

ผลของวัสดุปลูกชนิดแกลบที่ปรับปรุงการดูดซับไนเตรตด้วยสารลดแรงตึงผิว ต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

อัญชลี นิลสุวรรณ^{1*} และ ลดา มัทธูรศ²

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

*unchalee.ninsuwan@gmail.com

บทคัดย่อ

ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารหลักของพืชและเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญต่อผลผลิตของพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของวัสดุปลูกชนิดแกลบที่ปรับปรุงการดูดซับไนเตรตด้วยสารลดแรงตึงผิวต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ เนื่องจากไนเตรตมีประจุเป็นลบทำให้ไม่เกาะกับดินซึ่งมีประจุเป็นลบเช่นกัน ไนเตรตที่จัดว่าเป็นรูปที่มีประโยชน์ต่อพืชจึงเกิดการสูญหายไปจากดินโดยการชะล้างไปกับน้ำได้ง่าย ดังนั้นการปรับปรุงพื้นผิวของวัสดุปลูกที่นำไปผสมกับดินอาจมีส่วนช่วยในการชะลอการสูญเสียไนเตรตได้ ในการทดลองได้ทำการปลูกมะเขือเทศในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชุดทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ได้แก่ ดินผสมแกลบ ดินผสมแกลบเคลือบ ดินผสมถ่านแกลบ และดินผสมถ่านแกลบเคลือบ โดยมีดินล้วนเป็นชุดควบคุม ผลการศึกษาภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดพบว่าถ่านแกลบมีลักษณะพื้นผิวที่หยาบกว่า และพร่องลึกมากกว่าแกลบ ด้านการเจริญเติบโตพบว่าพืชที่ปลูกในดินผสมแกลบเคลือบและดินผสมถ่านแกลบเคลือบมีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของส่วนต้นและรากสูงกว่า และการปลูกมะเขือเทศในดินผสมแกลบและแกลบเคลือบมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่าชุดทดลองอื่น รวมทั้งพบว่าแคโรทีนรวมของทุกชุดทดลองมีปริมาณใกล้เคียงกัน โดยมีค่าต่ำกว่าชุดควบคุมที่เป็นดินอย่างมีนัยสำคัญซึ่งหมายถึงการเสื่อมสลายของต้นชุดควบคุมที่เร็วกว่า สรุปได้ว่ามะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมแกลบและถ่านแกลบทั้งแบบเคลือบและไม่เคลือบสารลดแรงตึงผิวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ได้แก่ การเจริญของใบ ราก และปริมาณรงควัตถุ ที่ดีกว่ามะเขือเทศที่ปลูกในดินเพียงอย่างเดียว และชุดทดลองที่มีถ่านแกลบมีส่วนส่งเสริมการสร้างรงควัตถุของต้นพืชได้ดีกว่าเพราะลักษณะของอาจทำให้ถ่านแกลบมีพื้นที่ผิวที่จะถูกเคลือบด้วยสารลดแรงตึงผิวได้ และนำไปสู่การช่วยเพิ่มการดูดซับปุ๋ยไนเตรตมากกว่าแกลบด้วย อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่พบความแตกต่างระหว่างการเคลือบและไม่เคลือบสารลดแรงตึงผิว อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการตากให้แห้งหลังเคลือบโดยการตากแดดนานเกินไปอาจทำให้สารเคลือบบางส่วนย่อยสลายไป

คำสำคัญ: แกลบ ถ่านชีวภาพ สารลดแรงตึงผิว ไนเตรต การเจริญเติบโต

บทนำ

การเพิ่มขึ้นของประชากรและการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน ส่งผลให้โลกมีความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารจากกลุ่มพืชอาหารและกลุ่มพืชให้พลังงาน การปลูกพืชเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงตามความต้องการนั้นทำให้มีการใช้ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และอนินทรีย์เพิ่มมากขึ้นด้วย ซึ่งอาจนำไปสู่การเสียสภาพของดิน น้ำ และส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันราคาปุ๋ยมีการปรับตัวสูงขึ้นโดยเฉพาะปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจน ทำให้ต้นทุนในการปลูกพืชของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ส่วนใหญ่พืชทุกชนิดมีความต้องการธาตุไนโตรเจน (N) ในปริมาณมาก นอกเหนือจากฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ไนโตรเจนจัดเป็นธาตุอาหารหลักของพืชและเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญต่อผลผลิตของพืช รูปแบบของธาตุไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชจะอยู่ในรูปของแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่สามารถเปลี่ยนรูปมาจากแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ที่มีอยู่ในดินได้ ทำให้ปุ๋ยแอมโมเนียเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย นอกจากนี้แอมโมเนียมจะถูกเปลี่ยนรูปโดยกระบวนการไนตริฟิเคชัน (Nitrification) อย่างรวดเร็วไปเป็นไนเตรตไอออน (NO_3^-) ซึ่งไนเตรตนี้จัดว่าเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้อย่างรวดเร็วเช่นกัน แต่อาจสูญหายไปจากดินโดยการชะล้างไปกับน้ำได้ง่าย ปัจจุบันจึงมีการใช้วัสดุปลูกที่หลากหลายมากขึ้นเพื่อลดความชื้นและแร่ธาตุให้

คงอยู่ในดิน ช่วยในการปรับปรุงคุณภาพดิน อันเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน เช่น การใช้วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร การใส่ปุ๋ยชีวภาพ การใส่เปลือกหอย และการใส่ถ่านชีวภาพ (Biochar) รวมทั้งการใส่วัสดุปลูกที่มีพื้นผิวที่มีรูพรุนผสมร่วมกับวัสดุปลูกอื่น เช่น ดิน และปุ๋ยอินทรีย์ นอกจากช่วยในการปรับปรุงสภาพดิน ยังอาจมีส่วนช่วยให้ธาตุไนโตรเจนคงอยู่ในดินได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียธาตุไปสู่อากาศ

ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและสะสมอยู่ในพืชเป็นปริมาณร้อยละ 2-4 โดยน้ำหนักแห้ง โดยเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์ โปรตีน กรดนิวคลีอิก พืชที่ได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม จะมีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ใบพืชมีขนาดใหญ่ ทำให้พืชมีพื้นที่สำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสงมาก ส่งผลให้ผลผลิตของพืชมีคุณภาพดีขึ้น รูปไนโตรเจนที่พืชสามารถดูดซึมไปใช้ได้มีทั้งแอมโมเนียมและไนเตรต นอกจากนี้ยังพบว่าการให้กรดอะมิโนแก่พืชก็สามารถใช้ทดแทนการให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีไนเตรตและแอมโมเนียมได้ การศึกษาเปรียบเทียบรูปไนโตรเจนแอมโมเนียม ไนเตรตกับกรดอะมิโน (ออร์แกนิก-ไนโตรเจน-ไกลซีน; Gly-N) ต่อการสะสมคาร์บอนและไนโตรเจนของต้นกล้วยมะเขือเทศที่ปลูกใน พบว่ารูปไนโตรเจนชนิดไนเตรตทำให้พืชมีความสูง น้ำหนักแห้ง การเจริญของรากและระดับไนโตรเจนเพิ่มขึ้นมากกว่ารูปแอมโมเนียม และกรดอะมิโนไกลซีน แต่พบว่าการให้ไกลซีนจะทำให้มะเขือเทศมีปริมาณรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์เพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยไนเตรตหรือกรดอะมิโนบางชนิดจะมีประโยชน์ต่อพืชมากกว่าแอมโมเนียม และการวิจัยเพื่อให้กรดอะมิโนแก่พืชยังสามารถช่วยลดอัตราการให้ปุ๋ยเคมีได้ด้วย (Ti-da et al. 2008) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Borgognone et al. (2013) ที่ทำการศึกษาลักษณะของรูปไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ โดยเมื่อให้ธาตุไนโตรเจนโดยมีสัดส่วนของ NO_3^- ต่อ NH_4^+ แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าในภาวะที่มีสัดส่วนของ NH_4^+ สูงกว่า NO_3^- มะเขือเทศจะมีความเข้มข้นของกรดอะมิโน โปรตีน คาร์โบไฮเดรตสูงขึ้น เนื่องจากเมื่อแอมโมเนียมถูกดูดซึมเข้าไปในรากพืชแล้วอาจเป็นพิษต่อพืช และส่งผลให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง เมื่อจะถูกทำลายไปยังส่วนต่างๆ ของลำต้นแอมโมเนียมจึงเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของกรดอะมิโน โปรตีน หรือสารประกอบที่มีไนโตรเจนชนิดอื่น นอกจากนี้การให้ปุ๋ยกับมะเขือเทศโดยเฉพาะที่ปลูกในแปลงจะต้องคำนึงถึงบริเวณราก Farneselli et al. (2015) ศึกษาการให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของสารละลายร่วมกับปุ๋ยเม็ด ซึ่งประกอบด้วย ไนเตรต แอมโมเนียมและยูเรีย เท่ากับ 7.5 7.5 และ 15% ตามลำดับ พบว่าช่วยทำให้ดินคงความชื้นไว้ได้และทำให้บริเวณรากพืชได้รับธาตุไนโตรเจนโดยตรง ส่งผลให้ต้นมะเขือเทศเจริญเติบโตได้ดี

การใส่ถ่านชีวภาพเป็นอีกวิธีที่ช่วยปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของดิน ถ่านชีวภาพหรือไบโอชาร์เป็นอินทรีย์วัตถุที่ผ่านกระบวนการเผาแบบไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนต่ำอย่างช้าๆ ทำให้ได้อินทรีย์วัตถุที่เหมือนถ่านไม้ มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบหลัก มีความคงตัวสูง และมีลักษณะเป็นรูพรุน ที่สามารถจับกับธาตุอาหารและกักเก็บความชื้นไว้ได้ สามารถเตรียมได้จากวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรหลายชนิด ได้แก่ เปลือกทุเรียน ชังข้าวโพด แกลบ เศษไม้ กะลา ไม้ไผ่ และรำข้าวสาลี เป็นต้น Daosukho et al. (2012) ได้ทำการวิจัยพัฒนาถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียนด้วยกระบวนการไพโรไลซิสหรือกระบวนการเผาแบบไม่มีออกซิเจน อุณหภูมิ 400-500 องศาเซลเซียส และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ พบว่ามีความพรุนตัวสูง และมีธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าชนิดอื่น และรายงานวิจัยการทำถ่านชีวภาพจากแกลบซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรของประเทศไทยและราคาไม่แพง โดยเตรียมถ่านแกลบด้วยวิธีการเผาความร้อนสูงในระยะเวลาสั้นอุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้ได้ถ่านแกลบที่มีพื้นที่ผิวปริมาตรและเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน รวมทั้งปริมาณสารซิลิกาและออกซิเจน สูงกว่าแกลบ และการปรับปรุงพื้นผิวของแกลบและถ่านแกลบด้วยการเคลือบด้วยสารลดแรงตึงผิวที่ย่อยสลายได้ในธรรมชาติได้แก่ โซเดียม ไดดซิล เบนซีน ซัลโฟเนต (sodium dodecyl benzenesulfonate หรือ SDBS) และ ซิติว ไตรเมทิล แอมโมเนียม โบรไมด์ (cetyl trimethyl ammonium bromide หรือ CTAB) สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารดูดซับแอมโมเนียมและไนเตรตจากสารละลายที่มีสารทั้งสองเจือปนอยู่ได้ (Mathurasa and Damrongsiri, 2017 และ 2018) โดยรายงานข้างต้นยังไม่ได้กล่าวถึงการนำไปใช้ในการปลูกพืช จากนั้นมีรายงานวิจัยที่มีการใช้ถ่านชีวภาพทางด้านการเกษตร ได้แก่ Kallayasiri and Wijitkosum (2013) ได้ทำการศึกษาลักษณะการใส่ของไบโอชาร์ลงในนาข้าวที่มีดินเหนียวปนทรายสำหรับปลูกข้าวไร่ ในจังหวัดเพชรบุรี (ในรายงานไม่ได้ระบุวัสดุที่ใช้ทำไบโอชาร์) แล้วทำการเก็บตัวอย่างดินจากนาข้าวมาวิเคราะห์ตลอดช่วงระยะเวลาที่ทำการปลูกข้าวตั้งแต่ช่วงต้นกล้าไปจนถึงเก็บเกี่ยว จำนวน 6 ครั้งพบว่า แปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับไบโอชาร์ มีธาตุอาหารหลักไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม สูงกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แต่ไม่ใส่ไบโอชาร์ และแปลงที่ใส่ไบโอชาร์แต่ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และทพไท หน่อสุวรรณ (2556) ศึกษาการผลิตไบโอชาร์เพื่อเพิ่มผลผลิตในระบบการผลิตข้าวนาสวน โดยผลิตไบโอชาร์จากกากที่เหลือของการผลิตน้ำหมักชีวภาพ และพรวนลงดินก่อนปักดำนาข้าว พบว่าดินนาสามารถรักษาแอมโม

นิยมไว้ได้มากกว่าการไม่ใส่ไบโอชาร์ ทำให้มีหน่อข้าวเพิ่มขึ้นเป็นผลให้มีจำนวนรวงข้าวเพิ่มขึ้น แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านผลผลิต ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบทรงและไนโตรเจนที่ข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในระยะสร้างข้าวหน้าม งานวิจัยทั้งสองนี้แสดงให้เห็นว่าดินที่มีการใส่ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงดินจะต้องมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมด้วยจึงสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตได้ ในต่างประเทศก็มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ถ่านชีวภาพกับดินเพื่อจัดการเรื่องปุ๋ยและดินอย่างยั่งยืน มีการศึกษาการใส่ถ่านชีวภาพที่เตรียมจากรำข้าวสาลี (wheat bran) ในแปลงปลูกมะเขือเทศ ทำให้ดินมีธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้น และช่วยป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนจากดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นได้ โดยทำให้การปลูกมะเขือเทศมีการใส่ปุ๋ยลดลงและดินมีความชุ่มชื้นมากขึ้น อย่างไรก็ตามในการใช้ถ่านชีวภาพให้ได้ผลผลิตดีต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น ชนิดของถ่าน พื้นที่ที่จะใช้ ชนิดของพืช ดิน และสภาพอากาศ (Vaccari et al. 2015)

งานวิจัยนี้มีกรอบแนวความคิดที่อนุภาคของดินมีพื้นผิวที่มีความเป็นลบ ดังนั้นการใช้ดินเป็นวัสดุปลูกร่วมกับแกลบหรือถ่านแกลบซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพต่างกันจึงทำให้มีความสามารถในการดูดซับไนเตรตซึ่งมีประจุลบได้แตกต่างกัน และเมื่อทำการดัดแปลงพื้นผิวของตัวดูดซับด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดคาร์โซควอท (Carsoquat) หรือ ซิติว โตรเมทิล แอมโมเนียม โบรไมด์ ซึ่งมีประจุบวกจะส่งเสริมความสามารถในการดูดซับไนเตรต (Mathurasa and Damrongsiri, 2017) มะเขือเทศที่ปลูกในสภาพที่มีการดูดซับไนเตรตได้ดีจะมีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศเพราะไนเตรตคงอยู่ได้มากขึ้นไม่ถูกชะล้างได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดการเจริญเติบโตของมะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ ดินผสมแกลบและถ่านแกลบเคลือบสารลดแรงตึงผิว ซึ่งบ่งบอกความเป็นไปได้ในการเพิ่มการดูดซับของไนเตรตบนแกลบและถ่านแกลบ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่หาได้ง่ายและมักใช้กันมากในวัสดุปลูกพืช และพืชที่ใช้ศึกษาคือมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ซึ่งจัดเป็นพืชอาหารชนิดผัก (vegetable crop) ที่สำคัญและเป็นที่ยอมรับในการบริโภคและประเทศไทยมีการปลูกกันมาก ในการปลูกนั้นช่วงการย้ายปลูกต้นกล้าจะมีการให้ปุ๋ยรองพื้นร่วมกับปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก และระยะที่มะเขือเทศกำลังเจริญเติบโตมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเร่งการเจริญของต้นและใบร่วมด้วย โดยไนเตรตที่ถูกดูดซับไว้จะถูกนำไปใช้ประโยชน์โดยต้นมะเขือเทศ แกลบที่ใช้ในการวิจัยได้ถูกดัดแปลงพื้นผิวด้วยสารลดแรงตึงผิวชนิดคาร์โซควอท และเป็นชนิดเดียวกับซิติว โตรเมทิล แอมโมเนียม โบรไมด์ ที่เป็นสารที่ใช้ผสมในผลิตภัณฑ์ซักฟอกต่างๆ ได้แก่ ยาสระผม น้ำยาล้างจาน เป็นต้น ซึ่งไม่เป็นพิษต่อผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การวางแผนการทดลอง งานวิจัยนี้วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยการปลูกมะเขือเทศในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชุดทดลอง จำนวน 5 ซ้ำ ได้แก่ ดินผสมแกลบ ดินผสมแกลบเคลือบ ดินผสมถ่านแกลบ และดินผสมถ่านแกลบเคลือบ และมีดินล้วนเป็นชุดควบคุม

2. วิธีการปลูกพืชทดลอง การเพาะเมล็ด นำเมล็ดมะเขือเทศมาเพาะลงในถาดหลุมเพาะกล้า ด้วยวัสดุเพาะเมล็ดและต้นกล้าพีทมอส เจียไต๋ ผสมกับเวอร์มิคูไลท์ ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 การเตรียมแกลบที่มีการดัดแปลงพื้นผิว ใช้แกลบ 2 ชนิด คือ แกลบ และถ่านแกลบ ทำการดัดแปลงพื้นผิวแกลบด้วยสารลดแรงตึงผิว ที่ทำการเจือจาง CARSOQUAT CT-429 เข้มข้น 29% ให้ความเข้มข้นเป็น 6% นำแกลบมาผสมกับสารลดแรงตึงผิวที่เจือจางแล้วใน อัตราส่วน 1 ต่อ 10 (w/v) เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง ทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 12 ชม. หรือผึ่งให้แห้ง ส่วนถ่านแกลบ ทำได้โดยนำแกลบไปเผาที่อุณหภูมิ 320-420 องศาเซลเซียสเสียก่อน จากนั้นนำไปคลุกกับสารลดแรงตึงผิวเช่นเดียวกับแกลบ

เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 25 วัน ย้ายต้นกล้าใส่กระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ที่มีดินสำหรับปลูกต้นไม้ผสมกับแกลบหรือถ่านแกลบ อัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร และมีการให้ปุ๋ยสูตรเสมอ 15-15-15 หรือ 16-16-16 ประมาณ 1:100 โดยน้ำหนัก นำต้นพืชไปวางไว้ที่เรือนเพาะชำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ม.ราชภัฏพระนคร รดน้ำปกติทุกวัน

3. การเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ของแกลบและถ่านแกลบ โดยนำตัวอย่างไปติดบนสตัปมีเทปคาร์บอนติดอยู่ จากนั้นนำสตัปตัวอย่างไปโค้ตด้วยทองคำ ใช้กระแส 20 มิลลิแอมป์ สูญญากาศ 0.05 มิลลิบาร์ เวลา 200 วินาทีนำไปวิเคราะห์ด้วย SEM รุ่น SNE-4500M Scanning Electron Microscope

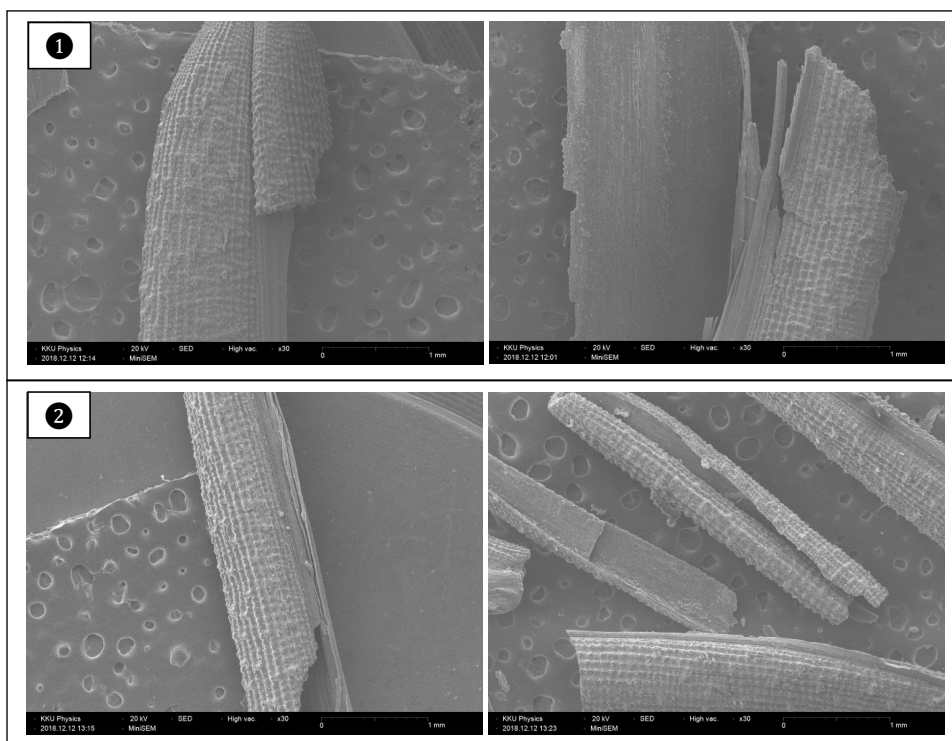
4. การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต สังเกตและบันทึกการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ ได้แก่ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของส่วนต้นและราก

5. การวิเคราะห์หาปริมาณรงควัตถุด้วยเอทานอล (Ethanol 95%) ทำการเก็บตัวอย่างใบพืชเพื่อนำมาสกัดหาปริมาณรงควัตถุด้วยเอทานอล ปั่นเหวี่ยงสารสกัดรงควัตถุด้วยเอทานอล ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง Centrifuge 4000 xg (gravity) (rcf) รุ่น universal 320/320R ผลิตภัณฑ์ Hettich เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำสารสกัดรงควัตถุด้วยเอทานอล ที่ได้ไปวัดค่าดูดกลืนแสง 3 ค่า คือ 663 645 และ 470 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงรุ่น UV-Visible Spectrophotometer Evolution 201 และทำการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุของสารสกัดรงควัตถุด้วยเอทานอล ได้แก่ คลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีน ตามวิธีของ Sumanta *et al.* (2014) จากสมการดังต่อไปนี้ 1. คลอโรฟิลล์เอ เท่ากับ $(11.75 \times A_{663}) - (2.35 \times A_{645})$ 2. คลอโรฟิลล์บี เท่ากับ $(18.61 \times A_{645}) - (3.96 \times A_{663})$ 3. คลอโรฟิลล์รวม เท่ากับ คลอโรฟิลล์เอ + คลอโรฟิลล์บี และ 4. แคโรทีนรวม เท่ากับ $[(1000 \times A_{470}) - (2.27 \times \text{คลอโรฟิลล์เอ}) - (81.4 \times \text{คลอโรฟิลล์บี})] / 227$ จากนั้นให้เข้าสูตร ดังตัวอย่าง $(\text{คลอโรฟิลล์รวม} \times \text{Volume} \times \text{dilution}) / (W \text{ (หน่วย g)} \times 1000)$ หน่วย mg.gFwt^{-1}

6. วิเคราะห์ผลการวิจัยเชิงสถิติ โดยใช้วิธี Least Significant Difference และ Duncan Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

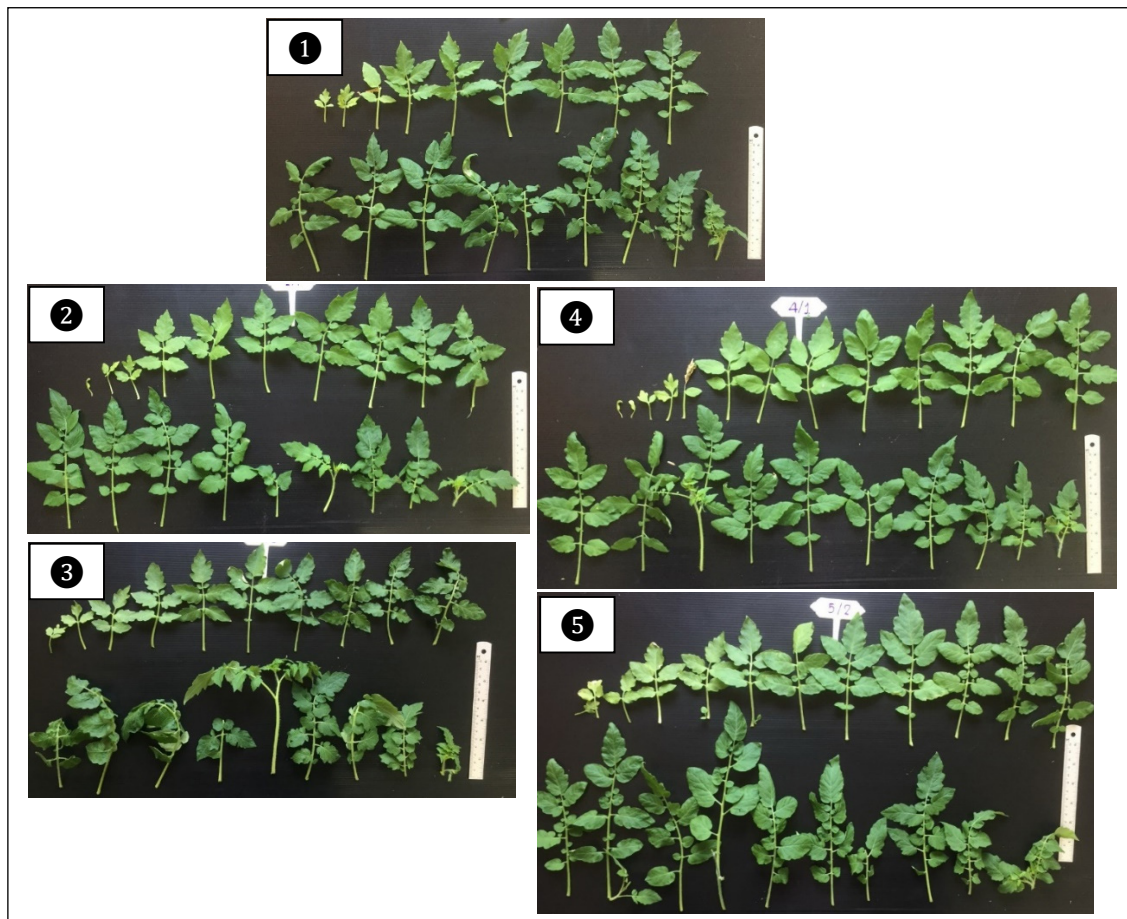
ผลและอภิปรายผล

จากข้อมูลภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของแกลบและถ่านแกลบ พบว่าถ่านแกลบยังคงมีลักษณะรูปทรงที่เป็นตัวไม่เป็นผง และมีขนาดที่เล็กลงกว่าแกลบทั้งนี้เป็นผลมาจากการได้รับความร้อน แกลบทั้ง 2 แบบมีพื้นผิวที่แตกต่างกัน ถ่านแกลบมีลักษณะพื้นผิวที่หยาบกว่า และพบร่องลึกมากกว่าแกลบ สอดคล้องกับ Daosukho *et al.* (2012) ได้ทำการวิจัยพัฒนาถ่านชีวภาพจากเปลือกทุเรียน พบว่ามีความพรุนตัวสูง และ Mathurasa and Damrongsiri (2017) ที่พบว่าถ่านแกลบที่มีพื้นที่ผิว ปริมาตร และเส้นผ่านศูนย์กลางของรูพรุน รวมทั้งปริมาณสารซิลิกาและออกซิเจน สูงกว่าแกลบ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ลักษณะรูปทรงและพื้นผิว (1) แกลบ (2) ถ่านแกลบ กำลังขยาย 30 เท่า สเกล = 1 มิลลิเมตร

เมื่อมะเขือเทศอายุ 15 สัปดาห์หลังจากปลูกมะเขือเทศในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ ดินชุดควบคุม ดินผสมแกลบ ดินผสมแกลบเคลือบ ดินผสมถ่านแกลบ และดินผสมถ่านแกลบเคลือบ จากการสังเกตลักษณะใบตั้ง พบว่ามะเขือเทศมีการเจริญของใบที่แตกต่างกัน ชุดทดลองที่มีจำนวนใบมากที่สุดและขนาดของใบใหญ่ที่สุดคือชุดทดลองที่ปลูกในถ่านแกลบ และดินผสมถ่านแกลบเคลือบ รวมทั้งพบว่ามะเขือเทศที่ปลูกวัสดุปลูกที่มีการผสมแกลบ ทั้งชนิดแกลบและถ่านแกลบ มีการแตกกิ่งแขนงมากกว่าชุดควบคุม (รูปที่ 2)



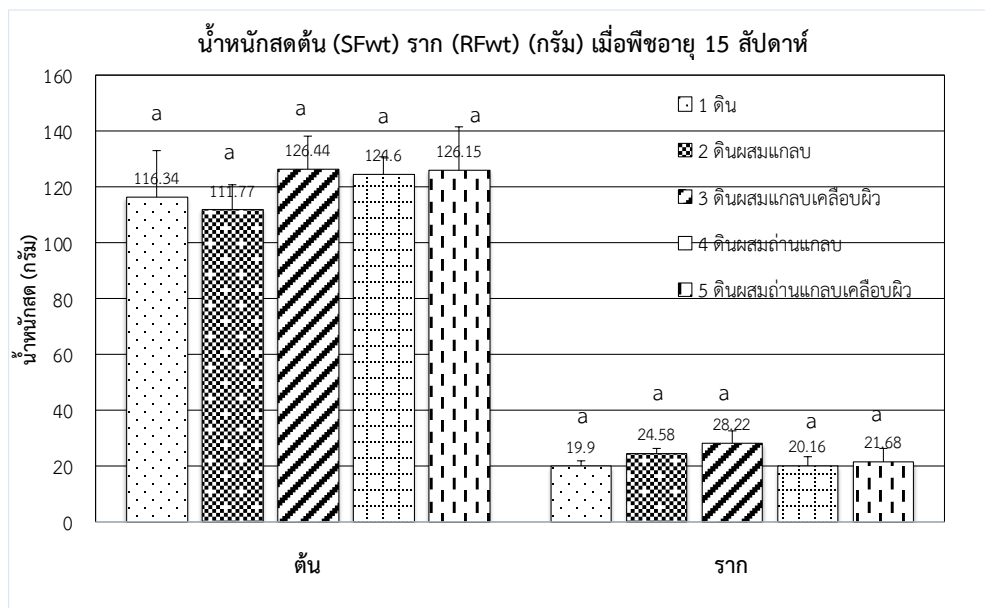
รูปที่ 2 ใบและกิ่งแขนงของต้นมะเขือเทศอายุ 4 สัปดาห์ (ตัวอย่าง 1 ต้น) หลังจากปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน (1) ดิน (ชุดควบคุม) (2) ดินผสมแกลบ (3) ดินผสมแกลบเคลือบ (4) ดินผสมถ่านแกลบ (5) ดินผสมถ่านแกลบเคลือบ สเกล = 17 เซนติเมตร

สำหรับลักษณะราก พบว่าชุดทดลองที่ 5 ดินผสมถ่านแกลบเคลือบทำให้รากมีการแตกแขนงและความยาวมากกว่าชุดทดลองอื่น จากข้อมูลจำนวนใบ ความกว้างของใบ การแตกกิ่ง และการเจริญของรากแสดงให้เห็นถึงพืชที่ปลูกในชุดควบคุมมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่น้อยกว่าที่ปลูกในวัสดุปลูกแกลบทั้งแบบเคลือบและไม่เคลือบ (รูปที่ 3)

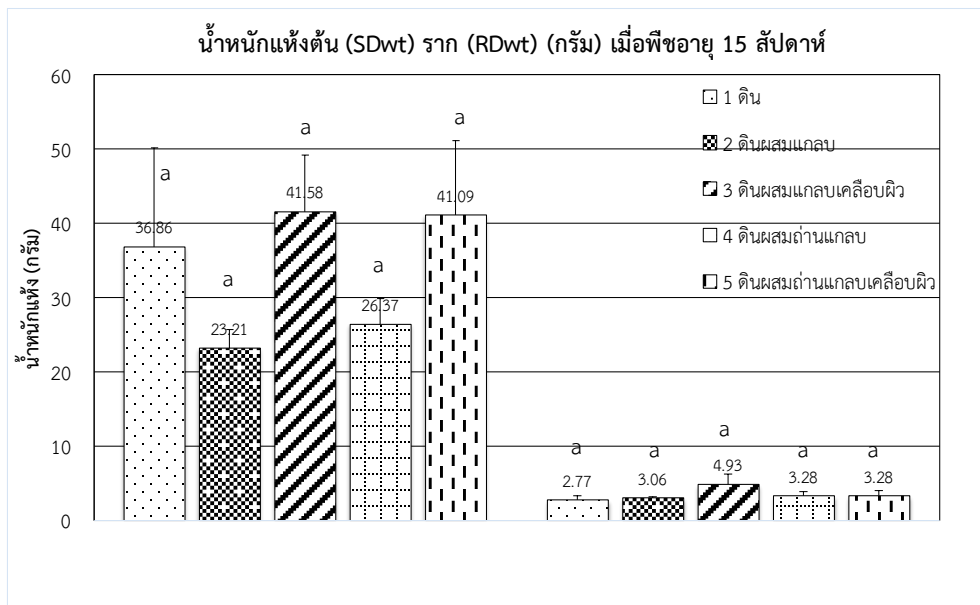


รูปที่ 3 รากของต้นมะเขือเทศอายุ 4 สัปดาห์ (ตัวอย่าง 3 ต้น) หลังจากปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน (1) ดิน (ชุดควบคุม) (2) ดินผสมแกลบ (3) ดินผสมแกลบเคลือบ (4) ดินผสมถ่านแกลบ (5) ดินผสมถ่านแกลบเคลือบ สเกล = 17 เซนติเมตร

จากการเก็บผลน้ำหนักสดส่วนต้นและราก (รูปที่ 4) พบว่ามี 2 ชุดทดลองได้แก่ ดินผสมแกลบเคลือบและ ดินผสมถ่านแกลบเคลือบ ที่ทำให้ต้นพืชมีน้ำหนักสดของส่วนต้นและรากมากกว่าชุดทดลองอื่น และพบว่าน้ำหนักแห้งส่วนต้นและราก (รูปที่ 5) มีแนวโน้มทางต้านน้ำหนักเป็นไปในทิศทางเดียวกับน้ำหนักสด อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติแล้วพบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

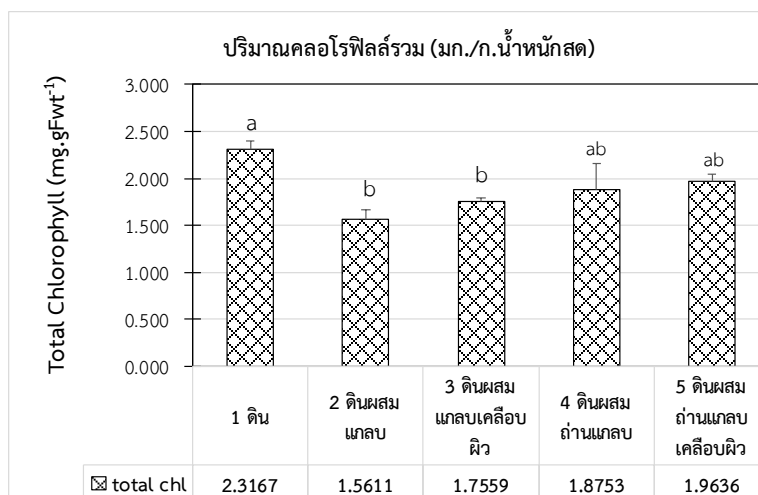


รูปที่ 4 น้ำหนักสด (กรัม) ของลำต้นและรากมะเขือเทศอายุ 10 สัปดาห์ ที่ปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ ดิน (ชุดควบคุม) ดินผสมแกลบ ดินผสมแกลบเคลือบ ดินผสมถ่านแกลบ และดินผสมถ่านแกลบเคลือบ



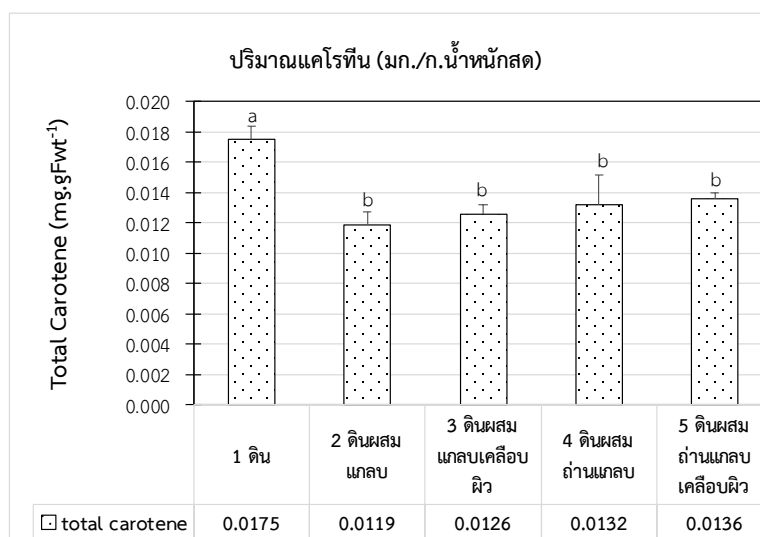
รูปที่ 5 น้ำหนักแห้ง (กรัม) ของลำต้นและรากมะเขือเทศอายุ 10 สัปดาห์ ที่ปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชนิด ได้แก่ ดิน (ชุดควบคุม) ดินผสมแกลบ ดินผสมแกลบเคลือบ ดินผสมถ่านแกลบ และดินผสมถ่านแกลบเคลือบ

จากการวิเคราะห์ปริมาณรงควัตถุจากสารสกัดรงควัตถุด้วยเอทานอล จากใบอ่อนที่โตเต็มที่ของมะเขือเทศอายุ 4 สัปดาห์ หลังจากปลูกมะเขือเทศในวัสดุปลูกแตกต่างกัน พบว่าปริมาณรงควัตถุชนิดคลอโรฟิลล์รวม (รูปที่ 6) ของชุดทดลองที่เป็นถ่านแกลบ และถ่านแกลบเคลือบทำให้พืชมีคลอโรฟิลล์สูงที่สุดและมีปริมาณเท่ากับชุดควบคุม รวมทั้งพบว่ามะเขือเทศที่ปลูกในดินผสมแกลบทั้งแบบเคลือบและไม่เคลือบมีคลอโรฟิลล์น้อยกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 6 ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (total chlorophyll) หน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด จากใบมะเขือเทศอายุ 10 สัปดาห์หลังปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชนิด

สำหรับปริมาณแคโรทีนรวม พบว่าทุกชุดทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าน้อยกว่าชุดควบคุมที่เป็นดินอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการมีแคโรทีนมากกว่าแสดงให้เห็นว่าพืชมีรงควัตถุสีเหลืองมากกว่าคลอโรฟิลล์ กล่าวคือชุดควบคุมการแก่ของใบเร็วกว่า และอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตในระยะสืบพันธุ์ของพืชได้ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ปริมาณแคโรทีนรวม (total carotene) หน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด จากใบมะเขือเทศอายุ 10 สัปดาห์หลังปลูกในวัสดุปลูกแตกต่างกัน 5 ชนิด

จากผลปริมาณคลอโรฟิลล์รวมและแคโรทีน แสดงให้เห็นว่าต้นมะเขือเทศมีใบเจริญเติบโตทางด้านลำต้นที่ดี ทำให้สร้างใบอ่อนได้อย่างสมบูรณ์ในทุกชุดทดลอง อย่างไรก็ตามควรมีการเก็บใบแก่มาเป็นตัวแทนในการวัดปริมาณรงควัตถุด้วย เพราะใบแก่ที่ยังไม่ความเขียวและยังคงติดอยู่ที่ต้นพืชสามารถบ่งบอกถึงการเจริญเติบโตของพืชได้ด้วย ผลที่ได้จากการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่นำไปโอซาร์ หรือถ่านชีวภาพมาใช้เพื่อช่วยการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นของพืชและช่วยในการปรับสภาพของดิน ทัพไท หน่อสุวรรณ (2556) แสดงให้เห็นว่าใบโอซาร์จากกากที่เหลือของการผลิตน้ำหมักชีวภาพ สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตในระบบการผลิตข้าวนาสวน โดยทำให้ดินนาสามารถรักษาแอมโมเนียมไว้ได้มากกว่าการไม่ใส่ใบโอซาร์ ทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบธงและไนโตรเจนที่ข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ในระยะสร้างข้าวหน้ามามีหน่อข้าวเพิ่มขึ้นเป็นผลให้มีจำนวนรวงข้าวเพิ่มขึ้น แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในด้านผลผลิต สอดคล้องกับรายงานวิจัยที่ใช้ถ่านชีวภาพในการปลูกข้าวโพดที่พบว่าการใช้ใบโอซาร์หรือปุ๋ยคอกรวมกับการใส่ปุ๋ยยูเรียในการปลูกข้าวโพดทำให้มีการดูดซึมไนโตรเจนรวมได้ดีกว่าการใส่ปุ๋ยยูเรียแบบดั้งเดิมเพียงอย่างเดียว รวมทั้งพบว่าถ้ามีการใส่สารที่ช่วยชะลอการสลายตัวของยูเรียร่วมด้วยจะช่วยทำให้พืชใช้น้ำไนโตรเจนไปใช้ได้ดียิ่งขึ้น (Coelho et al. 2018) และรายงานของ Vaccari et al. (2015) ระบุว่าถ่านชีวภาพที่เตรียมจากรำข้าวสาลีในแปลงปลูกมะเขือเทศทำให้ดินมีธาตุคาร์บอนเพิ่มขึ้น และช่วยป้องกันการสูญเสียไนโตรเจนจากดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นได้ อย่างไรก็ตามในการใช้ถ่านชีวภาพให้ได้ผลผลิตที่ดีต้องคำนึงถึงหลายปัจจัย เช่น ชนิดของถ่าน พื้นที่ที่จะใช้ ชนิดของพืช ดิน และสภาพอากาศ ผลที่ได้จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแกลบและถ่านแกลบที่เคลือบและไม่เคลือบสารลดแรงตึงผิว ทำให้ทราบได้ว่าถ่านแกลบซึ่งมีรูพรุนและการมีพื้นที่ผิวมากกว่าแกลบช่วยทำให้วัสดุปลูกของชุดทดลองมีความโปร่งมากกว่าซึ่งช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และนำไปสู่การส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชด้านรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง การเคลือบผิวนั้นจะทำให้รูพรุนของถ่านแกลบจับไนเตรตได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างการเคลือบและไม่เคลือบสารลดแรงตึงผิว อาจเนื่องมาจากขั้นตอนการตากให้แห้งหลังเคลือบโดยการตากแดดนานเกินไปอาจทำให้สารเคลือบบางส่วนย่อยสลายไป ซึ่งต้องปรับเปลี่ยนเป็นการฝังลมให้แห้งในที่ร่มแทน

