

主論文の要約

(博士論文のインターネット公表保留のため)

論文題目： イネ耐旱性における土壌乾燥ストレスに応答した
根系の発育的可塑性の役割

名古屋大学大学院生命農学研究科
生物圏資源学専攻
循環資源学研究分野

亀岡 笑

天水田イネの栽培面積は世界のイネ栽培面積のうち約3分の1を、とくにアジアにおいてはイネ栽培面積のうち約半分を占める。天水田では平均反収が灌漑水田イネの半分以下に留まっており、天水田での生産性向上は世界全体のイネ生産量の増加に大きく貢献すると考えられる。イネは他の作物と比較して特に乾燥に弱く、土壌乾燥は天水田でのイネ生産性低下の大きな原因となっている。すなわち天水田でのイネ生産性を向上させるためには、天水田特有の土壌乾燥ストレスに適応するための形質の同定が急務である。そこで本研究では、根系の水吸収能改善を通じて天水田における生産性を向上させることを目指し、特に土壌乾燥に対する根系発育の可塑性および根の通導性変化に着目して、天水田イネの根系が具備すべき形質を、発育学的、生理学的観点から明らかにすることを目的とした。

1. 標高の増加に伴う土壌乾燥条件下において根系発育の可塑性が水吸収に果たす役割

天水田イネ栽培地域では標高増加に伴う土壌乾燥の発生によってイネ収量が低下することが報告されているが、一方で標高増加に伴う土壌乾燥が根系の形態的発育および水吸収能へ及ぼす影響については明らかとなっていない。第1章では深さが30 cmから70cmの傾斜模擬圃場装置を用いて、標高の増加に伴う土壌乾燥条件下において根系発育の可塑性が水吸収に果たす役割を評価することを目的とした。

まず本傾斜模擬圃場装置において、地下水位を人為的に変化させることによって土壌乾燥ストレス強度の制御が可能となること、ならびに標高の増加(地下水位の低下)に伴い土壌表層の乾燥強度が連続的に強まることを確認した。続いて同傾斜模擬圃場装置を用い、タイ天水田で広範に栽培され側根

発育に優れた水稲 KDML105、および深根性に優れた陸稲 IRAT109 を供試し、硬盤層が存在しない天水田を想定した栽培試験を実施した。その結果、KDML105 は標高の増加に伴う地下水位の低下に対し、側根発育の可塑性を土壤表層において特異的に発揮したが、一方で地上部乾物重を有意に低下させた。対照的に IRAT109 は標高の増加に伴う地下水位の低下に対し、土壤深さごとの根重の配分比率を可塑的に変化させ、土壤深層において側根発育の可塑性を発揮した。すなわち IRAT109 は地下水位が低下するに従って、根重および根長を、土壤浅層では顕著に低下させ、一方で土壤深層では顕著に増加させ、その結果、地下水位の低下にかかわらず、地上部乾物重を一定に維持した。

これらの結果を通じて、標高の増加に伴う地下水位の低下に対して根系の吸水能および地上部乾物生産を維持するためには、地下水位の変化に従って根系資源分配を可塑的に変化させ、より多くの水分が存在する土壤層において根系発育の可塑性を発揮させることが重要であることが明らかとなった。一方、標高のばらつきが少ない天水田では、土壤表層から硬盤層までの深さの土壤層（より多くの水分が保持される）において根系発育の可塑性を発揮させることが吸水能において重要な役割を果たすことが示唆された。

2. 異なる強度の乾燥土壤条件下における側根および節根発育が根系の発育的可塑性に果たす役割

第 2 章では、KDML105 と IRAT109 を含めた遺伝背景の大きく異なる 6 品種を供試し、硬盤層の存在を想定した深さ 20 cm の圃場において、ラインソーススプリンクラー法によって土壤水分勾配条件を形成し、異なる乾燥強度が節根発育および側根発育に及ぼす影響について検討した。その結果、側根発育は軽度～中程度の土壤乾燥によってすべての供試品種で促進されたが、節根発育は乾燥強度に対して品種ごとに異なる反応を示した。すなわち軽度の土壤乾燥では節根発育がすべての品種において維持される一方で、中程度の土壤乾燥では KDML105 を含む複数の品種において節根発生の顕著な抑制が確認された。根系の吸水能の指標とされる総根長との相関関係を調べた結果、側根発育は軽度の土壤乾燥において、節根発育は中程度の土壤乾燥において、それぞれ総根長との間に正の有意な相関関係を示した。これらの結果から、節根発育は側根発育に比べて土壤乾燥による抑制程度が大きいこと、また土壤乾燥の強度によって総根長を規定する根系形質が異なることが明らかとなった。

さらに同栽培試験において、軽度～中程度の土壤乾燥に対して総根長が顕著に増加し、一方で地上部乾物重が顕著に抑制される品種が見出され、土壤乾燥によって単位根長あたりの吸水能（水通導性）が抑制されること、さらに

その抑制程度に品種間差が存在することが示唆された。

3. 乾燥土壌条件下において発揮される側根の発育的可塑性が水通導性決定に果たす役割

第3章では、土壌乾燥が根の水通導性および根系の形態的発育へおよぼす影響を評価することを目的とし、第2章で用いた6品種にLTH（ジャポニカ育成品種）を加えた7品種を供試して栽培試験を行った。乾燥区と湿潤区の2処理区を設け、土壌を充填した直径4 cm、高さ50 cmのマイラー樹脂円筒管にそれぞれの品種を直播し、グロスチャンバー内にて21日間栽培した後、プレッシャーチャンバー法を用いて根系全体の水通導性を測定した。その結果、全品種において根表面積あたりの水通導性（以下、 L_{pr} ）は土壌乾燥によって顕著に低下し、さらに土壌乾燥に対する L_{pr} の低下割合には品種間差が認められた。土壌乾燥が根系発育に及ぼす影響について根系形質ごとにとみると、節根発育は土壌乾燥によってすべての品種で同程度に抑制されたが、側根発育に対して土壌乾燥が及ぼす影響には品種間差が認められた。すなわち土壌乾燥によって直径0.10 mm~0.20 mmの側根発生はすべての品種で促進され、一方で土壌乾燥に対して L_{pr} を相対的に高く維持した品種のみ、直径が0.05 mm以下である側根発生が顕著に抑制された。これらの結果から、土壌乾燥による根系の水吸収能の抑制程度には品種間差が存在することが明らかとなり、さらに土壌乾燥による根系の水吸収能の抑制程度における品種間差には土壌乾燥に応答した側根の形態的構造変化が密接に関わることが示唆された。さらに、土壌乾燥条件下では湿潤条件下と同じ根長に対してより低い根表面積が認められたことから、根長による水吸収能の正確な評価には、根長以外に水通導性を含めた異なる形質評価が必要であることが示唆された。

以上より、本研究では天水田イネが具備すべき形質としての可塑性について、

- 1) 天水田の条件に応じた異なる種類の根系形質が必要とされること、
- 2) 根系を構成する節根と側根では土壌乾燥に対する反応性が異なること、
- 3) 土壌乾燥に対する根系の発育反応に加えて、根系の水通導性にも品種間差異が存在すること、

以上の3点を明らかにした。

本研究によって得られた新たな知見は、今後根系の吸水機構をより詳細に理解するうえで有用な知見になりうると考えられる。