

塩害に打ち勝つ

3529 藤井 花乃 3503 市脇 奈桜 3518 小木曾 未那 3611 後藤 絢実

要旨

私たちは東日本大震災によって塩害被害を受けた農作物が多くあることを知り、塩害に強い植物の特徴を捉え、新たな土壌改善方法を発見することで、塩害の被害を減らしたいと考えた。そこで、塩害に強いといわれている植物（空芯菜）とその他の植物（トマト）を様々な条件で育てる実験と、肥料として用いられることの多い、カルシウムを含む物質を土に混ぜて、土壌改善ができたか調べる実験を行った。前者の実験では双方とも塩類に対して耐性があり、明確な違いが見られなかった。また後者ではカルシウムを含む物質でも、物質によって土壌改善への効果には差が見られた。

1. 目的

塩害被害を減らす。

〔はじめに〕

塩害が起こる原因

- ① 土壌水の浸透圧が増加しそれがある程度以上になると、作物の根の水分吸収機能が低下し、作物の生育が減退する(浸透圧ストレス)。
- ② 海水によって土壌中に多量にもたらされたナトリウムイオンや塩化物イオンなどの有害な成分を異常吸収したり、カルシウムやカリウム等の養分の吸収が阻害されたりして、作物の栄養と代謝機能に異常をきたす(イオンストレス)。
- ③ 海水中に多量に含まれるナトリウムイオンが土壌粒子表面に吸着され、土壌の単粒化(団粒構造の破壊)や固結化など、土壌の物理性が悪化するために作物の生育障害を引き起こす(間接的障害)。

2. 実験

《実験1 - 目的》

塩害に強いといわれる植物の空芯菜と、その他の植物としてトマトを水耕栽培し、5種類の塩分濃度での反応の違いを調べる。

《実験1 - 仮説》

空芯菜は、塩分濃度が通常より高い場所での生育に適していると聞いたためほかの植物より塩分濃度が高い土地でも育つことができる。

《実験1 - 使用した器具、装置》

- ・ 植物 ア) 空芯菜 イ) トマト
- ・ 塩水 ア) 純水 イ) 塩化ナトリウム
- ・ 試験管
- ・ 三角フラスコ
- ・ スポンジ
- ・ 電子天秤
- ・ スターラー
- ・ 葉さじ
- ・ 葉包紙

《実験1 - ① - 実験方法》

空芯菜とトマトの苗を土壌栽培から塩分濃度を変えた水による水耕栽培に変える。

(ア)根について土を水で洗い流す。

(イ)0%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%の塩水を用意する。

(ウ)トマトは試験管、空芯菜は三角フラスコに1本ずつ入れ、スポンジで固定する。

(エ)塩水を2日に1回替え、塩分濃度の違いによる枯れ方の違いを見る。



図1 根を洗う様子



図2 水耕栽培の様子（トマト）

《実験1 - ① - 結果》ト：トマト 空：空芯菜

| | 3日後 | 7日後 | 13日後 |
|--------|-----|-----|------|
| ト 0% | ○ | ○ | ○ |
| ト 0.5% | ○ | ○ | △ |
| ト 1.0% | △ | △ | △ |
| ト 1.5% | △ | × | × |
| ト 2.0% | △ | × | × |
| 空 0% | ○ | ○ | / |
| 空 0.5% | △ | × | / |
| 空 1.0% | × | × | / |
| 空 1.5% | × | × | / |
| 空 2.0% | × | × | / |

表1 経過

○…枯れなかった

△…葉の変色(斑点あり)が見られた

×…枯れた

【トマト】

塩分濃度の高い塩水で育てたものが3日後には枯れ始めた。根と茎に大きな変化はなかった。

| | 0% | 0.5% | 1.0% | 1.5% | 2.0% |
|------|----|------|------|------|------|
| 3日後 | | | | | |
| 7日後 | | | | | |
| 13日後 | | | | | |

図3 トマトの変化の様子

0%…まったく枯れなかった。

0.5%~2.0% 食塩水…濃度が高いものほど、葉が黄色く変色し、黄色い斑点ができた。葉が落ちた。

【空芯菜】

塩分濃度の高い塩水で育てたものの葉と茎が5日ほどで枯れ始めた。根は特に変化がなかった。

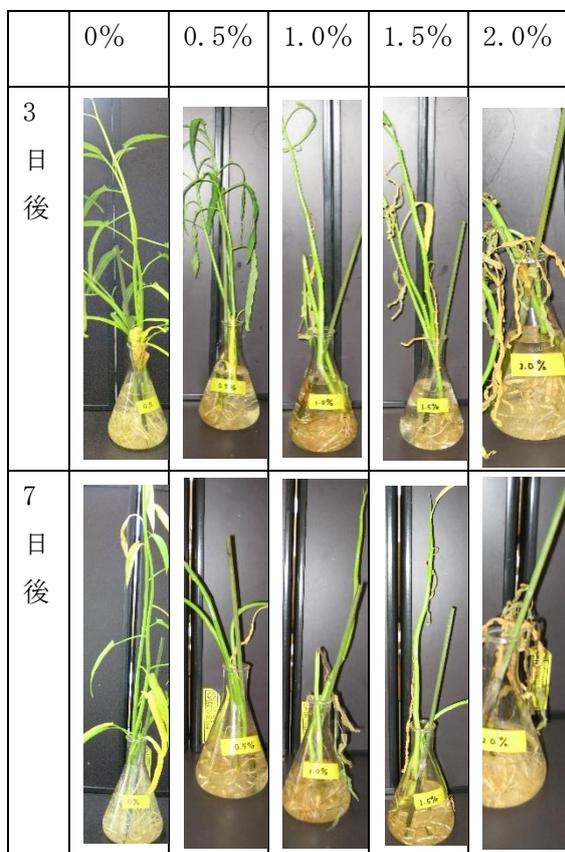


図4 空芯菜の変化の様子

葉がしおれた。

葉の裏側が黄色く変色した。

《実験1 - ② - 実験方法》

- ① 茎と葉を観察するためにスライドガラスを作る。
- ② 倍率を150倍で観察。

※水耕栽培で育てる理由

土よりも水耕栽培のほうが塩類濃度による変化がわかりやすいと考えた。

《実験1 - ② - 結果》

【トマト】

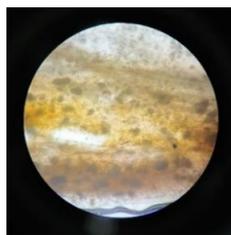


図5 2.0%の茎



図6 0%の茎

茎の中に2.0%のほうは、黒い斑点が見られ全体的に色が濃い茶色だった。

0%のほうは、鮮やかな黄緑で斑点などは見られなかった。

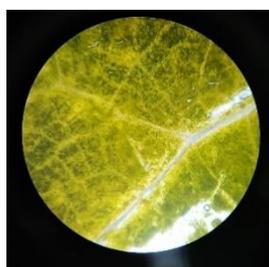


図7 2.0%の葉

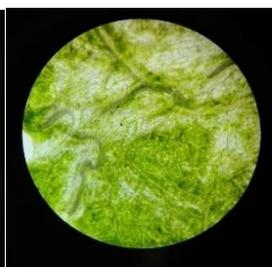


図8 0%の葉

2.0%のほうは0%に比べて鮮やかな緑色でない。

茎に比べて、比較的变化が見られにくい。

【空芯菜】

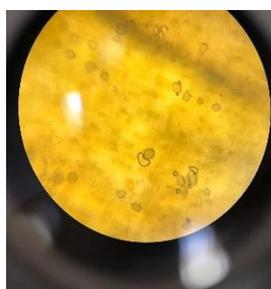


図9 0.5%の茎

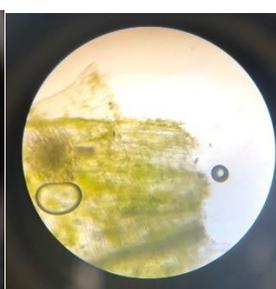


図10 2.0%の茎

《実験1 - 考察》

空芯菜は塩害に強いと言われていたが、トマトもその果実を甘くするため塩類への耐性をもっていることを実験後知り、空芯菜と比較して顕著

な違いは見られなかった。また葉より茎の方が塩分の影響を強く受けると考えた。

《実験1 - 展望》

空芯菜とトマトはどちらも塩に強いといわれる植物だった。そのため、思ったような結果が得られなかったので、塩に強い植物の特徴を知るためには、トマト、空芯菜以外の植物を同じように塩水で育ててみることで比較する必要がある。例えば、キュウリの苗や、イチゴの苗が土壌の塩分濃度などに敏感な植物として挙げられるので、育てて比較したいと考えている。

《実験2 - 目的》

塩害が起きたと仮定される土を作り、カルシウムを含む物質によって除塩できるか検証する。炭酸カルシウム、水酸化カルシウム、塩化カルシウムではどれが最も効果的かを調べる。

除塩できたかどうかを確かめるために、EC 値、pH 値を測定する。

《実験2 - 仮説》

塩害被害を受けた土地に効果があると考えられる物質を混ぜた土壌の pH は中性に近づき、EC 値は下がる。

《実験2 - 使用した器具、装置》

- ・ 塩害被害を受けた土
 - ア) 土 (家庭園芸用土 花と野菜の培養土 販売元 ; 日清ガーデンメイト株式会社)
 - イ) ライブシーソルト ウ) 純水
- ・ カルシウムが含まれた物質
 - ア) 塩化カルシウム イ) 炭酸カルシウム
 - ウ) 水酸化カルシウム
- ・ 電子天秤
- ・ スターラー
- ・ EC メーター
- ・ pH メーター
- ・ 葉さじ
- ・ 葉包紙

- ・ ガラス棒
- ・ ビーカー
- ・ メスシリンダー
- ・ ピペット

〔事前調査〕

※EC について

電気伝導率であり、農業分野では、塩類濃度の目安として使われる。単位はジーメンズ毎メートル (s/m) である。この塩類濃度とは塩基のことであり、養分の量を示す。EC 値が高いと根が水分を吸収できなくなるなどの「塩類濃度障害」をおこすことがある。逆に EC 値が低くても植物は栄養不足に陥る。

※pH について

1~14 の値で示される数値で 7 程度を中性とする。7 より小さいと酸性、7 より大きいと塩基性となる。土壌の場合、一般的な適正度は 6.5 程度である。

※カルシウムについて

石灰 (カルシウム) は酸性矯正だけでなく、作物の必要要素の一つで生体膜の構造・維持などに大きく関係する。また、土壌に吸着した Na^+ と Ca^+ が置換することで Na^+ を土粒子から分離し、土壌の物理性を改善することができると知って、除塩の効果もあるのではないかと考え、カルシウムを含む物質に注目した。

※炭酸カルシウムについて

肥料では石灰石を粉砕したもので、利便性の良い粒上のももよく販売されている。緩効性でアルカリ性も弱いので酸性土壌の改良に一般的に利用されている。

※水酸化カルシウムについて

消石灰に含まれる。消石灰は生石灰と水を化合させ、水酸化カルシウムとしたもので、即効性で

強いアルカリ性を示す。

※塩化カルシウムについて

融雪剤に使われる。今回は比較対象を増やしたかったので、利用した。

《実験 2 - 実験方法》

(1) 塩害を受けた土壌を作り、そこにカルシウムを含む物質を混ぜる。

- ① 水 10l に対してライブシーソルト 35g を混ぜる。
- ② ①と土を一对一の割合で混ぜる。
- ③ 土を乾かすために、3 日ほど放置する。
- ④ ビーカーに(1)の土を 50g ずつ入れる。
- ⑤ 塩化カルシウム、炭酸カルシウム、水酸化カルシウムをそれぞれ 0.25mol…A、0.5mol…B の割合で入れる。何も入れないものも作る。
- ⑥ 3 日ほど放置する。

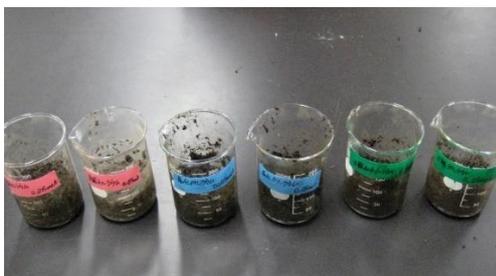


図 11 作った土壌にカルシウムを混ぜた様子

(2) pH と EC を測るための上澄み液を作る。

- ⑦ EC を測るために土 10g に対して蒸留水を 50ml 入れる。
- ⑧ pH を測るために土 10g に対して蒸留水を 25ml 入れる。
- ⑨ スターラーを用いて均等に混ぜる。



図 12 スターラーで混ぜる様子

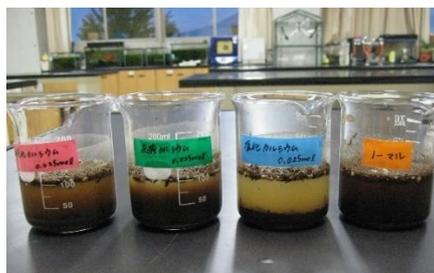


図 13 図 12 に水を混ぜ上澄み液をとる様子 (0.025 mol)

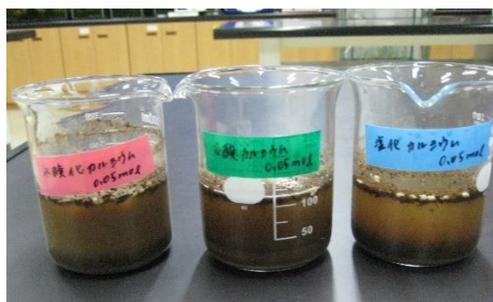


図 14 (0.05 mol)

(3)

- ⑩ (2)からとった上澄み液を 100 倍に希釈する。

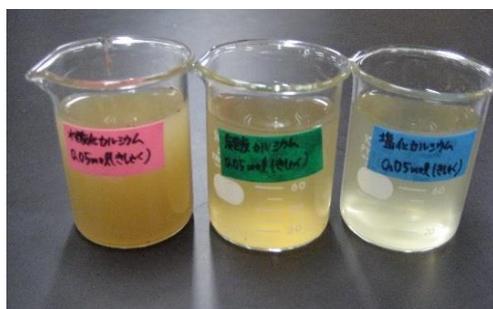


図 15 100 倍に希釈した様子 (0.05 mol)



図 16 100 倍に希釈した様子 (0.025 mol)

- ⑪ 5 何回かに分けて、pH と EC の値を測る。EC は 19.99mS で測定。

《実験 2 - 結果》

基準点 (何も加えていない土壌)

pH→5.77 EC→0.23

表 2 海水に何も加えずに計測したとき

| | 3 日後 | 8 日後 | 13 日後 |
|----|------|------|-------|
| pH | 5.40 | 5.80 | 5.97 |
| EC | 1.33 | 1.64 | 2.39 |

表 3 pH (0.025 mol···A)

| | 3 日後 | 8 日後 | 13 日後 |
|----------|------|------|-------|
| 塩化カルシウム | 5.00 | 5.60 | 5.88 |
| 水酸化カルシウム | 7.03 | 7.20 | 7.49 |
| 炭酸カルシウム | 7.81 | 8.09 | 8.33 |

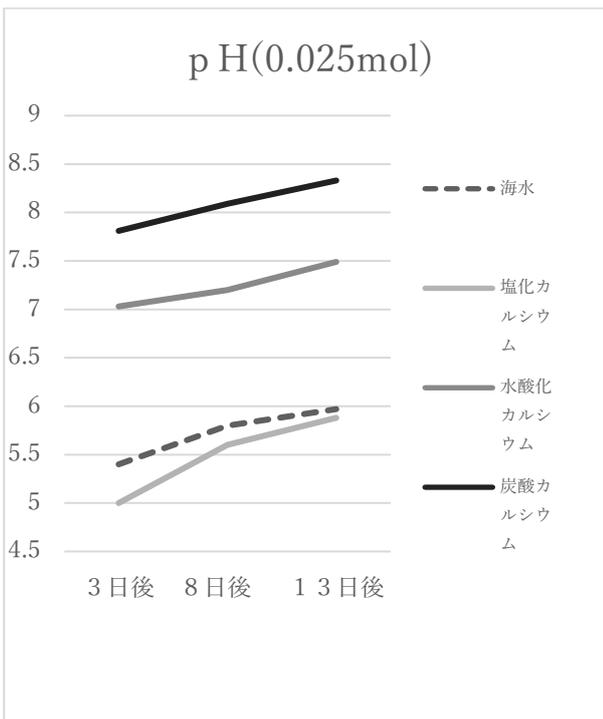


図 17

表 4 EC (mS/cm) (0.025 mol···A)

| | 3 日後 | 8 日後 | 13 日後 |
|----------|------|------|-------|
| 塩化カルシウム | 2.79 | 3.23 | 4.41 |
| 水酸化カルシウム | 1.09 | 1.26 | 1.83 |
| 炭酸カルシウム | 1.09 | 1.33 | 1.88 |

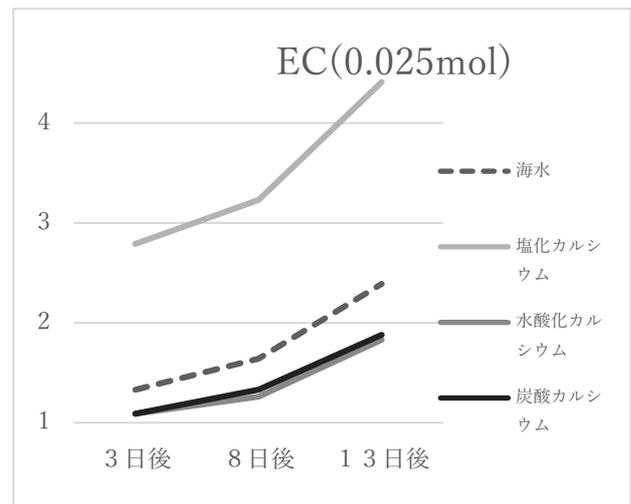


図 18

表 5 pH (0.05 mol···B)

| | 3 日後 | 8 日後 | 13 日後 |
|----------|------|------|-------|
| 塩化カルシウム | 4.93 | 5.30 | 5.26 |
| 水酸化カルシウム | 7.66 | 7.25 | 7.30 |
| 炭酸カルシウム | 8.83 | 8.33 | 8.31 |

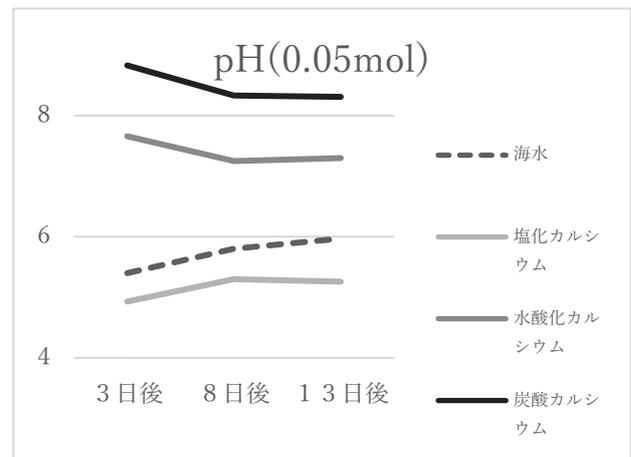


図 19

表 6 EC (mS/cm) (0.05 mol···B)

| | 3 日後 | 8 日後 | 13 日後 |
|----------|------|------|-------|
| 塩化カルシウム | 4.20 | 4.95 | 6.90 |
| 水酸化カルシウム | 1.05 | 1.25 | 2.13 |
| 炭酸カルシウム | 0.93 | 1.20 | 1.62 |

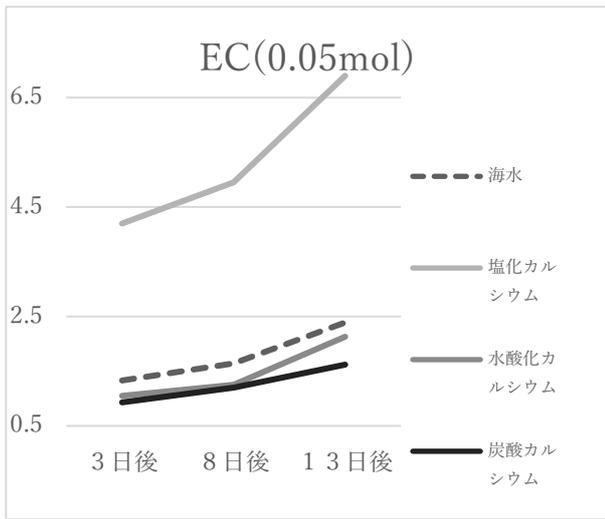


図 20

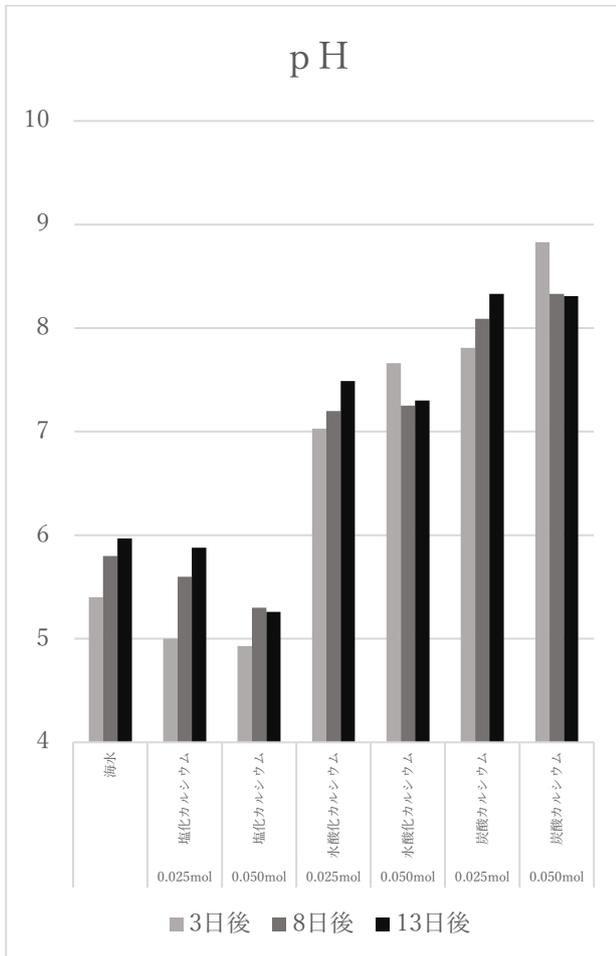


図 21

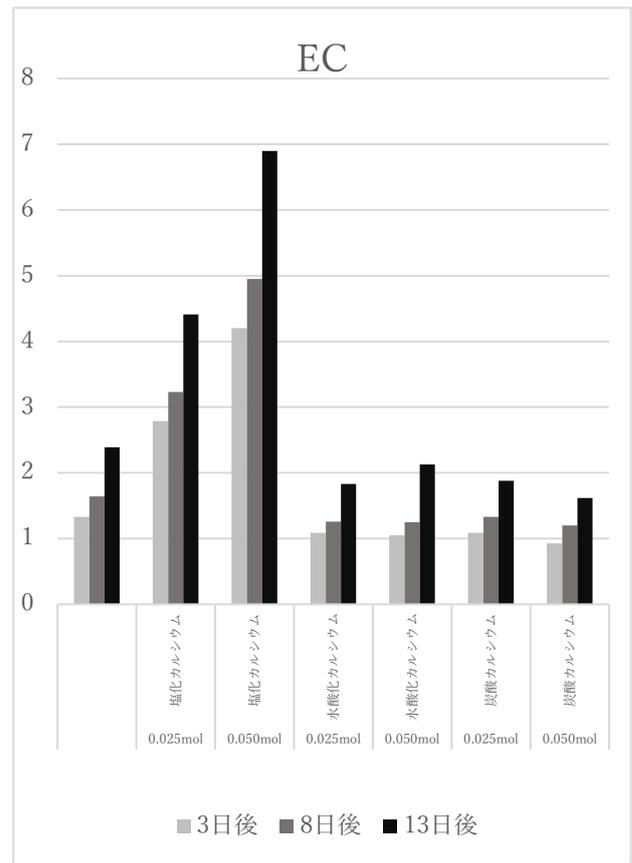


図 22

《実験 2 - 考察》

pH 値、EC 値ともに日経つにつれて値が上昇していた。これは上澄み液の水が蒸発したため濃度が高くなったことが原因だと考えられる。

[pH について]

塩化カルシウムを加えた土壌のみ pH は低下した。過去の研究により、溶液中において塩化物イオン濃度が増加するほど pH 値は低下することが報告されている。よってこの pH 値の低下は塩化物イオンによるものだと考えられる。

強塩基である水酸化ナトリウムと、弱酸と強塩基から成る塩である炭酸カルシウムは水に溶けたときに OH⁻を発生するため、pH 値が上昇したと考えられる。適正值である 6.5 に最も近づけられたのは水酸化カルシウムであった。

[EC について]

塩化カルシウムは EC 値が上昇した。これは電離した塩化物イオンにより溶液中の塩素濃度が上昇したためであると考えられる。

一方で水酸化カルシウム、炭酸カルシウムを加えた土壌の EC 値は低下した。この 2 つの物質では、加える物質量が上昇しても EC 値は上昇せず、土壌中の塩類濃度を減少させる作用があると考えられる。よって、この 2 つの物質は土壌中の塩類濃度を上昇させることなく土壌の状態を改善できると考える。

EC 値の測定によって、塩害を受けた土壌を、作物の栽培に適切な状態に改善できたかどうか確認することができた。しかし、EC 値だけでは溶液中のどのイオンが増加したかはわからない。カルシウムイオンが実際に土壌粒子に付着するナトリウムイオンと置換されたかどうか調べるには、測定器具を用いる必要がある。

《実験 2 - 展望》

この実験では、pH 濃度と EC 濃度を比較することで、三種類のカルシウムによる塩害被害が改善するかを調べたが、実験の結果を目に見えるようにするために、実際に物質を混ぜた土壌で植物を育てることで塩害の改善を証明したい。植物により EC の適正值が異なるので、それぞれに合った測方法を見つけない。

3. 参考文献、引用文献

農地の除塩マニュアル農村振興局平成 23 年 6 月
<https://www.nrenmei.jp/sinsai/pdf/kikan/joen-manual.pdf>

農林水産省

https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/ntuti16.pdf

海水の流入による塩害ほ場の改良

https://www.pref.kumamoto.jp/common/UploadFileOutput.ashx?c_id=3&id=6824&sub_id=1&flid=18&dan_id=1

植物の耐塩性メカニズム 間藤徹

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscripi/32/2/32_KJ00002793679/_pdf/-char/ja

植物の耐塩性機構と植物を利用した土壌塩類の除去 前田良之

https://www.jstage.jst.go.jp/article/swsj/66/2/66_92/_pdf