

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 ประวัติความเป็นมา	
คำนำ	1
1. ยุคแห่งการค้นพบและเหตุการณ์ในระยะเริ่มต้น	2
2. ยุคกลาง-การพัฒนาสายพันธุ์	2
3. ยุคคลาสสิก-สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพและผลิตภัณฑ์	3
4. ยุคใหม่-ชีวโมเลกุลและการตัดแต่งพันธุกรรม	4
5. ยุคอนาคต-ความหลากหลายของพืชจำลองพันธุ์	5
การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับบีทีในประเทศไทย	5
สรุป	11
เอกสารอ้างอิง	12
บทที่ 2 วงจรชีวิตของบีทีและกลไกการเข้าทำลายแมลง	
คำนำ	17
ชีววิทยาของบีที	17
วงจรชีวิตของบีที	20
กลไกการเข้าทำลายแมลงของบีที	20
กลไกของบีทีที่ทำให้เกิดโรคกับแมลง	23
สรุป	24
เอกสารอ้างอิง	25
บทที่ 3 ความหลากหลายและการจำแนกสายพันธุ์ของบีที	
คำนำ	29
ความหลากหลายของบีทีและบทบาทในสภาพแวดล้อม	30
ความหลากหลายของบีทีที่พบในแหล่งธรรมชาติ	30
บีทีที่อยู่ในดิน	31
บีทีบนผิวใบพืช	32
บีทีก่อโรคแมลงตามธรรมชาติ	32

(2)

	หน้า
บิที่เข้าทำลายนแมลงช้า	33
บทบพทของบิที่ในสภาพแวดล้อม	34
การจำแนกสายพันธุ์บิที่	34
การจำแนกคุณลักษณะเฉพาะของบิที่โดยวิธีดั้งเดิม	35
การทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมี	35
การใช้เทคนิคซีรัมวิทยา (Serotyping technique)	37
การใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุล	42
การใช้เทคนิคปฏิกิริยาลูกโซ่โพลีเมอเรส (Polymerase Chain Reaction Techniques)	42
การใช้ไรโบโซมอลอาร์เอ็นเอ (Ribosomal RNA)	45
การเปรียบเทียบโครโมโซม (Comparison of Chromosomes)	46
สรุป	46
เอกสารอ้างอิง	47

บทที่ 4 ผลักโปรตีนและสารพิษจากบิที่

คำนำ	57
ความสัมพันธ์ของผลักโปรตีนบิที่กับความเป็นพิษต่อแมลง	57
สารพิษ (Toxin)	60
เดลต้าเอ็นโดท็อกซิน (Delta-endotoxin)	60
เอ็กโซเอนไซม์และเอ็กโซท็อกซิน (Exoenzyme and exotoxin)	61
อัลฟาเอ็กโซท็อกซิน (Alpha-exotoxin)	61
บีตาเอ็กโซท็อกซิน (Beta-exotoxin)	62
ฮีโมไลซิน (Haemolysin)	63
เอ็นเทอโรท็อกซิน (Enterotoxin)	64
เอ็กโซเอนไซม์ (Exoenzymes)	64
Vegetative Insecticidal Proteins (VIPs)	65
สรุป	66
เอกสารอ้างอิง	66

	หน้า
บทที่ 5 ความเป็นพิษของบีทีต่อแมลง	
คำนำ	73
การประเมินความเป็นพิษของบีทีต่อแมลง	73
ความเข้มข้นของสารพิษจากบีที	74
การใช้สายพันธุ์อ้างอิง	75
การวัดค่าความแรงของบีที	76
ประสิทธิภาพของบีทีในการเข้าทำลายแมลง	77
ความแปรปรวนระหว่างสายพันธุ์ (serovar)	78
ความแปรปรวนในสายพันธุ์ (serovar) เดียวกัน	80
ความเป็นพิษของเดลต้าเอ็นโดท็อกซิน	81
การรวมตัวระหว่างเดลต้าเอ็นโดท็อกซิน	83
ความเป็นพิษของบีต้าเอ็กโซท็อกซิน	84
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของบีทีที่ปรับแต่งสูตรต่างๆ	85
สรุป	88
เอกสารอ้างอิง	88
บทที่ 6 แมลงและปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อความเป็นพิษของบีที	
คำนำ	97
ปัจจัยของสภาพแวดล้อม	97
พฤติกรรมการบินของแมลง	99
ปัจจัยทางดิน	101
ปัจจัยทางน้ำ	102
ปัจจัยของพืชอาหารที่มีต่อแมลง	103
เชื้อบีทีและความหนาแน่นของแมลง	105
ระยะเวลาเจริญเติบโตของตัวอ่อนแมลง	105
สิ่งมีชีวิตอื่นๆ	107
แบคทีริโอฟาจ (Bacteriophage)	108
สรุป	109
เอกสารอ้างอิง	109

