ผลงานเรื่องที่ 1

ผลงานฉบับเต็ม

เรื่อง

อิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ105
Effect of Salinity on Yields and Grain Quality of Rice cv. KDML 105

ของ

นายไพรัช พงษ์วิเชียร
ตำแหน่งนักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ตำแหน่งเลขที่ 246
กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

เสนอ
ขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งนักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ
ตำแหน่งเลขที่ 246 กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	(ข)
สารบัญภาพ	(ง)
สารบัญตารางผนวก	(จ)
สารบัญภาพผนวก	(ฉ)
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
คำนำ	3
วิธีดำเนินการ	11
ผลการทดลอง	18
วิจารณ์	39
สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ	46
คำขอบคุณ	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	56

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติพื้นฐานของดินชุดดินเรณู	17
2	สมบัติพื้นฐานของดินชุดดินร้อยเอ็ด	18
3	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	20
4	ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	21
5	ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551	22
6	ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	23
7	ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่ อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551	23
8	ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	24
9	ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551	25
10	ผลของระดับความเค็มของดินต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และความแกร่งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด	26
11	ผลของระดับความเค็มของดินต่อค่าอมิโลสและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด	27
12	การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	28
13	การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551 (เก็บ มีนาคม 2552)	29
14	สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	31
15	ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	32
16	ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551	32
17	ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	33

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551	34
19	ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	35
20	ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักข้าวเปลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551	35
21	ผลของระดับความเค็มของดินต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และความแกร่งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด	36
22	ผลของระดับความเค็มของดินต่อค่าอมิโลสและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด	37
23	การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550	39
24	การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551 (เก็บ มีนาคม 2552)	39

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	จุดพิกัดระยะห่าง 4 เมตร สำหรับวัดค่า EC_a ด้วยเครื่อง EM38 แปลงที่อำเภอสุวรรณภูมิ	13
2	จุดพิกัดระยะห่าง 5 เมตร สำหรับวัดค่า EC_a ด้วยเครื่อง EM38 แปลงที่อำเภอเกษตรวิสัย	14
3	ค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EC_a) บ้านดอนพิมาน อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด	19
4	ค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EC_a) บ้านกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด	30

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีของปุ๋ยคอกมูลวัว ในปี 2550 และ 2551	56
2	แผนปฏิบัติงานประจำปี 2550	56
3	แผนปฏิบัติงานประจำปี 2551	56
4	แผนปฏิบัติงานประจำปี 2552	56
5	ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2550 อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)	57
6	ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2551 อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)	58
7	ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2550 อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)	59
8	ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2551 อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)	60
9	ระดับความเค็มของดินและผลกระทบต่อพืช	61
10	ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานไทย	61
11	การจัดประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลส	61
12	การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน	62
13	คุณภาพการสี เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว	62

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	เครื่องมือวัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า model EM38	63
2	การวัดการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	63
3	สภาพทั่วไปแปลงที่ศึกษา	63
4	การเก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 4×4 เมตร	64
5	การเตรียมตัวอย่าง และทดสอบความหอม ใช้วิธีประสาทสัมผัสโดยการดม โดยวิธีของ Juliano (2003)	64
6	การเตรียมตัวอย่าง และการวัดปริมาณอมิโลสด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ โดยวิธีของ Juliano (1971, 1972)	64

อิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ105

ไพรัช พงษ์วิเชียร[1/] ชัยนาม ดิสถาพร[2/] ปราโมทย์ แย้มคลี่[1/] ละเอียด สินธุเสน[3/]
กัญญา เชื้อพันธุ์[4/] สุนันทา วงศ์ปิยชน[4/]

[1/]กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน
[2/]สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 3 กรมพัฒนาที่ดิน
[3/]สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน
[4/]ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระดับความเค็มของดินต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต องค์ประกอบทางด้านเคมีคุณภาพเมล็ด และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยดำเนินการศึกษาระหว่างปี 2550-2552 ในแปลงเกษตรกรที่ อำเภอสุวรรณภูมิ ชุดดินเรณู และ อำเภอเกษตรวิสัย ชุดดินร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด ดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) แบ่งความเค็มของพื้นที่ออกเป็น 4 ระดับคือ พื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด โดยพิจารณาจากค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า รุ่น EM38 ผลการทดลองพบว่าข้าวให้ผลผลิตลดลงเมื่อระดับความเค็มของดินสูงขึ้น ทั้ง 2 ชุดดิน โดยค่าเฉลี่ย 2 ปี ลดลงจาก 133 เป็น 118 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินเค็มจัดชุดดินเรณู และลดลงจาก 402 เป็น 230 กิโลกรัมต่อไร่ ในดินเค็มจัดชุดดินร้อยเอ็ด ปริมาณโซเดียมในต้นข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น คือในปีที่ 2 เพิ่มจาก 0.268 เป็น 0.657 เปอร์เซ็นต์ในดินเค็มจัดชุดดินเรณู และเพิ่มจาก 0.174 เป็น 0.225 เปอร์เซ็นต์ในดินเค็มจัดชุดดินร้อยเอ็ด แต่ปริมาณโซเดียมในเมล็ดจะแตกต่างกันขึ้นกับชุดดิน คือในชุดดินเรณูเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นปริมาณโซเดียมในเมล็ดจะเพิ่มขึ้น แต่ในชุดดินร้อยเอ็ดที่เค็ม ผลของความเค็มต่อปริมาณโซเดียมในเมล็ดข้าวยังไม่ชัดเจน และผลของความเค็มต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จะแตกต่างกันตามชนิดของดิน และปีที่ทำการทดลอง สำหรับผลของความเค็มต่อคุณภาพเมล็ดไม่ชัดเจน คุณภาพการสีจะลดลงเมื่อปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มจัด คือมีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่ลดลง และไม่พบผลของความเค็มต่อปริมาณอมิโลส ซึ่งข้าวถูกจัดเป็นข้าวที่มีอมิโลสต่ำ โดยทั่วไปความหอมของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มจะไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในดินเค็มระดับต่างๆ การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง ขึ้นกับชนิดของดินและปีที่ทำการทดลอง โดยที่ในชุดดินเรณู ค่าการนำไฟฟ้าของดินจะลดลง ในขณะที่ดินชุดร้อยเอ็ด ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง

คำสำคัญ ดินเค็ม ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ผลผลิต คุณภาพเมล็ด ความหอม
รหัสโครงการวิจัย 50-52- 04-08-30001-010-126-02-11

Effect of Salinity on Yields and Grain Quality of Rice cv. KDML 105

Pirach Pongwichian[1/] Chaiyanam Dissataporn[2/] Pramote Yamclee[1/]
La-iat Sinthusen[3/] Kunya Chueapun[4/] Sununta Wongpiyachon[4/]

[1/]Research and Development for Land Management Division, Land Development Department
[2/]Land Development Regional Office 3, Land Development Department
[3/]Office of Science for Land Development, Land Development Department
[4/]Pathum Thani Rice Research Center, Rice Department

Abstract

The objectives were to study the effect of salinity on growth, yields, grain quality of rice variety of KDML 105. The study was conducted in Suwannaphum (Renu soil series) and Kaset Wisai (Roiet soil series) districts, Roi Et province during 2007-2009. The levels of soil salinity were investigated by using electromagnetic induction meter (model EM38) and classified into 4 levels; non saline, slightly, moderately and severely saline soils. The results showed that rice yields decreased with increase in soil salinity in both study sites, with 2-year average yield reduction from 133 to 118 kg rai^{-1} was observed in Renu soil series and from 402 to 230 kg rai^{-1} was observed in Roiet soil series. The sodium content in rice stem also increased with increase in soil salinity, with the obvious result was pronounced in the second crop in Renu soil series where it increased from 0.268 % in non saline soil to 0.657 % in severely saline soil. The increase in Sodium content was found in Roiet soil series, with increasing from 0.174 % in non saline soil to 0.225 % in severely saline soils. However, Sodium content in grains varied with soil series. The Nitrogen, Phosphorus and Potassium content in rice grain varied largely, depending soil types and years of experiment. The effect of salinity on grain quality was not evident. The percentage of milled rice and head rice decreased with increase in soil salinity, a marked impact was observed in severely saline soil. There was no significant effect of soil salinity levels on amylose contents of rice. Aroma score of rice in non saline soil was similar to those in higher levels of soil salinity. Comparison of soil electrical conductivity measuring after and prior studies showed that soil electrical conductivities in Renu soil series decreased, while increase in soil electrical conductivity value was observed in Roiet soil series.

Keyword: saline soil, rice cv. KDML 105, yield, grain quality, aroma

คำนำ

ดินเค็มเป็นดินที่มีปัญหาที่มีความสำคัญมากต่อการทำการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นดินที่มีเกลือที่ละลายได้ในสารละลายดินปริมาณมาก จนกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดินเค็มครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 11.5 ล้านไร่ แบ่งเป็นดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด (สำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2549) ดินเค็มส่งผลกระทบกับการเจริญเติบโตของพืช ลดผลผลิตพืช ลดประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร ซึ่งในพื้นที่ดินเค็มน้อยถึงปานกลางมักใช้ในการปลูกข้าว (Arunin, 1984) เนื่องจากข้าวเป็นพืชทนเค็มได้ระดับปานกลาง (Pearson and Bernstein, 1959; Alphen, 1983) อย่างไรก็ตามผลผลิตอยู่ในระดับต่ำ โดยที่ผลผลิตข้าวจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดินมีค่าการนำไฟฟ้า 7.40 dS m^{-1} (Boje-Klein, 1986) ในขณะที่ Pan (1964) รายงานว่า ข้าวที่ปลูกในดินเค็มมักแก่ช้า การแก่ของเมล็ดไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวหักสูงกว่าปกติ

จากรายงานของกลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน รายงานว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ที่สามารถขึ้นได้ดีในดินเค็มน้อยถึงปานกลางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สมศรีและคณะ, 2524) ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมปลูกเป็นจำนวนมาก ประกอบกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่มีคุณภาพดี มีกลิ่นหอมและรสชาติดี เป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วไป ทำให้เป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและนอกประเทศ คุณสมบัติที่เด่นของข้าวพันธุ์นี้คือ มีกลิ่นหอม และข้าวสุกจะมีความเหนียวนุ่ม มีรายงานจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าผลผลิตและคุณภาพข้าวสุกด้านความหอมของข้าวจะแตกต่างกันไปตามสถานที่ปลูก ซึ่งอาจจะมีปัจจัยบางปัจจัยที่เป็นตัวควบคุมอยู่ เช่นสมบัติของดินที่ใช้ในการปลูก สภาพแวดล้อมในบริเวณพื้นที่ปลูก รวมถึงการจัดการปลูกข้าว ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจเรื่องคุณภาพของข้าวที่ใช้บริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะความหอมและรสชาติ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าว จึงต้องหันมาสนใจการจัดการในการปลูกข้าวให้มากขึ้น

สมบัติทางเคมีของดินที่เกี่ยวกับความเค็มหรือค่าการนำไฟฟ้าของดิน อาจจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพด้านความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มระดับต่างๆ กัน แม้ว่าข้าวจะให้ผลผลิตแต่คุณภาพเมล็ดข้าวทั้งทางกายภาพและเคมีอาจแตกต่างกัน และเมื่อนำไปหุงต้มอาจได้ข้าวสุกที่มีคุณภาพแตกต่างกัน เช่น ความนุ่ม ความหอม ดังนั้นจึงน่าที่จะมีการศึกษาผลของระดับความเค็มต่อคุณภาพเมล็ดด้านความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการเลือกพื้นที่ปลูกข้าวให้ได้คุณภาพดีต่อไป

ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของระดับความเค็มของดินต่อคุณภาพเมล็ดด้านความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ศึกษาผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวหอมดอกมะลิ 105 และเพื่อศึกษาผลของระดับความเค็มต่อองค์ประกอบทางด้านเคมีของข้าวขาวดอกมะลิ 105

1. ดินเค็มและการจัดการปัญหาดินเค็ม

ดินเค็มหมายถึงดินที่มีเกลือที่ละลายได้ในสารละลายดินปริมาณมาก จนกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช การสังเกตโดยดูจากคราบเกลือ จะเห็นคราบเกลือเป็นหย่อมๆ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง (สมศรี, 2539) ดินเค็มมีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมากกว่า 2 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (decisiemen per meter, dS m^{-1}) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าสัดส่วนโซเดียมที่ดูดซับได้ (Sodium Adsorption Ratio, SAR) ต่ำกว่า 13 (Abrol *et al*., 1988) สาเหตุที่ดินเค็มส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช ลดผลผลิตพืช ลดประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากทำให้พืชขาดน้ำ เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารและการสะสมธาตุอาหารที่เป็นพิษ เช่นโซเดียม และคลอไรด์ (Luttge *et al*., 1984; Sharma, 1984) อย่างไรก็ตามความรุนแรงของผลกระทบจะแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดพืช พันธุ์ ระยะ

การเจริญเติบโต และปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม (Ponnamperuma and Banyopadhya, 1980) ปัญหาดินเค็มนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการเกษตรแล้ว ยังส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม

สำหรับประเทศไทยพบปัญหาดินเค็มทั้งดินเค็มชายทะเล ดินเค็มบริเวณภาคกลาง และที่พบมากที่สุดคือดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความสำคัญมากต่อการทำการเกษตรปัญหาหนึ่ง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 11.5 ล้านไร่ แบ่งตามระดับความเค็มได้ดังนี้ (สำนักสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2549)

- ดินเค็มจัด เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือมากที่สุด เพาะปลูกไม่ได้ มีเนื้อที่ 104,019 ไร่
- ดินเค็มมาก เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือมาก เพาะปลูกไม่ได้ มีเนื้อที่ 228,232 ไร่
- ดินเค็มปานกลาง เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือปานกลาง พืชส่วนใหญ่ได้รับผลกระทบ มีเนื้อที่ 3,836,342 ไร่
- ดินเค็มน้อย เป็นบริเวณที่ได้รับผลกระทบจากเกลือน้อย ถ้ามีการจัดการไม่ดีหรือดินมีความชื้นไม่เพียงพอ จะส่งผลกระทบกับการเจริญเติบโตของพืช มีเนื้อที่ 7,338,289 ไร่

การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็มมีความสัมพันธ์และขึ้นกับระดับความเค็มของดิน และกระบวนการเกิดดินเค็ม ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงกับพื้นที่ (Pongwichian *et al*., 2013) แนวทางในการแก้ไขปัญหาดินเค็ม สมศรี (2539) และ Arunin and Pongwichian (2015) แนะนำไว้มี 3 แนวทางหลัก คือ

1) การปรับปรุงดินเค็มน้อยและปานกลาง เพื่อเพิ่มผลผลิตพืช พื้นที่ดินเค็มน้อยและปานกลางส่วนใหญ่อยู่ในที่ลุ่ม ส่วนใหญ่ใช้ในการทำนา โดยมีการจัดการที่ดีดังนี้ คือการปรับรูปแปลงนา ปรับระดับหน้าดินให้สม่ำเสมอ การปลูกโสนอัฟริกันเป็นพืชปุ๋ยสดปรับปรุงบำรุงดิน การใช้อินทรียวัตถุช่วยปรับปรุงบำรุงดิน เช่น ปุ๋ยคอก แกลบ ฟางข้าว การใช้พันธุ์ข้าวทนเค็ม คือ ขาวดอกมะลิ 105 การปักดำต้นกล้าข้าวที่มีอายุมากขึ้นเป็น 30-35 วัน การเพิ่มจำนวนต้นปักดำเป็น 6-8 ต้นต่อจับ การใส่ปุ๋ยเคมี 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ จะแบ่งใส่ 3 ครั้ง และหลังการเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว ควรคลุมดินด้วยฟาง สำหรับพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วมขัง หรือพื้นที่ที่หลังเก็บเกี่ยวข้าวแล้วมีน้ำพอเพียง สามารถปรับปรุงบำรุงดินแล้วปลูกพืชผักที่ทนเค็มได้

สำหรับแกลบ เป็นวัสดุอินทรีย์ที่ยังคงแนะนำให้ใช้อยู่ เนื่องจากมีส่วนช่วยในการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน ภายหลังการสับกลบช่วยให้ดินร่วนซุย แกลบที่ใส่ลงไปมีผลในการเพิ่มความสามารถในการซาบซึมน้ำของดิน (Chang and Sipio, 2001) ลดผลกระทบของความเค็มต่อพืช การคลุมดินด้วยแกลบหรือฟางข้าวช่วยรักษาความชื้นในดิน ลดการสูญเสียความชื้นจากการระเหย ไม่ให้เกลือที่ละลายอยู่กับน้ำขึ้นมาสะสมที่ผิวดิน ส่งผลต่อการลดความเค็มของดิน (Dhawan and Mahajan, 1986) แต่ปัจจุบันแกลบหายากและมีราคาแพง ทำให้เกษตรกรมีการใช้กันน้อยลง

2) การฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจัด โดยการปลูกพืชชอบเกลือ พืชทนเค็มจัด เพื่อฟื้นฟูสภาพนิเวศน์ ตัวอย่างเช่นหญ้าดิกซี่ (*Sporobolus virginicus*, Dixie grass) เป็นพืชชอบเกลือที่นำเข้าจากสหรัฐอเมริกา และการปลูกต้นไม้ที่ทนเค็มจัดคือกระถินออสเตรเลีย (*Acacia ampliceps*) สำหรับกิ่งและใบของกระถินออสเตรเลียที่ร่วงหล่นลงไปในดินยังช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้ดินด้วย

3) การป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม โดยการปลูกไม้โตเร็ว เช่น ยูคาลิปตัส สะเดา กระถิน ขี้เหล็ก ไผ่ เป็นต้น บนพื้นที่เนินที่เป็นพื้นที่รับน้ำ เปรียบเหมือนเป็นปั๊มน้ำธรรมชาติเพื่อลดระดับน้ำใต้ดินที่จะไหลไปเติมในที่ลุ่ม นอกจากนี้การลดระดับน้ำใต้ดินบนพื้นที่ให้น้ำสามารถทำได้โดยการสูบน้ำใต้ดินที่จืดบริเวณพื้นที่รับน้ำมาใช้ประโยชน์ ซึ่งจะเป็นการลดระดับน้ำใต้ดินเค็มและลดพื้นที่ดินเค็มในบริเวณพื้นที่ให้น้ำหรือที่ลุ่ม

2. ผลของความเค็มต่อข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก เป็นอาหารหลักของชาวเอเชีย แอฟริกา และอเมริกาใต้ ข้าวเป็นธัญพืชที่มีความสำคัญอันดับ 3 รองมาจากข้าวสาลีและข้าวโพด เป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ทั้งสภาพดินไร่และดินนาน้ำขัง (บุญดิษฐ์และยงยุทธ, 2558) ซึ่งข้าวเป็นพืชอาหารที่สำคัญที่สุดของประเทศไทย

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 77.11 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 24.04 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ส่วนใหญ่เป็นข้าวที่ปลูกในเขตเกษตรน้ำฝน สำหรับข้าวในเขตเกษตรน้ำฝนปกติให้ผลผลิตต่ำ ปริมาณผลผลิตขึ้นกับสภาพแวดล้อมเป็นหลัก ผลผลิตข้าวเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศไทยอยู่ในระดับต่ำ คือ ประมาณ 352 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศที่ผลิตข้าวอื่นๆ ซึ่งมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ เช่น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปัญหาดินเปรี้ยว ดินเค็ม ปัญหาน้ำท่วม ฝนแล้ง นอกจากนี้ยังมีปัญหาการระบาดของโรคและแมลง ซึ่งส่งผลต่อผลผลิตข้าว (Kunnoot and LimThongkul, 2001) ในขณะที่ บุญดิษฐ์และยงยุทธ (2558) กล่าวว่าในการผลิตข้าวมีปัจจัยหลัก 2 ประการเข้ามาเกี่ยวข้อง คือการจัดการกระบวนการปลูกพืชและสภาพแวดล้อม ซึ่งมีความจำเป็นต้องหาแนวทางแก้ไขให้เหมาะสมกับสภาพปัญหา สภาพเศรษฐกิจและสังคม รวมทั้งจำเป็นต้องพัฒนาพันธุ์ข้าวให้สามารถทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้

ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มมักจะแสดงอาการให้เห็นที่ใบแก่ก่อน โดยมีลักษณะเหี่ยวที่ขอบใบ จากปลายใบเป็นรูปตัววีเข้ามาหาโคนใบ และจะม้วนตามความยาวจากปลายใบที่แห้งแล้วเข้ามาโคนใบ ใบอ่อนก็แสดงอาการคล้ายกับใบแก่แต่รุนแรงน้อยกว่า ต้นข้าวชะงักการเจริญเติบโต การแตกกอลดลง ออกดอกช้า เมล็ดข้าวลีบ และผลผลิตลดลง (Zeng and Shannon, 2000) ในขณะที่ Pan (1964) รายงานว่า ข้าวที่ปลูกในดินเค็มมักแก่ช้า การแก่ของเมล็ดไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเป็นสาเหตุ หนึ่งที่ทำให้มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดข้าวหักสูงกว่าปกติ โดยที่ผลผลิตข้าวจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดินมีค่าการนำไฟฟ้า 7.40 dS m^{-1} (Boje-Klein, 1986)

ปัญหาเรื่องความไม่เหมาะสมของดินเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งต่อการปลูกข้าวในไทย ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว สำหรับผลผลิตข้าวในนาเขตน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแปรปรวนมากในแต่ละปี ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก บางปีปลูกได้ผลผลิตดี บางปีปลูกได้ผลผลิตต่ำ นอกจากปัญหาเรื่องน้ำแล้วยังมีปัญหาเรื่องดินเค็มอีกด้วยที่เป็นปัญหาใหญ่ (Clermont–Dauphin *et al*., 2010)

Fitzgerald *et al*. (2010) กล่าวว่าปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาต่อการผลิตข้าวมาเป็นระยะเวลานานคือส่งผลให้ข้าวได้ผลผลิตลดลง สำหรับในพื้นที่ดินเค็มของประเทศไทยได้ผลผลิตต่ำมากคือประมาณ 208-288 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตามมีพันธุ์ข้าวที่เหมาะสมกับสภาพดินเค็ม ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ 105 ข้าวเหนียวสันป่าตอง ชุมแพ 60 ข้าวเหนียวอุบล 2 แก่นจันทร์ และ ลูกแดงปัตตานี ซึ่งเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรไทย (Kunnoot and LimThongkul, 2001)

Siscar-Lee *et al*. (1990) ได้ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อข้าว 4 พันธุ์ ในประเทศปากีสถาน พบว่าผลผลิตข้าวต่ำกว่าแปลงควบคุมซึ่งเป็นพื้นที่ไม่เค็ม เช่นเดียวกับ Beecher (1991) ที่พบว่าผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็มมีอัตราลดลง ในขณะที่ Summart *et al.* (2010) รายงานว่าได้ทำการทดลองผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยปลูกในสารละลาย พบว่าการเจริญเติบโต และน้ำในเซลล์ข้าวลดลงอย่างต่อเนื่อง ในสภาพที่พืชมีความเครียดจากความเค็ม มักเป็นสาเหตุให้เกิดการสะสมโพรลีน (Proline) เพิ่มขึ้น ดังนั้น Proline น่าจะมีบทบาทสำคัญต่อการป้องกันความเครียดจากเกลือของข้าวขาวดอกมะลิ105 Cha-um *et al*. (2009) รายงานว่าผลของความเค็มต่อข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต้นกล้าข้าวจะชะงักการเจริญเติบโต มีการสะสม Na^+ ในเนื้อเยื่อเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ K^+ ลดลง ส่งผลให้สัดส่วน Na/K เพิ่มขึ้น และปริมาณโพรลีน (Proline) เพิ่มขึ้นเช่นกัน

นงคราญและยงยุทธ (2558) สรุปว่าเมื่อระดับความเค็มของดินเพิ่มขึ้น ข้าวได้รับผลกระทบจากความเค็มคือ ให้ผลผลิตลดลง เมล็ดต่อไร่ต่ำลง จำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ข้าวมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดต่ำลง ดัชนีการเก็บเกี่ยวต่ำ แม้ว่าข้าวจะเป็นพืชทนเค็มในระดับเค็มปานกลาง แต่ความสามารถในการทนเค็มของข้าวแต่ละพันธุ์จะแตกต่างกัน (Gay *et al*., 2010) เช่นเดียวกับ Shannon *et al*. (1998) ที่รายงานว่าโดยทั่วไปข้าวเป็นพืชทนเค็มได้ระดับปานกลาง เมื่อความเค็มขึ้นผลผลิตจะลดลง อย่างไรก็ตามการตอบสนองของข้าวต่อความเค็มจะขึ้นกับพันธุ์ นอกจากนี้ยังขึ้นกับระยะเวลาของการอยู่ในสภาพดินเค็ม และระยะการเจริญเติบโต

3. สรีรวิทยาการทนเค็มของข้าว

ประทีปและสุดา (2513) และ ยงยุทธ (2520) สรุปว่าเมล็ดข้าวจะสามารถงอกได้ในที่มีระดับความเค็มค่อนข้างสูง แต่กล้าอ่อนจะไวต่อเกลือมาก อย่างไรก็ตามข้าวจะทนเกลือได้ดีเมื่ออายุมากขึ้น จนกระทั่งถึงระยะข้าวเริ่มออกดอกจะอ่อนแอต่อเกลืออีกครั้งหนึ่ง สำหรับระยะหลังจากที่ข้าวออกดอกและสร้างเมล็ดไปแล้ว ความเค็มของดินจะไม่ส่งผลกระทบกระเทือนต่อผลผลิตข้าว

