บทที่ 2

บทสอบส่วนเอกสาร

ประวัติความเป็นมา

Bacillus thuringiensis Berliner 1915 เป็นแบคทีเรียที่สร้างผลึกโปรตีนที่เป็นพิษในระหว่างที่มีการสร้างสปอร์ (Bulla และคณะ, 1977) Dr. Ernst Berliner พบครั้งแรกในหนอนผีเสื้อแป้ง (Mediteranian flour moth : Anagasta (Ephestia) kuehniella (Zeller)) ที่เมือง Thuringia ประเทศเยอรมัน ในปี ค.ศ.1909 และตั้งชื่อว่า Bacillus thuringiensis Berliner ในปี ค.ศ. 1915 แต่ความจริงแล้ว Dr. Ishiwata พบครั้งแรกในหนอนไหม Bombyx mori (Linn.) แต่ไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ (Steinhaus, 1961)

ต่อมาในปี ค.ศ. 1953 Hannay ทำการศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมและพบว่า การทำลายแมลงของ B. thuringiensis เกิดจากผลึกโปรตีนข้างสปอร์ (parasporal crystal) ซึ่งเป็นผลึกรูปเพชร ข้อเสนอของ Hannay ได้รับการสนับสนุนจาก Angus ในปีต่อมา (Hannay, 1953, Angus, 1954, Angus, 1956 a, Angus, 1956 b)

ในปี ค.ศ. 1951 Dr. E.A. Steinhaus เริ่มนำ B. thuringiensis มาควบคุมแมลงศัตรูในพื้นที่ป่าไม้และทางการเกษตร และรายงานถึงความปลอดภัยของแบคทีเรียชนิดนี้ต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง สายพันธุ์แรกที่ผลิตออกมาในรูปการค้าคือ B. thuringiensis var. thuringiensis ใช้ควบคุมหนอนคืบกะหล่ำ (cabbage looper) และหนอนกัดกินใบชนิดอื่น ๆ ในปี ค.ศ. 1960 แต่ประมาณสิบปีต่อมาได้ค้นพบสายพันธุ์ใหม่ที่มีพิษสูงขึ้น คือ B. thuringiensis var. kurstaki และต่อมามีผู้พยายามนำ B. thuringiensis มาใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุง แต่ไม่ได้ผลเท่าที่ควร แม้ในความเข้มข้นซึ่งสูงถึง 500 ppm ดังนั้นจึงไม่เป็นที่สนใจในการควบคุมแมลงทางสาธารณสุข (Hall และคณะ, 1977, Garcia และคณะ, 1980 c)

ในปี ค.ศ. 1977 L.J. Goldberg และ J. Margalit ทำการแยก B. thuringiensis สายพันธุ์ใหม่จากแหล่งเพาะพันธุ์ยุงในประเทศอิสราเอล พบว่ามีพิษต่อลูกน้ำยุงสูง เรียกสายพันธุ์ใหม่นี้ว่า Serotype H-14 และตั้งชื่อเป็น B. thuringiensis var. israelensis โดย de Barjac ในปี 1978 (Goldberg และ Margalit, 1977, de Barjae, 1978)

อนุกรมวิธาน

อาณาจักร : Procaryotae, Division II : The Bacteria

ชั้น : Schizomycetes

อันดับ : Eubacteriales

วงศ์ : Bacillaceae

ชื่อ : Bacillus thuringiensis var. israelensis de Barjac 1978.

ชื่ออื่น ๆ : Bacillus thuringiensis serotype H-14 de Barjac 1978

: ONR 60 A

: WHO/CCBC 1897

ลักษณะทางชีววิทยา (Biological Characteristics)

B. thuringiensis เป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่มีรูปร่างเป็นแท่ง ต้องการออกซิเจนในการดำรงชีวิต ย้อมติดสีแกรมบวก และสร้าง endospore ลักษณะที่สำคัญของแบคทีเรียชนิดนี้คือ สร้างผลึกโปรตีน (delta-endotoxin หรือ crystalline parasporal body) ภายนอกสปอร์ในระยะที่มีการสร้างสปอร์ และสามารถแยกจากสปอร์ได้โดยง่าย

การจำแนกชนิดของ B. thuringiensis อาศัย flagellar antigen ของ vegetative cells (H-antigen), antigenic composition ของ delta-endotoxin ได้เป็น 14 serotype

B. thuringiensis แต่ละสายพันธุ์จะสร้างสารพิษต่าง ๆ กัน 7 ชนิดในขณะที่มีการเจริญเติบโต ได้แก่ alpha-exotoxin (phospholipase C) beta-exotoxin (heatstable exotoxin), gamma-exotoxin, labile exotoxin, mouse factor exotoxin, delta-endotoxin และ water-soluble toxin แต่สารพิษที่เป็นอันตรายคือ beta-exotoxin ซึ่งทนต่อความร้อนที่ 120°ซ ความดัน 15 ปอนด์ นาน 15 นาที สามารถละลายน้ำได้ และมีลักษณะโครงสร้างเหมือน nucleotide ซึ่งจะแสดงคุณสมบัติเป็น ATP analog จึงมีพิษต่อนกและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมรวมทั้งแมลงด้วย ดังนั้นในการคัดเลือก B. thuringiensis ที่จะนำไปใช้เป็นจุลินทรีย์กำจัดแมลง จำเป็นต้องเลือกสายพันธุ์ที่ไม่ผลิต beta-exotoxin (Faust, 1976, WHO, 1979 a)

