บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

1. สรุป

1.1 การคัดแยกจุลินทรีย์จากดิน บริเวณรอบราก และกาบใบของข้าวที่ปลูกในดินกรดจัด

จากการคัดแยกจุลินทรีย์จากดิน กาบใบ และบริเวณรอบรากของข้าวที่ปลูกในดินกรดจัด โดยใช้อาหารสูตร modified Pikovskaya's medium ซึ่งมีฟอสฟอรัสในรูปโซเดียมไฟเทต สามารถคัดแยกจุลินทรีย์ได้ทั้งหมด 157 สายพันธุ์ และเมื่อนำมาทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสพบว่า มีเพียง 2 สายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถผลิตเอนไซม์แอซิด ฟอสฟาเทสได้ คือสายพันธุ์ AR101 และ AR102 เมื่อทำการเทียบเคียงชนิดของเชื้อทั้งสอง สายพันธุ์โดยการวิเคราะห์ลำดับเบสของดีเอ็นเอพบว่า ทั้งสองสายพันธุ์จัดเป็นยีสต์ในจีนัส *Ustilago* sp. แต่ทั้งสองสายพันธุ์มีการผลิตเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสที่แตกต่างกันมาก โดยเอนไซม์จากสายพันธุ์ AR 101 มีกิจกรรมสูงกว่าสายพันธุ์ AR102 ชัดเจน แต่เชื้อสายพันธุ์ AR102 มีการเจริญเติบโตดีกว่าเชื้อสายพันธุ์ AR101 จึงใช้เชื้อทั้งสองสายพันธุ์ในการทดสอบคุณสมบัติอื่น ๆ ต่อไป

1.2 การทดสอบความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ และผลของแคตไอออนบางชนิดต่อการละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัส

จากการทดสอบพีเอชที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสที่ปลดปล่อยจากเชื้อ *Ustilago* sp. สายพันธุ์ AR101 และ AR102 พบว่าพีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3.5-4.5 โดยเอนไซม์จากสายพันธุ์ AR 101 มีกิจกรรมสูงกว่าสายพันธุ์ AR102 ชัดเจน และเมื่อเลี้ยงเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ในอาหารที่มีอินทรีย์ฟอสฟอรัส 3 รูปคือ โซเดียมไฟเทต อะลู-มินัมไฟเทต และไอรอนไฟเทต พบว่าเชื้อทั้งสองสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโต และผลิตเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสได้ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อทดสอบความสามารถของเชื้อในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากโซเดียมไฟเทต อะลูมินัมไฟเทต และไอรอนไฟเทต โดยบ่มจุลินทรีย์ร่วมกับสารละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปดังกล่าวแล้ววิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยออกมาในช่วงก่อนและหลังบ่มพบว่า เชื้อทั้งสองสายพันธุ์สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากสารละลายโซเดียมไฟเทตได้ใกล้เคียงกัน แต่ปลดปล่อย

ฟอสฟอรัสจากสารละลายอะลูมินัมไฟเทตและไอรอนไฟเทตได้น้อยมาก จึงทำการทดสอบผลของแคตไอออนบางชนิด ได้แก่อะลูมินัม เฟอรัส แมงกานีส และแคลเซียมไอออนต่อการเจริญเติบโตและการผลิตเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสพบว่า อะลูมินัม เฟอรัส แมงกานีส และแคลเซียมไอออนไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ และเฟอรัสไอออนไม่มีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสที่ปลดปล่อยออกมานอกเซลล์ของเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ แต่น่าจะมีบทบาทในการช่วยให้เชื้อสายพันธุ์ AR102 ปลดปล่อยหรือสร้างเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้น

เมื่อทดสอบผลของอะลูมินัม เฟอรัส แมงกานีส และแคลเซียมไอออนต่อความสามารถในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากโซเดียมไฟเทตของเชื้อทั้งสองสายพันธุ์พบว่า อะลูมินัม แมงกานีส และแคลเซียมไอออน มีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ถูกปลดปล่อยออกมานอกเซลล์ของเชื้อสายพันธุ์ AR101 ให้มีกิจกรรมลดลง แต่กิจกรรมของเอนไซม์ที่เหลืออยู่ยังสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากสารละลายโซเดียมไฟเทตให้ออกมาได้

ฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายที่มีอะลูมินัมละลายอยู่มากจะเข้าทำปฏิกิริยากับอะลูมินัมกลับไปอยู่ในรูปที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ยาก แต่ต้องอาศัยระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา นอกจากนี้อะลูมินัมในสารละลายโซเดียมไฟเทตอาจเข้าไปไล่ที่โซเดียมและจับกับ ไฟเทตไปอยู่ในรูปของอะลูมินัมไฟเทต ซึ่งเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสเข้าไปปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากอินทรีย์ฟอสฟอรัสรูปนี้ได้น้อยมาก

1.3 การทดสอบผลของเชื้อจุลินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวในสภาพห้องปฏิบัติการ

เมื่อปลูกข้าวพันธุ์ลูกแดงปัตตานีในอาหารวุ้นสูตร Murashige & Skoog ที่มีฟอสฟอรัส 4 รูป คือ ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต โซเดียมไฟเทต อะลูมินัมไฟเทต และไอรอนไฟเทต เปรียบเทียบระหว่างการใส่และไม่ใส่เชื้อสายพันธุ์ AR101 พบว่าน้ำหนักแห้งและการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวที่ปลูกในสภาพใส่เชื้อสูงกว่าไม่ใส่เชื้ออย่างชัดเจน ในทรีตเมนต์ที่ใส่ฟอสฟอรัสรูปโซเดียมไฟเทต แต่ข้าวในทรีตเมนต์ที่ใส่ฟอสฟอรัสรูปไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต อะลูมินัมไฟเทต และไอรอนไฟเทต มีการเจริญเติบโตและการดูดใช้ฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกันระหว่างข้าวที่ปลูกในสภาพใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้อ

2. ข้อเสนอแนะ

เชื้อ *Ustilago* sp. AR101 และ AR102 สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่เป็นกรดและเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสที่ปลดปล่อยจากทั้งสองสายพันธุ์มีประสิทธิภาพการทำงานสูงที่พีเอช 3.5-4.5 ซึ่งใกล้เคียงกับพีเอชของดินกรดจัด นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อทั้งสองสายพันธุ์สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากสารละลายโซเดียมไฟเทตให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ทันที รวมทั้งสามารถนำฟอสฟอรัสจากอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปอะลูมินัมไฟเทต และไอรอนไฟเทตมาใช้ประโยชน์เพื่อการเจริญเติบโตได้ ซึ่งฟอสฟอรัสจะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เมื่อเซลล์ของจุลินทรีย์ตายลง

อะลูมินัม เฟอรัส และแมงกานีส ซึ่งเป็นแคตไอออนที่มีอยู่มากในดินกรดจัด รวมทั้งแคลเซียมไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ แต่เฟอรัสไอออนช่วยให้เชื้อสายพันธุ์ AR102 สร้างหรือปลดปล่อยเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสได้มากขึ้น ในขณะที่อะลูมินัมและแคลเซียมเข้าทำปฏิกิริยากับเอนไซม์จากสายพันธุ์ AR101 ทำให้มีกิจกรรมลดลง แต่ในอีกทางหนึ่งการเข้าทำปฏิกิริยากันของเอนไซม์และอะลูมินัมสามารถช่วยให้อะลูมินัมในสารละลายลดลงได้ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะป้องกันไม่ให้ฟอสฟอรัสที่ถูกปลดปล่อยออกมาตกตะกอนกับอะลูมินัมในสารละลายดิน นอกจากนี้ยังสามารถลดปริมาณของอะลูมินัมที่ละลายอยู่ได้โดยการใส่วัสดุปูน

จากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบว่ามีความเป็นไปได้ที่จะนำเชื้อทั้งสอง สายพันธุ์มาช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินกรดจัด แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมว่าเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสที่ปลดปล่อยออกมานั้น สามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์ฟอสฟอรัสในรูปอื่น ๆ ได้อีกหรือไม่ รวมทั้งเมื่อนำเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ไปใช้กับดินแล้วสามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของอินทรีย์ฟอสฟอรัสได้มากน้อยเพียงใด