ศักยภาพของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย SWU 121 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ภาวะเครียดจากเกลือ

เอมอร พูลสวัสดิ์[1] สกีนะร์ ยะดี[2] บงกช บุญบูรพงศ์[3,4] และ สุรศักดิ์ ละลอกน้ำ[3,4*]

[1]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) 2 กรุงเทพ 10110
[2]กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนท่าเรือนิตยานุกูล พระนครศรีอยุธยา 13130
[3]ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทัว ไป และ 4หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพ 10110
[*]E-mail: surasakl@swu.ac.th

รับบทความ: 11 กรกฎาคม 2558 ยอมรับตีพิมพ์: 9 พฤศจิกายน 2558

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาผลของความเค็มที่มีผลต่อการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย SWU 121 ที่เพาะในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวสูตร BG_{11} ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 5 10 15 20 25 30 และ 60 ppt ติดตามการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแสง 750 nm และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโต-มิเตอร์ 2) ศึกษาผลของความเค็มที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 5 10 15 20 25 และ 30 ppt จากนั้นติดตามการเจริญเติบโตโดยวัดความยาวรากและลำต้น น้ำหนักสดของรากและลำต้น น้ำหนักแห้งของรากและลำต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ และ 3) ศึกษาผลของไซยาโนแบคทีเรียออสซิล-ลาทอเรีย SWU 121 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ผลการ ศึกษา พบว่า ภาวะที่ไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียเจริญได้ดีที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt และสามารถทนความเค็มได้ 20 ppt ในขณะที่ข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เจริญได้ดีที่สุดที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt และสามารถทนความเค็มได้ 5 ppt เป็นระยะเวลา 21 วัน จากนั้นนำต้นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt และ 5 ppt ร่วมกับการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย SWU 121 พบว่า ข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับการเพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียภายใต้ภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt สามารถเจริญเติบโตได้ตลอดระยะเวลาของการติดตามผล 28 วัน จากผลการศึกษาอธิบายได้ว่า ไซยาโนแบคทีเรียน่าจะมีกลไกในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้ภาวะที่มีความเครียดจากเกลือ

คำสำคัญ: ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ไซยาโนแบคทีเรีย

Potential of Cyanobacterium *Oscillatoria* sp. SWU 121 to Promote the Rice Growth under Salt Stress Condition

Amorn Poolsawasdi[1], Sakina Yadee[2], Bongkoj Boonburapong[3,4] and Surasak Laloknam[3,4*]

[1]Science Programme, Bodindecha (Sing Singhaseni) 2 School, Bangkok 10240, Thailand

[2]Science Programme, Tharua Nittaya Nukun School, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13130, Thailand

[3]Department of General Science, and [4]Research Unit on Science Technology and Environment for Learning, Faculty of Science, Srinakharinwirot University, Bangkok 10110, Thailand

*E-mail: surasakl@swu.ac.th

Abstract

This research aimed to: 1) the effect of salinity on the growth of cyanobacterium *Oscillatoria* sp. SWU 121 in BG_{11} broth supplemented with sodium chloride concentration ranging of 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 and 60 ppt. The growth rate was measured by a spectrophotometer at wave length of absorbance at 750 nm and chlorophyll contents. 2) The effect of salinity on the growth of Jasmin rice variety Khao Dok Mali 105 in the Hoagland liquid medium supplemented with sodium chloride concentration ranging of 0, 5, 10, 15, 20, 25 and 30 ppt. The growth of rice was determined by measuring the length of the roots and stems, the fresh weight of roots and stems, the dry weight of the roots and stems, and the chlorophyll contents. 3) The effect of cyanobacterium on the growth of Jasmin rice variety Khao Dok Mali 105 at sodium chloride concentration of 0 and 5 ppt, and the growth of rice was determined. The results showed that *Oscillatoria* sp. SWU 121 had optimal growth rate at the condition without sodium chloride. *Oscillatoria* sp. SWU 121 could tolerate salinity at limitation of growth at 20 ppt. The Jasmin rice variety Khao Dok Mali 105 could tolerate salinity at 5 ppt for 21 days. The Jasmin rice variety Khao Dok Mali 105 grown with cyanobacteria in the Hoagland liquid medium at the concentration of sodium chloride at 5 ppt were determined. Thus, the Jasmine rice variety Khao Dok Mali 105 grown with *Oscillatoria* sp. SWU 121 supplemented with sodium chloride at 5 ppt can grow over a period of 28 days. These finding revealed that cyanobacteria might have mechanisms to promote growth of rice under salt stress condition.

Keywords: Jasmine rice variety Khao Dok Mali 105, Salt stress conditions, Cyanobacteria

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประมาณร้อยละ 66 ของครัวเรือนเกษตรกรทั้งหมดของไทยเป็นชาวนา เนื่องจากประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศเหมาะสมในการเพาะปลูกข้าว มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้น มีลักษณะดินและน้ำทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ของสารอาหาร จึงส่งผลทำให้ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตข้าวส่งออกเป็นลำดับต้น ๆ ของโลก จากข้อมูลของกระทรวงพาณิชย์รายงานว่า ตั้งแต่ พ.ศ. 2524 เป็นต้นมาประเทศไทยมีการส่งข้าวออกเป็นลำดับหนึ่งของโลก แต่ช่วงปี พ.ศ. 2555 – 2556 การส่งออกข้าวของไทยตกมาอยู่อันดับที่ 3 รองจากอินเดีย และเวียดนาม (UTCC, 2013)

จากการเร่งผลิตข้าวเพื่อการบริโภคและการส่งออกทำให้เกษตรกรใช้สารเคมีในการเพาะปลูกข้าวปริมาณมาก และใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จึงส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินทำให้ดินเปลี่ยนสภาพเป็นดินเค็ม ทำลายคุณภาพของดินในการปลูกข้าว ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวทำให้ข้าวเจริญเติบโตช้าลง เนื่องจากความเค็มรบกวนกระบวนการเมแทบอลิซึมส่งผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงทำให้ผลผลิตจากการเพาะปลูกข้าวลดลง (Kanchitanurak, 2013)

ปัจจุบันทั้งภาครัฐและเอกชนร่วมกันส่งเสริมให้ชาวนาใช้ปุ๋ยชีวภาพในการปลูกข้าวเพิ่มขึ้น และส่งเสริมการเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียในนาข้าวเพื่อเพิ่มธาตุอาหารและสารที่จำเป็นให้กับต้นข้าวนำไปใช้ในการเจริญเติบโต นอกจากนี้มีรายงานว่าไซยาโนแบคทีเรียสามารถปรับตัวเพื่อทนต่อความเครียดจากความเค็มได้ด้วยกลไกการแลกเปลี่ยนอิออน และการสะสมสารออสโมโพรเทคแทนต์ เช่น โพรลีน บีเทน น้ำตาล และกรดไขมัน และยังช่วยเพิ่มปริมาณออกซิเจนในแหล่งน้ำ (Bualuang et al., 2013; Danyuttasilp and Laloknam, 2013; Laloknam and Boonburapong, 2011; Laloknam et al., 2014; Laloknam, 2010; Meekaew et al., 2010; Peerapornpisal. 2005; Peerapornpisal, 2006; Trakoonkamnerd, 2012) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจนำไซยาโนแบคทีเรียสายพันธุ์ออสซิลลาทอเรีย SWU 121 (*Oscillatoria* sp. SWU 121) ที่แยกได้จากคลองแสนแสบ (Laloknam et al., 2014) มาส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้ความเครียดจากความเค็ม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการปลูกข้าวต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน

เพาะเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย SWU 121 ในอาหารเลี้ยงไซยาโนแบคทีเรียชนิดเหลวสูตร BG_{11} เป็นเวลา 15 วัน เพื่อใช้เป็นหัวเชื้อในการศึกษาการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียภายใต้ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 30 และ 60 ppt ภายใต้ภาวะแสงขาวตลอดเวลา ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามการเจริญทุก 3 วัน เป็นเวลา 1 เดือน ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 750 nm (UV/VIS Spectrophometer, Jenway) และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ดัดแปลงจากวิธีของ Sinha and Srivastava (2010) โดยนำไซยาโนแบคทีเรียปริมาตร 1.5 ml ไปปั่นเหวี่ยงให้เซลล์ตกตะกอนความเร็วรอบ 4,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที เติมเอทานอลเข้มข้น 95% ปริมาตร 1.5 ml เขย่าให้เซลล์กระจาย

ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 วัน แล้วนำ ไปบ่มที่อุณหภูมิ 67°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำเซลล์ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที นำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ตามสมการ

คลอโรฟิลล์เอ = (12.7×D663) – (2.69×D645) mg/ml

ศึกษาการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน

เพาะข้าวในน้ำประปาเป็นระยะเวลา 14 วัน เพื่อให้ข้าวใช้อาหารจากเอนโดสเปิร์มให้หมด จากนั้นใช้อาหารเหลวสูตร Hoagland (Hoagland and Arnon, 1950) ที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 และ 30 ppt นำต้นข้าวไปไว้ภายใต้ภาวะแสงขาวตลอดเวลา ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามการเจริญเติบโตทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 28 วัน ด้วยการวัดความยาวราก ความยาวลำต้น ชั่งน้ำหนักสดของรากและลำต้น ชั่งน้ำหนักแห้งของรากและลำต้น วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม

นำตัวอย่างข้าวที่ศึกษามาวัดความยาวราก ความยาวลำต้น ชั่งน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 65°C เป็นเวลา 2 วัน แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง สำหรับการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ชั่งใบสดหนัก 0.03 g บดให้ละเอียด เติม เอทานอลเข้มข้น 95% ปริมาตร 3 ml เขย่าให้เซลล์กระจาย ตั้งทิ้งไว้ 1 วัน จากนั้นนำเซลล์ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 4,000 rpm เป็นเวลา 2 นาที นำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม (Sinha and Srivastava, 2010) ตามสมการ

คลอโรฟิลล์เอ = (12.7×D663) – (2.69×D645) mg/ml
คลอโรฟิลล์บี = (22.9×D645) – (4.68×D663) mg/ml
คลอโรฟิลล์รวม = (20.2×D645) + (8.02×D663) mg/ml

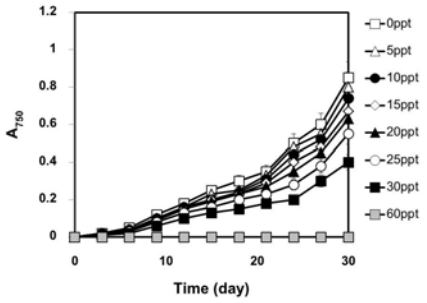
ศึกษาผลของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย SWU 121 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้ความเครียดของโซเดียมคลอไรด์

เลือกระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ส่งผลให้การเจริญเติบโตของข้าวลดลงร้อยละ 50 และไซยาโนแบคทีเรียสามารถเจริญเติบโตได้มาศึกษา เพาะข้าวเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงควบคู่กับไซยาโนแบคทีเรียในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ตั้งทิ้งไว้ภายใต้ภาวะแสงขาวตลอดเวลา ที่อุณหภูมิห้อง ติดตามการเจริญเติบโตของข้าวทุก 7 วัน เป็นระยะเวลา 28 วัน โดยการวัดความยาวราก ความยาวลำต้น ชั่งน้ำหนักสดของรากและลำต้น ชั่ง น้ำหนักแห้งของรากและลำต้น ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม

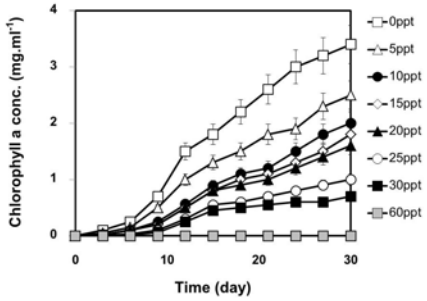
ผลการศึกษา

ผลของความเค็มต่อการเจริญของไซยาโนแบคทีเรีย

นำไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย เพาะเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร BG_{11} ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 30 และ 60 ppt แล้ว ติดตามการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียทุก 3 วัน เป็นเวลา 30 วัน โดยการวัดด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ที่ความยาว



(ก)



(ข)

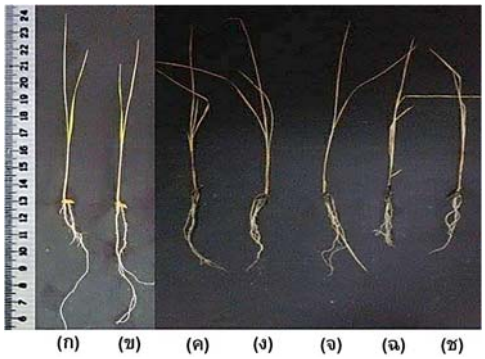
ภาพที่ 1 การเจริญของออสซิลลาทอเรียภายใต้ภาวะเครียดจากเกลือ (ก) วัดความขุ่นของเซลล์ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ (A750) และ (ข) วัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ

คลื่นแสง 750 nm และวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ภาพที่ 1) ผลการศึกษา พบว่า การติดตามการเจริญของไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรีย (ภาพที่ 1ก) และการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ภาพที่ 1ข) มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน คือ ภาวะที่ไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียเจริญเติบโตดีที่สุด คือ ในอาหารเลี้ยงที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt และไม่สามารถเจริญได้ที่ความเข้มข้น 60 ppt สำหรับภาวะที่ทำให้การเจริญลดลงครึ่งหนึ่งของภาวะสูงสุด คือ อาหารเหลวที่มีความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 20 ppt

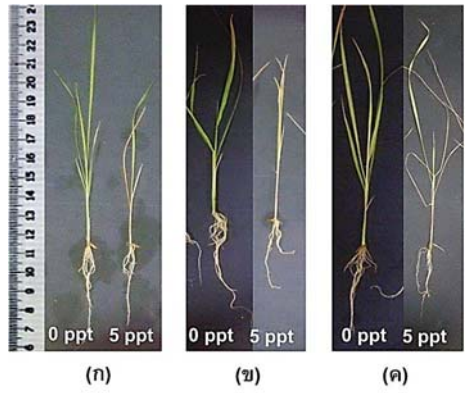
ผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของข้าว

นำต้นข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เพาะไว้โดยใช้น้ำเปล่าอายุ 14 วันเลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ได้แก่ 0 5 10 15 20 25 และ 30 ppt แล้วติดตามผลการเจริญเติบโตของข้าวทุก 7 วัน เป็นเวลา 28 วัน โดยการวัดความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม พบว่า ในวันที่ 7 ของการศึกษาข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมสูงขึ้น โดยข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt จะมีความยาวราก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งสูงที่สุด รองลงมาคือข้าวที่เลี้ยงในอาหารที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ส่วนความยาวลำต้น ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บีสูงที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหารสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt และ0 ppt ทั้งนี้ข้าวที่เลี้ยงในอาหารสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์มากกว่า 5 ppt ไม่สามารถเจริญได้จึงหยุดวัดการเจริญเติบโต ซึ่งลักษณะของต้นข้าวที่ศึกษาในวันที่ 7 แสดงในภาพที่ 2

จากนั้นติดตามการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland วันที่ 14 21 และ 28 ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt มีความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร



ภาพที่ 2 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในอาหารสูตร Hoagland วันที่ 7 ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ก) 0 ppt (ข) 5 ppt (ค) 10 ppt (ง) 15 ppt (จ) 20 ppt (ฉ) 25 ppt และ (ช) 30 ppt

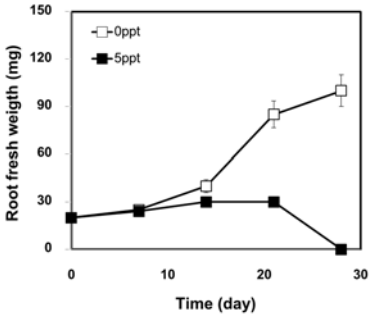


ภาพที่ 3 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในอาหารสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (ก) วันที่ 14 (ข) วันที่ 21 และ (ค) วันที่ 28 ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 และ 5 ppt

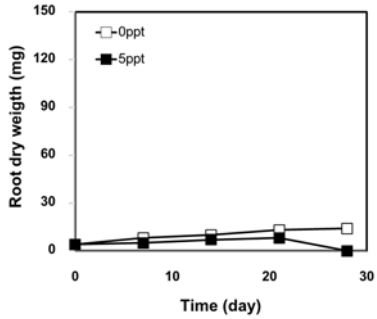
Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt สามารถเจริญได้ถึงวันที่ 21 และแห้งตายในวันที่ 28 (ภาพที่ 3) ดังนั้นการศึกษาเรื่องผลของความเค็มสามารถศึกษาได้ในภาวะที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt สำหรับทำการทดลองขั้นตอนต่อไป การเจริญเติบโตของข้าวเจ้าสายพันธุ์ขาวดอกมะลิที่ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่มีความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 0 และ 5 ppt แสดงในภาพที่ 4

ผลของไซยาโนแบคทีเรียต่อการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ภายใต้ภาวะที่มีความเครียดจากโซเดียมคลอไรด์

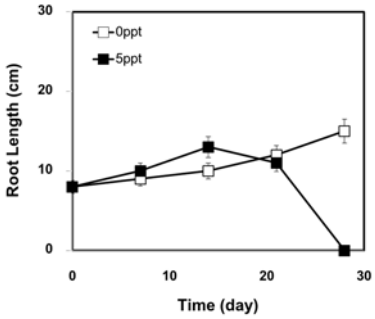
นำต้นข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เพาะไว้โดยใช้น้ำเปล่ามีอายุ 14 วัน ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt แล้วติดตามผลการเจริญเติบโตของข้าวเป็นเวลา 28 วัน เพื่อหาความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เปรียบเทียบกับภาวะที่มีความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 0 และ 5 ppt ที่ไม่ใส่ไซยาโนแบคทีเรีย พบว่าข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไซยาโนแบคทีเรียวันที่ 7 (ภาพที่ 5) มีความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสดสูงขึ้น โดยข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt มีความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งสูงที่สุด และข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ที่เพาะเลี้ยงร่วมกับไซยาโนแบคทีเรียมีความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี สูงกว่าการปลูกข้าวในในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt


0ppt
5ppt
Root fresh weigth (mg)
Time (day)

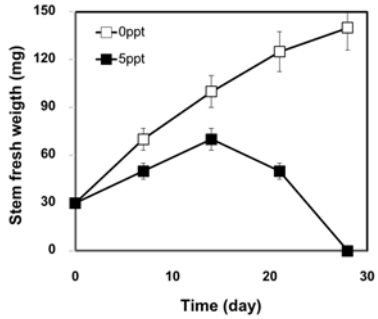
(ก)


0ppt
5ppt
Root dry weigth (mg)
Time (day)

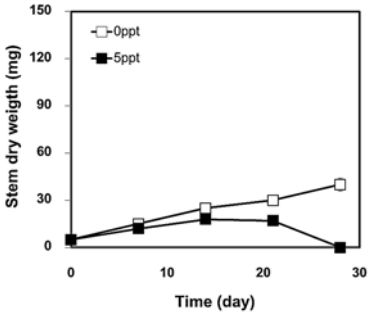
(ข)


0ppt
5ppt
Root Length (cm)
Time (day)

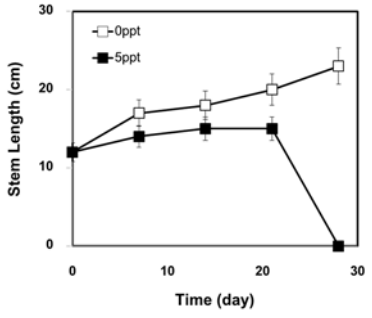
(ค)


0ppt
5ppt
Stem fresh weigth (mg)
Time (day)

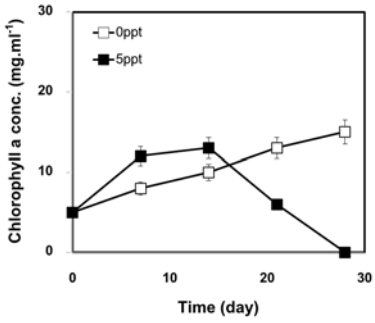
(ง)


0ppt
5ppt
Stem dry weigth (mg)
Time (day)

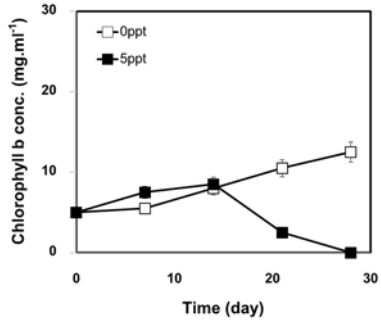
(จ)


0ppt
5ppt
Stem Length (cm)
Time (day)

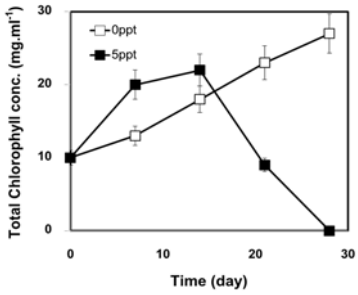
(ฉ)


0ppt
5ppt
Chlorophyll a conc. (mg.ml-1)
Time (day)

(ช)


0ppt
5ppt
Chlorophyll b conc. (mg.ml-1)
Time (day)

(ซ)



(ญ)

ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่เพาะร่วมกับไซยาโนแบคทีเรียวันที่ 28 (ภาพที่ 6) มีความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของข้าวเพิ่มขึ้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี สูงกว่าของข้าวที่เลี้ยงในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ทั้งหมดเนื่องจากข้าวไม่สามารถเจริญได้ถึงวันที่ 28 ในขณะที่ข้าวที่เพาะในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt มีการเจริญเติบโตเป็นปกติ (ภาพที่ 7)

ภาพที่ 4 ผลการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับความเครียดจากความเค็ม (ก) น้ำหนักรากสด (ข) น้ำหนักรากแห้ง (ค) ความยาวราก (ง) น้ำหนักลำต้นสด (จ) น้ำหนักลำต้นแห้ง (ฉ) ความยาวลำต้น (ช) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ซ) ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และ (ญ) ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม

อภิปรายผลการศึกษา

ไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียเจริญได้ในอาหารเหลวสูตร BG_{11} ที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เจริญได้ดีที่สุด คือ ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 0 ppt และเจริญได้ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 20 ppt ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kanchitanurak (2013) ซึ่งศึกษาเปรียบเทียบภาวะปกติและภาวะที่มีความเครียดจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ในไซยาโนแบคทีเรีย 5 ชนิด พบว่า ไซยาโนแบคทีเรียทั้ง 5 ชนิด เจริญได้ถึงระยะกลางแบบทวีคูณ (mid-

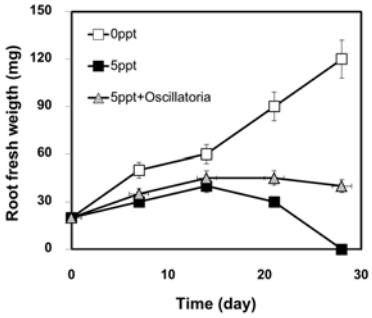
ภาพที่ 5 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในอาหารสูตร Hoagland วันที่ 7 (ก) 0 ppt (ข) 5 ppt (ค) 5 ppt + *Oscillatoris* sp.

ภาพที่ 6 ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในอาหารสูตร Hoagland วันที่ 28 (ก) 0 ppt (ข) 5 ppt (ค) 5 ppt + *Oscillatoris* sp.

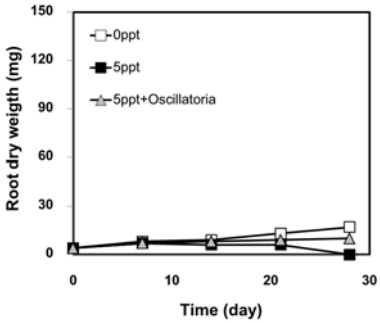
log phase) อยู่ระหว่างวันที่ 12 – 18 วัน โดยไซยาโนแบคทีเรีย 4 ชนิด ได้แก่ *Anabaena* sp. *Nostoc* sp. *Oscillatoria* sp. และ *Tolypothrix* sp. เจริญได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงที่ไม่มีเกลือ ส่วน *Arthrospira* sp. PCC 8005 เจริญได้ดีที่ความเครียดจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ 0.25 โมลาร์

ต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อายุ 14 วัน ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่มีระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 28 วัน ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามารถทนความเค็มได้มากที่สุด 5 ppt และที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงกว่า 5 ppt ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เนื่องจากการเจริญเติบโตของข้าวลดลงเมื่อได้รับความเครียดจากความเค็มที่ระดับความเข้มข้นตั้งแต่ 90 มิลลิโมลาร์ขึ้นไป จนอาจส่งผลให้ต้นข้าวเกิดการขาดน้ำโดยเกิดจากสาเหตุของภาวะแรงดันออสโมติกของรากที่สัมผัสกับสารละลายภายนอกที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงกว่า ทำให้มีค่า water potential แตกต่างกัน ภายในเซลล์ของรากข้าวมีค่า water potential สูงกว่าสารละลายภายนอก จึงทำให้น้ำในเซลล์พืชออสโมซิสสู่สารละลายภายนอกซึ่งมีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์และแรงดันออสโมติกสูงแต่มีค่า water potential ต่ำกว่า ดังนั้นต้นข้าวจึงดูดน้ำไปใช้ในกระบวนการต่าง ๆ ได้น้อยลง ส่งผลให้น้ำหนักสดของรากและลำต้นไม่เพิ่มสูงขึ้นเช่นเดียวกับชุดควบคุม ภาวะความเค็มยังมีส่วนในการยับยั้งการแบ่งเซลล์หรือลดการขยายขนาดของเซลล์ ส่งผลให้ความยาวรากและความยาวลำต้นลดลง ความเค็มยังส่งผลให้พืชขาดธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ส่งผลให้ปริมาณของคลอโรฟิลล์ลดลง ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง เนื่องจากที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 90 มิลลิโมลาร์ขึ้นไป ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ของข้าวจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเทียบกับข้าวที่ไม่ได้รับโซเดียมคลอไรด์ ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (แป้ง) จึงน้อยลง มีส่วนทำให้การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักน้อยลง (Keokene and Pattanagul, 2006; Teerapongthanakorn and Lerdsupawithnapha, 2009)

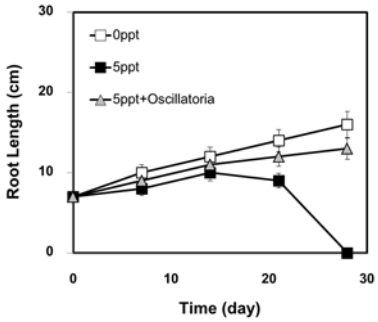
เมื่อนำต้นกล้าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อายุ 14 วัน ปลูกในอาหารเหลวสูตร Hoagland ที่ระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ร่วมกับการเพาะไซยาโนแบคทีเรีย เป็นระยะเวลา 28 วัน ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกร่วมกับออสซิลลาทอเรียภายใต้ภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt สามารถเจริญเติบโตได้ตลอดระยะเวลาของการติดตามผล 28 วัน อธิบายได้ว่า ไซยาโนแบคทีเรียออสซิลลาทอเรียทำให้ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เจริญได้ภายใต้ภาวะที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ได้เหมือนภาวะปกติที่ไม่มีเกลือ เนื่องจากโซเดียมคลอไรด์ส่งผลให้ต้นข้าวเกิดการขาดน้ำโดยเกิดจากสาเหตุของสภาวะแรงดันออสโมติกของรากที่สัมผัสกับสารละลายภายนอกที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงกว่า ทำให้มีค่า water potential แตกต่างกัน และส่งผลให้พืชขาดธาตุไนโตรเจนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างของคลอโรฟิลล์ ไซยาโนแบคทีเรียอาจสร้างสารออสโมโพรเทคแทนต์และปล่อยให้ข้าวดูดซึมเข้าไปรักษาภาวะสมดุลออสโมติกในเซลล์ของข้าว จึงสามารถเจริญเติบโตได้เช่นเดียวกับภาวะปกติ (Bualuang et al., 2013; Keokene and Pattanagul, 2006; Teerapongthanakorn, and Lerdsupawithnapha,


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Root fresh weigth (mg)
Time (day)

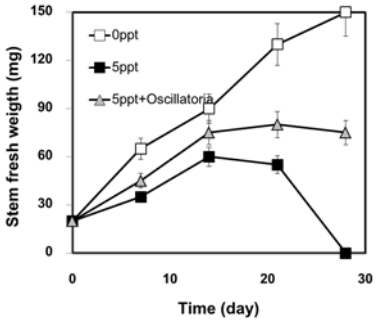
(ก)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Root dry weigth (mg)
Time (day)

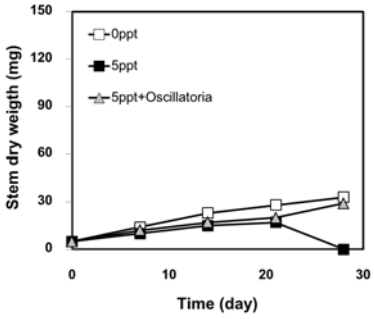
(ข)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Root Length (cm)
Time (day)

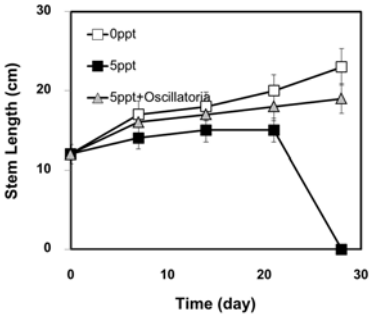
(ค)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Stem fresh weigth (mg)
Time (day)

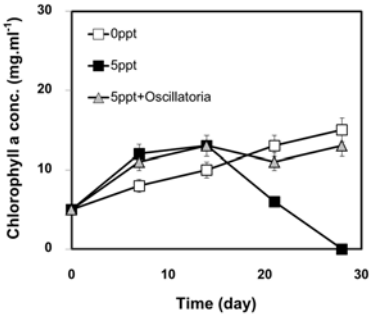
(ง)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Stem dry weigth (mg)
Time (day)

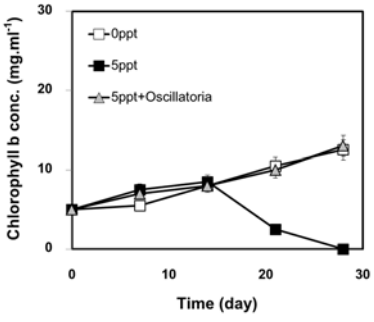
(จ)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Stem Length (cm)
Time (day)

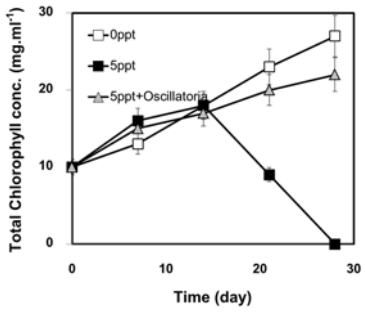
(ฉ)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Chlorophyll a conc. (mg.ml-1)
Time (day)

(ช)


0ppt
5ppt
5ppt+Oscillatoria
Chlorophyll b conc. (mg.ml-1)
Time (day)

(ซ)



(ญ)

ภาพที่ 7 ผลการเจริญเติบโตของข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับความเครียดจากความเค็มร่วมกับไซยาโนแบคทีเรีย (ก) น้ำหนักรากสด (ข) น้ำหนักรากแห้ง (ค) ความยาวราก (ง) น้ำหนักลำต้นสด (จ) น้ำหนักลำต้นแห้ง (ฉ) ความยาวลำต้น (ช) ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (ซ) ปริมาณคลอโรฟิลล์บี และ (ญ) ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม

2009)

ข้าวเจ้าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ควบคู่กับไซยาโนแบคทีเรีย มีการเจริญเติบโตทั้งด้านความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ไม่แตกต่างกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt โดยไม่ใส่ไซยาโนแบคทีเรีย อาจเกิดจากผู้วิจัยเลือกใส่ไซยาโนแบคทีเรียในวันที่ 14 ซึ่งเป็นช่วงระยะที่ไซยาโนแบคทีเรียเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว (Kanchitanurak, 2013) แย่งสารอาหารของข้าว ส่งผลให้ข้าวเจริญเติบโตทั้งความยาวราก ความยาวลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์บี ต่ำกว่าข้าวที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt โดยไม่ใส่ไซยาโนแบคทีเรีย หลังจากใส่ไซยาโนแบคทีเรียประมาณ 14 วัน ซึ่งมีการเจริญเต็มผิวหน้าอาหารอย่างรวดเร็วจนส่งผลให้อาหารมีปริมาณออกซิเจนต่ำ และไซยาโนแบคทีเรียที่เกาะบริเวณรากข้าวส่งผลให้ข้าวดูดน้ำยากขึ้น ในวันที่ 28 ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่เลี้ยงในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 5 ppt ควบคู่กับไซยาโนแบคทีเรียจึงเจริญได้อย่างจำกัด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปี 2557 (เลขที่สัญญา 047/2557)

เอกสารอ้างอิง

Bualuang, A., Kongwithtaya, S., and Laloknam, S. (2013). Application of Micro-Alga. **Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning** 4(1): 72–79. (in Thai)

Danyuttasilp, Y., and Laloknam S. (2013). Increasing of oxygen contents in waste water from Saen Saeb canal under laboratory room using filamentous cyanobacteria. **Advanced Science Journal** 13(2): 24–34. (in Thai)

Hoagland, D. R., and Arnon, D. I. (1950). **The Water Culture Method for Growing Plants Without Soil**. California Agricultural Experiment Station. N0.347. Berkeley,

CA: The College of Agriculture: University of California.

Kanchitanurak, P. (2013). **Effect of Salt Stress on Ion Contents and Osmprotectant in Cyanobacteria**. M.Sc. Thesis in Biology. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)

Keokene, T., and Pattanagul, W. (2006). Effects of drought induced and salinity induced water deficition on some physiological characteristics and carbohydrate metabolism in rice seedlings (*Oryza sativa* L.). **KKU Research Journal** 11(4): 260–268. (in Thai)

Laloknam, S., and Boonburapong, B. (2011). Potential of cyanobacteria in Thailand. **Journal of Research Unit on Science Technology and Environment for Learning** 2(2): 149–154. (in Thai)

Laloknam, S., Bualuang, A., Boonburapong, B., Rai, V., Takabe, T., and Incharoensakdi, A. (2010). Salt stress induced glycine-betaine accumulation with amino and fatty acid changes in cyanobacterium *Aphanothece halophytica*. **Asian Journal of Food and Agro-Industry** 3(1): 25–34.

Laloknam, S., Kanchitanurak, P., Boonburapong, B., Rai, V., and Kongwitthaya, S. (2014). Inorganic and organic compounds of freshwater filamentous cyanobacteria under normal and salt stress conditions. **Journal of Chemistry and Chemical Engineering** 8: 1059–1067.

Meekaew, W., Kanthaprab, N., and Laloknam, S. (2010). Adaptation of plant under salinity. **Advanced Science Journal** 10(2): 28–37. (in Thai)

Peerapornpisal, Y. (2005). **Freshwater Algae in Northern Thailand.** Chiang Mai: Chotana Print, Chiang Mai. (in Thai)

Peerapornpisal, Y. (2006). **Phycology.** 2nd ed. Chiang Mai: Department of Biology, Faculty of Science, Chiang Mai University. (in Thai)

Sinha, A., and Srivastava, M. (2010). Biochemical changes in mungbean plants infected by mungbean yellow mosaic virus. **International Journal of Virology** 6(3): 150–157.

Teerapongthanakorn, S., and Lerdsupawithnapha, B. (2009). The comparative morphology, anatomy and physiology of salt tolerant and landrace rice cultivars under NaCl stress. **Ubon Ratchathani University Journal** 11(4): 1–10. (in Thai)

The Center for International Trade Studies [UTCC]. (2013). **The future of Thai rice**. Available from http://www.democratic-army.com/index.php/12-april-2013/17-2013-04-30-00-31-55, June 12, 2015.

Trakoonkamnerd, C., Intham, P., Jumrusruk, W., Kongchana, S., Danyuttasilp Y., Sirisopana, S., and Laloknam, S. (2012, May). Increasing the amount of oxygen

in the water from khlong Saen Saeb by cyanobacterium *Oscillatoria* sp. **Proceeding of The 6th Srinakharinwirot University National Conference**. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)