



การแบ่งสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมโรคตามแนวคิดใหม่



ศาสตราจารย์ ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ

บทคัดย่อ

แม้ว่ามีการนำสารเคมีมาใช้ในการกำจัดแมลงเพื่อควบคุมโรคกันอย่างแพร่หลาย ยังไม่มีการอธิบายกลไกการออกฤทธิ์ของสารเคมีกำจัดแมลงอย่างชัดเจน ทั้งนี้เนื่องจากการขาดแคลนเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบฤทธิ์ หรือกลไกของสารเคมีกำจัดแมลง เพื่อให้ครอบคลุมศักยภาพที่แท้จริงของสารเคมีกำจัดแมลงนั้นๆ ตามหลักการแบ่งสารเคมีตามแนวคิดใหม่สามารถแบ่งสารเคมีได้สามแบบดังนี้ สารที่มีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง (toxic), สารที่มีฤทธิ์ในการไล่แมลง (repel) และสารที่มีฤทธิ์ระคายเคืองแมลง (irritate) ซึ่งสามารถดำเนินการตรวจสอบได้ ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ในเบื้องต้นได้มีการศึกษาฤทธิ์หรือกลไกของสารเคมีต้นแบบสามชนิดที่ใช้ในการควบคุมยุงพาหะนำโรคคือสารเคมีดีดีที สารเคมีเอลฟาไซเปอร์เมทรินและสารดีลดริน พบว่า สารเคมีต้นแบบทั้งสามชนิดมีฤทธิ์ต่อแมลงเป้าหมายแตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้สารเคมีกำจัดแมลงในอนาคต ควรมีการศึกษาฤทธิ์หรือกลไกที่แท้จริงตามหลักการแบ่งสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมโรคตามแนวคิดใหม่ก่อน

นำไปใช้เพื่อให้ครอบคลุมศักยภาพที่แท้จริงของสารเคมีกำจัดแมลง

หลังจากที่ค้นพบคุณสมบัติของดีดีทีในการควบคุมแมลงในปี พ.ศ. 2486 ได้มีการผลิตสารเคมีกำจัดแมลงชนิดใหม่ๆ และนำมาใช้มากขึ้นเรื่อยๆ ปัจจุบันนี้ธุรกิจการผลิตสารเคมีกำจัดแมลงได้ลงทุนปีละมากกว่า 1 ล้านเหรียญสหรัฐในการผลิตสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมแมลงที่มีความสำคัญทางการเกษตรและสาธารณสุข (Roberts and Andre 1994) ดังนั้นการใช้สารเคมีให้มีประโยชน์สูงสุดในการควบคุมป้องกันโดยไม่ให้เกิดโทษต่อมนุษย์และทำให้ปนเปื้อนต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดจึงมีความจำเป็น ปัญหาที่เกิดขึ้นเมื่อมีการใช้สารเคมีมากขึ้นและสะสมเป็นเวลานาน อาจทำให้แมลงมีพัฒนาการสร้างความต้านทานต่อสารเคมี (Chareonviriyaphap et al. 2001, Klun et al. 2001, Roberts and Andre 1994, Roberts et al. 1997)

องค์กรในระดับนานาชาติหลายองค์กรสนับสนุนการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคที่มีแมลงเป็นพาหะในรูปแบบต่างๆ อาทิ การใช้มุ้งชุบสารเคมีป้องกันยุง การพ่นผนังบ้านด้านในเพื่อป้องกันยุงเข้าบ้าน การ

ใช้สารเคมีที่มีฟอสฟอรัสในบ้านเพื่อฆ่าลูกน้ำยุงลาย เป็นต้น นอกจากนี้การใช้สารเคมียังมีข้อจำกัดหลายอย่าง ต่อแมลงแต่ละชนิด อาทิ พฤติกรรม แหล่งที่อยู่อาศัย ขนาดของแมลง เป็นต้น เพื่อให้การควบคุมแมลง พาหะนำโรคประสบผลสำเร็จมากที่สุด การศึกษา กลไกการทำงานของสารเคมีตามแนวคิดใหม่จึงมีประโยชน์และมีความจำเป็นมากก่อนที่จะนำสารเคมี ชนิดนั้นๆ ไปใช้ในวงกว้างต่อไป (Roberts and Andre 1994, Chareonviriyaphap et al. 2002, Grieco et al. 2007)

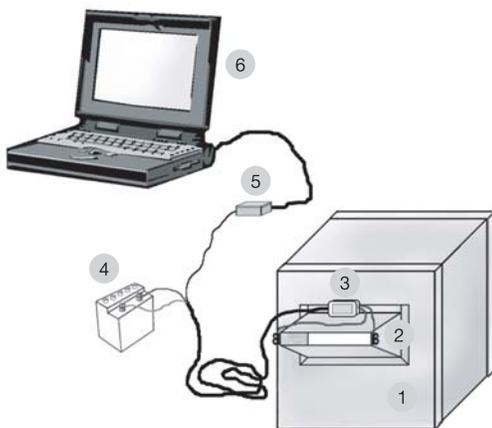
โดยทั่วไปการให้ความหมายของ “สารเคมี” ที่ใช้ควบคุมแมลงว่า “สารเคมีกำจัดแมลง” (insecticide) เพียงอย่างเดียวถือว่าไม่ทันสมัย และเป็นรูปแบบเก่าๆ การใช้สารเคมีในอดีต เพื่อหวังผล ในการฆ่าแมลงเพียงอย่างเดียวนั้นไม่ครอบคลุม ศักยภาพที่แท้จริงของสารเคมี เพราะไม่เพียงแต่สร้าง ปัญหาให้กับสิ่งแวดล้อมแต่ได้เป็นการกระตุ้นให้ แมลงสร้างความต้านทานสารเคมี ดังจะเห็นได้จาก วารสารงานวิจัยต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกประเทศ (Roberts et al. 2000, Grieco et al. 2007, Thanispong et al. 2009, Dusfour et al. 2009) ผลการศึกษาเหล่านี้ได้พยายามแสดงให้เห็นว่า สารเคมีบางชนิดไม่ได้มีฤทธิ์เป็นเพียงสารฆ่าแมลง เท่านั้น แต่ยังคงมีคุณสมบัติเป็นสารไล่แมลงที่ดี โดยเฉพาะในความเข้มข้นต่ำๆ ซึ่งช่วยชะลอปัญหา แมลงต้านทานต่อสารเคมี (Achee et al. 2006, Mongkalangul et al. 2009) การจำแนกกลไก การทำงานของสารเคมีนำไปสู่การใช้สารเคมีอย่าง มีประสิทธิภาพ เพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของ แมลงพาหะแต่ละชนิด อาทิ พฤติกรรมการเข้า-ออก บ้านของแมลง พฤติกรรมการดูดเลือดคนของยุง ก้นปล่อง ยุงลาย และยุงอื่นๆ เป็นต้น

“การป้องกันไม่ให้ยุงกัดที่ดีที่สุด” เนื่องจากยุง ไม่มีโอกาสได้เกาะตามส่วนต่างๆ ของร่างกายเราได้ และไม่มีโอกาสดูดเลือด และที่แน่นอนที่สุดคือ ความปลอดภัยจากโรคร้ายที่นำโดยแมลง แต่ *“เป็นการยากที่สุดที่จะป้องกันไม่ให้ยุงกัด”* แม้สารเคมี บางชนิดมีฤทธิ์ในการไล่แมลงให้แมลงห่างพ้นไป จากเรา แต่การไล่อาจจะเกิดขึ้นหลังจากที่ยุงได้ เกาะ (landing) ตามส่วนหนึ่งของร่างกายแล้ว (นั่นก็หมายความว่า “ยุงอาจจะกัดเราแล้วและบิน จากไปนั่นเอง”) ดังนั้นการศึกษากลไกของสารเคมี ก่อนการนำไปใช้จึงมีความจำเป็นเพื่อให้ทราบว่า สารเคมีชนิดนั้นๆ มีคุณสมบัติเฉพาะอย่างไร เช่น สารเคมีบางชนิดไม่ได้มีฤทธิ์ในการขับไล่ยุง ตามที่ รู้จักกันทั่วไปว่าเป็น “สารฆ่ายุง หรือสารกำจัดแมลง” ในขณะที่สารบางชนิดมีฤทธิ์ในการไล่ยุง (หลังจาก ยุงได้เข้ามาเกาะตามร่างกายแล้ว) และสารบางชนิด อาจมีประสิทธิภาพในการไล่ยุงก่อนที่มันจะทำการ เกาะตามร่างกาย ดังนั้นก่อนการตัดสินใจที่จะ นำสารเคมีไปใช้ควรมีการศึกษาคุณสมบัติของ สารเคมีอย่างละเอียด เพื่อให้เกิดการใช้งานอย่างมี ประสิทธิภาพที่สุด การวิเคราะห์คุณสมบัติของสารเคมี ก่อนที่จะนำไปใช้ช่วยสนับสนุนข้อมูลทางวิชาการ และองค์ความรู้เบื้องต้นของสารเคมีนั้นๆ ได้ทราบ คุณสมบัติของสารเคมีก่อนการนำไปใช้ในภาคสนาม