B. thuringiensis var. israelensis เป็นแบคทีเรียสายพันธุ์ที่ไม่ผลิตสารพิษ beta-exotoxin แต่จะผลิตผลึกโปรตีนที่ต่างจาก B. thuringiensis สายพันธุ์อื่น ๆ ทั้งรูปร่างและขนาด โดยสายพันธุ์อื่นจะสร้างผลึกรูปเพชรเท่านั้น แบคทีเรียชนิดนี้มีพิษต่อลูกน้ำยุงสูงมาก แต่ไม่สามารถทำลายหนอนผีเสื้อ ฤทธิ์ทำลายแมลงของแบคทีเรียชนิดนี้ขึ้นกับสารพิษ delta-endotoxin ซึ่งอยู่ในผลึกโปรตีน สารพิษนี้สลายตัวได้ง่าย และละลายในสารละลายที่เป็นด่าง จากการศึกษาทางชีวเคมีพบว่า ลักษณะทั่วไปของสารพิษตั้งต้น (protoxin) มีโครงสร้างเป็น glycoprotein subunit ประกอบด้วยโปรตีน 95 % และคาร์โบไฮเดรท 5 % กรดอะมิโนที่พบมากคือ กรดกลูตามิก และกรดแอสปาติก โดยกรดกลูตามิกมีมากเป็น 25 % ของกรดอะมิโนทั้งหมด ส่วนคาร์โบไฮเดรทประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส 3.8 % และน้ำตาลแมนโนส 1.8 % สารพิษตั้งต้น 1 หน่วยมีน้ำหนักโมเลกุล 134,000 โดยประมาณ (Bulla และคณะ, 1977, Tyrell และคณะ, 1981)

กลไกการออกฤทธิ์ (Mode of Action)

กลไกการกระตุ้นและปลดปล่อย delta-endotoxin จากผลึกข้างสปอร์ยังไม่ทราบแน่ชัด แต่คาดว่าเกี่ยวข้องกับ protease enzyme ซึ่งอาจมีอยู่ที่ผิวของผลึก หรือรวมอยู่ในโครงสร้างของผลึก หรืออาจถูกปล่อยออกมาโดย digestive enzyme ภายในทางเดินอาหารของตัวอ่อนแมลง ในสภาวะที่เป็นด่างสารพิษตั้งต้นจะละลายและถูกกระตุ้นด้วย autolytic mechanism ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ protease ที่มีอยู่ ทำให้สารพิษตั้งต้นถูกเปลี่ยนไปเป็น active molecule (Chilcott และคณะ, 1981) B. thuringiensis serotype H-14 ไม่เกิดการติดเชื้อ

จากแมลงตัวหนึ่งไปยังตัวอื่น ผลึกโปรตีนที่เป็นพิษนี้จะทำลายแมลงเมื่อถูกกินเข้าไปเท่านั้น แต่ไม่มีฤทธิ์ถูกตัวตาย (Rishikesh และคณะ, 1983) โดยจะไปทำลายเซลเยื่อบุทางเดินอาหารของแมลงให้หลุดออกจาก basement membrane ทำให้แมลงไม่สามารถควบคุมการถ่ายประจุและสารพิษไปยังช่องว่างลำตัว เหตุการณ์เช่นนี้จะทำให้เลือดเป็นพิษ อันจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบอื่น ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ระบบประสาท, ระบบกล้ามเนื้อ, ระบบหายใจ แมลงจะเกิดอาการอัมพาตและตายไปในที่สุด (Garcia และคณะ, 1980 c)

ประสิทธิภาพการทำลายแมลงของ B. thuringiensis var. israelensis ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของแมลง, ระยะการลอกคราบ, อุณหภูมิ, สูตรที่ผลิต และกรรมวิธีการผลิต (Guillet และคณะ, 1980, Molloy และคณะ, 1981) หรือสภาพแหล่งน้ำ เช่น สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำที่สกปรกมาก หรือโคลน สามารถลดประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ลงได้ (Purcell, 1981, Mulla และคณะ, 1982) แต่เกลือที่ความเข้มข้นไม่เกิน 20 % NaCl หรือแสงแดดไม่มีอิทธิพลต่อแบคทีเรียชนิดนี้ (Garcia และ Desrochers, 1979)

เสถียรภาพ (Stability)

ประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ไม่สูญเสียแต่อย่างใด เมื่อให้ความร้อนอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 60°ซ เป็นเวลา 20 นาที โดยวิธีแช่แข็ง-ทำแห้ง (lyophilization) หรือการอาบรังสีอุลตราไวโอเลต (2537 Å) ซึ่งมีผลทำให้จำนวนสปอร์ลดลงน้อยกว่า 0.1 % นอกจากนี้ยังสามารถทนความร้อนที่อุณหภูมิ 80°ซ นานถึง 8 ชั่วโมง แต่ถ้าให้ความร้อนถึง 120°ซ ความดัน 15 ปอนด์ เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้แบคทีเรียชนิดนี้สูญเสียประสิทธิภาพ (Goldberg และ Margalit, 1977)

B. thuringiensis var. israelensis สามารถแยกได้จากลูกน้ำยุงหลายแห่งทั่วโลก เช่น แถบเมดิเตอร์เรเนียน, อาฟริกา, เอเชียอาคเนย์, ยุโรป และอเมริกาเหนือ (WHO, 1979 b)

ประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อสัตว์เป้าหมาย

ประสิทธิภาพต่อลูกน้ำยุงในวงศ์ Culicidae

1. สภาพห้องปฏิบัติการ

Goldberg และ Margalit ศึกษาครั้งแรกในห้องปฏิบัติการ พบว่า B. thuringiensis var. israelensis มีประสิทธิภาพสูงต่อลูกน้ำ Anopheles sergentii (Theobald), Uranotaenia unguiculata Edwards, Culex univitattus Theobald, Aedes aegypti (Linn.) และ Culex pipiens Linn. ซึ่ง Cx. pipiens มีความไวต่อแบคทีเรียชนิดนี้ที่สุด โดยมีค่า ED_{95} (Effective dose) เท่ากับ $8x10^4$ สปอร์/มล. ส่วน An. sergentii มีความไวน้อยที่สุด โดยมีค่า ED_{95} เท่ากับ $6x10^5$ สปอร์/มล. แบคทีเรียชนิดนี้มีประสิทธิภาพดีกว่า B. sphaericus 30-100 เท่า (Goldberg และ Margalit, 1977)

de Barjac ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดนี้ต่อลูกน้ำยุง 2 ชนิด พบว่าสามารถทำลายลูกน้ำ Aedes aegypti ในเวลา 30-40 นาทีโดยมีค่า LD_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ $2.4x10^4$ สปอร์/มล. และทำลายลูกน้ำ An. stephensi ในเวลา 100-110 นาที โดยมีค่า LD_{50} เท่ากับ $9.8x10^4$ สปอร์/มล. (de Barjac, 1978)

ลูกน้ำ Ae. sierrensis, Ae. dorsalis, Cx. pipiens, Cx. tarsalis, Culiseta incidens, Culiseta inornata ถูกทำลายที่แบคทีเรียเข้มข้น 10^5 เซล หรือมากกว่านั้น ไม่พบความแตกต่างในประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดนี้ระหว่างน้ำจากโพรงไม้และน้ำกร่อย แสงแดดและความเค็มไม่มีผลต่อแบคทีเรียชนิดนี้ (Garcia และ Desrochers, 1979)

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อลูกน้ำยุง An. atroparvus, Ae. caspius, Ae. aegypti, Cx. pipiens และ Ae. detritus พบว่า Cx. pipiens มีความไวสูงสุดโดยให้ค่า LC_{90} เท่ากับ 0.5 ไมโครกรัม/ล. และ An. atroparvus มีความไวต่ำสุดโดยให้ค่า LC_{90} เท่ากับ 4.4 มก./ล. (WHO, 1979 a)

ความเข้มข้นที่ 10^{-4} ไมโครกรัม/มล. จะเริ่มเป็นพิษต่อลูกน้ำ Ae. aegypti, Cx. quinquefasciatus Say และ An. albimanus Wiedemann พบว่า ที่ความเข้มข้น

10^{-2} ไมโครกรัม/มล. สามารถทำลายลูกน้ำยุงลาย Ae. aegypti และลูกน้ำยุงรำคาญ Cx. quinquefasciatus ได้ประมาณ 90 % แต่ทำลายลูกน้ำยุงกันปล่อง An. albimanus ได้เพียง 50 % นั่นคือผลึกโปรตีนที่เป็นพิษจะมีผลต่อลูกน้ำยุงกันปล่องน้อยกว่าลูกน้ำยุงรำคาญและยุงลาย 20-40 เท่า (Tyrell และคณะ, 1979)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดนี้ต่อลูกน้ำยุงลาย 2 ชนิด พบว่า Ae. aegypti ไวต่อ B. thuringiensis var. israelensis มากกว่า Ae. taeniorhynchus โดยค่า LC_{50} เท่ากับ 0.36 ppm และ 0.52 ppm ตามลำดับ (Van Essen และ Hembree, 1980)

ความเป็นไปได้ของ cross-resistance ต่อ B. thuringiensis var. israelensis ของลูกน้ำที่ต้านทานต่อสารเคมี โดยใช้ An. albimanus Wiedemann 2 สายพันธุ์ คือสายพันธุ์ที่มีความไวต่อยาฆ่าแมลงและสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสาร Organophosphate/Carbamate และ Cx. quinquefasciatus 5 สายพันธุ์คือ 1. สายพันธุ์ที่มีความไวต่อยาฆ่าแมลง 2. สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อ Propoxur 3. สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อ Temephos 4. สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อ trans-Permethrin 5. สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อ cis-Permethrin ผลการทดลองพบว่า การสร้างความต้านทานต่อยาฆ่าแมลงของลูกน้ำไม่มีผลต่อการทำลายลูกน้ำของแบคทีเรียชนิดนี้ แสดงว่ากลไกการต้านทานต่อยาฆ่าแมลงพวกคาร์บาเมต (oxidase detoxication หรือ AChE insensitivity) ออร์กาโนฟอสเฟต (esterase detoxication หรือ AChE insensitivity) และไพริทรอย (nerve insensitivity) ของลูกน้ำไม่มีส่วนสัมพันธ์ให้ลูกน้ำสร้างความต้านทานต่อ B. thuringiensis var. israelensis (Chih-Ning Sun และคณะ, 1980)

ในการประเมินความเป็นพิษของ B. thuringiensis var. israelensis สูตรต่าง ๆ 5 สูตร โดยศึกษาในลูกน้ำระยะที่ 2 ของ Ae. aegypti พบประสิทธิภาพของ ABG-6108 WP (6406-125), ABG-6108 WP (6478-199), ABG-6109 WP (6406-122), Biochem 666 PM 50 และ SAN 402 1 WDC มีค่าเท่ากับ 651, 567, 286, 3482 และ 688 ITU/มก. (International Toxic Units/มิลลิกรัม) ตามลำดับ โดยใช้ IPS-78 (Institute Pasteur Standard 1978) เป็นตัวมาตรฐานในการเปรียบเทียบ (Dame และคณะ, 1981) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงสูตร R 153-78, IPS-78 และ SAN 402-1

ในการทำลายลูกน้ำ Ae. polynesiensis, Ae. pseudoscutellaris และ Ae. aegypti พบว่า R 153-78 มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำได้ดีกว่า IPS-78 และ SAN 402-1 (Goettel และคณะ, 1982) ซึ่งผลการทดลองนี้ล่อดคล้องกับการทดลองของ Mulla และคณะ (Mulla และคณะ, 1982)

การทดล่อบสูตรมาตรฐาน IPS-78 ได้ค่า LC_{50} และ LC_{95} ต่อ Cx. quinquefasciatus เท่ากับ 0.042 และ 0.33 ppm ตามลำดับ และที่ความเข้มข้น 0.4 ppm เริ่มพบการตายของลูกน้ำภายใน 2 ชั่วโมง และตาย 100 % ภายใน 12 ชั่วโมง ส่วน B. thuringiensis var. israelensis ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm จะไม่พบการตายของ Culex (Carrollia) sp., Trichoprosopon digitatum ตาย 43.3 %, Cx. mollis ตาย 63.3 % และ Complex ระหว่าง Limatus durhami และ Limatus flavisetosus ตาย 63.6 % (Lacey และ Lacey, 1981) ลูกน้ำระยะ 4 ของ Cx. quinquefasciatus, Ae. aegypti, An. albimanus, An. quadrimaculatus และ Ae. triseriatus มีค่า LC_{50} ต่อสารพิษแบคทีเรียชนิดนี้เท่ากับ 0.061, 0.074, 0.095, 0.161 และ 0.151 ppm ตามลำดับ (Lacey และ Singer, 1982)

การทดลองใช้ B. thuringiensis var. israelensis สูตรต่าง ๆ ต่อ An. arabiensis พบว่าค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมงของแบคทีเรียสูตรมาตรฐาน (IPS-78), ชนิดผง (ABG-6108) และสูตรของเหลว (SAN 402-1) เท่ากับ 0.159, 0.211 และ 0.163 ppm ตามลำดับ และค่า LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมงเท่ากับ 0.113, 0.119 และ 0.099 ppm ตามลำดับ จากค่า LC_{50} สามารถนำมาคำนวณประสิทธิภาพของแบคทีเรียสูตรต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับสูตรมาตรฐาน IPS-78 พบว่าประสิทธิภาพของ ABG-6108 มีค่าเท่ากับ 750-940 ITU/มล. และ SAN 402-1 มีค่าเท่ากับ 970-1140 ITU/มก. แล่ดงว่าแบคทีเรียชนิดผงมักมีประสิทธิภาพต่ำกว่าชนิดที่เป็นของเหลวแขวนลอย (Nugud และ White, 1982)

การเปรียบเทียบความเป็นพิษของ B. thuringiensis var. israelensis และ B. sphaericus var. fusiformis พบว่า B. thuringiensis var. israelensis มีประสิทธิภาพในการทำลายลูกน้ำยุงลาย Ae. aegypti และ Cx. quinquefasciatus ได้ดี แต่ B. sphaericus ไม่มีฤทธิ์ทำลายลูกน้ำยุงลายแม้ในความเข้มข้นที่สูงมากกว่า 10,000 ppm (ธิติปวัฒน์, 2525)

2. แหล่งน้ำธรรมชาติ

การทดสอบประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ในแหล่งน้ำต่าง ๆ พบว่า สามารถควบคุมลูกน้ำ Ae. nigromaculis, Ae. melanimon, Cx. tarsalis, Psorophora Columbiae ตามบึงน้ำที่ความเข้มข้น 1 กก./เฮคตาร์ ส่วน Cx. quinquefasciatus ที่พบตามท่อระบายน้ำ สามารถควบคุมได้ 81 % ที่ความเข้มข้น 0.1 ppm ส่วนแหล่งน้ำซึ่งมีอินทรียสารมาก และมีออกซิเจนอยู่น้อย จะควบคุมลูกน้ำ Cx. peus, Cx. quinquefasciatus ได้สำบากต้องใช้ความเข้มข้น $\frac{1}{2}$-1 กก./เฮคตาร์ นอกจากนี้ สามารถควบคุมลูกน้ำ Ae. dorsalis และ Cx. tarsalis ได้ 90-100 % ที่ความเข้มข้น 1 กก./เฮคตาร์ (Garcia และคณะ, 1980 c)

ในการควบคุมลูกน้ำ Psorophora columbiae ในนาข้าว พบว่าภายใน 24 ชั่วโมง สามารถควบคุมลูกน้ำระยะ 2 ได้ 61.5 % ที่ความเข้มข้น 0.44 ppm และควบคุมได้ 100 % ที่ความเข้มข้น 4.4 ppm แต่ภายใน 72 ชั่วโมงสามารถควบคุมลูกน้ำระยะที่ 3 และ 4 ได้ 20.3 % ที่ความเข้มข้น 0.44 ppm และควบคุมได้ 75 % ที่ความเข้มข้น 8.0 ppm (Hembree และคณะ, 1980)

จากการศึกษาเบื่องต้นต่อลูกน้ำ Ae. dorsalis และ Cx. tarsalis ในบึงน้ำเค็ม และน้ำกร่อย พบว่าความเข้มข้นตั้งแต่ 1 กก./เฮคตาร์ ขึ้นไปสามารถลดประชากรลูกน้ำได้ 85 % หรือมากกว่า (Garcia และ Des Rochers, 1980 a) นอกจากนี้ในการควบคุมประชากร Ae. taeniorhynchus ในบึงน้ำเค็มพบว่า B. thuringiensis var. israelensis ทำลายลูกน้ำถึง 99 % ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 4.5 ITU/มล. และพบว่าโคลนมีส่วนทำให้ประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดนี้ลดลง (Purcell, 1981)

การทดลองในสำธารซึ่งปราศจากวัชพืช เมื่อใช้ B. thuringiensis var. israelensis ที่ความเข้มข้น 3.1 ppm พบว่าหลังจากปล่อยแบคทีเรีย 20-22 นาที ยังคงพบแบคทีเรีย 50-80 % ของความเข้มข้นที่ใช้ (1.5-2.5 ppm) จำนวนสปอร์ลดลงอย่างรวดเร็วจนเกือบเป็น 0 เมื่อทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เป็นการชี้ให้เห็นว่าฤทธิ์ตกค้างของแบคทีเรียชนิดนี้ต่ำมาก (Frommer และคณะ, 1981 a) แต่เมื่อมีวัชพืช Potomogeton crispus และ P. pectinatus อาศัยอยู่ จะมีผลทำให้เกิดความแปรปรวนของการเคลื่อนที่ของแบคทีเรียชนิดนี้คือ ทำให้ความเข้มข้นเหลืออยู่ระหว่าง 24-90 % (0.8-2.8 ppm) จากความเข้มข้น

3.10 ppm หลังจากปล่อย 18-28 นาที (Frommer และคณะ, 1981 d)

