

# 粘土鉱物の荷電特性を利用した植物の養分吸収に関する研究

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-09-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 小倉, 裕司 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/16720">http://hdl.handle.net/10291/16720</a>

# 2013 年度 農学研究科

## 博士学位請求論文 (要旨)

### 粘土鉱物の荷電特性を利用した植物の養分吸収に関する研究

学位請求者 農芸化学専攻  
小倉裕司

#### 内容の要旨

第 1 産業である農業は、人間が生存するためには必須の食料を生産する最も基本的な産業である。今日、わが国では高度経済成長に伴う第 2 次産業、第 3 次産業へのシフトにより、第 1 産業である農業は相対的に減少し、1965 年の食料自給率はカロリーベースで 73%であったが、年々減少し、2012 年では 39%となった(農林水産省, 2012)。これは先進国中最低水準であり、食料を安全に供給するためには効率的な農業生産が必要である。

元来、日本の農業は化学肥料や農薬を多く投入することで、生産性の向上や品質を安定化させてきた。しかし、一方では過剰の化学肥料は作物に吸収されずに流亡し、地下水や河川が汚染される等の環境問題を引き起こしてきた。特に、硝酸態窒素による環境負荷は世界的にも問題となっている。硝酸態窒素を多量に含んだ水を乳児が飲むとメトヘモグロビン血症を引き起こす。さらに、野菜類に含まれる硝酸イオンの過剰摂取によってもメトヘモグロビン血症や発ガン性物質生成の可能性が指摘され、人体に悪影響を及ぼすとされている(岡崎ら, 2006)。そこで、現在わが国は環境負荷の低減を目指し、環境保全型農業を推進している。環境保全型農業は化学肥料と農薬の使用量を従来の栽培よりも 50%以下に削減して食糧生産を行う農業である。実際、環境保全型農業に取り組んでいる農家は全体の農家数の約 20%である。その他の約 80%の農家は環境保全型農業に取り組んでいないのが現状である。この理由として、化学肥料を減らすことによる生産力の低下、農薬の使用を減らすことによる、害虫の防除が困難になるなどが挙げられる。また、環境保全型農業は経費がかかるうえに、所得が増えないことが最大の問題点であると考えられる。しかし、環境

負荷による人体の影響を考えると、環境負荷が小さい農業を行うことは望ましい。

一方、土壌を用いない養液栽培は自動化や機械化が進み、生産性の向上が可能である栽培法であると関心がもたれ、年々養液栽培面積は増加している(池田英男, 2002)。養液栽培は水耕、噴霧耕、固形培地耕に大別できる。また、培養液の給液方法は培養液を廃棄せずに再利用して栽培する閉鎖系システムと、培養液をかけ流して廃棄する非閉鎖系システムに大別できる。さらに、閉鎖系システムは培養液を循環再利用させる循環式システムと非循環式システムに分けられる。実際わが国の養液栽培システムは湛液型循環式水耕(DFT)、薄膜水耕(NFT)、ロックウールを培地とする循環式あるいはかけ流し式の固形培地耕の 3 つが広く普及している(糖谷明, 2002)。循環式養液栽培システムは培養液の再利用を行うシステムであるが、実際の栽培においては培養液の更新が行われ、大量の廃液がでるのが現状である。これら廃液の排出量を少なくするためには、培養液分析によって成分組成を管理することが必須であるが、実際の農家では分析は困難である。分析には分析機器の使用に関する知識が必要である。また、分析機器は高額であり、一般の農家が保持することは難しい。よって、養液栽培においては多くの肥料成分を含んだ廃液がでるため、環境負荷が懸念される。

そこで、本報告では、土壌が持っている荷電特性を利用し、これらの問題点を改善することを目標として、植物の栄養吸収について分析研究を行った。従来の露地栽培の研究では、低肥料下での栽培方法や緩効性肥料の研究が行われてきた。これは、植物と肥料の関係に着目した研究である。しかし、土壌の荷電は肥料の養分保持能に関わっている大事な機能であるが、植物栽培と関連付

けて無機成分の吸収に着目した研究は見受けられない。一方、養液栽培は、培養液の更新がされるため、多量の肥料成分を含む廃液が環境へ排出するが、養液栽培による環境負荷の低減に関する研究は少ない。そこで、本研究は土耕栽培および水耕栽培に土壤中の粘土鉱物が有する荷電特性を利用し、植物の養分吸収に与える影響について述べた。

