกลับเป็นพิษต่อต้นลำไย.

การที่เคยได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์มาก่อน ทำให้การออกดอกด้วยการชักนำของโพแทสเซียมคลอไรด์ในครั้งหลังๆ ไม่ดีเหมือนต้นลำไยที่ไม่เคยได้รับโพแทสเซียมคลอไรด์มาก่อน และการออกดอกลดน้อยลงตามจำนวนครั้งที่ได้รับคลอไรด์มาก่อน.

การให้โพแทสเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่ำๆ หลายครั้งต่อเนื่องกัน มีผลให้ต้นลำไยออกดอกได้ดีใกล้เคียงกัน โดยไม่เป็นพิษ ดังนั้นหากมีระบบให้น้ำแบบสปริงเกอร์อยู่แล้ว การให้คลอไรด์แบบแบ่งให้วันละน้อยหลายวันติดต่อกัน น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่ง เพื่อลดผลกระทบจากความเข้มข้นของคลอไรด์ต่อต้นลำไย ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการถูกชะล้างโดยฝนที่ตกหนักหลังจากการให้ครั้งเดียวด้วย.

บทที่ 7

ปริมาณประชากรและความสามารถของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายของคลอเรตาในดินที่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน

1. คำนำ

ในต่างประเทศได้ใช้จุลินทรีย์ชนิด anaerobic ในการย่อยสลายสารประกอบกลุ่มคลอเรตาที่ปนเปื้อนในของเสียลักษณะ slurry waste จากอุตสาหกรรมเชื้อกระดาษ. แต่การย่อยสลายคลอเรตาที่ใช้ในสวนลำไยน่าจะเป็นไปโดยจุลินทรีย์ชนิด aerobic. ปริมาณและความสามารถของจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่สามารถย่อยสลายของคลอเรตาในดินชนิดต่างๆ ที่เคยรับคลอเรตมาก่อน น่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรต้องใช้คลอเรตเพิ่มมากขึ้น. ขณะเดียวกันก็เป็นปัจจัยที่ควบคุมการตกค้างของคลอเรตาในสิ่งแวดล้อมด้วย.

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณและความสามารถของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายของคลอเรตาในดินที่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน

3. การหาปริมาณจุลินทรีย์

3.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- เก็บดินจากโคนต้นลำไยในสวนที่มีการใช้โพแทสเซียมคลอเรตมาหลายปีติดต่อกันตั้งแต่ปี 2541 โดยเก็บที่ความลึก 0-15 ซม. ในแนวรากคลอเรต. สวนลำไยที่เก็บดินได้แก่สวนผลไม้ของสาขาไม้ผล (Pomology Division, PD) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย เชียงใหม่ และสวนลำไยของคุณวิชัย ปุสันจอน (Wichai, WC) อำเภอพร้าว เชียงใหม่.
- นำดินมาแยกหาปริมาณเชื้อด้วยวิธี dilution plating technique ในอาหารเลี้ยงเชื้อ FTW medium ของ Okeke *et al.* (2002) และได้ปรับปรุงโดยใช้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ แทน $\text{FeCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อมี Cl^- จาก KClO_3 เพิ่มขึ้น 500 มก./ลิตร เท่านั้น.
- บ่มเชื้อไว้ในที่อุณหภูมิห้องในสภาพที่มี O_2 สังเกตการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนแปลงของอาหารเลี้ยงเชื้อทุกวัน เมื่อไม่มีการเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์แล้วนับเชื้อและคัดเลือกเชื้อโดยใช้ loop และที่โคโลนีมา streak บนอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อคัดเลือกเชื้อบริสุทธิ์.
- เก็บตัวอย่างเชื้อเพื่อไว้ใช้ทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายโพแทสเซียมคลอเรต

3.2 ผลการทดลอง

พบจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญบนอาหารที่มี KClO_3 เพิ่มขึ้น 500 มก./ลิตร ได้ 15 isolates โดยจากตัวอย่างดินจากสวนสาขาไม้ผล สามารถแยกจุลินทรีย์ได้ 7 isolates มีปริมาณเชื้อ 2.5×10^5 colony forming units per gram of dry soil ได้แก่ isolates PD01 – PD07. จากตัวอย่างดินสวนคุณวิชัย ปุสันจอน ตำบล เชื่อนผาก อำเภอพร้าว สามารถแยกจุลินทรีย์ได้ 8 isolates มีปริมาณเชื้อ 1.8×10^5 colony forming units per gram of dry soil ได้แก่ isolates WC01 – WC08.

4. การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายโพแทสเซียมคลอเรตของเชื้อจุลินทรีย์

4.1 อุปกรณ์และวิธีการ

- นำเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากหัวข้อที่ 3 มาเพิ่มปริมาณในอาหาร FTW liquid medium
- นับเชื้อด้วย Hemacytometer slide เพื่อคำนวณปริมาณเชื้อเริ่มต้นที่จะใช้
- เตรียมอาหาร FTW liquid medium ที่มี KClO_3 เข้มข้น 500 มก./ลิตร และได้ปรับปรุงโดยใช้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ แทน $\text{FeCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ เพื่อให้อาหารเลี้ยงเชื้อมี Cl^- จาก KClO_3 เท่านั้น
- ใส่เชื้อจุลินทรีย์ของแต่ละ isolates จำนวนประมาณ 10^6 เซลล์ ลงในอาหาร FTW liquid medium 10 มล. ที่มี KClO_3 เข้มข้น 500 มก./ลิตร ในหลอดทดลอง (จึงมี ClO_3^- ในอาหารทั้งหมด 3.41 มก.) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
- ควบคุมไปกับการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในอาหาร FTW liquid medium ที่มี KClO_3 เข้มข้น 500 มก./ลิตร ข้างต้น ได้เตรียมหลอดทดลองใส่แต่อาหาร FTW liquid medium ที่มี KClO_3 เข้มข้น 500 มก./ลิตร โดยไม่ใส่จุลินทรีย์ อีกชุดหนึ่ง
- ตรวจสอบปริมาณคลอไรด์ที่เกิดขึ้นในอาหาร FTW liquid medium ที่มี KClO_3 เข้มข้น 500 มก./ลิตร ทั้ง 2 ชุด เมื่อใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงในอาหารครบ 1–7 วัน โดยการไตเตรทกับ AgNO_3
- คำนวณปริมาณการย่อยสลายคลอเรตจากปริมาณ Cl^- ที่เกิดขึ้นในอาหารที่มีจุลินทรีย์หักด้วยปริมาณ Cl^- ที่เกิดขึ้นในอาหารที่ไม่มีจุลินทรีย์

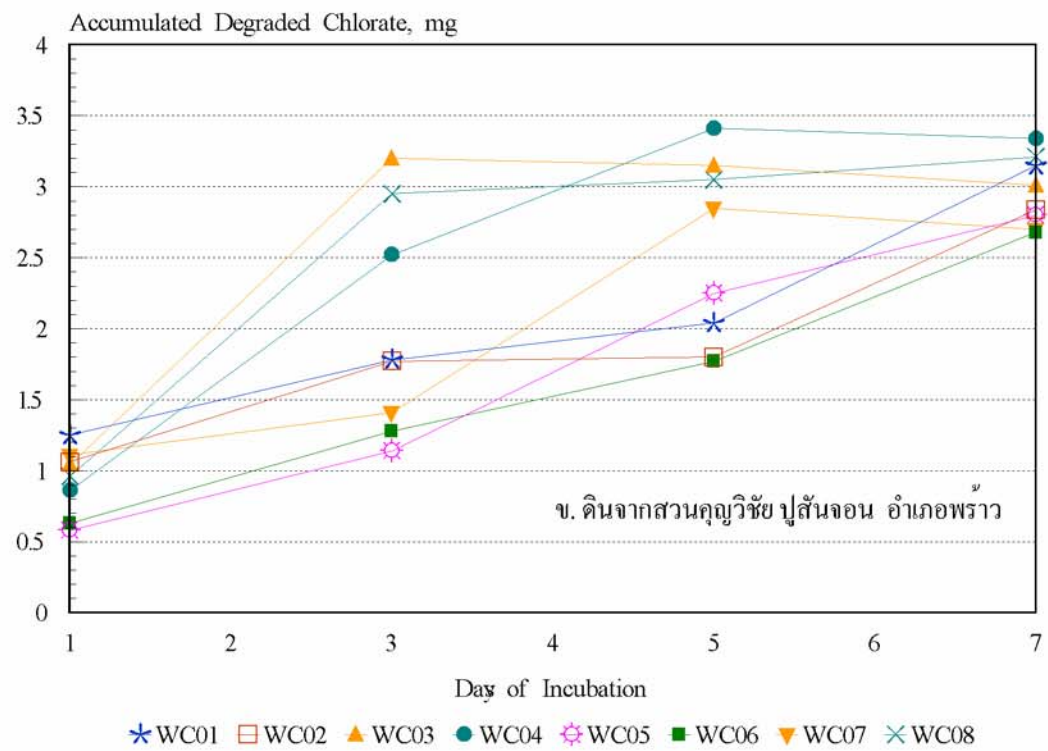
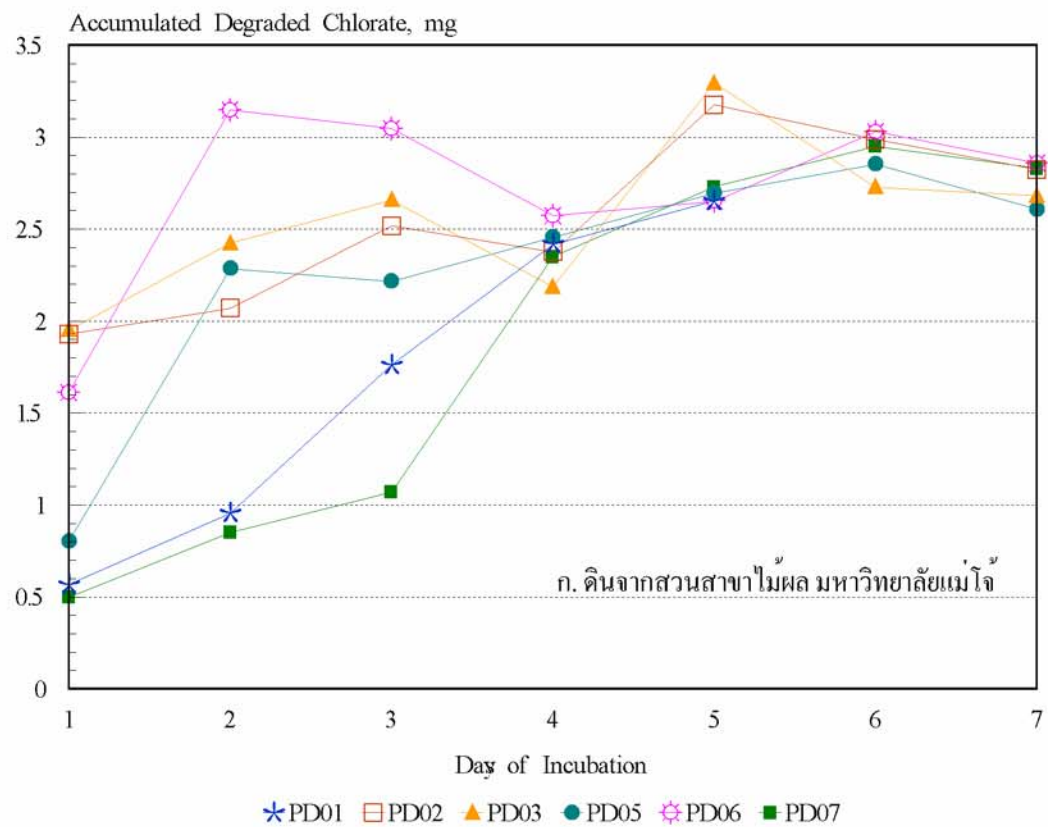
4.2 ผลการทดลอง

ผลการวัดการย่อยสลายคลอเรตของจุลินทรีย์ 14 isolates แสดงใน ภาพที่ 12 ก และ 12 ข พบว่าจากปริมาณคลอเรตที่มีในอาหาร 3.41 มก. (500 มก./ลิตร) จุลินทรีย์ทั้ง 6 isolates จากดินในสาขาไม้ผล สามารถย่อยสลายสะสมสูงสุดได้ระหว่าง 2.65 – 3.34 มก. แต่ด้วยความเร็วต่างกันคือ isolates PD06 สามารถย่อยสลายสะสมได้สูงสุด 3.15 มก. หลังจากสัมผัสคลอเรตเพียง 2 วัน ส่วน isolates อื่นๆสามารถย่อยสลายสะสมได้สูงสุดในเวลา 5-6 วัน.

จุลินทรีย์ทั้ง 8 isolates จากดินในสวนทุเรียน ปลูกสันจอน สามารถย่อยสลายสะสมสูงสุดได้ระหว่าง 2.72 – 3.42 มก. ด้วยความเร็วต่างกันคือ isolates WC03 และ WC08 สามารถย่อยสลายสะสมได้สูงสุด 2.96-3.22 มก. หลังจากสัมผัสคลอเรตเพียง 3 วัน ส่วน isolates อื่นๆ สามารถย่อยสลายสะสมได้สูงสุดในเวลา 5-7 วัน.

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จึงสรุปได้ว่าในดินที่ได้รับคลอเรตติดต่อกันหลายปีมีจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายคลอเรตอยู่มาก. ดังนั้นแนวความคิดที่ว่าจะต้องแยกเชื้อจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายคลอเรต แล้วนำมาขยายจำนวนและเพาะเชื้อให้กับดินที่ไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อนจึงไม่จำเป็น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Wu *et. al.*, (2002) ที่พบว่าโดยทั่วไปเมื่อดินมีการปนเปื้อนด้วยคลอเรตมาก่อน จะพบ CRM และ PRM เป็นปริมาณมากขึ้น จึงอนุมานจากการศึกษาของพวกเขาว่าในการกำจัดสาร chlorate และ perchlorate ที่ปนเปื้อนอยู่กับดินโดยการใช้ประโยชน์จาก CRM และ PRM นั้น ไม่จำเป็นต้องเติม CRM และ PRM จากภายนอก (Bioaugmentation) หากพื้นที่นั้นๆ ได้ปนเปื้อนมาเป็นเวลาหนึ่งแล้ว.



ภาพที่ 12 ผลการวัดการย่อยสลายคลอเรตของจุลินทรีย์ 14 isolates

บทที่ 8

การสลายตัวของคลอเรตาในดินชั้นล่างเปรียบเทียบกับดินชั้นบน

1. คำนำ

การสลายตัวของคลอเรตาในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ โดยมีอินทรีย์วัตถุในดินเป็นแหล่งพลังงาน. ดังนั้นหากคลอเรตาตกค้างในดินได้เคลื่อนที่ลงถึงดินชั้นล่างที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ และมีปริมาณจุลินทรีย์น้อยแล้ว คลอเรตาตกค้างเหล่านี้ก็จะสลายตัวต่อไปได้อย่างช้ามาก. การศึกษานี้เพื่อทดสอบสมมุติฐานดังกล่าวข้างต้น หากสมมุติฐานข้างต้นเป็นจริง ย่อมมีความเสี่ยงที่มากขึ้นที่คลอเรตาตกค้างที่ได้เคลื่อนที่ลงถึงดินชั้นล่างที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ จะซึมลึกต่อไปเรื่อยๆ จนถึงชั้นน้ำบาดาลในอนาคต.

2. วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบการสลายตัวของคลอเรตาระหว่างดินชั้นบนกับดินชั้นล่าง และศึกษาอิทธิพลของสมบัติดินบางประการต่อการสลายตัวของคลอเรตาในดิน โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ.

3. อุปกรณ์และวิธีการ

- เก็บตัวอย่างดินชุดดินน้ำพอง สันทราย ห้างฉัตร และปากช่อง ที่ความลึก 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 และ 180-200 ซม. ยกเว้นชุดดินสันทรายที่เก็บถึงความลึก 140-160 ซม. เนื่องจากมีกวดอยู่ในชั้นดินที่ลึกกว่านั้นจนเก็บตัวอย่างไม่ได้. จุดเก็บตัวอย่างดินทั้งหมดเป็นพื้นที่ที่ไม่เคยได้รับสารคลอเรตามาก่อนเลย.
- แต่ละชั้นความลึกของแต่ละชุดดิน เก็บตัวอย่างดินประมาณ 3 กิโลกรัม.
- ทุกขั้นตอนของการเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน ทำด้วยความระมัดระวังเรื่องความสะอาด เพื่อลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากภายนอกกับตัวอย่างดิน. ใช้ถุงพลาสติกใหม่ใส่ตัวอย่างดินและมัดปากถุงให้เรียบร้อย. นำตัวอย่างดินในถุงใส่ให้แห้งในห้องที่ควบคุมไม่ให้มีสัตว์เข้าในห้อง. ผึ่งดินให้แห้งทั้งที่อยู่ในถุงเดิม โดยไม่แผ่ดินออก. เมื่อดินทั้งก้อนแห้งจึงปาดเอาดินด้านที่มีการปนเปื้อนของฝุ่นออก. นำตัวอย่างดินที่เหลือไปบดและร่อนที่ละตัวอย่าง โดยมีการล้างทำความสะอาดเครื่องมือบดและร่อนระหว่างดินแต่ละถุง.
- วิเคราะห์สมบัติพื้นฐานของดินทุกชุดดินและความลึก.
- ชั่งดิน 4 ชุดดิน ทุกชั้นความลึก ตัวอย่างละ 20 กรัม ใส่ขวดพลาสติกขนาด 120 มล. ทำตัวอย่างละ 3 ซ้ำ
- เตรียมสารละลายโพแทสเซียมคลอเรตาให้ได้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเรตา ที่เมื่อเติมสารละลายเหล่านี้ 5 มล. สำหรับชุดดินปากช่อง 20 กรัม, 4 มล. สันทรายและโคราช 20 กรัม และ 3 มล. สำหรับชุดดินน้ำพอง 20 กรัม แล้ว จะทำให้มีโพแทสเซียมคลอเรตาในดินเข้มข้น 200 ม.ก./ก.ก.
- ปิดฝาแบบหลวมๆ แล้วชั่งน้ำหนักเมื่อเริ่มต้น แล้วบ่มไว้ในห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิห้อง.
- ชั่งน้ำหนักขวดบ่มดินแล้วเติมน้ำให้น้ำหนักเท่าที่เริ่มต้น เดือนละครั้ง เพื่อรักษาระดับความชื้นในดินให้ได้ประมาณความจุสนามตลอดการบ่ม.
- นำตัวอย่างดินที่บ่มไว้ไปวิเคราะห์คลอเรตา เมื่อบ่มไว้ได้ 90, 180 และ 270 วัน.
- ในทุกขั้นตอนการดำเนินงานตามวิธีการข้างต้นทั้งหมด ได้ดำเนินการโดยพยายามรักษาความสะอาด เพื่อให้มีการปนของจุลินทรีย์ภายนอกกับตัวอย่างดินน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

4. ลักษณะของพื้นที่ศึกษา

1. ชุดดินน้ำพอง: พื้นที่ศึกษาเป็นมุมหนึ่งในแปลงหญ้าอาหารสัตว์ ของสาขาโคนม ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย เชียงใหม่ ที่มีการปลูกหญ้าอาหารสัตว์โดยใช้ปุ๋ยเคมีเล็กน้อยในพื้นที่นี้มาหลายปี. พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี.
2. ชุดดินสันทราย: พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ว่างข้างสวนลิ้นจี่ ของสาขาไม้ผล มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เคยเป็นแปลงปลูกผักและสนามตะกร้อของชมรมนักศึกษาไม้ผล ก่อนถูกทิ้งร้าง. พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำไม่ดี.
3. ชุดดินห้างฉัตร: พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงทดลองการปลูกยาสูบ ในไร่นาทดลอง ของสถานีทดลองยาสูบแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดีปานกลาง.
4. ชุดดินปากช่อง: พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ว่างระหว่างคันลำไยอายุ 2 ปี ในสวนลำไยของคณะนิเทศศาสตร์ วิไลวิทยา ตำบลน้ำแพร่ อำเภอฟัว จังหวัด เชียงใหม่. แต่ก่อนพื้นที่นี้เคยเป็นสวนมะขามหวาน ก่อนเปลี่ยนมาปลูกลำไย พื้นที่นี้จัดเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำดี.

5. ผลการทดลอง

5.1 คุณสมบัติพื้นฐานของดินในพื้นที่ทดลอง

ตารางที่ 56 แสดงสมบัติพื้นฐานของดินแต่ละชั้นความลึกของชุดดินน้ำพอง สันทราย ห้างฉัตร และปากช่อง และปริมาณคลอเรตที่สลายตัวจากการบ่มกับดิน 270 วันในห้องปฏิบัติการ. ภาพที่ 13 แสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินต่างๆ ของดินทั้ง 4 ชุดดิน.

ดินน้ำพองเป็นดินทรายร่วนตั้งแต่ผิวดินจนถึงความลึก 80 ซม. จากนั้นปริมาณดินเหนียวจึงเพิ่มขึ้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายที่ความลึก 80-160 ซม. และเป็นดินเหนียวปนทรายที่ความลึก 160-200 ซม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุของตัวอย่างชุดดินน้ำพองที่ความลึก 0-40 ซม. เท่านั้นที่มีค่าใกล้เคียง 1 % ชั้นที่ลึกกว่านั้นมีอินทรีย์วัตถุระหว่าง 0.11-0.25 % เป็นที่น่าสังเกตว่า ตัวอย่างดินน้ำพองนี้ตั้งแต่ชั้นผิวดินจนถึงความลึก 140 ซม. มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินทั่วไปมาก น่าจะเป็นเพราะว่าจุดที่เก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าเลี้ยงวัวของมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่มีการปลูกหญ้าและใส่ปุ๋ยมากกว่า 20 ปี ปริมาณ Exch. K, Exch. Ca และ Exch. Mg ที่ชั้นดินลึกกว่า 80 ซม. มากกว่าที่ชั้นเหนือขึ้นไปอย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณดินเหนียวที่เพิ่มขึ้นของชั้นดินที่ลึกกว่า 80 ซม.

ดินบนของดินสันทรายที่ความลึก 0-20 ซม. เป็นดินร่วน จากนั้นปริมาณดินเหนียวจึงเพิ่มขึ้นเป็นดินร่วนเหนียวจนถึงความลึก 160 ซม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุของตัวอย่างชุดดินสันทรายที่ความลึก 0-20 ซม. เท่านั้นที่มีค่ามากกว่า 1 % เล็กน้อย ชั้นที่ลึกกว่านั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุระหว่าง 0.19-0.34 % ปริมาณ Exch. Ca ในดินนี้ตลอดด้านหน้าตัดดินสูงกว่าของดินชุดอื่น ยกเว้นดินบนของดินปากช่อง ซึ่งสอดคล้องกับการที่มี pH สูงกว่าดินชุดอื่น

ดินบนของดินห้างฉัตรที่ความลึก 0-40 ซม. เป็นดินร่วนปนทราย จากนั้นปริมาณดินเหนียวจึงเพิ่มขึ้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายที่ความลึก 40-60 ซม. และเป็นดินเหนียวจนถึงความลึก 200 ซม. ปริมาณอินทรีย์วัตถุของตัวอย่างชุดดินนี้ที่ความลึก 0-20 ซม. เท่านั้นที่มีค่าใกล้เคียง 1 % ชั้นที่ลึกกว่านั้นมีอินทรีย์วัตถุระหว่าง 0.19-0.34 % เช่นเดียวกันตัวอย่างดินน้ำพอง ตัวอย่างดินห้างฉัตรที่จุดเก็บตัวอย่างนี้ตั้งแต่ชั้นผิวดินจนถึงความลึก 80 ซม. มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูง เนื่องจากเป็นพื้นที่ทดลองการปลูกยาสูบเก่า

ตัวอย่างชุดดินปากช่องที่เป็นดินเหนียวจัดตลอดด้านหน้าตัด มีอินทรีย์วัตถุที่ชั้นบนสุดมากถึง 4.04 % แล้วลดลงเป็นระหว่าง 2.24-2.36 % ที่ชั้น 20-60 ซม. ชั้นดินต่อจากนั้นมีอินทรีย์วัตถุใกล้เคียง 1 % จนถึงความลึก 200 ซม.

โดยทั่วไปจึงสรุปได้ว่าความอุดมสมบูรณ์ของตัวอย่างดินทุกชุดลดลงตามความลึกของดิน ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พบได้ทั่วไป

5.2 การสลายตัวของคลอเรตในดินชั้นต่างๆ

ผลการวิเคราะห์คลอเรต เมื่อบ่มไว้ได้ 90 และ 180 วัน ได้ค่าที่สับสนมาก เนื่องจากความผิดพลาดที่อธิบายไม่ได้ของผู้วิเคราะห์ จึงได้ตรวจสอบขั้นตอน/วิธีการต่างๆ และเปลี่ยนผู้วิเคราะห์ในการวิเคราะห์เมื่อบ่มได้ 270 วัน. ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวไประหว่างที่บ่มกับตัวอย่างดินชั้นต่างๆ ได้ 270 วันในภาพที่ 14 แสดงให้เห็นว่าคลอเรตที่บ่มไว้กับดินน้ำพองชั้น 0-20 และ 20-40 ซม. และที่บ่มไว้กับดินสันทรายชั้น 0-20 ซม. ได้สลายตัวไปเกือบครบ 200 มก./กก. ที่บ่มไว้. ขณะที่คลอเรตที่บ่มไว้กับตัวอย่างดินชั้นที่ลึกกว่าที่กล่าวมาแล้วของดินทั้ง 2 ชุดนี้สลายตัวไปได้น้อยกว่าครึ่งหนึ่ง โดยผันแปรอยู่ระหว่าง 30 - 80 มก./กก. ปริมาณคลอเรตที่สลายตัวไปในดินน้ำพองและดินสันทรายผันแปรตามปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดิน (ภาพที่ 13 และภาพที่ 14) อย่างเห็นได้ชัดเจน

การสลายตัวของคลอเรตที่บ่มไว้กับดินชั้นต่างๆ ของดินห้างฉัตรค่อยลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น. ในขณะที่คลอเรตที่บ่มไว้กับดินชั้นต่างๆ ของดินปากช่องตลอดความลึก 200 ซม. สลายตัวระหว่าง 137.5-176.8 มก./กก. ซึ่งค่อนข้างสม่ำเสมอ และมากกว่าการสลายตัวในดินชั้นล่างของชุดดินอื่นๆ อย่างชัดเจน. ภาพที่ 13 แสดงให้เห็นว่าดินชั้นต่างๆ ของดินปากช่องตลอดความลึก 200 ซม. มีอินทรีย์วัตถุประมาณ 1 % ขึ้นไป นั่นคือดินชั้นล่างสุดของดินปากช่องมีอินทรีย์วัตถุใกล้เคียงกับดินชั้นบนสุดของดินอีก 3 ชุดดิน.

ภาพที่ 13-15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสลายตัวคลอเรตกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้ง 4 ชุดดิน. เห็นได้ว่าเมื่อในดินที่มีอินทรีย์วัตถุประมาณ 0.9 % ขึ้นไป คลอเรตจะสลายตัวได้มากประมาณ 70 % ขึ้นไป. เมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าประมาณ 0.9 % เป็น 2 ถึง 4 % ไม่ได้ทำให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วขึ้น. แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่น้อยกว่าประมาณ 0.2 % ทำให้ปริมาณการสลายตัวของคลอเรตลดลงเหลือไม่เกิน 40 %.

เมื่อวิเคราะห์ multiple simple linear regression ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของคลอเรตในดินทั้ง 38 ชั้นดินกับสมบัติพื้นฐานของดิน ได้สมการดังนี้

$$Y = 107.150 - 9.632X_1 + 33.327X_2 + 0.186X_3 - 0.012X_4 - 0.029X_5 - 0.065X_6 + 0.197X_7$$

เมื่อ	Y	=	เปอร์เซ็นต์ของคลอเรตที่สลายตัวใน 270 วัน จากที่บ่มไว้ 200 มก./กก.
	X ₁	=	pH
	X ₂	=	Organic matter (%)
	X ₃	=	available phosphorous (mg/kg)
	X ₄	=	exchangeable potassium (mg/kg)
	X ₅	=	exchangeable calcium (mg/kg)
	X ₆	=	exchangeable magnesium (mg/kg)
	X ₇	=	clay (%)

โดยมี Effects of each Xs to Y due to simple linear regression ดังนี้

X ₁ (pH)	=	0.38
X ₂ (Organic matter)	=	22.60
X ₃ (Available P)	=	0.07

X_4 (Exchangeable K)	=	4.83
X_5 (Exchangeable Ca)	=	5.91
X_6 (Exchangeable Mg)	=	1.36
X_7 (Clay)	=	4.02
Coefficient of multiple regression	=	0.748 ซึ่งมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

เมื่อนำข้อมูลค่าจากการศึกษาการสลายตัวของคลอเรตที่บ่มไว้กับดินชั้นบน (0-20 ซม.) ของดิน 11 ชุดดิน เป็นเวลา 200 วัน ของการวิจัยโครงการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม (สมชาย องค์ประเสริฐ และ คณะ 2544) มาวิเคราะห์ multiple simple linear regression ระหว่างเปอร์เซ็นต์การสลายตัวของคลอเรตที่บ่มไว้ 100, 200, 300 และ 400 มก./กก. กับสมบัติพื้นฐานของดิน ได้สมการดังนี้

$$Y = 28.964 - 4.578X_1 + 20.867X_2 - 0.009X_3 + 0.010X_4 + 0.018X_5 - 0.304X_6 + 1.323X_7$$

โดยมี Effects of each Xs to Y due to simple linear regression ดังนี้

X_1 (pH)	=	0.00
X_2 (Organic matter)	=	13.32
X_3 (Available P)	=	5.57
X_4 (Exchangeable K)	=	1.89
X_5 (Exchangeable Ca)	=	5.17
X_6 (Exchangeable Mg)	=	2.16
X_7 (Clay)	=	1.00

Coefficient of multiple regression = 0.738 ซึ่งมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ multiple simple linear regression ทั้ง 2 ครั้งจึงเห็นได้ว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีอิทธิพลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินมากที่สุด. ตามด้วยปริมาณ exchangeable Ca ส่วนปริมาณ exchangeable K, exchangeable Mg, available P, clay และ pH มีอิทธิพลต่อการสลายตัวของคลอเรตในดินน้อย.

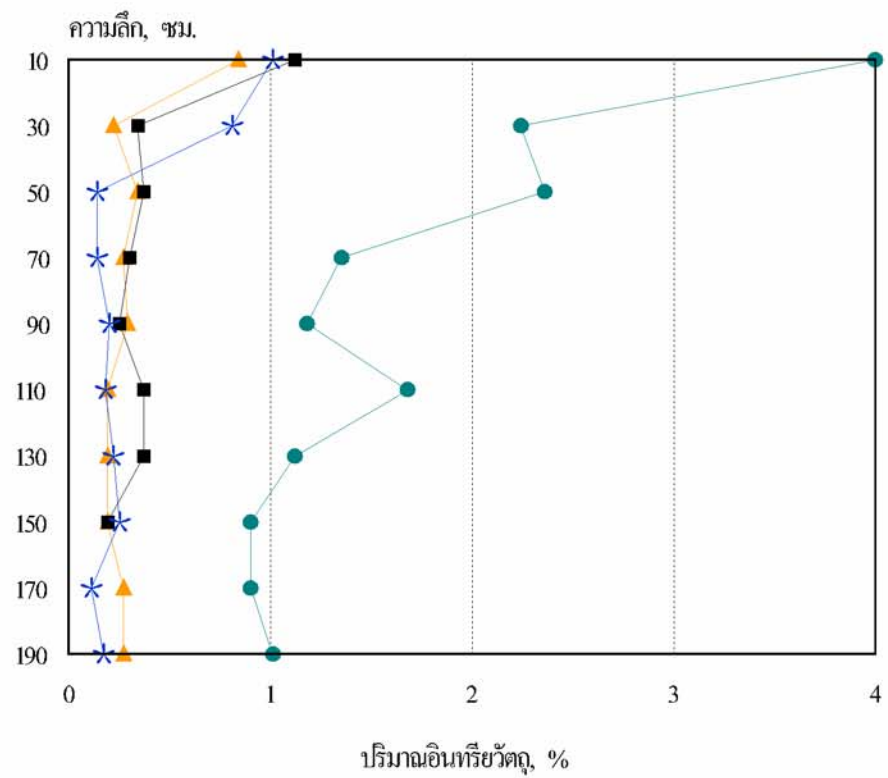
6. สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการย่อยสลายของคลอเรตมากที่สุด โดยคลอเรตจะสลายตัวได้ดีในดินที่มีอินทรีย์วัตถุอย่างน้อยประมาณ 1 %. แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มากกว่าประมาณ 1 % ไม่ได้ทำให้คลอเรตสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่น้อยกว่าประมาณ 0.2 % ทำให้ปริมาณการสลายตัวของคลอเรตลดลงอย่างมาก. คลอเรตที่บ่มไว้กับดินชั้นล่างที่มีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าประมาณ 0.2 % สลายตัวได้ระหว่าง 20-40 % เมื่อบ่มไว้ เทียบกับการสลายตัวได้ระหว่าง 70-90 % บ่มไว้กับดินชั้นบนที่มีอินทรีย์วัตถุประมาณ 1 % ขึ้นไป.

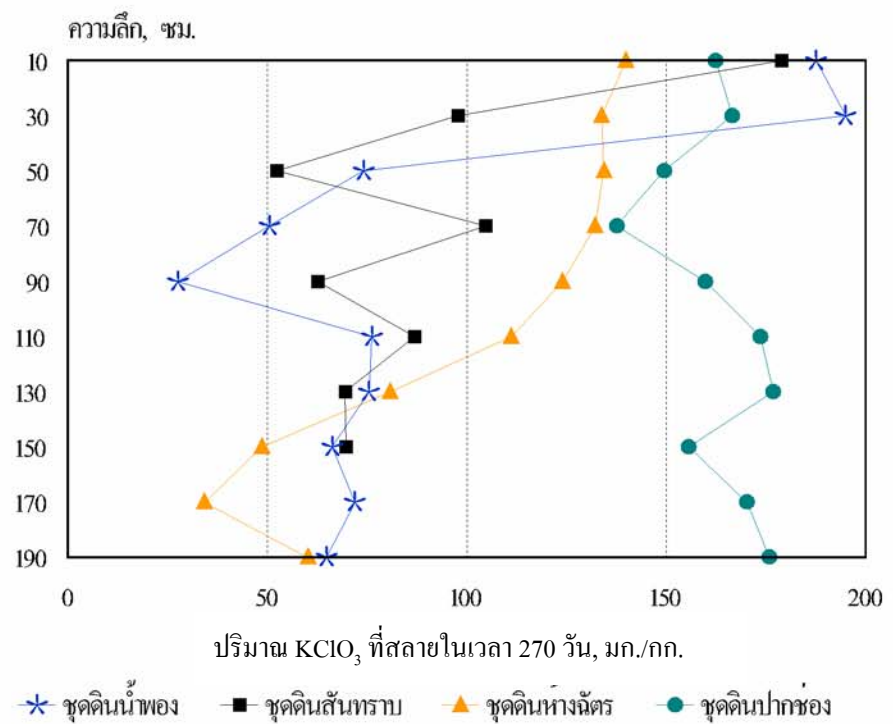
ผลการทดลองที่พบว่าคลอเรตสลายตัวได้เร็วมากในดินที่มีอินทรีย์วัตถุประมาณ 1 % ขึ้นไปนี้ สามารถใช้อธิบายผลการติดตามการเคลื่อนที่และตกค้างของคลอเรตในชุดดินปากช่อง ของรายงานบทที่ 3 ที่พบว่าคลอเรตสลายตัวไปได้เร็วและไม่พบคลอเรตตกค้างในดินที่ลึกกว่า 100 ซม. เมื่อราดคลอเรตครบ 1 ปี นั้นเป็นเพราะว่าชุดดินปากช่องมีอินทรีย์วัตถุ 0.9 % ขึ้นไป แม้ในดินชั้นล่างสุด. ในชุดดินปากช่องเมื่อราดคลอเรตไว้จำนวนมาก ในระยะเวลาหนึ่งคลอเรตได้เคลื่อนที่ลงลึกถึง 140 ซม. แต่การที่มีอินทรีย์วัตถุที่สูงในดินชั้นล่าง คลอเรตเหล่านี้จึงยังสลายตัวต่อไปจนไม่พบในดินที่ลึกกว่า 100 ซม.เมื่อราดไว้ครบ 1 ปี

ตารางที่ 56 ปริมาณธาตุอาหารในดินชั้นต่างๆ และ ปริมาณ $KClO_3$ ที่สลายไปในเวลา 270 วันจากที่ป้อนไว้ 200 มก./กก

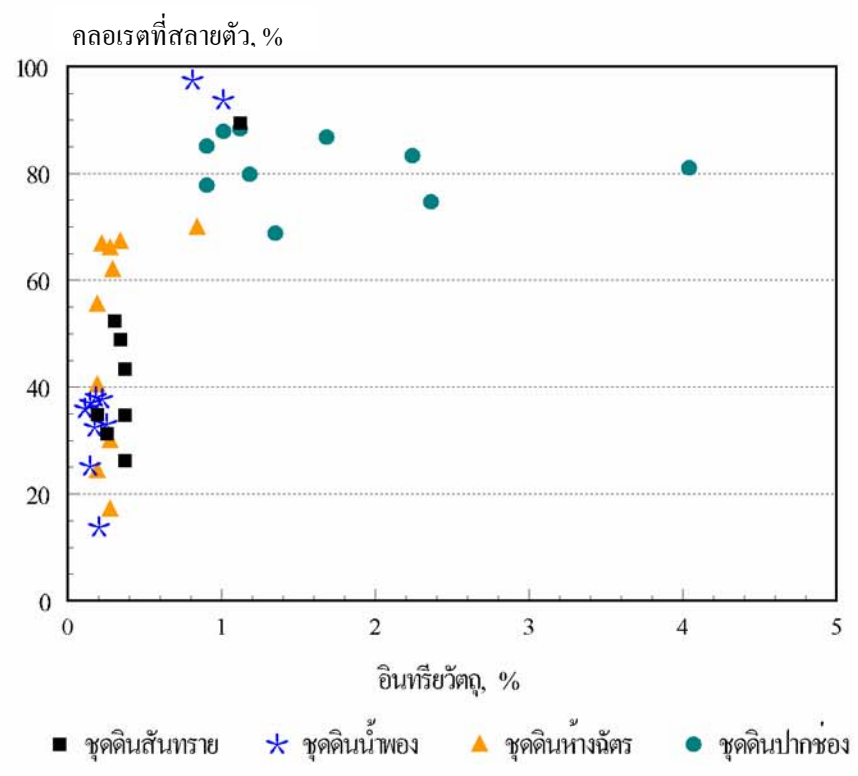
Soil Series	Depth	pH	OM	Avai. P	Exch. K	Exch. Ca	Exch. Mg	sand	silt	clay	Degraded chlorate
			%		mg/kg				%		mg/kg
Nam pong	0-20	6.0	1.01	121.7	141	712	84	74.4	18.3	7.3	187.5
	20-40	5.8	0.81	92.2	105	708	71	75.1	17.6	7.3	194.9
	40-60	5.8	0.14	63.1	57	396	42	76.1	17.2	6.7	74.0
	60-80	6.0	0.14	49.1	65	264	32	75.0	17.7	7.3	50.4
	80-100	6.0	0.20	67.3	142	524	112	67.5	11.5	21.0	27.5
	100-120	6.1	0.18	76.4	164	624	156	58.6	12.4	29.0	76.1
	120-140	6.4	0.22	69.8	169	704	217	54.6	13.1	32.0	75.4
	140-160	6.0	0.25	17.3	153	608	251	50.3	12.7	37.0	66.2
	160-180	6.0	0.11	6.2	163	636	261	44.7	15.3	40.0	71.9
	180-200	5.9	0.17	3.1	126	668	273	42.6	14.8	42.7	64.8
San Sai	0-20	6.6	1.12	9.3	94	1,224	146	41.2	40.8	18.0	178.8
	20-40	7.3	0.34	2.8	112	1,024	176	34.7	33.9	31.3	97.7
	40-60	7.3	0.37	2.4	124	1,092	184	33.3	32.7	34.0	52.3
	60-80	7.0	0.30	3.1	116	1,080	170	34.8	32.5	32.7	104.7
	80-100	6.9	0.25	2.9	119	1,180	159	39.5	26.5	34.0	62.6
	100-120	7.0	0.37	3.0	149	1,180	164	41.6	24.4	34.0	86.8
	120-140	6.7	0.37	2.4	97	1,188	198	36.2	32.4	31.3	69.4
	140-160	6.9	0.19	2.2	101	1,328	221	42.8	23.2	34.0	69.7
Hang Chat	0-20	5.9	0.84	28.0	128	552	132	72.2	14.8	13.0	139.8
	20-40	6.0	0.22	42.4	109	304	138	71.0	13.0	16.0	133.7
	40-60	6.0	0.34	54.0	151	288	153	65.2	12.2	22.7	134.3
	60-80	5.2	0.27	30.1	100	348	246	45.7	8.3	46.0	132.1
	80-100	5.5	0.29	10.0	131	336	270	34.0	6.0	60.0	123.9
	100-120	5.5	0.19	5.6	173	344	269	37.8	6.2	56.0	111.1
	120-140	5.5	0.19	0.8	122	332	221	38.1	5.9	56.0	80.7
	140-160	5.4	0.19	1.2	189	360	197	39.2	6.8	54.0	48.6
	160-180	5.4	0.27	0.7	132	440	202	35.4	10.6	54.0	34.2
	180-200	5.2	0.27	0.7	154	428	206	33.9	12.1	54.0	60.1
Pang Chong	0-20	6.0	4.04	26.6	254	2,343	280	25.4	22.6	52.0	162.3
	20-40	6.4	2.24	9.1	158	1,816	242	19.0	21.0	60.0	166.5
	40-60	6.6	2.36	3.9	125	1,232	242	14.0	11.0	75.0	149.4
	60-80	6.7	1.35	2.2	141	860	272	12.7	7.3	80.0	137.5
	80-100	6.0	1.18	1.6	238	532	163	12.2	5.3	82.5	159.7
	100-120	6.0	1.18	1.5	201	492	133	12.1	5.5	82.5	173.6
	120-140	6.0	1.12	1.1	206	504	117	12.2	2.8	85.0	176.8
	140-160	6.0	0.90	1.2	188	536	117	11.1	6.4	82.5	155.6
	160-180	5.9	0.90	1.1	161	496	94	13.6	6.4	80.0	170.2
	180-200	5.1	1.01	0.8	216	616	114	14.2	8.3	77.5	175.8



ภาพที่ 13 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินต่างๆ ของดินทั้ง 4 ชุดดิน



ภาพที่ 14 ปริมาณ KClO₃ ที่สลายไปในเวลา 270 วันจากที่ป่มไว้ 200 มก./กก. กับดินชั้นต่างๆ



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุกับการสลายตัวของคลอเรตในดิน

บทที่ 9

สรุปผลการวิจัยและคำแนะนำ

1. การเร่งการสลายตัวของคลอเรตด้วยน้ำตาล

ทั้งกากน้ำตาล น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดงสามารถเร่งการสลายตัวของคลอเรตได้ดีมากใกล้เคียงกัน ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสวนลำไย. น้ำตาลทรายขาวเป็นสิ่งที่หาได้ง่ายในชุมชนทั่วไป

คำแนะนำที่ได้จากการวิจัยหัวข้อนี้คือ เมื่อต้องการเร่งการสลายตัวของคลอเรตเกษตรกรจึงควรใช้น้ำตาลละลายน้ำด้วยอัตราส่วน 1 ต่อ 60.

2. การสำรวจอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตและปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอก

อัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเรตของชาวสวนลำไยในจังหวัดเชียงใหม่และลำพูนเพิ่มขึ้นโดยตลอด นับตั้งแต่เมื่อพบว่าสามารถชักนำการออกดอกของลำไยด้วยสารคลอเรต โดยที่ค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้ต่อต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2547 เท่ากับ 350 413 836 1,004 1,206 1,424 และ 1,412 กรัม/ต้น. ผลการประเมินผลการออกดอกในปี พ.ศ. 2546 พบว่าสภาพการจัดการสวนที่ดีเท่านั้นที่มีผลให้การออกดอกดี. ขณะที่การใช้โพแทสเซียมคลอเรตต่อต้นมากกว่า 2.7 เท่าของคำแนะนำ (27 กรัม/ม² ของพื้นที่ทรงพุ่ม) ไม่ได้ทำให้ลำไยออกดอกได้ดีขึ้น และอายุของต้นลำไยมากกว่า 13 ปี ก็ไม่ทำให้การออกดอกน้อยลง.

