

厳しい乾燥下でも生き抜く M-StAR 長根苗

概要

長根苗で乾燥地造林の課題を解決

ミャンマー等の熱帯乾燥地での従来の植林は、厳しい乾季前に根系発達を促すために、①大穴を掘り、②乾季になると灌水等もするため植栽コストが高かった。また、③植栽時期が雨季初期に限られているため、農繁期と植栽のタイミングが重なりやすいといった課題もある。

そこで、乾燥地での従来法に代わる植林技術として、通常よりも深めの容器で育苗した「**長根苗**」の技術開発を行った。**乾燥地でも土壌深層には常時水が残っているため、長根苗により植栽後の土壌深層への素早い根の発達を促すことができれば(右中図)、上記①～③の課題解決になると考えた。**

既に地中海や UAE の乾燥地域等で使われていた長根苗の育苗容器は、細長いチューブ状のもので、植栽時に苗が取り出しにくいことが予想された。そこで、**日本人が開発した M-StAR コンテナであればシートを丸めて容器にしているため、苗が簡単に取り出せ、かつ容器も再利用でき低コストでできると考えた(右中写真)。**

本試験では、年降水量が 700 mm 程度のミャンマー中央乾燥地（マンダレー管区）の造林樹種を使い、M-StAR 長根苗の技術開発（育苗方法、植栽効果の検証）を行った。

今回の育苗・植栽試験で分かったこと

ミャンマーの熱帯乾燥地の 5 樹種（2P 参照）を深さ 60 cm の M-StAR で育苗したところ、**根が底までまっすぐのびた理想的な形状の根をもった長根苗ができ(右下写真)、その育苗方法が分かった。**ただし、育苗期間を延ばしても根鉢が柔らかいまの樹種もあり、このような樹種は植栽時に注意が必要である。

雨季植栽では、長根苗による生残効果の向上は認められなかった。一方、乾季植栽では、いずれの樹種でも植栽後 4 か月程度無降水の条件で 80% 程度生き残り、その効果が確認された。このことから、**長根苗であれば、植栽直後に雨が十分降らなくても枯死リスクを軽減でき、植栽可能期間を広げられる可能性があることが示唆された。**

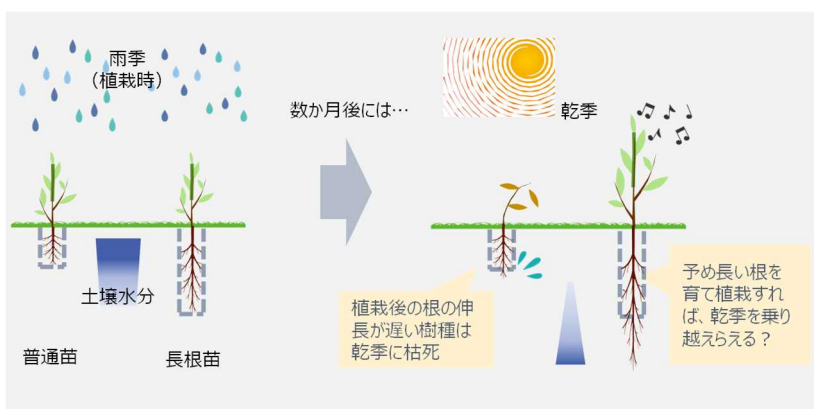
育苗コストは **20 円/苗程度高くなる**ことが試算された。

長根苗技術の確立・普及にむけた課題

本試験の対象以外の熱帯樹種でも長根苗が育成できるかは**実際に育苗しないと分からない。**今後は、どのようなタイプ（直根型、科、早世樹、落葉性等）の樹種が長根苗の育成に適しているのかを明らかにしていく必要がある。

また、**雨季植栽の試験では、長根苗の生残効果は明確ではなく、そのメリットは実証できなかった。**ただし、育苗時点の長根苗の根の形状はよく、少なくとも長根苗により植栽後のパフォーマンスが悪くなる可能性は低いと考えられる。

育苗コストが高くなる長根苗の活用技術を確認していくためには、どんな場合（時期、場所、樹種、目的等）で長根苗を使うのが適切なのか、今後見極めていく必要がある。



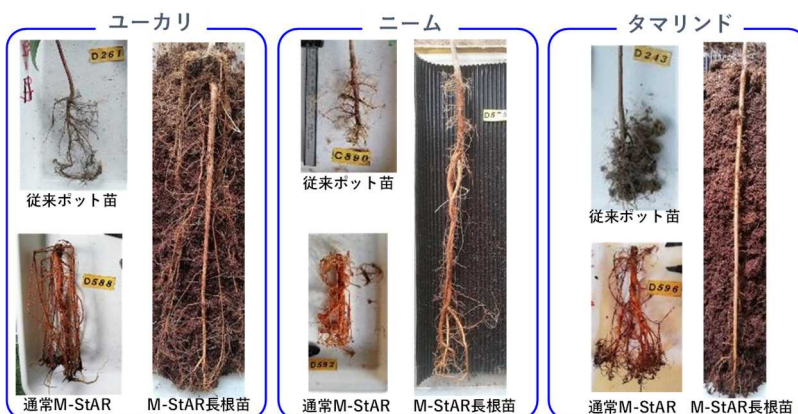
長根苗による土壌深部への根系発達の促進（イメージ）



従来の長根苗の育苗容器(左)と M-StAR コンテナ(右)



植栽後 2 か月のタマリンドの長根苗。深さ 60 cm の根鉢の下から、下方向に向かって 20cm 以上根が伸長している。



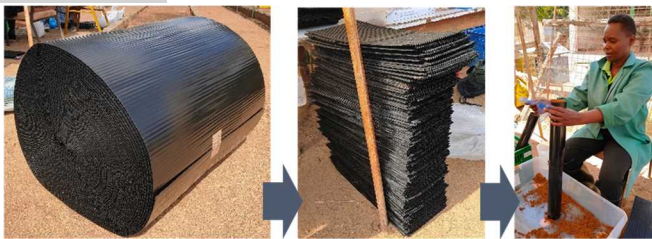
育苗容器毎の根の発達（全て約 6 か月育苗）

1. 熱帯の乾燥林樹種で長根苗を仕立てる

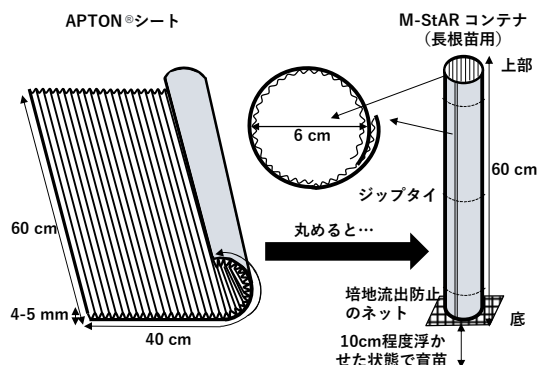
メドインジャパンの M-StAR を長根苗の育苗に使用

長根苗用の育苗容器には、宮崎県（三樹陽一郎氏）により開発された M-StAR を使うことにした。M-StAR はポリエチレン製の梱包用の黒いシート（APTON®、四国化工）を円柱状に丸めてセルコンテナ容器にしたものである。M-StAR の特徴は、シートを自分で裁断することで目的や樹種に合わせ自由に深さと径が調整できることである。

また、なるべくコストを抑えるため、日本から持参した 50m 巻のロール状になった M-StAR を、現地で長根苗用のサイズに裁断した（1 ロール約 1 万円で約 200 個の長根苗用の容器ができた）。このように、M-StAR は価格が安くサイズの柔軟性が高く、ピルポット苗が主流の途上国でもコンテナ苗容器として普及しやすいといえる。



長根苗のデザイン -深さ 60cm の細長いコンテナ苗-

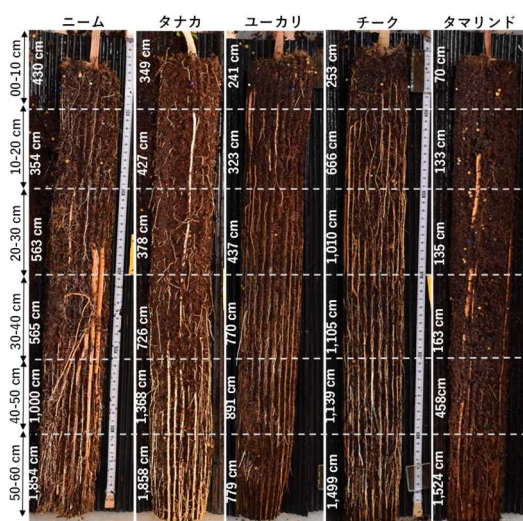


M-StAR 長根苗の容器は空中根切りを促すためボトムレスであり、シートの内壁には垂直方向への伸長を促すためのリブがある。塩分フリーのココナツピートに 15-9-11

の遅効性肥料を均一に 5 g/L 混ぜ、M-StAR 全体に 0.07-0.08 g/cm³ になる程度に充填した。容器底は培地の流亡を防ぐためにネットを被せた。また、成形を維持するためコンテナの上中下部の 3 か所にジップタイで固定した。

試験対象全 5 樹種で、根が下まで長く伸びた長根苗ができた

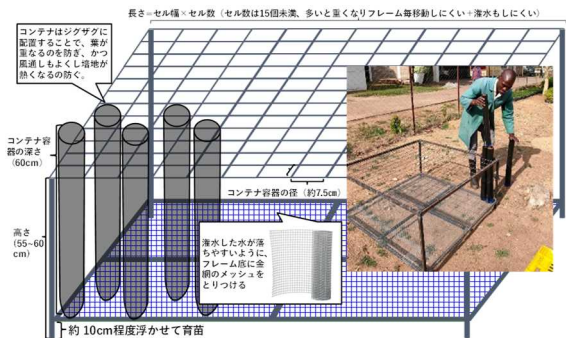
長根苗のメリットを最大限に活かすには、育苗中に根が M-StAR コンテナの底まで到達する必要がある。ミャンマーでは、ニーム (*Azadirachta indica*)、タナカ (*Hesperethusa crenulata*)、ユーカリ (*Eucalyptus camaldulensis*)、チーク (*Tectona hamiltoniana*)、タマリンド (*Tamarindus indica*) の 5 樹種の長根苗を育苗したところ、全樹種、6 か月程度の育苗期間で根が底まで到達していることが確認された。これにより、M-StAR 長根苗の育成方法は確立できた。



根がコンテナ底まで伸長（白字は全根長（cm））

長根苗を育苗する棚を現地でオーダーメイド

細長い長根苗は、安定性が低く、そのままでは自立しないので、育苗する際はそれを支える下図のような棚（フレーム）が必要である。棚は苗が支えられさえすれば何でもよいが、コンテナ底まで到達した根がそこでストップする（空中根切り）ように、底を浮かせて育苗できるようにする。本試験では、途上国の小さな町でも手に入る資材を使って現地の溶接屋に作ってもらった。



ココナツピートが必要不可欠!



長根苗コンテナは大容量なので、培地に土を使うと重くなってしまいます。そこで、ココヤシのヤシ殻を粉碎したココナツピートを使用した。ココナツピートは、土に比べ軽く、通気性や保水性にも優れており、世界中でコンテナ苗用の培地として使われている。ミャンマーやケニアはココヤシが自生するので、比較的安価で手に入った。ピルポット苗が主流の熱帯途上国では、重くて硬い土を使っており、ココナツピートがなくて、軽くて、保水性もあることを知って驚いていた。



長根苗の育苗管理のコツ

長根苗は基本的に通常の苗と同様の方法で育苗するが、灌水に少しコツがある。まず、一回の灌水で水がコンテナ底からしたたり落ちるまで灌水するようにしないと、灌水した水が底まで届かずに、根が底までのびない可能性がある。ただし、水消費速度（蒸散量）



が遅い樹種は、ポット内に水が残った状態になりがちになり根が腐ったり、病気が発生したりすることがある。灌水頻度は樹種や生育段階により異なるので、育苗中はコンテナを持ち上げ、軽く叩いていたら灌水の目安とする。

従来ポット苗と長根苗の根の形態の違い

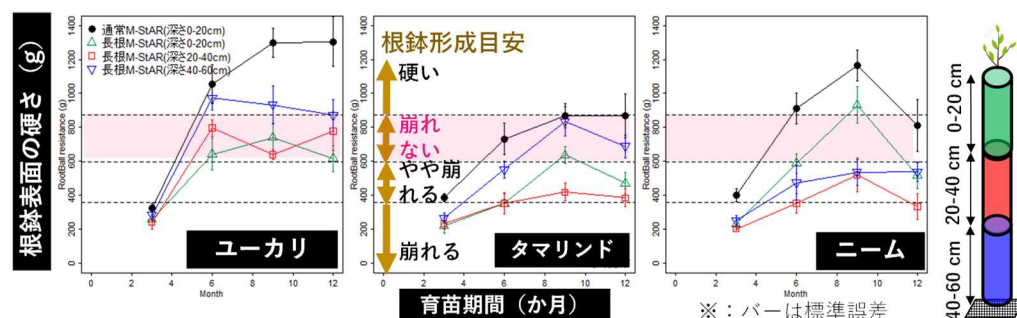
途上国で普及している従来ピルポット苗は、ポット底で根が巻いてしまうが、M-StAR はポット底まで根が真っすぐに伸びて、そこで止まった状態（空中根切り）の苗ができる。さらに、長根苗では、多くの乾燥林樹種に共通してみられる太くて長い直根（Tap root）を発達させることができる。

長根苗の育苗期間 ≡ 植栽時に根鉢が崩れなくなるまでの期間

コンテナ苗の根が十分発達すると、根がしっかり培地をつかんだ状態になり、崩れにくい根鉢が形成される。根鉢形成が不十分だと培地が崩れ、植栽時に根を痛めてしまう、もしくは崩れないように植栽するため作業効率が落ちてしまう。よって、「根鉢形成までの育苗期間≡植栽までに必要な育苗期間」といえる。

長根苗の根鉢形成までの期間を調べた。根鉢形成を定量的に評価するため、根鉢表面の硬さを指標とした（右の※）。

下图の通り、ユーカリ長根苗は育苗して 6 か月程度で根鉢が形成され、通常苗とほぼ同じ育苗期間であることが分かった。他 2 樹種は育苗期間が 12 か月経過しても一部の深度で根鉢が「やや崩れる」状態のままであり、これだと一応植栽自体はできるが作業効率が落ちてしまう。



※:「根鉢形成」を定量評価



「根鉢形成」は、実際に手で掴んだ感覚で 4 段階評価（崩れる→やや崩れる→崩れない→硬い）した後、根鉢表面の硬さを計測し、各評価に対応する根鉢硬さを設定（詳細は R2 報告書）。

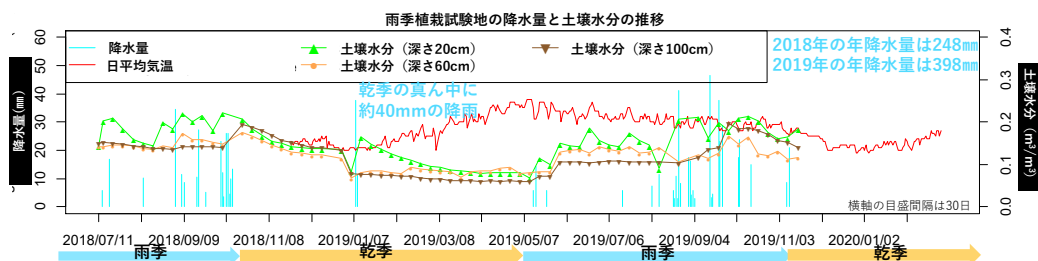


根鉢がしっかり形成されれば、植栽時に根鉢は崩れない。

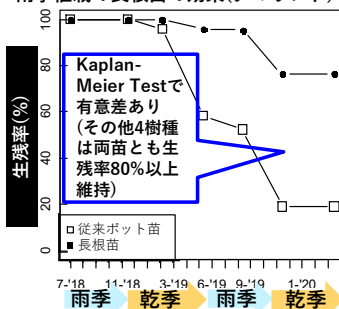
2. 長根苗の植栽後の効果を実証

雨季植栽では、ポット苗も長根苗も生き残った → 長根苗の優位性は確認できず

雨季と乾季が明瞭な地域では、乾季前になるべく根系を成長させるため、雨季初めに植栽するのがセオリーである。そこで、まずは長根苗の生残効果を確認するため、ニーム、タナカ、ユーカリ、チーク、タマリンドの長根苗と従来ポット苗を「雨季植栽」した。タマリンドには生残効果があったが、他 4 樹種はポット苗も長根苗も 80%以上の生残率で効果はなかった。



雨季植栽の長根苗の効果(タマリンド)



タマリンドは長根苗の生残効果が明らかだったが、他 4 樹種は長根苗もポット苗も高い生残率であった。

長根苗の植穴はエンジンオーガーで掘削



根鉢の深さが 60 cmの長根苗を植えるための深い穴を掘削するのに、本試験では、エンジンオーガーを使用しました。このエンジンオーガー（中国製）はミャンマーでは 1 万円弱で購入でき、ケニアでも売られていました。

こういった機械を紹介すると「現地では高く使えないのでは」と心配の方がいます。たしかに初期費用は高いかもしれませんが、機械導入

でどれだけの人件費が抑えられるかも考える必要があります。例えば、人件費が 500 円/人日だと 20 人日でこのエンジンオーガー 1 台分です。

地域住民の雇用機会の創出も大事ではありますが、植林が進んでない乾燥地では、植栽時期の人手確保が制限要因になっていることもあり、多少初期投資が高くても、いかに少ない人数・短時間で作業をするかも考慮する必要があります。また、簡単にメンテナンスできるかも重要です。このエンジンオーガーは構造がシンプルなため、町の修理屋でも修理可能です。

雨季植栽では長根苗は必要ない？

ミャンマー森林局によると、従来の植林は雨季初めに 60 cm四方の大きな植穴に植え、乾季に灌水をすることで、何とかポット苗でも乾季を乗り越えられることだった。そこで、上記の雨季植栽の試験では、大きな植穴なし、無灌水であれば、ポット苗は枯死し、長根苗は生き残るだろうと予測していた。

しかし、予測に反しタマリンド以外の 4 樹種は両苗でほぼ 80%程度生き残り、長根苗の効果が示せなかった。その一因は、乾季の真ん中に約 40mm のまとまった雨が降り、土壌表層の水分が上昇したことがあげられる。

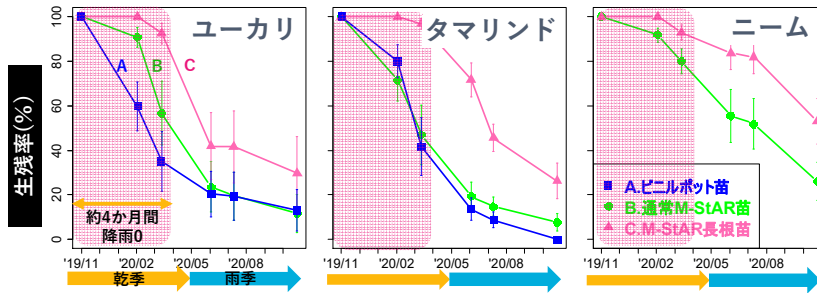
乾季に雨が全く降らなければ、タマリンド以外でも長根苗の効果があつたかもしれない。逆に、生残効果がみられたタマリンドも降雨パターンが異なればポット苗でも問題なく生残したかもしれない。よって、今回の試験だけでは、雨季植栽における長根苗の必要性についてはっきりしたことはいえない。

ただし、長根苗は深部への根伸長を促し、植栽直後の苗木にプラスに働いているのは確かである。植栽地の深さ毎の土壌水分の季節変動や過去の降雨パターン（旱魃の有無）をみつつ、長根苗を使うかどうか検討したほうがよい。

乾季植栽では、全 3 樹種で長根苗による生残効果は実証できた

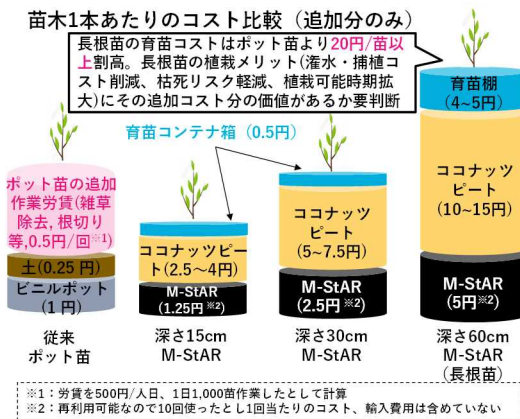
乾季植栽では下図の通り全 3 樹種で効果が見られ、厳しい植栽条件（無灌水、降雨なし）下でも、長根苗は 4~5 か月程度は問題なく生き残ることが実証できた。このことから、**雨季后半での植栽や降雨パターンが不安定な場合でも、長根苗により植栽直後の枯死リスクを軽減できるといえる。**

乾燥地では、近年の気候変動による雨季の短縮化（遅れ）や、植栽時期と農繁期が重なりやすく、長根苗は植栽可能時期を広げられる方法・技術として期待できそうである。



3. 長根苗の育苗コスト

長根苗の育苗コストは割高 → 費用対効果を考え効果的に使うべき



長根苗の育苗コストは従来ポット苗

よりも 20 円/苗程度高くなる。また、M-StAR は日本から輸入する必要がある。ポット苗でも問題なく植林できて

いる場合は長根苗の必要性は低い。ただし、乾燥地では植栽コストが割高になりやすい(ミャンマーでは灌水や大きな植穴掘削に係る人件費は 50 円/苗以上)。育苗コストだけでなく、植栽コストや長根苗により得られるメリットを考えて長根苗を使ったほうがよい。

なお、植栽コストは、その大部分が人件費であり、各国の相場や熟練度により変動しやすいことに加え、灌水の有無や補植の程度等でも大幅に変わるため単純には比較できない。**少なくとも長根苗の植栽コストが従来法よりも高くなることはない**ので、後は植林地の条件・目的に合わせ長根苗を使うかどうか判断すればよい。場合によっては、育苗コストが約半分の深さ 30cm M-StAR 長根苗を使ってもよいだろう。

4. 他の熱帯乾燥地域への適用可能性

ケニアにて長根苗ができる樹種をスクリーニング中

ミャンマーでは、前述の 5 樹種で育苗容器の底まで立派な根が発達した長根苗が M-StAR でできたが、他の熱帯乾燥樹種でもうまく育つかどうかは分からない。

そこで、乾燥地が広がるアフリカ大陸にあるケニアにて、右のような熱帯乾燥樹種を 25 樹種で長根苗が育つか、根鉢形成まで必要な育苗期間を調べているところである。さらに、植栽時期や樹種によっては、深さ 60 cm の長根苗は必要ないかもしれないため、深さ 30cm の長根苗も植栽試験の処理に入れることで、どの程度の深さの長根苗が必要なのかを検証する予定である。

最後に、長根苗の技術開発はまだ途上である。特に雨季植栽での長根苗の効果・必要性については、乾燥地の降雨パターンは年により異なるので、1 回の試験では何とも言えない。**乾季植栽では、植栽後、無降水でも長根苗であれば 4 か月程度生き残り、植栽直後の苗木にプラスに働いているのは確かである。また、植栽時の苗の根の形状は長根苗のほうがよい。**育苗コストが高くなることを踏まえ、どんな場面（時期、場所、樹種 etc.）で長根苗を使うのがよいか見極めていく必要がある。

雨季に入ったのに枯死した原因

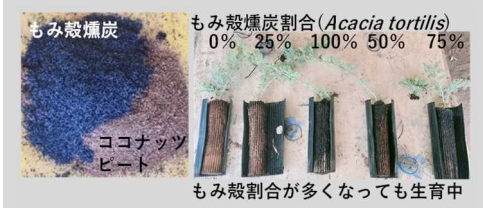
当初、植栽後の最初の乾季を乗り越え、雨季に入りさえすれば、その後は問題なく生き延びると考えていた。しかし、雨季に入って全 3 樹種で生残率が落ちてしまった。一因としては、雨季に下草の繁茂し土壌表層の水が不足ぎみになったことと、集水キヤッチメントを作らなかったため、雨季の雨水が十分に苗木の周辺に浸透しなかったことが考えられる。

いくら長根苗が乾季を乗り越えるといっても「下草刈り」、「集水キヤッチメント」等は必要だろう。乾燥地では通常の管理施策としてこれを行っているところが多く、長根苗に付随する追加的な作業ではないので無理なくできるだろう。

また、最終的に生残率が 50% 以下になったからといって、この長根苗技術が使えないというわけではない。**ポット苗より長根苗のほうが生残しやすいことは確かなので、通常の管理施策を+αすることで、技術を改良・確立していくことが重要である。**

いかに育苗コストを抑えるか

長根苗は育苗容器の深さが長くなる分だけ、どうしても培地コストが高くなります。また、いくらココナツピートが安いといっても、従来の土と比較すると割高なのは確かです（左）。さらに、ココヤシが自生しない国ではココナツピートを輸入しなければならないため、さらに費用は高くなります。そこで、なるべくココナツピートに頼らずに長根苗を育てるため、ケニアでは、ココピートの 1/6 の価格で購入できるもみ殻燐炭を「かさまし」に使用しないか検討中です（詳細は R3 報告書）。



ケニアにて長根苗のスクリーニング中の 25 樹種

	非マメ科	マメ科
落葉樹	<i>Melia volkensii</i>	<i>Dalbergia melanoxylon</i>
	<i>Gmelina arborea</i>	<i>Acacia polyacantha</i>
	<i>Vitex payos</i>	<i>Faidherbia albida</i>
	<i>Moringa oleifera</i>	<i>Acacia Senegal</i>
	<i>Croton megalocarpus</i>	
	<i>Sclerocarya birrea</i>	
	<i>Terminalia brownie</i>	
常緑樹	<i>Terminalia spinosa</i>	
	<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Acacia tortilis</i>
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Acacia seyal</i>
	<i>Ziziphus mauritiana</i>	<i>Senna siamea</i>
	<i>Balanites aegyptiaca</i>	<i>Senna spectabilis</i> (半常緑)
	<i>Markhamia lutea</i>	<i>Tamarindus indica</i> (半常緑)
	<i>Osyris lanceolata</i>	
	<i>Azadirachta indica</i> (半常緑)	
	<i>Kigelia africana</i> (半常緑)	