

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลึกสารพิษแบบคทีเรีย B. thuringiensis var. israelensis สัตว์เป็นสารพิษชนิดกสิณกินตาย มีกลไกความเป็นพิษโดยทำลายพยาธิสภาพเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหารส่วนกลางของลูกน้ำยุง (Bulla et al., 1977, Eldridge และ Callicrate, 1982, Federici, 1982) อัตราการตายของลูกน้ำยุงขึ้นกับระยะของลูกน้ำและปริมาณของสารพิษที่กสิณกินเข้าไป (Mulligan et al., 1980, Romaska และ Pacey, 1979) เนื่องจากยุงระยะไข่และดักแด้ไม่กินอาหาร จึงมีโอกาสได้รับพิษ ในการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นว่าสารพิษแบบคทีเรียไม่มีประสิทธิภาพทำลายต่อยุงระยะไข่และดักแด้เลยแม้ในความเข้มข้นสูง ๆ ดักแด้ที่ไข่ทดลองหลังจากลอกคราบให้ยุงตัวเต็มวัยลักษณะปกติ ผลการทดลองนี้สนับสนุนข้อกล่าวที่ว่าสารพิษแบบคทีเรีย B. thuringiensis var. israelensis ไม่มีพิษถูกตัวตาย

การทดลองนี้ให้อาหารแก่ลูกน้ำทุกครั้งที่ทำการศึกษาทดลองเพื่อตัดปัญหาลูกน้ำตาย เพราะขาดอาหาร และการกินกินเองของลูกน้ำยุงก็ปล่อยให้จากผลการทดลองอาจบอกได้ว่าอัตราการตายของลูกน้ำมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อระยะของลูกน้ำเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้แม้ว่าผลการทดลองลูกน้ำระยะที่ 1 ให้อัตราการตายต่ำกว่าลูกน้ำระยะที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ก็อาจอธิบายได้ว่าเป็นเพราะในการทดลองใช้ลูกน้ำระยะที่ 1 ซึ่งเพิ่งฟักออกจากไข่ใหม่ ๆ มักไม่ค่อยกินอาหารหรือบางตัวยังไม่กินอาหารเลย จึงเป็นไปได้ว่าลูกน้ำระยะที่ 1 มีโอกาสได้รับสารพิษในปริมาณที่ต่ำมาก ไม่พอเพียงที่จะทำให้เกิดผลทำลายได้ ส่วนลูกน้ำระยะที่ 2, 3 และ 4 นั้นอัตราการถูกทำลายลดลง เรียงไปตามลำดับ โดยค่า LC 50 ของลูกน้ำระยะที่ 2 ต่ำกว่าระยะที่ 4 เกือบ 7 เท่า เนื่องจากใช้ลูกน้ำระยะที่ 4 ช่วงต้น ๆ สำหรับการทดลอง ดังนั้นจึงมีอัตราการเติบโตสูงต้องการอาหารปริมาณมาก น่าจะมีโอกาสได้รับสารพิษเข้าไปมากกว่าลูกน้ำระยะที่ 2 ซึ่งมีอัตราการกินอาหารน้อยกว่า โอกาสได้รับสารพิษก็น้อยลงไป สำหรับกรณีนี้จึงอาจอธิบายได้ว่าขนาดและอายุของยุงจะมีส่วนเกี่ยวข้องกับตัว โดยลูกน้ำระยะที่ 4 มีขนาดและอายุมากกว่า ทำให้มีความคงทนสูงกว่า จึงมีระดับความไวต่ำกว่าลูกน้ำระยะอื่น ๆ อัตราการตายของลูกน้ำระยะที่ 4 จึงน้อยที่สุด (Matsumura, 1976)

ระดับความไวของบุงกัมปล่องล่องชนิดนี้ต่อสารพิษแบคทีเรียมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยบุง An. (Cel.) dirus มีระดับความไวสูงกว่า An. (Cel.) minimus มาก แสดงถึงประสิทธิภาพของผลึกสารพิษขึ้นกับชนิดของลูกน้ำบุง ในทำนองเดียวกับระยะของลูกน้ำอาจอธิบายได้ว่าบุงกัมปล่องต่างชนิดกันน่าจะมีโอกาสได้รับพิษต่างกัน จากการสังเกตอัตราการกินอาหารที่แตกต่างกัน บุง An. (Cel.) dirus มีอัตราการกินอาหารมากกว่าบุง An. (Cel.) minimus ทำให้อัตราการตายของลูกน้ำบุง An. (Cel.) dirus สูงกว่า An. (Cel.) minimus นอกจากนี้ลักษณะแตกต่างกันทางสรีรวิทยาในการลดระดับความเป็นพิษ (detoxification) ก็อาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ระดับความไวต่อผลึกสารพิษแตกต่างกันได้ (Ramaska และ Pacey, 1979, Chih-Ning Sun et al., 1980) อย่างไรก็ตามผลการทดลองในห้องปฏิบัติการของประสิทธิภาพสารพิษ B. thuringiensis var. israelensis ต่อบุงกัมปล่องทั้งสองชนิดนี้ นับว่าได้ผลดีพอสมควร โดยเฉพาะสำหรับลูกน้ำบุง An. (Cel.) dirus นั้นให้ผลเป็นที่น่าพอใจมาก

