

ผลของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าต่อ การลดโรคราแป้งในพืชวงศ์แตง

Effects of Electrolyzed Oxidizing Water on Powdery Mildew Reduction of Cucurbits

สุจิตพรณ บุญมี^{1/} และ เกวลิน คุณาศักดากุล^{1/}
Sutjaritpan Boonmee^{1/} and Kaewalin Kunasakdakul^{1/}

Abstract: The purpose of this study was to examine the effects of electrolyzed oxidizing water (EO water) on inhibition of conidial germination and reduction of powdery mildew fungi caused by *Fibroidium* sp. in Cucurbits. Conidia of powdery mildew fungi were collected from naturally infected plants then maintained on inoculated Japanese cucumber seedlings in vitro before being inducted and identified. EO water was produced using Super Oxseed Labo (wonder BJ F850) at 6 concentrations of 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 percent NaCl solutions. The pH and electrolyte conductivity (EC) were measured and showed at the range of 3.71-3.93 and 1.81-4.13 mS/cm, respectively. In addition, the available free chlorine concentrations were also determined with N, N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD) testing and showed at the range of 18.7-165 ppm. Testing for the effect on conidia germination of *Fibroidium* sp. was done by spraying EO water on brushing conidial agar discs and incubated for 12 and 24 hrs. at 25 °C. The results showed that conidial germinations were completely inhibited when treated with EO water at the concentration of 0.1-0.5 percent. Inhibition rate of conidial germination treated by 0.05 percent EO water and distilled water were 67.78 and 71.11 percent, respectively. However, phytotoxic symptom affected from EO waters were determined on Japanese cucumber and found that after spraying for 3 days, shoot tip of treated plants was burnt when treated with EO water at 0.4-0.5 percent. The EO water at 0.3 percent is able to reduce disease incidence for 29.70 percent. In addition, enlargement of fungal colony size decreased and the mycelial growth and conidiophores were collapsed. The density of conidia per colony significantly reduced after spraying with each EO water concentration compared to untreated control (distilled water).

Keywords: Powdery mildew, *Fibroidium* sp., electrolyzed oxidizing water (EO water)

^{1/} ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

^{1/} Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

บทคัดย่อ: วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อตรวจสอบผลของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า (electrolyzed oxidizing water: น้ำ EO) ต่อการงอกของ conidia และการลดโรคราแป้งที่เกิดจากเชื้อรา *Fibroidium* sp. ของพืชวงศ์แตง (แตงกวาญี่ปุ่น) โดยเตรียมเชื้อราแป้งจากการเก็บ colony ของเชื้อราจากพืชที่เป็นโรคในสภาพธรรมชาติ แล้วนำเชื้อไปปลูกบนต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่เพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และเตรียมน้ำ EO โดยใช้เครื่องผลิตน้ำออกซิไดซ์ Super Oxseed Labo (wonder BJ F850) จากสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพบว่าน้ำ EO ที่ผลิตได้มีค่า pH อยู่ในช่วง 3.71-3.93 และมีค่า electrolyte conductivity (EC) อยู่ระหว่าง 1.81-4.13 mS/cm เมื่อวัดค่าคลอรีนอิสระ (available free chlorine) ด้วยวิธี N, N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD) พบมีค่าอยู่ในช่วง 18.7-165 ppm จากการทดสอบการยับยั้งการงอกของ conidia ด้วยการพ่นน้ำ EO ลงบน conidia ของเชื้อราแป้งที่ติดบนชิ้นวุ้น และบ่มเชื้อไว้ในที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 และ 24 ชั่วโมง พบว่าน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ มีผลยับยั้งการงอกของ conidia ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ และชุดควบคุม (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ) พบความงอกของ conidia เท่ากับ 67.78 และ 71.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบความเป็นพิษของน้ำ EO ที่มีต่อพืช พบว่าที่ความเข้มข้น 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้พืชเกิดอาการยอดไหม้ หลังจากพ่น 3 วัน สำหรับการลดโรคราแป้งบนแตงกวาญี่ปุ่นในสภาพโรงเรือน พบว่าเมื่อพ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ สามารถควบคุมการเกิดโรคได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถลดอัตราการเกิดโรคได้ 29.70 เปอร์เซ็นต์ และทำให้การขยายขนาดของ colony เชื้อราแป้งลดลง อีกทั้งพบการยุบตัวของเส้นใยและ conidiophore นอกจากนี้ยังพบว่าความหนาแน่นของ conidia ต่อ colony ในทุกความเข้มข้นของน้ำ EO มีจำนวนลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

คำสำคัญ: โรคราแป้ง เชื้อรา *Fibroidium* sp. น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า

คำนำ

พืชวงศ์แตง เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญของโลกชนิดหนึ่งที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย สามารถนำไปประกอบอาหารและมีสรรพคุณเป็นยารักษาโรคหลายชนิด แต่การปลูกพืชผักวงศ์แตงมักประสบปัญหาโรคระบาดที่สำคัญ โดยแต่ละโรคสามารถเข้าทำลายพืชวงศ์แตงและทำให้เกิดโรคเดียวกันได้ โรคราแป้งเป็นโรคหนึ่งที่สามารถเข้าทำลายพืชวงศ์แตงได้หลายชนิด และสามารถเข้าทำลายพืชได้ตั้งแต่ระยะย้ายปลูก การควบคุมโรคมักใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราซึ่งเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมใช้และเป็นวิธีควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่การใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดเป็นอันตรายต่อผู้ใช้และผู้บริโภค นอกจากนี้ยังเกิดสารเคมีตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อมอีกด้วย ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมา

ใส่ใจและให้ความสำคัญของการบริโภคอาหารที่ปลอดภัยต่อสุขภาพมากขึ้น จึงมีการส่งเสริมการทำการเกษตรโดยลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดในกระบวนการผลิตพืชหลายวิธี การประยุกต์ใช้น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า (electrolyzed oxidizing water, น้ำ EO) ในการควบคุมโรค เป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความนิยมและเป็นที่ยอมรับในหลายประเทศ ที่มีการทดสอบแล้วว่าน้ำ EO มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับผักผลไม้ได้ และยังไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Al-Haq *et al.*, 2005; Fujiwara *et al.*, 2011) ดังนั้นการศึกษานี้จึงเลือกใช้น้ำ EO ในการทดลองควบคุมโรคราแป้งของพืชวงศ์แตง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการควบคุมโรคพืชในการผลิตระดับอุตสาหกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยต่อเกษตรกร ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ลักษณะสัณฐานวิทยาเชื้อราสาเหตุของโรคราแป้งของพืชวงศ์แตง

สำรวจและรวบรวมพืชวงศ์แตงที่มีอาการของโรคราแป้ง ได้แก่ แตงกวาญี่ปุ่น พักทองญี่ปุ่น และ ซาโยเต้ โดยเก็บรวบรวมจากพื้นที่โครงการหลวงในจังหวัดเชียงใหม่ ที่พบการระบาดของโรคราแป้ง จากนั้นศึกษาลักษณะอาการของโรค การเจริญของ colony เชื้อราสาเหตุบนผิวพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ (stereo microscope) บันทึกผล และตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบ (compound microscope) เพื่อจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรค ตามวิธีการของ Cook and Braun (2009)

2. การเลี้ยงเชื้อราสาเหตุโรคราแป้งบนกล้าพืชอาศัย

เพาะเมล็ดพืชวงศ์แตง ได้แก่ แตงกวาญี่ปุ่น โดยเพาะเมล็ดในวัสดุปลูกเมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 2 สัปดาห์ ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคราแป้งโดยการเลี้ยงต้นกล้า แตงกวาญี่ปุ่นร่วมกับพืชวงศ์แตงที่ติดเชื้อราแป้งจากสภาพธรรมชาติ ซึ่งรวบรวมได้จากการทดลองที่ 1 ภายใน growth chamber ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ต้นกล้าของพืชติดเชื้อราแป้งจากการระบาดของต้นที่เป็นโรคจากธรรมชาติ (Kuzuya *et al.*, 2003) จากนั้นนำไปทดสอบในการทดลองต่อไป

3. การเตรียมน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าและการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

การผลิตน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า (น้ำ EO) เพื่อใช้ในการทดลองจะอาศัยหลักการ electrolysis ด้วยเครื่องผลิตน้ำออกซิไดซ์ ยี่ห้อ SUPER OXSEED LABO โดยใช้สารละลายเกลือ NaCl ในระดับความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ใส่ลงในช่องใส่น้ำ (chamber) ของเครื่องทำน้ำ EO จากนั้นผ่านกระแสไฟฟ้า 110 โวลต์ เป็นเวลา 15

นาที (Jammaree *et al.*, 2012) นำน้ำที่ผ่านการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้า ส่วนที่เป็นน้ำ EO ชนิดกรดมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ค่าความสามารถในการแตกตัวของสารละลาย (Electrolyte conductivity: EC) และความเข้มข้นของคลอรีนอิสระ (available free chlorine) โดยวิธี DPD (N, N-diethyl-p-phenylene) (ชนัญชิตา และคณะ, 2553) และเก็บน้ำ EO นี้ไว้ในภาชนะปิดที่ฆ่าเชื้อแล้ว (ขวด Duran) เพื่อใช้ในการทดลองต่อไป

4. ศึกษาผลของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าต่อการยับยั้งการงอก conidia ของเชื้อรา *Fibroidium* sp. สาเหตุโรคราแป้งของพืชวงศ์แตง

นำ conidia ของเชื้อราแป้งที่เตรียมได้จากการทดลองที่ 2 บดลงบนชั้นวุ้น (water agar: WA) ที่วางบนแผ่นสไลด์ที่ฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นพ่นด้วยน้ำ EO ในแต่ละความเข้มข้น (จากการทดลองที่ 3) แล้วนำแผ่นสไลด์วางในจานแก้วที่ภายในมีกระดาษกรองขึ้น บ่มไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 12 ชั่วโมง (Lee *et al.*, 2000) จากนั้นตรวจนับการงอกของ conidia ที่ 6, 12 และ 24 ชั่วโมงตามลำดับ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า การทดลองแบ่งตามความเข้มข้นของน้ำ EO เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ) ได้เป็น 7 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ ๆ ละ 30 conidia ประเมินผลโดยการวัดความงอกของ conidia (percentage of conidia germination) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบเลนส์ประกอบหลังจากพ่นน้ำ EO เป็นเวลา 6, 12 และ 24 ชั่วโมง ตามลำดับ

5. ศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า

การทดสอบความเป็นพิษของน้ำ EO แบ่งกรรมวิธีตามความเข้มข้นของสารละลาย NaCl ที่ใช้ (0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ) โดยการพ่นน้ำ EO แต่ละความเข้มข้นในปริมาณที่เท่ากัน ลงบนกล้าของต้นแตงกวาญี่ปุ่นอายุ 2 สัปดาห์พ่นน้ำ EO กรรมวิธีต่าง ๆ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ (ดัดแปลงจาก Guentzel *et al.*,

2011) หลังจากนั้นบันทึกผลการทดลอง สังเกตลักษณะความเสียหายบนส่วนต่าง ๆ ของพืชทดสอบ

6. ศึกษาผลของน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าในการลดโรคราแป้งบนพืชวงศ์แตงในสภาพโรงเรือน

ดำเนินการทดลองภายในโรงเรือนปลูกแตงกวาญี่ปุ่นที่มีการระบาดของโรคราแป้งอย่างสม่ำเสมอ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-เดือนมีนาคม 2556 ระยะเวลาในการทดลอง 4 สัปดาห์ โดยคัดเลือกความเข้มข้นของน้ำ EO ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคราแป้ง และมีความเป็นพิษต่อพืชน้อยที่สุด (จากการทดลองที่ 5) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ชุดควบคุม (น้ำกลั่น) 2) พ่นน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ 3) พ่นน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 เปอร์เซ็นต์ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ และ 4) พ่นน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ 2 ครั้งต่อสัปดาห์ บันทึกผลการทดลองจากการประเมินความรุนแรงของการเกิดโรค (disease severities) โดยระดับอัตราการเกิดโรคแบ่งเป็น 5 ระดับ (ระดับ 0-4) (Fujiwara *et al.*, 2000) และการวัดปริมาณความหนาแน่นของ conidia เชื้อราแป้ง จากใบพืชทดสอบ

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. อาการและสัณฐานวิทยาของโรคราแป้งเชื้อสาเหตุของพืชวงศ์แตง

สำรวจและรวบรวมพืชวงศ์แตงที่มีอาการของโรคราแป้ง ได้แก่ แตงกวาญี่ปุ่น พักทองญี่ปุ่น และชาโยเต้ โดยเก็บรวบรวมจากพื้นที่โครงการหลวงที่พบการระบาดของโรคราแป้ง จากนั้นศึกษาลักษณะอาการของโรคบนตัวอย่างพืชพบการเจริญของเชื้อราแป้งบนผิวพืช มีลักษณะเป็นกลุ่มเชื้อราสีขาวคล้ายผงแป้งปกคลุมบนใบกระจายเป็นหย่อม ๆ โดยอาการที่พบมักเกิดบนใบล่างก่อน เมื่อมีอาการรุนแรง เชื้อราแป้งจะปกคลุมทั่วทั้งใบทำให้ใบเปลี่ยนสีเป็นสีเหลือง และหลุดร่วง ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานลักษณะ (2541) ที่พบว่าโรคราแป้งส่งผลทำให้ต้นพืชไหม้ตายเร็วกว่ากำหนด (อ้างโดยอัญชัญ และคณะ, 2555) นอกจากนี้ลักษณะของเชื้อราแป้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound กำลังขยาย 400 เท่า เป็นเส้นใยสีขาว (hyaline) ก้านชู conidia, conidia (conidia ชนิดสายโซ่) ภายในประกอบด้วย fibrosin bodies และรูปแบบการงอกของ conidia เป็นแบบ Fibroidium type หรือ pannosa (ภาพที่ 1) ซึ่งสามารถจำแนกได้ว่าเป็นเชื้อรา *Fibroidium* sp. (*Oidium* subgenus *Fibroidium* sp.) ตามหลักการจำแนกของ Cook and Braun (2009) ดังแสดงในภาพที่ 2

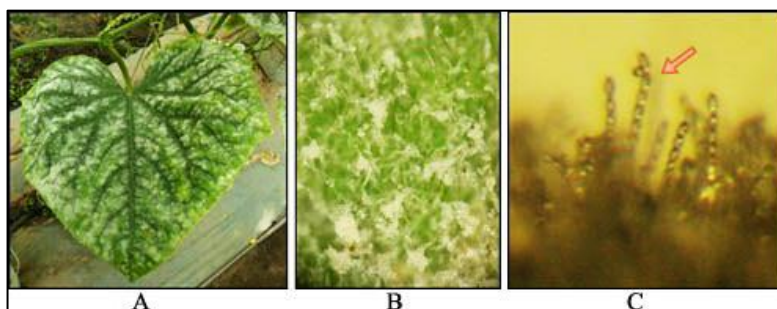


Figure 1 Powdery mildew growth on Japanese cucumber foliage (A), colony of powdery mildew under stereomicroscope (10x) (B) and conidiophores of powdery mildew (16x) (C)

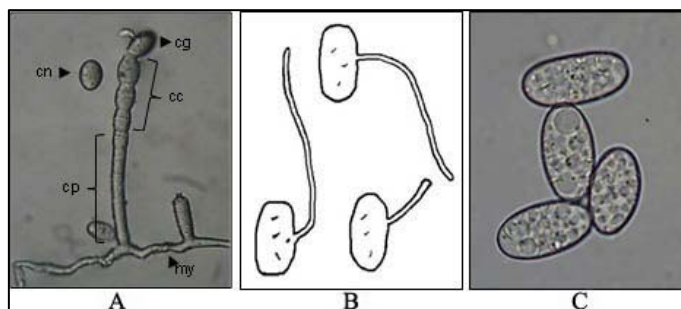


Figure 2 Conidia (cn), conidiophore (cp), mycelium (my), conidia in true chains (cc) and conidia germination pattern (cg) (A); conidial germination pattern: Fibroidium type (B) (Cook and Bruan, 2009); conidia with fibrosin bodies (40X) (C)

2. การเลี้ยงเชื้อราสาเหตุโรคราแป้งบนกล้าพืชอาศัย

จากการเพาะเมล็ดแตงกวาญี่ปุ่น และปลูกเชื้อรา *Fibroidium* sp. สาเหตุโรคราแป้งของพืชวงศ์แตง โดยการเลี้ยงต้นกล้าแตงกวาญี่ปุ่น อายุ 1 สัปดาห์ ร่วมกับพืชวงศ์แตงที่ติดเชื้อราแป้งจากสภาพธรรมชาติซึ่งรวบรวมได้จากการทดลองที่ 1 ภายใน growth chamber ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่าหลังจากการปลูกเชื้อเป็นเวลา 1 สัปดาห์บนใบเลี้ยงของแตงกวาญี่ปุ่นเริ่มสังเกตเห็นกลุ่ม colony ของเชื้อราแป้ง มีลักษณะแผ่เป็นกลุ่มผงสีขาวคล้ายผงแป้ง เมื่อเวลาผ่านไป 4 สัปดาห์ พบมีการแพร่กระจายของเชื้อราแป้งไปยังใบจริงและลำต้นของแตงกวาญี่ปุ่น ซึ่งเชื้อราแป้งที่เกิดจากการแพร่ระบาดนี้จะถูกนำไปใช้ในการทดลองต่อไปได้

3. การเตรียมน้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าและการศึกษาสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษาคุณสมบัติของน้ำ EO ที่ได้จากการผลิตด้วยเครื่องผลิตยี่ห้อ Super Oxseed Labo โดยใช้เกลือ NaCl ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์) แล้วเก็บในภาชนะปิดที่อุณหภูมิห้องพบว่าค่า pH อยู่ระหว่าง 3.71-3.93 ค่า EC ที่วัดได้อยู่ในช่วง 1.8-4.13 mS/cm โดยค่าที่ได้จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นเกลือของน้ำ EO สำหรับผลการวัดค่า available free chlorine ที่วัดได้จากน้ำ EO แต่ละความเข้มข้นของเกลือ NaCl มีค่าระหว่าง 18.7-165.0 ppm ซึ่ง

นับว่าเป็นค่าความเข้มข้นที่เพียงพอที่สามารถยับยั้งการเจริญหรือสามารถฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ดี ซึ่งค่า pH ที่ได้ไม่มีความเสถียร เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วงแคบ ๆ อาจมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิห้องในระหว่างการทำงาน รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการผลิต กำลังไฟฟ้า ระยะเวลา ชนิดของเกลือและความเข้มข้นของเกลือที่ใช้ จึงทำให้คุณสมบัติของน้ำ EO จากแต่ละแหล่งการผลิตมีความแตกต่างกัน ดังรายงานผลการศึกษาศึกษาของ Abbasi and Lazarovits (2006) เตรียมน้ำ EO จากสารละลาย NaCl ผ่านเครื่องผลิตน้ำโดยใช้ระยะเวลา 25 นาที ช่วงอุณหภูมิ 24 ± 1 องศาเซลเซียส มีค่า pH อยู่ในช่วง 2.3-2.6 และค่า available free chlorine อยู่ในช่วง 27-35 ppm นอกจากนี้ การศึกษาของ Bari *et al.* (2003) ผลิตน้ำ EO จากสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์ ผ่านกระแสไฟฟ้า 19.8 แอมแปร์ สามารถวัดค่า available free chlorine ได้ 33.1 ppm ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Huang *et al.* (2006) ที่สามารถวัดค่า available free chlorine ได้ 200 ppm จากการผลิตน้ำ EO ในความเข้มข้นที่เท่ากัน แต่ผ่านกระแสไฟฟ้า 19.9 แอมแปร์ ทั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Sumida (1998) เครื่องผลิตน้ำ EO ที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดนั้น แบ่งออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่ type I, type II, type 1S และ type 3 โดยเครื่องผลิตแต่ละชนิดให้ค่า pH อยู่ในช่วง 2.3-3.5, 2.5-3.5, 3.0-4.0 และ 5.0-6.0 ตามลำดับ เนื่องจากการแตกตัวเป็นไอออนของสารประกอบในสารละลายไม่เท่ากัน สารประกอบที่มีการแตกตัวเป็นไอออนได้มากกว่า ก็จะนำไฟฟ้าได้ดีกว่า สารประกอบที่มีการแตกตัวเป็นไอออนได้น้อยกว่า

(Nave, 2013) ดังแสดงในรายงานของ Hanaoka *et al.* (2004) ที่ผลิตน้ำ EO โดยใช้สารละลาย NaCl, KCl, $MgCl_2$ และ $CaCl_2$ เช่นเดียวกันกับ Fujiwara *et al.* (2009) ที่ผลิตน้ำ EO จากสารละลาย KCl ผ่านกระแสไฟ 800 แอมแปร์ ทำให้ได้ค่า pH 2.7 และค่า available free chlorine 34 ppm

4. ศึกษาผลของน้ำ EO ต่อการยับยั้งการงอก conidia ของเชื้อ *Fibroidium* sp.

จากการศึกษาและทดสอบผลของน้ำ EO ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้าต่อการยับยั้งการงอกของเชื้อราแป้งบนชิ้นวุ้นและบ่มไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ให้แสง 12 ชั่วโมง พบว่าน้ำ EO ที่ความเข้มข้น 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของ conidia ของเชื้อราแป้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลในการยับยั้งการงอก conidia ของเชื้อราแป้ง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่เวลา 12 และ 24 ชั่วโมง หลังจากพ่นด้วยน้ำ EO (ภาพที่ 3) เนื่องจากผลผลิตที่ได้จากการผลิตน้ำ EO มี HOCl (Hypochlorous acid) เป็นองค์ประกอบหลักที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในกลุ่มของคลอรีนทั้งหมด โดยจะเข้าทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์กรดนิวคลีอิกและโปรตีน ทำให้เซลล์ของเชื้อราเสียหายและไม่สามารถเจริญต่อได้ (Acher *et al.*, 1997)

5. ศึกษาความเป็นพิษต่อพืชของน้ำ EO

จากการทดสอบความเป็นพิษของน้ำ EO ที่ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยการพ่นน้ำ EO แต่ละความ

เข้มข้นลงบนต้นกล้าแตงกวาญี่ปุ่น พบว่าน้ำ EO ความเข้มข้น 0.05-0.4 เปอร์เซ็นต์ ไม่ทำให้ใบแตงกวาญี่ปุ่นเกิดความเสียหาย มีเพียงน้ำ EO ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่ทำให้ยอดที่แตกใหม่และใบเลี้ยงของต้นแตงกวาญี่ปุ่นเกิดอาการไหม้ (ภาพที่ 4) ซึ่งอาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นของกรด HOCl รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงทำให้ความเป็นพิษของคลอรีนสูงขึ้น (Capuzzo, 1979)

6. ศึกษาผลของน้ำ EO ในการลดโรคราแป้งบนพืชวงศ์แตงในสภาพโรงเรือน

จากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำ EO ในการลดโรคราแป้งบนพืชวงศ์แตง (แตงกวาญี่ปุ่น) ในสภาพโรงเรือน โดยวิธีการพ่นน้ำ EO แต่ละความเข้มข้น สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าการเกิดโรคราแป้งบนต้นแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำ) มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคราแป้งลดลง 29.70 เปอร์เซ็นต์ บนต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่พ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 25.07 และ 9.26 เปอร์เซ็นต์ บนต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่พ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 5) นอกจากนี้จากการสังเกตพบว่าขนาดของแผลหรือ colony ของเชื้อราแป้งบนใบแตงกวาญี่ปุ่นที่ผ่านการพ่นด้วยน้ำ EO แต่ละความเข้มข้น มีการขยายขนาดของ colony และกระจายตัวน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำ) (ภาพที่ 6) จากนั้นนำมาตรวจดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด stereo พบลักษณะการเจริญของเส้นใยและก้าน conidiophore ของเชื้อราแป้งบนผิวใบ มีลักษณะของการยุบตัวลง ดังแสดงในภาพที่ 7 โดยความหนาแน่นของ conidia เชื้อรา *Fibroidium* sp. สาเหตุโรคราแป้งบนใบ

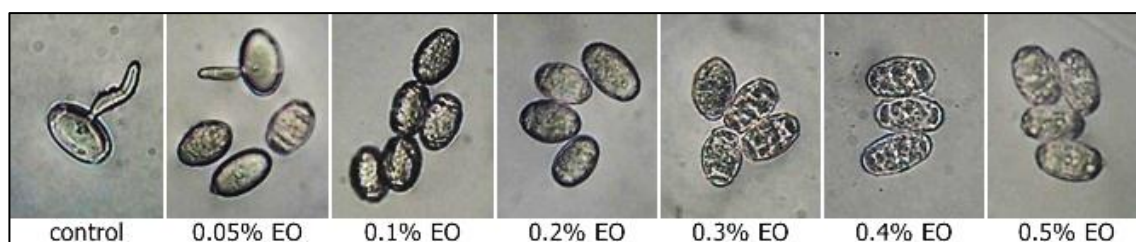


Figure 3 Efficiency of electrolyzed oxidizing water at concentration of 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 and 0.5 percents to inhibit conidial germination of powdery mildew fungi, *Fibroidium* sp. after 24 hours of spraying (40x)



Figure 4 Phytotoxic damage on leaves of Japanese cucumber seedling at 1 week old (A) and 2 week old (B) after spraying with electrolyzed oxidizing water at concentration of 0.5 percent

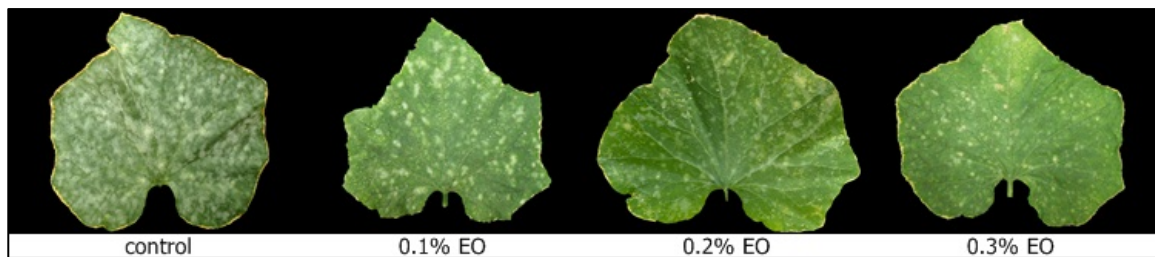


Figure 5 Disease severities of powdery mildew on Japanese cucumber leaves of spraying with electrolyzed oxidizing water at concentrations of 0.1, 0.2 and 0.3 percent twice a week for 1 month compared with untreated control

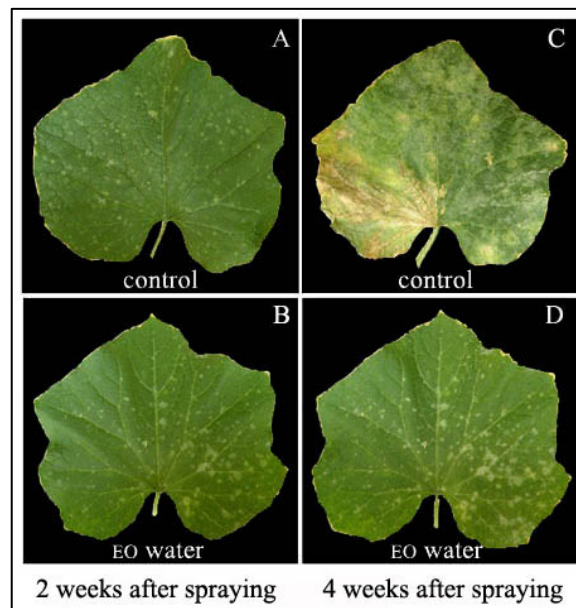


Figure 6 Comparisons of the colony sizes of powdery mildew on Japanese cucumber leaves after 2 and 4 weeks of spraying with distilled water (control) (A, C) and electrolyzed oxidizing water at concentrations of 0.3 percent in spraying program (B, D)

แตงกวาญี่ปุ่น ที่ผ่านการพ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3, 0.2 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ในแต่ละ colony มีความหนาแน่นของ conidia เชื้อรา *Fibroidium* sp. ที่ 8.3×10^5 , 7.9×10^5 และ 4.5×10^5 conidia/colony ตามลำดับ ซึ่งมีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

(ตารางที่ 1) แต่อย่างไรก็ตามต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่พ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ ยังแสดงให้เห็นความเป็นพิษต่อพืชบ้างเล็กน้อย อาจเนื่องมาจากสภาพอุณหภูมิที่สูงขณะทำการทดลอง มีผลทำให้ความเป็นพิษของ HOCl สูงขึ้น (Shun, 2004)

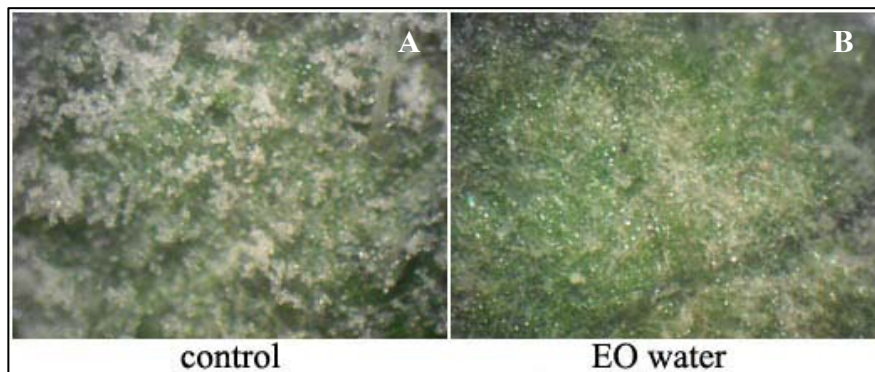


Figure 7 Colony of powdery mildew after spraying with untreated control (A) and electrolyzed oxidizing water (B) under stereomicroscope (10x)

Table 1 Density of powdery mildew conidia per colony after spraying cucumber leaves with electrolyzed oxidizing water for 1 month

Treatment	density of powdery mildew conidia (conidia/colony)*
Control	30.3×10^5 a**
0.1% EO	8.3×10^5 b
0.2% EO	7.9×10^5 b
0.3% EO	4.5×10^5 b
LSD _{0.05}	61.16
CV (%)	76.17

* Average from 4 replications for each treatment (5 colonies of powdery mildew for each replication)

** Means in a column followed by the same letter are not significantly different according to LSD ($P = 0.05$)

สรุป

เชื้อราสาเหตุโรคราแป้งในพืชวงศ์แตงที่พบ คือ เชื้อรา *Fibroidium* sp. (*Oidium* subgenus *Fibroidium* sp.) น้ำออกซิไดซ์ที่ผ่านการแยกด้วยไฟฟ้า (น้ำ EO) ที่ใช้ในการทดลองเตรียมได้จากสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีคุณสมบัติความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.71-3.93 ค่าความสามารถในการแตกตัวของสารละลาย (EC) อยู่ในช่วง 1.81-4.13 mS/cm เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นเกลือของน้ำ EO สำหรับค่าคลอรีนอิสระ (available free chlorine) มีค่าระหว่าง 18.7-165 ppm เมื่อนำไปทดสอบการยับยั้งการงอก conidia ของเชื้อราแป้งพบว่าน้ำ EO ความเข้มข้น 0.1-0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถยับยั้งการงอกของ conidia ของเชื้อราแป้งได้ 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำน้ำ EO ทดสอบการลดโรคราแป้งบนพืชวงศ์แตง (แตงกวาญี่ปุ่น) ในสภาพโรงเรือน พบว่าการเกิดโรคราแป้งบนต้นแตงกวาญี่ปุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (น้ำ) มีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคราแป้งลดลง 29.70 เปอร์เซ็นต์ บนต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่พ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 25.07 และ 9.26 เปอร์เซ็นต์ บนต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่พ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.2 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ น้ำ EO ยังมีผลในการลดการขยายขนาดของ colony เชื้อราแป้ง รวมถึงถึงลักษณะการเจริญของเส้นใยและก้าน conidiophore ของเชื้อราแป้งบนผิวใบ มีการยุบตัวลงโดยความหนาแน่นของ conidia เชื้อราแป้งเท่ากับ 8.3×10^5 , 7.9×10^5 และ 4.5×10^5 conidia/colony บนใบแตงกวาญี่ปุ่นที่พ่นด้วยน้ำ EO ความเข้มข้น 0.3, 0.2 และ 0.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับน้ำ EO ความเข้มข้น 0.4 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่พ่นลงบนต้นแตงกวาญี่ปุ่นที่ปลูกตามธรรมชาติ ส่งผลให้พืชเกิดอาการไหม้บนใบ อาจเนื่องจากระดับความเข้มข้นของกรด HOCl รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงขึ้น จึงทำให้ความเป็นพิษของคลอรีนสูงขึ้น ดังนั้นในการศึกษาเพิ่มเติมจึงควรปรับใช้ความเข้มข้นของน้ำ EO ให้มีความเหมาะสมกับพืชปลูกและควรคำนึงถึงสภาพอุณหภูมิขณะทำการฉีดพ่น เพื่อลดความเป็นพิษของคลอรีนที่อาจเกิดขึ้นได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- ชนัญชิตา สิงคมณี กานดา หวังชัย และ จ्ञานงค์ อุทัยบุตร. 2553. ผลของน้ำอิเล็กโทรไลต์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *Penicillium digitatum* และการควบคุมการเน่าเสียของผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง หลังการเก็บเกี่ยว. ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว 9(2): 1-3.
- อัญชัญ ชมพูพวง อังสนา อัครพิศาล วีถัน บัณฑิตย์ และ ญัฐา โพธารมณ. 2555. การตรวจสอบลูกผสมถั่วลิสงเตาที่ต้านทานโรคราแป้ง โดยการใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอ. วารสารเกษตร 28(2): 155-163.
- Abbasi, P. A. and G. Lazarovits. 2006. Effect of acidic electrolyzed water on the viability of bacterial and fungal plant pathogens and on bacterial spot disease of tomato. Canadian Journal of Microbiology 52: 915-923.
- Acher, A., E. Fischer, R. Turnheim and Y. Manor. 1997. Ecologically friendly wastewater disinfection techniques. Journal of Water Research 31(6): 1398-1404.
- Al-Haq, M. I., J. Sujiyama and S. Isobe. 2005. Applications of electrolyzed water in agriculture and food industries. Food Science and Technology Research 11(2): 135-150.
- Bari, M. L., Y. Sabina, S. Isobe, T. Uemura and K. Isshiki. 2003. Effectiveness of electrolyzed acidic water in killing *Escherichia coli* O157 : H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes* on the surfaces of

- tomatoes. Journal of Food Protection 66(4): 542-548.
- Capuzzo, J. M. 1979. The effect of temperature on the toxicity of chlorinated cooling waters to marine animals A preliminary review. Marine Pollution Bulletin. Volume 10: 45-47.
- Cook R. T. and U. Braun. 2009. Conidial germination patterns in powdery mildews. Mycological Research 113(5): 616-36.
- Fujiwara, K., R. Doi, M. Imoto and A. Yano. 2000. Fundamental studies on crop disease control by spraying electrolyzed anode-side water, 3: Effects of spraying electrolyzed anode-side water and pH available chlorine concentration-regulated water on the severity of powdery mildew infection and percentage of leaves with a leaf burn-like physiological disorder on cucumber leaves. Environmental Control in Biology 38: 33-38.
- Fujiwara, K., T. Fujii and J. S. Park. 2009. Comparison of foliar spray efficacy of electrolytically ozonated water and acidic electrolyzed oxidizing water for controlling powdery mildew infection on cucumber leaves. Journal of the International Ozone Association 31: 10-14.
- Fujiwara, K., T. Fujii and J. S. Park. 2011. Successive spraying efficacy of acidic electrolyzed oxidizing water and alkalic electrolyzed reducing water on controlling powdery mildew infection and suppressing visible physiological disorder on cucumber leaves. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 52(4): 387-392.
- Guentzel, J. L., M. A. Callan, K. L. Lam, S. A. Emmons and V. L. Dunham. 2011. Evaluation of electrolyzed oxidizing water for phytotoxic effects and pre-harvest management of gray mold disease on strawberry plants. Crop Protection 30: 1274-1279.
- Huang, Y. R., H. S. Hsieh, S. Y. Lin, S. J. Lin, Y. C. Hung and D. F. Hwang. 2006. Application of electrolyzed oxidizing water on the reduction of bacterial contamination for seafood. Food Control 17: 987-993.
- Jammaree, K., W. Kumpoun and K. Kunasakdakul. 2012. Effects of electrolyzed oxidizing water on reduction of anthracnose disease on fruit of mango cv. *Nam Dok Mai*. pp. 277-281. In: Proceedings: 1st ASEAN Plus Graduate Research Congress. Chiang Mai, Thailand.
- Kuzuya, M., K. Hosoya, K. Yashiro, K. Tomita and H. Ezura. 2003. Powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) resistance in melon is selectable at the haploid level. Journal of Experimental Botany 54(384): 1069-1074.
- Lee, Y. H., K. H. Cha, S. J. Ko, I. J. Park, B. I. Park and K. Y. Seong. 2000. Evaluation of electrolyzed oxidizing water as a control agent of cucumber powdery mildew. Journal of Plant Pathology 16(4): 206-210.
- Nave, C. R. 2013. Acid-Base Reactions. (Online). Department of Physics and Astronomy. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html> (July 22, 2013).
- Shun, Y. H. 2004. Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water. Journal of Food Engineering 66: 171-176.
- Sumida, O. 1998. Redox water and usage of oxidized water using redox water maker. Fresh Food System 26: 21-28.