# บทที่ 4

## อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์พืชเพื่อให้เหมาะสมต่อภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมนับเป็นสิ่งที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง การที่พืชสามารถปรับตัวให้อยู่รอดในสภาวะที่ไม่เหมาะสมนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ทั้งลักษณะโครงสร้างภายนอก และโครงสร้างภายใน ตลอดจนลักษณะทางสรีรวิทยา ข้าวกข23 สายพันธุ์ทนเค็มที่ศึกษาในโครงการนี้ ได้คัดเลือกมาจาก somaclonal variation ที่เกิดขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อในระดับเซลล์และแคลลัส และได้คัดเลือกต่อในรุ่นลูก ในระยะกล้าข้าว 5-6 ใบ โดยการเติม NaCl 0.5% ลงในน้ำปุ๋ย WP สูตรดัดแปลง No.2 งานวิจัยนี้ได้ศึกษาต่อจากทิพยวรรณ ธนไพศาล(2534) ซึ่งสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การเจริญเมื่ออยู่ในภาวะเค็ม

1.1 อัตราการรอดตายของข้าวเมื่อใช้ NaCl 0.5% ในรุ่นที่ 1-9 พบว่าข้าวสายพันธุ์ RD23TC4, RD23TC28, RD23TC75, RD23TC95 และRD23TC110 จะเสถียรตั้งแต่รุ่นที่ 2 ยกเว้นสายพันธุ์ RD23TC7 ที่มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆและเสถียรในรุ่นที่ 4 (ตารางที่35) ในการทดสอบอัตราการรอดตายตั้งแต่รุ่นที่1-5 (R1-R5) ทดสอบโดยทิพยวรรณ (2534) ในรุ่นที่ 6 ได้ทำการคัดเลือกเช่นกันโดยศ.กิตติคุณ ดร.ถาวร วัชราภัยแต่ไม่ได้บันทึกผลการทดลอง

1.2 อัตราการรอดตายของข้าวเมื่อใช้ NaCl 0.3 และ 0.5% ค่าการนำกระแสไฟฟ้าของสารละลายปุ๋ย W.P สูตรดัดแปลง .No.2 ที่เติม NaCl 0.3% วัดได้ 6 mmho/cm และที่ NaCl 0.5% วัดได้ 9 mmho/cm เมื่อกล้าข้าวระยะ 5-6 ใบ พบว่าสายพันธุ์ทนเค็มที่คัดเลือกได้ทั้ง 6 สายพันธุ์มีอัตราการรอดตายสูงกว่าสายพันธุ์หลักซึ่งใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบดังแสดงไว้ในตารางที่ 36 อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

สายพันธุ์ทนเค็มที่มีอัตราการรอดตายสูงสุดคือ RD23TC7 ซึ่งรอดตายเมื่อมี NaCl 0.5% สูงถึง 55% ขณะที่สายพันธุ์หลักรอดเพียง 5.33% เท่านั้น และเมื่อลด NaCl ลงเป็น 0.3% อัตราการรอดตายสูงขึ้นถึง 77.66% แต่สายพันธุ์หลักก็รอดตายสูงด้วยเช่นกันคือ 43.33%

**ตารางที่ 35** อัตราการรอดตายของข้าวสายพันธุ์ทนเค็มที่ได้รับ NaCl 0.5% ในรุ่นที่1-9 (R7-R9 เฉลี่ยจากการคัดเลือกสายพันธุ์ละ 100 ต้น)

| พันธุ์ | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 | R8 | R9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RD23TC4 | 28.3 | 28 | 20 | 21.6 | 20.7 | - | 26 | 35 | 23 |
| RD23TC7 | 33.2 | 38.7 | 42.5 | 48.8 | 53.4 | - | 55 | 61 | 49 |
| RD23TC28 | 29.3 | 37.1 | 38.8 | 32.5 | 30.1 | - | 30 | 37 | 33 |
| RD23TC75 | 3.1 | 25 | 26 | 25.8 | 27.1 | - | 26 | 33 | 35 |
| RD23TC95 | 17.2 | 25 | 27.1 | 27.3 | 31.2 | - | 36 | 41 | 38 |
| RD23TC110 | 11.5 | 18.8 | 18.1 | 17.3 | 19.1 | - | 22 | 25 | 21 |
| พันธุ์หลัก | 4 | 3.2 | 2.9 | 3.2 | 3.1 | - | 5 | 5 | 6 |

หมายเหตุ รุ่น R1-R5 ตามทิพยวรรณ ธนไพศาล (2534) รุ่น R6 โดย ศ.กิตติคุณ ดร.ถาวร วัชราภัย (ไม่ได้เก็บข้อมูล) รุ่น R7 - R9 เป็นผลที่ได้ในการวิจัยนี้

**ตารางที่ 36** อัตราการรอดตายเฉลี่ยใน 3 รุ่น (R7-R9) เมื่อปลูกในสารละลายปุ๋ยที่เติม NaCl 0.3 และ 0.5% แต่ละรุ่นใช้ค่าเฉลี่ยจาก 100 ต้น (รวม 3 รุ่น = 300 ต้น)

| สายพันธุ์ | อัตราการรอดตายเมื่อความเข้มข้นของ NaCl ที่ระดับต่างๆ | | |
|---|---|---|---|
| | 0% | 0.3% | 0.5% |
| RD23TC7 | 100 | 77.66 | 55.0 |
| RD23TC95 | 100 | 72.66 | 38.0 |
| RD23TC28 | 100 | 63.33 | 33.33 |
| RD23TC75 | 100 | 72.66 | 31.33 |
| RD23TC4 | 100 | 74.33 | 28.0 |
| RD23TC110 | 100 | 74.66 | 22.66 |
| สายพันธุ์หลัก | 100 | 43.33 | 5.33 |

ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าพิษของ $Na^+$ และ $Cl^-$ ในสารละลายปุ๋ยที่มีความเข้มข้นของ NaCl สูง (0.5%) มีผลต่อต้นข้าวสูงกว่าเมื่อความเข้มข้นของ NaCl ต่ำ (0.3%) โดยอัญชลี แพทย์อุดม (2522) และ ศักดิ์ดา ศิริโสภณ (2529) ได้ทดลองปลูกข้าวหลายสายพันธุ์ในสารละลายที่เติม NaCl พบว่าต้นข้าวเหล่านั้นมีการสะสม $Na^+$ และ $Cl^-$ โดยเริ่มสังเกตเห็นพิษของไอออนทั้งสองในสัปดาห์ที่ 2 และรุนแรงขึ้นในสัปดาห์ที่ 3 ซึ่งได้ผลตรงกับงานวิจัยนี้ และพบว่าต้นที่รอดตายจะเริ่มแสดงอาการปกติเมื่อใบใหม่เจริญ

1.3 เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการเช่น ความเป็นพิษของ NaCl ต่อใบข้าว ความสูง พื้นที่ใบ และความยาวราก รวมทั้งลักษณะอื่นๆ ได้แก่ลักษณะของราก ( รูปที่ 6 และ 7 ) พบว่า สายพันธุ์ทนเค็มทั้ง 6 สายพันธุ์ได้ผลกระทบจากNaCl ทั้ง 2 ระดับน้อยกว่าสายพันธุ์หลักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อนำต้นข้าวที่ผ่านภาวะเค็มมาปลูกต่อในภาวะปกติ พบว่าพื้นที่ใบของข้าวทนเค็ม ส่วนใหญ่จะมีพื้นที่ใบมากกว่าสายพันธุ์หลัก ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตสูงกว่า

1.4 เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของสายพันธุ์ต่างๆ เช่น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง การแตกกอ อายุวันออกดอก จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก1000เมล็ด เมื่อปลูกในภาวะที่มี NaCl พบว่าสายพันธุ์ทนเค็มทั้ง 6 สายพันธุ์เจริญได้ดีกว่าสายพันธุ์หลักอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งยังพบว่าสายพันธุ์ทนเค็มนี้มีน้ำหนัก1000เมล็ดดีพอๆกับเมื่อไม่ผ่านภาวะเค็ม

1.5 เมื่อศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของสายพันธุ์ทนเค็มเมื่ออยู่ในภาวะเค็ม โดยศึกษาการสะสมโพรลีนและน้ำตาล พบว่าในภาวะปกติข้าวมีการสะสมโพรลีนและน้ำตาลอยู่ในระดับหนึ่ง และเมื่อนำกล้าข้าวมาปลูกในสภาพที่มี NaCl (0.3%) ทุกสายพันธุ์มีการสะสมโพรลีนและน้ำตาลสูงขึ้นจากภาวะปกติโดยเฉพาะสายพันธุ์ทนเค็ม พบว่าส่วนใหญ่มีการสะสมโพรลีนและน้ำตาลสูงขึ้นจากภาวะปกติมาก โดยเฉพาะน้ำตาล ซึ่งผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการที่สายพันธุ์เค็มสามารถเจริญได้ในสภาพที่มี NaCl สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sabu และคณะ (1995) ที่พบว่าปริมาณของโพรลีนเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในสารละลาย Lin และ Kao (1995) รายงานว่าการสะสมน้ำตาล (sucrose , fructose และ glucose) เพิ่มขึ้นจะช่วยลดอิทธิพลของ NaCl ซึ่งยับยั้งการเจริญของยอดและรากข้าว แต่ในกรณีของโพรลีนนั้น Lutts และคณะ(1996) เชื่อว่ากลไกในการปรับค่าออสโมติกของข้าวในระยะนี้ไม่น่าจะเกี่ยวข้องกับ

โพรลีน แต่น่าจะเกี่ยวข้องกับโปรตีนตัวอื่น หรือสารประกอบคาร์โบไฮเดรตและ glycinebetiane อย่างไรก็ดี ในต้นยาสูบที่ได้รับการถ่ายยีน $\Delta^{1}$ – Pyrroline-5-carboxylate synthetase ซึ่งทำให้ต้นพืช Transgenic ที่ได้มีการสะสมโพรลีนสูงกว่าพืชปกติทั้งในภาวะปกติ และภาวะที่ได้รับ water stress นั้น สามารถเจริญเติบโตในภาวะเค็ม ( ความเข้มข้นของเกลือ 0.4M NaCl ) ได้ดีกว่าต้นยาสูบที่ไม่ได้รับการถ่ายยีน (Kavikishor et al. , 1995)

2. การเจริญของข้าวสายพันธุ์ทนเค็มเมื่ออยู่ในภาวะแล้ง

2.1 เมื่อนำสายพันธุ์ทนเค็มทั้ง 6 สายพันธุ์มาปลูกในภาวะแล้งโดยใช้ PEG6000 เป็นตัวจำลองภาวะแล้ง ในปริมาณ 150 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าสายพันธุ์ทนเค็มทุกสายพันธุ์มีอัตราการรอดตายสูงเมื่ออยู่ในภาวะแล้ง โดยรอดตายสูงกว่าสายพันธุ์หลักถึง 9-12 เท่า ในขณะที่สายพันธุ์หลักรอดตายเพียง 5-6 % แต่สายพันธุ์ทนเค็มรอดตายสูงถึง 45-69 % โดยสายพันธุ์ที่รอดตายสูงสุดคือ RD23TC7

2.2. เมื่อศึกษาถึงการเจริญด้านอื่นเช่นความสูงและความยาวราก พบว่าความสูงของทุกสายพันธุ์ไม่ต่างกันแต่สายพันธุ์ทนเค็มทุกสายพันธุ์มีระบบรากยาวกว่าสายพันธุ์หลัก และเมื่ออยู่ในภาวะแล้งรากของสายพันธุ์ทนเค็มสามารถเจริญได้ยาวยิ่งขึ้นกว่าเมื่ออยู่ในภาวะปกติ ในขณะที่สายพันธุ์หลักไม่มีคุณสมบัตินี้ ตัวอย่างเช่น RD23TC28 มีรากยาว 7.12 เซนติเมตร ในสัปดาห์ที่ 4 แต่เมื่ออยู่ในภาวะเค็มรากยาวขึ้นถึง 9.34 เซนติเมตร คือยาวเพิ่มขึ้นถึง 31.18 % ขณะที่สายพันธุ์หลักยาว 6 เซนติเมตร ในภาวะปกติและ 6.76 เซนติเมตรในภาวะแล้ง การที่รากยาวขึ้นเมื่ออยู่ในภาวะแล้งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้พืชสามารถอยู่รอดได้ในภาวะแล้ง เนื่องจากพืชสามารถหยั่งรากลงไปในดินได้ลึกจากผิวดิน จึงเป็นการเพิ่มโอกาสที่จะนำน้ำที่อยู่ในระดับลึกมาใช้ได้ ซึ่ง Jordan และคณะ (1983) กล่าวว่าภาวะแบบนี้เป็นการหลีกเลี่ยงภาวะขาดน้ำ Passioura (1982) กล่าวว่าลักษณะของรากที่ยาวและแตกแขนงได้มากเป็นลักษณะสำคัญที่ช่วยให้พืชสามารถลำเลียงน้ำจากใต้ดินไปยังยอดได้ดีขึ้น ซึ่งสนับสนุนทฤษฎีการทนแล้งของพืช

ในด้านผลผลิตอื่นๆเมื่อพืชอยู่ในภาวะขาดน้ำ โดยปกติการเจริญจะลดลง ทั้งนี้เพราะน้ำมีผลต่อการเจริญของพืชโดยตรง ทั้งเป็นส่วนประกอบของเซลล์ เป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงและการย่อยแป้ง เป็นตัวทำละลายของเกลือแร่และน้ำตาล ตลอดจนช่วยในการ

ลำเลียงสารจากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่งและเป็นส่วนประกอบสำคัญในการเต่งของเซลล์ (Taiz and Zeiger, 1991)

การทดลองนี้พบว่าสายพันธุ์ทนเค็มเมื่อปลูกในภาวะขาดน้ำ มีการเจริญของส่วนต่างๆดีกว่าสายพันธุ์หลักแต่ก็ต่ำกว่าภาวะปกติ แต่เมื่อดูคุณสมบัติของเมล็ด โดยการศึกษาน้ำหนักต่อ1000เมล็ด พบว่าแม้จะเจริญในภาวะแล้งน้ำหนักของเมล็ดยังดีอยู่แม้ว่าผลผลิตต่อกอจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Classen และ Shaw (1970) ซึ่งทดลองในข้างโพด

2.3 ผลการศึกษาการสะสมโพรลีนและน้ำตาลเมื่ออยู่ในภาวะแล้งพบว่าสูงกว่าเมื่อข้าวอยู่ในภาวะปกติโดยการสะสมนี้จะเริ่มตั้งแต่สัปดาห์แรกและเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นซึ่งเชื่อว่าโพรลีนและน้ำตาลมีผลทำให้มีความทนทานต่อภาวะภาวะแล้งสูงขึ้น พบว่าสายพันธุ์ทนเค็มมีการสะสมโพรลีนมากกว่าสายพันธุ์หลัก 2-4 เท่าและ 4.2 เท่าในน้ำตาล ซึ่งงานวิจัยนี้สอดคล้องกับงานของวรัญญา คำปัน (2541) Thirapom และ Udomparsert (1994)., Argandona และ Pahlich (1991)

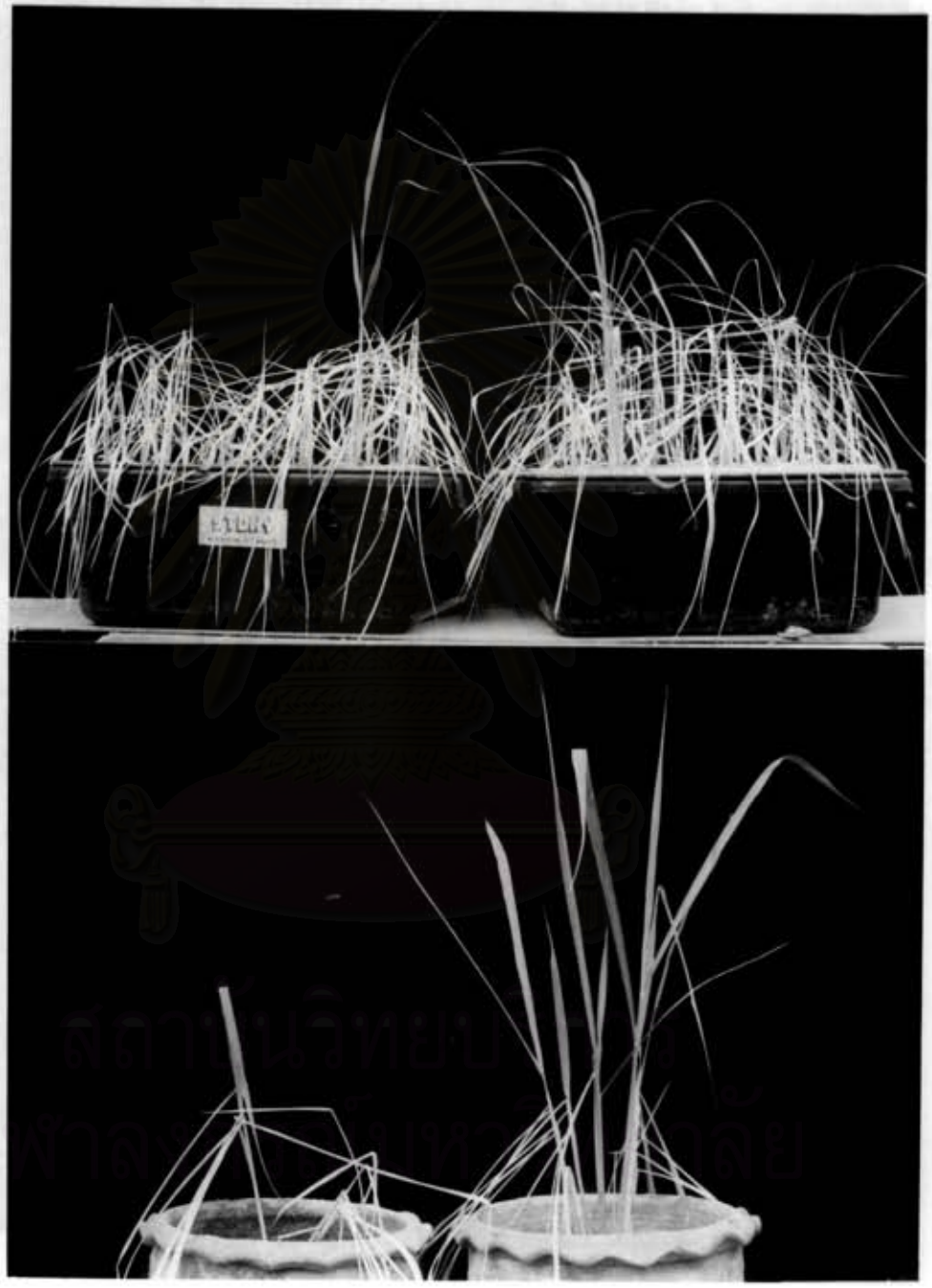
โดยสรุปคือข้าวสายพันธุ์ทนเค็มที่ศึกษานี้มีความสามารถในการทนแล้งได้ดีขึ้นด้วย และความยาวของรากในสภาวะเค็มและแล้งสามารถใช้เป็นดัชนีอย่างหนึ่งที่อาจใช้เป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาในการคัดเลือกสายพันธุ์ทนเค็มและทนแล้งด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

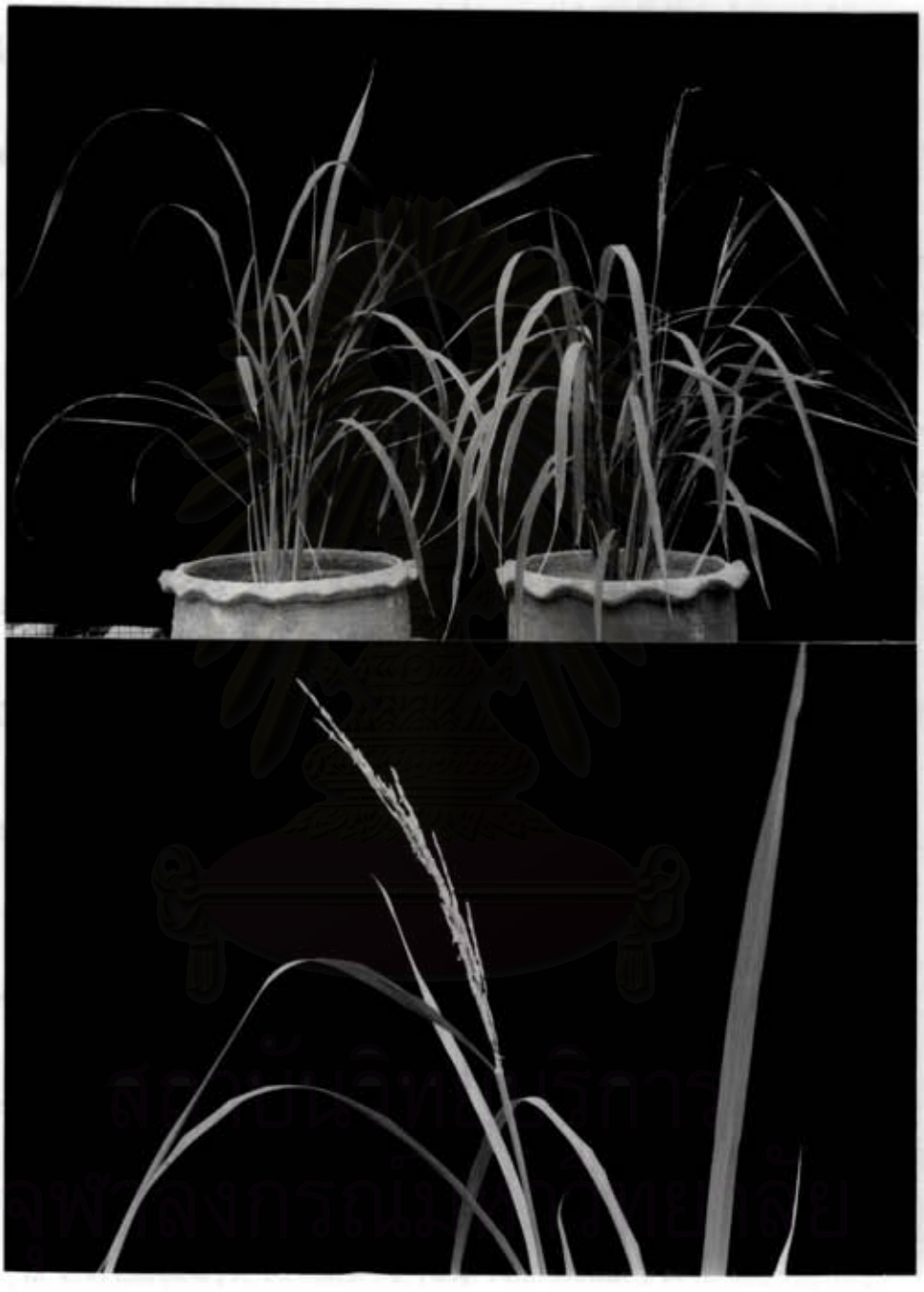
**รูปที่6** การเจริญของรากเมื่อได้รับ NaCL 0.3%

สายพันธุ์หลัก RD23TC95 RD23TC7

**รูปที่7** การเจริญของรากเมื่อได้รับ NaCl 0.3% ที่อายุ 50 วัน



**รูปที่** 8. การเจริญของข้าวที่ได้รับ NaCl 0.5% เป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำมาปลูกในภาวะปกติ



**รูปที่9** ลักษณะของข้าว RD23TC110 ที่ออกดอกเร็ว (93 วัน)