การศึกษาฤทธิ์ตกค้างของ B. thuringiensis var. israelensis ที่ความเข้มข้น LC 95 ต่อบุงกัมปล่องระยะที่ 4 ทั้งสองชนิดนี้ พบว่าอัตราการตายของลูกน้ำบุงลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 1-3 วันหลังจากเริ่มทำการทดลอง จากนั้นการลดลงของอัตราการตายจะเป็นไปอย่างช้า ๆ และไม่พบอัตราการตายของลูกน้ำบุงหลังจาก 7 วันไปแล้ว ปัจจัยอันหนึ่งที่สามารถลดประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดนี้ต่อลูกน้ำบุงคือ การตกตะกอน (Ignoffo et al., 1981) สูตรแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลองนี้คือสูตรมาตรฐาน IPS-78 มีลักษณะเป็นผงของแข็งไม่ละลายน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้จึงสามารถตกตะกอนลงสู่ก้นภาชนะได้ ประกอบกับลูกน้ำบุงกัมปล่องมีพฤติกรรมกินอาหารที่ผิวน้ำทำให้ปัจจัยการตกตะกอนมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis อย่างเด่นชัด ในช่วงแรก ๆ ของการทดลอง อัตราการตกตะกอนของผงผลึกเป็นไปอย่างสูงมาก มีผลทำให้ประสิทธิภาพของผงผลึกแบคทีเรียชนิดนี้ลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอัตราการตกตะกอนก็เริ่มต่ำลงไปตามลำดับ ทำให้ประสิทธิภาพสารพิษนี้ค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ สูตรมาตรฐาน IPS-78 เป็นส่วนผสมของสปอร์และผลึกสารพิษ ความสามารถทำลายลูกน้ำบุงเป็นผลมาจากผลึกพิษโปรตีนมากกว่าสปอร์ (de Barjac, 1979) แสดงให้เห็นว่าการตกตะกอนลงสู่ก้นภาชนะทำให้ผลึกพิษโปรตีนมีคุณสมบัติอยู่ได้ในภาวะการทดลองสั้นลง รวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรียไม่สามารถขยายพันธุ์ด้วยตัวเองได้เมื่อกิ่งให้เวลาผ่านไป ผลการทดลองนี้สนับสนุนการทดลองอื่นที่แล้วมาซึ่งได้ผลว่า B. thuringiensis var.

israelensis มีฤทธิ์ตกค้างสั้นมากจนอาจกล่าวได้ว่าไม่มีฤทธิ์ตกค้างเลย (Mulligan *et al.*, 1980, Davidson *et al.*, 1981, DeMaio *et al.*, 1981) การที่ล่ำารพิษแบคทีเรียมีฤทธิ์ตกค้างต่ำแม้ว่าจะเป็นการสิ้นเปลืองเมื่อนำไปใช้ในทางปฏิบัติ แต่ทว่าเป็นข้อดีอันหนึ่งที่ทำให้มีผลกระทบเป็นมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในธรรมชาติน้อยลงตามไปด้วย