ในปี พ.ศ. 2549 ได้มีการศึกษาวิจัยเครื่องมือ เพื่อนำไปใช้ศึกษากลไกของสารเคมีในการใช้ควบคุม ยุงพาหะนำโรค โดยนำระบบอิเล็กทรอนิกส์และ โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการศึกษาวิจัย เรียกเครื่องมือชนิดนี้ว่า “an automated field compatible device for excito-repellency assay” ประกอบไปด้วยเครื่อง excito-repellency, photoelectric sensor, operation mode, battery,

DATA Logger CL123 และเครื่องคอมพิวเตอร์ (Tanasinchayakul et al. 2006) เครื่องมือชนิดนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในภาคสนาม โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน เซนเซอร์แสงช่วยบันทึกข้อมูลขณะที่ยุงบินเข้าและออก นอกจากนี้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล โดยไม่จำเป็นต้องใช้คนคอยบันทึกผลการศึกษา (ภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 เครื่องมือศึกษากาฬของสารเคมี (automated excitorepellency test system)

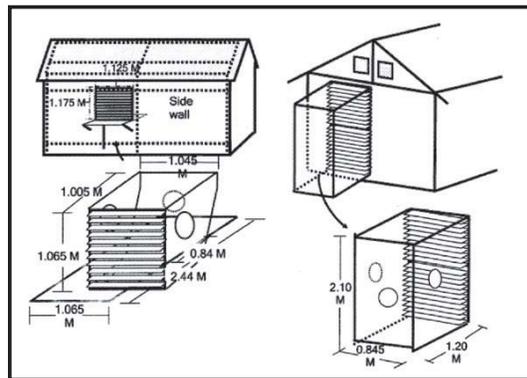


- 1 = excitorepellency chamber,
- 2 = photoelectric sensor,
- 3 = operation mode,
- 4 = battery,
- 5 = DATA Logger CL 123,
- 6 = Computer system

ในปีเดียวกันได้มีการศึกษากาฬของสารเคมีภาคสนามโดยใช้กระท่อมทดลอง เพื่อศึกษากาฬของสารเคมีในการควบคุมยุงลายบ้าน พาหะนำโรคไข้เลือดออกเป็นครั้งแรกในประเทศไทยที่อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี (Chareonviriyaphap

et al. 2005, Suwonkerd et al. 2006) โดยใช้กระท่อมทดลองจำนวน 2 หลัง กระท่อมทั้งสองหลังได้ออกแบบสร้างให้ใกล้เคียงกับบ้านพักอาศัยในชุมชนนั้น พร้อมทั้งได้ออกแบบหน้าต่างและประตูบ้านเพื่อพัฒนากับดัก สำหรับจับยุงเข้าและกับดักเพื่อจับยุงออกกระท่อมแต่ละหลังมีเนื้อที่ 20 ตารางเมตร โดยมีความกว้าง 4 เมตรและยาว 5 เมตร มีหน้าต่าง 3 บาน และประตู 1 บาน (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 กระท่อมทดลองพร้อมกับดักยุงเข้าและออก