第2章では、土壤の pH によって荷電量が変化する変異荷電特性（非晶質粘土鉱物アロフェン）を有する黒ボク土壤と、土壤の pH によって荷電量が左右されない永久荷電特性（結晶質粘土鉱物）を持つ2つの土壤を用いた。2種類の土壤の土壤 pH を変化させて、供試作物としてミニトマトを栽培し、養分吸収を検討した。養分吸収については、変異荷電特性である黒ボク土壤において、陽荷電を発現している試験区で栽培したトマトの全窒素含有量は高かった。これは、土壤に硝酸イオンが吸着保持されることによって、流出量が少なくなったためと考えられた。また、陰荷電を発現している試験区で栽培したトマトは、陽イオンの吸収量が多かった。特にカリウムの吸収が多かった。これは、土壤の陰荷電に陽イオンが吸着保持されたため流出量が少なく、また1価の陽イオンの吸着力が2価の陽イオンの吸着力よりも弱いため、効率よく植物に吸収されたと考えられた。一方、永久荷電を有する土壤で栽培したトマトは、土壤 pH による養分の吸収に差は見られなかった。

第3章では、土壤の pH によって荷電量が変化する変異荷電特性（非晶質粘土鉱物アロフェン）を有する黒ボク土壤と、土壤の pH によって荷電量が左右されない永久荷電特性（結晶質粘土鉱物）を持つ2つの土壤を用いた。2種類の土壤の土壤 pH を変化させて、供試作物として大玉トマトを栽培し、果実の呈味成分について検討した。果実の収穫量については、土壤の荷電特性の影響は小さく土壤 pH に影響を受けることが示された。糖度は、沖積土と黒ボク土壤を比較すると、第1段果房および第2段果房で沖積土が高い傾向を示した。これは、土壤の荷電特性の影響ではなく、沖積土が黒ボク土壤よりも乾燥しやすい傾向であったため、水分ストレスによって沖積土で糖度が高くなったと考えられた。また、酸度、グルタミン酸、プロリンにおいては統計的な有意差がみられないことから、荷電特性による影響は明らかではなかった。

以上のことから、変異荷電を有する土壤において、土壤 pH を変化させることによって、特定要素の植物の養分吸収の制御ができると考えられた。これは、肥料の施用量の削減および養分の流亡の阻止に有用であると考えられた。

第4章ではトマトの水耕栽培において、培養液に土壤から分離した粘土画分を添加することによって、トマトの生育および無機成分の吸収に与える影響を検討した。結果、非晶質区で生育や植物体中の無機成分含有量および果実中の無機成分含有量が多い傾向が示された。また、培養液分析においても、非晶質区では5月下旬の果実肥大期以降から成分吸収速度や成分濃度が高く推移していたため、より多くの無機成分を吸収することができ、果実収量が多い傾向が示された。これは、アロフェンのイオン交換基は粘土鉱物の表面にあり、かつイオン交換基の酸性的性質は弱酸的で構成され、植物の必須多量元素の陽イオン吸着力が弱いと考えられた。また、アロフェンの CEC は添加した結晶質粘土鉱物（パーミキュライトを除く、クロライト、イライト、カオリナイトの3種）より高い割合を示し、多くの無機元素が吸着される。即ち、アロフェンに多く吸着された無機元素は、吸着力が弱いため、植物根との接触によって容易に植物根表面のイオン濃度が高まったため、効率的に植物体内に取り込まれたと推測された。

以上のように、粘土画分を添加することによって、植物の養分吸収に影響を与えることが示された。特に、非晶質粘土鉱物を添加することで培養液内の無機成分を多く植物に吸収させられることが示された。よって、培養液中の肥料成分を多く植物に吸収させることにより、培養液の更新時において、環境へ排出される廃液中に含まれる肥料成分を少なくし、環境負荷を低減できると考えられた。

以上のことから、本博士学位請求論文においては、粘土鉱物が持つ荷電特性を土耕栽培と水耕栽培に利用し、植物の養分吸収の影響について研究を行った。その結果、土耕栽培において、変異荷電特性を持つ非晶質粘土鉱物アロフェンは、陽荷電を発現している場合は硝酸イオンを吸着保持するため、植物の硝酸イオンの吸収が多くなることを示した。一方、陰荷電を発現している場合は陽イオンを吸着保持し、粘土鉱物の陰荷電量に応じて植物の陽イオンの吸収が多くなることが示された。特に1価

の陽イオンであるカリウムで多くなることが示された。水耕栽培においては、粘土鉱物を添加することで植物の養分吸収が多くなることが示された。特に、非晶質粘土鉱物アロフェンのイオン交換基は弱酸的の性質を示し、植物の必須多量元素である陽イオンの吸着力が弱いことから、培養液中の陽イオンを多量に吸着したアロフェンが植物根と接触した際に、容易に植物根表面のイオン濃度が高まったため、効率的に植物体内に取り込まれたと推測された。

以上より、粘土鉱物の荷電特性は土耕栽培だけでなく、水耕栽培においても植物の養分吸収に影響を与えることが示された。これは、将来、土壌もしくは粘土鉱物の荷電を利用することによって、肥料の有効利用や削減を可能とし、環境負荷の低減につながると考えられた。