

氏 名	し 清 水 顕 史
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1512 号
学位授与の日付	平 成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 農 学 専 攻
学位論文題目	Genetic tolerance of rice (<i>Oryza sativa</i> L.) to iron toxicity and phosphorus deficiency (イネの鉄過剰害とリン酸欠乏に対する耐性の遺伝)
論文調査委員	(主 査) 教 授 谷 坂 隆 俊 教 授 遠 藤 隆 教 授 山 末 祐 二

論 文 内 容 の 要 旨

発展途上の多くの国では、急激な人口増とこれに逆らうかのような耕地面積の減少が大きな問題となっている。この問題によって生じる食料不足を解決するための一つの方策として、不良(問題)土壌においても経済栽培が可能な作物品種の育成があげられる。本研究では、世界の半数以上の人口が主食とする最重要作物のイネを実験材料とし、また、東南アジア・アフリカ地域の水田で問題になっている鉄過剰とリン酸欠乏を土壌ストレスとしてとりあげ、まず、栄養ストレスを再現するための検定方法の開発、さらに量的形質遺伝子座(QTL)解析法を効率よく行うための汎用電気泳動装置の開発を行った。次いで、QTL解析によって不良土壌に対する耐性遺伝子の有無およびそれらの染色体上の位置を探るとともに、耐性の遺伝的メカニズムについて解析した。その主な内容は以下のとおりである

1. 水耕栽培中の水温を約 20℃ に保つことによって、溶液中に過剰に供給した二価鉄のイネ茎葉への吸収が促進されること、その結果、耐性品種と感受性品種の判別が容易になることを示した。この鉄過剰害検定法を用いることにより、耐性品種の選抜や分離集団の評価に必要な数百個体の幼植物体の耐性判別を再現性よく行えることが判明した。

2. 高率率的な遺伝子型判別を行える汎用電気泳動装置 HEGS (High Efficiency Genome Scanning) を開発した。この装置とイネ組換え自殖系統を用いて、AFLP および SSR マーカー計 1128 座からなる高密度連鎖地図を作成した。

3. 養分欠乏と鉄過剰害の複合ストレスに対する耐性の遺伝を明らかにするため、カリウム欠乏あるいはリン酸欠乏下の過剰鉄蓄積に関する QTL の解析を行った。日本型イネ品種銀坊主とインド型イネ品種 Kasalath の交雑 F₃ および F₈ 集団を養分欠乏下で 4 週間育成した後、過剰二価鉄の 48 時間処理を行い、茎葉における養分含量を調査した。その結果、いずれの世代および養分欠乏ストレス条件においても染色体 3 と 4 に茎葉の過剰鉄蓄積に関する QTL が検出された。リン酸欠乏処理した植物体では過剰鉄の吸収が抑制される現象がみられ、関与 QTL も検出された。

4. リン酸欠乏下で根の伸長が促進される Kasalath と促進されない銀坊主との交雑 F₃ 集団および F₈ 集団において共通の QTL (染色体 6 の長腕) が検出された。さらにリン酸欠乏下でみられる過剰鉄の吸収抑制に関する QTL を解析したところ、検出された一つの QTL が染色体 6 の長腕の同じ領域に位置することが JointQTL 法によって確認された。

5. 検出されたリン酸欠乏応答形質に関わる遺伝子座を、日本晴ゲノムの遺伝的背景をもつ Kasalath 染色体部分置換系統群を用いて確認した。スクリーニングの結果、Kasalath の染色体 6 の長腕をもつ系統は、リン酸欠乏下で根が伸長すること、また、この置換領域はリン酸欠乏下における分げつ数の増加をもたらすことが明らかになった。

以上の結果より、問題土壌耐性のような量的な形質の研究には QTL 解析法がきわめて有効であること、また、染色体 6 の長腕上に検出された遺伝子は問題土壌に適應するイネの育種に有効であることを示した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

植物の栄養ストレスに対する耐性は、複数の遺伝子座が関与する量的形質として発現する。イネにおいても各種栄養スト

レス耐性についての遺伝解析結果が報告されているが、結果の再現性は必ずしも高くなく、検出された耐性遺伝子の単離の例さらに育種への応用例はほとんどない。栄養ストレス耐性について再現性の高い遺伝解析を実施するためには、ゲノム全体を網羅する飽和連鎖地図の作成など遺伝学的手法のみならず、ストレスの検定方法や調査対象の耐性形質の測定において植物栄養学的手法を確立する必要がある。本論文は、鉄過剰害の大量検定法の開発と高密度染色体地図の作成を行った後に、イネの鉄過剰害やリン酸欠乏の耐性に関わる量的形質の遺伝解析を行い、関与遺伝子の同定を試みたものである。評価すべき主要な点は以下のとおりである。

1. 水耕液の温度を 20°C 付近に下げることによって、溶液中に過剰に供給した二価鉄のイネ茎葉への吸収が促進され、感受性品種の判別が容易になることを明らかにした。この鉄過剰害検定法を用いると、耐性品種の選抜や分離集団の評価に必要な数百個体の幼植物体の耐性判別を再現性よく行えることを示した。
2. 高能率的に遺伝子型の判別を可能にする汎用電気泳動装置を開発し、組換え自殖系統を用いた高密度連鎖地図をごく短期間に作成した。
3. リン酸およびカリウム欠乏下における過剰鉄蓄積に関わる QTL 座の解析を、F₃、F₈ 集団および異なる栄養欠乏ストレス条件を用いて行い、染色体 3 と 4 に茎葉の過剰鉄蓄積に関与する主働遺伝子座を検出した。
4. リン酸欠乏によって根の伸長が促進される特性に関して品種間差異があることを見出し、分離集団を用いた遺伝解析から、この形質に関与する遺伝子座が染色体 6 の長腕に座乗することを明らかにした。
5. 染色体部分置換系統を用いた検定試験によって、染色体 6 の長腕がイネ品種 Kasalath のものに置換された系統は、リン酸欠乏に応答して根を伸長させることを明らかにした。

以上のように、本論文は、開発途上国に広く分布する問題土壌に適応するイネ品種の改良に視点をおいて、イネのリン酸およびカリウム欠乏下における過剰鉄蓄積に関わる量的遺伝子座の精細な解析を行うとともに、リン酸欠乏に応答する根の伸長を制御する遺伝子の座乗染色体断片を同定したものであり、得られた新知見は育種学、遺伝学およびそれらの応用分野に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成17年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。