

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

คุณสมบัติของดิน

ดินที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นดินที่มีคุณสมบัติเป็นดินค่าง มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่ำ และไม่พบปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนจำนวน 11 ชนิดในดินตัวอย่างที่ส่งตรวจ คุณสมบัติอื่นๆของดินแสดงในตารางที่ 1

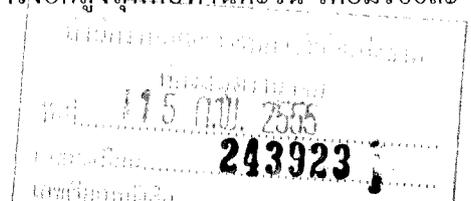
ตารางที่ 1 คุณสมบัติของดินที่ใช้ในการวิจัย

สิ่งที่ตรวจวัด	ปริมาณที่พบ	ขีดจำกัดของการวิเคราะห์	วิธีทดสอบอ้างอิง
BHC	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Heptachlor & Heptachlor epoxide	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Aldrin & Dieldrin	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Dicofol	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
DDT	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Chlordane	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Endosulfan	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Endrin	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
DDE	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
DDD	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
Heptachlor	0 mg/kg	0.01	GC- μ ECD
ไนโตรเจน	0.21g/ 100g	-	Organic Fertilizer Analysis APSRDO, DOA: 14/2548
Organic matter	1.78g/100g	-	Organic Fertilizer Analysis APSRDO, DOA: 14/2548
ฟอสฟอรัส	0 g/100g	0.29	Organic Fertilizer Analysis APSRDO, DOA: 14/2548
โพแทสเซียม	0.13 g/100g	-	Organic Fertilizer Analysis APSRDO, DOA: 14/2548
ความเป็นกรด-ด่าง	8.9	-	วัดในน้ำกลั่น

ความเป็นพิษของดินเด่นต่อพืช

1. ความเป็นพิษต่อร้อยละการงอก

ดินเด่นส่งผลในด้านการยับยั้งการงอกในพืชทุกชนิด ร้อยละการงอกของพืชทุกชนิดลดลงเมื่อความเข้มข้นของดินเด่นในดินสูงขึ้น โดยพืชที่มีร้อยละการงอกต่ำที่สุดคือ ผักกวางตุ้ง โดยมีร้อยละการงอก 25% ที่ดินเด่น 20 mg/kg พืชที่มีร้อยละการงอกสูงสุดคือทานตะวัน โดยมีร้อยละ



การงอก 85% ที่ดินแดน 20 mg/kg ส่วนพืชชนิดอื่นๆ มีร้อยละการงอกอยู่ระหว่าง 60 -75% ส่วนถั่วลิสงไม่งอกในทุกชุดทดลองที่มีดินแดน จึงตัดผลของถั่วลิสงออกไป (ตารางที่ 2)

2. ความเป็นพิษต่อยอด

ดินแดนแสดงความเป็นพิษต่อการเจริญของยอดข้าวโพด พักทอง และถั่วฝักยาวอย่างชัดเจน โดยความยาวยอดของพืชทั้งสามชนิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg ในส่วนของทานตะวันและผักบุ้ง ความยาวยอดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากชุดควบคุมเมื่อมีดินแดนความเข้มข้น 2 mg/kg ในขณะที่ความยาวยอดของผักกวางตุ้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg ดินแดนความเข้มข้นต่ำเพิ่มความยาวของยอดข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) และลดลงจนอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุมที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg ส่วนในกรณีของมะเขือเจ้าพระยาพบว่าความยาวยอดลดลงที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg จากนั้นจะเพิ่มขึ้นจนอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุมเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น (ตารางที่ 2)

ความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของยอดของดินแดนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยดินแดนไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของถั่วฝักยาวและผักบุ้ง ลดน้ำหนักสดของข้าวโพด พักทองและผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากชุดควบคุมที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg ลดน้ำหนักสดของทานตะวันเมื่อมีดินแดนความเข้มข้น 2 mg/kg และจะเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 20 mg/kg ในขณะที่น้ำหนักสดของยอดข้าวและมะเขือเจ้าพระยาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg (ตารางที่ 2)

ความเป็นพิษต่อน้ำหนักแห้งของยอดของดินแดนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยดินแดนไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพด ถั่วฝักยาว ทานตะวัน ข้าวและผักบุ้ง เพิ่มน้ำหนักแห้งของผักกวางตุ้งเล็กน้อยที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg จากนั้นจะเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุม ลดน้ำหนักแห้งของพักทองและมะเขือเจ้าพระยาที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg (ตารางที่ 2)

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าดินแดนมีความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของยอดพืชมากกว่าน้ำหนักแห้ง และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของยอดพืชทุกชนิด พบว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นในพืชหลายชนิด ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วฝักยาว พักทอง ผักบุ้ง และผักกวางตุ้ง แสดงว่าดินแดนแสดงความเป็นพิษโดยรบกวนระบบการขนส่งน้ำหรือสะสมของพืชเหล่านี้ ทำให้น้ำหนักสดของพืชลดลงเร็วกว่าน้ำหนักแห้ง ในกรณีของมะเขือเจ้าพระยาและข้าว พบว่า อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของยอดมีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงว่าดินแดนเข้า

ไปกระตุ้นการขนส่งหรือสะสมน้ำ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในข้าวที่น้ำหนักสดเพิ่มขึ้นส่วนน้ำหนักแห้งคงที่ (ตารางที่ 2)

หากจะพิจารณาความทนทานต่อลินเดนโดยใช้ข้อมูลความเป็นพิษต่อยอดจะเห็นว่าพืชที่จัดว่าทนทานต่อลินเดนได้แก่ ข้าว และทานตะวัน ส่วนข้าวโพดและฟักทองจัดเป็นพืชที่ไวต่อลินเดน

ตารางที่ 2 ความเป็นพิษของลินเดนต่อร้อยละการงอก และการเจริญของยอดต้นกล้า 8 ชนิด

ความเข้มข้น (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ข้าวโพด					
0	100%	20.6 ± 1.5a	810 ± 96.2a	54.0 ± 13.5a	0.07
0.2	85%	14.5 ± 1.5b	579 ± 130.7b	55.8 ± 20.5a	0.10
2	80%	14.0 ± 1.7b	572 ± 146.4b	53.0 ± 15.1a	0.09
20	75%	13.0 ± 1.2b	576 ± 128.8b	43.5 ± 10.6a	0.08
ถั่วฝักยาว					
0	80%	21.8 ± 3.54a	896 ± 98.7a	55.0 ± 10.2a	0.06
0.2	80%	7.2 ± 0.74b	885 ± 109.9a	68.1 ± 18.9a	0.08
2	75%	5.0 ± 0.72b	882 ± 126.9a	64.1 ± 10.4a	0.07
20	60%	5.0 ± 0.63b	899 ± 65.1a	65.5 ± 6.8a	0.07
ทานตะวัน					
0	100%	8.4 ± 1.0a	592 ± 121.0a	28.5 ± 7.33a	0.05
0.2	95%	6.8 ± 1.4ab	521 ± 98.9a	26.4 ± 6.07a	0.05
2	95%	4.2 ± 0.9c	416 ± 84.5b	23.2 ± 4.33a	0.06
20	85%	5.6 ± 1.4bc	554 ± 150.9a	25.8 ± 7.28a	0.05
มะเขือ เจ้าพระยา					
0	95%	2.8 ± 0.25a	21.8 ± 8.5a	2.2 ± 0.6a	0.10
0.2	45%	2.2 ± 0.50b	23.6 ± 2.3a	2.0 ± 1.0a	0.08
2	65%	2.3 ± 0.33a	25.0 ± 6.0a	1.7 ± 0.5ab	0.07
20	60%	2.3 ± 0.40a	9.7 ± 5.2b	0.4 ± 0.3b	0.04

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ความเข้มข้น (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ผักทอง					
0	90%	12.3 ± 1.2a	660 ± 384.7a	63.0 ± 7.9a	0.10
0.2	60%	8.0 ± 1.3b	390 ± 138.7ab	61.0 ± 3.6a	0.16
2	50%	3.8 ± 1.8c	340 ± 219.1ab	57.0 ± 5.0ab	0.17
20	55%	4.4 ± 1.7c	184 ± 128.6b	54.7 ± 13.6b	0.30
ข้าว					
0	80%	16.5 ± 1.9bc	43.4 ± 11.6b	7.5 ± 1.2a	0.17
0.2	95%	19.9 ± 2.6a	62.4 ± 10.5a	8.6 ± 1.8a	0.14
2	90%	19.8 ± 3.1ab	59.2 ± 13.1a	8.4 ± 2.9a	0.14
20	85%	15.9 ± 1.7bc	42.1 ± 6.8b	6.8 ± 0.8a	0.16
ผักบุ้ง					
0	85%	7.7 ± 0.9a	267 ± 53.1a	18.4 ± 2.8a	0.07
0.2	75%	6.8 ± 0.7ab	212.8 ± 75.2a	16.8 ± 6.0a	0.08
2	45%	6.4 ± 0.9b	218.9 ± 97.1a	16.7 ± 8.4a	0.08
20	65%	5.6 ± 0.7b	221.3 ± 53.5a	14.3 ± 2.8a	0.06
ผักกวางตุ้ง					
0	100%	6.3 ± 0.8a	105 ± 9.0a	3.3 ± 0.4ab	0.03
0.2	100%	6.3 ± 0.4a	68 ± 6.2b	4.5 ± 0.4a	0.07
2	80%	5.4 ± 0.9a	63 ± 18.2b	2.5 ± 0.5b	0.04
20	85%	3.4 ± 0.7b	45 ± 9.2c	2.9 ± 0.7ab	0.06

3. ความเป็นพิษต่อราก

ดินแดนแสดงความเป็นพิษต่อการเจริญของรากข้าวโพด ทานตะวัน ผักบุ้ง ผักทอง ข้าว และถั่วฝักยาวอย่างชัดเจน โดยความยาวรากของพืชทั้งสามชนิดลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg ในส่วนของผักกวางตุ้ง ความยาวรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นคือ 2 mg/kg ดินแดนไม่มีผลต่อความยาวรากของมะเขือเจ้าพระยา (ตารางที่ 3)

เมื่อเรียงลำดับความทนทานต่อดินแดนตามร้อยละของความยาวรากของพืชที่เจริญในดินที่มีดินแดนความเข้มข้น 20 mg/kg เทียบกับชุดควบคุม จะได้ลำดับของความทนทานต่อดินแดนจาก

มากไปน้อย ดังนี้ 1. มะเขือเจ้าพระยา 71% 2. ข้าว 53% 3. ผักกวางตุ้ง 51% 4. ทานตะวัน 50% 5. ผักบุ้ง 49% 6. ข้าวโพด 48% 7. ถั่วฝักยาว 43% และ 8. ฟักทอง 28%

ความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของรากของดินแดนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยดินแดน น้ำหนักสดของรากข้าวโพดอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg ในส่วนของผักกวางตุ้ง น้ำหนักสดรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 2 mg/kg ส่วนน้ำหนักสดของมะเขือเจ้าพระยา ข้าว และผักบุ้ง ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 20 mg/kg ดินแดนไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของฟักทอง และถั่วฝักยาว และลดน้ำหนักสดรากของทานตะวันเฉพาะที่ความเข้มข้น 2 mg/kg เท่านั้น

