

植物根が土壌の電気特性および熱特性に与える影響の解明

Effects of plant roots on soil electrical and thermal properties

○小田奈苗¹, 小島悠揮², 神谷浩二²

Nanae Oda, Yuki Kojima, Kohji Kamiya

1. はじめに

植物根は土壌に対して、せん断補強や侵食抵抗強化、汚染物質浄化など多くの影響を及ぼす。このことから原位置での植物根量の定量化は重要な課題であり、サーモ TDR センサを用いて実現できる可能性がある。サーモ TDR センサによる植物根量の定量化には、植物根が土壌の電気特性と熱特性に与える影響を解明する必要がある。特に熱特性に関して、Fu et al. (2020)は、トウモロコシの根重密度の増加に伴い、土壌の熱特性が増加することを示したが、小田ら(2020)の研究では黒ボク土の熱特性はギニアグラスの生長と共に減少した。これらの相反する結果は、植物根が土壌に与える影響が植物や土壌の種類によって異なるためと予想される。よって本研究では、サーモ TDR センサによる植物根量の定量化実現を目指し、植物根が土壌の電気、熱特性に与える影響を複数の土壌と植物を用いて解明することを目的とした。

2. 研究方法

容積 5.5 L のポットで植物を生育した。植物にはギニアグラス、西洋芝、ダイズを採用した。土は黒ボク土と岐阜大学実験圃場で採取した土を採用し、それぞれ乾燥密度が 0.82 g cm⁻³, 1.12 g cm⁻³ でポットに充填した。播種後 20 日, 40 日, 60 日, 80 日, 100 日においてポットを解体し、ステンレス製 100 cc カラムを用いて植物根交じりの土を採取した。採取後、サーモ TDR センサをカラムに挿入し、土壌の電気特性と熱特性を測定した。サーモ TDR はプローブ外径 1.3

mm, 長さ 40 mm, プローブ間隔 6 mm のものを使用した。センサによる測定は、TDR100, データロガー CR1000, マルチプレクサー SDM8X50, AM16/32B (いずれも Campbell Scientific) を用いて 30 分間隔で 3 回行った。その後、根と土粒子を分離させ、取り出した根を水で洗い、炉乾燥 (24 時間 60°C) 後に根の乾燥重量を求めた。また、土壌も炉乾燥 (24 時間 105°C) にて含水比と乾燥密度を求めた。得られた根の乾燥重量を土壌体積で除すことで根重密度を求めた。根重密度とサーモ TDR センサの測定結果から植物根が土壌に与える影響を評価した。

3. 結果と考察**3.1 乾燥密度と根重量の変化**

ポット解体時の土壌の乾燥密度および根重量について表 1 に整理した。乾燥密度は圃場土では余り変化が見られなかったが、黒ボク土では植物根の生長により 0.03~0.07 g cm⁻³ 程度低下した。また根重量は、圃場土のほうが植物生育が良好で黒ボク土よりも 12~19 倍大きかった。圃場土と比較して黒ボク土では乾燥密度が低下しやすい傾向にあり、また植物の根重量が大きいほど乾燥密度低下が生じやすいことが分かった。

3.2 植物根が比誘電率に与える影響

炉乾燥により求めた体積含水率とサーモ TDR センサによって測定した比誘電率の関係性について、西洋芝の結果を図 1 に示した。また、その関係性を mixing model (Fu et al., 2020) で表現した。同程度の体積含水率の時、

表 1 乾燥密度と根重量の総和

| soil | experimental field soil | | | | kurojoku soil | | | | |
|------------------------------------|-------------------------|---------|----------|--------------|---------------|---------|----------|--------------|--------------|
| | plant | no root | soybeans | western turf | guinea glass | no root | soybeans | western turf | guinea glass |
| dulk density (g cm ⁻³) | | 1.25 | 1.21 | 1.24 | 1.25 | 0.75 | 0.68 | 0.7 | 0.72 |
| root mass (g) | | | 4.62 | 3.04 | 4.58 | | 0.793 | 0.242 | 0.27 |

1. 岐阜大学大学院自然科学技術研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Gifu University

2. 岐阜大学工学部 Faculty of Engineering, Gifu University

キーワード：植物根, 土壌電気特性, 土壌熱特性, サーモ TDR センサ

圃場土ではいずれの植物でも根の混入によって比誘電率が増加した。一方で、黒ボク土では、ダイズを栽培したポットでは根の混入の影響はほとんど見られなかった。また、西洋芝とギニアグラスを栽培したポットでは根の混入により比誘電率が低下した。これらの結果は、乾燥密度の変化傾向と、植物根の構造の違いによるものと考えられる。ひげ根を持つ植物は主根側根を持つ植物よりも土壌の比誘電率に与える影響が大きいことが分かった。また、圃場土において比誘電率への影響が大きいことから、根の混入量が多いと比誘電率への影響も増加することが明らかになった。

3.3 植物根が体積熱容量に与える影響

体積含水率と体積熱容量の関係性について、圃場土にてダイズとギニアグラスを栽培した結果を図2に示した。根の存在を考慮した体積熱容量モデル(Xie et al., 2019)を用いて関係性を表した。圃場土でダイズを栽培した場合、根の混入は体積熱容量に影響しなかった、一方で西洋芝とギニアグラスでは根の混入によって体積熱容量が増加した。黒ボク土の場合、どの植物においても体積熱容量に与える影響は小さかった。圃場土においてダイズの根が体積熱容量に与える影響が小さい原因は、比誘電率と同様に根の形状の違いにあると考えられる。主根と側根では、主根のほうが根径が大きいため、土壌の熱特性に与える影響が大きいと考えられる。しかし、主根がセンサ付近に含まれないとその影響が現れない可能性もある。

3.4 植物根が熱伝導率に与える影響

体積含水率と熱伝導率の関係性について、西洋芝の結果を図3に示した。根の存在を考慮した熱伝導率モデル(de Vries, 1963)を用いて関係性を表した。圃場土では、ダイズを栽培したポットでは熱伝導率が減少し、反対に西洋芝とギニアグラスを栽培したポットでは増加した。黒ボク土でも同様の傾向が見られたが、その変化量は極めて小さかった。西洋芝とギニアグラスに関して、圃場土で熱伝導率が増加したのはFu et al. (2020)の結果と一致しており、間隙率を植物根が減少させたためと考えられる。一方で、黒ボク土では根の生長に伴い乾燥密度が低下しているため、そのことを考えると熱伝導率は低下するはずである。しかし実際には変化が見られない

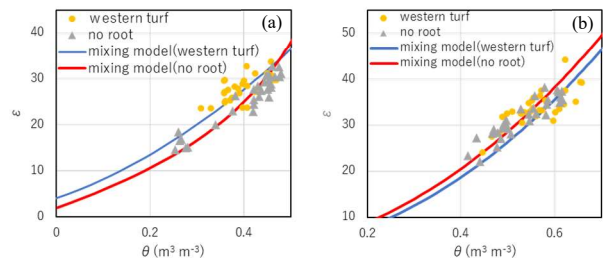


図1 圃場土での西洋芝の体積含水率と比誘電率の関係(a), 黒ボク土での西洋芝の体積含水率と比誘電率の関係(b)

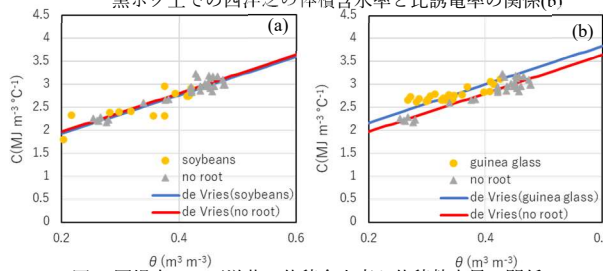


図2 圃場土での西洋芝の体積含水率と体積熱容量の関係(a), 黒ボク土での西洋芝の体積含水率と体積熱容量の関係(b)

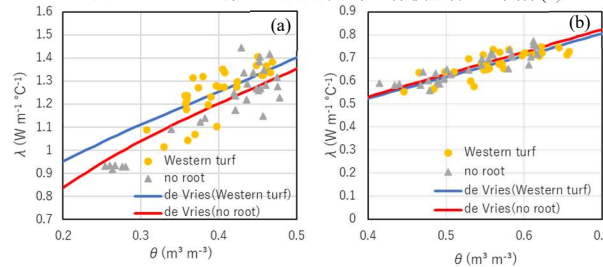


図3 圃場土での西洋芝の熱伝導率の関係(a), 黒ボク土での西洋芝の熱伝導率の関係(b)

ため、乾燥密度低下による熱伝導率の低下と根の生長による熱伝導率の増加が相殺していると考えられる。このことから、小田ら(2020)の結果は、乾燥密度低下による熱伝導率の低下量が根の生長による熱伝導率の増加量を卓越したために生じたと考えられる。

4.おわりに

本研究では、サーモ TDR センサを用いて植物根が土壌の電気特性と熱特性に与える影響を解明する取り組みを行った。植物と土壌の種類によって、その影響傾向と影響度は大きく異なることを明らかにし、既往研究の相反する結果を説明できた。より詳細な影響解明に向けて、今後は CT 等を用いた微視的評価や、画像解析に基づいたモデル解析等を進める。

【引用文献】

- de Vries, 1963. Physics of Plant Environment. 210-235.
- Fu et al., 2020. Geoderma.370:114352
- 小田ら, 2020.土壌物理学学会 2020 年度大会要旨集 P02
- Xie et al., 2020 SSSA Meeting, Poster Number 1238.