

บทที่ 4

ผลการทดลอง

1. การตรวจหาปริมาณของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* และเชื้อราอื่นๆที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวฝวี่ดำ

จากการตรวจหาเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดถั่วเขียวฝวี่ดำทั้ง 2 พันธุ์ คือ พันธุ์พิษณุโลก 2 และ พันธุ์อุทอง 2 โดยวิธีเพาะบนกระดาษขึ้น (blotter method) ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า เกิดปัจจัยร่วม หรือเกิด interaction ระหว่างพันธุ์ถั่วเขียวฝวี่ดำและปริมาณเชื้อราที่พบ (ตาราง 1) โดยพบเชื้อรา *Curvularia* sp. และ *M. phaseolina* มากที่สุดในถั่วเขียวฝวี่ดำพันธุ์พิษณุโลก 2 คือ 25.75 % และ 23.75 % ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วเขียวฝวี่ดำพันธุ์อุทอง 2 ซึ่งพบเชื้อราทั้ง 2 เพียง 10.00 % และ 8.25 % ตามลำดับ และยังพบว่าเชื้อราทั้ง 2 มีปริมาณมากกว่าเชื้อราชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 2) สำหรับเปอร์เซ็นต์ความงอก ถั่วเขียวฝวี่ดำพันธุ์อุทอง 2 มีความงอกสูงที่สุด คือ 98 % ส่วนพันธุ์พิษณุโลก 2 มีความงอก 92 % และเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ตาราง 3 และตารางภาคผนวก 1)

เมื่อสังเกตเชื้อราที่เจริญบนเมล็ด พบว่าเชื้อรา *M. phaseolina* สร้าง pycnidium และ เม็ด microsclerotia จำนวนมากบนเปลือกหุ้มเมล็ด และเชื้อสามารถถ่ายทอดจากเปลือกเมล็ดไปยังเมล็ดที่กำลังงอกและต้นอ่อน เป็นสาเหตุทำให้เมล็ดเน่า เกิดรอยแผลที่รากอ่อน พบเชื้อราสาเหตุนี้สูงที่สุดในถั่วเขียวฝวี่ดำพันธุ์พิษณุโลก 2 คือ 23.75 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % กับถั่วเขียวฝวี่ดำพันธุ์อุทอง 2 ซึ่งมีปริมาณเชื้อรานี้เพียง 8.25 % (ตาราง 2)

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์ความผันแปรทางสถิติ แบบ Factorial in CRD ของปริมาณเชื้อราที่พบ
บนเมล็ดถั่วเขียวผิวดำ

Source	DF	SS	MS	F	P
Rep	3	8.44	2.812		
Fungi (F)	9	3104.86	344.985	58.47	0.0000
Variety (V)	1	137.813	23.36	23.36	0.0000
F×V	9	955.06	106.118	17.99	0.0000
Error	57	336.31	5.900		
Total	79	4542.49			

ตาราง 2 ชนิดและปริมาณของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวผิวดำ ตรวจสอบโดยวิธีการเพาะบนกระดาษชื้น (blotter method)

ชนิดของเชื้อรา	ปริมาณที่พบ (%) ¹	
	พันธุ์พิชณูโลก 2	พันธุ์อุทอง 2
1. <i>Alternaria</i> sp.	5.00	0.50
2. <i>Aspergillus flavus</i>	0.00	1.00
3. <i>Aspergillus niger</i>	2.25	7.00
4. <i>Cladosporium</i> sp.	1.00	4.50
5. <i>Curvularia</i> sp.	25.75	10.00
6. <i>Colletotrichum</i> sp.	1.00	1.00
7. <i>Fusarium</i> sp.	1.25	0.75
8. <i>Macrophomina phaseolina</i>	23.75	8.25
9. <i>Myrothecium</i> sp.	0.75	0.25
10. <i>Penicillium</i> sp.	0.00	1.25
LSD ($p=0.05$)	3.43	
LSD ($p=0.01$)	4.58	

ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด¹

ตาราง 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 และอุ้งทอง 2 ทดสอบโดยวิธีเพาะบนกระดาษชื้น (blotter method)

พันธุ์	ความงอกของเมล็ด (%) ¹
พิษณุโลก 2	92 a ²
อุ้งทอง 2	98 a
LSD ($p=0.05$)	9.16
CV (%)	5.57

¹ ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

² ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี LSD

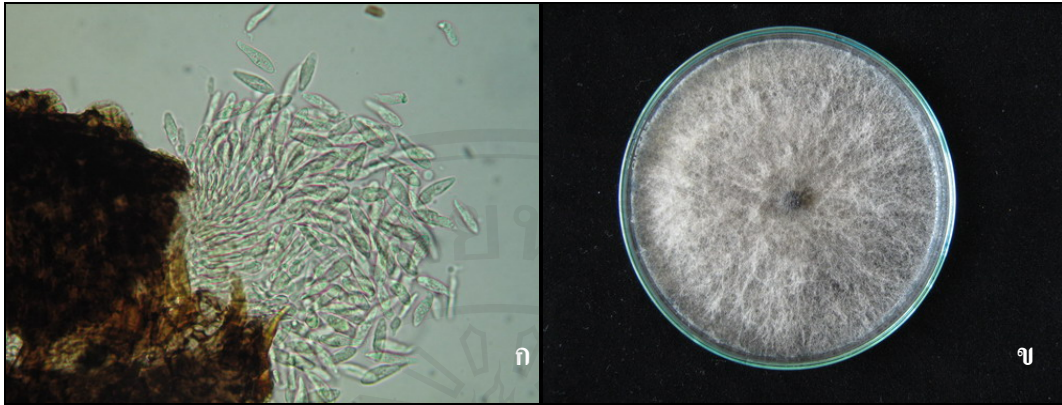
ลักษณะสำคัญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ที่ตรวจพบบนเมล็ดถั่วเขียวผิวดำ

จากการนำเมล็ดถั่วเขียวผิวดำเพาะบนกระดาษซับมันพบว่าเมล็ดที่มีเชื้อ *M. phaseolina* มักจะไม่งอก ลักษณะของเชื้อรา *M. phaseolina* บนเมล็ดพบโครงสร้าง pycnidium ซึ่งเป็น fruiting body สีดำเข้มที่เชื้อราสร้างขึ้น โดยเจริญอยู่บนเมล็ดหรือฝังตัวอยู่ที่ epidermis ของเมล็ดถั่วเขียวผิวดำ pycnidium มีลักษณะรูปร่างคล้ายคนโท มีปากเปิดตรงส่วนหัว เรียกว่า ostiole และถ้าเมล็ดมี pycnidium เจริญอยู่มากและขึ้นปกคลุมเมล็ดหนาแน่น พบว่า เมล็ดนั้นไม่สามารถงอกได้ (ภาพ 5)



ภาพ 5 ลักษณะของ pycnidium ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ที่เจริญบนเมล็ดถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พินธุโลก 2 ที่เพาะบนกระดาษซับมัน

การตรวจเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าภายใน pycnidium มีการสร้าง pycnidiospore ลักษณะรูปไข่สีโอลีวเข้มเดี่ยวผนังเรียบ หัวท้ายมน (ภาพ 6 ก) ลักษณะโคโลนีแบบบางแผ่เรียบไปกับผิวน้ำอาหาร เส้นใยเมื่อเริ่มแรก จะมีสีขาวต่อมามีสีเทา เมื่ออายุมากขึ้นมีสีดำ เชื้อรามีการสร้างเมล็ด sclerotium เมื่ออายุได้ 7 วัน และเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อเมื่ออายุประมาณ 3 วัน (ภาพ 6 ข)



ภาพ 6 ลักษณะของ pycnidium ที่กำลังปลดปล่อย pycnidiospore (ก) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า และลักษณะ โคลโคนี (ข) ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA

2. การทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ต่อความงอก การเกิดโรคและความแข็งแรงของต้นอ่อนถั่วเขียวผิวดำ

2.1 การปลูกเชื้อบนเมล็ด (seed inoculation)

เมล็ดที่เพาะบนกระดาษชานที่ปลูกเชื้อด้วย *M. phaseolina* มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก ปริมาณเชื้อราบนเมล็ด และต้นอ่อนผิดปกติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % จากชุดควบคุมที่ไม่ปลูกเชื้อ โดยชุดที่ปลูกเชื้อให้เปอร์เซ็นต์ความงอก 79 % พบปริมาณเชื้อราบนเมล็ด 98 % และพบว่าต้นอ่อนที่งอกนั้นผิดปกติถึง 99.33 % ส่วนชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 98 % ปริมาณเชื้อราบนเมล็ด 0.67 % และต้นอ่อนผิดปกติเพียง 2.00 % (ตาราง 4, ภาคผนวกตาราง 2-4)

จากการเพาะเมล็ดบนกระดาษชานนี้พบว่า การที่เมล็ดไม่งอกเนื่องจากเชื้อราสาเหตุ เจริญสร้างเส้นใยและ pycnidium ที่มีรูปร่างกลมสีดำขึ้นปกคลุมเมล็ด ทำให้รากไม่สามารถงอกออกมาได้ ส่วนเมล็ดที่งอกเป็นต้นอ่อน พบว่าบริเวณรากมีแผลสีน้ำตาล แผลมักเกิดขึ้นตามส่วนปลายรากหรือเกิดขึ้นทั่วราก บางเมล็ดรากหลุด จากนั้นเชื้อราจะเจริญลุกลามต่อไปทำให้ต้นอ่อนมีสีน้ำตาลดำและตายในที่สุด (ภาพ 7 และ ภาพ 8) ส่วนการเพาะในดินที่ฆ่าเชื้อแล้ว พบว่าเมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วย *M. phaseolina* ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดินเพียง 24.33 % การตายก่อนงอก 63.00 % การตายหลังงอก 15.00 % และต้นอ่อนผิดปกติ 21.67% ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % จากชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อคือ มีเปอร์เซ็นต์

ความงอก 98.33 % การตายก่อนงอก 1.67 % ไม่พบการตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติเพียง 1.67 % (ตาราง 5, ภาคผนวกตาราง 5-8, และภาพ 9)

จากการเพาะเมล็ดบนดินที่ฆ่าเชื้อแล้ว อายุ 7 วัน พบว่า เมล็ดไม่งอกเกิดการตายก่อนงอก ส่วนเมล็ดที่งอกมาแล้วเกิดการตายหลังจากงอกโดยมีลักษณะเน่า (ภาพ 10 ก) และพบอาการบริเวณลำต้นกล้า (hypocotyl) เนื้อดินจนถึงยอดติดกับ cotyledon จะพบรอยแผลสีน้ำตาล ขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน (ภาพ 10 ข) และเมื่อต้นอ่อนอายุประมาณ 14 วันจะแสดงอาการใบเหี่ยว ลำต้นหักพับ และตายในที่สุด (ภาพ 11)

ตาราง 4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด การติดเชื้อของเมล็ด ต้นอ่อนผิดปกติ จากการเพาะบนกระดาดชั้นของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากปลูกเชื้อที่เมล็ดด้วยเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

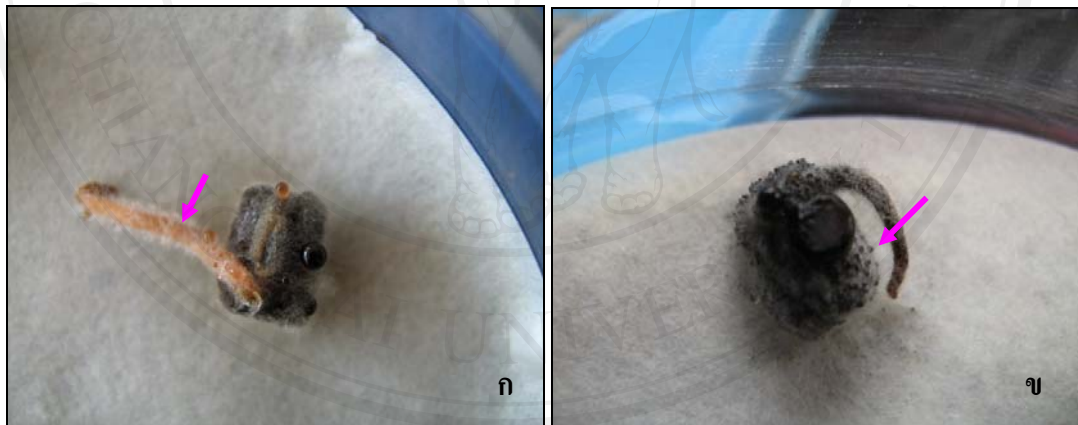
กรรมวิธี	การเพาะบนกระดาดชั้น		
	ความงอกของเมล็ด (%) ¹	การติดเชื้อของเมล็ด (%) ¹	ต้นอ่อนผิดปกติ (%) ¹
ชุดควบคุม(เมล็ดไม่ปลูกเชื้อ)	98.00 a ²	0.67 b	2.00 b
เมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วย <i>M. phaseolina</i>	79.00 b	98.00 a	99.33 a
LSD ($p= 0.01$)	11.89	5.53	3.06
CV (%)	3.57	2.98	1.61

¹ ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

² ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD



ภาพ 7 เปรียบเทียบความสามารถในการงอกของต้นอ่อนถั่วเขียวผิวดำที่ไม่ปลุกเชื้อ และปลุกเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* บนเมล็ด ทดสอบโดยวิธีเพาะบนกระดาษชื้น



ภาพ 8 ลักษณะอาการต้นอ่อนถั่วเขียวผิวดำที่บริเวณรากมีแผลสีน้ำตาล (ก) และเชื้อ *Macrophomina phaseolina* สร้างเส้นใย และ pycnidium สีดำขึ้นปกคลุม เมล็ด (ข)

ตาราง 5 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดิน การตายก่อนงอก การตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติจากการเพาะบนดินที่ฆ่าเชื้อแล้วของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์ พิษณุโลก 2 หลังจากปลูกเชื้อที่เมล็ดด้วยเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

กรรมวิธี	การเพาะบนดินที่ฆ่าเชื้อ			
	ความงอก โผล่พื้นดิน (%) ¹	การตาย ก่อนงอก (%) ¹	การตาย หลังงอก (%) ¹	ต้นอ่อน ผิดปกติ (%) ¹
ชุดควบคุม(เมล็ดไม่ปลูกเชื้อ)	98.33 a ²	1.67 b	0.00 b	1.67 b
เมล็ดที่ปลูกเชื้อด้วย <i>M. phaseolina</i>	24.33 b	63.00 a	15.00 a	21.67 a
LSD ($p = 0.01$)	5.09	8.94	5.32	4.60
CV (%)	2.21	7.36	18.86	9.90

¹ ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

² ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกัน ในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD



ภาพ 9 ลักษณะของต้นอ่อนถั่วเขียวผิวดำ อายุ 14 วันที่ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* บนเมล็ด ทดสอบโดยการเพาะบนดินที่ฆ่าเชื้อแล้ว



ภาพ 10 ลักษณะต้นอ่อนแสดงอาการตายหลังงอก (ก) และลักษณะต้นอ่อนผิดปกติพบรอยแผลสีน้ำตาลบริเวณ hypocotyl และ บริเวณ cotyledon (ข)



