รายงานผลงานเรื่องเต็มโครงการสิ้นสุดปี 2557

แผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนากลุ่มพืชผักและเห็ด

โครงการวิจัย ศึกษาเทคโนโลยีการผลิตขิงที่ได้คุณภาพ

กิจกรรม เทคโนโลยีการผลิตขิงคุณภาพ

กิจกรรมย่อย การเขตกรรมและการจัดการการผลิตขิงอย่างยั่งยืน

ชื่อการทดลอง การอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวเพื่อกำจัดโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียของขิงในแปลงปลูก

Soil Solarization and Mustard Amendment for the Potential Elimination of Bacterial Wilt Disease of Ginger in the Field

คณะผู้ดำเนินงาน

สุรชาติ คูอาริยะกุล ปฏิพัทธ์ ใจปิน

วัชรพล บำเพ็ญอยู่ วิมล แก้วสีดา สุธามาศ ณ น่าน

บทคัดย่อ

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (Soil solarization, SS) และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#71 เพื่อรมดินโดยวิธีชีวภาพ (Biofumigation, BF) ในแต่ละวิธีการหรือทั้งสองวิธีการร่วมกัน เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (*Rso*) ในสภาพแปลงปลูก ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ระหว่างปีพ.ศ. 2554-2557 โดยการปลูกขิงแล้วปลูกเชื้อโดยการหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ลงบนแผลที่ก้านใบของขิงให้เป็นโรคเหี่ยว จากนั้นจึงบำบัดดินที่ติดเชื้อ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 7 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ การประเมินผลจากจำนวนต้นขิงที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้ (indexing plant) ในปี พ.ศ. 2556 พบว่า การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ให้ผลในการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงดีกว่าการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพหลังจากนั้นต้นขิงมีการติดเชื้อและเป็นโรคเหี่ยวเพิ่มมากขึ้น และอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุม (ดินติดเชื้อและไม่มีการกำจัดวัชพืช) ในช่วงการตรวจผล 102-185 วัน ส่วนในปี พ.ศ. 2557 มีการปลูกเชื้อโดยการราดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ซ้ำ ก่อนการทดลองเพื่อให้มั่นใจว่ามีเชื้อกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ การวัดค่าอุณหภูมิของดินที่ความลึก 20 ซม. จากระดับผิวดิน ระหว่างการทดลองอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการอบดินโดยวิธีชีวภาพ ในแต่ละวิธีการและทั้งสองวิธีการร่วมกัน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินสูงขึ้นอยู่ในช่วง 38.1-61.1°C และอุณหภูมิของดินที่สูงอยู่ในช่วง 49.2-61.1°C เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 20 ซม. จากผิวดินอยู่

ในช่วง 24.4-31.1°C การประเมินผลจากพืชบ่งชี้ปรากฏว่า การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพให้ผลการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในแปลงปลูกอยู่ในระดับเดียวกับกรรมวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดิน

รหัสการทดลอง 01-37-54-01-00-00-06-55

โดยวิธีชีวภาพ ต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน 69.6-79.9% และลดลงเหลือจำนวน 40.6-52.2% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ไม่มีการกำจัดวัชพืชกับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (positive check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติ จำนวน 58.0% และลดลงเหลือ 10.3% จากการตรวจผลภายหลังปลูก 40 วัน และ 90 วัน ตามลำดับ

คำนำ

โรคเหี่ยวหรือโรคเนื้อแก้ว (Bacterial wilt) นับเป็นปัญหาสำคัญของการปลูกขิง (*Zingiber officinale* R.) พบการระบาดในทุกพื้นที่ที่มีการปลูกขิงทั้งในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนทั่วโลก มีสาเหตุจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (*Rso*) (Smith) Yabuuchi *et al*., 1995 เป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในดิน (soil inhabitat) ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงกับเกษตรกร เมื่อดินมีการติดเชื้อแล้วจะไม่สามารถปลูกขิงซ้ำในที่เดิมได้อีก เนื่องจากเชื้อยังคงอยู่ในดินที่ติดกับเศษซากพืช วัชพืช และเครื่องมือเกษตรกรรม (Shintaku *et al*., 2006) อุปสรรคสำคัญในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวมี 3 ประการที่ยังเป็นปัญหาได้แก่ 1) ท่อนพันธุ์ปลอดโรค 2) ดินในแปลงปลูกปลอดเชื้อ และ 3) สารเคมีที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (Hayward, 1991) อย่างไรก็ตาม French (1994) แนะนำว่าการอบฆ่าเชื้อในดินและการปลูกพืชในดินที่ปลอดเชื้อ เป็นมาตรการที่มีความสำคัญในอันดับต้นๆ ในการควบคุมโรคเหี่ยว การอบฆ่าเชื้อในดินมักใช้สารรมเมธิลโบรไมด์ (methyl bromide) ร่วมกับคลอโรพิคลิน (chloropicrin) เพื่อลดปริมาณแบคทีเรีย *Rso* และไส้เดือนฝอย (Ishii and Aragaki, 1963; Sato, 1999) อย่างไรก็ตามเมธิลโบรไมด์ที่เป็นสารรมทางการเกษตรมีผลไปทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ จึงถูกห้ามใช้ในปีค.ศ. 2005 ในประเทศที่พัฒนาแล้ว และภายในปีค.ศ. 2015 สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา (Montreal Protocal, UNEP, 1987) (Ibekwe, 2004)

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (Soil solarization, SS) เป็นขบวนการระหว่างความร้อนกับความชื้น โดยการคลุมดินที่ชื้นด้วยแผ่นพลาสติกใส และถูกส่องด้วยแสงอาทิตย์เพื่อให้ดินเกิดความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ทำให้เชื้อโรคพืช แมลง และเมล็ดวัชพืชตาย (Souza, 1994) ซึ่งเชื้อโรคพืชอาจตายเนื่องจากความร้อนโดยตรง หรือความร้อนนั้นไปกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมการเป็นปฏิปักษ์ (Katan and Devay, 1991) หรือทำให้โครงสร้างที่อยู่ในระยะพักตัวของเชื้อโรคอ่อนแอแล้วถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (Freeman and Katan, 1988) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นวิธีการที่ขึ้นกับสภาพอากาศ ความสำเร็จขึ้นกับชนิดของศัตรูพืช ลักษณะของดิน สภาพของอากาศ และคุณสมบัติของแผ่นพลาสติก polyethylene (PE) มักทำในช่วงที่อากาศร้อนที่สุดของปี ปกติใช้เวลา 4-6 สัปดาห์ (Katan, 1981, 1987; Rubin and Benjamin, 1984) เมื่อปฏิบัติถูกต้องสามารถทำให้อุณหภูมิของดินที่ความลึก 15 ซม. สูงถึง 52°C (Anonymous, 2010) ซึ่งอุณหภูมิ 52°C ดังกล่าว สามารถที่จะทำลายเซลล์ของแบคทีเรีย *Rso* ได้แล้ว โดย Tsang

