

## スーダンサバンナの土壌型を考慮した収量・純収益を最大化するソルガム栽培法

サブサハラアフリカ最大のソルガム生産地であるスーダンサバンナでは、土壌型がソルガム収量に大きく影響するが、各国の栽培指針では未だ土壌型が考慮されていない。当該地域で優占する3つの土壌型ごとに、ソルガムの収量と施肥による純収益（施肥で増加する収益と費用の差）を最大化する窒素施肥量、播種密度、品種の組み合わせを「最適な栽培法」として示し、これにより土壌型に応じた栽培指針の見直しが可能となる。最適な栽培法の経済的頑健性も土壌型で異なり、土壌型によっては施肥が経済的な損失をもたらす可能性がある。

キーワード：ソルガム、栽培指針、土壌型、有効土層厚、経済的頑健性

### 背景・ねらい

サブサハラアフリカ(SSA)で急激に増加する食料需要を満たすためには、SSAでの農業生産性の向上が不可欠である。国連食糧農業機関(FAO)の統計によれば、1980年から2020年にかけて当該地域の人口は3倍に増加しているのに対して、SSAの半乾燥地の主穀であるソルガムの単位面積当たりの生産性は20%しか増加しておらず、依然として低迷している。この問題に対処するため、SSA最大のソルガム生産地であるスーダンサバンナが広がる各国では栽培指針の再整備が進んでいるが、未だソルガムの収量を左右する（令和5年度国際農林水産業研究成果情報 B12「有効土層の薄い土壌型プリンソルにおけるソルガムの特異な施肥応答」）土壌型の違いは考慮されていない。

そこで本研究では、スーダンサバンナで優占する3つの土壌型、作物が根を伸ばせる土層（有効土層）が約100 cmと厚く水分保持能が高いリキシソル(LX)、約50 cmのプリンソル(PT)、約25 cmと薄く水分保持能が低いプリンソル(PX)において、ソルガムの収量と施肥による純収益を最大化する窒素施肥量、播種密度、品種\*の組み合わせ（最適な栽培法）を明らかにする。窒素のみを対象とするのは、当該地域の主要な収量制限要因が窒素施肥量のためである。

\* ブルキナファソの代表的改良品種である Kapelga と Sarioso14 を対象とした。

### 成果の内容・特徴

- 最適な窒素施肥量、播種密度、品種の組み合わせは、LXでは74 kg ha<sup>-1</sup>、5.6 株 m<sup>-2</sup>、Sarioso14、PTでは74 kg ha<sup>-1</sup>、8.3 株 m<sup>-2</sup>、Kapelga、PXでは37 kg ha<sup>-1</sup>、3.1 株 m<sup>-2</sup>、Kapelgaである（表1）。各国の栽培指針では、窒素施肥量は土壌型によらず30 kg ha<sup>-1</sup>程度に設定されているが、LXやPTでは窒素施肥量を増やすことで収量および純収益を向上できる（図1）。
- 価格が大きく変動した2010年から2022年までのブ

ルキナファソにおける肥料価格\*\*および農家の販売価格\*\*\*（図2）に基づいて、最適な栽培法での施肥による純収益を算出すると、純収益の平均値は有効土層の厚さを反映してLX > PT > PXである（図3）。

- 最適な栽培法の経済的頑健性も土壌型で異なり、LXやPTでは肥料価格が高騰しても施肥による純収益はプラスを維持できるが、有効土層が薄いPXでは施肥による純収益がマイナスになり得る（図3）。

\*\* 世界銀行グループのデータベースに基づく。

\*\*\* FAOの報告書に基づく。

### 成果の活用面・留意点

- 本研究成果により、スーダンサバンナが広がる各国において、従来のソルガム栽培指針をより施肥効率の良いものへと改良できる。
- 本研究でのソルガムの収量および施肥による純収益は、播種2週間後に基肥（窒素量で14 kg ha<sup>-1</sup>、リン酸量で23 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>、カリウム量で14 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>）、4週間後に1回目の追肥（窒素量で11.5 kg ha<sup>-1</sup>もしくは30 kg ha<sup>-1</sup>）、6週間後に2回目の追肥（1回目の追肥と同量）を行った結果であり、同じ窒素施肥量でも施用する回数や時期が異なる場合、同様の結果が得られるとは限らない。
- 本研究では肥料価格および農家のソルガム販売価格が大きく変動した2010年から2022年までの価格に基づき施肥による純収益を算出したが、価格の変動がこれを超える場合には、再評価が必要である。

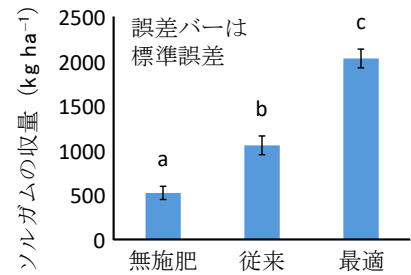
### その他

予算区分：交付金プロ [B6 アフリカ畑作システム（第5期）、A2 アフリカ流域管理（第4期）]  
 研究実施期間：2016～2025年度  
 研究担当者：伊ヶ崎健大（生産環境・畜産領域）、井関洸太郎（生物資源・利用領域）、南雲不二男（現 JICA）、Simporé, S., Barro, A.（ブルキナファソ環境農業研究所）  
 発表論文等：Ikazaki et al. (2025) *Soil Sci. Plant Nutri.* 71(6): 724–735. <https://doi.org/10.1080/00380768.2025.2522832>

**表1 各土壌型で窒素施肥量、播種密度、品種がソルガムの収量および施肥による純収益に与える影響**

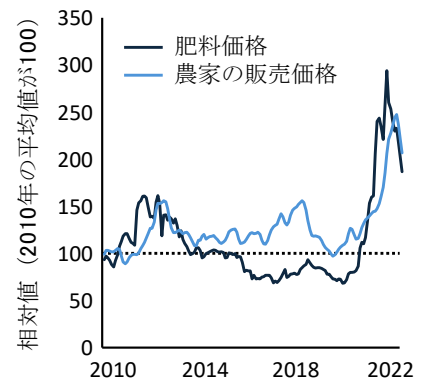
|                              | ソルガムの収量 (kg ha <sup>-1</sup> ) |               |              | 純収益 (10 <sup>3</sup> FCFA ha <sup>-1</sup> ) |              |             |
|------------------------------|--------------------------------|---------------|--------------|--|--------------|-------------|
|                              | LX                             | PT            | PX           | LX   | PT           | PX          |
| <b>A: 窒素施用量<sup>1)</sup></b> |                                |               |              |  |              |             |
| 37 kg/ha                     | <b>1098 a</b>                  | <b>619 a</b>  | 691          | <b>55 a</b>                                  | <b>3 a</b>   | 25          |
| 74 kg/ha                     | <b>1660 b</b>                  | <b>1049 c</b> | 857          | <b>136 b</b>                                 | <b>60 b</b>  | 33          |
| 111 kg/ha                    | <b>1724 b</b>                  | <b>820 b</b>  | 782          | <b>126 b</b>                                 | <b>-4 a</b>  | -3          |
| <b>B: 播種密度</b>               |                                |               |              |  |              |             |
| 3.1 株/m <sup>2</sup>         | <b>1332 a</b>                  | <b>696 a</b>  | 784          | <b>80 a</b>                                  | <b>-2 a</b>  | 24          |
| 5.6 株/m <sup>2</sup>         | <b>1661 b</b>                  | <b>828 ab</b> | 762          | <b>136 b</b>                                 | <b>19 ab</b> | 17          |
| 8.3 株/m <sup>2</sup>         | <b>1490 ab</b>                 | <b>975 b</b>  | 774          | <b>101 ab</b>                                | <b>43 b</b>  | 14          |
| <b>C: 品種<sup>2)</sup></b>    |                                |               |              |  |              |             |
| Kapelga                      | 1453                           | 870           | <b>853 b</b> | 100  | 28           | <b>34 b</b> |
| Sariso14                     | 1535                           | 800           | <b>691 a</b> | 112  | 12           | <b>2 a</b>  |

スーダンサバンナを代表する地質、地形、土壌が分布するブルキナファソ中部での2年間（平均的な降水量の年と少雨の年）の試験結果。LXは有効土層厚が約100cmのリキシソル、PTは約50cmのプリンソル、PXは約25cmのプリンソルを示す。数字は各処理の平均値を示し、例えばKapelgaの行の数字は、Kapelgaを植えた全処理区の平均値を示す。異なるアルファベットは、ある土壌型と項目(A, B, C)の中で、収量もしくは施肥による純収益の平均値に有意差があることを示す( $p < 0.05$ , TukeyのHSD検定)。有意差がない場合にはアルファベットを省略した。A, B, Cの要因間に交互作用はない。1) すべての処理区でリン酸(23 kg ha<sup>-1</sup>)とカリウム(14 kg ha<sup>-1</sup>)も基肥で施用した。2) LXでは、平均的な降水量の年にKapelgaに比べてSariso14は収量も施肥による収益も有意に高かったこと( $p < 0.05$ )、また少雨年より平均的な降水量の年の方が頻度が高いことから、最適な品種をSariso14とした。一方、PTでは収量も施肥による純収益もSariso14とKapelgaの間で有意差が認められないが、Kapelgaの方がSariso14に比べて食味および保存性が優れていることから、最適な品種をKapelgaとした。1 FCFA = 0.28円（2025年12月のレート）。



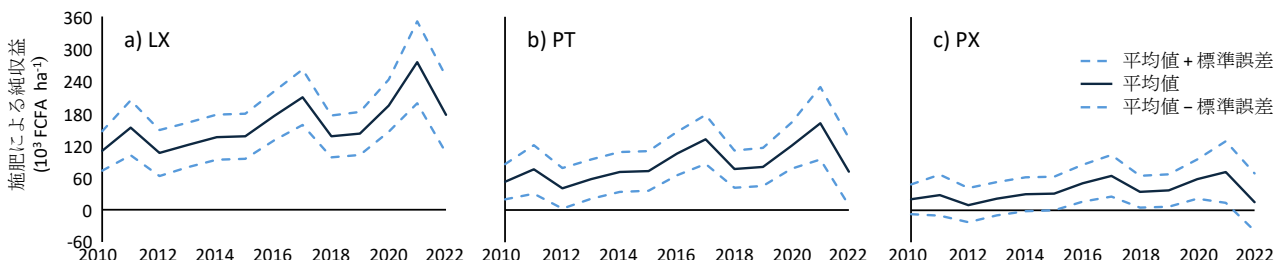
**図1 LXでの最適な栽培法による収量変化**

窒素施肥量、播種密度、品種の組み合わせは無施肥 (0 kg ha<sup>-1</sup>, 3.1 株 m<sup>-2</sup>, Kapelga)、従来 (37 kg ha<sup>-1</sup>, 3.1 株 m<sup>-2</sup>, Kapelga)、最適 (74 kg ha<sup>-1</sup>, 5.6 株 m<sup>-2</sup>, Sariso14) である。異なるアルファベットは、群間に有意差があることを示す ( $p < 0.05$ , TukeyのHSD検定)。無施肥に比べ、従来の栽培指針では収量は2.0倍に、最適な栽培法では3.9倍になる。



**図2 2010年から2022年までのブルキナファソにおける肥料価格と農家のソルガム販売価格**

肥料価格は世界銀行グループのデータベースに基づき、農家のソルガム販売価格はFAOの報告書に基づく。



**図3 2010年から2022年まで各土壌型で最適な栽培法を採用した場合の施肥による純収益**

LX, PT, PXは表1と同様である。LXやPTでは、価格の変動が大きかった2010年から2022年の期間でも、平均値から1標準誤差を引いた値が常に正である。一方で、有効土層厚が薄いPXでは、肥料価格が高騰すると平均値から1標準誤差を引いた値はマイナスになっており、施肥により経済的な損失が生じる可能性がある。

表1および図2, 3はIkazaki et al. (2025) よりCC BY 4.0に従い転載/改変して作成  
© Author(s) 2025 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja>