น้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ในรากและสารหลั่งราก ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

วารุณี ภู่สัจจพงษ์ [1] อรพิน เกิดชูชื่น[2] และ สิรินทรเทพ เต้าประยูร[3]
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี บางมด ทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

รับเมื่อ 9 สิงหาคม 2545 ตอบรับเมื่อ 6 พฤษภาคม 2546

บทคัดย่อ

จากการศึกษาปริมาณน้ำตาล 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุตโตส และซูโครส ในราก และสารหลั่งราก ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ปลูกในทรายตามวิธี sand-ponic โดยใช้สารละลายสูตรมาตรฐาน Hoagland เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำตาลซึ่งใช้ High Performance Liquid Chromatography ในรากข้าวและสารหลั่งราก ผลการศึกษา พบปริมาณน้ำตาลกลูโคสในรากข้าวมากที่สุดในระยะ reproductive ส่วนน้ำตาลฟรุคโตสและซูโครส พบมากในระยะ ripening สำหรับน้ำตาลรวมเฉลี่ยในรากพบในระยะ reproductive มากกว่าระยะ ripening สำหรับปริมาณน้ำตาลในสารหลั่งราก พบน้ำตาลกลูโคสในระยะ vegetative และพบน้ำตาลฟรุตโตสในระยะ reproductive แต่ไม่พบน้ำตาลซูโครสในสารหลั่งรากเลย รวมทั้งไม่พบว่าปริมาณน้ำตาลในรากมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลในสารหลั่งราก

คำสำคัญ : น้ำตาลกลูโคส / น้ำตาลฟรุคโตส / น้ำตาลซูโครส / สารหลั่งราก / ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

---

[1] *นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ*

[2] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สายวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี*

[3] *รองศาสตราจารย์ สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ*

Glucose, Fructose and Sucrose Accumulation in Root and Root Exudate of Rice cv. Supanburi 1

Warunee Pusatjapong[1] Orapin Kerdchoechuen[2] and Sirintornthep Towprayoon[3]

King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangmod, Toongkru, Bangkok 10140

Received 9 August 2002; accepted 6 May 2003

Abstract

The content of 3 sugars; glucose, fructose and sucrose in root and root exudate of rice cv. Supanburi 1 was studied in sand-ponic using Hoagland's nutrient solution. The objective of this study was to investigate the relation of sugars determined by High Performance Liquid Chromatography in rice root and root exudate. The result showed that glucose in rice root was highest at reproductive phase. However, fructose and sucrose contents in rice root were abundant at ripening of developmental growth. The average of total sugars was found at both reproductive and ripening phases but the rice root contained a higher of total sugars at reproductive phase than ripening phase. Although glucose was found at vegetative phase and fructose was appeared at reproductive phase, rice root did not secrete any of sucrose as in root exudate. In this study, there was no relation of sugars in rice root and root exudate.

Keywords : Glucose / Fructose / Sucrose / Root Exudate / Rice cv. Supanburi 1

[1] *Graduate Student, Division of Environmental Technology, School of Energy and Materials.*

[2] *Assistant Professor, Division of Natural Resource Management, School of Bioresources and Technology.*

[3] *Associate Professor, Division of Environmental Technology, School of Energy and Materials.*

1. บทนำ

นาข้าวเป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (methane gas) ที่สูงมากแหล่งหนึ่ง ซึ่งก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่ส่งผลกระทบต่อปรากฏการณ์โลกร้อนมากกว่าก๊าซชนิดอื่น โดยก๊าซชนิดนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 1-1.9 ต่อปี [1] ปัจจุบันข้อมูลของการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (methane emission) จากนาข้าวในประเทศไทยมีผู้ศึกษาน้อยมาก และส่วนใหญ่ของการศึกษามุ่งเน้นเรื่องปัจจัยที่มีอิทธิพลทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ถึงแม้ว่าจะยังไม่สามารถระบุสาเหตุที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว แต่พบว่ากระบวนการเกิดก๊าซมีเทน (methane production) จากนาข้าว เกิดจากกิจกรรมของแบคทีเรียเมทาโนเจนิก (methanogenic bacteria) [2] โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะย่อยสลายสารอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ และก๊าซมีเทน และก๊าซที่เกิดขึ้นจะแทรกตัวผ่านทางช่อง aerenchyma จากรากไปตามลำต้นและใบของข้าวออกสู่บรรยากาศ ดังนั้นแหล่งที่มีการผลิตก๊าซมีเทนในนาข้าวอาจจะอยู่บริเวณราก(rhizosphere)ซึ่งเป็นบริเวณที่ล้อมรอบด้วยเชื้อจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ รวมทั้งแบคทีเรียเมทาโนเจนิก ประกอบกับมีสารอาหารที่ถูกปลดปล่อยมาจากรากข้าวในรูปของสารหลั่งราก (root exudate) จึงเป็นแหล่งของ organic carbon ที่จะส่งเสริมให้เกิดกระบวนการผลิตก๊าซมีเทนมากขึ้น สารหลั่งรากเป็นสารประกอบจำพวก น้ำตาล กรดอินทรีย์ และกรดอะมิโน ที่พืชจะปลดปล่อยสู่ดิน สำหรับการเจริญเติบโต และกระบวนการ adsorption ของระบบราก [3] [4] กระบวนการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในสารหลั่งรากในสภาพไม่มีก๊าซออกซิเจน หรือสภาพ anaerobic จะได้ก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ [4] [5] ในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาปริมาณน้ำตาล 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุตโตส และซูโครส ในรากและในสารหลั่งรากของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 (สพ 1) ที่ปลูกในทรายโดยไม่ใช้ดิน (sand-ponic) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำตาลในรากข้าว และสารหลั่งรากซึ่งยังไม่ปรากฏว่ามีผู้ศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าว และเพื่อจะได้นำผลการศึกษานี้ไปเป็นแนวทางในการศึกษาสารหลั่งรากต่อการผลิตก๊าซมีเทนในนาข้าวต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

