บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปผลการวิจัย

1. เมื่อทำการฉายรังสีแกมมาให้กับสารละลายไคโตซานที่ระดับปริมาณรังสี 0 – 200 KGy พบว่า มวลโมเลกุลของไคโตซานจะมีค่าลดลงตามปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น จากไคโตซานที่ไม่ฉายรังสีซึ่งมีมวลโมเลกุลเฉลี่ย เท่ากับ 1.12×10^6 ดาลตัน ลดลงเหลือ 9.10×10^3 ดาลตัน เมื่อฉายรังสีให้กับสารละลายไคโตซานที่ระดับปริมาณรังสี 200 KGy ทั้งนี้มวลโมเลกุลจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงปริมาณรังสีที่ฉายให้กับสารละลายไคโตซานปริมาณต่ำ ๆ คือ ช่วง 50 – 75 KGy และจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นในช่วงประมาณ 75 – 200 KGy

2. ขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซานระหว่าง 3.08×10^4 ถึง 1.12×10^6 ดาลตัน ซึ่งได้จากการฉายรังสีแกมมาในช่วง 0 – 100 KGy มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของความสูงของต้นข้าวและความยาวของรากข้าวของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่อายุ 14 วัน ได้มากกว่าไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลต่ำ ๆ ที่มีค่าระหว่าง 9.10×10^3 ถึง 2.60×10^4 ดาลตัน ซึ่งได้จากการฉายรังสีแกมมาในช่วง 150 – 200 KGy แต่ขนาดมวลโมเลกุลต่าง ๆ กันไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวของข้าวทั้งสองพันธุ์ที่อายุ 14 วันแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผลการตอบสนองของข้าวต่อไคโตซานมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดมากนักเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

3. ไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกันที่ช่วงความเข้มข้นต่ำ ๆ ได้แก่ 5 - 100 ppm มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของความยาวของรากข้าวและน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุ 14 วัน ได้มากกว่าไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกันที่ช่วงความเข้มข้นสูง ๆ และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่า ข้าวที่ปลูกร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมามีการเจริญเติบโตมากกว่าเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ไม่มีผลทำให้ความสูงของต้นของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุ 14 วันแตกต่างกัน

4. การศึกษาหาระยะเวลาสมดุลระหว่างฟอสฟอรัส-31 ในดินกับฟอสฟอรัส-32 จากปุ๋ยที่เติมลงไปของดิน 2 ชุด พบว่า ค่า E-Value ของดินเค็มและดินเปรี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น และลดลงภายหลังถึงจุดสมดุล โดยดินเค็มที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 เป็น 60 และ 120 ไมโครกรัม มีช่วงเวลาของการเกิดสมดุลที่ 7 วัน และ 7 - 10 วัน ส่วนดินเปรี้ยวที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 เป็น 60 และ 120 ไมโครกรัม มีช่วงเวลาของการเกิดสมดุลที่ 4 – 7 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ นอกจากนี้ การวัดค่า E-Value เปรียบเทียบระหว่าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 ในอัตราต่างกัน แสดงให้เห็นว่า ไม่มีการตรึงฟอสฟอรัสเกิดขึ้นในการทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสของดินเค็ม แต่สำหรับดินเปรี้ยวมีการตรึงฟอสฟอรัสเกิดขึ้นในการทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัส

5. การศึกษาค่า E-Value ของดินเค็มและดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน ได้แก่ ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานเท่ากับ 75, 100 และ 200 ppm พบว่า ค่า E-Value จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้น ยกเว้นดินเค็มที่ผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 75 KGy ที่ความเข้มข้น 200 ppm ซึ่งมีค่า E-Value ลดต่ำลงกว่าไคโตซานที่ความเข้มข้น 100 ppm เล็กน้อย โดยค่า E-Value ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เมื่อปลูกร่วมกับสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี (0 KGy) ที่ความเข้มข้น 200 ppm มีค่า E-Value สูงที่สุด คือ 36.9196 $\pm$ 1.9231 มิลลิกรัม P / ดิน 100 กรัม นอกจากนี้ ค่า E-Value ของตัวอย่างดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานจะมีค่าสูงมากกว่าค่า E-Value ของตัวอย่างดินเค็มผสมสารละลายไคโตซานในทุกทรีตเมนต์ อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างของค่า E-Value ของตัวอย่างดินเค็มกับแบลงค์ แต่พบความแตกต่างของค่า E-Value ของตัวอย่างดินเปรี้ยวกับแบลงค์

6. การศึกษาค่า % FPU ของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเค็มและดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน ได้แก่ ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานเท่ากับ 75, 100 และ 200 ppm พบว่า ชุดการทดลองที่ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในดินเค็มไม่สามารถทำการศึกษาได้ เนื่องจากข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่สามารถทนต่อสภาพความเค็มของดินเค็ม ทำให้ไม่สามารถปลูกข้าวเพื่อศึกษาได้ แม้ว่าจะได้ทดลองเปลี่ยนชนิดของพันธุ์ข้าวเป็นชนิดพันธุ์ที่ทนต่อสภาพความเค็มของดินเค็มแล้วก็ตาม สำหรับผลการศึกษาในส่วนของดินเปรี้ยว พบว่า

ผลการตรวจการเจริญเติบโตในเบื้องต้น ข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของความสูงของต้นข้าว ความยาวของรากข้าว และน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุ 50 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับการประเมินค่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตต่อพืช (% FPU) พบว่า ข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy) และไคโตซานที่ฉายรังสี 75 KGy จะมีค่า % FPU เพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารละลายไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ส่วนดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 100 KGy ได้ผลในทิศทางตรงกันข้าม คือ มีค่า % FPU ลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า % FPU ของทุกทรีตเมนต์จะมีค่ามากกว่าค่า % FPU ของ Checks ยกเว้นไคโตซานไม่ฉายรังสี (0 KGy) ที่ความเข้มข้น 75 ppm ที่มีค่าต่ำกว่า Checks เล็กน้อย โดยค่า % FPU ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เมื่อปลูกร่วมกับสารละลายไคโตซานไม่ฉายรังสี (0 KGy) ที่ความเข้มข้น 200 ppm มีค่า % FPU สูงที่สุด คือ 13.8782 $\pm$ 1.2518

อภิปรายผลการวิจัย

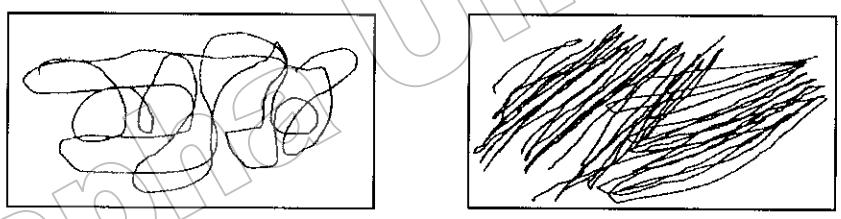
ผลของการตัดสายโพลิเมอร์ของไคโตซานด้วยรังสีแกมมาต่อขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซาน

เมื่อนำไคโตซานไปฉายรังสีแกมมา จะทำให้เกิดการแตกออกของสายโซ่โพลิเมอร์ซึ่งเป็นผลมาจากการเสื่อมสลาย ส่งผลให้มวลโมเลกุลของไคโตซานเกิดการเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ในการหามวลโมเลกุลของไคโตซานสามารถประเมินค่าได้จากวิธีการศึกษาสมบัติความหนืด (Intrinsic Viscosity) ซึ่งอาศัยหลักการที่ว่า ความหนืดของสารละลายโพลิเมอร์จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายและขนาดโดยเฉลี่ยหรือมวลโมเลกุลของโพลิเมอร์ (วิภาวี โฮเว่น, 2544) ทั้งนี้จากการทดลอง พบว่า เมื่อนำ Shrimp Chitosan ชนิด Flake ที่เป็นแบบ Polymer Type มาทำให้ละลายในกรดอะซิติกเข้มข้น 2.5 % โดยให้ความเข้มข้นของ Shrimp Chitosan ที่เตรียมเป็น 10 % และเมื่อ Shrimp Chitosan ละลายดีแล้วนำไปฉายรังสีแกมมาให้กับสารละลายไคโตซานที่ระดับปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน ได้แก่ 0 KGy, 50 KGy, 75 KGy, 100 KGy, 150 KGy และ 200 KGy จากนั้นนำไปหามวลโมเลกุล พบว่า มวลโมเลกุลของไคโตซานจะมีค่าลดลงตามปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ยเป็น 1.12×10^6, 2.69×10^5, 4.71×10^4, 3.08×10^4, 2.60×10^4 และ 9.10×10^3 ดาลตัน ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของทิวาพร แสนตลาด (2546), วรรณวิมล ปาสาณพันธ์ (2546) และ Yoksan, Biramontri, Akashi, & Chirachanchai (2003) จะเห็นได้ว่ามวลโมเลกุลจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงปริมาณรังสีที่ฉายให้กับสารละลายไคโตซานปริมาณต่ำ ๆ คือ ช่วง 50 – 75 KGy และจะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นในช่วงประมาณ 75 – 200 KGy

ผลจากการฉายรังสีให้กับสารละลายไคโตซานดังกล่าว มีลักษณะกลไกทางกายภาพเช่นเดียวกับโมเลกุลอินทรีย์อย่างง่ายทั่วไป คือ เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) และเกิดสภาวะกระตุ้น (Excitation) ของโมเลกุลโพลิเมอร์ ทั้งนี้ไอออนและผลิตผลที่เกิดจากสภาวะกระตุ้นจะทำให้เกิดกลไกการตัดขาดของสายโซ่ (Scission) ของพันธะเคมีภายในระยะเวลาสั้น ๆ ทำให้เกิด

อะตอมของไฮโดรเจน และอนุมูลอิสระที่คาร์บอนตำแหน่งกลาง ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ธรรมชาติของโพลิเมอร์ สภาวะแวดล้อม และสภาวะของการฉายรังสี เช่น ระดับปริมาณของรังสี แต่โดยปกติ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สำคัญจากการฉายรังสี คือ การเกิดโครงร่างแหสามมิติ (Crosslinking) และการเกิดการตัดขาดของสายโซ่หลัก (Main Chain Scission) หรือ Degradation ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโพลิเมอร์ (Sanil, 2001 อ้างถึงใน วรรณวิมล ปาสาณพันธ์, 2546, หน้า 19-21)

ทั้งนี้การลดลงของมวลโมเลกุลของไคโตซานตามปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้น สามารถอธิบายได้จากโครงสร้างของไคโตซานซึ่งเมื่อเริ่มต้นฉายรังสีแกมมา รังสีอาจไปมีผลต่อบริเวณ Amorphous Region ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการวางตัวกันอย่างหลวม ๆ และไม่เป็นระเบียบ ทำให้เกิดการลดลงของมวลโมเลกุลอย่างรวดเร็ว และเมื่อ Amorphous Region ถูกทำลายไปแล้ว พลังงานของรังสีก็จะเริ่มไปมีผลต่อบริเวณ Crystalline Region อย่างไรก็ตาม เมื่อปริมาณรังสีเพิ่มสูงขึ้น ผลของการฉายรังสีต่อส่วนของ Crystalline Region จะลดลง เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการยึดเกาะกันแข็งแรงซึ่งยากต่อการทำให้เกิดการแตกออก ภาพที่ 5-1 แสดงโครงสร้างของไคโตซานบริเวณ Amorphous Region และ Crystalline Region



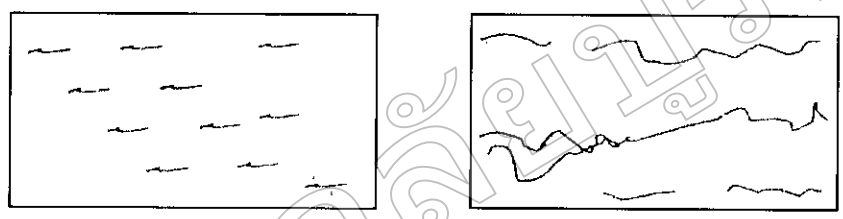
Amorphous Region Crystalline Region

ภาพที่ 5-1 โครงสร้างของไคโตซานบริเวณ Amorphous Region และ Crystalline Region

อย่างไรก็ตาม ค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ยของไคโตซานที่ได้จากการทดลอง แม้จะมีค่าลดลงตามปริมาณรังสีแกมมาที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของทิวาพร แสนตลาด (2546), วรรณวิมล ปาสาณพันธ์ (2546) และ Yoksan et al. (2003) ก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่ามวลโมเลกุลของไคโตซานตามปริมาณรังสีที่ฉายแต่ละระดับ พบว่า มีมวลโมเลกุลบางค่าโดยเฉพาะมวลโมเลกุลของไคโตซานที่ฉายรังสีที่ระดับ 50 KGy มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งการหามวลโมเลกุลของโพลิเมอร์โดยวิธีการศึกษาสมบัติความหนืด (Intrinsic Viscosity) นี้ จะให้ผลแม่นยำ เมื่อโพลิเมอร์แต่ละโมเลกุลมีน้ำหนักโมเลกุลเดียวกันหรือมีการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับหนึ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(Monodisperse) โดยหากมีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าหนึ่ง (Polydisperse) ค่ามวลโมเลกุลที่หามาได้ก็จะไม่แม่นยำนัก (วิภาวี โฮเว่น, 2544) นอกจากนี้ ควรใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นต่ำเพื่อลดแรงกระทำระหว่างอนุภาคของโพลิเมอร์และลดโอกาสที่จะมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นอันเนื่องมาจากโพลิเมอร์ติดข้างหลอดเครื่องมือ ภาพที่ 5-2 แสดงความแตกต่างของการกระจายน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์แบบ Monodisperse และ Polydisperse



Monodisperse Polydisperse

ภาพที่ 5-2 การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์แบบ Monodisperse และ Polydisperse

ดังนั้น เพื่อให้การกระจายน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์ของไคโตซานมีลักษณะใกล้เคียงแบบ Monodisperse ในการทดลองนี้ จึงได้ใช้ตัวทำละลายผสมระหว่างกรดอะซิติกและโซเดียมคลอไรด์ ซึ่งสาเหตุที่ต้องผสมโซเดียมคลอไรด์ลงในตัวทำละลายด้วย เพื่อทำให้สายโมเลกุลของไคโตซานขดตัวกันเป็นขดอนุภาคที่มีลักษณะเป็น Random Coil เพราะในสภาวะกรดหมู่อะมิโนอิสระของไคโตซานเกือบทุกหน่วยซ้ำจะถูกโปรโตเนตเป็นแอมโมเนียมไอออนซึ่งเป็นประจุบวก ทำให้เกิดการผลักกันและมีผลทำให้สายไคโตซานยืดออกเป็นเส้นตรงยาว ซึ่งไม่เหมาะที่จะใช้ในการหามวลโมเลกุลโดยวิธีการศึกษาสมบัติความหนืด (Intrinsic Viscosity) การเติมคลอไรด์ไอออนซึ่งเป็นไอออนลบ (Cl^-) จะช่วยบังประจุบวกทำให้ลดแรงผลักของประจุบวกระหว่างหน่วยซ้ำ สายโพลิเมอร์จึงสามารถขดเป็นอนุภาค ซึ่งมีลักษณะการกระจายน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงแบบ Monodisperse (วิภาวี โฮเว่น, 2544)

ผลของขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว

การศึกษาผลของขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 นั้น ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่หนึ่ง เพื่อศึกษาหาปริมาณรังสีแกมมาที่เหมาะสมในการนำมาใช้ตัดสายโพลิเมอร์ของไคโตซานให้ได้มวลโมเลกุลเหมาะสมต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว และชุดที่สอง เพื่อศึกษา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมาต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งผลการทดลองสรุปได้ดังนี้

การทดลองชุดที่หนึ่ง พบว่า การปลูกข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน ได้แก่ 0 KGy, 50 KGy, 75 KGy, 100 KGy, 150 KGy และ 200 KGy มีผลทำให้การเจริญเติบโตของความสูงของต้นข้าวและความยาวของรากข้าวที่อายุ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 แต่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวที่อายุ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่ำ ๆ ได้แก่ ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 50 KGy, ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy ที่มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.08×10^4 ถึง 1.12×10^6 ดาลตัน มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าได้มากกว่าไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณสูง ๆ ได้แก่ ไคโตซานฉายรังสี 150 KGy และไคโตซานฉายรังสี 200 KGy ที่มีมวลโมเลกุลเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 9.10×10^3 ถึง 2.60×10^4 ดาลตัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของสุวลี จันทร์กระจ่าง (2546) ที่ได้ศึกษาผลของมวลโมเลกุลของไคโตซานที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช พบว่า ไคโตซานที่มีมวลโมเลกุลประมาณ 40,000 ดาลตัน ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดได้ดีที่สุด รวมถึงการทดลองของทัม และคณะ (Tham et at., 2001) ที่ศึกษาอิทธิพลของไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตของพืช 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ข้าว ข้าวสาลี และข้าวบาร์เลย์ พบว่า การนำไคโตซานไปฉายรังสีในช่วงตั้งแต่ 0 – 200 KGy ไคโตซานที่ฉายรังสีที่ 100 KGy จะมีคุณสมบัติในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวสูงที่สุด

สำหรับการที่ไคโตซานสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าวได้ อาจเนื่องมาจากการใช้สารไคโตซานที่มีสมบัติที่เหมาะสมสามารถชักนำให้เกิดการกระตุ้นในยีนของพืชได้ ซึ่งก่อให้เกิดการเพิ่มการสังเคราะห์เอ็นไซม์พวก β-Glucanase และ Endochitinase และกลุ่มสาร Phytoalexin ซึ่งช่วยเพิ่มกระบวนการ Lignification ทำให้พืชแข็งแรง เติบโต และมีประสิทธิภาพในการป้องกันตัวเองได้ขั้นหนึ่งด้วยการสร้าง Resistance Response ซึ่งเป็น Elicitor ของพืชนั้นเอง (สุวลี จันทร์กระจ่าง, 2546)

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำผลการเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าว ที่ปลูกร่วมกับสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน มาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Hoagland Solution) พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดมากนัก อาจเนื่องมาจากช่วงอายุของต้นข้าวที่ 14 วัน เป็นช่วงที่ข้าวมีการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตไม่มากนัก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วเมื่อพืชเริ่มงอกจากเมล็ดจะมีการเพิ่มน้ำหนักแห้งอย่างช้า ๆ และพืชยังไม่จำเป็นต้องใช้อาหารแร่ธาตุจากนอกเมล็ด เพราะมีติดมากับเมล็ดจำนวนหนึ่ง เมื่ออาหารแร่ธาตุในเมล็ดหมด พืชก็มีรากที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แข็งแรงพอจะดูดกินอาหารแร่ธาตุจากดินมาใช้ แต่เนื่องจากขนาดยังเล็กจึงใช้น้อยมาก เมื่อพืชเจริญเติบโตยิ่งขึ้นไปอีก ก็จะมีการเจริญเติบโตและอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งที่รวดเร็วขึ้น (ถวิล ครุฑกุล, 2524) ดังนั้นการให้สารไคโตซานฉายรังสีแกมมาจึงไม่มีผลต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวที่อายุ 14 วันเด่นชัดมากนัก ดังจะเห็นได้จากการทดลองของสุวลี จันทร์กระจ่าง (2546) ที่ศึกษาผลของการใช้ไคโตซานในการปลูกพืชผักสวนครัว ได้แก่ พริก, ผักคะน้า, ผักคื่นไช่ และมะระเล็ก โดยทำการวัดการเติบโตของต้นพริก และน้ำหนักของพืชผักตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวสุดท้าย พบว่า ความแตกต่างของความสูงของต้นพริกจะเริ่มต้นแสดงให้เห็นภายหลังสัปดาห์ที่สองเป็นต้นไป

จากผลการทดลองดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่ำ ๆ ได้แก่ ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy) มีมวลโมเลกุลเฉลี่ย 1.12×10^6 ดาลตัน, ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy มีมวลโมเลกุลเฉลี่ย 4.71×10^4 ดาลตัน และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy มีมวลโมเลกุลเฉลี่ย 3.08×10^4 ดาลตัน ไปทำการศึกษาต่อในการทดลองเพื่อศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมาต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว สำหรับพันธุ์ข้าวที่จะนำไปใช้ศึกษาต่อนั้น เลือกใช้ข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เนื่องจากผลการตอบสนองต่อไคโตซานฉายรังสีไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัดกับพันธุ์ข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ประกอบกับเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากกว่าข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 1 ซึ่งในอนาคต หากมีการพัฒนานำไคโตซานไปประยุกต์ใช้ร่วมกับการเพาะปลูกข้าวเจ้าเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และพันธุ์ปทุมธานี 1 การเลือกมุ่งเน้นศึกษาข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เป็นอันดับแรก ก็น่าที่จะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า

การทดลองชุดที่สอง พบว่า การปลูกข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ร่วมกับสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ได้แก่ 5, 10, 20, 50, 75, 100, 150 และ 200 ppm มีผลต่อการเจริญเติบโตของความยาวของรากข้าวและน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวที่อายุ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของความสูงของต้นข้าวที่อายุ 14 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกันที่ช่วงความเข้มข้นต่ำ ๆ ได้แก่ 5 - 100 ppm มีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ได้มากกว่าไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกันที่ช่วงความเข้มข้นสูง ๆ และเมื่อนำผลการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าที่ปลูกร่วมกับสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกัน ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (Hoagland Solution) พบว่า ส่วนใหญ่มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าชุดควบคุม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำหรับปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการกระจายของรากข้าว คือ ลักษณะของวิธีปลูกข้าว ตัวอย่างเช่น ถ้าปลูกข้าวโดยวิธีหว่าน รากจะหยั่งลงลึกแต่การแผ่กระจายและจำนวนของรากจะมีน้อย ถ้าปลูกแบบปักดำ รากจะอยู่ในระดับตื้น มีจำนวนรากมากและแผ่กระจายดี และข้าวขึ้นน้ำ รากจะยาวและแผ่กระจายอยู่ในน้ำเพื่อดูดธาตุอาหารจากน้ำโดยตรง ซึ่งคล้ายกับลักษณะของรากข้าวซึ่งปลูกในสารละลาย Hoagland Solution อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะปลูกด้วยวิธีใด ระบบการดูดธาตุอาหารของรากข้าวจะไม่มีความแตกต่างกัน (อัมมาร สยามวาลา และวิโรจน์ ณ ระนอง, 2533, หน้า 5)

ดังนั้นจากผลการทดลองดังกล่าว แม้ว่าไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy ที่ระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ จะมีแนวโน้มในการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ได้มากกว่าที่ระดับความเข้มข้นสูง ๆ ก็ตาม แต่ก็มีผลเฉพาะต่อเพียงการเจริญเติบโตของความยาวของรากข้าวและน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวเท่านั้น ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของความสูงของต้นข้าวแตกต่างกันแต่อย่างใด ประกอบกับช่วงเวลาการวิจัยที่จำกัดและข้อจำกัดของสารเคมีที่ใช้ (ค่าความแรงรังสีของสารละลายฟอสฟอรัส-32 ซึ่งอยู่ในรูปกรดฟอสฟอริค) ทำให้ผู้วิจัยต้องดำเนินการทดลองขั้นต่อไปควบคู่ไปกับการทดลองนี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมาที่เหมาะสมต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยอาศัยข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมามาประกอบ รวมถึงคุณสมบัติของไคโตซานซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ สามารถจับกับไอออนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้แก่พืช (รัฐ พิชญางกูร, 2543) ดังนั้นหากมีความเข้มข้นของไคโตซานสูงก็ควรที่จะจับและปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้มาก ทั้งนี้จากข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกความเข้มข้นของไคโตซานฉายรังสีแกมมาที่ระดับความเข้มข้น 75, 100 และ 200 ppm ไปใช้ศึกษาต่อในการทดลองชุดถัดไป

การประเมินค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินและปุ๋ยผสมไคโตซานที่ตัดโพลิเมอร์ด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อข้าว

การศึกษาค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินและปุ๋ยผสมสารละลายไคโตซานที่ตัดโพลิเมอร์ด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อข้าวเจ้าแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ได้แก่ ชุดที่หนึ่งศึกษาโดยวิธีการแลกเปลี่ยนไอโซโทปที่ใช้สารกัมมันตรังสีฟอสฟอรัส (E-Value) และชุดที่สองศึกษาโดยวิธีการประเมินค่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตต่อพืช (% FPU) ซึ่งผลการทดลองทั้งสองสรุปได้ดังนี้

การทดลองชุดที่หนึ่ง พบว่า การศึกษาหาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดสมดุลระหว่างฟอสฟอรัส-31 ในดินกับฟอสฟอรัส-32 จากปุ๋ยที่เติมลงไปของดิน 2 ชุด คือ ดินเค็มและดินเปรี้ยว

เมื่อใช้ระยะเวลาที่ทำให้ปฏิกิริยาเข้าสู่สมดุลแตกต่างกัน 7 ช่วงเวลา คือ 2 ชั่วโมง, 1 วัน, 4 วัน, 7 วัน, 10 วัน, 14 วัน และ 21 วัน พบว่า ค่า E-Value ของทั้งตัวอย่างดินเค็มและดินเปรี้ยวมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อถึงจุดสมดุล โดยตัวอย่างดินเค็มที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 เป็น 60 และ 120 ไมโครกรัม มีช่วงเวลาของการเกิดสมดุลที่ 7 วัน และ 7 - 10 วัน ส่วนช่วงเวลาการเกิดสมดุลของดินเปรี้ยวที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 เป็น 60 และ 120 ไมโครกรัม พบว่า มีช่วงเวลาของการเกิดสมดุลที่ 4 – 7 วัน และ 10 วัน ตามลำดับ ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาของมีศักดิ์ มิลินทวิสมัย (2537), อรฉัตร อมรเมธ (2543) และวายด์ (Wild, 1988)

อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาสมดุลที่เกิดจะเกิดได้รวดเร็วเพียงใด คุณสมบัติของดินเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่เกี่ยวข้อง ดังผลการศึกษาของ โชลิตกุล และไทเนอร์ (Cholitkul & Tyner, 1971 อ้างถึงใน มีศักดิ์ มิลินทวิสมัย, 2537, หน้า 109) ซึ่งได้นำค่า E-Value มาใช้ในการศึกษาหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินนาซึ่งเก็บตามภาคต่าง ๆ ในประเทศไทย จำนวน 64 ตัวอย่าง โดยใช้วิธี Stepwise Regression Analysis และพบว่า ค่า E-Value ที่วัดได้จะมีสหสัมพันธ์สูงกับปริมาณของฟอสฟอรัสในรูป Al-P ที่มีอยู่ในดินที่ใช้ศึกษา ทั้งนี้ได้ตั้งสมมติฐานว่าดินที่ใช้ศึกษาต้องมีสมบัติในการตรึงฟอสฟอรัสต่ำ สำหรับการที่ค่า E-Value มีค่าลดลงภายหลังเมื่อถึงจุดสมดุลแล้ว น่าจะเป็นผลมาจากปฏิกิริยาการปลดปล่อย (Desorption) ของฟอสฟอรัสจากดินที่มีค่ามากกว่าปฏิกิริยาการดูดซับ (Adsorption) ของฟอสฟอรัสจากดินเมื่อถึงจุดสมดุลแล้วนั่นเอง

และเนื่องจากการตรึงฟอสฟอรัสของดินสามารถตรวจสอบได้จากการทดลองให้ดินนั้นทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายเริ่มต้นที่สองระดับ คือ ระดับต่ำโดยเติมฟอสฟอรัส-31 60 ไมโครกรัม และที่ระดับสูง คือ 120 ไมโครกรัม ซึ่งถ้าดินเกิดการแลกเปลี่ยนไอโซโทปอย่างเดียว โดยไม่มีการตรึงฟอสฟอรัส ค่าปริมาณการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสที่ทำการศึกษาที่ปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลายทั้งสองระดับควรจะเท่ากัน (มีศักดิ์ มิลินทวิสมัย, 2537) อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบปริมาณการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสของชุดดินเค็มและชุดดินเปรี้ยว พบว่า ชุดดินเค็มไม่มีการตรึงฟอสฟอรัสเกิดขึ้นในการทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัส เพราะค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่แลกเปลี่ยนได้ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลาย สำหรับดินเปรี้ยว พบว่า มีการตรึงฟอสฟอรัสเกิดขึ้นในการทำปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัส เพราะค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่แลกเปลี่ยนได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณฟอสฟอรัสในสารละลาย

จากผลการทดลองข้างต้น ผู้วิจัยได้เลือกระยะเวลาที่เหมาะสมในการเกิดสมดุลระหว่างฟอสฟอรัส-31 ในดินกับฟอสฟอรัส-32 จากปุ๋ยที่เติมลงไปสำหรับดินเค็มและดินเปรี้ยว ที่จะนำไปใช้ในการศึกษาปริมาณการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสในดินผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมา ที่ระยะเวลา 10 วัน โดยใช้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 เป็น 120 ไมโครกรัม ซึ่งที่ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส-31 ดังกล่าว ตัวอย่างดินทั้งสองชุดมีระยะเวลาในการเกิดสมดุลที่ 10 วันเท่ากัน

สำหรับผลการศึกษาการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัส (E-Value) ของดินเค็มและดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ได้แก่ ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานเท่ากับ 75, 100 และ 200 ppm พบว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ปริมาณการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่า E-Value ของตัวอย่างดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานจะมีค่าสูงมากกว่าค่า E-Value ของตัวอย่างดินเค็มผสมสารละลายไคโตซานในทุกทรีตเมนต์ สรุปได้ว่าหากนำไคโตซานมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของข้าวจะได้ค่าการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้น

สาเหตุที่ปริมาณการแลกเปลี่ยนไอโซโทปของฟอสฟอรัสมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากคุณสมบัติของไคโตซานซึ่งเป็นไบโอโพลิเมอร์ที่มีประจุ สามารถจับกับไอออนได้นั่นเอง (เยาวภา ไหวพริบ, 2543; รัฐ พิชญางกูร, 2543) ซึ่งหากมีความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานสูงก็จะทำให้มีปริมาณไคโตซานที่จะจับกับไอออนเพิ่มสูงตามไปด้วย สอดคล้องกับการทดลองของณัฐกานต์ เลิศอำไพพร (2543) ซึ่งได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของค่า E-Value ในชุดดินรังสิตและชุดดินสัตหีบผสมกากตะกอนจากโรงบำบัดน้ำเสีย และพบว่า เมื่อปริมาณกากตะกอนที่ผสมลงไปในดินเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่า E-Value เพิ่มสูงขึ้นด้วย เนื่องจากในกากตะกอนมีส่วนประกอบของอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบ ซึ่งปริมาณของอินทรียวัตถุนี้เอง ที่ทำให้ค่า E-Value ของตัวอย่างดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานมีค่าสูงมากกว่าค่า E-Value ของตัวอย่างดินเค็มผสมสารละลายไคโตซานในทุกทรีตเมนต์ สรุปได้ว่าหากนำไคโตซานมาใช้เป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของข้าว จะไม่ทำให้การแลกเปลี่ยนฟอสฟอรัสของดินลดน้อยลง

การทดลองชุดที่สอง พบว่า การศึกษาค่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตในดิน โดยการนำข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มาปลูกในดินเค็มไม่สามารถทำการศึกษาได้ เนื่องจากข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ไม่สามารถทนต่อสภาพความเค็มของดินเค็ม ทำให้ไม่สามารถปลูกข้าวเพื่อศึกษาได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แม้ว่าจะได้ทดลองเปลี่ยนชนิดของพันธุ์ข้าวเป็นชนิดพันธุ์ที่ทนต่อสภาพความเค็มของดินเค็มแล้วก็ตาม ดังนั้นจึงคงเหลือเฉพาะผลการศึกษาในส่วนของชุดดินเปรี้ยวเท่านั้น ซึ่งพบว่า ผลการตรวจการเจริญเติบโตในเบื้องต้น ข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ ได้แก่ ไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy), ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy และไคโตซานฉายรังสี 100 KGy เมื่อความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานเท่ากับ 75, 100 และ 200 ppm ไม่มีผลทำให้การเจริญเติบโตของความสูงของต้นข้าว ความยาวของรากข้าว และน้ำหนักแห้งของต้นและรากข้าวของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่อายุ 50 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับการประเมินค่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตต่อพืช (% FPU) พบว่า ดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกัน ที่ความเข้มข้นต่างกัน มีผลทำให้ค่า % FPU ของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แตกต่างกัน โดยข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ไม่ฉายรังสี (0 KGy) และไคโตซานฉายรังสี 75 KGy จะมีค่า % FPU เพิ่มขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่เพิ่มขึ้น ส่วนดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสี 100 KGy มีแนวโน้มในทิศทางตรงกันข้าม โดยมีค่า % FPU ลดลงตามปริมาณความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ค่า % FPU ของทุกทรีตเมนต์จะมีค่ามากกว่าค่า % FPU ของ Checks ยกเว้นไคโตซานไม่ฉายรังสี (0 KGy) ที่ความเข้มข้น 75 ppm ที่มีค่าต่ำกว่า Checks เล็กน้อย

การที่ผลการตรวจการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่างกัน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด แม้ว่าจะได้ทำการศึกษาในข้าวที่มีอายุ 50 วัน ซึ่งมากกว่าอายุของข้าวที่ใช้ศึกษาในการทดลองช่วงแรกแล้วก็ตาม แสดงให้เห็นว่า นอกเหนือจากปัจจัยด้านอายุของต้นข้าวซึ่งได้กล่าวมาแล้วในการทดลองการศึกษาผลของขนาดมวลโมเลกุลของไคโตซานที่ตัดโพลิเมอร์ด้วยการฉายรังสีแกมมาต่อการเจริญเติบโตของข้าว ยังมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องอีก ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าความถี่ของการฉีดพ่นสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมากับข้าวในการทดลองนี้อาจเป็นปัจจัยหนึ่ง โดยการฉีดพ่นสารไคโตซานฉายรังสีแกมมาแก่ข้าวที่มีความถี่น้อยเกินไป อาจทำให้ผลการเร่งการเจริญเติบโตของข้าวเกิดได้ไม่เด่นชัด ดังจะเห็นได้จากการทดลองของชนัสพร เกลี้ยงแก้ว, สุวลี จันทร์กระจ่าง และพัลภา เศวตศิลา (2546), สุวลี จันทร์กระจ่าง, เพ็ญใจ สมพงษ์ชัยกุล และสมชาย ต่วนต่าย (2546), ลิมพนเวช และคณะ (Limpanavech et al., 2003) รวมทั้งงานวิจัยอื่นอีกหลายงานวิจัย ที่ส่วนใหญ่จะมีความถี่ของการฉีดพ่นสารไคโตซานเกือบตลอดช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ศึกษา ซึ่งจุดนี้เป็นประเด็นหนึ่งที่ควรจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับการนำไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาไปใช้เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดโดยตรง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

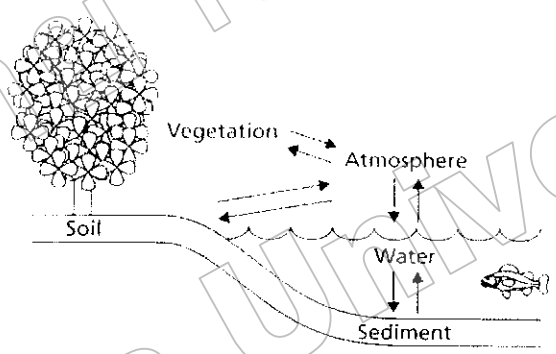
สำหรับการที่ค่า % FPU ของข้าวเจ้าพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ มีค่ามากกว่าค่า % FPU ของ Checks แสดงให้เห็นว่า ไคโตซานมีผลทำให้การดูดธาตุฟอสฟอรัสจากปุ๋ยที่เติมลงไปในดินเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยต่าง ๆ อีกมากที่มีผลต่อค่า % FPU โดยในสภาพความสัมพันธ์ระหว่างดินกับพืชในธรรมชาติ ฟอสฟอรัสที่รากพืชดูดไปจากสารละลายที่อยู่ถัดจากรากพืช จะต้องถูกทดแทนด้วยฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาจากดิน เมื่อฟอสฟอรัสถูกดูดไปมากขึ้น ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดินที่ถูกดูดจากรากจะลดลง เพราะส่วนหนึ่งของฟอสฟอรัสที่จะถูกปลดปล่อยออกมาได้ถูกใช้ไปแล้ว และการฟุ้งกระจายจากดินส่วนที่อยู่ห่างออกไปจะต้องทำหน้าที่นำฟอสฟอรัสมาทดแทนส่วนหนึ่งของฟอสฟอรัสที่ถูกดูดออกไป (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2525) ซึ่งการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อความชื้นในดินเพิ่มขึ้น (Abdel Salam & Hashish, 1962) ดังนั้นจึงทำให้พืชดูดฟอสฟอรัสจากดินที่มีความชื้นต่ำได้น้อยกว่าดินที่มีความชื้นสูง นอกจากนี้ประสิทธิภาพของการถ่ายเทฟอสฟอรัสจากส่วนที่เป็นของแข็งในดินไปสู่รากพืชจะเกิดในดินเนื้อละเอียดได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ เนื่องจากดินเนื้อละเอียดมีอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสจากส่วนที่อยู่ห่างจากรากไปสู่รากโดยการฟุ้งกระจายสูงกว่า (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2525)

นอกจากปัจจัยดังกล่าวข้างต้น การเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ต่าง ๆ ที่มักจะทำการเพาะปลูกในสภาพน้ำขัง (Flooding Soils) ซึ่งปริมาณของก๊าซออกซิเจนในดินจะลดลงอย่างรวดเร็ว และถูกใช้หมดไปภายใน 1-2 วัน จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินที่ใช้ก๊าซออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและชีวเคมีที่สำคัญในดินสภาพน้ำขัง จึงมักเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน ซึ่งโดยทั่วไปความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสในดินจะสูงขึ้นเมื่อมีการขังน้ำ (Shapiro, 1958 cited in De Datta, 1981 pp. 124-125) ดินที่มีการถ่ายเทอากาศที่ดี ฟอสฟอรัสส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Fe (III) และ Aluminum Phosphate ซึ่งมีการละลายตัวที่ต่ำมาก แต่เมื่อมีการขังน้ำ Fe (III) Phosphate จะถูกรีดิวซ์ให้กลายเป็น Fe (II) Phosphate ที่ละลายน้ำได้ง่าย ส่วนพวก Aluminum Phosphate ก็จะละลายได้ดีขึ้นอันเนื่องมาจาก pH ที่สูงขึ้นเมื่อมีน้ำขัง ทั้งนี้ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสมักจะเพิ่มขึ้นสูงสุดประมาณ 1 – 2 เดือนแรกของการขังน้ำ หลังจากนั้นปริมาณจะลดลงอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาตกตะกอนกับเหล็กและแคทไอออนอื่น ๆ เมื่อดินมี pH ใกล้เป็นกลาง อัตราการเพิ่มขึ้นและลดลงของฟอสฟอรัสดังกล่าว จะขึ้นอยู่กับสมบัติของดินแต่ละชนิดโดยเฉพาะอย่างยิ่ง pH ปริมาณอินทรียวัตถุ และเหล็กในดิน (ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา, 2546)

ในการศึกษาความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสโดยการหาค่า E-Value และ % FPU นั้นเป็นการศึกษาโดยอาศัยมุมมองในเชิงการเกษตร แต่ถือเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาพฤติกรรมและ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความเป็นไปของฟอสฟอรัสในดินเช่นกัน ซึ่งโดยปกติสามารถทำได้โดยอาศัยความรู้พื้นฐานของการศึกษาทางพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม (Ecotoxicology) ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมและความเป็นไป ตลอดจนผลของสารเคมีที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงในสิ่งมีชีวิต ตั้งแต่ระดับ Biochemical Changes ไปจนถึงระดับ Ecosystems (Walker, Hopkin, Sibly, & Peakall, 2001) ทั้งนี้สมบัติการแพร่กระจายของสารในส่วนต่าง ๆ (Compartments) ของสิ่งแวดล้อม เป็นข้อมูลสำคัญที่จะต้องทำความเข้าใจและศึกษาในทางพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังใช้เป็นข้อมูลในการสร้างโมเดลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) เพื่อทำนายพฤติกรรมและความเป็นไปของสารในสิ่งแวดล้อมด้วย (Halfon, 1989) ภาพที่ 5-3 แสดงให้เห็นการแพร่กระจายของสารระหว่างส่วนต่าง ๆ (Compartments) ของสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 5-3 การแพร่กระจายของสารระหว่างส่วนต่าง ๆ (Compartments) ของสิ่งแวดล้อม (Connell, Lam, Richardson, & Wu, 1999)

ดัชนีชี้วัดที่ใช้อธิบายสมบัติการแพร่กระจายของสารระหว่างส่วนต่าง ๆ (Compartments) ของสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างเช่น K_d (Solid-Water Distribution Coefficient) เป็นสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของสารระหว่างดินและน้ำ, K_{ow} (Octonal-Water Partition Coefficient) เป็นสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของสารระหว่างตัวทำละลายที่เป็น Non-Polar และ Polar, Henry's Law Constant เป็นดัชนีชี้วัดที่ใช้อธิบายสมบัติการแพร่กระจายของสารระหว่างอากาศกับน้ำ หรือ BAF (Bioaccumulation Factor) ซึ่งใช้อธิบายสมบัติการแพร่กระจายของสารระหว่างสิ่งมีชีวิตกับอาหารหรือตัวกลางสิ่งแวดล้อมที่เป็นดิน เป็นต้น (Halfon, 1980; Pshwarzenbach, Gschwend, & Imboden, 2003; Shane, 1994; Walker et al., 2001) สำหรับดัชนีชี้วัดการดูดซับ (Sorption) ของฟอสฟอรัสในดินในทางการเกษตร ซึ่งในที่นี้ได้ศึกษาดัชนีชี้วัด 2 ค่า ได้แก่ Isotopically Exchangeable Phosphate (E-Value) ซึ่งอาศัยหลักการพื้นฐานเช่นเดียวกับการศึกษาหาค่า K_d

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(Solid-Water Distribution Coefficient) และค่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตต่อพืช (% FPU) ซึ่งอาศัยหลักการพื้นฐานเช่นเดียวกับการศึกษาหาค่า BAF (Bioaccumulation Factor) หรือ Transfer Factor โดยมีรายละเอียดเกี่ยวข้องกันดังนี้

วิธี Isotopically Exchangeable Phosphate หรือการหาค่า E-Value เป็นวิธีที่อาศัยหลักการพื้นฐานเดียวกันกับการศึกษาเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของสารระหว่างดินกับสารละลายดิน หรือค่า Distribution Coefficient (K_d) ซึ่งปัจจุบันได้มีการนำราดิโอนิวไคลด์มาใช้ในการศึกษาด้วย โดยที่ค่า K_d เป็นอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของราดิโอนิวไคลด์ใน Solid Phase, C_S (Bq/g) กับความเข้มข้นของราดิโอนิวไคลด์ใน Liquid Phase, C_L (Bq/ml) (Nuclear Safety Research Association, n.d.) ดังความสัมพันธ์ด้านล่างนี้

$$\text{Distribution Coefficient } (K_d) = C_S / C_L \qquad (16)$$

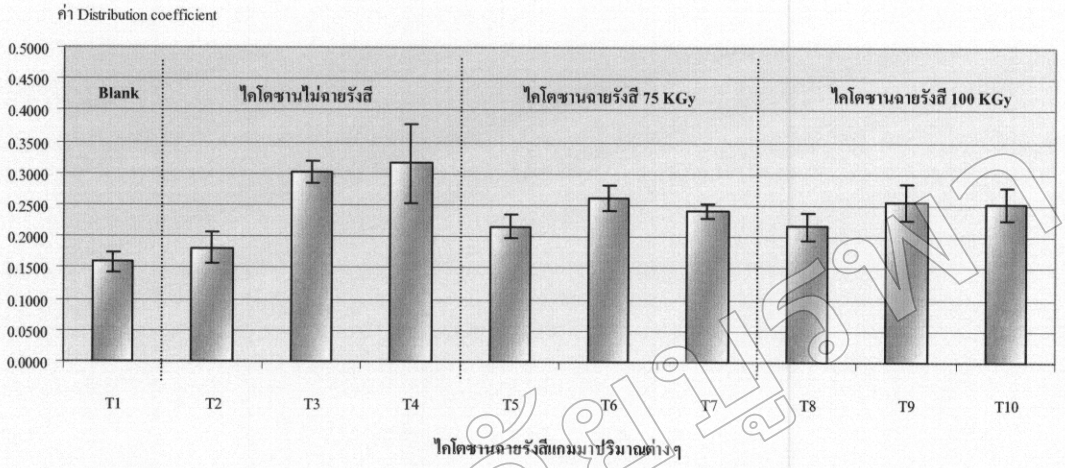
อย่างไรก็ตามเนื่องจากการหาปริมาณรังสีใน Solid Phase กระทำได้ยาก จึงนิยมใช้วิธีการทางอ้อมแทน โดยเราจะใส่ราดิโอนิวไคลด์ที่เราสนใจศึกษาที่ทราบปริมาณและความแรงรังสีที่แน่นอนลงไปใน Liquid Phase ซึ่งในที่นี้จะแทนด้วยสัญลักษณ์ C_o (Bq/ml) ปล่อยไว้จนเข้าสู่สมดุล จากนั้นตรวจสอบปริมาณความเข้มข้นของราดิโอนิวไคลด์ใน Liquid Phase อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะแทนด้วยสัญลักษณ์ C_f (Bq/ml) ผลต่างระหว่าง C_o และ C_f จะเป็น C_S ที่เราต้องการ ส่วน C_L คือ C_f นั่นเอง เมื่อเราทราบค่า C_S และ C_L เราก็สามารถคำนวณหาค่า K_d ได้

สำหรับวิธีการวัดค่าความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตต่อพืช (% FPU) เป็นวิธีที่อาศัยหลักการพื้นฐานเดียวกันกับการศึกษา เพื่อหาค่า Transfer Factor ของราดิโอนิวไคลด์ระหว่างผลิตผลทางการเกษตรกับดินหรือปุ๋ย (Nuclear Safety Research Association, n.d.) ดังความสัมพันธ์ด้านล่างนี้

$$\text{Transfer Factor} = \frac{\text{Nuclide (Isotope) Concentration in Crop}}{\text{Nuclide (Isotope) Concentration in Soil}} \qquad (17)$$

ในที่นี้ ผู้วิจัยจึงได้คำนวณค่า Distribution Coefficient (K_d) และค่า Transfer Factor เพื่อเปรียบเทียบกับค่า E-Value และค่า % FPU ที่ได้จากการทดลอง ซึ่งผลแสดงในตารางภาคผนวก ฎ-1 และภาพที่ 5-4 ถึง 5-6 ซึ่งพบว่า ส่วนใหญ่มีแนวโน้มของค่า Distribution Coefficient (K_d) และค่า Transfer Factor สอดคล้องกับผลการศึกษาเพื่อหาค่า E-Value และค่า % FPU ยกเว้นบางชุดข้อมูลที่มีค่าแตกต่างออกไปเล็กน้อย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



หมายเหตุ T1 = Blank

T2 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 75 ppm

T3 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 100 ppm

T4 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 200 ppm

T5 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 75 ppm

T6 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 100 ppm

T7 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 200 ppm

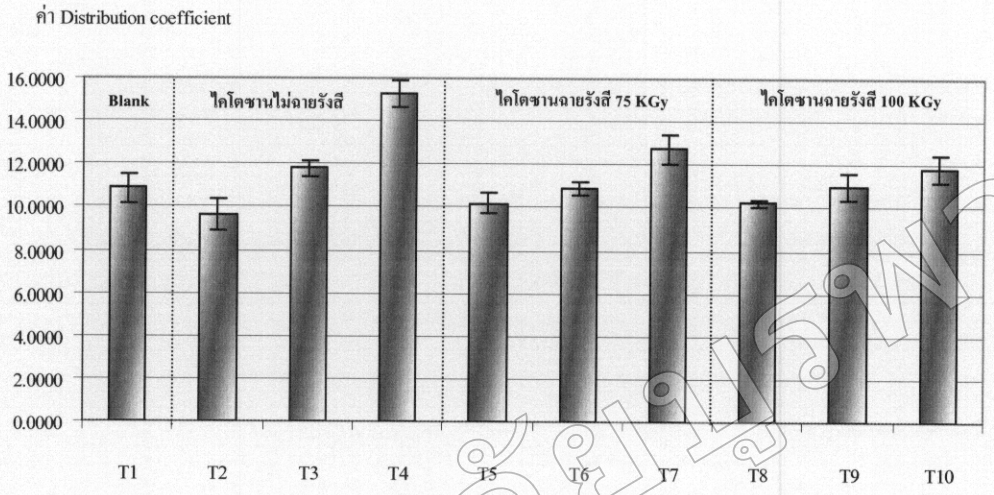
T8 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 75 ppm

T9 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 100 ppm

T10 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 200 ppm

ภาพที่ 5-4 ค่า Distribution Coefficient ของฟอสฟอรัสในตัวอย่างดินเค็มผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



หมายเหตุ T1 = Blank

T2 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 75 ppm

T3 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 100 ppm

T4 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 200 ppm

T5 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 75 ppm

T6 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 100 ppm

T7 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 200 ppm

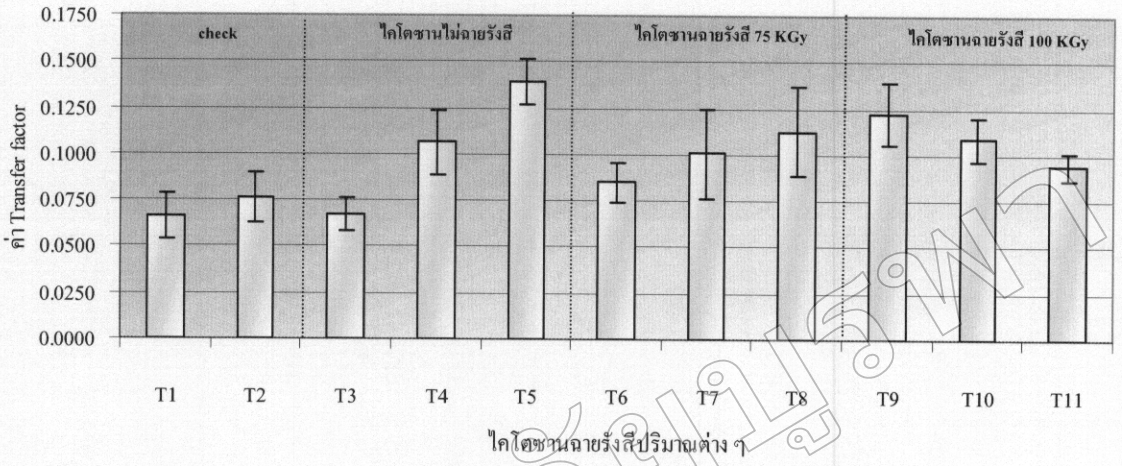
T8 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 75 ppm

T9 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 100 ppm

T10 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 200 ppm

ภาพที่ 5-5 ค่า Distribution Coefficient ของฟอสฟอรัสในตัวอย่างดินเปรี้ยวผสมสารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีแกมมาปริมาณต่าง ๆ กัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



หมายเหตุ T1 = Deionized Water

T2 = Hoagland Solution

T3 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 75 ppm

T4 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 100 ppm

T5 = ไคโตซานไม่ฉายรังสี, 200 ppm

T6 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 75 ppm

T7 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 100 ppm

T8 = ไคโตซานฉายรังสี 75 KGy, 200 ppm

T9 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 75 ppm

T10 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 100 ppm

T11 = ไคโตซานฉายรังสี 100 KGy, 200 ppm

ภาพที่ 5-6 แผนภูมิแสดงค่า Transfer Factor ของฟอสฟอรัส ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในดินเปรี้ยวร่วมกับการใช้สารละลายไคโตซานที่ฉายรังสีปริมาณต่างกัน ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้ ควรที่จะนำไปปรับใช้กับการทดลองในสภาพแปลงเพาะปลูกจริง เนื่องจากการเกษตรในแต่ละพื้นที่มีสภาพแวดล้อม ภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่แตกต่างกัน การจะนำไคโตซานไปใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เกิดผลสัมฤทธิ์ที่เป็นประโยชน์สูงสุด จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลการใช้ที่ถูกต้องเหมาะสม ซึ่งจากงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นแล้วว่า ไคโตซานสามารถช่วยเพิ่มค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสของดินและปุ๋ยต่อพืชได้ จึงสามารถใส่ไคโตซานร่วมกับปุ๋ยเคมี เพื่อลดปริมาณการใช้ปุ๋ย ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการผลิตลดต่ำลง อย่างไรก็ตาม การที่ค่าความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใส่สารละลายไคโตซาน อาจมีผลมาจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย ซึ่งจากงานวิจัยของ ภัทรวดี สุมทอง (2543) ได้แสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์บางชนิดช่วยดูดธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และช่วยละลายธาตุอาหารที่ถูกตรึงในดินในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ซึ่งมีอยู่มากในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาข้อมูลเชิงลึกของปัจจัยที่เกี่ยวข้องอื่นเพิ่มเติม

สำหรับในแง่ของการเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตของข้าว เมื่อปลูกข้าวร่วมกับสารละลายไคโตซาน พบว่า จากงานวิจัยนี้ไม่ได้บ่งชี้ถึงการเป็นสารเร่งการเจริญเติบโตในข้าวของไคโตซานอย่างเด่นชัดมากนัก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากช่วงเวลาหรือความถี่ของการฉีดพ่นสารไคโตซานยังไม่ใช่ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อการเร่งการเจริญเติบโตของข้าว ดังนั้นจึงควรปรับปรุงการทดลองโดยศึกษาในเรื่องของช่วงเวลาและความถี่ของการฉีดพ่นสารไคโตซานต่อการเร่งการเจริญเติบโตในข้าวเพิ่มเติม และทำการทดลองตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวเพื่อตรวจสอบจากผลผลิตซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University