	หน้า
บทที่ 7 การผลิตและผลิตภัณฑ์ปีที	
คำนำ	123
การเพาะเลี้ยงปีที	123
อาหารสำหรับการเพาะเลี้ยงปีที	124
สภาวะการเพาะเลี้ยงปีทีแบบเปิดเสรี	125
การเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์ปีที	129
การผลิตเชื้อปีทีสดในถังผลิตขยายอย่างง่าย	129
การผลิตปีทีเชิงพาณิชย์	133
การปรุงแต่งสูตรผสมของสารควบคุมแมลงศัตรู	136
รูปแบบการปรุงแต่งสูตรผสมของสารควบคุมแมลงศัตรู	136
องค์ประกอบของการปรุงแต่งผลิตภัณฑ์ปีที	136
สารออกฤทธิ์	137
ตัวทำละลาย	137
ตัวพา	137
สารลดแรงตึงผิว	137
สารปรุงแต่งอื่นๆ	138
ชนิดของการปรุงแต่ง	138
ชนิดน้ำแขวนลอย	138
ชนิดแห้ง	141
การควบคุมคุณภาพ	143
ผลิตภัณฑ์ปีที	144
สรุป	151
เอกสารอ้างอิง	151
บทที่ 8 การใช้ปีที่ควบคุมแมลงศัตรูอันดับต่าง ๆ	
คำนำ	159
วิธีการใช้ปีที่ควบคุมแมลงศัตรู	160
คำแนะนำในการใช้ปีที่ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด	161
ข้อดีของการใช้ปีที่	162

ข้อจำกัดของการใช้บีที	162
การจำแนกสายพันธุ์ <i>Bacillus thuringiensis</i> ที่มีพิษต่อหนอนผีเสื้อ	162
การทดสอบประสิทธิภาพเพื่อหาค่าความแรง	164
การคัดเลือกสายพันธุ์ <i>Bacillus thuringiensis</i> ที่มีค่าความแรงสูงกว่า	
สายพันธุ์มาตรฐาน	166
การใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> ควบคุมหนอนผีเสื้อศัตรูพืชใน	
อันดับ Lepidoptera	169
พฤติกรรมการกินของแมลงและการใช้บีทีในการควบคุมแมลงศัตรูพืช	171
กลยุทธ์การบูรณาการใช้บีทีเพื่อควบคุมหนอนผีเสื้อศัตรูพืช	173
ปฏิกิริยาและการใช้บีทีกับชีวภัณฑ์หรือสารเคมีควบคุมแมลงชนิดต่าง ๆ	173
ผลของบีทีต่อแมลงตัวเบียนและแมลงตัวห้ำ	176
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างหนอนผีเสื้อศัตรูพืช บีที และ allelochemicals	
ที่มาจากพืช	179
การใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>tenebrionis</i> ควบคุม	
หนอนด้วงศัตรูพืชในอันดับ Coleoptera	180
ลักษณะผลึกโปรตีนของ <i>Bacillus thuringiensis</i>	
subspecies <i>tenebrionis</i>	181
ลักษณะทางชีววิทยาและชีวเคมีของ <i>Bacillus thuringiensis</i>	
subspecies <i>tenebrionis</i>	183
ลักษณะทางพันธุกรรม	183
การใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>tenebrionis</i> ควบคุม	
หนอนด้วงศัตรูพืช	184
วิธีการทดสอบประสิทธิภาพ (Bioassay methods)	185
ความไวและประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงของ <i>Bacillus</i>	
<i>thuringiensis</i> subspecies <i>tenebrionis</i>	185
การนำ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>tenebrionis</i> มาใช้ควบคุม	
ด้วงชนิดที่สำคัญ 5 ชนิด ได้ผลดี	186
ผลกระทบจากการใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>tenebrionis</i>	
ต่อสัตว์อื่น ๆ นอกเป้าหมาย	188