คำแนะนำที่ได้จากการวิจัยหัวข้อนี้คือ การจัดการสวนที่เหมาะสม ได้แก่การตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มโปร่ง การให้ปุ๋ย ให้น้ำที่เหมาะสม จนต้นลำไยมีสภาพดินที่พร้อม เป็นปัจจัยที่มีผลให้การชักนำด้วยคลอเรตได้ผลดี ทั้งกับต้นลำไยอายุน้อยและอายุมาก.

3. ปริมาณคลอเรตตกค้างในดิน

3.1 ผลการติดตามในสวนลำไย

เมื่อเวลา 5-6 เดือนหลังจากการราดโพแทสเซียมคลอเรตในกลุ่มดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ที่ระบายน้ำได้ดี จะไม่พบคลอเรตตกค้างภายในความลึก 100 ซม.ของชั้นดิน แม้จะราดด้วยอัตราที่สูงประมาณ 4-6 เท่าของคำแนะนำ (40-60 กรัม/ม²ของพื้นที่ได้ทรงพุ่ม). แต่จะพบที่ความลึกมากกว่า 100 ซม. ด้วยปริมาณที่มีนัยสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม และแม้เมื่อเวลาผ่านไปครบปีก็ยังพบอยู่. แต่ในกลุ่มดินร่วนและดินเหนียวโดยทั่วไปคลอเรตจะพบคลอเรตตกค้างที่ความไม่ลึกเกิน 100 ซม. ในดินกลุ่มนี้ที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ แม้ว่าจะราดคลอเรตในอัตราสูงประมาณ 4-6 เท่าของคำแนะนำ เมื่อเวลา 6-7 เดือนหลังจากการราดจะพบคลอเรตตกค้างเพียงเล็กน้อย. ส่วนในดินกลุ่มนี้ที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะพบคลอเรตตกค้างเพียงเล็กน้อยภายในเวลา 4-5 เดือนหลังจากการราด. อย่างไรก็ตาม มีบางสวนที่คลอเรตยังสลายตัวไม่หมดแม้จะราดแล้วเกือบครบปี.

3.2 ผลการศึกษาในแปลงทดลอง

การศึกษาในแปลงทดลอง โดยใช้ชุดดินน้ำพองเป็นตัวแทนของกลุ่มดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำ ที่ระบายน้ำได้ดี ใช้ชุดดินสันทรายและดินโคราชเป็นตัวแทนของกลุ่มดินร่วนและดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ และใช้ชุดดินปากช่องเป็นตัวแทนของกลุ่มดินร่วนและดินเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุสูง นอกจากได้ผลที่สอดคล้องกับการติดตามในสวนลำไยอย่างยิ่ง ในการแล้วยังพบการราดในดินทราย อินทรีย์วัตถุต่ำเมื่อกกลางฤดูฝน คลอเรตตกค้างจะเคลื่อนที่จากดินบนลงสู่ดินล่างภายในเวลา 2 เดือน. นอกจากนี้ยังพบว่าคลอเรตการสลายตัวได้เร็วขึ้นเมื่อใส่ซังที่เดิมเป็นปีที่ 2.

3.3 คำแนะนำที่ได้จากการวิจัยหัวข้อนี้คือ

1. ในการติดตามปริมาณคลอเรตตกค้างในดินทรายต้องติดตามที่ชั้นดินลึกกว่าในดินร่วนและดินเหนียว เช่น ต้องติดตามที่ความลึกเกิน 100 ซม.

2. การใช้คลอเร็ตมาก 4-6 เท่าของคำแนะนำ หรือแม้กระทั่งเพียง 2 เท่าของคำแนะนำในดินทรายที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ จำเป็นอย่างยิ่งต้องกำจัดคลอเร็ตที่ตกค้างในดินบนด้วยน้ำตาลละลายน้ำ ภายในระยะเวลาประมาณ 1 เดือนก่อนที่คลอเร็ตตกค้างจะเคลื่อนที่ลงไปในดินล่าง โดยเฉพาะการใช้คลอเร็ตในฤดูฝน.

3. เมื่อพิจารณาจากข้อสรุปเรื่องอัตราการใช้โพแทสเซียมคลอเร็ตที่เกษตรกรใช้จริง ประกอบกับข้อสรุปเรื่องปริมาณคลอเร็ตตกค้างในดิน และผลการศึกษาของพาวัน และคณะ (2550) จึงควรปรับอัตราแนะนำการใช้โพแทสเซียมคลอเร็ตในสวนลำไยทั่วไปเป็น 20 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ทรงพุ่ม แทนอัตรา 10 กรัมต่อตารางเมตร ที่ได้แนะนำไว้เมื่อ พ.ศ. 2542.

4. ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัวของคลอเร็ตในดิน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการย่อยสลายของคลอเร็ตมากที่สุด โดยคลอเร็ตจะสลายตัวได้ดีในดินที่มีอินทรีย์วัตถุอย่างน้อยประมาณ 1 % แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มากกว่าประมาณ 1 % ไม่ได้ทำให้คลอเร็ตสลายตัวได้เร็วขึ้นมาก และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่น้อยกว่าประมาณ 0.2 % ทำให้ปริมาณการสลายตัวของคลอเร็ตลดลงอย่างมาก. ดังนั้นถ้าคลอเร็ตตกค้างที่ได้เคลื่อนที่ลงจนถึงชั้นดินล่างที่มีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าประมาณ 0.2 % แล้วคลอเร็ตจะสลายตัวต่อไปได้อย่างช้าๆ จึงมีโอกาสเคลื่อนที่ลงลึกต่อไปได้มาก.

คำแนะนำที่จากการวิจัยห้วงข้อนี้คือ เพื่อลดปริมาณคลอเร็ตตกค้าง เกษตรกรต้องจัดการเพื่อให้ดินมีอินทรีย์วัตถุสูงอยู่เสมอ ซึ่งก็จะเป็นผลดีเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยตรงด้วย.

5. จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายคลอเร็ต

ดินบนพื้นที่ที่มีการใช้โพแทสเซียมคลอเร็ตอย่างต่อเนื่อง (5 ปีจากผลการศึกษา) มีเชื้อจุลินทรีย์ชนิด aerobic ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายคลอเร็ตอยู่มาก

คำแนะนำที่จากการวิจัยห้วงข้อนี้คือ ไม่จำเป็นต้องเพาะเชื้อให้กับดินที่ไม่เคยได้รับคลอเร็ตมาก่อน.

6. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการชักนำการออกดอกโดยโพแทสเซียมคลอเร็ต

ฟอสฟอรัสในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกัน คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 เท่าของความเข้มข้นมาตรฐานและ pH ของสารละลายธาตุอาหารที่ต่างกันตั้งแต่ 5.5 – 6.5 ไม่มีผลให้การออกดอกโดยการชักนำของโพแทสเซียมคลอเร็ตแตกต่างกัน.

การได้รับไนโตรเจนเกินระดับมาตรฐานทำให้ต้นลำไยแตกใบอ่อน และไม่ออกดอกด้วยการชักนำของโพแทสเซียมคลอเร็ตแต่การได้รับไนโตรเจนน้อยลงกว่าระดับมาตรฐาน ก็ไม่ช่วยให้การออกดอกดีขึ้น.

การได้รับแสงไม่เพียงพอหลังการได้รับโพแทสเซียมคลอเร็ตเป็นเวลาเพียง 7 วัน ก็มีผลให้การออกดอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญ. การเพิ่มความเข้มข้นของโพแทสเซียมคลอเร็ตเกินระดับที่เหมาะสมไม่สามารถชดเชยอิทธิพลของการได้รับแสงไม่เพียงพอ แต่ยังคงกลับเป็นพิษต่อต้นลำไย.

ต้นลำไยเคยได้รับโพแทสเซียมคลอเร็ตมาก่อน ออกดอกด้วยการชักนำของโพแทสเซียมคลอเร็ตในครั้งหลังๆ ไม่ได้เหมือนต้นลำไยที่ไม่เคยได้รับมาก่อน และการออกดอกลดน้อยลงตามจำนวนครั้งที่ได้รับคลอเร็ต มาก่อน.

การให้โพแทสเซียมคลอเร็ตที่ความเข้มข้นต่ำๆ หลายครั้งต่อเนื่องกัน มีผลให้ต้นลำไยออกดอกได้ดีเท่าๆ กับการได้รับคลอเร็ตที่เหมาะสมเพียง 2 ครั้ง.

คำแนะนำที่จากการวิจัยห้วงข้อนี้คือ

1. ไม่ต้องเตรียมต้นลำไยด้วยปุ๋ยทางดินหรือทางใบที่มีฟอสฟอรัสสูง ซึ่งมักมีราคาแพง เพราะไม่ช่วยให้ต้นลำไยออกดอกดีขึ้น.

2. ต้องไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากในระยะใกล้กับการให้สารคลอเรตเพื่อชักนำการออกดอก เพราะจะทำให้มีการออกดอกน้อยลง.

3. การใส่คลอเรตเพื่อชักนำการออกดอกในฤดูฝนต้องหลีกเลี่ยงจังหวะเวลาที่ท้องฟ้าปิด เพราะจะทำให้การออกดอกไม่ดี แม้ว่าจะใช้คลอเรตมากขึ้นก็ตาม เนื่องจากแสงไม่พอ. นอกจากนี้จังหวะเวลาที่ท้องฟ้าปิดก็อาจจะมีฝนตกหนัก ที่จะส่งผลให้คลอเรตเคลื่อนที่ลงสู่ดินชั้นล่างอย่างรวดเร็วด้วย.

4. เมื่อชักนำให้ต้นลำไยออกดอกด้วยสารคลอเรตหลายปีติดต่อกันแล้ว ควรเว้นจังหวะการใช้สารคลอเรตกับต้นลำไยบ้าง.

5. การให้คลอเรตแบบแบ่งให้วันละน้อยๆ หลายวันติดต่อกัน น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการชักนำการออกดอก เพื่อลดผลกระทบจากความเข้มข้นของคลอเรตต่อต้นลำไย โดยเฉพาะในฤดูฝนจะช่วยลดความเสี่ยงที่คลอเรตจะถูกชะล้างและภาวะท้องฟ้าปิดจากการมีพายุเข้า.

7. ความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมคลอเรตในการชักนำการออกดอก

จากการทดลองในกระถาง ความเข้มข้นที่เหมาะสมของโพแทสเซียมคลอเรตในการกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ดี คือ 200 มก./ลิตร สำหรับฤดูฝนและฤดูหนาว และ 400 มก./ลิตร สำหรับฤดูร้อน. เมื่อต้นลำไยได้รับคลอเรตเข้มข้นกว่าที่เหมาะสมจะกลายเป็นพิษ ทำให้ดอกออกน้อยลง ช่อดอกมีขนาดเล็ก และทยอยออกดอกหลายรุ่น โดยไม่แสดงอาการเป็นพิษทางใบ.

คำแนะนำที่จากการวิจัยหัวข้อนี้คือ อัตราการใช้คลอเรตเพื่อชักนำการออกดอกในสภาพสวนลำไยในฤดูร้อนต้องมากกว่าในฤดูหนาว. ส่วนในฤดูฝนก็ควรจะมากกว่าในฤดูหนาวด้วย แม้ว่าอัตราที่เหมาะสมในการทดลองในกระถางจะเท่ากัน เนื่องจากในสภาพสวนลำไยต้องคำนึงถึงความเสี่ยงในการถูกชะล้างด้วยฝนด้วย.

8. การตายของต้นลำไยเมื่อได้รับคลอเรตแล้วถูกน้ำขัง

ผลการทดลองในกระถางแสดงให้เห็นว่าเมื่อต้นลำไยที่ปลูกในดินที่เป็นกลาง (pH ประมาณ 7) แล้วถูกแช่น้ำหลังจากได้รับคลอเรตตายแบบเฉียบพลันทั้งหมดภายใน 3 วัน แต่ที่ปลูกในดินที่เป็นกรดปานกลาง (pH ประมาณ 5) การตายลักษณะนี้ลดลงกว่าครึ่ง.

จากการสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยในกลุ่มในระยะ 2 ปี (2548-49) พบว่ามีต้นลำไยที่ให้ผลแล้วจำนวน 3.60 % ตาย แบบเฉียบพลัน เหมือนการตายของต้นลำไยในกระถางที่ได้รับคลอเรตแล้วถูกแช่น้ำ ซึ่งเกษตรกรเจ้าของสวนเชื่อว่าการตายนี้เกี่ยวข้องการใส่สารคลอเรต. เมื่อเปรียบเทียบ pH ของดินจากบริเวณต้นลำไยที่ตายเฉียบพลันกับที่เป็นปกติในสวนเดียวกัน พบว่าโดยเฉลี่ย pH ของดินบริเวณต้นลำไยที่ตายเฉียบพลันต่ำกว่าที่เป็นปกติ 0.28 หน่วย.

คำแนะนำที่จากการวิจัยหัวข้อนี้คือ ดินในพื้นที่ลุ่มทั่วไปมีระดับความเป็นกรด-ด่างของดินที่ระดับเป็นกรดปานกลาง (pH ประมาณ 5-6) อยู่แล้ว. เกษตรกรที่ปลูกลำไยในที่ลุ่มที่อาจมีน้ำท่วมขังในฤดูฝน ต้องรักษาระดับความกรดปานกลางนี้ไว้ โดยต้องไม่ใช้ปูนขาวหรือปูนโดโลไมท์โดยไม่วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง และความต้องการปูนของดินเสียก่อน. นอกจากนี้ในพื้นที่เช่นนี้ไม่ควรใช้คลอเรตในฤดูฝน หรือหากจำเป็นต้องใช้ ก็ต้องกำจัดคลอเรตตกค้างทันทีที่ต้นลำไย

เอกสารอ้างอิง

- ปฏิกาน สุทธิกุลบุตร และ พาวิน มโนชัย. 2548. ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อปริมาณธาตุอาหารไนโบและการเติบโตของลำไย. รายงานผลการวิจัยเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 27 หน้า
- พาวิน มะโนชัย วรินทร์ สุทนต์ วินัย วิริยะอลงกรณ์ นพอด จรัสสัมฤทธิ์ และเสกสันต์ อุตสหาทนนท์. 2542 (ข). ผลของโพแทสเซียมคลอเรตต่อการออกดอกของลำไยพันธุ์อีดอและสีชมพู. ในรายงานการสัมมนาหอโมนพืชเพื่อการผลิตไม้ผลนอกฤดู. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ณ โรงแรมเคพีแกรนด์ จันทบุรี หน้า 1-8.
- พาวิน มะโนชัย. 2550. ติดต่อด่วนเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2550. การผลิตลำไยคุณภาพดีต้นทุนต่ำ. สาขาไม้ผล ภาควิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สมชาย องค์กรประเสริฐ, ปฏิกาน สุทธิกุลบุตร และ ศุภธิดา อ่าทอง. 2544. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่.
- สุภาวดี บุญธรรม. 2545. อิทธิพลของแสงและอัตราการให้น้ำต่อการออกดอกและการเปลี่ยนแปลงปริมาณจิบเบอเรลลินและซีเอไดนในยอดลำไยพันธุ์อีดอก่อนและหลังการออกดอก ตามธรรมชาติและหลังให้สารโปแตสเซียมคลอเรต. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 57น
- ยุทธนา เขาสุมารุ, ชิตี ศรีตันทิพย์ และ สันติ ช่างเจรจา. 2544. สภาวะธาตุอาหารในดินและในใบลำไยที่แสดงอาการต้นโทรมและต้นปรกติในภาคเหนือของประเทศไทย. รายงานในที่ประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 1 11-13 กรกฎาคม 2544, กรุงเทพฯ.
- Aslander, A. 1928. Experiment on the eradication of Canada Thistle, *Cirsium arvense*, with chlorates and other herbicides. J. Agric. Res. 36: 915-928.
- Bryan, EH. and G.A. Rohlich, 1954. Biological reduction of sodium chlorate as applied to sewage B.O.D. Sewage Indust. Waste. 26:1315-1324.
- 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.
- Bliven, A. R. 1996. Chlorate respiring bacteria: Isolation, identification and effect on environmentally significant substances. M.S. thesis. Department of Chemical and Environmental Engineering, University of Arizona, Tucson, AZ
- Chen, W. S. 1997. Changes of nutrient content of leaves from flowering to fruit development. In special publication – Taichung District Agricultural Improvement Station (Eds. Chen Wen Wu and Chang Lin Ren). 38:115-120.
- 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.
- 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.
- Gonce, N. and E. A. Voudrias, 1994. Removal of chlorite and chlorate ions from water using granular activated carbon. Wat. Res. 28:1059-1069.
- Herman, D.C. and W. T. Frankenberger Jr. 1998. Microbial-mediated reduction of perchlorate in groundwater. J. Environ. Qual. 27:750-754.
- Harper, J. E. 1981. Effect of chlorate, nitrogen source and light on chlorate toxicity and nitrate reductase activity in soybean leaves. Phusiol. Plant. 53:505-510
- Hofstra, J. J. 1977. Chlorate toxicity and nitrate reductase activity in tomato plants. Physiol. Plant. 41:65-69.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1952. The Water Culture method for Growing Plant Without Soil. California Agriculture Experiment Station, Bulletin No. 147Hurd-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.
- 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.

- Liljestrom, S. And Aberg, B. 1966. Studies on the mechanism of chlorate toxicity. *Lantbrukshogsk. Ann.* 32: 93-107.
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley and Sons, Inc.
- Logan, E. B. 1998. A review of chlorate- and perchlorate- respiring microorganisms. *Bioremediation Journal* 2:69-79.
- Manochai, P., W. Wiriya-alongkorn., N. Jarassumrit., S. Utsahatanonta., W. Suthon., P. Suruamsiri and F. Bangerth. 2001. Monthly response of longan tree to KClO_3 treatment when applied as a inducing substance. Abstracts of the 9th International Symposium on Plant Bioregulators in Fruit production. 30 p.
- McBride, M.B. 1994. *Environmental Chemistry of the Soils*. Oxford University Press.
- Menzel, C.M., D.R. Simpson and V.J. Doogan. 1996. Preliminary observations on growth, flowering and yield of pruned lychee trees. *J.S. Afr. Soc. Hort. Sci.* 6(1):16-19
- 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.
- Keeney, D.R. and Nelson, D.W., 1982. Inorganic forms. p.643- 693 In A.L. Page (Editor), *Methods of soil analysis Part 2*. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Nakagawa, H. and Yamashita, N. 1986. Chlorate reducing activity of spinach nitrate reductase. *Agric. Biol. Chem.* 50: 1983-1994.
- Nicholas, J.C., Harper, J. E. And Hageman, R. H. 1976. Nitrate reductase activity in soybean: I Effect of light and temperature. *Plant Physiol.* 58:731-735.
- Ongprasert, S.; Suthikulabutr, P. and Aumtong, S. 2002. The impact of application of chlorate in longan plantation on the environment and the remedy Paper 1192 in the transaction of 17th world congress on soil science, 14-20 August, 2002. Bangkok, Thailand (CD. Format).
- Rikken, G.B., A.G.M. Kroon, and C.G. van Ginkel. 1996. Transformation of (per)chlorate into chlorite by a newly isolated bacterium: Reduction and dismutation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 45:420-426.
- Solomonson, L. P., and B. Vennesland. 1972. Nitrate reductase and chlorate toxicity in *Chlorella vulgaris* Beijerinck. *Plant Physiol.*, 50: 421-24.
- Sparks, B.L. 1995. *Environmental Soil Chemistry*. Academic Press.
- 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.
- Sutigoolabut, P. *et.al.*, 2004a. Decontamination of chlorate in longan plantation soils by bio-stimulation with sugar amendment. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50: 249-256.
- Sutigoolabut, P. *et.al.*, 2004b. Suppression of chlorate degradation in longan plantation soil after multiple application of chlorate and accelerated degradation by sugar amendment. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50: 293-296.
- Sutigoolabut, P. *et.al.*, 2005. Decontamination of chlorate in longan plantation soils by bio-stimulation with molasses amendment. *Soil Sci. Plant Nutr.* 51: 583-588.
- Thomson, W. T. 1992. *Agricultural Chemicals. Book II: Herbicides*. Thomson Publications, Fresno, CA, USA.
- van Ginkel, G.C., A.G.M. Kroon, G.B. Rikken, and S.W.M. Kengen. 1998. "Microbial conversion of perchlorate, chlorate and chlorite." In: *Proceedings of Southwest Focuses Groundwater Conference: Discussing the Issue of MTBE and Perchlorate in the Ground Water*, pp 92-95. National Ground Water Association.
- 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.
- Wallace W., T. Ward, A. Breen and H. Attaway. 1996. Identification of an anaerobic bacterium which reduces perchlorate and chlorate as *Wolinella sucenogenes*. *J. Ind. Microbiol.* 16:68-72.
- Weast, R.C. 1976. *Handbook of Chemistry and Physics*. 57th Edition. CRC Press. Inc.
- Wang, *et. al.*, 1992. Studies on the nutrient status of a productive longan orchard. *China fruits* 3:13-16.
- Wong, K. C. and Katsa, S. 1991. *Dimocarpus longan* Lour. In plant resources of southeast Asia. Wageningen: Pudoc No.: Edible Fruits and nuts Zeds. E.W.M. Verheij and R. E. Coronel).
- Wu, J., R.F. Unz, H. Zhang and B.E. Logan. 2001. Persistence of perchlorate and the relative numbers of perchlorate- and chlorate- respiring microorganisms in natural waters, soils and waste water. *Bioremediation Journal* 5:119-130.
- Yu, C. R. 1985. *Physical Chemistry of Paddy Soils*. Science Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

สูตรผสมสารละลายธาตุอาหารสำหรับเลี้ยงต้นลำไย ในกระถางทราย ตลอดจนงานวิจัย
(ได้ปรับปรุงจาก Hoagland and Arnon (1952) จนสามารถใช้เลี้ยงต้นลำไยให้ได้ต้นสมบูรณ์)

สารประกอบ	กรัม/1000ลิตร
CaNO_3	620
KNO_3	606
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	114
MgSO_4	490
Fe-EDTA	40
H_3BO_4	2.0
MnSO_4	0.72
ZnSO_4	0.28
CuSO_4	0.12
NaMoO_4	0.128

ภาคผนวกที่ 2

การหาวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ที่ละเอียด แม่นยำ และวิเคราะห์ได้ครั้งละจำนวนมาก

(คัดลอกจากรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตาในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อมโดย รศ. สมชาย องค์กรประเสริฐ และคณะ เสนอต่อ สกว. เมื่อ มิถุนายน 2544)

1. วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Iodometric

เมื่อก่อนที่จะเริ่มโครงการได้ทดสอบวิเคราะห์ปริมาณ ClO_3^- ในดินโดยวิธี Iodometric (American Public Health Association, 1989) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้วัด ClO_3^- ในน้ำ. พบว่าวิธีนี้สามารถตรวจวัด ClO_3^- ในปริมาณต่ำสุด 0.3 มก. ในดิน 20 กรัม คือมีความไวที่ระดับ 15 มก./กก. (sensitivity) จึงมีความไวไม่พอจะตรวจวัด ClO_3^- เป็นในงานวิจัยครั้งนี้ ที่กำหนดว่าน่าจะวัดได้ระดับ 1 มก./กก. หรือ 0.02 มก. ในดิน 20 กรัม (ซึ่งเป็นปริมาณดินที่เหมาะสมในการสกัด ClO_3^- หน่วยหนึ่งๆ) ประกอบกับเป็นวิธีการที่ใช้เวลามากเกินไป จึงไม่สามารถใช้วิธี Iodometric ในการศึกษานี้ได้.

2. วิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Spectrophotometric method

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

ตารางที่ 1 ค่า recovery ของการสกัดคลอเรตาด้วยน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อดิน 1:1 โดยใช้เวลาเขย่าเวลา 5 และ 60 นาที

ปริมาณ KClO_3 มก./กก.	ดินหางดง				ดินท่าม่วง				ดินราชบุรี			
	5 นาที		60 นาที		5 นาที		60 นาที		5 นาที		60 นาที	
	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน	เฉลี่ย	เบี่ยงเบน มาตรฐาน
100	97.38	10.22	85.12	8.21	86.44	4.12	74.22	3.83	109.66	36.72	100.54	18.54
200	84.57	5.06	95.71	4.68	88.25	5.91	87.57	2.78	91.82	17.30	98.36	21.81
300	100.48	10.84	105.32	7.54	91.32	3.24	94.76	3.12	100.11	9.46	104.45	7.24
400	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

3. การปรับวิธีวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธี Spectrophotometric ให้เหมาะสมสารสกัดจากดิน

จากตารางที่ 1 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 2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้กรด HCl 50 % ค่าเฉลี่ยของ recovery จากแต่ละความเข้มข้น ใกล้เคียง 100 % และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในเกณฑ์ต่ำ. ส่วนกรด HCl 25 % นั้นไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของ indigo carmine ตามความเข้มข้นของคลอเรต.

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ recovery ที่ได้จากการวิเคราะห์ KClO_3 ทันทีกในสารละลายที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ (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 2 จึงได้กำหนดจะใช้การสกัดคลอเรตด้วยน้ำ อัตราส่วนน้ำต่อดิน 1 : 1 ใช้เวลาเขย่าสารละลายดิน 5 นาที และใช้กรด HCl 50 % เป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ ClO_3^- และ ClO_2^- ต่อไปในการวิจัยนี้.

4. การหา recovery ของคลอเรตในสารสกัดจากดิน เปรียบเทียบกับสารละลายบริสุทธิ์

ได้ทดลองวิเคราะห์คลอเรตทันทีหลังจากผสมโพแทสเซียมคลอเรตกับดิน 11 ชนิดตามวิธีที่กำหนดในข้อ 3 เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์คลอเรตในสารละลายที่ไม่ได้ผสมกับดิน และที่ผสมกับทรายที่ล้างด้วยกรด ได้ผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 3. 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 %. ความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในทางที่บวกนี้เป็นสิ่งที่ยอมรับได้ เนื่องจากจะไม่ทำให้ประเมินผลตกค้างของคลอเรตในดินต่ำกว่าความเป็นจริง. การศึกษาของ Rosenfels and Crafts (1941) ก็พบว่า recovery ของการวิเคราะห์ ClO_3^- โดยวิธีของ Rosenfels (1938) ในดิน 3 ชนิด ผันแปรระหว่าง 92.37 – 125.64 %.

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของ recovery (%) ของการวิเคราะห์ ClO_3^- ในดินทันทีที่ใส่ลงในดินของดิน 11 ชนิด (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

	สารละลาย 1		สารละลาย 2		ทรายที่ล้างด้วยกรด		ดินหางดง		ดินท่าม่วง	
	(ไม่มีดิน)		(ไม่มีดิน)							
KClO_3	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD	เฉลี่ย	STD
ppm										
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		ดินราชบุรี		ดินห้างฉัตร		ดินสันทราย	
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		ดินตาสลี		ดินปากช่อง		ดินแม่แตง		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

5. การทดสอบความคงที่ของค่า Absorbance

เมื่อแน่ใจว่าจะใช้วิธีการดังข้อ 4 ในการวิเคราะห์คลอเรตแล้ว จึงได้ทดลองต่อไปว่าจะใช้วิธีการนี้วิเคราะห์ตัวอย่างพร้อมกันเป็นจำนวนมากในแต่ละครั้งโดยใช้ standard solution ชุดเดียวกันได้หรือไม่ จึงได้ทดสอบความคงที่ของค่า absorbance ของ indigo carmine ระหว่าง 0 – 180 นาที. ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งได้ผลว่าค่า absorbance ของ indigo carmine คงที่อย่างยิ่งในช่วงเวลา 180 นาที อันทำให้สามารถดำเนินการเตรียมตัวอย่างดินเพื่ออ่านค่า absorbance ได้มากถึง 80 ตัวอย่างต่อการวัดค่า absorbance แต่ละครั้ง.

ตารางที่ 4 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		
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		

6. รายละเอียดของวิธีวิเคราะห์ ClO₃⁻ และ ClO₂⁻ ที่กำหนดจะใช้ในการทดลองครั้งนี้

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

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.

■ สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์คลอเรต

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 เท่าตัวด้วยน้ำกรอง 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 ถ่ายเก็บไว้ในขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็น.
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 ClO₃⁻ จากดิน

1. นำตัวอย่างดินที่ฝังในร่มแล้วมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 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: 称 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. 称 filtrate จากตัวอย่างดิน ตั้งแต่ 1 – 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask 25 ml
 2. ปฏิบัติขั้นตอนต่างๆ ต่อไปเหมือนกับขั้นตอนการพัฒนาสี (color developing) สำหรับ standard KClO_3

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 ($\text{H}_8\text{FeN}_2\text{O}_8\text{S}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 99-101.5 %, Merck) 0.215 กรัม ละลายในน้ำ deionized 200 มล. เติมน้ำกรด 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 เหมือนการวิเคราะห์คลอไรต์ (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 ในปริมาณดังตารางต่อไปนี้ 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. เติมน้ำ 1 M NaOH ปริมาตร 0.4 มล
3. เติมน้ำ ferrous reagent 1 มล.
4. เติมน้ำ 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

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 5).

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของ recovery (%) ของการวิเคราะห์ ClO_2^- ในดินพื้นที่ที่ไถลงในดินของดิน 4 ชนิด (เฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ)

NaClO ₂ , มก./ลิตร	สารละลาย 1		ดินหางดง		ดินหางดง (ซ้ำที่ 2)		ดินน้ำพอง	
	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
	ดินท่าตะโก		ดินตาคี		ทรายล้าง		สารละลาย 2	
	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

7. เอกสารอ้างอิง

- American Public Health Association. 1989. Standard methods for examination of water and waste water, 17th edition. American Public Health Association.
- W a s h i n g t o n , D C .
- Chiswell, B. and Keller-Lehmann, B. 1993. Spectrophotometric method for the determination of chlorite and chlorate. Analyst. 118:1457-1459.
- 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.

ภาคผนวกที่ 3

บทความในวารสารแม่โจ้ปริทัศน์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 มีนาคม- เมษายน 2548

คลอเรตกับสวนลำไย: ความคืบหน้าของงานวิจัย

รศ. สมชาย องค์ประเสริฐ

ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม

วิสัยทัศน์ของ สกว.

ปัญหาที่ชาวสวนลำไยค้นพบทางแก้มาช้านานประการหนึ่งคือ การออกดอกแบบปีเว้นปีหรือเว้นสองปี. เมื่อมีการเปิดเผยกันทั่วไปว่าสารคลอเรตสามารถกระตุ้นให้ลำไยออกดอกได้ทุกช่วงเวลาของปีใน พ.ศ. 2541 จึงมีเกษตรกรจำนวนมากพร้อมที่จะใช้สารคลอเรตในสวนลำไย. สารคลอเรตเป็นจุลินทรีย์ระดับหนึ่ง แม้จะไม่ร้ายแรงมากนัก จึงเคยถูกใช้เป็นสารกำจัดวัชพืชมาก่อน และเป็นสารที่ใช้ทำระเบิดได้จึงจัดเป็นยุทธปัจจัยอย่างหนึ่ง. เมื่อจะมีการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยกันอย่างกว้างขวางทั่วประเทศ หน่วยราชการต่างๆ รวมทั้งกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ต่างกังวลกับผลกระทบของการใช้สารคลอเรตต่อผลผลิตลำไย ต่อผู้บริโภคลำไย และต่อสิ่งแวดล้อมในสวนลำไย และการระเบิดของสารคลอเรต ซึ่งได้เกิดขึ้นครั้งใหญ่เมื่อวันที่ 19 กันยายน 2542 มีคนตาย 36 คน. ปัญหาเหล่านี้จะนำไปสู่การกีดกันทางการค้าลำไยสดและอบแห้งได้. การหาข้อมูลเพื่อคุ้มครองผู้บริโภค สิ่งแวดล้อมและเตรียมข้อมูลชี้แจงในกรณีที่มีการอ้างเพื่อการกีดกันทางการค้า จึงเป็นสิ่งจำเป็น.

ในช่วงปี พ.ศ. 2542-43 ผู้บริหาร สกว. จึงติดต่อนักวิจัยในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และสถาบันโคนมแห่งชาติ เพื่อให้ทำวิจัยหาคำตอบปัญหาที่เป็นความกังวลดังกล่าวข้างต้น.

ผลการวิจัยในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และของ ดร. สมคิด พรหมมา

ในด้านผลกระทบของการใช้สารคลอเรตต่อผลผลิตลำไย ขณะนั้นมีข่าวลือว่าผลลำไยที่ได้จากการออกดอกด้วยสารคลอเรต เมื่อนำไปทำลำไยกระป๋องแล้วจะทำให้กระป๋องดำ. สกว. จึงให้ทุนวิจัยแก่ ผศ. รัตนา อัดตปัญญา คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ผศ. รัตนานำผลลำไยทั้งที่ได้จากการออกดอกด้วยสารคลอเรตและจากธรรมชาติบรรจุกระป๋อง เก็บไว้ประมาณ 1 ปี. พบว่าทั้งกระป๋องลำไยทั้ง 2 อย่างเริ่มบวมและดำ แต่เนื้อลำไยยังคงปกติ ไม่พบสาร chlorate และ chlorite แต่พบสารไนเตรด ตัวการที่ทำให้กระป๋องดำอยู่มาก คือพบ 38 ppm ในลำไยใส่คลอเรต และ 35 ppm ในลำไยไม่ใส่คลอเรต. การทำให้ลำไยออกดอกด้วยคลอเรตจึงไม่ใช่ตัวการทำให้กระป๋องดำ.

ในด้านผลกระทบของการใช้สารคลอเรตต่อผู้บริโภคลำไย สกว. ให้ทุนวิจัยแก่ รศ. ดร. อุษณีย์ วนิจเขตคำนวน และคณะคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เพื่อให้ทำวิจัยเรื่อง “การประเมินความปลอดภัยของลำไยหลังจากการใช้สารโพแทสเซียมคลอเรต”. ผลการวิจัยที่ ละเอียด ลอ อธิบายมากของอาจารย์อุษณีย์ และคณะ ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 ต่อเนื่องจนถึง พ.ศ. 2547 ไม่พบความเป็นพิษภัยของการบริโภคลำไยสดและแห้งที่ได้จากการออกดอกด้วยสารคลอเรต. แต่กลับพบว่าสารสกัดจากลำไยอบแห้งทั้งที่ได้จากการออกดอกธรรมชาติและออกดอกด้วยคลอเรตต่างมีฤทธิ์ต้านสารก่อมะเร็ง ซึ่งแสดงถึงคุณสมบัติของเนื้อลำไยอบแห้งที่อาจจะพัฒนาเป็นสารต้านมะเร็งได้.

ในด้านการป้องกันการระเบิดของคลอเรตนั้น สกว. ให้ทุนวิจัยแก่ ดร. สมคิด พรหมมา สถาบันโคนมแห่งชาติ เพื่อให้หาสูตรการใช้สารหรือวัสดุอื่นใดมาผสมกับคลอเรตแล้วทำให้สารผสมไม่สามารถระเบิดได้ แม้จะถูกเผาหรือถูกจุดด้วยชนวนระเบิดต่างๆ และไม่สามารถแยกกลับมาเป็นสารคลอเรตบริสุทธิ์ได้อีก แต่ยังคงมีฤทธิ์กระตุ้นการออกดอกของลำไยได้เหมือนเดิม. ดร. สมคิด พรหมมา ใช้เวลา 1 ปีระหว่างพฤศจิกายน 2542-ตุลาคม 2543 คิดค้นทดลองจนได้สูตรผสมคลอเรตที่มีคุณสมบัติตามต้องการทุกประการ. สกว. ได้ดำเนินการต่อโดยเสนอต่อกระทรวงกลาโหม ขอให้คลอเรตผสมสูตร สกว. พ้นจากความเป็นยุทธปัจจัย ที่เกษตรกรสามารถใช้ได้เสรีภายใต้การควบคุมของกระทรวงเกษตร และเปิดโอกาสให้เอกชนผลิตคลอเรตผสมขายภายใต้การควบคุมของกระทรวงกลาโหมและกระทรวงเกษตร จากนั้นก็ให้ยกเลิกการผ่อนปรนให้เกษตรกรใช้สารคลอเรตบริสุทธิ์ในการผลิตลำไย. เมื่อมาตรการเหล่านี้สำเร็จก็จะเป็นการแก้ปัญหาการระเบิดของสารคลอเรตและการปลอมปนสารคลอเรตขายให้เกษตรกรได้ด้วย.

ผลการวิจัยในมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ในด้านผลกระทบของการใช้สารคลอเรตต่อสิ่งแวดล้อมในสวนลำไย สกว. จึงให้ทุนวิจัยแก่ผู้เขียนและคณะ (ผศ. ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และ อาจารย์ศุภธิดา อ่ำทอง) เพื่อประเมินผลกระทบของการใช้สารคลอเรตในสวนลำไยต่อสิ่งแวดล้อม ในระหว่าง พศ. 2542-2543. ผลการวิจัยของผู้เขียนและคณะ ได้ข้อสรุปดังนี้

1. การสลายตัวของคลอเรตในดินเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินเท่านั้น. คลอเรตจึงสลายตัวได้เร็วกว่าในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงเมื่อเปรียบเทียบกับในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ.
2. การใช้สารคลอเรตโดยการราดทางดินในอัตรา 4 เท่าของอัตราการใช้ที่แนะนำกันขณะนั้นไม่มีผลต่อสมบัติใดๆ ของดิน (อัตราการราดทางดินที่แนะนำกันขณะนั้นคือ 10 กรัมต่อตารางเมตรของดินที่ทรงพุ่ม หรือประมาณ 200 กรัมต่อต้นขนาดทรงพุ่ม 6 เมตร).
3. คลอเรตจากโซเดียมคลอเรตสลายตัวช้ากว่า (ประมาณ 60 %) ของคลอเรตจากโพแทสเซียมคลอเรต.
4. ความเข้มข้นของคลอเรตที่ถือว่าไม่มีผลต่อผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือกระทบต่อการอยู่รอดของไส้เดือนดินและวัฏจักรไนโตรเจนในดินคือ 50 มก./กก.
5. ผลการติดตามคลอเรตตกค้างในสวนลำไยที่มีการใช้คลอเรต 2 – 3 ครั้งด้วยอัตรา 1-2 เท่าของคำแนะนำ 25 สวน ในช่วงปี พศ. 2542-2543 พบว่าภายใต้การจัดการสวนของเกษตรกร คลอเรตในดินลดลงเหลือไม่เกินระดับที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อมภายใน 2-3 เดือนหลังจากราด และภายในเวลา 1 ปีคลอเรตสลายตัวหมดจากดิน.
6. จึงสรุปได้ว่าการใช้คลอเรตของเกษตรกรขณะนั้นมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะสั้นเฉพาะในแนวราดคลอเรตเท่านั้น แต่ไม่มีผลกระทบระยะยาว.

หลังจากการใช้คลอเรตในปีแรกแล้ว มีชาวสวนลำไยส่วนหนึ่งพบว่าการออกดอกของลำไยตอบสนองต่อสารคลอเรตน้อยลงเมื่อมีการใช้คลอเรตในปีต่อๆ มา จึงต้องเพิ่มปริมาณคลอเรตต่อต้นมากขึ้นเรื่อยๆ จาก 200 กรัม/ต้นในปี 2541 เป็นมากกว่า 1 กก./ต้นในปี 2546 ทำให้เกิดคำถามติดตามมากมาย เช่น

- การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ต่อต้นนี้มีที่สิ้นสุดหรือไม่?
- เมื่อใช้มาอย่างนี้ในรอบปีคลอเรตในดินจะสลายตัวหมดหรือไม่?
- ถ้าสลายตัวไม่หมด จะมีโอกาสซึมลงถึงน้ำบาดาลหรือไม่?
- จะหยุดการเพิ่มของอัตราการใช้คลอเรตได้อย่างไร?
- ปัจจัยเกี่ยวกับการออกดอกด้วยคลอเรตมีอะไรบ้าง? อย่างไร?
- จุลินทรีย์กินคลอเรตเร็วขึ้นหรือ จึงต้องใช้มากขึ้น?

- ดันลำไยคือยาหรือ จึงต้องใช้คลอเร็ตมากขึ้น?

ผู้เขียนและคณะ (คุณวินัย วิริยะอลงกรณ์ และคุณนงลักษณ์ ประณะพงษ์) จึงทำโครงการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้คลอเร็ตต่อต้าน เสนอขอทุนวิจัยต่อ สกว. อีกครั้ง. การวิจัยนี้ดำเนินการระหว่างเดือนสิงหาคม 2546 ถึงเดือนกรกฎาคม 2548. ผลการวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้วสรุปได้ดังนี้.

- หากมีคลอเร็ตตกค้างในดินมาก สามารถเร่งการสลายตัวของคลอเร็ตเพื่อกำจัดคลอเร็ตตกค้างในดินให้หมดไป โดยการรดกากน้ำตาลหรือน้ำตาลทรายผสมน้ำได้.

- ผลการทดลองกับดันลำไยที่ปลูกในกระถางทราย พบว่าเมื่อดันลำไยได้รับคลอเร็ตด้วยอัตราที่พอเหมาะ สารคลอเร็ตก็จะเป็นตัวกระตุ้นในลำไยออกดอกได้ดี. แต่เมื่อได้รับมากเกินไป สารคลอเร็ตจะกลายเป็นสารพิษทำให้การออกดอกจะน้อยลง ช่อดอกสั้นลง จนกระทั่งไม่ออกดอกเลยแม้ว่าจะไม่มีอาการเป็นพิษทางใบให้เห็น และเมื่อได้รับมากขึ้นไปอีกจึงจะเห็นความเป็นพิษทางใบที่ทำให้ใบเหลืองและร่วง.

- ระดับความเป็นสารกระตุ้นการออกดอกและเป็นพิษของคลอเร็ตต่อต้านลำไย ขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยในดินที่อุดมสมบูรณ์ ต้องใช้คลอเร็ตมากกว่าจึงจะกระตุ้นการออกดอกได้ดี และดันลำไยไวต่อพิษของคลอเร็ตน้อยกว่าในดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์.

- แม้ว่าจะโดยทั่วไปเกษตรกรจะใช้คลอเร็ตมากขึ้นมาก แต่ก็มีเกษตรกรจำนวนหนึ่งที่ยังใช้คลอเร็ตเพิ่มเพียงเล็กน้อย และได้ผลดี. ผลการติดตามการใช้คลอเร็ตในสวนลำไย 40 สวนเป็นเวลา 1 ปีพบว่า อัตราการใช้คลอเร็ตปัจจุบันส่วนใหญ่อยู่ที่ 2-4 เท่าของคำแนะนำเดิม และมี 3 สวนที่ใช้มากถึง 9-12 เท่าของคำแนะนำเดิม. คำแนะนำในปัจจุบันน่าปรับเป็น 2 เท่าของคำแนะนำเดิม. ผลการสำรวจยังพบว่าการใช้คลอเร็ตมากหรือน้อยและอายุของดันลำไยไม่มีผลต่อการออกดอก. แต่การจัดการสวนมีผลต่อการออกดอกอย่างชัดเจน. การจัดการที่ดีได้แก่การตัดแต่งกิ่ง การบำรุงดินตั้งแต่หลังการเก็บผลผลิต การให้ปุ๋ยและน้ำอย่างเหมาะสมในช่วงก่อนและหลังการรดคลอเร็ต.

- การใช้คลอเร็ตมากเกินไป 8 เท่าของคำแนะนำ(เดิม) จะมีผลให้คลอเร็ตสลายตัวไม่หมดในรอบ 1 ปี จึงจะเกิดการสะสมคลอเร็ตในดินจนเกินระดับปลอดภัยในดินทุกชนิด ทั้งดินเหนียว ดินร่วน และดินทราย. การใช้คลอเร็ตอัตรานี้ในดินทรายจะทำให้คลอเร็ตค่อยซึมลึกลงไปดินเรื่อยๆ. ปัจจุบันที่ราดคลอเร็ตอัตรานี้มาประมาณปีครึ่งพบว่าคลอเร็ตได้ซึมลงลึกกว่า 2 เมตรแล้ว. เมื่อซึมลงลึกขนาดนี้แล้วคลอเร็ตจะสลายตัวต่อไปน้อยมาก เพราะในดินลึกจะมีอินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์น้อย. คลอเร็ตจำนวนนี้จึงมีโอกาสซึมลงถึงน้ำบาดาลในอนาคต.

