



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

.....
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (สุขภาพพืช)

.....
ปริญญา

.....
สุขภาพพืช

.....
สาขา

.....
โรคพืช

.....
ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการลด
โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดดำและเพิ่มผลผลิตของข้าว

Efficacy of Potassium Silicate and *Trichoderma harzianum* for Reducing Leaf Brown
Spot, Dirty Panicle and Increasing Yield of Rice

นามผู้วิจัย นางสาวศิริพร อ๋าทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(..... รองศาสตราจารย์จรเดช แจ่มสว่าง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์วรรณวิไล อินทนู, วท.ค.)

หัวหน้าภาควิชา

(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์รัชณี สงประยูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(..... รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

.....
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มทววิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการลดโรคใบจุด
สีน้ำตาล โรคเมล็ดด่างและเพิ่มผลผลิตของข้าว

Efficacy of Potassium Silicate and *Trichoderma harzianum* for Reducing Leaf Brown Spot, Dirty
Panicle and Increasing Yield of Rice

โดย

นางสาวศิริพร อำทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สุขภาพพืช)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริพร อำทอง 2557: ประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการลดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่างและเพิ่มผลผลิตของข้าว ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สุขภาพพืช) สาขาสุขภาพพืช ภาควิชาโรคพืช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ จิระเดช แจ่มสว่าง, Ph.D. 116 หน้า

โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* สามารถเข้าทำลายต้นข้าวได้ในทุกระยะการเจริญเติบโต งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตชนิดเหลวและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง และเพิ่มผลผลิตของข้าวในสภาพเรือนปลูกพืชแบบเปิดและแปลงปลูกข้าว จากผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 3,000 ppm พ่นต้นข้าวในเรือนปลูกพืชทดลอง พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยเพิ่มความสูงของต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง 7.10, 8.60 และ 5.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเพิ่มความยาวของรากในทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ ยังเพิ่มจำนวนต้นตอก 30.95 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนรวงตอก 6.55 เปอร์เซ็นต์ โดยสามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวงได้ 22.01, 29.16 และ 32.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การเกิดโรคเมล็ดด่างของข้าวในระยะเก็บเกี่ยวลดลง 21.45 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่น้ำหนักเมล็ดตอกและต่อรวงเพิ่มขึ้น 53.80 และ 66.04 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกรรมวิธีใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm เพิ่มความสูงของต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง 18.16, 9.13 และ 5.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ช่วยลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง 24.62, 33.33 และ 33.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลดการเกิดโรคเมล็ดด่าง 21.45 เปอร์เซ็นต์ และช่วยเพิ่มน้ำหนักเมล็ดตอกและต่อรวงของข้าว 47.35 และ 45.79 เปอร์เซ็นต์ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ 01-52 มีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ทั้งด้านการส่งเสริมเจริญเติบโต ลดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง และเพิ่มผลผลิตข้าว

นอกจากนี้ พบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ในแปลงนา ช่วยเพิ่มความสูงของต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง 16.11, 15.28 และ 21.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังส่งผลให้จำนวนต้นตอกและจำนวนรวงตอกเพิ่มขึ้น 40 และ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักผลผลิตรวมต่อไร่ของข้าวเพิ่มขึ้น 24.84 เปอร์เซ็นต์ ลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง 36.36, 40.00 และ 42.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และโรคเมล็ดด่างของข้าวในระยะเก็บเกี่ยวลดลง 10 เปอร์เซ็นต์

Siriporn Amthong 2014: Efficacy of Potassium Silicate and *Trichoderma harzianum* for Reducing Leaf Brown Spot, Dirty Panicle and Increasing Yield of Rice. Master of Science (Plant Health), Major Field: Plant Health, Department of Plant Pathology. Thesis Advisor: Associate Professor Chiradej Chamswarn, Ph.D. 116 pages.

Leaf brown spot of rice caused by *Helminthosporium oryzae* is an important fungal disease in rice production. This research was conducted to study the efficacy of silicon in the form of liquid potassium silicate and two fungal strains of *Trichoderma harzianum* CB-Pin-01 and 01-52 for reducing leaf brown spot, dirty panicle and increasing yield of rice in open-field house and paddy field. Results showed that the use of 3,000 ppm potassium silicate in the open-field house effectively promoted growth of rice by increasing the height of seedlings at tillering, panicle forming and flowering stages 7.10, 8.62 and 5.60 %, respectively and increasing the length of roots in all stages of growth. In addition, number of plant per hill and per panicle were increased by 30.95 and 6.55 %, while incidences of leaf brown spot were reduced at tillering stage, panicle forming stage and flowering stage by 22.01, 29.16 and 32.32 %, respectively. At harvesting, the dirty panicle was reduced by 21.45 % whereas, the yields per hill and per panicle were increased by 53.80 and 66.04 %. The use of *T. harzianum* CB-Pin-01 in combination with 2,000 ppm potassium silicate increased the height of seedlings at tillering, panicle forming, and flowering stages by 18.16, 9.13 and 5.76 %, respectively. The incidences of leaf brown spot at tillering, panicle forming, and flowering stages were reduced by 24.62, 33.33 and 33.89 %, respectively. The dirty panicle incidence was reduced by 21.45 %, whilst the yields per hill and per panicle were increased by 47.35 and 45.79 %, respectively. The efficacy of *T. harzianum* 01-52 was comparable to the use of *T. harzianum* CB-Pin-01 on promoting growth of rice, reducing leaf brown spot, dirty panicle and increasing yields of rice.

Under field condition, the use of *T. harzianum* CB-Pin-01 in combination with 2,000 ppm potassium silicate effectively promoted the growth of rice by increasing the heights of rice plants at tillering, panicle forming and flowering stages by 16.11, 15.28 and 21.76 %, respectively, In addition plants per hill, panicles per hill, and yield were increased by 40, 75 and 24.84 %, respectively. The incidences of leaf brown spot at tillering, panicle forming and flowering stages were reduced by 36.36, 40.00 and 42.5 %, respectively. While the dirty panicle was reduced by 10 %.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
ผศ.ดร.วรรณวิไล อินทนู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้ความรู้ ทั้งในเรื่องงานวิจัย
หลักในการใช้ชีวิต ตลอดจนคำปรึกษาในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณพ่อสำเร็จ คุณแม่อำนวย อำทอง คุณจากรุวรรณ บัวสุวรรณ คุณอรรถพล
แก่นसान คุณพัชรพร ธรรมภิบาลอุดม คุณจิตรา น้อยพันธ์และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยเป็นกำลังใจให้
ข้าพเจ้าเสมอมา ทั้งในยามที่เจอปัญหาและท้อแท้ และขอบคุณความอบอุ่น ความรู้สึกดีๆ มิตรภาพ
กำลังใจของพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ เจ้าหน้าที่ทุกคนในห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ
ทุกท่านที่หยิบยื่นประสบการณ์และสิ่งดีๆ ให้ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาที่ได้ใช้ชีวิตอยู่ใน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์แห่งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบแด่ครอบครัว ครูอาจารย์ผู้
ประสาทวิชา ความรู้ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้สนับสนุน เป็นกำลังใจตลอดมาจนสำเร็จ
การศึกษา

ศิริพร อำทอง
กรกฎาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(7)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	43
ผล	43
วิจารณ์	89
สรุป	97
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	98
ภาคผนวก	109
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	116

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ เส้นใยเชื้อรา <i>Helminthosporium oryzae</i> บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซลิเคตที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบ 7 วัน หลังการเลี้ยงเชื้อ	46
2	อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเคตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน หลังปลูก	51
3	อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเคตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในระยะเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวมีอายุ 110 วัน	52
4	อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเคตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อน้ำหนักผลผลิตต่อกอและผลผลิตต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (110 วัน)	54
5	อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเคตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคเมล็ดด่างบนรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (110 วัน)	56
6	อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเคตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน หลังปลูก	58
7	อิทธิพลของโพแทสเซียมซลิเคตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความยาวรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 30, 60 และ 0 วัน หลังปลูก	61

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
8	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความยาวรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 30, 60 และ 0 วัน หลังปลูก	62
9	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 30 วัน หลังปลูก	63
10	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 60 วัน หลังปลูก	65
11	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 80 วัน หลังปลูก	66
12	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อผลผลิตต่อกอของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก	68
13	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อผลผลิตต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคเมล็ดค่างของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก	70
15	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความสูงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน	72
16	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อจำนวนต้นตอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา เมื่อข้าวอายุ 60 วัน	74
17	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อจำนวนรวงตอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ปลูกข้าวเมื่อข้าวมีอายุ 120 วัน	75
18	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน	76
19	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะแตกกอของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน	77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
20	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะตั้งท้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนาที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน 78
21	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะออกรวงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน 80
22	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคเมล็ดด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน 81
23	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อผลผลิตต่อไร่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน 83
24	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการแตกหักของเมล็ด 1,000 เมล็ด ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน 85
25	อิทธิพลของโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการขัดสีเป็นข้าวกล้องและแกลบที่น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 กรัม ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน 86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
26	อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในใบข้าวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในช่วงที่ข้าวตั้งท้องเมื่อข้าวอายุ 100 วัน	87
27	อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุอาหาร เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และซิลิกอน ที่สะสมในเมล็ดข้าวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารโพแทสเซียมซลิเกตความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบ 7 วัน หลังการเลี้ยงเชื้อ	44
2	การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา <i>Helminthosporium oryzae</i> บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารโพแทสเซียมซลิเกตความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบ 7 วัน หลังการเลี้ยงเชื้อ	45
3	การเจริญครอบครองผิวเมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 บนอาหาร Martin's medium ของเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 หลังจากแช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา <i>T. harzianum</i> ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซลิเกต	47
4	การเจริญครอบครองรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อายุ 15 วัน บนอาหาร Martin's medium ของเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 หลังจากแช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา <i>T. harzianum</i> ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซลิเกต	48
5	การเจริญครอบครองรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อายุ 30 วัน บนอาหาร Martin's medium ของเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 หลังจากแช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา <i>T. harzianum</i> ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซลิเกต	49
6	อิทธิพลของโพแทสเซียมซลิเกตต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในช่วงระยะข้าวแตกกอ (30 วันหลังปลูก) เมื่อปลูกด้วยเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่เมล็ด 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 1 ครั้ง	59
7	อิทธิพลของโพแทสเซียมซลิเกตร่วมกับเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในช่วงระยะข้าวแตกกอ (30 วันหลังปลูก) เมื่อปลูกด้วยวิธีแช่เมล็ดข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา <i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 1 ครั้ง	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
8	ลักษณะอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นบนใบข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการแช่เมล็ดข้าวในสารโพแทสเซียมซิลิเกต และเชื้อรา <i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน	67
9	ลักษณะอาการของโรคเมล็ดค่างบนรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการแช่เมล็ดข้าวในสารโพแทสเซียมซิลิเกต และเชื้อรา <i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน	71
10	อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในช่วงระยะต้นกล้า (30 วัน)	73
11	ลักษณะของแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในระยะข้าวออกรวงอายุข้าวประมาณ 145 วัน ที่ผ่านการพ่นด้วยข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต และเชื้อรา <i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน	79
12	การสุ่มเก็บข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนาในพื้นที่ 1 × 1 ตารางเมตร เมื่อข้าวมีอายุ 160 วัน	81
13	ลักษณะของรวงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา <i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 จำนวน 3 ครั้ง ในระยะข้าวแตกกอ ตั้งท้อง และข้าวออกรวง	84
14	ลักษณะของเมล็ดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา <i>T. harzianum</i> สายพันธุ์ CB-Pin-01 จำนวน 3 ครั้ง ในระยะข้าวแตกกอ ตั้งท้อง และข้าวออกรวง	85

อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการลดโรค
ใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่างและเพิ่มผลผลิตของข้าว

Efficacy of Potassium Silicate and *Trichoderma harzianum* for Reducing Leaf
Brown Spot, Dirty Panicle and Increasing Yield of Rice

คำนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศไทยและหลายประเทศในโลก พื้นที่การปลูกข้าวในประเทศไทยมีการเพาะปลูกข้าวประมาณ 67 ล้านไร่ โดยมีการปลูกข้าว 2 ลักษณะคือ ข้าวนาปรังและข้าวนาปี พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตที่ราบลุ่มภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัจจุบันการปลูกข้าวในประเทศไทยประสบกับปัญหาจากภัยธรรมชาติและ การแพร่ระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช ที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวในแต่ละปี ปัญหาที่พบบ่อย คือ โรคของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งมีหลายชนิดที่สร้างความเสียหายให้กับพื้นที่การปลูกข้าวใน ประเทศไทยอย่างมาก โรคที่พบการระบาดในทุกพื้นที่ปลูกข้าวที่สำคัญในเขตพื้นที่ชลประทานภาค กลาง คือ โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* โรคกาบใบแห้ง ของข้าวที่เกิดเชื้อรา *Rhizoctonia solani* และโรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิด คือ *Helminthosporium oryzae* Breda de Haam., *Cuvularia lunata* (Wakk) Boed., *Fusarium semitectum* Berk & Rav., *Sarocladium oryzae* Sawada., *Cercospora oryzae* I.Miyake และ *Trichoconis padwickii* Ganguly เชื้อราสามารถสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตและคุณภาพของ เมล็ดข้าว การควบคุมโรคนี้ส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรค สารเคมีส่วนใหญ่มี ฤทธิ์ตกค้างนานเป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม รวมไปถึงต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น การเกษตรใน ปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะลดต้นทุนการผลิตและสร้างระบบการผลิตข้าวที่ยั่งยืนในระบบการปลูกพืช แบบอินทรีย์ เกษตรกรจึงหาทางเลือกในการควบคุมโรคที่มาจากวิธีทางธรรมชาติ ด้วยการควบคุม โรคโดยชีววิธี คือ การใช้สิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดเลือกสายพันธุ์ ตลอดจน การใช้สารสกัดจากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์หรือแร่ธาตุต่างๆ มาใช้ในการควบคุมโรค

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาใช้เป็นทางเลือกในการควบคุมโรคข้าว คือ เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เชื้อราชนิดนี้เป็นปฏิปักษ์หรือศัตรูต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดโดยวิธีการเป็น

ผลิต โดยการพันรัดหรือแทงเข้าสู่ภายในเส้นใยเชื้อโรค แข่งขันการใช้อาหารกับเชื้อโรคสามารถสร้างสารปฏิชีวนะหรือสารพิษ หรือน้ำย่อย นอกจากนี้ยังสามารถชักนำให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อโรคด้วย (จิระเดช, 2553)

ซิลิกอน (Si) เป็นธาตุอาหารเสริมของพืชที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดและเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์พืช ช่วยให้เซลล์พืชมีความแข็งแรงและมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชและแมลงศัตรูพืชต่างๆ โดยเฉพาะในข้าว ซิลิกอนมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ในเรื่องการสังเคราะห์แสง ช่วยให้ใบข้าวตั้งตรงลดการบังแสง ป้องกันการหักล้มของต้นข้าวที่เกิดจากการได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป (Idris *et al.*, 1975) และยังเสริมสร้างความแข็งแรงของเซลล์ผิวชั้นนอก เพื่อปกป้องการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชบางชนิดและการกัดกินของแมลงศัตรูพืช (Marschner, 1995) อีกทั้งยังช่วยให้พืชสร้างกลไกเพื่อให้เกิดความต้านทานต่อโรคและแมลง ซิลิกอนสามารถเคลื่อนย้ายไปอยู่ในส่วนของใบ รากและลำต้น ในส่วนของชั้นผิว epidermis เพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับต้นข้าว นอกจากนี้ยังมีกลไกที่กระตุ้นให้พืชผลิตสารฟีนอล (Phenol) กระตุ้นการสร้างไฟโตอะเล็กซิน (Phytoalexin) และลดการคายน้ำในใบพืช และยังส่งผลถึงการเพิ่มปริมาณการสังเคราะห์แสงให้กับพืชอีกด้วย (Korndorfer, 2004)

โพแทสเซียมซิลิเกต (potassium silicate: K_2SiO_3) เป็นแหล่งของโพแทสเซียมและซิลิกอนที่อยู่ในรูปของสารละลาย ซึ่งธาตุทั้ง 2 ชนิด นี้มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะข้าว ในต้นข้าวที่ได้รับธาตุโพแทสเซียมไม่เพียงพอจะพบอาการใบจุดสีน้ำตาลขึ้นบนใบข้าว โดยเฉพาะในระยะต้นกล้าและระยะข้าวออกรวงจะพบอาการที่รุนแรงมาก การเพิ่มโพแทสเซียมซิลิเกตให้กับต้นข้าว ในปริมาณที่มากเพียงพอสามารถลดการเกิดใบสีน้ำตาลของข้าวได้ สารโพแทสเซียมซิลิเกตสามารถใช้ได้ในระบบการปลูกพืชแบบอินทรีย์ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยของผลิตผลทางการเกษตร และสร้างระบบการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

โรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่างของข้าว เป็นโรคที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว ส่งผลให้ผลผลิตของข้าวลดลง ดังนั้นการศึกษาลักษณะประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตแบบเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma harzianum*) ในการลดหรือยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคและการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่างของข้าว นับเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิติเกดเมื่อใช้แบบเดี่ยวหรือใช้ร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ในการลดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดค่างและเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชทดลอง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิติเกดที่ใช้แบบเดี่ยวและใช้ร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ในการลดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดค่างและเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพแปลงนาเกษตรกร

การตรวจเอกสาร

ข้าวเป็นธัญพืชที่อยู่ในวงศ์ Gramineae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นแหล่งอาหารหลักที่ให้คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในการดำรงชีวิตของประชากรโลก เช่น แป้งสำหรับทำขนม การผลิตเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ นักวิชาการแบ่งข้าวเป็น 2 ประเภท คือ ข้าวเอเชีย (*Oryza sativa* L.) และข้าวแอฟริกา (*Oryza glaberrima* Steud.) ข้าวเอเชียส่วนใหญ่ปลูกมากในแถบเอเชีย ออสเตรเลีย ยุโรป และแอฟริกาเท่านั้น นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ศึกษาชนิดต่างๆของข้าว และพบว่าข้าวสายพันธุ์ *Oryza sativa* L. ที่ปลูกกันอย่างแพร่หลาย มีการแบ่งออกเป็น 3 สายพันธุ์ คือ Japonica, Indica, และ Javanica โดยยึดถือเอาลักษณะภายนอกของต้น เมล็ดและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวลูกผสมระหว่างข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ดังกล่าวเป็นหลัก ข้าว Japonica เป็นข้าวที่ปลูกในแถบประเทศจีนตอนเหนือ ตะวันออกของญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศอื่นๆ ที่อยู่ในเขตอบอุ่น ข้าวสายพันธุ์ Indica เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศเขตร้อน เช่น ศรีลังกา จีนตอนใต้และตอนกลาง อินเดีย อินโดนีเซีย ไทย บังกลาเทศ ฟิลิปปินส์ ส่วนสายพันธุ์ Javanica เป็นข้าวที่ปลูกในประเทศอินโดนีเซียเท่านั้น อย่างไรก็ตาม แหล่งที่มีการปลูกข้าวมากจะอยู่ระหว่าง 50 องศาเหนือและ 35 องศาใต้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าว

ราก: รากของข้าวมีหน้าที่ยึดลำต้นให้ตั้งตรง และหาอาหารไปเลี้ยงลำต้น รากของข้าวเป็นแบบรากฝอย (fibrous root system) เมื่อนำเมล็ดข้าวที่พันธุ์ระยะพักตัวแล้วมาแช่น้ำไว้ 24 ชั่วโมง แล้วนำมาบ่มอีก 48 ชั่วโมง สิ่งแรกที่งอกออกมาจากเมล็ดข้าวด้านติดกับก้านดอกตรงงอกข้าว คือ รากอ่อน หรือรากแรกเกิด จากนั้นอีก 12-24 ชั่วโมง จะเห็นยอดอ่อน งอกออกมาจากด้านตรงข้ามของงอกข้าว เมื่อข้าวเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ จะเกิดรากฝอยขึ้น โดยงอกออกมาจากข้อถี่ต่างๆ เรียกว่า adventitious root ส่วนการเจริญเติบโตและการกระจายตัวของรากข้าวนั้น ขึ้นอยู่กับการเตรียมดิน และวิธีการปลูก

ลำต้น: ลำต้นของข้าวมีลักษณะทรงกลม แขนกลางกลวง ไม่มีแก่น ลำต้นตั้งตรง ประกอบด้วยข้อและปล้อง ซึ่งข้อเป็นที่เกิดของใบ ที่ข้อมีตา ตาจะเจริญขึ้นเป็นหน่อใหม่ จึงทำให้ข้าวหนึ่งต้นแตกกอขึ้นเป็นหลายต้นได้ ปล้องของข้าวจะมีแถบปุ่มเล็กอยู่เหนือตำแหน่งตา ก่อนข้าว

สร้างช่อดอก จะยัง ไม่มีการยึดปล้องขึ้นมา ลักษณะที่เราเรียกว่าต้นข้าว ในระยะก่อนที่ข้าวจะสร้างช่อดอกนั้นก็คือ ใบและกาบใบ ต้นข้าวจริงๆจะมีลักษณะสั้นๆ อยู่เหนือจุดกำเนิดราก

ใบ: ใบข้าว มีลักษณะแบนบาง ขาว แฉก อาจโค้งงอ หรือตั้งตรง มีกำเนิดจากข้อในทิศทางสลับกัน ตรงข้ามกัน ประกอบด้วยกาบใบ (leaf sheath) ซึ่งก็คือก้านใบ (peduncle) ที่เปลี่ยนรูปมาเป็นส่วนที่ห่อหุ้มข้อและปล้อง ไม่มีเส้นกลางใบ ส่วนที่ติดกับปลายกาบใบคือแผ่นใบ (leaf blade) มีส่วนปลายคล้ายหอก มีเส้นกลางใบชัดเจน ตรงรอยต่อระหว่างกาบใบและตัวใบมีลักษณะคล้ายรอยพับเรียกว่า ข้อติดใบ (collar) ทำมุมยื่นออกไปจากลำต้น ที่ข้อจะมีเยื่อเกี่ยวพันน้ำฝนหรือลิ้นใบ (ligule) มีลักษณะเป็นเยื่อบางใส อาจมีสีชมพูอ่อนหรือสีม่วง ใกล้ๆกับเยื่อเกี่ยวพันน้ำฝนตรงรอยต่อส่วนที่ติดกับกาบใบจะเห็นเขี้ยวใบ (auricle) มีลักษณะคล้ายทางมะพร้าวสีขาวอมชมพูอ่อน ซึ่งจะใช้ลักษณะของเขี้ยวใบและเยื่อเกี่ยวพันน้ำฝนในการแยกข้าวออกจากหญ้า โดยหญ้าจะไม่มีเขี้ยวใบ ใบสุดท้ายของข้าวเรียกว่าใบธง (flag leaf) ใบธงจะทำมุมกับต้นข้าวต่างกันไปแล้วแต่พันธุ์ข้าว ใบธงมีหน้าที่สำคัญที่สุดคือ สังเคราะห์แสงสร้างอาหารเพื่อไปสะสมที่เมล็ด ใบธงที่ทำมุมแคบกับต้น จะมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงมากกว่าใบธงที่ทำมุมกว้างกับต้น เนื่องจากใบธงที่ทำมุมกว้างกับต้นจะมีการเกิดการบังแสงซึ่งกันและกัน

รวง: รวงข้าว (inflorescence) ของข้าวเกิดที่ปล้องสุดท้าย ระยะตั้งแต่ข้อของปล้องสุดท้ายลงมาถึงกาบใบธง เรียกว่า คอรวง ข้าวพันธุ์ต่างๆมีคอรวงสั้นยาวต่างกันออกไป แกนรวง (panicle axis) เกิดขึ้นที่ข้อของปล้องสุดท้าย และมีข้อ ซึ่งข้อเหล่านี้เป็นที่เกิดของแขนงปฐมภูมิ (primary branch) และแขนงทุติยภูมิ (secondary branch) ก็มีกำเนิดมาจากข้อแขนงปฐมภูมิ ซึ่งเป็นที่เกิดก้านดอก (panicle) และดอกข้าว (spikelet) ระยะระหว่างก้านดอก เรียกว่าระแนง ข้าวพันธุ์ที่มีระแนงถี่ จะมีผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ที่มีระแนงห่าง

ดอก: ดอกข้าว เป็นดอกสมบูรณ์เพศ (perfect flower) ลักษณะเป็นช่อแบบ panicle ดอกข้าวจะบานในตอนเช้า การผสมเกสรภายในดอกจะเกิดขึ้นก่อนที่ดอกข้าวจะบาน ปกติดอกข้าวจะบานหลังจากที่ช่อดอกโผล่พ้นใบธงได้ 24-48 ชั่วโมง โดยจะเริ่มบานจากปลายช่อดอกมาหาโคนเวลาใช้เวลา 5-7 วัน จึงบานครบทุกดอก หลังจากผสมเกสรประมาณ 30 วัน ข้าวจะสุกแก่พร้อมเก็บเกี่ยว

เมล็ด: เมล็ดข้าวที่สุกแก่แล้ว ส่วนภายนอกเป็นเปลือก (hull) ห่อหุ้มส่วนภายในที่เรียกว่า ข้าวกล้อง (brown rice grain) ชั้นนอกสุดของข้าวกล้องเป็นเยื่อบางๆ (pericarp layer) สีน้ำตาลอ่อน

เชื่อมติดกับเมล็ดชั้นใน (seed coat) ถัดเข้าไปคือ nucellus และ aleurone layer ซึ่งเป็นส่วนที่ห่อหุ้มแป้ง (endosperm) และจุมูกข้าว (embryo) ส่วนของจุมูกข้าวนี้จะเจริญเป็นรากและลำต้นข้าว ส่วนแป้งซึ่งเป็นส่วนที่มนุษย์บริโภค และเป็นอาหารของต้นอ่อนในระยะที่เมล็ดข้าวเริ่มงอก

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของข้าว

สภาพพื้นที่ดิน: ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวควรมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี มีธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์แก่ข้าว มีค่าความเป็นกรดด่างประมาณ 5.0-6.6 และมีอินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ควรเป็นดินที่มีหน้าดินลึก 30-50 เซนติเมตร ประกอบไปด้วยอนุภาคดินเหนียวไม่ต่ำกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เพราะหลังจากการไถคราด ส่วนหนึ่งของอนุภาคดินจะตกตะกอนกลายเป็นชั้นดินดาน ช่วยลดการไหลซึมของน้ำที่เก็บไว้ในนา และดินเหนียวยังสามารถอุ้มน้ำได้ดี

ความสมบูรณ์ของน้ำ: การให้น้ำแก่ต้นข้าวมากเกินไปไม่เป็นผลดีต่อต้นข้าว เพราะจะทำให้ดินขาดออกซิเจน การปล่อยให้ข้าวขาดน้ำบ้างเป็นระยะๆ จะช่วยเพิ่มออกซิเจนให้แก่รากข้าว และช่วยลดสารพิษลง นอกจากนี้น้ำยังทำให้ความชื้นรอบต้นข้าวเหมาะต่อการแพร่กระจายของโรคและแมลง สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ได้ให้คำแนะนำว่าการรักษาระดับน้ำให้สูงประมาณ 5 เซนติเมตร ตลอดฤดูปลูกจะได้ผลผลิตข้าวที่สูงกว่าที่ระดับน้ำ 15-20 เซนติเมตร

สภาพอากาศ: ความผันแปรของภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา และสถานที่ เป็นปัจจัยธรรมชาติที่มีผลต่อการปลูกข้าวอย่างมาก ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝน: เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตของข้าว โดยเฉพาะการทำนาแบบข้าวไร่ โดยปกติข้าวต้องการน้ำฝนตลอดฤดูปลูกไม่น้อยกว่า 1,200 มิลลิเมตร แต่ถ้าในพื้นที่นั้นมีฝนตกเกือบทุกๆ 3-4 วันรวมวันที่ฝนมากกว่า 15 วันต่อเดือน แม้ว่าจะมีปริมาณน้ำฝนรวมไม่ถึง 900 มิลลิเมตร ก็จะไม่ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง

พลังงานรังสีจากดวงอาทิตย์: มีความจำเป็นต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง หรือการสร้างอาหารของพืช โดยความยาวคลื่นที่เหมาะสม คือระหว่าง 380-720 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็นได้

ความยาวของแสงในแต่ละวัน : มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าว ขึ้นอยู่กับปริมาณพลังงานแสงที่พืชได้รับรวมต่อวัน

อุณหภูมิ: มีอิทธิพลต่อข้าวทุกระยะการเจริญเติบโต ตั้งแต่การงอกของเมล็ด การเจริญของราก การแตกกอ การสร้างช่อดอก รวมไปถึงการติดเมล็ด นอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงที่ข้าวใกล้สุกแก่ ถ้ามีอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 22 องศาเซลเซียส จะทำให้การสุกแก่ของข้าวยืดออกไป ข้าวมีเวลาสร้างน้ำหนักเมล็ดเพิ่มมากขึ้น สำหรับประเทศไทยซึ่งมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ทำให้ข้าวสุกแก่เร็ว ได้ผลผลิตที่ต่ำ รวมทั้งข้าวที่ออกดอกในช่วงที่ร้อนจัดบรรยากาศแห้งแล้งจะติดเมล็ดน้อยมาก ทั้งนี้เพราะความร้อนทำให้ข้าวที่ได้รับการผสมเกสรแล้วไม่เจริญเป็นเมล็ด

ความชื้น: แม้ว่าจะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าวน้อย แต่มีผลต่อการแพร่กระจายของโรคโดยถ้ามีความชื้นสูง จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว

ลม: นอกจากจะช่วยระบายความร้อนและความชื้นที่มากเกินไปจากแปลงนา ซึ่งจะทำให้การระบาดของโรคและแมลงบางชนิดลดลงด้วย ยังช่วยรักษาระดับของคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้การสร้างอาหารของข้าวเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามถ้าลมเกิดแรงไป อาจทำให้เกิดการหักล้มของต้นข้าว การผสมเกสรไม่ติด การสร้าง และสะสมอาหารหยุดชะงัก

การเจริญเติบโตของข้าว

1. การเจริญเติบโตทางลำต้น (Vegetative Growth Phase)

เริ่มตั้งแต่ข้าวงอกจากเมล็ดไปจนถึงวันที่ต้นข้าวเริ่มมีการสร้างรวงอ่อน หรือช่อดอก ในระยะนี้ ต้นข้าวจะมีการสร้างใบ ลำต้น การแตกกอ การขยายข้อปล้องทำให้ลำต้นยืดยาวขึ้น และสร้างระบบรากที่สมบูรณ์ เพื่อสะสมอาหารไว้สำหรับการสร้างส่วนขยายพันธุ์ต่อไป

2. การเจริญเติบโตระยะเจริญพันธุ์ระยะการสร้างช่อดอกหรือรวง (Reproductive Growth Phase)

เริ่มตั้งแต่วันที่ข้าวสร้างดอกอ่อนจนถึงวันที่รวงเริ่มโผล่ออกจากใบธง ใช้เวลาประมาณ 30-40 วัน ในระยะนี้ชาวนาจะเรียกว่า ระยะข้าวแตงตัว เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง รวงอ่อนจะมีขนาดใหญ่ มองเห็นต้นข้าวจะมีลำต้นกลมและป่อง เรียกระยะนี้ว่า ข้าวตั้งท้อง และระยะที่ข้าวเริ่มโผล่ออกจากลำต้น เรียกว่าระยะโผล่ง จากระยะเวลาประมาณ 30-40 วันนี้ ต้นข้าวจะมีการพัฒนาส่วนต่างๆ ของรวงและดอก เช่น เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียเพื่อเตรียมไว้ผสมพันธุ์

3. การพัฒนาของเมล็ด (seed development)

ภายหลังจากเจริญเติบโตระยะเจริญพันธุ์ข้าวจะเริ่มสร้างเมล็ด ระยะนี้เรียกว่า ระยะสร้างเมล็ดและระยะข้าวสุกแก่ (Grain Formation and Ripening Stage) โดยจะเริ่มหลังจากการผสมเกสรไปจนถึงระยะข้าวแก่จัด หลังจากที่ข้าวได้รับการผสมแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ เมล็ดข้าวจะเริ่มสร้างแป้งเหมือนน้ำมัน เรียกระยะนี้ว่าระยะน้ำมัน ระยะเวลาในผสมเกสรและสร้างเมล็ดข้าวจนถึงระยะที่ข้าวแก่จัดใช้เวลาประมาณ 30 วัน (สมพล และคณะ, 2535)

แนวทางการปลูกข้าวเพื่อเพิ่มผลผลิต

1. การปลูกข้าวที่ต้องอาศัยน้ำตามธรรมชาติ ต้องระมัดระวัง เรื่องการใช้น้ำที่เหมาะสม โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ควรใช้ตามความจำเป็น โดยพิจารณาถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินและความต้องการของข้าว โดยให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบข้าวในช่วงระยะข้าวแตกกอจนถึงระยะข้าวแตกกอสูงสุดและระยะสร้างรวงอ่อนจนถึง ระยะออกรวง ประมาณ 1.5 เปอร์เซ็นต์

2. การใช้น้ำไนโตรเจนเร่งการแตกกอของข้าว อาจทำให้ต้นข้าวมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมาก อาจส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การออกรวงของข้าวต่ำและหากได้รับปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไป อาจทำให้ ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบข้าวสูงมากเกินไปทำให้ใบข้าวมีการบังแสงลำต้นอ่อนหักล้มง่าย การสังเคราะห์แสงลดลง ผลผลิตข้าวลดลงให้เมล็ดข้าวลีบ นอกจากนี้ยังอาจทำให้คุณภาพของข้าวลดลง ดังนั้นการใช้ ปุ๋ยเคมีในนาข้าว ควรใช้ปริมาณที่พอเหมาะเพื่อเพิ่มผลผลิตและความแข็งแรงของต้น

3. การจัดการน้ำ ในตลอดฤดูการปลูกข้าวควรให้มีระดับน้ำไม่เกิน 10 เซนติเมตร เพื่อลดปัญหาการยืคตัวของข้อปล้อง และทำให้ต้นข้าวหักล้มได้ง่าย และควรระบายน้ำออกจากแปลงปลูกข้าวหลังจากที่ข้าวออกรวงอย่างน้อย 15-20 วันก่อนเกี่ยวข้าว แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกด้วย

โรคข้าว คือความผิดปกติที่ข้าวแสดงออก สาเหตุของการเกิดโรคอาจเกิดจากสิ่งมีชีวิตที่เป็นเชื้อสาเหตุ เช่น เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย เชื้อไวรัส หรือไส้เดือนฝอย หรืออาจเกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต เมื่อข้าวถูกเชื้อสาเหตุโรคเข้าทำลาย จะแสดงอาการผิดปกติได้ชัดเจน ที่ใบ ราก ลำต้น รวงหรือเมล็ด ลักษณะอาการของโรคอาจแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ดังนี้

1. ต้นเตี้ยแคระ
2. ใบผิดปกติ เช่น เหลือง หรือดำซีด
3. เนื้อเยื่อตายเป็นจุดๆ เช่น ใบขีด ใบจุด ใบแห้ง
4. อาการเหี่ยวเนื่องจากการอุดตันของท่อน้ำ ท่ออาหาร
5. ส่วนของพืชผิดปกติ เช่น โรคดอกกระถิน โรครากปม

โรคเหล่านี้เกิดขึ้นได้เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสม พืชอาศัยมีความอ่อนแอ และเชื้อราสาเหตุโรคมีความรุนแรง นอกจากนี้ระยะเวลาที่เชื้อเข้าสู่พืชมีความเหมาะสม

การแพร่ระบาดหรือการระบาดของโรคเกิดได้ เมื่อพบเชื้อสาเหตุของโรคเพิ่มมากขึ้น ในสภาพนิเวศของพืชและนอกจากนี้การเขตรกรรมก็เป็นปัจจัยหนึ่งในการเอื้อต่อการเกิดโรคที่มีความรุนแรง เช่น การระบาดของโรคใบจุดสีน้ำตาลจะรุนแรงในพื้นที่การปลูกข้าวเขตชลประทาน เนื่องจากการปลูกข้าวหลายฤดูติดต่อกันนาน รวมไปถึงสภาพแวดล้อมบริเวณแปลงนาที่มีวัชพืช ซึ่งเป็นพืชอาศัยของเชื้อสาเหตุโรค นอกจากนี้ดินที่ขาดธาตุโพแทสเซียม จะทำให้ความรุนแรงของโรคเพิ่มมากขึ้น

ปัจจุบันการปลูกข้าวในประเทศพบปัญหาโรคที่เกิดจากเชื้อราระบาดอย่างแพร่หลายในแปลงปลูกข้าวของในแต่ละภูมิภาค ซึ่งส่งผลเสียหายต่อการผลิตข้าวที่มีคุณภาพ โรคของข้าวที่เกิดจากเชื้อราสามารถแพร่ระบาด ได้อย่างรวดเร็วโดยการผ่านทางลม น้ำ แมลงพาหะ และพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรใช้ปลูกส่วนมากเป็นสายพันธุ์ที่อ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ในสภาวะที่มีอากาศเย็นและความชื้นในอากาศสูง เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา ซึ่งเมื่อข้าวเกิดโรคทำให้ผลผลิตของข้าวที่ได้ออกมาไม่มีคุณภาพ ถูกตัดราคาจากโรงสี ทำให้เกษตรกรที่ปลูกข้าวได้รับผลกระทบโดยตรง จากการขายข้าวที่ไม่ได้ราคา ทั้งนี้ปัจจัยในการผลิตข้าวเพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพดีนั้นมีความที่ค่อนข้างสูง เกษตรที่เป็นรายย่อยมักประสบปัญหาขาดทุนจากการปลูกข้าว เมื่อผลผลิตของข้าวได้รับความเสียหายจากโรคที่เกิดจากเชื้อรา

โรคของข้าวสาเหตุเชื้อราที่พบการระบาดในประเทศไทยซึ่งสร้างความเสียหายให้กับการปลูกข้าวที่สำคัญโรค คือ โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว (Leaf brown spot) สาเหตุจากเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* ที่สามารถเข้าทำลายต้นข้าวได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต และพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรนิยมใช้ปลูกส่วนใหญ่คือ พันธุ์ปทุมธานี พันธุ์สุพรรณบุรี 1 พันธุ์สุพรรณบุรี 90 พันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์พิษณุโลก 2 ซึ่งพันธุ์ข้าวเหล่านี้มีความอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชชนิดนี้ เมื่อมีการปลูกกันอย่างกว้างขวาง และปลูกติดต่อกันเวลานานหลายปี รวมไปถึงถึงสภาวะที่เหมาะสม จึงทำให้การระบาดของโรคนี้เพิ่มความรุนแรงมากขึ้นเรื่อยๆ เชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวก็เป็นหนึ่งในเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง (Dirty panicle) เชื้อราสามารถเข้าทำลายข้าวได้ตั้งแต่ระยะเวลาที่ข้าวตั้งท้อง จนถึงออกรวงระยะนํ้านม ทำให้เมล็ดข้าวได้รับความเสียหาย ผลผลิตลดลง นอกจากนี้โรคกาบใบแห้ง (Sheath Blight) ที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งเชื้อราชนิดนี้สามารถพักตัวอยู่ในดินและเข้าทำลายข้าวได้ตลอดฤดูปลูก

โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Helminthosporium oryzae*

จากการศึกษาโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพบการระบาดของโรคนี้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1942 โดยเกิดการระบาดในประเทศไทย แถบเอเชียใต้ที่ประเทศอินเดียพบการระบาดของโรคในปี ค.ศ. 1943 และโรคนี้ยังเป็นสาเหตุสำคัญในการผลิตข้าวในฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา สำหรับในประเทศไทย ดาราและคณะ (2545) ได้มีการรวบรวมโรคของที่สำคัญในประเทศไทยที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Helminthosporium* (Bipolaris) *oryzae* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าว

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan

เชื้อสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าว คือเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan มีชื่อเรียกที่แตกต่างหลายชื่อดังนี้

Bipolaris oryzae (Breda de Haan) Shoemaker

Drechlera oryzae (Breda de Haan) Subramanian and Jain

เชื้อรา *H. oryzae* สามารถจำแนกกลุ่ม และเรียงลำดับ ได้ดังนี้

Division: Eumycota

Subdivision: Deuteromycotina

Form-class: Hyphomycetes

Form-famil : Dematiaceae

Form-genus: *Helminthosporium*

Form-species: *H. oryzae*

โคโลนีของเชื้อรา *H. oryzae* บนอาหาร PDA อายุ 7 วัน เจริญอย่างรวดเร็วมีการแผ่ขยายเส้นใยสีดำหรือสีเทา เส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร ด้านใต้ฐานอาหารสีดำ มีการสร้างสปอร์น้อย conidiophores เกิดเดี่ยวหรือเกิดเป็นกลุ่ม ลักษณะตรงหรือโค้งงอ มีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงเข้ม ผนังเรียบ ตรงปลาย conidiophores มีการหักแบบ geniculate conidia ส่วนใหญ่รูปร่าง fusiform หรือ obclavate จนถึง cylindrical ลักษณะค่อนข้างโค้ง ขนาดสปอร์ $65-153 \times 14-22$ ไมโครเมตร สีน้ำตาลอ่อนจนถึงสีน้ำตาลทอง ผนังเรียบมี 6-14 pseudosepta พบการงอกจากเซลล์หัวท้าย (bipolar germination) (Ellis, 1971 ; Sivanesan, 1987)

ลักษณะอาการและการเข้าทำลายของโรค

จะเกิดเมื่อนำข้าวที่แสดงอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาลมาเพาะ ยอดอ่อนของต้นข้าวจะถูกเชื้อสาเหตุนี้เข้าไปทำลายก่อนที่เมล็ดจะงอกพ้นดิน เมื่อโผล่พ้นดินแล้วเชื้อสามารถเข้าทำลายต้นกล้าต่อไป ทำให้กล้าข้าวแห้งตาย ลักษณะอาการที่เด่นชัดที่สุดสำหรับโรคนี้คือ เมื่อเริ่มต้นที่สปอร์

ของเชื้อตกลงบนใบข้าวในระยะใดระยะหนึ่งของข้าว จะทำให้เกิดแผลจุดสีน้ำตาลเข้มล้อมรอบด้วยสีเหลือง แผลมีลักษณะเป็นรูปไข่และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 หรือ 3 มิลลิเมตร จนถึงขนาด 10 มิลลิเมตร เชื้อสามารถเข้าทำลายกาบใบได้ แต่จำนวนแผลที่เกิดขึ้นจะไม่เท่าอาการที่เกิดขึ้นบนใบ และเชื้อสามารถเข้าทำลายเมล็ดทำให้เมล็ดข้าวเกิดอาการเมล็ดค่าง สปอร์ของเชื้อสามารถติดอยู่กับซังข้าว หรือในโรงเก็บ เชื้อสาเหตุนี้เป็น seed-borne pathogen และสามารถปลิวไปในอากาศ และพบโรคใบจุดสีน้ำตาลในพื้นที่การปลูกข้าวในทุกภาคของประเทศไทย เชื้อ *H. oryzae* มีความผันแปรทางพันธุกรรมเหมือนเชื้อราสาเหตุโรคชนิดอื่น

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรค จะพบในข้าวที่ได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ อาจส่งผลการให้การเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืชตามมา การดูแลควบคุมระดับของธาตุอาหารในดินนั้นมีส่วนเกี่ยวข้องอย่างยิ่งต่อการตอบสนองของพืชต่อการเกิดโรคต่างๆ หากในดินมีปริมาณธาตุอาหารที่มากหรือน้อยเกินไป โดยเฉพาะปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ส่งผลต่อความรุนแรงของโรค การเกิดโรคจึงมักพบในข้าวที่ขาดธาตุอาหารเสริม เช่น ซิลิกอน แมงกานีส หรืออาจเกิดจากเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเกิดมาจากอาการรากเน่า พบว่าเกิดขึ้นได้ง่ายหากพืชขาดไนโตรเจนในช่วงกลางของการเจริญเติบโต และในดินที่ได้รับปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป แต่ปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ พบว่าจะเกิดการระบาดของโรคที่เกิดจากเชื้อราอย่างรุนแรง เช่น อาการใบจุดสีน้ำตาล ใบจุดสีน้ำตาล โรคกาบใบแห้ง โรคกาบใบไหม้ และโรคใบไหม้ โดยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของเชื้ออยู่ที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะเมื่อข้าวเกิดการขาดน้ำ และโรคสามารถเกิดได้รวดเร็วเมื่อมีความชื้นสัมพัทธ์สูง 86-100 เปอร์เซ็นต์ในช่วงอุณหภูมิ 16-30 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเป็นช่วงที่ข้าวได้รับความชื้นสูงติดต่อกันเป็นเวลานาน พืชอาศัยของเชื้อสาเหตุโรค ได้แก่ หญ้าชันกาด, หญ้าข้าวนกสีชมพู, หญ้าไทร, หญ้าตีนนก และหญ้าปากควาย

การป้องกันโรค คือใช้พันธุ์ข้าวที่มีความต้านทานโรคและสภาพแวดล้อมที่ปลูก อาจมีการคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีก่อนปลูก การเพิ่มการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ให้มีปริมาณที่เหมาะสม รวมไปถึงการจัดการเขตกรรมที่ดี การกำจัดวัชพืชในแปลงปลูกข้าวหรือการปลูกพืชหมุนเวียนเพื่อลดพืชอาศัยของโรคจุดใบสีน้ำตาลลงได้ หรือในการใช้สารเคมีในกลุ่มของออร์แกนอโฟสเฟต ซึ่งสารเคมีเหล่านี้มีฤทธิ์ที่ควบคุมและป้องกันเชื้อราสาเหตุโรคได้ แต่การใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานอาจเกิดพิษตกค้างในดินและแหล่งน้ำ รวมไปถึงในผลผลิตของข้าว

โรคกาบใบแห้งของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani*

เป็นโรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลของข้าวอย่างมาก และพบได้ในทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเขตร้อนชื้น จึงทำให้มีสภาพอากาศที่เหมาะสมต่อการเกิดโรคกาบใบแห้งขึ้นในข้าวได้ง่าย

ลักษณะอาการและการเข้าทำลายของโรค

พบการระบาดในระยะข้าวแตกกอ จนถึงระยะใกล้เก็บเกี่ยว ในระยะต้นกล้าจะพบในต้นข้าวที่มีการแตกกอเบียดกันมาก จะพบอาการโรคที่รุนแรง ลักษณะแผลมีสีเขียวปนเทา แผลมีขนาดประมาณ 1-4 x 2-10 มิลลิเมตร พบบริเวณกาบใบที่ติดกับระดับน้ำ แผลจะลุกลามและขยายขนาดขึ้นถึงใบข้าว ถ้าเป็นพันธุ์ข้าวที่อ่อนแอ แผลสามารถลุกลามไปถึงใบธงของข้าว ทำให้ใบและกาบใบเหี่ยวส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตที่ลดลงอย่างมาก (ดารา และคณะ, 2545)

การแพร่ระบาด

เชื้อสามารถสร้างเมล็ดขยายพันธุ์ อยู่ในตอซังหรือวัชพืชที่ตกค้างในดินนา สามารถอยู่ข้ามฤดูและเข้าทำลายข้าวได้ตลอดฤดูกาลปลูกข้าว (ดารา และคณะ, 2545)

ลักษณะทางสัณฐานทางวิทยาของเชื้อรา *Rhizoctonia solani*

เชื้อรา *R. solani* เป็นเชื้อราที่พบได้ทั่วไป โดยเป็น parasite ของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ส่วนรากของพืช และลำต้นที่อยู่ใต้ดิน ทำให้เกิดโรคพวง stem rot และ root rot (วิชัย, 2551) เป็นเชื้อราพวก Imperfect fungi ลักษณะที่สำคัญคือไม่สร้าง asexual สร้างเฉพาะเส้นใย และ resistant structure ที่เรียกว่า microsclerotium หรือ sclerotium มี teleomorph ที่มีชื่อว่า *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk, และมีชื่ออื่นๆอีกคือ *Corticium solani* (Prill & Delaer) Bourd & Galz และ *Pellicularia filamentosa* (pat.) Rogers เชื้อรานี้ในระยะอ่อนเส้นใยจะใสไม่มีสีเมื่อเส้นใยแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแกมเหลือง มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4.3-14.3 ไมโครเมตร เส้นใยของเชื้อรา มี 3 ลักษณะคือ แบบแรกเส้นใยมีลักษณะยาว ตรง มีแขนงสั้นๆ แยกออกจากเส้นใย แบบที่สองเป็น

แบบ lobate mycelium จะสร้าง penetration peg เข้าทำลายเนื้อเยื่อพืช ส่วนแบบที่สามมีลักษณะเป็น monilium ซึ่งจะรวมกันสร้างเม็ด sclerotium

การจำแนกเชื้อรา *R. solani* สามารถจำแนกได้ดังนี้

Division: Eumycota

Subdivision: Deuteromycotina

Form-class: Hyphomycetes

Form-order: Agonomycetales

Form-family: Agonomycetaceae

Form-genus: *Rhizoctonia*

Form-species: *R. solani*

เส้นใยของเชื้อราจะแตกแขนงออกเป็นมุกฉากและมีผนังเซลล์ กั้นบริเวณใกล้จุดที่แตกแขนง เม็ด sclerotium ที่สร้างประกอบด้วยเส้นใยประสานกันเป็นกลุ่มอย่างหลวมๆ แต่ไม่สร้างเป็นเนื้อเยื่อ แบบ pseudoparenchyma ลักษณะเป็นก้อนค่อนข้างแบน ขนาดไม่สม่ำเสมอ มีสีน้ำตาล พบรูพรุนที่ผิวของเม็ด การพัฒนาของเม็ด sclerotium ระยะแรกจะไม่สามารถลอยน้ำได้ต้องใช้ระยะเวลา 15-30 วัน เซลล์รอบๆ เม็ดจะพัฒนาเป็นช่องว่างทำให้มีคุณสมบัติในการลอยน้ำได้ เม็ด sclerotium สามารถเป็น primary inoculums ทั้งในฤดูปลูก และอยู่ข้ามฤดูปลูกได้ ส่วนการเจริญของเชื้อราในระยะ perfect stage เชื้อราจะสร้าง basidia ขนาด $10-15 \times 7-9$ ไมโครเมตร มี sterigma ขนาด $4.5-7 \times 2-3$ ไมโครเมตร และมี basidiospore ขนาด $8-11 \times 5-6.5$ ไมโครเมตร

การควบคุมโรคนี้ นอกจากการใช้ข้าวพันธุ์ต้านทานคือพันธุ์ กข13 แล้ว การเผาตอซังข้าว และการพลิกหน้าดินหลังเก็บเกี่ยวเพื่อทำลายเม็ด sclerotium ของเชื้อรา การกำจัดวัชพืชตามคันนา และแหล่งน้ำ เพื่อลดโอกาสการพักตัวและเป็นแหล่งสะสมของเชื้อราสาเหตุโรค ก็สามารถป้องกันโรคนี้ได้ หรือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น วาเลตามัยซิน มอลเซอเลน มอนคัล หรือ ฮีโนซานพ่นในบริเวณที่เริ่มพบการระบาด ไม่จำเป็นต้องพ่นทั้งแปลงเพราะการเกิดโรคจะเกิดเป็นหย่อม

โรคเมล็ดต่างของข้าว

มีสาเหตุมาจากเชื้อราหลายชนิดที่เข้าทำลายเมล็ดข้าว *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan., *Curvularia lunata* (Wakk) Boed., *Fusarium semitectum* Berk & Rav., *Sarocladium oryzae* Sawada., *Cercospora oryzae* I.Miyake และ *Trichoconis padwickii* Ganguly เป็น โรคที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตของข้าว ตลอดจนคุณภาพการขัดสี โรคนี้มักพบการระบาดรุนแรงกับข้าวพันธุ์ที่ไม่ต้านทาน โดยเฉพาะข้าวที่ปลูกเป็นข้าวนาปรัง พบในระยะข้าวออกดอกมีอากาศร้อนในช่วงบ่าย และมีฝนตกชุกในช่วงเย็น และค่า สภาพอากาศในแปลงนามีความชื้นสูง เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่าง (เอกสงวน, 2547)

ลักษณะอาการ

รวงข้าวที่ถูกเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่างเข้าทำลาย จะมีทั้งเมล็ดที่เต็มและเมล็ดลีบ บนเมล็ดข้าวพบจุดสีน้ำตาลดำ บางเมล็ดมีลายสีน้ำตาลทั้งเมล็ด บางเมล็ดลีบ และเมล็ดมีสีเทาอมชมพูทั้งเมล็ด ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดมีเชื้อหลายชนิดที่เข้าทำลายเมล็ดได้ จึงทำให้มีอาการที่เกิดบนเมล็ดมีลักษณะแตกต่างกัน การเข้าทำลายมักพบในระยะที่ดอกข้าวเริ่มโผล่ออกจากกาบหุ้มรวง จนถึงระยะที่เมล็ดข้าวเริ่มสร้างน้ำมัน หลังจากนั้นประมาณ 2-3 สัปดาห์ หรือระยะใกล้เก็บเกี่ยว ลักษณะอาการเมล็ดต่างจะปรากฏเด่นชัดขึ้น (สมกิต, 2532 ; ดารา และคณะ, 2545)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Curvularia lunata* และเชื้อรา *Trichoconis padwickii*

เชื้อรา *C. lunata* สามารถจำแนกกลุ่ม และเรียงลำดับได้ดังนี้ (วิชัย, 2551)

Division: Eumycota

Sub-division: Deuteromycotina

Form-class: Hyphomycetes

Form-orde : Hyphomycetales

Form-family: Dematiaceae

Form-genus: *Curvularia*

Form-species: *C. lunata*

เชื้อรา *Curvularia* spp. สร้าง conidium ที่มี 3-5 เซลล์ รูปร่างโค้ง เซลล์ตรงกลางมีสีเข้มกว่า เซลล์หัวท้าย เกิดบนก้าน conidiophores สีเข้ม ไม่แตกแขนง แต่อาจมีการ proliferation ออกทางด้านใกล้ส่วนปลาย ทำให้สร้างสปอร์เพิ่มขึ้นได้อีก และก้าน conidiophores มีลักษณะเป็นข้อหัก (geniculate) พบทั้งที่เป็น parasite ของพืช ทำให้เกิดจุดแผลบนใบและเป็น saprobe ในดิน

เชื้อรา *T. padwickii*

Division: Eumycota

Sub-division: Deuteromycotina

Form-class: Hyphomycetes

Form-order: Hyphomycetales

Form-family: Dematiaceae

Form-genus: *Trichoconis* (*Alternaria*)

Form-species: *T. padwickii*

เชื้อรา *Trichoconis* (*Alternaria*) spp. สร้าง conidiophore สีเข้ม ไม่แตกกิ่งก้าน อาจมีการ proliferation ออกด้านข้างได้จุดที่ให้กำเนิดสปอร์ conidium มีสีเข้ม จัดอยู่ในพวก porospore และเป็น dictyos pore มีรูปร่างเป็นรูปไข่จนถึง obclavate หรือทรงกระบอก สปอร์อันแรกเกิดที่ปลายก้าน conidiophores โดยสร้างรูที่ปลายของสปอร์ และให้กำเนิดสปอร์อันต่อไปที่ต่อเนื่องยาวเป็นลูกโซ่ สปอร์อาจมีส่วนปลายเรียวยาวเป็น beak พบทั้งที่เป็น parasite ของพืชและ saprobe

การควบคุมโรคนี้ในปัจจุบันยังไม่มีพันธุ์ข้าวที่ต้านทานต่อโรคเมล็ดด่าง ดังนั้นการป้องกันโรคนี้จึงควรคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่สะอาด และควบคุมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารเคมี เช่น คาร์เบนดาซิมหรือแมนโคเซป และในระยะข้าวกำลังออกรวง หรือออกรวงแล้ว ถ้ามีฝนตกชุก ควรพ่นด้วยสารเคมีที่ลด โพลีออกซิเจน คลอรีนเอมัลชัน ซิลิโคน บาวดีน หรืออีโนซาน หรือเมื่อพบรวงข้าวมีเมล็ดด่างเพียงเล็กน้อย ควรพ่นสารเคมีโปรพิโคนาโซล เมื่อข้าวตั้งท้องและระยะออกรวง หรือพ่นสารเคมี คาร์เบนดาซิม เมื่อข้าวออกรวง และพ่นหลังครั้งแรก 7-15 วัน

การควบคุมโรคข้าวโดยชีววิธี

ในปัจจุบันเกษตรกรหันมาทำการเกษตรโดยการปลูกพืชในระบบอินทรีย์กันมากขึ้น เพื่อลดการใช้สารเคมีที่มีราคาแพงและมีฤทธิ์ตกค้างต่อสิ่งแวดล้อมและผลผลิต รวมไปถึงเป็นอันตรายต่อเกษตรกรผู้ใช้สารเคมีเองด้วย การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีจึงมีบทบาทมากขึ้นในระบบการปลูกพืชแบบอินทรีย์ที่มีการลดใช้สารเคมี โดยหันมาใช้สารจากธรรมชาติหรือการเลือกใช้สิ่งมีชีวิตมาช่วยในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช ทั้งนี้เพื่อลดความเสี่ยงจากการใช้สารเคมี รวมไปถึงการปลูกพืชเพื่อส่งออก แนวทางการควบคุมโรคโดยชีววิธี คือการเลือกใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์สายพันธุ์ดี ได้ผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์มาแล้ว มาใช้ในการควบคุมโรค ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส (*Bacillus* spp.), เชื้อโคมโมแนส (*Pseudomonas* spp.) และเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* spp.) ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช (Nakkeeran, 2005)

พากเพียร และคณะ (2550) ได้ศึกษาแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* No.4, No.9 และ No.33 ที่มีความสามารถในการควบคุมโรคเมล็ดต่างมาใช้ร่วมกัน โดยพ่นเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรีย 3 ครั้ง ในระยะข้าวตั้งท้อง ระยะข้าวเริ่มโผล่ออกจากใบธง 5 เปอร์เซ็นต์ และข้าวออกรวงแล้ว พบว่าการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ 2 ไอโซเลทร่วมกันมีระดับความรุนแรงของโรคเมล็ดต่างต่ำกว่าการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์แบบเดี่ยวๆ

วิลาวรรณ์ และสุทธฤดี (2552) ได้ศึกษาแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* SP007s ชนิดผง ที่ละลายน้ำเก็บได้นาน 6 เดือน ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเมล็ดต่างโดยคลุกเมล็ดร่วมกับพ่นใบข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวอายุ 30, 60 และ 90 วัน พบว่าสามารถควบคุมโรคเมล็ดต่างของข้าวได้ดีเทียบเท่ากับการคลุกเมล็ดรวมกับการพ่นปุ๋ยสูตรดังกล่าว 5 ครั้ง เมื่อข้าวอายุ 15, 30, 45, 60 และ 75 วัน ลดการเกิดโรคเมล็ดต่างของข้าวได้ และสามารถยับยั้งการเข้าทำลายเมล็ดข้าวของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดต่าง (*Alternaria padwickii*, *Cercospora oryzae*, *Curvularia lunata*, *Fusarium semitectum* และ *Helminthosporium oryzae*) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเพิ่มการแตกกอ และปริมาณรวงของข้าว ส่งผลให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มมากขึ้นซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการพ่นเชื้อ 5 ครั้ง

การควบคุมโรคพืชโดยเชื้อรา *Trichoderma harzianum*

เชื้อรา *Trichoderma harzianum*

สามารถจัดจำแนกกลุ่มได้ดังนี้

Kingdom : Fungi

Sub-division : Deuteromycotina

From-class : Hyphomycetes

From-Family : Moniliaceae

Genus : *Trichoderma*

Species : *T. harzianum*

ลักษณะทั่วไปของเชื้อรา *Trichoderma harzianum*

เชื้อรา *T. harzianum* เป็นเชื้อราชั้นสูงที่พบทั่วไปในดินและไม่พบการเจริญบนพืชที่มีชีวิต ลักษณะทั่วไปของ conidiophores มีสีจางหรือไม่มีสี แตกแขนงมาก พบ phialides เกิดเดี่ยวๆ หรือเป็นกลุ่ม รูปร่างของ conidia เป็นเซลล์เดี่ยวหรือกลุ่มไข่ ไม่มีสี โคโลนีเจริญเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อทั่วไป และกลุ่มของ conidia มีสีเขียว (Barneet และ Hunter, 1992)

จิระเดช และวรรณวิไล (2545) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. มีศักยภาพและคุณสมบัติในการเป็นเชื้อราปฏิปักษ์ต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช โดยมีลักษณะการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชมี 3 ลักษณะ คือ การแข่งขันในการดำรงชีวิต การเป็นปรสิต และการสร้างสารปฏิชีวนะซึ่งกลไกการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืชคือ การสร้างเส้นใยพันรัดเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชแล้วสร้างเอนไซม์ออกมาย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืช ทำให้เกิดการเหี่ยวตายโดยเอนไซม์ที่ *Trichoderma* spp. ปล่อยออกมาย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชคือ เซลลูเลส (cellulase) ไคตินเนส (chitinase) และ กลูคาเนส (glucanase) รวมไปถึงการสร้างสารปฏิชีวนะออกมาทำลายเส้นใยเชื้อสาเหตุโรค ทำให้เส้นใยเชื้อโรคเหี่ยวตายและตายในที่สุด

นอกจากกลไกการเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชแล้ว เชื้อรา *Trichoderma* spp. ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ชักนำให้พืชเกิดความต้านทานต่อการเข้าทำลายต่อเชื้อราสาเหตุโรค โดย

เชื้อรา *Trichoderma* spp. มีความสามารถในการครอบครองรากพืช ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ จีระเดช (2551; 2553)

รายงานของ Harman และคณะ (2004; 2008) ที่กล่าวถึง คือเชื้อรา *T.harzianum* สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณผิวรากพืช แบบ Symbiosis จะสามารถส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นโดยการพัฒนาระบบราก และละลายธาตุอาหารที่อยู่ในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

กลไกที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมโรคพืชและการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ด้วยเชื้อรา *T. harzianum* ได้แก่ การเป็นปรสิตภายในของเชื้อราสาเหตุโรคพืช (mycoparasitism) การแข่งขัน การใช้อาหารและการครอบครองการใช้พื้นที่กับเชื้อโรคพืช (competition and rhizosphere competence) การสร้างปฏิชีวนสารเพื่อยับยั้งหรือทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืช (antibiotic) การส่งเสริมให้พืชทนต่อสภาพความเครียดและการส่งเสริมการพัฒนาลำต้นพืชโดยเฉพาะที่ระบบราก (tolerance to biotic and abiotic stresses through enhanced root development and plant growth promoting) การละลายธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (solution and sequestration of inorganic plant nutrients) และกลไกการชักนำความต้านทานในพืชต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืช (induced resistance)

1. การเป็นปรสิตต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืช (Mycoparasitism)

การเป็นปรสิต (parasite) เป็นการควบคุมโรคพืชด้วยการเจริญเข้าไปภายในเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืช จากการพันรัดหรือการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไปสัมผัสกับเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคแล้วย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคเพื่อเข้าไปใช้อาหารและเจริญเติบโตสร้างส่วนขยายพันธุ์ออกมาจากเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและทำให้เส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคพืชแตกสลายหรือเหี่ยวแห้งและตายในที่สุด จากการทำงานของเอนไซม์ที่เชื้อรา *Trichoderma* spp. ผลิตขึ้นเพื่อช่วยในการย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น chitinase หรือ chitinolytic enzyme, β -1, 3-glucanase, β -1, 6-glucanase (Harman, 2000; Howell, 2003) เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด เช่น *Rhizoctonia*, *Sclerotium*,

Helminthosporium, Fusarium, Verticillium, Pythium, Phytophthora, Colletotrichum, Rhizopus และ *Armillaria* (จิระเดช และ วรณวิไล, 2545)

2. การแข่งขันการใช้อาหารและการครอบครองพื้นที่กับเชื้อโรค (Competition and rhizosphere competence)

เป็นลักษณะการแข่งขันการใช้อาหารและการครอบครองพื้นที่ระหว่างเชื้อรา *Trichoderma* spp. กับเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น ในกรณีที่เชื้อรา *T. koningii* สามารถเจริญครอบครองรากหอม และทำลายเชื้อราสาเหตุโรค สามารถใช้แหล่งคาร์บอนได้ดีในรูปของ dextrose, fructose, manose, galactose, xylose, robose, trehalose และ cellobiose ใช้ธาตุไนโตรเจนได้ดีในรูปของ $(\text{NH}_4)^+ - \text{N}$ และสามารถใช้แหล่งไนโตรเจนได้กว้างขวาง เช่น ในรูปของยูเรีย, casamino acid

Tae and Guy (2013) ได้ศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ ThzID1-M3 เชื้อรา *F. solani* f. sp. Pisi (*Fsp*) โดยใส่เชื้อราทั้ง 2 ชนิดที่อยู่ในรูปของเม็ดเชื้อใส่ในดินที่ไม่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วปลูกเมล็ดถั่วในดิน พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ ThzID1-M3 สามารถเจริญครอบครองรากของถั่วได้ดีกว่าเชื้อรา *F. solani* f. sp. Pisi (*Fsp*) นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณและการแพร่กระจายของเชื้อรา *F. solani* f. sp. Pisi (*Fsp*) ได้ดี จากการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ ThzID1-M3 มีกลไกในการแข่งขันในการเข้าครอบครองรากของถั่วได้ดีกว่าเชื้อรา *F. solani* f. sp. Pisi (*Fsp*)

3. การสร้างปฏิชีวนะสาร (Antibiotic)

การสร้างปฏิชีวนะสารโดยเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถยับยั้งหรือทำลายเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้สาร antibiotic มีผลต่อการเจริญหรือยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุโรคและไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่เกิดขึ้น เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถผลิตสาร antibiotic ได้หลายชนิด เช่น alkylpyrones, isonitiles, steroids, diketopipelazines, sesquiterpenes, gliotoxin (gliovirin), และ

pentyl pyrone โดยเชื้อรา *T. harzianum* 10 สายพันธุ์ที่มีความสามารถในการผลิตสาร antibiotic ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช ได้หลายชนิด เช่น *Aphanomyces cochlioides*, *Rhizoctonia solani*, *Phoma betae*, *Acremonium cucubitatearum* และ *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* เชื้อรา *Trichoderma* spp. หลายสายพันธุ์สามารถผลิตสาร antibiotic ที่มีความแตกต่างกันได้ถึง 100 ชนิด (Harman, 2000; Howell, 2003; Herman *et al.*, 2004)

4. การช่วยให้พืชทนต่อความเครียด (Tolerance to biotic and abiotic and abiotic stresses through enhance root development)

การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ช่วยให้พืชมีความทนต่อสภาพไม่เหมาะสมทั้งทาง biotic และ abiotic stresses ช่วยให้พืชทนแล้ง ทนต่อโรคและแมลง โดยการส่งเสริมพัฒนาระบบราก ทั้งนี้การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ fusant T-22 ซึ่งสามารถเจริญครอบครองรากพืชได้ ทำให้พืชทดสอบที่ปลูกในสภาพแห้งแล้ง (drought stress) มีความยาวของรากมากขึ้นและยับยั้งการม้วนงอของใบ โดยลดอัตราการคายน้ำของพืชและกระตุ้นให้พืชมีการเจริญเติบโตดี มีใบสีเขียวมากขึ้น ด้านทานต่อดินที่มีการอัดตัวแน่น (compactec soil) โดยการเพิ่มการเจริญเติบโตทั้งในดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อและเกี่ยวข้องกับการใช้ธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่สูง โดยลดความเป็นพิษของสารเคมีที่สะสมบริเวณรอบรากได้เพราะเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถรับสารได้หลายชนิด เช่น copper, phosphorus, iron, sodium, arsenic, cobalt, cadmium, chromium, nickel, lead, ranadium, magnesium, manganese, boron, zinc และ hexazone ที่ผลิตจากเชื้อ *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ T-50 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงกวาและเพิ่มผลผลิตได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการควบคุม (Intana, 2003)

Fengge และคณะ (2013) ได้รายงานว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ T-E5 ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ (BIO) สามารถลดปริมาณเชื้อรา *F. oxysporum* f.sp. *Cucumerinum* ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของโรคเหี่ยวของแตงกวา นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงกวาได้อย่างดี

5. การช่วยละลายแร่ธาตุในดิน (Solubilization and sequestration of inorganic plant nutrients)

เชื้อรา *T. harzianum* สามารถช่วยละลายแร่ธาตุในดินที่อยู่ในรูปที่ไม่สามารถดูดซึมได้ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมแล้วนำไปใช้ได้ โดยเฉพาะธาตุแมงกานีสที่มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชและกระบวนการต้านทานต่อโรคพืช ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปที่พืชใช้ได้คือ Mn^{2+} และส่งเสริมการใช้แร่ธาตุในพืชชนิดอื่นๆ ได้ เช่น ฟอสฟอรัส

6. การชักนำให้พืชเกิดความต้านทาน (Induced resistance in plant)

เป็นกลไกการชักนำความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชของเชื้อรา *T. harzianum* ซึ่งการศึกษาการชักนำความต้านทานเป็นครั้งแรกและให้ผลชัดเจนในปี ค.ศ. 1997 โดย Bigirimana และคณะ ได้แสดงให้เห็นว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ T-39 ใส่ลงดิน สามารถชักนำความต้านทานต่อโรคบนใบของถั่วที่เกิดจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* และเชื้อรา *Colletotrichum lindemthianum* ได้เพราะตรวจพบเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ T-39 เฉพาะบริเวณราก ไม่พบในส่วนของใบ โดยเชื้อรา *T. harzianum* สามารถชักนำความต้านทานในพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยว Harman (2004)

Chowdappa และคณะ (2012) ได้รายงานว่ามีการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* OTPB1 และเชื้อรา *T. harzianum* OTPB3 กับเชื้อรา *Alternaria solani* และเชื้อรา *Phytophthora infestans* เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และกระตุ้นให้ต้นกล้ามะเขือเทศเกิดความต้านทานต่อการเข้าทำลายของโรค late blight โดยเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *A. solani* และ *P. infestans* นอกจากนี้ยังเพิ่มการเจริญของยอดและความยาวรากของกล้ามะเขือเทศ นอกจากนี้ยังกระตุ้นรากของมะเขือเทศสร้าง IAA และ GA_3 ที่ โดย OTPB1 29.12 และ 45.82 เปอร์เซ็นต์ และ OTPB3 54.34 และ 67.59 เปอร์เซ็นต์

7. การส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช (Plant growth promoting)

การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืช ได้มีผู้รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถสร้างสารกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตได้มากกว่าปกติ หรือเกิดจากเชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถไปทำลายเชื้อโรคบริเวณรอบๆรากแล้วทำให้ระบบรากพืชแข็งแรง ไม่มีการรบกวนจากเชื้อสาเหตุโรค ดังเช่น รายงานของ Harman (2000) ที่พบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ T-22 สามารถเจริญครอบครองรากและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากข้าวโพดหวาน และเพิ่มผลผลิตของพริกหวานได้ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

Giridhar และคณะ (2013) ได้ศึกษาเชื้อรา *Trichoderma* sp. สายพันธุ์ PDR1-7 กับดินที่ใช้ในการปลูกต้นสนซึ่งมีการปนเปื้อนโลหะหนักของตะกั่ว เมื่อได้ปลูกเชื้อรา *Trichoderma* sp. สายพันธุ์ PDR1-7 ให้กับดินพบว่าสามารถเพิ่มค่า pH ของดินในบริเวณนั้นให้สูงขึ้น โดยมีค่า pH 4 - 6 นอกจากนี้ยังลดความเข้มข้นของสารตะกั่วที่ปนเปื้อนลงได้ $100 - 125 \text{ mg L}^{-1}$ ช่วยละลายธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ให้กับต้นกล้าสน ส่งเสริมการเจริญเติบโต สร้างคลอโรฟิลล์และโปรตีนที่สำคัญรวมไปถึงกระตุ้นให้เกิดการสร้าง antioxidative enzyme และลดการสร้าง malondialdehyde เพื่อให้พืชเกิดความเครียดน้อยลง

การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคข้าว

งานวิจัยการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในนาข้าวเริ่มต้นในปี พ.ศ. 2547 จากการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่แช่น้ำ 12 ชั่วโมง แช่ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสด แช่เมล็ดนาน 30 นาที แล้วบ่มเป็นเวลา 1 คืน ก่อนนำไปปลูกในวงบ่อซีเมนต์ พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อราไตรโคเดอร์มามีเปอร์เซ็นต์ความงอก ความยาวราก และความสูงของต้นที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาในน้ำบริเวณแปลงนาหลังปลูกข้าว 7 วัน และพบการเจริญครอบครองรากข้าวของเชื้อราเพิ่มขึ้น และการพ่นสปอร์แขวนลอยของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระยะก่อนข้าวตั้งท้อง พบติดกับทุกสัปดาห์รวม 5 ครั้ง พบว่าผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น การเกิด

โรคเมล็ดด่างมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลง และเมล็ดลีบมีเปอร์เซ็นต์ลดลง เมื่อทำการทดสอบในสภาพแปลงนา โดยการแช่เมล็ดข้าวพันธุ์ กข 17 ด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อราไตรโคเดอร์มา แล้วนำไปหว่านในแปลงนา ร่วมกับการใส่ปุ๋ยยูเรีย และการปล่อยเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดไปพร้อมกับ การปล่อยน้ำเข้านา พบว่าเมื่อเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถลดการเกิดโรคเมล็ดด่าง ช่วยเพิ่ม ความสมบูรณ์ของเมล็ด และลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบของข้าวลงได้ นอกจากนี้ยังพบการเจริญ ครอบครองรากข้าวของเชื้อราไตรโคเดอร์มาได้ 100 เปอร์เซ็นต์ในทุกระยะการเจริญเติบโตจนถึง ระยะเก็บเกี่ยว จิระเดช (2551)

Nandani และคณะ (2012) ได้รายงานว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ Th 56 และ Th 75 ในข้าว สามารถชะลออาการเหี่ยวของกล้าข้าวเนื่องจากการขาดน้ำ เมื่อข้าวประสบปัญหาภัย แล้งได้ประมาณ 3-9 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าสายพันธุ์ Th 56 สามารถชักนำให้ต้นข้าวทนทานต่อ ความแห้งแล้งเนื่องจากการขาดน้ำได้ 20-40 เปอร์เซ็นต์ โดยทนต่อการขาดน้ำสูงสุดได้ 9 วัน เนื่องจากเชื้อรา *T. harzianum* มีความสามารถในการเจริญครอบครองรากของกล้าข้าว อีกทั้งยังช่วย รักษาความชื้นบริเวณรากของข้าวได้ดี รวมไปถึงกระตุ้นให้กล้าข้าวสร้างสาร Phenolics ที่มีความ เข้มข้นสูง เพื่อป้องกันอาการเหี่ยวเนื่องจากการขาดน้ำได้ด้วย

จิระเดช และคณะ (2548) ได้รายงานว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus sp.* แช่เมล็ดข้าวก่อนปลูก และพ่นก่อนข้าวออกรวงในแปลงปลูกข้าว ขนาดเล็กสามารถลดการเกิดโรคเมล็ดด่าง เมล็ดลีบและเพิ่มน้ำหนักสดของข้าวได้ จึงนำเชื้อรา *T. harzianum* มาฉายรังสี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ในการควบคุมโรค พบสาย พันธุ์กลายจำนวน 2 สายพันธุ์ คือ 23/03-7 เป็นสายพันธุ์กลายที่ได้รับการฉายรังสีครั้งแรก และ 03/7- I34 เป็นสายพันธุ์กลายที่ได้รับการฉายรังสีในครั้งที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์การครอบครองรากสูง และ ส่งเสริมการเจริญของรากได้ดีในระดับห้องปฏิบัติการ เมื่อนำเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์กลายทั้ง 2 สายพันธุ์ไปทดสอบในสภาพแปลงนา เปรียบเทียบกับสายพันธุ์เริ่มต้น CB-Pin-01 พบว่า *T. harzianum* มีประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของข้าวได้สูง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ (จิระเดช และวรรณวิไล, 2550) นอกจากนี้มีรายงานว่าเชื้อรา *T. harzianum*,

T. pseudokoningii, *Aspergillus niger*, *A. candidus*, และ *Penicillium* sp., รวมไปถึงแบคทีเรีย *Bacillus cereus* และ *Pseudomonas aeruginosa* ไอโซเลท I และ II สามารถยับยั้งการเข้าทำลาย เมล็ดข้าวของเชื้อรา *Alternaria alternata*, *Curvularia lunata* (*Cochliobolus lunatus*) และเชื้อรา *Fusarium solani* (*Nectria haematococca*) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเมล็ดดำของข้าวได้ และพบว่า สารกรองของเชื้อรา *T. harzianum*, *A. niger*, *A. candidus* และเชื้อแบคทีเรีย *P. aeruginosa* ทั้งสอง ไอโซเลท สามารถลดการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดดำของข้าวบนอาหาร PDA รวมไปถึงลดน้ำหนักแห้งของเส้นใย ลดการงอกของสปอร์ และความยาวของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรค ด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า สารกรองของเชื้อราปฏิปักษ์ไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าว รวมไปถึงสามารถลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดดำบนเมล็ดของข้าวได้อีกด้วย (Sarhan and Shibly, 2003)

จิระเดช และคณะ (2553) พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ M23 แห่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าว 3 ครั้งในระยะข้าวตั้งท้อง ระยะข้าวออกรวง 5 เปอร์เซ็นต์ และระยะข้าว ออกรวง 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 2 สายพันธุ์ ช่วยเพิ่มน้ำหนักผลผลิต รวมต่อไร่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างและเมล็ดลีบลง รวมไปถึงเพิ่มคุณภาพการขัดสีของข้าว เพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด รวมไปถึงเพิ่มน้ำหนักของ ข้าวสารให้เพิ่มมากขึ้น

จิระเดช และคณะ (2553) พบว่าเมื่อแห่เมล็ดข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ 01-52, T50, A40+A50 No.7 และ CB-Pin-01 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะข้าวแตกกอ ระยะตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง พบว่า การ แห่เมล็ดข้าวร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของของผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อ กอ น้ำหนักเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ ปุ๋ยเคมีในอัตราเพียง 25 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปกติไม่ส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตของ ข้าว อีกทั้งยังช่วยเพิ่มผลผลิตและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของข้าวเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราปกติ รวมไปถึงพบการเจริญครอบครองรากข้าวของเชื้อรา *T. harzianum* ในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี

การควบคุมโรคข้าวโดยชีววิธีจะให้ผลการควบคุมโรคได้ดีแล้ว การเพิ่มธาตุอาหารเสริมให้กับข้าว ก็เป็นอีกแนวทางเลือกหนึ่งเพื่อช่วยส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดี รวมไปถึงการเสริมสร้างโครงสร้างของพืชให้มีความแข็งแรงและลดการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชรวมไปถึงแมลงศัตรูพืชอีกด้วย ซึ่งธาตุอาหารเสริมที่สำคัญสำหรับพืชได้แก่ ซิลิกอน โบรอน และแคลเซียม

ซิลิกอน (Si)

ซิลิกอนไม่ใช่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูง แต่ได้มีรายงานความเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ พืชตระกูลแตง มะเขือเทศ เป็นต้น ในหลายประเทศใช้ซิลิกอนเพื่อเพิ่มผลผลิต ประโยชน์ของซิลิกอนจะมีเฉพาะพืชที่สะสมซิลิกอนเท่านั้น ประโยชน์จะมีน้อยมากในพืชที่เจริญเติบโตที่เหมาะสมแล้ว และประโยชน์จะเด่นชัดขึ้นเมื่อพืชอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม (stresses) ต่างๆ เช่นความไม่เหมาะสมทางด้านธาตุอาหารพืช เกิดอะลูมิเนียมเป็นพิษ มีฟอสฟอรัสมากเกินไปหรือขาดแคลน มีโซเดียม แมงกานีส และไนโตรเจนมากเกินไป หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น อุณหภูมิต่ำเกินไป แสงน้อยเกินไป หรือพืชเกิดโรค เป็นต้น

ซิลิกอนเป็นธาตุซึ่งมีในผิวโลกมากเป็นที่สองรองจากออกซิเจน แต่ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของแร่ซึ่งละลายยาก ที่ละลายได้และอยู่ในสารละลายดินมีเพียงเล็กน้อย ซิลิกอนในดินอยู่ในรูปซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) หรือซิลิกา (Silica) และเป็นองค์ประกอบในแร่รูปแร่อะลูมิโนซิลิเกตชนิดต่างๆ เช่น แร่ควอตซ์ แพลจิโอเคลส ออร์โทเคลส และเฟลด์สปาร์ ในแร่ดินเหนียว เช่น เคโอลิไนท์ เวอร์มิคิวไลต์ และ สเมคไทต์ ตลอดจนซิลิเกตพื้นฐาน ส่วนรูปของธาตุนี้ในสารละลายดินส่วนมาก คือกรดโมโนซิลิก (Monosilicic acid, H_4SiO_4 หรือ $\text{Si}(\text{OH})_4$) และกรดพอลิซิลิก สภาพละลายได้ของกรดดังกล่าวในน้ำที่ 25 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 มิลลิโมลาร์ หรือ 56 มิลลิกรัม Si ต่อลิตร ความเข้มข้นของกรดโมโนซิลิกในสารละลายดินโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 14-20 มิลลิกรัม Si/ลิตร

กรดโมโนซิลิกในดินที่สำคัญมีดังนี้คือ ส่วนมากกรดโมโนซิลิกในดินจะถูกดูดซับที่ผิวของคอลลอยด์ดินอย่างหลวมๆ และเคลื่อนย้ายลงสู่ชั้นดินด้านล่างได้น้อย และซิลิเกตไอออนมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับฟอสเฟตแอนไอออน จึงแก่งแย่งกันในการทำปฏิกิริยา หากซิลิเกตแอนไอออนในสารละลายดินมีมาก จะเข้าแทนที่ฟอสเฟตซึ่งถูกตรึงให้อยู่ในรูปสารละลายดิน และเป็นประโยชน์ต่อพืช นอกจากนี้กรดโมโนซิลิกยังทำปฏิกิริยากับโลหะหนัก ได้ สารประกอบซิลิเกตที่ไม่ค่อยละลายน้ำ กรดพอลิซิลิกในสารละลายดิน ต่างจากกรดโมโนซิลิก เนื่องจากไม่ไวต่อปฏิกิริยา มีภาวะเป็นคอลลอยด์และทำหน้าที่เป็นสารดูดซับกับผิวของอนุภาคแร่ และทำหน้าที่เชื่อมอนุภาคแร่ให้เป็นกลุ่มเม็ดดินเล็กๆซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการเกิดโรคสร้างดิน นอกจากนี้กรดพอลิซิลิกยังดูดซับโมเลกุลของน้ำได้มาก จึงมีบทบาทส่วนหนึ่งในการเพิ่มความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน ซิลิกอนมีคุณสมบัติพิเศษคือ ไม่เป็นอันตรายต่อพืช แม้จะดูดสะสมไว้ในเนื้อเยื่อปริมาณมาก เนื่องจากกรดโมโนซิลิก ไม่แตกตัวในช่วง pH ที่เกี่ยวข้องกับระบบสรีระของพืช เมื่อกรดโมโนซิลิกมีความเข้มข้นสูง จะทำให้ปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชัน พืชชั้นสูงดูดซิลิกอนจากดินและสะสมมากน้อยแตกต่างกันตามชนิดของพืช โดยมีความเข้มข้น 1 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป โดยแบ่งตามกลุ่มดังนี้คือ

1. พืชที่มีซิลิกอนสูงเป็นพืชในวงศ์ Cyperaceae เช่น *Equisetum arvense* และพืชในวงศ์ Gramineae ซึ่งอยู่ในดินน้ำขัง เช่น ข้าว มี SiO_2 10-15 เปอร์เซ็นต์
2. พืชที่มีซิลิกอนปานกลางเป็นพืชในวงศ์ Gramineae ซึ่งอยู่ในดินไร่ เช่น อ้อยกับธัญพืช และพืชใบเลี้ยงคู่บางชนิด มี SiO_2 1-3 เปอร์เซ็นต์
3. พืชที่มีซิลิกอนต่ำ ส่วนใหญ่เป็นพืชใบเลี้ยงคู่โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่วมี SiO_2 น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็นธาตุอาหารเสริมที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Raji, 1973) พืชมีการสะสมซิลิกอนอยู่ 0.1-10 เปอร์เซ็นต์ จากน้ำหนักแห้ง (Epstein, 1999)

ซิลิกอนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญอันดับสองรองจากไนโตรเจนที่ข้าวสามารถนำไปใช้ได้ดี ซิลิกอนยังมีความสัมพันธ์กับการควบคุมโรคและการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช อีกทั้งยังช่วยให้พืชสร้างกลไกเพื่อให้เกิดความต้านทานขึ้นกับพืช และยังมีผลต่อกลไกทางกายภาพต่อการสร้างผลผลิตของพืช โดยเคลื่อนย้ายไปสะสมที่ใบ รากและลำต้น ในส่วนของชั้น epidermis เพื่อสร้างความแข็งแรงให้กับต้นพืช นอกจากนี้ยังกระตุ้นให้พืชสร้างสาร Phenol และสาร Phytoalexin ลดการคายน้ำ และเพิ่มปริมาณการสังเคราะห์แสงให้กับพืชอีกด้วย (Korndorfer, 2004) การสะสมของซิลิกอนในผนังเซลล์ยังส่งผลให้ใบพืชแข็งแรง จึงส่งผลให้ลดการเกิดโรคและการกัดกินแมลงศัตรูพืช เช่น สารประกอบเชิงซ้อนของซิลิกอนกับสารอินทรีย์ในใบข้าว มีความต้านทานต่อการทำงานของเอนไซม์ ที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุโรคใบไหม้ของข้าว (Cai, 2008) อีกทั้งยังเป็นสัญญาณที่เหนี่ยวนำให้พืชมีปฏิกริยาในการต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อโรค เช่น ในต้นกล้าข้าวที่ถูกเชื้อรา *Mycosphaerella pinodes* Berk. เข้าทำลาย ซิลิกอนช่วยกระตุ้นให้ต้นข้าวเกิดการสร้างเอนไซม์ chitinase, peroxidase และ polyphenoxidasases ในต้นข้าวที่ได้รับโพแทสเซียมซิลิเกตจะมีโครงสร้างของผนังเซลล์ที่แข็งแรงลดการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้ (Cai, 2008) นอกจากนี้ยังมีรายงานการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ทั้งเชื้อราและแบคทีเรียในการพ่นใบและลำต้นของแตงงูจีนีเพื่อลดการเกิดโรคราแป้ง (Habtom, 2014) นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ซิลิกอนเสริมลงในสารละลายธาตุอาหารในการปลูกแตงงูจีนีในระบบไฮโดรโปนิกส์ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและลดการเกิดโรคราแป้งของแตงงูจีนีได้อีกด้วย (Savvas, 2009) ในไม้ผลอย่างโอคาโดมีการใส่โพแทสเซียมซิลิเกตซึ่งมีส่วนสำคัญในการยืดอายุการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาผลของโอคาโด รวมไปถึงยังช่วยสร้างเอนไซม์ที่สำคัญกระตุ้นการสร้างสาร anti-oxidant และช่วยให้ผลผลิตของโอคาโดมีคุณภาพดีขึ้น (Teafay, 2011) Maria และคณะ, 2013 ได้ทำการศึกษาถั่วเหลืองและแตงกวาที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ที่เติมธาตุหลักลงในสารละลายที่แตกต่างกัน และเติมซิลิกอนลงไป ในสารละลายธาตุอาหารด้วยพบว่า ในสารละลายที่เติมซิลิกอนความเข้มข้นสูงมีส่วนช่วยในการดูดซับและละลายธาตุหลักได้ดีกว่าในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ได้เติมซิลิกอนลงไป ทั้งนี้เนื่องมาจากซิลิกอนเป็นธาตุอาหารเสริมที่สำคัญในการปลูกหลายชนิดมีส่วนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและช่วยให้รากพืชสามารถดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ได้ในสภาวะที่พืชเกิดความเครียดที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งไม่มีชีวิต

ปุ๋ยซิลิกอนใช้ได้ผลดีสำหรับข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ และอ้อย การวิจัยปุ๋ยซิลิกอนมีความก้าวหน้ามากในประเทศญี่ปุ่นในช่วงปี 2493-2503 นำไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีที่สมบูรณ์ในเรื่องการวิจัยปุ๋ยซิลิกอนในนาข้าว ปุ๋ยซิลิกอนให้ผลดีต่อพืชและดิน 2 ประการคือ

1. ด้านพืช ปุ๋ยซิลิกอนช่วยป้องกันพืชจากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม และจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช

2. การให้ปุ๋ยซิลิกอนในรูปของสารที่เป็นแอคทีฟเชิงชีวะ-ธรณี-เคมี (biogeochemically active silicon substance) ในดินที่ขาดช่วยให้ดินมีธาตุอาหารที่เพียงพอและเสริมประโยชน์ให้พืชดูดนำไปใช้ได้ (Synder, 2007)

ธาตุซิลิกอนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของข้าว แต่หน้าที่ของธาตุซิลิกอนยังไม่ทราบแน่ชัด ซิลิกอนจำเป็นในการพัฒนาใบ ราก และลำต้น ด้วยการเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ ในข้าวที่ได้รับซิลิกอนอย่างเพียงพอจะทำให้ใบและลำต้นตั้งตรง ลดการบังแสงและเพิ่มประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงได้ดีขึ้น ข้าวที่ขาดซิลิกอนจะมีใบที่กระด้างและโน้มลง ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง ข้าวอ่อนแอต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลง การขาดที่รุนแรงจะเกิดจุดสีน้ำตาลบนใบข้าว จำนวนรวงต่อตารางเมตรลดลงและจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ข้าวจะหักล้มมาก การขาดซิลิกอนมีสาเหตุมาจากการที่ดินมีปริมาณซิลิกอนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และในดินนาที่เสื่อมโทรม และน่าน้ำฝนที่มีการชะล้างสูง การจัดการเพื่อป้องกันการขาดซิลิกอนทำได้โดยการไถกลบฟางข้าวในแปลงนา จะช่วยเพิ่มปริมาณซิลิกอนในดิน เพราะในฟางข้าวมีปริมาณซิลิกอนร้อยละ 5-6 หลังเลี้ยงการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในปริมาณที่สูงเกินไป เพราะอาจทำให้ความเข้มข้นของซิลิกอนในพืชลดลง ในกรณีที่พืชแสดงอาการขาดซิลิกอน ให้ใส่ปุ๋ยที่มีธาตุซิลิกอนเป็นองค์ประกอบให้แก่ข้าว โดยใช้ปุ๋ยแคลเซียมซิลิกอน หรือ โพแทสเซียมซิลิเกต สามารถทดแทนการขาดซิลิกอนในข้าวได้ (ยงยุทธ, 2546)

ซัลฟิโคนจัดเป็นธาตุอาหารเสริมประโยชน์และมีความสำคัญต่อพืชหลายชนิด อย่างไรก็ตามสำหรับในประเทศไทยการศึกษาความสำคัญของซัลฟิโคนและการตอบสนองของพืชต่อซัลฟิโคนยังมีไม่มาก มีรายงานว่าข้าวตอบสนองต่อซัลฟิโคนจะเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณซัลฟิโคนที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำกว่า 110 ppm (Imaizumi and Yoshida, 1958) ดินที่มีศักยภาพการผลิตทางการเกษตรต่ำ ดินที่ผ่านการชะล้างพังทลายสูง และดินที่มีปัญหาทางด้านการเกษตร โดยทั่วไปมักพบว่ามีซัลฟิโคนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชค่อนข้างจำกัด (IRRI, 2002)

การดูดซับซัลฟิโคนในข้าว มีกลไกการดูดซับซัลฟิโคนในรูปของกรดโมโนซัลฟิโคนิกไลต์แบบแอทีฟ ซึ่งอัตราการดูดสูงกว่าการได้มาจากการคายน้ำ และสูงกว่าอัตราการดูดซับธาตุอื่นอีกหลายธาตุ การดูดซับจะถูกยับยั้งเมื่อมีการเติมสารยับยั้งกระบวนการเมแทบอลิซึม จึงเชื่อว่ารากข้าวมีโปรตีนพาหะสำหรับการดูดซับซัลฟิโคน แต่มีสัมพรรคภาพสำหรับธาตุนี้ค่อนข้างต่ำ (K_m 0.32 มิลลิโมลาร์) อย่างไรก็ตามรากข้าวมีกลไกการขนส่งซัลฟิโคนทั้งแบบแอทีฟและแพสซีฟ แต่กลไกแบบแอทีฟมีบทบาทในการดูดซัลฟิโคนของรากข้าวมากกว่าแบบแพสซีฟ อัตราการดูดซับซัลฟิโคนของรากพืชทั้งสองนี้จากทั้งสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงและต่ำ จะลดลงอย่างมากเมื่ออยู่ในอุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) หรือใช้สารยับยั้งเมแทบอลิซึม (NaF, NaCN, 2, 4 dinitrophenol หรือ 2, 4-DNP)

สำหรับข้าว รากข้าวแต่ละชนิดมีบทบาทในการดูดซึ่มซัลฟิโคนแตกต่างกัน คือรากแขนงหรือรากทุติยภูมิ มีบทบาทสำคัญที่สุด แต่รากขนไม่ช่วยเพิ่มอัตราการดูดซับธาตุนี้ เนื่องจาก ข้าวเจริญเติบโตในที่น้ำขัง การแพร่ของกรดซัลฟิโคนมิใช่ขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วในกระบวนการดูดซับของราก เนื่องจากการแพร่ไปทั่วถึงพื้นที่ผิวรากทุกส่วน ผลการเปรียบเทียบการดูดกรดซัลฟิโคนระหว่างรากข้าวสายพันธุ์ที่มีและไม่มีขนราก ในดินและในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน เชื้อหุ้มเซลล์บริเวณขนรากไม่มีโปรตีนพาหะสำหรับการขนส่งกรดซัลฟิโคน และรากแขนงมีโครงสร้างคล้ายรากปฐมภูมิ และมีพาหะการขนส่งซัลฟิโคนอยู่ในเชื้อหุ้มเซลล์ และได้มีการค้นพบยีนจำนวน 2 ยีน คือ *Lsi 1* ควบคุมสร้างโปรตีนพาหะซึ่งดูดซัลฟิโคนเข้าสู่เซลล์ คือขนส่งจากอะพوپลาสต์เข้าสู่ไซมพลาสต์ และยีน *Lsi 2* ควบคุมการสร้างโปรตีนพาหะซึ่งขับซัลฟิโคนออก

นอกเซลล์เข้าสู่ไซโตพลาสซึม ซึ่งมีแคลเซียมที่ผนังเซลล์ การขนส่งซิลิกอนด้วยโปรตีนพาหะทั้งสองประเภทเป็นแอคทีฟซึ่งขับเคลื่อนโดยตัวสูบลำโปรตอน (H^+ -ATP) นอกจากนี้การขนส่งซิลิกอนของรากข้าว ยังใช้กลไกแบบแพสซีฟ เนื่องจากการสะสมธาตุนี้ในพืชสัมพันธ์กับการคายน้ำ

ข้าวที่ขาดธาตุซิลิกอนจะมีระยะการเจริญเติบโตไม่อาศัยเพศช้าและผลผลิตลดลงมาก ความผิดปกติที่เห็นคือ ใบเหี่ยวง่ายและเนื้อใบบางส่วนตาย แต่ข้าวยังมีชีวิตอยู่ได้ จึงนับได้ว่าซิลิกอนมีบทบาทช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว ข้าวต้องการซิลิกอนมากในช่วงระยะเจริญพันธุ์ก่อนข้าวตั้งท้องซึ่งซิลิกอนจะเคลื่อนย้ายไปสะสมในใบธง หากขาดแคลนในช่วงนี้จะทำให้การพัฒนาของช่อดอกไม่สมบูรณ์ (ยงยุทธ, 2546) ซิลิกอนเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย (immobile) ในพืช ดังนั้นระยะเวลาในการใส่ซิลิกอนในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของพืชจึงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช การใส่ในช่วง reproductive stage จะมีผลต่อความสูง น้ำหนักแห้งของตอซังข้าวและน้ำหนักเมล็ดเด่นชัดกว่าการใส่ซิลิกอนในระยะ vegetative (Ma *et al.*, 1989) นอกจากนี้ยังพบว่าซิลิกอนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว การใส่ซิลิกอนจะช่วยลดเมล็ดลีบของข้าว (Inanaga *et al.* 2002) รวมไปถึงการใส่ซิลิกอนยังช่วยเพิ่มจำนวนรวงและจำนวนเมล็ดดีต่อรวง (IRRI, 2002) มีรายงานการศึกษาซิลิกอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว พบว่า การใส่ซิลิกอนในอัตราที่เหมาะสมจะช่วยให้ข้าวมีใบตั้งตรงส่งผลให้ข้าวมีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ผลผลิตเพิ่มขึ้น จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และจำนวนรวงเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวก่อนข้างหนาแน่นหรือใช้ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง ซึ่งใบข้าวมีแนวโน้มโค้งลงบังแสงกันเอง การสังเคราะห์แสงของข้าวถูกจำกัด (IRRI, 2002; Yoshida *et al.*, 1969; Kang, 1985) การใส่ปุ๋ยซิลิกอนร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน จะช่วยให้ข้าวมีใบตั้งตรง ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (Ho *et al.*, 1980) นอกจากนี้พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสร่วมกับซิลิกอน มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด พบว่ามีผลทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวเพิ่มมากขึ้น เพิ่มจำนวนเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว (จงรักษ์ และคณะ ม.ป.ป.)

นอกจากนี้ยังพบการสะสมซิลิกอนในตอซังและแกลบข้าวซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งในนาข้าว ซึ่งมีปริมาณซิลิกอนเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง มีรายงานว่าเมื่อนำวัสดุเหลือทิ้งในรูปของขี้เถ้า แกลบและตอซังข้าวมาใส่ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน พบว่าการใส่ตอซังข้าวจะทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าว เพิ่มขึ้น (Sistani *et al.*, 1998) การใส่ซิลิกอนในรูปของแกลบและขี้เถ้าแกลบจะเพิ่มผลผลิตของข้าว ที่ปลูกในดินอัลติโซลส์ซึ่งเป็นดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสสูงมาก (Garrity *et al.*, 1990)

โพแทสเซียมซิลิเกตเป็นแหล่งของธาตุโพแทสเซียมและซิลิกอน ในรูปของเหลว ซึ่งเป็นเกลือที่มีธาตุโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) 12.39% W/W และซิลิกอนในรูปของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) 26.28% W/W ค่า pH ประมาณ 11 มีคุณสมบัติเป็นด่าง ซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว และพืชหลายชนิด ในต้นข้าวที่ได้รับธาตุโพแทสเซียมไม่เพียงจะพบอาการใบจุดสีน้ำตาลขึ้นบนใบข้าว โดยเฉพาะในระยะต้นกล้าและระยะข้าวออกรวงจะพบอาการที่รุนแรงมาก การเพิ่มโพแทสเซียมซิลิเกตให้กับต้นข้าวในปริมาณที่มากเพียงพอสามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวได้ (ศิริพร และคณะ, 2553)

อุปกรณ์วิธีการ

1. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* และเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* ในระดับห้องปฏิบัติการ

1.1 สารโพแทสเซียมซิลิเกต (K_2SiO_3)

สารโพแทสเซียมซิลิเกต (K_2SiO_3) ที่นำมาใช้ในการทดลองเป็นโพแทสเซียมซิลิเกตที่อยู่ในรูปของเหลว ซึ่งเป็นเกลือที่มีธาตุโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) 12.39% w/w และซิลิกอนในรูปของซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2) 26.28% w/w ค่า pH ประมาณ 11 มีคุณสมบัติเป็นด่าง ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ช.เคมีไทย จำกัด

1.2 เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma harzianum*)

เชื้อรา *T. harzianum* ที่ใช้ในการทดลองนี้ เป็นเชื้อราที่ได้รับจากห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน สายพันธุ์ CB-Pin-01 (สายพันธุ์การค้า) และสายพันธุ์ 01-52

1.3 เชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาล

เก็บตัวอย่างใบข้าวที่แสดงอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาล นำมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค Tissue Transplanting บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เมื่อได้เชื้อที่บริสุทธิ์แล้วจึงนำเชื้อที่ได้มาทำการพิสูจน์โรคตามหลักการ Koch's postulation แล้วเก็บเชื้อที่แยกจนบริสุทธิ์แล้วไว้ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส สำหรับใช้ในการทดลอง

1.4 อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญของเชื้อราไตรโคเดอร์มา

ทดสอบประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* ด้วยเทคนิค Poisoned Food (Grover Morre, 1962) โดยใช้อาหาร PDA ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ผสมโพแทสเซียมซิลิเกตชนิดเหลว (26.73% SiO_2) ให้ได้ความเข้มข้น 1,000, 1,500,

2,000, 2,500, 3000, และ 3,500 ppm และผสมอาหาร PDA ด้วยสารเคมีคาร์เบนดาซิม (carbendazim) (250 ppm) เป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบ ทำการทดสอบความเข้มข้นละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 plate หลังจากนั้นเทอาหารที่ผสมโพแทสเซียมซลิเกตลงในจานเลี้ยงเชื้อ และทดสอบชุดเปรียบเทียบ (ควบคุม, control) โดยไม่ใส่โพแทสเซียมซลิเกต หลังจากผิวน้ำอาหารแห้ง ใช้ cork borer ขนาด 0.8 เซนติเมตร เจาะเส้นใยบริเวณขอบของโคโลนีเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 อายุ 7 วัน นำชิ้นวุ้นวางลงบนผิวน้ำอาหารที่ผสมโพแทสเซียมซลิเกต นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง ตรวจสอบเมื่อเชื้อราในชุดเปรียบเทียบเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ

1.5 บันทึกผลการทดลอง

ตรวจสอบผลเมื่อเชื้อราในชุดเปรียบเทียบเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยวัดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \{(A-B)/A\} \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อชุดเปรียบเทียบ

B คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารที่ผสมด้วยโพแทสเซียมซลิเกต

2. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum*. ต่อการเจริญเติบโตของกล้าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในระดับห้องปฏิบัติการ

แช่เมล็ดข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ที่เตรียมโดยเลี้ยงเชื้อราให้เจริญบนเมล็ดข้าวที่หุงสุก ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว โดยปล่อยให้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 เจริญสร้างเส้นใยและปกคลุมผิวเมล็ดข้าวอย่างทั่วถึง เป็นเวลา 5-7 วัน ก่อนนำไปใช้ (จิระเดช และวรรณวิไล, 2545) แบบเดี่ยวและร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกต

1,000 และ 2,000 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่เชื้อราและสารโพแทสเซียมซิลิเกตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Martin's medium บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน เพื่อสังเกตการเจริญและครอบครองรากข้าวของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวที่เหลือย้ายลงในถาดเพาะกล้าที่ใช้เคลือบดำและดินร่วน อัตราส่วน 1: 3 เป็นวัสดุเพาะ วางในห้องที่อากาศถ่ายเท เมื่อข้าวเริ่มงอกพ้นดิน นำออกมาไว้ในเรือนอนุบาลต้นกล้า รดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้าเย็น บันทึกผลการทดลองเมื่อกล้าข้าวมีอายุ 3 วัน 7 วัน 15 วัน และ 30 วัน

2.1 การเจริญครอบครองรากข้าวของเชื้อรา *Trichoderma harzianum*

นำรากข้าวที่อายุ 15 และ 30 วัน ล้างผ่านน้ำไหลให้สะอาด ก่อนล้างด้วยน้ำที่นิ่งฆ่าเชื้อ และซับด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วนำรากข้าวมาวางบนอาหารจำเพาะ Martin's medium บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ตรวจสอบบันทึกผลการเจริญครอบครองรากข้าวของเชื้อรา *T. harzianum*

3. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่างและผลผลิตของข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชแบบเปิด

ครั้งที่ 1 ทดสอบอิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล และผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชแบบเปิด

กำหนดแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCB) ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลอง 12 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 กระถาง กระถางละ 5 ต้น และถอนแยกมาวัดการเจริญเติบโต 2 ช่วง คือ 30 วัน และ 45 วัน เหลือต้นข้าวกระถางละ 3 ต้น ประกอบด้วย

- กรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต 1,500 ppm
- กรรมวิธีที่ 2 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต 2,000 ppm
- กรรมวิธีที่ 3 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต 2,500 ppm
- กรรมวิธีที่ 4 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต 3,000 ppm

กรรมวิธีที่ 5 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซลิเกต 3,500 ppm

กรรมวิธีที่ 6 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01

กรรมวิธีที่ 7 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01

ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกต 750 ppm

กรรมวิธีที่ 8 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01

ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกต 1,000 ppm

กรรมวิธีที่ 9 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ 01-52

กรรมวิธีที่ 10 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ 01-52

ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกต 750 ppm

กรรมวิธีที่ 11 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ 01-52

ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกต 1,000 ppm

กรรมวิธีที่ 12 กรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า)

ใช้เมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยคัดเลือกที่เมล็ดมีสภาพสมบูรณ์นำมาซังน้ำหนักเพื่อใช้สำหรับเพาะกล้าแต่ละกรรมวิธี โดยใช้เมล็ดข้าวกรรมวิธีละ 10 กรัม นำเมล็ดข้าวมาห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วแช่ในสารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 1,500, 2,000, 3,000 และ 3,500 ppm และแช่เมล็ดข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อราไตรโคเดอร์มา สายพันธุ์ CB-Pin-01 หรือ 01-52 ร่วมกับโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำห่อผ้าไปมในอีก 24 ชั่วโมง ก่อนนำเมล็ดมาเพาะในถาดพลาสติกที่ใช้เคลือบดำเป็นวัสดุปลูกและปิดฝากล่องเพื่อเก็บรักษาความชื้นเมื่อครบ 3 วัน เปิดนำเมล็ดข้าวที่งอกแล้วมาตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอก หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอกแล้ว เพาะในถาดเพาะกล้ารดน้ำวันละ 2 ครั้ง เข้า-เย็น เมื่อกล้าข้าวมีอายุ 15 วัน ย้ายลงปลูกในกระถางพลาสติกที่เตรียมดินให้มีความเหมาะสมกับดินนา โดยใช้กระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 นิ้ว ปลูกข้าวลงในกระถาง กระถางละ 5 ต้น พ่นสารที่ใช้ในการทดสอบกับข้าวเมื่อต้นข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวคือระยะเริ่มแตกกอ ระยะแตกกอสูงสุด ระยะข้าวเริ่มตั้งท้อง ระยะข้าวออกรวง 5 เปอร์เซ็นต์ และระยะน้ำนม ในช่วงที่ข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน โดยสารที่ใช้ทดสอบมีดังนี้คือ โพแทสเซียมซลิเกตความเข้มข้น 1,500 ppm, 2,000 ppm, 2,500 ppm, 3,000 ppm, 3,500 ppm และโพแทสเซียมซลิเกตความเข้มข้น 750 ppm และ 1,000 ppm ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 และใช้น้ำเปล่าสำหรับกรรมวิธีควบคุม พ่นต้นข้าวโดยใช้สารปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อข้าว 1 กระถาง พ่นบริเวณใบและพ่นลงดินบริเวณโคนต้น การดูแลต้นข้าวมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืชและใช้

ปุ๋ยเคมีตามอัตราคำแนะนำของทางราชการโดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ใส่ต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ และ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ใส่ต้นข้าวในระยะข้าวตั้งท้อง อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (ม.ป.ป.)

ครั้งที่ 2 ทดสอบอิทธิพลของสารโพแทสเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆเมื่อใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชแบบปิด

โดยคัดเลือกเมล็ดข้าวที่สมบูรณ์แช่เมล็ดข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าว 5 ครั้ง โดยกำหนดแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCB) ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลอง 10 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 กระถาง กระถางละ 5 ต้น และถอนแยกมาวัดการเจริญเติบโต 2 ช่วง คือ 30 วัน และ 45 วัน แล้วถอนต้นข้าวให้เหลือกระถางละ 1 ต้น ประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซัลเฟต 1,000 ppm

กรรมวิธีที่ 2 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซัลเฟต 1,500 ppm

กรรมวิธีที่ 3 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซัลเฟต 2,000 ppm

กรรมวิธีที่ 4 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซัลเฟต 2,500 ppm

กรรมวิธีที่ 5 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซัลเฟต 3,000 ppm

กรรมวิธีที่ 6 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01

กรรมวิธีที่ 7 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01

ผสมสารโพแทสเซียมซัลเฟต 1,000 ppm

กรรมวิธีที่ 8 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาสายพันธุ์ CB-Pin-01

ผสมสารโพแทสเซียมซัลเฟต 2,000 ppm

กรรมวิธีที่ 9 แช่เมล็ดข้าวและพ่นต้นข้าวด้วยสารเคมีกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิม 250 ppm

ใช้เมล็ดข้าวโดยคัดเลือกที่เมล็ดมีสภาพสมบูรณ์นำมาชั่งน้ำหนักเพื่อใช้สำหรับเพาะกล้าแต่ละกรรมวิธี โดยใช้เมล็ดข้าวกรรมวิธีละ 10 กรัม นำเมล็ดข้าวมาห่อด้วยผ้าขาวบางแล้วแช่ในสารโพแทสเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่างๆคือ 1,500, 2,000, 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm หรือแช่เมล็ดข้าวในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 แบบเดี่ยวๆหรือใช้ร่วมกับโพแทสเซียมซัลเฟต 1,000 และ 2,000 ppm และสารเคมีคาร์เบนดาซิมความเข้มข้น 250 ppm เป็น

เวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำผ้าที่ปล่อยไว้ให้สะเด็ดน้ำแล้วบ่มต่ออีก 24 ชั่วโมง ก่อนนำเมล็ดมาเพาะใน ถาดพลาสติกที่ใช้เคลือบดำเป็นวัสดุปลูกและปิดฝากล่องเพื่อเก็บรักษาความชื้น เมื่อครบ 3 วัน นำ เมล็ดข้าวที่งอกแล้วมาตรวจนับเปอร์เซ็นต์การงอก หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ตรวจนับเปอร์เซ็นต์ การงอกแล้ว เพาะในถาดเพาะกล้า รดน้ำวันละ 2 ครั้ง เช้า- เย็น เมื่อกกล้าข้าวมีอายุ 15 วัน ย้ายลงปลูก ในกระถางพลาสติกที่เตรียมดินให้มีสภาพใกล้เคียงกับดินนา โดยใช้กระถางพลาสติกสีดำขนาดเส้น ผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้วปลูกข้าวลงในกระถาง กระถางละ 5 ต้น พันธุ์ที่ใช้ในการทดลองกับข้าวใน แต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวคือระยะเริ่มแตกกอ ระยะแตกกอสูงสุด ระยะข้าวเริ่มตั้งท้อง ระยะข้าวออกรวง 5 เปอร์เซ็นต์และระยะน้ำนม ในช่วงที่ข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน โดยสารที่ใช้ทดสอบมีดังนี้คือ สาร โพแทสเซียมซัลเฟต 1,000 ppm, 1,500 ppm, 2,000 ppm, 2,500 ppm, 3,000 ppm และ โพแทสเซียมซัลเฟต 1,000 ppm และ 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา สายพันธุ์ CB-Pin-01 สารเคมีคาร์เบนดาซิมและใช้น้ำเปล่าสำหรับกรรมวิธีควบคุม พันธุ์ข้าวโดยใช้สารปริมาณ 20 มิลลิกรัมต่อข้าว 1 กระถาง พันธุ์บริเวณโคนต้น ดูแลต้นข้าวโดยกระใช้สารเคมี กำจัดแมลงศัตรูพืชและใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราคำแนะนำของทางราชการ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 ใส่ต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ และ ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ใส่ต้นข้าวในระยะข้าวตั้งท้อง อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่(ม.ป.ป.)

ในส่วนของการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่าง เป็นเชื้อราสาเหตุของโรคที่ ปนเปื้อนมากับเมล็ดพันธุ์ ในการทดลองนี้จึงปล่อยให้เกิดโรคตามธรรมชาติ การเกิดโรคตาม ธรรมชาตินั้นสาเหตุเกิดจาก พืชอาศัยมีความอ่อนแอ เชื้อสาเหตุโรคมีความรุนแรง มีสภาพแวดล้อมที่ เหมาะสมต่อการเกิดโรค ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมล็ดพันธุ์ของข้าวที่นำมาปลูกนั้นมีอาการเมล็ดด่าง ปนเปื้อนมา และในฤดูที่ทำการปลูกข้าวนั้น พื้นที่บริเวณใกล้เคียงพบมีการแพร่ระบาดของเชื้อรา สาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่างของข้าว เพราะพื้นที่นั้นปลูกข้าวติดต่อกันเป็นเวลานาน ทำให้เชื้อราสาเหตุของโรคทั้ง 2 สายพันธุ์ อยู่ในธรรมชาติและมีพืชอาศัยที่หลากหลายทั้งในวัชพืช และเศษซากพืชในบริเวณ เมื่อถึงฤดูกาลปลูกข้าว สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของ เชื้อ จึงทำให้ข้าวเกิดอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่างขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยไม่ ต้องทำการปลูกเชื้อให้กับต้นข้าว

3. การบันทึกผลการทดลอง

3.1.1 ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว โดยนำมาเมล็ดข้าวมานับเปอร์เซ็นต์ความงอกในวันที่ 2 หลังจากที่แช่เมล็ดข้าวในกรรมวิธีต่างๆเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3.1.2 ตรวจสอบการเจริญรอบครองเมล็ดข้าวและรากข้าวของเชื้อรา *T. harzianum* โดยตรวจนับจำนวนเมล็ดหรือรากข้าวที่มีเชื้อรา *T. harzianum* เจริญออกมาจากเมล็ดหรือรากข้าว

3.1.3 ตรวจสอบวัดการเจริญเติบโตของต้นข้าว หลังจากพ่นสารที่ทดสอบครบเวลา 7 ในช่วงระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง นำต้นข้าวมาตรวจวัดการเจริญเติบโต โดยวัดความสูงต้น ความยาวราก ของต้นข้าวที่ถอนแยกออกมาจากในกระถาง ตรวจสอบจำนวนต้นข้าวในระยะแตกกอสูงสุด และนับจำนวนรวงต่อกอเมื่อข้าวอยู่ในระยะออกรวง

3.1.4 ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาล โดยทำการประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวตามเกณฑ์การประเมินโรคของกรมข้าว โดยสุ่มเลือกใบข้าวที่ 3 และใบที่ 4 จำนวน 3 ระยะคือ ระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะเก็บเกี่ยว ในแต่ละกรรมวิธีเพื่อนำมาตรวจเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล ในแต่ละกรรมวิธีเพื่อนำมาตรวจเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล ส่วนการประเมินในระยะเก็บเกี่ยวจะเป็นการประเมินโรคบนใบธงของต้นข้าวที่สุ่มได้มาจากการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ (กรมการข้าว, ม.ป.ป.)

3.1.5 ประเมินการเกิดโรคเมล็ดด่างบนรวงข้าวทั้งรวง ตามเกณฑ์การประเมินโรคเมล็ดด่างของข้าวจากรวงข้าวทั้งรวงของกรมการข้าว โดยการประเมินกรรมวิธีละ 20 รวง (กรมการข้าว, ม.ป.ป.)

3.1.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว ซึ่งนำหนักเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวทั้งหมด โดยแยกเป็นน้ำหนักผลผลิตต่อกอ และผลผลิตต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่าง

4. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดคั่ว และผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 แปลงนาปลูกข้าว

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าพันธุ์ไวแสง ปลูกโดยวิธีการหว่านแบบหว่านแห้ง และใช้น้ำฝนในการชลประทาน ปลูกทดสอบในแปลงนาจำนวน 4 แปลง มีพื้นที่ปลูกแปลงละ 10 ไร่

กรรมวิธีที่ใช้ในการทดลอง มี 4 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นต้นข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* (อัตราส่วนเชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซัลเฟตความเข้มข้น 2,000 ppm

กรรมวิธีที่ 3 พ่นต้นข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* (อัตราเชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร) ผสมสารโพแทสเซียมซัลเฟตความเข้มข้น 2,000 ppm

กรรมวิธีที่ 4 พ่นต้นข้าวด้วยสารเคมีกำจัดเชื้อราคาร์เบนดาซิมความเข้มข้น 250 ppm

โดยพ่นต้นข้าว 3 ครั้ง ในระยะที่ข้าวแตกกอ (60 วัน) ข้าวตั้งท้อง (100 วัน) และข้าวเริ่มออกรวง (130 วัน) และใส่ปุ๋ยตามอัตราคำแนะนำของราชการจำนวน 2 ครั้ง คือ

ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ผสมเชื้อรา *T. harzianum* ชนิดเชื้อสด 10 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านลงในแปลงนาในระยะข้าวแตกกอสูงสุด เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 75 วัน

ครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ผสมเชื้อรา *T. harzianum* ชนิดเชื้อสด 10 กิโลกรัมต่อไร่ หว่านลงในแปลงนาในระยะข้าวตั้งท้อง เมื่อข้าวมีอายุประมาณ 100 วัน

4.1 การเก็บตัวอย่างข้าวในแปลงนาทดลอง

4.1.1 วิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างต้นข้าว

สุมเก็บตัวอย่างต้นข้าวในแปลงนาทั้งหมด 3 ระยะ คือ ระยะข้าวแตกกอ, ระยะข้าวออกรวง 5 เปอร์เซ็นต์ และระยะเก็บเกี่ยว โดยสุมเก็บกรรมวิธีละ 4 จุด มีระยะห่างจากหัวแปลงทั้งด้านซ้ายและด้านขวาคดละ 3 เมตร เก็บตัวอย่าง 3-5 กอ ต่อจุดด้วยความระมัดระวังเพื่อไม่ให้รบกวนหรือขาดให้น้อยที่สุด

การเกี่ยวข้าวในแปลงนา

เมื่อข้าวถึงอายุการเก็บเกี่ยวตามระยะของพันธุ์ข้าวแต่ละสายพันธุ์ จึงทำการสุมเกี่ยวรวงข้าวด้วยตารางสุมขนาด 1×1 ตารางเมตร จากแปลงนาเกษตรกรรมวิธีละ 4 จุด จุดละ 1 ตารางเมตร โดยระยะจุดห่างจากหัวแปลงทั้งด้านซ้ายและด้านขวาคดละ 3 เมตร นำรวงข้าวที่เก็บเกี่ยวได้มาตากให้แห้งในที่ร่ม จนความชื้นของเมล็ดข้าวลดลงเหลือประมาณ 14-15 เปอร์เซ็นต์ แล้วปัดเมล็ดออกจากรวง

4.2 การบันทึกผลการทดลอง

4.2.1 การวัดการเจริญเติบโตของข้าว

นำต้นข้าวที่สุมเก็บมาในระยะต่างๆคือ ระยะแตกกอ, ระยะเริ่มออกรวง และระยะการเก็บเกี่ยว นำรากมาล้างให้สะอาด และนำมาวัดความยาวรากและความสูงของต้นข้าว (จากโคนกอถึงปลายสุดใบ) โดยสุมต้นข้าวที่ล้างมาจุดละ 3 กอ บันทึกจำนวนต้นต่อกอ

4.3 การประเมินโรคของข้าว

4.3.1 การประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาล

โรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวตามเกณฑ์การประเมินโรคของกรมข้าว โดยสุมเลือกใบข้าวที่ 3 และใบที่ 4 จำนวน 3 ระยะคือ ระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะเก็บเกี่ยว ในแต่ละกรรมวิธีเพื่อนำมาตรวจเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล ส่วนการประเมินในระยะเก็บเกี่ยวจะเป็นการประเมินโรคบนใบธงของต้นข้าวที่สุมได้มาจากการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ

4.3.2 การประเมินโรคเมล็ดต่าง

ทั้งรวมประเมินโรคเมล็ดต่างจากรวงข้าวทั้งรวมตามเกณฑ์ของกรมการข้าว โดยประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 รวง นำรวงข้าวที่ได้จากการสุ่มเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร และตากให้แห้ง มานับจำนวนจากนั้นปลิดเมล็ดข้าวออกจากรวง บันทึกเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดต่าง

4.3.3 การเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าว

ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวหลังการเก็บเกี่ยวทั้งหมด บันทึกน้ำหนักผลผลิตต่อตารางเมตร คำนวณเป็นค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนักผลผลิตต่อรวง น้ำหนักผลผลิตต่อกอ

4.3.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยจากการทดลองโดยทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม SAS (Statistical Analysis System)

4.3.5 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบและในเมล็ดของข้าว

สุ่มเก็บตัวอย่างใบข้าวในแปลงนาในระยะข้าวตั้งท้องเมื่อข้าวอายุ 100 วัน ตัวอย่างละ 100 กรัม เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่สะสมในใบข้าว ส่งตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ภาควิชาปฐพีวิทยา

สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดข้าวในระยะเก็บเกี่ยว ตัวอย่างละ 100 กรัม เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารหลัก แมงกานีส สังกะสี และซิลิกอนที่สะสมในเมล็ดข้าว ส่งตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารที่ภาควิชาปฐพีวิทยา

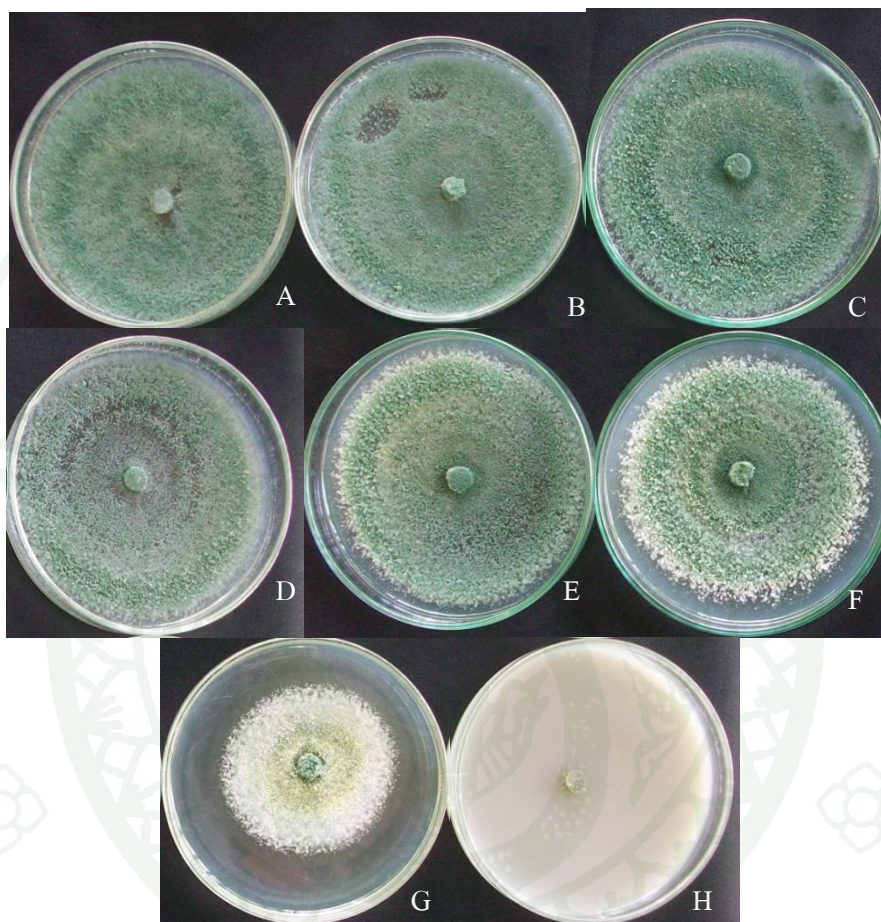
ผลและวิจารณ์

ผล

1. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญของเชื้อรา *Trichoderma harzianum*. และ เชื้อรา *Helminthosporium oryzae* ในระดับห้องปฏิบัติการ

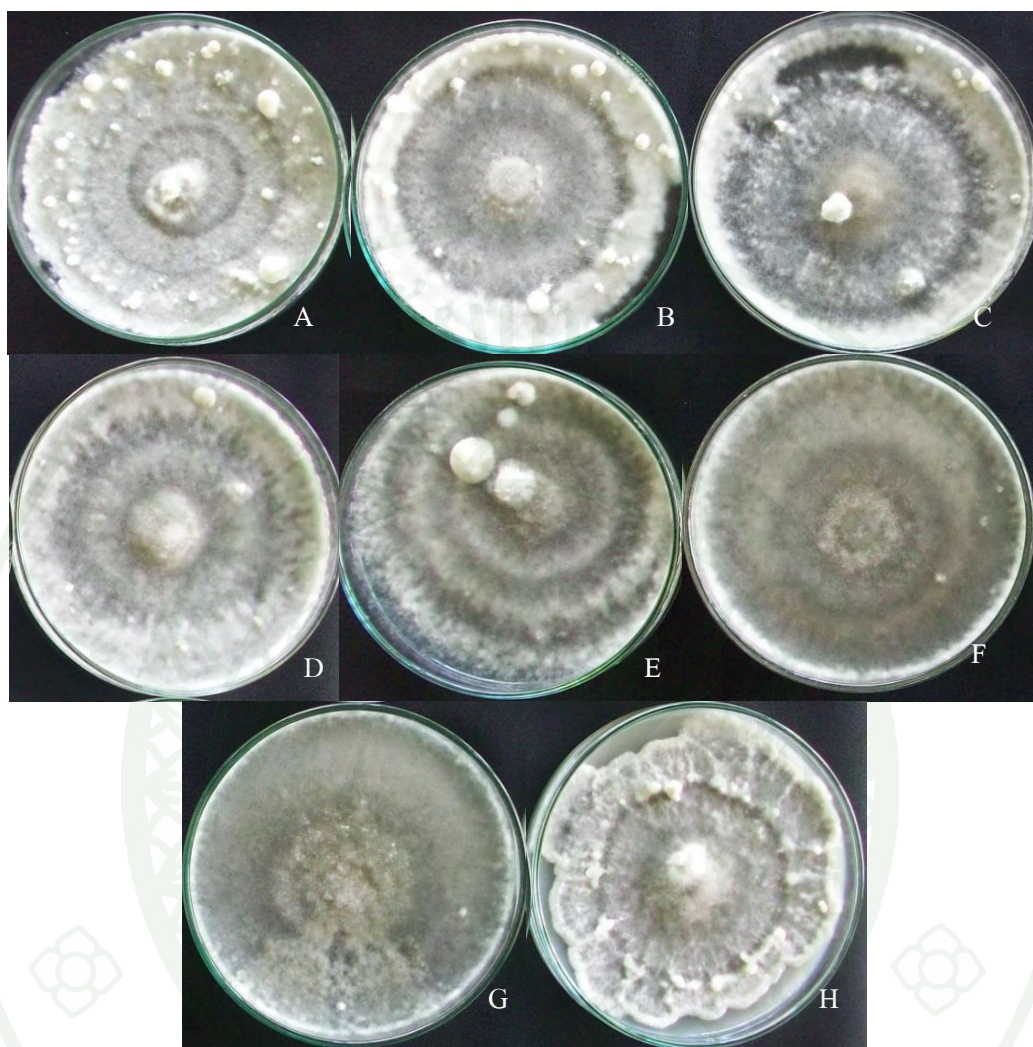
การทดสอบความเป็นพิษของสารโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และเชื้อรา *H. oryzae* บนอาหาร PDA ที่ผสมสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นต่างๆที่อุณหภูมิห้อง พบว่าสารเคมีคาร์เบนดาซิม และสารโพแทสเซียมซิลิเกต 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 3,500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-10 คือ 3.5, 5.5, 27.7, 53.3, 72.2 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขณะที่สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,500, 2,000, 2,500, 3,000, 3,500 และสารเคมีคาร์เบนดาซิม สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* ได้ 5.7, 15.3, 33.4, 55.7, 75.5 และ 72.5 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ขณะที่สารโพแทสเซียมซิลิเกต 1,000 ppm ไม่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และเชื้อรา *H. oryzae* เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 1 และภาพที่ 1, 2) จากภาพจะพบการเจริญของเส้นใยเชื้อราคือ ลักษณะของเส้นใย สีของเส้นใย และสีของสปอร์ที่เชื้อราสร้างขึ้นมีลักษณะที่แตกต่างกันทั้งนี้เนื่องมาจากสารออกฤทธิ์ออกฤทธิ์แต่ละความเข้มข้นส่งผลต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ทำให้ลักษณะที่ปรากฏออกมามีความแตกต่างจากเส้นใยเชื้อราปกติที่ไม่มีใส่สารโพแทสเซียมซิลิเกต ซึ่งการทดสอบนี้เป็นการทดสอบเบื้องต้นเพื่อทดสอบความเป็นพิษของสารต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* และเชื้อรา *H. oryzae* เพื่อหาความเข้มข้นที่เหมาะสม เพื่อนำมาสารโพแทสเซียมซิลิเกตมาใช้ในการควบคุมโรค และนำมาใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ดังนั้นจึงเลือกสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 750, 1,000 และ 2,000 ppm มาใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และใช้เปรียบเทียบกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ 01-52 ในการทดลองในสภาพเรือนปลูกพืชทดลองและการทดลองในขั้นตอนต่อไป และเลือกใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกต 1,000, 2,000, 2,000, 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm มาใช้สำหรับ

ทดสอบการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคเมล็ดด่างของข้าวในสภาพเรือนปลูกพืชทดลองและ
แปลงนาปลูกข้าวต่อไป



ภาพที่ 1 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 บน
อาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารโพแทสเซียมซิลิเกตความเข้มข้นต่างๆ เมื่อ
ครบ 7 วัน หลังการเลี้ยงเชื้อ

- | | |
|---|---|
| A: <i>T. harzianum</i> (กรรมวิธีควบคุม) | E: <i>T. harzianum</i> + K_2SiO_3 2,500 ppm |
| B: <i>T. harzianum</i> + K_2SiO_3 1,000 ppm | F: <i>T. harzianum</i> + K_2SiO_3 3,000 ppm |
| C: <i>T. harzianum</i> + K_2SiO_3 1,500 ppm | G: <i>T. harzianum</i> + K_2SiO_3 3,500 ppm |
| D: <i>T. harzianum</i> + K_2SiO_3 2,000 ppm | H: <i>T. harzianum</i> + คาร์เบนดาซิม (250 ppm) |



ภาพที่ 2 การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารโพแทสเซียมซิลิเกตความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบ 7 วัน หลังการเลี้ยงเชื้อ

A: *H. oryzae* (กรรมวิธีควบคุม)

E: *H. oryzae* + K_2SiO_3 2,500 ppm

B: *H. oryzae* + K_2SiO_3 1,000 ppm

F: *H. oryzae* + K_2SiO_3 3,000 ppm

C: *H. oryzae* + K_2SiO_3 1,500 ppm

G: *H. oryzae* + K_2SiO_3 3,500 ppm

D: *H. oryzae* + K_2SiO_3 2,000 ppm

H: คาร์เบนดาซิม (250 ppm)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ เส้นใยเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* บนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อครบ 7 วัน หลังการเลี้ยงเชื้อ

กรรมวิธี	การยับยั้งการเจริญของเส้นใย (%) ^{1/}	
	<i>T. harzianum</i>	<i>H. oryzae</i>
K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	0	0
K ₂ SiO ₃ 1,500 ppm	3.5	5.7
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	5.5	15.3
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	27.7	33.4
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	53.3	55.7
K ₂ SiO ₃ 3,500 ppm	72.2	75.5
สารเคมีคาร์เบนดาซิม (250 ppm)	100	72.5

^{1/} เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* ที่คำนวณจากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \{(A-B)/A\} \times 100$$

เมื่อ A คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อชุด

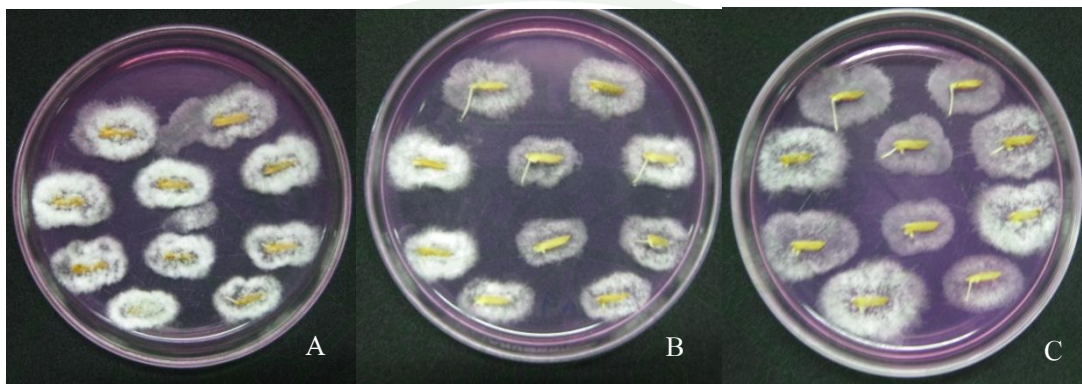
เปรียบเทียบ

B คือ ค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อราที่เจริญบนอาหารที่ผสมด้วยโพแทสเซียมซิลิเกต

2. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum*. ต่อการเจริญเติบโตของกล้าข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในระดับห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธีที่แช่เมล็ดข้าวด้วยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 แบบเดี่ยว และใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกต 1,000 และ 2,000 ppm เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 มีความสามารถในการเจริญครอบคลุมผิวของเมล็ดข้าวได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดข้าวที่ตรวจพบเชื้อรา *T. harzianum* เจริญออกมาจากผิวเมล็ดข้าว สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ

ที่ 3) และมีความสามารถในการเจริญครอบครองพื้นที่บนผิวของรากข้าวอายุ 15 และ 30 วันหลังปลูกได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การเจริญครอบครองผิวของรากข้าว สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4 และ 5)

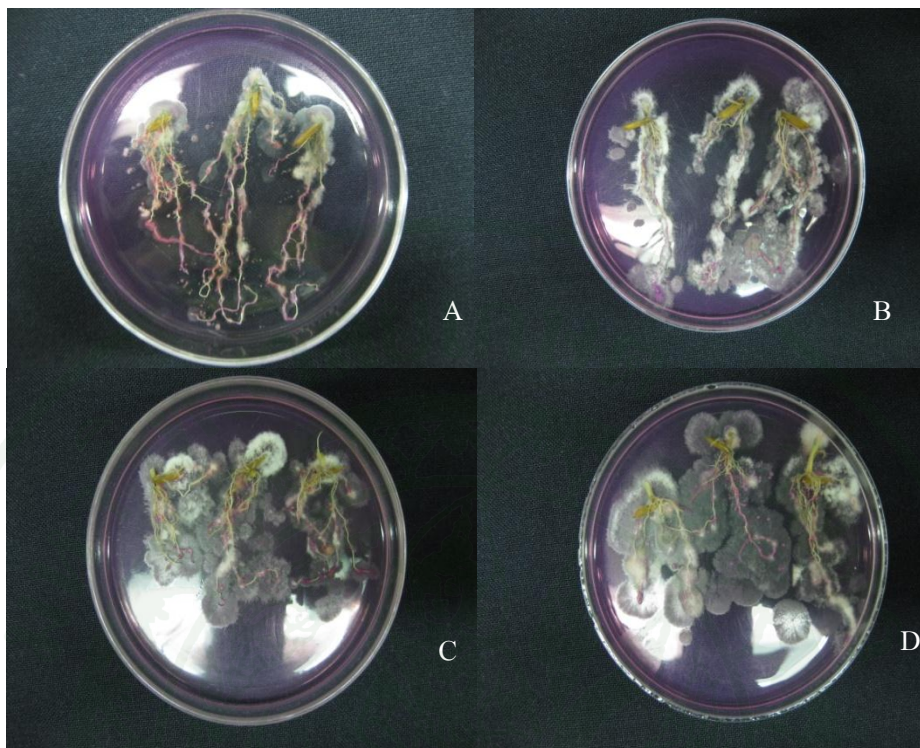


ภาพที่ 3 การเจริญครอบครองผิวเมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 บนอาหาร Martin's medium หลังจากแช่เมล็ดข้าวเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต

A: *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

B: *T. harzianum* + K_2SiO_3 1,000 ppm

C: *T. harzianum* + K_2SiO_3 2,000 ppm



ภาพที่ 4 การเจริญครอบครองรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อายุ 15 วัน ของเชื้อรา *Trichoderma*

harzianum สายพันธุ์ CB-Pin-01 บนอาหาร Martin' s medium จากการปลูกเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

A : กรรมวิธีควบคุม (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

B : *T. harzianum*

C : *T. harzianum* + K_2SiO_3 1,000 ppm

D : *T. harzianum* + K_2SiO_3 2,000 ppm



ภาพที่ 5 การเจริญครอบครองรากข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 อายุ 30 วัน ของเชื้อรา *Trichoderma*

harzianum สายพันธุ์ CB-Pin-01 บนอาหาร Martin's medium จากการปลูกเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ในสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* ผสมด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

A : กรรมวิธีควบคุม

B : *T. harzianum* (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

C : *T. harzianum* + K_2SiO_3 1,000 ppm

D : *T. harzianum* + K_2SiO_3 2,000 ppm

3. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่างและผลผลิตของข้าวพันธุ์ ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชแบบเปิด

ผลการทดลองครั้งที่ 1 ทดสอบอิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชแบบเปิด

การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 3,000 และ 3,500 ppm พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยเพิ่มความสูงของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในทุกระยะการเจริญเติบโต ต้นข้าวในระยะข้าวออกรวงมีความสูงเพิ่มขึ้น 5.76 และ 6.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังพบว่าการวิธีที่มีการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ร่วมกับการใช้โพแทสเซียมซิลิเกต (K_2SiO_3) ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm ช่วยเพิ่มความสูงของต้นข้าวในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง และระยะออกรวง 13.67, 8.33 และ 6.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้มีการใช้เชื้อหรือสาร โพแทสเซียมซิลิเกต เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้ใช้เชื้อหรือสารโพแทสเซียมซิลิเกต (ตารางที่ 2) เมื่อทำการประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่เกิดขึ้นในระยะการเก็บเกี่ยวของข้าว พบว่ากรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และสายพันธุ์ 01-52 ร่วมกับการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm และการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียหรือใช้ที่ความเข้มข้น 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm ช่วยให้การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลลดลง 18.59-24.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยทุกกรรมวิธีมีระดับการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้พบว่าการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 2 สายพันธุ์ ช่วยให้การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวลดลงได้ไม่แตกต่างจากการใช้เชื้อรา *T. harzianum* เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน หลังปลูก

กรรมวิธี	ความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร)		
	ระยะแตกกอ (30 วัน)	ระยะตั้งท้อง (60 วัน)	ระยะออกรวง (100 วัน)
K ₂ SiO ₃ 1,500 ppm	40.83 c-e ^{1/}	59.81 bc	117.93 a
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	37.76 e	59.40 c	118.13 a
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	39.86 c-e	59.29 c	118.40 a
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	39.13 de	59.57 bc	118.46 a
	(+3.32) ^{2/}	(+0.88)	(+5.76)
K ₂ SiO ₃ 3,500 ppm	42.13 b-d	63.14 ab	119.66 a
	(+4.20)	(+6.92)	(+6.83)
CB-Pin-01 ^{3/}	44.16 ab	62.71 a-c	118.73 a
CB-Pin-01 ^{3/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	44.26 ab	60.83 a-c	118.86 a
CB-Pin-01 ^{3/} + K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	45.96 a	63.97 a	119.16 a
	(+13.67)	(+8.33)	(+6.39)
01-52 ^{4/}	45.3 ab	61.74 a-c	118.90 a
01-52 ^{4/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	42.5 bc	60.16 bc	118.96 a
01-52 ^{4/} + K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	46.03 a	61.83 a-c	119.33 a
กรรมวิธีควบคุม (Control)	40.43 c-e	59.05 c	112.00 b
CV. (%)	4.15	3.09	1.02

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{2/} เปอร์เซ็นต์ความสูงของต้นข้าวที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{4/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ 01-52 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ตารางที่ 3 อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB - Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในระยะเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวมีอายุ 110 วัน

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%)	
	ระยะเก็บเกี่ยว	การเกิดโรคลดลง (%)
K ₂ SiO ₃ 1,500 ppm	2.32 b ^{1/}	13.75
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	2.23 bc	17.10
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	2.19 bcd	18.59
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	2.16 cd	19.70
K ₂ SiO ₃ 3,500 ppm	2.10 cd	21.93
CB-Pin-01 ^{2/}	2.07 cd	23.05
CB-Pin-01 ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	2.07 cd	23.05
CB-Pin-01 ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	2.04 d	24.16
01-52 ^{3/}	2.07 cd	23.05
01-52 ^{3/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	2.06 d	23.42
01-52 ^{3/} + K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	2.04 d	24.16
กรรมวิธีควบคุม (Control)	2.69 a	-
CV. (%)	3.86	

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{2/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ 01-52 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ในส่วนของผลผลิตข้าวพบว่า กรรมวิธีที่ใช้โพแทสเซียมซัลเฟตอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm ช่วยเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อรวงของข้าว 48.51, 56.55 และ 61.41 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อรวงของข้าว 48.47, 56.59 และ 61.46 เปอร์เซ็นต์ และการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ทั้งสองสายพันธุ์แบบเดี่ยวๆ หรือการใช้สารโพแทสเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* ช่วยให้ได้น้ำหนักเมล็ดต่อรวงของข้าวเพิ่มขึ้น 36.41, 45.67 และ 50.74 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อรวง 36.30, 45.63 และ 50.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมนอกจากนี้พบว่า การใช้โพแทสเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นต่ำ (750 และ 1,000 ppm) ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ช่วยให้ได้ค่าน้ำหนักเมล็ดต่อกอและน้ำหนักเมล็ดต่อรวงเพิ่มสูงขึ้นเทียบเท่ากับการใช้โพแทสเซียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นสูง 2,500-3,500 ppm (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อน้ำหนักผลผลิตต่อกอและผลผลิตต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (110 วัน)

กรรมวิธี	น้ำหนักผลผลิต	
	น้ำหนักเมล็ดต่อกอ (กรัม)	น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (กรัม)
K ₂ SiO ₃ 1,500 ppm	15.85 ef ^{1/}	5.28 ef
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	18.36 de	6.11 de
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	21.98 a	7.32 ab
	(+48.51) ^{2/}	(+48.47) ^{3/}
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	23.17 a	7.72 a
	(+56.55)	(+56.59)
K ₂ SiO ₃ 3,500 ppm	23.89 a	7.96 a
	(+61.41)	(+61.46)
CB-Pin-01 ^{4/}	20.19 b-d	6.72 b-d
	(+36.41)	(+36.30)
CB-Pin-01 ^{4/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	21.56 a-c	7.18 a-c
	(+45.67)	(+45.63)
CB-Pin-01 ^{4/} + 1,000 ppm	22.31 ab	7.43 ab
	(+50.74)	(+50.70)
01-52 ^{5/}	19.09 cd	6.35 cd
01-52 ^{5/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	19.61 b-d	6.53 b-d
01-52 ^{5/} + K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	19.73 b-d	6.57 b-d
กรรมวิธีควบคุม (Control)	14.80 f	4.93 f
CV. (%)	7.50	7.53

- ¹ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$)
- ² เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดต่อกอที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม
- ³ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดต่อรวงที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม
- ⁴ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01(เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)
- ⁵ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ 01-52(เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ในส่วนของการเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวงของข้าวพบว่า กรรมวิธีที่เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 ppm สามารถลดการเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวงของข้าวในระยะเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวมีอายุ 110 วัน ได้ 24.64 และ 24.57 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้นสูงแบบเดี่ยวๆ 1,000, 2,000, 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm การเกิดโรคเมล็ดต่างลดลง 16.87 ถึง 23.04 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวงของข้าวในระยะการเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวมีอายุ 110 วันในทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 ต่อการเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 (110 วัน)

กรรมวิธี	โรคเมล็ดต่างบนรวง	
	การเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวง (%)	การเกิดโรคลดลง (%)
K ₂ SiO ₃ 1,500 ppm	25.47 b ^{1/}	16.87
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	24.29 c	20.72
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	24.09 cd	21.37
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	23.76 cd	22.45
K ₂ SiO ₃ 3,500 ppm	23.58 de	23.04
CB-Pin-01 ^{2/}	23.66 de	22.78
CB-Pin-01 ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	23.11 e	24.57
CB-Pin-01 ^{2/} + 1,000 ppm	23.09 e	24.64
01-52 ^{3/}	23.60 de	22.97
01-52 ^{3/} + K ₂ SiO ₃ 750 ppm	23.12 e	24.57
01-52 ^{3/} + K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	23.12 e	24.57
กรรมวิธีควบคุม (Control)	30.64 a	-
CV.(%)	1.29	

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{2/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ 01-52 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ผลการทดลองครั้งที่ 2 ทดสอบอิทธิพลของสารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในสภาพเรือนปลูกพืชแบบเปิด

กรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ร่วมกับการใช้โพแทสเซียมซลิเกต 1,000 และ 2,000 ppm และการใช้โพแทสเซียมซลิเกต 1000, 1,500 2,000 , 2,500 และ 3,000 ppm เดี่ยวๆ แซ่เมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนนำปลูกและพ่นบนต้นข้าวในทุกๆ ระยะการเจริญเติบโตรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน ควบคู่ไปกับการกำจัดแมลงศัตรูพืชและการใส่ปุ๋ยตามอัตราคำแนะนำของกรมการข้าว พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าว โดยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ความสูงของต้น ความยาวราก จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ และน้ำหนักผลผลิตต่อรวงของข้าวได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการควบคุม และพบการเจริญครอบครองเมล็ดข้าวของเชื้อรา *T. harzianum* ในกรรมวิธีที่มีการแช่เมล็ดข้าวด้วยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (ไม่ได้แสดงข้อมูล) จากการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 3,000 ppm สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยมีค่าความสูงของต้นข้าวในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้องและระยะออกรวงเพิ่มขึ้น 7.13, 8.62 และ 5.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm แบบเดียวสามารถเพิ่มความสูงของข้าวในระยะแตกกอ และระยะตั้งท้องได้ โดยเพิ่มความสูงของต้นข้าว 18.16, 9.13 และ 5.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่มีการใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิมแทนการใช้เชื้อหรือสารโพแทสเซียมซลิเกต (ตารางที่ 6, ภาพที่ 6 และ 7)

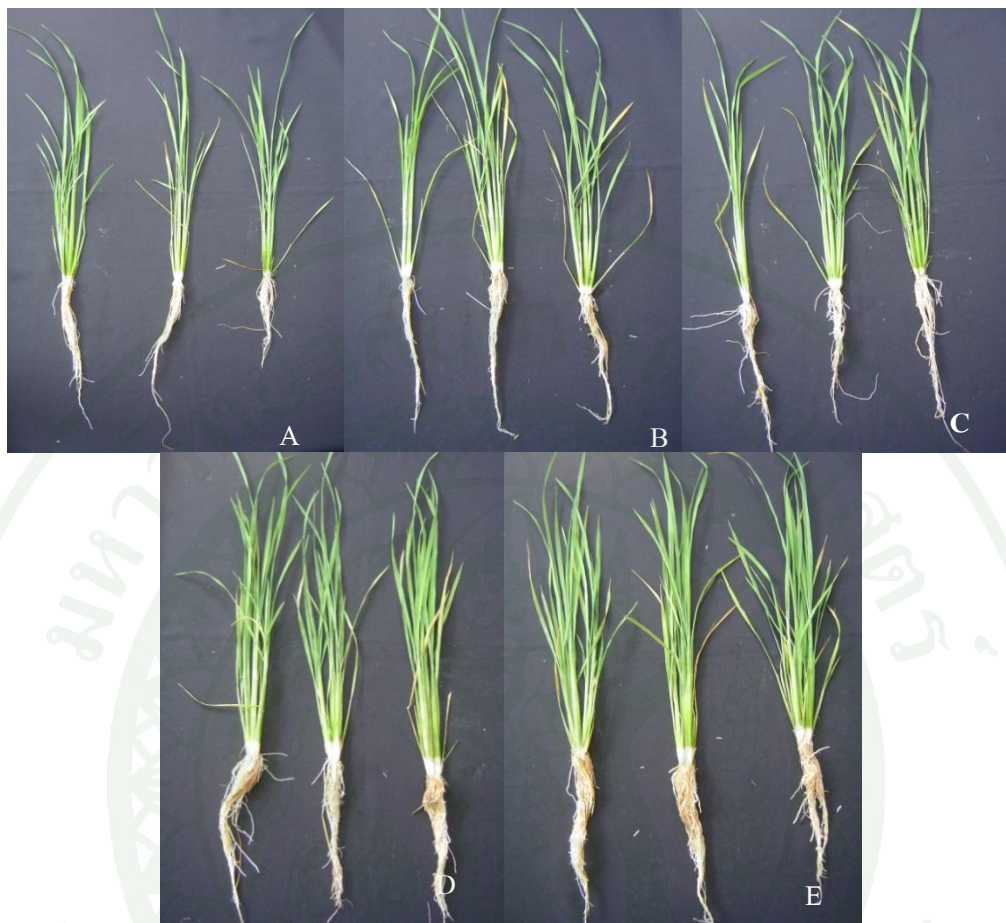
ตารางที่ 6 อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน หลังปลูก

กรรมวิธี	ความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร)		
	ระยะ ข้าวแตกกอ	ระยะ ข้าวตั้งท้อง	ระยะข้าว ออกรวง
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	33.96 e ^{1/}	59.71 b	117.85 b
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	37.05 d	59.72 b	118.16 b
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	37.61 cd	59.86 b	118.78 ab
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	39.65 c	60.25 b	118.80 ab
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	41.76 b	64.11 a	120.17 a
	(+7.13) ^{2/}	(+8.62)	(+5.66)
<i>T. harzianum</i> ^{3/}	44.47 a	62.78 a	118.85 ab
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	44.55 a	60.61 b	119.32 ab
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	46.06 a	64.41 a	120.28 a
	(+18.16)	(+9.13)	(+5.76)
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	38.98 cd	59.02 b	113.73 c
C.V. (%)	3.58	1.88	0.83

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{2/} ค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)



ภาพที่ 6 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในช่วงระยะข้าวแตกกอ (30 วันหลังปลูก) เมื่อปลูกด้วยเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่เมล็ด 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 1 ครั้ง

A : กรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม 250 ppm)

B : K_2SiO_3 1,500 ppm

C : K_2SiO_3 2,000 ppm

D : K_2SiO_3 2,500 ppm

E : K_2SiO_3 3,000 ppm



ภาพที่ 7 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในช่วงระยะข้าวแตกกอ (30 วันหลังปลูก) เมื่อปลูกด้วยวิธีแช่เมล็ดข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 1 ครั้ง

A: เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

B: K_2SiO_3 1,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01

C: K_2SiO_3 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01

การใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียวหรือการใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 หรือการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 แบบเดี่ยวๆ ในการแช่หรือพ่นต้นข้าว นอกจากจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยเพิ่มความสูงของต้นข้าวในทุกระยะการเจริญเติบโตแล้ว ยังกระตุ้นให้ข้าวมีการแตกกอและเพิ่มจำนวนรวงต่อกอให้เพิ่มมากขึ้น โดยกรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 3,000 ppm ส่งผลให้จำนวนต้นต่อกอของข้าวเพิ่มขึ้น 30.95 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 อย่างเดียว และใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 ppm และ 2,000 ppm ส่งผลให้จำนวนต้นต่อกอเพิ่มขึ้น 31.12, 32.11 และ 34.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม (250 ppm) นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 ppm และ 2,000 ppm เพิ่มจำนวนรวงต่อกอของข้าวสูงที่สุด 20.38 และ 21.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อจำนวนต้นกอและจำนวนรวงต่อกอของข้าวพันธุ์ชัยนาท 11 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของต้นข้าว			
	จำนวนต้น		จำนวนรวงต่อ	
	จำนวนต้น	ตอกที่เพิ่มขึ้น	จำนวนรวง	กอที่เพิ่มขึ้น
	ตอก	(%) ^{1/}	ตอก	(%) ^{1/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	13.48 b ^{2/}	11.86	8.39 b	0
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	13.63 b	13.11	8.59 b	2.38
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	13.89 b	15.26	8.75 b	4.29
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	14.76 ab	22.48	8.89 b	5.95
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	15.78 a	30.95	8.94 b	6.55
<i>T. harzianum</i> ^{3/}	15.80 a	31.12	9.04 b	7.74
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	15.92 a	32.11	10.10 a	20.38
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	16.20 a	34.43	10.16 a	21.09
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	12.05 c	-	8.39 b	-
C.V. (%)	6.62		5.06	

^{1/} เปอร์เซ็นต์จำนวนต้นตอกและจำนวนรวงต่อกอที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

เมื่อนำรากข้าวในแต่ช่วงการเจริญเติบโตมาวัดความยาวของราก พบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญของรากข้าวในระยะข้าวแตกกอและระยะข้าวออกรวง โดยเพิ่มความยาวของรากข้าว 37.70, 0.86 และ 16.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 3,000 ppm สามารถเพิ่มการเจริญของรากข้าวในระยะ

ในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง และระยะออกกรวง โดยมีความยาวของรากข้าวเพิ่มขึ้น 30.03, 6.77 และ 15.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้คาร์เบนดาซิม อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความยาวรากของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 30, 60 และ 100 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	ความยาวราก (เซนติเมตร)		
	ระยะแตกกอ	ระยะตั้งท้อง	ระยะออกกรวง
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	13.55 c ^{1/}	26.66 ab	27.42 c
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	13.79 c	27.80 a	27.74 c
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	13.88 c	27.53 a	27.99 bc
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	16.00 b	27.90 a	28.06 bc
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	16.97 ab	25.83 a-c	30.15 a
	(+30.03) ^{2/}	(+6.77)	(+15.03)
<i>T. harzianum</i> ^{3/}	16.13 b	25.24 bc	28.78 b
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	16.96 ab	25.07 bc	28.17 bc
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	17.97 a	24.70 bc	30.41 a
	(+37.70)	(+0.86)	(+16.02)
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	13.05 c	24.19 c	26.21 d
C.V. (%)	5.61	5.39	1.92

^{1/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{2/} เปอร์เซ็นต์ความยาวรากที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

เมื่อทำการประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของข้าวพบว่า ในระยะที่ข้าวแตกกอ กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 แบบเดี่ยวๆ และใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm พบการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลลดลง

23.50-24.62 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับกรรมวิธีที่มีการใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่มีความเข้มข้นสูงอย่างเดี่ยวที่ 3,000 ppm ส่งผลให้เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล 22.01 เปอร์เซ็นต์ การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9) และในระยะที่ข้าวตั้งท้องพบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่มีความเข้มข้นสูง 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 ppm กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 อย่างเดี่ยวและใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่มีความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm มีการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลลดลง 20.83-33.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในระยะที่ข้าวตั้งท้องในทุกกรรมวิธีมีการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 30 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%) ^{1/}	
	ระยะข้าวแตกกอ (30 วัน)	การเกิดโรคลดลง (%) ^{2/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	2.36 b ^{3/}	11.94
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	2.24 c	16.41
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	2.16 d	19.40
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	2.14 d	20.14
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	2.09 f	22.01
<i>T. harzianum</i> ^{4/}	2.05 f	23.50
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	2.04 f	23.88
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	2.02 f	24.62
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	2.68 a	-
C.V. (%)	1.09	

- ¹¹ ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยวิธีการประเมินของกรมการข้าวโดยสุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3 และใบที่ 4 ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ
- ²¹ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)
- ³¹ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$)
- ⁴¹ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ในระยะข้าวออกรวมมีการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลลดลงในกรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดียวกคือ 2,000, 2,500 และ 3,000 ppm และกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 อย่างเดียวและใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมชนิดที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm มีการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลลดลง 23.72-33.89 เปอร์เซ็นต์ โดยในระยะที่ข้าวออกรวมในทุกกรรมวิธีมีการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 11) การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวตั้งแต่ระยะที่ข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวม พบว่าทุกกรรมวิธีมีการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่มีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 8)

ตารางที่ 10 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 60 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%) ^{1/}	
	ระยะข้าวตั้งท้อง (60 วัน)	โรคลดลง (%) ^{2/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	5.25 ab ^{3/}	12.5
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	4.75 bc	20.83
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	4.75 bc	20.83
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	4.25 cd	29.16
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	4.25 cd	29.16
<i>T. harzianum</i> ^{4/}	4.75 bc	20.83
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	4.25 cd	29.16
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	4 cd	33.33
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	6 a	-
C.V. (%)	14.87	

^{1/} ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยวิธีการประเมินของกรมการข้าวโดยสุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3 และใบที่ 4 ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ

^{2/} เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{4/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ในส่วน of ผลผลิตข้าวพบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดี่ยวที่ความเข้มข้น 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 ppm ช่วยเพิ่มผลผลิตต่อกอของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยมีน้ำหนักเมล็ดข้าวต่อกอเพิ่มขึ้น 21.32, 41.55, 49.16 และ 53.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 อย่างเดี่ยวและใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm ช่วยเพิ่มน้ำหนักเมล็ดข้าวต่อกอ 35.11 - 47.35 เปอร์เซ็นต์ โดยทั้งกรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดี่ยว และหรือใช้

ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ทำให้น้ำหนักเมล็ดข้าวตอกของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีค่าเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 12) นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักผลผลิตต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลผลิตต่อกอ โดยกรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดี่ยว และหรือใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm มีน้ำหนักเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น 27.29 และ 60.83 เปอร์เซ็นต์ แต่กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 3,000 ppm ช่วยเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 สูงที่สุด คือ 66.04 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักผลผลิตต่อรวงเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 11 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 80 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%) ^{1/}	
	ระยะข้าวออกรวง	การเกิดโรคลดลง(%) ^{2/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	5.8 b ^{3/}	1.69
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	5.6 c	5.08
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	4.5 d	23.72
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	4.5 d	23.72
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	3.97 f	32.32
<i>T. harzianum</i> ^{4/}	4.1 e	30.50
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	4.1 e	30.50
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	3.9 f	33.89
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	5.9 a	
C.V. (%)	1.12	

- ¹ ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยวิธีการประเมินของกรมการข้าวโดยสุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3 และใบที่ 4 ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ
- ² เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)
- ³ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ($P=0.05$)
- ⁴ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)



ภาพที่ 8 ลักษณะอาการของโรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดขึ้นบนใบข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการแช่เมล็ดข้าวในสารโพแทสเซียมซลิเกต และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน

นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดี่ยวที่ความเข้มข้น 1,500, 2,000, 2,500 และ 3,000 ppm ส่งผลให้เกิดโรคเมล็ดด่างบนรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในระยะเก็บเกี่ยวลดลง 19.12, 19.85, 21.18 และ 21.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 อย่างเดี่ยวและหรือใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซลิเกตที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm ทำให้การเกิดโรคเมล็ดด่างของข้าวลดลง 21.18 และ 21.45

เปอร์เซ็นต์ ในทุกกรรมวิธีช่วยให้ลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวงของข้าวได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 14, ภาพที่ 9)

ตารางที่ 12 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อผลผลิตต่อกอของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	ผลผลิตข้าว	
	น้ำหนักเมล็ดต่อกอ (กรัม)	น้ำหนักเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น (%) ^{1/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	15.83 f ^{2/}	1.99
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	18.83 e	21.32
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	21.97 c	41.55
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	23.15 b	49.16
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	23.87 a	53.80
<i>T. harzianum</i> -01 ^{3/}	20.97 d	35.11
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	21.55 c	38.85
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	22.87 b	47.35
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	15.52 f	
C.V. (%)	1.59	

^{1/}เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดข้าวต่อกอที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/}ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ตารางที่ 13 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อผลผลิตต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	ผลผลิตข้าว	
	น้ำหนักเมล็ดต่อรวง (กรัม)	น้ำหนักเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น (%) ^{1/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	5.27 g ^{2/}	9.97
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	6.11 f	27.29
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	7.32 c	52.50
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	7.72 b	60.83
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	7.97 a	66.04
<i>T. harzianum</i> -01 ^{3/}	6.72 e	40.00
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	7.15 d	48.95
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	7.43 c	54.79
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	4.80 h	
C.V. (%)	1.23	

^{1/}เปอร์เซ็นต์น้ำหนักเมล็ดข้าวต่อรวงที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/}ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

ตารางที่ 14 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคเมล็ดต่างของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ผ่านการแช่เมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงและพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อต้นข้าวมีอายุ 110 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	โรคเมล็ดต่างของข้าว ^{1/}	
	โรคเมล็ดต่าง (%)	การเกิดโรคลดลง (%) ^{2/}
K ₂ SiO ₃ 1000 ppm	25.22 b ^{3/}	15.98
K ₂ SiO ₃ 1500 ppm	24.28 c	19.12
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	24.06 cd	19.85
K ₂ SiO ₃ 2,500 ppm	23.66 de	21.18
K ₂ SiO ₃ 3,000 ppm	23.58 de	21.45
<i>T. harzianum</i> ^{4/}	23.66 de	21.18
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 1,000 ppm	23.13 e	22.96
<i>T. harzianum</i> +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	23.58 de	21.45
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	30.02 a	-
C.V. (%)	1.23	

^{1/} ประเมินโรคเมล็ดต่างของข้าวตามเกณฑ์การประเมินโรคของกรมการข้าวโดยประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20 รวง

^{2/} เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมล็ดต่างของข้าวที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{4/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)



ภาพที่ 9 ลักษณะอาการของโรคเมล็ดด่างบนรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่ปลูกด้วยวิธีการแช่เมล็ดข้าวในสารโพแทสเซียมซิลิเกต และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และพ่นต้นข้าวรวม 5 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 30, 45, 60, 80 และ 100 วัน

4. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง และผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา

พบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยมีความสูงของต้นในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้อง และระยะออกรวงเพิ่มขึ้น 16.11, 15.28 และ 21.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm มีความสูงของข้าวในระยะแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวงเพิ่มขึ้น 11.78, 11.90 และ 14.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ขณะที่กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* มีค่าความสูง 8.03, 8.96 และ 7.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งในทุกกรรมวิธีช่วยเพิ่มความสูงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในทุกระยะการเจริญเติบโตมากกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 15 และรูปที่ 10)

ตารางที่ 15 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความสูงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	ความสูงของต้นข้าว (เซนติเมตร)		
	ระยะข้าวแตกกอ (60 วัน)	ระยะข้าวตั้งท้อง (100 วัน)	ระยะข้าวออก รวง (130 วัน)
<i>T. harzianum</i> ^{1/}	48.67 a ^{2/} (+8.03) ^{3/}	82.03 a (+8.96)	123.66 c (+7.03)
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	50.36 a (+11.78)	84.24 a (+11.90)	132.50 b (+14.68)
<i>T. harzianum</i> ^{1/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	52.31 a (+16.11)	86.79 a (+15.28)	140.68 a (+21.76)
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	45.05 b	75.28 b	115.53 d
C.V. (%)	5.66	5.75	5.92

^{1/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{2/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{3/} เปอร์เซ็นต์ความสูงของต้นข้าวที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)



ภาพที่ 10 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในช่วงระยะต้นกล้า (30 วัน)

A: เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

B: K_2SiO_3 2,000 ppm

C: K_2SiO_3 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01

D: คาร์เบนดาซิม (250 ppm)

กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียวก่อนที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ส่งผลให้จำนวนต้นตอของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ แต่กรรมวิธีที่ใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ส่งผลให้จำนวนต้นตอเพิ่มขึ้น 40 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมที่ใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อจำนวนต้นตอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา เมื่อข้าวอายุ 60 วัน

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของต้นข้าว	
	จำนวนต้นตอก (60 วัน)	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น ^{1/}
<i>T. harzianum</i> ^{2/}	5 a ^{3/}	0
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	6 a	20
<i>T. harzianum</i> ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	7 a	40
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	5 a	-
C.V. (%)	25.01	

^{1/} เปอร์เซ็นต์จำนวนต้นตอกของข้าวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{3/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวนอง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตอย่างเดียวที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ส่งผลให้จำนวนรวงตอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้น 30 เปอร์เซ็นต์ แต่กรรมวิธีที่ใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ส่งผลให้จำนวนรวงตอกเพิ่มขึ้น 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกต 2,000 ppm มีค่าแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อจำนวนรวงตอกของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนาปลูกข้าวเมื่อข้าวมีอายุ 120 วัน

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของต้นข้าว	
	จำนวนรวงตอก (130 วัน)	เปอร์เซ็นต์ที่เพิ่มขึ้น (%) ^{1/}
<i>T. harzianum</i> ^{2/}	4.80 ab ^{3/}	20
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	5.20 ab	30
<i>T. harzianum</i> ^{1/} +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	7.00 a	75
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	4.00 b	-
C.V. (%)	24.11	

^{1/} เปอร์เซ็นต์จำนวนรวงตอกของข้าวที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01(เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{3/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 สามารถส่งเสริมการเจริญของราก โดยเพิ่มความยาวรากข้าวในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้องและระยะออกรวง 81.29, 37.03 และ 42.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตความเข้มข้น 2,000 ppm เพิ่มความยาวรากข้าวในระยะแตกกอ ระยะตั้งท้องและระยะออกรวง 69.29, 24.04 และ 14.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อความยาวรากของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าว จำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	ความยาวราก		
	ระยะข้าวแตกกอ (60 วัน)	ระยะข้าวตั้งท้อง (100 วัน)	ระยะข้าวออกรวง (130 วัน)
<i>T. harzianum</i> ^{1/}	16.22 a ^{2/} (+59.64) ^{3/}	20.52 ab (+23.98)	24.23 a (+9.58)
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	17.20 a (+69.29)	20.53 ab (+24.04)	25.40 a (+14.88)
<i>T. harzianum</i> ^{1/} +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	18.42 a (+81.29)	22.68 a (+37.03)	31.47 a (+42.33)
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	10.16 b	16.55 b	22.11 a
C.V. (%)	16.83	13.23	17.56

^{1/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{2/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{3/} เปอร์เซ็นต์ความยาวรากที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm อย่างเดียวและใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ส่งผลให้การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในระยะแตกกอลดลง 31.81 และ 36.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะแตกกอของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%) ^{1/}	
	ระยะข้าวแตกกอ	โรคลดลง (%) ^{2/}
CB-Pin-01 ^{3/}	4.50 b ^{4/}	18.18
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	3.75 bc	31.81
CB-Pin-01 ^{2/} +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	3.50 c	36.36
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	5.50 a	-
C.V. (%)	12.96	

^{1/} ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยวิธีการประเมินของกรมการข้าวโดยสุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3 และใบที่ 4 ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ

^{2/} เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{4/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

ในระยะที่ข้าวตั้งท้อง พบว่าทุกกรรมวิธีทดลอง สามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในระยะที่ข้าวตั้งท้องได้ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการเกิดโรคต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะตั้งท้องของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนาที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%) ^{1/}	
	ระยะข้าวตั้งท้อง	โรคลดลง (%) ^{2/}
<i>T. harzianum</i> ^{3/}	4.5 b ^{4/}	40
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	4.5 b	40
<i>T. harzianum</i> ^{2/} +K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	4.5 b	40
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	7.5 a	-
C.V. (%)	21.99	

^{1/} ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยวิธีการประเมินของกรมการข้าวโดยสุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3 และใบที่ 4 ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ

^{2/} เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{4/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดัง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)



ภาพที่ 11 ลักษณะของแปลงนาที่ปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในระยะข้าวออกรวงอายุข้าวประมาณ 145 วัน ที่ผ่านการพ่นด้วยข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกต และเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 จำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

ในระยะที่ข้าวออกรวง (ภาพที่ 11) กรรมวิธีที่ใช้สาร โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ส่งผลให้เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในระยะออกรวงลดลง 42.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 อย่างเดียว สามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวได้ 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกกรรมวิธีทดลองยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตมีการเกิดโรคต่ำกว่ากรรมวิธีความคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะออกทรงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	โรคใบจุดสีน้ำตาล (%) ^{1/}	
	ระยะข้าวออกรวง	การเกิดโรคลดลง (%) ^{2/}
<i>T. harzianum</i> ^{3/}	6.5 cb ^{4/}	35
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	8.25 ab	17.5
<i>T. harzianum</i> ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	5.75 c	42.5
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	10.00 a	-
C.V. (%)	18.73	

^{1/} ประเมินโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยวิธีการประเมินของกรมการข้าวโดยสุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3 และใบที่ 4 ประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ใบ

^{2/} เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{3/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{4/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดัง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)



ภาพที่ 12 การสุมเกี่ยวข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนาในพื้นที่ 1×1 ตารางเมตร เมื่อข้าวมีอายุ 160 วัน

ในระยะเก็บเกี่ยว เมื่อสุมเกี่ยวข้าวในแปลงนา พื้นที่ 1×1 ตารางเมตร (ภาพที่ 12) และทำการประเมินโรคเมล็ดต่างบนรวง (ภาพที่ 13) พบว่าทุกกรรมวิธีทดลองสามารถลดการเกิดโรคเมล็ดต่างบนรวงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในระยะเก็บเกี่ยว ได้ 10-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกกรรมวิธี มีค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการเกิดโรคเมล็ดต่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	โรคเมล็ดต่าง (%) ^{1/}	
	โรคเมล็ดต่าง	การเกิดโรคลดลง (%) ^{2/}
<i>T. harzianum</i> ^{3/}	3.0 a ^{4/}	25
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	3.0 a	25
<i>T. harzianum</i> ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	3.6 a	10
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	4.0 a	-
C.V. (%)	20.25	

- ¹⁴ ประเมินโรคเมล็ดด่างของข้าวตามเกณฑ์การประเมินโรคของกรมการข้าวโดยประเมินกรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20 รวง
- ²⁴ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมล็ดด่างของข้าวที่ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)
- ³⁴ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)
- ⁴⁴ ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test ($P = 0.05$)

หลังจากเกี่ยวข้าวและตากรวงข้าวเพื่อลดความชื้น ปลิดเมล็ดข้าวออกรวงเพื่อชั่งน้ำหนักผลผลิตของข้าว (ภาพที่ 14) พบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ร่วมเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 ช่วยให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น 24.84 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดดี 68 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างเป็น 41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อผลผลิตต่อไร่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี เปอร์เซ็นต์เมล็ดต่างของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	ผลผลิต		
	ผลผลิตต่อไร่	เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี	เปอร์เซ็นต์เมล็ดต่าง
<i>T. harzianum</i> ^{1/}	378.6 ab ^{2/} (+14.72) ^{3/}	62 a	36.6 a
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	389.4 ab (+18)	63 a	38 a
<i>T. harzianum</i> ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	412.0 a (+24.84)	68 a	41 a
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	330.0 b	59 a	30 a
C.V. (%)	9.77	9.9	17.51

^{1/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{2/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

^{3/} เปอร์เซ็นต์ผลผลิตต่อไร่ที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)



ภาพที่ 13 ลักษณะของรวงข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงนา ที่ผ่านการพ่น
ต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-
Pin-01 จำนวน 3 ครั้ง ในระยะข้าวแตกกอ ตั้งท้อง และข้าวออกรวง



ภาพที่ 14 ลักษณะของเมล็ดของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 หลังการเก็บเกี่ยวจากแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 จำนวน 3 ครั้ง ในระยะข้าวแตกกอ ตั้งท้อง และข้าวออกรวง

ตารางที่ 24 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการแตกหักของเมล็ด 1,000 เมล็ด ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	เมล็ดข้าวกล้อง 1,000 เมล็ด		
	ข้าวกล้อง เมล็ดเต็ม	ข้าวเต็มเมล็ด ที่เพิ่มขึ้น (%) ^{1/}	ข้าวกล้อง เมล็ดหัก ^{2/}
<i>T. harzianum</i> ^{2/}	937.80 ab ^{3/}	4.27	66 b
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	955.60 a	6.25	76 a
<i>T. harzianum</i> ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	949.60 a	5.58	81 a
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	899.33 b	-	53.4 c
C.V. (%)	4.11	-	7.57

^{1/} เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเต็มเมล็ดที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{3/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

สำหรับคุณภาพการขัดสีของเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm และกรรมวิธีที่ใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 มีจำนวนข้าวกล้องเต็มเมล็ดเพิ่มมากขึ้น 6.25 และ 5.58 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทุกกรรมวิธีมีค่าแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 25 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการขัดสีเป็นข้าวกล้องและเกลบที่น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 กรัม ของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในแปลงนา ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	น้ำหนักข้าวเปลือก 1,000 กรัม		
	น้ำหนักข้าวกล้อง (กรัม)	น้ำหนักข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น (%) ^{1/}	น้ำหนักเกลบ (กรัม)
<i>T. harzianum</i> ^{2/}	761.51 a ^{3/}	9.46	282.40 a
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	730.90 ab	5.06	231.47 b
<i>T. harzianum</i> ^{2/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	763.51 a	9.75	229.73 b
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	695.65 b	-	304.00 a
C.V. (%)	4.09	-	8.24

^{1/} เปอร์เซ็นต์น้ำหนักข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

^{2/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{3/} ค่าเฉลี่ยตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดิ่ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิเคราะห์ด้วย Duncan's New Multiple Range Test (P= 0.05)

นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 อย่างเดียวและกรรมวิธีที่ใช้ร่วมกับสารโพแทสเซียมซilikเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm สามารถเพิ่มน้ำหนักของเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มขึ้น 9.46 และ 9.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งทุกกรรมวิธีมีค่าแตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 25)

ตารางที่ 26 อิทธิพลของโพแทสเซียมซilikเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในใบข้าวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในช่วงที่ข้าวตั้งท้องเมื่อข้าวอายุ 100 วัน

กรรมวิธี	รายการวิเคราะห์		
	Total N; %	Total P; %	Total K; %
<i>T. harzianum</i> ^{1/}	2.83	0.21	1.48
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	2.94	0.21	1.49
<i>T. harzianum</i> ^{1/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	2.84	0.21	1.41
	(+3.53) ^{2/}	(+31.25)	(+11.19)
คาร์เบนดาซิม (250 ppm)	2.84	0.16	1.34

^{1/}*Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{2/}เปอร์เซ็นต์ค่าสารอาหารที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (คาร์เบนดาซิม)

จากการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในใบข้าวในช่วงที่ข้าวตั้งท้องพบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซilikเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบข้าวเพิ่มขึ้น 3.53, 31.25 และ 11.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 26)

ตารางที่ 27 อิทธิพลของโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ต่อการวิเคราะห์ปริมาณของธาตุอาหาร เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และซิลิกอน ที่สะสมในเมล็ดข้าวของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้ง เมื่อข้าวมีอายุ 60, 100 และ 130 วัน

กรรมวิธี	รายการวิเคราะห์			
	Total Fe; mg Kg ⁻¹	Total Mn; mg Kg ⁻¹	Total Zn; mg Kg ⁻¹	Total Si; %
<i>T. harzianum</i> ^{1/}	48.53	51.12	20.56	2.826
K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	40.60	60.97	20.36	2.493
<i>T. harzianum</i> ^{1/} + K ₂ SiO ₃ 2,000 ppm	45.92	63.47	21.36	2.980
		(+24.16%) ^{2/}	(+3.89%)	

^{1/} *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 (เชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 200 ลิตร)

^{2/} เปอร์เซ็นต์การวิเคราะห์ธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น (+) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 อย่างเดียว

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในเมล็ด พบว่าปริมาณของธาตุอาหารในเมล็ดข้าวที่ทำการวิเคราะห์ทุกกรรมวิธีมีค่าการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm มีค่าธาตุอาหารที่สะสมในเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* หรือสารโพแทสเซียมซิลิเกตเพียงอย่างเดียว เช่น กรณีของธาตุแมงกานีสที่เพิ่มขึ้น 24.16 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

วิจารณ์

ในช่วงแรกของการศึกษาพบว่าการใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกต (SiO_2 26.28% W/W) ที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดี่ยวกคือ 1,000, 1,500, 2,000, 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm มีผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 โดยที่ความเข้มข้น 2,500-3,500 ppm มีผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ตั้งแต่ 55.7-100 เปอร์เซ็นต์ และยังส่งผลให้ลักษณะของสปอร์ที่เชื้อสร้างขึ้นบนผิวหน้าอาหาร PDA มีสีที่เปลี่ยนไป ขณะที่ความเข้มข้นเดียวกันยังสามารถยับยั้งการเจริญ *H. oryzae* ได้ตั้งแต่ 55.7-72.57 เปอร์เซ็นต์ สารโพแทสเซียมซิลิเกต ที่ความเข้มข้นสูง ที่ใช้ในรูปของเหลวมีค่า pH 11 มีฤทธิ์เป็นด่าง จึงอาจมีผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* และ *H. oryzae* ได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Bekker และคณะ (2006) พบว่า สารโพแทสเซียมซิลิเกต (20.7 % SiO_2) 40 ml ค่า pH 11.5 และ 80 ml ค่า pH 11.7 ที่ผสมในอาหาร PDA พบว่าสารที่ความเข้มข้น 40 ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Drechslera* sp. และ เชื้อรา *Fusarium oxysporium* ได้ 98.35 และ 97.3 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 80 ml มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Sclerotinia sclerotiorum* และ *Phytophthora cinnamomi* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมซิลิเกตความเข้มข้นสูงและมีค่า pH สูง มีผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ดีกว่าสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่มีความเข้มข้นต่ำและมีค่า pH ต่ำ

จากการทดสอบความเป็นพิษของสารโพแทสเซียมซิลิเกตต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* และเชื้อรา *H. oryzae* โดยใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิมเป็นกรรมวิธีเปรียบเทียบจะเห็นว่า สารเคมีคาร์เบนดาซิมมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญเส้นใยของเชื้อรา *H. oryzae* ทั้งนี้เนื่องมาจาก สารเคมีคาร์เบนดาซิม เป็นสารเคมีกลุ่มเบนซิมิดาโซล (benzimidazole) นิยมใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคใบจุด *Cercospora* spp. (Chandra et al., 1998) ซึ่งสารเคมีคาร์เบนดาซิมออกฤทธิ์แบบเฉพาะจุด คือเข้าไปจับกับโปรตีนทูบูลิน (tubulin) โดยเข้าไปจับอย่างจำเพาะเจาะจงกับโปรตีน beta-tubulin subunit ซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งของโครงสร้าง microtubules โครงสร้างนี้มีลักษณะคล้ายเส้นด้าย สำหรับดึงโครโมโซมให้แยกคู่ (Ma and Michailides, 2005) ลักษณะการออกฤทธิ์แบบจำเพาะจุดนี้ ประกอบกับการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้เชื้อราสาเหตุโรคพืชเกิดการปรับตัวเอง หรือกลายพันธุ์ให้ต้านทานต่อสารเคมีเพื่อความอยู่รอด ซึ่งความต้านทานนี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของลำดับกรดอะมิโนของยีน beta-tubulin (TUB) และการกลายพันธุ์นี้สามารถถ่ายทอดทางพันธุกรรม

ได้ (Sisler, 1988) ผลจากการพ่นสารเคมีเป็นเวลานานจึงมีผลต่อความต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่มเบนซิมิดาโซลขึ้นจึงเห็นว่าสารเคมีคาร์เบนดาซิมไม่มีผลในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย *H. oryzae* ดังกล่าว

เมื่อนำสารโพแทสเซียมซลิเคตที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm ผสมร่วมกับสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 แช่เมล็ดข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดข้าวมาวางบน Martin's medium เมื่อเวลาผ่านไปครบ 3 วัน พบการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ออกมาจากเมล็ดข้าวครบ 100 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำเมล็ดข้าวที่ได้แช่สารโพแทสเซียมซลิเคตที่ความเข้มข้น 1,000 และ 2,000 ppm ผสมร่วมกับสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 มาทำการเพาะและปลูกลงในกระถางพลาสติกสีดำที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 12 นิ้ว ปลูกและในภายใต้เรือนปลูกพืชแบบเปิด พบว่าเมื่อต้นข้าวมีอายุ 15 วันและ 30 วัน นำต้นข้าวมาตรวจวัดการเจริญเติบโต และนำรากข้าวมาวางในอาหารเลี้ยงเชื้อพบการเจริญครอบคลุมรากข้าวของเส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของจิระเดช (2551; 2553) และรายงานของ Harman และคณะ (2004; 2008) ที่กล่าวถึง คือเชื้อรา *T. harzianum* สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณผิวรากพืช แบบ symbiosis จะสามารถส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นโดยการพัฒนากระบวนการและละลายธาตุอาหารที่อยู่ในดินให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และยังพบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซลิเคตที่ความเข้มข้น 3,000 ppm ยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยเพิ่มความสูงของต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง และเพิ่มความยาวของรากข้าวในทุกระยะการเจริญเติบโต จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้สารโพแทสเซียมซลิเคตที่ความเข้มข้นสูงๆ และใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ที่ใช้ทดสอบการเจริญเติบโตและการเจริญครอบคลุมรากข้าวได้ โดยอาศัยอยู่ในบริเวณเขตอิทธิพลรอบรากของข้าว (rhizosphere) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับหลายรายงานที่กล่าวว่า เชื้อจุลินทรีย์ที่ปฏิบัติหน้าที่สามารถเจริญเพื่อเข้าครอบครองรากพืชได้ดี (El-Tarabily and Sivasithamparam, 2006; Intana, 2003; Kloepper *et al.*, 2004; Raijmakers *et al.*, 2009) ทั้งนี้ เนื่องจากรากพืชดังกล่าวสามารถปลดปล่อยสารหลายชนิด (root exudates) ออกมาสู่ภายนอกกรากพืชได้ เช่น น้ำตาล โปรตีน ฮอร์โมน สารกระตุ้นการเจริญเติบโต สารยับยั้งการเจริญเติบโต วิตามิน และสารระเหย เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถส่งเสริมให้เชื้อจุลินทรีย์มีการเพิ่มปริมาณมากขึ้นและเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพสูงขึ้น ในบริเวณรากและดินมากกว่าดินบริเวณทั่วไป (Akond *et al.*, 2008; Chin-hua and Palada, 2006; Intana, 2003; Ryan *et al.*, 2001; Simons *et al.*, 1997)

นอกจากนี้ Lo *et al.* (1998) ยังรายงานเพิ่มเติมว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นเชื้อราที่มีศักยภาพสูงมากในการเจริญและเข้าครอบครองรากพืช โดยสามารถสร้างเส้นใยที่แนบชิดกับส่วนรากและส่วนต่างๆ ของพืชได้ดี ทำให้พืชได้รับสารต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตจากรากพืชในปริมาณที่มาก และเพียงพอส่งผลให้เชื้อรา *Trichoderma* spp. มีแนวโน้มที่จะแข่งขันกับเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ได้ดี เพื่อครอบครองรากพืชอยู่ตลอดเวลา และเมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ มีความเหมาะสม เชื้อรา *Trichoderma* spp. ดังกล่าวยังสามารถสร้างสปอร์บนส่วนต่างๆ ของพืชเพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ต่อไปได้นอกจากนี้ยังช่วยชักนำให้พืชเกิดความต้านโรคได้ด้วย (Intana, 2003) ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงสามารถตรวจการเจริญครอบครองรากของข้าวได้ นอกจากนี้ยังส่งผลให้จำนวนต้นตอก และจำนวนรวงตอกเพิ่มขึ้น 30.95 และ 6.55 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวงได้ 22.09, 29.16 และ 32.32 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงลดการเกิดโรคเมล็ดด่างของข้าวในระยะเก็บเกี่ยวได้ 21.45 เปอร์เซ็นต์ แต่กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,000 ppm ช่วยเพิ่มความสูงของต้นข้าวในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง เพิ่มความยาวรากในทุกๆ ระยะการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนต้นตอก และจำนวนรวงตอก 34.34 และ 21.04 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลลง 24.62–33.89 เปอร์เซ็นต์ ลดการเกิดโรคเมล็ดด่างลง 21.45 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าเมื่อแช่เมล็ดข้าวด้วยสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *T. harzianum* เป็นเวลา 24 ชั่วโมงก่อนปลูก เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคเมล็ดด่างของข้าวมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลงทั้งนี้อาจเนื่องมาจากรากข้าวมีการดูดซับซิลิกอนและลำเลียงขึ้นไปท่อน้ำใบ เมื่อใบข้าวมีการสะสมซิลิกอนในปริมาณที่มากเพียงพอ สามารถลดการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลได้ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Leandro และคณะ (2009) ได้ทำการทดสอบข้าวที่มีปริมาณซิลิกอนต่ำ (low silicon 1) และข้าวสายพันธุ์ต้านทานโรคใบจุดสีน้ำตาล (Oochikara) ในระบบไฮโดรโปนิกส์พบว่าเมื่อใส่ซิลิกอนลงในสารละลายธาตุอาหารและทำการปลูกเชื้อโรคใบจุดสีน้ำตาล พบว่าข้าวที่มีซิลิกอนซิลิกอนต่ำ มีการดูดซับซิลิกอนมากขึ้น พื้นที่ใบข้าวที่ถูกเชื้อรา *Bipolaris oryzae* เข้าทำลายและอาการใบจุดสีน้ำตาลลดลง เทียบเท่ากับข้าวสายพันธุ์ต้านทาน ทั้งนี้เนื่องจากรากข้าวมีความสำคัญต่อการดูดซับซิลิกอนและการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล รากข้าวที่สามารถดูดซับซิลิกอนในปริมาณที่สูง ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของผนังเซลล์ของใบข้าว และสามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลได้ กลไกการทำงานที่สำคัญของซิลิกอน คือการกระตุ้นให้พืชสร้างสารทุติยภูมิเพื่อการชักนำให้พืชเกิดความต้านทาน สารในกลุ่มของโปรตีนและหมู่ hydroxyl ที่มีส่วนในการส่งสัญญาณการทำงานของเอนไซม์ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดโรค ซึ่งซิลิกอนมีบทบาทสำคัญในระบบการส่งสัญญาณเมื่อพืชเกิดความเครียด และกระตุ้นให้พืชเกิดความต้านทานเมื่อถูกเข้าทำลายจากเชื้อ

สาเหตุโรคพืช (Francois *et al.*, 2005) นอกจากนี้สภาวะที่พืชเกิดความเครียดจากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ การเข้าทำลายของโรคที่เกิดจากเชื้อราและแบคทีเรียรวมไปถึงแมลงศัตรูพืช ความเครียดจากเกลือของโลหะหนัก รังสี และอุณหภูมิ ซิลิกอนมีส่วนช่วยกระตุ้นให้พืชสร้างสารที่ทนต่อความเครียดเหล่านี้ และสร้างสารที่กระตุ้นและส่งเสริมการเจริญเติบโต ให้พืชสามารถทนต่อสภาวะความเครียดเหล่านี้ได้ (Jian *et al.*, 2004) ได้ศึกษากลไกที่ของซิลิกอนในข้าวเมื่อถูกเชื้อราสาเหตุโรคไหม้ของข้าว (*Magnaporthe grisea*) เข้าทำลาย ซิลิกอนช่วยในการกระตุ้นให้ข้าวสร้าง phenolic-like compound ที่มีปฏิสัมพันธ์กับการเข้าทำลายของเชื้อรา *M. grisea* เมื่อตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแสดงให้เห็นถึงการเจริญของเชื้อรา *M. grisea* ในเนื้อเยื่อใบข้าวที่ได้รับซิลิกอนที่มีการสร้าง phytoalexin ซึ่งชี้ให้เห็นว่าซิลิกอนมีบทบาทในการกระตุ้นให้พืชสร้างสารที่มีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา *M. grisea* เช่นเดียวกันกับการที่ข้าวได้รับสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ปริมาณที่เพียงพอ จึงมีส่วนช่วยให้ข้าวสามารถสร้างสารที่กระตุ้นให้เกิดความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคเมล็ดดำได้เช่นกัน

นอกจากนี้การเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวลดลง อาจเนื่องมาจากการที่เชื้อราเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin 01 สามารถเจริญครอบครองรากข้าวได้ดี จึงส่งผลให้เกิดการชักนำความต้านทานโรคในต้นข้าว ขณะที่สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ใช้มีความสามารถในการเสริมสร้างความแข็งแรงของเซลล์ผิวชั้นนอกให้กับต้นข้าว ช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและลดการกักเก็บของแมลงศัตรูพืชบางชนิด และกระตุ้นให้พืชสร้างกลไกที่ชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรคและแมลงเพิ่มมากขึ้นได้เช่นกัน (Korndorfer *et al.*, 2004) รวมไปถึงช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวต่อกอและผลผลิตต่อรวงของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 เพิ่มขึ้น 47.35 และ 54.79 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการทดลองของจิระเดช และคณะ (2548) ที่พบว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่เมล็ดด้วยสปอร์แขวนลอยของเชื้อรา *T. harzianum* และเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ซึ่งทั้งเชื้อราและแบคทีเรียมีกลไกที่สำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชมีหลายกลไก แต่กลไกที่สำคัญและเป็นที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายคือ กลไกการสร้างสารทุติยภูมิ (secondary metabolite) ที่มีหน้าที่ช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นพืช ซึ่งตัวอย่างของสารทุติยภูมิได้แก่ สาร pentyl pyrone, oxazole, indole acetic acid (IAA), gibberellic acid, cytokinins, siderophores และสารที่มีหน้าที่ในการย่อยสลายธาตุอาหารพืชที่มีโครงสร้างซับซ้อนให้อยู่ในรูปที่พืชต้องการ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ (ทักษิณ และคณะ 2548; แพรทอง, 2549; Dey *et al.*, 2004; Intana, 2003)

การศึกษาอิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ในการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง และเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพแปลงนาปลูกข้าว พบว่ากรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูงแบบเดี่ยวๆ 2,000 ppm และใช้ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-pin-01 ในการพ่นต้นข้าวจำนวน 3 ครั้งในระยะข้าวแตกกอ ตั้งท้อง และออกรวง ส่งผลให้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความสูงของต้นข้าวเพิ่มขึ้นในระยะข้าวแตกกอ ระยะข้าวตั้งท้อง และระยะข้าวออกรวง และเพิ่มความยาวของรากข้าวในทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังส่งผลให้จำนวนต้นตอกและจำนวนรวงต่อกอเพิ่มขึ้น 40 และ 70 เปอร์เซ็นต์ และผลผลิต 412 กิโลกรัมต่อไร่ (24.84 เปอร์เซ็นต์) จำนวนเมล็ดดีเพิ่มขึ้น 68 เปอร์เซ็นต์ และจำนวนเมล็ดลดลง 41 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในระยะต่างๆ ของข้าวลดลง 36.36, 40, และ 42.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการพ่นซิลิกอนทางใบนั้นสามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและโรคเมล็ดด่างของข้าวได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ซิลิกอนทางรากเพียงอย่างเดียว ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับรายงานของ Lsaia และคณะ (2013) ที่รายงานว่า การพ่นซิลิกอนในรูปของสารละลายทางใบข้าวและใส่ปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตทางดิน ในข้าวที่มีพ่นซิลิกอนในรูปสารละลายทางใบ พบว่ามีใบข้าวการสะสมซิลิกอนที่ผนังเซลล์ชั้น epidermis พื้นที่ใบที่ถูกเชื้อราสาเหตุโรคใบไหม้ของข้าวเข้าทำลายมีขนาดของแผลลดลง ลดการเกิดโรคใบไหม้ของข้าวได้เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตทางดินซึ่งแสดงให้เห็นว่าการพ่นซิลิกอนทางใบหรือการใส่ปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตทางดินสามารถลดการเข้าทำลายพื้นที่ใบของเชื้อราสาเหตุโรคใบไหม้ของข้าวได้ Guilherme และคณะ 2008 พบว่า การพ่นโพแทสเซียมซิลิเกต (26 % SiO₂) pH 5.5 และ 10.5 ทางใบและปลูกเชื้อรา *Piricularia oryzae* ให้กับข้าว พบว่าการพ่นซิลิกอนทางใบให้กับข้าวสามารถลดการเกิดโรคใบไหม้และเพิ่มผลผลิตของข้าวได้ นอกจากนี้ผลการทดลองข้างต้นยังสอดคล้องกับรายงานของ Esptein (1999; 2001) ซิลิกอนเป็นธาตุอาหารเสริมที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชมีการสะสมซิลิกอนอยู่ 0.1-10 เปอร์เซ็นต์ จากน้ำหนักแห้ง อีกทั้งยังมีผลต่อกลไกทางกายภาพต่อการสร้างผลผลิตของพืชโดยการเคลื่อนย้ายไปอยู่ในส่วนของใบ ราก และลำต้นของพืช รวมไปถึงน้ำหนักแห้งของผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้โรคเมล็ดด่างของข้าวในระยะเก็บเกี่ยวลดลง 10 - 25 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับรายงานที่ว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้หลายชนิด โดยมีกลไกที่สำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชคือ การสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชในกลุ่มของออกซิน ได้แก่ Indole-acetic acid (IAA) และสารคล้ายจิบเบอเรลลิน (Frankenberger and Arshad, 1995) ทำให้พืชสามารถดูดซึมหรือนำธาตุอาหารไปใช้ได้ดีขึ้น (Gravel *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อจุลินทรีย์สามารถเปลี่ยนธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่

พืชต้องการนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ละลายฟอสฟอรัสในดินและหินฟอสเฟต เปลี่ยนรูปของ MnO_2 และสังกะสี รวมถึงการสร้างกรดอินทรีย์เพื่อย่อยสลายธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. และเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. และสารสกัดของดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการลดการเกิดอาการเมล็ดค่างของข้าวที่เกิดจากเชื้อราสาเหตุโรคข้าวหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็น *R. solani* (จิระเดช และคณะ, 2548)

เมื่อทำการจัดสีข้าว พบว่าการใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 พบว่าสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การจัดสีของข้าวกล้อง ซึ่งได้เปอร์เซ็นต์ข้าวกล้องเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น 4.27 – 6.25 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มน้ำหนักของเมล็ดข้าวกล้อง 5.06 – 9.75 เปอร์เซ็นต์ รวมไปถึงการสะสมธาตุอาหารในใบ คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้น 3.53, 31.25 และ 11.19 เปอร์เซ็นต์ แต่การสะสมธาตุอาหารต่าง ๆ คือ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และซิลิกอน ที่สะสมอยู่ในเมล็ดมีค่าน้อย แต่พบการสะสมธาตุอาหารต่างๆ เพิ่มขึ้นในกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม เนื่องจากสารเคมีคาร์เบนดาซิมเป็นสารเคมีชนิดดูดซึม เมื่อพ่นสารเคมีชนิดนี้ลงบนใบพืชแล้ว จะถูกดูดซึมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อพืช และสามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ของพืชได้ กลไกการดูดซึมของสารเคมีคาร์เบนดาซิมนี้จึงอาจมีผลในการดูดซับธาตุอาหารต่างๆ ขึ้นไปสะสมที่ใบและเนื้อเยื่อของพืช (Ben-Aziz and Aharanson, 1974) ได้มากกว่ากรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* และสารโพแทสเซียมซิลิเกต ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยของ อรรวรรณ และคณะ (ม.ป.ป.) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซิลิกอนกับคุณภาพการจัดสีของข้าว ที่พบว่าปริมาณของซิลิกอนที่สะสมอยู่ในฟางข้าวและเปลือกหุ้มเมล็ดข้าว ไม่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการจัดสีของข้าว ทั้งนี้ปริมาณซิลิกอนที่สะสมอยู่ในฟางข้าวและเปลือกหุ้มเมล็ดข้าว อาจจะส่งผลต่อระดับความชื้นของข้าว และจะไปมีผลต่อคุณภาพการจัดสี ทั้งนี้เป็นผลมาจากความสามารถในการดูดซับซิลิกอนของข้าว โดยข้าวจะดูดซับซิลิกอนจากสารละลายดินในรูปของกรดโมโนซิลิกิก ขึ้นมาพร้อมกับน้ำ น้ำจะสูญเสียโดยกระบวนการคายน้ำแล้วซิลิกอนจะถูกทิ้งไว้ในเนื้อเยื่อข้าว และเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะเปลี่ยนมาอยู่ในรูปของซิลิกาเจล ทำให้มีการสะสมอยู่ในดินต้นข้าว แต่ซิลิกอนเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนย้าย (immobile) ในต้นพืช ดังนั้นระยะเวลาการใส่ซิลิกอนในแต่ละช่วงเวลาของการเจริญเติบโตของพืชจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการใส่ซิลิกอนในรูปของแคลเซียมซิลิเกต และในรูปของเกลบให้แก่ข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด หูดินองครักษ์ ซึ่งมีผลทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูง และการแตกกอของข้าวเพิ่มขึ้นกว่าข้าวที่ไม่ได้ใส่ซิลิกอนเลย นอกจากนี้ยังช่วยดูดซับธาตุอาหาร ส่งผลให้น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักแห้งของตอซังเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และยังมีผลให้

เปอร์เซ็นต์เมล็ดลืบลดลง เพิ่มจำนวนรวงและจำนวนเมล็ดเพิ่มมากขึ้น (นิรนาม, ม.ป.ป.) นอกจากนี้พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสร่วมกับซิลิกอน มีผลในการเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด พบว่ามีผลทำให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวเพิ่มมากขึ้น เพิ่มจำนวนเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นกว่าการใส่ฟอสฟอรัสเพียงอย่างเดียว (จงรักษ์ และคณะ ม.ป.ป.) และการใส่ปุ๋ยซิลิกอนร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน จะช่วยให้ข้าวมีใบตั้งตรง ทำให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น (Ho *et al.*, 1980) การพ่นซิลิกอนทางใบให้กับข้าว ในรูปของโซเดียมซิลิเกต (SiO_2 20.35 %) ความเข้มข้น 0.25, 0.50 และ 1 เปอร์เซ็นต์ พบว่าที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยเพิ่มความสูงของต้น จำนวนต้นต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าว และคุณภาพการขัดสี โปรตีนในเมล็ด แป้งในเมล็ดได้สูงที่สุด (Ahmad *et al.*, 2013)

ธาตุซิลิกอนเป็นธาตุอาหารเสริมที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด โดยเฉพาะข้าว ซึ่งการศึกษาอิทธิพลของธาตุซิลิกอนและโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปของเหลว พบว่าสารโพแทสเซียมซิลิเกตมีคุณสมบัติที่สำคัญอย่างยิ่ง ที่จำเป็นต่อการพัฒนาการของใบ รากและลำต้น จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดียว สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยเพิ่มความสูงของต้น ความยาวราก จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มผลผลิต ลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่างของข้าวทั้ง 2 สายพันธุ์ได้ นอกจากนี้ยังพบว่าหากข้าวได้รับโพแทสเซียมและซิลิกอนในระยะที่ข้าวกำลังเจริญเติบโตในปริมาณที่เพียงพอ จะทำให้ใบ และลำต้นของข้าวตั้งตรง ลดการบังแสง และเพิ่มประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงของข้าวให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งอาการนี้จะพบได้ทั่วไปในแปลงปลูกข้าวของเกษตรกรที่มีการปลูกข้าวหลายครั้งติดต่อกัน โดยไม่มีการพักดินในนา และมักพบอาการขาดธาตุซิลิกอนของดิน ในดินนาที่เสื่อมโทรม และนาที่มีการชะล้างสูง โดยทั่วไปเกษตรกรจะจัดการกับสาเหตุนี้โดยการไถกลบฟางข้าวและตอซัง หลังการเก็บเกี่ยวแทนการเผา เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณซิลิกอนในดิน ซึ่งธาตุซิลิกอนส่วนใหญ่จะสะสมอยู่ที่ผนังเซลล์ของข้าว โดยมีปริมาณซิลิกอนสะสมร้อยละ 5-6 ทั้งในฟางข้าว และในแกลบ ซึ่งเมื่อทำการไถกลบฟางข้าว และตอซังก็จะช่วยเพิ่มให้ปริมาณของซิลิกอนในดินให้มากยิ่งขึ้นด้วย (ยงยุทธ, 2546) และอาจเนื่องมาจากสารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ใช้มีความสามารถในการเสริมสร้างความแข็งแรงของเซลล์ผิวชั้นนอกให้กับต้นข้าว ช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชและลดการกักกินของแมลงศัตรูพืชบางชนิด และกระตุ้นให้พืชสร้างกลไกที่ชักนำให้พืชเกิดความต้านทานโรคและแมลงเพิ่มมากขึ้น (Korndorfer, 2004)

จากรายงานของศิริพร และคณะ (2556) พบว่าการใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นข้าว เพิ่มจำนวนต้นกล้าที่รอดตายจากเชื้อรา *Fusarium moniliforme* (*Gibberella fujikuroi*) สาเหตุของโรคยอดฟักดาบของข้าวซึ่งเป็นโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ในระยะต้นกล้า นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง รวมไปถึงช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ให้สูงขึ้น สำหรับโรคของข้าวที่เกิดจากเชื้อราชนิดอื่นๆ ที่พบในแปลงปลูกข้าวของเกษตรกร เช่น เชื้อราสาเหตุโรคไหม้ของข้าว (Blast) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pyricularia grisea* ที่พบระบาดอย่างรุนแรงในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โรคกาบใบแห้งของข้าว (Sheath blight) ที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* รวมไปถึงโรคกาบในเน่า (Sheath rot) ที่เกิดจากเชื้อรา *Sarocladium oryzae* พบว่าเกิดโรคลดลงด้วย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของศิริพร และคณะ (2555) พบว่าการใช้สารโพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูงอย่างเดียว คือ 1,500 – 3,500 ppm ช่วยให้ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 มีผลผลิตต่อกอและน้ำหนักเมล็ดต่อรวงเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ผลการทดลองข้างต้นยังสอดคล้องกับรายงานของ Esptein (1999; 2001) ซิลิกอนเป็นธาตุอาหารเสริมที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และพืชมีการสะสมซิลิกอนอยู่ 0.1 – 10 เปอร์เซ็นต์ จากน้ำหนักแห้ง อีกทั้งยังมีผลต่อกลไกทางกายภาพต่อการสร้างผลผลิตของพืชโดยการเคลื่อนย้ายไปอยู่ในส่วนของใบ ราก และลำต้นของพืช รวมไปถึงน้ำหนักแห้งของผลผลิตที่เพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

จากการสังเกตการเจริญเติบโตของต้นข้าว พบว่าต้นข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากเกินไป และพบเมล็ดบางส่วนไม่สมบูรณ์ส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตโดยรวมน้อย ทั้งนี้เพราะข้าวได้รับธาตุอาหารที่สมบูรณ์มากเกินไป และได้รับธาตุอาหารที่ส่งเสริมความสมบูรณ์ของเมล็ดในปริมาณที่ไม่เพียงพอ ประกอบกับสภาพแวดล้อมในช่วงข้าวออกรวงมีอุณหภูมิที่สูง จึงทำให้การผสมเกสรของข้าว และการติดเมล็ดไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตโดยรวมของข้าวน้อยกว่าที่ควรจะได้ ดังนั้นเพื่อการปลูกข้าวให้ได้ผลผลิตที่ดี จึงควรเพิ่มปริมาณของธาตุอาหารเสริมให้เพียงพอต่อความต้องการของข้าวในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ร่วมกับการปรับการลดการใส่ปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวให้เหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการผลิตได้

สรุป

โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นสูง (2,000-3,500 ppm) สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Helminthosporium oryzae* และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ได้ และลักษณะสีสปอร์ของเชื้อราบนผิวหน้าอาหาร PDA ซีดจางลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่สีของสปอร์และเส้นใยมีสีเข้ม

การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 1,500-3,500 ppm ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 โดยเพิ่มความสูงของต้นและความยาวของรากข้าวในทุกระยะการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนต้นต่อกอและจำนวนรวงต่อกอ ลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง และเพิ่มผลผลิตได้ดี และการใช้โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้น 2,500, 3,000 และ 3,500 ppm อย่างเดียว ช่วยให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มน้ำหนักเมล็ดต่อกอและน้ำหนักเมล็ดต่อรวง การใช้โพแทสเซียมซิลิเกตที่ความเข้มข้นต่ำ (750, 1,000 และ 2,000 ppm) ร่วมกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 และ 01-52 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยเพิ่มความสูงของต้น ความยาวราก และพบการเจริญครอบครองรากข้าวของเชื้อรา *T. harzianum* ในทุกระยะการเจริญเติบโต นอกจากนี้พบการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล และโรคเมล็ดด่างลดลง จึงส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตต่อกอและผลผลิตต่อรวงของข้าวเพิ่มขึ้น

การทดสอบประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ในสภาพแปลงปลูกข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความสูงของต้นและความยาวของรากข้าวเพิ่มมากขึ้น เพิ่มจำนวนต้นต่อกอและจำนวนรวงต่อกอ ลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาล โรคเมล็ดด่าง และเพิ่มผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของข้าวให้สูงขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณภาพการขัดสีของข้าวโดยช่วยให้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและน้ำหนักของเมล็ดข้าวกล้องเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม

ผลการทดลองนี้อาจมีส่วนช่วยในการลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรลงได้ และยังช่วยลดการใช้สารเคมีซึ่งจะมีฤทธิ์ตกค้างในผลิตผล รวมไปถึงการช่วยสนับสนุนระบบการปลูกข้าวแบบอินทรีย์เพื่อสร้างความยั่งยืนและเพิ่มคุณภาพชีวิตของเกษตรกรไทยในอนาคตได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมการข้าว. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). การประเมินความรุนแรงของโรคข้าวบางชนิด, เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการสำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.

กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2531. **พืชไร่**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 11- 23

จรงค์ จันทร์เจริญสุข, รัตนาธิ ช่วยบุคดา, พงนิษฐ์ มอญเจริญ และเอ็จ สโรบล. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). การศึกษาผลการใส่ซิลิกอนและฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดชุดดินรังสิตกรดจัด. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาพืช, กรุงเทพมหานคร.

จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2545. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วยเทคนิคอย่างง่ายเพื่อใช้ควบคุมโรครากเน่าระดับดินของถั่วฝักยาวที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 40 4-7 กุมภาพันธ์ 2545. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู และสรีดา ภาคพิเศษ. 2548. การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* และ *Bacillus* sp. เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวและลดโรคกาบใบแห้ง และโรคเมล็ดด่างของข้าว. น. 292-304. ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7: อารักขาพืชเพื่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม. โรงแรมโลตัสปางสวนแก้ว, เชียงใหม่.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2549. การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 323 น.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2551. การเพิ่มผลผลิตและลดโรคข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มา. **เกษตรการเกษตร** 32(7): 220 – 226.

จิระเดช แจ่มสว่าง และ วรรณวิไล อินทนู. 2550. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์กลายที่ได้รับการฉายรังสีแกมมาในการลดโรคเมล็ดต่าง และเพิ่มผลผลิตข้าว. น. 86-87. ใน **บทคัดย่อ การประชุมเชิงวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8 อารักขาพืชไทยได้ร่วมพระบารมี 20-22 พฤศจิกายน 2550**. โรงแรมอัมรินทร์ลากูน จังหวัดพิษณุโลก.

จิระเดช แจ่มสว่าง. 2553. **ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราปฏิปักษ์เพื่อการควบคุมโรคพืช**. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู และพรพามาส เจริญรักษ์. 2553. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาปฏิปักษ์เพื่อลดโรคเมล็ดต่าง เพิ่มผลผลิตและประสิทธิภาพการขัดสีของข้าว. ใน **การประชุม วิชาการข้าวแห่งชาติครั้งปฐมฤกษ์ “ขับเคลื่อนงานวิจัยข้าวไทยสู่นวัตกรรม” (ภาคโปสเตอร์) 15-17 ธันวาคม 2553 อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ**

จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู และพรพามาส เจริญรักษ์. 2553. ประสิทธิภาพของการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับปุ๋ยเคมีระดับต่างๆ ในการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของข้าว. ใน **การประชุม วิชาการข้าวแห่งชาติครั้งปฐมฤกษ์ “ขับเคลื่อนงานวิจัยข้าวไทยสู่นวัตกรรม” (ภาคบรรยาย) 15-17 ธันวาคม 2553 อาคารสารนิเทศ 50 ปี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ**

ชาญ มงคล. 2536. **ข้าว**. หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, กรุงเทพฯ. 149 หน้า.

ดารา เจตนะจิตร, นงรัตน์ นิลพานิชย์, พากเพียร อรัญนารณ, วิจิต ศิริสันธนะ, วิษุตา รัตนากาญจน์, รัชมี ฐิติเกียรติพงศ์, เขียวภา ตันตวานิช, วันชัย โรจนหัสติน และจรรยา อารยาพันธ์. 2545. **คู่มือโรคข้าว**. สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 47 หน้า.

ทักษิณ สุวรรณโณ, วาริน อินทนา, มนตรี อิศระไกรศีล, ราตรี นิตยเดชพันธ์ และจิระเดช แจ่มสว่าง. 2548. เพิ่มการเจริญเติบโตของถั่วฝักยาวโดยใช้สารทุติยภูมิบริสุทธิ์จากเชื้อรา *Trichoderma harzianum*. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร (ฉบับพิเศษ)**, 36: 183-186

ทัศนีย์ สงวนศักดิ์. 2540. บทบาทพันธุกรรมด้านทานโรคและแมลงกับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวของ
ไทยศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก สถาบันวิจัยข้าวการเกษตร. 174 น.

นิรนาม. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). ผลของซิลิกอนที่มีผลผลิตและการดูดซับธาตุอาหารของข้าวและ
ข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัด ชุดดินองครักษ์.

พากเพียร อรรถนารถ, อรุณี สุรินทร์, วิจิต ศรีสินชนะ, พยงค์ ขาวสะอาด และ สมคิด ดิษฐาพร.
2521. การศึกษาโรคเมล็ดด่างของข้าว. กองวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร กระทรวง
เกษตรและสหกรณ์ 37 น.

พากเพียร อรรถนารถ, นงรัตน์ นิลพานิชย์ และรัศมี จิตติเกียรติพงศ์. 2550. การใช้เชื้อแบคทีเรีย
ปฏิชีวนะในการควบคุมโรคเมล็ดด่างของข้าว. วสารวิทยาการข้าว. 1(1): 21-28.

แพรทอง ละมุล. 2549. ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมโรคราก
เน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโปนิกส์ สาเหตุจากเชื้อรา *Pythium*
aphanidermatum. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ขงยุทธ โอสดสภา. 2546. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 424 น.

วิจัย รักวิทยาศาสตร์. 2551. ราชวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 2 จามจุรีโปรดักท์, กรุงเทพฯ. 351 หน้า.

วิลาวรรณ เชื้อบุญและสุทธฤดี ประเทืองวงศ์. 2552. การลดจำนวนครั้งและการเพิ่มประสิทธิภาพ
ของการใช้สูตรผสมละลายน้ำของ *Pseudomonas fluorescens* SP007s ในการควบคุมโรค
เมล็ดด่างของข้าว. น. 621-629. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ครั้งที่ 47 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศิริพร อำทอง, จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2554. ประสิทธิภาพของสาร
โพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและ
ผลผลิตของข้าว. ใน การประชุมวิชาการอภิปรัชญาแห่งชาติครั้งที่ 10 “อารักขาพืชไทยใน
สภาวะโลกร้อน 22- 24 กุมภาพันธ์ 2555. ณ โรงแรมคุ้มภูคำ เรสซิเดนซ์ จังหวัดเชียงใหม่.

ศิริพร อำทอง, จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2555. อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซัลเฟตและเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ต่อการเกิดโรคยอดฝักดาบของกล้าข้าว. ใน การประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติครั้งที่ 2 มติใหม่วิจัยข้าวไทย พร้อมรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและการเปิดตลาดเสรีอาเซียน 21 – 23 ธันวาคม 2555. ณ โรงแรม Swissotel Le Concoard กรุงเทพมหานคร.

ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี. 2537. พันธุ์ข้าวเจ้าชัยนาท. กรมวิชาการเกษตร , กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. 2546. 40 ปี ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก. 113 น.

ศูนย์วิจัยการอารักขารข้าว กรมการข้าว. 2514. โรคข้าวและศัตรูของข้าวประเทศไทย. 168 น.

สมคิด คีสถาพร. 2532. ขาวนาปราบโรคข้าว. กลุ่มงานวิจัยโรคข้าวและศัตรูพืชเมืองหนาว. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ

สมพล อุชชิน, นงลักษณ์ มาเที่ยง, ระริน บุญดวง, และวรวิทย์ พาณิชพัฒน์. 2535. เทคโนโลยีการปลูกข้าวที่อาศัยน้ำฝน. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 160 น.

อรรธรณ ศิริรัตน์พิริยะ, กัญญา เชื้อพันธุ์, และสาวเดือน ทาวะรัมย์. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). ความเป็นประโยชน์ของซิลิกอนจากเถ้าลอยลิกไนต์ต่อคุณภาพการขัดสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 8 น.

เอกสงวน ชูวิสิฐกุล. 2547. ข้อควรระวังในการปลูกข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร. 96 น.

Ahma, A., M. Afzal, A. U. H. Ahmad and M. Tahir. 2013. Effect of Foliar Application of Silicon on Yield and quality of Rice (*Oryza sativa* L.). **Ceretari Agronomice in Moldova** 3(155): 21-28.

Barnett, H.L. and B.B. Hunter. 1972. **I llustrated Genera of Imperfect Fungi**. Burgess Publishing Company, Minnesota.

- Bekker, T. F., C. Kaiser, R. V. D. Merwe and N. Labuschagne. 2006. In-vitro inhibition of mycelial growth of several phytopathogenic fungi by soluble potassium silicate. **Plant Soil** 23(3): 169-172.
- Ben-Aziz, A. and N. Aharanson. 1974. Dynamic of uptake, translocation, and disappearance of thiabendazole and methy-2-benzimidazole carbamate in paper and tomato plant. **Pestic Biochem. Physiol.** 4: 120-126.
- Cai, K., D. Gao, s. Luo, R. Zeng, J. Yang and X. Zhu. 2008. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. **Physiological Plantarum** 134: 324-333.
- Chandra, S., S. Kumar and A. K. Singh. 1998. Management of *Cercospora* leaf spot of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with a single fungicidal spray. **International Journal of Pest Management** 44: 135-137.
- Chin-hua, M. and M. C. Palada. 2006. Fertility management of the soil-rhizosphere for efficient fertilizer use in vegetable production. **In International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use.** Land Development Department, Bangkok, Thailand.
- Chowdappa, P., S. P. Mohan Kumar, M. Jyothi Lakshmi, K. and K. Upreti. 2013. Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. **Biological Control** 65(1): 109-117.
- Dey. R., K. K. Pal, D. M Bhatt and S. M. Chauhand, 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of growth-promoting rhizobacteria. **Microbiological Research** 159: 371-394.

- El-Tarabily, K. A. and K. Sivasithamparam, 2006. Potential of yeasts as biocontrol agent of soil-borne fungal plant growth promoter. **Mycoscience** 47: 25-35.
- Epstein, E. 1999. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 50: 641- 664.
- Epstein, E. 2001. Silicon in Plant: Facts vs. concept. P.1-15 In: Datnoff, L. E., G. H. Snyder and G. H. Korndorfer (Coords.). **Silicon in Agriculture**. Aasterdam, Holand : Elsevier.
- Fengge, Z., Z. Zhen., Y. Xingming, R. Wei and S. Qirong. 2013. *Trichoderma harzianum* T-E5 significantly affect cucumber root exudates and fungal community in the cucumber rhizosphere. **Applied Soil Ecology** 72: 41-48.
- Francois, F., R. B. Wilfried, G. M. James and R. B. Richard 2005. Silicon and disease resistance against pathogenic fungi. **FEMS Microbiology Letters**. 249: 1-6.
- Frankenberger, W. T. Jr. and M. Arshad., 1995. **Phytohormones in soil: microbial production and function**. USA: Marcel Dekker.
- Garrity, D. P., Mamaril, C. P. and G. Soepardi. 1990. Phosphorus requirements and management in upland rice-based cropping systems. In **Proceeding of the symposium on phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania, March 6-10, 1989**. Pp 333-347. International Rice Research Institute, Los Banos. Laguna. Philippines.
- Giridhar, A. Babu., J. S. Patrick and O. Byung-Taek. 2014. *Trichoderma* sp. PDR1-7 promotes *Pinus sylvestris* reforestation of lead-contaminated mine tailing site. **Science of The Total Environment** 476-477: 561-567.

- Gravel, V., Antoun, H. and R. J. Tweddell. 2007. Growth stimulation and fruit yield improvement of greenhouse tomato plant by inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma arthoviride*: Possible role of indole acetic acid (IAA). **Soil Biology and Biochemistry** 39: 1968-1977.
- Guilherme, B. B., G. H. Korndorfer, A. Nolla and L. Coelho. 2008. Potassium Silicate as foliar spray and rice blast control. **Journal of Plant Nutrition** 31: 231-237
- Habtom, B. T., M. D. L. Harold and J. Annegran. 2014. Evaluation of biocontrol agent and potassium silicate for the management of powdery mildew of zucchini. **Biological Control** 73: 8 – 15.
- Harman, G.E., C.R. Howell, A. Vitebo, I. chet and M. Lorito. 2004. *Trichoderma* species: opportunistic, avirulent plant symbionts. **Nature Review Microbiology**. 2: 43-56.
- Haris S, Saravanakumar., D. R. amalingam, E. G. Ebenezar and K. Seetharaman. 2008. Use of Plant extracts and biocontrol agent for management of brown spot disease in rice. **Biocontrol**. 35: 555-567.
- Ho, D. Y., H. L. Zang and X.P. Zang. 1980. On the silicon supplying ability of some important paddy soil in South China. In **Proceedings of the Symposium Paddy Soil. 19-24 October, 1980**. Pp. 95. Nanjing, China.
- Imaizumi, K. and S. Yoshida. 1958. Edaphological studies on silicon supplying power of paddy field. Natl. Inst. **Agr. Sci.**, Ser. B, 8: 261-304. In The effect of silicon, magnesium and Zinc on the yield of rice. Report on the paddy soil fertility of Thailand. Department of Agriculture & JICA, 1979.
- Inanaga, S., Y. Higuchi and N. Chishaki, 2002. Effect of silicon application on reproductive growth of rice plant. **Soil Sci. Plant Nutri.** 48(3): 341-345.

- Intana, W. 2003. **Selection and development of *Trichoderma* spp. For high glucanase, antifungal metabolites producing and plant growth promoting isolates for biological control of cucumber damping-off caused by *Pythium* spp.** Ph.D. Disserttion. Katsart University, Bangkok. 202 pp.
- International Rice Research Insitute (IRRI). 2002. **Silicon Difficiency.** Available source: [http://www.Knoledgebank.Irri.Org/ricedotor_mx/Fact_Sheets/Deficiencies Toxicities/silicon. htm](http://www.Knoledgebank.Irri.Org/ricedotor_mx/Fact_Sheets/Deficiencies%20Toxicities/silicon.htm), January 24, 2003.
- Jian, F. M. 2004. Role of Silicon in Enhancing the Resistance of Plant to Biotic and Abiotic Stresses. **Soil Sci. Plant Nutr.** 50(1): 11-18.
- Kang, Y. S. 1985. The influence of silicon on growth of rice plant. Rep. Rural Dev. Admin., Plant Environ., Mycol., Farm Product Utilization, Korea Peplublic. 27(1):57-71. **In Koprea. Rice Abstr.** 10, 2504, 1987.
- Klopper, J. W., C. M. Ryu and S. Zang. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. **Phytopathology** 94(11): 1259-1266
- Korndorfer, G. H., H. S. Pereira and A. Nolla. 2004. **Analise de Silico on solo, plauntae fertilizente [Silicon analysis in soil, plant and fertilizers].** Uberlandia, Brazil, GPSi/ICIAG/UFU
- Leandro, J. D., A. Fabricio, M. Rodrigues, V. B. Mielli, F. Ma and E. D. Lawrence. 2009. Defective Active Silicon Uptake Affects Some Components of Rice Resistance to Brown Spot. Disease Control and Pest Management. **Phytopathology** 90(1): 116-121.
- Lo, C. T., E. B. Nelson, C. K. Hayes and G. E. Harman. 1998. Ecological studies of transformed *Trichoderma hazianum* strain 1259-22 in the rhizosphere and on phyllosphere of creeping. **Phytopathology** 88(2): 129-136.

- Lsaías, S. C., G. P. Domiciano, W. R. Moreira, F. A. Rodrigues, M. F. A. Cruz, N. S. Serra and A. B. Catala. 2013. Effect of root and leaf applications of soluble silicon on blast development in rice. **Crop Protection** 72(3): 304-309.
- Ma, Z. and T. J. Michailides. 2005. Advances in understanding molecular mechanism of fungicide resistance and molecular detection of resistance genotypes in phytopathogenic fungi. **Crop Protection** 24: 853-863.
- Ma, J. F., K. Nishimura and E. Takahashi. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. **Soil Sci. Plant Nutri.** 35(3): 347-256.
- Maria, J. G., J. J. Lucena and L. Hernandez-Apaolaza. 2013. Effect of silicon addition on soybean (*Glycine max.*) and cucumber (*Cucumis sativus.*) plants grown under iron deficiency. **Plant Physiology and Biochemistry** 70: 455-461.
- Mathai, G., P. Paily and M. Menon. 1997. Effect of fungicides and silica in the control of sheath blight disease of rice caused by *Corticium sasakii* (Shirai). **Agriculture and Research Journal of kerala** 19: 79-83.
- Nakkeeran, S., P. Renukadevi and T. Marimuthu. 2005. Antagonistic potentiality of *Trichoderma viride* and assessment of its efficacy for the management of cotton root rot. **Plant Protection** 38: 209 - 225.
- Nandani, S., R. P. Awasthi, L. Rawat and J. Kumar. 2012. Biochemical and physiological responses of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by *Trichoderma harzianum* under drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry** 54: 78-88.
- Raij, B. V. and O.A. Camargo. 1973. **Silica soluvel em solos (Soluble silicon in soil)**. Bragantia. 32: 223 – 231

- Raaijmakers, J. M., T.C. Paulitz, C. Steinberg, C. Alabouvette and Y. Moenne-Loccoz. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soilborne pathogen and beneficial microorganism. **Plant Soil** 321: 341-361.
- Rezende D. C., F. A. Rodrigues, V. C. Missio, D. A. Schurt, I. K. Kawamura and G.H. Korndorfer. 2009. Effect of root and foliar application of silicon on brown spot development in rice. **Australasian Plant Pathology** 38: 67-73.
- Ryan, P. R., E. Delhaize and D. L Jones. 2001. Function and mechanism of organic anion exudation from plant roots. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 52: 257-260.
- Sarhan, A. R. T. and M. K. A. Shibly. 2003. Biological control of pathogenic associated with rice seed. **Arab Journal of Plant Protection**. 21(2): 102-108
- Savvas D., D. Giotis, E. Chatzieustratiou, M. Bakea and G. Pataioutas. 2009. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. **Environmental and Experimental Botany** 65: 11 – 17.
- Shivanna, M. B., M. S. Meera and M. Hyakumachi. 1996. Role of root colonization ability of plant growth promoting fungi in the suspension of take-all and common root of wheat. **Crop Protection** 15: 497-504.
- Simons, M., A. J V. D. Bij, C. A. Wijffelman and B. J. Lugtenberg. 1997. Gnotobiotic system for studying rhizosphere colonization by plant growth-promoting *Pseudomonas* bacteria. **Molecular Plant-Microbe Interaction** 9: 600-607.
- Sisler, H. D. 1988. Fungicidal action and fungal resistance mechanism . pp. 6-8. *Irr. Delp*, C. J. (ed.), **In Proceedings of Fungicide Resistance in North America**. APS Press. Minnesota.

- Sistani, K. P., K. C. Reddy, W. Kanyima and N. K. Savant. 1998. Intergration of Rice Crop Residue in to Sustainable Rice Production System. J. **Plant Nutr.**
- Synder, G. H., V.V. Matichenkov and L.E. Datnoff. 2007. **Silicon. In Handbook of Plant Nutrition** (A.V. Barker and D.J. Pilbleam eds.), CRP Press, Tayor and Franecic Group, New YorK.
- Tae, G. K., and G. R. Knudsen. 2013. Relationship between the biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* and the phytopathogenic fungus *Fusarium solani* f. sp. *psi* **Applied Soil Ecology.** 68: 57-60.
- Tesfay S. Z., I. Berting and J. P. Bower. 2011. Effects of postharvest potassium silicate application on phenolics and other anti-oxidant systems aligned to avocado fruit quality. **Postharvest Biology and Technology** 60(2): 92-99
- Yoshida, S. 1975. **The Phisiology of Silicon in Rice.** Techical Bulletin No. 25. Food Fert . Tech. Centr. Taipei. Taiwan.



ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเตรียมเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 ชนิดเชื้อสด ตามวิธีการของจิระเดช และวรรณวิไล (2545)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

1. หัวเชื้อราไตรโคเดอร์มา
2. ปลายข้าวหอมมะลิ
3. หม้อหุงข้าวไฟฟ้า
4. ถังพลาสติกขนาด 8×12 นิ้ว
5. เชื้อหมุด
6. หนังสือ

วิธีการผลิต

1. ใช้ปลายข้าวหรือข้าวสาร 3 แก้ว (1 แก้ว มีความจุประมาณ 250 ซีซี) ประมาณ 600 กรัม ใส่น้ำเปล่าสะอาด 2 แก้ว หรือประมาณ 0.5 ลิตร หุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เมื่อสุกแล้วจะได้ข้าวสุกประมาณ 1 กิโลกรัม
2. เมื่อสวิตช์ของหม้อหุงข้าวตัดไฟ ใช้ทัพพีช้อนข้าวในหม้อก่อนตักข้าวที่หุงสุกใหม่ ๆ ใส่อ่างพลาสติกทนร้อนขนาด 8×12 นิ้ว ถู 2 ทัพพี หรือ 3 ทัพพี (ประมาณ 250-300 กรัม) วางลงข้าวตามแนวราบ ริดอากาศออกจากถู แล้วพับปากถูไว้ รอให้ข้าวอุ่นหรือเกือบเย็น
3. เทหรือเหาะหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาใส่ลงบนข้าวในถูพลาสติกเพียงเล็กน้อย (หัวเชื้อราไตรโคเดอร์มา 1 ขวด บรรจุ 20 กรัม ใส่ในข้าวสุกได้ จำนวน 40-60 ถู หรือประมาณ 10-15 กิโลกรัม)
4. หลังใส่หัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาแล้ว มัดปากถูด้วยหนังสือให้แน่น (มัดให้สุดปลายถู) เขย่าหรือเขย่าเบา ๆ ให้หัวเชื้อคลุกเคล้ากับข้าวสุกทั่วทั้งถู รวบรวมให้มิดมpongตรงบริเวณปากถูที่รัดยางไว้ แล้วใช้ปลายเข็มเจาะถูพลาสติกได้หนังสือที่มัดไว้เล็กน้อย ประมาณ 15-20 จุดต่อถู (เพื่อให้มีอากาศถ่ายเทเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราไตรโคเดอร์มา) แล้วแผ่ถูข้าวสุกให้แบนราบ ดึงตรงส่วนกลางของถูให้พองขึ้น เพื่อให้ภายในถูมีอากาศพอเพียง ในกรณีที่ใช้ลวดเย็บ

กระดาษสำหรับเย็บปิดปากถุงแทนการใช้ยางรัด ให้พับปากถุงทบ 2-3 ชั้น ก่อนเย็บด้วยลวดเย็บ 3 จุด เจาะรูบริเวณปากถุงประมาณ 20 รู แล้วทำตามขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น

5. บ่มเชื้อไว้ในที่มีอากาศถ่ายเท มีแสงสว่างส่องถึง ไม่ตากแดด ปลอดภัยจาก มด ไโร และสัตว์อื่นๆ เมื่อครบ 2 วัน ขยำถุงเบาๆ เพื่อให้เส้นใยของเชื้อกระจายทั่วทั้งถุง บ่มถุงเชื้อต่ออีก 4-5 วันก่อนนำไปใช้ รวมระยะเวลาของการบ่มเชื้อคือ 6-7 วัน



สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลอง

สูตรอาหารเหล่านี้หลังจากเตรียมเสร็จให้นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) ที่ความดันไอน้ำเท่ากับ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

1. สูตรอาหาร Potato dextrose agar (PDA)

Potato	200	กรัม
Dextrose	20	กรัม
Agar	20	กรัม
Water	1	ลิตร

2. สูตรอาหาร Martin's medium

KH_2PO_4	1	กรัม
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.5	กรัม
Peptone	5	กรัม
Dextrose	10	กรัม
Agar	20	กรัม
Water	1	ลิตร
Rose Bengal (1%)	0.032	กรัม
Streptomycin	1	กรัม

*ละลาย Rose Bengal ในน้ำก่อนผสมกับสารอื่น จากนั้นค่อยนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วย autoclave ส่วน Streptomycin เติมหหลังจากอาหารนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ในขณะที่อุณหภูมิ ประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส

พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดลอง

1. ข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

ชื่อพันธุ์:	ชัยนาท 1 (Chai Nat 1)
ชนิด:	ข้าวเจ้า
คู่ผสม:	IR13146-158-1/IR15314-43-2-3-3//BKN6995-16-1-1-2
ประวัติพันธุ์:	ได้รับการผสม 3 ทาง ระหว่างสายพันธุ์ IR13146-158-1 และสายพันธุ์ IR15314-43-2-3-3 กับ BKN6995-16-1-1-2 ที่สถานที่ทดลองข้าวชัยนาท เมื่อ พ.ศ. 2525 ปลุกคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ CNTBR82075-43-1
การรับรองพันธุ์:	คณะกรรมการวิจัยและพัฒนากรมวิชาการเกษตร มีมติให้เป็นพันธุ์รับรองเมื่อวันที่ 9 กันยายน 2536
ลักษณะประจำพันธุ์:	เป็นข้าวเจ้าสูงประมาณ 113 เซนติเมตร ไม่ไวต่อแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 121 – 130 วัน ทรงกอตั้งตรง ใบสีเขียว ใบธงค่อนข้างยาวตั้งตรง คอรวงสั้น รวงยาวและแน่น ระแนงค่อนข้างถี่ ฟางแข็ง เมล็ดข้าวเปลือกสีฟาง ระยะพักตัวของเมล็ดประมาณ 8 สัปดาห์ ปริมาณอะมิโลส 26 – 27 % คุณภาพข้าวสุก ร่วนแข็ง
ผลผลิต:	ผลผลิตเฉลี่ย 740 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตสูง ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนดี ด้านทานโรคใบหงิก และโรคไหม้ ด้านทานเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล และเพลี้ยกระโดดหลังขาว มีท้องไข่น้อย
ข้อควรระวัง:	ไม่ต้านทานต่อโรคใบสีส้ม โรคขอบใบแห้ง และโรคใบขีดโปร่งแสง ในฤดูแล้งควรปลูกไม่เกินเดือนมีนาคม

พื้นที่แนะนำ: ทุกภาคในเขตชลประทาน

2. ข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105

ชื่อพันธุ์: ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105)

ชนิด: ข้าวเจ้าหอม

คู่ผสม: ขาวดอกมะลิ 105 / นางมดเฒ่า-4 // ไออาร์26

ประวัติพันธุ์: ได้มาโดยนายสุนทร สีหะเนิน เจ้าพนักงานข้าว รวบรวมจาก
อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา เมื่อ พ.ศ.2493-2494 จำนวน
199 รวง แล้วนำไปคัดเลือกแบบคัดพันธุ์บริสุทธิ์ (Pure Line
Selection) และปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวโคก
สำโรง แล้วปลูกเปรียบเทียบพันธุ์ท้องถิ่นในภาคเหนือ ภาค
กลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จนได้สายพันธุ์ขาวดอก
มะลิ 4-2-105 ซึ่งเลข 4 หมายถึงสถานที่เก็บรวงข้าว คืออำเภอบางคล้า
เลข 2 หมายถึงพันธุ์ทดสอบที่ 2 คือขาวดอกมะลิ และ
เลข 105 หมายถึง แถวหรือรวงที่ 105 จากจำนวน 199 รวง

การรับรองพันธุ์: คณะกรรมการการพิจารณาพันธุ์ ให้ใช้ขยายพันธุ์เป็นพันธุ์
รับรอง เมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2502

ลักษณะประจำพันธุ์: เป็นข้าวเจ้า สูงประมาณ 140 เซนติเมตร
ไวต่อช่วงแสง ลำต้นสีเขียวจาง ใบสีเขียวยาวค่อนข้างแคบ ฟาง
อ่อน ใบธงทำมุมกับคอรวง เมล็ดข้าวรูปร่างเรียวยาวข้าวเปลือกสี
ฟาง อายุเก็บเกี่ยว ประมาณ พฤศจิกายน
เมล็ดข้าวกลวง กว้าง x ยาว x หยา = 2.1 x 7.5 x 1.8 มิลลิเมตร
ปริมาณอะมิโลส 12-17 % คุณภาพข้าวสุก นุ่ม มีกลิ่นหอม

ผลผลิต: ประมาณ 363 กิโลกรัมต่อไร่

ลักษณะเด่น: ทนแล้งได้ดีพอสมควร เมล็ดข้าวสารใส
คุณภาพการขัดสีและการหุงต้มดี อ่อนนุ่ม มีกลิ่นหอม
ทนต่อสภาพดินเปรี้ยว และดินเค็ม

ข้อควรระวัง: ไม่ต้านทานโรคใบสีส้ม โรคขอบใบแห้ง โรคไหม้ ไม่ต้านทาน
เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และหนอนกอ

พื้นที่แนะนำ: ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือตอนบน

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวศิริพร อ่ำทอง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	28 พฤศจิกายน 2530
สถานที่เกิด	พิจิตร
ประวัติการศึกษา	ปี 2552 ระดับปริญญาตรี วท.บ (เทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร) สาขาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ประสบการณ์การทำงาน	ผู้ช่วยสอนรายวิชาโรคพืชเบื้องต้น ภาคต้น ปีการศึกษา 2554 ผู้ช่วยสอนรายวิชาโรคพืชเบื้องต้น ภาคต้นและภาคปลาย ปีการศึกษา 2555 ครูสอนวิชาธรรมชาติศึกษาและประยุกต์วิทยา โรงเรียนเพลินพัฒนา แขวงศาลธรรมสพธ์ เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร ปี 2556
ประชุมวิชาการ/ผลงาน	ประชุมวิชาการ โรคพืชนานาชาติ The International Conference on Tropical and Subtropical Plant Disease 2012 เรื่อง Efficacy of Potassium Silicate and <i>Trichoderma harzianum</i> on Dirty Panicle Incidence and Yield of Rice. ประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติครั้งที่ 10 เรื่อง ประสิทธิภาพของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> ต่อการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลและผลผลิตของข้าว ประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติครั้งที่ 2 เรื่อง อิทธิพลของสารโพแทสเซียมซิลิเกตและเชื้อรา <i>Trichoderma harzianum</i> ต่อการเกิดโรคอดปักดาบของกล้าข้าว