	หน้า
การควบคุมตัวงโดยสารพิษบีต้าเอ็กโซท็อกซิน	191
การทดลองใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>tenebrionis</i> เพื่อควบคุมตัวงมันฝรั่งในแปลงปลูก	192
การใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> ในการควบคุม ลูกน้ำยุงและริ้นดำในอันดับ Diptera	194
คุณสมบัติของ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i>	196
สูตรที่ใช้ผลิต <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i>	197
ความปลอดภัยของ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> ต่อสภาพแวดล้อม	198
การทดสอบความปลอดภัยของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ	198
ความสะดวกในการใช้	199
ประหยัดค่าใช้จ่าย	199
แมลงไม่พัฒนาความต้านทานต่อ <i>Bacillus thuringiensis israelensis</i>	200
ความเหมาะสมเมื่อนำบีทีมาใช้ร่วมกับวิธีอื่นในแบบที่ชุมชนมีส่วนร่วม	201
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> ในการควบคุมยุง	201
ระยะของยุงที่มีความไวต่อการใช้บีที	201
อุณหภูมิของน้ำ	202
ขนาดของแหล่งน้ำ	202
ความหนาแน่นของลูกน้ำยุง	202
ชนิดของอาหาร	203
แสงสว่าง	203
แผนการจัดการควบคุมยุง	203
การแพร่ระบาดของยุง	204
การประเมินประสิทธิภาพของ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> สูตรต่าง ๆ	204
ความร่วมมือของหน่วยงาน	204
ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> ในการควบคุมริ้นดำ	205

	หน้า
ปัจจัยทางกายภาพ	205
ปัจจัยทางชีวภาพ	205
การควบคุมแมลงศัตรูโดยใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> ที่ประสบผลสำเร็จ	205
การควบคุมยุงในประเทศเยอรมนี	205
การควบคุมยุงในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนจีนโดยใช้จุลินทรีย์	207
การควบคุมริ้นดำพาหะนำโรค Onchocerciasis	207
การใช้ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> ควบคุม แมลงอื่นๆ ในอันดับ Diptera	208
แนวทางในการนำ <i>Bacillus thuringiensis</i> subspecies <i>israelensis</i> มาใช้ในอนาคต	210
สรุป	210
เอกสารอ้างอิง	211
บทที่ 9 ผลกระทบของบีทีต่อจุลินทรีย์และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังนอกเป้าหมาย	
คำนำ	225
ความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ชนิดอื่น	226
จุลินทรีย์ในดิน	226
ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงและพืช	226
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังนอกเป้าหมาย	228
แมลงหางดีด	228
แมลงน้ำ	228
ท่อนอนตีเสื้อ	229
แมลงที่มีประโยชน์	230
แมงมุมและไร	235
มอลลัสต์และครัสตาเซีย (Molluscs และ Crustacea)	236
ไส้เดือนดิน	237
สรุป	237
เอกสารอ้างอิง	238

	หน้า
บทที่ 10 ผลกระทบของบีทีต่อสัตว์ที่มีกระดูกสันหลัง	181
คำนำ	249
ผลต่อปลาและสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ	250
ผลกระทบต่อนก	251
ผลกระทบโดยตรง	251
ผลกระทบทางอ้อม	252
ผลต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	253
ผลของบีทีต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็ก	253
ผลสรุปการวิเคราะห์ความปลอดภัยในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	253
การทดสอบในห้องปฏิบัติการ	254
การทดสอบในภาคสนาม	256
ผลของบีทีต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดใหญ่	257
ผลของบีทีต่อมนุษย์	257
การติดเชื้อ	258
การก่อโรคในระบบทางเดินอาหาร	259
การระคายเคืองต่อผิวหนัง	261
การฟุ้งกระจายในชุมชน	261
ความเป็นพิษของบีทีต่อเซลล์สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	262
สรุป	263
เอกสารอ้างอิง	264
บทที่ 11 การคงอยู่ของบีทีและบทบาทต่อสภาพแวดล้อม	269
คำนำ	269
การคงอยู่ของบีทีในดิน	270
การอยู่รอดในรูปสปอร์ของบีที	270
การงอกของสปอร์และการเจริญของบีทีในดิน	270
การคงอยู่ของฤทธิ์จากสารพิษของบีที	271
การคงอยู่ของสารพิษบีทีบนใบพืช	273
การอยู่รอดในรูปของสปอร์ของบีที	273

	หน้า
ความคงอยู่ของสารพิษจากปีที่	274
ไม่ยี่นต้น	274
พีชอายุสั้น/พีชล้มลุก	275
เมล็ดพีชในโรงเก็บ	276
ความคงอยู่ของปีที่ในน้ำ	277
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความคงอยู่ของปีที่	278
ปัจจัยจากสิ่งที่มีชีวิต	278
ปัจจัยจากสิ่งไม่มีชีวิต	279
การถ่ายทอดและแพร่กระจายของปีที่	281
การถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่อีกรุ่นหนึ่ง	281
การแพร่กระจาย	282
ผลของสูตรผลิตภัณฑ์ต่อความคงอยู่ของปีที่	284
วิธีการใช้และอัตราการใช้ปีที่	286
สรุป	287
เอกสารอ้างอิง	287

บทที่ 12 การรวมชีวภัณฑ์ปีที่กับสารฆ่าแมลงชนิดอื่น ๆ	303
คำนำ	303
ปฏิกิริยาของปีที่กับจุลินทรีย์ก่อโรคอื่น ๆ	303
ปฏิกิริยากับสารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช	309
ผลโดยตรงของสารเคมีต่อสปอร์และสารพิษของปีที่	313
สรุป	314
เอกสารอ้างอิง	315

บทที่ 13 ความต้านทานของแมลงต่อปีที่	
คำนำ	319
การพัฒนาความต้านทาน	320
ในห้องปฏิบัติการ	320
ในสภาพแปลงปลูก	323

	หน้า
ความผันแปรของประสิทธิภาพการเข้าทำลายแมลงของบีทีที่พบตามธรรมชาติ	325
การผันกลับของความต้านทาน (Reversion of Resistance)	325
การพัฒนาความต้านทานข้ามชนิดของโปรตีนหรือสารพิษจากบีที	326
การจัดการความต้านทาน	328
สรุป	337
เอกสารอ้างอิง	337
บทที่ 14 การถ่ายยีนบีที	
คำนำ	347
การถ่ายยีนบีที	
เอ็กตราโครโมโซมดีเอ็นเอ (Extrachromosomal DNA) ที่มียีนสร้างผลึกโปรตีน	347
คอนจูเกชัน (Conjugation)	348
ทรานสโปซอน (Transposon)	350
ทรานสฟอร์เมชันและทรานสดักชัน (Transformation and Transduction)	351
ผลที่อาจเกิดขึ้นจากการถ่ายยีน	351
การปรับปรุงพันธุกรรมของยีนสร้างโปรตีนของบีที	352
ทรานสเจนิก เอ็กเพรสชัน (Transgenic expression)	353
ความต้านทานของแมลงต่อบีที	353
ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย	354
ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	355
ความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	356
สรุป	356
เอกสารอ้างอิง	357
บทที่ 15 บทสรุป : ความปลอดภัยและความเสี่ยงจากการใช้บีที	
ปัจจัยในการประเมินความปลอดภัยของบีที	365

	หน้า
สิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย และความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อม	367
ผลกระทบต่อสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังนอกเป้าหมาย	367
ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์	368
ความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม	369
ความคงอยู่ของบีทีในสภาพแวดล้อม	370
การถ่ายยีนบีที	371
ความปลอดภัยของบีทีเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงอื่นๆ	372
งานวิจัยในอนาคต	372
การจำแนกชนิดและสายพันธุ์บีที	373
สารพิษและกลไกการเข้าทำลายแมลง	373
ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายและระบบนิเวศ	374
ความต้านทานของแมลงต่อบีที	374
บีทีปลอดภัยหรือไม่?	374
เอกสารอ้างอิง	375
ดรรชนี	
ภาษาไทย	379
ภาษาอังกฤษ	391
ชื่อวิทยาศาสตร์	401

ชื่อ
17 ต.พ. 55

พิมพ์ครั้งที่ 1
กุมภาพันธ์ 2554
จำนวน 1,000 เล่ม
สงวนลิขสิทธิ์

ข้อมูลบรรณานุกรม
จรรยา จันทรีไพแสง

บที : *Bacillus thuringiensis* จุลินทรีย์ควบคุมแมลง / จรรยา จันทรีไพแสง กรุงเทพฯ:
บริษัท นิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด, 2554
408 หน้า

1. แมลง-การควบคุมโดยชีววิธี 2. จุลินทรีย์กำจัดศัตรูพืช

ISBN 978-974-7514-80-3
SB 976. M55 จ17

เลขหมู่ 632.96
 9 17
 2554
เลขทะเบียน 18788
วันที่ 17 ก.พ. 2555
113679

จัดพิมพ์โดย

บริษัท นิวธรรมดาการพิมพ์ (ประเทศไทย) จำกัด
202 ซอยเจริญกรุง 57 แขวงยานนาวา เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120
โทรศัพท์/โทรสาร 0-2675-6062, 0-2675-6094-6, 0-2211-4113
e-mail : newthammada@yahoo.com

จัดจำหน่ายโดย

ภาควิชาภูมิวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2942-8350 0-2561-3478
โทรสาร 0-2561-4882

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE
สำนักหอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



1110014529