การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มที่เจริญจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ

นางสาวทิพยวรรณ ธนไพศาล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาพฤกษศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2534
ISBN 974-579-129-6
ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SCREENING OF SALT TOLERANT RICE REGENERATED FROM TISSUE CULTURE

Miss Thippayawan Thanapaisal

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science

Department of Botany

Graduate school

Chulalongkorn University

1991

ISBN 974-579-129-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มที่เจริญจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ
โดย	นางสาว ทิพยวรรณ ธนไพศาล
สาขาวิชา	พันธุศาสตร์
ภาควิชา	พฤกษศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ มนทกานติ วัชราภัย
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ มนทกานติ วัชราภัย)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี จันทรสนิท)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทิพยวรรณ ธนไพศาล : การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มที่เจริญจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (SCREENING OF SALT TOLERANT RICE REGENERATED FROM TISSUE CULTURE) อ. ที่ปรึกษา : รศ.มนทกานติ วัชราภัย, ศ.ดร.ถาวร วัชราภัย, 102 หน้า. ISBN 974-579-129-6

ศึกษาความทนเค็มของข้าวกลุ่ม Indica 8 พันธุ์คือ กข25 กข23 กข8 ขาวดอกมะลิ105 นางมล เอส-4 เหนียวสันป่าตอง เหลืองประทิว123 และขาวตาแห้ง17 (ซึ่งได้มาจากโครงการ New Varieties of Rice for Saline and Acid Soil Through Tissue Culture ที่กระตุ้นให้เกิดต้นทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยอาหารที่เติม NaCl 0% 1% และ 2% R_0 เป็นต้นที่เกิดจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อในหลอดทดลอง และ R_1 เป็นลูกของ R_0 การวิจัยนี้เริ่มตั้งแต่ R_2 - R_5 โดยคัดเลือกสายพันธุ์ที่เกิดจาก somaclonal variation ด้วยการเติม NaCl 0.5% ในสารละลายธาตุอาหาร ทำให้มีค่าความนำไฟฟ้า 9-10 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตรที่ 25 องศาเซลเซียส เริ่มคัดเลือกเมื่อต้นกล้ามี 5 ใบของ R_2 ด้วยวิธี hydroponic เป็นเวลา 4 สัปดาห์ นำต้นรอดตายปลูกเก็บเมล็ดในดินปกติ แล้วคัดเลือกรุ่นต่อไปด้วยวิธีเดียวกันจนถึง R_5 ได้ผลการทดลองดังนี้

การคัดเลือกในระยะกล้าจาก R_2 ทั้งหมด 322 สายพันธุ์ พบว่ามีต้นรอดตายถึง R_5 จำนวน 172 สายพันธุ์ (53.4%) ในจำนวนนี้มี 3 พันธุ์มีอัตราการรอดตายสูงมากในชั่วอายุที่ 5 (R_5) คือ เหลืองประทิว123 (รอดตาย 89.7%) ขาวดอกมะลิ105 (54.0%) และ กข23 (53.4%) ซึ่งเป็นกลุ่มที่รอดตายเกิน 50% รองลงมาคือ ขาวตาแห้ง17 กข25 นางมล เอส-4 เหนียวสันป่าตองและ กข8 อัตราการรอดตายที่ดีที่สุดของแต่ละพันธุ์ในชั่วอายุที่ 5 คือ 18.0% 17.8% 17.4% 17.1% และ 13.0% ตามลำดับ ในขณะที่กลุ่มเปรียบเทียบของทุกพันธุ์มีอัตราการรอดตายเฉลี่ย 3.1% และพบว่าสายพันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุดของแต่ละพันธุ์ ส่วนมากได้มาจากการคัดเลือกในหลอดทดลองในระยะแคลลัสด้วยการเติม NaCl 1% และเติม NaCl 2% แต่ยังมีสายพันธุ์ที่รอดตายสูงสุดของนางมล เอส-4 และเหนียวสันป่าตองที่ได้จากการเลี้ยงที่ไม่มีการคัดเลือกด้วย NaCl ในหลอดทดลอง

การวิเคราะห์ปริมาณไอออนในรากและใบ พบว่าการเพิ่ม NaCl 0.5% ในสารละลายธาตุอาหารมีผลให้ข้าวทุกพันธุ์สะสม Na^+ และ Cl^- สูงขึ้น ซึ่งสายพันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุดมีการสะสมต่ำที่สุด ส่วนการสะสม K^+ และ Ca^{++} ของทุกสายพันธุ์ลดลงเล็กน้อยในระดับเท่าๆ กัน

ผลการทดสอบความทนเค็มของ F_1 ซึ่งเป็นลูกผสมสลับระหว่างสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ จากพันธุ์เหลืองประทิว123 (R_5 - LPT123 TC-171) กับต้นที่เพาะจาก breeder seed พบว่าลูกผสมมีอัตราการรอดตาย 65.7% (เมื่อต้นจาก breeder seed เป็นพ่อ) และ 57.1% (เมื่อต้นจาก breeder seed เป็นแม่) จึงเชื่อว่ายีนที่ควบคุมความทนเค็มในข้าวพันธุ์นี้เป็นยีนที่อยู่ในนิวเคลียส ซึ่งแสดงออกเป็นแบบ incomplete dominance ที่เกิดจากสภาพ heterozygous ของยีนในตำแหน่งเดียว (ซึ่งอาจเป็น single gene หรือ multiple allele) หรือเกิดจากยีนหลายตำแหน่ง (polygene) ก็ได้

การตรวจนับโครโมโซมในรากของต้นจากสายพันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุดของทุกพันธุ์ พบว่าทุกต้นมีโครโมโซม 2n=24 เท่ากับต้นที่เพาะจากbreeder seed ดังนั้นคาดว่ามิวเตชันที่เกิดขึ้นเป็นมิวเตชันในระดับยีน

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พันธุศาสตร์

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

THIPPAYAWAN THANAPAISAL : SCREENING OF SALT TOLERANT RICE REGENERATED FROM TISSUE CULTURE, THESIS ADVISOR : ASS. PROF. MONTAKAN VAJRABHAYA, PROF. THAVORN VAJRABHAYA, Ph.D, 102 PP. ISBN 974-579-129-6

Studies on salt tolerance of 8 indica rice cultivars; RD25, RD23, RD8, Khao Dawk Mali 105, Nahng Mon S-4, Niaw San-pah-tawng, Leuang Pra-tew 123, and Khao Tah Haeng 17 obtained from the research project "New Varieties of Rice for Saline and Acid Soil Through Tissue Culture", which used tissue culture in combination with NaCl 0%, 1% and 2% as a mean of inducing somaclonal variation. R_0 refers to the regenerants obtained through tissue culture and R_1 refers to the progenies of R_0. These studies were made on R_2 through R_5 by mainly selecting of somaclonal variants using 0.5% NaCl in nutrient solution giving electrical conductivity 9-10 mmho/cm at 25°C. The selection began when the R_2 seedlings attained 5-leaf stage using hydroponic culture method for four weeks, the survivors were planted in ordinary soil for seed production and the procedures were repeated to R_5.

The selection in the seedling stage of 322 lines of R_2, 172 lines (53.4%) survived through R_5. Of these, three lines were found to be high tolerance; Leuang Pra-tew 123 (89.7% survival), Khao Dawk Mali 105 (54.0%) and RD23 (53.4%), which the survivors exceeded 50%. The other less tolerant lines were Khao Tah Haeng 17, RD25, Nahng Mon S-4, Niaw San-pah-tawng and RD8, which the survival rates in the R_5 were 18.0%, 17.8%, 17.4%, 17.1% and 13.0% respectively. The average survival rate of all control cultivars were 3.1%. It is interesting to note that, most of the salt tolerant lines selected are from tissue culture which has 1% and 2% NaCl added to the medium during callus stage, however, Nahng Mon S-4 and Niaw Sun-pah-tawng are from NaCl-free medium.

The analysis of ions in the roots and leaves of plant grown in nutrient solution which 0.5% NaCl added, showed distinctly high level of accumulation of Na^+ and Cl^- in all plants studied. However, the plants from the most tolerant line accumulated less ions than the moderately tolerant lines and controls. Accumulation of K^+ and Ca^{++} was slightly reduced in all lines tested, as a result of high concentration of NaCl.

The F_1 of the most tolerant line, Leaung Pra-tew 123 (R_5-LPT123 TC-171) and the plants raised from breeder seeds gave 65.7% survival (when plants from breeder seed were male) and 57.1% (a reciprocal cross) respectively. This indicates that genes controlling salt tolerant character of this cultivar are in nucleus, and are of incomplete dominant types. Gene expression in such heterozygous state could be the result of a gene in one locus (which may be single gene or possibly multiple allele) or genes in more than one loci (polygene).

Chromosome counts from roots of the most tolerant lines of each cultivar and the plants raising from breeder seeds showed 2n=24 in all plants. So, the change in factors responsible for salt tolerance is likely to be in the gene level.

ภาควิชา พฤกษศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา พันธุศาสตร์

ปีการศึกษา 2533 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลงได้ด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ มนทกานติ วัชราภัย และศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำข้อคิดที่เป็นประโยชน์ และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย อีกทั้งช่วยเหลือในด้านการจัดหาเอกสาร การถ่ายภาพ ตลอดจนการแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ด้วยดีมาตลอด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

กราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ และรองศาสตราจารย์ ดร. อรุณี จันทรสนิท ที่ได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

กราบขอบพระคุณ กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ข้าวสำหรับใช้ในการวิจัย

กราบขอบพระคุณ คุณทิพวรรณ อินทโสตถิและผู้ร่วมงาน กรมพัฒนาที่ดิน ที่กรุณาทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในใบและรากข้าว

ขอขอบคุณ คุณสุวรรณา นพพรพันธุ์ คุณทรงศักดิ์ สำราญสุข และคุณต่อศักดิ์ สีลานันท์ ที่ช่วยเหลือในการจัดพิมพ์วิทยานิพนธ์

เนื่องจากวิทยานิพนธ์นี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากโครงการ " New Varieties of Rice for Saline and Acid Soil Through Tissue Culture " ซึ่งโครงการได้ทุนสนับสนุนการวิจัยจาก U.S.A. International Development Cooperation Agency และได้รับค่าใช้จ่ายบางส่วนจากทุนพระยาอนุกูลสยามกิตอุปนิกษิตสยามรัฐ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาโครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนา จากสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยขั้นปริญญาโท ประจำปี 2532 จากศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ซ
สารบัญแผนภูมิ..... ญ
สารบัญภาพ..... ฌ
สารบัญแผนภาพ..... ฐ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ..... ฑ
บทที่
1. บทนำ..... 1
2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย..... 13
3. ผลการวิจัย..... 28
4. สรุปและอภิปรายผล..... 71
เอกสารอ้างอิง..... 82
ภาคผนวก..... 92
ประวัติผู้เขียน.....102

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าว 8 พันธุ์ ที่ใช้ในการทดลอง..... 13
2. จำนวนต้นที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่มี NaCl 0% 1% และ 2 % ซึ่งนำมาใช้ในการทดลองนี้..... 15
3. ต้นที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซม..... 21
4. แผนการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์..... 24
5. จำนวนต้นข้าวทนเค็มที่คัดเลือกได้จนถึงชั่วอายุที่ 5..... 30
6. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข25 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 35
7. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข23 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 38
8. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข8 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 41
9. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ105 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 42
10. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ นางมล เอส-4 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 45
11. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหนียวสันป่าตอง (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 46
12. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว123 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 47

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

13. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ ขาวตาแห้ง17 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 50
14. เปรียบเทียบความทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ที่คัดเลือกได้จากการคัดเลือกในระยะกล้า..... 52
15. ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายของข้าว 8 พันธุ์ ของชั่วอายุที่ 5..... 58
16. การเปรียบเทียบความทนเค็มของลูกผสมสลับ..... 68

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ หน้า

1. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว123 ที่มีความทนเค็มสูง (ซึ่งคัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % 29
2. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข8 ที่มีความทนเค็มต่ำ (ซึ่งคัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%... 34
3. อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว123 ที่มีความทนเค็มสูง (ซึ่งคัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %..... 34
4. เปรียบเทียบอัตราการรอดตายสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือกในหลอดทดลอง และไม่ผ่านการคัดเลือก..... 56
5. เปรียบเทียบอัตราการรอดตายในชั่วอายุที่ 5 ของหมายเลขทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์..... 57
6. เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในใบของต้นปกติ 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 64
7. เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 64
8. เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 64
9. เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 64
10. เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในใบของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 65
11. เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 65

สารบัญแผนภูมิ(ต่อ)

แผนภูมิที่ หน้า

12. เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%.. 65
13. เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%.. 65
14. เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในใบของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 66
15. เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 66
16. เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 66
17. เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 66
18. เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในใบของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 67
19. เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 67
20. เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 67
21. เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 67
22. เปรียบเทียบอัตราการรอดตายของหมายเลขทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ (TC-171)กับต้นจาก breeder seed (Br.) และลูกผสมสลับ..... 69
23. อัตราการรอดตายของสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5..... 72
24. เปรียบเทียบการกระจายพันธุ์ในอัตรารอดตายต่างๆ ของข้าว 8 พันธุ์... 77

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. สภาพต้นกล้าข้าวก่อนการทดสอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 31
2. สภาพต้นกล้าข้าวหลังการทดสอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 31
3. ลักษณะใบลายตามยาว (striata) ที่พบในข้าวที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ..... 33
4. เปรียบเทียบการรอดตายในสัปดาห์ที่ 1 2 3 และ 4 ของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-144 Na1 และ TC-171 Na2) กับต้นที่ได้จาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% และต้นที่ได้จาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหารปกติ..... 53
5. การคลุมผ้าดำเพื่อปรับช่วงมืด ให้เป็นแบบกลางคืนยาว ในข้าวพันธุ์ไวแสงเพื่อกระตุ้นการเกิดตาดอก..... 54
6. สภาพการออกรวงของข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่เติม NaCl หลังการคลุมผ้าดำ.. 54
7. เปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มและต้นปกติ..... 59
8. เปรียบเทียบการรอดตายของต้นที่ได้จาก breeder seed (ต้นปกติ) ต้นที่ทนเค็มสูงสุดที่ได้จากการคัดเลือก (LPT_{171}) และลูกผสมสลับในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%..... 69
9. การผสมพันธุ์ข้าวด้วย clip method..... 70

สารบัญแผนภาพ

แผนภาพที่ หน้า

1. แสดงวิวัฒนาการทางโครโมโซมของข้าว..... 11
2. การวิ่งเข้าสู่ความคงตัวทางพันธุกรรม ในแต่ละชั่วอายุของการผสมตัวเอง..... 12
3. แผนดำเนินงานวิจัยโดยสังเขปตลอดโครงการ 18

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความหมายของสัญญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

TC = ต้นที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture)

Na0 = ปริมาณ NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ 0 %

Na1 = ปริมาณ NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ 1 %

Na2 = ปริมาณ NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ 2 %

R_o = ต้นที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Regenerant : Chaleff, 1981)

R_1 = ชั่วอายุที่ต่อจาก R_o

R_2 = ชั่วอายุที่ต่อจาก R_1

R_n = ชั่วอายุที่ต่อจาก R_{n-1}

WP = สูตรสารละลายธาตุอาหาร (Wagner and Poesch : cf. Bentley, 1959)

RD25 = พันธุ์ข้าว กข25

RD23 = พันธุ์ข้าว กข23

RD8 = พันธุ์ข้าว กข8

KDML105 = พันธุ์ข้าว ขาวดอกมะลิ105

NM S-4 = พันธุ์ข้าว นางมล เอส-4

NSPT = พันธุ์ข้าว เหนียวสันป่าตอง

LPT123 = พันธุ์ข้าว เหลืองประทิว123

KTH17 = พันธุ์ข้าว ขาวตาแห้ง17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ดินเค็มเป็นปัญหาหนึ่งในการเพาะปลูก เนื่องจากมีปริมาณเกลือที่ละลายอยู่มากเกินไป จนเป็นอันตรายต่อการเจริญของพืช ทำให้ผลผลิตลดลงมาก ดินชนิดนี้พบมากในพื้นที่แห้งแล้งที่มีปริมาณฝนไม่เพียงพอต่อการชะเกลือที่สะสมอยู่บนผิวดินให้เคลื่อนย้ายไปได้ ตลอดจนพบมากตามชายฝั่งทะเลทั่วไปที่น้ำทะเลขึ้นถึง ประเทศต่าง ๆ ที่ประสบปัญหาดินเค็มอย่างกว้างขวางได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหภาพโซเวียตรุสเซีย สาธารณรัฐประชาชนจีน ออสเตรเลีย อินเดีย อิรัก เป็นต้น ซึ่งรวมพื้นที่มีปัญหาดังกล่าวไม่น้อยกว่า 300 ล้านไร่ (Flowers, Troke and Yeo, 1977; Akbar and Ponnamperuma, 1982; สมศรี อรุณินท์, 2531) ในประเทศไทยมีดินเค็มในสองพื้นที่สำคัญคือ ดินเค็มทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ดินเค็มประมาณ 17.8 ล้านไร่ และดินเค็มชายฝั่งทะเลในภาคกลาง ภาคตะวันออกและภาคใต้ มีพื้นที่รวม 2.3 ล้านไร่ (วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์, 2531)

แนวทางการแก้ปัญหาดินเค็มมี 2 วิธี วิธีแรกใช้น้ำชลประทานชะเกลือออกไปจากดินบริเวณที่รากพืชหยั่งถึง ประกอบกับการจัดการดินที่ถูกต้อง วิธีนี้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงและเกษตรกรไม่สามารถจัดการแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และอีกวิธีหนึ่งคือการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความสามารถทนเค็มได้สูงขึ้น เพื่อนำมาปลูกในบริเวณดังกล่าว วิธีนี้เป็นวิธีที่เกษตรกรยอมรับและสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตรง (สมศรี อรุณินท์, 2531) เนื่องจากข้าวเป็นธัญญพืชที่สำคัญ เป็นสินค้าเกษตรที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย ทั้งต่อการค้า การผลิตในภาคเกษตรและการส่งออกเป็นสินค้าเกษตรที่ทำรายได้สูงเข้าสู่ประเทศมาโดยตลอด (นพดล พีระเสถียร, 2527) และข้าวเป็นพืชที่สามารถเจริญและให้ผลผลิตพอควรในดินเค็ม ข้าวจึงเป็นพืชที่ควรได้รับการปรับปรุงให้มีความทนเค็มสูงขึ้นได้ (Pearson, 1960; กรมพัฒนาที่ดิน, 2527)

การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนเค็มสูงขึ้นนั้น ได้มีการดำเนินงานอย่างกว้างขวางในหลายประเทศโดยใช้วิธีที่แตกต่างกัน เช่นการผสมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนเค็มในพื้นที่ดินเค็ม วิธีนี้ใช้เวลานานและไม่สามารถควบคุมความเค็มในสนาม จึงได้มีการพัฒนาวิธีการอื่น ๆ เพิ่มขึ้น เช่น การคัดเลือกในเรือนเพาะชำโดยการปลูกเลี้ยงในสารละลายธาตุอาหาร (IRRI, 1985) ซึ่งสามารถกำหนดความเค็มได้ รวมทั้งการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมด้วยการใช้รังสี สารเคมี (ประพาส วีระแพทย์, 2526) และต่อมาเมื่อเทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้พัฒนาขึ้น ได้มีผู้นำเทคนิคนี้มาใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชทนเค็ม เนื่องจากเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย แรงงาน เวลาและเนื้อที่ได้มาก (Nabors, 1982; Vajrabhaya etal.,

1987) นอกจากนี้ยังมีโอกาสได้พืชพันธุ์ใหม่ที่มีลักษณะพันธุกรรมเปลี่ยนแปลงไป การเลี้ยงเนื้อเยื่อนี้พบว่ามีการเกิดความผันแปรของเซลล์ร่างกาย (somaclonal variation) ขึ้นได้ ความผันแปรที่พบมีทั้งที่มาจากผลของการปรับตัวทางสรีระ (physiological adaptation) ซึ่งเป็นส่วนที่ไม่มีประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช และจากการเกิดมิวเตชันขึ้นใหม่ รวมทั้งมิวเตชันที่มีมาแต่เดิมแต่ไม่สามารถแสดงออกได้ โดยอาศัยหลักการที่ว่าแต่ละเซลล์นั้นสามารถชักนำให้เจริญไปเป็นต้นใหม่ที่สมบูรณ์ได้ (totipotency) เมื่อใช้เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อเซลล์ที่มิวเตชันเหล่านั้น ก็สามารถแสดงลักษณะได้เมื่อถูกชักนำให้เป็นต้นสมบูรณ์ จึงทำให้มีโอกาสได้พันธุ์ข้าวใหม่ที่ทนเค็มสูงขึ้น และสามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มไปยังชั่วอายุต่อๆไปได้ (Vajrabhaya et al., 1987)

ในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็ม การคัดเลือกในหลอดทดลองเพียงอย่างเดียวไม่ได้เป็นการประกันว่า เมื่อต้นข้าวนั้นเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์จะมีความสามารถในการทนเค็มด้วย ดังนั้นการทดสอบความทนเค็มในระยะที่เป็นต้นในสภาพแวดล้อมภายนอกจึงมีความจำเป็น เนื่องจากต้นทนเค็มในหลอดทดลองที่คัดเลือกมานั้น มีทั้งส่วนที่เป็นผลมาจากการปรับตัวทางสรีระของต้นนั้นเอง ซึ่งในชั่วถัดไปก็กลับมีสภาพไม่ทนเค็มอีก และถูกคัดทิ้งไป อีกส่วนหนึ่งที่ทนเค็มได้เนื่องจากมีสภาพพันธุกรรมใหม่ที่เหมาะสม ส่วนนี้เองที่สามารถทนเค็มได้ทุกรุ่น ดังนั้นการคัดเลือกในหลายรุ่นทำให้แน่ใจได้ว่าพันธุ์ข้าวทนเค็มที่คัดเลือกได้ในที่สุด จะเป็นพันธุ์ที่มีความทนเค็มที่อยู่ตัว และสามารถถ่ายทอดลักษณะนี้ไปยังชั่วอายุต่อ ๆ ไปได้ (Vajrabhaya et al., 1987)

เนื่องจากโครงการส่วนที่คัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อในส่วนห้องทดลองซึ่งเริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่ พ.ศ. 2526 โดยมี รองศาสตราจารย์มนทกานติ วัชราภัย เป็นหัวหน้าโครงการได้ทำสำเร็จแล้ว ภายใต้โครงการ " New Varieties of Rice for Saline and Acid Soil Through Tissue Culture " ที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก U.S.A. International Development Cooperation Agency Grant. No.936-5542-G-SS-3030-00 โดยใช้วิธีเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยอาหารที่มี NaCl 0%, 1.0% และ 2.0% คัดแคลลัสและต้นที่ชักนำให้เกิดใหม่ที่ไม่สามารถเจริญบนอาหารนี้ทิ้งไป แล้วคัดเลือกต้นที่สามารถเจริญได้ดี นำไปปลูกเก็บเมล็ดเพื่อทำการทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าในชั่วอายุต่อ ๆ ไป

งานวิจัยในส่วนที่เสนอนี้จึงเป็นการคัดเลือกข้าว 8 สายพันธุ์คือ กข25 กข23 กข8 ขาวดอกมะลิ105 นางมล เอส-4 เหนียวสันป่าตอง เหลืองประทิว123 และ ขาวตาแห้ง17 ในระยะที่เป็นต้นกล้าด้วยสารละลายธาตุอาหารที่มี NaCl 0.5% ค่าการนำไฟฟ้า 9-10 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตรที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ จนถึงชั่วอายุที่ 5 ซึ่งกล้ารุ่นแรกได้มาจากต้นข้าวชั่วอายุที่ 2 และ 3 ของต้นที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ตรวจสอบความผิด

ปกติในระดับโครโมโซมของต้นที่ทนเค็ม และวิเคราะห์ปริมาณธาตุสำคัญ 4 ชนิด คือ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์ ในต้นทนเค็มสูงสุดของทุกพันธุ์เปรียบเทียบกับพันธุ์เดิมเพื่อศึกษากลไกการทนเค็ม รวมทั้งการทดสอบความทนเค็มของลูกผสมสลับ (reciprocal cross) ระหว่างต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ในชั่วอายุที่ 5 กับพันธุ์เดิมเพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมลักษณะทนเค็มในพืชชนิดนี้

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อคัดเลือกข้าวพันธุ์ดีที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ที่มีความสามารถทนเค็มสูงขึ้น และสามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มนี้ไปยังชั่วอายุต่อ ๆ ไปได้ เพื่อให้เพาะปลูกในดินที่มีปัญหาดินเค็มหรือใช้ประโยชน์ในการผสมพันธุ์ต่อไป
2. เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมที่ควบคุมการทนเค็มในพืชชนิดนี้

การสำรวจเอกสาร

1. ความหมายและสาเหตุของดินเค็ม

ดินเค็มหมายถึงดินที่มีเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ในปริมาณที่มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืชทำให้การเจริญและผลผลิตลดลงอย่างเด่นชัด ความเค็มของดินวัดเป็นหน่วยของค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity, EC) ของสารละลายดินที่สกัดจากดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส หากมีค่าสูงกว่า 2 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร (mmho/cm.) หรือ 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (d S/m) จัดว่าเป็นดินเค็ม ค่าการนำไฟฟ้านี้นอกจากจะผันแปรตามปริมาณเกลือที่ละลายอยู่แล้ว ยังขึ้นกับอุณหภูมิขณะทำการวัดด้วย ในการวัดใช้ค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งถือเป็นมาตรฐานทั้งนี้เพราะค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 % ต่อองศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น เกลือที่พบส่วนใหญ่เป็นพวกคลอไรด์ (Cl^-) ซัลเฟต (SO_4^{--}) และไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ของโซเดียม (Na^+) แคลเซียม (Ca^{++}) หรือแมกนีเซียม (Mg^{++}) แต่ไอออนที่พบมากในสารละลายดินเค็มมีผลต่อการเจริญและผลผลิตมากกว่าไอออนชนิดอื่น ๆ คือ โซเดียม (Na^+) และคลอไรด์ (Cl^-) (Bernstein, 1964; ยงยุทธ โอสถสภา, 2524; อรุณี ฐาวะนิยม, 2531) ในประเทศไทยเกลือในดินเค็มบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) คล้ายคลึงกับดินเค็มชายทะเล ต่างกันคือดินเค็มชายทะเลมีแมกนีเซียม (Mg^{++}) อยู่ในรูปคลอไรด์ (Cl^-) และซัลเฟต (SO_4^{--}) มากกว่า (อรุณี ฐาวะนิยม, 2531)

แหล่งของเกลือที่เป็นสาเหตุของดินเค็มมี 3 แหล่ง ได้แก่เกลือจากน้ำทะเล เช่น บริเวณชายฝั่งที่น้ำทะเลท่วมถึง หรือพื้นที่ซึ่งน้ำทะเลสามารถซึมเข้าสู่แผ่นดินทางน้ำใต้ดินเมื่อเกิด

ความไม่สมดุลย์กับน้ำจืด หรือเกิดจากชากหินเกลือ หรือบริเวณที่เคยเป็นทะเลแต่ในปัจจุบันแห้ง เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นดินแล้ว และยังสะสมเกลือในรูปของชากหินเกลืออยู่ใต้ดิน เมื่อเกลือเหล่านี้ละลายน้ำและซึมขึ้นสู่ผิวดินจะก่อให้เกิดสภาพดินเค็มขึ้น ได้แก่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย และแหล่งสุดท้ายคือเกลือที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำนาเกลือ การให้ชลประทานด้วยน้ำที่มีเกลือปะปนอยู่ การสูบน้ำบาดาลริมชายฝั่งทะเลและการตัดไม้ทำลายป่า โดยเฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่มีหินเกลืออยู่ใต้ดิน ในช่วงฤดูแล้ง ผิวหน้าดินแห้งมากและยาวนานทำให้น้ำเกลือใต้ดินเคลื่อนตัวสู่ผิวดินได้ง่าย ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นวิธีที่ก่อให้เกิดดินเค็มได้ทั้งสิ้น (วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์, 2531)

2. อิทธิพลของความเค็มต่อการเจริญและผลผลิตของพืช

พืชที่ได้รับเกลือจากดินหรือสารละลายในระดับที่มากกว่าปกติจะตอบสนองคล้ายกัน คือ การเจริญลดลง อาการที่ปรากฏให้เห็นเนื่องจากพิษของความเค็มคือ อาการใบไหม้ ขนาดและจำนวนใบลดลง ซึ่งมีผลทำให้ผลผลิตลดลงด้วย Bernstein และ Hayward (1958) ได้ทดลองกับข้าวโพด (Zea mays) และถั่วแขก (Phaseolus vulgaris)โดยปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มี NaCl 0.2-0.5% พบอาการใบไหม้รุนแรง Heikal (1977) รายงานว่าในสารละลายธาตุอาหารที่มี NaCl 0.6% ทำให้ทานตะวัน (Helianthus annuus) ข้าวสาลี (Triticum aestivum) และผักกาดหัว (Raphanus sativus) ที่ปลูกมีจำนวนใบลดลง

โดยทั่วไประดับความเค็มที่ค่าการนำไฟฟ้า 0-2 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ไม่มีผลต่อการเจริญของพืชทุกชนิด ความเค็มที่สูงกว่านี้จึงจะมีผลต่อการเจริญของพืชชนิดต่าง ๆ และพืชแต่ละชนิดทนเค็มได้มากน้อยแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ความเค็มที่จะทำให้ถั่วเขียว (Vigna radiata), ข้าวโพด (Zea mays), ข้าว (Oryza sativa), มะเขือเทศ (Lycopersicum esculentum), ฝ้าย (Gossypium herbaceum) และชะคราม (Suaeda maritima) , มีผลผลิตลดลงประมาณ 50% คือที่ค่าการนำไฟฟ้า 4, 6, 7, 10, 12 และ 30 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ตามลำดับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2527) รวมทั้งตอบสนองต่อความเค็มในช่วงอายุที่แตกต่างกัน เช่น ข้าวบาร์เลย์ (Hordeum vulgare) และชูการ์ บีท (Beta vulgaris) อ่อนแอต่อความเค็มในระยะงอก แต่ทนเค็มในระดับต้นเป็นอย่างมาก ส่วนข้าวสาลี (Triticum aestivum) ทนเค็มได้ดีในระยะงอกมากกว่าในระยะต้น (Ayers et al., 1952) สำหรับข้าวเป็นพืชที่จัดว่ามีความสามารถทนเค็มได้ปานกลาง พันธุ์ข้าวต่างกันจะมีความสามารถทนเค็มได้ต่างกัน (Pearson and Bernstein, 1959; Akbar et al., 1986) ข้าวทุกพันธุ์มีความอ่อนแอต่อความเค็มสองระยะ คือในระยะกล้าอ่อนที่มีใบ 2-5 ใบ และในระยะออกดอก ความเค็มจะลดการงอกของละอองเกสร

ทำให้จำนวนดอกที่ได้รับการผสมลดลง เมื่อความเค็มอยู่ในระดับ 6-8 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ผลผลิตของข้าวจะลดลงประมาณ 50% (Shimoyama and Ogo,1956; Moeljopawiro and Ikehashi, 1981)

อาการเป็นพิษของข้าวที่ได้รับ NaCl มากเกินไปแสดงที่ใบแก่ก่อนโดยขอบใบและปลายใบมีอาการไหม้ ขณะที่ใบอ่อนแสดงอาการเหี่ยงเล็กน้อย ต่อมาอาการใบไหม้จะลุกลามจนถึงเส้นกลางใบ ทำให้ใบข้าวแห้งตาย Kaddah และ Fakhry (1961) รายงานว่าข้าว 4 พันธุ์ คือ Azimil, HB-Aa, Azucena และ M1-48 แสดงอาการเป็นพิษภายใน 3-4 วัน หลังจากย้ายกล้ามาปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มี NaCl 0.4% พันธุ์ที่ทนเค็มน้อยสองพันธุ์สุดท้ายตายภายใน 2 สัปดาห์ แต่ถ้าได้รับ NaCl 0.8% ข้าวทุกพันธุ์แสดงอาการเป็นพิษอย่างรุนแรงและตายภายใน 1-2 วัน อัญชลี แพทย์อุดม (2522) เสนอรายงานที่สอดคล้องกันว่าความเข้มข้นของ NaCl ในดินตั้งแต่ 0.2% ขึ้นไป มีผลทำให้ข้าว 3 พันธุ์คือ กข1 กข7 และ กข11 แสดงอาการเป็นพิษอย่างรุนแรงภายใน 2 สัปดาห์ ข้าวพันธุ์ กข7 มีอาการเป็นพิษน้อยกว่าพันธุ์อื่น และทุกพันธุ์มีอาการเป็นพิษน้อยลงเมื่ออายุมากขึ้น ความเค็มมีผลทำให้ความสูง การแตกกอ น้ำหนักแห้งของต้นข้าว ประสิทธิภาพในการออกรวง และน้ำหนักเมล็ดลดลง

พืชที่ปลูกในดินหรือสารละลายที่มีเกลือมากกว่าปกติ มีการเจริญลดลงเนื่องจากสาเหตุ 3 ประการคือ 1. พืชดูดน้ำได้น้อยลงเนื่องจากเกิด osmotic stress 2. พืชขาดธาตุอาหารบางชนิด (deficiency stress) 3. เกิดความเป็นพิษเนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดสะสม (toxic effect of specific ion) (Stavarek and Rains, 1984)

osmotic stress มีผลทำให้พืชดูดน้ำได้น้อยลง แต่เดิมเมื่อพืชอยู่ในดินหรือสารละลายปกติ ค่า osmotic potential (ψ_π) ของสารละลายในเซลล์พืชจะต่ำกว่า ψ_π ของสารละลายรอบ ๆ รากอยู่ระดับหนึ่ง ซึ่งทำให้พืชดูดน้ำได้ แต่เมื่อรากพืชอยู่ในสารละลายเกลือที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น จะมีผลทำให้ความแตกต่างของค่า ψ_π ลดลง มีผลให้พืชดูดน้ำได้น้อยลงตามความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มขึ้น พืชเริ่มมีอาการเหี่ยวแสดงอาการขาดน้ำ และถ้ามีปริมาณเกลือมากกว่าจนค่า ψ_π ของสารละลายภายนอก ต่ำกว่าค่า ψ_π ของรากพืช จะเกิด plasmolysis น้ำในเซลล์พืชจะเคลื่อนตัวออกสู่ภายนอก ทำให้พืชขาดน้ำอย่างรุนแรงและแห้งตายไปในที่สุด (Bernstein, 1964)

ความเค็มมีผลให้พืชขาดแคลนธาตุอาหารสำคัญบางธาตุ ไอออนที่มีอยู่มากมายในสารละลายดินเค็มทำให้สมดุลย์ของธาตุอาหารเสียไป เกิดภาวะ antagonism ระหว่างไอออน ซึ่งเป็นสาเหตุของความเค็ม เช่น โซเดียมที่มีอยู่เป็นจำนวนมากกับไอออนที่เป็นธาตุอาหารพืช เช่น โปแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ทำให้พืชดูดไอออนสำคัญเหล่านั้นได้น้อยลงเนื่องจากดูดโซเดียมเข้าไปมาก หรือเมื่อดินมี pH สูงซึ่งมักเกิดในสภาพที่มีโซเดียมในปริมาณมาก แคลเซียม

และแมกนีเซียมมักตกตะกอนในรูปคาร์บอเนต ทำให้พืชดูดไปใช้ไม่ได้ (อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, 2525) อัญชลี แพทย์อุดม (2522) พบว่าการเพิ่มระดับโซเดียมและคลอไรด์ในดิน มีผลให้ข้าวสะสมไอออนทั้งสองสูงขึ้น ส่วนการสะสมโปแตสเซียมลดลงมาก และการสะสมแคลเซียมและแมกนีเซียมมีแนวโน้มลดลง Solovrev (1969) รายงานว่าฟักทอง(Cucurbito pepo) โคลเวอร์หวาน (Nelilotus alba) และข้าวสาลี (Triticum aestivum) จะมีโปแตสเซียมลดลงอย่างมากเมื่อได้รับ NaCl ในปริมาณมาก

อิทธิพลของความเค็มเนื่องจากการสะสมไอออนที่เป็นพิษ ส่วนใหญ่เกิดจากความเป็นพิษของโซเดียมไอออน (Na^+) และคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ถั่วเหลือง (Glycine max) ที่ปลูกในดินเค็มเกิดอาการใบไหม้ เนื่องจากมีการสะสมโซเดียมไอออนในใบมาก (Able and MacKenzie, 1964) และจากการศึกษาผลของความเค็มในต้น lucerne (Medicago sativa) อาการเริ่มแรกเมื่อได้รับความเค็มคือ ใบเริ่มมีสีเขียวเข้มหลังจากนั้นจึงค่อย ๆ เหลืองในที่สุดจะแห้งตาย ซึ่งใบที่เกิดอาการแบบนี้เป็นพิษจากคลอไรด์ไอออน (Noble et al., 1984)

3. การวิจัยเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชทนเค็ม

นักวิจัยได้ใช้วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชที่แตกต่างกันออกไป เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามข้อจำกัดในพืชแต่ละชนิด ในระยะแรก ๆ ที่พบว่าดินเค็มมีผลให้การเจริญและผลผลิตของพืชลดลง การแก้ปัญหามักใช้วิธีปลูกพืชลงในดินเค็มโดยตรง คัดเลือกต้นที่เจริญได้ดีแล้วนำไปปลูกต่อเรื่อย ๆ พืชที่คัดเลือกอาจนำมาจากแหล่งอื่น ๆ (introduction) หรือจากการรวบรวมพันธุ์ในท้องถิ่น (collection) การวิจัยปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็มในระยะแรกก็นิยมใช้วิธีนี้เช่นกัน เมื่อ ค.ศ. 1940 ในศรีลังกาได้คัดเลือกข้าวพันธุ์ Pokkali ซึ่งจัดเป็นข้าวทนเค็มได้สำเร็จเป็นครั้งแรก ต่อมา ค.ศ. 1943 ก็สามารถคัดพันธุ์ Vala Rata 1-24 และ Bhura Rata 4-10 ได้ (Moeljopawiro and Ikehashi, 1981) พืชบางชนิดสามารถคัดพันธุ์ทนเค็มได้โดยตรงแต่ในบางชนิดก็ไม่ได้ผล ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพพันธุกรรมของพืชนั้น ๆ กล่าวคือหากในกลุ่มประชากรมียีนควบคุมการทนเค็มอยู่ก็สามารถคัดพืชทนเค็มกลุ่มนี้ออกมาได้ แต่หากไม่มียีนควบคุมการทนเค็มอยู่เลย การคัดเลือกด้วยวิธีนี้มักไม่ได้ผล เช่น การคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนเค็มของกรมพัฒนาที่ดิน ได้รวบรวมพันธุ์ข้าวในแหล่งที่เกิดปัญหาดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ รวมทั้งข้าวบางพันธุ์จาก International Rice Research Institute (IRRI) จากจำนวน 211 พันธุ์ที่ทดสอบ สามารถคัดพันธุ์ทนเค็มได้คือ ขาวดอกมะลิ105 ขาวปากหม้อ148 ขาวตาแห้ง17 กข6 กข7 กข8 กข15 เหนียวสันป่าตอง แมงดาลาย ช่อดานา ตาเมไหร ลูกนาค ลูกแดง IR36 Pokkali และ Nonabokra โดยสามารถเจริญในความเค็มระดับ 8 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ได้ (พรชัย พุกกะมาน และคณะ, 2528; ชัยนาม ดิสถาพร, 2531) ส่วนการคัดเลือกมันสำปะหลังทนเค็มจาก 200 สายพันธุ์ ที่ทดสอบ พบว่าไม่มีสายพันธุ์

ใดเหมาะสมที่จะปลูกในสภาพดินเค็มสูงกว่า 6 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตรได้เลย (อุทัย เซ็นภักดี และคณะ, 2526) การคัดเลือกโดยตรงเช่นนี้ พืชทนเค็มที่คัดเลือกได้มีความทนเค็มมากที่สุดเท่าเดิมเท่านั้น เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เป็นการคัดเลือกจากกลุ่มประชากรเดิม ถ้าพืชมีความทนเค็มสูงอยู่แล้วก็สามารถคัดเลือกได้ง่าย นับเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ววิธีหนึ่ง (พรชัย พุกกะมาน และคณะ, 2528)

ในเวลาต่อมาเมื่อทราบองค์ประกอบในดินเค็มว่ามีธาตุใดบ้างที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญของพืช ได้มีการพัฒนาเทคนิคการคัดเลือกเป็นการใช้สารละลายธาตุอาหารโดยใช้สารละลายที่มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของพืช ทั้งธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง แล้วเติมสารที่ก่อให้เกิดความเค็มเช่น NaCl, $MgCl_2$, $CaSO_4$ ลงไปในอัตราส่วนที่ต้องการทดสอบ วิธีนี้สามารถกำหนดระดับความเค็มได้แม่นยำขึ้นด้วยการกำหนดปริมาณสารเคมี และการตรวจวัดด้วย electrical conductivity meter ทำให้สามารถคัดเลือกพืชที่ทนเค็มในระดับต่างๆได้ ที่ IRRI มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็ม ส่วนหนึ่งของโครงการใช้วิธีคัดเลือกต้นกล้าในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ค่าการนำไฟฟ้า 10.5 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร โดยใช้พันธุ์ Taichung 65 เป็นพันธุ์อ่อนแอเปรียบเทียบ จากข้าว 522 พันธุ์ พบว่ามี 31 พันธุ์ที่จัดว่าทนเค็ม (รอดตาย 61-100%) 72 พันธุ์ที่ทนปานกลาง (รอดตาย 31-60%) และ 419 พันธุ์ที่ไม่ทนเค็ม (รอดตาย 0-30%) (Zapata et al., 1988) และจากการคัดเลือกข้าวสาลี 15 พันธุ์ ในสารละลายธาตุอาหารพบว่า มี 4 พันธุ์ ที่ทนเค็มในระดับ NaCl 1% ขึ้นไป ได้แก่พันธุ์ อินทรี 1 Sonalika SW95 และ SW23 (กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ, 2531)

และเมื่อความรู้ด้านพันธุศาสตร์ได้พัฒนามากยิ่งขึ้น นักวิจัยเริ่มมีแนวคิดว่าหากพืชมียีนควบคุมการทนเค็มอยู่ในประชากร การคัดเลือกจากพืชนั้นก็จะประสบผลสำเร็จได้ แต่หากพืชไม่มียีนเหล่านั้นอยู่เลย การคัดเลือกจากยีโนไทป์เดิม ๆ เหล่านั้นก็จะไม่ได้ผลไม่ว่าคัดเลือกด้วยวิธีใดก็จะไม่ได้พันธุ์ทนเค็มที่แท้จริง แม้ว่าอาจมีแนวโน้มของการทนเค็มบ้างก็เนื่องมาจากอิทธิพลของสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการปรับตัวทางสรีระของพืช แต่ในรุ่นต่อ ๆ ไปก็จะกลับไม่ทนเค็มอีก ดังนั้นจึงมีการเพิ่ม genetic variation ในพืชให้สูงขึ้นโดยใช้วิธีต่าง ๆ เช่น การสร้างลูกผสมแล้วจึงนำมาคัดเลือก ทรงชัย วัฒนาชัยกุล และคณะ (2528) สามารถคัดเลือกข้าวลูกผสม 1 สายพันธุ์ ที่ทนเค็มได้ดีคือพันธุ์ SKNLR 8001 3-3-1 จากลูกผสม 10 สายพันธุ์ และการสร้างลูกผสมในพืชอาหาร 4 ชนิดคือ ผักกาดก้านขาว (Brassica napus), เบอร์ซีม โคลเวอร์ (Trifolium alexandrinum), อัลฟาฟ่า (Medicago sativa) และเรด โคลเวอร์ (T. pratense) พบว่ามีลูกผสมที่ทนเค็มได้ดีขึ้นและสามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มได้โดยพิจารณาจากค่า heritability ที่มีค่าสูงพอควร (0.62) (Ashraf et al., 1987)

ยังมีวิธีอื่น ๆ ที่เพิ่ม genetic variation ได้อีกเช่น การชักนำให้เกิดมิวเตชันด้วยการใช้รังสี สารเคมีและการใช้เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช โดยคาดว่าจะมียีนที่ควบคุมการทนเค็มเกิดขึ้นอันจะเป็นหนทางการเพิ่มลักษณะทนเค็มให้แก่พืชได้ เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์ (2528) ใช้ข้าวพันธุ์ดี 5 พันธุ์ คือ ขาวดอกมะลิ105 เหนียวสันป่าตอง กข6 หอมอ้ม และ หางดง ผ่านรังสีแกมมาขนาด 15 20 และ 25 กิโลแรด สามารถคัดต้นทึ่งอกและเจริญได้ ซึ่งจะนำไปปลูกคัดเลือกในรุ่นต่อไป Woo และคณะ (1988)ใช้ ethylmethane sulfonate 0.025 M. แช่เมล็ดข้าวพันธุ์ Tainung 67 เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วนำมาคัดเลือกบนอาหารที่มี NaCl 1.0% สามารถคัดต้นทนเค็มได้

ส่วนการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้น ในปัจจุบันได้มีนักวิจัยใช้เทคนิคนี้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์กันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากความผันแปรของเซลล์ร่างกาย (somaclonal variation) ที่พบว่าเกิดขึ้นในหลอดทดลองกับพืชที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยใช้การชักนำให้เกิดแคลลัส (callus induction) เพื่อกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์จำนวนมากในเวลาอันสั้น การทำเซลล์แขวนลอย (cell suspension) และการเลี้ยงโปรโตพลาสต์ (protoplast culture) เพื่อให้เซลล์พืชสัมผัสสารเคมีโดยตรง นอกจากนี้ยังอาจใช้รังสีหรือสารเคมีร่วมด้วยเพื่อเพิ่มความผันแปรให้สูงมากยิ่งขึ้นไปอีก (Larkin and Scrowcroft, 1981) รายงานครั้งแรกที่ยืนยันว่าการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม เป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดความผันแปรของเซลล์ร่างกาย พบในกล้วยไม้สกุล Dendrobium โดย Vajrabhaya และ Vajrabhaya (1974) พบว่าต้นกล้วยไม้ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อมีลักษณะดอกผิดปกติ 89 ต้น โดยคัดจากต้นที่เกิดใหม่ 910 ต้น พบความผันแปรของขนาด รูปร่าง สีของกลีบดอก และจำนวนโครโมโซม ลักษณะบางอย่างสามารถถ่ายทอดไปสู่รุ่นต่อ ๆ ไปได้ เช่นลักษณะกลีบดอก ซึ่งลักษณะที่เปลี่ยนไปนี้พิสูจน์ได้ว่าเกิดจากพันธุกรรมไม่ใช่สิ่งแวดล้อม ในเวลาต่อมามีการเสนอรายงานที่พบความผันแปรในด้านต่าง ๆ ของพืชที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อกันอย่างกว้างขวาง Torrey (1967) พบว่าในแคลลัสของพืชหลายชนิดมีเซลล์ที่เป็น haploid, diploid, aneuploid และ polyploid ปะปนกันอยู่ Oono (1978) พบความผันแปรของข้าวในด้านความสูง วันออกดอก การติดเมล็ด และพบต้น albino เกิดขึ้นถึง 7.4% Chaleff และ Polocco (1977) รายงานว่า พบความผิดปกติในระดับโครโมโซมของ ข้าวโอ๊ต (Avena sativa) พันธุ์ Lodi มากกว่าพันธุ์ Tippecanoe และความผิดปกตินั้นจะพบมากขึ้น เมื่อใช้เวลาเลี้ยงในหลอดทดลองนานขึ้น แคลลัสอายุ 4, 8, 12, 16 และ 20 เดือน ถูกชักนำให้เกิดต้นใหม่ พบว่าแคลลัสของข้าวพันธุ์ Lodi อายุ 4 เดือน มีความผิดปกติ 49% พันธุ์ Tippecanoe พบ 12% และแคลลัสอายุ 20 เดือน ความผิดปกติของพันธุ์ Lodi มีความผิดปกติสูงถึง 88% ขณะที่พันธุ์ Tippecanoe เพิ่มขึ้นเป็น 48% ความผิดปกติที่พบมีทั้งการแตกหักของโครโมโซม (breakage)

เนื้อโครโมโซมบางส่วนหายไป (deletion) และพบการแบ่งเซลล์ที่ผิดปกติแบบต่าง ๆ ใน meiosis Sun และคณะ (1983) เสนอรายงานที่สอดคล้องกันว่าโอกาสการเกิดความผันแปรได้มากหรือน้อยนั้นเกี่ยวข้องกับสายพันธุ์พืชด้วย โดยพบว่า ในข้าวที่ชักนำให้เกิดใหม่ 2 กลุ่ม คือ Hsien (indica type) และ Keng (japonica type) นั้นพบความผิดปกติต่างกัน ในกลุ่มแรกพบ polyploid ถึง 13.3% ขณะที่กลุ่มหลังไม่พบ polyploid เลย

จากหลักฐานดังกล่าวเป็นสิ่งบ่งชี้ว่าการเลี้ยงเนื้อเยื่อเป็นวิธีหนึ่งที่เพิ่ม genetic variation ได้ จึงมีนักวิจัยเลือกใช้เทคนิคนี้เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชทนเค็มหลายชนิด ซึ่งมักใช้การเติม NaCl ลงในอาหาร เพื่อใช้เป็น selection medium ในระดับที่ทำให้ถึงตาย (lethal level) ที่แตกต่างกันไปในพืชแต่ละชนิด แล้วทำการคัดเลือกกลุ่มเซลล์ที่รอดตายนำไปปลูกทดสอบต่อไป การคัดเลือกด้วยวิธีนี้ประสบความสำเร็จครั้งแรกโดย Nabors และคณะ (1975) ได้คัดเลือกยาสูบ (Nicotiana tabacum) โดยใช้วิธีเลี้ยงเซลล์แขวนลอย พบว่ามีกลุ่มเซลล์ทนเค็มได้สูงถึงระดับ NaCl 0.85% ขณะที่กลุ่มเซลล์ปกติทนได้ 0.16% ได้มีการทดสอบถึงชั่วอายุที่ 2 พบว่าสามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มไปได้ ในพืชอื่น ๆ ก็ได้มีการทดลองกันอย่างกว้างขวาง Smith และ McComb (1981) ศึกษาการทนเค็มของพืช 3 ชนิด คือ ถั่วแขก (Phaseolus vulgaris) ซึ่งเป็นพืชไม่ทนเค็ม, ชูการ์ บีท (Beta vulgaris) เป็นพืชทนเค็ม และ อาตริเพลค (Atriplex undulata) พืชทนเค็มจัด พบว่าถั่วแขกนั้นทั้งแคลลัสและต้นพืชมีการเจริญลดลงมากเมื่อมีเกลือเพิ่มขึ้น ใน sugar beet ทั้งแคลลัสและต้นมีการเจริญเพิ่มขึ้นในเกลือระดับปานกลาง และจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเกลือให้สูงขึ้น ใน อาตริเพลค มีการเจริญของต้นดีในเกลือที่เพิ่มขึ้น แต่แคลลัสมีการเจริญลดลง พืชทนเค็มจัดชนิดนี้ มีกลไกกำจัดความเค็มในระดับต้นได้ดี เช่นมี salt gland มีลักษณะอวบน้ำ แต่ไม่สามารถทำงานได้ในระยะที่เป็นแคลลัส Chandler และ Vasil (1984) ได้คัดเลือกแคลลัสของ หญ้าเนเปีย (Pennisetum purpureum) บนอาหารที่มี NaCl 2 วิธี วิธีแรกเลี้ยงแคลลัสในอาหารที่มี NaCl สูงถึง 1.25% ทันที (direct selection) และอีกวิธีหนึ่งค่อย ๆ เพิ่ม NaCl จาก 0-2% (step-wise selection) พบว่ามีแคลลัสที่สามารถเจริญและชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ทั้งสองวิธีในระดับ NaCl 0-1.25%

ในข้าวมีการเทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ทนเค็มเช่นกัน Yano และคณะ (1982) เลี้ยงแคลลัสข้าว IR36 และชักนำให้เกิดต้นใหม่ ด้วยอาหารที่เติมน้ำทะเล 17.5, 27.5, 37.5, 47.5, 57.5 และ 67.5% สามารถคัดเลือกต้นทนเค็มได้ 6 ต้น จากระดับ 37.5% แต่ต้นที่ได้ตายไปเมื่อทดสอบในรุ่นที่ 2 และที่ IRRI มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็มโดยการเลี้ยงเนื้อเยื่อ จากข้าว IR หลายพันธุ์ สามารถคัดเลือกต้นทนเค็มบนอาหารได้ 1,350 ต้น พันธุ์ IR36 และIR54 มีแนวโน้มในการทนเค็มสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ

(Zapata et al., 1988) Hanning และคณะ (1988) ได้คัดเลือกข้าวทนเค็ม 4 พันธุ์ คือ Giza-159, IR 36, Mahsuri และ Pokkali ใช้วิธีคัดเลือกแบบ step-wise โดยย้ายแคลลัสลงในอาหารที่มี NaCl ตั้งแต่ 0.6% แล้วเพิ่มไปจนถึง 1% สามารถคัดเลือกแคลลัสที่รอดตายและชักนำให้เกิดต้นใหม่ได้ นำไปปลูกเก็บเมล็ด เมื่อทดสอบในชั่วอายุที่ 2 พบว่าข้าวทุกพันธุ์มีความทนเค็มไม่แตกต่างจากต้นเปรียบเทียบ แต่พบความผันแปรในบางลักษณะ IR36 มีน้ำหนักเมล็ดสูงขึ้นกว่าต้นเปรียบเทียบเท่าตัว พบต้นเตี้ยใน Pokkali ที่สูงเพียง 47 เซนติเมตร และแตกกอ 35 ต้นต่อกอ ขณะที่ต้นเปรียบเทียบสูงเฉลี่ย 128 เซนติเมตร และแตกกอ 15 ต้นต่อกอ Subhashini และ Reddy (1989) คัดเลือกแคลลัสข้าว Basmati 370, Gopal Bhog, Pakistan Basmati และ Chittimutyalu บนอาหารที่มี NaCl 1% เมื่อนำต้นที่คัดได้ไปปลูกในดินเค็ม พบว่ามีความทนเค็มสูงกว่าต้นที่ได้จากอาหารปกติ สมคิด และคณะ (2528) คัดเลือกแคลลัสข้าวขาวดอกมะลิ105 ลูกแดง IR54 และ Pokkali บนอาหารที่มี NaCl 0.5, 1.0, 1.5 2.0 และ 2.5% พบว่าแคลลัสของขาวดอกมะลิ105 และลูกแดงสามารถอยู่รอดสูงสุด ในอาหารที่มี NaCl 1.5% Chanprame (1985) พบว่าข้าวแต่ละพันธุ์มีการตอบสนองต่อการเลี้ยงอับละอองเกสรต่างกัน พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ตอบสนองสูงสุด (13.27%) รองลงมาคือ ขาวตาแห้ง17 (12.63%) เหลืองใหญ่ 148 (9.80%) และ IR 4595-4-1-13 (6.46%) และสามารถชักนำให้เกิดต้นใหม่ที่เป็น haploid (มี 12 โครโมโซม) 2 ต้น ซึ่งได้จากแคลลัสที่เลี้ยงบนอาหารที่เติม NaCl 0.5% เป็นเวลา 30 วัน แต่ต้นที่ได้ไม่ติดเมล็ด Vajrabhaya และคณะ (1987) ใช้วิธีชักนำแคลลัสจากเอมบริโอมากกว่า 450,000 เมล็ด ของข้าว 8 พันธุ์ คือ กข25 กข23 กข8 ขาวดอกมะลิ105 นางมล เอส-4 เหนียวสันป่าตอง เหลืองประทิว123 และขาวตาแห้ง17 แล้วใช้การคัดเลือก 3 วิธี คือ ไม่เติม NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ เติม NaCl 1% และเติม NaCl 2% เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยคัดเลือกในระยะแคลลัสและระยะยอด สามารถคัดเลือกต้นรอดตายในหลอดทดลองได้ 637 ต้น จากอาหารที่ไม่เติม NaCl 46 ต้นจากอาหารที่มี NaCl 1% และ 25 ต้นจากอาหารที่มี NaCl 2%

4. <u>พันธุศาสตร์ของข้าว</u>

เมื่อ ค.ศ. 1910 มีการเสนอรายงานครั้งแรกว่าโครโมโซมข้าว (<u>Oryza sativa</u>) 2n = 24 มีนักวิจัยอื่นๆ ทำการทดสอบซ้ำว่า basic number ของ สกุล <u>Oryza</u> คือ 12 (Sinha and Sinha, 1985) แม้ว่า <u>O. sativa</u> จะดูเหมือนพืช diploid แต่มีหลักฐานทางเซลล์พันธุศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าข้าวอาจเป็น polyploid ที่เกิดขึ้นจากการผสมระหว่าง 2 species ซึ่งต่างฝ่ายมี basic number = 5 (A B C D E และ A′ B′ C′ D′ E′) แล้วเกิด duplication ใน 2 โครโมโซม (A" B") ขณะผ่าน meiosis และ

duplication ของโครโมโซมทั้งชุด ในที่สุดข้าวปัจจุบันมี 2n = 24 และมี fertility สูง หลักฐานดังกล่าวยืนยันโดย Takenaka และคณะ (1955) ซึ่งพบ 2 trivalent และ 3 bivalent ใน meiosis ซึ่งคาดว่าเป็นการจับคู่ของ A A′ A″ B B B″ C C′ D D′ E E′

<u>แผนภาพที่</u> 1 แสดงวิวัฒนาการทางโครโมโซมของข้าว

A A B B C C D D E E X A′ A′ B′ B′ C′ C′ D′ D′ E′ E′ (2n = 10)

A A′ B B′ C C′ D D′ E E′

ผ่าน meiosis มี duplication 2 โครโมโซม

A A′ A″ B B′ B″ C C′ D D′ E E′

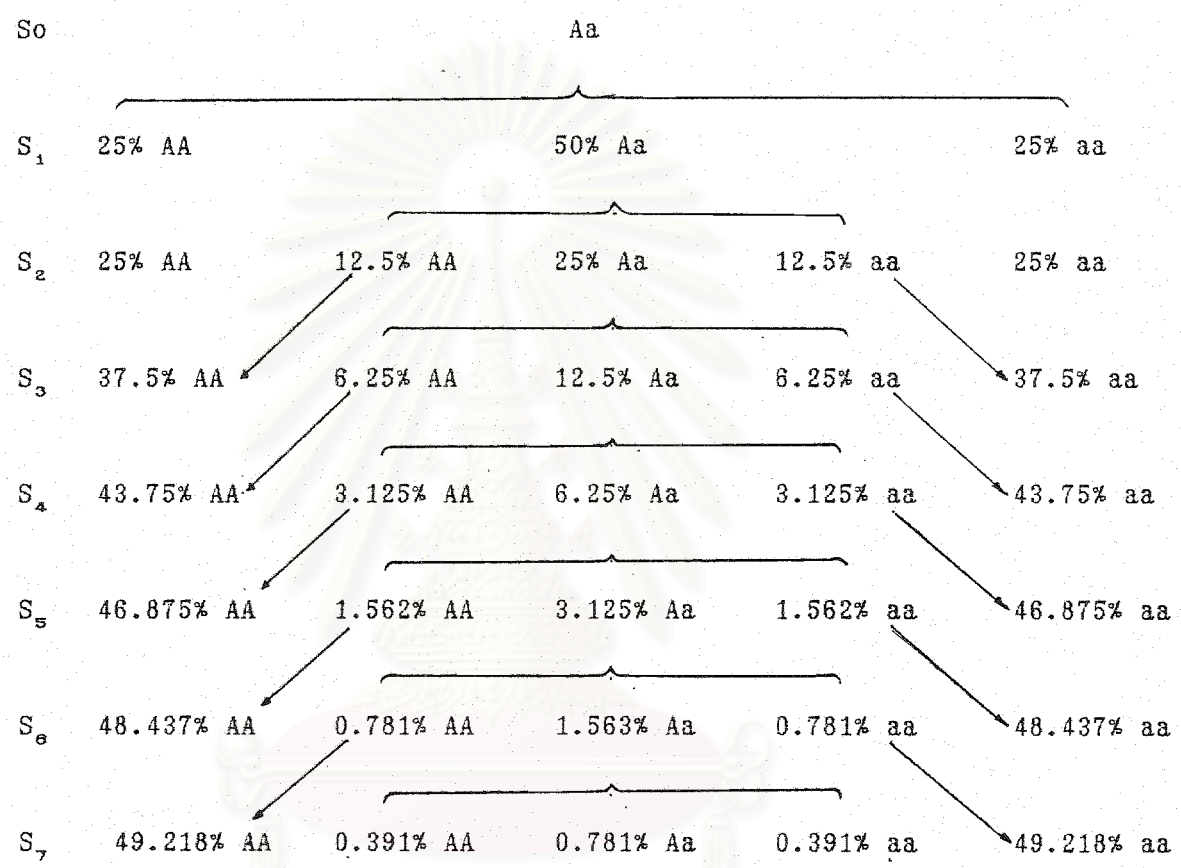
duplication ทั้งชุด

A A A′ A′ A″A″ B B B′ B′ B″B″ C C C′ C′ D D D′ D′ E E E′ E′ (2n = 24)

fertility สูง

ข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง (self-pollinated crop) โดยปกติยอดเกสรตัวเมียจะพร้อมรับการผสม (receptive) พร้อม ๆ กับที่อับละอองเรณูเริ่มแตกขณะที่ดอกยังไม่บาน จึงเกิดการผสมในดอกเดียวกันเป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากเมื่อดอกบานอับละอองเรณูจะโผล่พ้นดอกออกมาในขณะที่ยอดเกสรตัวเมียของดอกอื่นยังพร้อมรับการผสมจึงมีโอกาสเกิดการผสมข้าม (out-cross) ได้บ้าง ซึ่งจะเกิดขึ้นในอัตรา 0-5% ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและพันธุ์ข้าว ดังนั้นยีนส่วนใหญ่ของข้าวจะอยู่ในสภาพ homozygous (AAหรือaa) หากเกิดสภาพ heterozygous ขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากการผสมข้ามหรือจากการเกิดมิวเตชั่นจะเกิดการกระจายตัวให้ homozygous และ heterozygous ในอัตราส่วน 1:1 เนื่องจากการผสมตัวเอง ดังนั้นสภาพ heterozygous จะลดลงครึ่งหนึ่งไปเรื่อย ๆ ของทุกครั้งที่ผสมตัวเอง และจะกลับเข้าสู่สภาพ homozygous เป็นส่วนใหญ่ ได้เป็น pure line หรือ fix line ภายใน 7-8 ชั่วอายุ (ประหาส วีระแพทย์, 2526; กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2522)

ภาพที่ 2 การวิ่งเข้าสู่ความคงตัวทางพันธุกรรม ในแต่ละชั่วอายุของการผสมตัวเอง
(คัดลอกจาก กฤษฎา สัมพันธารักษ์, 2522)



หมายเหตุ : S_0 = ชั่วที่เป็น heterozygous ชั่วแรก

S_1 = ชั่วที่ผ่านการผสมตัวเอง 1 ครั้ง, ... และอื่น ๆ

จะเห็นได้ว่าหลังจาก S_7 จะมีเปอร์เซนต์ความคงตัวทางพันธุกรรมสูงถึง 98.436% (49.218% AA + 49.218% aa)

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

1. พืชทดลอง

1.1 เมล็ดข้าว (Oryza sativa Linn.) ที่เจริญเต็มที่รวม 8 พันธุ์ ซึ่งได้รับจากกองการข้าว กรมวิชาการเกษตร ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าว 8 พันธุ์ ที่ใช้ในการทดลอง

	ลักษณะ	กข 25	กข 23	กข 8	ขาวดอกมะลิ105	นางมลเอส-4	เหนียวสันป่าตอง	เหลืองประทิว123	ขาวตาแห้ง17
1	ได้จากการผสมพันธุ์	✓ ระหว่างลูกผสมของขาวดอกมะลิ105กับ IR2061และลูกผสมของขาวดอกมะลิ 105กับ IR26	✓ เป็นลูกผสมสามทางระหว่าง กข7 กับ IR32 และ กข1	✓ ระหว่างเหนียวสันป่าตองกับ IR 262					
	ได้จากการคัดเลือก				✓	✓	✓	✓	✓
2	ไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว	✓ 90-100	✓ 120-130						
	ไวต่อช่วงแสง วันเก็บเกี่ยว			✓ 23 พ.ย.	✓ 25 พ.ย.	✓ 26 พ.ย.	✓ 26 พ.ย.	✓ 19 ธ.ค.	✓ 20 ธ.ค.
3	ข้าวเจ้า	✓	✓		✓	✓		✓	✓
	ข้าวเหนียว			✓			✓		

ตารางที่ 1 (ต่อ) ลักษณะประจำพันธุ์ของข้าว 8 พันธุ์ ที่ใช้ในการทดลอง

	ลักษณะ	กข 25	กข 28	กข 6	ขาวดอกมะลิ105	นางมลเอส-4	เหนียวสันป่าตอง	เหลืองประทิว123	ขาวตาแห้ง17
4	ความสูง (ซม.)	100	115-120	150-160	140	140	150	150-170	150-170
5	ระยะพักตัวของเมล็ด (สัปดาห์)	3	5	3	8	5	5	6	8
6	ต้านทานโรคและแมลง	โรคขอบใบแห้ง โรคลายใบเน่า โรคจู๋ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล หนอนกอ	โรคขอบใบแห้ง โรคจู๋ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล	โรคใบจุดสีน้ำตาล			โรคใบจุดสีน้ำตาล โรคไหม้	โรคขอบใบแห้ง โรคจู๋	บิ่ว
7	ลักษณะพิเศษอื่นๆ				มีรสชาติดี เป็นที่นิยม มีกลิ่นหอมและอ่อนนุ่ม ค่อนข้างทนแล้ง ทนดินเปรี้ยวและดินเค็ม	ทนแล้ง	กลายพันธุ์มาจากข้าวเจ้าเหลืองใหญ่10 บางครั้งกลายพันธุ์กลับไปเป็นข้าวเจ้าได้	ทนดินเปรี้ยว	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 เมล็ดข้าวที่ได้จากต้นที่คัดเลือกจากหลอดทดลอง ในอาหารที่มี NaCl 0%, 1% และ 2 % รวม 8 พันธุ์ (TC-NaO, TC-Na1 และ TC-Na2 ตามลำดับ) เช่นเดียวกับพันธุ์เปรียบเทียบ ซึ่งแต่ละพันธุ์ถูกคัดเลือกจากหลอดทดลองได้แตกต่างกันดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 จำนวนต้นที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่มี NaCl 0 , 1 และ 2 % ซึ่งนำมาใช้ในการทดลองนี้

พันธุ์	อักษรย่อ	ปริมาณ NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ		
		0 %	1 %	2 %
กข 25	RD25	145	7	4
กข 23	RD23	107	14	5
กข 8	RD8	29	2	2
ขาวดอกมะลิ 105	KDML105	116	6	3
นางมล เอส-4	NM S-4	28	2	2
เหนียวสันป่าตอง	NSPT	39	4	2
เหลืองประทิว 123	LPT123	124	7	4
ขาวดอกแห้ง 17	KTH17	49	4	3
รวม		637	46	25

2. โรงเรือน

โรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกกันฝนและลวดตาข่ายกันนกและแมลง

3. อุปกรณ์

3.1 อุปกรณ์สำหรับการคัดเลือกต้นกล้าข้าวในสารละลาย ได้แก่ อ่างพลาสติกเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 เซนติเมตร จุสารละลายได้ 3 ลิตร โฟมกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 23 เซนติเมตร หนา 2.5 เซนติเมตร เจาะช่องกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร จำนวน

25 ช่องกระจายทั่วโฟม และฟองน้ำค้ำจุนต้นกล้า เครื่องวัดการนำไฟฟ้าของสารละลาย เทอร์โมมิเตอร์

3.2 อุปกรณ์สำหรับการปลูกต้นกล้าที่คัดเลือกได้เพื่อเก็บเมล็ด

โรงเรือนที่มีตาข่ายขนาด 1x1 เซนติเมตร เพื่อกันนก

ผ้าดำคลุมโรงเรือนเพื่อเร่งให้ข้าวพันธุ์ที่ไวต่อแสงออกดอกก่อนถึงฤดูปกติ

ตู้อบ 37 องศาเซลเซียส สำหรับอบเมล็ดหลังเก็บเกี่ยว

เครื่องมือและอุปกรณ์การเกษตร ได้แก่ กระถางไม่มีรู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ดินเหนียว ดินผสมตราสีดา ปุ๋ยเคมีผสม สูตร 16-16-16 ปุ๋ยยูเรีย 46-0-0 ยากำจัดโรคแมลง เช่น มาลาไธออน ฟูราดาน เบนเลท

3.3 อุปกรณ์ในการศึกษาโครโมโซม

กล้องจุลทรรศน์พร้อมอุปกรณ์สำหรับถ่ายภาพ

Water bath 60 องศาเซลเซียส

อุปกรณ์อื่นๆ ได้แก่ สไลด์พร้อมแผ่นแก้วปิด กระจกนาฬิกา เข็มเขี่ย กรรไกร ปากคีบ coffin jar ยาทาเล็บใช้ยาสไลด์

3.4 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ปริมาณ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์

ตู้อบ ได้แก่ oven 70 °C , muffle furnace 500 °C

เครื่องวัดปริมาณธาตุ ได้แก่ flame photometer,atomic absorption spectrophotometer

3.5 อุปกรณ์ในการผสมพันธุ์ข้าว

กรรไกร ปากคีบ คลิป ถุงกระดาษครอบช่อดอก และป้ายปักชื่อต้นไม้

4. <u>สารเคมี</u>

4.1 สารเคมีที่ใช้ในการคัดเลือกต้นกล้าข้าวในสารละลาย

สารเคมีและวิธีการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร สูตรดัดแปลง WP ในภาคผนวก ก.

4.2 สารเคมีที่ใช้ในการศึกษาโครโมโซม

สารเคมีและวิธีการเตรียม ในภาคผนวก ข.

4.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์

สารเคมีและวิธีการเตรียม ในภาคผนวก ค.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. วิธีดำเนินการทดลอง

การวิจัยในส่วนนี้ เป็นส่วนที่ II เริ่มปฏิบัติงาน พ.ศ. 2530 ซึ่งต่อเนื่องจากการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ส่วนที่ I) โดยทั้งหมดอยู่ในโครงการวิจัย " New Varieties of Rice for Saline and Acid Soil through Tissue Culture " ซึ่งเริ่มโครงการตั้งแต่ พ.ศ.2526 (Vajrabhaya et al , 1983 ; Vajrabhaya et al , 1984(a) ; Vajrabhaya et al , 1984(b) ; Vajrabhaya et al , 1985(a) ; Vajrabhaya et al , 1985(b) ; Vajrabhaya et al , 1986 ; Vajrabhaya et al , 1987) แผนการดำเนินงานวิจัยของโครงการทั้งหมด แสดงไว้ในแผนภาพที่ 3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพที่ 3

เมล็ดข้าว

ชักนำให้เกิดแคลลัส

คัดเลือกระยะแคลลัส
เลี้ยงในอาหารที่มี NaCl 0.5%

คัดเลือกระยะยอด
เลี้ยงในอาหารปกติ

ไม่ผ่านการคัดเลือก
เลี้ยงในอาหารปกติ

คัดเลือก
ในหลอดแก้ว

ชักนำให้เกิดยอด

ชักนำให้เกิดยอด

ชักนำให้เกิดยอด

เลี้ยงในอาหารที่มี NaCl 0.5%

คัดที่รอดตาย

ปลูกในดินปกติ

คัดกล้ารุ่นต่อไป

คัดเลือกด้วยสารละลายธาตุอาหาร
ที่เติม NaCl 0.5%

คัดเลือก
ในสารละลาย

คัดเลือกซ้ำ R1-R5

คัดที่รอดตาย

ปลูกเก็บเมล็ดในดินปกติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิจัยนี้ แบ่งการทดลองเป็น 4 ส่วน ดังนี้

การทดลองที่ 1 การคัดเลือกต้นกล้าข้าวทนเค็มรวม 8 พันธุ์ นำไปปลูกเก็บเมล็ดและทดสอบซ้ำตั้งแต่ชั่วอายุที่ 2(R_2)จนถึงชั่วอายุที่ 5(R_5)

การทดลองที่ 2 การตรวจโครโมโซม เพื่อเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มสูงสุดในแต่ละพันธุ์กับพันธุ์เดิม

การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณไอออนของโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์ในใบและรากของต้นทนเค็มสูงสุดในแต่ละพันธุ์

การทดลองที่ 4 การทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าของลูกผสมสลับ (reciprocal cross) ระหว่างต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ในการวิจัยนี้ ซึ่งได้จากพันธุ์ เหลืองประทิว123 (R_5-LPT 123 TC-171) กับพันธุ์เดิม

การทดลองที่ 1 การคัดเลือกต้นกล้าข้าวทนเค็มรวม 8 พันธุ์ นำไปปลูกเก็บเมล็ดและทดสอบซ้ำจนถึงชั่วอายุที่ 5 (R_5)

1.1 การคัดเลือกต้นข้าวที่ทนเค็มในระยะกล้า

ทดสอบในสารละลายธาตุอาหารที่มี NaCl 0.5 % เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยใช้เมล็ดจากชั่วอายุที่ 2 และ 3 ของต้นที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ มาเพาะกล้ารุ่นแรก

ก. แช่เมล็ดข้าวในน้ำอุ่น 50 องศาเซลเซียส เพื่อทำลายการพักตัวของเมล็ด ทิ้งให้เย็น แช่ต่อไปเป็นเวลา 3 วัน

ข. นำเมล็ดที่งอกไปเพาะในกะบะทรายที่ล้างสะอาด จนกระทั่งต้นกล้ามีใบ 3 ใบ ซึ่งใช้เวลา 10 วัน

ค. ย้ายลงปลูกในช่องที่เจาะบนโฟม ยึดต้นด้วยฟองน้ำเทียมที่ลอยบนสารละลายธาตุอาหาร สูตรดัดแปลง WP (ภาคผนวก ก.) จนกระทั่งต้นกล้าแข็งแรง ใช้เวลา 7 วัน ได้ต้นกล้าที่มีใบ 5ใบ

ง. เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหาร เป็นสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % ควบคุมการนำไฟฟ้าให้มีค่าอยู่ในช่วง 9 - 10 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส การควบคุมทำได้โดยการเปลี่ยนสารละลายที่ใช้ทดสอบใหม่ทุกสัปดาห์ ใช้ breeder seed ของแต่ละพันธุ์เป็นต้นเปรียบเทียบ ให้ต้นกล้าอยู่ในสภาพนี้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ภายใต้โรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกกันฝน อุณหภูมิ 22 - 38 องศาเซลเซียส ความเข้มแสงวัดได้ 25,000 - 50,000 ลักซ์

จ. ในแต่ละสัปดาห์ถอนต้นที่ตายทิ้งไป จนถึงสัปดาห์ที่ 4

1.2 ปลูกต้นที่คัดเลือกได้เพื่อเก็บเมล็ด ด้วยดินในกระถางซึ่งไม่เติม NaCl

เมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่ 4 คัดเลือกต้นที่รอดตายและแข็งแรง ไม่เกิน 2 % นำไปปลูกในดินเหนียวผสมกับดินผสมตราสีดา อัตราส่วน 2:1 ในกระถางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร ภายใต้โรงเรือนที่มีตาข่ายกันนกและหนู เติมปุ๋ยเคมีผสม สูตร 16-16-16 ปริมาณ 3 กรัมต่อกระถางก่อนการปลูก 1 วัน และเติมปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ปริมาณ 3 กรัมต่อกระถางเมื่อข้าวแตกกอประมาณ 30 - 40 วันหลังการปลูก หรือประมาณ 30 วันก่อนการออกดอก ในระหว่างการปลูกเพื่อเก็บเมล็ด กำจัดโรค แมลง และศัตรูพืช ตามการระบาดและควบคุมน้ำในกระถางให้ท่วมหน้าดิน 1 - 3 เซนติเมตร จนกว่าจะเก็บเมล็ด สำหรับข้าวไวแสงที่คัดเลือกและปลูกนอกฤดูปลูก ใช้วิธีคลุมผ้าดำเพื่อปรับช่วงมืด ให้เป็นแบบกลางคืนยาวโดยให้ช่วงสว่าง/มืด ใน 1 วัน เป็น 8/16 ชั่วโมง โดยคลุมไว้อย่างน้อย 14 วัน เพื่อกระตุ้นการเกิดตาดอก (flower bud initiation)

เมื่อเมล็ดแก่จัด เกี่ยวรวง นำไปอบในตู้อบเพื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิ 37+2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 วัน เก็บเมล็ดในตู้เย็นที่ 10 องศาเซลเซียส รอการนำไปทดสอบในชั่วอายุถัดไป

1.3 การทดสอบซ้ำจนถึงชั่วอายุที่ 5 (R_5)

นำเมล็ดที่เก็บไว้มาเพาะ และคัดเลือกการทนเค็มในระยะกล้าแบบเดิมซ้ำจนถึงชั่วอายุที่ 5 (R_5)

วิธีเก็บผลในทุกๆชั่วอายุที่ทำการคัดเลือก

1. ศึกษาลักษณะเป็นพิษที่ใบข้าว ตั้งแต่สัปดาห์แรกของการย้ายต้นกล้า ลงในสารละลายธาตุอาหารสูตร WPที่มี NaCl 0.5 % จนถึงสัปดาห์ที่ 4

2. นับจำนวนต้นกล้าที่ตายทุกสัปดาห์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละของการรอดตายของต้นกล้าแต่ละสายพันธุ์ภายในพันธุ์ นำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาสายพันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุดของแต่ละพันธุ์

และในรุ่นสุดท้ายของการคัดเลือก คือชั่วอายุที่ 5 (R_5) ได้ทดสอบทางสถิติโดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment in randomized complete block design ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1. ต้นกล้า R_5 ที่มีอัตราการรอดตายสูงสุด ของข้าว 8 พันธุ์ ดังนี้ คือ

- พันธุ์ กข 25
- พันธุ์ กข 23
- พันธุ์ กข 8

- พันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105
- พันธุ์ นางมล เอส-4
- พันธุ์ เหนียวสันป่าตอง
- พันธุ์ เหลืองประทิว 123
- พันธุ์ ขาวตาแห้ง 17

ปัจจัยที่ 2. ระดับความเค็มของ NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช 3 ระดับ ดังนี้ คือ

- ระดับความเค็ม 0 ไม่มี NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na0)
- ระดับความเค็ม 1 มี NaCl 1.0 % ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na1)
- ระดับความเค็ม 2 มี NaCl 2.0 % ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na2)

การทดลองที่ 2 การตรวจนับโครโมโซม

ศึกษาเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มสูงสุดในชั่วอายุที่ 5 ทุกพันธุ์รวม 8 พันธุ์ เปรียบเทียบกับจำนวนโครโมโซมของพันธุ์เดิม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นที่ใช้ในการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซม (เลขหลัง TC เป็นลำดับของต้นที่คัดเลือก)

	จำนวนโครโมโซมของต้นข้าวทนเค็มสูงสุดในแต่ละพันธุ์		จำนวนโครโมโซมของต้นจาก breeder seed
1	เหลืองประทิว 123(R_6-LPT 123 TC-171)	เปรียบเทียบกับ	เหลืองประทิว 123
2	ขาวดอกมะลิ 105(R_6-KDML 105 TC-69)	เปรียบเทียบกับ	ขาวดอกมะลิ 105
3	กข 23 (R_6-RD23 TC-7)	เปรียบเทียบกับ	กข 23
4	ขาวตาแห้ง 17 (R_6-KTH 17 TC-52)	เปรียบเทียบกับ	ขาวตาแห้ง 17
5	กข 25 (R_6-RD25 TC-71)	เปรียบเทียบกับ	กข 25
6	นางมล เอส-4 (R_6-NM S-4 TC-27)	เปรียบเทียบกับ	นางมล เอส-4
7	เหนียวสันป่าตอง (R_6-NSPT TC-31)	เปรียบเทียบกับ	เหนียวสันป่าตอง
8	กข 8 (R_6-RD8 TC-74)	เปรียบเทียบกับ	กข 8

* หมายเหตุ พันธุ์ที่ 1-8 เรียงลำดับตามความทนเค็มสูงสุด-ต่ำสุด

โดยศึกษาจากเซลล์ปลายราก เพื่อดูจำนวนโครโมโซมในระยะเมทาเฟส ด้วยวิธี Feulgen squash (กันยารัตน์ ไชยสุด , 2532 อ้างจาก Darlington , 1966) ซึ่งมีวิธีเตรียมเซลล์จากรากที่กำลังแบ่งตัวดังนี้

2.1 Pre-treatment

ขั้นตอนนี้เป็นการหยุดวงชีพของเซลล์ ซึ่งดำเนินการโดยตัดรากที่ขาวใส หลังจากงอก 2 วัน ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร แช่ในสารละลายอิ่มตัวของ alpha-bromonapthalene ซึ่งช่วยให้การแบ่ง หยุดอยู่ในระยะเมทาเฟส และโครโมโซมหดตัว ทำให้สะดวกต่อการศึกษา เก็บรากที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 28 ชั่วโมง ช่วงเวลาที่ตัดรากซึ่งพบว่ามีเซลล์กำลังแบ่งตัวมากคือ 11.00-13.00 น.

2.2 Fixation

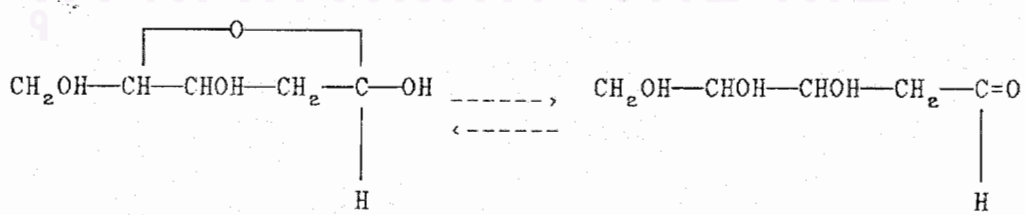
เป็นขั้นตอนต่อจากขั้นตอนที่ 1 เพื่อตรึงการทำงานของเซลล์ให้หยุด โดยการเปลี่ยนสารละลายเป็น acetic acid 90 % แช่ไว้ 30 นาทีที่อุณหภูมิห้อง เพื่อหยุดปฏิกิริยาเมทาบอลิซึมภายในเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย

2.3 Storage

เป็นการเก็บรักษาเนื้อเยื่อ ทำโดยล้าง acetic acid 90 % ด้วย ethyl alcohol 70 % 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที แช่รากไว้ใน ethyl alcohol 70 % นี้ ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาศึกษา

2.4 Hydrolysis-Feulgen squash

เป็นการแยกเซลล์และย้อมสีโครโมโซม โดยนำรากมาล้างด้วยน้ำ 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที จนหมดแอลกอฮอล์ เพื่อช่วยให้เซลล์รากติดสีดีขึ้น นำไปไฮโดรไลซ์ด้วยกรดเกลือ (1N HCl) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส 15 นาที เพื่อละลายผนังเซลล์ และทำให้เบส purine (adenine และ guanine) แยกจาก deoxyribose glycoside bond ของดีเอ็นเอ ทำให้ได้หมู่ aldehyde ออกมาเป็นอิสระ ดังสมการ



deoxyribose ในรูปของ furanose deoxyribose ในรูปของ aldehyde

และเมื่อเปลี่ยนเป็น Schiff's reagent ทิ้งไว้ 30 - 45 นาที หมู่ aldehyde ที่เกิดขึ้นจะทำปฏิกิริยากับ Schiff's reagent เกิดสีม่วงแดง เซลล์ที่มีการแบ่งนิวเคลียสจะติดสีเข้ม ย้ายรากลงในน้ำ ใช้เข็มตัดปลายรากส่วนที่ติดสีแดงเข้ม วางบนสไลด์ แล้วหยด propiono-carmine 2 % 1 หยด เพื่อให้โครโมโซมติดสีมากขึ้น ปิดแผ่นแก้วปิด ใช้ด้ามเข็มเขี่ยเคาะบนแผ่นแก้วปิดที่มีกระดาษซับรองอยู่ เพื่อช่วยให้เซลล์และโครโมโซมกระจายดีขึ้น ใช้นิ้วหัวแม่มือกดบนแผ่นแก้วปิดบริเวณที่มีเซลล์ เพื่อให้โครโมโซมที่กระจายนั้นอยู่ในระนาบเดียวกัน ยาสไลด์ด้วยน้ำยาทาเล็บ ทิ้งให้แห้ง นำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ เลือกเซลล์ที่มีโครโมโซมอยู่ในระยะเมทาเฟสกระจายดี นับจำนวนโครโมโซม นำไปถ่ายรูป

การทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณไอออน 4 ชนิด คือ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และ คลอไรด์

วิเคราะห์ปริมาณไอออนทั้ง 4 ชนิด ในใบและรากของต้นที่ทนเค็มสูงสุดของแต่ละพันธุ์ ในสารละลายธาตุอาหารและในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % นำใบและรากตรวจวิเคราะห์ปริมาณ ในสัปดาห์ที่ 1,2,3 และ 4 ตามลำดับ โดยใช้ต้นจาก breeder seed ของแต่ละพันธุ์เป็นต้นเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4 แผนการวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์

	พันธุ์	ต้นจาก breeder seed (B)				ต้นที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ(T)			
		ในปุ๋ย (F)		ในเกลือ (S)		ในปุ๋ย (F)		ในเกลือ (S)	
		ใบ(L)	ราก(R)	ใบ(L)	ราก(R)	ใบ(L)	ราก(R)	ใบ(L)	ราก(R)
1	เหลืองประทิว 123	BFL1	BFR1	BSL1	BSR1	TFL1	TFR1	TSL1	TSR1
2	ขาวดอกมะลิ 105	BFL2	BFR2	BSL2	BSR2	TFL2	TFR2	TSL2	TSR2
3	กข 23	BFL3	BFR3	BSL3	BSR3	TFL3	TFR3	TSL3	TSR3
4	ขาวตาแห้ง 17	BFL4	BFR4	BSL4	BSR4	TFL4	TFR4	TSL4	TSR4
5	กข 25	BFL5	BFR5	BSL5	BSR5	TFL5	TFR5	TSL5	TSR5
6	นางมล เอส-4	BFL6	BFR6	BSL6	BSR6	TFL6	TFR6	TSL6	TSR6
7	เหนียวสันป่าตอง	BFL7	BFR7	BSL7	BSR7	TFL7	TFR7	TSL7	TSR7
8	กข 8	BFL8	BFR8	BSL8	BSR8	TFL8	TFR8	TSL8	TSR8

* หมายเหตุ พันธุ์ที่ 1-8 เรียงลำดับตามความทนเค็มสูงสุด-ต่ำสุด

ซึ่งการวิเคราะห์นี้ ได้ส่งตัวอย่างไปรับการวิเคราะห์ ที่ฝ่ายเทคโนโลยีชีวภาพของดิน กรมพัฒนาที่ดิน ตามวิธีวิเคราะห์ดังนี้

3.1 การเตรียมตัวอย่างพืช

นำใบและรากอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกระทั่งตัวอย่างแห้ง ใช้เวลาประมาณ 3 วัน นำไปบดด้วยเครื่องบดละเอียด ขนาดที่ผ่านตะแกรงขนาด 0.1 x 0.1 เซนติเมตร แล้วอบตัวอย่างที่บดแล้วอีกครั้งหนึ่งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน dessicator ก่อนนำมาชั่งเพื่อวิเคราะห์ธาตุทั้ง 4 ชนิด

3.2 วิธีวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม โปแตสเซียม และแคลเซียม

3.2.1 การย่อยสลายตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่าง 1.0000 กรัม ใน Erlenmeyer flask ขนาด 75 มิลลิลิตร เติม mixed acid (conc. HNO_3 : conc. H_2SO_4 : conc. $HClO_4$ ในอัตราส่วน 5:1:2) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดฟลาสค์ด้วยกระจกนาฬิกาเพื่อป้องกันการแห้ง ทำให้ร้อนด้วยอุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส ภายใต้ fume hood ย่อยสลายตัวอย่างพืชจนได้สารละลายใส ใช้เวลาประมาณ 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman NO.42 ลงในฟลาสค์ 100 มิลลิลิตร ชะกระดาษกรองด้วยน้ำกลั่นร้อน 5 ครั้ง ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

3.2.2 การวัดปริมาณโซเดียมและโปแตสเซียม

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย มาหาปริมาณโซเดียมและโปแตสเซียม โดยใช้เครื่อง flame photometer ของ Beckman model B คำนวณปริมาณโซเดียม และโปแตสเซียมในตัวอย่างได้จากการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (standard sodium solution และ standard potassium solution)

3.2.3 การวัดปริมาณแคลเซียม

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย หาปริมาณแคลเซียม โดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrophotometer คำนวณปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างได้จากการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน (standard calcium solution) ที่เติม strontium chloride ($SrCl_2$) 2.5 % ในอัตราส่วน $SrCl_2$ 1 : aliquot 5 เพื่อป้องกันการรบกวนจาก phosphate

3.3 วิธีวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์

3.3.1 การย่อยสลายตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างพืช 1.0000 กรัม ลงใน crucible เติม calcium oxide 0.25 กรัม เพื่อป้องกันการระเหิดของคลอไรด์ เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร ผสมให้ทั่ว นำไปเผาใน muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที ทิ้งตัวอย่างให้เย็น เติมน้ำกลั่นร้อน 15 มิลลิลิตร นำไปตั้งบน hot plate ใช้แท่งแก้วบดสารละลายตัวอย่างจนละลายดี นำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman NO.42 ล้างตะกอนที่เหลือด้วยน้ำกลั่นร้อน 10 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น

3.3.2 การวัดปริมาณคลอไรด์

นำสารละลายตัวอย่างที่ได้ ปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย acetic acid 10 % นำมาหาปริมาณคลอไรด์ โดยไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน (standard silver nitrate) 0.05 N โดยหยด potassium chromate (K_2CrO_4) 1 % 3 หยดลงในสารละลายตัวอย่าง เพื่อใช้เป็น indicator silver nitrate ($AgNO_3$) จะทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ในสารละลายตัวอย่าง เกิดเป็น silver chloride (AgCl) ตกตะกอนสีขาว ไตเตรตจนกระทั่งได้สารละลายสีน้ำตาลแดงที่คงที่ เพราะเมื่อปฏิกิริยาถึง end point จะเกิดตะกอนสีแดงของ Ag_2CrO_4 ขึ้น ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของ silver nitrate กับ potassium chromate

วิธีคำนวณปริมาณคลอไรด์

$$\% \text{ คลอไรด์ในพืช} = \frac{\text{ปริมาตรของ } AgNO_3 \times \text{Normality ของ } AgNO_3 \times 0.0355 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

การทดลองที่ 4 : ทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าของลูกผสมสลับ ระหว่างต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้กับต้นไม่ทนเค็มของพันธุ์เดิม

ต้นไม่ทนเค็มของพันธุ์เดิม ต้นจาก breeder seed ของพันธุ์เหลืองประทิว 123 (ใช้สัญลักษณ์ Br.)

ต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ พันธุ์เหลืองประทิว 123 (R_5-LPT 123 TC-171) (ใช้สัญลักษณ์ TC-171)

คู่ผสมที่ทำการทดลอง

1. Br. ⓧ
2. TC-171 ⓧ
3. TC-171 x Br.
4. Br. x TC-171

4.1 การผสมสลับพ่อแม่ (reciprocal cross) โดยใช้เทคนิค clip method

ดอกข้าวบานจากปลายรวงสู่โคนรวง ใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ โดยดอกข้าวจะบานในตอนเช้า ประมาณ 8.00 - 12.00 น. ละอองเรณูจะหล่นก่อนหรือเวลาเดียวกับที่ดอกข้าวบาน จึงทำให้เกิดการผสมเกสรขึ้นภายในดอกเดียวกัน ข้าวจึงเป็นพืชผสมตัวเอง ดังนั้นการกำจัดเกสรตัวผู้ ต้องทำก่อนละอองเกสรแตกเพื่อป้องกันการผสมตัวเอง

4.1.1 การกำจัดเกสรตัวผู้ (emasculation)

ทำในช่วงบ่ายก่อนการผสมในวันรุ่งขึ้น เลือกต้นแม่ที่แข็งแรง ใช้ช่อดอกที่โผล่พ้นใบธงประมาณ 60 % ตัดแต่งช่อดอกโดยตัดดอกที่แก่และอ่อนเกินไปทิ้ง เลือกดอกที่จะบานในวันรุ่งขึ้นไว้ 20 ดอก/รวง ใช้กรรไกรตัดปลาย lemma และ palea ออกหนึ่งในสาม เฉียง 45 องศา คีบอับเรณู 6 อัน ทิ้งให้หมด เพื่อป้องกันการผสมตัวเอง แล้วคลุมช่อดอกด้วยถุงกระดาษไข ขนาด 5 x 15 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการผสมข้ามจากต้นที่ไม่ต้องการ

4.1.2 การผสมเกสร

ทำในเช้าวันรุ่งขึ้น ในช่วงเวลา 8.00 - 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่ยอดเกสรตัวเมียพร้อมรับการผสม และอับเรณูเริ่มแตก ใช้ช่อดอกของต้นพ่อที่ดอกเริ่มบานมีอับเรณูโผล่ออกมา เคาะละอองเรณูลงบนดอกแม่ที่ emasculate ไว้ เสร็จแล้วใช้ถุงคลุมช่อดอกไว้ 7 วัน ให้ช่อดอกที่ผสมแล้วอยู่ในบริเวณที่ได้รับแสงแดดเต็มที่แต่ลมไม่แรง

ส่วนการผสมตัวเอง ใช้วิธีคลุมช่อดอกที่ตัดแต่งแล้ว จนกระทั่งดอกบานหมดช่อ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 7 วัน

4.1.3 เก็บเมล็ด

เกี่ยวรวงที่แก่จัดหลังการผสม 30 วันนำไปอบลดความชื้นที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน เก็บเมล็ดในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส เพื่อรอการทดสอบในระยะกล้า

4.2 การทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าของลูกผสมสลับ

ทดสอบความทนเค็มในระยะกล้า ในสารละลายธาตุอาหารสูตร WP. ที่มี NaCl 0.5 % เป็นเวลา 4 สัปดาห์ด้วยวิธีเดิม เช่นเดียวกับในการทดลองที่ 1 และบันทึกอัตราการรอดตายในสัปดาห์ที่ 4

4.3 นำต้นที่รอดตายไปปลูกเพื่อเก็บเมล็ด

ปลูกด้วยวิธีเดิมเช่นเดียวกับในการทดลองที่ 1

บทที่ 3

ผลการวิจัย

งานวิจัยได้แบ่งการรายงานผลเป็น 4 ส่วน ดังนี้คือ

1. ผลการคัดเลือกข้าวทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อจนถึงชั่วอายุที่ 5
   1.1. ผลการศึกษาลักษณะเป็นพิษที่ใบข้าว
   1.2. ผลการคัดเลือกต้นกล้าข้าว 8 พันธุ์ ในสารละลายธาตุอาหาร ที่เติม NaCl 0.5 % จนถึงชั่วอายุที่ 5
   1.3. ผลการศึกษาเปรียบเทียบความทนเค็มของสายพันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ในชั่วอายุที่ 5
2. ผลการศึกษาเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดกับของพันธุ์เดิม รวม 8 พันธุ์
3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์ ในใบและรากของสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดของแต่ละสายพันธุ์ เปรียบเทียบกับพันธุ์เดิม รวม 8 พันธุ์
4. ผลการทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าของลูกผสมสลับ ระหว่างสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้กับพันธุ์เดิม

<u>ผลการทดลองที่ 1 การคัดเลือกข้าวทนเค็ม 8 พันธุ์ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อจนถึงชั่วอายุที่ 5</u>

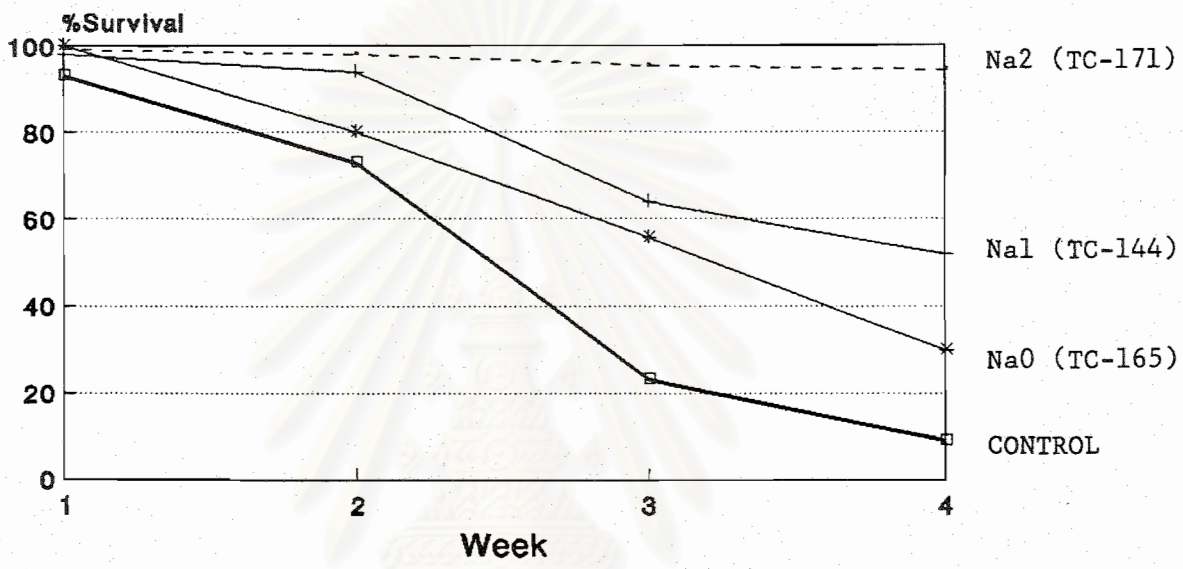
<u>ผลการศึกษาลักษณะได้รับพิษที่ใบข้าว</u>

อาการของใบข้าวทั้ง 8 พันธุ์ ที่ได้รับพิษจาก NaCl มีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือใบเริ่มแห้งจากปลายใบแก่ลามสู่โคนใบ ทำให้ใบบิดม้วน และเมื่ออาการรุนแรงมากขึ้นทำให้ตาย (ทั้งต้นไม่มีสีเขียว) ต้นที่ทนเค็มมากปรากฏอาการเป็นพิษช้า และมีความรุนแรงน้อยกว่าต้นที่อ่อนแอ

<u>สัปดาห์ที่ 1</u> หลังจากย้ายต้นกล้าลงในสารละลายธาตุอาหารที่มี NaCl 0.5 % ในสัปดาห์แรก ต้นกล้าส่วนใหญ่ไม่แสดงอาการใดๆ ยกเว้นกลุ่มที่อ่อนแอมาก มีใบเริ่มแสดงอาการเป็นพิษภายใน 5 วัน โดยเริ่มจากอาการแห้งของใบแก่ แล้วค่อยๆลามสู่โคนใบ

<u>สัปดาห์ที่ 2</u> ต้นกล้าเจริญขึ้น มีใบใหม่ ต้นที่อ่อนแอมีรอยด่างขาวซีดบริเวณกลางใบของใบใหม่แล้วลุกลามออกไป ใบมักหักพับ ใบแก่ขาวซีดทั้งแผ่นใบ ใบบิดม้วน

<u>สัปดาห์ที่ 3</u> ต้นที่อ่อนแอมากมักหยุดการเจริญในสัปดาห์นี้ ใบส่วนใหญ่แห้งตายเป็นสีขาว ต้นที่อ่อนแอมีขนาดเล็กกว่าต้นที่ต้านทาน



แผนภูมิที่ 1 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 ที่มีความทนเค็มสูง (ซึ่งคัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัปดาห์ที่ 4 ต้นที่อ่อนแอใบแห้งตาย ลำต้นขาวซีดหักพับและตายในที่สุด ทั้งต้นไม่มีสีเขียว ต้นทนเค็มเท่านั้นที่สามารถรอดชีวิตถึงสัปดาห์ที่ 4 (ภาพที่ 1,2 และแผนภูมิที่ 1)

ต้นทนเค็มนอกจากปรากฏอาการเป็นพิษช้า และมีความรุนแรงน้อยกว่าต้นอ่อนแอ ยังมีแนวโน้มของการฟื้นตัวได้ดีกว่า เห็นได้ชัดจาก R_3-LPT123 TC-171 ของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ พบว่าในสัปดาห์ที่ 3 มีอาการเป็นพิษรุนแรง แต่เมื่อถึงสัปดาห์ที่ 4 ใบใหม่ที่เจริญมีอาการเป็นพิษน้อยลง ต้นแข็งแรงกว่ากลุ่มอ่อนแอ และเมื่อนำไปปลูกลงดินมีอัตราการรอดตายสูงกว่า

ผลการคัดเลือกต้นกล้าข้าว 8 พันธุ์ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % จนถึงชั่วอายุที่ 5

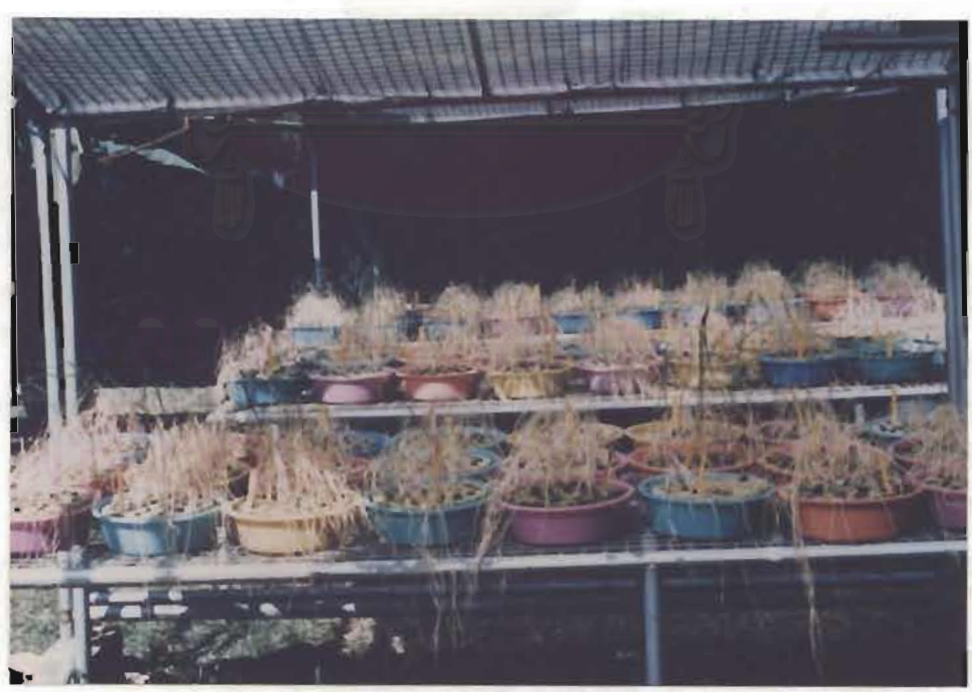
จากการทดลองพบว่าข้าวทั้ง 8 พันธุ์ที่ได้จากหลอดทดลองเมื่อนำมาทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าจนถึงชั่วอายุที่ 5 ส่วนใหญ่ตายไปภายในชั่วอายุที่ 2 (R_1-R_2) ซึ่งมีการรอดตายคิดเป็นร้อยละใกล้เคียงหรือต่ำกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ มีบางสายพันธุ์เท่านั้นที่สามารถถ่ายทอดความทนเค็มถึงชั่วอายุที่ 5 และมีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนต้นข้าวทนเค็มที่คัดเลือกได้จนถึงชั่วอายุที่ 5

	พันธุ์	จำนวนต้นที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ	จำนวนสายพันธุ์ที่รอดตายถึงชั่วอายุที่ 5	คิดเป็นร้อยละ
1	กข25	177	28	15.8
2	กข23	150	28	18.7
3	กข8	77	13	16.9
4	ขาวดอกมะลิ105	186	36	19.4
5	นางมล เอส-4	31	6	19.4
6	เหนียวสันป่าตอง	45	10	22.2
7	เหลืองประทิว123	175	41	23.4
8	ขาวตาแห้ง17	56	10	17.9
	รวม	897	172	19.2

หมายเหตุ การทดลองนี้เริ่มที่ R2 เนื่องจากเป็นโครงการวิจัยต่อเนื่องของ รศ. มนทกานติ วัชราภัย

ภาพที่ 1 สภาพต้นกล้าข้าวก่อนการทดสอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%



ภาพที่ 2 สภาพต้นกล้าข้าวหลังการทดสอบด้วยสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %
(ค่าการนำไฟฟ้า 9-10 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส)
เป็นเวลา 4 สัปดาห์

พันธุ์กข25 จาก 177 ต้นที่ได้จากหลอดทดลอง ซึ่งผ่านการคัดเลือกบนอาหารที่มี NaCl 0%,1% และ 2 % พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มจนถึง R_5 รวม 28 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 6) สายพันธุ์ที่รอดตายถึง R_5 นี้ แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีการรอดตายต่ำ ซึ่งมีอัตราการรอดตายต่ำกว่า 10.0 % และกลุ่มที่มีอัตราการรอดตายสูง ซึ่งมีอัตราการรอดตายมากกว่า 10.0 % ในกลุ่มนี้พบว่า การติดเมล็ดต่ำมากในบางหมายเลข สายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดคือ TC-71 Na2 มีอัตราการรอดตายใน R_5 17.8 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากกาคัดเลือกด้วย selection medium ที่มี NaCl 2 %

พันธุ์กข23 จาก 150 ต้นที่คัดเลือกได้จากหลอดทดลอง พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็ม จนถึง R_5 รวม 28 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 7) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มเช่นกัน ในกลุ่มนี้พบลักษณะใบลายเป็นทางยาว (striata) (ภาพที่ 3) ในบางหมายเลข หมายเลขทนเค็มสูงสุดคือ TC-7 Na1 มีอัตราการรอดตายใน R_5 89.7 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วย selection medium ที่มี NaCl 1 %

พันธุ์กข8 จาก 77 ต้นที่ได้จากหลอดทดลอง พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มถึง R_5 รวม 13 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 8) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มเช่นกัน หมายเลขที่ทนเค็มสูงสุด คือ TC-74 Na1 มีอัตราการรอดตายใน R_5 13.0 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วย selection medium ที่มี NaCl 1%(แผนภูมิที่ 2)

พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จาก 186 ต้นที่ได้จากหลอดทดลอง พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มถึง R_5 รวม 54 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 9) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มเช่นกัน หมายเลขที่ทนเค็มสูงสุด คือ TC-69 Na2 มีอัตราการรอดตายใน R_5 54.0 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วย selection medium ที่มี NaCl 2 %

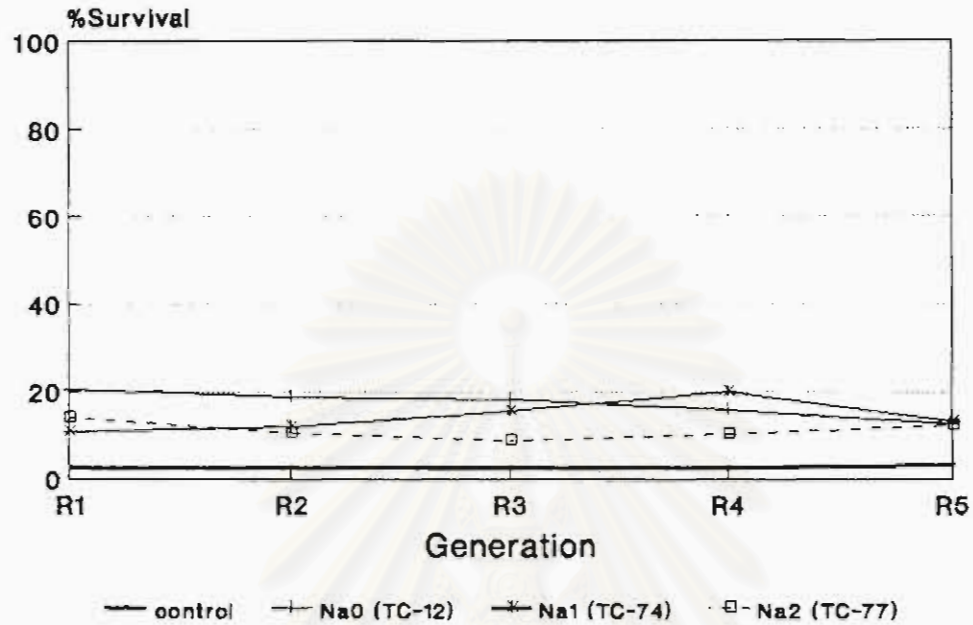
พันธุ์นางมล เอส-4 จาก 31 ต้นที่ได้จากหลอดทดลอง พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มถึง R_5 รวม 6 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 10) ทั้งหมดมีอัตราการรอดตายสูงกว่า 10.0 % ทุกหมายเลขมีการติดเมล็ดต่ำ หมายเลขที่ทนเค็มสูงสุด คือ TC-27 Na0 มีอัตราการรอดตายใน R_5 17.4 %(ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วยอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่ได้เติม NaCl

พันธุ์เหนียวสันป่าตอง จาก 45 ต้นที่ได้จากหลอดทดลอง พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มถึง R_5 รวม 10 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 11) ทั้งหมดมีอัตราการรอดตายสูงกว่า 10.0 % บางหมายเลขมีการติดเมล็ดต่ำมาก หมายเลขที่ทนเค็มสูงสุด คือ TC-31 Na0 มีอัตราการรอดตายใน R_5 17.1 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วยอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่ได้เติม NaCl

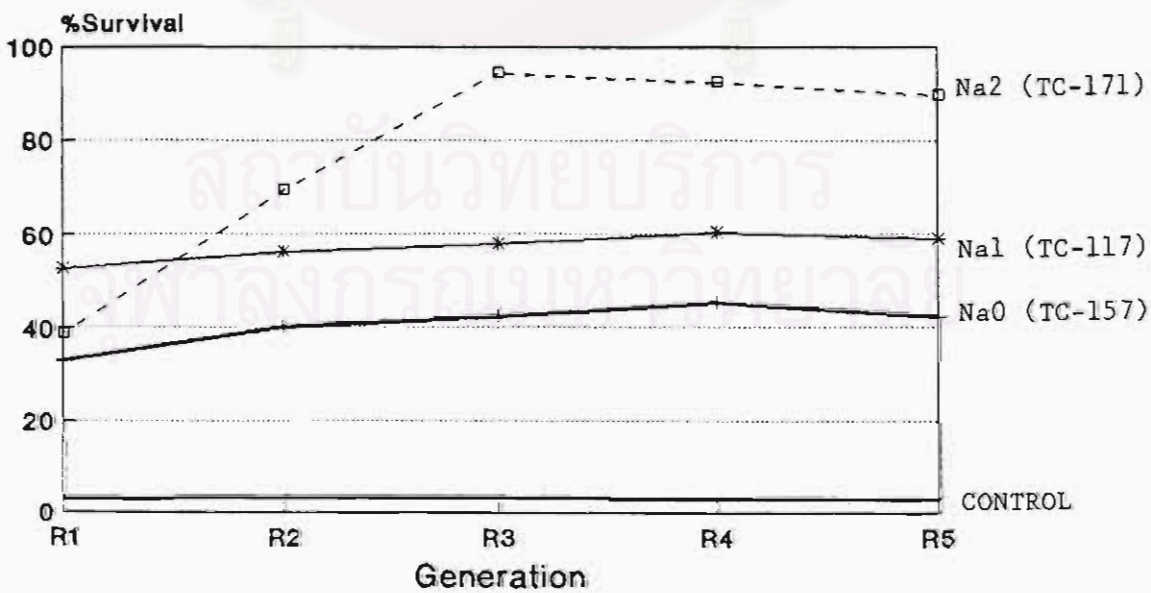
ภาพที่ 3 ลักษณะใบลายตามยาว (striata) ที่พบในข้าวที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ

พันธุ์เหลืองประทิว123 จาก 175 ต้นที่ได้จากหลอดทดลอง พบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็ม ถึง R_5 รวม 41 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 12) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม เช่นเดียวกับพันธุ์ กข25 หมายเลขที่ทนเค็มสูงสุดของพันธุ์นี้คือ TC-171 Na2 มีอัตราการรอดตายใน R_5 89.7 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วย selection medium ที่มี NaCl 2 % และเป็นหมายเลขที่ทนเค็มสูงสุดของการวิจัยนี้ (แผนภูมิที่ 3 และภาพที่ 4)

พันธุ์ขาวตาแห้ง17 จาก 56 ต้นที่ได้จากหลอดทดลองพบต้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็ม ถึง R_5 รวม 10 หมายเลข (ตารางที่ 5 และตารางที่ 13) ทั้งหมดมีอัตราการรอดตายสูงกว่า 10.0 % หมายเลขที่ทนเค็มสูงสุดของพันธุ์นี้คือ TC-52 Na1 มีอัตราการรอดตายใน R_5 18.0 % (ตารางที่ 14) ซึ่งมาจากการคัดเลือกด้วย selection medium ที่มี NaCl 1 %



แผนภูมิที่ 2 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข8 ที่มีความทนเค็มต่ำ (ซึ่งคัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%



แผนภูมิที่ 3 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว123 ที่มีความทนเค็มสูง (ซึ่งคัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

ตารางที่ 6 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข25 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	RD25-control	200	2.8	400	2.9	400	3.8	800	2.7	1000	3.0
1	TC - 7 NaO	92	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
2	- 8	112	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
3	- 10	321	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
4	- 36	218	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
5	- 37	317	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
6	- 39	90	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
7	- 40	108	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
8	- 41	437	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
9	- 42	223	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
10	- 46	118	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
11	- 47	992	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
12	- 49	189	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
13	- 53	34	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
14	- 56	372	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
15	- 58	818	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
16	- 59	212	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
17	- 68	115	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
18	- 70	284	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
19	- 75	31	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
20	- 77	214	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
21	- 78	300	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
22	- 86	271	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
23	- 87	108	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
24	- 91	31	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
25	- 92	125	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
26	- 93	301	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
27	- 97	90	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
28	- 98	72	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
29	- 99	102	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
30	- 104	270	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
31	- 109	312	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
32	- 114	310	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
33	- 115	288	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
34	- 116	271	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
35	- 118	100	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
36	- 119	34	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
37	- 125	38	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
38	- 126	147	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
39	- 129	97	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
40	- 130	218	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
41	- 136	215	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
42	- 137	310	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
43	- 138	34	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
44	- 139	97	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
45	- 141	315	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
46	- 142	214	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
47	- 143	87	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
48	- 144	34	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
49	- 149	218	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
50	- 154	217	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต้ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายเพิ่มขึ้นอีกแรง 2% ปลูกถึงเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

ตารางที่ 6 (ต่อ) พันธุ์ กข25

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
101	TC - 128Na0	280	2.7	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
102	- 146	85	2.7	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
103	- 167	274	2.7	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
104	- 44	85	2.8	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
105	- 132	97	2.8	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
106	- 62	312	2.9	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
107	- 135	108	2.9	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
108	- 34	97	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
109	- 51	331	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
110	- 54	221	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
111	- 69	271	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
112	- 100	118	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
113	- 123	317	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
114	- 151	121	3.0	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
115	- 60	275	3.7	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
116	- 35	115	4.1	------	--------	-------	--------	------	--------	------	--------
117	- 3	28	7.0	75	0.0	-------	--------	------	--------	------	--------
118	- 1	180	8.5	60	0.0	-------	--------	------	--------	------	--------
119	- 94	47	27.8	182	2.0	-------	--------	------	--------	------	--------
120	- 52	98	27.5	339	3.0	-------	--------	------	--------	------	--------
121	- 2	35	10.2	16	18.8	-------	--------	------	--------	------	--------
122	- 4	32	15.5	25	20.0	-------	--------	------	--------	------	--------
123	- 6	107	10.7	341	8.8	211	8.5	218	8.0	417	5.8
124	- 124	312	10.9	372	10.1	491	14.8	885	14.0	1071	7.0
125	- 120	188	12.7	215	15.5	318	10.7	472	10.8	491	7.8
126	- 55	49	21.7	278	25.8	315	26.1	227	25.5	893	8.5
127	- 122	312	10.2	215	15.8	278	16.1	332	16.8	941	8.7
128	- 113	297	13.3	115	14.1	320	14.2	417	10.8	895	10.1
129	- 76	85	18.7	172	16.2	314	17.7	472	15.1	681	10.1
130	- 61	228	10.8	315	12.5	414	11.8	234	10.1	917	10.2
131	- 110	217	15.1	215	15.0	370	12.7	488	13.8	900	10.2
132	- 33	221	10.5	311	10.7	218	10.1	337	10.0	612	10.7
133	- 112	185	10.1	918	10.7	315	12.1	912	10.5	1004	10.7
134	- 79	78	18.0	341	17.8	112	16.7	384	13.7	499	10.7
135	- 166	271	15.7	312	12.8	274	12.7	418	12.5	721	10.8
136	- 111	284	10.1	818	10.2	719	10.7	872	10.7	972	12.1
137	- 9	98	10.2	222	10.7	271	10.5	381	10.8	302	12.1
138	- 150	171	10.8	212	15.1	312	12.7	443	13.3	872	12.1
139	- 83	285	10.1	277	15.5	212	13.7	285	14.8	933	12.1
140	- 38	427	5.7	115	8.1	228	8.2	477	8.8	789	12.2
141	- 145	299	10.7	284	12.8	315	12.5	477	17.7	781	12.5
142	- 157	134	15.7	488	18.8	412	14.2	714	14.7	1154	12.7
143	- 57	221	20.7	187	18.5	391	18.8	442	19.0	1007	12.7
144	- 117	280	18.7	312	13.5	417	14.7	339	10.8	812	13.4
145	- 155	110	18.8	431	15.1	422	17.2	472	18.5	598	13.5
146	TC - 173Na1	180	11.0	127	2.5	-------	--------	------	--------	------	--------
147	- 22	300	10.0	108	2.7	-------	--------	------	--------	------	--------
148	- 175	113	14.0	312	3.0	-------	--------	------	--------	------	--------
149	- 171	115	10.5	371	12.1	211	8.8	259	8.7	713	5.7
150	- 172	87	8.5	288	8.7	315	12.1	488	12.2	532	10.2
151	- 174	95	15.5	278	15.7	318	16.1	422	16.8	511	13.3
152	- 170	281	18.8	212	15.7	345	18.1	508	18.7	477	14.7
153	TC - 176Na2	274	12.0	215	2.5	-------	--------	------	--------	------	--------
154	- 162	800	11.6	310	2.7	-------	--------	------	--------	------	--------
155	- 177	312	10.0	180	3.0	-------	--------	------	--------	------	--------
156	- 71	207	18.2	314	15.7	411	15.6	270	17.1	811	17.8

ตารางที่ 7 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข23 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	RD23-control	300	4.0	400	3.2	800	2.9	800	3.2	1000	3.1
1	TC - 8 Na0	45	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
2	- 9	200	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
3	- 10	100	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
4	- 11	225	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
5	- 12	100	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
6	- 16	379	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
7	- 17	375	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
8	- 27	75	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
9	- 30	40	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
10	- 31	120	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
11	- 34	255	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
12	- 71	315	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
13	- 72	14	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
14	- 73	28	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
15	- 76	312	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
16	- 78	97	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
17	- 81	227	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
18	- 84	94	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
19	- 97	181	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
20	- 104	28	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
21	- 106	30	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
22	- 133	412	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
23	- 80	200	1.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
24	- 79	185	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
25	- 87	40	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
26	- 92	80	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
27	- 134	313	2.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
28	- 130	47	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
29	- 93	44	2.9	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
30	- 37	130	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
31	- 77	34	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
32	- 82	315	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
33	- 103	54	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
34	- 52	29	3.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
35	- 66	31	3.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
36	- 101	38	3.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
37	- 65	313	3.2	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
38	- 74	134	3.3	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
39	- 88	134	3.3	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
40	- 94	59	3.3	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
41	- 55	314	3.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
42	- 69	27	3.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
43	- 108	134	3.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
44	- 56	188	4.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
45	- 89	259	4.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
46	- 109	215	4.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
47	- 36	112	4.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
48	- 68	34	4.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
49	- 98	294	4.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
50	- 58	94	4.6	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต่ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

พันธุ์ กข23

ตารางที่ 7 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
51	TC - 85N80	30	5.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
52	- 57	315	5.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
53	- 100	215	6.3	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
54	- 59	132	6.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
55	- 83	188	7.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
56	- 99	310	7.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
57	- 61	58	7.9	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
58	- 102	113	8.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
59	- 22	416	0.5	98	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
60	- 6	150	2.7	200	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
61	- 33	309	10.3	113	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
62	- 29	300	18.7	91	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
63	- 54	198	17.4	413	3.1	------	--------	------	--------	------	--------
64	- 125	344	17.4	414	3.2	------	--------	------	--------	------	--------
65	- 2	67	2.8	107	3.3	------	--------	------	--------	------	--------
66	- 105	123	21.5	211	3.7	------	--------	------	--------	------	--------
67	- 1	94	4.5	84	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
68	- 96	245	10.8	288	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
69	- 91	100	13.0	133	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
70	- 50	35	10.7	221	4.1	------	--------	------	--------	------	--------
71	- 64	412	8.4	314	4.5	------	--------	------	--------	------	--------
72	- 62	144	12.0	312	4.8	------	--------	------	--------	------	--------
73	- 3	88	2.8	115	5.3	------	--------	------	--------	------	--------
74	- 46	130	10.0	414	5.3	------	--------	------	--------	------	--------
75	- 44	93	12.5	227	5.5	------	--------	------	--------	------	--------
76	- 45	30	12.4	315	6.4	------	--------	------	--------	------	--------
77	- 127	85	27.3	315	7.8	------	--------	------	--------	------	--------
78	- 126	111	31.5	118	8.1	------	--------	------	--------	------	--------
79	- 49	82	12.1	108	8.8	------	--------	------	--------	------	--------
80	- 39	331	13.2	102	8.8	------	--------	------	--------	------	--------
81	- 40	201	18.0	113	10.0	------	--------	------	--------	------	--------
82	- 18	389	1.3	213	2.9	110	2.0	------	--------	------	--------
83	- 60	38	15.8	59	10.0	104	5.0	------	--------	------	--------
84	- 35	94	22.5	108	13.8	205	7.1	------	--------	------	--------
85	- 41	222	22.7	115	18.0	117	7.7	------	--------	------	--------
86	- 24	250	6.4	88	4.5	86	4.5	127	4.8	130	4.6
87	- 38	200	18.8	107	10.5	113	8.8	344	7.0	894	8.1
88	- 53	135	10.3	120	11.4	133	8.3	108	8.5	339	8.5
89	- 23	600	16.3	134	11.2	111	9.0	120	8.3	139	9.3
90	- 25	225	14.2	199	10.0	274	11.7	374	12.0	485	11.5
91	- 107	120	22.1	318	20.1	215	15.0	117	15.0	885	11.8
92	- 51	30	15.1	431	16.5	331	16.0	517	14.4	618	12.0
93	- 70	32	25.8	100	20.3	311	18.8	415	15.1	830	12.2
94	- 47	233	18.2	313	15.3	294	15.0	477	15.0	815	12.8
95	- 43	107	31.1	108	25.5	108	18.1	943	18.0	1015	13.0
96	- 135	300	13.3	234	18.8	445	19.5	398	17.7	557	13.4
97	- 48	91	18.3	113	17.9	187	16.6	234	15.0	492	13.5
98	- 67	27	18.3	118	18.1	219	15.8	115	15.2	300	15.3
99	- 63	315	21.0	311	18.5	217	15.6	300	12.7	455	17.1
100	- 132	127	25.1	311	21.4	285	20.8	314	20.8	566	18.8

พันธุ์ กข23

ตารางที่ 7 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
101	TC - 110Na0	310	11.5	431	18.8	488	18.1	495	17.3	577	19.1
102	- 4	46	28.3	130	28.0	270	20.0	387	21.6	433	20.7
103	- 90	108	25.1	47	23.3	180	27.2	215	26.4	418	23.3
104	- 26	150	19.3	188	20.0	279	23.5	347	23.0	413	23.5
105	- 86	33	30.1	141	28.1	215	27.2	311	27.7	411	24.1
106	- 75	147	3.1	310	25.0	233	26.0	291	25.8	340	27.1
107	- 95	180	17.2	108	25.0	211	27.1	370	27.3	418	31.2
108	TC - 144 Na1	311	3.0	127	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
109	- 143	212	10.0	115	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
110	- 21	37	12.0	118	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
111	- 141	89	13.0	231	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
112	- 32	134	18.0	215	2.0	------	--------	------	--------	------	--------
113	- 20	94	10.0	205	2.1	------	--------	------	--------	------	--------
114	- 146	391	10.5	130	2.1	------	--------	------	--------	------	--------
115	- 19	42	13.7	180	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
116	- 147	80	22.2	218	4.1	------	--------	------	--------	------	--------
117	- 13	131	12.8	102	8.1	100	4.0	100	4.0	------	--------
118	- 145	410	7.7	118	8.5	290	6.1	320	7.2	482	5.5
119	- 142	107	11.7	215	10.8	118	10.5	394	8.0	818	8.3
120	- 15	314	18.8	310	14.5	115	10.7	107	10.5	108	12.4
121	- 7	247	33.2	491	38.7	115	42.5	318	48.8	611	53.4
122	TC - 149 Na2	92	10.0	135	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
123	- 150	45	14.0	127	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
124	- 148	314	13.0	181	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
125	- 42	250	14.4	115	19.9	312	18.8	205	18.1	206	18.8
126	- 28	150	29.3	313	37.1	206	38.8	117	32.5	904	30.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ กข8 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	RD8-control	400	2.5	400	2.4	400	2.6	800	2.5	1000	3.0
1	TC - 21 NaO	318	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
2	- 25	49	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
3	- 27	28	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
4	- 28	312	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
5	- 54	255	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
6	- 56	278	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
7	- 61	312	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
8	- 63	25	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
9	- 64	133	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
10	- 24	818	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
11	- 55	278	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
12	- 29	215	2.1	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
13	- 17	32	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
14	- 20	49	2.8	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
15	- 62	18	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
16	- 30	118	3.3	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
17	- 52	218	3.4	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
18	- 23	211	3.4	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
19	- 15	20	5.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
20	- 19	8	12.5	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
21	- 26	15	10.8	271	8.7	412	8.8	291	6.5	698	6.0
22	- 22	314	18.1	213	12.4	332	10.2	437	10.8	588	6.8
23	- 53	311	10.1	78	18.4	314	14.4	274	10.2	788	7.5
24	- 14	315	21.0	218	20.8	118	15.5	234	10.7	638	8.5
25	- 16	108	23.0	97	20.5	102	18.8	371	15.0	1081	8.8
26	- 51	313	18.7	227	16.0	225	17.8	220	11.8	819	8.9
27	- 13	118	18.7	143	10.1	95	13.4	315	12.5	437	10.8
28	- 18	15	12.5	181	8.7	134	14.4	283	10.5	1121	12.0
29	- 12	207	20.5	433	18.8	231	18.0	277	15.7	511	12.4
30	TC - 75 Na1	215	14.8	102	12.2	106	10.5	114	12.4	314	10.5
31	- 74	314	10.8	112	12.0	413	15.5	712	20.0	815	13.0
32	TC - 76 Na2	412	10.5	322	12.0	351	10.7	414	18.8	422	10.8
33	- 77	391	14.1	108	10.5	215	8.7	427	10.1	592	12.2

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต้ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

ตารางที่ 9 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ105 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	KDML-105 CONTROL	400	4.5	800	4.8	800	4.9	1000	4.8	1000	4.8
1	TC - 37 NaO	185	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
2	- 38	234	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
3	- 45	78	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
4	- 46	120	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
5	- 61	318	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
6	- 62	211	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
7	- 65	37	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
8	- 66	23	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
9	- 70	143	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
10	- 71	200	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
11	- 94	81	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
12	- 95	120	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
13	- 133	35	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
14	- 134	140	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
15	- 142	218	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
16	- 143	300	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
17	- 146	39	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
18	- 152	120	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
19	- 153	135	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
20	- 154	187	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
21	- 158	42	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
22	- 159	181	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
23	- 160	195	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
24	- 173	135	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
25	- 175	120	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
26	- 177	182	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
27	- 178	120	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
28	- 179	83	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
29	- 60	415	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
30	- 147	42	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
31	- 144	187	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
32	- 48	18	2.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
33	- 88	222	2.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
34	- 56	218	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
35	- 93	23	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
36	- 123	211	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
37	- 125	85	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
38	- 127	100	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
39	- 145	25	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
40	- 151	180	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
41	- 180	141	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
42	- 44	56	3.2	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
43	- 91	172	3.4	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
44	- 51	99	3.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
45	- 182	28	3.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
46	- 165	22	4.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
47	- 105	210	4.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
48	- 167	180	4.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
49	- 43	181	7.4	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
50	- 54	314	8.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต่ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

พันธุ์ ขาวดอกมะลิ105

ตารางที่ 9 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
51	TC -157 Na0	37	10.0	260	2.0	------	--------	------	--------	------	--------
52	- 5	400	17.5	411	2.0	------	--------	------	--------	------	--------
53	- 181	50	12.7	210	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
54	- 162	100	13.0	118	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
55	- 156	108	13.5	281	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
56	- 131	143	14.1	172	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
57	- 148	180	18.1	221	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
58	- 47	311	18.7	210	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
59	- 92	180	18.8	285	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
60	- 164	95	13.7	312	3.5	------	--------	------	--------	------	--------
61	- 163	211	12.0	205	3.7	------	--------	------	--------	------	--------
62	- 50	132	15.1	274	3.7	------	--------	------	--------	------	--------
63	- 132	180	18.7	180	3.8	------	--------	------	--------	------	--------
64	- 171	132	10.8	300	3.9	------	--------	------	--------	------	--------
65	- 129	135	10.8	115	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
66	- 86	27	13.0	100	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
67	- 108	218	14.8	180	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
68	- 166	38	15.0	118	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
69	- 150	200	18.1	330	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
70	- 119	310	18.2	300	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
71	- 121	215	18.5	281	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
72	- 172	141	20.5	415	4.0	------	--------	------	--------	------	--------
73	- 149	155	10.5	310	4.2	------	--------	------	--------	------	--------
74	- 67	12	18.5	351	4.2	------	--------	------	--------	------	--------
75	- 130	138	12.5	150	4.5	------	--------	------	--------	------	--------
76	- 109	212	14.5	212	4.5	------	--------	------	--------	------	--------
77	- 4	400	20.7	319	4.7	------	--------	------	--------	------	--------
78	- 85	311	18.0	130	5.0	------	--------	------	--------	------	--------
79	- 68	177	30.0	200	5.1	------	--------	------	--------	------	--------
80	- 155	120	28.7	270	5.2	------	--------	------	--------	------	--------
81	- 49	35	28.0	233	5.7	------	--------	------	--------	------	--------
82	- 120	211	20.5	271	6.1	------	--------	------	--------	------	--------
83	- 174	137	28.0	310	6.1	------	--------	------	--------	------	--------
84	- 39	541	10.0	312	10.5	400	12.0	381	10.0	480	8.2
85	- 57	312	7.0	115	12.1	210	10.0	312	9.8	480	8.8
86	- 41	299	12.2	180	13.7	427	12.8	812	10.7	1137	9.5
87	- 59	137	10.0	200	11.2	181	8.7	272	10.0	314	10.4
88	- 2	375	16.5	115	108.0	215	15.4	422	13.3	521	10.4
89	- 58	22	7.5	127	8.1	312	8.5	115	10.0	400	10.5
90	- 36	42	13.0	288	10.0	322	12.0	451	13.5	522	10.5
91	- 42	341	8.9	200	14.4	391	10.5	713	12.3	825	10.7
92	- 90	130	10.7	332	10.8	237	10.5	312	10.0	500	10.8
93	- 170	188	10.7	312	10.1	30.2	12.1	495	11.4	572	10.8
94	- 128	182	8.2	118	8.8	115	10.5	218	10.1	312	12.1
95	- 3	364	31.9	288	25.8	318	20.4	313	18.8	189	12.1
96	- 106	85	10.2	380	10.0	275	10.5	335	9.7	318	12.2
97	- 124	300	10.1	115	12.3	210	10.0	310	12.0	270	12.2
98	- 89	189	10.1	421	12.0	310	10.0	380	10.5	485	12.5
99	- 168	12	10.0	310	12.5	300	12.0	310	12.3	415	12.5
100	- 87	135	8.8	230	12.1	315	105.0	415	10.0	516	12.7

พันธุ์ขาวดอกมะลิ105

ตารางที่ 9 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
101	- 169	189	10.0	211	10.8	201	11.5	377	12.0	488	12.7
102	- 40	231	13.8	212	12.7	315	12.5	455	10.0	722	13.4
103	- 107	100	10.8	220	12.2	380	12.5	420	12.2	420	13.7
104	- 8	215	10.8	319	13.5	223	13.9	579	14.0	1065	13.7
105	- 122	310	10.1	305	12.5	280	12.8	340	10.8	410	14.6
106	- 126	98	10.7	310	12.2	210	13.8	225	15.4	270	15.1
107	- 104	118	20.2	212	18.8	300	17.1	285	15.5	412	18.1
108	- 52	127	20.0	280	15.8	210	18.8	234	18.0	512	18.3
109	- 9	220	18.0	417	19.2	739	21.4	978	22.2	874	18.5
110	- 14	210	20.0	325	22.1	200	25.5	389	26.7	742	21.0
111	- 53	85	18.5	259	20.0	180	18.5	230	18.0	618	21.1
112	- 26	100	27.0	139	29.5	200	30.5	748	33.0	941	29.0
113	- 55	516	21.7	310	28.0	370	29.0	410	28.5	519	31.1
114	- 63	220	35.0	257	38.1	200	37.5	497	40.5	803	42.0
115	- 176	184	38.0	93	49.5	200	50.0	384	46.1	853	47.0
116	- 161	108	50.0	102	50.0	200	51.5	394	47.2	994	48.0
117	TC - 64 Na1	50	12.1	30	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
118	- 184	187	12.1	228	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
119	- 75	72	12.8	185	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
120	- 183	185	13.0	115	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
121	- 19	181	10.1	348	10.2	215	10.7	300	11.8	412	12.7
122	- 16	132	8.7	311	10.5	278	12.2	315	12.8	408	13.4
123	TC - 184 Na2	200	18.8	200	2.7	------	--------	------	--------	------	--------
124	- 186	118	10.5	180	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
125	- 69	100	50.0	291	53.0	200	54.5	891	53.0	1080	54.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ นางมล เอส-4 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	NMS4-control	200	2.7	400	2.8	800	3.0	800	3.1	1000	2.9
1	TC - 1 Na0	180	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
2	- 5	127	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
3	- 23	100	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
4	- 24	108	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
5	- 7	120	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
6	- 8	84	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
7	- 15	191	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
8	- 21	512	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
9	- 28	200	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
10	- 16	27	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
11	- 20	180	2.8	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
12	- 17	314	2.9	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
13	- 28	200	10.7	115	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
14	- 19	58	20.0	132	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
15	- 4	130	10.0	218	2.5	--------	--------	--------	--------	--------	--------
16	- 25	314	7.5	304	2.5	--------	--------	--------	--------	--------	--------
17	- 2	25	10.0	208	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------
18	- 29	181	12.1	108	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------
19	- 13	100	10.0	100	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
20	- 3	182	13.0	211	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
21	- 22	314	18.0	200	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
22	- 26	488	12.1	115	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
23	- 12	85	16.1	180	3.2	--------	--------	--------	--------	--------	--------
24	- 18	412	18.8	125	4.1	--------	--------	--------	--------	--------	--------
25	- 14	182	11.0	215	12.7	310	14.8	212	14.0	388	14.7
26	- 6	135	12.0	207	14.7	314	16.7	442	17.5	811	14.7
27	- 30	93	18.8	119	19.7	200	16.5	213	16.7	485	17.0
28	- 27	391	15.2	208	17.0	227	15.5	350	16.8	380	17.4
29	TC - 10 Na1	277	13.0	200	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
30	- 9	185	18.5	200	20.8	218	18.2	315	13.0	400	12.2
31	TC - 31 Na2	412	15.0	200	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
32	- 11	815	17.7	195	18.5	198	18.0	278	16.7	580	14.8

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต่ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

ตารางที่ 11 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหนียวสันป่าตอง (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	NSPT-control	200	3.0	400	2.7	800	3.2	800	3.1	1000	2.9
1	TC - 6 NaO	100	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
2	- 8	45	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
3	- 13	312	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
4	- 20	85	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
5	- 27	127	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
6	- 28	132	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
7	- 29	140	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
8	- 30	135	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
9	- 32	156	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
10	- 33	284	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
11	- 22	92	1.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
12	- 14	400	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
13	- 23	180	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
14	- 36	342	2.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
15	- 38	117	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
16	- 40	100	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
17	- 43	32	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
18	- 39	281	2.8	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
19	- 7	32	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
20	- 17	215	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
21	- 24	25	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
22	- 26	95	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
23	- 37	115	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
24	- 44	121	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------
25	- 3	222	8.9	312	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
26	- 4	315	10.2	215	0.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
27	- 1	180	10.7	181	2.5	--------	--------	--------	--------	--------	--------
28	- 19	100	10.8	128	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------
29	- 5	180	11.1	110	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
30	- 2	95	12.5	127	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
31	- 25	38	10.7	118	3.1	--------	--------	--------	--------	--------	--------
32	- 18	300	17.1	115	3.1	--------	--------	--------	--------	--------	--------
33	- 35	281	8.0	230	8.5	217	8.8	300	10.0	400	12.5
34	- 9	18	5.5	227	8.7	300	10.0	120	10.5	340	12.8
35	- 41	34	18.8	311	20.1	278	18.8	390	16.7	487	13.3
36	- 34	395	14.7	218	18.0	115	18.8	327	20.1	420	13.8
37	- 42	15	17.1	321	18.8	211	21.0	311	20.0	580	14.1
38	- 21	87	12.7	110	15.0	210	18.0	225	18.8	340	15.7
39	- 31	228	13.0	215	13.1	311	15.0	320	17.7	420	17.1
40	TC - 11 Na1	415	10.5	300	3.0	--------	--------	--------	--------	--------	--------
41	- 16	418	10.5	115	3.8	--------	--------	--------	--------	--------	--------
42	- 15	312	14.4	200	15.1	315	18.0	418	18.0	512	15.3
43	- 10	300	18.0	277	18.8	310	20.0	380	18.0	400	16.1
44	TC - 45 Na2	412	12.1	200	2.7	--------	--------	--------	--------	--------	--------
45	- 12	391	18.8	200	16.1	190	14.2	340	13.4	518	14.0

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต่ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

ตารางที่ 12 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ เหลืองประทิว123 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ช่วงอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	LPT-123 control	200	2.9	800	3.2	1000	3.3	1000	2.9	1000	3.0
1	TC - 42 NaO	315	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
2	- 27	102	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
3	- 38	112	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
4	- 99	133	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
5	- 86	277	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
6	- 7	244	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
7	- 33	415	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
8	- 88	255	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
9	- 14	217	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
10	- 6	174	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
11	- 75	130	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
12	- 5	200	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
13	- 36	215	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
14	- 13	100	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
15	- 21	150	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
16	- 32	400	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
17	- 76	121	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
18	- 100	138	1.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
19	- 31	317	1.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
20	- 78	312	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
21	- 93	228	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
22	- 85	310	2.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
23	- 8	210	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
24	- 44	217	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
25	- 35	200	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
26	- 80	250	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
27	- 37	187	2.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
28	- 30	210	2.8	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
29	- 29	114	2.9	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
30	- 43	200	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
31	- 34	387	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
32	- 15	100	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
33	- 28	118	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
34	- 9	118	3.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
35	- 10	150	4.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
36	- 16	218	4.2	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
37	- 139	210	3.7	24	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
38	- 158	95	3.8	103	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
39	- 136	340	4.0	81	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
40	- 140	270	4.1	105	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
41	- 101	145	5.0	203	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
42	- 148	185	5.0	310	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
43	- 116	310	5.1	32	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
44	- 112	100	7.0	8	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
45	- 122	270	7.1	854	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
46	- 120	380	7.1	13	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
47	- 48	12	7.5	39	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
48	- 62	125	8.5	210	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
49	- 105	422	8.1	208	0.5	------	--------	------	--------	------	--------
50	- 126	320	0.5	415	0.5	------	--------	------	--------	------	--------

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต่ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากช่วงอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในช่วงอายุถัดไป

พันธุ์ เหลืองประทิว123

ตารางที่ 12 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
51	TC - 168 Na0	127	34.1	751	0.5	------	--------	------	--------	------	--------
52	- 133	130	7.0	413	0.7	------	--------	------	--------	------	--------
53	- 159	122	4.8	274	1.0	------	--------	------	--------	------	--------
54	- 170	110	5.8	413	1.3	------	--------	------	--------	------	--------
55	- 160	47	7.1	97	1.7	------	--------	------	--------	------	--------
56	- 115	318	8.7	27	1.7	------	--------	------	--------	------	--------
57	- 109	220	5.0	148	2.0	------	--------	------	--------	------	--------
58	- 163	477	4.4	88	2.2	------	--------	------	--------	------	--------
59	- 169	312	4.3	812	5.4	------	--------	------	--------	------	--------
60	- 138	380	10.0	18	10.8	------	--------	------	--------	------	--------
61	- 56	134	12.1	129	4.7	318	0.0	------	--------	------	--------
62	- 61	130	8.5	148	4.5	152	0.0	------	--------	------	--------
63	- 90	462	5.8	48	3.7	213	0.0	------	--------	------	--------
64	- 57	170	10.0	312	8.5	200	1.0	------	--------	------	--------
65	- 135	270	6.5	72	5.8	134	1.2	------	--------	------	--------
66	- 63	130	10.7	101	7.2	214	1.3	------	--------	------	--------
67	- 145	92	6.1	321	5.7	98	2.2	------	--------	------	--------
68	- 121	300	10.0	147	8.7	212	2.5	------	--------	------	--------
69	- 141	278	10.0	378	8.5	331	2.7	------	--------	------	--------
70	- 154	482	6.8	87	7.8	118	3.1	------	--------	------	--------
71	- 69	25	15.2	215	14.1	418	3.7	------	--------	------	--------
72	- 131	98	4.0	123	2.3	222	3.8	------	--------	------	--------
73	- 68	130	13.0	138	13.4	215	3.8	------	--------	------	--------
74	- 104	512	4.0	107	4.1	312	3.8	------	--------	------	--------
75	- 147	187	5.2	18	3.3	122	3.9	------	--------	------	--------
76	- 102	192	3.0	100	3.0	212	4.0	------	--------	------	--------
77	- 132	100	20.8	83	23.3	239	4.0	------	--------	------	--------
78	- 91	314	5.0	311	3.7	118	4.7	------	--------	------	--------
79	- 125	480	17.0	329	18.5	115	5.4	------	--------	------	--------
80	- 149	172	6.0	218	6.1	339	7.2	------	--------	------	--------
81	- 146	102	10.1	412	8.8	199	7.3	------	--------	------	--------
82	- 71	138	7.8	319	8.1	253	7.3	------	--------	------	--------
83	- 143	500	5.6	312	4.7	115	9.1	------	--------	------	--------
84	- 130	35	7.5	314	10.8	415	12.1	------	--------	------	--------
85	- 92	200	10.0	122	12.8	215	15.0	------	--------	------	--------
86	- 107	315	8.1	305	8.4	254	4.3	200	1.0	------	--------
87	- 124	380	6.0	318	5.4	118	4.2	221	2.0	------	--------
88	- 108	417	7.5	111	7.1	374	5.4	220	2.0	------	--------
89	- 172	91	12.1	813	10.2	281	10.0	554	2.0	------	--------
90	- 111	300	10.0	121	8.1	334	4.2	251	2.3	------	--------
91	- 151	385	8.0	105	10.0	119	10.5	148	3.1	------	--------
92	- 89	374	8.0	107	8.7	128	7.2	314	8.1	410	8.0
93	- 106	328	8.0	211	9.4	222	10.1	554	9.8	410	10.0
94	- 150	340	22.7	234	31.8	115	15.1	871	8.4	665	10.1
95	- 87	180	30.0	28	31.0	125	28.8	372	12.0	338	10.5
96	- 51	48	15.0	432	14.8	213	27.3	514	13.0	712	11.0
97	- 166	105	10.5	100	8.0	115	8.5	98	10.1	271	12.3
98	- 82	32	10.1	315	12.1	218	13.2	495	12.0	412	12.5
99	- 128	127	38.0	471	38.5	228	30.7	313	21.7	422	13.4
100	- 54	115	10.8	421	10.7	310	14.5	218	14.4	415	15.0

พันธุ์ เหลืองประทิว123

ตารางที่ 12 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
101	TC -113 Na0	175	28.0	15	26.6	412	31.1	315	29.8	41	17.4
102	- 123	275	12.0	123	14.8	377	16.7	412	18.0	518	18.3
103	- 164	412	5.7	95	12.1	98	18.8	94	18.9	117	21.1
104	- 137	285	28.0	915	30.5	277	28.8	98	24.1	188	22.1
105	- 153	400	28.1	113	30.7	222	28.8	115	25.1	919	22.5
106	- 50	412	20.0	237	20.7	439	22.3	721	22.4	822	23.7
107	- 60	127	10.8	46	14.1	118	18.0	312	20.7	413	23.7
108	- 79	220	8.9	421	11.3	215	22.5	222	25.1	232	24.0
109	- 95	117	30.0	29	30.0	183	32.2	847	27.5	933	26.1
110	- 142	301	37.0	214	37.7	421	30.5	442	25.8	339	27.1
111	- 110	320	29.0	32	30.0	491	23.1	318	25.3	217	27.3
112	- 83	37	20.0	127	23.7	97	23.0	133	24.0	199	27.5
113	- 96	100	30.7	37	41.0	218	32.5	514	30.0	818	27.8
114	- 114	412	30.5	895	34.3	347	30.8	115	28.4	218	28.1
115	- 167	413	28.8	418	30.0	419	239.9	331	32.1	377	30.0
116	- 70	34	12.0	314	14.1	317	28.3	123	28.0	372	30.0
117	- 118	270	30.0	347	30.0	313	32.8	218	33.1	411	33.0
118	- 155	388	18.0	5	20.0	111	28.8	212	31.5	311	33.7
119	- 161	5	31.1	68	28.8	115	31.5	188	31.8	344	35.1
120	- 84	98	30.0	348	34.1	215	33.2	318	34.4	427	37.0
121	- 162	312	28.1	74	28.4	511	30.0	418	30.8	516	37.3
122	- 156	121	32.1	134	38.8	441	40.0	318	41.4	215	40.1
123	- 119	510	38.8	988	44.0	225	41.0	331	48.7	218	42.0
124	- 157	48	33.1	28	40.1	313	42.2	115	45.3	414	42.2
125	TC - 175 Na1	413	12.0	498	19.9	312	0.0	------	--------	------	--------
126	- 134	185	30.8	97	32.9	129	30.0	343	28.8	1414	29.4
127	- 127	190	28.7	339	31.6	245	35.0	767	34.8	843	33.5
128	- 129	272	35.0	532	38.2	321	40.7	641	41.3	342	40.0
129	- 152	190	30.7	537	33.9	128	40.7	399	49.8	415	50.0
130	- 144	134	50.0	327	52.3	222	50.3	417	49.7	422	50.0
131	- 117	280	52.7	734	56.3	198	58.0	872	60.3	985	59.0
132	TC - 173 Na2	327	12.0	439	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
133	- 174	122	4.3	97	4.8	88	0.0	------	--------	------	--------
134	- 175	180	40.0	319	47.5	215	48.0	1417	46.0	712	43.0
135	- 171	210	38.8	537	63.9	1031	94.3	200	92.5	1127	89.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13 อัตราการรอดตายของข้าวพันธุ์ ขาวตาแห้ง17 (ที่คัดเลือกได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ) ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1-5

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
	KTH-control	200	2.9	400	2.7	400	3.2	800	2.9	1000	3.0
1	TC - 4 NaO	34	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
2	- 5	187	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
3	- 6	312	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
4	- 15	180	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
5	- 17	166	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
6	- 19	180	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
7	- 20	90	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
8	- 21	85	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
9	- 25	310	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
10	- 26	100	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
11	- 30	137	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
12	- 33	150	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
13	- 40	314	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
14	- 41	270	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
15	- 42	81	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
16	- 43	32	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
17	- 44	334	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
18	- 45	100	0.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
19	- 14	155	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
20	- 18	172	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
21	- 27	95	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
22	- 28	87	2.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
23	- 9	200	2.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
24	- 13	180	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
25	- 47	318	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
26	- 48	412	2.5	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
27	- 8	119	2.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
28	- 35	167	2.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
29	- 46	215	2.7	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
30	- 10	18	2.8	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
31	- 38	188	2.8	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
32	- 37	132	2.9	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
33	- 2	200	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
34	- 11	27	3.0	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
35	- 23	310	3.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
36	- 29	132	3.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
37	- 36	108	3.1	------	--------	------	--------	------	--------	------	--------
38	- 24	217	5.4	208	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
39	- 3	185	10.0	180	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
40	- 1	314	10.7	250	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
41	- 50	85	12.8	259	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
42	- 22	311	7.8	127	3.2	------	--------	------	--------	------	--------
43	- 7	118	8.0	115	8.7	207	10.0	208	10.0	315	12.8
44	- 39	195	14.4	252	16.7	340	18.5	485	14.9	890	13.2
45	- 32	139	13.3	210	15.0	281	15.1	374	17.7	592	14.1
46	- 49	310	17.3	228	20.1	314	18.1	450	15.2	680	14.3
47	- 16	180	17.1	270	18.5	314	19.0	712	18.8	910	14.4
48	- 31	148	15.2	119	17.5	208	18.1	200	16.3	485	15.3
49	- 12	34	13.2	220	15.0	314	15.1	459	16.6	812	16.0

หมายเหตุ 1. การเรียงลำดับของสายพันธุ์ในตาราง เรียงตามอัตราการรอดตายจากต่ำไปสูง ตั้งแต่ R_1 - R_5

2. -------- = ตาย หรือ ไม่มีเมล็ดจากชั่วอายุที่แล้ว

3. คัดเลือกต้นรอดตายที่แข็งแรง 2% ปลูกเก็บเมล็ด เพื่อทดสอบซ้ำในชั่วอายุถัดไป

พันธุ์ ชาวตาแห้ง17

ตารางที่ 13 (ต่อ)

	CODE	R1		R2		R3		R4		R5	
		NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)	NO. OF PLANT	SURVIVAL (%)
50	TC - 54 Na1	350	12.1	200	0.0	------	--------	------	--------	------	--------
51	- 51	120	13.2	237	3.0	------	--------	------	--------	------	--------
52	- 53	281	10.1	156	13.0	270	13.3	289	14.5	510	15.5
53	- 52	134	17.7	230	20.0	280	20.0	315	18.8	410	18.0
54	- 56	310	10.7	315	2.5	------	--------	------	--------	------	--------
55	- 55	222	13.4	210	3.7	------	--------	------	--------	------	--------
56	- 34	410	17.1	218	18.8	315	21.0	418	17.7	523	17.0

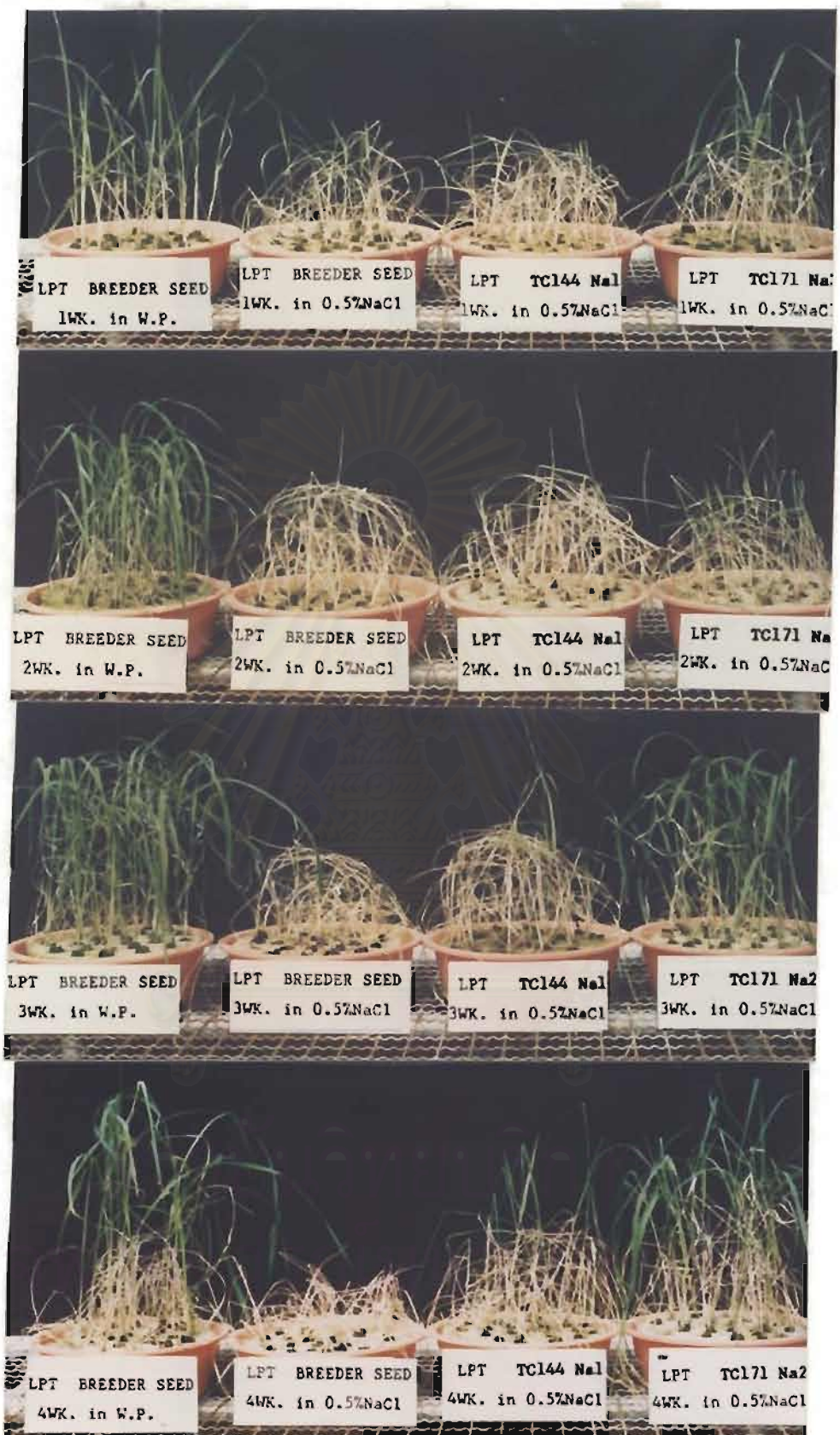
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อคัดเลือกข้าว 8 พันธุ์ถึง R_5 พบว่าความทนเค็มสูงสุดของแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากอัตราการรอดตายใน R_5 ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 เปรียบเทียบความทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ที่ได้จากการคัดเลือกในระยะกล้า (เรียงตามอัตราการรอดตายใน R_5 จากสูงสุด-ต่ำสุด)

	พันธุ์	สายพันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุด	อัตราการรอดตายในแต่ละชั่วอายุ (%)				
			R1	R2	R3	R4	R5
1	เหลืองประทิว123	TC-171 Na2	38.8	68.9	94.3	92.5	89.7
2	ขาวดอกมะลิ105	TC-69 Na2	50.0	58.3	54.5	53.0	54.0
3	กข23	TC-7 Na1	33.2	38.7	42.5	48.8	53.4
4	ขาวตาแห้ง17	TC-52 Na1	17.7	20.0	20.0	18.8	18.0
5	กข25	TC-71 Na2	18.2	15.7	15.6	17.1	17.8
6	นางมล เอส-4	TC-27 Na0	15.2	17.0	15.5	16.8	17.4
7	เหนียวสันป่าตอง	TC-31 Na0	13.0	13.1	15.0	17.7	17.1
8	กข8	TC-74 Na1	10.8	12.0	15.5	20.0	13.0

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบการรอดตายในสัปดาห์ที่ 1,2,3 และ 4 ของข้าวพันธุ์เหลืองประทิว123 ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-144 Na1 และTC-171 Na2)กับต้นที่ได้จาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % และต้นที่ได้จาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหารปกติ

ภาพที่ 5 การคลุมผ้าดำเพื่อปรับช่วงมืด ให้เป็นแบบกลางคืนยาว ในข้าวพันธุ์ไวแสงเพื่อกระตุ้นการเกิดดอก

ภาพที่ 6 สภาพการออกรวงของข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่เติม NaCl หลังการคลุมผ้าดำ

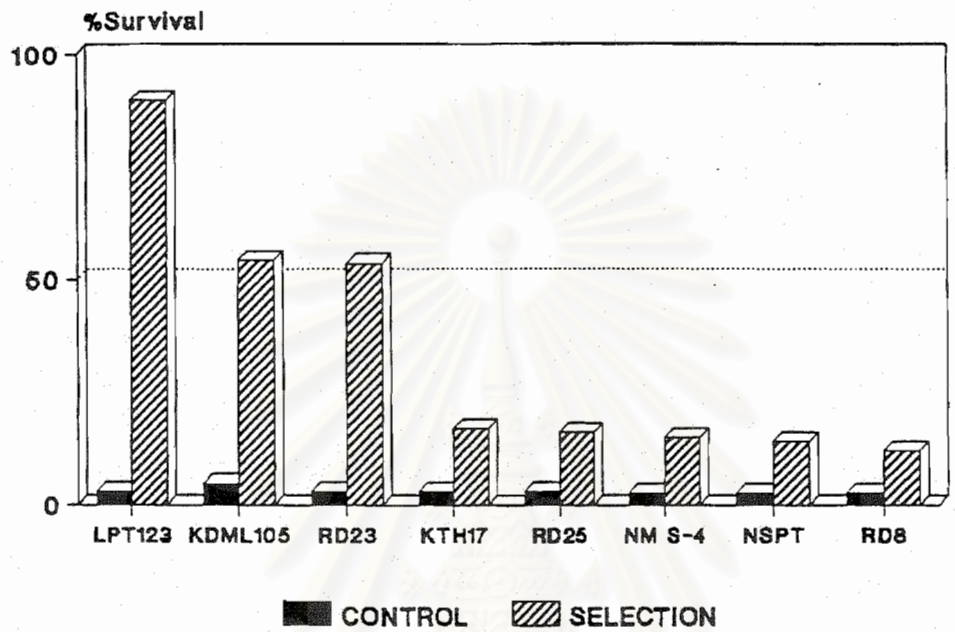
ผลการศึกษาเปรียบเทียบความทนเค็มของหมายเลขที่ทนเค็มสูงสุดของข้าว8 พันธุ์ ในช่วงอายุที่ 5

ความทนเค็มของข้าว 8 พันธุ์ (ที่ได้จากการคัดเลือกในหลอดทดลอง)โดยศึกษาในกล้าระยะ 5 ใบที่เลี้ยงในสารละลายธาตุอาหาร สูตร WP แปลงและเติม NaCl 0.5 % เป็นเวลา 4 สัปดาห์พบว่า

อัตราการรอดตายขึ้นอยู่กับพันธุ์และระดับความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงในอาหาร รวมทั้งปฏิกิริยาร่วมระหว่างพันธุ์กับระดับความเข้มข้นของเกลือที่เติมลงในอาหาร มีผลต่ออัตราการรอดตาย โดยอัตราการรอดตายของต้นชั้นลูกหลานจนถึงช่วงอายุที่ 5 จากต้นที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งแปรตามปริมาณ NaCl ที่เติมลงในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ (ตารางที่ 15 และแผนภูมิที่ 5)

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ย (ตารางที่15 พิจารณาค่าเฉลี่ยตามแนวตั้ง) อัตราการรอดตายของข้าวทั้ง 8 พันธุ์ ที่ได้จากการคัดเลือก 3 วิธีในขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้แก่ TC-Na0 TC-Na1 และ TC-Na2 พบว่าอัตราการรอดตายของกลุ่มที่ไม่เคยผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (NON-TC) ให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้ง 8 พันธุ์ ซึ่งมีอัตราการรอดตายต่ำมาก กลุ่มที่ได้จากการคัดเลือกด้วยวิธีเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยไม่เติมเกลือ (TC-Na0) พบว่าส่วนใหญ่ มีอัตราการรอดตายต่ำมีเพียงพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 ที่มีอัตราการรอดตายสูง รองลงมาคือพันธุ์ กข23 และพันธุ์เหลืองประทิว123 ตามลำดับ กลุ่มที่ได้จากการคัดเลือกด้วยวิธีเติมเกลือ 1 % ในขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na1) ส่วนใหญ่มีอัตราการรอดตายต่ำ มีเพียงพันธุ์เหลืองประทิว123 และ กข23 ที่มีอัตราการรอดตายสูง และกลุ่มที่ได้จากการคัดเลือกด้วยวิธี TC-Na2 ส่วนใหญ่มีอัตราการรอดตายสูงขึ้น พันธุ์ที่มีอัตราการรอดตายสูงมาก คือพันธุ์เหลืองประทิว123 ขาวดอกมะลิ105 และกข23 ตามลำดับ (แผนภูมิที่ 4)

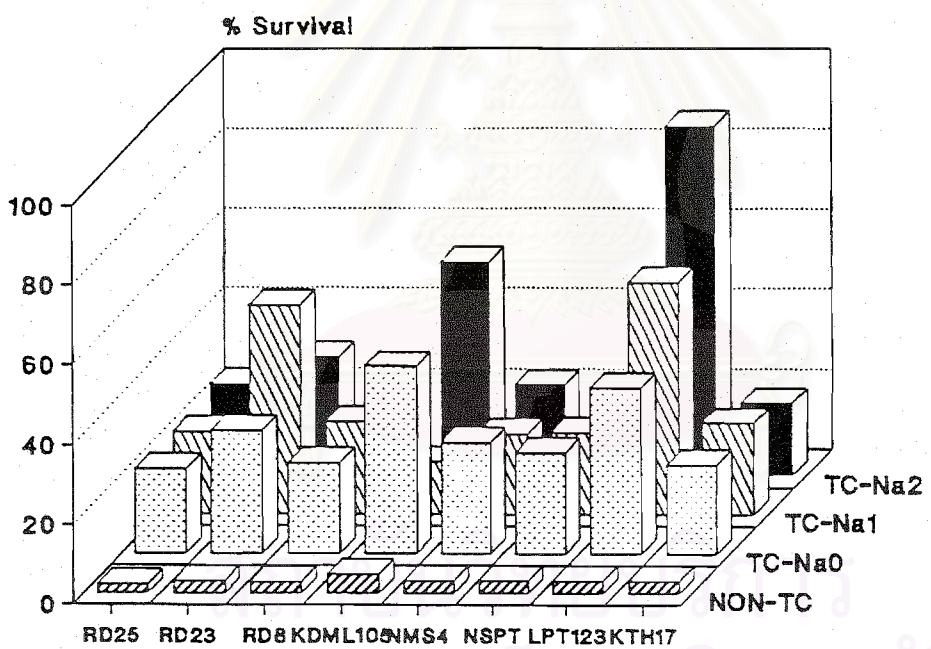
เมื่อพิจารณาอัตราการรอดตายภายในสายพันธุ์ (ตารางที่ 15 พิจารณาค่าเฉลี่ยตามแนวนอน)พบว่าการตอบสนองของแต่ละพันธุ์ต่างกันเมื่อใช้วิธีการคัดเลือกที่กำหนดให้ พันธุ์กข25 ที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีอัตราการรอดตายสูงแตกต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบ แต่วิธีการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ไม่เติม NaCl,เติม NaCl 1 % หรือ 2 % ให้ผลไม่แตกต่างกัน พันธุ์ กข23 ที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อมีผลทำให้อัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ และวิธีที่ให้อัตราการรอดตายสูงสุดคือ การคัดเลือกด้วยวิธีเติมเกลือ 1 % ในขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na1) พันธุ์กข8 ไม่ว่าจะผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือไม่ ไม่มีผลต่ออัตราการรอดตาย พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 กลุ่มที่ได้จากวิธี เติมเกลือ 1 % ในขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na1)ให้ผลไม่ต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบ และวิธีเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยไม่เติมเกลือ (TC-Na0) และวิธีเติมเกลือ 1 % ในขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na1) ทำให้อัตราการรอดตายสูงขึ้นในข้าวพันธุ์นี้ พันธุ์นางมล เอส-4 การเลี้ยงเนื้อเยื่อทำให้มีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แต่ในการเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้ง 3วิธี



แผนภูมิที่ 4 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ที่ผ่านการคัดเลือกในหลอดทดลอง และไม่ผ่านการคัดเลือก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ให้ผลไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับพันธุ์ กข25 พันธุ์เหนียวสันป่าตอง ให้ผลเช่นเดียวกับพันธุ์ กข25 พันธุ์เหลืองประทิว123 เป็นพันธุ์ที่ตอบสนองต่อวิธีคัดเลือกมากที่สุด กล่าวคือการเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้ง 3 วิธี ให้ผลแตกต่างจากกลุ่มเปรียบเทียบ ต้นที่ได้จากวิธีเติมเกลือ 2 % ในขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (TC-Na2) มีอัตราการรอดตายสูงมาก พันธุ์ขาวตาแห้ง17 ให้ผลเช่นเดียวกับพันธุ์ กข25 (แผนภูมิที่ 5)



แผนภูมิที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายในชั่วอายุที่ 5 ของหมายเลขทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์

ตารางที่ 15 ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายของข้าว 8 พันธุ์ ของชั่วอายุที่ 5

	พันธุ์	วิธีคัดเลือก				ค่าเฉลี่ย (พันธุ์)
		NON-TC	TC-Na0	TC-Na1	TC-Na2	
1	กข25	2.25 a^{A}	21.25 a^{B}	20.50 a^{B}	23.00 ab^{B}	16.75
2	กข23	3.00 a^{A}	30.75 ab^{B}	52.25 b^{C}	29.75 b^{B}	28.94
3	กข8	2.75 a^{A}	22.75 a^{A}	23.25 a^{A}	12.00 a^{A}	15.19
4	ขาวดอกมะลิ105	4.75 a^{A}	47.00 c^{B}	13.25 a^{A}	53.50 c^{B}	29.63
5	นางมล เอส-4	3.00 a^{A}	28.00 a^{B}	20.25 a^{B}	22.75 ab^{B}	18.60
6	เหนียวสันป่าตอง	3.00 a^{A}	25.25 a^{B}	20.50 a^{B}	20.50 ab^{B}	17.31
7	เหลืองประทิว123	3.00 a^{A}	41.75 ab^{B}	58.25 b^{C}	87.50 d^{D}	47.63
8	ขาวตาแห้ง17	3.00 a^{A}	22.50 a^{B}	23.00 a^{B}	18.25 ab^{B}	16.69
	ค่าเฉลี่ย (วิธีคัดเลือก)	3.09	29.91	28.91	33.41	

NON-TC = ไม่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ (control)

TC-Na0 = ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในอาหารไม่มี NaCl

TC-Na1 = ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในอาหารมี NaCl 1 %

TC-Na2 = ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในอาหารมี NaCl 2 %

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT ที่.05

ความแตกต่างทางสถิติ พันธุ์ ** (แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง)

วิธีคัดเลือก **

ปฏิกิริยาร่วม **

C.V. (สัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน) =17.44 %

ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่ตามด้วย a,b,c และ d ตัวอักษรต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยในแนวนอนที่ตามด้วย A,B,Cและ D ตัวอักษรต่างกันแสดงว่าแตกต่างกันทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยของแต่ละการทดลอง ได้จากต้นกล้า 400 ต้น

จากผลการทดสอบทางสถิติ สามารถแบ่งความแตกต่างได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 การเลี้ยงเนื้อเยื่อไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการรอดตาย ไม่ว่าจะผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อหรือไม่ อัตราการรอดตายไม่แตกต่างกันและมีค่าต่ำ ได้แก่ พันธุ์ กข8 (ตารางที่ 15 พิจารณาค่าเฉลี่ยตามแนวนอน)

กลุ่มที่ 2 การเลี้ยงเนื้อเยื่อมีผลต่อการรอดตาย แต่ภายในการเลี้ยงเนื้อเยื่อทั้ง 3 วิธีให้ผลไม่แตกต่างกัน ได้แก่พันธุ์ กข25 นางมล เอส-4 เหนียวสันป่าตอง และขาวตาแห้ง 17 (ตารางที่ 15 พิจารณาค่าเฉลี่ยตามแนวนอน)

กลุ่มที่ 3 การเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีผลต่อการรอดตาย และความเข้มข้นของ NaCl ที่ต่างกันให้ผลแตกต่างกัน ได้แก่ พันธุ์กข23 ขาวดอกมะลิ105 และเหลืองประทิว123 (ตารางที่ 15 พิจารณาค่าเฉลี่ยตามแนวนอน)

ผลการทดลองที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มสูงสุดกับของพันธุ์เดิม รวม 8 พันธุ์

จากการศึกษาทางเซลล์พันธุศาสตร์ พบว่าข้าวทั้ง 8 พันธุ์ มีจำนวนโครโมโซม 2n = 24 และเมื่อนำต้นข้าวทนเค็มสูงสุดของทุกพันธุ์ที่คัดเลือกจนถึง R_5 (ตารางที่14) มาตรวจสอบ ไม่พบความแตกต่างในจำนวนโครโมโซมกับพันธุ์เดิม (ภาพที่ 7)

ก. ข.

