

令和 3 年 5 月 19 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K14454

研究課題名（和文）ナミビア北中部における非破壊計測を利用した現地主要作物の栽培管理技術の検討

研究課題名（英文）Evaluation of cultivation management of main crops in North-central Namibia utilizing non-destructive measurements

研究代表者

廣岡 義博（Hirooka, Yoshihiro）

近畿大学・農学部・講師

研究者番号：80780981

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：ナミビア北中部は半乾燥地でありながら集中的な豪雨や洪水が生じることから、耐乾性作物の湿害が問題となっている。そこで、現地主要作物であるパールミレットの生育に関して、異なる水環境下での栽培管理の影響を評価することを目的として研究を行った。パールミレットの収量に関する水環境と施肥方法には有意な交互作用があり、異なる降雨パターンによって最適な施肥方法が異なってくることが明らかとなった。また、非破壊での経時的な葉面積指数計測によって、パールミレットの生産性を簡易的に推定する手法を開発した。さらに、パールミレットとイネの混作をこの地域の季節性湿地に導入することは経済的に有用であることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

季節性湿地におけるパールミレットの収量は主に総乾物重によって決定されており、穂数と密接に関連していることがわかった。したがって、最適な栽培管理を実現するには、栄養成長期における継続的な生育診断に基づいた追肥の施用が効果的であると考えられた。そのため、非破壊計測による経時的な葉面積指数モニタリングを利用することによって生産性を改善できる可能性を示したことに学術的意義がある。さらに、実際の農家の収量調査とインタビュー調査を行うことで、季節性湿地における作物の生産性を経済的に解析したことも大きな社会的意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Although north-central Namibia is a semi-arid land, heavy rains and floods cause soil moisture stress to drought-tolerant crops. The objective of the present study is to evaluate the effect of cultivation management on the growth and yield of pearl millet under different water environments. The result showed that interactions between the water environment and the fertilization method significantly affect the yield of pearl millet and that the optimum fertilization method differs depending on the rainfall patterns. A method has been developed for estimating the yield of pearl millet using continuous and non-destructive measurement to determine the leaf area index. It has revealed that the introduction of mixed cropping of pearl millet and rice into seasonal wetlands is economically beneficial.

研究分野：作物学

キーワード：パールミレット 非破壊計測 LAI ナミビア 混作 季節性湿地 半乾燥地 気候変動

### 1. 研究開始当初の背景

アフリカの半乾燥地には、極端気象に加えて、土壌の貧栄養、塩ストレスなど食糧不足になるリスクが高い地域が多く存在している。これらの地域では、作物生産を安定させる栽培システムが必要とされているにもかかわらず、新しいシステムの導入が依然として進んでいないことが多い。本研究対象地域であるナミビア北中部（第1図）には、人口の約4分の1が集中しており、その大半は当地の主食であるパールミレットを栽培している小規模零細農家である。ここでは、季節性湿地での栽培を実施していることが多く、土壌が貧栄養であるだけでなく、半乾燥地でありながら、アンゴラ高原からの氾濫水による洪水が頻繁に起こるため、生産性が非常に脆弱かつ不安定であることが問題となっている。



第1図 南部アフリカの地図。

は本研究対象地域のナミビア北中部を示す。半乾燥地でありながらアンゴラ高原からの水流入により洪水が頻繁に起こる。

上記の問題解決のためには品種改良に加え、栽培管理の適正化による生産性の向上が非常に重要であると考えられる。特に、ナミビア北中部では、上記のような理由から生産性の改善が強く望まれているが、その基礎となるべきパールミレットの生育特性に関する情報は非常に少ない。情報収集のためには多様な環境下での経時的な生育モニタリングが必要であり、リモートセンシング等の非破壊計測が適していると考えられる。

季節性湿地は、半乾燥地域においては貴重な作物栽培適地である一方で、頻発する洪水による湛水ストレスの影響で生産性が非常に低くなる場合がある。一方で、季節性湿地での作物生育に関して、土壌や施肥などの栄養環境と水環境の交互作用はまだまだ定量的に明らかにされていないため、栽培環境や管理方法を正確に検討できず、栽培管理技術が成熟されないという問題がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、ナミビア北中部の主要栽培作物の生育特性における栄養環境と水環境の交互作用を定量的に明らかにすることとそれらの情報収集のための簡易評価手法を確立し、異なる水環境下での適正な栽培管理技術を検討することを目的としている。これらの目的のために、本研究では現地主要栽培作物であるパールミレットを供試作物として、(1) 異なる栽培管理方法（畝立て・施肥）が作物生育に与える影響の評価、(2) 非破壊計測による水環境と栄養環境の交互作用の簡易定量化技術の検討、(3) 先行研究により有用とされているパールミレットとイネの混作導入に関する経済解析を行った。

### 3. 研究の方法

(1) ナミビア大学内の季節性湿地を模倣した傾斜実験圃場を利用して実験を行った。耕うん処理2水準と施肥処理4水準を設定し、パールミレットの栽培試験を行った。耕うん方法として、従来型と畝立て耕うん（畝上・畝間で栽培）、施肥処理として、無施肥、牛糞堆肥、化成肥料、複合施肥処理を設定した。

成熟期に収量および収量構成要素を測定した。また、経時的に土壌水分量と葉のクロロフィル含有量（SPAD値）を測定した。実験終了後には、土壌調査を行った。

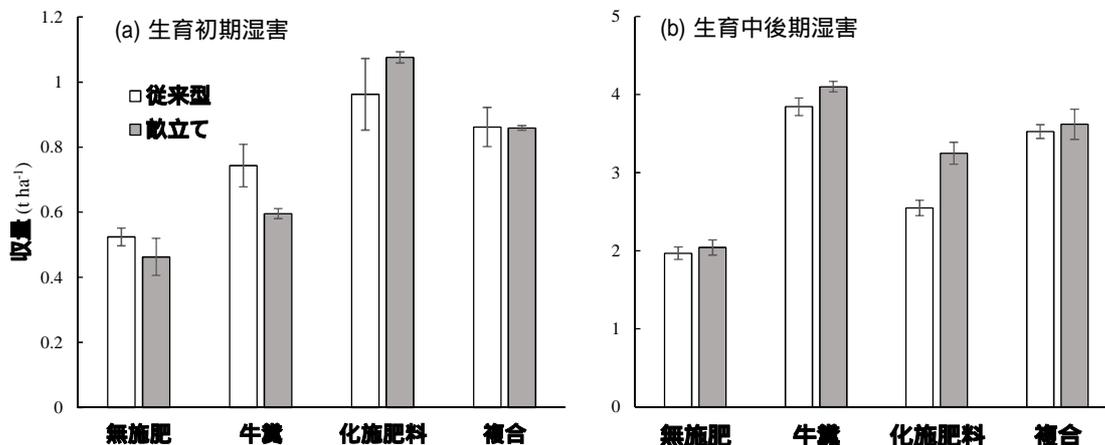
(2) ナミビア大学内の実験圃場にて水環境を2水準、施肥環境を3水準設定し、パールミレットの栽培試験を行った。水環境として対照区と生育初期の集中的な豪雨を想定した湛水区、施肥環境として無施肥区、元肥区、元肥+追肥区を設定した。1週間に1回の頻度で、プラントキャノピーアナライザー（LAI-2200）によって葉面積指数（LAI）計測を行った。

(3) ナミビア北中部のオムサティ地域の対象農家にイネとパールミレットの種子を提供し、栽培実施後、それぞれの農家で収量調査・インタビュー調査を行い、それらの結果をもとに経済解析を行った。

### 4. 研究成果

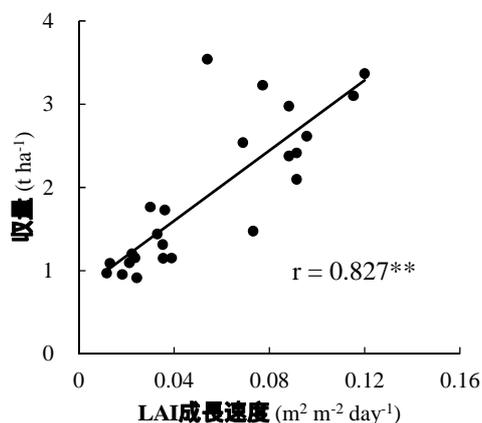
(1) 季節性湿地におけるパールミレットの最適な施肥方法は、降雨パターンによって異なることが明らかとなった（第2図）。化成肥料の施用はパールミレットの初期成長を促進したが、生育中後期の降水に対しては倒伏や養分不足を引き起こしやすくなることが分かった。一方で、牛糞堆肥の施用は初期の降水に対する感受性は大きくなる一方で、生育中後期の成長を改善することが分かった。パールミレットの収量は穂数と密接な関係性があったため、栄養成長期における追肥等が効果的であると考えられた。畝上・畝間栽培においては、土壌の窒素含量は畝上で高かったのに対し、リン・カリウム含量は畝間で高く、施肥方法に対する収量構成要素の応答性は、畝上と畝間で異なっていた。そのため、さらなる生産性の改善には畝上と畝間で異なる施肥方法を用いることが必要であると考えられる。以上のことから、適切な施肥管理と畝立て耕うんをう

まく活用することでパールミレットの収量性を高めることができる可能性を示しており、また、生育診断や長期天気予報に基づく適切な追肥の施用が有効であると考えられる。



第2図 降雨パターンによる耕うんと施肥方法が収量に与える影響。

(2) (1)の実験で、収量構成要素の中で穂数が最も収量と密接な関係性を示していたことより、栄養生長期の生育情報の把握が重要であることが分かった。ここでは、水環境と施肥量により生育量の異なるプロットを作成し、栄養成長期の LAI 計測値と収量との比較を行った。分けつ盛期までの LAI 成長速度は収量と 1%水準の有意な相関を示した(第3図)。つまり、分けつ盛期までの LAI 計測を利用した生育モニタリングを行うことで収量予測が可能となり、その後の肥培管理の最適化に有用であると考えられた。



第3図 分けつ盛期までの LAI 成長速度と収量の関係。

(3) 対象地域における季節性湿地の混作実施農家の収量データから混作導入に関するシナリオ解析を行ったところ、世帯レベルの経済効果だけでなく、地域全体での気候変動による減収リスクの低減と食料生産の増加につながる可能性を見出した。また、混作実施農家のインタビュー調査の結果から、農家の混作導入へのモチベーションは高く、作物生産の重要な選択肢となりうることがわかった。以上のことから、季節性湿地での混作システムは、調査対象地域における持続可能な農業生産のための効果的な栽培方法となり、気候変動の影響を緩和するための食糧政策措置となる可能性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Awala Simon K., Hove Kudakwashe, Shivute Vistorina, Valombola Johanna S., Nanhapo Pamwenafye I., Hirooka Yoshihiro, Mwandemele Osmund D., Iijima Morio	4. 巻 2021
2. 論文標題 Growth and Productivity Assessment of Short-Duration Rice ( <i>Oryza sativa</i> L. and Upland NERICA) Genotypes in Semiarid North-Central Namibia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Advances in Agriculture	6. 最初と最後の頁 1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2021/6676081	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Hirooka Yoshihiro, Masuda Tadayoshi, Watanabe Yoshinori, Izumi Yasuhiro, Inai Hiroyuki, Awala Simon, Iijima Morio	4. 巻 60
2. 論文標題 Agronomic and socio-economic assessment of the introduction of a rice-based mixed cropping system to Cuvelai seasonal wetland system in northern Namibia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Agrekon	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/03031853.2021.1917429	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hirooka Yoshihiro, Shoji Koichi, Watanabe Yoshinori, Izumi Yasuhiro, Awala Simon K., Iijima Morio	4. 巻 195
2. 論文標題 Ridge formation with strip tillage alleviates excess moisture stress for drought-tolerant crops	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soil and Tillage Research	6. 最初と最後の頁 104429
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.still.2019.104429	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hirooka Y, Awala SK, Nanhapo PI, Shoji K, Watanabe Y, Izumi Y, Iijima M.
2. 発表標題 Effects of ridging and fertilizer application on crop yield and growth under unstable water environments
3. 学会等名 10th Asian Crop Science Association Conference (ACSAC10) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 米谷拓朗, 廣岡義博, 山根浩二, 飯嶋盛雄
2. 発表標題 ダイズ/イネ接触混植におけるイネの適正個体数
3. 学会等名 第248回日本作物学会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春名啓介, 山根浩二, 廣岡義博, Nanhapo Pamwenafye I., 飯嶋盛雄
2. 発表標題 イネとアイスプラントの接触混植による塩と湛水の複合ストレス緩和効果
3. 学会等名 第249回日本作物学会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 須浪章裕, 廣岡義博, 山根浩二, 飯嶋盛雄
2. 発表標題 亀裂施肥によるダイズの湿害緩和の要因解明
3. 学会等名 第249回日本作物学会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣岡義博・Simon K. Awala・Kudakwashe Hove・Pamwenafye I. Nanhapo・飯嶋盛雄
2. 発表標題 耕うん・施肥方法がナミビア北部におけるトウジンビエの生育および収量に与える影響
3. 学会等名 第247回日本作物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Iijima M, Yamane K, Hirooka Y.
2. 発表標題 Close mixed-planting enhances both flood- and drought- tolerance of upland crops and rice
3. 学会等名 3rd International conference on Agricultural and Food Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hailemo RWN, Awala SK, Hirooka Y, Nanhapo PI, Iijima M.
2. 発表標題 A study on the effect of fertilizer application on growth and yield components of pearl millet (Pennisetum glaucum L.) subjected to field flooding
3. 学会等名 2nd International Conference on Agriculture and Natural Resources Research and Innovation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 春名 啓介, 山根 浩二, 廣岡 義博, 飯嶋 盛雄
2. 発表標題 接触混植はイネの塩ストレスとアイスプラントの湛水ストレスの両者とも緩和した
3. 学会等名 第246回日本作物学会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ナミビア	ナミビア大学			