2.1 การปลูกข้าวโดยไม่ใช้ดิน (sand-ponic)

ดำเนินการตั้งแต่วันที่ 25 มกราคม 2544 ในโรงเรือนหลังคาพลาสติก บริเวณตึกคณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยนำเมล็ดข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จำนวน 100 กรัม มาแช่น้ำเป็นเวลา 2 คืน แล้วนำลงเพาะในกระถางขนาดปริมาตร 12 ลิตร ที่บรรจุทรายที่ผ่านการแช่ด้วยกรด HCL 1 N นาน 24 ชั่วโมง และล้างด้วยน้ำหลายๆ ครั้ง ปริมาตร $^3/_4$ ของกระถาง รดน้ำจนชุ่ม หลังจากที่กล้าข้าวงอกราก (ประมาณ 7 วัน) เติมสารละลายสูตรมาตรฐานของ Hoagland [6] ซึ่งเป็นสารละลายธาตุอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของข้าว และจะสุ่มถอนแยกเหลือกล้าข้าว 3 กลุ่มๆ ละ 3 ต้น ในแต่ละกระถาง และเมื่อข้าวอายุ 14 วัน จึงเติมสารละลาย Hoagland ให้ท่วมผิวทราย โดยควบคุมระดับของสารละลายให้สูงเหนือผิวทราย 5 เซนติเมตร ตลอดการทดลอง

2.2 การสกัดน้ำตาลจากรากข้าว

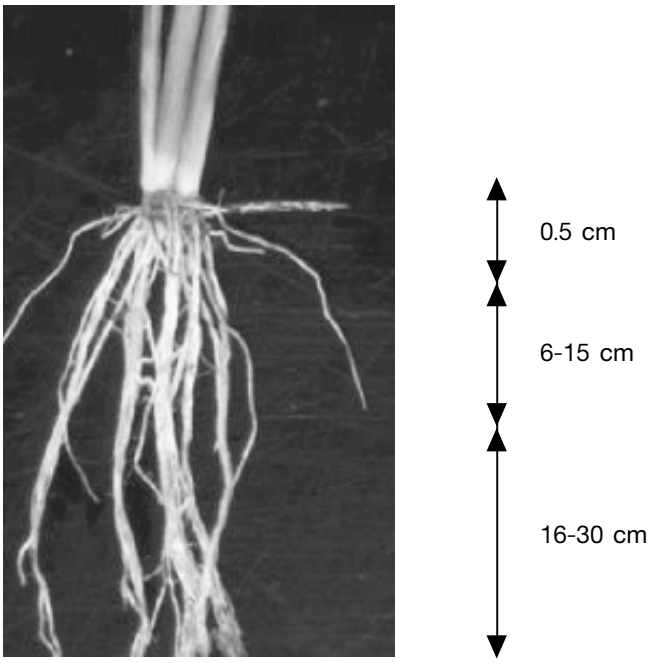
ถอนต้นข้าวทุกต้นในกระถาง โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 28 หลังข้าวงอก จนถึง 98 วันหลังข้าวงอก ซึ่งเป็นระยะเมล็ดแก่พร้อมเก็บเกี่ยว เก็บตัวอย่างข้าวทุกๆ 7 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์ ณ ห้องปฏิบัติการสายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยทำความสะอาดและตัดแยก

ส่วนรากกับส่วนยอด (ตั้งแต่โคนกอข้าวเหนือผิวทรายถึงยอดข้าว) บันทึกความยาวของรากข้าว และนำรากข้าวแต่ละอายุหลังงอกมาศึกษาปริมาณน้ำตาลในรากข้าว ดังนี้

2.2.1 ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative phase) (28 - 56 วันหลังงอก) นำราก 10 กรัมที่ผ่านการทำความสะอาดและบดให้ละเอียดมาสกัดด้วยสารละลาย methanol: chloroform: น้ำ อัตราส่วน 12:5:3 โดยใช้สารสกัด 2 เท่าของน้ำหนักราก ในที่นี้ใช้สารสกัด 20 มล. และเวลาในการสกัด 12 ชั่วโมง เสร็จแล้วนำสารละลายมากรองด้วยกระดาษ Whatman เบอร์ 42 ก่อนนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล 3 ชนิดในราก คือ น้ำตาลกลูโคส (glucose: G), ฟรุคโตส (fructose: F), และซูโครส (sucrose: S) [7]

2.2.2 ระยะสืบพันธุ์ (reproductive phase) (57 - 77 วันหลังงอก) นำรากที่ผ่านการทำความสะอาดมาตัดเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนโคน, กลาง และปลายราก โดยแบ่งตามระดับความลึกจากผิวทรายดังนี้ 0-5, 6-15 และ 16-30 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 1) นำราก 10 กรัมของแต่ละส่วนมาบดละเอียด แล้วเติมสารสกัด (methanol: chloroform: น้ำ อัตราส่วน 12:5:3) จำนวน 20 มล. ใช้เวลาสกัดนาน 12 ชั่วโมง เช่นเดียวกับข้อ 2.2.1 นำสารละลายที่ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 เพื่อวิเคราะห์น้ำตาล 3 ชนิดต่อไป

2.2.3 ระยะสุกแก่ของเมล็ด (ripening phase) (78 - 98 วันหลังงอก) เช่นเดียวกับระยะสืบพันธุ์



รูปที่ 1 การแบ่งสัดส่วนของรากตามระดับความลึกจากผิวทราย

2.3 การสกัดสารหลั่งรากข้าว

นำสารละลายที่ใช้ปลูกข้าวในกระถางแต่ละช่วงอายุหลังจากแยกส่วนของลำต้นและรากข้าวออกแล้ว รวมกับน้ำล้างทรายที่อยู่ในกระถางนั้นๆ และผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 มาระเหยใช้อุณหภูมิ 60 °ซ จนได้สารสกัดสารหลั่งรากเข้มข้น จำนวน 10 มล.

2.4 การวิเคราะห์น้ำตาลในรากข้าวและในสารหลั่งรากข้าว

2.4.1 เตรียมน้ำตาลมาตรฐานความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ โดยนำน้ำตาลมาตรฐานกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ชนิดละ 25 มิลลิกรัมละลายในน้ำ deionized จำนวน 1 ลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน

2.4.2 นำสารที่สกัดได้จากรากข้าว ตามข้อ 2.2 มาทำให้เป็นสารสกัดจากรากเข้มข้น โดยใช้อุณหภูมิ 60 °ซ เพื่อระเหยเมธานอลและคลอโรฟอร์มออกไป หลังจากนั้นนำมาปั่นแยก (centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 10,000 รอบต่อนาที นาน 2 นาที เพื่อแยกเอาตะกอนออก นำสารสกัดส่วนใสมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.45 ไมครอน และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์น้ำตาลในราก สำหรับการวิเคราะห์น้ำตาลในสารหลั่งราก ใช้สารละลายจากข้อ 2.3

2.4.3 การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาล นำสารสกัดจากรากข้าวและจากสารหลั่งราก รวมทั้งสารละลายมาตรฐานของน้ำตาลกลูโคส ฟรุตโตส และซูโครส จำนวนตัวอย่างละ 20 ไมโครลิตร วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งมีสภาวะของเครื่องดังนี้ คอลัมน์ : Econosphere NH_2, Mobile Phase: Acetonitrile: H_2O (75:25), Flow rate 3.0 mL/min, Volume inject 20 μL และ Detector : RI

และคำนวณปริมาณน้ำตาลในรากข้าว จากสูตร

$$\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล (มก./ล.)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารตัวอย่าง} \times \text{ความเข้มข้นของน้ำตาลมาตรฐาน}}{\text{พื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาลมาตรฐาน}}$$

$$\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล (ไมโครโมล/กรัมของราก)} = \frac{\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล(มก./ล.)} \times \text{ปริมาตรสารสกัดเข้มข้น(มล.)} \times 10^3}{\text{มวลโมเลกุลของน้ำตาล (กรัม/โมล)} \times \text{น้ำหนักสดของรากตัวอย่าง (กรัม)}}$$

และคำนวณปริมาณน้ำตาลในสารหลั่งราก จากสูตร

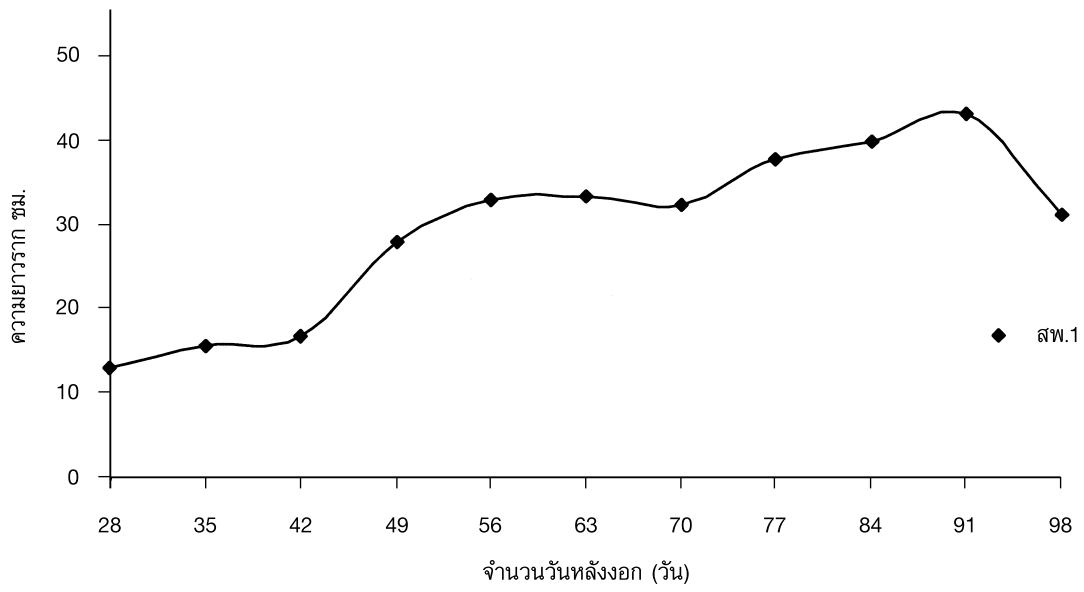
$$\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล (มก./ล.)} = \frac{\text{พื้นที่ใต้กราฟของสารตัวอย่าง} \times \text{ความเข้มข้นของน้ำตาลมาตรฐาน}}{\text{พื้นที่ใต้กราฟของน้ำตาลมาตรฐาน}}$$

$$\text{ความเข้มข้นของน้ำตาล (ไมโครโมล/กรัมของราก)} = \frac{\text{ความเข้มข้นตัวอย่าง (มก./ล.)} \times \text{ปริมาตรสารสกัดเข้มข้น (มล.)} \times 10^3}{\text{มวลโมเลกุลของน้ำตาล (กรัม/โมล)} \times \text{น้ำหนักสดของรากทั้งหมด (กรัม)}}$$

<u>หมายเหตุ</u> มวลโมเลกุลน้ำตาลกลูโคส = 180 กรัม/โมล
มวลโมเลกุลน้ำตาลฟรุคโตส = 180 กรัม/โมล
มวลโมเลกุลน้ำตาลซูโครส = 360 กรัม/โมล

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาพบว่า ความยาวของรากข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 เพิ่มขึ้นเมื่อข้าวมีอายุมากขึ้นตลอดทั้ง 3 ระยะ ซึ่งในระยะ vegetative เป็นระยะที่รากมีการเจริญมาก ทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหาอาหาร สำหรับระยะ reproductive รากยังคงมีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เนื่องจากระยะนี้เป็นระยะที่พืชจำเป็นจะต้องสร้างและสะสมอาหารเพื่อการออกดอก ดังนั้นจึงต้องได้รับอาหารจากทางรากในปริมาณมาก ส่วนในระยะสุดท้ายคือระยะ ripening ปรากฏว่ารากมีความยาวเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือคงที่ นอกจากนี้ยังเห็นว่ารากมีการเจริญแบบ sigmoid curve (รูปที่ 2) ถึงแม้ว่ารากของข้าวจะถูกจำกัดด้วยขนาดของกระถาง



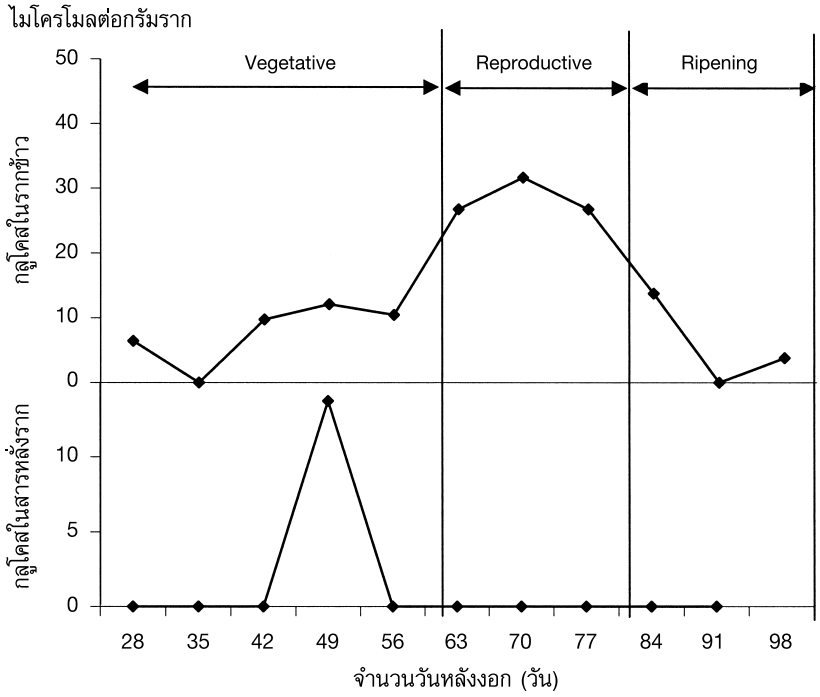
รูปที่ 2 ความยาวของรากข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

