

บทที่ 5

อภิปราย สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการทดลองศึกษาการตอบสนองทางด้านสรีรวิทยา การเจริญเติบโตและการรอดชีวิต และการสะสม Na^+ และ K^+ ของข้าวไร่พันธุ์ต่างๆ ของไทยที่ยังไม่เคยมีการตรวจสอบเพื่อหาค่าคะแนนระดับความทนเค็มมาก่อน เมื่อปลูกข้าวระยะต้นกล้าในสารละลายธาตุอาหารสูตร Yoshida ที่ไม่มีเกลือและมีเกลือ 103 mM โดยมีข้าวพันธุ์ที่ทราบศักยภาพความทนเค็มที่ระดับต่างกัน 4 พันธุ์ คือ Pokkali (พันธุ์ทนเค็ม) KDML105 (พันธุ์ค่อนข้างอ่อนแอต่อความเค็ม) IR28 และ IR29 (พันธุ์อ่อนแอต่อความเค็ม) รวมทั้งข้าวพันธุ์ปรับปรุงพันธุ์ 1 เป็นข้าวชุดเปรียบเทียบ พบว่าเมื่อเลี้ยงต้นข้าวทั้งหมดในภาวะเค็มเป็นเวลา 10 วัน ข้าวพันธุ์ทนเค็ม Pokkali มีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 72 และมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งต้นและรากไม่แตกต่างกันระหว่างข้าวที่ได้รับเกลือและข้าวที่ปลูกในสารละลายที่ไม่มีเกลือซึ่งแสดงถึงศักยภาพและความสามารถในการปรับตัวของ Pokkali ต่อภาวะเกลือจากโซเดียมคลอไรด์ที่ได้รับ นอกจากนี้ยังพบว่าจากสภาวะเกลือที่ใช้ในการทดลองนี้ข้าวพันธุ์ 1 สามารถเจริญเติบโตได้และมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 65 ในขณะที่ IR28 IR29 และ KDML105 นั้นจากการตรวจสอบพบว่ามีอัตราการรอดต่ำและมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อได้รับภาวะเค็มแสดงให้เห็นว่าผลการตอบสนองของข้าวชุดควบคุมในการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการจัดกลุ่มข้าวทนเค็มของหน่วยปฏิบัติการค้นหาและใช้ประโยชน์ยีนข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และรายงานของสถาบัน IRRI (Gregorio และคณะ, 2002)

ดังนั้นในการตรวจสอบข้าวไร่ที่ยังไม่ทราบระดับความทนเค็มในงานวิจัยนี้จึงใช้ข้าว Pokkali เป็นพันธุ์เปรียบเทียบลักษณะของข้าวทนเค็ม ผลการทดลองพบว่าลักษณะภายนอกของข้าวที่ใช้ในการทดลองมีความแตกต่างกันเล็กน้อยระหว่างข้าวที่ได้รับเกลือและไม่ได้รับเกลือ ส่วนใหญ่จะมีการแห้งตายของใบและการเจริญเติบโตของใบและรากลดลง จากความเข้มข้นของเกลือ 103 mM ที่ใช้ในการทดลองนี้ข้าวพันธุ์ทนเค็ม Pokkali ที่ได้รับเกลือ 10 วันมีลักษณะใบแห้งสีน้ำตาลน้อย มีการเจริญเติบโตของส่วนยอดและรากใกล้เคียงชุดควบคุม ในขณะที่ IR29 มีลักษณะที่ตรงข้ามกับ Pokkali คือเมื่อได้รับความเค็ม IR29 มีการเจริญเติบโตน้อยมากและมีใบแห้งตายจำนวนมาก และจากการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักแห้งส่วนต้นและรากแยกกันพบว่ายกเว้น IR29 การเจริญเติบโตของต้นและรากในภาวะเค็มมีค่าใกล้เคียงกับข้าวที่ปลูกในสารละลายที่ไม่มีเกลือ แม้ว่าเมื่อดูจากลักษณะภายนอกของทั้งต้นและรากจะมีความแตกต่างกันบ้าง เช่น ข้าวไร่พันธุ์ ULR078 และ ULR284 ใบพืชส่วนใหญ่แห้งตาย และเมื่อดูที่รากพบว่าข้าวไร่บางพันธุ์มีการเจริญของรากได้น้อยเมื่อได้รับเกลือ เช่น ULR078, ULR284, KKU.ULR-T4 และ ULR159 ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากความเข้มข้นของเกลือในการทดลองนี้ไม่มากเกินไปที่จะส่งผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของพืชไม่มากนัก รวมทั้งระยะเวลาที่ได้รับเกลือเป็นเพียงระยะสั้น มีรายงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบของเอนไซม์ที่กำจัดสารอนุมูลอิสระ การสะสมโปรตีนและการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของข้าวที่มีความทนเค็ม Pokkali และข้าวที่อ่อนแอต่อความเค็ม-IR28 โดยใช้ระดับความเค็มของเกลือ 3 ระดับคือ 0, 60 และ 120 mM เป็นเวลา 7 วัน ในด้านการเจริญเติบโตของราก ผู้เขียนสรุปว่าการให้ความเค็มในระยะเวลาด้านๆ (short-term salt stress) ไม่สามารถส่งผลชัดเจนต่อความยาวรากได้ อย่างไรก็ตามพบว่า IR28 เมื่อได้รับความเค็มน้ำหนักแห้งรากของ IR28 ลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับการเจริญของราก Pokkali (Demiral และ Turkan, 2005) เช่นเดียวกับรายงานของ Zeng และคณะ (2001) ที่ศึกษาผลของความเค็มต่อการ

เจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเมื่อข้าวที่อยู่ระยะการเจริญต่างกันได้รับความเค็ม พบว่าเมื่อต้นข้าวได้รับความเค็มในช่วงก่อนการออกดอกจะทำให้น้ำหนักแห้งต้นลดลงอย่างชัดเจน ส่วนด้านผลผลิตพบว่าข้าวในระยะต้นกล้าที่มีใบ 3 ใบและข้าวก่อนออกดอกมีความอ่อนแอต่อความเค็มมาก ซึ่งถ้าข้าวในช่วงนี้ได้รับความเค็มจะทำให้ผลผลิตต่ำลง ดังนั้นในการปลูกข้าวจะต้องให้ความสำคัญกับช่วงระยะของการเจริญเติบโตของข้าวด้วย เพราะน้ำช่วยละลายเกลือที่ทำให้เกิดดินเค็มได้ งานวิจัยของ Zeng และคณะ (2003) ศึกษาการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเมื่อข้าวได้รับภาวะเค็มร่วมกับระดับน้ำความลึกแตกต่างกัน สรุปว่าระดับน้ำที่ต่ำเกินไปทำให้ความรุนแรงของความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตด้านน้ำหนักแห้งต้นและการรอดชีวิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งทำให้ข้าวมีผลผลิตลดลงด้วย ดังนั้นถ้าปลูกข้าวในภาวะดินเค็มตั้งแต่ช่วงต้นกล้าไปจนถึงก่อนออกดอกจะต้องมีการให้น้ำอย่างเพียงพอเพื่อลดความเป็นพิษจากความเค็ม เพราะเกลือที่อยู่ในดินสามารถละลายน้ำได้ดี ซึ่งน้ำสามารถช่วยลดรุนแรงของภาวะดินเค็มได้ (กรมการข้าว, 2551 และ Gregorio และคณะ, 2002)

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้มีการตรวจสอบลักษณะสำคัญอีก 1 ปัจจัยร่วมด้วยคือค่าระดับคะแนนความทนเค็ม การให้ค่าระดับคะแนนความทนเค็มโดยใช้การจัดระดับของ Gregorio และคณะ (1997) เป็นเกณฑ์ ซึ่งมีค่าคะแนน 1 คือทนเค็มค่อนข้างมาก 3 คือทนเค็ม 5 คือทนเค็มปานกลาง 7 คืออ่อนแอต่อความเค็มและ 9 คืออ่อนแอต่อความเค็มค่อนข้างมาก เมื่อพิจารณาค่าคะแนนเค็มร่วมกับอัตราการรอดชีวิตนั้นพบว่าในด้านอัตราการรอดชีวิตและค่าระดับคะแนนความทนเค็มของข้าวทุกพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองได้มีลักษณะการแสดงออกที่บ่งบอกได้ว่าได้รับผลกระทบจากความเค็ม จากข้าวทั้ง 13 พันธุ์ในการทดลองระยะที่สองพบว่ามีเพียง Pokkali และ ปทุมธานี 1 ที่จัดว่ามีค่าระดับคะแนนอยู่ในระดับข้าวทนเค็มได้ค่าคะแนนเท่ากับ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยข้าวสองพันธุ์นี้ยังมีอัตราการรอดชีวิตที่สูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ด้วยจากผลการทดลองพบว่าจากข้าวไร่ 10 พันธุ์มีอยู่ครึ่งหนึ่งที่มีค่าระดับคะแนนอยู่ในระดับข้าวทนเค็มปานกลางคือ ULR078, ULR192, ULR198, KKK.ULR076, และ KKK.ULR-T4 ซึ่งมีค่าคะแนนตั้งแต่ 4 ไปจนถึง 6 ส่วนอีกครั้งหนึ่งเป็นมีค่าคะแนนที่จัดว่าอ่อนแอต่อความเค็ม ซึ่งมีค่าคะแนนตั้งแต่ 7 ไปจนถึง 9 ซึ่งจัดกว่าใกล้เคียงกับ IR29 ซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากับ 9 แสดงให้เห็นว่าข้าวไร่บางพันธุ์มีแนวโน้มที่จะมีศักยภาพในการทนเค็ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ทนต่อความเค็มจะมีอัตราการรอดชีวิตสูงและสามารถเจริญเติบโตได้ใกล้เคียงข้าวที่ไม่ได้รับความเค็ม และการเจริญเติบโตดีจะส่งผลให้ได้ผลผลิตสูง อย่างไรก็ตามข้าวในระยะการเจริญที่แตกต่างกันจะมีความทนเค็มที่ต่างกัน อย่างไรก็ตามพบว่าข้าวบางพันธุ์ที่สามารถรอดได้เมื่อได้รับภาวะเค็ม อาจเป็นข้าวที่ไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควร กล่าวคือสามารถรอดชีวิตได้แต่เจริญเติบโตน้อย ทำให้น้ำหนักแห้งต้นและรากน้อย ส่วนบางพันธุ์ที่มีอัตราการรอดสูงรวมทั้งน้ำหนักแห้งต้นและรากมากด้วย

อย่างไรก็ตามในการตรวจสอบความสามารถความทนเค็มต้องพิจารณาการตอบสนองของพืชในหลายๆด้านร่วมกัน รวมทั้งต้องคำนึงถึงการรักษาสสมดุลของไอออนภายในเซลล์ซึ่งเป็นกลไกที่สำคัญในการปรับตัวของพืชด้วย (Ashraf และ Harris, 2004; Zhou และคณะ, 2009) พืชมีกลไกภายในไซโทพลาสซึมของเซลล์ที่จะพยายามให้มีความเข้มข้นของ Na^+ ภายในเซลล์ต่ำแต่เพิ่มการสะสม K^+ ซึ่งจะทำให้ค่าสัดส่วนระหว่าง Na^+ ต่อ K^+ มีค่าต่ำ โดยค่านี้จัดเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดค่าหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงศักยภาพในความทนทานต่อภาวะเค็มของพืชร่วมกับลักษณะอาการภายนอกของพืชได้ (Gregorio และคณะ, 1997; Zhu, 2002; Aleman และคณะ, 2009; Summart และคณะ, 2010) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้

ดำเนินการต่อในการหาอัตราส่วนของ Na^+ ต่อ K^+ ที่สะสมในต้นข้าว แล้วนำข้อมูลที่ได้มาใช้ประเมินผลความทนเค็มของข้าวไร่ที่ตรวจสอบร่วมกับปัจจัยอื่นๆ

เมื่อพิจารณาจากปริมาณการสะสม Na^+ , K^+ และสัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ ในส่วนต้น และส่วนราก พบว่า Pokkali ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ทนเค็มมีการสะสมไอออนที่เป็นไปตามหลักการคือที่มีการสะสมธาตุ Na^+ น้อย แต่เพิ่มการสะสม K^+ มากขึ้น ส่งผลให้มี Pokkali ที่ได้รับความเค็มมีสัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ ต่ำ ในทางตรงกันข้าม IR 29 พันธุ์ที่มีความอ่อนแอต่อความเค็ม มีการสะสมธาตุ Na^+ มาก แต่มีการสะสม K^+ น้อย ส่งผลให้มีสัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ สูง และเมื่อพิจารณาการสะสม Na^+ , K^+ และสัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ ในส่วนต้น และส่วนราก ของข้าวแต่ละพันธุ์เทียบกับ Pokkali พบว่าข้าวพันธุ์ที่มีการแสดงออกไปในทางเดียวกับ Pokkali คือ ULR 198, ULR 192, ULR 159, ULR 234 รวมทั้ง ปทุมธานี 1 ส่วนพันธุ์ที่แสดงออกว่าไม่สามารถควบคุมปริมาณไอออนภายในเซลล์ให้สมดุลได้เมื่อได้รับความเค็มจากเกลือหรือมีแนวโน้มการแสดงออกไปในทิศทางเดียวกับ IR29 ได้แก่ KKU.ULR076, KKU.ULR198, KKU.ULR-T4, ULR152, ULR078 และ ULR284 ที่พบว่ามีสัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ ในส่วนต้นสูงที่สุดเมื่อเทียบกับทั้งข้าวไร่พันธุ์อื่น จากข้อมูลการสะสมไอออนอาจกล่าวได้ว่าข้าวไร่ที่มีสัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ ในส่วนต้นต่ำที่สุดซึ่งแสดงว่ามีการจัดการไอออนได้ดีมากคือ ULR 198 และในส่วนรากคือ ULR 198 ใกล้เคียงกับ KKU.ULR076

จะเห็นได้ว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีลักษณะการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งหากต้องการแบ่งกลุ่มข้าวตามการตอบสนองต่อความเค็มในระยะต้นกล้าสำหรับการวิจัยนี้ ควรตรวจสอบลักษณะต่างๆร่วมกัน โดยลักษณะที่ใช้ในการจัดกลุ่มข้าว 13 พันธุ์ในการวิจัยนี้จะเลือกลักษณะที่มีข้อมูลที่มาจากจำนวนข้าวอย่างน้อย 3 ซ้ำและมีการวิเคราะห์ผลทางสถิติได้ ทำให้ได้ปัจจัยทั้งหมด 7 ปัจจัย คือ (1) น้ำหนักแห้งต้น (2) น้ำหนักแห้งราก (3) ปริมาณ Na^+ ส่วนต้น (4) ปริมาณ K^+ ส่วนต้น (5) สัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ (6) อัตราการรอดเมื่อได้รับเกลือ 10 วัน และ (7) ค่าระดับคะแนนความทนเค็มเมื่อได้รับเกลือ 10 วัน ซึ่งจากตารางที่ใช้ในการกำหนดค่าของแต่ละปัจจัยจะเห็นได้ว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องและเป็นดัชนีในการบ่งบอกความทนเค็ม (ตารางที่ 4.7) คือ 1.1, 2.1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.2 และ ค่าคะแนนเค็มตัวเลขน้อยหมายความว่า จากการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ปัจจัยที่บ่งบอกว่าข้าวที่มีศักยภาพในการทนเค็มคือ

1. น้ำหนักแห้งต้นและน้ำหนักแห้งรากที่ไม่แตกต่างกันระหว่างข้าวที่ได้รับเกลือและข้าวที่ปลูกในภาวะที่มีเกลือ
2. การสะสม Na^+ ในต้นปริมาณน้อยข้าวที่ได้รับเกลือทำให้ค่าที่ได้ไม่แตกต่างกันระหว่างข้าวที่ได้รับเกลือและข้าวที่ปลูกในภาวะที่มีเกลือ
3. การสะสม K^+ ได้มากใกล้เคียงกับข้าวที่ไม่ได้รับเกลือ เพราะจากข้อมูลที่ได้ข้าวที่ไม่ได้รับเกลือมีการสะสม K^+ ได้มากและข้าวที่ปลูกในภาวะเค็มควรมีการสะสมได้ใกล้เคียงกัน
4. สัดส่วน Na^+ ต่อ K^+ มีค่าต่ำใกล้เคียงกันระหว่างข้าวที่ได้รับเกลือและข้าวที่ปลูกในภาวะที่มีเกลือ ซึ่งจะหมายถึงการควบคุมปริมาณไอออนของธาตุได้ดีเมื่อข้าวได้รับภาวะเครียดจากความเค็ม
5. ข้าวที่มีศักยภาพในการทนเค็มควรมีอัตราการรอดสูง ในการวิจัยนี้ได้กำหนดอัตราการรอดไว้ที่ว่าจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 50 สำหรับค่าคะแนนเค็มต้องได้ระดับค่าคะแนนที่น้อย ซึ่งหมายถึงได้รับผลกระทบจากความเค็มน้อยกว่า

จากดัชนีข้างต้นสามารถจัดกลุ่มข้าว 13 พันธุ์ได้เป็น 3 กลุ่มคือกลุ่มที่ 1 ทนเค็มมาก ได้แก่ ปทุมธานี1, KKU.ULR076, ULR198 และ Pokkali ซึ่งจัดว่าเป็นพันธุ์ทนเค็ม กลุ่มที่ 2 ทนเค็มปานกลาง ได้แก่ KKU.ULR198, ULR192, และ ULR078 กลุ่มที่ 3 กลุ่มอ่อนแอต่อความเค็ม ได้แก่ ULR284, KKU.ULR-T4, ULR159, ULR234, ULR152 และ IR29 ที่จัดว่าเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อความเค็ม โดยจากการทดลองทั้งสองระยะได้ผลไปในทิศทางเดียวกันคือในระยะที่หนึ่งทำการทดสอบในข้าวทั้งหมด 34 พันธุ์ในการทดลองลักษณะเดียวกับการทดลองในระยะที่สอง จากนั้นได้มีการจัดกลุ่มเบื้องต้นโดยใช้ปัจจัยได้แก่ น้ำหนักแห้งต้นและราก อัตราการรอดชีวิต และลักษณะภายนอกของพืชที่แปลผลออกมาเป็นค่าระดับคะแนนความเค็ม พบว่าข้าวไร้ที่จัดอยู่ในกลุ่มทนเค็มที่มีการตอบสนองใกล้เคียงกับ Pokkali มี 2 พันธุ์คือ KKU.ULR076 และ KKU.ULR198

แสดงให้เห็นว่าเมื่อตรวจสอบลักษณะต่างๆร่วมกันพันธุ์ทนเค็ม Pokkali, ข้าวไร้ KKU.ULR076, ULR198, ปทุมธานี1 มีการตอบสนองโดยรวมต่อภาวะเค็มได้ดี ส่วนพันธุ์ที่อ่อนแอต่อความเค็ม ซึ่งก็คือข้าวในกลุ่มที่ 3 มีความอ่อนแอต่อความเค็มและได้รับผลกระทบจากอิออนของ Na^+ ได้มากกว่ากลุ่มอื่นๆ ทำให้มีการสะสมเกลือโซเดียมที่ลดลงรวมทั้งมีอัตราการรอดต่ำ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Cha-Um และคณะ (2009) ที่พบว่าเมื่อเปรียบเทียบต้นกล้าข้าวพันธุ์ทนและพันธุ์อ่อนแอต่อความเค็มที่ปลูกในภาวะเค็มร่วมกับความเป็นกรดหรือด่างจัดนั้น พันธุ์อ่อนแอมีปริมาณรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลงส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสงต่ำลง ทำให้ข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตในด้านความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบลดลงอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับ Clermont-Dauphin และคณะ, 2010) ที่รายงานว่าภาวะเครียดจากการขาดน้ำและความเค็มสามารถส่งผลกระทบต่อผลผลิตของข้าว รวมทั้งคุณภาพเมล็ดข้าว และจากการทดลองปลูกข้าวในสภาวะธรรมชาติในพื้นที่ภาคเหนือของไทยซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มักประสบปัญหาภัยแล้งและความเค็มร่วมด้วยเล็กน้อย ผู้วิจัยกล่าวว่าการขาดน้ำทำให้ได้ผลผลิตลดลงร้อยละ 87 และภาวะเค็มเล็กน้อยทำให้ผลผลิตลดลงร้อยละ 20 และแม้ว่าพื้นที่ดังกล่าวจะมีปัญหาทั้งภาวะขาดน้ำและเค็มร่วมกันก็ยังทำให้ได้รับผลผลิตอย่างต่อเนื่องได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการช่วยเหลือเกษตรกร ควรจะต้องมีการช่วยเหลือและแนะนำในเรื่องระบบการจัดการนาข้าวอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

1. เมื่อได้ข้าวไร้พื้นเมืองที่ทราบศักยภาพความทนเค็มแล้ว ควรนำศึกษาลงในรายละเอียดของการตอบสนองของข้าวพื้นเมืองไทยต่อไป เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงพันธุ์ข้าว
2. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการให้สารประกอบ โปรตีน ฮอโมน หรือธาตุอาหารบางชนิดจากภายนอกใส่ให้กับพืช เพื่อช่วยให้พืชสามารถดำรงชีวิตได้ในช่วงที่ได้รับภาวะเครียดจากภาวะเค็ม เนื่องจากการที่เราไม่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมได้ เช่น การให้สารประกอบ spermidine, spermine, การฉีดพ่น ABA หรือการใส่ปุ๋ยบางชนิดเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้พืชมีความทนต่อความเค็มได้ดีขึ้น