

# 野菜類を利用した海水淡水化システムの開発

大山 克己

大阪公立大学現代システム科学研究科

## 概要

人口増加、経済活動の活発化および食生活の変化(動物性食品の増加など)により、世界的に淡水需要が増加している。それに起因して、多くの地域で淡水が不足している。地球の表面積の 70.8%は水で占められているものの、塩分を含むために利用が困難である。具体的には、海水が地球上の水の 97%、氷河が 2%を占めており、人間が利用できる淡水は地球上の約 1%しかない。海水から淡水を得ることができれば、淡水不足に関する問題は解消または緩和されると考えられる。そのために、海水を淡水化し、人間が利用できる淡水の量を増やすことを目的として、さまざまな海水淡水化技術が開発され、利用されてきた。本研究では、太陽熱を利用した海水淡水化技術であるバイズン法を改良して、野菜を栽培した際のシステムにおける水輸送実態を把握した。

この実験では、モデル植物としてレタス(*Lactuca sativa* L.)を用いた。海水淡水化システムとして、レタス 6 株、海水、コンテナにより構成されるレタス植物群落、白色 LED 光源、断熱された箱 (0.85 m(W) × 0.42 m(L) × 0.42 m(H)、換気回数 7.1 h<sup>-1</sup>)、ペルチェ素子による冷却システム、CO<sub>2</sub> ガスポンベにより構成されるシステムを利用した。

その結果、規定濃度の 20%以下の人工海水を使用した場合、海水淡水化システム内のレタス群落を通じて、電気伝導度(EC)の低い淡水を回収することができた。また、海水淡水化システムでは、従来法と比較して、淡水の回収量が大幅に増加した。レタス植物群落の光合成により海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub> 濃度を低下させた場合、淡水の生成量が増加したことから、淡水の生成を主目的とする淡水化システムにおいては、CO<sub>2</sub> 濃度を低下させることで淡水の生成効率を向上できることが示唆された。一方、海水淡水化システムで水と植物の両方を得るためには、レタス植物群落の光合成を維持するために海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub> 濃度を大気基準(c.a. 50 μmol mol<sup>-1</sup>)に維持する必要があるとも考えた。今後は、海水淡水化システムにおけるエネルギー削減や、海水淡水化に適した植物の探索にも取り組んでいきたい。

## 1. 研究目的

人口増加、経済活動の活発化および食習慣の変化(たとえば、動物性の食事の増加)に起因して、世界的に淡水の需要が増大した結果、多くの地域で淡水が不足している<sup>(1)</sup>。地球上の水の 97%は海水が、また、2%を氷河が占めていて、人間が利用可能な淡水は地球全体の 1%程度にとどまる<sup>(2, 3)</sup>。海水から淡水を得ることができれば、世界的に大きな問題となっている淡水の不足にかかわる問題を解消、もしくは、緩和できる。海水を淡水化し、人間が利用可能な淡水

を増やすために、これまでに、様々な海水淡水化技術が開発され、また、利用されてきている。

太陽熱を利用した海水淡水化システムは、熱交換器の形状により、バイズン法<sup>(4, 5)</sup>、ステップ法<sup>(6)</sup>およびチューブラー法<sup>(7, 8)</sup>に大別される。ここで申請者は、太陽熱を利用した海水淡水化システムのうち、設備コストが低く、かつ、除塩プロセスが比較的簡単なバイズン法に着目する。バイズン法における淡水の収穫効率を高めるためには、海水淡水化システム内からシステム外への換気による水蒸気の流出に注意する必要がある。これまでよりも閉鎖的なシステムを利用し

た場合、ベイゾン法においても淡水の収穫効率を高められると予想される。また、同時に、植物、とくに食べることでできる野菜類を海水淡水化システム内で栽培することで、蒸散による海水淡水化システム内での水循環が促されることにより、海水淡水化システムで野菜類を得られるとともに、淡水の収穫効率を高くできると予想した。

他方、植物体の蒸散速度は、周辺の CO<sub>2</sub> 濃度の影響をうける<sup>(9)</sup>。とくに、閉鎖的なシステムでは、人為的に CO<sub>2</sub> を供給しない場合、光合成によりシステム内の CO<sub>2</sub> 濃度は低下しやすい。CO<sub>2</sub> 濃度とともに、一般に、植物体の蒸散速度は、海水の濃度、すなわち、ストレスにより影響をうける<sup>(10, 11)</sup>。したがって、淡水化の際には、植物体の蒸散速度に与える周辺 CO<sub>2</sub> 濃度および海水の濃度に留意する必要がある。

本研究では、海水淡水化システムにおいて、海水から野菜類を介して淡水を生成することを目的とした。規定濃度の 0, 10 および 20%の人工海水を与えた条件下において、海水淡水化システムの水輸送実態を把握した。それぞれの条件下では、海水淡水化システム内 CO<sub>2</sub> 濃度が蒸発散および水回収速度におよぼす影響を調べた。さらに、閉鎖式同化箱を用いて、海水淡水化システム内 CO<sub>2</sub> 濃度が植物体の純光合成速度におよぼす影響を推定した。なお、5 種類の野菜(レタス、コマツナ、キュウリ、トマトおよびハツカダイコン)を利用して実施した予備試験で比較的高い対塩性が認められたことから、供試植物としてレタスを用いた。レタスは一般的に多く食される野菜の一つであることも選定理由である。

## 2. 材料および方法

### 2.1 供試植物材料

供試植物として、レタス (*Lactuca sativa* L., 品種:フレアベル)を用いた。大阪公立大学にある人工光型植物工場<sup>(12)</sup>において 22 日間育成した苗を、光合成有効光量子束密度 (以下, PPF) 270  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の連続光照射下 (明期: 24 h d<sup>-1</sup>), 気温 24°C, 相対湿度 40% および CO<sub>2</sub> 濃度約 500  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  (大気濃度) とした条件下でさらに育成して得た植物体を海水の入った容器に定植して植物個体群を形成し、実験に供試した。本実験では、植物体を定植していない海水の入った容器も対照として供試した。



Fig. 1 Seawater desalination system used in the experiment.

### 2.2 海水淡水化システムの構成

海水淡水化システムは、6 個体のレタス植物体、海水および容器により構成されるレタス個体群、レタス個体群を育成し、かつ、太陽を模擬するための白色 LED 光源 (HMHC300E6SV9H-RM (50X-S1), (株)共立電照), 断熱閉鎖された構造物 (0.85 m (W) × 0.42 m (L) × 0.42 m (H)), 換気回数: 7.1 h<sup>-1</sup>), ペルチェ素子を利用した冷却装置, および CO<sub>2</sub> ガスボンベにより構成した (Fig. 1)。試験時には白色 LED 光源を点灯した。構造物内にレタス個体群を入れた後、構造物を閉鎖した。冷却装置の下部にドレンパンを配置し、結露した水をガラス瓶に集めた。海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub> 濃度が設定値を下回った場合、CO<sub>2</sub> ガスボンベより CO<sub>2</sub> ガスを供給した。

### 2.3 海水淡水化システム内の環境条件

試験期間中、海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub> 濃度は、CO<sub>2</sub> ガスの供給により、6 時間ごとに 10, 500, 1000 および 2000  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  に設定した。なお、CO<sub>2</sub> 濃度 10  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  の設定値は、CO<sub>2</sub> ガスを供給せずに CO<sub>2</sub> 濃度を植物体の光合成により低下させるための値である。海水淡水化システム

内のトレイ面上における PPF<sub>D</sub> は、500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  に設定した。海水淡水化システム内の気温は 25°C に維持した。海水淡水化システム内の相対湿度は制御しなかった。

試験期間中、規定濃度の 0、10 および 20% の人工海水をレタス植物個体群に与えた。なお、規定濃度 30% 以上の人工海水を与えた場合、レタス植物個体群で葉がしおれる、または、一部が枯れる現象が発生したことから、本実験では、規定濃度 20% 以下の人工海水を用いることとした。それぞれの人工海水には、試験期間中に肥料欠乏が生じるのを防ぐために、市販の栄養塩 (OAT ハウス A 処方 1/2 単位、OAT アグリオ(株)) を加えた。

## 2. 4 測定および算定

### 2. 4. 1 海水淡水化システム内の環境条件

海水淡水化システム内の PPF<sub>D</sub> は、光子センサーを利用して計測し、調節した。海水淡水化システム内外の CO<sub>2</sub> 濃度、気温および相対湿度の計測には、温湿度および CO<sub>2</sub> センサー (TR-76Ui, 株式会社 T&D) を用いた。

### 2. 4. 2 海水淡水化システムの水輸送

海水淡水化システムに入力される海水の量、レタス植物個体群に貯留された海水の量、レタス植物個体群の蒸発散量および海水淡水化システムの水回収量を推定した。また、海水淡水化システム壁面への結露は発生しないと仮定して、海水淡水化システムからの水蒸気流出量を推定した。海水淡水化システムに入力される培養液量は、培養液の重量より推定した。レタス植物個体群に貯留された水の量は、試験開始および終了時のレタス植物体の生体重および乾物重より推定した。レタス植物個体群の蒸発散量は、電子天秤 (EK-6100i, 株式会社 エー・アンド・デイ) を用いて計測した試験開始時および終了時におけるレタス植物個体群の重量より推定した。水回収量は、海水淡水化システムの冷却装置で結露した水をガラス瓶に集め、電子天秤を用いて計測した試験開始時および終了時におけるガラス瓶の重量より推定した。海水淡水化システムからの水蒸気流出量は、蒸発散量と水回収量の差として求めた。

### 2. 4. 3 海水および淡水の水質

海水淡水化システムに入力した海水、レタス植物個体群の容器に残った海水および回収した淡水の電気伝導度 (EC)、水素イオン濃度 (pH) を計測した。EC の計測には EC 測定器 (LAQUA-D-210C, 株式会社 堀場アドバンステクノ) を、pH

の計測には pH 測定器 (LAQUA-D-210P, 株式会社 堀場アドバンステクノ) をそれぞれ利用した。

### 2. 4. 4 レタス植物個体群の蒸発散速度および海水淡水化システムの水回収速度

レタス植物個体群の蒸発散速度は、異なる CO<sub>2</sub> 濃度を与えてから 2 時間経過した後、電子天秤を用いて 1 分ごとに 4 時間計測したレタス植物個体群の重量変化より推定した。水回収速度も、同様に、異なる CO<sub>2</sub> 濃度を与えてから 2 時間経過した後、電子天秤を用いて 1 分ごとに 4 時間計測したガラス瓶の重量変化より推定した。

## 2. 5 統計処理

海水淡水化システムの水輸送、水質および生育にかかわる項目は分散分析 (ANOVA) した。分散分析には、統計ソフトウェア R (ver. 4.3.1) を用いた。実験は 3 回繰り返した。

## 3. 結果

### 3. 1 海水淡水化システム内の環境条件

海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub> 濃度は、設定値を 10、500、1000 および 2000  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  に設定した場合、それぞれ 170、570、1070 および 2000  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  (平均値) となった (Fig. 2)。PPF<sub>D</sub> は、CO<sub>2</sub> 濃度の設定値によらず、500  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  であった。気温は、CO<sub>2</sub> 濃度の設定値によらず  $25 \pm 0.2^\circ\text{C}$  となった。相対湿度は、CO<sub>2</sub> 濃度の設定値を 10、500、1000 および 2000  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  に設定した場合、それぞれ 80、75、74 および 75 (平均値) となった。

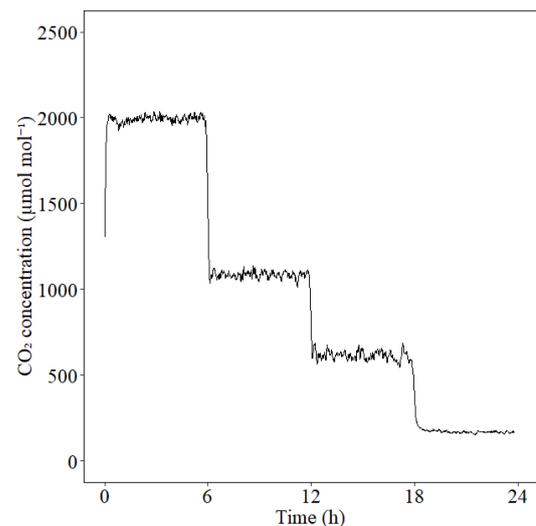


Fig. 2 CO<sub>2</sub> concentration in the seawater desalination system during the experiment.

**Table. 1** Water balance of the seawater desalination system during the experiment (unit:  $\text{g d}^{-1}$ ).

Salinity	Input	Inside the system		Output	
		Stored	Transferred	Harvested	Ventilated
0%	9000 $\pm$ 9.4	8200 $\pm$ 26	750 $\pm$ 28	640 $\pm$ 32	110 $\pm$ 17
10%	9000 $\pm$ 8.2	8400 $\pm$ 28	590 $\pm$ 12	430 $\pm$ 14	160 $\pm$ 16
20%	9000 $\pm$ 23	8500 $\pm$ 40	470 $\pm$ 26	330 $\pm$ 25	130 $\pm$ 45
ANOVA	NS	**	**	**	**

Mean  $\pm$  SD, \*\*: Significant level at  $P < 0.01$ .

### 3. 2 海水淡水化システムの水輸送

海水淡水化システムの水輸送実態を **Table. 1** に示す。海水濃度が 10% の場合、入力された海水の 7% が蒸発散に利用され、93% の水がレタス植物個体群に貯留された。蒸発散された水の 73% を回収することができた。蒸発散により生じた水蒸気の 27% が、換気によりシステム外へ輸送された。海水濃度の上昇とともに、蒸発散量および水回収量は減少した。また、換気により流出した水蒸気量は減少した。

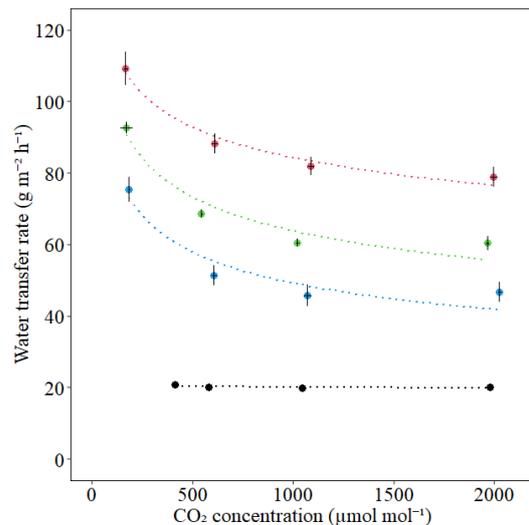
### 3. 3 海水および淡水の水質

入力した海水の EC は、海水濃度が 0, 10 および 20% の場合、それぞれ 1.5, 7.3 および 13  $\text{dS m}^{-1}$  であった。レタス植物個体群の容器に貯留された海水の EC は、入力された海水よりも高くなる傾向がみられた。淡水の EC は、0.023 ~ 0.039  $\text{dS m}^{-1}$  となった。

入力した海水の pH は、海水濃度によらず 6.4 ~ 6.5 であった。レタス植物個体群の容器に貯留された海水の pH は、入力された海水よりも 2 ~ 3 低くなった。淡水の pH は、4.7 ~ 4.8 となった。

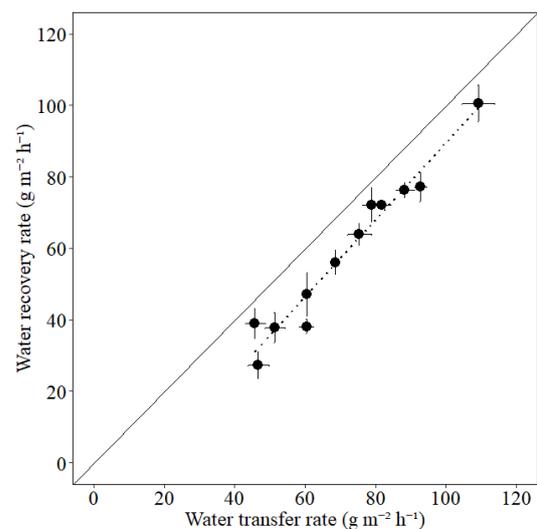
### 3. 4 レタス植物個体群の蒸発散速度および海水淡水化システムの水回収速度

レタス植物体が海水淡水化システム内にある場合の蒸発散速度は、レタス植物体が海水淡水化システム内不在の場合の蒸発速度の 2.4 ~ 5.4 倍となった。レタス植物体が海水淡水化システム内にある場合の水回収速度は、レタス植物体が海水淡水化システム内不在の場合のその 1.7 ~ 18 倍となっていた。蒸発散速度は、 $\text{CO}_2$  濃度の上昇により低下する傾向がみられた (**Fig. 3**)。また、海水濃度の上昇により低下する傾向がみられた。蒸発散速度と同様に、水回収速度は、 $\text{CO}_2$  濃度の上昇により低下し、また、海水濃度の上昇により低下する傾向がみられた。水回収速度は、蒸発散速度の 58 ~ 92% となっていた (**Fig. 4**)。



**Fig. 3** Evapotranspiration rate of the lettuce plant community as affected by  $\text{CO}_2$  concentration in the seawater desalination system.

●: 0%, ●: 10%, ●: 20%, ●: no plants.



**Fig. 4** Relationship between the evapotranspiration rate and water recovery rate.

#### 4. 考察

本研究では、規定濃度の 20%以下の人工海水を用いた場合、海水淡水化システムにおいて、レタス植物個体を介して、淡水を回収できた。また、塩分濃度および CO<sub>2</sub>濃度が海水淡水化システムにおける水輸送実態におよぼす短期的な影響を明らかにできた。さらに、ベイズン法において海水淡水化システム内に植物体がある場合、それが無い場合と比べて 1.7~18 倍の淡水を得られる可能性が示された。

塩分濃度が上昇した場合、レタス植物個体群からの蒸発散速度が低下することに起因して、海水淡水化システムの水回収速度は低下した (Fig. 3)。しかし、システム内の CO<sub>2</sub>濃度を低下させることによって、海水淡水化システムの水回収速度を高められた。たとえば、塩分濃度 10% の場合、CO<sub>2</sub>濃度を植物個体群の光合成により 200 μmol mol<sup>-1</sup>まで低下させることにより、塩分濃度 0%で CO<sub>2</sub>濃度 500 μmol mol<sup>-1</sup>(大気レベル)と同等の水回収速度を得ることができる(データ未掲載)。したがって、短期間、海水淡水化システムの主目的を水回収とした場合には、CO<sub>2</sub>濃度を植物個体群の光合成により低下させるのが好ましいと判断できる。とくに、CO<sub>2</sub>濃度を制御しなかった条件下では、海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub>濃度はほぼ CO<sub>2</sub>補償点であり、それゆえ、レタス植物個体群の生育を維持できることから、長期間の試験を実施した場合には、植物体の植え替え頻度を低下させる効果が認められる可能性がある。

他方、海水淡水化システムにおいて、植物と淡水をともに得ようとする場合には、植物の生育および水回収速度双方を勘案して海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub>濃度を決定する必要がある。一般に、植物をある一定以上の速度で生育させるためには、海水淡水化システム内の CO<sub>2</sub>濃度を大気レベルもしくはそれ以上の濃度に維持する必要がある。一方、植物の生育を優先して CO<sub>2</sub>濃度を高めた場合には、水回収速度は低下する。CO<sub>2</sub>濃度の上昇にともなう植物の純光合成速度増大効果は、CO<sub>2</sub>濃度が高くなるにつれ低下する。また、水回収速度は、低下する。したがって、CO<sub>2</sub>濃度を高くしすぎた場合には、植物の純光合成速度増大効果が大きく得られないにもかかわらず、水回収速度は低下してしまう。

本研究で得られた結果は、短期間の結果であり、長期間レタス個体群を栽培した場合には異なる結果になる可能性がある。実際、塩分濃度がレタス植物体の生育におよぼす短期的および長期的影響を調べた研究では、短期的にはレタス植物体の生育に影響が出ない塩分濃度においても、長期的には生育の抑制や枯死が発生することが認められている<sup>(13)</sup>。今後、海水淡水化システムを効果的に利用するためには、本研究のような短期的な試験とともに、長期的な試験も必要となると考える。

本実験では、水回収速度は蒸発散速度の 58~92%となっていた。両社の差は、海水淡水化システムの換気によって水蒸気がシステム内からシステム外へ流出したために生じた。海水淡水化システムが完全に閉鎖され、換気が生じない場合には、蒸発散速度と水回収速度が一致する<sup>(14)</sup>。したがって、水回収速度を高めるためには、可能な限り換気を抑制する必要がある。

冷却装置で凝結して回収した水は、信頼性が高く、安定した水源として利用可能である<sup>(15)</sup>。これまでに、植物を育成している閉鎖システム内で回収した水の水質 (EC, pH およびイオン濃度) に関して調べた例がある<sup>(16-18)</sup>。それらでは、EC は 0.05~0.3 dS m<sup>-1</sup>であり、本研究の EC の値はほぼ一致した。本研究では、イオン濃度の計測は実施していないが、先の研究と同様にイオン濃度は低いと予想される。

#### 5. 今後の課題

本研究では、規定濃度の 20%以下の人工海水を用いた場合、海水淡水化システムにおいて、レタス植物個体を介して、EC の低い淡水を回収することができた。今後は、より高濃度の海水でも海水淡水化できる技術とする必要がある。そのためには、海水淡水化に適切な植物のさらなる探求が必要であると考えられる。また、適切な植物の探求とともに、海水淡水化システムのエネルギー低減に取り組む必要がある。

#### 6. 文献

1. Liu, J. et al. Water scarcity assessments in the past, present, and future. *Earth's Future* vol. 5 545-559 (2017).
2. Atzori, G., Mancuso, S. & Masi, E. Seawater potential use in soilless culture: A review. *Sci Hort* 249, 199-207 (2019).
3. FAO. Dimensions of Need: An Atlas of Food and Agriculture. (1995).

4. Dahab, M. A., Omara, M. A., El-Dafrawy, M. M., Abdelaziz, G. B. & Sharshir, S. W. Thermo-economic performance enhancement of the hemispherical solar still integrated with various numbers of evacuated tubes. *Thermal Science and Engineering Progress* 42, 101922 (2023).
5. Sharshir, S. W. et al. Thermo-economic performance improvement of hemispherical solar still using wick material with V-corrugated basin and two different energy storage materials. *Solar Energy* 249, 336–352 (2023).
6. Abdelgaied, M., Abdulla, A. S., Abdelaziz, G. B. & Kabeel, A. E. Performance improvement of modified stepped solar distillers using three effective hybrid optimization modifications. *Sustainable Energy Technologies and Assessments* 51, 101936 (2022).
7. Li, H. & Zhang, H. Comprehensive evaluation on the performance of a novel solar seawater desalination system. *Appl Therm Eng* 244, 122755 (2024).
8. Samimi, M. & Moghadam, H. Modified evacuated tube collector basin solar still for optimal desalination of reverse osmosis concentrate. *Energy* 289, 129983 (2024).
9. Salisbury, F. B. & Ross, C. W. *Plant Physiology*. (Wadsworth Publishing Company, CA, 1991).
10. Juleel, R. et al. Soil applied vermicompost improves morpho-physio-biochemical and quality attributes of lettuce under saline conditions. *South African Journal of Botany* 161, 499–511 (2023).
11. Yavuz, D., RASHID, B. A. R. & Seymen, M. The influence of NaCl salinity on evapotranspiration, yield traits, antioxidant status, and mineral composition of lettuce grown under deficit irrigation. *Sci Hort* 310, 111776 (2023).
12. Ohyama, K., Yamaguchi, J. & Enjoji, A. Resource utilization efficiencies in a closed system with artificial lighting during continuous lettuce production. *Agronomy* 10, (2020).
13. Kim, H.-J., M. Fonseca, J., Choi, J.-H., Kubota, C. & Young Kwon, D. Salt in Irrigation Water Affects the Nutritional and Visual Properties of Romaine Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J Agric Food Chem* 56, 3772–3776 (2008).
14. Ohyama, K., Yoshinaga, K. & Kozai, T. Energy and Mass Balance of a Closed-type Transplant Production System (Part 2) Water Balance. *Journal of Society of High Technology in Agriculture* 12, 217–224 (2000).
15. Jurga, A., Pacak, A., Pandelidis, D. & Kazmierczak, B. Condensate as a water source in terrestrial and extra-terrestrial conditions. *Water Resour Ind* 29, 100196 (2023).
16. Zhao, T. et al. Water recycle system in an artificial closed ecosystem – Lunar Palace 1: Treatment performance and microbial evolution. *Science of The Total Environment* 806, 151370 (2022).
17. Mudgett, P. D. et al. Chemical Analysis and Water Recovery Testing of Shuttle-Mir Humidity Condensate. in *SAE Technical Paper*. 1999-01-2029 (1999).
18. Ohyama, K., Sumino, K., Awai, E. P., Niki, K. & Endo, R. Purification of Wastewater Generated from Methane Fermentation Using a Semi-Closed System with Hydroponically Grown Lettuce Plants. *Waste Biomass Valorization* 15, 3147-3155 (2023).

## Developing a Desalination System Using Edible Vegetables

Katsumi Ohyama

Osaka Metropolitan University

### Summary

Global demand for freshwater has been increasing owing to population growth, increased economic activity, and changing dietary habits (e.g., more animal-based diets), resulting in a shortage of freshwater in many regions. Although water covers 70.8% of Earth's surface, it is difficult to use it because of its salinity. Seawater and glaciers account for 97% and 2% of the water on Earth, respectively, leaving only approximately 1% of Earth's freshwater available for human use. If freshwater can be obtained from seawater, problems related to the lack of freshwater availability can be mitigated. Hence, various technologies have been developed to desalinate seawater and make more freshwater available for human use. In this study, freshwater was generated from seawater using a desalination system in which vegetables were grown. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) was used as a model vegetable herein. The desalination system consisted of a lettuce plant community composed of six plants, seawater, and containers, a white LED light source, thermally insulated box (0.85 m (W)×0.42 m (L)×0.42 m (H), the number of air exchange: 7.1 h<sup>-1</sup>), a cooling system using Peltier devices, and a CO<sub>2</sub> gas cylinder. When artificial seawater with less than 20% of the specified concentration was used, freshwater with a low electric conductivity was recovered through the lettuce plant community in the desalination system. The amount of freshwater harvested was significantly higher using this desalination system than using the conventional method. By decreasing the CO<sub>2</sub> concentration in the desalination system due to photosynthesis by the lettuce plants, the amount of freshwater harvested increased, suggesting that lowering the CO<sub>2</sub> concentration can improve harvesting efficiency when harvesting freshwater is the main objective of the desalination system. However, if both freshwater and plants are to be produced in the desalination system, the CO<sub>2</sub> concentration should be maintained at approximately the atmospheric standard (ca. 500 μmol mol<sup>-1</sup>) to maintain photosynthesis in the lettuce plant community. In the future, we would like to work on energy reduction in desalination systems and to explore suitable vegetables for desalination.