การศึกษาครั้งนี้ ปรากฏว่าน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลที่มีการสร้างและสะสมในรากตลอดระยะเวลาการทดลอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Chidthaisong และ Conrad [6] และ Chidthaisong และคณะ [8] เนื่องจากน้ำตาลกลูโคสเป็นน้ำตาลที่เสถียรภาพจึงพบในรูปของน้ำตาลชนิดนี้ตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว แต่ปริมาณของน้ำตาลกลูโคสที่พบจะแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโต โดยพบน้ำตาลกลูโคสระยะ reproductive มากกว่าระยะ vegetative และ ripening (รูปที่ 3) ส่วนน้ำตาลกลูโคสในสารหลั่งรากพบเฉพาะในระยะ vegetative วันที่ 49 หลังข้าวงอกเท่านั้น ซึ่งในวันดังกล่าวจะพบน้ำตาลกลูโคสในปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในราก อย่างไรก็ตาม จากการที่ไม่พบน้ำตาลกลูโคสในระยะอื่นๆ ทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำตาลกลูโคสในรากข้าวมีความสัมพันธ์กับน้ำตาลในสารหลั่งราก ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าน้ำตาลกลูโคสในรากข้าวอาจสัมพันธ์กับความยาวของราก [11][12] แต่น้ำตาลกลูโคสในสารหลั่งรากอาจมีความเกี่ยวข้องกับกิจกรรมของจุลินทรีย์บริเวณรากข้าว [8] ที่สามารถใช้น้ำตาลกลูโคสไปอย่างรวดเร็ว และในวันที่ 49 หลังข้าวงอกอาจเป็นช่วงที่วัสดุปลูกอยู่ในสภาพรีดอกซ์มากที่สุด (ไม่ได้แสดงผลข้อมูล) ทำให้จุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสมีกิจกรรมลดลง [6][8][13][14]

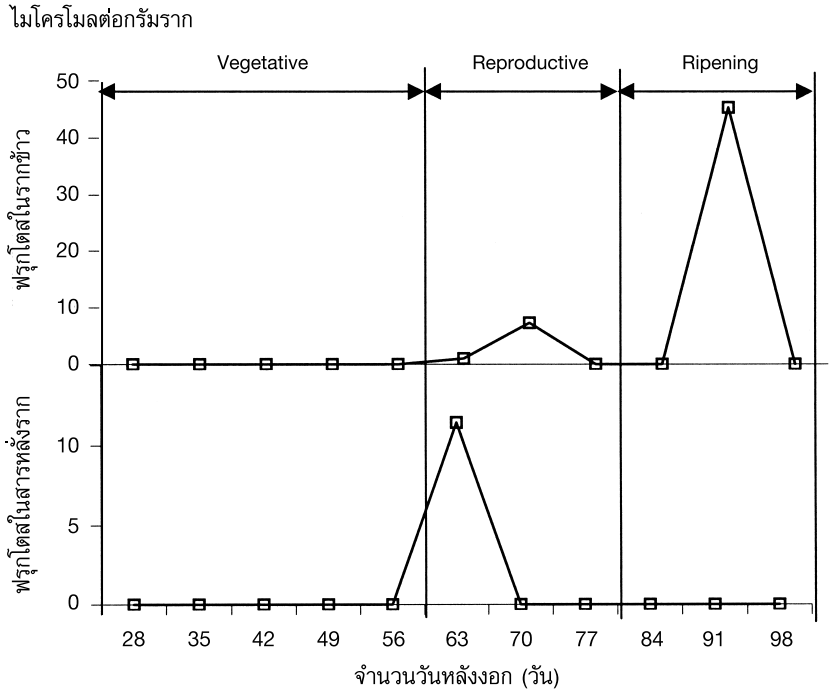
ปริมาณน้ำตาลฟรุคโตสในรากข้าวพบเฉพาะในระยะ reproductive และ ripening แต่ไม่พบในระยะ vegetative (รูปที่ 4) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลชนิดนี้มีความเสถียรน้อย อาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่มีความเสถียรมากกว่า เช่น อยู่ในรูปของน้ำตาลกลูโคสและซูโครส [5][6][8][15] การที่พบน้ำตาลฟรุตโตสในรากข้าวระยะ ripening มาก (รูปที่ 4) อาจเนื่องมาจากระยะนี้เป็นระยะสุกแก่ของเมล็ด ข้าวอาจไม่ต้องการอาหารมาก ประกอบกับรากไม่มีการเจริญเติบโต (รูปที่ 2) และการสะสมน้ำตาลและการใช้น้ำตาลของพืชอาจเริ่มเปลี่ยนไปตามกระบวนการของการสร้างสารชนิดอื่นหรือการสร้างแป้ง ซึ่งน้ำตาลฟรุตโตส เป็นรูปของน้ำตาลที่พบมากในกระบวนการสะสมคาร์โบไฮเดรตในรูปของแป้ง หรือการสร้างสารชนิดอื่น โดยอยู่ในรูปของ fructose 1, 6 bisphosphate [16] ดังนั้นจึงพบน้ำตาล

