รหัสโครงการ .....
(เฉพาะเจ้าหน้าที่ สกอ.)

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์
โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ชื่อชุดโครงการ
การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว
Utilization of indole acetic acid (IAA) produced by bacteria for rice planting

คณะผู้วิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ (ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย)
(มหาวิทยาลัยศิลปากร)
อาจารย์ ดร. เสาวภา เขียนงาม (มหาวิทยาลัยศิลปากร)
นางสาวพิมพ์ใจ มีตุ้ม (มหาวิทยาลัยศิลปากร)
อาจารย์ ดร.ศิรพรรณ สุคนธสิงห์ (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
นางสมพร สืบสมบัติ สำนักงานเกษตรอำเภอหัวหิน
นางสาวชนาพร ตระกูลแจะ (นักวิจัยรุ่นใหม่) (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)

ชุมชน/ท้องถิ่นที่ร่วมโครงการ
เกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกข้าวอำเภอห้วหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผู้ประสานงานโครงการ
ชื่อ รองศาสตราจารย์ ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่
หน่วยงานต้นสังกัด คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยศิลปากร
สถานที่ติดต่อ เลขที่ 1 หมู่ 3 ตำบลสามพระยาว อำเภอชะอำ
จังหวัดเพชรบุรี 76120
โทรศัพท์ 032-594037-8 โทรสาร 032-594037-8
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 081-1995360
E-mail: nachiangmai_p@silpakorn.edu,
mchiangmai@gmail.com,

ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก
สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

1) ข้อมูลของชุดโครงการ

ชื่อชุดโครงการ การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว
Utilization of indole acetic acid (IAA) produced by bacteria for rice planting

ระยะเวลาของโครงการ 10 เดือน
งบประมาณรวม 200,000 บาท

2) บทคัดย่อ

การประเมินการใช้ประโยชน์ของกรดอินโดลแอซีติก (IAA) ที่ผลิตจากแบคทีเรีย *Enterobacter concerogenus* (RD4-1-1) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตในระยะต้นอ่อนของข้าวนาสวน ผลการศึกษาพบว่าการตอบสนองต่อ IAA ของข้าวขึ้นกับระดับการจัดสภาพความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ สภาพการเพาะปลูกและพันธุ์ ข้าวนาสวนทั้งสองพันธุ์ที่ทดสอบ (ข้าวพันธุ์ กข 31 และ พันธุ์ กข 41) ตอบสนองต่อ IAA โดยสามารถส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวได้ตั้งแต่การเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ไม่ขาดน้ำ แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำ IAA ไปใช้ได้ในระดับหนึ่งของการขาดน้ำเท่านั้น (โพลีเอทิลีนไกลคอล 10 เปอร์เซ็นต์; PEG) การปลูกข้าวในดินจะมีสัดส่วนการใช้ได้ของ IAA น้อยกว่าการปลูกในสารละลาย PEG สำหรับข้าวพันธุ์ กข 31 (2.5 µM-25 µM และ 25 µM-50 µM ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามพบผลที่คงที่ในข้าวพันธุ์ กข 41 (2.5 µM) สำหรับการพ่น IAA ในระดับแปลงและพบว่าการพ่นที่ระยะแตกกอมีแนวโน้มในการตอบสนองของข้าวโดยการมีความสูงและผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าการพ่นที่ระยะเติมเต็มเมล็ด

จึงมีความเป็นไปได้สำหรับรูปแบบการผลิต IAA อย่างง่ายจากแบคทีเรีย *E. cancerogenus* RD4-1-1 ในสภาพไม่ปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำไปผลิตใช้ได้เอง แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญสำหรับกระบวนการผลิตดังกล่าวคือเรื่องของอากาศ และการปนเปื้อน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ IAA ที่นำไปใช้โดยการแช่เมล็ดในแปลงนาก็แสดงผลที่ดีโดยสามารถเพิ่มการงอกโผล่พ้นดินได้ทั้งนี้ผลการศึกษาในชุดโครงการนี้ได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

3) ข้อมูลของหัวหน้าโครงการ

ผู้อำนวยการชุดโครงการวิจัย หัวหน้าโครงการย่อยที่ 1 และผู้ร่วมวิจัยโครงการย่อยที่ 2
นางสาวพรรณธิภา ณ เชียงใหม่ (Miss Pantipa Na Chiangmai)
ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์ ดร.
คุณวุฒิ สาขาความชำนาญ วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช)
หน่วยงานต้นสังกัด: คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร
สถานที่ติดต่อ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี
โทรศัพท์ 032-594038
โทรสาร 032-594038
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-81-1995360
E-mail: mchiangmai@gmail.com, nachiangmai@silpakorn.edu

หน้าที่ : รับผิดชอบการทดสอบกรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตได้จากแบคทีเรียเอนโดไฟต์กับการเจริญเติบโต ของข้าวในระยะงอก และระยะเติมเต็มเมล็ด การติดต่อกับเกษตรกรและหน่วยงานร่วมวิจัย

สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 30 เปอร์เซ็นต์

ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่น ๆ ที่อยู่ระหว่างการดำเนินการ –

ลายมือชื่อ.....

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่)

4) คณะผู้วิจัย

ห้วหน้าโครงการย่อยที่ 2 และผู้ร่วมวิจัยโครงการย่อยที่ 1

อาจารย์ ดร. เสาวภา เขียนงาม (Miss Saowapar Khianngam)

สาขาความชำนาญ จุลชีววิทยา เภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ

หน่วยงานต้นสังกัด: คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถานที่ติดต่อ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี เลขที่ 1 หมู่ 3 ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

โทรศัพท์ 032-594038

โทรสาร 032-594038

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-81-2936604

E-mail: khianngam_s@silpakorn.edu, k_saowapar@yahoo.com

หน้าที่ : รับผิดชอบการวางแผนและการทดสอบรูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซีติกที่เหมาะสมกับเกษตรกร

สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 25 เปอร์เซ็นต์

ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่นๆที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ -

ลายมือชื่อ.....

(อาจารย์ ดร. เสาวภา เขียนงาม)

นางสาวพิมพ์ใจ มีตุ้ม (Miss Pimjai Meetum) ผู้ร่วมวิจัยโครงการย่อยที่ 1 และ 2

สาขาความชำนาญ จุลชีววิทยา

หน่วยงานต้นสังกัด คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถานที่ติดต่อ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี เลขที่ 1 หมู่ 3 ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

โทรศัพท์ : 032-94037-8

โทรสาร : 032-594037-8

โทรศัพท์เคลื่อนที่ : 087-7931518

E-mail : pim_jai13@ hotmail.com

หน้าที่ : ร่วมวิจัยการทดสอบรูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซีติกที่เหมาะสมกับเกษตรกร

สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 15 เปอร์เซ็นต์

ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่นๆที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ .....-.....

ลายมือชื่อ.....
(นางสาวพิมพ์ใจ มีตุ้ม)

นางสาวศิรพรรณ สุคนธสิงห์ (Miss Sirapan Sukontasing) ผู้ร่วมวิจัยโครงการย่อยที่ 2
ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์ ดร.
สาขาความชำนาญ เภสัชเคมีและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ และการศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของแบคทีเรีย
หน่วยงานต้นสังกัด: คณะเทคนิคการสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
สถานที่ติดต่อ ภาควิชาเทคนิคการสัตวแพทย์ คณะเทคนิคการสัตวแพทย์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
โทรศัพท์ 02-579-8574
โทรสาร 02-579-8571
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-86-5337939
E-mail: cvtsrp@ku.ac.th
หน้าที่ : ร่วมวิจัยการทดสอบรูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซีติกที่เหมาะสมกับเกษตรกร
สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 10 เปอร์เซ็นต์
ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่นๆที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ .....-.....

ลายมือชื่อ.....
(อาจารย์ ดร. ศิรพรรณ สุคนธสิงห์)

นางสมพร สืบสมบัติ (Mrs. Somporn Suepsombuti) ผู้ร่วมวิจัยโครงการย่อยที่ 1
ตำแหน่งทางวิชาการ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ
สาขาความชำนาญ ส่งเสริมการเกษตร
หน่วยงานต้นสังกัด: สำนักงานเกษตรอำเภอหัวหิน รับผิดชอบตำบลทับใต้
สถานที่ติดต่อ สำนักงานเกษตรอำเภอหัวหิน เลขที่ 38/21 ตำบลหัวหิน อำเภอหัวหิน จังหวัด
ประจวบคีรีขันธ์ 77110
โทรศัพท์ 032-512-458
โทรสาร 032-512-458
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-80-7698143
E-mail: huahin@doae.go.th
หน้าที่ : ส่วนร่วมในการติดต่อกลุ่มเกษตรกร และถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร
สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 10 เปอร์เซ็นต์
ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่นๆที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ -

ลายมือชื่อ.....
(นางสาวสมพร สืบสมบัติ)

นางสาวชนาพร ตระกูลแจะ (Miss Chanaporn Trakunjae) ผู้ร่วมวิจัยโครงการย่อยที่ 2
สาขาความชำนาญ จุลชีววิทยา
หน่วยงานต้นสังกัด: ฝ่ายนาโนเทคโนโลยีและเทคโนโลยีชีวภาพ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเอนไซม์และจุลินทรีย์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร
สถานที่ติดต่อ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพ 10900
โทรศัพท์ 02-942-8600-3 ต่อ 703
โทรศัพท์เคลื่อนที่ 0-95-0592200
E-mail: aapcpt@ku.ac.th
หน้าที่ : ร่วมวิจัยการทดสอบรูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซีติกที่เหมาะสมกับเกษตรกร
สัดส่วนที่ทำงานวิจัย 10 เปอร์เซ็นต์
ความรับผิดชอบในโครงการวิจัยอื่นๆที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการ .....-.....

ลายมือชื่อ.....
(นางสาวชนาพร ตระกูลแจะ)

5) วัตถุประสงค์ของโครงการ

1) ประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อ (การผลิตในระดับห้องปฏิบัติการมีกระบวนการผลิตที่ปราศจากเชื้อที่ทำได้ยากโดยชุมชนหรือเกษตรกร ซึ่งข้อมูลปริมาณการใช้ต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนของข้าว มีข้อมูลจากการศึกษาก่อนหน้านี้บ้างแล้วจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ) ต่อการงอกและเจริญในระยะต้นอ่อนของข้าวในระดับแปลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอหัวหิน (โครงการที่ 1)

2) ศึกษาผลของการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อต่อระดับการขาดน้ำในระยะต้นอ่อนของข้าวในสภาพโรงเรือน (โครงการที่ 1)

3) ศึกษารูปแบบการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตระดับแปลงของกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียสำหรับเกษตรกร (การผลิตระดับแปลง หมายถึง มีการผลิตที่เน้นการสามารถดำเนินการได้เองโดยเกษตรกรหรือชุมชน ที่อาจมีโอกาสในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้สูงกว่าในห้องปฏิบัติการด้วยเช่นเดียวกัน) (โครงการที่ 2)

4) ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเกษตรกรทั้งผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อ ต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าว และความเป็นไปได้ในการผลิตกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียชนิดนี้ในระดับแปลงของเกษตรกร (แผนวิจัย)

6) หลักการและเหตุผล

กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เป็นกลุ่มหนึ่งที่มีความขยันขันแข็งในการพัฒนาทั้งทักษะการผลิตข้าว และการเพิ่มมูลค่าข้าว ดังจะเห็นได้ ถึงความเชื่อมโยงการทำงาน ทั้งการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อจำหน่าย การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตข้าวภายในกลุ่ม การจำหน่ายผลผลิตทางการเกษตรในลักษณะผลิตผลอินทรีย์ที่เป็นการสร้างมูลค่า คุณค่า ให้กับกลุ่มและสินค้าของกลุ่มฯ และการเริ่มต้นเพิ่มผลผลิตโดยการแปรรูปข้าวเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

แต่อย่างไรก็ตาม การปลูกข้าวของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ไม่ได้อาศัยน้ำจากระบบชลประทานในการผลิต แต่อาศัยน้ำบาดาล น้ำฝน น้ำคลองสาธารณะ และบางส่วนมาจากน้ำสระขุดในพื้นที่แปลงของเกษตรกรเอง ทำให้ในฤดูแล้งมักประสบปัญหาการขาดน้ำในการปลูกข้าว ด้วยเหตุนี้เกษตรกรส่วน

ใหญ่จึงทำการปลูกข้าวเพียง 1 ฤดูกาลต่อปี เพื่อลดปัญหาการขาดน้ำระหว่างการปลูก และแม้ฤดูที่ทำการปลูกเป็นฤดูฝนแต่ในการปลูกข้าวนาปีก็ยังคงพบปัญหาขาดน้ำในบางช่วงของการเจริญเติบโต เนื่องจากพื้นที่หัวหินอยู่ในบริเวณอับน้ำฝน ทำให้ในการทำการเกษตรของเกษตรกรประสบปัญหาขาดน้ำในการปลูกข้าว แม้จะเป็นการปลูกข้าวในฤดูกาลก็ตาม ด้วยเหตุนี้การแก้ปัญหาหรือการบรรเทาความเสียหายของผลผลิตข้าวเนื่องจากความแล้งจึงเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการผลิตข้าวของเกษตรกร ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาของเกษตรกรได้แก่ การเลือกใช้พันธุ์ปลูกที่มีอายุปลูกที่เหมาะสมสำหรับช่วงการได้รับน้ำระหว่างการปลูกในพื้นที่ และการบริหารจัดการน้ำของกลุ่มเกษตรกรเป็นสำคัญ

การส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโดยการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติเป็นเป้าหมายหนึ่งในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับการดำเนินงานของกลุ่มเกษตรกร ทั้งนี้ในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว หากได้รับการส่งเสริมล้วนมีรายงานว่ามีความสำคัญต่อการเพิ่มผลิตข้าวทั้งในสภาพการขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ เนื่องจากการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นสามารถเพิ่มส่วนสร้างอาหารได้แก่ลำต้นและใบในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และส่งเสริมการสร้างเมล็ดในระยะการสืบพันธุ์ อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่ระยะแรกของการปลูกข้าว ได้แก่ ระยะหว่านหรือการทำแปลงต้นกล้าแม้จะเป็นระยะที่อ่อนไหวต่อการขาดน้ำ แต่ปัญหาการขาดน้ำในระยะหว่านและระยะต้นอ่อนจะรุนแรงน้อยกว่าระยะอื่น เนื่องจากเกษตรกรจะตัดสินใจหว่านข้าวหรือทำแปลงต้นกล้าเมื่อเริ่มต้นฤดูกาลที่มีน้ำฝนและยังเป็นระยะเริ่มต้นของการปลูกข้าวจึงยังคงมีปริมาณน้ำสำรองที่เพียงพอกับความต้องการของข้าวในระยะดังกล่าว แต่การสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวในระยะการงอกและต้นอ่อนให้เพิ่มขึ้นนอกจากจะทำให้ต้นข้าวสามารถทนต่อการขาดน้ำเพิ่มขึ้นแล้ว ยังอาจสามารถลดการใช้น้ำสำรองสำหรับเกษตรกรในระยะแรกของการปลูก เพื่อสำรองน้ำไว้สำหรับระยะการเจริญเติบโตถัดๆ ไป ที่มีความเสี่ยงต่อการขาดน้ำ ซึ่งปัญหาการขาดน้ำของข้าวสามารถพบได้หลายระยะจนกว่าจะถึงระยะการเก็บเกี่ยวทั้งนี้ขึ้นกับระดับน้ำสำรองของเกษตรกรหรือปัญหาการจัดการน้ำในพื้นที่ และสภาพการมีน้ำฝนตามธรรมชาติในแต่ละปีที่แตกต่างกันออกไป

ในปัจจุบันมีรายงานการทดสอบฮอร์โมนออกซิน กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตได้จากแบคทีเรียมาใช้ในการศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิดจากทั่วโลก ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ทางชีวภาพ ที่นอกเหนือจากการส่งเสริมการเจริญเติบโต ยังพบรายงานที่กล่าวว่า การเสริมกรดอินโดลแอซิติกสามารถส่งผลต่อลดความเครียดต่างๆ ของพืชรวมทั้งความเครียดที่มาจากการขาดน้ำ ทั้งนี้เพราะกรดอินโดลแอซีติกเป็นฮอร์โมนพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มออกซินธรรมชาติ มีความสำคัญในการผลิตพืชเนื่องมาจากการทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมและพัฒนาเซลล์ในกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ ของพืช ซึ่งมีรายการมีฤทธิ์ที่รุนแรงน้อยกว่าและต้นทุนการผลิตต่ำกว่าชนิดที่ได้มาจากการสังเคราะห์ทางเคมี

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาชุดโครงการวิจัยนี้จึงประกอบได้ด้วยสองโครงการย่อย ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 เป็นการประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้<u>ในห้องปฏิบัติการ</u> (มีการผลิตในกระบวนการที่ปราศจากเชื้อที่ทำได้ยากโดยชุมชนหรือเกษตรกร) ต่อการงอกและเจริญในระยะต้นอ่อนของข้าวในระดับแปลงเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย [(กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอหัวหิน) โดยอาศัยข้อมูลที่เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการในระยะงอกและต้นอ่อนของข้าวก่อนหน้านี้ (ที่มาจากการศึกษาวิจัยของกลุ่มวิจัยทั้งที่ได้รับทุนและไม่ได้ทุนจาก สกอ. ก่อนหน้านี้) และ กิจกรรมที่ 2 เป็นการศึกษารูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซิติกจากแบคทีเรียที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปปฏิบัติได้<u>ในระดับแปลง</u> (มีการผลิตที่เน้นการสามารถดำเนินการได้เองโดยเกษตรกรหรือชุมชน ที่อาจมีโอกาสในการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ได้สูงกว่าในห้องปฏิบัติการด้วยเช่นเดียวกัน) ในอนาคต เป้าหมายเพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียและนำไปใช้ประโยชน์ได้เองภายในกลุ่มเพื่อลดต้นทุนการผลิตในโอกาสต่อไป

ผลการศึกษาวิจัยสามารถถ่ายทอดให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่โดยอาศัยวิธีการนำเข้าสังเกตผลการทดสอบในระดับแปลงของสมาชิกในกลุ่มบางราย

7) ผลการดำเนินงานตลอดโครงการ

1) นำกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ระดับห้องปฏิบัติการ มาทำการศึกษาผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต้นอ่อนข้าวในสภาพของการขนาดน้ำที่ระดับแตกต่างกัน โดยดำเนินการในห้องปฏิบัติการ (โครงการที่ 1) ดำเนินการศึกษาทั้งในสภาวะความเครียดจากการขาดน้ำทั้งในห้องปฏิบัติการทั้งการเพาะเลี้ยงในอาหารเพาะเลี้ยง พบว่า การตอบสนองต่อ IAA ของข้าวขึ้นกับระดับการจัดสภาพความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ สภาพการเพาะปลูก และพันธุ์ ความเข้มข้นของ IAA ที่เหมาะสมต่อการแช่หรือการแช่ร่วมกับการพ่นในระยะต้นอ่อนจะแตกต่างกันระหว่างการเพาะเลี้ยงบนอาหารกับการเพาะปลูกในดินโดยพบช่วงที่เหมาะสมมีค่าลดลงในข้าวพันธุ์ กข 31 (25 ไมโครโมลาร์ (µM)-50 µM และ 2.5 µM-25 µM ตามลำดับ) แต่พบผลคงที่ในข้าวพันธุ์ กข 41 (2.5 µM)

2) ทำการผลิตกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อนำไปใช้ในระดับแปลงของเกษตรกรในระยะเพาะกล้าและระยะต้นอ่อนของข้าว จากนั้นทำการประเมินผลร่วมกับเกษตรกรโดยดำเนินการในแปลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอหัวหิน (โครงการที่ 1) สำหรับการพ่น IAA ที่ความเข้มข้น 2.5 µM ในระดับแปลงพบว่าการพ่นที่ระยะแตกกอจะพบแนวโน้มการตอบสนองของข้าวโดยการมีความสูงและผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าการพ่นที่ระยะเติมเต็มเมล็ด

3) หารูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซิติกจากแบคทีเรียเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับแปลงนาและผลของการทดสอบในระดับแปลงต่อการงอกและบางลักษณะในระยะต้นอ่อนของข้าว (โครงการที่ 2) ผลการศึกษาการผลิต IAA อย่างง่ายสำหรับเกษตรกรโดยการเตรียมโดยเตรียม PDB ที่ประกอบด้วย 500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรของแอลทริปโตเฟน ลงในขวดน้ำพลาสติก และใช้ชุดปั๊มลมในการให้อากาศ บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 3 วัน พบว่าแม้ปริมาณการผลิต IAA จะลดลง แต่เมื่อนำผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในรูปแบบไม่ปลอดเชื้อนี้ไปใช้ในระดับแปลงเกษตรกร (2.5 ไมโครโมลาร์) เพื่อใช้เพื่อการแช่เมล็ดสำหรับนาหว่าน พบว่าสามารถส่งเสริมการงอกในแปลงนาได้ดีกว่าการแช่ด้วยน้ำเปล่า

4) ทำการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้เกษตรกรกลุ่มผู้ปลูกข้าวหัวหิน (แผนวิจัย) ทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างเตรียมการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยจะดำเนินการถ่ายทอดแล้วเสร็จในเดือนมีนาคม 2562

ตารางที่ 7.1 ตารางสรุปผลงานวิจัยตลอดโครงการ

วัตถุประสงค์	แผนงานวิจัย	นักวิจัยที่รับผิดชอบ	ผลงานตลอดโครงการ
1. ประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อ ต่อระดับการขาดน้ำในระยะต้นอ่อนของข้าวในสภาพห้องปฏิบัติการ (โครงการที่ 1)	1. ดำเนินการวิจัย	1. รศ.ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ 2. ดร. เสาวภา เขียนงาม 3. นางสาวพิมพ์ใจ มีตุ้ม	1 . ทำการศึกษาทดลอง

2. ประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อ ต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวในระดับแปลงของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอหัวหิน (โครงการที่ 1)	1.1 ติดต่อหน่วยงานเกษตรในพื้นที่และติดต่อกลุ่มเกษตรกร 1.2 ดำเนินการวิจัย	1. รศ.ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ 2. ดร. เสาวภา เขียนงาม 3. นางสมพร สืบสมบัติ	1 . ประสานงานกับหน่วยงานเพื่อประสานความร่วมมือกับเกษตรกรและหน่วยงานเพื่อให้ได้แนวปฏิบัติในการวิจัยในสภาพแปลงร่วมกับเกษตรกร 2. ทำการศึกษาทดลอง
3. ศึกษารูปแบบการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตระดับแปลงของกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียสำหรับเกษตรกร (โครงการที่ 2)	ดำเนินการวิจัย	1. ดร. เสาวภา เขียนงาม 2. รศ.ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ 3. นางสาวพิมพ์ใจ มีตุ้ม 4. ดร.ศิรพรรณ สุคนธสิงห์ 5. นางสาวชนาพร ตระกูลแจะ	ทำการศึกษาทดลอง
4. ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่กลุ่มเกษตรกรทั้งผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตได้ในห้องปฏิบัติการในสภาพปลอดเชื้อ ต่อการงอกและการเจริญของต้นอ่อนข้าวและความเป็นไปได้ในการผลิตกรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียชนิดนี้ในระดับแปลงของเกษตรกร (แผนวิจัย)	ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี	1. รศ.ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ 2. ดร. เสาวภา เขียนงาม 3. นางสมพร สืบสมบัติ	1. ติดต่อหน่วยงานเกษตรในพื้นที่และติดต่อกลุ่มเกษตรกร 2. เตรียมแปลงสาธิต 3. ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยี

8) ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ (โปรดระบุถึงสิ่งที่ได้รับเมื่อสำเร็จโครงการตามดัชนีชี้วัดความสำเร็จในข้อเสนอโครงการฉบับสมบูรณ์ และแสดงหลักฐานประกอบแนบมาด้วย)

ผลงาน	ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	หลักฐานประกอบ
1. ต้นแบบผลิตภัณฑ์ (โปรดระบุ)		
2. เทคโนโลยีใหม่ (โปรดระบุ)		
3. กระบวนการใหม่ (โปรดระบุ)		
4. องค์ความรู้ (โปรดระบุ)	<u>โครงการที่ 2</u> ได้รูปแบบการเตรียม IAA แบบพาสเจอร์ไรซ์อย่างง่าย เพื่อให้เกษตรกรสามารถเตรียมเพื่อใช้ในแปลงได้เอง	 ภาพประกอบการเตรียมผลิตภัณฑ์ IAA อย่างง่าย
5. การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์		
6. การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ 6.1 การฝึกอบรม 6.2 การถ่ายทอดเทคโนโลยี	จำนวน.....-.....ครั้ง ครั้งที่.....1..... วันที่ .....26 มีนาคม 2562..... สถานที่.....แปลงนาเกษตรกร ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เรื่อง การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว ผู้เข้ารับการอบรม คือ เกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่อยู่ในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ข้าวหัวหิน จำนวน ...-..... คน	
7. การผลิตนักศึกษา 7.1 ปริญญาตรี 7.2 ปริญญาโท 7.3 ปริญญาเอก	จำนวน.....2.....คน ได้แก่ 1. นางสาวกนกวรรณ นิสัยกล้า รหัสประจำตัว 11580225 2. นางสาวฐิติพร อุสาหะ รหัสประจำตัว 11580300	จุลนิพนธ์อยู่ระหว่างดำเนินการยังไม่เสร็จสิ้น
8. ทรัพย์สินทางปัญญา (อนุสิทธิบัตร/ สิทธิบัตร / ลิขสิทธิ์ ฯลฯ)	จำนวน..... เรื่อง 1. ประเภท IP..... เรื่อง..... สถานะ (อยู่ระหว่างการยื่นคำขอจดทะเบียน/ ได้รับ IP แล้ว)	

	2. ประเภท IP..... เรื่อง.....สถานะ.....	
9. บทความทางวิชาการ 9.1 วารสารในประเทศ 9.2 วารสารในระดับนานาชาติ 9.3 เอกสารเผยแพร่	จำนวน...-.....เรื่อง ชื่อเรื่อง..-..... ชื่อวารสาร....-..... ปีที่พิมพ์.....-.....	
10. การเสนอผลงานในการประชุม 10.1 การประชุมระดับชาติ 10.2 การประชุมระดับนานาชาติ	จำนวน...-.....ครั้ง ชื่อการประชุม.....-.....วันที่.....-..... สถานที่.....-.....	

9) งบประมาณโครงการ

(ให้สรุปงบการใช้จ่ายในโครงการแยกตามหมวด ตามข้อเสนอโครงการฉบับสมบูรณ์)

รายการ	งบประมาณจาก สกอ จำนวนเงิน (บาท)
1. หมวดค่าตอบแทน (ค่าตอบแทนผู้วิจัย) ค่าทำงานนอกเวลาราชการในวันหยุดราชการ	
รวมหมวดค่าตอบแทน	**17,640**
2. หมวดค่าจ้าง (ผู้ช่วยวิจัยและเจ้าหน้าที่อื่นๆ) - ผู้ช่วยวิจัย	21,600
2. หมวดค่าใช้สอย 2.1 ค่าเช่าเหมารถ (แผนวิจัย) 2.2 ค่าชดเชยพาหนะส่วนตัว 2.3 ค่าจ้างเหมาจัดทำเอกสารรายงานความก้าวหน้าและรายงานฉบับสมบูรณ์ 2.4 ค่าจ้างเหมายผู้ช่วยประสานงานในโครงการ (7,200 บาท x 3 เดือน x 1 คน) (วุฒิปริญญาตรี จำนวน 1 คน เป็นเวลา 3 เดือน (หน้าที่ในการเลี้ยงจุลินทรีย์ ผลิต IAA ตรวจสอบปริมาณ และช่วยดูแลและเก็บข้อมูลข้าวทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือน และการเตรียมเอกสาร ข้อมูล เพื่อประกอบการอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี) 2.5 ค่าจ้างเหมาบริการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ 2.6 ค่าใช้จ่ายในการเดินทางไปเผยแพร่ผลงานวิจัย 2.7 ค่าใช้สอยอื่น ๆ	6,000 15,000 5,000 21,600 16,000 23,000 15,000
รวมหมวดค่าใช้สอย	**104,600**
3. หมวดค่าวัสดุ	29,760

3.1 วัสดุเกษตร (ดิน ทราย วัสดุต่อระบบน้ำเข้าโรงเรือน ฯ)	28,000
3.2 วัสดุวิทยาศาสตร์ (สารเคมีเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ ชักนำ IAA จากจุลินทรีย์ ตรวจสอบปริมาณ IAA จากจุลินทรีย์, IAA สังเคราะห์เพื่อสร้างกราฟมาตรฐาน และนำมาเปรียบเทียบผลที่มีต่อพืชในห้องปฏิบัติการ, อาหารเลี้ยงเชื้อ)	5,000 15,000
3.3 วัสดุสำนักงาน (กระดาษ A4 ซีดี อุปกรณ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยี)	
3.5 วัสดุอื่น ๆ	
รวมหมวดค่าวัสดุ	**77,760**
รวม (บาท)	**200,000**
	สองแสนบาทถ้วน

หนังสือแสดงความเห็นเกี่ยวกับผลการดำเนินการของโครงการจากชุมชน/ท้องถิ่นที่ร่วมโครงการ

วันที่ .....เดือน..มีนาคม.....พ.ศ. ....2562.....

เรื่อง การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว

เรียน เลขาธิการคณะกรรมการการอุดมศึกษา

ข้าพเจ้า...นายประกอบ รุ่งสว่าง.....ตำแหน่ง.....ประธานกลุ่ม.... หน่วยงาน/องค์กร....วิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ข้าวหัวหิน...จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.. ในฐานะผู้เข้าร่วมโครงการมีความคิดเห็นเกี่ยวกับผลการดำเนินการของโครงการดังนี้

ผู้เข้าร่วมโครงการได้รับผลก็คือ การได้รับความรู้เรื่องดินที่ขาดแร่ธาต และการผลิตข้าวที่ดีขึ้นตามสัดส่วนการใช้ฮอร์โมนเพื่อมาช่วยทำให้ข้าวได้ผลผลิตที่มากขึ้น และจากปัญหาความแห้งแล้งของข้าว การใช้ฮอร์โมนก็สามารถส่งเสริมให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นได้ ทางกลุ่มเกษตรกรต้องการให้มีหน่วยงานภายนอกนักวิจัย เข้ามาให้ความรู้กับเกษตรกรและชุมชน และทางกลุ่มเกษตรกรและชุมชนมีความยินดีที่จะให้ความร่วมมือกับทุกหน่วยงาน

องค์ความรู้ที่ได้รับจากผู้วิจัยเป็นประโยชน์ต่อข้าพเจ้า ดังนี้

- ✓ องค์ความรู้ที่ได้รับสอดคล้องกับความต้องการ / แก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้
- ✓ องค์ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปประยุกต์ใช้เข้ากับการปฏิบัติงานจริงได้
- ✓ องค์ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปพัฒนาเทคโนโลยีใหม่/ต่อยอด/ขยายผลได้
- ☐ องค์ความรู้ที่ได้รับก่อให้เกิดรายได้/สร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์/พัฒนาคุณภาพชีวิต/ยกระดับความเป็นอยู่ให้ดีขึ้นได้
- ✓ อื่น ๆ ระบุ .....เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากแบคทีเรียสามารถสนับสนุนการผลิตข้าวปลอดภัยของกลุ่มเกษตรกรซึ่งเป็นเป้าหมายการผลิตข้าวปลอดภัยไปจนถึงผลิตข้าวอินทรีย์ของกลุ่มได้....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ)..... .....

(ประกอบ รุ่งสว่าง)

(ตำแหน่ง) ประธานวิสาหกิจชุมชนอนุรักษ์ข้าวหัวหิน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) โดยการประสานงานของเครือข่ายบริหารการวิจัยอุดมศึกษาภาคกลางตอนล่าง งบประมาณปี พ.ศ. 2561

ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการปลูกข้าวและแนวปฏิบัติของการปลูกข้าวในพื้นที่

ขอขอบคุณนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ร่วมทำงานวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดขอขอบคุณ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี ที่ได้ให้การสนับสนุนการวิจัยของนักวิชาการในหน่วยงาน

คณะผู้วิจัย

สิงหาคม 2562

ชื่อโครงการ การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าวบทคัดย่อ

การประเมินการใช้ประโยชน์ของกรดอินโดลแอซีติก (IAA) ที่ผลิตจากแบคทีเรีย *Enterobacter concerogenus* (RD4-1-1) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตในระยะต้นอ่อนของข้าวนาสวน ผลการศึกษาพบว่าการตอบสนองต่อ IAA ของข้าวขึ้นกับระดับการจัดสภาพความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ สภาพการเพาะปลูกและพันธุ์ ข้าวนาสวนทั้งสองพันธุ์ที่ทดสอบ (ข้าวพันธุ์ กข 31 และ พันธุ์ กข 41) ตอบสนองต่อ IAA โดยสามารถส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวได้ตั้งแต่การเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ไม่ขาดน้ำ แต่อย่างไรก็ตามสามารถนำ IAA ไปใช้ได้ในระดับหนึ่งของการขาดน้ำเท่านั้น (โพลีเอทิลีนไกลคอล 10 เปอร์เซ็นต์; PEG) การปลูกข้าวในดินจะมีสัดส่วนการใช้ได้ของ IAA น้อยกว่าการปลูกในสารละลาย PEG สำหรับข้าวพันธุ์ กข 31 (2.5 µM-25 µM และ 25 µM-50 µM ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามพบผลที่คงที่ในข้าวพันธุ์ กข 41 (2.5 µM) สำหรับการพ่น IAA ในระดับแปลงและพบว่าการพ่นที่ระยะแตกกอมีแนวโน้มในการตอบสนองของข้าวโดยการมีความสูงและผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าการพ่นที่ระยะเติมเต็มเมล็ด

จึงมีความเป็นไปได้สำหรับรูปแบบการผลิต IAA อย่างง่ายจากแบคทีเรีย *E. cancerogenus* RD4-1-1 ในสภาพไม่ปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำไปผลิตใช้ได้เอง แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญสำหรับกระบวนการผลิตดังกล่าวคือเรื่องของอากาศ และการปนเปื้อน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ IAA ที่นำไปใช้โดยการแช่เมล็ดในแปลงนาก็แสดงผลที่ดีโดยสามารถเพิ่มการงอกโผล่พ้นดินได้ ทั้งนี้ผลการศึกษาในชุดโครงการนี้ได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

คำสำคัญ : *Oryza sativa* แบคทีเรียเอนโดไฟท์ การเจริญระยะต้นอ่อน กรดอินโดลแอซิติก สภาวะขาดน้ำ

Research Title **Utilization of indole acetic acid (IAA) produced by bacteria for rice planting**

Abstract

Evaluation of the utilization of indole acetic acid (IAA) produced from bacteria *Enterobacter concerogenus* (RD4-1-1) on germination and growth of rice in both laboratories and field. The results showed that the response to IAA of rice depends on the stress due to water deficiency, cultivated condition and varieties. Both varieties of lowland rice (RD31 and RD41) responded to IAA supplement which IAA could promote germination and growth of rice seedlings from culture condition that was not deficiency. However, IAA could only be used at a certain level of water deficiency (10% Polyethylene glycol; PEG). Rice cultivation in the soil would have a lower proportion of IAA use than the grown in the PEG solution for RD31 (2.5 µM-25 µM and 25 µM-50 µM, respectively). However, the result was stable in RD41 (2.5 µM). For IAA spraying in the field, it was found that the spraying at tillering stage showed the rice response; increasing the height and yield of various varieties, better than spraying at grain filling stage.

There is a possibility for a simple IAA production model from *E. cancerogenus* RD4-1-1 in a non-sterile condition to be a guideline for farm ers to use for their own production. However, the major problem for such production is air and contamination. IAA product that was used by soaking seed in rice field was good result, which could increase the emergence. The results of the study in this research program have been transferred the technology to rice farmers in Hua Hin district. Prachuap Khiri Khan Province.

Keywords : *Oryza sativa*, Endophytic bacteria, Seedling growth, Indole-3- acetic acid, Drough condition

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
หน้าปก	1
ข้อมูลโครงการ	2
บทคัดย่อ	2
ข้อมูลของหัวหน้าโครงการ	2
คณะผู้วิจัย	3
วัตถุประสงค์ของโครงการ	5
หลักการและเหตุผล	5
ผลการดำเนินงานตลอดโครงการ	7
ดัชนีชี้วัดความสำเร็จ	9
งบประมาณโครงการ	10
หนังสือแสดงความเห็นเกี่ยวกับผลการดำเนินการของโครงการจากชุมชน/ท้องถิ่นที่ร่วมโครงการ	12
กิตติกรรมประกาศ	13
บทคัดย่อภาษาไทย	14
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	15
สารบัญเรื่อง	16
สารบัญตาราง	17
สารบัญภาพ	17
ตรวจเอกสาร	18
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	21
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	24
สรุปผลการทดลอง	41
ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง	42
ภาคผนวก	47

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 31 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ บนวุ้นแข็งที่มีระดับ Polyethyleneglycol (PEG) เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ	27
ตารางที่ 2	เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 41 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ บนวุ้นแข็งที่มีระดับ Polyethyleneglycol (PEG) เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ	29
ตารางที่ 3	เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 31 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ ในดินที่มีความถี่ของการให้น้ำแตกต่างกัน	31
ตารางที่ 4	เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 41 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ ในดินที่มีความถี่ของการให้น้ำแตกต่างกัน	33
ตารางที่ 5	การเปรียบเทียบความสูงต้นและผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาสวนบางพันธุ์ที่ทำการพ่นด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) ที่ผลิตจากแบคทีเรียที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน	35
ตารางที่ 6	คะแนนการงอกโผล่พ้นดินและความสูงของข้าวนาสวน กข 43 ที่ทำการแช่เมล็ดและพ่นแปลงด้วยกรดอินโดลแอซีติก	38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 1	ปริมาณ IAA (µg/ml) จากอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรอย่างง่าย 3 ชนิด คือ NB, PDB และ PW	37
ภาพที่ 2	ปริมาณ IAA (µg/ml) จากอาหารสูตร PDB ที่ใช้หัวเชื้อใน 3 รูปแบบ	38
ภาพที่ 3	ประมวลภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว ในวันอังคาร ที่ 26 มีนาคม 2562 ณ ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	40

ตรวจเอกสาร

ผลกระทบของความแห้งแล้ง และการผลิตพืชที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันพบความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (climate change) โดยเฉพาะสาเหตุหลักที่เป็นผลมาจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (IPCC, 2014) ที่มาจากภาคการเกษตรโดยเฉพาะจากทวีปเอเชียพบว่ามีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็นอันดับหนึ่งจากข้อมูลปี ค.ศ. 2000-2010 (FAO, 2015a) สำหรับประเทศไทยเป็นลำดับที่ 13 จากประเทศทั่วโลกที่มีการรายงานการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ. 2012 (FAO, 2015a) ซึ่งการเกษตรที่ไม่เหมาะสมเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การใช้ปัจจัยการผลิตที่ไม่เหมาะสม เช่น จากการใช้ และกระบวนการผลิตปุ๋ยและมูลสัตว์ การใช้สารเคมี เป็นต้น เป็นรูปแบบหนึ่งของการเกษตรที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน (Thornton and Lipper, 2013; IPCC, 2014; Parvatha, 2014) ซึ่งท้ายที่สุดสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงเหล่านั้นจะส่งผลกลับมากระทบการผลิตทางภาคการเกษตรเป็นวัฏจักรไป ผลกระทบที่สำคัญจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเพาะปลูก เพิ่มอุณหภูมิ และเพิ่มความแห้งแล้งที่ก่อให้เกิดความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำของพืช (World Bank, 2008; OECD, 2014) ซึ่งแน่นอนว่าในสภาพความแห้งแล้งและขาดน้ำในการทำการเกษตรร่วมกับอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ความสามารถในการดูดและใช้ธาตุอาหารต่างๆ ของพืชลดลง และทำให้ผลผลิตพืชลดลงในที่สุด (McWilliams, 2003: Yohannes, 2016)

ด้วยเหตุนี้ แนวทางปัจจุบันและในอนาคตในการผลิตข้าวที่มีการคาดการณ์ว่ามีปริมาณความต้องการบริโภคเพิ่มขึ้นตามจำนวนประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นและการผลิตหลักอยู่ในเอเชียแปซิฟิก (FAO, 1996; FAO, 1997) นั้น เมื่อจะมีการนำปัจจัยเสริมต่าง ๆ มาใช้เพื่อชดเชยหรือทดแทนการผลิตที่ลดลงของข้าวภายใต้สภาพการขาดน้ำเพื่อบรรเทาความเสียหายกับผลผลิตต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมตามเหตุผลที่กล่าวไปข้างต้น และอาจเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดในการรับซื้อผลผลิตข้าวของบางตลาดในอนาคตได้ด้วยเช่นกัน การใช้สารจากธรรมชาติหรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการผลิตพืชรวมทั้งข้าว เช่น การใช้กรดอินโดลแอซีติก (indole acitic acid; IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชอยู่ในกลุ่มกลุ่มออกซิน การศึกษาการใช้ประโยชน์ของฮอร์โมนชนิดดังกล่าวนี้กับการผลิตข้าว เพราะพบว่าการผลิต IAA มีปริมาณลดลงในพืชรวมทั้งข้าวจากการปลูกภายใต้สภาพการขาดน้ำ (Kumar *et al*., 2001; Xie *et al*., 2003; Zhang *et al*., 2009) ซึ่งการใช้ IAA ที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์เพื่อการผลิตพืชเป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด (Ahemad and Kibret, 2014) และจะเป็นประโยชน์หากใช้ในระดับที่เหมาะสม (Patten and Glick, 1996; Leveau and Lindow, 2005; Shahab *et al*., 2009) อย่างไรก็ตาม แม้จะมีรายงานผลกระทบจากสภาพเครียดที่มีต่อฮอร์โมนพืช รวมทั้งชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตฮอร์โมนพืชจำนวนมาก แต่กลับมีรายงานการใช้จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตฮอร์โมนพืชเหล่านั้นที่สามารถนำใช้ในการเพิ่มผลผลิตข้าวในสภาวะเครียดเนื่องจากปัจจัยแวดล้อม (abiotic stress) ค่อนข้างน้อย (Nakbanpote *et al*., 2014; Raweekul *et al*., 2016) ขณะที่รายงานการนำฮอร์โมนพืชจากจุลินทรีย์มาใช้กับการผลิตข้าวในสภาวะขาดน้ำ (drought stress) ยิ่งขาดแคลน ไม่นับรวมถึงประสิทธิภาพของฮอร์โมนพืชที่ผลิตขึ้นจากจุลินทรีย์นั้นยังขึ้นกับหลายปัจจัย ทั้งชนิดของจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของการใช้ ระยะการเจริญเติบโตของพืช ระดับความเครียดจากปัจจัยอื่นๆ ที่กระทบต่อพืช ด้วยเหตุนี้การอาศัยองค์ความรู้จากการทบทวนเอกสาร การศึกษาวิจัยเบื้องต้นทั้งระดับห้องปฏิบัติการและโรงเรือน การศึกษาวิจัยระดับแปลง และการถ่ายทอดองค์ความรู้ให้แก่เกษตรกรล้วนเป็นขั้นตอนที่สำคัญทั้งสิ้น

การขาดน้ำกับการเจริญเติบโตของพืช

การขาดน้ำส่งผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช โดยไปมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสรีรวิทยาของพืช รวมทั้งความสามารถในการดูดน้ำของพืช (McWilliams, 2003: Yohannes, 2016) สำหรับข้าว พบว่า

การขาดน้ำจะส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของข้าวที่ลดลงในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละระยะของการเจริญเติบโตของข้าว (Kumar, 2011; Pandey *et al*., 2014; Mustikarini *et al*., 2017) พบว่าการขาดน้ำจะกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตฮอร์โมนออกซินในพืช (Abdoli *et al*., 2013) ทั้งนี้มีรายงานว่าปริมาณ IAA จะลดลงในพืชที่ปลูกในสภาพขาดน้ำ (Davies *et al*., 1986; Yuan and Ding, 1990)

แต่อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากปัจจัยพันธุ์ข้าว และสภาวะการเพาะปลูกแล้ว ปริมาณ และลักษณะ IAA ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวก็มีความสำคัญ ที่ผ่านมามีการนำ IAA มาใช้กับการเพาะปลูกพืช แต่ส่วนใหญ่อยู่ในรูปสังเคราะห์ทางเคมี ที่มีฤทธิ์รุนแรง ยากต่อการควบคุมของพืช อายุการใช้งานของสารสังเคราะห์ค่อนข้างสั้น และมีราคาแพง เพราะมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งทางเลือกหนึ่งของความปลอดภัยทางชีวภาพและต้นทุนการผลิตที่ลดลง ได้แก่ การใช้สารที่มีจากจุลินทรีย์ ที่พบได้ทั้งในแบคทีเรีย แอคติโนมัยซีท เชื้อรา และยีสต์ (Khan *et al*., 2014; Nutaratat *et al*., 2015; Syamsia *et al*., 2015) ดังนั้นในงานวิจัยนี้คณะผู้วิจัยเลือกการศึกษา IAA จากจุลินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวในระยะงอกและต้นอ่อนซึ่งอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิจัยก่อนหน้านี้

<u>กรดอินโดลแอซีติกจากจุลินทรีย์</u>

ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (auxin) ที่ผลิตขึ้นในพืชมีความสำคัญเนื่องจากมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช (Zhao, 2010) หลายบทบาท เช่น มีผลต่อการพัฒนาการของการสร้างราก (Leyser, 2002) และยอด (Christensen *et al*., 2000) ควบคุมวัฏจักรเซลล์ (cell cycling) การพัฒนาของเนื้อเยื่อลำเลียง (vascular tissue) การยืดยาวของเซลล์ (cell elongation) การกระจายที่เป็นปกติของออกซินในพืชและการเป็นตัวส่งสัญญาณที่ปกติของออกซินจะมีผลต่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมีย (Pagnussat *et al*, 2009) ควบคุมการทำงานของพัฒนาของละอองเรณู (Ni *et al*., 2002) เอ็มบริโอ (Popko *et al*., 2010) การพัฒนาของเมล็ด เพิ่มทั้งน้ำหนักและจำนวนฝักและผลผลิตในพืชทั้งธัญพืชและพืชตระกูลถั่ว (Amal *et al*., 2009; Hussain *et al*., 2011) และอื่น ๆ ในพืช (He *et al*., 2000) สำหรับกรดอินโดลแอซีติก (indole-3-acitic acid; IAA) เป็นฮอร์โมนหลักในกลุ่มออกซินที่ผลิตได้ในพืช (Zhao, 2010) ซึ่งพบว่าการขาดน้ำจะกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตของฮอร์โมนต่าง ๆ ภายในต้นพืช รวมทั้งออกซิน (Zhu, 2002; Abdoli *et al*., 2013) ทั้งนี้ปริมาณ IAA มีรายงานว่า ได้รับผลกระทบจากการขาดน้ำเช่นเดียวกัน โดยพบการผลิตที่ลดลงในพืชที่ปลูกในสภาพขาดน้ำ (Davies *et al*., 1986; Yuan and Ding, 1990) เนื่องจากโครงสร้างของฮอร์โมนนี้ถูกทำลายจากการมีเอนไซม์ oxidase ที่เพิ่มการทำงานขึ้นที่ใบของธัญพืช (Davenport *et al*., 1980; Xie *et al*., 2003; Abdoli *et al*., 2013) การศึกษาในข้าวสาลีพบว่าระดับของ IAA มีค่าลดลงทั้งในส่วนราก ใบ และเมล็ด (Xie *et al*., 2003) ขณะที่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ IAA ในข้าวที่ปลูกในสภาพเครียดเนื่องจากการขาดน้ำนั้นหาได้ยาก

นอกจาก IAA ที่ผลิตได้จากพืชเองแล้ว จุลินทรีย์หลายชนิดก็สามารถผลิต IAA ได้เช่นกัน (plant growth promoting rhizobacteria; PGPR) เช่น *Pseudomonas* sp. (Ma *et al*., 2011), *Klebsiella* sp. (Ahemad and Khan, 2011), *Rhizobium* sp. (Zahir *et al*., 2010), *Bacillus* sp. (Wani and Khan, 2010) เป็นต้น ด้วยเหตุนี้จึงมีการใช้ IAA ที่ผลิตได้จากจุลินทรีย์หลายแหล่ง และบางกรณีเป็นจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชมาใช้ในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (Bonner and Bandurski, 1952; Zahir *et al*., 2010; Zhao, 2010) ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีรายงานการนำกรดอินโดลแอซิติกจากภายนอกหลายแหล่งเข้ามาช่วยบรรเทาปัญหาของธัญพืชรวมทั้งข้าวที่เกิดความเครียดเนื่องจากปัจจัยที่ไม่มีชีวิต (abiotic stresses) เช่น การขาดน้ำ (Abdoli *et al*., 2013; Khan *et al*., 2016) และความเค็ม (El-Samad, 2013; Nakbanpote *et al*., 2014) แต่ทั้งนี้การจะนำมาใช้อย่างได้ผลจำเป็นต้องมีเตรียมความพร้อมการศึกษาอิทธิพลของหลายปัจจัย ทั้งประสิทธิภาพของ IAA และความเข้มข้นของ IAA ที่นำมาใช้ พันธุ์ข้าว ปัจจัยหรือสภาพการขาดน้ำที่มีการจัดให้กับข้าว เป็นต้น

การศึกษาการใช้ฮอร์โมนออกซินจากแหล่งภายนอกกับธัญพืช

มีการศึกษาผลของออกซินต่อการเจริญเติบโตพืช รวมทั้งข้าวต้องพิจารณาหลายประการ ทั้งความเข้มข้นของฮอร์โมนที่ใช้ ระยะการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น เช่น พบว่าหากมีการใช้ IAA จากภายนอกมากกว่าหรือเท่ากับ 0.003 uM พบว่า seminal root ของข้าวจะถูกยับยั้ง (Yin *et al*., 2011) รวมทั้งความสามารถในการแตกหน่อของข้าวที่ถูกยับยั้งหากใช้ ฮอร์โมนออกซินในระดับที่ไม่เหมาะสม (Liu *et al*., 2011) แต่ในสภาพที่ได้รับความเครียด เช่น การมี NaCl จะส่งผลให้ความเข้มข้นของ IAA ลดลงในใบข้าว (Javid *et al*., 2011a) การนำ exogenous auxin กลุ่ม IAA มาใช้ประโยชน์จึงอาจสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในข้าวได้ สำหรับพืชที่ปลูกแล้วได้รับผลกระทบเนื่องจากความแล้งส่งผลต่อกระบวนการทางชีวเคมีนั้นพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงระดับของฮอร์โมนภายในต้นพืชด้วยเช่นกัน (Abdoli *et al*., 2013) โดยฮอร์โน IAA และจิบเบอเรลลิน (Gibberellin; GA) จะมีการสร้างลดลงเนื่องจากมีการผลิตที่ลดลงหรือเกิดจากโครงสร้างของฮอร์โมนดังกล่าวนี้ถูกลำลายจากการมีเอนไซม์ oxidase ที่เพิ่มการทำงานขึ้นที่ใบของธัญพืช (Davenport *et al*., 1980; Xie *et al*., 2003; Abdoli *et al*., 2013) ในสภาวะของการขาดน้ำ เช่น ในข้าวสาลีที่ระยะหลังการออกดอก (post anthesis) ซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นของการแบ่งเซลล์ (ประมาณ 4 วัน นับจากวันออกดอก ทดลองประมาณ 4 วัน) และระยะการเติมเต็มเมล็ด (grain filling stage) (ประมาณ 14 วันหลังการออกดอก ทดลองประมาณ 4 วัน) ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตที่ได้รับผลกระทบและลดลงในสภาวะการขาดน้ำหลังการดอกดอกที่แตกต่างตามพันธุ์ข้าวสาลีนั้น การใช้ exogenous IAA สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวสาลีทุกพันธุ์ได้แต่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ เช่นเดียวกันกับที่พบว่า exogenous IAA เมื่อนำมาใช้กับข้าวสาลีที่รวงถูกบังแสงและประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงสามารถทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นได้เช่นกัน (Abdoli *et al*., 2013)

อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของฮอร์โมน IAA ภายนอกที่นำมาใช้กับข้าวนั้นแตกต่างกัน ซึ่งอาจขึ้นกับพันธุ์ข้าว ชนิดของจุลินทรีย์หรือแหล่งที่สกัดฮอร์โมนหรือวิธีการศึกษากับข้าว เป็นต้น เช่น การศึกษาของ Abodi *et al*. (2013) ใช้ปริมาณ IAA เท่ากับ 50 μM โดยใช้วิธีการสเปรย์ในระยะการออกดอกและการเติมเต็มเมล็ดของข้าว เช่นเดียวกับการศึกษาผลของ IAA ภายนอกกับข้าวในสภาพเครียดเนื่องจากความเค็มโดยใช้การพ่นจำนวน 3 ครั้ง ปริมาณ 100 ppm พบว่าสามารถเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง และพื้นที่รวมทั้งความยาวใบของข้าวสาลีได้ (El-Samad, 2013) ขณะที่มีพ่นทางใบขณะที่ข้าวหลายพันธุ์ที่กำลังเจริญเติบโตในสภาพการขาดน้ำที่อายุ 80 วันหลังการย้ายปลูก โดยการปล่อยให้ขาดน้ำเป็นเวลา 10 วันจนสังเกตเห็นอาการเหี่ยวชั่วคราว มีรายงานการใช้ IAA ภายนอก การใช้ปริมาณ 10^{-5} M ของ IAA พบว่าไม่มีผลในการส่งเสริมการให้ผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น (Khan *et al*., 2016) อย่างไรก็ตาม มีรายงานการใช้ IAA ที่สกัดได้มาจากแบคทีเรียบริเวณรากพืช (กล้วย ฝ้าย ข้าวโพด และข้าวสาลี) ระดับต่ำ (0.1 มิลลิลิตร เมื่อเลี้ยงข้ามคืนที่ 0.5 OD) กับข้าวสาลี ซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวสาลี ได้เช่นกัน (Mohite, 2013) ขณะที่การนำ IAA ภายนอกมาใช้เพื่อชักนำแคลลัสในห้องปฏิบัติของข้าวจะมีการใช้ในความเข้มข้นที่สูงกว่าโดยมีรายงานการใช้ IAA ความเข้มข้น 0.1 mg/l ร่วมกับ benzyl adenine purine (BAP) ซึ่งอยู่ในกลุ่มฮอร์โมนไซโตไคนิน (Dissanyaka and Dahanyake, 2014)

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. วัสดุ และอุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์และสารเคมีที่ชักนำให้เกิดการผลิตอินโดลแอซิติกจากแบคทีเรียไอโซเลท RD4-1-1

1. กรดอินโดลแอซิติกสังเคราะห์ (Fluka Analytical 57330)
2. L-Tryptophan (HIMEDIA GRM067)
3. Nutrient Broth (NB) (Difco™)
4. Nutrient Agar (NA) (HIMEDIA M001)
5. $FeCl_3$ (HAZARDOUS 220)
6. $HClO_4$ (KEMAUS KA359)
7. แบคทีเรีย RD 4-1-1 แยกมาจากเมล็ดข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองที่ถูกเก็บไว้ในคลังเก็บเชื้อห้องจุลชีววิทยา คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
8. หลอดทดลองขนาด 16×150 เส้นผ่านศูนย์กลาง×ยาว (มิลลิเมตร)(Test Tube)
9. ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 มิลิลตร
10. Autopipette ขนาด 1000 µl
11. เครื่องฆ่าเชื้อ (Autoclave)
12. เครื่องปั่นเหวี่ยงสาร (Centrifuge)
13. เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)
14. เครื่องบ่มเชื้อ (Incubator)
15. เครื่อง Incubator Shaker
16. เครื่องกลั่นระเหยสารแบบหมุน (Rotary evaporator)
17. กล้องจุลทรรศน์
18. เครื่องปั้มลมมือถือ 2,500 วัตต์
19. สายยาง
20. วาล์วปรับแรงลม

1.2 อุปกรณ์และสารเคมี

1. L-tryptophan (Wako)
2. FeCl3 (HAZARDOUS 220)
3. 35% HClO4 (KEMAUS KA359)
4. 3-Indole acetic acid (Sigma-Aldrich)
5. ชุดย้อมสีแกรมแบคทีเรีย
6. แอลกอฮอล์ 70 และ 95%
7. Nutrient broth (NB) [DifcoTM]
8. Potato dextrose broth (PDB) [DifcoTM]
9. ผงวุ้น (Agar)
10. SodiµM Chloride (NaCl) [Ajax]

11.Peptone [DifcoTM]รากพิเศษของต้นอ่อนข้าว
12. เมล็ดข้าวนาสวนพันธุ์ กข 31 และกข 41
13. น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ
14. .ตะกร้าปลูกแบบไม่ขังน้ำ
15. ขวดสเปรย์น้ำ (หรือฮอร์โมนพืช) ขนาด 500 มิลลิลิตร
16. ทรายหยาบนึ่งฆ่าเชื้อ

2. วิธีการทดลอง

<u>โครงการวิจัยที่ 1</u>

1.1 ศึกษาผลของกรดอินโดลแอซีติกต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวในสภาวะจำลองของการขาดน้ำ และการเพาะปลูกในดิน

การทดลองโดยดำเนินการวิจัยแยกระหว่างการใช้ข้าวนาสวน 2 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์ กข 31 และ กข 41 จำลองสภาพการขาดน้ำจากการใช้เปอร์เซ็นต์ polyethylene glycol (PGE) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 0%, 10%, 20% และ 30% รวมทั้งการทดลองในดินที่ขาดน้ำ ได้แก่ 1) การให้น้ำ 1 ครั้งต่อ 2 วัน 2) ให้น้ำ 1 ครั้งต่อ 4 วัน และ 3) ให้น้ำ 1 ครั้งต่อ 7 วัน โดยทั้งสองการทดสอบมีการให้กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตจากแบคทีเรีย RD4-1-1 ที่ความความเข้มข้นที่แตกต่าง 5 ความเข้มข้น (แสดงหน่วยเป็นไมโครโมลาร์ ; µM) ได้แก่ 0 µM, 2.5 µM , 25 µM , 50 µM , 100 µM

1.2 ศึกษาผลของกรดอินโดลแอซีติกต่อความสูงและผลผลิตของข้าวนาสวนบางพันธุ์ที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกกต่างกัน

การทดลองโดยดำเนินการวิจัยในแปลงเกษตรกร ทำการทดสอบผลการพ่นกรดอินโดลแอซีติกในนาข้าวนาสวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ชัยนาท1 พันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข 43 ที่การพ่นสองระยะการเจริญเติบโต ได้แก่ ระยะแตกกอและระยะการเติมเต็มเมล็ด โดยทำการพ่นด้วยฮอร์โมนกรดอินโดลแอซีติก ที่ความเข้มข้น 2.5 µM IAA RD4-1-1 ที่แตกต่างกัน 2 สภาวะ ได้แก่ การพ่นและไม่พ่นฮอร์โมน

ดำเนินการวิจัย ณ แปลงเกษตรกร ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - มิถุนายน 2561

<u>โครงการวิจัยที่ 2</u>

2.1 การเตรียมเชื้อแบคทีเรียเอนโดไฟท์

ทำการผลิตกรดอินโดลแอซีติก (IAA) ในอาหารเหลว Nutrient broth (NB) และทำการเขี่ยเชื้อในอาหาร Nutrient agar (NA) จากนั้น ทำการทดสอบการผลิต IAA และทำการวิเคราะห์ปริมาณ IAA ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 530 นาโนเมตร ด้วย Microplate reader ค่าที่ได้จากการวัดสามารถนำมาคำนวณปริมาณ IAA ได้ จากกราฟมาตรฐาน IAA (10-100 µg/ml) โดยกลุ่มควบคุม (Blank) คือ อาหาร NB + 100 µg/ml ของ L-tryptophan ที่ไม่มีแบคทีเรีย (ดัดแปลงวิธีของ Phetcharat and Duangpaeng, 2012)

ทำการศึกษารูปแบบการเตรียม IAA ในสภาพปลอดเชื้อในระดับห้องปฏิบัติการแบบปลอดเชื้อก่อน โดยทดสอบองค์ประกอบสำคัญ 3 อย่างด้วยกัน เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปเตรียมใช้ได้เองอย่างง่ายในลักษณะแบบสำเร็จรูป ประกอบด้วยหัวข้อ ดังนี้ การศึกษาความคงตัวของปริมาณแบคทีเรีย และความสามารถในการผลิต IAA

อาหารเลี้ยงเชื้อ (MediμM) และสภาวะในการเพาะเลี้ยง โดยเลือกศึกษาจาก 4 ปัจจัย คือ ความเข้มข้นของ L-tryptophan, การมีอากาศ, ระยะเวลาในการเลี้ยง และรูปแบบการเตรียมอาหาร

ดำเนินการศึกษารูปแบบการเตรียม IAA อย่างง่ายในสภาพไม่ปลอดเชื้อ หลังจากได้รูปแบบการผลิต IAA อย่างง่ายในรูปแบบปลอดเชื้อแล้ว ในขั้นตอนนี้จะทำการเลี้ยงแบคทีเรียในอาหารในสภาพที่ไม่ปลอดเชื้อ โดยใช้ชุดรูปแบบหัวเชื้อที่เหมาะสมเติมลงในอาหาร ปริมาตร 1,000 ml ที่บรรจุในขวดพลาสติกขนาด 1,500 ml ทั้งนี้ทำการให้อากาศโดยใช้ชุดปั๊มลมที่ต่อกับสายยางโดยมีวาล์วปรับลมเป็นจุดปรับความแรงของอากาศ แล้วต่อเข้ากับขวดอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน แล้วทำการวิเคราะห์หาปริมาณ IAA

ก่อนนำ IAA ไปใช้กับการทดสอบกับพืชหรืองานอื่นๆ ได้ทำการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์ IAA ที่ได้ ด้วยวิธีการ Autoclave เพื่อป้องกันการรบกวนจากตัวเชื้อแบคทีเรียกับงานวิจัย และทำการศึกษาความคงตัวของผลิตภัณฑ์ IAA เป็นระยะเวลานาน 5 สัปดาห์ อย่างไรก็ตามมีการยืนยันผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบแผ่นบาง

2.2 ทดสอบผลิตภัณฑ์ IAA ในแปลงเกษตรกร

ผลิตภัณฑ์ IAA ที่เตรียมได้ในสภาพไม่ปลอดเชื้อก่อนนำมาใช้งานกับพืชจะทำการฆ่าเชื้อด้วยวิธีการ autoclave เสียก่อน แล้วทำการเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้น 2.5 μM (ความเข้มข้นที่เหมาะสมจากโครงการย่อยที่ 1 เมื่อทดสอบกับพืชในระดับห้องปฏิบัติการ)

การทดลองโดยดำเนินการวิจัยในแปลงเกษตรกร ทำการทดสอบผลการพ่นกรดอินโดลแอซีติกในนาข้าวนาสวน พันธุ์ กข 43 ที่ทำการแช่เมล็ดหนึ่งคืนก่อนการบ่มเมล็ดจนงอกตุ่มรากจากนั้นจึงทำการหว่านในแปลง และทำการพ่นในระยะต้นอ่อน ซึ่งต่างใช้ความเข้มข้นของกรดอินโดลแอซีติกเท่ากับ 2.5 μM การศึกษามีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complely randomized design; CRD) จำนวน 2 ซ้ำ เทียบกับกลุ่มควบคุมที่ทำการแช่ด้วยน้ำเปล่า และไม่ได้ทำการพ่นฮอร์โมนในระยะต้นอ่อน พื้นที่ศึกษา 300 ตารางเมตรต่อซ้ำ

การบันทึกข้อมูลความสามารถในการโผล่พ้นดินภายหลังการหว่านในแปลงโดยการให้คะแนนการโผล่พ้นดิน (Emergence score) และข้อมูลความสูงภายหลังการแช่และการพ่นที่อายุต่าง ๆ ของต้นอ่อนข้าว

ดำเนินการวิจัย ณ แปลงเกษตรกร ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม 2562

3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร

เป็นการนำความรู้จากการศึกษาตลอดชุดโครงการไปถ่ายทอดให้เกษตกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2017)

สถานที่ดำเนินการวิจัย ทดลอง และเก็บข้อมูล

ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชั้น 2 และห้องปฏิบัติการชั้น 3 คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร เขตสารสนเทศเพชรบุรี

แปลงเกษตรกร ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

โครงการวิจัยที่ 1 ประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากแบคทีเรียที่ผลิตในห้องปฏิบัติการต่อการงอกและเจริญเติบโตในระยะต้นอ่อนของข้าว

1.1 ศึกษาผลของกรดอินโดลแอซีติกต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวในสภาวะจำลองของการขาดน้ำ และการเพาะปลูกในดิน

ลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าว พันธุ์ กข 31 และ กข 41 แสดงในตารางที่ 1-2 ส่งผลต่อหลายลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการงอก ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอก (GP) ดัชนีความเร็วในการงอก (SGI) และดัชนีความแข็งแรงของต้นอ่อน (VI) ขณะที่ปัจจัยการความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ PEG ส่งผลต่อต้นอ่อนของข้าวพันธุ์ กข 31 ในทุกลักษณะที่ศึกษา (5 ลักษณะ) โดยการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ PEG จะทำให้ลักษณะต่าง ๆ ลดลง โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงข้าวบนอาหารที่มีระดับเปอร์เซ็นต์ 20% PEG

ความแห้งแล้งในการเพาะเลี้ยงที่เป็นผลมาจากการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ PEG กระทบต่อทุกลักษณะทั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนตั้งแต่ที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ PEG เช่นเดียวกันกับการใช้กรดอินโดลแอซีติก (RD4-1-1) แต่ทั้งนี้ระดับการใช้และส่งผลต่อลักษณะต่าง ๆ ขึ้นกับระดับการใช้ PEG และขึ้นกับพันธุ์ด้วย โดยเฉพาะความแข็งแรงของต้นอ่อนที่การแช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติกส่งผลต่อลักษณะนี้ ที่เป็นผลมาจากทั้งส่งเสริมลักษณะระหว่างการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน การแช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติกทั้งที่ไม่มีการจัดสภาพแห้งแล้งและจัดสภาพแห้งแล้งที่ 10% PEG สามารถนำกรดอินโดลแอซีติกจากภายนอกมาใช้ช่วยเพิ่มลักษณะได้ แต่เมื่อความแห้งแล้งเพิ่มจากการใช้ 20% PEG ไม่พบว่าการใช้ฮอร์โมนดังกล่าวจะสามารถส่งเสริมการงอกหรือการเจริญเติบโตได้

จากผลการศึกษาในการทดลองที่ 1 นี้ เป็นการศึกษาอิทธิพลของการใช้กรดอินโดลแอซีติกภายใต้การเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีระดับการใช้ PEG-6000 ที่แตกต่างกัน (0, 10, 20% PEG) ที่ส่งผลต่อสมดุลของค่าศักย์ออโมติก (osmotic potential) (เท่ากับ 0, -0.15 และ -0.49 MPa สำหรับ 0, 10, 20% PEG ตามลำดับ) ขณะที่ไม่พบการงอกที่ 30% PEG-6000 หรือที่ -1.03 MPa แสดงว่าระดับดังกล่าวจะส่งกระทบต่อการงอกอย่างรุนแรง ทั้งนี้เป็นเพราะในระหว่างที่เมล็ดงอกอัตรากาดูดน้ำของเมล็ด (seed imbibiton) และอัตราการงอกของเมล็ดจะมีค่าลดลงเมื่อค่าศักย์ของดินมีค่าลดลงแต่ทั้งนี้ระดับของความชื้นที่เมล็ดต้องการเพื่อการงอกจะมีความจำเพาะกับพืชแต่ละสปีชีส์ (Hadas and Russo, 1974; Evens and Etherington, 1990) การเปลี่ยนแปลงน้ำในดิน (หรือในวัสดุเพาะเลี้ยง) จึงกระทบทั้งค่า matric potential, soil-solution potential ซึ่งต่างเป็นองค์ประกอบของค่าศักย์น้ำในดิน และมีผลโดยต่อการส่งผ่านน้ำไปยังเมล็ดเพื่อใช้ในการงอก การมีค่า matric potential ลดลงเล็กน้อยแต่เมล็ดยังสามารถงอได้ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่มีต่อการยืดระยะการดูดน้ำของเมล็ดและส่งผลต่อการงอกซึ่งอาจหมายถึงเวลาที่ใช้ในการงอกเพิ่มขึ้นตามไปด้วย มีการศึกษาที่พบว่าการศึกษาการงอกของข้าวพบว่าการใช้ PEG 6000 ที่ระดับศักย์น้ำ -0.30 ถึง -0.49 mMPa จะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์การงอก แต่ที่ -0.60 MPa จะไม่พบการงอกของข้าว (Pant and Bose, 2016) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพืชต่างชนิดมีความสามารถในการงอกในสภาพความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำได้แตกต่างกัน

ซึ่งเมื่อพิจารณาการตอบสนองต่อกรดอินโดลแอซีติกของข้าวทั้งสองพันธุ์ที่มีการเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มีเปอร์เซ็นต์ PEG ที่แตกกต่าง พบว่าทั้งในสภาพที่ไม่จัดสภาพแห้งแล้งและบนอาหารเพาะเลี้ยงที่มี 10% PEG การใช้กรดอินโดลแอซีติกที่ความเข้มข้น 25 µM และ 50 µM สามารถส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวนา

สวนพันธุ์ กข 31 ได้ โดยการใช้ที่ 25 µM ส่งผลดีที่สุด แต่ในข้าวพันธุ์ กข 41 นั้นให้ผลต่างกันเล็กน้อย ที่พบว่า ที่ 0% PEG เมล็ดจากตอบสนองได้ดีที่ 25 µM และ 50 µM เช่นเดียวกัน แต่เมื่อเริ่มจัดสภาพแห้งแล้งคือที่ 10% PEG กลับตอบสนองต่อฮอร์โมนดังกล่าวในช่วงที่แคบและความเข้มข้นต่ำกว่า (เฉพาะ 2.5 µM) อาจกล่าวได้ว่าพันธุ์ กข 41 น่าจะมีความสามารถในการทนแล้งและตอบสนองต่อฮอร์โมนกรดอินโดลแอซีติกได้ต่ำกว่าพันธุ์ กข 31 อย่างไรก็ตาม การใช้กรดอินโดลแอซีติกไม่มีผลส่งเสริมการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกบนอาหารเพาะเลี้ยง

ทั้งนี้การให้สร้างสภาพเครียดเนื่องจากการให้น้ำด้วยความถี่ที่แตกต่างกันส่งผลต่อลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการงอกและโผล่พ้นดินสามลักษณะ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอกโผล่พ้นดิน ดัชนีความเร็วในการงอก และความแข็งแรงของต้นอ่อน ที่การให้น้ำจะกระทบลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวมีค่าลดลงเมื่อเปลี่ยนจากการให้น้ำวันเว้นวันเป็นการให้น้ำทุก ๆ 4 วัน การให้น้ำทุก ๆ 7 วัน (ตารางที่ 3-4) ขณะที่การใช้กรดอินโดลแอซีติกกับการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนกับข้าวพันธุ์ กข 31 กระทบกับทุกลักษณะที่เกี่ยวกับการงอก (ยกเว้นเวลาที่ใช้ในการงอก) โดยการใช้ที่ 2.5 µM และ 25 µM ส่งผลต่อการเพิ่มลักษณะมากที่สุด เมื่อพิจารณาพบปฏิกิริยาร่วมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะลักษณะที่เกี่ยวกับการงอก พบว่าการให้ฮอร์โมนส่งผลดีต่อทุกลักษณะและสำหรับทุกระดับการให้น้ำแต่การให้ที่ 2.5 µM และ 25 µM ส่งผลดีที่สุด แต่หากพิจารณาถึงความแข็งแรงของต้นอ่อนแล้วการให้ที่ 2.5 µM จะส่งผลดีที่สุด

การงอกได้ของเมล็ดเป็นระยะที่มีความสำคัญที่ต้องอาศัยระบบควบคุมที่ซับซ้อนทั้งปัจจัยภายในและภายนอกและฮอร์โมนพืชก็มีรายงานการนำมาใช้เพื่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดเช่นเดียวกับการใช้สารอินทรีย์อื่น ๆ (Belwal *et al*., 2015) และทั้งความเค็มและดินแห้งแล้งทำให้ศักย์ของน้ำในดินลดลง (Song *et al*., 2005) ต่างส่งผลต่อการออสโมซีสของน้ำต่อการงอกของเมล็ดไม่ต่างกันและส่งผลต่อการงอกในที่สุดไม่ต่างกับการดูดความชื้นออกจากเมล็ด (Maraghni *et al*., 2010) อย่างไรก็ตาม การนำเมล็ดไปแช่สารละลายหรือน้ำเปล่าก่อนถือเป็นการเตรียมการงอกของเมล็ดส่วนหนึ่งด้วยเหตุนี้อาจเป็นไปได้ที่ลักษณะการงอกจะไม่ได้รับผลกระทบ แต่การงอกโผล่พ้นดินหมายถึงการเจริญเติบโตของ coleoptile ที่งอกจากเมล็ดซึ่งจำเป็นต้องอาศัยน้ำเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ภายในเซลล์ ด้วยเหตุนี้ การศึกษาในดินปลูกที่บันทึกลักษณะการโผล่พ้นดินอาจได้รับผลกระทบเนื่องจากการขาดน้ำและอิทธิพลของการใช้กรดอินโดลแอซีติก ด้วยเหตุนี้ แม้ในการปฏิบัติจริงของการปลูกข้าวแบบนาหว่านเกษตรกรจะมีการแช่เมล็ดก่อนการปลูกซึ่งช่วยส่งเสริมการงอก การใช้ฮอร์โมนก็อาจยังมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตโดยเฉพาะเมื่อมีปัญหาการขาดน้ำในนาข้าวในระยะระหว่างการงอกด้วยเช่นกัน

ระดับของฮอร์โมนที่เหมาะสมจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Spaepen *et al*., 2007) ทั้งนี้ความเข้มข้นและชนิดของแบคทีเรียที่ใช้ในการสกัดกรดอินโดลแอซีติกที่ส่งผลต่อพืชนั้นขึ้นกับบทบาทของฮอร์โมนนั้นทั้งต่อพืชและบทบาทที่มีต่อแบคทีเรียเอง (Chauhan *et al*., 2009; Tabatabaei *et al*., 2016) อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ระดับกรดอินโดลแอซีติกที่เหมาะอยู่ระหว่าง 2.5 - 25 µM ซึ่งต่ำกว่าระดับที่มีรายงานว่าเหมาะสมต่อการชักนำการงอกในข้าว indica (*Oryza sativa* L.) จากหลายการศึกา (Abiri *et al*., 2016; Purwanto *et al*., 2017)

การจัดสภาพการขาดน้ำโดยการให้ความถี่ในการให้น้ำที่แตกต่างกันส่งผลกระทบต่อการงอก ความแข็งแรงของต้นอ่อน และการเจริญเติบโตของต้นอ่อนอย่างชัดเจน การใช้กรดอินโดลแอซีติก (RD4-1-1) ส่งผลต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนทั้งสภาพปกติและขาดน้ำยกเว้นการลดเวลาที่ใช้ในการงอก แต่ความเข้มข้นที่ใช้เหมาะสมในการนำไปใช้แตกต่างจากการปลูกในอาหารเพาะเลี้ยง พันธุ์ กข 31 ใช้ลดลงระหว่างการใช้

2.5 µM และ 25 µM โดยเฉพาะที่ 2.5 µM ให้ผลดีที่สุด แต่สำหรับการศึกษาในข้าวนาสวนพันธุ์ กข 41 ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาในบนอาหารเพาะเลี้ยงที่การใช้กรดอินโดลแอซีติกความเข้มข้น 2.5 µM ส่งผลดีต่อการงอกโดยภาพรวม แต่ช่วงการใช้ฮอร์โมนแคบกว่าพันธุ์ กข 31 อีกเช่นเดียวกันกับการศึกษาในสภาพเพาะเลี้ยงบนอาหารที่มี PEG

อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้กรดอินโดลแอซีติกส่งผลส่งเสริมเปอร์เซ็นต์การงอกโผล่พ้นดิน ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงออกร่วมกันระหว่างการงอกและความแข็งแรงของต้นอ่อนในการเจริญเติบโตโผล่พ้นดินโดยเฉพาะในสภาพการขาดน้ำ

1.2 ศึกษาผลของกรดอินโดลแอซีติกต่อความสูงและผลผลิตของข้าวนาสวนบางพันธุ์ที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกกต่างกัน

การประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกแยกระหว่างการพ่นที่ระยะการแตกกอและระยะการเติมเต็มเมล็ดแล้วพบว่าการพ่นที่ระยะแตกกอผลผลิตของข้าวทุกพันธุ์จะตอบสนองต่อการพ่นได้ดีกว่าการพ่นที่ระยะเติมเต็มเมล็ด ยกเว้นพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ปลูกในแปลงที่มีดินเป็นดินด่างและข้าวพันธุ์ กข 43 ขณะที่การพ่นในระยะแตกกอสามารถเพิ่มความสูงได้ในข้าวทุกพันธุ์ อย่างไรก็ตามปัญหาในการดำเนินการวิจัยสำหรับการศึกษาในแปลงนาแต่ใช้พื้นที่ขนาดเล็ก คือการควบคุมทิศทางของสารละลายที่ปริมาณการได้รับกรดอินโดลแอซีติกอาจน้อยลงไปอีก (ตารางที่ 5)

มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ฮอร์โมนพืชในการผลิตข้าว เช่น การใช้ออกซิน indole-3-acetaminde (IAM) ซึ่งเป็นผลิตผลตัวกลางในที่เกิดในเส้นทางของทริปโตเฟน (tryptophan) ไปเป็นกรดอินโดลแอซิติกนำมาใช้กับการปลูกข้าวพบว่าการใช้ในระดับต่ำคือไมโครโมลาร์ (~ 10^{-3} - 10^{-9}) ส่งผลต่อการเพิ่มความสูง การแตกตอจำนวนรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (Zahir *et al*., 1999) ในสภาวะที่ข้าวกำลังเผชิญความเครียด เช่น ปัญหาความเค็ม หรือ ปัญหาความแห้งแล้งที่พืชจะไม่สามารถดูดใช้น้ำและธาตุอาหารในดินได้ ผลผลิตเมล็ดเป็นลักษณะที่อ่อนไหวและได้รับผลกระทบยิ่งกว่าระยะการสร้างลำต้นและใบหากเกิดความเครียดจาการปลูกในสภาพที่ไม่เหมาะสม (Khatun and Flowers, 1995) แต่อย่างไรก็ตามในสภาวะปกติก็สามารถเสริมการสร้างผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตได้ด้วยการใช้กรดอินโดลแอซีติกจากภายนอกได้เช่นกัน (Xu *et al*., 2007) เพราะบทบาทของออกซินที่มีต่อการแบ่งเซลล์ในเอนโดสเปิร์มระหว่างระยะการเติมเต็มเมล็ดในข้าวนั่นเอง (Javid *et al*., 2011b) และขึ้นกับความสัมพันธ์ของฮอร์โมนออกซินและไซโตไคนินด้วยเช่นกัน (Dietrich *et al*., 1995)

การใช้สารละลายกรดอินโดลแอซิกที่ความเข้มข้น 2.5 µM และระยะเวลาที่มีการพ่นแยกเป็นรายพันธุ์ของข้าวนาสวนในระดับแปลงของเกษตรกรโดยการประเมินผลการใช้กรดอินโดลแอซีติกแยกระหว่างการพ่นที่ระยะการแตกกอและระยะการเติมเต็มเมล็ดแล้วพบว่าการพ่นที่ระยะแตกกอจะพบการตอบสนองในทิศทางของการเพิ่มทั้งความสูงและผลผลิตของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าการพ่นที่ระยะเติมเต็มเมล็ด

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 31 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ บนวุ้นแข็งที่มีระดับ Polyethyleneglycol (PEG) เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	GP	SGI	MTG	GR	CG	VI
0 µM (control)	65.5±48.3	2.18±1.61	3.00±0.02	1.00±0.004	33.28±0.23	1.63 ± 1.30^{C}
2.5 µM Bac.	71.2±45.3	2.37±1.51	3.00±0.00	1.00±0.00	33.33±0.00	1.76 ± 1.35^{C}
25 µM Bac.	71.9±45.7	2.39±1.52	3.00±0.00	1.00±0.00	33.33±0.00	2.68 ± 1.58^{A}
50 µM Bac.	70.9±45.2	2.36±1.50	3.00±0.00	1.00±0.00	33.33±0.00	2.19 ± 1.57^{B}
100 µM Bac.	71.9±45.7	2.39±1.52	3.00±0.00	1.00±0.00	33.33±0.00	1.49 ± 1.16^{C}
P-value (F-test)	0.709 (ns)	0.698 (ns)	0.357 (ns)	0.357 (ns)	0.357 (ns)	7.41×10^{-12} (**)
ระดับ PEG						
0% PEG	99.8 ± 1.6^{x}	3.32 ± 0.05^{x}	3.00±0.00	1.00±0.00	33.33±0.00	2.20 ± 0.74^{y}
10% PEG	84.5 ± 36.0^{y}	2.81 ± 1.20^{y}	3.00±0.00	1.00±0.00	33.33±0.00	3.66 ± 0.66^{x}
20% PEG	97.0 ± 15.9^{x}	3.23 ± 0.53^{x}	3.00±0.02	1.00±0.002	33.30±0.17	0.38 ± 0.17^{z}
30% PEG	0.0 ± 0.0^{z}	0.0 ± 0.0^{z}	NA	NA	NA	NA
P-value (F-test)	2×10^{-16} (**)	2×10^{-16} (**)	0.373 (ns)	0.373 (ns)	0.373 (ns)	2.0×10^{-16} (**)
IAA x PEG						
P-value (Ftest)	0.998 (ns)	0.998 (ns)	0.362 (ns)	0.362 (ns)	0.362 (ns)	1.29×10^{-4} (**)
CV (%)	29.11	28.97	0.31	0.16	0.30	18.99
Mean	70.31	2.34	3.00	1.00	33.32	1.97

หมายเหตุ : GP; germination percentage, SGI; speed germination index; MTG; mean time to germination, GR; germination rate, Co-efficient germination; VI; vigor index; Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA, NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ PEG ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 31 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ บนวุ้นแข็งที่มีระดับ Polyethyleneglycol (PEG) เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	SL	RL	SDW	RDW	SDW/RDW ratio
0 µM (control)	1.63 ± 1.30^{C}	2.47 ± 1.70^{B}	$4.57\times10^{-3}\pm2.10\times10^{-3\ B}$	0.0152 ± 0.0267	0.936 ± 0.806^{A}
2.5 µM Bac.	1.76 ± 1.34^{C}	2.50 ± 1.78^{B}	$5.05\times10^{-3}\pm3.62\times10^{-3\ B}$	0.0120 ± 0.0086	0.644 ± 0.553^{AB}
25 µM Bac.	2.68 ± 1.58^{A}	3.90 ± 2.18^{A}	$8.22\times10^{-3}\pm4.46\times10^{-3\ A}$	0.0175 ± 0.0115	0.709 ± 0.587^{AB}
50 µM Bac.	2.19 ± 1.57^{B}	2.80 ± 2.10^{B}	$8.42\times10^{-3}\pm4.42\times10^{-3\ A}$	0.0180 ± 0.0123	0.531 ± 0.159^{B}
100 µM Bac.	1.49 ± 1.16^{C}	2.54 ± 1.51^{B}	$4.77\times10^{-3}\pm3.06\times10^{-3\ B}$	0.0140 ± 0.0128	0.393 ± 0.174^{B}
P-value (F-test)	7.58×10^{-12} (**)	1.31×10^{-5} (**)	3.32×10^{-7} (**)	0.618 (ns)	0.0279 (*)
ระดับ PEG					
0% PEG	2.20 ± 0.74^{y}	4.12 ± 0.92^{x}	$5.87\times10^{-3}\pm2.75\times10^{-3\ y}$	0.0137 ± 0.0063^{y}	0.562 ± 0.577^{y}
10% PEG	3.66 ± 0.66^{x}	4.03 ± 1.39^{x}	$10.28\times10^{-3}\pm4.10\times10^{-3\ x}$	0.0307 ± 0.0200^{x}	0.381 ± 0.118^{y}
20% PEG	0.38 ± 0.17^{z}	0.64 ± 0.50^{y}	$3.38\times10^{-3}\pm1.75\times10^{-3\ z}$	0.0046 ± 0.0026^{z}	0.956 ± 0.585^{x}
30% PEG	NA	NA	NA	NA	NA
P-value (F-test)	2×10^{-16} (**)	2.0×10^{-16} (**)	1.08×10^{-14} (**)	2.71×10^{-9} (**)	4.34×10^{-5} (**)
IAA x PEG					
P-value (Ftest)	1.29×10^{-4} (**)	9.16×10^{-3} (**)	2.97×10^{-3} (**)	0.613 (ns)	0.0210 (*)
CV (%)	18.99	28.09	33.46	75.60	66.21
Mean	1.97	2.87	6.23×10^{-3}	0.0153	0.650

หมายเหตุ : SL; shoot length, RL; root length; SDW; shoot dry weight, RDW; root dry weight, Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA,
NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ, ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์
x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ PEG ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 41 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ บนวุ้นแข็งที่มีระดับ Polyethyleneglycol (PEG) เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ

ปัจจัย	GP	SGI	MTG	GR	CG	VI
ความเข้มข้น IAA						
0 µM (control)	71.2±42.3^{A}	2.12±1.32 ^{A}	3.47±0.52 ^{B}	0.932±0.073 ^{A}	29.38±4.05 ^{AB}	1.25±0.81 ^{B}
2.5 µM Bac.	71.2±42.2^{A}	2.16±1.33 ^{A}	3.40±0.49 ^{B}	0.945±0.069 ^{A}	29.99±3.99 ^{A}	1.60±1.09 ^{A}
25 µM Bac.	72.9±43.9^{A}	2.14±1.34 ^{A}	3.56±0.58 ^{AB}	0.922±0.080 ^{AB}	28.87±4.29 ^{B}	1.06±0.82 ^{BC}
50 µM Bac.	61.2±45.8^{B}	1.88±1.50 ^{B}	3.61±1.14 ^{AB}	0.911±0.165 ^{AB}	29.55±6.43 ^{AB}	0.97±0.99 ^{C}
100 µM Bac.	60.3±45.9^{B}	1.84±1.50 ^{B}	3.76±1.30 ^{A}	0.890±0.185 ^{B}	28.60±6.56 ^{B}	0.94±0.89 ^{C}
P-value (F-test)	1.55 x 10^{-4} (**)	3.03 x 10^{-5} (**)	0.039 (*)	0.0268 (*)	0.035 (*)	1.21x10^{-8} (**)
ระดับ PEG						
0% PEG	99.0±3.0 ^{x}	3.28±0.12 ^{w}	3.02±0.07 ^{y}	0.997±0.011 ^{x}	33.10±0.78 ^{x}	2.05±0.43 ^{x}
10% PEG	95.9±6.8 ^{x}	3.09±0.25 ^{x}	3.17±2.00 ^{y}	0.975±0.028 ^{x}	31.64±1.84 ^{y}	1.20±0.83 ^{y}
20% PEG	75.2±34.3 ^{y}	1.76±0.86 ^{y}	4.57±0.89 ^{x}	0.777±0.129 ^{y}	22.51±3.16 ^{z}	0.16±0.10 ^{z}
30% PEG	0.0±0.0 ^{z}	0.0±0.0 ^{z}	NA	NA	NA	
P-value (F-test)	2 x 10^{-16} (**)	2 x 10^{-16} (**)	2x10^{-16} (**)	2x10^{-16} (**)	2x10^{-16} (**)	2.0 x10^{-16} (**)
IAA x PEG						
P-value (Ftest)	8.77 x 10^{-10} (**)	6.08 x 10^{-14} (**)	2.25x10^{-7} (**)	8.1x10^{-8} (**)	1.49x10^{-9} (**)	5.89 x10^{-11} (**)
CV (%)	20.62	16.35	11.56	6.33	5.51	30.79
Mean	67.4	2.03	3.56	0.921	29.29	1.17

หมายเหตุ : : GP; germination percentage, SGI; speed germination index; MTG; mean time to germination, GR; germination rate, Co-efficient germination; VI; vigor index; Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA, NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ PEG ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 41 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ บนวุ้นแข็งที่มีระดับ Polyethyleneglycol (PEG) เปอร์เซ็นต์ต่าง ๆ

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	SL	RL	SDW	RDW	SDW/RDW ratio
0 µM (control)	1.41±1.01 ^{AB}	1.73±1.43 ^{B}	9.52 x10^{-3}±6.82 x10^{-3}	0.0270±0.0352 ^{A}	0.590±0.305
2.5 µM Bac.	1.65±1.12 ^{A}	2.09±1.55 ^{A}	1.52x10^{-2}±1.49 x10^{-2}	0.0255±0.0211 ^{A}	1.079±2.189
25 µM Bac.	1.16±0.90 ^{BC}	1.40±1.72 ^{B}	7.02 x10^{-3}±3.56 x10^{-3}	0.0111±0.0090 ^{B}	1.3360±2.150
50 µM Bac.	0.99±1.00 ^{C}	1.65±1.30 ^{B}	6.80 x10^{-3}±5.48 x10^{-3}	0.0193±0.0099 ^{AB}	0.497±0.261
100 µM Bac.	0.97±0.89 ^{C}	2.13±1.51 ^{A}	1.39x10^{-2}±3.09 x10^{-2}	0.0233±0.0168 ^{A}	0.861±1.195
P-value (F-test)	1.47 x10^{-6} (**)	1.72 x10^{-5} (**)	0.1734 (ns)	0.0295 (*)	0.376 (ns)
ระดับ PEG					
0% PEG	2.08±0.44 ^{x}	3.49±0.59 ^{x}	1.41 x10^{-2}±1.12 x10^{-2} ^{x}	0.0301±0.0263 ^{x}	0.535±0.290
10% PEG	1.37±1.01 ^{y}	1.04±0.83 ^{y}	1.45 x10^{-2}±2.30 x10^{-2} ^{x}	0.0229±0.0168 ^{x}	0.991±1.825
20% PEG	0.18±0.09 ^{z}	0.29±0.32 ^{z}	2.17x10^{-3}±1.26x10^{-3} ^{y}	0.0033±0.0024 ^{y}	1.375±2.154
30% PEG	NA	NA	NA	NA	NA
P-value (F-test)	2.0 x10^{-16} (**)	2.0 x10^{-16} (**)	3.95 x10^{-4} (**)	2.42 x10^{-7} (**)	0.152 (ns)
IAA x PEG					
P-value (Ftest)	1.04 x10^{-9} (**)	6.23 x10^{-4} (**)	0.3614 (ns)	0.2123 (ns)	0.381 (ns)
CV (%)	36.83	28.51	139.85	86.26	170.27
Mean	1.24	1.79	0.0105	0.0212	0.903

หมายเหตุ : SL; shoot length, RL; root length; SDW; shoot dry weight, RDW; root dry weight, Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA,
NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ, ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์
x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์ PEG ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 31 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ ในดินที่มีความถี่ของการให้น้ำแตกต่างกัน

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	EP	SEI	MTE	ER	CE	VI	SL_week 1
0 µM (control)	75.00±26.11 ^{B}	1.21±0.46 ^{B}	3.10±1.59	0.87±0.13 ^{AB}	37.15±8.41 ^{AB}	6.46±3.89 ^{B}	7.67±3.06 ^{B}
2.5 µM Bac.	97.92±7.22 ^{A}	1.64±0.18 ^{A}	2.62±0.43	0.91±0.06 ^{A}	39.08±6.62 ^{A}	10.84±2.14 ^{A}	11.06±1.94 ^{A}
25 µM Bac.	100±0.00 ^{A}	1.36±0.25 ^{B}	3.67±1.01	0.78±0.12 ^{C}	29.54±7.12 ^{C}	9.73±2.62 ^{A}	9.73±2.62 ^{A}
50 µM Bac.	85.42±16.71 ^{B}	1.24±0.30 ^{B}	3.25±0.99	0.82±0.14 ^{BC}	33.42±9.92 ^{BC}	4.41±2.72 ^{C}	5.05±2.66 ^{C}
100 µM Bac.	95.83±9.73 ^{A}	1.40±0.17 ^{B}	3.03±0.38	0.85±0.05 ^{ABC}	33.48±3.90 ^{BC}	7.37±1.54 ^{B}	7.64±1.12 ^{B}
P-value (F-test)	7.16 x 10^{-6} (**)	0.00128 (**)	0.117 (ns)	0.0240 (*)	0.0133 (*)	1.27 x 10^{-10} (**)	1.92 x 10^{-9} (**)
Watering							
Every 2 days	97.50±7.69 ^{x}	1.56±0.18 ^{x}	2.89±0.71	0.88±0.07	36.14±5.27	10.24±2.73 ^{x}	10.31±2.58 ^{x}
Every 4 days	88.75±17.16 ^{y}	1.33±0.36 ^{y}	3.28±1.37	0.84±0.14	34.71±10.30	6.85±2.84 ^{y}	7.52±2.51 ^{y}
Every 7 dats	86.25±22.18 ^{y}	1.22±0.30 ^{y}	3.23±0.84	0.82±0.12	32.75±7.50	6.20±3.51 ^{y}	6.86±3.10 ^{y}
P-value (F-test)	8.64 x10^{-3} (**)	4.85 x 10^{-4} (**)	0.369 (ns)	0.1921 (ns)	0.2948 (ns)	1.09 x10^{-8} (**)	3.58 x10^{-7} (**)
IAA x watering							
P-value (Ftest)	3.79 x 10^{-4} (**)	0.3235 (ns)	0.105 (ns)	0.0614 (ns)	0.0336 (*)	0.0387 (*)	0.278 (ns)
CV (%)	12.64	18.49	29.81	11.97	19.71	23.54	21.73
Mean	90.83	1.37	3.13	0.85	34.53	7.76	8.23

หมายเหตุ : EP; emergenced percentage, SEI; speed emergence index; MTG; mean time to emergence, ER; emergence rate, Co-efficient emergence; VI; vigor index; SL; Shoot length, Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA, NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความถี่ของการให้น้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 31 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ ในดินที่มีความถี่ของการให้น้ำแตกต่างกัน

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	SL_week 2	SL_week 2	RL_week 3	RC	SDW_week 3	RDW_week 3	SDW/RDW ratio
0 µM (control)	16.49±4.92 ^{B}	19.95±3.83 ^{B}	7.08±2.12	3.80±0.75	0.011±0.003	$4.84\times10^{-3}\pm1.87\times10^{-3}$	2.228±0.783
2.5 µM Bac.	21.01±3.43 ^{A}	23.75±1.94 ^{A}	8.39±3.20	4.46±0.63	0.018±0.013	$5.54\times10^{-3}\pm1.33\times10^{-3}$	2.227±0.663
25 µM Bac.	19.44±3.99 ^{A}	22.91±3.47 ^{A}	8.17±2.88	4.12±0.45	0.013±0.002	$5.27\times10^{-3}\pm1.07\times10^{-3}$	2.555±0.709
50 µM Bac.	12.79±5.47 ^{C}	17.30±4.56 ^{B}	8.09±2.12	3.62±1.15	0.012±0.008	$6.22\times10^{-3}\pm1.45\times10^{-3}$	1.864±0.964
100 µM Bac.	16.07±1.57 ^{B}	19.11±1.94 ^{B}	7.34±1.80	3.88±0.65	0.014±0.006	$5.53\times10^{-3}\pm9.43\times10^{-4}$	2.546±1.109
P-value (F-test)	2.03×10^{-6} (**)	6.66×10^{-6} (**)	0.393 (ns)	0.0632 (ns)	0.225 (ns)	0.184 (ns)	0.274 (ns)
Watering							
Every 2 days	20.19±4.27 ^{x}	22.62±3.38 ^{x}	6.57±2.35 ^{y}	3.70±0.60 ^{y}	0.014±0.002	$5.77\times10^{-3}\pm1.79\times10^{-3}$	2.463±0.789
Every 4 days	16.81±4.21 ^{y}	20.30±4.06 ^{y}	9.80±1.93 ^{x}	4.41±0.58 ^{x}	0.014±0.010	$5.56\times10^{-3}\pm1.21\times10^{-3}$	2.086±0.789
Every 7 dats	14.47±4.60 ^{Z}	18.90±3.87 ^{y}	7.07±1.75 ^{y}	3.81±0.98 ^{y}	0.013±0.009	$5.07\times10^{-3}\pm1.00\times10^{-3}$	2.344±1.052
P-value (F-test)	8.77×10^{-3} (**)	8.97×10^{-4} (**)	4.74×10^{-6} (**)	0.017 (*)	0.966 (ns)	0.228 (ns)	0.388 (ns)
IAA x watering							
P-value (Ftest)	0.266 (ns)	0.3015 (ns)	0.126 (ns)	0.5976 (ns)	0.372 (ns)	0.395 (ns)	0.242 (ns)
CV (%)	19.20	14.21	24.68	16.21	54.81	24.49	36.95
Mean	17.16	20.61	7.81	3.98	0.014	0.0055	2.297

หมายเหตุ : SL; shoot length, RL; root length; RC; root score (วิเคราะห์โดยการ transform data โดยวิธี take logarithm), SDW; shoot dry weight, RDW; root dry weight, Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA, NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ,

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความถี่การให้น้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 41 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ ในดินที่มีความถี่ของการให้น้ำแตกต่างกัน

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	EP	SEI	MTE	ER	CE	VI	SL_week 1
0 µM (control)	93.75±15.54 ^{AB}	1.31±0.37 ^{B}	3.24±0.79	0.82±0.11	32.30±6.75 ^{B}	8.46±3.82 ^{AB}	8.79±3.45 ^{AB}
2.5 µM Bac.	97.92±7.22 ^{A}	1.32±0.29 ^{AB}	3.49±1.19	0.79±0.17	30.96±7.86 ^{B}	9.95±3.32 ^{A}	10.22±3.42 ^{A}
25 µM Bac.	100±0.00 ^{A}	1.29±0.16 ^{B}	3.42±0.72	0.80±0.10	30.30±5.42 ^{B}	7.76±2.56 ^{B}	7.76±2.56 ^{B}
50 µM Bac.	85.42±16.71 ^{B}	1.07±0.26 ^{C}	3.65±0.70	0.76±0.10	28.43±5.72 ^{B}	4.90±1.66 ^{C}	5.75±1.53 ^{C}
100 µM Bac.	97.92±7.22 ^{A}	1.52±0.28 ^{A}	2.74±0.41	0.89±0.06	37.21±5.70 ^{A}	4.90±1.66 ^{C}	10.04±2.59 ^{A}
P-value (F-test)	0.020 (*)	0.00242 (**)	0.0503 (ns)	0.0503 (ns)	(8.97 x 10^{-3} (**)	8.46 x 10^{-6} (**)	1.40 x 10^{-5} (**)
Watering							
Every 2 days	96.25±9.16	1.31±0.23	3.18±0.51	0.83±0.07	32.09±4.44	10.72±3.25 ^{x}	11.07±2.99 ^{x}
Every 4 days	91.25±16.77	1.25±0.36	3.31±0.74	0.81±0.11	31.52±6.43	6.41±2.52 ^{y}	6.90±2.17 ^{y}
Every 7 dats	97.50±7.69	1.34±0.33	3.43±1.15	0.80±0.16	31.91±9.13	7.42±2.78 ^{y}	7.57±2.64 ^{y}
P-value (F-test)	0.185 (ns)	0.49978 (ns)	0.5885 (ns)	0.5885 (ns)	0.95198 (ns)	7.22 x10^{-7} (**)	1.22 x10^{-7} (**)
IAA x watering							
P-value (Ftest)	0.595 (ns)	0.02058 (*)	0.0616 (ns)	0.0616 (ns)	0.02543 (*)	0.628 (ns)	0.432 (ns)
CV (%)	11.77	19.49	22.69	13.19	18.37	27.78	24.47
Mean	95	1.30	3.31	0.81	31.84	8.19	8.51

หมายเหตุ : : EP; emergenced percentage, SEI; speed emergence index; MTG; mean time to emergence, ER; emergence rate, Co-efficient emergence; VI; vigor index; SL; Shoot length, Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA, NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ

ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความถี่ของการให้น้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 (ต่อ) เปรียบเทียบลักษณะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการงอกของข้าวนาสวน พันธุ์ กข 41 ที่แช่เมล็ดด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) จากภายนอกที่ผลิตจากแบคทีเรียความเข้มข้นต่าง ๆ ในดินที่มีความถี่ของการให้น้ำแตกต่างกัน

ปัจจัย ความเข้มข้น IAA	SL_week 2	SL_week 2	RL_week 3	RC	SDW_week 3	RDW_week 3	SDW/RDW ratio
0 µM (control)	16.55±3.51 ^{AB}	18.81±3.72 ^{ABC}	6.57±1.60 ^{AB}	3.35±0.73 ^{BC}	0.019±0.007	0.0098±0.0042	1.999±0.594
2.5 µM Bac.	18.31±4.05 ^{A}	21.30±4.42 ^{A}	7.14±2.06 ^{A}	4.38±0.64 ^{A}	0.028±0.027	0.0143±0.0037	1.915±1.659
25 µM Bac.	15.57±2.93 ^{B}	18.72±3.87 ^{BC}	6.59±1.26 ^{A}	3.85±0.69 ^{AB}	0.019±0.006	0.0120±0.0048	1.706±0.540
50 µM Bac.	12.93±2.92 ^{C}	17.00±4.11 ^{C}	5.23±1.26 ^{B}	3.31±0.83 ^{C}	0.018±0.007	0.0101±0.0040	1.900±0.759
100 µM Bac.	16.89±2.95 ^{AB}	20.17±3.43 ^{AB}	7.72±1.81 ^{A}	4.43±0.56 ^{A}	0.024±0.007	0.0109±0.0044	2.454±0.589
P-value (F-test)	3.85 x 10^{-4} (**)	0.0185 (*)	9.25x10^{-3} (**)	3.35 x 10^{-4} (**)	0.1228 (ns)	0.0532 (ns)	0.3338 (ns)
Watering							
Every 2 days	18.81±3.57 ^{x}	22.58±3.36 ^{x}	6.80±1.30	3.96±0.78	0.032±0.020 ^{x}	0.0141±0.0050 ^{x}	2.386±1.284 ^{x}
Every 4 days	14.87±2.87 ^{y}	18.46±3.08 ^{y}	6.70±1.57	4.06±0.58	0.017±0.003 ^{y}	0.0096±0.0032 ^{y}	1.940±0.713 ^{xy}
Every 7 dats	14.38±2.86 ^{y}	16.54±3.19 ^{y}	6.45±2.37	3.60±1.03	0.016±0.005 ^{y}	0.0105±0.0037 ^{y}	1.656±0.700 ^{y}
P-value (F-test)	7.98 x10^{-6} (**)	6.69 x10^{-7} (**)	0.79056 (ns)	0.0576 (ns)	3.43 x10^{-5} (**)	1.67 x10^{-3} (ns)	0.0411 (*)
IAA x watering							
P-value (Ftest)	0.9213 (ns)	0.8997 (ns)	0.36430 (ns)	0.2711 (ns)	0.0712 (ns)	0.8744 (ns)	0.1014 (ns)
CV (%)	17.10	16.07	24.61	15.27	50.91	34.61	44.50
Mean	16.04	19.21	6.65	3.87	0.022	0.0114	1.995

หมายเหตุ : : SL; shoot length, RL; root length; RC; root score (วิเคราะห์โดยการ transform data โดยวิธี take logarithm), SDW; shoot dry weight, RDW; root dry weight, Control = น้ำกลั่น; Bac = Bacteria IAA, NA = ไม่มีการวิเคราะห์ทางสถิติ, ns ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

*, ** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์

x, y อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความถี่การให้น้ำที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

A,B, ... อักษรที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างของความเข้มข้นกรดอินโดลแอซีติกที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบความสูงต้นและผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาสวนบางพันธุ์ที่ทำการพ่นด้วยกรดอินโดลแอซีติก (IAA) ที่ผลิตจากแบคทีเรียที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

พันธุ์/ระยะการพ่น		ความสูง (ซม.)	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)
ชัยนาท 1 ระยะแตกกอ	พ่น IAA	83.22±8.44	898.4±138.4 a
	ไม่พ่น IAA	76.11±1.64	602.4±199.2 b
	(P-value) F-test	0.2470 ns	0.0148 *
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	79.67 (6.75%)	750.4 (5.96%)
ชัยนาท 1 ระยะเติมเต็มเมล็ด	พ่น IAA	99.56±8.37	831.2±24.8
	ไม่พ่น IAA	93.00±4.81	880.8±207.2
	(P-value) F-test	0.1320 ns	0.7440 ns
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	96.28 (3.38%)	856 (19.11%)
ปทุมธานี 1 ระยะแตกกอ	พ่น IAA	90.67±6.12	630.4±124.8
	ไม่พ่น IAA	87.56±7.93	572±200.8
	(P-value) F-test	0.7170 ns	0.7270 ns
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	89.11 (10.25%)	601.6 (29.72%)
ปทุมธานี 1 ระยะเติมเต็มเมล็ด	พ่น IAA	94.11±7.32	612.8±256
	ไม่พ่น IAA	93.56±6.24	638.4±96.0
	(P-value) F-test	0.9500 ns	0.8370 ns
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	93.83 (10.20%)	625.6 (20.82%)
ปทุมธานี 1 ระยะแตกกอ (แปลง 2 ดินเป็นด่าง)	พ่น IAA	106.78±7.89	668±96
	ไม่พ่น IAA	100.78±3.17	696±120
	(P-value) F-test	0.1970 ns	0.8040 ns
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	10.378 (3.72%)	682.4 (17.83%)
ปทุมธานี 1 ระยะเติมเต็มเมล็ด (แปลง 2 ดินเป็นด่าง)	พ่น IAA	100.56±1.58	771.2±80
	ไม่พ่น IAA	106.56±3.86	732.8±20.8
	(P-value) F-test	0.1460 ns	0.5080 ns
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	103.56 (3.06%)	752 (7.81%)
กข 43 ระยะแตกกอ	พ่น IAA	92.67±12.25	1148±158.4
	ไม่พ่น IAA	85.00±5.81	1260.8±350.4
	(P-value) F-test	0.1940 ns	0.4380 ns
	ค่าเฉลี่ย [CV(%)]	88.83 (5.48%)	1,208 (11.92%)

โครงการวิจัยที่ 2 ศึกษารูปแบบการผลิตกรดอินโดลแอซิติกจากแบคทีเรียที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร

2.1 รูปแบบการผลิต IAA อย่างง่ายสำหรับเกษตรกร

จากการศึกษารูปแบบการเตรียม IAA ในสภาพปลอดเชื้อ ทั้งรูปแบบการเตรียมหัวเชื้อ อาหารเลี้ยงเชื้อสูตรอย่างง่าย และสภาวะในการเพาะเลี้ยงเชื้อ โดยวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อให้เกษตกรสามารถเตรียมใช้ได้เองอย่างไม่ยุ่งยาก โดยเฉพาะอาหารเลี้ยงเชื้อ

การเตรียมชุดการผลิต IAA อย่างง่ายในระดับปลอดเชื้อจากการเตรียมรูปแบบหัวเชื้อในลักษณะของเหลวเพื่อให้เกษตรกรสามารถดูดนำไปใช้ได้ง่าย สามารถใช้ได้ทั้งในรูปแบบ น้ำกลั่นปราศจากเชื้อ (DW), Peptone water (PW) และ 0.9%NaCl แต่ผลการศึกษาควรแนะนำให้ใช้เป็น DW เนื่องจากสามารถเตรียมได้ง่าย สะดวก ประหยัด รวมทั้งไม่มีสี สามารถปรับความขุ่นเริ่มต้นได้ง่าย และสม่ำเสมอ (ภาพที่ 1) นอกจากนี้ หากได้เตรียมและนำไปใช้แล้ว ควรเก็บในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 ºC แต่อย่างไรก็ตามไม่แนะนำให้เก็บเกิน 2 สัปดาห์ เนื่องจากปริมาณของแบคทีเรียและความสามารถในการผลิต IAA ลดต่ำลง (ภาพที่ 2) ซึ่งสืบเนื่องมาจากของเหลวทั้ง 3 แบบไม่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ เป็นแค่เพียงตัวทำละลายเชื้อเท่านั้น

ทั้งนี้อาหารต้ม potato dextrose broth (PDB) เป็นอาหารที่แสดงค่าการผลิต IAA ได้สูงที่สุด เนื่องมาจากในมันฝรั่งมีสารอาหารที่เป็นทั้งแหล่งคาร์บอน ไนโตรเจน วิตามิน และเกลือแร่ให้กับแบคทีเรียได้ (KμMar *et al*., 2018) นอกจากนี้ยังเป็นอาหารสูตรอย่างง่ายที่เกษตรกรสามารถเตรียม และนำไปใช้ได้เอง

ปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียเพื่อผลิต IAA จากการทดลอง ได้แก่ การมีอากาศ หากพบว่ามีอากาศน้อยหรือไม่มี *E. cancerogenus RD4-1-1* จะไม่สามารถเจริญ และผลิต IAA ได้ ทั้งนี้ระดับความเข้มข้นของสารตั้งต้นในการชักนำการผลิต IAA ก็สำคัญ ยิ่งมีมากขึ้น แบคทีเรียก็สามารถผลิต IAA ได้มากขึ้นตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ผู้วิจัยแนะนำให้เลี้ยงเพียง 3 วัน ด้วยความเข้มข้นระดับกลางของสารตั้งต้น คือ 500 µg/ml ของ L-tryptophan นอกจากนี้การเตรียมอาหาร PDB ด้วยการฆ่าเชื้อแบบต้มที่อุณหภูมิ 100 ºC นาน 15 นาที เพียงพอสำหรับการนำสูตรอาหารไปใช้เพาะเลี้ยงแบคทีเรียในการผลิต IAA เนื่องจากความร้อน และเวลาไม่นานมากนัก ถ้าเทียบกับวิธีอื่น ดังนั้นคุณค่าทางอาหารจึงน่าจะคงเหลือได้มากกว่า

การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียเพื่อผลิต IAA ในสภาพไม่ปลอดเชื้อเป็นระยะเวลา 3 วันโดยใช้ชุดปั๊มลมเพื่อให้อากาศนั้น แบคทีเรียสามารถผลิต IAA ได้ แต่ปริมาณที่ได้มีขนาดลดลงเมื่อเทียบกับการเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเกิดจากกปัญหาในเรื่องการควบคุมอากาศ และการปนเปื้อนที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น

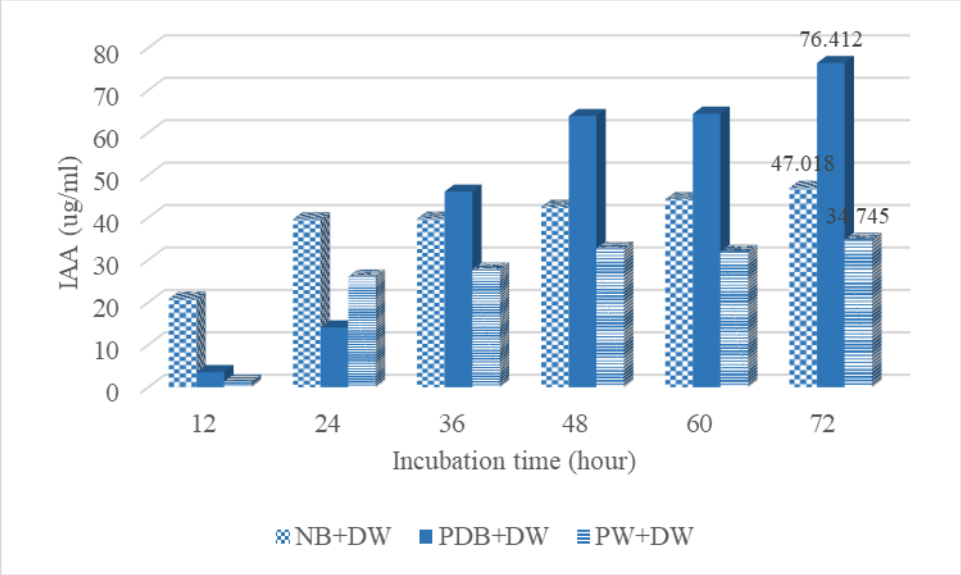
2.2 การทดสอบผลิตภัณฑ์ IAA ในแปลงเกษตรกร

การทดสอบผลิตผลการศึกษาอิทธิพลของกรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตได้จากแบคทีเรีย RD4-1-1 ในการศึกษาระดับแปลง (ตารางที่ 6) การงอกของข้าวที่โผล่พ้นดินภายหลัง 7 วันหลังการแช่เมล็ดจากการสังเกตุการโผล่ของยอดเหนือดิน (Shoot score_7) พบว่าไม่แตกต่างกันระหว่างการแช่ด้วยน้ำเปล่า (3.17) และการแช่ด้วยกรดอินโดลแอซีติก (3.00) แต่เมื่อทำการประเมินอีกครั้งที่ระยะ 11 วันหลังการแช่เมล็ด (Shoot score_11) พบว่ามีการงอกของเมล็ดที่แช่ด้วยกรดอินโดลแอซีติก (4.33) สูงกว่าการแช่ด้วยน้ำเปล่า (3.50) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างความสูงต้นภายหลังการพ่นในระดับแปลง

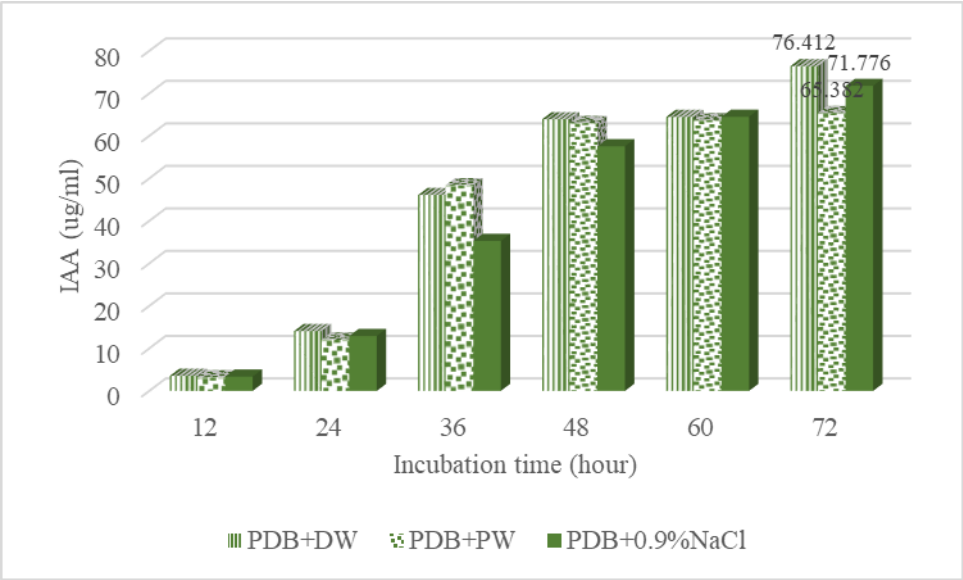
การศึกษาในระดับที่บันทึกลักษณะการโผล่พ้นดินจึงอาจได้รับผลกระทบเนื่องอิทธิพลของการใช้ IAA ในการปฏิบัติจริงของการปลูกข้าวแบบนาหว่าน เกษตรกรจะมีการแช่เมล็ดก่อนการปลูกซึ่งช่วยส่งเสริมการงอก การใช้ฮอร์โมนอาจมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตหรือสร้างความแข็งของยอดสำหรับการโผล่พ้นดินโดยเฉพาะเมื่อมี

ปัญหาการขาดน้ำหรือสภาวะความเครียดเนื่องจากความเค็มในนาข้าวในระยะระหว่างการงอกด้วยเช่นกัน ทั้งนี้เพราะทั้งความเค็มและดินแห้งแล้งทำให้ศักย์ของน้ำในดินลดลง (Song *et al*., 2005) ต่างส่งผลต่อการออสโมซีสของน้ำต่อการงอกของเมล็ดไม่ต่างกันและส่งผลต่อการงอกในที่สุดไม่ต่างกับการดูดความชื้นออกจากเมล็ด (Maraghni *et al*., 2010) การเสริมออกซินจะช่วยลดภาวะความเครียดของพืชและส่งเสริมการงอกได้ (Khan *et al*., 2004)

การศึกษาการเตรียมรูปแบบการผลิต IAA อย่างง่ายของ *E. cancerogenus* RD4-1-1 ในสภาพไม่ปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำไปผลิตใช้ได้เองนั่น มีความเป็นไปได้ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญสำหรับกระบวนการดังกล่าวคือเรื่องของอากาศ และการปนเปื้อน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ IAA ที่นำไปใช้กับข้าวในแปลงนาก็แสดงผลออกมาในทิศทางที่ดีโดยสามารถเพิ่มการงอกของต้นอ่อนข้าวในระดับแปลงได้ ดังนั้น การนำไปใช้เบื้องต้นแนะนำการนำไปใช้โดยการแช่เมล็ดก่อนการหว่านข้าวซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติที่ง่ายสำหรับเกษตรกร



ภาพที่ 1 ปริมาณ IAA (µg/ml) จากอาหารเลี้ยงเชื้อสูตรอย่างง่าย 3 ชนิด คือ NB, PDB และ PW



ภาพที่ 2 ปริมาณ IAA (µg/ml) จากอาหารสูตร PDB ที่ใช้หัวเชื้อใน 3 รูปแบบ

ตารางที่ 6 คะแนนการงอกโผล่พ้นดินและความสูงของข้าวนาสวน กข 43 ที่ทำการแช่เมล็ดและพ่นแปลงด้วยกรดอินโดลแอซีติก

Treatment	Shoot score_7	Shoot score_11	High_14	High_35	High_49
Soaking by water/no spray	3.17±0.71	3.50±0.24 b	20.62±0.01	31.16±0.23	36.80±0.28
2.5 µM RD4-1-1	3.00±0.47	4.33±0.00 a	20.48±1.22	31.48±0.40	36.18±2.44
Mean	3.085	3.915	20.55	31.32	36.49
P-value (F-test)	0.925 (ns)	0.046 (*)	0.89 (ns)	0.434 (ns)	0.753 (ns)
CV (%)	19.86	3.42	4.21	1.05	4.76

Shoot score analyzed via transformed to logarithm

หมายเหตุ ns, ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ข้อมูลคะแนนการงอก (Root score; คะแนนระหว่าง 1-5 โดย 1 หมายถึงมีการงอกน้อยที่สุดและ 5 หมายถึงมีการงอกมากที่สุด) มีการแปลงข้อมูลโดยการ take logarithm ก่อนการนำไปวิเคราะห์สถิติแต่มีการนำเสนอข้อมูลเป็นค่าคะแนนการงอกการการแปลงข้อมูล

กิจกรรมของชุดโครงการวิจัย

ดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร เป็นการนำความรู้จากการศึกษาตลอดชุดโครงการไปถ่ายทอดให้เกษตกรผู้ปลูกข้าว โดยชื่อโครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ ได้แก่ “การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว” ในวันอังคาร ที่ 26 มีนาคม 2562 ณ ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเพื่อความเรียบร้อยของข้อมูลและการจัดบริการวิชาการ ใคร่ขอให้คณะดำเนินการแต่งตั้งคณะกรรมการบริการวิชาการ

ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยี มีเกษตรกรเข้าร่วม 27 คน เป็นเกษตรกรทั้งหมดเป็นผู้ปลูกข้าวในอำเภอหัวหิน เกษตรกรค่อนข้างมีความรู้เรื่องการทำเกษตรอินทรีย์และการผลิตฮอร์โมนบางชนิดจากการได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากหน่วยงานอื่น ๆ ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องที่ดีเพราะเกษตรกรมีความเข้าใจถึงประโยชน์ของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากธรรมชาติต่อการส่งเสริมการผลิตข้าว แต่ทั้งนี้ได้มีการเสริมความรู้ในเรื่องประโยชน์ของการเลือกใช้และเรื่องที่ควรทราบเกี่ยวกับจุลินทรีย์ เช่น ชนิดและประโยชน์ของจุลินทรีย์แต่ละชนิด ความสามารถในการผลิตสาร การเก็บรักษาและการเลี้ยงจุลินทรีย์ การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์ รวมทั้งความเป็นไปได้ในเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในระดับแปลงของเกษตรกร ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาวิจัย ซึ่งกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่ให้ความสนใจทั้งในระหว่างการสาธิตการเลี้ยงจุลินทรีย์อย่างง่ายและสนใจสำหรับการเป็นแนวทางเพิ่มผลผลิตของกลุ่มต่อไปด้วย

ภาพที่ 3 ประมวลภาพการถ่ายทอดเทคโนโลยี เรื่อง การใช้ประโยชน์กรดอินโดลแอซีติกที่ผลิตโดยแบคทีเรียเพื่อการปลูกข้าว ในวันอังคาร ที่ 26 มีนาคม 2562 ณ ตำบลทับใต้ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

สรุปผลการทดลอง

การประเมินการใช้ประโยชน์ของกรดอินโดลแอซีติก (IAA) ที่ผลิตจากแบคทีเรีย (RD4-1-1) ต่อการงอกและการเจริญเติบโตในระยะต้นอ่อนของข้าวนาสวน ที่ดำเนินการศึกษาทั้งในสภาวะความเครียดจากการขาดน้ำในห้องปฏิบัติการ รวมทั้งการพ่น IAA ความเข้มข้น 2.5 µM ในแปลง ผลการศึกษาพบว่าการตอบสนองต่อ IAA ของข้าวขึ้นกับระดับการจัดสภาพความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำ สภาพการเพาะปลูก และพันธุ์ โดยพบว่าการตอบสนองต่อ IAA ของข้าวทั้งสองพันธุ์ที่ทำการศึกษา (ข้าวพันธุ์ กข 31 และ พันธุ์ กข 41) แต่ความสามารถในส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อนข้าวสามารถใช้ได้ตั้งแต่การเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ไม่ขาดน้ำไปจนถึงการขาดน้ำในระดับหนึ่งเท่านั้น (10 เปอร์เซ็นต์ PEG) อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของ IAA ที่เหมาะสมต่อการแช่หรือการแช่ร่วมกับการพ่นในระยะต้นอ่อนจะแตกต่างกันในแต่ละสภาวะของการเพาะเลี้ยง โดยการปลูกข้าวในดินจะมีสัดส่วนการใช้กรดอินโดลแอซีติกน้อยกว่าในการปลูกในสารละลาย PEG สำหรับข้าวพันธุ์ กข 31 (25 µM-50 µM และ 2.5 µM-25 µM ตามลำดับ) แต่พบผลคงที่ในข้าวพันธุ์ กข 41 (2.5 µM) สำหรับการพ่น IAA ในระดับแปลงพบว่าการพ่นที่ระยะแตกกอจะพบแนวโน้มการตอบสนองของข้าวโดยการมีความสูงและผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้ดีกว่าการพ่นที่ระยะเติมเต็มเมล็ด

สำหรับรูปแบบการผลิต IAA อย่างง่ายของ *E. cancerogenus* RD4-1-1 ในสภาพไม่ปลอดเชื้อ เพื่อเป็นแนวทางให้เกษตรกรสามารถนำไปผลิตใช้ได้เองนั่น มีความเป็นไปได้ แต่อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญสำหรับกระบวนการดังกล่าวคือเรื่องของอากาศ และการปนเปื้อน ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ IAA ที่นำไปใช้กับข้าวในแปลงนาก็แสดงผลออกมาในทิศทางที่ดีโดยสามารถเพิ่มการงอกของต้นอ่อนข้าวในระดับแปลงได้ ดังนั้น การนำไปใช้เบื้องต้นแนะนำการนำไปใช้โดยการแช่เมล็ดก่อนการหว่านข้าวซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติที่ง่ายสำหรับเกษตรกร

ทั้งนี้ผลการศึกษาในชุดโครงการนี้ได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวในพื้นที่อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาในห้องปฏิบัติการต้องพยายามจำลองสภาณการณ์ในระดับแปลงนาให้มากกว่านั้น ทั้งชนิดของดินปลูก และการใช้พันธุ์ทีสม่ำเสมอในทุกการทดลองและสอดคล้องกับการปลูกจริงของเกษตรกร

2. เนื่องจากการเตรียมหัวเชื้อในรูปแบบของเหลวมีอายุในการเก็บรักษาเพียง 2 สัปดาห์ ดังนั้นหากเตรียมในรูปแบบอื่น เช่น การทำให้แห้ง อาจทำให้การใช้งาน และอายุการเก็บรักษาเชื้อนานขึ้น

3. อากาศเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเจริญของแบคทีเรีย หากสามารถปรับความแรงของอากาศให้พอดีกับภาชนะที่ใช้ในการเลี้ยง ในความเป็นไปได้ ปริมาณ IAA ก็น่าจะกลับมาเพิ่มสูงขึ้น

4. ควรมีการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้ทดลองเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อการผลิตกรด IAA และมีการนำใช้ประโยชน์ในระดับแปลง

เอกสารอ้างอิง

Abiri, R., Shaharuddin, N. A., Maziah, M., Yusof, Z. N. B., Atadaki, N., Sahebi, M. and Azizi, P. 2016. Quantitative assessment of indica rice germination to hydropriming, hormonal priming and polyethylene glycol priming. Chilean Journal of Agricultural Research, 76(4): 392-400.

Abdoli, A., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., and Azhand, M. 2013. The effect of foliar application of Indole-3- Acetic Acid (IAA) and roles of ear photosynthesis on grain yield production of two wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) under post anthesis water deficit. International Research Jounal of Applied and Basic Sciences 4(6): 1406-1413.

Ahemad, M. and Khan, M.S. 2011. Effects of insecticideson plant growth-promoting activities of phosphate solubilizing rhizobacterium *Klebsiella* sp. strain PS19. Pestic. Biochem. Physiol. 100: 51-56.

Ahemad, M., and Kibret, M. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. Journal of King Saud University-Science 26: 1-20.

Amal, M., Shraiy, E., and Hegazi, A.M. 2009. Effect of acetylsalicylic acid, indole-3-butyric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of pea (*Pisum sativum* L.). Basic App Sci. 3(4): 3514-3523.

Belwal, T., Bisht, A., Bhatt, I. D. and Rawal, R. R. 2015. Influence of seed priming and storage time on germination and enzymatic activity of selected Berberis species. Plant Growth Regulution, 77: 189-199.

Bonner, J. and Bandurski, R.S. 1952. Studies of the physiology, pharmacology, and biochemistry of the auxins. Annual Review of Plant Physiology 3: 59–86.

Chauhan, J. S, Tomar, Y. K, Indrakumar, S. N, Seema, A. and Debarati, A, 2009. Effect of growth hormones on seed germination and seedling growth of black gram and horse gram. Journal of American Science, 5: 79-84.

Christensen, S.K., Dagenais, N., Chory, J., and Weigel, D. 2000. Regulation of auxin response by the protein kinase PINOID. Cell 100: 469-478.

Davenport, T.L, Morgan, P.W, and Jordan, W.R. 1980. Reduction of auxin transport capacity with age and internal water deficit in cotton petioles. Plant Physiol. 65: 1023-1030.

Davies, P.J. 1995. Plant hormones. Dordrecht. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Dietrich, J. T., Kaminek, M., Blevins, D. G., Reinbott, T. M. and Morris, R. O. 1995. Changes in cytokinins and cytokinin oxidase activity in developing maize kernels and effects of exogenous cytokinin on kernel development. Plant Physiology and Biochemistry, 33: 327-336.

Dissanayaka, D.M.P. and Dahanayake, N. 2014. Effect of plant growth regulators on micro-progpagation of selected Sri Lankan traditional and imporoved rice cultivars (Oryza sativa L.). Sabaragamuwa University Journal 13(1): 33-41.

El-Samad, H.M.A. 2013. The physiological response of wheat plants to exogenous application of gibberellin acid (GA3) or indole-3-acetic acid (IAA) with endogenous ethylene under salt stress conditions. International Journal of Plant Physiology and Biochemistry 5(4): 58-64.

Evens, C. E. and Etherington, J. R. 1990. The effect of soil water potential on seed germination of some British plants. New Phytologist, 115: 539-548.

FAO. 1996. Report of expert consultation on the technological evolution and impact for sustainable rice production in Asia and Pacific; FAO-RAP Publ. N. 1996/14, 20 pp. FAO-RAP Bangkok, Thailand.

FAO. 1997. Selected indicators of food and agricultural development in the Asia-Pacific Region, 1986-96; FAO-RAP Publication No. 1997/23, 206 pp. Regional Office for the Asia and the Pacific, FAO Bangkok, Thailand.

FAO. 2015a. Statistical pocketbook: World food and agriculture. Rome. 231 pages.

Handas, A. and Russo, D. 1974. Water uptake by seeds as affected by water stress, capillary conductivity, and seed-soil water contact. II. Analysis of experiment data. Agronomy Journal, 66: 647-652.

He, Y.K., Xue, W.X., Sun, Y.D., Yu, X.H., and Liu, P.L. 2000. Leafy head formation of theprogenies of transgenic plants of Chinese cabbage with exogenous auxin genes.Cell Res. 10: 151–602.

Hussain, K.H, Hussain, M, Nawaz, K.H, Majeed, A, and Hayat-Bhatti, K.H. 2011. Morphochemical response of chaksu (*Cassia absus* L.) to different concentrations of inddole acetic asid (IAA). Pak J Bot. 43(3): 1491-1493.

IPCC. 2014. AR5 WGIII, Geneva. [http://www.ipcc.ch/report/ar5/].

Islam, M.T. 1999. Plant water relation studies in diverse rice cultivars under Bangladesh climatic conditions. Ph.D Thesis, submitted to the Institute of Agronomy and University Agriculture Science, Viena.

Javid, M. G., Sorooshzadeh, A., Moradi, F., Sanavy, S. A. M. M. and Allahdadi, I. 2011a. The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. Australian Journal of Crop Science 5(6): 726-734.

Javid, M. G., Sorooshzadeh, A., Sanavy, S. A. M. M., Alahdadi, I. and Moradi, F. 2011b. Effects of the exogenous application of auxin and cytokinin on carbohydrate accumulation in grains of rice under salt stress. Plant Growth Regulation, 65: 305-313.

Khan, A. L., Waqas, M., Kang, S. –M., Al-Harrasi, A., Hussain, J., Al-Rawahi, A., Al-Khiziri, S., Ullah, I., Ali, L., Jung, H. –Y., and Lee, I. –J. 2014. Bacterial endophyte Sphingomonas sp. LK11 produces gibberellins and IAA and promotes tomato plant growth. J. Microbiol. 52:689-695.

Khan, M. A., Gul, B. and Weber, D. J. 2004. Action of palnt growth regulators and salinity on seed germination of Ceratoides lanata. Canadian Journal of Botany, 82: 37-42.

Khatun, S. and Flowers, T. J. 1995. Effects of salinity on seed set in rice. Plant, Cell and Environment, 18:61-67.

Khan, S.U., Gurmani, A.R., Din, J.U., Qayyum, A., Abbasi, K.S., Liaquat, M., and Ahmad, Z. 2016. Exogenously applied gibberellic acid, indole acetic acid and kinetin as protential

regulators of source- sink relationship, physiological and yield attribute in rice (*Oryza sativa*) genotypes under water deficit conditions. International Journal of Agriculture & Biology 18(1): 139-145.

Kumar, A. 2011. Breeding rice for drought tolerance and adaptation to climate change. Rice Knowledge of Rice Research, 1-29.

KµMar, A., Asthana, M., Gupta, A., Nigam, D., and Mahajan, S. 2018. Secondary metabolism and antimicrobial metabolites of PenicilliµM. Chapter III. New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. Doi : http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63501-3-00003-X

Kumar, B., Pandey, D.M., Goswami, C.L., and Jain, S. 2001. Effect of growth regulators on phytosynthesis, transpiration and related parameters in water stressed cotton, Biol. Plant. 44: 475-478.

Leveau, J.H. and Lindow, S.E. 2005. Utilization of the plant hormone indole-3-acetic acid for growth by Pseudomonas putida strain 1290. Appl Environ. Microbiol. 71: 2365-2371.

Leyser, O. 2002. Molecular genetics of auxin signaling. Annu. Rev. Plant Biol. 53: 377-398.

Liu, Y., Xu, J., Ding, Y., Wang, Q., Li, G. and Wang, S. 2011. Auxin inhibits the outgrowth of tiller buds in rice (*Oryza sativa* L.) by down regulating OsIPT expression and cytokinin biosynthesis in nodes. Aust. J. Crop Sci. 5: 169-174.

Ma, Y., Rajkumar, M., Luo, Y. and Freitas, H. 2011. Inoculation of ndophytic bacteria on host and non-host plants-effects on plnat growth and Ni uptake. J. Hazard. Mater. 195: 230-237.

Maraghni, M., Gorai, M. and Neffati, M. 2010. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of Ziziphus lotus. South African Journal of Botany, 76: 453-459.

McWilliams, D. 2003. Drought strategies for cotton, Cooperative Extension Service Circular 582, College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University, USA.

Mohite, B. 2013. Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizopheric soil and its effect on plant growth. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 13(3): 638-649.

Mustikarini, E.D., Ardiarini, N.R., Basuki, N., and Kuswanto. 2017. Selection strategy of drough tolerance on red rice mutant lines. AGRIVITA Journal of Agricultural Science 39(1): 91-99.

Nakbanpot, W., Panitlurtumpai, N., Sangdee, A., Sakulpone, N., Sirisom, P., and Pimthong, A. 2013. Salt- tolerant and plant growth- proming bacteria isolatd from Zn/ Cd contaminated soil: identification and effect on rice under saline conditions. Journal of Plant Interactions 9(1): 379-387. Doi:10.1080/17429145.2013.842000.

Ni, D., Yu, X., Wang, L., and Xu, Z. 2002. Aberrant developmentof pollen in transgenic tobacco expressing bacterial iaaM gene driven by pollen-and tape tum-specific promoters. Acta Exp Sinica. 35: 1–

Nutaratat, P., Amsri, W., Srisuk, N., Arunrattiyakorn, P., and Limtong, S. 2015. Indole-3-acetic acid production by newly isolated red yeast *Rhodosporidium paludigenum*. J. Gen. Appl. Microbiol. 61:1-9.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2014. Climate change, water and agriculture: Towards resilient agricultural and water systems. [http://dx.doi.org.10.1787/9789264209138-en].

Pagnussat, G.C., Alandete-Saez, M., Bowman, J.L., and Sundaresan, V. 2009. Auxin-dependent patterning and gamete specification in the *Arabidopsis* female gametopyte. Science 324: 1684-1689.

Pandey, A., Kumar, A., Pandey, D.S., and Thongbam, P.D. 2014. Rice quality under water stress. Indian Journal of Advances in Plant Research (IJAPR) 1(2): 23-26.

Pant, B. and Bose, B. 2016. Mitigation of the influence of PEG-6000 imposed water stress on germination of halo primed rice seeds. International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 9(2): 275-281

Parvatha, P.R. 2014. Climate resilient agriculture for ensuring food security. Springer. Pp: 1-15.

Patten, C.L., and Glick, B.R. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3-acetic acid. Can. J. Microbio. 42: 207-220.

Phetcharat, P., and Duangpaeng, A. Screening of endophytic bacteria from organic rice tissue for indole acetic acid production. Procedia. Eng. 32:177-183.

Popko, J., Hänsch, R., Mendel, R., Polle, A., and Teichmann, T., 2010. The role of abscisicacid and auxin in the response of poplar to abiotic stress. Plant Biol. 12: 242–258.

Purwanto, Yuwariah, Y., Sumadi and Simarmata, T. 2017. Nitrogenase Activity and IAA Production of Indigenous Diazotroph and Its Effect on Rice Seedling Growth. AGRIVITA Journal of Agricultural Science, 39(1): 31-37.

Raweekul, W., Wuttitummaporn, S., Sodchuen, W., and Kittiwongwattan, C. 2016. Plant growth promotion by endophytic bacteria isolated from rice (*Oryza sativa*). Thammasat International Journal of Science and Technology 21(1): 1-17. Doi.10.14456/tijsat.2016.2

Shahab, S., Nuzhat, A., and Nasreen, S.K. 2009. Indole acetic acid production and enhanced plant growth promotion by indigenous PSBs. African J. Agricul. Res. 4: 1312-1316.

Song, J., Feng, G., Tian, C., and Zhang, F. 2005. Strategies for adaptation of Suaeda physophora, Haloxylon ammodendron and Haloxylon persicum to saline environment during seed germination stage. Annual of Botany, 96: 399-405.

Spaepen, S., Vanderleyden, J. and Remans, R. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. FEMS Microbiology Reviews, 31: 425-448.

Syamsia, Kuswinanti, T., Syam, E., and Masniawati, A. 2015. The potency of endophytic fungal isolates collected from local aromatic rice as indole acetic acid (IAA) producer. Procedia. Food. Sci. 3:96-103.

Tabatabaei, S., Ehsanzadeh, P., Etesami, H., Alikhani, H. A. and Glick, B. R. 2016. Indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* isolates inhibit seed germination and α– amylase

activity in durum wheat (*Triticum turgidum* L.). Spanish Journal of Agricultural Research, 14(1). e0802. http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016141-8859.

Thornton, P., and Lipper, L. 2013. How does climate change alter agricultural strategis to support food security?. Background paper for the conference " Food security futures: research priorities for the 21st Century", 11-12 April 2013, Dublin.

Wani, P.A. and Khan, M.S. 2010. Bacillus species enhance growth parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in chromium stressed soils. Food Chem. Toxicol. 48: 3262-3267.

World Bank. 2008. World Bank data on agricultural value added as a share of GDP in 2008.

Xie, Z., Jiang, D., Cao, W., Dai, T., and Jing, Q. 2003. Relationships of endogenous plant hormones to accumulation of grain protein and starch in winter wheat under different post-anthesis soil water statuses. Plant Growth Regulation 41: 117-127.

Xu, G., Zhang, J., Lam, H. M., Wang, Z. and Yang, J. 2007. Hormonal changes are related to the poor grain filling in the inferior spikelets of rice cultuivated under non-flooded and mulched condition. Field Crop Research, 101: 53-61.

Yin, C., Wu, Q., Zeng, H., Xia, K., Xu, J. and Li, R. 2011. Endogenous auxin is required but supraoptimal for rapid growth of rice (*Oryza sativa* L.) Seminal roots, and auxin inhibition of rice seminal root growth is not caused by ethylene. J. Plant Growth Regul. 30: 20-29.

Yohannes, H. 2016. A review on relationship between climate change and agriculture. J. Earth Sci. Clim. Change 7: 335. Doi: 10.4172/2157-7617.1000335

Yuan, C.X. and Ding, J. 1990. Effects of water stress on the content of IAA and the activities of IAA oxidase and peroxidase in cotton leaves. Acta Phytophysiol. Sinica 16: 179-183.

Zahir, Z. A., Malik, M. A. R. and Arshad, M. 1999. Effect of auxins on the growth and yield of rice. Pah. J. Agri. Sci. 36: 3-4.

Zahir, Z.A., Shah, M.K., Naveed, M., and Akhter, M.J. 2010. Substrate-dependent auxin production by *Rhizobium phaseoli* improves the growth and yield of *Vigna radiata* L. under salt stress conditions. J. Microbiol. Biotechnol. 20: 1288-1294.

Zhao, Y. 2010. Auxin biosynthesis and its role in plant development. Annu. Rev. Plant Biol. 61: 49-64.

Zhang, S.W., Li, C.H., Cao, J., Zhang, Y.C., Zhang, S.Q., Xia, Y.F., Sun, D.Y. and Sun, Y. 2009. Altered architecturea and enhanced drough tolerance in rice via the down regulation of indole-3-acetic acid by TLD1/OsGH3.13 Activation. Plant Physiol. 151(4): 1889-1901.

Zhu, J.K. 2002. Salt and drough stress signal transduction in plants. Annual review of plant physiology and plant molecular biology 53: 247-273.

ภาคผนวก

IAA ได้จากการเลี้ยงแบคที่เรีย (RD4-1-1) โดยคำนวณจากค่ากราฟมาตรฐาน 62.969 µg/ml

<u>การคำนาณ stock RD4-1-1 IAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆ ในปริมาตร 1000 ml (1L)</u>

1 โมล ของ IAA = 175.18 g/l หรือ = 175.18 µg/ml×10^3

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> วัดความเข้มข้นของ IAA จากการเลี้ยงแบคทีเรีย (RD4-1-1) ค่าที่ได้เท่ากับ 62.969 µg/ml

$$\frac{62.969\ \mu g/ml}{175.18\ \mu g/ml\ \times 10^3}$$

= 0.3594×10^{-3} M

= 0.35494 mM

= 354.94 µM

<u>เตรียม IAA ที่ความเข้มข้น 0.25 µM</u>

จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

(354.94 µM) (V_1) = (0.25 µM) (1000 ml)

V_1= 0.70 ml (IAA จาก แบคที่เรีย (RD4-1-1))

น้ำกลั่น = 1000 ml - 0.70 ml = 999.30 ml (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ)

<u>เตรียม IAA ที่ความเข้มข้น 2.5 µM</u>

จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

(354.94 µM) (V_1) = (2.5 µM) (1000 ml)

V_1= 7.0 ml (IAA จาก แบคที่เรีย (RD4-1-1))

น้ำกลั่น= 1000 ml – 7.0 ml = 999 ml (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ)

<u>เตรียม IAA ที่ความเข้มข้น 25 µM</u>

จากสูตร $M_1V_1 = M_2V_2$

(354.94 µM) (V_1) = (25 µM) (1000 ml)

V_1= 70 ml (IAA จาก แบคที่เรีย (RD4-1-1))

น้ำกลั่น= 1000 ml - 70 ml = 930 ml (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ)

<u>การคำนวณ stock synthetic IAA ในระดับความเข้มข้นต่างๆในปริมาตร 1000 ml (1L)</u>

1 โมล ของ IAA = 175.18 g/l

175.18 g/l = 1 โมล หรือ 175.18 µg/l

<u>เตรียม IAA ที่ความเข้มข้น 0.25 µM</u>

ถ้า 0.25 µM = $\frac{\mathbf{175.18\ mg/l \times 0.25\mu M}}{\mathbf{1\ \mu M}}$ = 43.795 µg/l *(หรือ 0.043 mg)*

IAA *(*Fluka Analytical 57330 5 g 3-Indoleacetic acid*)* 5 mg : 10 ml

คำนวณ 0.25 µM ต้องการ 0.043 mg

10 ml มี 5 mg

$\frac{\mathbf{0.043\times10}}{\mathbf{5}}$ = 0.086 ml *(*synthetic IAA*)*

น้ำกลั่น = 1000 ml - 0.086 ml = 999.914 ml *(*น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ)

<u>เตรียม IAA ที่ความเข้มข้น 2.5 µM</u>

ถ้า 2.5 µM = $\frac{\mathbf{175.18\ mg/l \times 2.5\mu M}}{\mathbf{1\mu M}}$ = 437.95 µg/l (หรือ 0.43 mg)

IAA (Fluka Analytical 57330 5 g 3-Indoleacetic acid) 5 mg : 10 ml

คำนวณ 2.5 µM ต้องการ 0.43 mg

10 ml มี 5 mg

$\frac{\mathbf{0.43\times10}}{\mathbf{5}}$ = 0.86 ml *(*synthetic IAA*)*

น้ำกลั่น = 1000 ml - 0.86 ml = 999.14 ml (น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ)

<u>เตรียม IAA ที่ความเข้มข้น 25 µM</u>

ถ้า 25 µM = $\frac{\mathbf{175.18\ mg/l \times 25\mu M}}{\mathbf{1\mu M}}$ = 4379.5 µg/l *(*หรือ 4.37 mg*)*

IAA (Fluka Analytical 57330 5 g 3-Indoleacetic acid*)* 5 mg : 10 ml

คำนวณ 25 µM ต้องการ 4.37 mg

10 ml มี 5 mg

$\frac{\mathbf{4.37\times10}}{\mathbf{5}}$ = 8.74 ml *(*synthetic IAA*)*

น้ำกลั่น = 1000 ml – 8.74 ml = 991.26 ml *(*น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ)

<u>การคำนวณสารเคมีที่ชักนำให้เกิดการผลิตอินโดลแอซิติกจากแบคที (RD4-1-1)ทำ stock 300 มิลลิลิตร</u>

<u>การเตรียม IAA (Fluka Analytical 57330)</u>

1 ml มี IAA 100 µg/l

ใช้ 50 ml = $\frac{\mathbf{100\mu\square/\square\times50\square\square}}{\mathbf{1\ \square\square}}$ = 5,000 µg/l

เปลี่ยน µg ให้เป็น mg

1000 µg = 1 mg

ใช้ 5000 µg = $\frac{1 \times 5000}{1000}$ = 5 mg

<u>การเตรียม 0.5M $FeCl_3$ (MW = 162.2)</u>

1 M = 162.2 /1000 ml

0.5 M = $\frac{162.2}{2}$ /1000 ml

= 81.1 / 1000 ml

ใช้น้ำกลั่น 1000 ml ต่อ 0.5M $FeCl_3$ 81.1 g

ถ้าใช้ 10 ml $\frac{10 \times 81.1}{1000}$ = 0.811 g /10 ml

<u>การเตรียม 35% Perchoric acid ($HClO_4$)</u>

$C_1V_1 = C_2V_2$

$70xV_1 = 35 \times 100$

$V_1 = \frac{35 \times 100}{70}$ = 50 ml

($HClO_4$) 50 ml + น้ำกลั่น DI 50 ml (ทำในขวดปรับปริมาตร 100 ml)

<u>การเตรียมอาหารเหลว Nutrient Broth (NB) (Difco™ Nutrient Broth, BD)</u>

น้ำกลั่นปริมาตร 1000 ml ใช้ NB 8 g

ถ้าใช้ 300 ml จะใช้ $\frac{8 \times 300}{1000}$ = 2.4 g

<u>การเตรียม L-Tryptophan (HIMEDIA GRM067-5G L-Tryptophan)</u>

1 ml = 100 µg

300 ml = $\frac{100\ \mu \times 300}{1}$ = 30,000 µg

1000 µg = 1 mg

30,000 µg = $\frac{30000\ \mu \times 1}{1000\ \mu}$ = 30 mg

<u>การคำนวณ 1% inoculum</u>

1% inoculum 1 ใน 100

ถ้า 300 ml = $\frac{1 \times 300}{100}$ = 3 ml