and Shintaku (1998) รายงานผลสำเร็จในการกำจัดแบคทีเรีย *Rso* ในท่อนพันธุ์ขิงโดยวิธีการบำบัดด้วยความร้อนชื้นในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ 75% ที่อุณหภูมิ 49-50 °C เป็นเวลา 30-60 นาที นอกจากนี้การคลุกเคล้าดินด้วยอินทรียวัตถุที่มีสาร glucosinolates (GSLs) เมื่อสลายตัวแล้วได้สารที่มีคุณสมบัติต้านจุลชีพ และสามารถควบคุมเชื้อโรคพืช (Brown and Morra, 1997) ซึ่งผักตระกูลกะหล่ำในกลุ่ม *Brassica juncea* มีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรีย *Rso* สาเหตุโรคเหี่ยวได้ (สุรชาติ และคณะ, 2553, 2557; อุดมศักดิ์ และคณะ, 2553; Akiew *et al*., 1996; Arthy *et al*. 2005; Matthiessen and Shackleton, 2005) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการคลุกเคล้าดินด้วยอินทรียวัตถุอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองวิธีร่วมกันสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีววิทยาของดินมีผลไปยับยั้งการเกิดโรคพืช และทำให้อุณหภูมิของดินเพิ่มขึ้น 1-3°C (Gamliel and Stapleton, 1993a, 1993b; Gamliel *et al.*, 2000; Lira-Saldivar *et al*., 2004)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวต่อการมีชีวิตรอดของแบคทีเรีย *Rso* สาเหตุโรคเหี่ยวของขิงภายใต้สภาพแปลงปลูกในจังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปขยายผล และพัฒนาในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูกต่อไป

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

<u>อุปกรณ์</u>

1. แบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 race 1 biovar 3 แยกได้จากขิง เก็บตัวอย่างจาก อ.เมือง จ.พะเยา
2. อาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman's medium (1 ลิตร ประกอบด้วย peptone 10.0 กรัม, casein hydrolysate 1.0 กรัม น้ำตาล glucose 5.0 กรัม และวุ้นผง 15.0 กรัม) (Kelman, 1954)
3. อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการโรคพืช
4. ปูนโดโลไมท์ และปูนขาว
5. เมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวใบ#71
6. ถาดเพาะ polystylene (PS) ขนาดเซลล์ลึก 5.0 ซม. ปริมาตร 45 ลบ.ซม. จำนวน 84 เซลล์ต่อถาด
7. ปุ๋ยคอก (มูลไก่) ฟางข้าว กับปุ๋ยเคมีสูตร 15+-15-15, 21-0-0, 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60
8. แผ่นพลาสติกใสชนิด polyethylene (PE) ขนาดกว้าง 140 ซม. หนา 0.04 มม.
9. ท่อพลาสติก polyinyl chloride (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ¾ นิ้ว ยาว 25 ซม. พร้อมแผ่นพลาสติกเจาะรูเล็กๆ จำนวน 5-6 รู หุ้มปลายด้านหนึ่ง อีกด้านปิดด้วยฝาพลาสติก PVC
10. เทปกาวชนิดใส ขนาดกว้าง 2 นิ้ว
11. ท่อนพันธุ์ขิงปลอดโรคเหี่ยว ขนาดน้ำหนัก 50-75 กรัมต่อท่อน
12. สารป้องกันกำจัดโรคพืช carbendazim 50%WP สารฆ่าแมลง Petroleum spray oil 83.9%EC และ

imidaclopid 5%EC

13. ท่อพลาสติก PE สีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว พร้อมหัวจ่ายน้ำแบบกระจายด้านข้าง

14. ที่วัดอุณหภูมิแบบ probe

<u>วิธีดำเนินการ</u>

1. การเตรียมพื้นที่ปลูก และการเตรียมท่อนพันธุ์ขิงเพื่อปลูก

ในเนื้อที่ 0.75 ไร่ ของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เตรียมพื้นที่ปลูกขิงโดยการไถดินผึ่งแดด จากนั้นปรับปรุงดินโดยการหว่านปูนโดโลไมท์ อัตรา 400 กก.ต่อไร่ แล้วไถพรวนด้วยจอบหมุนในพื้นที่ 25x50 ตร.เมตร กับเตรียมแปลงย่อยขนาด 1.20x10.0 เมตร แบ่งเป็น 4 แถวๆ ละ 7 แปลงย่อย รวมทั้งหมดจำนวน 28 แปลงย่อย ระยะระหว่างแปลงย่อย 1.50 เมตร ระยะระหว่าง plot 2.0 เมตร ภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกปลูกขิง โดยการใช่ท่อนพันธุ์ขิงปลอดโรคน้ำหนัก 50-75 กรัมต่อท่อน มีตาจำนวน 2-3 ตา ที่แช่ในสารละลายสารป้องกันกำจัดโรคพืช carbendazim อัตรา 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ผสมกับ Petroleum spray oil อัตรา 25 มล./น้ำ 20 ลิตร และสารฆ่าแมลง imidacloprid อัตรา 40 มล./น้ำ 20 ลิตร เป็นเวลา 15-20 นาที จากนั้นนำขึ้นผึ่งให้แห้งก่อนนำไปปลูกในแปลงย่อยที่เตรียมไว้ โดยการปลูกแบบแถวคู่เสร็จแล้วคลุมแปลงด้วยฟางข้าวเพื่อรักษาความชื้นในดินและป้องกันวัชพืช การทดลองในปีพ.ศ. 2555 และปีพ.ศ. 2556 มีระยะปลูก 30x60 ซม. แต่ละแปลงย่อยใช้ท่อนพันธุ์ขิง จำนวน 66 ท่อน ปลูกเสร็จในปลายเดือนมีนาคม ส่วนการทดลองในปีพ.ศ. 2557 มีระยะปลูก 35x50 ซม. แต่ละแปลงย่อยใช้ท่อนพันธุ์ขิง จำนวน 56 ท่อน ปลูกเสร็จในปลายเดือนเมษายน ภายหลังปลูกมีการปฏิบัติด้านเขตกรรมเพื่อบำรุงรักษาให้ต้นขิงเจริญเติบโต โดยการกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกภายหลังปลูกนาน 2 เดือน พร้อมใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 60, 12 และ 85 กก./ไร่ ตามลำดับ (ศศิธร และคณะ, 2556) จากนั้นกลบโคน และปล่อยให้ต้นขิงได้รับน้ำฝนตามสภาพธรรมชาติ

2. การเตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 และการปลูกเชื้อ

นำแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ที่เลี้ยงบน slant อาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman' medium ในหลอดเลี้ยงเชื้อจากการย้ายสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ที่เก็บรักษาไว้ในพาราฟิน 50% ในหลอด cryogenic vial ที่อุณหภูมิ 4°C ไปขีดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman's medium (Kelman, 1954) เพื่อตรวจสอบโคโลนีที่มีลักษณะตามแบบฉบับ ซึ่งจะเป็นแหล่งของเชื้อตลอดการทดลอง ไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman's medium ในจานเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (24-32°C) เป็นเวลา 48 ชม. จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ดังกล่าว ที่ความเข้มข้นประมาณ 2x10^{8} หน่วยโคโลนี/มล. (วัดด้วย spectrophotometer ช่วงคลื่น 620 นม. ค่า OD=0.1) สำหรับการปลูกเชื้อดังนี้

<u>ปี พ.ศ. 2555</u> นำสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ที่ความเข้มข้นประมาณ 2x10^{8} หน่วยโคโลนี/มล. ไปปลูกเชื้อกับต้นขิงโดยหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* ดังกล่าว จำนวน 1 หยด บนแผลรอยตัดก้าน

ขิงสูงจากผิวดินประมาณ 30 ซม. ภายหลังปลูกเชื้อนาน 10-15 วัน ต้นขิงจะเริ่มแสดงอาการโรคเหี่ยว จากนั้นปล่อยทิ้งให้ต้นขิงเป็นโรคตามสภาพธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ จำนวน 7 กรรมวิธี (Tr) ปลูกเชื้อกับต้นขิง จำนวน 5 กรรมวิธี ได้แก่ Tr1-Tr5 ส่วน Tr6 และTr7 ไม่มีการปลูกเชื้อ

ปี พ.ศ. 2557 เตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ที่ความเข้มข้นประมาณ $2x10^8$ หน่วยโคโลนี/มล. รวมทั้งสิ้นจำนวน 54.4 ลิตร จากนั้นเจือจางลง 20 เท่า เพื่อปลูกเชื้อลงในแปลงย่อยขนาดพื้นที่ 12 ตร.เมตร Tr1-Tr5 จำนวนแปลงละ 54.4 ลิตร (ซึ่งในดินจะมีปริมาณเชื้อประมาณ $0.23x10^6$ หน่วยโคโลนี/ดิน 1 กรัม) เพื่อให้มั่นใจว่าดินในแปลงปลูกจะมีเชื้อแบคทีเรีย *Rso* กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดย Tr4 ราดเชื้อก่อนการทดลอง 1 สัปดาห์ Tr1 และTr3 ราดเชื้อก่อนการทดลอง 1 วัน ส่วน Tr2 และTr5 ราดเชื้อก่อนการทดลอง 7 และ 12 สัปดาห์ ตามลำดับ

3. การเตรียมต้นผักกาดเขียวใบ#71 เพื่อเป็นสารรมทางชีวภาพ (Biofumigant)

เพาะเมล็ดผักกาดเขียวใบ#71 ในปลายเดือนพฤศจิกายน ในเซลล์ถาดเพาะ PS เมื่อต้นกล้าผักกาดเขียวใบ#71 มีอายุ 25-28 วัน ย้ายต้นลงปลูกในแปลงย่อยของ Tr1 และTr3 ที่มีการเตรียมดินโดยการขุดและปรับปรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยคอกก่อนปลูก จำนวน 160 ต้นต่อแปลงย่อย ระยะปลูก 25x30 ซม. เมื่อต้นผักกาดเขียวใบ#71 เจริญเติบโตอยู่ในระยะผสมเกสร (ช่อดอกบาน 50%) รดน้ำในแปลงย่อยให้ชุ่มล่วงหน้า 1 วัน จากนั้นถอนแล้วสับผสมคลุกเคล้าลงในดินให้ลึกประมาณ 15-20 ซม. สำหรับการทดลองในปลายเดือนมกราคม ทั้งในปีพ.ศ. 2556 และปีพ.ศ. 2557

4. การป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในดินสภาพแปลงปลูก

ดำเนินการทดลองในปีพ.ศ. 2556 และปีพ.ศ. 2557 เป็นการดำเนินการทดลองในแปลงปลูกเดิมในปีพ.ศ. 2555 ต่อจากการปลูกขิง แล้วปลูกเชื้อกับต้นขิงให้เป็นโรคเหี่ยวด้วยแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ 7 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 (Tr1) การคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ (BF) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ 2 (Tr2) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (SS) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ 3 (Tr3) BF ร่วมกับ SS กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ 4 (Tr4) การกำจัดวัชพืชก่อนปลูกกับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ 5 (Tr5) ไม่มีการกำจัดวัชพืชกับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (positive check)

กรรมวิธีที่ 6 (Tr6) SS กับดินที่ปลอดโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ 7 (Tr7) ไม่มีการกำจัดวัชพืชกับดินที่ปลอดโรคเหี่ยว (negative check)

การคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#71

เมื่อต้นผักกาดเขียวใบ#71 เจริญเติบโตอยู่ในระยะผสมเกสร รดน้ำแปลงย่อยให้ชุ่มล่วงหน้า 1 วัน จากนั้นถอนแล้วสับผสมคลุกเคล้าลงในดินให้ลึกประมาณ 15-20 ซม. แล้วเกลี่ยดินหลังแปลงให้เรียบ (อัตราประมาณ 5 กก. ต่อพื้นที่ 1 ตร.เมตร)

การทดลองปีพ.ศ. 2556 ดำเนินการทดลองวันที่ 22 มกราคม 2556 Tr1 คลุมแปลงด้วยฟางข้าวแล้วรดน้ำตามให้ชุ่มภายหลังการเกลี่ยดินหลังแปลงให้เรียบ ส่วน Tr3 คลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติกใส PE โดยการยึดขอบแปลงแล้วกลบด้วยดินให้สนิท ภายหลังการเกลี่ยดินหลังแปลงให้เรียบแล้วรดน้ำตามให้ชุ่ม จนครบ 9 สัปดาห์ จึงเอาแผ่นพลาสติกใส PE ออก

การทดลองปีพ.ศ. 2557 ดำเนินการทดลองวันที่ 28 มกราคม 2557 Tr1 และTr3 คลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติกใส PE ให้สนิท เช่น การปฏิบัติในปีพ.ศ. 2556 ภายหลังการวางท่อพลาสติกใส PE ที่มีหัวจ่ายน้ำเพื่อให้ความชุ่มชื้นกับดิน เมื่อครบเวลา 9 สัปดาห์ จึงเอาแผ่นพลาสติกใส PE ออก ส่วน Tr3 ดำเนินการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ต่อไปอีกนาน 6 สัปดาห์ จึงเอาแผ่นพลาสติกใส PE ออก

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์

ประกอบด้วย Tr2, Tr3 และTr6 โดย Tr3 เป็นการปฏิบัติต่อเนื่องจากการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#71 เป็นเวลา 9 สัปดาห์ ส่วน Tr2 และ Tr6 เตรียมแปลงย่อยด้วยการกำจัดวัชพืช และขุดพรวนดินเพื่อเตรียมแปลง จากนั้นสับและเกลี่ยหน้าดินให้เรียบแล้วรดน้ำให้ชุ่มล่วงหน้า 1 วัน ก่อนคลุมด้วยแผ่นพลาสติกใส PE โดย Tr2 และTr6 ในปีพ.ศ. 2556 เริ่มการทดลองในปลายเดือนมากราคม (อบนาน 9 สัปดาห์) ส่วนในปีพ.ศ. 2557 เริ่มการทดลองในกลางเดือนมีนาคม (อบนาน 6 สัปดาห์)