ในการทดลองแต่ละครั้งจะทำการติดตั้งกับดักยุงเพื่อดักยุงเข้ากระท่อม ทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเพื่อศึกษาการไล่ยุงจากระยะไกล (spatial repellency) และติดตั้งกับดักยุง เพื่อป้องกันยุงออกกระท่อม ทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเพื่อศึกษาการไล่ยุงหลังการสัมผัส (contact irritancy) ในการศึกษากระท่อมทดลองครั้งนี้ทีมวิจัยได้นำเทคนิค “marker-release recapture” เข้ามาใช้เพื่อช่วยให้สามารถติดตามพฤติกรรมยุงลายบ้านในการบินเข้า-ออกบ้านในศึกษากาฬของสารเคมี ในเบื้องต้นได้มีการศึกษาเปรียบเทียบกระท่อมทดลองทั้งสองหลัง พบว่ากระท่อมทดลองทั้งสองมีความสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษากาฬของสารเคมีภาคสนาม

ได้ดีเท่ากัน (Chareonviriyaphap et al. 2005, Suwonkerd et al. 2006) ต่อมาได้ทดสอบชนิดของเหยื่อที่นำไปใช้ล่อหรือดึงดูดยุงลายบ้าน โดยการเปรียบเทียบเหยื่อสองชนิดคือ สุนัขและคน พบว่ายุงลายบ้านชอบเข้ากระท่อมทดลองที่มีคนมากกว่ากระท่อมทดลองที่มีสุนัข (Suwonkerd et al. 2006)

ต่อมา Grieco et al. (2007) ได้ทำการศึกษาวิจัยกลไกของสารเคมี 3 ชนิด คือ ดีดีที เอลฟาไซเปอร์เมทริน และ ดีลตริน โดยใช้เครื่อง “High Throughput Screening Assay” (ภาพที่ 3) พบว่า ดีดีทีและเอลฟาไซเปอร์เมทรินไม่ได้มีฤทธิ์ฆ่ายุง¹ ดีดีทีมีฤทธิ์ไล่ยุงแบบ spatial repellency ส่วนเอลฟาไซเปอร์เมทรินมีฤทธิ์ไล่ยุงแบบ contact irritancy สารดีลตรินมีฤทธิ์ฆ่ายุง (toxicity) ผลจากงานวิจัยครั้งนี้นำไปสู่การศึกษาในภาคสนามโดยใช้กระท่อมทดลอง การศึกษากลไกของสารเคมีตัวอย่างจำนวน 3 ชนิด คือ ดีดีที เอลฟาไซเปอร์เมทริน และดีลตริน โดยใช้ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) จากประเทศไทย เป็นตัวอย่างต้นแบบ พบว่าสารเคมีแต่ละชนิดมีกลไกในการควบคุมยุงพาหะนำโรคที่แตกต่างกัน ดีดีทีเป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์ในการไล่แมลงจากระยะไกล ในขณะที่สารไพรีทรอยด์ (เอลฟาไซเปอร์เมทริน) มีฤทธิ์ไล่แมลงหลังการสัมผัส ส่วนดีลตรินมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง การทราบกลไกการทำงานของสารเคมีแต่ละชนิดทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถจัดการวางแผนการใช้งานของสารเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (Grieco et al. 2007)

¹ พฤติกรรมตามธรรมชาติและฤทธิ์ของสารเคมี

ภาพที่ 3 เครื่อง “High Throughput Screening Assay”



- 1 = Treatment (metal) cylinder,
- 2 = Clear (Plexiglass) cylinder,
- 3 = End cap,
- 4 = Linking section,
- 5 = Treatment drum,
- 6 = Treatment net

