

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การสำรวจหาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ต่างๆ

การสำรวจหาประสิทธิภาพของแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* สายพันธุ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดผีเสื้อหนอนกินใบไม้ จากการคัดเลือกสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* ทั้งหมด 27 สายพันธุ์ ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* มาจากการเพาะเลี้ยงขึ้นมาเองในรูปผงละลายน้ำ สามารถแยกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันกำจัดหนอนผีเสื้อกินใบไม้ขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะ 1-2 ได้ 3 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.1) คือ

1. *Bacillus thuringiensis dendrolimus*
2. *Bacillus thuringiensis entomocidus*
3. *Bacillus thuringiensis kurstaki*

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบไม้ทั้งสองชนิด

จากการทดสอบประสิทธิภาพของ *Bacillus thuringiensis* แต่ละสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ นำมาทดสอบหาระดับความเป็นพิษต่อหนอนผีเสื้อกินใบไม้ขนาดเล็ก (*Achroia grisella*) และหนอนผีเสื้อกินใบไม้ขนาดใหญ่ (*Galleria mellonella*) โดยแยกตัวหนอนออกเป็นระยะ 1-2 และ ระยะ 3-4 แสดงในรูปเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนผีเสื้อกินใบไม้ทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้นต่างๆ ในเวลา 24, 48, 72, และ 168 ชั่วโมง (ปรับด้วย Abbott's formula) รวมทั้งอัตราการเจริญออกเป็นตัวเต็มวัย พร้อมทั้งค่า LC_{50} , LC_{90} ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2-4.9 (วิธีการคำนวณใช้โปรแกรม SPSS แสดงในภาพผนวก)

ตารางที่ 4.1 อัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะ 1-2 ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 %

สายพันธุ์ของแบคทีเรีย	เปอร์เซ็นต์การตาย (%)	
	24 ชม.	48 ชม.
1. <i>Bacillus thuringiensis isaraelensis</i> H. 14	0.00	0.00
2. <i>Bacillus thuringiensis thuringiensis</i> H. 1	0.00	0.00
3. <i>Bacillus thuringiensis finitimus</i>	0.00	0.00
4. <i>Bacillus thuringiensis alesti</i>	0.00	0.00
5. <i>Bacillus thuringiensis kurtaki</i>	90.00	90.00
6. <i>Bacillus thuringiensis sotto</i>	0.00	0.00
7. <i>Bacillus thuringiensis dendrolimus</i>	100.00	100.00
8. <i>Bacillus thuringiensis kenyae</i>	0.00	0.00
9. <i>Bacillus thuringiensis galleriae</i>	0.00	0.00
10. <i>Bacillus thuringiensis canadensis</i>	0.00	0.00
11. <i>Bacillus thuringiensis entomocidus</i>	70.00	80.00
12. <i>Bacillus thuringiensis subtoxicus</i>	0.00	0.00
13. <i>Bacillus thuringiensis aizawai</i>	0.00	0.00
14. <i>Bacillus thuringiensis momsoni</i>	0.00	0.00
15. <i>Bacillus thuringiensis ostrinae</i>	0.00	0.00
16. <i>Bacillus thuringiensis toiworthi</i>	0.00	0.00
17. <i>Bacillus thuringiensis caucasicus</i>	0.00	0.00
18. <i>Bacillus thuringiensis darmstadiensis</i>	0.00	0.00
19. <i>Bacillus thuringiensis toumanoffii</i>	0.00	0.00
20. <i>Bacillus thuringiensis kyushuensis</i>	0.00	0.00
21. <i>Bacillus thuringiensis thompsoni</i>	0.00	0.00
22. <i>Bacillus thuringiensis pakistani</i>	0.00	0.00
23. <i>Bacillus thuringiensis dakota</i>	10.00	10.00
24. <i>Bacillus thuringiensis indiana</i>	0.00	0.00
25. <i>Bacillus thuringiensis tohokuensis</i>	0.00	0.00
26. <i>Bacillus thuringiensis kumamotoensis</i>	0.00	0.00
27. <i>Bacillus thuringiensis tochiensis</i>	10.00	10.00

2.1 การทดสอบความเป็นพิษ *Bacillus thuringiensis* ในอาหารเทียม

2.1.1 ผลการทดสอบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็ก (ตารางที่ 4.2-4.3) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 0.44, 0.34 และ 0.30 % (w/w) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 1.15, 0.45 และ 0.36 % (w/w) และ ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 0.74, 0.25 และ 0.022 % (w/w) ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 1-2 และค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 9.91, 1.64 และ 1.26 % (w/w) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 1.23, 0.65 และ 0.50 % (w/w) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 2.22, 0.51 และ 0.24 % (w/w) ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 3-4

จากการสังเกตการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 1-2 พบว่าที่ การทดสอบความเป็นพิษที่ความเข้มข้น 0.4, 0.3 และ 0.3 % ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki*, *Bacillus thuringiensis entomocidus* และ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* นั้นปรากฏว่าไม่ พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย และการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 3-4 พบ ที่ความเข้มข้น 0.75 % จะไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัยทั้ง 3 สายพันธุ์ และการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของ หนอนระยะ 3-4 พบว่า *Bacillus thuringiensis* ทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัยที่ความเข้มข้น 0.75 % (W/W)

ตารางที่ 4.2 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะที่ 1-2 ในอาหารเทียม

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.d.					
0.0 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.1	1.67	3.33	6.67	40.00	50.00
0.2	15.00	25.00	28.3	65.00	30.00
0.3	38.33	41.40	53.33	70.00	10.00
0.4	40.00	56.67	60.00	85.00	0.00
0.5	55.00	70.00	73.33	95.00	0.00
LC ₅₀	0.44	0.34	0.30	*	-
LC ₉₀	1.20	0.89	0.83	*	-
B.t.d.					
0.0 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.1	5.00	18.33	20.00	45.00	40.00
0.2	13.33	50.00	53.33	55.00	25.00
0.3	23.33	55.00	60.00	65.00	0.00
0.4	26.67	63.33	68.33	80.00	0.00
0.5	40.00	68.33	75.00	80.50	0.00
LC ₅₀	0.74	0.25	0.22	*	-
LC ₅₀	3.39	1.24	0.94	*	-
B.t.e.					
0.0 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.1	10.00	13.33	16.67	40.00	50.00
0.2	18.33	20.00	21.67	55.00	30.00
0.3	23.33	40.00	45.00	65.00	0.00
0.4	26.67	46.67	50.00	65.00	0.00
0.5	35.00	53.33	66.67	75.00	0.00
LC ₅₀	1.15	0.45	0.36	*	-
LC ₅₀	13.15	2.23	1.53	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

ตารางที่ 4.3 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบไม้ขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะที่ 3 - 4 ในอาหารเทียม

