

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 掛橋 孝洋

論 文 題 目

節水栽培条件下におけるイネの生産性変動要因の解析

論文審査担当者

主 査 名古屋大学准教授 槇原 大悟

委 員 名古屋大学教授 山内 章

委 員 名古屋大学教授 江原 宏

委 員 名古屋大学教授 犬飼 義明

委 員 名古屋大学助教 仲田 麻奈

論文審査の結果の要旨

東アフリカに位置するケニアでは、近年、食習慣の変化や都市人口の増加により、コメの需要が急激に増加している。イネの生産性向上は、同国の食糧安全保障のための喫緊の課題である。ケニアの首都ナイロビの北東約 100km に位置し、標高約 1,200m のケニア山南麓に約 9,000ha の灌漑田を有するムエア灌漑地区は、同国の約 80% のコメ生産を担う重要な稲作地域である。この地域で栽培されている主力水稻品種である *Basmati 370* は、香りと食味の良さから特に都市部の消費者に好まれている。増加したコメ需要を満たすためには、同灌漑地区におけるイネの栽培面積拡大および生産性向上の両面からのアプローチが必要である。しかし、貯水施設が十分に発達していないムエアにおいては、灌漑水の不足が頻繁に起こるため、コメの増産には限りある灌漑水の利用効率を高める節水稻作技術の確立が重要課題となっている。

灌漑田における代表的な節水栽培技術としては、*Alternate wetting and drying (AWD)* が挙げられる。AWD は、土壌が軽度に乾燥するまで灌漑水の供給を停止した後、浅い水深になるまで再灌漑することを繰り返す灌漑方法であり、イネの収量を犠牲にすることなく水田の水消費量を削減する栽培技術として開発されたものである。このような節水栽培技術に関連する栽培試験は、これまでに世界各地で行われてきたが、イネの生育・収量反応に関する結果は必ずしも一致していない。この原因として、節水栽培条件下でのイネの収量反応が、土壌の乾燥程度だけではなく、土壌の性質、気象条件、イネ品種、組み合わせられる栽培技術などに影響を受けて変化するという仮説が考えられる。しかし、節水栽培条件下におけるイネの収量変動要因については、十分な研究が行われておらず、不明な点が多い。

ムエア灌漑地区に分布している土壌は主にバーティソル (黒綿土)、ニティソル (茶褐色土) およびフェラルソル (赤土) である。黒綿土は、粘土を多く含むため透水性が非常に低く、乾燥すると垂直方向に大きなひび割れが発生する。茶褐色土も粘土を多く含むが、団粒が発達しているため比較的水はけが良いという特徴を持っている。赤土は、鉄またはアルミニウムを多く含む風化土壌で、肥沃度が低い酸性の土壌である。また、ムエアは低緯度で標高が高いため、日射量が多いものの栽培期間中に気温が 18°C を下回ることがある。このような特徴をもつムエアの栽培環境下で有効な節水栽培技術を確立するためには、実際の栽培環境下での栽培試験を通して節水栽培条件に対するイネの生育・収量反応を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、ムエアの主力水稻品種である *Basmati 370* に加え、土壌水分変動に対する適応性が大きく異なる水稻および陸稲品種を供試し、現地の実際の栽培環境下での栽培試験およびポットや栽培ベッドを用いた制御環境下での実験を行い、節水栽培条件に対するイネの生育・収量反応が異なる原因を分析した。

第 2 章では、ムエアで 4 作期に亘り AWD がイネの生育と収量に及ぼす影響を調

論文審査の結果の要旨

査し、これらの作期間で AWD がイネの収量に与える影響が異なる原因について解析した。その結果、AWD はムエアの主力水稻品種 **Basmati 370** の乾物生産を低下させるが、低温による登熟不良を緩和するため、低温年と温暖年で AWD に対する収量反応が異なることが明らかになった。

第 3 章では、物理的・化学的性質の異なるケニアの土壌を用いた栽培試験を実施し、節水栽培条件下におけるイネの生育・収量反応が土壌によって異なる原因を分析した。その結果、イネ収量に及ぼす AWD の影響は土壌の性質によって異なり、茶褐色土では影響が小さく、赤土では向上する場合と低下する場合があります、黒綿土では一様に低下することが明らかになった。赤土と黒綿土の AWD による収量低下要因は異なっており、赤土では窒素吸収量の低下に伴う籾数の減少が、黒綿土では水ストレスによる養水分吸収能力や乾物生産能力の低下が原因であると考えられた。また、赤土の窒素吸収量の低下には土壌の強酸性が、黒綿土の水ストレスには土壌のひび割れや塩濃度の高さが関係しているものと考えられた。赤土では、湛水により **Basmati 370** および陸稲品種 **NERICA 1** に赤枯れが発生したが、その症状は AWD によって緩和された。さらに、節水栽培条件下における土壌 pH の変化とイネの生育・収量反応との関係を明確にするため、硫酸アルミニウムを添加することにより強酸性化させた土壌を用いてポット試験を行った。その結果、強酸性土壌では、イネに対する水ストレスがほとんどない飽水条件下であっても、窒素吸収が常時湛水条件下と比べて抑制され、収量が低下することが明らかになった。

第 4 章では、節水栽培条件への適応性に関わるイネの形質を明らかにするため、**Basmati 370** に加えて、標準的な水稻品種として **Taichung 65 (T65)** を、低土壌水分条件に対する適応性に優れた陸稲品種として **IRAT109** と **NERICA 1** を供試し、AWD に対する生育反応や収量反応の違いについて調査した。その結果、陸稲品種は、AWD 条件への適応性が水稻品種よりも高く、その適応性には生育前半に光合成同化産物を根に優先的に分配する能力が関係していると考えられた。さらに、節水栽培条件に対する適応性に重要な役割を果たす根への乾物分配能力と、根の生理活性および水通導性との関係に着目して実験を行った。その結果、AWD 条件下における根への乾物分配能力に優れた **IRAT109** は、根域を拡大するとともに根の生理活性を高めることで、吸水能力を高く維持し、再灌水直後の葉の蒸散能力を高めていることが示唆された。

第 5 章では、節水栽培技術とほかの栽培管理技術との組み合わせがイネの生育および収量に及ぼす影響を明らかにするため、節水栽培技術、有機肥料の添加、広い移植間隔、1 株 1 本植えおよび播種後 8~12 日の乳苗の移植を組み合わせる圃場試験を行った。これら 5 種類の栽培管理技術は、ムエアを含む世界中の多くの地域で普及が試みられている **System of Rice Intensification (SRI)** を構成するものである。

論文審査の結果の要旨

その結果、AWD 条件下では、Basmati 370 の穂数が減少するため、広い移植間隔を組み合わせると収量低下に繋がることが明らかになった。

以上の結果に基づき、第 6 章では、ムエアにおける節水栽培技術の確立に向けた方向性について検討した。茶褐色土では、収量を犠牲にすることなく節水稻作が可能であることが明らかになった。一方、黒綿土では、水ストレスが生じない土壤水ポテンシャルであっても、土壤のひび割れが発生しイネの生育を阻害することが明らかとなった。このため、黒綿土では、地下水位や土壤水ポテンシャルのみを指標とするのではなく、土壤のひび割れを目視により確認し、再灌水の時期を決定する必要がある。また、強酸性の赤土では、水ストレスがない飽水条件下であっても、窒素吸収が抑制され、収量低下を引き起こすため、節水栽培には適していないものと考えられた。ただし、熱帯高地にあるムエア灌漑地区においては、節水効果だけではなく、低温による登熟歩合低下を軽減する効果および強酸性土壤で問題となる赤枯れ症状の改善が、AWD のような節水栽培技術を導入する目的となり得る。

ムエアの主力水稻品種である Basmati 370 の収量は、茶褐色土を除き、節水栽培により低下した。したがって、この品種は必ずしも節水栽培に適していないと考えられた。ムエアにおいて、イネの生産性を犠牲にすることなく節水栽培を導入するためには、Basmati 370 の節水栽培条件適応性を品種改良により改善する必要がある。また、同品種の赤枯れ抵抗性の強化も重要な課題であると考えられる。現地での圃場試験の結果から、広い移植間隔を Basmati 370 の節水栽培と組み合わせると収量低下に繋がることが示された。しかし、節水栽培条件に対する適応性が高い品種を用いたり、異なる気象条件や土壤で栽培したりした場合には、組み合わせの効果も変化する可能性がある。したがって、節水栽培技術とほかの栽培技術との組み合わせがイネの生産性に及ぼす影響は、対象とする栽培条件下でそれぞれ検証する必要がある。

以上のように、本研究は、栽培するイネ品種の節水栽培への適応性を理解した上で、土壤の性質や気象条件に合わせて土壤の乾燥程度や組み合わせる栽培管理技術を調節することにより、収量の低下を最小限に抑えた上で水田の水消費量を削減し、ムエアにおけるイネの栽培面積拡大に貢献することが可能であることを示したものであり、アフリカの熱帯高地における稲作の発展にとって極めて重要な栽培学的知見を提供したと評価できる。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。