การทดลองเกี่ยวกับเสถียรภาพความคงทนของล่ำารพิษ *B. thuringiensis* var. *israelensis* ในน้ำ pH ต่าง ๆ ได้เคยมีผู้ทำการทดลองมาแล้วเหมือนกัน และพอจะสรุปได้ว่าผลล่ำารพิษแบคทีเรียล่ำารสามารถรักษาลำภาพอยู่ได้ในน้ำช่วง pH 4-10 โดยประสิทธิภาพในการทำลายลูกน้ำบุงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ลักษณะที่มองเห็นก็พบในการทดลองนี้ต่อลูกน้ำระยะที่ 4 ของบุง *An. (Cel.) minimus* ให้อัตราการตายของลูกน้ำในน้ำ pH 6 สูงกว่าน้ำ pH 7 และ 8 น่าจะอธิบายได้ว่าผลที่เกิดขึ้นกับบุง *An. (Cel.) dirus* นั้นไม่ได้เป็นผลที่มาจาก pH ของน้ำซึ่งมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของล่ำารพิษแบคทีเรีย แต่ควรเป็นเพราะล่ำารภาวะของลูกน้ำซึ่งไม่อาจทนต่อล่ำารพิษน้ำเป็นกรดได้ ทำให้ลูกน้ำในขณะนั้นอ่อนแอลง แม้ล่ำารพิษน้ำเป็นกรดจะไม่มีผลทำให้ลูกน้ำในการทดลองควบคุมตายได้ แต่ล่ำารภาวะลูกน้ำอ่อนแอที่เกิดขึ้นมีผลตอบสนองต่อล่ำารพิษแบคทีเรีย อัตราการตายของลูกน้ำในภาวะนี้จึงสูงขึ้น (Mulligan *et al.*, 1980, Sinegre *et al.*, 1980 a)

การนำผลการทดลองจากห้องปฏิบัติการไปตัดแปลงใช้ในทางปฏิบัติเป็นเป้าหมายใหญ่ที่สำคัญ การศึกษาปัจจัยทางกายภาพของธรรมชาติที่อาจมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของ *B. thuringiensis* var. *israelensis* เป็นสิ่งที่ควรกระทำ พบว่ามีปัจจัยทางกายภาพหลายอย่างมีผลต่อความสามารถทำลายลูกน้ำบุงของล่ำารพิษนี้เช่น อุณหภูมิ แสงแดด และอนุภาคต่าง ๆ ที่ลอยปะปนอยู่ในน้ำเป็นต้น (Molloy *et al.*, 1981) ลักษณะของน้ำจากแหล่งต่าง ๆ กันย่อมมีส่วนประกอบของอนุภาคในน้ำต่างกันไปด้วย เป็นที่ทราบกันแล้วว่าการตกตะกอนจมลงของล่ำารพิษแบคทีเรียล่ำารสามารถลดอัตราการตายของลูกน้ำบุงได้อย่างรวดเร็ว (Sinegre *et al.*, 1980 b, Ignoffo *et al.*, 1981) ประสิทธิภาพของผลล่ำารพิษแบคทีเรียจะลดต่ำลงเมื่อล่ำารพิษแวดล้อมของน้ำมีส่วนประกอบของอนุภาคดินหรือโคลนเข้มข้นมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 มก./มล. แม้แต่ทรายละเอียดอนุภาคขนาด 147 ไมครอน หรือน้อยกว่านั้นก็มีผลทำลายประสิทธิภาพล่ำารพิษนี้ พบว่าผลล่ำารพิษมีแนวโน้มจะตกตะกอนจมได้เร็วขึ้นในภาชนะที่มีอนุภาคดินหรือทรายปะปนอยู่ ซึ่งอาจเป็นเพราะการดูดซับผลล่ำารพิษของอนุภาคเหล่านั้น (Romaska *et al.*, 1982, Van Essen และ Hembree, 1982) นอกจากปัจจัยทางกายภาพแล้ว สิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ที่อาศัย

อยู่ในสภาพแวดล้อมก็สามารถลดประสิทธิภาพการทำงานของผลึกดีบุกที่เรียวได้ ซึ่งอาจเนื่องจากการย่อยสลายสารพิษนี้โดยจุลินทรีย์เหล่านั้น (Mulligan et al., 1980)

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของ B. thuringiensis var. israelensis ต่อลูกน้ำบุ่งในน้ำจากแหล่งต่าง ๆ คือ น้ำแหล่งเพาะพันธุ์ธรรมชาติ น้ำคลอง และน้ำฝน พบว่าลูกน้ำบุ่งที่ปล่อยทิ้งลงในน้ำให้อัตราการตายสูงอย่างมีนัยสำคัญในน้ำฝน อาจอธิบายได้ว่าน้ำแหล่ง เพาะพันธุ์ธรรมชาติและน้ำคลองที่ใช้ในการทดลองมีปัจจัยที่สามารถลดประสิทธิภาพสารพิษได้ โดยอาจมีปริมาณของอนุภาคแขวนลอยปะปนอยู่และจุลินทรีย์อื่น ๆ มากกว่าในน้ำฝน ซึ่งทำให้อัตราการตายของลูกน้ำบุ่งในน้ำคลอง และน้ำแหล่ง เพาะพันธุ์ธรรมชาติ ต่ำกว่าในน้ำฝน



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย