

ผลของการอบดินแปลงแม่พันธุ์เบญจมาศด้วยไอน้ำต่อจุลินทรีย์ดิน Effects of Soil Steaming of Chrysanthemum Stock Cultivating Plots on Soil Microorganisms

กนกอร อัมพรายน¹ ศิริพร เปรมฤทธิ¹ และณัฐพงศ์ จันจุฬา^{1*}
Khanok-on Amprayn¹ Siriporn Premrit¹ and Nattapong Chanchula^{1*}

บทคัดย่อ

การเพาะปลูกเบญจมาศบนพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่องมักจะประสบปัญหาการสะสมของโรคพืชในดิน ซึ่งอาจสร้างความเสียหายให้กับการเพาะปลูกและผลผลิตได้ การกำจัดเชื้อก่อโรคทางดินด้วยการใช้ไอน้ำเป็นทางเลือกที่มีการรายงานว่าปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและค่อนข้างมีประสิทธิภาพในการศึกษานี้จึงนำวิธีการอบวัสดุอย่างง่ายด้วยไอน้ำแบบคลุมด้วยผ้าพลาสติก (sheet steaming) มาประยุกต์ใช้กับแปลงปลูกแม่พันธุ์เบญจมาศของเกษตรกรบ้านใหม่พัฒนา ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง ที่เคยพบปัญหาโรคทางดินของเบญจมาศ โดยคลุมแบบแปลงด้วยพลาสติกทนร้อนให้มีขนาดพื้นที่ขนาด 2x12 เมตร สอดท่อไอน้ำของเครื่องกำเนิดไอน้ำเข้าด้านหัวแปลงอบนาน 90 นาที หลังจากเริ่มต้มน้ำ อุณหภูมิดินหลังเดินเครื่อง 30 นาที อยู่ระหว่าง 57.5-61.8 องศาเซลเซียส การอบดังกล่าวสามารถลดปริมาณแบคทีเรียดินลงได้ 2 log cycle และลดปริมาณราดินลงได้มากกว่า 4 log cycle ตรวจไม่พบเชื้อรา *Pythium* จากดินที่สุ่มเก็บทุกจุด แต่ยังคงพบ *Fusarium* ในตัวอย่างดินที่ผ่านการอบในจุดที่ไกลจากท่อพ่นไอน้ำที่ระยะระหว่าง 9-12 เมตร

คำสำคัญ: อบดินด้วยไอน้ำ เบญจมาศ ราดิน พืชยาเรียนม พิเทียม

¹ ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)

* Corresponding author e-mail: nattapong@tistr.or.th

Received: 5 August 2022, Revised: 20 September 2022, Accepted: 26 September 2022

Abstract

Cultivating chrysanthemum on the same land may cause an accumulation of soil-borne pathogens leading to troublesome production and significant loss of the yield. Soil steaming has been reported to be a safe and efficient alternative method for disinfection of the pathogenic fungi. Thus, this study introduced simple method of sheet steaming applied with chrysanthemum fields of a grower in BanMaiPattana, Chaeson, Muangpan, Lampang where cases of soil-borne diseases were found. Sheet steaming started with covering cultivating area (2x12 meter) with plastic sheet, putting a steam inlet hose of the tube steam generator under the field soil which was covered with the sheet. The steaming was done for 90 minutes after heating. After 30 minutes of heating, the soil temperature raised to 57.5-61.8 °C. The steamed soil revealed a decrease of total bacteria number for 2 log cycles. Similarly, total fungi decreased for more than 4 log cycles. The isolation and identification exhibited that there was no *Pythium* in the soil after steaming, while *Fusarium* was found in the steamed soil sample that was collected 9-12 meters away from the steam inlet.

Keywords: Soil steaming, Chrysanthemum, Soil fungi, *Fusarium*, *Pythium*

บทนำ

เชื้อก่อโรคทางดิน (soilborne pathogen) สร้างความเสียหายให้กับภาคการเกษตรด้วยการทำให้ผลผลิตลดลงและเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัด การเพาะปลูกพืชบนพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่องอาจประสบปัญหาโรคทางดิน เช่น โรคเหี่ยวจากฟิวซาเรียม (*fusarium wilt*) ซึ่งมีรายงานว่า เป็นโรคที่สำคัญของเบญจมาศ มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ที่มีชีวิตอยู่ในดินหรือเศษซากพืชหลายปี โดยเชื้อราเข้าสู่ต้นพืชทางรากและเจริญเติบโตอยู่ในเนื้อเยื่อท่อลำเลียงและลำต้นพืชที่ติดเชื้อจะแสดงอาการเหี่ยวบางส่วนไปจนถึงเหี่ยวทั้งต้น (Inga, 2020) การแก้ปัญหานอกจากการใช้แม่พันธุ์ปลอดโรคแล้ว พื้นที่เพาะปลูกก็ต้องอยู่ในสภาพปลอดโรคด้วย นอกจากนี้การเปลี่ยนหรือฆ่าเชื้อวัสดุปลูกระหว่างฤดูการผลิตจะช่วยลดปัญหาจากโรคลงได้ (Inga, 2020; ธวัชชัย และศุภณัฐ, ม.ป.ป.)

การควบคุมโรคทางดินทำได้หลายวิธี เช่น การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช การใช้ชีวภัณฑ์ การรมดิน รวมทั้งการให้ความร้อน ในวิธีการทั้งหลายการใช้สารเคมีค่อนข้างส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและผู้ใช้งาน การควบคุมด้วยวิธีทางกล เช่น การอบดินด้วยไอน้ำ เป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและราคาเหมาะสม การอบฆ่าเชื้อดินและวัสดุปลูกไร้ดินด้วยไอน้ำเป็นกระบวนการที่ใช้กันทั่วไปเพื่อลดปัญหาเชื้อก่อโรคทางดินในประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยเฉพาะกับการปลูกพืชหัว การอบมักกระทำที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่าสามารถกำจัดเชื้อก่อโรค ไส้เดือนฝอย แมลงในดิน และเมล็ดวัชพืชได้ (Roux-Michollet *et al.*, 2010; Runia and Molendijk, 2010) การอบไอน้ำด้วยการคลุมพลาสติก (sheet steaming) เป็นวิธี

ดั้งเดิมที่ใช้กันมานาน วิธีนี้ไอน้ำจะถูกปล่อยเข้าใต้ผ้าพลาสติกที่คลุมดินและเหน็บชายเอาไว้ ความดันจากไอน้ำที่เกิดขึ้นใต้พลาสติกขั้บดันให้ไอน้ำแทรกลงไปดิน ประสิทธิภาพของการอบขึ้นอยู่กั้กับชนิดของดินและการไถพรวน โดยพบว่าในดินเหนียวประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อดีกว่าดินทรายและดินร่วน ระดับความลึกที่เหมาะสมระหว่าง 10-30 เซนติเมตร (Runia and Molendijk, 2010)

ดังนั้นเพื่อลดปัญหาจากโรคทางดินในแปลงปลูกเบญจมาศ คณะผู้วิจัยจึงทดลองนำการอบดินด้วยไอน้ำแบบคลุมผ้าพลาสติกซึ่งเป็้เป็นวิธีการลดการปนเปื้อนอย่างง่ายมาใช้กับแปลงเกษตรกรที่มีประวัติการพบปัญหาจากโรค และศึกษาประสิทธิภาพของวิธีในการทำลายจุลินทรีย์ดินเบื้องต้นเพื่อการประยุกต์ใช้ในระบบการเพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับของเกษตรกรต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษา

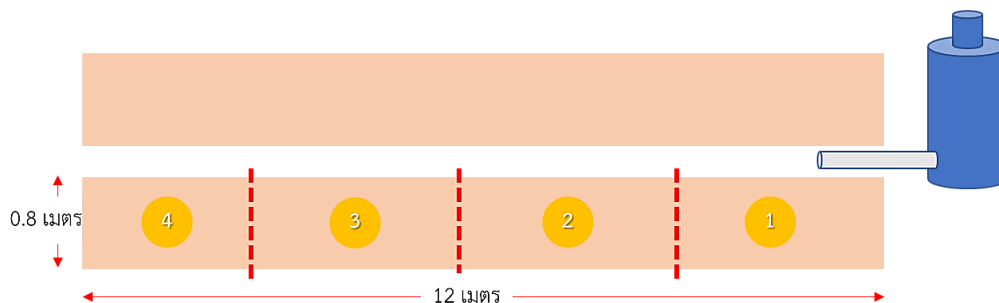
พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงปลูกเบญจมาศของเกษตรกรบ้านใหม่พัฒนา ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอมืองปาน จังหวัดลำปาง สุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร จำนวน 5 จุด รวมตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์ค่าความเป็นกรดด่างด้วย pH meter ใช้สัดส่วนระหว่างดินและน้ำ เท่ากับ 1:1 วัดค่าการนำไฟฟ้าด้วย EC meter และความหนาแน่นรวมโดยวิธี core method (American Society for Testing and Materials, 2009)

2. การอบดินด้วยไอน้ำ

ไถพรวนหน้าดินและขึ้นแปลงขนาด 0.8 x 24 เมตร จำนวน 4 แปลงต่อโรงเรือน เว้นระยะห่างระหว่างแปลง 20 เซนติเมตร ก่อนการอบดิน 1 คืน พรมน้ำให้หน้าดินมีความชื้นเล็กน้อย ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นคลุมแปลง 2 แถว ด้วยผ้าพลาสติกทึบร้อนขนาดหน้ากว้างประมาณ 3 เมตร ยาว 12 เมตร มีพื้นที่เท่ากับ 36 ตารางเมตร พับเก็บชายพลาสติกแล้วทับด้วยของหนัก เช่น ห่อไม้ ก้อนอิฐ จากนั้นอบดินด้วยหม้อต้มไอน้ำแบบท่อน้ำ (water tube boiler) ขนาด 50x100 เซนติเมตร ที่มีระบบลูกกลอยเติมน้ำ มีอัตราการผลิตไอน้ำ 1-3 ตันต่อชั่วโมง ด้วยการเสียบปลายท่อปล่อยไอน้ำเข้าด้านหัวแปลง และจุดไฟต้มน้ำให้เดือด

3. การเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการอบ

วัดอุณหภูมิอากาศในชุดอบและอุณหภูมิดินด้วย probe วัดอุณหภูมิแบบโลหะก้านยาว ทุก 30 นาที เป็นระยะเวลา 90 นาที แบ่งจุดการวัดเป็น 4 จุด ใน 4 บล็อก คือ ระหว่าง 0-3 เมตร (จุดที่ 1) 3-6 เมตร (จุดที่ 2) 6-9 เมตร (จุดที่ 3) และ 9-12 เมตร (จุดที่ 4) โดยระยะ 0 เมตร คือ บริเวณหัวแปลงที่สอดท่อไอน้ำ การวัดอุณหภูมิกระทำโดยแทง probe วัดอุณหภูมิอากาศใต้พลาสติกบริเวณกึ่งกลางของพื้นที่แปลงและแทง probe ลงไปในดินประมาณ 7-8 เซนติเมตร เพื่อวัดอุณหภูมิของดิน



ภาพที่ 1 ลักษณะชุดทดสอบการอบดินด้วยไอน้ำ การแบ่งบล็อกสำหรับเก็บตัวอย่างดินและจุดเก็บข้อมูลอุณหภูมิระหว่างการอบดิน

4. การเก็บตัวอย่างดิน การตรวจนับปริมาณ และการแยกเชื้อราจากตัวอย่างดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนอบแบบจ้วงเก็บ 5 จุด รวมเป็น 1 ตัวอย่าง และตัวอย่างดินหลังผ่านการอบที่เย็นตัวลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมแบบจ้วงเก็บ 5 จุด ต่อระยะการอบรวมเป็น 1 ตัวอย่าง ต่อระยะการอบ แซ่เย็นที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส ในกล่องเก็บความเย็นจนถึงห้องปฏิบัติการ ตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ด้วยการทำ serial dilution และเกลี่ยบนอาหารสูตร PCA (plate count agar) สำหรับแบคทีเรีย และบนอาหารสูตร rose bengal ที่เติมยาปฏิชีวนะ streptomycin ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร สำหรับเชื้อรา เมื่อพบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ตรวจนับปริมาณ สำหรับเชื้อราตัดแยกส่วนของโคโลนีไปทำให้บริสุทธิ์บนอาหาร PDA (potato dextrose agar) ที่ไม่เติมยาปฏิชีวนะ

หลังนับจำนวนแบคทีเรียและราที่เจริญบนอาหารแข็งจากตัวอย่างดินก่อนอบและหลังอบด้วยไอน้ำแล้ว คำนวณประสิทธิภาพการกำจัด (removal efficiency: RE) ตามสมการที่ระบุใน Huh *et al.* (2020) ดังนี้

$$RE (\%) = \frac{Nb - Na}{Na} \times 100$$

เมื่อ RE คือ ประสิทธิภาพการกำจัด

Nb คือ จำนวนแบคทีเรียหรือราของดินก่อนอบด้วยไอน้ำ

Na คือ จำนวนแบคทีเรียหรือราของดินหลังอบด้วยไอน้ำ

5. การจำแนกชนิดของเชื้อราดิน

เพาะเลี้ยงเชื้อราที่แยกได้จากดินตัวอย่างบนอาหารสูตร PDA จนมีการเจริญเติบโตเต็มที่หรือสร้างสปอร์ เชียปลายเส้นใยลงในหยดสี methylene blue ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโครงสร้างสืบพันธุ์ใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อระบุชนิดของเชื้อราโดยเปรียบเทียบกับเอกสารด้านอนุกรมวิธานและเอกสารอ้างอิงที่มีรายงาน (เลขา, 2555; กิตติมา และคณะ, 2543; วัชร และคณะ, 2560)

ผลการวิจัย

1. ลักษณะทางกายภาพของดินในพื้นที่ศึกษา

ดินแปลงผลิตต้นพันธุ์เบญจมาศที่ใช้ในการศึกษาในบ้านใหม่พัฒนา ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง เป็นแปลงของเกษตรกรที่มีประวัติพบปัญหาโรคทางดิน เมื่อตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดินบางประการ พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4.7 ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.17 เดซิซีเมนต่อเมตร และความหนาแน่นรวมเท่ากับ 0.14 กรัมต่อตารางเซนติเมตร

2. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในแปลงระหว่างการอบดินด้วยไอน้ำ

หลังคลุมแปลงด้วยพลาสติก วัดอุณหภูมิอากาศและดินภายในชุดอบได้ 35.6-37.3 และ 32.6-33.9 องศาเซลเซียส ตามลำดับ หลังจากต้มน้ำในหม้อต้มเป็นเวลา 30 นาที พบว่ามีไอน้ำไหลเข้าสู่ชุดอบจนพลาสติกเกือบตึง วัดอุณหภูมิอากาศและดินได้ 53.9-69.2 และ 41.3-53.3 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 60 นาที หลังต้มน้ำ วัดอุณหภูมิได้ 64.6-81.1 และ 49.7-64.2 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และเมื่ออบผ่านไป 90 นาที วัดอุณหภูมิได้ 73.4-89.2 และ 50.1-69.1 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (ตารางที่ 1 ภาพที่ 2)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิภายในชุดทดสอบอบดินแปลงเบญจมาศด้วยไอน้ำตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น

ระยะเวลา	รายการ ตรวจวัด	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)				
		จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	เฉลี่ย
เริ่มต้น	อากาศ	35.6	36.3	37.3	35.6	36.2
	ดิน	32.6	33.0	33.8	33.9	33.3
30 นาที	อากาศ	64.9	69.2	63.9	53.9	63.0
	ดิน	53.3	52.1	43.4	41.3	47.5
60 นาที	อากาศ	72.2	81.1	73.7	64.6	72.9
	ดิน	64.2	60.4	55.9	49.7	57.5
90 นาที	อากาศ	89.2	81.6	77.8	73.4	80.5
	ดิน	69.1	64.8	63.2	50.1	61.8

