

| | |
|---------------|---|
| | ヨシダ トモヒロ |
| 氏 名 | 吉田 有宏 |
| 本籍（国籍） | 岩手県 |
| 学位の種類 | 博士（農学） |
| 学位記番号 | 連研第634号 |
| 学位授与年月日 | 平成27年3月23日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第5条第1項該当課程博士 |
| 研究科及び専攻 | 連合農学研究科 生物生産科学専攻 |
| 学位論文題目 | ソーダ質土壌の根圏において水溶性イオンがイネ科植物の生育に与える影響(The effects of soluble ions in the rhizosphere of sodic soil on the growth of gramineous plants) |
| 学位審査委員 | 主査 教授 河合 成直 副査 教授 伊藤 菊一 副査 教授 青山 正和 副査 教授 俵谷 圭太郎 |

論文の内容の要旨

本研究では、拡大が深刻化しているソーダ質土壌の植物栄養生理学的な特性、および、それらの植物に対する影響を検討した。

まず、ソーダ質土壌、石灰質土壌、および、黒ボク土の三つの土壌を比較し、土壌化学性や植物栄養元素の可給性を検討すると、ソーダ質土壌は、以下の植物生育に影響を与える可能性がある植物栄養生理学的な特性を持つことが明らかになった

- ① ソーダ質土壌は pH10 程度という高い値を示すこと。
- ② ソーダ質土壌の交換性陽イオンは Na^+ の割合が高いこと。
- ③ ソーダ質土壌は水溶性 CO_3^{2-} , HCO_3^- を多く含むこと
- ④ 多量に含まれる Na^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- によって、ソーダ質土壌は高い EC を示すこと。
- ⑤ ソーダ質土壌では、可給態 P は石灰質土壌と同程度であるが、その 1/5 が水溶性で存在し、溶解性が高いこと。
- ⑥ ソーダ質土壌では多量の Si が溶出し、これは HSiO_4^{3-} や SiO_4^{4-} のような形態のケイ酸イオンの形成によると考えられること。
- ⑦ ソーダ質土壌では、多量の Fe が溶出し、これは Fe-WEHS などの形成によると考えられること。
- ⑧ ソーダ質土壌では多量の Al が溶出し、これは Al(OH)_4^- と Al-WEHS の形成によると考えられること。

そして、実際にソーダ質土壌で生育する耐性植物シオチガヤをモデル植物に、これら 8 つのソーダ質土壌の特性が植物生育に与える影響を検討した。その結果、以下のソーダ質耐性植物の生育応答が明らかになった。

- ① ソーダ質土壌では、アルカリストレスが塩ストレスに対する耐性を弱め、ソーダ質耐性植物は Na に優先する、多量必須金属元素吸収能力を持つこと。

- ② ソーダ質条件下では $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$ の競合により、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} や NO_3^- などの吸収阻害、および、それによる MA s 合成分泌系の破壊が生じる可能性が高いこと。しかし、ソーダ質耐性植物それらの程度が小さく、またソーダ質耐性植物は $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$ の植物生育に対する有用性が考えられること。
- ③ ソーダ質土壌では金属-WEHS が溶出し、ソーダ質条件下での MA s 分泌能力に優れるソーダ質耐性植物にとって、それら金属-WEHS は植物栄養に有用である可能性が考えられること。
- ④ $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^-$ によって、MA s は金属錯体形成が阻害されること。
- ⑤ アルカリ条件 (pH10) 下では、溶出した $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ による植物生育に対する直接的な害作用が生じること。また、アルカリ条件 (pH10) 下では、 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ の競合などによる P や S などの吸収阻害が生じる可能性が考えられること。さらに、アルカリ条件 (pH10) 下では、 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ により MA s 合成分泌系が破壊されることなどが考えられること。そして、アルカリ条件 (pH10) 下では、ソーダ質耐性植物は $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ に対する耐性を持つことが考えられること。
- ⑥ ソーダ質条件下ではアルカリ条件下で見られたシオチガヤの $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ の害作用に対する耐性が小さくなること。
- ⑦ アルカリ条件下、及び、ソーダ質条件下では、植物生育に対する SiO_4^{4-} の有用性があり、 SiO_4^{4-} による $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ による害作用の緩和があること。また、アルカリ条件下、および、ソーダ質条件下では、 SiO_4^{4-} による植物体 P 欠乏の危険性があること。
- ⑧ アルカリ条件下、及び、ソーダ質条件下では、過剰量の Fe による植物体の P 欠乏の可能性が考えられること。

ソーダ質土壌における、これらの新たな植物栄養生理学的な特性を引き起こす要因は、pH10 という極めて高い土壌 pH であると考えられた。そして、これら特性の中で、自然条件下で Si と Al がイオン化し溶出する土壌は現在ソーダ質土壌以外には考えられないため、Si と Al の溶出は最も特徴的であると考えられた。

ソーダ質土壌における、Al 溶出に関する報告は乏しく、ソーダ質条件下の Al 害が、ソーダ質耐性植物の生育に与える影響を検討した報告は、我々が知る限り存在しない。さらに、ソーダ質土壌から多量の Si が溶出し、これが $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ による生育阻害の緩和など、植物生育に大きな影響を与える事象は我々が知る限りいまだ報告されておらず、おそらく世界初の知見であると考えられた。このように、本研究により、ソーダ質土壌委は他の土壌にはない様々な特徴的な性質が存在することが示された。また、そこで生育するシオチガヤなどのソーダ質耐性植物は、他の植物にはない特性を持つ可能性が示唆された。

本研究の結果以外にも、ソーダ質土壌やソーダ質耐性植物は、未知の特性を持つ可能性が考えられる。今後も、植物栄養生理学的な観点、さらには、多くの学問分野の観点による、より大局的にソーダ質土壌やソーダ質耐性植物をとらえることで、ソーダ質土壌の拡大を防ぎ、21 世紀の食糧問題の一助となりうるような研究を進めていく必要がある。

論文審査の結果の要旨

本研究は、中国東北部のソーダ質土壌の植物栄養生理学的な特性、および、それらの植物生育に対する影響とその耐性を検討したものである。

まず、ソーダ質土壌、石灰質土壌、および、黒ボク土の 3 つの土壌を比較し、土壌化学性

や植物栄養元素の吸収機構と、ソーダ質土壌は、以下の植物生育に影響を与える可能性がある植物栄養生理学的な特性を持つことが明らかになった。

そして、実際にソーダ質土壌で生育する耐性植物シオチガヤをモデル植物に、これら8つのソーダ質土壌の特性が植物生育に与える影響を検討した

ソーダ質土壌における、これら植物栄養生理学的な特性を引き起こす要因はpH10という土壌pHであると考えられた。そして、これらの特性の中で自然条件下でSiとAlがイオン化し溶出する土壌は、現在、ソーダ質土壌以外には考えられないため、SiとAlの溶出は最も特徴的であると考えられた。

Na型アルカリ土壌、Al溶出に関する報告は乏しく、ソーダ質条件下のAl害がソーダ質耐性植物の生育に与える影響を検討した報告は、我々が知る限りでは存在しない。さらに、ソーダ質土壌から多量のSiが溶出し、これがAl(OH)₄⁻、Fe、Pによる生育阻害の緩和など、植物生育に大きな影響を与える事象は、おそらく世界初の知見であると思われた。本研究により、ソーダ質土壌には様々な特徴的な性質を持つことが示され、そこで生育するシオチガヤなどのソーダ質耐性植物は、他の植物にはない特性を持つ可能性が示唆された。

本研究以外にも、ソーダ質土壌やソーダ質耐性植物が、未知の可能性を持っていることが示される可能性がある。今後も、さらに、多くの学問分野の観点により研究を行う必要がある。

本研究は、上記のようにソーダ質土壌における植物の耐性について検討を行い、有意義な結果を得た。「本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値あるものと認めた。」

学位論文の基礎となる学術論文

1. T. Yoshida, L. Zhao, H. B. Wang, A. Sato, A. K. Xu, M.Q.Zhao, B. L. Qi, X. M. Guo and S. Kawai (2014)
The high metal macronutrients selectivity over Na⁺ of *Puccinellia chinampoensis* Ohwi in the rhizosphere of sodic soil. International Journal of Plant & Soil Science 3(12): 1552-1566.
2. T. Yoshida, H. Kudo, L. Zhao, H. B. Wang, A. Sato, S.K. Xu, M. Q. Zhao, B. L. Qi, X.M. Guo and S. Kawai (2014)
Iron solubilization activity of mugineic acid and secretion of mugineic acid family of phytosiderophores by barley and *Puccinella chinampoensis* Ohwi under sodic conditions. International Journal of Plant & Soil Science 4(4): 297-311.
3. T. Yoshida, K. Namioka, L. Zhao, H.B. Wang, A. Sato, A. K. Xu, M. Q. Zhao, B. L. Qi, X. M. Guo and S. Kawai (2014)
The relationship between electrical conductivity and growth of gramine with varied tolerance to sodic saline condition —selectivity of K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺ over Na⁺ in *Puccinellia chinampoensis* Ohwi. International Journal of Plant & Soil Science 5(3): 175-185.