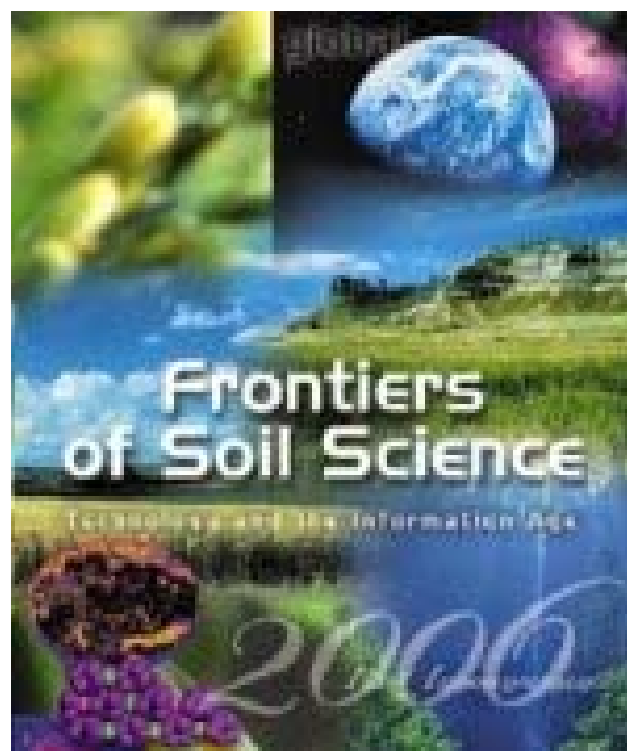
- นอกจากนี้ยังได้คัดแยกจุลินทรีย์กิน (ย่อยสลาย) คลอเร็ตได้ 15 ชนิดจากดินโคนดันลำไยที่ได้รับคลอเร็ตมาติดต่อกัน 4-5 ปี ได้ทดสอบประสิทธิภาพการกินคลอเร็ตไปแล้ว 2 ชนิด ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ที่เหลือกำลังทยอยทดสอบประสิทธิภาพอยู่.

ภาคผนวกที่ 4

การเสนอรายงานภาค Poster ใน

18th World Congress of Soil Science

July 9-15, 2006 - Philadelphia, Pennsylvania, USA



Introduction

In 1998 it was found that the application of chlorate induces flowering in longan trees. Since then potassium and sodium chlorates have been used in most longan orchards in Thailand. The maximum rate in the early years of application was 500 g for a medium size tree. An environmental impact study on the effects of chlorate was carried out in the year 2000. It was found that the residue is unlikely to accumulate over the years and the long-term effect on soil environment was nil. However, due to reasons being investigated, the application rate of chlorate has gradually been increased. In 2003 the maximum application for a medium size tree was 2,000 g which is beyond the scope of the previous study. Consequently, there has been concern on the accumulation and the risk of ground water contamination in the long run. Thus, a re-study on the environmental



Material & Method

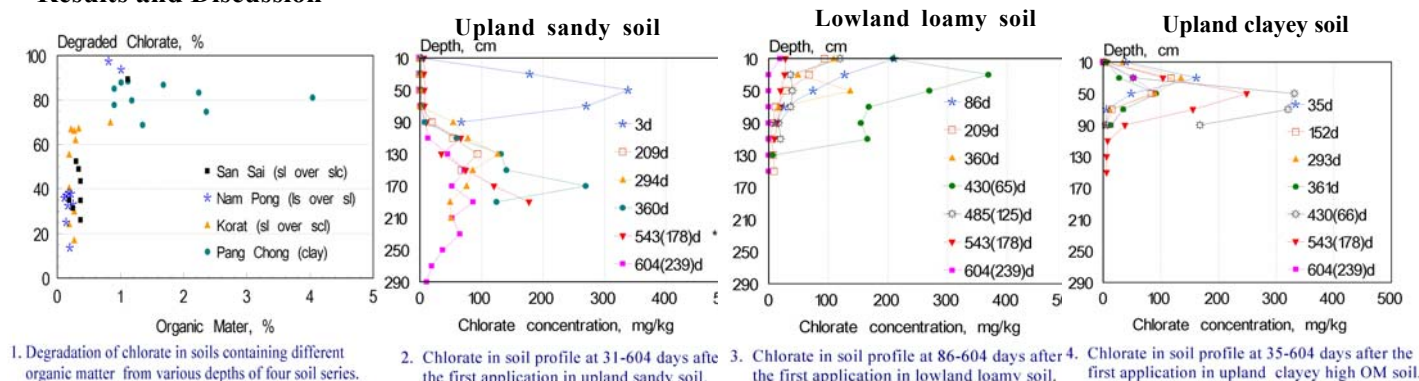
Movement and degradation of the heavily applied chlorate (equivalent with 2 kg per tree) at various depths in four control plots on four representative soils were monitored over a period of two years. Soil samples of these four profiles taken from the depths of 0-200 cm were incubated with chlorate for 270 days under laboratory condition. Then chlorate residues were analyzed.



Additionally, the application and the residue of chlorate in 42 commercial longan orchards were monitored during the same period.



Results and Discussion



The results suggest that organic matter content is the most important factor influencing chlorate degradation. The degradation was very slow. Only 18-67 % of the incubated amount were degraded in 270 days, in soils with less than 0.2% of organic matter, regardless of their textures and depths (Figure1). On the other hand, in the soils with more than 0.8 % organic matter the degradation was 67-98 %. Therefore, there is high risk for the residue chlorate will be leached to the depth where organic matter is less than 0.2 %, will persist and move downward in the soil profiles.

Two years after the application significant concentrations of the residues were found at a depth of 150 - 230 cm in sandy soils (figure 2). Equal concentrations were found at the same depth in the commercial orchards with this type of soil. In loamy and clayey soils significant chlorate residues were found at a depth of less than 100 cm. of both the control plots (figure 3 and 4) and the farmers' orchards. The slowly degradation in the soil with less organic matter and the well drainage capacity of sandy soil are the main reasons for the relative fast moving

Conclusion

There is high risk of ground water contamination by chlorate from longan plantations provided farmers continue apply it at high rate on sandy soils. Consequently, measures to eliminate chlorate residues after the flowering should be encouraged. It has been found from the previous studies that the application of any form of sugars is able to enhance the degradation of chlorate residues. In addition, the control of the application rate can be achieved provided that the practices for the efficient chlorate application are available. Therefore, the practices have been investigating with the financially support of Thailand Research Fund (TRF).

ภาคผนวกที่ 5
การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การบรรยายในการสัมมนา การประชุม และการฝึกอบรม โดย รศ. สมชาย องค์กรประเสริฐ โดยกล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ ร่วมกับโครงการเกี่ยวกับลำไยวิจัยที่ได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ

วันที่	หัวข้อบรรยาย	งาน / ผู้จัด	สถานที่	เกษตรกร
19 ธ.ค.49	การจัดการ ดิน น้ำ ปุ๋ย และคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยนอกฤดู	โครงการสัมมนาทางวิชาการ งานมหกรรมพืชสวนโลกฯ	โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว	267 คน
28 ส.ค. 49	การจัดการ ดิน น้ำ ปุ๋ย และคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยนอกฤดู	การฝึกอบรมโครงการ ถ่ายทอดเทคโนโลยีเหมาะสมสำหรับการผลิตลำไยในเชิงพาณิชย์/มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ศูนย์กล้วยไม้ฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	142 คน
31 ก.ค. 49	ผลกระทบและการแก้ปัญหาสารคลอเรต และ การจัดการ ดิน น้ำ ปุ๋ย	การฝึกอบรมโครงการ ถ่ายทอดเทคโนโลยีเหมาะสมสำหรับการผลิตลำไยในเชิงพาณิชย์/มหาวิทยาลัยแม่โจ้	ณ หอประชุมที่ว่า การอำเภอป่าซาง จ.ลำพูน	98 คน
30 พ.ค.49	ทรัพยากรดินและสาเหตุของการทำให้คุณภาพดินเสื่อม	การฝึกอบรมโครงการสร้างการปรับปรุงคุณภาพดินเพื่อเกษตรกร / องค์การบริหารส่วนตำบลหนองล่อง จ.ลำพูน	ณ อาคารเอนกประสงค์ หมู่ 2 บ้านต้นผึ้ง	18 คน
25 ม.ย. 49	การจัดการธาตุอาหารและระบบน้ำ	การฝึกอบรมเกษตรกรอาสาควบคุมการผลิตโครงการปรับโครงสร้างการผลิตลำไย ปี 2549 / สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6	ศูนย์กล้วยไม้ฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	212 คน
21 และ 24 มี.ค. 49	การจัดการธาตุอาหารและระบบน้ำ	การฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรโครงการปรับโครงสร้างการผลิตลำไย : หลักสูตรการผลิตลำไยนอกฤดูกาล / สำนักส่งเสริมและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6 จ.เชียงใหม่	อาคารศูนย์กล้วยไม้ฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	250 คน
26 พ.ย. 48	การจัดการ ดิน น้ำ ปุ๋ย และคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยนอกฤดู	การฝึกอบรมเกษตรกรในงานแม่โจ้ : ศาสตร์แห่งลำไย	อาคารศูนย์กล้วยไม้ฯ มหาวิทยาลัยแม่โจ้	132 คน
29 มี.ค. 48	การจัดการ ดิน น้ำ ปุ๋ย และคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยนอกฤดู	การอบรมวิทยากรอาสาพัฒนาการผลิตลำไยคุณภาพ / รศ. เชียงใหม่	อาคารศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพ ม. แม่โจ้	40 คน
23เม.ย. 47	การจัดการ ดิน น้ำ ปุ๋ย และคลอเรตเพื่อการผลิตลำไยนอกฤดู	สหกรณ์การเกษตรเพื่อการตลาดลูกค้า ธ.ก.ส. เชียงใหม่ จำกัด	หอประชุมที่ว่า การอำเภอจอมทอง	80 คน

วันที่	หัวข้อบรรยาย	งาน / ผู้จัด	สถานที่	เกษตรกร
25 มี.ค. 47	จำเป็นหรือไม่ที่ต้องใช้ปุ๋ยชีวภาพ ฮอร์โมนและอาหารเสริมเพื่อผลิต ลำไยและส้มให้ได้ปริมาณมาก และมีคุณภาพดีเป็นที่ต้องการของ ตลาด	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ณ	สำนักงานเกษตร จังหวัดกำแพงเพชร	
22 มี.ค. 47	การใช้สารโปแตสเซียมคลอไรด์	คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ณ ศูนย์การศึกษาและ พัฒนาลำไยหรือทุเรียน อ.บ้านโฮ้ง จ.ลำพูน	56 คน

2. รศ. สมชาย องค์ประเสริฐ เผยแพร่ผลการวิจัยสู่เกษตรกรเป็นระยะๆ โดยการให้สัมภาษณ์ในรายการวิทยุ โดยกล่าวถึง
ผลการวิจัยที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ ร่วมกับ โครงการเกี่ยวกับลำไยวิจัยที่ได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
และงานที่รับผิดชอบอื่นๆ

วันที่	รายการวิทยุ
12 ต.ค.48	เวลา 14.00-15.00 รายการเสียงจากแม่ใจ สถานีวิทยุชุมชนของมหาวิทยาลัยแม่ FM 95.50 MHz
13 ธ.ค.48	เวลา 10.10-11.10 น. รายการ สวท. วาไรตี้ สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย FM 93.25 MHz
29 ก.ค. 48	เวลา 13.00-14.00 น. รายการช่วงเกษตร เรื่อง สถานีวิทยุชุมชน มหาวิทยาลัยแม่ใจ FM 95.50 MHz
30 ก.ค. 48	เวลา 10.10-10.30 น. เรื่อง ผลกระทบของการใช้สารคลอไรด์ในสวนลำไย สถานีวิทยุ อสมท.
1 ส.ค. 48	เวลา 10.00-11.00 น. ในรายการ สวท. วาไรตี้ สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่
4 ส.ค. 48	เวลา 5.30-6.00 น. รายการ มก. พบประชาชนภาคเช้า สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz
4 ต.ค. 48	เวลา 5.30-6.00 น. รายการ มก. พบประชาชนภาคเช้า สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz
24 พ.ย. 48	เวลา 05.30-6.00 น. รายการ มก. พบประชาชนภาคเช้า สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz
2 ม.ค. 49	เวลา 05.30-6.00 น. รายการ มก. พบประชาชนภาคเช้า สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz
26 ม.ค. 49	เวลา 11.00-12.00 น. รายการเกษตรสีเขียว สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz
4 พ.ค. 49	เวลา 5.30-6.00 น. รายการ มก. พบประชาชนภาคเช้า สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz
16 พ.ค. 49	เวลา 9.00-10.00 น. รายการรอบเวียงเชียงใหม่ สถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่
17 พ.ค. 49	เวลา 13.00-14.00 น. รายการช่วงเกษตร เรื่อง สถานีวิทยุชุมชน มหาวิทยาลัยแม่ใจ FM 95.50 MHz
11 พ.ย. 49	เวลา 5.30-6.00 น. รายการ มก. พบประชาชน สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz

3. นายวินัย วิริยะอลงกรณ์ นักวิจัยร่วม ได้เผยแพร่ผลการวิจัยสู่เกษตรกรเป็นระยะๆ โดยการร่วมดำเนินรายการช่วงเกษตร เวลา
13.00-14.00 น. ทุกวันพุธแรกของเดือน ที่สถานีวิทยุชุมชน มหาวิทยาลัยแม่ใจ FM 95.50 MHz และทางสถานีวิทยุ ม.ก.
เชียงใหม่ ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ คลื่นความถี่ AM 612 MHz ทุกวันอาทิตย์แรกของเดือน เวลา 14.00-15.00
น. ในรายการแม่ใจสัมพันธ์ โดยกล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ ร่วมกับโครงการเกี่ยวกับลำไยวิจัยที่ได้รับทุน
จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และงานที่รับผิดชอบอื่นๆ
4. ผศ. พาวิน มะโนชัย เผยแพร่ผลการวิจัยสู่เกษตรกรเป็นระยะๆ โดยการร่วมดำเนินรายการ มก. พบประชาชนภาคเช้า 05.30-06.00
ทุกวันจันทร์ ที่สถานีวิทยุ มก. เชียงใหม่ AM 612 KHz โดยกล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ ร่วมกับโครงการ
เกี่ยวกับลำไยวิจัยที่ได้รับทุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และงานที่รับผิดชอบอื่นๆ เป็นระยะ

ภาคผนวกที่ 6

จดหมายแนะนำจากศาสตราจารย์ ดร.สุรนนต์ สุภัทรพันธุ์

23 กย 45

เรียน อ. สมชาย ห่มสือ

ผมต้องขอโทษด้วยครับที่ส่ง ตามผิดเหิน เกี่ยวกับโครง
กรวิจัยของอาจารย์มาช้าไปหน่อย. ผมได้ส่ง report final
ของโครงกรฯ แล้ว อาจารย์ก็ได้อ่าน และตอบจดหมายทั้งหมด
เกี่ยวกับ chlorate ในดินได้. อาจารย์น่าจะเอาผลการทดลอง
มาจดหมายเวียนเป็น paper publish ใน Journal บ้างก็ได้ครับ.

สำหรับตามเหินของผม ก็ได้ส่ง คำถาม ๖ ข้อว่า
อ่านโครงการของอาจารย์มีดังนี้

1). ผลของ pH ในดินต่อการสลายตัวของ chlorate
ประเด็นนี้อาจจะสัมพันธ์กับ population ของ microorganism
ด้วยหรือไม่ทราบค่าอาจารย์พอจะหาได้ไหมว่า Microorganism
ในดินชนิดไหน? ที่ responsible ต่อ degradation เพราะ
กิจกรรมชีวิตของ micro. แล้ว ก็ดูว่า activity ของ micro.
ในระดับ pH อย่างไรได้.

๒). ชนิดของดิน ดินประเภทไหน มี microorganism
ชนิดใด มากน้อยแค่ไหน?

3). ในกรณีใช้ $KClO_3$ ใส่ลงดิน ปริมาณ K^+ ที่พืชสามารถ
นำไปใช้ได้มีมากน้อยแค่ไหน? จะสามารถทดแทน K ใน
ปุ๋ย NPK ได้หรือไม่? ใส่กันได้นะหรือไม่? และหากใส่ $KClO_3$
บ่อยๆ จะเกิด K^+ build up ในดินหรือไม่? เพราะอาจ
เกิด antagonist กับ elements อื่นๆ ในดิน อาทิ Mg^{++}
 Na^+ etc.

ผมก็มี comment เกี่ยวกับดินเพียงแต่ฝากไว้ ใน
ฐานะที่เป็น plant physiologist ผมอยากทราบ

1) เรื่องของการ absorption ของ chlorate ว่าพืช
สามารถมากน้อยแค่ไหน? ในสภาพใดจึง absorp ได้ดี และ
เมื่อเทียบกับ การ absorp ของปุ๋ยแล้ว rate และ amount
ของ ion ที่ absorb ของปุ๋ยจะมากกว่ากัน.

2) Translocation rate ของ Chlorate, movement
 ใน cells ชนิดไหน? และใน site อะไร, chlorate
 move ในพืชใน รสของ chlorate หรือ รสอื่น.

3) mycorrhiza ในดิน,ราก จะเกี่ยวข้องกับการ
 uptake ของ chlorate หรือไม่?

ผมก็คิดว่าเพียงแต่ให้รู้ ของคุณสำหรับให้
 เกี่ยวของ comments มางำตามอาจารย์อาจมีผลการ
 ทดลองตามแล้วก็ได้ครับ

ด้วยความนับถือ

→

(สิริมหิต, สิริภักดิ์)

ปล. ผมฝาก announcement ในการประชุมทางภาค
 ใต้ และ ขึ้นไป ถ้าไปมาด้วย เพื่ออาจารย์จะสนใจมา
 present ครับ.

ภาคผนวกที่ 7
ภาพประกอบรายงาน



1. ลำไยออกดอกและติดผลหลายรุ่น



2. สภาพการตายแบบยืนต้นตายเฉียบพลันของต้นลำไย



3. ต้นกล่ำลำไยที่ซื้อมาใหม่ นำลงแช่น้ำ 1 คืน



4. วันรุ่งขึ้นทำการล้างราก



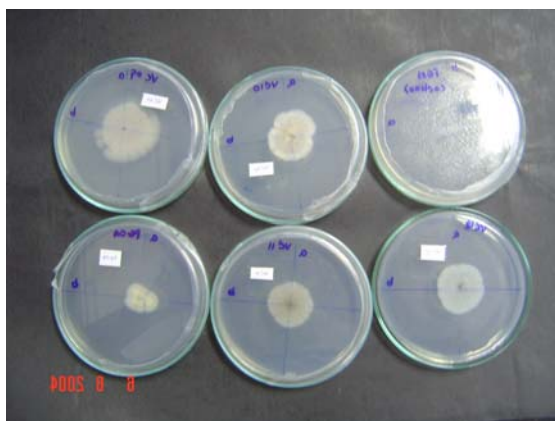
5. กล้าลำไยปลูกใหม่ในกระถางทราย ธันวาคม 2546



6. ระบบป้อนน้ำ ท่อประธาน ท่อแขนง และหัวน้ำหยด



7. และ 8. ต้นลำไยใน sand culture ที่พร้อมสำหรับการทดลองปัจจัยต่างๆ ที่สัมพันธ์กับการออกดอกของลำไยด้วยสารคลอเรตา กรกฎาคม 2547



9. จุลินทรีย์ที่แยกได้จากดินที่เคยได้รับคลอเรตา



10. ลำไยในโรงเรือนออกดอกด้วยการชักนำของคลอเรตา



11. อุปกรณ์เจาะเก็บตัวอย่างดินที่
ความลึก 2-3 เมตร



13. การเหี่ยวของต้นลำไยในกระถางที่ได้รับ
คลอเรตเข้มข้น 400 มก./ลิตร ในน้ำ



15. ต้นลำไยในดินที่เป็นกลางตายเฉียบพลันเมื่อถูกน้ำท่วม



17. อาจารย์และนักศึกษาจาก Pingtung International
University ไต้หวัน เยี่ยมชมเมื่อ 3 มีนาคม 2548

12. พื้นที่ 4 x 4 เมตร ที่ใช้ทดลองการราดคลอเรต



14. เมื่อเริ่มการทดลองรับคลอเรตแล้วถูกน้ำท่วม



16. ต้นลำไยในสวนบางต้นตายเฉียบพลันเมื่อถูกน้ำท่วม



18. นักศึกษาจากมหาวิทยาลัย National Chung Ching
University, Taiwan. เยี่ยมชมเมื่อ 27 สค. 49



19 และ 20 อาจารย์และนักศึกษาจากวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเชียงใหม่ เยี่ยมชม 2 รุ่น เมื่อวันที่ 18 และ 22 กุมภาพันธ์ 2548



21 และ 22 Prof. Dr. Joachim Mueller และนักศึกษาจาก University of Hohenheim ประเทศเยอรมันนี มาเยี่ยมชม เมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2550

ภาคผนวกที่ 8

ตารางสรุปกิจกรรม

กิจกรรม(ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลการดำเนินงาน
• ทดลองการเร่งการ สลายคลอเรตด้วย กากน้ำตาลในสภาพ สวนลำไย	• วิธีเร่งการสลายคลอเรตด้วย กากน้ำตาลในสภาพสวนลำไย	• ทำมากกว่าแผน คือในห้องปฏิบัติการได้ทดลองใช้น้ำตาลทรายขาว และน้ำตาลทรายแดงเป็นวัสดุเร่งการสลายเปรียบเทียบกับกากน้ำตาล ส่วน ในสภาพสวนลำไยได้ทดลองใช้น้ำตาลทรายขาวเปรียบเทียบกับกากน้ำตาล • ได้ข้อสรุปว่าทั้งน้ำตาลทรายและกากน้ำตาลสามารถเร่งการสลายคลอเรต ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพสวนลำไย ได้ดีมาก
• การสำรวจสวน ลำไยและ การติดตาม การจัดการสวนที่ เกี่ยวกับการออกดอก และปริมาณคลอเรต ตกค้างในดิน	• ได้สวนลำไย 40 สวน แบ่งเป็น 4 กลุ่ม สำหรับการติดตามการจัดการสวนที่เกี่ยวกับการออกดอกของลำไย • ได้ข้อมูลสมบัติพื้นฐานของดินและพื้นที่สวน ข้อมูลการจัดการสวนการเติบโต ออกดอก ติดผล และและปริมาณคลอเรตตกค้างในสวน 40 สวน • ได้ข้อมูลปริมาณคลอเรตตกค้างภายใต้การจัดการของเกษตรกรทั่วไปในระยะ 2 ปีของการสำรวจ	• สำรวจสวน 50 สวน คัดเลือกไว้ติดตาม 42 สวน โดยแบ่งสวนเป็น 8 กลุ่ม แบ่งตาม 1. อายุต้นลำไย 2. การจัดการ และ 3. ปริมาณการใช้สารคลอเรต • ได้ข้อมูลสมบัติพื้นฐานของดินในสวน ข้อมูลการใช้คลอเรตการจัดการสวน การออกดอก ติดผล และผลผลิต • ได้ข้อสรุปว่าการจัดการสวนมีผลต่อประสิทธิภาพการออกดอกด้วยคลอเรตอย่างชัดเจน ส่วนอายุต้นลำไยและปริมาณการใช้คลอเรตไม่มีผล • อัตราการเฉลี่ยใช้ต่อดันตั้งแต่ปี 2541 ถึงปี 2547 เท่ากับ 350 413 836 1,004 1,206 1,424 และ 1,412 กรัม/ตัน. • ได้ข้อปริมาณคลอเรตตกค้างในสวนในปี 2547 2548 และ 2549 จากการใช้คลอเรตในดินชนิดต่างๆ ด้วยอัตราการใช้ตั้งแต่ 2 ถึง 6 เท่าของคำแนะนำ • ได้ข้อสรุปว่าในการใช้คลอเรตในดินทรายคลอเรตสลายตัวไม่หมด และเคลื่อนที่ลงลึก แต่ในดินร่วนและดินเหนียว คลอเรตสลายหมด ในรอบปีจึงไม่สะสมและไม่เคลื่อนที่ลงดินชั้นล่างแม้ใช้มาก
• ทดลองใส่คลอเรต อัตราสูงและติดตาม การสะสมและ เคลื่อนที่ของคลอเรต ในแปลงทดลอง	• ได้ข้อมูลการตกค้างและการเคลื่อนที่ของคลอเรต จากการทดลองใส่คลอเรตจำนวนมาก และต่อเนื่อง 2 ปี ในแปลงทดลองในดิน 4 ชนิดที่เป็นตัวแทนดินปลูกลำไยที่ลุ่มและที่ดอน โดยการรากลางฤดูฝน ปลายฤดูแล้ง	• ได้ข้อมูลตามที่คาดทุกประการ • ได้ข้อมูลการตกค้างและการเคลื่อนที่ของคลอเรตแปลงทดลองที่สนับสนุนผลการติดตามในสวนลำไยอย่างยิ่ง • ได้ข้อสรุปเพิ่มเติมจากการติดตามในสวนลำไย คือ 1. การใส่คลอเรตในฤดูฝนมีความเสี่ยงมากกว่าในฤดูแล้งที่คลอเรตตกค้างจะเคลื่อนที่ลงดินชั้นล่าง 2. การใช้คลอเรตเป็นปีที่ 2 คลอเรตสลายตัวได้เร็วกว่าที่ใช้ในปีแรก

กิจกรรม(ตามแผน)	ผลที่คาดว่าจะได้รับ	ผลการดำเนินงาน
การสำรวจปริมาณการตายของต้นลำไยในกลุ่ม และศึกษาสาเหตุการตายจากน้ำท่วมขังของต้นลำไยบางต้นที่เคยได้รับคลอเรต	- ได้ข้อมูลปริมาณการตายของต้นลำไยในกลุ่มเกี่ยวกับการตายของต้นลำไย (ที่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน) - ได้สาเหตุการตายเมื่อต้นลำไยในดิน pH 5 และ pH 7 ถูกน้ำขัง จากการทดลองในกระถาง	- ได้ข้อมูลตามแผน - ได้ข้อมูลปริมาณการตายของต้นลำไยในกลุ่ม 5 บ้านที่เจ้าของเชื่อว่ามีทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับการได้รับคลอเรตมาก่อน - ในดินที่มี pH 7 ต้นลำไยที่ได้รับคลอเรตแล้วถูกน้ำขังจะตายทั้งหมดภายใน 3 วัน ส่วนในดินที่มี pH 5 ต้นลำไยตายเพียงครึ่งหนึ่งในระยะเวลา 3-5 วัน ซึ่งใกล้เคียงกับสมมติฐานที่ได้จากการตรวจเอกสาร ยังพบแนวโน้มว่าในดินที่มี pH 7 ต้นลำไยไวต่อความเป็นพิษของคลอเรต (ได้รับคลอเรตโดยไม่ถูกขังน้ำ) มากกว่าในดินที่มี pH 5
การศึกษาปัจจัยที่สัมพันธ์กับการชักนำการออกดอกและตายโดยสารคลอเรตต่อลำไยที่ปลูกในระบบ sand culture	- ได้ผลการทดลองเรื่องความเข้มข้นที่เหมาะสมในฤดูฝน ฤดูร้อน และฤดูหนาว - ได้ผลการทดลองเรื่องอิทธิพลของ ไนเตรต ฟอสเฟต และระยะเวลาสัมผัส ความเข้มข้นของแสง pH การได้รับคลอเรตซ้ำหลายครั้งต่อการออกดอก	- ความเข้มข้นของคลอเรตในสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการชักนำการออกดอกในฤดูฝนและฤดูหนาวคือ 200 มก./ลิตร และ 400 มก./ลิตร สำหรับฤดูร้อน - เมื่อได้รับคลอเรตมากกว่าที่เหมาะสมจะออกดอกก่อนและทยอยออกหลายรุ่น - ฟอสเฟตและ pH ของสารละลายไม่มีผลต่อการออกดอก - ไนเตรตที่มากเกินไปและแสงที่ไม่พอ การได้รับคลอเรตซ้ำ ทำให้ออกดอกน้อย
การศึกษาปริมาณประชากรและความสามารถของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายของคลอเรตในดินที่เคยและไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน	ได้ข้อมูลปริมาณและความสามารถของจุลินทรีย์ย่อยสลายคลอเรตในดินที่เคยและไม่เคยได้รับคลอเรตมาก่อน	- ได้ข้อมูลตามแผนที่ว่า - ในดินที่เคยได้รับคลอเรตมาก่อนมีจุลินทรีย์ที่ย่อยคลอเรตได้อยู่มาก - จำแนกจุลินทรีย์จากดินชั้นบนได้ต้นลำไยที่เคยใช้คลอเรตติดต่อกันมา 5 ปี 2 สวน ได้จุลินทรีย์บริสุทธิ์ 15 สายพันธุ์ - ได้ทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายคลอเรตในสภาพมี O_2 ทั้ง 15 สายพันธุ์ พบว่ามีประสิทธิภาพ
กิจกรรมเพิ่มจากแผน ศึกษาการสลายตัวของคลอเรตในดินชั้นล่าง ศึกษาการตอบสนองของรากต่อความเข้มข้นของคลอเรต	เพื่อให้ได้ข้อมูลการสลายตัวของคลอเรตในดินชั้นล่างที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำเมื่อเทียบกับดินบน เพื่อให้ดินบนเพื่อให้ได้ข้อมูลการตอบสนองของรากลำไยที่เลี้ยงโดย solution culture ต่อความเข้มข้นของคลอเรต	- ได้ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าอินทรีย์วัตถุเป็นสมบัติของดินที่มีผลต่อการสลายตัวของคลอเรตมากที่สุดในดินชั้นล่างที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 0.2 % คลอเรตจะสลายตัวได้ช้ามาก ในดินชั้นล่างที่มีอินทรีย์วัตถุประมาณ 0.8 % คลอเรตก็สลายตัวได้เร็วใกล้เคียงกับดินบนที่มีอินทรีย์วัตถุเท่าๆ กัน - ไม่สามารถเลี้ยงต้นลำไยโดย solution culture จนได้ต้นลำไยที่เติบโตและมีระบบรากที่สมบูรณ์ เพื่อใช้ทดลองการตอบสนองของรากลำไยที่เลี้ยงโดย solution culture ต่อความเข้มข้นของคลอเรตใน solution culture