

6 . 農業技術マニュアル

氾濫原から台地まで、すべての資源を活かす



6 . 農業技術マニュアル

第1章 総説	6- 1
1 . 1 背景	6- 1
1 . 2 目的	6- 2
第2章 農業開発の方向性	6- 4
2 . 1 低地	6- 4
2 . 2 傾斜地	6- 6
2 . 3 上部平坦地	6- 7
2 . 4 台地	6- 9
第3章 氾濫原における稲作開発	6- 11
3 . 1 栽培イネの種類	6- 11
3 . 2 育苗	6- 12
3 . 2 . 1 種籾準備	6- 13
3 . 2 . 2 耕起・碎土	6- 14
3 . 2 . 3 苗代様式と管理	6- 14
3 . 2 . 4 育苗の留意点	6- 17
3 . 3 栽培管理	6- 17
3 . 3 . 1 生育状況と栽培暦	6- 17
3 . 3 . 2 栽培管理の概要	6- 19
3 . 4 氾濫原稲作の導入	6- 21
3 . 4 . 1 氾濫原低位部	6- 22
3 . 4 . 2 氾濫原高位部	6- 26
3 . 5 この章のまとめ：どの様な水田稲作の導入・展開を図るか？	6- 27
第4章 野菜栽培の発展	6- 28
4 . 1 水資源の種類と利用	6- 28
4 . 2 育苗	6- 29
4 . 2 . 1 床土の準備	6- 30
4 . 2 . 2 育苗法の選択と播種法	6- 32
4 . 2 . 3 苗畑管理	6- 33
4 . 2 . 4 定植	6- 33
4 . 3 乾季野菜栽培	6- 34
4 . 3 . 1 概説	6- 35
4 . 3 . 2 普及技術の実際	6- 36
4 . 3 . 3 粘質土壌で栽培する場合の注意点	6- 40
4 . 4 雨季野菜栽培	6- 42

4.4.1	トマトの周年栽培	6- 42
4.4.2	その他の野菜	6- 47
4.5	病虫害防除	6- 48
4.6	有効技術の導入	6- 51
4.7	出荷調整	6- 56
4.8	この章のまとめ：サヘル野菜栽培をより発展させるポイント	6- 58
第5章	畑作農業の強化	6- 60
5.1	土壌肥沃化対策	6- 60
5.1.1	サヘル地域の土壌	6- 60
5.1.2	パルカージュ	6- 61
5.1.3	堆肥の生産	6- 63
5.1.4	天然リン（リン鉱石）の使用	6- 66
5.2	有効技術の導入	6- 67
5.2.1	混作と間作	6- 67
5.2.2	輪作と休耕	6- 69
5.3	畜力利用 牧畜との連携	6- 72
5.4	栽培作物各論	6- 76
5.4.1	ミレット	6- 76
5.4.2	ソルガム	6- 79
5.4.3	ニエベ	6- 81
5.4.4	ラッカセイ	6- 82
5.4.5	キャッサバ	6- 83
5.4.6	トウモロコシ	6- 85
5.4.7	その他作物	6- 86
5.5	ワジ流域での減水農業	6- 88
5.6	この章のまとめ：畑作農業の強化ポイント	6- 90
第6章	アグロフォレストリーと果樹栽培の可能性	6- 92
6.1	アグロフォレストリーの導入	6- 92
6.1.1	導入樹木と作物	6- 94
6.1.2	アグロフォレストリー営農システムの実例	6- 95
6.2	果樹栽培の留意点	6- 97
6.2.1	マンゴー	6- 97
6.2.2	カンキツ類	6- 99
6.2.3	その他の果樹	6-100
6.3	この章のまとめ：果樹栽培を中心とした アグロフォレストリーの予備知識	6-102

第1章 総説

1.1 背景

1) 現況

サヘル地域の住民の殆どは畜産を含む農業で生計を立てている。この地域の農業は、単に地域住民の食糧生産としての位置づけのみならず、国家経済の発展や、砂漠化防止に繋がる環境保全対策として、最も重要な活動である。

この地域の農業形態は、極めて単純なものである。雨季は、主食となるミレット (*Pennisetum americanum*)、ソルガム (*Sorghum bicolor*)、地域によってはトウモロコシやイモ類 (キャッサバやサツマイモ) を中心に作付けし、その傍らでニエベ (*Vigna unguiculata*) などの換金作物を栽培する。乾季は、水資源が豊富な場所ではタマネギ、トマトなどの野菜を栽培している。

また植民地時代に導入された、落花生、綿、コーヒー、カカオなど、換金作物の栽培も行われている。地域住民はこれらで収入を得ながら、生計を立て、国家の経済も支えてきた。



サヘル地域の農業 (自給作物と換金作物)

古来この地域では、2~3年間同じ圃場で栽培した後、他の土地に移動し、前作の圃場については、作付け期間の4~5倍の期間休耕し、地力の回復を図るという、自然生態系に則った農法が行われていた。しかし最近では、人口増や降雨量の減少などの環境の変化によって、適切な休耕期間が取れず、農業の生産性が低下し、作付面積が拡大する傾向がある。すなわち、十分な地力回復が無いまま作物生産が行われ、土壌劣化や植生減少などを引き起こしている。これが砂漠化である。

そしてこの砂漠化がさらに農業生産を困難にしていくという悪循環が繰り返されている。

2) 問題点

砂漠化の拡大と農業不振の悪循環は、現在の農業のやり方が自然環境に適合せず、収奪的で不適切なためである。具体的には、以下の様な問題がある。

主要穀物の単作：連作障害が起こり、生産性の低下と病虫害の発生を引き起こす。
土壌肥沃化対策の欠如：肥料の施用や家畜糞などの有機質の還元が少ないため、
土地が疲弊する。

農業技術の不足：適地適作の技術が発達しておらず、どのような土地でも同じ栽培方法を取り入れるため、生産性が低い。さらにこの農法は収奪的であることが多く、環境を悪化させる。

農耕地の限定：従来農業が行われてきた、緩やかな傾斜地や台地だけに農業生産が集中しており、農業利用が可能と思われる低地があまり活用されていない。



不適切な農法の結果：土壌肥沃化を行わず、連作を続けると、右の写真のように十分生長しないまま出穂してしまう。

したがって、砂漠化を防止するためには、以上のような問題を解決するような農業のやり方に変えていかなければならない。

1.2 目的

JGRC が砂漠化防止対策として農業分野で目指すのは、サヘル地域の現状を踏まえて《持続的な農業の展開を図る》ことである。

この目的を実現させるための具体的な対策としては、「農業生産性の向上」「農産物の多様化」「資源の有効利用」「農家収入の向上と安定」などがある。これらの対策の実現によって砂漠化を防止し、同時に農業の本来の目的である食糧の確保が可能となる（表 1.1.1）。

表 1.1.1 農業分野が取り込むべき砂漠化防止対策

キーワード	対策	期待効果
農業生産性の向上	高収量に繋がる品種、技術の導入	過耕作、収奪型農業を軽減する 土壌肥沃度の回復 作物の増収によって食糧を確保することができる。
農産物の多様化	環境にあった農作物の導入	単作による土地の疲弊を軽減し、植生が増加することで自然環境が回復する。また、住民の収入と栄養状況改善に寄与する。
資源の有効利用	水資源、家畜糞や植物残渣などの農業資源の効率的利用	土壌肥沃度を回復し、農地を保護しながら生産性を上げることで、環境保全と持続的な農業の両立を可能にする。
農家収入の向上と安定	農業から安定収入を得る（～の効果）	砂漠化を直接誘発する過耕作や森林の過剰伐採などを軽減させる

この農業技術マニュアルは、このような観点で、稲作、野菜作、雨季の畑作（天水依存の穀物栽培）果樹栽培などの各農業形態に沿って、前述の対策を実現しうる、技術の指針を示すことを目的としている。

また、持続的農業を効率的に展開させるためには技術を組み合わせる必要がある。このため、地形、土壌、気象、水資源、および住民のニーズに合った農業形態の各技術を複合的に組み合わせることとした。すなわち自然資源の効率的な利用を図る栽培技術体系や、畜産（畜力・家畜糞の利用）や植林（防風林やアグロフォレストリー）とも連携した多角的な総合農業技術について、その指針を示すものである。

第2章 農業開発の方向性

サヘル地域の地形は、標高が低いところから順に、河川氾濫原や谷底面などの低地、低地から徐々に高度が上がる傾斜地、傾斜地の所々に見られる砂質土の上部平坦地、さらに高位にあるラテライトや礫で覆われた台地に区分される。これらの地形によって地質、土壌条件、水文環境が異なる。

効率の良い持続的農業を展開するためには、それぞれの環境に適合した栽培形態を採用することが必要である。したがって、ここでは地形別に農業環境の違いと導入すべき農業の方向付けを示す。

2.1 低地

低地は、恒久的または一時的河川や湖沼、溜め池等の水辺である、窪地 (bas-fond) や氾濫原などを指す。ここでは、特にサヘル地域の低地の中でも、大きな面積を占めるにも関わらず開発が遅れているワジ氾濫原について記述する。



低地の状況 (左：ニジェール、マゲー村の氾濫原、右：ブルキナファソ、ヤクタ沼)

1) 現状と問題点

サヘル地域では、推定 3,800 万～8,400 万 ha の低地があり、農業生産の潜在能力が高いにも関わらず、あまり利用されていない。なかでも氾濫原は、1,200 万～2,500 万 ha を占めると言われている¹⁾。

これまで氾濫原が低利用である要因は、以下の通りである。

雨季の洪水の危険性：取水は容易であるが、河川の増水程度が年々異なるため圃場が水没する危険性があり、農業生産が安定しない。

乾季の土質：氾濫原は農業生産には比較的好条件を備えている。土壌は粘土質で、雨季に水没する地帯では、保水性に富み、肥沃度が高い。但し乾季には、土が硬化するため十分な耕起がしにくく、排水性が悪い欠点がある。

社会的要因：アフリカを植民地化した欧米諸国は低地利用の伝統と技術が無く、傾斜地や台地の開発のみ進めてきた経緯から、十分に研究調査がされなかった。

2) 農業開発の方向性

氾濫原は河川に近いから、取水が容易で、肥沃度が高いことから、灌漑設備などが整えば、周年利用が可能である。例えば雨季は、豊富な水源を活かして水田稲作の展開が可能で、乾季は小規模灌漑による野菜栽培などで現金収入を得ることができ。また、雨季の終盤から乾季の開始にかけて、氾濫原の水位に合わせてイモ類、ウリ科野菜などを植え付け無灌漑で栽培する、減水農業も有効である。

3) 具体的活用法：雨季の水田稲作の導入と乾季野菜栽培の効率化

(a) 雨季

雨季に水田稲作を導入する。場所によって、施設と導入品種を検討する。採算性を考慮すると、サヘル地域では概ね小規模の方が有利である。基本的には氾濫原の増水を利用し、自然灌漑が可能な水田を造成する。集約的に水田稲作を行う場合には、水田基盤整備、灌漑施設や堤防の造成が必要である。



雨季の氾濫原の利用

(b) 減水期（雨季の終盤から乾季開始）

10月頃から、トウモロコシ、サツマイモなどの乾燥に強い作物の播種または植え付けを行う。収穫が増水（マゲーは3～4月頃）するまでに終わるように栽培時期を設定する。家畜の通り道に成る場合は、柵を設けて家畜の侵入を防止する。

(c) 乾季

野菜栽培を行う。この栽培地で雨季の水田稲作利用を考えた場合は、水田の灌漑施設を利用する。乾季のみの土地利用でも河川等から取水することが可能である。栽培に当たっては、粘質土壌に適した作物の選択や、土壌改良のため砂土や堆肥の投入が必要である。



氾濫原の利用：減水農業(左)と野菜栽培(右)

2.2 傾斜地

サヘル地域の地形は、緩急の起伏からなる。この傾斜地は、ある程度勾配がある急傾斜地と、勾配1~3%程度の緩やかな傾きを持ち、低地に連なる縁辺部の緩傾斜地に分けられる。



傾斜地の状況（緩傾斜と急傾斜）

1) 現状と問題点

急傾斜地は土壌保全対策と共に耕作地として利用されることもあるが、現在、主に農業生産に活用されているのは、緩傾斜地である。一般的に砂質土壌であり、低地に近いところは取水しやすいなどの特徴がある。雨季は主食のミレットやソルガムを天水に頼って栽培し、乾季は河川や井戸の周辺で野菜栽培を行うのが一般的な活用法である。また換金作物として果樹やモーリンガ (*Moringa oleifera*) などの食用樹種を植栽している地域もある。

これらの傾斜地は、流水や強風の影響による土壌浸食により、耕作地が荒廃することがある。

2) 農業開発の方向性

以上のような特徴を活かして、従来の傾斜地における農業形態に、野菜栽培だけでなく、マメ科作物や果樹などの換金性の高い作物の栽培を加えて利用度を高める。なお、緩傾斜でも浸食の恐れがあるところは、農地保全対策も組み込んだ農法を確立することが必要である。

3) 具体的活用法：高収益作物や植林の導入と、アグロフォレストリー利用

(a) 雨季

換金用として有効なマメ科作物を取り入れ、自給用のミレット等との輪作や混作を積極的に導入する。また、余裕があれば、換金作物のみを栽培したり、低地に近い地帯ではトマトやオクラなどを導入して天水による野菜栽培を行い、現金収入を得ることも可能である。

また、畑内や境界に果樹や多目的樹種などを植栽し、アグロフォレストリーのよ
うな永続的営農展開を図る。

(b) 乾季

乾季には、灌漑が必要となるが、氾濫原などの低地の上部であれば、井戸などによる取水は比較的容易なので、大きな労力やコストは必要としない。このため換金性の高い野菜栽培を導入できる。その灌漑水を用いて、果樹や樹木を管理し、より生産量を増加させると共に、栽培作目を多様化する。



傾斜地の利用

2.3 上部平坦地

ここで言う上部平坦地とは、雨季の主食穀物栽培の大半が行われる、傾斜地間の比較的平坦で広い場所や、砂質土の高台のことを指す。サヘル地域では、この場所を中心に農業が行われてきたため、伝統的にその技術は発展してきた。ここで行われる農業は、同地域の食糧確保の役割を持っており、住民の生活状況を左右する最も重要な活動である。



上部平坦地の状況

1) 現状と問題点

水源から遠いため、雨季は穀物作に、乾季はもっぱら放牧地として利用される。台地は特に降雨や強風によって浸食されやすいというえ、近年では過耕作による影響で、土地の疲弊が激しく、地力は減退している。したがって、農業生産性は低く収量は減少傾向にあり、サヘル地域の貧困や慢性的な食糧不足の直接的な原要因となっている。

2) 農業開発の方向性

立地条件から、慣習的に行われている穀物の栽培を中心に、畜産や植林と連携して、雨季の畑作農業の強化を考えるのが得策である。例えば、マメ科飼料作物の導入や家畜糞の利用、輪作や混作などの有効な耕種法の導入により、土地利用効率を上げると共に、単作による土地の疲弊を軽減する。また、防風林導入による土壌浸食を防ぐ。その上で貧困と食糧不足を解消するため、ミレット、ソルガムの優良改良品種や雨季に栽培可能な畑作物種を導入して、作物の多様化を図る。

3) 具体的活用法：雨季の穀物作の強化と牧畜・植林との連携

まず、土壌の肥沃化を行う。乾季に家畜の囲み飼い（パルカージュ）による家畜糞尿の直接施用や家畜糞を利用した堆肥の投入などを積極的に実施する。ここで掛かる経費は、堆肥槽（穴）の掘削や優良改良品種の種子に関わる経費のみで、農民自身で調達が可能である。

次に、土壌浸食防止のため、アカシアアルビダ (*Acacia arbida*)、インドナツメ (*Zizyphus mauritiana* Lam.) など、飼料、食用して有効な樹種を、防風林、生け垣として導入する。

雨季にはミレットやソルガムを栽培する。ニエベ、ラッカセイ、バンバラマメなどのマメ科作物栽培を輪作や混作、間作などの作付け方法に取り入れる。穀物栽培に余裕が出始めたら、休耕を兼ね、セスバニア (*Sesbania pachycarpa*) などのマメ科の飼料作物を導入するのもよい。



上部平坦地の利用

2.4 台地

台地の中でも、砂質土で被われた部分は農業に利用されているが、ラテライトや礫で覆われた部分は、その土壌や水資源の条件から、農業開発は難しい。ここは、土壌保全・回復対策を加えながら、植林や放牧地として活用した方がよい。土壌が回復されれば、ミレットなどの穀物栽培が可能になる（土壌保全、植林、牧畜の各分野の技術マニュアル参照）。



台地の様子

図 2.4.1 に、これらの方向性を踏まえた農業開発構想を記す。これを実現するための技術的な知見は第 3 章以降で述べる。

引用文献

- 1) 廣瀬昌平・若槻利之著.1997.西アフリカ・サバンナの生態環境の修復と農村の再生，農林統計協会, pp54-56

図 2.4.1 地形別持続的農業構想：雨季・乾季に分けた各地形における農業のイメージ



第3章 氾濫原における稲作開発

河川の氾濫原は雨季の洪水の影響で、土壌は粘質で比較的肥沃であることと、水の確保が容易なことから、水田稲作が最も適する。しかし、西アフリカでは陸稲が多く、コメは主要作物ではないことから、水田の開発は必ずしも進んでいない。一方、近年では天水に頼ったミレット、ソルガムなどの主要穀物の栽培不振や人口増加による食糧不足が問題となり、代替として、コメの需要が高まっている。

現在十分に有効利用されていないワジ氾濫原のうち、約900万haは、水田ポテンシャルを有すると言われている¹⁾。このことから、水田稲作の開発は、主要穀物の過剰な耕作圧力を軽減し、林地や放牧地の創出を可能にすることなどから、砂漠化をくい止める一方策となりうる。

JGRCの調査では、氾濫原における水田稲作を実現させる知見を得るため、様々な角度から試験を行った。この調査結果と経験に基づいて、氾濫原での水田稲作技術について記述する。

3.1 栽培イネの種類

1) 品種群

西アフリカで栽培されているイネは、オリザ・グラベリマ (*Oryza glaberrima* steud) とオリザ・サティバ (*Oryza sativa*.L) に分類される。

グラベリマ種は、アフリカ原産で、主に陸稲や浮き稲として利用されている。品種改良が余り進んでいないため、収量が低く(0.82t/ha: JGRC調べ) 西アフリカでの稲作のうち、10%程度しか栽培されていない。現在ではサティバ種が主流となっている。

サティバ種は、インディカ、ジャポニカ、ジャバニカ(熱帯ジャポニカとも言う)の3品種群(型)に分けられる。各々の特性は、表3.1.1の通りである。

表3.1.1 3品種群(型)の特性

品種群	茎の長さ	分けつ数	粒の形	脱粒性	水飯米粘性
インディカ	中~長	多	細長	しやすい	なし
ジャポニカ	短~中	中	短く円粒	しにくい	あり
ジャバニカ	長	少	長く、厚みがある	ややしにくい	ややあり

西アフリカでは、一般的に自然適応性と嗜好性により、インディカの栽培が大半を占めているため、ここではインディカ品種群を中心に記述する。

ただし、灌漑設備が整えば、ジャポニカ、ジャバニカには多収性品種が多いので、導入・普及も可能である。

2) 栽培生態型

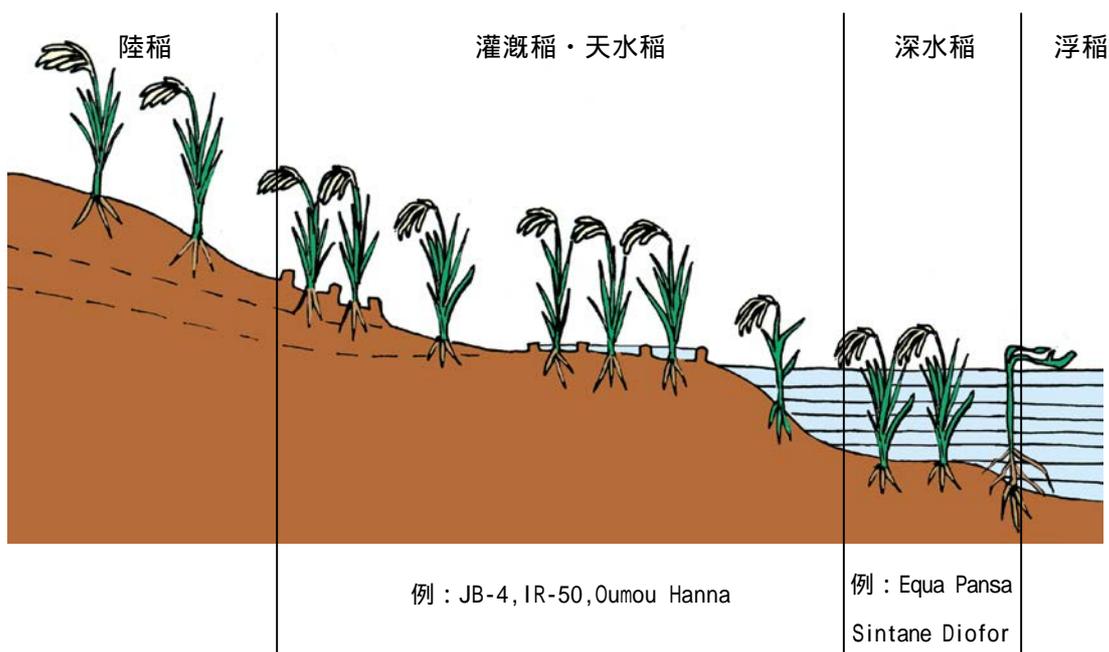
イネの栽培型には、排水良好な畑の状態で作られる陸稲と、水田での水稲がある。

さらに氾濫原のように、段丘と低地との接点にある半湿地（hydromorphic）では、降雨に加えて伏流水、表流水の流入があり、養分供給の観点からイネにとって有利な条件での栽培型（半湿地稲）が存在する。

それらは浅水状態で生育する改良稲（現地では灌漑稲：riz irrigée または天水稲：riz pluvial を指す）と、水深 1m 以下の状態なら栽培できる深水稲（riz immersion profonde）そして水深が数 m に達する浮稲（riz flottant）に区分できる。

図 3.1.1 にこれらの栽培生態型とそれに対応する推奨品種名を示す。

図 3 . 1 . 1 イネの栽培生態型類型と対応品種



新規品種を導入するにあたっての問題点は、その入手・採種法である。

今後、国内外の政府農業研究機関や援助団体などから、世界中の優良品種が入手できるようになるであろう。しかし、それを根付かせるためにはやはり現地で入手、採種できなくてはならない。採種技術を如何にして農民に指導するかは今後の課題である。

導入品種の詳細については、立地条件別に後述する。

3 . 2 育苗

サヘル地域では伝統的に直播き栽培を好む傾向があったが、最近では穴蒔き、もしくは育苗し、田植えを行う方法が普及しつつある。田植え栽培は、集約的に育苗ができるので、特に降雨が不規則で、灌漑水が限られている地域に適する。

田植え栽培を推奨するためには、育苗法の確立が不可欠である。幼苗時の生育は、定植後の生長や収穫量を決定する要因となるため、育苗は特に慎重に行い、均整のとれた良質の苗を作る必要がある。以下より推奨育苗技術を記す。

3.2.1 種籾準備

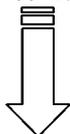
1) 必要量

田植え方式、栽植密度、1株当たり植付け本数、千粒重、発芽・苗立歩合などにより播種量が異なるが、一般的にはha当たり35～45kg位必要である。

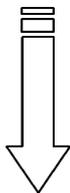
2) 種籾の予措(前処理)

播種後の発芽・苗立ちを揃えるために、播種前に下記のような作業を行う。

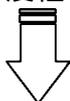
休眠打破：熱帯の栽培種には休眠性を持った品種が多い。したがって、コンクリートの上に種籾を3cm位の厚さに広げて直射日光に5日間ほどさらして休眠を打破する。



比重選：軽い籾は生長が劣るだけでなく、病害虫の被害粒もあるので比重選を行い軽い籾を除き発芽を揃える必要がある。大きな容器に水を入れ、籾を入れて攪拌して浮いた籾は捨て、沈殿した種籾のみ使用する。水の変わりに比重液(水20Lに、食塩を利用する場合は4kg、硫安ならば4.5kg、木灰ならば12～14L混ぜた液)を利用すれば、より精密に選抜できる。

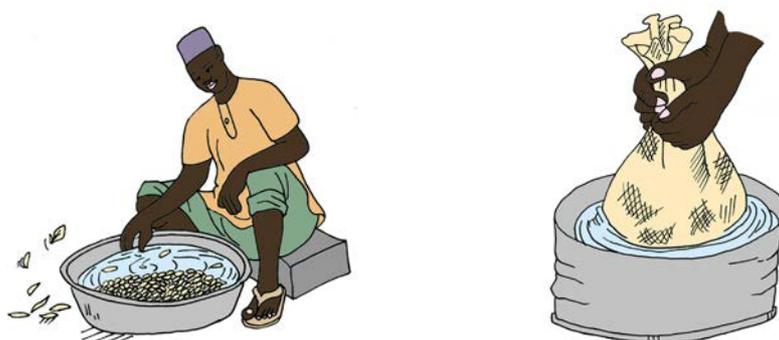


浸種：播種前に綺麗な水に24時間浸種すると、発芽が揃う。浸種中には水を2～3回取り替えるとよい



催芽：浸種後、種籾が乾かないように湿った布、稲藁、雑草などで覆い24～30時間放置する。芽出し中には時々散水し、2～3mm程度になったら、播種する。

図3.2.1.1 比重選と催芽



3) 播種時期と量

田植え時期を7月上旬から中旬とすると、逆算して極早生が6月中旬、早生～中生は6月上旬が播種の適期となる。一般に厚播きを好む傾向があるが、健苗を育てるためには薄播きがよい。1㎡あたりの播種量は、籾千粒重によって異なる。表3.2.1.1に播種量の目安を記す。

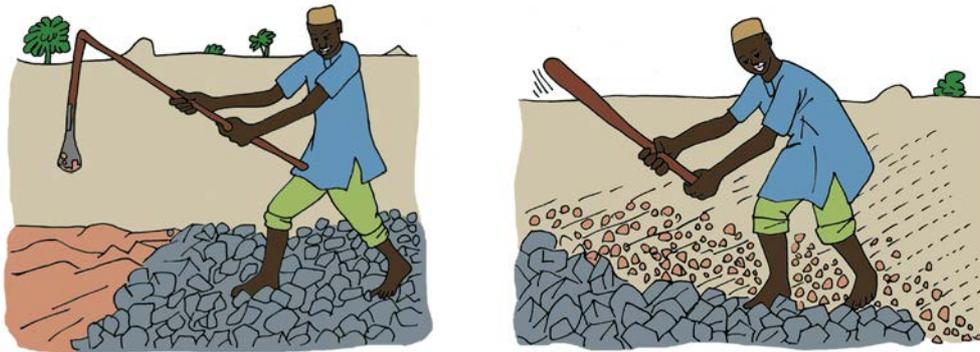
表 3.2.1.1 1㎡あたりの播種量

1000 粒重	乾燥種子	催芽処理後の種子
30g	72g/㎡	80g/㎡
25g	60g/㎡	72g/㎡
20g	48g/㎡	58g/㎡

3.2.2 耕起・碎土

一般に、柄の長い伝統農具のダバや、棒など用いて行う(図 3.2.2.1)。

図 3.2.2.1 耕起と碎土



畜耕や機械耕は経費が掛かるが、作業が1回で済む。しかし耕起法の違いは収量には殆んど影響がない。



畜耕と機械耕

3.2.3 苗代様式と管理

苗代とはイネの育苗をするところである。代表的な様式は畑苗代、水苗代、そして箱育苗などである。箱育苗は利点が多いが、資材が必要となるため、サヘル地域では薦められない。畑苗代と水苗代のどちらの方法を採用かは、灌漑水の多少によって判断するとよい。

1) 畑苗代

灌漑水の制約がある場合に導入するとよい。サヘル地域では、その環境状況から畑苗代が導入しやすい。

(1) 特徴

苗の素質が硬く、葉からの蒸散が少ないため、田植えの植え傷みが少なく、活着が良好となって初期生育が旺盛である。

葉の細胞浸透圧が高いため、本田の生育後期まで乾燥に耐える特性を持つといわれ、半乾燥地帯に適しており、早生種の栽培や肥沃田、多肥栽培に有効である。

珪酸含量が少ないためイモチ病にかかりやすい。

(2) 作業工程

表 3. 2. 3. 1 畑苗代の育苗法

作業工程	内容
苗代作り	 <p>苗床作りは耕起・碎土後、畦幅 120 cm、溝幅 50 cm、床の高さ 20～30 cmの広幅畦を作り、均平にしてから、堆肥と複合肥料を散布し、軽く耕起後、床面を均平する。播種後、強雨・強日射から幼苗を保護するために布や枯れ枝などで覆いをする。</p>
施肥	 <p>基肥として有機肥料 1 kg/m²、複合肥料(NPK:15-15-15)を 53g/m²入れる。浮稲や在来種の場合、複合肥料は 40g/m²とする。 追肥は、苗の生長状況を見て、田植え 3 日前に尿素肥料 7g/m²を水に溶かして散布する。これにより発根力が強くなり活着が早くなる。しかし多すぎると軟弱になるので注意する。</p>
水管理	 <p>1 日 2 回灌水する。1 回あたり 7～10 mmが良い。日照りや降雨時には適宜調整する。</p>
苗代日数	 <p>概ねサヘル地域の環境条件では苗が順調に生育すると 20～25 日位で 6 葉前後となり、田植えに適する葉令は 6～7 葉位とされる。ただし、極早生品種では苗代日数が 30 日以上経過すると不時出穂(主稈長のみ出穂)し、苗代日数が長くなるに従い生育秩序が乱れ収量が低下する。苗代日数が 40 日以上になるような場合は、1 株 1 植えにして面積あたりの栽植密度を多くするとよい。</p>
苗取り	 <p>苗取りは田植え直前か田植えと平行して行なう。苗代には十分水を張り、苗取り方法は苗の根もとに指を入れ根元を痛めないよう引き抜き、土を洗い落として田植えをやり易くする。</p>

2) 水苗代

水苗代にも様々な種類があるが、この地域では、10～20 cm程の高畦を作り、畝間に水を張る方法がよい。この方法は灌漑水や雨量が十分確保できるところで導入する。

(1) 特徴

畝間に水を張ったままの状態であり、苗を暑さから防ぎ、地温を一定に保つことができるので、成長が早く健苗が得られる。また、苗取りがしやすいなどの利点がある。但し、良い苗を得るためには以下のような事項に留意しなければならない。

根を浅く這わせるために深耕しない。

施肥は少なめにする。

施肥、籾殻燻炭など浅く鋤き込み土を柔らかくし、土を練りすぎない。

土が締まらないように、乾燥させない。

(2) 作業工程

管理方法や育苗日数は畑苗代とほぼ同様であるが、水苗代では、以下の留意点がある(表 3.2.3.2)。

表 3 . 2 . 3 . 2 水苗代育苗法

作業工程	内容
苗代作り 	苗床作りはまず腐熟堆肥を散布後、耕起・砕土し、代掻き後均平にして、1～2日落水して乾かす。土がある程度固まってから、畦幅 120 cm、溝幅 40 cm、床の高さ 10～20 cmの広幅畦を作り、均平にする。そこに複合肥料を散布し、軽く耕起し、床面の凹凸が内容に均平な播種床を作る。
施肥	基肥として有機肥料 0.3 kg/m ² 、複合肥料(NPK:15-15-15)を 53g/m ² 入れる。
水管理 	播種直後は、幼芽が乾燥しないように床面すれすれの浅水とする。播種後 3～4 日には苗転びを防ぐため 2 回くらい落水して根の定着を図り、以後は乾燥させないように水深 3 cm程度とする。
苗取り	畑苗代と同様

3.2.4 育苗の留意点

ここでは苗代の様式に関わらない、共通の留意点を記す。

施肥量：浮稲や在来種の場合、複合肥料は 40g/m² とする。

追肥：苗の生育状況を見て、発根力が強くなり活着を良くするため、田植え 3 日前に尿素肥料を水に溶かして散布する。しかし追肥が多すぎると軟弱になるので注意する。

除草・病虫害防除：ヒエその他の雑草や異品種・病虫被害苗などを抜き取る。特にイネ科雑草が多く発生し、本田に苗と一緒に植えると草勢が旺盛で強害雑草になる。苗代には病害の発生は認められないが、よく害虫が発生するので、4 葉期頃スミチオン散布を行うのが望ましい。

表 3.2.4.1 水田雑草と病虫害

分類	学名(和名)
雑草	Echinochloa pyramidalis E.colonum E.crusgalii (イヌビエ) Cyperus difformis (タマガヤツリ) Scirpus juncoïdes (ホタルイ) Sesbania sesban (セスバニア)
病気	Physiologiquies Cryptoggramique
害虫	Proceras africana Enosioma verctiferilla Sesamia sp. (イネヨトウ)



罹患株

農民普及課題：特に下記事項について注意する。

- ・現地農民は厚蒔きにしがちで、一般に間引きを嫌うので、薄蒔きと条播の指導を徹底する。
- ・徒長苗対策は、適正な水管理と覆いの調節で対応する。
- ・植え傷みしないように、馴化作業（覆いはずしたり、灌水量を調節するなどして定植後本田の環境に慣れるようにすること）を指導する。

3.3 栽培管理

3.3.1 生育状況と栽培暦

ここでは、基本的なイネの生育に合わせた栽培暦と栽培管理の概要を記す。詳細は、既存の手引き書や、事業別普及の留意点を参照されたい。

3.3.2 栽培管理の概要

表 3.3.2.1 に生育状況に沿った栽培管理法を示す。

表 3.3.2.1 イネの生育と主な栽培管理作業

作業項目	内容
耕起・砕土 	<p>水田土壌は固結して硬いため、降雨あるいは散水して土を膨軟にしてから基肥肥料を散布、直ちに耕起するとともに大きな土塊は砕土する。同時に畦畔の盛り土作業や水路を補修する。</p>
代掻き・均平 	<p>代掻きは漏水・雑草の発生を少なくし、肥料と土の混和、土を均一にして田面を平にする作業である。代掻きは田植えを容易にするので苗の活着、初期生育の旺盛化が図られる。田面の均平は圃場全体で稲を均一に生育するとともに、水管理も容易になる重要作業である。丸太や均平板などを用いて入念に行なうことが望ましい。</p>
基肥 	<p>基肥は耕起直前、あるいは砕土時に散布して、作土全体に混ざるように全層施肥とする。 <施肥量> 有機肥料：2t/ha 緑肥作物：10t/ha 複合肥料(15-15-15)： ・極早生：533 kg/ha (NPK 各 80kg/ha) ・早生～中生：667 kg/ha(NPK 各 100kg/ha) 早生種は基肥中心に、晩生種は数回に分けて施肥を行うとよい。</p>
田植え(定植) 	<p>用水の流入・退水時期をもとにして、用水の節約、鳥・獣害の防除や被害分散を図るため収穫を9月中～10月初旬までに行うとすれば、田植え時期は、極早生：7月中旬、早生：7月上旬、中生：6月末～7月初旬である。 田植えには乱雑植と田植え網(写真参照)を用いた正条植がある。西アフリカでは正条植の正方形植(20×20 cm:25 株/m²)、長方形植(30×18 cm:18.5 株/m²)が薦められる。前者は痩せ地や小肥栽培に、後者は肥沃地、多肥栽培に向く。</p>

<p>水管理</p> 	<p>田植え後は3日間深水とし、その後5cm位の浅い水で管理して分けつの促進を図り、出穂約20日前（幼穂形成期）から出穂揃までやや深水とし、その後、浅水で収穫3～5日前まで2～3日毎に灌漑を行うのが理想である。</p> <p>なお、中干や間断灌漑は、高温・強日射条件のもとでは田面に大きな亀裂が入り脱窒による土壤養分の損失や根を切るため行なわない。</p>
<p>追肥</p> 	<p>早生種栽培での中間肥は無効分けつの発生を助長するので、穂肥・実肥は幼穂形成期～出穂揃期に追肥する。追肥の量と時期は幼穂形成期頃の葉色程度により決定する。即ち幼穂形成期に葉色が淡くなれば最適穂肥であり、尿素(N.46%)を窒素成分で20kg/ha散布し、穂揃期に10kg/haの施肥量を標準とする。また、葉色が濃い場合は施肥時期を遅くしたり施肥量を減らす。</p> <p>追肥には、複合肥料は出穂したばかりの若穂の籾を焼くことがあるので尿素以外は使用しない。なお、葉色が淡くなり窒素を多く施肥した場合、白葉枯病などが発生するので注意を要する。</p>
<p>中耕・雑草防除</p> 	<p>水田土壌の性質によっては田植え後10日位から土の表面が固くなるため、中耕を行ない土中に酸素を供給して根の伸長を促し、生育を促進するとともに除草効果もある。しかし、強度の中耕は根を傷つけるので注意を要する。</p> <p>現在、実証水田でとくに多い雑草はホタルイ、ミズガヤツリなど多年生の強害雑草であるので抜き取り完全に埋め込むか、あるいは外部に運び出して焼却する。</p>
<p>病虫害防除</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・イネに病害の発生が見られなくても、周辺のイネ科雑草に病害に葉枯れ症状がある場合、草刈りを行い焼却する。 ・害虫の発生も比較的少ないが、登熟期にカメムシ、ズイムシ類防除のため薬剤（スミチオン）散布を行うとよい。 ・小鳥類の食害が多く、小規模圃場では収穫階無となることもある。一日中見張り番を立たせ、害鳥を追い払い続けるのが一番効果的である。 ・ネズミの食害も良く見られる。水田の周辺をきれいにして棲家を壊し、ネズミの生活環境を破壊し生息密度を低くすることなどが重要である。

<p>収穫・乾燥</p> 	<p>刈取り適期は全体の籾が 90%位黄変し、穂の基部には僅かに緑色籾が残る程度が適期であり、出穂期後約 30 日目位が目安になる。インディカ品種は、刈り遅れると過熟となり品質が低下し、脱粒し易くなり著しく減収する。</p> <p>刈取りは鎌で地際から 5~10 cmの高さで刈り、8~10 株を1束にする。小束にして刈り取った籾は、立てるかまたは束ごと逆さにして ぶら下げ、2~3 日乾燥させる。小さく束ねることは乾燥を統一にし、玄米の品質向上と稲藁の栄養価値を保存して家畜の飼料とする目的である。仕上げ乾燥は過乾燥にならないよう日陰乾燥する。また、稲藁が必要無ければ、穂だけ刈り取って、むしろに穂を広げて乾燥する。</p>
<p>脱穀・貯蔵</p> 	<p>籾付きのイネを丸太やドラム缶に打ち付けたり、棒でたたき、あるいは足で揉むように踏みつけて脱穀する。脱穀作業に足踏み脱穀機や千歯があれば傷籾のない優良な種籾が採種できる。</p> <p>脱穀後、ござの上に籾を厚さ 3 cmほどに広げ、時々混ぜながら午後の強日射下で 2~3 時間乾燥させる。その後は陰干しさせる。ただし急激な乾燥は胴割米が多くなり、品質が下がるので、注意する。貯蔵は低湿度、低温度で乾燥した場所がよい。粘土(干しレンガ)壁の穀物倉庫内が望ましい。</p>

3.4 氾濫原稲作の導入

サヘル地域の食糧増産計画の一つとして、稲作の導入があげられる。特に開発が遅れている氾濫原は、取水の便から、大いに発展する可能性がある。

この稲作の最大の問題である洪水による被害は、堤防造成で解決できるが、これは造成費、毎年掛かる灌漑費から見て、安直な導入は薦められない。氾濫原稲作を導入し、普及、発展させるためには、低コストで誰でも着手できる必要があるためである。

従ってここでは、恒常的に洪水を防ぐ大規模な堤防の設置は考えず、基本的にワジの氾濫水のみを灌漑に利用する稲作形態を検討する。栽培初期に灌漑水が不足した場合は、河川や井戸水を汲み上げるものとする。

このような氾濫原稲作の安定化を図るためには、まず以下の立地条件を満たす必要がある。

< 安定的氾濫原稲作の立地条件 >

降雨期間：自然灌漑が可能な時期とイネの生育期間が合致していること。

地形：平坦で後背地から土砂などの流入がない。

土壌：シルトおよび粘土を含み難透水性で、比較的肥沃であること。

水利：河川水の流入始期が遅い場合に、苗を育てるための井戸があること。

登熟完了前に水の流入が停止する場合は、滞留水があるか、または、小規模な堰の建設によって、灌漑用水が確保できること。

このような立地条件を確認すると共に、洪水による被害をできるだけ回避するため、氾濫原の増水状況を知る必要がある。

例えば、ニジェールのゴルビー川氾濫原の、標高 206m地点での増水状況は、その年の降雨量によって流出始期および退水期、増水期、洪水盛期、水深の推移は変動する。約 10 年間の多雨年と少雨年で、約 300 mmの降雨量の差があるが、自然灌漑が可能な期間は概ね同時期である（表 3.4.1）。

表 3 . 4 . 1 ゴルビー川増水状況

	降雨量	自然灌漑が可能な期間	増水状況	
			水深 50 cm以上	水深 100 cm以上
多雨年 (1995 年)	753 mm	54 日 (8/7 ~ 9/29)	34 日間 (8/20 ~ 9/22)	14 日間 (8/26 ~ 9/8)
少雨年 (1997 年)	424mm	47 日 (8/5 ~ 8/12、 8/22 ~ 9/29)	12 日間 (9/6 ~ 9/18)	0 日間

このような増水状況に併せて、水田の設置場所や栽培時期、導入技術を決定するのが望ましい。

そこで、ここでは 2 種類の氾濫原稲作の方策を示す。すなわち、灌漑コスト削減を目的にした、取水がしやすい低位部での稲作と、洪水被害回避を目的にした、高位部での稲作である。

以下、それぞれの適応品種と栽培技術、また、労力削減のための直播き栽培についても記す。

3 . 4 . 1 氾濫原低位部

1) 特徴

この氾濫原低位部は、川の流出が生育期間中の大部分継続し、概ね自然灌漑で栽培が可能のため、灌漑経費の節減ができることと、氾濫の影響で土壌は粘質で、肥沃度が高いなどの長所がある。一方、栽培中常時湛水しているため、管理がしにくく、洪水の被害に遭いやすい短所も併せ持つ。



氾濫原低位部の状況

2) 導入品種

表 3.4.1 の増水状況から、低位部では、水深 50 ~ 100 cm以上の冠水に耐える品種を導入する。長桿性の天水稲と呼ばれる改良品種や、深水稲が適する。なお、

増水傾向が緩やかで、水深 100 cm以上の期間が長い場合は、浮稲の導入が適当である。しかし、浸水の増減が激しく、不規則な増水が起こる氾濫原では、むしろある程度桿が長く、頑丈な天水稲や深水稲を導入した方がよいだろう。

表 3.4.1.1 に JGRC の調査で良好な結果を示した品種を記す。

表 3 . 4 . 1 . 1 氾濫原低位部稲作の適応品種

生態型	天水稲		深水稲		
品種名	Oumou Hanna	Local Magou	Sintane Diofor	Equa Pansa	D52-37
原産国	ニジェール	コートジボアール	セネガル	マリナール	ギニア
生育日数	100 日	90 日	120 ~ 130 日	145 日	130 日
桿長	長桿 (118 cm)	長桿 (125 cm)	長桿 (155 cm)	長桿 (175 cm)	長桿 (145 cm)
分けつ数	少	少 (10 本)	中 (14 本)	少 (11 本)	中 (14 本)
収量	4.8t/ha	4.8t/ha	7.2t/ha	6 ~ 7 t/ha	4 ~ 5 t/ha
1000 粒重	25 g	34 g	30 g	31 g	30 g
玄米の形	長粒	長粒	長粒、大粒	長粒	長粒
備考	登熟日数が短い	マケ村付近で定着した改良品種	脱粒性有り 倒伏に弱い	茎の穿孔虫に耐性	炊飯米の食味が良い

3) 収量と栽培の留意点

(1) 収量

以下に、最も降雨状況が良く、氾濫被害が無かった年の収量を記す。

表 3 . 4 . 1 . 2 氾濫原低位部稲作の収量 (2000 年)

イネの種類	直播き	田植え
天水稲		3 ~ 6t/ha
深水稲	2 ~ 3t/ha	6 ~ 8t/ha

氾濫原低位部では、比較的降雨が少ない年で高い収量が得られた。1997 年の Sintane Diofor の収量は、田植えした場合は 7.22t/ha、直播きにした場合は 3.48t/ha であった。一方、氾濫による洪水に遭った場合は、どの方法でも収穫は 0 ~ 1t/ha にとどまった。

いずれにしても、田植え方式の収量は、直播き方式の収量を 2 ~ 3t/ha 上回る結果であったことから、高収量を望むなら田植え方式の導入方が良い。

(2) 栽培の留意点

氾濫原低位部における稲作は、洪水の影響を抑えるために、以下について留意する。

a) 灌漑方法

直播きでの播種後管理/苗作り：井戸水または河川水を利用する。

本田準備～田植え（田植え時期は品種の早晚性による）：流入水を自然灌漑する。または、水位が十分ない場合はポンプで灌漑する。

8月上旬から9月下旬：自然灌漑。

退水後：滞留水をポンプで灌漑。

b) 栽培技術

播種：河川の流出始期、増水の時期・期間と水深に耐える品種の生育量と退水期を推定して行う。冠水が最も深刻な被害を与えるのは受精が妨げられる、出穂期から開花前までである。イネ草丈の50%以下の水深で12日間程度の深水では被害は見られない²⁾。したがって、出穂1ヶ月前には冠水に合わないよう、また、草丈の50%以上の水深とならないように設定する。例えばマギー村の場合、206m地点で50cm以上になる増水は通常8月20日以降から始まるので、それまでに草丈を70cm以上に伸長するように逆算して決定する。早生品種は6月中～下旬、中生品種は6月上～中旬位である。なお、直播き方式の播種も、種子の予措など、育苗時と同様の技術（「3.2 育苗」参照）を取り入れ、後の管理のしやすさから条播にするのが望ましい。

田植え時期：播種時期から換算して、2～4週間後に田植え時期を設定する。

早生品種は7月中～下旬、中生品種は7月上旬となる。

施肥量：ここで奨励した在来種や浮稲品種は倒伏に弱いので、基肥として堆肥を400kg/ha（複合肥料であれば、NPK15-15-15を60kg/ha）を耕起、碎土時に散布する。追肥は桿が弱くなり、倒伏しやすくなるので、基本的には行わない。

栽植様式：氾濫原水田では流入水の通りをよくして水の停滞を少なくする必要がある。このため田植えの場合は水のある方向に向かって、条間を広く、株間を狭くした長方形植とし、直播きの場合は間引きを行う。極早生品種は30×18cm（18.5株/m²）位がよく、草丈の高い中生品種は粗植にする。

収穫・乾燥：刈り遅れると脱粒による損失や碎米が多くなって品質が低下するので、穂の色が変わったら早めに収穫する。導入品種の脱粒性が極めて高い場合は、ワラは残して穂刈りをするとよい。

4) 結論

低位部での水田稲作は、できる限り自然灌漑で行うことを目標にする。このためJGRCの統計データより、206m地点での水田稲作が適当と判断したが、実際は1996年から2000年までの5回のうち、207m地点を越え洪水になることが2回（1998年と1999年）あり、2mの水深では深水稲、浮稲とも冠水し、殆ど収量は得られなかった。

このように低位部での稲作は、洪水のリスクを完全に回避することはできない。このことから、氾濫原低位部での効率的な水田稲作を展開するためには、以下の対応が必要である。

(1) 水位状況に基づいた水田設置場所と作期の検討

水位の上昇に合わせて、作期を決定すると共に、水田を設置する標高を検討する必要がある。マギー村の場合は、標高 206～206.5 地点に長桿で晩生種の Equa Pansa を導入し、7月初頭に定植を終えれば、深水や冠水の被害が回避でき、灌漑の面でも最も効率的と考えられる。このように、水位状況データと地域の栽培品種の特性を照らし合わせながら検討するとよい。



洪水で冠水した水田

(2) 失敗時の損害を軽減

失敗時の損害を最小限にいくとめるには、労働費を削減して生産コストを下げなければならない。その点では、直播き栽培の導入が有効である。しかし条件が良い場合は、収量は常に田植え方式が大きく上回り、収入も高いので、各農家の投下可能な経費と労働力によって、いずれの方法を選択するか判断する。

(3) 小堤防の造成

現地で購入できる材質(ラテライト、礫など)で機械なしで施工可能な堤防を造成する。その堤防には氾濫水を有効利用するために、水口を付け、水位の調節を行う。この堤防は、氾濫状況と地形などを十分に調査し、小堤防の高さと水位のバランスを考えて造成することが肝心である。特に氾濫原のような水位の増減が激しいところでは、降雨時または氾濫水が小堤防を越した場合、決壊しやすいので迅速な修繕が必要であり、水管理(特に排水)に留意しなければならない。



小堤防水田(堤防と水口)

3.4.2 氾濫原高位部

1) 特徴



氾濫原高位部

氾濫原高位部の稲作は、洪水のリスク回避を目的にし、イネが水没しない程度の浅水地帯に水田を設置する。この地帯は氾濫原低位部より自然灌漑日数が短いため、井戸水または河川水による灌漑期間が長くなり、灌漑経費が掛かることが短所となる。そのため多収性の品種を導入し、適切な肥培管理に努めるなど採算性を高める必要がある。

2) 導入品種

多少灌漑経費が掛かるため、多収性かつ短秆の改良品種が良いと考えられる。深水稲は冠水には耐性があるが、減水したときの流水で倒伏してしまい、収量が減少することが多いため、推奨できない。

表 3.4.2.1 氾濫原高位部の適応品種

	K 撰 4 号	IR50	JB-4	桂朝 2 号
原産国	韓国	IRRI (フィリピン)		中国
生育日数	100 ~ 105 日	110 ~ 115 日	120 ~ 125 日	120 ~ 125 日
秆長	短秆 (72 cm)	短秆 (94 cm)	短秆 (83 cm)	短秆 (100 cm)
分けつ数	普通 (15 本)	多い (18 本)	普通 (14 本)	普通 (13 本)
収量	7.1 t/ha	9.4t/ha	8.5t/ha	9.4t/ha
1000 粒重	23 g	23 g	24 g	23 g
玄米の形	中粒	小さく長粒	中粒	中粒
備考	籾/藁比が高く、穂ばらみ期間が長い	秆が細い	葉色が濃く、止葉は極端に立ち、穂は葉に隠れる	籾/藁比が高い

3) 収量と栽培の留意点

表 3.4.2.1 の品種の中では、大きな洪水がなければ、JB-4 で平均 6.5 ~ 7.0t/ha の安定多収が確認された。しかし他の 3 品種は、潜在収量が高いにも関わらず、平均収量が 3 ~ 5t/ha であった。この原因は、氾濫原高位部の土質に留意しなかったためであった。一般に、氾濫原の高位部は湛水期間が短く、氾濫により運ばれる土壤養分が少ないため、肥沃度に乏しく、砂質土壤で保水性が悪い。したがって、堆肥や化学肥料を投入するなど、肥沃化対策が必要である。

また、直播きは苗立ちが悪く、多収を見込めないことから、田植え栽培を推奨する。技術的な留意点は「3.4.1 氾濫原低位部」と同様である。

4) 結論

この氾濫原稲作を導入するにあたり、高位部でも、洪水による減収の危険性が皆無ではないことを忘れてはならない。また、高位部は土壌の化学性や物理性が氾濫原低位部と異なり、肥沃化対策を行わないと多収性品種を導入しても、低収量となるので注意が必要である。

氾濫原高位部での稲作で安定多収を得るためには、以下の対応が必要である。

(1) 畦畔の補強

現地調達が可能であれば、粘質土壌や礫などを利用して畦畔の材質を強化し、増水の状況に合わせ、畦を少し高めに作る。さらに水口で水量を調節する施設を作れば、経費はかかるがほぼ完全に洪水の被害を防ぐことができる。

(2) 肥培管理の充実

適切な品種選定と肥培管理に努める。特に施肥は多めにし、除草や病害虫防除に再三の注意を払う。

3.5 この章のまとめ：どの様な水田稲作の導入・展開を図るか？

低コストの氾濫原稲作は、適正な品種と栽培技術の導入で、ある程度収獲を得ることはできるが、雨季農業の副次的、換金的な栽培として位置付ける方がよいだろう。その理由は、次の通りである。

第一に、氾濫原での稲作は、年によって変化する降雨量と氾濫原の増水の影響で、収量の変動が激しいためである。氾濫原稲作は、全く収獲が得られないこともあり、主食栽培として雨季に導入するには危険が伴うためである。

第二に、同じ雨季の畑作でも、ミレットやイモ類などの栽培とは異なり、適切な品種選定と肥料や農薬の適期施用・処理が必要で、いわば野菜栽培のような慎重さが必要となるためである。しかしその分だけ畑作より換金性が高いため、稲作は換金作物として導入する方が持続的になると考えられる。

一方、稲作に最適な環境条件を持ち、農民の栽培意欲が高い場合は、農民を組織化し、集約的稲作を展開することも可能である。この場合、氾濫原の高位部では、改良品種による多収稲作と土壌肥沃化対策を導入し、ある程度の灌漑を行う。低位部であれば造成経費をかけ、堤防や灌漑施設を導入し、安定的多収を狙うことが可能である。

このように、河川氾濫原で、どの様な水稲作形態を導入するかは、環境状況と農民の稲作への意欲によって、決定することが望ましい。

引用文献

1) 廣瀬昌平・若月利之編 .1997.西アフリカ・サバンナの生態環境の修復と農村の再生、農林統計協会, pp54.

