

令和元年6月12日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H05265

研究課題名(和文) タンザニア水稲の水利用効率改善技術と農民間普及アプローチによる技術普及法開発

研究課題名(英文) Development of technologies enhancing water use efficiency and of dissemination through farmer to farmer approach for Tanzanian rice production

研究代表者

荒木 英樹 (Araki, Hideki)

山口大学・大学院創成科学研究科 准教授

研究者番号：90346578

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：タンザニア国内の灌漑稲および天水稲において、それらの水利用効率を高めるために収量向上技術および節水技術の効果を検証した。灌漑稲では、肥料水準が低い場合、窒素肥料を多くやればやるほど収量が高くなる傾向があった。同様に、密植の効果も安定して確認できた。節水技術は、田の漏水程度が高い場合に効果が得られなかった。天水稲では、施肥、畦づくり、均平などの作業で効果が得られることが多かったが、これらの効果は栽培地の気象や土壌環境で異なった。調査した灌漑地区では、作付け面積に対して給水量が多く、田で多く漏水していると予想された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

タンザニア国内ではコメの需要が高くなっている一方で、生産量の伸びは小さい。その原因の一つは水稲作にかかる水源が不安定なためである。本研究の成果によって、現地の灌漑稲においては、同じ水使用量でも多収となる条件をつくることで水利用効率を高められるようになった。また、天水稲でも同様に、畦づくりや均平などの作業で田の水分保持力や収量性が改善し、収量増となりやすくなることが実証できた。これらの研究成果は、現地の稲作研修において教官や普及員が使うテキストなどに記載されており、今後広く情報共有できると期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study examined the effects of high yielding and/or water saving technologies for irrigated rice and rainfed rice in Tanzania. In the irrigated rice, yield increased as amount of nitrogen was increased when soil productivity of field was not so high. Similarly, plant at increased plant density also achieved high yield. The water saving technologies was not profitable when the soil seepage was severe. In rainfed rice, technologies of bunding, leveling and fertilizing was effective to modify the yield level, although the effective technologies varied with cultivation sites. In Lower Moshi Irrigation Scheme, amount of water supply was high relative to cultivation area, indicating that water is largely lost in field probably due to heavy seepage.

研究分野：作物学

キーワード：稲作 タンザニア 灌漑稲 天水稲 水利用効率 多収化 節水

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

□タンザニア連合共和国(以下タ国)では、近代化によりコメの消費量が10年間で倍増し(FAO, 2014)、農家の出荷価格もトウモロコシの4~5倍と高い(Minot, 2010, the COMESA Policy Seminar から引用)。現在でも、農業振興政策「キリモ(農業)・クワンザ(第一)」の一環で灌漑施設の整備が進められているが、コメの増産にかかる用水量の増加は望めない。稲作における現実的な水不足の解決方法として、稲作での水利用効率を高める栽培体系が求められているが、栽培技術としては定着していない。

申請者らは、JICA 技術協力プロジェクト「灌漑農業技術普及支援体制強化計画(通称タンライス1, 2012年まで)」において灌漑水稻の低収要因を分析した。その後継案件「コメ振興支援計画プロジェクト(タンライス2, 2018年まで)」では、天水田における研修プログラム作成支援に取り組んだ(タンライスは普及活動支援を中心としたプログラムであり、栽培技術開発は行わない)。このような中で、水稻の栽培技術は、農地改良がおこなわれた地域でも旧来様式のまま、生産性は低かった。とくに、用水が確保しやすい雨期は収量が低かった(年間最大で収量が 0.6 kg m^{-2} であるのに対し、雨期は $0.15 \sim 0.4 \text{ kg m}^{-2}$ と低調であった)。教育・普及事業における近代農業技術への刷新行程も緩慢であった。例えば、行政が主導する農民研修プログラムでは、1980年代までに国際イネ研究所が作成したアジア版マニュアルが基礎となっており、現地の環境、遺伝資源、文化、習慣に適合しない場合も多かった。

一方、天水稲(生育中の水を季節河川による氾濫水が降雨に依存する稲作)では、播種作業などの精度が悪く、生育がまばらで収量が低かった。また、土の均平作業や畔作りに対する重要性が認識されておらず、雨水の利用効率も低いと推察された。

2. 研究の目的

このような背景から、灌漑稲においても天水稲においても水利用効率(=収穫量/用水量)の改善に対する需要は高く、また改善の余地も大きいと考えられた。本研究では、タンザニア国内で灌漑稲地帯および天水稲地帯における水利用効率を向上させることを目的に、次の～について取り組んだ。

収穫量を増加させる。灌漑水田では、作期毎に多収化を達成する栽培体系を構築する。天水田では、低収要因を解消する基礎技術(播種作業改善など)を発見する。

用水量を削減させる。灌漑水田では近年開発された無湛水栽培(Aerobic rice)で節水する。

水の使用量や浪費しているポイントを定量的に把握するために、農業流域モデルを改良し各稲作生態系における水利用効率を推定する。

上記技術を導入した場合の水利用効率向上効果を推定する。

3. 研究の方法

調査は、タンザニア国モシ県に所在するキリマンジャロ農業訓練センター(以下KATC)内のデモンストレーション圃場を整備して実施した。天水稲地帯の視察および計測では、レンタカーを利用するケースやJICA 専門家チームの調査に同行するケースを併用し、現地協力者と連携しながら効率的に実施できるように配慮した。

2015年は、KATC 圃場の整備および研究実施環境を整備し、多収栽培試験および節水栽培の予備的試験を行った。9月に行った調査では、KATC 内の試験圃場は湛水した水の地下浸透速度が高く、灌漑を停止すると5時間程度で湛水した水が田面から消失するため、間断灌漑を行うと乾燥ストレスが強くなりすぎると予想された。また、田への水供給量を測定するシステムを現地で考慮し、試験田への給水量は、灌水溝に四角関を設置するとともに、四角関の水位を自動観測装置で測定することによって測定できることが分かり、そのための工事を行った。また、9月には KACT 校長を含むタンザニアの主要な稲作研究者らおよび JICA 専門家プロジェクトと Research Association Committee を開催し、本プロジェクトの研究方針などについて情報共有した。

2015年の天水田の調査に関しては、1月にキエラ(降雨による河川氾濫水により田が湛水化する)、イデテ(同)、ムサララ(雨季の降雨により畦畔を設置した田に水を貯え稲を栽培する)において、基肥施肥の有無、田の均平作業の有無、畦畔の設置の有無、在来品種と改良品種の比較、の4要員2水準の試験区を各地で5農家ずつ実施して収量調査を行った。

また、同年には KATC が所在するローワーモシ灌漑区の水路を調査して、地域レベルの水使用量を定量するためのパーシャルフローや四角関の機能性を確認した。ローワーモシ灌漑地区では、水路の補修がおおむね行われているものの、四角関に関してはかなり老朽化していたり、本来の用途とは異なる形で使用されていたりケースも多かった。ただし、一部の施設は機能しており、河川からの導水量や、灌漑区の一部の地域での水使用量は十分推定できると考えられた。そこで、2016年内に、灌水路の特定のポイントで水位を計測し、灌漑地区の水使用量が試算できるように測定体制を整えた。

2016年から2018年までの間では、灌漑稲の多収化においては KATC 圃場内で年間2作期分の栽培試験を実施した。2017年後半からは、ローワーモシ灌漑地区の農家圃場においても実証試験を2回実施した。

KATC の試験は、4つの試験を行った。灌漑稲の多収化を目的とし、通常の栽植密度(株間 $30 \times 15 \text{ cm}$)と密植(株間 $15 \times 15 \text{ cm}$)を比較して密植の効果を検証した試験および行の施肥体系(移

植後2週間目と出穂前30日の2回分施)と改良型の後期重点施肥体系の効果を検証した試験を実施した。併せて、深耕や牛糞堆肥施用による土壌改良を施して多収化を目指す試験も行った。節水栽培の試験として、在来品種を含む4品種の稲をAerobic栽培とSRI栽培(アフリカ大陸で実践されている稚苗移植後に間断灌漑を続けて多収化する技術)で栽培し、慣行の灌漑稲と比較した。2017年の2回目の試験以降は、施肥試験と栽植密度試験を組み合わせる最も多収となる条件を探索する実証的な試験に切り替えた。そこで、KATCでの試験に加えて、ローワーモシ灌漑地区の農家圃場においても同様の試験を実施した。

天水稲においては、2014年および2015年に実施した試験から、栽培地によって有効な技術が選定できたことから2016年以降はJICA専門家や現地行政組織による天水稲研修の中で、テキスト配布や実演を交えて天水稲の収量性を高める技術を指導した。

ローワーモシ灌漑地区の水使用量の調査も、2016年から1年間実施して同地域における水使用量の変化を通年で調査した。この調査は、現地の観測スポットでは測器を常時設置することが難しいため、灌漑地区管理官によるマニュアル測定によった。

4. 研究成果

1) 灌漑稲の多収化による水利用効率の向上

予備試験を含む開始後2回目までの栽培試験では、施肥や密植の効果が十分得られなかった。これは現地での栽培環境管理によるところが大きく、肥料施肥後に肥料が田の水に溶けて流出したこと、試験が雨季以外の季節で行うため水源が十分確保できず生育不良となったことなどが原因であった。現地の圃場管理者と協議してこれらの問題を解消し、2016年2回目以降の試験では、施肥や栽植密度の効果が十分に検証できるようになった。

KATCで栽培した灌漑稲において、2017年の2作期から得られた結果では、籾収量は窒素施肥量が多いほど増加した。例えば、2017年4月に収穫した試験では、籾収量は総窒素施肥量 10 g m^{-2} で 527 g m^{-2} 、同じく 20 g m^{-2} で 630 g m^{-2} 、 30 g m^{-2} で 702 g m^{-2} であった。施肥体系を後期重点型にしても、籾収量はいずれの窒素施肥量水準でも慣行型施肥と同程度で、有意な効果はなかった。栽植密度を株間 $30\times 15\text{ cm}$ (慣行)から $15\times 15\text{ cm}$ に高めた場合、籾収量は $30\times 15\text{ cm}$ 区で 602 g m^{-2} (慣行施肥区と後期重点施肥区を併せた平均)であったのに対し、 $15\times 15\text{ cm}$ 区で 708 g m^{-2} と有意に高まった。堆肥を施用した試験区では、無施用区に比べて35~50%の増収効果があった。これらの効果は2作分ではほぼ同様の傾向があった。

2017年2作目と2018年の1作分の試験では、多肥密植区を設けその効果を検証した。その結果、季節によって収量水準は異なるものの、いずれの試験でも後期重点施肥の多肥(窒素施肥量 30 g m^{-2}) + 密植区で慣行栽培に比べて20%程度の増収効果があった。このことから、KATCのように地下浸透性が高い現地の圃場では、肥料を入れても損失が大きいと考えられ、その結果施肥量を増加させればさせるほど収量が高くなると考えられた。

ローワーモシ灌漑地区の農家圃場で行った実証試験でも、籾収量は密植区で高くなる傾向があった。この圃場での収量水準は高く、窒素施肥量 15 g m^{-2} でも籾収量が $700\sim 890\text{ g m}^{-2}$ であった。したがって、この圃場では窒素施肥量 25 g m^{-2} の圃場でも収量が高くならなかった。また、慣行施肥区と後期重点区を比べると、籾収量は後者の処理区で5~10%程度高かった。

節水栽培の試験では、Aerobic栽培とSRI栽培区で強い乾燥ストレスがかかり、収量が半減した。この傾向は、代かきを丁寧にして土壌の保水性を高めた場合に若干の効果はあったものの、栽培が進むにしたがって土壌にクラックが入るなどして漏水程度が大きくなっていった。このことから、漏水性が高く、土壌が乾燥しやすい環境では、節水技術の効果を得ることは難しいことが多かった。

天水稲の試験において、2014年と2015年のイデテの試験では、いずれの年次でも穂数が少なく収量も、2014年で $300\sim 360\text{ g m}^{-2}$ 程度、2015年で $220\sim 280\text{ g m}^{-2}$ 程度と低かった。2015年は雨季が遅く到来したため、乾燥の影響を受けたと考えられた。2014年は均平すると穂数が増加して収量も高くなったが、2015年では均平の効果はなかった。施肥によって、いずれの年次でも一穂粒数が増加して高くなった。キエラでは、収量水準などはイデテと同様であったが、圃場に畦を設置すると収量が高まる圃場が多かった。ムサララの圃場は乾燥しやすく、収量水準が2014年でおおよそ 200 g m^{-2} 程度と低かったが、2015年は降雨が多く約 300 g m^{-2} 程度となった。ムサララでは施肥の効果や均平の効果はなかったが、畦を作成することで収量が高くなった。これらの結果から、天水稲の収量性を高めるためには、河川氾濫水を水源とする場合は施肥が有効であり、乾燥しやすい地域では畦を作成することが有効であることが明らかとなった。

ローワーモシ灌漑地区の灌漑量の調査では、2次灌水路の測定地点で観測した流量を積算して全体の灌漑水量とした場合、河川からの導水量をはるかに超えることから、灌水路から給水量を推定する場合、過大評価となることが明らかとなった。しかし、その水量を河川からの導水量で補正して、その昨季の灌漑圃場面積で割った場合、面積当たりの給水量は 2000 mm 程度と大きく、現地の圃場では漏水程度が大きいと考えられた。

これらの結果から、現地の灌漑稲作の収量性を高め水利用効率を向上させるためには、まず肥料の効果を最大限にする努力(例えば代かきを丁寧にする、堆肥を施用する、など)が必要であると考えられた。天水稲については、施肥、均平、畦づくりなどが有効な効果であったが、栽培地の気象環境などによってその効果は異なるため、天水稲の普及講習会などでその地域にあった技術を導入することが有効であると考えられた。ローワーモシ灌漑地区では栽培面積に

対する水使用量が大きく、また現状では間断灌漑などの導入も難しいことから、地域レベルの水利用効率を高めるためには、圃場の整備などを根本的に考える必要があると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 0件)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：桂 圭佑

ローマ字氏名：Katsura Keisuke

所属研究機関名：東京農工大学

部局名：農学研究院

職名：准教授

研究者番号(8桁)：20432338

研究分担者氏名：坂口 敦

ローマ字氏名：Sakaguchi Atsushi

所属研究機関名：山口大学

部局名：創成科学研究科

職名：助教

研究者番号(8桁)：50747558

研究分担者氏名：関谷 信人

ローマ字氏名：Sekiya Nobuhito

所属研究機関名：三重大学

部局名：生物資源学研究科

職名：准教授

研究者番号(8桁)：80456590

(2)研究協力者

研究協力者氏名：大泉暢明

ローマ字氏名：Oizumi Nobuaki