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มและต้นปกติ

ก. จำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มสูงสุดของพันธุ์ เหลืองประทิว123 (LPT 123 TC-171 Na2) 2n = 24 กำลังขยาย 2,000 เท่า

ข. จำนวนโครโมโซมของต้นปกติจากพันธุ์ เหลืองประทิว123 2n = 24 กำลังขยาย 2,000 เท่า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณไอออนของโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และคลอไรด์ ในใบและรากของต้นทนเค็มสูงสุด เปรียบเทียบกับพันธุ์เดิม รวม 8 พันธุ์

เมื่อนำต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้จากข้าวทุกพันธุ์ที่ทดสอบรวม 8 พันธุ์ ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 % นำใบและรากวิเคราะห์ปริมาณไอออน 4 ชนิด ทุกสัปดาห์ รวม 4 สัปดาห์ ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้ (การรายงานผลการวิเคราะห์เรียงลำดับตามความทนเค็มสูงสุดไปยังต่ำสุด ซึ่งแสดงไว้ในแผนภูมิที่ 6-21)

1. โซเดียมไอออน

ใบ ในสารละลายธาตุอาหาร

ผลการวิเคราะห์ พบปริมาณโซเดียม ในใบของต้นปกติและต้นทนเค็มต่ำ (เฉลี่ย 1.7 % และ 0.9 % ตามลำดับ) และมีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 4 คล้ายคลึงกันในทั้ง 2 กลุ่ม ซึ่งแสดงไว้ในแผนภูมิที่ 6 และ 8(ซ้าย)

ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

เมื่อเติม NaCl ลงในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าปริมาณโซเดียมในใบสูงขึ้นมาก ทั้งในต้นปกติ และต้นทนเค็มของทุกพันธุ์ (เฉลี่ย 3.0 % และ 3.2 % ตามลำดับ)

ต้นปกติ มีปริมาณโซเดียมต่ำในสัปดาห์ที่ 1 และเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 2 เป็นผลให้ต้นปกติตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3

ต้นทนเค็ม มีปริมาณโซเดียมต่ำในสัปดาห์แรก เพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2,3 และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ต้นทนเค็มสูงสุดมีปริมาณโซเดียมต่ำที่สุด ตามแผนภูมิที่ 6 และ 8(ขวา)

ราก ในสารละลายธาตุอาหาร

พบปริมาณโซเดียมต่ำในรากของต้นปกติและต้นทนเค็ม (เฉลี่ย 0.9 % และ 0.8 % ตามลำดับ) จากสัปดาห์ที่ 1-4 มีปริมาณค่อนข้างคงที่ในทั้ง 2 กลุ่ม ตามแผนภูมิที่ 7 และ 9 (ซ้าย)

ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

การเพิ่มปริมาณ NaCl ลงในสารละลายธาตุอาหาร ทำให้ปริมาณโซเดียมในรากสูงขึ้น ทั้งในต้นปกติและต้นทนเค็มของทุกพันธุ์ (เฉลี่ย2.5 % และ 2.6 % ตามลำดับ)

ต้นปกติ มีปริมาณโซเดียมต่ำในสัปดาห์ที่ 1 และเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 2 ต้นปกติตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3

ต้นทนเค็ม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงในสัปดาห์ที่ 3,4 ต้นทนเค็มสูงสุด มีปริมาณโซเดียมในรากต่ำที่สุด ตามแผนภูมิที่ 7 และ 9(ขวา)

2. โปแตสเซียมไอออน

ใบ ในสารละลายธาตุอาหาร

ปริมาณโปแตสเซียมของต้นปกติและต้นทนเค็มใกล้เคียงกัน (เฉลี่ย 3.8 % และ 3.9 % ตามลำดับ) ในสัปดาห์ที่ 1และ2 มีปริมาณค่อนข้างคงที่ ลดลงในสัปดาห์ที่ 3 และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 คล้ายคลึงกันในทั้ง 2 กลุ่ม ตามแผนภูมิที่ 10 และ 12(ซ้าย)

ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

เมื่อเติม NaCl ลงในสารละลายธาตุอาหาร มีผลต่อปริมาณโปแตสเซียมในใบเล็กน้อย พบว่าในใบของต้นปกติและต้นทนเค็มมีโปแตสเซียมลดลง (เฉลี่ย 3.2% และ 3.1% ตามลำดับ)

ต้นปกติ มีโปแตสเซียมต่ำกว่าชุดที่ปลูกในสารละลายเล็กน้อย และมีค่าค่อนข้างคงที่ในสัปดาห์ที่1 และ 2

ต้นทนเค็ม มีโปแตสเซียมลดลงเล็กน้อยและมีแนวโน้มลดลงจากสัปดาห์ที่1-3 และเพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 4 ในขณะที่ต้นทนเค็มกลุ่มนี้แข็งแรงขึ้น และอาการเป็นพิษน้อยกว่าในสัปดาห์ที่3 ตามแผนภูมิที่ 10และ 12(ขวา)

ราก ในสารละลายธาตุอาหาร

โปแตสเซียมในรากของต้นปกติและต้นทนเค็ม มีปริมาณใกล้เคียงกัน (เฉลี่ย 2.4 % และ2.4 % ตามลำดับ) ต้นปกติมีปริมาณค่อนข้างคงที่ตลอด 4 สัปดาห์ ต้นทนเค็มมีปริมาณเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงในสัปดาห์ที่ 3,4 ตามแผนภูมิที่ 11 และ 13(ซ้าย)

ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.50 %

เมื่อมีปริมาณ NaCl ในสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้น พบว่าปริมาณโปแตสเซียมในรากลดลง ทั้งในต้นปกติและต้นทนเค็ม (เฉลี่ย 1.1 % และ 1.0 % ตามลำดับ)

ต้นปกติ มีปริมาณโปแตสเซียมต่ำ และมีค่าคงที่ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2

ต้นทนเค็ม มีปริมาณโปแตสเซียมต่ำ ในสัปดาห์ที่ 1-3 และเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ที่ 4 ในขณะที่ต้นทนเค็มกลุ่มนี้แข็งแรงกว่าในสัปดาห์ที่ 3 ตามแผนภูมิที่ 11 และ 13(ขวา)

3. แคลเซียมไอออน

ใบ ในสารละลายธาตุอาหาร

ปริมาณแคลเซียมในต้นปกติและต้นทนเค็ม มีค่าต่ำและใกล้เคียงกัน (เฉลี่ย 0.3 % และ 0.2 % ตามลำดับ) ตลอด 4 สัปดาห์ มีปริมาณค่อนข้างคงที่ คล้ายคลึงกันในทั้ง 2 กลุ่ม ตามแผนภูมิที่ 14 และ 16 (ซ้าย)

ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

การเติม NaCl ในสารละลายธาตุอาหาร ไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในใบของต้นปกติและต้นทนเค็ม (เฉลี่ย 0.3 % และ 0.3 % ตามลำดับ)

ต้นปกติ มีปริมาณแคลเซียมต่ำ ใกล้เคียงกับชุดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีค่าค่อนข้างคงที่

ต้นทนเค็ม มีปริมาณแคลเซียมต่ำ ใกล้เคียงกับชุดที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร ตลอด 4 สัปดาห์ มีค่าค่อนข้างคงที่ ตามแผนภูมิที่ 14 และ 16(ขวา)

ราก ในสารละลายธาตุอาหาร

ปริมาณแคลเซียมในต้นปกติและต้นทนเค็มมีค่าต่ำ (เฉลี่ย 0.2 %) ตลอด 4 สัปดาห์ มีค่าค่อนข้างคงที่ ยกเว้นกลุ่มทนเค็มในสัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณสูงขึ้นเล็กน้อย ตามแผนภูมิที่ 15 และ 17 (ขวา)

ต้นปกติ มีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นต้นปกติตายทุกพันธุ์

ต้นทนเค็ม มีปริมาณแคลเซียมค่อนข้างคงที่ ในสัปดาห์ที่1-3 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในสัปดาห์ที่ 4 ตามแผนภูมิที่ 15 และ 17(ขวา)

4. คลอไรด์

ใบ ในสารละลายธาตุอาหาร

พบปริมาณคลอไรด์ในใบของต้นปกติและต้นทนเค็มต่ำ (เฉลี่ย 0.9 % และ 0.8 % ตามลำดับ) จากสัปดาห์ที่ 1-4 มีปริมาณค่อนข้างคงที่ในทั้ง 2 กลุ่ม ตามแผนภูมิที่ 18 และ 20 (ซ้าย)

ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

เมื่อเติม NaCl ลงในสารละลายธาตุอาหาร พบว่าปริมาณในใบสูงขึ้นมากทั้งในต้นปกติและต้นทนเค็มของทุกพันธุ์ (เฉลี่ย 6.9 % และ 8.0 % ตามลำดับ)

ต้นปกติ มีปริมาณคลอไรด์เพิ่มขึ้นมากในสัปดาห์ที่ 2 หลังจากนั้นต้นปกติตายทั้ง 8 พันธุ์

ต้นทนเค็ม มีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างคงที่จนถึงสัปดาห์ที่ 3 และลดลงมากในสัปดาห์ที่ 4 (แผนภูมิที่ 18(ขวา) และแผนภูมิที่ 20(ขวา))

ราก ในสารละลายธาตุอาหาร

พบปริมาณคลอไรด์ต่ำในรากของต้นปกติและต้นทนเค็ม (เฉลี่ย 0.9 % และ 1.0 %ตามลำดับ) จากสัปดาห์ที่1-4 มีปริมาณลดลง ตามแผนภูมิที่ 19 และ 21(ซ้าย)

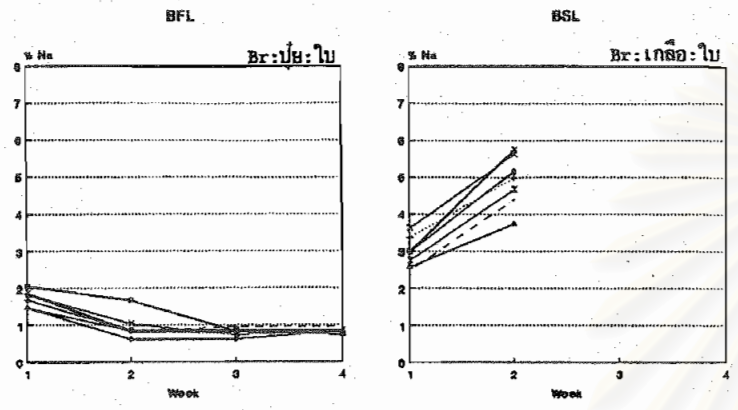
ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

การเพิ่มปริมาณ NaCl ลงในสารละลายธาตุอาหาร ทำให้ปริมาณคลอไรด์ในรากสูงขึ้น ทั้งในต้นปกติและต้นทนเค็ม (เฉลี่ย 2.7 % และ 3.2 % ตามลำดับ)

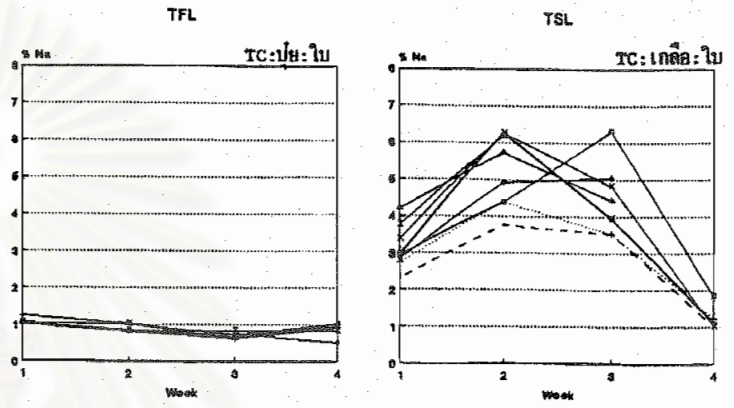
ต้นปกติ ปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างคงที่ ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 หลังจากนั้นต้นปกติตายทั้งหมดในสัปดาห์ที่ 3

ต้นทนเค็ม มีปริมาณคลอไรด์ค่อนข้างคงที่ ในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 และลดลงในสัปดาห์ที่3 และ 4 ตามแผนภูมิที่ 19 และ 21(ขวา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

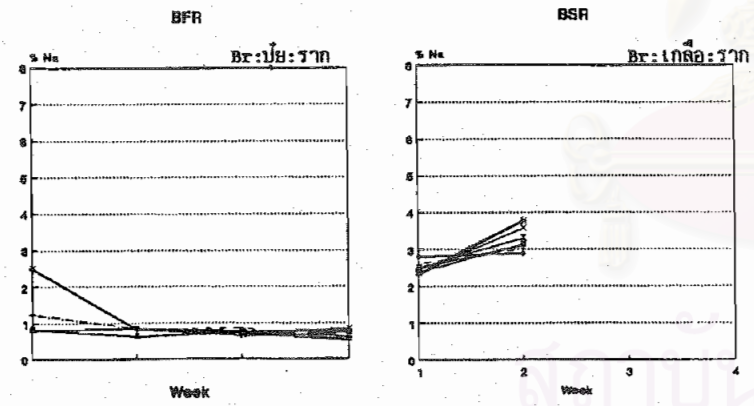


แผนภูมิที่ 6 เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในใบของต้นปกติ 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

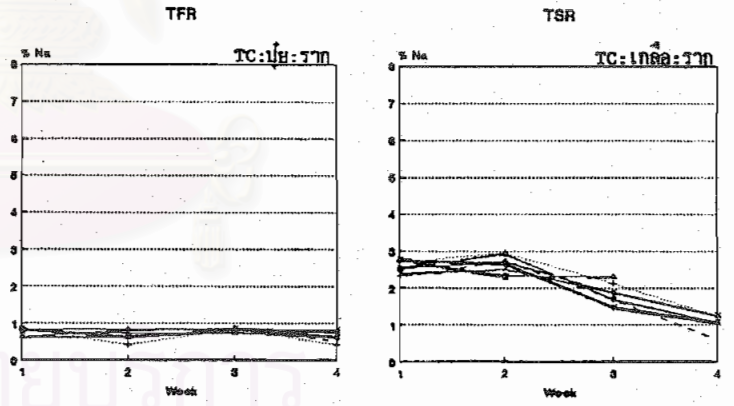


แผนภูมิที่ 8 เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

ปริมาณ
โซเดียมไอออน



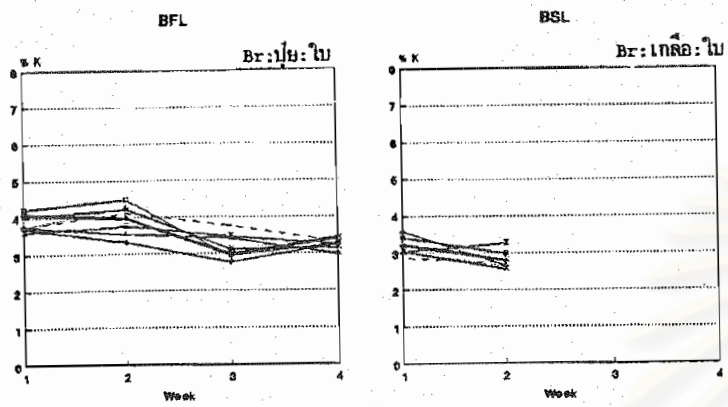
แผนภูมิที่ 7 เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)



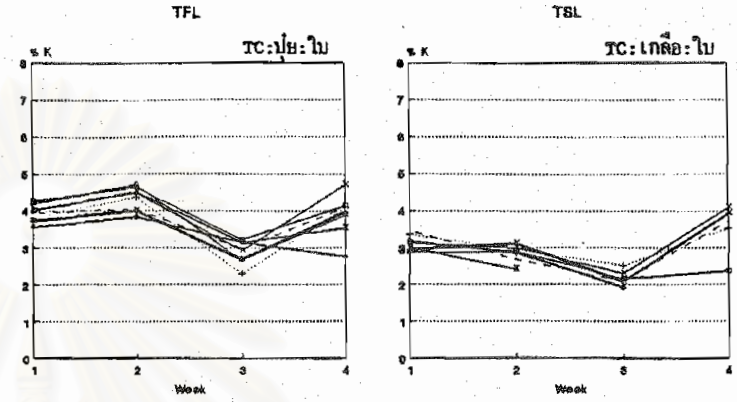
แผนภูมิที่ 9 เปรียบเทียบปริมาณโซเดียมในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- พันธุ์เหลืองประหิวา123 (พันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุด)
- พันธุ์ชาวทอกมะลิ105
- พันธุ์ กข23
- พันธุ์ชาวตาแห้ง
- พันธุ์ กข25
- พันธุ์นางมล เอส-4
- พันธุ์เหนียวสันป่าตอง
- พันธุ์ กข8

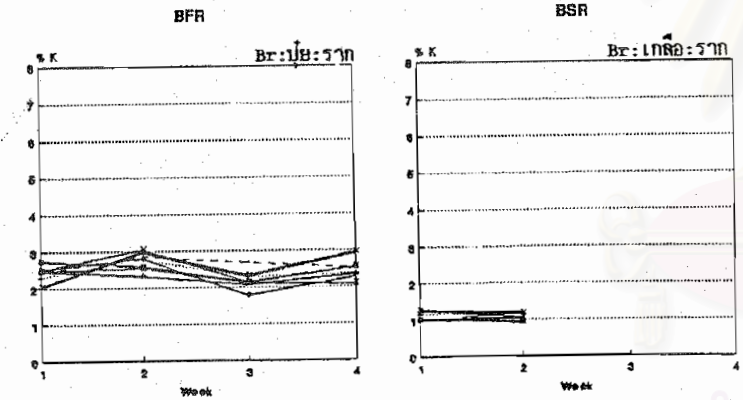


แผนภูมิที่ 10 เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในใบของต้นกล้า 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

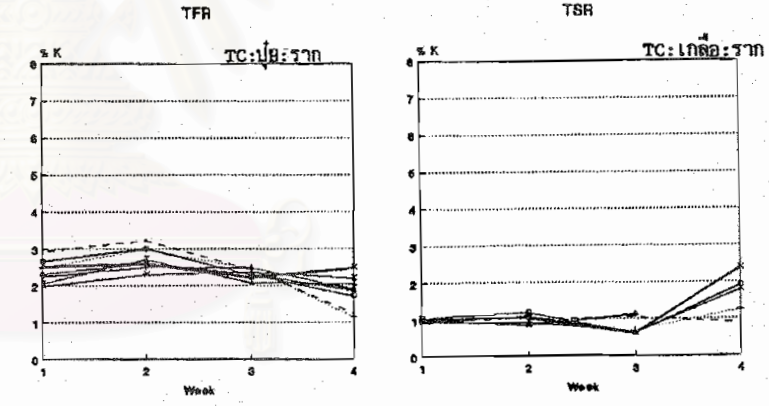


แผนภูมิที่ 12 เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

ปริมาณ
โปแตสเซียมไอออน



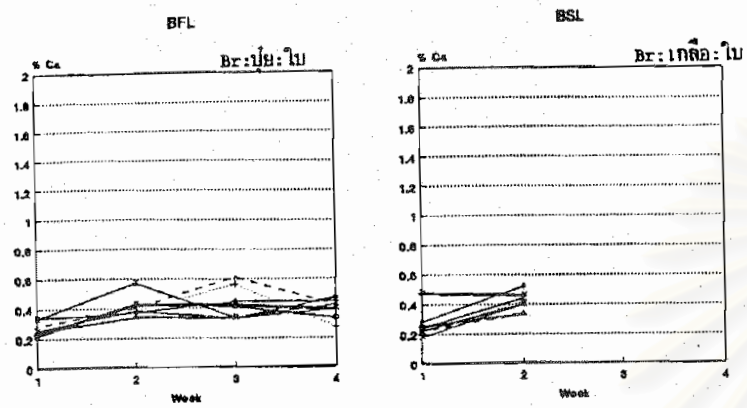
แผนภูมิที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในรากของต้นกล้า 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)



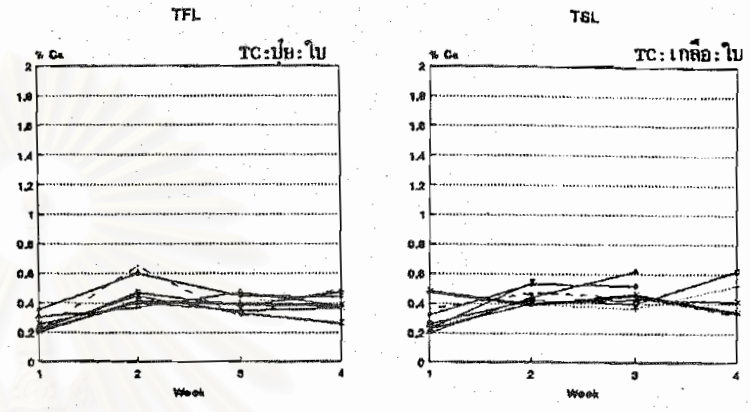
แผนภูมิที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณโปแตสเซียมในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พันธุ์เหลืองประทิว123 (พันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุด)
พันธุ์ขาวดอกมะลิ105
พันธุ์ กข23
พันธุ์ขาวตาแห้ง
พันธุ์ กข25
พันธุ์นางมล 1ดส-4
พันธุ์เหนียวสันป่าตอง
พันธุ์ กข8

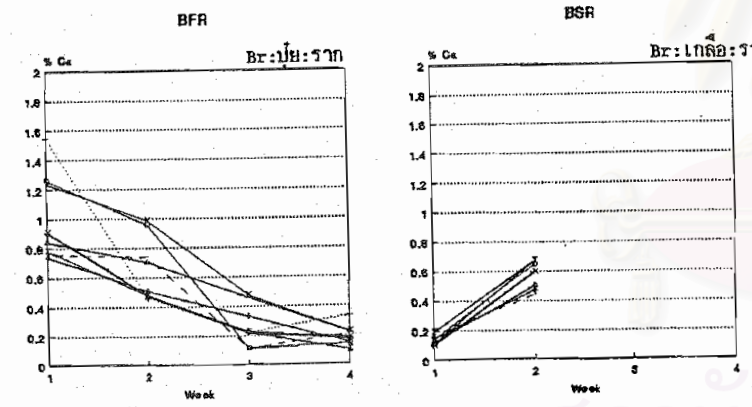


แผนภูมิที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในใบของต้นปกติ 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

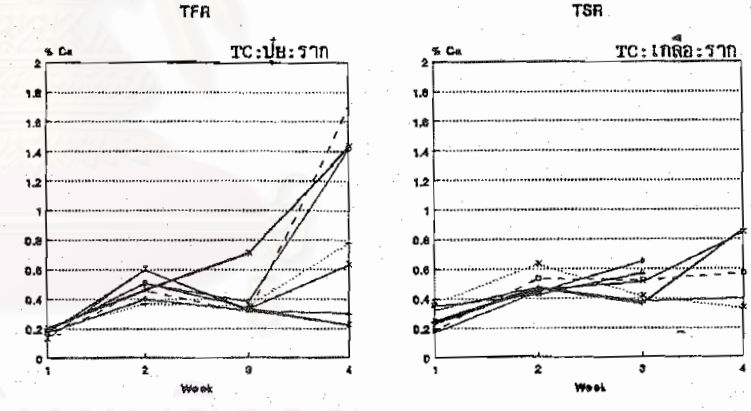


แผนภูมิที่ 16 เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%(ขวา)

ปริมาณ
แคลเซียมไอออน



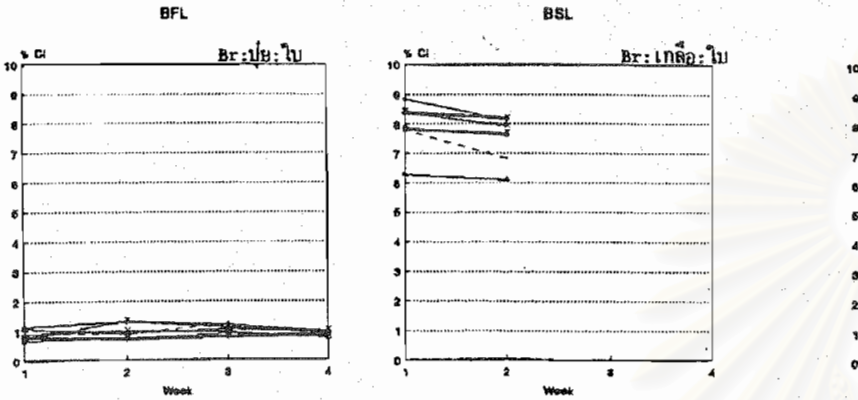
แผนภูมิที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)



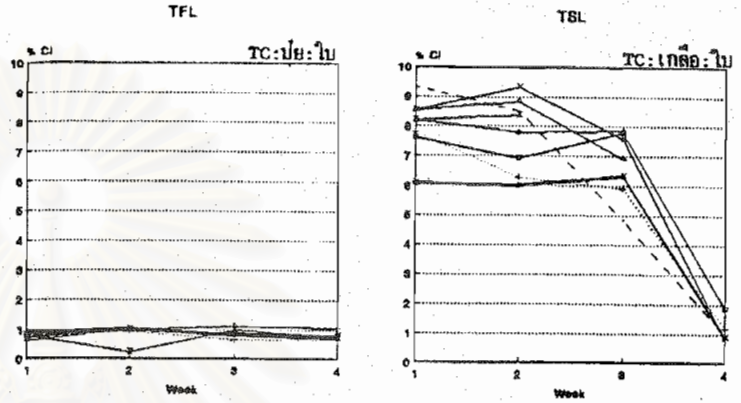
แผนภูมิที่ 17 เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5%(ขวา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พันธุ์เหลืองประทิว123 (พันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุด)
พันธุ์ขาวดอกมะลิ105
พันธุ์ กข23
พันธุ์ขาวตาแห้ง
พันธุ์ กข25
พันธุ์บางมด เอส-4
พันธุ์เหนียวสันป่าตอง
พันธุ์ กข8

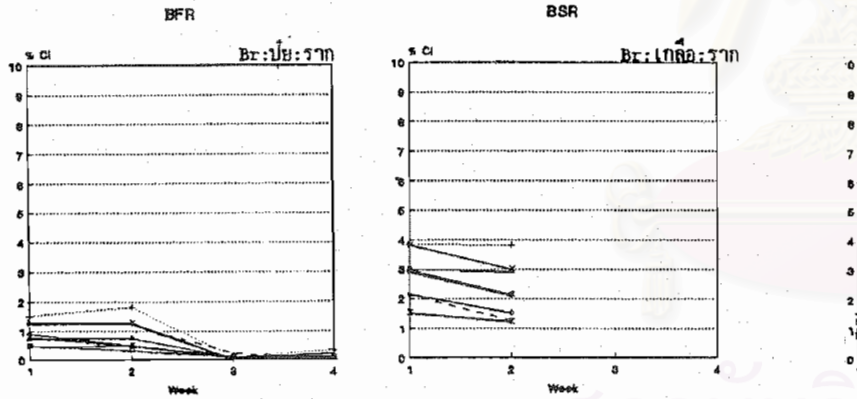


แผนภูมิที่ 18 เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในใบของข้าว 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

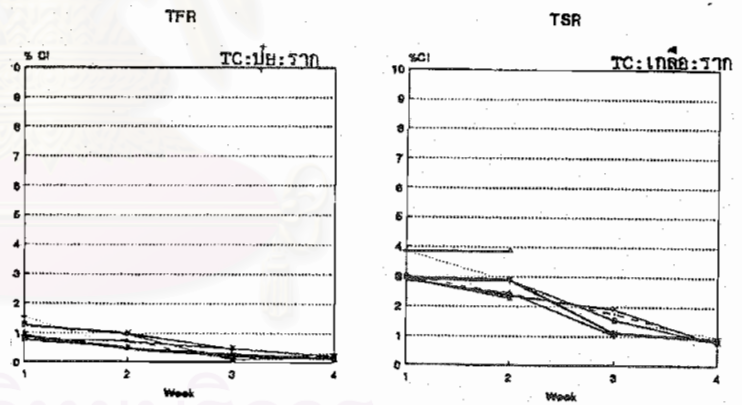


ภูมิที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในใบของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

ปริมาณ
คลอไรด์ไอออน



แผนภูมิที่ 19 เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในรากของต้นปกติ 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)



ภูมิที่ 21 เปรียบเทียบปริมาณคลอไรด์ในรากของต้นทนเค็ม 8 พันธุ์ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร(ซ้าย) และในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% (ขวา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- พันธุ์เหลืองประทิว123 (พันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุด)
- พันธุ์ขาวดอกมะลิ105
- พันธุ์ กข23
- พันธุ์ขาวตาแห้ง
- พันธุ์ กข25
- พันธุ์บางมด เอสร-4
- พันธุ์เหนียวลันป่าตอง
- พันธุ์ กข8

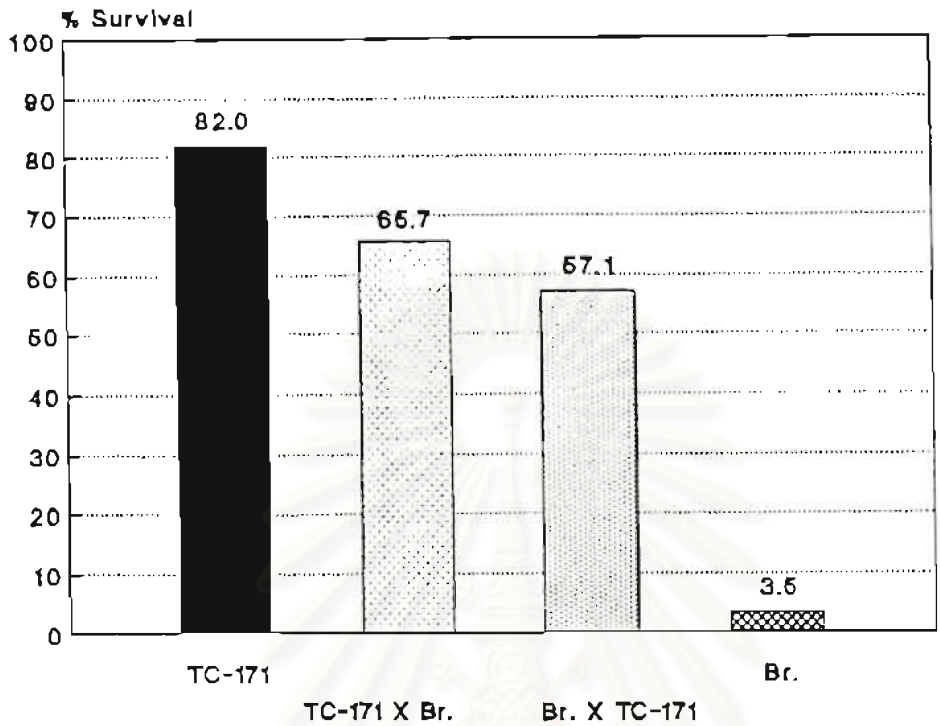
ผลการทดลองที่ 4 ผลการทดสอบความทนเค็มในระยะกล้าของลูกผสมสลับ (reciprocal cross) ระหว่างต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้กับพันธุ์เดิม

การทดสอบความทนเค็มของลูกผสมสลับระหว่างต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ คือ R_5-LPT123 TC-171 Na2 (ใช้สัญญลักษณ์ TC-171) กับพันธุ์เดิมซึ่งเป็นต้นที่ได้จากการเพาะ breeder seed (ใช้สัญญลักษณ์ Br.) พบว่าลูกผสมสลับทั้งสองทาง มีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่าง TC-171 และ Br. ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบความทนเค็มของลูกผสมสลับ (ซึ่งคือ F_1 ของ R_5)

	คู่ผสม	จำนวนต้น	อัตราการรอดตาย (%)			
			สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
1	Br. ⊗	200	100.0	75.0	28.0	3.5
2	TC-171 ⊗	200	97.0	86.0	85.5	82.0
3	TC-171 x Br.	70	98.0	81.5	72.5	65.7
4	Br. x TC-171	70	97.5	78.0	69.5	57.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



แผนภูมิที่ 22 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายของหมายเลขทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ (TC-171) กับต้นจาก breeder seed (Br.) และลูกผสมสลับ

ภาพที่ 8 เปรียบเทียบการรอดตายของต้นที่ได้จาก breeder seed (ต้นปกติ) ต้นที่ทนเค็มสูงสุดที่ได้จากการคัดเลือก (LPT_{171}) และลูกผสมสลับ ในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

ภาพที่ 9 การผสมพันธุ์ข้าวด้วย clip method

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

สรุปและอภิปรายผล

เนื่องจากการวิจัยในวิทยานิพนธ์ เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากโครงการเดิม ซึ่งเป็นการคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ดังนั้นเพื่อให้เกิดความต่อเนื่อง จึงอภิปรายผลการวิจัยตั้งแต่ส่วนต้นของโครงการ และส่วนของวิทยานิพนธ์นี้รวมกัน

สรุปผลการวิจัยส่วนที่ 1. การคัดเลือกข้าวทนเค็มในระยะกล้าจนถึงชั่วอายุที่ 5 ของข้าว 8 พันธุ์

เมื่อทดสอบความทนเค็มในระยะกล้า 5 ใบ ซึ่งเป็นระยะที่ไวต่อความเค็มในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้า 9-10 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า

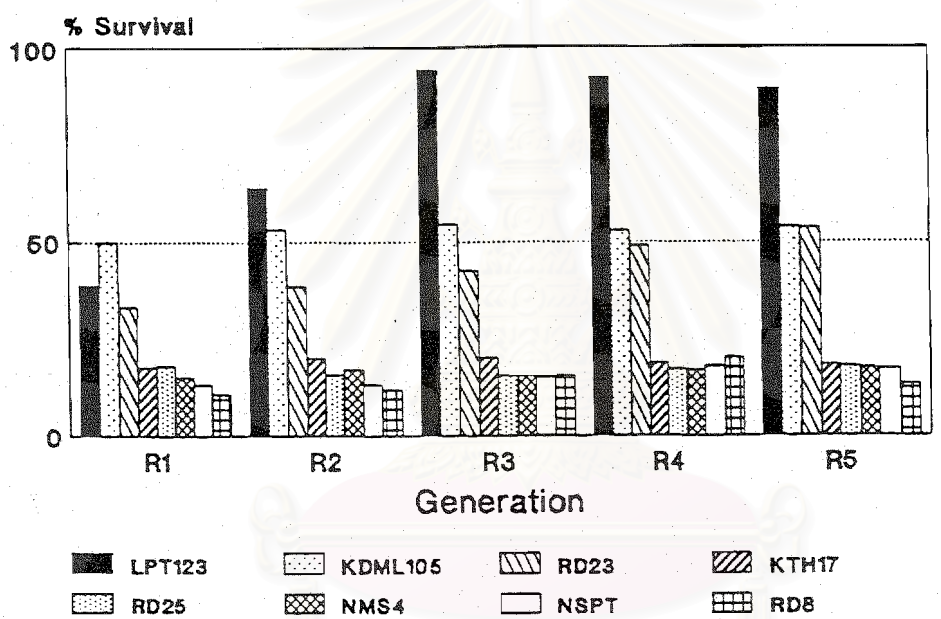
1. เมื่อผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ ข้าวทั้ง 8 พันธุ์ มีสายพันธุ์ที่ทนเค็มได้สูงขึ้น และแต่ละพันธุ์ทนเค็มได้แตกต่างกัน พันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุดคือ พันธุ์เหลืองประทิว123 รองลงมาคือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 กข23 ขาวตาแห้ง17 กข25 นางมล เอส-4 เหนียวสันป่าตอง และ กข8 ซึ่งมีอัตราการรอดตายในชั่วอายุที่ 5 คิดเป็นร้อยละ 89.7 54.0 53.4 18.0 17.8 17.4 17.1 และ 13.0 ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

2. ข้าวทั้ง 8 พันธุ์ มีสายพันธุ์ที่รอดตายถึงชั่วอายุที่ 5 เป็นจำนวนน้อย (24.4%) ส่วนใหญ่ตายไปภายในชั่วอายุที่ 1 - 2 ซึ่งมีอัตราการรอดตายใกล้เคียงกับกลุ่มเปรียบเทียบ (ตารางที่ 6-13)

3. จากข้าว 8 พันธุ์ที่ใช้ทดสอบ พบสายพันธุ์ที่รอดตายถึงชั่วอายุที่ 5 ทุกพันธุ์ แต่มีเพียง 3 พันธุ์เท่านั้นที่มีอัตราการรอดตายสูงกว่า 50% คือ เหลืองประทิว123 ขาวดอกมะลิ105 และกข23 (ตารางที่ 14) และพบว่าพวกนี้มีความทนเค็มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงชั่วอายุที่ 2 หรือ 3 แล้วจะคงที่ (แผนภูมิที่ 23)

4. เมื่อจัดกลุ่มเพื่อเปรียบเทียบการกระจายของสายพันธุ์ทนเค็ม ที่อัตราการรอดตายต่างๆ ของข้าวทั้ง 8 พันธุ์พบว่า เหลืองประทิว123 มีการกระจายเป็น 3 กลุ่ม ขาวดอกมะลิ105 และกข23 มีการกระจายเป็น 2 กลุ่ม ส่วนพันธุ์อื่นๆ มีการกระจายเป็นกลุ่มเดียว (แผนภูมิที่ 24)

5. ต้นทนเค็มสูงสุดของแต่ละพันธุ์ คัดเลือกได้จาก selection medium NaCl 1% หรือ 2% และจากอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่เติม NaCl แต่ต้นที่ทนเค็มสูงมักได้จาก selection medium



แผนภูมิที่ 23 อัตราการรอดตายของสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์ ตั้งแต่ชั่วอายุที่ 1 - 5

สายพันธุ์ทนเค็มที่สามารถคัดเลือกได้จากอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เติม NaCl 2% คือ พันธุ์เหลืองประทิว123 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 89.7%) พันธุ์ขาวดอกมะลิ105 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 54.0%) และกข25 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 17.8%)

สายพันธุ์ทนเค็มที่คัดเลือกได้จากอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่เติม NaCl 1% คือ พันธุ์กข23 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 53.4%) พันธุ์ขาวตาแห้ง17 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 18.0%) และพันธุ์กข8 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 13.0%)

และสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้จากอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่มี NaCl คือพันธุ์นางมล เอส-4 (R_5 มีอัตราการรอดตาย 17.4%) และพันธุ์เหนียวสันป่าตอง (R_5 มีอัตราการรอดตาย 17.1%) (ตารางที่ 14)

อภิปรายผลการวิจัยส่วนที่ 1.

1. เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อผ่านระยะแคลลัสทำให้เกิดความผันแปรทางพันธุกรรมได้มากในระยะเวลาอันสั้น มีการทดลองจำนวนมากที่พบว่า มีความผันแปรทางพันธุกรรมเกิดขึ้นจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยไม่ใช้ mutagen (Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1974; Maliga, 1980; Maliga, et al., 1982; Vasil, 1982; Fukui, 1983; Sun et al., 1983; Zheng et al.,1984; Abrigo et al., 1985; Yang, 1987; Ling et al., 1987; Oono, 1988; Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991) เนื่องจากในระยะชักนำให้เกิดแคลลัส เซลล์พืชมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วในเวลาอันสั้นภายใต้สภาพที่ต่างจากธรรมชาติ จึงทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดของการสร้างหน่วยพันธุกรรมได้ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดมิวเตชัน นอกจากนั้น เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อยังมีโอกาสที่ยีนซึ่งเกิดมิวเตชันมาแต่เดิม (แต่ยังไม่แสดงออก) มีโอกาสแสดงออกได้มากกว่ามิวเตชันที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ทั้งนี้เพราะแต่ละเซลล์ซึ่งผันแปรไปขณะเลี้ยงเนื้อเยื่อ มีโอกาสเจริญไปเป็นต้นสมบูรณ์ได้มากกว่า ดังนั้น เมื่อเกิดมิวเตชันในเซลล์ใดเซลล์หนึ่ง จึงมีโอกาสแสดงออกมาให้เห็น เมื่อเซลล์นั้นถูกชักนำให้เจริญเป็นต้นขึ้นมา

มีรายงานพบความผันแปรของข้าวที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อหลายลักษณะ เช่น พบลักษณะใบขาวเป็นทาง ใบชีด ขาวเผือก ต้นแคระ เกสรตัวผู้เป็นหมัน และระยะออกดอกผิดปกติ เป็นต้น (Suenaga, 1982; Oono et al., 1984; Yang, 1987, Ling et al., 1988) ในการทดลองนี้สังเกตพบลักษณะใบขาวเป็นทาง ตามยาว (striata) ในบางพันธุ์ ความผันแปรเหล่านี้เริ่มเกิดขึ้นในระดับเซลล์ในระยะแคลลัสเป็นส่วนใหญ่ (Buiatti, 1977; Oono, 1988) ส่วนการคัดเลือกโดยใช้ selection medium เช่น การเติม NaCl ทำให้เซลล์ไม่ทนเค็มตายไป เซลล์ทนเค็มเท่านั้นที่อยู่รอดได้ (Kavi-Kishor, 1988) อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ทนเค็มที่เจริญมาจากแคลลัสทนเค็มนี้ อาจมีความสามารถเพิ่มความทนเค็มได้ในชั่วลูกและหลาน ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อผ่านการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งต้องผ่าน segregation ใน meiosis และ recombination ในการผสมพันธุ์ เป็นการเพิ่มโอกาสที่ยีนทนเค็มจะมารวมกันอย่างเหมาะสม และจะปรากฏชัดเมื่อมีการคัดเลือกทุกชั่วอายุ (มนทกานติ วัชราภัย และคณะ, 2533; Smith and McComb, 1981; Vajrabhaya et al., 19896)

ดังนั้นการทดสอบความทนเค็มซ้ำในรุ่นต่อ ๆ ไปเพื่อให้แน่ใจได้ว่า ต้นทนเค็มที่ได้สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มไปยังลูกและหลานได้

แม้ว่าการใช้รังสีและสารเคมีที่เป็น mutagen สามารถเพิ่มอัตราการเกิดความผันแปรได้สูงกว่าการปล่อยให้เกิดแบบ spontaneous mutation แต่มักก่อผลเสียหายรุนแรงต่อยีนอื่นด้วย ทำให้มีต้นที่ผิดปกติในหลายลักษณะ (Chaleff, 1981; Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991) เนื่องจาก mutagen ดังกล่าวทำลายบางส่วนของ DNA ไปด้วย ในการวิจัยนี้ จึงใช้ประโยชน์จากการผันแปรของเซลล์ร่างกายที่เกิดจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยไม่ใช้ mutagenใดๆ เนื่องจากมีรายงานที่พบความผันแปรของข้าวที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อโดยไม่ใช้ mutagen เป็นจำนวนมาก (Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1974; Scrowcroft and Larkin, 1982; Liang et al., 1988; Ling et al., 1988; Peng-Jianying and Hodges, 1989)

2. การใช้ selection medium (อาหารที่เติม NaCl 1% และ 2%) ในระยะเลี้ยงแคลลัสถึงระยะเกิดยอด เป็นการคัดเลือกในระดับแรก โดยวางแผนการทดลองครอบคลุมการอยู่รอดของต้นที่เกิดมิวเตชันทุกแบบเอาไว้ กล่าวคือ

ก. หากเกิดมิวเตชันได้เป็นยีนที่ควบคุมลักษณะเด่น (a-->A) การคัดเลือกในหลอดทดลองด้วย selection medium จะสามารถคัดเลือกเซลล์ที่มียีนเด่นที่เกิดขึ้นใหม่นั้นได้ แม้ยีนนั้นอยู่ในสภาพ heterozygous (Aa) ก็สามารถทนเค็มได้ หากพืชทนเค็มมีองค์ประกอบของยีนแบบนี้ ควรเลือกใช้การคัดเลือกด้วย selection medium ทำให้ได้ผลเร็วกว่าการรอคัดเลือกระยะกล้าในรุ่นต่อไปหนึ่งชั่วอายุ และยังเหลือจำนวนต้นที่ใช้ทดสอบน้อยลง ทำให้ประหยัดเนื้อที่และแรงงานลงได้มาก

การทนเค็มของพืชอาจทนในระดับเซลล์ เนื้อเยื่อ อวัยวะ หรือทั้งต้นขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความเฉพาะเจาะจงของการแสดงออกของยีนทนเค็มนั้น (gene expression) ดังนั้น แม้ว่ายีนที่ควบคุมลักษณะเป็น dominant แต่ไม่สามารถแสดงออกในระดับเซลล์ เซลล์นั้นก็จะตายในหลอดทดลองเช่นกัน ดังนั้น ต้นที่รอดตายจากหลอดทดลองด้วยวิธีเติมเกลือในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อต้องมียีนที่แสดงออกในระดับเซลล์ด้วย

อย่างไรก็ดีเมื่อคัดเลือกเซลล์ที่ทนเค็มได้ นำมาชักนำให้เจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์ก็ไม่แน่ว่าในสภาพที่เป็นต้น ยีนที่ทนเค็มในระดับเซลล์จะยังคงแสดงออกในระดับต้นด้วยหรือไม่ วิธีคัดเลือกที่ 2 ซึ่งคัดเลือกความทนเค็มในระดับยอด จะเป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถคัดเลือกต้นที่มียีนที่แสดงออกในระดับที่เป็นอวัยวะได้

ข. หากเกิดมิวเตชันได้เป็นยีนควบคุมลักษณะด้อย (A-->a) การทดสอบด้วยอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ไม่เติม NaCl ทำให้เซลล์ที่มียีนด้อยที่เกิดขึ้นใหม่นั้น สามารถรอดชีวิตเจริญอยู่ได้ในระดับหลอดทดลอง เมื่อถูกชักนำให้เป็นต้นใหม่ และผ่านการผสมตัวเอง ยีนนั้นเกิดการกระจาย (segregation) และรวมตัว (recombination) มีโอกาสเป็น homozygous (aa) ได้ ทำให้สามารถคัดเลือกได้ต้นที่ทนเค็มที่มียีนด้อยควบคุม หากใช้ selection medium ในระยะนี้ เซลล์พืชที่มียีนด้อยจะตายในหลอดทดลอง เนื่องจากยีนด้อยไม่มีโอกาสแสดงออกในสภาพ heterozygous (Aa) พืชจะทนเค็มได้ก็ต่อเมื่อ ยีนด้อยอยู่ในสภาพ homozygous recessive (aa) ฉะนั้นวิธีนี้เท่านั้นที่ทำให้ recessive gene มีโอกาสแสดงออก และสามารถคัดเลือกได้ในระดับที่เป็นต้นได้เลย แต่จะเสียโอกาสคัดเลือกไปหนึ่งชั่วอายุ

3. วิธีคัดเลือกด้วย selection medium ที่สามารถคัดเลือกมิวแตนต์ที่ทนเค็มไว้ควรใช้ความเข้มข้น NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อสูงตั้งแต่ครั้งแรก ไม่ควรใช้วิธีค่อยๆเพิ่มความเข้มข้นของ NaCl ในอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ ในการคัดเลือกแต่ละครั้ง เนื่องจากวิธีที่ 2 จะมีกลุ่มทนเค็มได้ เนื่องจากการปรับตัวทางสรีระเป็นส่วนใหญ่รวมอยู่ด้วย วิธีแรกจะมีเฉพาะกลุ่มที่เป็นมิวแตนท์ทนเค็มเท่านั้นที่อยู่รอด

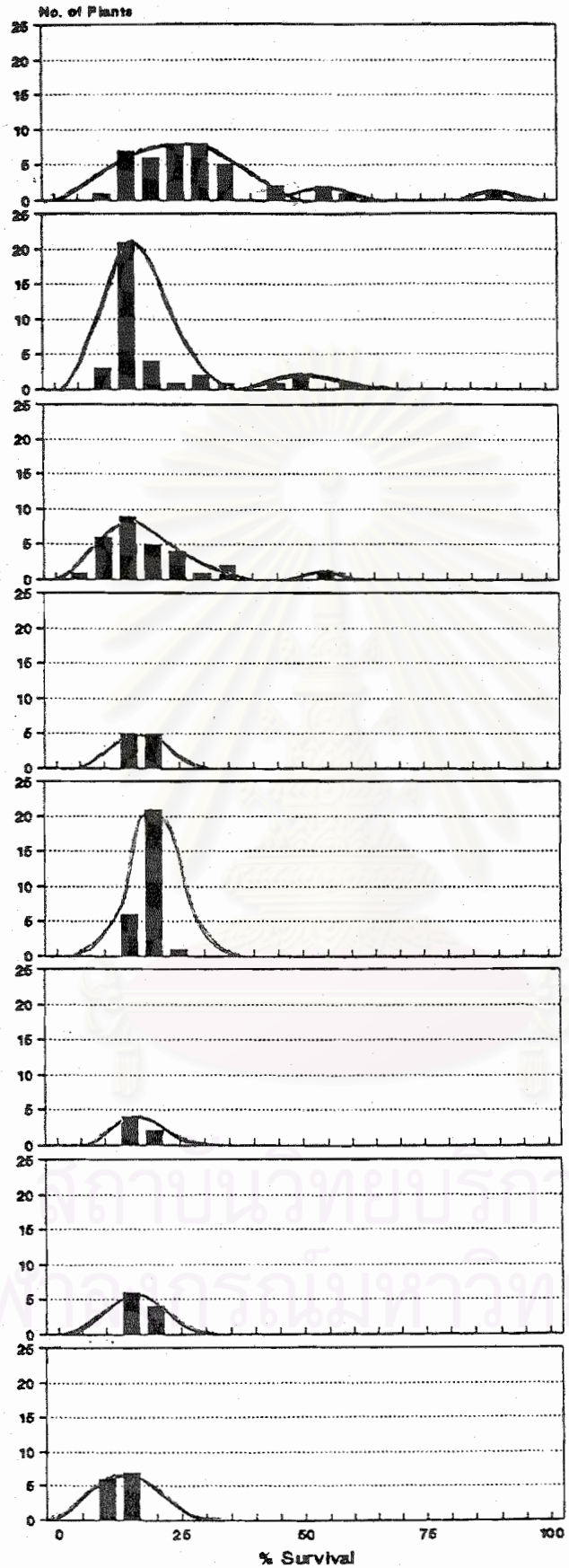
การคัดเลือกความทนเค็มโดยใช้ selection medium ที่มีความเข้มข้นของ NaCl สูงในการทดลองนี้ (ใช้ NaCl 1 และ 2% เติมลงในอาหารโดยตรง) โดยมีความเชื่อว่า หากมีการเกิดมิวเตชันได้ยีนที่ทนเค็มจริง ยีนนั้นควรแสดงออกได้ทันที ในกรณีที่เป็น complete dominant หรือ incomplete dominant รวมทั้งที่เป็น polygene หรือ multiple alelle ด้วย ยกเว้นกรณีที่ลักษณะทนเค็มควบคุมด้วย recessive gene เท่านั้น ฉะนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องค่อย ๆ ปรับความเค็มให้สูงขึ้น แม้ว่ายังมีต้นที่รอดตายอยู่ก็ตาม

4. เนื่องจากมีรายงานพบว่า ต้นที่ทนเค็มในหลอดทดลองไม่ทนเค็มในสภาพดินเค็ม (Hanning et al., 1988) การคัดเลือกต้นกล้าในสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5% ทุกชั่วอายุ จนถึงชั่วอายุที่ 5 เพื่อเป็นการคัดต้นทนเค็มที่เกิดจากการปรับตัวทางสรีระทั้งไป ต้นที่รอดตายถึงช่วงอายุที่ 5 เท่านั้นที่สามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มไปยังรุ่นต่อ ๆ ไปได้

5. พันธุ์ที่ทนเค็มสูงมีการเจริญและมีการติดเมล็ดปกติมีเพียง 3 พันธุ์คือ เหลืองประทิว123 ขาวดอกมะลิ105 และกข23 พันธุ์อื่น ๆ แม้พบว่ามีอัตราการรอดตายสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ แต่พบว่ามีการเจริญช้า ต้นไม่แข็งแรง และติดเมล็ดน้อย

6. โอกาสการเกิดมิวเตชันใน 2 ลักษณะพร้อมกันมีน้อย หากต้นทนเค็มที่คัดเลือกได้เกิดจากมิวเตชัน โอกาสที่ต้นทนเค็มจะมีลักษณะอื่นผิดปกติจากพันธุ์เดิมมีน้อย โดยปกติอัตราการเกิดมิวเตชันในยีนหนึ่งมีค่า 10^{-6} ดังนั้นอัตราการเกิดมิวเตชันของ 2 ยีนมีค่า 10^{-12} ซึ่งมีโอกาสเกิดต่ำมาก จึงหวังว่าต้นทนเค็มที่ได้มีลักษณะตรงตามพันธุ์เดิมทุกประการ มีเพียงลักษณะทนเค็มเท่านั้นที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานพบการเกิดมิวเตชันในข้าวที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อหลายลักษณะพร้อมกันได้เช่น ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง พบต้นเตี้ย วันออกดอกผิดไปจากเดิม (Fukui,1983; Oono et al., 1984; Oono, 1988; Guzhov, 1989)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



เหลืองประทิว123 กระจายเป็น 3 กลุ่ม

ขาวดอกมะลิ105 กระจายเป็น 2 กลุ่ม

กข23 กระจายเป็น 2 กลุ่ม

ขาวตาแห้ง17 กระจายเป็น 1 กลุ่ม

กข25 กระจายเป็น 1 กลุ่ม

นางมล เอส-4 กระจายเป็น 1 กลุ่ม

เหนียวสันป่าตอง กระจายเป็น 1 กลุ่ม

กข8 กระจายเป็น 1 กลุ่ม

แผนภูมิที่ 24 เปรียบเทียบการกระจายในอัตราการรอดตายต่างๆของข้าว 8 พันธุ์
(เหลืองประทิว123 ทนเค็มสูงสุด
⋮ ⋮
กข8 ทนเค็มต่ำสุด)

พันธุกรรมของการทนเค็มในข้าว

มีรายงานพบว่า ยีนที่ควบคุมลักษณะทนเค็มมีการควบคุมแบบ overdominance โดยอาจเป็น multiple allele หรือ polygene และความทนเค็มขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก (Bhattacharyya, 1978; Moeljopawiro and Ikehashi, 1981; Tal, 1984; Akbar et al., 1986) และสามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกชั่วอายุต่อๆไปได้ แต่ถ้าความทนเค็มนั้นเกิดขึ้นแบบ epigenetic พืชจะไม่สามารถถ่ายทอดความทนเค็มไปยังรุ่นต่อไปได้ (Maliga, 1984; Bressen et al., 1985)

เมื่อพิจารณาตามวิวัฒนาการทางโครโมโซมของข้าว (แผนภาพที่ 1) ซึ่งคาดว่ามีการเพิ่มชุดของโครโมโซมเดิม หากโครโมโซมนั้นมีโลคัสที่มียีนควบคุมลักษณะทนเค็ม หรือมีโลคัสที่มีโอกาสเกิดมิวเตชันเป็นยีนควบคุมลักษณะทนเค็มได้ ยีนนั้นก็สามารถเพิ่มจำนวนขึ้นได้ ดังนั้น ยีนที่ควบคุมลักษณะทนเค็มในข้าวจึงมีโอกาสเป็น multiple allele ได้ และลักษณะทนเค็มเป็นลักษณะทางปริมาณ (quantitative) จึงมีโอกาสที่เกิดจากยีนควบคุมเป็น polygene ได้ด้วย

สรุปผลการทดลองที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดกับของพันธุ์เดิม

ไม่พบความผิดปกติในจำนวนโครโมโซมของต้นทนเค็มสูงสุดในชั่วอายุที่ 5 ของข้าวทั้ง 8 พันธุ์

อภิปรายผลการทดลองที่ 2

โดยทั่วไปพืชที่ผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ มักมีความผิดปกติในระดับโครโมโซมเช่น มีการแตกหักของโครโมโซม พบ aneuploid, haploid หรือ polyploid ในอัตราสูงถึง 10-45% (Torrey, 1967; Zheng and Chu, 1984; Novero et al., 1988; Nowick et al.,1988; Oono, 1988) แต่ในการทดลองนี้ ไม่พบความผิดปกติในระดับโครโมโซมของต้นที่ทดสอบ (ชั่วอายุที่ 5 ของต้นทนเค็มสูงสุดของข้าว 8 พันธุ์) คาดว่าต้นผิดปกติที่เกิดขึ้นถูกคัดทิ้งไปในชั่วอายุแรก ๆ (R_1-R_2) เนื่องจากความผิดปกติระดับโครโมโซมมักทำให้ต้นพืชมีความผิดปกติรุนแรง ทำให้อ่อนแอ หรือไม่ติดเมล็ด ต้นที่รอดตายถึงชั่วอายุหลังๆ (R_5) จึงควรเป็นกลุ่มที่มีความผิดปกติในระดับยีนหากมีมิวเตชันเกิดขึ้นจริง

สรุปผลการทดลองที่ 3 การวิเคราะห์ปริมาณไอออนของโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียมและคลอไรด์

อิทธิพลของการเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายธาตุอาหารต่อปริมาณไอออนของโซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียมและคลอไรด์ ในใบและรากข้าวพบว่า การเพิ่มเกลือมีผลให้ข้าวทั้ง 8 พันธุ์ สะสมโซเดียมและคลอไรด์สูงขึ้น โดยพันธุ์ที่ทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้มีการสะสมต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนการสะสมโปแตสเซียมและแคลเซียมลดลงเล็กน้อย

อภิปรายผลการทดลองที่ 3

อิทธิพลของการเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์ ต่อการสะสมไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ ข้าวที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่มีโซเดียมคลอไรด์สูงมักมีการสะสม ไอออนของโซเดียมและคลอไรด์สูงขึ้น และมักก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อข้าวมากกว่าไอออนชนิดอื่นๆ อัญชลี แพทย์อุดม (2522) ศึกษาในข้าวพันธุ์กข1 กข7 และ กข11 พบว่าเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ 0.3% มีผลให้ไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ในข้าวเพิ่มสูงขึ้นทั้ง 3 พันธุ์ และอาการได้รับพิษรุนแรงภายใน 2 สัปดาห์ มีอาการขอบใบไหม้ กลางใบชีดขาวลุกลามตั้งแต่ปลายใบจนถึงกลางใบแล้วร่วงหล่นไป ศักดิ์ดา ศิริภัทรโสภณ (2529) พบว่าข้าว 3 พันธุ์คือ IR8 ขาวดอกมะลิ105 และ Pokkali มีการสะสมโซเดียมและคลอไรด์สูงขึ้น และมีการเจริญลดลงอย่างมากในสารละลายที่มีโซเดียมคลอไรด์ 100 mM. ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ ซึ่งพบว่าเมื่อเติมโซเดียมคลอไรด์ 0.5% ลงในสารละลายธาตุอาหาร ข้าวทั้ง 8 พันธุ์ สะสมไอออนของโซเดียมและคลอไรด์สูงขึ้นทั้งในใบและราก ใน 2 สัปดาห์แรกต้นที่ได้จาก breeder seed และต้นที่ได้จากสายพันธุ์ที่คัดเลือกมีแนวโน้มการสะสมคล้ายคลึงกัน แต่ในสัปดาห์ที่ 3 ต้นที่ได้จาก breeder seed ตาย มีลักษณะได้รับพิษอย่างรุนแรง ขาวซีดทั้งต้น ส่วนต้นที่ได้จากสายพันธุ์ที่คัดเลือกยังสามารถเจริญต่อไปถึงสัปดาห์ที่ 4 และในกลุ่มนี้ พบว่าต้นทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ (LPT123 TC-171 Na2) มีปริมาณไอออนของโซเดียมในใบและรากต่ำ สอดคล้องกับรายงานของ อัญชลี แพทย์อุดม, 2522; Malakondaiah and Rajeswararao, 1979; Greenway, 1962; Yeo and Flowers, 1983; Bandyopadhyay et al., 1985; Arjunan and Chandrasekaran, 1988; Chen et al., 1989; Yamanouchi, 1989; Zapata et al., 1989 ที่พบว่าข้าวพันธุ์ทนเค็มจะสะสมไอออนของโซเดียมและคลอไรด์ต่ำกว่าพันธุ์ไม่ทนเค็ม

อิทธิพลของการเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมไอออนของโปแตสเซียม

ปริมาณไอออนของโซเดียมในสารละลาย มีผลต่อการดูดไอออนของโปแตสเซียมเป็นอย่างมาก เนื่องจากโซเดียมเป็นไอออนที่ขัดขวางการดูดโปแตสเซียมไอออนในกระบวนการ active transport แบบ antagonism กล่าวคือถ้าปริมาณไอออนชนิดหนึ่งเพิ่มขึ้นมากจะทำให้การดูดไอออนชนิดอื่นลดลง ดังนั้น พืชจะดูดไอออนของโปแตสเซียมได้น้อยลงเมื่อสารละลายธาตุอาหารมีไอออนของโซเดียมในปริมาณสูง (Rain, 1972) ในบางกรณีโปแตสเซียมในเนื้อเยื่อลดลงมากจนถึงระดับขาดแคลน ระดับวิกฤติ (critical concentration) ของโปแตสเซียมในข้าว (ปริมาณโซเดียมที่ต่ำที่สุดในข้าว ที่ไม่ทำให้ข้าวปรากฏอาการขาดธาตุโปแตสเซียม) มีค่าประมาณ 1% (Tanaka and Yoshida, 1970) ในการทดสอบต้นที่ได้จากการคัดเลือกนี้โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% มีผลทำให้ข้าวดูดโปแตสเซียมได้น้อยลง จาก 4% ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร เป็น 3%เมื่อเติม NaCl ซึ่งยังสูงกว่าระดับวิกฤติมาก ส่วนต้นปกติตายในสัปดาห์ที่ 2

อิทธิพลของการเพิ่มปริมาณโซเดียมคลอไรด์ต่อการสะสมไอออนของแคลเซียม

ระดับวิกฤติของแคลเซียมในข้าวมีค่าประมาณ 0.1% (Tanaka and Yoshida, 1970) โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.5% ที่ใช้ในการทดลองนี้มีผลให้แคลเซียมในต้นที่คัดเลือกมีแนวโน้มลดลง ในใบจาก 0.5% เป็น 0.4% และในราก 0.8% เป็น 0.6% ซึ่งสูงกว่าระดับวิกฤติมากเช่นกัน

แม้ในสภาพดินเค็มในธรรมชาติมีไอออนของธาตุหลายชนิดปะปนกันอยู่ เช่น Na^{+} Ca^{++} Mg^{++} Cl^{-} SO_4^{--} และ HCO_3^{-} เป็นต้น ในการทดลองนี้สารก่อความเค็มที่ใช้ในการคัดเลือกคือ โซเดียมคลอไรด์เท่านั้น เนื่องจากมีรายงานว่าพืชที่ทนโซเดียมได้จะมีโอกาสทนไอออนชนิดอื่นๆในดินเค็มได้ด้วย (Flowers and Yeo, 1981; Moeljopawiro and Ikehashi, 1981; Stavarek and Rains, 1984; Krishnamurthy et al., 1989)

สรุปผลการทดลองที่ 4 การทดสอบความเค็มในระยะกล้าของลูกผสมสลับ (reciprocal cross)

เมื่อทดสอบความทนเค็มของลูกผสมสลับของสายพันธุ์ทนเค็มสูงสุดที่คัดเลือกได้ (LPT123 TC-171 Na2) ซึ่งมีอัตราการรอดตาย 82.0% กับต้นปกติที่ได้จาก breeder seed ซึ่งมีอัตราการรอดตาย 3.5% พบว่าลูกผสมสลับมีอัตราการรอดตายอยู่ระหว่างกลาง (65.7% และ 57.1%) (แผนภูมิที่ 22)

อภิปรายผลการทดลองที่ 4

การทดสอบความทนเค็มของลูกผสมพบว่าอัตราการรอดตายอยู่ระหว่างกลางของคู่ผสมสลับ ดังนั้นยีนที่ควบคุมลักษณะทนเค็มไม่ใช่ยีนในไซโตพลาสซึม แต่เป็นยีนในนิวเคลียส หากยีนที่เกิดมิวเตชันเป็นยีนในนิวเคลียสจะมีประโยชน์มาก (Vajrabhaya and Vajrabhaya, 1991) ข้าวเป็นพืชผสมตัวเอง ไม่ว่ายีนควบคุมการทนเค็มอยู่ในไซโตพลาสซึมหรือนิวเคลียสก็ยังสามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มนี้ไปได้ แต่ลักษณะดังกล่าวมีประโยชน์ต่อพืชผสมข้ามพันธุ์เป็นอย่างมาก กล่าวคือพืชสามารถถ่ายทอดลักษณะทนเค็มไปยังชั่วอายุต่อๆไปได้ ไม่ว่าต้นนั้นเป็นพ่อหรือแม่ ซึ่งสามารถใช้ในการปรับปรุงพันธุ์พืชต่อไปได้ดี

การที่อัตราการรอดตายอยู่ระหว่างกลางของพ่อแม่ แสดงว่ายีนที่ควบคุมความทนเค็มเป็น incomplete dominance ซึ่งอาจเป็น single gene หรือ multiple allele ก็ได้ แต่จากผลการทดลองที่ 4 พบว่า อัตราความทนเค็มของสายพันธุ์ต่างๆ ของพันธุ์เหลือง-ประทิว123 ทั้งหมด สามารถแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม (แผนภูมิที่24 ภาพบนสุด) เนื่องจากสายพันธุ์ TC-171 ทนเค็มสูงสุด จึงอาจเกิดจากมิวเตชันมากกว่า 1 ตำแหน่ง การผสมข้ามสายพันธุ์อาจบอกได้ว่า เป็นกรณีดังกล่าวได้หรือไม่

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2527. ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพมหานคร : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กฤษฎา สัมพันธารักษ์. 2522. ปรับปรุงพันธุ์พืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 146 หน้า.

กิตติพัฒน์ อุโฆษกิจ. 2531. ความสัมพันธ์ระหว่างการคัดเลือกข้าวสาลีทนเค็มในสารละลายธาตุอาหารและในดินเค็ม. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 26. หน้า 52-53. กรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กันธารัตน์ ไชยสุต. 2532. เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล Zephyranthes. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาพฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกรียงไกร พันธุ์วรรณ์. 2528. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ทนดินเค็มโดยวิธีการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์.ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. หน้า 145. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร.

ชัยนาม ดิสถาพร. 2531. ข้าวทนเค็ม. ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรมพัฒนาที่ดิน. 172-177.

ทรงชัย วัฒนพายัพกุล และคณะ. 2528. การคัดเลือกหาพันธุ์ข้าวนาสวนที่ทนทานต่อความเค็มในเขตศูนย์วิจัยข้าวอุบลราชธานี. ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. หน้า 145. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร.

ประพาส วีระแพทย์. 2526. ความรู้เรื่องข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : กองการข้าว กรมวิชาการเกษตร. 71 หน้า.

มนทกานติ วัชราภัย , ทิพธารรณ ธนไพศาล และถาวร วัชราภัย. 2533. การถ่ายทอดลักษณะทนเค็มในข้าวพันธุ์เหลืองประทิว 123 ที่ได้จากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ . การสัมมนาวิชาการพันธุศาสตร์ ครั้งที่ 7 , 21-23 พ.ย. 2533 , ขอนแก่น : หน้า 24-26.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2524. พืชกับความเค็มของดิน. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นรชัย พุกกะมาน และคณะ. 2528. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนดินเค็มภาคใต้. ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. หน้า 81. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร.

วิโรจน์ อิ่มพิทักษ์. 2531. การจัดการดินที่มีปัญหาและการจัดการดินในที่ราบและที่ดอนเพื่อการปลูกพืช. การจัดการดิน , 353-367.

ศักดา ศิริภัทรโสภณ. 2529. อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิดในข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมคิด วิริกุล, กิ่งกาญจน์ นิชญกุล, เกริก เกษโกศล และบุญเลิศ คล้ายประสงค์. 2528. การคัดเลือกพันธุ์ข้าวทนดินเค็มโดยใช้เทคนิคการเลี้ยงเนื้อเยื่อ. ในรายงานการค้นคว้าวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. หน้า 200-201. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร .

สมศรี อรุณินท์. 2531. ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพมหานคร : กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นพดล พีระเสถียร. 2527. ข้าว. เอกสารงานวิจัยที่ 2/2527. ส่วนวิจัยเศรษฐกิจ. สำนักวิจัยเศรษฐกิจ. ธนาคารกรุงเทพ.

อุทัย เซ็นภักดี และคณะ. 2526. การปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อทนสภาพดินเค็มและแล้ง. ในรายงานผลการค้นคว้าวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว. หน้า 333. กรุงเทพมหานคร. กรมวิชาการเกษตร.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2525. ความสัมพันธ์ระหว่างดินกับพืช. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัญชลี แพทย์อุดม. 2522. อิทธิพลของเกลือโซเดียมคลอไรด์ต่อการเจริญเติบโตและการสะสมไอออนของข้าวบางพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณี ยูวะนิยม. 2531. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพมหานคร : กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Able, G.H. and MacKenzic, R.J. 1964. Salt tolerance of soy-bean varieties during germination and later growth. Crop Sci. 4 : 157-160.

Abrigo , W.M. et al.,1985. Somatic cell culture at IRRI. Biotechnology in international agricultural research. 149-158. Philippines : International Rice Research Institute.

Akbar, M., Khush, G.S. and Hillerislambers. 1986. Genetics of salt tolerance in rice, Proceeding of the international rice genetics symposium (27-31 May 1985), 399-409, Philippines : International Rice Research Institute.

_____ , and Ponnamperuma, F.N. 1982. Saline soils of South and Southeast Asia as potential rice lands. International Rice Research Institute rice research strategies for the future. pp. 265-281. Philippines : International Rice Research Institute.

Arjunan, A. and Chandrasekaran, S.1988. Tolerance in rice Oryza sativa in relation to salt uptake and yield. Indian J. Plant Physiol 31(4) : 403-406 .

Ashraf, M., Mc Neilly, T., and Bradshaw, A.D. 1987. Selection and heritability of tolerant to sodium chloride in four forage species. Crop.Sci. 227 : 232-234 .

Ayers, A.D. Brown, J.W. and Wadleigh. C.H. 1952. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes. Agron. J. 44 : 307-310.

Bandyopadhyay, B.K., Dutt, S.K. and Bandyopadhyay, A.K. 1985. Ionic balance and growth of rice under saline soil condition. J. Indian Soc. Soil Sci. 33(2) : 346-351.

Bentley, M.1959. Commercial hydroponics. Bendon Books. Johannesburg.

Bernstein, L. 1964. Effects of salinity on mineral composition growth of plants in plant analysis and fertilizer problem. American Soc Hort. Sci. 4 : 114-127.

Bernstein, L. and Hayward. H.E. 1958. Physiology of salt tolerance. Ann. Rev. Plant Physiol. 9 : 25-46.

Bhattacharyya, R.K. 1978. Estimates of genetic parameters of some quantitative characters in rice under non-stress soil condition of plant growth. Indian. J. Hered. 9(3) : 41-44.

Bressan, R.A., Singh, N.K., Handa, A.K., Kononowicz, A. and Hasegawa, P.M. 1985. Stable and unstable tolerance to NaCl in cultured tobacco cells. Plant Genetics. 755-769.

Buiatti, M.1977. DNA amplification and tissue culture. In Reinert, J. and Bajaj, Y.P.S (eds), Applied and fundamental aspects of plant cell tissue and organ culture, 358-373, Berlin Heidelberg New York : Springer.

Chaleff, R.S. 1981. Genetics of higher plants : application of cell culture. Cambridge : Cambridge University Press. 184 pp.

_____ , and Polocco, J.C.1977. Genetic variation in cultured plant cells. In H.Smith. (ed.), Molecular biology of plant cells, pp. 429-441. Berkley : University of California Press.

Chandler, S.F. and Vasil, I.K. 1984. Selection and characterization of NaCl tolerant cells from embryogenic cultures of Pennisetum purpuruem Schum.(Napier grass). Plant Sci. Lett. 37 : 157-164.

Chanprame, S. 1985. Selection of NaCl-tolerant rice (Oryza sativa L.). Master's Thesis, Kasetsart University.

Chen, K., Huang, J., Lin., H., Shi, M. and Zhang, D. 1989. Effects of combined application of potassium and sodium on rice growth and nutrient uptake in red acid soil. Sci. Agric. Sin. 22(2) : 20-27.

Flowers, T.J. and Yeo, A.R. 1981. Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice Oryza sativa varieties. New Phytol. 88(2) : 363-374.

_____ , Troke, P.F. and Yeo, A.R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Pl. Physiol 28 : 89-121.

Fukui, K. 1983. Sequential occurence of mutations in a growing rice callus. Theor. appl. Genet. 65(3) : 225-230.

Greenway, H. 1962. Plant response to saline substrates. I. Growth and ion uptake of several varieties during and after sodium chloride treatment of Hordeum sp. Aust. J. Biol. Sci. 15 : 16-48.

Guzhov, Y. 1989. Genetics and plant breeding for agriculture. Moscow : Mir publisher : 280 pp.

Hanning, G.E., Hernandez, J. and Nabors, M. 1988. In Vitro NaCl selection of rice and the performance of the regenerants under saline conditions. Tissue culture for crops project. Colorado. 25 pp.

Heikal, M. 1977. Physiological studies on salinity VI Change in water content and mineral composition of salinity stress. Plant and Soil. 48 : 223-232.

IRRI. 1985. Annual Report for 1984. Los Banos, Laguna, Philippines.

Kaddah, M.T. and Fakhry. S.I. 1961. Tolerance of Egyptian rice to salt. Soil Sci. 91 : 113-120.

Kavi-Kishor, P.B. 1988. Effect of salt stress on callus cultures of Oryza sativa. J. Exp. Bot. 39 : 235-240.

Krishnamurthy, R., Anbazhagan, M. and Bhagwat, K.A. 1989. Testing salt tolerance variability on the nutritional quality of seeds produced by rice cultivars subjected to salinity. Seed Sci. Technol. 17(2) : 269-276.

Larkin, P.J. and Scrowcroft, W.R. 1981. Somaclonal variation-a novel source of variability from cell cultures for plant improvement. Theor. Appl. Genet. 60 : 197-214.

Ling, D.H., Ma, Z.R., Chen, W.Y. and Chen, M.F. 1987. Male sterile mutant from somatic cell culture of rice. Theor. Appl. Genet. 75(1) : 127-131.

_____ , 1988. Variation of somaclonal male sterile lines of indica rice by cell culture. Acta Genet. Sin. 15(1) : 9-14.

Liang, Z.Q., Gao, M.W., Xiang, Y.B. and Tian, S.H. 1988. Preliminary study of induction of salt tolerance in rice. Acta agriculturae Nucleatae Sinica 2(2) : 65-72.

Malakondaiah, N. and Rajeswararao. 1979. Effect of foliar application of phosphorus on RNA and DNA under salt stress in peanut plants (Arachis hypogaea). Plant and Soil. 53 : 251-253.

Maliga, P. 1980. Isolation characterization and utilization of mutant cell lines in higher plants. Int. Rev. Cytol. Suppl. 11A : 225-250.

_____ , 1984. Isolation and characterization of mutants in plant cell culture. Ann. Rev. Plant Physiol. 35 : 519-542.

_____ , et al., 1982. Cell culture mutants and their uses. In Vasil, I.K., Scrowcroft, W.R. and Frey, K.J. (eds.). Plant improvement and somatic cell genetics, 221-238. New York : Academic press.

Moeljopawiro, S. and Ikehashi, H. 1981. Inheritance of salt tolerance in rice. Euphytica 30 : 291-300.

Nabors, M.W., Daniels, A., Nadolny, L. and Brown, C. 1975. Sodium chloride tolerant lines of tobacco cells. Plant. Sci. Lett. 4 : 155-159.

_____, 1982. Progress Report : Producing tissue culture techniques for use by plant breeding and agriculture. Tissue culture for crop project. Washington D.C.

Noble, C.L., Halloran, G.M. and West. D.W. 1984. Identification and selection for salt tolerance in lucerne. Aust. J. Agric. Res. 35 : 239-252.

Novero, A.U., Abrigo, E.M., Cabuslay, G.S., Parao, F.T., Brar, D.S. and Zapata, F.J. 1988. Selecting rice lines tolerant to salinity through tissue culture at IRRI. Rice research strategies for the future : 1-15.

Nowick, E.M., Jun, C. and Rush, M.C. 1988. Genetic basis of selected somaclonol variants in the rice cultivar "Lemont" . SABRAO Journal. 20(1) : 1-10.

Oono, K.1978. Test tube breeding of rice by tissue culture. Trop. Agric. Res. Ser. 11 : 109-123.

_____ , 1988. Somatic mutation in rice tissue culture, Cell and tissue culture in field crop improvement. 108-112.

_____ , Okuno, K. and Kawai, T. 1984. High frequency of somaclonal mutations in callus culture of rice. Gamma Field Symp. 23 : 71-95.

Pearson, G.A. 1960. Rice as a crop for salt affecting soil in process of reclamation. USDA Production Research Report No. 43.

Pearson, G.A. and Bernstein. L. 1959. Salinity effects at several growth stages of rice. Agron. J. 51 : 654-657.

Peng-Jianying and Hodges, T.K. 1989. Genetics analysis of plant regeneration in rice (Oryza sativa). In Vitro 25(1) : 91-94.

Rain, D.W. 1972. Salt transport by plants in relation to salinity . Ann. Rev. Plant Physiol. 23 : 367-388.

Scrowcroft, W.R. and Larkin, P.J. 1982. Somaclonal variation : A new option for plant improvement. In Vasil, I.K., Scrowcroft, W.R. and Frey, K.J. (eds.) Plant improvement and somatic cell genetics, 159-178. New york : Academic press.

Shimoyama, T. and Ogo, T. 1956. Studies on the saline injury on crops. The effects on the growth and the harvest of the rice plant as produced by the saline irrigation at different growing periods. Okayama Pref. Agr. Exp. Sta. Spec. Bul. 54 : Japan.

Sinha, U. and Sinha, S. 1985. Crop improvement. Cytogenetics, plant breeding and evolution. 408 pp. India : New Printindia.

Smith, M.K., and McComb, J.A. 1981. Effects of NaCl on the growth of whole plants and their corresponding callus cultures. Aust. J. Plant Physiol. 8 : 267-275.

Solovrev, V.A. 1969. Distribution of cations in plants depending on the degree of salinization of the substrate. Plant Physiol. 16(3) : 412-417.

Stavarek, S.J. and Rains, D.W. 1984. Cell culture techniques : Selection and Physiological studies of salt tolerance. In Staples, R.C. and Toenniessen, G.H. (eds), Salinity tolerance in plants : Strategies for crop improvement, 321-334.

Subhashini, K. and Reddy, G.M. 1989. Evaluation of the progeny under stress of regenerated salt tolerant rice. J. Genet. Breed. 43(3) : 125-130.

Suenaga, K. 1982. Seed-derived callus culture for selecting salt-tolerant rices. IRRI Research Paper Series 79 : 8-11.

Sun, Z.X., Zhao, C.Z., Zheng, K.L., Qi, X.F. and Fu, Y.P. 1983. Somaclonal genetics of rice Oryza sativa . Theor. Appl. Genet. 67(1) : 67-73.

Tal, M. 1984. Physiological genetics of salt resistance in higher plants : studies on the level of the whole plant and isolated organs tissues and cells. In Staples, R.C. and Toenniessen, G.H. (eds), Salinity tolerance in plants : Strategies for crop improvement, 301-320. New York : John Wiley & Sons.

Takenaka, O. et al., 1955. Rice genome. Theor. Appl. Genet. 3(1) : 37-41.

Tanaka, A. and Yoshida, S. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. Int. Rice. Res. Inst. Tech. Bull. 10 : 14-17.

Torrey, J.G. 1967. Morphogenesis in relation to chromosomal constitution in long term plant tissue culture. Physiol. Plant. 20 : 265-275.

Vajrabhaya, M. et al.1983. New varieties of rice for saline and acid soil through tissue culture. Progress report I. Callus induction technique in rice. U.S. International Development Cooperation Agency . Bangkok. Thailand.

_____ , 1984. New varieties of rice for saline and acid soil through tissue culture. Progress report II. Callus growth and regeneration. U.S. International Development Cooperation Agency. Bangkok. Thailand. (a)

_____ , 1984. New varieties for saline and acid soil through tissue culture. Plant regeneration progress III. Plant regeneration U.S. International Development Cooperation Agency. Bangkok. Thailand.(b)

_____ , 1985. New varieties of rice for saline and acid soil through tissue culture. Progress report IV. Improvement of plant regeneration. U.S. International Development Cooperation Agency. Bangkok. Thailand.(a)

_____ , 1985. New varieties of rice for saline and acid soil through tissue culture. Progress report V. Salt and acid selection. U.S. International Development Cooperation Agency. Bangkok. Thailand.(b)

_____ , 1986. New varieties of rice for saline and acid soil through tissue culture. Progress report VI. Salt and acid selection. U.S. International Development Cooperation Agency. Bangkok. Thailand.

_____ , 1987. New varieties of rice for saline and acid soil through tissue culture. Final report. U.S. International Development Cooperation Agency. Bangkok. Thailand.

_____ , Thanapaisal, T. and Vajrabhaya, T. 1989. Development of salt tolerant lines of KDML and LPT rice cultivars through tissue culture. Plant cell reports. 8(7) : 411-414.

_____ , and Vajrabhaya, T. 1974. Variations of Dendrobium arising in meristem. Proc. 7th World orchid conf. pp. 231-244. Medellin (1972).

_____ , and Vajrabhaya, T. 1991. Somaclonal variation for salt tolerance in rice. In Y.P.S. Bajaj (ed.), Biotechnology in agriculture and forestry. 14, 368-382, Berlin Heidelberg : Springer-Verlag.

Vasil, I.K. 1982. Plant cell culture and somatic cell genetics of cereals and grasses. In Vasil, I.K., Scrowcroft, W.R. and Frey, K.J. (eds.). Plant improvement and somatic cell genetics, 179-204. New York : Academic press.

Woo, S.C., et al. 1988. In Vitro improvement of salt tolerant in a rice cultivar. Bot. Bull. Acad. Sin. : 99-104.

Yamanouchi, M. 1989. The mechanisms of salinity tolerance in rice plants : Relationship between the varietal difference of salinity tolerance and characteristics of absorption and translocation of sodium ion. Japan. J. Soil and Pl. Nutrition. 60(3) : 210-219.

Yang, S.J. 1987. Study for somaclonal variation in rice Oryza sativa. Res. Rep. Rural Dev. Adm. 29 : 43-47.

Yano, S., Ogawa, M. and Yamada, Y. 1982. Plant formation from selected rice callus resistant to salts. In A. Fujiwara ed. Plant tissue culture. pp. 495-496. Tokyo. Japan assoc. plant tissue culture.

Yeo, A.R. and Flowers, T.J. 1983. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. Physiol. Plant. 59 : 189-195.

Zapata, F.J., Akbar, M., Senadhira, D. and Seshu, D.V. 1989. Salt tolerance of anther culture-derived rice lines. International Rice Research Newsletter 14(1) : 6-7.

_____ , Novero, A.U., Abrigo, E.M., Cabuslay, G.S., Parao, F.T. and Brar, D.S. 1988. Selecting rice lines tolerant to salinity through tissue culture at IRRI. IRRI strategies for the future. pp. 1-15. Philippines : International Rice Research Institute.

Zheng, L.N. and Chu, Q.R. 1984. Variation in characters and chromosomes in rice somaclones and their progeny. Scientia Agriculture Sinica 4 : 14-20.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การเตรียมสารเคมีที่ใช้ในการคัดเลือกต้นกล้าข้าวในสารละลาย

1. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP (Wagner and Poesh)

major nutrient

Potassium nitrate	580	มิลลิกรัม
Calcium sulfate	500	มิลลิกรัม
Magnesium sulfate	450	มิลลิกรัม
Triple superphosphate	250	มิลลิกรัม
Ammonium sulfate	100	มิลลิกรัม

minor nutrient

Ferrous sulfate	70	มิลลิกรัม
Manganese sulfate	15	มิลลิกรัม
Boric acid	5	มิลลิกรัม
Zinc sulfate	1.5	มิลลิกรัม
Potassium iodide	1.0	มิลลิกรัม
Sodium molybdate	0.1	มิลลิกรัม
Copper sulfate	0.05	มิลลิกรัม
Cobalt chloride	0.05	มิลลิกรัม
เติมน้ำให้เป็น	1,000	มิลลิลิตร

การเตรียม

1. ผสม major nutrient ให้เป็นเนื้อเดียวกัน
2. ผสม minor nutrient ให้เป็นเนื้อเดียวกัน
3. ผสมส่วนที่ 1 และ 2 ให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ค่าการนำไฟฟ้า : EC 2 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส

2. สารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP ที่เติม NaCl 0.5 %

สารละลายธาตุอาหารสูตรดัดแปลง WP	1,000	มิลลิลิตร
sodium chloride	5	กรัม

ค่าการนำไฟฟ้า : เมื่อเติม NaCl 0.5 % ลงในสารละลายธาตุอาหาร จะมี EC เพิ่มขึ้นเป็น 9-10 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส

3. คุณภาพน้ำประปาที่ใช้ในการปลูกคัดเลือก

ไนเตรท - ไนโตรเจน	0.1906	ppm.
ไนไตรท์ - ไนโตรเจน	0.0577	ppm.
แคลเซียม	27.2000	ppm.
ซัลเฟต	24.4000	ppm.
โซเดียม	16.0000	ppm.
คลอไรด์	15.0000	ppm.
แมกนีเซียม	4.8000	ppm.
ฟลูออไรด์	0.2200	ppm.
สังกะสี	0.1000	ppm.
แมงกานีส	0.1000	ppm.
เหล็ก	0.0200	ppm.
ตะกั่ว	0.0005	ppm.
ปรอท	0.0005	ppm.
pH	7.23	

ค่าการนำไฟฟ้า : EC 0.249 มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร ที่ 25 องศาเซลเซียส

(ข้อมูลจาก คุณชำรง ธรรมเกษม กองควบคุมคุณภาพน้ำ การประปานครหลวง , 2534)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การเตรียมสารเคมีสำหรับการตรวจโครโมโซม

1. Treatment solution

Alpha-bromonapthalene	1	หยด
น้ำกลั่น	1,000	มิลลิลิตร

เก็บในขวดสีชา

2. Fixing solution (acetic acid 90%)

Acetic acid	90	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	10	มิลลิลิตร

3. Schiff's reagent

Basic fuchsin	1	กรัม
Potassium metabisulfite	3	กรัม
1N HCl	30	มิลลิลิตร
น้ำกลั่น (100 องศาเซลเซียส)	200	มิลลิลิตร

เก็บในขวดสีชา

4. Propiono-carmine 2%

Carmine	2	กรัม
Propionic acid 45%	100	มิลลิลิตร

คนด้วย magnetic sterrir 3 ชั่วโมง กรองแล้วเก็บในขวดสีชา

5. 1N HCl

HCl	36.5	มิลลิลิตร
น้ำกลั่นเติมให้เป็น	1,000	มิลลิลิตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การเตรียมสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณไอออน 4 ชนิดของ โซเดียม โปแตสเซียม แคลเซียม และ คลอไรด์

1. Sodium chloride 0.1 N

ชั่ง Sodium chloride 10 กรัม ในถ้วยกระเบื้อง อบที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 30 นาที ทิ้งให้เย็นใน dessicator 1 ชั่วโมง

Sodium chloride ที่อบแล้ว	5.845	กรัม
น้ำกลั่น เติมให้เป็น	1,000	มิลลิลิตร

2. Standard silver nitrate 0.05 N

Silver nitrate	8.5	กรัม
น้ำกลั่น เติมให้เป็น	1,000	มิลลิลิตร

นำมาไตเตรตกับ sodium chloride 0.1 N (1) ตามสมการ

$$1 \text{ ml. } 0.05 \text{ N } AgNO_3 = 1.77 \text{ mg. Cl}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

Analysis of variance ของอัตราการรอดตายของข้าว 8 พันธุ์ ที่ได้จากการคัดเลือกผ่านการเลี้ยงเนื้อเยื่อ 4 วิธี โดยทดสอบในระยะกล้าด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตร WP ที่เติม NaCl 0.5%

Source of variation	Degree of freedom	Sum square	Mean square	F-value
Total	31	46,688.22		
Block	3	292.41	97.47	0.35^{NS}
Cultivar	7	13,961.47	1,994.50	7.22**
Selection	3	18,700.35	6,233.45	22.56**
Cultivar x Selection	21	14,026.40	667.92	2.42**
Error	93	25,695.15	276.29	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

ปริมาณโซเดียมไอออน (%) ในใบและรากของต้นทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ กับต้นปกติจาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

ต้นจาก breeder seedในปุ๋ย (BF) ต้นจาก breeder seed ในเกลือ (BS) ต้นจาก TC.ในปุ๋ย (TF) ต้นจาก TC.ในเกลือ (TS)

ใบ(L)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFL 1	1.87	0.84	0.95	0.95
2	1.69	0.83	0.73	0.84
3	1.87	0.84	0.84	0.83
4	2.06	1.67	0.84	0.73
5	1.87	1.04	0.74	0.84
6	1.46	0.63	0.63	0.83
7	1.46	0.83	0.84	0.74
8	1.68	0.85	0.84	0.84

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSL 1	2.48	4.39	ตาย	ตาย
2	3.38	4.97	ตาย	ตาย
3	2.98	5.74	ตาย	ตาย
4	3.39	5.15	ตาย	ตาย
5	3.61	5.62	ตาย	ตาย
6	2.96	5.17	ตาย	ตาย
7	2.57	3.74	ตาย	ตาย
8	2.73	4.67	ตาย	ตาย

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFL 1	1.05	0.83	0.74	1.04
2	1.05	0.83	0.63	1.04
3	1.04	0.83	0.64	0.93
4	1.05	1.04	0.73	1.04
5	1.06	1.04	0.73	0.94
6	1.04	0.83	0.73	0.53
7	1.25	1.03	0.62	1.04
8	1.05	0.84	0.63	0.83

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSL 1	2.32	3.75	3.53	1.03
2	2.74	4.39	3.53	1.25
3	2.96	4.26	3.96	1.14
4	2.93	4.39	4.31	1.87
5	3.36	4.26	4.83	1.04
6	2.94	4.92	5.06	ตาย
7	4.19	5.74	4.43	ตาย
8	3.77	6.19	ตาย	ตาย

ราก(R)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFR 1	1.23	0.84	0.85	0.73
2	1.24	0.83	0.63	0.61
3	2.49	0.83	0.74	0.82
4	0.83	0.84	0.74	0.74
5	0.83	0.83	0.62	0.73
6	0.83	0.83	0.75	0.63
7	0.82	0.62	0.71	0.52
8	0.82	0.62	0.73	0.62

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSR 1	2.62	3.01	ตาย	ตาย
2	2.41	3.78	ตาย	ตาย
3	2.32	3.76	ตาย	ตาย
4	2.38	3.13	ตาย	ตาย
5	2.34	3.56	ตาย	ตาย
6	2.80	2.88	ตาย	ตาย
7	2.50	3.10	ตาย	ตาย
8	2.49	3.30	ตาย	ตาย

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFR 1	0.84	0.62	0.84	0.52
2	0.83	0.42	0.85	0.42
3	0.83	0.62	0.84	0.82
4	0.85	0.62	0.75	0.63
5	0.62	0.62	0.85	0.74
6	0.62	0.82	0.86	0.64
7	0.84	0.83	0.85	0.62
8	0.79	0.73	0.73	0.82

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSR 1	2.31	2.73	1.69	0.63
2	2.71	2.96	2.12	1.26
3	2.75	2.67	1.48	1.05
4	2.55	2.93	1.68	1.09
5	2.38	2.52	1.89	1.26
6	2.51	2.73	1.87	ตาย
7	2.76	2.35	2.30	ตาย
8	2.74	2.29	ตาย	ตาย

หมายเหตุ 1 = ต้นทนเค็มสูงสุด

8 = ต้นทนเค็มต่ำสุด

ปริมาณโปแตสเซียมไอออน (%) ในใบและรากของต้นทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ กับต้นปกติ จาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

ต้นจาก breeder seedในปุ๋ย (BF)

ใบ(L)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFL 1	3.75	4.13	3.75	3.31
2	3.75	4.26	3.10	3.46
3	4.11	3.97	2.99	3.43
4	4.21	4.46	2.94	3.28
5	4.04	4.21	3.12	3.14
6	3.72	3.31	2.77	3.24
7	3.76	3.53	3.43	2.99
8	3.61	3.77	3.47	3.24

ต้นจาก breeder seed ในเกลือ (BS)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSL 1	2.66	2.73	ตาย	ตาย
2	3.04	2.64	ตาย	ตาย
3	3.23	2.80	ตาย	ตาย
4	3.42	3.01	ตาย	ตาย
5	3.02	2.57	ตาย	ตาย
6	3.43	2.97	ตาย	ตาย
7	3.59	2.66	ตาย	ตาย
8	3.03	3.28	ตาย	ตาย

ต้นจาก TC.ในปุ๋ย (TF)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFL 1	3.96	4.01	2.99	4.10
2	3.80	4.36	2.31	4.09
3	3.74	4.01	3.68	3.98
4	4.28	4.63	3.22	4.16
5	4.04	4.41	2.92	3.72
6	3.57	3.84	3.16	2.75
7	4.20	4.70	2.66	3.88
8	4.01	4.52	3.16	3.54

ต้นจาก TC.ในเกลือ (TS)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSL 1	3.46	2.69	2.08	3.73
2	3.37	2.95	2.53	3.55
3	2.96	3.12	2.08	3.94
4	3.14	2.90	2.15	2.37
5	3.15	3.00	2.51	4.10
6	3.19	2.86	1.90	ตาย
7	2.89	2.88	1.94	ตาย
8	3.01	2.42	ตาย	ตาย

ราก(R)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFR 1	2.45	2.86	2.69	2.53
2	2.31	2.78	2.29	2.38
3	2.03	2.97	2.32	2.92
4	2.73	2.59	2.15	2.55
5	2.49	3.05	2.16	2.54
6	2.51	2.82	1.79	2.27
7	2.46	2.33	2.08	2.34
8	2.47	2.54	2.13	2.08

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSR 1	1.22	1.16	ตาย	ตาย
2	1.16	1.17	ตาย	ตาย
3	1.26	1.17	ตาย	ตาย
4	1.00	0.96	ตาย	ตาย
5	0.99	1.17	ตาย	ตาย
6	1.00	1.03	ตาย	ตาย
7	1.04	0.91	ตาย	ตาย
8	1.25	1.07	ตาย	ตาย

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFR 1	2.94	3.23	2.44	1.26
2	2.50	2.99	2.46	1.15
3	2.51	2.58	2.22	2.46
4	2.67	3.01	2.29	1.72
5	1.99	2.31	2.38	2.19
6	2.25	2.49	2.49	1.90
7	2.32	2.60	2.33	1.86
8	2.06	2.71	2.08	2.06

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSR 1	0.97	1.01	1.05	0.88
2	1.01	1.10	0.70	1.26
3	1.01	1.03	0.63	2.38
4	1.06	1.17	0.61	1.92
5	0.99	1.09	0.61	1.80
6	0.92	0.92	0.64	ตาย
7	0.98	0.84	1.13	ตาย
8	0.97	0.83	ตาย	ตาย

หมายเหตุ 1 = ต้นทนเค็มสูงสุด

8 = ต้นทนเค็มต่ำสุด

ปริมาณแคลเซียมไอออน (%) ในใบและรากของต้นทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ กับต้นปกติจาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

ต้นจาก breeder seedในปุ๋ย (BF)

ใบ(L)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFL 1	0.28	0.40	0.61	0.42
2	0.22	0.38	0.56	0.27
3	0.22	0.42	0.42	0.39
4	0.21	0.43	0.41	0.33
5	0.25	0.38	0.33	0.39
6	0.34	0.37	0.45	0.45
7	0.24	0.34	0.33	0.47
8	0.33	0.57	0.34	0.42

ต้นจาก breeder seed ในเกลือ (BS)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSL 1	0.22	0.33	ตาย	ตาย
2	0.20	0.42	ตาย	ตาย
3	0.48	0.46	ตาย	ตาย
4	0.22	0.40	ตาย	ตาย
5	0.18	0.40	ตาย	ตาย
6	0.28	0.52	ตาย	ตาย
7	0.25	0.33	ตาย	ตาย
8	0.24	0.44	ตาย	ตาย

ต้นจาก TC.ในปุ๋ย (TF)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFL 1	0.21	0.65	0.31	0.50
2	0.22	0.46	0.40	0.48
3	0.20	0.41	0.39	0.38
4	0.21	0.47	0.38	0.47
5	0.25	0.40	0.35	0.36
6	0.35	0.60	0.45	0.44
7	0.30	0.37	0.47	0.38
8	0.22	0.45	0.33	0.26

ต้นจาก TC.ในเกลือ (TS)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSL 1	0.36	0.47	0.45	0.32
2	0.24	0.39	0.37	0.52
3	0.48	0.39	0.46	0.34
4	0.26	0.42	0.40	0.62
5	0.22	0.40	0.43	0.41
6	0.32	0.53	0.52	ตาย
7	0.20	0.44	0.62	ตาย
8	0.23	0.54	ตาย	ตาย

ราก(R)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFR 1	0.15	0.47	0.46	0.29
2	0.20	0.54	0.44	0.23
3	0.14	0.59	0.52	0.59
4	0.25	0.52	0.73	0.21
5	0.23	0.57	0.29	0.36
6	0.20	0.43	0.23	0.28
7	0.24	0.38	0.22	0.23
8	0.20	0.29	0.30	0.25

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSR 1	0.17	0.44	ตาย	ตาย
2	0.12	0.47	ตาย	ตาย
3	0.10	0.59	ตาย	ตาย
4	0.14	0.65	ตาย	ตาย
5	0.11	0.67	ตาย	ตาย
6	0.14	0.47	ตาย	ตาย
7	0.11	0.50	ตาย	ตาย
8	0.19	0.67	ตาย	ตาย

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFR 1	0.15	0.44	0.31	1.70
2	0.18	0.37	0.35	0.78
3	0.20	0.46	0.71	1.43
4	0.18	0.51	0.36	1.42
5	0.17	0.60	0.33	0.63
6	0.18	0.51	0.34	0.22
7	0.19	0.40	0.34	0.70
8	0.13	0.60	0.32	0.22

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSR 1	0.32	0.48	0.38	0.40
2	0.24	0.47	0.36	0.86
3	0.37	0.63	0.41	0.33
4	0.18	0.53	0.52	0.57
5	0.22	0.46	0.51	0.84
6	0.17	0.44	0.65	ตาย
7	0.35	0.42	0.57	ตาย
8	0.24	0.45	ตาย	ตาย

หมายเหตุ 1 = ต้นทนเค็มสูงสุด

8 = ต้นทนเค็มต่ำสุด

ปริมาณคลอไรด์ไอออน (%) ในใบและรากของต้นทนเค็มจากการเลี้ยงเนื้อเยื่อ กับต้นปกติจาก breeder seed ในสารละลายธาตุอาหาร และสารละลายธาตุอาหารที่เติม NaCl 0.5 %

ต้นจาก breeder seedในปุ๋ย (BF) ต้นจาก breeder seed ในเกลือ (BS) ต้นจาก TC.ในปุ๋ย (TF) ต้นจาก TC.ในเกลือ (TS)

ใบ(L)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFL 1	0.86	0.94	1.19	0.83
2	0.88	0.67	0.81	0.96
3	0.77	0.70	0.76	0.88
4	0.64	0.73	0.90	0.73
5	0.90	1.00	0.95	0.78
6	1.14	1.29	1.19	1.00
7	1.09	0.91	1.05	0.93
8	0.74	1.32	1.11	0.98

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSL 1	7.80	6.83	ตาย	ตาย
2	8.53	7.97	ตาย	ตาย
3	8.39	8.21	ตาย	ตาย
4	7.86	7.61	ตาย	ตาย
5	8.39	7.92	ตาย	ตาย
6	8.83	8.15	ตาย	ตาย
7	6.27	6.11	ตาย	ตาย
8	7.80	7.69	ตาย	ตาย

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFL 1	0.84	0.94	0.84	0.83
2	0.88	0.94	0.64	0.64
3	0.93	1.01	0.81	0.72
4	0.69	1.02	0.86	0.81
5	0.73	0.99	0.86	0.85
6	0.58	0.99	1.11	1.05
7	0.84	0.96	0.90	0.74
8	0.78	0.73	0.99	0.77

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSL 1	9.32	8.53	4.86	1.00
2	7.80	6027	5.91	1.19
3	6.11	6.00	6.34	0.91
4	7.61	6.93	7.81	1.88
5	8.53	9.32	7.58	0.86
6	8.21	7.80	7.86	ตาย
7	8.53	8.83	6.93	ตาย
8	8.21	8.39	ตาย	ตาย

ราก(R)

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BFR 1	1.26	1.24	0.22	0.10
2	1.52	1.82	0.11	0.34
3	1.26	1.26	0.02	0.07
4	0.46	0.33	0.07	0.09
5	0.48	0.46	0.11	0.22
6	0.91	0.51	0.11	0.15
7	0.70	0.74	0.07	0.15
8	0.76	0.48	0.09	0.22

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
BSR 1	2.12	1.26	ตาย	ตาย
2	3.86	3.81	ตาย	ตาย
3	2.89	2.12	ตาย	ตาย
4	3.01	2.15	ตาย	ตาย
5	3.81	3.01	ตาย	ตาย
6	2.15	1.52	ตาย	ตาย
7	3.01	2.89	ตาย	ตาย
8	1.52	1.21	ตาย	ตาย

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TFR 1	0.76	0.74	0.11	0.21
2	1.55	0.46	0.22	0.33
3	0.91	0.48	0.22	0.18
4	1.26	0.96	0.11	0.14
5	1.24	0.99	0.48	0.22
6	0.74	0.51	0.33	0.15
7	0.84	0.70	0.46	0.22
8	0.76	0.48	0.22	0.10

รหัส	สัปดาห์ที่ 1	2	3	4
TSR 1	3.01	2.44	1.75	0.86
2	3.86	2.85	1.55	0.99
3	2.89	2.88	1.11	0.90
4	3.01	2.89	1.55	0.81
5	2.89	2.35	1.90	0.77
6	2.85	2.44	1.01	ตาย
7	3.86	3.86	1.24	ตาย
8	2.89	2.27	ตาย	ตาย

หมายเหตุ 1 = ต้นทนเค็มสูงสุด

8 = ต้นทนเค็มต่ำสุด

ประวัติผู้เขียน

นางสาวทิพยวรรณ ธนไพศาล เกิดวันที่ 27 กันยายน 2508 ที่จังหวัดอุดรธานี สำเร็จการศึกษา ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาพันธุศาสตร์ ภาควิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี พ.ศ. 2530 เข้าศึกษาต่อชั้นปริญญามหาบัณฑิต ทางวิทยาศาสตร์ สาขาพันธุศาสตร์ ภาควิชาเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2530 ได้รับทุนผู้ช่วยสอนจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2530

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย