ความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเล *(Sesuvium portulacastrum)* บำบัดดินเค็ม

วรรณิสา พึ่งแสง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม
สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์
2552

ความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเล *(Sesuvium portulacastrum)* บำบัดดินเค็ม

วรรณิสา พึ่งแสง

คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาแล้วเห็นสมควรอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)

รองศาสตราจารย์..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร. ธวัชชัย สุภดิษฐ์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร. วิสาขา ภู่จินดา)

อาจารย์..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร. ศราวุธ อินทรเทศ)

รองศาสตราจารย์..... ประธานกรรมการ
(ดร. นพคุณ ศิริวรรณ)

รองศาสตราจารย์..... กรรมการ
(ดร. ธวัชชัย สุภดิษฐ์)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์..... กรรมการ
(ดร. วิสาขา ภู่จินดา)

อาจารย์..... กรรมการ
(ดร. ศราวุธ อินทรเทศ)

รองศาสตราจารย์..... คณบดี
(ดร. สุรสิทธิ์ วชิรขจร)

วันที่ 26 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2552

บทคัดย่อ

ชื่อวิทยานิพนธ์	ความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเล *(Sesuvium portulacastrum)* บำบัดดินเค็ม
ชื่อผู้เขียน	วรรณิสา พึ่งแสง
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม)
ปีการศึกษา	2552

การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเล *(Sesuvium portulacastrum)* บำบัดดินเค็มมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาระดับความเค็มสูงสุดที่ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลกับความสามารถในการบำบัดความเค็ม และความเป็นไปได้ของการนำผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินเค็มไปเป็นอาหารของมนุษย์ ผักเบี้ยทะเลนำมาจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี นำมาปลูก ณ โรงเรือนทดลองที่สร้างขึ้นภายในอำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือน มกราคม ถึง เมษายน พ.ศ. 2552 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเตรียมดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร รวม 6 หน่วยทดลอง หน่วยทดลองละ 28 กระถาง

ผลการศึกษา พบว่า ผักเบี้ยทะเลสามารถนำมาบำบัดดินเค็มได้ โดยส่งผลให้ปริมาณโซเดียมในดินลดลง และเพิ่มขึ้นตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ในการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะเดียวกันปริมาณโซเดียมที่สะสมในผักเบี้ยทะเลก็มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ($p < 0.05$) สำหรับอัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล พบว่าผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 4.00 เดซิเมนต์ต่อเมตร มีอัตราการเจิญเติบโตดีกว่าในหน่วยการทดลองอื่น ขณะที่มีแนวโน้มการเจริญเติบโตลงลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในส่วนของสารอาหาร พบว่า ปริมาณของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตขึ้นอยู่กับระดับความเค็มของดินที่ใช้ในการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุปได้ว่า การใช้ผักเบี้ยทะเลในการบำบัดดินเค็มนั้น ผักเบี้ยทะเลสามารถทำให้ปริมาณโซเดียมในดินลดลงได้โดยการสะสมโซเดียมไว้ที่เนื้อเยื่อ และอัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลขึ้นอยู่กับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก ซึ่งต้องใช้ในปริมาณหรืออัตราส่วนที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม ปริมาณของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต มีค่าเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเล็กน้อย ซึ่งไม่ส่งผลเมื่อนำไปบริโภค

ABSTRACT

Title of Thesis	The Possibility of Using *Sesuvium portulacastrum* in Saline Soils Treatment.
Author	Miss Wannisa Pingsang
Degree	Master of Science (Environmental Management)
Year	2009

The objectives of this research were to find out the highest level in soil salinity treatment of *Sesuvium portulacastrum*, growth rate and dietary of *S. portulacastrum*. *S. portulacastrum* were taken from The Laemphakbia Projects Initiated by His Majesty King Bhumibol Adulyadej, Tambon Laemphakbia, Amphoe Ban Laem, Phetchaburi province and planted in experimental house at Bangkhla district, Chachoengsao province during January to April 2009. The experimental plan was a completely randomized design, divided into 6 treatments (soil salinity levels at 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 and 20.0 dS/m.), 28 replications respectively for each treatment.

The results showed that the salinity soils could be treated by *S. portulacastrum*. NaCl in soil were decreased after experiment and were tended to increase with increasing the soil salinity level ($p < 0.05$). In the same way, NaCl in plants were increased with increasing the soil salinity level ($p < 0.05$). For growth rate, the salinity 4 dS/m in soil was the optimum level when compared with other treatments, and tended to decrease with increasing soil salinity levels ($p < 0.05$). Plant nutrients in terms of protein, fat and carbohydrate were affected by soil salinity levels ($p < 0.05$).

In conclusion, the soil salinity level was decreased, while sodium was accumulated in *S portulacastrum* tissue. Plant growth rate were varied depending upon the soil salinity level. The

optimum salinity level or ratio was important factor. Moreover, protein, fat and carbohydrate had slightly changed with varying salinity level that had not effected to consuming.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลหลายท่านที่ได้ช่วยชี้แนะแนวทางในการศึกษาวิจัย ให้ความช่วยเหลือ ข้อแนะนำ การตรวจแก้ไขทางวิชาการ ตลอดจนกำลังใจที่มีคุณค่าอย่างยิ่งต่อผู้เขียน

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย ศุภดิษฐ์ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสาขา ภู่จินดา และอาจารย์ ดร. ศราวุธ อินทรเทศ กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ข้อเสนอแนะ และคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา รวมทั้งตรวจแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ และควบคุมการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในหลักสูตรการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะพัฒนาสังคมและสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ถ่ายทอดความรู้ด้วยความเมตตาแก่ผู้เขียน และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภายในคณะฯ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการประสานงานระหว่างการศึกษาและการจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ผักเบี้ยในการทดลองครั้งนี้ คุณขนิษฐา แย้มวงษ์ คุณนภัสวรรณ สุนทร และคุณวิลาวัลย์ มลฑา ที่ได้ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือในระหว่างการจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ ๆ การจัดการสิ่งแวดล้อม รุ่น 12 ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการศึกษาและจัดทำวิทยานิพนธ์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวสันต์ และคุณแม่รัชตา พึ่งแสง ที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา และให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณน้องสาวที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามและเป็นกำลังใจให้เสมอมา จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ทั้งนี้คุณประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอมอบความดีทั้งหมดแด่คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ผู้ให้ความรู้ทุกท่าน ด้วยความเคารพอย่างสูง

วรรณิสา พึ่งแสง

กรกฎาคม 2552

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (3)

ABSTRACT (5)

กิตติกรรมประกาศ (7)

สารบัญ (8)

สารบัญตาราง (11)

สารบัญภาพ (12)

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 คำถามของการวิจัย 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 3

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 4

2.1 ผักเบี้ยทะเล 4

2.2 พืชทนเค็มและพืชชอบเกลือ 5

2.2.1 การทนเค็มของพืช 6

2.2.2 อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช 7

2.2.3 อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช 7

2.2.4 การจำแนกพืชทนเค็ม 9

2.2.5 กลไกการทนเค็มของพืช 10

2.2.6 ประโยชน์ของพืชชอบเกลือ 11

2.3 ดินเค็มและการแพร่กระจาย 12

หน้า

2.3.1 การจำแนกดินเค็ม 12
2.3.2 การเกิดและการแพร่กระจายดินเค็ม 15
2.4 ปัญหาและการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 18
2.4.1 ลักษณะพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 18
2.4.2 สาเหตุการเกิดดินเค็มและการแพร่เกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 19
2.5 การแก้ไขปรับปรุงดินเค็มและดินโซดิก 21
2.5.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการแก้ไขปรับปรุงดินเค็มและดินโซดิก 21
2.5.2 เทคนิคในการจัดการพื้นที่มีปัญหาดินเค็ม 22
2.5.3 การชะล้างเกลือ (Salt Leaching) 23
2.5.4 วิธีการระบายน้ำ (Drainage Method) 27
2.5.5 สารปรับปรุงบำรุงดิน (Soil Amendments) 28
2.5.6 การเปลี่ยนแปลงของดินเมื่อมีการชะล้าง 30
2.5.7 การบำบัดสารมลพิษโดยใช้เทคโนโลยี Phytoremediation 31
2.6 การจัดการแก้ไขดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 33
2.6.1 การป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม 33
2.6.2 วิธีการเพิ่มผลผลิตพืชในพื้นที่ดินเค็มน้อย-เค็มปานกลาง 34
2.6.3 การแก้ไขลดระดับความเค็มดินให้พืชขึ้นได้ 34
2.6.4 การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในพื้นที่ดินเค็มจัด 34
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
บทที่ 3 วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา 39
3.1 วัสดุอุปกรณ์ 39
3.2 กรอบแนวความคิดในการศึกษา 39
3.3 สมมติฐานของการวิจัย 40
3.4 วิธีการทดลอง 41
3.4.1 แผนการทดลอง 41
3.4.2 การเตรียมดิน 41
3.4.2 การปลูก 41
3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ 42

หน้า

3.5.1 การเก็บตัวอย่าง 42
3.5.2 การวิเคราะห์ 43
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 47
บทที่ 4 ผลการทดลอง 48
4.1 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล 48
4.1.1 ความสูง 48
4.1.2 จำนวนใบ 59
4.1.3 จำนวนข้อ 62
4.1.4 จำนวนกิ่ง 66
4.1.5 รัศมีทรงพุ่ม 69
4.1.6 น้ำหนักสด 72
4.1.7 น้ำหนักแห้ง 75
4.1.8 พื้นที่ใบ 79
4.2 คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณสารอาหาร 82
4.2.1 คุณสมบัติทางเคมี 82
4.2.2 ปริมาณสารอาหาร 92
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 97
5.1 สรุปผลการทดลองและอภิปรายผล 96
5.2 ข้อเสนอแนะ 101
บรรณานุกรม 102
ภาคผนวก 107
ภาคผนวก ก : การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ 108
ภาคผนวก ข : ภาพวัสดุ อุปกรณ์ และการปลูก 168
ประวัติผู้เขียน 172

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ระดับความเค็มของดินและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช 12

2.2 ค่า ESP และอันตรายที่เกิดจากโซดิก 13

2.3 สารปรับปรุงดินที่ใช้แก้ไขดินเค็มและดินเค็มโซดิก 30

4.1 ความสูงของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 51

4.2 จำนวนใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 61

4.3 จำนวนข้อของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 65

4.4 จำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 68

4.5 รัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 71

4.6 น้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 74

4.7 น้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 78

4.8 พื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 81

4.9 ค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)) 83

4.10 ค่าความเป็นกรด -ด่าง (pH) 85

4.11 ปริมาณโซเดียมในดิน (x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) 87

4.12 ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) 90

4.13 ปริมาณสารอาหารต่าง ๆในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง 94

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 ผักเบี้ยทะเล *Sesuvium portulacastrum* 4

3.1 กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม 40

3.2 ลักษณะการจัดวางกระถางภายในโรงเรือนจากการสุ่ม 42

4.1 ความสูงของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 52

4.2 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 15 วัน 53

4.3 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 30 วัน 54

4.4 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 45 วัน 55

4.5 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 60 วัน 56

4.6 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 75 วัน 57

4.7 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 90 วัน 58

4.8 จำนวนใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 62

4.9 จำนวนข้อของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 66

4.10 จำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 69

4.11 รัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 72

4.12 น้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 75

4.13 น้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 79

4.14 พื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ 82

4.15 ค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)) 84

4.16 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) 86

4.17 ปริมาณโซเดียมในดิน (x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) 88

4.18 ปริมาณโซเดียมในใบผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) 91

4.19 ปริมาณโซเดียมในลำต้นผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) 91

4.20 ปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง 95

ภาพที่ **หน้า**

4.21 ปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง 95
4.22 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง 96

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดินเค็มเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลก ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่แห้งแล้งหรือพื้นที่ชุ่มชื้น ทำให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ส่งผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคม และทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม พื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยพบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และพื้นที่ชายทะเล ปัญหาดินเค็ม พบว่า มีผลกระทบโดยตรงต่อการเกษตร ทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพของพืช และรายได้ของเกษตรกรลดลง พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปัญหาดินเค็มถึงหนึ่งในสามของภาค คือ 17.8 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ดินเค็มมากทำการเพาะปลูกไม่ได้ 1.50 ล้านไร่ พื้นที่ดินที่มีความเค็มปานกลาง 3.70 ล้านไร่ และพื้นที่ดินที่มีความเค็มน้อย 12.6 ล้านไร่ และผลผลิตต่อไร่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่น ๆ เนื่องจากต้องอาศัยน้ำฝน ซึ่งปริมาณและการกระจายตัวของฝนไม่แน่นอน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2527: 1)

การแก้ปัญหาดินเค็ม ควรรู้ว่าดินเค็มบริเวณนั้นเกิดจากสาเหตุใด จะทำให้แก้ปัญหาได้ตรงจุดและครบวงจร คือ มีวิธีการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่อไป แนวทางการแก้ไขปัญหาดินเค็มควรจัดการอย่างเป็นระบบในเชิงพื้นที่ ประกอบด้วย การแก้ไขปรับปรุงให้หน้าดินลดระดับความเค็มลง เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เลือกปลูกพืชที่เหมาะสม และมีระบบควบคุมการแพร่ของเกลือ ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาดินเค็มได้ แต่การแก้ไขฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชได้ ด้วยวิธีการแก้ไขลดระดับความเค็มของดินลงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยวิธีการต่าง ๆ นั้น ต้องลงทุนสูงและใช้ระยะเวลานาน การเลือกปลูกพืชทนเค็มชนิดที่เหมาะสมกับระดับความเค็มและสภาพพื้นที่เป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตและแก้ไขปรับปรุงดินเค็มได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจึงได้เกิดแนวคิดในการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเลบำบัดดินเค็ม เนื่องจากผักเบี้ยทะเล *(Sesuvium portulacastrum)* เป็นไม้ล้มลุก ทนแล้งได้ดี

ขึ้นทั่วไปบริเวณป่าชายเลน ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะ น้ำท่วมไม่ถึง ลำต้นสามารถใช้เป็นอาหารสำหรับมนุษย์ได้ (ก่องกานดา ชยามฤต, 2549: 7) ซึ่งถือว่าเป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย และสามารถเก็บเกี่ยวผลประโยชน์ได้ โดยคาดว่าผลการศึกษาที่ได้จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรจะได้ใช้เป็นแนวทางในการบำบัดดินเค็มและเพื่อช่วยฟื้นฟูสภาพดิน ช่วยเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งเป็นต้นแบบในการบำบัดดินเค็มในพื้นที่ต่าง ๆ อันเป็นแนวทางในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ในระยะยาวต่อไป

1.2 คำถามของการวิจัย

1. ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดดินเค็มได้หรือไม่
2. ระดับความเค็มเท่าใดที่ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดได้
3. อัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลกับความสามารถในการบำบัดความเค็มมีความสัมพันธ์กันหรือไม่
4. ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินเค็มมีคุณค่าทางโภชนาการอย่างไร

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของผักเบี้ยทะเลในการบำบัดดินเค็ม
2. เพื่อศึกษาระดับความเค็มสูงที่สุดที่ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลกับความสามารถในการบำบัดความเค็ม
4. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินเค็มไปเป็นอาหารมนุษย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงความเป็นไปได้ของผักเบี้ยทะเลในการบำบัดดินเค็ม
2. ได้ทราบถึงระดับความเค็มสูงสุดที่ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ได้ทราบถึงความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลกับความสามารถในการบำบัดความเค็ม

4. ได้ทราบถึงความเป็นไปได้ในการนำผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินเค็มไปเป็นอาหารสำหรับมนุษย์

5. นำไปเป็นต้นแบบในการบำบัดดินเค็มในพื้นที่ต่าง ๆ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของผักเบี้ยทะเลในการบำบัดดินเค็ม โดยทำการวิเคราะห์ความเค็มในดินที่ใช้ปลูกผักเบี้ยทะเล และวิเคราะห์ธาตุอาหารในผักเบี้ยทะเล

1.5.2 ของเขตด้านสถานที่

ในการวิจัยครั้งนี้สถานที่ที่ทำการศึกษา คือ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

1.5.3 ขอบเขตด้านประชากร

ในการวิจัยครั้งนี้ผักเบี้ยทะเลที่นำมาปลูก คือ ผักเบี้ยทะเลจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

1.5.4 ขอบเขตด้านระยะเวลา

ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้เวลาในการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นระยะเวลา 4 เดือน (มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2552) และใช้เวลาในการวิเคราะห์ข้อมูล แปลผล และสรุปผลเป็นระยะเวลา 3 เดือน (พฤษภาคม – กรกฎาคม พ.ศ. 2552) รวมระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยทั้งสิ้น 7 เดือน

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ผู้ศึกษาทำการรวบรวมหลักการ ทฤษฎี แนวคิด และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา โดยมีรายละเอียดของประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ผักเบี้ยทะเล

2.2 พืชทนเค็มและพืชชอบเกลือ

2.3 ดินเค็มและการแพร่กระจาย

2.4 ปัญหาและการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.5 การแก้ไขปรับปรุงดินเค็มและดินโซดิก

2.6 การจัดการแก้ไขดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ผักเบี้ยทะเล

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Sesuvium portulacastrum*

ชื่อพื้นเมือง: ผักเบี้ยทะเล

ชื่อท้องถิ่น: ผักเบี้ย

ภาพที่ 2.1 ผักเบี้ยทะเล *Sesuvium portulacastrum*

แหล่งที่มา: ก่องกานดา ชยามฤต, 2549: 7.

Scientific Classification

Kingdom	:	Plantae
Division	:	Magnoliophyta
Class	:	Magnoliopsida
Order	:	Caryophyllales
Family	:	Aizoaceae
Genus	:	*Sesuvium*
Species	:	*Portulacastrum*

ลักษณะทั่วไป

เป็นไม้ล้มลุก เป็นพืชทนแล้งได้ดี แตกกิ่งก้านสาขามาก สูงไม่เกิน 50.0 เซนติเมตร

ราก – ระบบรากฝอย มีรากงอกตามข้อลำต้นที่สัมผัสดิน

ลำต้น – แตกกิ่งก้านโปร่ง แผ่ราบตามพื้นดินอวบน้ำ ทอดเลื้อยไปตามผิวดิน แผ่กระจายชูยอดสูง 15.0 – 30.0 เซนติเมตร ยอดใหม่แตกตามข้อปล้อง ลำต้นสีเขียวปนแดง หรือม่วง

ใบ –ใบเดี่ยว อวบน้ำ เรียงแบบตรงข้าม รูปขอบขนาน เป็นมัน ขนาดใบ 3.00 – 4.00 เซนติเมตร ก้านใบสั้น ปลายใบโค้งมน ฐานใบเข้าหาเส้นกลางใบ ไม่มีหูใบ

ดอก – สมบูรณ์เพศ ออกดอกปลายยอด ตามซอกใบ ออกดอกเป็นช่อหรือเดี่ยว ๆ ดอกขนาดเล็กสีชมพู กลีบเลี้ยง 5.00 กลีบ กลีบดอก 5.00 กลีบ สีชมพู เกสรเพศผู้มีจำนวนมาก เกสรเพศเมีย 4.00 – 5.00 อัน รังไข่อยู่เหนือฐานรองดอก

ผล – เป็นแคปซูล มี 4.00 Carpel กลีบเลี้ยงห่อหุ้มคล้ายดอกยังตูม เมื่อผลแก่จะแตกออก มีหลายเมล็ดสีดำ หลุดออกเหลือเพียงกลีบเลี้ยงแห้งติดต้น

นิเวศวิทยา – ขึ้นทั่วไปบริเวณป่าชายเลน ชอบขึ้นในที่ชื้นแฉะ น้ำท่วมไม่ถึง ออกดอก – ผลตลอดปี

ประโยชน์ – ต้นเป็นอาหารสัตว์ เช่น สุกร (ก่องกานดา ชยามฤต, 2549: 6)

2.2 พืชทนเค็มและพืชชอบเกลือ

การแก้ไขฟื้นฟูดินเค็มให้กลับมาใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ ด้วยวิธีการแก้ไขโดยลดระดับความเค็มของดินลงและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยวิธีการต่าง ๆ นั้น ต้องลงทุนสูงและใช้ระยะเวลานาน การเลือกปลูกพืชทนเค็มชนิดที่เหมาะสมกับระดับความเค็มและ

สภาพพื้นที่นั้นเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตในการแก้ไขปรับปรุงดินเค็มได้

2.2.1 การทนเค็มของพืช

การทนเค็มของพืช หมายถึง ความสามารถที่พืชจะทนต่อเกลือปริมาณมากในบริเวณรากพืช พืชชนิดต่าง ๆ มีความสามารถในการทนเค็มต่างกัน โดยมีปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทนเค็มของพืช เช่น ชนิดของเกลือ ดินฟ้าอากาศ สภาพของดิน และอายุ ปกติพืชส่วนใหญ่มีผลผลิตลดลงเมื่อสารละลายดินมีค่าการนำไฟฟ้า (EC) มากกว่า 2.00 dS/m พืชบางชนิดทนเค็มได้ถึง 4.00 – 8.00 dS/m แต่เมื่อระดับความเค็มสูงถึง 16.0 dS/m พืชเกือบทุกชนิดแสดงอาการที่ได้รับผลกระทบอย่างรุนแรง เมื่อพืชไม่ทนเค็มหรือทนเค็มน้อยได้รับผลกระทบจากความเค็ม จะแสดงอาการคล้ายกับการที่พืชขาดน้ำ เช่น ชะงักการเจริญเติบโต พืชมีขนาดเล็กกว่าพืชที่ปลูกในดินธรรมดาแต่จะไม่แสดงอาการผิดปกติทางใบ ใบห่อลงเพื่อลดการคายน้ำทางปากใบ พืชบางชนิดอาจมีสีเขียวเข้มแกมน้ำเงิน (Bluishgreen) มากกว่าพืชที่ขึ้นในดินปกติที่ปลูกในสภาพคล้ายคลึงกัน สีของใบพืชเปลี่ยนไป เข้มกว่า เนื่องจากใบมีคลอโรฟิลล์มาก และมีสารเคลือบใบ (Cuticle) หนาเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ในบางครั้งอาจพบอาการปลายใบไหม้ (Tip Burn) เกิดจุดประ (Mottles) บนใบ ใบม้วน และใบเหลือง เนื่องจากขาดคลอโรฟิลล์ ใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ปลายใบและขอบใบแห้งกรอบ การทนเค็มในช่วงระยะการเจริญเติบโตของพืชก็แตกต่างกัน ผันแปรไปตามระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่งอกจนกระทั่งสุกแก่ และอาจผันแปรตามระยะของการพัฒนาด้วย พืชที่ปลูกส่วนใหญ่ได้รับความเสียหายตั้งแต่ระยะงอกหรือในการเจริญเติบโตช่วงแรก ทำให้มีพื้นที่ที่พืชขึ้นไม่ได้เป็นหย่อม ๆ ในแปลงปลูก เมื่อพ้นระยะกล้าไปแล้วพืชจะทนเค็มได้ดีขึ้น

การเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไปจะช้าลงเมื่ออยู่ในดินหรือน้ำยาปลูกพืชที่มีเกลือมากกว่าปกติ พืชแต่ละชนิดทนต่อความเค็มได้ต่างกัน Hayward and Wadleigh (1949: 1 – 37) กล่าวว่าความทนเค็มของพืชสามารถประเมินได้ 3 ลักษณะ คือ

1) ความทนเกลือของพืช หมายถึง ความสามารถที่จะดำรงชีพอยู่ได้แม้ระดับเกลือในดินจะสูงมากก็ตาม ทั้งนี้พืชอาจไม่เจริญเติบโตขึ้นเลย หรือเจริญเติบโตเพียงเล็กน้อย แต่ที่สำคัญ คือ ยังสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสภาพเดิมเช่นนั้น

2) ความทนเค็มของพืชอาจพิจารณาความสามารถในการให้ผลผลิตของแต่ละพืชเมื่ออยู่ในดินที่มีระดับความเค็มเดียวกัน

3) ความทนเค็มของพืชอาจพิจารณาเปรียบเทียบจากการเจริญเติบโตของพืชในดินเค็มแต่ละระดับกันเมื่อเจริญเติบโตในดินธรรมดา วิธีนี้สามารถใช้เปรียบเทียบระหว่างพืชสองสปีชีส์ได้ และให้ข้อมูลด้านการเพาะปลูกในดินเค็มปานกลางได้เป็นอย่างดี

2.2.2 อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการงอกของเมล็ดพืช

พืชส่วนมากมีความอ่อนแอต่อความเค็มในระยะงอกและระยะกล้าอ่อนมากกว่าระยะอื่น ๆ ซึ่งความเค็มมีผลต่อการงอกของเมล็ดโดยไปลดร้อยละอัตราการงอกของเมล็ด ทำให้จำนวนต้นต่อพื้นที่ลดน้อยลง ซึ่งจะมีผลต่อผลผลิตของพืช (สมศรี อรุณินท์, 2539: 63) เนื่องจากความเค็มของดินจะมีผลต่อความงอกของเมล็ดสองประการ คือ ประการแรกจะลดอัตราการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ด และประการที่สองการมีไอออนในสารละลายของดินมากจนเป็นพิษต่อความงอก (Bernstein, 1974: 39 – 54)

การคัดเลือกพืชที่จะปลูกในดินเค็ม ควรคำนึงถึงความทนเค็มของพืชในระยะงอก เนื่องจากพืชบางชนิดมีความทนเค็มในระยะการเจริญเติบโตมาก แต่อาจอ่อนแอต่อความเค็มในระยะเมล็ดงอก ดังนั้น ก่อนที่จะทำการปลูกสภาพไร่นา ควรมีการปรับปรุงดินเค็มโดยการชะล้างเกลือออกไปจากดินจนกระทั่งอยู่ในระดับที่พืชที่อ่อนแอต่อความเค็มในระยะเมล็ดงอกสามารถเจริญเติบโตได้ดี และพืชต่างชนิดกันก็จะได้รับอันตรายมากน้อยต่างกัน กระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชที่จะเกิดขึ้นทันทีหลังจากมีการเพิ่มความเค็มในดิน คือ รากของพืชจะดูดน้ำลดลง และเมื่อเริ่มงอกจะมีการเจริญเติบโตของรากและกล้าอ่อนในระดับต่ำ กล้าอ่อนที่งอกจะไม่ค่อยแข็งแรงและส่งผลให้อัตราการงอกลดลงด้วย สำหรับเมล็ดพืชที่งอกในระดับความเค็มในดินที่ไม่สูงเกินไป พืชอาจจะปรับแรงดันออสโมซิสได้โดยการดึงดูดไอออนต่าง ๆ ในดินเค็มเข้าไป ทำให้ศักย์ออสโมซิสภายในพืชต่ำกว่าศักย์ออสโมซิสของสารละลายดินเค็มเพื่อให้พืชสามารถดูดน้ำได้ตามปกติ (Kovda, Van Den Berg and Hagan ,1973 อ้างถึงใน อธิกา ทิพย์บุญมี, 2545: 6)

2.2.3 อิทธิพลของความเค็มที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

ความเค็มทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของพืชลดลง เนื่องจาก 1) ความเครียดออสโมติก (Osmotic Stress) 2) ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion Toxicity) และ 3) ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (Bernstein, 1964: 25 – 45) ดังมีรายละเอียด คือ

2.2.3.1 ความเครียดออสโมติก (Osmotic Stress) พืชที่ขึ้นบนพื้นที่ดินเค็มจะต้องใช้พลังงานมากกว่าปกติเพื่อดูดน้ำและธาตุอาหารมาใช้ในการเจริญเติบโต เกลือในดินทำให้น้ำในดินมีแรงดันออสโมติก (Osmotic Pressure) เพิ่มขึ้น และความต่างศักย์ของน้ำ (Water Potential)

ลดลง เซลล์พืชมีอาการขาดน้ำและอาจถึงตายได้ เพราะน้ำจะไหลจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูง (เกลือเจือจาง) ไปสู่บริเวณที่มีความต่างศักย์ที่ต่ำกว่า (เกลือเข้มข้น) หากดินมีเกลือในสารละลายดินเข้มข้นกว่าในพืช ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินจะลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำจากดินได้ มีผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช พืชแสดงอาการเฉาหรือขอบใบไหม้ ซึ่งเป็นผลมาจากอิทธิพลร่วมของเกลือทุกชนิด มากกว่าผลของชนิดของเกลือตัวใดตัวหนึ่งโดยเฉพาะ

2.2.3.2 ความเป็นพิษของธาตุบางชนิด (Ion Toxicity) ความเป็นพิษเนื่องจากไอออนบางชนิดที่พืชดูดเข้าไปสะสมมากเกินความต้องการ พืชจะแสดงอาการขอบใบไหม้ และลุกลามเข้าเส้นกลางใบในที่สุด (Food and Agriculture Organization, 1976 อ้างถึงใน อธิกา ทิพย์บุญมี, 2545: 7)ไอออนที่มีอิทธิผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ Na^{+}, Mg^{+2}, Cl^{-}, CO_3^{-2} และ SO_4^{-2} (United Surrey Soccer League, 1954 อ้างถึงใน อธิกา ทิพย์บุญมี, 2545: 7) โซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Wyn Jones, Brady and Speirs, 1981: 63 – 103) และสังเคราะห์โปรตีนได้ลดลง โซเดียมที่สะสมในใบ มีผลทำให้ใบไหม้ เนื้อเยื่อตามขอบใบตายในสภาพอากาศร้อนและแห้งจะแสดงความเสียหายรวดเร็ว เกิดที่ใบแก่ก่อน เริ่มที่ปลายใบ ขอบใบ แล้วลามมาที่เส้นกลาง ในต้นอโวกาโด ส้ม แอปเปิ้ล เกิดอาการเมื่อดินและน้ำมีโซเดียมเพียง 5.00 กรัมสมมูลย์/ลิตร โซเดียมมีผลทางอ้อมในแง่ที่ทำให้ทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช โซเดียมปริมาณมากทำให้เกิดอาการขาดแคลเซียม โปตัสเซียม และแมกนีเซียม และการทำให้โครงสร้างของดินเสีย คลอไรด์ที่พืชดูดเข้าไปจะถูกสะสมใน Vacuole เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้คลอไรด์ทำปฏิกิริยากับน้ำย่อย เนื่องจากคลอไรด์มีการแข่งขันกับตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น น้ำตาล จึงมีผลต่อการสะสมน้ำตาลในเซลล์สะสมอาหาร คลอไรด์ทำให้โปตัสเซียมในต้นอ้อยไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้ใบอ้อยขาดโปตัสเซียม มีโปตัสเซียมไม่พอใช้สังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรท (Hardter, 1992: 206 – 219) พืชที่ไม่ทนคลอไรด์แสดงอาการเมื่อดินมีคลอไรด์เกิน 5.00 ถึง 10.0 กรัมสมมูลย์/ลิตร ขณะที่พืชทั่วไปจะทนได้ถึง 30.0 กรัมสมมูลย์/ลิตร

2.2.3.3 ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร การที่ดินมีระดับ pH สูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารบางตัวลดลง เกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ที่ระดับ pH ระหว่าง 6-7 ฟอสเฟตอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับ pH มากกว่า 7.00 ธาตุอาหารพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโคบอลท์ จะอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้น้อยการเป็นพิษและการขาดธาตุอาหารพืช (Specific Ion Effect) จะเกิดขึ้นเมื่อในสารละลายดินมีความเข้มข้นของประจุธาตุบางชนิดมากกว่าระดับปกติ ไปขัดขวางหรือยับยั้งการดูดธาตุอาหารและกระบวนการทางสรีรวิทยาบางอย่างของพืชได้ ยกตัวอย่างเช่นโบรอน (B) เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการปริมาณน้อยมาก ถ้าในสารละลายดินมีโบรอนมากกว่า 1.00

mg/l ก็ทำให้พืชเสียหายได้ เช่น ใบแก่ของส้ม อโวกาโด และพลับ มีอาการปลายใบและขอบใบไหม้ พื้นที่ระหว่างเส้นใบมีสีซีด ฝ้าย องุ่น มันฝรั่ง ถั่ว มีอาการปลายใบไหม้และใบห่อตัวคล้ายถ้วย

2.2.4 การจำแนกพืชทนเค็ม

พืชเป็นดัชนีบอกสภาพความเค็มหรือโซดิกของดินได้ พืชมีความสามารถในการทนเค็มและทนโซดิกได้ต่างกัน การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง เนื่องจากพืชนำพลังงานที่จะนำไปใช้ในการเจริญเติบโตมาปรับตัวต่อสภาพความเครียดออสโมติกที่เกิดขึ้น สามารถจำแนกพืชออกได้เป็น 3 จำพวก คือ 1) พืชทนเค็ม 2) พืชชอบเกลือ และ 3) Glycophytes

2.2.4.1 พืชทนเค็ม (Salt Tolerance) ได้แก่ พืชที่มีความสามารถเจริญเติบโตได้ครบวงจรชีวิตในสภาพเค็ม การทนเค็มของพืชแตกต่างกันในระยะการเจริญเติบโตต่าง ๆ พืชส่วนใหญ่ทนเค็มได้ในระยะที่พืชงอกจากเมล็ดแต่ความสามารถทนเค็มลดลงเมื่อเลยระยะงอกไปแล้ว เช่น ผักกาดหัวจัดเป็นพืชทนเค็มปานกลางไม่ทนเค็มในช่วงงอก ข้าวโพดจัดอยู่ในพวกทนเค็มน้อยแต่งอกได้ดีกว่าผักกาดหัว ปัจจุบันได้มีการจำแนกพืชทนเค็มออกเป็น 4 พวก โดยพิจารณาจากการเจริญเติบโตและผลผลิตสัมพัทธ์ที่ลดลงในความเค็มที่เพิ่มขึ้น เกษตรกรสามารถเลือกปลูกพืชชนิดที่เหมาะสมกับระดับความเค็มในพื้นที่ได้ เช่น ต้องการปลูกพืชในพื้นที่ที่มีผลการวิเคราะห์ความเค็มดินเป็น 3.50 dS/m ซึ่งแทบจะไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกลุ่มพืชทนเค็มปานกลาง ถ้าปลูกพืชทนเค็มน้อยก็จะมีผลผลิตลดลงร้อยละ 25 หรือปลูกพืชไม่ทนเค็มก็จะมีผลผลิตลดลงมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้น จึงไม่ควรปลูกพืชไม่ทนเค็ม เช่น ถั่ว แครอท และหอมใหญ่ เป็นต้น ควรปลูกบรอคโคลีและมะเขือเทศ ซึ่งเป็นพืชทนเค็มน้อย หรือพืชทนปานกลาง เช่น หัวไชเท้า แตงกวา ญี่ปุ่นซูกินี

2.2.4.2 พืชชอบเกลือ (Halophyte) ได้แก่ พืชที่สามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ในความเค็มระดับสูง รอดตายได้มากกว่าร้อยละ 75 ในสารละลาย 540 mol m^{-3} NaCl (40.0 ppt) พืชชอบเกลือเจริญเติบโตได้ดีในสารละลายที่มีเกลือมากกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก แบ่งออกเป็น 2 พวก คือ Miohalophyte ขึ้นได้ในความเค็มระดับน้ำกร่อย และ Euhalophyte ขึ้นได้ในความเค็มระดับน้ำทะเล(Waisel, 1972 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 19) พืชพวกนี้ดูดเกลือเข้ามาสะสมในต้นเพื่อปรับความเข้มข้นสารละลายในเซลล์ ทำให้สามารถดูดน้ำจากดินได้

2.2.4.3 Glycophytes ได้แก่พืชที่ไม่ได้มีกำเนิดในสภาพเค็ม แต่มีกลไกที่พัฒนาให้สามารถเจริญเติบโตในดินเค็มได้ในสภาพเค็ม รอดตายได้มากกว่าร้อยละ 75 ในสารละลาย 180 mol m^{-3} NaCl (10.0 ppt) หรือในน้ำกร่อย (Glen, 1987: 205 – 212) พืชพวกนี้ไม่สะสมเกลือในต้น

แต่จะผลิตน้ำตาลหรือกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้นมาเพื่อเพิ่มความเข้มข้นในเซลล์ของรากซึ่งต้องใช้พลังงานมาก ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง

2.2.5 กลไกการทนเค็มของพืช

กลไกที่พืชปรับตัวในสภาพที่เค็ม เช่น การอวบน้ำทำให้มีการสะสมเกลือในส่วนต่าง ๆ ของต้นได้มาก (Salt – accumulating) หรือการคายเกลือออกมาทางใบหรือราก (Salt – excreting) จะเห็นได้ว่ามีรูปแบบการปรับตัวของพืชที่ขึ้นในสภาพธรรมชาติ เช่น ในพื้นที่ใกล้ทะเลพบต้นชะคราม ผักบุ้งทะเล ไม้ป่าชายเลน เขตที่ถัดเข้ามาในแผ่นดินพบ ขลู่ พรมพระอินทร์ สาบเสือ เป็นต้น พืชที่อยู่รอดในสภาพความเค็มมีกลไกในการปรับตัว ดังนี้

2.2.5.1 การหลีกเลี่ยงเกลือ (Salt Exclusion, Salt Avoidance) เพื่อให้เกลือเข้าไปในต้นได้น้อยที่สุด เพื่อให้สามารถเจริญเติบโตในพื้นที่ดินเค็มได้ โดย

1) ไม่แผ่ขยายรากไปยังบริเวณที่เค็ม เช่น *Prosopis* spp., *Jojoba* spp.

2) ยืดเวลางอกหรือเวลาแก่ โดยหยุดกิจกรรมเพื่อการเจริญเติบโตจนกว่าสภาพแวดล้อมจะเหมาะสม เช่น *Puccinellia ciliata* (Malcolm, 1985 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546 : 21)

3) มีความสามารถที่จะเลือกดูดโปตัสเซียมเข้าไปได้มาก

4) โซเดียมถูกดูดเข้าไป แต่มีช่องที่โซเดียมถูกดูดกลับออกไปทาง Xylem Sap ของรากหรือต้น เช่น ต้นไม้ป่าชายเลนบางชนิด

2.2.5.2 การดูดเกลือเข้าไปสะสมหรือคายออก (Salt Absorption : Accumulation, Excretion)

1) เกลือที่ถูกพืชดูดเข้าไปสะสมในลำต้นและใบ มีผลต่อกระบวนการเมตาโบลิซึม ทำให้แรงดันออสโมติกในเซลล์สูงขึ้น ลดความต่างศักย์ของน้ำในเซลล์ และรักษาความเต่งของเซลล์ ถ้ามีโซเดียมในไซโตรพลาสมากเกิน 100 mM ก็จะไปทำลายโครงสร้างของโปรตีนและยับยั้งการทำงานของน้ำย่อย พืชปรับตัวโดยการคายโซเดียมออกมา (Exclusion) และนำโซเดียมไปเก็บไว้ที่ Vacuole เพื่อป้องกันการเป็นพิษของโซเดียม และปรับแรงดันออสโมติกใน Cytoplasm และ Organelles รักษาความเต่งของเซลล์ให้มีระดับความต่างศักย์ของน้ำในพืชต่ำกว่าในดิน ไม่ให้เกิดอันตรายต่อการทำงานของน้ำย่อยและกระบวนการ Metabolism (Glen, 1987: 205 – 212)

2) การอวบน้ำ (Succulent) พืชบางชนิดมี Salt Regulator ทำให้พืชดูดน้ำพองออก (Swell) เมื่อเกลือเข้าไปในพืช ทำให้ความเข้มข้นของเกลือในเซลล์ไม่เพิ่มขึ้น เจือจาง

ความเป็นพิษของโซเดียม(Jenning,1986: 899 – 911) เช่น *Sarlicornia spp.*, ชะคราม (*Sueda meritima*) ผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacustrum*)

3) การคายเกลือออกมาทางใบหรือราก (Salt – excreting)) เช่น ต่อมเกลือ (Salt Grass) ของหญ้า Seabrook (*Distichlis spicata*), หญ้าดิกซี (*Sporobolus virginicus*), Alkali Grass (*Puccinellia nuttallina*), Cord Grass (*Spartina gracilis*), Spearscale (*Atriplex subspicata*), Saltwort (*Salicornia rubra*) และ Sea Blite (*Sueda depressa*)

4) ใบมีสารเคลือบผิว (Wax) เพื่อลดการสูญเสียน้ำ

5) คายเกลือที่ดูดเข้าไปออกทางต่อมเกลือ (Salt Gland) (Levit, 1972 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 22) เช่น *Atriplex* spp.

6) การปิดเปิดของปากใบ (Stomatal Resistance) ปากใบของ Glycophytes ปิดเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมสูง ในขณะที่ปากใบของพืชชอบเกลือเปิด (Very, Robinson, Mansfield and Sanders, 1998: 509 – 521) โซเดียมยับยั้งการดูดโปตัสเซียมของ *Aster tripolium* ซึ่งเป็นพืชชอบเกลือ แต่ไม่ยับยั้งใน *Aster amellus* ซึ่งเป็น Glycophyte การคายน้ำทำให้มีโซเดียมสะสมมากขึ้นในใบของพืชชอบเกลือที่ไม่มีต่อมเกลือและมีผลทำให้ปากใบปิด (Robinson, Very, Sanders and Mansfield, 1997: 387 – 393)

7) พืชต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อดูดน้ำขึ้นมาใช้ในการเจริญเติบโต พืชจะปรับตัวโดยลดอัตราการคายน้ำลง โดยมีขนาดและจำนวนใบลดน้อยลง

2.2.6 ประโยชน์ของพืชชอบเกลือ

1) เพื่อฟื้นฟูสภาพทางนิเวศจากพื้นที่ที่มีคราบเกลือบนผิวดิน พืชไม่สามารถขึ้นได้ ให้กลับคืนสภาพมาเป็นพื้นที่ที่มีพืชขึ้นปกคลุม ลดการสะสมเกลือบนผิวดิน ลดการระเหยของน้ำจากผิวดิน เพิ่มความชื้นให้ดิน

2) ช่วยปรับปรุงบำรุงดิน โดยซากใบไม้และใบหญ้าจะเป็นอินทรียวัตถุเติมให้แก่ดิน นอกจากนี้ต้นกระถินออสเตรเลียเป็นพืชตระกูลถั่ว สามารถตรึงธาตุไนโตรเจนจากอากาศให้แก่ดิน ดินจะมีสภาพดีขึ้น

3) เพิ่มความหลากหลายของชนิดพืชที่ขึ้นได้ เนื่องจากในเวลาไม่นานหลังจากปลูกหญ้าดิ๊กซีและต้นกระถินออสเตรเลียแล้ว พื้นที่จะมีสภาพแวดล้อมที่ดีขึ้นทำให้พืชพื้นเมืองอื่น ๆ ขึ้นได้เองตามธรรมชาติ

4) ป้องกันการแพร่กระจายของเกลือออกไปยังพื้นที่ข้างเคียง

5) เป็นอาหารแก่โคและกระบือ

6) ใช้เป็นฟืน

7) มีรายได้จากการขยายพันธุ์จำหน่าย

2.3 ดินเค็มและการแพร่กระจาย

2.3.1 การจำแนกดินเค็ม

ดินที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ (Salt Effected Soils) คือ ดินที่มีเกลือที่ละลายได้ปริมาณมากจนมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช จำแนกเป็น 3 ประเภท โดยพิจารณาจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (Electrical Conductivity; EC_e) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturation Extract) ที่อุณหภูมิ 25.0 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Sodium Percentage, ESP) และค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (Sodium Adsorption Ratio, SAR) ดังนี้

2.3.1.1 ดินเค็ม (Saline Soils) คือ ดินที่มีเกลือที่ละลายได้ในสารละลายดินปริมาณมากจนกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชทั่วไป (ตารางที่ 2.1) ดินเค็มมีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) มากกว่า 2.00 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ที่อุณหภูมิ 25.0 องศาเซลเซียส ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) ต่ำกว่า 13.0

ตารางที่ 2.1 ระดับความเค็มของดินและอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ค่าการนำไฟฟ้า (มิลลิโมห์ต่อเซนติเมตร)	ระดับความเค็ม	อิทธิพลต่อพืช
น้อยกว่า 2.00	ไม่เค็ม	ไม่กระทบกระเทือนต่อพืช
2.00 – 4.00	เค็มน้อย	พืชที่ไวต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตลดลงบ้าง
4.00 – 8.00	เค็มปานกลาง	จำกัดการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด
8.00 – 16.0	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี
มากกว่า 16.0	เค็มจัด	พืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้นที่เจริญเติบโตได้ดี

แหล่งที่มา: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544: 201.

เกลือที่พบโดยทั่วไปในพื้นที่ดินเค็ม ได้แก่ เกลือคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนใหญ่เป็นเกลือแกง (NaCl) **โซเดียมที่มากเกินไปมีผลเสียต่อโครงสร้างของดิน ทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย** (United Surrey Soccer League, 1954 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 4) นิยมใช้แคลเซียมซัลเฟตหรือยิบซั่ม ($CaSO_4$) เป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบการละลายน้ำได้ยากหรือง่ายของเกลือชนิดต่าง ๆ เกลือที่ละลายน้ำได้ง่ายกว่ายิบซั่มจัดเป็นเกลือที่ละลายน้ำง่าย ทำให้เกิดปัญหาดินเค็ม เช่น โซเดียมซัลเฟต หรือ Glauber's Salt (Na_2SO_4) และโซเดียมคลอไรด์หรือเกลือแกง (Table – salt, NaCl) เกลือที่ละลายน้ำได้ยากกว่ายิบซั่ม จัดเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ยาก ไม่ทำให้เกิดปัญหาดินเค็ม เช่น แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)

2.3.1.2 ดินโซดิก (Sodic Soils) เป็นดินที่ไม่เค็ม (ตารางที่ 2.2) แต่มีค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากเกินไป มีผลทำให้ดินมีสมบัติทางกายภาพเลว โครงสร้างของดินเสีย ดินฟุ้งกระจาย แทรกตามรอยแตกและช่องว่างดิน ดินแน่นทึบ น้ำซึมผ่านชั้นดินได้ยาก ไถพรวนยาก ค่าการซาบซึมน้ำของดินต่ำ ดินโซดิกมีค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) ต่ำกว่า 2.00 เดซิซีเมนต่อเมตร ที่ 25.0 องศาเซลเซียส pH 8.50 – 10.0 ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) มากกว่า13.0 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP) มากกว่าร้อยละ 15 (วิโรจ อิ่มพิทักษ์, 2531: 324)

ตารางที่ 2.2 ค่า ESP และอันตรายที่เกิดจากโซดิก

ESP	ระดับที่อันตราย
<15.0	ไม่ถึงเล็กน้อย
15.0 – 30.0	เล็กน้อยถึงปานกลาง
30.0 – 50.0	ปานกลางถึงสูง
50.0 – 70.0	สูงถึงสูงมาก
>70.0	สูงที่สุด

แหล่งที่มา: Desertification Control in Asia and the Pacific, 1990 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 4.

ดินโซดิกมักจะมี pH สูง (7.80 – 8.50) บางแห่งดินมี pH มากกว่า 8.50 เนื่องจากดินมีโซดา ($NaHCO_3$) หรือโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างอนุภาคดินเหนียวที่มีโซเดียมไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตกับน้ำ เกิดประจุไฮดรอกซิล (OH^-) ทำให้ pH สูง ตามสมการ

$$Na - clay + H_2O \longrightarrow H - clay + Na^+ + OH^-$$

$$HCO_3^- + H_2O \longrightarrow H_2CO_3 + OH^-$$

$$CO_3^{2-} + H_2O \longrightarrow HCO_3^- + OH^-$$

ดินที่มี pH สูง จะเกิดผลเสียต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชลดลง เช่น ในช่วง pH ระหว่าง 6.00 และ 7.00 ธาตุฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช แต่ที่ระดับ pH สูงกว่า 7.00 จุลธาตุพวกเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโคบอลท์ ที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชจะลดลง เกิดความเป็นพิษของโซเดียม โบรอน โมลิบดินัม เกิดการตกตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่ละลายได้ ดินขาดธาตุสังกะสี ไนโตรเจน และอินทรียวัตถุ ดินโซดิกมีโครงสร้างดินเลว และน้ำซึมผ่านยาก การถ่ายเทของอากาศไม่ดี เป็นผลเสียต่อรากพืช ดินโซดิกมีชั้นดินเหนียวใกล้ผิวดินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ เรียกว่า ชั้นดาน (Clay Pan) เป็นอุปสรรคต่อรากพืชที่จะชอนไชไปในดิน รากส่วนใหญ่อยู่ในขอบเขตจำกัดในดินชั้นบนเหนือชั้นดาน ในชั้นดานมีการเคลื่อนที่ของน้ำ ธาตุอาหาร และก๊าซช้ามาก ชั้นดานที่แห้งมีข้อจำกัดทางกายภาพที่แข็งเกินกว่ารากพืชจะชอนไชทะลุลงไปได้

พืชที่ขึ้นบนดินโซดิกมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอกันเป็นหย่อม ๆ เนื่องจากสมบัติของดินที่ต่างกัน เช่น ความลึกของชั้นดาน ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และความจำกัดของขอบเขตที่รากพืชจะชอนไชหากิน ทำให้การตอบสนองของพืชแตกต่างกันไป

ปัญหาทั่วไปที่พบในดินโซดิกที่มีการเพาะปลูก คือ ผิวดินแน่นแข็ง (Surface Crusting) เนื่องจากการไถพรวน ทำให้อนุภาคดินเหนียวที่มีโซเดียมจากชั้นดานคลุกผสมกับดินบน เกิดคุณสมบัติที่ถูกกัดกร่อนง่าย (Erodible) มีเสถียรภาพในการเกาะตัวต่ำ ฟุ้งกระจายง่าย และแยกตัวออกได้ง่ายเมื่อถูกกระแทกโดยเม็ดฝน และเมื่ออยู่ในสภาพแห้ง ผิวดินแน่นแข็ง เป็นอุปสรรคต่อการงอกของกล้าพืชโดยอนุภาคดินเหนียวชนิด Montmorillonite ฟุ้งกระจายที่ ESP ร้อยละ 15.0 ส่วน Kaolinite ฟุ้งกระจายที่ ESP ร้อยละ 45.0 – 50.0

2.3.1.3 ดินเค็มโซดิก (Saline Sodic Soils) หมายถึง ดินที่มีทั้งเกลือที่ละลายได้และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ปริมาณมากจนเป็นอันตรายต่อพืช ดินเค็มโซดิกมีค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) มากกว่า 2.00 เดซิซีเมนต่อเมตร ที่ 25.0 อาศาเซเซียส ค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียม (SAR) มากกว่า 13.0 ค่าร้อยละของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ESP)

มากกว่าร้อยละ 15.0 pH อาจสูงถึง 8.50 แต่โดยทั่วไปมักต่ำกว่า 8.50 (วิโรจ อิ่มพิทักษ์, 2531: 326) ดินโซดิกและดินเค็มโซดิกมักจะเกิดจากอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่ทำให้มีโซเดียมสะสมในดินมากขึ้น เมื่อน้ำระเหยออกไปจากผิวดิน โซเดียมที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ง่ายกว่าแคลเซียมจะขึ้นมาสะสมมากขึ้น ทำให้มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นในสารละลายดิน ทำให้อนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุฟุ้งกระจาย

2.3.2 การเกิดและการแพร่กระจายดินเค็ม

พื้นแผ่นดินของโลกมีดินเค็มเกิดขึ้นประมาณร้อยละ 10.0 ปัญหาดินเค็มสามารถเกิดขึ้นทั่วไปทั้งในพื้นที่เขตแห้งแล้งและเขตชุ่มชื้น ความเค็มทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกลดลงสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม ส่วนใหญ่พบว่าดินเค็มมักเกิดขึ้นในพื้นที่ที่มีภูมิอากาศแบบแห้งแล้งหรือกึ่งแล้ง(Arid or Semiarid) เนื่องจากมีการระเหยน้ำจากดินมากกว่าปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา มีฝนไม่เพียงพอที่จะชะล้างเกลือออกไปจากดิน ในขณะที่เขตที่ชุ่มชื้นมีฝนมาก (Humid Region) เกิดปัญหาการสะสมของเกลือผิวดิน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทำให้น้ำใต้ดินเค็มถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน นอกจากนี้ปัญหาดินเค็มก็ยังเกิดขึ้นบนพื้นที่ชลประทานได้เมื่อใช้น้ำคุณภาพต่ำ หรือใช้น้ำปริมาณมากเกินไป

2.3.2.1 แหล่งที่มาของเกลือ

1) เกลือจากทะเล (Marine Sources) เช่น ละอองเกลือจากมหาสมุทรที่ลมหอบเข้ามาในแผ่นดินอิทธิพลการขึ้นลงของน้ำทะเล การลุกล้ำของน้ำเค็มเข้ามาตามแม่น้ำ ลำคลอง

2) เกลือจากหินแร่ (Lithogenic Sources) เช่น เกลือหิน (Rock Salt) การสลายตัวของแร่ธาตุ

3) เกลือที่มาจากแหล่งกิจกรรมของมนุษย์ (Anthropagenic Sources)

2.3.2.2 การแพร่ของเกลือ

มีทั้งสาเหตุตามธรรมชาติ (Natural Salinization) และสาเหตุที่มนุษย์เป็นผู้กระทำ (Man Made Salinization / Secondary Salinization) (สุรีย์ สอนสมบูรณ์, 2513: 7)

1) การแพร่ของเกลือที่มีสาเหตุตามธรรมชาติ เกิดจากการสลายตัวผุพังของหิน และแร่ที่เปลือกโลก ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น Hydrolysis, Hydration, Solution, Oxidation และ Carbonation เกลือละลายน้ำได้ง่าย น้ำจึงพาเกลือแพร่กระจายออกไปสู่ระบบน้ำใต้ดิน และการพาเกลือมาสะสมที่ผิวดินและชั้นดินในแนวดิ่งโดยแรงแคปปิลลารีจากการระเหยของน้ำ (Evaporation) และการพาเกลือไปบริเวณข้างเคียงในแนวราบตามการไหลของน้ำ

2) การแพร่ของเกลือที่มีสาเหตุโดยมนุษย์ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เกิดผลกระทบต่อสมดุลความชื้นในดิน ทำให้ดินเค็มแพร่กระจายได้รวดเร็วมาก เช่น

(1) การตัดไม้ทำลายป่า (Deforestation) บนพื้นที่รับน้ำ (Recharge Area) ทำให้ดุลการใช้น้ำในพื้นที่สูญเสียไป น้ำใต้ดินเค็มในพื้นที่จ่ายน้ำ (Discharge Area) ถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มเพิ่มขึ้น

(2) การปล่อยให้สัตว์แทะเล็มพืชพันธุ์ที่คลุมหน้าดินมากเกินไป (Overgrazing) ทำให้น้ำระเหยพาเกลือขึ้นมาสะสมในชั้นดินได้

(3) การทำเกลือ โดยสูบน้ำเค็มใต้ดินขึ้นมาตากหรือต้ม ทำให้เกลือแพร่ออกไปทำความเสียหายแก่พื้นที่ข้างเคียง

(4) การทำประมงน้ำเค็ม – น้ำกร่อย ในพื้นที่น้ำจืด

(5) การสร้างหรือปรับปรุงอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม

(6) การชลประทาน การใช้น้ำชลประทานที่มีคุณภาพต่ำ มีการจัดการระบบการระบายน้ำไม่ดี การซึมของน้ำจากคลองส่งน้ำที่แพร่เกลือออกไปหรือไปละลายเกลือในแหล่งข้างเคียง การชลประทานในพื้นที่มีแหล่งเกลือหรือน้ำใต้ดินเค็มอยู่ใกล้ผิวดินมีการประเมินงานจากหน่วยงานในองค์การสหประชาชาติ เช่น FAO, UNESCO, และ UNEP ว่ากว่าครึ่งหนึ่งของพื้นที่ชลประทานของโลกได้รับอิทธิพลจากความเค็ม ทุก ๆ ปีจะมีพื้นที่ในเขตชลประทานได้รับผลกระทบเพิ่มขึ้น 10 ล้านเฮกแตร์ (Szabolcs, 1992 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 8)

(7) การใส่ปุ๋ยเคมีมากเกินไป

(8) การเกิดมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือน้ำเสีย

(9) ปัญหาดินเค็มในพื้นที่ชุ่มชื้น คือ การใช้ปุ๋ยปริมาณมาก น้ำเค็ม และอิทธิพลของน้ำทะเล

2.3.2.3 กระบวนการเกิดดินเค็ม

ความเค็มในดินโดยมากมักจะเกิดในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนแห้งแล้งหรือกึ่งแห้งแล้งและบริเวณใกล้ฝั่งทะเล โดยเป็นบริเวณที่มีการสะสมเกลือทางธรณี โดยทั่วไปการเกิดดินเค็มเกี่ยวข้องกับกระบวนการทั้งหมด 6 กระบวนการ คือ

1) Alkalization

2) Dealkalization

3) Salinization

4) Desalinization

5) Solonization

6) Solodization

กระบวนการ Alkalization หรือ Solonization เป็นการสะสมโซเดียมไอออนในบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนไอออนในดิน ได้แก่ แคลเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม กระบวนการ Dealkalization หรือ Solodization เป็นการเคลื่อนย้ายโซเดียมไอออนจากบริเวณที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งเกี่ยวกับการฟุ้งกระจายของดินเหนียวและเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำมาก ทำให้โซเดียมไอออนอยู่ในสภาพที่มีน้ำขังเข้ามาเกี่ยวข้อง กระบวนการ Salinization เป็นการสะสมเกลือที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ พวกเกลือซัลเฟต คลอไรด์ ของพวกแมกนีเซียม โซเดียม และโปตัสเซียม กระบวนการ Desalinization เป็นการเคลื่อนย้ายเกลือละลายได้ออกไปจากชั้นดิน ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังจากการเกิดกระบวนการ Salinization (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2542 อ้างถึงใน พรพรหม พรหมเดชะ, 2544: 4)

2.3.2.4 สาเหตุการเกิดดินเค็ม

บริเวณที่เกิดดินเค็มส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากสภาพทางธรณีวิทยา โดยมีแหล่งเกลือในดินซึ่งมีกำเนิดมาจากหินที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบ และแหล่งเกลือนี้อยู่ลึกจากผิวดินไม่มากนัก หรือเป็นบริเวณที่มีน้ำใต้ดินเค็มโดยเฉพาะน้ำใต้ดินที่มีระดับใกล้ผิวดิน (สมศรี อรุณินท์, 2525: 31) เนื่องมาจากลักษณะของหินเกลือที่มีสีขาว เนื้อผลึกหยาบและบริสุทธิ์ ผลึกสีขาวนี้จะจับตัวกันเป็นชั้นหนาตั้งแต่ 1.00 เซนติเมตรจนถึงมากกว่า 2.50 เมตร เกลือที่เกิดขึ้นนี้อาจเป็นได้ทั้งรูปผลึกและเป็นสายแร่กระจายตัวอยู่ในหินทรายแป้ง หินดินเหนียว และหินโคลน (Moormann and Van Breeman, 1978 อ้างถึงใน พรพรหม พรหมเดชะ, 2544: 5) เมื่อหินผุพังสลายตัว เกลือที่เคยอยู่ในเนื้อหินก็จะละลายน้ำและเข้าสู่วงจรน้ำใต้ดิน ซึ่งสามารถถูกพัดพาไปสะสมในที่อื่นได้ เป็นผลให้เกิดดินเค็ม โดยการระเหยของน้ำออกจากหน้าดิน

2.3.2.5 สมบัติทางกายภาพของดินเค็ม

ดินเค็มส่วนใหญ่ พบว่า ดินชั้นบนจะมีเนื้อหยาบกว่าดินชั้นล่าง โดยดินชั้นบนส่วนใหญ่จะมีเนื้อดินหยาบปานกลาง คือ เป็นดินทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ส่วนเนื้อดินชั้นล่างมีเนื้อดินละเอียดปานกลางถึงละเอียดมาก คือ เป็นดินเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว ดินมีการพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางถึงดี ซึ่งสัมพันธ์กับสัณฐานวิทยาของดิน แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของโซเดียมไอออนในดินที่ได้รับอิทธิพลของเกลืออย่างชัดเจน (Keren and Singer, 1988: 368 – 373) ดินมีศักยภาพปลดปล่อยน้ำที่ดูดยึดไว้ได้ออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง และความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีค่าต่ำถึงปานกลาง ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอยู่

ในระดับต่ำซึ่งคาดว่าเป็นอิทธิพลของโซเดียมไอออน และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกเป็นส่วนใหญ่ (Klute, 1965: 210 – 220)

2.3.2.6 สมบัติทางเคมีของดินเค็ม

ในดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือโดยทั่วไปจะมีปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมากในดินชั้นล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุต่ำจึงมีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าสูง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำซึ่งลดลงตามความลึก และสอดคล้องกับปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนรวม (Singh and Raw, 1976: 53 – 56) ถ้าดินมีปริมาณโปตัสเซียมที่เป็นประโยชน์จำนวนมาก แสดงว่าดินมีการถูกชะละลายมานาน และค่าปฏิกิริยาของดินแบ่งได้เป็นสามกลุ่ม คือ 1) กลุ่มที่มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่าง 2) กลุ่มที่มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรด 3) กลุ่มที่มีค่าปฏิกิริยาดินชั้นบนเป็นกรดอ่อนแต่ดินชั้นล่างเป็นด่าง (Pramojanee, 1982 อ้างถึงใน พรพรหม พรหมเดชะ, 2544: 7)

2.4 ปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.4.1 ลักษณะพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ดินเค็มประมาณหนึ่งในสามของพื้นที่ทั้งภาค คือ 17.8 ล้านไร่ และพื้นที่ที่มีศักยภาพในการแพร่เกลืออีก 19.4 ล้านไร่ พื้นที่ดินเค็มมักเกิดในที่ลุ่มมีน้ำท่วมในฤดูฝน ส่วนใหญ่จึงเป็นนาข้าว สังเกตได้จากคราบเกลือบนผิวดินเป็นหย่อม ๆ ไม่สม่ำเสมอกันทั้งพื้นที่ และความเค็มในชั้นดินก็แตกต่างกัน ขึ้นกับฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือที่ดินชั้นบนจะถูกน้ำฝนชะลงไปในดินชั้นล่าง และคราบเกลือจะกลับขึ้นมาปรากฏที่ผิวดินใหม่ในช่วงแล้ง ในการจำแนกดินเค็มเพื่อทำแผนที่ดินเค็มจึงจำแนกจากการกระจายคราบเกลือบนผิวดินในช่วงแล้ง (พิชัย วิชัยดิษฐ์, 2540: 174) ประกอบด้วย

1) พื้นที่ดินเค็มจัด 1.50 ล้านไร่ พบคราบเกลือที่ผิวดินมากกว่าร้อยละ 50.0 ความเค็มของดินชั้นบนสูงกว่าดินชั้นล่างระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นใกล้ผิวดิน 1.00 – 2.00 เมตร เป็นพื้นที่ถูกปล่อยให้ว่างเปล่า ทำการเกษตรไม่ได้ มีวัชพืชที่มีหนาม เช่น หนามพุงดอ หนามพรม หนามปี เป็นต้น

2) พื้นที่ดินเค็มปานกลาง 3.7 ล้านไร่ พบคราบเกลือที่ผิวดินร้อยละ 10.0 – 50.0 ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 2.00 เมตร

3) **พื้นที่ดินเค็มน้อย** 12.6 ล้านไร่ **พบคราบเกลือที่ผิวดินน้อยกว่าร้อยละ** 10.0 **ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดินมากกว่า** 2.00 **เมตร พื้นที่ดินเค็มน้อยและเค็มปานกลาง ส่วนใหญ่** เป็นนาข้าว ต้นข้าวในนาเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอกัน มักจะมีวัชพืช คือ หญ้าแดง (*Cyperus* spp.) ดอกสีแดง หรือหญ้าขี้กราก (*Xylis capensis*) ดอกสีเหลือง ขึ้นแซมกับต้นข้าว ระยะกล้า ต้นข้าวมีปลายใบซีดขาว ม้วนงอ ระยะแตกกอมีการแตกกอน้อยลง ระยะติดเมล็ดมีเมล็ดลีบมาก ผลผลิตข้าวลดลงเหลือ 10.0 – 15.0 ถังต่อไร่

4) พื้นที่มีศักยภาพในการแพร่เกลืออีก 19.4 ล้านไร่ มักอยู่บนเนินที่เป็นพื้นที่รับน้ำ (Recharge Area) เคยเป็นป่าแต้งรังมาก่อน ไม่พบคราบเกลือที่ผิวดิน มีการปลูกพืชไร่ เช่น มัน สำปะหลัง อาจมีน้ำเค็มหรือแหล่งเกลืออยู่ใต้ดินหรือไม่มีก็ได้ เมื่อมีการจัดการไม่ดี เช่น การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่รับน้ำ ทำให้สมดุลของน้ำเปลี่ยนแปลง น้ำใต้ดินเค็มในที่ลุ่มถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน

2.4.2 สาเหตุการเกิดดินเค็มและการแพร่เกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2.4.2.1 สาเหตุการเกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ เกลือหิน (Rock Salt) ในหน่วยหินมหาสารคาม (Mahasarakham Formation) เป็นชั้นเกลือหินหนา แทรกสลับกับหินทราย หินทรายแป้ง และหินโคลน บางแห่ง พบว่า มีชั้นหินเกลือเพียงชั้นเดียว สองชั้น หรือสามชั้น ขึ้นกับโครงสร้างทางธรณีวิทยาของบริเวณนั้น บางแห่งเกลือหินแทรกตัวขึ้นเป็นโดมเกลือ ได้มีการคาดการณ์ว่าแหล่งเกลือหินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอยู่ประมาณ 18.0 ล้านล้านตัน (พิทักษ์ รัตนจารุรักษ์, 2542 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 45) ในภาคอีสานมีแหล่งเกลือสินเธาว์อยู่ 2 แอ่ง คือ

1) แอ่งโคราช อยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้และทางใต้ของเทือกเขาภูพานมีพื้นที่ประมาณ 25,000 ตารางกิโลเมตร

2) แอ่งสกลนครอยู่ทางด้านเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือของเทือกเขาภูพานมีพื้นที่ประมาณ 15,000 ตารางกิโลเมตร (เจริญ เพียรเจริญ, 2515 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 45) การแพร่เกลือมีทั้งที่เกิดตามธรรมชาติและมนุษย์เป็นตัวการ

2.4.2.2 สาเหตุการแพร่เกลือตามธรรมชาติ

การสลายตัวของหินอมเกลือ ที่อยู่ลึกจากผิวดินเพียง 1.00 – 2.00 เมตร เกลือที่สะสมในหินอมเกลือเหล่านี้มาจากการผุพังสลายตัวของหินเกลือชั้นบนของหมวดหินมหาสารคาม น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ใกล้ผิวดิน เกลือเคลื่อนขึ้นมาสะสมที่ผิวดินและดินชั้นบนพร้อมกับการระเหยของน้ำ

2.4.2.3 สาเหตุการแพร่เกลือโดยมนุษย์

1) การทำเกลือสินเธาว์ มีหลักฐานทางโบราณคดีว่ามีการทำเกลือพอ ๆ กับเหล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมานานก่อนคริสตกาล ชาวบ้านขูดคราบเกลือบนผิวดินมาละลายน้ำแล้วต้มเป็นเกลือ ต่อมา มีทำเกลือสินเธาว์เป็นการค้า โดยขุดเจาะสูบน้ำเค็มขึ้นมาตากหรือต้ม ทำให้เกิดแพร่กระจายดินเค็มรวดเร็วและเกิดความเสียหายเป็นอย่างมาก เช่น จังหวัดนครราชสีมา อุดรธานี และสกลนคร นอกจากนี้การต้มเกลือยังทำให้เกิดปัญหาการตัดไม้ทำลายป่าเพื่อนำมาเป็นฟืนต้มเกลือที่แขวงสุวรรณเขต สาธารณรัฐประชาชนลาว มีการสูบน้ำเกลือในบริเวณใกล้อ่างเก็บน้ำขึ้นมาต้มโดยใช้ฟืน นอกจากเป็นการทำลายทรัพยากรป่าไม้ ยังทำให้เกิดดินเค็มแพร่ไปในบริเวณใกล้เคียง ต่อไปเกลือจะแพร่ลงไปในอ่างเก็บน้ำ ไม่สามารถนำมาใช้อุปโภคบริโภคได้ และยากที่จะแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้

2) การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่รับน้ำ ในปี พ.ศ. 2504 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเคยมีป่าไม้ประมาณ 330 ล้านไร่ หรือร้อยละ 53.0 ของพื้นที่ทั้งประเทศ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเช่น การปลูกพืชไร่ มันสำปะหลัง ปอ ทำให้พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกทำลาย ปี พ.ศ. 2541 พื้นที่ป่าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือคงเหลือเพียง ล้านไร่ หรือร้อยละ 25.3 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (กรมป่าไม้, 2541: 1) เมื่อต้นไม้ที่เคยใช้น้ำปริมาณมากถูกทำลาย สมดุลการใช้น้ำในพื้นที่ก็เสียไป มีน้ำส่วนเกินที่ไหลจาก เนินรับน้ำไปเพิ่มเติมน้ำใต้ดินเค็มในที่ลุ่ม ซึ่งเป็นพื้นที่จ่ายน้ำหรือพื้นที่ให้น้ำ ถูกยกระดับขึ้นมาใกล้ผิวดิน ทำให้ที่ลุ่มซึ่งนาข้าวกลายเป็นดินเค็ม และความเค็มจะค่อย ๆ ทวีความรุนแรงขึ้นเรื่อย ๆ เช่น พื้นที่ดินเค็ม อำเภอขามทะเลสอ อำเภอด่านขุนทด อำเภอโนนไทย จังหวัดนครราชสีมา

3) การสร้างแหล่งน้ำบนพื้นที่ดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม น้ำในอ่างเก็บน้ำจะละลายเกลือในชั้นดิน หรือดึงระดับน้ำใต้ดินเค็มให้สูงขึ้นมาอยู่ระดับเดียวกับน้ำในอ่างเก็บน้ำ ต่อมาน้ำในอ่างก็กลายเป็นน้ำเค็มใช้ประโยชน์ไม่ได้และพื้นที่รอบอ่างก็กลายเป็นดินเค็ม เช่น แหล่งน้ำที่ อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม

4) การใช้น้ำเพื่อการชลประทานอย่างไม่ถูกต้อง เช่น ให้น้ำปริมาณมากเกินไปจนเกิดการเพิ่มเติมและยกระดับน้ำใต้ดินเค็มขึ้นมาใกล้ผิวดิน ทำให้ที่นาในเขตชลประทานกลายเป็นดินเค็มได้ หรือกรณีการใช้น้ำเค็มในการชลประทานโดยไม่มีการล้างออก ทำให้เกลือสะสมในเนื้อดิน ดังตัวอย่างที่เกิดขึ้นจากการสูบน้ำลำน้ำชีขึ้นมาใช้ในช่วงแล้งที่บ้านหนองบัวดีหมี อำเภอท่าพระ จังหวัดขอนแก่น

2.5 การแก้ไขปรับปรุงดินเค็มและดินโซดิก

ดินเค็มทำให้เกิดปัญหาบนพื้นที่เพาะปลูกขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การใช้น้ำคุณภาพต่ำในการชลประทาน การจัดการระบายน้ำไม่ดี หรือมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ใกล้ผิวดิน ความเค็มดินบริเวณรากพืชจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นกับการเคลื่อนที่ขึ้นลงของเกลือในดิน การระเหยของน้ำที่ผิวดินและการคายน้ำของพืชเป็นแรงดึงทำให้น้ำและเกลือเคลื่อนขึ้นสู่ผิวดิน ทำให้สารละลายดินมีเกลือเพิ่มขึ้น มักมองเห็นคราบเกลือบนผิวดินเป็นหย่อม ๆ เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอกันของเนื้อดิน แต่น้ำก็เป็นตัวการสำคัญที่ช่วยชะล้างเกลือออกไปจากดินได้เช่นกัน วิธีการแก้ไขปัญหาดินเค็มจึงทำโดยการป้องกันการเคลื่อนที่ของเกลือขึ้นสู่ผิวดินในแนวดิ่ง ด้วยระบบการระบายน้ำ การใช้น้ำส่วนเกินที่มีอยู่ในดิน การป้องกันไม่ให้มีการเพิ่มเติมน้ำลงไปในระบบ มักไม่แนะนำให้ระบายน้ำโดยการขุดคูคลองเพราะจะทำให้เกลือแพร่ออกไปทั้งในดินและน้ำ ควรเปลี่ยนวิธีการปลูกพืช ไม่ปล่อยให้หน้าดินว่าง ปลูกพืชรากลึก มีระบบการชลประทานที่ดี ใช้สารปรับปรุงดินเพื่อไล่โซเดียมออกไปจากดิน ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

2.5.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการจัดการแก้ไขปรับปรุงดินเค็มและดินโซดิก

การลดระดับความเค็มดินจะต้องพิจารณาว่า ดินนั้นเป็นดินเค็ม ดินโซดิก หรือดินเค็มโซดิก ขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน และร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ธาตุที่เกี่ยวข้องกับปัญหาดินเค็มนั้นมีทั้งธาตุประจุลบ เช่น คลอไรด์ (Cl^-) ซัลเฟต (SO_4^{-2}) ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ไนเตรท (NO_3^-) และธาตุประจุบวก เช่น โซเดียม (Na^+) แคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+})โปตัสเซียม (K^+) ปริมาณโซเดียมที่มากเกินไปทำให้สมบัติทางกายภาพของดินเสีย อนุภาคดินไม่เกาะตัวกันและฟุ้งกระจาย ดินแน่น และยุ่งยากในการชะล้างเกลือออกไป

2.5.1.1 การแก้ไขปรับปรุงดินเค็ม (Saline Soil Reclamation) ดินเค็มมีเกลือที่ละลายน้ำได้ปริมาณมาก มีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ปริมาณน้อย น้ำซึมผ่านดินได้ค่อนข้างดี การแก้ไขเพื่อลดปริมาณเกลือที่มีอยู่ในดินประเภทนี้จึงทำได้ง่าย โดยการใช้น้ำจืดชะล้างเกลือ และระบายน้ำที่มีเกลือละลายอยู่หลังจากการชะล้างออกไปจากดิน จำเป็นต้องมีระบบการให้น้ำและการระบายน้ำ อาจเป็นคลองระบายน้ำบนผิวดินหรือท่อระบายน้ำใต้ดินเพื่อระบายน้ำที่มีเกลืออยู่หลังจากชะล้างดินให้ออกไปจากดิน สามารถลดปริมาณเกลือในดินให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายหรือกระทบกระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่จะต้องคำนึงถึงสถานที่และวิธีเก็บกักน้ำส่วนที่ระบายออกไม่ให้แพร่เกลือไปยังพื้นที่ข้างเคียง

2.5.1.2 การแก้ไขปรับปรุงดินโซดิก (Sodic หรือ Alkali Soil Reclamation) เนื่องจากดินโซดิกมีเกลือต่าง ๆ ละลายอยู่น้อย แต่มีโซเดียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวอนุภาคดินในปริมาณที่มาก อนุภาคดินจะฟุ้งกระจายได้ง่าย ดังนั้น การแก้ไขดินโซดิกจำเป็นต้องใส่สารปรับปรุงดินเพื่อให้เข้าไปแทนที่โซเดียมที่ดินดูดยึดไว้ และเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำของดินด้วยการใส่ปุ๋ยคอกหรืออินทรียวัตถุ สำหรับสารที่ใช้ในการแทนที่โซเดียมนั้นก็เหมือนกับสารที่ใช้ในการปรับปรุงแก้ไขดินเค็มโซดิก คือ สารพวกแคลเซียม

2.5.1.3 การแก้ไขปรับปรุงดินเค็มโซดิก (Saline Sodic หรือ Saline Alkali Soil Reclamation) ดินเค็มโซดิกมีทั้งเกลือที่ละลายได้อยู่มากแล้ว และมีโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ปริมาณมากด้วย ดังนั้น การจัดการดินเค็มประเภทนี้ต้องประกอบด้วยการใช้น้ำจืดชะล้างเกลือที่มีอยู่มากในดิน และลดปริมาณโซเดียมที่ถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดิน ด้วยการแทนที่โซเดียมด้วยสารปรับปรุงดินบางชนิด เช่น แคลเซียม (อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 33)

2.5.2 เทคนิคในการจัดการพื้นที่มีปัญหาดินเค็ม

2.5.2.1 การควบคุมความเค็ม ทำได้โดย

1) การให้น้ำถี่ขึ้น (More Frequent Irrigations)

2) การเลือกชนิดพืชที่จะปลูก (Crop Selection)

3) การเพิ่มปริมาณน้ำเพื่อการชะล้าง (Additional Leaching)

4) การให้น้ำปริมาณมากก่อนการปลูกพืช (Preplant Irrigation)

5) การเลือกตำแหน่งหยอดเมล็ด (Seed Placement)

6) การเปลี่ยนวิธีการให้น้ำชลประทาน (Changing Irrigation Method)

7) การเปลี่ยนแหล่งน้ำชลประทาน (Changing Water Supply)

8) การปรับระดับพื้นที่ (Land Grading)

9) การปรับปรุงหน้าตัดดิน (Soil Profile Modification)

10) การระบายน้ำ (Drainage)

2.5.2.2 การทำให้น้ำซึมลงไปในดินได้เพิ่มขึ้น

1) การเพิ่มการซึมของน้ำโดยวิธีทางเคมี เช่น การใช้ยิบซั่มไล่ที่โซเดียมที่มีมากเกินไป

2) การเพิ่มการซึมของน้ำโดยวิธีการทางกายภาพ เช่น การใช้วิธีทำการเขตกรรม การไถทำลายชั้นดาน (Sub Soiling) ซึ่งเป็นการปรับปรุงการไหลซึมของน้ำผ่านชั้นดินให้ดียิ่งขึ้น

2.5.2.3 การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน ดินเค็มมีเกลือสะสมอยู่ทำให้อินทรียวัตถุในดินถูกชะล้างไปจากเนื้อดินได้ง่าย เมื่อแก้ไขลดระดับความเค็มลงไปแล้ว ควรเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินด้วยการใส่อินทรียวัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น

2.5.3 การชะล้างเกลือ (Salt Leaching)

2.5.3.1 การทำให้เกลือที่ละลายได้ออกไปจากดินบริเวณรากพืช สามารถทำด้วยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้ (Desertification Control in Asia and the Pacific, 1990 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 34)

1) การขุดลอกเกลือที่สะสมอยู่บริเวณผิวหน้าดินโดยวิธีกล (Scraping) เป็นการแก้ปัญหาได้เพียงชั่วคราว เกลือที่มีปริมาณมากในดินจะขึ้นมาสะสมที่ผิวดินได้อีก

2) การใช้น้ำล้างคราบเกลือที่ผิวดิน (Flushing) น้ำจะไหลไปทางแนวราบไปสู่พื้นที่ต่ำกว่าหรือทางระบายน้ำ มีข้อเสีย คือ อาจเกิดการสะสมเกลือในพื้นที่ต่ำกว่าที่อยู่ข้างเคียงได้

3) การชะล้างเกลือออกไปจากเขตรากพืชลงไปในชั้นดินตามแนวดิ่ง (Leaching) ให้ประสิทธิผลที่ดีที่สุดเมื่อมีการขังน้ำจืดแล้วค่อย ๆ ปล่อยให้น้ำซึมลงไปในดิน เกลือจะถูกละลายและเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่ที่ต้องการลดความเค็ม การชะล้างจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อมีระบบระบายน้ำใต้ดินหรือระดับน้ำใต้ดินอยู่ค่อนข้างลึก แต่การระเหยของน้ำในช่วงแล้งอาจทำให้เกลือกลับขึ้นมาที่ผิวดินได้อีก

2.5.3.2 ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการชะล้างเกลือ (Water Requirements for Leaching) ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการชะล้างเกลือขึ้นกับปริมาณเกลือในดิน ระดับความเค็มที่ต้องการลด ความลึกของชั้นดินที่ต้องการแก้ไข และลักษณะของดิน ซึ่งจะต้องมีการทดสอบเพื่อคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการล้างเกลือ เพื่อทำให้เกลือประมาณร้อยละ 80.0 ถูกชะล้างออกไปจากความลึกของชั้นดินที่ต้องการ (Khosla, Gupta and Abrol, 1979: 193 – 202) การชะล้างเกลือที่มีประสิทธิภาพ คือ การใช้น้ำปริมาณน้อยที่สุดซึ่งสามารถล้างเกลือออกไปได้มากที่สุดในระดับความลึกของดินเดียวกัน ซึ่งปริมาณความต้องการน้ำสำหรับล้างเกลือต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ (Food and Agriculture Organization, 1980 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546 : 34) คือ ปริมาณเกลือที่มีอยู่เดิมในดินและในน้ำใต้ดิน ชนิดของเกลือในดิน คุณภาพของน้ำที่ใช้ล้างเกลือ ความสามารถในการไหลซึมผ่านได้ของดิน ความลึกของชั้นดินที่ต้องการล้างเกลือ วิธีการให้น้ำ และประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำในสภาพพื้นที่ดินเค็ม ปกติค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density) โดยเฉลี่ยพื้นที่ที่เป็นดินเค็มมีค่าโดยประมาณ 1.50 – 1.65 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และสภาพดินปกติโดยประมาณเท่ากับ

1.10 – 1.50 กรัม/ซม.^{3} ซึ่งค่าความหนาแน่นที่สูงกว่าปกตินี้จะส่งผลถึงความชาบซึมน้ำและจะเป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายของช่องอากาศ ท้ายสุดผลผลิตของพืชก็จะต่ำกว่าปกติ ความลึกของดินที่ต้องการชะล้าง ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูกว่ามีระบบรากเป็นอย่างไร เพื่อให้ระบบรากกระทบกระเทือนจากความเค็มน้อยที่สุด ยกตัวอย่างเช่น ในพืชไร่ทั่ว ๆ ไป นิยมล้างดินในความลึกเฉลี่ยแล้ว 1.00 – 1.50 เมตร แต่ในพวกไม้ผลและไม้ยืนต้นควรล้างดินในความลึกไม่ต่ำกว่า 2.00 เมตร (Food and Agriculture Organization, 1971 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546 : 35) ในการคำนวณตามทฤษฎีเพื่อหาปริมาณน้ำที่จะใช้ล้างดินอย่างพอเหมาะมักจะไม่ได้ผลในทางปฏิบัติ เนื่องจากน้ำที่ใช้ล้างดินเมื่อใส่ลงไปในดินแล้วอาจจะซึมลงไปในดินไม่ได้ทั้งหมด ที่ได้ผลในการล้างดินจริง ๆ จึงเป็นเพียงส่วนหนึ่งของน้ำล้างดินที่ใส่ลงไปทั้งหมด ดังนั้น การปฏิบัติในการล้างดินจึงต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของดิน ชนิดพืช วิธีการให้น้ำ คุณภาพน้ำ และสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มากกว่าคำนึงถึงปริมาณน้ำที่ใช้อย่างเดียว น้ำที่คุณภาพเลวอาจจะนำมาใช้ในดินทราย หรือดินที่มีอัตราการซึมผ่านสูง ข้อดีของดินทราย คือ สามารถใช้น้ำล้างเอาเกลือออกจากบริเวณรากพืชได้ง่าย แต่ถ้าดินแน่นน้ำจะไม่สามารถซึมลงในดินแต่กลับยังอยู่บนผิวดิน นอกจากจะชะล้างเอาเกลือออกจากเขตรากพืชไม่ได้แล้ว น้ำกลับทำให้รากพืชถูกน้ำท่วมขังและขาดอากาศอีกด้วย (Schilfgaarde, 1974 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 35) ปริมาณความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิด ต้องการปริมาณน้ำที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด อายุของพืชนั้น ๆ ระบบของราก ชนิดของดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ลักษณะภูมิประเทศที่ขึ้นอยู่กับอัตราการคายระเหยของพืชในบริเวณใกล้เคียง ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงในบริเวณนั้น ๆ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมี ชีวภาพ กายภาพของดินที่ทำการปลูกพืช อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำที่จำเป็นต้องใช้เพื่อล้างความเค็มของดินยังขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำชลประทานที่ใช้ล้างและชนิดของพืชทนเค็มที่เหมาะสมเพื่อปลูกหลังการล้างดิน (Food and Agriculture Organization, 1985 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 35) การใช้น้ำเพื่อทำการล้างดินโดยอาศัยการผสมน้ำจืด ในช่วงฤดูแล้งมีน้ำเค็มปริมาณมากแต่มีน้ำจืดในปริมาณน้อยและจำกัด จึงจำเป็นต้องใช้น้ำจืดอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้น้ำเพื่อล้างดินขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของน้ำ อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับความมากน้อยของปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนประจุบวก ซึ่งอาจแลกเปลี่ยนได้กับไอออนบวกจากภายนอก ขึ้นอยู่กับ 3 ปัจจัย คือ

1) ความสามารถในการดูดซับและอำนาจการแทนที่ของไอออนบวกต่าง ๆ ซึ่ง จะขึ้นอยู่กับวาเลนซี ขนาดของไอออนเมื่อเปียกน้ำ ความสามารถที่จะมีโพลาไรซ์อันดับของความสามารถที่จะดูดซับได้สำหรับไอออนบวกสามัญในดิน

2) ความเข้มข้นของสารละลาย

3) ธรรมชาติของสารคอลลอยด์ ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของคอลลอยด์ ความไม่สม่ำเสมอของผิวหน้าของคอลลอยด์ ความพอดีของไอออนกับช่องว่างบางแห่งในผลึก และการเกิดคีเลตที่ซับซ้อนระหว่างไอออนบวกกับอินทรียสารในดิน นอกจากนี้แล้วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อาทิเช่น ระดับความอิ่มตัวของไอออนบวก ความไวทางเคมีของโคไอออน ความสมดุลของการแลกเปลี่ยนไอออนบวก ความเป็นกรด – ด่าง และความสมดุลของไอออนในดินเค็มและดินโซดิก

2.5.3.3 คุณภาพน้ำที่ใช้ชะล้างเกลือ ในบางพื้นที่การจัดการน้ำที่มีคุณภาพดี เพื่อนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชเป็นไปได้ยาก จำเป็นจะต้องนำเอาน้ำเค็มมาใช้ในการชลประทาน จึงต้องมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อปฏิบัติอย่างรอบคอบระมัดระวัง มิให้เกิดเกลือสะสมอยู่ในดินจนเกิดอันตรายต่อพืช วิธีการหนึ่งในการลดอันตรายจากน้ำเค็ม คือ การนำน้ำจืดมาผสมเพื่อให้น้ำนั้นมีคุณสมบัติที่จะใช้ในการปลูกพืชได้ ซึ่งคุณสมบัติของน้ำที่ยอมรับในการใช้เพื่อชลประทานจะมีระดับความเค็ม 0 – 3.00 dS/m ปริมาณ Ca^{2+} 0 – 20.0 meq/l, Mg^{3+} 0 – 5.00 meq/l, Na^{+} 0 – 40.0 meq/l, CO_3^{-} 0 – 0.100 meq/l, HCO_3^{-} 0 – 10.0 meq/l, Cl^{-} 0 – 30.0 meq/l, และ SO_4 0 – 20.0 meq/l (Food and Agriculture Organization, 1985 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 36) คุณภาพน้ำที่ใช้ชะล้างเกลือ มีผลต่อการสะสมเกลือในบริเวณรากพืช เมื่อยังไม่มีการชะล้างเกลือ ปริมาณเกลือที่สะสมบริเวณรากพืชเป็นสัดส่วนกับปริมาณเกลือในน้ำชลประทานและความลึกของน้ำที่ให้ ซึ่งมีผลจากกระบวนการระเหยของน้ำที่ผิวดินและการคายน้ำของพืช (Desertification Control in Asia and the Pacific, 1990 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 36) สมมุติว่าไม่มีการเพิ่มเกลือจากทางอื่นอีก จะสามารถคำนวณค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (ΔEC_e) ที่ระดับความลึกของดิน (Ds) ได้จากความลึกของน้ำชลประทาน (D_{iw}) ความเค็มน้ำชลประทาน (EC_{iw}) ดังนี้

$$D_{iw}/Ds = (ds/dw)(SP/100)(\Delta EC_e / EC_{iw})$$

เมื่อ ds/dw คือ สัดส่วนของความหนาแน่นดินและน้ำ

SP คือ ร้อยละการอิ่มตัว

ตัวอย่างเช่น $EC_{iw} \times 10 = 1{,}000$

$ds = 1.20\ g\ cm^{-3}$

$dw = 1.00\ g\ cm^{-3}$

$SP = 40.0$

ความเค็มดินที่เปลี่ยนแปลง ($EC_e \times 10^6$) ของ 4,000, $D_{iw}/Ds = 1.90$ หมายความว่าเกลือเพียงเล็กน้อยในน้ำชลประทานที่มีคุณภาพดี ทำให้ดินร่วนที่ไม่มีเกลือที่ความลึก 1.00 ฟุต

กลายเป็นดินเค็มได้เมื่อไม่มีการเพิ่มเกลือจากวิธีอื่น ปัญหานี้จะยิ่งรุนแรงขึ้นเมื่อใช้น้ำที่มีเกลือในการชลประทาน

2.5.3.4 ความต้องการน้ำในการชะล้าง (Leaching Requirement) เพื่อป้องกันการสะสมเกลือบริเวณรากพืช เมื่อใช้น้ำคุณภาพไม่ดีในการชลประทานจะต้องให้น้ำปริมาณมากเกินกว่าที่พืชใช้ จำเป็นจะต้องมีการระบายน้ำในดินเพียงพอ และระบายต่ำกว่ารากพืชที่ปลูก (United Surrey Soccer League, 1954 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 36)

$$LR = D_{dw}/D_{iw}$$

เมื่อ LR คือ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการชะล้างดิน

D คือ ความลึกของน้ำ

dw คือ น้ำระบายออก

iw คือ น้ำชลประทาน

สำหรับข้อจำกัดในการปฏิบัติในดินที่มีอนุภาคดินเหนียว เกิดจากปัญหาการซึมผ่านของน้ำในดินเป็นไปได้ยากและการระบายอากาศในดินเลว ต้องการน้ำปริมาณมากและมีเกลือถูกละลายออกมามากBernstein and Francois (1973: 931 – 943) มีความเห็นว่า Leaching Fraction มีผลเล็กน้อยกับความเค็มที่ดินชั้นบน ขณะที่การคำนวณจากวิธีแรกจะมีประสิทธิภาพดีกว่า

2.5.3.5 วิธีการชะล้างเกลือ (Leaching Method) เกลือที่มีอยู่ในดินสามารถกำจัดออกไปได้โดยใช้น้ำชะล้าง ปริมาณน้ำที่ใช้ต้องเพียงพอในการละลายเกลือออกไปสู่ระบบระบายน้ำหรือออกไปนอกเขตรากพืช มีปริมาณมากกว่าน้ำที่พืชใช้ในการเจริญเติบโตและที่ระเหยจากดิน (Hillel, 1983 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 37) วิธีการขังน้ำที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือ

1) การขังน้ำสำหรับล้างดินแบบต่อเนื่อง (Continuous Ponding) โดยการขังน้ำท่วมผิวดินตลอดเวลา ลึกประมาณ 10.0 ซม. เพื่อทดแทนน้ำส่วนที่ระบายออกและที่สูญเสียโดยการคายระเหย (Evapotranspiration) ใช้ได้ดีกับดินที่มีการไหลซึมของน้ำดี ส่วนมากมีเนื้อดินเป็นทราย น้ำใต้ดินที่เค็มอยู่ตื้น และดินมีอัตราการระเหยน้ำสูง วิธีการนี้ถ้าไม่มีระบบระบายน้ำหรือใช้น้ำคุณภาพต่ำจะทำให้การสะสมเกลือเพิ่มขึ้น

2) การขังน้ำสำหรับล้างดินแบบเป็นช่วงเวลา (Intermittent Ponding หรือ Periodic Waterapplication) วิธีการนี้เหมาะสมสำหรับดินที่มีการไหลซึมของน้ำต่ำ น้ำใต้ดินอยู่ลึก น้ำใต้ดินไม่เค็ม หรือเค็มเล็กน้อย และช่วงเวลาของการระเหยน้ำจากดินต่ำ โดยการใช้น้ำชลประทานประมาณ 200 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ เพื่อละลายเกลือ และให้น้ำอีกประมาณ 300 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ เพื่อล้างเกลือออกจากพื้นที่ วิธีนี้จะใช้เวลาในการล้างดินมากกว่าแบบให้น้ำต่อเนื่อง

ประมาณร้อยละ 40.0 เพื่อล้างเกลือให้ออกจากดินบนในความลึก 60.0 เซนติเมตร การชะล้างดินแบบต่อเนื่อง เหมาะสำหรับพืชที่ทนทานต่อการขังน้ำเป็นเวลานาน เช่น ข้าว ซึ่งมีข้อดี คือ ใช้เวลาในการแก้ไขดินเค็มรวดเร็ว แต่ต้องมีการใช้ปริมาณน้ำเพื่อการชะล้างมาก และต้องดูแลมากกว่า ส่วนการชะล้างแบบเป็นช่วงเวลาเหมาะสำหรับพื้นที่ที่ปลูกพืชไร่และผักต่าง ๆ ซึ่งมีข้อดี คือ ประหยัดน้ำได้มากกว่า แต่มีข้อเสีย คือ ใช้เวลาในการล้างดินนานกว่า Hansen, Israesen and Stringhan (1979 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546 : 37) ได้แนะนำการล้างดินเค็มให้ใช้เพาะปลูกได้อย่างถาวร 3 ขั้นตอน คือ

(1) มีระบบระบายน้ำที่สามารถรักษาระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ต่ำกว่าผิวดิน 2.50 – 3.00 เมตร

(2) ลดความเข้มข้นของเกลือในบริเวณรากพืชให้เหลือไม่เกินร้อยละ 0.300 – 0.400 ส่วนในน้ำใต้ดินให้มีเกลือไม่เกิน 2.00 – 3.00 กรัม/ลิตร โดยการชะล้างและระบายน้ำ

(3) ป้องกันเกลือที่ชะล้างไม่ให้กลับมาสะสมในบริเวณรากพืช โดยระบายน้ำที่ชะล้างเกลือออกไปยังบริเวณอื่น ตามปกติการชะล้างเกลือจะประกอบด้วย การทำคันดินเพื่อขังน้ำให้มีระดับความลึกตามที่ต้องการ ทำให้เกิดแรงกดให้น้ำเคลื่อนลงไปในดิน ประสิทธิภาพของการชะล้างเกลือขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของการให้น้ำผ่านลงไปในดิน การชะล้างแบบเป็นช่วงเวลาในดินที่ไม่อิ่มตัวด้วยน้ำสามารถชะล้างเกลือออกไปเพิ่มมากขึ้นต่อหนึ่งหน่วยของน้ำที่ใช้ การให้น้ำแบบ Intermittent Sprinkle มีประสิทธิภาพกว่าการขังน้ำ โดยการให้น้ำแบบ Sprinkle 25.0 เซนติเมตร ลดความเค็มดินในชั้นบน (0 – 60.0 เซนติเมตร) ได้เท่ากับการขังน้ำ 75.0 เซนติเมตร (Miller, Biggar and Nielsen, 1965: 63 – 73) ในการเลือกวิธีการให้น้ำแก่พืช จำเป็นต้องพิจารณาลักษณะธรรมชาติและความต้องการน้ำของพืช

2.5.4 วิธีการระบายน้ำ (Drainage Method)

ความลึกของน้ำใต้ดินมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการระเหยน้ำที่ผิวดิน โดยจะต้องรักษาระดับน้ำใต้ดินให้อยู่ในระดับลึกพอที่จะไม่เกิดเกลือในชั้นดินจากการระเหยของน้ำ ระดับน้ำใต้ดินวิกฤตอยู่ที่ 1.50 ถึง 3.00 เมตร ขึ้นกับความลึกของรากพืชที่ปลูก ความลึกน้ำใต้ดิน และสมบัติของดิน การระบายน้ำมีปัญหาเมื่อเกิดการขังน้ำบนผิวดินของน้ำฝนหรือน้ำชลประทานที่มากเกินไป ความลาดเทของพื้นที่น้อยเกินไป และการยอมให้น้ำซึมผ่านของดินต่ำ จากการมีมีชั้นดานจากการสะสมของดินเหนียว ชั้นหิน หรือการเปลี่ยนแปลงเนื้อดินในชั้นดิน การระบายน้ำที่เหมาะสมจะช่วยควบคุมรักษาระดับน้ำใต้ดินได้ และช่วยลดการสะสมของเกลือที่ชั้นดินบนได้ ซึ่งอาจทำได้โดยวิธี

ต่าง ๆ ดังนี้ (Desertification Control in Asia and the Pacific, 1990 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 39)

2.5.4.1 การระบายน้ำผิวดิน (Surface Drainage) ทางระบายน้ำต้องมีความจุพอที่จะรับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ความเร็วของน้ำที่ไหลลงมาในคูระบายน้ำขึ้นกับอัตราฝนตก ความลาดเทของพื้นที่ และสภาพผิวดิน รวมทั้งพืชคลุมดิน โดยทั่วไปพื้นที่มีความลาดเทน้อยกว่า 2.00 สร้างคลองระบายน้ำรูปตัววี (V – Shape) ขนานกันในระยะห่าง 20.0 – 60.0 เมตร ลึก 30.0 – 45.0 เซนติเมตร ข้อดีของการระบายน้ำผิวดิน คือ สามารถเคลื่อนย้ายน้ำปริมาณมากที่ผิวดินในกรณีที่น้ำใต้ดินอยู่ตื้นและพื้นที่มีความลาดเทน้อยกว่าที่จะวางท่อระบายน้ำ ใช้การระบายน้ำที่ผิวดินเป็นที่รวมของน้ำที่ระบายออกมาจากท่อระบายน้ำได้ในระดับความลึกที่เหมาะสม ข้อเสีย คือ ต้องใช้พื้นที่มาก ไม่สะดวกในการจัดการฟาร์ม เป็นอันตรายต่อโคกระบือ ต้องใช้ทุนสูงในการดูแลรักษาเป็นระยะ ๆ เนื่องจากวัชพืชอาจขึ้นขวางทางน้ำหรือเกิดการพังทลายของดิน

2.5.4.2 การระบายน้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Drainage) มีหลายวิธี เช่น

1) การสร้างรูระบายน้ำใต้ดิน (Mole Drains) ใช้ได้ดีสำหรับการระบายน้ำตื้นๆ ในพื้นที่ที่เป็นดินเหนียวที่ชื้น ไม่เหมาะที่จะทำในดินเนื้อหยาบ ลงทุนน้อย แต่มีอายุใช้งานเพียงสองสามปี ใช้ไม่ได้ผลกับพื้นที่ที่มีปัญหาจากน้ำใต้ดินเค็ม

2) การระบายน้ำใต้ดินแบบท่อ (Tile Drains) เป็นท่อฝังเชื่อมกันที่สามารถพาน้ำส่วนเกินออกจากดิน วัสดุที่ทำท่ออาจเป็นดินเหนียว คอนกรีต พลาสติก หรือวัสดุสังเคราะห์

2.5.4.3 การระบายน้ำแนวดิ่ง (Vertical Drainage) การระบายน้ำทางแนวราบไม่สามารถลดระดับน้ำใต้ดินได้ลึกมากเท่าที่ต้องการ การสูบน้ำออกไปเป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่น้ำใต้ดินไม่เค็มหรือเค็มเล็กน้อย การสูบน้ำช่วยลดระดับน้ำใต้ดินได้ และยังนำไปใช้เป็นน้ำชลประทานได้ด้วย ถ้าอยู่ใกล้ทะเลและน้ำใต้ดินมีเกลือมาก ใช้ Tube Well ควบคุมระดับน้ำ แล้วสูบออกไปทิ้งทะเลได้ ควรระวังการนำน้ำจืดมาใช้ในการชลประทานอาจทำให้เกิดการแพร่ หรือการป้องกันการเกิดดินเค็มได้จะต้องมีคลองระบายน้ำร่วมกับบ่อสำหรับสูบน้ำออก (Well Drainage) ประสิทธิภาพการระบายน้ำแนวดิ่งขึ้นกับความสามารถในการออกแบบทางวิศวกรรม การวางแผนและการจัดการระดับพื้นที่

2.5.5 สารปรับปรุงบำรุงดิน (Soil Amendments)

ในการชะล้างเกลือออกไปจากดินเค็มโซดิกมักพบปัญหาการระบายน้ำของดิน โซเดียมเป็นพิษต่อพืชและมีผลต่อสมบัติทางกายภาพของดิน ดินที่เป็นทั้งดินเค็มและโซดิกเมื่อระบายน้ำในครั้ง

แรกจะง่าย เพราะในขณะที่ดินยังมีเกลือที่ละลายได้อยู่มากนั้น อนุภาคดินยังคงเกาะตัวกันดี แต่เมื่อทำการชะล้างต่อไประยะหนึ่งก็จะระบายน้ำออกไปได้ยาก เพราะเกลือที่ละลายได้พวกประจุบวกสอง (Divalent Cation) ได้แก่ แคลเซียมและแมกนีเซียม ถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่ายกว่าเกลือโซเดียม หลังจากการชะล้างดินเพียง 2 – 3 ครั้ง ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในดินลดลง แต่ปริมาณโซเดียมยังคงสูงอยู่ ทำให้อัตราส่วนระหว่างโซเดียมต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้น โซเดียมเป็นตัวทำให้อนุภาคดินแตกตัวและฟุ้งกระจาย การซาบซึมน้ำของดินลดลง ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการชะล้างเกลือครั้งต่อไป (United Surrey Soccer League, 1954 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 40) ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใส่สารปรับปรุงดินบางชนิดลงไปเพื่อให้แทนที่โซเดียมที่อนุภาคดินดูดยึดไว้ และเพื่อเพิ่มความสามารถของดินในการให้น้ำซึมผ่าน

สารปรับปรุงดินที่นิยมใช้ในการแทนที่โซเดียมที่อนุภาคดินดูดยึดไว้นี้ ได้แก่ ยิบซั่ม แคลเซียมคลอไรด์ และกรดกำมะถัน สารเคมีพวกแคลเซียมที่ใส่ลงไปในดินนั้นนอกจากเข้าไปแทนที่โซเดียมที่ดินดูดยึดไว้แล้ว ยังทำให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นด้วย เช่น ทำให้เม็ดดินเกาะตัวกันเป็นเม็ดดินที่มีความคงทนมากขึ้น การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศของดินดีขึ้น (Bower, 1970: 793 – 795) สำหรับการใส่สารปรับปรุงดินนั้นถ้าใส่คลุกเคล้าให้เข้ากับดินอย่างทั่วถึง หรือใส่ร่วมกับแอมโมเนียมไนเตรท จะช่วยทำให้ปฏิกิริยาแทนที่โซเดียมเกิดได้เร็วขึ้น การชะล้างเกลือออกไปจากดินก็เร็วขึ้น วิธีการแก้ไขปรับปรุงดินเค็มโซดิก ขึ้นกับลักษณะการซึมของน้ำในดิน (Soil Infiltration) และเกลือในน้ำชลประทาน โดยดินเนื้อโปร่งมีอัตราการซึมน้ำดีไม่ค่อยตอบสนองต่อการใส่ยิบซั่ม และไม่จำเป็นต้องใส่สารปรับปรุงดินในดินเค็มโซดิกที่มีการสะสมของแคลเซียมคาร์บอเนตหรือยิบซั่มอยู่แล้วสารปรับปรุงดินที่ใช้ไล่ที่โซเดียมที่อนุภาคดินดูดยึดไว้ในการชะล้างเกลือจากดิน มีดังนี้

1) เกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ดี (Soluble Calcium Salt) ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ และยิบซั่ม

2) กรดหรือสารที่ก่อให้เกิดกรด (Acid Or Acid Former) ได้แก่ กำมะถันผง กรดกำมะถัน เหล็กซัลเฟต และอลูมินัมซัลเฟต

3) เกลือแคลเซียมที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย (Calcium Salt Of Low Solubility) ได้แก่ หินปูนบด และปูนอื่น ๆ

4) สารอินทรีย์สังเคราะห์ (Organic Polymer) เช่น Polymaric Anhydride (PMA) เป็นสารสังเคราะห์ประเภท Hydrolized Polymer มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 350 – 500 มีประจุไฟฟ้าเป็นลบทำให้ดินเกิดสภาพจับตัวเป็นก้อน (Flocculation) สาร PMA จะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมและแมกนีเซียมที่อยู่ในสภาพไม่ละลายน้ำ ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียมละลายออกมา

ในรูป Colloidal ไปไล่ที่โซเดียมที่ถูกดูดยึด ทำให้โซเดียมถูกปลดปล่อยออกมาในสารละลายดิน และถูกน้ำชะล้างลงไปในแนวดิ่ง ทำให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นและความเค็มลดลง (Dubin, 1982: 17 – 25) (ตารางที่ 2.3)

ตารางที่ 2.3 สารปรับปรุงดินที่ใช้แก้ไขดินเค็มและดินเค็มโซดิก

สารปรับปรุงดิน	สูตรเคมี	ความบริสุทธิ์ (ร้อยละ)
ยิบซั่ม	$CaSO_4.2H_2O$	100
แคลเซียมคลอไรด์	$CaCl_2.2H_2O$	100
กำมะถันผง	S	100
กรดกำมะถัน	H_2SO_4	95.0
เหล็กซัลเฟต	$FeSO_4.7H_2O$	100
อลูมินัมซัลเฟต	$Al(SO_4)_3.18H_2O$	100
สารละลายปูน – กำมะถัน	Calcium Polysulfide	24.0

แหล่งที่มา: Food and Agriculture Organization, 1985 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 41.

2.5.6 การเปลี่ยนแปลงของดินเมื่อมีการชะล้าง

ดินเค็มประเภท Saline Soil ก่อนการชะล้างดินมีสมบัติทางกายภาพดี อนุภาคของดินเกาะตัวกันเป็นเม็ดดินดี ความสามารถของดินในการยอมให้น้ำซึมผ่านดี ดังนั้น เมื่อทำการชะล้างเกลือออกไปจากดินแล้ว ดินเค็มประเภทนี้จะเปลี่ยนเป็นดินปกติที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ สมบัติทางกายภาพของดินเหมือนกับดินโดยทั่วไปที่ไม่มีปัญหาเรื่องความเค็ม สำหรับดินเค็มโซดิก (Saline Sodic Soil) เมื่อชะล้างเกลือออกไปจากผิวดิน ปริมาณเกลือในดินลดลงแต่โซเดียมที่อาจแลกเปลี่ยนได้ในดินยังคงอยู่เท่าเดิม สมบัติทางกายภาพของดินจะเปลี่ยนไปคล้ายกับดินโซดิก กล่าวคือ อนุภาคดินไม่เกาะตัวกัน ฟุ้งกระจายได้ง่าย ทำให้ความสามารถของดินในการให้น้ำซึมผ่านลดลง โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้บางส่วนทำปฏิกิริยากับน้ำ (Hydrolyse) เกิดเป็น Sodium Hydroxide ซึ่ง Sodium Hydroxide บางส่วนจะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดเป็นโซเดียมคาร์บอเนต ทำให้ pH ของดินสูงขึ้น อนุภาคดินที่ฟุ้งกระจายไปอุดช่องว่างในดิน ทำให้น้ำซึมลงไปในดินได้ลดลง ดังนั้น ดินเค็มโซดิกที่มีการใส่สารปรับปรุงดิน เช่น ยิบซั่ม แคลเซียมจากยิบซั่มจะละลายออกมาและเข้าแทนที่โซเดียมที่ดินดูดยึดไว้ตลอดเวลาที่มีการชะล้างเกลือ ทำให้ปริมาณโซเดียมที่ดินดูดยึด

ไว้ลดลง อนุภาคดินไม่ฟุ้งกระจาย การชะล้างเกลือก็ง่ายขึ้น (United Surrey Soccer League, 1954 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 42) การชะล้างเกลือนี้นอกจากต้องใส่สารปรับปรุงดินเพื่อลดปริมาณโซเดียมแล้วควรมีระบบการระบายน้ำที่ดีด้วย (Desertification Control in Asia and the Pacific, 1990 อ้างถึงใน อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 42) เช่น มีการขุดคูระบายน้ำรอบ ๆ แปลง การยกแปลงให้สูงหรือมีการฝังท่อระบายน้ำใต้ดิน เป็นต้น

2.5.7 การบำบัดสารมลพิษโดยใช้เทคโนโลยี Phytoremediation

Phytoremediation เป็นการใช้พืชในการบำบัดสารมลพิษ ในบริเวณที่ปนเปื้อน เพื่อลดอันตรายของสารมลพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีนี้สามารถประยุกต์ใช้ในการบำบัดสารมลพิษทั้งที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ที่อยู่ในตัวกลาง ดิน น้ำ หรืออากาศ เช่น ไทรไนโทรโทลูอีน (2, 4, 6 – trinitrotoluene) ไทรคลอโรเอทิลีน (Trichloroethylene) เบนซีน (Benzene) โทลูอีน (Toluene) เอทิลเบนซีน (Ethylbenzene) ไซลีน (Xylene) โลหะหนัก (Heavy Metals) นิวไคลด์กัมมันตรังสี (Radionuclides) เป็นต้น

การบำบัดสารมลพิษโดยใช้เทคโนโลยี Phytoremediation สิ่งที่สำคัญ คือ การเลือกใช้พืชในการบำบัดสารมลพิษในบริเวณที่มีการปนเปื้อน นอกจากนี้ยังต้องมีความเข้าใจพฤติกรรมของสารมลพิษที่จะทำการบำบัดในตัวกลางนั้น ๆ และปัจจัยร่วมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเพื่อช่วยให้การบำบัดมีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ กระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ดังนั้น Phytoremediation จึงเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับใช้บำบัดสารมลพิษโดยการพึ่งพาสิ่งที่มีอยู่แล้วในระบบธรรมชาติ และเป็นวิธีที่ประหยัดต้นทุนในการบำบัดสารมลพิษโดยไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่มีราคาแพงและเป็นสาเหตุของการทำลายธรรมชาติ เช่น วิธีชะล้างดิน (Soil Washing) วิธีการขุดลอกหน้าดินซึ่งจำเป็นต้องใช้เครื่องจักรและต้นทุนในการบำบัดสูง

การบำบัดสารมลพิษโลหะหนัก โดยใช้เทคโนโลยี Phytoremediation สามารถจำแนกได้เป็น 4 ชนิด

2.5.7.1 Phytoextraction เป็นการใช้พืชเพื่อบำบัดสารมลพิษที่อยู่ในดิน หรือตะกอนดิน โดยใช้พืชไปดูดซึมสารมลพิษโดยผ่านราก แล้วไปเก็บสะสมในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้นและใบ โดยมีปัจจัยหลายประการที่จำกัดการบำบัดสารโลหะหนัก (Metal Phytoextraction) เช่น อัตราการดูดซึมสารโลหะหนักโดยราก การนำไปใช้ประโยชน์ของโลหะหนักโดยพืช (Metal Bioavailability) สัดส่วนของสารโลหะหนักที่ถูกดูดซึมโดยราก ความทนได้ของเซลล์พืชต่อสารโลหะหนักที่เป็นพิษ ดังนั้น พืชที่ใช้ในการบำบัดจึงควรมีความสามารถในการสะสมสารโลหะหนักโดยผ่านรากได้มาก และสามารถเคลื่อนย้ายสารโลหะหนักไปสู่ส่วนของต้นพืชได้เป็นอย่างดี

นอกจากนี้พืชควรมีกลไกในการลดความเป็นพิษของสารโลหะหนัก (Detoxify) และมีความทนต่อปริมาณสารโลหะหนักที่มีความเข้มข้นสูง สารโลหะหนักที่สามารถบำบัดได้โดยวิธีนี้ เช่น เงิน แคดเมียม โคบอลต์ โครเมียม ทองแดง ปรอท แมงกานีส โมลิบดินั่ม นิกเกิล ตะกั่ว สังกะสี ส่วนสารกัมมันตรังสีที่สามารถบำบัดโดยวิธีนี้ เช่น สตรอนเชียม - 90 (^{90}Sr) ซีเซียม - 137 (^{137}Cs) พลูโทเนียม - 239 (^{239}Pu) ยูเรเนียม - 238 (^{238}U)

Phytoextraction ยังแบ่งออกได้ 2 ชนิด คือ Natural Phytoextraction และ Induced Phytoextraction

1) Natural Phytoextraction เป็นการบำบัดสารมลพิษโดยวิธีการปลูกพืชในดินที่ปนเปื้อนด้วยสารมลพิษ แล้วทำการรดน้ำใส่ปุ๋ยเท่าที่จำเป็น พืชบางชนิดสามารถเจริญเติบโตโดยไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยหรือรดน้ำ แต่อาศัยน้ำฝนที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ส่วนใบและลำต้นพืชที่มีการสะสมสารมลพิษ จะถูกเก็บเกี่ยวและทำการบำบัดโดยวิธีที่เหมาะสมต่อไป พืชที่เลือกใช้ส่วนใหญ่จะเป็นพืชที่ชอบขึ้นตามธรรมชาติอยู่แล้ว และมีความทนทานต่อความเข้มข้นของโลหะหรือสารมลพิษอื่น ๆ โดยทั่วไป พืชเหล่านี้จะเป็นพืชที่เจริญเติบโตไม่รวดเร็ว และเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะมีขนาดที่ไม่ใหญ่นักและมีรากตื้น

2) Induced Phytoextraction เป็นการบำบัดสารมลพิษโดยการเลือกใช้พืชที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วตลอดอายุการเจริญเติบโต ร่วมกับการเติมสารปรับปรุงดินหรือสารชักนำ (Inducing Agent) เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายของสารมลพิษสู่พืชมากขึ้น ยังผลให้เพิ่มขีดความสามารถในการบำบัดสารมลพิษ

2.5.7.2 Phytostabilization เป็นการใช้พืชเพื่อยับยั้งหรือลดการเคลื่อนที่ของสารมลพิษในดิน ตะกอนดิน หรือตม โดยการใช้รากพืชเพื่อจำกัดการเคลื่อนที่และการดูดจับของสารมลพิษในดิน ตะกอนดิน หรือตม พืชที่ใช้ควรมีความสามารถในการลดปริมาณการซึมผ่านของน้ำในโครงสร้างของดิน เพื่อเป็นการลดปริมาณสารมลพิษปนเปื้อนไปสู่น้ำใต้ดิน ป้องกันการสึกกร่อนของหน้าดิน และการกระจายของสารมลพิษไปยังบริเวณอื่น ๆ การบำบัดโดยวิธีนี้สามารถเกิดขึ้นโดยผ่านกระบวนการดูดซับ (Sorption) การตกตะกอน (Precipitation) การเกิดสารเชิงซ้อน (Complexation) การรีดิวซ์เวเลนซีโลหะ (Metal Valence Reduction) สารโลหะหนักที่สามารถบำบัดได้โดยวิธีนี้ เช่น ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม โครเมียม ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น

2.5.7.3 Phytovolatilization เป็นการใช้พืชเพื่อบำบัดสารมลพิษโดยการใช้พืชไปดูดจับสารมลพิษ แล้วด้วยกลไกที่เกิดขึ้นในต้นพืชเองได้ทำการแปลง (Tranformation) สารมลพิษให้อยู่ในรูปที่ระเหยได้และมีความเป็นพิษลดลงจากเดิม หลังจากนั้นสารมลพิษที่อยู่ในรูปที่ระเหยได้สามารถกำจัดออกโดยผ่านทางใบพืช ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจและศึกษา

ค้นคว้าวิจัย เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชที่สามารถทำหน้าที่พิเศษนี้ได้อย่างยอดเยี่ยม สารโลหะหนักที่สามารถบำบัดด้วยวิธีนี้ เช่น ปรอท เป็นต้น

2.5.7.4 Rizofiltration เป็นการใช้พืชเพื่อบำบัดสารมลพิษ โดยการใช้รากพืชในการดักกรองสารมลพิษ หรือดูดซึมสารมลพิษในน้ำ เช่น น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และน้ำเสีย ที่มีความเข้มข้นของสารมลพิษต่ำ ซึ่งวิธีนี้สามารถช่วยในการลดปริมาณกากมลพิษได้มาก ทั้งนี้เนื่องจากเฉพาะส่วนของรากพืชที่สะสมสารมลพิษเท่านั้นที่จำเป็นต้องบำบัดในขั้นตอนต่อไป ส่วนของใบและลำต้นที่ไม่ปนเปื้อน หลังจากการเก็บเกี่ยวก็จะทิ้งไปหรือนำไปทำประโยชน์อย่างอื่นได้ ขึ้นกับชนิดของพืชที่นำมาใช้ในการบำบัด เช่น พืชบางชนิดมีดอกที่สวยงาม จึงสามารถเก็บดอกไปขายในช่วงเวลาระหว่างการบำบัดได้อีกด้วย สารโลหะหนักที่สามารถบำบัดได้ด้วยวิธีนี้ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง นิกเกิล สังกะสี โครเมียม สำหรับสารกัมมันตรังสีที่สามารถบำบัดโดยวิธีนี้ เช่น ซีเซียม – 137 (^{137}Cs) และ ยูเรเนียม – 238 (^{238}U) (จันทนี แจ่มแสงทอง, 2551: 1)

2.6 การจัดการแก้ไขดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิธีการแก้ไขปัญหาดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีมาตรการดังนี้

2.6.1 การป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม

ควบคุมไม่ให้เกิดพื้นที่ดินเค็มเพิ่มขึ้นหรือมีความรุนแรงมากขึ้น พิจารณาจากสาเหตุการเกิดดินเค็มในแต่ละพื้นที่ ได้แก่

2.6.1.1 การทำเกลือสินเธาว์ เกลือเป็นทรัพยากรที่มีอยู่ในแผ่นดินอีสาน เมื่อนำมาใช้จะต้องมีความระมัดระวัง ไม่ปล่อยให้น้ำเกลือแพร่ไปยังแหล่งน้ำและนาข้าวใกล้เคียง อันจะทำให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม รัฐบาลจึงดำเนินการแก้ไขโดยใช้มาตรการระยะสั้นและระยะยาว ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ไม่อนุญาตให้ขยายการทำเกลือในพื้นที่เปิดใหม่ มีมาตรการควบคุมมลภาวะที่จะเกิดขึ้นจากการทำเกลือไม่ให้แพร่ไปยังที่นาข้าวข้างเคียงและแหล่งน้ำ อย่างไรก็ตาม การจัดการที่มีประสิทธิภาพจะต้องเกิดขึ้นจากประชากรในพื้นที่มีส่วนร่วมกับรัฐในการบริหารการจัดการทรัพยากร

2.6.1.2 การตัดไม้ทำลายป่าบนพื้นที่รับน้ำ ส่งเสริมให้มีการปลูกต้นไม้โตเร็วที่ใช้น้ำปริมาณมากบนพื้นที่รับน้ำ หรือปลูกเป็นแถบขวางความลาดของเนินในไร่มันสำปะหลัง ทำให้ต้นไม้ที่ปลูกเปรียบดังเครื่องสูบน้ำธรรมชาติ ใช้น้ำเพื่อการเจริญเติบโต ลดปริมาณน้ำที่จะไหลไปเพิ่มระดับน้ำใต้ดินเค็มในที่ลุ่ม

2.6.1.3 หลีกเลี่ยงการสร้างแหล่งน้ำบนพื้นที่ดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม ถ้าจำเป็นจะต้องสร้างควรมีวัสดุรองพื้น หากจะมีการปรับปรุงแหล่งเก็บน้ำจะต้องคำถึงการแพร่กระจายของเกลือที่อาจเกิดขึ้นตัวอย่างการปรับปรุงแหล่งน้ำที่ อำเภอนาหว้า จังหวัดนครพนม ได้มีการพัฒนาโดยขุดก้นอ่างลึกลงไปเพื่อเพิ่มความจุของน้ำ ทำให้น้ำใต้ดินเค็มทะลักเข้ามา ไม่สามารถนำน้ำในอ่างมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งยังจะทำให้เกลือแพร่ไปยังพื้นที่รอบอ่างและหมู่บ้านอื่น ๆ ที่อยู่ระดับต่ำกว่าได้ การแก้ไขในกรณีนี้ยากที่จะทำได้ เพราะเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่

2.6.1.4 ใช้ปริมาณน้ำและวิธีการชลประทานที่เหมาะสมกับชนิดพืชที่ปลูก มีการระบบระบายน้ำไม่ให้เกลือสะสมในดิน

2.6.2 วิธีการเพิ่มผลผลิตพืชในพื้นที่ดินเค็มน้อย – เค็มปานกลาง

สมบัติกายภาพและทางเคมีของดินเค็มมักไม่ดี โดยอนุภาคดินจะฟุ้งกระจายง่าย ดินเนื้อหยาบ ธาตุอาหารและอินทรียวัตถุในดินถูกชะล้างออกไปได้ง่าย ดินแน่นทึบเกิดชั้นดาน รากพืชชอนไชได้ยาก จำเป็นต้องมีเทคนิคการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์แก่ดิน การใช้พันธุ์พืชทนเค็ม หรือการแบ่งเขตกรรมที่เหมาะสมกับพื้นที่ เป็นต้น

2.6.3 การแก้ไขลดระดับความเค็มดินให้พืชขึ้นได้

พื้นที่ดินเค็มจัดไม่สามารถปลูกพืชได้ ถ้าต้องการปลูกพืชเศรษฐกิจจะต้องออกแบบวิธีชะล้างเกลือออกจากบริเวณรากของพืช คำนวณปริมาณน้ำที่ใช้ มีการควบคุมน้ำที่ระบายออก เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดเกลือขึ้นมาอีก พืชที่ปลูกต้องให้ผลตอบแทนคุ้มค่าการลงทุน ล้วนต้องใช้เทคนิคขั้นสูง มีการลงทุนมาก และใช้ระยะเวลานาน เกษตรกรทำเองได้ยาก

2.6.4 การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในพื้นที่ดินเค็มจัด

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ดินเค็มจัด 1.50 ล้านไร่ น้ำใต้ดินเค็มอยู่ตื้น มีคราบเกลือที่ผิวดิน มักเป็นพื้นที่ว่างเปล่า เนื่องจากดินมีเกลือมากเกินไปจนพืชไม่สามารถขึ้นได้ นอกจากวัชพืชทนเค็มบางชนิดเท่านั้น การแก้ไขดินเค็มจัดเพื่อปลูกพืชเศรษฐกิจนั้นจะต้องกระทำโดยการล้างเกลือออกจากดิน รวมทั้งมีระบบชลประทานร่วมกับการระบายน้ำที่ดี ซึ่งเป็นการลงทุนสูงมาก แต่ยังมีทางเลือกที่เกษตรกรพื้นที่ดินเค็มจัดสามารถฟื้นฟูสภาพเสื่อมโทรมของพื้นที่ได้เอง เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากโดยการปลูกหญ้าชอบเกลือและไม้ทนเค็มจัด พืชเหล่านี้มีความสามารถพิเศษปรับตัวเจริญเติบโตปกคลุมพื้นที่ว่างเปล่าที่มีคราบเกลือได้ และยังใช้ประโยชน์เป็นหญ้าเลี้ยงสัตว์และเป็นฟืนได้อีกด้วย เมื่อดินมีพืชปกคลุมทำให้อัตราการระเหยน้ำพาเกลือมาสะสมที่ผิวดินลดลง

สามารถรักษาความชื้นในดินไว้ได้ นอกจากนี้เศษพืชยังเป็นอินทรียวัตถุเพิ่มเติมให้กับดิน ต่อไปก็จะมีพืชอื่นขึ้นมาเองตามธรรมชาติ ทำให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น (อรุณี ยูวะนิยม, 2546: 50)

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อรุณี ยูวะนิยม และสมศรี อรุณินท์ (2539: 278) ได้ทำการวิจัยพืชชอบเกลือบางชนิด โดยสำรวจพืชที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติบนพื้นที่ดินเค็มในประเทศไทย รวบรวมพืชทนเค็มพันธุ์พื้นเมืองและพืชชอบเกลือจากต่างประเทศ คัดพืชที่สามารถทนเค็มได้ในความเค็มระดับสูงในเรือนทดลอง แล้วนำมาปลูกเพื่อศึกษาการปรับตัวของพืชเหล่านี้ในสภาพดินเค็มจัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า พืชส่วนใหญ่ที่ขึ้นในดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นพวกที่ทนเค็มได้ปานกลาง เจริญเติบโตได้ดีขณะที่ดินยังมีความชื้นสูง แต่พืชเหล่านี้จะตายไปเมื่อดินแห้งและความเค็มของดินสูงขึ้น เช่น กก *(Fimbristylis* spp.*)* หญ้าชันอากาศ *(Panicum repens)* ผักเบี้ยหิน *(Trienthema* spp.*)* หญ้ารังนก *(Chloris barbata)* หนามแดง (*Maytenus mekogensis*) ขลู่ *(Pluechea indica)* หญ้าแพรก *(Cynodon dactylon)* และหญ้าปากควาย *(Dactylocenium aegyptum)* เป็นต้น สำหรับงานวิจัยในเรือนทดลองศึกษาความสามารถในการทนเค็มของพืชชนิดต่างๆ โดยปลูกพืช 12 ชนิด โดยแบ่งเป็นพืชพื้นเมือง คือ ผักเบี้ยทะเล เปลือกกระเทียมทราย หญ้าชันอากาศ หญ้าแพรก แพงพวยทะเล หนวดปลาดุก ผักบุ้งทะเล และหนามพุงดอ และพืชที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ คือ Dixie (*Sporobolus virginicus*) Smyrna (*Sporobolus virginicus*) Georgia (*Spartina patens*) Seabrook (*Distichis spicata*) *Batis meritima* และ*Thyropyrum panticm* มาทำการเพาะเลี้ยงในทรายหยาบเลี้ยงด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชที่ปรับระดับความเค็มของสารละลายเป็น 0, 10.0, 20.0, 30.0 และ 40.0 ppt NaCl พบว่า ระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้นทำให้พืชทั้ง 12 ชนิด มีการรอดตายลดลง พืชทนเค็มพันธุ์พื้นเมืองมีความสามารถทนเค็มและเจริญเติบโตได้ที่ระดับความเค็ม 10.0 ถึง 20.0 ppt ขณะที่พืชชอบเกลือที่นำเข้าทนเค็มได้ในระดับที่สูงกว่า โดยเฉพาะหญ้า Dixie และหญ้า Smyrna รอดตายได้ถึงร้อยละ 100 ในระดับความเค็ม 40.0 ppt NaCl เมื่อนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร พบว่าหญ้า Dixie, Georgia, Seabrook, และ Smyrna ให้ผลผลิตน้ำหนักสด 1,650, 950, 900 และ 550 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 550, 440, 490 และ 400 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ในดิน Re – Saline ผลการวิเคราะห์คุณภาพในการเป็นพืชอาหารสัตว์มีค่าใกล้เคียงกันและสังเกตว่าโคกินหญ้าชอบเกลือทั้งสี่ชนิด จากงานวิจัยการคัดเลือกพืชชอบเกลือ พอสรุปได้ว่า พืชชอบเกลือที่นำมาจากต่างประเทศมีความสามารถทนเค็มได้มากกว่าพืชพื้นเมือง โดยสามารถปรับตัวในความเค็มระดับสูงได้รวดเร็วทั้งในเรือนทดลองและในภาคสนาม

Lessani and Marschner (1978: 27 – 37) ได้ทดลองปลูกพืชทนเค็ม พบว่า พืชทนเค็มบางชนิดมีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อได้รับเกลือระดับปานกลาง และ Ramani et al. (2006: 395 – 408) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*) ลดลง เมื่อปลูกในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับ การทดลองของ Slama, Ghnaya, Hessini, Messedi, Savoure and Abdelly (2007: 10 – 17) พบว่า เมื่อทำการเพาะเลี้ยงผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*) โดยใช้สารอาหารที่ประกอบด้วย 10.0 mM NaCl จะส่งผลให้ปริมาณใบ และพื้นที่ผิวของใบลดลง รวมทั้งมีสารละลายน้ำตาลสะสมในพืชชนิดนี้ในปริมาณมากขึ้น และจากการศึกษาของ Ramoliya, Patel and Pandey พบว่า ปริมาณของไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทั้งในใบ, ราก และลำต้น เมื่อมีการเพิ่มของเกลือในดินและเกิดจากการดูดซึมของน้ำไปสะสมไว้ในต้นของผักเบี้ยทะเล เนื่องจากผักเบี้ยทะเลเป็นพืชอวบน้ำ และจากการศึกษาของ Slama, Ghnaya Savoure and Abdelly (2008: 442 – 451) พบว่า การขาดน้ำและความเค็มมีผลต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณของ Proline ทั้งในรากและลำต้นของผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*) มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อปลูกในสารละลายที่มีความเค็มเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อมีระดับความเค็มจนถึงจุดๆหนึ่ง ทำให้พืชเกิดความเครียดและเปลี่ยนโครงสร้างทำให้มีการสร้างโปรตีนเพิ่มขึ้น ในส่วนของไขมัน Hamed, Youssef, Ranieri, Zarrouk and Abdelly (2005: 599 – 602) ทำการปลูก *Crithmun maritimun* ภายใต้สภาวะดินเค็ม พบว่า แนวโน้มของปริมาณไขมันรวมของพืชชนิดนี้มีปริมาณลดลง เมื่อระดับความเค็มที่ใช้ในการปลูกเพิ่มขึ้น

Ravindran, Venkatesan, Balakrishnan, Chellappan and Balasubramanian (2007: 2661 – 2664) พบว่า ในดินที่ใช้ในการปลูกผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium portulacastrum*) และ ชะคราม (*Suaeda maritima*) เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจะมีค่าการนำไฟฟ้าลดลงและมีปริมาณโซเดียมที่สะสมในดินลดลง เพราะพืชทั้งสองชนิดนี้จะมีการสะสมเกลือไว้ในเนื้อเยื่อได้ในปริมาณมาก เช่นเดียวกับ การทดลองของ Roussos, Gasparatos, Tsantili and Pontikis (2007: 59 – 66) ได้มีการนำเนื้อเยื่อของว่านหางจระเข้ (*Simmondsia chinensis*) มาเพาะเลี้ยงในสารอาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ พบว่า เนื้อเยื่อที่นำมาเพาะเลี้ยงมีการสะสมของโซเดียมคลอไรด์มากขึ้น และ Matsi and Keramidas (1998: 107 – 112) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างเพิ่มมากขึ้น ภายหลังการทดลองค่าความเป็นกรด – ด่างเพิ่มสูงขึ้น เพราะโซเดียมละลายน้ำทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

อภันตรี พฤกษพงศ์ (2542: 46) ทำการศึกษาอิทธิพลของความเค็มต่อปริมาณธาตุอาหารพืชและคุณภาพเมล็ดข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี พบว่า ความเค็มที่สูงขึ้นทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวลดลง คลอโรฟิลล์ในใบมากขึ้น และทำให้ดอกมีลักษณะไม่สมบูรณ์

สำหรับการดูดธาตุอาหารของข้าวเมื่อความเค็มสูงขึ้น ผลการทดลอง พบว่า แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ข้าวจะสะสมหรือดูดมากขึ้น ได้แก่ โซเดียม และคลอรีน และกลุ่มที่ข้าวจะมีการสะสมลดลง คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน สังกะสี ทองแดง และเหล็ก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Heikal (1977: 223 – 232) ทดลองปลูกทานตะวัน ข้าวสาลี และผักกาดหัว ในน้ำยาปลูกพืชที่มีโซเดียมคลอไรด์ 100, 300 และ 6,000 ppm พบว่า เมื่อความเข้มข้นของเกลือสูงขึ้น พืชเหล่านั้นซึ่งมีอายุ 5 – 6 สัปดาห์ สะสมโซเดียมและคลอไรด์มากขึ้นตามลำดับ แต่แคลเซียม, แมกนีเซียม และโปตัสเซียม ในเนื้อเยื่อพืชดังกล่าวมีแนวโน้มที่จะลดลง ซึ่งตรงกับงานวิจัยของ Hassan, Drew, Knudsen and Olson (1970: 43 – 45) พบว่า เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ข้าวโพดจะสะสมฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม เหล็ก และแมงกานีส ในต้นและใบลดลง

พรพรหม พรหมเดชะ (2544 : 65) ทำการศึกษาแร่วิทยาและเคมีของดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือบริเวณแอ่งสกลนครในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินในดินชั้นบนมีค่าอยู่ในพิสัย 3.10 – 100 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร และ 3.00 – 10.3 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ในดินชั้นล่าง อัตราส่วนการดูดซับโซเดียมในดินชั้นบนมีค่าอยู่ในพิสัย 8.30 – 30.3 และ 13.4 – 53.8 และค่าอัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่า ร้อยละ 8.50 – 229 ในดินชั้นบนและร้อยละ 8.50 – 196 ในดินชั้นล่างแสดงว่า ดินที่ทำการศึกษาเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลมาจากเกลือ โดยชนิดของเกลือที่มีอิทธิพลต่อความเค็มของดินเหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นเกลือโซเดียมคลอไรด์ และแคลเซียมซัลเฟตเป็นชนิดรองลงมา ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำถึงปานกลาง และมีความเค็มสูงเกินกว่าพืชจะเจริญเติบโตได้ตามปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขนิษฐศรี ส่งสวัสดิ์ (2537 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาสมบัติทางเคมีของดินเค็มคล้ายชุดดินร้อยเอ็ด อำเภอบัวใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ดินมีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 5.35 – 6.65 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดได้จากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในช่วง 3.83 – 6.32 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร มีค่าอัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 14.7 – 25.9 มีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมอยู่ในช่วง 10.9 – 20.0 เช่นเดียวกับ จุมพล วิเชียรศิลป์ (2535 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาดินเค็มในแอ่งโคราช อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ดินมีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 4.50 – 7.20 มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดได้จากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำอยู่ในช่วง 7.08 – 28.7 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร มีค่าอัตราร้อยละโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 17.0 – 29.0 มีค่าอัตราส่วนการดูดซับโซเดียมอยู่ในช่วง 33.4 –182

จากการทบทวนเอกสารสามารถนำตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเลบำบัดดินเค็ม เพื่อนำมากำหนดเป็นกรอบแนวคิดในการศึกษา โดยมีตัวแปรต่าง ๆ คือ อัตรา

การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล คุณค่าทางโภชนาการของผักเบี้ยทะเล (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) และการสะสมของโซเดียมในผักเบี้ยทะเล สำหรับในส่วนของดินที่ใช้ในการเพาะปลูก ทำการศึกษา ปริมาณโซเดียมและค่าความเป็นกรด – ด่างในดิน

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการศึกษา

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1) ผักเบี้ยทะเลนำมาจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

2) กระถางพลาสติกสีดำเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถาง 14.0 เซนติเมตร ความสูง 11.5 เซนติเมตร

3) อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการปลูกพืช เช่น พลั่ว ฝักบัวรดน้ำ เป็นต้น

4) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินและผักเบี้ย เช่น ถุงพลาสติก เป็นต้น

5) กล้องถ่ายรูป ตลับเมตร

6) โซเดียมคลอไรด์

7) สารเคมีสำหรับวัดความเค็มในดินและในพืช

8) สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน)

9) เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้าและค่าความเป็นกรด – ด่าง

10) เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน)

3.2 กรอบแนวความคิดในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ตัวแปรตาม (Dependent Variables) และตัวแปรควบคุม (Control Variables) (ภาพที่ 3.1) ดังต่อไปนี้

1) ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) ได้แก่ ระดับความเค็มต่าง ๆ ในดินที่ใช้ปลูกผักเบี้ยทะเล

2) ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

(1) คุณภาพดินก่อนและหลังการทดลอง

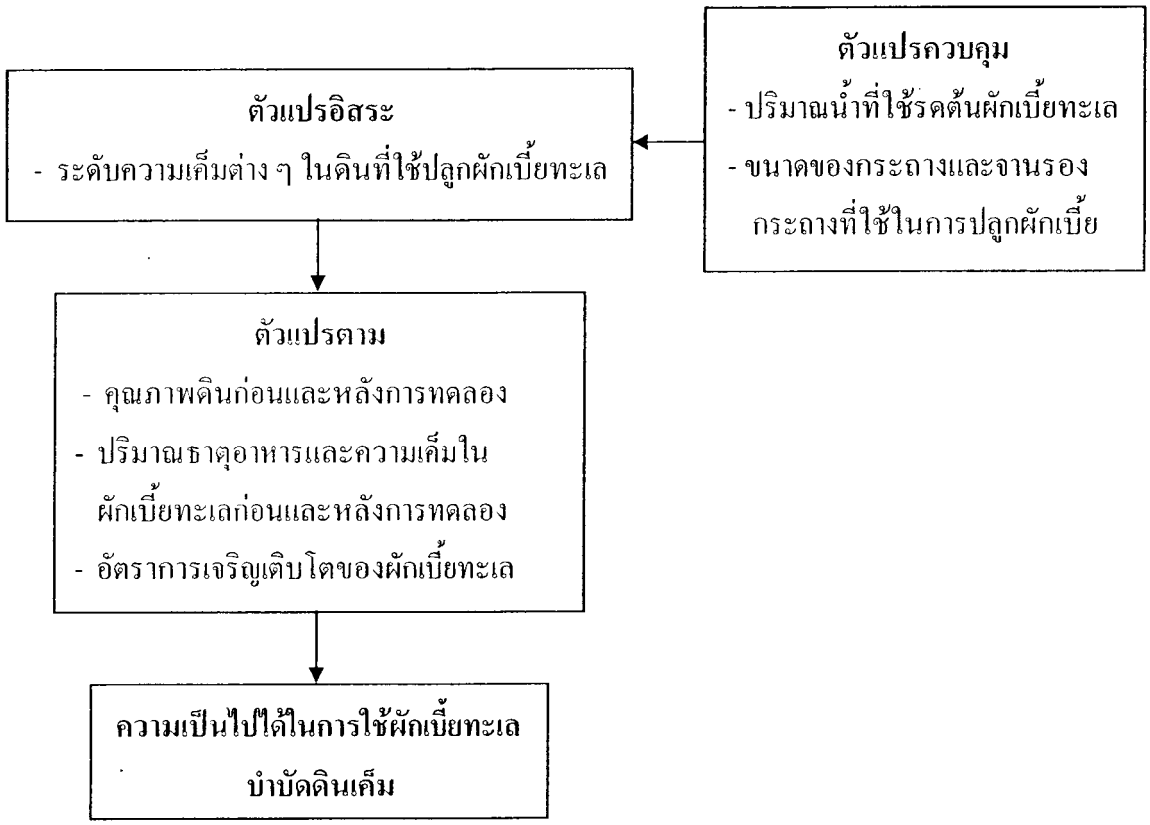
(2) ปริมาณธาตุอาหารและความเค็มในผักเบี้ยทะเลก่อนและหลังการทดลอง

(3) อัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล

3) ตัวแปรควบคุม (Control Variables) ได้แก่

(1) ปริมาณน้ำที่ใช้รดต้นผักเบี้ยทะเล

(2) ขนาดของกระถางและจานรองกระถางที่ใช้ในการปลูกผักเบี้ยทะเล



ภาพที่ 3.1 กรอบแนวคิดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

3.3 สมมติฐานของการวิจัย

ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดดินเค็มได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล และไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการเพื่อการบริโภค

3.4 วิธีการทดลอง

ทำการทดลองปลูกผักเบี้ยทะเลในกระถางพลาสติกสีดำเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถาง 14.0 เซนติเมตร ความสูง 11.5 เซนติเมตร วางบนจานรองกระถาง

3.4.1 แผนการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้ได้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) โดยแบ่งเป็น 6 หน่วยทดลอง ในหน่วยทดลองที่ 1 – 6 ปรับระดับความเค็มของดินเป็น 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ ในแต่ละหน่วยทดลองมีจำนวน 4 ซ้ำ โดยมีรายละเอียดในแต่หน่วยทดลอง ดังนี้

หน่วยทดลองที่ 1 : ไม่มีการปรับระดับความเค็มให้กับดิน (T_0)

หน่วยทดลองที่ 2 : ปรับความเค็มในดินให้เป็น 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_1)

หน่วยทดลองที่ 3 : ปรับความเค็มในดินให้เป็น 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_2)

หน่วยทดลองที่ 4 : ปรับความเค็มในดินให้เป็น 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_3)

หน่วยทดลองที่ 5 : ปรับความเค็มในดินให้เป็น 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_4)

หน่วยทดลองที่ 6 : ปรับความเค็มในดินให้เป็น 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5)

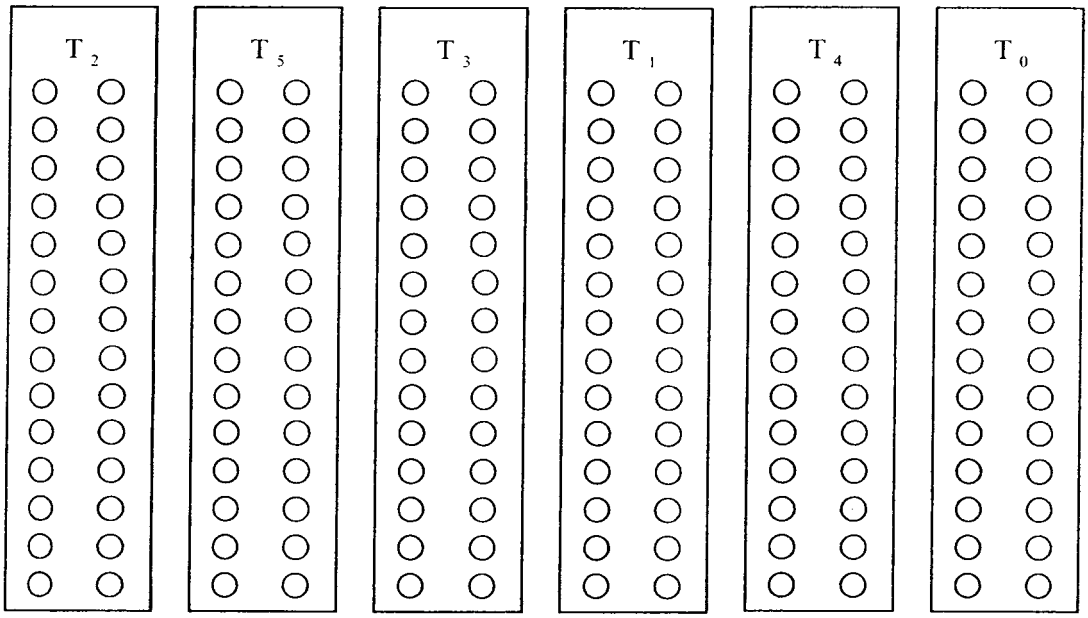
3.4.2 การเตรียมดิน

ดินที่ใช้ในการปลูกเป็นดินที่อยู่ในพื้นที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา หลังจากถางหญ้าที่ปกคลุมดินออกแล้ว ทำการเก็บดินโดยขุดดินลึกลงไปประมาณ 15.0 – 30.0 เซนติเมตร นำดินที่ได้มากองรวมกัน ทำการบดและคลุกเคล้าให้เข้ากัน จากนั้นทำการแบ่งดินที่ได้ออกเป็น 4 ส่วน สุ่มเลือกกองย่อย 2 ใน 4 กองออก นำสองกองที่เหลือมารวมกันแล้วคลุกเคล้าให้ทั่วอีกครั้ง จากนั้นทำการแบ่งดินที่ได้ออกเป็น 4 ส่วน แต่ละส่วนสุ่มดินให้ได้ดิน 1/4 กิโลกรัมในแต่ละส่วน นำมากองรวมกันจะได้ดินประมาณ 1 กิโลกรัม นำส่งสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ทำการวิเคราะห์ความเค็มในดิน สำหรับดินที่เหลือจากการสุ่มได้นำไปใช้ในการปลูกผักเบี้ยทะเลต่อไป

3.4.3 การปลูก

จับสลากการจัดเรียงหน่วยทดลองในโรงเรือน โดยปลูกผักเบี้ยทะเลในกระถางพลาสติกสีดำเส้นผ่าศูนย์กลางปากกระถาง 14.0 เซนติเมตร ความสูง 11.5 เซนติเมตร วางบนจานรอง

กระถาง จำนวนหน่วยทดลองละ 28 กระถาง 4 ซ้ำ รวม 168 กระถาง ระยะห่างระหว่างหน่วยทดลอง คือ 50.0 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างกระถางภายในหน่วยทดลอง คือ 5.00 เซนติเมตร ทำการเตรียมดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ ที่กำหนด โดยให้มีน้ำหนักแต่ละกระถางเท่ากัน และนำมาทำการปลูกผักเบี้ยทะเล



ภาพที่ 3.2 ลักษณะการจัดวางกระถางภายในโรงเรือนจากการสุ่ม

3.5 การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์

3.5.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างผักเบี้ยทะเลเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตทุก ๆ 15 วัน เป็นจำนวน 6 ครั้ง รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 90 วัน โดยทำการวัดความสูง จำนวนใบ จำนวนกิ่ง จำนวนข้อ รัศมีทรงพุ่ม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบ ก่อนและหลังการทดลองนำไปวิเคราะห์ความเค็มทั้งในดินและผักเบี้ยทะเล สำหรับผักเบี้ยทะเลนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร (คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน)

3.5.2 การวิเคราะห์

จะทำการวิเคราะห์ใน 2 ช่วง คือ ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลอง และเมื่อการทดลองสิ้นสุดลง เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดลอง โดยจะทำการวิเคราะห์ความเค็มและความเป็นกรด – ด่าง ในดิน และวิเคราะห์ความเค็มและปริมาณธาตุอาหารในผักเบี้ยทะเล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

3.5.2.1 การวิเคราะห์ความเค็มในดิน

การวิเคราะห์ความเค็มในดินเป็นการวัดค่าการนำไฟฟ้าของ Saturation Extract ในดินที่สกัดด้วยน้ำอัตราส่วน 1 : 5 ที่อุณหภูมิ 25.0 องศาเซลเซียส ทำโดยการชั่งดินที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2.00 มิลลิเมตร มา 200 กรัม ใส่ใน Beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำลงไปพร้อมกับคนดิน จนกระทั่งได้ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าดินจะเป็นประกายเมื่อกระทบกับแสง ไหลช้า ๆ เมื่อเอียง Beaker แล้วตั้งดินทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ดูว่าดินยังอยู่ในสภาพที่อิ่มตัวด้วยน้ำหรือไม่ ถ้ายังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำก็ทำซ้ำอีก จนกระทั่งดินอิ่มตัว เทลงใน Buchner Funnel ที่มี Suction Flask รองรับ เปิด Vacuum Pump เพื่อดูดส่วนที่เป็นของเหลวของดินออกมา นำของเหลวนี้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้า

3.5.2.2 การวิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่างในดิน

เป็นการวิเคราะห์ความเป็นกรด – ด่างของดินที่สภาวะ 1 : 1 (ดิน : น้ำ) โดยการชั่งดิน 20.0 กรัม ใส่ Beaker ขนาด 50.0 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20.0 มิลลิลิตร คนให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที โดยการคนเป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอ เมื่อครบเวลาที่กำหนดไว้คนอีก 15 นาที แล้วจุ่ม Electrode ลงในสารละลาย โดยให้ปลายของ Electrode จุ่มลงในสารละลายดิน อ่านค่า pH (อ่านค่า pH ที่คงที่หรือค่าเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด)

3.5.2.3 การวิเคราะห์ความเค็มในพืชโดยการวิเคราะห์โซเดียม

1) การเตรียม Stock Standard Solution (1,000 mg/L) โดยการชั่งโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หนัก 2.54 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 200 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้น 12.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1.00 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4.00 องศาเซลเซียส

2) การเตรียม Intermediate Standard Solution 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยดูด Stock Standard Solution 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตรมา 10.0 มิลลิลิตร ใส่ใน Volumetric Flask 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน เตรียม Working Standard ความเข้มข้น 0, 2.00, 4.00, 6.00 และ 8.00 มิลลิกรัมต่อลิตร

3) การวัดค่าความเข้มข้นของโซเดียมในตัวอย่าง โดยการนำสารละลายตัวอย่างพืชมา Dilute ด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1 : 10 ใช้ Filter สำหรับธาตุโซเดียมทดลองวัดความ

เข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมในตัวอย่างก่อน ถ้าค่าที่อ่านได้จากตัวอย่างสูงกว่าความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายมาตรฐาน (8.00 มิลลิกรัมต่อลิตร) ต้อง Dilute ตัวอย่างเป็น 1 : 20 หรือ 1 : 50 ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณโซเดียมในตัวอย่าง แต่ถ้าค่าของโซเดียมที่อ่านได้น้อยกว่าค่าของสารละลายมาตรฐาน ต้องอ่านโดยตรงจาก Aliquot โดยไม่ต้อง Dilute ค่าที่อ่านจากสารละลายมาตรฐาน

การคำนวณปริมาณธาตุโซเดียมในตัวอย่าง (หน่วย mg L^{-1})

$$\text{ร้อยละ Na} = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10 \times S}$$

r = Reading จากเครื่องเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

S = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ Digest แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ลิตร

d.f. = Dilution Factor ควรจะเป็น 10/1, 20/1 หรือ 50/1 แต่ถ้าอ่านค่าจาก Aliquot โดยตรงตัดค่า d.f. ออก

3.5.2.4 การวิเคราะห์ธาตุอาหารในผักเบี้ย

ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในผักเบี้ยทั้งคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน โดยมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ต่าง ๆ ดังนี้

1) การวิเคราะห์โปรตีน

(1) ขั้นตอนการย่อยตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้ง การบดละเอียด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.500 มิลลิเมตร เรียบร้อยแล้วจำนวน 0.100 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในหลอดสำหรับย่อย เติม Catalyst สำเร็จรูป 2 ก้อน และ Conc.H_2SO_4 10.0 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันอย่างระมัดระวัง ทำ Blank ควบคู่ไปกับตัวอย่างโดยใส่ Catalyst 2 ก้อน ลงไปในหลอดย่อยที่ไม่มีตัวอย่าง เติม Conc.H_2SO_4 10.0 มิลลิลิตร

นำไปย่อยในเตาย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 400 องศาเซลเซียส (อ้างถึง WI – FTC – 27) จนกระทั่งสีของสารละลายมีสีฟ้าใส ถ้ามีเศษตัวอย่างติดอยู่ข้างหลอดให้ใช้น้ำกลั่นฉีดปริมาณเล็กน้อยเพื่อให้เศษตัวอย่างหลุดออก แล้วย่อยต่อไปอีก 30 นาที

นำหลอดย่อยออกจากเตา ทิ้งไว้ให้เย็น

(2) ขั้นตอนการกลั่นหา Ammonium (NH_4^+)

นำหลอดย่อยเข้าเครื่องกลั่นที่ตั้งโปรแกรมการทำงานไว้แล้วเรียบร้อย

เมื่อกลั่นเสร็จ นำสารละลายไปไตเตรตกับสารละลาย 0.100 N HCl สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู จดปริมาตร 0.100 N HCl ที่ใช้ในการไต เตรทแล้วคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน

(3) การคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง

$$\text{Total N (ร้อยละ)} = \frac{\text{A x ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดที่ใช้ในการไตเตรท (N) x 1.4}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ย่อย (กรัม)}}$$

เมื่อ A = ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร) – ปริมาตรกรดที่ใช้ไตเตรทกับ Blank (มิลลิลิตร)

2) การวิเคราะห์ไขมัน

(1) ชั่งตัวอย่างพืชแห้งจำนวน 1.00 – 5.00 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 4.00 N ปริมาตร 10.0 มิลลิลิตร

(2) Hydrolyte Water Bath เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส)

(3) กรองสารด้วยกระดาษกรองเบอร์ 41 ล้างตะกอนด้วยน้ำอุ่นทดสอบน้ำล้างตะกอนด้วยสารละลายซิลเวอร์ไนเตรทเพื่อทดสอบการตกค้างของกรดในตัวอย่าง ถ้าไม่เกิดตะกอนขาวของซิลเวอร์คลอไรด์แสดงว่าไม่มีกรดตกค้าง

(4) นำตะกอนที่กรองได้พร้อมกระดาษกรองอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

(5) นำตัวอย่างที่อบใส่ในทริมเบอร์ แล้วนำไปสกัดหาไขมันด้วยเครื่อง Soxthox โดยใช้ปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นตัวสกัด ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

(6) ทิ้งให้สารละลายเย็น

(7) Evaporate สารละลายเพื่อนำเอาปิโตรเลียมอีเทอร์ออก

(8) ชั่งน้ำหนักไขมันที่ได้

3) การวิเคราะห์ความชื้น

(1) นำ Moisture Can ไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 ชั่วโมง โดยขณะอบให้เปิดฝา

(2) นำ Moisture Can ที่อบแล้ว ปิดฝา ใส่ Desiccator ทิ้งไว้ให้เย็น

(3) ชั่งน้ำหนัก Moisture Can ด้วยเครื่องชั่งละเอียดไม่ต่ำกว่าทศนิยม 3 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก

(4) ชั่งตัวอย่าง จำนวน 2.00 – 5.00 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ Moisture Can

(5) นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 24 ชั่วโมง

(6) นำออกจากตู้อบ ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักที่หายไป บันทึกผล

(7) คำนวณความชื้นในตัวอย่าง

$$\text{ความชื้น (ร้อยละ)} = \frac{(\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ} - \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ}}$$

4) การวิเคราะห์เถ้า

(1) อบถ้วยกระเบื้อง (Porcelain Dish) ที่แห้งและสะอาดในตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เวลา 1 ชั่วโมง นำออกจากตู้อบ และปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W1)

(2) ชั่งตัวอย่างประมาณ 2.00 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้อง บันทึกน้ำหนักตัวอย่าง (W 2)

(3) นำไปเผาในตู้ดูดควันด้วยไฟอ่อนจนหมดควัน แล้วจึงนำไปเผาต่อในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียล เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

(4) นำออกจากเตาเผาและปล่อยให้เย็นในโถอบแห้ง ชั่งน้ำหนัก (W3)

(5) การคำนวณ

$$\text{เถ้า (Ash) (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา (W3)} - \text{น้ำหนักถ้วยเปล่า (W1)}}{\text{น้ำหนัก ตัวอย่าง (W2)}} \times 100$$

5) การวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรต

$$\text{คาร์โบไฮเดรต} = 100 - (\text{ความชื้น} + \text{โปรตีน} + \text{เถ้า} + \text{ไขมันทั้งหมด})$$

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS เวอร์ชั่น 6.12 (Statistical Analysis System Institute, 1996: 10) ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ย (ANOVA) ของดัชนีการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลที่ระดับความเค็มต่าง ๆ และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างหน่วยทดลองโดยใช้สถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT)

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเล *(Sesuvium portulacastrum)* บำบัดดินเค็ม โดยทำการทดลองปลูกผักเบี้ยทะเลในดินที่ระดับความเค็มอัตรา 0 (T_0), 4.00 (T_1) , 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรายละเอียดของผลการทดลองต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล

การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลทำการวัดจาก ความสูง จำนวนใบ จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง รัศมีทรงพุ่ม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล โดยจะทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 15 วัน นับจากวันเริ่มการปลูกจำนวน 6 ครั้ง คือ 15, 30, 45, 60, 75 และ 90 วัน (ภาพที่ 4.2 - 4.7) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.1 ความสูง

ความสูงต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 1 – ก. 6 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีความสูงเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 9.28 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 8.88 และ 8.25 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ย

ทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ย 7.30, 6.98 และ 6.23 เซนติเมตรตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ส่วนผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 12.8 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 12.3 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ย 8.68, 8.60 และ 7.15 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 13.0 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 12.7 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีความสูงเฉลี่ย 10.2 และ 8.88 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีความสูงเฉลี่ย 8.23 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม

12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 17.4 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 15.4 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ย 13.0 และ 11.0 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ย 9.95 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 19.4 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 18.0 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีความสูงเฉลี่ย 14.6, 13.8 และ 13.2 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 27.4 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 22.8 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ย 17.8 และ 15.9 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ส่วนผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความสูงเฉลี่ย 15.1 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ตารางที่ 4.1 ความสูงของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15	**30**	**45**	**60**	**75**	**90**
T_0	8.88^{ab}	12.3^{a}	12.7^{a}	15.4^{b}	18.0^{a}	22.8^{b}
T_1	9.28^{a}	12.8^{a}	13.0^{a}	17.4^{a}	19.4^{a}	27.4^{a}
T_2	8.25^{abc}	8.68^{b}	10.2^{b}	13.0^{c}	14.6^{b}	17.8^{c}
T_3	7.30^{bcd}	8.60^{b}	8.88^{bc}	11.0^{cd}	13.8^{b}	15.9^{cd}
T_4	6.98^{cd}	7.15^{b}	8.23^{c}	9.95^{d}	13.2^{b}	15.1^{d}
T_5	6.23^{d}	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	13.1	10.3	11.5	9.92	9.55	7.45

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

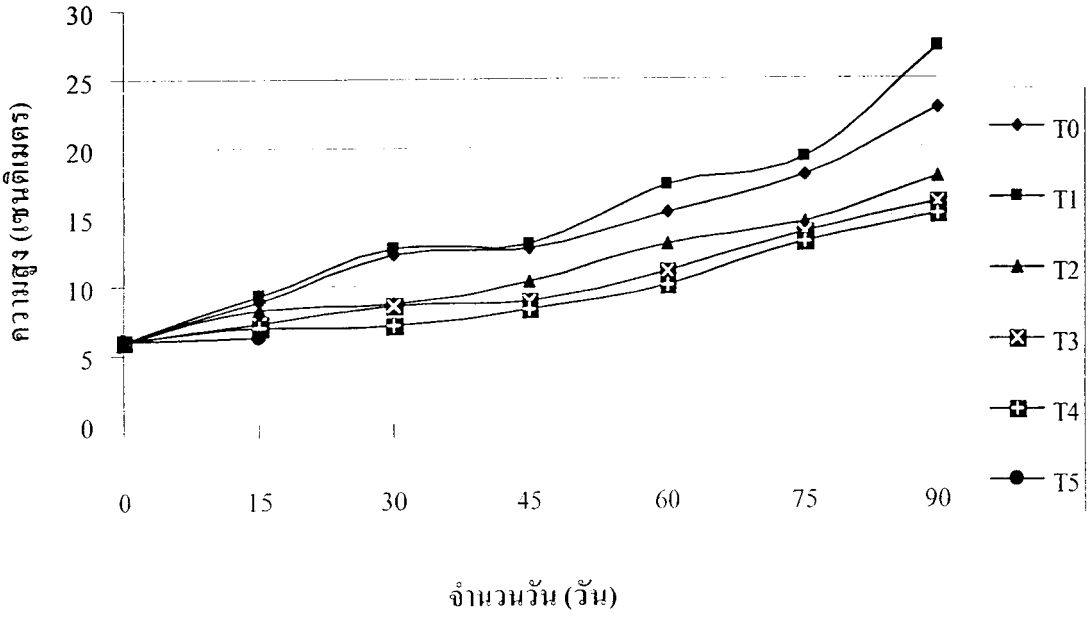
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

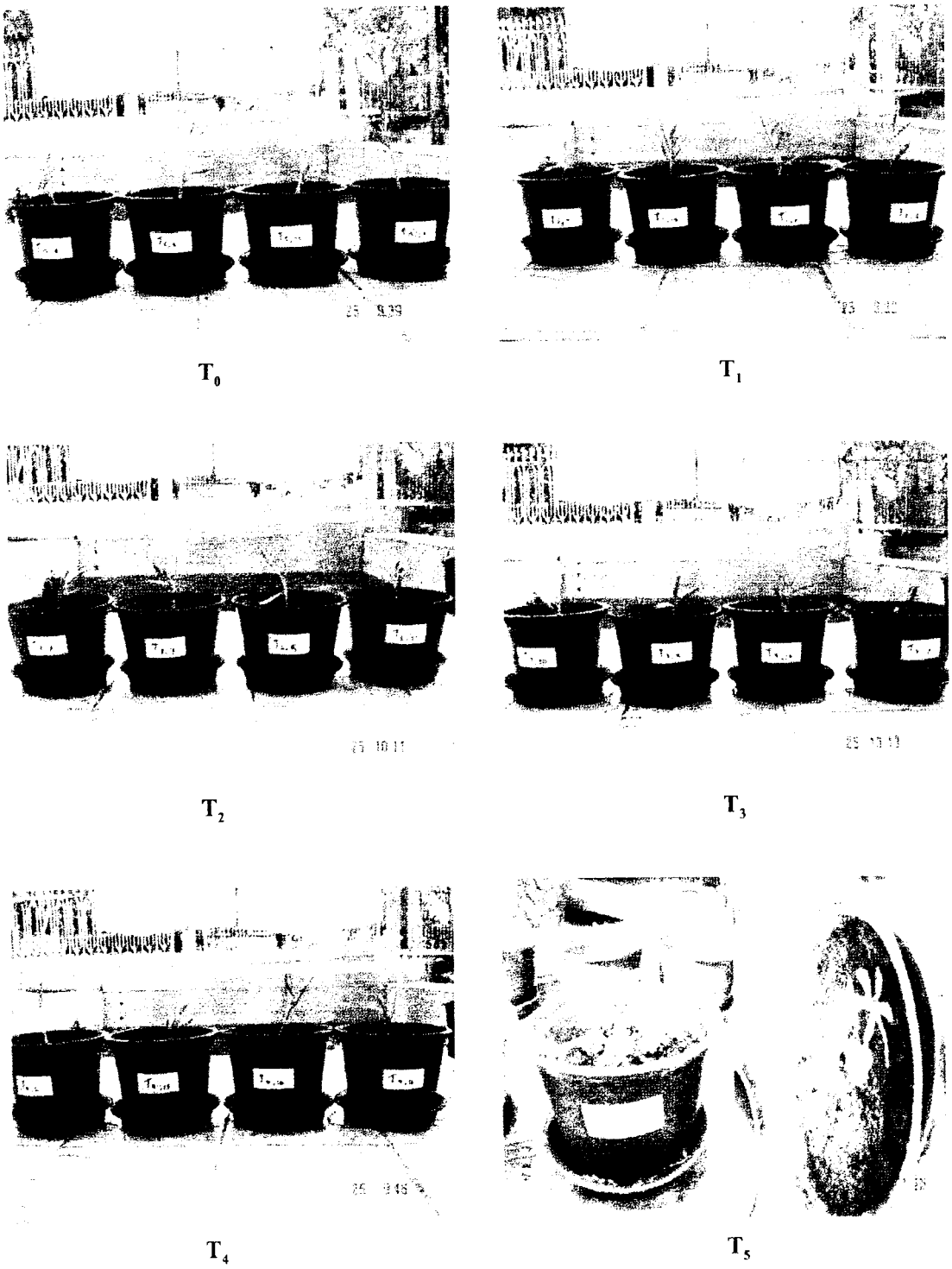
T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.1 ความสูงของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

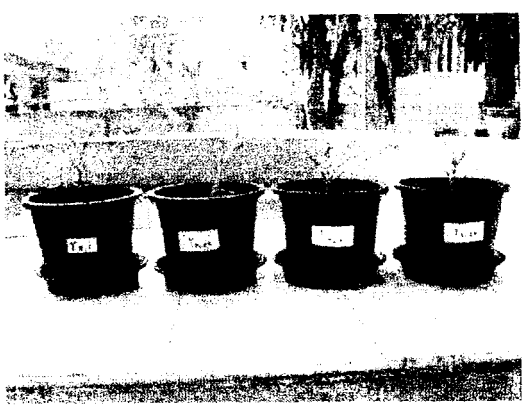


T_0 T_1

T_2 T_3

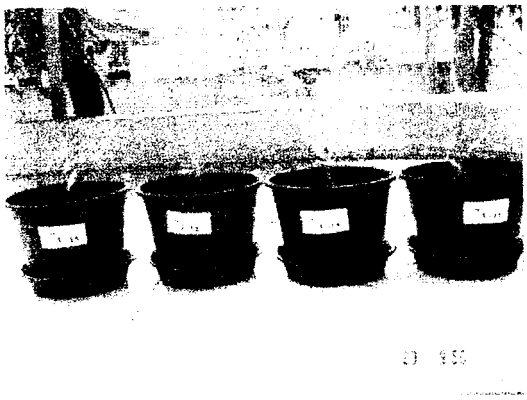
T_4 T_5

ภาพที่ 4.2 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 15 วัน



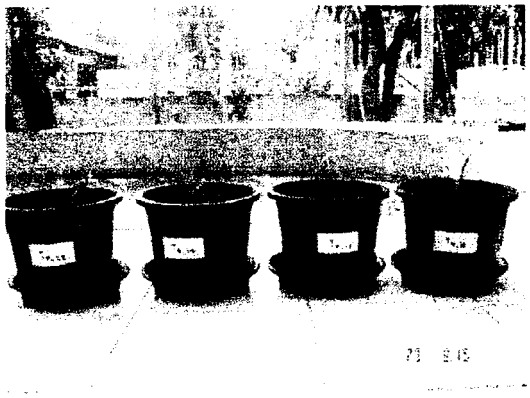
T_0

T_1



T_2

T_3



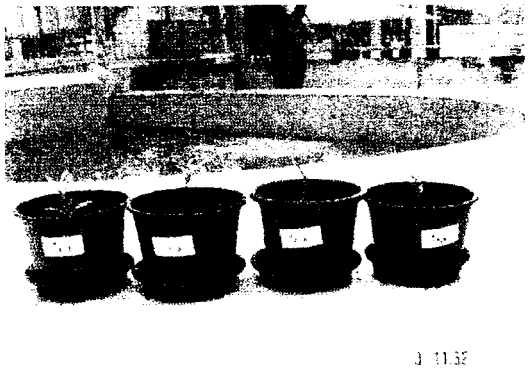
T_4

ภาพที่ 4.3 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 30 วัน
(ระยะนี้ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ได้ตายลงทั้งหมด)

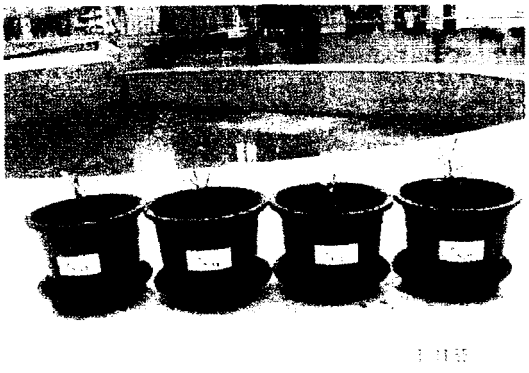
T_0

T_1

T_2

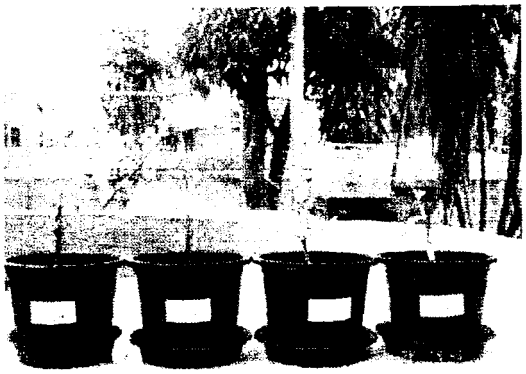


T_3



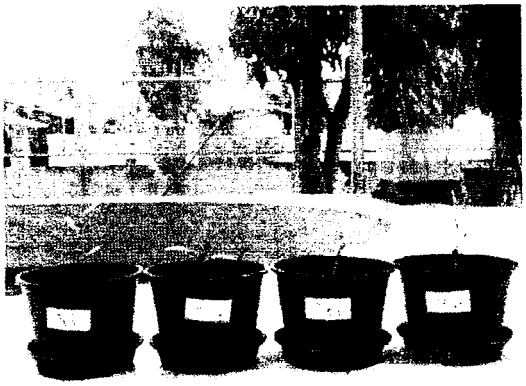
T_4

ภาพที่ 4.4 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 45 วัน



T_0

T_1



T_2

T_3

T_4

ภาพที่ 4.5 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 60 วัน

T_0

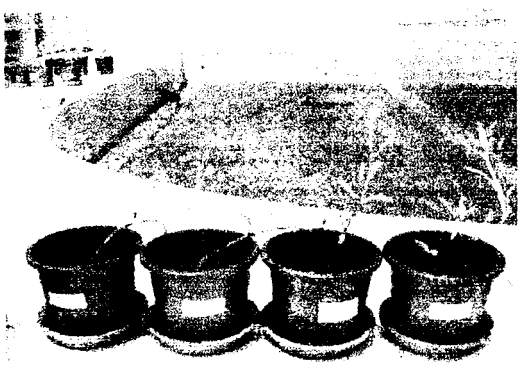
T_1

T_2

T_3

T_4

ภาพที่ 4.6 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 75 วัน



T_0

T_1

T_2

T_3

T_4

ภาพที่ 4.7 การเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลระยะ 90 วัน

4.1.2 จำนวนใบ

จำนวนใบต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.8 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 7 – ก. 12 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีจำนวนใบเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 8.25 ใบ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 7.75 ใบ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 6.00, 5.75, 5.50 และ 4.00 ใบ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 และ12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 10.2 ใบ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 10.0 และ 7.75 ใบ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 6.25 ใบทั้งสองระดับความเค็ม ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 11.5 ใบ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 8.75 ใบ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 6.75 ใบทั้งสองระดับความเค็ม ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 13.8 ใบ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 13.0, 12.2 และ 10.8 ใบ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 7.75 ใบ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็มในระดับอื่น ๆ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 15.8 ใบ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 14.8, 14.0, 12.8 และ 12.5 ใบ ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรมีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 23.2 ใบ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 22.8 ใบ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนใบเฉลี่ย 15.8, 14.8 และ 14.5 ใบตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ตารางที่ 4.2 จำนวนใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15	**30**	**45**	**60**	**75** $^{n.s.}$	**90**
T_0	7.75 ^{ab}	10.0 ^{a}	11.5 ^{a}	13.0 ^{a}	14.8	22.8 ^{a}
T_1	8.25 ^{a}	10.2 ^{a}	11.5 ^{a}	13.8 ^{a}	15.8	23.2 ^{a}
T_2	6.00 ^{bc}	7.75 ^{ab}	8.75 ^{ab}	12.2 ^{a}	14.0	15.8 ^{b}
T_3	5.75 ^{bc}	6.25 ^{b}	6.75 ^{b}	10.8 ^{ab}	12.8	14.8 ^{b}
T_4	5.50 ^{c}	6.25 ^{b}	6.75 ^{b}	7.75 ^{b}	12.5	14.5 ^{b}
T_5	4.00 ^{c}	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	21.2	26.9	30.8	17.5	18.1	23.9

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

$^{n.s.}$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

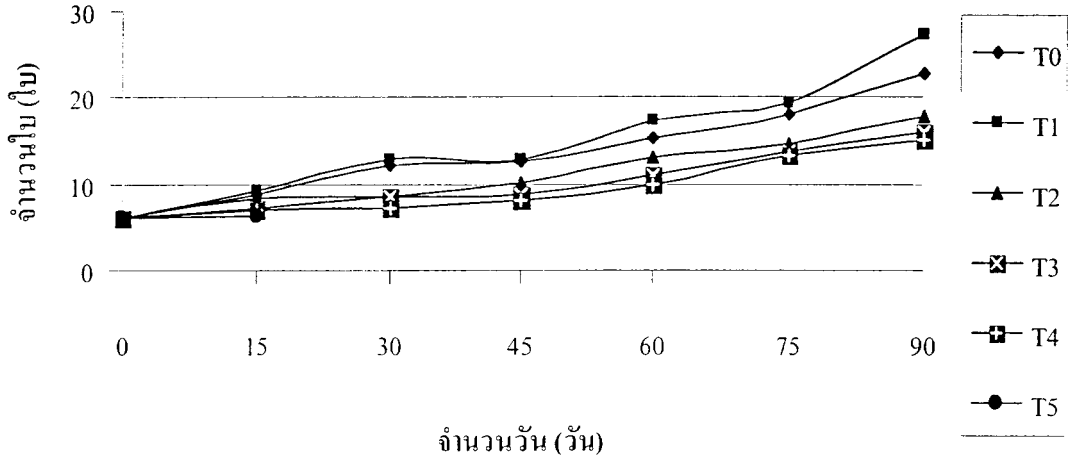
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.8 จำนวนใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.1.3 จำนวนข้อ

จำนวนข้อต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.9 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 13 – ก. 18 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีจำนวนข้อเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00, 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.00 ข้อ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.75 ข้อทั้งสองหน่วยการทดลอง ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรมีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.75 ข้อ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 4.00 ข้อทั้งสองระดับความเค็ม ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนข้อเฉลี่ย 3.25 ข้อทั้งสองระดับความเค็ม ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์

ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรมีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.00 ข้อ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 4.50 และ 4.00 ข้อตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนข้อเฉลี่ย 3.75 และ 3.25 ข้อตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรมีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.25 ข้อ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 5.00 ข้อทั้งสองระดับความเค็ม ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีจำนวนข้อเฉลี่ย 4.00 และ 3.75 ข้อตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรมีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 6.25 ข้อ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 5.50 และ 4.75 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่า

ความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนข้อเฉลี่ย 4.50 ข้อ ทั้งสองระดับความเค็ม ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยที่ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนข้อเฉลี่ยมากที่สุด คือ 8.25 ข้อ รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 8.00 ข้อ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนข้อเฉลี่ย 6.25, 5.50 และ 5.50 ข้อตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ตารางที่ 4.3 จำนวนข้อของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15 [n.s.]	30	45	60	75	90
T_0	3.00	4.00 [ab]	4.50 [ab]	5.00 [ab]	5.50 [ab]	8.00 [a]
T_1	3.00	4.75 [a]	5.00 [a]	5.25 [a]	6.25 [a]	8.25 [a]
T_2	3.00	4.00 [ab]	4.00 [abc]	5.00 [ab]	4.75 [ab]	6.25 [b]
T_3	3.00	3.25 [b]	3.75 [bc]	4.00 [bc]	4.50 [b]	5.50 [b]
T_4	2.75	3.25 [b]	3.25 [c]	3.75 [c]	4.50 [b]	5.50 [b]
T_5	2.75	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	15.1	21.5	16.1	15.4	19.3	15.2

หมายเหตุ: [abcd] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

[n.s.] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

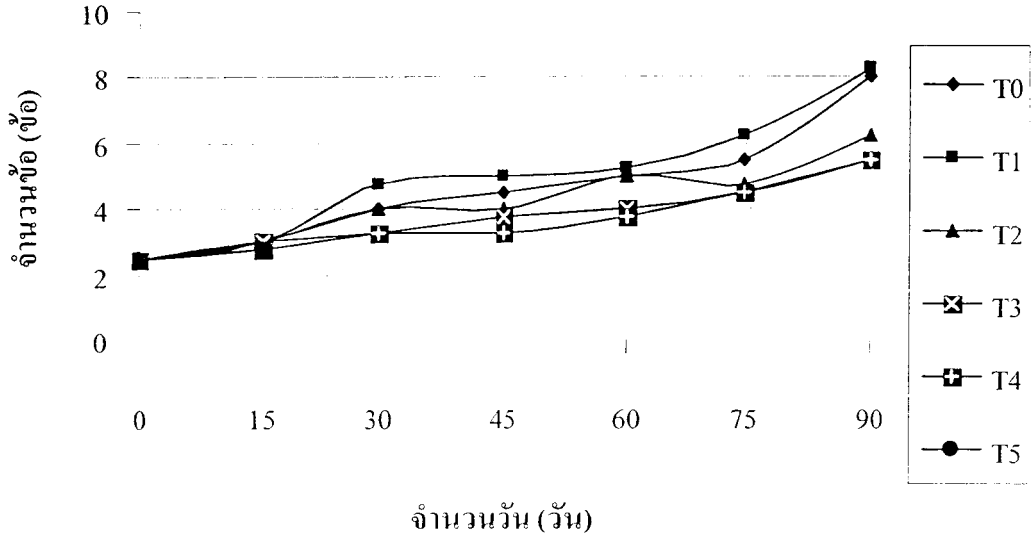
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.9 จำนวนข้อของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.1.4 จำนวนกิ่ง

จำนวนกิ่งต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.10 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 19 – ก. 24 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีจำนวนกิ่งเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1.50 กิ่ง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 1.25 กิ่ง และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 1.00 กิ่ง ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.25 กิ่ง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 1.75, 1.50 และ 1.50 กิ่งตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีจำนวนกิ่งเฉลี่ย 1.25 กิ่ง ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.25 กิ่ง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.00, 1.75, 1.75 และ 1.50 กิ่ง ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.50 กิ่ง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.25, 2.25, 2.00 และ 1.75 กิ่ง ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.75 กิ่ง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.50, 2.25 และ 2.00 กิ่ง ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีจำนวนกิ่งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.25 กิ่ง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.00, 3.00, 2.50 และ 2.25 กิ่ง ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.4 จำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15 $^{n.s.}$	30	45 $^{n.s.}$	60 $^{n.s.}$	75 $^{n.s.}$	90 $^{n.s.}$
T_0	1.50	1.75 ^{ab}	2.00	2.25	2.75	3.00
T_1	1.50	2.25 ^{a}	2.25	2.50	2.75	3.25
T_2	1.25	1.50 ^{ab}	1.75	2.25	2.50	3.00
T_3	1.25	1.50 ^{ab}	1.75	2.00	2.25	2.50
T_4	1.25	1.25 ^{b}	1.50	1.75	2.00	2.25
T_5	1.00	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	37.6	32.3	32.0	32.3	32.0	23.5

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

$^{n.s.}$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

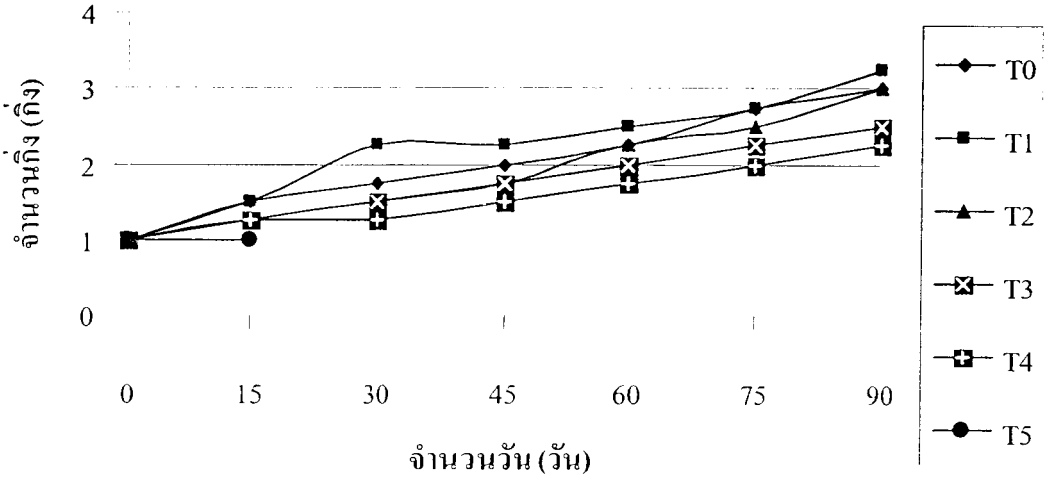
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.10 จำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.1.5 รัศมีทรงพุ่ม

รัศมีทรงพุ่มต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.11 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 25 – ก. 30 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.00 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.63, 2.55, 2.53, 2.40 และ 2.40 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.10 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.68, 2.65, 2.60 และ 2.45 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.23 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.10, 2.88, 2.83 และ 2.55 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.30 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.20, 3.10, 3.03 และ 2.93 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.50 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.43, 3.20, 3.10 และ 3.08 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีรัศมีทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.55 เซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.53, 3.48, 3.23 และ 3.23 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทุกหน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.5 รัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15 $^{n.s.}$	**30** $^{n.s.}$	**45** $^{n.s.}$	**60** $^{n.s.}$	**75** $^{n.s.}$	**90** $^{n.s.}$
T_0	2.63	2.68	3.10	3.20	3.43	3.53
T_1	3.00	3.10	3.23	3.30	3.50	3.55
T_2	2.55	2.65	2.88	3.10	3.20	3.48
T_3	2.53	2.60	2.83	3.03	3.10	3.23
T_4	2.40	2.45	2.55	2.93	3.08	3.23
T_5	2.40	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	15.7	20.0	16.5	12.6	12.6	24.4

หมายเหตุ: $^{n.s.}$ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

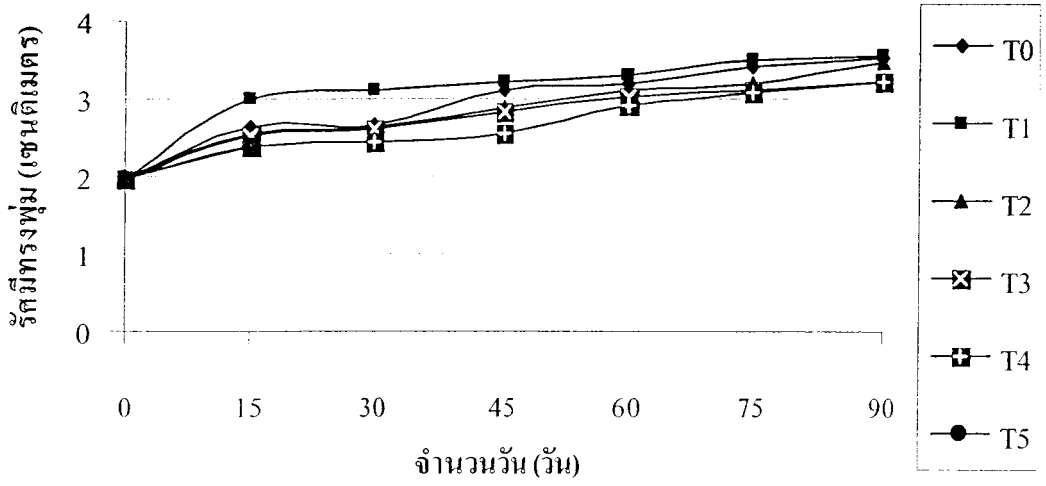
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.11 รัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.1.6 น้ำหนักสด

น้ำหนักสดต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.12 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 31 – ก. 36 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีน้ำหนักสดเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.17 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.64 และ 2.52 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้งสามหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำนักสด คือ 2.03, 2.01 และ 2.00 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า น้ำหนักสดของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมาก

ที่สุด คือ 4.58 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 4.11, 2.56, 2.11 และ 2.09 กรัม ตามลำดับ สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า น้ำหนักสดของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 4.80 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 4.24, 2.63, 2.41 และ 2.31 กรัม ตามลำดับ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า น้ำหนักสดของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.30 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 4.92, 4.04, 3.64 และ 3.00 กรัม ตามลำดับ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า น้ำหนักสดของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักสดเฉลี่ยมากที่สุด คือ 5.42 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 5.34, 4.79, 4.57 และ 4.16 กรัม ตามลำดับ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า น้ำหนักสดของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีน้ำหนักสดเฉลี่ย คือ 8.82, 8.78, 6.10, 5.01 และ 4.66 กรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 น้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15	**30**	**45**	**60**	**75**	**90**
T_0	2.64^{b}	4.11^{b}	4.24^{b}	4.92^{b}	5.34^{b}	8.78^{a}
T_1	3.17^{a}	4.58^{a}	4.80^{a}	5.30^{a}	5.42^{a}	8.82^{a}
T_2	2.52^{c}	2.56^{c}	2.63^{c}	4.04^{c}	4.79^{c}	6.10^{b}
T_3	2.03^{d}	2.11^{d}	2.41^{d}	3.64^{d}	4.57^{d}	5.01^{c}
T_4	2.01^{d}	2.09^{d}	2.31^{c}	3.00^{c}	4.16^{c}	4.66^{d}
T_5	2.00^{d}	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	1.41	0.95	1.23	2.88	0.96	0.57

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

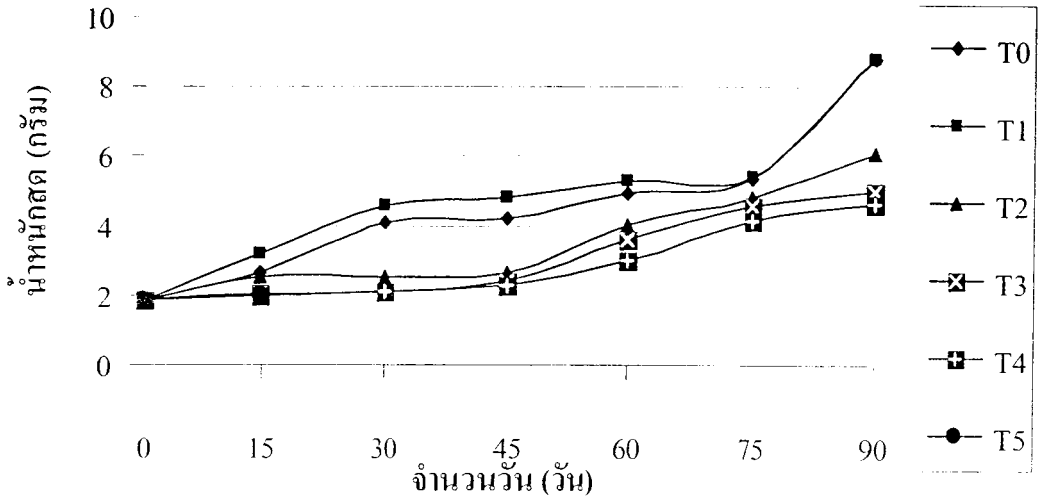
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.12 น้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.1.7 น้ำหนักแห้ง

น้ำหนักแห้งต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.7 และภาพที่ 4.13 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 37 – ก. 42 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีน้ำหนักสดเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.280 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 0.260, 0.260 และ 0.240 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 4 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 0.220 กรัม ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00 และ 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 0.210 กรัม จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินในทุกระดับความเค็ม ยกเว้นกับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า น้ำหนักแห้งของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 และ 12.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จะมีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.510 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 0.400, 0.310, 0.300 และ 0.260 กรัม ตามลำดับ สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.520 กรัม ทั้ง 2 หน่วยการทดลอง ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 0.340, 0.340 และ 0.320 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.700 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 0.640 กรัม ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย คือ 0.520 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินในทุกระดับความเค็ม และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 0.400 และ 0.390 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 0.750 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 0.680 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย คือ 0.600, 0.570 และ 0.570 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยมากที่สุด คือ 1.31 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 1.22 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ย คือ 0.740, 0.720 และ 0.690 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ตารางที่ 4.7 น้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15	30	45	60	75	90
T_0	0.260 ^{ab}	0.400 ^{b}	0.520 ^{a}	0.640 ^{a}	0.680 ^{b}	1.220 ^{b}
T_1	0.280 ^{a}	0.510 ^{a}	0.520 ^{a}	0.700 ^{a}	0.750 ^{a}	1.310 ^{a}
T_2	0.260 ^{ab}	0.310 ^{c}	0.340 ^{b}	0.520 ^{b}	0.600 ^{c}	0.740 ^{c}
T_3	0.240 ^{abc}	0.300 ^{c}	0.340 ^{b}	0.400 ^{c}	0.570 ^{c}	0.720 ^{c}
T_4	0.220 ^{bc}	0.260 ^{d}	0.320 ^{b}	0.390 ^{c}	0.570 ^{c}	0.690 ^{c}
T_5	0.210 ^{c}	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	12.5	6.24	6.87	11.1	6.12	4.22

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

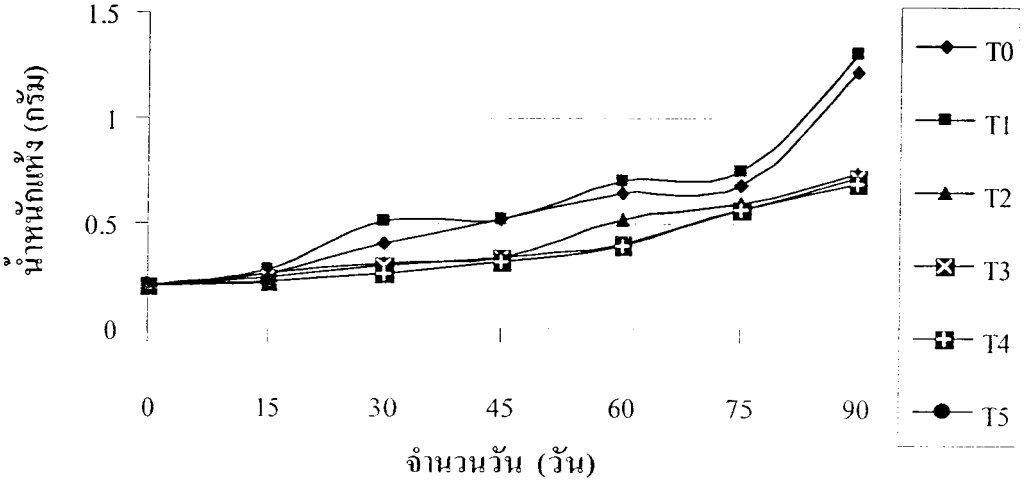
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.13 น้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.1.8 พื้นที่ใบ

พื้นที่ใบต่อต้นของผักเบี้ยทะเลในช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.8 และภาพที่ 4.14 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 43 – ก. 48 จากการทดลอง พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ จะมีพื้นที่ใบเฉลี่ยตามช่วงระยะเวลาที่เก็บข้อมูล ดังนี้

ผักเบี้ยทะเลที่ปลูก 15 วัน พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.65 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.31 และ 2.10 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบ คือ 2.05, 2.01 และ 2.01 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 4.00 และ 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 30 วัน พบว่า พื้นที่ใบของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.69 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.59, 2.38, 2.31 และ 2.07 ตาราง

เซนติเมตร ตามลำดับ สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในช่วงอายุนี้ได้ตายลงทั้งหมด

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 45 วัน พบว่า พื้นที่ใบของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.14 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 2.74, 2.61, 2.49 และ 2.14 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 60 วัน พบว่า พื้นที่ใบของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.15 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.10, 2.77, 2.62 และ 2.23 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 75 วัน พบว่า พื้นที่ใบของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งทั้ง 2 หน่วยการทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.26 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.16, 2.84, 2.81 และ 2.58 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

เมื่อผักเบี้ยทะเลอายุ 90 วัน พบว่า พื้นที่ใบของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีพื้นที่ใบเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.65 ตารางเซนติเมตร รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0, 8.00, 12.0 และ 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คือ 3.34, 3.20, 2.89 และ 2.60 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 พื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

หน่วยทดลอง	จำนวนวัน					
	15	**30**	**45**	**60**	**75**	**90**
T_0	2.31 [b]	2.59 [b]	2.74 [b]	3.10 [b]	3.16 [b]	3.34 [b]
T_1	2.65 [a]	2.69 [a]	3.14 [a]	3.15 [a]	3.26 [a]	3.65 [a]
T_2	2.10 [c]	2.38 [c]	2.61 [c]	2.77 [c]	2.84 [c]	3.20 [c]
T_3	2.05 [d]	2.31 [d]	2.49 [d]	2.62 [d]	2.81 [c]	2.89 [d]
T_4	2.01 [d]	2.07 [c]	2.14 [c]	2.23 [c]	2.58 [d]	2.60 [c]
T_5	2.01 [d]	-	-	-	-	-
CV (ร้อยละ)	1.44	0.910	0.750	0.880	0.710	0.830

หมายเหตุ: [abcd] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

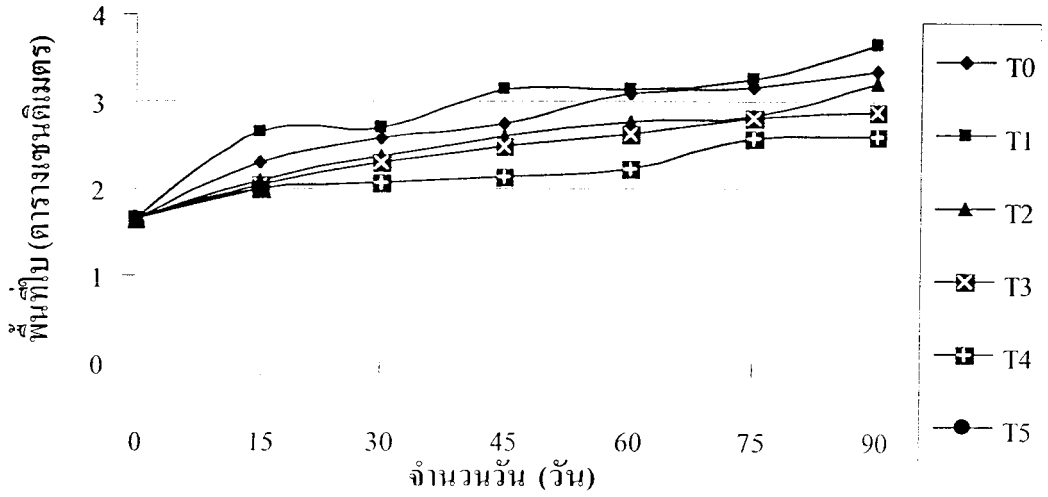
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.14 พื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็มต่าง ๆ

4.2 คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณสารอาหาร

4.2.1 คุณสมบัติทางเคมี

จากการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเลบำบัดดินเค็ม ได้มีการวัดคุณสมบัติทางเคมีต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังการทดลอง คือ ค่าการนำไฟฟ้า ความเป็นกรด – ด่าง ปริมาณโซเดียมในดิน และปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเล โดยแยกวิเคราะห์ในใบและลำต้นของผักเบี้ยทะเล ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1.1 ค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า EC (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร))

ค่าความเค็มของดินที่เตรียมขึ้นสำหรับการทดลอง มีการกำหนดค่าความเค็มโดยวิเคราะห์จากค่าการนำไฟฟ้า ในแต่ละหน่วยการทดลองจะออกแบบให้มีค่าความเค็มแตกต่างกันไป จากการวางแผนการทดลองได้แบ่งระดับความเค็มของดินในหน่วยการทดลองออกเป็น 6 หน่วยการทดลอง คือ 0 (T_0), 4.00 (T_1), 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมื่อเตรียมดินที่ใช้ในการทดลองแล้วนำตัวอย่างดินที่เตรียมส่งวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าในดิน ค่าจากการวิเคราะห์ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.15 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 49 – ก. 50

จากผลการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่ใช้ในการปลูกผักเบี้ยทะเลก่อนการทดลอง พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้าของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่ามากที่สุด คือ 21.1 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

รองลงมา คือ ดินในหน่วยทดลองที่ T_4, T_3, T_2, T_1 และ T_0 มีค่าการนำไฟฟ้า 17.6, 13.0, 9.44, 5.06 และ 1.39 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าการนำไฟฟ้าของหน่วยทดลอง T_5 มีค่ามากที่สุด คือ 17.9 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งในหน่วยทดลอง T_5 ผักเบี้ยสามารถเจริญเติบโตได้ 15 วัน หลังจากนั้นได้ตายลงทั้งหมด รองลงมา คือ ดินในหน่วยทดลองที่ T_4, T_3, T_2,T_1 และ T_0 มีค่าการนำไฟฟ้า 4.62, 3.05, 2.03, 1.84 และ 0.42 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ตามลำดับ

ตารางที่ **4.9** ค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร))

หน่วยทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง	
	ก่อน	หลัง
T_0	1.39[f]	0.420[f]
T_1	5.06[e]	1.84[e]
T_2	9.44[d]	2.03[d]
T_3	13.0[c]	3.05[c]
T_4	17.6[b]	4.62[b]
T_5	21.1[a]	17.9[a]
CV (ร้อยละ)	**0.200**	**0.570**

หมายเหตุ: [abcd] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

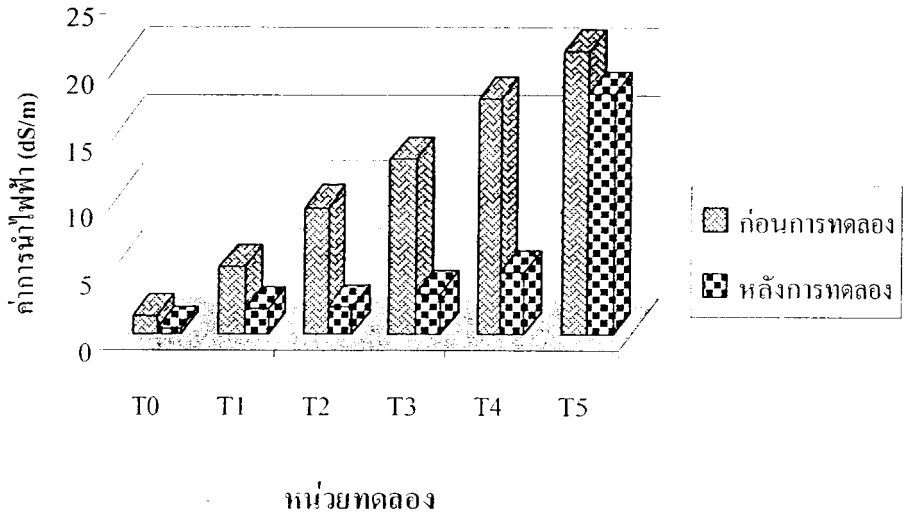
T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร



ภาพที่ 4.15 ค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร))

4.2.1.2 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างในดินทำการวิเคราะห์ในสองช่วง คือ ก่อนการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่าจากการวิเคราะห์ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.10 และภาพที่ 4.16 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 51 – ก. 52 ค่าความเป็นกรด – ด่างก่อนการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างของดินในหน่วยทดลอง T_5 มีค่ามากที่สุด คือ 7.22 รองลงมา คือ หน่วยทดลอง T_4 และ T_3 มีค่า 7.18 และ 7.09 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยทดลองนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สำหรับหน่วยทดลอง T_1 และ T_2 มีค่าความเป็นกรด – ด่าง 7.02 และ 7.04 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 2 หน่วยทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับหน่วยทดลอง T_3, T_4 และ T_5 สำหรับหน่วยทดลอง T_0 มีค่าความเป็นกรด – ด่าง คือ 7.00 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เกือบทุกหน่วยทดลอง ยกเว้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับหน่วยทดลอง T_1

ค่าความเป็นกรด – ด่างหลังการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างของทุกหน่วยทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยค่าความเป็นกรด – ด่างของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่ามากที่สุด คือ 7.85 รองลงมา คือ ดินในหน่วยทดลองที่ T_4, T_3, T_2,T_1 และ T_0 มีค่าความเป็นกรด – ด่าง 7.64, 7.56, 7.47, 7.28 และ 7.20 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

หน่วยทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง	
	ก่อน	หลัง
T_0	7.00 [e]	7.20 [f]
T_1	7.02 [dc]	7.28 [e]
T_2	7.04 [d]	7.47 [d]
T_3	7.09 [c]	7.56 [c]
T_4	7.18 [b]	7.64 [b]
T_5	7.22 [a]	7.85 [a]
CV (ร้อยละ)	0.200	0.210

หมายเหตุ: [abcd] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

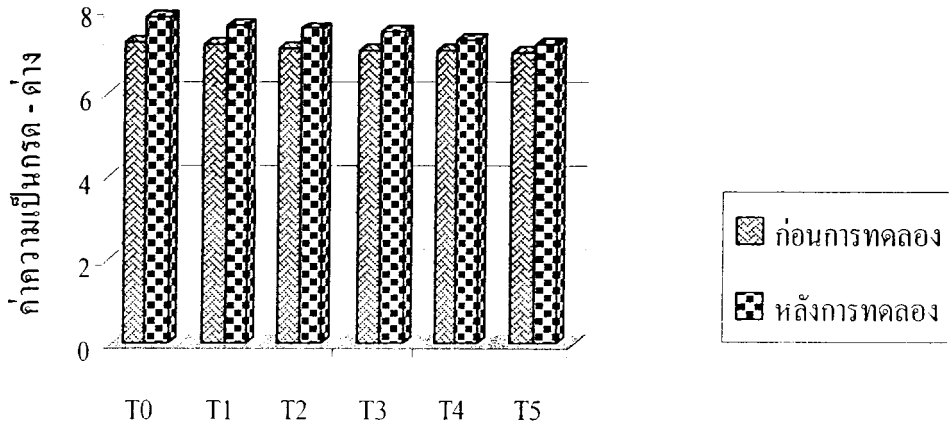
T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร



ภาพที่ 4.16 ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)

4.2.1.3 ปริมาณโซเดียมในดิน

ปริมาณโซเดียมในดินได้ทำการวิเคราะห์ในสองช่วง คือ ก่อนการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่าจากการวิเคราะห์ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.17 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 53 – ก. 54 ปริมาณโซเดียมในดินก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในดินของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณโซเดียมในดินของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่ามากที่สุด คือ 18.4 x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ดินในหน่วยทดลองที่ T_4, T_3, T_2, T_1 และ T_0 มีปริมาณโซเดียมในดิน 16.2 x 10^3, 13.8 x 10^3, 12.7 x 10^3, 5.49 x 10^3 และ 1.14 x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในดินของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณโซเดียมในดินของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่ามากที่สุด คือ 15.8 x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ดินในหน่วยทดลองที่ T_4, T_3, T_2, T_1 และ T_0 มีปริมาณโซเดียมในดิน 8.65 x 10^3, 6.13 x 10^3, 4.29 x 10^3, 3.83 x 10^3 และ 0.707 x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 4.11 ปริมาณโซเดียมในดิน (x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

หน่วยทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง	
	ก่อน	หลัง
T_0	1.14 [f]	0.707 [f]
T_1	5.49 [e]	3.83 [e]
T_2	12.7 [d]	4.29 [d]
T_3	13.8 [c]	6.13 [c]
T_4	16.2 [b]	8.65 [b]
T_5	18.4 [a]	15.8 [a]
CV (ร้อยละ)	0.0100	0.0300

หมายเหตุ: [abcd] ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

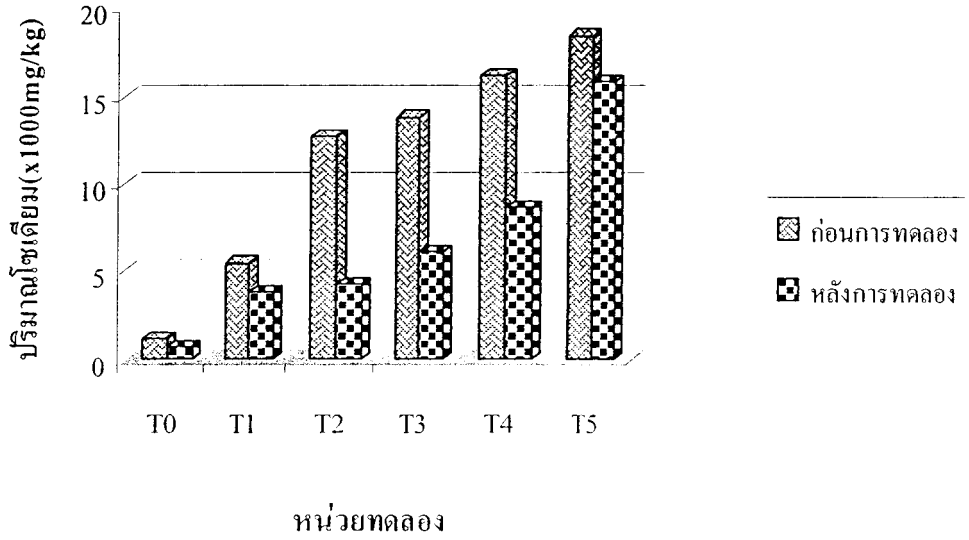
T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร



ภาพที่ 4.17 ปริมาณโซเดียมในดิน (x 10^3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

4.2.1.4 ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเลได้ทำการวิเคราะห์แยกในส่วนของลำต้นและใบ โดยทำการวิเคราะห์สองช่วง คือ ก่อนการทดลอง และเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ค่าจากการวิเคราะห์ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.12 และภาพที่ 4.18 และ 4.19 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 55 – ก. 56

ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเลก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเลส่วนใบเริ่มต้นของทุกหน่วยการทดลองมีค่าเท่ากับ 71.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในใบของผักเบี้ยทะเลของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในหน่วยทดลอง T_1 และ T_2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณโซเดียมในใบของผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_4 จะมีค่ามากที่สุด คือ 670 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลในหน่วยทดลองที่ T_3, T_2, T_1 และ T_0 มีปริมาณโซเดียมในใบของผักเบี้ยทะเล 635, 627, 627 และ 577 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งในหน่วยทดลอง T_5 ผักเบี้ยทะเลสามารถเจริญเติบโตได้เพียง 15 วัน และได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน คือ ปริมาณโซเดียมในใบของผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่าเพียง 73.4 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเลก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเลส่วนลำต้นเริ่มต้นของทุกหน่วยการทดลองมีค่าเท่ากับ 63.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อสิ้นสุดการ

ทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในลำต้นของผักเบี้ยทะเลของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในหน่วยทดลอง T_2 และ T_3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณโซเดียมในลำต้นของผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_4 จะมีค่ามากที่สุด คือ 592 มิลลิกรัม/กิโลกรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลในหน่วยทดลองที่ T_3, T_2, T_1 และ T_0 มีปริมาณโซเดียมในลำต้นของผักเบี้ยทะเล 550, 549, 546 และ 526 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งในหน่วยทดลอง T_5 ผักเบี้ยทะเลสามารถเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน คือ ปริมาณโซเดียมในลำต้นของผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่าเพียง 64.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ตารางที่ 4.12 ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

หน่วยทดลอง	ใบ		ลำต้น	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
T_0	71.8	577^{d}	63.7	526^{d}
T_1	71.8	627^{c}	63.7	546^{c}
T_2	71.8	627^{c}	63.7	549^{b}
T_3	71.8	635^{b}	63.7	550^{b}
T_4	71.8	670^{a}	63.7	592^{a}
T_5	71.8	-	63.7	-
CV (ร้อยละ)		**0.390**		**0.430**

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

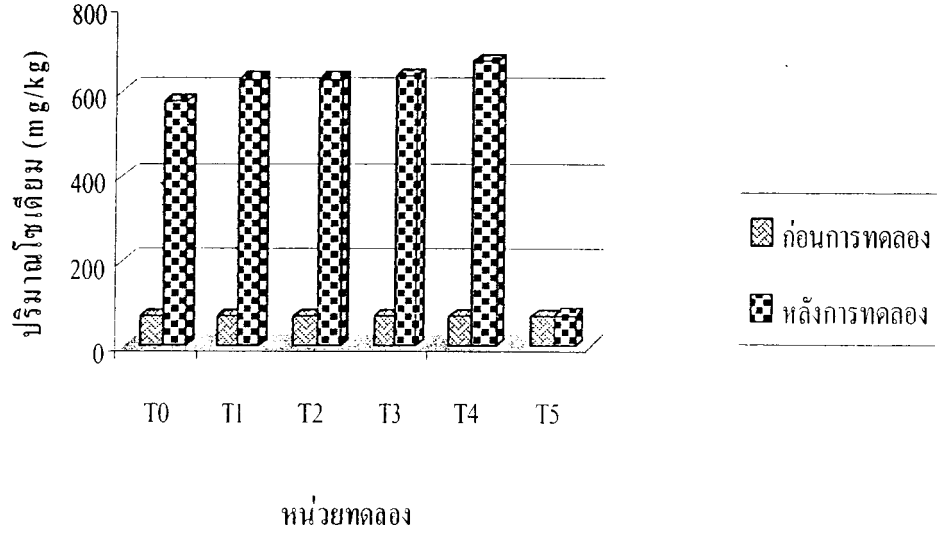
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

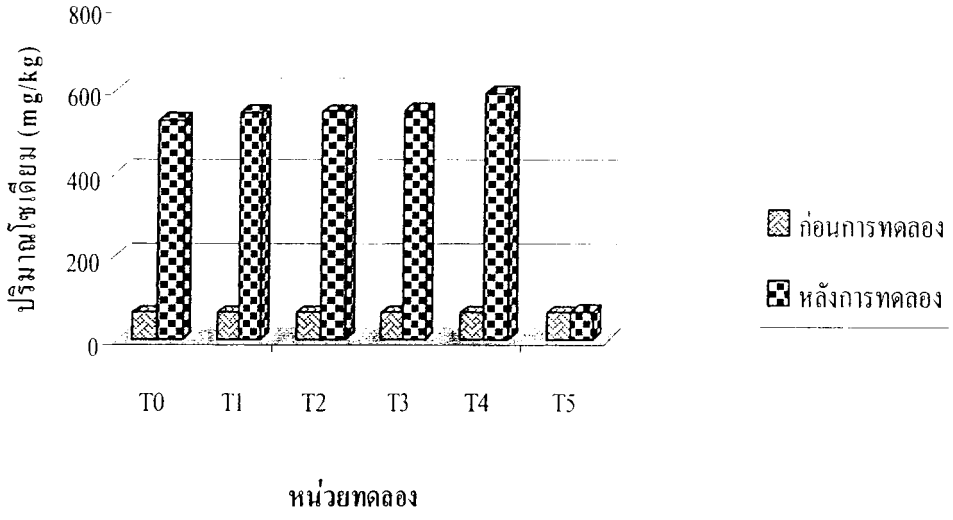
T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.18 ปริมาณโซเดียมในใบผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)



ภาพที่ 4.19 ปริมาณโซเดียมในลำต้นผักเบี้ยทะเล (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

4.2.2 ปริมาณสารอาหาร

จากการทดลองศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเลบำบัดดินเค็ม ได้มีการวัดปริมาณสารอาหารต่าง ๆ ทั้งก่อนและหลังการทดลอง คือ โปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต ค่าจากการวิเคราะห์ได้แสดงผลไว้ในตารางที่ 4.13 และภาพที่ 4.20, 4.21 และ 4.22 ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติได้แสดงไว้ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก. 57 – ก. 59 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.2.1 ปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเล (กรัม/100 กรัม)

ปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลเริ่มต้นของทุกหน่วยการทดลองมีค่าเท่ากับ 1.72 กรัม/100 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นในหน่วยทดลอง T_1 และ T_2 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_4 จะมีค่ามากที่สุด คือ 1.12 กรัม/100 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลในหน่วยทดลองที่ T_3, T_2, T_1 และ T_0 มีปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเล 1.06, 1.00, 1.00 และ 0.940 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งในหน่วยทดลอง T_5 ผักเบี้ยทะเลสามารถเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน คือ ปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่า 1.50 กรัม/100 กรัม

4.2.2.2 ปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเล (กรัม/100กรัม)

ปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลเริ่มต้นของทุกหน่วยการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.200 กรัม/100 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่าปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลในหน่วยทดลอง T_0 จะมีปริมาณไขมันมากที่สุด คือ 0.320 กรัม/ 100 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลในหน่วยทดลอง T_1, T_2 และ T_3 มีปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเล 0.300, 0.290 และ 0.280 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 3 หน่วยการทดลองนี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สำหรับหน่วยทดลอง T_4 มีปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเล 0.250 กรัม/100 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับทุกหน่วยการทดลอง สำหรับในหน่วยทดลอง T_5 ผักเบี้ยทะเลสามารถเจริญเติบโตได้เพียง 15 วัน และได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน คือ ปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่า 0.200 กรัม/ 100 กรัม

4.2.2.3 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเล (กรัม/100กรัม)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลก่อนการทดลอง พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลเริ่มต้นของทุกหน่วยการทดลองมีค่าเท่ากับ 6.75 กรัม/100 กรัม เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลของทุกหน่วยการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_1 จะมีค่ามากที่สุด คือ 9.70 กรัม/100 กรัม รองลงมา คือ ผักเบี้ยทะเลในหน่วยทดลองที่ T_0, T_2, T_3 และ T_4 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเล 8.78, 8.15, 8.11 และ 7.51 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ ซึ่งในหน่วยทดลอง T_5 ผักเบี้ยทะเลสามารถเจริญเติบโตได้เพียง 15 วัน และได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลของหน่วยทดลอง T_5 จะมีค่า 7.11 กรัม/100 กรัม

ตารางที่ 4.13 ปริมาณสารอาหารต่าง ๆในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง

หน่วยทดลอง	โปรตีน		ไขมัน		คาร์โบไฮเดรต	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
T_0	1.72	0.940^{c}	0.200	0.320^{a}	6.75	8.78^{b}
T_1	1.72	1.00^{d}	0.200	0.300^{b}	6.75	9.70^{a}
T_2	1.72	1.00^{d}	0.200	0.290^{b}	6.75	8.15^{c}
T_3	1.72	1.06^{c}	0.200	0.280^{b}	6.75	8.11^{d}
T_4	1.72	1.12^{b}	0.200	0.250^{c}	6.75	7.51^{c}
T_5	1.72	-	0.200		6.75	
CV (ร้อยละ)	-	**1.54**	-	**4.72**	-	**0.240**

หมายเหตุ: ^{abcd} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p < 0.05$)

T_0 ดินหน่วยทดลองควบคุมมีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_1 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

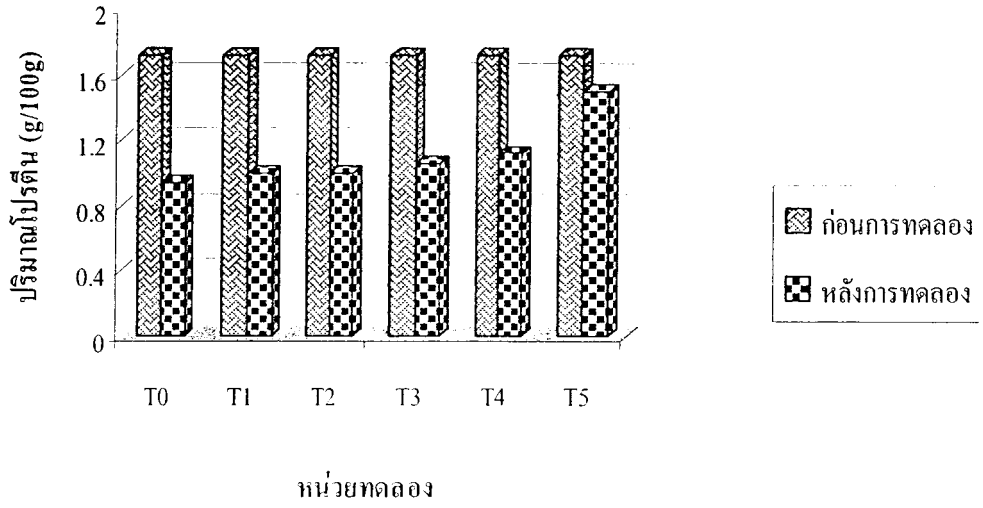
T_2 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 8.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_3 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 12.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

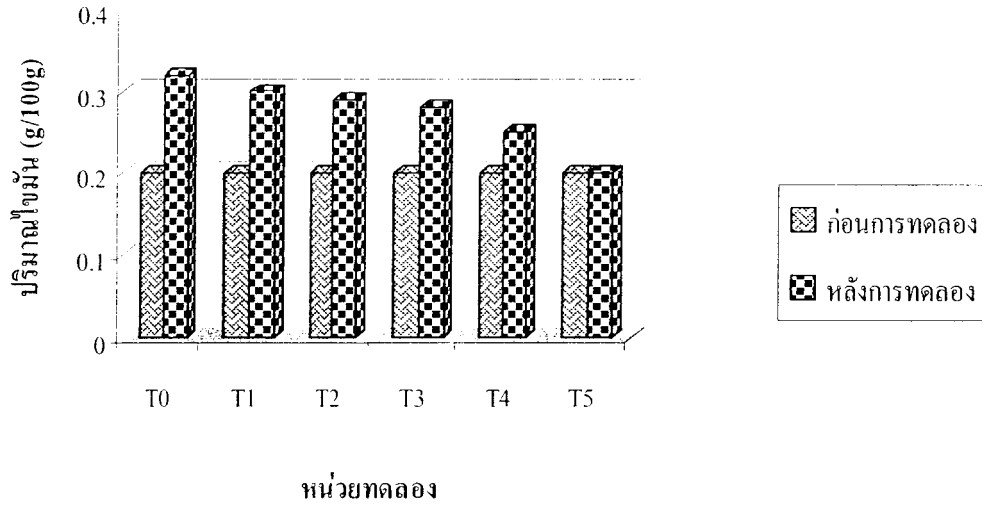
T_4 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

T_5 ดินที่ปรับระดับให้มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

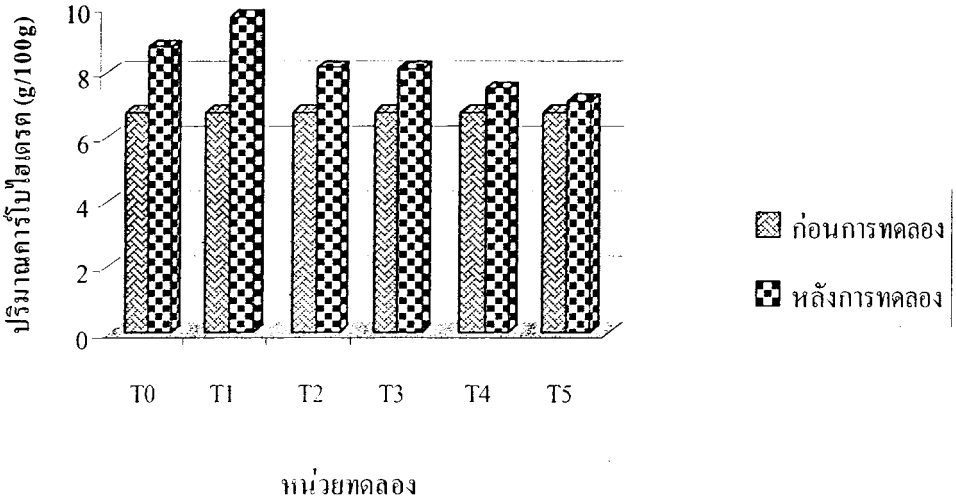
- ไม่มีข้อมูลเนื่องจากดินที่ระดับความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (T_5) ผักเบี้ยทะเลเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงมีผลการวิเคราะห์แค่ระยะ 15 วัน



ภาพที่ 4.20 ปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 4.21 ปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง



ภาพที่ 4.22 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลเมื่อเริ่มและสิ้นสุดการทดลอง

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง และอภิปรายผล

จากการศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการใช้ผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastrum)* บำบัดดินเค็ม โดยทำการทดลองปลูกผักเบี้ยทะเลในดินที่ระดับความเค็มอัตรา 0 (T_0), 4.00 (T_1) , 8.00 (T_2), 12.0 (T_3), 16.0 (T_4) และ 20.0 (T_5) เดซิซีเมนต์ต่อเมตร จากผลการทดลองที่ได้สามารถสรุปได้ว่า

1. อัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล โดยวัดจากความสูง จำนวนใบ จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง รัศมีทรงพุ่ม น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบ พบว่า ผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด และผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็มในระดับต่าง ๆ มีแนวโน้มอัตราการเจริญเติบโตแปรผกผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลลดลง สำหรับดินที่ไม่ได้มีการปรับความเค็มผักเบี้ยทะเลมีอัตราการเจริญเติบโตน้อยกว่าผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่มากกว่าดินที่ระดับความเค็มอื่น ๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lessani and Marschner (1978: 27 – 37) ได้ทดลองปลูกพืชทนเค็ม พบว่าพืชทนเค็มบางชนิดมีแนวโน้มที่จะเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อได้รับเกลือระดับปานกลาง และ Ramani et al. (2006: 395 – 408) พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของ ผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastrum)* ลดลง เมื่อปลูกในระดับความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Slama et al. (2007: 10 – 17) พบว่า เมื่อทำการเพาะเลี้ยงผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastrum)* โดยใช้สารอาหารที่ประกอบด้วย 10.0 mM NaCl จะส่งผลให้ปริมาณใบ และพื้นที่ผิวของใบลดลง และจากการศึกษาของ Slama et al. (2008: 442 – 451) พบว่า การขาดน้ำและความเค็มมีผลต่อการจำกัดการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญ

2. ค่าการนำไฟฟ้าของดินในทุกระดับความเค็มมีค่าลดลง หลังจากการทดลอง พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด และมี

แนวโน้มค่าการนำไฟฟ้าแปรผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ravindran et al. (2007: 2661 – 2664) พบว่า ในดินที่ใช้ในการปลูก ผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastrum)* เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจะมีค่าการนำไฟฟ้าลดลง

3. ค่าความเป็นกรด – ด่างของดินในทุกระดับความเค็มมีค่าเพิ่มขึ้น หลังจากการทดลอง พบว่า ค่าความเป็นกรด – ด่างของดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่าความเป็นกรด – ด่างมากที่สุด และมีแนวโน้มค่าการนำไฟฟ้าแปรผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจาก ก่อนการทดลองเกลือที่ละลายอยู่ในดินอาจจะมีการละลายไม่ดีพอ เมื่อช่วงทำการทดลองมีการรดน้ำทำให้เกลือที่อยู่ในดินเกิดการละลายได้มากขึ้น ทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าความเป็นกรด – ด่างจะเชื่อมโยงกันกับค่าความเค็มในดิน เพราะจากการศึกษาของ Matsi and Keramidas (1998: 107 – 112) พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากความเค็ม ทำให้ค่าความเป็นกรด – ด่างเพิ่มมากขึ้น และภายหลังการทดลองค่าความเป็นกรด – ด่างเพิ่มสูงขึ้น เป็นเพราะโซเดียมละลายน้ำได้มากขึ้นทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

4. ปริมาณโซเดียมในดินทุกระดับความเค็มมีค่าลดลง หลังจากการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่ามากที่สุด และมีแนวโน้มปริมาณโซเดียมแปรผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณโซเดียมมีค่าเพิ่มขึ้น ขณะที่ในภายหลังการทดลองปริมาณโซเดียมในดินลดลง เนื่องจากโซเดียมจะละลายน้ำและถูกดูดซึมผ่านรากเข้าไปสะสมในต้นของผักเบี้ย สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ravindran et al. (2007: 2661 – 2664) พบว่า ดินที่ใช้ในการปลูก ผักเบี้ยทะเล (*S. portulacastrum)* และชะคราม *(Suaeda maritime)* เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้วจะมีปริมาณโซเดียมที่สะสมในดินลดลง

5. ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเล ทำการแยกวิเคราะห์ในส่วนใบและลำต้น หลังจากการทดลอง พบว่า ปริมาณโซเดียมในผักเบี้ยทะเลทั้งส่วนใบและลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้น โดยปริมาณโซเดียมของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่ามากที่สุดทั้งในส่วนของใบและลำต้น และมีแนวโน้มปริมาณโซเดียมแปรผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณโซเดียมมีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สามารถเจริญเติบโตได้เพียง 15 วันและได้ตายลงทั้งหมด จึงวิเคราะห์ปริมาณโซเดียมที่สะสมในผักเบี้ยทะเลทั้งส่วนของใบและลำต้นได้เฉพาะช่วงอายุนี้เท่านั้น การบำบัดสารมลพิษโดยใช้พืช (Phytoremediation) ในรูปแบบ Phytoextraction ซึ่งเป็นการใช้พืชเพื่อบำบัดสารมลพิษที่อยู่ในดิน/ตะกอนดิน โดยใช้พืชไปดูดซึมสารมลพิษโดยผ่าน

รากแล้วไปเก็บสะสมในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้นและใบ ซึ่งในผักเบี้ยทะเลจะมีกลไกที่ปรับตัวเมื่ออยู่ในสภาพดินเค็ม โดยการอวบน้ำ ทำให้มีการสะสมเกลือในส่วนต่าง ๆ ของต้นได้มาก และเกิดการคายน้ำทำให้มีโซเดียมสะสมมากขึ้นในใบของพืชชอบเกลือ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ravindran et al. (2007: 2661 – 2664) พบว่า ในการปลูกผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastru)* และชะคราม *(S. maritime)* ที่ระดับความเค็มต่าง ๆ เมื่อสิ้นสุดการทดลองแล้ว พืชทั้งสองชนิดนี้จะมีการสะสมเกลือไว้ในเนื้อเยื่อได้ในปริมาณมากขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองของ Roussos et al. (2007: 59 – 66) ที่ได้มีการนำเนื้อเยื่อของว่านหางจระเข้ (*Simmondsia chinensis*) มาเพาะเลี้ยงในสารอาหารที่มีความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ระดับต่าง ๆ พบว่า เนื้อเยื่อที่นำมาเพาะเลี้ยงมีการสะสมของโซเดียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นเช่นกัน

6. ปริมาณโปรตีนของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินทุกระดับความเค็มมีค่าลดลงภายหลังการทดลอง โดยพบว่าปริมาณโปรตีนของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่ามากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ramoliya, Patel and Pandey (2004: 181 – 193) พบว่า ปริมาณของไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในใบ ราก และลำต้น เมื่อมีการเพิ่มของเกลือในดิน และเกิดจากการดูดซึมของน้ำไปสะสมไว้ในต้นของผักเบี้ยทะเล เนื่องจากผักเบี้ยทะเลเป็นพืชอวบน้ำ และมีแนวโน้มปริมาณโปรตีนแปรผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณโปรตีนมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Slama et al. (2008: 442 – 451) พบว่า ปริมาณของ Proline (โปรตีนชนิดหนึ่ง) ทั้งในรากและลำต้นของผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastrum)* มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เมื่อปลูกในสารละลายที่มีความเค็มเพิ่มขึ้น เพราะเมื่อมีระดับความเค็มจนถึงจุด ๆ หนึ่ง ทำให้พืชเกิดความเครียดและเปลี่ยนโครงสร้าง ทำให้มีการสร้างโปรตีนเพิ่มขึ้น

7. ปริมาณไขมันของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินทุกระดับความเค็มมีค่าเพิ่มขึ้น หลังจากการทดลอง พบว่า ปริมาณไขมันของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่ามากที่สุด เนื่องจากเป็นกลไกของการทนเค็มของพืช เมื่อมีการดูดซึมปริมาณของโซเดียมคลอไรด์เข้าไปสะสมในต้นของผักเบี้ยทะเล ทำให้ใบมีสารเคลือบผิว ซึ่งเป็นสารจำพวกไขมัน เพื่อลดการสูญเสียน้ำ และเพื่อเจือจางความเป็นพิษของโซเดียมในเซลล์ของผักเบี้ย และมีแนวโน้มปริมาณไขมันแปรผกผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณไขมันมีค่าลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hamed et al. (2005: 599 – 602) ที่ทำการปลูก *Crithmun maritimun* ภายใต้สภาวะดินเค็ม พบว่า แนวโน้มของปริมาณไขมันรวมของพืชชนิดนี้มีปริมาณลดลง เมื่อระดับความเค็มที่ใช้ในการปลูกเพิ่มขึ้น และโดยปกติแล้วปริมาณโปรตีนจะแปรผกผันกับปริมาณไขมัน กล่าวคือ เมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น (ตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น)

ปริมาณไขมันก็จะลดลง เช่นเดียวกับงานวิจัยของ อาทิตยา ไชโย (2548: 104) ที่พบว่า เมื่อเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันก็จะลดลงเช่นกัน

8. ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินทุกระดับความเค็มมีค่าเพิ่มขึ้นหลังจากการทดลอง พบว่า ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีค่ามากที่สุด และมีแนวโน้มปริมาณคาร์โบไฮเดรตแปรผกผันตามระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูก คือ เมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มมากขึ้นทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมีค่าลดลง เนื่องจากคลอไรด์จากโซเดียมคลอไรด์ที่พืชดูดเข้าไปจะถูกสะสมใน Vacuole โดยคลอไรด์จะมีส่วนทำให้โปตัสเซียมไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ทำให้พืชขาดโปตัสเซียม และทำให้มีโปตัสเซียมไม่เพียงพอต่อการสังเคราะห์และเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต จึงมีผลต่อการสะสมของน้ำตาลในเซลล์พืชที่ลดลง (Hardter, 1992: 206 – 219) ส่วนภายหลังการทดลองมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลเพิ่มสูงขึ้น เพราะผักเบี้ยทะเลมีการเจริญเติบโตมากขึ้น จึงมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตมากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Slama et al. (2007: 10 – 17) ที่ทำการเพาะเลี้ยงผักเบี้ยทะเล *(S. portulacastrum)* โดยใช้สารอาหารที่ประกอบด้วย 10 mM NaCl พบว่า หลังสิ้นสุดการทดลองจะมีสารละลายน้ำตาลสะสมในพืชชนิดนี้ในปริมาณมากขึ้น เนื่องจากมีการเจริญเติบโตของผักเบี้ย และปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่เพิ่มขึ้นจากการสังเคราะห์แสง

9. จากงานวิจัยสามารถตอบวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้ คือ ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดดินเค็มได้ เนื่องจากปริมาณโซเดียมในดินหลังจากการทดลองมีค่าลดลง โดยความเค็มระดับสูงสุดที่ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ ระดับความเค็ม 16.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลกับความสามารถในการบำบัดความเค็ม พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเลที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 4.00 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตดีที่สุด และมีแนวโน้มของอัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่อระดับความเค็มของดินที่ใช้ปลูกเพิ่มขึ้น สำหรับผักเบี้ยทะเลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณสารอาหาร (โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต) มีค่าแตกต่างจากเดิม แต่ไม่มากนัก ซึ่งสามารถนำไปบริโภคได้

10. จากงานวิจัย พบว่า เป็นไปตามสมมติฐานของงานวิจัย คือ ผักเบี้ยทะเลสามารถบำบัดดินเค็มได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของผักเบี้ยทะเล และไม่มีผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการเพื่อการบริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา พบว่า มีข้อเสนอแนะที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรจะทำการศึกษาในพื้นที่ที่ประสบปัญหาดินเค็มพื้นที่จริง เนื่องจากดินในพื้นที่จริงอาจมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากดินที่ใช้ในเรือนทดลอง ซึ่งอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตของผักเบี้ยและประสิทธิภาพในการบำบัดดินเค็ม

2. ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรจะมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักเบี้ย เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการพิจารณาแนวทางในการใช้ประโยชน์ของผักเบี้ยอย่างเหมาะสม

บรรณานุกรม

กรมป่าไม้. 2541. **สถิติป่าไม้ในประเทศไทย.** กรุงเทพ: ศูนย์ข้อมูล กรมป่าไม้.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2527. **ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ.** โครงการพัฒนาดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามแผนพัฒนาชนบทยากจน (2525-2529). กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

ก่องกานดา ชยามฤต. 2549. **ลักษณะประจำวงศ์พรรณไม้ 2.** กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพืชพันธุ์.

ขนิษฐศรี ส่งสวัสดิ์. 2537. **สมบัติและระดับความรุนแรงของอิทธิพลของเกลือของดินกล้ายชุดดินร้อยเอ็ดที่เป็นดินเค็มในจังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทนี แจ่มแสงทอง. 2551. **การบำบัดสารมลพิษโดยใช้เทคโนโลยี Phytoremediation.** กรุงเทพฯ: กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ.

จุมพล วิเชียรศิลป์. 2535. **การวิเคราะห์สมบัติและศักยภาพของดินเค็มในแอ่งโคราช.** วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรพรหม พรหมเดชะ. 2544. **แร่วิทยาและเคมีของดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือบริเวณแอ่งสกลนครในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชัย วิชัยดิษฐ์. 2540. **การอ่านและการใช้แผนที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม. กรุงเทพฯ: กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิโรจ อิ่มพิทักษ์. 2531. **การจัดการดิน เล่ม 2** . กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศรี อรุณินท์. 2525. การพัฒนาดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ.** 2 (1): 31 – 38.

สมศรี อรุณินท์. 2539. **ดินเค็มในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

สุรีย์ สอนสมบูรณ์. 2513. ดินเค็มล้างได้. **วารสารสายชล.** 2 (7): 51 – 62.

อธิกา ทิพย์บุญมี. 2545. **ผลของโซเดียมคลอไรด์และไรโซเบียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลืองฝักสดพันธุ์ KPS 292.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อภันตรี พฤกษพงศ์. 2542. **อิทธิพลของความเค็มต่อปริมาณธาตุอาหารพืช และคุณภาพเมล็ดข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรุณี ยูวะนิยม. 2546. **การจัดการแก้ไขปัญหาดินเค็ม.** กรุงเทพฯ: กลุ่มวิจัยและพัฒนาการจัดการดินเค็ม สำนักวิจัยและการพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

อรุณี ยูวะนิยม และสมศรี อรุณินท์. 2539. **การวิจัยพืชทนเค็มและพืชชอบเกลือบางชนิดในพื้นที่ดินเค็มจัด.** เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐเรื่องดินเค็ม. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

อาทิตยา ไชโย. 2548. **การศึกษาการใช้ปุ๋ยมูลไก่เนื้อรวมวัสดุรองพื้นอัดเม็ดทดแทนปุ๋ยเคมีสำหรับการผลิตถั่วเหลือง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

Bernstein, L. 1964. Effects of Salinity on Mineral Composition and Growth of Plants. **Plant Analysis and Fertilizer Problem.** 42: 25 – 45.

Bernstein, L. 1974. Crop Growth and Salinity. **In Drainage for Agriculture**. J.V. Schilfgaarde, ed. Madison: Ameri – can Society of Agronomy. Pp. 39 – 54.

Bernstein, L. and Francois, L.E. 1973. Leaching Requirement Studies: Sensitivity of Alfafa to Salinity of Irrigation and Drainage Waters. **Soil Science Society of America Journal.** 37 (August): 931 – 943.

Bower, C.A. 1970. Growth of Sudan and Tall Fescue Grass as Influenced by Irrigation Water and Leaching Fraction. **Agronomy Journal.** 62 (November): 793 – 795.

Dubin, L. 1982. The Effect of Organophosphorous Compound and Polymer on $CaCO_3$ Crystal Morphology. **Journal of the Cooling Tower Institute.** 3: 17 – 25.

Glen, E.P. 1987. Relationship Between Cation Accumulation and Water Content of Salt-Tolerant Grasses and Sedge. **Plant, Cell and Environment.** 10: 205 – 212.

Hamed, K.B., Youssef, N.B., Ranieri, A., Zarrouk, M. and Abdelly, C. 2005. Changes in Content and Fatty Acid Profiles of Total Lipids and Sulfolipids in the Halophyte *Crithmum maritimum* Under Salt Stress. **Journal of Plant Physiology.** 162: 599 – 602.

Hardter, R. 1992. Fertilization on Salt Affected Soils with Special Reference to Potassium. **In Proceeding of the International Symposium on Strategies for Utilizing Salt Affected Lands.** Bangkok: Department of Land Development. Pp.206 – 219.

Hassan, N.A.K., Drew, J.V., Knudsen, D. and Olson, R.A. 1970. Influence of Soil Salinity on Production of Dry Matter and Uptake and Distribution of Nutrients in Barley and Corn: I. Barley. **Agronomy Journal.** 62 (January): 43 – 45.

Hayward, H.E. and Wadleigh, C.H. 1949. Plant Growth on Saline and Alkali Soil. **Advances in Agronomy**. 1: 1 – 37.

Heikal, M.D. 1977. Physiological Studies on Salinity Changes in Water Content and Mineral Composition of Some Plants Over a Range of Salinity Stresses. **Plant and Soil.** 48: 223 – 232.

Keren, R. and Singer, M.J. 1988. Effect of Low Electrolyte Concentration on Hydraulic Conductivity of Sodium / Calcium Montmorillonite – Sand System. **Soil Science Society of America Journal.** 52: 368 – 373.

Khosla, B.K., Gupta, R.K. and Abrol, I.P. 1979. Salt Leaching and the Effect of Gypsum Application in a Saline – Sodic Soil. **Agricultural Water Management.** 2 (November): 193 – 202.

Klute, A. 1965. Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soil. In **Method of Soil Analysis. Part I**. Agronomy No.9. C.A. Black, ed. Madison, Wisconsin: Ameri – can Society of Agronomy. Pp. 210 – 220.

Lessani, H. and Marschner, H. 1978. Relation Between Salt Tolerance and Long Distance Transport of Sodium and Chloride in Various Crop Species. **Australian Journal of Plant Physiology**. 5: 27 – 37.

Matsi, T. and Keramidas, V.Z. 1998. Fly Ash Application on Two Acid Soils and its Effect on Soil Salinity, pH, B, P and on Ryegrass Growth and Composition. **Environmental Pollution.** 104: 107 – 112.

Miller, R.J., Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1965. Chloride Displacement in Panoche Clay Loam in Relation to Water Movement and Distribution. **Water Resources Research.** 1 (January): 63 – 73.

Ramani et al. 2006. *Aster tripolium* L. and *Sesuvium portulacastrum* L.: Two Halophytes, Two Strategies to Survive in Saline Habitats. **Plant Physiology and Biochemistry.** 44 (December): 395 – 408.

Ramoliya, P.J., Patel, H.M. and Pandey, A.N. 2004. Effect of Salinization of Soil on Growth and Macro – and Micro – Nutrient Accumulation in Seedlings of *Salvadora Persica* (Salvadoraceae). **Forest Ecology and Management.** 202: 181 – 193.

Ravindran, K.C., Venkatesan, K., Balakrishnan, V., Chellappan, K. P. and Balasubramanian, T. 2007. Restoration of Saline Land by Halophytes for Indian Soils. **Soil Biology and Biochemistry.** 39 (October): 2661 – 2664.

Robinson, M.F., Very, A.A., Sanders, D. and Mansfield, T.A. 1997. How can Stomata Contribute to Salt Tolerance. **Annals of Botany.** 80 (November): 387-393.

Roussos, P.A., Gasparatos, D., Tsantili, E. and Pontikis, C.A. 2007. Mineral Nutrition of Jojoba Explants *in vitro* Under Sodium Chloride Salinity. **Scientia Horticulturae.** 114 (September): 59 – 66.

Statistical Analysis System Institute. 1996. **SAS User's Guide, Version 6.12.** Cary, N.C.: SAS Institute.

Singh, R. and Raw, H. 1976. Inorganic Transformation of Added Water – Soluble Phosphorus in Some Soil of Utter Pradesh. **Soil Science Society of America Journal.** 24: 53 – 56.

Slama, I., Ghnaya, T., Hessini, K., Messedi, D., Savoure, A. and Abdelly, C. 2007. Comparative Study of the Effects of Mannitol and PEG Osmotic Tress on Growth and Solute Accumulation in *Sesuvium portulacastrum.* **Environmental and Experimental Botany.** 6 (September): 10 – 17.

Slama, I., Ghnaya, T., Savoure, A. and Abdelly, C. 2008. Combined Effects of Long – Term Salinity and Soil Drying on Growth, Water Relations, Nutrient Status and Praline Accumulation of *Sesuvium portulacastrum.* **Comptes Renduus Biologies.** 331: 442 – 451.

Very, A.A., Robinson, M.F., Mansfield, T.A. and Sanders, D. 1998. Guard Cell Cation Channels are Involved in Na+ - Induced Stomatal Closure in a Halophyte. **Plant Journal.** 14 (June): 509 – 521.

Wyn Jones, R.G., Brady, C.G. and Speirs, J. 1981. **Recent Advances in the Biochemistry of Cereals.** London: Academic Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ ก. 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	27.773	5.555	5.262	2.77	4.25
EX.ERROR	18	19.000	1.056			
TOTAL	23	46.773	2.034			

GRAND MEAN = 7.816666666666669

CV = 13.14%

LSD.05 = 1.526341

LSD.01 = 2.090818

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T15T1	9.28	A
T15T0	8.88	AB
T15T2	8.25	ABC
T15T3	7.30	ABC
T15T4	6.98	BC
T15T5	6.23	C

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T15T1	9.28	A
T15T0	8.88	AB
T15T2	8.25	ABC
T15T3	7.30	BCD
T15T4	6.98	CD
T15T5	6.23	D

ตารางที่ ก. 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	98.613	24.653	23.595	3.06	4.89
EX.ERROR	15	15.673	1.045			
TOTAL	19	114.285	6.015			

GRAND MEAN = 9.885000000000002

CV = 10.34%

LSD.05 = 1.540253

LSD.01 = 2.130045

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T30T1	12.8	A
T30T0	12.3	A
T30T2	8.68	B
T30T3	8.60	B
T30T4	7.15	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T30T1	12.8	A
T30T0	12.3	A
T30T2	8.68	B
T30T3	8.60	B
T30T4	7.15	B

ตารางที่ ก. 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	75.107	18.777	12.595	3.06	4.89
EX.ERROR	15	22.362	1.491			
TOTAL	19	97.470	5.130			

GRAND MEAN = 10.605

CV = 11.51%

LSD.05 = 1.839852

LSD.01 = 2.544366

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T45T1	13.0	A
T45T0	12.7	AB
T45T2	10.2	BC
T45T3	8.88	C
T45T4	8.23	C

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T45T1	13.0	A
T45T0	12.7	A
T45T2	10.2	B
T45T3	8.88	BC
T45T4	8.23	C

ตารางที่ ก. 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	148.880	37.220	21.295	3.06	4.89
EX.ERROR	15	26.217	1.748			
TOTAL	19	175.098	9.216			

GRAND MEAN = 13.325

CV = 9.92%

LSD.05 = 1.992133

LSD.01 = 2.754958

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T60T1	17.4	A
T60T0	15.4	AB
T60T2	13.0	BC
T60T3	11.0	CD
T60T4	9.95	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T60T1	17.4	A
T60T0	15.4	B
T60T2	13.0	C
T60T3	11.0	CD
T60T4	9.95	D

ตารางที่ ก. 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	117.537	29.384	12.950	3.06	4.89
EX.ERROR	15	34.035	2.269			
TOTAL	19	151.572	7.977			

GRAND MEAN = 15.78

CV = 9.55%

LSD.05 = 2.269786

LSD.01 = 3.138929

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T75T1	19.4	A
T75T0	18.0	A
T75T2	14.6	B
T75T3	13.8	B
T75T4	13.2	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T75T1	19.4	A
T75T0	18.0	A
T75T2	14.6	B
T75T3	13.8	B
T75T4	13.2	B

ตารางที่ ก. 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความสูงของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	426.703	106.676	48.971	3.06	4.89
EX.ERROR	15	32.675	2.178			
TOTAL	19	459.378	24.178			

GRAND MEAN = 19.81

CV = 7.45%

LSD.05 = 2.223979

LSD.01 = 3.075583

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

T90T1	27.4	A
T90T0	22.8	B
T90T2	17.8	C
T90T3	15.9	C
T90T4	15.1	C

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

T90T1	27.4	A
T90T0	22.8	B
T90T2	17.8	C
T90T3	15.9	CD
T90T4	15.1	D

ตารางที่ ก. 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	48.708	9.742	5.611	2.77	4.25
EX.ERROR	18	31.250	1.736			
TOTAL	23	79.958	3.476			

GRAND MEAN = 6.208333333333333

CV = 21.22%

LSD.05 = 1.957491

LSD.01 = 2.681418

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

B15T1	8.25	A
B15T0	7.75	A
B15T2	6.00	AB
B15T3	5.75	AB
B15T4	5.50	AB
B15T5	4.00	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

B15T1	8.25	A
B15T0	7.75	AB
B15T2	6.00	BC
B15T3	5.75	BC
B15T4	5.50	C
B15T5	4.00	C

ตารางที่ ก. 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	60.800	15.200	3.211	3.06	4.89
EX.ERROR	15	71.000	4.733			
TOTAL	19	131.800	6.937			

GRAND MEAN = 8.1

CV = 26.86%

LSD.05 = 3.278325

LSD.01 = 4.533657

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

B30T1	10.2	A
B30T0	10.0	A
B30T2	7.75	A
B30T3	6.25	A
B30T4	6.25	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

B30T1	10.2	A
B30T0	10.0	A
B30T2	7.75	AB
B30T3	6.25	B
B30T4	6.25	B

ตารางที่ ก. 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	90.700	22.675	2.926	3.06	4.89
EX.ERROR	15	116.250	7.750			
TOTAL	19	206.950	10.892			

GRAND MEAN = 9.050000000000001

CV = 30.76%

LSD.05 = 4.194878

LSD.01 = 5.801175

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

B45T0	11.5	A
B45T1	11.5	A
B45T2	8.75	A
B45T3	6.75	A
B45T4	6.75	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

B45T0	11.5	A
B45T1	11.5	A
B45T2	8.75	AB
B45T3	6.75	B
B45T4	6.75	B

ตารางที่ ก. 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	90.000	22.500	5.533	3.06	4.89
EX.ERROR	15	61.000	4.067			
TOTAL	19	151.000	7.947			

GRAND MEAN = 11.5

CV = 17.54%

LSD.05 = 3.038699

LSD.01 = 4.202275

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

B60T1	13.8	A
B60T0	13.0	A
B60T2	12.2	A
B60T3	10.8	AB
B60T4	7.75	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

B60T1	13.8	A
B60T0	13.0	A
B60T2	12.2	A
B60T3	10.8	AB
B60T4	7.75	B

ตารางที่ ก. 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	29.700	7.425	1.169	3.06	4.89
EX.ERROR	15	95.250	6.350			
TOTAL	19	124.950	6.576			

GRAND MEAN = 13.95

CV = 18.06%

LSD.05 = 3.797129

LSD.01 = 5.251121

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

B75T1	15.8	A
B75T0	14.8	A
B75T2	14.0	A
B75T3	12.8	A
B75T4	12.5	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

B75T1	15.8	A
B75T0	14.8	A
B75T2	14.8	A
B75T3	12.8	A
B75T4	12.5	A

ตารางที่ ก. 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	311.200	77.800	4.109	3.06	4.89
EX.ERROR	15	284.000	18.933			
TOTAL	19	595.200	31.326			

GRAND MEAN = 18.2

CV = 23.91%

LSD.05 = 6.55665

LSD.01 = 9.067314

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

B90T1	23.2	A
B90T0	22.5	A
B90T2	15.8	A
B90T3	14.8	A
B90T4	14.5	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

B90T1	23.2	A
B90T0	22.5	A
B90T2	15.8	B
B90T3	14.8	B
B90T4	14.5	B

ตารางที่ ก. 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนข้อของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.333	0.067	0.343	2.77	4.25
EX.ERROR	18	3.500	0.194			
TOTAL	23	3.833	0.167			

GRAND MEAN = 2.916666666666667

CV = 15.12%

LSD.05 = 0.6551018

LSD.01 = 0.8973742

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

C15T0	3.00	A
C15T1	3.00	A
C15T2	3.00	A
C15T3	3.00	A
C15T4	2.75	A
C15T5	2.75	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

C15T0	3.00	A
C15T1	3.00	A
C15T2	3.00	A
C15T3	3.00	A
C15T4	2.75	A
C15T5	2.75	A

ตารางที่ ก. 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนข้อของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	6.300	1.575	2.305	3.06	4.89
EX.ERROR	15	10.250	0.683			
TOTAL	19	16.550	0.871			

GRAND MEAN = 3.85

CV = 21.47%

LSD.05 = 1.245618

LSD.01 = 1.722588

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

C30T1	4.75	A
C30T0	4.00	A
C30T2	4.00	A
C30T3	3.25	A
C30T4	3.25	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

C30T1	4.75	A
C30T0	4.00	AB
C30T2	4.00	AB
C30T3	3.25	B
C30T4	3.25	B

ตารางที่ ก. 15 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนข้อของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	7.300	1.825	4.212	3.06	4.89
EX.ERROR	15	6.500	0.433			
TOTAL	19	13.800	0.726			

GRAND MEAN = 4.1

CV = 16.06%

LSD.05 = 0.9919266

LSD.01 = 1.371754

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

C45T1	5.00	A
C45T0	4.50	AB
C45T2	4.00	AB
C45T3	3.75	AB
C45T4	3.25	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

C45T1	5.00	A
C45T0	4.50	AB
C45T2	4.00	ABC
C45T3	3.75	BC
C45T4	3.25	C

ตารางที่ ก. 16 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนข้อของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	7.300	1.825	3.650	3.06	4.89
EX.ERROR	15	7.500	0.500			
TOTAL	19	14.800	0.779			

GRAND MEAN = 4.6

CV = 15.37%

LSD.05 = 1.0655

LSD.01 = 1.4735

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

C60T1	5.25	A
C60T0	5.00	A
C60T2	5.00	A
C60T3	4.00	A
C60T4	3.75	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

C60T1	5.25	A
C60T0	5.00	AB
C60T2	5.00	AB
C60T3	4.00	BC
C60T4	3.75	C

ตารางที่ ก. 17 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนข้อของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	9.300	2.325	2.405	3.06	4.89
EX.ERROR	15	14.500	0.967			
TOTAL	19	23.800	1.253			

GRAND MEAN = 5.1

CV = 19.28%

LSD.05 = 1.481518

LSD.01 = 2.048819

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

C75T1	6.25	A
C75T0	5.50	A
C75T2	4.75	A
C75T3	4.50	A
C75T4	4.50	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

C75T1	6.25	A
C75T0	5.50	AB
C75T2	4.75	AB
C75T3	4.50	B
C75T4	4.50	B

ตารางที่ ก. 18 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนข้อของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	28.700	7.175	6.944	3.06	4.89
EX.ERROR	15	15.500	1.033			
TOTAL	19	44.200	2.326			

GRAND MEAN = 6.7

CV = 15.17%

LSD.05 = 1.531753

LSD.01 = 2.11829

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

C90T1	8.25	A
C90T0	8.00	A
C90T2	6.25	AB
C90T3	5.50	B
C90T4	5.50	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

C90T1	8.25	A
C90T0	8.00	A
C90T2	6.25	B
C90T3	5.50	B
C90T4	5.50	B

ตารางที่ ก. 19 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.708	0.142	0.600	2.77	4.25
EX.ERROR	18	4.250	0.236			
TOTAL	23	4.958	0.216			

GRAND MEAN = 1.291666666666667

CV = 37.62%

LSD.05 = 0.7218871

LSD.01 = 0.9888582

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

K15T0	1.50	A
K15T1	1.50	A
K15T2	1.25	A
K15T3	1.25	A
K15T4	1.25	A
K15T5	1.00	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

K15T0	1.50	A
K15T1	1.50	A
K15T2	1.25	A
K15T3	1.25	A
K15T4	1.25	A
K15T5	1.00	A

ตารางที่ ก. 20 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	2.300	0.575	2.029	3.06	4.89
EX.ERROR	15	4.250	0.283			
TOTAL	19	6.550	0.345			

GRAND MEAN = 1.65

CV = 32.26%

LSD.05 = 0.8020793

LSD.01 = 1.10921

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

K30T1	2.25	A
K30T0	1.75	A
K30T2	1.50	A
K30T3	1.50	A
K30T4	1.25	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

K30T1	2.25	A
K30T0	1.75	AB
K30T2	1.50	AB
K30T3	1.50	AB
K30T4	1.25	B

ตารางที่ ก. 21 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	1.300	0.325	0.929	3.06	4.89
EX.ERROR	15	5.250	0.350			
TOTAL	19	6.550	0.345			

GRAND MEAN = 1.85

CV = 31.98%

LSD.05 = 0.8914613

LSD.01 = 1.232819

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

K45T1	2.25	A
K45T0	2.00	A
K45T2	1.75	A
K45T3	1.75	A
K45T4	1.50	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

K45T1	2.25	A
K45T0	2.00	A
K45T2	1.75	A
K45T3	1.75	A
K45T4	1.50	A

ตารางที่ ก. 22 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	1.300	0.325	0.672	3.06	4.89
EX.ERROR	15	7.250	0.483			
TOTAL	19	8.550	0.450			

GRAND MEAN = 2.15

CV = 32.34%

LSD.05 = 1.047591

LSD.01 = 1.448734

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

K60T1	2.50	A
K60T0	2.25	A
K60T2	2.25	A
K60T3	2.00	A
K60T4	1.75	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

K60T1	2.50	A
K60T0	2.25	A
K60T2	2.25	A
K60T3	2.00	A
K60T4	1.75	A

ตารางที่ ก. 23 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	1.700	0.425	0.689	3.06	4.89
EX.ERROR	15	9.250	0.617			
TOTAL	19	10.950	0.576			

GRAND MEAN = 2.45

CV = 32.05%

LSD.05 = 1.183297

LSD.01 = 1.636403

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

K75T0	2.75	A
K75T1	2.75	A
K75T2	2.50	A
K75T3	2.25	A
K75T4	2.00	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

K75T0	2.75	A
K75T1	2.75	A
K75T2	2.50	A
K75T3	2.25	A
K75T4	2.00	A

ตารางที่ ก. 24 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของจำนวนกิ่งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	2.700	0.675	1.558	3.06	4.89
EX.ERROR	15	6.500	0.433			
TOTAL	19	9.200	0.484			

GRAND MEAN = 2.8

CV = 23.51%

LSD.05 = 0.9919266

LSD.01 = 1.371754

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

K90T1	3.25	A
K90T0	3.00	A
K90T2	3.00	A
K90T3	2.50	A
K90T4	2.25	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

K90T1	3.25	A
K90T0	3.00	A
K90T2	3.00	A
K90T3	2.50	A
K90T4	2.25	A

ตารางที่ ก. 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของรัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเลระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.998	0.198	1.208	2.77	4.25
EX.ERROR	18	2.945	0.164			
TOTAL	23	3.933	0.171			

GRAND MEAN = 2.583333333333333

CV = 15.66%

LSD.05 = 0.6009211

LSD.01 = 0.8231561

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

S15T1	3.00	A
S15T0	2.63	A
S15T2	2.55	A
S15T3	2.53	A
S15T4	2.40	A
S15T5	2.40	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

S15T1	3.00	A
S15T0	2.63	A
S15T2	2.55	A
S15T3	2.53	A
S15T4	2.40	A
S15T5	2.40	A

ตารางที่ ก. 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของรัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.942	0.235	0.813	3.06	4.89
EX.ERROR	15	4.347	0.290			
TOTAL	19	5.289	0.278			

GRAND MEAN = 2.695

CV = 19.98%

LSD.05 = 0.811227

LSD.01 = 1.121861

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

S30T1	3.10	A
S30T0	2.68	A
S30T2	2.65	A
S30T3	2.60	A
S30T4	2.45	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

S30T1	3.10	A
S30T0	2.68	A
S30T2	2.65	A
S30T3	2.60	A
S30T4	2.45	A

ตารางที่ ก. 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของรัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	1.093	0.273	1.180	3.06	4.89
EX.ERROR	15	3.473	0.232			
TOTAL	19	4.566	0.240			

GRAND MEAN = 2.915

CV = 16.51%

LSD.05 = 0.7250103

LSD.01 = 1.00263

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

S45T1	3.23	A
S45T0	3.10	A
S45T2	2.88	A
S45T3	2.83	A
S45T4	2.55	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

S45T1	3.23	A
S45T0	3.10	A
S45T2	2.88	A
S45T3	2.83	A
S45T4	2.55	A

ตารางที่ ก. 28 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของรัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.343	0.086	0.556	3.06	4.89
EX.ERROR	15	2.315	0.154			
TOTAL	19	2.658	0.140			

GRAND MEAN = 3.11

CV = 12.63%

LSD.05 = 0.5919684

LSD.01 = 0.8186442

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

S60T1	3.30	A
S60T0	3.20	A
S60T2	3.10	A
S60T3	3.03	A
S60T4	2.93	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

S60T1	3.30	A
S60T0	3.20	A
S60T2	3.10	A
S60T3	3.03	A
S60T4	2.93	A

ตารางที่ ก. 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของรัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.593	0.148	0.877	3.06	4.89
EX.ERROR	15	2.535	0.169			
TOTAL	19	3.128	0.165			

GRAND MEAN = 3.259999999999999

CV = 12.61%

LSD.05 = 0.6194581

LSD.01 = 0.8566602

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

S75T1	3.50	A
S75T0	3.45	A
S75T2	3.20	A
S75T3	3.10	A
S75T4	3.08	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

S75T1	3.50	A
S75T0	3.45	A
S75T2	3.20	A
S75T3	3.10	A
S75T4	3.08	A

ตารางที่ ก. 30 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของรัศมีทรงพุ่มของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.420	0.105	0.153	3.06	4.89
EX.ERROR	15	10.300	0.687			
TOTAL	19	10.720	0.564			

GRAND MEAN = 3.399999999999999

CV = 24.37%

LSD.05 = 1.248652

LSD.01 = 1.726784

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

S90T1	3.55	A
S90T0	3.53	A
S90T2	3.48	A
S90T3	3.23	A
S90T4	3.23	A

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

S90T1	3.55	A
S90T0	3.53	A
S90T2	3.48	A
S90T3	3.23	A
S90T4	3.23	A

ตารางที่ ก. 31 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	4.458	0.892	783.670	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.020	0.001			
TOTAL	23	4.478	0.195			

GRAND MEAN = 2.395416666666666

CV = 1.41%

LSD.05 = 5.010788E-02

LSD.01 = 6.863897E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

W15T1	3.17	A
W15T0	2.64	B
W15T2	2.52	C
W15T3	2.03	D
W15T4	2.01	D
W15T5	2.00	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

W15T1	3.17	A
W15T0	2.64	B
W15T2	2.52	C
W15T3	2.03	D
W15T4	2.01	D
W15T5	2.00	D

ตารางที่ ก. 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	22.007	5.502	6450.060	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.013	0.001			
TOTAL	19	22.020	1.159			

GRAND MEAN = 3.089999999999999

CV = 0.95%

LSD.05 = 4.400875E-02

LSD.01 = 6.086052E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

W30T1	4.58	A
W30T0	4.11	B
W30T2	2.56	C
W30T3	2.11	D
W30T4	2.09	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

W30T1	4.58	A
W30T0	4.11	B
W30T2	2.56	C
W30T3	2.11	D
W30T4	2.09	D

ตารางที่ ก. 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	21.409	5.352	3317.191	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.024	0.002			
TOTAL	19	21.433	1.128			

GRAND MEAN = 3.278

CV = 1.23%

LSD.05 = 6.052749E-02

LSD.01 = 8.370461E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

W45T1	4.80	A
W45T0	4.24	B
W45T2	2.63	C
W45T3	2.41	D
W45T4	2.31	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

W45T1	4.80	A
W45T0	4.24	B
W45T2	2.63	C
W45T3	2.41	D
W45T4	2.31	E

ตารางที่ ก. 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	13.978	3.494	240.991	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.218	0.015			
TOTAL	19	14.195	0.747			

GRAND MEAN = 4.179

CV = 2.88%

LSD.05 = 0.1814496

LSD.01 = 0.25093

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

W60T1	5.30	A
W60T0	4.92	B
W60T2	4.04	C
W60T3	3.64	D
W60T4	3.00	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

W60T1	5.30	A
W60T0	4.92	B
W60T2	4.04	C
W60T3	3.64	D
W60T4	3.00	E

ตารางที่ ก. 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	4.458	1.115	511.552	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.033	0.002			
TOTAL	19	4.491	0.236			

GRAND MEAN = 4.854500000000001

CV = 0.96%

LSD.05 = 7.033386E-02

LSD.01 = 9.726602E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

W75T1	5.42	A
W75T0	5.34	A
W75T2	4.79	B
W75T3	4.57	C
W75T4	4.16	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

W75T1	5.42	A
W75T0	5.34	B
W75T2	4.79	C
W75T3	4.57	D
W75T4	4.16	E

ตารางที่ ก. 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักสดของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	64.814	16.203	%11104.829	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.022	0.001			
TOTAL	19	64.836	3.412			

GRAND MEAN = 6.6735

CV = 0.57%

LSD.05 = 5.755939E-02

LSD.01 = 7.959996E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

W90T1	8.82	A
W90T0	8.78	A
W90T2	6.10	B
W90T3	5.01	C
W90T4	4.66	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

W90T1	8.82	A
W90T0	8.78	A
W90T2	6.10	B
W90T3	5.01	C
W90T4	4.66	D

ตารางที่ ก. 37 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.015	0.003	3.098	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.017	0.001			
TOTAL	23	0.031	0.001			

GRAND MEAN = 0.2454166666666667

CV = 12.48%

LSD.05 = 4.548797E-02

LSD.01 = 6.231051E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

D15T1	0.280	A
D15T0	0.260	AB
D15T2	0.260	AB
D15T3	0.240	AB
D15T4	0.220	AB
D15T5	0.210	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

D15T1	0.280	A
D15T0	0.260	AB
D15T2	0.260	AB
D15T3	0.240	ABC
D15T4	0.220	BC
D15T5	0.210	C

ตารางที่ ก. 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.160	0.040	81.325	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.007	0.000			
TOTAL	19	0.168	0.009			

GRAND MEAN = 0.356

CV = 6.24%

LSD.05 = 3.346847E-02

LSD.01 = 4.628418E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

D30T1	0.510	A
D30T0	0.400	B
D30T2	0.310	C
D30T3	0.300	CD
D30T4	0.260	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

D30T1	0.510	A
D30T0	0.400	B
D30T2	0.310	C
D30T3	0.300	C
D30T4	0.260	D

ตารางที่ ก. 39 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.168	0.042	53.492	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.012	0.001			
TOTAL	19	0.180	0.009			

GRAND MEAN = 0.408

CV = 6.87%

LSD.05 = 4.226331E-02

LSD.01 = 5.844673E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

D45T0	0.520	A
D45T1	0.520	A
D45T2	0.340	B
D45T3	0.340	B
D45T4	0.320	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

D45T0	0.520	A
D45T1	0.520	A
D45T2	0.340	B
D45T3	0.340	B
D45T4	0.320	B

ตารางที่ ก. 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.311	0.078	22.541	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.052	0.003			
TOTAL	19	0.362	0.019			

GRAND MEAN = 0.5294999999999999

CV = 11.08%

LSD.05 = 8.844287E-02

LSD.01 = 0.1223093

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

D60T1	0.700	A
D60T0	0.640	A
D60T2	0.520	B
D60T3	0.400	B
D60T4	0.390	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

D60T1	0.700	A
D60T0	0.640	A
D60T2	0.520	B
D60T3	0.400	C
D60T4	0.390	C

ตารางที่ ก. 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.099	0.025	16.485	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.023	0.002			
TOTAL	19	0.122	0.006			

GRAND MEAN = 0.6340000000000001

CV = 6.12%

LSD.05 = 5.842475E-02

LSD.01 = 8.079669E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

D75T1	0.750	A
D75T0	0.680	A
D75T2	0.600	B
D75T3	0.570	B
D75T4	0.570	B

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

D75T1	0.750	A
D75T0	0.680	B
D75T2	0.600	C
D75T3	0.570	C
D75T4	0.570	C

ตารางที่ ก. 42 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของน้ำหนักแห้งของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	1.460	0.365	233.157	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.023	0.002			
TOTAL	19	1.483	0.078			

GRAND MEAN = 0.9365

CV = 4.22%

LSD.05 = 5.961129E-02

LSD.01 = 8.243758E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

D90T1	1.31	A
D90T0	1.22	B
D90T2	0.740	C
D90T3	0.720	C
D90T4	0.690	C

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

D90T1	1.31	A
D90T0	1.22	B
D90T2	0.740	C
D90T3	0.720	C
D90T4	0.690	C

ตารางที่ ก. 43 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 15 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	1.274	0.255	254.815	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.018	0.001			
TOTAL	23	1.292	0.056			

GRAND MEAN = 2.188333333333333

CV = 1.44%

LSD.05 = 0.0469772

LSD.01 = 0.0643505

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

A15T1	2.65	A
A15T0	2.31	B
A15T2	2.10	C
A15T3	2.05	CD
A15T4	2.01	D
A15T5	2.01	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

A15T1	2.65	A
A15T0	2.31	B
A15T2	2.10	C
A15T3	2.05	D
A15T4	2.01	D
A15T5	2.01	D

ตารางที่ ก. 44 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 30 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	0.943	0.236	494.680	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.007	0.000			
TOTAL	19	0.950	0.050			

GRAND MEAN = 2.408

CV = 0.91%

LSD.05 = 3.289466E-02

LSD.01 = 4.549064E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

A30T1	2.69	A
A30T0	2.59	B
A30T2	2.38	C
A30T3	2.31	D
A30T4	2.07	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

A30T1	2.69	A
A30T0	2.59	B
A30T2	2.38	C
A30T3	2.31	D
A30T4	2.07	E

ตารางที่ ก. 45 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 45 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	2.117	0.529	1379.767	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.006	0.000			
TOTAL	19	2.122	0.112			

GRAND MEAN = 2.624

CV = 0.75%

LSD.05 = 2.950855E-02

LSD.01 = 4.080793E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

A45T1	3.14	A
A45T0	2.74	B
A45T2	2.61	C
A45T3	2.49	D
A45T4	2.14	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

A45T1	3.14	A
A45T0	2.74	B
A45T2	2.61	C
A45T3	2.49	D
A45T4	2.14	E

ตารางที่ ก. 46 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 60 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	2.269	0.567	945.370	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.009	0.001			
TOTAL	19	2.278	0.120			

GRAND MEAN = 2.774

CV = 0.88%

LSD.05 = 3.691319E-02

LSD.01 = 5.104795E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

A60T1	3.15	A
A60T0	3.10	A
A60T2	2.77	B
A60T3	2.62	C
A60T4	2.23	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

A60T1	3.15	A
A60T0	3.10	B
A60T2	2.77	C
A60T3	2.62	D
A60T4	2.23	E

ตารางที่ ก. 47 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 75 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	1.225	0.306	709.679	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.006	0.000			
TOTAL	19	1.231	0.065			

GRAND MEAN = 2.9305

CV = 0.71%

LSD.05 = 3.129994E-02

LSD.01 = 4.328528E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

A75T1	3.26	A
A75T0	3.16	B
A75T2	2.84	C
A75T3	2.81	C
A75T4	2.58	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

A75T1	3.26	A
A75T0	3.16	B
A75T2	2.84	C
A75T3	2.81	C
A75T4	2.58	D

ตารางที่ ก. 48 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของพื้นที่ใบของผักเบี้ยทะเล ระยะ 90 วัน ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	4	2.631	0.658	967.207	3.06	4.89
EX.ERROR	15	0.010	0.001			
TOTAL	19	2.641	0.139			

GRAND MEAN = 3.136

CV = 0.83%

LSD.05 = 3.929427E-02

LSD.01 = 5.434078E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

A90T1	3.65	A
A90T0	3.34	B
A90T2	3.20	C
A90T3	2.89	D
A90T4	2.60	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

A90T1	3.65	A
A90T0	3.34	B
A90T2	3.20	C
A90T3	2.89	D
A90T4	2.60	E

ตารางที่ ก. 49 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า) ก่อนการทดลองของดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	1112.633	222.527	%418491.656	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.010	0.001			
TOTAL	23	1112.643	48.376			

GRAND MEAN = 11.25833333333333

CV = 0.20%

LSD.05 = 3.425774E-02

LSD.01 = 4.692706E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

ECSBT5	21.1	A
ECSBT4	17.6	B
ECSBT3	13.0	C
ECSBT2	9.44	D
ECSBT1	5.06	E
ECSBT0	1.39	F

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

ECSBT5	21.1	A
ECSBT4	17.6	B
ECSBT3	13.0	C
ECSBT2	9.44	D
ECSBT1	5.06	E
ECSBT0	1.39	F

ตารางที่ ก. 50 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเค็มในดิน (ค่าการนำไฟฟ้า) หลังการทดลองของดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	842.615	168.523	%207631.969	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.015	0.001			
TOTAL	23	842.630	36.636			

GRAND MEAN = 4.98

CV = 0.57%

LSD.05 = 4.232467E-02

LSD.01 = 5.797734E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

ECST5	17.9	A
ECST4	4.62	B
ECST3	3.05	C
ECST2	2.03	D
ECST1	1.84	E
ECST0	0.420	F

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

ECST5	17.9	A
ECST4	4.62	B
ECST3	3.05	C
ECST2	2.03	D
ECST1	1.84	E
ECST0	0.420	F

ตารางที่ ก. 51 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด - ด่างในดินก่อนการทดลองของดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.162	0.032	161.760	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.004	0.000			
TOTAL	23	0.166	0.007			

GRAND MEAN = 7.091666666666668

CV = 0.20%

LSD.05 = 2.102126E-02

LSD.01 = 2.879542E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

pHSBT5	7.22	A
pHSBT4	7.18	B
pHSBT3	7.09	C
pHSBT2	7.04	D
pHSBT1	7.02	DE
pHSBT0	7.00	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

pHSBT5	7.22	A
pHSBT4	7.18	B
pHSBT3	7.09	C
pHSBT2	7.04	D
pHSBT1	7.02	DE
pHSBT0	7.00	E

ตารางที่ ก. 52 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของค่าความเป็นกรด – ด่างในดินหลังการทดลองของดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	1.140	0.228	893.535	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.005	0.000			
TOTAL	23	1.145	0.050			

GRAND MEAN = 7.500000000000001

CV = 0.21%

LSD.05 = 2.373136E-02

LSD.01 = 3.250778E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

pHST0	7.85	A
pHST1	7.64	B
pHST2	7.56	C
pHST3	7.47	D
pHST4	7.28	E
pHST5	7.20	F

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

pHST0	7.85	A
pHST1	7.64	B
pHST2	7.56	C
pHST3	7.47	D
pHST4	7.28	E
pHST5	7.20	F

ตารางที่ ก. 53 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโซเดียมในดินก่อนการทดลองของดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	881.071	176.214	%112.925	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.000	0.000			
TOTAL	23	881.071	38.307			

GRAND MEAN = 11.29866666666667

CV = 0.01%

LSD.05 = 1.855821E-03

LSD.01 = 2.542148E-03

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

NaSBT5	18.4	A
NaSBT4	16.2	B
NaSBT3	13.8	C
NaSBT2	12.7	D
NaSBT1	5.49	E
NaSBT0	1.14	F

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

NaSBT5	18.4	A
NaSBT4	16.2	B
NaSBT3	13.8	C
NaSBT2	12.7	D
NaSBT1	5.49	E
NaSBT0	1.14	F

ตารางที่ ก. 54 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโซเดียมในดินหลังการทดลองของดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	546.495	109.299	%23101664.000	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.000	0.000			
TOTAL	23	547.495	23.761			

GRAND MEAN = 6.567333333333335

CV = 0.03%

LSD.05 = 3.231451E-03

LSD.01 = 4.426518E-03

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

NaST5	15.8	A
NaST4	8.65	B
NaST3	6.13	C
NaST2	4.29	D
NaST1	3.83	E
NaST0	0.707	F

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

NaST5	15.8	A
NaST4	8.65	B
NaST3	6.13	C
NaST2	4.29	D
NaST1	3.83	E
NaST0	0.707	F

ตารางที่ ก. 55 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโซเดียมในใบของผักเบี้ยทะเลหลังการทดลอง ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	1039966.000	207993.200	%49022.293	2.77	4.25
EX.ERROR	18	76.340	4.241			
TOTAL	23	1040042.340	45219.232			

GRAND MEAN = 534.9

CV = 0.39%

LSD.05 = 3.059498

LSD.01 = 4.190974

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

NaBT4	670	A
NaBT3	635	B
NaBT1	627	C
NaBT2	627	C
NaBT0	577	D
NaBT5	73.4	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

NaBT4	670	A
NaBT3	635	B
NaBT1	627	C
NaBT2	627	C
NaBT0	577	D
NaBT5	73.4	E

ตารางที่ ก. 56 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโซเดียมในลำต้นของผักเบี้ยทะเลหลังการทดลอง ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	802455.600	160491.120	%39824.320	2.77	4.25
EX.ERROR	18	72.540	4.030			
TOTAL	23	802528.140	34892.528			

GRAND MEAN = 471.3

CV = 0.43%

LSD.05 = 2.982376

LSD.01 = 4.08533

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

NaLT4	592	A
NaLT3	550	B
NaLT2	549	B
NaLT1	546	B
NaLT0	526	C
NaLT5	64.8	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

NaLT4	592	A
NaLT3	550	B
NaLT2	549	B
NaLT1	546	C
NaLT0	526	D
NaLT5	64.8	E

ตารางที่ ก. 57 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณโปรตีนในผักเบี้ยทะเลหลังการทดลอง ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.830	0.166	574.703	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.005	0.000			
TOTAL	23	0.835	0.036			

GRAND MEAN = 1.013333333333333

CV = 1.54%

LSD.05 = 2.525098E-02

LSD.01 = 3.458939E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

PROT5	1.50	A
PROT4	1.12	B
PROT3	1.06	C
PROT2	1.00	D
PROT1	1.00	D
PROT0	0.940	E

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

PROT5	1.50	A
PROT4	1.12	B
PROT3	1.06	C
PROT2	1.00	D
PROT1	1.00	D
PROT0	0.940	E

ตารางที่ ก. 58 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณไขมันในผักเบี้ยทะเลหลังการทดลอง ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	0.037	0.007	43.840	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.003	0.000			
TOTAL	23	0.040	0.002			

GRAND MEAN = 0.2733333333333334

CV = 4.72%

LSD.05 = 1.917938E-02

LSD.01 = 2.627237E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

LIPT0	0.320	A
LIPT1	0.300	AB
LIPT2	0.290	B
LIPT3	0.280	B
LIPT4	0.250	C
LIPT5	0.200	D

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

LIPT0	0.320	A
LIPT1	0.300	B
LIPT2	0.290	B
LIPT3	0.280	B
LIPT4	0.250	C
LIPT5	0.200	D

ตารางที่ ก. 59 การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของปริมาณคาร์โบไฮเดรตในผักเบี้ยทะเลหลังการทดลอง ที่ปลูกในดินที่ระดับความเค็ม 0, 4.00, 8.00, 12.0, 16.0 และ 20.0 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	df	SS	MS	F	F.05	F.01
TREATMENT	5	17.028	3.406	9012.932	2.77	4.25
EX.ERROR	18	0.007	0.000			
TOTAL	23	17.035	0.741			

GRAND MEAN = 8.226666666666668

CV = 0.24%

LSD.05 = 2.887829E-02

LSD.01 = 3.955817E-02

DUNCAN'S MULTIPLE - RANGE TEST

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.01

CART1	9.70	A
CART0	8.78	B
CART2	8.15	C
CART3	8.11	D
CART4	7.51	E
CART5	7.11	F

RANKED AT PROBABILITY LEVEL.05

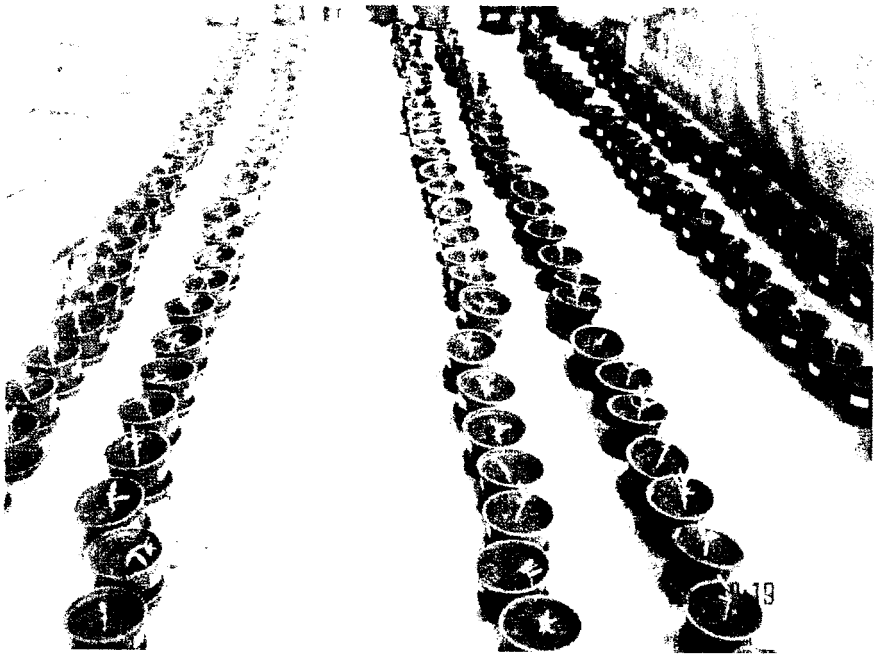
CART1	9.70	A
CART0	8.78	B
CART2	8.15	C
CART3	8.11	D
CART4	7.51	E
CART5	7.11	F

ภาคผนวก ข
ภาพวัสดุ อุปกรณ์ และการปลูก

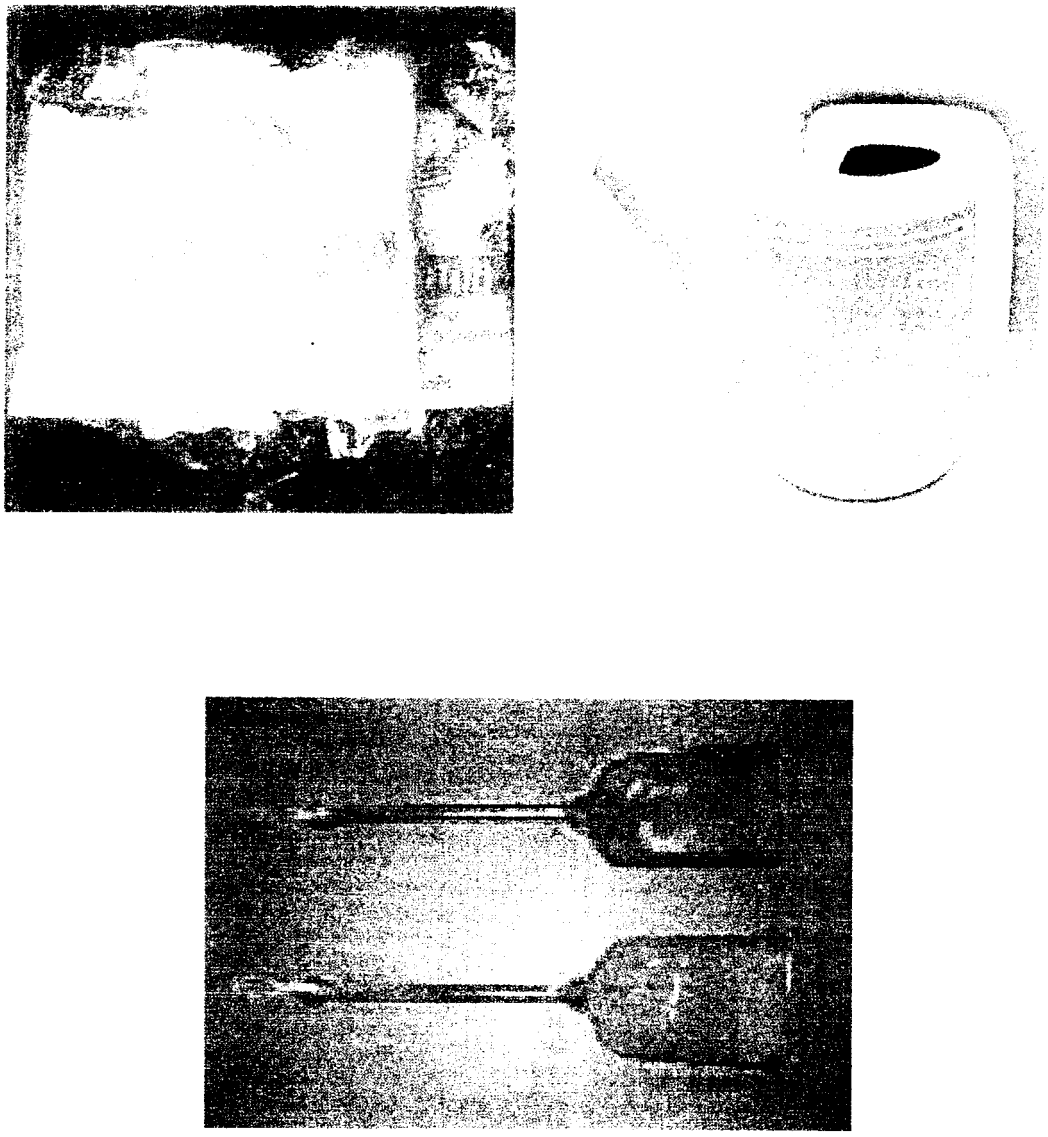
ภาพที่ ข. 1 ผักเบี้ยทะเลที่ได้รับจากโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระ ราชดำริตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

ภาพที่ ข. 2 ผักเบี้ยทะเลที่นำมาเพาะชำรากก่อนนำไปทดลอง

ภาพที่ ข. 3 กระถางและจานรองกระถางที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ ข. 4 โรงเรือนประดิษฐ์ และการจัดวางกระถางในการทดลอง



ภาพที่ ข. 5 ตัวอย่างวัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาววรรณิสา พึ่งแสง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา (วิทยาเขตจันทบุรี) ปีการศึกษา 2548