สรุป

ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าประสิทธิภาพของสารฆ่าแมลงต่อแมลงพาหะมีมากกว่าความเป็นพิษต่อแมลงเป้าหมาย และแสดงให้เห็นลักษณะการตอบสนองของแมลงเป้าหมายต่อสารเคมีถึง 3 แบบ คือ ฤทธิ์ในการไล่ (repellent) การระคายเคือง (irritant) และการเป็นพิษ (toxicant) โดยทดสอบกับสารเคมี 3 ชนิด ได้แก่ ดีดีที เอลฟาไซเปอร์เมทริน และดีลตรินกับยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ทำการศึกษาทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม พบว่าสารเคมีแต่ละตัวมีการตอบสนองแตกต่างกัน โดยดีดีทีออกฤทธิ์ในการไล่มากที่สุด สามารถป้องกันยุงกัดได้ถึง 73% เอลฟาไซเปอร์เมทริน ออกฤทธิ์ทำให้เกิดการระคายเคืองมากที่สุด ป้องกันยุงกัดได้ 61% และดีลตริน ออกฤทธิ์เป็นพิษมากที่สุด ป้องกันยุงได้ 92% ขณะเดียวกันความเป็นพิษอย่างฉับพลันต่อ

จำนวนประชากรแมลง พาหะสามารถนำไปสู่การพัฒนาสร้างความต้านทานอย่างรวดเร็ว (Roberts and Andre 1994, Grieco et al. 2007) นั่นคือ สารเคมีไม่ได้มีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา งานวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ ที่แสดงให้เห็นว่าดีดีทีีมีผลต่อพฤติกรรมของยุง (Roberts et al. 1997, Chareonviriyaphap et al. 1997, Phothisakorn et al. 2007)

การจัดระบบใหม่ของสารเคมี โดยแสดงลักษณะการตอบสนองต่อสารเคมีคือ ฤทธิ์ในการไล่ฤทธิ์การระคายเคือง และฤทธิ์การเป็นพิษใช้เกณฑ์ต่างๆ ดังนี้

1) การประเมินจากความเข้มข้นของสารเคมี ในการจัดลำดับการตอบสนองต่อสารเคมีแบบต่างๆ จะมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารเคมี เช่น การตอบสนองความเป็นพิษของสารดีดีทีี มีความเข้มข้นของสารเคมีต่ำกว่าความเข้มข้นที่ทำให้เกิดการตอบสนองแบบการระคายเคืองหรือ ฤทธิ์ในการไล่ ดังนั้นความเป็นพิษถูกจัดเป็นลำดับแรก ตามคำนิยามที่ให้ไว้การตอบสนองต่อสารเคมีลำดับแรกนั้นเกิดขึ้น เมื่อมีความเข้มข้นของสารเคมีต่ำที่สุด และเรียงตามความเข้มข้นของสารเคมีตามลำดับต่อไป

2) เกณฑ์ที่สองคือ เวลาที่พาหะสัมผัสสารเคมีหรือเวลาที่ได้รับสารเคมี แม้ว่าความเข้มข้นของสารเคมีจะเท่ากันสำหรับกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองแบบต่างๆ แต่เวลาที่ได้รับสารเคมีช่วยทำให้เกิดการตอบสนองต่างกัน เช่น การออกฤทธิ์แบบระคายเคืองเกิดขึ้นเร็วกว่าการเป็นพิษ จึงทำให้กลไกการออกฤทธิ์แบบระคายเคืองสามารถป้องกันไม่ให้แมลงได้รับพิษ โดยแมลงจะเคลื่อนย้ายออกไปก่อนที่จะได้รับปริมาณสารเคมี

3) เกณฑ์ที่สามใช้ทั้งความเข้มข้นของสารเคมี และเวลาที่สัมผัสสารเคมีรวมกัน

การศึกษาภาคสนามได้แสดงว่า ระบบการตรวจสอบแบบใหม่มีความแม่นยำ สามารถแบ่งแยกได้ระหว่างฤทธิ์ในการไล่การระคายเคือง และการเป็นพิษ ในการทดสอบสารเคมีซึ่งทำทั้งในห้องปฏิบัติการ และในภาคสนาม พบว่า ฤทธิ์ในการไล่เป็นปฏิกิริยาลำดับแรกของดีดีทีี การระคายเคืองเป็นปฏิกิริยาลำดับที่สอง และการเป็นพิษเป็นปฏิกิริยาลำดับที่สาม ส่วนเอลฟาไซเปอร์เมทริน ออกฤทธิ์ในการระคายเคืองเป็นลำดับแรก และการเป็นพิษเป็นลำดับที่สอง แต่ไม่มีฤทธิ์ในการไล่สารดีดีทีี แสดงความเป็นพิษอย่างเดียว

ดีดีทีีเป็นสารเคมีที่มีต้นทุนต่ำและมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมมาลาเรีย ผลการศึกษาได้อธิบายอย่างชัดเจนว่าแท้จริงแล้วดีดีทีีมีหน้าที่ทำลายวงจรการถ่ายทอดโรคมาลาเรียในบ้าน (Roberts et al. 1997, 2000) การศึกษาการทำงานของดีดีทีี ทั้งในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม ได้อธิบายถึงบทบาท ฤทธิ์ในการไล่ และการระคายเคืองเป็นสารที่ยับยั้งการถ่ายทอดโรคมาลาเรีย ความสำเร็จของกลไกออกฤทธิ์ในการไล่ของดีดีทีีทำให้สามารถป้องกันไม่ให้ยุงเข้ามาในบ้าน สารเอลฟาไซเปอร์เมทรินออกฤทธิ์แบบระคายเคือง และเป็นพิษต่อแมลงเป้าหมาย แมลงเป้าหมายที่บินออกไปสลบเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม สารเอลฟาไซเปอร์เมทรินไม่ได้มีฤทธิ์ในการไล่ที่สมบูรณ์แบบ ทำให้ยุงเข้าไปและกัดคนในบ้านได้ ส่วนสารดีดีทีีแสดงความเป็นพิษอย่างเดียวต่อยุงลายบ้าน เป็นคุณสมบัติของสารฆ่าแมลง มีความเป็นพิษอย่างรุนแรงต่อแมลงเป้าหมาย ขณะเดียวกันพบว่าสารนี้ฆ่าแมลงเป้าหมายอย่างฉับพลัน และสุดท้ายนำไปสู่การสร้าง ความต้านทานต่อสารฆ่าแมลงอย่างรวดเร็ว

ในวันนี้ประสิทธิภาพของดีดีทีียังไม่มีสารตัวใดมาแทนที่ได้ (ราคาถูก และมีประสิทธิภาพ) ในธรรมชาติ ดีดีทีีมีหลายรูปแบบ ความสำเร็จในการ

ออกฤทธิ์ไล่แมลงเป้าหมาย ทำให้ดีดตีที่เป็นสารเคมีที่ใช้ยับยั้งไม่ให้ยุงเข้ามาในบ้าน และยังกระตุ้นให้ยุงที่เข้ามาในบ้านออกไปอย่างรวดเร็ว (ถ้ามียุงหลงเข้ามา) โดยยังไม่กัดคนในบ้าน ส่วนความเป็นพิษของดีดตีที่มีฤทธิ์ในการฆ่าตัวมาก การค้นหาสารเคมีที่จะมาแทนที่ดีดตีที่ ควรมุ่งไปที่การจัดระบบสารตามแนวคิดใหม่ ยกเลิกการคัดเลือกสารเคมีที่ใช้ควบคุมแมลงพาหะนำโรคบนพื้นฐานของเป็นพิษอย่างเดียว และยอมรับแนวคิดใหม่ของการคัดเลือกสารเคมีที่มีความหลากหลายปฏิกิริยาสำหรับการควบคุมโรค โดยตัดวงจรการสัมผัสระหว่างคนและแมลงพาหะนำโรค

เอกสารอ้างอิง

- Achee, N.L., J.P. Grieco, E. Rejmankova and D.R. Roberts. 2006. A delayed release mechanism for mark-release-recapture studies. **J. Am. Mosq. Control Assoc.** 22(3): 573-575.
- Chareonviriyaphap, T., D.R. Roberts, R.G. Andre, H. Harlan, S. Manguin and M.J. Bangs. 1997. Pesticide avoidance behavior in *Anopheles albimanus* Wiedemann. **J. Am. Mosq. Control Assoc.** 13: 171-183.
- Chareonviriyaphap, T., S. Sungvornyothin, S. Ratanatham and A. Prabaripai. 2001. Pesticide induced behavioral responses of *Anopheles minimus*, a malaria vector in Thailand. **J. Am. Mosq. Control. Assoc.** 17: 13-22
- Chareonviriyaphap, T., A. Prabaripai and S. Sungvornyothin. 2002. An improved excito-repellency for mosquito behavioral test. **J. Vector Ecol.** 27: 250-252.
- Chareonviriyaphap, T., W. Suwonkerd, P. Mongkalagoon, N.L. Achee, J.P. Grieco, B. Farlow, and D.R. Roberts. 2005. The use of an experimental hut for evaluating the entering and exiting behavior of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), a primary vector of dengue in Thailand. **J. Vector Ecol.** 30, 344-346
- Dusfour, I., N.L. Achee, M.R. Sadelis, T. Chareonviriyaphap and J.P. Grieco. 2009. Comparison of a novel high throughput screening system with the bottle assay for evaluating insecticide toxicity. **J. Pestic. Sci.** 34(4): 283-286.
- Grieco, J.P., N.L. Achee, T. Chareonviriyaphap, W. Suwonkerd, K. Chauhan, M.R. Sardelis and D.R. Roberts. 2007. A new classification system for the actions of IRS chemical traditionally used for malaria control. **PLoS one.** 2(8): e716. doi: 10.1371/journal.pone.0000716.
- Klun, J.A., W.F. Schmidt and M. Debboun. 2001. Stereo-chemical effects in an insect repellent. **J. Med. Entomol.** 38:809-812.
- Mongkalagoon, P., J.P. Grieco, N.L. Achee, W. Suwonkerd and T. Chareonviriyaphap. 2009. Irritability and repellency of synthetic pyrethroid on an *Aedes aegypti* population from Thailand. **J. Vector. Ecol.** 34(1): 217
- Phothikasikorn, J., H. Overgaard, C. Ketavan, S. Visetson, M.J. Bangs and T. Chareonviriyaphap. 2007. Behavioral responses of malaria vectors, *Anopheles minimus* complex, to three classes of agrochemicals in Thailand. **J. Med. Entomol.** 44(6) : 1032-1039.
- Roberts, D.R. and R.G. Andre.1994. Insecticide resistant issues in vectors. **Am. J. Trop. Med. Hyg.** 50 (Suppl): 21-34.
- Roberts, D. R., T. Chareonviriyaphap, H. H. Harlan and P. Hshieh. 1997. Methods for testing and analyzing excito-repellency responses of malaria vectors to insecticides. **J. Am. Mosq. Control Assoc.** 13: 13-17.
- Roberts, D. R., W.D. Alecrim, P. Hshieh, J. Grieco, M. J. Bangs, R. G. Andre and T. Chareonviriyaphap. 2000. A probability model of vector behavior: effects of DDT repellency irritability, and toxicity in malaria control. **J. Vector Ecol.** 25: 48-61.
- Suwonkerd, W., P. Mongkalagoon, A. Parbaripai, J. Grieco, N. Achee, D.R. Roberts and T. Chareonviriyaphap. 2006. The effect of host type on movement patterns of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) into and out of experimental huts in Thailand. **J. Vector Ecol.** 31: 311-318.

15. Tanasinchayakul, S., S. Polsomboon, A. Prabaripai and T. Chareonviriyaphap. 2006. An automated, field-compatible device for excito-repellency assays in mosquitoes. **J. Vector Ecol.** 31: 210-212.
16. Thanispong, K., N.L. Achee, M.J. Bangs, J.P. Grieco, W. Suwonkerd, A. Prabaripai and T. Chareonviriyaphap. 2009. Irritancy and repellency behavioral responses of three strains of *Aedes aegypti* exposed to DDT and α -cypermethrin. **J. Med. Entomol.** 46(6): 1407-1414.

