

ผลการวิจัย

1. แหล่งที่มาของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp.

รวบรวมเชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 15 ไอโซเลต ที่ได้ทำการบ่งชี้ชนิดแล้วโดย สุวิตา (2549) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของเชื้อรา *Trichoderma* spp.

ไอโซเลต	ชนิดของเชื้อ	ไอโซเลต	ชนิดของเชื้อ
T1	<i>T. harzianum</i>	T19	<i>T. asperellum</i>
T4	<i>T. brevicopactum</i>	T20	<i>T. harzianum</i>
T9	<i>T. harzianum</i>	T21	<i>T. virens</i>
T10	<i>T. virens</i>	T24	<i>T. virens</i>
T13	<i>T. asperellum</i>	T25	<i>T. erinaceum</i>
T14	<i>T. asperellum</i>	T30	<i>T. longibrachiatum</i>
T17	<i>T. asperellum</i>	T35	<i>T. virens</i>
T18	<i>T. asperellum</i>		

ที่มา : สุวิตา (2549)

2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพวัสดุที่ใช้ในการขยายเชื้อรา *Trichoderma* spp.

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวัสดุที่ใช้ในการขยายเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 15 ไอโซเลต พบว่า เชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T4, T17, T13 และ T24 สามารถสร้างสปอร์ได้มากที่สุดในช่วงฟาง มีจำนวนสปอร์เฉลี่ยเท่ากับ 5.65×10^8 , 5.02×10^8 , 4.90×10^8 และ 4.89×10^8 conidia/g of substrate ตามลำดับ สำหรับไอโซเลต T1, T20, T10 และ T14 สามารถสร้างสปอร์ได้มากที่สุดในช่วงหักมีจำนวนสปอร์เฉลี่ย เท่ากับ 4.79×10^8 , 3.68×10^8 , 3.54×10^8 และ 3.36×10^8 conidia/g of substrate ส่วนในวัสดุเกลบผสมรำขำนั้นพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T17, T13, T25 และ T35 สร้างสปอร์ได้มากที่สุด คือ 7.52×10^8 , 6.32×10^8 , 5.52×10^8 และ 5.34×10^8 conidia/g of substrate ตามลำดับ และยังพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. เจริญเติบโตและสร้างสปอร์ได้ดีที่สุดในวัสดุขยายเกลบผสมรำขำ ร่องลงมาคือ ข้างฟาง และ ข้างหัก ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนสปอร์เฉลี่ยของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่เจริญในวัสดุขยายต่างๆ หลังจากการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 9 วัน

ไอโซเลต	จำนวนสปอร์เฉลี่ยของเชื้อรา <i>Trichoderma</i> spp. ($\times 10^8$ cfu g ⁻¹)		
	ข้าวฟ่าง	ข้าวหัก	รำ+เกลบ
T1 (<i>T. harzianum</i>)	3.04 c ^{1/}	4.79 a	4.72 defg
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	5.65 a	2.03 d	4.53 fg
T9 (<i>T. harzianum</i>)	3.30 c	2.35 d	2.43 i
T10 (<i>T. virens</i>)	2.60 c	3.54 b	5.13 cdef
T13 (<i>T. asperellum</i>)	4.90 a	3.20 bc	6.32 b
T14 (<i>T. asperellum</i>)	2.97 c	3.36 b	4.46 c
T17 (<i>T. asperellum</i>)	5.02 a	2.58 cd	7.52 a
T18 (<i>T. asperellum</i>)	2.85 c	2.65 cd	3.30 h
T19 (<i>T. asperellum</i>)	2.92 c	2.40 d	5.25 cde
T20 (<i>T. harzianum</i>)	2.66 c	3.68 b	4.22 g
T21 (<i>T. virens</i>)	2.98 c	2.27 d	4.63 efg
T24 (<i>T. virens</i>)	4.89 ab	1.03 e	4.22 g
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	3.44 c	1.13 e	5.52 c
T35 (<i>T. virens</i>)	3.61 c	0.89 e	5.34 cd
ค่าเฉลี่ย	3.63	2.57	4.91
C.V. (%)	16.85	11.73	11.84

^{1/}ค่าเฉลี่ยในทุกคอลัมน์ที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการชักนำให้แตงเทศสร้างความต้านทานต่อโรคต้นแตกยางไหลที่เกิดจากเชื้อรา *Didymella bryoniae*

