การอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวเพื่อกำจัดโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียของขิงในแปลงปลูก

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

สุรชาติ คูอาริยะกุล[๑/] ปฏิพัทธ์ ใจปิน[๑/] วัชรพล บำเพ็ญอยู่[๑/] วิมล แก้วสีดา[๑/] สุธามาศ ณ น่าน[๑/]

บทคัดย่อ

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (Soil solarization, SS) และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#๗๑ เพื่อรมดินโดยวิธีชีวภาพ (Biofumigation, BF) ในแต่ละวิธีการหรือทั้งสองวิธีการร่วมกัน เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (*Rso*) ในสภาพแปลงปลูก ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ระหว่างปีพ.ศ. ๒๕๕๔-๒๕๕๗ โดยการปลูกขิงแล้วปลูกเชื้อโดยการหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ลงบนแผลที่ก้านใบของขิงให้เป็นโรคเหี่ยว จากนั้นจึงบำบัดดินที่ติดเชื้อ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี ๗ กรรมวิธี จำนวน ๔ ซ้ำ การประเมินผลจากจำนวนต้นขิงที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้ (indexing plant) ในปี พ.ศ. ๒๕๕๖ พบว่า การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ให้ผลในการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงดีกว่าการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพหลังจากนั้นต้นขิงมีการติดเชื้อและเป็นโรคเหี่ยวเพิ่มมากขึ้น และอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุม (ดินติดเชื้อและไม่มีการกำจัดวัชพืช) ในช่วงการตรวจผล ๑๐๒-๑๘๕ วัน ส่วนในปี พ.ศ. ๒๕๕๗ มีการปลูกเชื้อโดยการราดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ซ้ำ ก่อนการทดลองเพื่อให้มั่นใจว่ามีเชื้อกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ การวัดค่าอุณหภูมิของดินที่ความลึก ๒๐ ซม. จากระดับผิวดิน ระหว่างการทดลองอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการอบดินโดยวิธีชีวภาพ ในแต่ละวิธีการและทั้งสองวิธีการร่วมกัน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของดินสูงขึ้นอยู่ในช่วง ๓๘.๑-๖๑.๑ °C และอุณหภูมิของดินที่สูงอยู่ในช่วง ๔๙.๒-๖๑.๑ °C เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก ๒๐ ซม. จากผิวดินอยู่ในช่วง ๒๔.๔-๓๑.๑ °C การประเมินผลจากพืชบ่งชี้ปรากฏว่า การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ให้ผลการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในแปลงปลูกอยู่ในระดับเดียวกับกรรมวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดิน โดยวิธีชีวภาพ ต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน ๖๙.๖-๗๙.๙% และลดลงเหลือจำนวน ๔๐.๖-๕๒.๒% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม ไม่มีการกำจัดวัชพืชกับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (positive check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติ จำนวน ๕๘.๐% และลดลงเหลือ ๑๐.๓% จากการตรวจผลภายหลังปลูก ๔๐ วัน และ ๙๐ วัน ตามลำดับ

รหัสการทดลอง ๐๑-๓๗-๕๔-๐๑-๐๐-๐๐-๐๖-๕๕

[๑/]ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย

คำนำ

โรคเหี่ยวหรือโรคเนื้อแก้ว (Bacterial wilt) นับเป็นปัญหาสำคัญของการปลูกขิง (*Zingiber officinale* R.) พบการระบาดในทุกพื้นที่ที่มีการปลูกขิงทั้งในเขตร้อน และเขตกึ่งร้อนทั่วโลก มีสาเหตุจากแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* (*Rso*) (Smith) Yabuuchi *et al*., ๑๙๙๕ เป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในดิน (soil inhabitat) ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงกับเกษตรกร เมื่อดินมีการติดเชื้อแล้วจะไม่สามารถปลูกขิงซ้ำในที่เดิมได้อีก เนื่องจากเชื้อยังคงอยู่ในดินที่ติดกับเศษซากพืช วัชพืช และเครื่องมือเกษตรกรรม (Shintaku *et al*., ๒๐๐๖) อุปสรรคสำคัญในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวมี ๓ ประการที่ยังเป็นปัญหาได้แก่ ๑) ท่อนพันธุ์ปลอดโรค ๒) ดินในแปลงปลูกปลอดเชื้อ และ ๓) สารเคมีที่สามารถยับยั้งแบคทีเรีย (Hayward, ๑๙๙๑) อย่างไรก็ตาม French (๑๙๙๔) แนะนำว่าการอบฆ่าเชื้อในดินและการปลูกพืชในดินที่ปลอดเชื้อ เป็นมาตรการที่มีความสำคัญในอันดับต้นๆ ในการควบคุมโรคเหี่ยว การอบฆ่าเชื้อในดินมักใช้สารรมเมธิลโบรไมด์ (methyl bromide) ร่วมกับคลอโรพิคลิน (chloropicrin) เพื่อลดปริมาณแบคทีเรีย *Rso* และไส้เดือนฝอย (Ishii and Aragaki, ๑๙๖๓; Sato, ๑๙๙๙) อย่างไรก็ตามเมธิลโบรไมด์ที่เป็นสารรมทางการเกษตรมีผลไปทำลายชั้นโอโซนในบรรยากาศ จึงถูกห้ามใช้ในปีค.ศ. ๒๐๐๕ ในประเทศที่พัฒนาแล้ว และภายในปีค.ศ. ๒๐๑๕ สำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา (Montreal Protocal, UNEP, ๑๙๘๗) (Ibekwe, ๒๐๐๔)

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (Soil solarization, SS) เป็นขบวนการระหว่างความร้อนกับความชื้น โดยการคลุมดินที่ชื้นด้วยแผ่นพลาสติกใส และถูกส่องด้วยแสงอาทิตย์เพื่อให้ดินเกิดความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่ทำให้เชื้อโรคพืช แมลง และเมล็ดวัชพืชตาย (Souza, ๑๙๙๔) ซึ่งเชื้อโรคพืชอาจตายเนื่องจากความร้อนโดยตรง หรือความร้อนนั้นไปกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมการเป็นปฏิปักษ์ (Katan and Devay, ๑๙๙๑) หรือทำให้โครงสร้างที่อยู่ในระยะพักตัวของเชื้อโรคอ่อนแอแล้วถูกทำลายโดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (Freeman and Katan, ๑๙๘๘) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นวิธีการที่ขึ้นกับสภาพอากาศ ความสำเร็จขึ้นกับชนิดของศัตรูพืช ลักษณะของดิน สภาพของอากาศ และคุณสมบัติของแผ่นพลาสติก polyethylene (PE) มักทำในช่วงที่อากาศร้อนที่สุดของปี ปกติใช้เวลา ๔-๖ สัปดาห์ (Katan, ๑๙๘๑, ๑๙๘๗; Rubin and Benjamin, ๑๙๘๔) เมื่อปฏิบัติถูกต้องสามารถทำให้อุณหภูมิของดินที่ความลึก ๑๕ ซม. สูงถึง ๕๒ °C (Anonymous, ๒๐๑๐) ซึ่งอุณหภูมิ ๕๒ °C ดังกล่าว สามารถที่จะทำลายเซลล์ของแบคทีเรีย *Rso* ได้แล้ว โดย Tsang and Shintaku (๑๙๙๘) รายงานผลสำเร็จในการกำจัดแบคทีเรีย *Rso* ในท่อนพันธุ์ขิงโดยวิธีการบำบัดด้วยความร้อนชื้นในสภาพความชื้นสัมพัทธ์ ๗๕% ที่อุณหภูมิ ๔๙-๕๐ °C เป็นเวลา ๓๐-๖๐ นาที นอกจากนี้การคลุกเคล้าดินด้วยอินทรียวัตถุที่มีสาร glucosinolates (GSLs) เมื่อสลายตัวแล้วได้สารที่มีคุณสมบัติต้านจุลชีพและสามารถควบคุมเชื้อโรคพืช (Brown and Morra, ๑๙๙๗) ซึ่งผักตระกูลกะหล่ำในกลุ่ม *Brassica juncea* มีคุณสมบัติยับยั้งแบคทีเรีย *Rso* สาเหตุโรคเหี่ยวได้ (สุรชาติ และคณะ, ๒๕๕๓, ๒๕๕๗; อุดมศักดิ์ และคณะ, ๒๕๕๓; Akiew *et al*., ๑๙๙๖; Arthy *et al*. ๒๐๐๕; Matthiessen and Shackleton, ๒๐๐๕) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยอินทรียวัตถุ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองวิธีร่วมกันสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และชีววิทยาของดินมีผลไปยับยั้งการเกิดโรคพืช และทำให้อุณหภูมิของดินเพิ่มขึ้น ๑-๓ °C (Gamliel and Stapleton, ๑๙๙๓a, ๑๙๙๓b; Gamliel *et al*., ๒๐๐๐; Lira-Saldivar *et al*., ๒๐๐๔)

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวต่อการมีชีวิตรอดของแบคทีเรีย *Rso* สาเหตุโรคเหี่ยวของขิงภายใต้สภาพแปลงปลูกในจังหวัดเชียงราย เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำไปขยายผล และพัฒนาในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูกต่อไป

วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

อุปกรณ์

๑. แบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ race ๑ biovar ๓ แยกได้จากขิง เก็บตัวอย่างจาก อ.เมือง จ.พะเยา

๒. อาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman's medium (๑ ลิตร ประกอบด้วย peptone ๑๐.๐ กรัม, casein hydrolysate ๑.๐ กรัม
น้ำตาล glucose ๕.๐ กรัม และวุ้นผง ๑๕.๐ กรัม) (Kelman, ๑๙๕๔)

๓. อุปกรณ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการโรคพืช

๔. ปูนโดโลไมท์ และปูนขาว

๕. เมล็ดพันธุ์ผักกาดเขียวใบ#๗๑

๖. ถาดเพาะ polystylene (PS) ขนาดเซลล์ลึก ๕.๐ ซม. ปริมาตร ๔๕ ลบ.ซม. จำนวน ๘๔ เซลล์ต่อถาด

๗. ปุ๋ยคอก (มูลไก่) ฟางข้าว กับปุ๋ยเคมีสูตร ๑๕+-๑๕-๑๕, ๒๑-๐-๐, ๔๖-๐-๐, ๑๘-๔๖-๐ และ ๐-๐-๖๐

๘. แผ่นพลาสติกใสชนิด polyethylene (PE) ขนาดกว้าง ๑๔๐ ซม. หนา ๐.๐๔ มม.

๙. ท่อพลาสติก polyinyl chloride (PVC) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ¾ นิ้ว ยาว ๒๕ ซม. พร้อมแผ่นพลาสติกเจาะรูเล็กๆ จำนวน ๕-๖ รู หุ้มปลายด้านหนึ่ง อีกด้านปิดด้วยฝาพลาสติก PVC

๑๐. เทปกาวชนิดใส ขนาดกว้าง ๒ นิ้ว

๑๑. ท่อนพันธุ์ขิงปลอดโรคเหี่ยว ขนาดน้ำหนัก ๕๐-๗๕ กรัมต่อท่อน

๑๒. สารป้องกันกำจัดโรคพืช carbendazim ๕๐%WP สารฆ่าแมลง Petroleum spray oil ๘๓.๙%EC และ imidaclopid ๕%EC

๑๓. ท่อพลาสติก PE สีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๐.๕ นิ้ว พร้อมหัวจ่ายน้ำแบบกระจายด้านข้าง

๑๔. ที่วัดอุณหภูมิแบบ probe

วิธีดำเนินการ

๑. การเตรียมพื้นที่ปลูก และการเตรียมท่อนพันธุ์ขิงเพื่อปลูก

ในเนื้อที่ ๐.๗๕ ไร่ ของศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เตรียมพื้นที่ปลูกขิงโดยการไถดินผึ่งแดด จากนั้นปรับปรุงดิน โดยการหว่านปูนโดโลไมท์ อัตรา ๔๐๐ กก.ต่อไร่ แล้วไถพรวนด้วยจอบหมุนในพื้นที่ ๒๕x๕๐ ตร.เมตร กับเตรียมแปลงย่อยขนาด ๑.๒๐x๑๐.๐ เมตร แบ่งเป็น ๔ แถวๆ ละ ๗ แปลงย่อย รวมทั้งหมดจำนวน ๒๘ แปลงย่อย ระยะระหว่างแปลงย่อย ๑.๕๐ เมตร ระยะระหว่าง plot ๒.๐ เมตร ภายหลังการใส่ปุ๋ยคอกปลูกขิง โดยการใช่ท่อนพันธุ์ขิงปลอดโรคน้ำหนัก ๕๐-๗๕ กรัมต่อท่อน มีตาจำนวน ๒-๓ ตา ที่แช่ในสารละลายสารป้องกันกำจัดโรคพืช carbendazim อัตรา ๔๐ กรัม/น้ำ ๒๐ ลิตร ผสมกับ Petroleum spray oil อัตรา ๒๕ มล./น้ำ ๒๐ ลิตร และสารฆ่าแมลง imidacloprid อัตรา ๔๐ มล./น้ำ ๒๐ ลิตร เป็นเวลา ๑๕-๒๐ นาที จากนั้นนำขึ้นผึ่งให้แห้งก่อนนำไปปลูกในแปลงย่อยที่เตรียมไว้ โดยการปลูกแบบแถวคู่เสร็จแล้วคลุมแปลงด้วยฟางข้าวเพื่อรักษาความชื้นในดินและป้องกันวัชพืช การทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๕ และปีพ.ศ. ๒๕๕๖ มีระยะปลูก ๓๐x๖๐ ซม. แต่ละแปลงย่อยใช้ท่อนพันธุ์ขิงจำนวน ๖๖ ท่อน ปลูกเสร็จในปลายเดือนมีนาคม ส่วนการทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๗ มีระยะปลูก ๓๕x๕๐ ซม. แต่ละ

แปลงย่อยใช้ท่อนพันธุ์ขิง จำนวน ๕๖ ท่อน ปลูกเสร็จในปลายเดือนเมษายน ภายหลังปลูกมีการปฏิบัติด้านเขตกรรมเพื่อบำรุงรักษาให้ต้นขิงเจริญเติบโต โดยการกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกภายหลังปลูกนาน ๒ เดือน พร้อมใส่ปุ๋ยเคมีสูตร ๔๖-๐-๐, ๑๘-๔๖-๐ และ ๐-๐-๖๐ อัตรา ๖๐, ๑๒ และ ๘๕ กก./ไร่ ตามลำดับ (ศศิธร และคณะ, ๒๕๕๖) จากนั้นกลบโคน และปล่อยให้ต้นขิงได้รับน้ำฝนตามสภาพธรรมชาติ

๒. การเตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ และการปลูกเชื้อ

นำแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ที่เลี้ยงบน slant อาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman' medium ในหลอดเลี้ยงเชื้อ จากการย้ายสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ที่เก็บรักษาไว้ในพาราฟิน ๕๐% ในหลอด cryogenic vial ที่อุณหภูมิ ๔°C ไปขีดบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman's medium (Kelman, ๑๙๕๔) เพื่อตรวจสอบโคโลนีที่มีลักษณะตามแบบฉบับ ซึ่งจะเป็นแหล่งของเชื้อตลอดการทดลอง ไปเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Kelman's medium ในจานเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (๒๔-๓๒°C) เป็นเวลา ๔๘ ชม. จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ดังกล่าว ที่ความเข้มข้นประมาณ ๒x๑๐^{๘} หน่วยโคโลนี/มล. (วัดด้วย spectrophotometer ช่วงคลื่น ๖๒๐ นม. ค่า OD=๐.๑) สำหรับการปลูกเชื้อดังนี้

<u>ปี พ.ศ. ๒๕๕๕</u> นำสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ที่ความเข้มข้นประมาณ ๒x๑๐^{๘} หน่วยโคโลนี/มล. ไปปลูกเชื้อกับต้นขิงโดยหยดสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* ดังกล่าว จำนวน ๑ หยด บนแผลรอยตัดก้านขิงสูงจากผิวดินประมาณ ๓๐ ซม. ภายหลังปลูกเชื้อนาน ๑๐-๑๕ วัน ต้นขิงจะเริ่มแสดงอาการโรคเหี่ยว จากนั้นปล่อยทิ้งให้ต้นขิงเป็นโรคตามสภาพธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี ๔ ซ้ำ จำนวน ๗ กรรมวิธี (Tr) ปลูกเชื้อกับต้นขิง จำนวน ๕ กรรมวิธี ได้แก่ Tr๑-Tr๕ ส่วน Tr๖ และTr๗ ไม่มีการปลูกเชื้อ

<u>ปี พ.ศ. ๒๕๕๗</u> เตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ที่ความเข้มข้นประมาณ ๒x๑๐^{๘} หน่วยโคโลนี/มล. รวมทั้งสิ้นจำนวน ๕๔.๔ ลิตร จากนั้นเจือจางลง ๒๐ เท่า เพื่อปลูกเชื้อลงในแปลงย่อยขนาดพื้นที่ ๑๒ ตร.เมตร Tr๑-Tr๕ จำนวนแปลงละ ๕๔.๔ ลิตร (ซึ่งในดินจะมีปริมาณเชื้อประมาณ ๐.๒๓x๑๐^{๖} หน่วยโคโลนี/ดิน ๑ กรัม) เพื่อให้มั่นใจว่าดินในแปลงปลูกจะมีเชื้อแบคทีเรีย *Rso* กระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอ โดย Tr๔ ราดเชื้อก่อนการทดลอง ๑ สัปดาห์ Tr๑ และTr๓ ราดเชื้อก่อนการทดลอง ๑ วัน ส่วน Tr๒ และTr๕ ราดเชื้อก่อนการทดลอง ๗ และ ๑๒ สัปดาห์ ตามลำดับ

๓. การเตรียมต้นผักกาดเขียวใบ#๗๑ เพื่อเป็นสารรมทางชีวภาพ (Biofumigant)

เพาะเมล็ดผักกาดเขียวใบ#๗๑ ในปลายเดือนพฤศจิกายน ในเซลล์ถาดเพาะ PS เมื่อต้นกล้าผักกาดเขียวใบ#๗๑ มีอายุ ๒๕-๒๘ วัน ย้ายต้นลงปลูกในแปลงย่อยของ Tr๑ และTr๓ ที่มีการเตรียมดินโดยการขุดและปรับปรุงดินด้วยการใส่ปุ๋ยคอกก่อนปลูก จำนวน ๑๖๐ ต้นต่อแปลงย่อย ระยะปลูก ๒๕x๓๐ ซม. เมื่อต้นผักกาดเขียวใบ#๗๑ เจริญเติบโตอยู่ในระยะผสมเกสร (ช่อดอกบาน ๕๐%) รดน้ำในแปลงย่อยให้ชุ่มล่วงหน้า ๑ วัน จากนั้นถอนแล้วสับผสมคลุกเคล้าลงในดินให้ลึกประมาณ ๑๕-๒๐ ซม. สำหรับการทดลองในปลายเดือนมกราคม ทั้งในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ และปีพ.ศ. ๒๕๕๗

๔. การป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในดินสภาพแปลงปลูก

ดำเนินการทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ และปีพ.ศ. ๒๕๕๗ เป็นการดำเนินการทดลองในแปลงปลูกเดิมในปีพ.ศ. ๒๕๕๕ ต่อจากการปลูกขิง แล้วปลูกเชื้อกับต้นขิงให้เป็นโรคเหี่ยวด้วยแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี ๔ ซ้ำ ๗ กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ ๑ (Tr๑) การคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ (BF) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ ๒ (Tr๒) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (SS) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ ๓ (Tr๓) BF ร่วมกับ SS กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ ๔ (Tr๔) การกำจัดวัชพืชก่อนปลูกกับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ ๕ (Tr๕) ไม่มีการกำจัดวัชพืชกับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (positive check)

กรรมวิธีที่ ๖ (Tr๖) SS กับดินที่ปลอดโรคเหี่ยว

กรรมวิธีที่ ๗ (Tr๗) ไม่มีการกำจัดวัชพืชกับดินที่ปลอดโรคเหี่ยว (negative check)

<u>การคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#๗๑</u>

เมื่อต้นผักกาดเขียวใบ#๗๑ เจริญเติบโตอยู่ในระยะผสมเกสร รดน้ำแปลงย่อยให้ชุ่มล่วงหน้า ๑ วัน จากนั้นถอนแล้วสับผสมคลุกเคล้าลงในดินให้ลึกประมาณ ๑๕-๒๐ ซม. แล้วเกลี่ยดินหลังแปลงให้เรียบ (อัตราประมาณ ๕ กก. ต่อพื้นที่ ๑ ตร.เมตร)

<u>การทดลองปีพ.ศ. ๒๕๕๖</u> ดำเนินการทดลองวันที่ ๒๒ มกราคม ๒๕๕๖ Tr๑ คลุมแปลงด้วยฟางข้าวแล้วรดน้ำตามให้ชุ่มภายหลังการเกลี่ยดินหลังแปลงให้เรียบ ส่วน Tr๓ คลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติกใส PE โดยการยึดขอบแปลงแล้วกลบด้วยดินให้สนิท ภายหลังการเกลี่ยดินหลังแปลงให้เรียบแล้วรดน้ำตามให้ชุ่ม จนครบ ๙ สัปดาห์ จึงเอาแผ่นพลาสติกใส PE ออก

<u>การทดลองปีพ.ศ. ๒๕๕๗</u> ดำเนินการทดลองวันที่ ๒๘ มกราคม ๒๕๕๗ Tr๑ และTr๓ คลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติกใส PE ให้สนิท เช่น การปฏิบัติในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ ภายหลังการวางท่อพลาสติกใส PE ที่มีหัวจ่ายน้ำเพื่อให้ความชุ่มชื้นกับดิน เมื่อครบเวลา ๙ สัปดาห์ จึงเอาแผ่นพลาสติกใส PE ออก ส่วน Tr๓ ดำเนินการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ต่อไปอีกนาน ๖ สัปดาห์ จึงเอาแผ่นพลาสติกใส PE ออก

<u>การอบดินด้วยแสงอาทิตย์</u>

ประกอบด้วย Tr๒, Tr๓ และTr๖ โดย Tr๓ เป็นการปฏิบัติต่อเนื่องจากการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#๗๑ เป็นเวลา ๙ สัปดาห์ ส่วน Tr๒ และ Tr๖ เตรียมแปลงย่อยด้วยการกำจัดวัชพืช และขุดพรวนดินเพื่อเตรียมแปลง จากนั้นสับและเกลี่ยหน้าดินให้เรียบแล้วรดน้ำให้ชุ่มล่วงหน้า ๑ วัน ก่อนคลุมด้วยแผ่นพลาสติกใส PE โดย Tr๒ และTr๖ ในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ เริ่มการทดลองในปลายเดือนมากราคม (อบนาน ๙ สัปดาห์) ส่วนในปีพ.ศ. ๒๕๕๗ เริ่มการทดลองในกลางเดือนมีนาคม (อบนาน ๖ สัปดาห์)

<u>การกำจัดวัชพืช</u>

เป็นการเตรียมแปลงของ Tr๔ ก่อนปลูก ๔ เดือน โดยการถากหน้าดินเพื่อกำจัดวัชพืชปล่อยทิ้งไว้นาน ๓ เดือน จากนั้นจึงขุดไถดิน แล้วหว่านปูนโดโลไมท์ ผึ่งแดดไว้นาน ๑ เดือน ก่อนการเตรียมแปลงเพื่อปลูกขิง ในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ เริ่มการทดลองในเดือนพฤศจิกายน จากนั้นเตรียมแปลงและปลูกขิงในปลายเดือนมีนาคม ส่วนปีพ.ศ. ๒๕๕๗ เริ่มการทดลองในเดือนมกราคม จากนั้นเตรียมแปลงและปลูกขิงในปลายเดือนเมษายน