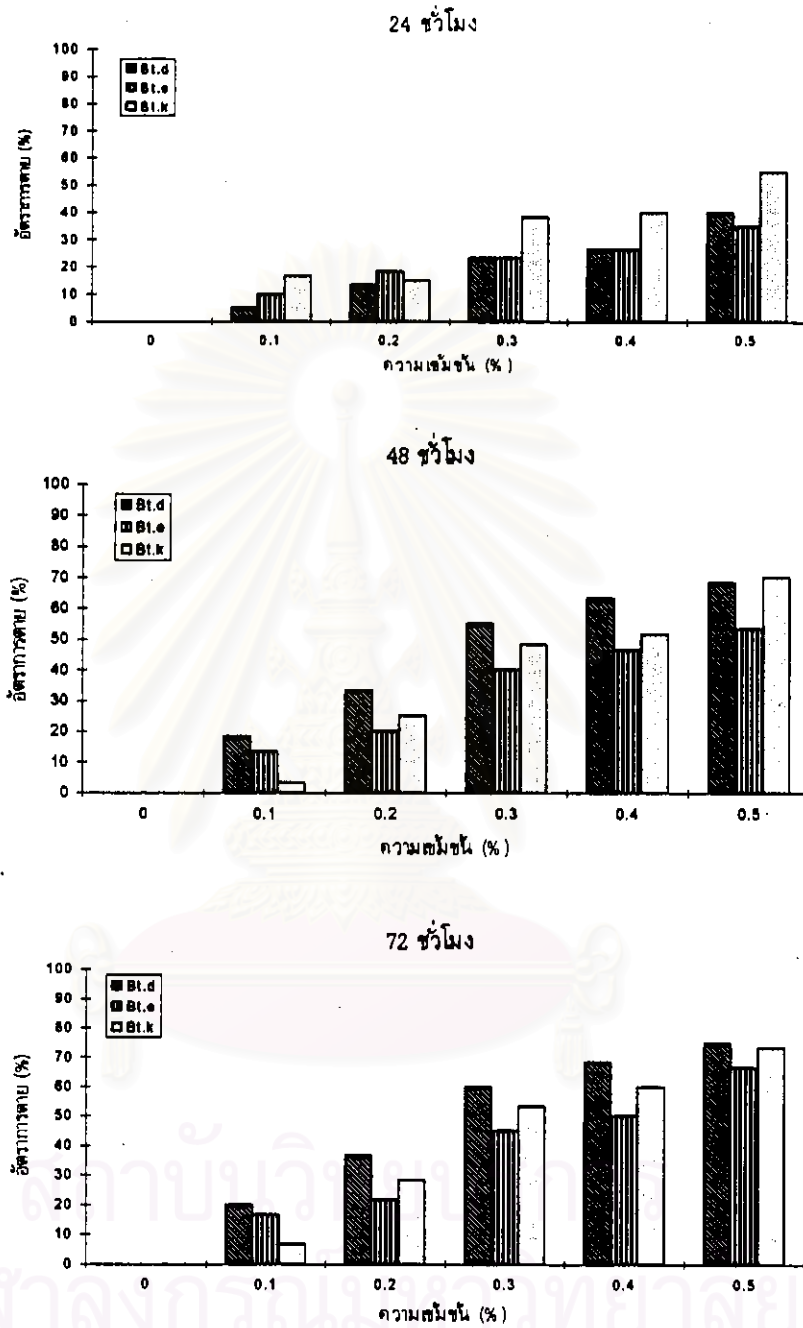
ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย (%)				เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.67
0.25	0.00	1.72	1.72	7.41	65.00
0.50	3.46	8.63	8.63	20.35	53.33
0.75	5.17	12.07	17.24	77.94	0.00
1.00	10.34	20.35	44.83	94.83	0.00
LC ₅₀	9.91	1.64	1.26	*	-
LC ₉₀	125.29	6.19	3.79	*	-
B.t.e.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.67
0.25	6.67	8.63	17.24	37.93	36.67
0.50	11.67	17.24	41.38	74.14	6.67
0.75	36.67	63.79	74.14	98.62	0.00
1.00	40.00	75.87	81.04	100	0.00
LC ₅₀	1.23	0.65	0.50	*	-
LC ₉₀	4.30	1.40	1.31	*	-
B.t.d.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.33
0.25	13.67	33.92	46.43	51.18	34.67
0.50	16.94	37.50	66.07	80.00	11.67
0.75	23.73	53.57	66.07	83.93	0.00
1.00	37.28	67.85	78.57	100	0.00
LC ₅₀	2.22	0.51	0.24	*	-
LC ₉₀	35.70	4.91	2.57	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

การเปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กต่อสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* (ภาพที่ 4.1-4.2)

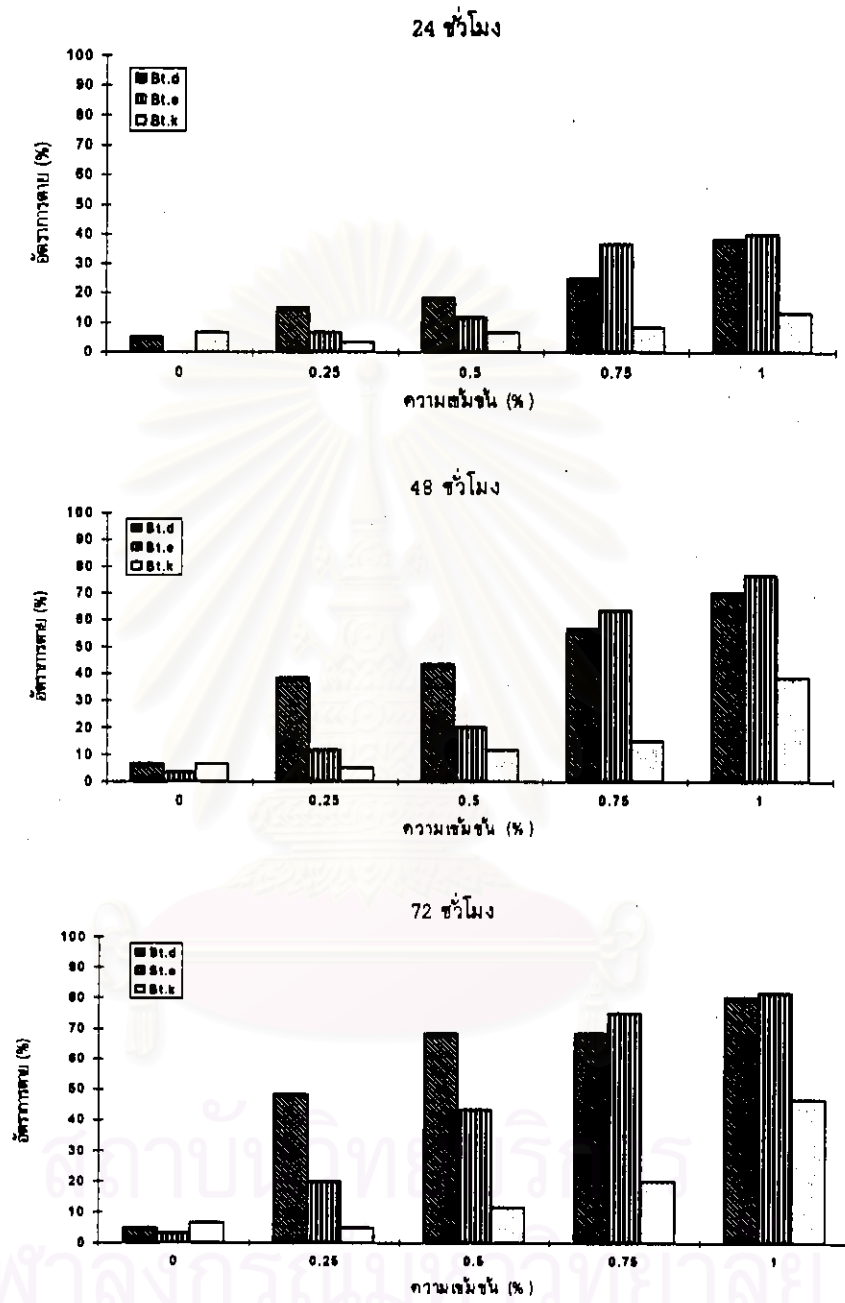
1. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 1-2 (ภาพที่ 4.1) พบว่า ที่ ความเข้มข้น 0.5 % ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* มีอัตราการตายสูงกว่า *Bacillus thuringiensis entomocidus* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ *Bacillus thuringiensis kurstaki* ที่ 48 และ 72 ชั่วโมง จะไม่พบอัตราการตายที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

2. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 3-4 (ภาพที่ 4.2) พบว่า ที่ ความเข้มข้น 1.0 % ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายสูงกว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis entomocidus* ที่ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 1.0 % ไม่พบอัตราการตายที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)



ภาพที่ 4.1 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินไข่ม้วนขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะ 1-2 ในอาหารเทียมของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะ 3-4 ในอาหารเทียมของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)

2.1.2 ผลการทดสอบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ (ตารางที่ 4.4-4.5) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 1.02 และ 0.71 % (w/w) ที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 0.45, 0.17 และ 0.06 % (w/w) และ ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 0.92, 0.76 และ 0.43 % (w/w) ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 1-2 และค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 1.81, 1.29 และ 1.00 % (w/w) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 1.39, 0.48 และ 0.28 % (w/w) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 1.77, 1.13 และ 0.81 % (w/w) ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 3-4

การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 1-2 พบว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* ความเข้มข้น 0.4, *Bacillus thuringiensis entomocidus* ความเข้มข้น 0.1 และ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* ความเข้มข้น 0.4 % ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย และการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 3-4 พบว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* ความเข้มข้น 0.50, *Bacillus thuringiensis entomocidus* ความเข้มข้น 0.25 และ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* ความเข้มข้น 0.25 % (w/w) จะไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย

ตารางที่ 4.4 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อก่อนมีเลือกกินไข่ม้วนขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะที่ 1-2 ในอาหารเทียม

ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.1	0.00	5.00	6.67	6.67	90.00
0.2	1.67	6.67	13.33	65.00	25.00
0.3	3.33	13.33	21.67	65.00	10.00
0.4	6.67	15.00	26.67	70.00	0.00
0.5	16.67	33.33	45.00	80.00	0.00
LC ₅₀	*	1.02	0.71	*	-
LC ₉₀	*	4.90	3.26	*	-
B.t.e.					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.1	3.33	28.33	68.33	100.00	0.00
0.2	16.67	53.33	88.33	100.00	0.00
0.3	41.67	78.33	93.33	100.00	0.00
0.4	43.33	83.33	95.00	100.00	0.00
0.5	50.00	86.67	100.00	100.00	0.00
LC ₅₀	0.45	0.17	0.06	*	-
LC ₉₀	1.42	0.54	0.22	*	-
B.t.d.					
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.1	0.00	1.67	10.00	10.00	90.00
0.2	6.67	18.33	25.00	50.00	45.00
0.3	11.67	28.33	41.67	75.00	20.00
0.4	20.00	30.00	45.00	95.00	0.00
0.5	23.33	33.33	55.00	95.00	0.00
LC ₅₀	0.92	0.76	0.43	*	-
LC ₉₀	3.06	4.04	1.90	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

ตารางที่ 4.5 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบพืชขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะที่ 3 - 4 ในอาหารเทียม

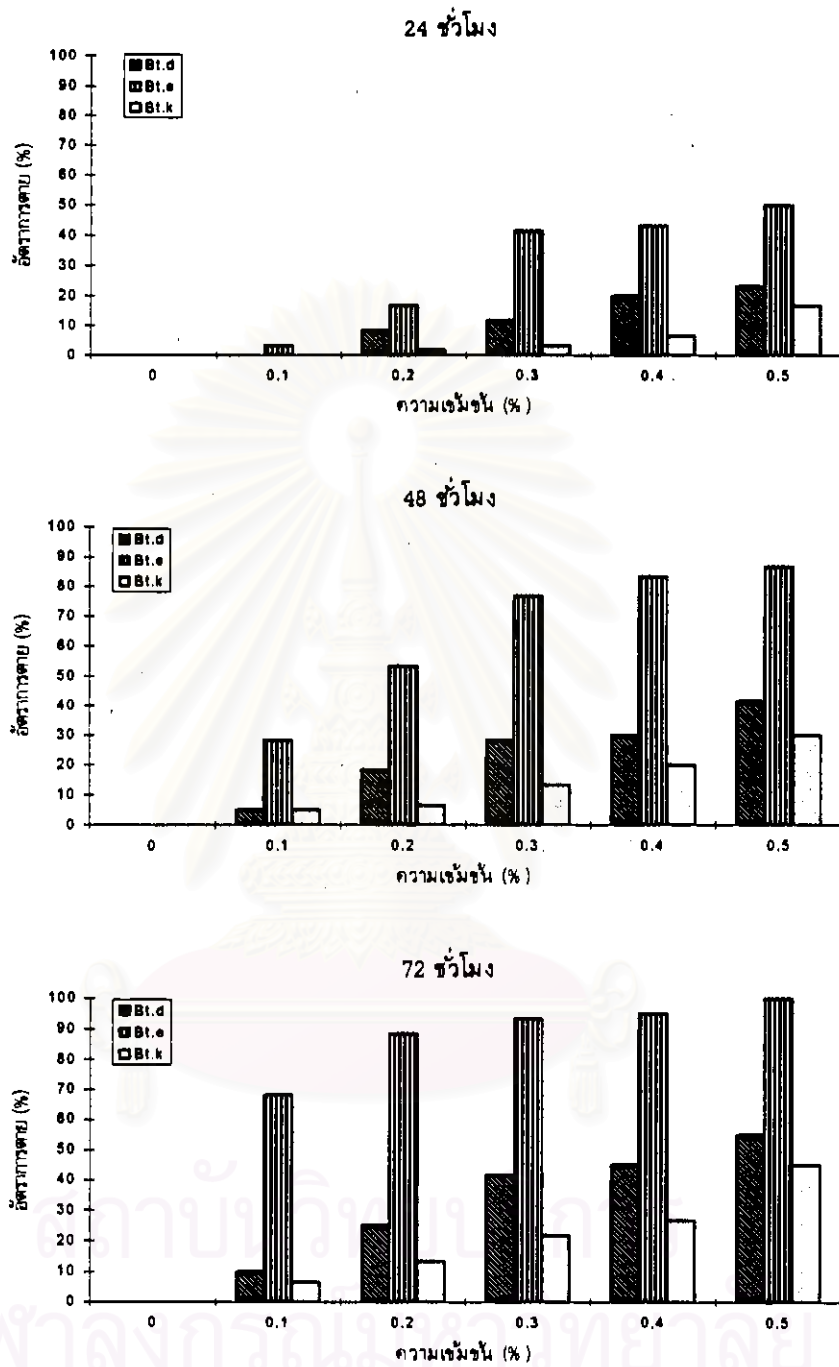
ความเข้มข้น (%)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.25	0.00	3.33	5.00	26.67	60.00
0.50	5.00	13.33	23.33	35.00	0.00
0.75	13.33	25.00	35.00	56.67	0.00
1.00	20.00	40.00	56.67	76.67	0.00
LC ₅₀	1.81	1.29	1.00	*	-
LC ₉₀	4.72	3.93	3.09	*	-
B.t.e.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.25	8.33	20.00	43.33	86.67	0.00
0.50	18.33	53.33	81.67	100.00	0.00
0.75	25.00	68.33	85.00	100.00	0.00
1.00	43.33	86.67	95.00	100.00	0.00
LC ₅₀	1.39	0.48	0.28	*	-
LC ₉₀	6.26	1.25	0.79	*	-
B.t.d.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
0.25	6.67	11.67	11.67	80.00	0.00
0.50	15.00	18.33	28.33	90.00	0.00
0.75	25.00	33.33	40.00	93.33	0.00
1.00	33.33	50.00	65.00	100	0.00
LC ₅₀	1.77	1.13	0.81	*	-
LC ₉₀	9.01	4.88	2.62	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

การเปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กต่อสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* (ภาพที่ 4.3-4.4)

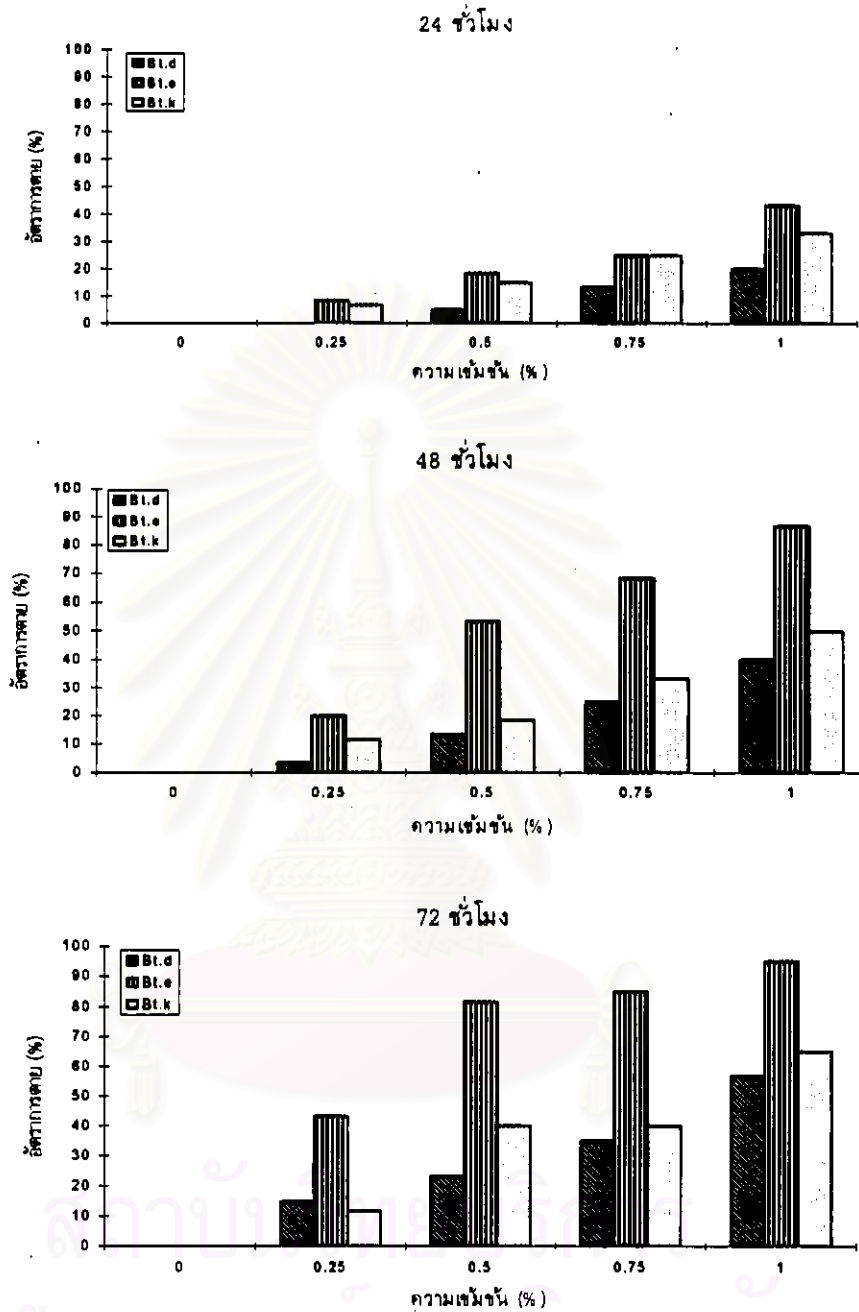
1. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 1-2 (ภาพที่ 4.3) พบว่าที่ความเข้มข้น *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายสูงกว่า *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยที่ความเข้มข้น 0.3, 0.4 และ 0.5 % ระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง ไม่พบอัตราการตายที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 3-4 (ภาพที่ 4.4) พบว่าที่ระดับความเข้มข้น 0.50, 0.75 และ 1.00 % *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายสูงกว่า *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในระยะเวลา 48 และ 72 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินไผ่ฝั่ขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะ 1-2 ในอาหารเทียมของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินไข่ม้วนขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะ 3-4 ในอาหารเทียมของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$)

