

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

การสำรวจและการจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างเชื้อรา *P. grisea* ที่ได้จากพืชอาศัยชนิดต่างๆ ในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 344 ตัวอย่าง สามารถจัดแบ่งกลุ่มเชื้อราได้มากถึง 156 กลุ่มที่ระดับความเหมือน 90% โดยที่จำนวนตัวอย่างเชื้อราในแต่ละกลุ่มมีไม่มากนัก ซึ่งสอดคล้องกับที่ Thinlay *et al.* (2000) ศึกษาเชื้อราโรคใบไหม้ที่แพร่ระบาดในพื้นที่เพาะปลูกข้าวของประเทศภูฏาน พบว่าเชื้อราจำนวน 71 ตัวอย่างสามารถจัดกลุ่มได้ถึง 58 กลุ่ม แสดงว่าเชื้อรามีความหลากหลายมาก ตัวอย่างเชื้อราที่เข้าทำลายพืชอาศัยชนิดเดียวกันมีความคล้ายคลึงทางพันธุกรรมที่ระดับความเหมือนมากกว่า 80-90% และความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างตัวอย่างเชื้อราจากข้าวและวัชพืชอยู่ที่ระดับความเหมือน 30% อย่างไรก็ตามพบว่าภายในกลุ่มตัวอย่างเชื้อราทั้งของวัชพืชและข้าวมีตัวอย่างเชื้อราของอีกกลุ่มหนึ่งปะปนอยู่เสมอ แสดงว่าลักษณะพันธุกรรมของตัวอย่างเชื้อราจากกลุ่มของวัชพืชและกลุ่มของข้าวมีบางส่วนของลำดับเบสที่คล้ายคลึงกันทำให้สามารถจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันได้ แต่ก็พบในระดับเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และไม่พบตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากวัชพืชชนิดเดียวกันที่มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมเหมือนกันถึง 100% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Shen *et al.*, (1996) ที่ได้รายงานไว้ว่า การจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างเชื้อรา *Magnaporthe grisea* ในประเทศจีนสามารถจัดแบ่งกลุ่มเชื้อราได้ 54 lineages และแต่ละกลุ่มประกอบด้วยพืชอาศัยเพียงไม่กี่ชนิดเท่านั้น

ผลการศึกษาตัวอย่างเชื้อราโรคใบไหม้ในแต่ละอำเภอพบว่ามีจำนวน lineages ที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Lie *et al.*, (1999) ที่ศึกษาลักษณะ DNA fingerprinting ของตัวอย่างเชื้อรา *M. grisea* ในประเทศจีนจำนวน 8 ตำบลในปี 1996 โดยใช้ Po2-PCR method พบว่าตัวอย่างเชื้อราในแต่ละตำบลมีความแตกต่างกัน โดยจัดแบ่งกลุ่มได้ 20 lineages และใกล้เคียงกับ Kumar *et al.*, (1999) ที่ศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อรา *M. grisea* ของเชื้อราจำนวน 458 สายพันธุ์ที่ได้จาก 29 แหล่ง ในปี 1992-1995 ในบริเวณที่เป็นศูนย์กลางความหลากหลายของพันธุ์ข้าวของเทือกเขาหิมาลัยที่ใกล้กับประเทศอินเดียโดยใช้ MGR586 สามารถจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างเชื้อราเป็น 56 lineage ที่ระดับความเหมือน 70% โดยแต่ละ lineage ประกอบด้วยตัวอย่างเชื้อราเพียงไม่กี่สายพันธุ์แสดงว่าประชากรเชื้อรามีความหลากหลายสูง และพบการเปลี่ยนแปลงภายในประชากรเชื้อราบางส่วน นอกจากนี้การศึกษาตัวอย่างเชื้อราจาก Matli ที่เก็บรวบรวมระหว่างปี 1992-1995 จำนวน 170 ตัวอย่างสามารถจัดแบ่งกลุ่มเชื้อราได้ 19 lineages และพบว่าประชากรเชื้อราที่มีความหลากหลายมากกว่าที่มีรายงานไว้ของประเทศโคลัมเบียและฟิลิปปินส์ และประชากรเชื้อราที่ Matli มีความ

หลากหลายเพิ่มขึ้นทุกปี ซึ่งอาจเกี่ยวกับความสามารถในการอยู่รอดของประชากรเชื้อรา และการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความหลากหลาย

การจัดกลุ่มตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวบาร์เลย์และข้าวทก. 6 มีการจัดแบ่งกลุ่มคล้ายคลึงกันคือ ตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวบาร์เลย์มีการแบ่งกลุ่มตัวอย่างเชื้อราที่เป็น leaf blast (LB) แยกออกจากกลุ่มตัวอย่างเชื้อราที่เป็น flag leaf blast (FB) และ neck blast (NB) ตามลำดับ ตัวอย่างเชื้อราที่เป็น LB FB และ NB มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมภายในกลุ่มที่ระดับความเหมือน 80 % และยังพบว่าตัวอย่างเชื้อราโรคใบไหม้ที่เป็น LB และ FB มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมที่ระดับความเหมือน 5 % ในทำนองเดียวกันการจัดแบ่งกลุ่มตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวทก.6 ที่เป็น LB CR และ NB พบว่าตัวอย่างเชื้อราทั้งสามกลุ่มอยู่คนละกลุ่มกัน แต่ยังพบว่ามีตัวอย่างเชื้อราที่เป็น LB (06MW32) และ CR (06MW24) และตัวอย่างเชื้อราที่เป็น CR (06MW29) และ NB (06MW31) มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกันที่ระดับความเหมือน 95% แสดงว่าพันธุกรรมของเชื้อราที่แยกได้จากข้าวบาร์เลย์ และข้าวทก. 6 สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของข้าว และอาจกล่าวได้ว่าตัวอย่างเชื้อราอาจมีการพัฒนาตัวเองเพื่อเข้าทำลายพืชได้หลายส่วนเพื่อความอยู่รอดในการดำรงชีวิต ทำให้ตัวอย่างเชื้อราที่เข้าทำลายในแต่ละส่วนของข้าวบางตัวอย่างมีลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกันจึงมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชได้แตกต่างกัน ซึ่ง Chen *et al*, (1995) ได้รายงานไว้ว่าเชื้อราโรคใบไหม้กับพืชอาศัยมีความสัมพันธ์แบบ gene for gene interaction นอกจากนี้ On (1980) ได้รายงานเพิ่มเติมว่าความแปรปรวนทางพันธุกรรมของเชื้อราเกิดจากการมีนิวเคลียสหลายอันภายในเส้นใยและสปอร์เชื้อรา โดยจำนวนนิวเคลียสขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่เชื้อราเจริญเติบโต และจำนวนชุดโครโมโซมมีค่า $2n = 6$

จากการศึกษาตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวในเขตที่มีอากาศหนาว เช่น ตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวไร่อำเภอเชียงดาว (HRCD02) มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากหญ้าตีนนกวัชจันทน์ (DSWJ01-02) ที่ระดับความเหมือน 72 % ในขณะที่ตัวอย่างเชื้อราในเขตที่มีอากาศอบอุ่น เช่น ตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวเหนียวสันป่าตอง (NSCT06) มีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากหญ้าตีนกาอำเภอหางดง (EHHD13-14, 16, 17, 19) ที่ระดับความเหมือน 65% แสดงว่าทั้งตัวอย่างเชื้อราที่แยกได้จากข้าวในเขตที่มีอากาศหนาว และในเขตที่มีอากาศอบอุ่นมีความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมกับวัชพืชที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าอำเภอเชียงดาวที่มีสภาพอากาศหนาวเย็นและชื้น พบการระบาดของโรคใบไหม้รุนแรงกว่าอำเภอหางดงและจอมทองที่มีสภาพอากาศค่อนข้างร้อน และเมื่อใช้พืชดักโรค (indicator box) เพื่อสำรวจการกระจายตัวของเชื้อราโรคใบไหม้ มักพบการระบาดของโรคที่อำเภอเชียงดาวมากกว่าที่อำเภอหางดงและจอมทอง ซึ่งในบางครั้งไม่สามารถตรวจจับสปอร์ของเชื้อราโรคใบไหม้ได้เลยถึงแม้

จะใช้ข้าวพันธุ์อ่อนแอ (กข. 6) เป็นพืชดักโรคก็ตาม แสดงว่าสภาพแวดล้อมมีผลต่อการเข้าทำลายของเชื้อมากกว่าพืชอาศัย โดยอาจเกิดจากปัจจัยตามธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Abumu *et al.*, (1998) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (GXE interaction) โดยใช้ AMMI model (Additive, Main-effect and Multiplicative Interaction) ทำให้ทราบว่าปฏิกิริยาของโรคไหม้ที่เกิดขึ้นเป็นผลของลักษณะทางพันธุกรรม (G) 33% ผลของสิ่งแวดล้อม (E) 29% และผลของลักษณะทางพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อม (GXE) 38%

รายงานของ Luo *et al.*, (1998) ที่ได้ศึกษาการระบาดของโรคไหม้โดยใช้ CERES-RICE model ร่วมกับ BLASTSIM model เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลกที่มีผลต่อการระบาดของโรคไหม้ในหลายๆ ประเทศแถบเอเชีย เป็นเวลาประมาณ 5 ปี จำนวน 53 จุด ใน 5 ประเทศ (ญี่ปุ่น เกาหลี จีน ไทย และฟิลิปปินส์) โดยใช้เครื่องวัด 2 แบบ คือ WGEN และ WMAK จาก Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) วัดสภาพอากาศในแต่ละจุด พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลต่อการพัฒนาการของโรคไหม้เกือบทุกจุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบความแปรปรวนในแต่ละประเทศ ประเทศในเขตกึ่งร้อน เช่น ประเทศญี่ปุ่นและประเทศจีนตอนเหนือ การเพิ่มอุณหภูมิมีผลต่อการเกิดโรคค่อนข้างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการลดลงของอุณหภูมิไม่มีผลต่อการเกิดโรค ส่วนประเทศในเขตร้อนมีความขึ้นค่างจากพื้นที่เขตนาวพบว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงลดลง 1-3 °C ทำให้เกิดการระบาดของโรคไหม้ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 1-3 °C ไม่มีผลต่อการระบาดของโรคไหม้ อาจกล่าวได้ว่าความรุนแรงของโรคไหม้ในแต่ละประเทศเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

การทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของ CET ตัวอย่างเชื้อราโรคใบไหม้ในจังหวัดเชียงใหม่จำนวน 118 ตัวอย่างกับพันธุ์ข้าวทดสอบ JL และ IL จำนวน 24 และ 10 สายพันธุ์ตามลำดับ แสดงปฏิกิริยาความรุนแรงของโรคระดับปานกลางและสูง ลักษณะแผลบนใบข้าวแสดงอาการคล้ายคลึงกับแผลโรคใบไหม้ที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อราตามธรรมชาติ (ภาพที่ 4-9) แสดงให้เห็นว่าใน CET อาจมีสารพิษที่เชื้อราสร้างขึ้นและปล่อยออกมาในอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อ และเป็นสารพิษที่มีบทบาทสำคัญและก่อให้เกิดอาการของโรคใบไหม้ จึงอาจกล่าวได้ว่าสารพิษที่เชื้อรา *P. grisea* สร้างขึ้นมานั้นจัดเป็น pathotoxins

Yoder (1980) (อ้างโดย ณรงค์ และคณะ 2538) รายงานว่าสารพิษที่เชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชสร้างขึ้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มคือ pathotoxin vivotoxin และ phytotoxin และพบว่า CET ที่เชื้อรา *P. grisea* สร้างขึ้นสามารถทำให้เกิดอาการโรคใบไหม้เหมือนกับอาการที่เกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของเชื้อราโดยตรง ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าใน CET อาจจะมีสารพิษบางอย่างที่เชื้อราปล่อยออกมาในระหว่างการเจริญเติบโตอยู่ในอาหารเหลว และเป็นสารพิษที่จัดอยู่ในกลุ่มของ

pathotoxin เนื่องจากสามารถทำให้เกิดอาการของแผลเหมือนกับอาการของแผลโรคใบไหม้ จากการเปรียบเทียบความสามารถในการทำให้เกิดแผลโรคของ CET ของเชื้อรา *P.grisea* จำนวน 118 ตัวอย่าง พบว่าขนาดแผลโรคใบไหม้และระดับความรุนแรงของแผลโรคใบไหม้มีความแตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chen *et al*, (1989) ที่พบว่า CET ของเชื้อรา *P. oryzae* จำนวน 20 ตัวอย่าง สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวได้แตกต่างกัน และความแตกต่างของ CET ของเชื้อราแต่ละตัวอย่างขึ้นอยู่กับ การเจริญเติบโตของเส้นใยและการสร้างรงควัตถุในอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อ รวมทั้ง Umetsu *et al*, (1972) ซึ่งพบว่าพันธุ์ข้าว 6 พันธุ์มีการตอบสนองต่อสารพิษ tenuazonic acid ที่สร้างโดยเชื้อรา *P. oryzae* แตกต่างกันโดยพบว่าขนาดของแผลโรคใบไหม้ และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเติบโตของต้นกล้ามีความแตกต่างกัน

สำหรับผลงานของ Wang *et al*, (1988) ที่รายงานผลการศึกษาว่าอาการโรคใบไหม้ที่เกิดขึ้นจากเชื้อรา *P.grisea* นั้นเป็นผลเนื่องมาจากสารพิษที่เชื้อราปล่อยออกมาในระหว่างขบวนการเข้าทำลายพืช ความรุนแรงของแผลโรคขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารพิษที่เชื้อราปล่อยออกมา และสารพิษของตัวอย่างเชื้อราที่แตกต่างกันมีความสามารถในการทำให้เกิดโรคได้แตกต่างกันด้วย แสดงว่าเชื้อราแต่ละตัวอย่างสร้างสารพิษได้แตกต่างกันทั้งชนิดและปริมาณ สำหรับผลของสารพิษที่เกิดขึ้นกับต้นข้าวนั้น อาจจะไปก่อให้เกิดแผลโรคใบไหม้กับส่วนของใบ คอรวงข้าว กาบใบ หรือไปทำให้เกิดแผลกับปลายรากของต้นกล้าข้าว ซึ่งไปยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวได้

ลักษณะของแผลที่เกิดขึ้นบนใบข้าว 1 สายพันธุ์เมื่อหยดด้วย CET ของตัวอย่างเชื้อรามีหลายลักษณะ คือ แผลเป็นจุดดำขนาดเท่าปลายเข็มที่ทำไว้โดยแผลไม่ขยาย แผลเป็นขีดยาวสีน้ำตาล ขนาดแผลขยายมีความยาวระหว่าง 0.2-0.7 เซนติเมตร และแผลเป็นรูปกระสวย บริเวณกลางแผลมีสีเทา ขอบแผลมีสีน้ำตาลขนาดแผลขยายมีความยาวระหว่าง 0.7-1.5 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ของ Umetsu *et al*, (1972) ที่แบ่งลักษณะของแผลโรคใบไหม้ออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ บริเวณสีเขียวอมเทาตรงกลางแผล บริเวณของแผลสีน้ำตาลและบริเวณสีเหลืองรอบๆ แผลโรค และจากการศึกษานี้ได้แบ่งลักษณะของแผลโรคใบไหม้ที่เกิดขึ้นออกเป็น 3 ระดับตามลักษณะของแผลที่เกิดขึ้นตามความเข้มข้นของ CET ที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความเข้มข้น 1:1 ก่อให้เกิดแผลรูปกระสวยเหมือนแผลโรคใบไหม้ชัดเจนที่สุด นอกจากนี้ Giatgong and Frederiksen (1969) รายงานเพิ่มเติมว่าลักษณะความรุนแรงของเชื้อราบนข้าวทดสอบแสดงปฏิกิริยาแบบชั่วคราว และรายงานว่าเมื่อทดสอบเชื้อราจำนวน 20 ตัวอย่างบนข้าว 4 สายพันธุ์ พบปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 4 แบบ และเมื่อทดลองทำซ้ำครั้ง 2 และ 3 พบปฏิกิริยาเกิดขึ้น 7 และ 4 แบบ ตามลำดับ แสดงว่าความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อราแต่ละตัวอย่างมีความแปรปรวน

ตัวอย่างเชื้อราโรคใบไหม้จากข้าวและวัชพืชจำนวน 35 และ 39 ตัวอย่างคิดเป็น 30 และ 33 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนตัวอย่างเชื้อราทั้งหมดที่นำมาทดสอบ ไม่แสดงอาการของโรคบนข้าวพันธุ์ทดสอบจำนวน 34 สายพันธุ์ โดยอาจเกิดจากตัวอย่างเชื้อราสูญเสียความสามารถในการทำให้เกิดโรคเนื่องจากเก็บตัวอย่างเชื้อรานานเกินไป การกลายพันธุ์ของตัวอย่างเชื้อราและพันธุ์ข้าวทดสอบมีขึ้นด้านทานต่อตัวอย่างเชื้อราเหล่านั้น ซึ่ง Ou (1980) ได้ศึกษาความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อราโรคใบไหม้และอธิบายไว้ว่า การทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อราควรทำทันทีหลังจากแยกเชื้อบริสุทธิ์ได้ โดยเชื้อที่นำมาทดสอบควรมีอายุไม่เกิน 1 เดือน และเขาได้รายงานเพิ่มเติมว่าตัวอย่างเชื้อราบริสุทธิ์ที่แยกได้จากแหล่งต่าง ๆ เมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคบนพืชอาศัยเดิมลักษณะแผลที่ปรากฏแตกต่างไปจากลักษณะแผลก่อนทำการแยกเชื้อและบางครั้งพืชอาศัยเดิมไม่แสดงอาการของโรคเลย แสดงว่าตัวอย่างเชื้อรามีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ Katsuya and Kiyosawa (1969) รายงานไว้ว่าเชื้อราเกิดการกลายพันธุ์แบบ spontaneous mutations ได้ในอัตราสูง 8-12 % ซึ่งอาจมีส่วนทำให้ความสามารถในการทำให้เกิดโรคเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ Silue *et al.*, (1992) รายงานว่าเชื้อราโรคใบไหม้อาจเกิดการกลายพันธุ์และสูญเสียความรุนแรงของตัวมันเองได้ และเมื่อนำมาทดสอบกับข้าวพันธุ์ด้านทานจึงไม่ทำให้เกิดอาการของโรค โดยไม่เกี่ยวกับความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อดั้งเดิม การกลายพันธุ์ทำให้ลักษณะการแสดงออกของเชื้อราเปลี่ยนแปลงไป จึงมีผลต่อการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรากับพืชอาศัย เนื่องจากลักษณะความรุนแรงของเชื้อราถูกควบคุมด้วยยีนอย่างน้อย 6 ตัว เป็นผลให้เชื้อรามีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น

พันธุ์ข้าวทดสอบแต่ละสายพันธุ์แสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อ CET ของตัวอย่างเชื้อราแตกต่างกัน เนื่องจากพันธุ์ข้าวทดสอบแต่ละสายพันธุ์มียีนด้านทานโรคที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามพันธุ์ข้าว JL มียีนด้านทานบางตัว เช่น *Pi a* *Pi l* *Pi k-s* และ *Pi z-5* ที่แสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อ CET ระดับสูง ในขณะที่พันธุ์ข้าว IL มียีนด้านทานบางตัวเช่น *Pi 3* *Pi 5(t)* *Pi ta* และ *Pi z-5* แสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อ CET ระดับปานกลางถึงสูง และจากการสังเกตพบว่าปฏิกิริยาการเกิดโรคบนพันธุ์ข้าว JL ส่วนใหญ่ได้ลักษณะแผลเป็นรูปกระสวย ในขณะที่ปฏิกิริยาการเกิดโรคบนพันธุ์ข้าว IL ส่วนใหญ่ได้ลักษณะแผลเป็นจุดหรือขีดสีน้ำตาล แสดงว่าพันธุ์ข้าว JL มีระดับความต้านทานต่ำกว่าพันธุ์ข้าว IL ดังนั้นเมื่อนำตัวอย่างเชื้อรามาทดสอบกับพันธุ์ข้าวที่มียีนด้านทานโรคแต่ละยีนระดับความรุนแรงของปฏิกิริยาการเกิดแผลของโรคบนข้าวพันธุ์หนึ่งๆ จึงแตกต่างกัน ซึ่ง Karen *et al.*, (1992) รายงานการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราโรคใบไหม้และลักษณะทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าว พบว่ายีนด้านทานโรคใบไหม้เป็นยีนเด่นและมียีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานเพียง 1-3 ตัวเท่านั้น โดยทั่วไปข้าวพันธุ์ด้านทานหลายสายพันธุ์ถูกปรับปรุงยีนด้านทานให้ประกอบด้วย

ขึ้นด้านทานหลักอย่างน้อยชิ้นละหนึ่งตัว ทำให้ได้พันธุ์ข้าวที่ด้านทานเชื้อราโรคใบไหม้ได้หลายตัว
อย่าง

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวเพื่อนำมาเพาะปลูกในจังหวัดเชียงใหม่สามารถใช้พันธุ์ข้าว JL ที่มี
ขึ้นด้านทาน $Pi 12(t)$ $Pi 9(t)$ $Pi 5(t)$ $Pi z(?)$ $Pi 1$ $Pi 19(t)$ และ $Pi 7(t)$ และพันธุ์ข้าว IL ที่มีขึ้น
 $Pi 7(t)$ $Pi k$ $Pi i$ และ $Pi 9(t)$ ซึ่งพบว่ามีระดับความต้านทานต่อเชื้อราโรคใบไหม้ระดับสูงเป็น
พ่อ-แม่พันธุ์ได้เป็นอย่างดี