ในแหล่งน้ำขังตามโพรงไม้และล้อยางรถยนต์ B. thuringiensis var. israelensis ที่ความเข้มข้น 1.0-10.0 ppm ทำให้ลูกน้ำระยะที่ 4 ของ Ae. triseriatus มีอัตราตายสูงมาก แต่จะสูญเสียประสิทธิภาพภายใน 3-5 วัน (de Maio และคณะ, 1981) ส่วนแหล่งน้ำเสียที่มีซากไม้ทับถมซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำ Cx. peus และ Cx. quinquefasciatus พบว่า B. thuringiensis var. israelensis สามารถลดประชากรลูกน้ำได้ 73-99 % ที่ความเข้มข้น 0.40-1.63 กก./เฮคตาร์ (Eldridge และ Callicrate, 1982)

การศึกษาประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อลูกน้ำยุง Cx. quinquefasciatus ในคูข้างถนนพบว่าลูกน้ำถูกทำลายที่ความเข้มข้น 0.6 มก./ล. (491ITU/มก.) ซึ่งตัวเต็มวัยยังคงวางไข่ตลอดการทดลอง แต่ไม่พบลูกน้ำระยะที่ 4 และดักแด้ (Mclaughlin และ Fukuda, 1982 a) ส่วนการควบคุมลูกน้ำยุงก้นปล่อง An. crucians ในบึงสนามกอล์ฟ, ทะเลสาบ และนาข้าว สามารถลดประชากรของลูกน้ำยุงได้ 80-100 % ที่ความเข้มข้นประมาณ $1.8\text{-}3.0 \times 10^9$ ITU/เฮคตาร์ (Mclaughlin และ Fukuda, 1982 b)

การประเมินประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis สูตรต่าง ๆ พบว่าสูตร SAN 402-1 WDC, Biochem 666 PM 50 และ ABG-6108 สามารถควบคุมลูกน้ำ Psorophora columbiae ในนาข้าวได้ดีที่ความเข้มข้น 1, 1.5 และ 4 กก./เฮคตาร์ ตามลำดับ แต่ต้องใช้ความเข้มข้นสูงขึ้น ถ้าต้องการควบคุมลูกน้ำ An. quadrimaculatus (Dame และคณะ, 1981) สูตรทางการค้า 2 ชนิดคือ Vectobac TM และ Teknar TM สามารถควบคุมลูกน้ำ Aedes sp. ได้ผลดีตามความเข้มข้นที่แนะนำให้ใช้ในแหล่งน้ำต่าง ๆ กัน (Ramoska และคณะ, 1982)

การศึกษาประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อลูกน้ำ Mansonia uniformis ที่ทำการเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และจากแหล่งเพาะพันธุ์ในธรรมชาติ ได้ค่า LC_{95} เป็น 11.02 และ 25.98 กก./เฮคตาร์ และพบว่าการควบคุมลูกน้ำ Mansonia ต้องใช้ความเข้มข้นของแบคทีเรียสูงกว่าการควบคุมลูกน้ำยุงชนิดอื่น (Foo และ Yap, 1983) ส่วนการควบคุมลูกน้ำ An. sundaicus ในอินโดนีเซีย ได้ผลดีที่ความเข้มข้น

1.1-2.3 กก./เฮคตาร์ และเมื่อการควบคุมลูกน้ำได้ผลดีจะมีส่วนทำให้ยุงตัวเต็มวัยลดน้อยลงด้วย (Schaefer และ Kirnowardoyo, 1983)

ประสิทธิภาพต่อแมลงในวงศ์ Simuliidae

1. สภาพห้องปฏิบัติการ

ประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อตัวอ่อน blackfly (Diptera : Simuliidae) ชนิดต่าง ๆ คือ Simulium verecundum, S. vittatum, Cnephia ornithophilia, C. mutata และ Prosimulium mixtum ได้ค่า LD_{50} ระหว่าง $4.4x10^2$ - $5.3x10^3$ เซล/มล. ส่วนการให้แบคทีเรียเพียง 1 นาที ต่อ S. verecundum พบการตาย 87 และ 93 % ที่ความเข้มข้น $5x10^4$ และ $1x10^5$ เซล/มล. ตามลำดับ (Undeen และ Nagel, 1978)

เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของ B. thuringiensis var. israelensis สูตรมาตรฐาน IPS-78 และแบคทีเรียสูตรอื่นต่อ S. damnosum พบว่าประสิทธิภาพแตกต่างกันมาก โดยภายใน 1 นาที สูตร IPS-78 ให้อัตราตาย 84 % ที่ความเข้มข้น $5x10^6$ สปอร์/มล. ส่วนแบคทีเรียชนิดอื่นจาก New foundland ให้อัตราตาย 99 % ที่ความเข้มข้น 10^4 สปอร์/มล. (Undeen และ Berl, 1979)

การศึกษาระดับความไวของ S. vittatum ต่อ B. thuringiensis var. israelensis ในช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่าค่า LC_{50} ลดลงอย่างรวดเร็วจาก 0.81 ppm เป็น 0.32 ppm และค่า LC_{90} ลดจาก 1.71 ppm ไปเป็น 0.86 ppm เมื่อเพิ่มเวลาจาก 30 นาที เป็น 60 นาที แต่หลังจาก 60 นาทีแล้ว ค่า LC_{50} และ LC_{90} เปลี่ยนแปลงน้อยมาก (Frommer และคณะ, 1980)

การทดลองประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อตัวอ่อน blackfly พบว่า S. verecundum Stone and Jamnback มีระดับความไวมากกว่า S. vittatum Zetterstedt อัตราการตายของ S. vittatum ที่อุณหภูมิ 20°ซ สูงเป็น 2 เท่าของที่ 10°ซ (Molloy และคณะ, 1981)

2. แหล่งน้ำธรรมชาติ

B. thuringiensis var. israelensis สามารถควบคุมประชากรของ S. damnosum complex ในลำธารทางตอนใต้ของฝั่งฝ่าย Ivory ของอาฟริกาตะวันตก ทำให้เกิดอัตราตายอย่างสมบูรณ์ที่ความเข้มข้น 0.2 มก./ล. ภายใน 10 นาที (Guillet และ Escaffre, 1979)

การประเมินประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อตัวอ่อน balckfly ในลำธารของ Newfoundland พบว่าความเข้มข้น $1x10^5$ เซล/มล. สามารถควบคุมประชากรลงได้มากกว่า 93 % (Colbo และ Undeen, 1980) การทดลองที่ใช้แบคทีเรียเข้มข้น 0.5 ppm นาน 15 นาที สามารถลดประชากรของตัวอ่อน blackfly ลง 96, 86, 53 และ 11 % ในระยะทาง 20, 180, 350 และ 705 เมตรตามลำดับใต้จุดปล่อย (Molloy และ Jamnback, 1981)

ผลของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อ S. vittatum ในแหล่งน้ำที่ไม่มีวัชพืช พบว่าเมื่อให้แบคทีเรียเข้มข้น 3.1 ppm เป็นเวลา 35 นาที สามารถลดจำนวนตัวอ่อนได้ 25 % ภายใน 24 ชั่วโมงตามน้ำไหล 3 1 2 เมตรจากจุดปล่อย เมื่อเพิ่มช่วงเวลาเป็น 70 นาทีที่ความเข้มข้น 1.55 ppm สามารถลดประชากรตัวอ่อนได้ 50-70 % ภายใน 24 ชั่วโมง, 35-80 % ที่ 48 ชั่วโมง และ 25-78 % ที่ 72 ชั่วโมง (Frommer และคณะ, 1981 b) แต่ถ้ามีวัชพืช Potomogeton crispus และ P. pectinatus อาศัยอยู่ด้วย ประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดนี้ในการควบคุม S. vittatum ลดลงเพียงเล็กน้อย ตัวอ่อนลดลง 27-92 % ภายใน 96 ชั่วโมง (Frommer และคณะ, 1981 c)

ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย

สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

B. thuringiensis var. israelensis มีความเฉพาะเจาะจงต่อแมลงสูง และมีความปลอดภัยมากต่อมนุษย์และสัตว์มีกระดูกสันหลัง จึงเหมาะที่จะใช้ในการควบคุมโดยชีววิธี จากการศึกษาพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรังต่อหนูขาว, หนูตะเภา, หนูถีบจักร และกระต่าย โดยให้ได้รับสารพิษแบคทีเรียทางส่วนต่าง ๆ เช่น ทางปาก (oral) ที่ความเข้มข้น $6.9x10^7$-$3.4x10^8$ เซลต่อสัตว์ทดลอง 1 ตัว, ผสมกับอาหารในความเข้มข้น $2.5-2.6x10^2$ เซลต่อ-

สัตว์ทดลอง 1 ตัว เป็นเวลา 3 อาทิตย์, ฉีดเข้าทางผิวหนัง (percutaneous) ในความเข้มข้น $5.1x10^7$-$1.7x10^8$ เซลต่อสัตว์ทดลอง 1 ตัว, เข้าทางช่องท้อง (intraperitoneal) ในความเข้มข้น 6.8-$6.9x10^7$ เซลต่อสัตว์ทดลอง 1 ตัว หรือให้สูดดม ไม่พบอันตรายใด ๆ เกิดขึ้น เป็นการแสดงให้เห็นว่าสัตว์ทดลองเหล่านี้มีความอดทนสูงต่อแบคทีเรียชนิดนี้ นอกจากนี้จากการฉันสูตรอาหารของหนูที่กินแบคทีเรียในความเข้มข้น 10^{11}-10^{12} เซลต่อสัตว์ทดลอง 1 ตัว นาน 3 สัปดาห์ ไม่พบเนื้อเยื่อถูกทำลาย B. thuringiensis var. israelensis สามารถล่ะล่มในสมองและม้ามในความเข้มข้น $6.5x10^8$ เซล แต่ไม่พบอาการผิดปกติและไม่พบหลักฐานว่าแบคทีเรียชนิดนี้สามารถเพิ่มจำนวนทั้งในม้ามและสมอง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1982 เป็นต้นมาได้มีการใช้ B. thuringiensis var. israelensis ในอาฟริกาตะวันตก จำนวนมากกว่า 240 ตัน แต่ไม่พบอันตรายใด ๆ จากการใช้แบคทีเรียจำนวนดังกล่าว (WHO, 1979 a, Shadduck 1980, de Barjac และคณะ, 1980, WHO, 1981 b, Rishikesh และคณะ, 1983, Shadduck , 1983)

รายชื่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมายที่ปลอดภัยจาก B. thuringiensis var. israelensis หรือมีระดับความไวเฉพาะความเข้มข้นที่สูงมากได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก (Rishikesh และคณะ, 1983)

สัตว์นอกเป้าหมายอื่น ๆ

สิ่งที่ควรคำนึงถึงของสารพิษต่าง ๆ คือ ผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตนอกเป้าหมาย เนื่องจากสารบางชนิดอาจมีพิษต่อแมลงสูงมาก แต่สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัย ถ้าไม่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นตัวห้ำหรือตัวเบียน รวมทั้งศัตรูธรรมชาติต่าง ๆ ของแมลงพาหะ หรือแม้กระทั่งสิ่งมีชีวิตที่เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อาหาร ซึ่ง B. thuringiensis var. israelensis ก็ไม่มีอันตรายต่อสัตว์นอกเป้าหมายต่าง ๆ เหล่านี้ (Rishikesh และคณะ, 1983)

Weiser และ Vankova (1978) ยังให้เห็นว่า เท่าที่ปรากฏในปัจจุบันยังไม่พบว่า B. thuringiensis serotype H-14 มีอันตรายต่อสัตว์นอกเป้าหมายที่อาศัยในแหล่งเพาะพันธุ์ของตัวอ่อน blackfly ซึ่ง Dejoux (1979) ก็ยืนยันว่าเป็นความจริง (Dejoux, 1979) นอกจากนี้ Sinegre และคณะ (1979) ศึกษาถึงผลของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อสัตว์ต่าง ๆ บริเวณชายฝั่งเมดิเตอร์เรเนียนของฝรั่งเศส พบว่ามีผลต่อ

หนอนแดง (Chironomus sp.) ที่ความเข้มข้นใกล้เคียงกับลูกน้ำยุง โดยมีค่า LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เป็น 0.1 มก./ล. (LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมงของลูกน้ำยุงรำคาญ มีค่าเท่ากับ 0.03-0.1 มก./ล.) ส่วนสัตว์นอกเป้าหมายชนิดอื่น ๆ ไม่ได้รับอันตรายใด ๆ ทั้งสิ้นจากการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ แมลงเหนี่ยง (water scavenger beetle : Berosus sp.) ตัวอ่อนแมลงปอ (Cordulia sp.) ไม่แสดงอาการที่เป็นพิษที่ความเข้มข้น 8 มก./ล. นาน 5 วัน คือยังปลอดภัยแม้ในความเข้มข้นซึ่งสูงเป็น 160 เท่าของความเข้มข้นที่ทำให้ลูกน้ำ Aedes sp. ตาย 100 % (LC_{100} ของ Aedes sp. มีค่าเท่ากับ 0.05 มก./ล.), ไรน้ำจืด (Daphnia magna), โคปีปอด (copepod : Cyclops fuscus), หอยนางรม (Ostrea edulis) ปลอดภัยที่ความเข้มข้น 25 มก./ล. เป็นเวลา 5 วันคือไม่พบอันตรายในความเข้มข้นซึ่งสูงถึง 500 เท่าของความเข้มข้นที่ทำลายลูกน้ำ, ไรน้ำเค็ม (Artemia salina) และตัวอ่อนของกุ้ง ปลอดภัยที่ความเข้มข้น 1.6 มก./ล. นาน 5 วัน, ตัวอ่อนริ้น (phantom midge : chaoborinae) ไม่แสดงอาการผิดปกติที่ความเข้มข้น 2.5 มก./ล. ในเวลา 2 วัน และปลากินลูกน้ำ (Gambusia affinis) ปลอดภัยที่ความเข้มข้น 8 มก./ล. เป็นเวลา 15 วัน (Sinegre และคณะ, 1979)

การทดลองที่ใช้ B. thuringiensis var. israelensis ต่อสัตว์นอกเป้าหมายที่ความเข้มข้น $5.4x10^3$ สปอร์/มล. พบว่าไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพวกครัสตาเซียน (crustaceans), แมลงปีปะขาว, แมลงปอ, แมลงปอเข็ม, มวนกรรเชียง, มวนวน 2 ชนิด, ด้วงดิ่ง 7 ชนิด, แมลงเหนี่ยง 4 ชนิด และหนอนแดง 2 ชนิด นอกจากนี้จากการใช้ B. thuringiensis var. israelensis ในอัตรา 0.25 กก./เฮคเตอร์ ในแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุง Aedes sp. (แบคทีเรียประมาณ $1.3x10^3$ สปอร์/มล.) และในอัตรา 1 กก./เฮคตาร์ (แบคทีเรียประมาณ $5.4x10^3$ สปอร์/มล.) ในแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุง Cx. tarsalis ไม่พบการตายของพวกแพลงตอนสัตว์ (Zooplankton) และสัตว์น้ำต่าง ๆ 28 ชนิด ยกเว้นตัวอ่อนหนอนแดงถูกทำลายภายใน 2 วัน แต่หลังจากนั้นประชากรของหนอนแดงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Miura และคณะ, 1980)

สัตว์น้ำต่าง ๆ 40 ชนิดที่ปลอดภัยจาก B. thuringiensis var. israelensis แม้ในความเข้มข้นซึ่งสูงเป็น 50 หรือ 200-300 เท่าของความเข้มข้นที่ LD_{50} ของลูกน้ำยุง Culex pipiens ($1x10^{3.5}$ สปอร์/มล.) โดยแบคทีเรียชนิดนี้เป็นพิษต่อแมลงในอันดับ

013137

Nematocera, วงศ์ Culicidae, Simuliidae และสัตว์นอกเป้าหมายในวงศ์ Dixidae, Chironomidae และ Ceratopogonidae (Garcia และคณะ, 1980 a, Garcia และคณะ, 1980 b)

การทดลองเปรียบเทียบความเป็นพิษระหว่างลูกน้ำยุง Ae. aegypti (L.), Cx. quinquefasciatus Say และ chironomid เช่น Glyptotendipes paripes Edwards, Chironomus crassicaudatus Malloch, C. decorus Johannsen, Tanytarsus spp. พบว่า ลูกน้ำยุงมีความไวต่อ B. thuringiensis var. israelensis มากกว่าตัวอ่อนของริ้น 13-75 เท่า (LC_{50} ของริ้นมีค่าเท่ากับ 4.56-9.84 ppm LC_{50} ของลูกน้ำยุง 2 ชนิดมีค่าเท่ากับ 0.13 และ 0.24 ppm ตามลำดับ) (Ali และคณะ, 1981)

การทดลองเพื่อดูถึงประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อหนอนแดง พบว่าประชากรลดลง 27-65 % ที่ความเข้มข้น 3 กก./เฮคตาร์ นอกจากนี้ไม่พบว่ามีอันตรายต่อสัตว์นอกเป้าหมายที่อาศัยในบริเวณดังกล่าวได้แก่ พวกครัสตาเซียน, ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (Baetis sp.) มวนกรรเชียง, มวนวน, แมลงเหนี่ยง, ตัวอ่อนแมลงปอ เป็นต้น ในการควบคุมหนอนแดงให้ได้ผล Garcia และ Goldberg (1977) เสนอให้ใช้ความเข้มข้น $1x10^7$ เซล/มล. (Ali, 1981)

ในการควบคุมลูกน้ำยุง Cx. tarsalis ในท้องที่โดยใช้แบคทีเรียที่ความเข้มข้น 0.8 กก./เฮคตาร์ เป็นเวลา 22 วัน ไม่พบอันตรายต่อสัตว์ต่าง ๆ แต่มีผลทำให้ประชากรหนอนแดงลดลง 45-75 % (Mulligan และ Schaefer, 1982) ความเข้มข้นที่ 1 ppm มีผลต่อหนอนแดง แต่ความเข้มข้นที่ควบคุมลูกน้ำยุง Ae. melanimon Dyar, Ae. nigromaculis (Lidl.) และ Cx. tarsalis Coq. ไม่มีผลต่อสัตว์นอกเป้าหมายชนิดอื่น (Miura และคณะ, 1982)

จากการทดลองในบึงน้ำเค็มซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของลูกน้ำยุง Ae. taeniorhynchus พบว่าสัตว์นอกเป้าหมายต่าง ๆ 61 ชนิด เช่นไรน้ำ, ด้วงน้ำ, มวนต่าง ๆ เช่นแมลงดานา (gaint water bug : Belostoma testaceum) และมวนเพชฌฆาต (Reduviid bug) ตัวอ่อนแมลงวันลาย (soldier fly : Odontomyia sp.), แมลงปอ, จักจั่นงวง (delphacid planthopper : Delphacidae sp.) และแมงมุม (Araneae) มีประชากรเพิ่มขึ้นหรือคงเดิม ยกเว้นมวนวน (backswimmer : Notonecta indica) ที่มีประชากร

ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากมวนวนกินลูกน้ำที่ได้รับสารพิษแบคทีเรีย เพราะในการทดลองอื่น ๆ ไม่พบว่า แบคทีเรียชนิดนี้มีผลต่อมวนวน (Purcell, 1981)

ในการควบคุม Simuliidae ที่ความเข้มข้น $1x10^5$ เซล/มล. ปรากฏว่าสามารถทำลายตัวอ่อน balckfly ได้มากกว่า 93 % แต่ไม่ทำให้ประชากรของสัตว์นอกเป้าหมายลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่แมลงในอันดับ Trichoptera, Coleoptera, Plecoptera, Ephemeroptera และ Odonata แต่จะไปลดประชากรของหนอนแดงลง 38 % (Colbo และ Undeen, 1980) ผลจากการใช้ B. thuringiensis var. israelensis ในการควบคุม Simulium sp. ในลำธารต่อสัตว์นอกเป้าหมายที่อาศัยร่วมอยู่ด้วย พบว่าแมลงในน้ำมีการเพิ่มของประชากรทั้งหมด 70 % คือหนอนปลอกน้ำ (Glossosomatidae, Polycentropodidae, Lepidostomalidae, Limnephilidae, Hydropsychidae) เพิ่มขึ้น 47 %, สโตนฟลาย (Perlodidae, Leuctridae, Nemouridae) เพิ่มขึ้น 75 %, หนอนแดงเพิ่มขึ้น 19 %, ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (Heptageniidae) เพิ่มขึ้น 35 % และ elmid (Elmidae) เพิ่มขึ้น 242 % ในขณะที่ประชากรของ blackfly ลดลงอย่างรวดเร็วถึง 89 % (Molloy และ Jamnback, 1981)

จากการทดลองเพื่อดูความเฉพาะเจาะจงของ B. thuringiensis var. israelensis พบว่าไม่เป็นอันตรายต่อหนอนผีเสื้อ Anagasta kuehniella, Plutella maculipennis Curtis, Prodenia litura, Manduca sexta นอกจากนี้ยังปลอดภัยต่อหนอนไหม แม้ในความเข้มข้นซึ่งสูงถึง $4.0x10^9$ สปอร์/มล. แต่ผลึกข้างสปอร์มีผลทำลายหนอนศัตรูกระหล่ำ Trichoplusia ni (Hubner), หนอนเจาะสมอฝ้าย Heliothis zea (Boddie) และหนอนกินใบยาสูบ H. virescens (F.) โดยมีค่า LC_{50} เป็น 109.6, 19.3 และ 27.6 ไมโครกรัม/มล. ตามลำดับ (Tyrell และคณะ, 1979, WHO, 1979 a, Ignoffo และคณะ, 1981 a)

การทดลอง B. thuringiensis var. israelensis ต่อลูกน้ำยุงยักษ์ Toxorhynchites rutilus ไม่พบการตายของลูกน้ำระยะที่ 4 ที่แบคทีเรียเข้มข้น 10 ppm ในสภาวะที่ไม่มีเหยื่ออาหาร แต่เมื่อมีลูกน้ำ Ae. aegypti เป็นเหยื่ออาหาร จำนวน 5, 10 และ 20 ตัว มีผลทำให้ลูกน้ำยุงยักษ์ตาย 9, 21 และ 23 % ตามลำดับ ภายใน 10 วัน และพบว่าลูกน้ำระยะที่ 1 ไวต่อแบคทีเรียชนิดนี้มากที่สุด อย่างไรก็ตามฤทธิ์ตกค้างของ

B. thuringiensis var. israelensis ในน้ำไม่มีผลทำลายลูกน้ำยุงยักษ์ระยะที่ 4 (Lacey และ Dame, 1982)

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis สูตรต่าง ๆ พบว่าทั้ง Bactimos, ABG-6108 D และ Sandoz 402-WDC ไม่มีผลต่อสัตว์นอกเป้าหมาย คือตัวอ่อนแมลงชีปะขาว (Callibaetis pacificus), ตัวอ่อนแมลงปอ (Erythemis simplicicollis), แมลงเหนี่ยง (Berosus metalliceps), ด้วงดิ่ง (Dyticidae) และออสตราคอด (ostracod) แม้ในความเข้มข้นที่สูงกว่า 2-5 เท่าของความเข้มข้นที่ทำลายลูกน้ำ (Mulla และคณะ, 1982)

การทดลองถึงประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ที่ใช้ร่วมกับปลากินลูกน้ำยุง ต่อ Cx. tarsalis พบว่าแบคทีเรียชนิดนี้ทำให้ประชากรของลูกน้ำลดลง แต่ไม่มีผลต่อประชากรของสัตว์นอกเป้าหมาย ได้แก่พวกครัสตาเซียน, ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว, ตัวอ่อนแมลงปอ, มวนกรรเชียง, ตัวอ่อนของริ้น และปลากินลูกน้ำยุง (Stewart และคณะ, 1983)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย