

## TDR 法による点滴灌漑下の水分・養分の二次元分布の測定 Measuring Two-Dimensional Water and Nutrients Distribution under Drip Irrigated Soil with TDR Method

○砂川優樹\*・藤田理子\*\*・伊東雄樹\*\*\*・青木伸輔\*\*\*\*・登尾浩助\*\*\*\*\*

Yuki Sunakawa, Satoko Fujita, Yuki Ito, Shinsuke Aoki, and Kosuke Noborio

### 1. 背景

窒素は植物の三大栄養素の1つであるので積極的に施肥される。酸化条件にある畑土壌中では硝化作用が優位になり、アンモニア態窒素から硝酸態窒素( $\text{NO}_3\text{-N}$ )へと変化する。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は負に荷電しているため土壌に吸着されず、土壌水の流れと共に鉛直下方へと速やかに移動し、地下水汚染を引き起こすことが懸念される。そのため、土壌中の水分量と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の分布を把握することが重要である。Nissenら(1998)<sup>1)</sup>は低濃度の溶液中において、電気伝導度(EC)と $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度に線形関係があることを報告しており、登尾ら(2005)<sup>2)</sup>は、この関係を利用して鉛直一次元での $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の経時的変化を測定した。しかし、土壌中の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の二次元分布を測定した例は少ない。そこで、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の二次元分布の経時的変化を明らかにすることを目的に測定を行なった。ECは溶液の温度に依存するため、溶液温度が25°Cの時のECに補正した値( $\text{EC}_{w25}$ )が結果の解析に供され、以下の補正式がよく用いられる。

$$\text{EC}_{w25} = \text{EC}_w \left\{ 1.00 + \frac{(25-T)}{53.3} + \frac{(25-T)^2}{1667} \right\} \quad (3 < T < 28) \quad (1\text{-A})$$

$$\text{EC}_{w25} = \text{EC}_w \left\{ 1.00 + \frac{(25-T)}{49.7} + \frac{(25-T)^2}{3728} \right\} \quad (20 \leq T \leq 47) \quad (1\text{-B})$$

$$\text{EC}_{w25} = \text{EC}_w \left\{ \frac{1}{1 + \alpha(T-25)} \right\} \quad (2)$$

(1)式はU.S.Salinity Lab. Staff(1954)<sup>3)</sup>の式である。ここで、 $\text{EC}_w$ は対象の溶液のEC、Tは溶液の温度(°C)である。 $\alpha$ は定数(=0.02)と仮定されることが多く、例えばHeimovaaraら(1995)<sup>4)</sup>は $\alpha=0.019$ とした。(1)式と(2)式による補正結果はほとんど一致するが、Endoh and Tsujii (2008)<sup>5)</sup>は(2)式で $\alpha=0.02$ とした温度補正の精度が悪いことを報告している。そこで、(1)および(2)式による温度補正の精度を再評価し、新たなECの温度補正式を提案することを目的に実験を行った。

---

\*明治大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Meiji University

\*\*福島県 Prefectural Government of Fukushima

\*\*\* Gilat Research Center, Soil and Water, Agricultural Research Organization, Israel

\*\*\*\* Institute of Soil, Water, and Environmental Sciences Agricultural Research, The Volcani Center, Israel

\*\*\*\*\*明治大学農学部 School of Agriculture, Meiji University

キーワード：土壌の物理化学的性質、水分移動、溶質移動、土壌環境と植物根系、TDR法

## 2. 方法

福島県相馬郡飯舘村にあるハウス内に図1のように TDR プローブと T 型熱電対を設置し、2019年6月8日から2019年12月15日にかけて体積含水率、EC、地温を測定した。TDR 法により測定した比誘電率( $\epsilon$ )から体積含水率( $\theta$ )への変換は(3)式を用いた。

$$\theta = 0.0453 + 2.31 \times 10^{-2} \epsilon - 4.0 \times 10^{-4} \epsilon^2 \quad (3)$$

栽培作物はピーマンを用い、2019年6月16日から2019年11月30日まで栽培した。6月9日、7月31日、10月7日、10月29日に TDR プローブと同位置点から土壌を採取し、溶存イオン濃度と EC を測定した。EC の温度補正式を作成するため、濃度を段階的に変化させた KCl 溶液を複数調整し、インキュベーター内に静置した。インキュベーター内の温度を変化させ、TDR 法と EC 計により EC を、熱電対と温度計により溶液温度を測定した。

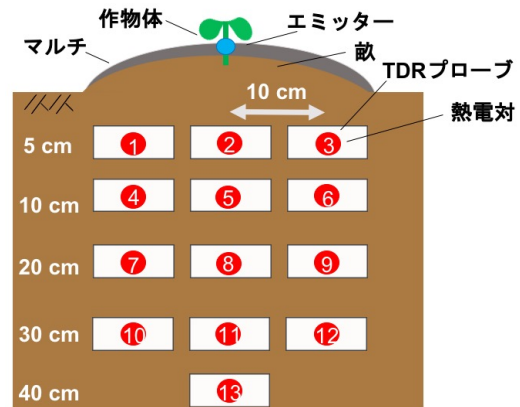


図1 TDR プローブと熱電対の設置図

Profile of TDR probes and thermocouples installed

## 3. これまでの結果と今後の展望

インキュベーター内で溶液の温度を変化させ、TDR 法により測定した  $EC_w$  を Heimovaara 式(2)で温度補正した結果を図2に示す。(1)式による補正結果は(2)式とほとんど同一であったので省略した。EC が高い時(図2a)は高温側で、EC が低い時(図2b)は低温側で誤差が大きくなっていることから、EC の値に応じて温度補正式を変更する必要があると考える。今後はインキュベーターによる追加実験を行い、結果から独自の温度補正式を提案する。EC-イオン濃度の関係式も作成し、測定期間中の水分・養分分布の変化について検討を進める。

## 4. 参考文献

- 1) Nissen et al., 1998, SSSAJ, 62(1):99-109
- 2) 登尾ら, 2005, 土木学会論文集, 783:15-21
- 3) U.S. Salinity Lab. Staff, 1954, Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils, USDA Agricultural Handbook. no. 60,
- 4) Heimovaara et al., 1995, SSSAJ, 59(3):689-598
- 5) S. Endoh and I. Tsujii, 2008, Limnology, 9:159-161

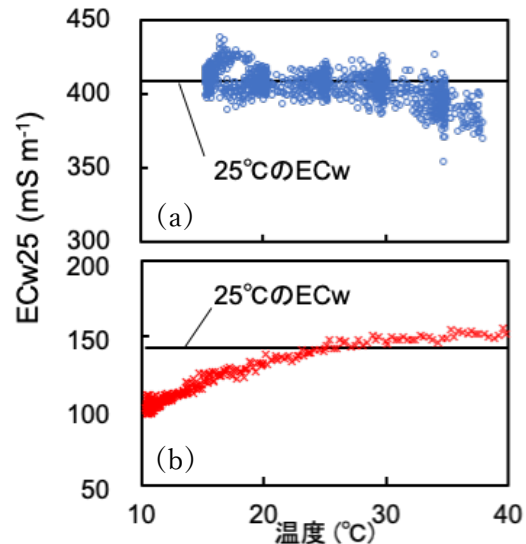


図2 Heimovaara 式(2)で補正した  $EC_w$   
 $EC_w$  compensated with Heimovaara eq. (2)