2.2 การทดสอบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ในรวงรังผึ้ง

2.2.1 ผลการทดสอบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็ก (ตารางที่ 4.6-4.7) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 8.41, 2.72 และ 0.50 กรัม/ลิตร ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 0.41, 0.11 และ 0.06 กรัม/ลิตร ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง และค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 1.14 และ 0.004 กรัม/ลิตร ที่ระยะเวลา 24, และ 48 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็กระยะ 1-2 และค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 35.89, 11.81 และ 0.85 กรัม/ลิตร ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 8.27, 0.86 และ 0.18 กรัม/ลิตร ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 3.14, 0.28 และ 0.09 กรัม/ลิตร ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็กระยะ 3-4

การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของหนอนผีเสื้อกินไขผึ้งขนาดเล็กระยะ 1-2 พบว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* ที่ความเข้มข้น 5.0 กรัม/ลิตร ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย ส่วน *Bacillus thuringiensis entomocidus* และ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* พบว่าที่ความเข้มข้น 0.1 กรัม/ลิตร ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย และหนอนระยะ 3-4 พบว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* ความเข้มข้น 10.0 กรัม/ลิตร *Bacillus thuringiensis entomocidus* ความเข้มข้น 5.0 กรัม/ลิตร และ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* ความเข้มข้น 1.0 กรัม/ลิตร ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย

ตารางที่ 4.6 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อกอนมดเลือกกินไข่ม้วนขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะที่ 1-2 ในวางรังมด

ความเข้มข้น (g/l)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	6.67	80.00
0.10	5.26	40.35	54.39	67.86	20.00
1.00	17.55	42.11	70.18	82.14	10.00
5.00	43.86	49.13	78.95	89.29	0.00
10.00	49.13	63.16	85.97	96.43	0.00
LC ₅₀	8.41	2.72	0.05	*	-
LC ₉₀	545.86	311.96	36.02	*	-
B.t.e.					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	28.07	46.44	51.78	69.81	0.00
1.00	61.40	69.65	83.93	81.13	0.00
5.00	77.19	85.72	91.07	96.23	0.00
10.00	82.45	91.07	96.43	100.00	0.00
LC ₅₀	0.41	0.11	0.06	*	-
LC ₉₀	23.99	8.85	2.57	*	-
B.t.d					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	7.02	70.18	80.70	88.33	0.00
1.00	52.63	73.68	85.97	91.67	0.00
5.00	68.42	75.44	91.23	96.67	0.00
10.00	82.45	96.49	100.00	100.00	0.00
LC ₅₀	1.14	0.004	*	*	-
LC ₉₀	20.81	23.49	*	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

ตารางที่ 4.7 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อก่อนมีเปลือกไข่ฝักรุ่นขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะที่ 3-4 ในวางรังฝักรุ่น

ความเข้มข้น (g/l)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	5.26	8.77	38.60	46.43	50.00
1.00	8.77	26.32	43.86	51.78	50.00
5.00	31.58	36.84	50.87	64.23	40.00
10.00	35.08	47.37	68.42	82.14	0.00
LC ₅₀	35.89	11.51	0.85	*	-
LC ₉₀	7264.28	2952.88	12424.12	*	-
B.t.e.					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	1.76	25.00	46.43	57.14	30.00
1.00	5.26	44.64	51.78	60.07	30.00
5.00	31.58	66.07	78.57	80.04	0.00
10.00	61.40	73.32	82.14	91.07	0.00
LC ₅₀	8.27	0.86	0.18	*	-
LC ₉₀	163.46	114.04	33.39	*	-
B.t.d.					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	1.76	31.58	49.13	57.14	10.00
1.00	29.82	68.42	75.44	82.14	0.00
5.00	50.87	80.71	91.23	92.85	0.00
10.00	70.18	84.21	92.98	94.64	0.00
LC ₅₀	3.14	0.28	0.09	*	-
LC ₉₀	62.71	16.58	4.66	*	-

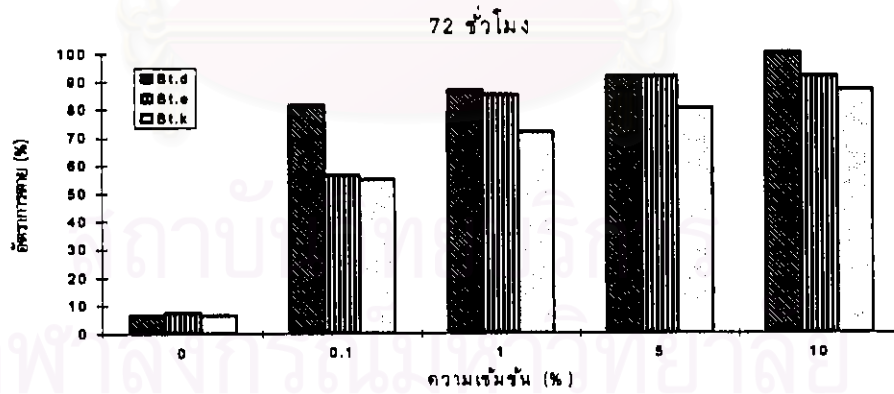
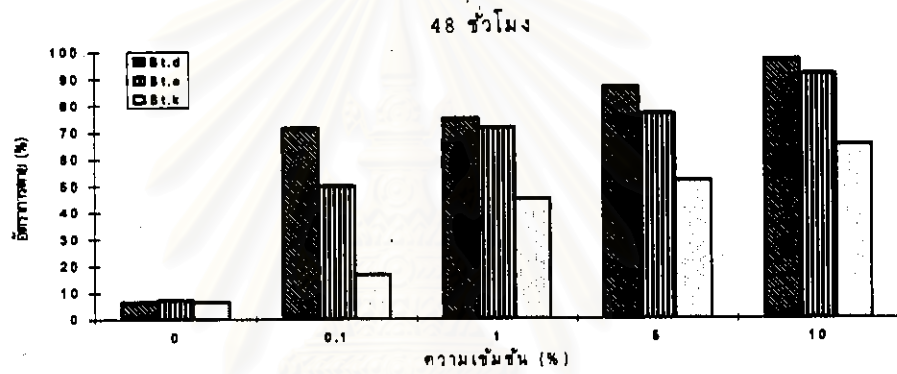
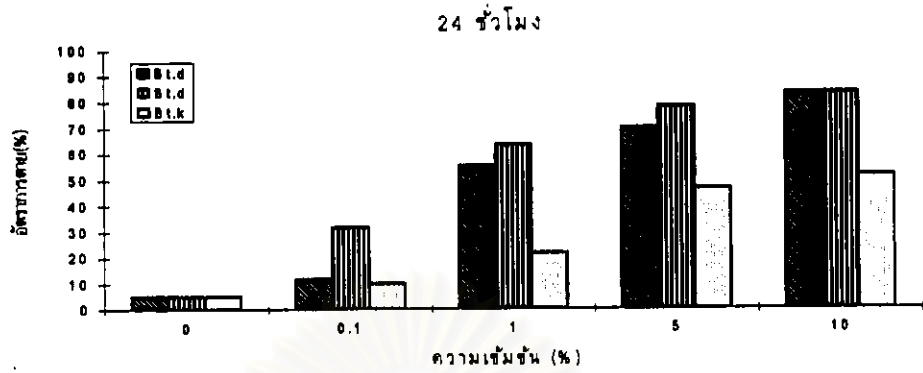
* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กในรวงรังฝิ่งต่อสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* (ภาพที่ 4.5-4.6)

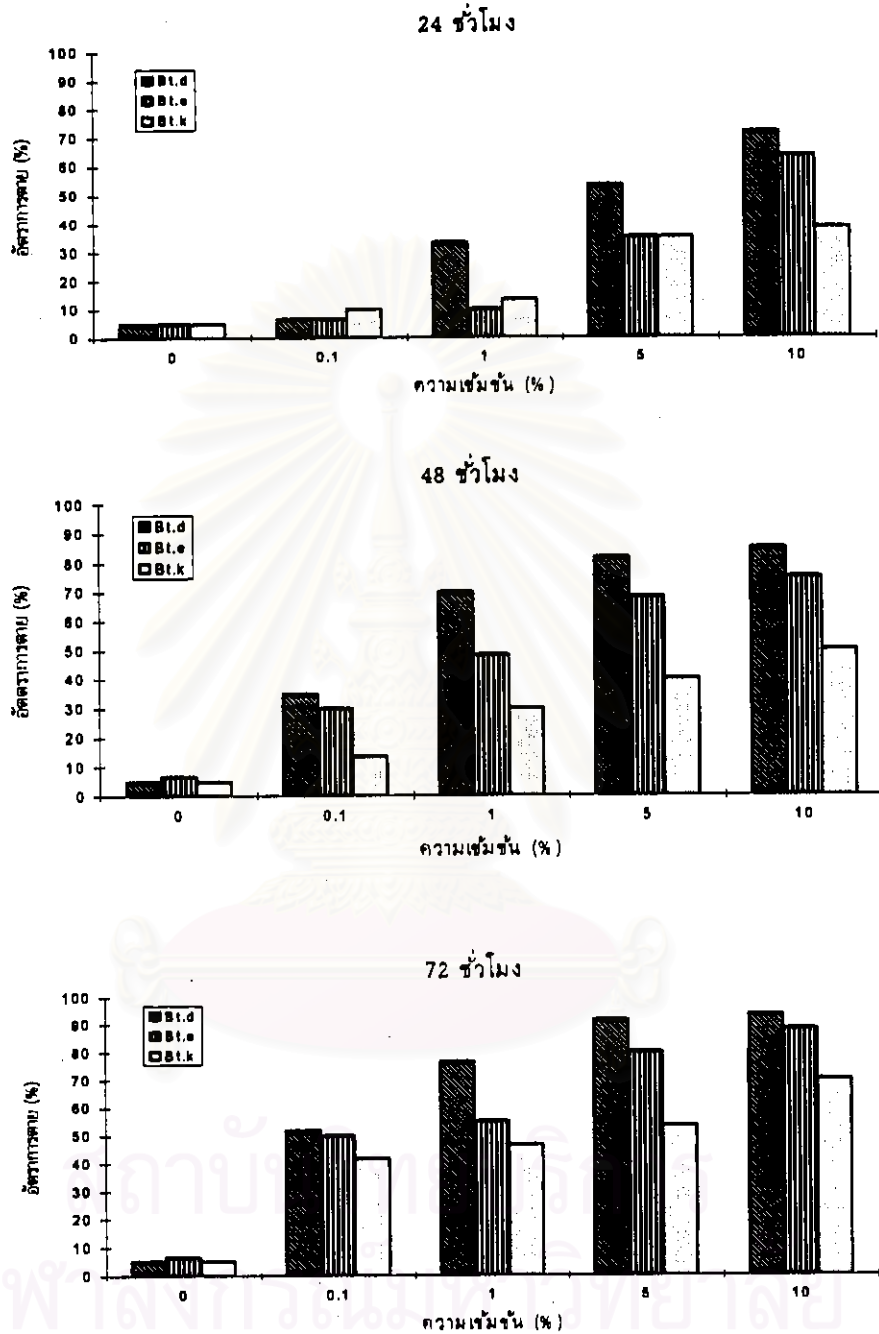
1. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 1-2 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 1.0, 5.0 และ 10.0 กรัม/ลิตร *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายของหนอนสูงกว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยที่ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็กระยะ 3-4 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 10.0 กรัม/ลิตร *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis entomocidus* อัตราการตายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีอัตราการตายของหนอนสูงกว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ 72 ชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะ 1-2 ในรวงรังฝิ่งของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินไข่ม้วนขนาดเล็ก *Achroia grisella* ระยะ 3-4 ในรวงรังผึ้งของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)

2.2.2 ผลการทดสอบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ (ตารางที่ 4.8-4.9) ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 63.55, 9.20 และ 1.29 กรัม/ลิตร ที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 0.51, 0.07 และ 0.006 กรัม/ลิตร และ ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 16.13, 3.96 และ 0.63 % (w/w) ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ ระยะ 1-2 และค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis kurstaki* เท่ากับ 48.74, 5.38 และ 1.62 กรัม/ลิตร ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis entomocidus* เท่ากับ 1.42, 0.18 และ 0.08 กรัม/ลิตร ค่า LC_{50} ของ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* เท่ากับ 19.32, 4.54 และ 1.08 กรัม/ลิตร ที่ระยะเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง สำหรับหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 3-4

การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 1-2 พบว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* ความเข้มข้น 5.0 กรัม/ลิตร *Bacillus thuringiensis entomocidus* และ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* ความเข้มข้น 0.1 กรัม/ลิตร ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย ส่วนการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของหนอนระยะ 3-4 พบว่า *Bacillus thuringiensis kurstaki* ความเข้มข้น 5.0 กรัม/ลิตร *B. thuringiensis* var. *entomocidus* ความเข้มข้น 0.1 กรัม/ลิตร และ *B. thuringiensis* var. *dendrolimus* ความเข้มข้น 10.0 กรัม/ลิตร ไม่พบหนอนเจริญเป็นตัวเต็มวัย

ตารางที่ 4.8 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อก่อนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะที่ 1-2 ในวางรังฝิ่ง

ความเข้มข้น (g/l)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็น ตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.00	0.00	0.00	0.00	8.33	80.00
0.10	1.69	6.90	21.05	25.46	50.00
1.00	5.08	27.59	45.61	63.64	20.00
5.00	16.94	43.11	57.89	78.18	0.00
10.00	30.51	46.55	71.93	85.45	0.00
LC ₅₀	63.55	9.20	1.29	*	-
LC ₉₀	3565.97	1092.54	165.09	*	-
B.t.e.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	32.20	51.72	84.21	100.00	0.00
1.00	50.85	79.31	92.98	100.00	0.00
5.00	79.66	91.38	100.00	100.00	0.00
10.00	81.36	93.10	100.00	100.00	0.00
LC ₅₀	0.51	0.07	0.006	*	-
LC ₉₀	32.65	4.17	0.24	*	-
B.t.d.					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	80.00
0.10	3.39	6.90	24.56	27.27	0.00
1.00	10.17	41.38	58.24	58.19	0.00
5.00	35.59	48.28	70.18	87.27	0.00
10.00	42.37	56.89	77.19	90.10	0.00
LC ₅₀	16.13	3.98	0.63	*	-
LC ₉₀	592.83	299.82	51.80	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

ตารางที่ 4.9 แสดงความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อก่อนอนผีเสื้อกินไหมฝังขนาดใหญ่
Galleria mellonella ระยะที่ 3-4 ในวางรังผึ้ง

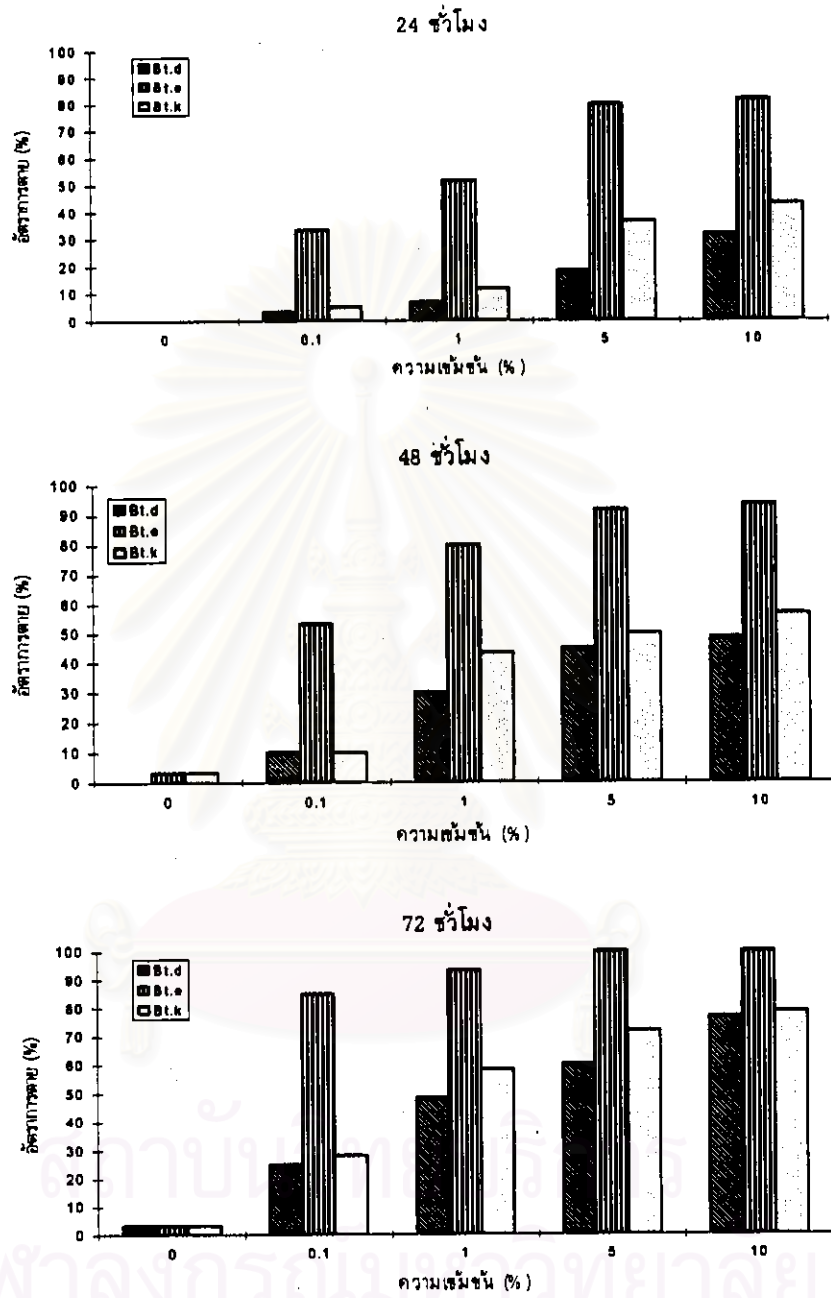
ความเข้มข้น (g/l)	ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์การตาย				% เจริญเป็นตัวเต็มวัย
	24 ชม.	48 ชม.	72 ชม.	168 ชม.	
B.t.k.					
0.00 (control)	0.00	0.00	3.33	8.33	90.00
0.10	3.33	3.46	17.24	40.00	30.00
1.00	11.67	20.69	44.83	50.00	20.00
5.00	15.00	39.66	46.55	61.67	0.00
10.00	38.33	65.52	73.33	93.33	0.00
LC ₅₀	48.74	5.38	1.62	*	-
LC ₉₀	2894.54	127.16	121.80	*	-
B.t.e.					
0.00 (control)	0.00	0.00	0.00	0.00	90.00
0.10	18.33	39.66	53.34	89.09	0.00
1.00	43.33	74.14	87.93	100.00	0.00
5.00	63.33	86.21	96.56	100.00	0.00
10.00	80.00	94.83	100.00	100.00	0.00
LC ₅₀	1.42	0.18	0.08	*	-
LC ₉₀	50.25	7.49	1.03	*	-
B.t.d.					
0.00 (control)	0.00	3.33	3.33	8.33	90.00
0.10	6.67	15.52	34.49	27.27	60.00
1.00	20.00	29.32	55.18	43.63	50.00
5.00	31.67	44.83	60.35	67.63	20.00
10.00	45.00	62.07	65.53	70.90	0.00
LC ₅₀	19.32	4.54	1.08	*	-
LC ₉₀	1641.67	660.76	355.66	*	-

* ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ได้

การเปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ต่อสายพันธุ์ของ *Bacillus thuringiensis* (ภาพที่ 4.7-4.8)

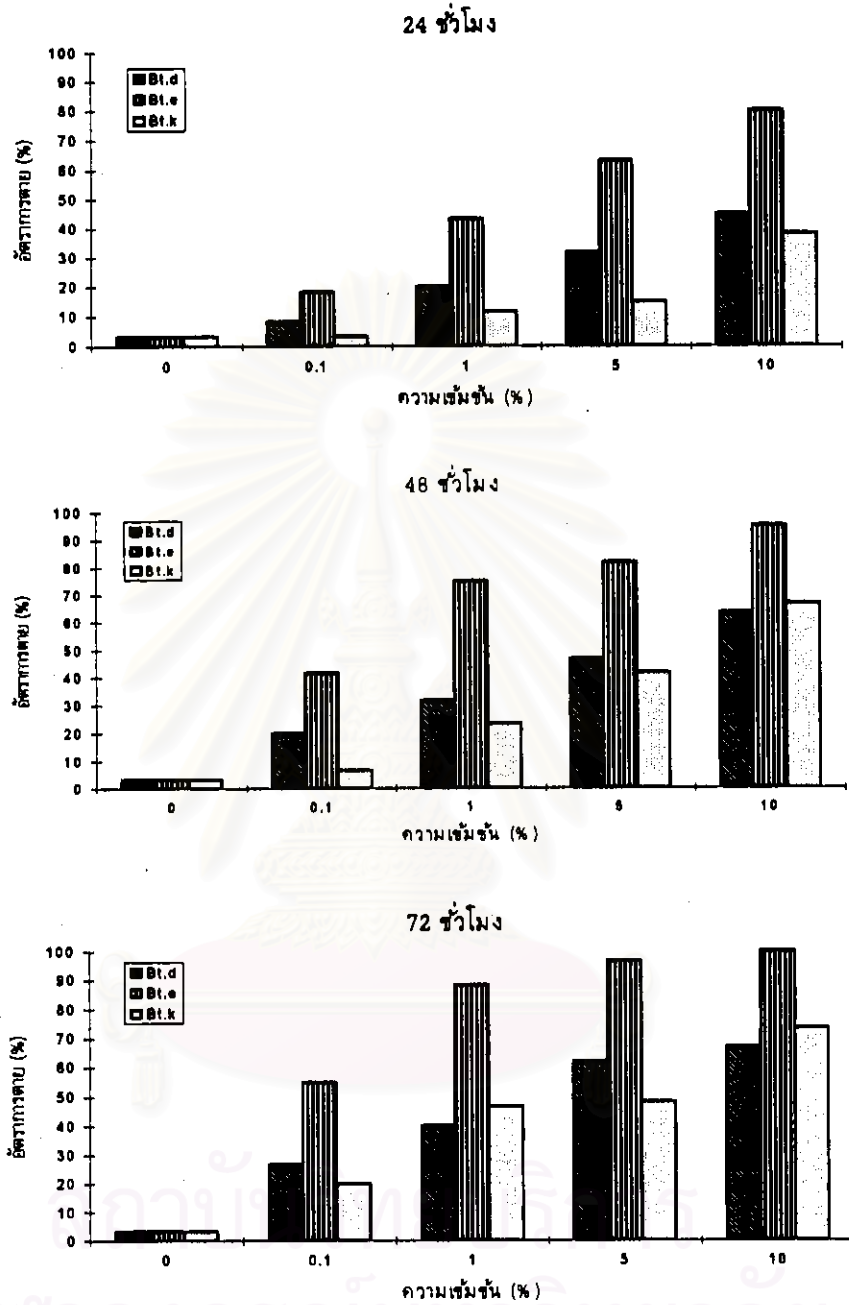
1. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 1-2 (ภาพที่ 4.7) พบว่าที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0, 5.0 และ 10.0 % *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายสูงกว่า *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยที่ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* มีอัตราการตายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ระยะ 3-4 (ภาพที่ 4.8) พบว่าที่ความเข้มข้น 0.1, 1.0, 5.0 และ 10.0 % *Bacillus thuringiensis entomocidus* มีอัตราการตายสูงกว่า *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยที่ *Bacillus thuringiensis dendrolimus* และ *Bacillus thuringiensis kurstaki* มีอัตราการตายที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

