การประเมินเชื้อพันธุกรรมและวิเคราะห์ความสามารถในการถ่ายทอดของลักษณะผลผลิตและความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในพริก (*Capsicum annuum* L.)

GERMPLASM EVALUATION AND COMBINING ABILITY ANALYSIS FOR YIELD COMPONENTS AND ANTHRACNOSE DISEASE RESISTANCE IN HOT PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

หทัยภัทร อินทร์ประเสริฐ
HATAIPAT INPRASERT

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2565
KMITL-2022-AG-M-065-364

GERMPLASM EVALUATION AND COMBINING ABILITY ANALYSIS FOR YIELD COMPONENTS AND ANTHRACNOSE DISEASE RESISTANCE IN HOT PEPPER (*Capsicum annuum* L.)

HATAIPAT INPRASERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMAENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG 2022

KMITL-2022-AG-M-065-364

COPYRIGHT 2022
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประเมินเชื้อพันธุกรรมและวิเคราะห์ความสามารถในถ่ายทอดของลักษณะผลผลิตและความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในพริก (*Capsicum annuum* L.)

นักศึกษา นางสาวหทัยภัทร อินทร์ประเสริฐ

รหัสประจำตัว 61604052

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2565

อาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร. พัชราภรณ์ สุวอ

บทคัดย่อ

โรคแอนแทรคโนสส่งผลให้พริกเกิดอาการผลเน่าเสียทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เป็นปัญหาสำคัญในการผลิตพริกในช่วงฤดูฝน ส่งผลให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 50% ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินเชื้อพันธุกรรม และวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวของลักษณะผลผลิตและความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในพริกที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์ (progressive line) ที่ได้รับยีนจากแหล่งเชื้อพันธุกรรมต้านทาน 2 แหล่งคือ PBC80 และ PBC932 เปรียบเทียบกับพันธุ์การค้าและพันธุ์อ่อนแอ งานวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วยงานทดลองหลัก 2 งานทดลองคือ 1) การประเมิน และคัดเลือกพริกสายพันธุ์พ่อแม่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส (*C. acutatum* (Ca_KK)) จำนวน 21 สายพันธุ์ในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดง ด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย (spore suspension) ลงบนต้นพริก (SP) วิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล (microinjection) (MI) และตรวจสอบยีนควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส และ 2) การศึกษาความสามารถในการรวมตัวในลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส Ca_KK และลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (มันบางช้าง) ผลการทดลองพบว่าพริก 21 สายพันธุ์มีการตอบสนองต่อเชื้อ Ca_KK แตกต่างกันในทางสถิติทั้งในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดง และพบสายพันธุ์ที่ต้านทานด้วยวิธีการ SP น้อยกว่า MI โดยสายพันธุ์ที่ต้านทานด้วยวิธีการ SP มีดังนี้ ในระยะผลเขียว จำนวน 5 สายพันธุ์คือ ANT4 ANT6 ANT9 ANT17 และ ANT18 และระยะผลแดงจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ ANT4 และ ANT12 ในขณะที่ระยะผลสุกห่ามไม่พบพันธุ์ที่ต้านทาน และพบสายพันธุ์ต้านด้วยวิธี MI ในระยะผลเขียว จำนวน 8 สายพันธุ์คือ ANT1 ANT8 ANT9 ANT10 ANT11 ANT12 ANT16 และ ANT17 ในระยะผลแดงจำนวน 7 สายพันธุ์คือ ANT2 ANT5 ANT9 ANT10 ANT11

ANT12และ ANT13 และเมื่อศึกษาสหสัมพันธ์ของการเกิดโรคแอนแทรคโนสในแต่ระยะของผลพริกและระหว่างวิธีการปลูกเชื้อพบว่ามีความสัมพันธ์กันในทางบวกแต่มีค่าต่ำอยู่ระหว่าง 0.29-0.56 และในพริกพันธุ์ต้านทาน ANT4 ANT17 พบตรวจสอบพบยีนต้านทานโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR- HpmsE032 ในขณะที่พริกพันธุ์ ANT1 ANT9 และ ANT10 ตรวจสอบยีนต้านทานด้วยเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SCAR- Indel และเครื่องหมายโมเลกุลมีประสิทธิภาพในการคัดเลือกอยู่ระหว่างร้อยละ 71.42-90.47 และการทดลองที่ 2 พบว่าลักษณะที่ศึกษามีความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) นั้นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษา ยกเว้นลักษณะของความสูงต้น ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษา อย่างไรก็ตามพบว่าพันธุ์ ANT10 มีค่า GCA ในลักษณะจำนวนผลสูงคือ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ ANT1 และ ANT9 มีค่า GCA ในลักษณะทางผลผลิตสูงมีค่า 0.60 และ 0.20 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาความดีเด่นของลูกผสม พบว่าคู่ผสม ANT4 × ANT17 มีค่า %HP ผลผลิตสูงสุดคือ 209.12 เปอร์เซ็นต์ ในลักษณะความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสพบว่า พันธุ์ ANT4 และ ANT9 มีค่า GCA ต่ำที่สุดในระยะผลเขียว และผลแดง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามลูกผสม ANT9 × ANT18 และ ANT10 × ANT18 มีขนาดของการเกิดแผล และมีเปอร์เซ็นต์ HP ด้านการเกิดโรคต่ำที่สุด ในระยะผลเขียวและผลแดง ตามลำดับ ดังนั้นก่อนที่จะเผยแพร่พันธุ์ใหม่นักปรับปรุงพันธุ์ควรนำสายพันธุ์ที่ดีที่สุดไปปลูกทดสอบในแปลงที่มีการระบาดของโรคจึงคัดเลือกคู่ผสมไปผลิตเป็นการค้าต่อไป หรือนักปรับปรุงพันธุ์สามารถใช้เป็นประชากรพื้นฐานสำหรับปรับปรุงพันธุ์ต้านทานต่อแอนแทรกโนสต่อไป

Thesis	Germplasm Evaluation and Combining Ability Analysis for Yield Components and Anthracnose Disease Resistance in Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.)
Student	Miss Hataipat Inprasert
Student ID	61604052
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2022
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Patcharaporn Suwor

ABSTRACT

Anthracnose disease caused chili fruit rot in both preharvest and postharvest. The chili anthracnose is a more serious of chili production in raining season, which it is affected yield loss by more than 50%. Therefore, this study aimed to evaluate germplasms and study combining ability of yield, yield component, and resistance to anthracnose disease in chili progressive lines derived from PBC80 and PBC932. This study consisted of two main experiments; 1) evaluation and selection parental chilies resistant to *C. acutatum* (Ca_KK) in 21 chili genotypes were inoculated by spraying on whole plant (SP) and microinjection (MI) methods at three maturity stages (green, breaking, and ripe) and identified anthracnose resistant genes 2)study on combining ability of anthracnose disease (Ca_KK), fruit yield and yield components in 15 hybrids compared with 6 their parental lines and susceptible check (Munbangchang). The 21 chili genotypes showed a significant difference in disease response at all fruit stages, in SP method showed the resistant genotype less than the MI method. SP method, we found five chili genotypes (ANT4, ANT6, ANT9, ANT7 and ANT18) and two genotypes (ANT4 and ANT12) resistant at the green and ripe fruit stage, respectively. However, the breaking stage showed all susceptible. MI method we found resistant genotypes, eight at the green fruit stage (ANT1, ANT8, ANT9, ANT10, ANT1 ANT12, ANT16) and seven genotypes (ANT1, ANT8, ANT9, ANT10, ANT1 ANT12, ANT16) at ripe fruit stage. Furthermore, the positive correlations among the resistance in different fruit maturity stages and inoculation methods were found significant difference, but they are low

correlations ranging from 0.29-0.56%. For genotypic evaluation, SSR-HpmE032 detected the resistant gene in two chili progressive lines (ANT4, ANT17), while SCAR-Indel was detected in three progressive lines (ANT1, ANT9 and ANT10), both markers were associated for selection with resistance to *C. accutatum* (Ca_KK) ranging from 71.42-90.47%. The experiment 2, the general combining ability (GCA) of almost traits showed no significant difference, except for plant height. While, the specific combining ability (SCA), was found not significant difference in all the characteristics. However, the GCA value ANT10 gave the highest value in fruit number per plant as 0.05. For the fruit yield ANT1 and ANT9 gave the highest value at 0.60 and 0.20, respectively. The heterosis of yield, ANT4 × ANT17 showed the highest value of 209.12 %, while anthracnose disease resistance ANT4 and ANT9 gave the lowest GCA value at green and ripe fruit stage, respectively. However, ANT9 × ANT18 and ANT1 0 × ANT18 gave the lowest disease lesion size at the green and ripe fruit stages, respectively. Therefore, before releasing the new variety breeder should be yield trail in hotspot areas for selecting the best one for commercial production or might be using the population for breeding resistant to anthracnose.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างดีด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก ผศ.ดร. พัชราภรณ์ สุวอ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแก้ไขปัญหาระหว่างการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศ.ดร. สุชีลา เตชะวงค์เสถียร และ อ.ดร. นครินทร์ จี้อาทิตย์ ที่ให้คำแนะนำและให้ความอนุเคราะห์พันธุ์พริกสำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน และ The World Vegetable Center, ประเทศไต้หวัน ที่ให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อพันธุ์พริกสำหรับงานวิจัย

ขอขอบคุณ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ ที่ให้คำแนะนำ และเอื้อเฟื้อแอนแทรกโนส *C. acutatum* (Ca_KK)

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ความอนุเคราะห์ทุนในการทำวิจัย และค่าใช้จ่ายส่วนตัว

ขอขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่ให้ความอนุเคราะห์ ค่าใช้จ่ายในการศึกษาเล่าเรียนและคอยให้กำลังใจในการเรียนและทำวิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ในภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา ในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์และให้กำลังใจต่อผู้วิจัยเสมอมา

คุณประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแค่คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคูณทุกท่าน

หทัยภัทร อินทร์ประเสริฐ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... III
กิตติกรรมประกาศ..... V
สารบัญ..... VI
สารบัญตาราง..... VIII
สารบัญภาพ..... X

บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ..... 1
1.2 วัตถุประสงค์..... 3
1.3 สถานที่ดำเนินงาน..... 3
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ..... 3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 ที่มาและความสำคัญของพริก..... 4
2.2 การจำแนกและจัดกลุ่มพริก..... 8
2.3 โรคแอนแทรคโนสในพริก..... 9
2.4 การถ่ายทอดยีนให้มีลักษณะต้านทานโรคแอนแทรคโนส..... 13
2.5 กลไกการต้านทานโรคของพริก..... 15
2.6 การศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริก..... 16
2.7 การศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่..... 19
2.8 แผนการผสมเพื่อศึกษาการแสดงออกของยีน..... 21

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 25
งานทดลองที่ 1 การประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส..... 26
งานทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต
และลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส..... 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 37
งานทดลองที่ 1 การประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส..... 37
งานทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส..... 47

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง..... 71

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 75

บรรณานุกรม..... 78

ภาคผนวก..... 88
ภาคผนวก ก..... 89
ภาคผนวก ข..... 92

ประวัติผู้เขียน..... 99

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของพริก 100 กรัมต่อน้ำหนักสด..... 6

2.2 คุณค่าทางโภชนาการของพริกสดและพริกแห้งน้ำหนัก 100 กรัมต่อน้ำหนักสด..... 7

2.3 ชนิดของเชื้อ *Colletotrichum* sp. สาเหตุของโรคแอนแทรคโนสในพริกที่ระบาดและสร้างความเสียหายแก่การผลิตพริกแต่ละประเทศ..... 12

3.1 รายการเชื้อพันธุกรรมพริกที่ใช้ในการประเมินความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส..... 27

3.2 เกณฑ์ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริกด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย..... 29

3.3 ไพรเมอร์ที่ใช้ในการคัดเลือกพริกพันธุ์ที่ต้านทานและอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนสที่พัฒนาจากพริกพันธุ์ PBC932 และ PBC80..... 31

3.4 การวางแผนการผสมสร้างลูกผสมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนสแบบ half diallel cross..... 32

4.1 ค่าดัชนีและขนาดแผลของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกจำนวน 21 สายพันธุ์ในระยะผลเขียว และระยะผลแดง ด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย..... 38

4.2 ค่าดัชนีและขนาดแผลของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกจำนวน 21 สายพันธุ์ในระยะผลเขียว และระยะผลแดง ด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย..... 41

4.3 ค่าสหสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย และวิธีการปลูกเชื้อแบบวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล..... 44

4.4 ความสามารถในการตรวจสอบลักษณะความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสของเครื่องหมายโมเลกุล..... 46

4.5 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรของพริกพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 50

4.6 ค่าความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวลักษณะทางการเกษตร..... 51

4.7 ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์..... 51

4.8 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 52

4.9 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะทางการเกษตร (heterosis) ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.10 ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของพริกพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 57
4.11 ค่าความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต..... 58
4.12 ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์..... 58
4.13 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 59
4.14 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 60
4.15 ค่าดัชนีและขนาดแผลของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในระยะผลเขียว และผลแดงด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล..... 64
4.16 ค่าความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส..... 65
4.17 ค่าเฉลี่ยและความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์..... 66
4.18 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 67
4.19 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม..... 68

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะบาดแผลบนผลพริก สีของสปอร์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (PDA) และลักษณะ conidia ของเชื้อ 4 สปีชีส์ ได้แก่ *C. gloeosporioides* (A), *C. capsici* (B), *C. acutatum* (C), *C. coccodes* (D)..... 11

3.1 แผนผังการปรับปรุงพันธุ์พริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส..... 25

3.2 การเตรียมเชื้อ *C. acutatumn* (Ca_KK) (A), การพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย *C. acutatumn* (Ca_KK) ลงบนต้นพริก (B), การคลุมถุงดำต้นพริกหลังได้รับการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย (C) และการบ่นพริกหลัง การได้รับการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย (D) 26

3.3 ระยะช่วงสีที่ใช้ในการประเมินการเกิดโรคในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดงในวิธีการปลูกเชื้อแบบการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย..... 29

3.4 ลักษณะของเชื้อ *C.acutatum* (Ca_KK) ที่เจริญบนอาหาร PDA (A), วิธีการปลูกเชื้อด้วย microinjection ลงไปที่ผิวของผลพริก (B) และการบ่มผลพริกหลังจากปลูกเชื้อในกล่อง เก็บความชื้น..... 30

3.5 ระดับความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส 6 ระดับ (0 mm = ต้านทานโรคมาก (HR), 0.1-2 mm = ต้านทานโรค (R), 2.1-4 mm = ต้านทานปานกลาง (MR), 5-9 mm = อ่อนแอปานกลาง (MS), 10-15 mm = อ่อนแอ (S), 15 mm = อ่อนแอมาก (HS).... 30

4.1 เปอร์เซ็นต์การตอบสนองต่อโรคแอนแทรคโนสของพริกทั้ง 3 กลุ่ม ในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดงด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย..... 39

4.2 ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองต่อโรคแอนแทรกโนสของพริกทั้ง 3 กลุ่ม ในระยะผลเขียว และผลแดงด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล..... 42

4.3 กลุ่มพริกที่ได้รับการพัฒนามาจากพริก PBC932..... 43

4.4 กลุ่มพริกที่ได้รับการพัฒนามาจากพริก PBC80..... 43

4.5 แถบ DNA การตรวจยีนควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสโดยใช้ไพรเมอร์ SSR-HpmsE032 ตรวจสอบในพริก 21 สายพันธุ์ ; M: ไม้บรรทัด 100 bp; ช่องที่ 1-20 และช่องที่ 22 คือสายพันธุ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ; ช่องที่ 21 คือ dH_2O..... 46

4.6 พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตสูง จำนวน 5 สายพันธุ์..... 61

4.7 พริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตสูง จำนวน 8 สายพันธุ์..... 61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

4.8 พริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตสูง จำนวน 6 สายพันธุ์..... 61

4.9 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่สามารถต้านทานการเกิดโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ได้ในทั้ง 5 และ 7 วันหลังการประเมินรวมถึงต้านทานได้ในทั้งระยะผลเขียว และระยะผลแดง..... 69

4.10 พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด..... 69

4.11 พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด..... 69

4.12 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด..... 70

4.13 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด..... 70

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

พริกเป็นพืชผักที่มีสำคัญทางเศรษฐกิจของไทย ที่ควรส่งเสริมให้มีการทำวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพราะมีการใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น พริกสด พริกแห้ง อุตสาหกรรม และเมล็ดพันธุ์ ประเทศที่มีการผลิตพริกมากที่สุดในเอเชีย คือ จีน อินเดีย อินโดนีเซีย และไทยที่อยู่เป็นอันดับที่ 5 (FAO, 2017) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกพริก 252,519 ไร่ ผลผลิตประมาณ 4,232 ตันต่อปี (กรมส่งเสริมเกษตร, 2561) โดยประเทศไทยมีการเพาะปลูกในหลายพื้นที่ เช่น ขอนแก่น อุบลราชธานี ศรีษะเกษ แพร่ น่าน เป็นต้น อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตพริกในประเทศยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากเกษตรกรผู้ผลิตพริกพบปัญหาในการผลิตพริกค่อนข้างมาก จากความแปรปรวนของสภาพแวดล้อม การขาดระบบจัดการที่ดี และปัญหาการแพร่ระบาดของโรคและแมลง เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย ไส้เดือนฝอย และไวรัส โดยเฉพาะโรคแอนแทรคโนส ที่สร้างความเสียหายให้แก่ผลผลิตพริกได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ระยะก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งปัญหาจากโรคที่เกิดขึ้นนี้ส่งผลให้ผลผลิตพริกลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโรคดังกล่าวส่งผลถึงคุณภาพและความปลอดภัยเพราะเชื้อราที่ติดกับผลผลิตอาจส่งผลให้เกิดอะฟลาท็อกซิน ปัจจุบันการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสนั้นยังทำได้ยากและการใช้สารเคมีนั้นยังไม่สามารถควบคุมโรคได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะการผลิตพริกในฤดูฝน

โรคแอนแทรคโนส มีสาเหตุมาจากเชื้อราในจีนัส *Colletotrichum* sp. โดยเชื้อสปีชีส์ที่แพร่ระบาดอย่างรุนแรงในการผลิตพริกคือ *C. acutatum* และ *C. capsici* และในปัจจุบันได้มีการจำแนกเชื้อใหม่ขึ้นมาชื่อ *C. truncatum* และ *C. scoville* (Damm et al., 2012) ซึ่งใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ลำดับโมเลกุล และการวิเคราะห์ลำดับดีเอ็นเอในการคัดแยกเชื้อ (Than et al., 2008) ลักษณะอาการเกิดโรค และความรุนของโรคขึ้นอยู่กับเชื้อ และสายพันธุ์ของพืช ซึ่งจากลักษณะการเข้าทำลายและลักษณะทางสัณฐาน โดยเชื้อที่แตกต่างกันส่งผลต่อการแสดงออกของยีนในพืชที่แตกต่างกัน จากการศึกษาความต้านต่อโรคแอนแทรคโนสได้รายงานครั้งแรกโดย The World Vegetable Center,Taiwan (Worldveg.) ถูกค้นพบในพริกของกลุ่ม *C. baccatum* สายพันธุ์ PBC80, PBC81 , PI594137, PI497985-1 และ PI260550 มีความต้านทานต่อเชื้อ *C. acutatum* (Kim et al.,2008, Mahasuk et al., 2009a, Lee et al., 2011) โดยยีนที่ความคุมความต้านทานในพริก PBC80 มีจำนวน 2 ยีน คือ ยีน *Co5* ถ่ายทอดแบบยีนเด่นในระยะผลแดง จำนวน 1 คู่ และ ยีน *co4* ถ่ายทอดแบบยีนด้อย 1 ตำแหน่งในระยะผลเขียว (Mahasuk, 2009a) นอกจากนี้ยังพบยีนต้านทานในพริกกลุ่ม *C. chinense* คือพริกพันธุ์ PBC932 มีความต้านทานต่อเชื้อ *C. capsici* ยีนที่ควบคุมความ

ต้านทานถูกค้นพบ 3 ยีน คือ *co1 co2* และ *co3* (Pakdeevaraporn, 2005) โดยแต่ละยีนแสดงออกแบบยีนด้อย อย่างไรก็ตามพันธุ์ที่มียีนต้านทานเหล่านี้ยังมีลักษณะบางอย่างที่ไม่สามารถใช้เป็นพันธุ์ในทางการค้าได้ เช่น ขนาดรูปร่างผล อายุพืช และผลผลิตยังไม่ตรงกับความต้องการของตลาด และความสามารถในการต้านทานโรคยังจำกัดเฉพาะพื้นที่ การพัฒนาสายพันธุ์พริกให้ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสจำเป็นต้องมีการประเมินและคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีมีความเหมาะสมต่อพื้นที่ และต่อเชื้อเพื่อใช้เป็นสายพันธุ์พ่อแม่ในการสร้างลูกผสมพริกที่มีลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสให้มีคุณภาพนอกจากนั้นการสร้างลูกผสมที่ดีทางการค้าที่มีการรวบรวมลักษณะที่ต้องการจำเป็นต้องมีพันธุ์พ่อ และแม่ที่ดีที่สามารถให้ลูกผสมที่มีลักษณะที่ต้องการ ปัจจุบันเมล็ดพันธุ์ลูกผสมถูกนำมาใช้ผลิตพืชเพื่อการค้าอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความสม่ำเสมอสูง ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและให้ผลผลิตสูง (Samphantharak, 2003) ความสำคัญของลูกผสม คือ ให้ลักษณะเชิงปริมาณ หรือคุณภาพที่ดีกว่าพันธุ์พ่อหรือแม่ เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์ได้ใช้ประโยชน์จากความดีเด่นเหนือลูกผสม (heterosis หรือ hybrid vigor) (Chongkid, 2005; Singh et al., 2004) จากงานวิจัยที่ผ่านมา Worldveg. ได้มีการพัฒนาสายพันธุ์พริก *C. annuum* L. ที่เป็นพริกในกลุ่มพันธุ์การค้าให้มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส โดยได้รับการถ่ายยีนต้านทานมาจาก PBC932 (*C. chinense*) คือ พันธุ์ IR*4/PBC932 (0038-9155-5-1) และ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้ทำการพัฒนาสายพันธุ์พริก *C. annuum* L. โดยถ่ายยีนต้านทานจาก PBC80 (*C. baccatum*) ด้วยวิธีการเลี้ยงคัพภะ (embryorescue) นำไปปลูกและผสมกลับไปทางพริกชั่วรุ่นที่ 2 อย่างไรก็ตามสายพันธุ์ที่ได้รับพัฒนาขึ้นมานั้นมีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสแต่ยังมีลักษณะบางอย่างที่ยังไม่สามารถนำมาเป็นพันธุ์การค้าได้จากนั้นจึงได้นำประชากรพริกที่ได้รับการถ่ายยีนต้านทานจากทั้งสองแห่งมาพัฒนาสายพันธุ์ให้มีลักษณะที่ดีและเข้าสู่การเป็นพันธุ์การค้ามากขึ้น โดยทำการปลูกคัดเลือกต่อมาจนถึงลูกผสมรุ่นที่ 4 จำนวน 34 สายพันธุ์โดยเป็นประชากรที่พัฒนาจาก PBC932 จำนวน 1 สายพันธุ์ (code 101) และเป็นประชากรที่พัฒนาจาก PBC80 จำนวน 33 สายพันธุ์ (code 201-234) อย่างไรก็ตามพริกที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมายังพบว่ามีการกระจายตัวในลักษณะทางการเกษตรและความต้านทานต่อโรคจึงยังไม่สามารถใช้เป็นพันธุ์การค้าได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส และศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริกในลักษะความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสและลักษณะทางการเกษตรเพื่อพัฒนาให้เป็นพันธุ์การค้าต้านทานโรคแอนแทรคโนส

1.2วัตถุประสงค์

1.2.1. เพื่อประเมินความต้านทานและคัดเลือกพันธุ์พริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส และตรวจหายีนต้านทานโรคแอนแทรคโนส

1.2.2. เพื่อศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริกในลักษณะของผลผลิตและลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

1.3 สถานที่ดำเนินงาน

ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา อาคารเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โรงเรือนปฏิบัติการและแปลงเกษตรภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ได้เชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานแอนแทรคโนส และทราบความสัมพันธ์ของระยะผลต่อการตอบสนองต่อโรคแอนแทรคโนส

1.4.2. ได้ทราบความสามารถในการรวมตัวระหว่างสายพันธุ์พริกในลักษณะผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตและความต้านทานต่อ โรคแอนแทรคโนส

1.4.3. ได้พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัวเฉพาะที่ดีในลักษณะ ต่าง ๆ เช่น ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตพริก และความสามารถในการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสโนสและความดีเด่นของลูกผสมระหว่างพริกพันธุ์พ่อแม่ 6 สายพันธุ์

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ที่มาและความสำคัญของพริก

พริก เป็นผักชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพสูง และมีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบทั้งจากวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์แปรรูปในหลากหลาย นอกจากนั้นยังนำมาใช้เป็นสมุนไพรในครัวเรือน ที่มีการใช้ประโยชน์ทางการแพทย์มาอย่างยาวนาน เพราะพริกอุดมไปด้วย สารกลุ่มแคปไซซินอยด์ (capsaicinoide) วิตามินซี เบตาแคโรทีน และสารไบโอเฟลโวนอยด์ โดยในปัจจุบันได้มีการใช้ประโยชน์จากสารต่าง ๆ ที่มีอยู่ในพริกอย่างแพร่หลาย (ชวนพิศ, 2549) จึงส่งผลให้ความต้องการผลพริกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ประกอบกับปัจจุบันประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้น และมีความตระหนักถึงอาหารที่ดีต่อสุขภาพ จึงมีการใช้ประโยชน์จากพฤกษเคมีของพริกในด้านโภชนาการอาหารและยารักษาโรคมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้มีความต้องการพริกที่มีลักษณะที่แตกต่างกันในด้านรูปร่าง สีสัน และความเผ็ดมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับประเภทผลิตภัณฑ์อาหารและยารักษาโรค ขึ้นอยู่กับผู้ผลิต ผู้ขาย และผู้บริโภค ดังนั้นนักปรับปรุงพันธุ์จึงต้องพัฒนาพันธุ์พริกให้มีความหลากหลายและตรงกับความต้องการของอุตสาหกรรมดังกล่าว สามารถช่วยให้ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีเอกลักษณ์ได้มากขึ้น เพราะเป็นการสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่จากพืชพันธุ์ที่มีคุณลักษณะที่แตกต่างไปจากเดิม (สุชีลา, 2557)

2.1.1 ความสำคัญทางด้านโภชนาการ

พริก มีประโยชน์อย่างกว้างขวางทั่วโลก ช่วยเสริมสร้างสุขภาพและอารมณ์ดี เนื่องจากสารแคปไซซินมีส่วนช่วยในการส่งสัญญาณให้ต่อมใต้สมองสร้างสารเอนเดอร์ฟินขึ้น สารเอนเดอร์ฟินเป็นเปปไทด์ขนาดเล็ก (เป็นโปรตีนสายสั้น ๆ) มีคุณสมบัติคล้ายมอร์ฟีน คือ บรรเทาอาการเจ็บปวด ในขณะเดียวกันก็สร้างอารมณ์ให้ดีขึ้น ยิ่งรับประทานเข้าไปมากเท่าใด ร่างกายก็จะสร้างสารเอนเดอร์ฟินขึ้นมามากขึ้นเท่านั้น โดยปกติร่างกายของคนเราจะสร้างสารเอนเดอร์ฟินขึ้นมาภายหลังการออกกำลังกาย ซึ่งจะทำให้รู้สึกสดชื่น แจ่มใส ในแง่ของคุณค่าทางอาหารคาว ซอสปรุงรส ของหวาน ของว่าง และเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ เนื่องจากผลผลิตพริกประกอบไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย (ตารางที่ 2.1) สารสีเหลือง สีส้ม และสีแดงในผลพริก จัดเป็นสารจำพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoids) ซึ่งมีอยู่มากถึง 20 ชนิด สารที่สำคัญ ได้แก่ เบต้าแคโรทีน (beta-carotene) โดยเป็นสารตั้งต้นของวิตามินเอที่ช่วยบำรุงสายตา ช่วยลดอัตราการกลายพันธุ์และทำลายเซลล์มะเร็ง พบเป็นแหล่งของกรด ascorbic acid ที่ช่วยขยายเส้นเลือดในลำไส้ และกระเพาะอาหาร นอกจากนี้พริกยังมีสารแอนติออกซิแดนท์ที่เรียกว่า สารแคปไซซิน (capsaicin) ซึ่งมีรสเผ็ดร้อนและมี

มากที่สุดที่ไส้กลางผลพริกบริเวณที่เมล็ดติดอยู่ สารแคปไซซินสามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่และฤทธิ์การทำลายของอนุมูลอิสระ ซึ่งทำให้ร่างกายเสื่อมสภาพและเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหัวใจและโรคหลอดเลือด ช่วยลดอาการปวดศีรษะไมเกรน ช่วยลดปริมาณคลอเลสเทอรอลชนิดไม่ดี (LDL) และเพิ่มปริมาณคลอเลสเทอรอลชนิดดี (HDL) มีการสกัดเป็นผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ เช่น ผลิตภัณฑ์ Cayenne ที่ใช้ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ยังเป็นส่วนผสมของยาทาภายนอกบรรเทาปวด และรักษาโรคผิวหนัง พริกมีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วย โปรตีน วิตามินและแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น พริกชี้ฟ้ามีโปรตีน 2.8 กรัม ไขมัน 2.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 6.6 กรัม เส้นใย 3.5 กรัม แคลเซียม 3 มิลลิกรัม เป็นต้น (ตารางที่ 2.2) แต่วิตามินจะสลายตัวง่ายเมื่อถูกความร้อนเพราะฉะนั้นถ้าต้องการได้รับวิตามินซีสูงควรรับประทานพริกในแบบของพริกสด (มโนวิช และจันทรัตน์, 2547) นอกจากนี้ยังพบว่า พริกที่ผ่านการตากแห้งด้วยแสงแดด มีวิตามิน ซี วิตามิน เค Omega-6 Fatty acids และโพแทสเซียมสูงกว่าพริกในแบบอื่น ๆ ดังนั้น การนำผลพริกแห้งที่ผ่านการตากแดดมาปรุงอาหารหรือสกัดเป็นสารสำคัญ น่าจะเป็นวิธีการที่ทำให้คุณค่าของสารอาหารที่เป็นประโยชน์สูงกว่าการผลิตพริกในรูปแบบอื่น ๆ (สุชีลา, 2557) ในทางยาใช้เป็นยาต้านการระคายเคือง (counter irritant) ในผู้ที่มีอาการปวดบริเวณผิวหนัง ระงับอาการปวดประสาทหลังจากเป็นโรคงูสวัด

2.1.2 ความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ

พริกเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจอันดับต้น ๆ ของโลก จากการรายงานของ FAO (2019) พบว่าประเทศที่มีพื้นที่การผลิตพริกแบ่งออกเป็น พริกเพื่อบริโภคผลสด 23.2 ล้านไร่ พริกเพื่อบริโภคผลแห้ง 10.8 ล้านไร่ รวม 34 ล้านไร่ ประเทศที่มีพื้นที่ปลูกพริกสดเป็นอันดับต้น ๆ ของโลก ได้แก่ จีน (5.0 ล้านไร่) อินเดีย (4.9 ล้านไร่) อินโดนีเซีย (1.9 ล้านไร่) เอธิโอเปีย (1.1 ล้านไร่) เม็กซิโก (0.9 ล้านไร่) พม่า (0.7 ล้านไร่) ไนจีเรีย (0.6 ล้านไร่) รวมพื้นที่ 14.4 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 62.1 ของพื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตทั้งหมด ส่วนพริกเพื่อบริโภคผลแห้ง พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ อยู่ในทวีปเอเชีย ได้แก่ อินเดีย (4.8 ล้านไร่) พม่า (0.7 ล้านไร่) บังคลาเทศ (0.6 ล้านไร่) ไทย (0.6 ล้านไร่) เวียดนาม (0.5 ล้านไร่) จีน (0.3 ล้านไร่) ปากีสถาน (0.3 ล้านไร่) รวม 7.8 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 71.8 ของพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด ส่วนเมล็ดพันธุ์พริกประเทศไทยมีการนำเข้า ปริมาณ 284 ตัน มูลค่า 63.25 ล้านบาท และส่งออกเมล็ดพันธุ์พริก ปริมาณ 91 ตัน มูลค่า 807.1 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืช และวัสดุการเกษตร, 2563) ซึ่งประเทศไทยมีการผลิตพริกทั่วทุกภาคของประเทศ แต่ช่วงการผลิตที่เหมาะสม และช่วงที่ผลผลิตที่ออกสู่ตลาดแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับภูมิภาคหรือสภาพแวดล้อม โดยจังหวัดที่มีการปลูกพริกทางภาคเหนือ ได้แก่ น่าน แพร่ และตาก ส่วนจังหวัดที่ปลูกพริกในภาคอีสาน ได้แก่ นครพนม อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สกลนคร กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ส่วนจังหวัดที่ปลูกพริกภาคกลาง ได้แก่ กาญจนบุรี และจังหวัดที่ปลูกพริกภาคใต้ ได้แก่ นครศรีธรรมราช พัทลุง และสงขลา การผลิตพริกในประเทศไทยนั้นร้อยละ 80 เป็นการปลูกในฤดูฝนที่มีแหล่งน้ำ มีการให้น้ำชลประทาน ทั้งแบบเปิดเข้าร่อง ระบบน้ำหยด หรือระบบน้ำสปริงเกอร์ เป็นต้น มีขั้นตอนการจัดการดูแลตั้งแต่เพาะกล้าจนกระทั่งเก็บเกี่ยวที่ดีกว่าการปลูกพืชไร่

ส่งผลให้มีผลผลิตสูงมากกว่า 2,000 กิโลกรัม/ ไร่ และมีคุณภาพดีกว่า (สุชีลา, 2558) ทั้งนี้มูลค่าทางเศรษฐกิจของพริกสามารถพิจารณาได้จากปริมาณและมูลค่าการบริโภคภายในประเทศ และส่งออกไปยังต่างประเทศในรูปแบบของผลผลิตพริกและผลิตภัณฑ์จากพริก (สุชีลา, 2557) ประเทศไทยมีการส่งออกพริกสดแช่เย็น พริกป่น พริกแห้ง และซอสพริก คิดเป็นมูลค่ารวม 3,860.64 ล้านบาท และยังมีการนำเข้าพริกสดแช่เย็น พริกป่น พริกแห้ง และซอสพริกคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 9,989.65 ล้านบาทต่อปี (FAO, 2017)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของพริก 100 กรัมต่อน้ำหนักสด

Components	Goat pepper	Big bird chili	Bird chili
humidity (%)	84	85.5	81.9
energy (calories)	58	44	55
Protein (g)	2.8	0.4	3.4
Fat (g)	2.3	1.2	1.4
Carbohydrate (g)	6.6	7.8	7.2
Fiber (g)	3.5	4.5	5.2
Cinders (g)	0.8	0.3	0.9
Calcium (mg)	3	6	4
Phosphorus (mg)	18	64	14
Iron (mg)	1.3	0.3	1.2
Vitamin A (IU)	10,000	1/[1/]	2,417
Vitamin B 1 (mg)	0.16	0.13	0.29
Vitamin B 2 (mg)	0.24	0.15	0.11
Vitamin C (mg)	168	37	44
Niacin (mg)	3.5	1.8	1.5

[1/] Not anlyzed

ที่มา: Bureau (1992)

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของพริกสดและพริกแห้งน้ำหนัก 100 กรัมต่อน้ำหนักสด

Nutrition facts (100 g)	Hot pepper (green, raw)	Hot pepper (red, raw)	Hot pepper (sun dried)	Hot pepper (green canned)	Hot pepper (red canned)	Hot pepper (green sauce)	Hot pepper (red sauce)	Hot pepper sauce (ready-to- serve)
Calorie (cal)	40.0	40.0	324.0	21.0	21.0	20.0	21.0	11.0
Carbohydrate (cal)	33.4	31.7	250.0	18.0	18.0	16.3	12.0	6.7
Fat (cal)	1.7	3.7	48.6	0.8	0.8	0.9	5.4	3.1
Proteine (cal)	4.9	4.6	25.8	2.2	2.2	2.8	3.6	1.2
Vitamins								
A (IU)	1179.0	952.0	26488.0	721.0	11892.0	584.0	458.0	162.0
C (mg)	242.0	144.0	31.4	68.0	68.0	68.0	30.0	74.8
E (α-Tocopherol) (mg)	0.7	0.7	3.1	0.7	0.7	0.3	0.4	0.1
K (mcg)	14.3	14.0	108.0	8.7	8.7	7.1	6.7	2.4
Thiamin (mg)	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-	-
Riboflavin (mg)	0.1	0.1	1.2	0.1	0.1	-	0.1	0.1
Niacin (mg)	0.9	1.2	8.7	0.8	0.8	0.7	0.6	0.3
B6 (mg)	0.3	0.5	0.8	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2
Folate (mcg)	23.0	23.0	51.0	10.0	10.0	12.0	11.0	6.0
Pantothenic Acid (mg)	0.1	0.2	1.0	-	-	-	-	0.1
Choline (mg)	11.1	10.9	84.3	6.8	6.8	4.8	6.1	-
Fast and Fatty Acids								
Saturated Fat (g)	0.2	-	0.8	-	-	-	0.1	0.1
Monounsaturated Fat (g)	-	-	0.5	-	-	0.1	0.4	-
Polyunsatueated Fat (g)	0.1	0.2	3.1	0.1	0.1	-	0.1	0.2
Total Omega-3 Fatty	5.0	11.0	23.0	2.0	2.0	1.0	4.0	1.0
Acids (mg)								
Total Omega-6 Fatty	104.0	228.0	3056.0	52.0	52.0	12.0	69.0	195.0
Acids (mg)								
Minerals								
Calcium (mg)	18.0	14.0	45.0	7.0	7.0	5.0	9.0	8.0
Iron (mg)	1.2	1.0	6.0	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5
Magnesium (mg)	25.0	23.0	88.0	14.0	14.0	12.0	12.0	5.0
Phosphorus (mg)	46.0	43.0	159.0	17.0	17.0	14.0	16.0	11.0
Potassium (mg)	340.0	322.0	1870.0	187.0	187.0	564.0	564.0	144.0
Sodium (mg)	7.0	9.0	91.0	1173.0	1173.0	25.0	25.0	2643.0
Zinc (mg)	0.3	0.3	1.0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1
Copper (mg)	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	-
Manganese (mg)	0.2	0.2	0.8	0.1	0.1	-	-	-
Selenium (mcg)	0.5	0.5	3.5	0.3	0.3	0.2	0.2	-
Other								
Water (g)	87.8	88.0	7.2	92.5	92.5	93.9	94.1	90.0
Ash (g)	0.6	0.9	6.6	1.4	1.4	0.7	0.5	7.4

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก SELF Nutrition DATA (2019)

2.2 การจำแนกและจัดกลุ่มพริก

พริกใน Genus *Capsicum* จัดจำแนกออกเป็น 32 สปีชีส์ (Dewitt and Bosland, 2009) โดยจัดจำแนกตามลักษณะการเจริญเติบโต เช่น ลำต้น ใบ ดอก รูปร่างผล สีสัน และขนาดผล (Bailey, 1923; Smith and Heiser, 1951) พันธุ์ที่นิยมปลูกในปัจจุบันมี 5 ชนิดคือ *C. annuum* L., *C. frutesc*ens L., *C. chinense* Jacq., *C. baccatum* L. และ *C. pubescens* R. & P. (IBPGR, 1983) โดยมีความแตกต่างของลักษณะต้น ดอกและผล ดังนี้

***Capsicum annuum* L.** เป็นพริกที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก มีถิ่นกำเนิดในบริเวณตอนใต้ของอเมริกาและตอนเหนือของอเมริกาใต้ มีความหลากหลายทางพันธุกรรมทั้งทรงต้น รูปร่างผล สีผล ความเผ็ด ตลอดจนการเจริญเติบโตที่มีทั้งแบบล้มลุก พริกในสปีชีส์นี้มีลักษณะเด่นคือ มีกลีบดอกมีสีขาว หรือขาวหม่น สีผลสุกมีทั้งสีเขียว เหลือง และแดง สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกสภาพแวดล้อม พริกในกลุ่มนี้ เช่น พริก Paprika พริก Serano พริก Poblano และ พริก Cayenne ส่วนพันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทย ได้แก่ พริกยอดสน พริกมันบางช้าง ห้วยสีทน พริกหวาน พริกหนุ่ม พริกหยวก พริกจินดา และพริกเหลือง เป็นต้น

Capsicum baccatum เป็นพริกที่ชาวสเปนนำไปเผยแพร่สู่บริเวณอเมริกากลางถึงอเมริกาใต้ พริกกลุ่มนี้มีลักษณะเด่นคือ กลีบดอกมีสีขาวครีม และมีจุดสีเหลืองหรือน้ำตาลตรงโคนดอก มีรูปร่างผลที่ค่อนข้างแตกต่างกับพริกพันธุ์ปลูกทั่วไป ผลมักชี้ลง และมีกลิ่นฉุน พริกในกลุ่มนี้ได้แก่ พริก Peppadew และพริก Pepper Bells และยังเป็นพริกกลุ่มที่มีรายงานว่าพบยีนต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส (AVRDC, 2003)

***Capsicum chinense* Jacq.** เป็นพริกพื้นเมืองของอเมริกา มีทั้งผลใหญ่และผลเล็ก โดยผลเล็กมีรสเผ็ดจัด มีลักษณะคล้ายคลึงกับพริก *Capsicum frutescens* แตกต่างกันเพียงที่พริกชนิดนี้มีรอยคอดบริเวณรอยต่อของกลีบเลี้ยงกับก้านดอก ส่วนใหญ่มี 2 ดอกบนข้อเดียวกัน และถูกจำแนกว่ามีความเผ็ดสูงที่สุดในโลก ได้แก่ Habanero, Bhut Jolokia และ Scotch Bonnet เป็นต้น

***Capsicum frutescens* L.** เดิมเป็นพริกพันธุ์ที่นิยมปลูกในเม็กซิโก อเมริกากลาง และอเมริกาใต้ ปัจจุบันแพร่หลายทั่วโลก ออกดอกและผลเป็นทั้งแบบเดี่ยว แบบคู่ หรือ 3-6 ดอกบนข้อเดียวกัน กลีบดอกมีสีเหลืองอมเขียวจนถึงขาวอมเขียว ส่วนใหญ่ผลมีขนาดเล็ก และโดยทั่วไปมีกลิ่นหอม ความเผ็ดสูง พันธุ์ที่นิยมปลูกในอเมริกาเป็นชนิดผลโต เรียกว่า Tabasco pepper แต่พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพันธุ์ผลเล็ก เช่น พริกขี้หนูสวน และพริกกระเหรี่ยงบางพันธุ์

Capsicum pubescens พบครั้งแรกในอเมริกากลาง และอเมริกาใต้ เจริญเติบโตได้ดีในเขตหนาว โดยเฉพาะที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,500-3,000 เมตร ออกดอกและผลเป็นแบบเดี่ยว แบบคู่ หรือไม่เกิน 4 ดอกบนข้อเดียวกัน กลีบดอกมีสีม่วงอมน้ำเงิน ตรงโคนกลีบบริเวณกลางดอกมีสีขาว อับเรณูมีสีม่วงปนขาว ได้แก่ Rocoto และ Locoto (สุชีลา, 2549)

2.3 โรคแอนแทรคโนสในพริก

โรคแอนแทรคโนส (anthracnose) ซึ่งเกิดจากเชื้อราในจีนัส *Collettotrichum* sp. ซึ่งสามารถทำความเสียหายให้แก่ผลผลิตพริกได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ระยะผลพริกก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวทำให้ต้น ใบ และผลพริกมีอาการเน่าจึงทำให้ต้องคัดทิ้ง หรือขายได้ในราคาต่ำ พบการระบาดและสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงในพื้นที่การผลิตพริกเขตร้อนและเขตร้อนชื้น เช่น สหรัฐอเมริกา (Harp et al., 2008; Lewis lvery et al., 2004) และพื้นที่เอเชีย (Park, 2007) โรคแอนแทรกโนสทำความเสียหายให้แก่ผลผลิตมากถึง 80% เมื่อพืชได้รับเชื้อดังกล่าวไม่สามารถรักษาได้ หากพืชแสดงอาการต้องกำจัดโดยการถอนหรือเผาทิ้งเท่านั้น สำหรับแมลงศัตรูสำคัญซึ่งสร้างความเสียหายแก่พริกตั้งแต่ระยะต้นกล้าไปจนถึงต้นโตและเก็บเกี่ยว คือ เพลี้ยไฟ และไรขาว ซึ่งแมลงศัตรูทั้งสองชนิดนี้ทำให้ใบพริกหงิกงอ ต้นแคระแกร็น จะส่งผลให้ต้นพริกชะงักการเจริญเติบโต หากควบคุมไม่ได้และมีการระบาดมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก และไม่มีคุณภาพ นอกจากนั้นยังมีโรคและแมลงอื่น ๆ ที่ทำความเสียหายแก่พริก และเกษตรกรส่วนมากไม่ทราบสาเหตุและวิธีการป้องกันกำจัดที่ถูกต้อง ทำให้ไม่สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลผลิตพริกได้ (สุชีลา, 2549) การจัดจำแนก และกลไกการเข้าทำลายดังนี้

2.3.1 การแพร่ระบาดของโรคแอนแทรคโนสในพริก

โรคแอนแทรคโนสพบการระบาดในแหล่งปลูกพริกทั่วไปของประเทศ แอนแทรคโนสเป็นหนึ่งในโรคพืชที่สร้างความเสียหายให้แก่พริกเป็นอย่างมาก สามารถเข้าทำลายได้ทั้งในช่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวในพื้นที่การเพาะปลูก ในเขตร้อนโดยเฉพาะทวีปเอเชีย โรคดังกล่าวเป็นปัญหาของพริกในระยะผลสุก จึงมีชื่อเรียกว่า “ripe fruit rot” โรคแอนแทรคโนสถูกค้นพบครั้งแรกในรัฐนิวเจอร์ซีย์ประเทศสหรัฐอเมริกา (Halsted, 1891) โดยเชื้อที่พบ คือ *Gloeopsorium piperatum* และ *Colletotrichum nigrum* เป็นเชื้อสาเหตุ โดยเชื้อสปีชีส์ที่แพร่ระบาดอย่างรุนแรงในการผลิตพริกคือ *C. acutatum* และ *C. capsici* และในปัจจุบันเชื้อ *C. capsici* ได้มีการเปลี่ยนชื่อเป็น *C. truncatum* และ *C. acutatum* เป็น *C. scoville* (Damm et al., 2012) โดยประเทศไทยพบการแพร่ระบาดของเชื้อทั้ง 3 สปีชีส์ (Than et al., 2008) ไม่เพียงแต่ในประเทศไทยเท่านั้นแต่ยังพบการแพร่ระบาดของเชื้อทั้ง 3 สปีชีส์และเชื้อสปีชีส์อื่นได้ในอีกหลายประเทศ เช่น แถบทวีปเอเชียพบการระบาดใน ประเทศอินเดีย ไต้หวัน มาเลเซีย อินโดนีเซีย เกาหลี เวียดนาม และศรีลังกา แถบทวีปโอเชียเนียพบการระบาดใน นิวซีแลนด์ ปาปัวนิวกินี ทวีปยุโรปพบการแพร่ระบาดในออสเตรเลีย และอังกฤษ และยังพบการแพร่ระบาดในอเมริกา (ตารางที่ 2.3) โรคแอนแทรคโนสนอกจากจะทำความเสียหายให้แก่ผลพริกแล้ว ยังสามารถสร้างความเสียให้หายให้แก่ส่วนอื่น ๆ ของต้นพริกได้อีก เช่น ทำให้เกิดจุดสีดำบนใบ ก้านและระยะต้นกล้าได้อีกด้วย ซึ่งอาการทั่วไปของโรคแอนแทรคโนสในพริกคือ พริกมีจุดด่างสีดำ เนื้อเยื่อเน่าและแผลฉ่ำน้ำ แผลมีลักษณะเป็นวงแหวน เป็นศูนย์กลางของ acervuli แผลจากสีน้ำตาลจะเปลี่ยนสีดำเนื่องจาก setae และ sclerotia โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนผลพริกถ้ามีการเกิดโรคแอนแทรคโนสแล้วสามารถแพร่กระจายได้เร็วขึ้นในบริเวณพื้นที่ปลูกมีการให้น้ำในปริมาณ

มากหรือมีฝนตกชุกโรคจะสามารถเข้าทำลายได้แม้ในระยะผลอ่อน รอยแผลขนาดเล็กที่เกิดจากโรคแอนแทรคโนสจะส่งผลต่อคุณภาพผลผลิต และทำให้ราคาผลผลิตลดลง นอกจากนั้นยังพบว่าโรคดังกล่าวยังมีผลต่อการลดลงของปริมาณแคปไซซินและไลโอซีน โรคแอนแทรคโนสยังมีความสามารถในการเข้าทำลายแบบแฝงคือการที่เชื้อสามารถเข้าทำลายได้ตั้งแต่ระยะที่พริกมีผลเขียวแล้วจะแสดงอาการของโรคออกมาในระยะที่ผลพริกมีสีแดงหรือที่เรียกว่า เชื้อแฝง (latent infection) จึงเป็นปัญหาที่ทำให้ยากต่อการป้องกันและกำจัด

2.3.2 การจำแนกชนิดของเชื้อแอนแทรคโนส

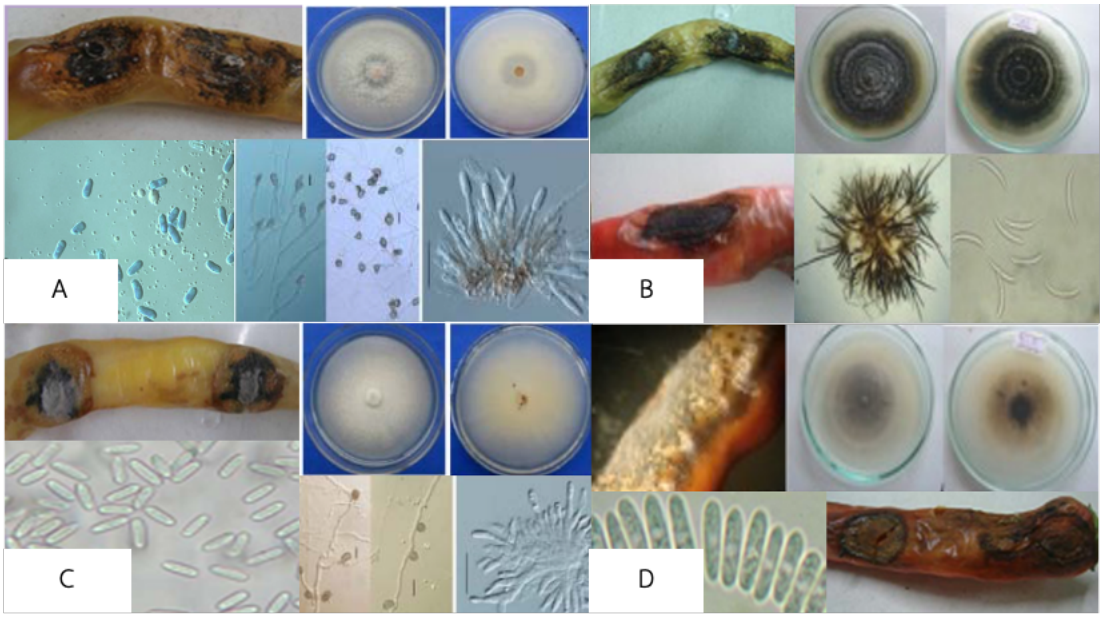
โรคแอนแทรคโนสเป็นโรคที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งสามารถทำความเสียหายให้แก่ผลผลิตพริกได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า ระยะผลพริกก่อนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว โดยโรคดังกล่าวนี้มีสาเหตุมาจากเชื้อราในจีนัส *Colletotrichum* sp. ลักษณะอาการและแผลสามารถแบ่งได้ตามสปีชีส์ดังนี้

1) *C. gloeosporioides* ลักษณะอาการ เกิดจุดฉ่ำน้ำขนาดเล็ก แผลบุ๋มลึกลงเล็กน้อย แผลขนาดใหญ่เป็นรูปวงรี ตรงกลางแผลสีน้ำตาลอ่อน ขอบแผลไม่ชัดเจน มีตุ่มแข็งเล็ก ๆ สีดำเรียงซ้อนกันเป็นวงหลายชั้นที่บริเวณแผล ถ้าความชื้นสูงบนตุ่มแข็งเล็ก ๆ จะมีกลุ่ม conidia ลักษณะเป็นหยดของเหลวข้นสีส้มเกิดขึ้น ลักษณะสัณฐานวิทยาบนอาการ PDA สังเกตุได้ว่าเส้นใยเจริญฟู แต่ไม่หนาแน่น มีสีขาวเทาถึงสีเทา เจริญเป็นวงซ้อนกันเป็นชั้น ๆ ไม่พบ setae แต่พบ sclerotia เจริญปะปนอยู่ ลักษณะของ conidia ภายใต้กล้องจุลทรรศน์พบว่าเป็นรูปทรงกระบอกตรง ปลายมนทั้งสองด้าน ไม่มีสี ขนาดที่วัดได้ประมาณ 2.59-5.18 × 10.36-18.13 ไมครอน (ธารทิพย์ และคณะ, 2548) (ภาพที่ 2.1 A)

2) *C. capsici* ลักษณะอาการ เกิดจุดฉ่ำน้ำขนาดเล็ก แผลบุ๋มลึกลงเล็กน้อย แผลเป็นรูปวงรี หรือวงกลม ตรงกลางแผลสีน้ำตาลอ่อน ขอบแผลไม่ชัดเจน มีตุ่มแข็งเล็ก ๆ สีดำเรียงซ้อนกันเป็นวงหลายชั้นที่บริเวณแผล ถ้าความชื้นสูงจะเห็น conidia เป็นหยดของเหลวเข้มสีส้ม มี setae ปะปนอยู่ *C. capsici* เป็นราที่มีพืชอาศัยกว้าง สามารถทำให้พืชแสดงอาการได้หลายอย่าง เช่น die-back, stem break เป็นต้น ลักษณะสัณฐานวิทยาบน PDA สังเกตุได้ว่าเส้นใยเหนืออาหารเจริญฟูหนาแน่น เมื่อเชื้อยังอ่อนเส้นใยมีสีขาวเทา แล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเทาและสีเทาแกมดำ conidia มีสีเหลือง หรือสีชมพูอมส้ม ลักษณะเป็นรูปพระจันทร์เสี้ยวปลายแหลม ขนาดที่วัดได้ 2.59-3.9 x 18.13-31.08 ไมครอน (ธารทิพย์ และคณะ, 2548) (ภาพที่ 2.1 B)

3) *C. acutatum* ลักษณะอาการ เกิดจุดฉ่ำน้ำขนาดเล็ก จุดแผลบุ๋มลึกลงเล็กน้อย แผลเป็นรูปวงรี ตรงกลางแผลสีน้ำตาลอ่อน ขอบแผลไม่ชัดเจน มีตุ่มแข็งเล็ก ๆ สีดำเรียงเป็นรูปวงรีหลายชั้นที่บริเวณแผล ความชื้นสูงจะเห็น conidia เป็นหยดของเหลวข้นสีส้มและมี setae ปะปนอยู่ ลักษณะสัณฐานวิทยาบน PDA สังเกตุได้ว่าเส้นใยมีสีขาวแล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเทาอมชมพู conidia มีลักษณะเป็นรูปกระสวย ขนาดที่วัดได้ประมาณ 10.36-19.13 × 2.59-5.18 ไมครอน (ธารทิพย์ และคณะ, 2548) (ภาพที่ 2.1 C)

4) *C. coccodes* ลักษณะอาการ มีแผลรูปร่างรี ขอบแผลไม่สม่ำเสมอ มี acervulus เป็นจุดสีน้ำตาลขนาดเล็ก ส่วนของ spore mass มีสีส้ม ลักษณะสัณฐานวิทยา บน PDA เป็นเส้นใยเจริญหนา เจริญเป็นวง เมื่อเชื้อยังอ่อนจะมีสีขาวแล้วเปลี่ยนเป็นสีเทา สร้าง acervalus มี setae สีน้ำตาลเข้มถึงดำปลายโค้งงอ conidia มีลักษณะเป็นรูปกระสวย ไม่มีสี ขนาดที่วัดได้ 12-16.1 x 3.7-5 (ธารทิพย์ และคณะ, 2548) (ภาพที่ 2.1 D)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะบาดแผลบนผลพริก สีของสปอร์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ (PDA) และลักษณะ conidia ของเชื้อ 4 สปีชีส์ ได้แก่ *C. gloeosporioides* (A), *C. capsici* (B), *C. acutatum* (C), *C. coccodes* (D)

ที่มา: Fangling Liu et al., (2016)

ตารางที่ 2.3 ชนิดของเชื้อ *Colletotrichum* sp. สาเหตุของโรคแอนแทรกโนสในพริกที่ระบาดและสร้างความเสียหายแก่การผลิตพริกในแต่ละประเทศ

Country	Pathogen	Reference
Malaysia	*C. truncatum*	Sariah (1994); Mahmodi et al., (2014)
Thailand	*C. acutatum, C.truncatum* and *C. gloeosporioides*	Than et al., (2008); Montri, (2009)
Indonesia	*C. acutatum, C. truncatum* and *C. gloeosporioides*	Voorrips et al., (2004)
India	*C. truncatum, C. dematium, C. gloeosporioides, C.graminicola, C. acutatum, C. piperatum, C. atramentaum, C. truncatum, C. fructicola* and *C. siamense*	Thind and Jhooty (1990); Hedge et al., (2002); Paul and Behl (1990); Susheela (2012); Selvakumar (2007);Kaur and Singh (1990); Ramachandran and Rathnamma (2006); Sharma et al., (2005); Sharma and Shenoy (2014)
Korea	*C. acutatum, C. gloeosporioides, C. coccodes* and *C. dematium*	Park and Kim (1992)
Papua New Guinea	*C. truncatum* and *C.gloeosporioides*	Pearson et al., (1984)
New Zealand	*C. coccodes*	Johnston and Lones (1997)
Taiwan	*C. acutatum, C,truncatum* and *C. gloeosporioides*	Manandhar et al., (1995)
Australia	*C. acutatum, C.atramentarium, C. dematium, C. gloeosporioides var. minor* and *C. gloeosporioides var. gloeosporioides*	Simmonds (1965)
United Kingdom	*C. acutatum* and *Glomerella cingulate*	Adikaram et al., (1983)
USA	*C. gloeosporioides* and *C. acutatum*	Harp et al., (2008); Roberts et al. (2001)
Vietnam	*C. acutatum, C. truncatum, C. gloeosporioides* and *C. nigrum*	Don et al., (2007)
Sri Lanka	*C. truncatum*	Rajapakse and Ranasinghe (2002)

ที่มา: Ridzuan et al., (2018)

2.3.3 กลไกการเกิดโรคและการตอบสนองต่อเชื้อ *Colletotrichum* sp.

สัณฐานวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเกิดเชื้อแอนแทรคโนสมี 3 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกคอนิเดีย (conidia) ของเชื้อสัมผัสกับพื้นผิวของพืชอาศัยจะเกาะติดอยู่บนผิวของพืชอาศัยจึงเกิดเป็นขั้นตอนต่อไปคือ conidia จะงอก tube ซึ่งมีชื่อเรียกว่า hypha ออกมาเพื่อแทงเข้าบริเวณผิวที่เชื้อสัมผัสจนทำให้บริเวณนั้นเกิดบาดแผล ซึ่งอธิบายได้ว่าการเข้าทำลายนั้นเป็นการแทรกซึมของเส้นใยเชื้อราเข้าไปใต้ผิวหนังของพืชอาศัยก่อให้เกิดความเสื่อมสภาพของผนังและอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ ในขั้นตอนสุดท้ายเชื้อจะสร้าง appressoria เพื่อเข้าทำลายเซลล์พืช ซึ่ง appressoria ของเชื้อ *Colletotrichum* sp. แต่ละสปีชีส์ที่เชื้อสร้างขึ้นนั้นจะแตกต่างกันทั้งขนาดและรูปร่าง (Bailey et al., 1992; Kim, 2007) โดยเชื้อจะสามารถเข้าทำลายพืชได้หรือไม่จึงขึ้นอยู่กับ appressorium เป็นสำคัญ (Ahn and Yun, 2009) หลังจาก *Colletotrichum* sp. เชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสเข้าทำลายพืชจะมีการปล่อย PR protein ออกมาเพื่อป้องกันเซลล์ถูกทำลาย ซึ่งโปรตีนที่ปลดปล่อยออกมานั้นถูกควบคุมด้วยยีนที่แตกต่างกัน พบการสร้าง PR1, PR10, PR gene ในพริกสายพันธุ์ PBC80 อย่างไรก็ตามยังพบว่าพริกแต่ละสายพันธุ์จะมีการสร้างโปรตีนที่แตกต่างกันด้วย

2.4 การถ่ายทอดยีนให้มีลักษณะต้านทานโรคแอนแทรคโนส

เชื้อพันธุกรรมพริกที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสนั้นยังมีจำนวนที่ค่อนข้างจำกัดไม่เพียงพอต่อความต้องการ แต่การใช้สายพันธุ์ที่มีความต้านทานนั้นช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องของสารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรคโนส (Agrios, 2005) การจะปรับปรุงพันธุ์พริกให้ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสนั้นจำเป็นต้องรู้แหล่งที่มาของเชื้อพันธุกรรมที่มีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุ โดยมีรายงานว่าแหล่งพันธุกรรมที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสนั้นพบในหลายประเทศ หลายภูมิภาค และหลากหลายสายพันธุ์ แหล่งที่มาหลักของความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสได้ถูกระบุไว้ในพริกสายพันธุ์ *Capsicum baccatum* L. และ *Capsicum chinense* Jacq. โดย AVRDC- The World Vegettabel Centre ในปี 1999 และนักวิจัยได้ใช้แหล่งข้อมูลเหล่านี้เพื่อศึกษาการถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส (Pakdeevaraporn et al., 2005; Voorrips et al., 2004; Lin et al., 2007; Lee et al., 2010) จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่ารูปแบบของความต้านทานนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ *Colletotrichum* ที่เป็นเชื้อสาเหตุและไอโซเลตแหล่งต้านทานและอายุผล ซึ่งจากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีการนำพริกสายพันธุ์ต่างๆ มาทำการศึกษาคัดเลือกลักษณะความต้านทานต่อเชื้อพบการตอบสนองของพริกกับเชื้อในแต่ละสปีชีส์ดังนี้

- *C. capsici* Pakdeevaporn et al. (2005), Mahasuk et al., (2009b) และ Kim et al., (2008) ได้ศึกษาการถ่ายทอดลักษณะต้านทานโรคแอนแทรคโนสสปีชีส์ *C. capsici* ในพริกพันธุ์ต้าน PBC932 เป็นพริกในกลุ่ม *Capsicum chinense*Jacq โดยศึกษาจากประชากรชั่วรุ่นที่ 2 และประชากรผสมกลับพบการกระจายพบการกระจายตัวของของรุ่นลูก F_2 อัตราการกระจายตัวที่พบคือ resistance: susceptible (1:3) พบการแสดงออกของยีนเป็นแบบ single recessive แต่ Park et al., (1990) กลับพบว่าการแสดงออกของยีนลักษณะต้านทานต่อเชื้อ *C. capsici* เป็นแบบ Single dominant และนอกจากนี้ การแสดงออกแบบ partial dominant gene จากการศึกษาประชากรชั่วรุ่นที่ 2 และประชากรผสมกลับของพริก *C. annuum* ‘Chungryong x PI244670 พบการแสดงออกของยีนลักษณะต้านทานแบบข่มและสามารถถ่ายทอดแบบบวกสะสม มีค่าการถ่ายทอด 0.55-0.71 จากพริกพันธุ์ PBC81

- *C. accutatum* จากการศึกษาจาก AVRDC พบว่าเชื้อพันธุกรรมที่ต้านทานต่อเชื้อ *C. accutatum* คือ PBC932 Yoon(2003) ได้ศึกษาลักษณะการแสดงออกของยีนต้านทานด้วยการใช้พันธุ์ที่ได้จากการส่งถ่ายยีนของพันธุ์ต้านทานดังกล่าวชื่อว่า AR (*C.annuum*) ชั่วรุ่น BC_3F_6 เป็นสายพันธุ์ donor parent ทำการผสมข้ามกับพริก 2 สายพันธุ์คือ HN11 (พันธุ์อ่อนแอ) x AR และ Daepoong-cho x AR ปลูกเชื้อ *C. accutatum* ในระยะผลเขียว ประเมินการเกิดโรคและศึกษาการกระจายตัวของลูกในชั่วรุ่นที่ 2 พบว่ามีการกระจายตัวของยีนเป็น resistance : susceptible (1:3) ดังนั้นยีนที่ควบคุมลักษณะต้านทานต่อเชื้อ *C. accutatum* เป็นแบบ single recessive เช่นเดียวกันกับ Suwor et al., (2016) พบการแสดงออกของยีนต้านทานต่อเชื้อ *C. accutatum* ไอโซเลต Ca153 ในพริกพันธุ์ที่ได้รับการถ่ายยีนจากพริกพันธุ์ PBC932 และพันธุ์ PBC80 ในระยะผลเขียวพบยีนเป็นแบบยีนด้อย 1 ตำแหน่ง อย่างไรก็ตาม Kim et al., (2006) กลับพบว่ายีนที่ควบคุมลักษณะดังกล่าวนี้เป็นแบบ Single dominant หลังจากที่ทำการศึกษาการแสดงออกของยีนในพริกพันธุ์ต้านทาน PI594137 เป็นพริกในกลุ่ม *Capsicum baccatum* L. ผสมข้ามกับพริกพันธุ์ Golden-aji ซึ่งเป็นพริกในกลุ่ม *Capsicum baccatum* L. เช่นกัน และได้ทำการศึกษาการแสดงออกของยีนต้านทานในระยะผลเขียว พบการกระจายตัวของยีนในชั่วรุ่นที่ 2 อัตรา resistance : susceptible (1:3) ซึ่งลักษณะการแสดงออกนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Yoon and Park (2005)

- *C. gloeosporioides* จากการศึกษาของ Park et al., (1990) พบว่ายีน Anr-2, Anr-3 และ Anr-4 มีความต้านทานต่อเชื้อ *C. gloeosporioides* ที่พบใน BGH3077, BGH28850 และ BGH5085 ซึ่งเป็นสายพันธุ์พริกที่อยู่ในกลุ่มของ *Capsicum annuum* L. จากการศึกษายังพบอีกว่าการแสดงออกของยีนในระยะต้นกล้านั้นเป็นแบบ single dominant gene และการแสดงออกยีนที่ระยะผลเขียวมีการต้านทานแบบ partial dominant gene หรือ over dominant gene

2.5 กลไกการต้านทานของโรคพริก

ความต้านทานโรคที่เกิดขึ้นในพริก สามารถจำแนกตามการเหนี่ยวนำ และกลไกของความต้านทานได้ 2 ประเภท คือ ความต้านทานที่มีอยู่แล้วในพริก (pre-formed resistance หรือ constitutive resistance) และความต้านทานที่พริกถูกเหนี่ยวนำให้สร้างขึ้น (induced resistance)

2.5.1 ความต้านทานที่มีอยู่แล้วในพริก หรือที่เรียกว่าลักษณะประจำพันธุ์ ประกอบด้วยโครงสร้างของพืช เช่น ความหนาแน่นและความแข็งแรงของผนังเซลล์ ชั้นของแวกซ์ (wax) และคิวติเคิล (cuticle) ที่ปกคลุมบริเวณลำต้นและผิวใบช่วยขัดขวางเชื้อราบางชนิดแทงเข้าสู่เซลล์พืช พืชที่มีจำนวนขนใบหนาแน่นช่วยขัดขวางการทำลายโดยแมลงซึ่งอาจเป็นพาหะนำโรคสู่พืช ตำแหน่งและจำนวนของปากใบที่ผลต่อการเข้าสู่พืชของเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุของโรค ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้เสมือนเกราะป้องกันชั้นแรกของพืช (Bunchanan et al., 2000) อย่างไรก็ตามความต้านทานลักษณะนี้ของพืชจะถูกควบคุมโดยยีนจำนวนหลายคู่

2.5.2 ความต้านทานที่พริกถูกเหนี่ยวนำให้สร้างขึ้น เป็นลักษณะต้านทานที่พืชถูกกระตุ้นให้สร้างขึ้นมาเพื่อป้องกันตัวเองภายหลังเชื้อสาเหตุโรคเข้าทำลาย ความต้านทานที่พืชถูกเหนี่ยวนำให้สร้างขึ้นนี้มีกลไกที่คล้ายกับกลไกที่เกิดขึ้นในสัตว์เลี้ยงด้วยนมหรือ basal resistance ที่ทำงานโดยโมเลกุลของพืชที่ทำหน้าที่เป็นตัวตอบสนองการกระตุ้น (pattern recognition receptor; PRR) สามารถตรวจจับโมเลกุลจากเชื้อสาเหตุโรค (pathogen-associated molecular pattern; PAMP) เช่น โปรตีนแฟลกเจลลิน (flagellin) องค์ประกอบของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย (lipopolysaccharide) หรือองค์ประกอบของผนังเซลล์เชื้อรา (chitin) ความต้านทานลักษณะนี้มีชื่อเรียกเฉพาะว่า PAMP-triggered immunity หรือ PTI (Thomma et al., 2011) การรับรู้ของพืชส่งผลให้เกิดการตอบสนองในแบบต่าง ๆ ทั้งในลักษณะเพื่อป้องกันพืชและเพื่อกำจัดเชื้อสาเหตุที่เข้าทำลายพืชโดยพืชสังเคราะห์สารบางชนิดให้มีปริมาณเพิ่มขึ้นและเพียงพอที่จะกำจัดเชื้อสาเหตุโรคได้ทันเวลาภายหลังจากถูกเชื้อสาเหตุโรคเข้าทำลาย เช่น การสังเคราะห์และสะสม b-glucan เชื่อมต่อกันเป็นโพลิเมอร์ด้วยพันธะ b-1,3-glucan ซึ่งเรียกว่าแคลโลส (callose) พอกที่ผนังเซลล์ของเชื้อราที่แทงผ่านเข้าสู่เซลล์ (papillae) เพื่อยับยั้งการบุกรุกของเชื้อราภายในเซลล์พืช (Lucas, 1998) การสังเคราะห์สารไฟโตอเล็กซิน (phytoalexin) ที่เป็นสารประกอบในกลุ่ม ฟีนอลิก เทอร์ปีนอยด์ และอาลิพาติกส์ ที่มีคุณสมบัติเป็นพิษต่อจุลินทรีย์โดยทั่วไปจึงมีผลในทางยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคที่เข้าทำลายพืชได้ (Buchanan et al., 2000) การสังเคราะห์โปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค หรือโปรตีนพีอาร์ (pathogenesis-related protein; PR protein) ที่มีคุณสมบัติในการต้านทานโรคหรือเชื้อสาเหตุโรคอย่างไม่จำเพาะ ได้มีการศึกษาโปรตีนพีอาร์อย่างกว้างขวางในพืชหลายชนิดโดยมีเป้าหมายในการพัฒนาสายพันธุ์พืชให้มีการ สังเคราะห์โปรตีนพีอาร์เพื่อสร้างลักษณะความต้านทานแบบกว้าง (broad spectrum disease resistance) ให้กับพืช

2.6 การศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริก

เนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้ได้ลักษณะพริกที่ต้องการ และเป็นพันธุ์ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้สูงสุด จำเป็นต้องมีการทดสอบและคัดเลือกสายพันธุ์ดีมีความเหมาะสมเพื่อที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการพิจารณาลดจำนวนสายพันธุ์ (กฤษฎา, 2528) ซึ่งการคัดเลือกสายพันธุ์ทำได้โดยการทดสอบความสามารถในการรวมตัวเป็นการแสดงถึงความสามารถของสายพันธุ์หนึ่ง ๆ ในการที่จะให้ลูกผสมที่ดีเมื่อนำไปผสมกับสายพันธุ์อื่น สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability: GCA) และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (specific combining ability: SCA) โดยมีรายละเอียดดังนี้ การศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (general combining ability: GCA) หมายถึง ความสามารถของสายพันธุ์หนึ่งเมื่อทำการผสมเข้ากับสายพันธุ์อื่นหลาย ๆ สายพันธุ์แล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมทั้งหมดออกมาอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ถือเป็นการวัดอัตราบวกของยีนที่ควบคุมลักษณะนั้น ๆ โดยความสามารถในการรวมตัวทั่วไปถือเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนเป็นแบบผลบวก (additive gene action) ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้น ๆ และการแสดงออกของยีนดังกล่าวยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกรุ่นหลานได้ (Sprague and Tatum, 1942) การศึกษาความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ(specific combining ability: SCA) หมายถึง การผสมพันธุ์พืชหนึ่งเข้ากับอีกสายพันธุ์หนึ่งแล้วให้ค่าเฉลี่ยของลูกผสมที่ดีออกมา ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนแบบไม่เป็นผลบวกหรือปฏิกิริยาแบบข่ม (non-additive gene action หรือ dominant gene action) โดยการแสดงออกของยีนจะแสดงออกเฉพาะชั่วรุ่นนั้น ๆ ไม่สามารถถ่ายทอดไปยังชั่วรุ่นอื่น ๆ ได้จึงเกิดประโยชน์เฉพาะลูกผสมในการศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไปก่อนเพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม และการทำการทดสอบความสามารถในการรวมตัวเฉพาะเพื่อหาคู่ผสมที่ดีต่อไป

2.6.1 ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปและเฉพาะของลักษณะทางเกษตร

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะทางการเกษตร พบว่าค่าความสามารถในการผสมเฉพาะของลักษณะทางการเกษตร ได้แก่ ผลผลิตรวม ลักษณะความสูงต้น จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น จำนวนผลต่อต้น ปริมาณ capsaicin ต่อต้น อัตราส่วนระหว่างความยาว และความกว้างผล น้ำหนักผลแห้งต่อต้น อัตราส่วนระหว่างความยาวและความกว้างผล และจำนวนเมล็ดต่อผลของพริก มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมากกว่าความสามารถในการผสมโดยทั่วไป ควบคุมยีนแบบไม่เป็นผลบวกสะสม (non-additive gene action) มีมากกว่าอิทธิพลของยีนที่เป็นแบบผลบวกสะสม (additive gene action) (Sousa and Maluf, 2003; Chaudhary et al., 2013) ในการพัฒนาลูกผสมพบว่า อิทธิพลของยีนแบบ non-additive มีความสำคัญในการเพิ่มผลผลิต โดย Rattan and Chadha (2009) พบว่า อิทธิพลของยีนแบบ non-additive มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตในมะเขือเทศลูกผสม นอกจากนี้ยังพบว่า ขนาดใหญ่มีการควบคุมด้วยยีนเด่นไม่สมบูรณ์ ทำให้การผสมข้ามระหว่างมะเขือเทศผลเล็กและมะเขือเทศผลใหญ่ให้ลูกผสมที่มีขนาดปานกลางระหว่างพันธุ์พ่อ

และแม่ (Semel et al., 2006) งานวิจัยของ ญาณิศา (2561) พบว่า ปฏิกิริยาของยีนแบบไม่เป็นผลบวก (non-additive) ของพันธุ์พ่อแม่ที่ทำการศึกษาสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดศักยภาพของคู่ผสมได้ ซึ่งเกณฑ์การคัดเลือกคู่ผสมจะพิจารณาจากค่าความต้านทานโรค ค่าเฉลี่ยผลผลิตสด ผลผลิตแห้ง ปริมาณสารเผ็ด ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และความดีเด่นของลูกผสมสูง โดยลักษณะที่กล่าวมานี้เป็นค่าที่ใช้คัดเลือกลูกผสมพันธุ์ที่มีศักยภาพ และทำให้ทราบเกี่ยวกับความแตกต่างของพันธุกรรมของพันธุ์พ่อแม่ จะส่งผลดีต่อการคัดเลือกพันธุ์เพื่อทดสอบต่อไป งานวิจัยของ พัชราภรณ์ สุวอ และสุชีลา (2557) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะโดยใช้แผนการผสมแบบพบกันหมด (North Carolina mating design II ; NC II) ระหว่างพริกพันธุ์ปลูกที่มียีนต้านทานโรคแอนแทรคโนส พบว่าพันธุ์พ่อแม่ที่ให้ค่า GCA สูงสุดในลักษณะของผลผลิตและต้านทานต่อโรค สามารถนำมาใช้เป็นพ่อแม่ที่ดีได้และพบอีกว่ายีนควบคุมลักษณะผลผลิตมีอิทธิพลแบบผลบวกสะสม (additive) แบบข่ม (dominant) และแบบข่มข้ามคู่ (epitasis) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะผลผลิตควบคุมโดยยีนหลายคู่ ในการคัดเลือกพันธุ์จึงจำเป็นต้องคัดเลือกในชั่วรุ่นหลัง ๆ นอกจากนั้นยังพบว่าอิทธิพลของพ่อแม่ที่มีค่า GCA ในลักษณะการเกิดโรคในทางลบสามารถทำให้ลูกมีค่าการเกิดโรคในทางลดค่าได้เช่นกัน เพราะฉะนั้นการคัดเลือกลักษณะการตอบสนองต่อโรคจำเป็นต้องมีการคัดเลือกพันธุ์พ่อที่แสดงผลออกมาค่าเป็นลบ (Nyadanu et al., 2012)

2.6.2 ลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

การศึกษาผลผลิตกับความสามารถในการรวมตัว ผลผลิตเป็นลักษณะที่นักปรับปรุงพันธุ์ต้องการเป็นอันดับแรก ๆ ดังนั้นพ่อแม่พันธุ์ที่ดีจึงควรมีผลผลิตสูงและสามารถให้ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงด้วยเช่นกัน (กฤษฎา, 2551) รังสฤษฏ์ (2539) รายงานว่าลูกผสมที่มีผลผลิตสูงไม่จำเป็นต้องมาจากพันธุ์พ่อ หรือแม่ที่มีผลผลิตสูง สายพันธุ์อินเบรด Os 420 ที่มีผลผลิตต่ำสุด แต่สามารถให้ลูกผสมเดี่ยวที่มีลักษณะดีมากที่สุด ในขณะที่ BI4 เป็นสายพันธุ์อินเบรดที่มีผลผลิตสูงแต่กลับให้ลูกผสมเดี่ยวที่มีลักษณะดีน้อยกว่าสายพันธุ์อินเบรด Os 420 จากการศึกษาของ Jenkins (1929) ได้ทดสอบผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดกับผลผลิตของลูกผสมเดี่ยวระหว่างสายพันธุ์อินเบรดที่ใช้ปลูกทดสอบ พบว่าลักษณะหลายอย่างของลูกผสมเดี่ยวมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับสายพันธุ์อินเบรดที่ใช้เป็นพ่อแม่ เช่น วันออกดอกเพศผู้ วันออกไหม ความสูง จำนวนข้อต่อต้น จำนวนปล้องใต้ฝัก จำนวนฝักต่อต้น ความยาวฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก และผลผลิต เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลผลิตของลูกผสมระหว่างสายพันธุ์อินเบรดมีความสัมพันธ์ทางบวกกับลักษณะต่าง ๆ รวมทั้งผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดที่ใช้เป็นพ่อแม่ นอกจากนี้ Lonnquist and Lindsey (1964) ได้ศึกษาการใช้สายพันธุ์ S_1 ที่คัดมาจากการได้ผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดเป็นเกณฑ์ และพิจารณาจากค่าความสามารถในการผสมกับพันธุ์ทดสอบในการผลิตสายพันธุ์อินเบรดชุดแรก ลูกผสมที่ได้มีผลผลิตเรียงจาก high (H) × high (H) > high (H) × low (L) > low (L) × low (L) ในขณะที่ผลผลิตของลูกผสมชุดที่สองเรียงจาก H×L>H×H>L×L ซึ่งลูกผสมชุดแรกที่ได้จาก H×H ให้ผลใกล้เคียงกับ H×L ของลูกผสมชุดที่

สอง และลูกผสมทั้งสองชุดที่ให้ค่า H×H และ H×L ต่างก็มีค่าดีกว่า L×L ของลูกผสมทั้งสองชุด อย่างไรก็ตามผลผลิตของสายพันธุ์อินเบรดภายในแต่ละกลุ่มไม่ได้แสดงถึงค่าสมรรถนะการผสมของสายพันธุ์แต่ละสายพันธุ์ภายในกลุ่มการที่คู่ผสมที่ให้ผลผลิตสูงสุดในกลุ่ม H×L และ L×L มีผลผลิตสูงกว่า H×H ไม่ใช่เรื่องผิดปกติ เพราะผลผลิตของแต่ละคู่ผสมส่วนหนึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างกันระหว่างยีนของพ่อแม่ อย่างไรก็ตามกลุ่มของ H×H มีโอกาสได้คู่ผสมที่ดีกว่ากลุ่ม L×L ดังนั้นการคัดเลือกอินเบรดที่มีผลผลิตสูงเพื่อลดจำนวนสายพันธุ์ก่อนเข้าทดสอบกับสายพันธุ์อื่น ๆ น่าจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ เพราะสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงย่อมมีความถี่ของยีนที่ดีอยู่สูงเป็นโอกาสได้ลูกผสมที่ดีเพิ่มขึ้น (กฤษฎา, 2551) สุจิตราและสุชีลา (2557) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการรวมตัวในลักษณะความเผ็ดของพริกโดยใช้แผนการผสมแบบพบกันหมด (dialle cross) พบว่ามีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) สูงที่สุด ในลักษณะของสาร capsaicinoids น้ำหนักสดต่อต้น ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักแห้งต่อต้น และค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งต่อต้น ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) มีความเหมาะสมที่จะใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่เพื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่น ๆ ที่สามารถให้ลูกผสมที่ให้ผลผลิตของสารเผ็ดสูง และผลผลิตสูง และจากงานวิจัยของพัชราภรณ์ และสุชีลา (2557) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะโดยเฉพาะใช้แผนการผสมแบบพบกันหมด (North Carolina mating design II; NC II) ระหว่างพริกพันธุ์ปลูกที่มียีนต้านทานต่อโรค สามารถนำมาใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ที่ดีได้และพบอีกว่ายีนควบคุมลักษณะผลผลิตมีอิทธิพบแบบผลบวกสะสม (additive) แบบข่ม (dominant) และ แบบข่มข้ามคู่ (epitasis) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะผลผลิตควบคุมโดยยีนหลายคู่ในการคัดเลือกพันธุ์จึงจำเป็นต้องคัดเลือกลักษณะการตอบสนองต่อโรคจำเป็นต้องมีการคัด

2.6.3 ลักษณะทางคุณภาพ

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะทางคุณภาพ พบว่ากลุ่มที่มีความสัมพันธ์ทางบวกของลักษณะที่ทำการศึกษาด้วยค่า GCA ที่สูงของพ่อแม่แสดงให้เห็นว่าการแสดงออกของยีนเป็นแบบผลบวก ซึ่งในการถ่ายทอดลักษณะและความสัมพันธ์ของพ่อแม่ที่ดีจะสามารถปรับปรุงลักษณะเฉพาะในประชากร สามารถประเมินได้จากการเปรียบเทียบค่า GCA (พีระศักดิ์, 2548) ซึ่ง Zewie and Bosland (2001) พบว่าพันธุ์พ่อแม่ของพริกที่จะให้ capsaicin สูงในลูกผสม พันธุ์พ่อแม่นั้นจำเป็นต้องมีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูง ดังนั้นพริกลูกผสมที่ได้จากพ่อหรือแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงในลักษณะปริมาณของสาร capsaicin สูงจะให้ลูกผสมที่มีสาร capsicin สูงกว่าลูกผสมที่ได้จากพ่อและแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวขององค์ประกอบของ capsaicin ต่ำทั้งคู่

2.6.4 ลักษณะต้านทานโรคแอนแทรคโนส

การศึกษาศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส เป็นการศึกษาความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของอิทธิพลของการแสดงออกของยีนต้านทาน การศึกษาการทำงานของยีน และความสามารถในการรวมของความรุนแรงในการเกิดโรคแอนแทรคโนส ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตในพริกที่มีพ่อแม่ 7 พันธุ์ และลูกผสม 12 คู่ จากงานวิจัยพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งความสามารถในการรวมตัวทั่วไป และความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ โดยระดับความรุนแรงในการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริก ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ควบคุมยีนทั้งแบบบวกสะสม (additive gene action) แบบข่ม (dominant gene action) และแบบข่มข้ามคู่ (epitasis gene action) ส่วนใหญ่พบในลักษณะที่ควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง (Quantitative gene) (Bhuitia et al., 2015) จากการศึกษาของ พัชราภรณ์ และ สุชีลา (2557) ทดสอบลูกผสมข้ามระหว่างพันธุ์ต้านทานที่ได้รับยีนต้านทานจากพริกพันธุ์ PBC80 และ PBC932 และพันธุ์อ่อนแอ พบว่าลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 แสดงลักษณะต้านทานต่อเชื้อแอนแทรคโนส ลักษณะความต้านทานถูกควบคุมด้วย dominant gene ซึ่งสอดคล้องกับ Lee et al., (2010) นอกจากนี้ยังพบว่าลักษณะต้านทานต่อโรคนี้ควบคุมด้วยยีนหลายตำแหน่ง โดยแต่ละตำแหน่งอาจต้านทานต่อเชื้อแอนแทรคโนสต่างสปีชีส์ (Ahmed et al., 1991; Voorips et al., 2004; Lee et al., 2010) แสดงให้เห็นถึงความต้านทานในแต่ละประชากรมีลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมและอิทธิพลของยีนแตกต่างกันในแต่ละประชากร

2.7 การศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ (heterosis) คือ ปรากฏการณ์ลูกผสมที่แข็งแรงเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง ต้านทานโรคและแมลง และให้ลักษณะอื่น ๆ ที่ดีกว่าพันธุ์พ่อแม่ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ตรงกันข้ามกับ inbreeding ที่ทำให้เกิดการเสื่อมของแต่ลักษณะในขณะที่ heterosis ทำให้ลักษณะข้างต้นดีขึ้นในสภาพแวดล้อมที่ปกติและเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชส่งผลให้ผลผลิตสูงที่สุด ในการแสดงออกของ heterosis สืบเนื่องมาจากการที่ยีนอยู่ในสภาพพันทาง (heterozygote) โดยพืชที่มีลักษณะพันธุกรรมอยู่ในรูปของ heterozygote จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ ดีเด่นเหนือกว่าพืชที่เป็นพันธุ์แท้ (homozygote) มักพบเสมอในลูกผสมชั่วที่หนึ่ง (F_1) ของพืชผสมข้ามเฉพาะลูกผสมที่ไม่มีความเกี่ยวข้องทางพันธุกรรม (ไพศาล, 2527) โดยทั่วไปสาเหตุที่ทำให้เกิด heterosis มี 2 ทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับกัน ได้แก่

2.7.1 ทฤษฎีการข่มปกติ (dominance theory) heterosis เป็นผลอันเนื่องมาจากการข่มสมบูรณ์หรือไม่สมบูรณ์ ภายในพืชผสมข้ามยีนด้อยถูกข่มไว้ด้วยยีนเด่น เมื่อพืชผสมตัวเองทำให้มีโอกาสที่ยีนด้อยจับคู่กันเกิดเป็นพันธุ์แท้ ทำให้เกิดการเสื่อมถอยของลักษณะเมื่อผสมข้ามพันธุ์กันอีกครั้งยีนด้อยจะถูกข่มไว้เกิดเป็นพันธุ์แท้ทำให้เกิดการเสื่อมถอยของลักษณะ และเมื่อผสมข้ามอีกครั้งยีนด้อยจะถูกข่มไว้เกิด heterosis ขึ้น (กมล, 2536)

2.7.2 ทฤษฎีการข่มเกิน (overdominance theory) กล่าวคือ ลูกผสมที่เป็นพันธุ์ทางลักษณะดีเด่นเหนือพ่อแม่ที่เป็นพันธุ์แท้ทั้งสอง heterosis เกิดจากการรวมตัวของยีนที่เป็นคู่กันเข้ามาอยู่ในสภาพพันธุ์ทาง ทำให้การรวมตัวของยีนในสภาพนี้จะถูกกระตุ้นให้เกิดกิจกรรมทางสรีรวิทยาของพืชเพิ่มขึ้น และแรงกระตุ้นจะหมดไปเมื่อผสมตัวเองจนกลายเป็นพันธุ์แท้ Shrestha et al. (2011) ได้ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมพริกหวาน (*C. annuum* L.) พบว่าลูกผสมแสดงความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อและแม่ทางบวกสูงในด้านจำนวนและผลผลิตต่อต้น สำหรับงานวิจัยของ Zewdie and Bosland (2001) ได้ทำการศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกในพริก *C. pubescens* พบว่าพ่อแม่ที่ดีที่สุดไม่ได้ให้ลูกผสมที่ดีที่สุดแต่ในทางตรงกันข้าม พ่อแม่ที่ไม่ดีกลับให้ลูกผสมที่ดีและดีกว่าพ่อและแม่แสดงให้เห็นว่าเป็นการแสดงออกแบบข่มข้ามคู่ และให้ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมสูง งานวิจัยของ กฤษฎา (2544) ได้ทำการศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมระหว่าง *C. annuum* × *C. chinense* ผลปรากฏว่ามีค่าความดีเด่นในลักษณะต่าง ๆ ทั้งปริมาณ capsaicinoids ผลผลิตต่อต้น จำนวนข้อต่อต้น สูงกว่าค่าเฉลี่ยระหว่างพ่อและแม่รวมกัน ส่วนงานวิจัยของ Prasath and Ponnuswami (2008) ได้ทำการศึกษาความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสมในพริกพบว่า ลูกผสมคู่ IPB C15 C19 × IPB มีน้ำหนักผลสูงสุดและลูกผสมคู่ IPB C8 × IPB15 มีจำนวนผลต่อต้นสูงสุดทำให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของลูกผสมสูงกว่าพันธุ์พ่อแม่ จากงานวิจัยของ Zewdie and Bosland (2001) ได้ทำการศึกษาความดีเด่นในพริก *C. pubescenns* L. ลูกผสมจำนวน 10 คู่ พบว่าลูกผสม 5 คู่มีปริมาณ capsaicin สูงตั้งแต่ 11-153 งานวิจัยของ Semel et al. (2006) ทำการผสมมะเขือเทศสายพันธุ์แท้ 6 สายพันธุ์ พบว่ามีการแสดงความดีเด่นเหนือพ่อแม่หลายลักษณะ คือจำนวนผลต่อต้น ผลผลิตต่อต้นรวมทั้งองค์ประกอบของผลผลิตทั้งหมด เช่น น้ำหนักต่อผล น้ำหนักต้น ลักษณะของเมล็ด และ % brix อย่างไรก็ตาม พบว่าสภาพแวดล้อมในการปลูกที่แตกต่างกันมีผลต่อน้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ สี ของแข็งที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งปริมาณกรดทั้งหมด

2.8 แผนการผสมเพื่อศึกษาการแสดงออกของยีน

ในการปรับปรุงพันธุ์พืช ความรู้ด้านองค์ประกอบทางพันธุกรรมของพืชที่จะนำมาปรับปรุงพันธุ์นั้น เป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับนักปรับปรุงพันธุ์ในการที่จะวางแผนการปรับปรุงพันธุ์พืชดังกล่าว นักปรับปรุงพันธุ์พืชใช้แผนการผสมพันธุ์พืช (mating design) แบบต่าง ๆ และวิธีการทางไบโอเมตริก (biometrical methods) เพื่อศึกษาองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม (components of genetic variance) ค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม (genetic parameters) ต่าง ๆ ของพืช โดยมีวิธีดังนี้

2.8.1 แผนการผสมพันธุ์ biparental progenies จัดเป็นแผนการผสมพันธุ์อย่างง่ายที่สุดสำหรับการประมาณค่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมในประชากร ซึ่งเสนอโดย Mather (1949) มีวิธีการคือ การสุ่มต้นพืชจากประชากรแล้วจับคู่ผสมข้ามกันเป็นคู่ ๆ โดยอาจทำทั้งการผสมตรง (direct cross) และการผสมสลับ (reciprocal cross) เพื่อให้ได้ปริมาณเมล็ดเพิ่มขึ้น แต่แผนการทดลองนี้มีข้อจำกัดคือ สามารถประมาณค่าความแปรปรวนของยีนแบบบวกได้อย่างเดียว โดยที่ต้องอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าความแปรปรวนของยีนแบบข่มมีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ 0 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วกรณีจะพบได้ยาก โดยเฉพาะในพืชผสมข้าม ดังนั้นวิธีการนี้จึงเป็นเพียงการแยกค่าความแปรปรวนอันเนื่องจากพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genetic and environmental components) ออกจากกันเท่านั้น (Kearsey, 1965)

2.8.2 แผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา (North Carolina Designs, NCDs) จัดเป็นแผนการผสมแบบ biparental mating อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งพัฒนาขึ้นมาโดย Comstock and Robinson (1948, 1952) โดยในวิธีการนี้ทำโดยการสุ่มต้นพืชจากประชากร เช่น ประชากรชั่วรุ่นที่ 2 (F_2) หรือรุ่นต่อ ๆ มาโดยที่ประชากรดังกล่าวได้มาจากการผสมข้ามระหว่างพันธุ์แท้ 2 สายพันธุ์ ที่มีพันุกรรมต่างกัน หรือเป็นประชากรผสมแบบเปิดที่มีการผสมกันโดยสุ่มทำการผสมข้ามระหว่างต้นพืชที่สุ่มมาตามแผนการผสมพันธุ์แบบนอร์ทแคโรไลนาซึ่งมี 3 แบบ ได้แก่

2.8.2.1 แผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-1 (NCD-I หรือ nested design) เป็นการผสมที่ชุดของต้นพันธุ์ที่ต้นตัวผู้แต่ละต้นผสมข้ามกับชุดของต้นตัวเมียหลายต้น โดยต้นตัวเมียไม่ซ้ำกันในการผสมกับตัวผู้แต่ละต้น เรียกว่าเป็น polygamous mating design นิยมใช้กันมากในงานปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด

2.8.2.2 แผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-2 (NCD-II หรือ factorial design) เป็นการผสมที่ชุดของต้นตัวผู้ แต่ละต้นผสมกับชุดของตัวเมียทุกต้น ลักษณะเป็นแบบแฟกทอเรียล นั่นคือต้นตัวเมียแต่ละต้นได้รับการผสมจากต้นตัวผู้หลายต้น เรียกว่า polyandrous mating design

2.8.2.3 แผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-3 (NCD-III หรือ backcross design) มีรูปแบบการผสมโดยการสุ่มต้น F_2 และใช้เป็นต้นตัวผู้ผสมกลับไปยังสายพันธุ์แม่ และสายพันธุ์พ่อ ซึ่งใช้เป็นต้นตัวเมีย จึงเรียกว่าเป็น backcross design

ทั้ง 3 แบบสามารถประมาณองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม 2 รูปแบบที่สำคัญ ได้แก่ ความแปรปรวนของยีนแบบบวก และแบบข่ม ซึ่งมีความสำคัญต่อแผนการปรับปรุงพันธุ์พืช อีกทั้งยังสามารถประมาณค่าระดับ หรือองศาของการข่มเฉลี่ย (average degree of dominant, d) ได้ ดังนั้นจึงเหมาะกับการใช้ในพืชผสมข้ามซึ่งผลของยีนแบบข่มมีบทบาทสำคัยต่อลักษณะส่วนใหญ่

2.8.3 แผนการผสมพันธุ์ทริปเปิลเทสครอส โดย Kearsey และ Jinks (1968) ได้เสนอวิธีการทริปเปิลเทสครอส (triple test cross, TTC) ซึ่งเป็นวิธีการที่ขยายเพิ่มเติมมาจากแผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-3 ของ Comstock and Robinson (1952) เพื่อที่จะประเมินผลทางพันธุกรรมในกรณีที่มีผลของปฏิกิริยาร่วมระหว่างยีนต่างตำแหน่งในการถ่ายทอดลักษณะของพืช และในกรณีที่ไม่มีผลดังกล่าว จะทำให้การประมาณค่าองค์ประกอบของความแปรปรวนในส่วนของผลของยีนแบบบวก และยีนแบบข่มได้แม่นยำ วิธีการทริปเปิลเทสครอสต่างจากแผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-3 คือมีลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (F_1) เป็นตัวทดสอบ (tester) เพิ่มเข้าไป นอกเหนือจากพันธุ์พ่อแม่ที่เป็นตัวทดสอบอยู่แล้ว นอกจากนี้แผนการผสมพันธุ์ทริปเปิลเทสครอสยังมีความยืดหยุ่นเนื่องจากสามารถนำมาใช้ทดสอบกับประชากรได้ทุกรูปแบบ เช่น สายพันธุ์ หรือพันธุ์ และในกรณีไม่มีปฏิกิริยาร่วมระหว่างต่างตำแหน่งแล้วแผนการผสมพันธุ์ทริปเปิลเทสครอสจะมีประสิทธิภาพมากกว่าแผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-3 ในการประมาณค่าผลของยีนแบบบวก และแบบข่ม

2.8.4 แผนการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์กับพันธุ์ทดสอบ (line × tester analysis) มีลักษณะของการผสมพันธุ์ การทดลอง และการวิเคราะห์ผลทางสถิติคล้ายกลับแผนการผสมพันธุ์ทริปเปิลเทสครอส แต่มีความต่างกันในส่วนของประชากรพืชที่นำมาทดสอบ และวัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ผลทางพันธุกรรม อย่างไรก็ตามแผนการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์กับพันธุ์ทดสอบนอกจากจะให้ข้อมูลเกี่ยวกัยสมรรถนะในการรวมตัวทั่วไป และการรวมตัวเฉพาะของสายพันธุ์/พันธุ์พ่อแม่แล้วยังสามารถนำมาประมาณค่าผลของยีนรูปแบบต่าง ๆ ได้อีกด้วย โดยมีรูปแบบการผสมพันธุ์เป็นแบบแฟกทอเรียลเช่นเดียวกับแผนการผสมพันธุ์นอร์ทแคโรไลนา-2 และแผนการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์กับพันธุ์ทดสอบสามารถใช้ได้ทั้งในพืชผสมตัวเอง และพืชผสมข้าม (Ahmed et al., 2003; Saleem et al., 2009)

2.8.5 แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (Griffing's Method) โปรแกรมการปรับปรุงพืชจำนวนมากมีการใช้แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด เนื่องจากเป็นแบบแผน และการวิเคราะห์ที่ให้ข้อมูลทางพันธุกรรมของลักษณะปริมาณที่มีประโยชน์ต่อนักปรับปรุงพันธุ์พืช (Viena et al., 2001) ซึ่งความรู้เกี่ยวกับการควบคุมทางพันธุกรรมของลักษณะมีความสำคัญต่อนักปรับปรุงพันืพืชในการตัดสินใจใช้วิธีการคัดเลือก และวิธีการปรับปรุงพันธุ์ที่เหมาะสม (Esmail, 2007) แผนการผสมพันธุ์แบบพบกันหมด (diallel cross) สามารถนำมาศึกษาได้ทั้งผลของความดีเด่นของลูกผสม (heterosis) ผลเนื่องจากการผสมพันธุ์สลับพ่อแม่ และอิทธิพลของฝ่ายแม่ (reciprocal and maternal effect) สมรรถนะการผสมทั่วไป (general combining ability, GCA) และสมรรถนะการผสมเฉพาะ

(specific combining ability, SCA) (Glover et al., 2005) และยังสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าขององค์ประกอบทางพันธุกรรม (genetic components) ของสายพันธุ์พ่อแม่ที่สุ่มมาจากประชากรได้ส่วนการประมาณค่าผลของ GCA และ SCA ยังเป็นวิธีการที่สำคัญในการนำมาประมาณค่าผลของยีนแบบบวก และยีนที่ไม่เป็นผลบวก (additive and non-additive gene action) (Griffing, 1956)

Griffing (1956) ได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ในการผสมพันธุ์แบบพบกันหมดของสายพันธุ์พ่อแม่จำนวน 4 วิธีการด้วยกัน โดยมีสายพันธุ์พ่อแม่ และลูกผสมที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. Griffing's method 1 ประกอบด้วยสายพันธุ์พ่อแม่ (p), ลูกผสมตรง [p(p-1)/2] และลูกผสมสลับ [p(p-1)/2] ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ p^2 วิธีการนี้นิยมใช้ในพืชผสมข้าม (Asfaliza et al., 2012)

2. Griffing's method 2 ประกอบด้วยสายพันธุ์พ่อแม่ (p) และลูกผสมตรง [p(p-1)/2]ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ p(p+1)/2 ซึ่งเป็นการใช้สายพันธุ์พาอแม่และลูกผสมเพียง 1 ชุด มาปลูกในแผนการทดลองนิยมใช้ในการศึกษาสมรรถนะการรวมตัว และความดีเด่นของลูกผสม (Masny et al., 2005)

3. Griffing's method 3 ประกอบด้วยลูกผสมตรง [p(p-1)/2] และลูกผสมสลับ [p(p-1)/2] ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ p(p-1) ซึ่งเป็นการนำเอาเฉพาะลูกผสมตรง และลูกผสมสลับมาปลูกในแผนการทดลอง โดยไม่มีสายพันธุ์พ่อแม่ โดยทั่วไปแล้วผู้วิจัยไม่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาความดีเด่นของลูกผสม จึงไม่รวมสายพันธุ์พ่อแม่เข้าไปในการทดลอง (Hakizimana et al., 2004)

4. Griffing's method 4 ประกอบด้วยลูกผสมตรง [p(p-1)/2] อย่างเดียว ดังนั้นจึงมีจำนวนทรีตเมนต์ลงในแผนการทดลองทั้งหมดเท่ากับ p(p-1)/2 ซึ่งจะนำเอาลูกผสมเพียง 1 ชุด คือเฉพาะลูกผสมตรงเท่านั้นมาปลูกในแผนการทดลอง

โดยที่ตัวแบบ (model) ในการวิเคราะห์มี 2 รูปแบบ คือ

- ตัวแบบคงที่ (fixed model or model I) ในการวิเคราะห์หาสมรรถนะในการผสมทั่วไปและสมรรถนะในการผสมเฉพาะ

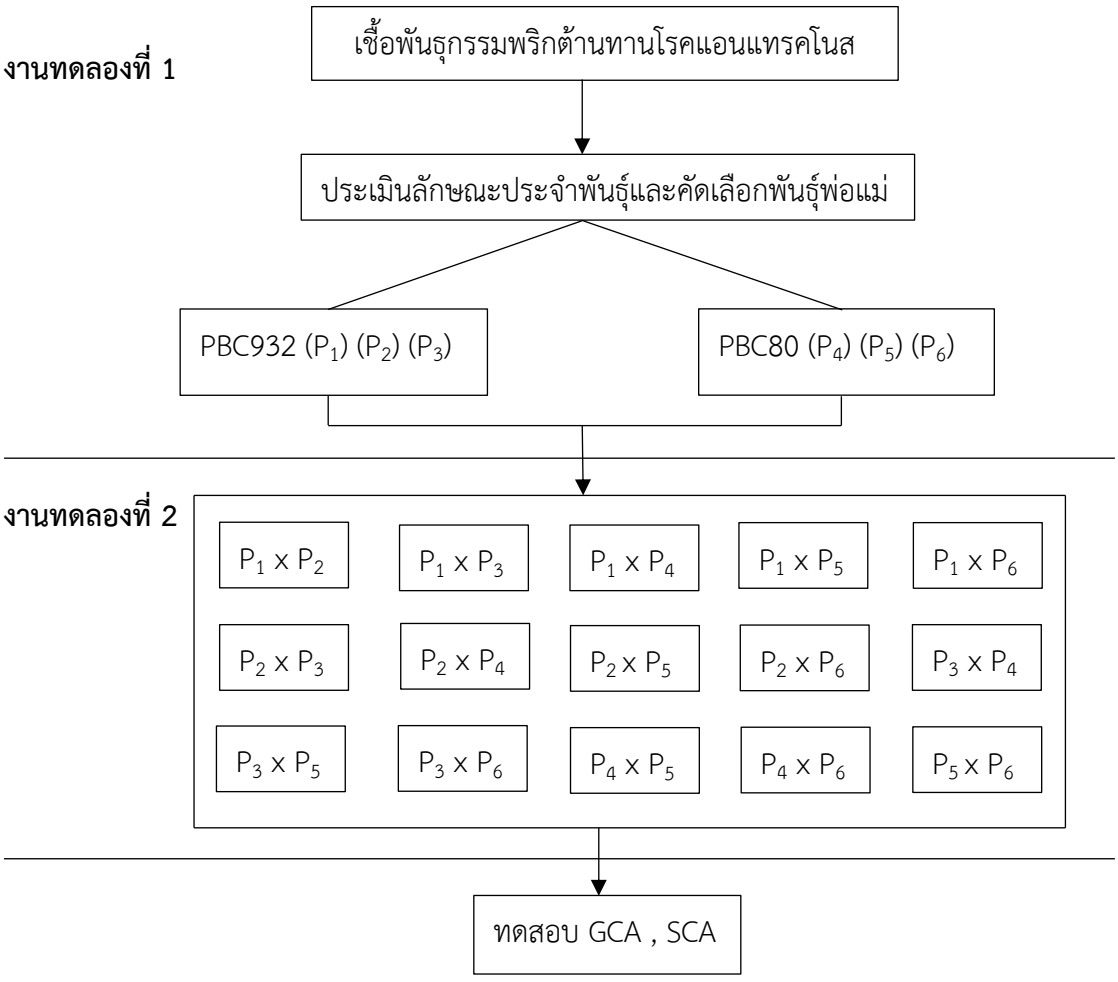
- ตัวแบบสุ่ม (random model or model II) ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินผลของความแปรปรวนทางพันธุกรรม

Hallauer and Miranda (1988) กล่าวไว้ว่าในตัวแบบคงที่นั้นสายพันธุ์พ่อแม่ถือว่าเป็นประชากร ในขณะที่ในตัวแบบสุ่ม สายพันธุ์พ่อแม่จะเป็นตัวอย่างที่สุ่มมาจากประชากร ซึ่งมีความแตกต่างระหว่าง 2 ตัวแบบนี้มีความสำคัญต่อทั้งในวิธีการวิเคราะห์ และการแปลผลจากการวิเคราะห์ โดยที่จากการที่สายพันธุ์พ่อแม่เป็นประชากรในตัวแบบที่ 1 นั้น ดังนั้นจึงไม่เหมาะในการที่จะนำมาประมาณค่าหาองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรม แต่เหมาะสมที่จะนำมาประมาณหาค่าความสามารถในการผสมเพื่อหาสายพันธุ์พ่อแม่ และคู่สายพันธุ์พ่อแม่ที่เหมาะสมซึ่งมีความสามารถใน

การผสมทั่วไป และความสามารถในการผสมเฉพาะสูง ส่วนในแบบที่ 2 มีความเหมาะสมในการนำมาประมาณค่าหาองค์ประกอบของความแปรปรวนทางพันธุกรรมอย่างไรก็ตามผู้ทดลองจะใช้ตัวแบบใดก็ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ และจำนวนสายพันธุ์พ่อแม่ที่ใช้ในการผสม

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นการประเมินเชื้อพันธุกรรมและศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริกพันธุ์ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp. ประกอบด้วยงานทดลองหลัก 2 งานทดลองคือ 1) ประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส และคัดเลือกพันธุ์พ่อแม่ที่ต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส และ 2) ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของลักษณะต้านทานโรคแอนแทรคโนสในกลุ่มที่มียีนต้านทานโรคแตกต่างกัน โดยมีวิธีดำเนินงานดังนี้



หมายเหตุ

PBC932 P_1 = ANT1 P_2 = ANT9 P_3 = ANT10

PBC80 P_4 = ANT4 P_5 = ANT17 P_6 = ANT18

ภาพที่ 3.1 แผนผังการปรับปรุงพันธุ์พริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส

งานทดลองที่ 1 การประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส

นำพริกทั้งหมด 21 สายพันธุ์ (ตารางที่ 3.1) มาประเมินความต้านทานโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียวและระยะผลแดงด้วยวิธีการปลูกเชื้อ 2 วิธีการ คือ 1. วิธีการพ่นสานแขวนลอยลงบนต้น และ 2. วิธีการปลูกเชื้อแบบฉีดเข้าที่ผิวผลพริก โดยแบ่งการประเมินตามลักษณะการแสดงออกลักษณะที่ปรากฏ (phenotype) และการแสดงออกของยีนต้านทาน (genotype) ดังนี้

งานทดลองที่ 1.1 การประเมินลักษณะความต้านทานโรค (Phenotypic evaluation)

1) การวางแผนการทดลอง และเตรียมต้นพริก

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ผล มาใช้ประเมินระดับการตอบสนองต่อเชื้อแอนแทรคโนส ได้แก่ เชื้อ *Colletotrichum accutatum* ไอโซเลท Ca_KK ที่แพร่ระบาดอย่างรุนแรงในประเทศไทย โดยได้รับความอนุเคราะห์เชื้อจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ นำเชื้อพันธุกรรมพริกสายพันธุ์ที่ได้รับยีนต้านทานโรคแอนแทรกจากพันธุ์ PBC 932 จำนวน 12 สายพันธุ์ เชื้อพันธุกรรมที่ได้รับยีนต้านทานจาก PBC80 จำนวน 5 สายพันธุ์ และพันธุ์การค้าที่ไม่มีรายงานความต้านทานจำนวน 3 สายพันธุ์ มาทดสอบเปรียบเทียบกับพันธุ์อ่อนแอทดสอบคือ พริกมันบางช้าง รวมทั้งหมด 21 สายพันธุ์ (ตารางที่ 3.1) วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ปลูกสายพันธุ์ละ 9 ต้น แบ่งเป็น 3 ซ้ำ รวมเป็น 180 ต้น เริ่มจากเพาะต้นกล้าพริกในวัสดุเพาะกล้าพีทมอสในถาดเพาะขนาด 60 หลุม เป็นระยะเวลานาน 1 เดือน แล้วย้ายต้นกล้าปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว ในวัสดุปลูกผสม ดิน:ขุยมะพร้าว:ขี้เถ้าแกลบ อัตราส่วน 1:1:1 และทุกกระถางมีการดูแลรักษาดังนี้ ใส่ปุ๋ยรองพื้น 16-16-16 อัตรา 5 กรัม/กระถางร่วมกับปุ๋ยคอกอัตรา10กรัม/กระถางให้น้ำช่วงเช้าวันละ1ครั้ง และให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 18-46-0 ในช่วงระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น ส่วนในระยะออกดอก และติดผลให้ปุ๋ยสูตร 15-0-0 ร่วมกับปุ๋ย 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 10 กรัม /กระถาง ในโรงเรือนคลุมหลังคาพลาสติกและป้องกันแมลงด้วยผ้ามุ้งขนาด 32 ตา เมื่อต้นพริกอายุ 75 วัน (มีผลเขียวต่อผลแดง อัตราส่วน 1:1) จึงนำต้นพริกมาปลูกเชื้อ

ตารางที่ 3.1 รายการเชื้อพันธุกรรมพริกที่ใช้ในการประเมินความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

No.	Code screening	Code	Pedigree name	Resistant source	Source
1	ANT1	KM-14-7-1	R1-2	PBC932	Worldveg.
2	ANT2	KM-07-12-1	28-7-5-1-1	PBC932	KKU
3	ANT3	KM-17-3-2	28-2-4-2-1	PBC932	KKU
4	ANT4	KM-06-2-1	R2-1-1	PBC80	KKU
5	ANT5	KM-02-14-2	14-9-2-2-1	PBC932	KKU
6	ANT6	KM-13-3-1	28-7-3-1-1-1	PBC932	KKU
7	ANT7	KM-02-14-1	14-9-2-2-1	PBC932	KKU
8	ANT8	KM-13-3-2	28-7-3-1-1-1	PBC932	KKU
9	ANT9	KM-01-10-2	28-2-2-1-1	PBC932	KKU
10	ANT10	KM-01-9-1	28-2-2-1-1	PBC932	KKU
11	ANT11	KM-05-11-1	CWYS	-	KKU
12	ANT12	KM-18-5-1	28-2-2-3-1	PBC932	KKU
13	ANT13	KM-01-5-2	28-2-2-1-1	PBC932	KKU
14	ANT14	KM-18-5-1	28-2-2-3-1	PBC932	KKU
15	ANT15	KM-12-6-1	R2-7-1-1-1	PBC80	KKU
16	ANT16	KM-10-10-2	R2-1-1	PBC80	KKU
17	ANT17	KM-06-4-1	R2-1-1	PBC80	KKU
18	ANT18	KM-06-2-2		PBC80	KKU
19	pep14	PP04377506		-	Worldveg.
20	pep22	ยอดสนเข็ม80		-	KKU
21	-	-	พริกมันบางช้าง365	-	TGRC

หมายเหตุ: worldveg. = The World Vegetable Center, KKU = Khon Kaen University, TGRC = Tropical Genetic Research Center

2) การเตรียมเชื้อแอนแทรคโนส

นำเชื้อรา *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK (เป็นสายพันธุ์ที่ระบาดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและมีความรุนแรงในการเกิดโรค) ที่ได้รับการอนุเคราะห์จากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ จัดเก็บในสภาพแห้งบนกระดาษกรองนำไปเลี้ยงบนอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ภายใต้แสงจากหลอดไฟ fluorescent อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน จนเชื้อราปรากฏจุดสีดำเล็ก ๆ (acervuli) ซึ่งภายในบรรจุสปอร์ของเชื้อรา เก็บเกี่ยวสปอร์โดยการเติมน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในจานเลี้ยงเชื้อ นับจำนวนสปอร์ใน spore suspension ด้วย haemacytometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ปรับความเข้มข้นของ spore suspension ให้ได้ประมาณ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร จำนวน 20 ลิตร

3) การปลูกเชื้อลงบนต้นพริกด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย

เตรียมต้นพริกระยะพร้อมทดสอบที่มีระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และระยะผลแดง อายุ 75 วันหลังย้ายปลูก แล้วปลูกเชื้อ *Colletotrichum* sp. ลงบนต้นพริกโดยการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย ความเข้มข้น10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตรต่อต้น โดยใช้เครื่องพ่นสารทำการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย ลงบนต้นพริกให้ทั่วทั้งต้น หลังจากพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย แล้วคลุมต้นพริกด้วยถุงดำเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 3.2) ในสภาพโรงเรือนที่มีความชื้น 96% (วัดด้วยเครื่อง Hygrometer) มีการเปิดพ่นหมอกด้านบนทุก ๆ 1 ชั่วโมง และให้น้ำที่บริเวณพื้นให้ชุ่มตลอดเวลา จากนั้นนำถุงดำที่คลุมออก

บันทึกข้อมูล

ประเมินอาการของโรคทำหลังจากพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย เป็นเวลา 14 วัน โดยประเมินจากจำนวนผลที่เกิดโรคแต่ละระยะ (ผลเขียว ผลสุกห่าม ผลแดง) ต่อจำนวนผลทั้งหมด โดยให้กำหนดค่า L หรือค่าความสว่างตั้งแต่ 26.42-41.98 ให้เป็นระยะผลเขียว ค่า 33.46-34.21 ให้เป็นระยผลสุกห่าม และค่า 28.85-38.74 ให้เป็นระยะผลแดง กำหนดค่า a หรือค่าที่แสดงความเข้าใกล้สีเขียวและสีแดง กำหนดค่าตั้งแต่ -11.20 จนถึง -13.04 ให้เป็นระยะผลเขียว ค่า 5.57-32.54 ให้เป็นระยผลสุกห่าม และค่า 25.57-51.17 ให้เป็นระยะผลแดง (ภาพที่ 3.3) ที่กำหนดความรุนแรง 3 ระดับ คือ ระดับ 0 ไม่เกิดแผลที่ผล ระดับ 1 เกิดจุดแผลขนาดเล็กกว่า 1 มิลลิเมตร 1-3 จุด และระดับ 2 เกิดจุดแผลที่ผลขนาดใหญ่กว่า 1 มิลลิเมตร จากนั้นนำค่าคะแนนการเกิดโรคมาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค (disease index, %DI) (ตารางที่ 3.2) โดยใช้สูตร %Disease index = $\frac{\Sigma(Ni \times Vi)}{N \times V} \times 100$ (Khonesavanh et al., 2012), เมื่อ Ni= จำนวนผลที่แสดงการเกิดโรคในแต่ละระดับ, Vi= ระดับการเกิดโรค, V= ระดับการเกิดโรคสูงสุด, N= จำนวนผลทั้งหมดที่นำมาทดสอบเพื่อนำไประบุลักษณะความต้านทานของพริกแต่ละสายพันธุ์ต่อเชื้อที่นำมาทดสอบ

ภาพที่ 3.2 การเตรียมเชื้อ *C. acutatumn* (Ca_KK) (A), การพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย *C. acutatumn* (Ca_KK) ลงบนต้นพริก (B), การคลุมถุงดำต้นพริกหลังได้รับการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย (C) และการบ่นพริกหลังการได้รับการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย (D)

ภาพที่ 3.3 ระยะช่วงสีที่ใช้ในการประเมินการเกิดโรคในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดงในวิธีการปลูกเชื้อแบบการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย

ตารางที่ 3.2 เกณฑ์ระดับความรุนแรงของการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริกด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย

ระดับอาการเกิดโรค	อาการของโรค	การตอบสนองของโรค
0	ไม่มีอาการของโรค	HR
0.1-5	มีอาการของโรคหรือเนื้อตาย < 5% ของความยาวผล	R
5.1-15	มีอาการของโรคหรือเนื้อตายตั้งแต่ 6-15% ของความยาวผล	MR
15.1-25	มีอาการของโรคหรือเนื้อตายตั้ง 16-30% ของความยาวผล มีการสร้าง acervuli	MS
25.1-50	มีอาการของโรคหรือเนื้อตาย 31-50% ของความยาวผล โดยจำนวนของ acervuli หรือแผลที่ฉ่ำน้ำขยายได้ถึง 55% ของความยาวผล	S
>50	มีอาการของโรคหรือเนื้อตาย > 51% ของความยาวผล	HS

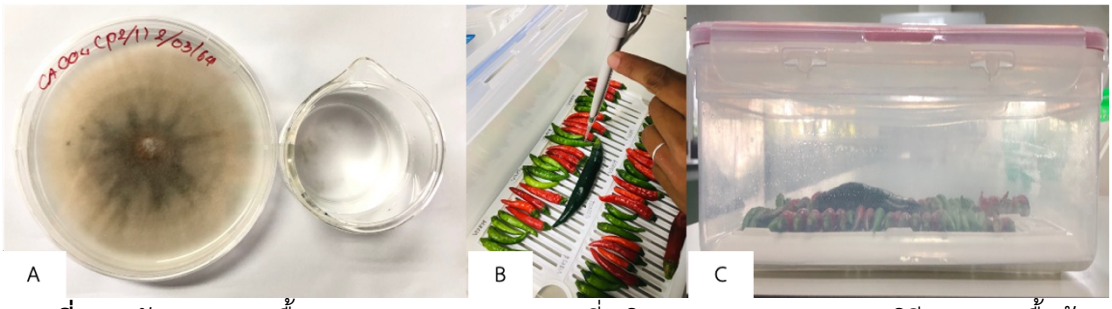
ที่มา: ดัดแปลงจาก Montri et al., (2009)

4) การปลูกเชื้อลงบนพริกด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล (microinjection)

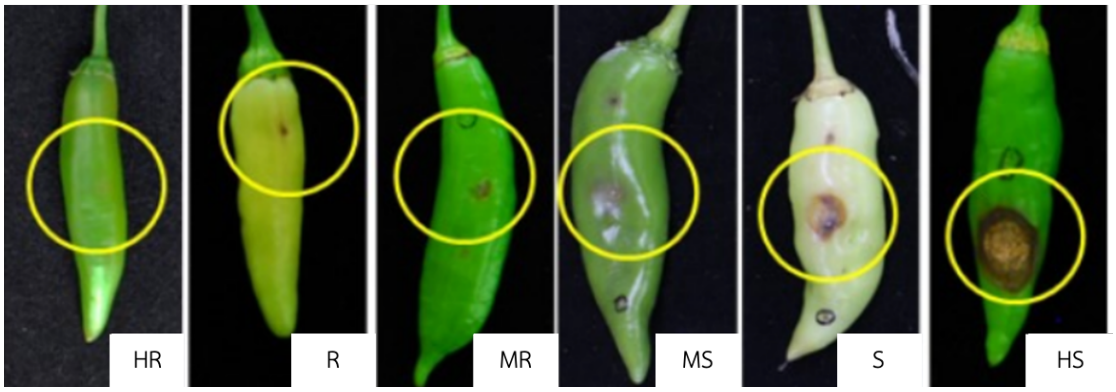
โดยเริ่มจากทำความสะอาดที่ผลพริกด้วย 70 % ethanol จากนั้นทำเครื่องหมายบนผลเพื่อแสดงตำแหน่งที่จะปลูกเชื้อ 1 จุดต่อผล (ภาพที่ 3.4) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและสายพันธุ์ของพริก จากนั้นนำมาทดสอบกับเชื้อโดยวิธีการฉีด spore suspension ของเชื้อ *Colletotrichum* sp. ไอโซเลท Ca_KK โดยใช้เข็มเจาะทำให้เกิดบาดแผลแล้วฉีดเชื้อเข้าไปในผลพริกด้วยไมโครปิเปต ใช้เชื้อความเข้มข้น $5x10^5$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 2 ไมโครลิตร (ภาพที่ 3.4) จากนั้นไปบ่มในกล่องพลาสติกที่มีความชื้น 80-90% เป็นเวลา 5 วัน (ภาพที่ 3.4) ทำการบันทึกข้อมูลและประเมินระดับความต้านทาน ตามวิธีการของ Suwor et at., (2017)

บันทึกข้อมูล

ประเมินอาการของโรควันที่ 5 และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อโดยประเมินจากขนาดจุดแผลด้วยไม้บรรทัดวัดขนาดทรงกลม ทรงรี จะได้พื้นที่การเกิดแผล และนำค่าการเกิดแผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย ที่กำหนดระดับความรุนแรงไว้ 6 ระดับ (ภาพที่ 3.5)



ภาพที่ 3.4 ลักษณะของเชื้อ *C.acutatum* (Ca_KK) ที่เจริญบนอาหาร PDA (A), วิธีการปลูกเชื้อด้วย microinjection ลงไปที่ผิวของผลพริก (B) และการบ่มผลพริกหลังจากปลูกเชื้อในกล่องเก็บความชื้น (C)



ภาพที่ 3.5 ระดับความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนส 6 ระดับ (0 mm = ต้านทานโรคมาก (HR), 0.1-2 mm = ต้านทานโรค (R), 2.1-4 mm = ต้านทานปานกลาง (MR), 5-9 mm = อ่อนแอปานกลาง (MS), 10-15 mm = อ่อนแอ (S), 15 mm = อ่อนแอมาก (HS)

ที่มา: Nayoung et al. (2021)

งานทดลองที่ 1.2 การตรวจสอบยีนควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส (Genotypic evaluation)

นำ DNA Primer ที่มีรายงานว่าสามารถแยกความแตกต่างของพริกพันธุ์ที่ต้านทานและอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนสจำนวน 2 primer คือ SSR-HpmsE032 และ SCAR-Indel มาใช้ร่วมคัดเลือกการตรวจยีนต้านทาน (ตารางที่ 3.3) นำใบส่วนยอดของพริกจำนวน 2-3ใบของพริกสายพันธุ์ทดสอบจำนวน 21 สายพันธุ์มาสกัดดีเอ็นเอด้วยเทคนิค CTAB method (Mongkolporn et al., 2004) นำดีเอ็นเอมาเพิ่มปริมาณด้วยเทคนิค polymerase chain reaction (PCR) แต่ละปฏิกิริยาประกอบด้วย GoTaq® Green Master Mix 10 ไมโครลิตร genomic DNA ปริมาตร 1 µl Primer forward และ reverse อย่างละ 0.3 µl นำ PCR product มาแยกขนาดของดีเอ็นเอโดยเทคนิค electrophoresis ด้วย 1.5 % agarose gel ใน 0.5 X TBE buffer ด้วยเครื่อง gel electrophoresis (BIO-RAD, DNA SUB CELL Tm และ BIO-RAD, PROTEIN ®II Xi CELL) กระแสไฟ 100 โวลต์ (BIO-RAD Modell 1000/500 power supply) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และถ่ายภาพภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตบันทึกภาพด้วยกล้อง รุ่น Alpha Imager 3300 system และบันทึกผลตามขนาดของดีเอ็นเอที่ปรากฏ นำแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในพริกแต่ละสายพันธุ์หาความสัมพันธ์กับการเกิดโรคแอนแทรคโนส (Validation) คือ SSR-HpmsE032 ที่ตำแหน่ง 231 bp เป็นตำแหน่งต้านทาน และ 240 bp เป็นตำแหน่งอ่อนแอ (Wang, 2011; Suwor et al., 2015) และใน SCAR-Indel ที่ตำแหน่ง 100 bp และ 90 bp เป็นตำแหน่งต้านทานและอ่อนแอตามลำดับ (Lee et al., 2010; Suwor et al., 2015) (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 ไพรเมอร์ที่ใช้ในการคัดเลือกพริกพันธุ์ที่ต้านทานและอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนสที่พัฒนาจากพริกพันธุ์ PBC932 และ PBC80

Marker	Location	Size resistant source[1/]	Primer sequence	Reference
SSR-HpmsE032	LG12	231 bp (R); 240 bp (S) (PBC80)	F:ATGCGCAAAGGGAGAAAATTCA R:CGAACTAACCGTTCATGGTGGA	Wang (2011), Suwor et al. (2015)
SCAR-Indel	P5	100 bp (R); 90 bp (S) (PBC932)	F:GGTATCTTATTTCATAGGGACCAGGCA R:TTTGCGGTAGTGACAACAACTTTACAGCCA	Lee et al. (2010), Suwor et al. (2015)

Remark: R = resistant position, S = susceptible position

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างยีนต้านทาน และลักษณะความต้านทานต่อโรค

ประเมินอาการของโรควันที่ 5 และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อโดยประเมินจากขนาดจุดแผลด้วยไม้บรรทัดวัดขนาดทรงกลม ทรงรี จะได้พื้นที่การเกิดแผล และนำค่าการเกิดแผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยการเกิดโรค 0-3 mm จะประเมินเป็นระดับต้านทานโรค (resistant :R), ค่าเฉลี่ยมากกว่า 4.0 mm เป็นระดับอ่อนแอ (susceptible : S)

งานทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

ปลูกทดสอบความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส และศึกษาความสามารถในการรวมตัวในการผสมทั่วไป (general combining ability; GCA) และความสามารถในการผสมเฉพาะ (specific combining ability; SCA) ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ คือ ANT1 (P_1) ANT4 (P_2) ANT9 (P_3) ANT10 (P_4) ANT17 (P_5) และ ANT18 (P_6) วางแผนการผสมแบบ half diallel cross คือ ทำการผสมแบบพบกันหมด และไม่มีการผสมกลับ (ตารางที่ 3.4) ทดสอบความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส โดยใช้วิธีการปลูกเชื้อแบบ microinjection ลงบนผลพริก วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประเมินอาการของโรควันที่ 5 และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ และเก็บข้อมูลลักษณะประจำพันธุ์ การเจริญเติบโตทางลำต้น ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ตารางที่ 3.4 การวางแผนการผสมสร้างลูกผสมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนสแบบ half diallel cross

F \ M	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
P_1	⊗	×	×	×	×	×
P_2		⊗	×	×	×	×
P_3			⊗	×	×	×
P_4				⊗	×	×
P_5					⊗	×
P_6						⊗

Remark: P_1 = ANT1, P_2 = ANT4, P_3 = ANT9, P_4 = ANT10, P_5 = ANT17, P_6 = ANT18

งานทดลองที่ 2.1 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพริกในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ปลูกทดสอบผลผลิตเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม วางแผนการทดลองแบบ RCBD ทำ 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น สำหรับปลูกเพื่อเก็บข้อมูลโดยเริ่มเก็บข้อมูลเมื่ออายุได้ 120 วัน ทำการบันทึกลักษณะลำต้น ใบ ดอก ผล และการเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งที่ 2 จำนวน 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น ตาม descriptor ของ The World Vegetable Center และนำมาวิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัวในการผสมทั่วไป (general combining ability; GCA) และการรวมตัวเฉพาะ

การบันทึกข้อมูล

ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น

1. การเจริญเติบโต คือ ความสูงต้น (ซม.) ความกว้างลำต้น (ซม.)
2. ขนาดของลำต้น 4 แบบ small, intermediate, large และ mixture
3. ความสูงต้น 5 แบบ คือ short (<50 cm), intermediate (50-100 cm), tall (>100 cm), very tall (>200 cm) และ mixture
4. ลักษณะทรงพุ่ม 4 แบบ คือ prostrate, compact, erect และ mixture
5. ลักษณะความหนาแน่นของก้านลำต้น 5 แบบ คือ glabrous, sparse, intermediate, abundant และ mixture
6. ลักษณะก้านดอก 4 แบบ คือ pendant, intermediate, erect และ mixture
7. ความยาวต่อ 1 ก้านดอก (ซม.)
8. ความหนาแน่นของขนใบ 5 แบบ glabrous, sparse, intermediate, abundant และ mixture
9. ลักษณะของขนใบ 5 แบบ absent, short, intermediate, long และ mixture
10. ขนาดใบ 2 แบบ คือความยาว (ซม.) ความกว้าง (ซม.)
11. ลักษณะรูปร่างใบ 4 แบบ คือ deltoid, ovate, lanceolate และ mixture
12. สีใบ 6 แบบ คือ yellow, light green, green, dark green, purple และ mixture
13. ความเข้มของใบวัดด้วยเครื่อง Konica Minolta chlorophyll Meter SPAD-502Plus
14. วันที่ดอกแรกบาน

ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต

1. ขนาดผลผลิต 2 แบบ คือ ความกว้างผล (ซม.) และความยาวผล (ซม.)
2. ปริมาณผลผลิต 2 แบบ คือ น้ำหนักผลสด (กรัม) น้ำหนักผลแห้ง (ซม.)

(specific combining ability: SCA) ตามวิธีการที่ 4 แบบจำลองที่ 1 ของ Griffing

การบันทึกลักษณะข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมีขั้นตอนดังนี้

1. การเจริญเติบโตทางลำต้นทำการสุ่มวัด 3 ต้นต่อซ้ำ เมื่อเก็บผลผลิตครั้งที่ 2 โดยที่ความสูงต้น (ซม.) วัดจากโคนต้นผิวดินถึงส่วนปลายยอดสูงสุดของต้น และความกว้างของทรงพุ่ม (ซม.)

2. คุณภาพของผลผลิตทำการสุ่มวัด 10 ผลต่อซ้ำ โดยเก็บลักษณะดังต่อไปนี้ ความกว้างผล (ซม.) ความยาวของผล (ซม.) และน้ำหนักต่อผล (กรัม)

การเก็บข้อมูลลักษณะของผลผลิตมีขั้นตอนดังนี้

1. น้ำหนักผลสดต่อต้น (กรัม) และจำนวนผลต่อต้นสุ่มวัด 3 ต้นต่อซ้ำเก็บเกี่ยวผลผลิตจำนวน 3 ครั้ง โดยเริ่มเก็บผลผลิตครั้งแรกเมื่อมีปริมาณผลสุก 1 ใน 3 ของต้น ช่วงระยะเวลาเก็บเกี่ยวห่างกัน 1 สัปดาห์

2. น้ำหนักผลแห้งต่อต้น (กรัม) สุ่มวัด 3 ต้นต่อซ้ำหลังจากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง 3-4 แดด จึงนำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

3. วิเคราะห์ข้อมูลอัตราส่วนน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง นำน้ำหนักสดต่อต้นที่ชั่งได้มาเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้ง

งานทดลองที่ 2.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพันธุ์พริกในลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

นำพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พันธุ์ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม พันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (พริกมันบางช้าง) มาเพาะกล้าในถาดหลุมขนาด 104 หลุม เมื่อได้ต้นกล้าอายุ 30 วัน ย้ายลงกระถางปลูกขนาด 10 นิ้ว ประเมินความต้านทานโรคแอนแทรคโนสในผลพริกระยะผลเขียวและผลแดง ด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล (microinjection) วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) 3 ซ้ำ ๆ ละ 5 ผล โดยใช้เชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลท Ca_KK ประเมินอาการของโรควันที่ 5 และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อโดยประเมินจากขนาดจุดแผลด้วยไม้บรรทัดวัดขนาดทรงกลม ทรงรี จะได้พื้นที่การเกิดแผล และนำค่าการเกิดแผลมาคำนวณหาค่าเฉลี่ย โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยการเกิดโรคที่กำหนดความรุนแรงไว้ 6 ระดับ (Suwor et al, 2017) จากนั้นนำคะแนนการเกิดโรคแต่ละระดับมาคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (disease severity) เพื่อนำไประบุลักษณะความต้านทานของพริกในแต่ละสายพันธุ์ต่อโรคแอนแทรคโนส

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลค่าเฉลี่ย ความสูงต้น ความกว้างของทรงพุ่ม ความกว้างของผล ความยาวของผล น้ำหนักต่อผล อัตราส่วนน้ำหนักน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และค่าเฉลี่ยการเกิดโรควิเคราะห์ความแปรปรวนลักษณะต่าง ๆ ตามแผนการทดลองแบบ RCBD และสิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์และที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ศึกษาความดีเด่นของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 (heterosis)

1. ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่

$$\text{Heterosis (\%)} = ((F_1 - MP) / MP) \times 100$$

เมื่อ F_1 = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม

MP = ค่าเฉลี่ยของพ่อแม่ $(P_1 + P_2) / 2$

P_1 = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์แม่

P_2 = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อ

2. ทำการวัดโดยการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า

$$\text{Heterobeltiosis (\%)} = (F_1 + HP) / HP \times 100$$

เมื่อ F_1 = ค่าเฉลี่ยของลูกผสม

HP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า

3. วิเคราะห์สมรรถนะการรวมตัวทั่วไป และการรวมตัวเฉพาะ

3.1 คำนวณค่าผลรวมของความเบี่ยงเบนของสมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัวเฉพาะ ได้ดังต่อไปนี้

$$GCA = [1/(p - 2)]\sum(Y_{i\cdot})^2 - [4/p(p - 2)] (Y..)$$

$$SCA = \sum\sum(Y_{ij})^2 - [1/(p - 2)] \sum(Y_{i\cdot})^2 + [2/(p - 1)(p - 2)](Y..)^2]$$

P = จำนวนสายพันธุ์พ่อแม่

3.2 การหาค่าองค์ประกอบทางพันธุกรรม

$$GCA \text{ component} = [1/(p - 1)] \sum\sigma g_i^2 = (M_g - M'_e)/(p - 2)$$

$$SCA \text{ component} = [2/p(p - 3)] \sum_i\sum_i\sigma s_{ij}^2 = M_s - M'_e$$

P = จำนวนสายพันธุ์พ่อแม่

g_i หรือ g_j = อิทธิพลเนื่องจากสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แท้ i หรือ j

s_{ij} = อิทธิพลเนื่องจากสมรรถนะการผสมเฉพาะของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์แท้ที่ i กับ j

M_g = ค่าเฉลี่ยของจากสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แท้

M_s = ค่าเฉลี่ยของจากสมรรถนะการผสมเฉพาะของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์แท้

และ M_e = ค่าเฉลี่ยของ error

3.3 การประมาณค่าผลของสมรรถนะการผสมทั่วไปและสมรรถนะการผสมเฉพาะ

$$g_i = [1/(p)(p-2)][p(Y_{i\cdot}) - 2Y..)]$$

g_i หรือ g_j = อิทธิพลเนื่องจากสมรรถนะการผสมทั่วไปของสายพันธุ์แท้ i หรือ j

P = จำนวนสายพันธุ์พ่อแม่

$$S_{ij} = Y_{ij} - [1/(p-2)](Y_{i\cdot} + Y_{\cdot j}) + [2(Y..)/(p-1)(p-2)]$$

s_{ij} = อิทธิพลเนื่องจากสมรรถนะการผสมเฉพาะของลูกผสมที่เกิดจากสายพันธุ์แท้ที่ i กับ j

P = จำนวนสายพันธุ์พ่อแม่

บทที่ 4
ผลการวิจัย

งานทดลองที่ 1 การประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส

งานทดลองที่ 1.1 ประเมินความต้านทานโรคแอนแทรคโนส (Phenotypic evaluation)

จากการประเมินความต้านทานต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ของพริกจำนวน 21 สายพันธุ์ ในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดง ด้วยวิธีการปลูกเชื้อที่แตกต่างกันพบว่าพริกมีการตอบสนองต่อการเกิดโรคที่แตกต่างกันทั้งในเรื่องของระยะการสุกแก่ของผลพริก และวิธีการที่ใช้ในการปลุกเชื้อโดยพันธุ์พริกที่แสดงการตอบสนองต่อเชื้อในแต่ละวิธีการมีดังนี้

1) การตอบสนองของพริกต่อโรคแอนแทรคโนสด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย

การตอบสนองของพริก 21 สายพันธุ์ต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย ในระยะ ผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดง พบว่าสายพันธุ์พริกมีการตอบสนองต่อเชื้อแตกต่างกัน ดังนี้ 1. ระยะผลเขียวมีการตอบสนองต่อการเกิดโรค 5 ระดับ คือ 1) ระดับต้านทาน (R) จำนวน 1 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 1.2 % คือ พันธุ์ ANT4 2) ระดับต้านทานปานกลาง (MR) จำนวน 4 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 5.1-15 % คือ พันธุ์ ANT6 ANT9 ANT17 และ ANT18 3) ระดับอ่อนแอปานกลาง (MS) 7 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 15.1-30 % คือ พันธุ์ ANT1, ANT5, ANT8, ANT10, ANT 11, ANT12 และ ANT16 4) ระดับอ่อนแอ (S) 4 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 25.1-50 % คือ พันธุ์ ANT7, ANT13, ANT14 และ pep22 5) ระดับอ่อนแอมาก (HS) 5 สายพันธุ์มีการดัชนีการเกิดโรค >50 % คือ พันธุ์ ANT2, ANT3, ANT15, pep14 และมันบางช้าง (ตารางที่ 4.1) 2. ระยะผลสุกห่ามมีการตอบสนองต่อการเกิดโรค 3 ระดับ คือ 1) ระดับอ่อนแอปานกลาง (MS) 1 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 6.56 % คือ พันธุ์ ANT4 2) ระดับอ่อนแอ (S) 1 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 24.26% คือ พันธุ์ pep22 3) ระดับอ่อนแอมาก (HS) 19 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 32.1-99.32 % คือ พันธุ์ ANT1, ANT2, ANT3, ANT5, ANT6, ANT7, ANT8, ANT9, ANT10, ANT11, ANT12, ANT13, ANT14, ANT15, ANT16, ANT17, ANT18, pep14 และมันบางช้าง (ตารางที่ 4.1) 3. ระยะผลแดงมีการตอบสนองต่อการเกิดโรค 5 ระดับ คือ 1) ระดับต้านทานมาก (HR) 1 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 0.5 % คือ พันธุ์ ANT4 2) ระดับต้านทานปานกลาง (MR) 1 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 4.48 % คือ พันธุ์ ANT12 3) ระดับอ่อนแอปานกลาง (MS) 8 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 5.53-14.35 % คือ พันธุ์ ANT3, ANT6, ANT7, ANT9, ANT10, ANT11, ANT13 และ ANT18 4) ระดับอ่อนแอ (S) 3 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 15.18-21.95 %

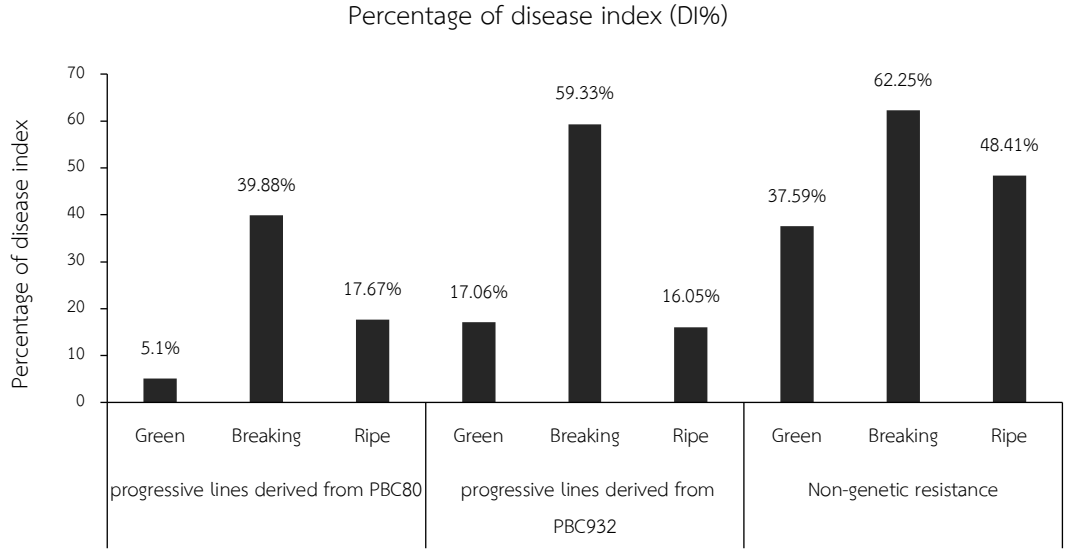
คือ พันธุ์ ANT1, ANT5 และ ANT17 5) ระดับอ่อนแอมาก (HS) 8 สายพันธุ์มีดัชนีการเกิดโรค 26.1-92.83 % คือ พันธุ์ ANT2, ANT8, ANT14, ANT15, ANT16, pep14, pep22 และมันบางช้าง (ตารางที่ 4.1) จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้นั้นแสดงให้เห็นภาพรวมการตอบสนองต่อโรคของพริกทั้ง 3 ระยะคือ ระยะผลเขียวและระยะผลแดงมีระดับการเกิดโรคที่ระดับอ่อนแอ และระยะผลสุกห่ามมีระดับการเกิดโรคที่ระดับอ่อนแอมาก

ตารางที่ 4.1 ค่าดัชนีและขนาดแผลของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกจำนวน 21 สายพันธุ์ในระยะผลเขียว และระยะผลแดง ด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย

No.	Code screening	Percent of disease index (DI %)					
		Green	DR	Breaking	DR	Ripe	DR
1	ANT1	20.4^{b-e}	MS	80.57^{a-c}	HS	21.95^{c-h}	S
2	ANT2	34.61^{ab}	S	91.73^{a}	HS	34.65^{c}	HS
3	ANT3	27.71^{b-d}	MS	86.41^{a}	HS	8.6^{f-i}	MS
4	ANT4	1.22^{e}	R	6.56^{g}	MS	0.5^{i}	HR
5	ANT5	22.82^{b-e}	MS	65.77^{a-d}	HS	16.31^{c-i}	S
6	ANT6	5.72^{de}	MR	36.11^{d-g}	HS	13.5^{d-i}	MS
7	ANT7	19.36^{b-e}	MS	76.52^{a-c}	HS	14.35^{d-i}	MS
8	ANT8	8.27^{de}	MR	66.39^{a-d}	HS	26.1^{c-g}	HS
9	ANT9	5.23^{de}	MR	33.45^{e-g}	HS	8.01^{g-i}	MS
10	ANT10	8.14^{de}	MR	34.53^{e-g}	HS	9.67^{e-i}	MS
11	ANT11	10.09^{c-e}	MR	55.59^{a-e}	HS	7.17^{g-i}	MS
12	ANT12	12.2^{b-e}	MR	56.74^{a-e}	HS	4.48^{hi}	MR
13	ANT13	21.55^{b-e}	S	45.05^{c-f}	HS	5.53^{hi}	MS
14	ANT14	18.74^{b-e}	S	53.15^{b-f}	HS	29.49^{c-e}	HS
15	ANT15	32.98^{a-c}	HS	50.75^{c-f}	HS	30.9^{cd}	HS
16	ANT16	13.79^{b-e}	MS	72.74^{a-c}	HS	30.25^{c-e}	HS
17	ANT17	4.88^{de}	MR	32.1^{e-g}	HS	15.18^{d-i}	S
18	ANT18	5.61^{de}	MR	37.28^{c-f}	HS	11.52^{e-i}	MS
19	pep14	59.75^{a}	HS	99.32^{a}	HS	92.83^{a}	HS
20	pep22	21.81^{b-e}	S	24.26^{fg}	S	27.19^{c-f}	HS
21	Mun bangchang	58.71^{a}	HS	83.33^{ab}	HS	66.46^{b}	HS
mean		19.69		56.59		22.6	
F-test		**		**		**	
CV (%)		73.38		32.56		50.96	

หมายเหตุ; ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์

การศึกษาการแสดงออกของยีนต้านทานในวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอยพบว่าพริก progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC80 แสดงความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และผลห่ามได้มากกว่า progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC932 และพันธุ์การค้า อย่างไรก็ตามยังพบว่าพริก progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC932 แสดงความต้านในระยะผลแดงได้ใกล้เคียงกับ progressive line จาก PBC80 โดยพริกในกลุ่ม progressive line จากพริก PBC80 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และผลห่าม 5.1 และ 39.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่พริกกลุ่มที่พัฒนาจาก PBC932 แสดงดัชนีการเกิดโรคเฉลี่ย 17.67 และ 59.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในพริกกลุ่มพันธุ์การค้าพบค่าเฉลี่ยการเกิดโรคสูงกว่าพริกพันธุ์ progressive line ทั้งสองกลุ่ม ความต้านทานต่อเชื้อ Ca_KK ของพริกในระยะผลแดง พบว่า กลุ่มพริก progressive line จาก PBC932 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคต่ำที่สุด คือ 16.05 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ progressive line จาก PBC80 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคที่ 17.06 เปอร์เซ็นต์ซึ่งพันธุ์ต้านทานทั้ง 2 สายพันธุ์แสดงค่าการเกิดโรคที่ใกล้เคียงกัน ในขณะที่พันธุ์การค้าเกิดสูงที่สุดคือ 48.41 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์การตอบสนองต่อโรคแอนแทรคโนสของพริกทั้ง 3 กลุ่ม ในระยะผลเขียว ผลสุกห่าม และผลแดงด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย

2) การตอบสนองของพริกต่อโรคแอนแทรคโนสด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผิวผล

การตอบสนองของพริก 21 สายพันธุ์ต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผิวผล ในระยะผลเขียว และผลแดง พบว่าพริกมีการตอบสนองต่อเชื้อแตกต่างกันโดยพบว่า 1. ระยะผลเขียวมีการตอบสนองต่อการเกิดโรค 2 ระดับคือ 1) ระดับต้านทาน (R) 8 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรค 0-4% คือ พันธุ์ ANT1, ANT7, ANT8, ANT9, ANT10, ANT11, ANT12, ANT16 และ ANT17 2) ระดับอ่อนแอ (S) 13สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 4% คือ พันธุ์ ANT2, ANT3, ANT4, ANT5, ANT6, ANT7, ANT13, ANT14, ANT15, ANT18, pep14, pep22 และมันบางช้าง (ตารางที่ 4.2) 2. ระยะผลแดงมีการตอบสนองต่อการเกิดโรค 2 ระดับคือ 1) ระดับต้านทาน (R) 7 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 0-4% คือ พันธุ์ ANT2, ANT5, ANT9, ANT10, ANT11, ANT12 และ ANT13 2) ระดับอ่อนแอ (S) 11 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 4% คือ พันธุ์ ANT4, ANT7, ANT8, ANT14, ANT15, ANT16, ANT17,ANT18, pep14, pep22 และมันบางช้าง (ตารางที่ 4.2) จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยที่ได้นั้นแสดงให้เห็นภาพรวมการตอบสนองต่อโรคของพริกทั้ง 2 ระยะ คือ ระยะผลเขียว และระยะผลแดงมีระดับการเกิดโรคที่เหมือนกันคือ ระดับอ่อนแอ

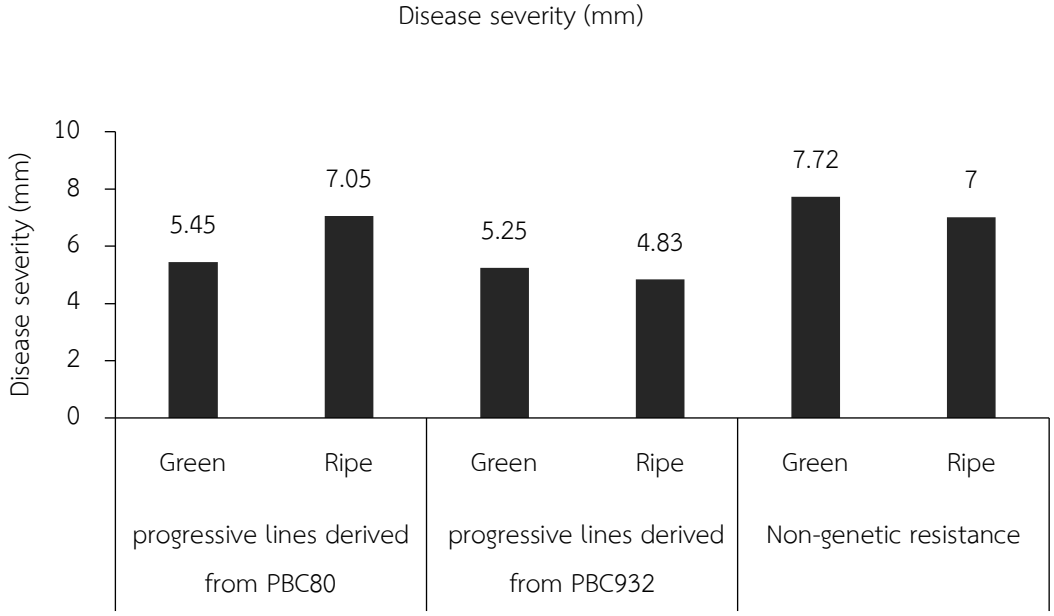
ตารางที่ 4.2 ค่าดัชนีและขนาดแผลของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพริกจำนวน 21 สายพันธุ์ในระยะผลเขียว และระยะผลแดง ด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล

No.	Code screening	Disease severity (mm)			
		Green	DR	Ripe	DR
1	ANT1	4.24^{d-g}	R	-	-
2	ANT2	5.53^{c-g}	MR	3.4^{f}	R
3	ANT3	5.69^{b-g}	MR	-	-
4	ANT4	7.55^{a-d}	MS	5.31^{c-f}	MR
5	ANT5	6.26^{b-f}	MR	4.16^{d-f}	R
6	ANT6	7.49^{a-d}	MR	-	-
7	ANT7	5.19^{c-g}	MR	6.88^{b-e}	MR
8	ANT8	4.47^{d-g}	MR	7.12^{b-d}	MR
9	ANT9	4.69^{d-g}	MR	3.27^{f}	R
10	ANT10	3.96^{e-g}	R	3.99^{ef}	R
11	ANT11	2.88^{g}	R	4.04^{ef}	R
12	ANT12	3.34^{e-g}	MR	4.04^{ef}	R
13	ANT13	5.5^{c-g}	MR	4.46^{c-f}	R
14	ANT14	6.62^{b-e}	MR	6.24^{b-f}	MR
15	ANT15	5.35^{c-g}	MR	7.2^{bc}	MR
16	ANT16	3.22^{fg}	R	6.91^{b-e}	MR
17	ANT17	3.75^{e-g}	R	8.71^{ab}	MR
18	ANT18	7.38^{a-d}	MR	7.14^{b-d}	MR
19	pep14	10.13^{a}	MS	7.71^{a-c}	MR
20	pep22	8.99^{ab}	MR	5.43^{b-f}	MR
21	Mun bangchang	8.86^{a-c}	MR	10.83^{a}	MS
mean		5.77		5.94	
F-test		**		**	
CV (%)		22.29		30.58	

หมายเหตุ; ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์

- = not test

การศึกษาการแสดงออกของยีนต้านทานด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผิวผล พบว่าพริก progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC932 แสดงความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และผลแดงได้มากกว่า progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC80 และพันธุ์การค้า โดยพริกในกลุ่ม progressive line จากพริก PBC932 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคแอนแทรกโนสในระยะผลเขียว และผลแดง 5.25 และ 4.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่พริกกลุ่มที่พัฒนาจาก PBC80 แสดงดัชนีการเกิดโรคเฉลี่ย 5.45 และ 7.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งในระยะผลเขียวพริกพันธุ์ต้านทานทั้ง 2 สายพันธุ์สามารถแสดงค่าการเกิดโรคที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามในพริกกลุ่มพันธุ์การค้าพบค่าเฉลี่ยการเกิดโรคสูงกว่าพริกพันธุ์ progressive line ทั้งสองกลุ่มในระยะผลเขียว ยกเว้นในระยะผลแดงที่มีค่าการเกิดโรคน้อยกว่าพริกพันธุ์ progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC80 ความต้านทานต่อเชื้อ Ca_KK ของพริกในระยะผลแดงพบว่า กลุ่มพริก progressive line จาก PBC932 แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคต่ำที่สุด คือ 4.83 มิลลิเมตร รองลงมาคือ พันธุ์การค้า แสดงค่าเฉลี่ยดัชนีการเกิดโรคที่ 7 มิลลิเมตร ในขณะที่ progressive line จาก PBC80 เกิดสูงที่สุดคือ 7.05 มิลลิเมตร (ภาพที่ 4.1)



ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยดัชนีการตอบสนองต่อโรคแอนแทรกโนสของพริกทั้ง 3 กลุ่ม ในระยะผลเขียวและผลแดงด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล

นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ที่สามารถแสดงความต้านทานได้ในทั้ง 2 วิธีการที่ใช้ในการปลูกเชื้อและสามารถต้านทานได้เกือบทุกระยะของการสุกแก่ของผลพริกได้แก่ พันธุ์ ANT1 ANT9 และ ANT10 เป็นกลุ่มพันธุ์ที่ได้รับยีนต้านทานจากพริกพันธุ์ PBC932 (ภาพที่ 4.3) พันธุ์ ANT4 ANT17 และ ANT18 เป็นกลุ่มพันธุ์ที่ได้รับยีนต้านทานจากพริกพันธุ์ PBC80 (ภาพที่ 4.4)

ภาพที่ 4.3 กลุ่มพริกที่ได้รับการพัฒนามาจากพริก PBC932

ภาพที่ 4.4 กลุ่มพริกที่ได้รับการพัฒนามาจากพริก PBC80

3) ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการปลูกเชื้อและระยะของผลพริกต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส

จากการศึกษาค่าสหสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอยลงบนต้นพริกใน 3 ระยะ คือ ระยะผลเขียว (SG) ระยะผลสุกห่าม (SB) ระยะผลแดง (SR) และวิธีการปลูกเชื้อแบบวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผลใน 2 ระยะคือ ระยะผลเขียว (MG) และระยะผลแดง (MR) ในพริกจำนวน 21 สายพันธุ์ พบว่าค่าสหสัมพันธ์ไปในทางบวก ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงค่าสหสัมพันธ์ ระหว่าง SG กับ SB, SG กับ SR, SB กับ SR, SR กับ MG, SR กับ MR และ MG กับ MR ตามลำดับ มีค่าสหสัมพันธ์เป็น 0.56, 0.46, 0.41, 0.29 และ 0.29 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) พบว่าวิธีการ SG กับ MG, SG กับ MR, SB กับ MG และ SB กับ MR ไม่มีความสัมพันธ์กันในทางนัยสถิติเนื่องจากค่าความสัมพันธ์ที่ได้ควรมีมากกว่า 0.75 หรือมากกว่า75 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 ค่าสหสัมพันธ์ของการตอบสนองต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย และวิธีการปลูกเชื้อแบบวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล

Correlation	SG	SB	SR	MG
SB	0.56^{**}			
SR	0.46^{**}	0.41^{**}		
MG	0.20^{ns}	-0.09^{ns}	0.29^{*}	
MR	0.18^{ns}	0.08^{ns}	0.41^{**}	0.29^{*}

Remark: SG = spray and evaluated at green fruit stage, SB = spary and eavluated at breaking fruit stage, SR = spary and evaluated red fruit stage, MG = microinjection at green fruit stage, MR = microinjection at red stage

ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

*,** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

งานทดลองที่ 1.2 การตรวจสอบยีนควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส (Genotypic evaluation)

จากการศึกษาการแสดงออกของยีนต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสด้วยเครื่องหมายโมเลกุลที่อยู่ใกล้ยีนต้านทานจำนวน 2 primers คือ SSR-HpmsE032 และ SCAR-Indel ผลการทดลองพบว่า primer ชนิด SSR-HpmsE032 สามารถแยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอได้ 2 ขนาดคือ 231 bp (resistant band) และ 240 bp (susceptible band) จากพริกจำนวน 21 สายพันธุ์พบ resistant band จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ ANT4 และ ANT17 ซึ่งเป็น progressive line ที่พัฒนามาจาก PBC80 เนื่องจากเป็นเครื่องหมายโมเลกุลที่พัฒนามาจากพริก PBC81 ที่อยู่ในพริก *Capsicum baccatum* สปีชีส์เดียวกันและอาจเป็นกลุ่มยีนต้านทานต่อแอนแทรคโนสเช่นเดียวกันกับ PBC80 นอกจากนั้นยังพบว่าพันธุ์พริกที่พบตำแหน่งของแถบดีเอ็นเอที่ 231 bp สัมพันธ์กับความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ในระยะผลเขียว (Suwor et al., 2015) สำหรับเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SCAR-Indel สามารถแยกความแตกต่างของขนาดดีเอ็นเอได้ 2 ขนาด คือ 100 bp (resistant band) และ 90 bp (susceptible band) จากผลการทดลองพบในพริกที่แสดงแถบดีเอ็นเอ resistant band จำนวน 3 สายพันธุ์ คือ ANT1 ANT9 และ ANT10 ซึ่งเป็นพันธุ์ progressive line ที่พัฒนาพันธุ์มาจากพริก PBC932 (Wang et al., 2010, Suwor et al., 2015) พริกสายพันธุ์อื่น ๆ ที่เหลือรวมทั้งพริกพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ มันบางช้าง พบที่ตำแหน่ง susceptible band

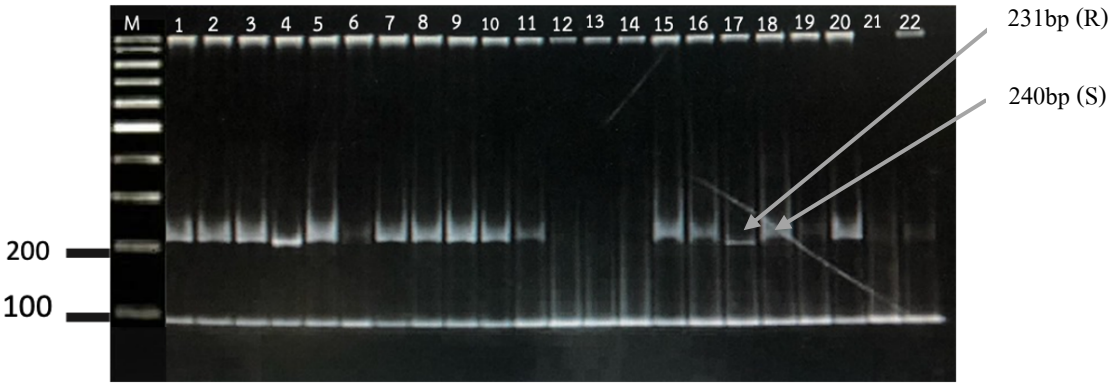
อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลการแสดงออกของยีนและความต้านทานต่อโรคมาศึกษาความสัมพันธ์พบว่าเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR-HpmsE032 มีความสัมพันธ์กับความต้านทานต่อเชื้อ Ca_KK มากกว่าการใช้ SCAR-Indel ที่ระยะผลเขียว ผลห่ามและผลแดง ที่ร้อยละ 85.71 90.47 และ 90.47 ตามลำดับ ในขณะที่ SCAR-Indel แสดงความสัมพันธ์ระยะผลเขียว ผลห่ามและผลแดง ร้อยละ 71.42 85.71 และ 76.20 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวจะพบว่าเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR-HpmsE032 มีความสัมพันธ์ต่อความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสมากกว่า SCAR-Indel (Mahasuk et al., 2009)

ตารางที่ 4.4 ความสามารถในการตรวจสอบลักษณะความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสของเครื่องหมายโมเลกุล

No.	Code screening	Green	Breaking	Ripe	Genotype		validate					
					SSR-Hpms032	SCAR-Indel	SSR-Hpms032 Green	SCAR-Indel Green	SSR-Hpms032 Breaking	SCAR-Indel Breaking	SSR-Hpms032 Ripe	SCAR-Indel Ripe
1	ANT1	MS	HS	S	-	+	+	-	+	-	+	-
2	ANT2	HS	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
3	ANT3	HS	HS	MS	-	-	+	+	+	+	+	+
4	ANT4	R	MS	HR	+	-	+	-	-	+	+	-
5	ANT5	MS	HS	S	-	-	+	+	+	+	+	+
6	ANT6	MR	HS	MS	-	-	-	-	+	+	+	+
7	ANT7	S	HS	MS	-	-	+	+	+	+	+	+
8	ANT8	MS	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
9	ANT9	MR	HS	MS	-	+	-	+	+	-	+	-
10	ANT10	MS	HS	MS	-	+	+	-	+	-	+	-
11	ANT11	MS	HS	MS	-	-	+	+	+	+	+	+
12	ANT12	MS	HS	MR	-	-	+	+	+	+	-	-
13	ANT13	S	HS	MS	-	-	+	+	+	+	+	+
14	ANT14	S	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
15	ANT15	HS	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
16	ANT16	MS	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
17	ANT17	MR	HS	S	+	-	+	-	-	+	-	+
18	ANT18	MR	HS	MS	-	-	-	-	+	+	+	+
19	pep14	HS	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
20	pep22	S	S	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
21	พริกมันบางช้าง	HS	HS	HS	-	-	+	+	+	+	+	+
mean							85.71%	71.42%	90.47%	85.71%	90.47	76.20%

หมายเหตุ ; 1/ Anthracnose resistance and presence (+) or absence (–) was determined by molecular markers SSR (PBC80) and SCAR (PBC932)

2/ was determined to validate (+), non-validate (–) to anthracnose response, and marker



ภาพที่ 4.5 แถบ DNA การตรวจยีนควบคุมลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสโดยใช้ไพรเมอร์ SSR-HpmsE032 ตรวจสอบในพริก 21 สายพันธุ์ ; M: ไม้บรรทัด 100 bp; ช่องที่ 1-20 และช่องที่ 22 คือสายพันธุ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ; ช่องที่ 21 คือ dH_2O

งานทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตและลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

งานทดลองที่ 2.1 ศึกษาความสามรถในการรวมตัวของพริกในลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จากการปลูกทดสอบผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ 6 สายพันธุ์ (ANT1 ANT4 ANT9 ANT10 ANT17 และ ANT18) ดำเนินการปลูกทดสอบผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.1) ลักษณะทางการเกษตร

1) ความสูงลำต้น

จากการปลูกทดสอบเพื่อศึกษาลักษณะความสูงลำต้นของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความสูงลำต้นแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 67.66 – 75.44 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความสูงต้นอยู่ระหว่าง 56.66 – 91.11 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.5)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความสูงต้นพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่การวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความสูงต้นพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามรถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความสูงต้น คือ พันธุ์ ANT1 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 2.95 (68.33 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความสูงต้น คือ คู่ผสม ANT1 × ANT18 มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นมากที่สุด (91.11 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.6) และมีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 15.66 (91.11 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.8) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ ANT1 × ANT18 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent โดยมีค่าไปในทิศทางบวกสูงสุด เท่ากับ 30.47 และ 27.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

2) ความกว้างทรงพุ่ม

จากการปลูกทดสอบเพื่อศึกษาลักษณะความกว้างทรงพุ่มของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความกว้างทรงพุ่มแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 50.89 – 90.11 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความกว้างลำต้นอยู่ระหว่าง 38.88 – 90.00 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.5)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความกว้างทรงพุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความกว้างทรงพุ่มพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความกว้างทรงพุ่มคือ พันธุ์ ANT18 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 5.57 (90.11 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) พันธุ์ (ภาพที่ 4.6) ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความกว้างทรงพุ่ม คือ คู่ผสม ANT1 × ANT10 มีค่า SCA แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ -24.34 (38.88) และคู่ผสม ANT1 × ANT17 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 14.49 (90.00 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.8) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ ANT1 × ANT10 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางลบ มีค่าคือ -46.85 และ -50.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

3) ความยาวใบ

จากการศึกษาลักษณะความยาวใบของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความยาวใบแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 2.24 – 3.66 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความยาวใบอยู่ระหว่าง 1.93 – 3.83 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.5)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความยาวใบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความยาวใบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความยาวใบคือ พันธุ์ ANT17 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.35 (2.24 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความยาวใบ คือ คู่ผสม ANT4 × ANT17 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.78 (3.83 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.8) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT1 × ANT4 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางลบ มีค่าคือ -36.11 และ -38.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

4) ความกว้างใบ

จากการศึกษาลักษณะความกว้างใบของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความกว้างใบแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.97 – 1.66 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความกว้างใบอยู่ระหว่าง 0.96 – 1.79 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.5)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความกว้างใบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความกว้างใบพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความกว้างใบคือ พันธุ์ ANT17 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.14 (0.97 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความกว้างใบ คือ คู่ผสม ANT4 × ANT17 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.46 (1.79 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) (ภาพที่) และลูกผสมพริกพันธุ์พบว่าคู่ผสม ANT1 × ANT4 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางลบ มีค่าคือ -36.11 และ -38.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

5) ความยาวก้านดอก

จากการศึกษาลักษณะความยาวก้านดอกของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความยาวก้านดอกแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.17 – 1.91 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความยาวก้านดอกอยู่ระหว่าง 0.93 – 2.13 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.5)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความยาวก้านดอกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความยาวก้านดอกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความยาวก้านดอก คือ พันธุ์ ANT9 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.20 (1.19 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.7) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความยาวก้านดอก คือ คู่ผสม ANT9 × ANT17 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.39 (1.99 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.8) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT1 × ANT9 ค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางลบ มีค่าคือ -39.68 และ -51.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยของลักษณะทางการเกษตรของพริกพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

สายพันธุ์พริก	ชนิดพริก	ลำต้น			ดอก				ใบ	
		ความสูง (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	ลักษณะทรงพุ่ม	ก้านดอก (ซม.)	ยาวก้านดอก (ซม.)	ความยาว (ซม.)	ความกว้าง (ซม.)	รูปร่าง	สี
ANT1	พริกชี้ฟ้า	68.33^{d-f}	78.33^{a-f}	ทรงพุ่ม	ชี้ลง	1.18^{f-j}	3.66^{ab}	1.66^{ab}	รูปหอก	เขียว
ANT4	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	75.44^{a-e}	74.22^{c-f}	กึ่งตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.17^{g-j}	3.63^{ab}	1.53^{bc}	รูปหอก	เขียว
ANT9	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	67.66^{d-f}	50.89^{gh}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.91^{a-c}	3.09^{cd}	1.35^{de}	รูปหอก	เขียว
ANT10	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	70.88^{b-f}	68.00^{ef}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.52^{de}	3.55^{a-c}	1.29^{de}	รูปหอก	เขียว
ANT17	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	73.22^{b-f}	68.33^{ef}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.39^{e-g}	2.24^{hi}	0.97^{hi}	รูปหอก	เขียว
ANT18	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	71.33^{b-f}	90.11^{a}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.71^{cd}	2.55^{e-h}	1.08^{f-i}	รูปหอก	เขียว
ANT1 × ANT4	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	69.44^{c-f}	87.66^{a-c}	ทรงพุ่ม	ชี้ลง	0.94^{j}	2.41^{gh}	1.02^{hi}	รูปหอก	เขียว
ANT1 × ANT9	พริกชี้ฟ้า	70.85^{b-f}	64.38^{fg}	ตั้งตรง	ชี้ลง	0.93^{j}	2.47^{f-h}	1.17^{e-h}	รูปหอก	เขียว
ANT1 × ANT10	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	62.33^{d-f}	38.88^{h}	ทรงพุ่ม	ชี้ลง	1.18^{f-j}	2.83^{d-g}	1.25^{ef}	รูปหอก	เขียว
ANT1 × ANT17	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	85.66^{a-c}	90.00^{a}	ตั้งตรง	ชี้ลง	1.11^{h-j}	2.44^{gh}	1.04^{g-i}	รูปหอก	เขียว
ANT1 × ANT18	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	91.11^{a}	85.55^{a-d}	ทรงพุ่ม	ชี้ลง	1.03^{ij}	2.85^{d-g}	1.02^{hi}	รูปหอก	เขียว
ANT4 × ANT9	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	86.55^{ab}	78.11^{a-f}	กึ่งตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.02^{ij}	1.93^{i}	0.96^{i}	รูปหอก	เขียว
ANT4 × ANT10	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	74.00^{b-e}	80.89^{a-e}	ทรงพุ่ม	ชี้ขึ้น	1.24^{f-i}	2.52^{f-h}	1.11^{f-i}	รูปหอก	เขียว
ANT4 × ANT17	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	69.44^{c-f}	77.22^{a-f}	ทรงพุ่ม	ชี้ขึ้น	1.31^{e-h}	3.83^{a}	1.79^{a}	รูปหอก	เขียว
ANT4 × ANT18	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	56.66^{f}	73.33^{d-f}	ทรงพุ่ม	ชี้ขึ้น	1.03^{ij}	2.87^{d-g}	1.00^{hi}	รูปหอก	เขียว
ANT9 × ANT10	พริกขี้หนูเม็ดใหญ่	69.33^{c-f}	67.22^{ef}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.16^{g-j}	3.22^{b-d}	1.20^{e-g}	รูปหอก	เขียว
ANT9 × ANT17	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	71.22^{b-f}	70.33^{ef}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.99^{ab}	2.94^{d-f}	1.44^{cd}	รูปหอก	เขียว
ANT9 × ANT18	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	78.33^{a-d}	88.66^{ab}	กึ่งตั้งตรง	ชี้ขึ้น	2.13^{a}	3.05^{d}	1.07^{g-i}	รูปหอก	เขียว
ANT10 × ANT17	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	78.88^{a-d}	73.67^{c-f}	ตั้งตรง	ชี้ขึ้น	1.44^{ef}	3.00^{de}	0.99^{hi}	รูปหอก	เขียว
ANT10 × ANT18	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	78.33^{a-d}	75.89^{b-f}	ทรงพุ่ม	ชี้ขึ้น	1.74^{b-d}	2.10^{hi}	1.04^{g-i}	รูปหอก	เขียว
ANT17 × ANT18	พริกขี้หนูเม็ดเล็ก	58.89^{ef}	74.44^{c-f}	ทรงพุ่ม	ชี้ขึ้น	1.05^{h-j}	3.00^{de}	1.02^{hi}	รูปหอก	เขียว
Mean		72.76	74.10			1.34	2.87	1.19		
F-test		**	**			**	**	**		
CV (%)		10.56	8.58			8.95	7.44	6.74		

หมายเหตุ; ** = มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.6 ค่าความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวลักษณะทางการเกษตร

Source of variation	df	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างต้น (ซม.)	ความยาวใบ (ซม.)	ความกว้างใบ (ซม.)	ความยาวก้านดอก (ซม.)
GCA	5	18.080**	135.041^{ns}	0.140^{ns}	0.037^{ns}	0.181^{ns}
SCA	14	2541.256^{ns}	2771.031^{ns}	3.801^{ns}	0.673^{ns}	1.034^{ns}
Error'	40	19.675	13.467	0.015	0.002	0.005
GCA component		-1.595	121.574	0.031	0.009	0.177
SCA component		2521.581	2757.564	3.786	0.671	1.039
GCA/SCA ratio		-0.001	0.044	0.008	0.013	0.171

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.7 ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตรของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์

สายพันธุ์พริก	GCA ของลักษณะทางลำต้น									
	ความสูงลำต้น (ซม.)	Mean	ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.)	Mean	ความยาวใบ(ซม.)	Mean	ความกว้างใบ (ซม.)	Mean	ความยาวก้านดอก (ซม.)	Mean
ANT1	2.95^{ns}	68.33	-2.13^{ns}	78.33	-0.21^{ns}	3.66	-0.05^{ns}	1.66	-0.31^{ns}	1.18
ANT4	-2.66^{ns}	75.44	5.40^{ns}	74.22	-0.06^{ns}	3.63	0.04^{ns}	1.53	-0.23^{ns}	1.17
ANT9	2.18^{ns}	67.66	-1.57^{ns}	50.89	-0.06^{ns}	3.09	0.04^{ns}	1.35	0.20^{ns}	1.91
ANT10	-0.96^{ns}	70.88	-9.77^{ns}	68	-0.04^{ns}	3.55	-0.03^{ns}	1.29	0.08^{ns}	1.52
ANT17	-0.66^{ns}	73.22	2.51^{ns}	68.33	0.35^{ns}	2.24	0.14^{ns}	0.97	0.12^{ns}	1.39
ANT18	-0.85^{ns}	71.33	5.57^{ns}	90.11	0.02^{ns}	2.55	-0.14^{ns}	1.08	0.14^{ns}	1.71

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.8 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางการเกษตรของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

สายพันธุ์พริก	SCA ของลักษณะทางการเกษตร									
	ความสูงลำต้น (ซม.)	Mean	ความกว้างลำต้น (ซม.)	Mean	ความยาวใบ (ซม.)	Mean	ความกว้างใบ (ซม.)	Mean	ความยาวก้านดอก (ซม.)	Mean
ANT1 × ANT4	-4.20^{ns}	69.44	9.27^{ns}	87.66	-0.08^{ns}	2.41	-0.12^{ns}	1.02	0.19^{ns}	0.94
ANT1 × ANT9	-8.48^{ns}	70.85	-6.42^{ns}	64.38	-0.06^{ns}	2.47	0.04^{ns}	1.17	-0.25^{ns}	0.93
ANT1 × ANT10	-13.01^{ns}	62.33	-24.34*	38.88	0.32^{ns}	2.83	0.20^{ns}	1.25	0.13^{ns}	1.18
ANT1 × ANT17	10.03^{ns}	85.66	14.49^{ns}	90	-0.46^{ns}	2.44	-0.19^{ns}	1.04	0.02^{ns}	1.11
ANT1 × ANT18	15.66^{ns}	91.11	7.00^{ns}	85.55	0.29^{ns}	2.85	0.07^{ns}	1.02	-0.08^{ns}	1.03
ANT4 × ANT9	13.69^{ns}	86.55	-0.84^{ns}	78.11	-0.71^{ns}	1.93	-0.25^{ns}	0.96	-0.24^{ns}	1.02
ANT4 × ANT10	4.27^{ns}	74	10.13^{ns}	80.89	-0.15^{ns}	2.52	-0.05^{ns}	1.11	0.09^{ns}	1.24
ANT4 × ANT17	-0.59^{ns}	69.44	-5.81^{ns}	77.22	0.78^{ns}	3.83	0.46^{ns}	1.79	0.13^{ns}	1.31
ANT4 × ANT18	-13.17^{ns}	56.66	-12.76^{ns}	73.33	0.16^{ns}	2.87	-0.05^{ns}	1	-0.17^{ns}	1.03
ANT9 × ANT10	-5.23^{ns}	69.33	3.44^{ns}	67.22	0.55^{ns}	3.22	0.05^{ns}	1.2	-0.40^{ns}	1.16
ANT9 × ANT17	-3.65^{ns}	71.22	-5.73^{ns}	70.33	-0.11^{ns}	2.94	0.12^{ns}	1.44	0.39^{ns}	1.99
ANT9 × ANT18	3.66^{ns}	78.33	9.55^{ns}	88.66	0.34^{ns}	3.05	0.04^{ns}	1.07	0.51^{ns}	2.13
ANT10 × ANT17	7.16^{ns}	78.88	5.80^{ns}	73.67	-0.07^{ns}	3	-0.27^{ns}	0.99	-0.05^{ns}	1.44
ANT10 × ANT18	6.80^{ns}	78.33	4.97^{ns}	75.89	-0.65^{ns}	2.1	0.06^{ns}	1.04	0.23^{ns}	1.74
ANT17 × ANT18	-12.95^{ns}	58.89	-8.76^{ns}	74.44	-0.13^{ns}	3	-0.13^{ns}	1.02	-0.48^{ns}	1.95

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.9 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะทางการเกษตร (heterosis) ของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	ความสูงลำต้น (ซม.)				ความกว้างลำต้น (ซม.)				ความยาวก้านดอก (ซม.)				ความยาวใบ (ซม.)				ความกว้างใบ (ซม.)			
	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP
ANT1 × ANT4	71.89	75.44	-3.40	-7.95	76.28	78.33	14.93	11.91	1.18	1.18	-20.00	-20.19	3.65	3.67	-33.94	-34.24	1.60	1.67	-36.11	-38.67
ANT1 × ANT9	68.00	68.33	2.94	2.44	64.61	78.33	0.60	-17.02	1.55	1.91	-39.68	-51.16	3.38	3.67	-27.96	-33.64	1.51	1.67	-22.79	-30.00
ANT1 × ANT10	69.61	70.89	-10.45	-12.07	73.17	78.33	-46.85	-50.35	1.35	1.52	-12.39	-22.14	3.61	3.67	-21.64	-22.83	1.48	1.67	-14.79	-24.44
ANT1 × ANT17	70.78	73.22	21.04	17.00	73.33	78.33	22.73	14.89	1.29	1.4	-13.98	-20.63	2.96	3.67	-17.29	-33.33	1.32	1.67	-21.01	-37.33
ANT1 × ANT18	69.83	71.33	30.47	27.73	84.22	90.11	1.58	-5.06	1.45	1.71	-28.60	-39.61	3.11	3.67	-8.21	-22.12	1.37	1.67	-25.51	-38.67
ANT4 × ANT9	71.56	75.44	20.96	14.73	62.56	74.22	24.87	5.24	1.54	1.91	-33.81	-46.51	3.36	3.63	-42.48	-46.79	1.44	1.53	-33.08	-36.96
ANT4 × ANT10	73.17	75.44	1.14	-1.91	71.11	74.22	13.75	8.98	1.35	1.52	-7.82	-18.25	3.59	3.63	-29.83	-30.58	1.41	1.53	-21.26	-27.54
ANT4 × ANT17	74.33	75.44	-6.58	-7.95	71.28	74.22	8.34	4.04	1.29	1.4	1.72	-6.35	2.94	3.63	30.43	5.50	1.26	1.53	42.48	16.67
ANT4 × ANT18	73.39	75.44	-22.79	-24.89	82.17	90.11	-10.75	-18.62	1.44	1.71	-28.46	-39.61	3.09	3.63	-7.00	-20.80	1.31	1.53	-23.40	-34.78
ANT9 × ANT10	69.28	70.89	0.08	-2.19	59.44	68.00	13.08	-1.14	1.72	1.91	-32.04	-38.95	3.32	3.56	-3.01	-9.38	1.32	1.36	-9.24	-11.48
ANT9 × ANT17	70.44	73.22	1.10	-2.73	59.61	68.33	17.99	2.93	1.66	1.91	20.13	4.07	2.67	3.09	10.42	-4.68	1.17	1.36	23.81	6.56
ANT9 × ANT18	69.50	71.33	12.71	9.81	70.50	90.11	25.77	-1.60	1.81	1.91	17.79	11.63	2.82	3.09	8.27	-1.08	1.22	1.36	-11.42	-20.49
ANT10 × ANT17	72.06	73.22	9.48	7.74	68.17	68.33	8.07	7.80	1.46	1.52	-1.14	-5.11	2.90	3.56	3.45	-15.63	1.13	1.29	-12.75	-23.28
ANT10 × ANT18	71.11	71.33	10.16	9.81	79.06	90.11	-4.01	-15.78	1.62	1.71	7.90	1.95	3.06	2.56	-31.27	-17.83	1.18	1.29	-11.74	-18.97
ANT17 × ANT18	72.28	73.22	-18.52	-19.58	79.22	90.11	-6.03	-17.39	1.56	1.71	-32.14	-38.31	2.40	2.56	25.00	17.39	1.03	1.08	-0.54	-5.15

หมายเหตุ ; MP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, HP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ที่ดีกว่า, %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า

2.2) ลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

1) ความกว้างผล

จากการศึกษาลักษณะความกว้างผลของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความยาวก้านดอกแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.28 – 1.24 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความกว้างผลอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.52 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของลักษณะความกว้างผลพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความกว้างผลพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความกว้างผล คือ พันธุ์ ANT10 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.05 (0.52 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.11) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความกว้างผล คือ คู่ผสม ANT1 × ANT17 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.06 (0.52 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.14) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT1 × ANT9 ค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางลบ มีค่าคือ -53.69 และ -69.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

2) ความยาวผล

จากการศึกษาลักษณะความยาวผลของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีความยาวผลแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 1.87 – 5.22 เซนติเมตร สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าความยาวผลอยู่ระหว่าง 0.36 – 0.52 เซนติเมตร (ตารางที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของลักษณะความยาวผลพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางการเกษตรของลักษณะความยาวผลพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของความยาวผล คือ พันธุ์ ANT1 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.60 (5.22 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.11) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะความยาวผล คือ คู่ผสม ANT1 × ANT4 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.51 (4.57 เซนติเมตร) (ตารางที่ 4.14) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT4 × ANT10 ค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางบวก มีค่าคือ 59.80 และ 28.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

3) น้ำหนักรวมของผลผลิต

จากการศึกษาน้ำหนักรวมของผลผลิตของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีผลผลิคแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 19.10 – 68.46 กรัม/ต้น สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าผลผลิตอยู่ระหว่าง 21.54 – 101.73 กรัม/ต้น (ตารางที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของน้ำหนักรวมของผลผลิต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของน้ำหนักรวมของผลผลิต พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของน้ำหนักรวมของผลผลิต คือ พันธุ์ ANT9 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 13.97 (38.22 กรัม) (ตารางที่ 4.12) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะของน้ำหนักรวมของผลผลิต คือ คู่ผสม ANT4 × ANT18 มีค่า SCA แตกต่างจากศูนย์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ -28.14 (21.54) และคู่ผสม ANT4 × ANT9 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 20.96 (75.27 กรัม) (ตารางที่ 4.15) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT4 × ANT17 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางบวก มีค่าคือ 212.79 และ 209.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

4) น้ำหนักสด/ผล

จากการศึกษาผลผลิตของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีน้ำหนักสดแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.32 – 2.76 กรัม/ผล สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าน้ำหนักสดอยู่ระหว่าง 0.52 – 1.21 กรัม/ผล (ตารางที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของน้ำหนักสด/ผล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของน้ำหนักสด/ผล พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของน้ำหนักสด/ผล คือ พันธุ์ ANT9 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.05 (0.85 กรัม/ผล) (ตารางที่ 4.12) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะของน้ำหนักสด/ผล คือ คู่ผสม ANT1 × ANT10 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.68 (1.21 กรัม) (ตารางที่ 4.15) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT1 × ANT4 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางลบ โดยมีค่าคือ -44.14 และ -68.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

5) จำนวนผล/ต้น

จากการศึกษาผลผลิตของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ พบว่ามีจำนวนผลแตกต่างกันในทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 90.76 – 326.00 ผล/ต้น สำหรับลูกผสมจำนวน 15 สายพันธุ์ พบว่ามีค่าน้ำหนักสดอยู่ระหว่าง 88.68 – 615.67 ผล/ต้น (ตารางที่ 4.6)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของจำนวนผล/ต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะทางองค์ประกอบผลผลิตของจำนวนผล/ต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

พันธุ์พ่อแม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปสูงที่สุดในลักษณะของจำนวนผล/ต้น คือ พันธุ์ ANT9 มีค่า GCA สูงที่สุด เท่ากับ 0.05 (191.33 ผล) (ตารางที่ 4.12) (ภาพที่ 4.6) พันธุ์ลูกผสมที่ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะของจำนวนผล/ต้น คือ คู่ผสม ANT4 × ANT17 มีค่า SCA สูงที่สุด เท่ากับ 615.29 (615.67) (ตารางที่ 4.15) (ภาพที่ 4.7) และลูกผสมพริกพันธุ์ พบว่าคู่ผสม ANT1 × ANT4 มีค่าความดีเด่นเหนือกว่าค่าเฉลี่ยของพ่อแม่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับค่า high parent ไปในทิศทางบวก มีค่าคือ 283.20 และ 249.81 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 4.9) (ภาพที่ 4.8)

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ยของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของพริกพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

สายพันธุ์พริก	องค์ประกอบผลผลิต				
	ความกว้างผล (ซม.)	ความยาวผล (ซม.)	น้ำหนักรวม (กรัม)	น้ำหนัก/ผล (กรัม)	จำนวนผล
ANT1	1.24^{a}	5.22^{a}	68.46^{a-c}	2.76^{a}	100.00^{e}
ANT4	0.28^{f}	1.87^{h}	19.10^{c}	0.32^{e}	145.33^{de}
ANT9	0.41^{b-f}	3.07^{e-g}	43.08^{bc}	0.86^{b-e}	90.67^{e}
ANT10	0.52^{b-d}	3.09^{e-g}	38.22^{bc}	0.85^{b-e}	191.33^{de}
ANT17	0.36^{d-f}	2.62^{gh}	19.56^{c}	0.69^{b-e}	176.00^{de}
ANT18	0.33^{ef}	2.95^{fg}	39.94^{bc}	0.58^{c-e}	326.00^{a-e}
ANT1 × ANT4	0.45^{b-e}	4.57^{ab}	53.27^{a-c}	0.86^{b-e}	223.33^{de}
ANT1 × ANT9	0.56^{b}	3.84^{b-f}	85.12^{ab}	1.16^{bc}	88.68^{e}
ANT1 × ANT10	0.52^{bc}	4.10^{b-d}	101.73^{a}	1.21^{b}	95.00^{e}
ANT1 × ANT17	0.52^{bc}	4.29^{a-c}	75.29^{a-c}	1.09^{bc}	522.33^{a-c}
ANT1 × ANT18	0.45^{b-e}	3.96^{b-e}	90.80^{ab}	1.05^{b-d}	403.33^{a-d}
ANT4 × ANT9	0.39^{b-f}	2.73^{gh}	75.27^{a-c}	0.70^{b-e}	334.00^{a-e}
ANT4 × ANT10	0.45^{b-e}	3.96^{b-e}	80.70^{ab}	0.92^{b-d}	396.33^{a-d}
ANT4 × ANT17	0.36^{d-f}	3.07^{e-g}	60.46^{a-c}	0.52^{de}	615.67^{a}
ANT4 × ANT18	0.35^{ef}	3.15^{d-g}	21.54^{c}	0.53^{de}	295.00^{c-e}
ANT9 × ANT10	0.49^{b-e}	3.21^{d-g}	63.83^{a-c}	1.00^{b-d}	261.67^{c-e}
ANT9 × ANT17	0.40^{b-f}	3.44^{c-g}	61.50^{a-c}	0.67^{b-e}	349.33^{a-e}
ANT9 × ANT18	0.41^{b-f}	3.50^{c-g}	62.81^{a-c}	0.75^{b-e}	308.33^{b-e}
ANT10 × ANT17	0.45^{b-e}	3.72^{b-f}	67.67^{a-c}	0.92^{b-d}	364.33^{a-e}
ANT10 × ANT18	0.45^{b-e}	3.81^{b-f}	91.66^{ab}	0.92^{b-d}	307.67^{b-e}
ANT17 × ANT18	0.36^{c-f}	3.54^{c-g}	60.31^{a-c}	0.65^{b-e}	592.00^{ab}
Mean	0.46	3.51	60.97	0.91	294.59
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	15.50	12.35	42.07	27.70	45.72

หมายเหตุ; ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.11 ค่าความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

Source of variation	df	ความกว้างผล (ซม.)	ความยาวผล (ซม.)	นน.รวม (กรัม/ต้น)	นน./ผล (กรัม)	จำนวนผล
GCA	5	0.006^{ns}	0.475^{ns}	527.335^{ns}	0.006^{ns}	0.006^{ns}
SCA	14	0.083^{ns}	6.060^{ns}	2902.919^{ns}	2.114^{ns}	466343.775^{ns}
Error'	40	0.002	0.063	219.3	0.021	6047.7
GCA component		0.004	0.412	308.035	-0.015	-6047.694
SCA component		0.082	6	2683.619	2.093	460296.075
GCA/SCA ratio		0.052	0.069	0.115	-0.007	-0.013

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.12 ค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์

สายพันธุ์พริก	GCA ของลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต									
	ความกว้างผล (ซม.)	Mean	ความยาวผล (ซม.)	Mean	น้ำหนักรวม (กรัม)	Mean	น้ำหนัก/ผล (กรัม)	Mean	จำนวนผล	Mean
ANT1	0.04^{ns}	1.24	0.60^{ns}	5.22	13.41*	68.46	0.04^{ns}	2.76	0.04^{ns}	100
ANT4	-0.03^{ns}	0.28	-0.19^{ns}	1.87	-14.62*	19.1	-0.03^{ns}	0.32	-0.03^{ns}	145.33
ANT9	-0.02^{ns}	0.41	-0.41^{ns}	3.07	-1.01^{ns}	43.08	-0.02^{ns}	0.86	-0.02^{ns}	90.67
ANT10	0.05^{ns}	0.52	0.13^{ns}	3.09	13.97*	38.22	0.05^{ns}	0.85	0.05^{ns}	191.33
ANT17	-0.02^{ns}	0.36	-0.05^{ns}	2.62	-6.12^{ns}	19.56	-0.02^{ns}	0.69	-0.02^{ns}	176
ANT18	-0.03^{ns}	0.33	-0.08^{ns}	2.95	-5.64^{ns}	39.94	-0.03^{ns}	0.58	-0.03^{ns}	326

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.13 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

สายพันธุ์พริก	SCA ของลักษณะทางผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต									
	ความกว้างผล (ซม.)	Mean	ความยาวผล (ซม.)	Mean	น้ำหนักรวม (กรัม)	Mean	น้ำหนัก/ผล (กรัม)	Mean	จำนวนผล	Mean
ANT1 × ANT4	0.02^{ns}	0.45	0.51^{ns}	4.57	-15.47^{ns}	53.27	0.42^{ns}	0.86	222.89^{ns}	223.33
ANT1 × ANT9	-0.07^{ns}	0.56	-0.09^{ns}	3.84	-0.08^{ns}	85.12	0.72^{ns}	1.16	77.05^{ns}	88.68
ANT1 × ANT10	-0.01^{ns}	0.52	-0.29^{ns}	4.1	4.40^{ns}	101.73	0.68^{ns}	1.21	94.47^{ns}	95
ANT1 × ANT17	0.06^{ns}	0.52	0.08^{ns}	4.29	-1.94^{ns}	75.29	0.63^{ns}	1.09	521.87^{ns}	522.33
ANT1 × ANT18	0.01^{ns}	0.45	-0.21^{ns}	3.96	13.09^{ns}	90.8	0.62^{ns}	1.05	402.89^{ns}	403.33
ANT4 × ANT9	0.01^{ns}	0.39	-0.32^{ns}	2.73	20.96^{ns}	75.27	0.32^{ns}	0.7	333.62^{ns}	334
ANT4 × ANT10	0.01^{ns}	0.45	0.37^{ns}	3.96	11.40^{ns}	80.7	0.47^{ns}	0.92	395.88^{ns}	396.33
ANT4 × ANT17	-0.02^{ns}	0.36	-0.33^{ns}	3.07	11.25^{ns}	60.46	0.14^{ns}	0.52	615.29^{ns}	615.67
ANT4 × ANT18	-0.01^{ns}	0.35	-0.23^{ns}	3.15	-28.14*	21.54	0.16^{ns}	0.53	294.63^{ns}	295
ANT9 × ANT10	0.03^{ns}	0.49	-0.17^{ns}	3.21	-19.07^{ns}	63.83	0.54^{ns}	1	261.21^{ns}	261.67
ANT9 × ANT17	0.01^{ns}	0.4	0.25^{ns}	3.44	-1.32^{ns}	61.5	0.29^{ns}	0.67	348.94^{ns}	349.33
ANT9 × ANT18	0.03^{ns}	0.41	0.33^{ns}	3.5	-0.48^{ns}	62.81	0.37^{ns}	0.75	307.95^{ns}	308.33
ANT10 × ANT17	-0.02^{ns}	0.45	-0.01^{ns}	3.72	-10.12^{ns}	67.67	0.46^{ns}	0.92	363.86^{ns}	364.33
ANT10 × ANT18	-0.004^{ns}	0.45	0.10^{ns}	3.81	13.39^{ns}	91.66	0.48^{ns}	0.92	307.22^{ns}	307.67
ANT17 × ANT18	-0.02^{ns}	0.36	0.01^{ns}	3.54	2.14^{ns}	60.31	0.28^{ns}	0.65	591.62^{ns}	592

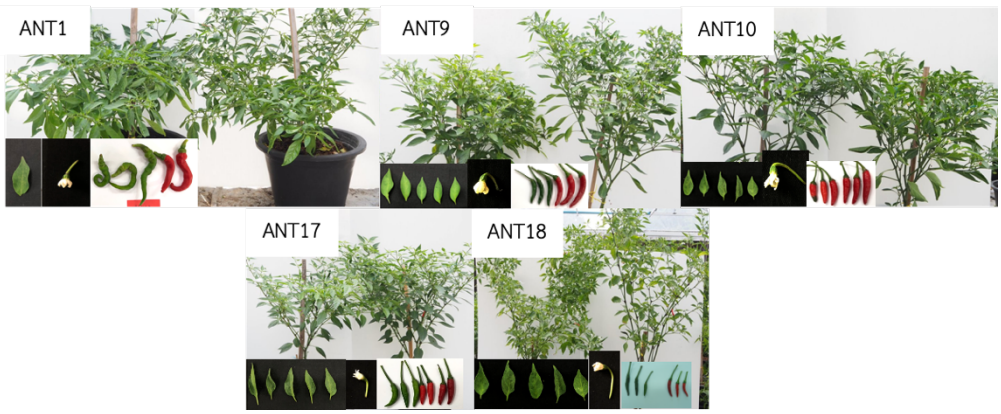
หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.14 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1	น้ำหนักรวม (กรัม/ต้น)				น้ำหนัก/ผล (กรัม/ผล)				จำนวนผล/ต้น				ความยาวผล (ซม.)				ความกว้างผล (ซม.)			
	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP
ANT1 × ANT4	43.78	68.46	21.68	-22.19	1.55	2.77	-44.14	-68.78	122.67	145.33	82.07	53.67	3.55	5.23	28.81	-12.59	0.76	1.24	-39.92	-63.10
ANT1 × ANT9	55.77	68.46	47.48	20.14	1.82	2.77	-35.63	-57.75	95.33	100.00	-18.71	-22.50	4.15	5.23	-9.54	-28.20	0.83	1.24	-53.69	-69.09
ANT1 × ANT10	53.34	68.46	90.73	48.60	1.81	2.77	-32.86	-56.10	145.67	191.33	-34.78	-50.35	4.16	5.23	-1.36	-21.47	0.88	1.24	-40.75	-57.97
ANT1 × ANT17	44.01	68.46	71.07	9.97	1.73	2.77	-36.71	-60.48	138.00	176.00	278.50	196.78	3.92	5.23	9.47	-17.86	0.80	1.24	-34.32	-57.67
ANT1 × ANT18	54.20	68.46	67.53	32.63	1.68	2.77	-36.85	-61.76	213.00	326.00	89.36	23.72	4.09	5.23	-3.00	-24.13	0.79	1.24	-42.43	-63.44
ANT4 × ANT9	31.09	43.08	142.11	74.71	0.60	0.86	18.20	-18.65	118.00	145.33	183.05	129.82	2.47	3.07	10.57	-11.09	0.35	0.42	12.48	-5.42
ANT4 × ANT10	28.66	38.21	181.61	111.18	0.59	0.85	57.02	8.52	168.33	191.33	135.45	107.14	2.48	3.10	59.80	28.10	0.40	0.52	13.42	-12.36
ANT4 × ANT17	19.33	19.56	212.79	209.12	0.51	0.69	3.51	-23.76	160.67	176.00	283.20	249.81	2.24	2.62	37.20	17.55	0.32	0.36	11.97	0.22
ANT4 × ANT18	29.52	39.94	-27.03	-46.06	0.46	0.58	17.00	-8.90	235.67	326.00	25.18	-9.51	2.41	2.95	30.99	6.95	0.31	0.34	15.56	6.62
ANT9 × ANT10	40.65	43.08	57.03	48.16	0.86	0.86	16.72	15.84	141.00	191.33	85.58	36.76	3.08	3.10	4.16	3.74	0.47	0.52	5.10	-5.40
ANT9 × ANT17	31.32	43.08	96.35	42.74	0.78	0.86	-13.04	-21.91	133.33	176.00	162.00	98.48	2.84	3.07	21.11	12.17	0.39	0.42	3.97	-3.17
ANT9 × ANT18	41.51	43.08	51.32	45.79	0.72	0.86	3.97	-12.89	208.33	326.00	48.00	-5.42	3.01	3.07	16.29	14.02	0.38	0.42	10.51	-0.18
ANT10 × ANT17	28.89	38.17	134.28	77.09	0.77	0.85	20.32	8.78	183.67	176.00	98.37	90.42	2.86	3.10	30.48	20.40	0.44	0.52	2.51	-13.37
ANT10 × ANT18	39.08	38.17	134.56	129.50	0.72	0.85	29.06	8.80	258.67	326.00	18.94	-5.62	3.02	3.10	26.12	23.16	0.43	0.52	5.44	-13.26
ANT17 × ANT18	29.75	39.94	102.74	51.01	0.64	0.69	3.34	-4.47	251.00	326.00	135.86	81.60	2.78	2.95	27.21	20.04	0.35	0.36	4.81	1.40

หมายเหตุ ; MP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, HP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ที่ดีกว่า, %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า



ภาพที่ 4.6 พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตสูง จำนวน 5 สายพันธุ์

ภาพที่ 4.7 พริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตสูง จำนวน 8 สายพันธุ์

ภาพที่ 4.8 พริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะทางการเกษตร องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตสูง จำนวน 6 สายพันธุ์

งานทดลองที่ 2.2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวของพันธุ์พริกในลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

ผลการศึกษาลักษณะความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ด้วยวิธีการปลูกเชื้อแบบการฉีดเชื้อเข้าที่ผิวผล (microinjection) ในพริกลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม เปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ (มันบางช้าง) โดยทำการประเมินอาการของโรคที่ 5 วัน และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ ผลการศึกษามีรายละเอียดดังนี้

2.2) ลักษณะความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

1) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

1.1) การตอบสนองต่อการเกิดโรคของพริกพันธุ์พ่อแม่หลังการปลูกเชื้อที่ 5 วัน ในระยะผลเขียว และผลแดง

จากผลการทดลองพบว่าพริกพันธุ์พ่อแม่หลังการปลูกเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ที่ 5 วัน ในระยะผลเขียว และผลแดงมีการตอบสนองต่อการเกิดโรคแตกต่างกัน ซึ่งในระยะผลเขียวแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทาน (R) จำนวน 4 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรค 0-3% คือ พันธุ์ANT1, ANT4, ANT9 และ ANT17 2) ระดับอ่อนแอ (S) 1สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 4% ในระยะผลแดงมีการตอบสนองต่อโรค 2 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทาน (R) 2 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ ANT1 และ ANT4 2) ระดับอ่อนแอ (S) 4 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.15)

1.2) การตอบสนองต่อการเกิดโรคของพริกพันธุ์พ่อแม่หลังการปลูกเชื้อที่ 7 วัน ในระยะผลเขียว และผลแดง

จากผลการทดลองพบว่าพริกพันธุ์พ่อแม่หลังการปลูกเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ที่ 7 ในระยะผลเขียว และผลแดงพบว่าพริกพันธุ์พ่อแม่ในระยะผลเขียวและผลแดงมีการตอบสนองต่อเชื้อแตกต่างกัน ซึ่งในระยะผลเขียวแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทาน (R) จำนวน 2 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรค 0-3% คือ พันธุ์ANT4 และ ANT17 2)ระดับอ่อนแอ (S) จำนวน 4 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 4% ในระยะผลแดงมีการตอบสนองต่อการเกิดโรค 2 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทาน (R) จำนวน 1 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ANT4 2)ระดับอ่อนแอ (S) 5 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.15)

1.3) การตอบสนองต่อการเกิดโรคของพริกลูกผสมหลังการปลูกเชื้อที่ 5 วัน ในระยะผลเขียว และผลแดง

ในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบการแสดงการตอบสนองต่อการเกิดโรคที่ 5 วัน มีการตอบสนองที่แตกต่างกันในระยะผลเขียวสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทาน (R) จำนวน 7 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรค 0-3% คือ พันธุ์ ANT1 × ANT4, ANT1 × ANT17, ANT4 × ANT9, ANT4 × ANT10, ANT4 × ANT17, ANT4 × ANT18 และ ANT9 × ANT18 2) ระดับอ่อนแอ (S) 8 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 4% และในระยะผลแดงสามารถแบ่งการตอบสนองต่อโรคได้ 2 กลุ่ม คือ 1) ระดับต้านทาน (R) จำนวน 1 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ ANT1 × ANT4 2) ระดับอ่อนแอ (S) จำนวน 14 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.15)

1.4) การตอบสนองต่อการเกิดโรคของพริกลูกผสมหลังการปลูกเชื้อที่ 7 วัน ในระยะผลเขียว และผลแดง

ในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบการแสดงการตอบสนองต่อการเกิดโรคที่ 7 วัน มีการตอบสนองที่แตกต่างกันโดยพบว่าลูกผสมที่มีพันธุ์ ANT4 นั้นให้ลูกผสมที่ต้านทานต่อโรคแอแทรคโนสในระยะผลเขียวได้ ระยะผลเขียวสามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ 1)ระดับต้านทาน (R) จำนวน 7 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรค 0-3% คือ พันธุ์ANT1 × ANT4, ANT1 × ANT17, ANT4 × ANT9, ANT4 × ANT10, ANT4 × ANT17, ANT4 × ANT18 และ ANT9 × ANT18 2)ระดับอ่อนแอ (S) จำนวน 8 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อโรคมากกว่า 4% และในระยะผลแดงสามารถแบ่งการตอบสนองต่อโรคได้ 2 กลุ่ม คือ 1)ระดับต้านทาน (R) จำนวน 1 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ANT1 × ANT4 2)ระดับอ่อนแอ (S) จำนวน 14 สายพันธุ์ (ตารางที่ 4.15)

นอกจากนี้ยังพบว่าลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 คือ พันธุ์ ANT1 × ANT4 สามารถต้านทานการเกิดโรคแอนแทรกโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ได้ในทั้ง 5 และ 7 วันหลังการประเมินรวมถึงต้านทานได้ในทั้งระยะผลเขียว และระยะผลแดง (ภาพที่ 4.9) และยังพบว่าพันธุ์อ่อนแอทดสอบ คือ มันบางช้าง มีการตอบสนองต่อโรคที่ระดับอ่อนแอในทั้ง 5 และ 7 วัน นอกจากนี้ยังมีระดับความรุนแรงของการเกิดโรคมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสมรรถนะความสามารถในการรวมตัวในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และผลแดง ที่ 5 วัน และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล (microinjection) พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้น การเกิดโรคในผลเขียวที่ 7 วัน ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.16) ส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรกโนสในระยะผลเขียว และผลแดง ที่ 5 วัน และ 7 วันหลังการปลูกเชื้อด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นการเกิดโรคในผลแดงที่ 5 วัน แล 7 วัน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4.16) ซึ่งเป็นการแสดงอิทธิพลของยีนเป็นแบบข่มมากกว่าแบบบวก

ตารางที่ 4.15 ค่าดัชนีและขนาดแผลของการเกิดโรคแอนแทรคโนสของพันธุ์พ่อแม่และลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในระยะผลเขียว และผลแดงด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผล

Variety	Disease severity (mm)							
	Green				Ripe			
	5 DAI	DR	7 DAI	DR	5 DAI	DR	7 DAI	DR
ANT1	2.67^{d-f}	R	8.16^{a-e}	MR	2.16^{ef}	R	4.00^{c-e}	MR
ANT4	1.00^{f}	R	1.13^{f}	R	1.66^{f}	R	2.00^{e}	R
ANT9	3.08^{d-f}	R	4.36^{c-f}	MR	4.79^{c-f}	MR	5.86^{b-e}	MR
ANT10	4.38^{b-f}	MR	5.19^{b-f}	MR	4.26^{c-f}	MR	5.04^{c-e}	MR
ANT17	3.13^{d-f}	R	3.86^{d-f}	R	6.95^{b-d}	MR	8.19^{b-d}	MR
ANT18	7.66^{a-e}	MR	9.58^{a-d}	MS	7.66^{a-c}	MR	8.73^{a-c}	MR
ANT1 × ANT4	2.66^{d-f}	R	3.22^{d-f}	R	2.89^{d-f}	R	3.00^{de}	R
ANT1 × ANT9	11.30^{ab}	MS	12.91^{ab}	S	5.64^{b-e}	MR	7.83^{b-e}	MR
ANT1 × ANT10	6.66^{a-f}	MR	7.70^{a-e}	MR	4.61^{c-f}	MR	5.10^{c-e}	MR
ANT1 × ANT17	2.66^{d-f}	R	3.46^{d-f}	R	4.05^{c-f}	MR	4.56^{c-e}	MR
ANT1 × ANT18	7.83^{a-d}	S	9.40^{a-d}	MS	9.96^{ab}	MS	10.83^{ab}	MS
ANT4 × ANT9	3.29^{c-f}	R	3.29^{d-f}	R	4.97^{c-f}	MR	5.62^{b-e}	MR
ANT4 × ANT10	3.16^{d-f}	R	3.90^{d-f}	R	5.22^{c-f}	MR	5.64^{b-e}	MR
ANT4 × ANT17	1.83^{f}	R	2.13^{ef}	R	5.51^{b-f}	MR	6.31^{b-e}	MR
ANT4 × ANT18	3.06^{d-f}	R	3.73^{d-f}	R	5.31^{c-f}	MR	6.06^{b-e}	MR
ANT9 × ANT10	9.35^{ab}	MS	10.76^{a-c}	MS	5.38^{b-f}	MR	6.30^{b-e}	MR
ANT9 × ANT17	5.02^{b-f}	MR	6.11^{b-f}	S	5.22^{c-f}	MR	6.11^{b-e}	MR
ANT9 × ANT18	2.00^{ef}	R	2.00^{ef}	R	4.38^{c-f}	MR	5.19^{c-e}	MR
ANT10 × ANT17	5.76^{a-f}	MR	6.06^{b-f}	MR	5.00^{c-f}	MR	5.84^{b-e}	MR
ANT10 × ANT18	8.89^{a-c}	MR	9.61^{a-d}	MS	4.36^{c-f}	MR	5.41^{c-e}	MR
ANT17 × ANT18	6.40^{a-f}	MR	7.26^{a-f}	MS	6.40^{b-e}	MR	7.46^{b-d}	MR
มันบางช้าง	11.33^{a}	S	13.00^{a}	S	12.00^{a}	S	14.00^{a}	S
Mean	5.14		6.22		5.38		6.32	
F-test	**		**		**		**	
CV (%)	50.23		47.31		40.37		39.83	

หมายเหตุ; ** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.16 ค่าความแปรปรวนความสามารถในการรวมตัวลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส

Source of variation	df	Disease severity (mm)			
		Green fruit stage		Ripe fruit stage	
		5 days	7 days	5 days	7 days
GCA	5	11.29^{ns}	13.98**	2.17^{ns}	3.05^{ns}
SCA	14	24.8*	32.47**	18.7^{ns}	22.97^{ns}
Error'	40	2.23	2.90	1.57	2.12
GCA component		9.07	11.07	0.59	0.93
SCA component		22.58	22.57	17.13	20.86
GCA/SCA ratio		0.4	0.37	0.03	0.04

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

*,** = มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2) การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน พบว่าพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ ANT4 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำมีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -2.81 ที่ 5 วัน และ -3.17 ที่ 7 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) (ภาพที่ 4.10)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน พบว่าพันธุ์แม่ 1 สายพันธุ์ คือ ANT9 มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำมีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -0.77 ที่ 5 วัน และ -0.72 ที่ 7 วันตามลำดับ (ตารางที่ 4.17) (ภาพที่ 4.11)

3) การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 1 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามรถในการรวมเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ดี ได้แก่ ANT9×ANT18 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -4.20 ที่ 5 วัน และ -4.91 ที่ 7 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) (ภาพที่ 4.12)

การวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 2 สายพันธุ์ ที่แสดงค่าความสามรถในการรวมเฉพาะในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสที่ดี ได้แก่ ANT1×ANT9 และ

ANT10×ANT18 ค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะมีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -1.85 และ -1.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.18) (ภาพที่ 4.13)

4) การวิเคราะห์ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลูกผสม

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ด้านการเกิดโรคหลังการปลูกเชื้อที่ 5 วัน และ 7 วัน ในระยะผลเขียวเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่าที่ดีกว่า (high parent; HP) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 1 สายพันธุ์ ได้แก่ ANT9 × ANT18 มีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (%HP) มีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -73.91 เปอร์เซ็นต์ และ -79.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) (ภาพที่ 4.12)

ความดีเด่นเหนือพ่อแม่ด้านการเกิดโรคหลังการปลูกเชื้อที่ 5 วัน และ 7 วัน ในระยะผลแดงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่าที่ดีกว่า (high parent; HP) ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 พบว่ามี 1 สายพันธุ์ ได้แก่ ANT1 × ANT9 มีค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า (%HP) มีค่าไปในทิศทางลบ เท่ากับ -58.28 เปอร์เซ็นต์ และ -54.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4.19) (ภาพที่ 4.13)

ตารางที่ 4.17 ค่าเฉลี่ยและความสามารถในการรวมตัวทั่วไป (GCA) ลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสของพันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์

Variety	GCA anthracnose disease response							
	Green				Ripe			
	5 DAI	Mean	7 DAI	Mean	5 DAI	Mean	7 DAI	Mean
ANT1	0.45^{ns}	2.66	0.76^{ns}	8.16	-0.39^{ns}	2.16	-0.65^{ns}	4.00
ANT4	-2.81^{ns}	1.00	-3.17^{ns}	1.13	-0.29^{ns}	1.66	-0.53^{ns}	2.00
ANT9	0.41^{ns}	3.08	0.36^{ns}	4.69	-0.77^{ns}	4.79	-0.72^{ns}	5.86
ANT10	2.12^{ns}	4.38	2.27^{ns}	5.19	-0.15^{ns}	4.26	-0.08^{ns}	5.04
ANT17	-0.91^{ns}	3.13	-0.98^{ns}	3.86	0.25^{ns}	6.95	0.42^{ns}	8.19
ANT18	0.74^{ns}	7.66	0.76^{ns}	9.58	1.34^{ns}	7.66	1.56^{ns}	8.73

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.18 ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ (SCA) และค่าเฉลี่ยลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

F_1-hybrid cross	SCA anthracnose disease response							
	Green				Ripe			
	5 DAI	Mean	7 DAI	Mean	5 DAI	Mean	7 DAI	Mean
ANT1 × ANT4	-0.02^{ns}	2.66	-0.16^{ns}	3.22	-1.45^{ns}	2.89	-1.58^{ns}	3.00
ANT1 × ANT9	1.31^{ns}	11.30	1.31^{ns}	12.91	-1.85^{ns}	5.64	-1.72^{ns}	7.83
ANT1 × ANT10	-0.96^{ns}	6.66	-1.13^{ns}	7.70	0.14^{ns}	4.61	0.08^{ns}	5.10
ANT1 × ANT17	-1.92^{ns}	2.66	-2.11^{ns}	3.46	-0.83^{ns}	4.05	-0.95^{ns}	4.56
ANT1 × ANT18	1.59^{ns}	7.83	2.09^{ns}	9.40	3.99^{ns}	9.96	4.17^{ns}	10.83
ANT4 × ANT9	0.64^{ns}	3.29	0.31^{ns}	3.29	1.03^{ns}	4.97	1.11^{ns}	5.62
ANT4 × ANT10	-1.20^{ns}	3.16	-0.99^{ns}	3.90	0.64^{ns}	5.22	0.50^{ns}	5.64
ANT4 × ANT17	0.50^{ns}	1.83	0.49^{ns}	2.13	0.54^{ns}	5.17	0.68^{ns}	6.31
ANT4 × ANT18	0.09^{ns}	3.06	0.35^{ns}	3.73	-0.76^{ns}	5.31	-0.71^{ns}	6.06
ANT9 × ANT10	1.77^{ns}	9.35	2.35^{ns}	10.76	1.29^{ns}	5.38	1.35^{ns}	6.30
ANT9 × ANT17	0.48^{ns}	5.02	0.94^{ns}	6.11	0.73^{ns}	5.22	0.66^{ns}	6.11
ANT9 × ANT18	-4.20^{ns}	2.00	-4.91^{ns}	2.00	-1.19^{ns}	4.38	-1.40^{ns}	5.19
ANT10 × ANT17	-0.59^{ns}	5.76	-1.02^{ns}	6.06	-0.23^{ns}	5.00	-0.13^{ns}	5.84
ANT10 × ANT18	0.99^{ns}	8.89	0.78^{ns}	9.61	-1.84^{ns}	4.36	-1.80^{ns}	5.41
ANT17 × ANT18	1.53^{ns}	6.40	1.70^{ns}	7.26	-0.21^{ns}	6.40	-0.26^{ns}	7.46

หมายเหตุ; ns = ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4.19 ค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ของลักษณะทางการต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม

F_1-hybrid cross	Disease severity (mm)															
	Green								Ripe							
	5 DAI				7 DAI				5 DAI				7 DAI			
	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP	MP	HP	%MP	%HP
ANT1 × ANT4	2.08	3.17	28.00	-15.79	4.65	8.17	-30.70	-60.54	1.92	2.17	50.72	33.33	3.00	4.00	0.00	-25.00
ANT1 × ANT9	3.13	3.17	131.11	128.07	6.43	8.17	27.87	0.68	3.48	4.79	-42.53	-58.28	4.93	5.86	-45.91	-54.49
ANT1 × ANT10	3.14	3.17	112.21	110.35	5.86	8.17	31.37	-5.71	2.56	2.94	80.65	56.79	3.72	4.00	37.01	27.50
ANT1 × ANT17	3.15	3.17	-15.34	-15.79	6.02	8.17	-42.38	-57.55	4.56	6.95	-11.15	-41.73	6.10	8.19	-25.10	-44.27
ANT1 × ANT18	5.42	7.67	44.62	2.17	8.88	9.58	5.92	-1.91	4.92	7.67	102.54	29.89	6.37	8.73	70.16	24.05
ANT4 × ANT9	2.04	3.08	61.09	6.67	2.91	4.69	12.89	-29.92	3.23	4.79	54.11	3.85	3.93	5.86	43.06	-4.06
ANT4 × ANT10	2.06	3.11	53.78	1.61	2.34	3.56	66.59	9.84	2.31	2.94	126.51	77.36	2.72	3.44	107.14	63.71
ANT4 × ANT17	2.07	3.13	-11.29	-41.49	2.50	3.87	-14.67	-44.83	4.31	6.95	28.05	-20.62	5.10	8.19	23.92	-22.92
ANT4 × ANT18	4.33	7.67	-29.23	-60.00	5.36	9.58	-30.33	-61.04	4.67	7.67	13.81	-30.72	5.37	8.73	13.04	-30.53
ANT9 × ANT10	3.10	3.11	201.88	200.54	4.12	4.69	161.05	129.40	3.87	4.79	39.14	12.31	4.65	5.83	35.42	7.51
ANT9 × ANT17	3.11	3.13	61.75	60.46	4.28	4.69	42.78	30.21	5.87	6.95	-11.06	-24.86	7.03	8.19	-13.04	-25.42
ANT9 × ANT18	5.38	7.67	-62.79	-73.91	7.14	9.58	-71.98	-79.13	6.23	7.67	-29.55	-42.75	7.30	8.73	-28.81	-40.52
ANT10 × ANT17	3.12	3.13	81.14	80.50	3.71	3.87	63.47	56.90	4.95	6.95	-1.18	-29.66	5.82	8.19	2.34	-27.32
ANT10 × ANT18	5.39	7.67	64.95	15.94	6.57	9.56	46.30	0.29	5.31	7.67	-17.80	-43.12	6.09	8.73	-11.04	-37.98
ANT17 × ANT18	5.40	7.67	18.52	-16.52	6.73	9.56	8.05	-24.17	7.31	7.67	-12.43	-16.52	8.46	8.73	-11.78	-14.50

หมายเหตุ ; MP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, HP = ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือพันธุ์แม่ที่ดีกว่า, %MP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อแม่, %HP = เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยของพันธุ์พ่อหรือแม่ที่ดีกว่า

ภาพที่ 4.9 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่สามารถต้านทานการเกิดโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ได้ในทั้ง 5 และ 7 วันหลังการประเมินรวมถึงต้านทานได้ในทั้งระยะผลเขียว และระยะผลแดง

ภาพที่ 4.10 พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด

ภาพที่ 4.11 พริกพันธุ์พ่อแม่ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด

ภาพที่ 4.12 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด

ภาพที่ 4.13 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ในลักษณะการเกิดโรคแอนแทรคโนสหลังการปลูกเชื้อในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน สูงที่สุด

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

งานทดลองที่ 1 การประเมินเชื้อพันธุกรรมพริกต้านทานโรคแอนแทรคโนส

จากการประเมินลักษณะประจำพันธุ์ของพริกพันธุ์พ่อแม่จำนวน 21 สายพันธุ์ ด้วยวิธีการปลูกเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าพริกมีการตอบสนองต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ที่แตกต่างกัน คือ วิธีการปลูกเชื้อแบบการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอย พืชมีการตอบสนองต่อเชื้อที่ค่อนข้างช้า และเป็นไปตามธรรมชาติของการเกิดโรคสาเหตุ เนื่องจากการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอยลงไปที่ต้นพริก เชื้อที่พ่นลงไปจะเกาะอยู่บนบริเวณพื้นผิวชั้นนอกของผลพริก หลังจากนั้นจึงสร้าง tube ซึ่งเรียกว่า hypha ออกมาเพื่อแทงเข้าบริเวณผิวชั้นนอกของพริกที่เชื้อสัมผัสทำให้เกิดอาการของโรค แต่หากพริกพันธุ์ที่มีลักษณะต้านทาน hypha จะไม่สามารถเจาะผ่านผิวชั้นนอกของผลพริกเข้าไปได้ (Bailey et al., 1992; Kim et al., 2007) และวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผิวผล (microinjection) พืชมีการตอบสนองที่ค่อนข้างเร็ว และรุนแรงเนื่องจากการสร้างบาดแผลให้พืชจึงทำให้บริเวณผลพริกมีบาดแผล และง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุ เพราะโดยปกติเชื้อจะค่อย ๆ เข้าทำลายโดยการแทงผ่านผิวหนังเข้ามาเพื่อทำลายผลพริก แต่วิธีการนี้เชื้อสามารถเข้าทำลายได้โดยตรง และสามารถแสดงอาการของโรคได้ในระยะเวลาที่สั้น และในวิธีนี้มีข้อดีคือ ถ้าพริกที่ใช้ในการทดสอบมีความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสพริกจะแสดงลักษณะที่ต้านทานออกมาให้เห็นทันทีโดยการปล่อย PR protein เช่น PR1 PR10 ออกมาเพื่อปกป้องเซลล์ไม่ให้ถูกทำลายหรือทำให้บริเวณที่รับเชื้อนั้นเกิดอาการเนื้อตายหรือแผลแห้งเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อสาเหตุไปยังบริเวณอื่นบนผลพริก (Ko et al., 2005) โดยในวิธีการปลูกเชื้อแบบการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอยสามารถแบ่งจัดจำแนกพริกออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มพริกที่ได้รับยีนต้านทานมาจากพริกพันธุ์ PBC80 พบว่าสามารถต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และระยะผลห่ามได้ดี ซึ่งพบว่ายีนที่ควบคุมความต้านทานในพริกพันธุ์ PBC80 มีชื่อว่า *Co5* ถูกควบคุมด้วยยีนเด่น 1 คู่ และ *co4* ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 ตำแหน่ง (Mahasuk, 2009a) และยังพบว่ายีนที่ควบคุมความต้านทานในระยะผลเขียวถูกควบคุมด้วยยีนด้อย (Suwor et al., 2015) แต่ในระยะผลแดงถูกควบคุมด้วยยีนเด่น และยีนทั้ง 2 ตัวยังเป็นอิสระต่อกัน และในกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มพริกที่ได้รับยีนต้านทานจากพริกพันธุ์ PBC932 พบว่าสามารถต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในระยะผลแดงได้ดี ซึ่งพบว่ายีนที่ควบคุมลักษณะความต้านทานในพริก PBC932 ชื่อว่า *co1 co2* และ *co3* (Pakdeevaraporn et al., 2005) ถูกควบคุมด้วยยีนด้อย 1 ตำแหน่งส่วนในวิธีการปลูกเชื้อแบบวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผิวผลสามารถแบ่งจัดจำแนก

พริกได้เพียง 1 กลุ่มคือ กลุ่มพริกที่ได้รับยีนต้านทานมาจากพริกพันธุ์ PBC932 พบว่าสามารถต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และผลแดงได้มากกว่าพริกที่ได้รับยีนจากพริกพันธุ์ PBC80 และพันธุ์การค้า เนื่องจากยีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคของพริกพันธุ์ PBC932 ถูกควบคุมด้วยยีน 2 ตำแหน่งจึงแสดงความต้านทานได้ดีกว่า ตามรายงานของ Pakdeevaraporn et al. (2005) และ Lin et al. (2007) เนื่องจากยีนที่ควบคุมความต้านทานของพริกทั้ง 2 สายพันธุ์อยู่คนละตำแหน่ง ควบคุมโดยยีนคนละแบบทั้งในระยะผลเขียว และผลแดง และยังมีความเป็นอิสระต่อกัน จึงทำให้พันธุ์ที่คัดเลือกในงานทดลองนี้มีการกระจายตัวของยีนต้านทาน อย่างไรก็ตามความต้านทานหรือความอ่อนแอต่อโรคแอนแทรคโนสขึ้นอยู่กับเชื้อพันธุกรรมของพริก ชนิดของเชื้อ และระยะการสุกแก่ของพริกที่ใช้ในการประเมิน (Lin et al., 2007; Kim et al., 2008; Mahasuk et al., 2009b; Temiyakul et al., 2012; Mahasuk et al., 2013) จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการปลูกเชื้อ และระยะของผลพริกต่อการเกิดโรคแอนแทรกโนสพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahasuk et al., (2013) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ความต้านทานของพริกพันธุ์ PBC80 PBC81 และ PBC932 ในระยะการสุกแก่ของผลที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามค่าสหสัมพันธ์ของความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสในแต่ละระยะนั้นแสดงค่าต่ำเนื่องจากยีนที่ควบคุมความต้านทานต่อโรคนั้นอยู่คนละตำแหน่งจึงส่งให้เมื่อเกิดการเข้าคู่กันของยีนอย่างอิสระยีนจึงทำยีนกระจายตัวอย่างอิสระส่งผลให้ต้นพริกแสดงความต้านทานต่อโรคที่แตกต่างกัน (Lin et al., 2007; Kim et al., 2008) นอกจากนี้การศึกษาความสัมพันธ์ของเครื่องหมายโมเลกุลยังพบว่าเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR-HpmsE032 มีความสัมพันธ์กับความต้านทานต่อเชื้อ Ca_KK มากกว่าการใช้ SCAR-Indel ที่ระยะผลเขียว ผลห่าม และผลแดง (Mahasuk et al., 2009a) และยีนที่ต้านต่อโรคดังกล่าวนั้นแสดงออกแบบยีนด้อย (recessive gene) ในระยะผลเขียว (Mahasuk, 2009a) เมื่อถ่ายทอดมาให้รุ่นลูกจึงส่งผลให้พริกแสดงความต้านทานได้ ดังนั้นเครื่องหมายโมเลกุลที่ควรใช้ในการตรวจสอบควรเป็นเครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR-HpmsE032

งานทดลองที่ 2 ศึกษาความสามารถในการรวมตัวระหว่างพริก 6 สายพันธุ์ในลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสและลักษณะผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

การศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต พบว่าพันธุ์ที่มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปเป็นบวกสูงมีแนวโน้มให้ลูกผสมที่ดี ยิ่งลักษณะที่ให้ค่าเป็นบวกสูงแสดงให้เห็นถึงพันธุ์แม่นั้น ๆ เมื่อผสมกับพันธุ์ใด ๆ ก็จะให้ลูกผสมมีลักษณะที่ดีถือเป็นอัตราบวกของยีนที่ควบคุมลักษณะนั้น ๆ โดยความสามารถในการรวมตัวทั่วไปถือเป็นอิทธิพลของการแสดงออกของยีนเป็นแบบบวก (additive gene action) ซึ่งลักษณะที่แสดงออกนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของยีนที่ช่วยเสริมลักษณะนั้น ๆ และการแสดงออกของยีนดังกล่าวยังสามารถถ่ายทอดลักษณะไปสู่รุ่นลูกรุ่นหลานได้ (Sprague and Tatum, 1942) จากผลการทดลองพบว่าการศึกษาการวิเคราะห์ความสามารถในการรวมตัวทั่วไปพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างลักษณะทางการเกษตร และส่วนประกอบผลผลิตในทางสถิติ ยกเว้นลักษณะของความสูงต้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสถิติ และพบว่าพันธุ์แม่ ANT1 ANT4 ANT9 และ ANT17 มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร และลักษณะทางผลผลิตสูง นอกจากนี้ยังพบว่าพริกพันธุ์ ANT10 มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางผลผลิต และลักษณะขององค์ประกอบผลผลิตสูง ซึ่งจากพันธุ์ที่ให้ค่าสูงสุดในลักษณะผลผลิต น่าจะสามารถใช้เป็นพ่อแม่ที่ดีได้เมื่อนำไปผสมกับพันธุ์อื่น ๆ มีแนวโน้มที่จะให้ลูกผสมที่มีผลผลิตสูง (อรวินทินี, 2546; Mohammad et al., 2007) และจากการศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส จากผลการทดลองพบว่าพันธุ์แม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำที่สุดที่ 5 วัน ในระยะผลเขียวได้แก่ พันธุ์ ANT4 มีค่า -2.81 ที่ระยะผลแดงได้แก่ พันธุ์ ANT9 มีค่า -0.77 (ตารางที่ 4.19) พันธุ์แม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำที่สุดที่ 7 วัน ในระยะผลเขียวได้แก่ พันธุ์ ANT4 มีค่า -3.17 ที่ระยะผลแดงได้แก่ พันธุ์ ANT9 มีค่า -0.72 และยังพบว่าพริกทั้ง 2 สายพันธุ์นี้ยังให้ค่าสูงสุดในลักษณะผลผลิตและยังต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส น่าจะสามารถใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ที่ดีได้ นอกจากนี้แล้วยังพบว่าอิทธิพลของพ่อแม่ที่แสดงในทางลบก็สามารถให้ลูกในทางลดค่าได้ ดังนั้นการคัดเลือกลักษณะการตอบสนองต่อโรคจึงต้องคัดเลือกพันธุ์พ่อที่แสดงค่าเป็นลบ (Nyadanu et al., 2012)

ความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ที่ดีเป็นค่าที่ใช้บอกศักยภาพของลูกผสม โดยคู่ผสมที่ให้ค่าเฉลี่ยของลักษณะที่สนใจสูง มีค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่สูงนั้น เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว เนื่องจากทั้งค่าความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่เป็นค่าที่บอกความแตกต่างทางพันธุกรรมของสายพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อ และแม่ (ชบา และคณะ, 2558) การศึกษาความสามารถในการรวมตัวเฉพาะในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม พบว่าการวิเคราะห์ความสามารถในส่วนความสามารถในการรวมตัวเฉพาะพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในทุกลักษณะที่ศึกษาทั้งลักษณะทางการเกษตร และผลผลิต และพบว่าคู่ผสมของ ANT1 × ANT17, ANT1 × ANT18, ANT4 × ANT17 และ ANT9 × ANT10 ให้ค่าสูงสุดในลักษณะทางการเกษตร คู่ผสมของ ANT1 × ANT4, ANT1 × ANT17 และ ANT9 × ANT18 ให้ค่าสูงสุดในลักษณะของผลผลิต และพบว่าคู่ผสมของ ANT1 × ANT9, ANT4 × ANT9 และ ANT4 × ANT17 ให้ค่าสูงสุดในลักษณะขององค์ประกอบผลผลิต และเมื่อพิจารณาค่าความดีเด่นของลูกผสมพันธุ์ ANT4 × ANT17 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่มากที่สุดในเรื่องของผลผลิตเมื่อเทียบกับ high parent โดยมีค่าสูงสุดคือ 209.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นคู่ผสมที่น่าจะมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นลูกผสมทางการค้าต่อไป เนื่องจากแสดงความสามารถในการรวมตัวของลักษณะที่ต้องการจากพ่อแม่มาสู่รุ่นลูกได้สูง (Sprague and Tatum, 1942) และจากการศึกษาความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของลูกผสมในลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส พบว่าคู่ผสม ANT9 × ANT18 มีค่าการตอบสนองต่อโรคต่ำในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน นอกจากนั้นแล้วยังพบคู่ผสม ANT1 × ANT9 มีค่าการตอบสนองต่อโรคต่ำในระยะผลแดงที่ 5 วัน และคู่ผสม ANT10 × ANT18 มีค่าการตอบสนองต่อโรคต่ำในระยะผลแดงที่ 7 วัน ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าความดีเด่นของลูกผสมพันธุ์พบว่า ลูกผสมพันธุ์ ANT9 × ANT18 มีค่าความดีเด่นเหนือพ่อแม่ด้านการเกิดโรคต่ำที่สุดในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน เมื่อเทียบกับ high parent โดยมีค่าต่ำสุดคือ -73.91 เปอร์เซ็นต์ และ -79.13 เปอร์เซ็นต์ ในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน ได้แก่ พันธุ์ ANT1 × ANT9 โดยมีค่าต่ำสุดคือ -58.28 เปอร์เซ็นต์ และ -54.49 เปอร์เซ็นต์ และในการแสดงออกของลูกผสม ANT1 × ANT4 เป็นคู่ที่น่าจะมีศักยภาพในการสร้างลูกผสมในเชิงการค้าในด้านการต้านทานต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ได้ในทั้ง 5 และ 7 วันหลังการประเมินรวมถึงต้านทานได้ในทั้งระยะผลเขียว และระยะผลแดง นอกจากนี้ลูกผสมคู่นี้ยังได้รับยีนต้านทานทั้งจากพริกพันธุ์ PBC80 และ PBC932 ซึ่งมีรายงานว่าถูกควบคุมด้วยยีนด้อย และยีนเด่นในระยะผลเขียว และผลแดงตามลำดับ (Mahasuk et al., 2009) Syukur และคณะ (2013) พบการแสดงออกของยีนต้านทานต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum* เป็นแบบยีนด้อยและถ่ายทอดแบบบวกสะสมมากกว่าแบบข่ม และการคัดเลือกพันธุ์ต้านทาน จึงสามารถคัดต้นที่มีลักษณะที่ต้องการได้ในชั่วรุ่นท้าย ๆ ดังนั้นการพัฒนาพันธุ์ต้านทานต่อโรคแอน

แทรคโนสนั้นจึงค่อนข้างมีความจำเพาะทั้งต่อเชื้อ แหล่งพันธุกรรมของพันธุ์ต้านทาน และระยะการสุกแก่ของผลพริก (Mongkol et al., 2010)

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินลักษณะประจำพันธุ์ของพริกพันธุ์พ่อแม่จำนวน 21 สายพันธุ์ และการประเมินความต้านทานโรคแอนแทรคโนส *Colletotrichum accutatum* ไอโซเลท Ca_KK ด้วยวิธีการปลูกเชื้อที่แตกต่างกัน พบว่าพริกทั้ง 21 สายพันธุ์ มีการตอบสนองต่อเชื้อที่แตกต่างกันทางสถิติ พบพันธุ์ที่สามารถต้านทานด้วยต่อเชื้อ Ca_KK ด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอยลงบนต้นในระยะผลเขียวและผลแดง จำนวน 1 สายพันธุ์ คือ ANT4 และพบสายพันธุ์ที่ต้านทานในระยะผลเขียว จำนวน 5 สายพันธุ์ คือ ANT4 ANT6 ANT9 ANT17 และ ANT18 และในระยะผลแดงจำนวน 2 สายพันธุ์คือ ANT4 และ ANT12 พบพันธุ์ที่สามารถต้านทานด้วยต่อเชื้อ Ca_KK วิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผลในระยะผลเขียวและผลแดง จำนวน 5 สายพันธุ์ คือ ANT1 ANT9 ANT10 ANT11 และ ANT12 นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ ANT4 สามารถต้านทานต่อการเกิดโรคได้ในทั้ง 2 วิธีการที่ใช้ในปลูกเชื้อ การศึกษาการแสดงออกของยีนต้านทานด้วยวิธีการพ่นสปอร์เชื้อแขวนลอยลงบนต้นพบว่าส่วนใหญ่ progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC80 แสดงความต้านทานมากกว่า progressive line จาก PBC932 และการศึกษาการแสดงออกของยีนต้านทานด้วยวิธีการฉีดเชื้อเข้าที่ผลพบว่าพริก progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC932 แสดงความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสในระยะผลเขียว และผลแดงได้มากกว่า progressive line ที่พัฒนามาจากพริก PBC80 ยังพบว่าวิธีการปลูกเชื้อทั้งสองวิธี และระยะการสุกแก่ของพริกไม่มีความสัมพันธ์กันในทางบวกจึงกล่าวได้ว่าทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นวิธีการที่ใช้ทดสอบควรเลือกอย่างระมัดระวังและเหมาะสมต่อผลลัพธ์ที่ต้องการ นอกจากนี้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR-HpmsE032 แสดงความสัมพันธ์และประสิทธิภาพในการคัดเลือกความต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสมากกว่า SCAR-Indel ดังนั้นการใช้เครื่องหมายโมเลกุลชนิด SSR-HpmsE032 จะถูกนำมาใช้ในการสร้างลูกผสมพริกการค้าต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสต่อไป จากการศึกษาความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตพบว่าพันธุ์แม่ ANT1 ANT4 ANT9 และ ANT17 มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางการเกษตร และลักษณะทางผลผลิตสูง นอกจากนี้ยังพบว่าพริกพันธุ์ ANT10 มีค่าความสามารถในการรวมตัวทั่วไปในลักษณะทางผลผลิต และลักษณะขององค์ประกอบผลผลิตสูงซึ่งจากพันธุ์ที่ให้ค่าสูงสุดในลักษณะผลผลิต น่าจะสามารถใช้เป็นพ่อแม่ที่ดีได้ การประเมินความสามารถในการรวมตัวทั่วไปของลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส พบว่าพันธุ์แม่ที่มีความสามารถในการรวมตัวทั่วไปด้านการเกิดโรคต่ำที่สุดที่ 5 วัน และ 7 วัน ในระยะผลเขียวได้แก่ พันธุ์ ANT4 และในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน ได้แก่ พันธุ์ ANT9 นอกจากนี้ยังพบว่าพริกทั้ง 2 สายพันธุ์นี้ยังให้ค่าสูงสุดในลักษณะผลผลิตและยังต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนสน่าจะสามารถใช้เป็นพันธุ์พ่อแม่ที่ดีได้ การศึกษาความสามารถในการรวมตัวเฉพาะ และค่าความดีเด่นเหนือพ่อหรือแม่ที่ดี

ในลักษณะทางการเกษตร ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตของลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสม พบว่าคู่ผสมของ ANT1 × ANT17, ANT1 × ANT18, ANT4 × ANT17 และ ANT9 × ANT10 ให้ค่าสูงสุดในลักษณะทางการเกษตร คู่ผสมของ ANT1 × ANT4, ANT1 × ANT17 และ ANT9 × ANT18 ให้ค่าสูงสุดในลักษณะของผลผลิต และพบว่าคู่ผสมของ ANT1 × ANT9, ANT4 × ANT9 และ ANT4 × ANT17 ให้ค่าสูงสุดในลักษณะขององค์ประกอบผลผลิต และเมื่อพิจารณาค่าความดีเด่นของลูกผสมพบว่าพันธุ์ ANT4 × ANT17 มีค่า %MP และ %HP ในลักษณะผลผลิตสูง ซึ่งเป็นคู่ผสมที่น่าจะมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นลูกผสมทางการค้าต่อไป การประเมินความสามารถในการรวมตัวเฉพาะของลักษณะต้านทานต่อโรคแอนแทรคโนส พบว่าคู่ผสม ANT9 × ANT18 มีค่าการตอบสนองต่อโรคต่ำในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน นอกจากนั้นแล้วยังพบคู่ผสม ANT1 × ANT9 มีค่าการตอบสนองต่อโรคต่ำในระยะผลแดงที่ 5 วัน และคู่ผสม ANT10 × ANT18 มีค่าการตอบสนองต่อโรคต่ำในระยะผลแดงที่ 7 วัน ตามลำดับและเมื่อพิจารณาค่าความดีเด่นของลูกผสมพันธุ์พบว่า ลูกผสมพันธุ์ ANT9 × ANT18 มีค่า %MP และ %HP การเกิดโรคต่ำที่สุดในระยะผลเขียวที่ 5 วัน และ 7 วัน ในระยะผลแดงที่ 5 วัน และ 7 วัน ได้แก่ พันธุ์ ANT1 × ANT9 ที่มีค่า %MP และ %HP การเกิดโรคต่ำที่สุดและในการแสดงออกของลูกผสม ANT1 × ANT4 เป็นคู่ที่น่าจะมีศักยภาพในการสร้างลูกผสมในเชิงการค้าในด้านการตอบสนองต่อเชื้อแอนแทรกโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK ในระยะผลเขียว และผลแดงเนื่องจากสามารถต้านทานการเกิดโรคได้ทั้งการปลูกเชื้อที่ 5 วัน และ 7 วัน และนอกจากนี้ยังพบการแสดงออกของยีนต้านทานในลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum* มีอัตราการแสดงออกของยีนเป็นแบบข่มมากกว่าแบบบวก

ข้อเสนอแนะ

1. พันธุ์ ANT4 สามารถใช้เป็นพันธุ์แม่เพื่อสร้างลูกผสมที่มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสได้เนื่องจากลูกผสมที่ได้จาก ANT4 นั้นสามารถแสดงความต้านทานได้เกือบทุกคู่ผสม

2. ลูกผสมพันธุ์ ANT1 × ANT4 มีศักยภาพในการสร้างเป็นเชิงการค้าในด้านการตอบสนองต่อเชื้อแอนแทรกโนส *Colletotrichum acutatum* ไอโซเลต Ca_KK แต่ยังมีบางลักษณะที่ยังต้องพัฒนา เช่น ขนาดของผล รูปทรงผล

3. ลูกผสมพันธุ์ ANT4 × ANT17 เป็นคู่ผสมที่น่าจะมีศักยภาพในการนำไปพัฒนาเป็นลูกผสมทางการค้า แต่ยังมีบางลักษณะที่ยังต้องพัฒนา เช่น รูปทรงผลที่ยังมีลักษณะหงิกงอซึ่งไม่ตรงตามลักษณะที่ตลาดต้องการ

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. ข้อมูลรายงานภาวะการผลิตพืช.ระบบฐานข้อมูลเกษตรกร. http://www. farmer.doae.go.th/form _farm_ type.php (31 มีนาคม 2563)

กมล เลิศรัตน์. 2536. *การปรับปรุงพันธ์พืชผสมข้าม.* ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,ขอนแก่น.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2528. *หลักการปรับปรุงพันธุ์พืช.* กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2535. *การปรับปรุงพันธุ์พริก.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2544. ปรับปรุงพันธุ์พืช: *ความ หลากหลายของแนวคิด.* มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 272 หน้า.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2551. ปรับปรุงพันธุ์พืช: *พื้นฐาน วิธีการ และแนวคิด.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิราวดี สุแดงน้อย และเพียรศักดิ์ ภักดี. 2554. การจัดการการ ผลิตและการตลาดพริกสดของ เกษตรกร ตำบลแหลมทอง อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารวิจัยสถาบัน มหาลัย ขอนแก่น* 11(4):173-182.

ชบา ทาดาวงษา กมล เลิศรัตน์ และพลัง สุริหาร. 2558. สมรรถนะการรวมตัวของจำนวนฝัก และน้ำหนักผลผลิตฝักสดในข้าวโพดเทียนสีม่วง สายพันธุ์แท้. *วารสารแก่นเกษตร* 43 (3): 557-564.

ชวนพิศ อรุณรังสิกุล. 2547. พริก: พืชน่าพิศวง. งานเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ฝ่ายปฏิบัติการ วิจัยและ เรือนปลูกทดลองมหา วิทยาลัย เกษตรศาสตร์., http://www.clgc.rdi.ku.ac.th/ article/ seed/chilli/chilli.html (25 พฤษภาคม 2552)

ญาณิศา แสงสอดแก้ว. 2561. สมรรถนะการรวมตัวของพริก (*Capsicumannuum*L.) ต้านทาน ต่อโรคไวรัสใบหงิกเหลืองพริก. วิทยานิพนธ์. สาขาวิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธารทิพย ภาสบุตร, กรรณิการ์ เพี้ยนภักตร์ และ ธนิตย์ ปล่องบรรจง. 2548. รวบรวมและจัดจำแนก ชนิดเชื้อราสกุล *Colletotrichum* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสของไม้ผลและพืชเศรษฐกิจ. *กลุ่ม วิจัยโรคพืช.* สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. กรุงเทพฯ.

พัชราภรณ์ สุวอ และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2557. สมรรถนะการรวมตัวทั่วไปและการรวมตัว เฉพาะของลักษณะต้านทานโรคแอนแทรกโนสในพริกชนิด *Capsicum annuum*L. *วารสาร แก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 3). 935-940.

พีระศักดิ ศรีนิเวศน์ และ ประเสริฐ ฉัตรวชิระวงษ์. 2548. *พันธุศาสตร์ปริมาณที่ใช้ในการปรับปรุง พันธุ์พืช.* ภาควิชาพืชไรน่าคณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกาแพงแสน, นครปฐม.

ไพศาล เหล่าสุวรรณ. 2527. *หลักการปรับปรังพันธุ์พืช.* สงขลา: โรงพิมพ์ไทยนา.

มณีฉัตร นิกรพันธุ์. 2541. *พริก*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

มโนวิช เรืองดิษฐ์ และจันทรัตน์ จินดารัศมี. 2547. ประโยชน์ของพริก. (31 มีนาคม 2563)

รังสฤษฎ์ กาวีต๊ะ. 2539. *การปรับปรุงพันธุ์พืชชั้นสูง 1*. พิมพ์ครั้งที่ 1 ภาควิชาพืชไรน่าคณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2560. พริก. (31 มีนาคม 2563)

สุจิตรา จันทะศิลา และ สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2557. สมรรถนะการรวมตัวในลักษณะความเผ็ดของพริกผลเล็กระหว่าง *Capsicum frutescens* L. และ *Capsicum chinense* Jacq. *วารสารแก่นเกษตร* 42 (ฉบับพิเศษ 3). 935-940.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2549. พริก: *การผลิต การจัดการ และการปรับปรุงพันธุ์*. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเพรสมีเดียจำกัด.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2557. พริก : *นวัตกรรมจากทฤษฎีการปรับปรุงพันธุ์พืชสู่การใช้ประโยชน์*. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ขอนแก่น. 285 หน้า.

สุชีลา เตชะวงค์เสถียร. 2558. พริก : *นวัตกรรมจากทฤษฎีการปรับปรุงพันธุ์พืชสู่การใช้ประโยชน์*. หจก.โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา. ขอนแก่น. 285 หน้า.

สุทัศน์ ยกส้าน. 2548. ประวัติความเป็นมาของพริก. (31 มีนาคม 2563)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2559. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กรุงเทพฯ. (31 มีนาคม 2563)

อรวินทินีชูศรี. 2546. สมรรถนะการรวมตัวและการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของมะเขือเทศ 5 พันธุ์วิทยานิพนธ์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Adikaram, N. K. B., Brown, A., and Swinburne, T .R. 1983. Observations on Infection of *Capsicum annuum* fruit by *Glomerella cingulata* and *Colletotrichum capsici*. *Transaction of the British Mycological Society.* 80:395–401.

Agrios, G. N. 2005. Effect of Antagonists and Plant Extracts in the Control of Protea Wilt (*F. oxysporum*). *The Plant Pathology Journal*. 5:21.

Ahn, M. I., and Yun, S. C. 2009. Epigenmiological Investigations to optimize the management of pepperanthracnose. *The Plant Pathology Journal*. 25: 213-219.

Ahmed, N., Dey, S. K., and Hundal, J. S. 1991. Inheritance of resistance to anthracnose in chili. *Indian Phyto- pathology* 44: 402-403.

AVRDC. 1999. AVRDC Progress Report 1998, AVRDC-the World Vegetable Center, Shanhua,Taiwan.

AVRDC. 2003. AVRDC Progress Report 2002, AVRDC-the World Vegetable Center, Shanhua,Taiwan.

Bailey, L. H. 1923. Capsicum. *Gentes Herb*. 1: 128-129.

Bailey, J. A., and Jeger, M. J. 1992. *Colletotrichum*: Biology, *Pathology and Control. Walling Ford*. Commonwealth Mycological Institute.

Bhutia, N. D., Seth, T., Shende, V. D., and Dutta, S. 2015. Estimation of Heterosis, dominance effect and genetic control of fresh fruit yield, quality and leaf curl disease severity traits of chilli pepper (Capsicum annuum L.). *Scientia Horticulturae*. 182: 47- 55.

Buchanan, B. B., Gruissem, W., and Jones, R. L. 2000. Biochemistry and molecular biology of plants. ASPP press, Rockville.

Bureau, J. L., and Bushway, R. J. 1992. HPLC deter- mination of carotenoids in fruits and vegetables in the United States. J. *Journal of Food Science*. 51:128–130.

Chaudhary, A., Kumar, R., and Solankey, S. S. 2013. Estimation of heterosis in chilli (*Capsicum annuum* L.). *African Journal of Biological Sciences*. 12 (47): 6605–6610.

Damm, U., Cannon, P. F., Woudenberg, J. H. C., Johnston, P. R., Weir, B. S., Tan, Y. P., Shivas, R. G., and Crous, P. W. 2012. The *Colletotrichum boninense* species complex. *Studies in Mycology Journal Abbreviation* 73: 1–36.

Dewitt, D., and Bosland P. W. 2009. A Gardener's Guide to Choosing, Growing, Preserving, and Cooking. Timber Press.

Don, L. D., Van, T. T., Phuong, V. T. T., and Kieu, P. T. M. 2007. *Colletotichum* spp. attacking on chilli pepper growing in Vietnam. Country Report. In *Abstracts of First Internationaal Symposium on Chilli Anthracnose*; Oh, D.G., Kim, K.T., Eds.; National Horticultural Research Institute, Rural Development of Administration: Jeollabukdo, Korea.

Fangling, L., Guiting, Y., Xiaojuan, Z., Ying, L., Xiaobo, Q., Zhou, Y., Jing, X., Huabao, C., and Xiao, L. C. 2016. Molecular and phenotypic characterization of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease in peppers from Sichuan Province, China. *Scientific Report*. 6(1):32761.

FAO. 2017. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAO Production Yearbook 2017. Rome: FAO; 2017.

FAO. 2019. (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAO Production Yearbook 2019. Rome: FAO; 2019.

Halsted, B. D. 1891. A new anthracnose of peppers. *Bulletin of the Torrey Botanical Club,* 18: 14-15.

Harp, T. L., Pernezny, K., Lewis-Ivey, M. L., Miller, S. A., Kuhn, P. J., and Datnoff, L. 2008. The etiology of recent pepper anthracnose outbreaks in Florida. *Journal of Crop Protection* 27: 1380–1384.

Hegde, G. M., Anahosur, K. H., and Srikant, K. 2002. Biological control of *Colletotrichum capsici* causing fruit rot of chilli. *Plant Pathology News Jourbal.* 20:4–5.

International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1983. Rome. 125.

Jenkins, M. T. 1929. Correlation studies with inbred and cross-bred strains of maize. *Journal of Agriculture Research.* 39:677-721.

Johnston, P. R., and Jones, D. 1997. Relationship among *Colletotrichum* isolates from fruit-rots assessed using rDNA sequences. *Mycological Society of America*. 89:420–430.

Kaur, S., and Singh, J. 1990. *C. acutatum*, a threat to chilli crop in Punjab. *Indian Phyto-pathology.* 43:108–110.

Kim, D. H., Jeon, Y. A., Go, S. J., Lee, J. K., and Hong, S. B. 2006. Reidentification of *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. acutatum* isolates stored in Korean Agricultural Culture Collection (KACC). *Research in Plant Disease.* 12:168-177.

Kim, Y. H. 2007. Structural resistance and defense mechanisms of chili pepper against pepper anthracnose disease. *The First International Symposium on Chili Anthracnose*, Convention Center, Seoul National University. pp. 49–50. Korea.

Kim, S. H., Park, H. G., and Yoon, J. B. 2008. Inheritance of anthracnose resistance in a new genetic resource, *Capsicum baccatum* PI 594137. *Journal of Crop Science and Biotechnology.* 11:13–16.

Ko M. K., Jeon, W. B. K., Kim, S., Lee, H. H., Seo, H. H., Kim, Y. S., and Oh, B. J. 2005. A *Colletotrichum gloeosporioides*-induced esterase gene of nonclimacteric pepper (*Capsicum annuum*) fruit during ripening plays a role in resistance against fungal infection. *Plant Molecular Biology*. 58: 529–541.

Lee, J., Hong, J. H., DO, J. W., and Yoon, J. B. 2010. Identification of QTLs for resistance to anthracnose to two *Colletotrichum* species in pepper. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 13: 227-233.

Lee, J., Do, J. W., and Yoon, J. B. 2011. Development of STS markers linked to the major QTLs for resistance to the pepper anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* and *C. capsici*. *Horticulture Environment and Biotechnology Journal* 52: 596–601.

Lewis-Ivey, M. L., Nava-Diaz, C., And Miller, S. A. 2004. Identification and management of *Colletotrichum acutatum* on immature bell peppers. *Plant Disease Journal* 88: 1198–1204.

Lin, S. W., Gniffke, P . A., and Wang, T. C. 2007. Inheritance of resistance to pepper anthracnose by *Colletotrichum acutatum*. *International Society for Horticultural Science* 760: 329–334.

Lonnquist, J. H., and Lindsey, M. F. 1964. Topeross versus S_1 line performance in corn (*Zea mays* L.). *Journal of Crop Science and Biotechnology* (4): 580-584.

Lucas, J. B. 1998. Plant Pathology and Plant Pathogens. In *Blackwell Science*. UK. Oxford.

Mahasuk, P., Taylor, P. W. J., and Mongkolporn, O. 2009a. Identification of two new genes Conferring resistance to *Colletotrichum acutatum* in *Capsicum baccatum. Journal of Phytopathology* 99: 1100–1104.

Mahasuk, P., Khumpeng, N., Wasee, S., Taylor, P. W. J., and Mongkolporn, O. 2009b. Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum capsici*) at seedling and fruiting stages in chili pepper (*Capsicum* spp.). *Plant Breeding*. 128:701-706

Mahasuk, P., Chinthaisong, J., and Mongkolporn, O. 2013. Differential resistances to anthracnose in *Capsicum baccatum* as responding to two *Colletotrichum* pathotypes and inoculation methods. *Breeding Science*. 63 (3), 333–33.

Mahmodi, F., Kadir, J., and Puteh, A. 2014. Genetic diversity and pathogenic variability of *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose of pepper in Malaysia. *Journal of Phytopathology.* 162: 456–465.

Manandhar, J. B., Hartman, G. L. and Wang, T. C. 1995. Anthracnose development on pepper fruits inoculated with *Colletotrichum gloeosporioides*. *Plant Disease Journal*. 79:380–383.

Mongkolpom . O., Montri, P., Supakaew, I., and Taylor P. W. J. 2010 Differential rcactions on mature green and ripe chili fruit infected by tuff *Colletotrichum* spp. *Plant Disease Journal*. 94:306-310.

Montri, P. P., Taylor, P. W . J., and Mongkolporn, O. 2009. Pathotypes of *Colletotrichum capsici* the causal agent of chili anthracnose in Thailand. *Plant Disease Journal*. 93 (1), 17–20.

Nayong, Y., Raveendar, S., Sookhur, O., Gyutaek, C., Bora, G., Lee, Y. J., and Kang, B. C. 2021. Evaluation of Anthracnose resistance in pepper (*Capsicum* spp.) Genetic resource. *The Horticulturae Jouranl*. 7(11):460.

Nyadanu, D., Akromah, R., Adomako, B., Kwoseh, C., Lowor, S. T., Dzahini-Obiotey, H., Akrofi, A. Y., and Assuah, M. K. 2012. Inheritance and general combining ability studies of detached pod, leaf disc and natural field resistance to Phytophthora palmivora and Phytophthora megakarya in cacao (*Theobroma cacao* L.). *Euphytica International Journal of plant breeding*. 188: 250-260.

Pakdeevaraporn, P., Wasee, S., Taylor, P. W. J., and Mongkolporn, O. 2005. Inheritance of resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* in *Capsicum*. *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 124: 206-208.

Park, H. G., Kim, B. S., and Kim, W. S. 1990. Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in pepper (*Capsicum annuum* L.). II. Genetics analysis of resistance to *Colletotrichum dematium. International Society for Horticultural Science* 31: 207-212.

Park, K. S., and Kim, C. H. 1992. Identification, distribution, and etiological characteristics of anthracnose fungi of red pepper in Korea. *Korean Journal of Phytopathology.* 8:61–69.

Park, H. G. 2007. Problems of Anthracnose in Pepper and Prospects for its Management. In: Oh, D.G., Kim, K.T. (Eds.), Abstracts of the First International Symposium on Chilli Anthracnose. National Horticultural Research In-stitute, Rural Development of Administration, Republic of Korea.

Paul, Y. S., and Behl, M. K. 1990. Some studies on bell pepper anthracnose caused by *Colletotrichum capsici* and its control. *Seed Science Research.* 1:656–659.

Pearson, M. N., Bull, P. B., and Speke, H. 1984. Anthracnose of Capsicum in Papua, New Guinea, varietal reaction and associated fungi. *Tropical Pest Management.* 30:230–233.

Prasath, D., and Ponnuswami, V. 2008. Heterosis and combining ability for morphological , yield and quality traits in paprika type chillies. *indian journal of horticulture*. 63: 441-445.

Ramachandran, N., and Rathnamma, K. *Colletotrichum acutatum*—A new addition to the species of chilli anthracnose pathogen in India. In Proceedings of the Annual Meeting & Symposium of Indian Phytopathological Society, Central Planation Crops Research Institute, Kasaragod, India, 27–28 November 2006.

Rattan, P., and Chadha. S. 2009. Gene action studies for yield & its contributing characters. Biological Forum-An International Journal. 1(2): 8-10.

Rajapakse, R. G. A. S. and Ranasinghe, J. A. D. A. R. 2002. Development of variety screening method for anthracnose disease of chili (*Capsicum annuum* L.) under field conditions. *Tropical Agricultural Research and Extension.* 5:7–11.

Ridzuan, R., Rafii, M. Y., Ismail, S. I., Martini M. Y., Miah, G., and Magaji U. G. 2018 . Breeding for anthracnose disease resistance in chili:progress and prospects. *International Journal of MolecularScience* 19:31–22.

Roberts, P. D., Pernezny, K., and Kucharek, T. A. 2001. Anthracnose Caused by *Colletotrichum sp. on Pepper*; University of Florida Press: Gainesville, FL, USA. p. 178.

Sariah, M. 1994. Incidence of *Colletotrichum* spp. on chili in Malaysia and pathogenicity of *C. gloeosporioides*. *The Southeast Asian Journal of Tropical.* 54:103–120.

Selvakumar, R. Variability among *Colletotrichum capsici* causing chilli anthracnose in north east India. In Proceedings of the First International Symposium on Chilli Anthracnose, Hoam Faculty House, Seoul National University, Seoul, South Korea, 17–19 September 2007; p. 35.

Semel, Y., Nissenbaum, J., Menda, N., Zinder, M., Krieger, U., Iss-man, N., and Zamir, D. 2006. Overdominant quantitative traitloci for yield and fittness in tomato. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United states of America*. 103:12981–12986.

Sharma, P. N., Kaur, M., Sharma, O. P., Sharma, P., and Pathania, A. 2005. Morphological, pathological and molecular variability in *Colletotrichum capici*, the cause of fruit rot of peppers in the subtropical region of north western *Indian Phyto-pathology..* 153:232–237.

Sharma, G., and Shenoy, B. D. 2014. *Colletotrichum fructicola* and *C. siamense* are involved in chilli anthracnose in India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection.* 47:1179–1194.

Shrestha, S.L., Luitel, B.P., and W.H., Kang. 2011. Heterosis and Heterobeltiosis Studies in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). *Horticulture Environment and Biotechnology*. 52(3): 278-283.

Simmonds, J. H. 1965. A study of the species of *Colletotrichum* causing ripe fruit rots in Queenslands. *Queensland Journal of agricultural and animal sciences.* 22:437–459.

Smith, P. G., and Heiser, C . B. Jr. 1957. Breeding behaviour of cultivated peppers. *Proceedings of the American Society for Horticultura Sciencel* 70: 286-290.

Sousa, J. A. de., and Maluf, W. R. 2003. Diallel analysis and astimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense Jacq*.). *The Journal of Agricultural Science.* 60:105-113.

Sprague, G. F. and Tatum, L. A. 1942. General VS. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American society of agronomy*.

Susheela, K. 2012. Evaluation of screening method for anthracnose disease in chili. *Pest Management in Horticultutal Ecosystems.* 18:188–193.

Suwor, P., Thummabenjapone, P., Sanitchon, J., Kumar, S., and Techawongstien, S. 2015. Phenotypic and genotypic responses of chili (*Capsicum annuum* L.) progressive lines with different resistant genes against anthracnose pathogen (*Colletotrichum spp*.) *European Journal of Plant Pathology.* 143:725–736.

Suwor, P., Thummabenjapone, P., Sanitchona, J., Kumar, S., and Techawongstien, S. 2016. Role of two inoculation methods in the expression of anthracnose resistance gene in chili (*Capsicum annuum* L.). *International Society for Horticultural Science.* 1144: 207-213.

Suwor, P., Sanitchona, J., Thummabenjapone, P., Kumar, S., and Techawongstien, S. 2017. Inheritace analysis of anthracnose resistance and marker-assisted selection in introgression populations of chili (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae* 220: 20-26.

Syukur, M., Sujiprihati, S., Koswara, J., and Widodo. 2013. Genetic analysis for resistance to anthracnose caused by *Colletotrichum* in chili pepper (*Capsicum annuum* L.) using diallel crosses. Sabrao Journal. 45: 400-408.

Temiyakul, P., Taylor, P. W. J., and Mongkolporn, O. 2010. Development of a double-inoculation method to assess resistance in trispecies *Capsicum* hybrid. *Journal of Phytopathology* 158 (7-8): 561–565.

Than, P. P., Rajesh, J., Hyde, K. D., Pongsupasamit, S., Mongkolporn, O., and Taylor, P. W. J. 2008. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose infection on chili (*Capsicum* spp.). *The Plant Pathology Journal.* 57: 562–572.

Than, P. P., Jeewon, R., Hyde, K. D., . Pongsupasamit, S., Mongkolporn, S. O., and Taylor, P. W. J. 2008. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose disease on chili (*Capsicum* ssp.) in Thailand. *The Plant Pathology Journal*. 57: 562-572.

Thomma, B. P. H. J., Nurnberger, T., and Joosten, M. H. A. J. 2011. The blurred PTI-ETI dichotomy. *The Plant Cell*. 23: 4-15.

Thind, T. S., and Jhooty, J. S. 1990. Studies on variability in two *Colletotrichum* spp. causing anthracnose nose and fruit rot of chilli in Punjab. *Indian Phyto-pathology.* 43:53–58.

Tiwari, A., Vivian-Smith, A., Ljung, K., Offringa, R., and Heuvelink, E. 2013. Physiological and morphological changes during early and later stages of fruit growth in *Capsicum annuum*. *Physiologia Plantarum* 147: 396–406.

Voorrips, R. E., Finkers, R., Sanjaya, L., and Groenwold, R. 2004. QTL mapping of anthracnose (*Colletotrichum* spp.) resistance in cross between *Capsicum annuum* and *C. chinense*. *Theoretical and Applied Genetics*. 109: 1275-1282.

Wang, L., Feng, Z., Wang, X., Wang, X., and Zhang, X. 2010. DEGseq: an R package for identifying differentially expressed genes from RNA-seq data. *Journal of Bioinformatics and Computational Biology*. 26:136–138.

Worayos, Y. 1986. Collection of *Capsicum* germplasm in Thailand. BGPR News Letter.

Yoon, J. B. 2003. Identification of genetic resources, interspecific hybridization and inheritance analysis for breeding pepper (*Capsicum annuum*) resistant to anthracnose. Ph.D. Dissertation, Seoul National University, Korea.

Yoon, J. B., and Park, H. G. 2005. Trispecies bridge crosses, (*Capsicum annuum* × *C. chinense*) × *C. baccatum*, as an alternative for introgression of anthracnose resistance from *C. baccatum* into *C. annuum. Journal of Korean Society of Horticultural Science.* 46:5-9.

Yoon, J. B., Yang, D. C. J., Do, W., and Park, H. G. 2006. Overcoming two post- fertilization genetic barriers in interspecific hybridization between *Capsicum annuum* and *C. baccatum* for introgression of anthracnose resistance. *Breeding Science.* 56: 31-38.

Zewdie, Y., and Bosland, P.P. 2001. Combining ability and heterosis for capsaicinoids in *Capsicum pubescens*. *Journal of Horticultural Science and Research* 36(7): 1315-1317.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การสกัดดีเอ็นเอและตรวจสอบยีนต้านทานโรคแอนแทรกโนสด้วยปฏิกิริยา PCR (polymerase chain reaction)

1. วิธีการสกัดดีเอ็นเอโดยใช้ CTAB method

1.1 นำใบพริกบดเป็นผงด้วยไนโตรเจนเหลวให้ได้ปริมาณ 2 กรัม

1.2 ตักผงใบพริกใส่ลงในหลอดไมโครเซนทริฟิวส์ 1.5 มิลลิลิตร เติมสารละลาย CTAB extraction buffer [CTAB 0.2 กรัม NaCL 1 มิลลิโมลาร์, PVP 0.1 กรัม , Tris-HCl (pH 8.0) 100 มิลลิโมลาร์, EDTA 20 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และเติม 2-mercaptoethonol ปริมาตร 3 ไมโครลิตรบ่มที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 60นาที กลับหลอดทุก ๆ 10นาที

1.3 เติมchlorofrom : isoamyalcohol (24:1) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากัน โดยการกลับหลอดไปมาประมาณ 10-15 นาที

1.4 นำไปปั่นเหวี่ยง 14,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที ดูดสารละลายส่วนใสด้านบนปริมาณ 350 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดใหม่ 1.5 มิลลิลิตร

1.5 เติมสารละลาย potassiumacetate ความเข้มข้น 7.5 โมลาร์ ที่แช่เย็นปริมาตร 0.08 เท่าของสารละลาย (ปริมาณ 28 ไมโครลิตร) และสาร iso-propanal ที่แช่เย็นปริมาตร 0.5 เท่าของสารละลายผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยการกลับหลอดไปมาเบา ๆ 10 ครั้ง

1.6 นำหลอดไปบ่มในตู้ -20 องศาเซลเซียส เพื่อตกตะกอน DNA ประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยง 14,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 15 นาที DNA ที่สกัดได้จะตกตะกอนอยู่ที่ก้นหลอดไมโครเซนทรฟิวส์ ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายออก

1.7 ล้างตะกอน DNA ด้วยเอทานอล 70 เปอร์เซ็นต์ ที่แช่เย็นปริมาณ 700 โครลิตร กลับหลอดไปมาเบา ๆ 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอน DNA จากนั้นนำไปปั่น 14,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที ใช้ไมโครปิเปตดูด สารละลายออกมา

1.8 ล้างตะกอน DNA อีกครั้งด้วยเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ที่แช่เย็นปริมาตร 700 ไมโครลิตร กลับ หลอดไปมาเบา ๆ 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอน DNA จากนั้นำไปปั่น 14,000 รอบต่อนาที เป็นระยะเวลา 5 นาที ใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายออกมา

1.9 ปล่อยให้ตะกอน DNA แห้ง หลังจากนั้นละลายตะกอน DNA ด้วย TE buffer 30 ไมโครลิตรเขย่าเบา ๆ ให้ตะกอน DNA ละลายหลังจากนั้นนำ DNA ที่ได้มาทำการยีนต้านทานโรคแอนแทรกโนส ด้วย specific primer จำนวน 2 ไพรเมอร์ คือ SSR-HpmsE032 และ SCAR-Indel (ตารางที่ 3.3)

2. วิธีการตรวจสอบยีนต้านทานโรคแอนแทรกโนสด้วยปฏิกิริยา PCR (polymerase chain reaction)

2.1 ปฏิกิริยาประกอบด้วย 10x PCR buffer ปริมาตร 1 ไมโครลิตร genomic DNA ปริมาตร 1 ไมโครลิตร dNTP ปริมาตร 0.8 ไมโครลิตร Primer forward และ reverse อย่างละ 0.3 ไมโครลิตร dH_2O ปริมาตร 6.5 ไมโครลิตร และ Taq DNA polymerase 1 unit ปริมาตร 1 ไมโครลิตร

2.2 ตั้งค่า PCR condition ดังนี้ denaturation ใช้อุณหภูมิ 94 องศา เซลเซียส นาน 1 นาที annealing ใช้อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที extension ใช้ อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส นาน 2 นาที ขั้นตอน denaturation, annealing และ extension ทำซ้ำ 30 รอบ final-extention ใช้อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียสนาน10นาที

2.3 นำ PCR product มาแยกขนาดของดีเอ็นเอโดยเทคนิค electrophoresis ด้วย 1.5 % agarose gel ใน 0.5 X TBE buffer ด้วยเครื่อง gel electrophoresis (BIO-RAD, DNA SUB CELL Tm และ BIO-RAD, PROTEIN ®II Xi CELL) กระแสไฟ 100 โวลต์ (BIO-RAD Modell 1000/500 power supply) เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

2.4 นำแถบดีเอ็นเอที่ปรากฏในพริกแต่ละสายพันธุ์หาความสัมพันธ์กับการเกิดโรคแอนแทรกโนส (Validation) คือ SSR-HpmsE032 ที่ตำแหน่ง 231 bp เป็นตำแหน่งต้านทาน และ 240 bp เป็นตำแหน่งอ่อนแอ และใน SCAR-Indel ที่ตำแหน่ง 100 bp และ 90 bp เป็นตำแหน่งต้านทานและอ่อนแอตามลำดับ

ภาคผนวก ข

ภาคผนวกที่ 3 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสมที่ใช้สำหรับประเมินลักษณะประจำพันธุ์ ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ภาคผนวกที่ 4 พันธุ์พ่อแม่เปรียบเทียบกับลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในลักษณะใบ

ภาคผนวกที่ 5 พันธุ์พ่อแม่เปรียบเทียบกับลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในลักษณะดอก

ภาคผนวกที่ 6 พันธุ์พ่อแม่เปรียบเทียบกับลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 ในลักษณะผล

ภาคผนวกที่ 7 พันธุ์พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบการเกิดโรคแอนแทรกโนสในระยะผลเขียว

ภาคผนวกที่ 8 พ่อแม่จำนวน 6 สายพันธุ์ที่ใช้ทดสอบการเกิดโรคแอนแทรกโนสในระยะผลแดง

ภาคผนวกที่ 9 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสมที่ใช้ทดสอบการเกิดโรคแอนแทรกโนสในระยะผลเขียว

ภาคผนวกที่ 10 ลูกผสมชั่วรุ่นที่ 1 จำนวน 15 คู่ผสมที่ใช้ทดสอบการเกิดโรคแอนแทรกโนสในระยะผลแดง

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาว หทัยภัทร อินทร์ประเสริฐ
วัน เดือน ปีเกิด	18 กันยายน พ.ศ.2538
ที่อยู่ปัจจุบัน	1/37 ถนนแผ่นดินทอง1 ต.ตลาด อ.เมืองจันทบุรี จ.จันทบุรี 22000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2561 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ทุนวิจัยที่ได้รับ	-
ผลงานทางวิชาการ	1. หทัยภัทร อินทร์ประเสริฐ, พัชราภรณ์ สุวอ, สุชีลา เตชะวงค์เสถียร, นครินทร์ จี้อาทิตย์, อรวรรณ ชัชวาลการพาณิชย์, น้ำทิพย์ พิรณฤทธิ์ และสมศักดิ์ ครามโชติ. 2565. การประเมินพริกพันธุ์ปรับปรุง (*Capsicum annuum* L.) ที่ได้รับยีนต้านทานโรคแอนแทรคโนสจากพริกพันธ์ PBC80 และ PBC932 ต้านทานต่อเชื้อ *Colletotrichum acutatum.*