หมายเหตุ: - อากาศ คือ อากาศภายในบริเวณใต้พลาสติกเหนือหน้าดิน
 - ดิน คือ ดินบริเวณกึ่งกลางตามแนวตั้งของความสูงแปลงที่ตั้งขึ้น



ภาพที่ 2 ลักษณะแปลงที่เตรียมสำหรับการทดสอบดินด้วยไอน้ำ (ก) และลักษณะที่เกิดขึ้นระหว่างการอบดิน (ข)

3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ดินหลังการอบด้วยไอน้ำ

ในดินแปลงแม่พันธุ์เบญจมาศมีปริมาณแบคทีเรีย 2.4×10^{10} CFU ต่อกรัม และรา 3.2×10^6 CFU ต่อกรัม หลังการอบดินด้วยไอน้ำ 90 นาที (ที่อุณหภูมิ 70-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที) ปริมาณแบคทีเรียและราลดลงเหลือ $2.2-9.1 \times 10^8$ และน้อยกว่า 10^2 CFU ต่อกรัม ตามลำดับ ค่าประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียจากการคำนวณอยู่ระหว่าง 96-99 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการกำจัดรา 100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียและเชื้อราที่ตรวจนับได้บนอาหารแข็ง PCA และ rose bengal ของดิน ก่อนและหลังอบไอน้ำเป็นเวลา 90 นาที

ตัวอย่าง	ระยะห่างจาก หัวแปลง	ปริมาณ (CFU ต่อกรัม)		ประสิทธิภาพการกำจัด (เปอร์เซ็นต์)	
		แบคทีเรีย	รา	แบคทีเรีย	รา
ก่อนอบ	หัวแปลง	2.4×10^{10}	3.2×10^6	-	-
หลังอบจุดที่ 1	0-3 เมตร	2.2×10^8	$<1 \times 10^2$	99.1	~100
หลังอบจุดที่ 2	3-6 เมตร	9.1×10^8	$<1 \times 10^2$	96.2	~100
หลังอบจุดที่ 3	6-9 เมตร	4.0×10^8	$<1 \times 10^2$	98.3	~100
หลังอบจุดที่ 4	9-12 เมตร	2.5×10^8	$<1 \times 10^2$	99.0	~100

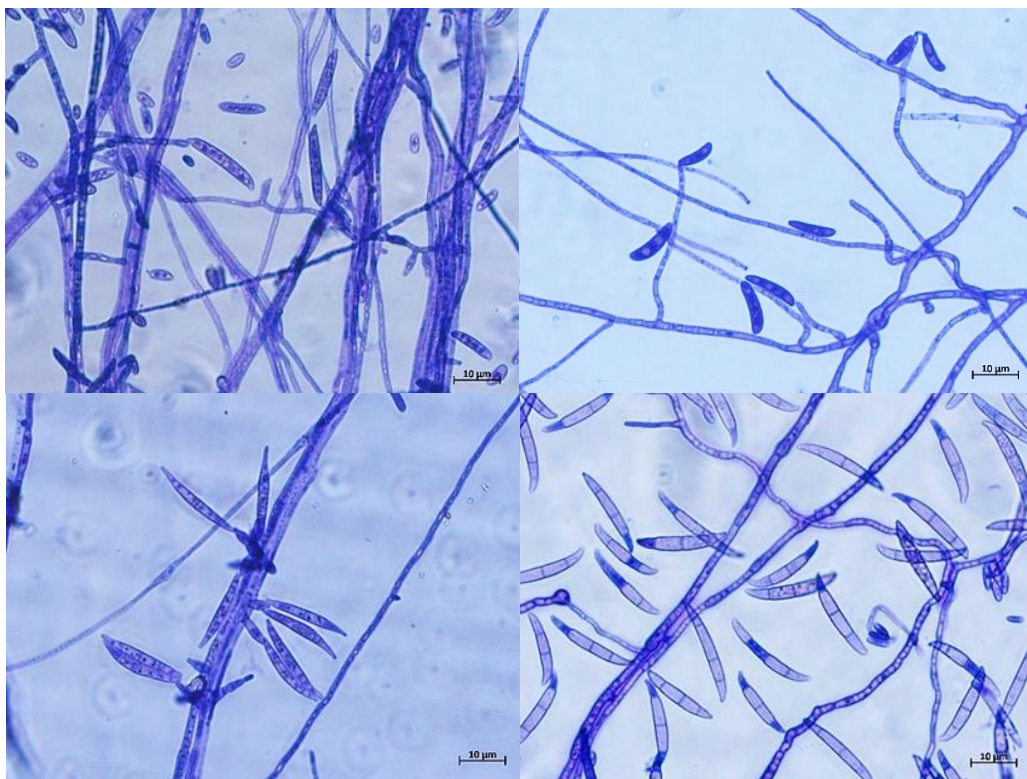
4. การแยกและจำแนกชนิดราจากตัวอย่างดินที่ไม่ผ่านและผ่านการอบไอน้ำ

ตรวจพบเชื้อราชนิดต่าง ๆ เช่น *Fusarium* spp. *Pythium* spp. *Aspergillus* spp. *Rhizopus* sp. *Nigrospora* sp. และราที่ยังจำแนกชนิดไม่ได้อีก 7 ไอโซเลต ในดินแปลงที่เคยปลูกเบญจมาศ เมื่อดินแปลงผ่านการอบด้วยไอน้ำแบบคลุมกองเป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 90 นาที ตรวจพบการเปลี่ยนแปลงของชนิดเชื้อรา ดังนี้ จุดที่ 1 แยกได้ 4 ไอโซเลต เป็น *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. และราที่ยังจำแนกชนิดไม่ได้ 1 ไอโซเลต จุดที่ 2 แยกได้ 9 ไอโซเลต พบ *Aspergillus* spp. *Penicillium* spp. และราที่ยังจำแนกชนิดไม่ได้ 6 ไอโซเลต จุดที่ 3 แยกได้ 12 ไอโซเลต เป็นราที่ยังจำแนกชนิดไม่ได้ทั้งหมด และจุดที่ 4 แยกได้ 11 ไอโซเลต พบ *Fusarium* spp. *Penicillium* spp. และราที่ยังจำแนกชนิดไม่ได้ 7 ไอโซเลต (ตารางที่ 3 และภาพที่ 3-6)

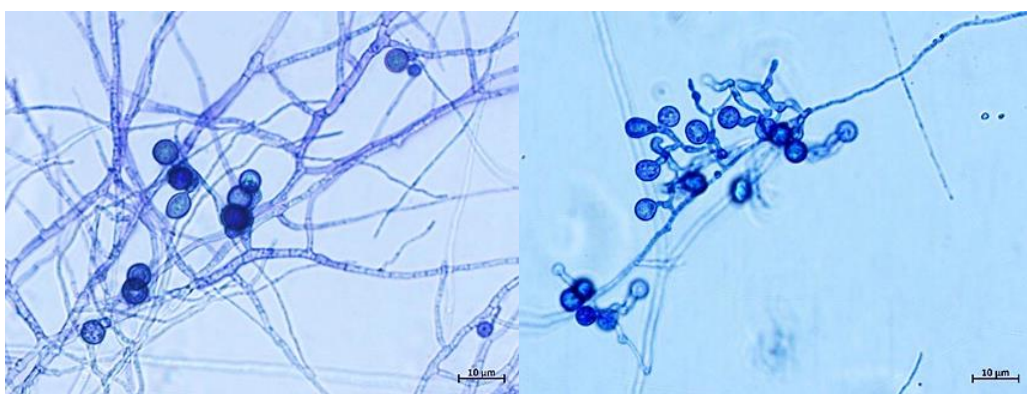
ตารางที่ 3 จำนวนไอโซเลตของราที่แยกได้ และชนิดของราที่พบจากตัวอย่างดินแปลงปลูกเบญจมาศ ก่อนและหลังการอบด้วยไอน้ำตามระยะห่างจากจุดนำเข้าไอน้ำ

ตัวอย่าง	ระยะห่างจาก หัวแปลง	จำนวนและชนิดของราที่แยกได้	
		ไอโซเลต	ชนิด
ก่อนอบ	หัวแปลง	23	<i>Fusarium</i> spp. (4) <i>Pythium</i> spp. (2) <i>Penicillium</i> spp. (5) <i>Aspergillus</i> spp. (3) <i>Rhizopus</i> sp. (1) <i>Nigrospora</i> sp. (1) unidentified species (7)
หลังอบจุดที่ 1	0-3 เมตร	4	<i>Aspergillus</i> spp. (2) <i>Penicillium</i> sp. (1) unidentified species (1)
หลังอบจุดที่ 2	3-6 เมตร	9	<i>Aspergillus</i> sp. (1) <i>Penicillium</i> spp. (2) unidentified species (6)
หลังอบจุดที่ 3	6-9 เมตร	12	unidentified species
หลังอบจุดที่ 4	9-12 เมตร	11	<i>Fusarium</i> sp. (1) <i>Penicillium</i> spp. (3) unidentified species (7)

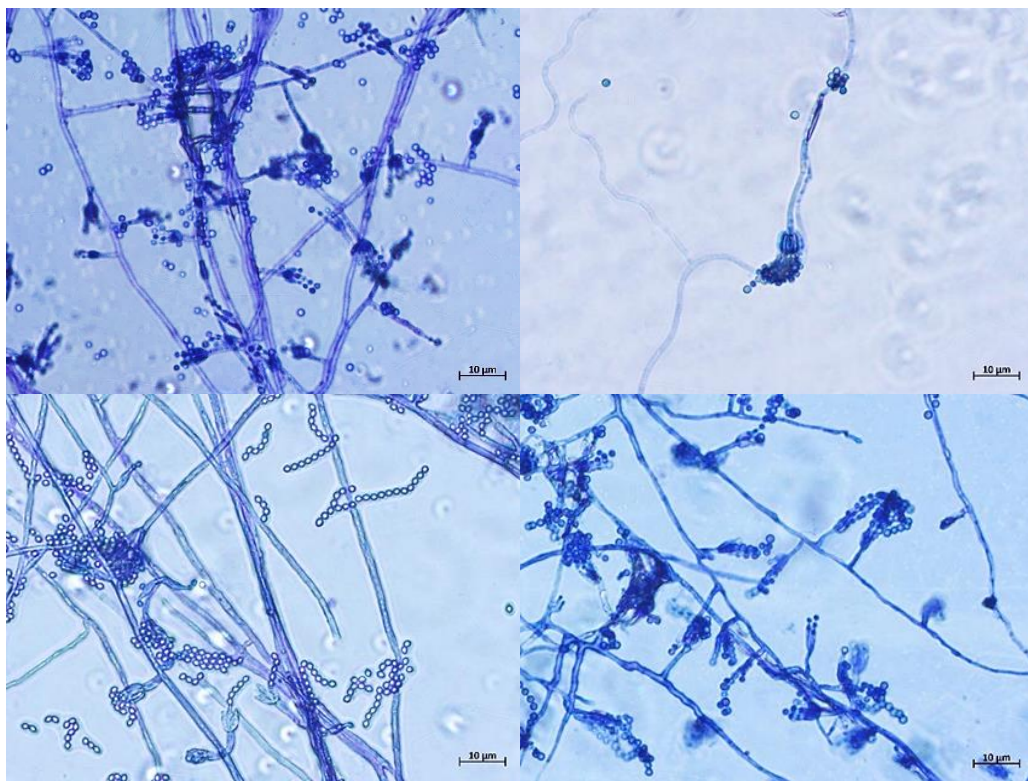
หมายเหตุ: - ตัวเลขในวงเล็บหลังชนิดคือจำนวนไอโซเลต



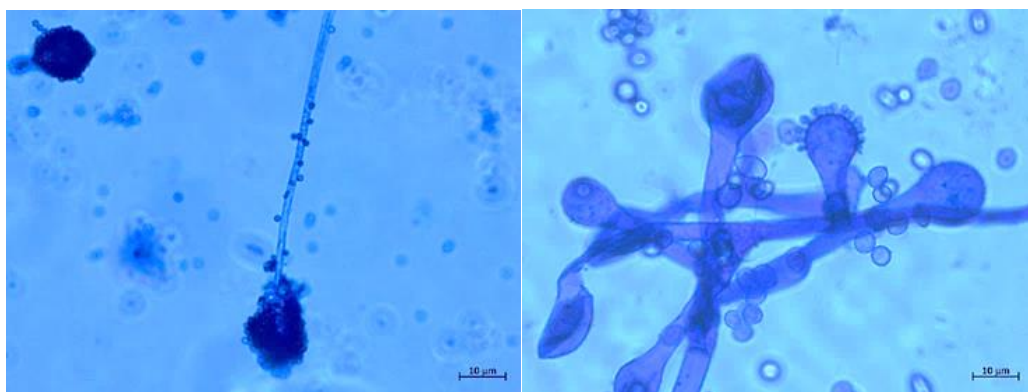
ภาพที่ 3 ลักษณะโคนินเดี่ยวของ *Fusarium* spp. ที่แยกได้จากดินแปลงปลูกเบญจมาศ (400x)



ภาพที่ 4 ลักษณะสปอร์ของ *Pythium* spp. ที่แยกได้จากดินแปลงปลูกเบญจมาศ (400x)



ภาพที่ 5 ลักษณะโคินิเดียของ *Penicillium* spp. ที่แยกได้จากดินแปลงปลูกเบญจมาศ (400x)



ภาพที่ 6 ลักษณะโคินิเดียของ *Aspergillus* spp. ที่แยกได้จากดินแปลงปลูกเบญจมาศ (400x)

การอภิปรายผลการวิจัย

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในแปลงระหว่างการอบดินด้วยไอน้ำ

การอบดินด้วยไอน้ำแบบคลุมแปลงด้วยเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาดเล็กกำลังการผลิตไอน้ำ 1-3 ตันต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมิดินที่ความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร เฉลี่ยเป็น 57.5 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที หลังต้มน้ำ และเมื่ออบต่อไปอีก 30 นาที อุณหภูมิดินเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

เล็กน้อยเป็น 61.8 องศาเซลเซียส ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังกล่าวจะแตกต่างกับวิธีการอบหน้าดินในประเทศเกาหลีใต้ที่ใช้เครื่องกำเนิดไอน้ำอุณหภูมิโดย Huh *et al.* (2020) ที่เป็นการนึ่งด้วยระบบหัวพ่นฝอยแรงดันสูง รายงานไว้ว่าเมื่อตั้งอุณหภูมิไอน้ำที่ 160 องศาเซลเซียส อัตราการนึ่งไอน้ำที่ 1 เมตรต่อนาที่ ที่ระดับความลึกดิน 15 เซนติเมตร อุณหภูมิของดินเพิ่มสูงขึ้นถึง 83.5 องศาเซลเซียส ภายใน 5 นาที และค่อย ๆ ลดลงหลังจากนั้น จนประมาณนาที่ที่ 30 เริ่มมีอุณหภูมิคงที่ระหว่าง 50-55 องศาเซลเซียส อบอุ่นไปอีก 40 นาที กล่าวคือ ดินจะได้รับการนึ่งที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ประมาณ 20 นาที หลังจากนั้นนึ่งต่อที่ประมาณ 50 องศาเซลเซียส 50 นาที เช่นเดียวกับการอบดินแบบใช้อากาศผสมไอน้ำ (aerated steam) ที่อุณหภูมิของดินจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วถึง 50-60 องศาเซลเซียส ภายใน 2 นาที และอุณหภูมิค่อนข้างคงที่ ความคลาดเคลื่อนจากการทำงานของพัดลมอยู่ที่ ± 2 องศาเซลเซียส (Van Loenen *et al.*, 2003) จะเห็นว่าด้วยระบบการอัดไอน้ำลงในดินแบบไม่คลุมดังกล่าวอุณหภูมิดินจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและคงอยู่ในระยะเวลาสั้นก่อนอุณหภูมิจะตกลงเรื่อย ๆ และคงที่ที่ระดับอุณหภูมิไม่สูงนัก อยู่ที่ประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส ต่างจากการอบไอน้ำแบบคลุมกองที่ทำการทดสอบในงานวิจัยนี้ ที่ใช้เวลาในการเพิ่มอุณหภูมินานกว่าจึงต้องใช้เวลาในการอบนาน

2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์ดินหลังการอบด้วยไอน้ำ

การอบดินแปลงแม่พันธุ์เบญจมาศด้วยไอน้ำตามสภาวะที่ใช้ในการศึกษานี้เป็นเวลา 90 นาที ทำให้ดินแปลงมีปริมาณแบคทีเรียลดลงเพียงประมาณ 2 log cycle ขณะที่ปริมาณเชื้อราลดลงอย่างมาก มากกว่า 4 log cycle อาจกล่าวได้ว่าการอบดินด้วยไอน้ำฆ่าเชื้อราในดินได้ค่อนข้างดี แต่มีผลต่อแบคทีเรียในดินเพียงเล็กน้อย สอดคล้องกับทิพาพร (2535) ที่รายงานไว้ว่ายีสต์และราส่วนใหญ่สามารถใช้ความร้อนทำลายได้ง่ายกว่าแบคทีเรีย และสปอร์ของแบคทีเรียทนความร้อนได้ดีกว่าเซลล์ธรรมดา (vegetative cell) การที่แบคทีเรียในแปลงปลูกเบญจมาศมีปริมาณลดลงหลังผ่านการอบไอน้ำจาก 2.4×10^{10} เหลือประมาณ 2.5×10^8 CFU ต่อกรัม เป็นไปในทางเดียวกันกับงานวิจัยของ Roux-Michollet *et al.* (2010) ที่พบว่าการตรวจดินทันทีหลังอบพบว่าปริมาณแบคทีเรียลดลง 71 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อทิ้งไว้ 10 วัน สุ่มตรวจอีกครั้งปริมาณแบคทีเรียในดินที่ผ่านการอบก็ยังคงมีปริมาณต่ำกว่าดินที่ไม่ผ่านการอบ คือ 2.5×10^7 และ 2.2×10^8 CFU ต่อกรัม ตามลำดับ แม้ว่าหลังการอบดินจะทำให้ปริมาณแบคทีเรียลดน้อยลง แต่ภายในไม่เกิน 1 เดือน ปริมาณแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้น 10 เท่า เนื่องจากเกิดการปลดปล่อยคาร์บอนในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มมากขึ้น

การอบดินด้วยไอน้ำตามรูปแบบที่ทดสอบมีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียและราในดินบนค่อนข้างสูงคือ สามารถกำจัดได้ 96-99 เปอร์เซ็นต์ สำหรับแบคทีเรีย และเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเชื้อรา เช่นเดียวกับที่ได้รายงานไว้โดย Huh *et al.* (2020) ที่อบฆ่าเชื้อและไล่เดือนฝอยในดินด้วยเครื่องกำเนิดไอน้ำอุณหภูมิสูง (High-temperature steam disinfectant) ที่มีกำลังการฆ่าเชื้อได้ 100 ตารางเมตรต่อชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรียเริ่มต้น 2.27×10^{11} - 5.32×10^{12} CFU ต่อกรัม ลงได้ 97.5 เปอร์เซ็นต์

3. ผลของการอบดินด้วยไอน้ำต่อชนิดของราดิน

การอบดินแปลงปลูกเบญจมาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิดของเชื้อราดินที่พบ โดยเฉพาะ *Pythium Rhizopus* และ *Nigrospora* โดยหลังจากผ่านการอบ ตรวจไม่พบเชื้อราดังกล่าว แต่ยังคงพบ *Fusarium* ได้จากตัวอย่างดินหลังอบในจุดที่ 4 ซึ่งเป็นตัวอย่างของระยะการอบที่ห่างจากท่อปล่อยไอน้ำระหว่าง 9-12 เมตร อาจจะเนื่องมาจากระยะดังกล่าวเป็นระยะท้ายแปลง เป็นจุดที่อุณหภูมิดินต่ำที่สุดคือประมาณ 50 องศาเซลเซียส ความร้อนที่ได้อาจไม่สม่ำเสมอเพียงพอที่จะกำจัดเชื้อราที่อาจก่อให้เกิดโรคได้หมด ผลที่ได้สอดคล้องกับรายงานของ Van Loenen *et al.* (2003) ที่ทดลองอบดินที่ผ่านการทำเกษตรกรรมและตรวจพบเชื้อราก่อโรค *Verticillium dahlia Sclerotinia sclerotiorum S. cepivorum* และ *P. ultimum* แบบใช้อากาศผสมไอน้ำที่อุณหภูมิ 50-60 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที และปล่อยไว้ในระบบซึ่งอุณหภูมิค่อย ๆ ลดลงอีก 8 นาที พบว่า สามารถกำจัดราโรคพืชได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การนึ่งที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส กำจัด *V. dahlia* ได้เล็กน้อย แต่กำจัด *S. cepivorum* ไม่ได้เลย นอกจากนี้ Luvisi *et al.* (2008) รายงานการนึ่งดินลึก 0-15 เซนติเมตร ด้วยการฉีดไอน้ำที่อุณหภูมิดินประมาณ 48-68 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ว่าสามารถลดการเกิดโรคเหี่ยวจาก *F. oxysporum* ของมะเขือเทศลงได้ประมาณ 78-81 เปอร์เซ็นต์ ลดการเกิดโรคจาก *Sclerotium rolfsii* ลงได้ 65-71 เปอร์เซ็นต์ โดยการฉีดไอน้ำดังกล่าวมีผลต่อปริมาณราในดินคือ *F. oxysporum* ลดลง ขณะที่ *Trichoderma* spp. เพิ่มขึ้น และไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณเชื้อรารวมและแอคติโนมัยซีต (actinomycetes) ในดิน

สรุปผลการวิจัย

การอบดินแปลงปลูกเบญจมาศด้วยไอน้ำแบบคลุมแปลงขนาดพื้นที่ 2x12 เมตร ด้วยเครื่องกำเนิดไอน้ำขนาดเล็กกำลังการผลิตไอน้ำ 1-3 ตันต่อชั่วโมง ใช้เวลาหลังเริ่มต้มน้ำ 60 นาที ในการเพิ่มอุณหภูมิดินที่ความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร เป็น 57.5 องศาเซลเซียส และเมื่ออบต่อไปอีก 30 นาที อุณหภูมิดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 61.8 องศาเซลเซียส การอบตามวิธีดังกล่าว สามารถลดปริมาณแบคทีเรียลงได้ 2 log cycle และลดปริมาณเชื้อราลงได้มากกว่า 4 log cycle การอบดินด้วยวิธีนี้ มีประสิทธิภาพในการกำจัดแบคทีเรีย 98 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการกำจัดเชื้อราเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังคงพบ *Fusarium* ในตัวอย่างดินที่ผ่านการอบในจุดที่ไกลจากท่อปล่อยไอน้ำที่ระยะระหว่าง 9-12 เมตร

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นผลงานตามแนวทาง มาลัยวิทยสถาน อว. ในการเสริมสร้างเศรษฐกิจฐานรากให้กับชุมชนไม้ดอกไม้ประดับ ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปีงบประมาณ 2565

เอกสารอ้างอิง

- กิตติมา รามัญวงษ์ วินันท์ดา หิมะมาน จันจิรา อายะวงศ์ และสมโภชน์ มณีรัตน์. (2543). การสำรวจเบื้องต้นเกี่ยวกับราในดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร ด้านตะวันออก. *วารสารวิชาการป่าไม้*, 2(2), 117-124.
- ทิพาพร อยู่วิทยา. (2535). การกำหนดกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน. *อาหาร*, 22(4), 39-50.
- รัชชัย ทีฆขุนทด และศุภณัฐ กาญจนวัฒนวงศ์. (ม.ป.ป.). *เบญจมาศตัดดอก ที่อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา*. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม พ.ศ.2565, จาก: http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/2083/1/BIB1284_F.pdf.
- เลขา มาโนช. (2555). ราดินและราจากเศษซากพืช. ใน อรุมา เพี้ยชัย. *บัญชีรายการทรัพยากรชีวภาพ*, หน้า 33-50. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน).
- วัชรีย์ เสาร์เทพ อรุมา เพี้ยชัย และพัชรวิภา ใจจักรคำ. (2560). การจำแนกชนิดของเชื้อรา *Aspergillus* spp. และ *Penicillium* spp. ที่ปนเปื้อนในอาหารผลิตภัณฑ์การเกษตร และดินเพาะปลูก และการสร้างสารพิษอะฟลาท็อกซิน ปี1. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 48(1), 127-138.
- American Society for Testing and Materials International. (2009). *Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort (12,400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))*. Retrieved 23 July 2022, from: <https://www.resolutionmineeis.us/sites/default/files/references/astm-D698.pdf>.
- Huh, D.A., Chae, W.R., Lim, H.R., Kim, J.H., Kim, Y.S., Kim, Y.W. and Moon, K.W. (2020). Optimizing operating parameters of high-temperature steam for disinfecting total nematodes and bacteria in soil: Application of the box-behnken design. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14), 5029-5044, doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17145029>.
- Inga, M. (2020). *Fusarium wilt problematic on Chrysanthemum in 2020*. Retrieved 15 July 2022, from: <https://plantpathology.ces.ncsu.edu/2020/09/fusarium-wilt-problematic-on-chrysanthemum-in-2020/>.
- Luvisi, A., Materazzi, A. and Triolo, E. (2008). Control of soil-borne diseases in tomato by use of steam and an exothermic reaction. *Advances in Horticultural Science*, 22(3), 174-181.
- Roux-Michollet, D., Dudal, Y., Jocteur-Monrozier, L., and Czarnes, S. (2010). Steam treatment of surface soil: How does it affect water-soluble organic matter, C mineralization, and bacterial community composition?. *Biology and Fertility of Soils*. 46(6), 607-616, doi: <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0468-6>.

- Runia, W.T. and Molendijk, L.P.G. (2010). Physical methods for soil disinfection in intensive agriculture: Old methods and new approaches. *International Society for Horticultural Science*, 883, 249-258, doi: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.883.31>.
- van Loenen, M.C., Turbett, Y., Mullins, C.E., Feilden, N.E., Wilson, M.J., Leifert, C. and Seel, W.E. (2003). Low temperature-short duration steaming of soil kills soil-borne pathogens, nematode pests and weeds. *European Journal of Plant Pathology*, 109(9), 993-1002, doi: <https://doi.org/10.1023/B:EJPP.0000003830.49949.34>.