

## คัดเลือกและจำแนกแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสารเคมีไซเพอร์เมทริน ที่ตกค้างในดินทางการเกษตร

### Isolation and Identification of Beneficial Bacteria Degrading Cypermethrin in Agricultural Soil

ฟ้าไพลิน เกียรติชัยภา<sup>1</sup> ดุสิต อธิณัฐวัฒน์<sup>1</sup> และวิลาวรรณ เชื้อบุญ<sup>1\*</sup>  
Faphailin Kiatchaiphap<sup>1</sup>, Dusit athinuwat<sup>1</sup> and Wilawan Chuaboon<sup>1\*</sup>

#### บทคัดย่อ

แบคทีเรียที่มีประโยชน์ 2 ไอโซเลท จากแบคทีเรียที่คัดแยกได้ทั้งหมด 4 ไอโซเลท จากดินที่ปนเปื้อนสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทริน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ทดสอบด้วยวิธีอาหารพืช และประสิทธิภาพการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทรินในสภาพดินจำลอง พบว่า แบคทีเรียไอโซเลท SP-TU-C และไอโซเลท SP-TU-D สามารถเจริญได้ดีบนอาหารพืช โดยมีขนาดความกว้างโคโลนีเท่ากับ 2.65 และ 2.15 เซนติเมตรตามลำดับ รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารเคมีในสภาพดินจำลอง โดยสามารถย่อยสลายสารเคมีให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้ภายใน 7 วัน จำแนกชนิดของแบคทีเรียทั้ง 2 ไอโซเลท โดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และชีวเคมีบางประการ พบว่าแบคทีเรีย ไอโซเลท SP-TU-C และ SP-TU-D มีความเหมือนกับ *Pseudomonas fluorescens* และ *Paenibacillus popilliae* ตามลำดับ

**คำสำคัญ:** สารเคมีตกค้าง ไพรีทรอยด์ แบคทีเรียที่มีประโยชน์

#### Abstract

Two of four isolates of beneficial bacteria were screened for their ability to degrade residues of the pyrethroid insecticide cypermethrin that was contaminating soil. The research was of a completely randomized design. The bacterial isolates of SP-TU-C and SP-TU-D were found to be able to grow well on cypermethrin contaminated media and formed colonies of diameter sizes 2.65 and 2.15 cm, respectively. Furthermore, it was found that isolates SP-TU-C and SP-TU-D were able to effectively degrade permethrin residues in simulated soil. They were able to reduce chemical residues in the soils to safe levels within 7 days of testing when compared to controls. The isolates SP-TU-C and SP-TU-D were classified by testing of their morphological, physiological, and biochemical characteristics, and they were found to be similar to *Pseudomonas fluorescens* and *Paenibacillus popilliae*, respectively.

**Keywords:** chemical residues, pyrethroid, beneficial bacteria

#### คำนำ

ปัจจุบันเกษตรกรในประเทศต่าง ๆ ได้ใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์กันอย่างแพร่หลายในปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี เป็นผลให้สารเหล่านั้นนอกจากจะมีสะสมในผลผลิตทางเกษตรกรรมต่าง ๆ แล้ว ยังมีพบสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมากด้วย โดยทั่วไปสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์เป็นสารเคมีที่เป็นพิษ สลายตัวได้ยากหรือช้า ความสามารถในการเกิดพิษจึงมีอยู่ได้เป็นระยะเวลาอันนานทำให้เกิดผลเสียหลายประการ โดยเฉพาะเกิดการเสื่อมคุณภาพของดินและยังอาจทำลายจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่มีประโยชน์ต่อการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินอีกด้วย (สุภาสินี อึ้งสูงเนิน, 2558) การที่ดินมีสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ สะสมในปริมาณมากและเป็นเวลานาน ทำให้ความสมบูรณ์ของดินลดน้อยลง เมื่อเป็นเช่นนั้นนาน ๆ ส่งผลทำให้พื้นที่เหล่านั้นไม่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกหรือเกิดการเสื่อมคุณภาพของดินในที่สุด (เปรมจิตร์ บุญสาย, 2556) สารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มไพรีทรอยด์ เป็นสารที่ถูกนำมาใช้ในการทำเกษตร ไพรีทรอยด์เป็นสารเคมีสังเคราะห์ที่มีสูตรโครงสร้างคล้ายสารไพรีทรินส์ที่สกัดมาจากดอกเบญจมาศ ตระกูล *Chrysanthemum* สารไพรีทรินส์เป็นสารกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพสูงปลอดภัยในการใช้ มีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมต่ำ แต่ด้วยคุณสมบัติที่ไม่ทนต่อแสงของสารนี้จึงมีการผลิตสารไพรีทรอยด์

<sup>1</sup> สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12121

\*Corresponding author, Email: wchuaboon@gmail.com

สังเคราะห์ขึ้นแทนเนื่องจากทนต่อแสงได้นานกว่า สารกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ในการกำจัดแมลงโดยเกิดพิษที่ระบบประสาทของแมลง แต่สำหรับสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมรวมทั้งมนุษย์พบว่าเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนแปลงและถูกขับถ่ายออกโดยไม่สะสมในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกาย สารในกลุ่มนี้ เช่น อัลเลทริน (allethrin) ไบโອอัลเลทริน (bioallethrin) ไบโອเรสมเมทริน (bioresmethrin) ไซเปอร์เมทริน (cypermethrin) เพอร์เมทริน (permethrin) และไซฟลูทริน (cyfluthrin) เป็นต้น (ภาควิชาเกษตรวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2562)

ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้นทำให้การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและจำแนกแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสารเคมีไซเปอร์เมทรินที่ตกค้างในดินทางการเกษตร เพื่อประโยชน์ในการฟื้นฟูและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน

## วิธีการศึกษา

### เก็บและแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีไซเปอร์เมทรินตกค้างในดินทางการเกษตร

สุ่มเก็บผิวดิน 20 จุดกระจายทั่วแปลงปลูกพืช ในพื้นที่ อำเภอสามโคก จังหวัดปทุมธานี เลือกเก็บดินจากแปลงผลิตพืชที่มีประวัติการใช้สารเคมีต่อเนื่องยาวนานกว่า 15 ปี ทำการสัมภาษณ์เจ้าของแปลงเพื่อสอบถามประวัติการใช้สารเคมีก่อนเก็บตัวอย่างดิน โดยชุดลึกประมาณ 1-15 นิ้ว แล้วจึงนำตัวอย่างดินที่สุ่มเก็บได้ในแต่ละจุดในแปลงเดียวกันคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยน้ำหนักรวมของดินเท่ากับ 1 กิโลกรัม (เปรมจิตร์ บุญสาย, 2556) ทำการสุ่มตัวอย่างดินทั้งหมด 6 แปลง จากนั้นสุ่มดินจากแต่ละตัวอย่างเพื่อแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ โดยสุ่มตัวอย่างมา 100 กรัม เติมสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์ โดยการทดลองนี้ใช้ไซเปอร์เมทริน (ซูเปอร์ทรอยด์ 35<sup>®</sup> ปริมาณสารออกฤทธิ์ไซเปอร์เมทริน 35%) เป็นตัวแทนลงไปดิน (ตามอัตราแนะนำ 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร) ปริมาตรที่เติมลงไปดิน 100 กรัม เท่ากับ 0.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จากนั้นแยกเชื้อแบคทีเรียด้วยวิธีดัดแปลง Dilution plate method จากวิลลาร์ธรี เชื้อบุญ (2551) นำเชื้อที่ได้ไปกระจายให้ทั่วผิวดินอาหาร glucose nutrient agar (NGA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28±3 องศาเซลเซียส) นาน 24-48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียบนผิวดินอาหาร นำโคโลนีทั้งหมดที่เจริญ streak บนอาหาร NGA เพื่อแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

### ประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีไซเปอร์เมทริน

#### การเตรียมแบคทีเรียที่มีประโยชน์

เลี้ยงเชื้อที่แยกได้จากข้อ 1 ในอาหาร nutrient glucose broth (NGB) เขย่า 120 รอบ/นาที นาน 24-48 ชั่วโมง จากนั้นปรับระดับความเข้มข้นประมาณ  $1 \times 10^8$  โคโลนี/มิลลิลิตรหรือที่ค่า O.D. 0.2 ด้วย spectrophotometer ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น UV18002.2

#### อาหารพิษ (poisoning medium)

ผสมสารเคมีไซเปอร์เมทริน ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ nutrient glucose agar (NGA) ในอัตราแนะนำ (40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร) ความเข้มข้น 700 ppm จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะอาหาร หยดสารละลายแบคทีเรียที่มีประโยชน์ลงในหลุมทดสอบหลุมละ 10 ไมโครลิตร ประเมินประสิทธิภาพแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีหรือเจริญคลุมทับผิวดินอาหารที่ผสมสารเคมีเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ หลังบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง

#### ทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายสารเคมีในดินจำลองการปนเปื้อนสารเคมี

เตรียมดินจำลองการปนเปื้อนสารเคมีไซเปอร์เมทริน โดยนำหน้าดินสำหรับปลูกพืชน้ำหนัก 1 กิโลกรัม หนึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ผสมสารเคมีไซเปอร์เมทริน ความเข้มข้น 700 ppm ด้วยวิธีการพ่น จากนั้นเติมเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์จากข้อ 2.1 แต่ละชนิดในอัตราส่วน ดินจำลอง 1 กิโลกรัม : เชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ 10 มิลลิลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เปรียบเทียบประสิทธิภาพแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการย่อยสลายสารเคมีในดินจำลองกับกรรมวิธีควบคุมด้วยน้ำหนึ่งฆ่าเชื้อ หลังบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 และ 14 วัน โดยตรวจสอบสารเคมีตกค้างด้วยชุดตรวจ GT (กอบทอง ฐูปหอม, 2540; 2541) กรรมวิธีประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 (T1) ดินจำลองการปนเปื้อนสารเคมีไซเปอร์เมทรินผสมแบคทีเรียที่มีประโยชน์

ไอโซเลท SP-TU-C

กรรมวิธีที่ 2 (T2) ดินจำลองการปนเปื้อนสารเคมีไซเปอร์เมทรินผสมแบคทีเรียที่มีประโยชน์

ไอโซเลท SP-TU-D

กรรมวิธีที่ 3 (T3) ดินจำลองการปนเปื้อนสารเคมีไซเปอร์เมทรินผสมน้ำหนึ่งฆ่าเชื้อ (กรรมวิธีควบคุม)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### การจำแนกชนิดเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์

จำแนกชนิดของแบคทีเรียโดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สรีรวิทยา และคุณสมบัติทางชีวเคมีบางประการ ได้แก่ oxygen relationship, gelatin hydrolysis, catalase production, levan formation, starch hydrolysis, citrate utilization, urease test และ salt tolerance (วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ, 2551; Schaad, 1988)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### แยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์

สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้ จำนวน 4 ไอโซเลท โดยแต่ละไอโซเลทมีลักษณะโคโลนีบนอาหาร NGA คือ A) ไอโซเลท SP-TU-A โคโลนีสีเหลืองครีม มันวาว กลมทูน ขอบเรียบ B) ไอโซเลท SP-TU-B โคโลนีสีขาว มั่น ขอบหยัก C) ไอโซเลท SP-TU-C โคโลนีสีเหลืองใสมันวาว กลมทูน ขอบเรียบ D) ไอโซเลท SP-TU-D โคโลนีสีขาว ด้าน ขอบหยัก (Figure 1)

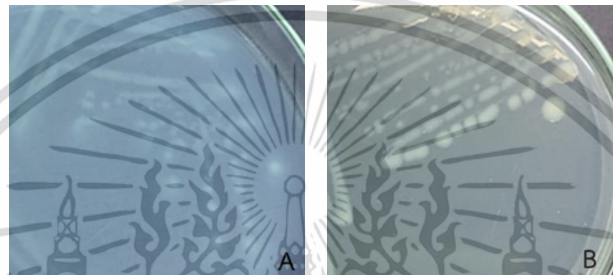


Figure 1 Characteristic bacterial colonies of isolate SP-TU-C (A) and SP-TU-D (B) on NGA incubated at room temperature with 24 hours.

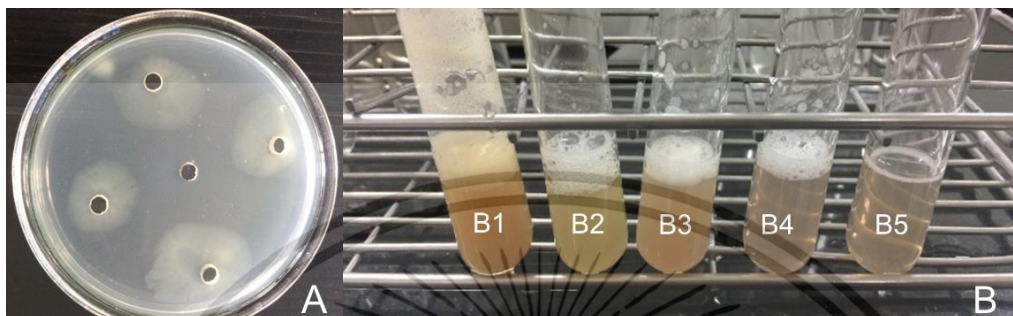
#### ทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทริน

การทดสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทรินของแบคทีเรียที่มีประโยชน์จำนวน 4 ไอโซเลท พบว่าแบคทีเรียที่มีประโยชน์ไอโซเลท SP-TU-C และไอโซเลท SP-TU-D มีความสามารถในการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทรินและเจริญได้เมื่อทดสอบบนอาหารพิซ โดยมีการเจริญคลุมทับผิวหน้าอาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยมีขนาดความกว้างโคโลนีเท่ากับ 2.65 และ 2.15 เซนติเมตร ตามลำดับ และผลการทดสอบการย่อยสลายสารในสารเคมีไซเพอร์เมทรินในดินจำลองการปนเปื้อนสารเคมีโดยทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียทั้ง 2 ไอโซเลท พบว่าแบคทีเรียที่มีประโยชน์สายพันธุ์ดังกล่าวมีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลายสารเคมีตกค้างให้ดิน โดยใช้เวลาในการย่อยสลายสารเคมีตกค้างให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้โดยใช้เวลาเพียง 7 วันเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับหลอดทดสอบควบคุมและหลอดทดสอบตัดสินซึ่งมีระดับสีที่จางกว่าตามวิธีการของ กอบทอง ฐปหอม (2541) (Figure 2) เช่นเดียวกับการรายงานของกองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2561) ซึ่งกล่าวว่า มีจุลินทรีย์ในธรรมชาติบางชนิดสามารถปรับตัวให้ทนต่อสารเคมีและสามารถใช้สารเคมีที่ตกค้างเพื่อเป็นแหล่งอาหารและพลังงานได้ เช่น จุลินทรีย์ย่อยสลายอาหารขึ้น ซึ่งเป็นสารกำจัดวัชพืช ซึ่งมีทั้งเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย เช่น *Pseudomonas* sp. strain ADP ที่สามารถย่อยอาหารขึ้นให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับแอมโมเนีย (สุวรรณี แทนธานี, 2555) นอกจากนี้มีการรายงานการวิจัยแยกแบคทีเรียจากดินปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดนครราชสีมา พบว่า *Aeromonas* spp. 2 สายพันธุ์สามารถย่อยสลายพาราควอตได้ 24.36 และ 53.40% ตามลำดับ (Viriyawattana and Surachat, 2014) ยีสต์ *Lipomyces starkeyi* สามารถย่อยสลายพาราควอตในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ปราศจากไนโตรเจน โดยสามารถใช้พาราควอตเป็นแหล่งไนโตรเจน (Robert et al., 1985)

#### จำแนกชนิดเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์

จำแนกชนิดแบคทีเรียที่มีประโยชน์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทริน คือ ไอโซเลท SP-TU-C และไอโซเลท SP-TU-D เมื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบว่า ไอโซเลท C) ไอโซเลท SP-TU-C โคโลนีสีเหลืองใสมันวาว กลมทูน ขอบเรียบ D) ไอโซเลท SP-TU-D โคโลนีสีขาว ด้าน ขอบหยัก และศึกษาคุณสมบัติทางสรีรวิทยา พบว่าไอโซเลท SP-TU-C เป็นแบคทีเรียแกรมลบ ในขณะที่ ไอโซเลท SP-TU-D เป็นแบคทีเรียแกรมบวก จากนั้นนำมาศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมีบางประการเปรียบเทียบกับตำรา Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9<sup>th</sup> Edition (Holt et al., 1994) พบว่า ไอโซเลท SP-TU-C และไอโซเลท SP-TU-D มีความเหมือนกับ *Pseudomonas fluorescens* และ *Paenibacillus popilliae*

ตามลำดับ (Table 1) เช่นเดียวกับการรายงานการใช้ในการกำจัดสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ตัวอย่างเช่น *Aerobacter aerogenes*, *Trichoderma viridae*, *Pseudomonas* sp., *Micrococcus* sp., *Arthrobacter* sp. และ *Bacillus* sp. สามารถกำจัดได้ดีที่ นอกจากนี้ *Pseudomonas* sp., *Flavobacterium* sp., *Achromobacterium* sp., *Sphingomonas* sp. และ *Arthrobacter* sp. ยังสามารถกำจัดคาร์โบฟูรานซึ่งเป็นสารกลุ่มคาร์บาเมตได้ (Porto et al., 2011) Singh and Walker (2006) ได้รวบรวมจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยออกาโนฟอสฟอรัส โดยพบว่าแบคทีเรียและเชื้อราหลายชนิดสามารถย่อยได้ เช่น *Pseudomonas* spp. และ *Flavobacterium* spp. สามารถย่อยได้ทั้งคลอโรไพริฟอส พาราไรดอน เมทิลพาราไรดอน และไกลโฟเซต



**Figure 2** Efficacy of beneficial bacteria isolate SP-TU-C degraded chemical residues with poisoning medium test (A). Efficacy of beneficial bacteria to degrade of organophosphate chemical residues in soil by GT test kit (B): B1) decision marker, B2) control marker, B3) control treatment (sterilize water), B4) SP-TU-C, and B5) SP-TU-D.

**Table 1** The biochemical characteristics test of beneficial strains SP-TU-C and SP-TU-D<sup>1/</sup>.

Characteristics	Beneficial strains		Compared strains	
	SP-TU-C	SP-TU-D	<i>P. fluorescens</i>	<i>P. popilliae</i>
Starch hydrolysis	+	-	+	-
Catalase production	+	-	+	-
Oxygen relationship	+	+	+	+
Citrate utilization	+	-	+	-
Gelatin hydrolysis	+	-	+	-
Urease test	-	-	-	-
Indole test	-	-	-	+
Levan formation	-	-	-	-
Nitrate reduction	+	+	+	+
Salt tolerance				
5%	+	-	+	-
7%	+	-	+	-

<sup>1/</sup> + = positive, - = negative reaction.

การศึกษาจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสารเคมีที่ใช้ในการเกษตรจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่มุ่งเน้นแต่การย่อยหรือการบำบัดความเป็นพิษ ซึ่งแท้จริงแล้วจุลินทรีย์ในธรรมชาติไม่เพียงแต่ย่อยสลายสารพิษ แต่บางชนิดยังสามารถส่งเสริมการเจริญของพืชได้อีกด้วย เช่น *Acinetobacter calcoaceticus* MCM5, *Brevibacillus parabrevis* FCm9 และ *Sphingomonas* sp. RCm6 ที่สามารถย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทรินและสารกลุ่มไพริทรอยด์ชนิดอื่นได้ดี นอกจากนี้ แบคทีเรียเหล่านี้ยังมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของพืช จากความสามารถในการละลายฟอสเฟต การผลิต indole acetic acid (IAA) และการผลิตแอมโมเนีย (Akbar et al., 2015) ซึ่งความสามารถในการย่อยสลายสารเคมี และการส่งเสริมการเจริญของพืชดังกล่าวจะช่วยสนับสนุนการฟื้นฟูดินจากสารเคมีตกค้างโดยวิธีการทางชีวภาพ

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์จากดินได้ทั้งหมด 4 ไอโซเลท และแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการย่อยสลายสารเคมีไซเพอร์เมทรีน 2 ไอโซเลท คือ ไอโซเลท SP-TU-C และ ไอโซเลท SP-TU-D ทั้งในการทดสอบบนอาหารพืชและการย่อยสลายสารเคมีในสภาพดินจำลอง โดยสามารถย่อยสลายสารเคมีให้อยู่ในระดับปลอดภัยได้ภายใน 7 วัน เมื่อทำการจำแนกชนิดพบว่า ไอโซเลท SP-TU-C และ ไอโซเลท SP-TU-D มีแนวโน้มเป็นแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* และ *Paenibacillus popilliae* ตามลำดับ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ กรมความร่วมมือระหว่างประเทศ (TICA) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัย ในการศึกษาวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร. [http://www.ldd.go.th/WEB\\_WorldSoilDay/Data/Knowledge/SoilBiotechnology\\_TH.pdf](http://www.ldd.go.th/WEB_WorldSoilDay/Data/Knowledge/SoilBiotechnology_TH.pdf) (กันยายน 2562).
- กอบทอง ธูปหอม. 2540. ชุดตรวจสอบยาฆ่าแมลง/สารพิษตกค้าง. ใน *เอกสารประกอบการฝึกอบรม ผลงานประดิษฐ์คิดค้นประเภททั่วไป รางวัลที่ 3 ในงานวันนักประดิษฐ์ปี 2540*. กรุงเทพฯ: สำนักงานวิจัยแห่งชาติ.
- กอบทอง ธูปหอม. 2541. *คู่มือชุดตรวจหาฆ่าแมลงจีที*. กรุงเทพฯ: กองอาหารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กระทรวงสาธารณสุข.
- เปรมจิตร์ บุญสาย. 2556. *จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม*. ปทุมธานี: ศูนย์เรียนรู้การผลิตและจัดการธุรกิจ สิ่งพิมพ์ดิจิทัล.
- ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2562. สารกำจัดศัตรูพืช. 2562. [http://www.pharmaco.vet.ku.ac.th/pdf\\_file/Pesticide\\_20161020.pdf](http://www.pharmaco.vet.ku.ac.th/pdf_file/Pesticide_20161020.pdf) (กันยายน 2562).
- วิลาวรรณ เตือนบุญ. 2551. ลักษณะและการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ควบคุมเชื้อ *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* สาเหตุโรคเน่าและของกะหล่ำดอก. *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุธาสินี อึ้งสูงเนิน. 2558. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสต์เทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี* 9(1): 50-63.
- สุวรรณี แทนธานี. 2555. จุลินทรีย์เทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ* 60(190): 36-39.
- Akbar, N., Nanda, S., Belch, J., Cohen, P., and Khan, F. 2015. An important role for A20-binding inhibitor of nuclear factor-kB-1 (ABIN1) in inflammation-mediated endothelial dysfunction: an *in vivo* study in ABIN1 (D485N) mice. *Arthritis Research and Therapy* 17(22): 1-10.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. H. A., Staley, J. T., and Williams, S. T. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9<sup>th</sup> ed. Baltimore: The Williams and Wilkins Co.
- Porto, A. M., Melgar, G. Z., Kasemodel, M. C., and Nitschke, M. 2011. Biodegradation of pesticides, pesticides in modern world-pesticides use and management. <http://www.intechopen.com/books/pesticides-in-the-modern-world-pesticidesuse-and-management/biodegradation-of-pesticides>. (September 2019).
- Robert, J. G. C., Bilton, R. F., and Atkinson, T. 1985. Mechanism of biodegradation of paraquat by *Lipomyces starkeyi*. *Applied and Environmental Microbiology* 49(5): 1290-1294.
- Schaad, N. W. 1988. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. Saint Paul, Minnesota: Bacteriology Committee of American Phytopathological Society.
- Singh, B. K., and Walker, A. 2006. Microbial degradation of organophosphorus compounds. *FEMS Microbiology Reviews* 30: 428-471.
- Viriyawattana, N., and Surachat, S. 2014. Biodegradation of paraquat by the novel bacteria strain, *Aeromonas veronii* NK67 from cassava fields in Thailand. *Asian Journal Microbiology, Biotechnology and Environmental sciences paper* 16(1): 35-40.

วันรับบทความ (Received date) : 30 ต.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 15 ม.ค. 63

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 17 ก.ค. 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้