<u>การไม่กำจัดวัชพืช</u>

เป็นการปล่อยแปลงทิ้งไว้ตามสภาพธรรมชาติโดยไม่มีการกำจัดวัชพืช ประกอบด้วย Tr๕ และTr๗ การเตรียมแปลงก่อนปลูกนาน ๑ เดือน โดยการถากหน้าดินเพื่อกำจัดวัชพืช จากนั้นขุดดินผึ่งแดดไว้และหว่านปูนโดโลไมท์ แล้วจึงเตรียมแปลงพร้อมการใส่ปุ๋ยคอกเพื่อปลูกหัวพันธุ์ขิง โดยในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ เริ่มปฏิบัติในปลายเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนในปีพ.ศ. ๒๕๕๗ เริ่มปฏิบัติในต้นเดือนเมษายน

<u>การให้น้ำในแปลงปลูกระหว่างการทดลอง</u>

เป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นกับดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทดลองปีพ.ศ. ๒๕๕๗ ประกอบด้วย Tr๑, Tr๒, Tr๓ และTr๖ โดยการวางท่อพลาสติก PE จำนวน ๒ เส้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ๐.๕ นิ้ว ที่เจาะรูให้น้ำแบบกระจายด้านข้าง จำนวน ๔๐ จุดต่อเส้นโดยมีระยะห่าง ๒๕ ซม. ไปตามความยาวของแปลงทดลอง แต่ละเส้นห่างกันประมาณ ๕๐ ซม. โดย Tr๑ และTr๓ เริ่มให้น้ำทุกวันเว้นวัน ภายหลังการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียว นาน ๒๐ วัน เมื่อปรากฏว่าดินภายใต้แผ่นพลาสติก PE ในแปลงทดลองเริ่มแห้ง ส่วน Tr๒ และTr๖ วางท่อพลาสติก จำนวน ๒ เส้น ก่อนคลุมพลาสติก PE เพื่ออบดินด้วยแสงอาทิตย์ และเริ่มให้น้ำทุกวันเว้นวันไปจนสิ้นสุดการทดลอง เพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นกับดินในแปลงทดลองที่คลุมด้วยแผ่นพลาสติก PE ดังกล่าว

๕. การบันทึกข้อมูล

๕.๑ การวัดอุณหภูมิของดิน

เจาะรูแผ่นพลาสติก PE ที่คลุมแปลงย่อยของการทดลอง Tr๑, Tr๒ และTr๓ บริเวณหลังแปลงจำนวนแปลงละ ๒ จุด ให้ห่างกันประมาณ ๖ เมตร จากนั้นสอดท่อนพลาสติก PVC ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ¾ นิ้ว ความยาว ๒๕ ซม. ให้ปลายด้านที่หุ้มด้วยแผ่นพลาสติกเจาะรูเล็กๆ จำนวน ๕-๖ รู ลงไปให้ฝังลงไปในดินแต่ละแปลง ลึกประมาณ ๒๐ ซม. ตามวิธีการของ Klien *et al.* (๒๐๑๑) โดยปลายด้านที่ปิดด้วยฝาพลาสติก PVC โผล่เหนือผิวดินประมาณ ๕ ซม. จากนั้นใช้เทปกาวชนิดใสปิดรอบบริเวณรอยต่อของแผ่นพลาสติก PE กับ ท่อพลาสติก PVC ให้สนิท เพื่อป้องกันการรั่วซึมของสารประกอบระเหยได้ ITC และความร้อนในดินระหว่างการทดลองรมดินโดยวิธีชีวภาพและการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ การตรวจวัดอุณหภูมิเริ่มเวลา ๑๓:๐๐-๑๕:๐๐ น. โดยการเปิดฝาพลาสติก PVC ออกแล้วสอดเทอร์โมมิเตอร์ลงไปในท่อพลาสติก PVC เพื่อวัดอุณหภูมิของดินในแปลงระหว่างการทดลอง โดยปฏิบัติทุกวัน ยกเว้นวันหยุดราชการ

๕.๒ การตรวจผลการเป็นโรคเหี่ยว

ตรวจผลและบันทึกจำนวนต้นขิงที่สมบูรณ์ปกติ เป็นโรคเหี่ยวและไม่งอกจากต้นขิงทุกต้นในแต่ละแปลงย่อย ที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้ (indexing plant) การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรียสายพันธุ์ธรรมชาติ *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ สาเหตุโรคเหี่ยวของขิง จากการทดลองอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ เพื่อป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูก จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นร้อยละและวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ระยะเวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม ๒๕๕๔ สิ้นสุดกันยายน ๒๕๕๗

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อ.เมือง จ.เชียงราย

ผลการทดลองและวิจารณ์

๑. ผลการวัดค่าอุณหภูมิของดิน

ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ ($^{\circ}$C) ของดินที่ความลึก ๒๐ ซม. จากระดับผิวดินของการทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๗ ในช่วงเวลาที่อากาศมีอุณหภูมิสูงที่สุดของวัน (๑๓:๐๐-๑๕:๐๐ น.) โดย Tr๑ วัดอุณหภูมิระหว่างวันที่ ๖ กุมภาพันธ์-๘ เมษายน ๒๕๕๗ Tr๒ และ Tr๖ วัดอุณหภูมิระหว่างวันที่ ๒๐ มีนาคม-๒๕เมษายน ๒๕๕๗ และTr๓ วัดอุณหภูมิระหว่างวันที่ ๖ กุมภาพันธ์-๒๕ เมษายน ๒๕๕๗ ปรากฏว่า (ภาพที่ ๑) ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดิน Tr๑ จากการตรวจวัดจำนวน ๓๘ วัน อยู่ในช่วง ๓๘.๑-๕๓.๕$^{\circ}$C และมีอุณหภูมิ ๔๙.๔-๕๓.๕$^{\circ}$C จำนวน ๑๙ วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก ๒๐ ซม. จากผิวดิน อยู่ในช่วง ๒๒.๖-๒๗.๙$^{\circ}$C Tr๒ จากการตรวจวัดจำนวน ๑๙ วัน อยู่ในช่วง ๓๘.๕-๖๐.๗$^{\circ}$C และมีอุณหภูมิ ๕๐.๓-๖๐.๗$^{\circ}$C จำนวน ๑๐ วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก ๒๐ ซม. จากระดับดินผิวดินอยู่ในช่วง ๒๔.๔-๓๑.๑$^{\circ}$C Tr๓ จากการตรวจวัดจำนวน ๔๖ วัน อยู่ในช่วง ๓๘.๑-๖๑.๑$^{\circ}$C และมีอุณหภูมิ ๔๙.๒-๖๑.๑$^{\circ}$C จำนวน ๒๕ วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก ๒๐ ซม. จากผิวดินอยู่ในช่วง ๒๒.๖-๓๑.๑$^{\circ}$C และTr๖ จากการตรวจวัดจำนวน ๑๙ วัน อยู่ในช่วง ๓๘.๐-๖๐.๘$^{\circ}$C และมีอุณหภูมิ ๕๑.๕-๖๐.๘$^{\circ}$C จำนวน ๙ วัน เปรียบเทียบกับอุณหภูมิของดินที่ระดับความลึก ๒๐ ซม. จากผิวดินอยู่ในช่วง ๒๔.๔-๓๑.๑$^{\circ}$C

๒. ผลการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในดินสภาพแปลงปลูก

<u>ปี พ.ศ.๒๕๕๖</u>

ผลการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการใช้ผักกาดเขียวใบเป็นปุ๋ยพืชสดคลุกเคล้าดินเพื่อรมดินทางชีวภาพ เป็นเวลา ๙ สัปดาห์ สำหรับกำจัดโรคเหี่ยวในแปลงปลูกที่มีการติดเชื้อจากแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ จากนั้นเตรียมแปลง แล้วจึงปลูกท่อนพันธุ์ขิงเป็นพืชบ่งชี้ การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ ในแปลงปลูก เปรียบเทียบกับดินมีการติดเชื้อโรคเหี่ยวแล้วมีการกำจัดวัชพืชกับการไม่กำจัดวัชพืช ดินที่ปลอดโรคเหี่ยวแล้วมีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการไม่กำจัดวัชพืช ปรากฏว่า (ตารางที่ ๑) ภายหลังปลูก ๑๐๒ วัน พบการบำบัดดินก่อนปลูกขิงเป็นพืชบ่งชี้ทุกกรรมวิธี มีจำนวนต้นขิงเจริญเติบโตปกติ และต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก อยู่ในช่วง ๒๙.๒-๔๗.๓% และ๕๒.๗-๗๐.๘% ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos check) ที่มีจำนวนต้นขิงเจริญเติบโตปกติ และต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเท่ากับ ๒๙.๒ และ๗๐.๘% ตามลำดับ และTr๗ (neg. check) ที่มีจำนวนต้นขิงเจริญเติบโตปกติ และต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเท่ากับ ๓๔.๘ และ๖๕.๒% ตามลำดับ