ความเป็นพิษต่อน้ำหนักแห้งของยอดของดินแดนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยดินแดนเพิ่มน้ำหนักแห้งของรากทานตะวันแล้วลดลงจนอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุมที่ความเข้มข้นสูงสุด น้ำหนักแห้งของรากฟักทองลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อมีดินแดน 2 mg/kg ส่วนข้าวโพด ถั่วฝักยาว มะเขือเจ้าพระยา ข้าว ผักบุ้ง และผักกวางตุ้ง น้ำหนักแห้งรากไม่เปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของดินแดนสูงขึ้น

เมื่อเรียงลำดับความทนทานต่อดินแดนตามร้อยละของน้ำหนักแห้งของรากของพืชที่เจริญในดินที่มีดินแดนความเข้มข้น 20 mg/kg เทียบกับชุดควบคุม จะได้ลำดับของความทนทานต่อดินแดนจากมากไปน้อย ดังนี้ 1. ถั่วฝักยาว 118% 2. ข้าว 90% 3. ข้าวโพด 76% 4. ผักบุ้ง 74% 5. ทานตะวัน 63% 6. มะเขือเจ้าพระยา 62% 7. ฟักทอง 60% และ 8. ผักกวางตุ้ง 29%

เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำในรากของต้นกล้าจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสด พบว่า พืชที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดเพิ่มขึ้นทันทีที่พบดินแดนในดิน ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วฝักยาว และผักบุ้ง แสดงว่าพืชเหล่านี้สะสมน้ำในรากลดลงทันทีที่สัมผัสกับดินแดน ส่วนมะเขือเจ้าพระยาจะพบว่าอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดเพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้นของดินแดนสูงสุดคือ 20 mg/kg เท่านั้น พืชที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดลดลง ได้แก่ ฟักทอง แสดงว่าการสะสมน้ำในรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมผัสกับดินแดน ส่วนพืชที่เหลืออีกสามชนิด คือ ผักกวางตุ้ง ทานตะวัน และข้าวมีแนวโน้มไม่แน่นอน

4. ความเป็นพิษต่อดัชนีความแข็งแรง

ดินแดนลดค่าดัชนีความแข็งแรงของพืชทุกชนิด ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นเพราะทั้งร้อยละการออก ความยาวยอดและความยาวรากลดลงเมื่อสัมผัสกับดินแดนทั้งสิ้น เมื่อเรียงลำดับตามร้อยละของดัชนีความแข็งแรงของพืชที่เจริญในดินที่มีดินแดนความเข้มข้น 20 mg/kg เทียบกับชุดควบคุมที่ จะได้ลำดับของความทนทานต่อดินแดนจากมากไปน้อย ดังนี้ 1. ข้าว 70 % 2. ทานตะวัน 50% 3. มะเขือ

เจ้าพระยา 48% 4. ผักบุ้ง 46% 5. ข้าวโพด 42% 6. ถั่วฝักยาว 22% 7. พริกทอง 18% และ 8. ผักกวางตุ้ง 14%

เมื่อพิจารณาจากความเป็นพิษต่อรากและดัชนีความแข็งแรง ข้าว ผักบุ้ง และทานตะวัน จัดเป็นพืชที่ทนทานต่อดินเค็ม พริกทอง ถั่วฝักยาว ผักกวางตุ้ง และข้าวโพด จัดเป็นพืชที่ไวต่อดินเค็ม ส่วนมะเขือเจ้าพระยานั้นหากพิจารณาจากความยาวรากเป็นหลักจัดว่าเป็นพืชที่ทนทาน แต่ถ้าพิจารณาจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ความทนทานจะลดลง

ตารางที่ 3 ความเป็นพิษของดินเค็มต่อดัชนีความแข็งแรง และการเจริญของของต้นกล้า 8 ชนิด

ความเข้มข้น (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ความยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ข้าวโพด					
0	352.0 ± 30.1	14.6 ± 1.4a	378 ± 63.2a	44.6 ± 9.3a	0.12
0.2	211.5 ± 27.2	10.4 ± 1.7b	317 ± 74.4ab	51.0 ± 11.2a	0.16
2	185.5 ± 28.2	9.2 ± 1.8bc	250 ± 74.0b	48.4 ± 14.0a	0.19
20	149.6 ± 17.2	7.0 ± 1.1c	243 ± 46.7b	38.2 ± 12.1a	0.16
ถั่วฝักยาว					
0	256.3 ± 54.9	10.2 ± 4.27a	172 ± 40.6a	17.5 ± 8.5a	0.10
0.2	95.9 ± 17.3	4.8 ± 1.25b	164 ± 18.5a	20.9 ± 8.9a	0.13
2	71.0 ± 10.9	4.4 ± 1.11b	149 ± 14.6a	20.6 ± 7.5a	0.14
20	56.1 ± 10.8	4.4 ± 0.76b	148 ± 27.6a	20.6 ± 13.6a	0.14
ทานตะวัน					
0	163.4 ± 27.7	7.9 ± 1.8a	142 ± 44.6ab	16 ± 3.6ab	0.11
0.2	105.6 ± 31.0	4.3 ± 1.9b	178 ± 39.1a	20.6 ± 8.8a	0.12
2	77.0 ± 24.7	3.9 ± 1.7b	76 ± 35.0b	24.1 ± 10.0a	0.32
20	78.5 ± 26.4	4.0 ± 1.3b	205 ± 72.2a	10.1 ± 5.5b	0.05
มะเขือ เจ้าพระยา					
0	50.1 ± 7.9	2.5 ± 0.58a	7.9 ± 1.9a	0.3 ± 0.2a	0.04
0.2	17.9 ± 4.5	1.7 ± 0.51a	6.9 ± 2.1ab	0.2 ± 0.2a	0.03
2	28.4 ± 6.1	2.1 ± 1.08a	6.6 ± 0.8ab	0.3 ± 0.1a	0.04
20	24.3 ± 6.1	1.8 ± 0.70a	3.0 ± 1.9b	0.2 ± 0.05a	0.07

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ความเข้มข้น (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ความยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ผักทอง					
0	169.2 ± 25.9	6.5 ± 1.7a	210 ± 26.5a	15.0 ± 1.0a	0.07
0.2	48.8 ± 7.3	1.8 ± 0.2b	227 ± 86.2a	10.3 ± 4.5a	0.04
2	22.5 ± 8.0	1.8 ± 0.2b	210 ± 115a	9.0 ± 2.6b	0.04
20	37.0 ± 12.9	1.8 ± 0.4b	223 ± 20.8a	9.0 ± 3.6b	0.04
ข้าว					
0	263.8 ± 30.0	16.5 ± 1.8a	43.9 ± 11.6a	4.6 ± 0.7a	0.10
0.2	299.8 ± 41.8	11.7 ± 1.8b	38.6 ± 9.4ab	3.3 ± 0.9a	0.08
2	287.7 ± 38.4	12.2 ± 1.2b	32.7 ± 8.1ab	3.8 ± 0.8a	0.12
20	184.7 ± 22.6	8.8 ± 1.3c	27.0 ± 4.8b	4.1 ± 1.0a	0.15
ผักนึ่ง					
0	127.9 ± 12.6	7.3 ± 0.6a	58.4 ± 11.0a	7.0 ± 3.0a	0.12
0.2	87.9 ± 15.6	4.9 ± 0.9b	46.1 ± 14.1ab	6.9 ± 1.2a	0.15
2	47.0 ± 7.0	4.0 ± 0.7b	38.4 ± 12.9ab	5.8 ± 2.1a	0.15
20	59.6 ± 10.3	3.6 ± 0.9b	34.8 ± 12.4b	5.2 ± 1.3a	0.15
ผักวางตุ้ง					
0	97.6 ± 13.7	3.5 ± 0.5a	6.4 ± 1.4a	1.0 ± 0.6a	0.16
0.2	98.0 ± 9.8	3.5 ± 1.2a	4.2 ± 1.4ab	0.6 ± 0.5a	0.14
2	65.0 ± 15.8	2.2 ± 1.0b	3.2 ± 2.1b	0.6 ± 0.1a	0.19
20	13.5 ± 2.9	2.0 ± 0.4b	4.3 ± 1.6ab	0.3 ± 0.2a	0.07

ความเป็นพิษของอัลฟา-เอนโดซัลแฟนต่อพืช

1. ความเป็นพิษต่อรื้อยละการงอก

อัลฟา-เอนโดซัลแฟนส่งผลในด้านการยับยั้งการงอกในพืชเกือบทุกชนิด ยกเว้นถั่วฝักยาว และผักทองที่เห็นผลไม่ชัดเจน รื้อยละการงอกของพืชส่วนใหญ่ลดลงเมื่อความเข้มข้นของอัลฟา-เอนโดซัลแฟนในดินสูงขึ้น โดยพืชที่มีรื้อยละการงอกต่ำที่สุดคือ ผักกวางตุ้ง โดยมีรื้อยละการงอก 50% ที่อัลฟา-เอนโดซัลแฟน 20 mg/kg พืชที่มีรื้อยละการงอกสูงสุดคือข้าวโพดและผักทอง โดยมีรื้อยละการงอก 90% ที่อัลฟา-เอนโดซัลแฟน 20 mg/kg ส่วนพืชชนิดอื่นๆ มีรื้อยละการงอกอยู่

ระหว่าง 85 -70% ถั่วลิสงไม่ออกในทุกชุดทดลองที่มีอัลฟา-เอน โคซัลแฟน จึงตัดผลของถั่วลิสงออกไป (ตารางที่ 4)

2. ความเป็นพิษต่อยอด

อัลฟา-เอน โคซัลแฟนแสดงความเป็นพิษต่อความยาวยอดของต้นกล้าบางชนิดเท่านั้น โดยลดความยาวยอดของถั่วฝักยาวและผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg ไม่มีผลต่อความยาวยอดของข้าวโพด ทานตะวัน มะเขือเจ้าพระยา และผักบุ้ง นอกจากนี้ไม่เป็นพิษแล้ว อัลฟา-เอน โคซัลแฟนยังเพิ่มความยาวยอดของข้าวอย่างมี ($P < 0.05$) ทางสถิติ และลดความยาวยอดของฟักทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เฉพาะที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg เท่านั้น

ความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของยอดของอัลฟา-เอน โคซัลแฟนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยอัลฟา-เอน โคซัลแฟนไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของถั่วฝักยาว ทานตะวันและฟักทอง ลดน้ำหนักสดของผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg ลดน้ำหนักสดของมะเขือเจ้าพระยาอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) จากชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 2 mg/kg ลดน้ำหนักสดของผักบุ้งที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg ลดน้ำหนักสดของข้าวโพดเมื่อมีอัลฟา-เอน โคซัลแฟน ความเข้มข้น 0.2 mg/kg และจะเพิ่มขึ้นมาอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุมที่ความเข้มข้น 2 - 20 mg/kg ในขณะที่น้ำหนักสดของยอดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 0.2 - 2 mg/kg แล้วลดลงมาอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุมที่ 20 mg/kg (ตารางที่ 4)

ความเป็นพิษต่อน้ำหนักแห้งของยอดของอัลฟา-เอน โคซัลแฟนแตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด โดยอัลฟา-เอน โคซัลแฟนไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพด ถั่วฝักยาว ทานตะวัน ฟักทอง ผักกวางตุ้ง ข้าวและผักบุ้ง การปรากฏของอัลฟา-เอน โคซัลแฟนในดินลดน้ำหนักแห้งของมะเขือเจ้าพระยาเท่านั้น (ตารางที่ 4)

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าอัลฟา-เอน โคซัลแฟนมีความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของยอดพืช ในขณะที่แทบจะไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของยอดพืชเลย และเมื่อพิจารณาอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของยอดพืชทุกชนิด พบว่า อัตราส่วนดังกล่าวมีแนวโน้มสูงขึ้นในพืชหลายชนิด ได้แก่ ข้าวโพด ถั่วฝักยาว มะเขือเจ้าพระยา และผักกวางตุ้ง แสดงว่าอัลฟา-เอน โคซัลแฟนแสดงความเป็นพิษโดยรบกวนระบบการขนส่งหรือสะสมน้ำของพืชเหล่านี้ ทำให้น้ำหนักสดของพืชลดลงเร็วกว่าน้ำหนักแห้ง ในกรณีของทานตะวัน ฟักทอง และผักบุ้ง พบว่า อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของยอดมีแนวโน้มคงที่ ส่วนข้าว พบว่า อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของยอดมีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงว่าอัลฟา-เอน โคซัลแฟนเข้าไปกระตุ้นการขนส่งหรือสะสมน้ำ ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในข้าวที่น้ำหนักสดเพิ่มขึ้นส่วนน้ำหนักแห้งคงที่ (ตารางที่ 1)

หากจะพิจารณาความทนทานต่ออัลฟา-เอน โคซัลเฟน โดยใช้ข้อมูลความเป็นพิษต่อยอดจะเห็นว่าพืชส่วนใหญ่ทนทานต่ออัลฟา-เอน โคซัลเฟน ยกเว้นมะเขือเจ้าพระยาและผักกวางตุ้งที่จัดว่าไวต่ออัลฟา-เอน โคซัลเฟน

ตารางที่ 4 ความเป็นพิษของอัลฟา-เอน โคซัลเฟนต่อร้อยละการงอก และการเจริญของยอดต้นกล้า 8 ชนิด

ความเข้มข้น (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ข้าวโพด					
0	100%	20.6 ± 1.5a	906 ± 139.6a	44.6 ± 9.3a	0.05
0.2	85%	17.3 ± 1.7a	607 ± 134.8b	49.3 ± 15.9a	0.08
2	85%	17.4 ± 1.6a	776 ± 119.2ba	51.9 ± 14.5a	0.07
20	90%	17.0 ± 1.4a	805 ± 151.2a	50.8 ± 11.4a	0.06
ถั่วฝักยาว					
0	80%	21.8 ± 3.5a	931.2 ± 132a	67.8 ± 16.7a	0.07
0.2	85%	20.3 ± 2.3ab	857.5 ± 99.7a	65.8 ± 16.3a	0.08
2	70%	20.2 ± 2.2ab	837.5 ± 75.6a	60.2 ± 9.4a	0.07
20	85%	16.8 ± 1.7b	736.2 ± 203.0a	65.5 ± 6.7a	0.09
ทานตะวัน					
0	100%	8.4 ± 1.0a	592.5 ± 121.0a	28.5 ± 7.3a	0.05
0.2	100%	8.5 ± 1.6a	501 ± 75.1a	23.9 ± 5.5a	0.05
2	95%	9.3 ± 1.6a	501 ± 111.7a	22.9 ± 5.1a	0.04
20	80%	9.2 ± 0.8a	481.2 ± 80.4a	23.8 ± 4.6a	0.05
มะเขือเจ้าพระยา					
0	95%	2.8 ± 0.25a	44.2 ± 14.4a	2.2 ± 0.7a	0.05
0.2	70%	2.8 ± 0.30a	25.7 ± 6.3ab	1.3 ± 0.2b	0.05
2	65%	3.0 ± 0.50a	14.8 ± 6.5b	1.0 ± 0.3b	0.07
20	70%	2.7 ± 0.27a	12.5 ± 5.2 b	1.4 ± 0.5ab	0.11

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ความเข้มข้น (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ผักทอง					
0	60%	12.3±1.2a	990 ± 69.3a	63 ± 7.9a	0.06
0.2	50%	9.2 ± 1.8b	927 ± 45.1a	62.7 ± 6.4a	0.07
2	55%	11.8 ± 1.7a	917 ± 15.1a	62.3 ± 5.9a	0.07
20	90%	12.1 ± 1.0a	973 ± 110.6a	60.7 ± 2.3a	0.06
ข้าว					
0	80%	16.5± 1.9b	43.4 ± 11.6b	7.5 ± 1.2a	0.17
0.2	80%	20.4 ± 2.6a	61.7 ± 13.1a	9.6 ± 1.6a	0.16
2	85%	21.1 ± 2.8a	61.1 ± 12.4a	8.7 ± 1.4a	0.14
20	70%	19.5 ± 2.8ab	55.9 ± 11.0ab	8.4 ± 1.7a	0.15
ผักบุ้ง					
0	85%	7.7 ± 0.9a	294.6 ± 37.8a	17.8 ± 2.2a	0.06
0.2	70%	6.2 ± 3.4a	228.2 ± 28.8ab	15.9 ± 3.5a	0.07
2	40%	6.2 ± 2.8a	273.0 ± 73.7ab	16.2 ± 4.1a	0.06
20	80%	5.7 ± 1.4a	205.4 ± 23.7b	14.0 ± 2.1a	0.07
ผักกวางตุ้ง					
0	100%	5.85 ± 0.86a	105.6 ± 20a	3.8 ± 1.9a	0.04
0.2	100%	6.1 ± 0.78a	58.7 ± 6.3b	3.0 ± 1.1a	0.05
2	90%	5.2 ± 0.70a	55.5 ± 9.9b	3.0 ± 1.5a	0.05
20	50%	3.2 ± 1.51b	42.5 ± 17.0b	2.4 ± 1.1a	0.06

3. ความเป็นพิษต่อราก

อัลฟา-เอนโดซัลแฟนไม่แสดงความเป็นพิษต่อความยาวรากข้าวโพด และมะเขือเจ้าพระยา ในขณะที่ลดความยาวรากของทานตะวันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เฉพาะที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg เท่านั้น อัลฟา-เอนโดซัลแฟนลดความยาวรากของถั่วฝักยาว ข้าวและผักบุ้งอย่างมี ($P < 0.05$) ทางสถิติที่เฉพาะที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg และลดความยาวรากของผักทองและผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 2 mg/kg

เมื่อเรียงลำดับตามร้อยละของความยาวรากของพืชที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอนโดซัลแฟน ความเข้มข้น 20 mg/kg เทียบกับชุดควบคุมที่ จะได้ลำดับของความทนทานต่อที่อัลฟา-เอนโดซัล

แพนจากมากไปน้อย ดังนี้ 1. ข้าวโพด 84% 2. มะเขือเจ้าพระยา 82% 3. ทานตะวัน 71% 4. ข้าว 64% 5. ถั่วฝักยาว 33% 6. ผักบุ้ง 33% 7. ผักกวางตุ้ง 31% และ 8. พักทอง 20%

ส่วนใหญ่อัลฟา-เอนโคซัลแฟน ไม่มีความเป็นพิษต่อน้ำหนักสดของราก โดยที่อัลฟา-เอนโคซัลแฟนลดน้ำหนักสดของรากมะเขือเจ้าพระยา ผักบุ้งและผักกวางตุ้งอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้นต่ำสุดคือ 0.2 mg/kg อัลฟา-เอนโคซัลแฟน ไม่มีผลต่อน้ำหนักสดของข้าว ข้าวโพด พักทอง ผักบุ้ง และถั่วฝักยาว และเพิ่มน้ำหนักสดรากของทานตะวัน ที่ความเข้มข้น 20 mg/kg

ส่วนใหญ่อัลฟา-เอนโคซัลแฟน ไม่มีความเป็นพิษต่อน้ำหนักแห้งของราก เฉพาะพักทอง เท่านั้นที่น้ำหนักแห้งของรากลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ที่ความเข้มข้น 20 mg/kg ส่วนพืชชนิดอื่นน้ำหนักแห้งของรากไม่ต่างกัน เมื่อเรียงลำดับความทนทานต่ออัลฟา-เอนโคซัลแฟนตามร้อยละของน้ำหนักแห้งของรากของพืชที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอนโคซัลแฟน ความเข้มข้น 20 mg/kg เทียบกับชุดควบคุม จะได้ลำดับของความทนทานต่ออัลฟา-เอนโคซัลแฟนจากมากไปน้อย ดังนี้ 1. ข้าวโพด 122% 2. ทานตะวัน 97% 3. ถั่วฝักยาว 81% 4. ข้าว 75% 5. ผักกวางตุ้ง 74% 6. ผักบุ้ง 62% 7. พักทอง 60% และ 8. มะเขือเจ้าพระยา 35%

เมื่อพิจารณาการสะสมน้ำในรากของต้นกล้าจากอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสด พบว่า พืชที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่อมีอัลฟา-เอนโคซัลแฟนในดิน ได้แก่ ข้าวโพด และผักกวางตุ้ง แสดงว่าพืชเหล่านี้สะสมน้ำในรากลดลงเมื่อสัมผัสกับอัลฟา-เอนโคซัลแฟน พืชที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดลดลง ได้แก่ ถั่วฝักยาว ทานตะวัน มะเขือเจ้าพระยา และข้าว แสดงว่าการสะสมน้ำในรากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อสัมผัสกับอัลฟา-เอนโคซัลแฟน ส่วนพืชที่เหลืออีกสองชนิด คือ พักทอง และผักบุ้งมีแนวโน้ม ไม่แน่นอน

4. ความเป็นพิษต่อดัชนีความแข็งแรง

อัลฟา-เอนโคซัลแฟนลดค่าดัชนีความแข็งแรงของพืชทุกชนิด ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นเพราะทั้ง ร้อยละการงอก ความยาวยอดและความยาวรากลดลงเมื่อได้รับอัลฟา-เอนโคซัลแฟนทั้งสิ้น เมื่อเรียงลำดับตามร้อยละของดัชนีความแข็งแรงของพืชที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอนโคซัลแฟน ความเข้มข้น 20 mg/kg เทียบกับชุดควบคุม จะได้ลำดับของความทนทานต่ออัลฟา-เอนโคซัลแฟนจากมากไปน้อย ดังนี้ 1. ข้าว 82% 2. ทานตะวัน 72% 3. ข้าวโพด 70% 4. ถั่วฝักยาว 67% 5. มะเขือเจ้าพระยา 67% 6. ผักบุ้ง 50% 7. พักทอง 44% และ 8. ผักกวางตุ้ง 24%

เมื่อพิจารณาจากความเป็นพิษต่อรากและดัชนีความแข็งแรง จะเห็นว่าพืชที่ทนทานต่ออัลฟา-เอนโคซัลแฟนคือ ข้าว ข้าวโพด และทานตะวัน ส่วนผักบุ้ง ผักกวางตุ้งและพักทองจัดเป็นพืชที่ไวต่ออัลฟา-เอนโคซัลแฟน

ตารางที่ 5 ความเป็นพิษของอัลฟา-เอนโดซัลแฟนต่อดัชนีความแข็งแรง และการเจริญของรากต้นกล้า 8 ชนิด