การกำจัดวัชพืช

เป็นการเตรียมแปลงของ Tr4 ก่อนปลูก 4 เดือน โดยการถากหน้าดินเพื่อกำจัดวัชพืชปล่อยทิ้งไว้นาน 3 เดือน จากนั้นจึงขุดไถดิน แล้วหว่านปูนโดโลไมท์ ผึ่งแดดไว้นาน 1 เดือน ก่อนการเตรียมแปลงเพื่อปลูกขิง ในปีพ.ศ. 2556 เริ่มการทดลองในเดือนพฤศจิกายน จากนั้นเตรียมแปลงและปลูกขิงในปลายเดือนมีนาคม ส่วนปีพ.ศ. 2557 เริ่มการทดลองในเดือนมกราคม จากนั้นเตรียมแปลงและปลูกขิงในปลายเดือนเมษายน

การไม่กำจัดวัชพืช

เป็นการปล่อยแปลงทิ้งไว้ตามสภาพธรรมชาติโดยไม่มีการกำจัดวัชพืช ประกอบด้วย Tr5 และTr7 การเตรียมแปลงก่อนปลูกนาน 1 เดือน โดยการถากหน้าดินเพื่อกำจัดวัชพืช จากนั้นขุดดินผึ่งแดดไว้และหว่านปูนโดโลไมท์ แล้ว

จึงเตรียมแปลงพร้อมการใส่ปุ๋ยคอกเพื่อปลูกหัวพันธุ์ขิง โดยในปีพ.ศ. 2556 เริ่มปฏิบัติในปลายเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนในปีพ.ศ. 2557 เริ่มปฏิบัติในต้นเดือนเมษายน

<u>การให้น้ำในแปลงปลูกระหว่างการทดลอง</u>

เป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นกับดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทดลองปีพ.ศ. 2557 ประกอบด้วย Tr1, Tr2, Tr3 และTr6 โดยการวางท่อพลาสติก PE จำนวน 2 เส้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 นิ้ว ที่เจาะรูให้น้ำแบบกระจายด้านข้าง จำนวน 40 จุดต่อเส้นโดยมีระยะห่าง 25 ซม. ไปตามความยาวของแปลงทดลอง แต่ละเส้นห่างกันประมาณ 50 ซม. โดย Tr1 และTr3 เริ่มให้น้ำทุกวันเว้นวัน ภายหลังการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียว นาน 20 วัน เมื่อปรากฏว่าดินภายใต้แผ่นพลาสติก PE ในแปลงทดลองเริ่มแห้ง ส่วน Tr2 และTr6 วางท่อพลาสติก จำนวน 2 เส้น ก่อนคลุมพลาสติก PE เพื่ออบดินด้วยแสงอาทิตย์ และเริ่มให้น้ำทุกวันเว้นวันไปจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นกับดินในแปลงทดลองที่คลุมด้วยแผ่นพลาสติก PE ดังกล่าว

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 การวัดอุณหภูมิของดิน

เจาะรูแผ่นพลาสติก PE ที่คลุมแปลงย่อยของการทดลอง Tr1, Tr2 และTr3 บริเวณหลังแปลงจำนวนแปลงละ 2 จุด ให้ห่างกันประมาณ 6 เมตร จากนั้นสอดท่อนพลาสติก PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ¾ นิ้ว ความยาว 25 ซม. ให้ปลายด้านที่หุ้มด้วยแผ่นพลาสติกเจาะรูเล็กๆ จำนวน 5-6 รู ลงไปให้ฝังลงไปในดินแต่ละแปลง ลึกประมาณ 20 ซม. ตามวิธีการของ Klien *et al.* (2011) โดยปลายด้านที่ปิดด้วยฝาพลาสติก PVC โผล่เหนือผิวดินประมาณ 5 ซม. จากนั้นใช้เทปกาวชนิดใสปิดรอบบริเวณรอยต่อของแผ่นพลาสติก PE กับ ท่อพลาสติก PVC ให้สนิท เพื่อป้องกันการรั่วซึมของสารประกอบระเหยได้ ITC และความร้อนในดินระหว่างการทดลองรมดินโดยวิธีชีวภาพและการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ การตรวจวัดอุณหภูมิเริ่มเวลา 13:00-15:00 น. โดยการเปิดฝาพลาสติก PVC ออกแล้วสอดเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในท่อพลาสติก PVC เพื่อวัดอุณหภูมิของดินในแปลงระหว่างการทดลอง โดยปฏิบัติทุกวัน ยกเว้นวันหยุดราชการ

5.2 การตรวจผลการเป็นโรคเหี่ยว

ตรวจผลและบันทึกจำนวนต้นขิงที่สมบูรณ์ปกติ เป็นโรคเหี่ยวและไม่งอกจากต้นขิงทุกต้นในแต่ละแปลงย่อย ที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้ (indexing plant) การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรียสายพันธุ์ธรรมชาติ *Rso* isolate 5003-2 สาเหตุโรคเหี่ยวของขิง จากการทดลองอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ เพื่อป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูก จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นร้อยละและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ระยะเวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2554 สิ้นสุดกันยายน 2557

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการวัดค่าอุณหภูมิของดิน

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (°C) ของดินที่ความลึก 20 ซม. จากระดับผิวดินของการทดลองในปีพ.ศ. 2557 ในช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงที่สุดของวัน (13:00-15:00 น.) โดย Tr1 วัดอุณหภูมิระหว่างวันที่ 6 กุมภาพันธ์-8 เมษายน 2557 Tr2 และ Tr6 วัดอุณหภูมิระหว่างวันที่ 20 มีนาคม-25เมษายน 2557 และTr3 วัดอุณหภูมิระหว่างวันที่ 6 กุมภาพันธ์-25 เมษายน 2557 ปรากฏว่า (ภาพที่ 1) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดิน Tr1 จากการตรวจวัดจำนวน 38 วัน อยู่ในช่วง 38.1-53.5°C และมีอุณหภูมิ 49.4-53.5°C จำนวน 19 วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 20 ซม. จากผิวดิน อยู่ในช่วง 22.6-27.9°C Tr2 จากการตรวจวัดจำนวน 19 วัน อยู่ในช่วง 38.5-60.7°C และมีอุณหภูมิ 50.3-60.7°C จำนวน 10 วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 20 ซม. จากระดับดินผิวดินอยู่ในช่วง 24.4-31.1°C Tr3 จากการตรวจวัดจำนวน 46 วัน อยู่ในช่วง 38.1-61.1°C และมีอุณหภูมิ 49.2-61.1°C จำนวน 25 วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 20 ซม. จากผิวดินอยู่ในช่วง 22.6-31.1°C และTr6 จากการตรวจวัดจำนวน 19 วัน อยู่ในช่วง 38.0-60.8°C และมีอุณหภูมิ 51.5-60.8°C จำนวน 9 วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก 20 ซม. จากผิวดินอยู่ในช่วง 24.4-31.1°C

2. ผลการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในดินสภาพแปลงปลูก

ปี พ.ศ.2556

ผลการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการใช้ผักกาดเขียวใบเป็นปุ๋ยพืชสดคลุกเคล้าดินเพื่อรมดินทางชีวภาพ เป็นเวลา 9 สัปดาห์ สำหรับกำจัดโรคเหี่ยวในแปลงปลูกที่มีการติดเชื้อจากแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 จากนั้นเตรียมแปลง แล้วจึงปลูกท่อนพันธุ์ขิงเป็นพืชบ่งชี้ การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 ในแปลงปลูกเปรียบเทียบกับดินมีการติดเชื้อโรคเหี่ยวแล้วมีการกำจัดวัชพืชกับการไม่กำจัดวัชพืช ดินที่ปลอดโรคเหี่ยวแล้วมีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการไม่กำจัดวัชพืช ปรากฏว่า (ตารางที่ 1) ภายหลังปลูก 102 วัน พบการบำบัดดินก่อนปลูกขิงเป็นพืชบ่งชี้ทุกกรรมวิธี มีจำนวนต้นขิงเจริญเติบโตปกติ และต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก อยู่ในช่วง 29.2-47.3% และ52.7-70.8% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos check) ที่มีจำนวนต้นขิงเจริญเติบโตปกติ และต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเท่ากับ 29.2 และ70.8% ตามลำดับ และTr7 (neg. check) ที่มีจำนวนต้นขิงเจริญเติบโตปกติ และต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเท่ากับ 34.8 และ65.2% ตามลำดับ

ภายหลังปลูก 135 วัน พบ Tr6 มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 47.0% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติ จำนวน 14.0% รองลงมาได้แก่ Tr3, Tr1,

Tr2 และTr4 เท่ากับ 36.4, 28.4, 27.3 และ 20.5% ตามลำดับ พบ Tr1, Tr2, Tr3, Tr4 และTr6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตจำนวน 36.4% และกรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ใหม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6 เท่ากับ 53.0% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) ที่มีต้นของเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน 86.0% จำนวนต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเพิ่มมากขึ้นกับ Tr3, Tr1, Tr2 และTr4 เท่ากับ 63.3, 71.6, 72.7 และ79.5% ตามลำดับ พบ Tr1, Tr2 และTr4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และพบ Tr1, Tr2, Tr3, Tr4 และTr6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) ที่มีต้นเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน 63.6%

ภายหลังปลูก 186 วัน พบ Tr6 มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 23.5% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติเท่ากับ 5.3% แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตจำนวน 23.1% รองลงมาได้แก่ Tr2, Tr1, Tr3 และ Tr4 เท่ากับ 9.5, 6.8, 3.4 และ 2.3% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และกรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6 เท่ากับ 76.5% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเท่ากับ 98.7% แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ Tr7 (neg.check) ที่มีต้นเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเพิ่มขึ้นกับ Tr2, Tr1, Tr3 และTr4 เท่ากับ 90.5, 93.2, 96.6 และ97.7% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check)

ตารางที่ 1 จำนวนร้อยละของต้นขิงที่สมบูรณ์ปกติ เป็นโรคเหี่ยวและไม่งอก ที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรียสายพันธุ์ธรรมชาติ *Rso* isolate 5003-2 จากการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการรมดินโดยวิธีชีวภาพเพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูก ปี พ.ศ. 2556

กรรมวิธี	เวลาภายหลังปลูก (วัน)					
	102 วัน		135 วัน		186 วัน	
	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก
1. ดินติดเชื้อ+BF	46.6a	53.4a	28.4bc[1/]	71.6bc	6.8b	93.2b
2. ดินติดเชื้อ+SS	39.8ab	60.2ab	27.3bc	72.7bc	9.5b	90.5b
3. ดินติดเชื้อ+BF+SS	45.5a	54.5a	36.4ab	63.6ab	3.4b	96.6b
4. ดินติดเชื้อ+W	41.7ab	58.3ab	20.5bc	79.5bc	2.3b	97.7b
5. ดินติดเชื้อ+NW (positive check)	29.2b	70.8b	14.0c	86.0c	5.3b	94.7b
6. ดินไม่มีเชื้อ+SS	47.3ab	52.7a	47.0a	53.0a	23.5a	76.5a
7. ดินไม่มีเชื้อ+NW (negative check)	34.8ab	65.2ab	36.4ab	63.6ab	23.1a	76.9a
F-test	NS	NS	**	**	**	**
CV(%)	23.44	16.88	39.46	16.90	76.38	9.01

หมายเหตุ BF = Biofumigation (การรมโดยวิธีชีวภาพ), NW = Not-weeding (การไม่กำจัดวัชพืช), SS = Soil solarization (การอบดินด้วยแสงอาทิตย์) และ W = Weeding (การกำจัดวัชพืช)

[1/] = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ $P < 0.05$

ปี พ.ศ.2557

ผลการอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา 6 สัปดาห์ และการใช้ผักกาดเขียวใบเป็นปุ๋ยพืชสดคลุกเคล้าดินเพื่อรมทางชีวภาพเป็นเวลา 9 สัปดาห์ สำหรับกำจัดโรคเหี่ยวในแปลงปลูกที่มีการติดเชื้อจากแบคทีเรีย *Rso* isolate 5003-2 จากนั้นเตรียมแปลง แล้วจึงปลูกท่อนพันธุ์ขิงเป็นพืชบ่งชี้ เปรียบเทียบกับดินมีการติดเชื้อโรคเหี่ยวแล้วมีการกำจัด

วัชพืช การไม่กำจัดวัชพืช กับดินที่ปลอดโรคเหี่ยวแล้วมีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการไม่กำจัดวัชพืช ผลปรากฏว่า (ตารางที่ 2) ภายหลังปลูกนาน 40 วัน พบ Tr3 มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 79.9% รองลงมาได้แก่ Tr6, Tr1, Tr2 และTr4 เท่ากับ 78.1, 70.5, 69.6 และ55.4% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน 58.0 และ65.2% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 และTr2 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ตามลำดับ กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุดได้แก่ Tr3 เท่ากับ 20.1% รองลงมาได้แก่ Tr6, Tr1, Tr2 และ T4 เท่ากับ 21.9, 29.5, 30.4 และ 44.6% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวน 42.0 และ34.8% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 และTr2 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ตามลำดับ

ภายหลังปลูก 50 วัน พบ Tr6 มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 80.8% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr3, Tr2, Tr1 และTr4 เท่ากับ 79.0, 78.6, 76.8 และ50.4% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวน 54.9 และ66.1% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr1, Tr2 กับ Tr3 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6 เท่ากับ 19.2% รองลงมาได้แก่ Tr3, Tr2, Tr1 และTr4 เท่ากับ 21.0, 21.4, 23.2 และ49.6% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr1, Tr2 กับ Tr3 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check)

ภายหลังปลูก 60 วัน พบ Tr6, Tr3 และTr2 มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 82.1, 78.1 และ 76.3% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr1 และTr4 เท่ากับ 72.3 และ34.8% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน 38.8 และ54.4% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr1 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6, Tr3 และTr2 เท่ากับ 17.9, 21.9 และ23.7% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr1 และ Tr4 เท่ากับ 27.7 และ65.2% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr1 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check)

ภายหลังปลูก 70 วัน พบ Tr6 และ Tr3 มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 82.6 และ 74.1% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr2, Tr1 และTr4 เท่ากับ 72.3, 68.7 และ34.4% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr7(neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน 25.9 และ54.9% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr1 ที่ไม่มีความ

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6 และTr3 เท่ากับ 17.4 และ25.9% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr2, Tr1 และ Tr4 เท่ากับ 27.7, 31.3 และ65.6% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน 74.1 และ45.1% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr1 กับ Tr2 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check)

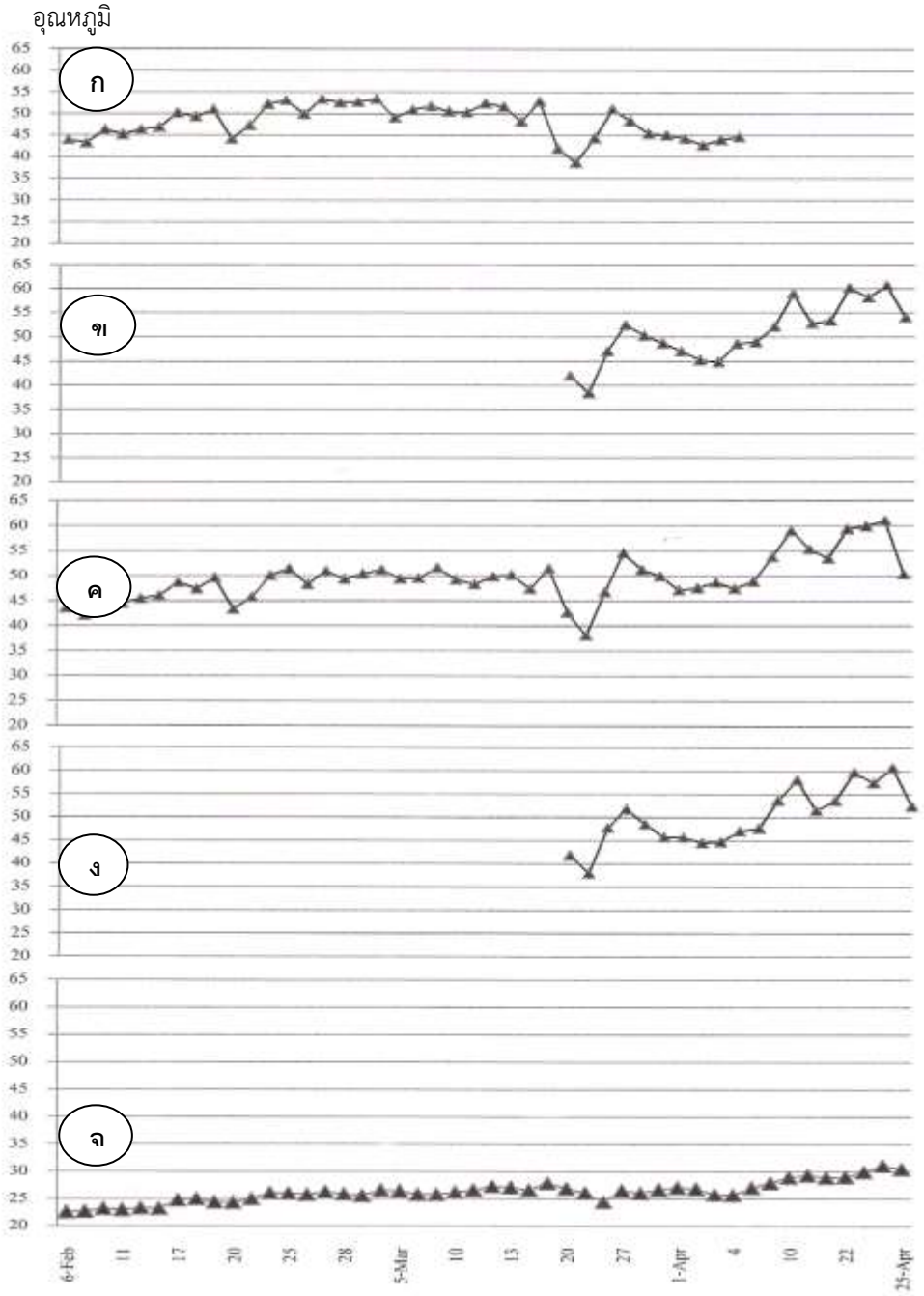
ภายหลังปลูก 80 วัน พบ Tr6 มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 77.7% รองลงมาได้แก่ Tr2, Tr3, Tr1 และTr4 เท่ากับ 64.3, 63.4, 58.0 และ18.3% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติเท่ากับ 17.4 และ50.9% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr1, Tr2 กับ Tr3 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6 เท่ากับ 22.39% รองลงมาได้แก่ Tr2, Tr3, Tr1 และ Tr4 เท่ากับ 35.7, 36.6, 42.0 และ81.7% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน 82.6 และ 41.9% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr1, Tr2 กับ Tr3 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check)

ภายหลังปลูก 90 วัน พบ Tr6 มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ 72.3% รองลงมาได้แก่ Tr3, Tr2, Tr1 และTr4 เท่ากับ 52.2, 46.9, 40.6 และ11.6% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติเท่ากับ 10.3 และ43.3% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr1, Tr2 กับ Tr3 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr6 เท่ากับ 27.7% รองลงมาได้แก่ Tr3, Tr2, Tr1 และ Tr4 เท่ากับ 47.8, 53.1, 59.4 และ88.4% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และTr7 (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน 89.7 และ 56.7% ตามลำดับ ยกเว้น Tr4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr5 (pos.check) และ Tr1, Tr2 กับ Tr3 ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr7 (neg.check)

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นขบวนการฆ่าเชื้อ (pasteurization) วิธีหนึ่งโดยอาศัยพลังแสงอาทิตย์ไปทำให้ดินเกิดความร้อน และทำให้เชื้อโรคในดินตาย ประสิทธิภาพการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Rso* สาเหตุโรคเหี่ยวของขิงรวมทั้งพืชเศรษฐกิจอีกหลายชนิด เกิดจากความร้อนนั้นไปทำให้เซลล์แบคทีเรียตาย อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาการใช้ความร้อนชื้นเพื่อกำจัดแบคทีเรีย *Rso* ในท่อนพันธุ์ขิงที่อุณหภูมิ 49-50°C นาน 30-60 นาที (Tsang and Shirtaku, 1998) จึงเกิดแนวความคิดที่จะใช้ความร้อนชื้นจากวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในดิน ซึ่งประเทศไทยมีสภาพอากาศที่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่งที่จะนำพลังแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิด

ประโยชน์ อย่างไรก็ตามต้องยอมรับว่าการอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นเรื่องใหม่สำหรับผู้วิจัย จึงทำให้วิธีปฏิบัติการทดลองในปีพ.ศ. 2556 ไม่ค่อยถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ไม่มีการวางท่อให้น้ำ เพื่อให้ดินมีความชื้น ซึ่งความร้อนสามารถทะลุทะลวงไปในดินชื้นได้ดีกว่าดินแห้ง รวมทั้งการคลุมแปลงด้วยฟางข้าวของกรรมวิธีการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบก็เป็นการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องนัก และไม่มีการวัดอุณหภูมิของดินในระหว่างการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนผลการทดลอง นอกจากนี้กรรมวิธีที่ไม่ได้ปลูกเชื้อแบคทีเรีย *Rso* ผลปรากฏว่าต้นขิงที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้ แสดงอาการโรคเหี่ยว ทั้งนี้แบคทีเรียอาจไหลปนเปื้อนติดไปกับน้ำฝนในช่วงฤดูฝนที่ฝนตกชุก และมีน้ำหลาก

การทดลองในปีพ.ศ. 2557 เป็นการศึกษาต่อเนื่องจากปีพ.ศ. 2556 แต่มีการราดเชื้อแบคทีเรีย *Rso* ซ้ำ ทำให้ปริมาณแบคทีเรียในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ความเป็นจริงแล้วไม่ควรเพิ่มปริมาณเชื้อในดินอีก จึงทำให้การศึกษาการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิง ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นอกจากนี้การปรับปรุงวิธีการคลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติก PE กับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ และการให้น้ำระหว่างการทดลองทั้งการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ก็มีส่วนช่วยให้การทดลองมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการวัดอุณหภูมิของดินที่ความลึก 20 ซม. จากระดับผิวดิน พบว่า อุณหภูมิของดินสูงขึ้นจนถึงระดับที่ฆ่าแบคทีเรีย *Rso* ได้ อย่างไรก็ตาม จำนวนต้นขิงที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้จากการทดลองอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ และทั้งสองวิธีการร่วมกันที่แสดงอาการปกติมีปริมาณมากกว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (ดินติดเชื้อและไม่มีการกำจัดวัชพืช) เป็นการยืนยันว่าการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ เป็นวิธีการที่ได้ผลสามารถนำไปปฏิบัติได้ แต่วิธีปฏิบัติและเครื่องมืออุปกรณ์ต้องพร้อมกว่าที่ปฏิบัติในการทดลองครั้งนี้ ถ้าปฏิบัติได้เหมาะสมแล้ว การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพจะให้ผลดีกว่า การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ การรมดินโดยวิธีชีวภาพ วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงวิธีการเดียว และจะต้องปฏิบัติต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย 2-3 ปี จึงจะได้ผลทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของดิน



ภาพที่ 1 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ของดินที่ความลึก 20 ซม. จากระดับผิวดินของการทดลอง ก) การคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ (BF) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (Tr1) ข) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (SS) กับดินที่ติดเชื้อ

โรคเหี่ยว (Tr2) ค) BF ร่วมกับ SS กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (Tr3) ง) SS กับดินที่ปลอดโรคเหี่ยว (Tr6) และ จ) อุณหภูมิของดินชุดควบคุม ในช่วงเวลา 13:00-15:00 น. ระหว่าง วันที่ 6 กุมภาพันธ์–25 เมษายน 2557

ตารางที่ 2 จำนวนร้อยละของต้นขิงที่สมบูรณ์ปกติ เป็นโรคเหี่ยว และไม่งอก ที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรียสายพันธุ์ธรรมชาติ *Rso* isolate 5003-2 จากการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียว เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูกในปี พ.ศ. 2557

กรรมวิธี	เวลาภายหลังปลูก (วัน)											
	40 วัน		50 วัน		60 วัน		70 วัน		80 วัน		90 วัน	
	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก
1. ดินติดเชื้อ+BF	70.5abc[1/]	29.5abc	76.8ab	23.2ab	72.3ab	27.7ab	68.7ab	31.3ab	58.0ab	42.0ab	40.6b	59.4b
2. ดินติดเชื้อ+SS	69.6bc	30.4a	78.6ab	21.4ab	76.3a	23.7a	72.3ab	27.7ab	64.3ab	35.7ab	46.9b	53.1b
3. ดินติดเชื้อ+BF+SS	79.9a	20.1a	79.0ab	21.0ab	78.1a	21.9a	74.1a	25.9a	63.4ab	36.6ab	52.2ab	47.8ab
4. ดินติดเชื้อ+W	55.4d	44.6d	50.4d	49.6d	34.8c	65.5c	34.4c	65.6c	18.3c	81.7c	11.6c	88.4c
5. ดินติดเชื้อ+NW (positive check)	58.0d	42.0d	54.9cd	45.1cd	38.8c	61.2c	25.9c	74.1c	17.4c	82.6c	10.3c	89.7c
6. ดินไม่มีเชื้อ+SS	78.1ab	21.9ab	80.8a	19.2a	82.1a	17.9a	82.6a	17.4a	77.7a	22.3a	72.3a	27.7c
7. ดินไม่มีเชื้อ+NW (negative check)	65.2cd	34.8cd	66.1bc	33.9bc	59.4b	40.6b	54.9b	45.1b	50.9b	41.9b	43.3b	56.7b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	9.87	21.08	13.65	31.12	16.11	27.60	20.36	29.29	28.57	28.57	37.94	24.88

หมายเหตุ BF = Biofumigation (การรมโดยวิธีชีวภาพ), NW = Not-weeding (การไม่กำจัดวัชพืช), SS = Soil solarization (การอบดินด้วยแสงอาทิตย์) และ W = Weeding (การกำจัดวัชพืช)

[1/] = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ $P < 0.05$

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. ผลการทดลองในปีพ.ศ. 2556 การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#71 เพื่อรมดินโดยวิธีชีวภาพให้ผลในการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในแปลงปลูกดีกว่า กรรมวิธีอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ หลังจากนั้นต้นขิงมีการติดเชื้อ และเป็นโรคเหี่ยวเพิ่มมากขึ้น และอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุม Tr5 (pos.check) ในช่วยการตรวจผล 102-186 วัน
2. ผลการทดลองในปีพ.ศ. 2557

2.1 การวัดค่าอุณหภูมิของดินที่ความลึก 20 ซม. จากระดับผิวดิน จากกรรมวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการรมดินโดยวิธีชีวภาพของแต่ละวิธีการ และทั้งสองวิธีการร่วมกัน พบว่าการอบดินมีผลทำให้อุณหภูมิดินสูงขึ้นอยู่ในช่วง 38.1-61.1°C และอุณหภูมิของดินที่สูงอยู่ในช่วง 49.2-61.1°C

2.2 การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ให้ผลการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในแปลงปลูกอยู่ในระดับเดียวกับกรรมวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ โดยมีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน 69.6-79.9% และลดลงเป็น 40.6-52.2% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม Tr5 (pos.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน 58.0% และลดลงเหลือ 10.3% ในช่วงการตรวจผล 40 และ 90 วัน ตามลำดับ

3. การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อรมดินโดยวิธีชีวภาพ สำหรับการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงหรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ เป็นวิธีการป้องกันกำจัดเชื้อโรคพืชในดินอย่างยั่งยืน นอกจากนั้นยังมีผลช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับนักวิจัย นักวิชาการ เกษตรกร และผู้สนใจนำไปพัฒนาเพื่อการป้องกันกำจัดเชื้อโรคพืชชนิดอื่นๆ เช่น รา ไส้เดือนฝอย รวมทั้งไร แมลง และเมล็ดวัชพืชต่างๆ ที่อยู่ในดิน
2. เป็นข้อมูลทางเลือกสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจ นำไปปฏิบัติในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิง และโรคพืชที่ถ่ายทอดทางดินอื่นๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ยั่งยืน ทั้งในระบบการเกษตรอินทรีย์ และการเกษตรแบบดั้งเดิม

เอกสารอ้างอิง

ศศิธร วรปิติรังสี วีระ วรปิติรังสี ปฏิพัทธ์ ใจปิน สนอง จรินทร อาทิตยา พงษ์ชัยสิทธิ์ สิริพร มะเจี่ยว และลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์. 2556 ศึกษาการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและขนาดหัวขิง. หน้า 150-157. *ใน*: รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556 ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สุรชาติ คูอาริยะกุล อภิชัย วิชัยกุล นภาพร ไชยยศ และอุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. 2553. หน้า 278-291 *ใน* : รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สุรชาติ คูอาริยะกุล วิมล แก้วสีดา ปฏิพัทธ์ ใจปิน อภิชัย วิชัยกุล สุธามาศ ณ น่าน และ นภาพร ไชยยศ. 2557. การใช้พืชตระกูลกะหล่ำเป็นสารมทางชีวภาพเพื่อควบคุมแบคทีเรียสาเหตุโรคเหี่ยวของขิงในสภาพโรงเรือนและแปลงปลูก รายงานผลการวิจัยประจำปี ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (กำลังพิมพ์).

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาติวนิช ไก่แก้ว สุธรรมา และนิพนธ์ ทวีชัย. 2553. อิทธิพลจากการสลายตัวของพืชตระกูลกะหล่ำต่อการเจริญของเชื้อ Ralstonia solanacearum สาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ. หน้า 372-379. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48 เล่มที่ 1 สาขาพืช. 633 หน้า.

Akiews, S.,P.R. Trevorrow and J. Kirkegaard. 1996. Mustard green manure reduces bacterial wilt. Bacterial Wilt Newsletter No 13 p. 5-6.

Anonymous .2010. Soil solarization-kill and prevent weeds. Weekend Gardener Monthly Web Magazine, September 2010. (www.weekend gardener.net/organic-weed killer/solarization วันที่ 22 กันยายน 2553)

Arthy, J.R., E.B. Akiew, J.A. Kirkegaard and P.R. Treverrow. 2005. Using *Brassica* spp. as biogungants to reduce the population of *Ralstonia solanacearum*. Pages 159-165. *In*: Bactrial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex,

C.Allen, P.Prior and A.C. Hayward, eds. APS press.

Brown, P.D. and M.J. Morra. 1997. Control of soil borne plant pests using glucosinolate containing plants. Adv. Agron. 61:167-231.

Freeman, S. and J. Katan. 1988. Weakening effect of propagules of Fusarium by sublethal heating. Phytopathology 78:1656-1661.

French, E.R. 1994. Strategies for integrated control of bacterial wilt of potatoes. Pages 199-207. *In*: Bacterial Wilt: The Disease and Its Causative Agent, *Pseudomonas solanacearum*. A.C. Hayward and G.L. Hartman, eds. CAB International.

Gamliel, A. And J.J. Stapleton. 1993a. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. Phytopathology 83: 899-905.

Gamliel, A. and J.J. Stapleton. 1993b. Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization in pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. Plant Disease 77:886-891.

Gamliel, A., M. Austerawiel and M. Kritzman. 2000. Non-chemical approach to soilborne pest management-organic amendments. Crop Protection 19:847-853.

Hayward, A.C. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* Ann. Rev. of Phytopathology 29:65-87.

Ibekwe, A.M. 2004. Effect of fumigants on non-targets organisms in soils. Advances in Agronomy 83: 1-35.

Ishii, M., and M. Aragaki. 1963. Ginger wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith. Plant Dis. Rep. 47:710-713.

Katan, J. 1981. Soil heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annu. Rev. Phytopathol. 19, 211.

Katan, J. 1987. Soil Solarization. Pages 77-105. *In*: Innovative Approaches to Plant Disease Control. I, Chet, ed. John Wiley and Dons, Inc., New York, USA.

Katan, J. and J.E. Devay (eds.) 1991. Soil Slarization. CRC Press, Boca Raton, FL.

Kelman, A. 1954. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to

colony appearance on a tetrazolium medium. Phytopathology 44:693-695.

Klien, E., J. Katan and A. Glamliel. 2011. Soil Suppressiveness to Fusarium disease following organic amendments and solarization. Plant Dis. 95:1116-1123.

Lira-Saldivar, R.H., M.A. Salas, J. Cruz, F.D. Coronado and E. Gallegos. 2004. Solarization and goat manure on weeds management and melon yield. Phyton 53:205-211.

Matthiessen, J.N. and M.A. Shackleton. 2005. Biofumigation : environmental impacts on the biological activity of diverse pure and plant derived isothiocyanates. Pest Manag. Sci; 61:1043-1051.

Rubin, B and A. Benjamin. 1984. Solar heating of the soil : Involvement of environmental factors in the weed control process. Weed Science 32:138-144.

Sato, D. 1999. Reducing methyl bromide in pre-plant soil treatment for ginger root. Annu. Int. Res. Conf. Methyl Bromide Alternatives Emissions Reductions. Sandiego, CA. Online publication.

Shintaku, M., C. Seeve and A. Shimaburo. 2006. PCR assay of the rhizosphere soil of weeds associated with an outbreak of bacterial wilt of ginger in east Hawaii, J. Hawaiian Pacific Agric. 13:9-14.

Souza, N.L. 1994. Solarizacao do solo. Summa Phytopathol. 20:3-15.

Tsang, M.M.C. and M. Shintaku. 1998. Hot air treatment for control of bacterial wilt in ginger root. Applied Engineering in Agriculture 14 (2) : 159-163.

Yabuuchi, E., Y. Kosako, I. Yano, H. Hotta and Y. Nishiuchi. 1995. Transfer of two *Burkholderia* and an Alcaligenes species to *Ralstonia* gen. nov., proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston. Pelleroni and Doudoroff 1973) comb. Nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith 1896) comb. Nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis 1969) comb. nov. Microbiol. Immunol. 39:897-904.