ภาพ 11 ลักษณะอาการใบเหี่ยวและลำต้นหักพับของต้นอ่อนถั่วเขียวฝักดำ อายุ 14 วัน

2.2 การปลูกเชื้อในดิน (soil inoculation)

จากการเพาะเมล็ดถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วปลูกลงในดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *M. phaseolina* จากการทดลองพบว่าเชื้อรามีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดิน การตายก่อนงอก การตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ผสม inoculum ของเชื้อรา *M. phaseolina* โดยพบว่าชุดปลูกเชื้อมีเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดินเพียง 37.00 % การตายก่อนงอก 49.67 % การตายหลังงอก 13.33 % และต้นอ่อนผิดปกติ 31.00 % ซึ่งแตกต่างจากชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อคือมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 98.33 % การตายก่อนงอก 1.67 % การตายหลังงอก 1.00 % และไม่พบต้นอ่อนผิดปกติ (ตาราง 6, ภาคผนวก 9-12 และภาพ 12) และจากการเพาะเมล็ดลงในดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *M. phaseolina* พบว่าเมล็ดไม่งอกเกิดการตายก่อนงอก ส่วนเมล็ดที่งอกมาแล้วเกิดอาการผิดปกติโดยเกิดอาการเน่าตรงบริเวณ hypocotyl (ภาพ 13 ก) และเกิดรอยแผลสีน้ำตาลจนถึงคำตรงบริเวณ cotyledon ถ้าเกิดอาการรุนแรงจะทำให้ต้นอ่อนถั่วเขียวเน่าตาย (ภาพ 13 ข) และเมื่อต้นถั่วเขียวอายุประมาณ 2 สัปดาห์จะเกิดอาการตายหลังงอกโดยพบอาการใบเหี่ยวและลำต้นหักพับลง ต่อมาจะพบเมล็ดสีดำเล็กๆ คล้ายผงถ่าน เรียกว่า microsclerotium กระจายอยู่ทั่วไปตามลำต้น (ภาพ 14)

ตาราง 6 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดิน การตายก่อนงอก การตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติของถั่วเขียวฝักดำพันธุ์ พิษณุโลก 2 ทดสอบโดยปลูกเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ในดิน

กรรมวิธี	การเพาะบนดินที่มีเชื้อ			
	ความงอก โผล่พื้นดิน (%) ¹	การตาย ก่อนงอก (%) ¹	การตาย หลังงอก (%) ¹	ต้นอ่อน ผิดปกติ (%) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	98.33 a ²	1.67 b	0.00 b	0.00 b
เมล็ดที่ปลูกในดินที่มีเชื้อ <i>M. phaseolina</i>	37.00 b	49.67 a	13.33 a	31.00 a
LSD ($p = 0.01$)	11.69	11.17	1.85	3.07
CV (%)	4.59	11.58	11.39	34.44

¹ ค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

² ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD



ภาพ 12 ลักษณะของต้นอ่อนถั่วเขียวฝักดำ อายุ 14 วัน ที่ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อด้วยเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ทดสอบโดยการปลูกเชื้อลงในดิน



ภาพ 13 ลักษณะอาการเน่าตรงบริเวณ hypocotyl (ก) และเกิดรอยแผลสีน้ำตาลตรงบริเวณ cotyledon (ข) ของต้นอ่อนถั่วเขียวพิวดำหลังงอก 7 วัน



ภาพ 14 ลักษณะเม็ด micro-sclerotium กระจายอยู่ทั่วไปตามลำต้นของถั่วเขียวพิวดำ อายุ 14 วัน

3. การทดสอบเบื้องต้นในการเป็นปฏิปักษ์ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อเชื้อรา

Macrophomina phaseolina

3.1 การศึกษาการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* บนอาหาร PDA โดยวิธี dual culture

จากการทดสอบพบว่า เชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina* สูง เมื่อเปรียบเทียบผลทางสถิติพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* I103 สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina* ได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 69.59% ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับเชื้อราปฏิปักษ์ชนิดอื่น (ตาราง 7, ภาคผนวกตาราง 13) จากการสังเกตลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina* โดยเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิดพบว่าทำให้เส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* ที่เจริญเข้าหาเชื้อราปฏิปักษ์หยุดการเจริญ ขอบโคโลนีเป็นเส้นตรง เมื่อผ่านไปประมาณ 7 วัน เส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์จะปกคลุมเส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* (ภาพ 15)

ตาราง 7 เปรียบเทียบผลของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา

Macrophomina phaseolina อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA

เชื้อราปฏิปักษ์	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต ¹
<i>Trichoderma harzianum</i> I103	69.59 a ²
<i>Trichoderma harzianum</i>	67.96 b
<i>Trichoderma virens</i> IG10	67.54 b
<i>Trichoderma virens</i> IG2	65.27 c
LSD ($p=0.01$)	1.37
CV (%)	1.36

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 7 ซ้ำ

² ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD

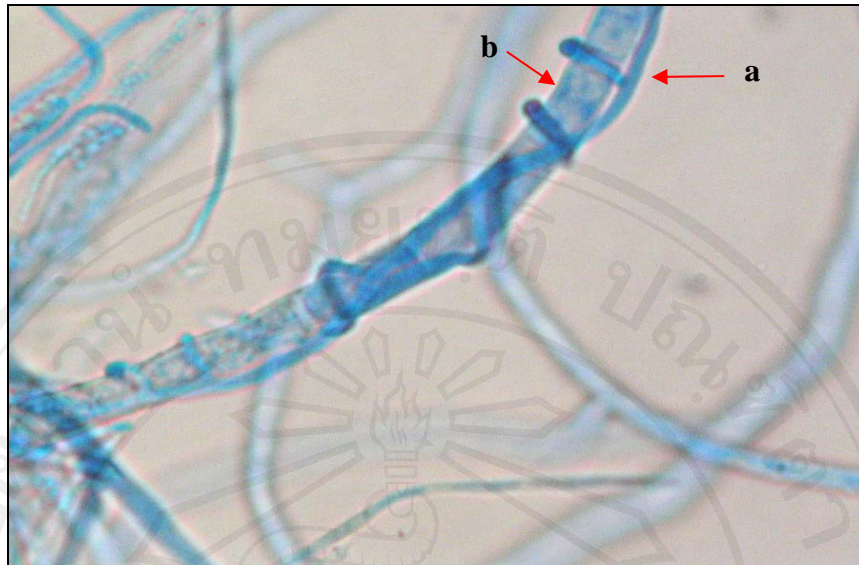


ภาพ 15 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* ทดสอบโดยวิธี dual culture บนอาหาร PDA อายุ 3 วัน

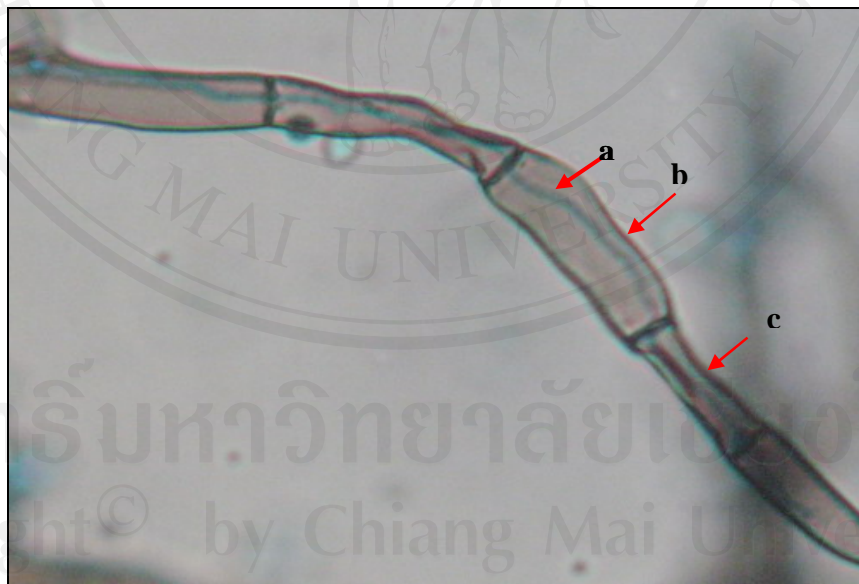
P = *M. phaseolina* T = *Trichoderma* sp.

3.2 ศึกษาการยับยั้งการเจริญและการเข้าทำลายของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* โดยเชื้อราปฏิปักษ์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

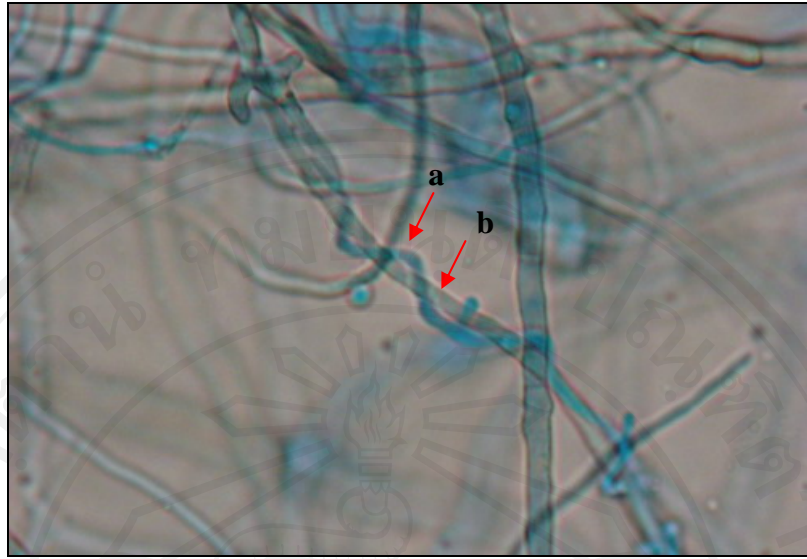
จากการนำเชื้อรา *M. phaseolina* มาเลี้ยงร่วมกับเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด โดยวิธี dual slide culture และนำมาศึกษาลักษณะการเข้าทำลายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าเส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด เป็นปฏิปักษ์กับเชื้อรา *M. phaseolina* โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สร้างเส้นใยแทงเข้าไปในเส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* ทำให้เส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* หักเปราะพับลง (ภาพ 16) ส่วนเชื้อรา *T. harzianum* I 103, *T. virens* I G10 และ *T. virens* I G2 พบว่าเส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 3 จะพันรอบเส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* จากนั้นเส้นใยของเชื้อราสามารถเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* (ภาพ 17, 18 และ 19)



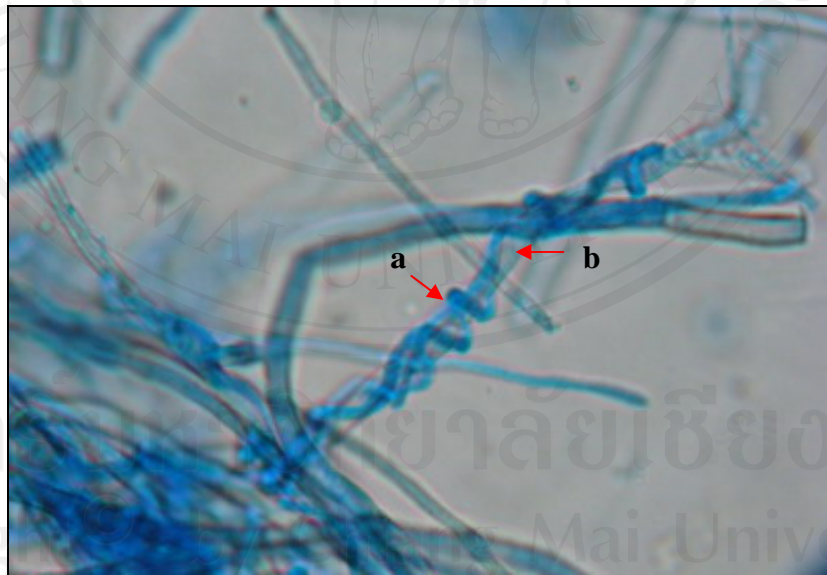
ภาพ 16 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* I 103 (a) ที่พันรอบเส้นใยของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* (b) และแทงเส้นใยเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยของเชื้อสาเหตุ เมื่อย้อมสีด้วย lactophenol cotton blue (x1600)



ภาพ 17 ลักษณะการเข้าทำลายของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* (a) ที่เจริญอยู่ในเส้นใยเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* (b) และเส้นใยที่แฟบลง (c) เมื่อย้อมสีด้วย lactophenol cotton blue (x1600)



ภาพ 18 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma virens* I G10 (a) ที่พันรอบเส้นใยของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* (b) และแทงเส้นใยเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยของเชื้อสาเหตุ เมื่อย้อมสีด้วย lactophenol cotton blue (x1600)



ภาพ 19 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma virens* I G2 (a) ที่พันรอบเส้นใยของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* (b) และแทงเส้นใยเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยของเชื้อสาเหตุเมื่อย้อมสีด้วย lactophenol cotton blue (x1600)

3.1 การศึกษาผลของเชื้อราปฏิปักษ์ต่อการเข้าทำลายเมล็ด ความงอกของเมล็ดและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในระยะต้นอ่อนของถั่วเขียวผิวดำ

จากการแช่เมล็ดใน spore suspension ของเชื้อราปฏิปักษ์ 4 ชนิด แล้วนำไปปลูกลงบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *M. phaseolina* ผลปรากฏว่า กรรมวิธีที่แช่เมล็ดใน spore suspension ของเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มความงอกโผล่พื้นดินให้แก่ต้นอ่อนถั่วเขียวผิวดำได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดปลูกเชื้อสาเหตุเพียงอย่างเดียว โดยพบว่ากรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. harzianum* I 103 มีประสิทธิภาพดีที่สุด รองลงมา คือ *T. harzianum*, *T. virens* I G10 และ *T. virens* I G2 โดยมีความงอกของเมล็ด 93.00 %, 92.75 %, 91.00 % และ 89.50% ตามลำดับ ซึ่งเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิดให้ผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม (ตาราง 8, ภาคผนวกตาราง 14 และภาพ 20) สำหรับการตายก่อนงอกและหลังงอก พบว่า กรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิดมีประสิทธิภาพช่วยลดเปอร์เซ็นต์การตายก่อนงอกและหลังงอก ได้ดีไม่แตกต่างกัน (ตาราง 8, ภาคผนวกตาราง 15, 16 และภาพ 20) ส่วนต้นอ่อนผิดปกติ พบว่า กรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. harzianum* I 103 มีประสิทธิภาพช่วยลดเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิดปกติได้ดีที่สุด รองลงมา คือ *T. harzianum* และ *T. virens* I G10 โดยมีเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิดปกติ 13.00%, 14.25% และ 14.50 % ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. virens* I G2 มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิดปกติ 22.00 % โดยให้ผลไม่แตกต่างกับชุดปลูกเชื้อสาเหตุเพียงอย่างเดียว (ตาราง 8, ภาคผนวกตาราง 17 และภาพ 20) สำหรับความยาวลำต้น พบว่ากรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. harzianum* I103 และ *T. harzianum* มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มความยาวลำต้นมากที่สุด คือ 22.87 ซม. และ 22.08 ซม. ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้นกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุเพียงอย่างเดียว โดยมีความยาวลำต้นน้อยที่สุด คือ 15.60 ซม. (ตาราง 9, ภาคผนวกตาราง 18 และภาพ 20) ส่วนความยาวราก พบว่ากรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. harzianum* I 103 มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มความยาวรากมากที่สุด คือ 22.20 ซม. ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตาราง 9, ภาคผนวกตาราง 19 และภาพ 20) จากการวัดผลโดยชั่งน้ำหนักสดของต้นอ่อนถั่วเขียว พบว่ากรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. harzianum* I103, *T. harzianum*, *T. virens* I G10 ให้น้ำหนักสดมากที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.55 กรัม 27.32 กรัม และ 26.80 กรัม ตามลำดับ และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับกรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา *T. virens* I G2, ชุดควบคุมไม่ปลูกเชื้อ และชุดปลูกเชื้อสาเหตุเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีน้ำหนักสดเท่ากับ 25.55 กรัม 24.08 กรัม และ 18.96 กรัม ตามลำดับ (ตาราง 9, ภาคผนวกตาราง 20 และภาพ 20) ส่วนน้ำหนักแห้ง พบว่ากรรมวิธีที่แช่เมล็ดด้วยเชื้อรา

T. harzianum I 103 ให้น้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 3.40 กรัม รองลงมา คือ *T. harzianum* ซึ่งมีน้ำหนักแห้ง 3.20 กรัม โดยทั้งสองกรรมวิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อและชุดปลูกเชื้อสาเหตุโรค. (ตาราง 9, ภาคผนวกตาราง 21 และภาพ 20)

ตาราง 8 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดิน การตายก่อนงอก การตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากแช่เมล็ดใน suspension ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

กรรมวิธี	ความงอก โผล่พื้นดิน (%) ¹	การตาย ก่อนงอก (%) ¹	การตาย หลังงอก (%) ¹	ต้นอ่อน ผิดปกติ (%) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	97.00 a ²	3.00 b	0.5 d	1.5 d
ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (<i>M. phaseolina</i>)	53.75 b	46.25 a	11.75 a	27.50 a
ปลูกเชื้อ+ <i>T. harzianum</i> I 103	93.00 a	7.00 b	3.25 cd	13.00 c
ปลูกเชื้อ+ <i>T. harzianum</i>	92.75 a	9.00 b	5.00 bc	14.25 bc
ปลูกเชื้อ+ <i>T. virens</i> I G10	91.00 a	8.00 b	5.50 bc	14.50 bc
ปลูกเชื้อ+ <i>T. virens</i> I G2	89.50 a	10.50 b	7.50 b	22.00 ab
LSD ($p=0.01$)	7.89	7.61	29.40	8.36
CV (%)	4.50	26.79	29.40	26.57

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

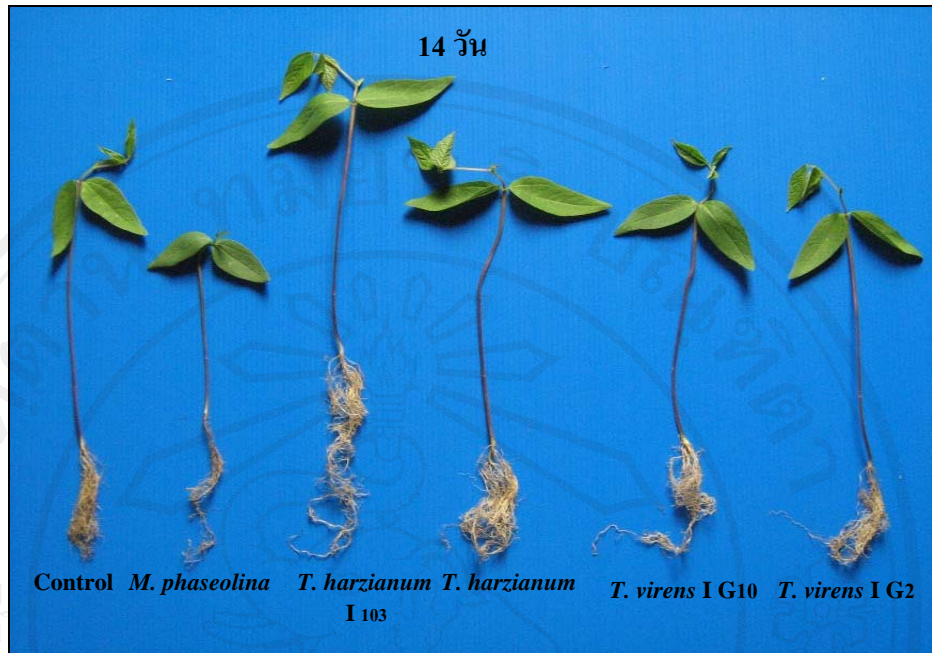
² ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD

ตาราง 9 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อความยาวลำต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของถั่วเขียวพิวค้ำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากแช่เมล็ดใน suspension ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

กรรมวิธี	ความยาว ลำต้น (ซม.) ¹	ความยาว ราก (ซม.) ¹	น้ำหนักสด (กรัม) ¹	น้ำหนักแห้ง (กรัม) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	19.02 ab ²	15.48 d	25.55 b	2.82 c
ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (<i>M. phaseolina</i>)	15.60 b	13.25 e	18.96 c	2.42 d
ปลูกเชื้อ+ <i>T. harzianum</i> I 103	22.87 a	22.20 a	27.55 a	3.40 a
ปลูกเชื้อ+ <i>T. harzianum</i>	22.08 a	19.96 b	27.32 a	3.30 ab
ปลูกเชื้อ+ <i>T. virens</i> I G10	20.59 ab	18.42 c	26.80 a	3.22 b
ปลูกเชื้อ+ <i>T. virens</i> I G2	19.57 ab	15.94 d	24.08 b	3.18 b
LSD ($p=0.01$)	5.04	1.26	0.81	0.18
CV (%)	12.41	3.51	1.58	2.98

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 25 ต้น

² ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบ โดยวิธี LSD



ภาพ 20 เปรียบเทียบลักษณะต้นอ่อนของถั่วเขียวฝักดำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากแช่เมล็ดใน suspension ของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อต้นอ่อน อายุ 14 วัน

4. การศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดเชื้อราในการควบคุมเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

4.1 การทดสอบความสามารถในการควบคุมเชื้อรา *M. phaseolina* บนอาหาร PDA

สารกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *M. phaseolina* ได้ดีที่สุด คือ benomyl ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับ thiram และ captan ที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับ metalaxyl และ mancozeb + metalaxyl ที่ความเข้มข้นอัตราแนะนำ และ สูงกว่าอัตราแนะนำ 0.5 เท่า (ตาราง 10, ภาคผนวกตาราง 22) เมื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุ พบว่า benomyl ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งสูงสุด (92-100%) ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับสารกำจัดเชื้อราชนิดอื่น ที่ความเข้มข้นทั้ง 3 ระดับ รองลงมา คือ thiram (86-89 %) และ captan (63-79 %) ตามลำดับ ส่วนสารกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด คือ metalaxyl และ mancozeb+metalaxyl โดยให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งตั้งแต่ 21-66 % และ 14-58 % ตามลำดับ (ตาราง 11, ภาคผนวกตาราง 23) สำหรับลักษณะการเจริญของเชื้อรา *M. phaseolina* พบว่า ในอาหาร PDA ผสมกับ benomyl ที่ความเข้มข้นอัตราแนะนำ และ สูงกว่าอัตราแนะนำ 0.5 เท่า เชื้อราไม่สามารถสร้างเส้นใยบนอาหารได้ส่วนความเข้มข้นต่ำกว่าอัตราแนะนำ 0.5 เท่า เชื้อราจะสร้างเส้นใยสีขาว มีลักษณะฟู (ภาพ 21) ในอาหาร PDA ผสม captan เชื้อราจะสร้างเส้นใยสีน้ำตาลเข้มตรงกลางโคโลนีส่วนเส้นใยบริเวณรอบจะมีสีขาว เส้นใยมีลักษณะฟู ขอบไม่เรียบ (ภาพ 22) ในอาหาร PDA ผสม metalaxyl เชื้อราจะสร้างเส้นใยสีเทาถึงดำ เส้นใยมีการเจริญราบเรียบไปกับผิวหน้าอาหาร (ภาพ 23) ส่วนในอาหาร PDA ผสม mancozeb + metalaxyl เชื้อราสร้างเส้นใยสีขาวเจริญราบเรียบไปกับผิวหน้าอาหาร ขอบเรียบ (ภาพ 24) และในอาหาร PDA ผสม thiram เชื้อราสร้างเส้นใยสีขาว มีลักษณะฟู (ภาพ 25)

ตาราง 10 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* บนอาหาร PDA ผสมสารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ วัดผล 3 วัน

สารกำจัดเชื้อรา	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (ซม.) ¹		
	ต่ำกว่าอัตราแนะนำ 0.5 เท่า	อัตราแนะนำ	สูงกว่าอัตรา แนะนำ 0.5 เท่า
benomyl	0.66 ²	0.00	0.00
captan	3.24	2.76	1.80
metalaxyl	7.05	5.45	2.98
mancozeb+metalaxyl	7.70	5.70	3.78
thiram	1.26	1.09	0.93
ชุดควบคุม		9.00	
LSD _(p=0.05) = 4.50	CV _(a) (%) = 14.86		
LSD _(p=0.01) = 6.02	CV _(b) (%) = 11.28		

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ

² ค่าเฉลี่ยจากการเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี LSD

ตาราง 11 เปรูร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* บนอาหาร PDA ผสมสารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ วัดผล 3 วัน

สารกำจัดเชื้อรา	การยับยั้ง (%) ¹		
	ต่ำกว่าอัตราแนะนำ		สูงกว่าอัตรา
	0.5 เท่า	อัตราแนะนำ	แนะนำ 0.5 เท่า
benomyl	92.68 (74.28) ²	100.00 (90.00)	100.00 (90.00)
captan	63.98 (53.12)	69.81 (56.66)	79.26 (62.94)
metalaxyl	21.67 (27.58)	39.44 (38.88)	66.85 (54.85)
mancozeb+metalaxyl	14.44 (22.21)	36.20 (36.52)	58.05 (49.84)
thiram	86.02 (68.00)	87.85 (69.58)	89.63 (71.20)

LSD ($p=0.05$) = 4.52 CV_(a) (%) = 7.83

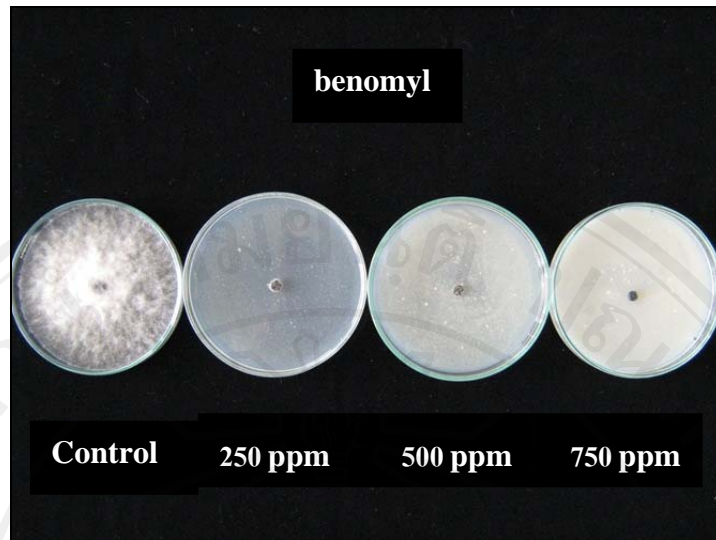
LSD ($p=0.01$) = 6.10 CV_(b) (%) = 5.96

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 6 ซ้ำ

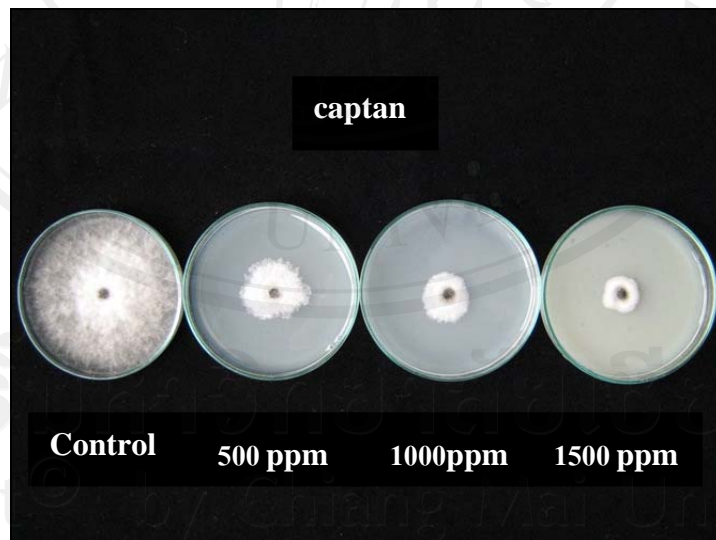
² ค่าเฉลี่ยจากการแปลงข้อมูล โดยวิธี Arcsine transformation

เปรียบเทียบความแตกต่าง โดยวิธี LSD

* ค่าเฉลี่ยของชุดควบคุมไม่ได้นำมาคิดเพราะมีค่าเป็นศูนย์



ภาพ 21 การเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA ผสม benomyl ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม



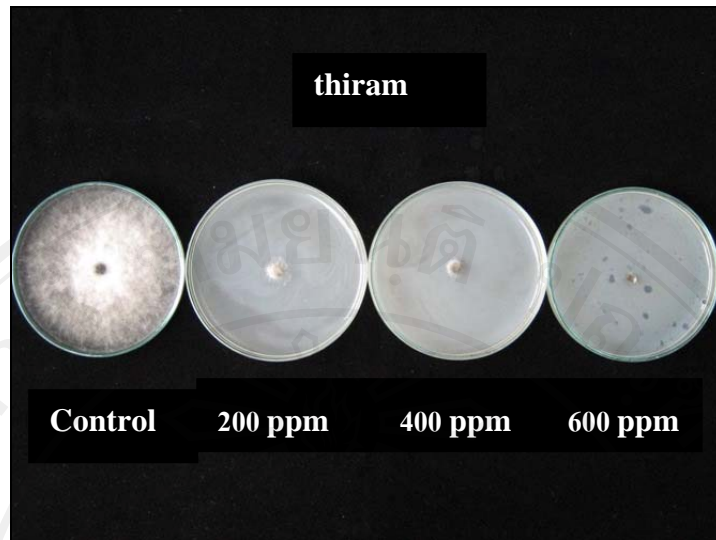
ภาพ 22 การเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA ผสม captan ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม



ภาพ 23 การเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA ผสม metalaxyl ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม



ภาพ 24 การเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA ผสม metalaxyl+mancozeb ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม



ภาพ 25 การเจริญของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* อายุ 3 วัน บนอาหาร PDA ผสม thiram ที่ความเข้มข้น 3 ระดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

4.2 การศึกษาผลของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการเข้าทำลายเมล็ด ความงอกของเมล็ดและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคราในระยะต้นอ่อน โดยการเพาะบนดินมาเชื้อ

จากการใช้สารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด คลุกเมล็ดแล้วนำไปปลูกลงบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *M. phaseolina* พบว่ากรรมวิธีที่คลุกด้วยสารกำจัดเชื้อราทุกชนิด มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดินให้แก่ต้นอ่อนถั่วเขียวพิวคำได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อลงในดินเพียงอย่างเดียว โดยพบว่าชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดินมากที่สุด คือ 97.50 % ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับกรรมวิธีที่คลุกด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl และ thiram ที่มีความงอกของเมล็ด 97.25 % และ 93.00 % ตามลำดับ (ตาราง 12, ภาคผนวกตาราง 24 และภาพ 26) ส่วนการตายก่อนงอก พบว่า กรรมวิธีที่คลุกด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl ช่วยลดเปอร์เซ็นต์การตายก่อนงอกได้ดีที่สุด คือ 3.00 % ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อราชนิดอื่น แต่ไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (ตาราง 12, ภาคผนวกตาราง 25 และภาพ 26) และการตายหลังงอก พบว่ากรรมวิธีที่คลุกด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl และชุดควบคุมไม่พบการตายหลังจากงอกและไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีอื่น ยกเว้นกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุ (ตาราง 12, ภาคผนวกตาราง 26 และภาพ 26) สำหรับต้นอ่อนผิปกติ พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุมีเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิปกติมากที่สุด คือ 43.75 % ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นและพบว่าชุดควบคุมและกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl มีเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิปกติน้อยที่สุด คือ 0.00 % และ 1.25% ตามลำดับ (ตาราง 12, ภาคผนวกตาราง 27 และภาพ 26) สำหรับการทดสอบผลของสารกำจัดเชื้อราต่อความยาวลำต้นของต้นอ่อนถั่วเขียวพิวคำ พบว่า กรรมวิธีที่คลุกด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl มีความยาวลำต้นสูงสุด (24.70 ซม.) แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา thiram, ชุดควบคุม และกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วย captan โดยมีความยาวลำต้น 24.24 ซม., 23.94 ซม. และ 23.26 ซม. ตามลำดับ (ตาราง 13, ภาคผนวกตาราง 28 และภาพ 26) ส่วนความยาวราก พบว่า กรรมวิธีที่คลุกด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl มีความยาวรากสูงสุด (17.10 ซม.) แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา thiram, captan และชุดควบคุม โดยมีความยาวราก 16.63 ซม. 15.98 ซม. และ 15.18 ซม. ตามลำดับ (ตาราง 13, ภาคผนวกตาราง 29 และภาพ 26) จากการทดสอบผลของสารกำจัดเชื้อราต่อการเจริญของต้นอ่อนถั่วเขียวพิวคำ โดยวัดผลจากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนถั่วเขียวพิวคำที่อายุ 14 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุลงดินเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นอ่อนถั่วเขียวพิวคำต่ำที่สุด และกรรมวิธีที่คลุกสารกำจัดเชื้อรา benomyl ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงสุด รองลงมา คือ thiram และ captan ตามลำดับ โดยกรรมวิธีทั้ง 3 ให้ผลไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนสารกำจัดเชื้อราที่ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่ำที่สุดคือ

mancozeb + metalaxyl โดยให้ผลไม่แตกต่างจากชุดปลูกเชื้อสาเหตุเพียงอย่างเดียว (ตาราง 13, ภาคผนวกตาราง 30, 31 และภาพ 26)

ตาราง 12 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด ต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดิน การตายก่อนงอก การตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พินธุโลก 2 หลังจากคลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อราแต่ละชนิด ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

กรรมวิธี	ความงอก โผล่พื้นดิน (%) ¹	การตาย ก่อนงอก (%) ¹	การตาย หลังงอก (%) ¹	ต้นอ่อน ผิดปกติ (%) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	98.25 a ²	2.50 d	0.00 b	0.00 c
ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (<i>M. phaseolina</i>)	50.00 d	42.25 a	7.75 a	43.75 a
ปลูกเชื้อ+benomyl	97.00 ab	3.00 d	0.00 b	1.25 c
ปลูกเชื้อ+captan	81.00 bc	17.25 bc	1.75 b	4.25 bc
ปลูกเชื้อ+metalaxyl	74.75 c	21.50 b	3.75 ab	7.75 bc
ปลูกเชื้อ+ metalaxyl +mancozeb	67.75 c	27.75 b	4.50 ab	11.50 b
ปลูกเชื้อ+thiram	93.00 ab	6.25 d	0.75 b	2.00 c
LSD ($p=0.01$)	17.00	13.37	4.58	8.60
CV (%)	7.51	39.13	86.60	42.68

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

² ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD

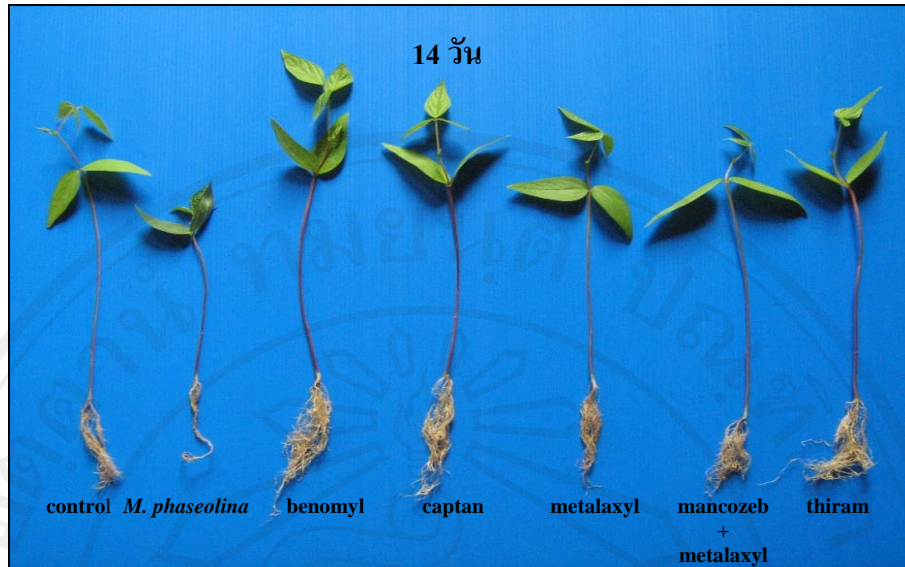
ตาราง 13 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด ต่อความยาวลำต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากคลุกเมล็ดด้วย สารกำจัดเชื้อราแต่ละชนิด ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา

Macrophomina phaseolina

กรรมวิธี	ความยาว ลำต้น (ซม.) ¹	ความยาว ราก (ซม.) ¹	น้ำหนักสด (กรัม) ¹	น้ำหนักแห้ง (กรัม) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	23.25 ab ²	15.18 a	32.88 ab	3.12 a
ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (<i>M. phaseolina</i>)	18.75 c	11.20 b	26.58 b	2.45 b
ปลูกเชื้อ+benomyl	24.70 a	17.10 a	36.05 a	3.40 a
ปลูกเชื้อ+captan	23.94 ab	15.98 a	32.92 a	3.27 a
ปลูกเชื้อ+metalaxyl	21.87 b	15.11 a	32.60 ab	3.30 a
ปลูกเชื้อ+ mancozeb +metalaxyl	22.12 b	14.32 ab	32.08 ab	2.98 ab
ปลูกเชื้อ+thiram	24.24 ab	16.63 a	35.62 a	3.35 a
LSD ($p=0.01$)	2.40	3.68	6.34	0.57
CV (%)	5.30	12.19	9.69	9.11

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 25 ต้น

² ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD



ภาพ 26 เปรียบเทียบลักษณะต้นอ่อนของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากคลุกด้วยสารกำจัดเชื้อรา 5 ชนิด ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อต้นอ่อน อายุ 14 วัน

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ และสารกำจัดเชื้อราในการควบคุมเชื้อรา

Macrophomina phaseolina สาเหตุโรคเน่าดำในสภาพโรงเรือน

จากการเปรียบเทียบการควบคุมโรคเน่าดำในถั่วเขียวฝักดำพันธุ์พิษณุโลก 2 ภายหลังจากปลูกเชื้อ *M. phaseolina* สาเหตุโรคเน่าดำในดินโดยวิธีการแช่เมล็ดใน spore suspension ของเชื้อรา *T. harzianum* I 103, คลุกเชื้อรา *T. harzianum* I 103 ลงในดินที่ปลูกเชื้อในอัตรา 1:1 และคลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl พบว่าการคลุกเมล็ดก่อนปลูกด้วย benomyl มีเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดินสูงที่สุด คือ 98.25 % ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้นกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุลงในดิน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดินน้อยที่สุด 83.25 % (ตาราง 14, ภาคผนวกตาราง 32 และภาพ 27) ส่วนการตายก่อนงอก พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกเชื้อลงในดินเพียงอย่างเดียวมีเปอร์เซ็นต์การตายก่อนงอกมากที่สุด คือ 17.25 % ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับกรรมวิธีอื่นๆ และกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl พบการตายก่อนงอกน้อยที่สุดเพียง 1.75 % (ตาราง 14, ภาคผนวกตาราง 33 และภาพ 27) และการตายหลังงอก พบว่า กรรมวิธีที่ปลูกเชื้อลงในดินเปอร์เซ็นต์การตายหลังงอกมากที่สุด คือ 11.25 % ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีที่แช่เมล็ดใน spore suspension ของเชื้อรา *T. harzianum* I 103 และคลุกเชื้อรา *T. harzianum* I 103 ลงในดินที่ปลูกเชื้อในอัตรา 1:1 โดยมีเปอร์เซ็นต์การตายหลังงอก 4.00 % และ 4.25 % ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 % กับกรรมวิธีที่คลุกสารกำจัดเชื้อรา benomyl และชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การตายหลังงอก 0.00 % และ 0.25 % ตามลำดับ (ตาราง 14, ภาคผนวกตาราง 34 และภาพ 27) สำหรับต้นอ่อนผิดปกติพบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อลงในดินเพียงอย่างเดียว คือ 21.25 % ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ และกรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl พบเปอร์เซ็นต์ต้นอ่อนผิดปกติน้อยที่สุดเพียง 1.75 % (ตาราง 14, ภาคผนวกตาราง 35 และภาพ 27) สำหรับความยาวลำต้น พบว่ากรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl มีความยาวลำต้นมากที่สุด คือ 22.32 ซม. แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีอื่นๆ ยกเว้นกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุ (ตาราง 15, ภาคผนวกตาราง 36 และภาพ 27) ส่วนความยาวราก พบว่า กรรมวิธีที่คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl และ แช่เมล็ดใน spore suspension ของเชื้อรา *T. harzianum* I 103 มีความยาวรากมากที่สุด คือ 17.33 ซม. และ 17.12 ซม. ตามลำดับ (ตาราง 15, ภาคผนวกตาราง 37 และภาพ 27) สำหรับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง พบว่า ทุกกรรมวิธีให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งไม่แตกต่างกัน ยกเว้นกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อสาเหตุเพียงอย่างเดียว แต่กรรมวิธีคลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl มีแนวโน้มในการเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากที่สุด คือ 21.58 กรัม และ 2.45 กรัม ตามลำดับ (ตาราง 15, ภาคผนวกตาราง 38, 39 และภาพ 27)

ตาราง 14 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความงอกโผล่พื้นดิน การตายก่อนงอก การตายหลังงอก และต้นอ่อนผิดปกติของถั่วเขียวผิวดำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากทดสอบกับเชื้อรา ปฏิปักษ์ และ สารกำจัดเชื้อรา ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

กรรมวิธี	ความงอกโผล่พื้นดิน (%) ¹	การตายก่อนงอก (%) ¹	การตายหลังงอก (%) ¹	ต้นอ่อนผิดปกติ (%) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	97.50 a ²	2.50 b	0.25 b	2.25 cd
ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (<i>M. phaseolina</i>)	83.25 b	17.25 a	11.25 a	21.25 a
ปลูกเชื้อ+เข็มกลัดด้วย <i>T. harzianum</i> I 103	91.00 ab	4.00 b	5.75 ab	7.25 bc
ปลูกเชื้อ+คลุกเชื้อรา <i>T. harzianum</i> I 103 ลงดิน	89.50 ab	4.25 b	6.50 a	10.50 b
ปลูกเชื้อ+คลุกเมล็ดด้วย สารกำจัดเชื้อรา benomyl	98.25 a	1.75 b	0.00 b	1.75 d
LSD ($p=0.01$)	3.03	3.57	4.80	0.47
CV (%)	4.76	36.11	61.80	30.02

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด

² ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD

ตาราง 15 เปรียบเทียบความยาวลำต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของถั่วเขียวผิว
ดำพันธุ์พินธุโลก 2 หลังจากทดสอบกับเชื้อราปฏิปักษ์ และสารกำจัดเชื้อรา ทดสอบโดย
วิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina*

กรรมวิธี	ความยาวลำต้น (ซม.) ¹	ความยาวราก (ซม.) ¹	น้ำหนักสด (กรัม) ¹	น้ำหนักแห้ง (กรัม) ¹
ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ)	19.87 a ²	15.10 ab	20.42 a	2.32 a
ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (<i>M. phaseolina</i>)	16.76 b	12.20 b	15.45 b	1.65 b
ปลูกเชื้อ+แซมเมล็ดด้วย <i>T. harzianum</i> I 103	22.30 a	17.12 a	21.22 a	2.38 a
ปลูกเชื้อ+คลุกเชื้อรา <i>T. harzianum</i> I 103 ลงดิน	21.59 a	15.68 ab	21.07 a	2.35 a
ปลูกเชื้อ+คลุกเมล็ดด้วย สารกำจัดเชื้อรา benomyl	22.32 a	17.33 a	21.58 a	2.45 a
LSD ($p=0.01$)	3.03	3.57	4.80	0.47
CV (%)	7.08	11.07	11.54	10.13

¹ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำๆ ละ 25 ต้น

² ตัวอักษรเหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % เปรียบเทียบโดยวิธี LSD



ภาพ 27 เปรียบเทียบลักษณะต้นอ่อนของถั่วเขียวฝวคำพันธุ์พิษณุโลก 2 หลังจากทดสอบกับเชื้อราปฏิปักษ์ และสารกำจัดเชื้อรา ทดสอบโดยวิธีเพาะบนดินที่ผสม inoculum ของเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อต้นอ่อน อายุ 14 วัน

กรรมวิธีที่ 1= Control (ไม่ปลูกเชื้อ)

กรรมวิธีที่ 2= ชุดปลูกเชื้อสาเหตุ (*M. phaseolina*)

กรรมวิธีที่ 3= ปลูกเชื้อ+แซมเมล็ดด้วยเชื้อรา *T. harzianum* I 103

กรรมวิธีที่ 4= ปลูกเชื้อ+คลุกเชื้อรา *T. harzianum* I 103 ลงดิน

กรรมวิธีที่ 5=ปลูกเชื้อ+คลุกเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา benomyl