ภายหลังปลูก ๑๓๕ วัน พบ Tr๖ มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุด เท่ากับ ๔๗.๐% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติ จำนวน ๑๔.๐% รองลงมาได้แก่ Tr๓, Tr๑,

Tr๒ และTr๔ เท่ากับ ๓๖.๔, ๒๘.๔, ๒๗.๓ และ ๒๐.๕% ตามลำดับ พบ Tr๑, Tr๒, Tr๓, Tr๔ และTr๖ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตจำนวน ๓๖.๔% และกรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ใหม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖ เท่ากับ ๕๓.๐% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) ที่มีต้นของเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน ๘๖.๐% จำนวนต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเพิ่มมากขึ้นกับ Tr๓, Tr๑, Tr๒ และTr๔ เท่ากับ ๖๓.๓, ๗๑.๖, ๗๒.๗ และ๗๙.๕% ตามลำดับ พบ Tr๑, Tr๒ และTr๔ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และพบ Tr๑, Tr๒, Tr๓, Tr๔ และTr๖ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) ที่มีต้นเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวน ๖๓.๖%

ภายหลังปลูก ๑๘๖ วัน พบ Tr๖ มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุด เท่ากับ ๒๓.๕% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติเท่ากับ ๕.๓% แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตจำนวน ๒๓.๑% รองลงมาได้แก่ Tr๒, Tr๑, Tr๓ และ Tr๔ เท่ากับ ๙.๕, ๖.๘, ๓.๔ และ ๒.๓% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และกรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖ เท่ากับ ๗๖.๕% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเท่ากับ ๙๘.๗% แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับ Tr๗ (neg.check) ที่มีต้นเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกเพิ่มขึ้นกับ Tr๒, Tr๑, Tr๓ และTr๔ เท่ากับ ๙๐.๕, ๙๓.๒, ๙๖.๖ และ๙๗.๗% ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check)

ตารางที่ ๑ จำนวนร้อยละของต้นขิงที่สมบูรณ์ปกติ เป็นโรคเหี่ยวและไม่งอก ที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรียสายพันธุ์ธรรมชาติ *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ จากการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการรมดินโดยวิธีชีวภาพเพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูก ปี พ.ศ. ๒๕๕๖

กรรมวิธี	เวลาภายหลังปลูก (วัน)					
	๑๐๒ วัน		๑๓๕ วัน		๑๘๖ วัน	
	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก
๑. ดินติดเชื้อ+BF	๔๖.๖a	๕๓.๔a	๒๘.๔bc[๑/]	๗๑.๖bc	๖.๘b	๙๓.๒b
๒. ดินติดเชื้อ+SS	๓๙.๘ab	๖๐.๒ab	๒๗.๓bc	๗๒.๗bc	๙.๕b	๙๐.๕b
๓. ดินติดเชื้อ+BF+SS	๔๕.๕a	๕๔.๕a	๓๖.๔ab	๖๓.๖ab	๓.๔b	๙๖.๖b
๔. ดินติดเชื้อ+W	๔๑.๗ab	๕๘.๓ab	๒๐.๕bc	๗๙.๕bc	๒.๓b	๙๗.๗b
๕. ดินติดเชื้อ+NW (positive check)	๒๙.๒b	๗๐.๘b	๑๔.๐c	๘๖.๐c	๕.๓b	๙๔.๗b
๖. ดินไม่มีเชื้อ+SS	๔๗.๓ab	๕๒.๗a	๔๗.๐a	๕๓.๐a	๒๓.๕a	๗๖.๕a
๗. ดินไม่มีเชื้อ+NW (negative check)	๓๔.๘ab	๖๕.๒ab	๓๖.๔ab	๖๓.๖ab	๒๓.๑a	๗๖.๙a
F-test	NS	NS	**	**	**	**
CV(%)	๒๓.๔๔	๑๖.๘๘	๓๙.๔๖	๑๖.๙๐	๗๖.๓๘	๙.๐๑

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

[๑/] = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ $P < ๐.๐๕$

ปี พ.ศ.๒๕๕๗

ผลการอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นเวลา ๖ สัปดาห์ และการใช้ผักกาดเขียวใบเป็นปุ๋ยพืชสดคลุกเคล้าดินเพื่อรมทางชีวภาพเป็นเวลา ๙ สัปดาห์ สำหรับกำจัดโรคเหี่ยวในแปลงปลูกที่มีการติดเชื้อจากแบคทีเรีย *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ จากนั้นเตรียมแปลง แล้วจึงปลูกท่อนพันธุ์ขิงเป็นพืชบ่งชี้ เปรียบเทียบกับดินมีการติดเชื้อโรคเหี่ยวแล้วมีการกำจัดวัชพืช การไม่กำจัดวัชพืช กับดินที่ปลอดโรคเหี่ยวแล้วมีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการไม่กำจัดวัชพืช ผลปรากฏว่า

(ตารางที่ ๒) ภายหลังปลูกนาน ๔๐ วัน พบ Tr๓ มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ ๗๙.๙% รองลงมาได้แก่ Tr๖, Tr๑, Tr๒ และTr๔ เท่ากับ ๗๘.๑, ๗๐.๕, ๖๙.๖ และ๕๕.๔% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน ๕๘.๐ และ๖๕.๒% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ และTr๒ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ตามลำดับ กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุดได้แก่ Tr๓ เท่ากับ ๒๐.๑% รองลงมาได้แก่ Tr๖, Tr๑, Tr๒ และ T๔ เท่ากับ ๒๑.๙, ๒๙.๕, ๓๐.๔ และ ๔๔.๖% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวน ๔๒.๐ และ๓๔.๘% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ และTr๒ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ตามลำดับ

ภายหลังปลูก ๕๐ วัน พบ Tr๖ มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ ๘๐.๘% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr๓, Tr๒, Tr๑ และTr๔ เท่ากับ ๗๙.๐, ๗๘.๖, ๗๖.๘ และ๕๐.๔% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวน ๕๔.๙ และ ๖๖.๑% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๑, Tr๒ กับ Tr๓ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖ เท่ากับ ๑๙.๒% รองลงมาได้แก่ Tr๓, Tr๒, Tr๑ และTr๔ เท่ากับ ๒๑.๐, ๒๑.๔, ๒๓.๒ และ๔๙.๖% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๑, Tr๒ กับ Tr๓ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check)

ภายหลังปลูก ๖๐ วัน พบ Tr๖, Tr๓ และTr๒ มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ ๘๒.๑, ๗๘.๑ และ๗๖.๓% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr๑ และTr๔ เท่ากับ ๗๒.๓ และ๓๔.๘% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน ๓๘.๘ และ๕๔.๔% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๑ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖, Tr๓ และTr๒ เท่ากับ ๑๗.๙, ๒๑.๙ และ๒๓.๗% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr๑ และ Tr๔ เท่ากับ ๒๗.๗ และ ๖๕.๒% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๑ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check)

ภายหลังปลูก ๗๐ วัน พบ Tr๖ และ Tr๓ มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ ๘๒.๖ และ ๗๔.๑% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr๒, Tr๑ และTr๔ เท่ากับ ๗๒.๓, ๖๘.๗ และ๓๔.๔% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๗(neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน ๒๕.๙ และ ๕๔.๙% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๑ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖ และTr๓ เท่ากับ ๑๗.๔ และ๒๕.๙% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ Tr๒, Tr๑ และ Tr๔ เท่ากับ ๒๗.๗, ๓๑.๓ และ๖๕.๖% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน ๗๔.๑ และ๔๕.๑% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๑ กับ Tr๒ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check)

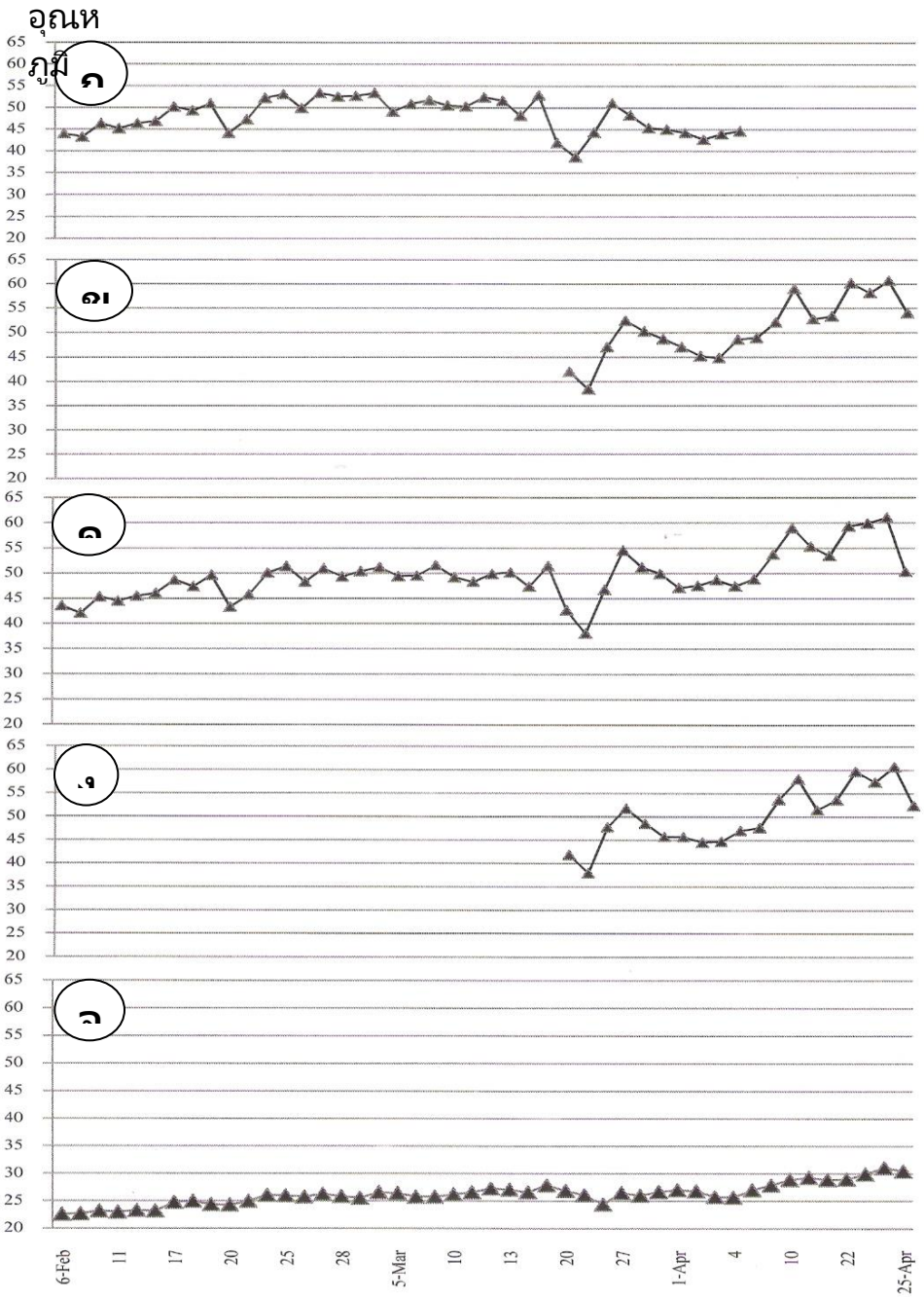
ภายหลังปลูก ๘๐ วัน พบ Tr๖ มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ ๗๗.๗% รองลงมาได้แก่ Tr๒, Tr๓, Tr๑ และTr๔ เท่ากับ ๖๔.๓, ๖๓.๔, ๕๘.๐ และ๑๘.๓% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติเท่ากับ ๑๗.๔ และ๕๐.๙% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๑, Tr๒ กับ Tr๓ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖ เท่ากับ ๒๒.๓๙% รองลงมาได้แก่ Tr๒, Tr๓, Tr๑ และ Tr๔ เท่ากับ ๓๕.๗, ๓๖.๖, ๔๒.๐ และ๘๑.๗% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน ๘๒.๖ และ ๔๑.๙% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๑, Tr๒ กับ Tr๓ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check)

ภายหลังปลูก ๙๐ วัน พบ Tr๖ มีต้นขิงงอกเจริญเติบโตปกติจำนวนมากที่สุดเท่ากับ ๗๒.๓% รองลงมาได้แก่ Tr๓, Tr๒, Tr๑ และTr๔ เท่ากับ ๕๒.๒, ๔๖.๙, ๔๐.๖ และ๑๑.๖% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติเท่ากับ ๑๐.๓ และ๔๓.๓% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๑, Tr๒ กับ Tr๓ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check) กรรมวิธีที่ต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอกจำนวนน้อยที่สุด ได้แก่ Tr๖ เท่ากับ ๒๗.๗% รองลงมาได้แก่ Tr๓, Tr๒, Tr๑ และ Tr๔ เท่ากับ ๔๗.๘, ๕๓.๑, ๕๙.๔ และ๘๘.๔% ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และTr๗ (neg.check) ที่มีต้นขิงเป็นโรคเหี่ยว+ท่อนพันธุ์ไม่งอก จำนวน ๘๙.๗ และ ๕๖.๗% ตามลำดับ ยกเว้น Tr๔ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๕ (pos.check) และ Tr๑, Tr๒ กับ Tr๓ ที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ Tr๗ (neg.check)

การอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นขบวนการฆ่าเชื้อ (pasteurization) วิธีหนึ่งโดยอาศัยพลังแสงอาทิตย์ไปทำให้ดินเกิดความร้อน และทำให้เชื้อโรคในดินตาย ประสิทธิภาพการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ เพื่อฆ่าเชื้อแบคทีเรีย *Rso* สาเหตุโรคเหี่ยวของขิงรวมทั้งพืชเศรษฐกิจอีกหลายชนิด เกิดจากความร้อนนั้นไปทำให้เซลล์แบคทีเรียตาย อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาการใช้ความร้อนชื้นเพื่อกำจัดแบคทีเรีย *Rso* ในท่อนพันธุ์ขิงที่อุณหภูมิ ๔๙-๕๐°C นาน ๓๐-๖๐ นาที (Tsang and Shirtaku, ๑๙๙๘) จึงเกิดแนวความคิดที่จะใช้ความร้อนชื้นจากวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในดิน ซึ่งประเทศไทยมีสภาพอากาศที่เหมาะสมเป็นอย่างยิ่งที่จะนำพลังแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ อย่างไรก็ตามต้องยอมรับว่าการอบดินด้วยแสงอาทิตย์เป็นเรื่องใหม่สำหรับผู้วิจัย จึงทำให้วิธีปฏิบัติการทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ ไม่ค่อยถูกต้องและครบถ้วน ได้แก่ไม่มีการวางท่อให้น้ำ เพื่อให้ดินมีความชื้น ซึ่งความร้อนสามารถทะลุทะลวงไปในดินชื้นได้ดีกว่าดินแห้ง รวมทั้งการคลุมแปลงด้วยฟางข้าวของกรรมวิธีการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบก็เป็นการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องนัก และไม่มีการวัดอุณหภูมิของดินในระหว่างการทดลอง เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนผลการทดลอง นอกจากนี้กรรมวิธีที่ไม่ได้ปลูกเชื้อแบคทีเรีย *Rso* ผลปรากฏว่าต้นขิงที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้ แสดงอาการโรคเหี่ยว ทั้งนี้แบคทีเรียอาจไหลปนเปื้อนติดไปกับน้ำฝนในช่วงฤดูฝนที่ฝนตกชุก และมีน้ำหลาก

การทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๗ เป็นการศึกษาต่อเนื่องจากปีพ.ศ. ๒๕๕๖ แต่มีการราดเชื้อแบคทีเรีย *Rso* ซ้ำ ทำให้ปริมาณแบคทีเรียในดินมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ความเป็นจริงแล้วไม่ควรเพิ่มปริมาณเชื้อในดินอีก จึงทำให้การศึกษาการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิง ไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร นอกจากนี้การปรับปรุงวิธีการคลุมแปลงด้วยแผ่นพลาสติก PE กับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ และการให้น้ำระหว่างการ

ทดลองทั้งการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ก็มีส่วนช่วยให้การทดลองมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นได้จากผลการวัดอุณหภูมิของดินที่ความลึก ๒๐ ซม. จากระดับผิวดิน พบว่า อุณหภูมิของดินสูงขึ้นจนถึงระดับที่ฆ่าแบคทีเรีย *Rso* ได้ อย่างไรก็ตาม จำนวนต้นขิงที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้จากการทดลองอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ และทั้งสองวิธีการร่วมกันที่แสดงอาการปกติมีปริมาณมากกว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม (ดินติดเชื้อและไม่มีการกำจัดวัชพืช) เป็นการยืนยันว่าการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ เป็นวิธีการที่ได้ผลสามารถนำไปปฏิบัติได้ แต่วิธีปฏิบัติและเครื่องมืออุปกรณ์ต้องพร้อมกว่าที่ปฏิบัติในการทดลองครั้งนี้ ถ้าปฏิบัติได้เหมาะสมแล้ว การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพจะให้ผลดีกว่า การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ การรมดินโดยวิธีชีวภาพ วิธีการใดวิธีการหนึ่งเพียงวิธีการเดียว และจะต้องปฏิบัติต่อเนื่องเป็นเวลาอย่างน้อย ๒-๓ ปี จึงจะได้ผลทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของดิน



ภาพที่ ๑ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิ (°C) ของดินที่ความลึก ๒๐ ซม. จากระดับผิวดินของการทดลอง ก) การคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ (BF) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (Tr๑) ข) การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ (SS) กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (Tr๒) ค) BF ร่วมกับ SS กับดินที่ติดเชื้อโรคเหี่ยว (Tr๓) ง) SS กับดินที่ปลอดโรคเหี่ยว (Tr๖) และ จ) อุณหภูมิของดินชุดควบคุม ในช่วงเวลา ๑๓:๐๐-๑๕:๐๐ น. ระหว่าง วันที่ ๖ กุมภาพันธ์–๒๕ เมษายน

๒๕๕๗

ตารางที่ ๒ จำนวนร้อยละของต้นขิงที่สมบูรณ์ปกติ เป็นโรคเหี่ยว และไม่งอก ที่ปลูกเป็นพืชบ่งชี้การมีชีวิตอยู่รอดของแบคทีเรียสายพันธุ์ธรรมชาติ *Rso* isolate ๕๐๐๓-๒ จากการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียว เพื่อกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในสภาพแปลงปลูกในปี พ.ศ. ๒๕๕๗

กรรมวิธี	เวลาภายหลังปลูก (วัน)											
	๔๐ วัน		๕๐ วัน		๖๐ วัน		๗๐ วัน		๘๐ วัน		๙๐ วัน	
	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก	ปกติ	เป็นโรคเหี่ยว+ไม่งอก
๑. ดินติดเชื้อ+BF	๗๐.๕abc[๑/]	๒๙.๕abc	๗๖.๘ab	๒๓.๒ab	๗๒.๓ab	๒๗.๗ab	๖๘.๗ab	๓๑.๓ab	๕๘.๐ab	๔๒.๐ab	๔๐.๖b	๕๙.๔b
๒. ดินติดเชื้อ+SS	๖๙.๖bc	๓๐.๔a	๗๘.๖ab	๒๑.๔ab	๗๖.๓a	๒๓.๗a	๗๒.๓ab	๒๗.๗ab	๖๔.๓ab	๓๕.๗ab	๔๖.๙b	๕๓.๑b
๓. ดินติดเชื้อ+BF+SS	๗๙.๙a	๒๐.๑a	๗๙.๐ab	๒๑.๐ab	๗๘.๑a	๒๑.๙a	๗๔.๑a	๒๕.๙a	๖๓.๔ab	๓๖.๖ab	๕๒.๒ab	๔๗.๘ab
๔. ดินติดเชื้อ+W	๕๕.๔d	๔๔.๖d	๕๐.๔d	๔๙.๖d	๓๔.๘c	๖๕.๕c	๓๔.๔c	๖๕.๖c	๑๘.๓c	๘๑.๗c	๑๑.๖c	๘๘.๔c
๕. ดินติดเชื้อ+NW (positive check)	๕๘.๐d	๔๒.๐d	๕๔.๙cd	๔๕.๑cd	๓๘.๘c	๖๑.๒c	๒๕.๙c	๗๔.๑c	๑๗.๔c	๘๒.๖c	๑๐.๓c	๘๙.๗c
๖. ดินไม่มีเชื้อ+SS	๗๘.๑ab	๒๑.๙ab	๘๐.๘a	๑๙.๒a	๘๒.๑a	๑๗.๙a	๘๒.๖a	๑๗.๔a	๗๗.๗a	๒๒.๓a	๗๒.๓a	๒๗.๗c
๗. ดินไม่มีเชื้อ+NW (negative check)	๖๕.๒cd	๓๔.๘cd	๖๖.๑bc	๓๓.๙bc	๕๙.๔b	๔๐.๖b	๕๔.๙b	๔๕.๑b	๕๐.๙b	๔๑.๙b	๔๓.๓b	๕๖.๗b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	๙.๘๗	๒๑.๐๘	๑๓.๖๕	๓๑.๑๒	๑๖.๑๑	๒๗.๖๐	๒๐.๓๖	๒๙.๒๙	๒๘.๕๗	๒๘.๕๗	๓๗.๙๔	๒๔.๘๘

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

[๑/] = ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่กำกับด้วยอักษรที่เหมือนกันจะไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ $P < ๐.๐๕$

* = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๕%

** = มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ๙๙%

ns = ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

๑. ผลการทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๖ การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการคลุกเคล้าดินด้วยผักกาดเขียวใบ#๗๑ เพื่อรมดินโดยวิธีชีวภาพให้ผลในการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในแปลงปลูกดีกว่า กรรมวิธีอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดิน โดยวิธีชีวภาพ หลังจากนั้นต้นขิงมีการติดเชื้อ และเป็นโรคเหี่ยวเพิ่มมากขึ้น และอยู่ในระดับเดียวกับชุดควบคุม Tr๕ (pos.check) ในช่วยการตรวจผล ๑๐๒-๑๘๖ วัน

๒. ผลการทดลองในปีพ.ศ. ๒๕๕๗

๒.๑ การวัดค่าอุณหภูมิของดินที่ความลึก ๒๐ ซม. จากระดับผิวดิน จากกรรมวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์และการรมดินโดยวิธีชีวภาพของแต่ละวิธีการ และทั้งสองวิธีการร่วมกัน พบว่าการอบดินมีผลทำให้อุณหภูมิดินสูงขึ้นอยู่ในช่วง ๓๘.๑-๖๑.๑$^{\circ}$C และอุณหภูมิของดินที่สูงอยู่ในช่วง ๔๙.๒-๖๑.๑$^{\circ}$C

๒.๒ การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการรมดินโดยวิธีชีวภาพ ให้ผลการกำจัดโรคเหี่ยวของขิงในแปลงปลูกอยู่ในระดับเดียวกับกรรมวิธีการอบดินด้วยแสงอาทิตย์ และการรมดินโดยวิธีชีวภาพ โดยมีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน ๖๙.๖-๗๙.๙% และลดลงเป็น ๔๐.๖-๕๒.๒% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุม Tr๕ (pos.check) ที่มีต้นขิงเจริญเติบโตปกติจำนวน ๕๘.๐% และลดลงเหลือ ๑๐.๓% ในช่วงการตรวจผล ๔๐ และ ๙๐ วัน ตามลำดับ

๓. การอบดินด้วยแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสดเพื่อรมดินโดยวิธีชีวภาพ สำหรับการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิงหรือพืชเศรษฐกิจอื่นๆ เป็นวิธีการป้องกันกำจัดเชื้อโรคพืชในดินอย่างยั่งยืน นอกจากนั้นยังมีผลช่วยให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

๑. เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับนักวิจัย นักวิชาการ เกษตรกร และผู้สนใจนำไปพัฒนาเพื่อการป้องกันกำจัดเชื้อโรคพืชชนิดอื่นๆ เช่น รา ไส้เดือนฝอย รวมทั้งไร แมลง และเมล็ดวัชพืชต่างๆ ที่อยู่ในดิน

๒. เป็นข้อมูลทางเลือกสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจ นำไปปฏิบัติในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของขิง และโรคพืชที่ถ่ายทอดทางดินอื่นๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่ยั่งยืน ทั้งในระบบการเกษตรอินทรีย์ และการเกษตรแบบดั้งเดิม

เอกสารอ้างอิง

ศศิธร วรปิติรังสี วีระ วรปิติรังสี ปฏิพัทธ์ ใจปิน สนอง จรินทร อาทิตยา พงษ์ชัยสิทธิ์ สิริพร มะเจี่ยว และลัดดาวัลย์ อินทร์สังข์. ๒๕๕๖ ศึกษาการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและขนาดหัวขิง. หน้า ๑๕๐-๑๕๗.

ใน: รายงานผลงานวิจัยประจำปี ๒๕๕๖ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการ

เกษตร.

สุรชาติ คูอาริยะกุล อภิชัย วิชัยกุล นภาพร ไชยยศ และอุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. ๒๕๕๓. หน้า ๒๗๘-๒๙๑ *ใน* : รายงานผลงานวิจัยประจำปี ๒๕๕๓ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

สุรชาติ คูอาริยะกุล วิมล แก้วสีดา ปฏิพัทธ์ ใจปิน อภิชัย วิชัยกุล สุธามาศ ณ น่าน และ นภาพร ไชยยศ. ๒๕๕๗. การใช้พืชตระกูลกะหล่ำเป็นสารมทางชีวภาพเพื่อควบคุมแบคทีเรีย สาเหตุโรคเหี่ยวของขิงในสภาพโรงเรือนและแปลงปลูก รายงานผลการวิจัยประจำปี ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (กำลังพิมพ์).

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาติวนิช ไก่แก้ว สุธรรมา และนิพนธ์ ทวีชัย. ๒๕๕๓. อิทธิพลจากการสลายตัวของพืชตระกูลกะหล่ำต่อการเจริญของเชื้อ Ralstonia solanacearum สาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ. หน้า ๓๗๒-๓๗๙. ใน: การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ ๔๘ เล่มที่ ๑ สาขาพืช. ๖๓๓ หน้า.

Akiews, S.,P.R. Trevorrow and J. Kirkegaard. ๑๙๙๖. Mustard green manure reduces bacterial

wilt. Bacterial Wilt Newsletter No ๑๓ p. ๕-๖.

Anonymous .๒๐๑๐. Soil solarization-kill and prevent weeds. Weekend Gardener Monthly Web Magazine, September ๒๐๑๐. (www.weekend gardener.net/organic-weed killer/solarization วันที่ ๒๒ กันยายน ๒๕๕๓)

Arthy, J.R., E.B. Akiew, J.A. Kirkegaard and P.R. Treverrow. ๒๐๐๕. Using *Brassica* spp. as biogungants to reduce the population of *Ralstonia solanacearum*. Pages ๑๕๙-๑๖๕.

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. ๑๙๙๗. Control of soil borne plant pests using glucosinolate containing plants. Adv. Agron. ๖๑:๑๖๗-๒๓๑.

Freeman, S. and J. Katan. ๑๙๘๘. Weakening effect of propagules of Fusarium by sublethal heating. Phytopathology ๗๘:๑๖๕๖-๑๖๖๑.

French, E.R. ๑๙๙๔. Strategies for integrated control of bacterial wilt of potatoes. Pages

๑๙๙-๒๐๗. *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. ๑๙๙๓a. Characterization of antifungal volatile compounds evolved from solarized soil amended with cabbage residues. Phytopathology ๘๓: ๘๙๙-๙๐๕.

Gamliel, A. and J.J. Stapleton. ๑๙๙๓b. Effect of chicken compost or ammonium phosphate and solarization in pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. Plant Disease ๗๗:๘๘๖-๘๙๑.

Gamliel, A., M. Austerawiel and M. Kritzman. ๒๐๐๐. Non-chemical approach to soilborne pest management-organic amendments. Crop Protection ๑๙:๘๔๗-๘๕๓.

Hayward, A.C. ๑๙๙๑. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* Ann. Rev. of Phytopathology ๒๙:๖๕-๘๗.

Ibekwe, A.M. ๒๐๐๔. Effect of fumigants on non-targets organisms in soils. Advances in Agronomy ๘๓: ๑-๓๕.

Ishii, M., and M. Aragaki. ๑๙๖๓. Ginger wilt caused by *Pseudomonas solanacearum* E.F. Smith. Plant Dis. Rep. ๔๗:๗๑๐-๗๑๓.

Katan, J. ๑๙๘๑. Soil heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. Annu. Rev. Phytopathol. ๑๙, ๒๑๑.

Katan, J. ๑๙๘๗. Soil Solarization. Pages ๗๗-๑๐๕. *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.) ๑๙๙๑. Soil Slarization. CRC Press, Boca Raton, FL.

Kelman, A. ๑๙๕๔. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium. Phytopathology ๔๔:๖๙๓-๖๙๕.

Klien, E., J. Katan and A. Glamliel. ๒๐๑๑. Soil Suppressiveness to Fusarium disease following organic amendments and solarization. Plant Dis. ๙๕:๑๑๑๖-๑๑๒๓.

Lira-Saldivar, R.H., M.A. Salas, J. Cruz, F.D. Coronado and E. Gallegos. ๒๐๐๔. Solarization and goat manure on weeds management and melon yield. Phyton ๕๓:๒๐๕-๒๑๑.

Matthiessen, J.N. and M.A. Shackleton. ๒๐๐๕. Biofumigation : environmental impacts on the biological activity of diverse pure and plant derived isothiocyanates. Pest Manag. Sci; ๖๑:๑๐๔๓-๑๐๕๑.

Rubin, B and A. Benjamin. ๑๙๘๔. Solar heating of the soil : Involvement of environmental
factors in the weed control process. Weed Science ๓๒:๑๓๘-๑๔๔.
Sato, D. ๑๙๙๙. 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. ๒๐๐๖. PCR assay of the rhizosphere soil of weeds associated with an outbreak of bacterial wilt of ginger in east Hawaii, J. Hawaiian Pacific Agric. ๑๓:๙-๑๔.
Souza, N.L. ๑๙๙๔. Solarizacao do solo. Summa Phytopathol. ๒๐:๓-๑๕.
Tsang, M.M.C. and M. Shintaku. ๑๙๙๘. Hot air treatment for control of bacterial wilt in ginger root. Applied Engineering in Agriculture ๑๔ (๒) : ๑๕๙-๑๖๓.
Yabuuchi, E., Y. Kosako, I. Yano, H. Hotta and Y. Nishiuchi. ๑๙๙๕. Transfer of two *Burkholderia* and an Alcaligenes species to *Ralstonia* gen. nov., proposal of *Ralstonia pickettii* (Ralston. Pelleroni and Doudoroff ๑๙๗๓) comb. Nov., *Ralstonia solanacearum* (Smith ๑๘๙๖) comb. Nov. and *Ralstonia eutropha* (Davis ๑๙๖๙) comb. nov. Microbiol. Immunol. ๓๙:๘๙๗-๙๐๔.