สำหรับกลไกในการทนเค็มของข้าว Horie *et al*. (2012) สรุปว่าข้าวถูกจำแนกให้เป็นพืชที่เจริญได้ดีในสภาพที่มีความเข้มข้นของเกลือที่ต่ำ (Glycophytes) มีกลไกในการทนเค็มคือมีความสามารถในการป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ที่เพิ่มขึ้น มีการพัฒนาที่เกี่ยวกับเซลล์ในการป้องกันพิษจากโซเดียมอิออน และมีการเคลื่อนย้ายอิออนผ่านทาง apoplastic pathway ในขณะที่นงคราญและยงยุทธ (2558) ได้สรุปกลไกในการทนเค็มของข้าวว่า ข้าวมีกลไกในการกีดกัน (Exclusion) ควบคุมการดูดไอออนพิษของราก การจัดเก็บไอออนพิษในต้นพืช โดยการเคลื่อนย้ายไอออนพิษไปยังลำต้น กาบใบและแผ่นใบแก่ และการกักเก็บไอออนพิษไว้ในแวคิวโอลหรือผนังเซลล์ ในขณะที่ข้อมูลจากธนาคารความรู้เรื่องข้าว (IRRI Rice Knowledge Bank) ของ International Rice Research Institute (IRRI) สรุปว่าการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการต่างๆ มี 2 เรื่องที่สำคัญคือ 1) การควบคุมสมดุลของน้ำภายในพืช ให้เซลล์ยังมีความเต่ง และ 2) การควบคุมการกระจายของน้ำและธาตุอาหารไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ให้พอเหมาะ

เมื่อข้าวอยู่ในสภาพดินเค็ม นงคราญและยงยุทธ (2558) สรุปว่าจะมีการตอบสนอง 3 ทางคือ

1) การสร้างภาวะธำรงดุล (Homeostasis) ภายในพืช มี 2 ส่วนคือภาวะธำรงดุลด้านไอออน และภาวะธำรงดุลด้านออสโมซิส

2) การควบคุมขอบเขตของความชำรุดจากความเครียด และการซ่อมแซมหรือถอนพิษ

3) การควบคุมการเจริญเติบโต

เมื่อพืชอยู่ในสภาพความเครียดจากเกลือ (เครียดจากการที่มีโซเดียมไอออนมาก และความเครียดด้านออสโมซิส) ก็จะมีระบบส่งสัญญาณ จากโปรตีนรับสัญญาณที่เยื่อหุ้มเซลล์แล้วส่งไปยังยีนที่เกี่ยวข้อง 3 แบบ คือ

1) สัญญาณด้านความเครียด เกี่ยวกับไอออนและความเครียดด้านออสโมซิส เพื่อเร่งรัดในการในการปรับสภาพของเซลล์ให้เกิดภาวะธำรงดุลโดยเร็ว

2) สัญญาณเพื่อเร่งรัดการถอนพิษ เพื่อควบคุมขอบเขตความเสียหายและฟื้นฟูให้หายจากการชำรุด

3) สัญญาณให้เกิดการประสานอย่างพอเหมาะ ระหว่างการแบ่งเซลล์และขยายขนาดเซลล์ ให้สอดคล้องกับภาวะความเครียดจากเกลือ

ซึ่งสัญญาณทั้ง 3 แบบนี้จะนำไปสู่การใช้กลไกต่างๆ เพื่อทำให้พืชทนเค็มตามลักษณะของพืชนั้น (Zhu, 2002)

ได้มีนักวิทยาศาสตร์พยายามศึกษาเกี่ยวกับเครื่องหมายพันธุกรรม ในการระบุความสามารถทนเค็มของข้าว สุปฐมาและคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาสืบค้น Expressed sequence tag-Simple sequence

repeats (EST-SSRs) จากฐานข้อมูลชีวภาพเพื่อนำมาคัดเลือกและพัฒนาเป็นเครื่องหมายโมกุล ในการระบุการทนเค็มของข้าว โดยทดสอบกับข้าวพันธุ์ทนเค็มอย่าง Pokkali รวมถึงพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วย พบว่าเป็นที่น่าสนใจในการนำ EST-SSRs ไปพัฒนาและทดสอบเป็นเครื่องหมายพันธุกรรมในการระบุความสามรถทนเค็มของข้าวต่อไป ในขณะที่ ธีรยุทธและคณะ (2555) รายงานว่าลักษณะความทนเค็มพบได้ในกลุ่มประชากรข้าว Chromosomal segment substitution line (CSSL) ที่มีส่วนของโครโมโซมที่ 1 จากข้าวสายพันธุ์ทนแล้ง DH212 ซึ่งได้จากการคัดเลือกยีนทนแล้งที่อยู่ระหว่างโมเลกุลเครื่องหมาย (SSR marker) RM212 และ RM5310 และมี Genetic background เป็นข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) ในลำดับต่อมา พนิตาและคณะ (2556) ทำการประเมินการตอบสนองทางสรีรวิทยาบางประการต่อภาวะเค็มในข้าวจาก chromosomal segment substitution line (CSSL) ที่ 1 คาดว่ามียีนทนเค็มที่อยู่ระหว่างเครื่องหมายโมเลกุล RM212 และ RM3362 ประเมินใน พันธุ์ Pokkali และพันธุ์ IR29 ซึ่งเป็นพันธุ์มาตรฐานทนเค็มและพันธุ์มาตรฐานไวต่อความเค็ม ตามลาดับ รวมทั้ง ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ยีนที่อยู่ในบริเวณเครื่องหมาย RM212 และ RM33662 น่าจะเกี่ยวข้องกับการปรับตัวด้านการสังเคราะห์ด้วยแสงเมื่อได้รับภาวะเครียดจากความเค็ม ซึ่งนับว่าเป็นการศึกษาที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาการทนเค็มของข้าวต่อไป

นอกจากกลไกในการทนเค็มของตัวข้าวเองแล้ว มีนักวิชาการพยายามเพิ่มความสามารถในการทนเค็มของข้าว Sripinyowanich *et al.* (2013**)** ได้คิดหาแนวทางที่ทำให้ข้าวมีความสามารถในการทนเค็มมากขึ้น โดยการใส่ Abscisic acid (ABA) ในระหว่างที่ข้าวอยู่ในสภาพความเครียดจากความเค็ม พบว่าส่งผลให้ข้าวทนเค็มทั้งในพันธุ์ข้าวที่ทนเค็มและไม่ทนเค็ม ทำให้อัตราการอยู่รอดเพิ่มขึ้นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ และมีการสะสมโพรลีน (Proline) ได้ง่ายขึ้น จึงส่งผลให้ข้าวทนเค็ม ในขณะที่ Chunthaburee *et al*. (2015) คิดหาแนวทางให้ข้าวทนเค็มมากขึ้น โดยการใช้สาร Spermidine (Spd) เป็นหัวเชื้อและฉีดพ่นที่ข้าว โดยทดสอบทั้งพันธุ์ทนเค็มและไม่ทนเค็มพบว่า กล้าข้าวที่ฉีดพ่นด้วย Spd มีค่า Na^+/K^+ ratio ลดลง คือ ดูดโซเดียมขึ้นไปน้อยลง ทนเค็มได้มากขึ้น และการฉีดพ่นในระยะตั้งท้อง มีผลในการเพิ่มผลผลิตข้าว

4. พัฒนาการของการศึกษาพันธุ์ข้าวสำหรับดินเค็ม

การศึกษาหาพันธุ์ข้าวทนเค็ม ได้เริ่มดำเนินการมาเป็นระยะเวลานานแล้ว โดยกลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน ได้ทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าวทั้งจากพันธุ์พื้นเมือง และพันธุ์ข้าวจากต่างประเทศ โดยได้รับความร่วมมือจาก สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute, IRRI) คัดเลือกจนกระทั่งได้พันธุ์ข้าวทนเค็มที่เหมาะกับพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และดินเค็มชายทะเล โดยพันธุ์ข้าวของไทยที่ทนเค็ม ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 กข6 กข15 เหนียวสันป่าตอง ขาวตาแห้ง (สมศรีและคณะ, 2524) และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ที่สามารถขึ้นได้ดีในดินเค็มน้อยถึงปานกลางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเกษตรกรนิยมปลูก เนื่องจากเป็นข้าวที่มีคุณภาพดี เป็นที่ต้องการของตลาด เป็นที่นิยมของผู้บริโภค ทำให้มีราคาสูงกว่าข้าวเจ้าพันธุ์อื่นๆ

สำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็มในประเทศไทยในระยะต่อมา ได้มีนักปรับปรุงพันธุ์พืชได้ทำการศึกษาและหาแนวทางปรับปรุงพันธุ์ข้าวโดยใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ดังนี้

พิจิกา (2545) ได้ทำการศึกษาการคัดเลือกข้าวเพื่อให้ทนเค็มโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ พบว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 สามารถเกิดแคลลัสได้ดีกว่าข้าวพันธุ์อื่นๆ ในอาหารสูตรชักนำแคลลัสทุกสูตร ทั้งในสภาพการเพาะเลี้ยงที่มีแสงและไม่มีแสง และแคลลัสที่ได้ก็มีขนาดใหญ่ ซึ่งสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยของพันธุ์ โดยที่สูตรอาหารที่สามารถชักนำให้ข้าวส่วนใหญ่เกิดแคลลัสได้ดีที่สุด คือสูตร MS + 2,4-D 1 mg l^{-1} + NAA 1 mg l^{-1} + kinetin 0.1 mg l^{-1} + sucrose 3% (1D1N) และสภาพการเพาะเลี้ยงที่สามารถชักนำ ให้ข้าวเกิด

แคลลัสมากที่สุด คือสภาพการเพาะเลี้ยงให้ได้รับแสง 16 ชั่วโมง มืด 8 ชั่วโมง สามารถชักนำต้นจากแคลลัสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ระดับเกลือ 0, 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ได้ต้นข้าวที่ชักนำได้จากแคลลัสทนเค็ม 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้

ศูนย์วิจัยข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ทำการพัฒนาพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ทนต่อสภาพดินเค็มในสภาพดินเค็มของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยร่วมดำเนินงานกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในการคัดพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวพันธุ์ผสม โดยใช้โมเลกุลเครื่องหมายคัดเลือกลักษณะทนเค็ม ลักษณะของความหอม และลักษณะของความเหนียวนุ่ม เพื่อให้ได้พันธุ์ข้าวทนเค็มพันธุ์ใหม่ที่ยังคงลักษณะเด่นของพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ไว้ (Suriyaarunroj, 2005)

จิรพรรณ (2551) ได้มีการปรับปรุงข้าวพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วยรังสีแกมมา ทำให้ข้าวสามารถทนเค็มได้มากขึ้น ในขณะที่ ธนพรและคณะ (2554) ได้ดำเนินการต่อโดยการคัดเลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 สายพันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสง แล้วนำมาเปรียบเทียบกับสายพันธุ์เดิมโดยสกัดดีเอ็นเอ (DNA) ด้วยเทคนิค AFLP เพื่อวิเคราะห์พันธุกรรมพบว่า มีแถบเหมือนกับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ถึง 88.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการนำข้าวสายพันธุ์ที่กลายพันธุ์มาแล้วมาคัดเลือกอย่างต่อเนื่องก็จะช่วยให้ได้พันธุ์ข้าวที่ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น เป็นผลดีกับเกษตรกรที่จะได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น

นอกจากนี้มีนักปรับปรุงพันธุ์จากศูนย์วิจัยข้าวนครราชสีมา ได้ทำการปรับปรุงพันธุ์และพัฒนาข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ทนดินเค็ม โดยเริ่มดำเนินการขึ้นเมื่อ ปี พ.ศ. 2543 เริ่มจากการคัดเลือกข้าวทนเค็มที่จะใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์จากสายพันธุ์ recombinant inbred lines F_8 ของสถาบันวิจัยข้าวระหว่างประเทศและพันธุ์ข้าวพื้นเมืองไทย จำนวน 16 พันธุ์/สายพันธุ์ ใช้การปลูกในสารละลาย hydroponic คัดเลือกได้ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ FL478 FL496 และ FL530 จากนี้ทำการผสมพันธุ์ทั้งสาม 3 สายพันธุ์กับพันธุ์ข้าวดอกมะลิ 105 และผสมกลับกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และเร่งชั่วอายุ จนได้สายพันธุ์ผสม BC_2F_5 และ BC_3F_2 จึงนำเข้าศึกษาพันธุ์ และเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานีและในนาเกษตรกรในโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวนาสวนนาน้ำฝนภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการทดสอบ ระหว่างปี 2549-2552 พบว่าสายพันธุ์ UBN02123-50R-B-2 สามารถให้ผลผลิตได้สูงกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ทนเค็มได้ดีกว่า ต้านทานโรคไหม้ ขอบใบแห้ง และบั่วได้ดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และยังคงมีคุณภาพดีเท่าเทียมกับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพียงแต่ข้าวสายพันธุ์นี้จะมีความร่วนมากกว่า ซึ่งเป็นลักษณะข้าวที่ประชากรในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างและภาคกลางส่วนใหญ่นิยมบริโภค

5. คุณภาพด้านความหอมของเมล็ดข้าว

ปัจจุบันผู้บริโภคหันมาสนใจเรื่องคุณภาพของข้าวที่ใช้บริโภคมากขึ้น โดยเฉพาะความหอมและรสชาติ ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวจึงต้องหันมาสนใจการจัดการในการปลูกข้าวให้มากขึ้น ข้าวหอมเป็นที่ต้องการของตลาดโลกเป็นอย่างมาก แต่โดยทั่วไปแล้วข้าวที่มีความหอมมากๆ มักจะมีผลผลิตต่ำ ตัวอย่างเช่น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของไทย ซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณภาพดีมากแต่ผลผลิตก็อยู่ในระดับต่ำเช่นกัน เป็นข้าวที่ได้รับความสนใจ มีความต้องการทางการตลาดสูงมาก ทั้งในประเทศไทยและตลาดต่างประเทศ

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวพันธุ์แนะนำที่สามารถขึ้นได้ดีในดินเค็มน้อยถึงปานกลางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวเจ้าหอมพื้นเมืองของอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ลักษณะของข้าวเป็นข้าวพันธุ์ต้นสูง และไวต่อช่วงแสง ต้องปลูกในฤดูนาปีหรือฤดูฝนเท่านั้น เหมาะที่จะปลูกในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพราะมีช่วงการตกของฝนพอเหมาะกับอายุและเวลาเก็บเกี่ยว ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะออกดอกประมาณวันที่ 20 ตุลาคม ความยาวของเมล็ดประมาณ 7.5 มิลลิเมตร คุณภาพการหุงต้มดี มีกลิ่นหอม มีรสชาติดีและอ่อนนุ่ม ทนแล้ง ทนต่อสภาพดินเปรี้ยวและดินเค็ม

(สำลี, 2538; สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2553) จึงเป็นพันธุ์ข้าวที่ถูกแนะนำในพื้นที่ดินเค็ม เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ดินเค็ม

งามชื่น (2539ก) กล่าวว่าคุณภาพข้าวโดยทั่วไปมักคำนึงถึง “คุณภาพทางกายภาพ” และ “คุณภาพการหุงต้มและรับประทานหรือข้าวสุก” คุณภาพทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติภายนอกของเมล็ดที่เห็นได้ง่าย เช่น สีของเมล็ด ข้าวกล้อง ขนาดของเมล็ด ข้าวท้องไข่ คุณภาพการสี

การประเมินคุณภาพข้าวขึ้นกับมาตรฐานข้าวซึ่งเกี่ยวข้องกับความสะอาด (Cleanliness) และลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ขนาดเมล็ดข้าวที่ยาวจัดเป็นข้าวคุณภาพดี คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน เป็นคุณภาพที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้อ เช่น ปริมาณอมิโลส ความคงตัวของแป้งสุก ระยะเวลาในการหุงต้ม การยืดตัวของเมล็ดข้าวสุก ปริมาณโปรตีน ข้าวหอมต้องมีข้าวสุกนุ่มเหนียว สำหรับพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ข้าวที่มีอมิโลสต่ำ (งามชื่น, 2539ข)

Kongseree (2001) รายงานว่าคุณภาพของข้าวไทย เป็นที่ยอมรับในตลาดสากล ปกติมีเมล็ดเรียวยาวเป็นที่ต้องการของตลาด คุณภาพด้านหุงต้มของข้าวจะแปรไปตามพันธุ์ข้าว สิ่งที่มีอิทธิพลมากคือ ปริมาณปริมาณอมิโลส ในกรณีที่ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ข้าวจะเหนียวนุ่ม ปริมาณอมิโลสระดับปานกลาง 21-25 เปอร์เซ็นต์ ข้าวค่อนข้างนุ่ม ถ้าสูงข้าวจะแข็ง ความหอม (Aroma) เป็นลักษณะพิเศษและถูกนำมาพิจารณาเป็นคุณภาพพิเศษของข้าวในการแข่งขันกันในตลาด ข้าวหอมมะลิของไทยมีความต้องการทางการตลาดมากผลิตไม่เพียงพอ ทำให้มีราคาสูงกว่าข้าวอื่นๆ เกณฑ์มาตรฐานของปริมาณอมิโลสในข้าวหอมมะลิคือ ระหว่าง 12-19 เปอร์เซ็นต์ หรือเฉลี่ย 14 เปอร์เซ็นต์

6. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านความหอมของข้าว

ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพความหอมนอกจากพันธุ์แล้ว ยังมีปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย เช่น สภาพแวดล้อม การเขตกรรม การเก็บเกี่ยวในระยะเวลาที่เหมาะสมคือเวลาที่ข้าวสุกในระยะพลับพลึง ตากให้มีความชื้นประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ และควรเก็บไว้ในที่เย็นหรือไม่ร้อนจัด มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของคุณภาพข้าวด้านความหอม

สำหรับปัจจัยด้านธาตุอาหารในดินที่มีผลต่อความหอมข้าวขาวดอกมะลิ 105 นั้น อำนาจและคณะ (2539) รายงานว่าดินที่จะปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ให้ได้คุณภาพสูงควรเป็นดินที่มีไนโตรเจนต่ำ สำหรับฟอสฟอรัส อำนาจและคณะ (2540ก) รายงานว่าความหอมของข้าวไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม และกำมะถันในดิน มีผลต่อการเพิ่มความหอมของข้าวหอม (อำนาจและคณะ, 2540ข; อำนาจและคณะ, 2540ค) ในขณะที่ Singh *et al*. (2000) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพคุณภาพการหุงต้ม และคุณภาพทางเคมีบางประการ ได้แก่ ปริมาณไขมันและปริมาณสารความหอม (2AP) ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณสารความหอม (2AP) ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 จะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม และการจัดการการเพาะปลูกด้วย

วราภรณ์ (2540) และ บุญดิษฐ์และคณะ (2542) ได้ทดสอบการผลิตข้าวอินทรีย์ในเขตภาคเหนือตอนบน พบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณอมิโลสต่ำ (15–18 %) แสดงว่าลักษณะข้าวสุกเหนียวนุ่ม และได้รายงานว่าที่สถานีทดลองข้าวสันป่าตอง การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ทั้งสองวิธีข้าวมีกลิ่นหอมมาก ส่วนที่ศูนย์วิจัยข้าวแพร่การใส่ปุ๋ยหมัก ข้าวมีกลิ่นหอมมากกว่าส่ปุ๋ยเคมี และที่สถานีทดลองข้าวพานการใช้ปุ๋ยพืชสดและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ข้าวมีกลิ่นหอมมากกว่าใส่ปุ๋ยเคมี

ความหอมของข้าวถือว่าเป็นคุณภาพของข้าวอย่างหนึ่ง Ishitani and Fushimi (1994) สรุปว่าคุณภาพด้านความหอมของข้าวมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณสาร 2–acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสารระเหยในความหอมของข้าว ความเข้มข้นของ 2AP ในข้าวมีความแปรปรวนมากระหว่าง

พันธุ์ข้าว (Hien *et al*., 2006) สาร 2AP มีความสัมพันธ์กับความหอมของอาหารหลายชนิด (Bradury *et al*., 2005) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับข้าวหอมพันธุ์ Basmati และข้าวหอมมะลิของไทย (Buttery *et al*., 1983; Widjaja *et al*., 1996)

นอกจากนี้ Yoshihashi *et al*. (2004) รายงานว่าตัวอย่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณสารหอมคือ 2AP มากกว่าบริเวณอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งข้าวมีคุณภาพสูง มีสารหอมสูงที่สุด และพบว่าอากาศที่แห้งแล้งอาจมีผลต่อการผลิตสารหอม 2AP ในข้าว โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม (2AP) ของข้าวได้แก่ ความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระยะข้าวสะสมแป้ง และ อุณหภูมิต่ำในระยะสุกแก่โดยปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม (2AP) ของข้าวได้แก่ ความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำในระยะข้าวสะสมแป้ง และ อุณหภูมิต่ำในระยะสุกแก่ และการที่ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพืชตอบสนองต่อช่วงแสง ในช่วงระยะสุกแก่น่าจะเป็นช่วงที่เหมาะสมกับการผลิตข้าว 2AP ในแปลงนา ซึ่งเป็นผลกระทบจากอุณหภูมิระยะสร้างเมล็ด และสุกแก่ ช่วงเวลาที่ดินแห้งและการเก็บเกี่ยว (Arai and Itani, 2000) เช่นเดียวกับ Itani *et al*. (2004) ที่กล่าวถึงความแปรปรวนที่เกิดขึ้นกับคุณภาพด้านความหอมของข้าว

สำหรับผลของความเค็มต่อคุณภาพเมล็ด อำนาจและคณะ (2541) รายงานว่าการเพิ่มความเค็มของดินจากระดับที่ใกล้จะทำให้ผลผลิตลดลงไม่มีผลต่อความหอมของข้าว แต่ความเหนียวนุ่มจะลดลง ในขณะที่ Lutts *et al*. (1996) รายงานว่าความเครียดเนื่องจากความเค็มของดิน ซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณสารความหอม 2AP เพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ ชัยนามและคณะ (2548) ได้ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีของดิน และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ พบว่าสมบัติทางเคมีของดินไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในชุดดิน 7 ชุดดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของความเค็มต่อความเข้มข้นสาร 2AP Fitzgerald *et al*. (2008) รายงานว่าไม่พบผลของความเค็มต่อความเข้มข้นสาร 2AP ในใบข้าวหอมมะลิและข้าว Basmati และพบว่าความเค็มมีผลเล็กน้อยต่อระดับ 2AP ในข้าวหอม

Gay *et al*. (2010) รายงานว่าคุณภาพของเมล็ดข้าวด้านความหอมแปรปรวนมาตามปัจจัยของสภาพแวดล้อม และวิธีการเขตกรรม ความเค็มมีผลในทางบวกต่อค่า 2AP ซึ่งการเพิ่มขึ้นของสาร 2AP เป็นผลจากความเครียดจากความเค็มระยะก่อนออกดอก ในทางตรงกันข้ามผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตจะลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น แต่จะต่างกันในแต่ละพันธุ์ และพบว่าน้ำหนัก 1000 เมล็ดของข้าวจะแปรผกผันกับค่าความเค็ม และปริมาณ 2AP การเพิ่มขึ้นของ 2AP เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นส่วนหนึ่งเป็นมาจากกลไกความเข้มข้นของ 2AP ในเมล็ดที่มีขนาดเล็กกว่าผลโดยตรงของความเค็มต่อการผลิต 2AP จะผ่านการกระตุ้นของกลไกโพรลีน (Proline metabolism)

ในขณะที่ Goufo *et al*. (2010) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความหอมของข้าวหอม 2 พันธุ์ ที่ปลูกในประเทศจีน พบว่าการปลูกแบบระยะปลูกห่างการเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น คือ 10 วัน หลังจากการออกรวงทำให้ข้าวมีความหอมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยวก็มีผลต่อความหอมของข้าว คือ การเก็บไว้ประมาณ 3 เดือน ที่อุณหภูมิ -4 องศาเซลเซียส

รณชัยและคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในประเทศไทย พบว่าปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณสารหอม 2AP คือ สังกะสี (Zinc, Zn) อินทรียวัตถุในดิน และฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) ปัจจัยที่มีผลในทางลบต่อปริมาณสาร 2AP คือ ทองแดง (Copper, Cu) เหล็ก (Iron, Fe) และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) การขาดน้ำหลังการออกดอก 7 วัน ทำให้ปริมาณสารหอม 2AP ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 มีค่าสูงสุด ซึ่งดินร่วนปนทรายมีผลทำให้การขาดน้ำเร็วกว่าดิน

เหนียว จึงทำให้ค่า 2AP สูงกว่า ดังนั้น ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งอยู่ในเขตที่มีฝนตกน้อยและมีข้อจำกัดด้านการชลประทาน จึงได้รับอิทธิพลจากความเครียดเนื่องจากการขาดน้ำซึ่งเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่ทำให้เกิดการผลิตสารความหอม 2AP

นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่สนใจเกี่ยวกับแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ที่เกิดจากความแห้งแล้งและความเค็มอาจจะส่งผลกระทบต่อความหอมของข้าว

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105
2. เครื่องมือวัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction Meter) รุ่น EM38
3. อุปกรณ์ในการบันทึกตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (GPS)
4. ปุ๋ยเคมี และอุปกรณ์ในการเก็บเกี่ยวข้าว
5. สว่านเจาะดิน พร้อมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
6. อุปกรณ์และสารเคมีเพื่อการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดิน
7. อุปกรณ์และสารเคมีเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพข้าว

วิธีการ

วิธีดำเนินการวิจัย

ดำเนินการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) ในพื้นที่แปลงนาเกษตรกร 2 แห่ง โดยแบ่งระดับความเค็มของพื้นที่แต่ละแห่งออกเป็น 4 ระดับ คือดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด โดยพิจารณาจากค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Apparent electrical conductivity, EC_a) ที่อ่านได้จากเครื่องมือ Electromagnetic Induction Meter model EM38 โดยการแบ่งระดับความเค็มดัดแปลงจาก Tanji and Kielen (2002) ดังนี้

1) พื้นที่ดินไม่เค็ม (ค่า EC_a จาก EM38 = 0-40 mS m^{-1})
2) พื้นที่ดินเค็มน้อย (ค่า EC_a จาก EM38 = 40-80 mS m^{-1})
3) พื้นที่ดินเค็มปานกลาง (ค่า EC_a จาก EM38 = 80-160 mS m^{-1})
4) พื้นที่ดินเค็มจัด (ค่า EC_a จาก EM38 มากกว่า 160 mS m^{-1})

พิจารณาระดับความเค็มร่วมกับค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ที่สุ่มเก็บในแต่ละระดับความเค็มที่อ่านจากเครื่อง EM38 แล้วส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของดินนี้จะยืนยันระดับความเค็มของดินอีกครั้งหนึ่ง

แนวทางการดำเนินงาน

1) ทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เป็นแหล่งปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่มีปัญหาดินเค็ม 2 แห่งคือ บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ และบ้านกู่กาสิงห์ ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด

2) ในพื้นที่ที่ได้คัดเลือกแล้ว วัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับผิวดิน โดยวัดครั้งเดียวเมื่อก่อนทำการทดลอง (วันที่ 23 เมษายน 2550) โดยใช้เครื่องมือ EM38 โดยกำหนดจุดที่วัดทุกระยะห่าง 4 เมตร แปลงที่อำเภอสุวรรณภูมิ ในพื้นที่ 2 ไร่ (ภาพที่ 1) และทุกระยะห่าง 5 เมตร แปลงที่อำเภอเกษตรวิสัย

ในพื้นที่ 4 ไร่ (ภาพที่ 2) แล้วนำข้อมูลมาจัดทำเป็นแผนที่การกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อประเมินระดับความเค็มของดินในแปลงทดลองในเบื้องต้น ซึ่งพื้นที่แต่ละแห่งจะแบ่งออกเป็น 4 ระดับความเค็ม ได้แก่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4

3) เตรียมดิน โดยการไถดะ ปรับพื้นที่ให้สม่ำเสมอ

4) การใส่ปุ๋ยคอกรองพื้นเพื่อปรับปรุงบำรุงดิน เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีปุ๋ยคอกมูลวัว จึงใส่ปุ๋ยคอกมูลวัว อัตรา 2 ตันต่อไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน แนะนำอัตราการใช้ 1-3 ตันต่อไร่) ผลการวิเคราะห์สมบัติปุ๋ยคอก แสดงในตารางผนวกที่ 1

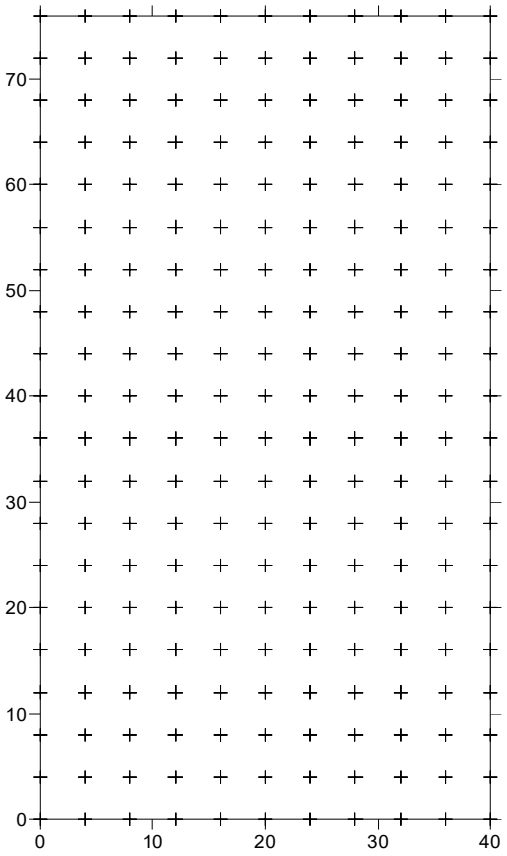
5) ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยวิธีหว่านตามอัตราแนะนำ คืออัตราเมล็ด 15 กิโกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบ การปลูกใช้วิธีการหว่าน เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นเขตที่มีฝนตกน้อย และในปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่เปลี่ยนวิธีการปลูกข้าวมาเป็นวิธีการหว่านข้าวแห้ง เนื่องจากการขาดแคลนแรงงาน และแรงงานมีราคาแพง

6) การดูแลรักษา หลังการปลูกข้าว 30 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำที่ใช้กับดินร่วนและดินทรายคือ สูตร 16-16-8 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยใช้เหมือนกันทั้ง 2 ปี ที่ทำการศึกษา

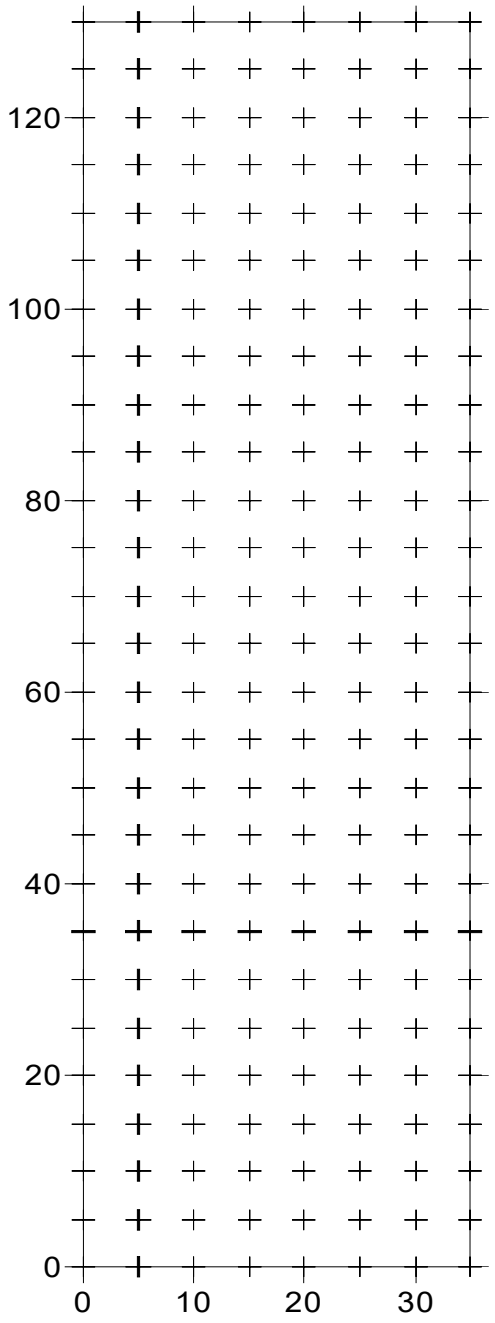
7) เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต จากแผนที่การกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการทดลอง ประกอบกับค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ในแต่ละระดับความเค็มของดิน จะเก็บเกี่ยวเป็นแปลงย่อยขนาด 4×4 ตารางเมตร โดยที่แปลงอำเภอสุวรรณภูมิ ซึ่งมีพื้นที่ศึกษา 2 ไร่ จะสุ่มเก็บเกี่ยวจำนวน 6 แปลงย่อยในแต่ละระดับความเค็ม ในขณะที่แปลงอำเภอเกษตรวิสัย ซึ่งแปลงมีขนาดใหญ่กว่าคือ 4 ไร่ จะสุ่มเก็บเกี่ยวเพิ่มเป็น 8 แปลงย่อยในแต่ละระดับความเค็ม แล้วบันทึกข้อมูลผลผลิต

8) ทำการทดลองซ้ำเป็นปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) ในพื้นที่เดิม

ตารางการปฏิบัติงานในและปีแสดงในตารางผนวกที่ 2, 3 และ 4



ภาพที่ 1 จุดพิกัดระยะห่าง 4 เมตร สำหรับวัดค่า EC_a ด้วยเครื่อง EM38 แปลงที่อำเภอสุวรรณภูมิ



ภาพที่ 2 จุดพิกัดระยะห่าง 5 เมตร สำหรับวัดค่า EC_a ด้วยเครื่อง EM38 แปลงที่อำเภอเกษตรวิสัย

การเก็บข้อมูล

1) ข้อมูลข้าว

- ผลผลิต เก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละระดับความเค็ม แปลงย่อยขนาด 4×4 ตารางเมตร จากแผนที่การกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าก่อนการทดลอง (ภาพที่ 3 และ 4) ประกอบกับค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ในแต่ละระดับความเค็มของดิน จะเก็บเกี่ยวเป็นแปลงย่อยขนาด 4×4 ตารางเมตร โดยที่แปลงอำเภอสุวรรณภูมิ ซึ่งมีพื้นที่ศึกษา 2 ไร่ จะสุ่มเก็บเกี่ยวจำนวน 6 แปลงย่อยในแต่ละระดับความเค็ม ในขณะที่แปลงอำเภอเกษตรวิสัย ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าคือ 4 ไร่ จะสุ่มเก็บเกี่ยวเพิ่มเป็น 8 แปลงย่อยในแต่ละระดับความเค็ม

บันทึกข้อมูลผลผลิตข้าวที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลผลผลิตแปลงย่อยขนาด 4×4 ตารางเมตร ทำการคำนวณแปลงค่าเป็นกิโลกรัมต่อไร่

- องค์ประกอบผลผลิตข้าวได้แก่

- ความสูง สุ่มวัดจำนวน 10 ต้นในทุกแปลงย่อย 4×4 เมตร ที่เก็บผลผลิตในแต่ละระดับความเค็ม

- นับจำนวนต้นและจำนวนรวงต่อพื้นที่ 50×50 เซนติเมตร โดยใช้ท่อพีวีซี (PVC) ทำเป็นกรอบสี่เหลี่ยมขนาด 50×50 เซนติเมตร นำไปวางในทุกแปลงย่อย 4×4 เมตรที่เก็บผลผลิต แล้วนับจำนวนต้นและจำนวนรวงในกรอบสี่เหลี่ยมนี้

- น้ำหนัก 100 เมล็ดข้าวเปลือก

- เก็บตัวอย่างพืช โดยสุ่มเก็บต้นข้าวจำนวน 10 ต้น จากบริเวณที่ติดกับแปลงย่อยที่เก็บผลผลิต นำมาแยกต้น และเมล็ด อบให้แห้งแล้วบด เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ ไนโตรเจน (Nitrogen, N) ฟอสฟอรัส (Phosphorus, P) โพแทสเซียม (Potassium, K) และ โซเดียม (Sodium, Na) ในส่วนของลำต้นและเมล็ด ปริมาณโซเดียมในลำต้นและเมล็ดโดยใช้วิธีการของ Jackson (1958)

2) **คุณภาพเมล็ดข้าว** จะประกอบด้วย

- น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวเปลือก
- ขนาดเมล็ด (ความกว้าง ยาว และหนา) ของข้าวเปลือก
- เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร
- เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว
- ความแกร่งของเมล็ดข้าวกล้อง 100 เมล็ด

3) คุณสมบัติทางเคมีเมล็ดข้าว

- ปริมาณอมิโลส (Juliano, 1971; 1972)
- กลิ่นหอม โดยวิธีสกัดด้วยน้ำเกลือ และประสาทสัมผัสโดยการดม (Juliano, 2003) โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนความหอมดังนี้

0 หมายถึง ไม่หอม
1 หมายถึง หอมอ่อนหรือหอมน้อย
2 หมายถึง หอมปานกลาง
3 หมายถึง หอมมาก

4) การเก็บข้อมูลดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร ดังนี้

4.1) ก่อนการดำเนินการ วัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับผิวดิน โดยใช้เครื่องมือ EM38 ในวันที่ 23 เมษายน 2550 นำข้อมูลมาจัดทำเป็นแผนที่การกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละระดับความเค็มจากแผนที่การกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) โดยวิธีการของ Chapman (1965) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยวิธีการของ Peech (1965) ปริมาณอินทรียวัตถุโดยวิธีการของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธีการของ Bray and Kurtz (1945) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์โดยวิธีการของ Chapman (1965)

4.2) หลังการดำเนินการ เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละระดับความเค็ม ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

5) การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IRRI STAT เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างระดับความเค็ม ที่มีต่อสมบัติของดิน ผลผลิตข้าว องค์ประกอบของผลผลิตข้าว คุณภาพข้าวทั้งด้านกายภาพและเคมี และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Least significant different (LSD)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้นเดือน ตุลาคม 2549 สิ้นสุดเดือน กันยายน 2552
- ช่วงเวลาปลูกข้าวปีแรกคือ มิถุนายนถึงพฤศจิกายน 2550
- ช่วงเวลาปลูกข้าวปีที่สองคือ มิถุนายนถึงพฤศจิกายน 2551

สถานที่ดำเนินการ ทำการศึกษาในแปลงนาของเกษตรกร 2 แห่งในจังหวัดร้อยเอ็ด คือ บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ ซึ่งบริเวณที่ศึกษาดินถูกจำแนกเป็นชุดดินเรณู (Renu series: Rn) และบ้านกู่กาสิงห์ ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย ซึ่งบริเวณที่ศึกษาดินถูกจำแนกเป็นชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-et series: Re) การที่เลือกพื้นที่ 2 แห่งนี้เพราะเป็นแหล่งปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สำคัญของจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งชุดดินเรณูและชุดดินร้อยเอ็ด มีศักยภาพเหมาะสมในการทำนา อย่างไรก็ตามบริเวณดังกล่าว ดินค่อนข้างเป็นทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และพบการแพร่กระจายของดินเค็ม จึงใช้เป็นตัวแทนของการศึกษาในพื้นที่ดินเค็ม รายละเอียดของแต่ละพื้นที่เป็นดังนี้

1) บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด พิกัด 48 371418E / 1718644N ซึ่งบริเวณที่ศึกษาดินถูกจำแนกเป็นชุดดินเรณู (Renu series: Rn) มีลักษณะดังนี้ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

ชุดดินเรณู (Renu series: Rn) กลุ่มชุดดินที่ 17
การจำแนกดิน Fine-loamy, mixed, semiactive isohyperthermic (Aeric) Plinthic Paleaquults
การกำเนิด เกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนส่วนต่ำของพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน
สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์
การระบายน้ำ ค่อนข้างเลว
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ปานกลางถึงช้า
การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลาง
พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ ทำนา
การแพร่กระจาย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่จังหวัดร้อยเอ็ด มีพื้นที่ 64,466 ไร่
การจัดเรียงชั้น Ap-Btg-Btgv
ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีน้ำตาลปนเหลือง ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียวในดินล่างลึกลงไป สีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทาปนชมพู และมีสีเทาอ่อนในดินล่างลึกลงไป มีจุดประสีน้ำตาลแก่หรือสีน้ำตาลปนเหลืองและมีสีแดงปนเหลืองหรือสีแดงในดินชั้นล่าง จุดประสีแดงปน

เหลืองหรือสีแดงเป็นศิลาแลงอ่อน มีปริมาณ 5-50 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ภายในความลึก 150 เซนติเมตร จากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ในดินบนและเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) ในดินล่าง

ตารางที่ 1 สมบัติพื้นฐานของดินชุดดินเรณู

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ชุดดินร้อยเอ็ด
ข้อจำกัดการใช้ประโยน์ ดินค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยน์ ควรใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยพืชสดเพื่อเพิ่มผลผลิตและปรับปรุงสมบัติทางกายภาพให้ดีขึ้น

2) บ้านกู่กาสิงห์ ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด พิกัด 48 390016E / 1714212N ซึ่งบริเวณที่ศึกษาดินถูกจำแนกเป็นชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-et series: Re) มีลักษณะดังนี้ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-et series: Re) กลุ่มชุดดินที่ 17
การจำแนกดิน Fine-loamy, mixed, subactive, isohyperthermic Aeric Kandiaquults
การกำเนิด เกิดจากตะกอนของหินตะกอนเนื้อหยาบชะมาทับถมบนพื้นผิวของการเกลี่ยผิวแผ่นดิน
สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 0-2 เปอร์เซ็นต์
การระบายน้ำ ค่อนข้างเลว
การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้า
การซึมผ่านได้ของน้ำ ปานกลางถึงช้า
พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำนา ปลูกพืชไร่หรือพืชผักในฤดูแล้ง
การแพร่กระจาย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยที่จังหวัดร้อยเอ็ด มีพื้นที่ 237,003 ไร่
การจัดเรียงชั้น Apg-Btg
ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาล ปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนทรายอาจพบชั้นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินเหนียว สีเทาปนน้ำตาลอ่อนหรือเทาปนชมพู พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลปนแดงตลอด ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) ในดินบนและเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) ในดินล่าง

ตารางที่ 2 สมบัติพื้นฐานของดินชุดดินร้อยเอ็ด

ความลึก (ซม.)	อินทรียวัตถุ	ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	ความอิ่มตัวเบส	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน
0-25	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
25-50	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
50-100	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ

ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ชุดดินเรณู
ข้อจำกัดการใช้ประโยน์ ดินค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เสี่ยงต่อการขาดน้ำในฤดูเพาะปลูก
ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยน์ หากใช้ทำนาควรมีการชลประทานเข้าช่วย และมีการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการใส่ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น ถ้าปลูกพืชโดยอาศัยน้ำฝน ควรเลือกระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมเพื่อลดอัตราเสี่ยงของการขาดแคลนน้ำ

โดยทั่วไปกลุ่มชุดดินที่ 17 มีศักยภาพเหมาะสมในการทำนามากกว่าการปลูกพืชไร่ ไม้ผล และพืชผักในฤดูฝน แต่สามารถใช้ปลูกพืชไร่และพืชผักที่มีอายุสั้นในฤดูแล้ง ถ้ามีแหล่งน้ำธรรมชาติหรืออยู่ในเขตชลประทาน ดังนั้นในการจัดชั้นความเหมาะสมของกลุ่มชุดดินที่ 17 ในการปลูกพืชต่างๆ จะจัดพิจารณาทั้งการปลูกพืชในฤดูฝนและฤดูแล้ง ดินในกลุ่มนี้ถูกจัดชั้นความเหมาะสมในการปลูกข้าวเป็นระดับเหมาะสมมาก (S1) ฤดูฝน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

โดยพื้นฐานแล้วความสามารถในการให้ผลผลิต (Soil productivity) การปลูกข้าวของ 2 ชุดดินนี้ไม่แตกต่างกัน สำหรับการปลูกข้าวไวต่อแสง คือผลผลิตคาดการณ์จากการปลูกข้าวในชุดดินเรณูเท่ากับ 354–518 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับผลผลิตคาดการณ์จากการปลูกข้าวในชุดดินร้อยเอ็ดเท่ากับ 354–518 กิโลกรัมต่อไร่ แต่จะแตกต่างกันในกรณีข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงคือผลผลิตคาดการณ์จากการปลูกข้าวในชุดดินเรณูเท่ากับ 493–525 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตคาดการณ์จากการปลูกข้าวในชุดดินร้อยเอ็ดเท่ากับ 511–632 กิโลกรัมต่อไร่

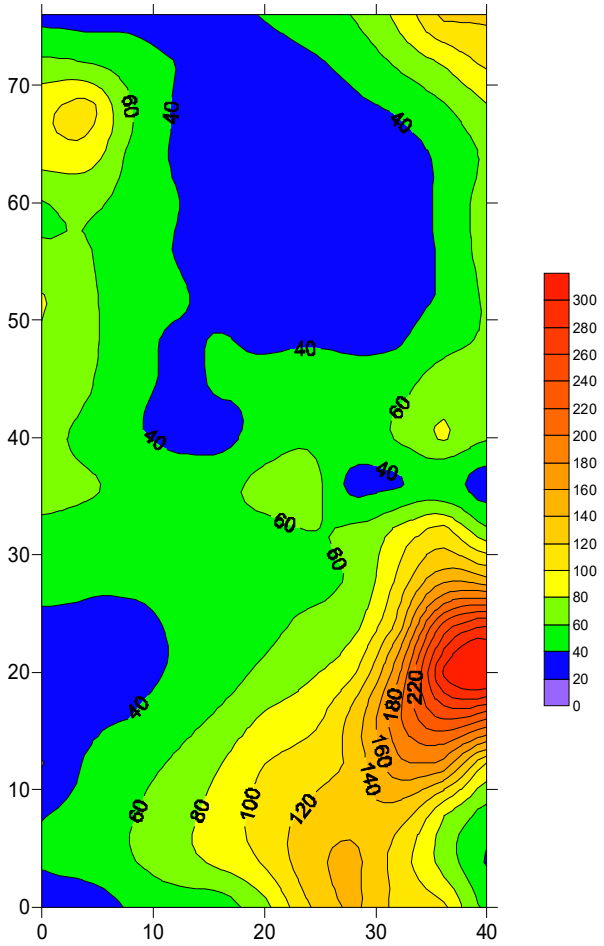
ผลการทดลอง

การศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดำเนินการระหว่างปี 2550-2552 โดยทำการศึกษา 2 แห่งในจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งผลการศึกษาในแต่ละแห่งเป็นดังนี้

1) บ้านดอนพิมาน ตำบลสระคู อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด

ในพื้นที่บ้านดอนพิมาน ทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ 2 ไร่ ซึ่งดินบริเวณดังกล่าวถูกจำแนกเป็นชุดดินเรณูที่มีคราบเกลือหน้าดิน [Rn, saline phase: Fine-loamy, mixed, semiactive isohyperthermic (Aeric) Plinthic Paleaquults] ดินเริ่มต้นมีค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC_e) ซึ่งวิเคราะห์ใน

ห้องปฏิบัติการโดยวิธีการของ Chapman (1965) มีค่าเฉลี่ย 3.66 เดซิซีเมนต่อเมตร (decisiemen per meter, dS m^{-1}) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เฉลี่ย 4.7 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic matter, OM) เฉลี่ย 0.58 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus and Potassium) เท่ากับ 8.50 และ 31.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (milligram per kilogram, mg kg^{-1}) ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่ทำการทดลองเป็นดินเค็มน้อยที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ อย่างไรก็ตามบริเวณดังกล่าวมีพื้นที่ดินเค็มระดับต่างๆ กระจายอยู่ทั่วไปทั้งดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด โดยมีการกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Apparent electrical conductivity, EC_a) ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำการวัดที่ระดับผิวดิน ในพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่แตกต่างกัน ความชื้นดินไม่แตกต่างกัน โดยทำการวัดในช่วงเดือนเมษายน 2550 และมีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) เฉลี่ยในแต่ละระดับความเค็ม ซึ่งได้จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในแต่ละระดับความเค็ม ตามแผนที่การกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เท่ากับ 1.0, 3.11, 7.44 และ 8.42 dS m^{-1} ตามลำดับ โดยไม่ได้แปลงค่าจาก EC_a เป็น EC_e สำหรับปริมาณน้ำฝนในช่วง 2 ปี ที่ทำการทดลองเท่ากับ 1,073 และ 992 มิลลิเมตร (millimeter, mm) ตามลำดับซึ่งการกระจายตัวของฝนแสดงในตารางภาคผนวกที่ 5 และ 6



ภาพที่ 3 ค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EC_a) บ้านดอนพิมาน อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	pH	EC_e (dS m^{-1})	OM (%)	Extractable (mg kg^{-1})		Soluble cations (cmole L^{-1})		
				P Bray II	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
ดินไม่เค็ม	4.83	1.00	0.47	7.67	27.7	2.52	1.33	15.5
ดินเค็มน้อย	4.50	3.11	1.05	14.00	60.0	5.92	1.66	72.5
ดินเค็มปานกลาง	4.50	7.44	0.63	6.00	24.0	11.13	3.32	164.2
ดินเค็มจัด	4.70	8.42	0.39	8.00	21.0	13.24	4.82	335.9

1.1) ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

การศึกษาในปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่าความเค็มของดินมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวขาวดอกมะลิ 105 คือเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ความสูงของข้าวลดลง โดยเฉพาะข้าวที่ปลูกในระดับความเค็มจัด มีค่าความสูงต่ำที่สุด คือ 75.5 เซนติเมตร และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลาง ซึ่งข้าวมีความสูง 104.6, 96.4 และ 93.8 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการปลูกข้าวโดยวิธีการหว่านจึงทำการเก็บข้อมูลจำนวนต้น จำนวนรวงต่อพื้นที่ 50×50 เซนติเมตร ซึ่งพบว่าทั้งจำนวนต้นและจำนวนรวงมีค่าลดลง เมื่อระดับความเค็มของดินเพิ่มขึ้น โดยที่จำนวนต้นลดลงจาก 35.6 ต้นต่อพื้นที่ 50×50 เซนติเมตรในพื้นที่ดินไม่เค็ม ลดลงเป็น 28.8, 27.7 และ 27.3 ต้นในดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

การทดลองในปีแรกนี้ ประสบกับปัญหาสภาพแห้งแล้ง การกระจายตัวของฝนไม่ดี ส่งผลให้ข้าวเจริญเติบโตทางลำต้นไม่ดี แปลงมีวัชพืชขึ้นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นข้าวนาหว่าน จึงส่งผลให้ข้าวได้ผลผลิตต่ำมาก โดยที่ในพื้นที่ดินไม่เค็มได้ผลผลิตเพียง 92.4 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าในพื้นที่ดินเค็มน้อย (76.0 กิโลกรัมต่อไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินไม่เค็มให้ผลผลิตสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับผลผลิตข้าวในดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัดที่ข้าวให้ผลผลิต 59.9 และ 39.2 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	ความสูง (ซม.)	ต้น/50×50 ซม.	รวง/50×50 ซม.	ผลผลิต (กก./ไร่)
ดินไม่เค็ม	104.6	35.6	27.5	92.4
ดินเค็มน้อย	96.4	28.8	20.6	76.0
ดินเค็มปานกลาง	93.8	27.7	20.3	59.9
ดินเค็มจัด	75.5	27.3	19.7	29.4
F-test	*	ns	ns	*
CV. (%)	9.17	37.0	20.3	25.0
LSD $_{0.05}$	13.2	-	-	26.3

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำการทดลองปลูกข้าวซ้ำในพื้นที่เดิมเป็นปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) พบว่าข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปีแรก ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ลดลงอย่างชัดเจน ข้าวมีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นแต่ละระดับความเค็มไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับจำนวนต้น จำนวนรวงของข้าวที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดมีจำนวนต้น จำนวนรวงต่ำที่สุดคือ 30.0 และ 29.5 ต้นต่อพื้นที่ 50×50 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเค็มต่างๆ เช่นเดียวกับผลผลิตข้าว

เมื่อทำการทดลองปลูกข้าวซ้ำในปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) พบว่าข้าวให้ผลผลิตมากกว่าปีที่ 1 ในปีนี้ไม่พบผลของความเค็มของดินต่อผลผลิตข้าว ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการที่ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ลดลงอย่างชัดเจน จึงส่งผลกระทบต่อพืชน้อยมาก อย่างไรก็ตามในปีนี้ประสบกับปัญหาฝนแล้ง ส่งผลให้ผลผลิตข้าวอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน คือได้ผลผลิตระหว่าง 173–207 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 5) จะเห็นได้ว่าการปลูกข้าวในเขตเกษตรน้ำฝนประสบปัญหาหลายอย่างทั้งเรื่องดินและการขาดแคลนน้ำ ส่งผลให้ผลผลิตข้าวแปรปรวนไปในแต่ละปี

ตารางที่ 5 ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551

ระดับความเค็ม	ความสูง (ซม.)	ต้น/50×50 ซม.	รวง/50×50 ซม.	ผลผลิต (กก./ไร่)
ดินไม่เค็ม	112	52.9	51.0	173
ดินเค็มน้อย	111	54.5	53.8	185
ดินเค็มปานกลาง	111	60.5	59.0	194
ดินเค็มจัด	121	30.0	29.5	207
F-test	Ns	Ns	ns	ns
CV. (%)	12.2	40.0	40.9	30.3
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นและเมล็ดข้าวปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) ดังแสดงในตารางที่ 6 พบว่าไนโตรเจนในต้นข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 0.770 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.845, 0.815 และ 0.880 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับปริมาณไนโตรเจนในเมล็ด ในขณะที่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยที่ระดับดินเค็มจัดทั้งต้นข้าวและเมล็ดข้าวมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำสุดคือ 1.125 และ 0.390 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณโซเดียมในต้นข้าวเพิ่มขึ้นชัดเจนจาก 0.068 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินไม่เค็ม เพิ่มเป็น 0.085, 0.078 และ 0.138 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ อย่างไรก็ตามไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณการสะสมธาตุอาหารในต้นและเมล็ดข้าว ในการทดลองปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) พบว่าปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในส่วนของต้นลดลงเล็กน้อยเมื่อดินมีค่าความเค็มมากขึ้น โดยในดินไม่เค็มมีปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส 0.538 และ 0.110 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ดินเค็มจัดมีค่า 0.510 และ 0.093 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมลดลงอย่างชัดเจน โดยลดลงจาก 1.180 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.790 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินเค็มจัด ปริมาณโซเดียมเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อความเค็มมากขึ้นคือเพิ่มจาก 0.268 เปอร์เซ็นต์ ในดินไม่เค็ม เป็น 0.355 และ 0.657 เปอร์เซ็นต์ในดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัดตามลำดับ สำหรับปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในเมล็ดพบว่าลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าต่ำสุดในพื้นที่ดินเค็มจัดเท่ากับ 0.648, 0.163 และ 0.205 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่โซเดียมในเมล็ดเพิ่มขึ้นจาก 0.004 เปอร์เซ็นต์ ในดินไม่เค็มเป็น 0.005 และ 0.007 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	N		P		K		Na	
	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด
ดินไม่เค็ม	0.770	0.940	0.158	0.320	1.338	0.536	0.068	-
ดินเค็มน้อย	0.845	0.960	0.140	0.420	1.230	0.446	0.085	-
ดินเค็มปานกลาง	0.815	1.098	0.153	0.253	1.408	0.378	0.078	-
ดินเค็มจัด	0.880	0.995	0.133	0.230	1.25	0.390	0.138	-
F-test	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	-
CV. (%)	13.7	13.6	22.3	40.3	20.7	18.7	75.1	-
$LSD_{0.05}$	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 7 ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551

ระดับความเค็ม	N		P		K		Na	
	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด
ดินไม่เค็ม	0.538	0.938	0.110	0.213	1.180	0.240	0.268	0.004
ดินเค็มน้อย	0.695	0.823	0.158	0.195	1.259	0.240	0.188	0.004
ดินเค็มปานกลาง	0.573	0.938	0.110	0.203	1.063	0.233	0.355	0.005
ดินเค็มจัด	0.510	0.648	0.093	0.163	0.790	0.205	0.657	0.007
F-test	ns	Ns	ns	ns	*	ns	*	ns
CV. (%)	18.6	29.6	36.4	30.8	20.7	31.3	36.3	54.3
$LSD_{0.05}$	-	-	-	-	0.34	-	0.19	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.2) ผลของระดับความเค็มของดินต่อลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพของข้าวที่ทำการตรวจสอบ ได้แก่ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวเปลือก คุณภาพการสีและความแกร่ง ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีผลในการกำหนดคุณภาพของข้าว และการประเมินราคารับซื้อ จากการทดลองได้ผลดังนี้

ปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) เมื่อพิจารณาผลของความเค็มของดินต่อคุณภาพเมล็ดพบว่าขนาดเมล็ดข้าวเปลือกในการศึกษาในปีแรกพบว่าความเค็มของดินในระดับเค็มน้อยถึงเค็มปานกลาง ไม่มีผลกระทบต่อขนาดความยาว ความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าว คือไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 8) แต่ในระดับดินเค็มจัด ขนาดของเมล็ดลดลงชัดเจน คือมีขนาดความยาว ความกว้างและความหนาลดงเหลือ 7.77, 1.95 และ 1.47 เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับผลการทดลองในปีที่สอง (ฤดูปลูก 2551/2552) เป็นไปทำนองเดียวกันกับปีแรก แต่ในบริเวณพื้นที่ดินเค็มไม่มีผลกระทบต่อขนาดเมล็ด ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากปีที่สองที่ทำการทดลองความเค็มของดินลดลงชัดเจน และเป็นผลจากลักษณะประจำพันธุ์ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 แสดงอิทธิพลออกมาเหนือปัจจัยสภาพแวดล้อม (ตารางที่ 9)

ผลของความเค็มของดินต่อน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดข้าวเปลือก พบว่า ในปีแรกที่ทำการทดลองข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลางมีน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดข้าวเปลือก ใกล้เคียงกันระหว่าง 2.78-2.79 กรัม มีเพียงระดับความเค็มจัดที่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดคือมีค่าต่ำสุดเพียง 2.06 กรัมต่อ 100 เมล็ดข้าวเปลือก แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปีที่ 2 พบว่าความเค็มของดินไม่มีผลต่อน้ำหนักเมล็ดข้าวเช่นกัน โดยข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มน้อยมีน้ำหนักข้าวเปลือก 100 เมล็ดข้าวเปลือกสูงสุด เท่ากับ 2.75 กรัม (ตารางที่ 8 และ 9)

ตารางที่ 8 ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก (มม.)			น้ำหนักข้าวเปลือก (กรัม/100 เมล็ด)
	ยาว	กว้าง	หนา	
ดินไม่เค็ม	10.44	2.55	1.99	2.79
ดินเค็มน้อย	10.48	2.58	1.97	2.78
ดินเค็มปานกลาง	10.39	2.56	1.98	2.78
ดินเค็มจัด	7.77	1.95	1.47	2.06
F-test	ns	ns	ns	ns
CV. (%)	26.5	26.9	26.5	26.5
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 9 ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551

ระดับความเค็ม	ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก (มม.)			น้ำหนักข้าวเปลือก (กรัม/100 เมล็ด)
	ยาว	กว้าง	หนา	
ดินไม่เค็ม	10.5	2.46	1.92	2.44
ดินเค็มน้อย	10.5	2.57	1.97	2.75
ดินเค็มปานกลาง	10.4	2.43	1.97	2.68
ดินเค็มจัด	10.4	2.44	1.96	2.67
F-test	Ns	Ns	ns	ns
CV. (%)	0.78	5.69	2.94	9.19
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

คุณภาพข้าวเปลือกนอกจากจะพิจารณาจากคุณภาพข้าวทางกายภาพเช่น ขนาดเมล็ด น้ำหนักเมล็ดแล้ว ยังต้องพิจารณาเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวและความแกร่งด้วย ปีแรกที่ทำการทดลอง (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่าข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มถึงเค็มปานกลางมีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร 64.4, 64.7 และ 64.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดที่มีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารต่ำที่สุดคือ 63.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10)

ต้นข้าวหรือข้าวต้น (Head rice) หมายถึง เมล็ดข้าวที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักของแต่ละชั้นคุณภาพ แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด และให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ 80% ของเมล็ดขึ้นไป เป็นส่วนหนึ่งในการประเมินราคาข้าว ในการทดสอบเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจะทำที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ หรือต่ำกว่านี้ จากผลการศึกษาพบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลางมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัด โดยมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเท่ากับ 45.2, 44.2 และ 44.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัด (41.9 เปอร์เซ็นต์) อย่างไรก็ตามข้าวในทุกระดับความเค็มเหล่านี้จัดว่ามีคุณภาพการสีอยู่ในระดับดี และพบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดมีค่าความแกร่งสูงสุดเท่ากับ 11.8 แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลาง ที่มีความแกร่งเท่ากับ 11.4, 11.5 และ 11.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

เมื่อทำการทดลองปีที่ 2 ซึ่งความเค็มของดินมีค่าลดลงจึงทำให้ไม่พบผลของความเค็มต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร คือได้เปอร์เซ็นต์ข้าวสารไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารอยู่ระหว่าง 64.6-65.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวเป็นไปทำนองเดียวกับเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร โดยมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวอยู่ระหว่าง 43.8-45.2 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามคุณภาพการสีของข้าวในทุกระดับความเค็ม จัดว่าอยู่ในระดับดีเช่นเดียวกับปีแรก และพบว่าเมล็ดข้าวในพื้นที่ดินเค็มจัดมีความแกร่งต่ำกว่า คือ มีค่าความแกร่งเท่ากับ 10.2 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลาง (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลของระดับความเค็มของดินต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และความแกร่งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด

ระดับความเค็ม	ข้าวสาร (%)		เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (%)		ความแกร่ง	
	2550	2551	2550	2551	2550	2551
ดินไม่เค็ม	64.4	64.6	45.2	44.6	11.4	10.2
ดินเค็มน้อย	64.7	64.8	44.2	45.2	11.5	10.3
ดินเค็มปานกลาง	64.8	65.2	44.2	44.9	11.5	10.4
ดินเค็มจัด	63.4	64.9	41.9	43.8	11.8	10.2
F-test	*	ns	*	ns	ns	ns
CV. (%)	0.63	1.10	2.16	5.52	1.87	1.97
LSD $_{0.05}$	0.62	-	1.51	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.3) ผลของระดับความเค็มของดินต่อค่าอมิโลสและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปีแรกที่ทำการทดลอง (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่าปริมาณอมิโลสของข้าวที่ปลูกในดินเค็มจัดสูงที่สุดคือ 16.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในระดับความเค็มอื่นๆ ซึ่งมีปริมาณอมิโลส 16.4, 14.9 และ 16.0 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลาง ตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำแสดงว่าข้าวนี้เป็นข้าวที่มีความเหนียวนุ่ม เช่นเดียวกันกับความหอมของข้าวสุก ข้าวที่ปลูกในดินเค็มจัดจะมีคะแนนหอมน้อยที่สุดเท่ากับ 1.00 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลาง โดยข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลางมีคะแนนความหอมเฉลี่ยเท่ากับ 1.63, 1.42 และ 1.5 ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ในขณะที่ในปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) เมล็ดข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลางมีค่าอมิโลสต่ำที่สุดเท่ากันคือ 16.3 เปอร์เซ็นต์ (แสดงว่ามีความนุ่มมากที่สุด) ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในดินปกติซึ่งมีปริมาณอมิโลสสูงสุด 16.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัด เมื่อพิจารณาผลของความเค็มต่อความหอมของข้าว ซึ่งทดสอบโดยใช้การดม พบว่าเมล็ดข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มน้อยและดินเค็มปานกลางมีค่าเฉลี่ยคะแนนความหอมเท่ากับ 1.58 และ 1.50 สูงกว่าข้าวในพื้นที่ดินไม่เค็ม และดินเค็มจัด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 11) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่บ้านดอนพิมาน อำเภอสุวรรณภูมิ ความเค็มของดินไม่มีผลต่อความหอมของข้าว

ตารางที่ 11 ผลของระดับความเค็มของดินต่อค่าอมิโลสและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด

ระดับความเค็ม	ค่าอมิโลส (%)		ความหอม	
	2550	2551	2550	2551
ดินไม่เค็ม	16.4	16.5	1.63	1.38
ดินเค็มน้อย	14.9	16.3	1.42	1.58
ดินเค็มปานกลาง	16.0	16.3	1.50	1.50
ดินเค็มจัด	16.4	16.4	1.00	1.33
F-test	Ns	*	ns	ns
CV. (%)	10.1	49.0	32.7	36.5
LSD $_{0.05}$	-	0.12	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

1.4) การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

หลังการเก็บเกี่ยวในแต่ละปีจะทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละระดับความเค็ม ซึ่งในแปลงทดลองที่อำเภอสุวรรณภูมิ จะมีตัวอย่างดินระดับความเค็มละ 6 ตัวอย่าง เก็บที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร สมบัติทางเคมีของดินที่วิเคราะห์ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) การนำไฟฟ้า (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available P และ available K) และ ไอออนบวกที่ละลายได้ (soluble cation)

ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในปีแรก ดังแสดงในตารางที่ 12

ค่าการนำไฟฟ้าของดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีการของ Chapman (1965) พบว่าที่ทุกระดับความเค็มของดินค่าการนำไฟฟ้าของดินลดลง โดยที่ดินเค็มจัดค่าลดลงจาก 8.42 dS m^{-1} เป็น 3.10 dS m^{-1} ในขณะที่พื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย และดินเค็มปานกลาง ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 1.01, 1.61 และ 2.41 dS m^{-1} ตามลำดับ

โดยทั่วไปแล้วปริมาณอินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่าลดลง โดยที่ในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุ 0.589, 0.547, 0.678 และ 0.313 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าลดลงเหลือเท่ากับ 10.43, 8.64, 7.50 และ 9.00 mg kg^{-1} ในขณะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลองคือเพิ่มเป็น 47.6, 57.5, 57.5 และ 49.3 mg kg^{-1} ตามลำดับ

สำหรับค่าโซเดียมที่ละลายได้ หลังการปลูกข้าวที่มีการขังน้ำพบว่าปริมาณลดลงอย่างชัดเจน ทั้งดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด โดยผลผลิตลดลงจาก 72.5, 164.2 และ 335.9 cmole L^{-1} เหลือ 25.2, 42.6 และ 57.2 cmole L^{-1} ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากการขังน้ำจะไปช่วยชะล้างเกลือ Na ลงไปด้านล่างเกินระดับรากข้าวและช่วยให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตได้

ตารางที่ 12 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	pH	EC_e (dS m^{-1})	OM (%)	Extractable (mg kg^{-1})		Soluble cations (cmole L^{-1})		
				P Bray II	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
ดินไม่เค็ม	4.46	1.01	0.589	10.43	47.6	1.23	0.503	13.2
ดินเค็มน้อย	4.41	1.62	0.547	8.64	57.5	2.07	0.824	25.2
ดินเค็มปานกลาง	5.33	2.41	0.678	7.50	57.5	2.37	0.993	43.6
ดินเค็มจัด	6.83	3.10	0.313	9.00	49.3	2.90	1.170	57.2

จากการทดลองปลูกข้าวเป็นเวลา 2 ปี พบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังนี้

ความเป็นกรด-ด่างของดิน ในพื้นที่ดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลาง มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ในขณะที่ในพื้นที่ดินเค็มจัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน เพิ่มขึ้นชัดเจน คือเพิ่มจาก 4.70 เป็น 6.30

หลังการทดลองปลูกข้าว 2 ปี โดยทั่วไปค่าการนำไฟฟ้าของดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีการของ Chapman (1965) มีค่าเฉลี่ยลดลง โดยที่ในพื้นที่ดินเค็มน้อยค่าการนำไฟฟ้าของดินลดลงจาก 3.11 dS m^{-1} เป็น 1.16 dS m^{-1} ในขณะที่พื้นที่ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัดลดลงจาก 7.44 และ 8.42 dS m^{-1} เป็น 4.23 และ 4.02 dS m^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 13) เช่นเดียวกับโซเดียมที่ละลายได้ ลดลงอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด โดยลดลงจาก 164 และ 336 cmole L^{-1} เป็น 48.7 และ 44.0 cmole L^{-1} ตามลำดับ จากตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่า ในดินก่อนการทดลองโซเดียมที่ละลายได้มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าของดินอย่างชัดเจน ภายหลังการทดลอง 2 ปี พบว่าค่าโซเดียมที่ละลายได้ลดลงอย่างชัดเจน และมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าการนำไฟฟ้าของดินอย่างชัดเจนเช่นกัน (ตารางที่ 13)

หลังการทดลอง 2 ปี พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ในพื้นที่ดินไม่เค็ม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือเพิ่มขึ้นจาก 0.47 เป็น 0.88 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อินทรียวัตถุในพื้นที่ดินเค็มน้อยและดินเค็มจัดมีแนวโน้มลดลง โดยที่ในพื้นที่ดินเค็มน้อยลดลงจาก 1.05 เป็น 0.80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในดินเค็มจัดลดลงเล็กน้อยจาก 0.39 เป็น 0.323 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

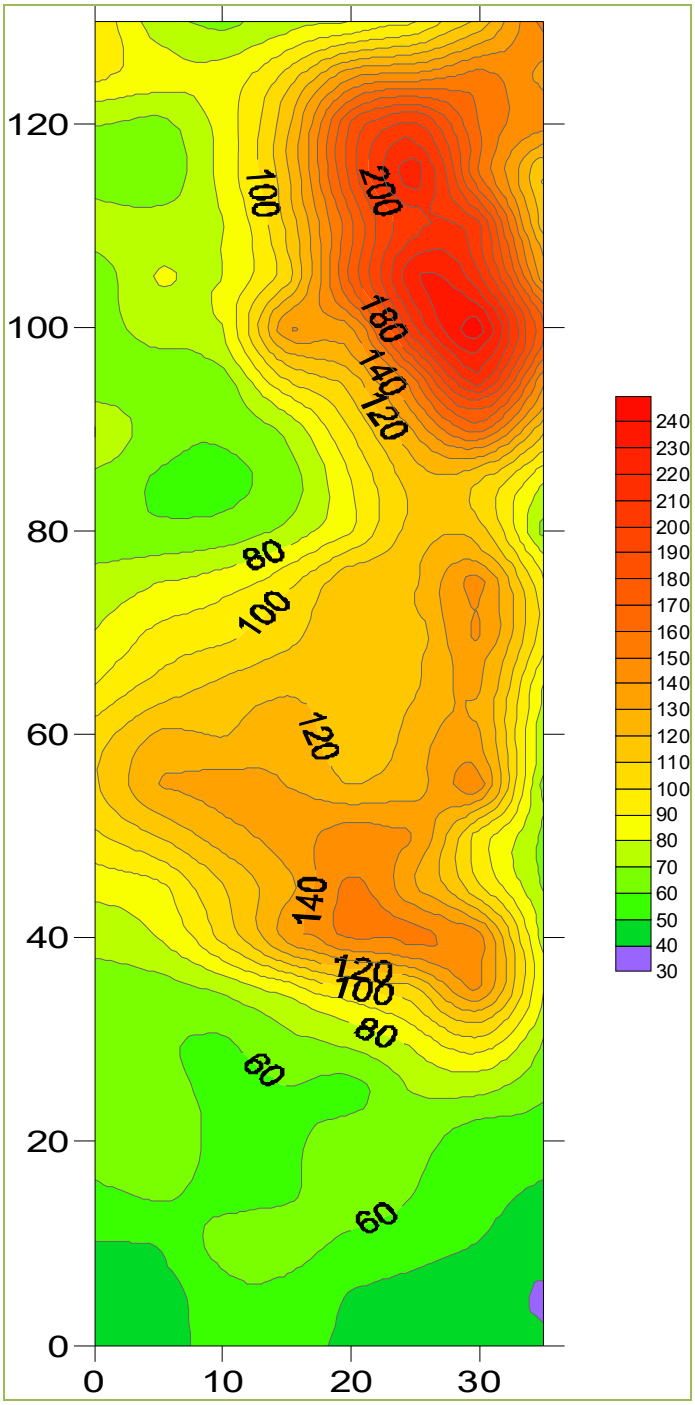
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในพื้นที่ดินไม่เค็มมีปริมาณลดลงเล็กน้อย คือลดจาก 7.67 เป็น 7.29 mg kg^{-1} ในขณะที่ในพื้นที่ดินเค็มน้อยและเค็มจัด ปริมาณฟอสฟอรัส ลดลงอย่างชัดเจน คือลดลงจาก 14.0 เป็น 8.55 mg kg^{-1} และ 8.00 เป็น 3.67 mg kg^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ยกเว้นปริมาณโพแทสเซียม ในพื้นที่ดินเค็มน้อยที่มีค่าลดลงอย่างชัดเจนลดลงจาก 60.0 เป็น 35.8 mg kg^{-1} (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551 (เก็บ มีนาคม 2552)

ระดับความเค็ม	pH	EC_e (dS m^{-1})	OM (%)	Extractable (mg kg^{-1})		Soluble cations (cmole L^{-1})		
				P Bray II	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
ดินไม่เค็ม	4.91	1.12	0.879	7.29	26.9	0.95	0.534	9.37
ดินเค็มน้อย	4.93	1.16	0.796	8.55	35.8	1.08	0.814	9.84
ดินเค็มปานกลาง	5.23	4.23	0.523	6.00	32.0	4.04	1.785	48.72
ดินเค็มจัด	6.30	4.02	0.323	3.67	31.7	1.95	1.253	43.98

2) บ้านกู่กาสิงห์ ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด

ในพื้นที่บ้านกู่กาสิงห์ ทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ 4 ไร่ ซึ่งบริเวณดังกล่าวถูกจำแนกเป็นชุดดินร้อยเอ็ด ที่มีคราบเกลือหน้าดิน (Re, saline phase: Fine-loamy, mixed, subactive, isohyperthermic Aeric Kandiaquults**)** ดินเริ่มต้นมีมีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีการของ Chapman (1965) มีค่าเฉลี่ย 4.61 dS m^{-1} ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เฉลี่ย 5.38 ปริมาณอินทรียวัตถุ เฉลี่ย 0.57 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เท่ากับเฉลี่ย 6.00 และ 37.17 mg kg^{-1} ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าพื้นที่ทำการทดลองเป็นดินเค็มที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ อย่างไรก็ตามบริเวณดังกล่าวมีพื้นที่ดินเค็มระดับต่างๆ กระจายอยู่ทั่วไปทั้งดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด โดยมีการกระจายค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Apparent electrical conductivity, EC_a) ดังแสดงในภาพที่ 4 และมีค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) เฉลี่ยในแต่ละระดับความเค็มเท่ากับ 0.81, 3.68, 6.50 และ 9.37 dS m^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 14) สำหรับปริมาณน้ำฝนในช่วง 2 ปี ที่ทำการทดลองเท่ากับ 1,114 และ 1,568 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งการกระจายตัวของฝนแสดงในตารางภาคผนวกที่ 7 และ 8



ภาพที่ 4 ค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EC_a) บ้านกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด

ตารางที่ 14 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	pH	EC_e (dS m^{-1})	OM (%)	Extractable (mg kg^{-1})		Soluble cations (cmole L^{-1})		
				P Bray II	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
ดินไม่เค็ม	5.40	0.81	0.84	8.00	37.0	2.09	0.67	17.4
ดินเค็มน้อย	5.20	3.68	0.21	4.00	28.0	7.72	1.99	62.8
ดินเค็มปานกลาง	5.30	6.50	0.55	5.50	22.5	7.27	1.99	58.9
ดินเค็มจัด	5.70	9.37	0.46	5.00	76.0	25.28	8.47	133.9

2.1) ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

การศึกษาในปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) จะเห็นได้ว่าข้าวมีการเจริญเติบโตให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงข้าวที่อำเภอสุวรรณภูมิ สำหรับการตอบสนองต่อความเค็มจะคล้ายๆ กันดังนี้ คือพบผลกระทบของความเค็มต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นข้าว ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มและดินเค็มน้อยมีความสูงเฉลี่ย 133 เซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าข้าวที่ปลูกในดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัดความสูงเฉลี่ย 119 เซนติเมตร โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ในขณะที่จำนวนต้นและจำนวนรวงต่อพื้นที่ 50×50 เซนติเมตร ตอบสนองต่อความเค็มในทำนองเดียวกันคือ จำนวนต้น จำนวนรวงของข้าวในพื้นที่ดินไม่เค็ม เค็มน้อย และเค็มปานกลางไม่แตกต่างกันทางสถิติ (มีจำนวนต้นเท่ากับ 95.3, 72.5 และ 71.8 ต้น ตามลำดับ มีจำนวนรวง 85.0, 61.4 และ 62.8 รวงตามลำดับ) แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัด ในพื้นที่ดินเค็มจัดมีจำนวนต้นจำนวนรวง ต่ำสุดคือ 32.5 และ 28.4 ต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

สำหรับผลผลิตข้าว จากการทดลองในปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่า ความเค็มของดินส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าวอย่างชัดเจน ผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัดลดลงอย่างชัดเจนเหลือ 270 กิโลกรัมต่อไร่ และ 170 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับดินไม่เค็มและดินเค็มน้อย ซึ่งให้ผลผลิต 419 และ 425 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

เมื่อทดลองซ้ำในปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) พบว่าการตอบสนองของข้าวต่อความเค็มเป็นไปทำนองเดียวกันกับปีแรก คือข้าวในดินไม่เค็มและเค็มน้อยมีความสูง 129 และ 130 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าข้าวในดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัดที่มีความสูง เฉลี่ย 117 เซนติเมตร โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มมีจำนวนต้นและรวงสูงสุดคือ 50.5 และ 49.5 ต้นตามลำดับ ในขณะที่ดินเค็มจัดมีค่าต่ำสูง คือ 30.3 และ 30.0 ต้น ตามลำดับ แต่ในปีที่ 2 นี้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16)

ในปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) พบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มและเค็มน้อยให้ผลผลิตลดลง ในขณะที่ข้าวในดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัดให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปีแรก โดยที่ข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็ม และดินเค็มน้อยให้ผลผลิต 385 และ 379 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด ที่ให้ผลผลิต 298 และ 289 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

จากผลการทดลองทั้ง 2 ปี แสดงให้เห็นว่าพื้นที่บ้านกู่กาสิงห์ ตำบลกู่กาสิงห์ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด บริเวณที่เป็นดินเค็มปานกลางขึ้นไป ไม่เหมาะสำหรับปลูกข้าว เนื่องจากให้ผลผลิตข้าวลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มและเค็มน้อย ทั้ง 2 ปี

ตารางที่ 15 ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	ความสูง (ซม.)	ต้น/50×50 ซม.	รวง/50×50 ซม.	ผลผลิต (กก./ไร่)
ดินไม่เค็ม	133	95.3	85.0	419
ดินเค็มน้อย	133	72.5	61.4	425
ดินเค็มปานกลาง	119	71.8	62.8	270
ดินเค็มจัด	119	32.5	28.4	170
F-test	*	*	*	**
CV. (%)	8.3	43.0	48.6	26.0
LSD $_{0.05}$	10.7	30.0	29.5	85.6
LSD $_{0.01}$	-	-	-	115

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 16 ผลของระดับความเค็มของดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551

ระดับความเค็ม	ความสูง (ซม.)	ต้น/50×50 ซม.	รวง/50×50 ซม.	ผลผลิต (กก./ไร่)
ดินไม่เค็ม	129	50.5	49.5	385
ดินเค็มน้อย	130	47.5	46.9	379
ดินเค็มปานกลาง	117	38.6	37.1	298
ดินเค็มจัด	117	30.3	29.6	289
F-test	*	Ns	ns	*
CV. (%)	7.99	33.8	33.6	20.1
LSD $_{0.05}$	10.1	-	-	69.4

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารทั้งในลำต้นและเมล็ดข้าว ในปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่าปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ในต้นข้าวมีปริมาณลดลงเล็กน้อย โดยปริมาณไนโตรเจนลดลงจาก 0.720 เปอร์เซ็นต์ในดินไม่เค็มเป็น 0.596 เปอร์เซ็นต์ในดินเค็มจัด ปริมาณฟอสฟอรัสลดลงจาก 0.155 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.135 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย คือเพิ่มจาก 0.946 เปอร์เซ็นต์ในดินไม่เค็มเป็น 0.983 เปอร์เซ็นต์ในดินเค็มจัด แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน และพบว่าปริมาณโซเดียมในต้นข้าวเพิ่มขึ้นจาก 0.186 เปอร์เซ็นต์ในดินไม่เค็ม เป็น 0.266, 0.363 และ 0.381 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในพื้นที่ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด อย่างไรก็ตามผลของความเค็มของดินต่อปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ โซเดียม ในเมล็ดข้าวแสดงออกไม่ชัดเจน โดยปริมาณโพแทสเซียมมีค่าเท่ากับ 0.586, 0.563, 0.961 และ 0.983 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณโซเดียมมีค่าเท่ากับ 0.009, 0.010, 0.044 และ 0.016 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 17 ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	N		P		K		Na	
	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด
ดินไม่เค็ม	0.720	1.023	0.155	0.524	0.946	0.586	0.186	0.009
ดินเค็มน้อย	0.696	1.128	0.158	0.496	0.739	0.563	0.266	0.010
ดินเค็มปานกลาง	0.700	1.065	0.155	0.548	0.961	0.633	0.363	0.044
ดินเค็มจัด	0.596	1.094	0.135	0.490	0.983	0.549	0.381	0.016
F-test	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV. (%)	24.3	15.2	18.2	13.0	36.9	16.4	77.5	174
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) เมื่อพิจารณาผลของความเค็มต่อปริมาณธาตุอาหารในต้นข้าว พบว่าปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัส มีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับปีแรก โดยปริมาณไนโตรเจนลดลงจาก 0.984 เปอร์เซ็นต์ ในดินไม่เค็มเป็น 0.843 เปอร์เซ็นต์ในดินเค็มจัด ปริมาณฟอสฟอรัสลดลงจาก 0.166 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.165 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียม และ โซเดียมมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ปริมาณโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นจาก 0.733 เป็น 0.821, 0.896 และ 1.075 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ โดยในพื้นที่ดินเค็มจัดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับพื้นที่ดินไม่เค็ม ปริมาณโซเดียมเพิ่มขึ้นจาก 0.174 เป็น 0.179, 0.376 และ 0.225 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ปานกลาง และเค็มจัด ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากข้อมูลมีการแปรปรวนสูง (ตารางที่ 18) สำหรับปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดเป็นไปทำนองเดียวกับปีแรกที่ทำการทดลอง พบว่าความเค็มของดินไม่มีผลต่อปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ โซเดียม โดยปริมาณโพแทสเซียมมีค่าเท่ากับ 0.214,

0.206, 0.191 และ 0.205 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณโซเดียมมีค่าเท่ากับ 0.003, 0.005, 0.025 และ 0.005 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ผลของระดับความเค็มของดินต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นและเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 (%) ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551

ระดับความเค็ม	N		P		K		Na	
	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด	ต้น	เมล็ด
ดินไม่เค็ม	0.984	1.16	0.166	0.208	0.733	0.214	0.174	0.003
ดินเค็มน้อย	0.841	1.22	0.179	0.229	0.821	0.206	0.179	0.005
ดินเค็มปานกลาง	0.928	1.19	0.164	0.223	0.896	0.191	0.376	0.025
ดินเค็มจัด	0.843	1.20	0.165	0.209	1.075	0.205	0.225	0.005
F-test	ns	ns	Ns	ns	*	ns	ns	ns
CV. (%)	20.7	7.93	18.8	13.5	29.0	23.6	113	232
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-	0.26	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.2) ผลของระดับความเค็มของดินต่อลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดที่นำมาศึกษา เช่นเดียวกับแปลงที่อำเภอสุวรรณภูมิ ซึ่งผลการทดลองเป็นดังนี้

ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก ในปีแรก (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่าความเค็มของดินไม่มีผลต่อความยาวและความกว้างของเมล็ดข้าว คือแต่ละระดับความเค็มไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวมีความยาวเมล็ดเท่ากับ 10.6 มิลลิเมตร และมีความกว้างของเมล็ด 2.54-2.55 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในส่วนของความหนาของเมล็ด คือ เมล็ดของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มและดินเค็มน้อยจะมีความหนาเมล็ดมากกว่าเมล็ดข้าวที่ปลูกในดินปานกลางถึงดินเค็มจัด โดยข้าวที่ปลูกในดินเค็มน้อยมีความหนาของเมล็ดสูงสุดคือ 2.04 มิลลิเมตร ข้าวที่ปลูกในดินเค็มจัดความหนาของเมล็ดต่ำสุดคือ 1.99 มิลลิเมตร อย่างไรก็ตามขนาดของเมล็ดข้าวอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานทั้งในดินเค็มและดินไม่เค็ม ซึ่งขนาดของเมล็ดนี้ไปส่งผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด คือ น้ำหนัก 100 เมล็ดจะลดลงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในแปลงที่ดินเป็นดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด ในพื้นที่ดินเค็มน้อยข้าวมีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงสุดคือ 3.02 กรัม และพื้นที่ดินเค็มจัดมีค่าต่ำสุดคือ 2.84 กรัม (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักข้าวเปลือกของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก (มม.)			น้ำหนักข้าวเปลือก (กรัม/100 เมล็ด)
	ยาว	กว้าง	หนา	
ดินไม่เค็ม	10.6	2.55	2.03	2.99
ดินเค็มน้อย	10.6	2.55	2.04	3.02
ดินเค็มปานกลาง	10.6	2.55	2.00	2.90
ดินเค็มจัด	10.6	2.54	1.99	2.84
F-test	ns	Ns	*	*
CV. (%)	0.82	0.62	1.15	3.04
LSD $_{0.05}$	-	-	0.02	0.09

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

สำหรับปีที่สองที่ทำการทดลอง (ฤดูปลูก 2551/2552) พบว่า ความยาวและความกว้างของเมล็ดข้าวไม่ได้รับผลกระทบจากความเค็มเช่นเดียวกับปีแรก โดยข้าวมีความยาวเมล็ดเท่ากับ 10.2-10.3 มิลลิเมตร และมีความกว้างของเมล็ด 2.40-2.42 มิลลิเมตร สำหรับความหนาของเมล็ดในปีนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากความเค็มซึ่งต่างจากปีที่แล้วซึ่ง โดยเมล็ดข้าวมีความหนา 1.92-1.93 มิลลิเมตร ซึ่งมีผลทำให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวที่ระดับความเค็มต่างๆ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวอยู่ในช่วง 2.40-2.44 มิลลิเมตร (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ผลของระดับความเค็มของดินต่อขนาดและน้ำหนักข้าวเปลือกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551

ระดับความเค็ม	ขนาดเมล็ดข้าวเปลือก (มม.)			น้ำหนักข้าวเปลือก (กรัม/100 เมล็ด)
	ยาว	กว้าง	หนา	
ดินไม่เค็ม	10.2	2.42	1.93	2.44
ดินเค็มน้อย	10.3	2.40	1.93	2.41
ดินเค็มปานกลาง	10.3	2.40	1.92	2.40
ดินเค็มจัด	10.3	2.42	1.92	2.40
F-test	ns	Ns	ns	ns
CV. (%)	1.42	1.57	1.19	4.14
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

สำหรับคุณภาพข้าวด้านเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และความแกร่ง พบว่าในปีแรกที่ทำการศึกษา (ฤดูปลูก 2550/2551) ข้าวจะให้เปอร์เซ็นต์ข้าวสารลดลง เมื่อความเค็มของดินเพิ่มมากขึ้น คือ ลดลงจาก 68.3 เปอร์เซ็นต์ในพื้นที่ดินไม่เค็ม เป็น 66.5 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินเค็มจัด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ข้าวที่ปลูกในดินเค็มน้อยและดินเค็มปานกลางไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาผลของความเค็มของดินต่อเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว พบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 52.1 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดที่มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 49.3 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในดินเค็มน้อยและดินเค็มปานกลางทีมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 50.8 และ 50.3 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามคุณภาพการสีจัดว่าอยู่ในระดับดี และพบว่าความแกร่งของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มมีความแกร่งมากที่สุด คือ 11.9 ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในดินเค็มระดับต่างๆ ซึ่งมีความแกร่ง 11.9, 11.2 และ 10.9 (ตารางที่ 21)

ในขณะที่ปีที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) ผลที่ได้รับแตกต่างจากปีแรกคือไม่พบอิทธิพลของความเค็มต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว โดยข้าวมีเปอร์เซ็นต์ข้าวสารระหว่าง 65.7-66.5 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวระหว่าง 45.6-46.1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามคุณภาพการสีจัดว่าอยู่ในระดับดี เช่นเดียวกับปีแรกที่ทดลอง แต่พบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มน้อย มีค่าความแกร่งสูงสุดคือ 10.6 ซึ่งสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็ม ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ที่มีความแกร่งเท่ากันคือ 10.1 (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ผลของระดับความเค็มของดินต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว และความแกร่งของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด

ระดับความเค็ม	ข้าวสาร (%)		เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (%)		ความแกร่ง	
	2550	2551	2550	2551	2550	2551
ดินไม่เค็ม	68.3	66.0	52.1	45.6	11.9	10.1
ดินเค็มน้อย	67.8	65.7	50.8	46.1	11.2	10.6
ดินเค็มปานกลาง	67.1	66.3	50.3	45.8	10.9	10.1
ดินเค็มจัด	66.5	66.5	49.3	45.6	10.9	10.1
F-test	*	Ns	*	ns	*	*
CV. (%)	1.31	1.14	3.38	11.76	4.88	3.68
LSD $_{0.05}$	0.90	-	1.78	-	0.56	0.39

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2.3) ผลของระดับความเค็มของดินต่อค่าอมิโลสและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ปีแรกที่ทำการศึกษา (ฤดูปลูก 2550/2551) พบว่า ปริมาณอมิโลสของข้าวที่ปลูกในดินเค็มปานกลางมีค่าต่ำที่สุด คือ 16.1 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับดินเค็มระดับอื่นๆ ซึ่งจัดอยู่ในข้าวที่มีอมิโลสต่ำ ข้าวสุกมีลักษณะเหนียวนุ่ม เช่นเดียวกับความหอมของข้าว ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งที่

ปลูกในพื้นที่ดินเค็มและดินไม่เค็ม (ตารางที่ 22) โดยมีค่าคะแนนความหอมระหว่าง 1.50–1.63 ซึ่งอยู่ในช่วงหอมอ่อนหรือหอมน้อย

ในฤดูปลูกที่ 2 (ฤดูปลูก 2551/2552) นี้ไม่พบอิทธิพลของความเค็มต่อปริมาณอมิโลสในเมล็ดเช่นเดียวกับปีแรก โดยในปีนี้ข้าวที่ปลูกในดินเค็มน้อยและดินเค็มจัด มีค่าอมิโลสต่ำสุดคือ 15.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณอมิโลสของข้าวที่ปลูกในระดับความเค็มอื่นอยู่ในช่วง 15.3-15.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในข้าวที่มีอมิโลสต่ำ ข้าวสุกมีลักษณะเหนียวนุ่ม นอกจากนี้ข้าวที่ปลูกในดินเค็มปานกลางมีคะแนนความหอมเฉลี่ยสูงสุดคือ 1.5 โดยที่ข้าวที่ปลูกในดินเค็มจัดมีคะแนนความหอมเฉลี่ยต่ำสุดคือ 1.13 ซึ่งอยู่ในช่วงหอมอ่อนหรือหอมน้อยเช่นกัน แต่ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในระดับความเค็มอื่นๆ จะเห็นได้ว่าที่แปลงนาอำเภอเกษตรวิสัยไม่พบอิทธิพลของความเค็มต่อสมบัติทางเคมีของข้าวด้านปริมาณอมิโลสและความหอม (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ผลของระดับความเค็มของดินต่อค่าอมิโลสและความหอมของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด

ระดับความเค็ม	ค่าอมิโลส (%)		ความหอม	
	2550	2551	2550	2551
ดินไม่เค็ม	16.4	15.3	1.63	1.25
ดินเค็มน้อย	16.3	15.2	1.63	1.38
ดินเค็มปานกลาง	16.1	15.5	1.50	1.50
ดินเค็มจัด	16.4	15.2	1.63	1.13
F-test	ns	Ns	ns	ns
CV. (%)	2.03	3.11	32.7	36.0
LSD $_{0.05}$	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2.4) การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน

จากการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 ปี หลังการเก็บเกี่ยวข้าวสุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ที่เก็บเกี่ยวข้าวในแต่ละระดับความเค็ม ซึ่งในแปลงทดลองที่อำเภอเกษตรวิสัย จะมีตัวอย่างดินระดับความเค็มละ 8 ตัวอย่าง เก็บที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตรพบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินดังแสดงในตารางที่ 23 และ 24 ดังนี้คือ

ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในปีแรกดังแสดงในตารางที่ 23

ค่าการนำไฟฟ้าของดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีการของ Chapman (1965) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยเพิ่มขึ้นจาก 0.81, 6.50 และ 9.37 dS m^{-1} เป็น 3.32, 7.80 และ 9.68 dS m^{-1} ในดินไม่เค็ม ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ ยกเว้นในดินเค็มน้อยที่มีค่าลดลงจาก 3.68 เป็น 1.89 dS m^{-1} ซึ่งค่าการนำไฟฟ้าของดินสอดคล้องกับค่าโซเดียมที่ละลายได้

โดยทั่วไปทั้งค่าอินทรียวัตถุในดิน และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง โดยมีค่าอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 0.839, 0.756, 0.733 และ 0.566 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ สำหรับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าเท่ากับ 8.00, 8.00, 9.13 และ 15.5 mg kg^{-1} ในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ ในขณะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยทั่วไปมีค่าเพิ่มขึ้น ยกเว้นในกรณีในพื้นที่ดินเค็มจัด ที่ลดลงจาก 76.0 mg kg^{-1} เป็น 45.9 mg kg^{-1}

สำหรับค่าโซเดียมที่ละลายได้ โดยทั่วไปจะเพิ่มขึ้น มีเพียงพื้นที่ดินเค็มน้อยที่มีค่าลดลง โดยเพิ่มขึ้นจาก 17.4, 58.9 และ 133.9 cmole L^{-1} เป็น 65.3, 127.0 และ 162.2 cmole L^{-1} ในดินไม่เค็ม ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโซเดียมที่ละลายได้นี้ไปมีผลโดยตรงต่อค่าการนำไฟฟ้าของดิน

หลังการทดลองปลูกข้าว 2 ปี ค่าการนำไฟฟ้าของดินซึ่งวิเคราะห์โดยวิธีการของ Chapman (1965) ค่าเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยที่ในพื้นที่ดินไม่เค็มและดินเค็มน้อย ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มจาก 0.81 และ 3.68 dS m^{-1} เป็น 2.81 และ 3.95 dS m^{-1} ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ดินเค็มปานกลางและเค็มจัด เพิ่มขึ้นจาก 6.50 และ 9.37 dS m^{-1} เป็น 18.7 และ 21.0 dS m^{-1} ตามลำดับ สำหรับในพื้นที่ดินเค็มปานกลางหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ค่าการนำไฟฟ้าได้เพิ่มขึ้นไปอยู่ในระดับที่เป็นดินเค็มจัด เช่นเดียวกับปริมาณโซเดียมที่ละลายได้ ในพื้นที่ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด เพิ่มขึ้นจาก 58.9 และ 133.9 cmole L^{-1} เป็น 289.3 และ 291.0 cmole L^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

การปลูกข้าวในช่วง 2 ปี ส่งผลให้อินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเพิ่มขึ้นจาก 0.84, 0.21, 0.55 และ 0.46 เปอร์เซ็นต์ เป็น 0.95, 1.26, 0.90 และ 0.92 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด ตามลำดับ สำหรับค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง ยกเว้นในพื้นที่ดินไม่เค็ม ที่ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ลดลงเล็กน้อยจาก 8.00 เป็น 7.25 mg kg^{-1} ในขณะที่ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลางและดินเค็มจัด เพิ่มขึ้นจาก 4.00, 5.50 และ 5.00 mg kg^{-1} เป็น 9.25, 7.63 และ 7.88 mg kg^{-1} ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ จะแปรปรวนตามปีและระดับความเค็มของดิน โดยที่หลังการทดลองในปีแรก ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในพื้นที่ดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อยและดินเค็มปานกลาง มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ในขณะที่ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในดินเค็มจัดมีค่าลดลง คือลดลงจาก 76.0 เป็น 45.9 mg kg^{-1} สำหรับค่า โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ หลังการเก็บเกี่ยวข้าวปีที่ 2 มีค่าลดลงในทุกระดับความเค็ม คือลดลงจาก 41.8, 52.9, 58.1 และ 45.9 mg kg^{-1} หลังการทดลองปีแรกเป็น 23.4, 30.3, 34.6 และ 40.8 mg kg^{-1} ตามลำดับ (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2550

ระดับความเค็ม	pH	EC_e (dS m^{-1})	OM (%)	Extractable (mg kg^{-1})		Soluble cations (cmole L^{-1})		
				P Bray II	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
ดินไม่เค็ม	4.63	3.32	0.839	8.00	41.8	4.98	1.52	65.3
ดินเค็มน้อย	4.68	1.89	0.756	8.00	52.9	3.37	1.05	21.1
ดินเค็มปานกลาง	4.60	7.80	0.733	9.13	58.1	13.82	4.44	127.0
ดินเค็มจัด	4.51	9.68	0.566	15.50	45.9	15.19	6.22	162.2

ตารางที่ 24 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการเก็บเกี่ยวข้าว ที่อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด ปี 2551 (เก็บ มีนาคม 2552)

ระดับความเค็ม	pH	EC_e (dS m^{-1})	OM (%)	Extractable (mg kg^{-1})		Soluble Cations (cmole L^{-1})		
				P Bray II	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+
ดินไม่เค็ม	4.45	2.81	0.95	7.25	23.4	5.32	2.13	22.7
ดินเค็มน้อย	4.39	3.95	1.26	9.25	30.3	9.58	3.03	37.3
ดินเค็มปานกลาง	4.35	18.71	0.90	7.63	34.6	36.85	14.97	289.4
ดินเค็มจัด	4.33	21.04	0.92	7.88	40.8	31.41	14.95	291.0

วิจารณ์

การศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ดำเนินการในพื้นที่ตัวแทนปลูกข้าว 2 แห่ง ในจังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นแหล่งที่มีการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างแพร่หลาย มีพื้นที่ปลูกบริเวณกว้าง อย่างไรก็ตามมีบางจุดที่พบว่ามีปัญหาดินเค็มที่มีระดับความเค็มแตกต่างกันแพร่กระจายอยู่ และส่งผลกระทบต่อการปลูกข้าว ซึ่งบริเวณนี้ทั้งหมดปลูกข้าวนาปีที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ข้าวที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการภายใต้การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) ซึ่งน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมกับการดำเนินงานเพื่อค้นหาคำตอบในลักษณะนี้ โดยการศึกษานี้มีการแบ่งพื้นที่เป็น 4 ระดับความเค็ม คือดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด เพื่อการศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษามีข้อวิจารณ์ผลการศึกษา แบ่งเป็นประเด็น ดังนี้

1) ผลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

จากผลการศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ทั้ง 2 ปีในพื้นที่ 2 แห่ง พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวมีการตอบสนองต่อความเค็มของดินอย่างชัดเจนคือข้าวมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 จะเป็น

พันธุ์ข้าวทนเค็มที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ดินเค็มก็ตาม แต่ก็มีความสามารถในการทนเค็มได้จำกัดเช่นกัน จากผลการทดลองในพื้นที่ดินเค็ม 2 แห่ง ในรอบ 2 ฤดูปลูกจะเห็นได้ว่าผลผลิตข้าวจะแตกต่างกัน ไม่คงที่ ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศด้วย โดยที่แปลงที่อำเภอสุวรรณภูมิ ประสบกับปัญหาสภาพแห้งแล้ง การกระจายตัวของฝนไม่ดี ส่งผลให้ข้าวได้ผลผลิตต่ำมาก ซึ่งเกี่ยวกับเรื่องนี้ Clermont–Dauphin *et al*. (2010) รายงานว่าผลผลิตข้าวในนาเขตน้ำฝน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแปรปรวนมากในแต่ละปี ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศเป็นหลัก บางปีปลูกได้ผลผลิตดี บางปีปลูกได้ผลผลิตต่ำ นอกจากปัญหาเรื่องน้ำแล้ว ยังมีปัญหาเรื่องดินเค็มที่เป็นปัญหาใหญ่ จึงเป็นความเสี่ยงในการทำนาของเกษตรกรในภาคนี้ ตัวอย่างในปี 2548 ปริมาณน้ำฝนน้อย ข้าวก็ได้รับผลกระทบจากความแห้งแล้ง ในขณะที่ปี 2549 และ2550 ฝนตกดี ข้าวก็ยังได้รับอิทธิพลของความเค็มดิน คือผลผลิต จำนวนเมล็ด และน้ำหนัก 1000 เมล็ดลดลง นอกจากปัญหาภัยแล้งแล้วความอุดมสมบูรณ์ของดินก็มีผลต่อผลผลิตข้าว โดยพื้นที่อำเภอสุวรรณภูมิ เป็นชุดดินเรณู ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าพื้นที่อำเภอเกษตรวิสัย ซึ่งเป็นชุดดินร้อยเอ็ด แต่โดยพื้นฐานแล้วความสามารถในการให้ผลผลิต (Productivity) ของ 2 ชุดดินนี้ไม่แตกต่างกัน สำหรับการปลูกข้าวไวต่อแสง คือผลผลิตคาดการณ์จากการปลูกข้าวในชุดดินเรณูเท่ากับ 354–518 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับผลผลิตคาดการณ์จากการปลูกข้าวในชุดดินร้อยเอ็ด อย่างไรก็ตามเกษตรกร พยายามหาแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการปัญหาทั้งสองอย่างนี้โดยการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ การใช้พันธุ์ข้าวทนเค็ม การจัดหาแหล่งน้ำ เป็นต้น เช่นเดียวกับรายงานของ ไพรัชและคณะ (2548) ที่ได้ศึกษาการใช้วัสดุอินทรีย์ต่างๆ ในการปลูกข้าวในดินเค็มจัดที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 23.9 dS m^{-1} โดยทดลองปลูกข้าว 3 ปี พบว่าผลผลิตข้าวแปรปรวนระหว่างปี และผลผลิตข้าวต่ำมาก แม้ว่าจะมีการปรับปรุงดิน โดยที่การใช้ปุ๋ยคอกให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 152 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การใช้โสนอัฟริกันให้ผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 130 กิโลกรัมต่อไร่ และยังมีผลการศึกษาอีกจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของผลผลิตข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และให้ผลผลิตต่ำกว่า

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็มในจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าข้าวให้ผลผลิตต่ำ และมีความแปรปรวนในแต่ละฤดูปลูก (ไพรัช, 2536; ไพรัชและสมศรี, 2536; สมศรีและคณะ, 2538; Arunin *et al*., 1994; Arunin *et al*., 1995) ในขณะที่ ไพรัชและคณะ (2538) รายงานว่าผลผลิตข้าวแปรปรวนระหว่าง 3 ปี ที่ทำการทดลอง ทั้งในระบบการปลูกแบบปักดำและการหยอดข้าวแห้ง นอกจากนี้ ไพรัชและคณะ (2550) ได้ศึกษาผลของระบบระบายน้ำร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ ในพื้นที่ดินเค็ม พบว่าข้าวได้ผลผลิตต่ำ และมีความแปรปรวนเช่นกัน

สำหรับผลกระทบจากความเค็มของดินต่อข้าว เนื่องจากความเค็มของดินส่งผลให้พืชมีอาการขาดน้ำ มีการสะสมธาตุที่เป็นพิษโดยเฉพาะโซเดียมและคลอไรด์ และเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (Luttutge *et al*., 1984; Sharma, 1984) จึงทำให้ผลผลิตข้าวลดลง Fitzgerald *et al*. (2010) กล่าวว่าปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาต่อการผลิตข้าวมาเป็นระยะเวลานาน ที่ส่งผลให้ข้าวได้ผลผลิตลดลง อย่างไรก็ตามข้าวก็สามารถเจริญเติบโตได้ในดินเค็ม เนื่องจากข้าวมีกลไกในการปรับตัวให้อยู่รอดในสภาพดังกล่าวคือกลไกการกีดกัน (Exclusion) ควบคุมการดูดไอออนพิษของราก การจัดเก็บไอออนพิษในต้นพืช โดยการเคลื่อนย้ายไอออนพิษไปยังลำต้น กาบใบและแผ่นใบแก่ และการกักเก็บไอออนพิษไว้ในแวคิวโอลหรือผนังเซลล์ (นงคราญและยงยุทธ, 2558) ในขณะที่ Horie *et al*. (2012) สรุปว่าข้าวถูกจำแนกให้เป็นพืชที่เจริญได้ดีในสภาพที่มีความเข้มข้นของเกลือที่ต่ำ (Glycophytes) มีกลไกในการทนเค็มคือมีความสามารถในการป้องกันการสูญเสียน้ำเนื่องจากแรงดันออสโมติก (Osmotic pressure) ที่เพิ่มขึ้น มีการพัฒนาที่เกี่ยวกับเซลล์ในการป้องกันพิษจากโซเดียมอิออน และมีการเคลื่อนย้ายอิออนผ่านทาง apoplastic pathway

จากการทดลองนี้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 มีจำนวนต้นต่อพื้นที่ และผลผลิตลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ดินเค็มจัดที่ได้รับผลกระทบอย่างชัดเจน ทั้ง 2 ชุดดินที่ทำการศึกษา ทั้งนี้

เนื่องจากข้าวเป็นพืชทนเค็มได้ระดับปานกลาง (Pearson and Bernstein, 1959; Alphen, 1983) อย่างไรก็ตามผลผลิตอยู่ในระดับต่ำ โดยที่ Boje-Klein (1986) รายงานว่าผลผลิตข้าวจะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดินมีค่าการนำไฟฟ้า 7.40 dS m^{-1} ซึ่งมีรายงานผลการศึกษายืนยันเป็นจำนวนมากเกี่ยวกับผลของความเค็มดินกับผลผลิตข้าว ในขณะที่ Siscar-Lee *et al*. (1990) รายงานว่าข้าวจำนวน 4 พันธุ์ ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความเค็ม 5-6 dS m^{-1} ในประเทศปากีสถาน ให้ผลผลิตต่ำกว่าแปลงควบคุมซึ่งเป็นพื้นที่ไม่เค็ม Beecher (1991) รายงานเช่นกันว่าที่ระดับความเค็มของดินที่ 4 dS m^{-1} มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของข้าว และให้ผลผลิตลดลง 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการทดลองในสารละลายก็เช่นเดียวกัน พบผลของความเค็มต่อการเจริญเติบโตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในสารละลาย พบว่าการเจริญเติบโต และน้ำในเซลล์ข้าวลดลงอย่างต่อเนื่อง (Summart *et al.*, 2010) ในขณะที่ นงคราญและยงยุทธ (2558) สรุปไว้ว่าเมื่อระดับความเค็มของดินเพิ่มขึ้นข้าวได้รับผลกระทบของความเค็มคือ ให้ผลผลิตลดลง เมล็ดต่อไร่ต่ำลงจำนวนเมล็ดต่อรวงลดลง ข้าวมีน้ำหนัก 1000 เมล็ดต่ำ อย่างไรก็ตามการลดลงของผลผลิตขึ้นกับพันธุ์ด้วย ดังรายงานของ Gay *et al*. (2010) คือในพันธุ์ที่อ่อนแอต่อความเค็มผลผลิตลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงมากกว่าพันธุ์ทนเค็ม

อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้ ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมีค่า CV สูง อาจเนื่องจาก

ก) จำนวนตัวอย่างสำหรับการประเมินจำนวนต้นและจำนวนรวงในพื้นที่ขนาด 50×50 เซนติเมตร อาจจะน้อยเกินไปสำหรับการทดลองในพื้นที่ดินเค็ม ซึ่งมีความแปรปรวนในพื้นที่มาก

ข) การทดลองในพื้นที่ดินเค็ม พื้นที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอ มีความแปรปรวนสูง อาจจะส่งผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวในแต่ละระดับความเค็มไม่สม่ำเสมอ มีความแปรปรวน จึงส่งผลทำให้ค่า CV สูง

2) ผลของระดับความเค็มต่อปริมาณธาตุอาหารในต้นและเมล็ด

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผลของความเค็มต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในลำต้นและเมล็ดข้าว จะแตกต่างกันตามชนิดของดิน และปีที่ทำการทดลอง

ปริมาณไนโตรเจน ความเค็มของดินไม่มีผลต่อการดูดไนโตรเจนของข้าว คือแต่ละระดับความเค็มไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ชุดดิน แต่พบว่าในระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณไนโตรเจนสะสมที่เมล็ดมากกว่าลำต้นและอยู่ในระดับที่เพียงพอ เช่นเดียวกับรายงานของ Fageria *et al*. (2003) ที่ว่าจากการเก็บตัวอย่างข้าวที่ระยะสุกแก่ แล้วนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน โดยที่ในระยะสุกแก่ไนโตรเจนส่วนมากจะเคลื่อนย้ายไปสะสมที่รวง ทำให้ความเข้มข้นที่ฟางข้าวต่ำลง และความเข้มข้นที่เพียงพอคือ 0.6-0.8 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณฟอสฟอรัส ก็เช่นเดียวกันความเค็มของดินไม่มีผลต่อการดูดฟอสฟอรัสของข้าว คือแต่ละระดับความเค็มไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ชุดดิน และพบว่าในระยะเก็บเกี่ยวมีปริมาณฟอสฟอรัสเคลื่อนย้ายไปสะสมที่เมล็ดมากกว่าลำต้น จากข้อมูลค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในข้าวจะเห็นได้ว่ามีปริมาณต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Fageria *et al*. (2003) ที่รายงานว่าในระยะสุกแก่ ฟอสฟอรัสที่เพียงพอคือ 0.6 เปอร์เซ็นต์เมื่อทำการวิเคราะห์จากฟางข้าว การประเมินตามความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ยังแสดงให้เห็นว่าข้าวที่ให้ผลผลิตสูงมีฟอสฟอรัสในใบธง ในระยะหลังการตั้งท้องสูงกว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณโพแทสเซียม จะเห็นได้ว่าผลของความเค็มต่อการดูดโพแทสเซียมขึ้นไปสะสมจะแตกต่างกันตามชนิดของดิน และปีที่ทำการทดลอง โดยในชุดดินเรณูการสะสมในลำต้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ชุดดินร้อยเอ็ดการสะสมในลำต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และพบว่าข้าวจะดูดโพแทสเซียมขึ้นไปสะสมมากกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเกี่ยวกับเรื่องนี้ ยงยุทธ (2558) สรุปไว้ว่าข้าวดูดสะสมโพแทสเซียมมากกว่าไนโตรเจนและฟอสฟอรัส อย่างไรก็ตามการดูดโพแทสเซียมขึ้นไปใช้จะแตกต่างกันตามชนิดของดิน เช่น ในดินนาเนื้อละเอียด ข้าวจะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมต่ำกว่า ในขณะที่ในดินนาเนื้อหยาบข้าว

จะตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณโพแทสเซียมในดินต่ำกว่า และข้าวต้องมีการดูดโพแทสเซียม และต้องรักษาอัตราส่วนระหว่างโซเดียมกับโพแทสเซียม (Na/K ratio) ไม่ให้สูงเกินไปจนเป็นอันตรายกับพืช (นงคราญและยงยุทธ, 2558) ปริมาณโพแทสเซียมในลำต้นข้าวที่ตรวจพบในชุดดินเรณูอยู่ระหว่าง 0.790-1.408 เปอร์เซ็นต์ และที่ตรวจพบในชุดดินร้อยเอ็ดมีค่าระหว่าง 0.733-1.075 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง Fageria *et al*. (2003) กล่าวว่าความเข้มข้นโพแทสเซียมในฟางข้าวที่เพียงพอคือ 1.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ (ในระยะสุกแก่) แต่ถ้ามีความเข้มข้นต่ำกว่า 1.2 เปอร์เซ็นต์ก็คือว่าอยู่ในระดับวิกฤต

จากผลการศึกษานี้ แสดงให้เห็นว่าความเค็มของดินมีผลโดยตรงต่อการดูดโซเดียมขึ้นไปสะสมในลำต้นข้าว คือเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณโซเดียมในต้นข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทั้งสองชุดดินที่ทำการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับ Summart *et al.* (2010) ที่รายงานว่าในเซลล์ข้าวมีการสะสมโซเดียมในปริมาณสูงในช่วงที่มีสภาพเครียด ซึ่งความเค็มของดินก็เป็นสภาพแวดล้อมที่ทำให้ข้าวเกิดความเครียด ในขณะที่การสะสมโพแทสเซียมและแคลเซียมจะลดลง แต่ในพันธุ์ข้าวที่ทนเค็ม รากข้าวจะดูดโซเดียมไอออนน้อยดูดโพแทสเซียมได้ระดับปกติ (นงคราญและยงยุทธ, 2558) สำหรับปริมาณโซเดียมในเมล็ดนั้น การตอบสนองจะแตกต่างกันขึ้นกับชุดดิน คือในชุดดินเรณูเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นปริมาณโซเดียมในเมล็ดจะเพิ่มขึ้น แต่ในชุดดินร้อยเอ็ดที่เค็ม ผลของความเค็มต่อปริมาณโซเดียมในเมล็ดข้าวยังไม่ชัดเจน องค์ประกอบของเกลืออีกอย่างคือคลอรีน ซึ่งถ้ามีการสะสมในปริมาณมากก็จะเป็นอันตรายกับพืช ยงยุทธ (2558) กล่าวว่าคลอรีน พืชต้องการเพื่อการดำรงชีวิตเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.2-1.0 เปอร์เซ็นต์โดยที่ไม่แสดงอาการเป็นพิษ ซึ่งความสามารถในการทนต่อความเป็นพิษของคลอไรด์ ที่แตกต่างกันนั้นกับชนิดพืช ซึ่งพืชที่ทนทานจะทนได้ถึง 4 เปอร์เซ็นต์ ที่สะสมในเนื้อเผื่อ ในขณะที่ Fageria (2014) รายงานว่าโดยทั่วไปข้าวจะสะสมคลอรีนมากที่รากสุดมากกว่าฟางและเมล็ดข้าว คือ 4800, 3800 และ 140 mg kg^{-1} ตามลำดับ

3) ผลของระดับความเค็มต่อคุณภาพเมล็ดข้าว

การศึกษาคุณภาพเมล็ด ในการศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็มต่อคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในครั้งนี้ประกอบด้วยการศึกษาคุณภาพเมล็ดทั้งด้านกายภาพ และเคมี ได้แก่ ขนาดเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด คุณภาพการสี (เปอร์เซ็นต์ข้าวสาร และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว) ความแกร่ง ปริมาณอมิโลส และความหอม ซึ่ง Kongseree (2001) ได้กล่าวไว้ว่าในการประเมินคุณภาพข้าวจะเกี่ยวข้องทั้งด้านความสะอาด และลักษณะทางกายภาพของเมล็ดข้าว ขนาดเมล็ดข้าวที่ยาวจัดเป็นข้าวคุณภาพดี การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีปริมาณอมิโลส ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพการหุงต้ม และความหอม (Aroma) ที่เป็นลักษณะพิเศษและถูกนำมาพิจารณาเป็นคุณภาพพิเศษของข้าว ผลของความเค็มของต่อคุณภาพเมล็ดยังไม่ชัดเจน เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่นๆ เข้ามามีอิทธิพลต่อคุณภาพเมล็ดด้วย ได้แก่ ชุดดิน ปริมาณและการกระจายของฝนในแต่ละปี การจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสภาพแวดล้อมต่างๆ

จากการศึกษาขนาดเมล็ดข้าวที่ปลูกในทั้ง 2 ชุดดิน และ 2 ปีที่ทำการศึกษา พบว่าเมล็ดข้าวมีความยาวมากกว่า 10 มิลลิเมตร ซึ่ง งามชื่น (2539ก) สรุปไว้ว่าขนาดเมล็ดข้าวที่ยาวจัดเป็นข้าวคุณภาพดี ขนาดของเมล็ดโดยทั่วไปจะพิจารณาจากความยาวของเมล็ด โดยที่ข้าวที่มีเมล็ดยาวมากกว่า 7 มิลลิเมตร จัดเป็นข้าวเมล็ดยาวชั้น 1

ปริมาณอมิโลส มีความสัมพันธ์โดยตรงกับความนุ่ม ความเหนียว ความร่วน ความแข็งของข้าวสุก ถ้ามีปริมาณอมิโลสต่ำข้าวสุกก็จะเหนียวนุ่มมากกว่า แต่ถ้ามีค่าสูงข้าวสุกก็จะร่วนและแข็ง อย่างไรก็ตามข้าวที่ปลูกในระดับความเค็มต่าง ๆ ในการทดลองนี้จัดเป็นข้าวที่มีอมิโลสต่ำคืออยู่ในช่วง 10-19 เปอร์เซ็นต์ (งามชื่น, 2539ก) ซึ่งข้าวสุกจะเหนียวนุ่ม มีคุณภาพดี จากผลการทดลองนี้ไม่พบผลของความเค็มของดินต่อปริมาณอมิโลสในเมล็ดข้าว โดยที่ในชุดดินเรณูในปีแรกที่ทำการทดลอง ปริมาณอมิโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติ

ในขณะที่ปีที่ 2 ปริมาณอมิโลสของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มจะสูงกว่าในพื้นที่ดินเค็มน้อยและเค็มปานกลาง สำหรับในชุดดินร้อยเอ็ด ปริมาณอมิโลสไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 ปี ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Siscar-Lee *et al.* (1990) ที่รายงานว่าปริมาณ อมิโลสในเมล็ดข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มปานกลางมีค่าต่ำกว่าข้าวในดินปกติ ซึ่งแสดงว่าข้าวมีความเหนียวนุ่มมากกว่า ในขณะที่ อำนาจและคณะ (2541) รายงานว่าการใส่โซเดียมในปริมาณที่ไม่ทำให้ผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105 ลดลงไม่มีผลต่อความนุ่ม คือ ค่าอมิโลสไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าใส่โซเดียมในอัตราที่ทำให้ผลผลิตลดลง ความนุ่มของข้าวสุกจะลดลง

จากข้อมูลคุณภาพเมล็ดทั้งด้านเคมีและกายภาพ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ งามชื่น (2539ก) สรุปไว้ พบว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มทั้ง 2 แห่งนี้ อยู่ในเกณฑ์ดีคือมีความยาวของเมล็ดข้าวมากกว่า 7 มิลลิเมตร มีปริมาณอมิโลสอยู่ในเกณฑ์ข้าวนุ่ม คือ 10-19 เปอร์เซ็นต์ และข้าวมีคุณภาพการสีสูง

ความหอม (Aroma) ของข้าวถือว่าเป็นคุณภาพของข้าวอย่างหนึ่งซึ่งไปมีผลต่อ ราคาของข้าว ข้าวที่มีความหอมจัดเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในและต่างประเทศ (กมลวรรณและคณะ, 2556) อย่างเช่นข้าวขาวดอกมะลิ 105 ของไทย ซึ่งมีความหอม ข้าวสุกมีลักษณะเหนียวนุ่ม มีรสชาติดี จึงเป็นที่ต้องการของตลาดมาก ในการทดสอบความหอมของข้าวมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีทั้งด้านคุณภาพและปริมาณ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ การทดสอบกลิ่นหอม โดยวิธีสกัดด้วยน้ำเกลือ และประสาทสัมผัสโดยการดม (Juliano, 2003) โดยมีเกณฑ์ในการให้คะแนนความหอมดังนี้ คะแนน 0 หมายถึง ไม่หอม คะแนน 1 หมายถึง หอมอ่อนหรือหอมน้อย คะแนน 2 หมายถึง หอมปานกลาง และคะแนน 3 หมายถึง หอมมาก ซึ่งการทดสอบโดยใช้ประสาทสัมผัสก็ยังคงใช้กันอยู่และเป็นวิธีที่สะดวก เหมาะสม ในการประเมินความหอม (Lorieux *et al*. 1996; Garland *et al*., 2000)

จากผลการศึกษาในแปลงนาเกษตรกรทั้ง 2 ชุดดิน โดยศึกษา 2 ฤดูปลูก พบว่าโดยทั่วไปแล้วความหอมของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มจะไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในดินเค็มระดับต่างๆ แต่เป็นที่สังเกตได้ว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดจะมีคะแนนความหอมที่ต่ำลง และคะแนนความหอมของข้าวจะแปรปรวนไปในแต่ละฤดูปลูก มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงความแปรปรวนของคุณภาพข้าวด้านความหอม (Arai and Itani, 2000; Itani *et al*., 2004; Yoshihashi *et al*., 2004; Gay *et al*., 2010) อย่างไรก็ตามในการศึกษาผลของความเค็มต่อความหอมของข้าวควรมีการวัดค่าปริมาณสาร 2–acetyl-1-pyrroline (2AP) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสารระเหยในความหอมของข้าวเพื่อให้ได้ค่าที่ชัดเจน Bradury *et al*. (2005) กล่าวว่าสาร 2AP มีความสัมพันธ์กับความหอมของอาหารหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับข้าวหอมพันธุ์ Basmati และข้าวหอมมะลิของไทย (Buttery *et al*., 1983; Widjaja *et al*., 1996) ในทำนองเดียวกัน Ishitani and Fushimi (1994) รายงานว่าความหอมของข้าวจากการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความเข้มข้นของสาร 2AP ในขณะที่ Hien *et al*. (2006) ได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ความหอมจากวิธีประสาทสัมผัส กับการวิเคราะห์สาร 2AP ของข้าวในเอเชีย ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ ทำให้เข้าใจธรรมชาติความหอมของข้าว โดยการทดสอบด้วยประสาทสัมผัสทำทั้งกับข้าวสุกและใบข้าว พบว่าความเข้มข้นของ 2AP ในข้าวมีความแปรปรวนมากระหว่างพันธุ์ข้าว มีค่าตั้งแต่ 0-430.7 ส่วนต่อพันล้านส่วน (part per billion, ppb) จึงไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับการทดสอบด้วยประสาทสัมผัส ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อความหอมของข้าวน่าจะมีสิ่งอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยนอกจากสาร 2AP อย่างไรก็ตามกรณีของข้าวขาวดอกมะลิ105 หอมมะลิ 85 และ Basmati370 พบว่าค่า 2AP เป็นค่าที่สมเหตุสมผล โดยข้าวขาวดอกมะลิ105 มีค่า 2AP เท่ากับ 332.2 ppb

จากผลการศึกษานี้ ความหอมของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มจะไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในดินเค็มระดับต่างๆ ซึ่งต่างจากรายงานของ Gay *et al*. (2010) ที่ได้ทำการศึกษาผลของความเค็มต่อผลผลิตและสาร 2-acetyl-1-pyrroline ในเมล็ดของข้าวหอม 3 พันธุ์ในประเทศฝรั่งเศส พบว่าความเค็มมีผลใน

ทางบวกต่อค่า 2AP ซึ่งเป็นองค์ประกอบสารระเหยในความหอมของข้าว เช่นเดียวกับ รณชัยและคณะ (2558) ที่ทำการทดสอบในสารละลายพบว่าการใส่โซเดียม ทำให้ค่า 2AP ในเมล็ดมีค่าเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อปริมาณสารหอม 2AP คือ สังกะสี (Zinc, Zn) อินทรียวัตถุ และฟอสฟอรัส ปัจจัยที่มีผลในทางลบต่อปริมาณสาร 2AP คือ ทองแดง (Copper, Cu) เหล็ก (Iron, Fe) และความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ในขณะที่ Fitzgerald *et al*. (2008) รายงานว่าไม่พบผลของความเค็มต่อความเข้มข้นสาร 2AP ในใบข้าวหอมมะลิและข้าว Basmati และพบว่าความเค็มมีผลเล็กน้อยต่อระดับ 2AP ในข้าวหอม จากการศึกษาของ อำนาจและคณะ (2541) พบว่าการเพิ่มความเค็มของดินจากระดับที่ใกล้จะทำให้ผลผลิตลดลง ไม่มีผลต่อความหอมของข้าว แต่ความนุ่มจะลดลง และการใส่โซเดียม ไม่มีผลต่อความหอมของข้าวสุก ในขณะที่ชัยนามและคณะ (2554) พบว่าโซเดียมที่ละลายน้ำได้และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีความสัมพันธ์กับความหอมของข้าวเช่นกัน คือที่ระดับความหอมที่ต่างกันปริมาณโซเดียมจะมีค่าที่แตกต่างกัน โดยที่ข้าวที่มีความหอมระดับอ่อนจะพบในดินที่มีค่าโซเดียมสูงกว่าแปลงที่นาข้าวมีความหอมระดับหอมและหอมมาก

พันธุ์ข้าวก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถในการทนเค็มและความหอมของข้าว ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นพันธุ์ทดสอบเพราะเป็นพันธุ์ที่ขึ้นได้ในดินเค็ม และมีความหอม ซึ่ง Fitzgerald *et al*. (2010) ได้รายงานว่าพันธุ์ข้าวที่มีความหอมทนเค็มน้อยกว่าพันธุ์ข้าวที่ไม่หอม เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ Betaine aldehyde dehydrogenase 2 (BADH2) ขาดหายไป ซึ่งเอนไซน์ BADH2 นี้มีบทบาทต่อการทนต่อสภาพความเครียดของพืช การที่มนุษย์ต้องการความหอมจากข้าว แล้วทำการปรับปรุงพันธุ์ คัดเลือกพันธุ์ เป็นการคัดเลือกพรรณพืชที่ให้อ่อนแอต่อความเค็ม ดังนั้นนอกจากจะมีการจัดการที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มความหอมแล้ว นักปรับปรุงพันธุ์ ใช้องค์ความรู้ที่มีเกี่ยวกับที่มาของสารหอม 2AP เพื่อปรับปรุงพันธ์ข้าวให้มีกลิ่นหอมได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อไปในอนาคต ซึ่งจะเป็นการเพิ่มผลผลิตข้าวหอมให้เพียงพอกับความต้องการของตลาด (กมลวรรณและคณะ, 2556)

4) การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดิน

การแบ่งพื้นที่โดยแบ่งเป็น 4 ระดับความเค็ม คือดินไม่เค็ม ดินเค็มน้อย ดินเค็มปานกลาง และดินเค็มจัด โดยพิจารณาจากค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (EC_a) ที่อ่านได้จากเครื่องมือ EM38 โดยนำค่าที่อ่านได้มาจัดทำเป็นแผนที่การกระจายของค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ระดับผิวดิน จากการทดลองนี้พบว่าค่าที่อ่านได้มีความสัมพันธ์กับค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ที่วัดได้จากห้องปฏิบัติการ จึงเป็นค่าที่น่าเชื่อถือในการประเมินระดับความเค็มของดินในเบื้องต้น ซึ่งวิธีการที่ใช้เครื่อง EM38 ประเมินระดับนี้เป็นวิธีการที่เป็นที่ยอมรับในการประเมินระดับความเค็มของดิน สำหรับการทดลอง การทำการเกษตรและใช้กันมาเป็นเวลานาน โดย Mckenzie *et al*. (1997) ได้กล่าวว่าการใช้เครื่องมือวัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารุ่น EM38 เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าสำหรับการประเมินพื้นที่ดินเค็ม และการทดลองเกี่ยวกับพืชทนเค็ม เครื่องมือ EM38 เป็นเครื่องมือที่ใช้ได้ง่าย สะดวก เหมาะกับการใช้ในแปลงทดลอง สามารถอ่านเป็นค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดิน (EC_a) ได้เลย และบันทึกข้อมูลโดยการจดบันทึกในขณะที่บางรุ่นสามารถบันทึกแบบอัตโนมัติที่ตัวบันทึกข้อมูลและส่งต่อข้อมูลสู่ระบบคอมพิวเตอร์ สำหรับในการทดลองนี้ใช้ประเมินผลของความเค็มของดินต่อผลผลิตและคุณภาพของข้าว ในขณะที่ Johnson *et al*. (2005) กล่าวว่าได้ใช้ค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดิน ในการทำแปลงวิจัยเช่นกัน และยังสามารถใช้ในการประเมินความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองได้อีกด้วย ทำให้นักวิจัยทราบในเบื้องต้นถึงสาเหตุของการแสดงออกของพืช นอกจากจะนำมาใช้ในการวิจัย Sudduth *et al*. (2001) ได้นำค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของดินที่อ่านได้มาใช้ในการจัดการกับการทำการเกษตรที่แม่นยำ (precision

agriculture) เพื่อตรวจสอบข้อมูลความเค็มของดินเช่นเดียวกับรายงานของ Corwin and Plant (2005) ที่นำข้อมูลที่ได้จากเครื่อง EM38 มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง จะขึ้นกับชนิดของดิน ระดับความเค็มของดิน และปีที่ทำการทดลอง ในการทำนาปลูกข้าว สภาพพื้นที่แปลงจะมีสภาพน้ำท่วมขัง ย่อมทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินทั้งด้านเคมีและกายภาพ ซึ่งจะแตกต่างจากการปลูกพืชไร่ที่ไม่มีน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะความเป็นกรด-ด่างของดิน จากการทดลองนี้พบว่าในชุดดินเรณู ที่อำเภอสุวรรณภูมิ ที่เป็นดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลาง ความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สำหรับดินเค็มจัดความเป็นกรด-ด่างของดินจะเพิ่มขึ้นชัดเจน ในขณะที่ชุดดินร้อยเอ็ดที่อำเภอเกษตรวิสัย ความเป็นกรด-ด่างของดินมีแนวโน้มลดลง ซึ่งแตกต่างจากข้อสรุปของ วิภาวรรณ (2558) คือการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างของดินในดินนาน้ำขัง เป็นดังนี้คือในกรณีดินกรดจะมีความเป็นกรด-ด่างของดินสูงขึ้น ในกรณีดินด่างจะมีความเป็นกรด-ด่างของดินลดลง เนื่องจากการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนในกรณีดินเป็นกลาง ความเป็นกรด-ด่างของดินจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อย่างไรก็ตามความเป็นกรด-ด่างของดินยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีก เช่น ชนิดดิน อินทรียวัตถุของดิน ความเป็นกรด-ด่างของดินเริ่มต้น สมบัติทางเคมีของดิน (Ponnamperuma, 1972; Sahrawat, 2005) และการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างของดินจะแปรไปตามช่วงฤดูปลูก (Kirk, 2004)

ดินที่ใช้ในการปลูกข้าวจะมีบางพื้นที่ที่เป็นปัญหาดินเค็ม ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คืออยู่ในกลุ่มใหญ่ Natraqualfs ซึ่งดินล่างมีการสะสมของเกลือโซเดียมสูง เช่น ชุดดินกุลาร้องไห้ (สมศักดิ์, 2558) จากการศึกษาในครั้งนี้พบการเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้าของดินดังนี้คือ ชุดดินเรณู (Rn) ค่าการนำไฟฟ้าของดินจะลดลงหลังจากทดลอง ในขณะที่ดินชุดร้อยเอ็ด (Re) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity, EC_e) มีค่าเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับโซเดียมที่ละลายได้ (Sol. Na) ทั้งสองชุดดินที่ทำการศึกษา ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากปริมาณโซเดียมที่เพิ่มขึ้น (Beecher, 1991) ในขณะที่ วิภาวรรณ (2558) กล่าวว่าโดยทั่วไปค่าการนำไฟฟ้าของดินจะเพิ่มขึ้นในช่วง 30-40 วัน แล้วจะลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 20 วัน สาเหตุที่ทำให้ค่าค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียม เหล็ก และแมงกานีสเพิ่มขึ้น ในขณะที่ดินด่างที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอาจเกิดคาร์บอเนต (HCO^-_3) (ทัศนีย์, 2543) และหลังน้ำขังการนำไฟฟ้าของสารละลายดินมีค่าสูงขึ้นจะไปมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณเหล็ก ธาตุอาหารในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Sahrawat and Nareth, 2002) พื้นที่ดินเค็มที่ใช้ในการปลูกข้าวปกติจะมีสภาพน้ำขังซึ่งมีส่วนช่วยในการชะล้างเกลือลงด้านล่าง ช่วยลดปัญหาดินเค็มทำให้ข้าวสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างดินก็เป็นส่วนสำคัญต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินซึ่งเป็นผลมาจากความชื้นดิน ดังนั้นถ้าต้องการเปรียบเทียบควรต้องเก็บในช่วงเวลาเดียวกัน สภาพความชื้นเหมือนกัน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังการทดลองพบว่าชุดดินเรณู ปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่เค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินก่อนการทดลอง ในขณะที่ดินพื้นที่ดินเค็มมีแนวโน้มลดลง สำหรับชุดดินร้อยเอ็ด ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งในดินเค็มและดินไม่เค็ม โดยทั่วไปในการทำนาหลังการเก็บเกี่ยวข้าวก็จะมีเศษซากส่วนต่างๆ ของข้าวสะสมอยู่ในดิน ซึ่งน่าจะมีส่วนในการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อย่างไรก็ตามอินทรียวัตถุในดินย่อมมีการย่อยสลายโดยเฉพาะในพื้นที่ดินเค็มอัตราการย่อยสลายจะสูงกว่าดินปกติดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่ค่าจะลดลง ในขณะที่ Eran (2002) และ Sahrawat (2004) กล่าวว่าโดยทั่วไปแล้วในดินนามักจะมีการสะสมอินทรียวัตถุในดินสูง มีการย่อยสลายน้อยกว่าดินไร่ นอกจากนี้ยังมีการสะสมมาจากปุ๋ยอินทรีย์ที่ใส่ลงไป เศษเหลือจากฟางข้าว เป็นต้น การปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องก็จะมีการสะสมอินทรียวัตถุจากรากข้าว (Kimura *et al*., 2004)

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

1. ความเค็มของดินมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของข้าว โดยเฉพาะด้านความสูงและผลผลิตข้าว คือ เมื่อระดับความเค็มของดินมากขึ้น ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตลดลง ได้ผลผลิตลดลง ทั้ง 2 ชุดดินที่ทำการทดลอง อย่างไรก็ตามปริมาณผลผลิตจะแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม สภาพพื้นที่ การกระจายตัวของฝน ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถนำไปช่วยในการตัดสินใจในการคัดเลือกพื้นที่ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ได้ เพื่อให้ได้ผลผลิตเป็นที่น่าพอใจ และเป็นการสอดคล้องกับนโยบายของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เกี่ยวกับการเลือกพืชปลูกให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และเพื่อความคุ้มค่าในการลงทุน

2. ความเค็มของดินมีผลโดยตรงต่อการดูดโซเดียมขึ้นไปสะสมในลำต้นข้าว ดังข้อมูลที่แสดงคือ เมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณโซเดียมในต้นข้าวมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทั้งสองชุดดินที่ทำการทดลอง สำหรับปริมาณโซเดียมในเมล็ดนั้น การตอบสนองจะแตกต่างกันขึ้นกับชุดดิน คือในชุดดินเรณูเมื่อระดับความเค็มเพิ่มขึ้นปริมาณโซเดียมในเมล็ดจะเพิ่มขึ้น แต่ในชุดดินร้อยเอ็ดที่เค็ม ผลของความเค็มต่อปริมาณโซเดียมในเมล็ดข้าวยังไม่ชัดเจน ในขณะที่ผลของความเค็มต่อปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จะแตกต่างกันตามชนิดของดิน และปีที่ทำการทดลอง ซึ่งสิ่งนี้ก็จะเป็นประโยชน์ต่อไปในการศึกษาต่อยอดเกี่ยวกับการที่จะเพิ่มธาตุอาหารลงไปในดิน เพื่อเพิ่มธาตุอาหารในเมล็ดข้าว ซึ่งจะต้องมีการศึกษา ทดสอบให้ดี ละเอียดรอบคอบเนื่องจาก ดินที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อการดูดซับธาตุอาหารที่แตกต่างกัน

3. สำหรับผลของความเค็มต่อคุณภาพเมล็ดที่ขนาดเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และความแกร่ง ยังไม่ชัดเจนใน 2 ชุดดินที่ทำการศึกษานี้ จึงควรที่จะมีการศึกษาเพิ่มเติมในชุดดินอื่นที่มีปัญหาเรื่องความเค็มและใช้ในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เนื่องจากยังมีปัจจัยอื่นเข้ามามีอิทธิพลด้วย ได้แก่ ชุดดิน ปริมาณและการกระจายของฝนในแต่ละปี ซึ่งข้าวจะตอบสนองแตกต่างกันไปในแต่ละปี คุณภาพการสีโดยทั่วไปแล้วผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าคุณภาพการสีจะลดลงเมื่อปลูกข้าวในพื้นที่ดินเค็มจัด คือจะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวสารและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่ลดลง อย่างไรก็ตามข้าวทั้งหมดจัดอยู่ในข้าวที่มีคุณภาพการสีระดับดี และไม่พบผลของความเค็มต่อปริมาณอมิโลส แต่จากผลการทดลองนี้เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานแล้วพบว่าข้าวนี้จัดเป็นข้าวที่มีอมิโลสต่ำ มีลักษณะเหนียวนุ่ม

4. โดยทั่วไปแล้วความหอมของข้าวที่ปลูกในดินไม่เค็มจะไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกในดินเค็มระดับต่างๆ แต่เป็นที่สังเกตได้ว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจัดจะมีคะแนนความหอมที่ต่ำลง ซึ่งข้อมูลนี้เป็นเพียง จาก 2 ชุดดินจึงควรที่จะมีการศึกษาชุดดินอื่นด้วยเพื่อให้ทราบคำตอบเกี่ยวกับผลของความเค็มต่อความหอมของข้าว และควรศึกษาปริมาณสาร 2AP ด้วยเพื่อความชัดเจนถึงผลของความเค็มต่อความหอมและสาร 2AP และควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหอมกับสาร 2AP ในพื้นที่ดินเค็มในระดับต่างๆ ด้วยซึ่งจะเป็นประโยชน์มาก ในการเลือกพื้นที่ปลูกให้ได้ข้าวคุณภาพตรงกับความต้องการของตลาด โดยทั่วไปแล้ว ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินไม่เค็มถึงดินเค็มปานกลาง จะมีความหอมมากกว่าข้าวในพื้นที่ดินเค็มจัดแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการทดลองนี้จะเป็นประโยชน์กับเกษตรกรในการเลือกพื้นที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อให้ข้าวได้ผลผลิตในระดับที่ต้องการและเป็นข้าวที่มีคุณภาพทางการหุงต้มสูง โดยในบางพื้นที่ที่ดินเป็นดินเค็มมาก ไม่ควรปลูกข้าว เพราะให้ผลผลิตต่ำทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ จึงสามารถนำผลการศึกษานี้ไปวางแผนในการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อให้ได้คุณภาพการหุงต้มที่ดี

5. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง จะขึ้นกับชนิดของดิน ระดับความเค็มของดินและปีที่ทำการทดลอง ชุดดินเรณู ปริมาณอินทรียวัตถุในดินไม่เค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่ดินพื้นที่ดินเค็มมีแนวโน้มลดลง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มลดลง ในขณะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีเพียงดินเค็มน้อยที่ลดลงอย่างชัดเจน สำหรับชุดดินร้อยเอ็ด ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งในดิน

เค็มและดินไม่เค็ม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเค็มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะที่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์แปรปรวนขึ้นกับระดับความเค็มของดิน ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างดินก็เป็นส่วนสำคัญต่อค่าการนำไฟฟ้าของดิน ซึ่งเป็นผลมาจากความชื้นดิน ดังนั้นถ้าต้องการเปรียบเทียบควรต้องเก็บในช่วงเวลาเดียวกันสภาพความชื้นเหมือนกัน จากการศึกษาในครั้งนี้ ชุดดินเรณู (Rn) ค่าการนำไฟฟ้าของดินจะลดลงหลังจากทดลอง ในขณะที่ดินชุดร้อยเอ็ด (Re) ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการทดลอง และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับโซเดียมที่ละลายได้ทั้งสองชุดดินที่ทำการศึกษา

6. จากผลการศึกษานี้ มีประเด็นการวิจัยที่น่าจะดำเนินการเพื่อให้การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่ดินเค็มมีความสมบูรณ์ เกษตรกรได้รับผลผลิตมากขึ้นและข้าวมีคุณภาพดีขึ้น จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

6.1 การศึกษาปัจจัยที่นอกเหนือจากระดับความเค็ม ที่มีผลต่อความหอมและคุณภาพหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็ม

6.2 การศึกษาผลของการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในชุดดินอื่นๆ ที่มีปัญหาดินเค็ม ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ด ซึ่งจะทำให้ทราบว่าสมบัติของดินเป็นอย่างไรจึงจะเหมาะกับการปลูกข้าวพันธุ์นี้

6.3 การศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมกับการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในดินชนิดต่างๆ เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดที่ดี

6.4 การใช้เครื่องมือที่ทันสมัยในการวิเคราะห์สารหอมอย่างถูกต้อง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับสารหอมในเล็ดข้าว

6.5 การวิจัยเกี่ยวกับการจัดการน้ำเพื่อการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่ดินเค็ม โดยศึกษาทั้งวิธีการให้น้ำ ปริมาณน้ำ ระยะเวลาในการให้ และช่วงเวลาในการระบายน้ำก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว

6.6 การศึกษาการใช้จุลินทรีย์ทนเค็ม ในการส่งเสริมความสามารถในการทนเค็มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็ม และศึกษาผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดข้าว

คำขอบคุณ

การศึกษาอิทธิพลของระดับความเค็มต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่สำเร็จได้นี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดิน ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำการวิจัย จนประสบความสำเร็จเป็นอย่างดี ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญละเอียด สินธุเสน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน ที่ช่วยให้คำแนะนำเกี่ยวกับผลการวิเคราะห์ดินและพืช ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม ในการช่วยเก็บบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล และสุดท้ายต้องขอขอบคุณนักวิชาการและเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี กรมการข้าว ที่ช่วยดำเนินการเรื่องการวิเคราะห์คุณภาพข้าวทั้งด้านเคมีและกายภาพ

เอกสารอ้างอิง

กมลวรรณ เรียบร้อย ศรีสวัสดิ์ ขันทอง ธีรยุทธ ตู้จินดา และสุรีพร เกตุงาม. 2556. ยีนความหอมและลักษณะพื้นฐานทางอณูพันธุศาสตร์ของข้าวหอม. Thai J. Genet. 2013: 6 (2): 93-114.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มุดดิน เล่มที่ 1 ดินบนพื้นที่ราบต่ำ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 576 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพมหานคร. 304 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2539ก. คุณภาพข้าวสารและข้าวสุก. ใน: เอกสารประกอบการบรรยาย การสัมมนาเรื่อง “ข้าวกับคน”. สมาคมโรงสีข้าวไทย, โรงแรมรีเจ้นท์ ชะอำ เพชรบุรี. 23 หน้า.

งามชื่น คงเสรี. 2539ข. คุณภาพข้าวสุก. หน้า 156-160. ใน: ข้าว: ความรู้คู่ชาวนา. เอกสารวิชาการครบรอบ 80 ปี ศูนย์วิจัยปทุมธานี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

จิรพรรณ ทองสร้อย. 2551. การรปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนเค็มโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อร่วมกับการฉายรังสีแกมมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 74 หน้า.

ชัยนาม ดิสถาพร ละเอียด สินธุเสน และสุนันทา วงศ์ปิยชน. 2548. การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตและความหอมของข้าวดอกมะลิ 105 ในทุ่งกุลาร้องไห้. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

ชัยนาม ดิสถาพร ปรามโมทย์ แย้มคลี่ ไพรัช พงษ์วิเชียร ละเอียด สินธุเสน และสุนันทา วงศ์ปิยชน. 2554. การตอบสนองของความหอมและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในชุดดินบางชุดดิน. หน้า 55-64. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ กรมพัฒนาที่ดินปี 2554. อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2543. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ธีรยุทธ ตู้จินดา, J.L. Siangliw, กาญจนา ปัญญาแวว และ ไวพจน์ กันจู. 2555. Development of Single QTL near Isogenic line (NILs) of KDML105 drought tolerance. ใน: รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม ณ สานักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี.

นงคราญ มณีวรรณ และยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ดินนาที่เป็นปัญหาต่อการปลูกข้าวและแนวทางแก้ไข. หน้า 115-161. ใน: ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. ยงยุทธ โอสถสภา, บรรณาธิการ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ นพรัตน์ ม่วงประเสริฐ ปริศนา หาญวิริยะพันธุ์ และศิวะพงษ์ นฤบาล. 2542. การวิจัยและพัฒนาการผลิตข้าวอินทรีย์ เขตภาคเหนือตอนบน. เอกสารประกอบการสัมนาทางวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2541 ณ โรงแรมคุ้มสุพรรณ จ.สุพรรณบุรี วันที่ 3-5 มีนาคม 2542.

บุญดิษฐ์ วรินทร์รักษ์ และยงยุทธ โอสถสภา. 2558. ประวัติการปลูกข้าวและข้าวกับสภาพแวดล้อม. หน้า 28-60. ใน: ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. ยงยุทธ โอสถสภา, บรรณาธิการ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

ประทีป กระแสร์สินธุ์ และสุดา ยิ้มประเสริฐ. 2513. ศึกษาความทนเค็มของข้าว. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2513. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ธนพร แหไธสง จิรพรรณ ทองสร้อย พีระพงษ์ เคหัง สุรินทร์ ปิยะโชคณากุล และประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ. 2554. การคัดเลือกข้าวสายพันธุ์กลายทนเค็มและไม่ไวต่อช่วงแสงจากการชักนาให้เกิดการกลายในข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105. Thai J. Genet. 2011, 5 (1): 57-66.

พนิตา ชุติมานุกูล ศุภจิตรา ชัชวาลย์ ธีรพงษ์ บัวบูชา มีชัย เชี่ยงหลิว ธีรยุทธ ตู้จินดา อัญชลี ใจดี และบุญธิดา โฆษิตทรัพย์. 2556. การตอบสนองต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของข้าวจากประชากร CSSL ในภาวะเครียดที่เกิดจากความเค็ม ว. วิทย์. กษ. 44(2) (พิเศษ): 177-180.

พิจิกา ทิมสุกใส. 2545. การคัดเลือกข้าวเพื่อให้ทนเค็มโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 86 หน้า.

ไพรัช พงษ์วิเชียร. 2536. การใช้พืชตระกูลถั่วที่มีปมที่ลำต้น 2 ชนิด เป็นปุ๋ยพืชสดก่อนข้าวในดินเค็ม. ใน: เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการงานวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน, วันที่ 19-21 พฤษภาคม 2536, โรงแรมเวลคัมจอมเทียน เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี.

ไพรัช พงษ์วิเชียร และสมศรี อรุณินท์. 2536. อิทธิพลของปุ๋ยเคมีและวัสดุปรับปรุงดินต่อโสนอัฟริกาและข้าวในพื้นที่ดินเค็มและดินไม่เค็ม, หน้า 236-244. ใน: การวิจัยเพื่อพัฒนาการเกษตรและสิ่งแวดล้อมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น.

ไพรัช พงษ์วิเชียร สมศรี อรุณินท์ ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ และ ปราโมทย์ แย้มคลี่. 2538. ผลการใช้โสนอัฟริกันเป็นปุ๋ยพืชสดต่อวิธีการทำนาและผลผลิตถั่วพร้าหลังนาในดินเค็ม. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน.

ไพรัช พงษ์วิเชียร ชัยนาม ดิสถาพร ปราโมทย์ แย้มคลี่ และประสิทธิ์ ตันประภาส. 2549. ผลของวัสดุปรับปรุงดินร่วมกับการปลูกข้าวต่อการเคลื่อนย้ายเกลือในดินระบบระบายน้ำแบบร่องเปิดในพื้นที่ดินเค็มจัด, หน้า 526-533. ใน: เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 44 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพรัช พงษ์วิเชียร อรุณี ยูวะนิยม และประสิทธิ์ ตันประภาส. 2550. การใช้พื้นที่ดินที่มีปัญหาในเขตเกษตรน้ำฝนอย่างยั่งยืนในทุ่งเมืองเพีย จังหวัดขอนแก่น โครงการวิจัยย่อยที่ 1 ผลของปุ๋ยเคมีและวัสดุอินทรีย์ต่อผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็ม. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2550, จังหวัด เชียงใหม่. 10 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2520. สรีรวิทยาของข้าวในดินเค็ม. ใน: การสัมมนาปัญหาดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ณ สำนักงานเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น, 25-26 สิงหาคม 2520.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2558. จุลธาตุของข้าว (ส่วนที่ 2). หน้า 345–374. ใน: ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. ยงยุทธ โอสถสภา, บรรณาธิการ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.กรุงเทพมหานคร.

รณชัย ช่างศรี กฤษณา สุดทะสาร ปริชาติ คงสุวรรณ พัชราภรณ์ รักชุม ดวงใจ สุริยาอรุณโรจน์ ธานี ชื่นบาน และวราภรณ์ วงศ์บุญ. 2558. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อคุณภาพข้าวหอมมะลิไทย. หน้า 191-237. ใน: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ ข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2558. วันที่ 11-13 มีนาคม 2558, จังหวัดอุบลราชธานี.

วราภรณ์ คำบุญเรือง. 2540. ข้าวอินทรีย์. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการพัฒนางานวิจัยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว, ศูนย์ข้าวแพร่และสถานีทดลองเครือข่าย ครั้งที่ 12 วันที่ 4-5 มีนาคม 2540 ณ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ จังหวัดแพร่.

วิภาวรรณ ท้ายเมือง. 2558. ธรรมชาติของดินนา. หน้า 61-78. ใน: ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. ยงยุทธ โอสถสภา, บรรณาธิการ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.กรุงเทพมหานคร.

สมศักดิ์ สุขจันทร์. 2558. การจำแนกดินที่ใช้ปลูกข้าวหน้า. 79 -114. ใน: ดิน ธาตุอาหารและปุ๋ยข้าว. ยง ยุทธ โอสถสภา, บรรณาธิการ. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

สมศรี อรุณินท์ พรรณี รุ่งแสงจันทร์ วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์ อรุณี ยูวะนิยม เกรียงศักดิ์ หงส์โต ชัยนาม ดิสถาพร และอนงค์ สุทธาวาส. 2524. การศึกษาเปรียบเทียบข้าวทนเค็ม. หน้า 357-373 ใน: รายงานวิชาการประจำปี 2524. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

สมศรี อรุณินท์ มานพ ตันฑะเตมีย์ ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ ปราโมทย์ แย้มคลี่ และไพรัช พงษ์วิเชียร. 2538. อายุสับกลบที่เหมาะสมของโสนอัฟริกัน และ *Aeschynomene afraspera* ต่อการปลดปล่อยไนโตรเจนและผลผลิตข้าวในพื้นที่ดินเค็ม. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ, กรมพัฒนาที่ดิน.

สุปฐมา พันโนฤทธิ์ ดวงกมล แม้นศิริ และมณฑิรา มณฑาทอง. 2552. การคัดเลือก EST-SSRs ในการใช้เป็นเครื่องหมายพันธุกรรมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทนเค็มของข้าว. วารสารวิจัย มข. (บศ.). 9 (2): 22-29.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. 2553. ข้าวขาวดอกมะลิ 105. กรมการข้าว. 46 หน้า

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน. 67 หน้า

สำลี บุญญาวิวัฒน์. 2538. ข้าวขาวดอกมะลิ 105. ฝ่ายฝึกอบรม สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร 16 หน้า.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ สุภาพ บูรณากาญจน์ วารุณี วารัญญานนท์ พัชรี ตั้งตระกูล ศิริชัย สมบูรณ์พงษ์ ทรงศักดิ์ รัฐปัตย์ สัมพันธ์ รัตนสุภา ปัญญา ร่มเย็น ทรงชัย วัฒนาพายัพกุล กรรณิกา นากลาง สว่าง โรจนกุศล และพิทักษ์ พรอุไรสนิท. 2539. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.). 30: 458-474.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ สุภาพ บูรณากาญจน์ วารุณี วารัญญานนท์ พัชรี ตั้งตระกูล ทรงศักดิ์ รัฐปัตย์ สัมพันธ์ รัตนสุภา ทรงชัย วัฒนาพายัพกุล กรรณิกา นากลาง สว่าง โรจนกุศล และพิทักษ์ พรอุไรสนิท. 2540ก. ผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.). 31: 36-50.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์, สมชาย กรีฑาภิรมย์, สุภาพ บูรณากาญจน์, พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย, วารุณี วารัญญานนท์, พัชรี ตั้งตระกูล, ทรงศักดิ์ รัฐปัตย์, ทรงชัย วัฒนาพายัพกุล, กรรณิกา นากลาง, สว่าง โรจนกุศล และพิทักษ์ พรอุไรสนิท. 2540ข. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.). 31 : 175-191.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ สุภาพ บูรณากาญจน์ พรรณพิมล สุริยะพรหมชัย วารุณี วารัญญานนท์ และพัชรี ตั้งตระกูล. 2540ค. ผลของปุ๋ยกำมะถันต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.). 31: 305-316.

อำนาจ สุวรรณฤทธิ์ สมชาย กรีฑาภิรมย์ สุภาพ บูรณากาญจน์ วารุณี วารัญญานนท์ และพัชรี ตั้งตระกูล. 2541. ผลของความเค็มของดินและโซเดียมต่อคุณภาพเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105. ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.). 32: 401 - 411.

Abrol, I.P., Yadav, J.S.P. and Massoud, F.I. 1988. Salt-affected soils and their management. FAO SOIL BULLETIN 39. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome., 131 p.

Alphen, J.Cr. 1983. Rice in the reclamation of salt affected soil, Paper No. 18, page 1-17. In: The International Seminar on Ecology and Management of Problem soils in Asia. Kasetsart University and Food and Fertilizer Technology Center, Bangkok.

Arai, E. and T. Itani. 2000. Effects of early harvesting of grains on taste characteristics of cooked rice. Food Sci. Technol. Res. 6: 252-256.

Arunin, S. 1984. Characteristics and management of salt affected soil in the Northeast of Thailand, page 336-351. In: Ecology and Management of Problem Soils in Asia. Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. Taipei, Rep. of China.

Arunin, S., P. Pongwichian and E.L. Aragon. 1994. Integrated nutrient management strategies: the INSURF experience in northeast Thailand, pp. 155-171. In: Green Manure Production Systems for Asian Ricelands. IRRI. Philippines.

Arunin S., Y. Anuluxtipun and P. Pongwichian. 1995. The effect of N-fertilizer and amended *Sesbania* spp. on the N-balance and profitability of rice in saline and non saline soil, pp. 123-128. In: Proceedings on Soil Management in Sustainable Agriculture, Wye College, University of London.

Arunin, S. and P. Pongwichian**.** 2015. Salt-affected Soils and Management in Thailand. Bull. Soc. Sea Water Sci., Jpn. 69: 319-325.

Beecher, H.G. 1991. Effect of saline water on rice yields and soil properties in the Murrumbidgee Valley. Australian Journal of Experimental Agriculture. 31 (6): 819–823.

Boje-Klein, G. 1986. Problem soil as potential areas for adverse salt-tolerant rice varieties in north and southeast Asia. IRPS No. 119, November 1986. IRRI. Philippines.

Bradbury, L.M., T.L. Fitzgerald, R.J. Henry, Q. Jin and D.L. Waters. 2005. The gene forfragrance in rice. Plant Biotechnol. J. 3: 363–370.

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.

Buttery, R.G., L.C. Ling, B.O. Juliano and J.G. Turnbaugh. 1983. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. J. Agric. Food Chem. 31: 823–826.

Cha-um, S., T. Trakulyingcharoen, P. Smitamana and C. Kirdmanee. 2009. Salt tolerance in two rice cultivars differing salt tolerant abilities in responses to iso-osmotic stress. Australian Journal of Crop Science. 3 (4): 221-230.

Chang, M.H., and Q.A. Sipio. 2001. Reclamation of saline-sodic soils by rice husk. Journal of drainage and water management. 5:29-33.

Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity, page 891-901. In: Methods of Soil Analysis, Part 2. C.A. Black, ed. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. of Agro. Inc., Madison, Wisconsin. USA.

Chunthaburee, S., J. Sanitchon, W. Pattanagul and P. Theerakulpisut. 2015. Application of exogenous spermidine (Spd) improved salt tolerance of rice at the seedling and reproductive stages Procedia Environmental Sciences. 29: 134.

Clermont-Dauphin, C., N. Suwannang, O. Grünberger, C. Hammecker and J.L. Maeght. 2010. Yield of rice under water and soil salinity risks in farmers' fields in northeast Thailand. Field Crops Research. 118: 289–296.

Corwin, D.L. and R.E. Plant. 2005. Applications of apparent soil electrical conductivityin precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture**.** 46 (1–3): 1–10.

Dhawan, C.L., and V.P. Mahajan. 1968. Reclamation of saline and alkaline soils with rice hulls. Fertilite No. 32:27-32.

Fageria, N.K., N.A. Slaton and V.C. Baligar. 2003. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. Advances in Agronomy. 80: 63-152.

Fageria, N.K. 2014. Mineral Nutrition of Rice. CRC. Press. New York. 586 pp.

Fitzgerald, T.L., D.L.A. Waters and R.J. Henry. 2008. The effect of salt on betaine aldehyde dehydrogenase transcript levels and 2-acetyl-1-pyrroline concentration in fragrant and non-fragrant rice (*Oryza sativa*). Plant Sci. 175:539-546.

Fitzgerald, T.L., D.L.E. Waters, L.O. Brooks and R.J. Henry. 2010. Fragrance in rice (*Oryza sativa*) is associated with reduced yield under salt treatment. Environmental and Experimental Botany. 68: 292–300.

Garland, S., L. Lewin, A. Blakeney, R. Reinke and R. Henry. 2000. PCR-based molecular markers for the fragrance gene in rice (*Oryza sativa*. L.). Theoretical and Applied Genetics. 101(3): 364-371.

Gay, F., I. Maraval, S. Roques, Z. Günata, R. Boulanger, A. Audebert and C. Mestres. 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). Field Crops Research. 117 (1): 154-160.

Goufo, P., M. Duan, S. Wongpornchai and X. Tang. 2010. Some factors affecting the concentration of the aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in two fragrant rice cultivars grown in South China. Front. A gric. China. 4 (1): 1-9.

Hien, N.L., T. Yoshihashi, W.A. Sarhadi and Y. Hirata. 2006. Sensory test for aroma and quantitative analysis of 2-Acetyl-1-Pyrroline in Asian aromatic rice varieties. Plant Prod. Sci. 9 (3): 294-297.

Horie, T., I. Karahara and M. Katsuhara. 2012. Salinity tolerance mechanism in glycophytes: An overview with the central focus on rice plants. Rice 2012 5: 11. DOI: 10.1186/1939-8433-5-11.

Ishitani, K. and C. Fushimi. 1994. Influence of pre-and post-harvest condition on 2-acetyl-1-pyrroline concentration in aromatic rice. Koryo. 183: 73-80.

Itani, T., M. Tamaki, Y. Hayata, T. Fushimi and K. Hashizume. 2004. Variation in 2-acetyl-1-pyrroline concentration in aromatic rice grains collected in the same region in Japan and factors affecting its concentration. Plant Prod. Sci.7 (2): 178-183.

Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. Johnson, C.K., K.M. Eskridge and D.L. Corwin. 2005. Apparent soil electrical conductivity: applications for designing and evaluating field-scale experiments. Computers and Electronics in Agriculture**.** 46 (1–3): 181–202.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. Cereal Sci. Today. 16 (10): 334-340.

Juliano, B.O. 1972. The rice caryopsis and its composition, page 16-74. In: Am. Assoc. Rice Chemistry and Technology 1st. D.F. Houston, ed. Cereal Chem., Inc., St. Paul, MN.

Juliano, B.O. 2003. Grain quality evaluation, page 199-252. In: Rice Chemistry and Quality.Philippines Rice Research Institute. Island Publishing House Inc. Manila, Philippines. Cited B.O. Juliano. 2001. Asian perspective on rice sensory quality. Cereal Foods World. 46: 531-535.

Luttge, U., J. Andrew and C. Smith. 1984. Structural, biophysical and biochemical aspects of the role of leaves in plant adaptation to salinity and water stress, page 125-150. In: Salt Tolerance in Plant Strategies for Crop Improvement. C.S. Richard and G.H. Toenniessen, eds. John Wiley and Sons, New York.

Lutts, S., J.M. Kinet and J. Bouharmont. 1996. Effects of various salts and of manitol onion and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) callus cultures. J. Plant Physiol. 149: 186-195.

Kimura, M., J. Murase and Y.H. Lu. 2004. Carbon cycling in rice field ecosystem in context of input, decomposition and translocation of organic materials and the fates of theirand products CO_2 and CH_4. Soil Biol. Biochem. 36: 1399-1416.

Kirk, G. 2014. Biogeochemistry of Submerged Soils. John Wiley and Sons, Ltd. New York. 304 pp.

Kongseree, N. 2001. Rice quality and rice products, page 279-293. In: Proceeding of the Fifth ESAFS International Conference on Rice Environments and Rice Products. 27-31 May 2001, Krabi, Thailand.

Kunnoot, L. and S. Limthongkul. 2001. Role of rice varieties for adverse environments of Thailand, page 259-266. In: Proceeding of the Fifth ESAFS International Conference on Rice Environments and Rice Products. 27-31 May 2001, Krabi, Thailand.

Lorieux, M., M. Petrov, N. Huang, E. Guiderdoni and A. Ghesquiere. 1996. Aroma in rice: genetic analysis of a quantitative trait. Theoretical and Applied Genetics. 93 (7): 1145-1151.

McKenzie, R.C., R.J. George, S.A. Woods, M.E. Cannon and D.L. Bennett. 1997. Use of the Electromagnetic-Induction Meter (EM38) as a tool in managing salinisation. Hydrogeology Journal. 5 (1): 37–50.

Pan, C.L. 1964. The effect of salt concentration of irrigation water on the growth of rice and other related problems. International Rice Commission Newsletter. (FAO/IRC). 13: 4-13.

Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter. Methods of Soil Analysis. Amer. Soc. Agro.No.9. Part 2. 60: 914-925.

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

Pongwichian, P., E. Kohno, K. Roy and K. Sasada. 2013. Actual situation of management and future problems of reclamation on inland salt–affected soils in Thailand. Environmental Information Science. 27: 305-310.

Ponnamperuma, F.N. 1972. The chemistry of submerged soil. Adv. in Agron. 24: 29-96.

Ponnamperuma, F. N. and Banyopadhya, A. K. 1980. Soil Salinity as a Constraint on Food Production in the Humid Tropics, In: Priorities for Alleviating Soil-Related Constraints to Food Production in the Tropics. IRRI, Los Baños, Philippines. 206 p.

Sahrawat, K.L. 2004. Organic matter accumulation in submerged soils. Adv. Agron. 81: 169-201.

Sahrawat, K.L. 2005. Fertility and organic matter in submerged rice soil. Curr. Sci. 88: 735-739.

Sahrawat, K.L. and L.T. Nareth. 2002. A fertility index for submerged rice soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 229-236.

Shannon, M.C., J.D. Rhoades, J.H. Draper, S.C. Scardaci and M.C. Sypres. 1998. Assessment of salt tolerant in rice cultivars in response to salinity problem in Californai. Crop. Sci. 38: 394-398.

Sharma, S.K. 1984. Osmotic and ionic effects in salt sensitive and resistant wheat varieties. Indian J. Plant Physiol. 27: 153-158.

Singh, R.K., U.S. Singh and G.S. Khush. 2000. Aromatic Rices of other Countries, Aromatic Rices. Oxford & IBH Publishing Co., Pvt., Ltd., New Delhi, 281p.

Siscar-Lee, J.J.H., B.O. Juliano, R.H. Qureshi and M. Akbar. 1990. Effect of saline soil on grain quality of rices differing in salinity tolerance. Plant Foods for Human Nutrition. 40(1): 31-36.

Sripinyowanicha, S., P. Klomsakul, B. Boonburapong, T. Bangyeekhun, T. Asami, H. Gu, T. Buaboocha, S. Chadchawan. 2013. Exogenous ABA induces salt tolerance in indica rice (*Oryza sativa* L.): The role of *OsP5CS1* and *OsP5CR* gene expression during salt stress. Environmental and Experimental Botany. 86: 94– 105.

Sudduth, K.A., S.T. Drummond and N.R. Kitchen. 2001. Accuracy issues in electromagnetic induction sensing of soil electrical conductivity for precision agriculture. Computers and Electronics in Agriculture. 31 (3): 239–264.

Summart, J., P. Thanonkeo, S. Panichajakul, P. Prathepha and M.T. McManus. 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Khao Dawk Mali 105, callus culture. African Journal of Biotechnology. 9 (2): 145-152.

Suriyaarunroj, D. 2005. Molecular Breeding for Salt Tolerant Introgression Salt Tolerant QTL Confering Na^+/K^+ Ratio in Thai Hom Mali Rice. Thesis Dissertation. Kasetsart University. 78 pages.

Tanji, K. K. and N. C. Kielen. 2002. Agricultural Drainage Water Management in Arid and Semi-Arid Areas. FAO IRRIGATION AND DRAINAGE PAPER 61, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 189 p.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the Chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-35.

Widjaja, R., J.D. Craske and M. Wootton. 1996. Comparative studies on volatile components of non-fragrant and fragrant rices. J. Sci. Food Agric. 70: 151–161.

Yoshihashi, T., T.T.H. Nguyen and N. Kabaki. 2004. Area dependency of 2-acetyl-1-pyrrolinecontent in an aromatic rice variety, Khao Dawk Mali 105. JARQ 38 (2): 105-109.

Zeng, L. and Shannon, M.C. 2000. Salinity effects on the seedling growth and yield components of rice. Crop Science. 40: 996–1003.

Zhu, J.H. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. Annual Review of Plant Biology. 53: 247-273.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางเคมีของปุ๋ยคอกมูลวัว ในปี 2550 และ 2551

ปีที่ทำการศึกษา	OM (%)	N (%)	P_2O_5 (%)	K_2O (%)	pH 1:1	EC ($dS\ m^{-1}$)
ปี 2550	36.24	0.48	1.15	1.46	7.5	2.82
ปี 2551	14.81	0.61	0.92	0.96	8.7	2.30

ตารางผนวกที่ 2 แผนปฏิบัติงานประจำปี 2550

การปฏิบัติงาน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1. วัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า				x								
2. การเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลอง				x								
3. เตรียมดิน ฤดูปลูก 2550					x							
4. ปลูกข้าว ฤดูปลูก 2550						x						
5. ข้าวออกดอก ฤดูปลูก 2550										x		
6. เก็บเกี่ยวข้าว ฤดูปลูก 2550											x	

ตารางผนวกที่ 3 แผนปฏิบัติงานประจำปี 2551

การปฏิบัติงาน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1. การเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว ฤดูปลูก 2550	X											
2. เตรียมดินฤดูปลูก 2551					x							
3. ปลูกข้าว ฤดูปลูก 2551						x						
4. ข้าวออกดอก ฤดูปลูก 2551										x		
5. เก็บเกี่ยวข้าว ฤดูปลูก 2551											x	

ตารางผนวกที่ 4 แผนปฏิบัติงานประจำปี 2552

การปฏิบัติงาน	มค.	กพ.	มีค.	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.
1. การเก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว ฤดูปลูก 2551			x									
2. วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน	X	X	x	x	x	x	x	x	x			

ตารางผนวกที่ 5 ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2550 อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	-	-	-	-	-	18.6	-	-	-	-	22.8	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	-
4	-	-	-	-	5.6	15.8	-	-	-	19.6	-	-
5	-	-	-	-	11.2	0.08	49	24.3	5.2		-	-
6	-	-	-	-	88.3	-	-	65.9	-	16.4	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	15.8	-	-	-	-
9	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	11.6	-	-	-	-	5.3	-	-
11	-	-	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	45.9	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.4	-	-
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.1	-	-
15	-	-	-	-	5.5	-	-	15.7	103.9	-	-	-
16	-	-	-	-	-	3	14.4	2.9	9	-	-	-
17	-	-	-	-	-	38.6	-	16	8	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	-	1	10	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	20.03	16.9	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	8.8	-	-	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	4.9	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-		22.9	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	59.8	-	-	19.9	-	-	-	-
28	-	-	12	-	12.3	-	-	16.8	20.2	-	-	-
29	-	-	-	-	40.04	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	25.6	-	0.8	-	21	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	22.2	-	-	-	-	-
รวม	0	0	12	25.6	286.54	99.78	114.43	221.1	177.3	113.8	22.8	0
ทั้งหมด	1073.35											

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2551 อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	-	-	-	-	-	-	-	34.5	-	-	8.9	-
2	-	-	-	-	-	8.3	-	-	-	14.7	14.2	-
3	-	-	-	-	-	11.2	-	-	1.6	-	4.3	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28.2	-
5	-	-	-	-	16.8	-	-	41.5	-	-	1.7	-
6	-	-	-	-	3.2	30.03	-	1.6	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-
8	-	-	-	15.8	1.4	30.25	-	-	-	5	-	-
9	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	2.4	-	-	1.3	13.2	-	-	-
11	-	-	-	-	-	4.1	-	16.8	10.08	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-	0.5	12.4	-	-	-
13	-	-	-	-	-	34.3	-	-	-	-	-	-
14	-	-	-	-	2.8	3.1	-	-	71	-	-	-
15	-	-	-	7.2	22.6	-	-	-	30.07	-	-	-
16	-	-	-	-	19.8	18.2	-	-	110.08	-	-	-
17	-	-	-	-	-	1	-	-	7.2	-	-	-
18	-	-	-	-	-	-	23.4	-	-	-	-	-
19	-	-	-	-	14	3	-	6.9	3	-	-	-
20	-	-	-	-	22	-	9.4	-	-	-	-	-
21	-	-	11.6	-	20.6	-	-	6.9	-	2.5	-	-
22	-	-	-	-	22.2	-	-	-	5.5	1.5	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	2.2	-	-	8.1	-	-	-	-
28	-	-	-	21.7	-	-	-	-	24.8	-	-	-
29	-	-	-	13.6	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	17.6		-	-	34.6	24.5	-	-
31	-	-	-	-	-	7.9	-	-	-	-	-	-
รวม	0	0	11.6	58.3	175.6	151.38	47.8	118.1	323.53	48.2	57.3	0
ทั้งหมด	991.81											

ตารางผนวกที่ 7 ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2550 อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
3	-	-	-	-	5	-	-	-	-	84	-	-
4	-	-	-	-	-	18	-	-	-	87	-	-
5	-	-	-	-	20	-	25	18	-	16	-	-
6	-	-	-	-	30	-	-	53	-	12	-	-
7	-	-	-	-	5	-	20	-	-	5	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
10	-	-	-	-	14	-	-	-	-	41	-	-
11	-	-	-	-	-	4	-	-	6	-	-	-
12	-	-	-	-	15	1	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	11	4	-	-	-	-	-	-
14	-	43	-	-	7	9	--	-	-	54	-	-
15	-	-	-	-	19	-	5	14	111	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-	14	-	24	-	-	-
17	-	-	-	7	-	26	-	-	54	-	-	-
18	-	-	-	-	-	1	-	4	14	-	-	-
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-
28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	-	-	-	59.5	-	-	14	-	-	-	-
30	-	-	-	-	4	4	-	4	4	-	-	-
31	-	-	-	-	2	-	13	-	-	-	-	-
รวม	0	43	0	17	197.5	85	127	117	223	299	5	0
ทั้งหมด	1113.5											

ตารางผนวกที่ 8 ปริมาณและการกระจายของน้ำฝน ประจำปี 2551 อำเภอเกษตรวิสัย จังหวัดร้อยเอ็ด (มิลลิเมตร)

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	-	-	-	-	-	5	-	-	-	9	15	-
2	-	-	-	-	6	-	-	-	-	59	6	-
3	-	-	-	24	-	5	8	-	-	-	16	-
4	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	70	-
5	-	-	-	20	14	-	-	25.5	-	12	-	-
6	-	-	-	14	-	-	-	-	15	6	-	-
7	-	-	-	21	8	-	26	-	4.2	-	-	-
8	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-
10	-	-	-	-	12	-	-	6	120	-	-	-
11	-	-	-	12	-	12	-	10	-	-	-	-
12	-	-	-	-	1	-	-	22	5	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	10	2	16	-	-	-
14	-	-	-	18	-	16	-	-	34	-	-	-
15	-	-	-	-	-	16	-	-	21	-	-	-
16	-	-	-	-	-	14	-	-	117	-	-	-
17	-	-	-	-	6	42	-	-	25	-	-	-
18	-	-	-	-	-	18	9	6	-	-	-	-
19	-	-	-	-	22	48	19	6	10	-	-	-
20	-	-	-	-	52	-	26	-	24	-	-	-
21	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-
22	-	-	-	-	-	-	-	12	21	-	-	-
23	-	-	-	-	16	5	24	-	-	-	-	-
24	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-
25	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-
26	-	-	14.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-
28	-	-	-	-	5	-	-	-	140	-	-	-
29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	11	-	-	44	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
รวม	0	0	14.2	109	174	199	122	89.5	649.2	104	107	0
ทั้งหมด	1567.9											

ตารางผนวกที่ 9 ระดับความเค็มของดินและผลกระทบต่อพืช

ค่าความนำไฟฟ้า ($dS\ m^{-1}$)	ระดับความเค็ม	ผลกระทบต่อพืช
0-2	ไม่เค็ม	ไม่กระทบกระเทือน
2-4	เค็มน้อย	พืชบางชนิดได้รับผลกระทบ
4-8	เค็มปานกลาง	จำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8-16	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้
>16	เค็มจัด	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี

ที่มา: สมศรี (2539)

ตารางผนวกที่ 10 ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานไทย

ชั้นของเมล็ด	ความยาว (มม.)
เมล็ดยาวชั้น 1 (Extra long)	>7.0
เมล็ดยาวชั้น 2 (Long)	6.6-7.0
เมล็ดยาวชั้น 3 (Medium)	6.2-6.6
เมล็ดสั้น (Short)	<6.2

ที่มา: Kongseree (2001)

ตารางผนวกที่ 11 การจัดประเภทข้าวตามปริมาณอมิโลส

ประเภทข้าว	ปริมาณอมิโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก
ข้าวเหนียว	0-2	เหนียวมาก
ข้าวอมิโลสต่ำ	10-19	เหนียว นุ่ม
ข้าวอมิโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้างร่วนไม่แข็ง
ข้าวอมิโลสสูง	25-34	ร่วน แข็ง

ที่มา: งามชื่น (2539)

ตารางผนวกที่ 12 การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีตามคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน

พันธุ์ข้าว	เมล็ดยาว (มม.)	อมิโลส (%)	อุณหภูมิแป้งสุก
ข้าวสุกนุ่ม และเหนียว			
ข้าวดอกมะลิ 105*	7.4	12-17	ต่ำ
กข 15*	7.5	14-17	ต่ำ
กข 21	7.3	17-20	ต่ำ
ข้าวสุกอ่อน (ขาวตาแห้ง)			
ขาวปากหม้อ	7.7	24-26	ปานกลาง
กข 23	7.3	26-30	ปานกลาง
สุพรรณบุรี 60	7.5	19-26	ต่ำ
ข้าวสุกร่วนแข็ง (เสาไห้หรือข้าวเคี่ยว)			
เหลืองประทิว 123	7.4	28-32	ต่ำ-ปานกลาง
ปทุมธานี 60*	7.5	27-32	ต่ำ
ชัยนาท 1	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง
สุพรรณบุรี 90	7.4	27-30	ต่ำ-ปานกลาง
สุพรรณบุรี 1	7.3	29	ปานกลาง

* มีกลิ่นหอม

ที่มา: Kongseree (2001)

ตารางผนวกที่ 13 คุณภาพการสี เมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (%)	คุณภาพการสี
<31	ต่ำ
31-40	ปานกลาง
41-50	ดี
>50	ดีมาก

ภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่ 1 เครื่องมือวัดค่าการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า model EM38

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 2 การวัดการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ก) และ ค่าที่อ่านได้ (ข)

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 3 สภาพทั่วไปแปลงที่ศึกษา

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 4 การเก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยว 4×4 เมตร

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 5 การเตรียมตัวอย่าง (ก) และทดสอบความหอม ใช้วิธีประสาทสัมผัสโดยการดม (ข) โดยวิธีของ Juliano (2003)

(ก)

(ข)

ภาพผนวกที่ 6 การเตรียมตัวอย่าง (ก) และการวัดปริมาณอมิโลสด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ข) โดยวิธีของ Juliano (1971, 1972)