จากการทดสอบความสามารถในการยับยั้งของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ต่อเชื้อราสาเหตุโรคต้นแตกยางไหลในห้องปฏิบัติการ พบว่าทุกไอโซเลตนั้นมีความสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *D. bryoniae* โดยไอโซเลต T4, T13, T14, T17, T18, T21, T24, T25 และ T35 มีการเจริญของเส้นใย 70 มม. (เจริญครอบคลุมเชื้อรา *D. bryoniae*) ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *D. bryoniae* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ไอโซเลต T1, T9, T10, T19, T20 และ T30 สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *D. bryoniae* 55.67, 63.33, 58.67, 57.67, 55.67 และ 53.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

หลังการปลูกเชื้อรา *D. bryoniae* พบว่าใบแตงเทศเริ่มแสดงอาการหลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 3 วัน โดยเนื้อเยื่อใบแตงเทศเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและขยายวงกว้างขึ้น ต่อมาเนื้อเยื่อบริเวณกลางวงเริ่มแห้ง เมื่อวัดความยาวของแผล (วัดเส้นผ่าศูนย์กลางแผลด้านยาวและด้านกว้าง) พบว่าแตงเทศที่ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ร่วมกับเชื้อรา *D. bryoniae* ทุกกรรมวิธีมีขนาดแผลที่ใบลดลง ($p > 0.05$) ขนาดความยาวของแผลเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.17 มิลลิเมตร พบในแตงเทศที่ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T10 ร่วมกับเชื้อรา *D. bryoniae* สามารถลดการเกิดโรคได้มากถึง 80.36 % รองลงมา คือ แตงเทศที่ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T14, T35, T18 และ T17 ที่มีขนาดความยาวเฉลี่ยของแผล คือ 5.41, 5.50, 5.61 และ 5.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ทำการคัดเลือก

เชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T10 , T14, T35, T18 และ T17 นำไปทดสอบประสิทธิภาพในการชักนำให้แตงเทศต้านทานต่อเชื้อรา *D. bryoniae*

ในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก พบว่าแตงเทศที่ปลูกด้วยเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T10 มีขนาดของผลบนใบน้อยที่สุดคือ 2.25 มิลลิเมตร สามารถลดการเกิดโรคที่ใบได้มากที่สุด คือ 88.47 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือแตงเทศที่ปลูกด้วยเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T17, T35 และ T14 มีขนาดของผลบนใบเท่ากับ 2.62, 5.17, และ 6.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลดการเกิดโรคที่ใบได้ 86.57, 73.50 และ 68.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

สำหรับการปลูกเชื้อที่ลำต้นของแตงเทศนั้น หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 10 วัน เปิดลำลี้ที่หุ้มผลออก พบว่าบริเวณที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคมะมีผลสีน้ำตาลอ่อนลักษณะเป็นแผลลำต้นแตกและแห้ง เมื่อวัดความยาวแผลตามแนวยาวของลำต้น พบว่าแตงเทศที่ปลูกเชื้อ *Trichoderma* ไอโซเลต T25, T24, T21 และ T10 มีความยาวเฉลี่ยของแผลบนลำต้นเท่ากับ 7.73, 9.67, 10.80 และ 10.93 มิลลิเมตร ตามลำดับ สามารถลดการเกิดโรคได้ 60.87, 51.09, 45.36 และ 44.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p > 0.05$) คัดเลือกเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T25 , T24, T21 และ T10 นำไปทดสอบประสิทธิภาพในการชักนำให้แตงเทศต้านทานต่อเชื้อรา *D. bryoniae* ในระดับแปลงปลูกขนาดเล็ก พบว่าขนาดของผลบนลำต้นเล็กที่สุดคือ 9.12 มิลลิเมตรในแตงเทศที่ปลูกด้วยเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T25 ลดการเกิดโรคที่ลำต้นได้มากที่สุด คือ 35.77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือแตงเทศที่ปลูกด้วยเชื้อรา *Trichoderma* ไอโซเลต T10 และ T24 มีขนาดของผลบนลำต้นเท่ากับ 11.34 และ 11.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ลดการเกิดโรคที่ลำต้นได้ 20.14 และ 18.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Didymella bryoniae* หลังการปลูกเชื้อ 5 วัน

ไอโซเลต	การเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Trichoderma</i> spp. (มม.)	ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ <i>Didymella bryoniae</i> (%)
T1 (<i>T. harzianum</i>)	55.67 d	79.52
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	70.00 a	100
T9 (<i>T. harzianum</i>)	63.33 b	90.47
T10 (<i>T. virens</i>)	58.67 c	83.80
T13 (<i>T. asperellum</i>)	70.00 a	100
T14 (<i>T. asperellum</i>)	70.00 a	100
T17 (<i>T. asperellum</i>)	70.00 a	100
T18 (<i>T. asperellum</i>)	70.00 a	100
T19 (<i>T. asperellum</i>)	57.67 c	82.38
T20 (<i>T. harzianum</i>)	55.67 d	79.52

T21 (<i>T. virens</i>)	70.00 a	100
T24 (<i>T. virens</i>)	70.00 a	100
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	70.00 a	100
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	53.67 e	76.67
T35 (<i>T. virens</i>)	70.00 a	100
C.V. (%)	2.56	

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P > 0.05, DMRT)

ตารางที่ 4 ความยาวแผลเฉลี่ยของใบและลำต้นแต่งเศษหลังปลูกเชื้อรา *Didymella bryoniae* ร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในสภาพเรือนทดลอง

ไอโซเลต	ขนาดของแผล (มม.) ^{1/}			
	ใบ ^{2/}	การลดลงของโรค (%)	ลำต้น ^{3/}	การลดลงของโรค (%)
T1 (<i>T. harzianum</i>)	9.22 bcde	42.93	17.67 abc	10.62
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	8.42 bcde	47.88	16.30 abc	17.53
T9 (<i>T. harzianum</i>)	7.25 cde	55.10	12.37 abcd	37.43
T10 (<i>T. virens</i>)	3.17 f	80.36	10.80 cd	45.36
T13 (<i>T. asperellum</i>)	9.00 bcde	44.27	14.20 abcd	28.16
T14 (<i>T. asperellum</i>)	5.41 ef	66.49	15.43 abcd	21.92
T17 (<i>T. asperellum</i>)	5.77 def	64.27	12.83 abcd	35.07
T18 (<i>T. asperellum</i>)	5.61 def	65.25	13.60 abcd	31.19
T19 (<i>T. asperellum</i>)	9.51 bcd	41.13	13.00 abcd	34.23
T20 (<i>T. harzianum</i>)	10.32 bc	36.13	12.17 abcd	38.44
T21 (<i>T. virens</i>)	8.35 bcde	48.29	10.93 bcd	44.68
T24 (<i>T. virens</i>)	7.79 bcde	51.80	9.67 cd	51.09
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	8.46 bcde	47.62	7.73 d	60.87
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	11.41 b	29.38	17.03 abc	13.82
T35 (<i>T. virens</i>)	5.50 def	65.92	19.10 ab	3.37
กรรมวิธีควบคุม ^{4/}	16.17 a	0	19.77 a	0

C.V. (%)	29.76	25.34
----------	-------	-------

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

^{2/} ความยาวแผลเฉลี่ยที่ใบทำการวัดหลังการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคเป็นเวลา 5 วัน

^{3/} ความยาวแผลเฉลี่ยที่ลำต้นทำการวัดหลังการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคเป็นเวลา 10 วัน

^{4/} กรรมวิธีควบคุม คือ ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคพืชเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 5 ความยาวแผลเฉลี่ยของใบและลำต้นแตกตหลังจากปลูกเชื้อรา *Didymella bryoniae* ร่วมกับการ *Trichoderma* spp. ในสภาพแปลงปลูกขนาดเล็ก

ไอโซเลต	ขนาดของแผล (มม.) ^{1/}				
	ใบ ^{2/}	การลดลงของโรค (%)	ไอโซเลต	ลำต้น ^{3/}	การลดลงของโรค (%)
T10	2.25 c	88.47	T10	11.34 b	20.14
T14	6.10 bc	68.73	T21	12.73 ab	10.35
T17	2.62 c	86.57	T24	11.58 b	18.45
T18	11.21 b	42.54	T25	9.12 c	35.77
T35	5.17 bc	73.50	กรรมวิธีควบคุม ^{4/}	14.20 a	0
กรรมวิธีควบคุม ^{4/}	19.51 a	0			
C.V. (%)	35.20		C.V. (%)	8.45	

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

^{2/} ความยาวแผลเฉลี่ยที่ใบทำการวัดหลังการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคเป็นเวลา 5 วัน

^{3/} ความยาวแผลเฉลี่ยที่ลำต้นทำการวัดหลังการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคเป็นเวลา 10 วัน

^{4/} กรรมวิธีควบคุม คือ ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคพืชเพียงอย่างเดียว

4. การส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงเทศเมื่อปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp.

จากการเปรียบเทียบการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงเทศเมื่อปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 15 ไอโซเลต พบว่าไอโซเลต T1, T13, T14, T19 และ T24 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโต ทำให้ต้นแตงเทศมีน้ำหนักต้นสดเพิ่มมากขึ้น ส่วนไอโซเลต T24 และ T25 ทำให้ต้นแตงเทศมีน้ำหนักรากสดเพิ่มมากขึ้น หลังจากได้ทำการชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบแห้งและนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง พบว่าไอโซเลต T35 มีน้ำหนักแห้งของลำต้นเพิ่มมากขึ้น และไอโซเลต T17, T18 และ T35 มีน้ำหนักแห้งของรากเพิ่มมากขึ้น ($p > 0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 น้ำหนักสดน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของต้นและรากแตงเทศอายุ 29 วัน ที่เจริญในดินที่ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp.

ไอโซเลต	น้ำหนักสด (กรัม) ^{1/}		น้ำหนักแห้ง (กรัม)	
	ลำต้น	ราก	ลำต้น	ราก
T1 (<i>T. harzianum</i>)	29.70 a	4.40 abcd	2.26 bc	0.19 efg
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	28.10 ab	3.16 de	1.97 bc	0.15 g
T9 (<i>T. harzianum</i>)	26.16 abc	3.50 bcde	2.44 ab	0.22 cdef
T10 (<i>T. virens</i>)	24.54 abc	4.28 abcde	2.06 bc	0.20 def
T13 (<i>T. asperellum</i>)	29.40 a	3.73 bcde	2.29 abc	0.20 def
T14 (<i>T. asperellum</i>)	29.58 a	4.13 bcde	2.64 ab	0.24 bcd
T17 (<i>T. asperellum</i>)	27.92 ab	5.18 abc	2.31 abc	0.30 a
T18 (<i>T. asperellum</i>)	23.14 abc	4.98 abcd	2.25 bc	0.32 a
T19 (<i>T. asperellum</i>)	29.76 a	4.03 bcde	2.30 abc	0.17 fg
T20 (<i>T. harzianum</i>)	25.67 abc	3.97 bcde	2.34 ab	0.25 bc
T21 (<i>T. virens</i>)	27.53 abc	2.36 e	1.59 c	0.09 h
T24 (<i>T. virens</i>)	29.73 a	6.26 a	2.30 abc	0.23 cde
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	26.43 abc	5.41 ab	2.53 ab	0.26 bc
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	19.80 c	4.07 bcde	2.40 ab	0.19 efg
T35 (<i>T. virens</i>)	26.65 abc	4.58 abcd	3.02 a	0.28 ab
กรรมวิธีควบคุม ^{2/}	20.26 bc	3.36 cde	2.23 bc	0.22 cde
C.V. (%)	18.22	14.81	22.30	14.22

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

^{2/} กรรมวิธีควบคุม = ปลูกต้นแตงเทศในดินที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อและไม่ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp.

5. ตรวจสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* sp. ในการครอบครองรากพืช

จากการตรวจเปอร์เซ็นต์การครอบครองรากแตงเทศหลังจากการปลูกเชื้อ *Trichoderma* spp. 14 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีมีเชื้อรา *Trichoderma* spp. ครอบครองอยู่บนผิวราก ระหว่าง 33.33-80.0 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. virens* (T35) มีเปอร์เซ็นต์การครอบครองรากแตงเทศได้ดี คือ 80.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) กับไอโซเลต T4, T14, T24 และ T25 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การครอบครองรากแตงเทศคือ 50.0 เปอร์เซ็นต์ 56.67เปอร์เซ็นต์ 66.67เปอร์เซ็นต์ และ 60.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 เปอร์เซ็นต์การครอบครองรากแตงเทศหลังจากปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. 14 วัน

ไอโซเลต	เปอร์เซ็นต์การครอบครองราก (%)
T1 (<i>T. harzianum</i>)	33.33 c ^{1/}
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	50.0 abc
T9 (<i>T. harzianum</i>)	36.67 bc
T10 (<i>T. virens</i>)	46.67 bc
T13 (<i>T. asperellum</i>)	43.33 bc
T14 (<i>T. asperellum</i>)	56.67 abc
T17 (<i>T. asperellum</i>)	46.67 bc
T18 (<i>T. asperellum</i>)	46.67 bc
T19 (<i>T. asperellum</i>)	46.67 bc
T20 (<i>T. harzianum</i>)	36.67 bc
T21 (<i>T. virens</i>)	40.0 bc
T24 (<i>T. virens</i>)	66.67 ab
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	60.0 abc
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	40.0 bc
T35 (<i>T. virens</i>)	80.0 a
กรรมวิธีควบคุม ^{2/}	0 d
C.V. (%)	21.49

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

6. การตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ย่อยสลายในใบแตงเทศจากการชักนำให้สร้างความต้านทานโรคโดยเชื้อรา *Trichoderma* spp.

6.1 กิจกรรมของเอนไซม์ chitinase

จากการปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ให้แก่แตงเทศและเก็บใบแตงเทศมาสกัดเพื่อตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ chitinase ในแต่ละช่วงเวลาค่อนข้างแปรปรวน ในบางไอโซเลตกิจกรรมวันที่ 5, 10 และ 15 น้อยกว่าวันที่ 0 แต่มีบางไอโซเลตที่สามารถกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase เพิ่มขึ้น พบว่าไอโซเลต T13 มีกิจกรรมของเอนไซม์

chitinase เพิ่มขึ้นในวันที่ 0 หลังการปลูกเชื้อเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ $6.21 \mu\text{mol}(\text{GlcNAc})/\text{mg protein/hr}$ ในวันที่ 5 หลังการปลูกเชื้อพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทุกไอโซเลตไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ในวันที่ 10 หลังจากปลูกเชื้อพบว่าไอโซเลต T13, T19, T21, T25 และ T35 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ $4.78, 6.05, 4.65, 5.11$ และ $4.73 \mu\text{mol}(\text{GlcNAc})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ ส่วนในวันที่ 15 หลังการปลูกเชื้อ พบว่ามีเพียงไอโซเลต T25 เท่านั้นที่มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p > 0.05$) และนอกจากนี้ยังพบว่าไอโซเลต T10, T17, T20, T24, T25 และ T35 เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังจากการปลูกเชื้อ 0, 5, 10 และ 15 วัน (ตารางที่ 8)

6.2 กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-glucanase

จากการตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ β -1,3-glucanase พบว่าในวันที่ 0 หลังการปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไอโซเลต T13 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ $1.23 \mu\text{mol}(\text{Glu})/\text{mg protein/hr}$ ในวันที่ 5 หลังจากปลูกเชื้อพบว่าไอโซเลต T1, T4, T10, T19, T21, T25 และ T35 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ $2.04, 1.97, 2.18, 2.19, 2.77, 2.14$ และ $2.48 \mu\text{mol}(\text{Glu})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ ในวันที่ 10 หลังจากปลูกเชื้อพบว่าไอโซเลต T19 และ T24 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 3.14 และ $2.81 \mu\text{mol}(\text{Glu})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ และในวันที่ 15 หลังการปลูกเชื้อ พบว่าไอโซเลต T10, T13, T24 และ T25 มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ $3.28, 3.19, 2.92$ และ $3.13 \mu\text{mol}(\text{Glu})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบว่าไอโซเลต T9, T10, T13, T17, T18, T20, T24, T25 และ T30 มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังจากการปลูกเชื้อ 0, 5, 10 และ 15 วัน (ตารางที่ 9)

6.3 กิจกรรมของเอนไซม์ Protease

ผลการทดลองเช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ chitinase และเอนไซม์ β -1,3-glucanase กล่าวคือกิจกรรมของเอนไซม์ protease ในแต่ละวันหลังปลูกเชื้อนั้นค่อนข้างแปรปรวน พบว่าในวันที่ 0 หลังการปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไอโซเลต T1 และ T18 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 3.55 และ $4.09 \mu\text{mol}(\text{tyrosine})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ ในวันที่ 5 หลังจากปลูกเชื้อพบว่าไอโซเลต T1, T4, T18 และ T35 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ $4.20, 4.43, 4.13$ และ $4.32 \mu\text{mol}(\text{tyrosine})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ ในวันที่ 10 หลังจากปลูกเชื้อพบว่าไอโซเลต T14 และ T19 มีกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 4.30 และ $4.69 \mu\text{mol}(\text{tyrosine})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ และในวันที่ 15 หลังการปลูกเชื้อ พบว่าไอโซเลต T18, T20 และ T24 มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p > 0.05$)

ซึ่งมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ 4.24, 4.46 และ 4.44 $\mu\text{mol}(\text{tyrosine})/\text{mg protein/hr}$ ตามลำดับ และนอกจากนี้ยังพบว่าไอโซเลต T9, T17, T24 และ T30 มีค่ากิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังจากการปลูกเชื้อ 0, 5, 10 และ 15 วัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 8 กิจกรรมของเอนไซม์ chitinase หลังการปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. 0 – 15 วัน

ไอโซเลต	Chitinase activity [$\mu\text{mol}(\text{GlcNAc})/\text{mg protein/hr}$] 1/			
	0 dpi ^{2/}	5 dpi	10 dpi	15 dpi
T1 (<i>T. harzianum</i>)	5.30 ab	4.75 ab	4.12 b	4.92 bc
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	3.91 bcd	4.05 abcde	3.50 b	4.65 bc
T9 (<i>T. harzianum</i>)	3.71 cd	4.31 abcde	3.50 b	5.03 bc
T10 (<i>T. virens</i>)	4.11 bcd	4.21 a	4.40 ab	5.65 b
T13 (<i>T. asperellum</i>)	6.21 a	4.62 abc	4.78 a	5.06 bc
T14 (<i>T. asperellum</i>)	4.89 abcd	4.72 ab	4.03 b	4.39 c
T17 (<i>T. asperellum</i>)	3.77 cd	3.95 bcde	4.37 ab	4.66 bc
T18 (<i>T. asperellum</i>)	4.95 abc	3.68 de	4.09 b	4.56 bc
T19 (<i>T. asperellum</i>)	3.96 bcd	4.38 abcde	6.05 a	4.23 c
T20 (<i>T. harzianum</i>)	3.58 cd	3.81 cde	4.24 ab	4.31 c
T21 (<i>T. virens</i>)	4.53 bcd	4.09 abcde	4.65 a	4.61 bc
T24 (<i>T. virens</i>)	3.35 cd	3.55 e	4.51 ab	5.43 bc

T25 (<i>T. erinaceum</i>)	4.07 bcd	4.53 abcd	5.11 a	7.43 a
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	3.45 d	4.39 abcde	3.98 b	4.65 bc
T35 (<i>T. virens</i>)	4.08 bcd	4.44 abcd	4.73 a	5.39 bc
กรรมวิธีควบคุม	3.88 bcd	4.14 abcde	4.03 b	4.68 bc
C.V. (%)	20.51	12.50	25.63	14.93

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

^{2/} dpi = day post inoculation inoculation (จำนวนวันหลังปลูกเชื้อ) เก็บตัวอย่างใบพืชนับจากวันที่ทำการปลูกเชื้อคือ 0, 5, 10, และ 15 วัน ปลูกเชื้อ *Trichoderma* spp. ในอัตรา 1×10^6 สปอร์/ต้น/กระถาง

ตารางที่ 9 กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-glucanase ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. 0 – 15 วัน

ไอโซเลต	β -1,3-glucanase activity [$\mu\text{mol}(\text{Glu})/\text{mg protein/hr}$] ^{1/}			
	0 dpi ^{2/}	5 dpi	10 dpi	15 dpi
T1 (<i>T. harzianum</i>)	0.45 c	2.04 ab	1.95 cde	2.48 abcd
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	0.46 c	1.97 bcd	1.95 cde	2.47 abcd
T9 (<i>T. harzianum</i>)	1.00 ab	1.30 de	1.63 de	2.43 abcd
T10 (<i>T. virens</i>)	0.54 bc	2.18 abc	2.40 abcde	3.28 a
T13 (<i>T. asperellum</i>)	1.23 a	1.60 cde	2.18 bcde	3.19 ab
T14 (<i>T. asperellum</i>)	0.73 abc	1.68 cde	1.57 e	2.12 cd
T17 (<i>T. asperellum</i>)	0.90 abc	1.66 cde	1.75 de	2.46 abcd
T18 (<i>T. asperellum</i>)	0.69 bc	1.56 cde	2.05 bcde	2.75 abcd
T19 (<i>T. asperellum</i>)	0.63 bc	2.19 abc	3.14 a	2.34 bcd
T20 (<i>T. harzianum</i>)	0.63 bc	1.65 cde	2.02 bcde	2.45 abcd
T21 (<i>T. virens</i>)	1.03 ab	2.77 a	2.45 abcd	2.54 abcd
T24 (<i>T. virens</i>)	0.73abc	1.76 cde	2.81 ab	2.92 abc
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	0.68 bc	2.14 abc	2.21 bcde	3.13 ab
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	0.67 bc	1.29 de	1.73 de	2.27 bcd
T35 (<i>T. virens</i>)	0.61 bc	2.48 ab	2.61 abc	1.89 d
กรรมวิธีควบคุม	0.58 bc	1.23 e	1.82 cde	1.92 d
C.V. (%)	43.18	22.28	23.54	22.09

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

^{2/} dpi = day post inoculation inoculation (จำนวนวันหลังปลูกเชื้อ) เก็บตัวอย่างใบพืชนับจากวันที่ทำการปลูกเชื้อคือ 0, 5, 10, และ 15 วัน ปลูกเชื้อ *Trichoderma* spp. ในอัตรา 1×10^6 สปอร์/ต้น/กระถาง

ตารางที่ 10 กิจกรรมของเอนไซม์ protease ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* spp. 0 – 15 วัน

ไอโซเลต	Protease activity [$\mu\text{mol}(\text{tyrosine})/\text{mg}$ protein/hr] ^{1/}			
	0 dpi ^{2/}	5 dpi	10 dpi	15 dpi
T1 (<i>T. harzianum</i>)	3.55 a	4.20 a	2.97 bcd	3.90 abc
T4 (<i>T. brevicopactum</i>)	3.21 ab	4.43 a	3.19 abcd	3.51 abcd
T9 (<i>T. harzianum</i>)	2.00 b	3.05 abc	3.39 abcd	3.62 abc
T10 (<i>T. virens</i>)	2.40 b	3.46 abc	3.39 abcd	3.59 abcd
T13 (<i>T. asperellum</i>)	3.16 ab	2.68 cd	2.08 d	3.29 abcd
T14 (<i>T. asperellum</i>)	3.19 ab	3.41 abc	4.30 ab	2.41 d
T17 (<i>T. asperellum</i>)	2.26 b	2.36 bcd	2.71 cd	4.15 abc
T18 (<i>T. asperellum</i>)	4.09 a	4.13 a	3.70 abc	4.24 ab
T19 (<i>T. asperellum</i>)	2.37 b	2.86 bcd	4.69 a	3.81 abc
T20 (<i>T. harzianum</i>)	2.01 b	3.96 bc	3.03 bcd	4.46 a
T21 (<i>T. virens</i>)	2.04 b	3.12 abc	3.28 abcd	3.02 cd
T24 (<i>T. virens</i>)	2.64 b	3.12 abc	3.71 abc	4.44 a
T25 (<i>T. erinaceum</i>)	3.63 ab	3.46 abc	2.46 cd	3.33 abcd
T30 (<i>T. longibrachiatum</i>)	2.03 b	2.97 abc	3.84 abc	4.16 abc
T35 (<i>T. virens</i>)	1.82 b	4.32 a	3.34 abcd	3.91 abc
กรรมวิธีควบคุม	2.40 b	3.64 bc	2.73 cd	3.11 cd
C.V. (%)	50.61	28.13	27.97	19.39

^{1/} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งเดียวกันที่กำกับด้วยตัวอักษรเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$, DMRT)

^{2/} dpi = day post inoculation inoculation (จำนวนวันหลังปลูกเชื้อ) เก็บตัวอย่างใบพืชนับจากวันที่ทำการปลูกเชื้อคือ 0, 5, 10, และ 15 วัน ปลูกเชื้อ *Trichoderma* spp. ในอัตรา 1×10^6 สปอร์/ต้น/กระถาง