ความเข้มข้น (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ควมยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ข้าวโพด					
0	352.0 ± 30.1	14.6 ± 1.4a	475 ± 53.4a	54.0 ± 13.5a	0.11
0.2	276.2 ± 30.6	15.2 ± 1.9a	355 ± 107.6a	50.3 ± 15.6a	0.14
2	276.2 ± 21.2	15.1 ± 0.9a	442 ± 117.8a	57.3 ± 19.0a	0.13
20	263.7 ± 28.8	12.3 ± 1.9a	484 ± 83.1a	66.1 ± 24.2a	0.14
ถั่วฝักยาว					
0	245.3 ± 70.61	10.2 ± 4.3a	146.2 ± 59.3a	19.1 ± 12.7a	0.13
0.2	224.5 ± 68.94	4.7 ± 3.6b	155.0 ± 41.1a	19.8 ± 10.6a	0.13
2	163.0 ± 40.45	4.8 ± 1.1b	145.0 ± 50.4a	15.2 ± 7.5a	0.10
20	208.9 ± 31.1	3.4 ± 1.0b	136.6 ± 31.4a	15.5 ± 4.3a	0.11
ทานตะวัน					
0	163.4 ± 27.7	7.9 ± 1.8a	142 ± 44.6b	16.0 ± 3.6a	0.11
0.2	133.2 ± 44.5	4.8 ± 2.8b	104 ± 32.5b	12.9 ± 3.6a	0.12
2	140.3 ± 25.7	5.3 ± 1.6a	130 ± 44.4b	13.6 ± 7.9a	0.10
20	116.8 ± 21.6	5.6 ± 1.6a	188 ± 33.2a	15.5 ± 5.0a	0.08
มะเขือ เจ้าพระยา					
0	50.1 ± 7.91	2.5 ± 0.58a	8.4 ± 2.6a	0.9 ± 1.1a	0.11
0.2	38.9 ± 7.05	2.8 ± 0.71a	4.6 ± 0.6b	0.4 ± 0.2a	0.09
2	33.0 ± 8.33	2.1 ± 0.78a	3.9 ± 1.4b	0.4 ± 0.2a	0.10
20	33.4 ± 8.22	2.1 ± 0.90a	5.1 ± 1.1b	0.3 ± 0.2a	0.06
ฟักทอง					
0	169.2 ± 25.9	6.5 ± 0.5a	210.0 ± 26.5a	15.0 ± 1.0a	0.07
0.2	94.2 ± 13.7	6.5 ± 0.5a	170.0 ± 10.0a	15.7 ± 1.2a	0.09
2	80.7 ± 14.7	4.3 ± 0.6b	266.7 ± 66.6a	15.0 ± 1.0a	0.06
20	73.9 ± 8.8	1.3 ± 0.6c	233.3 ± 61.1a	9.0 ± 1.7b	0.04

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ความเข้มข้น (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ความยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ข้าว					
0	270.8 ± 59.3	16.7 ± 4.8a	43.9 ± 11.6a	4.6 ± 0.7a	0.10
0.2	249.4 ± 38.9	10.8 ± 2.2b	38.1 ± 8.2a	3.1 ± 1.3a	0.08
2	266.5 ± 44.0	9.8 ± 2.5b	36.8 ± 12.7a	3.0 ± 1.3a	0.08
20	216.3 ± 28.4	10.6 ± 2.3b	36.7 ± 5.7a	3.4 ± 1.3a	0.09
ผักนึ่ง					
0	127.9 ± 12.6	7.3 ± 0.6a	54.5 ± 10.4a	7.8 ± 2.2a	0.14
0.2	70.6 ± 31.8	3.8 ± 1.1b	44.9 ± 16.7a	7.7 ± 2.2a	0.17
2	44.4 ± 17.4	3.7 ± 1.0b	36.9 ± 2.5a	7.7 ± 2.5a	0.21
20	66.0 ± 26.3	2.6 ± 1.8b	34.8 ± 12.7a	4.8 ± 6.1a	0.14
ผักวางตุ้ง					
0	96.6 ± 13.94	3.8 ± 0.53ab	8.3 ± 3.6a	1.3 ± 0.7a	0.16
0.2	103.8 ± 13.07	4.3 ± 0.53a	4.2 ± 2.2b	1.1 ± 0.7a	0.26
2	75.2 ± 15.26	3.2 ± 0.99b	4.8 ± 2.0b	1.0 ± 0.5a	0.21
20	21.7 ± 10.68	1.1 ± 0.62c	5.0 ± 0.9b	1.0 ± 0.5a	0.20

ความเป็นพิษของดินปนร่วมกับอัลฟา-เอนโดซัลแฟนต่อพืช

1. ความเป็นพิษต่อข้าวโพด

1.1 ความเป็นพิษต่อร้อยละการงอก

เมื่อมีทั้งดินปนและอัลฟา-เอนโดซัลแฟนในดินพบว่าผลต่อร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวโพดน้อย โดยร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวโพดอยู่ระหว่าง 75 – 95% ในทุกหน่วยทดลอง ตัวอย่างเช่น เมล็ดข้าวโพดในดินที่มีดินปน 20 mg/kg งอกได้ 90% และเมล็ดข้าวโพดในดินที่มีดินปน 20 mg/kg + อัลฟา-เอนโดซัลแฟน 2 mg/kg งอกได้ 90% เช่นกัน

1.2 ความเป็นพิษต่อยอด

เมื่อมีทั้งดินปนและอัลฟา-เอนโดซัลแฟนในดินจะพบว่าความเป็นพิษร่วมกันของสารกำจัดศัตรูพืชสองชนิดให้ผลไม่ต่างจากความเป็นพิษของอัลฟา-เอนโดซัลแฟนชนิดเดียว แต่เป็นพิษน้อยกว่าความเป็นพิษของดินปนชนิดเดียว ตัวอย่างเช่น ยอดข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีดินปน 2.0 mg/kg เป็น 4.2 cm ยอดข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอนโดซัลแฟน 2.0 mg/kg เป็น 9.3

cm ส่วนยอดข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีลินเดน 2.0 mg/kg + อัลฟา-เอนโคซัลแฟน 0.2 mg/kg เป็น 10.8 cm การปรากฏของอัลฟา-เอนโคซัลแฟนในดินที่มีลินเดนทำให้ความเป็นพิษต่อความยาวยอดลดลง

ตารางที่ 6 ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอนโคซัลแฟนอัตราส่วนต่างๆกันต่อร้อยละการงอก และการเจริญของยอดข้าวโพด

ความเข้มข้น ลินเดน:เอน โคซัลแฟน (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
0:0	100%	8.4 ± 1.0	809.9 ± 96.2	44.6 ± 9.3	0.05
0:0.2	85%	8.5 ± 1.6	607.5 ± 134.8	49.3 ± 15.9	0.08
0:2	80%	9.3 ± 1.1	794.3 ± 116.3	51.9 ± 14.5	0.06
0:20	75%	9.2 ± 0.8	802.8 ± 163.2	50.8 ± 11.4	0.06
0.2:0	85%	6.8 ± 1.4	578.8 ± 130.7	51.0 ± 11.2	0.09
0.2:0.2	85%	9.8 ± 2.5	722.8 ± 109.8	48.0 ± 7.3	0.07
0.2:2	90%	9.3 ± 2.6	670.8 ± 242.7	41.1 ± 11.0	0.06
0.2:20	85%	10.5 ± 2.7	645.1 ± 119.8	47.2 ± 15.2	0.07
2:0	85%	4.2 ± 0.9	571.9 ± 146.4	53.0 ± 15.1	0.09
2:0.2	80%	10.8 ± 2.2	696.5 ± 156.8	83.5 ± 13.0	0.12
2:2	90%	9.3 ± 2.2	820.1 ± 323.1	43.9 ± 15.8	0.05
2:20	85%	11.5 ± 1.4	803.8 ± 136.1	55.0 ± 12.8	0.07
20:0	90%	5.6 ± 1.4	576.4 ± 128.8	43.5 ± 20.3	0.08
20:0.2	95%	10.1 ± 1.7	821.4 ± 135.4	49.5 ± 0.8	0.06
20:2	90%	10.4 ± 2.5	754.1 ± 183.6	52.1 ± 12.5	0.07
20:20	95%	6.9 ± 1.8	749.1 ± 101.7	46.1 ± 12.4	0.06

การปรากฏร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอนโคซัลแฟนลดน้ำหนักสดของยอดข้าวโพดในระดับเดียวกับดินที่มีอัลฟา-เอนโคซัลแฟนอย่างเดียวแต่น้อยกว่าในดินที่มีลินเดนอย่างเดียว ส่วนน้ำหนักแห้งของยอดข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ในดินที่มีลินเดนอย่างเดียว อัลฟา-เอนโคซัลแฟนอย่างเดียวหรือมีทั้งลินเดนและอัลฟา-เอนโคซัลแฟน อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดเพิ่มขึ้นเมื่อมีออร์กาโนคลอรีนในดินโดยเพิ่มขึ้นสูงสุดเป็น 0.12 ในดินที่

มีลินเดน 2 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลเฟน 0.2 mg/kg เฉพาะยอดข้าว โปดที่เจริญในดินที่มี มีลินเดน 2 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลเฟน 2 mg/kg เท่านั้นที่มีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสด เท่ากับยอดข้าว โปดที่เจริญในดินที่ไม่ปนเปื้อน

ตารางที่ 7 ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลเฟนอัตราส่วนต่างๆกันต่อร้อยละ การงอก และการเจริญของรากข้าว โปด

ความเข้มข้น ลินเดน:เอน โคซัลเฟน (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ความยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
ข้าวโปด					
0:0	352.0 ± 30.1	14.6 ± 1.4	378.7 ± 63.2	54.0 ± 13.5	0.14
0:0.2	276.1 ± 26.6	15.2 ± 1.9	355.0 ± 107.6	50.3 ± 15.6	0.14
0:2	260.2 ± 27.5	15.1 ± 0.9	468.6 ± 99.2	57.3 ± 19.0	0.12
0:20	207.3 ± 39.2	12.3 ± 1.8	495.7 ± 82.0	66.1 ± 24.2	0.13
0.2:0	211.5 ± 27.2	10.4 ± 1.7	317.2 ± 74.4	55.8 ± 20.5	0.18
0.2:0.2	251.4 ± 25.6	13.5 ± 2.0	276.9 ± 71.5	53.7 ± 18.5	0.19
0.2:2	242.7 ± 25.3	11.7 ± 4.5	274.1 ± 103.3	52.2 ± 25.4	0.19
0.2:20	270.7 ± 42.9	14.9 ± 0.6	246.1 ± 38.5	56.6 ± 23.9	0.23
2:0	197.1 ± 29.9	9.2 ± 1.8	250.3 ± 74.0	48.4 ± 14.0	0.19
2:0.2	213.7 ± 29.3	11.6 ± 4.0	180.4 ± 77.3	51.7 ± 11.8	0.29
2:2	214.2 ± 28.6	11.5 ± 2.6	270.4 ± 73.5	46.4 ± 16.8	0.17
2:20	201.6 ± 67.3	6.2 ± 1.7	447.9 ± 84.1	42.4 ± 12.2	0.09
20:0	179.6 ± 20.6	7.0 ± 1.1	243.2 ± 46.7	41.0 ± 18.3	0.17
20:0.2	234.5 ± 28.7	9.2 ± 2.1	215.0 ± 94.7	47.3 ± 9.4	0.22
20:2	214.9 ± 30.7	7.3 ± 3.1	329.6 ± 67.4	49.2 ± 27.2	0.15
20:20	230.0 ± 63.2	7.4 ± 2.3	308.3 ± 50.5	42.4 ± 12.2	0.14

1.3 ความเป็นพิษต่อราก

ความเป็นพิษของลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลเฟนต่อรากข้าว โปดลดลงเมื่อความเข้มข้นรวมของลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลเฟนเพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น ความยาวรากของต้นกล้าข้าว โปดที่เจริญในดินที่มีลินเดน 2 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลเฟน 0.2 mg/kg (ความเข้มข้นรวม =

2.2) เป็น 11.6 cm ในขณะที่ ความยาวรากของต้นกล้าข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีลินเดน 0.2 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลแฟน 2 mg/kg (ความเข้มข้นรวม = 2.2) เป็น 11.7 cm รากขนาดสั้น (6.2 – 7.4 cm) พบในดินที่มีลินเดนหรืออัลฟา-เอน โคซัลแฟนตัวใดตัวหนึ่ง 20 mg/kg

เมื่อมีทั้งลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลแฟนพบว่าทำให้น้ำหนักสดของรากข้าวโพดลดลงเมื่อเทียบกับข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีลินเดนหรืออัลฟา-เอน โคซัลแฟนอย่างเดียว ในขณะที่การปรากฏร่วมกันของสารทั้งสองชนิดไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของรากข้าวโพด น้ำหนักแห้งของรากข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีลินเดน 20 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลแฟน 20 mg/kg เป็น 42 mg ไม่ต่างจากน้ำหนักแห้งของรากข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีลินเดน 20 mg/kg (41 mg)

1.4 ความเป็นพิษต่อดัชนีความแข็งแรง

ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวโพดที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอน โคซัลแฟนอย่างเดียวลดลงจากดินที่ไม่มีการปนเปื้อนมาก และอยู่ในระดับเดียวกับความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนกับอัลฟา-เอน โคซัลแฟน ส่วนดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวโพดที่เจริญในดินที่ปนเปื้อนลินเดนอย่างเดียวจะมีค่าต่ำที่สุด

2. ความเป็นพิษต่อทานตะวัน

2.1 ความเป็นพิษต่อร้อยละการงอก

ความเป็นพิษของทั้งลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลแฟนต่อร้อยละการงอกมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อเทียบกับลินเดนหรืออัลฟา-เอน โคซัลแฟนเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น ร้อยละการงอกของเมล็ดทานตะวันในดินที่มีลินเดน 2 mg/kg เป็น 95% ส่วนในดินที่มีอัลฟา-เอน โคซัลแฟน 2 mg/kg เป็น 95% ในขณะที่ร้อยละการงอกที่ต่ำที่สุด (48%) พบในดินที่มีลินเดน 2 mg/kg + มีอัลฟา-เอน โคซัลแฟน 20 mg/kg

2.2 ความเป็นพิษต่อยอด

ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลแฟนต่อความยาวยอดนั้นอยู่ในระดับเดียวกับความเป็นพิษของอัลฟา-เอน โคซัลแฟนเพียงอย่างเดียว และมีความเป็นพิษน้อยกว่าความเป็นพิษของลินเดนเพียงอย่างเดียว ยกเว้นความยาวยอดของทานตะวันที่เจริญในดินที่มีลินเดน 20 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลแฟน 20 mg/kg จะใกล้เคียงกับความยาวยอดของทานตะวันที่เจริญในดินที่มีลินเดนเพียงอย่างเดียว

น้ำหนักสดของยอดทานตะวันส่วนใหญ่ลดลงเมื่อมีทั้งลินเดนและอัลฟา-เอน โคซัลแฟนในดิน และจะลดลงมากขึ้นเมื่อปริมาณทั้งหมดของสารกำจัดศัตรูพืชในดินเพิ่มขึ้น โดยน้ำหนักสดของยอดทานตะวันที่เจริญในดินที่มีลินเดน 20 mg/kg + อัลฟา-เอน โคซัลแฟน 20 mg/kg มีค่าต่ำสุดและต่างจากทานตะวันในดินที่ไม่มีสารกำจัดศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ในขณะที่น้ำหนักแห้งของยอดทานตะวันในแต่ละหน่วยทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ และอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดมีแนวโน้มใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 8 ความเป็นพิษร่วมกันของดินเค็มและอัลฟา-เอนโดซัลแฟนอัตราส่วนต่างๆกันต่อร้อยละการงอก และการเจริญของยอดทานตะวัน

ความเข้มข้น ดินเค็ม:เอน โดซัลแฟน (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
0:0	100%	8.4 ± 1.0	592.5 ± 121.0	28.5 ± 7.3	0.05
0:0.2	95%	8.5 ± 1.6	501.2 ± 75.1	23.9 ± 5.5	0.05
0:2	95%	9.3 ± 1.1	507.1 ± 119.3	22.9 ± 5.1	0.04
0:20	85%	9.2 ± 0.8	491.4 ± 81.1	23.8 ± 4.6	0.05
0.2:0	100%	6.8 ± 1.4	521.2 ± 98.9	26.4 ± 6.1	0.05
0.2:0.2	85%	9.8 ± 2.5	466.5 ± 198.1	25.8 ± 4.9	0.06
0.2:2	65%	9.3 ± 2.6	607.4 ± 52.7	24.5 ± 6.1	0.04
0.2:20	50%	10.5 ± 2.7	618.3 ± 151.4	25.6 ± 4.1	0.04
2:0	95%	4.2 ± 0.9	416.2 ± 84.5	23.2 ± 4.3	0.06
2:0.2	70%	10.8 ± 2.2	467.0 ± 144.8	24.0 ± 5.1	0.05
2:2	80%	9.3 ± 2.2	427.7 ± 63.7	25.9 ± 2.2	0.06
2:20	45%	11.5 ± 1.4	522.0 ± 133.5	25.7 ± 4.1	0.05
20:0	80%	5.6 ± 1.4	553.8 ± 150.9	25.8 ± 7.3	0.05
20:0.2	45%	10.1 ± 1.7	467.2 ± 89.7	21.9 ± 3.2	0.05
20:2	60%	10.4 ± 2.5	435.1 ± 123.6	25.5 ± 6.5	0.06
20:20	80%	6.9 ± 1.8	381.4 ± 66.1	24.4 ± 3.3	0.06

2.3 ความเป็นพิษต่อราก

ความยาวรากของต้นกล้าทานตะวันที่เจริญในดินที่มีทั้งดินเค็มและอัลฟา-เอนโดซัลแฟน (อยู่ระหว่าง 7-10 cm) สูงกว่าความยาวรากทานตะวันที่เจริญในดินที่มีเพียงดินเค็มหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนเพียงอย่างเดียว (อยู่ระหว่าง 3.9 – 5.6 cm) และใกล้เคียงกับความยาวรากทานตะวันที่เจริญในดินที่ไม่มีสารกำจัดศัตรูพืช (7.9 cm)

น้ำหนักสดของรากทานตะวันส่วนใหญ่ลดลงเมื่อปริมาณทั้งหมดของสารกำจัดศัตรูพืชในดินเพิ่มขึ้น ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอนโดซัลแฟนลดน้ำหนักแห้งของรากทานตะวันลงมาอยู่ระหว่าง 8 – 11 mg ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกับน้ำหนักแห้งของรากทานตะวันในดินที่มีลินเดน 20 mg/kg เพียงอย่างเดียว (10 mg) แต่ต่ำกว่าดินที่มีลินเดนหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนความเข้มข้นอื่นเพียงอย่างเดียว (13 – 21 mg) ส่วนอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสดของรากทานตะวันมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของอัลฟา-เอนโดซัลแฟนสูงขึ้น โดยที่ความเข้มข้นของลินเดนในดินอยู่ในระดับ 0 – 0.2 mg/kg แต่เมื่อมีลินเดนสูงกว่านี้ แนวโน้มจะไม่แน่นอน

ตารางที่ 9 ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอนโดซัลแฟนอัตราส่วนต่างๆกันต่อดัชนีความแข็งแรง และการเจริญของรากทานตะวัน

ความเข้มข้น ลินเดน:เอน โดซัลแฟน (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ความยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
0:0	156.1 ± 34.7	7.9 ± 1.8	142.5 ± 44.6	16.0 ± 3.6	0.11
0:0.2	126.6 ± 42.3	4.8 ± 2.8	103.8 ± 32.5	12.9 ± 3.6	0.12
0:2	139.7 ± 25.9	5.3 ± 1.6	131.4 ± 47.8	13.6 ± 8.0	0.10
0:20	124.5 ± 22.6	5.6 ± 1.6	182.8 ± 33.0	15.5 ± 5.0	0.08
0.2:0	111.1 ± 32.6	4.3 ± 1.9	178.2 ± 39.1	20.6 ± 4.9	0.11
0.2:0.2	166.2 ± 32.7	9.7 ± 1.4	127.6 ± 60.5	11.4 ± 3.9	0.09
0.2:2	128.3 ± 19.8	8.3 ± 1.8	202.1 ± 56.2	11.3 ± 6.7	0.06
0.2:20	95.8 ± 20.1	8.7 ± 1.1	217.4 ± 57.5	9.0 ± 3.7	0.04
2:0	77.0 ± 24.7	3.9 ± 1.7	176.2 ± 35.0	17.7 ± 4.2	0.10
2:0.2	130.8 ± 32.8	7.7 ± 1.6	152.1 ± 61.1	10.7 ± 5.7	0.07
2:2	128.6 ± 32.0	7.0 ± 1.7	88.0 ± 38.5	11.3 ± 4.8	0.13
2:20	96.8 ± 10.6	10.0 ± 0.8	162.3 ± 40.5	8.0 ± 2.1	0.05
20:0	76.4 ± 21.2	4.0 ± 1.3	204.8 ± 72.2	10.1 ± 3.9	0.05
20:0.2	86.7 ± 19.6	9.2 ± 1.9	177.3 ± 50.6	8.4 ± 3.8	0.05
20:2	107.6 ± 28.1	7.3 ± 1.8	168.1 ± 34.7	11.6 ± 2.9	0.07
20:20	127.8 ± 35.4	7.1 ± 1.8	68.1 ± 27.0	10.6 ± 4.6	0.15

2.4 ความเป็นพิษต่อดัชนีความแข็งแรง

ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าทานตะวันที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอน โดซัลแฟน อย่างเดียวลดลงจากดินที่ไม่มีการปนเปื้อนมาก ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าทานตะวันที่เจริญใน ดินที่ปนเปื้อนดินเค็มอย่างเดียวจะมีค่าต่ำกว่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าทานตะวันที่เจริญในดิน ที่ปนเปื้อนอัลฟา-เอน โดซัลแฟนอย่างเดียวและอยู่ในระดับเดียวกับความเป็นพิษร่วมกันของดินเค็ม กับอัลฟา-เอน โดซัลแฟน

3. ความเป็นพิษต่อข้าว

3.1 ความเป็นพิษต่อร้อยละการงอก

การปรากฏของอัลฟา-เอน โดซัลแฟนมีแนวโน้มลดปริมาณการงอกทั้งหมดของ เมล็ดข้าวจาก 80% ในดินที่ไม่ปนเปื้อนเป็น 70% ในดินที่มีอัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg ดินเค็ม ไม่มีผลต่อการงอกของเมล็ดข้าวและมีแนวโน้มว่าจะกระตุ้นการงอกได้บ้างเล็กน้อย เมื่อมีทั้งดิน เค็มและอัลฟา-เอน โดซัลแฟน อัตราการงอกของเมล็ดข้าวยังไม่ต่างจากชุดควบคุมแม้จะมีสารกำจัด ศัตรูพืชตัวใดตัวหนึ่งถึง 20 mg/kg (ตารางที่ 10)

3.2 ความเป็นพิษต่อยอด

เมื่อมีดินเค็มหรืออัลฟา-เอน โดซัลแฟนความเข้มข้นต่ำเพียงอย่างเดียวในดินพบว่า มีแนวโน้มที่จะเพิ่มน้ำหนักสดของยอดข้าวและลดลงเมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น เมื่อมีทั้งดินเค็ม และอัลฟา-เอน โดซัลแฟน พบว่าน้ำหนักสดของยอดไม่ต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ดินเค็ม 0.2 mg/kg + อัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg (ตารางที่ 10)

ทั้งดินเค็มและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของ ยอดข้าวแต่เมื่อมีทั้งดินเค็มและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนพบว่ามีแนวโน้มที่จะเพิ่มอัตราส่วนระหว่าง น้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดของยอดข้าวเล็กน้อย โดยเฉพาะในหน่วยทดลองที่มีดินเค็มหรืออัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg (ตารางที่ 10) ตัวอย่างเช่น อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดของยอด ข้าวที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg เป็น 0.15 แต่ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสดของยอดข้าวที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg + ดินเค็ม 0.2 mg/kg เป็น 0.28 ซึ่งเป็นไปได้ว่าเมื่อมีสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดรวมกันจะเข้าไปรบกวนการขนส่งและการ สะสมน้ำในยอดของต้นกล้าข้าว

อัลฟา-เอน โดซัลแฟนทุกความเข้มข้นและดินเค็ม 0.2 – 2 mg/kg เพิ่มความยาวยอด ข้าว แต่เมื่อมีทั้งดินเค็มและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนพบว่ามีผลต่อความยาวยอดข้าวเมื่อเปรียบเทียบกับ ต้นกล้าข้าวที่เจริญในดินที่ไม่มีสารกำจัดศัตรูพืช โดยเฉพาะหน่วยทดลองที่มีดินเค็ม 0.2 mg/kg +

อัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg เท่านั้นที่ลดความยาวยอดข้าวลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ($P < 0.05$) (ตารางที่ 10)

3.3 ความเป็นพิษต่อราก

เมื่อมีลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพียงอย่างเดียวจะลดน้ำหนักสดของรากข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อมีทั้งลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟน ความเป็นพิษร่วมกันต่อน้ำหนักสดของรากยิ่งมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับความเป็นพิษของลินเดนหรืออัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น น้ำหนักสดของรากข้าวที่เจริญในดินที่มีลินเดน 2 mg/kg เป็น 32.7 mg ในขณะที่ น้ำหนักสดของรากข้าวที่เจริญในดินที่มีลินเดน 2 mg/kg + อัลฟา-เอน โดซัลแฟน 0.2 mg/kg เป็น 13.3 mg (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนอัตราส่วนต่างๆกันต่อร้อยละการงอก และการเจริญของยอดข้าว

ความเข้มข้น ลินเดน:เอน โดซัลแฟน (mg/kg)	ร้อยละการ งอก	ความยาวยอด (cm)	ยอด		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
0:0	80%	16.5 ± 1.9	43.4 ± 11.6	7.5 ± 1.2	0.17
0:0.2	80%	20.4 ± 2.6	61.7 ± 13.1	9.6 ± 1.6	0.16
0:2	85%	21.1 ± 2.8	61.1 ± 12.4	8.7 ± 1.4	0.14
0:20	70%	19.5 ± 2.8	55.9 ± 11.0	8.4 ± 1.7	0.15
0.2:0	95%	19.9 ± 2.6	62.4 ± 10.5	8.6 ± 1.8	0.14
0.2:0.2	85%	16.3 ± 3.4	44.3 ± 9.2	8.0 ± 2.3	0.18
0.2:2	75%	16.6 ± 1.2	35.4 ± 6.3	5.5 ± 1.4	0.15
0.2:20	95%	12.8 ± 2.0	25.6 ± 2.8	7.2 ± 1.2	0.28
2:0	90%	19.8 ± 3.1	59.2 ± 13.1	8.4 ± 2.9	0.14
2:0.2	90%	13.5 ± 4.5	37.9 ± 10.0	6.6 ± 1.8	0.17
2:2	95%	13.7 ± 1.5	36.4 ± 4.4	7.4 ± 1.4	0.20
2:20	90%	14.2 ± 3.3	37.1 ± 9.4	8.0 ± 1.7	0.21
20:0	75%	15.9 ± 1.7	42.1 ± 6.8	6.8 ± 0.8	0.16
20:0.2	90%	16.6 ± 1.9	36.1 ± 6.4	8.2 ± 1.5	0.23
20:2	90%	16.3 ± 4.5	34.9 ± 12.1	6.5 ± 3.1	0.19
20:20	95%	16.0 ± 1.5	38.8 ± 3.1	7.4 ± 1.1	0.19

ทั้งดินเค็ม อัลฟา-เอนโคซัลเฟนเพียงอย่างเดียวหรือรวมกันไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของรากข้าว แต่เมื่อมีทั้งดินเค็มและอัลฟา-เอนโคซัลเฟน อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดของรากข้าวจะเพิ่มขึ้นมากกว่าเมื่อมีดินเค็มหรืออัลฟา-เอนโคซัลเฟนเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดของรากข้าวที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอนโคซัลเฟน 20 mg/kg เป็น 0.09 ส่วนอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักแห้ง/น้ำหนักสดของรากข้าวที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอนโคซัลเฟน 20 mg/kg + ดินเค็ม 0.2 mg/kg เป็น 0.51 ซึ่งเป็นไปได้ว่าเมื่อมีสารกำจัดศัตรูพืชทั้งสองชนิดรวมกันจะเข้าไปรบกวนการขนส่งและการสะสมน้ำในรากของต้นกล้าข้าว

ตารางที่ 11 ความเป็นพิษร่วมกันของดินเค็มและอัลฟา-เอนโคซัลเฟนอัตราส่วนต่างๆกันต่อร้อยละการงอก และการเจริญของรากข้าว

ความเข้มข้น ดินเค็ม-เอน โคซัลเฟน (mg/kg)	ดัชนีความ แข็งแรง	ความยาวราก (cm)	ราก		
			น้ำหนักสด (mg)	น้ำหนักแห้ง (mg)	น้ำหนักแห้ง/ น้ำหนักสด
0:0	263.8 ± 30.0	16.5 ± 1.8	43.9 ± 11.6	4.6 ± 0.7	0.10
0:0.2	249.4 ± 38.9	10.8 ± 2.2	38.1 ± 8.2	3.1 ± 1.3	0.08
0:2	264.0 ± 44.8	10.0 ± 2.4	36.8 ± 12.7	3.0 ± 1.3	0.08
0:20	210.4 ± 35.3	10.6 ± 2.1	36.7 ± 5.7	3.4 ± 1.3	0.09
0.2:0	299.8 ± 41.8	11.7 ± 1.8	38.6 ± 9.4	3.3 ± 0.9	0.08
0.2:0.2	249.4 ± 43.6	13.0 ± 1.7	16.9 ± 14.0	5.0 ± 1.1	0.29
0.2:2	203.2 ± 17.8	10.5 ± 1.2	22.0 ± 15.4	7.4 ± 4.2	0.34
0.2:20	206.7 ± 27.4	9.0 ± 0.8	15.6 ± 5.1	8.0 ± 3.4	0.51
2:0	287.7 ± 38.4	12.2 ± 1.2	32.7 ± 8.1	3.8 ± 0.8	0.12
2:0.2	216.9 ± 58.3	10.6 ± 2.0	13.3 ± 9.8	5.1 ± 1.0	0.38
2:2	221.5 ± 28.5	9.6 ± 1.4	16.8 ± 4.4	6.6 ± 0.9	0.39
2:20	233.8 ± 46.6	11.7 ± 1.8	15.5 ± 5.6	7.7 ± 5.9	0.50
20:0	184.7 ± 22.6	8.8 ± 1.3	27.0 ± 4.8	4.1 ± 1.0	0.15
20:0.2	257.6 ± 33.5	12.1 ± 1.9	11.4 ± 4.2	5.0 ± 3.4	0.44
20:2	252.7 ± 57.3	11.8 ± 1.7	10.4 ± 12.0	4.2 ± 1.2	0.40
20:20	271.9 ± 32.4	12.6 ± 1.9	14.8 ± 8.7	5.3 ± 2.2	0.36

ลินเดนหรืออัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพียงอย่างเดียวลดความยาวรากข้าวอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.05$) เมื่อมีทั้งลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟน ความเป็นพิษต่อความยาวรากข้าวไม่ได้เพิ่มขึ้น คงอยู่ในระดับเดียวกับเมื่อมีลินเดนหรืออัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น ความยาวรากของต้นกล้าข้าวที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg เป็น 10.6 cm ในขณะที่ความยาวรากของต้นกล้าข้าวที่เจริญในดินที่มีอัลฟา-เอน โดซัลแฟน 20 mg/kg + ลินเดน 0.2 mg/kg เป็น 9.0 cm

3.4 ความเป็นพิษต่อดัชนีความแข็งแรง

ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของอัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพิ่มขึ้น ลินเดนความเข้มข้น 0.2 – 2 mg/kg เพิ่มดัชนีความแข็งแรงขึ้นเล็กน้อยแล้วลดลงที่ความเข้มข้นสูงสุดคือ 20 mg/kg เมื่อมีทั้งลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟน ดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าข้าวทุกหน่วยทดลองต่ำกว่าค่าดัชนีความแข็งแรงของดินที่ไม่ปนเปื้อน แต่ความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนต่อดัชนีความแข็งแรงไม่ชัดเจนเท่าความเป็นพิษต่อความยาวและน้ำหนักสดของราก (ตารางที่ 11)

การคัดเลือกพืชเพื่อใช้ในการฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟน

ในการศึกษาทางด้านการใช้พืชฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนั้น พืชส่วนใหญ่ที่นิยมใช้ได้แก่ พืชวงศ์ Poaceae เช่น *Holcus lanatus* (Kidd et al., 2008) *Avena sativa* (Pereira et al., 2006) พืชวงศ์ Papilionaceae เช่น *Cytisus striatus* (Kidd et al., 2008; Pereira et al., 2006) พืชวงศ์ Solanaceae เช่น *Solanum nigrum* (Pereira et al., 2006) พืชวงศ์ Asteraceae เช่น อาร์ติโชค (*Cynara scolymus*) (Pereira et al., 2007) ในงานวิจัยนี้จึงเลือกพืชในวงศ์ดังกล่าวที่หาได้ง่ายในจังหวัดนครสวรรค์ และเป็นพืชเศรษฐกิจทั้งหมดมาศึกษาความทนทานต่อสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้

จากการศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของลินเดนและอัลฟา-เอน โดซัลแฟนเพื่อคัดเลือกพืชที่เหมาะสมในการฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนั้น จะเห็นได้ว่า ลินเดนแสดงความเป็นพิษต่อพืชมากกว่าเอน โดซัลแฟน ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นไปได้ที่โครงสร้างและมวลโมเลกุลของลินเดนมีขนาดเล็กกว่าจึงสามารถเข้าสู่เซลล์พืชได้ง่ายกว่า

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาความเป็นพิษต่อพืชแต่ละชนิดที่คัดเลือกมา พบว่า ในส่วนของลินเดนนั้น พืชที่จัดว่าทนทานคือ ข้าว ทานตะวัน และผักบุ้ง ส่วนพืชที่จัดว่าไวต่อลินเดนได้แก่ ข้าวโพด ผักกวางตุ้ง และผักทอง ส่วนถั่วฝักยาวและมะเขือเจ้าพระยานั้น ขึ้นกับจุดยู่ที่ใช้พิจารณา โดย

มะเขือเจ้าพระยานั้น หากพิจารณาด้วยความยาวรากจะจัดว่าเป็นพืชทนทาน แต่ถ้าพิจารณาด้วยน้ำหนักแห้งจัดว่าเป็นพืชที่ไว ส่วนถั่วฝักยาวนั้นตรงกันข้าม คือถ้าพิจารณาด้วยความยาวรากจะจัดเป็นพืชที่ไว แต่ถ้าพิจารณาด้วยน้ำหนักแห้งจะจัดเป็นพืชที่ทนทาน ซึ่งหากเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Pereira et al. (2010) ที่ศึกษาความเป็นพิษของ hexachlorocyclohexane (รวมทุกไอโซเมอร์โดยมีลินเดนอยู่ 5%) ต่อพืชในวงศ์ Poaceae, Papilionaceae, Brassicaceae และ Solanaceae โดยใช้วิธีเดียวกับที่ใช้ในการวิจัยนี้แต่ดินที่ใช้เป็นดินกรด พบว่า *Hordeum vulgare* (วงศ์ Poaceae) *Brassica* sp. (วงศ์ Brassicaceae) และ *Phaseolus vulgaris* (วงศ์ Papilionaceae) เป็นพืชที่ทนทาน ในขณะที่ในการวิจัยนี้ ผักกวางตุ้ง (วงศ์ Brassicaceae) จัดเป็นพืชที่ไวต่อลินเดน ส่วนถั่วฝักยาว (วงศ์ Papilionaceae) เป็นพืชที่ทนต่อลินเดนในระดับปานกลาง

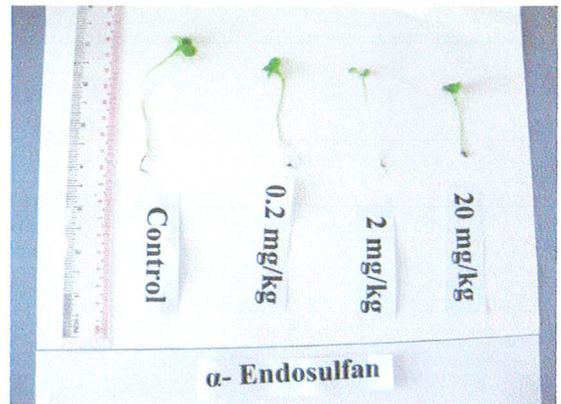
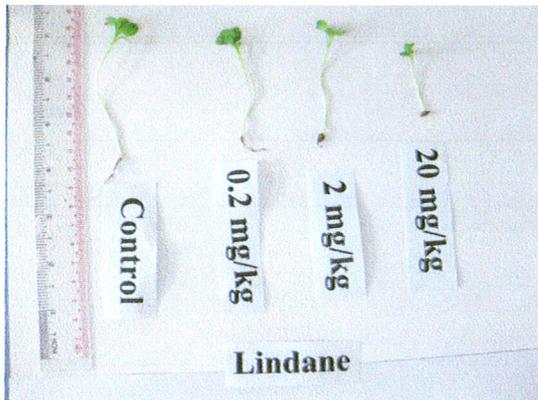
ในกรณีของอัลฟา-เอนโดซัลแฟนนั้น พืชที่จัดว่าทนทานคือ ข้าว ข้าวโพด ทานตะวัน และถั่วฝักยาว ส่วนพืชที่จัดว่าไวคือ ผักบุ้ง ผักกวางตุ้ง พักทอง ส่วนมะเขือเจ้าพระยานั้น หากพิจารณาด้วยความยาวรากจะจัดว่าเป็นพืชทนทาน แต่ถ้าพิจารณาด้วยน้ำหนักแห้งจัดว่าเป็นพืชที่ไว

เนื่องจากในสภาพแวดล้อมที่พบการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนนั้นจะพบสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้หลายชนิดอยู่ร่วมกัน โอกาสที่จะพบการปนเปื้อนเพียงชนิดเดียวมีน้อย จึงทดสอบความเป็นพิษร่วมกันของลินเดนและอัลฟา-เอนโดซัลแฟนที่ปนเปื้อนร่วมกันในดิน โดยคัดเลือกพืชที่ทนทานต่อลินเดนหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนชนิดเดียวมาสามชนิด คือ ข้าว ข้าวโพดและทานตะวัน ซึ่งจากผลของการทดสอบเห็นได้ว่าส่วนใหญ่ความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนมีแนวโน้มขึ้นกับความเข้มข้นรวมของสารทั้งสองชนิด หรือมิฉะนั้นจะให้ผลไม่ต่างไปจากสารชนิดเดียวมากนัก ไม่พบผลร่วมกันของสารสองชนิดที่ทำให้ความเป็นพิษเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ดังนั้น พืชทั้งสามชนิดคือ ข้าว ข้าวโพด และทานตะวันจัดเป็นพืชที่ทนทานและมีศักยภาพในการใช้ฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนลินเดนหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนได้ ในขั้นต่อไปจึงเป็นการประเมินความสามารถของพืชทั้งสองชนิดนี้ในการส่งเสริมการย่อยสลายหรือสะสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ไว้ในชีวมวลต่อไป

อย่างไรก็ตาม ข้าวอาจไม่เหมาะสมต่อการพิจารณานำมาใช้ในการฟื้นฟูสภาพสิ่งแวดล้อมด้วยพืช หากข้าวสามารถสะสมสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ได้ดี เพราะข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ใช้บริโภค ทำให้มีโอกาสนำสารพิษกลุ่มนี้เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ และเคยมีรายงานว่าแม้ข้าวจะสนับสนุนการย่อยสลาย hexachlorocyclohexane ได้ดี แต่ก็สะสมสารกลุ่มนี้ในเมล็ดได้ด้วย (Yang et al., 2008) ในขณะเดียวกัน การที่ข้าวและข้าวโพด ซึ่งเป็นตัวแทนของพืชวงศ์ Poaceae และทานตะวันซึ่งเป็นตัวแทนของพืชวงศ์ Asteraceae เป็นพืชที่ทนทานต่อสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนได้ดี จึงเป็นไปได้ที่จะนำพืชท้องถิ่นอื่นๆที่อยู่ในทั้งสองวงศ์นี้ มาทดสอบ

ความสามารถในการส่งเสริมการย่อยสลายหรือการสะสมสารกลุ่มนี้ด้วย เนื่องจากความทนทานต่อสารพิษของพืชนั้น หากเป็นพืชวงศ์เดียวกันมักจะมี ความทนทานอยู่ในระดับเดียวกัน (Clark et al., 2004)

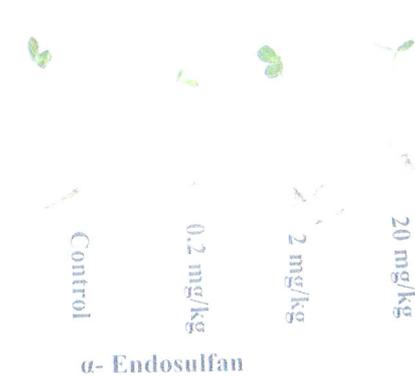
เมื่อพิจารณากลุ่มพืชที่ไวต่อสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มนี้ที่ตกค้างอยู่ในดินด้วยวิธีนั้น ผักกวางตุ้งเป็นพืชที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากการเจริญเติบโตของผักกวางตุ้งจะลดลงทันทีเมื่อมีลินเดนหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนในดิน และจะลดลงมากขึ้นเมื่อมีลินเดนหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนมากขึ้น โดยจุดยุติที่เหมาะสมคือน้ำหนักสดของยอดทั้งในดินที่มีลินเดนอย่างเดียวหรืออัลฟา-เอนโดซัลแฟนอย่างเดียว ความยาวรากของข้าวโพดเป็นจุดยุติที่ไวต่อปริมาณลินเดน โดยลดลงทันทีที่สัมผัสลินเดนในดิน และลดลงมากขึ้นเมื่อปริมาณลินเดนในดินเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากข้าวโพดทนทานต่ออัลฟา-เอนโดซัลแฟน จึงไม่สามารถใช้ประเมินปริมาณอัลฟา-เอนโดซัลแฟนในดินได้ และในทำนองเดียวกัน การที่ผักกวางตุ้งซึ่งเป็นตัวแทนของพืชวงศ์ Brassicaceae มีศักยภาพในการใช้ประเมินปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนที่ตกค้างในดินด้วยวิธีนี้ จึงเป็นไปได้ที่จะนำพืชท้องถิ่นอื่นๆ ที่อยู่ในวงศ์นี้มาทดสอบศักยภาพในการใช้ประเมินปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในดิน



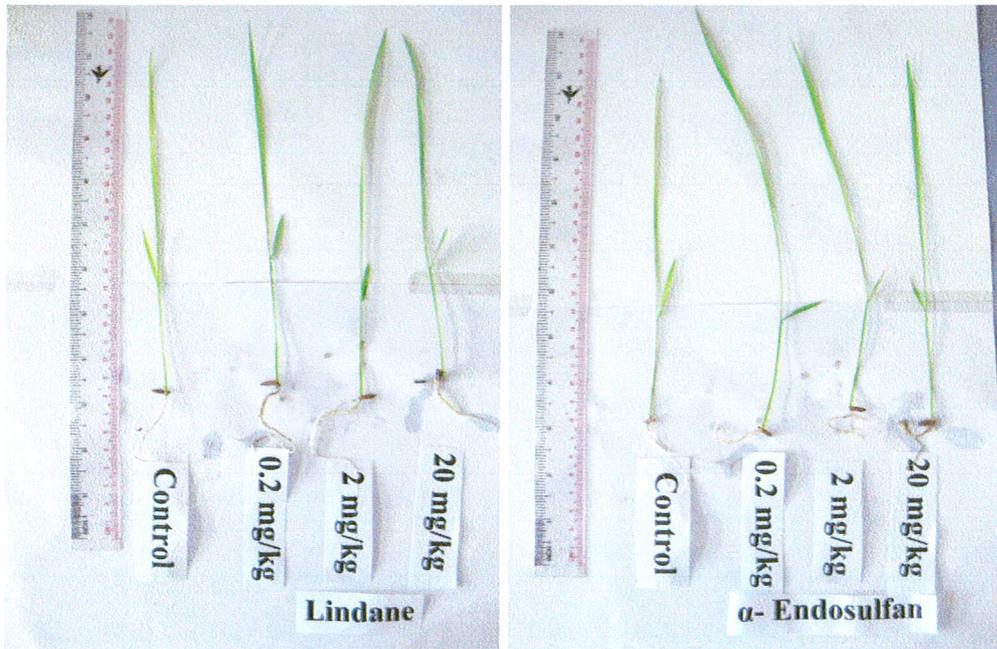
ภาพที่ 1 ต้นกล้าผักกวางตุ้งที่เจริญในดินค่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอน โดซัลเฟน (ขวา)



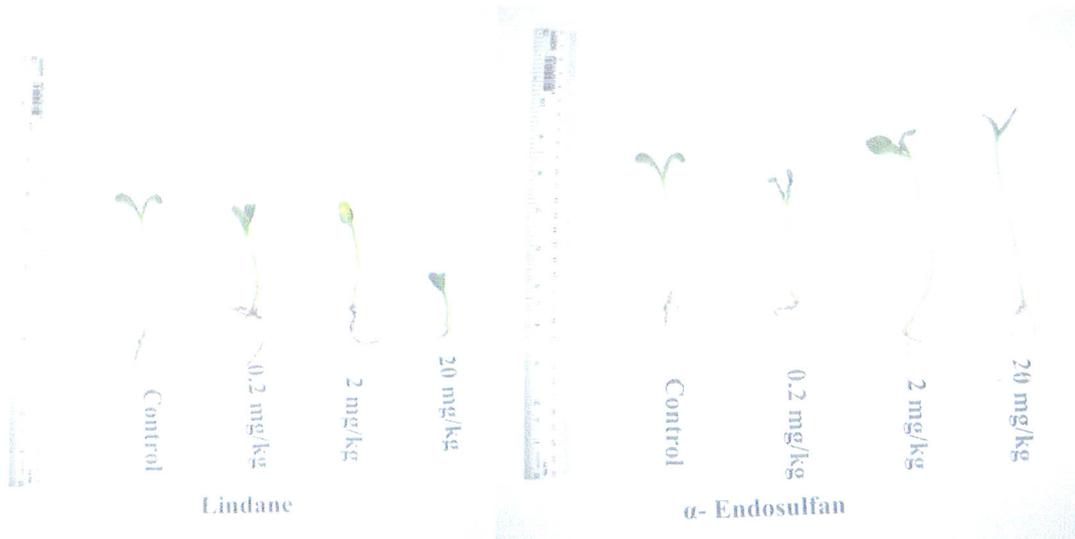
ภาพที่ 2 ต้นกล้าผักบุ้งที่เจริญในดินค่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอน โดซัลเฟน (ขวา)



ภาพที่ 3 ต้นกล้าทานตะวันที่เจริญในดินค่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอน โดซัลเฟน (ขวา)



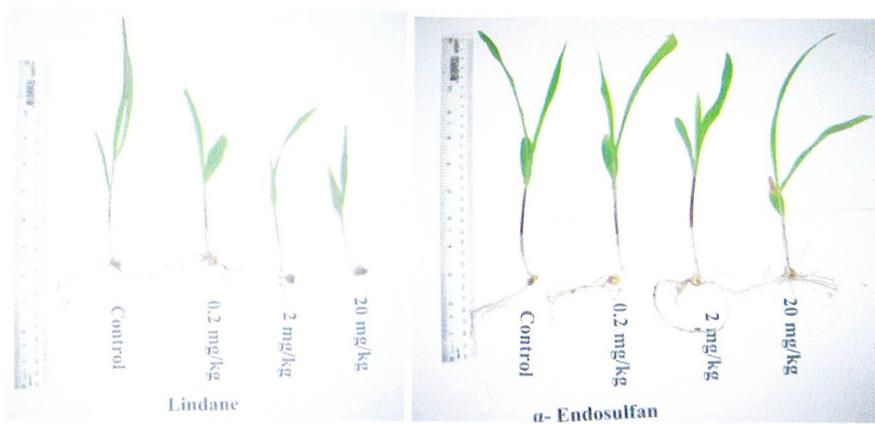
ภาพที่ 4 ต้นกล้าข้าวที่เจริญในดินต่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอนโดซัลแฟน (ขวา)



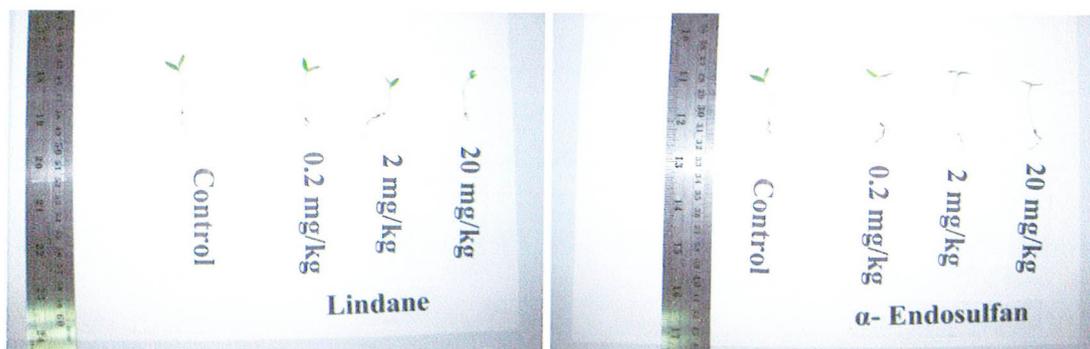
ภาพที่ 5 ต้นกล้าฟักทองที่เจริญในดินต่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอนโดซัลแฟน (ขวา)



ภาพที่ 6 ต้นกล้าถั่วฝักยาวที่เจริญในดินค่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอน โดซัลเฟน (ขวา)



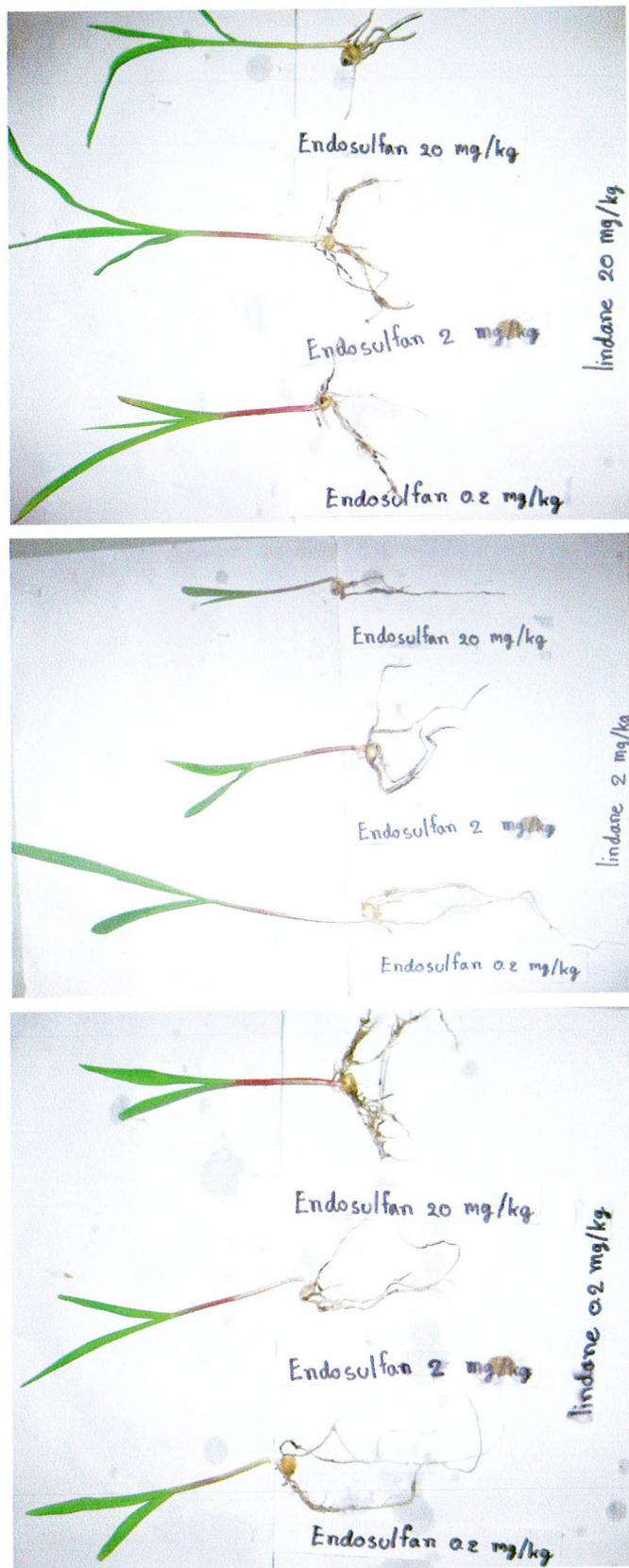
ภาพที่ 7 ต้นกล้าข้าวโพคที่เจริญในดินค่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอน โดซัลเฟน (ขวา)



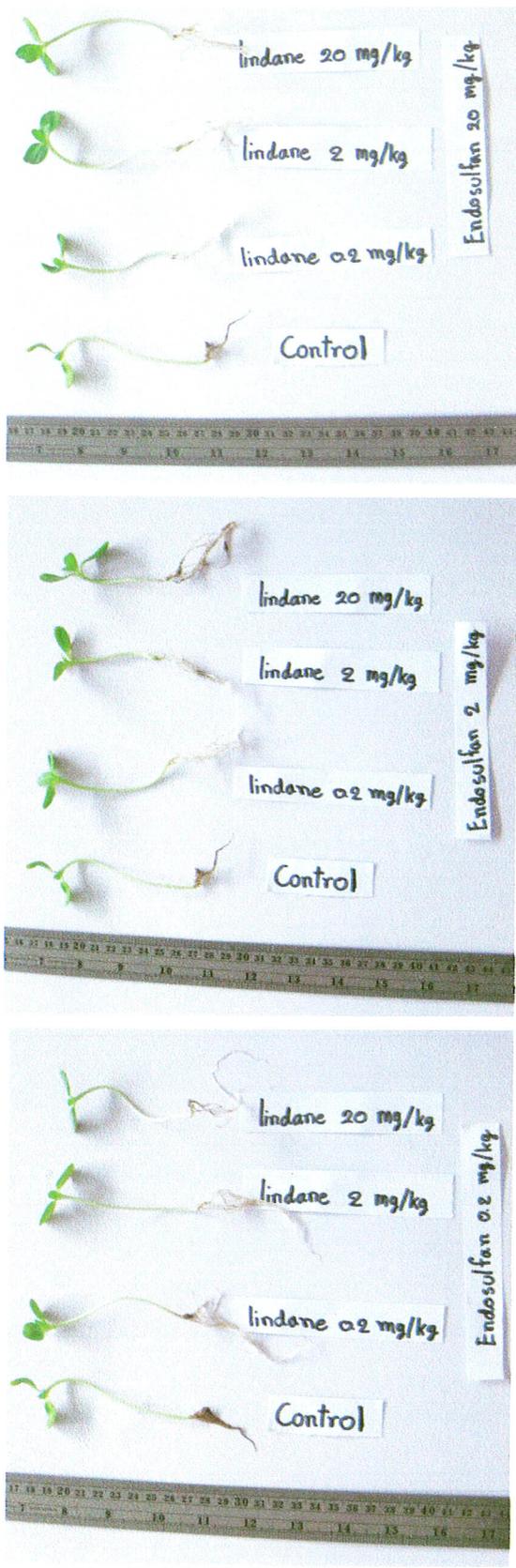
ภาพที่ 8 ต้นกล้ามะเขือเจ้าพระยาที่เจริญในดินค่างที่มีลินเดน (ซ้าย) และอัลฟา-เอน โดซัลเฟน (ขวา)



ภาพที่ 9 ต้นกล้าข้าวที่เจริญในดินที่มีดินเค็มต้นต่างๆกัน ร่วมกับ (ซ้าย) อัลฟา-เอินโดซัลแฟน 0.2 mg/kg (กลาง) อัลฟา-เอินโดซัลแฟน 2 mg/kg (ขวา) อัลฟา-เอินโดซัลแฟน 20 mg/kg



ภาพที่ 10 ต้นกล้าข้าว โปดที่เจริญในดินที่มีแอนโดซัลแฟนความเข้มข้นต่างกัน ร่วมกับ (ซ้าย) ลินเดน 20 mg/kg (ขวา) ลินเดน 20 mg/kg



ภาพที่ 11 ต้นกล้าทานตะวันที่เจริญในดินที่มีดินแดนความเข้มข้นต่างกัน ร่วมกับ (ซ้าย) อัลดฟา-เอนโดซัลเฟน 0.2 mg/kg (กลาง) อัลดฟา-เอนโดซัลเฟน 2 mg/kg (ขวา) อัลดฟา-เอนโดซัลเฟน 20 mg/kg