สรุปผลการวิจัย

มะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ผสมแกลบและถ่านแกลบทั้งแบบเคลือบและไม่เคลือบสารลดแรงตึงผิวมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ได้แก่ การเจริญของใบ ราก และปริมาณรงควัตถุ ที่ดีกว่ามะเขือเทศที่ปลูกในดินเพียงอย่างเดียว เพราะว่าแกลบและถ่านแกลบมีส่วนช่วยในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน งานวิจัยนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างการเคลือบและไม่เคลือบสารลดแรงตึงผิว ดังนั้นในขั้นตอนการทำให้แกลบเคลือบและถ่านแกลบเคลือบแห้งนั้นถ้าจะให้ได้ผลดีควรระมัดระวังการสลายตัวของสารลดแรงตึงผิวเมื่อได้รับความร้อนมากเกินไป

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยที่ควรทำต่อไปคือปรับลดสัดส่วนดินต่อวัสดุปลูก และไม่ควรฝังแกลบที่เคลือบผิวแล้วในที่อุณหภูมิสูงหรือโดนแดด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณบุญส่ง กองสุข สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในการถ่ายภาพจาก SEM และงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

บรรณานุกรม

- Borgognone, D., Colla, G., Rouphael, Y., Cardarelli, M., Rea, E., & Schwarz, D. (2013). Effect of nitrogen form and nutrient solution pH on growth and mineral composition of self-grafted and grafted tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 149, 61-69.
- Coelho, M.A., Fusconi, R., Pinheiro, L., Ramos, I.C., & Ferreira, A.S. (2018). The combination of compost or biochar with urea and NBPT can improve nitrogen-use efficiency in maize. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 90(2), 1695-1703.
- Daosukho, S., Kongkeaw, A., & Oengeaw, U. (2012). The development of durian shell biochar as a nutrition enrichment medium for agricultural purpose: part 1 chemical and physical characterization. *Bulletin of Applied Sciences Department of Science Service*, 1(1), 133-141.
- Farneselli, M., Benincasa, P., Tosti, G., Simonne, E., Guiducci, M., & Tei, F. (2015). High fertigation frequency improves nitrogen uptake and crop performance in processing tomato grown with high nitrogen and water supply. *Agricultural Water Management*, 154, 52-58.
- Kallayasiri, W., & Wijitkosum, S. (2013). The effect of biochar on improvement of macronutrients in sandy clay used for growing upland rice. In *The 3rd International Conference on Sciences and Social Sciences 2013: Research and Development for Sustainable Life Quality*. Maha Sarakham: Rajabhat Maha Sarakham University.
- Mathurasa, L., & Damrongsiri, S. (2017). Potential of using surfactants to enhance ammonium and nitrate adsorption on rice husk and its biochar. *Applied Environmental Research*, 39(1), 11-22.
- Mathurasa, L., & Damrongsiri, S. (2018). Low cost and easy rice husk modification to efficiently enhance ammonium and nitrate adsorption. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 7, 143-151.
- Sumanta, N., Haque, C. I., Nishika, J., & Suprakash, R. (2014). Spectrophotometric analysis of chlorophyll and carotenoids from commonly grown fern species by using various extracting solvents. *Research Journal of Chemical Sciences*, 4(9), 63-69.
- Tida, G., Shi-wei, S., Minghan, C., Danfeng, H., & Iwasaki, K. (2008). Effects of nitrogen forms on carbon and nitrogen accumulation in tomato seedling, *Agricultural Sciences in China*, 7(11), 1308-1317.
- Vaccari, F.P., Maienza, A., Miglietta, F., Baronti, S., Di Lonardo, S., Giagnoni, L., Lagomarsino, A., Pozzi, A., Pusceddu, E., Ranieri, R., Valboa, G., & Genesio, L. (2015). Biochar stimulates plant growth but not fruit yield of processing tomato in a fertile soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 207, 163-170.
- ทัพไท หน่อสุวรรณ, อรรถชัย จินตะเวช และ สิทธิชัย ลอดแก้ว. (2556). ความเป็นไปได้ในการผลิตไบโอชาร์เพื่อเพิ่มผลผลิตในระบบการผลิตข้าวนาสวน. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 32(2), 184-193.