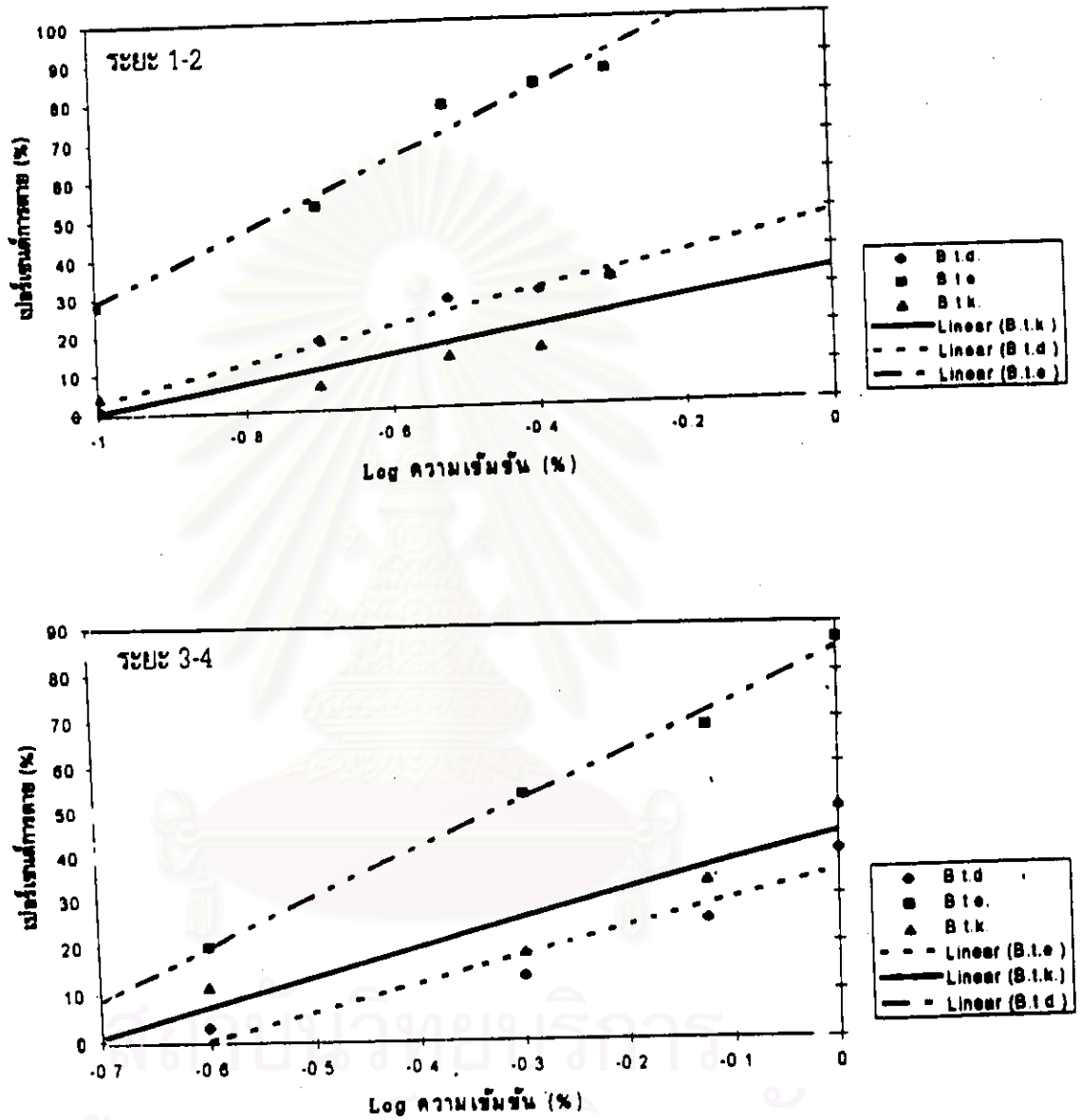


ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะ 1-2 ในรวงรังฝิ่งของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

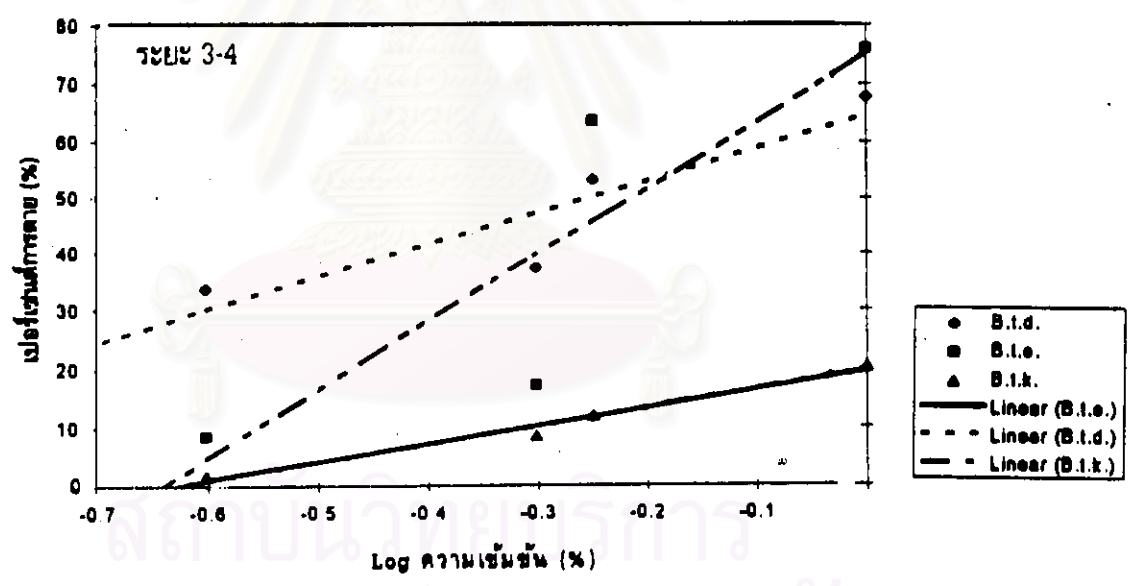
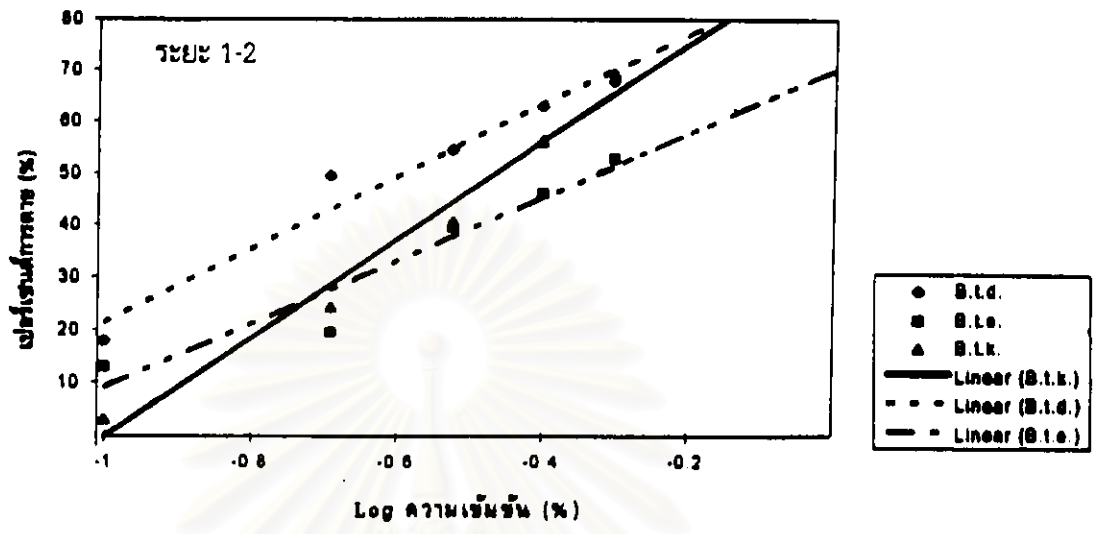
(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)



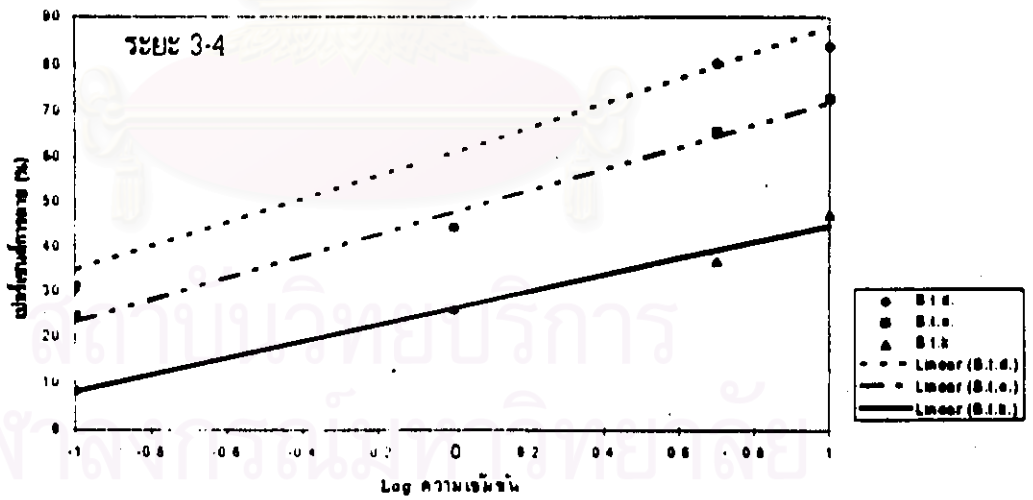
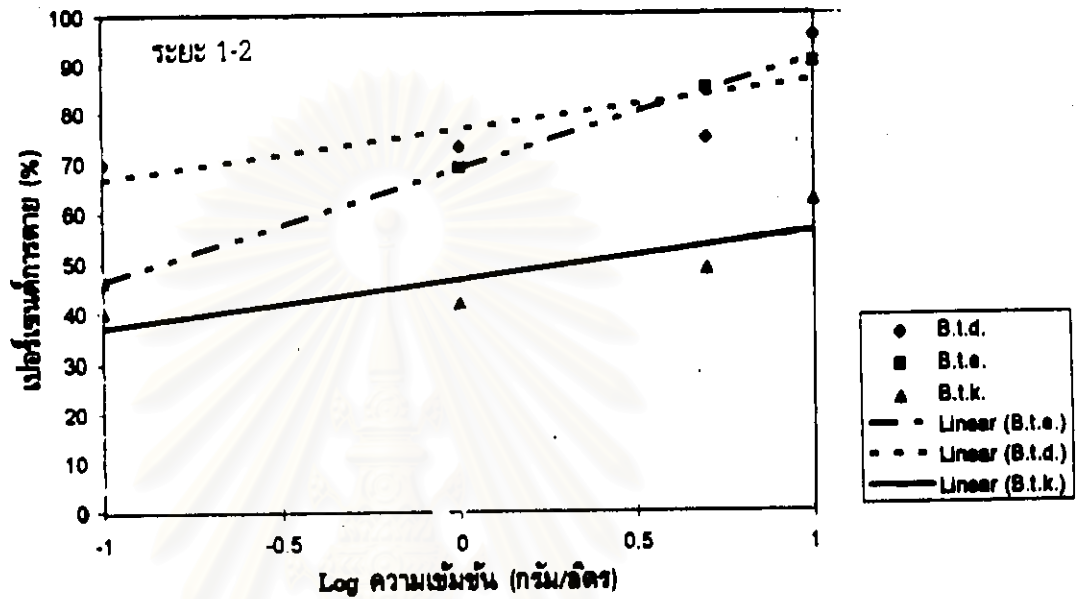
ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบอัตราการตายของหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ระยะ 3-4 ในวางรังฝิ่งของ B.t.d, B.t.e และ B.t.k ที่ระดับความเข้มข้นเดียวกันใน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
(อักษรเหมือนกันในกลุ่มเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P \leq 0.05$)



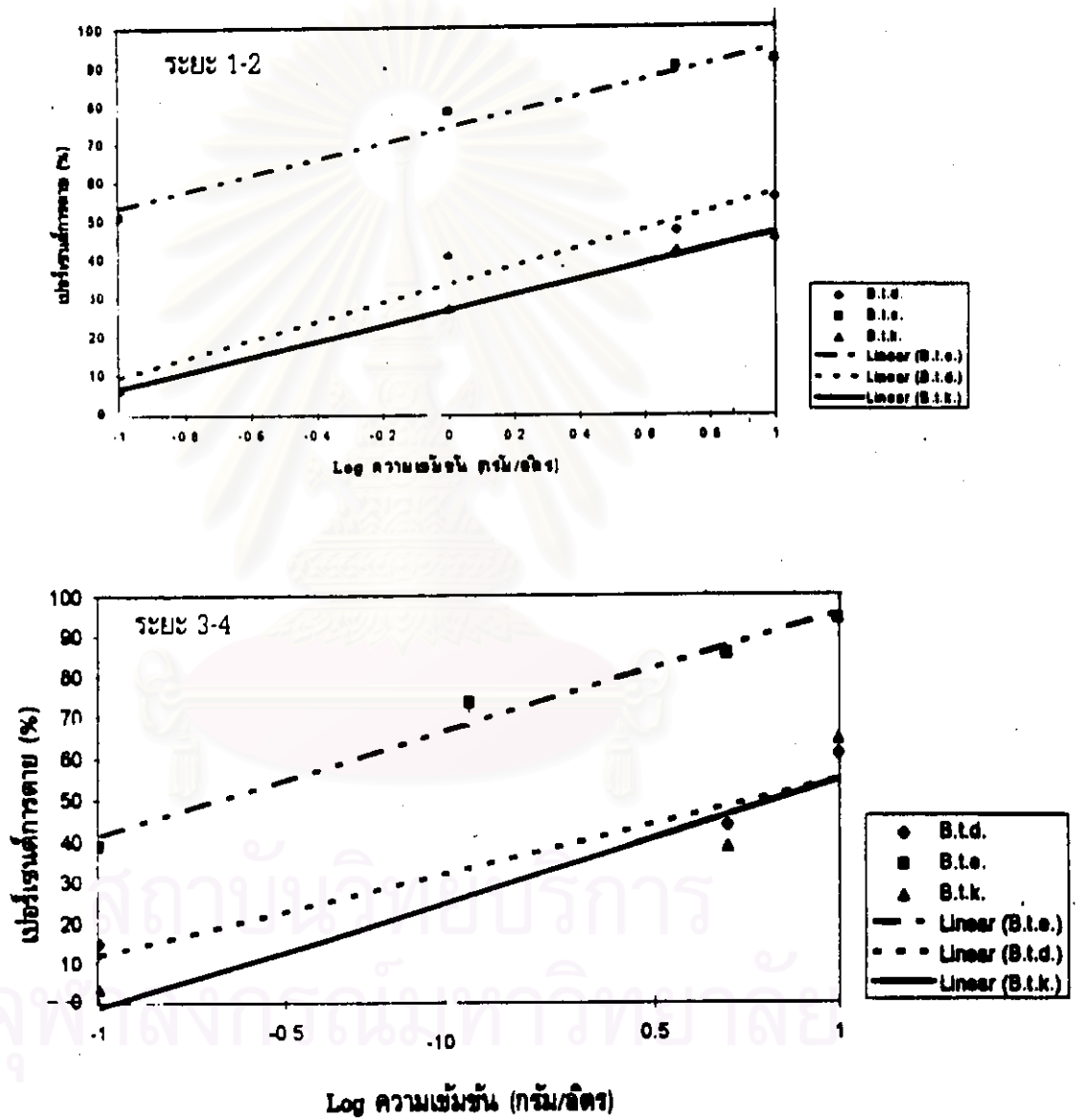
ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินไขฝิ่งขนาดเล็ก *Achroia grisella* ที่ 48 ชั่วโมง ในอาหารเทียม



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินใบฝิ่งขนาด
ใหญ่ *Galleria mellonella* ที่ 48 ชั่วโมง ในอาหารเทียม



ภาพที่ 4.11 เปรียบเทียบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อหนอนผีเสื้อกินไข่ม้วนขนาดเล็ก *Achroia grisella* ที่ 48 ชั่วโมง ในวางรังผึ้ง



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* ต่อก่อนมีเชื้อกินไข่ม้วน
ขนาดใหญ่ *Galleria mellonella* ที่ 48 ชั่วโมง ในรวงรังผึ้ง