ฟรุตโตสสะสมในรากมากกว่าน้ำตาลกลูโคสในระยะ ripening สำหรับในสารหลั่งรากปรากฏว่ามีน้ำตาลฟรุคโตสเฉพาะวันที่ 63 หลังข้าวงอก หรืออยู่ในระยะ reproductive (รูปที่ 4) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟรุคโตสในรากและสารหลั่งรากไม่มีความสัมพันธ์กัน เช่นเดียวกับน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุตโตสที่พบทั้งในรากและสารหลั่งรากข้าวก็ไม่สอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลกลูโคส โดยจะพบน้ำตาลฟรุตโตสในรากข้าวระยะเดียวกับที่ไม่พบน้ำตาลกลูโคสในราก และพบน้ำตาลฟรุตโตสในสารหลั่งรากหลังจากพบน้ำตาลกลูโคสในสารหลั่งรากแล้ว 14 วัน

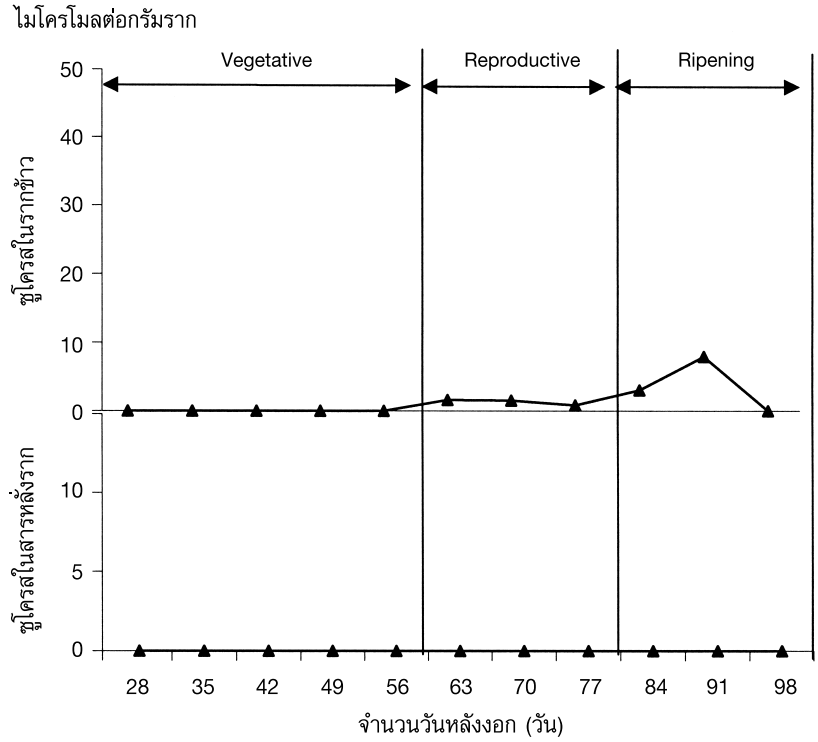
ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าในรากข้าวมีน้ำตาลซูโครสในปริมาณน้อยกว่าน้ำตาลอีก 2 ชนิด โดยพบน้ำตาลซูโครสในรากข้าวระยะ ripening มากกว่า reproductive (รูปที่ 5) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากน้ำตาลชนิดนี้เป็นน้ำตาลชนิดเดียวที่สามารถเคลื่อนย้ายจากแหล่งสร้าง จากยอดไปยังส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก ประกอบกับในระยะ ripening พืชมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและรากน้อย ดังนั้นความต้องการอาหารจึงลดลงไปด้วย จึงไม่มีความจำเป็นที่เปลี่ยนน้ำตาลซูโครสและปลดปล่อยในรูปสารหลั่งราก จึงพบน้ำตาลซูโครสในรากข้าวในระยะนี้ [5][15] สำหรับในสารหลั่งรากนั้นไม่พบน้ำตาลซูโครสตลอดระยะเวลาการทดลองเลย (รูปที่ 5) อาจเนื่องมาจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าน้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตส ทำให้มีโอกาสในการแพร่ผ่านของรากได้น้อยกว่าน้ำตาลอีกสองชนิด หรืออาจเนื่องมาจากถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ดังนั้นจึงไม่อยู่ในรูปของน้ำตาลซูโครสเลยในสารที่รากหลั่งออกมา [5][12][15]



รูปที่ 3 ปริมาณน้ำตาลกลูโคสในรากข้าวและสารหลั่งรากข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

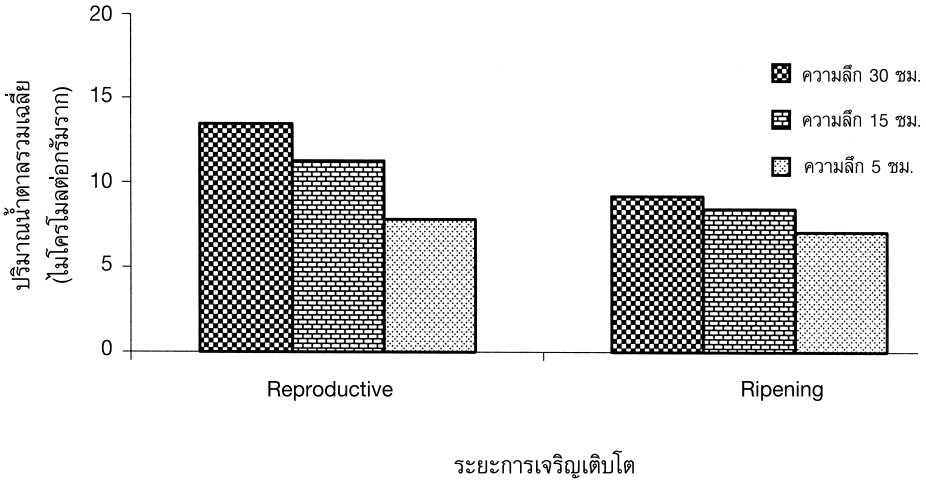


รูปที่ 4 ปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในรากข้าวและสารหลั่งรากของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1



รูปที่ 5 ปริมาณน้ำตาลซูโครสในรากข้าวและสารหลั่งรากของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าการสะสมน้ำตาลรวมเฉลี่ยในระยะ reproductive และ ripening ที่ระดับความลึกของทรายจากผิวทราย 0-5 ซม. มีปริมาณการสะสมมากกว่าระดับความลึก 6-15 และ 16-30 ซม. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ารากที่เกิดใหม่และยังมีการเจริญเติบโตจะอยู่บริเวณชั้นตื้นๆ สำหรับรากที่อยู่ลึกลงไปอาจเป็นรากที่ทำหน้าที่ค้ำจุนมากกว่าทำหน้าที่ดูดอาหารเพื่อการเจริญเติบโต และการที่พบว่ารากมีการสะสมน้ำตาลรวมเฉลี่ยในระยะ reproductive มากกว่าระยะ ripening อาจเนื่องมาจากระยะนี้พืชต้องการอาหารจากดินเพื่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะการสืบพันธุ์เป็นระยะที่พืชมีการสร้างและสะสมอาหารมากที่สุด จึงมีการเคลื่อนย้ายอาหารไปที่ปลายรากเจริญเพื่อใช้ในกระบวนการแลกดูดซับและแลกเปลี่ยนธาตุอาหารระหว่างรากเจริญและวัสดุปลูก [3]-[6][11][12]



รูปที่ 6 ปริมาณน้ำตาลรวมเฉลี่ยของรากข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ตามลำดับความลึกของรากจากผิวทราย

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาปริมาณน้ำตาล 3 ชนิด คือ น้ำตาลกลูโคส ฟรุตโตส และซูโครส ในรากและในสารหลั่งรากของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่ในทรายโดยไม่ใช้ดิน (sand-ponic) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของน้ำตาลในรากข้าวและสารหลั่งราก จะเห็นได้ว่าพบปริมาณน้ำตาลกลูโคสในรากข้าวตลอดการทดลอง แต่พบมากที่สุดในระยะ reproductive รองลงมาเป็นระยะ vegetative และ ripening ตามลำดับ ส่วนน้ำตาลฟรุคโตส และซูโครส พบมากในระยะ reproductive และ ripening สำหรับน้ำตาลรวมเฉลี่ยในรากพบในระยะ reproductive มากกว่าระยะ ripenning สำหรับปริมาณน้ำตาลในสารหลั่งราก พบน้ำตาลกลูโคสในระยะ vegetative และพบน้ำตาลฟรุตโตสในระยะ reproductive แต่ไม่พบ น้ำตาลซูโครสในสารหลั่งรากเลย รวมทั้งไม่พบว่าปริมาณน้ำตาลในรากมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลในสารหลั่งราก ซึ่งยังไม่สามารถสรุปได้ว่าน้ำตาลในรากข้าวและสารหลั่งรากข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 จะมีความสัมพันธ์ต่อการปลดปล่อย ก๊าซมีเทน แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าข้าวพันธุ์นี้มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนมากในระยะ vegetative ซึ่งปริมาณ การปลดปล่อยก๊าซมีเทนนี้ยังสัมพันธ์กับความยาวของรากข้าวอีกด้วย [17]

ดังนั้นการศึกษาความสัมพันธ์ของสารหลั่งรากข้าวอาจจะต้องศึกษาความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างปริมาณของน้ำตาลแต่ละชนิดต่อการผลิตก๊าซมีเทน และอาจจะต้องศึกษาสารหลั่งรากในรูปสารชนิดอื่นๆ รวมทั้งศึกษาในข้าวพันธุ์อื่นๆ อีกด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

1. Phantumvanit, D., 1997, *Thailand's National Greenhouse Gas Inventory 1990,* Thailand Environment Institue, 130 p.

2. สิรินทรเทพ เต้าประยูร, 2540, *ผลกระทบของก๊าซเรือนกระจกต่อสิ่งแวดล้อม*, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, หน้า 1-9.

3. Marcher H., 1995, *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd edition, Academic Press, New York, US, 258 p.

4. Melting, F. B., 1992, "*Soil Microbial Ecology Application in Agricultural and Environmental Management*", Marce Dekker Inc., US., pp. 27-44.

5. Mikha, A S., R. Wassmann, and C. H. Rennenberg, 2001, "Impact of Root Exudates of Different Cultivars and Plant Development Stages of Rice (*Oryza sativa* L.) on Methane Production in a Paddy Soil", *Plant and Soil,* Vol. 230, pp. 70-86.

6. Chidthaisong A. and R. Conrad, 2000, "Turnover of Glucose and Acetate Coupled to Reduction of Nitrate, Ferric Iron and Sulfate and to Methanogenesis in Anoxic Rice Field Soil", *FEMS Microbiology Ecology*, Vol. 31, pp. 73-86.

7. Chin, K. J., F. A. Rainey, P. H. Janssen, and R. Conrad, 1998, "Methanogenic Degradation of Polysaccharides and the Characterization of *Polysaccharolytic clostridia* from Anoxic Rice Field Soil", *System and Applied Microbiology*, Vol. 21, pp. 185-200.

8. Chidthaisong, A., B. Rosenstock, and R. Conrad, 1999, "Measurement of Monosaccharides and Conversion of Glucose to Acetate in Anoxic Rice Field Soil" *Applied and Environmental Microbiology,* Vol. 65, pp. 2350-2355.

9. Conrad , R. and M. Klose, 1999, "Anaerobic Conversion of Carbon Dioxide to Methane, Acetate and Propionate on Washed Rice Roots", *FEMS Microbiology Ecology*, Vol. 30, pp. 147-155.

10. Sims, A., 1995, "HPLC Analysis of Sugars in Foods Containing Salt", *Agriculture and Food Chemistry*, Vol. 43, No. 2, pp. 377-380.

11. Epstien, E., 1992, *Mineral Nutrition of Plants: Principle and Perspectives*, John Wiley and Sons, USA, 412 p.

12. Yoav, W., E. Amran, and H. Kafkafi, 1991, *Plant Roots: The Hidden Half*, John Wiley and Sons, New York, U.S., 610 p.

13. Frenzel, P., F. Rothfuss, and R. Conrad, 1994, "Oxygen Profiles and Methane Turnover in a Flooded Rice Microcosms", *Biology Fertillizer Soils*, Vol. 14, pp. 84-89.

14. Wang, P. Z., W. C. Lindau, D. R. Dalaune, and H. W. Patrick, 1993, "Methane Emission and Entrapment in Flooded Rice Soils as Affected by Soil Properties", *Biology Fertillizer Soils*, Vol. 13, pp. 382-385.

15. Cicerrone R. J., C. C. Delwiche, S. C. Tyler, and P. R. Zimmerman, 1992, "Methane Emission from California Rice Paddies with Varied Treatments", *Global Biogeochemical Cycle*, Vol. 6, No. 3, pp. 233-248.

16. Wilkinson, R., 1994, *Plant-environment Interactions*, Marcel Dekker, US., 599 pp.

17. อรณิสา จิตตสาตรา, 2542, อิทธิพลของพันธุ์ข้าวและชุดดินต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน, *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม,* คณะพลังงานและวัสดุ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 121 หน้า.