2) 緑資源公団 . 2000.世界の農地水管理 , pp35 (松島省三) .

第4章 野菜栽培の発展

サヘル地域での野菜栽培は、比較的冷涼な乾季前半（11月～翌3月）が適期である。しかし乾季には降雨がないので、地表水（河川や沼、池など）と地下水を利用した灌漑施設の開発が不可欠であり、この水資源確保が野菜栽培を行う上での前提条件になる。

近年この地域の各国で、水利・灌漑施設の開発が試験的に行われてはいるが、実際にはこの地域の経済的要因と維持管理の問題から、灌漑施設が整った野菜栽培圃場の造成は困難であり、普及はそれほど進んでいない。例えば、ニジェールとブルキナファソでは、灌漑耕地は全耕作可能面積の0.3～0.4%に過ぎないとされている。



伝統的野菜栽培

しかしながら、サヘル地域の農村開発において、野菜栽培は様々な利点を持っている。その換金性の高さによる経済効果や単作による土壌疲弊防止等、環境に良い効果をもたらすことが期待できる。また、住民の栄養状態改善の必要性から、野菜栽培の導入・開発は取り入れるべき活動の一つであろう。

この地域の環境条件で野菜栽培を促進、発展させるには、維持管理が容易で、設備コストが比較的低い、小規模（耕地面積1ha以下）の灌漑計画が現実的と思われる。

一方、灌漑コストの削減の観点から、天水を利用した雨季野菜栽培も見逃せない。雨季の野菜栽培は病虫害が多く、強雨による被害等が懸念されるが、出荷が端境期に当たるので、経済的に有利である。したがって、雨季の野菜栽培上の留意点についても記述する。

4.1 水資源の種類と利用

1) 河川・湖沼の水

周年灌漑利用が可能である。雨季は氾濫原を避け、洪水の被害が及ばず、取水ができる程度の高位部に畑を設置する。乾季は、雨季の湛水で肥沃化した氾濫原など低地の土壌は利用価値が高いため、灌漑をすることで野菜栽培全般への利用が可能である。



ブルキナファソのブリ

また、ダムを造成し給水施設やブリ(ブルキナファソの集水システム:写真参照)などの小貯水池を作れば、集水域から離れたところの栽培も可能である。

このように永久河川や湖沼の周辺は、広い範囲で取水設備による引水が可能で、また井戸掘削をしても取水が容易なことから、野菜栽培に適した開発重点地域と位置付けられる。

2) ワジ、溜め池などの一時滞留水



ワジ沿いの野菜畑

1)と同じく、この周辺も土壌条件が良く、減水農業も可能で野菜栽培に適した開発重点地域である。しかし、この水源は乾季中には枯渇するという大きな問題点がある。対策として、取水が可能な時期に栽培期を合わせるか、渇水後も灌漑ができるように圃場内に井戸を設置する必要がある。

3) 地下水 井戸水

井戸の設置場所は十分に検討(水資源利用技術マニュアル参照)し、その周辺に栽培圃場を設置する。まず揚水量と土質(砂質か粘質か)を確認し、その条件にあった作目、栽培時期と方法を選択する。

4) 天水

雨季の降雨を利用するので、給水の手間は少ない。しかし、灌水が不安定で、野菜栽培にとっては乾燥や過湿が問題となる。したがって、上部平坦地や緩傾斜地の乾燥が懸念される場所は、ナス、トマトなどの耐乾性野菜を導入する。また窪地や低地では比較的耐湿性の高いオクラなどが良い。

水辺では、減水に頼った穀類・マメ類などの減水農業も可能である。

4.2 育苗

作物栽培では、苗の良否が収穫時の品質や収量を制限する要因となる。

品質が価格に余り反映しない経済環境では、農民は労力や資材をなるべく軽減して、栽培を行う傾向にある。しかし、野菜栽培の場合は生育の不安定で、病虫害が多いこ

とから、一定の労力や資材を投入し適切な管理を行う必要がある。

特に、野菜育苗には以下のような利点がある。

幼植物を苗床で保護することで植え付けから収穫までの日数を短縮できる。

育苗により、軟弱な幼苗期を気象災害や病虫害から守ることができる。

幼苗期間中、集中して管理ができる。

ここでは、以上の利点を最大限に生かし、生産安定を目指した育苗の留意点について、作業手順に従って記す。

<作業手順>

床土の準備 育苗床の選択と播種法 管理方法（水管理、遮光） 定植

4.2.1 床土の準備

1) 床土の条件

床土は、使用する土壌によっても異なるが、土が60%、家畜糞や堆肥など有機肥料40%の割合がよい。両者が馴染むように、使用する2~4週間前までに用意することが望ましい。また、以下の条件が揃うとさらに良い。

生育に必要な養分がバランス良く含まれていること。

通気性、保水性及び排水性に優れ、土が固結しないこと。

土壌病害虫、雑草の種子がないこと。

強酸性、強アルカリ性でないこと。

2) 施肥量

苗の養分吸収量は多くないが、三要素（NPK）では、窒素とリン酸が制限因子として働き、カリの影響は比較的小さい。

床土の施肥量は、土壌が持つ養分組成、野菜の種類によって異なり、さらに床土の作成方法、肥料の種類によって異なるので、導入する野菜の要求量にしたがって施用する。

3) 作り方

(1) 速成床土

サヘル地域で一般的に行われている方法である。使用する直前に土、枯れ草や家畜糞などの有機質材料及び肥料を配合する。使用する有機質材料は、完熟したものをいい、均一に混合できるように細かくする。完熟しないものは、混合してから発酵が進み、苗の生育を阻害することがあるので注意を要する。また、可能ならば、養分をバ

ランスよく配合するために、複合肥料を使用した方がよい。
各材料は少量ずつ良く混合しながら作るのが望ましい。



速成床土を作っているところ

(2) 堆肥床土

土、有機質材料及び肥料を交互に層状に積み、数回の切り返しを行いながら熟成させて作る床土である。大量の床土を必要とする場合に適した方法である。熟成するのに長い期間を必要とする。多くは野積みを行うために養分の溶脱があり、熟度や肥沃度が一定しない欠点がある。

サヘル地域でこれを導入する場合は、以下の要領で行う。

<材料>

水田土壌または畑の深土。

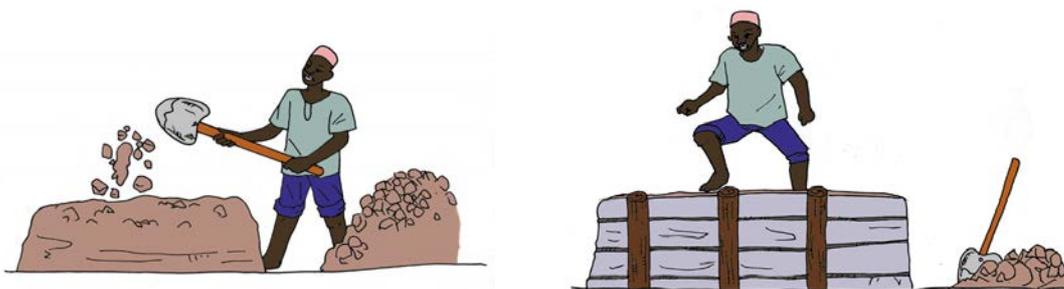
有機質材料として中熟程度の堆肥、乾燥した植物残渣。

有機質肥料か複合肥料。

<堆積>

堆積は平坦な場所で行う。作り方は、最初に土を 6~9cm の厚さに積み、その上に有機質材料を 15~20cm ぐらい積んでから、表面に複合肥料を散布する。水を少量かけながら、踏み固める。この方法を 4~5 回繰り返して堆積する。最後に土をかけ、散水し、表面を叩いて固める。乾季で有れば、これで十分であるが、雨季は被覆が必要である。

図 4 . 2 . 1 . 1 堆肥床土の堆積



(3) 床土の消毒

野草の種、害虫の卵、病原菌の消毒のために、床土を消毒することが望ましい。消毒の方法としては、床土の上に乾燥した野草を敷き火を着ける方法、ビニルシートを被せ密閉し、約1週間天日に当てて消毒する方法などがある。

4.2.2 育苗法の選択と播種法

現地では、平床での露地育苗が奨励され普及している。平床育苗は苗管理が容易で、野菜栽培の初心者にも簡単にできる。しかし、現在の育苗方法では、農民は厚播きする傾向が強く、定植時の植え傷みが大きいこと、徒長苗ができやすいこと、農民が間引きを嫌うこと、などの問題がある。この対策として、移植を行う場合と行わない場合の育苗法について述べる。どの方法を取り入れるかは、農民の経済力と野菜栽培に対する意欲によるが、現状では、< 播種床から直接定植する方法 > が普及しやすい。

表4.2.2.1 各育苗法の特徴

育苗法の種類	長所	短所
<p>播種床から直接定植する方法（露地育苗）：播種時に種子一粒一粒の間を空け、10～20cm間隔での条播（筋播き）する。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・間引きせずに、徒長苗を減らすことができる。 ・株間が広いので、定植時の根傷みが少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・手間・時間が掛かるので普及しにくい。
<p>移植：ビニルポット、プラスチック箱を利用：株間を広げるために、播種床から幼苗を一旦移植する。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・苗の移動運搬に便利である。 ・定植時の植え傷みが少なく、活着が良い。 ・大きな苗での定植が可能である。 ・マメ類のような移植が困難な作物でも育苗栽培が可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・資材の購入費用がかさむ。 ・育苗期間が長くなる。
<p>ポットや平箱への直播き： と の折衷方法。ポットや平箱へ直播きし、定植まで育苗する。</p> 	<ul style="list-style-type: none"> ・苗の移動運搬に便利である。 ・定植時の植え傷みが少なく、活着が良い。 ・マメ類のような移植が困難な作物でも育苗栽培が可能である。 ・苗の移動が1回で済む 	<ul style="list-style-type: none"> ・長期間育苗すると、ポット内部に根が巻いてしまい、定植後に根の伸張が悪くなる。 ・定植後の発育が良くない。

注：平床苗畑へ移植する方法もあるが、手間が掛かり、管理が難しいので薦められない。

4.2.3 苗畑管理（水管理、遮光）

1) 水管理

育苗時は、ごく僅かの灌水で健苗を養成できることが望ましい。このため、大量の有機質材料を床土に投入する方がよい。

土壤水分は、苗の徒長に影響する。特に夜間の高温時に土壤水分が多いと徒長しやすいため、灌水の時刻及び量に注意をしなければならない。保水性の良くない砂質土壌では、少量ずつ、回数を多く灌水する。

移植や定植の前後は、育苗床や畑に十分灌水する。これは、苗の根についている土壌の水分が、定植直後に周辺の土壌に奪われることを防ぐためである。したがって、移植・定植時は、苗に十分水を吸収させるため、数時間以上前に灌水し、直前には行わない方がよい。移植及び定植後2~3日は、土壤水分が多いほうが望ましい。

2) 遮光

日中の温度が30℃を上回る状態では、高温のために発芽が不揃いになり、初期障害が多くなるため、遮光する必要がある。枯れ草等を利用して被覆し、苗床の極端な温度の上昇を抑える。また、これは乾燥防止にも役立ち、幼苗期の生育を促進する効果も期待できる。

ただし、遮光時間が長いと日照不足になり、軟弱で徒長した、根量の少ない苗になる。遮光の必要性は天候を見て判断し、時期及び時間にも十分配慮する。

晴天時の遮光は、主として日中の高温時のみとし、朝夕は遮光用の資材を除去する。遮光は、本葉1枚期頃までとし、それ以後は遮光しないほうが良い。遮光しすぎると花芽分化が遅れるためである。



遮光の方法（枯れ草を利用）

4.2.4 定植

1) 育苗日数

野菜類は、一般に品種毎に目安となる育苗日数がある。しかし、作物によってもかなり違うので、作物の種類、移植の難易度、苗の大きさ、前作との関係、期待する収穫期、経営上の戦略等を加味しながら決定する。

表 4.2.4.1 にいくつかの野菜について時期別の育苗日数を示す。

表 4 . 2 . 4 . 1 作物別育苗日数

	高温期（3月播種）	低温期（11月播種）
発芽までの日数	7~ 10日	4~ 5日
トマト	40~ 45日	28~ 35日
キャベツ・レタス	25~ 30日	18~ 20日
タマネギ	40~ 45日	25~ 30日

2) 定植適期の判断

サヘル地域では、一般に苗の生育が早いこと、高温下では植え傷みが大きいことから、若い苗の定植を行う。若い苗は、老化苗（適当な育苗日数を過ぎた苗）よりも根群の発達がよく、養分及び水分の吸収も旺盛で定植後の生育も良い。

育苗日数が長くなると、苗は老化苗となる。老化した苗は、定植時の活着やその後の生育も悪く、果菜類では果実の着果、大きさに影響する。

参考 共同育苗畑からの苗取りの様子



野菜の育苗は、種類によって管理方法が異なってくるため、共同育苗を導入し、品種や播種期を統一させ、育苗管理を徹底することが望ましい。しかし、サヘル地域では、家族単位の農業経営が主体であり、集落単位の共同作業は不慣れであるため、共同育苗の導入は難しい。ただし産地を育成していく場合には、共同育苗で健苗を確保し、収量増加を図るとともに、共同作業を通して農民の協同組合意識を醸成することが重要である。

4.3 乾季野菜栽培

サヘル地域では、乾季が野菜栽培適期となるが、その中でも特に冷涼期に栽培を行うのが望ましい。そのうえで安定した野菜栽培体系を確立するためには、適応栽培技術を検討し、導入栽培作物を選定しなければならない。その決定要因となるのは、気候、水利条件と、土壌や立地条件である。

乾季は降雨がないので、河川や溜め池、井戸などから灌漑水が得られる場所に圃場



家畜侵入防護柵

を設置する必要がある。サヘル地域の地形を考慮すると、その取水の利便性から、氾濫原若しくは緩やかな傾斜地中部までに野菜栽培圃場を設定するのが妥当であろう。なお、乾季野菜栽培を行う上で、最も障害となるのは、家畜の進入と食害である。このため、サヘル地域で野菜裁

培を行うには、家畜の進入を遮る、柵や塀などの囲いがあることが前提となる。

以下より、サヘル地域で一般的に見られる野菜栽培について、その導入と技術上の留意点を記す。

4.3.1 概説

1) 乾季野菜栽培の特徴

サヘル地域で利用されている農耕地の土壌は、概して砂質である。乾季野菜栽培もこのような土壌で行われることが多い。砂質土壌は保水性が悪く、樹木が無かったり、家畜が集まらない場所では、肥沃度は低い。また、特に乾季は水不足、過乾燥、熱射など、植物の生育を妨げる条件が揃っている。したがって、このような条件に適應する品種の導入、家畜糞などの有機質肥料や土壌改良材の投入等、植物が健全に生育するような適正な肥培管理をする必要がある。

2) 導入野菜と品種

サヘル地域では、乾燥、高温に耐性のあるタマネギ、トマトなどのナス科作物などが栽培しやすい。冷涼を好むキャベツ、レタス、ニンジンでも、現在は熱帯に適應した改良品種が出回っており、適期栽培を行えば収穫が可能である。

以下の表 4.3.1.1 に、ある程度の収穫が見込める作物と品種を記す。

表 4.3.1.1 サヘル地域で乾季に栽培可能な野菜

作目	品種名 (商品名)	生育 日数	収量 (t/ha)	備考
タマねぎ	Violet de galmi	120	23.9-63.6	偏球形、赤玉、球重(150g) 貯蔵・生食用、花芽分化が高温で、自家採種可能。スリップス耐性高い。
	Blanc de soumarna	130	27-30	偏平形、白玉、球重(100~200g) 貯蔵、乾燥用。
キャベツ	Copenhagen	95-	15.0-43.9	一般に栽培されている品種。
	KKCross	135	54.4	種子価格高い、雨季も栽培可能。
	Milan Gross		32.1	結球率低い。
レタス	Batavia(Blonde de Paris)	60-70	40-45	不結球種、食味良し。早生種で、乾季中に2~3回栽培可能。
インゲンマメ	Cotender nain	70-90	5.0-12.6	つる無し種。
ニンジン	Nantaise améliorée	75	45.0	早生種、食味良好。
	Touchon	75	42.5-47.2	早生種、食味良好。
トマト	Roma VF	100-120	25.6	生食・加工用品種、芯止まり系品種、晩生、無支柱栽培、フザリウム抵抗性、半身萎凋病抵抗性、ネマトダ抵抗性、長楕円形。
	Margrobe		15.0	中生、中果、球形、果重(180~200g)
	Marmande VR		29.1	生食用品種、無限伸長性、半身萎凋病抵抗性、球形、果重130~140g。
	Xina		33.1	雨季栽培可、早生で病害虫耐性あり。
	Tropimech		23.5	雨季栽培可、楕円形中果。
	Caracoli		25.6	雨季栽培可、収量は施肥量に比例。
	Calinago		20.0	雨季栽培可、乾燥に強い。
カブ	Marteau	70-	15-16	長型。冷涼地好む。
	Boule d'or	80	21.3	丸型。冷涼地好む。
ジャガイモ	Rose	85	9.4-12.57	ナイジェリア原産。
	Blanche	85	9.3-15.63	ニジェール北方で栽培盛ん。乾燥に耐性。

注：収量は JGRC による 1998・99 年度の栽培試験結果

3) 栽培上の留意点

野菜栽培は、栽培適期や適切な灌漑と肥培管理法を行ったか否かが、てきめんに収量に反映される。

栽培適期やその技術は導入作目によって異なる。全ての栽培法の詳細は、各国農業研究機関が発行している技術要覧などに整備されているので、そちらを参考にされたい。その上でどのような技術を導入・普及するかは、地域性や農民の意向を取り入れることが大切である。

4.3.2 普及技術の実際

実際に栽培技術を普及し定着させるためには、現地の環境や慣習などに配慮して行う必要がある。ここでは、タマネギとレタスについて、サヘル地域において定着しや

すいと判断された栽培技術について記す。

1) タマネギ

(1) 概要

タマネギはニジェールの最大の輸出農産物（輸出農産物金額の65%を占める）であり、周辺国へ多く輸出されている。このため多くの農家が現金収入のための乾季野菜作りに取り入れている。

タマネギは、他の野菜に比べ病害虫が少なく、栽培は比較的容易で、基本的な栽培技術は既に普及されている。



Violet de galmi

一般にタマネギの結球・肥大には日長と温度とが大きく関係するといわれており、熱帯では日長と温度に対する反応が鈍い品種を選定する必要がある。

サヘル地域では Violet de galmi という品種が多く栽培されている。この品種は日長・温度反応が鈍く、暑く乾燥した気候に適しているためである。

(2) 栽培の留意点

a) 苗床準備

苗床は播種10日前に準備する。耕起後、幅100~120cmの苗床を作り、4kg/m²の堆肥を施用しよく混ぜる。

b) 播種

播種量は100m²の本畑に対して約60gで、苗畑の大きさは12m²である。

条間は10cm、深さ5mm程度の溝をきり、その溝に条播する。この時、粒と粒を等間隔に播種し、厚播きに注意する。

覆土の上には草マルチ（稲わらや籾殻）を敷き、十分かん水する。発芽後マルチを取り除く。取り除かないと、徒長苗ができる原因となったり、シロアリの被害発生を助長する結果となるので注意する。



タマネギの播種と草マルチ

c) 苗床管理

灌水は、朝夕の涼しい時間帯に行う。発芽が揃うまでは覆いの上から隔日で散水し、発芽後は毎日行う。

生育のそろった苗を育苗する目的で、小さな苗や罹病苗を間引く。間引きは、本葉 1.5 枚頃と本葉 2.5 枚頃の 2 回行う。

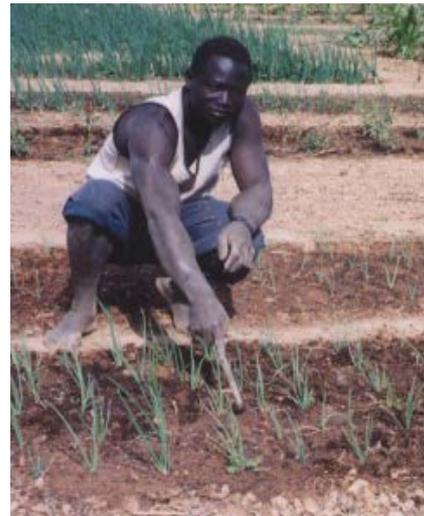
d) 本畑の施肥設計

基肥は、堆肥や家畜糞などの有機質肥料を $1\sim 2\text{ kg/m}^2$ 、複合肥料を $20\sim 30\text{ g/m}^2$ 、追肥も同量の複合肥料を施用するのが標準である。

窒素は地上部の生長に大きな影響を与えるため、球の肥大が開始する以前に茎葉部の生長を盛んにするように施す必要がある。リン酸は根群の発達をよくし、茎葉と球の肥大に大きな影響を与えるので、堆肥などに混ぜて早期から効くように施す。窒素やリン酸が不足すると生育が抑えられるため、これらを球の肥大までに十分吸収させ、葉数や草丈の増加をはかり、球の肥大を図ることが重要である。しかし、肥大期に窒素成分が多いと球の肥大は遅れるので注意を要する。

e) 定植

タマネギの根は浅根性であるが、後の鱗茎（可食部）肥大のために、十分耕起してから定植することが望ましい。苗は草丈約 15cm 程度、葉数 5～6 枚位の時期に定植する。定植時の苗の大きさが収量を左右する。大苗ほど大球になるが、分球が多く、抽台（花芽が形成され、芽が伸長し始める現象）率が高くなり、鱗茎の肥大が止まる。育苗日数の長い老化苗や不良苗は、定植しても正常な生育をしないので避ける。なお、定植前には苗床と本畑に十分灌水し、条間 20cm、株間 10～15cm で植え付け、活着後鱗茎が肥大するまでは除草を兼ねて中耕を 2～3 回行うと良い。



定植後の中耕

f) 灌水

本畑が砂質土の場合灌水は毎日行い、茎葉部が倒伏する状態になるまで行う。特に、球の肥大期の水分不足は、球の肥大を悪くするので、十分灌水する。

タマネギは特に土質を選ばないが、早出しには砂壤土で早生性が発揮され、やや重い埴土では貯蔵性の高いタマネギが収穫できるとされている。活着期や球の肥大期の土壌湿度はやや多湿がよい。

g) 病虫害防除

タマネギに対する病虫害は他の野菜に比べて少ない。また、ネギ類はネマトーダに強い特性を有しており、連作障害もないとされている。このため、病虫害回避の手段として輪作に積極的に取り入れることは病虫害防除のうえでも有効である。

h) 収穫

定植後 110～150 日に収穫する。収穫期にはかん水をやめ、その 8～10 日後に根や茎葉が乾燥した後に収穫する。

収穫以前に抽台が現れたら、ネギボウズ（萌芽）を丹念に取り除く。



タマネギの収穫

2) レタス

(1) 概要

近年、都市部を中心にレタスの需要が高まっている。レタスは栽培が容易で、生育が早いので乾季に 2～3 度の栽培・出荷が可能となる。換金作物として導入すべき野菜の一つである。

(2) 栽培の留意点

a) 育苗

苗を徒長させず、がっちり育てることが、定植後の活着を早め、順調に生育させるコツである。生育が順調でないと高温期の栽培では抽台により収穫率が低下する。また、以下に示すような点に留意する必要がある。

催芽処理：レタスの種子は気温が高いと発芽が遅れ、不揃いになる。対策としては、種子を 1 日浸水し、これを 1～2 日冷蔵庫に入れて発芽を促す。そうすると発芽の不揃いが解消される。

播種：播種量は苗畑 m^2 あたり種子 1g である。したがって $100m^2$ の本畑に対して苗畑の大きさは $3\sim 5m^2$ となる。種は薄播きして、十分に光線にあて、むれや徒長を防ぎ、灌水と日覆いで高温乾燥を防ぐ。苗の生育の遅れやしおれの回復等を避け、短期間の栽培を行うために、苗の移植はせず、播種床から直接定植する方法がよい。

b) 定植



レタスの定植指導

本畑には m^2 あたり、有機肥料を 1.5 ~ 2.5 kg、複合肥料を 250g 施用する。

定植は本葉 4 枚程度が適期である。栽植密度は 20 ~ 25cm 四方とする。

c) 管理

栽培の前半を順調に生育させれば葉数を確保でき、良品の収穫が可能である。しかし、栽培期間が短いため、栽培管理に失敗すると、それを回復することは時間的にも難しくなる。したがって短い生育期間の中の障害を回避することが管理上必要である。そのために適切な水の管理、温度管理に努める。

高温期の栽培は土が乾燥しやすく、乾燥すると葉がしおれて生育が著しく悪くなり、抽台する。これは水分不足のために苗が老化して、高温にさらされる期間が長くなり、抽台に必要な積算温度になるためである。特に育苗中は、乾燥によって生育が遅れないように、灌水のタイミングに留意する。



収穫期のレタス

3 月以降の高温期では、日中の太陽光線は強く、雨期前後では気温が 40 以上となる。また、サハラ南縁では、乾期はハルマッタンの影響が強く、強風による蒸散が激しくなり、生育を阻害する。乾燥、積算温度を抑えるため、ござや枯れ草等を利用する。日よけを目的とする場合は、資材を水平に張る。

d) 収穫

収穫は根をつけた状態で行い、出荷も直射日光を避けるようにする。

4.3.3 粘質土壌で栽培する場合の注意点

同じ乾季野菜栽培でも、氾濫原や窪地 (bas-fond)、水田などの低地での栽培は粘質土で、この土質に適応する野菜や栽培方法は、砂質土壌の場合と多少異なる。

今後、氾濫原に代表される低地の開発を考えたとき、水田裏作などとして、乾季の有効利用は必須である。したがって、ここでは粘質土壌圃場での乾季野菜栽培について記す。

1) 特徴

粘質土壌は、以下のような特徴がある。

粘質土壌を呈す土地は、多くは低地に位置するため、河川、溜め池、浅井戸からの取水が容易である。

このような場所は雨季に湛水する。このため土壌は粘土質で比較的肥沃になり、また、土壌伝染性病害虫による被害、連作障害が起こりにくい。

通気性、排水性が悪いため、根菜類や砂地を好む野菜には向かない。

2) 導入作物と品種

粘質土壌の特徴を考慮して、導入野菜を選ぶ必要がある。JGRC の調査では、ジャガイモなどの根茎作物は、生育が悪く、満足な収量は得られなかったが、葉菜類は、適応性が見られた。また、従来砂質土壌を好むスイカやメロンも、砂質土の客土や適切な灌水と管理法で、ある程度の収量が得られることが確認された。

表 4.3.3.1 粘土質土壌に適する野菜

単位：t/ha

作目	品種名(商品名)	粘質土		砂質土	
		生育期間	収量	生育期間	収量
タマネギ	Violet de galmi	180-190 日	14.5-33.0	120 日	23.9-63.6
キャベツ	Copenhagen	100-120 日	58.1	95-135 日	15.0-43.9
	Milan Gross		36.8		32.1
インゲンマ	Cotender nain	70 ~ 100 日	4.6-8.5	70-90 日	5.0-12.6
スイカ	Oscar279	110 日	11.6	-	-
メロン	Crribiean queen	100 日	7.1	-	-

注：収量は JGRC による 1998・99 年度の栽培試験結果。各野菜の特徴は、表 4.3.1.1 の通り。

3) 作業上の留意点

通気性・排水性をよくするため、砂質土の客土を行う。

定植直前には、十分耕起し、作付け後、中耕は必ず行うこと。

過湿に注意する。作物の生育状況を見ながら灌水量を調節すること。砂質土の栽培より灌水頻度は抑えめにする。

粘質土壌は、過湿や多肥になりやすいため、果菜類(スイカ、メロン)は病虫害が蔓延しやすい。したがって特に適正な病虫害防除に努める。



粘質土壌での栽培（左：キャベツ、右：スイカ）

4.4 雨季野菜栽培

天水を利用した雨季の野菜栽培は、労働力が穀物栽培に取られること、湿度が高く病虫害が多いこと、強雨による打撃や泥はねによる苗の破壊、この時期の健苗育成は特に難しい、などの理由から、一般的に行われていない。

しかし、雨季は野菜の端境期に当たり、集荷できれば高値で取引できる。また、野菜栽培の制限要因が水であることを考えれば、降雨は灌漑労力の軽減となり、適正な管理下で栽培すれば、大きな収益をもたらす可能性がある。

以下に、このような観点からトマトやナス科野菜などの雨季における栽培技術について記述する。

4.4.1 トマトの周年栽培

1) 特徴

トマトはサヘル地域で欠かせない野菜の一つであり、年中需要がある。特に、雨季のトマトは輸入品が多く、市場価格が高い。しかし雨季のトマト栽培は多湿と病虫害の多さ、労働力不足などの理由から、一般的には行われてこなかった。

最近では各国の研究機関や種苗会社で研究が進み、高品質で適応性が広く、手の掛からない品種が多数出廻るようになった。このような品種を導入し、トマトの雨季栽培技術が確立すれば、乾季栽培と併せて供給の長期化が可能となり、農家収入増大に貢献できる。ここでは、そのための品種選定と栽培の留意点を記す。

2) 導入品種と栽培工程

サヘル地域で入手可能なトマト品種は、数十種類に及ぶ。特にトマトは耐病性に関する品種改良の進歩がめざましく、品種選定は栽培する畑や周辺の畑での病害発生状況を調査したうえで行うのが良い。

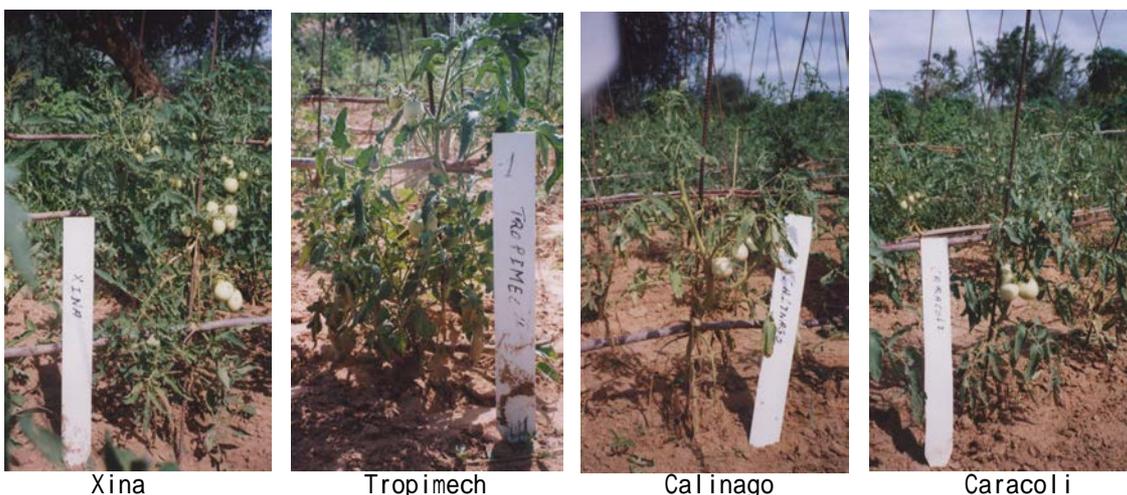
JGRC の調査では、雨季栽培には Xina、Tropimech、Calinago、Caracoli が良い結果を示した。特に、Xina は高温多雨期でも落花が少なく、着果が安定しており、収穫開始時期が早いので、最も推奨できる。

以下に、良い結果が得られた時の栽培工程と収量を記す。

表 4.4.1.1 雨季用トマトの栽培工程と収量

	Xina	Tropimech	Calinago	Caracoli
播種日	6/24	6/24	5/31	5/31
移植・定植日	7/6・7/22	7/6・7/22	6/28・7/12	6/28・7/12
開花開始日	8/4(40)	8/20(55)	8/9(55-60)	7/27(55-60)
結実開始日	8/20(50-55)	9/12(65-70)	8/23(65)	8/4(65)
収穫開始日	9/21(75)	9/30(80)	9/15(100)	9/13(100)
収穫期間	9-2月(160日)	10-2月(150日)	9-1月(140日)	9-1月(140日)
草丈	80-100cm	80-120cm	150cm	150cm
果実形	円形小果	楕円形中果	円形大果	洋梨形大果
重量	40-60g	80-100g	80-120g	100-120g
収量	35.84t/ha	45.59t/ha	27.19t/ha	27.58t/ha
備考	病菌に耐性	Petomeche の変種	ニシールでは市場性高い	ニシールでは市場性高い

注：作業工程は JRGC の試験で最適と判断された月日を記した。括弧内の数は、播種後からのおおよその日数



雨季用トマト

3) 栽培の留意点

作業工程に従った、トマト栽培の留意点を以下に記す。これは乾季栽培にも適用できる。

(1) 土壌適応性

トマトは肥沃で排水の良好な土壌に適しており過湿に弱い。土壌に対する適応性は通気性および排水性等の物理性が良好であれば、特に土質や土性を選ばないが、弱酸性土壌を好む傾向がある。

(2) 播種

まず、本畑の面積を勘案し、定植用の苗が何本必要かを確認しそれに見合った量を

播種する。標準は、1m²の苗畑に種子 4g で、およそ 600 本の苗ができる。本畑 100 m²あたり、苗畑はおよそ 2~3m²である。

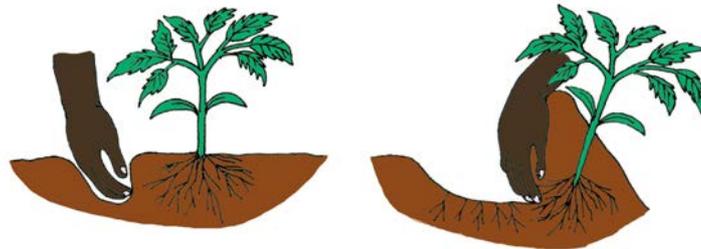
消毒後水洗いを充分にし、布袋などに入れて 30~35 の温湯に 10 時間ほど浸し、発芽をそろえる。播種は条播で行う（「4.2 育苗」参照）。

（3）苗床の管理

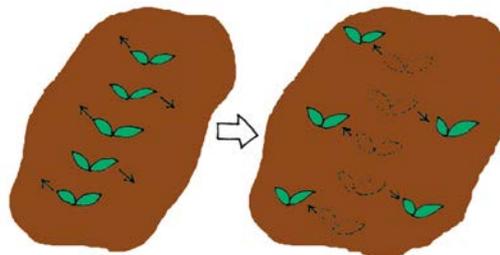
苗の生育を揃えるために、小さな苗や罹病苗の間引きを行う。本葉 2 枚頃にはポットなどに移植するのが望ましい。移植後は活着まで遮光する。

ポット移植をしない場合、播種床で「ずらし」を行うとよい（図 4.4.1.1）。これは、根群を増やし、生育を旺盛にする効果がある。しかし、この作業により生育が約 1 週間程度遅れ、作業に熟練していない場合は、枯死株を多数生じる結果になるので注意が必要である。

図 4 . 4 . 1 . 1 「ずらし」による苗の強化



ずらす 2~3 時間前に灌水し、土を湿らせておく。なるべく手を深く入れ、根ごと動かす。



本葉 3~4 枚の時期（発芽から約 30 日後）、条播した苗を互い違いに 5 cm 程ずつ左右にずらし、株間を空ける。

良い果実生産をめざすためには、花芽分化の始まる前までに苗ができあがっていないなければならない。

トマトは本葉 2 枚半くらいの時に第 1 花房の花芽分化が行われる。この時期の苗に大きな負担をかけると第 1 花房の欠落、花数の減少、花の質の低下が起こるため注意する。トマトの第 1 花房は、だいたい 8~9 葉後につく。

（4）本畑（定植する畑）の準備

堆肥等の投入：トマトの根は好気性で、栽培上通気良好な土質を好むため、本畑は

あらかじめ深耕しておく。排水不良地では、多雨で地表に滞水すると、トマトは2~3日で枯死し、全滅してしまう。

うね立て：耕土の施肥・培養が終わるとうね立てをする。溝を水平にして夏季のうね間灌水にも利用できるようにする。1条植えて栽植密度は0.8×0.5m程度とする。

(5) 定植

できるだけ良苗を選び、定植することが必要である。

定植後の根の活着をよくするために、定植の前後は育苗床、本畑（定植畑）に十分灌水する。苗の善し悪しはその後の生育、収量に大きく影響するためである。

(6) 定植後の管理

a) 草マルチ（敷き藁）

草マルチとは、根の伸長を促進し、順調な生育をさせるために、枯れ草やワラ、籾殻などを地面に敷き詰めることである。これには、土壤水分蒸発の抑制、雨や灌水による土壌の単粒化と肥料流亡を防止し、雑草発生の抑制、土のはねあがりによる汚れや病原菌の付着防止などの効果がある。

b) 施肥

トマトは吸肥力が強く、窒素肥料に対して敏感に反応するため、一度に多量の施肥を行わず、草勢を見ながら施肥する。多肥は異常果の発生を助長することがあるため、注意を要する。

c) 支柱立ておよび誘引

支柱立ては、日時がたってからでは根を傷めるため、周囲の土壌が落ち着いたら早めに行うとよい。誘引するときは、後に茎が肥大することを考え、余裕をみて8字状に結ぶ（図4.4.1.2）。誘引はトマトに接触し、植物体の姿勢を修正しながら行うため、植物体内の水分の高い午前中は茎葉を折ったり、傷つけやすくなるため、午後に行うことが望ましい。

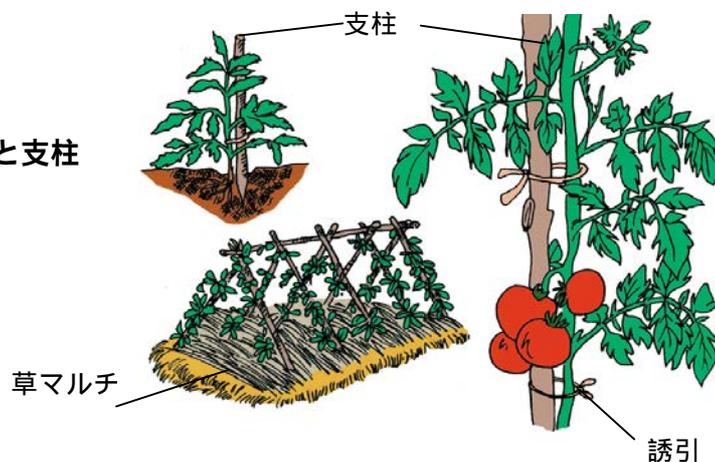


図4.4.1.2 草マルチと支柱立て¹⁾



支柱立てと敷き藁の様子

d) 連作障害

トマトは連作障害が強く現れる作物である。トマトを含むナス科の連作障害は、主に萎凋病やネマトーダが原因であるとされている。ナス科の野菜との連作を避けることと、他の作物と組み合わせる輪作の導入によって、連作障害の回避に努める。

e) 病虫害防除

コスト面で薬剤による防除が難しいときは、土づくり、輪作、耐性品種の利用等、生態的防除で対応する。

トマトの多くの病害が土壌伝染性であり、土壌害虫対策も併せて、計画的な輪作を行う必要がある。堆肥などの施用によって肥沃な土を作ることも重要である。

また、過繁茂は光線不足、通気性の低下、病虫害発生の温床となり、摘葉等の処置が必要である。

f) 鳥害

サヘル地域では一般的に、果実色、完熟果など、市場の品質に対する要求は低いので、早めに収穫し、後熟させることで鳥の食害から守ることができる。

g) 収穫

形、色、品質、鮮度、熟度等について、市場の要求は高くないので、早期の収穫、後熟、耐輸送性を高めるための手段を取った方がよい(「4.7 出荷調整」参照)。

4) 雨季栽培における留意点のまとめ

雨季は高温期に播種、育苗するため、苗が軟弱になりやすく、特に徹底した管理で健苗育成を心がけることが大切である。以下に留意点を記す。

苗畑、本畑ともに、排水性・通気性の良い土壌を選ぶ。

木陰などに播種床を設置し、早めに移植をする。移植床はビニールポットかプラスチックの平箱を用い、常に強日射、強風、強雨から防ぐよう移動させる。移植しない場合は、「ずらし」を行う。

灌漑作業を軽減するため、雨季の降雨に合わせて定植、管理を行う。
 高温のため着果数が少ないので、より高い単収を得るためには多くの堆肥と追肥を行う。
 特に病気が蔓延しやすいので、ナス科野菜栽培の後の導入は避け、病気の兆候が出たら、直ちに薬剤処理をする。

5) 周年栽培の展望

雨季栽培での収穫が期待できれば、通常の乾季栽培と併せたトマト周年栽培が可能となる。ただし収穫は9月から4,5月までである。ここで留意しなければならないのは、連作障害である。計画に当たっては、他の作物栽培と共に輪作などに組み込み、一作ごとに場所を移動させる必要がある。

また、乾季栽培にはどの品種も栽培可能であるが、周年栽培には RomaVX、Margrobe や Marmande VR の導入を薦める。これらは果実が円形で大きいため、現地での商品価値が高い上、乾季なら 30～40t/ha の収穫が常時期待できる。

参考として、図 4.4.1.3 にトマト品種特性を利用した周年栽培計画を示す。

図 4.4.1.3 トマト周年栽培計画

作業内容	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
	乾季(高温期)			雨季				乾季(冷涼期～高温期)				
苗畑												
苗畑準備												
播種												
移植												
本畑												
本畑準備												
定植												
追肥												
中耕 支柱立て												
収穫												

4.4.2 その他野菜

トマト以外にも、雨季栽培に適する作物として、タマネギ、キャベツ、ナス科野菜(果菜類のみ)などがある。タマネギの場合は栽培技術を工夫すれば、早期出荷で収

入の増大を見込める（「4.6 有効栽培技術」参照）。葉菜類は雨季の熱射や強雨に弱いので、木陰や覆いを付け、適切な管理を心がける。また、ナス科の果菜類は、元々サヘル地域の環境に適応しており、排水性・通気性の良い土壌を選べば、栽培可能である。

栽培の留意点は、トマトの場合と同様である。特に雨季に多く発生するコナジラミやアブラムシ、萎凋病等の病虫害防除を徹底する。

以下に、JGRC の調査で雨季栽培が成功した野菜と品種を記す。

表 4 . 4 . 2 . 1 雨季適応作物と品種

作物	品種	播種開始	生育期間	収量 (t/ha)	備考
トマト	Violet de galmi	2-3月	180-200日	29.9	セト栽培の収量。小球定植後の生育日数は110-120日。定植は9-10月
キャベツ	KKCross	6月	90-115	17.69	大型楕円形、球重0.5-0.9kg
	Sahel			17.75	球型。球重0.5-0.8kg
レタス	Batavia(Blonde de Paris)	7月	60日	15.68	雨季は生育が早い。1株重100-180g
	Ninetto	6月	50日	12.25	同上。1株重80-150g
ナス	Black beauty		160-180日	25-40	丸ナス。病虫害に耐性
トウガラシ	Safi		180-240日	8-15	収穫は3-4ヶ月続く
ピーマン	Pepper		120-180日	18.0	降雨、害虫による落花が多い
アフリカ入	Jaxatu		130-200日	15.6	土質を問わず作付けできる

注：ナス、トウガラシの生育期間と単収はCDH資料より抜粋。その他はJGRCの調査結果。



雨季栽培作物（左：ナス、右：トウガラシ）

4.5 病虫害防除

病虫害を発見してから対策を講じるのではなく、「どのようにすれば出さないですむか」という、予防に最も注意をする。

病斑を知ることも大切であるが、その病気を起こす病原となる菌類、害虫の特性を知り、事前対策をたてる必要がある。病虫害には発病、発生の好適条件があり、その時に集中して作物に害を与える。発病、害虫発生を事前に察知し、予防対策をた

てることが大切である。以下にサヘル地域で一般的な発生予防法を記す。

種苗を選ぶ（抵抗性品種の利用）。

圃場を清潔にする（発生源となる病害株、雑草の除去）。

輪作（連作障害の回避）。

環境条件を適切に保つ（通風、過乾、過湿に注意）。

病害虫を遮断する（袋かけ、覆い、溝掘り、防虫灯等）。

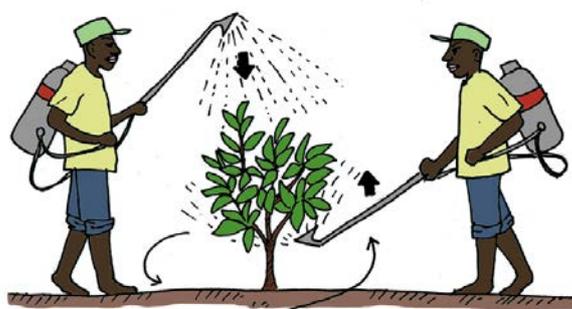
適地適作（気温や土質にあった野菜を選択する）。



覆いによる病害虫防除

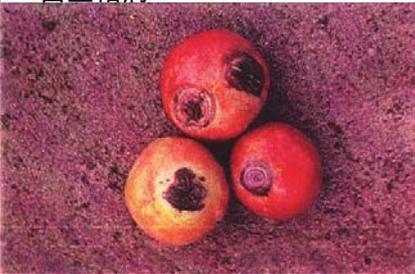
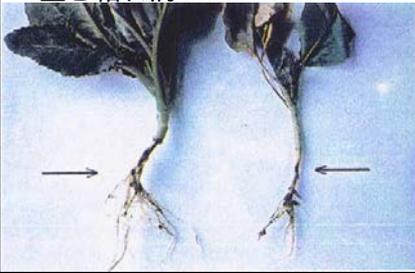
病害虫が発生した場合は、捕殺（打ち落とし、網とり、かきおとし等）や殺虫剤・殺菌剤などの化学農薬を利用する。なお、農薬は病虫害の種類によって防除効果が異なるので、病害虫の見極めが必要である。

図 4 . 5 . 1 病虫害予防法²⁾



また次頁に、サヘル地域でよく見られる病虫害を記す。

表 4 . 5 . 1 サヘル地域の病虫害³⁾

病虫害名	症状 (伝語 / 学名)
斑点細菌病 	Xanthomoas Vesicatoria 雨季の細菌病は、光沢のある水浸状の黒色斑点が出る。その後急速に葉は黄化・枯死する。萼片や花梗には不規則に病斑が現れ、コルク化する。未熟果にも最初は水浸状の黒色斑点が現れ、後にその病斑が肥大しながらコルク化する。この病原細菌は雨と高温の時期を好む。
苗立枯病 	Rhizoctonia solani 土壌に付いた果実から感染し、周辺が濃い茶色で縁取られた大きい斑点が出る。この病斑は放射状に亀裂を生じさせるときがある。
立ち枯れ病 	Pythium aphanidermatum 苗畑によく現れる菌による病気で、茎の地際が濃い茶色になって腐敗してしまう。この病気は密に播種したり、極端に日陰もしくは湿気が多いところで発生する。
コナガ 	Plutella xylostella Linée 葉の中に生存し、葉辺部や実生の中心を食害する虫で、果実の中に侵入する。この虫害は苗畑で生長期間が長くなって徒長した苗によく発生する。

また、以下のような病虫害も見られる。

菌 / 細菌病

- ・疫病: *Phytophthora infestans*(montagne) de Bary
- ・萎ちょう病 : *Fusarium oxysporum*
- ・かいよう病: *Corynebacterium michiganense* pv. *michiganense*
- ・灰色かび病: *Botrytis cinerea* Persoon
- ・葉かび病 : *Cladosporium fulvum* Cooke
- ・輪紋病: *Alternaria solani*

- ・うどんこ病:*Leveillula taurica*

害虫

- ・オオタバコガ：*Heliothis Armigera*
- ・ネコブセンチュウ：*Meloidogyne arenaria* Neal
- ・アブラムシ:*Myzus persucae* Sukzer
- ・チャノホコリダニ:*Polyphagotarsonemus latus* または *Aculops lycopersici*

4.6 有効技術の導入

1) 端境期の出荷 タマネギセット栽培(小球生産)

セット栽培とは、雨期前に小球を生産、雨期の間は小球を保存し、雨期終了後定植する方法である。この栽培方法は、タマネギ栽培の期間の延長、乾期後半および、雨期前半の土地の有効利用、12月、1月の価格高騰期のタマネギ生産、栽培体系の多様化、等の利点があげられる。この方法の利用でタマネギ生産を周年化し、安定供給を図ることができる。

ここでは、セット栽培の留意点のみを記す。詳細は、「4.3.2 各論、1) タマネギ」を参照のこと。

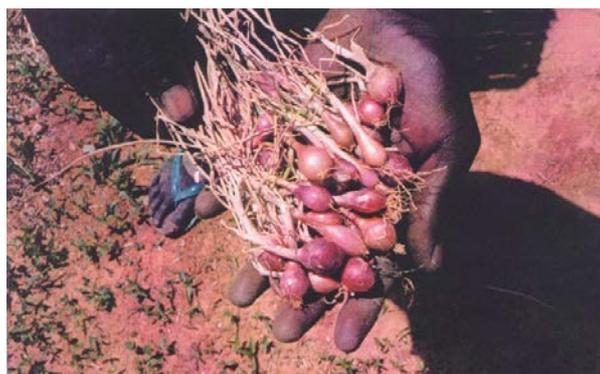
(1) 苗床準備

播き床は、床幅 100~120cm とする。10日くらい前から 100m² 当たり完熟堆肥 40kg、複合肥料 10 kg (NPK:15-15-15) を施用する。

(2) 播種と管理

播種量は条間 10cm (粒数は 200~350 粒/g) の条播きで 1m² 当たり 5g の種子を要する。100m² 栽培するために必要な苗床面積は 12m² である。深さ 5~10mm 程度の溝に播き、種子がかくれる程度に薄く覆土し、わら等で被覆し、たっぷり灌水して、発芽をそろえるようにする。

播種後 1 週間程度で発芽する。発芽を始めたなら、夕方、覆いをていねいに除去する。初期は、特に乾燥に弱いので、夕方灌水する。



タマネギのセット苗

(3) 小球の収穫と保存

播種後 70~80 日に収穫する。球径は 10mm~30mm で揃えることが望ましい。

小球は、冷暗所にて保存する。特に雨期の間は腐敗しやすいので、このような球は丹念に取り除く。

(4) 定植とその後の管理

保存しておいた小球を定植する。条間 20cm、株間 10cm で、標準栽培に準ずる。セット苗は分球することがあるので、分球をかきとり 1 本とし、正常球とする。また、抽台も起こりやすいので、抽台した株はネギボウズを取り除くこと。

2) 燻炭施用による節水栽培

灌漑用水の使用をできる限り抑え、限られた水資源の有効利用を図る観点から、燻炭を用いた節水栽培について述べる。

(1) 利用資材

昔から日本では、土壌物理性向上などの目的でイネ籾殻燻炭 (charbon) が利用されてきた。これを応用して、節水栽培にミレット穂殻燻炭を利用する。ミレット穂殻の賦存量は単収の 1.3 倍程度であり、毎日家庭から排出されるので、定期的に燻炭に加工し保存することが可能である。

(2) 製造法

ミレット穂殻を燻炭にするには、時間を掛けて燻し、灰にならないように気を配らなければならない。以下に、その方法を記す。

燻炭の製造は古いドラム缶を利用する。

底面となる方に約 5cm 間隔で直径 1cm 以下の孔を開け、もう一方は穂殻の投入口として約 30cm 程度の穴を開ける。

空のドラム缶をかまど (コンクリートブロック片やラテライト礫など) に乗せ、ミレットの穂殻を約 2/3 まで空積みにする。

かまどの中に枯草を入れ、底部の孔からミレットの穂殻に火を着ける。

下部半分が熱くなったら、ドラム缶をかまどから地面に下ろし、上部に板や鉄板で蓋をする。この蓋は密閉するのではなく、下部から多くの空気が入りすぎない程度にしなければならない。数回の試行錯誤の後には程度が明らかになる。

4~5 時間後にはほとんどが燻炭になる。ドラム缶内に散水し、火を消し、地面に広げ、さらに散水する。



燻炭製造法

(3) 燻炭の施用効果

a) 燻炭と土壌を混合した場合の保水効果

燻炭の混合割合が多くなるほどかん水直後の蒸発量が抑制される。

b) 蟻忌避効果

畑苗代の一部に約1cmの厚さで散布すると、蟻が種を持出さない。

c) 蒸発抑制効果

厚さ1.5cm程度の燻炭をポットにマルチングした場合、初期土壌面蒸発量が1.4mm/日程度まで減少する。

d) 地力増加

砂質土壌の陽イオン交換容量(CEC)は非常に小さく、施肥効果が期待できない。また、CECは土壌の有機炭素含量と粘土含量に比例して大きくなることから明らかになっているので、燻炭を施用することは、土壌の保水力を増加させ肥料分の流失を減らす。さらに、CECの増大は土壌の養分保持能力を増し、作物にそれを穏やかに供給することができるようになる。表4.6.1にミレット燻炭の理化学性を記す。

表4.6.1 ミレット穂殻燻炭の理化学性

水分含有率	T C	T N	ph	N a	K	C a	M g
(乾土 80) 4.26	% 59.7	% 2.01	H ₂ O 9.3	cmol(+)/kg			
				3.9	35.3	8.5	0.3

注：全炭素(TC)、全窒素(TN)は住友化学NCアナライザーで測定した。交換性Ca、Mgは試料を0.1規定塩酸溶液(試料：溶液=1：5重量比)で1時間抽出後、抽出液を島津製ICP(高周波プラズマ発光分析装置)で分析した。交換性Na、Kについては、同抽出液を島津製AAS(原子吸光度計)で分析した。PHは試料を純水(試料：純水=1：2.5)でよくかき混ぜ、1時間以上放置したあと、ガラス電極法により測定した。

(4) 節水効果

JGRCの調査では、タマネギ、キャベツ、レタス、トマトについて灌水を変え、(5.0、7.5、10.0、12.5mmの4区)燻炭が実際収量に与える影響を試験した。その結果、以下の様な所見が得られた。

レタス栽培では、燻炭をマルチングした場合の収量が高く、日かんがい水量5mm/日でも栽培が可能であることが明らかになった。



タマネギの燻炭試験の様子

キャベツ・タマネギ栽培では、燻炭を鋤き込んだ場合、7.5mm/日、10mm/日の灌水量で最も高い収量を示し、燻炭の保水効果が確認された。

トマト栽培における燻炭の使用効果は、使用しない場合の2倍程度の収量で、灌漑水量が少ないほど大きい。燻炭を使用しない場合は灌漑水量が多い程収量が増加する。

(5) 普及上の課題

サヘル地域で野菜栽培を行うところの土壌は、大抵アルカリ分が多い。燻炭はアルカリ性が強く、塩類集積を助長させる危険性がある。施用にあたっては、この点に留意する。

上述した製造法は、現地で入手可能な資材を用いるとは言え、かなり大がかりであり、個人作業で行う野菜栽培には、普及しにくい。農民グループを作り、グループ単位で導入すると良い。少量製造するには、穂殻をそのまま山盛りに積んで火を付け、時々攪拌しながら燻炭になるのを待ち、灰になる前に水を撒く方法が最も容易である。

3) 連作障害の回避

毎年同じ圃場で、同一作物を栽培すると、土壌の理化学性が悪化したり、土壌や空気伝染性の病虫害の密度が高まったりして、病虫害や生理障害株が増え、収量が次第に低下する。サヘル地域では痩せた土壌で栽培することが多いので、連作が野菜栽培に与える影響は大きい。

この地域での連作障害を防止するには、有機物を加え、耕土を深くするなどである程度防止できるが、さらに輪作や間作などの耕種的対策をとることが望ましい。

(1) 輪作

輪作とは、他の作物と組み合わせて毎年場所を変えながら栽培することを言うが、以下の表 4.6.2 のように、いくつかのタイプに分かれる。



野菜の輪作

表 4 . 6 . 2 野菜栽培を中心とした輪作の例

輪作タイプ	詳細	作付け体系の例
野菜のみ	他野菜との組み合わせで、毎年違う作物を栽培するように、場所をローテーションする。 病害虫回避と土壌の理化学性改善のためには、異なる科、形態（葉菜か果菜か）で組み合わせる。	トマト（ナス科、果菜） ニンジン（セリ科、根菜） タマネギ（ユリ科、鱗茎） キャベツ（アブラナ科、葉菜）
稲作との組み合わせ（水田裏作）	氾濫原の利用に見られるような、雨季は稲作、乾季は野菜栽培という組み合わせである。毎年湛水するので、土が締まり、排水が悪いので、野菜の種類を選ぶ必要がある。	雨季：稲作 乾季：キャベツ、インゲンマなど 雨季：稲作 乾季：キャベツ、インゲンマ
畑作物や飼料作物との組み合わせ	集約的に同種の野菜を栽培したとき、何年かに1度、トウモロコシ、ソルガム、ラッカイ、飼料作物を導入し、土壌の理化学性や微生物層を変化させ、連作障害を防ぐ。また導入作物によっては、ネマトダ防除も期待できる。	3年連続のレタス栽培 トウモロコシ、ソルガム（理化学性改善） ニンジン、ササゲ ラッカイ（ササゲネコブセンチュウを減らす効果有り）

（2）間作

作物の畝間または株間に、他の作物を播種または定植して栽培することを間作といい、野菜では圃場の有効利用や灌漑水節約のため行われる。

サヘル地域の伝統的栽培では、一作目の収穫が終了する前に、次作の野菜を畝間や株間で栽培を開始する方法がよく見られる。



タマネギとレタスの間作

例：タマネギ+レタス...タマネギ定植後にレタスを植え付け、土壌を被覆することで、蒸散を防ぐ。生育期間の短いレタスの収穫後、タマネギの鱗茎が成長する。

4) 緑陰栽培

この栽培は、背の低い作物の栽培に先立ち、背の高い作物（ミレット、ソルガム、トウモロコシなど）または、葉を利用する樹木（モーリングなど）を作付けするもので、これらの茎や枝葉によってできる陰によって蒸発散量を減少させる。



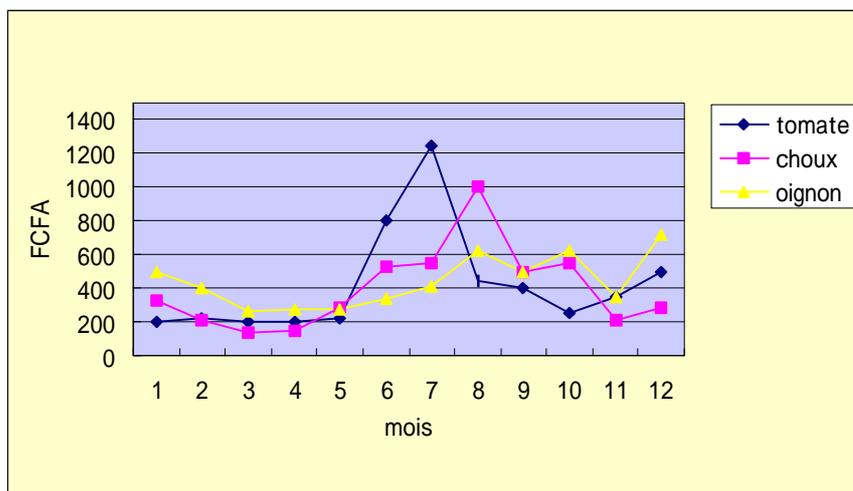
トウモロコシの緑陰効果を狙ったキャベツ栽培

例：トウモロコシ + キャベツ...トウモロコシを畝の周りに植え、ある程度生長したら、キャベツの苗を定植する。この時トウモロコシは、強風、強日射からキャベツを保護する役割を持つ。

4.7 出荷調整

サヘル地域では、野菜栽培適期が限られているため、収穫期が一時期に集中し、市場価格が暴落する事が多い（図 4.7.1）。そのため、資材や労力を費やして野菜を栽培しても、大した収入にならない場合がある。

図 4.7.1 市場価格の変動（ブルキナファソ、ドリ市場の例）



この価格下落を回避し、農家収入を安定させるためには、出荷期をずらすか、加工し付加価値をつける方法が有効である。実際、タマネギは保存状態が良ければ数ヶ月貯蔵することが可能であるし、トマトなどは加工品が市場に多く出回っているため、需要は大きい。

以下に、主要作物における出荷調整の方法を示す。

1) タマネギの保存

(1) タマネギ価格状況

タマネギは時期によって販売価格差が大きい。サヘル地域では8月から翌2月までが端境期となり、収穫時期(3~5月)の1.5~2倍の価格となる。そこで収穫後、長期保存する方法を紹介する。

(2) 保存方法



マグ - 村のタマネギ保存庫

日射や雨の当たらない、冷暗所で風通しの良い部屋に保存する。新規に貯蔵庫を作る場合は、木陰や家屋裏等に設置するとよい。保存方法は、敷き詰めた砂の上に並べる、棚の上に並べる、ネットに入れて吊す、の3つがある。

以下に高温・多湿の3月から9月までの6ヶ月間保存した場合の損失率を記す(表4.7.1)。

表4.7.1 保存タマネギの損失率(品種:violet de galmi)

方法	損失率	備考
敷き詰めた砂の上に並べる	25-30%	シアリによる食害、腐敗が多い。
棚の上に並べる	15%	雨に当た易く発芽が多い。
ネットに入れて吊す	10%	

保存方法としては、棚に置くか吊り下げにより、風通しを良くするのが理想である。冷暗所であっても地面に並べると、高温による腐敗が起こりやすく、また虫害に遭いやすいので避けたほうが良いが、資材やスペースに余裕がない場合は、この方法で対応する。



タマネギの保存法

2) トマト、キャベツの加工

(1) 加工の状況

サヘル地域の多くの国では、トマトは乾燥品や加工品が流通しており、食材として利用されているが、キャベツはもっぱら生食用として利用される。しかしながら、現地にはバオバブやモーリングア(ワサビノキ)の葉を乾燥させてスープなどに入れて食す習慣があるので、これらの代替品として、キャベツの加工品も取り入れられる可能性はある。

(2) 導入作物と方法

ここでは、乾燥による加工法を紹介する。

トマト：トマトを輪切りにし、串刺しにして暗所で風乾するとよい。ゼリー部を残したままの丸ごともしくは、大片での乾燥は高温下では腐敗を起こしやすいので注意する。

キャベツ：葉を刻み、風通しの良い場所で吊す。所要期間は乾季の場合、20～25日である。

これらの方法は、天日干しするだけで良いので、特別な機材や技術が不要で、低コストでもあることから、農民に普及しやすい。



乾燥加工したトマトとキャベツ

4.8 この章のまとめ：野菜栽培を発展させるポイント

砂質土でのサヘル地域における一般的な野菜栽培については、まず、水利資源の開発が必要である。

育苗は特に慎重に行い、土壌肥沃化や適正管理を行う。

乾季は家畜の進入を防ぐ囲いが必要。

雨季栽培の導入など、野菜栽培は方法によっては現金収入の増大に寄与できる。

砂質土は肥沃度に乏しく、土壌伝染病が蔓延しやすいので、堆肥、化肥の投入と栽培法の工夫（輪作、間作、緑肥など）を積極的に取り入れる。

粘質土での野菜栽培には導入作物を選択し、特に水管理に留意する。

この地域の野菜栽培については、伝統的な技術が根付いていることが多い。この伝統技術は、問題もあるが、地域性を反映した優良技術である場合も多い。これを考慮した上で、各国の農業研究機関がまとめた技術書を参考にする事を薦める。野菜栽培を持続的に行うためには、農民と共に考えながら現地に即した技術を発展・確立させ、普及することが大切である。技術普及のポイントは、育苗、適地適作、病虫害防除である。

現金収入増加のためには、作物を保存、加工することによって、端境期出荷を目指す。この方法はタマネギ、トマト、キャベツなどで可能である。その保存・加工技術は容易なものを取り入れる。

引用文献

- 1) Centre pour le Développement de l'Horticulture Camberene, Sénégal. 1997. Guide pratique du maraîchage au Sénégal, pp45.
- 2) Dupriez., H. et Leener., P.DE. 1987. Jardin et vergers d'Afrique, L'Harmattan Environnement Africain-ENDA, pp157,166.
- 3) Centre pour le Développement de l'Horticulture Camberene, Sénégal. 1997. Guide pratique du maraîchage au Sénégal, pp87 Fig.119-142.

第5章 畑作農業の強化

サヘル地域では、雨季の少ない降雨を利用した畑作農業は、ミレット、ソルガムなどの主食を得るための、重要な栽培形態である。

近年の著しい人口増加により、慢性的な食糧不足がこの地域での最大の問題になっている。このため畑作物の単作、休耕年数の短縮化や草地から農耕地への転換による過耕作など、その場しのぎの対処法で食糧増産を図ってきた。このような収奪型農業は土地の疲弊を招く。さらに降雨の不安定さが追い打ちをかけて、現在の天水依存による作物生産は、減収傾向にある。これは、より食糧不足を深刻化させると同時に砂漠化を助長する要因ともなる。しかし農民は過耕作を続けるしかなく、ますます土地の疲弊が進む、という悪循環を繰り返している。

この現状から、砂漠化を防止しながら雨季の畑作農業を強化するためには、土地の持つ生産力を高めながら、効率的な営農を行う必要がある。

その手段として、ここでは地力を取り戻すための土壌肥沃化対策、土地の効率利用を目指した各種耕種方法および農地保全対策の導入、そして畜力利用による労力削減と適正技術の導入によって天水農業を行う方法について記述する。

5.1 土壌肥沃化対策

5.1.1 サヘル地域の土壌

農耕地として使用されている土壌は、以下の4種類に大別できる。

図5.1.1.1 アフリカの土壌分布¹⁾



アルフィソル (alfisols): 粘土の集積層があり、塩基飽和度の高、または中程度の土壌。風化、土壌生成の履歴は短く、相対的に肥沃度は高い。

アリディソル (aridisols): サヘル以北に見られる砂漠土。半砂漠の土壌や塩類の集積した土壌も含む。土壌のある部分が引き続き90日以上有効水分のない状態すなわち「乾」になる土壌。

アルティソル (ultisols): 粘土集積層がある痩せた土壌。塩類に欠乏しており、酸性障害の他、アルミニウムの過剰な害がでやすい。強雨にたたかれるとクラストを作りやすく、浸食を起こしやすい。

バーティソル(vertisols): 乾くと割れ目のできる粘土質の土壌。黒色綿花土とかグ
ルモソル(grumusols): 団粒構造土壌などと言われる土壌はこれに当たる。

ラテライト(lateraite): 鉄分を含んだ赤色土。

サヘル地域では概ね、粘土質のラテライトからなる高台と、傾斜地や台地に見られ
るアリディソルとアルフィソルの中間型の砂質土が多く、窪地や氾濫原ではアルフィ
ソルやバーティソルなどの比較的肥沃な粘質土が見られる。

サヘル地域で天水農業に利用する、氾濫原上部から台地までの農耕地は、地力収奪
型農業や森林伐採による植生の減少、土壌流失などにより、極めて肥沃度が低い。そ
のため無機養分や有機物を投入して地力回復に努める必要がある。

しかしながら、この地域での資材の投入は、降雨が不安定で、水分の過不足による
表土流失や乾燥による塩類化などの被害の恐れもあるので、注意を要する。

このような観点から、JGRC 調査で得られた結果から、農民が着手しやすい肥沃化
技術対策について記す。

5.1.2 パルカージュ

1) 特徴

パルカージュとは、乾季の間、圃場に夕方から朝まで家畜の群を留め置き、この間
に圃場に排泄される糞尿を有機肥料として利用するものである。これはサヘル地域に
おける伝統的な土壌肥沃化方法の一つであり、その効果は農民の間で認識されている。
ただし、家畜を保有してない農家は実施しにくいこと、少雨時は塩類集積を起こし、
かえって減収させる等の問題もある。

2) 実施方法と効果

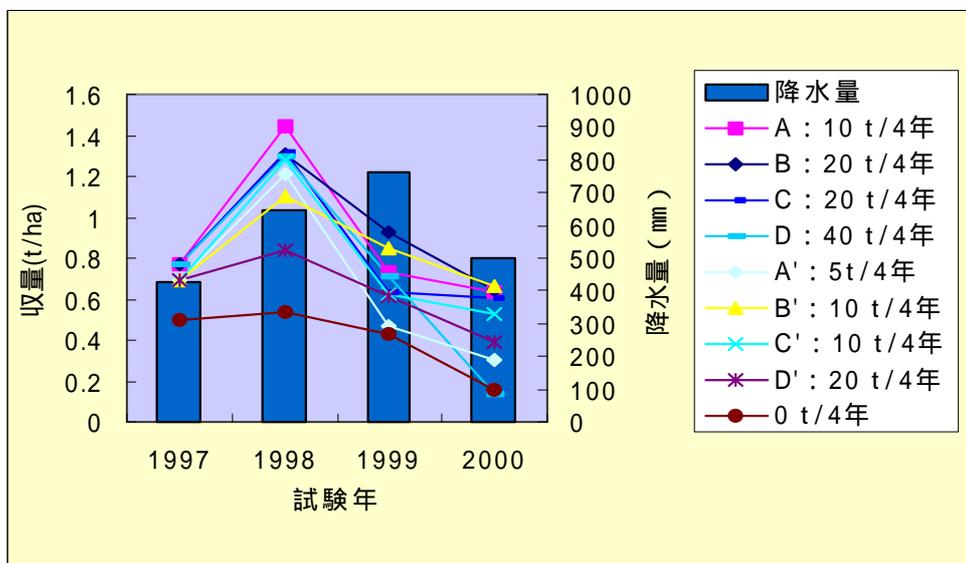
JGRC の調査では、表 5.1.2.1 とおりに区分けをし、各々の糞尿投入量、投入年数の
違いによるミレットの生産量について比較検討した。

表 5.1.2.1 パルカージュ試験の投入状況

投入量 / 実施年	1997	1998	1999	2000	総投入量
10t/ha 投入区	A				10 t/4 年間
	B				20 t/4 年間
	C				20 t/4 年間
	D				40 t/4 年間
5 t/ha 投入区	A'				5 t/4 年間
	B'				10 t/4 年間
	C'				10 t/4 年間
	D'				20 t/4 年間
対照区					0 t/4 年間

この調査結果からは、降雨量の変化とパルカージュによる収量の関係から、安定収量を望むなら、「10t/ha、もしくは 5t/ha ずつを隔年で施用した方がよい」と考えられる(図 5.1.2.2)。

図 5 . 1 . 2 . 2 パルカージュ施用効果の推移



家畜を保有する農家は、自己管理の下でパルカージュを行い、無所有もしくは、数頭しか所有しない農家は、移牧の群を率いる牧童や近隣の牧畜農家と畑に家畜を繋いで貰うよう、契約を結ぶ。パルカージュの代償は、地域によって異なり、ニジェールではミレットで、マリでは労働力と引き替えにする。

3) 施用量の算出方法

農民に普及する場合、投入量の単位はわかりにくい。そこで、熱帯家畜単位 (UBT) を用いて概算する。UBT とは単位面積あたりの使用可能家畜数を見る単位で、生体重 250Kg の家畜 1 頭を基準としている。現在ニジェール国の畜産局では牛 1 頭 : 0.8UBT、山羊・羊 1 頭 : 0.15UBT、馬 1 頭 : 1UBT、ロバ 1 頭 : 0.5UBT、ラクダ 1 頭 : 1UBT として使用している。

<算出例> 10 頭の牛で、面積 1250 m² の圃場に 10t/ha の割合で家畜糞を投入する。

10000 m² (1 ha) : 1250 m² = 10 t : = 1.250 t つまり、総量 1.250 t を投入する。
 パルカージュにおける牛の糞排泄量は夜間 (夕方 6 , 7 時から朝 4 , 5 時まで) のみ 1 UBT 当たり約 2.5 kg。
 そうすると、1 UBT を 1,250 kg ÷ 2.5 kg = 500 日間圃場に留め置くことになる。
 10 頭の牛の UBT は、1 頭当たり 0.8 UBT × 10 頭 = 8 UBT。
 8 UBT では、500 日 ÷ 8 UBT = 62.5 日留め置けば良い。
 したがって、1250 m² の圃場に 10 頭の牛を 62.5 日繋留すると、およそ 10t/ha の家畜糞が投入されることになる。



パルカージュ状況（ニジェール）

4) 実施の留意点

圃場内で家畜が群れないように調節すること。もしくは、溜まった家畜糞を作付け前に均等に撒くこと。

収穫後のミレットなどの植物残渣を圃場に残すなど、有機物を増やすと相乗効果が期待できる。

5.1.3 堆肥の生産

1) 特徴

土壌の改良と保全、さらには、その肥沃度を改善するために現地にある資源を利用して、有機質肥料を施すのは現実的で有効な方法の一つである。有機質肥料の中でも堆肥は農家でも入手が容易で、かつ有効な手段である。堆肥は以下の様な利点がある。

土壌の有機物質、有効微生物を増やし土壌構造を改善する。

重量の10倍以上の水を吸収することによって土壌の浸食を軽減する。

水分を保持し、蒸発量を減らす（保水力の向上）。

堆肥のpHは中性であり、アルカリ性や酸性を中和する。

地温の降下作用により、種子の発芽率が向上する。

線虫を抑制し、菌類またはバクテリアがもたらす種々の病気も軽減させる。

作物の生育に必要な窒素分や微量元素（ミネラル分）を供給する。

化学肥料と併用すれば、作物の生育を一層促す。

2) 堆肥の構成

堆肥の山は、有機物質を分解する有機微生物のすみかであるため、この有機体を活動させるためには窒素、酸素、水が必要となる。

ミレットやソルゴの乾燥した残渣は炭素を多く含み、マメ科植物や家畜の寝糞は窒素の含有が豊富であるため、堆肥生産の材料として大変有効である。

3) 堆肥生産方法

(1) 生産法1：雨季堆肥場

狭い囲いの中に作物残渣を敷き、これを家畜の糞尿とともに踏ませ堆肥を作る方法である。要領は以下の通りである。

ソルガムの茎か鉄棒で、畑の縁に囲いを作る。広さは12頭の牛に対して12m×12mが適当である。

圃場の残渣を囲いの近くに集積する。

10～15cmの厚さに残渣を積み、家畜を囲いの中に入れる。家畜に踏まれた残渣は潰れ、小さく切断され、糞尿を得て分解が進む。

最初の1層が完全に潰れたら、次ぎの層を積み、家畜を入れる。

上記の作業を集積した残渣が無くなるまで行う。

残渣の分解に必要な水分は、雨季の雨で供給される。

雨季が終り乾季の中ごろには使用できるようになる。



雨季堆肥場（マリ国、セグー地区）

(2) 生産法2：堆肥穴に毎日少しずつ堆肥の量を増す方法

家庭の近くに堆肥を製造する穴または入れ物を作り、様々な有機物の残渣を投入して堆肥を作る方法である。要領は以下の通りである。

材料として家畜の糞や寝藁、家庭のゴミや灰、古くなった屋根用の草を投入する。家庭のゴミ、灰及び汚水は毎日投入し、家畜の寝藁、牛糞、脱穀作業のカス等は週に一度程度投入する。

投入する場所は、乾燥を防ぐために、日光の当る場所を避け、日陰に作るのが良い。堆肥の容量は農民の必要量や有機物質の集積可能量によって異なるが、例えば、2頭の牛と10頭の小型家畜で3m×3m×1.5m程度である。穴を掘る場合は、日干し煉瓦を地上より20cmの高さに積み、雨季の排水の流入を防ぐ。堆肥槽を地上に作る場合は、日干し煉瓦を作業が可能な高さ（1～1.5m程度）に積み上げる。

有機物質の分解を進めるために必要な水分は、雨季の雨で補給される。分解の立役者である微生物の増殖には十分な湿り気が必要であるため、乾季には水を撒く必要がある。



積み込み途中の材料

(3) 生産法3：堆肥穴への材料投入を一回で行う方法

投入材料は家畜の糞や寝藁、家庭のゴミや灰、屋根に使い古くなった草である。これらの分解を促進するためにできるだけ小さく、50mm以下に切断して投入する。植物残渣と家畜糞を30cm位ずつ交互に重ねる。

重ねる層毎に水を掛けて湿らせるが、水浸しの状態は良くない。この時、強く踏み固めると空気の流入が阻害され、発酵が進まないのに注意する。

堆肥を積み上げてから3~7日後に、その生成具合を点検する。内部は湿り気があり、山の頂上と同様に熱を帯びていればよい。その後15日毎に点検し、湿り気が足りない時は散水する。

病原菌や害虫の幼虫・卵が混入しているので、可能な限り発酵熱を利用してそれらを殺す。少なくとも1回は切り返して、腐熟度を均一にする。最初は堆積後2週間で、2回目は5週間後である。

堆肥作りに要する時間は、利用する残渣の内容や切り返しの有無によって変化する。もし、切り返しを数回行えば、完全に熟するまでに約16週間が必要である。出来上がりは褐色を帯びた黒色である。

図5.1.3.1 堆肥生産法図解²⁾





生産法3による堆肥と堆肥散布

5.1.4 天然リン（リン鉱石）の使用

1) 特徴

一般的にサヘル地域の土壌は肥沃度に乏しく、特にリン酸欠乏が、ミレットなど基幹作物の収量に大きく影響することが知られている。この地域は天然リン鉱山に恵ま



れているが、様々な要因からこの天然リン鉱石（以下リン鉱石）の畑への施用は定着していない。その要因とは、現地で入手可能なリン鉱石は粉末状で散布しにくい、可吸態リン酸肥料ではないので、速効性がない、価格の問題、普及指導の不足、などである。

しかしながら、この天然リン鉱石の投入でミレットの増収が望めることは広く認識されており、サヘル地域の土壌肥沃化対策としては是非取り入れるべき項目である。したがって、ここではJGRCの調査で試験したリン鉱石を添加した堆肥生産の方法について述べる。

市販されているリン鉱石

2) 投入方法

堆肥の材料を積み込むときに、リン鉱石を同時に投入すると、堆肥生成を促進し、窒素の固定に役立つと言われている。

JGRCの調査では、家畜糞と植物残渣を一層ずつ積み込んだ後、表面にまんべんなく粉末状のリン鉱石を散布し、その後に灌水を行うという簡易な方法を採用した。この方法は、使用の定着を妨げている要因、の解決策と成る。の普及指導を充実させることによって、効果を視覚に訴えることができれば、の問題があっても、農民は自らリン鉱石を購入するようになる。この様に定着に繋げていくと良い。

3) 効果

リン鉱石入り堆肥の施用効果は、ブルキナファソ、マリで、ミレットやソルガム、ニエベなどで大幅な増収が確認された。参考としてマリにおけるミレット栽培を例に、優良早生品種の導入とこのリン鉱石入り堆肥を施用した場合の増収率を以下に記す(表 5.1.4.1)。なお、この時の施用量は、堆肥が 5~10t で、このうちリン鉱石は 300~500kg であった。

表 5.1.4.1 ミレットの増収効果

単位：t/ha

	1998年	1999年	2000年	平均
在来種 + 無施用	0.86	0.87	0.84	0.86
早生種 + 施用	1.35	1.77	1.55	1.56
増収率(%)	157	203	185	181.6

注：在来種 Boboni、早生種:Benkadinio

4) 留意点

堆肥に混合する場合は問題ないが、パルカージュなどを行い、直接リン鉱石を散布する場合は、年間降雨量が 500mm 以上であることが条件になる。これはリン鉱石を可吸態にするには、ある程度の水分が必要であるためである。年間降水量が 350~500mm の場合は、化学肥料のリン酸で代用した方がよい。そのときの施用量は 20kg/ha が適当とされている³⁾。

5.2 有効技術の導入

5.2.1 混作と間作

1) 特徴と目的

混作と間作は、国によってその分類法が異なる。西アフリカでは「混作は、同時期に同じ圃場に畦を区別することなく、異なる種類の作物を栽培することで、間作は、畦などのある一定の幅の列ごとに異なる作物を栽培し、混作または輪作が行われること⁴⁾いる。

これら耕種法の目的は、様々な作物を導入することで連作障害を軽減し、土地の利用効率を上げることである。組み合わせによっては、緑肥、緑陰、雑草防除などの効果により、作物の増収も期待できる。

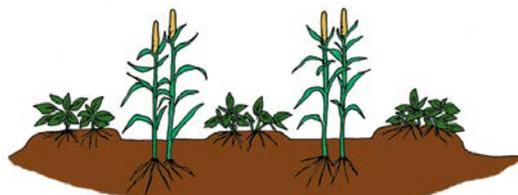
2) 実施方法と効果

雨季の畑作農業では、ミレットやソルガムなどの穀類の間に、ニエベやラッカセイなどのマメ科作物を植え付ける方法を薦める。この組み合わせは、マメ科作物の窒素固定による緑肥としての効果が狙える上、側枝が繁茂すれば土壤水分の蒸発と雑草を防ぐことができる。

例 1：ミレットとニエベの混作（1999 年）

- ・ 播種日：ミレット 7 月 1 日、ニエベ 7 月 12 日
- ・ 収穫日：ニエベ 10 月 8～21 日、ミレット 11 月 16 日

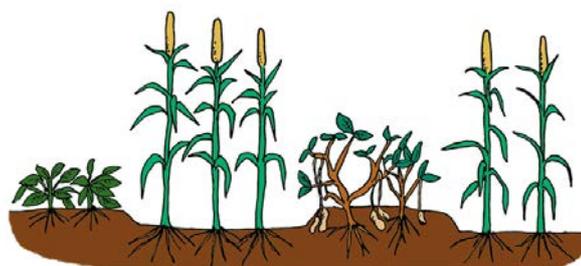
図 5.2.1.1 ミレットとニエベの混作



例 2：ミレットとニエベ・ラッカセイの間作

- ・ 播種日：ミレット 7 月 1 日、ニエベ 7 月 12 日、ラッカセイ 7 月 12 日
- ・ 収穫日：ニエベ 10 月 8～21 日、ラッカセイ 10 月 21 日、ミレット 11 月 16 日

図 5.2.1.2 ミレットとニエベ・ラッカセイの間作



JGRC の調査では、混作（例 1）で緑肥効果によるミレットの増収は確認できなかったが、多くの文献でその有効性は確認されている。JGRC の調査で効果が現れなかったのは、ミレットとニエベの播種間隔（1m×1m）を空けすぎたためと考えられる。しかしながら、混作に適切な株間はミレットの分けつ状況により、一概に言えない。

間作（例 2）試験は、4 年間輪作をしながら、無施肥で作付けした結果、対照区の 2 倍近い収量を得、この耕種法の有効性が確認された。

5.2.2 輪作と休耕

1) 特徴と目的

輪作は、作目の異なるいくつかの区画内で、毎年作付け場所を変えて単作による連作障害を回避する方法である。現在のサヘル地域では、穀物の自給量が不足しているため、単作せざるを得ず、土壌劣化を助長している。輪作はこの土壌劣化を引き起こす、直接的要因の解決策として有効な手段である。具体的効果を以下に記す。

窒素の天然供給力の増大（特にマメ科作物を取り入れた場合）

土壌物理性の改善（土壌の団粒構造の改善と土壌保全）

土壌中の養分吸収圏の拡大と養分バランスの維持（作物によって、養分の吸収割合が異なるため）

伝染性病害虫・雑草発生の抑制。

労働力分配の均衡化。

灌漑要水量変動の軽減と余剰水分の貯蔵。

輪作に休耕を加えると、疲弊した土壌を回復させることができるので、さらに有効である。休耕とは一定期間何も作付けしないことを言うが、近年の休耕地（休耕地）の減少も土壌劣化の原因であり、持続的農業のためには、休耕を数年間のローテーションに組み合わせた輪作体系の確立が最も有効な手段である。

2) 輪作の原理

輪作を実施するに当たり、以下について留意する。

< 輪作の原理 >

養分吸収能力または根圏形態が異なる作物を交互に作付けする。

特定の病気に弱い作物と強い作物と交互に栽培する。

前後作の間に有益なまたは有害な関係がある場合、これを考慮する。

養分収奪的作物（トウモロコシやキャッサバなど）と養分補給的作物（マメ科作物）を交互に作る。

労力などの要求時期の異なる作物を組み合わせる。

以前サヘル地域では、休耕と穀物とマメ科作物を組み合わせた伝統的な輪作体系が確立していた。例として、マリの伝統的な輪作例を記す。この耕種法は、圃場をいくつかの区画に分け、マメ科の単作区画、穀物とマメ科の混作区画、休耕地に分け、年ごとに循環させる方法である。

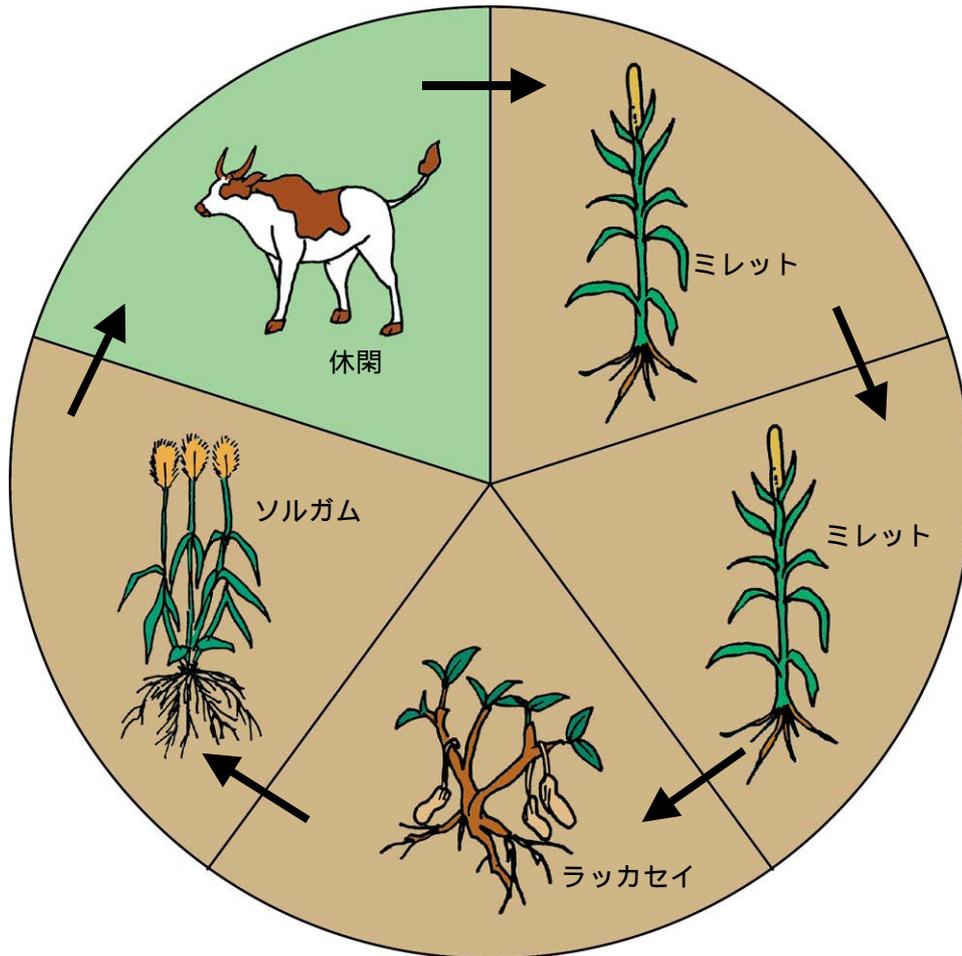
マリでは集落に近い耕地を SOFORO、集落から遠い耕地を KOUNGOFORO と呼び区別している。SOFORO は常畑的に利用されていた耕地で、家畜糞や堆肥が状況に応

じて施用され比較的集約的な利用がなされていた。KOUNGOFORO は肥料の施用はされず、主に休閑システムがとられていた畑で、地力の回復を休閑に依存する耕地である。

KOUNGOFORO 輪作体系 1 (開畑 ミレット型) 定義

開畑 - ミレット - ミレット - ラッカセイ - ソルガム - 休閑

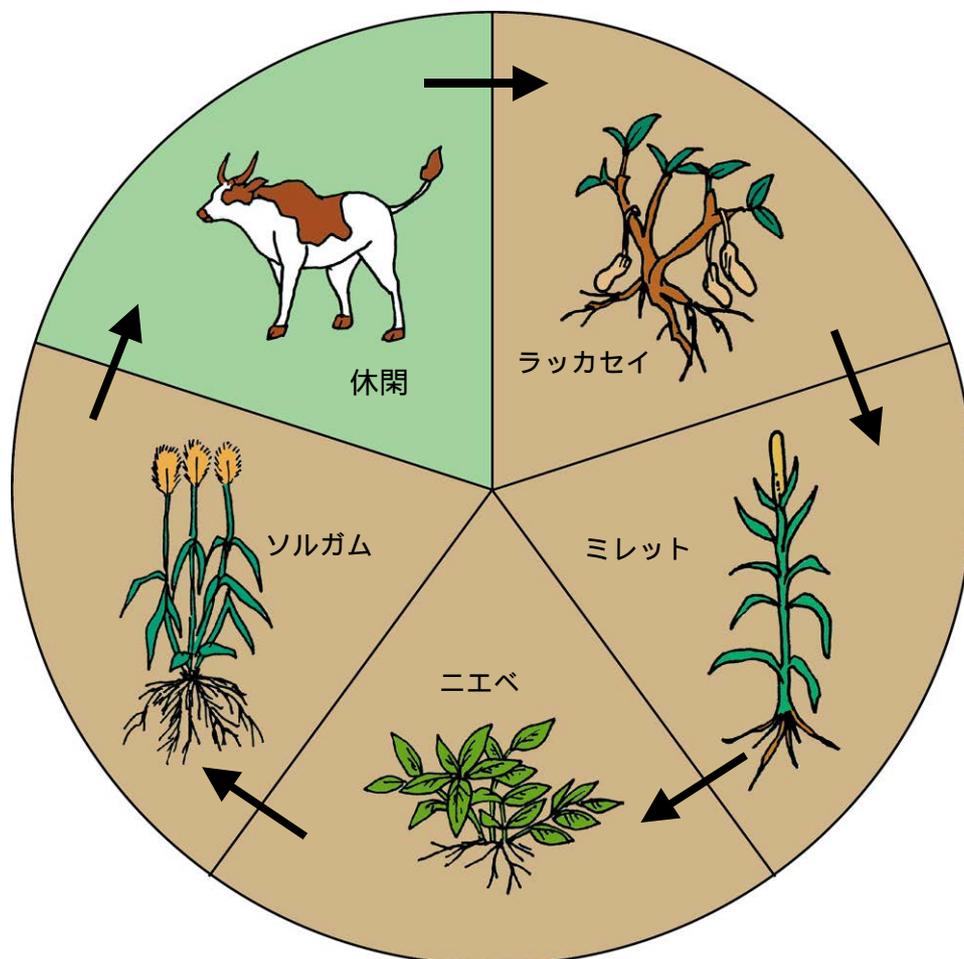
図 5 . 2 . 2 . 1 開畑 ミレット型輪作 1



KOUNGOFORO 輪作体系 2 (開畑 ラッカセイ型)

開畑 - ラッカセイ - ミレット - ニエベまたはバンバラマメ - ミレット (もしくはソルガム) - 休閑

図 5.2.2.2 開畑 ラッカセイ型輪作 2

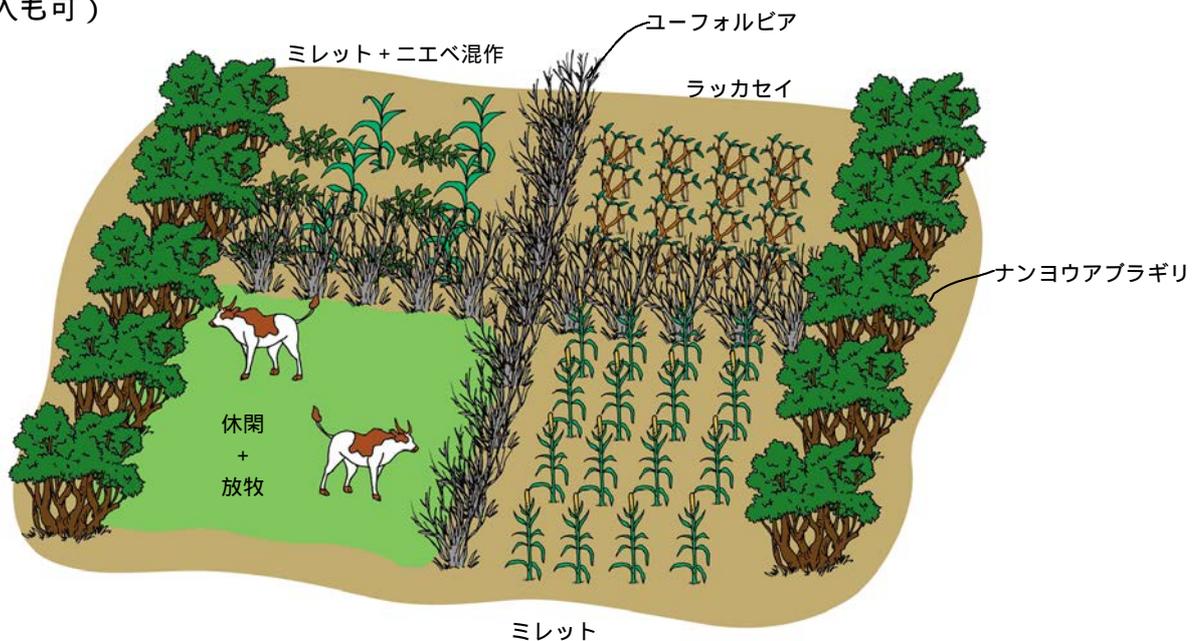


3) 奨励輪作体系

以上の例を用い、現状に合った輪作体系の例を記す。畑は輪作が実施しやすいように4等分し、境界に防風林と飼料として有効な、ユーフォルビア、ナンヨウアブラギリ、アンドロポゴンなどを使った Band enherbée (植物帯)を設置する。

図5.2.2.3 奨励輪作体系

開畑 - ミレット + ニエベ混作 - ラッカセイ - ミレット - 休閑 (マメ科飼料作物の導入も可)



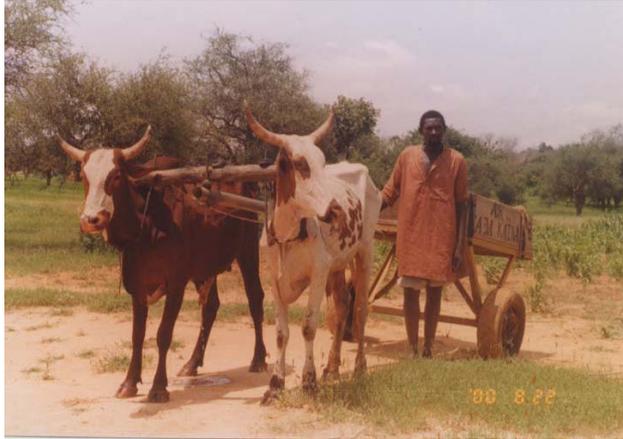
マメ科作物は多くの効果が期待できるので、混作としても必ず取り入れる。その際、リン酸またはリン鉱石の施用が無いと地力増強効果が現れないので、肥沃化対策は必ず行う。その上で気候や嗜好などの地域性に合わせ、作目を変えればよい。

例えば、ニジェールのマゲーのように食糧不足で土壌の疲弊が激しいところでは、多くの区画に穀物とマメ科作物、またそれらの混作を導入し、休耕地を減らす。マリノセゲーのようにある程度の穀物は賄えるが、飼料が不足しているところであれば、換金性の高い作物を取り入れ、休耕地に飼料作物の粗放栽培を加えるなど、多くの組み合わせが可能である。

5.3 畜力利用 牧畜との連携

サヘル地域の農業の発展には、牧畜との連携と両立が必要である。家畜糞と植物残渣の利用に見られる資源の有効活用は伝統的に行われてきた。また、村落では、主な交通・運搬手段として家畜に荷車を引かせている。しかし、農作業労力軽減のための家畜利用は多くの研究機関で実証されているのにも関わらず、一部地域の利用にとどまっている。そこで、ここでは今後の導入のため、実際の畜力利用例を示す。

1) 用途と現状



畜力の利用：荷車

サヘル地域では、牛や馬などの畜力は、荷車の牽引力として利用されるのが一般的である(写真)。また、サヘル北方では、井戸が30m以上と深いため、ラクダ、ロバや小家畜(羊・山羊)を利用して水を汲み上げている。

農業では、特に労力を費やす耕起、除草、中耕、土寄せに畜力が使われる。このような畜力利用は、特にセネガルとマリで盛んである。これは独立後に、ラッカセイ、綿花などの商品作物栽培の国家強化計画により、畜耕技術とその牽引機具の導入が行われたためである。当初はフランス製の高価な牽引機具が使用されていたが、現在では地域の鍛冶屋で模倣品が出回っており、修理もできるので、農民が畜耕を取り入れやすい状況にある。

一方、他の国々でも、大農業地帯と言われるところでは積極的に導入されているが、未だ家畜や農機の入手・確保が容易な状況には至っていないので、全ての農民が導入するには難しい状況である。

2) 牽引機具と伝統農具

用途によって、様々な形の犁が使用されている。その種類は、耕起に用いる cultivateur (耕耘機)、dents、houe、charrues(犁)などの耕耘機や、中耕・土寄せに用いる binaeuse、これらの機能を持つアタッチメントを代えることで様々な作業ができるマルチ耕耘機、そして播種専用機の semoir などがある。

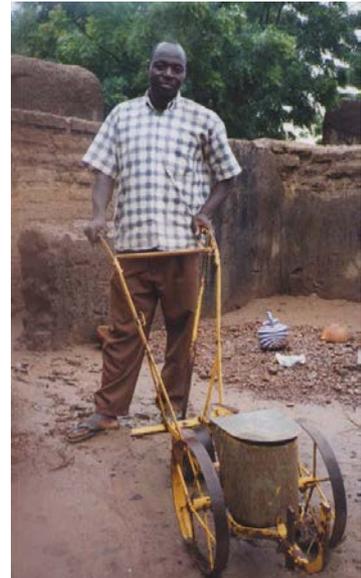
以下に牽引機具と、参考までに伝統農具を記す。



耕耘機 (cultivateur)



犁 (charrues)



播種機 (semoir)

様々な牽引機具



イレール



ダバ

伝統農具（イレール、ダバ）と耕起用にダバを变形させた農具（ゴビ：写真右）。イレールは棒の先に付けた月形の歯で土の表層を掻きながら除草する農具。ダバは鋤のように、耕起や畦を作るときに使う。



ゴビ

3) 利用効果

表 5.3.1 に実例として、マリのセグー地域における手耕（ダバ使用）と畜耕によるミレット栽培の収支を記す。

表 5.3.1 ミレット栽培における手耕と畜耕の採算性の比較

作業内容	手 耕			畜 耕			
	労働日数 (日)	労働費 (FCFA/ 日)	経 費 (FCFA)	労働日数 (日)	労働費 (FCFA/ 日)	経 費 (FCFA)	
耕起	30.9	750	23,143	1.8	8,000	14,286	
播種	5.3		3,964	1.3		10,286	
中耕・除草	28.6		21,429	4.3		34,285	
除げつ	11.1		8,357	11.1		750	8,357
収穫	8.4		6,321	8.4		750	6,321
合計	84.3		63,214	26.9		73,536	

注：

1. 労働日数は、“ Temps des travaux des principales cultures au Mali” p.10-11 より引用した。
2. これらの労働費は、マリにおける JGRC の調査村における金額で、1日当たり7時間労働とした。
3. 家畜の肥育は畜産の範疇で行うこととし、畜耕の経費として算入しない。



畜耕とダバでの作業

時間あたりの経費はダバによる耕起より高くなるが、作業時間が 1/3 となるので、合計経費では大差がない。各国の研究機関の調査でも畜耕の優位性は立証されており、畜耕はダバによる手耕より 2~3 倍の面積の作業を可能にし、ミレットの場合約 1.5 倍の増収が見込めることが確認されている⁵⁾。このことから、相対的に見ると、労働時間の削減と増収に有効であり、採算性はあると言える。

4) 展望

今後、限りのある土地で穀物需要の増加に対応する方策として、畜耕は有効手段の一つで、その採算性と効果をみると、導入を薦める。

これからの畜耕導入・普及に関し、前述のように牽引機具の価格が高く、農民の手に届かないことが問題となる。しかしマリの例のように、一度先行投資して導入し、農民が畜耕の利点を認識すれば、農民全てが家畜や機具を持たなくても、村内での貸し借りで畜耕の効果を得ることができる。このような地域性も考慮しながら、導入手段を検討していくのが望ましい。

5.4 栽培作物各論

サヘル地域での雨季の畑作農業は、ミレットやソルガムなどの主食を賄い、栄養摂取と現金収入のための、最も重要な産業と位置づけられ、個々の作物については、地域に適合した独自の栽培技術が確立されてきた。

しかしながら、従来技術だけでは昨今の急激な自然環境の変化に対応できず、単収は減少傾向にある。この解決策は、上述した土壌肥沃化などの対策に加え、それぞれの作目について、現況を踏まえ、新品種の導入や栽培体系（作期）の見直しを図ることなどである。

したがって、ここではその具体策について述べる。栽培技術や生態的特徴などの耕種基準については、各国が出版している技術書を参考にされたい。

5.4.1 ミレット (*Pennisetum americanum* / *typhoideum*)

1) 特徴

ミレットは、サヘル地域の主食である。この地域の環境（乾燥・砂質土）に適合し、耕作面積は最も広い。近年の単収減少が直接食糧不足に繋がっている。



生育初期（左）と後期（右）のミレット

2) 導入品種

サヘル地域の雨季は、降雨の年変動が大きく、現在では期間が短くなり、雨量は減少傾向にある。このため、早生で多収性の改良品種を導入し、少ない降雨を効率よく利用する必要がある。

ニジェール、ブルキナファソ、マリにおける奨励品種は表 5.4.1.1 の通りである。

表 5.4.1.1 ミレットの奨励品種

	ICMV-IS89305	IKMV8201	Benkadi nio	Sonioba
原産	ICRISAT/IRAT ニジェール	ICRISAT フルクファソ	ICRISAT/IRAT/IE Rマリ	IERマリ
最適降雨量	450-800 mm	400-600 mm	700-900 mm	600-900 mm
生育日数	90-105 日	90 日	120 日	100-120 日
桿長	2.5 m	2m	2.5-3m	2.5-3m
穂長	55 cm	20-30 cm	38 cm	40-45 cm
収量	1-2 t/ha	1.5-2t/ha	2.5t/ha	1.5-2t/ha
1000 粒重		13 g	16 g	13 g
備考	病気にやや抵抗性があるが、穂につく害虫には弱い。	病虫害、ストリガに弱い	Tô に向く病虫害にやや抵抗性があるが、ストリガに弱い。	穂につく害虫に抵抗性有り。ストリガに弱い。

注：

1. 収量は JGRC の 1997-1999 年の栽培試験結果
2. ストリガ：サヘル地域によく見られる強害雑草で、主にイネ科の食用作物に寄生し、枯死させる。
3. Tô (トウ)：穀物粒を粉にして水を加えて練ったもの。サヘル地域では、この Tô を主食としてトマトやラッカセイのソースと共に食べることが多い。

3) 播種

播種量は品種によって異なるが、ha あたりおよそ 10～15 kg である。

栽植密度は、ニジェールの研究機関では、1.0×1.0m を推奨しており、その時の播種穴は 10,000 穴/ha となる。

JGRC 調査によると、パルカージュなどの肥沃化を行った場合は、この栽植密度が最も高い収量が望めることが実証された。しかし、肥沃度の低い耕地では、1.0～1.40 m の範囲で、対応できることがわかる (表 5.4.1.2)。

表 5.4.1.2 栽植密度の違いによるミレット単収比較 (1998 年)

単位：t/ha

栽植密度 / 項目	パルカージュ実施区	未実施区
1.40X1.40m 区	1.185	0.600
1.15X1.15m 区	1.325	0.525
1.00X1.00m 区	1.600	0.600
0.90X0.90m 区	1.125	0.425

4) 栽培暦

増収対策として、適期栽培は最も有効な手段である。現在の気象状況に合わせた栽培暦を図 5.4.1.1 に、栽培工程を表 5.4.1.3 に示す。この作期を厳守すれば、ある程度の収量は得られることが実証されている。

図5.4.1.1 ミレット栽培暦と降水量(1999年)

作業	4	5	6	7	8	9	10	11
圃場整備(除草等)	■							
堆肥搬入	■							
耕耘		■						
播種		■						
中耕・除草・間引き		■	■	■	■	■		
追肥・薬剤散布			■					
収穫						■		
脱穀								■
降水量(mm) 計 760.7		2.3	25.3	115.9	172.0	229.3	204.4	11.5

注：播種時期は降雨状況によって決定し、地域差がある。一般に、ニジェールは6~7月、ブルキナファソ・マリは7~8月が播種適期である。播種後の管理作業は播種時期と作物の生育状態に併せて行う。は大抵2~3週間ごとに行い、一作で計4回、は生育や病虫害の発生状況によって適宜行う。

表5.4.1.3 栽培工程とミレット単収(1999年)

		ニジェール	ブルキナファソ	マリ
降水量		761 mm	399 mm	729 mm
供試品種		ICMV-IS89305	IKMV8201	Benkadi nio
栽培工程	播種	7/1	7/30-31	7/5-26
	除草・中耕	-	8/10,29,10	7/7-30,8/15-9/7
	病虫害防除	-	9/1,16,26	-
	収穫	11/16	11/4-10	11月中旬
JGRC調査での収量		1.061 t/ha	0.96 t/ha	2.038 t/ha
地区の平均収量		0.81 t/ha	0.50 t/ha	0.844 t/ha

適期に栽培するには、播種時期をいつに定めるかが重要となる。基準は「15~30 mm以上の降雨があった後⁶⁾」とされている。ニジェールやブルキナファソではラジオからこのような情報を得ることができるが、そのような情報収集手段がない場合は、農民の感覚で判断するしかない。マリのセグー地域では、降雨の回数、雲の動きや夜空の状況から判断するという。しかし、実際は判断基準とは関係なく、降雨が定期的となる7月後半~8月頃に播種することが多い。このため雨季が短い年には大きな減収となることがある。

5) 普及上の留意点

新規品種や農法の導入・普及方法には、十分注意する必要がある。例えば、品種導入の場合、これまで栽培されてきた在来種は、比較的中～晩生であり、在圃期間が長くなるので、十分降雨があれば早生改良種より多収となったことから、農民の人気は根強い。また、特にミレットの場合は、主食としての需要が最も高いため、食味も栽培方法も分からない、新しい品種を取り入れることを嫌う傾向がある。

ただし、現在の栽培種や技術は農民同士の情報交換で広がってきたという背景がある。このことから、導入当初はいくつかの農家に種子を供与し、デモンストレーションを実施したり、既にその品種を栽培し、良い結果を挙げている農家（優良農家）に視察に行くなどの「動機付け」を行い、その後、新品種が定着するように働きかける、といった手順が有効である。

このように、地域の背景を鑑み、農民参加型の研究・普及方法を導入し、長期的な視野で計画を立てることが重要である。

5.4.2 ソルガム (Sorghum bicolor)

1) 特徴

ソルガムは、比較的排水性の悪い粘質土壌を好むので、湿地などの低地に多く見られる。ミレットに次ぐ主食として栽培される。茎葉はミレットに比べ硬いため、飼料よりも、敷物などの加工品に使われることが多い。近年では、嗜好性の問題から、単収・作付け面積共に減少傾向にある。



ソルガム（改良早生種）

2) 導入品種

ソルガムも早生で多収性の改良品種を導入することを薦める。奨励品種は表 5.4.2.1 に記す。

表 5.4.2.1 地域別奨励品種

	IRAT-204	CSM.63.E
原産	ICRISAT ブルキナファソ	マリ
最適降雨量	500-700 mm	300-800 mm
生育日数	90 日	100 日
桿長	1.1m	2.1m
穂色	白	白
収量	4.0t/ha	2.0t/ha
1000 粒重	-	22 g
備考	肥料要求度が高いが、潜在収量が高い。	Tô に適当。 病虫害にやや抵抗性がある。

注：収量は Catalogue officiel des espèces et variétés 1998 :LABOSEM(Mali)より

3) 播種

播種量は品種によって異なるが、およそ 4~8kg/ha である。ブルキナファソでは、0.8×0.4m で栽植するのが一般的である。その時の播種穴は約 30,000 穴/ha となる。

4) 栽培暦

栽培暦は、ミレットと同様である。ここでは、その工程で得た収量と慣行法での収量の比較のみを記す(表 5.4.2.2)。

表 5.4.2.2 栽培工程とソルガム収量(1999年)

		ブルキナファソ	マリ
降水量		399 mm	729 mm
供試品種		IRAT-204	CSM.63.E
栽培工程	播種	7/30-8/3	7/5-26
	除草・中耕	8/18,30	7/7-30,8/15-9/7
	病虫害防除	9/1,16,26	-
	収穫	10/28-11/12	11月中旬
JGRC 調査での単収		0.99t/ha	1.614 t/ha
地区の平均単収		1.068t/ha	0.931 t/ha

5) 普及上の留意点

サヘル地域で栽培されているソルガムは、基本的に原種に近く、1 回収穫した後、ひこばえ(株もとで一回刈り取ったあと、新芽が出て、生長すること)で次の年も収穫できる。したがって、新品種などの導入・普及は確かに有効ではあるが、ミレットほど緊急性は無い。ただし、ミレットに比べ多湿を好み、肥料要求度が高いので、栽培地を選ぶことが重要である。



ひこばえのソルガム

5.4.3 ニエベ (*Vigna unguiculata*)

1) 特徴

ニエベは、サヘル地域でよく見られるマメ化作物で、ミレットなどの穀物栽培の傍ら若しくは混作として、副次的に栽培されている。食用または飼料用として価値が高く、市場でも高値で売買されるが、病虫害や寄生生物に弱く、保存性も悪いという問題がある。



ニエベ

2) 導入品種

なるべく病虫害抵抗性の高い品種を導入する。また、栽培期間が短く、茎葉が匍匐しない品種は単作に適し、茎葉が繁茂する品種は、混作に向く。奨励品種は表 5.4.3.1 に記す。

表 5.4.3.1 地域別奨励品種

	T.N.28-87	KVX61-1	Local Gorom	Niban
原産	ICRISAT/IRAN ニジェル	INERA フルカファソ	INERA/CIDR フルカ ファソ	マリ(トゴン地方原 産)
最適降雨量	300-700 mm	300-1200 mm	400-600 mm	800-1200 mm
生育日数	90-105 日	65-70 日	70-75 日	早生：70 日 晩生：150 日
状態	匍匐性	半匍匐性	半匍匐性	匍匐性
耐病虫害	弱	中	中	強
食味	良	甘い	優良	優良
収量 子実 飼料	1.65t/ha 3.22 t/ha	2.5t/ha 2.5t/ha	0.8-1.0t/ha 2.5t/ha	0.8-1.1t/ha 8.0t/ha
1000 粒重	-	13 g	172-180 g	180-200 g
備考	花は紫色。	耐干性、耐さび病 性あり。湿性土壌 は避ける。	全ての土壌で栽 培が可能。サイク 病に弱い。	飼料用に最適。 混作向き。

注：収量は JGRC の 1998-2000 年の栽培試験結果

3) 播種および栽培工程

播種量は ha あたり約 20~25kg である。ニエベは特に病虫害に弱いので、種子消毒は必ず行う。

栽植密度は、ニジェールの研究機関 (INRAN) では立ち型 30×60cm (66,000 株) で、匍匐型 40×80cm (41,600 株) で、1 穴 2~4 粒を推奨している。

早生種の場合は、7~8 月上旬までなら播種が可能である。穀物栽培を開始してからニエベを播種しても、先に収穫ができるが、労力が競合しないように穀物の栽培暦に組み込むことが重要である。

換金性を高めるには、除草と病虫害防除 (薬剤散布) を生育期間中に 2~3 回行う必要がある。

4) 普及上の留意点

ニエベはとりわけ開花期と成熟期に、病虫害や寄生植物に弱い。しかし抵抗性品種は広く出回っていないので、化学的防除 (農薬散布) を十分に行う必要がある。ただし、自給用と飼料用としての栽培には、定期的な除草と、罹患部分を取り除くなどの処理だけでも良い。

品種によっては、雨季の終盤の減水を利用して栽培することも可能である (「5.5 ワジ流域での減水農業」参照)。

5.4.4 ラッカセイ (*Arachis hypogaea*)

1) 特徴

ラッカセイは、植民地時代、旧宗主国から取り入れられたマメ科の作物で、現地住民の食生活の中に定着している。独立後、サヘル地域のモノカルチャー経済を支えてきたが、近年の価格暴落で、栽培は減少傾向にある。

現在では、その嗜好性と換金性が高いことから、マリ、セネガルでは多く栽培されているが、それ以外の国では量産はされていない。



ラッカセイ

2) 導入品種

乾燥地に向く作物ではあるが、水分吸収能力の問題から降雨期に適合するよう、早生品種を選択した方がよい。奨励品種は表 5.4.4.1 に記した。

表 5 . 4 . 4 . 1 地域別奨励品種

	55-473	47-10
原産	CRA de Bambey (セネガル)	CRA de Bambey (セネガル)
最適降雨量	250 mm以上	550-750 mm
形状	立ち性	立ち性
生育日数	早生	90
収量 殻付	2.0-3.0t/ha	1.5-1.7t/ha
1000 粒重	250-350 g	470-550 g
備考	種子は薄い桃色	油量 50%

注：収量は JGRC の 1998-2000 年の栽培試験結果

3) 播種と栽培工程

播種量は ha あたり殻付きでおよそ 100～150kg、殻無しで 50～80kg である。ラッカセイは、播種後、ネズミなどの小動物害虫、病菌による被害に遭うことが多いので、種子消毒は必ず行う必要がある。

栽植密度は、ニジェールの研究機関 (INRAN) では 40×15cm (166,000 株/ha) で、1 穴 2～4 粒を推奨している。

また、ラッカセイの種に十分水分を吸収させる必要がある。サヘル地域では土壌の保水性がないため、降雨の有効利用を図り、最初の降雨時に播種すること。

また、空気中での生長期および開花期は短く、発芽から 22～50 日である。そのため追肥する場合、発芽から 15 日目までに行わないと、効果は得られない。

4) 普及上の留意点

ラッカセイは、栽培時期と管理の適否が収量に反映される。したがって、換金用として、ある程度の収量を得るためには化学肥料や農薬などの多少の出費が必要である。

また、特にネズミやモグラなどの食害に遭いやすく、大きな減収に繋がることがあるので、トラップや忌避剤を散布するなど、徹底した防除を行う必要がある。

5.4.5 キャッサバ (Manihot esculentum)

1) 特徴

キャッサバは、アフリカ全体でよく消費されている繊維質の多いイモ類である。サヘル地域では毒成分の少ない sweet cassava が多く、副食としての扱いが一般的であるが、地域によっては澱粉質が多いため主食として栽培されている。

水分さえ確保できれば、時期、環境を問わず、挿し木で栄養繁殖するので栽培が容易

である。このため、自給用のみではなく、換金用としても栽培されている。



キャッサバの地上部と可食部

2) 導入品種と栽培技術

コートジボアールやガーナなど、需要の多い国は改良品種が出回っているが、サヘル地域では在来種が栽培されることが多い。

在来種にも様々な特性があり、用途や栽培環境によって、早生～晩生を使い分けるとよい。表 5.4.5.1 に、ニジェール、マゲーでの栽培例を挙げる。

表 5 . 4 . 5 . 1 マゲーで行われているキャッサバ栽培の例

区分	減水栽培	灌漑栽培	天水栽培
場所・立地条件	氾濫原、川沿い	窪地、低湿地	上部平坦地・緩傾斜地
適正栽培型	早～中生	早～中生	晩生（11ヶ月）
マゲ-使用在来種	Kollo、Balleyara	Kollo、Balleyara	Torodi
定植開始時期	雨季終盤（9月中旬頃より）	乾季（10月～6月上旬まで）	雨季中盤（8月中旬頃より）
栽培工程例	定植：9-12月 中耕：定植後 25-30 日後と 55-60 日後 収穫：2-3月	定植：10月-2月 中耕：定植後 3 週間後と 4-5 週間後 収穫：定植から 3-6 ヶ月後	定植：8/15-9/15月 中耕：定植後 25-30 日後と 55-60 日後、収穫 3-4 週前 収穫：7-8月
収量	10-20t/ha		5-15 t/ha
備考	川の水位が上昇する前（3月下旬）までに収穫すること	灌漑水が確保できれば乾季で 3～4 回の生産が可能	雨季後は土壤水分のみで栽培する場合は晩生が向く

注：収量は Ministère de la coopération de République Française., Memento de l'agronome より

挿し木で増殖するので、種子から育てる必要はない。栽植密度は概ね 1×1mで、10,000～15,000 株/ha が目安である。

台地や傾斜地で栽培する場合は、堆肥の施用が必要となるが、比較的肥沃な窪地や氾濫原は、無施肥でもある程度の収穫が見込める。しかし、換金用に多収を狙う場合は、堆肥と化学肥料（特にカリウム）が必要である。

3) 普及上の留意点

キャッサバは肥料吸収力が強く、モザイク病や土壌伝染する根腐れ病などに犯されやすい。したがって、連作すると著しい地力低下と病気の蔓延を引き起こすので、必ず他作物との輪作や休耕を行う。表 5.4.5.2 に地域別の輪作例を記す。

表 5.4.5.2 西アフリカにおけるキャッサバを組み込んだ輪作例⁷⁾

地域	輪作例
草木が比較的多い地帯	・ラッカイ トウモロコシ 加`チャ+キャッサバ` 休耕 ・トウモロコシ ラッカイ ハ`ナ+キャッサバ` 休耕 ・イネ+キャッサバ` +ハ`ナ 休耕
サバンナ	トウモロコシ ラッカイ ゴ`マ+キャッサバ` 休耕
熱帯地方	綿花 ラッカイ ラッカイ ソルガム+キャッサバ` 休耕
整備された集約農業地帯	キャッサバ` キャッサバ` +スタロテンヌ(飼料作物)を2~3年栽培し、放牧する

5.4.6 トウモロコシ (Zea mays)



トウモロコシ

1) 特徴

サヘル地域では、トウモロコシを挽いた粉を水と合わせて練ったものが主食として、また穂ごと焼いて間食として利用される。トウモロコシは、ミレットなどの主要穀物に比べ、生育が早いため、雨季の開始にあわせて播種すると、8~10月に収穫が可能である。この時期は主食の備蓄が底をつくため、この間トウモロコシは主食を補完する作物として利用される。

しかし、ミレットやソルガムほど栽培面積は広くなく、庭先や家屋近くの畑の隅などで副次的に栽培される程度である。ニジェールなどで消費されているトウモロコシの殆どは、コートジボアールやベナン、または南米アメリカなどからの輸入品である。

2) 導入品種と栽培技術

栽培量はあまり多くはないが、改良品種は多く出回っている。表 5.4.6.1 に奨励品種とその特性を記す。

表 5 . 4 . 6 . 1 トウモロコシ奨励品種

	P3 Kollo	TZE4	Sotubaka	Maka
原産	ニジェール	SAFGRAD/IITA	IITA	モリタニア
最適降雨量	500-600mm	800mm	800mm 以上	400-1000mm
生育日数	早生	85-95 日	115-120 日	95-100 日
桿長	1.5-1.9m	2.0m	2.0-2.35m	2.2m
着穂位置	地上 90cm	地上 110cm		地上 100-110cm
収量	3.0-4.0t/ha	3.0t/ha	6.7t/ha	2.5-6.0t/ha
1000 粒重	170-200g	114.6g	250g	
備考	ウイルスや害虫、白アリに弱い	耐倒伏性	縞葉枯れ病や倒伏に耐性	倒伏と Helminthosporopse にはやや耐性あり

注：収量は JGRC の 1998-1999 年の栽培試験結果

種子消毒をし、最初の降雨時に播種する。播種量および栽植密度は、栽培地域や選択品種によるが、各々概ね 15～25kg/ha で、80～90cm×25～30cm（45,000～50,000 株/ha）である。

肥料吸収力が高いので、ある程度までは施用量が収量に比例する。特に初期生育にはリン酸が有効で、施用量は 40～50kg/ha くらいが適当である。

栽培工程はほぼミレットと同様であるが、期間は多少短くなる。

3) 普及上の留意点

トウモロコシ栽培の一番の問題点は、病虫害と鳥の食害による収量減である。病虫害はある程度農薬散布で防ぐことができる。鳥害についてはプラスチックテープを張る方法があるが、コストが掛かる割には完全防除はできない。むしろ見張りを付けて飛来時に追い払うほうが効果的である。

この背景からおそらくサヘル地域では、小規模で目が届くところでの栽培が普及しやすいと考えられる。

5.4.7 その他作物

サヘル地域で、雨季に栽培される畑作物として、バンバラマメ、ゴマ、ロゼール（ロゼラ）そしてオクラなどが見られる。これらは主に自給用として栽培されるが、余剰分は販売に充てられる。ここでは、ニジェールのマゲー村における在来種の栽培例を紹介する。

表 5 . 4 . 7 . 1 マグーにおけるその他の畑作農業作物栽培例

作物名	バンバラマメ	ゴマ	ロゼール	オクラ
属科	Papilionacée	ゴマ科	アオイ科	アオイ科
学名	Voandzeia subterranea	Sesamum Indicum	Hibiscus sabdariffa	Hibiscus esculentus
最適降雨量	350-700mm	350-600mm	900-1200mm	250-800mm
適正土壌	砂土	砂土～砂粘土	砂/粘土	砂/粘土
生育日数	75-85 日	80-90 日	120-180 日	75-100 日
草丈/草高	25-30 cm	0.8-1.2m	1.0-2.5m	0.9-1.5m
可食部	地中結実性種子	種子	萼、葉、子実	長多角錐子実
JGRC 収量	4.85t/ha	4.93t/ha		1.65 t/ha
一般収量	0.5-1.5 t/ha	1.5-2.0 t/ha	1.5-2.2 t/ha	0.8-2.5 t/ha
用途	炒り豆や塩ゆでにし て食す	搾油、加工	萼は水だして清涼 飲料として、葉・子 実はソースに	乾燥、生食のほか、ソ ースに使う
保存方法	種子を乾燥、加熱	種子を加熱保存	乾燥保存	果実を割り乾燥保存

注：収量は JGRC の 1998-2000 年の栽培試験結果



バンバラマメ



ゴマ



ロゼール



オクラ

その他作物

5.5 ワジ流域での減水農業

減水農業とは、氾濫原やワジ川および一時的に滞水した沼、池の減水後、その湿った土に播種または植え付けをし、その後殆ど灌水することなく作物を栽培する農法である。一般的な特徴は以下に記す。

滞水地は比較的土壌が肥沃。

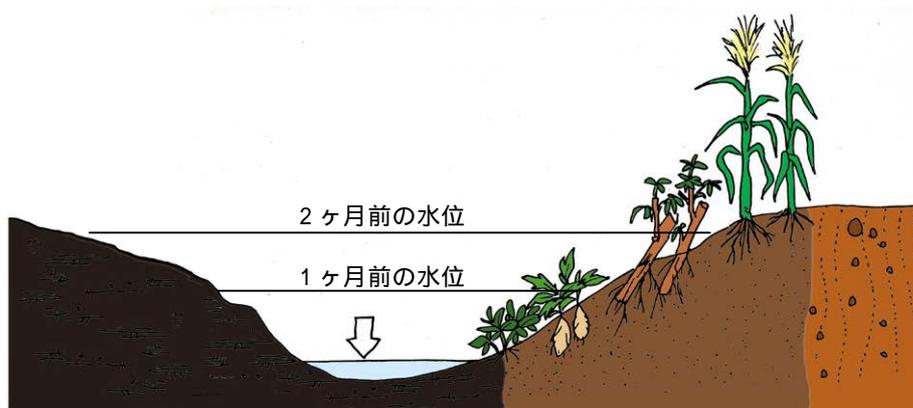
過乾燥時以外は、灌漑の必要がない（灌漑水、労力の節減）。

減水は乾季初頭（10月中旬以降）から始まる。この時期は気温が下がるので、病虫害の発生が少ない（資材費、労力の節減）。

栽培期間が限られる。

年によって減水、退水状況が変化するため、生産が不安定。

図5.5.1 減水農業の原理



なだらかな起伏の多いサヘル地域では、河川流域や窪地など雨季に限って滞水する場所がある。そこでは少量の水資源を利用する減水農業が伝統的に行われており、またそれに伴って、地域特性を活かした技術も発達している。

栽培作物は、トウモロコシ、サツマイモ、ニエベ、そしてウリ科作物（スイカ、カボチャ、カラパスなど）などが一般的であるが、技術が発達した地域では、トマトやナスなどの換金性の高い作物も栽培されている。

例えば、ニジェールのタウア州やマラディ州、セネガルのセネガル川流域などでは、有用樹木や果樹なども取り入れた多角的営農に発展し、収益をあげている。

このような優良事例を参考にしながら、氾濫原等での減水を利用した栽培導入の可能性について述べる。

1) 立地条件

減水農業は基本的に灌漑は行わないが、乾燥時または栽培開始が遅れた時などの気象や生育状況によって、灌漑が必要になる場合もある。そのため、河川の滞留水や井戸水が利用しやすいところを選ぶとよい。

ニジェール国マゲー村では、マゴ川流域の一部で減水農業を実施することができた。この川は以前ワジ（涸れ川）であったが、ダムが造成され河川を堰き止めるようになったため、ダム湖に貯水されることにより、その周辺では減水農業が可能になった。

現在のサヘル地域の経済状況を考えると、減水農業だけのため大きな設備を造成する必要はない。しかし、ダムや堰の造成でこのような二次的な利用効果があることは考慮に値する。



ニジェールでの減水農業の例

2) 導入作物とその特性

導入作物は乾燥に強いものが望ましい。また減水後、土壌水分は徐々に蒸発していくので、比較的深根性の作物を選ぶとよい。マゲーの場合は、トウモロコシ、ニエベ、サツマイモ、キャッサバ、カラバスなどが導入され、良い結果を得ていた。

3) 栽培上の留意点

土壌の保水性によって作付け作物を選択する。水はけが良いところ（氾濫原高位部）はトウモロコシ、サツマイモが、水はけが悪いところ（氾濫原低位部）はキャッサバなどが適する。保水性が良く肥沃度が高いところは、ウリ科ナス科などの蔬菜類を取り入れることも可能である。

播種、定植のタイミングを外さない。減水後1週間以内に行う。

乾燥や肥焼けによって葉が萎れてきたら灌水すること。

雨季前の増水時期を逆算し、その前までに収穫が終了するように設定する。栽培開始時期を誤ると、浸水により収穫できなくなるためである。



減水農業の生産物
(左上：トウモロコシ、右上：サツマイモ、右横：カラパス)

4) 結論：減水農業を導入するには？

マゴ川流域では減水期間が長く、11月～2月まで作付け可能である。この期間中、減水農業だけに従事することは可能だが、生産が不安定なので、薦められない。また、ここで導入できた作物は換金性が低い点にも留意しなければならない。

乾季は灌漑水さえあれば、換金性の高い野菜栽培が可能な時期である。したがって、減水農業の位置づけとしては、乾季野菜栽培の副次的な栽培としたほうがよい。

実際、一般にダム造成は乾季野菜栽培のための集水を目的としている。ダムによる集水で涵養量が高まった氾濫原の上部に井戸を掘削し、その周辺に野菜栽培を展開させ、同時に減水農業を行った。

この様に乾季に両方の栽培を行うことで、乾季栽培に未経験の農民でさえ多くの収益を上げることができたことが確認されている。

5.6 この章のまとめ：畑作農業の強化ポイント

地力収奪型農業からの脱却のためには、肥沃化対策が必要である。そのためには、家畜糞を利用したパルカージュや堆肥生産を行う。同時にリン鉱石も投入すると良い。

混作、間作、輪作、休耕などの耕種法を取り入れると、土地利用効率を高めると同時に地力維持に効果がある。

労働生産性を向上させ、農業の多様化を促す手段として、牽引農機具と畜力利用による、畜耕の導入が有効である。

雨季の畑作農業には、雨季が短くなる傾向に併せて、多収性の早生品種を積極的に導入するとよい。導入の際は、住民の意識や嗜好性などの地域性に合った方法を取っていくのが望ましい。

氾濫原では無灌漑で減水農業が可能である。天水の有効な利用法として取り入れ、低地の有効活用に努めると良い。

引用文献

- ¹⁾高村泰雄・重田眞義編.1998.アフリカ農業の諸問題，京都大学出版会，pp170.
- ²⁾ティエス緑の推進協力プロジェクト.La biblioitèque complete du légume, セネガル国青年海外協力隊, pp3-12.
- ³⁾ S.A.Ly et al.INRAN/ICRISAT:Technologies diffusables et tansférables aux producteurs:2.2.7 Application à la volée de l’engrais phosphaté soluble ou naturel sur les cultures pluviales.
- ⁴⁾ Ministère de la coopération de République Française.1993 .Memento de l’agronome,pp1351.
- ⁵⁾ Minisiter de l’Agriculture et de l’Elevage (Republique du Niger) .Manual de Fiche Technique à l’intentions des agents de vulgarisation par programme de renforcement de service d’appui à l’agriculture ;service formation.
- ⁶⁾ INRAN. 1994:Catalogue nigerien des variétés de céréales et légumineuses.
- ⁷⁾ Ministère de la coopération de République Française. 1993 .Memento de l’agronome Quatrième édition, pp668.

第6章 アグロフォレストリーと果樹栽培の可能性

サヘル地域で見られる一般的な果樹は、マンゴーとレモンなどの柑橘類であるが、ところによってはパパイヤやグアバなども見られる。

この地域では、以前は自生した果樹から果実を採取し利用していた。しかし近年、果樹は比較的粗放な方法で長期的な収入源となることから、果樹栽培が注目されている。

現在では、緑陰利用と土地や水利用の効率化を目的に、自生または植栽した果樹とともに農作物栽培を行う、一種のアグロフォレストリーとしての利用が広まってきている。したがって、ここではサヘルの地形に適合した栽培形態の一例として、果樹を中心としたアグロフォレストリー導入の指針と事例、果樹栽培についての留意点を述べる。

6.1 アグロフォレストリーの導入

1) 定義

アグロフォレストリーには多くの概念があるが、アグロフォレストリー研究国際センター（ICRAF）の文献によると、以下の様に定義している¹⁾。

<アグロフォレストリー>

アグロフォレストリーは、多年生林生（樹木、灌木、ヤシ類、タケ類など）が、農作物と家畜の両者いずれか一方と同一の管理単位の土地内で、ある空間的配列と時間的順序によって計画的に利用される、土地利用方式およびその技術の総括的な名称である。アグロフォレストリーではその異種構成要素の間に生態的および経済的な相互関係の両方が存在する。

以上の一般的な定義を踏まえ、サヘル地域の状況と事例から、ここでは果樹および有用樹木と農作物を組み合わせた、永年的な総合農園として定義付けることにする。また、家庭菜園的な小規模なものから、果樹を主体とした大規模果樹園まで含むこととする。

2) 特徴

サヘル地域においてアグロフォレストリーは、以下の様な効果がある。

土地の立体的（多層的）利用：土壤中の養分や水分が有効利用できる。

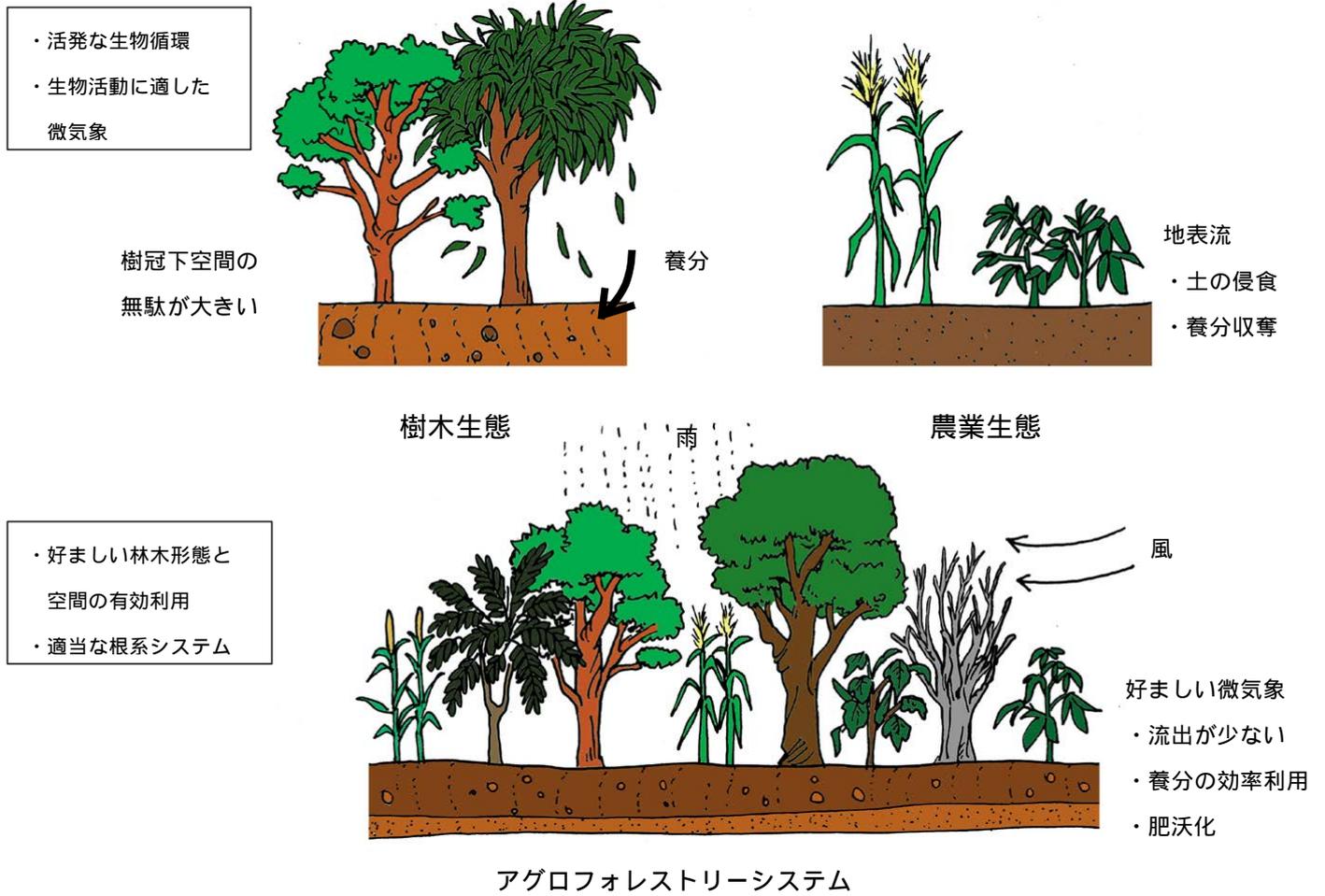
防風効果：樹木の存在によって微気象の調節が可能となる（強風から防ぐ）。

土壌保全・保水：土壌の養分流失と過乾燥を防ぐ。

緑陰効果：育苗、軟葉野菜栽培時に木陰を利用すると強日射からの保護。

土壌肥沃化に有効：上記の総合的な効果より、落ち葉や植物残渣などの大量の有機物が得られ、土壌微生物が活性化するなど、生態系の物質循環が円滑になる。

図6.1.1 アグロフォレストリーシステムとその効果²⁾



ニジェール・マゲー村のアグロフォレストリー

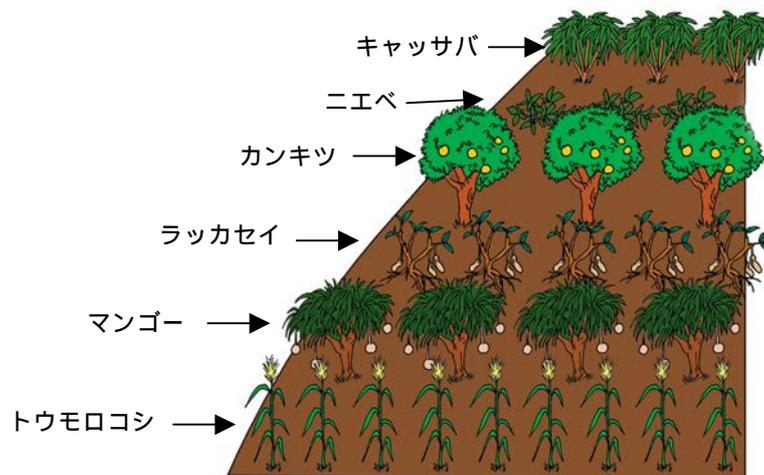
1) 立地条件と導入技術

植栽後1~3年の樹木は、流水には耐えるが、湛水すると根が腐って枯死してしまう。したがって、安定多収のため初年2~3年は乾季の灌漑が必要であることを考慮に入れると、サヘル地域では、雨季に長期間冠水しない低地から植生が可能な上部平坦地や台地の手前までで、乾季の取水が可能な場所が適している。

アグロフォレストリーを実施するに当たっての特別な栽培技術はなく、導入する樹木や農作物それぞれの栽培技術で対応する。

傾斜地では、土壌流出防止等の農地保全対策として、傾斜地農地技術という樹木と農作物を混合植栽するようなアグロフォレストリー形態もある(図6.1.2)。

図6.1.2 傾斜地農地技術³⁾



6.1.1 導入樹木と作物

どのような作物を導入するかは、地域の気候、土壌などの環境条件、嗜好や市場性などの人為的条件による。ここでは、サヘル地域でのアグロフォレストリーに導入可能な樹木と農作物を示す。

果樹：マンゴー、レモン、グアバ、パパイヤ。

多目的樹木：モーリンガ、インドナツメ(ジジフィス)。

防風林：ポヒニア、ギンネム(レセナ) アカシア類。

雨季栽培作物：ラッカセイ、オクラ、ロゼール、ゴマ、ニエベ、ミレット、ソルガム、トウモロコシなど。

乾季栽培作物：蔬菜一般(トマト、タマネギ、キャベツ他)。

6.1.2 アグロフォレストリー営農システムの実例

以下に、ニジェール、ブルキナファソ、マリにおける、伝統的なアグロフォレストリー営農システムの実例を記す。

(1) マグー村実例 1 : Boucari omaou の菜園

立地

- ・圃場面積：約 2ha
- ・氾濫原のすぐそばに位置し、圃場の大部分が浸水、湛水する可能性がある。

導入樹種と作物

- ・果樹：自生と植栽した在来種のマンゴー、レモン、グアバなど散在。
- ・有用樹木：防風林としてボヒニア、ヘンネ、アカシアセネガルを 99 年に植栽。1m 程に生長。食用としてモーリングも植栽。
- ・農作物：雨季はトウモロコシ、ミレット、サツマイモ、オクラ、ラッカセイ、乾季はキャベツやトマトなどを樹間に栽培。

備考

- ・20 年ほど前よりこの形態でのアグロフォレストリーを実施。
- ・果樹は、雨季前に湛水しない場所に植え、その後 2 年間は湛水する。
- ・収穫物は基本的に自家消費用であるが、余剰分は販売に充てる。



Boucari omaou の菜園

(2) ヤクタ村実例 : Hama Hamidou の菜園

立地

- ・ワジより離れた緩傾斜地（砂質土）での小規模菜園。
- ・近隣に乾季灌漑用の深井戸がある。
- ・自生果樹の周辺に菜園を設置。

導入樹種と作物

- ・ 果樹：マンゴー、レモン。
- ・ 多目的樹木：生け垣はアカシアセネガル、ユーフォルビア、インドナツメ。食用としてモーリングア、バオバブ。
- ・ 農作物：キャッサバ。

備考

- ・ 菜園設置後に果樹苗を植栽した。
- ・ 棘のある枝で柴垣も設置しているので家畜による食害は少ない。
- ・ 小規模のため、全て自給用として栽培している。
- ・ 近くに堆肥穴を作って、堆肥の供給を容易にした。



Hama Hamidou の菜園

(3) セゲー地域実例：Maman Touré (Dafenbougou 村) の菜園

立地

- ・ 家屋敷地内の一画に設置し、200 m²程度の家庭菜園（ホームガーデン）。
- ・ 窪地のため土地は肥え、粘土質。
- ・ 井戸から近いが、乾季は飲み水も不足するので、生活排水を利用し果樹栽培のみを行う。

導入樹種と作物

- ・ 果樹：パパイヤ。
- ・ 農作物：雨季にオクラ、ナス、トマト、トウガラシ。

備考

- ・ 自給が主目的だが、余剰分は近所に分配するか販売する。
- ・ 最も消費が多いタマネギは、慣習的に栽培しない。パパイヤは苗作りから行っている。



Maman Touré の家庭菜園

6.2 果樹栽培の留意点

アグロフォレストリー形態で営農するに当たって、必要となるのは、各々の導入樹種、作物に適応した栽培技術である。ここでは、主要果樹における栽培上の留意点のみを示す。

6.2.1 マンゴー

マンゴー (mangière: *Mangifera indica* Linn) はサヘル地域で最も主要な果樹である。この地域の環境に適応し、栄養価が高く食味が良いため、需要が高く、換金園芸果樹として最も価値が高い。

1) 栽培品種

主要果樹であるため、改良品種は多岐にわたる。ニジェール、マゲー村近隣では、表 6.2.1.1 に示した 10 種が確認されている。



マンゴーの木⁵⁾

表 6 . 2 . 1 . 1 マグーで見られるマンゴー改良品種とその特徴

品種名	生育サイクル	食味	果実の繊維質	保存性	樹木の大きさ	果実の肥大状態	果実生産期(月)	収量(kg/本)
Davis	極早生	甘い	なし	普通	大	大変良い	4-6	250
Eldon	極早生	甘い	なし	普通	大	普通	4-6	170
Kent	極早生	甘い	なし	良い	中	良い	4-6	200
Somno	晩生	甘い	なし	大変良い	大	大変良い	6-8	250
Amelie	早生	甘い	なし	普通	大	良い	4-5	250
Haden	極早生	甘い	なし	大変良い	大	普通	4-6	180
Glazier	極早生	甘い	あり	良い	大	大変良い	4-6	270
Smith	極早生	甘い	なし	悪い	中	普通	4-6	160
Zill	早生	甘い	なし	良い	中	普通	4-5	160
Brooks	晩生	大変甘い	なし	良い	中	普通	6-8	140
Ruby	極晩生	甘くない	なし	良い	中	普通	5-6	160

2) 接ぎ木技術

実生苗から育てた成木は、結実樹齢に達する年齢が長く、果実数は多いが、一般に果実のサイズは小さく、繊維質で品質が劣る(これも商品価値はある)。生産性及び換金性をより高めるため、接ぎ木繁殖をすることを薦められる。

台木はもっぱら在来種を、穂木は改良品種を用いる。表 6.2.1.1 の改良品種の中でも、Davis、Eldont、Glazier、Smith が優勢と言われている。

接ぎ木法は、さし接ぎ(greffes en fente)、割接ぎ(greffes en fente latéral)、腹接ぎ(greffes en placage)、芽接ぎ(greffes en écusson)等の方法がある。

3) 接ぎ木指導の実際

ここでは、JGRC の調査で3年に渡って行った<腹接ぎ法>の実例を述べる。この方法は、比較的容易で農民普及しやすく、常時90%以上の成功率が確認されている。

実施日：8月中旬

参加人数：8～10名+農夫2名(指導者)

接ぎ穂：Amélie(果実が大きく、繊維質が少ないので農民に人気): M. Boucari Omaurou の果樹園から採取。

台木：前年に育苗した在来種。

方法：腹接ぎ法(greffes en placage)

- 台木の地際から接ぎ穂の長さ(7～10cm)の位置にナイフで印を付ける。
- 印の位置にナイフの刃をあて、上に向かって接ぎ穂と同じ長さの表皮(形成層)を削ぎ落とす。同じく接ぎ穂の表皮を削ぐ。
- それぞれの削った面同士を合わせて、プラスチックテープで接ぎ穂の上から下まで、雨水が入らないように、しっかり巻く。



接ぎ木指導の様子

1ヶ月後の様子：接ぎ木は完全に付き、殆どの苗で成功。新芽が生長。

このように、接ぎ木は雨季に行うとよく活着する。しかしながら、現地研究機関の文献によると、接ぎ木は3~5月頃に行うのがよいとしている。

一般的に果樹は低温や乾燥によって、生長が阻害されるため、気温上昇や降雨の開始など、環境が変わる時期に生育を再開する。そのためこの時期に接ぎ木を行うと活着率が高い。したがってサヘル地域での接ぎ木の適期は3~4月もしくは7~9月となる。ただし灌漑水の問題がある。3~5月に行う場合は灌漑水の確保を考慮しておく必要がある。



1ヶ月後の接ぎ木苗の状態

6.2.2 カンキツ類

サヘル地域で栽培されるカンキツ類は、レモン、ライム、マンダリン、グレープフルーツ、オレンジ、タンジェロ（tangelo：グレープフルーツとマンダリンの交配種）である。

サヘル地域におけるカンキツ類栽培には、以下の特徴がある。

カンキツ類は、比較的サヘル地域の土壌や気候を好む。苗の植え付け時期や果実の発育期には水が必要であるが、果実の成熟や花芽分化の時期には乾燥を好み、雨季と乾季がはっきり分かれている方がよい。また、熱帯雨林のような肥沃な土地より、痩せ地でやや乾燥気味の土壌を肥培管理したほうが樹勢の調節や果実品質の向上などの管理が容易である⁴⁾。

サヘル地域では、8～10月が最も結実を左右する時期であるので、この時期に適切な施肥と灌水を行う必要がある。

カンキツ類も優良果実の収穫と繁殖のため、接ぎ木法が可能であるが、成功率が低く、農民への普及までには至っていない。

間伐や摘果の習慣がないため、隔年結果性（果実が数年に1回しか付かないこと）が強い。これは過剰着果させることで樹内に多大な栄養負担をかけるためである。

成木一本当たりの平均収量は、グレープフルーツ、オレンジで120～150kg、タンジェロ、接ぎ木したレモンで70～80kg、マンダリンは50～60kgである。



サヘルで見られるカンキツ類（グレープフルーツ）⁵⁾

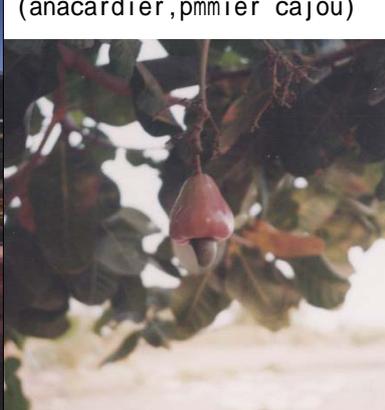
6.2.3 その他の果樹

サヘル地域では、マンゴー、カンキツ類の他、グアバ、パパイヤ、カシューナッツが見られる。これらは中南米原産で熱帯性であり、粗放栽培でも良く育つため、この地域の有用な果樹と見なされる。しかし、グアバやカシューナッツは過剰な土壌水分と養分をきらい、パパイヤは比較的多湿を好み、土壌条件も選ぶなどから、各々の特性と住民の嗜好性に応じた局所的な栽培に留まっている。

例えば、ニジェールでは国産のグアバが多く見られるが、パパイヤはコートジボアールやベナンからの輸入品が多く、カシューナッツは殆ど見られない。一方マリの首都バマコ近郊では、カシューナッツが多く見られ、マリのセグー地域ではパパイヤの生産が好まれている。

また、比較的降雨量が多い地域では、カシューナッツを防風林として利用している所もある。

表 6 . 2 . 3 . 1 サヘルで見られる果樹 3 種の特性⁵⁾

名称・写真	<p>グアバ (goyavier)</p> 	<p>パパイヤ (papayer)</p> 	<p>カシユーナツツ (anacardier, pmmier cajou)</p> 
学名	<i>Psidium guajava</i> L.	<i>Carica papaya</i> L.	<i>Anacardium occidentale</i>
主な品種名	Acid Spear, Supreme, Pinc India	Solo	
立地条件	熱帯の高温に適すが、乾季などの低温期があることが望ましい。 土壌は排水の良く、比較的痩せた緩傾斜地が適する。	湿潤な熱帯を好み、冬季の乾燥を極度に嫌う。 肥沃な排水の良い土壌と日当たりの良いところを好む。	幅広い気候と土壌条件に適應する。日当たりと風通しの良いところを好み、日陰を嫌う。 かなりの痩せ地でも栽培できる。
生理的特徴	灌木または小灌木で、高さ 3 ~ 7 m 程。 幹は細く、木肌はカスバリに似ている。 果肉色は白色、桃色、紅色。 果肉内に硬い小種子が多数含まれている。	小灌木で雌雄異株であるが、両性花を付けるものもある (Solo)。 周年、開花と結実を繰り返す、休眠しない。根が浅い。	常緑の中高木。樹勢は強く、枝葉は猛烈に繁茂する。 果実は肥厚した果柄と盤からなり、その頂部に腎臓形のナツツがある。
栽培の留意点	種子は果実から離れると、発芽能力を失うので、採取後直ちに播種する。 果実に商品価値を持たせるなら、整枝、選定を行ったほうが良い。	発芽率が悪く、苗が徒長しやすい。 果実が着生している腋間が詰まっているので、摘果する。根群が浅く給水能力に問題があるので水分補給に留意する。	樹形を丈夫に作り上げるために、若木時代に整枝する。 雨季前に定植し、最初の乾季には灌水して根群を発達させれば後は灌水を要しない。
用途	果実：生食、加工原料 (ジュースなど) 葉：グアバ茶 (胃腸薬)	果実：生食、ジュース 茎葉：消化器系の薬	果柄：生食 果実：ナツツ、バター原料

6.3 この章のまとめ：果樹栽培を中心としたアグロフォレストリーの予備知識

アグロフォレストリーは樹木と作物、家畜などを複合的に組み合わせ、自然環境の保全に努めながら、農業生産あるいは森林を持続的に保っていくために重要な技術である。サヘル地域においても多くの効果が期待される。

果樹栽培を取り入れたアグロフォレストリーは、事例が示すように伝統的に行われて来た農業システムである。水資源さえ確保できれば、敷地内や氾濫原でも導入が可能で、着手しやすい。

換金性の高い果樹栽培を行うには、接ぎ木などの技術が必要であるため、適切な方法・時期の指導が必要である。マンゴーの接ぎ木は簡単なので、農民への定着が可能である。

サヘル地域では、水や気候などの環境条件によっては、カンキツ類やグァバ、パイヤ、カシューナッツなどの導入も可能である。

引用文献

- 1)高村泰雄・重田眞義. 1998. アフリカ農業の諸問題, 京都大学出版会, pp211.
- 2)内村悦三. 1992. 熱帯のアグロフォレストリー, (財)国際緑化推進センター, pp15.
- 3)田中明ほか. 1997. 熱帯農業概論, 築地書館, pp413.
- 4)熱帯果樹栽培ハンドブック. 1996. 国際農林業協会, pp123-124.

参考文献

- Bationa A., Mukwunya A.U.,1991. :Alleviating soil fertility constraints to increase crop production in West Africa:The experience in the Sahel,Fert.Res.29.
- Bordet, Dominique. 1988 : Effets dynamiques de la traction animale dans les systèmes de production :West Africa Animale Traction Network,1988 workshop.
- Buckner, Paul A. 1989: Culture associée mil/Niébé , fertilité et manisation (Memoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en agronomie tropicale.INRAN Niger.
- CDH(Centre pour le Developpement de l'Horticulture Camberene Sénégal). 1997 :Guide pratique du maraîchage au Sénégal .
- CINZANA 1998 :Comité technique régional de la recherche agronomique 7ème session :Ministre du developpement rural et de l'eau, Republique du Mali.
- Dupriez., H. et Leener., P.DE. 1983 :Agriculture tropical en milieu paysan africain, L'Harmattan Environnement Africain-ENDA.
- Dupriez., H. et Leener., P.DE. 1987 :Jardin et vergers d'afrique, L'Harmattan Environnement Africain-ENDA .
- FAO 1996 : Thecnical background documents1-5.Roma Declaration on World Food Security and World Food summit Plan of Action.
- ICRISAT(Centre International de Recherche sur Culture de la zone Tropicales semi-arides)/INRAN.1997 :Technologies diffusables et transférables aux producteurs.
- INRAN (National de Recherches Agronomiques du Niger) .1987: 56 Fiches techniques vulgarisation :Ministère du développemnet rural.
- INRAN 1994 : Catalogue nigerien des variétés de céréales et légumineuses,INRAN Niger.
- Koffi, Nénonéné Amegbeto.1988 :Etude comparative de rentabilité de la culture manuelle et de la culture attelée au Togo:West Africa Animale.
- LABOSEM (Laboratoire des Semences).1998 : Catalogue officiel des espèces et variétés :Ministre du développement rural et de l'eau, Republique du Mali.
- Ly, S.A.et al. 1997 :Technologies diffusables et tansferables aux producteurs:2.2.7 Application à la volée de l'engrais phosphaté soluble ou naturel sur les cultures pluviales.INRAN/ICRISAT Niger.
- Minisiter de l'Agriculture et de l'Elevage (Republique du Niger) :Manual de Fiche Technique A l'intentions des agents de vulgarisation par programme de renforcement des service d'appui à l'agriculture.
- Ministère de la coopération de République Française. 1993:Memento de l'agronome Quatrième édition.
- PROVERS(Programme de Coopération pour la Promotion de la Verdu au Sénégal):La biblioitèque complete du légume,pp3-12.JOCV(Coopérant Volontaire d'Outre-mer Japonais) au Sénégal.
- Zerbo,d.,Toure,A.,and Toure,M.1986:Temps des travaux des principales cultures au Mali:Division machinisme agricole Bamako, Mali .

鎌田嘉孝・国武正彦他.1984.肥料の施し方便覧, 農山漁村文化協会.

関口文彦.1987 .西アフリカの稲作;世界の米と稲作,農及園 62 臨時増刊号 .

高村泰雄・重田眞義.1998.アフリカ農業の諸問題, 京都大学出版会.
国際協力事業団・農林省熱帯農業研究センター.1975.熱帯アジアの稲作, 農林統計協会.
国際農林業協力協会.1996.熱帯果樹栽培ハンドブック
坂上潤一.1995.ニジェールの伝統的稲作の現状と品種, 農及園 4 .
山田 登.1978.東南アジアの稲作, 農政研究センター.
松島省三,石原修二ほか.2000.世界の農地水管理, 緑資源公団.
松尾孝嶺.1956.水稻栽培の理論実際, 農業技術協会.
全国農業改良普及協会.1991.アフリカ・稲作技術指導マニュアル.
全国農業改良普及協会.1994.稲作技術協力マニュアル(基本編) 西アフリカ・稲作.
長戸一雄.1960.実りを良くする稲の栽培法, 地球出版株式会社.
長田明夫.1995.熱帯の稲の生理生態, 国際農林業協力協会.
坪井達史.1992.熱帯稲作ハンドブック, 国際農林業協力協会.
田中明ほか.1997.熱帯農業概論, 築地書館.
内村悦三(1992). 熱帯のアグロフォレストリー, (財)国際緑化協力センター
野崎倫夫.1990.熱帯アフリカの稲作, 熱帯農研集報 No.67.
廣瀬昌平,若月利之. 1997.西アフリカ・サバンナの生態環境の修復と農村の再生,農林統計協会.