

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 Tran Thi Thiem

### 論文題目

Functional roles of root plasticity in growth as affected  
by drought stress, nitrogen application, and soil compaction  
and their interaction in rice

( イネの生育に果たす根の可塑性の機能的役割  
割に対する乾燥ストレス、窒素施肥ならび  
に土壌圧縮とそれらの相互作用の影響 )

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学教授	山内	章
委員	名古屋大学教授	渡邊	彰
委員	名古屋大学准教授	犬飼	義明
委員	名古屋大学助教	三屋	史朗

天水田におけるイネの生産性は灌漑水田と比べて低く、その要因として土壌水分が乾燥と過湿の間を大きく変動する水ストレス、および窒素欠乏による養分ストレスが挙げられる。さらに土壌圧縮も、植物根系の発達を抑制することによって、作物の収量を減少させる原因となる。一方、植物は、根系の表現型およびその機能を発育学的に変化させることによって、乾燥ストレス、窒素欠乏または過剰の養分ストレス、および土壌圧縮という環境ストレス要因に適応する。そのような可塑的根系発育（根の可塑性）はイネの水ストレスに対する適応機構において重要な役割を果たしていることが実証されてきた。これまでの研究において、乾燥ストレス実験において、イネ品種日本晴とカサラスとの戻し交雑から作製された 54 系統の染色体部分置換系統群（CSSLs）のうち、系統 50 番のみ、比較的軽度な土壌乾燥条件下で供試親の日本晴よりも顕著に高い地上部乾物生産を示した。またその理由として、系統 50 番は軽度土壌乾燥条件下で根長を増加させることによって、乾燥条件下で根系が発育的可塑性を発揮したことが明らかにされた。

そこで、本研究では、まず根系における発育的可塑性の発現と、その水吸収および乾物生産への貢献度が、窒素施肥量の違いによって影響を受けるのかを調べるために、異なる水分および窒素条件における根系発育程度、水吸収、および乾物生産の評価をおこなった（第 2 章）。さらに、土壌中における窒素形態は、土壌水分により変化する。そこで第 3 章では、水欠乏により引き起こされる根の可塑性が、土壌中の窒素形態の変化によりどの程度影響を受けるのかを調べた。さらに、圧縮土壌は根の生育を抑制するが、一方で根表面と土壌粒子との接触がより緊密になることにより養分吸収が促進されることが報告されている。そこで第 4 章では、窒素吸収に及ぼす土壌圧縮の影響を調べるとともに、軽度土壌乾燥ストレスと窒素施肥の相互作用により引き起こされた根系の発育的可塑性の発現に土壌圧縮がどのように影響するのかを調べた。

イネの品種日本晴および、日本晴とカサラスの交配に由来する CSSL50（系統 50 番）を本研究に用いた。第 2 章では、ビニールハウス内の圃場に土壌水分勾配装置を設置し、土壌深さ 0-10 cm の平均土壌含水率(SMC)が 2.8-29.1% w/w の連続的水分勾配条件下で植物体を生育させた。3 段階の窒素施肥量（60, 120, 180 kg N ha<sup>-1</sup>）区を設けた。移植後 85 日目に収穫した。さらに、2.5 kg の風乾砂壤土を詰めたポリ塩化ビニル製根箱（25 cm×2 cm×40 cm、長さ×幅×高さ）を用いて播種後 38 日目まで育てた。3 段階の異なる土壌含水率を処理した。すなわち湛水条件を対照区とし、土壌含水率 25 および 20% w/w を乾燥ストレス区とした。さらに 3 段階の窒素施肥量区（60, 120, 180 mg）を設けた。第 3 章では、ポットを用いた土耕により播種後 50 日目まで生育させた。乾燥ストレス処理として、湛水条件を対照区とし、土壌含水率 20% w/w を乾燥ストレス区とした。さらに 6 つの異なる形態の窒素施肥を行った。すなわち、アンモニア態窒素のみ；アンモニア態窒素および硝化阻害剤；硝酸態窒素のみ；硝酸態窒素および硝化阻害剤；アンモニア態と硝酸態窒素の混合；アンモニア態と硝

酸態窒素の混合および硝化阻害剤、のいずれかを 1 ポット当たり 360 mg N となるように施した。硝化阻害剤としてジシアンジアミドを用い、1 ポット当たり 100 mg ずつ施した。第 4 章では、風乾砂壤土を容積重がそれぞれ  $1.25 \text{ g cm}^{-3}$  (対照区) または  $1.50 \text{ g cm}^{-3}$  (圧縮土壌区) となるように充填した根箱を用いて播種後 38 日目まで育てた。乾燥ストレス処理として、湛水条件を対照区とし、土壌含水率 20% w/w を乾燥ストレス区とした。さらに 3 段階の窒素施肥量区 (30, 60, 120 mg) を設けた。

本研究の結果、第 2 章における強い乾燥ストレス条件および適湿条件下、およびその他の章における湛水条件下において、日本晴と系統 50 番の間には地上部乾物生産および根系生育量の有意な差は認められず、その傾向は異なる窒素施肥量 (第 2 章)、窒素形態 (第 3 章)、および異なる容積重の土壌を用いた場合 (第 4 章) も同様であった。一方、軽度土壌乾燥ストレス条件下では (第 2 章の圃場試験における土壌含水率 17-25% w/w および根箱試験における 20-25 % w/w、第 3,4 章における 20% w/w)、系統 50 番は日本晴に比べて顕著に高い地上部乾物生産、光合成関連生理パラメータ、および根系生育を示し、その傾向は異なる窒素施肥量 (第 2 章)、窒素形態 (第 3 章)、および異なる容積重の土壌を用いた場合 (第 4 章) も同様であった。軽度な土壌乾燥ストレス条件下における系統 50 番の示す高い地上部乾物生産量は、主として側根の発育が促進されて総根長が増加するという根の可塑的な表現型に起因したが、この根の発育的可塑性は窒素施肥の少肥区に比べて多肥区においてより顕著であった (第 2 章)。したがって、窒素施肥は軽度な土壌乾燥ストレスによって引き起こされる根系の発育的可塑性の発現を促進させ (第 2 章)、そのことが水吸収量の増加 (第 2 章)、および乾物生産量の増加につながった。さらに、軽度土壌乾燥ストレス下で系統 50 番が示す根系の発育的可塑性の発現は、施肥した窒素の形態には依存しなかった (第 3 章)。また土壌圧縮は、与えた窒素施肥の量に関わらず日本晴と系統 50 番の地上部および根の生育を減少させたが、根系発育の抑制程度は系統 50 番に比べて日本晴において著しく、その結果、日本晴の地上部乾物生産もより減少した。また、系統 50 番と日本晴における側根長および総根長の差は、対照区に比べて圧縮土壌区においてより顕著であった。このことより、土壌圧縮は、軽度土壌乾燥ストレスと窒素施肥の相互作用により発揮された根系の発育的可塑性の発現を促進することを示した。

以上のように、本研究は、水ストレスに対する根系の可塑的発育反応が天水田に適応するための重要な形質であり、その発現の程度が、窒素施用量に影響されること、また窒素形態には影響されないことから、根の発育的可塑性は乾燥ストレスのみに対して応答し発揮されること、さらに土壌圧縮に影響されることを明らかにし、今後のイネの栽培技術の向上ならびに品種育成に大きく貢献すると認められる。したがって審査委員会は、本論文が博士 (農学) の学位論文として十分な価値があると認め、論文審査に合格と判定した。