

トウジンビエ, Pearl Millet : 自給自足用

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1,2}, 楠瀬 千春 (KUSUNOSE Chiharu)³

Key Words: トウジンビエ, Pearl Millet, 自給自足用

本論文「トウジンビエ, Pearl Millet : 自給自足用」は“Lost Crop of Africa”volume I Grains NATIONAL ACADEMY PRESS 1996 の第 5 章 Pearl Millet: Subsistence Types を翻訳紹介するものである。

トウジンビエは、世界の主要な農耕地の中で最も過酷な地域の主食であり、セネガルからソマリアまでの 7,000km 以上（この緯度で地球をほぼ 6 分の 1 周する距離）に及ぶ乾燥・半乾燥地帯で、この暑くて乾燥した砂地の土地で、世界のトウジンビエの約 40% を生産している。

世界最大の砂漠の端に位置し、灌漑設備がないため干ばつに見舞われることが多いこの地域で、どのように農民を支援すればよいのだろうか。灌漑や肥料、農薬など、購入した資材を利用することができない。その答えは、昔からある主食のトウジンビエにあるかもしれない。

実際、サヘル、スーダン、ソマリア、その他のサハラ砂漠を囲む乾燥地帯で、飢餓の危機を救うのにこれ以上の穀物はない。毎日、何百万人もの人々がこの穀物に命を預けていて、彼らは地球上で最も助けを必要としている人々なのである。しかし、現時点では、トウジンビエは無視され、誤解されている。その理由のひとつは、最も貧しい国や地域、そして人間（研究者を含む）にとって最も過酷な生息地で栽培されているからである。このため、人々はトウジンビエに不当な汚名を着せ、より良い作物が見つかるまでの暫定的な支援にしか適さないという汚名を着せてきた。

本章の目的は、そのような間違った考え方に反論することである。

自給自足用トウジンビエ

アフリカで栽培されているほとんどのトウジンビエは、必然的に高収量よりも過酷な条件下での生存を重視したものである。次号（トウジンビエ, Commercial Type）では、商業生産とより恵まれた立地条件に適応したトウジンビエ品種を取り上げる。これらの品種は生産性を重視する傾向がある。ここではより適した名前を、Subsistence Types（自給自足用）と呼ぶ。

小麦や米、トウモロコシなどの丈夫な穀物に慣れ



図1 トウジンビエ, Pearl Millet : 自給自足用

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会前会長, ³ 九州栄養福祉大学

ている部外者にとっては、トウジンビエはちっぽけで生産性が低く、まったく考慮に値しない穀物と思われるかもしれない。農学者や穀物育種家にとっては、特にひどいようだ。この植物はストレスを受けていないときでも、パフォーマンスは貧弱である。背が高く、頭でっかちで、一般的に光に弱く、肥料に対する反応速度が低く、収穫指数も低い。また、適応が局所的であるため、たとえ最高のものであっても、他の場所で使用するために簡単に移動させることはできない。そして何より、収量が少ない。1ヘクタールあたり 500kg 程度である。

しかし、実際には、トウジンビエの自給自足は、世界でも最も優れた食用植物の一つなのである。西アフリカのトウジンビエの重要産地では、干ばつは激しく、暑さは灼熱で、暴風雨はひどいものである。さらにひどいのは砂嵐だ。生育期の早い時期になると、風はますます強くなり、土壌を激しく揺さぶるので、柔らかい苗が砂に埋もれてしまうほどだ。そして、サハラ砂漠の太陽に照らされながら苗が十分な高さに育ち影を作り根の周辺の土地を冷やす事ができる前に、サハラ砂漠の太陽の熱で「焼かれて」しまうのである。さらに、土が乾くと、土の表面が硬くなり、いかなる種子もそれを突き破ることができなくなる。

このような状況により、不作が発生し、そのため

サヘリア（サハラ地域南域部）の農民は何度も種を蒔かなければならない。しかし、あらゆる食用作物の中で、自給自足用のトウジンビエは最もよく生き残る傾向があり、時にはサハラの砂丘でも生き残る



図2 砂漠の縁で農作物を育てる苦砂漠の縁で農作物を育てる苦しみ。トウジンビエは何百万人もの人々の生活を支えている。このニジェールのフラニー族の農民もそうである。「もう植えることはないだろう。」その年に7回植えたトウジンビエが暴風雨で倒れた後、彼はカメラマンにこう言った。彼の自給自足用のトウジンビエもダメになった。この地域のほとんどの植え付けは、干ばつや砂嵐で失われるが、これは皮肉にも鉄砲水で失われた。(Steve McCurry)

周縁地区の農業

トウジンビエは砂漠の端っこの耕作地の最後の穀物である。その先には牧草地と放牧地があるだけで、これ以上干ばつに強い穀物で、飢餓の危機を救う他の作物で代用することはできない。だから、何百万人もの人が、この植物に命を預けざるを得ない。簡単な話ではない。

アフリカのトウジンビエのほとんどは、干ばつの危険が常につきまとう場所で栽培されており、雨季と乾季の間で風景が突然変化し、雨は1~2ヶ月、3ヶ月しか降らず、それ以外の期間は完全に乾燥した環境にある。

最も貧しい人々が、最も過酷な土地で自分たちのために生産しなければならない食糧に頼らざるを得ないというのは、残酷な皮肉なものだ。しかし、トウジンビエには“Rusticité”というフランス語があつて、これは“何が起きてても大丈夫”という意味である。干ばつ、洪水、イナゴ、病気など、どんな困難があつても、トウジンビエは食べ物を与えてくれる。

一方、他のすべての穀物は、より脆弱で、完全に完全に崩壊してしまう。トウジンビエが育つ土地にいかなる作物が生存できれば驚くべきことである。局地的な豪雨は、1年分の降水量を数時間で達する。表面が固く石のような土壌では、このような洪水は大規模な流出となり、激しい浸食が進み、必要な水分がほとんど失われてしまう。シーズン初めの雨の前には激しい砂嵐が起これ、柔らかい苗木を傷つけ、埋め、乾燥させる。灼熱の暑さは、定着する前に作物全体を枯らすこともある。

このような問題から、作物の不作の脅威は常につきまとう。農家は2度、3度と播種を繰り返さなければならない。多くの場合、収穫が期待できる量よりも多くの面積に、しかも離れた場所に蒔く。種まき期間中は、家畜が土を踏みならす場所に種を撒き続け、種が生き残るチャンスを与える。他の農家から見れば、牛の足跡に種を撒くのは無駄なことかもしれない。サヘルの人々にとって、それは人生そのものなのである。

ことがある。他の場所でも、例えばイエメンの海岸平野の裸の砂丘で見られる。

それらは基本的な食糧安全保障のための穀物であり、農民が生き延びるための最良の手段である。

概して、自給自足用のトウジンビエは：

- ・地温が高くても発芽する。
- ・固く覆われた土壌でも発芽する。
- ・苗木の段階で多少の砂を撒くことに耐えられる。
- ・低い土壌肥沃度でも穀物を収穫することができる。
- ・べと病（葉がべとべとになってかれる、カビによる）に抵抗する。
- ・ステムボラー（イネの害虫）とヘッドキャタピラー（芋虫）に耐える；そして
- ・寄生性雑草ストライガにある程度耐える。

科学者たちが開発した品種の中で、このような過酷な環境下で食糧を生産するために信頼できる品種はほとんどなかった。西アフリカの大規模な研究施設の査読者から以下のようなコメントをもらった。“40年にわたるトウジンビエの品種改良の末に、たった一つの「改良型」品種である CIVT は一貫して地元の品種を上回っている（ただし、それほど大きな差はない）。育種家の品種は、局地的な試験においてさえ、地元の品種を日常的に下回っている。”外部から認識される「欠点」の中には、次のような例が示すように、実は地元では非常に重要なものがある。

晩熟性（後期成熟）

世界の他の地域では、育種家がトウジンビエの成熟を早めようと試みてきた - 成熟を早めることで、



図3 ナミビア北部。収穫物の前で、来シーズンの種まき用に選別した大きくてコンパクトな頭を持つオワンボ族の農民。収穫物の前で。(S. Appa Rao)

1年に複数の作物を栽培できるようにする；雑草や害虫、病気による被害が少なくなるように；そして、生育期間が短い場所でも食糧を生産できるようにした。自給自足用のトウジンビエが不作なのはこのためだ；多くのものは成熟が非常にゆっくりである。生育期間が長いことは確かに問題である。雨期が終わった後に開花するため、早い時期に短時間の早魃に見舞われると、種子を形成する前に作物は全滅してしまうのである。

しかし、サヘリアの農民にとっては、この遅れが重要なのだ。雨がやんでから穀物を熟成させるのだ。農学的には非効率だが、乾燥や貯蔵の問題がなくなる。（乾燥が容易である。カビが生えない。）また、水分を必要とする穀物の病気や害虫の問題も軽減される。

同じ理由で、自給自足用のトウジンビエは開頭型である。これもまた非効率的であり、他の地域の育種家たちは、開頭型を堅頭型に置き換えることを試みている。しかしアフリカの多くの農家にとっては、開頭型であるため、堅頭型の抱える乾燥や貯蔵の問題の多くを解決できる。

また、植物体の生育期間が長いことも、土壌が水分も肥沃度も不足しているこの地域では、適応的に大きな利点であろう；それは、根がより大きな土壌を探索する機会を与えることである。このことは、おそらく植物の乾燥耐性に寄与している。もう一つは、おそらく粒の良好な頭（大きさ）を生長させる為に必要な栄養分を植物が集めるのをたぶん助ける事ができる。これにはかなり時間がかかるが、それは根の成長が遅いことと、枯渇した土壌では残りのミネラル栄養素の放出に時間がかかることが多いからだ。

また、伝統的な作物の品種は、通常、同じ時期に成熟することも巧みな特徴である。つまり、鳥や虫や病気が花や種子を襲うのは一世代だけということだ。連続して成熟する品種を混ぜてしまうと害虫や病気が何世代にもわたって繁殖する「ローリング・ナーサリー」になってしまう。害虫や病気が何世代にもわたって発生し、成熟の遅い品種は全滅してしまう。

日長感受性

世界の野生植物の多くは、伝統的な土地改良種と同様、日の長さに敏感である。現代の育種家は、こ

の日長感受性を排除しようとする。現代の育種家は、異なる緯度や季節でも栽培できるように、この制限をなくそうとしている。しかし、西アフリカの自給自足のトウジンビエにとっては、日長感受性は穀物の生育を保証するものである。乾季のちょうどいい時期に収穫できる。開花のきっかけとなるのは日照時間であり、植物の年齢ではない。季節が異なると収穫量は少ないかもしれないが、しかし、何が起ころうとも少なくとも花は咲き、成熟する。そのため、収穫量は少ない。

副産物

伝統的な素朴な品種は、大きく、背が高く、葉の多い植物であることが多く、間隔をあけることで最高のパフォーマンスを発揮する。これらの品種は、大量の緑を生み出し生産するが、収穫率は20%以下である。つまり、高収量が期待できる改良品種が30%以上であるのに比べ、地上部の20%以下が収穫穀物で、80%以上が茎と葉であることを意味する。しかし、自分たちの土地で、ほとんどすべての生活必需品を生産しなければならない農民は、これらの穀物を総合的に見る。彼らにとっては、過剰な茎は存在しないのだ。フェンスも屋根も燃料も買えない農家にとって、茎は穀物と同じ価値がある。また、牛やヤギを飼っている人にとっては、乾季の間、葉っぱが生きて糧になる。乾季の間、牛やヤギを飼う人たちにとっては、葉っぱが命をつないでくれるのだ。このような特徴は、アフリカやこの作物に限ったことではない。現在でもトルコやシリアの一部では、小麦のわらは小麦粉よりもキロ当たりで高く売られている（もちろん、小麦は高価格作物である）。

消費者の好み

自給自足用トウジンビエ農家にとって、その形、色、加工性、胚乳の質感など、トウジンビエの特性は絶対的な収穫量よりも重要である。もし、その家族が食べる食品に適した（多くの場合、非常に微妙な）特性を備えていなければ、穀物の価値はほとんどない。自給自足生産者は、主に以下のような料理に適しているかどうかといった理由で選ぶ。

・トウ。サヘル北部では一日に一度は食べる主食である。トウは、沸騰したお湯にトウジンビエを入れ、かき混ぜながら作る硬い粥である。かき混ぜ

ながら食べる。

- ・ココ。トウジンビエの粉を水と混ぜて細かくしたものである。これを1〜2日暖かいところに置いて発酵させる。できたサワードウを沸騰したお湯に落とすと、クリーミーなお粥になる。
- ・マルサ。ガーナの人たちが大好きなお菓子で、トウジンビエを発酵したバターで作った揚げパンケーキである。

遺伝子の多様性

真に限界的な条件下で栽培されるトウジンビエは、通常、以下のような多様性を持っていて、天候が大きく異なる季節でも安定した生産が可能である。ある意味、アフリカの農家は何世紀にもわたって科学的には最近ようやく一般的になってきた手法「集団育種」を行ってきたのである。この手法では、遺伝子型の集まりが「集団」として機能し、さまざまな条件を最大限に活用することができる。遺伝的に異なる植物が「群れ」の中の遺伝的に異なる植物は、どんな季節でも収穫を成功に導く。ある品種が天候や害虫、病気、管理ミスで落ち込んでも、他の品種が立ち向かう。

遺伝子レベルで植物の質を向上させることで、最大収穫量ではないものの最大とは言えないまでも、確実に収穫できるようになる。そして、かれらの生活が栽培するものに依存している場合信頼性は最も基本的なニーズなのである。

どうすればいいのか？

自給自足用トウジンビエの生産拡大を支援することは、世界で最も人道的な努力の一つである。しかし、この場合、植物を改良することは、おそらく二次的なものである。この作物はすでに注目に値する品質を持っている。時間経過で経験し、生き残ってきた作物のすではっきりとした品質、不毛の土地と厳しい気候、そして農家が自由に使える資源を考えると、このサバイバル作物はすでに驚くべき資質を備えていて、農家が自由に使える資源を考えると、これ以上の植物を生み出すのは難しいだろう。それよりも重要なのは、農法をより簡単に、より確実に、より効果的にするための研究である。収穫物の保管や取り扱いをより良く、より安全にするための研究、そして、より簡単で確実に効果的な農法の研究、そ

デュアルトラック（二極化）

この報告書では、自給自足と商業生産の両方のための種に同じ比重を置いている。これは確かに異例なことである：

近年では、それぞれの見解の支持者の間で偏見と軋轢が広がっている。しかし、広い意味では、自給的農業と商業的農業は、別個のものでありながら、並列的であり、等しく価値があるが一公的には広く認められていない事実で、時には善意の科学者を混乱させるものである。

もちろん、自給自足農業は何百万人もの人々の生活に欠かせないものであり、アフリカの農業に最も人道的に貢献できるのは、この農業の強化であろう。しかし、最も困っている人々に、彼らが望む方法で手を差し伸べることは、経営上不可能なことが多いのである。

新しい品種を作ることは、たとえそれが小麦のようなよく知られた作物であっても、10年の歳月と100万ドルの資金が必要である。したがって、何千人もの人々に個別に手を差し伸べることは、明らかに非現実的である。何千もの自給自足地域があり、それぞれに好き嫌い、ニーズ、要望、気候や条件がある。

技術農業は伝統的な農業と相容れないものではないが、最も困っている農民を助けようとする人々からはしばしば批判される。もちろん、誰だって最も貧しい人々を助けたいと思う。しかし、自給自足の農家で、余剰生産物を販売することを夢見ない人はおそらくいないだろう。そして、その剰余金は、娘の持参金やトランジスタラジオの代金以上に、貧困から抜け出す方法なのである。

だから、最貧国でも使えるような近代的な品種や交配種を開発している人たちは、決して頭が悪いわけでも、見当違いをしているわけでもない。自給自足の農家が圧倒的に多いからかもしれない。

他の農民は、自分たちが食べる以上のものを生産して、農民以外の人々、つまり都市部の人々を養っているのである。都市に住む人たちは、ビジネスマン、医師、教師、観光客、そして研究者がそうである。また、自給自足の農民から、商業的に望ましい品種を生産する手段を奪って、繁栄への道を閉ざす理由もない。どんな国でも、生き残り、繁栄するためには農民が自分たち以上のものを養えるようにしなければならない。

商業的農業は、自給自足農業とは要求も目標も異なる。しかし、それは脅威にはならない。このことは、世界各地に見られる。例えば、中東の農家では、素朴な小麦と先進的な小麦が並んで栽培されている。

ペルーでは、インディアンは伝統的なジャガイモを自分たちのために、近代的なジャガイモを都市部では栽培している。

インドやパキスタンで栽培されている緑色革命の小麦は、ほとんどが販売用であったと指摘する人もいる。彼らは（善かれ悪しかれ）次のように結論づけた。商業が主な動機であり、アフリカの食糧生産が飛躍的に向上することはない。アフリカでも同じような商業的な機会が得られるまでは、食糧生産の飛躍的な向上は望めないと結論づけている。このように、現在では両極端のアプローチがなされているが、第三世界における自給自足農業と商業的農業は切っても切れない関係にある。一方を改善すれば、他方にも利益をもたらすことができるのである。

伝統的な農家は素晴らしい、しかし.....

自給自足農家は賞賛されるべき存在であり、見習うべき存在である。彼らの技術は、容赦ない気候の厳しさと、失敗すれば飢えや死が待っていることを常に意識しながら、彼らの技術は磨かれてきた。しかし、「農民は常にベスト」なんていうロマンチックな考え方にとらわれてはいけない。

1860年代、米国が各州に農業大学を設置することを提案したとき、農民は多くの反対意見があった。アメリカの農民は技術的な助けを必要としていない、大学の教授が農民たちに農業のやり方を教えることはできないからである。しかしアメリカの農業をここまで発展させる原動力となったのは、ランド・グラント・カレッジと呼ばれる基礎知識である。

これらの大学や類似の研究施設を通じて、多くの農作物の害虫の生態を解明し、肥料の効果を実証し、作物の遺伝学を明らかにし、土壌の種類や微量栄養素の特定など、数え切れないほどの基礎的な研究が行われた。このような知識があれば、どんなに頑固な伝統主義者でも、より少ない労力で一貫性をもって、より多くのものを土地から引き出すことができるようになった。

このように、生物学的な基礎知識を身につけることで、飢餓に苦しむ国々の自給自足農民のためになることがたくさんある。どんなに優秀な農民でもこの方法で、作物をより簡単に、より簡単に、より確実に、より高い収穫を得ることができる。

かつて、科学的知見は主に商業的農業に応用されていた。しかしそれは、大規模な農家は通常、手を伸ばしやすく、変化に敏感だからである。

知識は自給自足農業にとって有害なものではない。世界的に広まっている二極化は、嘆かわしいことである。

して、穀物を食べられる形に加工する日々の苦労を軽減する研究である。

もちろん、本書は農法や貯蔵方法、加工方法よりも、有望な植物にスポットを当てたものである。しかし、この研究の過程で、私たちは、自給自足用トウジンビエの性能と信頼性を高めるのに役立つかもしれないいくつかの革新的なアイデアを見つけた。ここではそのいくつかを簡単に紹介する。

気候に対する脆弱性を軽減する

干ばつ、砂嵐、地温の上昇などは言うまでもないが、農民が早期の降雨の不確実性に対処できるようにすることは、おそらく最も価値のある介入方法である。これら植え付け時期の早期化は、より安全な環境を提供することができる。作物の栽培を始める前から、農家の脆弱性を低下することができる。以下は、その6つの可能性である。

1. 分蘖^{ぶんげつ}

サヘル地域で栽培されているトウジンビエは不分蘖性で、1粒の種から1本の茎しか伸びない。このため、干ばつや砂嵐などで茎が枯れてしまうと、その植物は失われてしまう。しかし、ある種のトウジンビエは5本も茎を伸ばすが、一度に全部は伸びない。この場合、茎が枯れても植物は生きていて、再生するチャンスがあるのである。

他の条件が同じであれば、^{ひこばえ}蘖のある品種を追加すれば、不作の年の作物の損失は劇的に減少し、被害を受けた畑に植え替える必要もなくなる。そして、雨が豊富で適時に降る良い年には、2~3本（あるいはそれ以上）の茎がすべて出てきて、生き残ることができる。収量が2倍にも3倍にもなる。

2. 深植え

アメリカでは、さまざまな種類のトウジンビエが育苗中にどのような働きをするかを研究している。その結果、苗の長さや伸びるスピードに大きな違いがあることがわかった。この研究は、W.D. Stegmeierが中心となって行った。背が高く、伸長が早い品種を選ぶことで、10cmという深さまで植えることができる。中胚軸（MC）と小胚軸（CL）の伸長度には非常に大きな差がある。30°Cで発芽させた1,100品種において、MCとCLの長さがそ

れぞれ14~130mm、CLが、6~40mmであった。これにより、発芽したばかりの非常に脆弱な苗が生き残るチャンスが増える：より高い水分含量に達することができ、土壌の表面が乾いても枯れる可能性が低くなる：また、生育の早い苗であれば、土が固まる前に空気に触れさせることができるかもしれない。テストはアメリカの発芽器と温室で行われたが、立脚力を向上させたシステムを特定することに成功した。このシステムは、地球の反対側の自給自足農家にとって、高い価値を持つ可能性がある。

3. ウォーターハーベスティング（雨水収穫）

苗の根元に水分を集中させる方法はたくさんある。付属の報告書では、かなりの数が挙げられている。これらは重要な価値を持つ可能性が高いことが示唆され、ソイルインプリンティング（土壌刷り込み）とタイドリッジ（畝立て）の使用に関する最近の論文で紹介されている（N.R. Hulugalle. 1990 *Soiland Tillage Research (Netherlands)*18(2-3): 231-247.）。どちらの手法も、植物の周りに小さな「盆地」を作り、そこに水を溜める。

西アフリカの年間降雨量が600~900mmの地域で行われたこの試験では、タイドリッジは、その季節にその場所に降った雨の85~100パーセントを捕捉することができた。通常の畝立てや平植えでは、55~80%を捕捉し、残りは流出水として失われた。また、畝立てを行うことで、土壌の表面積が減少し、土壌の肥沃度が維持される。土壌の嵩密度を下げ、土壌の肥沃度を維持し（土壌養分の損失を減少させる）、土壌の保水性を向上させた。土壌の保水力を向上させた。トウジンビエの場合、畝立てによって根の深さ、根の密度、生育、収量が向上した。また、雨期、乾期を問わず、収量も増加した。

4. 移植

苗床の利用は、苗の段階での水ストレスを回避するための最も古い戦略の1つである。何世紀にもわたって、アジア人は稲の苗を移植し、西アフリカ人はモロコシの苗を移植してきた。現在、アジアの一部の農家では、トウモロコシも同じように移植している。もちろん直播のほうがずっと簡単だが、壊滅的な失敗がありうるところでは、移植はより安全性を高めることができる。ベトナムは、古くから稲の

移植に慣れ親しんできたが、ベトナムは、熱帯条件下でのトウモロコシの移植栽培のパイオニアである。今日、トウモロコシの移植栽培は現在では紅河デルタ地帯に広く普及している。この技術により、1983年から1986年にかけて年間5万ヘクタールだったトウモロコシの収穫量が、1990年には25万ヘクタール近くまで増加した。北朝鮮も最近、移植トウモロコシを使っている。移植がなければ、トウモロコシの栽培面積は35万ヘクタールを超えることはなかったと言われている。一方今日では約70万ヘクタールを超える。

この場合、種子は畑ではなく、灌漑された小さな苗床に植えられ、本格的な雨が降ってから畑に運ぶ。この方法は、自給自足のトウジンビエで特に有望と思われる。作物は最も不利な季節に植え付けなければならないため、時間がないことが多く、水の供給も限られ、天候も予測できない。その上、農家は家族が食料を必要としていることや、栽培期間が短すぎることから、その上、農家は早く植えなければというプレッシャーを感じている。

移植栽培は、不安定な雨の危険を克服するだけでなく、播種した作物に比べて、畑にいる時間が短くなる。また、同じ収穫量を得るために必要な水量もはるかに少なく、風雨に対する耐性にも優れている。苗床で苗を育てることで、病気の苗を淘汰し、感染の度合いを減らすことができる。

移植はこれまで主に他の作物との関連で語られてきたが、自給自足トウジンビエに最も適した方法であることは間違いないようだ。実際、インドやアフリカのいくつかの地域では、すでにこの方法がとられている。そして、かなりの成功を取っている。

5. マルチング (根覆い)

これまで述べてきたように、焼けた高温の土壌は、植えたばかりの自給自足用トウジンビエにとっては大きな脅威となる。土地の表面を冷やすことができるものであれば助けとなる。しかし、この問題にはまだほとんど、あるいは全く工夫がなされていないようだ。しかし、日陰を利用した実験では、生存率と収量が10倍になったという実験結果もある。J.H. ウィリアムズによると、トウジンビエの成長は、結果として10倍変化したことが示されている。土壌表面温度を6°C下げた（私はシェーディング技術

を使用した）が、同じ操作でとうもろこしは40°Cの気温でも生育できた！

6. 防風林

砂を撒き散らす効果は、少なくとも圃場の周囲（または少なくとも風上側）に様々な種類の防風壁を設けることで克服できるはずである。一つの提案としてベチバー (*Vetiveria zizanioides*) の生け垣を利用することがある。この草は背が高く、非常に頑丈である。この草は茎が丈夫な鞘に包まれているため、おそらく爆風による砂の影響を受けないだろう。作物を植える時期が来ても、たとえ乾燥した季節の終わりでも、この多年草は硬くまっすぐに立っていて、風と戦うことができるはずだ。

作物管理の改善

自給自足農家がより少ない労力でより高い収穫を得るために作物を扱うためのアイデアは、様々な書籍、雑誌、研究所の報告書やPVOのニュースレターなどに掲載されている。肥料、最適な耕作量、最適な作物個体数、最適な耕作方法など、よく知られた問題については、ここでは触れない。鋤、鋤、輓馬など、より手間のかからない耕作方法の使用など、よく知られた問題である。しかし、このような研究の中にも、「イノベーション」の精神に適った有望なものがある。以下はその3例である。

1. 作物システム

自給自足トウジンビエは伝統的な農業システムにおいて重要な役割を担っている。通常、モロコシやトウモロコシなどの穀類、またはササゲや落花生などの豆類と混作される。多くの農家にとっての生産量は、どちらかの作物単体からの収穫量よりも重要である。この混作は、今日の研究者にとって扱いにくいものであるが、いくつかの興味深い展開がある。ひとつは矮化^{わいか}である。

穀物植物を小さくすることは、一般的な戦略である。これによって、より弾力性があり、取り扱いが容易で、高収率な収量を上げることができる。しかし、自給自足のトウジンビエの場合、矮化はそのような収量的な利点のために行われるのではない。研究者たちは、単に植物の高さを低くすることで、ササゲやその他の低成長豆類に大きく貢献できること

を発見した。トウジンビエは背の低い仲間の陰になることがなくなり、光合成が活発になるため、収量が向上する。ニジェールでの最初の結果は非常に有望である。ニジェールの農家は、矮小化トウジンビエを積極的に採用している。

2. 傾斜の構築

自給自足用トウジンビエの土壌は通常、粗い質感で、少なくとも65%は砂が含まれている。このような多孔質の土壌は、肥沃度が低だけでなく、水持ちが非常に悪いのである。雨が降ったとしても、根が届かないところに流れていってしまうのである。雨を根域にとどめることができれば、作物の収量にも収穫にも大きな効果がある。例えば、作物の残渣を畑に残すことで西アフリカの半乾燥地帯では、トウジンビエの収量が劇的に向上することが分かっている。最近の3つの実験では、穀物収量がそれぞれ300, 450, 550%増加した。また、残渣は砂質土壌の保水力を高めるだけでなく、土壌の温度を下げ、肥沃度を向上させた。

3. 生物学的施肥

トウジンビエの自給自足が普及している地域は

通常、遠隔地であり、貧困にあえいでいるにもかかわらず、商業肥料をめぐって使用することはない。しかし、すべての植物は、たとえトウジンビエのように丈夫な植物であっても、窒素、リン、カリウム、そしていわゆる「微量栄養素」という形で食料を必要とする。自給自足という条件下で、どのように植物の食料を提供するかは農学上の最大の課題の1つであり、アフリカとトウジンビエにとってだけでない。

ある場所では、リン酸塩の鉱脈が見つかった。これまで肥料として利用されることはほとんどなかったが、しかし極端な地域では、リン酸塩の主要な供給源となる可能性を秘めている。一般的な水溶性肥料と違って、すぐに栄養が行き渡るわけではない。しかし、植物が健康で丈夫に育ち、高い収穫を得るために必要な栄養素である。西アフリカの一部の地域には、この目的のために利用できる岩リン鉱石が埋蔵されている。自給自足農家の作物に窒素を供給するには、おそらく生物学的供給源ほど実用的なものはないであろう。窒素は、次のような方法で得ることができる。

- ・作物残渣や家畜の糞尿を土壌に混ぜる。
- ・マメ科の食用植物(ササゲや落花生など)を輪作

ナミビアに貢献するトウジンビエ

ナミビアの農地は、最も乾燥し、最も予測不可能な場所の一つである。そのためか、農民たちはマハング(トウジンビエ)に頼って、家族の食糧を確保している。人口の3分の2が住む北部では、マハングを主食としている。かつて、ナミビアの農民の生産量が1ヘクタールあたり約300kgと、非常に少ない。生産量が少ないため、国民を養うためにトウモロコシを輸入しなければならなかった。

しかし、1986年、ICRISATに助けを求め、生産性の高い50品種が持ち込まれ、試験的に植え付けられた。そして1987年3月1987年3月、新国家初の「農民運動会」が開かれ、約100人の農民がその成果を目にした。特にオカシャナ1という品種は、そのシーズンの降雨量が170mmと少なかったにもかかわらず、素晴らしい出来栄であった。そこでナミビアは、「オカシャナ1」の種子200kgを求め、増殖と大規模試験、そして農民へのデモンストレーションを行った。1988年3月に開催された「農民運動会」では、250人の来場者がオカシャナの種子を買い求めた。1年後には500人以上の農家が訪れ、約4トンの種子を購入した。

この新品种が登場して以来、ナミビアの農家は豊作を続けている。伝統的な栽培方法でも、収穫量は2倍になった。しかし、より良い方法を採用した農家では、1ヘクタールあたり2.4トンと、従来の約8倍もの収穫量になった。

オカシャナ1号は、ICRISATで集中的に品種改良されたものだが、素朴な弾力性が残っており、特に自給自足農家のニーズに適していた。

その特徴は、高い穀物収量、大きな種子サイズ、早熟性、べと病への抵抗性、また、季節の終わりの干ばつで水分が失われたときでも穀物を成熟させることができるというものだ。

オシユカティにあるマハネネ研究所のウォルフガング・レヒナー氏によると、ナミビアのトウジンビエの半数以上の農家がこの新品种を栽培しているという。「オカシャナ1の粉は淡い色をしていて、とてもおいしい。」とレヒナーは説明する。「これと収穫量の増加で、数年後にはトウモロコシの輸入に頼らなくてもよくなるかもしれません。」「そうすれば貴重な外貨を節約できるのである。」

に使用する。

- ・ 草本系の土壌形成マメ科植物 (stylosanthes や macroptilium など) を間作する。

または macroptilium のような草本土壌形成マメ科植物との混作。- アカシア・アルビダ (Acaciaalbida) のような窒素固定樹種を畑に植え付ける。この非常に興味深いアフリカの木は、作物栽培システムに窒素を追加することができ、また重要な防風効果もある。

トウジンビエの場合、根に生息する有益な微生物

から直接窒素を得る可能性もある。このような窒素固定植物と微生物が共生する窒素固定技術は、多くのマメ科植物に見られる特徴だが、イネ科植物ではごくわずかである。トウジンビエはその数少ないうちの1つである。トウジンビエはアゾスピラムと呼ばれる窒素固定細菌の恩恵を受けている。インドのマハラシュトラ州で行われた最近の試験で、トウジンビエにアゾスピラムを植え付けたところ、穀物と飼料の収量が大幅に増加したことが示されている。

References

PEARL MILLET, SUBSISTENCE TYPES

- International Development Research Centre (IDRC). 1979. Sorghum and Millet: Food Production and Use. Report of a workshop held in Nairobi, Kenya, July 4-7, 1978. S. Vogel and M. Graham, eds. Report No. IDRC-123e. IDRC, Ottawa, Canada
- Wendt, J.W., A. Berrada, M.G. Gaoh, and D.G. Schulze. 1993. Phosphorus sorption characteristics of productive and unproductive Niger soils. *Soil Science Society of America Journal* **57**(3):766-773.
- Zaongo, C.G.L., L.R. Hossner, and C.W. Wendt. 1994. Root distribution, water use, and nutrient uptake of millet and grain sorghum on West Africa soils. *Soil Science* **157**(6):379-388.