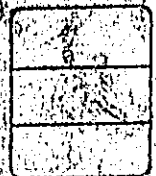


半乾燥地農業開発における 技術移転と問題点

(国際半乾燥熱帯作物研究所での研究一事例)

昭和61年1月

国際協力事業団
農林水産計画調査部



半乾燥地農業開発における 技術移転と問題点

(国際半乾燥熱帯作物研究所での研究一事例)

昭和61年 1 月

国際協力事業団
農林水産計画調査部

国際協力事業団	
受入 月日 '86.8.20	107
登録 No. 15184	80.7
	AF

は じ め に

本書は、筑波国際農業研修センター研修室西村美彦職員がインドに在る国際半乾燥熱帯作物研究所で、“半乾燥熱帯における改良農業技術導入の試み”について1981年12月から1983年11月までの2年間に取纏めた成果である。

最近、アフリカでの飢餓問題に伴う農業開発協力への関心が高まる中、乾燥地／半乾燥地農業の理解が不可欠な状況にある。かかる現況の下に本書が今後、技術協力実施のための参考資料として広く関係者に利用されることを願う次第である。

昭和61年1月

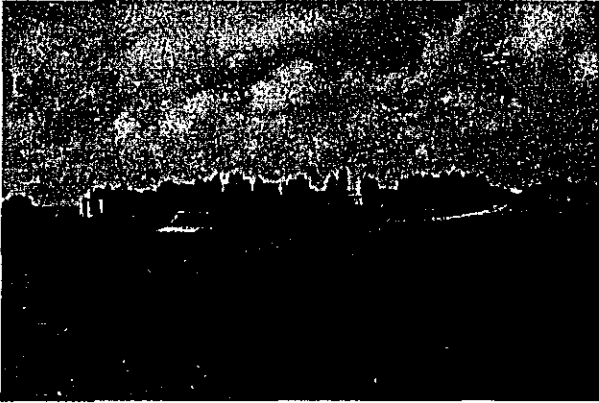
農林水産計画調査部
部長 土屋 晴 男

JICA LIBRARY



1013902[0]

I ICRISAT とデカン高原の農業



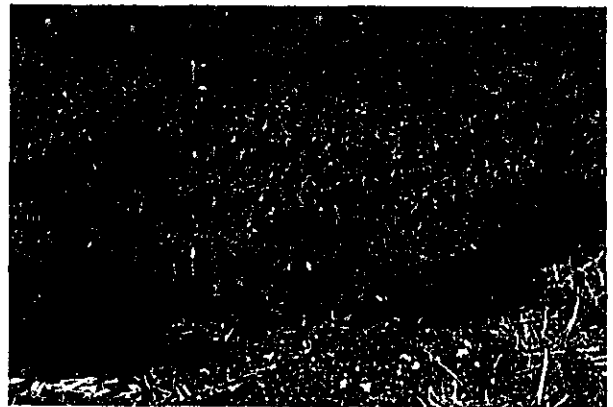
№1 ICRISAT 風景；
正門から所内を望む。中央がMain building と寮である。すでに創立されて 10 年を経ている。



№2 Alfisol 圃場から ICRISAT キャンパスを望む；
ICRISAT は Hyderabad 郊外に敷地 1,400 ha を持ち、Alfisol 土と Vertisol 土が交錯している圃場を持つ。



№3 パールミレット（唐人エビ）の栽培；
半乾燥地の重要な穀物であり、耐旱性があり、ICRISAT でもこの研究に力を入れている。



№4 チックピー（ヒヨコマメ）の栽培（11月～12月）；
耐旱性の強い豆であり、乾期の重要な作物の一つで、ICRISAT の研究材料となっている。

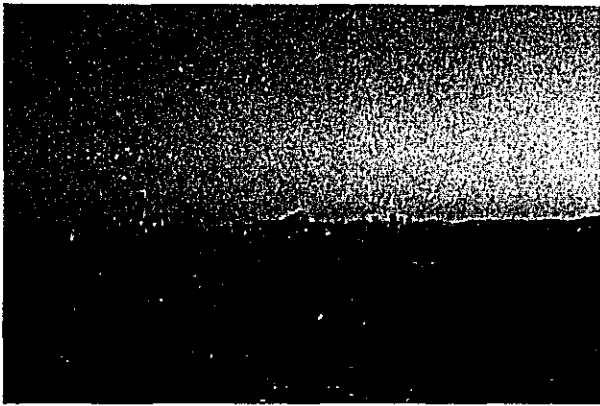


図5 デカン高原の乾期の風景；
池を中心に耕作がなされ池の周辺では稲が栽培され、その先で畑作物が栽培される。時には稲の代わりにシコクビエが見られる。



図6 Alfisolでの収穫後（ビジョンビー）の風景（乾期）；
地形は準平原を成し、岩が露出しており、地質の古さを物語。ここでの農業は雨期が栽培期で乾期は何も作れない。

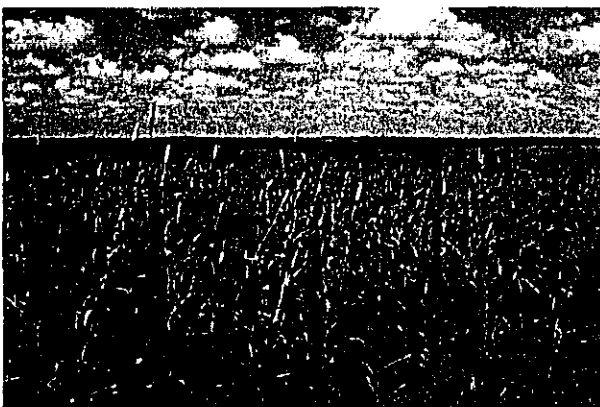


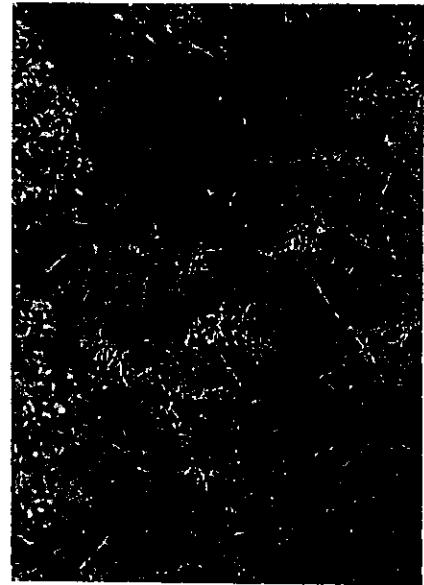
図7 Alfisolにおけるパールミレットの栽培；
Alfisolは通気がよく雨期における栽培が主体をなす。パールミレットは重要なこの土地の穀物である。



図8 Alfisolにある部落と住民；
土壌は肥沃でなく、保水力が無い、このため生産は上がらず、村は豊かでない。村には子供、老人が目立ち、栄養状態は良くない。



№ 9 雨期の Vertisol 圃場；
凹地，畑境界周辺には水のたまり場(Water stagnation)が出来，排水が問題となる。粘土分が多い土壌のため圃場はぬかり農作業を困難にする。



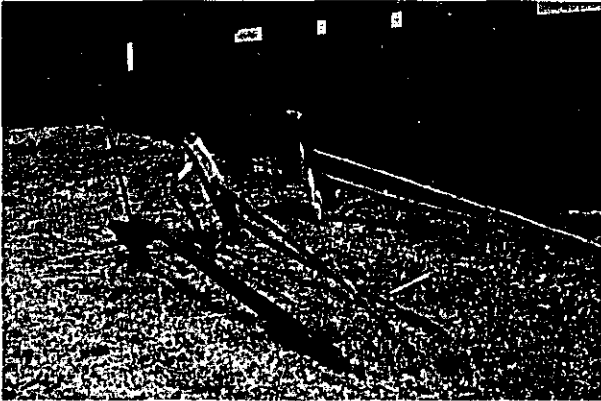
№ 10 乾期に見られる Vertisol の亀裂；
乾期には土壌は非常に固くなり，収縮し亀裂を生じる。(ベニバナ栽培の圃場)



№ 11 ローカルな井戸からの灌漑風景；
デカン高原では井戸は貴重な水資源で小規模な灌漑が行われる。



№ 12 サトウキビの収穫；
灌漑出来る所で主に栽培されている。サトウキビは灌漑地域で経済性のある作物となっている。



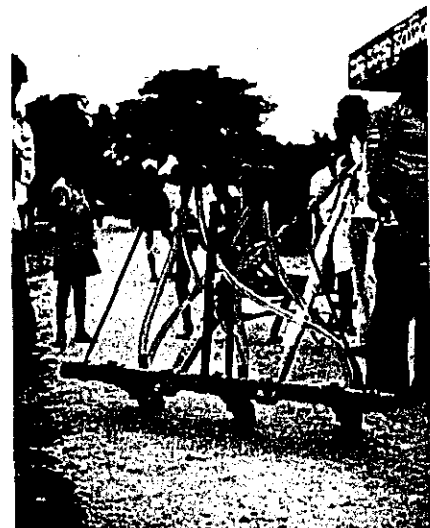
№13 ローカルな農具（耕作用3種）
左からプラウ，ブレードハロー，中耕
及び播種用の農具で，ともに牛に引か
せて使用する。



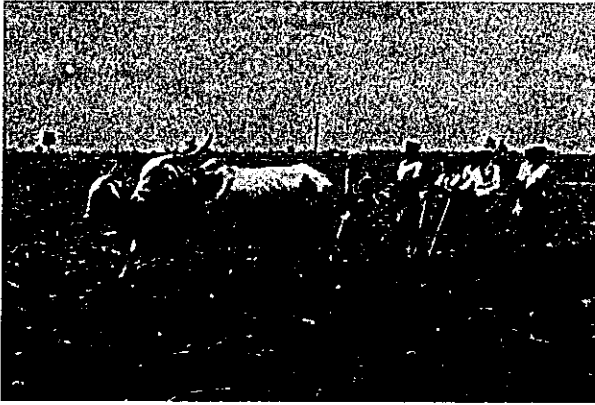
№14 ICRISAT で研究中の Wheel Tool
Carrier の3種；
左からアグリバー，ニカート，トロピ
カルター，ともに播種機を積んでいる姿
で牛で牽引される。



№15 ローカルな農具（播種機）；
ティバンと呼ばれ条播をする時に使用
し，デカンでは一般的な農具である。



№16 ローカルなやや改良型播種用農具；
ティバンを改良したもので地方の専門
の大工や，試験場で作成される。



№17 ローカルな播種作業(Gulbargaにて)；
ゴマとビジョンビーの混作の播種で7
人で一連の作業を行う。(牛追い，播
種人，肥料施用人)



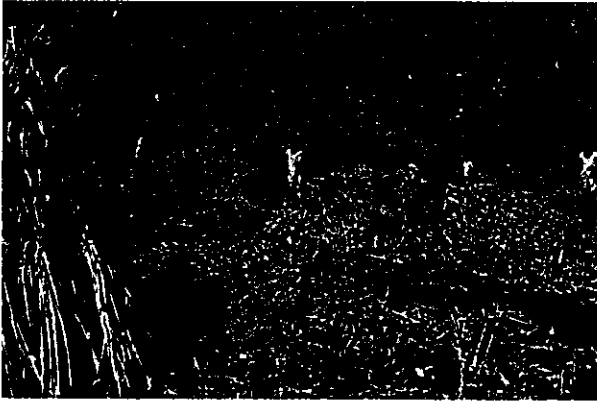
№18 ローカルな播種作業(Bidarにて)；
ソルガムとビジョンビーの混作植え，
男が牛追ながらビジョンビーを播き，
前の女がソルガムの種子，後が肥料を
播く。



№19 ローカルな中耕除草作業(ソルガム)；
乾期のソルガム栽培では除草作業は1
～2回で済む。



№20 ローカルな中耕除草作業(綿)；
綿栽培にとって除草は欠かせない作業で
あり，降雨の合間に数回行われる。



№ 21 ソルガムの収穫風景 (Gulbargaにて) ;
収穫には人手が必要となり、近隣が助け合って集団で行う場合もあるが、専門の業者が請負うことも多い。



№ 22 ローカルな方法によるソルガムの風景 (Belkuniにて) ;
ソルガムの脱穀には脱穀機は大きな働きを行うが、小農民では人手で作業を行う。

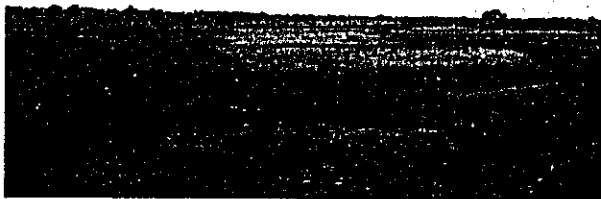


№ 23 ゴマの収穫 (Bidarにて) ;
山間地等土地の豊かでない所ではゴマが重要なCash cropとなる。栽培は主に雨期に行われる。



№ 24 ソルガムワラのローカルな蓄蔵方法 ;
Bhaumi と呼ばれる方法で乾期の間の重要な飼料を保存する。ソルガムワラを積み、周りからVertisol土をかぶせて一雨後に自然に密封される。

II デカン高原のローカルな作物栽培



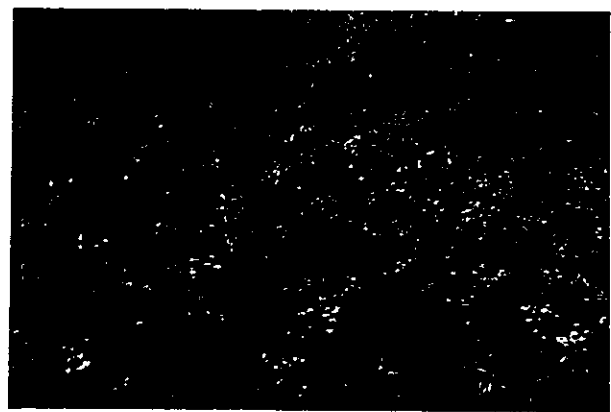
№ 25 ラテライト土に栽培されているナイジャー（8月）；
土地がやせている所でも栽培され、収穫は少ないが貴重な油を採ることが出来る。



№ 26 ヒエの一種；
山地の地力のないところでわずかに栽培されている。Baraguと呼ばれ、米の代りにされる。インドではこのようなアワ、ヒエの類が多く見られる。
（Bidarにて）



№ 27 アワ（foxtail millet）の栽培；
インド原産といわれており一部の農家で僅かに栽培されているだけである。



№ 28 Vertisolにおけるローカルな散播混植（コリアンダー、ナイジャ、ベニバナ、リンシード）；
混植法は半乾燥地農業の特徴であり、種々のパターンが見られる。



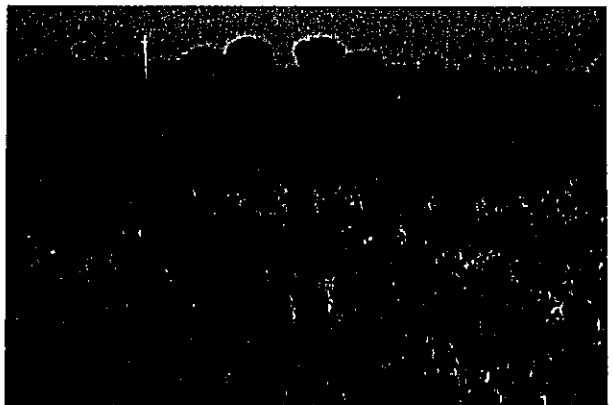
№ 29 Vertisol における条播単一条混植
A型（綿／アワ）；
長期栽培作物，綿と短期栽培作物，ア
ワとの混植。



№ 30 Vertisol における条播単一条混植
B型（ソルガム／グリーンGRAM）；
イネ科作物と豆科作物の組合せて，とも
に短期栽培作物である。



№ 31 Vertisol における条播単一条混植
C型（ソルガム／ビジョンピー）；
長期栽培作物と短期栽培作物及びイネ
科と豆科作物の両方の組合せの混植。



№ 32 Vertisol における条播点播条混植
D型（トウガラシ／タマネギ）；
換金作物型で，移植を用いるやや高度
の技術を必要とする型。



図 33 Alfisol におけるローカルな条播混植
 (ソルガム, ビジョンピー, パールミ
 レット, ナイジャー, ゴマ, カウピー,
 Avare, Phundhi);
 土地が乏しければ作物の種類が増え安
 全型栽培となる。



図 34 ウリのソルガム畑での混植栽培；
 ウリはボーナス作物で主栽培はソルガ
 ムである。



図 35 灌漑畑における果樹と野菜の混植；
 点播条法, カンキツとトウガラシの組
 合せで土地の有効利用のよい例である。



図 36 ソルガムの栽培 (1 1 月) ；
 B B F 法によつて栽培されたソルガム
 で Gulbarga の Watershed プロジェク
 トの風景である。

Ⅲ ICRIATのVertisol Management Technology 導入から



№ 37 VertisolにおけるBBF法導入のための圃場調査；
Watershed内におけるBBFのレイアウトを乾期作収穫後行う。



№ 38 圃場整備，畝の作成；
WTCで畝立てを行い畝に0.3～0.8%のスロープを持たせ車輪の通り道が畝間となる。



№ 39, 40 トロピカルターによる播種作業；
出来た畝に播種を行う。播種と同時に施肥も一連の作業として行うことができる。

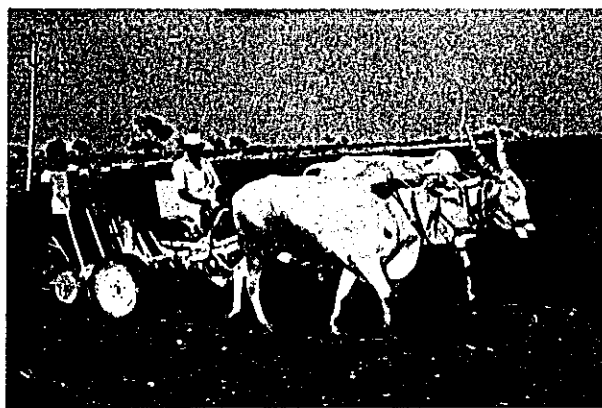




図41 アグリバー（改良型）による手動，播種風景；
トロピカルター，ニカートよりはやや手間はかかるがコストが安いのが特徴である。

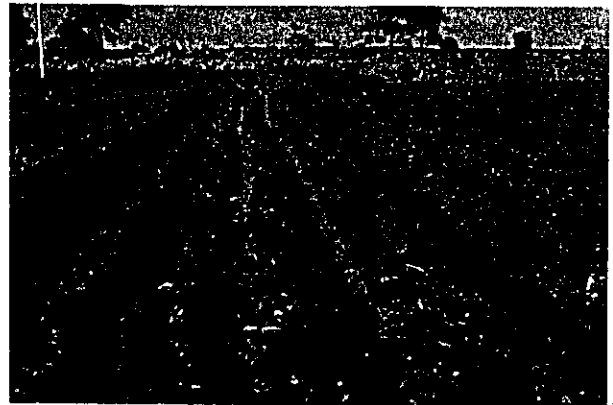


図42 B B Fにおける緑豆の発芽；
Watershedで二毛作を導入し，雨期作の緑豆の発芽を見た。乾期作としてはソルガムを栽培する。



図43 B B F法における緑豆の中耕除草；
WTCは能率よく中耕を行うことが出来る。これはB B Fの効果でもある。



図44 B B Fの排水効果；
ソルガムとビジョンビーの混植圃場であるがB B F導入により排水がうまく行った例である。



№45 B B F法による栽培風景（ソルガム／
ビジョンビー混植）；
担当した Agricultural officer が
Watershed の成果を評価している。



№46 ソルガム／ビジョンビーの混植圃場
（ Bidar 村 ）；
間もなくソルガムが収穫となりビジョ
ンビーが開花・登熟に入る。



№47 ゴマ／ビジョンビーの混
植圃場（ Gulbarga 村 ）



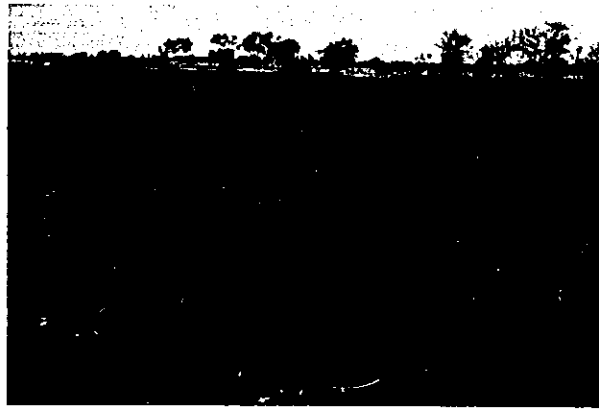
№48 ブラックGRAM／ビジョンビーの混植
圃場（ Gulbarga 村 ）



№ 49 Dry sowing 法による緑豆の発芽状況



№ 50 Dry sowing による発芽した緑豆のペティオレの長さ；
混植でも十分水があれば緑豆の場合発芽出来る。



№ 51 Dry sowing で Vertisol の畝作成後に降った雨は少量であると浸透しない。下層はまだ乾燥している。



№ 52 ソルガムの Zn 欠乏症は K, Ca が多い Vertisol でよく見られる。



№ 53 Heliothis はピジョンピーに最も被害を与える Pod borer であり、この防除が収量に大きく影響する。

目 次

はじめに

研究関係写真

I 序	1
II 半乾燥熱帯地農業の特色	2
1. 農業の概要	2
2. 気象条件	3
3. 土 壌	6
4. デカン高原における作物と栽培	11
III Vertisol Management Technology	21
1. Vertisol Managment Technology とは	21
2. 改良技術とその効果	22
3. 耕作技術と圃場整備	33
4. 農機具の改良(耕作機)	37
IV Vertisol Managment Technology の on farm への試み	43
1. インドにおける on farm research の経緯	43
2. カルナタカ州における on farm research	44
3. Farhatabad Watershed Project の実績	46
V 改良 Vertisol Management Technology の問題点と考察	52
1. 改良技術導入の経済性	53
2. 改良農業経営と伝統的農業経営	53
3. Farhatabad, Gulbarga における農家労働力	63
4. Wheeled Tool Carrier の問題点と解決	67
5. 改良 Vertisol Management Technology の試験圃場での実証試験	70
6. Report of work on "Steps in Technology" Experiment 1982-83 ...	75
VI 改良技術の導入からの結論	84
VII おわりに	87
Appendix	
I I C R I S A T 概要	91
II On-farm Verification for Improved Vertisol Management Technology in Karnataka, India	104
III 諸元, 主な作物及び参考地図	140
IV 参考文献	144

I 序

開発途上国の天水農業における農業開発には種々多々の問題がある。技術的な問題から社会的、経済的問題まで複雑に混り合っており、開発は非常に困難を極めている。特に小農、貧農が多い半乾燥熱帯地域には開発資本が少なく、大規模な土地改良事業の導入は困難な状況にある。従って、これらの地域の農業開発の成否は、保有する天然資源と人的資源をいかに最大に利用するかにある。International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (国際半乾燥熱帯作物研究所：以下ICRISAT) はインド・デカン高原に位置し、半乾燥地帯での農業に関する諸問題の研究に取り組んでいる。特に、半乾燥地の主要作物であるソルガム(コーリヤン)、パールミレット(唐人ビエ)、ビジョンビー(キマメ)、チックビー(ヒヨコ豆)、落花生の5作物について、生理、生態、病虫害、土壌学的研究、土地改良等の研究、改良品種の育成を主眼とした研究を行っている。また、上記のテーマを含め半乾燥地の代表的土壌であるVertisol (Black Cotton Soil) と Alfisol (Red Soil) における改良営農法の研究も行っている。

筆者は、ICRISATで1981年12月から1983年11月までの2年間、Farming System Research ProgramでAssistant Agronomistとして、同研究所で発案された改良Vertisol Management Technology(パッケージされた改良農業技術)を農民レベルで実証する課題に取り組んだ。

改良Vertisol Management Technologyの開発は、粘土を高率に含むVertisolの特徴を積極的に農業に生そうとした試みの1つである。この技術の効果は、ICRISATの試験圃場レベルでは認められているが、農民レベルにおいてはまだ十分に実証されていないため、農民レベルにおけるより多くの経験、実績の蓄積が求められている。

筆者の研究は、ICRISATのon-farmプロジェクトとしてKarnataka State(カルナタカ州)、Gulbarga District(グルバルガ郡)、に設置した農民レベルの試験でプロジェクトで“技術の定着化”の実証を試みたものである。これを通し半乾燥地、特にデカン高原における実際の半乾燥地農業を知るとともにICRISATにおける技術を短期間に修得し、さらに現場への技術移転によって改良農業技術の基本的な問題を考察することが出来た。

本報告書は、この成果を取りまとめたものである。

Ⅱ 半乾燥熱帯地農業の特色

1. 農業の概要

半乾燥熱帯地域の自然的特徴は雨量が少なく、且つ高温である。半乾燥熱帯の定義は人により多少は異なるが I C R I S A T では降雨量 (precipitation) と蒸発散位 (potential evapotranspiration) の比較において、月平均降雨量が月平均蒸発散位を上まわる月が年間 2 カ月から 7 カ月あり、且つ月平均気温が 18℃ 以上ある地域としている。^{*1}

この半乾燥熱帯地域には約 6 億以上の人々が生活しており、一般的にこの地域は貧しく、世界の poverty area の分布と半乾燥熱帯地域の分布とはほぼ重なる。したがってこれらの地域の農業を発展させることは、世界の貧困解消に大きく貢献することになる。熱帯であり (月平均気温 18℃ 以上) 且つ半乾燥地でもある地域の分布を図-1 に示す。

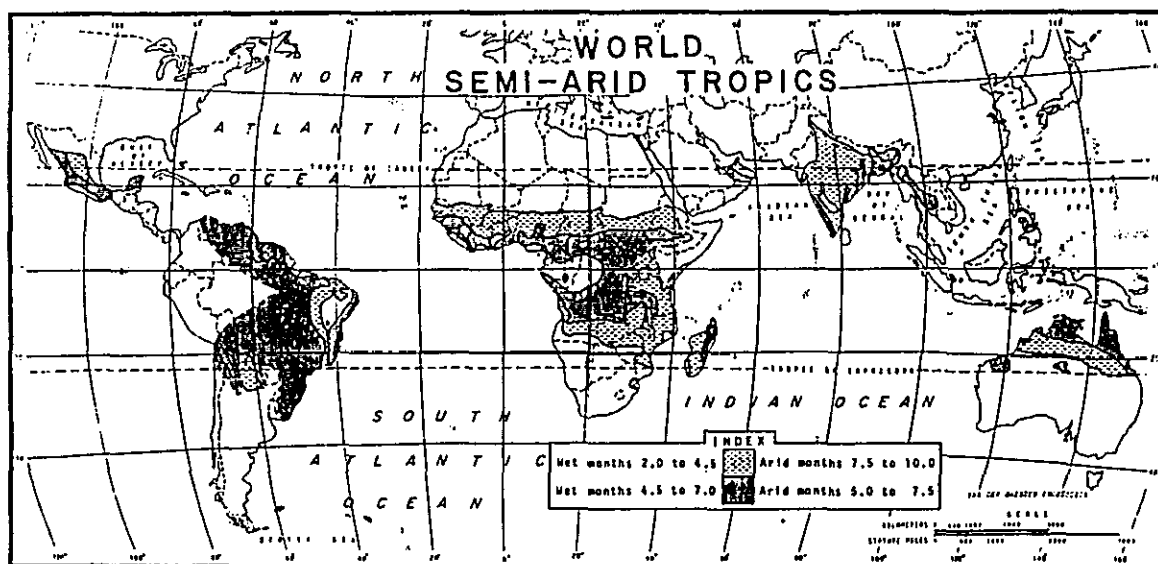


図-1 半乾燥熱帯地の分布図 (ICRISAT 作成)

この半乾燥熱帯地における気候的特性はモンスーンの影響を受け、周期的に雨期及び乾期が現われることである。即ち一年の中に湿潤気候と砂漠気候を持っていることになる。植生的には灌木と草原を主体とするサバンナを形成することがその特徴となっている。従ってこの地域で農業を営む場合、乾燥のみならず多湿における条件も十分に考慮しなければならない。一般的に、ここでの農業は雨期耕作型 (rainy season cultivation) の作付けに特徴付けられるが、土壌条件により乾期耕作型 (post rainy season cultivation) もあり、保水力が低い土壌では雨期耕作型また、保水力が高い土壌では乾期耕作型となる。

そのため乾燥と湿潤という 2 面性を持ったモンスーン影響下の半乾燥地の天水農業は圃場管理面から見れば乾燥条件下では水の確保ということが一番重要な問題となりまた、湿潤条件下

*1 Troll, 1966 の定義を尊重

では排水の必要性とともに植生が旺盛という条件から除草という管理作業が欠かせないものとなってくる。それでは乾燥地農業と湿潤地農業との特徴、相違点はどのようなものであるのか次に大略してみる。

A 乾燥地農業

1. 保水型農業

(1) 休耕型………休耕によって土壌の保水を行う
(作付前にかるく耕耘，鎮圧し土壌の保水を行う)

(2) 中耕型………栽培中に畝間をかるく中耕
(表土からの水の蒸発を防ぐ，降雨後が有効)

2. 地力維持 (受身的) ……水不足による肥料効果の減少
作付ローテーションと休耕による地力維持

3. 増収効果

(1) 栽培面積の拡大
(2) 混作の導入による空間地利用

B 湿潤地農業

1. 除草型農業

(1) 休耕型 ……休耕による除草と地力維持
一回の耕耘で1～2年無除草 (高緯度地方)

(2) 中耕型 ……中耕による除草効果
栽培中、常時中耕等により除草を行う

2. 地力維持 (積極的) ……雨による肥沃分の流失
堆肥及び緑肥の導入による地力維持

3. 増収効果

(1) 労働の集約による作物管理の強化からの増収
(2) 作物ローテーションによる地力維持からの増収

また、それぞれの農業管理面から増収につながるものは何であろうか。主な農業型とその作業を図-2に要約する。

以上のことから、半乾燥地農業では技術的に改良できる可能性が多々あると考えられるのでまずはこの地域の現状を知ることとしたい。

2. 気象条件

半乾燥熱帯の気候の特徴は蒸発散とモンスーンによる降雨バランスによってもたらされると言っても過言ではない。半乾燥熱帯は一般的に年降雨量500～800mmの範囲にあり且つ、降雨量の80%以上が3～4カ月間の雨期に集中する。即ち残りの7カ月近くが乾燥期である。また、半乾燥熱帯の気温は月平均18℃以上で10～45℃の変動幅を持つ。モンスーン影響下に

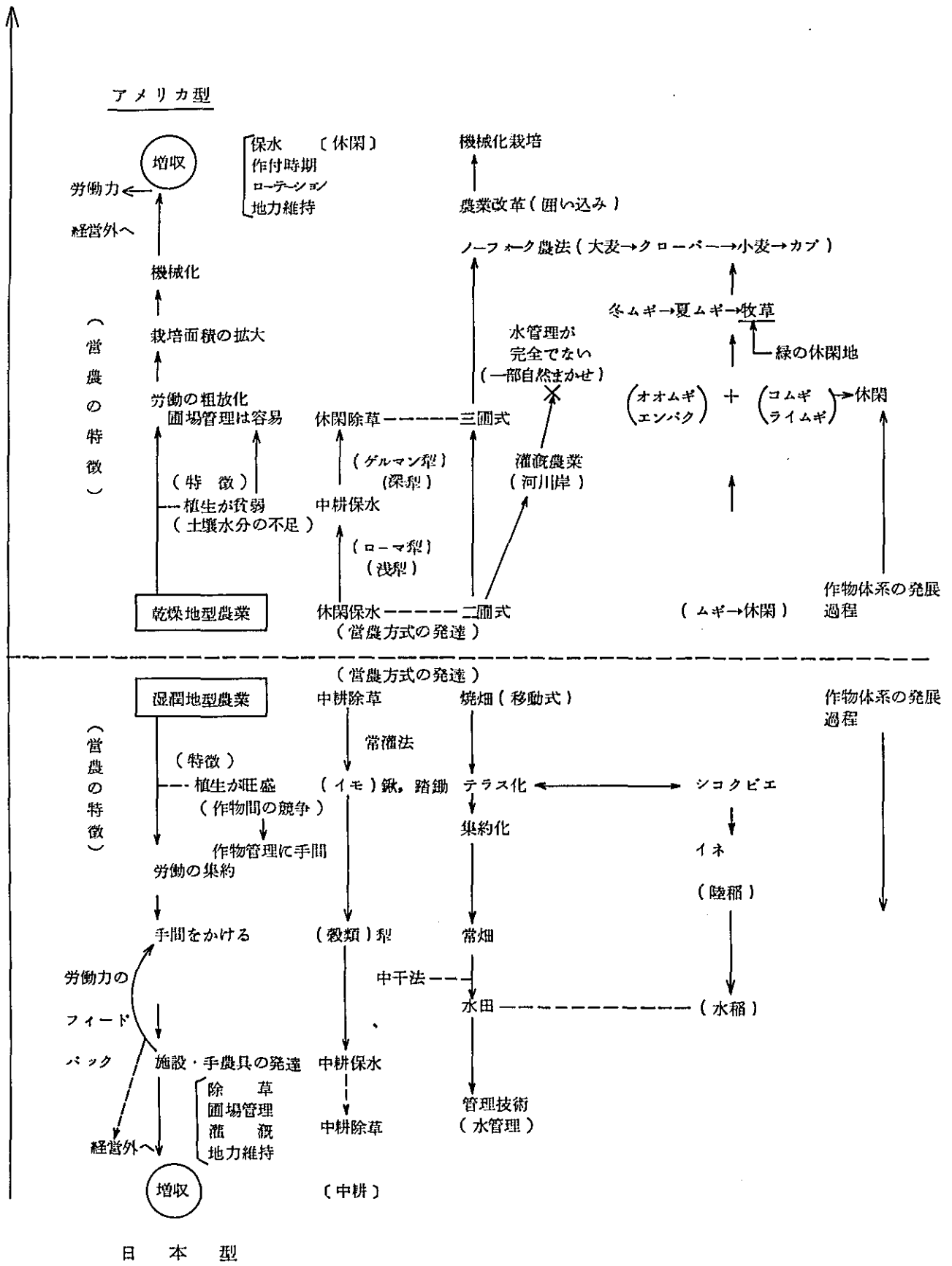


図-2 世界の農業発展の型
（沼田“日本農業の再発見”より筆者加筆，作図）

半乾燥地は約 500~800 mm の雨量で蒸発散量に比べ雨量が少なく作物生育にとって絶対量が足りないばかりでなく雨の降り方にも問題がある。これは雨期、乾期の差はつきり現われても雨期の早来または遅滞の違い、集中雨か散分雨か、さらには降雨量が年によって著しく変化していることにより天水農業に不安定さを生じている。図-3 にインド、グルバルガにおける降雨量を示したが、いかに年によって振れているかがわかると思う。

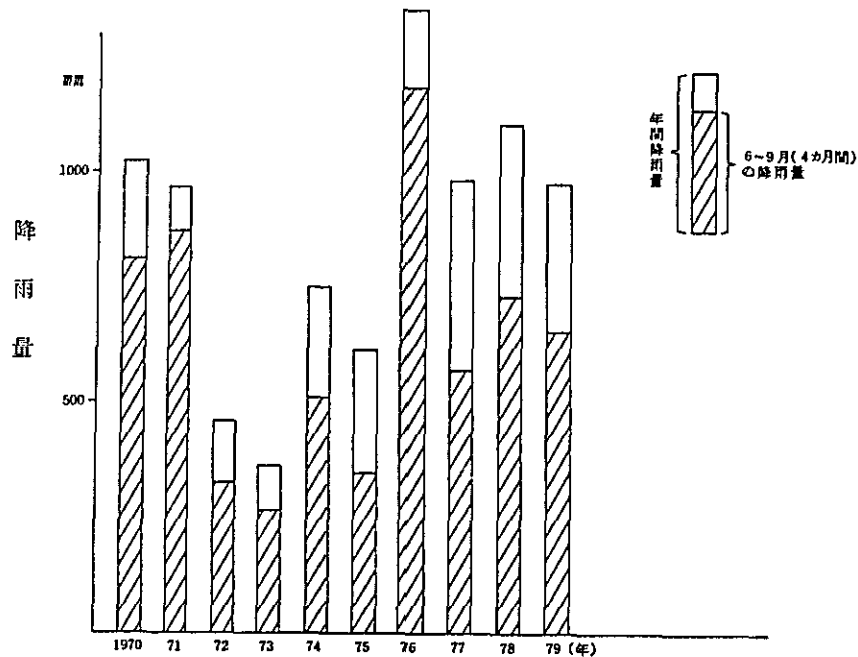


図-3 モンスーン降雨量の年々の分布 (Gulbarga, India)

3. 土 壤

世界には多種の土壌が分布しているが乾燥熱帯地域に分布する土壌は表-1, 2及び図-4に示されるものである。半乾燥熱帯での耕作可能地の24%を占める Arenosols, 20%の Luvisols (Alfisol), 14%の Vertisols, 10%の Ferralsols を ICRISAT で中心的な構成土壌として研究の対象にしている。

その中でも耕作可能面積の6割を占める Arenosols, Luvisols, Vertisol が多く分布するアフリカ、インドに試験場を設置し、ここを基地として農業技術の改良に取り組んでいる。インドにおける土壌分布は図-5にその詳細を示した。

1) Vertisol (Black cotton soil)

Vertisolとは昔から綿花栽培が行われているインド、及びスーダン、エチオピア等のアフリカ諸国に広く認められる土壌で、Black cotton soil と呼ばれている。この土壌の分布はオーストラリア、チャド、タンザニア、ビクトリア湖南部から西中央部のアフリカの一部また、僅かにメキシコ、中央アメリカ、ヴェネズエラ、ボリヴィア、パラグアイ等にも及んでいる。Vertisolの分布する面積は世界全体で約18,000万ha (Swindale 1981)^{*1}とされている。

Vertisolは粘土の含有率が高く30～80%近くに及ぶがその内30%以上の粘土含有率、且つ層厚が90cm以上のものをDeep vertisol, 50～90cmのものをMedium Vertisol, 30cm以下のものをShallow vertisolと呼んでいる。また、Medium及びShallow vertisolのことをAssociated vertic type soilsということもありMedium black soilをVertic inceptisols, Shallow black soilをVertic entisolsとすることもある。

いずれにしても母岩(材)^{*2}は玄武岩(basalt), または花崗岩(granite)の場合が多く、デカン高原では周辺に苦灰岩(dolomite), 石灰石が見られることから、形成に当っては海の影響があったことを伺わせる。Vertisolとはその名の通りVertic soilであり、通常は粘土分等の重い成分は下層に、軽い成分は上層に分布するが、この場合粘土分が表土に露出していることからこう呼ばれている。また日本では乾期に粘土が収縮し、表土が亀裂した部分に入り込むことから反転土壌と呼ばれているが、この土壌の分布は日本にない。

粘土の主成分はモンモリロナイト(montmorillonitic soil)でcalcareous, montmorillonitic isohyperthermic soil^{*3}である。

2) Alfisol(Red soil)

Alfisolは一般にRed soilと呼ばれその性質上、Vertisolと対比されている。実際には赤色、赤褐色、黄褐色を呈しており、ICRISAT周辺のRed soilはUdic rhodustalfsまたはPaleustalfs属の微細Kaolinitic isohyperthermicな種類から成り立っている。

AlfisolはFAO/UNESCOの分類においてはLuvisolsに相当し、Argillic B層位(珪酸塩粘土が明らかに集積した層位)を基本とした半乾燥熱帯では主要な単一土壌であり、アフリカ、南アジア、南アメリカの半乾燥熱帯地域に分布している。AlfisolはVertisolと異なり、上層部は軽い材質のものからなり下層は粘土含有が高い。このため保水力が低く裸地での侵食が大きな問題となっている。

インドではLuvisols, Ferric Luvisols, Chromic Luvisols, Calcic LuvisolsがRed soilの主要構成土壌であり、中でもChromic Luvisols(Haplustalfs and Rhodustalfs)の分布は最も広範囲に認められる。

*1 Dudal(1965)によると25,700万haとされている。

*2 Vertisolの場合必ずしもVertisolが分布しているところの母岩と成分が一致するとは限らない。多くは河川の上流の母岩が侵食され土壌として水により運ばれ、現在分布しているところに堆積されたとしており、河川の兩岸(流域)に多くみられる。

*3 高温由来性、石灰質性、酸性白土、粘土(ベントナイトの主成分)

表-1 乾燥地で見られる土壌分類における主な目と亜目

目 (Order)		亜目 (Suborder)	
名称	特徴	名称	特徴
Aridisol	乾いているか、塩類、濃度の高い乾燥の土壌。オクリック表層（淡色表層）がある。	Argid	アルジリック層（粘土集積層）またはナトリック層（ナトリウム集積層）がある。
		Orthid	カルシック層（石灰質層）、ペトロカルシック層（硬化石灰質層）、ベジブシック層（石膏質層）、デュリバン（硬化盤層）等がある。
Mollisol	半乾燥のステップ、プレーリーの草原および半湿潤草地の土壌。モリック表層（腐植を含んだやわらかい土）がある。	Boroli	年平均土壌温度が8℃以下で、乾いた状態の特徴を示す。
		Ustoli	年間90日以上土壌が乾燥するが、60日以上連続の乾燥をすることはない。
		Xeroli	ほとんどの年に、60日以上連続して土壌が乾燥する。
Alfisol	冷涼、森林土壌と暖地サバンナ土壌。塩基に富んでいる。	Aqualf	季節的に水で飽和されているか、或はもし人為的排水されているならばかつて土壌が湿っていたことを示す証拠（斑紋、低い彩度、直径2mm以上のFe-Mn結核等）が認められる。
		Ustalf	毎年乾いている（ただし60日連続して土壌が乾燥することはない）深さ50cmの土壌温度は夏と冬の較差が5℃以上ある。
		Xeralf	年間60日以上連続して土壌が乾燥する。深さ50cmの土壌温度は、夏と冬の較差が5℃以上ある。
Entisol	乾燥地独特の土壌ではないが、砂漠や砂質地帯にも分布し、乾燥地において占める面積は最も大きい。生成的層位発達の見られない未熟な土壌。	Aquent	常に、または年間の或時期に水で飽和される。青灰色のグライ化した層位、または極めて斑紋の多い層位を示す。
		Fluvent	壤質ないし粘土質の沖積土。有機物含量が土層の深さとともに不規則に変化する。
		Orthent	壤質ないし粘土質で、Aquentより排水良好。
		Psanment	壤質細砂土またはそれより粗粒質でAquentより排水良好。
Vertisol	一年の或一時期乾燥する地域に存在する。収縮と膨張を伴う暗色粘土質土壌。	Ustert	乾燥により、地表面に達する亀裂が生ずる。この亀裂は、年1回以上開閉し、年間積算して90日以上開いているが、年中開いていることはない。

注) Dregneの原著には、目名と亜目名だけが示されており、特徴の欄は、内山(農水省、熱研センター)が作成したものである。

(参考) Dregneが、5目13亜目の表を作成した時期は、「土壌タクソノミー」の刊行前と考えられる。土壌タクソノミーに新たに記録された亜目の説明によると、次の2亜目も乾燥地の土壌と考えられる。(三土正則による) Vertisol目 Torrent 亜目: 乾燥気候のVertisol。亀裂はほとんど一年中開いている。短い雨期により亀裂が閉じることもあるが、それは年間60日以下。Oxisol目 Torrox 亜目: 乾燥気候のOxisol、かんがいしなければ作物の栽培はできない。有機物含量少なく、塩基飽和は比較的高い。しかし、かんがいとすると高い生産力を発揮する。[Oxisolは、熱帯地域の二酸化炭素に富む、強く風化を受けた土壌]

表-2 熱帯の主要土壌分類

Approximate Extent of Major Soil Suborders in the Tropics
(million ha)

Order	Suborder	Africa	America	Asia	Total Area	Percent
Oxisols	Orthox	370	380	0	750	15.0
	Ustox	180	170	0	350	7.5
		<u>550</u>	<u>170</u>	<u>0</u>	<u>1100</u>	<u>22.5</u>
Aridisols	All	840	50	10	900	18.4
Alfisols	Ustalfs	525	135	100	760	15.4
	Udalfs	25	15	0	40	0.8
		<u>550</u>	<u>150</u>	<u>100</u>	<u>800</u>	<u>16.2</u>
Ultisols	Aquults	0	40	0	40	1.0
	Ustults	15	35	50	100	2.2
	Udults	8.5	125	200	410	8.2
		<u>100</u>	<u>200</u>	<u>250</u>	<u>550</u>	<u>11.2</u>
Inceptisols	Aquepts	70	145	70	285	6.0
	Tropepts	0	75	40	115	2.3
		<u>70</u>	<u>225</u>	<u>110</u>	<u>400</u>	<u>8.3</u>
Entisols	Psamments	300	90	0	390	8.0
	Aquepts	0	90	0	10	0.2
		<u>300</u>	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>400</u>	<u>8.2</u>
Vertisols	Usterts	40	0	60	100	2.0
Mollisols	All	0	50	0	50	1.0
"Mountain areas"		0	350	250	600	12.2
Total		<u>2450</u>	<u>1670</u>	<u>780</u>	<u>4900</u>	<u>100.0</u>

Source: Calculated by M. Drosdoff, Cornell University, on the basis of Aubert and Tavernier's (1972) map.

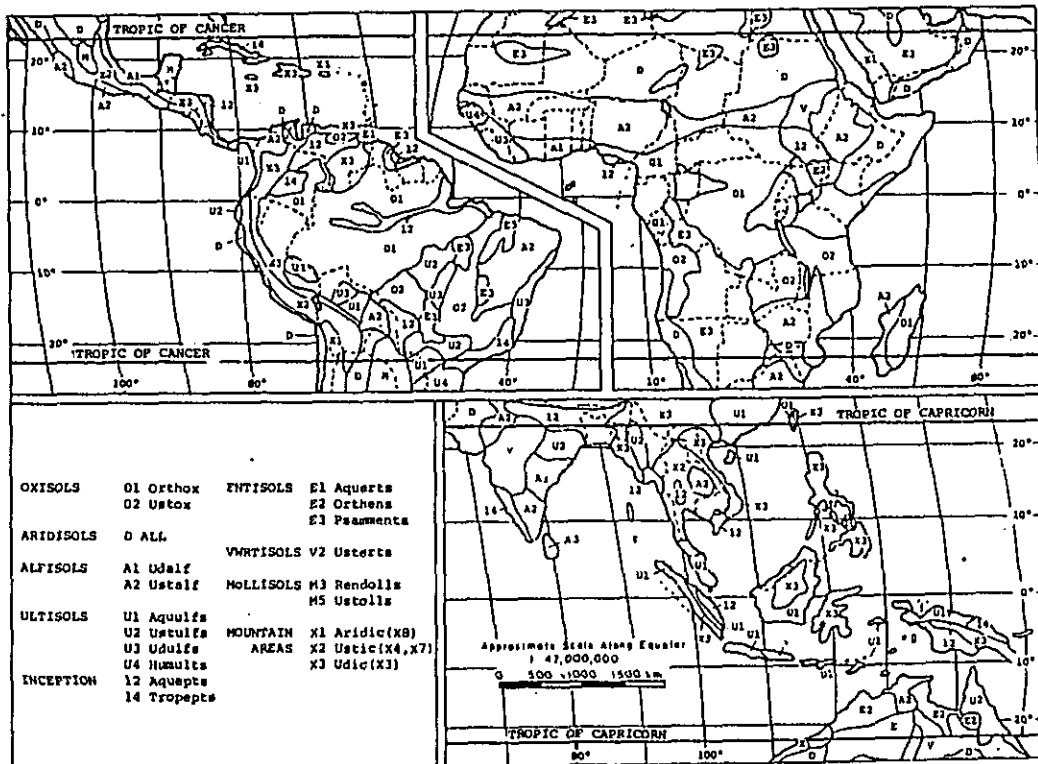
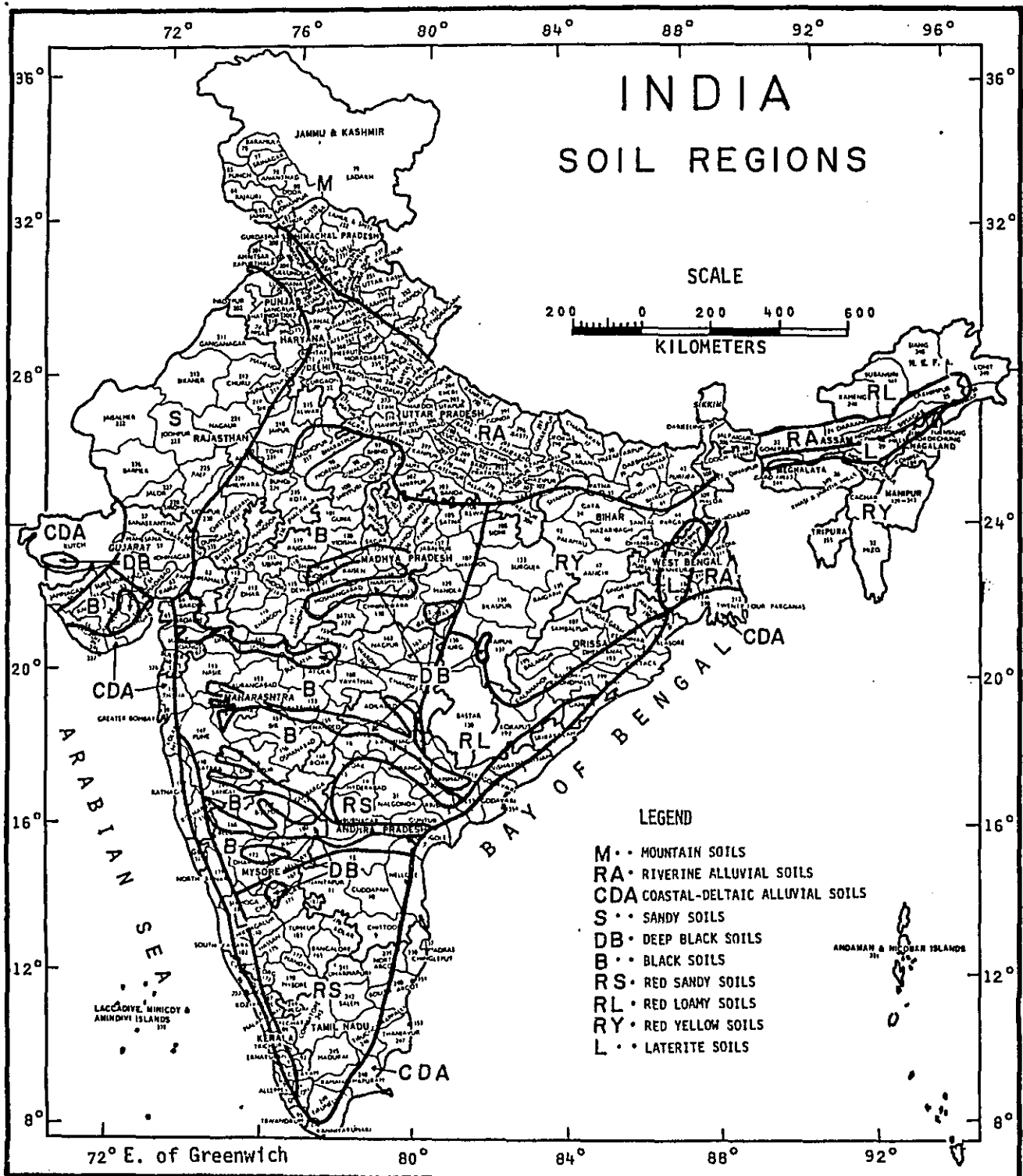


図-4 熱帯の土壌

(Source: After Aubert and Tavernier 1972)



SOURCES: Murthy and Pandey (1978) DELINEATION OF AGRO-ECOLOGICAL REGIONS OF INDIA; IRRIGATION ATLAS OF INDIA (1972).

図-5 インドにおける土壌分布図

3) Vertisol と Alfisol の性格

一般に両土壌は正反対の性格を示す土壌として対比させられるが、ともに腐植性には富まず有機質含量が少ない。Vertisolはやゝ塩基性(PH 7.2~8.0)であり、Alfisol はやゝ酸性(PH 6.8~6.0)である。

Vertisolは粘土分の含有率が高く80%近くを占める場合もありまた、montmorilloniteの性質を受け保水性とCECが高いため、半乾燥熱帯地の雨期、乾期において極端に異った性質を示す。即ち雨期には土壤水分を十分に含み粘着性を呈す。また乾期に移行して乾燥が3カ月近く続いても地表から20~30cmの深さにはなおある程度の水分を保ち、さらに乾燥が続くと水分の蒸散に伴い土壤は収縮して亀裂を生じ、時によりこの深さが1mにも達することがある。また一般的にN, P, Znの含有量が低く時としてK, Ca等の過剰から来る置換作物から無肥料栽培の場合度々これらの欠乏症が生じる。即ち、施肥は収量に大きく影響を与える。特にZn欠乏は穀類(ソルガム、トウモロコシ等)に度々特異な症状をひきおこし(写真版52)、減収の原因となる。しかしKについては施肥効果がなく農家では特別な肥培管理は行っていない。MgについてもKとほぼ同様と考えられる。(表-3)

Alfisolは粘土分が少なく、保水性は低く排水がよい。Vertisol以上にAlfisolは有機、無機要素の含有量が少なく、N, P, Znの量は極端に少ないので、施肥は増収に必要な要因となっている。Kについても栽培初期には施肥を必要としないが、栽培が長期化すると時として施肥が必要となる。(表-4)

特に土壤水分については栽培の重要な要因となるので保水力の詳細について図-6, 7に示した。

全土壤とも雨期には土壤含水量は最高値を示すがその量はVertisolで250mmにも達するがAlfisolでは僅か50mmである。またVertisolは乾期でも30mmあり、雨期あけ後4~5カ月経ても50~100mmを保っている。その保水層は10cm~100cmの深さに見られるが、Alfisolではその層は狭い。

表流水の量は雨の降り方により著しく変わる。また、土壤の違いによっても異なる。図-8にVertisolとAlfisolにおける1年間の雨量、土壤水分量及び表流水量の関係を示した。

4. デカン高原における作物と栽培

半乾燥熱帯地における栽培作物は穀類、豆類、油料作物等に代表されるが、地域によって多少異なる。インドの代表的半乾燥熱帯地であるデカン高原の栽培作物は、乾燥状態、土壤条件によって異なる。灌漑地域では米、小麦、トウモロコシ、サトウキビ、綿等が代表的な作物として栽培され、天水農業においては乾燥条件に適しているソルガム、パールミレット等の作物が栽培されている。

1) Alfisolにおける主な雨期作物として穀類ではパールミレット、ソルガム、トウモロコシ、ヒエ、豆類ではビジョンビー、落花生、緑豆、油料作物ではヒマ、ゴマ、ナイジャーシー

表-3 Physical and Chemical Characteristics of Vertisols

Sampling area	Items	PH	CEC (me/100 g)	Mechanical Composition (%)				
				Clay	Silt	Fine sand	Coarse	Gravel
Farhatabad (10 cm)		7.75	57	66	28	1	1	4
ICRISAT	(0-25 cm)	7.6	57.6	61.1	16.5	18.3	4.0	-
	(25-75 cm)	7.5	52.9	62.6	14.1	17.3	6.0	
At Farhatabad available nutrients (ppm)								
NH ₄ -N	NO ₃ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na	Ca	Mg	Organic Carbon	
18	49	6.0	438	74	12,250	1,207	0.16%	

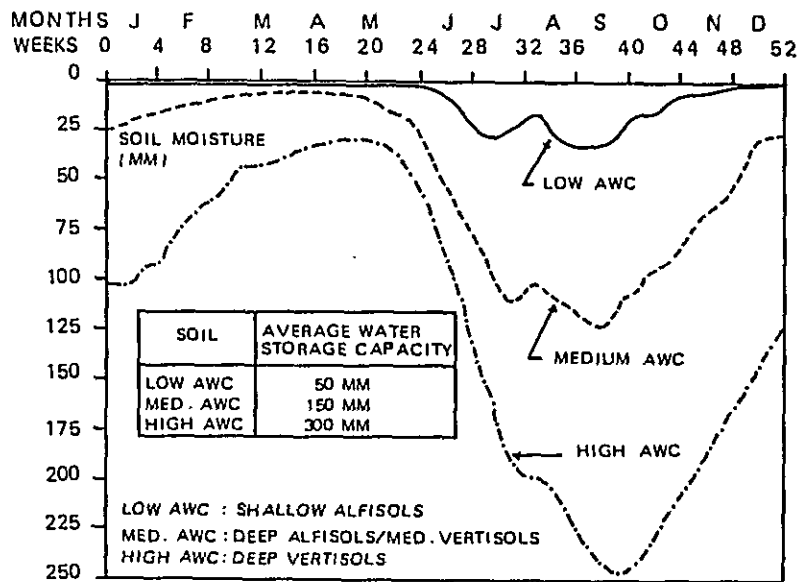


图-6 WEEKLY SOIL MOISTURE STORAGE IN THREE SOILS (ICRISAT; HYDERABAD 1901-70 DATA)

表-4 Alfisol の化学的, 物理的性質 (ICRISAT 土壌から) Source ; ICRISAT

Major characteristics of the Patancheru soil series, a Udic Rhodustalf, at ICRISAT Center									
Horizon	Depth (cm)	Size class and particle diameter (mm)			Coarse fragments > 2 mm % of whole soil	Organic carbon (%)	pH (1:2.5) H ₂ O Suspension	E.C. (1:2.5) H ₂ O Suspension mm/nos/cm	Water retention 1/3-bar 15 bar Gravimetric %
		Sand (2.0-0.02)	Silt (0.02-0.002)	Clay (<0.002)					
Ap	0-5	79.3	6.4	14.3	17	0.55	6.0	0.1	16.2
B1	5-18	66.7	5.5	27.8	17	0.52	6.9	0.1	20.0
B21	18-36	41.6	6.8	51.6	36	0.63	6.9	0.1	21.9
B22t	36-71	45.0	4.4	50.6	54	0.40	6.8	0.1	24.8
B23t	71-112	54.1	7.4	38.5	50	0.10	6.5	0.1	23.6
B3	112-140	70.6	4.1	25.3	63	0.18	6.2	0.2	18.7

Depth (cm)	Extractable bases				CEC NH ₄ OAC	Base saturation %	OEC/clay ratio
	Ca	Mg	Na	K			
	----- meg/100g -----						
0-5	2.6	0.5	-	0.4	3.5	74	0.34
5-18	3.8	0.9	-	0.5	5.2	64	0.29
18-36	5.8	3.8	-	0.6	10.2	69	0.29
36-71	7.9	3.1	-	0.6	11.6	82	0.28
71-112	5.4	2.5	0.3	0.4	8.6	88	0.25
112-140	5.7	1.9	0.5	0.3	8.4	92	0.36

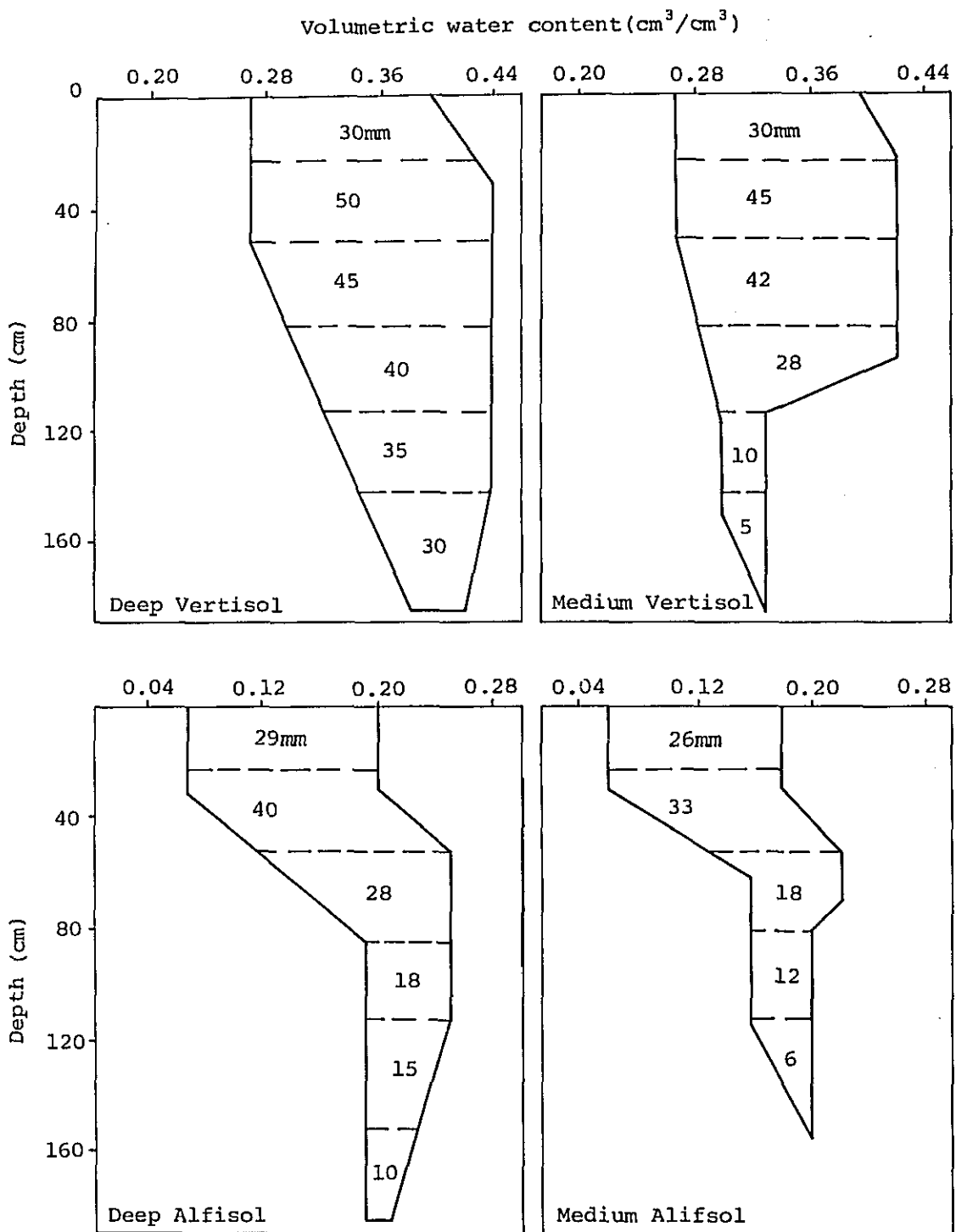


图-7 Soil moisture characteristics of four soils which are found in the semi-arid tropics. (ICRISAT)

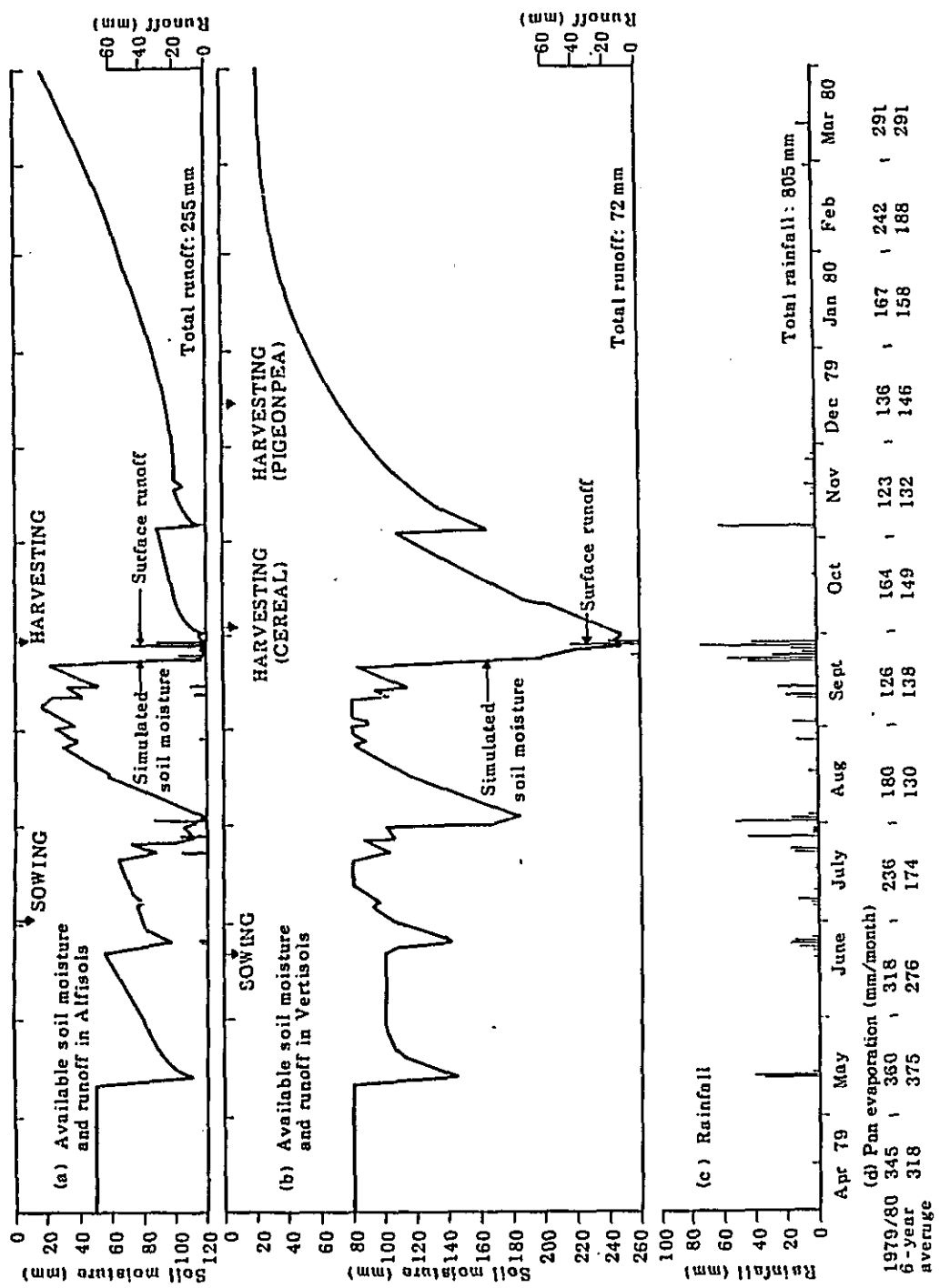


Fig. 8 Data for rainfall, runoff, and pan evaporation at ICRISAT Center, 1979/80, and simulated available soil moisture under: (a) sole-cropped pearl millet grown in Alfisols; (b) cereal/pigeonpea intercrop grown in Vertisols. (ICRISAT)

D等がある。Alfisol は保水力が低く、この土壌での栽培は天水農業において、雨期だけに限られ、作物も耐旱性のあるものが選ばれる。

2) Vertisolは保水力の高いことから圃場管理が困難になり、主な作付は雨期あけ後となっている。しかし、木本化し栽培期間の長い、綿、ビジョンピー等は雨期を通して栽培される代表的作物である。他に栽培期間の短い緑豆、ブラックグラムも雨期前半の降雨を利用し栽培される。乾期の作物はソルガム、トウモロコシ、チックピー等の穀類、豆類の他にベニバナ、ヒマワリ等の油料作物も栽培される。

インド及びデカン高原における土地利用と主要作物の作付状況を次に示す。

表-5は全インドの耕地、土地利用を年ごとに示したもので耕作地は全土の約45%を占め、休閑地は約8%を占めている。次に半乾燥地の中心となるデカン高原における主要作物の栽培状況乾期作物をみる。表-6にデカン高原が位置するAndhra Pradesh (アンドラプラデシュ)州をはじめとする南インド6州における主要作物の栽培面積を示し、次に地区、郡、レベルとして表-7にデカン高原南部にあるKarnataka (カルナタカ)州、Gulbarga (グルバルカ)における雨期と乾期に栽培される作物を示し、また表-8にはGulbarga District (地区) Gulbarga Taluk (郡)の主要農業統計を示した。

表-5 土 地 利 用 状 況

(1000万ha)

	1950-51		1960-61		1970-71		1976-77	
	千	万	千	万	千	万	千	万
全国土面積	3288		3288		3288		3288	
土地利用報告面積	28.43	(100.0)	29.85	(100.0)	30.38	(100.0)	30.41	(100.0)
1. 森 林	4.05	(14.2)	5.41	(18.1)	6.39	(21.0)	6.68	(22.0)
2. 耕作に利 用できない土地	4.75	(16.7)	5.08	(17.0)	4.46	(14.7)	3.95	(13.0)
(i) 非農用地	0.95	(3.3)	1.48	(5.0)	1.65	(5.4)	1.75	(5.8)
(ii) 荒地, 耕作不適地	3.82	(13.4)	3.59	(12.0)	2.82	(9.3)	2.20	(7.2)
3. 休閑地を除く その他不耕作地	4.94	(17.4)	3.76	(12.6)	3.51	(11.6)	3.36	(11.0)
(i) 永年牧草地	0.67	(2.3)	1.40	(4.7)	1.33	(4.4)	1.25	(4.1)
(ii) 樹 園 地	1.98	(7.0)	0.45	(1.5)	0.43	(1.4)	0.40	(1.3)
(iii) 可耕荒地	2.29	(8.1)	1.92	(6.4)	1.75	(5.8)	1.71	(5.6)
4. 休 閑 地	2.81	(9.9)	2.28	(7.7)	1.94	(6.4)	2.40	(7.9)
(i) 現在の休閑地	1.07	(3.8)	1.16	(3.9)	1.06	(3.5)	1.43	(4.7)
(ii) そ の 他	1.74	(6.1)	1.12	(3.8)	0.89	(2.9)	0.97	(3.2)
5. 純播種面積	11.87	(41.8)	13.32	(44.6)	14.08	(46.3)	14.02	(46.1)
二毛作以上の播種面積	1.31		1.96		2.49		2.68	
総作付面積	13.18		15.28		16.57		16.70	

出所) Government of India, INDIA, 各年版より(AICAF; インドの農業より)

それによると、主要作物はソルガムと小麦であり、南ほどソルガムが優勢となり、北ほど小麦が優勢となっている。しかし近年小麦がソルガムの位置まで南下していることは世界的な傾向と言える。半乾燥地の中心ともなる Gulbarga 地区では主要作物はソルガム、ビジョンピーであり、パールミレット、落花生、豆類も多く栽培されていることが分かる。降雨、気温の関係から、水稻、小麦もあるがその割合は僅かである。

デカン高原における作物は穀類、豆類、油料作物が中心であり気候、土壌条件から年一作がほとんどである。また、栽培方法も畜力牽引による耕耘機が発達し、粗放的農業に近い作型が主流をなしている。しかしながらソルガム、パールミレット、落花生が単一栽培される中で、混作農法が多くの地域で見受けられ、土地の有効利用がなされている。

表-6 Average Annual Area of Postrainy-season Crops in Six Indian States 1975-78 ('000 ha)

Crops	States						Total
	Andhra Pradesh	Gujarat	Karnataka	Madhya Pradesh	Maharashtra	Tamil Nadu	
Sorghum	1,088	168	1,037	18	3,373	156	5,840
Wheat	27	699	378	3,244	1,195	2	5,545
Chickpea	83	75	173	1,982	452	11	2,776
Safflower	16	0	168	1	499	0	684
Total	1,214	942	1,756	5,245	5,519	169	14,845

Source: Directorate of Economics and Statistics (1979).

混作農法は限られた土地の有効利用という面から伝統的にデカン高原で行われてきた集約農法であり、今も受け継がれ種々の栽培形態を示している。従来から混作は半乾燥地域に多く見られ、ここで発展し多種の形態を生んだものと考えられている。この起源は不安定な気候、特に年によって差のある雨期の変化に富んだ降雨量、その降り方から来る不規則な雨から安全に食糧を生産するために生じた方法と思われる。つまり数種類の種子を同時に播種することにより、その時の降雨に適したいずれかの種子の発芽を得て、確実にその年の収穫物を手に入れば自給は安全であるという発想である。また栽培面積を増やせば量的にも問題を解決できる。しかし限られてきた土地では、安全性をより発展させ増収効果をねらいとした数種の作物の組合せを、同一管理で行い空間の利用を考えたのが次のステップであり、より集約化された方法と考える。Gulbarga 周辺の調査からも同様の傾向を得ており、南部の Alfisol の地力のない土地、山岳の礫の多い畑にはより多くの種類の作物が植えられている。場所によっては 8 種類の作物が混作されていたが、その部落は非常に貧しくここでは安全型混作が主流となっていた。一方 Gulbarga の中心部のやや肥沃な土地では 2~3 種類の

表-7 Gulbarga 地域における主要作物

Source: "Package of Practices for High Yields June 1981." Northern Eastern Dry Zone in Karnataka (Gulbarga)

雨期 Kharif Crops		乾期 Rabi Crops	
Major	Minor	Major	Minor
Kharif jowar (雨期ソルガム)	Greengram (緑豆)	Rabi jowar (乾期ソルガム)	Bengal gram (チックピー)
Bajra (パールミレット)	Blackgram (ブラックグラム)	Cotton (ワタ)	Linseed (リンシード)
Redgram (ビジョンビー)	Minor millets (ヒエ, アワ類)	Safflower (ベニバナ)	Wheat (小麦)
Groundnut (落花生)	Sunflower (ヒマワリ)		Horsegram (ホースグラム)
Sesamum (ゴマ)	Paddy (水稲)		
	Drilled paddy (陸稲)		
	Horsegram (ホースグラム)		
	Castor (ヒマ)		

表-8 Gulbarga における主要農業統計

		Gulbarga (Taluk)	Gulbarga (District)
全 面 積	Geographical area	173,165 ha	1,610,208 ha
森 林 地	Forests	467 ha	74,610 ha
耕 作 不 適 地	Land not available for cultivation	11,324 ha	116,534 ha
耕作されない土地	Other uncultivable land	6,632 ha	63,652 ha
休 耕 地	Fallow land	60,093 ha	171,909 ha
純 播 種 面 積	Net area sown	94,649 ha	1,183,503 ha
純 灌 漑 面 積	Net area irrigated	3,523 ha	27,342 ha
水 稻	" under paddy	762 ha	12,199 ha (1979-80)
ソ ル ガ ム	" jowar	31,568 ha	304,893 ha
シ コ ク ビ エ	" Ragi	32 ha	2,290 ha
パ ー ル ミ レ ッ ト	" Bajra	5,690 ha	115,393 ha
小 麦	" Wheat	4,635 ha	32,562 ha
ヒ エ, ア ワ 類	" Minor millets	3,999 ha	43,535 ha
緑 豆 類	" Gram	4,232 ha	39,507 ha
他 の 豆 類	" other pulses	6,057 ha	90,303 ha
ビ ジ ョ ン ビ ー	" Tur	18,900 ha	151,911 ha
サ ト ウ キ ビ	" Sugarcane	515 ha	2,373 ha
ワ タ	" Cotton	101 ha	105,891 ha
落 花 生	" Groundnut	6,431 ha	100,918 ha

Source: "Gulbarga a District at a Glance 1979-80 Government of Karnataka"

作物が混作され集約的に栽培されており、土地の有効利用に混作の目的がある。

それでは次に混作の形態と特徴をデカン高原の踏査結果をもとに分類してみる。

1) 散播法

数種類の種子を一区画の畑に散播し、粗放的に栽培する。作物の種類は多く、しかしスパイス類のような主食でないものが栽培され、生育期間の短いものを選ばれる。空いている土地を利用する機会が多く肥沃でない畑に見られ、空地利用型として現在確認できる。(写真版28)

主な作物：コリアンダー、ナイジャード、リンシード、ベニバナ

2) 点播法

一穴に数種類の種子を播種するもので、自給用収穫物を確保する安全保障型栽培である。山間地の土地の肥沃でない伝統的部落にある畑で多く見られる原始的な方法と思われる。

主な作物：アワ(Foxtail millet)/ササゲ(Cow pea)/ソルガム/ビジョンビー

3) 条播法

i) 混植条法

一畝の中に数種類の種子が条播される場合で、散播に近いがローカル播種機(タイプバン)により播種される。土地が貧しいほど栽培される作物の種類は多い。(写真版33)

主な作物：ソルガム/パールミレット/ビジョンビー/ゴマ/コリアンダー/ササゲ/アマランサス

ii) 単一条法

畝内は同一種子であるが畝ごとに数種類の作物を集約的に栽培し、畝間の空間を有効利用する方法で、ほとんど播種機による栽培である。収量が期待できるほど作物の種類は減る傾向にあり、作物間の主従関係が強くなる。(写真版29～31)

主な作物：ソルガム、ビジョンビー、パールミレット、ワタ、ゴマ、緑豆

iii) 点条播法

畝に播種する場合、一定間隔に播種を行う。時には移植法も導入される場合もあり、点播と条播を混ぜた型で灌漑施設が利用されることもある。また果樹等の永年作物との混植が図られることもある。(写真版32, 35)

主な作物：トゥガラソ、タマネギ、ワタ

その他播種時期をずらした組合せを行うRelay法など作物ローテーションを考慮した複雑な方法も存在する。

混植の目的は有効土地利用や収穫物の安全確保性だけでなく、他の用途も考慮されており次にこれを要約したい。

- 1) 安全性(収穫物保障)
- 2) 多収性(土地利用)
- 3) 自給のための種類の多様性

4) 管理的利点

- ① 他作物への遮光効果
- ② 病虫害回避
- ③ 地力維持(豆類による窒素固定)

5) 家畜飼料の入手(ワラ類)

6) 燃料の入手(ビジョンビーの残根, 茎)

混作の他に多毛作による増収法も一部の地区で見られるが、二毛作は伝統的天水農業では自然の厳しさからあまり多く見られない。雨期か乾期のどちらか条件のよい方を選び栽培し、特にソルガム、パールミレット等では地力維持の意味もあり年一作が主流を占める。

Ⅲ Vertisol Management Technology

農民の収入の増加は生産物の価格問題を別にすれば、収量を上げることによってもたらされる。増収効果は主として2つの方法により達成される。

即ち、1) 絶対的栽培面積の拡大 2) 単位面積当たりの増収である。この2点はさらに次の要素から成り立つ。

前者は①新規開墾 ② 多毛作による土地利用によってもたらされる。

また後者は①品種改良 ②施肥管理技術の改良 ③灌漑排水技術の導入 ④病虫害防除 ⑤除草、中耕等圃場管理技術の改良によってもたらされる。ICRISATは新規開墾を除く既耕地からの増収方法、即ち、作付体系の改良に積極的に取り組むとともに単位面積当たりの増収を目的とした集約的栽培技術の現地適応化に重点を置いている。

デカン高原における畑作は殆どどの地区で年一作の営農体系から成り立っている。また、この営農体系は土壌条件によって栽培時期が異なる。Alfisol 土壌においては雨期作が主体となり、Vertisol土壌では乾期作が主体となっている。即ち、Alfisol では乾期の水不足から年一作に限定されている。

本来サバンナ気候帯では夏雨期に栽培がなされるがVertisol に限っては粘土の含有量が多く、雨期における圃場管理の困難性から雨期明け後に栽培が行われる。

1. Vertisol Management Technology とは

ICRISATは粘土含有量の高いVertisolに対する intensive improved management technologyを確立している。この技術は天水農業において経済的且つ、小農が受け入れ易い技術であることを特徴としている。

これは多毛作、混作による集水域(watershed)単位の広幅畝立て法(graded broad bed and farrow system)による排水と保水の効果、最少有効耕起法(minor tillage)の導入による適期耕作の工夫等増収課題に対し、種々多々な技術を体系化したものである。

内容を要約すると下記の通りである。

- 1) 降雨の有効利用及び地表水の排水改良を目的とした集水系(詳細Ⅲ-3-(2))の導入
 - ① 広幅畝立て法: 0.4~0.8%の勾配に合わせた1.0 m幅の畝を立て、その上に耕作し、畝間及び畦畔を排水溝や耕作道として利用
 - ② 排水溝: 自然の勾配を利用し3~4 cm幅の草生路を1.5~2%の勾配で作り畝間からの地表水を排水促進し侵食を最少限に防ぐ
- 2) 畜力牽引耕耘機(animal drowing wheeled tool carrier)
(詳細Ⅲ-4-(2)):
適正土壌水分確保を目的とした耕起作業

3) 乾期播種 (dry sowing) の導入

雨期における播種作業の困難さを解決するために播種を雨期入り直前に行う。

4) 作付体系の改良：土地の有効利用を目的として作付体系として年間二つの作物の栽培を導入。

- ① 二毛作 (雨期作+乾期作)
- ② 混作 (作物の生育ステージを利用した混作)

5) 適正肥培管理

- ① N, Pを元肥 (待肥) として適量を深めに施肥
- ② Nを畝間追肥として導入
- ③ Znの施肥導入

6) 中耕除草の導入

農機具による中耕除草作業の能率化

7) 改良農具 (WTC) の導入による経済的、且つ作業の安易さ

8) 改良優良種子の利用

F-1品種, 選抜品種—高収量, 病虫害抵抗性品種—の導入

9) 適期病虫害防除

10) 補助的灌漑として, 第1作期に1~2回畝間に灌水を行う (water harvestによる supplemental irrigation の導入)

2. 改良技術とその効果

(1) 作付体系及び栽培

i) Vertisol における伝統的作付体系

Vertisol における伝統的作付体系は cereal crops (禾穀類) と perenial crops (永年性作物) を一年毎に乾期に栽培するものである。

一年目に cereal crops の栽培を導入すれば, これらは雨期あけ後の乾期 (Rabi) に栽培される。つまり雨期 (Kharif) は降雨パターンの振れが大きく短期栽培作物の栽培においてリスクであることや, 除草, 地力維持に問題があるため休耕とし, 栽培が安易な乾期に耕作がなされるのである。ここでの cereal crops は主食となる。

作物で少降雨量に適した作物, 即ちパールミレット, ソルガム, トウモロコシ, 小麦等が選ばれる。デカン高原の中央部ではソルガムが耐旱性作物という利点から主食として栽培されている。これに続き二年目は long duration crop (長期栽培作物) として perenial type (shrub or bush type) の作物が選ばれる。それらはビジョンビー, 綿, であり播種期間が比較的長く選べることから不規則に現われる雨期の降雨においても播種をミスすることが少ないこと, また早魁に強いこと (根の発達が良い) 等が半乾燥地

における不安定な天候に順応できる理由である。これらの作物を基本として緑豆，ブラックグラム，ゴマ，ナイジャーシード，ヒマワリ等の短期栽培作物が雨期に混作または混植（intercropping）される場合が多い。またある地区では乾期にソルガムを栽培する代わりにトゥガラシ等の換金作物が植えられることもある。

伝統的作付け体系の概略を図-9に示す。

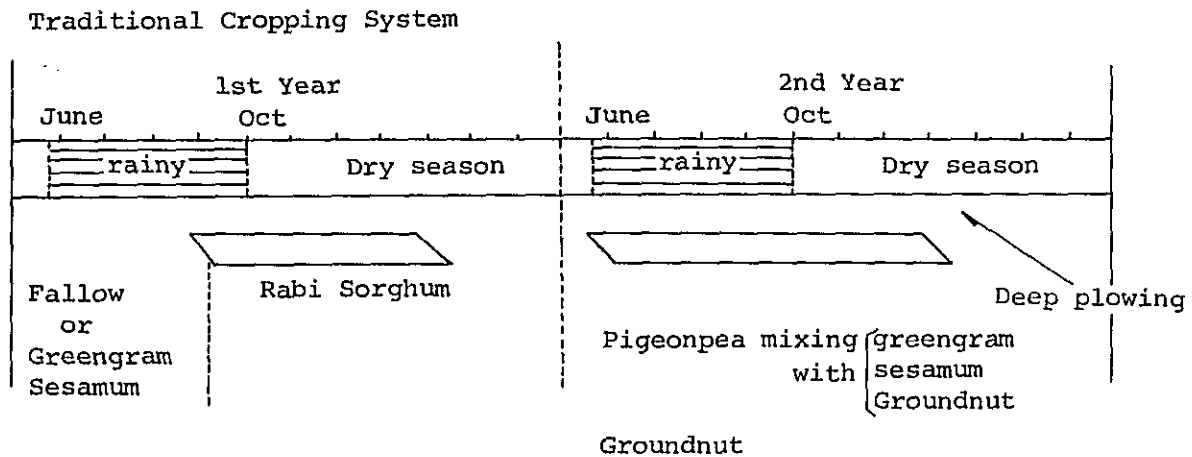


図-9 伝統的作付け体系

II) 改良作付け体系 (improved cropping system)

この改良作付け体系は増産を図るため耕地の有効利用に基本を置いている。栽培困難な期間を技術的に克服し2作，3作目の多毛作を導入すること，また作物のコンビネーションを考慮し生育ステージの違いを利用した混植による耕地有効利用を主要な内容としている。

改良作付け体系は，この多毛作と混作を組合せ，隔年ごとに相互に導入した改良作物栽培体系で，より面積の拡大を図るものである。

図-10と表-9，10に示されるように，インドにおけるVertisolの雨期は長期栽培作物の栽培を除き，ほとんど休耕される。Farhatabad村(Karnataka州)周辺における雨期作の約53%はビジョンピーとその混植，及び落花生栽培で占められ，残りの47%は次の乾期作物栽培のために休耕される。休耕地の耕地全体に対する割合は郡レベルでもGulbarga郡のようにFarhatabad村における割合と同じ傾向を示す。このことは雨期の休耕地に何らかの作物が導入されれば大きな作物増産となることを意味している。

しかし，このためには雨期における栽培の技術的困難さを解決させねばならない。

混作については土地の有効利用を目的としたlong duration(長期栽培作物)とshort duration(短期栽培作物)作物の組合せ，または地力を考慮した豆科作物との組合せが主

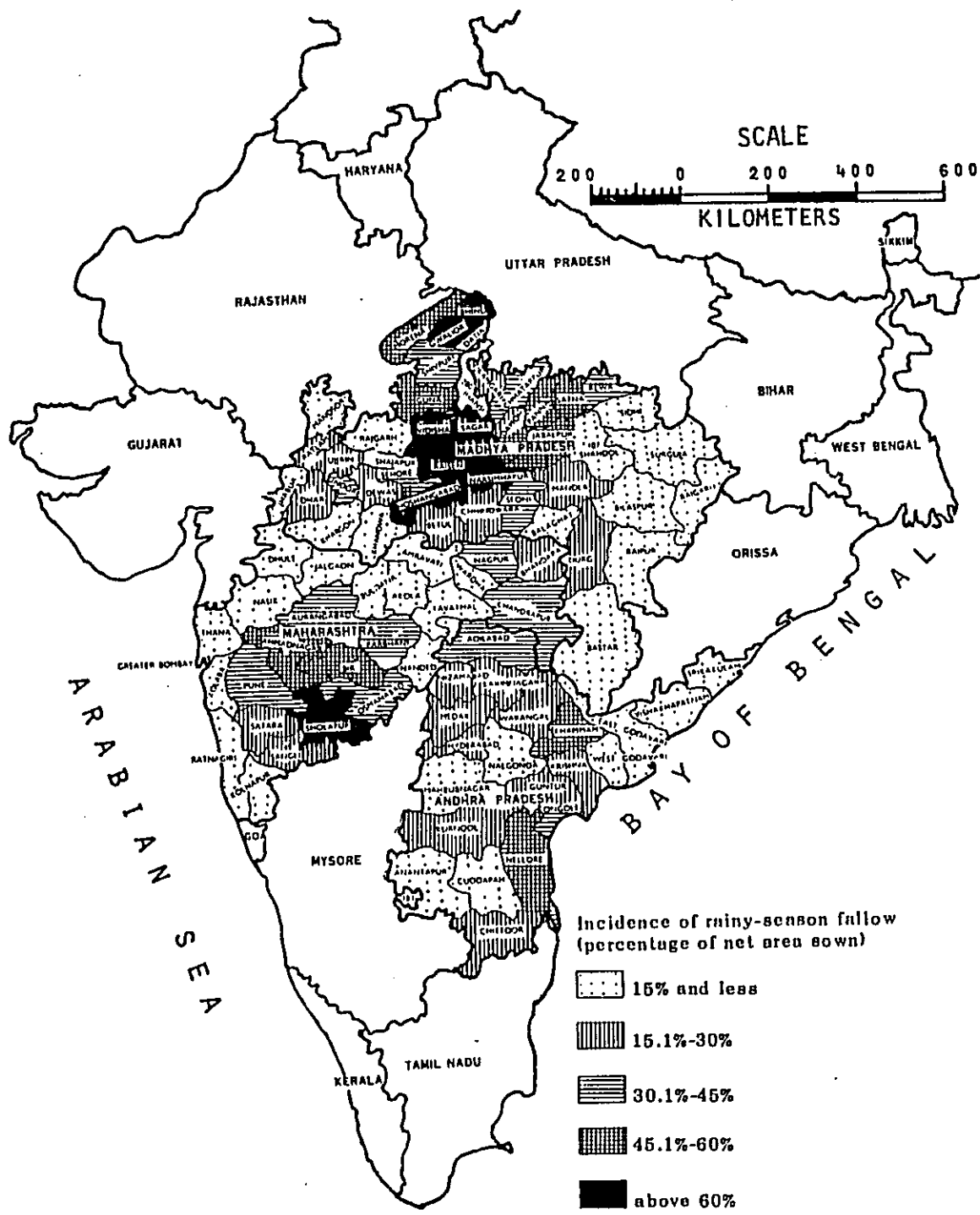


図-10 デカン高原三州における雨期作が休耕となる地域

Extend of rainy-season fallows in three of the semi-arid tropical states of India-Andhra Pradesh, Madhya Pradesh, and Maharashtra. (Source:ICRISAT)

表-9 Estimates of Extent of Rainy-season fallow in India

State	Years	Average annual area of rainy-season fallow ('000 ha)	% of net sown area fallowed in rainy-season
Madhya Pradesh	1971-78	5,378	29
Maharashtra	1971-75	4,642	27
Andhra Pradesh	1972-78	2,253	20
Total 3 states	--	12,273	26
India	1970-71	26,200	19

Sources: Compiled by G. Michaels from data in Directorate of Agriculture (various years), Bureau of Economics (various years) and Government of Maharashtra (various years) and Malone (1974). (ICRISAT)

表-10 Bench Mark of Farhatabad Agriculture 1981 (100 ha) (by Nishimura)

Item \ Crops	Rabi sorghum	Pigeonpea/groundnut	Pigeonpea/pearl millet	Pigeonpea/greengram	Groundnut
1. Crop area (ha)	40.66	38.17	3.46	3.75	7.75
2. Yield (Q)	508.81	PP 248.24 GN 114.56	PP 9.0 PM 1.73	PP 42.19 GG 15.94	74.19
3. Yield (Q)/ha	12.51	PP 6.50 GN 3.00	PP 2.60 PM 0.50	PP 11.25 GG 4.25	9.60

備考 Q: Quintale (100kg) PP: ビジョンピー
GN: 落花生 PM: パールミレット
GG: 緑豆

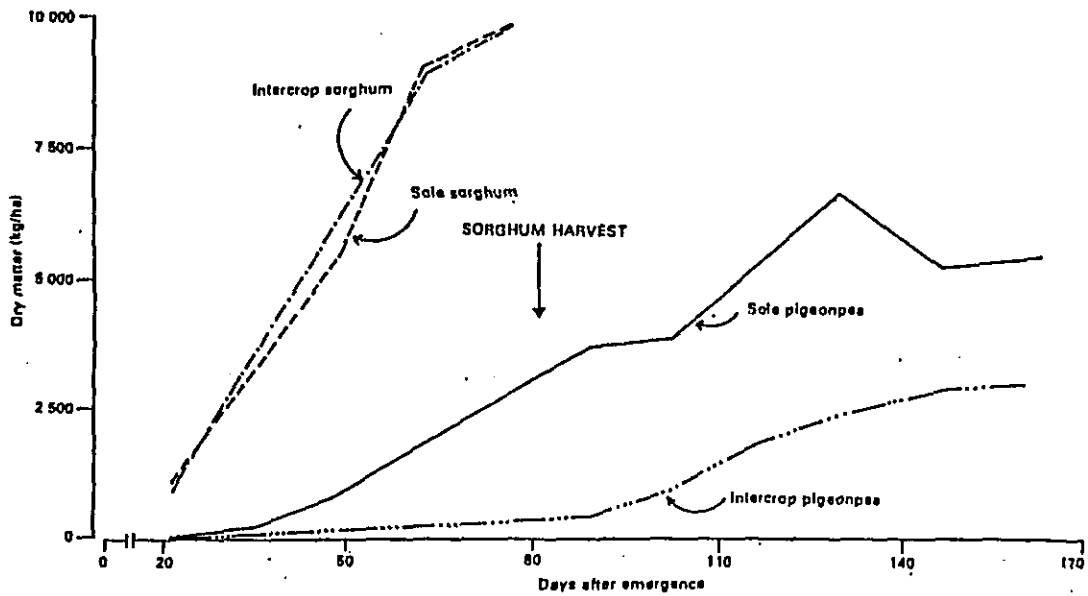
体となっている。特にビジョンビーを中心にソルガム、トウモロコシ、ゴマ、緑豆等との組合せに良い結果を得ている。これらのいくつかの組合せについて生態的解析を図-11, 12に示す。また混植の作付方法については二毛作の植付方法と同様に圃場のモデルを図-13に示す。混植と二毛作を組合せた改良作付体系として奨励できる作付体系を図-14に示す。(図-9と対比できる)

作付体系の改良は半乾燥地農業における重要な要素であるがまた、伝統的な作付体系が安全であることからより一層科学的な解析のもとに、より適した作付体系を見出す必要がある。表-11に ICRI SAT で試みられたいくつかの作付体系の結果を示す。

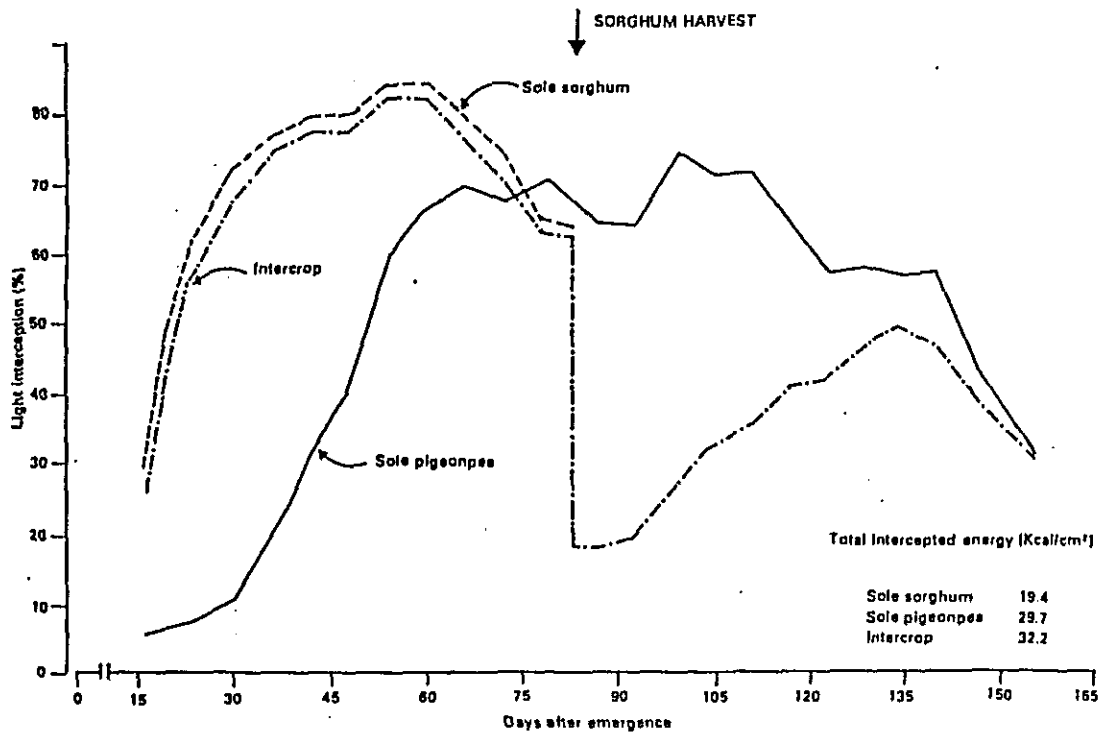
(2) Dry sowing(乾燥期における播種)

この方法は雨期作栽培を可能にさせる方法としてまた、伝統的農法を安定化させることを目的として考案されたものである。雨期に入る直前に播種を実施することにより雨期入後に行われている通常の播種作業に比べ作業を安易にすること、限られた降雨を有効に発芽に利用できること、栽培期間を約1週間早めることが可能となる点などを特徴としている。しかし、このように有利な反面、播種日の設定(雨期入が不安定である)を統計により決めるため確率の誤差を生じるおそれがある。乾期における Vertisol の状態は固くなっているため事前(pre-monsoon直後または前作収穫直後)に圃場を耕耘するなどの準備を必要とし、この際力の強い耕作機が必要となる。最初の十分でない降雨によって種子が発芽したものの、次の降雨までに発芽した作物が枯れる恐れがある等の問題点もある。しかし、dry sowingによる増収効果は大きく、これを適確に導入することによって vertisol management technology の効果があがるというのが一つのキーポイントとなっている。

モンスーン影響下における半乾燥熱帯地の気候の特徴は雨期と乾期つまり、湿潤条件と乾燥条件が1年間にはっきり現われることである。dry sowingはこの特徴を利用し、より確率よく雨期入りを予測し、播種日を決定するものである。このdry sowingの技術そのものは雨期入り前に播種すること及び、やや深植えをすることであり、特に難しさはないが播種のタイミングの取り方にやや難点がある。dry sowingを行う時期は今までの雨量データから統計分析を行い決定されるが、この解析方法には"Markov Chainの確率"が用いられる。これは10mm, 20mm……50mm等それぞれの降雨が期待される確率を週毎にもとめ、50%以上の確率が出ればその前の週を播種する機会として定める方法である。作物の種類、安全度に応じて10mm, 20mm……等雨量レベルを選び確実に多くの雨が必要な作物の場合50mm等の多降雨量の値を選ぶ必要がある。たとえばソルガム、緑豆のような作物は10mmか20mmレベルで良いであろうし、綿等の種子が高価で再播種の困難または、失敗による農家負担の大きな作物は40mmか50mmレベルを選択する必要がある。インドにおいてICRI SATが行っているこの確率のもとめ方を次に示す。



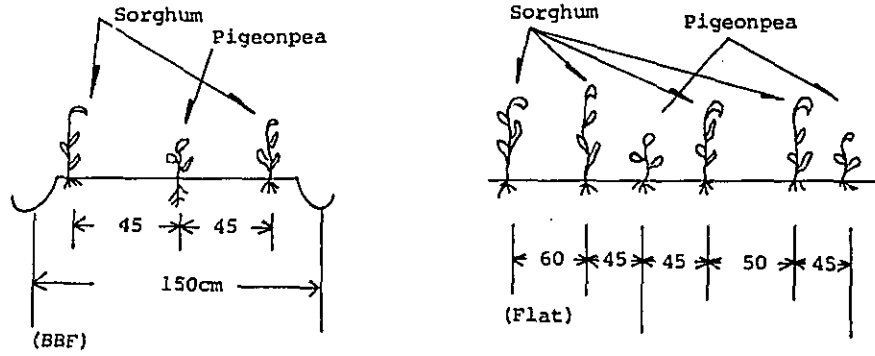
☒ - 11 Dry-matter accumulation in sole sorghum and pigeonpea and in sorghum/pigeonpea intercrop on Vertisols at ICRISAT Center (ICRISAT Experiment 1, 1977).



☒ - 12 Light interception by sole sorghum and pigeonpea and sorghum/pigeonpea intercrop on Vertisols at ICRISAT Center (ICRISAT Experiment 1, 1977).

(Cropping pattern)

1) Intercropping (Sorghum/Pigeonpea)



2) Sequence (Maize following with chickpea)

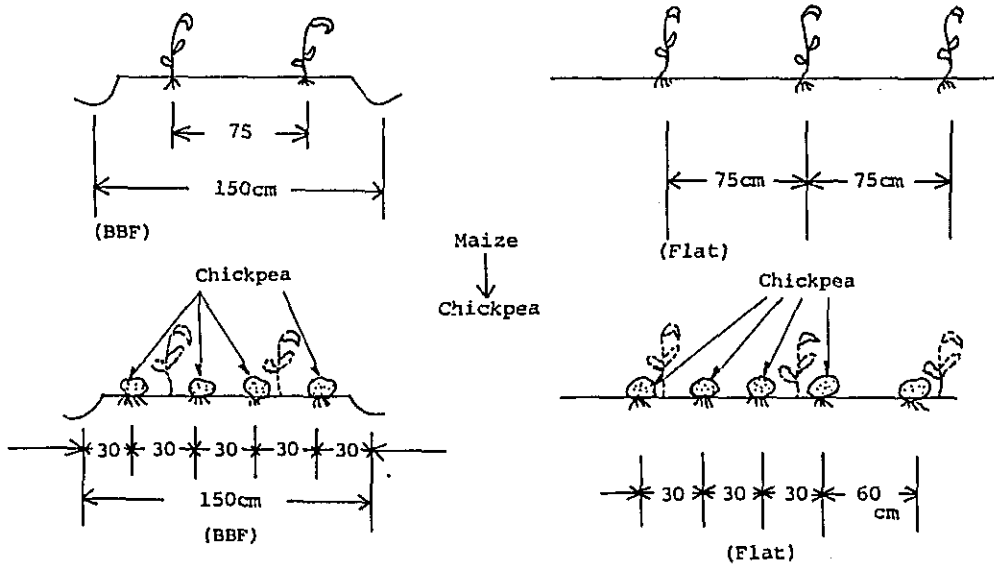


図-13 畝立て法による改良作付方法の模式図

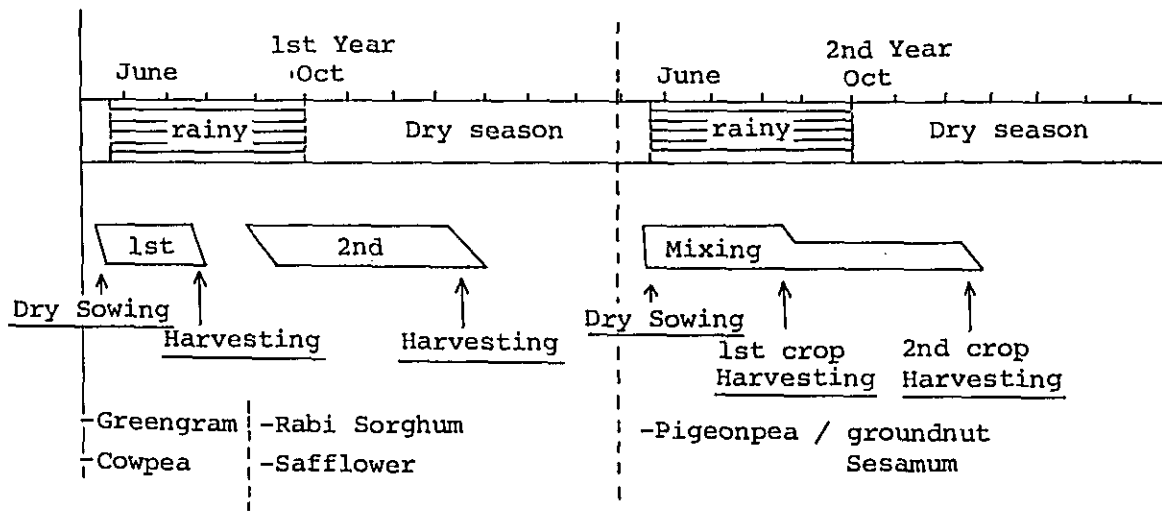


図-14 改良作付体系

表-11 Grain Yields (kg/ha) from Various Cropping Systems Grown on Deep Vertisols at ICRISAT Center

Treatments	1977 - 78		1978 - 79		1979 - 80		1980 - 81	
	Rainy season crop yield	Post rainy season crop yield	Rainy season crop yield	Post rainy season crop yield	Rainy season crop yield	Post rainy season crop yield	Rainy season crop yield	Post rainy season crop yield
Fallow + relay sorghum	-	2,891	-	2,753	-	2,709	-	-
Fallow + sequential sorghum	-	2,864	-	2,569	-	-	-	-
Fallow + relay pigeonpea	-	890	-	812	-	1,099	-	-
Fallow + sequential pigeonpea	-	684	-	740	-	-	-	-
Fallow + relay chickpea	-	1,013	-	1,139	-	-	-	-
Fallow + sequential chickpea	-	1,456	-	1,361	-	1,502	-	-
Maize + relay sorghum	4,017	3,068	3,307	2,694	3,187	2,602	-	-
Maize + sequential sorghum	4,017	3,044	3,307	2,650	3,157	2,413	-	-
Maize + relay pigeonpea	4,017	911	3,307	723	3,160	840	3,267	613
Maize + sequential pigeonpea	4,017	732	3,307	663	3,031	622	-	-
Maize + relay chickpea	4,017	972	3,307	1,100	3,048	977	-	-
Maize + sequential chickpea	4,017	1,279	3,307	1,382	3,018	1,446	3,339	Failed
Sorghum + relay sorghum	3,125	1,002	2,529	2,344	3,836	2,443	-	-
Sorghum + sequential sorghum	3,125	648	2,529	2,123	3,751	2,209	-	-
Sorghum + relay pigeonpea	3,125	529	2,529	656	3,604	822	3,827	548
Sorghum + sequential pigeonpea	3,125	377	2,529	598	3,896	541	-	-
Sorghum + relay chickpea	3,125	193	2,529	935	3,752	814	-	-
Sorghum + sequential chickpea	3,125	167	2,529	1,145	3,530	1,431	3,725	Failed
Sorghum + ratoon sorghum	-	-	-	-	3,634	1,864	3,778	Failed
Mungbean + sequential sorghum	-	-	-	-	616	2,582	-	-
Sorghum/pigeonpea intercrop	-	-	-	-	3,597	1,061	3,623	1,284
Sorghum/pigeonpea intercrop/ratoon sorghum	-	-	-	-	3,655	989/262	-	-
Sorghum/pigeonpea intercrop/sequential chickpea	-	-	-	-	-	-	3,661	1,200/Failed
Maize/pigeonpea intercrop	-	-	-	-	2,991	1,105	3,224	1,154
Maize/pigeonpea intercrop/sequential chickpea	-	-	-	-	2,989	1,057/528	3,178	1,305/Failed

"Relay" and "Sequential" after fallow are used to indicate that of sowing not cropping system.

降雨の確率の求め方

ここでの確率は週単位で表現することとし、1月1日から1週間毎に第1週、第2週とする。

Initial probability

ある週のある一定量の降雨確率…………… P (W)

Conditional probability

ある週の降雨があった場合の次週の降雨確率…………… P (W / W)

ある週の乾燥であった場合の次週の降雨確率…………… P (W / D)

Conditional probabilityの求め方は作物の種類等により降水量を5mm, 10mm, 20mm……………等の条件に定めて週毎に確率計算してその条件の降水確率を求めるものである。

Initial, 及びConditionalの確率はある一定量の降雨を得る相対的なチャンスを決定するのに役立つ。また、これは統計的な実験式であるため少なくとも20年、振れの大きい所では30年以上のデータが必要となる。データの表わし方はMarkov Chainによって材料を処理し、一定(期待)の降雨量以上の条件をW、一定(期待)の降雨量以下の条件をDとする。

2つの条件の場合

- (1) i番目の週のDi (乾燥状態)の確率
- (2) j番目(i週の次週)の週のWj (降雨状態)の確率

$$P(W_j) = \frac{N(W_j)}{N} = \frac{j\text{週}のWに達した年数}{採取年数}$$

$N(W_j) = j$ 週におきたWの回数

$N(D_j) = j$ 週におきたDの回数

つまり $N = N(W_j) + N(D_j)$

同様にi番目(前週)は

$$P(D_i) = \frac{N(D_i)}{N} = \frac{i\text{週}のDになった年数}{採取年数}$$

また、同じことがi週(今週)期間の乾燥(D)の確率は、j週(次週)の降雨(W)の確率を求めることが出来る。たとえば $P(D_i/W_j)$; 今週がDで次週がWの確率、つまりDi (i週にDとなる)が実際におきたとするとWj (j週にWとなる)となる確率はどのように変わるか。

それは

$$P(W_j | D_i) = \frac{P(W_j)P(D_i/W_j)}{P(D_i)}$$

として求められる。

もし $P(W_j, D_i)$ の合同確率分布を知れば

$P(W_j, D_i)$ の conditional の確率が得られる。

$$P(W_j/D_i) = \frac{P(W_j, D_i)}{P(D_i)}$$

$P(D_i/W_j)$ 今週 D (乾燥) で来週 W (降雨) になる確率

$$P(W_j, D_i) = \frac{P(W_j)P(D_i/W_j)}{P(D_i)} ; \frac{(来週Wとなる確率) \times (今週Dで来週Wとなる確率)}{今週Dであった確率}$$

例として

$$P(W_j/D_i) = \frac{P(W_j, D_i)}{P(D_i)} \text{ として conditional の確率が求められる}$$

この式をもってデータをコンピュータにインプットして各地ごとに整理しておけば必要な地域の確率を求めることが出来る。

降雨と蒸発散位の統計的データによる雨期作栽培の解析例

Sholapur(Maharashtra state), Hyderabad(ICRISAT Center)における降雨確率の週別データ解析

Initial probability ; 一週間の雨量/蒸発散位 ≥ 0.33 の確率

Conditional probability ; ① 今週が乾燥状態で次週雨の降る確率

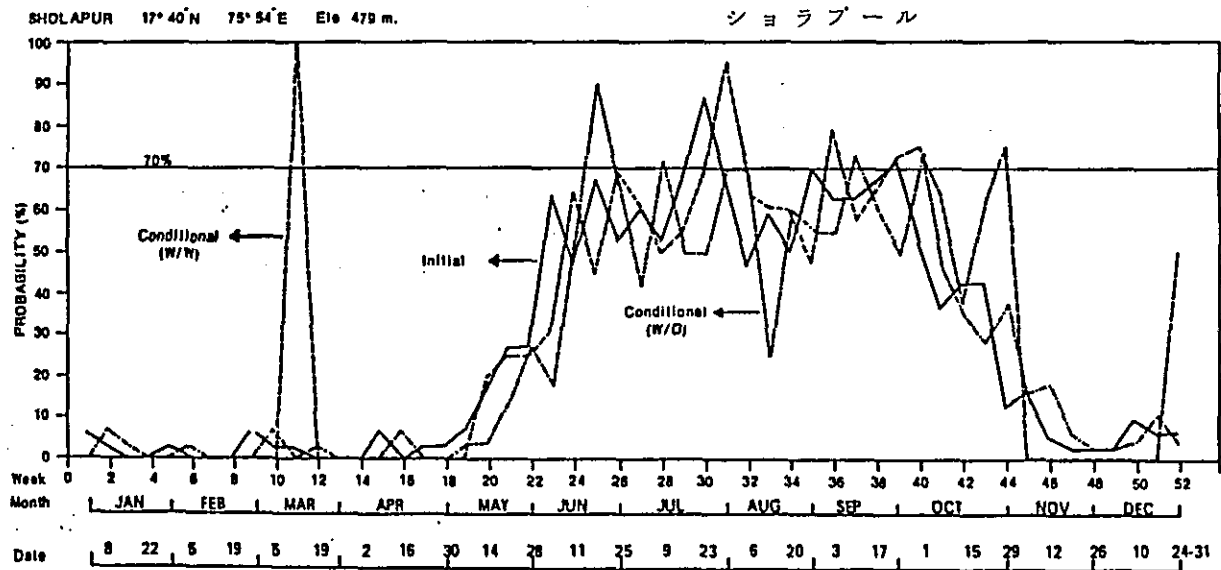
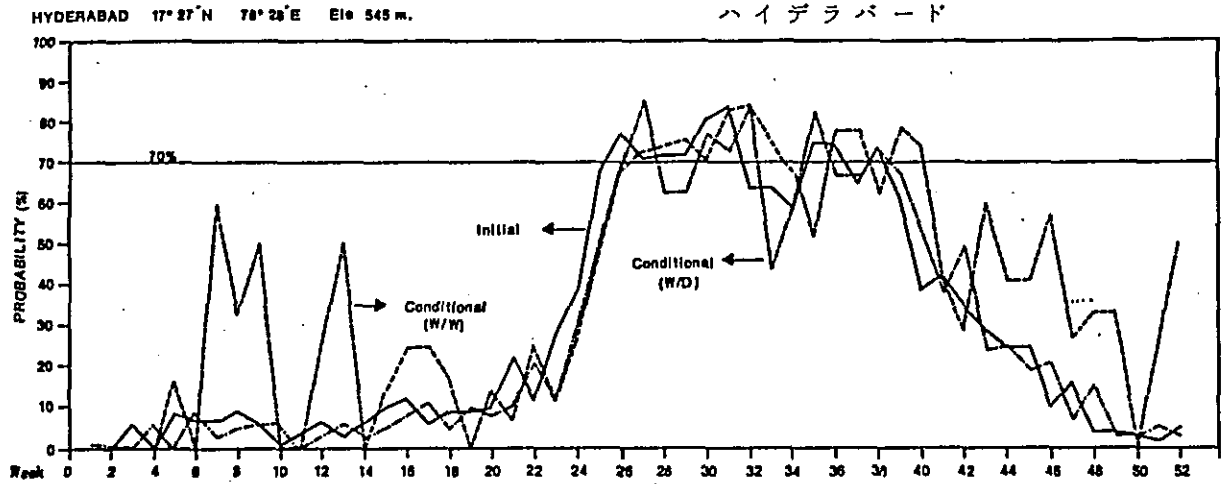
② 今週が湿潤状態で次週雨が降る確率

表-12 Sholapur と Hyderabad の気象データ

Station	Mean Annual Rainfall(mm)	Mean Annual PE(mm)	Crop Growing Season	
			Actual Period	Days
Sholapur	742	1802	8 Jun. to	22 Nov.148
Hyderabad	764	1757	12 Jun. to	8 Nov.130

initial probability を知るにより有効降雨のある確率が分かり、これにより播種日を設定することが出来る。つまり initial probability が70%以上であればほぼ確実に雨が降るので dry sowing はこの一週間前に済ませる必要がある。しかし、これは統計的なものであり実際にはその年のモンスーン発達状況を考慮し、また地域特性も考え合わせなければならない。表-12に示した Sholapur と Hyderabad 両地区における雨量、蒸発散位、作付期間等は非常に類似した値を示している。

一方、図-15に示すように雨期入などのデータの全体は類似しているが、雨期(第22週~40週)における initial probability は Hyderabad が70%とより高く安定して



☒ - 15 Initial and conditional rainfall probabilities of R/PE 0.33 at two selected semi-arid Indian locations.

いる。反面、Sholapurではこの確率がHyderabadに比べ50～60%と低く、且つ一定していない。この違いをSholapurの雨期について考えてみると雨の降り方にむらがあり、局地的な降り方であり、且つ有効降雨の確率が低いということになる。実際Sholapurの農家では雨期作栽培はほとんど実施しておらず、現地実証プロジェクトでもここでは良い結果が得られていない。つまり雨期作をするのに期待できる十分な降雨がないことになる。そこで同じVertisolという条件の中でも雨期入りの確率を考慮しdependable rainfall地区とindependable rainfall地区を区分して雨期作栽培導入の指針にしている。

インドにおけるVertisol地区を解析したデータを図-16に示す。

3. 耕作技術と圃場整備

(1) 概要

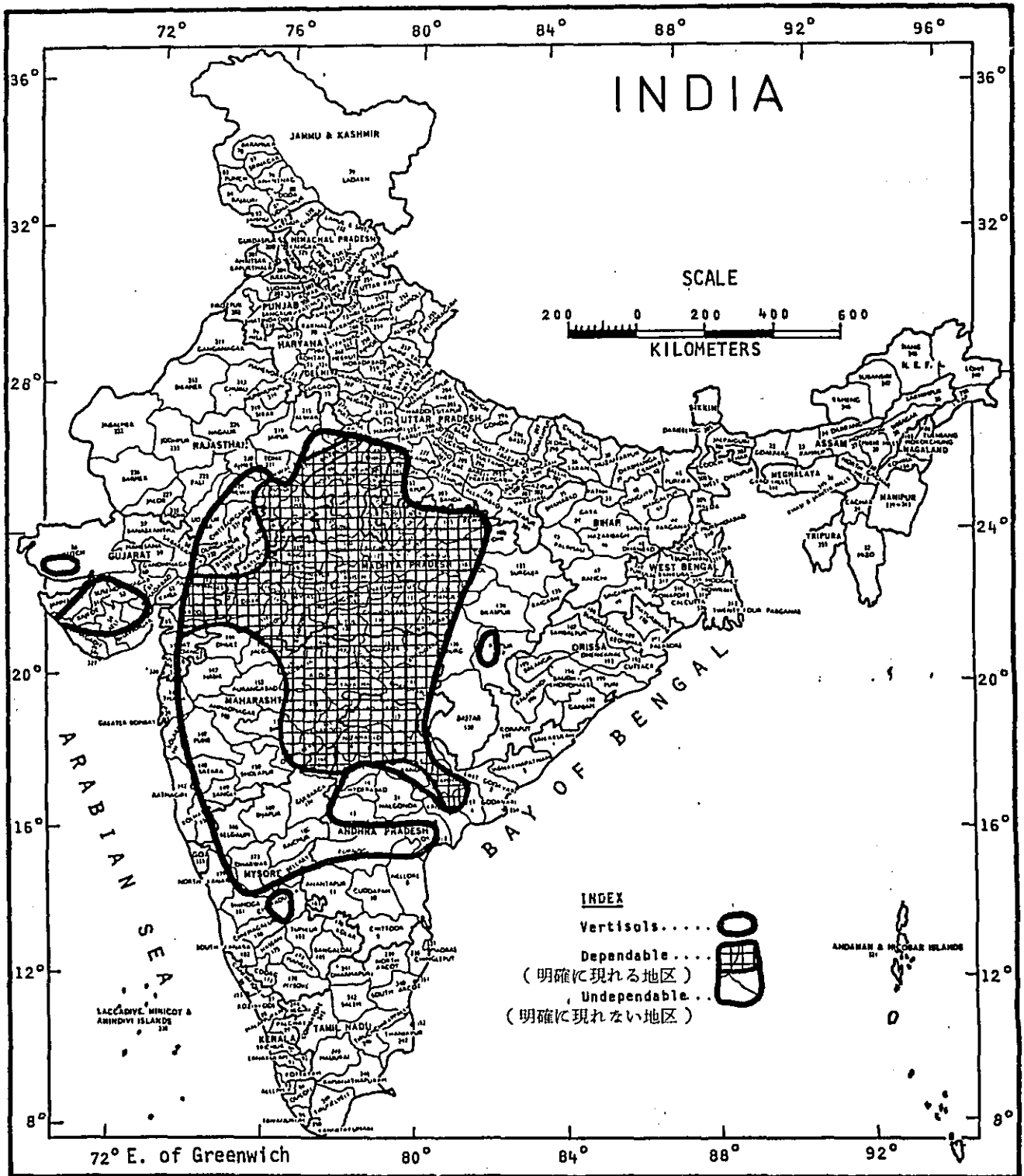
モンスーン地帯の気候的特徴は雨期、乾期がはつきりと現われることである。乾燥、半乾燥地帯、モンスーン地帯では雨期における雨量は異なるものの北半球では降雨が雨期に集中する類似したパターンとなる。そのためここでの大きな農業問題は雨期における水のコントロールと乾期における水の供給である。この問題は多額の資金を土地改良事業に投入すれば解決できるものである。しかしながら工業化の遅れている国々、または石油を産しない開発途上国では土地改良事業に多額の投資をすることは困難である。また、これらの国では農業部門の生産がGNPの70～80%を占めることから、この部門の重要性から何らかの解決が求められている。

前章でも述べたが半乾燥熱帯地域（植相はサバンナまたはステップ）は夏雨型であり作物栽培は主に雨期に行われる。そして粘土分を30%以上含むVertisol分布地域においては乾期前半（post rainy season）に栽培が行われる。これはインドデカン高原の畑作地帯における農業の特徴であり、農業生産の経済性安全性から人々が昔から実施してきた伝統的方法である。

ICRISATでは特にVertisolにおいて“天水条件”でWatershed Management（集水系単位圃場管理）とBroad Bed and Furrow（BBF：広幅畝立て耕作法）の導入により雨期における作業の容易性と水管理による増収という結果を得“Vertisol Management Technology”として一連の改良農法一パッケージ技術一を確立した。しかし、watershedベースBBF法における土地改良基盤整備費は比較的安いという利点があるものの必ずしもすべての地区（地形）に導入できるものでなく、また気象条件により効果の違いがあるという問題点も残されている。

(2) Watershad（集水系）単位による圃場管理技術

通常watershadというと“流域界”と訳され、降雨が河川に集められ利用される地域を指し、降雨が採集され水収支が完結する地域を意味する。しかし、本報告では10～100haの圃場域（単位）で水収支を完結させたものをwatershadと呼ぶことにし、on-farm(末



The Vertisol areas of India where rainfall is dependable and undependable.

図-16 インドにおける Vertisol の分布と雨期入りが明確に現れる地区と現れない地区

端圃場)レベルのもので、“集水系”と称したい。また最近この考えを基本として1,000～3,000ha単位のmicro-watershedと呼ばれるやや拡大した地区を対象として水収支完結を図る開発計画が考えられている。したがって、“watershed”は扱う規模により次の様に区分されよう。

- ① 10～100ha..... on-farm watershed
- ② 1,000～3,000ha..... micro-watershed
- ③ 1水域..... watershed

ICRISATの技術が対象としているのは on-farm watershedであり、10～30haの圃場内で降った雨を有効に利用し、且つ排水を良好にする建て前から対象地区の水をコントロールすることに主眼を置いたものである。

集水系内の圃場整備にはレベリングを行うことに多額の費用が必要となるが、中小農民では資金的負担が大きく、実施はむずかしい。そこでICRISATでは自然のスロープを使用し、畝立て法を施し、0.4～0.8%の勾配に合わせた畝間を排水溝として利用し、降った雨を集める方法を導入した。畝立て法は“BBF”と呼ばれ、幅1m畝間50cm高さ30cmの畝が作られる。畝間からの水は自然勾配を利用して2～3%の勾配に合わせて作られたwaterway(排水溝)に集められる。erosion(土壌浸食)を防ぐためwaterwayには草をはりgrass-wayとする。降った雨のrunoff water(地表水)は畝をつたわり、waterwayを経て最終的にwatershed外に重力(自然)により排出される。この排出された水を積極

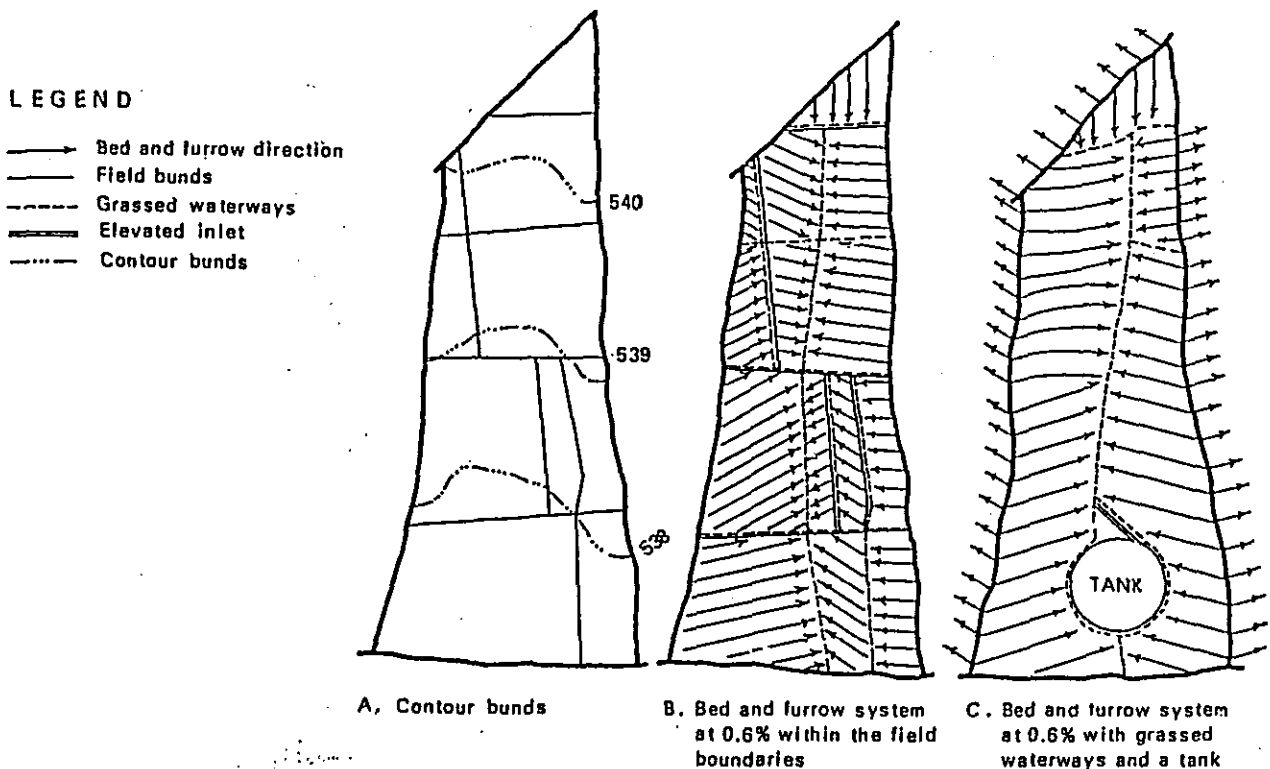


図-17 Watershed ベースによるBBF導入改良耕作法

的に集めタンク等に貯水し、次期作付に利用する方法を“water harvest”と呼び、水の有効な利用法として半乾燥地のコストの安価な灌漑技術となっている。

これを模式化して図-17に示す。

B図は幅150cm、0.6%スロープの畝立てを在畑境界内(field boundary)にほどこし、現在も使用されている。C図は畑境界を取り除き、草排水路と池を作り恒級的な畝立て法を施し、より改良したもの。A図は従来からの畑境界線を示したものであり小農の間ではこれを取り払うことは難しい。

通常BBF法が導入出来る地形はwatershed内の自然勾配を1~5%持つ必要がある。1%以下ではgravity(自然の重力 落差)による排水効果が遅く、且つ難しくなる。また地形が険しすぎても機械農具の導入が困難となり、BBFの作成がむずかしくなる。

BBF作成における留意点を要約すると

- ① depression line(低位部: 沢)を排水溝(waterway)として設計すること。
- ② ベッド(畝)の長さは100^{*1}m以内とし、スロープを0.4~0.8^{*2}%に合わせるための地形を選択する。
- ③ ベッドの方向はできるだけ同じ向きとして設計する

実例を図-18に示す。

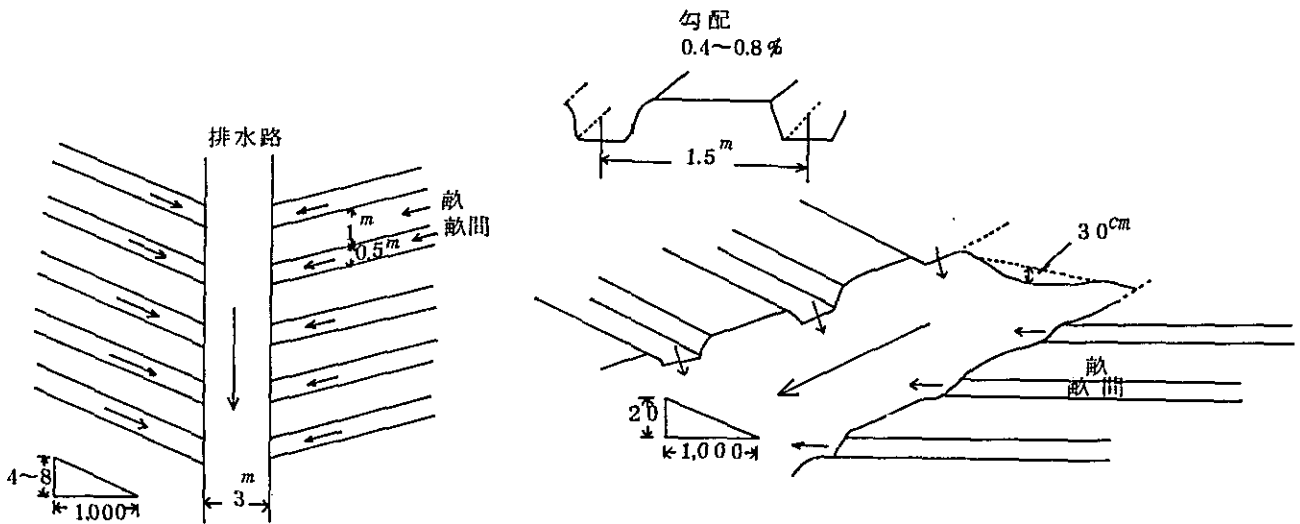


図-18 広幅畝立て法耕作(BBF)の圃場整備概要図

-
- *1 100m以上であるとcatchment areaが大きくなりすぎ畝間だけの溝では十分排水できない場合がある。
 - *2 土壌浸食防止、排水改良、十分な浸透による土壌水分の確保などを考慮した、vertisolにおける有効傾斜値である。

この watershed 利用による天水畑作農業の起原は dry farming として古く紀元前 2 世紀までさかのぼることが出来る。乾燥地・半乾燥地である小アジアの一部、シリアー帯を治めていたナバテイアン王朝において農民がこの方法を用いて農業を営んでいたことが知られている。もともと中近東の乾燥地帯は昔から二圃式農業が発達しており、天水の有効利用及び土壌水分の確保に努力が払われてきた。“Rain harvest” と呼ばれ当時考案されたのがこの watershed ベースによる有効水利用である。つまり micro-catchment で集めた雨水を凹地に導き、貯水し、灌水に使用する方法であり天水農業より数段進歩した農法として発達した。現在ではオーストラリアの一部でも導入されており ICRISAT ではこの考えを科学的に究明し、天水農業に取り入れようとした。

ICRISAT はこの watershed 方式の考えをベースとしてこれに BBF 耕作法を結びつけたものを一つの改良技術として奨励している。

watershed ベースによる BBF 導入耕作技術の特徴は次の様に要約される。

- ① 圃場整備に係る整地費用がほとんど不要で、整備コストが安くつく。
- ② 雨期の地表水の排水効果と土中への浸透効果を増大させ土壌水分保持を行う (rain flood irrigation) ことが出来る。
- ③ 流域内の地表水の蓄蔵と再利用 (water harvest) が可能となる。
- ④ 畝間を利用し WTC 等の農機具 (牽引車) による耕作を可能とする (tram line system)。
- ⑤ 農機具使用による土壌の固化 (compaction) からの回避と最少耕起 (minor-tillage) 耕作法の導入を可能とする。
- ⑥ 土壌侵食防止効果。

4. 農機具の改良 (耕作機)

(1) インドにおける従来からの農機具

デカン高原における農機具は北西インドから発生したとされる牛引き (2 頭引き) 犁に集約される。この犁は乾燥地 (半乾燥地) 畑作農業の耕作農具として発達したもので、これがデカン高原からインド一帯に伝達されたものとされている。犁を中心とした牛引き農機具はホー (Hoe)、ハロー、播種機等多種の畜力牽引農具が発達している。これらの耕作機の種類目的は中国の畑作用のそれらと類似しており、^{*1} 畑作栽培の一連の作業の道具として生み出されたものである。

これら農具は現在の耕作技術に経済性、合理性の面からまた、歴史的過程からも現地農業に適応してきたものと言える (図-19)。

しかし ICRISAT の改良技術を導入する場合、その新しい耕作法に適した改良が必要とされる。

*1 家永泰光：犁と農耕の文化

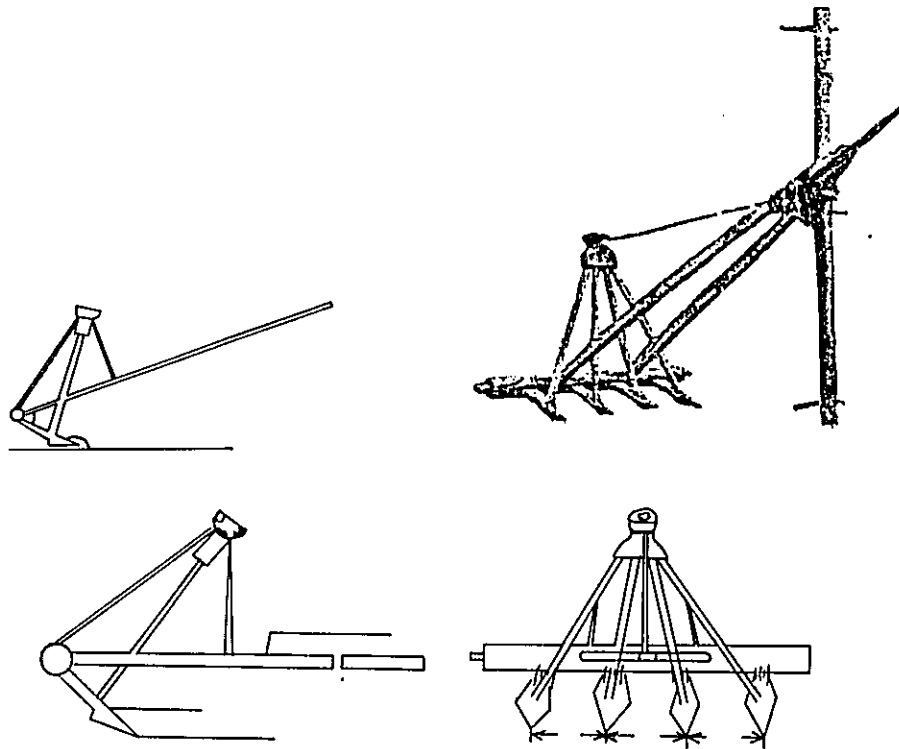


図-19 ローカル農具の一例
Four-Tyned Drill (Mebšana) Bombay

(2) 改良農機具

I C R I S A Tは中小農民が活用できる農機具として半乾燥地農業に適した改良農機具を研究している。この一つとして畜力牽引耕耘機を手がけている。これは畜力を利用した車輪（タイヤ）付き耕耘機でAnimal Drowing Wheeled Tool Carrier (WTC)と呼ばれ、トラクターと同様の機能を持つように改良している。

この特徴は

- i) 畜力利用の牛引き（2頭）としている
- ii) タイヤを使用することにより操作を容易にし、且つ操縦者を座らせることにより作業を楽にする。
- iii) トラクターと同様の作業機能を持ち、多種の作業が可能であり、且つ有効作業能力（深耕等）の幅を広げる。

このWTCは動力源を牛引きという畜力にもとめておりガソリン等の燃料の高騰が著しい開発途上国においてはエンジン付耕耘機を小農民に普及することを困難にしていることから、これらの国々での利用が期待される。またvertisol management technologyでは畝立て、深耕等が必須条件となっていることからこの農具が必要とされるとともに、従来の農機具と異なりWTCはアタッチメントを代えるだけで多種機能を発揮し、一連の農作業に対応できることが利点となっている。したがって畝立て作業等を必要とするvertisol mana-

gement technologyには、WTCは欠かせない農機具となっている。現在ICRISATではWTCを試作改良し、各地で適応できる機能を調査している。WTC作業能力はほぼ十分であることが実証されているが、これが実際の農民普及レベルまで到達するまでにはまだ解決せねばならない問題がある。それらは

1) 従来の農具に比べコストが高い。(特に initial cost)

- ① フレームが鉄から成っているため途上国では割高となる
- ② 工場における大量生産体制が出来ていないためコスト・ダウンが出来ていない
- ③ チェーン、ボールベアリング、タイヤ等の部品が開発途上国においては割高となる
(製作が出来ないため)

2) 部品の交換、機械の調整に手間がかかり農民では操作出来ない面がある。

- ① 修理室、工場の必要性
- ② エンジニア育成の必要性
- ③ 使用者に対する操作等のトレーニングの必要性

3) WTCが従来の道具に比べ重いため、これを牽引する畜力に工夫(大型化)がいる。

- ① 大型役牛の育成、導入
- ② 家畜のえさの確保(大型の動物ほどえさの消費は大)

もともとWTCはヨーロッパで発案され、アフリカ等で一部使用されていたものである。

したがって発想の根源は機械化農業(粗放農業)にある。

watershed base-BBF耕作法におけるWTCの活用は次の作業に用いられる。

① 耕起(tillage)	使用アタッチメント
Watershed Management	: plow, leveler, spring harrow
BBF works	: ridger, moldboard plow, bed former, blade harrow etc.
② 中耕(除草及び覆土)	: ducks' foot plow, interculture plow
③ 播種と施肥	: seed cum fertilizer drill
④ 輸送	: carrier

これらはトラクターの機能を持たせることで畑作における農作業をより能率化させること、深耕を行うことに意義があった。それと同時に栽培方法、植付けのレイアウトもこのWTCに合わせた型を作ることになる。

現在ICRISATではいくつかのWTCの種類を扱っているのでここに主なモデルを紹介する。

1) Tropicultor(トロピカルター)

フランスで考案され、1950年代に主としてアフリカ(セネガル等)で使用されていたもの。特徴として車軸幅が調節できる。

2) Nicart(ニカート)

イギリスで考案されたもので、1960年代に主として西アフリカで使用された。ICRISATは英国国立農業機械研究所(NIAE)と共同でこの改良につとめている。車軸幅が固定しているが重量がやや軽いのが特徴である。

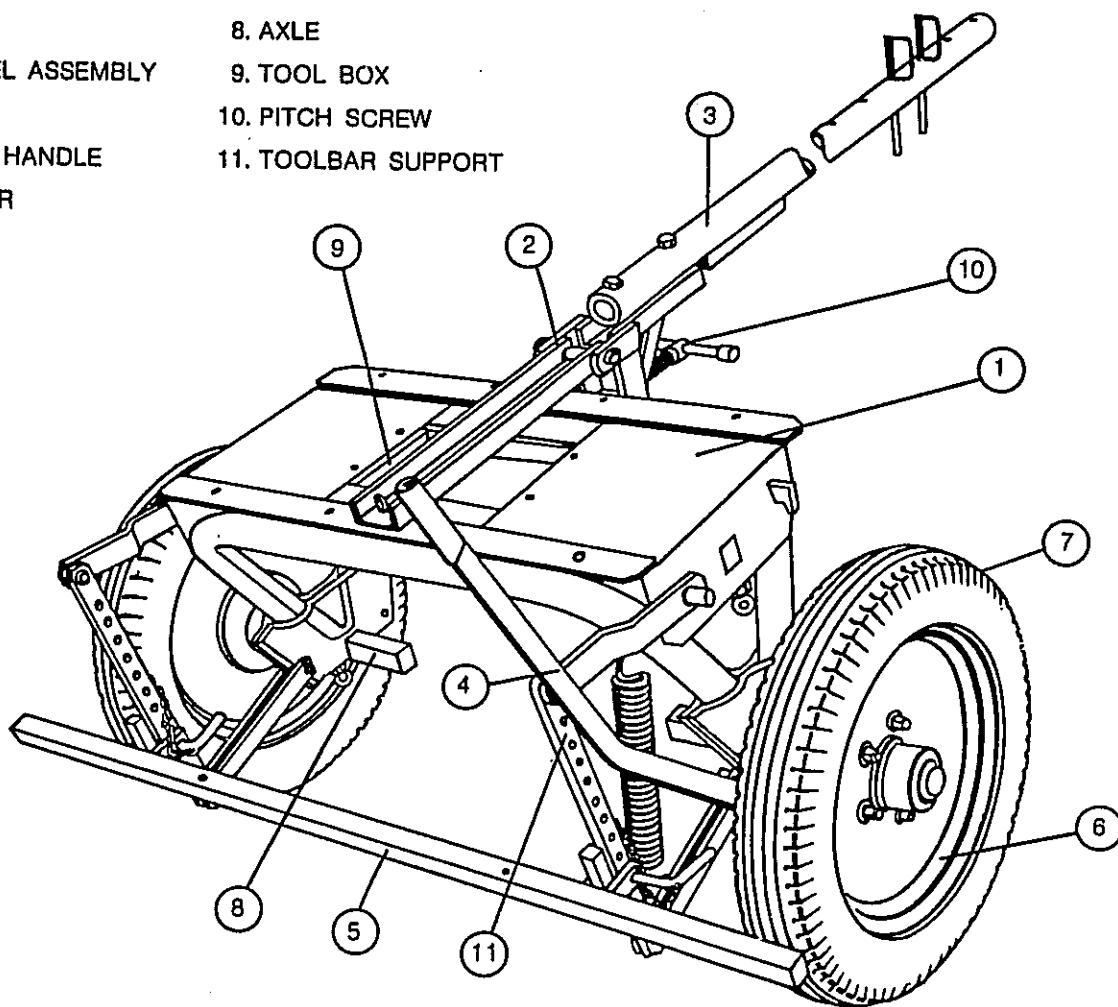
3) Agri-cart(アグリカート)

インド、アンデラプラデシュ州メダックで作成されたものでトロピカルターと似たモデルであるが地方性を生かし機能的には劣るがコストを低くしている。

3機種に播種機をセットした姿を写真14に掲げた。また、図-20はトロピカルターの詳細図と耕起作業の様態を示す。

表-13にICRISATでの改良農法におけるWTCを使用した場合の各作業の必要時間を掲げる。また図-21には1haの畑で作業する場合のデンプラウ、ブレードハロー、WTCの各農機具による走行状態を示したものである。これによると、ローカルな耕起農具では操作幅が狭いためにより長い距離を走らねばならないが、WTCでは1.5mをカバーするため走行距離は短くなり能率的であることがわかる。

- 1. FRAME
- 2. CHANNEL ASSEMBLY
- 3. BEAM
- 4. LIFTING HANDLE
- 5. TOOLBAR
- 6. WHEELS
- 7. TIRES
- 8. AXLE
- 9. TOOL BOX
- 10. PITCH SCREW
- 11. TOOLBAR SUPPORT



The major components of the Tropicultor.
Operating the plow



Plow the first pass in a straight line keeping the toolbar level.



At the end of first pass lift the plow fully by pulling the handle before making a turn.

図 - 20 トロピカルターの詳細図と耕起作業 (ICRISAT)

表-13 Total Number of Hours Available for Different Operations, and the Area that can be Covered during Various Periods, with Wheeled Tool Carrier Using an Improved Management System

Operations	Available working time (days/year)	Working time (hr/day)	Total working time (hr)	Field capacity (ha/hr)	Area worked (ha/year)
Plowing	30.0	6.0	180	0.17	30.60
Ridging	30.0	6.0	180	0.24	43.20
Cultivation	11.0	6.0	66	0.21	13.86
Bed forming	11.0	6.0	66	0.23	15.18
Fertilizer application	8.25	6.0	49.5	0.31	15.35
Planting	8.25	6.0	49.5	0.28	13.86
Inter-row cultivation I	10.5	6.0	63	0.30	18.90
Inter-row cultivation II	10.5	6.0	63	0.33	20.79

Source: Annual Report of the Farm Power & Equipment sub-program, ICRISAT, 1977-78.

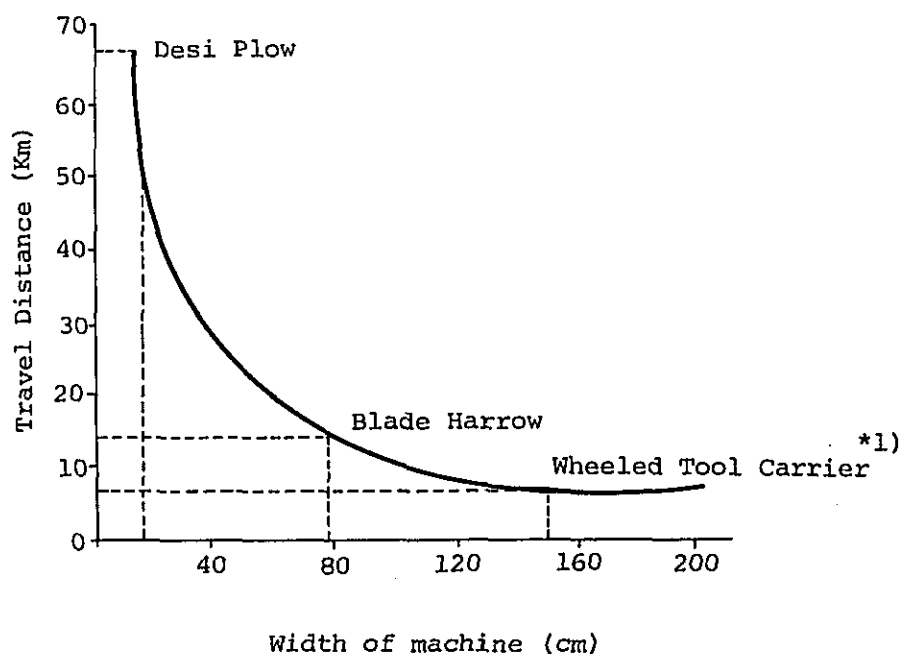


图-21 Width of Machine Vs Required Travel Distance To Cover One Hectare. (ICRISAT)

*1) on 150-cm bed-and-furrow system.

Ⅳ Vertisol Management Technology の on farm への試み

ICRISAT の Farming System Program では改良技術の農民レベルにおける実証試験を実施している。この vertisol management technology はその一つであり、アフリカ、インドにおける Vertisol 地帯で実証試験を重ねて現地での適応性を試みている。この試みは政府の農業政策の一つに取り込まれた形で実施されているもので on-farm research と呼ばれ、研究所と農民をつなぐ技術交流の大切なパイプとなっている。

ICRISAT はデカン高原の半乾燥地を中心に各州政府と協力し、政府の実施している国家計画である dryland farming project 計画を通じ、積極的に改良技術を農民レベルに普及したいとしている。ここに 2 年間担当したインド、カルナタカ州のグルバルガ地区 (District) の経験を通じ、この vertisol management technology の問題点、半乾燥地の農業開発について記述する。

1. インドにおける on farm research の経緯

インドでは 1980 年から第 6 次 5 年開発計画が実施されている。この計画の実施を受けて農業省は dryland farming project を計画し、インド農業研究評議会 (ICAR) の指導のもとに乾燥地・半乾燥地の農業開発を目的とした研究及びプロジェクトに取り組んでいる。ICRISAT は ICAR に協力しこの農業開発計画で共同研究を進めている。しかし政策または普及等の実施は各州政府の管轄下で行われるため ICRISAT は dryland farming project を進めようとしている州政府に協力して on-farm research 計画を通じ、技術的なバックアップとデータの収集を行っている。

カルナタカ州は農業省農業普及局が dryland farming project を実施すべく ICRISAT に技術協力を要請してきた。これを受け ICRISAT はカルナタカ農業普及局が計画したグルバルガ地区の試験区につき技術移転を行うことに決定した。ここでの技術移転は vertisol management technology を農家レベルで実証試験することである。この project の実施における ICRISAT の役割では技術面を担当し、これに必要な技術指導、訓練を実施し、時にデモンストレーション、シンポジウムを開催することであった。農業普及局農業部の土地保全課 (soil conservation) が watershed と BBF の準備および圃場整備までを実施し、農業部普及課 (department of agriculture-extension) は資金援助 (ローン融資) 種子、肥料等のアレンジを行い、植え付け後の作業を担当することになった。農民は農業普及局の指導のもとに計画に参画し、すべて自力で経営する (経費自己負担) こととし、特種な農機具 (WTO) 等は農業省または、ICRISAT が提供することとなっていた。(図-22 参照)

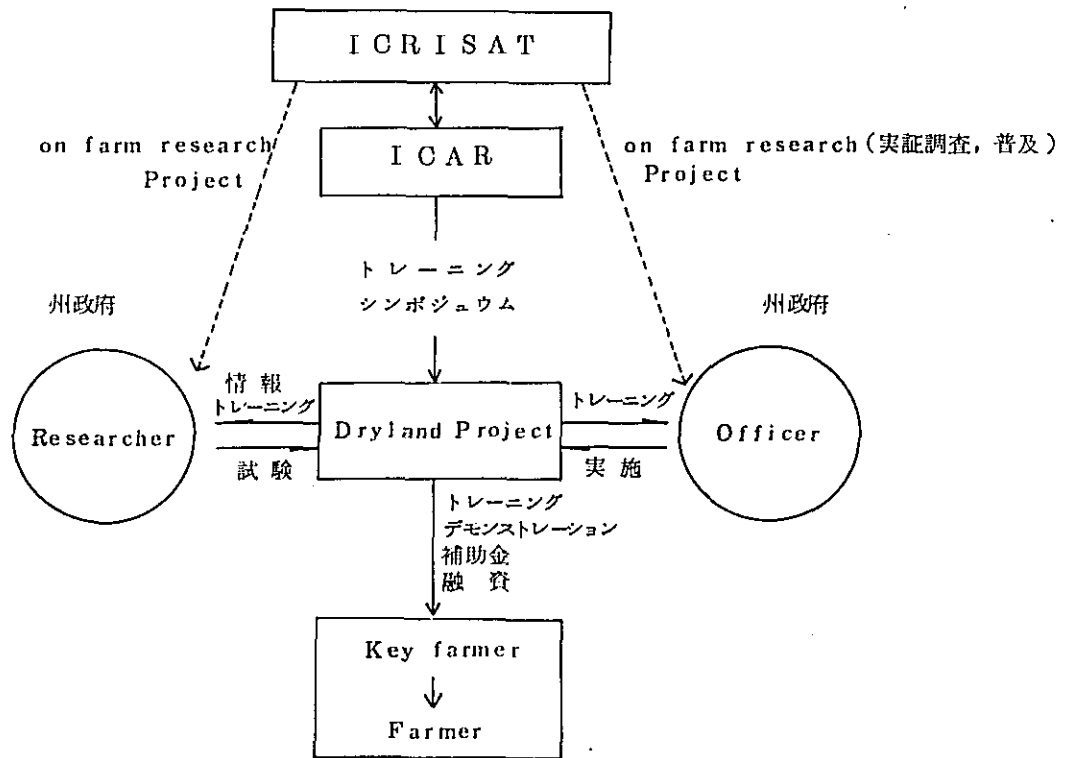


図-22 ICRISAT on farm researchのインドにおける役割

2. カルナタカ州における on farm research

農業普及局によって選定されたプロジェクトサイトはwatershedごと扱われ、ICRISATの指導のもとでsurvey works, mapping, waterwayとBBF layoutingが農業部土地保全課によって実施された。農家はこの作業に対し、労働力の提供を行々と共に技術の修得に努めた。

1982年の初めにGulbarga DistrictのFarhatabad project 16カで作業が開始された。これに次でBidar Districtで2カ所Andra, Belkuni村の各サイト3カも同様にプロジェクトとして開始された。さらに1982年8月からはFarhatabadで4カが追加され、Bidar DistrictでKanthana村が追加された。

1983年にはFarhatabadでさらに10カが加わると共にGulbarga Districtで11カ所のプロジェクトサイトが選ばれ、次で8政府種子生産農場(Governmental Seed Farm)もこの計画の中に取り込まれた。一方Bidar Districtは新たに20サイトが選ばれた。このGulbargaとBidarの2 Districtに加えDhalwar Districtをはじめとする4つのDistrictが新たにプロジェクトサイトを持つことになり本計画に参画した。

1982～4年における扱われたwatershedsの詳細は表-14の通りである。

表-14 Watershed in Karnataka

Dist.	Village	1982						1983					
		Rainy season			Dry season			Rainy season			Dry season		
		Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)	Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)	Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)	Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)
Gulbarga	Farhatabad	11.52	2	2	12.15	2	2	20.4	4	3	3		
	Total	11.52	2	2	12.15	2	2	78.93	49	9	9 sites		
Bidar	Andura	2.8	1	1	2.8	1	1	4.8	1	1	1		
	Belkuni	2.0	1	1	-	-	-	-	-	-	-		
	Kamthana	-	-	-	1.5	1	1	3.8	1	1	1		
	Total	4.8	2	2	4.3	2	2	51.5	22	20	20 sites		
Raichur	1 taluk						4	1					
Bellary	2 taluks						8	1					
Dharwad	9 taluks						63.5	10					
Belgaum	4 taluks						10.0	2					
Karnataka	Total	16	4	4	16	4	4	227.5	85	36	36 sites		

3. Farhatabad Watershed Project の実績

(1) Farhatabad における自然条件と Project 運営

Farhatabad は北カルナタカ州に位置する Gulbarga District の 1 部落で人口約 2,000 人の典型的な半乾燥農業地帯にある。年間降雨量は 727mm で、6 月から 9 月までの 4 カ月間にこの 77% が集中する。気温は月の平均値で最低 14℃ から最高 40℃ までの値を示す。当地における気象データは Agriculture Research Station (Pulse), Gulbarga で 79 年間のデータが得られる。この雨量データから "Markov Chian" の方式を使い雨期作の dry sowing の適期を計算した。これによると適期は 6 月 4 日～11 日であり、watershed 内での dry sowing 実施の目安となった。

プロジェクトサイトは deep から medium の層を有する black soil から成っており、母岩は black lime stone rock である。そして、ここにおける土壌は vertisol から成っているが ICRI SAT の vertisol に比べやや silt の含有量が多いことであろう。土壌分析の結果は表-3 にすでに示した。

プロジェクトサイトにおける watershed の圃場整備は ICRI SAT で研修を受けた政府の職員が中心となり農民の指導に当たり、また CIRISAT からアシスタントを派遣、常駐させ、州農業部の職員及び農民への技術指導を行った。特に WTC の使用法、整備の方法 BBF 法における畝立てのレイアウト及び耕作方法に重点を置き基本的な技術指導を行うと同時に、データの収集を行った。

Farhatabad watershed の圃場レイアウトを図-23 に示し、1982 年の watershed の運営状況を表-15 に示す。

気象データは表-16, 17 を参照されたい。

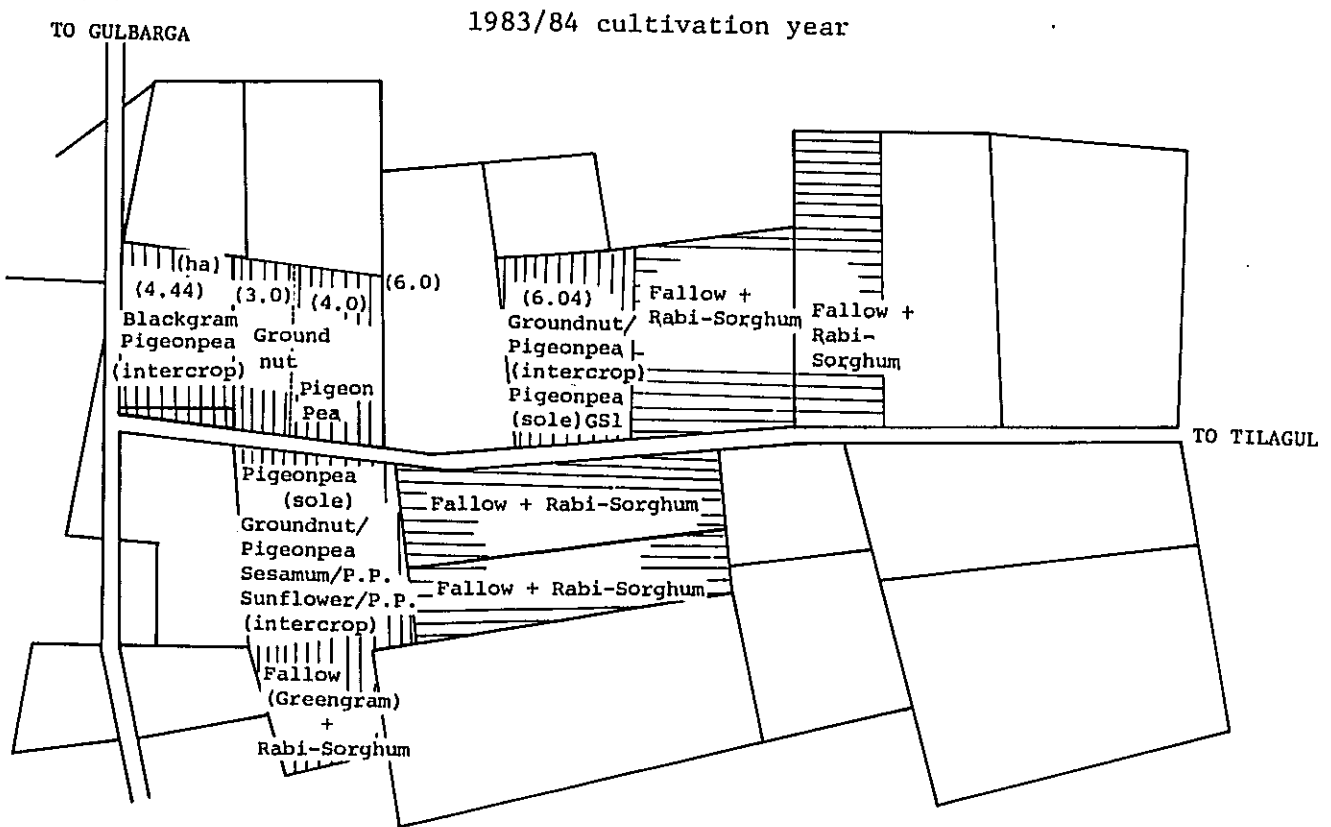
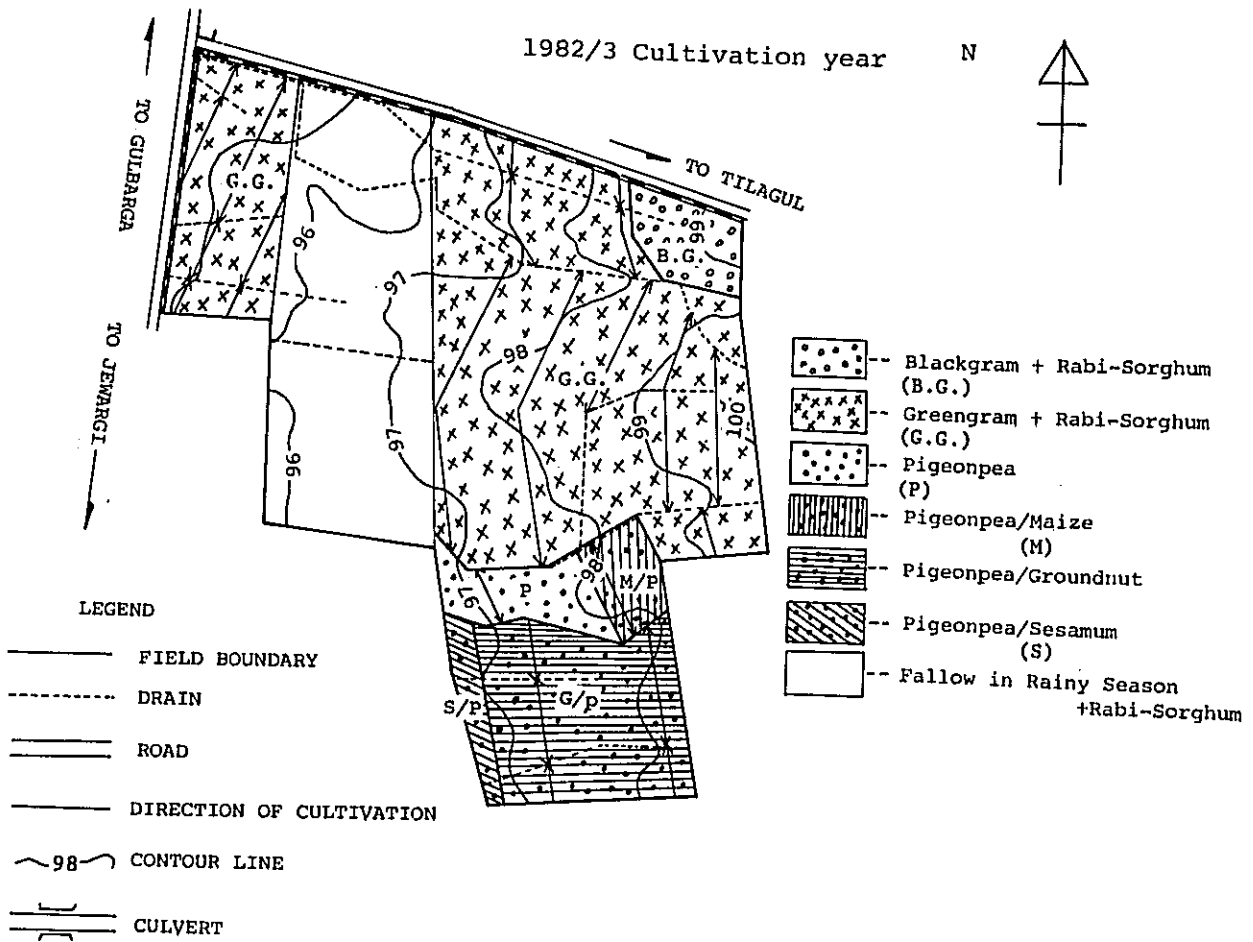
(2) 1982/3 年の栽培実績

1982/3 年における watershed project 内における栽培結果は表-18 に集約される。またプロジェクト周辺の農家圃場からコントロールとしてサンプリングを行ったが、この結果は次章の経済性のところで比較して示す。

前章でも述べた様に混植法と 2 毛作の作付体系との 2 年ローテーションを改良作付法として実施した。しかしながらビジョンピー栽培においては収量が安定していること、また、価格がよいことなどから全面栽培 (entire-mono-culture) とする場合は多かった。以下要約を述べる。


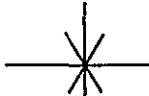
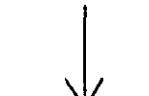


I) watershed における混植法は全てビジョンピーを中心とした組合わせである。

II) 落花生との組合わせは 1982 年に落花生とビジョンピーを栽植比率 1:2 (G:PP = 1:2) の割合で混植したが落花生の収量が低かったこと、ボーナス作物として導入したがビジョンピー単作栽培に比べ、ビジョンピーの収量が低くすぎたこと等が問題となった。このため 1983 年は落花生: ビジョンピーを 2:2 とし、local 種に加え Robart



☒ - 23 FARHATABAD VILLAGE WATERSHED
IN GULBARGA

表-15 Watershed Operational Aspects 1982

End of Dec. 1981	- Land preparation - plowing by the tractor and traditional ways	
Beginning of Jan. 1982	- Officer training in ICRISAT (3 weeks)	watershed
End of Mar. 1982	- Made up the layout of the watersheds (after topographic survey was completed)	operation
Beginning of Mar. 1982	- Bed marking and formation of broadbed and furrow	
End of May 1982	- Farmers training	
10 June 1982	- Dry sowing by the Nikart and the tropicultor, Greengram, blackgram	
14 June 1982		
16 June 1982	- 35 mm rainfall received	
18 June 1982	- Wet sowing	
20 June 1982	greengram, maize, pigeonpea, groundnut, sesamum	
Beginning of Jul. 1982	- (Water stress appeared)	cultivation of
10 July 1982	- Weeding by hand	
21 July 1982	- Interculture by tropicultor	Rainy season
End of July 1982	- Drought	Crops
20 August 1982	- Harvesting of greengram	
Beginning of Sep. 1982	- Harvesting of Sesamum	
6 August 1982	- Operation (BBF) of new watershed No. 2	
Middle of Sep. 1982		
End of August 1982	- Cultivation (field preparation for Rabi crops) in Site No. 1	Land prepara- tion for 2nd crops
17 Sept. 1982	- Good rain (40 mm) for Rabi sowing	
20 Sept. 1982	- Spray for pigeonpea	
27 Sept. 1982	- Sowing of sorghum	
8 Oct. 1982	- Resowing of sorghum and sowing of safflower	cultivation of
10 Oct. 1982	- Harvesting of groundnut	Post rainy
October-November 1982	- Spray for pigeonpea (6 times)	season crops
5-10 Jan. 1983	- Harvesting of pigeonpea	
End of Feb. 1983	- Harvesting of sorghum	
End of Feb. 1983	- Harvesting of safflower	

Gulbarga における気象データ

表-16 Monthly Rainfall Statistics for Gulbarga

Month	Mean Rainfall (mm)	Standard Deviation	CV (%)	Maximum Rainfall (mm)	Minimum Rainfall (mm)	Range (mm)
January	3.7	16.1	436	131.6	0.0	131.6
February	5.3	12.9	245	89.5	0.0	89.9
March	7.5	15.7	210	78.4	0.0	78.4
April	15.2	20.5	134	147.8	0.0	147.8
May	37.7	45.3	120	242.1	0.0	242.1
June	101.7	61.6	61	276.9	0.0	276.9
July	133.3	89.6	67	501.1	0.0	501.1
August	134.4	108.8	81	531.6	0.0	531.6
September	189.3	119.2	63	535.8	0.0	535.8
October	73.9	61.0	83	256.3	0.0	256.3
November	21.3	35.4	166	221.7	0.0	221.7
December	4.1	16.0	392	121.4	0.0	121.4
Annual	727.4		(Ave.) 36	1,464.3	196.3	1,268.0

表-17 Temperature (1976)

Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Max (°C)	28.2	31.5	37.3	38.2	40.3	34.1	31.0	30.4	31.6	33.1	31.9	30.3
Min (°C)	14.3	16.7	22.5	24.8	25.5	23.8	22.8	21.9	21.7	21.9	21.9	16.2

表 - 18 The Result of Yield in the Watershed

Site	Area (ha)	1982 Kharif			1982 Rabi			1983 Kharif	
		Crops	Grain yield (kg)	Fodder yield (Q)	Crops	Grain yield (kg)	Fodder yield (Q)	Crops (Area/ha)	Yield
GULBARGA									
No. 1	6.15	green-gram	514	--	Sorghum	1,456	48	Pigeonpea Sesamum/pp (0.6 ha) Groundnut A/pp (0.2 ha) Groundnut B/pp (0.2 ha)	N.R. ^{*3} 150/N.R. ^{*3} 100/N.R. ^{*3} N.R./N.R. ^{*3}
No. 2	0.85	pigeon-pea			Pigeon-pea	1,350	54	--	(Sorghum) ^{*2}
No. 3	1.85	groundnut/ pigeon-pea	216	--	Pigeon-pea	932	37	--	(Sorghum) ^{*2}
No. 4	0.3	sesamum/ pigeon-pea	160	--	Pigeon-pea	930	37	--	(Sorghum) ^{*2}
No. 5	4.8				Sorghum	1,150	32	Pigeonpea	N.R. ^{*3}
No. 6	0.5	black-gram	100	--	Saff-lower	1,025		Pigeonpea	N.R. ^{*3}
No. 7	0.35	maize ^{*1} / pigeon-pea			Pigeon-pea	800	32		
No. 8	1.20				Saff-lower	1,200		Pigeonpea	N.R. ^{*3}
No. 9	1.52	green-gram	395		Sorghum	900	44	Pigeonpea	N.R. ^{*3}
No.10	4.44							Blackgram/ Pigeonpea	160/N.R. ^{*3}
No.11	4.0							Pigeonpea Groundnut/ Pigeonpea (0.6 ha)	50/N.R.
BIDAR									
No. 1	2.8	sorghum/ pigeon-pea	2,702	--	Pigeon-pea	917		Greengram Blackgram	500 Sorghum N.R. ^{*3} 500

*1 Maize was sold as green cobs at Rs. 143/ha;

*2 (Crops); operated without BBF

*3 N.R.; data are not ready yet

種も試作し落花生の増収を試みた。しかしながら単作として栽培しても700Kg/haと低収量であった。もともと vertisol 土壌では落花生栽培は適さない^{*1}が、たまたま当地で油不足のため値段が良くなったこともあり栽培が拡大されたのであり、基本的には導入する必要はないと考える。

III) ゴマ (sesamum) との混植はゴマ : ビジョンピーを1 : 2の割合で栽培された。ビジョンピーの収量を出来るだけ落さないで、ボーナス (副次的) 作物を収穫する意義から見てビジョンピーの収量を上げなければならないであろう。しかし栽培面からみて、この組み合わせは現地に適しており今後有効な組み合わせとなるであろう。

IV) トウモロコシとの組み合わせは Gulbarga では初めて行われたもので、トウモロコシそのものがここでは新規導入作物であり、その需要がなかった為、試作用となってしまったことから農家の栽培意欲を低下させてしまった。このため今回は grain yield を得ることが出来なかった。1982年は雨期における乾燥期間が数回おとずれたため生育が阻害されたがソルガムのシュートフライ (shoot fly) の被害と比較すればトウモロコシの方が農家にとってメリットがあると考えられる。

V) ブラックグラムとの組み合わせは1983年の雨期作として試作された。Aland 村では300Kg/haの収量が得られた単作の700Kg/haに比べると半分である。この栽培の問題点は収穫期における降雨であろう。

VI) ソルガム / ビジョンピーの組み合わせは ICRI SAT でも十分試験されているものであるが1982年に Bidar 村でも実施した。

ソルガム 2.5 t/ha, ビジョンピー 0.9 t/ha を収穫し、一般的な目標である cereal crops 3 t/ha, legume 1 t/ha の目標値にはほぼ近い値となった。残念ながらビジョンピーの生育後半に水の浸水、停滞により疫病 (phytophthora blight) が発生し収量が減少した。

* 1 スーダン国ゲジラ地区の Vertisol では落花生栽培において高収量を得ている。

H. M. Ishag et al. Groundnut Production in irrigated vertisols of the Gezira : Achievement and problems, 5th international soil classification workshop, 2-11. Nov. 1982.

V 改良 Vertisol Management Technology の問題点と考察

増収における栽培の key point は雨期作栽培にあるといっても過言ではない。先にも述べた様に long duration 作物の栽培を除けば Vertisol における雨期は休耕地がほとんどである。semi-arid における通常の栽培型は雨期作栽培であり、これは semi-arid 農業の栽培制限要因 (limiting factor) である水との関係から作付型が決められる。しかしながら Vertisol においては水が不足というよりはむしろ過剰であり、これが他の要因とからみあって post-rainy season に主栽培が行われ、雨期は概ね休耕地となり、年 1 作の栽培となっている。

Vertisol において雨期に栽培が行われない理由は次に要約されよう。

i) 雨期作栽培の技術的困難さ

- a) 粘土分が多く湿った状態の圃場では作業が困難である。
- b) 雨期入及び降雨が不規則であり、栽培が非常にリスクなものとなり、且つ乾期作を妨げることになる。
- c) 主食となるソルガムは害虫であるシュートフライによる被害が多く特に遅植えはその被害率も高い。
- d) 収穫期が 9 月の大雨期 (雨期末期) に当たり、収穫が不可能になったり、カビ (grain mole) や穂発芽のため収量がおちる。
- e) 雨期における除草に手間がかかる。

ii) 雨期の収穫と乾期作の播種と重なるため労働者不足となり、作業が遅れたり、出来なくなる。

iii) 主作物である乾期作物 (ソルガム等) の栽培を有利にするため地力維持の観点から休耕によって肥沃度を保つ。

以上の問題が解決されれば雨期作が可能であり、自動的に増収の道へとつながる。しかしながら天水農業においては大規模な投資は望めないため、これらの問題を解決しコントロールすることは難しい。場所や時期、天候条件によっては自然条件下ですでに一部栽培が実施されている地区もあり、さらに技術的工夫により、従来よりも増収効果を高める手段が見つかるであろう。またこの点を重視して問題を解決するために vertisol management technology を実施しているところであるが、これらの対処法は

i) - a) は watershed - B B F 法導入による圃場管理の工夫

i) - b) は dry sowing, 品種改良 (耐旱性品種, 短期間生育品種), 作付体系の改良による解決法

i) - c) 抵抗性品種の育成

i) - d) W T C による中耕 (inter-culture) の導入

i) - e) 抵抗性品種の育生と作付体系の改良

ii) については機械の導入 (W T C) によって、また作付体系を変えることによって可能にする。

iii) については肥料の使用によってまた、作物ローテーションによって解決する。

以下 on-farmにおける経験を通し技術を考察する。

1. 改良技術導入の経済性

Farhatabad watershedの1982～3年における結果を経済面からまとめてみると表-19(1, 2)のようになる。これによると粗収入の高い作物組合わせは、緑豆とソルガムの二毛作、これに次ぎビジョンピーの単作が上位を占め、緑豆とソルガムの二毛作方が2回の圃場操作を実施するため、管理費が高くつき、ビジョンピー単作の方が純利益で高くなった。次にkharif休耕とサフラワー(ベニバナ)の収益が高く、単作でも多収入を得ている。ゴマとビジョンピーの混植、落花生とビジョンピーの混植がこれらに続き、kharif休耕とソルガムが最後となった。勿論ブラックグラムとサフラワーの二毛作はブラックグラムが不作で雨期作をマイナスとしたがサフラワーの乾期作でカバーした。これらの作付体系を伝統的な栽培をしている圃場の収量と比較すると同等のコンビネーションでは全部watershed-BBF改良技術導入の方が利益が多かった。この効果を表-20に示す。

Farhatabad村では伝統的農法といっても、ほとんどの農家ではすでに肥料・農薬を使用した経験があり改良農業技術の導入にあたっては肥料・農薬からの効果は少ない。これは管理・運営費(operational cost)において伝統農法と改良農法とではかかる経費に差がないことから分かる。

この地方の主食栽培であるrabiソルガム栽培は改良法と伝統的農法において収量の差はなく、rabiソルガム栽培におけるwatershed-BBFの効果はなかった。

以上のことからFarhatabad村で増収を図る方法は(1)約40%の雨期における休耕地を栽培して利用すること。(2)intercropの経済的コンビネーションを見つけることにあると言えよう。

2. 改良農業経営と伝統的農業経営

改良農法と伝統農法の作業を比較するために緑豆とソルガム(二毛作)、ビジョンピー(単作)、落花生またはゴマとビジョンピー(混植)、雨期休耕で乾期ソルガムについて作業別労働時間を算出した。(表-21参照) これから各作業の特徴を見てみると

- 1) 全作業を通じ改良法及び伝統法とも作業別労働力の割合はほぼ同じであり収穫調整作業が約半分を示める。これに次いで中耕及び除草が約30%、圃場の整備耕耘作業が3～16%、播種3～8%、追肥と病虫害防除0～13%となっている。(図-24)
- 2) 人の稼働力は改良法の方が伝統法の場合よりもやや多く要しているが、ほぼ同等とみてよいであろう。しかし役牛(bullocks)の使用時間においては改良法の方が伝統法に比べ約半分となっている。これはWTCが伝統法の農具の約2倍の働きをするためであろう。
- 3) 追肥(top dressing)と消毒作業(plant protection)をみるとこれは伝統法、改良法ともに現況では違いは少ない。この状況下でビジョンピー栽培に対し農民は十分な消毒

表-19 Economics of Improved Watershed-based Technology .
Options on Deep Black Soils in Farhatabad Village,
Karnataka 1982-83

(19-1) Improved Water- shed	Area (ha.)	(%)	Gross 1) returns (Rs/ha)	Operation cost (Rs/ha)	Gross profits (Rs/ha)	Yield Q/ha 2)	
						Grain Kg/ha	Fodder or Stalks
Greengram	6.15	38	1,542	573	969	514	--
Sorghum (sequence)			4,061(2,621) 5,603	971 1,544	3,090 3,059	1,456	48
Sole pigeonpea	0.85	5	5,400(4,860)	1,214	4,186	1,350	54
Groundnut/ pigeonpea (intercrop)	1.85	12	4,560 (G 832) (P3,355)	1,535	3,025	G 216 P 932	--
Sesamum/ pigeonpea (intercrop)	0.30	2	4,680 (S 960) (P3,348)	1,019	3,661	Se 160 P 930	--
Fallow sorghum	4.8	30	3,040(2,070)	682	2,358	1,150	32
Blackgram	0.5	3	300	587	287	B 100	--
Safflower (sequence)			3,895 4,195	998 1,585	2,897 2,610	Sa 1,025	--
Maize/ pigeonpea (intercrop)	0.35	2	3,640 (M 143) (P2,880)	1,252	2,388	M --3) P 800	30 32
Fallow safflower	1.20	8	4,560	773	3,787	1,200	--
Total	16.0	100					

1) Prices in Rupee per Quintal are

Grain	Rs./Quintal	Fodder	Rs./Quintal
Rabi Sorghum	180	Rabi Sorghum	30
Greengram	300	Pigeonpea	10
Pigeonpea	360	Maize	10
Blackgram	300		
Sesamum	600		
Safflower	380		
Groundnut	385		

2) Fodder yields have been estimated.

3) Maize was sold as green cobs at Rs. 143/ha.

4) Data refer to 17.5ha of watershed 37.6ha of traditional farmers' fields.

(19-2) Traditional Farmers' field	Area (ha.)	(%)	Gross 1) returns (Rs/ha)	Operation cost (Rs/ha)	Gross profits (Rs/ha)	Yield Q/ha 2)	
						Grain Kg/ha	Fodder or Stalks
Greengram	4.6 (2)	15	970	338	632	G 341	--
Sorghum (sequence)			4,439	1,365	3,074	S 1,248	39
Sole pigeonpea	4.4 (2)	4	2,914	1,165	1,749	729	29
Groundnut	5.0 (1)	10	3,956	1,446	2,510	Gn 190	--
Pigeonpea (intercrop)						P 807	32
Sesamum	0.9 (1)	6	2,550	851	1,699	Se 25	--
Pigeonpea (intercrop)						P 600	24
Fallow sorghum	10.9 (2)	35	3,222	956	2,266	1,040	45
Greengram	2.8 (3)	7				294	--
Safflower (sequence)			4,044	1,334	2,710	832	--
Greengram/ Pigeonpea (intercrop)	0.8 (1)	3	3,900	1,336	2,564	G 225 P 807	-- 32
Sesamum	3.7 (1)	3				Se 105	--
Sorghum (sequence)			3,300	1,296	2,004	So 950	32
Sole groundnut	4.4 (2)	15	2,818	1,328	1,490	732	

表-20 改良技術の導入効果率

作付パターン	Improved / Traditional
Greengram + Sorghum(sequence)	132%
Sole pigeonpea	239%
Groundnut / Pigeonpea(intercrop)	121%
Sesamum / Pigeonpea(intercrop)	215%
Sorghum	104%

表- 21 Operationwise Labour Utilization (Farhatabad 1982/83)

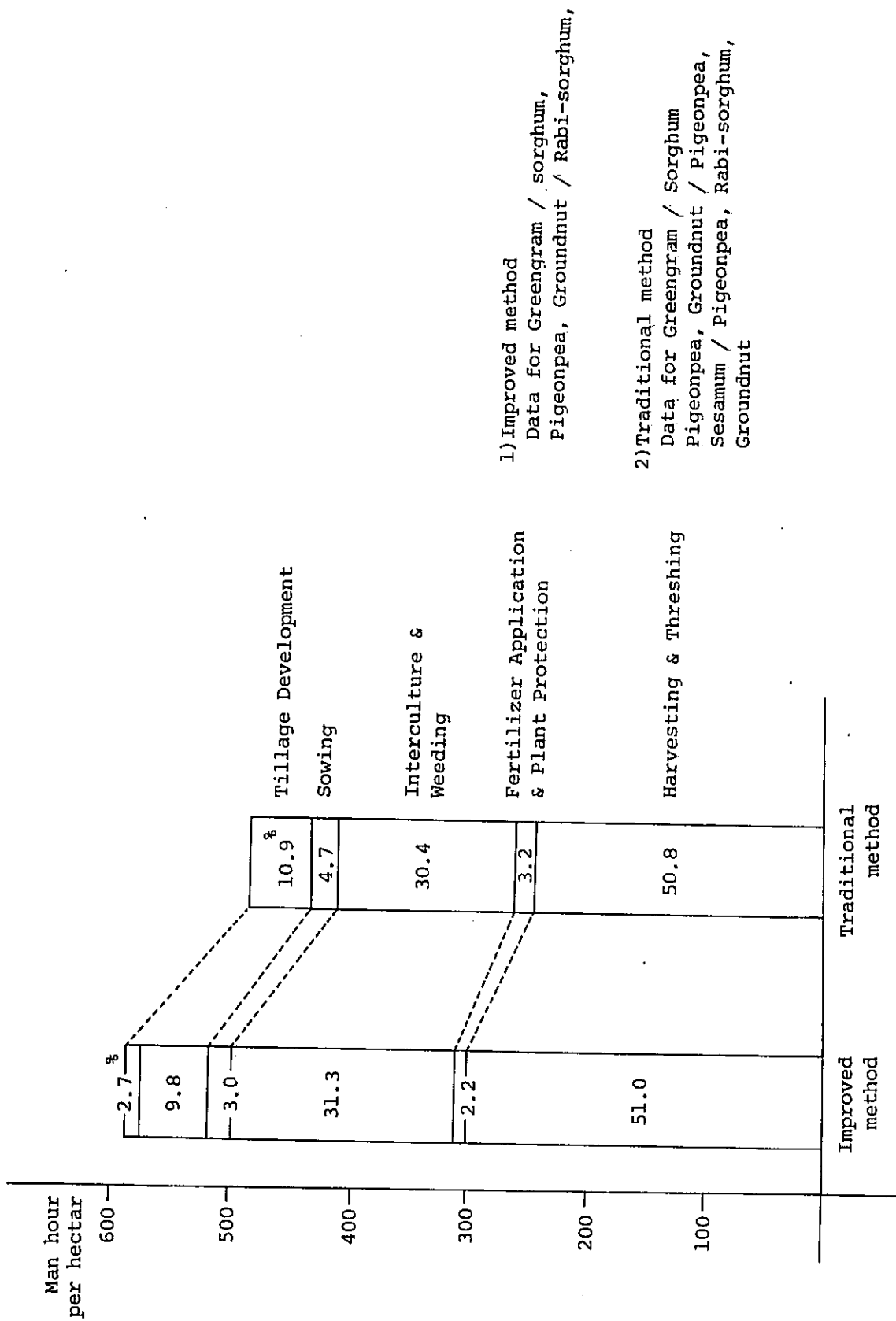
-1

Operation	Man		Bullock		Man		Bullock	
	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)
Greengram + Sorghum Sequence								
	Improved (6.15 ha)				Traditional (7.4 ha)			
Tillage	147.5	18.7	29.0	63.7	89.0	11.8	42.7	52.9
Sowing	21.8	2.8	12.9	28.4	39.3	5.2	24.5	30.0
Interculture	286.1	36.3	3.4	7.5	233.3	30.9	8.2	10.2
Fert. plant protection	1.8	0.2	0.2	0.4	10.7	1.4	5.4	6.7
Harvesting & threshing	330.4	42.0	0	0	381.6	50.7	0	0
All operation	787.6	100.0	45.5	100.0	753.9	100.0	80.8	0
Sole Pigeonpea								
	Improved (0.85 ha)				Traditional (4.4 ha)			
Tillage	16.0	3.8	15.7	31.8	19.3	5.1	19.3	31.8
Sowing	8.2	1.9	4.1	8.3	17.7	4.6	13.6	22.4
Inter-culture	137.1	32.0	9.5	19.3	127.3	33.4	16.4	27.0
Fert. plant protection	55.9	13.1	20.0	40.6	45.2	11.8	11.4	18.8
Harvesting & threshing	210.6	49.2	0	0	171.8	45.1	0	0
All operation	427.8	100.0	49.3	100.0	381.3	100.0	60.7	100.0

Operation	Man		Bullock		Man		Bullock	
	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)
Groundnut & Sesamum/Pigeonpea								
	Improved (2.15 ha)				Traditional (5.9 ha)			
Tillage	16.1	3.1	15.7	31.6	15.3	3.0	15.3	34.9
Sowing	8.8	1.7	4.4	8.9	19.4	3.8	10.2	23.3
Interculture	128.9	25.0	11.2	22.6	183.5	36.3	16.3	37.2
Fert. plant protection	50.7	9.8	18.3	36.9	31.5	6.2	0	0
Harvesting & threshing	312.1	60.4	0	0	255.4	50.7	2.0	4.6
All operation	516.5	100.0	49.6	100.0	505.1	100.0	43.8	100.0
Kharif Fallow Sorghum								
	Improved (4.8 ha)				Traditional (10.9 ha)			
Tillage	9.1	2.3	9.1	42.5	73.0	20.8	37.2	72.2
Sowing	18.0	4.6	12.3	57.5	19.3	5.5	8.8	17.1
Interculture	88.8	22.7	0	0	78.0	22.2	5.5	10.7
Fert. plant protection	2.4	0.6	0	0	0	0	0	0
Harvesting & threshing	272.7	69.8	0	0	180.7	51.5	0	0
All operation	391.0	100.0	21.4	100.0	351.0	100.0	51.5	100.0

Operation	Man		Bullock		Man		Bullock	
	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)
Greengram								
	Improved (7.67 ha)		Traditional (7.4 ha)					
Tillage	16.0	6.3	15.7	69.2	26.4	8.7	26.4	60.0
Sowing	7.8	3.0	3.9	17.2	12.2	4.0	10.8	24.4
Interculture	124.2	48.6	3.1	13.6	105.5	34.8	6.9	15.6
Fert. plant protection	0	0	0	0	19.7	6.5	0	0
Harvesting	107.8	42.1	0	0	139.3	46.0	0	0
All operation	255.8	100.0	22.7	100.0	303.1	100.0	44.1	100.0

Man - a person worked per hectare in hrs. - one woman is relative to 0.75 of a man
 Bullock - one pair bullock worked per hectare in hrs.



図一 24 改良農法と従来農法による 1 ha 当り労働比較

(pod borer防除)を実施している。一方 rabi ソルガム, 緑豆栽培をみると, これらの作業は全くなされておらず, このことからこの栽培には経費がかからず, 管理作業が容易であると言える。

- 4) rabi ソルガム栽培は 50 man/day/ha を要し, 他の栽培に比べ労働力を必要としない。しかしこれに緑豆の栽培を加え年二作にすると 97 man/day/ha と約 2 倍となるなどの栽培も 1 ha 当たりほぼ 50 man/day/ha で行っている。

伝統的営農法と改良集水系営農法(二毛作)のいくつかの事例を比べると表-22 のようになる。

これによると改良集水系営農法は当然のことながら二作を栽培することにより, ローカル法の約 2 倍の純利益としての増収がみられた。緑豆はローカル法二毛作栽培で 574 ルピーの純利益としての増収があり, 集水系単位では 704 ~ 969 ルピーの増収があった。

a) dry sowing 効果

この集水系単位において dry sowing と wet sowing で緑豆の栽培がこころみられた。これによると dry sowing は wet sowing の 138% の増収がみられた。栽培の行われた両圃場は隣接していること, 同じ WTC を使用したこと, ほぼ同様の栽培管理を実施したこと等, 栽培条件は同じと考えてよい。しかし唯一の異なる点は dry sowing と wet sowing である。このことから dry sowing の効果が増収につながったものと考えられる。

特に 1982 年の雨期は雨量が少なく dry spell が長かったことなどから dry sowing による土壌水の有効利用として効果があったものと思われる。

b) rabi ソルガムにおける改良技術の効果

rabi ソルガムにおいても改良技術集水系単位の方がよい結果が得られている。しかしローカル法の場合, 運営・管理費が高かついている。これは播種前に 6 回の整地(harrowing)がなされたためであり, 純利益が少なくなった理由である。

c) watershed における労働モデル

Farhatabad 村 6.15 ha の集水系単位における圃場運営 (field operation) は 2 年ローテーションである。緑豆-ソルガム-ビジョンピーの作付体系の労働モデルを調べてみると次のようになる。(表-23 参照)

表 - 2 2 Different Farming Systems in Farhatabad
1982 (per hectare)

	Improved watershed	Improved watershed (Rabi flat)	Local way (double cropping)	Local farming
Area (ha)	6.15	1.52	4.6	10.9
1) Greengram (Kharif)				
Sowing date (wet/dry)	9-13/Jun. (Dry)	18-19/Jun. (Wet)	-- (Wet)	--
Harvesting date	18-23/Aug.	23-24/Aug.	End of Aug.	--
Yield (Kg/ha)	514	395	345	--
Gross income (Rs)	1,542	1,185	1,023	--
Input cost (Rs)	573	481	468	--
Operation (Rs)	(227)	(225)	(314)	--
Materials (Rs)	(346)	(256)	(154)	--
Net income	969	704	574	--
2) Rabi sorghum				
Sowing date	26/Sep.-8/Oct.	13/Oct.	Beginning of Oct.	Beginning of Oct.
Harvesting date	Beginning of Mar.	Beginning of Mar.	Beginning of Mar.	Beginning of Mar.
Yield grain (Kg/ha)	1,456	900	1,248	988
Fodder (Kg/ha)	4,800	4,400	3,900	4,400
Gross income (Rs)	4,061	2,940	3,410	3,098
Input cost (Rs)	971	467	877	926
Operation (Rs)	(644)	(195)	(503)	(551)
Materials (Rs)	(327)	(272)	(374)	(375)
Net income	3,090	2,473	2,533	2,172
Total net income (Rs)	4,059	3,177	3,107	2,172

表-23 作付ローテーションの作業日数

作 業	Man/day	Bullocks/day
第1作 (green gram)	173	1
Preparation	13	2
第2作 (sorghum)	49	2
Preparation	7	2
第3作 (pigeonpea)	52	5

また、1年の農作業を2週間ごとにまとめ、伝統法と改良法との二方法の労働を比較すると図-25の通りとなる。なおTaddanpally村における同様のグラフも同図に挿入し、Farhatabad村と比較させた。これによると植付け前のピークは改良農法により少なくなっているが、反面作付後の作業量は増えている。これは収量増加と関係している。また、雨期作における労働を必要とする作業に除草があげられる。伝統的農法においても除草は同様に手間のかかる作業である。しかし改良農法では中耕作業を導入することにより、労働必要性のピークを小さくしている。よく言われていることであるが“手間をかけなければ良い収量は得られない”ということは雨期作における除草作業がそれに当たり、除草が収量を左右する大事なファクターとなっている。

多毛作においては収穫作業と次の作付準備作業の両ピークをいかに均等にするかは経営上重要な問題である。この点を解決する意味から農機具の導入の意義は大きい。

参考としてICRISAT圃場試験でトウモロコシ/ビジョンビーの混植とトウモロコシ-チックビーの二毛作における改良農法と伝統農法の作業労働分布を調べた。

(図-26, 27参照)。特に伝統農法で労働力がピークとなる9月と10月の乾期作の播種と雨期作の収穫作業をいかに均等化にするかが、改良農法に課せられた問題である。耕作農具を牽引する役牛の労働時間で比較すると、WTCの導入は作業能率を上げることにより労働の均等化に有益であったことが分かる。

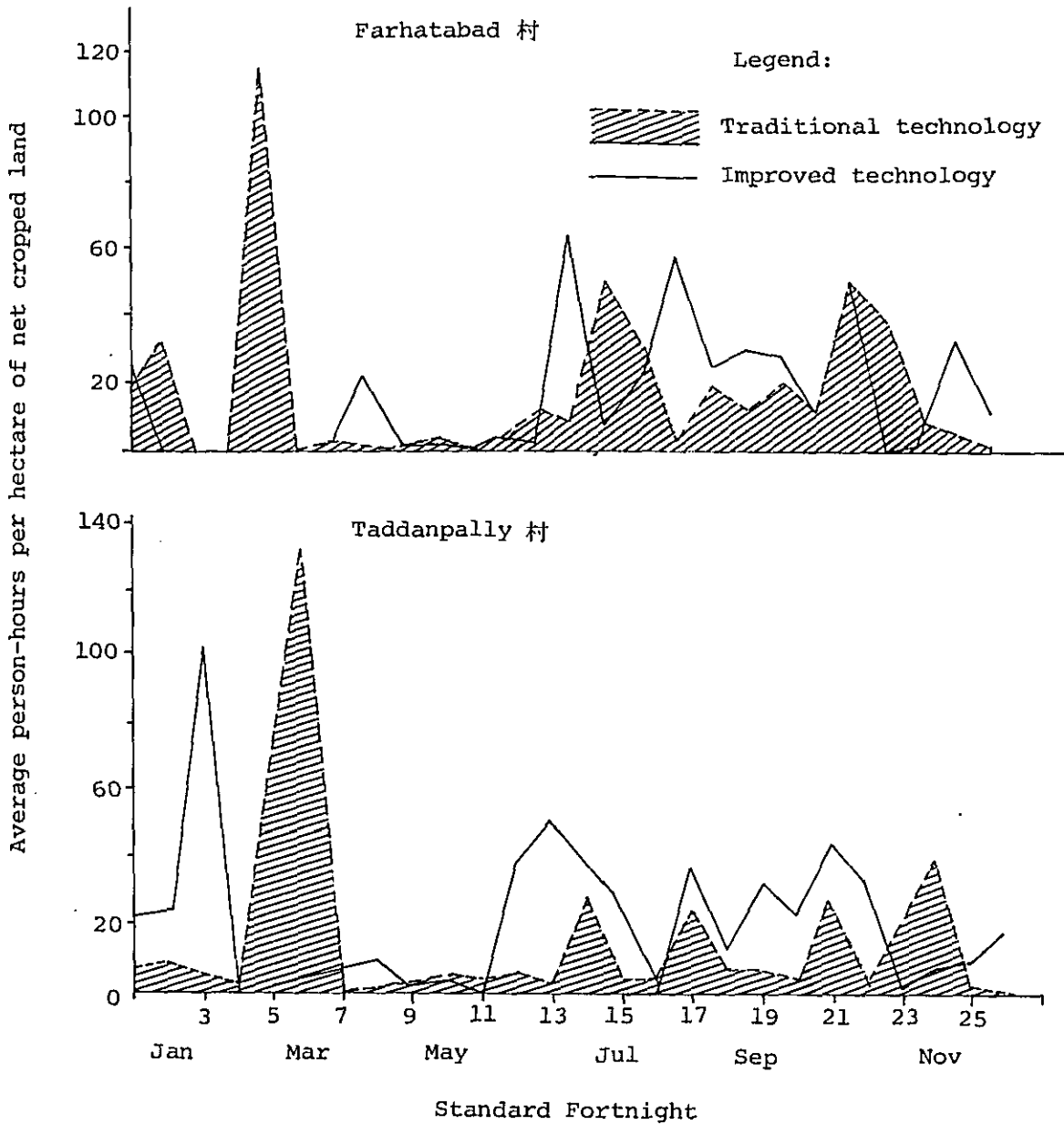


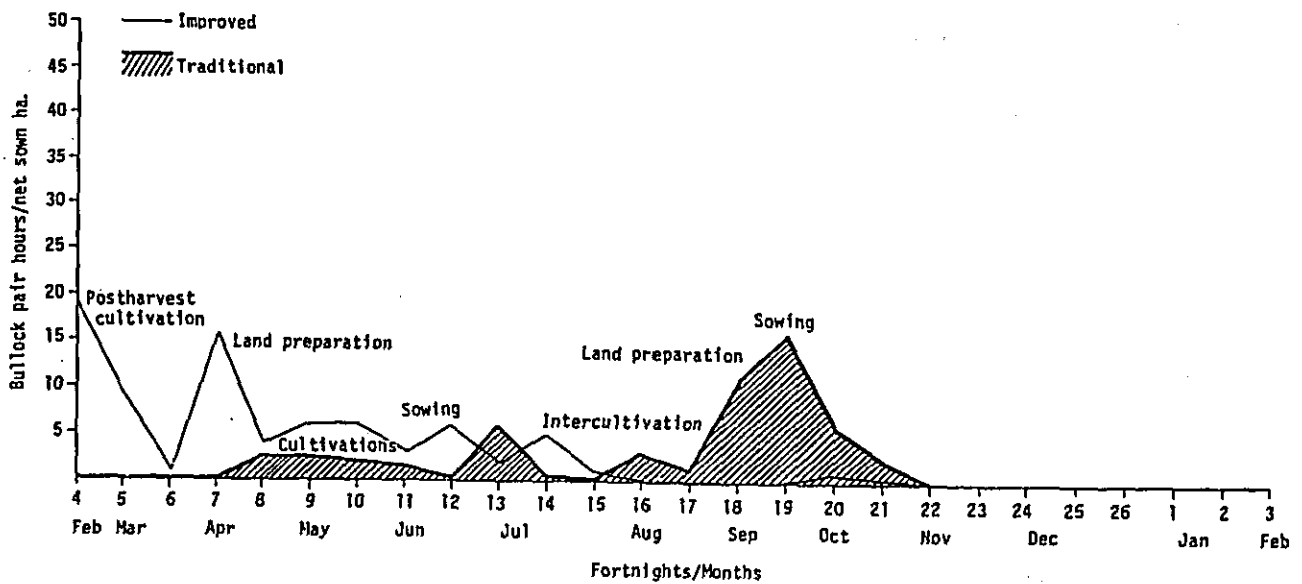
図-25 Average seasonal human labor use with traditional and improved deep Vertisol technology.

3. Farhatabad, Gulbarga における農家労働力

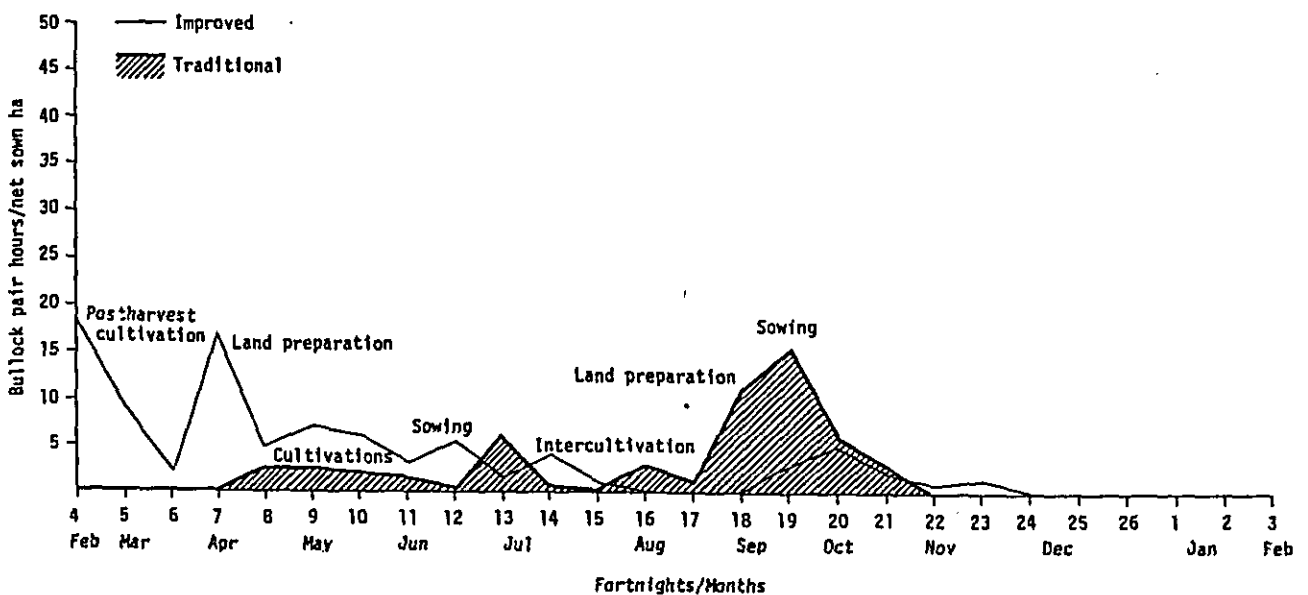
集水系プロジェクトにおける農家(主人)の一日の生活を調べてみると図-28のように集約される。

ただし、これらの農家は5~10haの畑を経営している農家であり主婦はほとんど畑仕事に従事しない。

農家における実際の畑作業の労働力は主人でなく成人した息子及び年間契約の労働者(パー



☒—26 Average seasonal use of bullock labor with improved maize/pigeonpea intercrop versus traditional rainy-season fallow with postrainy-season sorghum and chickpea on Vertisols at ICRISAT Center, 1976-81.



☒—27 Average seasonal use of bullock labor with improved maize-chickpea sequence versus traditional rainy-season fallow with postrainy-season sorghum and chickpea on Vertisols at ICRISAT Center, 1976-81.

マネット・レーバ)から得ている。したがって主人は農業経営者であり、農作業のアレンジをするだけである。このクラスにおいて主人が労働者と同等程度に作業に加わっている例は10人中2~3人だけであった。

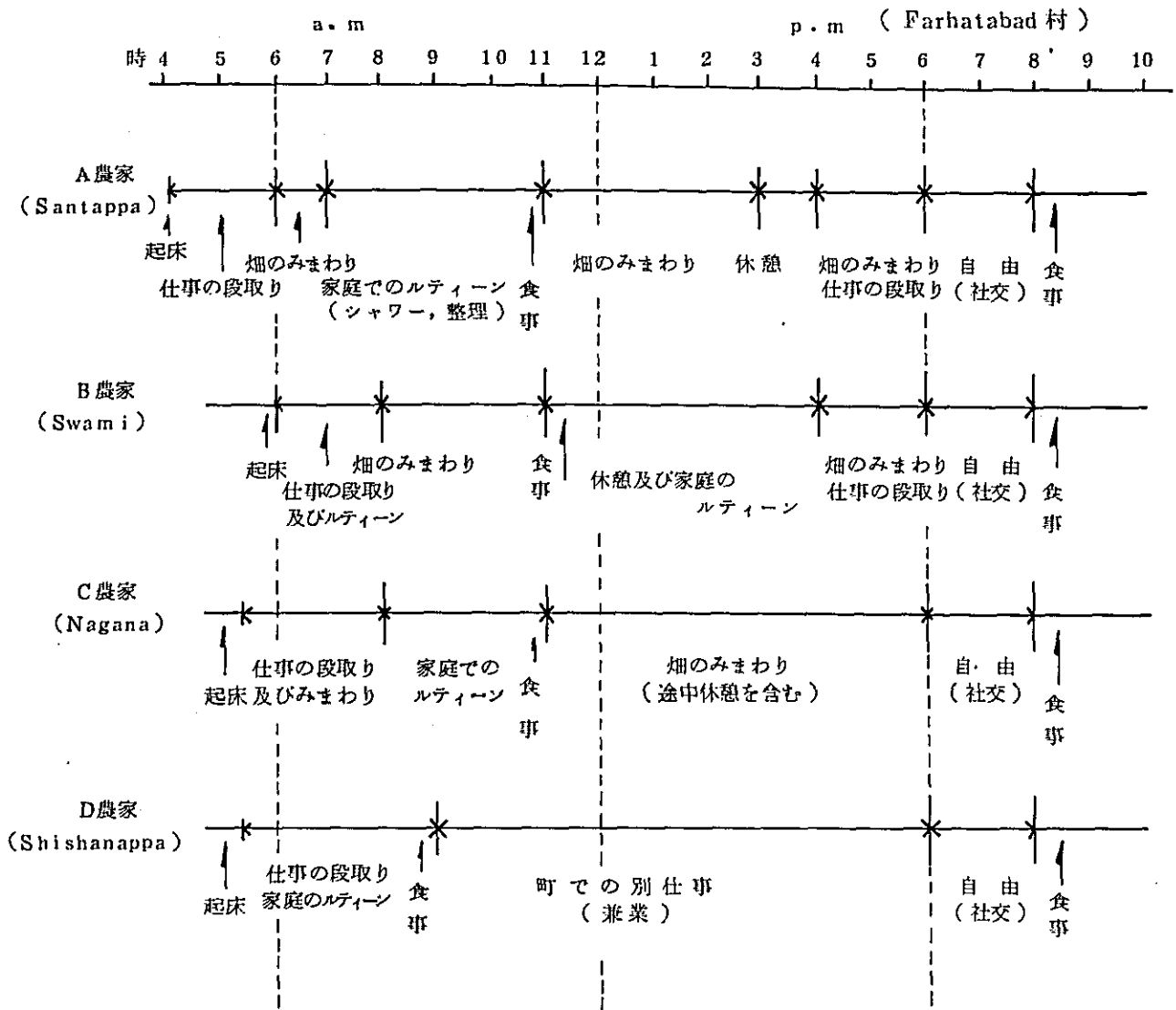


図-28 農家(主人)の1日の生活事例

図-29はB氏(Swami)の長男の1日の作業表である。

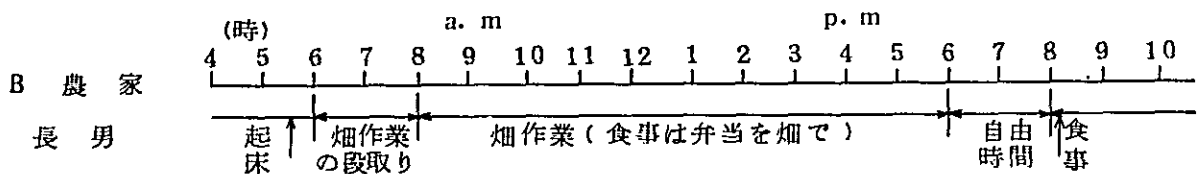


図-29 農家(長男)の1日の生活事例 (Farhatabad 村)

これはパーマネント・レーバにおいても基本的には変わらないものである。つまり労働者は朝8時から夕方6時まで正味8時間の実働畑作業を行うことになる。但し真夏の時は朝だけの作業となる場合が多い。

Farhatabad村における中心的な農家経営規模は5～10haで2～3人の労働者^{*1}によって常時作業がなされている。除草や収穫期のように1時に多くの人手の必要な時は日雇労働者を雇いマネージされている。

年間雇用であるパーマネント・レーバの成人男子の賃金は平均3,000ルピー／年であり、子供は1,000～1,500ルピー／年で年令により多少異なる。

子供の主な仕事は家畜の世話に当てられる場合が多い。また、中小農家(2ha以下の保有)の生活経費は自己の所有する畑からの収入では十分ではないため、労働力を提供して別収入を得ている。この場合いくつかのパターンが見うけられる。

- ① 畑は基本的には自分で耕作しているが、労働者として他の家に雇われているものは作業時のみ休暇を取り自分の耕地の作業にあたる。この場合農具、牛等は主人から借りる場合が多い。
- ② また土地を他人に貸し、自分は労働者としてのみ働くパターンも多い。この場合土地の貸借料と労働賃金が収入源となる。

村では小作人の数がデータを調べると非常に少ない。表-24のFarhatabadの例を参照されたい。この地域全般に亘り同様の傾向がある。つまり農民は小作という形ではなく労働者という形で農業に従事しているからである。また、農業から離れた兄弟(都会で仕事をしている人、医師、公務員等)の土地の耕作をたのまれている農家も多く、特に長男が引き受ける場合が多く見られ、自分の土地と同様に運営している。この場合小作と概念が異なる。

表-24 Farhatabad village, Gulbarga

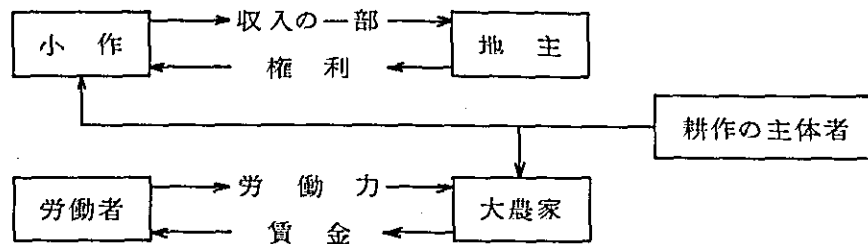
Extent of area	No. of owners
< 2ha	110
~2.5ha~	85
> 5ha	174
Total	369
Tenants	3

*1 井戸灌漑等の灌漑施設を持つと、この数は増える。

そこで耕作の主体性（作物の管理権）について考えてみる。一般的に中小農民の多い地区の農業経営をみると小作農の数が増すものであるが、この地区では先に述べた様に労働として雇用されるので小作人は少ない。

ここで“小作による農業”と“労働者による農業”の主な農業経営の違いを見ると、耕作（作物管理）の主体性がどこにあるかという点が重要となる。小作農業では耕作の条件には制限が多いものの小作人にその運営がまかされている。しかし労働者—農業経営という形は耕作者（労働者）には直接的な作物管理権はない。この場合の農家は経営者であり、作物管理の責任者である。

模式化すると図—30の様になる。



図—30 耕作の主体性の模式図

技術移転を考えた場合、小作には直接の指導という単純な過程で伝達、指導が可能であるが後者の場合これはもっと複雑な過程をとらざるを得ない。特に後者の場合は工業における技術移転と同様な方法を想定する必要がある。つまりこれを工場での技術移転に例えるならば、工場では新しい技術、機械を導入した場合、その操作法のトレーニングが不可欠となるようなものである。経営者、労働者の関係がうまくいかなければ工場は運営できない。また新しい技術導入により従来の経験とは異なる単純な作業でなく新しい機械を使いこなせる労働者が必要となる。このような人材をもとめ育成することが経営者として新しい技術導入に対応できる方法であり工場運営にもとめられる。したがって新しい技術を直接農家に持っていきさえすればそれで技術が定着するという単純な考えは、必ずしもここでは当てはまらない。今までの技術導入の失敗は“誰に技術を移転すれば良いのか”が不明であり、ただ単に農家に技術移転すれば良いものであった。またこの地域における農業の特徴は分業が進んでいることである。つまり農業経営者、労働者A（一般労働）、労働者B（除草）、労働者C（家畜係）等の区別がある。この現象は従来からあるカースト制度とは異なった新しいタイプの階層化と見てよからう。

改良技術の導入を図る場合この点を十分考慮して計画を企画しなければ効果的な計画の実施は望めない。

4. Wheeled Tool Carrierの問題点と解決

(1) WTCの問題点

vertisol management technologyを農民に技術移転する場合の大きな問題点は農機

具である。この技術においてWheeled Tool Carrier(W T C)の使用は必要不可欠なものと言える。勿論トラクター使用による管理作業は可能であるが I C R I S A T の対象としている中小農民にはトラクターの普及が不可能であり、そのためこれに代るW T C の改良がなされ導入されている。しかし、これも中小農民に普及されるまでにはコスト等の問題点がある。そこで今後考えられる解決方法について4案を次に提示する。

- ① W T C のコストダウンをはかる
- ② W T C の代用品を製作する
- ③ 現状価格での使用(有効利用)方法を考える。
 - i) 組合等による協同利用法の発展
 - ii) 貸し出し組織(private, cooperation)の発達
- ④ 稼働日数の増加(有効利用)を考える
スプレイヤー、ダスター等のアタッチメントの追加活用

この中で①、②は工場での技術的問題であり、早急には解決できない。また④については経済性は認められるものの価格の上昇ほど農民が機械に興味を示すか問題である。そこで③の場合が現状の諸条件を考慮して实际的であると考えられる。特に③-i)の場合がもっとも一般的な考えであるがインドのカースト制度等の社会的条件を考えると困難な点がある。これに代り③-ii)として個人経営、会社経営または公社による貸出しを行い1サービス業として仕事を企画する方法が現実的であろう。

(2) W T C 貸し出し業の提案

先に述べた様にこの地区では労働者—農業経営者という形態をとることで技術移転を誰に行ったらよいかという問題がある。そこでW T C 使用を中心とする改良技術を農民レベルに導入するためにプライベートセクターの活用を提案する。すでにこれに類似した実例はデカン高原におけるソルガムの脱穀、精選という作業においてみられ、これらの請負業がプライベートセクターに発達している。

つまり脱穀機と労働者を畑に投入し、袋詰めした量の歩合によって手数料を農家からもらうことを仕事にする方式である。これと同様に考え、本提案は農機具のW T C とこれを扱うオペレーターを農家の注文に応じ派遣し畑作管理を行い手数料と機械償却代等を得るというものである。

次にこのW T C を使用した貸し出し業の経営を考えてみたい。表-25の試算からW T C を使用する場合、人件費、牛飼育費も含め必要経費は1日50ルピーと見積るのが妥当であろう。しかし稼働日数が増え、W T C の値段が下れば1日の費用(コスト)はさらに下がる。特に稼働日数は運搬作業を含めれば多くなり、最近 I C R I S A T で研究しているスプレイヤーまたはダスターもアタッチできればさらに稼働日数は増す。

経営の面からW T C、牛、オペレーター等を1組として数組保持すれば機具の修理、部品

の購入、牛の飼料と管理、労働力等において合理化が図れコストダウンにつながる。

多角的利用を目的として考えた場合、インドでは会社方式、団体方式が実施可能な方法であろう。

表-25 WTCの運用試算例

(単位; Rs)

	WTC	Bullocks(1対)	Operator
原 価	17,000	8,000	
維持費(年間)	1,700	2,000	3,600
償却年数	10	10	10
10年間の経費	34,000	28,000	36,000
” 合計	98,000		
1年間の経費	9,800		
			実働日数
1日当たりのコスト	49	(9,800/200days)	

但し、この算出方法には初期投資にかかる金利は含まれていない。また現時点のWTCにかかる経費を求めるため、インフレ率等は考慮していない。

ICRISATで外部に貸し出す場合、下記の単価によりWTCの貸出料を試算している。

WTC	Rs 22/day
Bullocks(1対)	Rs 25/day
オペレーター	Rs 5/day
合 計	Rs 52/day

この方式の利点は次のように要約される。

- イ) WTCの維持、管理及び修理が容易である
- ロ) 経営に伴う雇用の拡大が図れる
- ハ) 初期投資の農民負担が不必要である
- ニ) 技術移転を行う対象者が限定される
- ホ) 将来中小工業の育成につながる (agro-industry)
- ヘ) WTCの動力源である牛の保有や大きさによるパワー不足の問題を解決できる

以上この運営にはICRISATがWTCの使用を1日22ルピーと試算している点から1セットの牛、オペレーター、WTCで1日50ルピー以上であれば経営できると考えられる。また、ここにおけるトラクター使用料金が1時間当たり60ルピー~70ルピーと考え合わせても経営的には十分見込みが立つ。

但し、これを実施する場合初期投資をどうするかを考えねばならない(金利は含まれてい

ない)。貸し出し単価を上げて金利分を補うか、政府の補助により資金を補填し、発展させるかどうかかがインド・デカン高原における現実的な対応策と考えられる。

5. 改良 Vertisol Management Technology の試験圃場での実証試験

(1) 改良技術の増収効果の解析と考察

半乾燥熱帯地区に限らず栽培における収量の安定性はいかに確実に作物を圃場で確保するにかかるといえる。特に欠株は減収をもたらす。ICRISATの圃場においてVertisol management technologyの構成要素であるBBF, dry sowing 改良農機具等の技術の効果を調べるため実験を行った。これは"Step in technology"というテーマで2haの圃場に6 treatmentで2作付体系の2反復試験を行った。方法、結果を次章に掲げた。

実験はこの改良技術の主要な構成要素となっている耕作技術の一つである広幅畝立て法(BBF)と改良農機具の働きを組み合わせ、その技術的效果を比較することを目的としたものである。

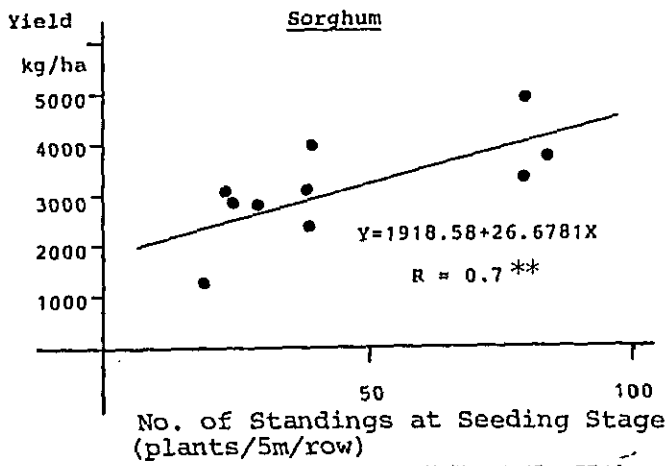
- ① BBFの導入でlocal農具(local犁)による耕作
- ② BBFの導入でAgri-bar(local改良犁)による耕作
- ③ BBFの導入でWTC(ICRISAT改良犁)による耕作
- ④ Flat(畝立てなし)でWTCによる耕作
- ⑤ Flatでlocal農具による耕作
- ⑥ 全てlocalな耕種法に準じる(作付も含む)

これによるとBBF、農具等の違いによる各 treatmentにおける増収効果には有意差はみられなかった。特にBBF処理である畝立て効果は雨量の少ない年や表流水(runoff water)の少ない年にはその効果は現われない。また降雨の後幾分湿った状態であるとflatで播種してもWTCの重みでタイヤ跡がある程度の畝間効果を発揮することが認められる。この改良vertisol management technologyは場所、その年の天候等によってその効果も変わり、全てのVertisol地区で同じ効果を出すものではないと言える。これは天水農業である限り絶対的に有効な技術は有り得ないのである。

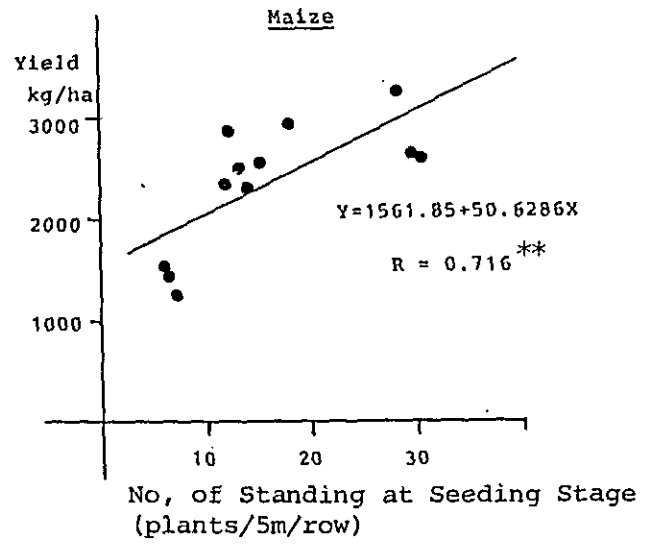
しかしながら、ここでソルガム、トウモロコシにおいて収量とプロットとの関係をしらべてみると、treatmentによる効果よりもよい発芽を得、個体数を確保することの方が増収効果につながる事が分かる。図-31-(1), (2), (3), (4)に示されたデータでソルガム、トウモロコシにおける各プロットからサンプリングを行い1 treatment 2 サンプリングの発芽数と収量及び、収穫期の個体数と収量についての相関関係を見た。これによるとソルガムにおいては個体数の多いプロットの方が収量が高いことが確認された。またトウモロコシにおいてもやや相関係数が低いもののソルガムと同様の効果が認められた。

この結果から耕作技術による treatment の効果よりも作物の個体数を確保する方がより

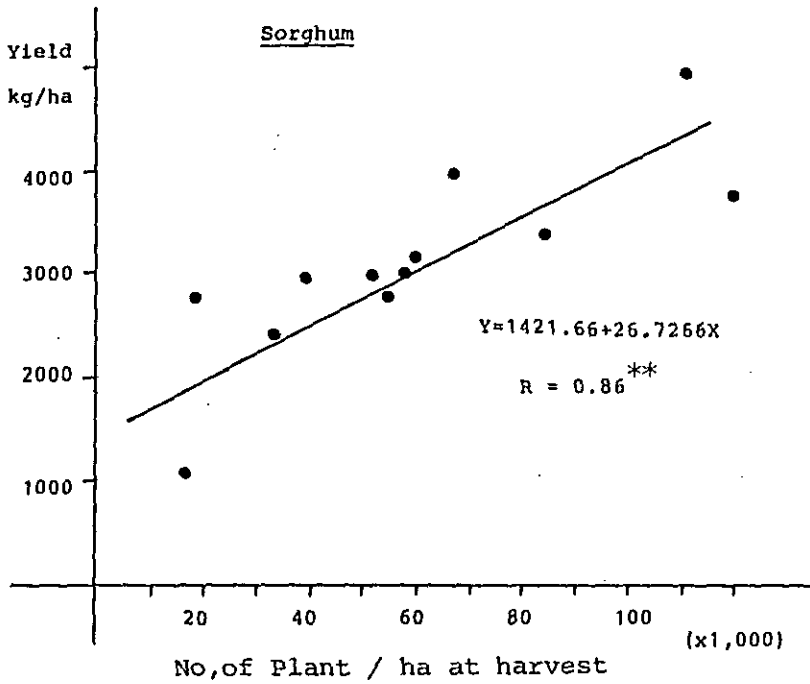
図-31 ソルガムとトウモロコシにおける収量と
個体数の相関関係



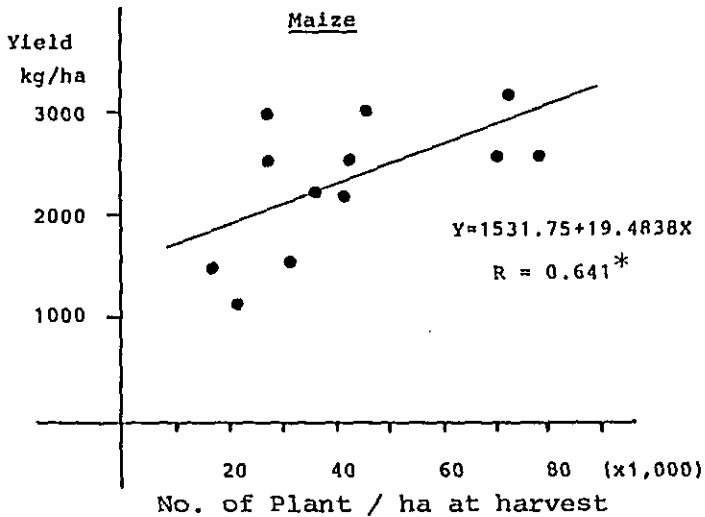
(1) ソルガムにおける発芽個体数と収量の関係



(2) トウモロコシにおける発芽個体数と収量の関係



(3) ソルガムにおける作物数と収量の関係



(4) トウモロコシにおける作物数と収量の関係

増収に影響を与えるものと判断される。

(2) dry sowing 試験による発芽率比較

dry sowing の発芽に対する影響を豆類について調べた。dry sowing では高温の障害を防ぐこと、少降雨量による発芽を防ぐことを目的として深植を導入している。これらの影響が高温条件で播種した場合、発芽にどのような影響を与えるか調べたものである。

作物は大豆、落花生、緑豆を材料に使い1 cm, 5 cm, 10 cmの深さに植え、さらに播種から降雨までの期間を灌水によって設定し、各々20日間、15日間、10日間、5日間、0日と種子の高温における影響を観察した。treatmentと結果の詳細については次ページを参照されたい。

これによると、半乾燥地の高温条件で播種し、20日間の長期に保留しても種子は高温の影響を受けないことが分かる。(期間中の地温の記録は図-32を参照)

ただし、最も発芽に影響するものとして植える深さが挙げられる。これによると大豆では10 cmの深植を行うと極端に発芽率が下がり、効果がマイナスとなることが分かる。強健といわれている緑豆でも10 cmの深植では発芽率は下がる。豆類は地中でカビ等により発芽前に腐る危険が高く、これは高温以上に発芽に影響を与える。そこでdry sowingにおいて少雨量によって発芽した種子が次に続く降雨がない場合、枯れてしまう危険を考慮して深植を指導してきたが、この深植も豆類では5 cmが限度であると考えられる。

ソルガム、パールミレット等の穀類種子は豆類とは性格を異にするが、種子はさらに小型なのでやはりあまり深植をするとかえって悪影響を及ぼす恐れがあるようである。

Report of Dry Sowing Test

At BP-1 ICRISAT Apr.-May 1983
by Y. Nishimura, G.M. Heinrich, J.A. Thompson

Germination test for dry sowing

Treatments: (1) Crops; Soybean, Groundnut, Greengram
(2) Depth of sowing; 1 cm, 5 cm, 10 cm
(3) Interval between sowing and irrigation
20 days, 15 days, 10 days, 5 days, 0 day

Result:		Percentage of Germination		
		Soybean	Groundnut	Greengram
Interval 20 days:	Depth 1cm	53	84	77
	5cm	30	89	91
	10cm	0	71	67
Interval 15 days:	Depth 1cm	53	92	90
	5cm	33	65	82
	10cm	1	59	58
Interval 10 days:	Depth 1cm	53	85	93
	5cm	28	79	95
	10cm	1	56	75
Interval 5 days:	Depth 1cm	45	92	90
	5cm	28	88	87
	10cm	1	44	69
Interval 0 days:	Depth 1cm	64	88	92
	5cm	49	83	90
	10cm	1	36	78

	Depth of Sowing			Interval between sowing and irrigation		
	Soybean	G'nut	G'gram	Soybean	Groundnut	Greengram
SE (m)	3.96	21	4.6	5.5	27	4.8
CV	23	9	9.7	33	11.56	10

** Significant (P<0.01)

- 1) Significant differences were found between the % germination and the depth of sowing for the three crops. If seeds are sown deeply in the soil, germination may become poor especially soybean cannot germinate well below the 5 cm, however, groundnut and greengram are still active even if sowing is below 5 cm depth.
- 2) No significant differences were found between the % germination and the interval between time of sowing and irrigation (under dry and high temperature conditions). The seeds of the three crop types tested were still active even after 20 days interval between sowing and irrigation, and especially greengram was particularly active when compared to the other two crops.
- 3) When dry sowing is introduced into the field, the depth of sowing is more critical than the time of sowing.

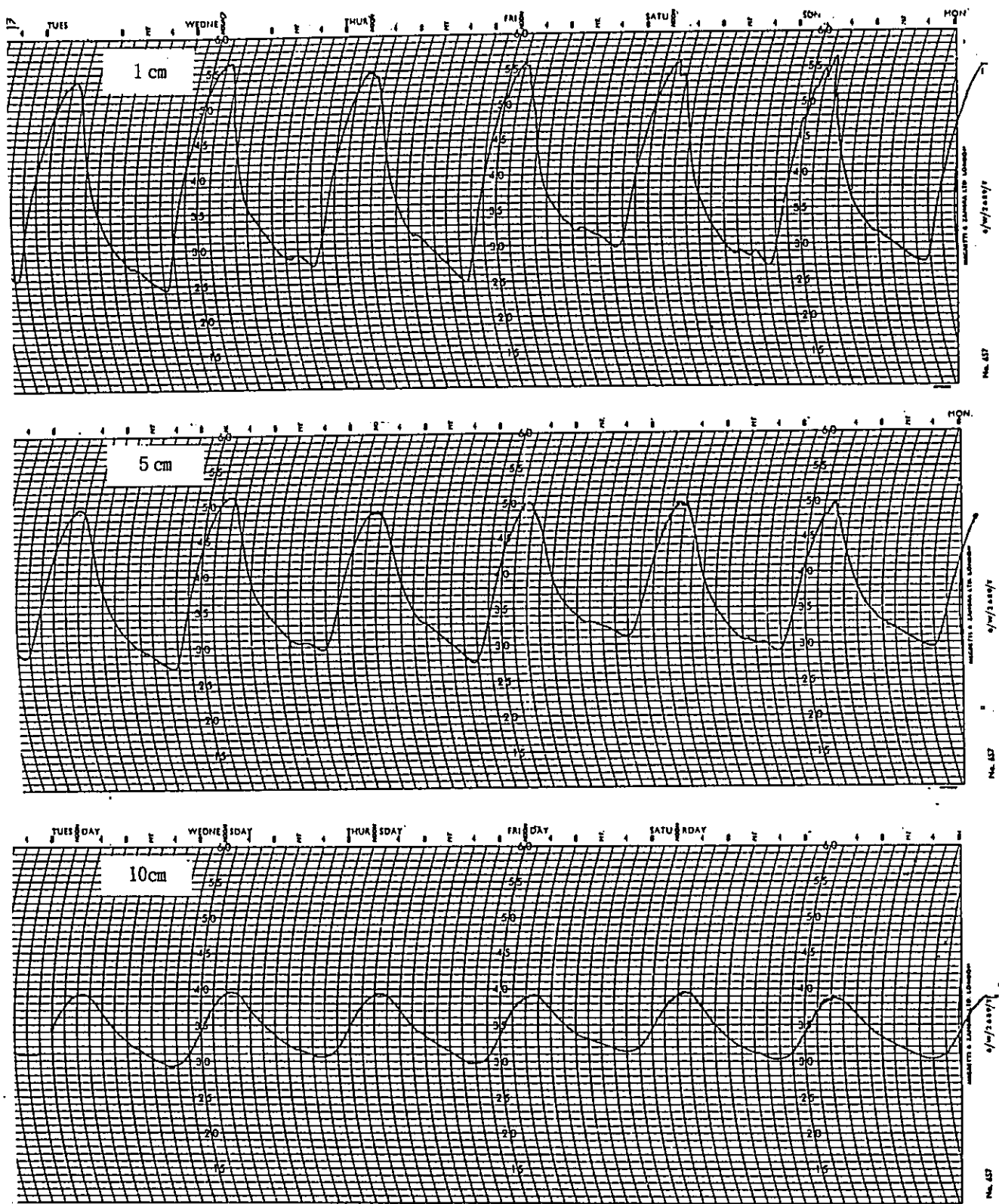


図 - 32 高温乾燥期における土壤温度 (地下 1 cm, 5 cm, 10cm)

(1983年 4月13~19日 ICRISAT vertisol 圃場)

6. REPORT OF WORK ON "STEPS IN TECHNOLOGY" EXPERIMENT 1982-83

Y. Nishimura & G.M. Heinrich

Introduction

As the demand for the use of the Black Soil Management Technology grows in various Indian states, more and more local adaptation is required. Further, when farmers and department officials first confront the management system and the cost of the wheeled tool carriers (WTC) their earliest questions commonly focus on the need for and uses of; a) the WTC; b) the broad bed and furrow system (BBF).

In the future, the spread of the technology is likely to be impeded by the cost of the WTC (now at Rs. 17 to 20,000 with attachments) and farmer resistance to the BBF part of the technology has already been manifest at 2 out of 3 test locations.

Earlier work in steps in technology experiments has not separated these two components of the system from other management factors such as dry planting, improved cropping systems, banding of fertilizers and use of HYV's. In this experiment we attempted to eliminate these confounding effects and concentrate on answering three of the most commonly asked questions; a) is the BBF really necessary for improved production? b) is the WTC essential to make the system work? and c) how much can we produce without either.

Materials and Methods:

The experiment was conducted in field BW4B (black soil watershed 4b) at ICRISAT center, Patancheru, in 1982-83. Laid out in an RCB design is contained 12 treatments with 2 replications. Replications were minimized to accommodate plot size (0.08 to 0.1 ha) within the field. Large plots were necessary to examine the efficiency of various machines in performing field operations.

Two cropping systems were used. System A was a sorghum/pigeonpea intercrop (CSH 5 and ICPI-6 respectively). Plant populations of 180,000 and 60,000 plants/ha were targeted. All sorghum plots were thinned. System B was a maize-chickpea sequential crop (Deccan 101 and Annegeri respectively), with targeted plant populations of 70,000 plants/ha for maize and 60,000 plants/ha for chickpea. Improved crop row arrangements were used in all treatments except in the Traditional, and were as follows: For sorghum/pigeonpea, on a 100cm bed, a center row of pigeonpea was bracketed by two rows of sorghum, each 45 cm away. The beds were separated by 50cm furrows. The same spacings were retained on flat-on-grade treatments; for maize-chickpea, the maize was planted in 75 cm rows; Chickpea was planted as 4 rows, 30cm apart on a 100cm bed, the beds again separated by 50cm furrows. The same spacings were retained on the flat treatments. In the Traditional treatment, "traditional" row arrangements were used. For sorghum/pigeonpea, there were 9 consecutive rows of sorghum with 30cm spacing, followed by 2 rows of pigeonpea on a 60cm spacing. In maize-chickpea plots, maize was planted in 60cm rows in the kharif, and chickpea was planted in 30cm rows in the rabi. It was attempted to keep plant populations

per hectare the same throughout the experiment. Maize and sorghum both received 100 kg/ha DAP (18-46-0) as a basal fertilizer does, plus a top dressing of 46 kgs N/ha applied as urea. Pigeonpea received a basal application of 33 kg/ha of DAP and chickpea 100 kg/ha DAP. All basal applications were banded with appropriate equipment and all top dressing was done by hand. Each cropping system (A&B) was used with 6 management treatments, giving a total of 12 treatments. (1-6A and 1-6B). The 6 management treatments were as follows:

- 1) BBF-Traditional: A BBF system was formed using an "agribar"^{*1)} and spraying of pulses was done with modern machinery. Otherwise only "traditional" equipment (tippon, blade harrow, etc.) was used for planting weeding, etc. Crop row arrangements were of the "improved" type.
- 2) BBF-Agri: All operations were performed with the lower-cost agribar^{*2)} instead of the WTC, on a BBF system. A metal tippon attachment and handmetering of seed was used for planting, in place of the mechanized metering system.
- 3) BBF-WTC: This treatment was on a BBF layout, with all operations performed by the WTC. Improved row arrangements were used.
- 4) Flat-WTC: All operations were performed with the WTC on a flat-on-grade surface, with improved row arrangements.
- 5) Flat-Traditional: All operations were performed with traditional equipment on a flat-on-grade surface. Improved cropping patterns were used.
- 6) Traditional: Traditional equipment was used on a flat-on-grade surface. While HYV's^{*3)} and fertilizer were used, only "traditional" row arrangements were employed.

In all treatments, initial moldboard plowing was performed with the WTC. The pulse crops received one spraying of endosulphan just after flowering. This was done with a "Blue Boy" tractor/sprayer in pigeonpea and with a knapsack sprayer in chickpeas.

Difficulties occurred at planting time because of a lack of available manpower and equipment. The results were that planting was (a) generally late and (b) there were differences in time of planting for each type of equipment because operations had to be performed consecutively rather than simultaneously. The WTC treatments were planted first, the "traditional" last. Towards the end of the planting period the soil was drying enough to affect germination.

Weeding also presented problems in the "traditional" plots because of uneven rows and poor equipment for intercultivation. The situation was finally resolved by hand weeding all weedy plots. Plots 13-17 included 5 "traditional" equipment treatments and one agribar treatment. Unfortunately this section of the field was severely weed infected (prior to the experiment) and this had a major impact on plant stands and yields.

In each plot, at each harvest, 4 samples of 18m² (1.5 × 12m) were harvested from the center sections. (In pigeonpea plots, whole plot harvests were used instead of samples, for

*1) Sholapur bed shaper

*2) Akolacart

*3) High Yielding Varieties

yield data, because of variation within the plots). Plant counts were taken at this time in the sampled areas. Harvest samples were sun-dried and heads threshed before the dry weight of grain and stover were measured. Pigeonpea yields were reduced by 10 to 20% due to shattering.

Notes were kept as to the time and labor required to perform each field operation, and this is being analysed by the economics program.

The dates of each operation are presented in table 1.

Table 1 Operation and dates

<u>Operation</u>	<u>Date</u>
<u>Kharif:</u>	
Bed marking	26. 5. 82
Bukhar	27. 5. 82
Bed formation	28--29/5/82
Fertilizer application	18--24/6/82
Planting	19--24/6/82
Intercultivation	9--14/7/82
Hand weeding	21/7/82
Thinning	24/7/82
Harvest	5/10/82 (maize) 19/10/82 (sorghum)
<u>Rabi:</u>	
Hand weeding and land preparation	15/10/82
Fertilizer application	18/10/82
Planting	16--22/10/82
Hand weeding	9--19/11/82
Spraying	25/11/82
Harvest (1st) P.P.	7/1/83
Harvest (Bulk) P.P.	19/1/83
Harvest Chickpea	31/1/83

Results and Discussion:

Qualifications about the data:

Few direct conclusions can be drawn from this data because:

1) It is only one year's data. Though precipitation was "average" runoff was quite low (around 100mm).

2) There was considerable difficulty implementing the agribar and traditional treatments due to poorly maintained equipment (as in the case of the "agribar") and a low level of operator expertise (as in the case of planting with the tippon). This is a very important point in considering the comparisons and we should probably try to correct this if we want to make accurate comparisons in the future.

3) A group of 5 traditional and one agribar treatments were grouped by random chance in a poor and weedy section of the field. As a result, yields of "traditional" treatments were unduly biased downwards giving an unrepresentative picture of the variability and potential of the traditional treatments. A revision of experimental design is essential for next year.

4) No statistical differences were found in the analyses, except for the comparison between chickpeas, planted with the tropicultor, on flat versus broad beds. (flat was better than beds). This is a reflection of the fact that within treatment variation was as great or greater than between treatment variation. The explanation for this probably lies in the above comments.

Nevertheless, there are some generalities that can be extracted from the data, and it is worth considering these in regard to their implications for future experiments of this kind and to be technological package as a whole. Yield data are presented in table 2.

Table 2 Crop yields in the 1982-83 "Steps in Technology" experiment

Treatment	Rep.	Crop yield (kg/ha)			
		A		B	
		Sorghum	Pigeonpea	Maize	Chickpea
BBF-Traditional	1	3945	404	1553	593
	2	3083	420	2505	1019
BBF-Agribar	1	2804	915	2871	1024
	2	1148	180	2326	917
BBF-WTC	1	2396	467	2608	1033
	2	3375	751	2627	989
Flat-WTC	1	4955	724	3251	1429
	2	3739	399	2952	1327
Flat-Traditional	1	3048	348	1464	550
	2	2935	748	2548	789
Traditional	1	3160	785	2339	663
	2	1822	146	1262	439

1) Is the BBF necessary for maximizing yields?

a) In only one case was there a significant difference between yields on flat and on beds, (in WTC planted chickpeas) and the flat planting was superior by about 400 kg/ha.

b) In general, yields on flat tended to be higher than on beds even though statistical significance was not shown.

Inference:

In this year drainage was not a problem since rains were "average" and reasonably well distributed thus the indication of no yield difference between beds and flat-on-grade is probably correct for these conditions. But to go a step further, only rarely in the past has there been evidence in "steps in technology" experiments to attribute significant increases in production to beds. And even in Madhya Pradesh in 1982, when rainfall was over 1300mm (with excessive runoff), soyabeans on flat-on-grade did as well or better than those on beds. This evidence suggests that the real benefit from beds are long term; erosion control and reduced soil compaction; rather than short term increases in production.

2) Is the WTC required for maximizing yields?

a) The WTC generally gave higher and more consistent yields (probably associated with better plant stands). Unfortunately it is not clear how much of the variability in "agribar" and "traditional" treatments was due to later planting, poor machinery, inexperienced operators and poor field location. There is need to improve this side of the comparison in future tests.

b) The WTC generally achieved the maximum yields. This was true even though the operator had little experience with the WTC. Use of the tippon is more dependent upon operator's skill than is the WTC. However, all machines were capable of producing 3-4 ton/ha of sorghum and 2.5-3 tons/ha of maize (without BBF but with otherwise improved management).

c) Economic analysis of time and labor required for the various operations is very important, but has not been completed yet. It will be released later.

Preliminary implications:

The WTC is probably the most effective and efficient equipment for maximizing yields. However, it is also evident that fairly good yields can be achieved with other equipment, under conditions of good management. This would be good to keep in mind should WTC's be unavailable or present in sufficient numbers in a particular situation. The results of the economic analysis will be important.

Potential productivity of the system without BBF or WTC:

It is clear that both the WTC and the BBF system can make significant contributions to improving productivity in the deep-black soil-reliable rain fall zones of India. However, should the results of this year's experiment be substantiated in future years, they could have significant ramifications in the terms of increasing the rate of spread of the technology.

The following discussion will be primarily concerned with potentials of what can be achieved and will therefore, concentrate on comparing maximum yields per treatment rather than averages.

The overall maximum yield of sorghum was almost 5 t/ha, achieved in the Flat-WTC treatment. However, maximum sorghum yield under the BBF-WTC was 3.4 t/ha versus 3.0 t/ha in the flat-traditional. This is not a large difference and the 3.0 t/ha of sorghum is still six times higher than the normal yields in farmers fields of about 0.5 t/ha.

The results for maize were quite similar. Maximum yields were obtained from the Flat-WTC treatment (3.3 t/ha). But maximum yields from the BBF/WTC and flat-local treatments were 2.6 and 2.5 t/ha respectively. Pigeonpea yields in the BBF-WTC and flat-traditional treatments were again the same. Only in chickpea yields was there a large difference between these two treatments and this was non-significant.

The evidence from this year therefore strongly suggests that there is potential to improve significantly on traditional dry-land yields in black soil areas by using a system of land smoothing and fields drains, dry planting and using HYV's and banded fertilizer, but without using the BBF or the WTC. This is only one year's data and requires further confirmation in future years. But if the data is substantiated, it could have important ramifications for more rapidly spreading the black soil technology package. Farmers could start with the simple parts of the package—plowing after the rabi harvest, land smoothing with buck scrapers, use of field drains, dry planting and improved cropping systems—and achieve a major yield boast. Later, as WTC's became available and farmer's familiarity with the system improved, they could be introduced to the WTC for easier, more efficient field operations and to the BBF system for improved soil conservation and maintenance of soil structure. By initially delaying the use of the two more complicated parts of the technology, the project areas could expand very rapidly. Introduction of the last two components could proceed at the slower pace required without hindering the spread of the technology.

NOTES:

Plant stand: The importance of good planting and obtaining a good plant stand are indicated by the relationship found between plant stand and yield. R values for plant stand versus yield in this experiment were 0.86 and 0.64 for sorghum and maize respectively.

Miscellaneous: Notes were kept during the year on difficulties encountered and suggestions for improving the experiment in future years. Some of the more relevant observations were:

1. Plot lay out should be re-examined because at present almost a whole set of traditional treatments is located in the poorest area of the field.
2. A split plot design with machine type as the main plot factor would make for faster and more timely planting.
3. The traditional single-blade harrow is difficult to use on traditionally planted sorghum (30cm rows). This is because (a) it is unstable and (b) the rows are generally not straight. A double blade harrow would probably work better.
4. Planting with all different types of equipment should be done simultaneously, not consecutively to avoid confounding with planting date.
5. Beds with sloping sides complicate seed placement adjustment and make use of the tippon difficult.
6. Stubble on the beds complicates planting (rabi).

7. The problems with stand establishment when hand metering is used in seeding might be off-set by overseeding and thinning where necessary.
8. We need better "traditional" equipment for different cropping patterns.
9. There is a problem in maintaining proper row-to-row spacing with the tippon.
10. When using two blade harrows on the WTC for intercultivation, (unless they are widely separated) debris tends to collect between them. Using an extension to place one blade further back than the other would be helpful.
11. The tool bar on the agribar is attached with three hitches which tend to complicate spacing adjustments for attachments.
12. The yolk used for the WTC does not allow for proper spacing of bullocks when using traditional equipment and cropping patterns. It is important to use a traditional yolk with traditional equipment when using traditional crop spacing.

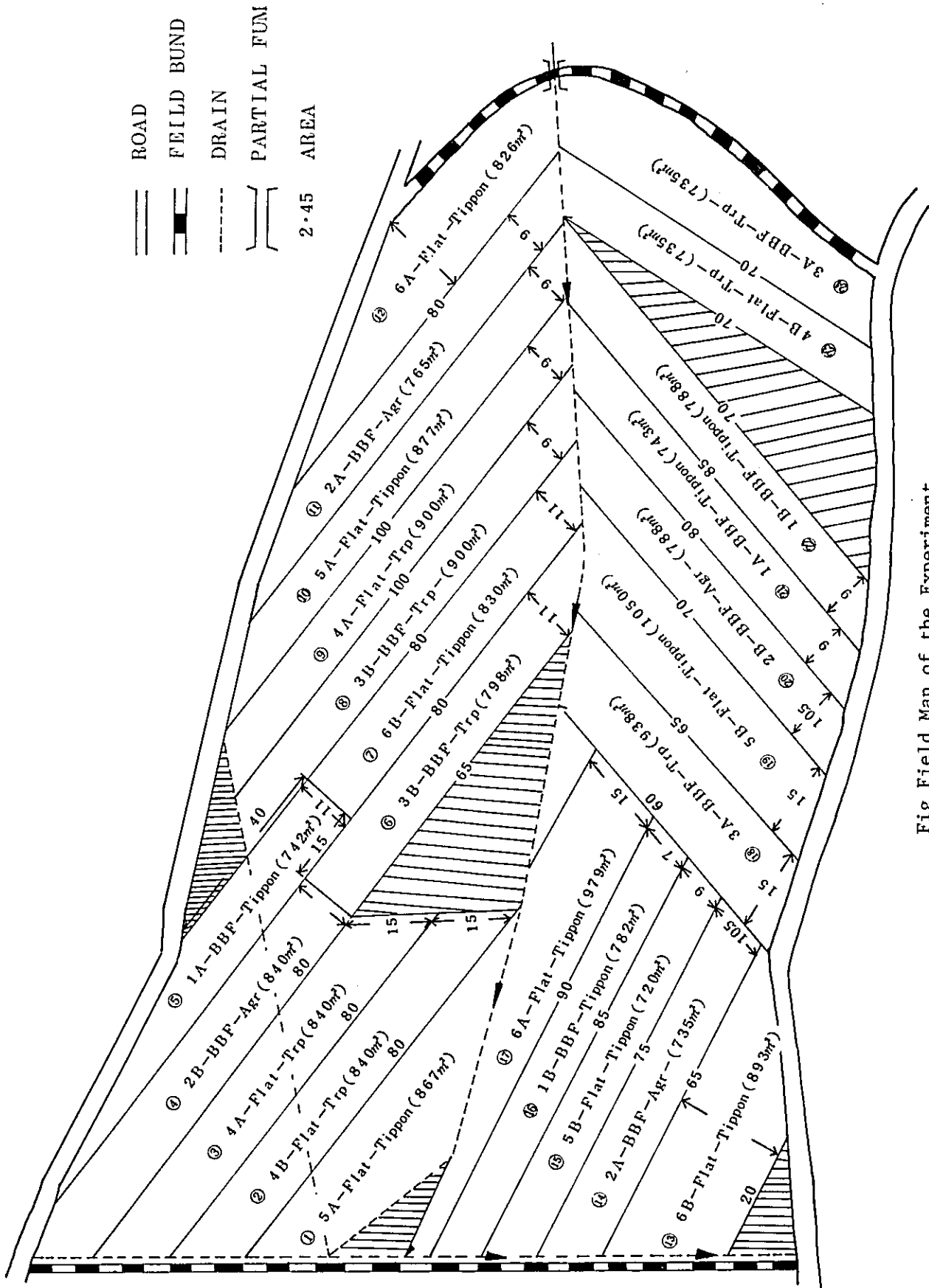


Fig Field Map of the Experiment

Step in Technology 1982-83 Pre-results

Crop & treatment	Gross returns (Rs./ha)	Total operational cost (Rs./ha)	Gross Profit (Rs./ha)	Yields		
				Crop	Grain (Kg/ha)	Fodder (Qty/h)
Sorghum/P. pea.						
BBF - Traditional	6,972	1,691	5,281 III	Sorghum Pigeonpea	3,514 412	107 -
BBF - Akola cart	5,029	1,786	3,243 VI	Sorghum Pigeonpea	1,993 555	63 -
BBF - Wheeled T.C.	6,820	1,588	5,232 IV	Sorghum Pigeonpea	2,826 592	105 -
FLAT - Wheeled T.C.	8,445	1,670	6,775 I	Sorghum Pigeonpea	4,326 556	117 -
FLAT - Traditional with improved row arrangements	7,208	1,627	5,581 II	Sorghum Pigeonpea	2,991 549	123 -
FLAT - Traditional with traditional row arrangements Maize/chick pea.	5,916	1,519	4,397	Sorghum Pigeonpea	2,434 438	104 -
BBF - Traditional	4,480	2,388	2,092 V	Maize chickpea	2,031 807	26 -
BBF - Agri-bar	5,609	2,285	3,324 III	Maize chickpea	2,607 972	33 -
BBF- Wheeled T.C.	5,966	2,208	3,758 II	Maize chickpea	2,603 1,010	52 -
FLAT - Wheeled T.C.	7,352	2,872	4,480 I	Maize chickpea	3,111 1,402	47 -
FLAT - Traditional with improved row arrangements	4,315	2,157	2,158 IV	Maize chickpea	2,107 692	27 -
FLAT - Traditional with traditional row arrangements	3,598	2,389	1,209 VI	Maize chickpea	1,781 556	24 -

VI 改良技術の導入からの結論

1. この改良技術には単位当たりの増収効果が認められるとともに、さらに重要なことは雨期作の栽培を実施可能にする利点がある。これは雨期の休耕地であったところからの増収が大きいことを意味する。その点 Sequence double cropping (二毛作)の導入は大きな利益が期待できる。しかし現状の技術ではこの雨期作が short duration crop である緑豆やブラックグラムにおいて収量が 200 Kg/ha 以下では原価を割り栽培効果による利益はない。
Inter cropping(混植)におけるビジョンビーとの組合わせ栽培においてはビジョンビーの収量を落とすことなく間作作物をボーナス作物として栽培することは農民に受け入れられる可能性が高い。
2. Dry sowingは有効な雨期作栽培の技術であることは確認されたが、この反面危険度も高い。ICRISATが目安にしている rainfall probabilityは過去のデータを解析したものから得た一応の目安の値であるが、これは結果において農家が経験的に判断しているものと大差はない。したがってデータの解析と同時に dry sowingに必要な播種期の設定にあたっては、①その年のモンスーンの発達を確実に把握し分析すること、②地域気象の特性を知り降雨パターンを解析すること(micro-climatology)、③プレモンスーンの発達状況を把握し、播種に必要な土壌水分量と降雨の関係を知ること等、が今後究明されなければならない。確実に発芽を得なければ天水農業の場合高収量が期待できないしまた、安全性がなければ高収量が期待できる技術でも農民に普及しない。
3. この改良技術を普及させるためには、これを行うのに必要な道具を確保することである。ICRISATで改良しているWTCはこの技術を勧める上で不可欠な農具であるがインド国内生産で価格が高いという問題と使用者に訓練が必要であるという問題点が指摘されている。これを解決するためにはコストダウンを図るか訓練方法を工夫することが必要である。また小農家などではいかに共同利用させるかを考える必要がある。また技術導入にあたり訓練は必要であり national development program, development project 等の開発計画の中に訓練の重要性を位置付け、政府関係職員や農民に計画的に技術を教える必要がある。
4. 小農家で増収を図るには intensive agriculture しか方法はない。このためには確実に作物を育てることが重要であり、特に均一な発芽を得ることがこの第一条件となる。欠株は低収量の原因となる。これには播種が一定均一の深さで行われなければならない。この条件を満たすには均一な seed bed formation(播種畝)がなされなければならない。
5. この改良技術はパッケージ技術であり、その普及には集約的な農業経営が前提となる。この技術では作業に時間的制限が生じるので農民がいかにタイミングよく仕事をするかにこの技術の成功のカギがある。また農民が十分にこのタイミングを理解するまで指導、世話をしなければならない。もしそうでなければ農民はすぐに従来の農法に戻りパッケージとしての一連の流

れがストップしてしまう。もしこの技術の完全実施を目指すならば十分の訓練と指導がなされなければならない。

6. この改良技術を現在のインドの小農家(2 ha以下)に普及させるためには無理がある。しかしながら5 ha以上の中農民には受け入れられる可能性は十分ある。この技術はもともと大農方式の発想が基本となっており、集約な技術として小農に受け入れられるためにはまだ問題が残っている。WTCによってカバーできる経営面積は1台10~14 haであり、小農家にはこの性能は必要でないことからWTCの例からも、もっと小農家に適した intensive agriculture の技術を開発しなければならない。そのためには農具の開発も含め、単位面積当たりの増収効果をもたらす技術を求めなければならない。
7. この改良技術は半乾燥熱帯地域での天水農業における小農による農業発展を目的としている。しかし、この目的を達成するためには、技術上の限界がある。特に天水農業における単位面積当たりの増収には限度があり、やはり小農経営で intensive agriculture においては灌漑の問題を解決しなければ大きな効果は期待できない。また水の問題を考える場合には小農単位の開発では効率的でなく、自然立地を考慮した、例えば watershed ベース等を基本にした総合開発計画を企てなければ資源、マンパワーの有効利用の面からみて効果が少ない。
8. 半乾燥地帯では自然条件下で雨による土壌エロージョンが一番大きな地区であると言われている。(図-33参照)。このエロージョンは耕地の保全という観点からみても防止しなければならない。特に近年人為的に耕地の荒廃が進んでいるなかで、エロージョンの問題は解決せねばならない重要な課題である。この意味からも、雨期におけるエロージョン防止は、作物の栽培によりかなり防止できる。栽培が困難とされる Vertisol においても休耕地となっているよりは何らかの作物を栽培し、裸地状態を作らないことが重要な圃場管理方法と言えよう。

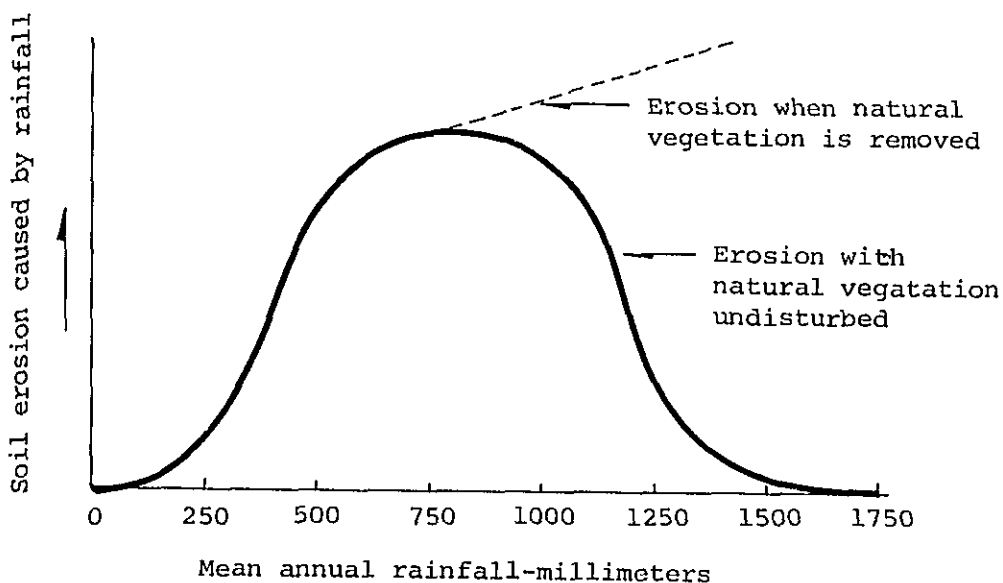


図-33 CHANGES IN SOIL EROSION TRENDS WITH RAINFALL

(by N.W. Hudson, 1971)

9. 半乾燥熱帯での天水農業を発展させるための重要な課題は、いかに危険の少ない安定した農業技術を導入するかであり、十分な増収効果をもたらす技術であつても年によって著しい減収が起り得る技術では農民に受け入れられない。特に貯蔵施設、マーケティングの発達していない地区ではなおさらである。したがつて改良技術は従来の技術よりも減収が起る確率をより少なくし、かつ増収をもたらすものでなくてはならない。また、導入する地区の条件を十分に把握し、その地域に合つた技術でなければならない。
10. 1960年代グリーンレボリューションとして、稲、小麦、トウモロコシ等の作物で高収量品種が開発され、これらが途上国における食糧不足を解決できると大きな期待が寄せられた。しかしながら、農民レベルに普及されていくにつれて多くの問題点が出て来て期待されたほど種子は普及しなかつた。つまり高収量品種を導入することにより生産性（増収）を高める目的は達することが出来たものの、水の確保及び肥料導入等によりコストが高かつくこと。また、病虫害・管理技術でリスクが高いことが問題であつた。これらの問題が解決されないことが新しい技術の中々小農に普及できない理由であると考えられる。

今後の技術は特に小農を対象としたものだけではないが、高生産性、低コスト、低リスクのものでなければならない。この観点から、改良 vertisol management technology の条件を完全に満す地域以外は、再度個々の技術を見直し地域の条件に合つた技術にする改良する必要があることが判明した。

Ⅶ お わ り に

半乾燥熱帯地は長く続く乾燥期の中に、雨期として数カ月熱帯湿潤気候を含むものと考えた方がより概念的に理解できる。しかるにこの地で見られる栽培形態は乾期であれば乾燥地の農業方法であり、雨期であれば湿潤農業となる。同時に乾期と雨期における圃場の管理、栽培方法も違ってくる。種々多々の条件が収量に影響を与えるが取り分けその季節のリミティングファクターとなる雨期の除草、乾期の土壌水分保持が収量に大きく影響すると見てよい。したがってこれらの作業をうまく行えば収量増につながることも考えられる。

例えば、中耕という作業は農業形態の違い、気候条件の違いにより異なったものを示す。

①湿潤地では除草効果であり

②乾燥地では保水効果である

これをインド・デカンの農業形態の問題に整理してみると次のことが分かる

1) 雨期の農業（6～10月 雨量700mm前後）

除草の問題

Vertisol……………雨により土地はぬかるみとなり圃場内での農作業を困難にさせる。

このため播種が成功しても除草作業が導入されなければ草との競争に作物が負けて収量が極端に下がる。

そのためには排水の必要性がある。

Alfisol……………排水がよいため主な作物はこの時期に栽培される。除草は雨の切間を利用し導入可能である。

ソルガム、パールミレット、ビジョンピー、落花生が主な作物となる。

2) 乾期の農業（11～5月 乾燥期）

土壌水分の問題（保水）

Vertisol……………土壌の保水性をもって雨期に降った雨を利用し、主な乾期作物が栽培される。

ソルガムが主要であるが、トウモロコシ、チックピー等も栽培される。しかし、土壌の保水力の強弱によって作物の選択が変わる。チックピーは最後に播かれる場合が多い。中耕役割は初期に除草効果を、後期に保水効果を発する。

Alfisol……………この時期は土壌水分が作物に十分でなく、ほとんど栽培されず、雨期から栽培されているビジョンピー、ヒマ等が見られるだけである。

以上農業実施の主体性を次のようにまとめることが出来る。

	Vertisol	Alfisol
雨期の農業（除草）	×	○
乾期の農業（保水）	○	×

最後に半乾燥熱帯地域の農業を発展させるためには、より安定した収穫物とより高い絶対的収量を得ることが第一課題といえる。この目標達成のために改良技術の一つとして vertisol management technology を実施してみたが、この技術においても天水農業である限り自然の影響は大きく、生産の良、不良が大きく振れて現われる。しかしながら何らかの工夫を行うことにより増収効果は期待できる。今後さらに集約的農法を実施しなければ半乾燥地域の小規模農業は成立しない。勿論、水が確保されればさらに大きな発展が期待されることは言うまでもない。そのためには次の点に留意しなければならないであろう。

1. 最低経営面積の確保と集約的農業の推進
2. 労働の吸収と最低賃金の上昇及び、農作業の従事形態と雇用形態の再考
3. 栽培技術の留意点と改良点
 - (1) 作物の発芽率（生存率）の確保
 - (2) 除草効果
 - (3) 地力維持と肥料
4. Vertisolにおける雨期の除草と肥料、乾期の優良品種と適正栽植密度の研究、Alfisolにおける保水技術（マルチ効果）と雨期における肥料効果の研究等、が重要な課題となるであろう。

Appendix

I ICRI SAT の概要

II On-farm Verification for Improved Vertisol Management Technology in Karnataka, India

III 諸元, 主な作物及び参考地図

IV 参考文献

I ICRISATの概要

ICRISATは国際農業研究協議会グループ(CGIAR; Consultative Group on International Agricultural Research)傘下の一機関として熱帯半乾燥地の農業開発の研究に取り組んでいる。熱帯乾燥地の中でも季節的に乾燥気候を持ち、年間降雨量500~1,000mmの地域を対象としており、天水農業の開発に的を当て、且つこの地域で重要な作物となっているソルガム、パールミレット、ビジョンビー、チックビー、落花生の5作物を中心に増産、安定生産及び品質向上のための研究を行っている。同研究所は1972年にインド、アンドラ・プラデシュ州、ハイデラバード郊外の北西約25kmのバタンチェルに創設され、現在に至っているが1983年にニジェール、ニアメ市郊外にアフリカにおける半乾燥地農業の研究を主体にした分場であるSahelianセンターを開設した。

折しも世界的にアフリカの飢餓問題が深刻化し始めている時でもあり、サヘル地域への農業貢献が期待されている。

CGIARは本部をアメリカ、ワシントンに置き、世界銀行、世界数十カ国の資金的協力と援助を受けて発展途上国の農業、食糧問題に取り組むべく、13カ所の国際農業研究所が各地で活躍している。各々の研究所の名称と位置国について図-1と表-1に示す。

CGIARでは各研究所の代表及び援助国等の代表等からなる会議において予算、運営の基本的方針が決定される。日本も一援助国であり、外務省経済協力局国際機構課がCGIARの所轄を行い、農林水産省が国際協力課を窓口として農林水産技術会議等の参加を得て、これに協力を行っている。また各研究所には援助国からの代表者、つまり理事を配置し研究所の運営、方針に対する各々の国の意見を聞いている。ICRISATには14人の各国代表の理事がおり、所長を加え、ボードメンバーを構成している。日本側理事として小堀徹初代理事^{*1}の後を継いで熊沢喜久雄理事^{*2}が現在就任しておられる。

ICRISATの組織は所長である全体を総括するDirector Generalが1名他に副所長に当たるDirectorが2名で、このDirectorは研究部門担当(Director of Research)と国際協力部門担当(Director for International Cooperation)に分かれている。Director of Researchが本場(インド)における研究に関する責任者となっており6プログラムと7の補助部門が所属する。また、Director for International Cooperationのもとにインド以外の地で実施されている研究の総括という点から各地における研究と研修(訓練)来客対応、指導研究会、セミナー等の研究をサポートする多様の展開活動を行っている。

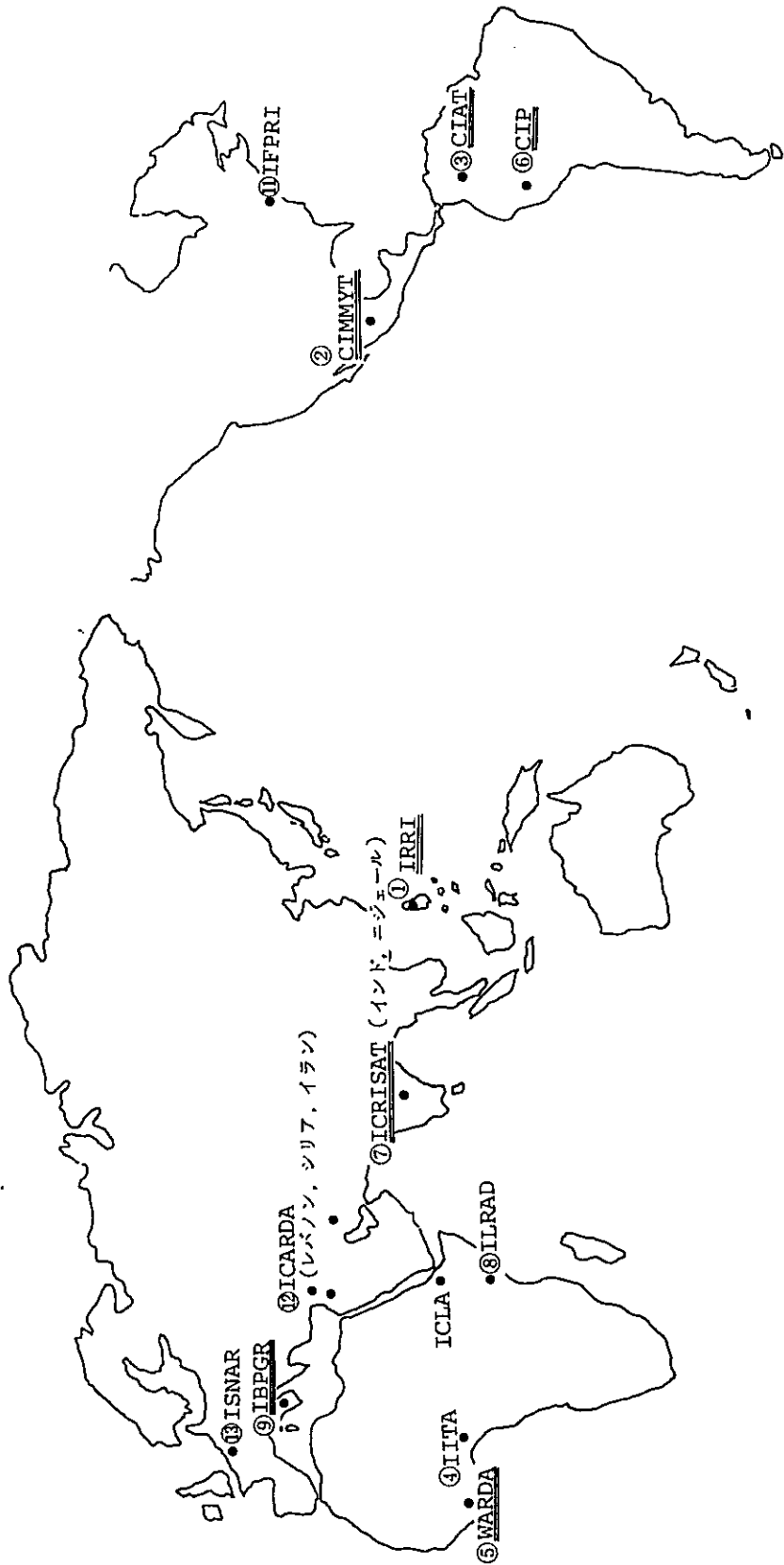
スタッフは研究者として国際研究者及び、インド研究者合わせて約80人を数え、アシスタント、労働者を含めると1,200人である。敷地はハイデラバードの本場で約1,400haあり、メインオフィス、プログラム研究室、機械ワークショップ、図書館、種子貯蔵施設等を持ち、研修員受入

*1 現三重大学教授；前東京大学理学部教授

*2 東京大学農学部教授

表一 1 CGIARの研究機関

番号	名 称	設立年	所在地	番号	名 称	設立年	所在地
1	IRRI (国際稲研究所)	1960	フィリピン	8	ILRAD (国際獣疫研究所)	1973	ケニア
2	CIMMYT (国際とうもろこし・小麦改良センター)	1966	メキシコ	9	IBPGR (国際植物遺伝資源理事会)	1974	イタリア
3	CIAT (国際熱帯農業センター)	1968	コロンビア	10	ILCA (国際家畜センター)	1974	ブラジル
4	IITA (国際熱帯農業研究所)	1968	ナイジェリア	11	IFPRI (国際食糧政策研究所)	1974	米国
5	WARDA (西アフリカ稲開発協会)	1971	セネガル	12	ICARDA (国際乾燥地農業研究センター)	1976	シリア (本部)
6	CIP (国際ばいしょセンター)	1971	ペルー	13	ISNAR (国際農業研究指導センター)	1979	オランダ
7	ICRISAT (国際半乾燥熱帯地作物研究所)	1972	インド				



図一 1 CGIAR研究機関の位置

(注1. 番号は設立年代順につけてある。注2. 機関名の下のアンダーラインは、日本が拠出している機関)

のための宿舎，職員住宅，プール，テニスコートも付属している。また，圃場は代表的土壌である Vertisol と Alfisol の 2 種が交っており，水源としての池も数個持っている。敷地のレイアウトについては図-2 を参照されたい。

研究の組織及びプログラム，活動組織については図-3，4，5 を参照されたい。

ICRISAT の目的，役割については次のように集約される。研究の対象となる範囲を熱帯半乾燥地とし，Troll の分類を使用し決定している。これによると雨量が蒸発散位を越える月を年間 2 カ月～7 カ月持つ地域で且つ，月平均温度が 18℃以上である地域としている。このうち 2 カ月から 4.5 カ月を乾燥性半乾燥地，4.5 カ月から 7 カ月を湿潤性半乾燥地に分類する。

この土地は世界中に 1,960 万 ha あるとされ 7 億人以上の人口があり，且つ，49 カ国に亘ると言われている。この地域の主食となっているソルガム，パールミレットは米，小麦，トウモロコシに続いて生産量において 4，5 番目に位置し，世界でも重要な穀類となっている。

途上国の食糧エネルギーの 70% は穀類からでその主流をなすものはソルガム，パールミレットといってもよい。また，アワ (foxtail millet; *Setaria italica*)，シコクビエ (*Eleusine coracana*) が地域によっては重要となっている。これらの穀類につき世界銀行，国際通貨基金では 1990 年までに年間 3.6% 増産に目標をおいて，現状価格での増産と高価格に努め農民に対する収入の増大をねらっている。

ICRISAT では上記作物に小農家で重要となっている豆のビジョンビー，チックビーを加え，また，油糧作物の落花生も含めた 5 作物を対象作物として研究を行っている。それに加え天水農業で且つ，小農における農業開発を課題としており総合的農業改良技術の研究も行っている。

次に ICRISAT の目標を次の 4 点に要約してみる。

1. ソルガム，ミレット，チックビー，ビジョンビー，落花生の高生産性及び高品質性種子を供給する国際的センターとしての役割及び，それに必要な遺伝資源の貯蔵を行う。
2. 季節性乾燥を持つ熱帯半乾燥地における天然資源及び人的資源を最大限に生かし，農業生産の増大と安定に寄与する営農体系の開発。
3. 熱帯半乾燥地の農業開発に対する阻害要因を探求し技術的，経済的変革を通しそれらを軽減する方法の効果測定。
4. 国家開発計画，地域開発計画との協同作業の中で農民に対する技術の開発及び普及活動に対し，ワークショップ，学会の開催，訓練の実施，普及活動の援助等を通し参画する。

また，主な研究活動について次のように要約してみた。

1. 農家を対象とした優良種子の研究
 - ① 遺伝資源の収集と保存
 - ② 育種による種子の改良

INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS
PATANCHERI (HYDERABAD) INDIA

LEGEND

- RAIN DRAINAGE LINES
- FIELD DRAINAGE LINES
- ROADS
- TERRACES
- BASEIN AREA OF TANKS
- PIPE LINE(UNDER GROUND)
- FENCING
- BORE WELLS
- HAND PUMPS
- FIELD SHEDS AND BUILDINGS
- OPEN WELLS
- TREES
- UNDER GROUND DRAINAGE

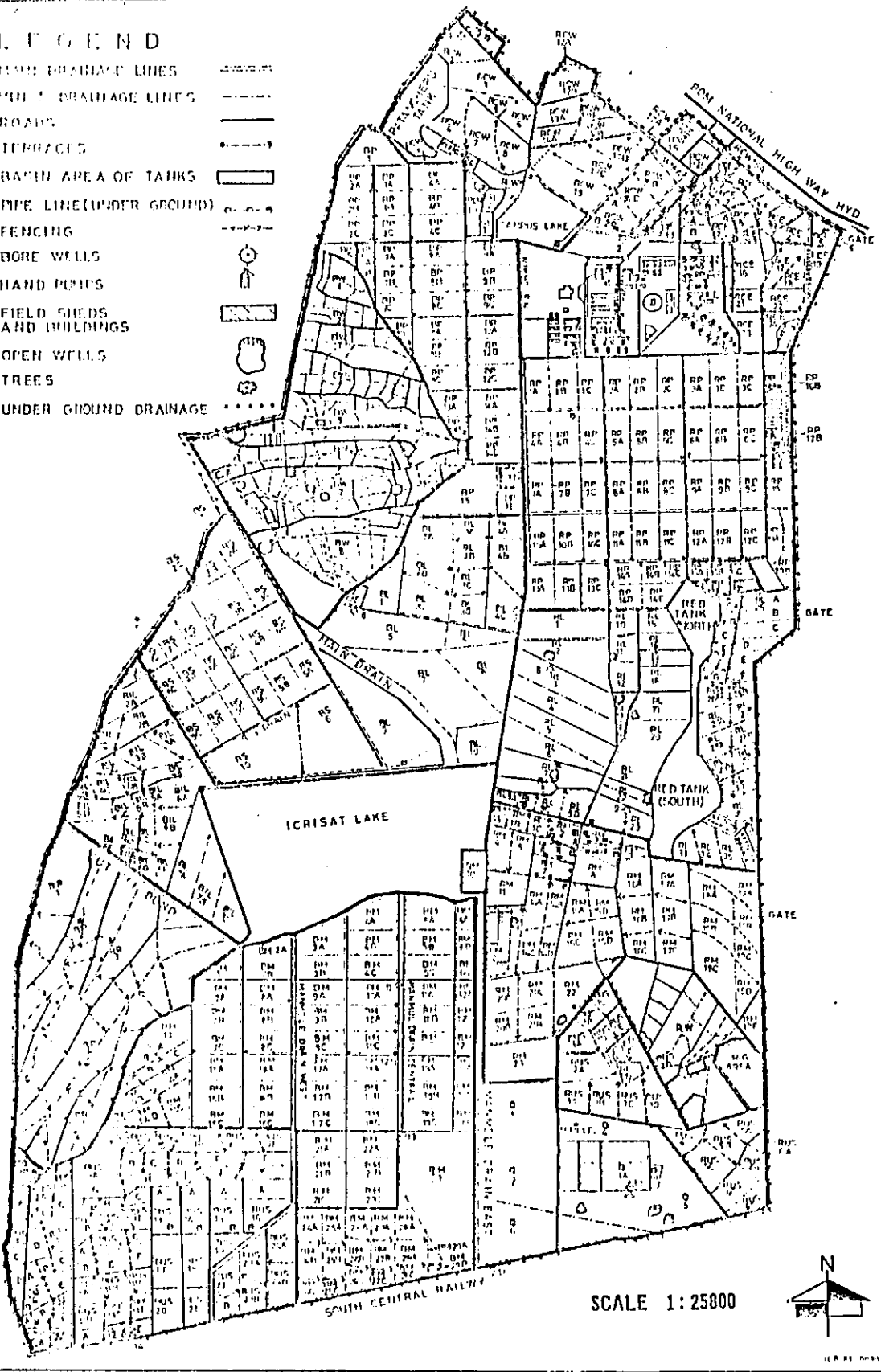


图 - 2 ICRI 研究所内地图

ICRISAT's Research Organization

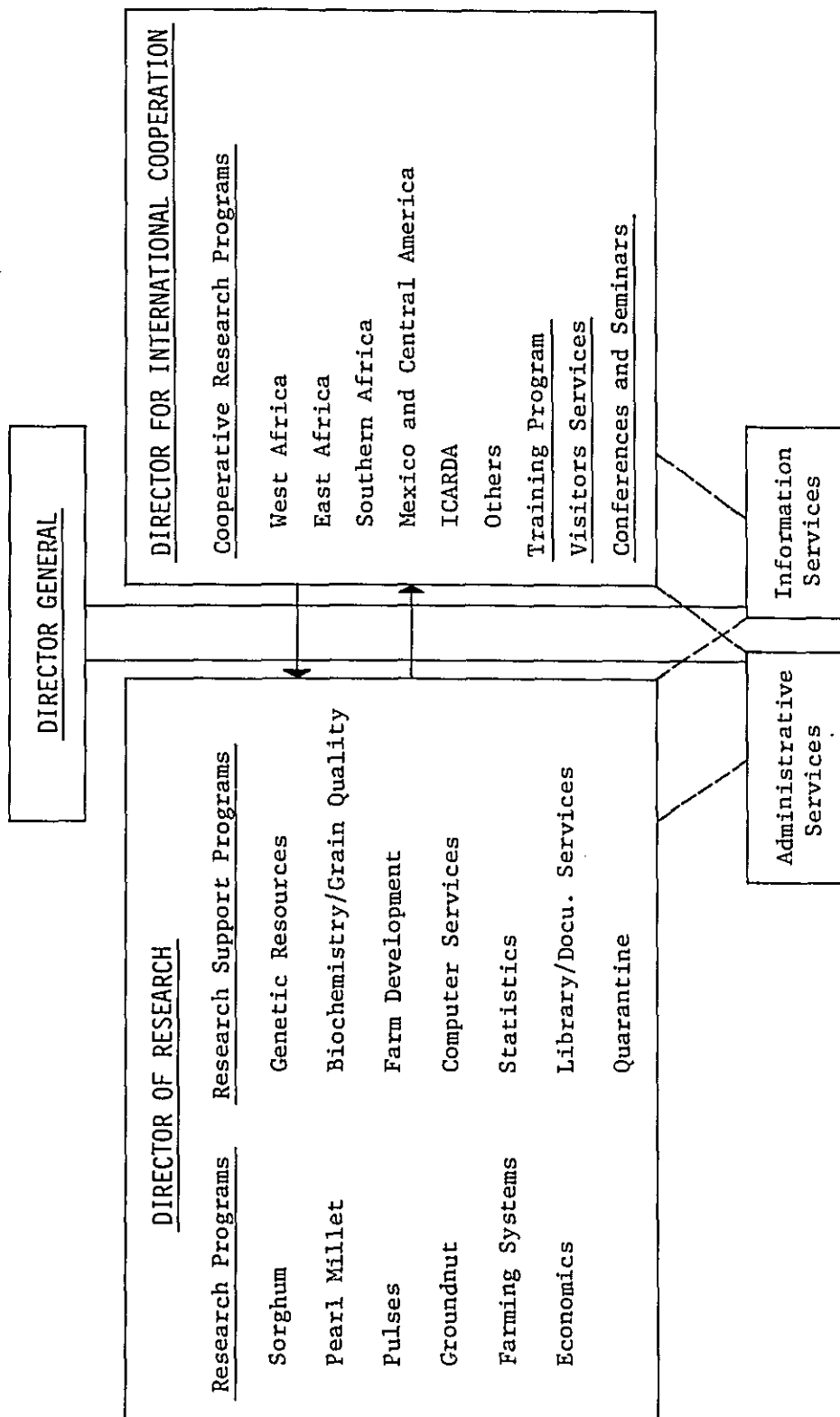


図 - 3 ICRISATの研究組織図

Research Organization by Programs under Director of Research

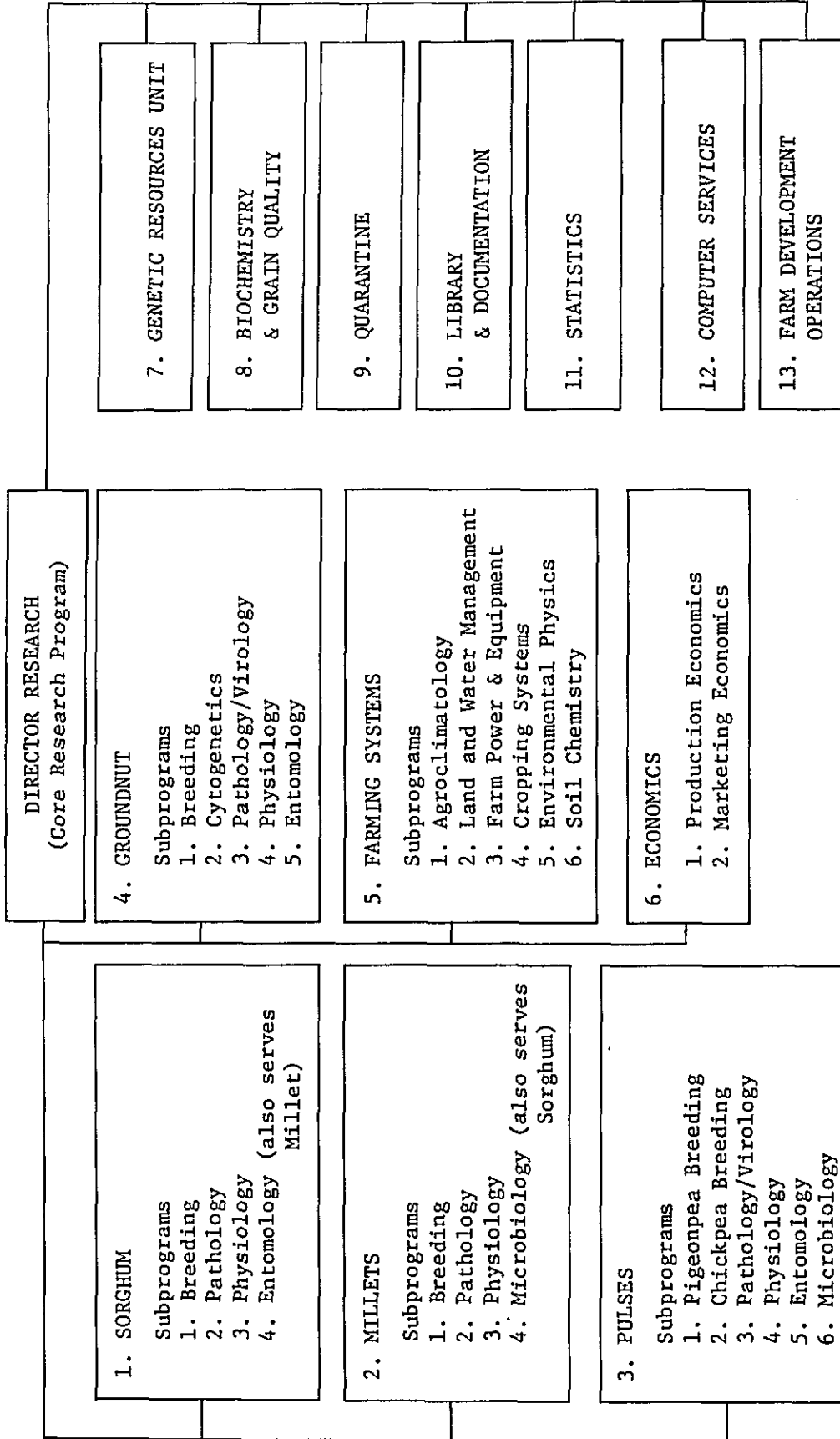


図-4 研究部門におけるプログラム別の組織図

Staff Organization under Director for International Cooperation

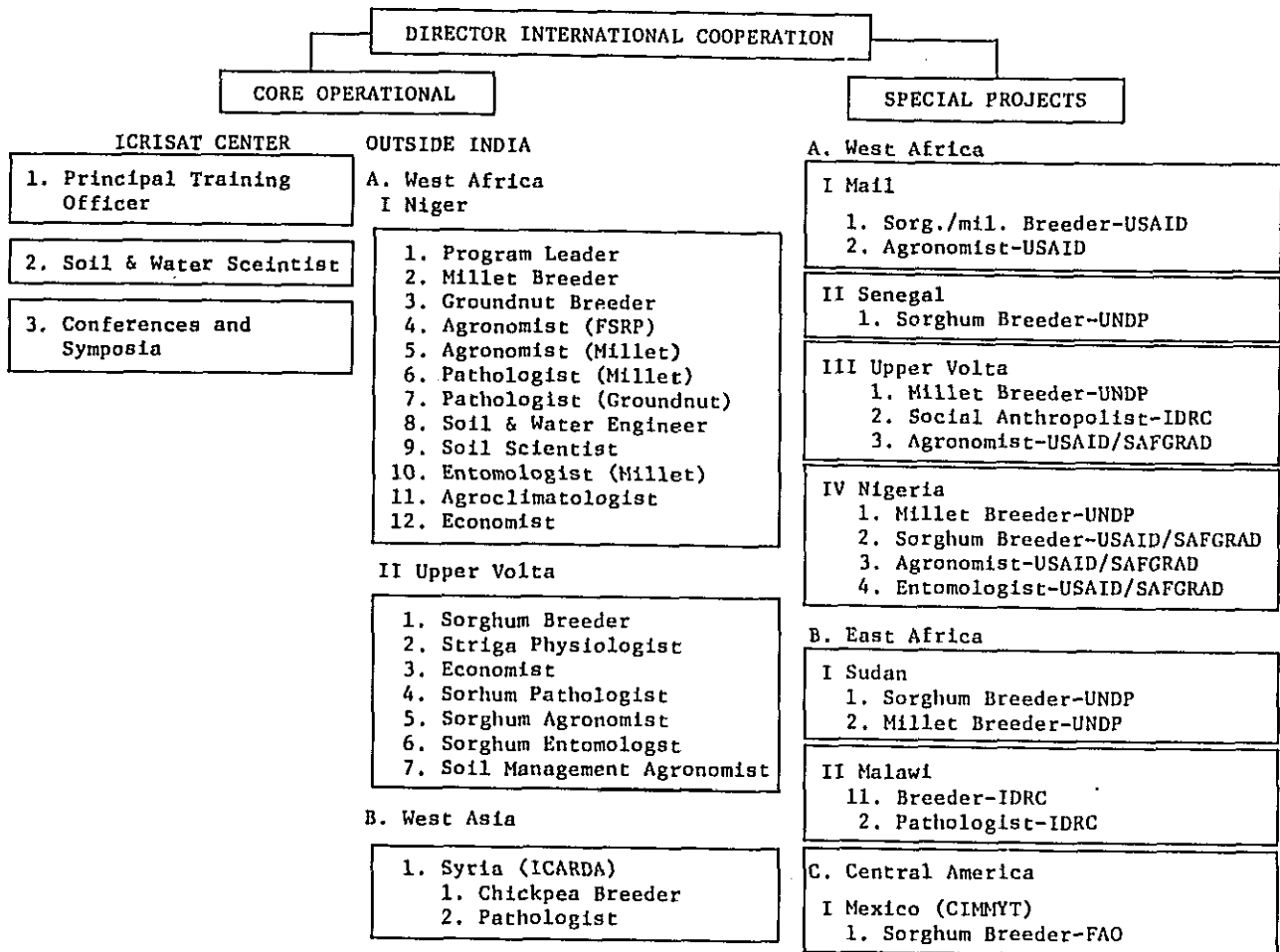


図 - 5 国際協力部門における組織図

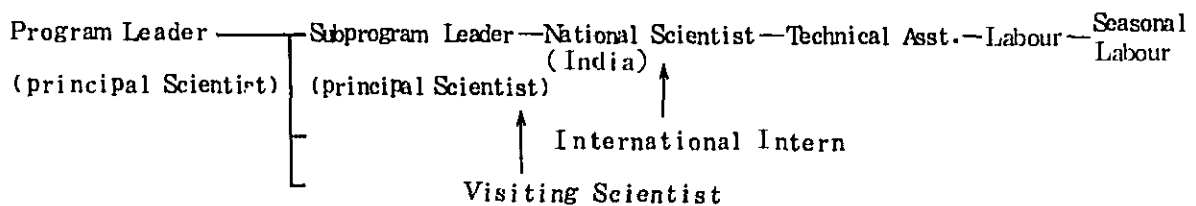
- ③ ICRI SATの改良種子の配布と効果測定
- ④ 農家での改良種子の活用
- 2. 改良営農体系の研究
 - ① インドVertisol地域における開発協力
 - ② 畜力利用耕耘機の開発
- 3. 科学的研究協力(基礎的研究)
 - ① 害虫防除
 - ② 改良農法
 - ③ 農業気象
 - ④ 新育種法
 - ⑤ 耐旱性品種の育生
 - ⑥ 耐病性品種の育生
 - ⑦ 品質改良

4. 研究協力と情報提供

各種の国際シンポジウムの開催, 他の機関との共同研究等, 補助的活動としてエチオピア, タイ, ブラジル, インド等における半乾燥熱帯地作物研究に対する協力を行っている。

ICRI SATの設立後14年を経過しているが, 設立に当っては既存するCGIARの研究所で扱っていない食糧用作物を対象とすることでソルガム等4種が決定され, あとから油料作物であるが半乾燥地で重要となっている落花生を追加し, 5作物を主要研究対象作物とした。またサイト決定に当っては半乾燥地で相反する性質を示すVertisolとAlfisolを主要研究課題としたことから, 両土が交錯する現地点を選定した経緯がある。現在の土地はインド政府から提供を受けたものであり, 一部落(Patancheru村)を移動させ, 敷地を確保した。

職員はDirector General 1名, Director 2名の他にAdministration, International CooperationにManagerを1名置くとともに各ProgramにProgram Leaderを選出し, Supporting Programの各セクションにはManagerを1名配置している。以下研究室の組織を示す。



それでは各々のプログラム研究室の活動、課題についてその要点を掲げる。

1. 作物改良に関する研究

- 1) ソルガムプログラム : 主要課題は高収量品種の育成と言える。すでにF-1ハイブリッドとして多数の品種が出されているが、これらの共通点はワイ性で且つ穂の大きいものである。但し、一般的に味の面でおとる(チャパティ用)と言われている。一方主要な害虫であるシュートフライ、ステムボラー抵抗性品種の育成も特色ある課題で選抜が行われている。病害としてはべト病、Charcoal rot 抵抗性品種育成が課題として挙げられる。また耐旱性品種の育成及び寄生植物であるStrigaの防除も重要な研究課題として取り扱われている。
- 2) パールミレットプログラム : ソルガムとほぼ同様の課題を持っており、他の作物に比べ耐旱性が強い作物といわれているが、さらに耐旱性のものを育成することが必要とされている。また新しい課題としてイネで知られている窒素固定菌がパールミレットにも応用できるのではないかとすることでこの研究に取組もうとしている。

3) 豆類プログラム :

① チックピー

栽培そのものは容易な作物であり、特に乾燥に強い性格を利用し乾期作の豆として土地の豊かでない所ほど重要な作物として栽培されている。この豆自体シュウ酸を生産する等、必ずしも品質的には満足のものではないが耐旱性作物としてICRISATでもチックピーの研究・普及に注目している。

主な研究課題は立枯病, *Ascochyta blight*, *stunt* の病気について抵抗性品種を育成し、高収量性を付加した育成品種の開発を主眼とし、害虫の*Heliothis*防除についても研究課題に挙げられている。

② ビジョンピー

この豆は半乾燥地では重要な豆であり、ダール豆としてインドではスープの主材料として使われる。そのため自給栽培も含め、広く栽培されているが栽培期間が長いため(180日)に混作される場合が多い。また用途は豆としてだけでなく飼料、薪としても利用され、多目的作物となっている。

主な育種目標は高収量性ととともに、極早生品種の育成、雄性不稔品種(F-1の親材料)の育成に主眼が置かれている。また病気についてはSterility mosaic virus 抵抗性品種の育成が最重要課題となっている。他にはPhytophthora blight(疫病)抵抗性が研究されており、すでに抵抗性品種がいくつか育成されている。虫は*Heliothis*が最も被害を与える害虫として薬剤による防除、バイオロジカルコントロール等により防除の

研究が行われている。最近、この抵抗性品種が見つかり新品種育成に期待がかかっている。

窒素固定作用となる根粒菌の研究についてはビジョンビーだけでなく落花生も含め、耐旱性、耐暑性について半乾燥熱帯における活性作用を中心に研究を実施している。

- 4) 落花生プログラム : 主な研究課題は土壌水分ストレス、高温ストレスに対する基礎的研究と低収量の原因となっている褐斑病、サビ病、ロゼット病、バッドネクロシス等の病気に対する抵抗性品種を野生種からの選抜によって育成しようとしている。また土壌病害、ウイルスについても同様の研究を行っている。収穫後の大きな問題としてアフラトキシン(マイコトキシン)感染が上げられるが、この研究については日本の協力によって進められている。
- 5) 遺伝資源セクション : 病虫害抵抗性品種、耐旱性品種、高収量品種等の育成については野生種も含め多くの品種の収集が必要とされている。1980年に日本の協力により建設された種子保存貯蔵庫に現地調査等によって集められた5作物を中心とする各種子を保存するとともに育種材料として各研究機関にも提供を行っている。

2. 営農・改良技術に関する研究

1) 営農研究プログラム :

CGIARの各研究所において高収量品種が育成され一時的には世界各地に広まり「緑の改革」とまで言われて20数余年を経た。これらはIRRIの米、CIMMITの小麦、トゥモロコシ等として掲げられる。

これに基づき他の研究所も高収量品種を育成しようと、遺伝資源の確保を含め主要研究課題として取り組んできた。しかしながら、この高収量品種も灌漑施設の完備、肥料・農薬施用なくしては期待通りの収量が得られないことが判明し、必ずしも計画通りに普及がなされていない。そこでICRISATは対象作物であるソルガム、ミレット等の5作物の育種を進める一方において、これらの品種を導入するのに当たり、必要とされる営農体系を各々の科学的分野から適切な技術を解明したいとして研究テーマに取り上げた。当プログラムの目標は天水農業の小農民に普及させるために必要な改良農業技術の開発であり、各プログラム、サブプログラムとの協同研究により改良総合営農技術を目指している。目途のついた技術は農民レベル(on farm)で試行され、実際の普及に乗せ、その実現性までも確かめる。その一つとしてvertisol management technologyの実証調査が進められている。またサブプログラムについては次の通りであるが各プログラムとのつながりがあるのでその関係を図-6に示す。総合技術という観点からwatershedをベースとして各分野からの栽培技術をここに集結させている。

① 農業気象

気象観測と各地の気象データの収集

降雨確率の積算と降雨パターンの研究

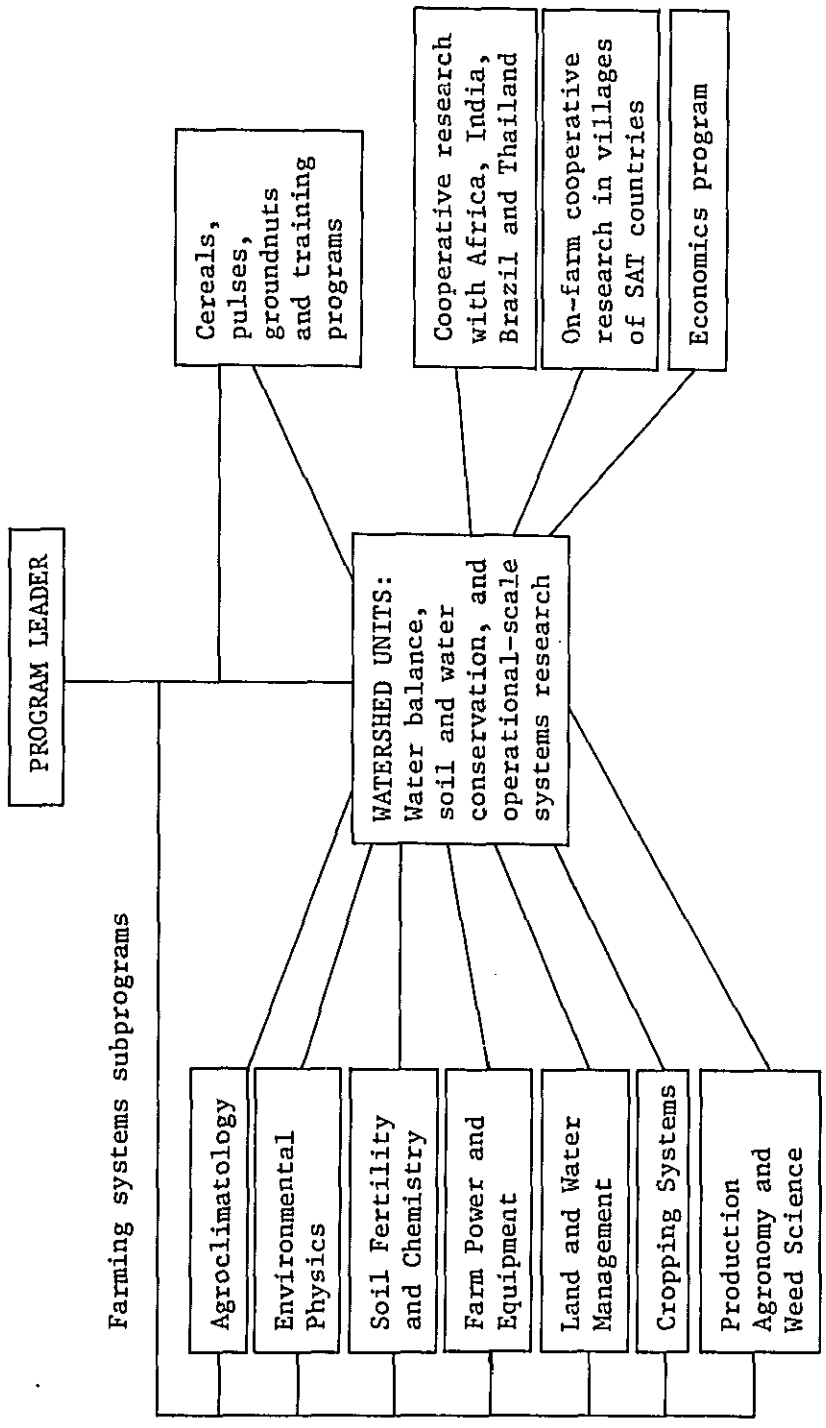


図-6 Farming System Research Program (営農研究プログラム) の関連組織図

水ストレスに関する研究

- ② 環境工学
 - 土壌の物理性 (Vertisol と Alfisol を中心とした解析)
 - 土壌侵食
- ③ 土壌肥沃
 - 土壌分析
 - 施肥技術 (N, P 及び有機肥料を中心とした研究)
- ④ 農業機械
 - WTC の開発
 - 消毒機 の開発
 - 小農機 の開発
- ⑤ 土地改良と水問題
 - Watershed 及び B B F の研究
 - 表流水利用と灌漑
- ⑥ 作物栽培体系
 - 混作の研究
 - 2毛作の研究
- ⑦ 生産性と雑草
 - 雑草防除の研究
- ⑧ 農家レベルの研究
 - vertisol management technology の試験
 - 技術の普及

2) 農業経済セクション :

ICRISAT で開発, 改良された技術をより効果的に普及させるための社会, 経済的条件について研究を行っている。主な課題は, 1) 農家レベル試験プロジェクトにおける経済分析及び, 改良技術導入に当たっての経済性の研究, 2) 伝統的農家, 農村の社会, 経済的条件の解析となっている。

3. その他のセクション

1) 研修・訓練セクション

半乾燥地の農業発展に必要な技術を指導するために, 国内外から研修生を招き訓練を実施している。中心となる研修は 6 カ月プログラムの栽培, 生産, 普及等を含んだコースで, その他に 15 の短期プログラムも用意され, 年間約 200 人, 40 カ国の研究者, 技術者を研修している。

研究所には研修生のための宿泊・食堂等が用意されており, また, インド国内からは研究者

普及員，農家の指導者を招き技術指導を行っているが，特に農家レベル試験プロジェクト関係の指導に力を入れている。その他に先進国等を含めたポストドクター等をInternational Internという待遇で受入れ，研究に協力させている。

追 記

ICRISATでは1986年に組織改革がありprogramの編成がなされた。これにより今までの5作物単位programからソルガムとパールミレットを統合し穀類programのように穀類，豆類，天然資源program等の新しいprogramとして運営がなされている。

II. ON-FARM VERIFICATION FOR IMPROVED VERTISOL MANAGEMENT TECHNOLOGY IN KARNATAKA, INDIA

Y. NISHIMURA

I. INTRODUCTION

Since 1972 ICRISAT has attempted to improve the technology of farming systems in the semi-arid tropics. Its approach has been through plant breeding trials, fundamental research on five crops, pest and disease control, soil and water management and integral aspects of these four disciplines. These have been carried out by individual programs over the past 10 years.

The farming systems program is attempting to integrate these different aspects to develop an improved farming system, which will help increase and stabilize agricultural production. Emphasis is given to more effective use of natural and human resources in the seasonally dry semi-arid tropics.

In the ground state a basic technology has been formulated at ICRISAT and is called "Improved Vertisol Management Technology (IVMT)." This technology is a composite of many aspects including soil science, crops management, fertilizer and chemical research, agroclimatology and land and water management. This packaged technology has been created and tested at the Institute and has produced a viable response that could be applied to on-farm work. However, the technology has not yet been transferred to farmers. In 1979 ICRISAT introduced on-farm research as part of the farming system research program. The vertisol management system was tested by farmers at Taddanapally village (Andhra Pradesh) in the 1981-82 cropping season, and in 1982 IVMT was transposed to 3 states in India located at Taddanpally (Andhra Pradesh), Begumganj and Bhopal (Mahdya Pradesh) and Gulbarga and Bidar (Karnataka). These trials were termed as "on-farm verification".

The objectives and scope of on-farm verification trials using Improved Vertisol Management Technology are:

1. To test and adapt black soil management technology to farmer's field conditions
2. To provide a means of technology transfer within the national program
3. To channel information between farmers and researchers.

Within the framework of the above, I have had the opportunity to be involved in this work, especially in the Karnataka state program, since the end of 1981.

Farhatabad and Andura villages have been selected by the Department of Agriculture of Karnataka State Government, for initial testing of IVMT in 1982. In this report the results are presented on 2 years operation (1982/83) of field trials dedicated to the verification of IVMT in Karnataka state.

II. FIELD PRACTICES AT THE PROJECT SITE

1. Initial stage

The testing of IVMT in Karnataka was initiated for cultivation of kharif crops (rainy-season crops) in 1982. The Government of Karnataka had decided to introduce the IVMT to dryland farmers in Gulbarga district. Finance and associated funding was arranged by the district authorities of Gulbarga. The initial field operations were implemented by the Department of Agriculture and while the transfer of technical information was carried out by ICRISAT. The latter involved a preliminary technical training course given to the key officers selected by the Department of Agriculture which was held for 20 days at ICRISAT Centre during January 1982. Following the training the officers returned to the project site and began preparation for the project by initiating negotiations with farmers. ICRISAT decided to locate a technical assistant at the project site and to distribute two wheeled tool carriers (WTC) for use by farmers in Farhatabad village. In addition, the authorities of Bidar district which is located in the northern part of Gulbarga district, approached ICRISAT with the desire to introduce the technology to their local development scheme. This was agreed upon and Bidar was included in the project for on-farm testing. Subsequently, technical advice and training were provided by itinerant staff at ICRISAT.

The components of the technology are:

- cultivation of land immediately after harvest of the previous postrainy season crop while the soil still contains some moisture and is not too hard;
- improved drainage with the aid of field and community waterways and the use of graded Broad Beds and Furrows (BBF);
- dry seeding of crops before the arrival of monsoon rains;
- the introduction of moderate amounts of fertilizers, improved seeds and cropping systems, and the wheeled tool carrier (WTC) drawn by bullocks;
- improved placement of seeds and fertilizers for better crop stands, and finally, attention to improved plant protection, particularly for the legume crops.

Cultivation in 1982

Farhatabad

The layout of the watersheds (16.5 hectares) was completed by the end of March 1982. A topographic map (scale: 1/1000) of the watersheds was constructed by the Department of Agriculture-Soil Conservation Division, Gulbarga. This was followed by land cultivation and smoothing, bed marking and finally the formation of the BBF which took place during the summer of 1982. Greengram and blackgram were dry sown on 6 ha between 10th June and 14th June, and a 35mm rainfall received on the 16th June was sufficient for successful germination. In addition, wet sowing of greengram was carried out on 18th June on 1.5 ha and sole pigeonpea and pigeonpea intercropped with groundnut, sesamum and maize were wet sown shortly afterwards. Weeding and interculture took place during the dry spell between 10th July and 21st July. Unfortunately, both blackgram, which was sown in a deep plowed field, and maize were damaged by drought during this period. Greengram and

blackgram, the first crops in a sequential cropping pattern, were harvested on 20th August and sesamum, which was sown with pigeonpea, was harvested at the beginning of September. In the beginning of August other farmers joined the project for rabi cultivation, and the BBF preparation in a second watershed area was initiated.

Immediately following the harvest of first crop, the fields were cultivated, retaining the bed formation for the rabi crop. In mid-September there were good rains and rabi sorghum as a second crop was planted between the end of September and mid-October. Unfortunately, most of sorghum had to be resown because the seeds issued by the Seed Corporation showed poor germination. Safflower was planted after blackgram harvest on 8th October. Groundnut, that had been intercropped with pigeonpea, was harvested in mid-October.

An endosulphan spray for *Heliothis* control in pigeonpea was applied on 20th September at flowering and was repeated several times during this stage. Some farmers employed a malathion dust as an alternative. Harvesting of pigeonpea was completed at the beginning of January and sorghum and safflower were harvested at the end of February.

Bidar 1982/83

The survey operations and layout of watersheds and BBF were initiated in May. BBF preparation could not be properly carried out because of soil compaction in dry conditions, however, shallow beds were reformed at the time of interculture. As sorghum (CSH-1)/pigeonpea (ICPI-6) intercrop was tested at Andura village in the Bidar area. Sowing was carried out from 20th June under dry and wet sowing conditions. The farmers performed field trials using the Agri-bar made by Medak, Medak Agriculture Center of Medak District, A.P. and which was issued by the district authorities of Bidar. This equipment was not designed for the attachment of the seed-cum-fertilizer drill, and instead a local improved seed drill was used at planting time. Some sorghum seedlings were damaged by wilt disease, but germination was generally good. Interculture was carried out and top dressing applied at the end of July by the local equipment and the Agri-bar. Sorghum matured by the end of September, at which time a Field Day (exhibition) was organized by Bidar district authorities in which local farmers and agricultural officers were invited to the project site.

Sorghum was harvested at the beginning of October. However, pigeonpea was damaged by *Pytophythra* blight disease in poorly drained fields after receiving heavy rains in September. Those which sustained growth were harvested at the end of February.

Gulbarga 1983

There were 11 project sites and 8 government seed farms selected for new testing areas in accordance with the dryland development scheme initiated by the State Government. A one-week training course was held at ICRISAT in mid-January. Watershed and BBF operations for the new sites were carried out in summer 1983 by the Department of Agriculture-Soil Conservation division, and 48 WTCs were purchased and issued to the project sites. Unfortunately, BBF preparation was delayed in many of the new sites due to the late arrival of the WTCs. Rainy season crops did not develop well, because pre-monsoon rains did not arrive and the north-east monsoon arrival was delayed by about one month. Dry sowing was tested at Kotnur seed farm in mid-June; however, there were no rains for one month and germination was poor. In other areas the late arrival of the monsoon not only caused poor germination of the dry sown crop but, also prevented the sowing of the first crop for fear of late harvest and therefore missing the favoured rabi crop. Only the

project site at Aland responded well to dry sowing and double sequence cropping systems this year. Pigeonpea, sesamum/pigeonpea, blackgram/pigeonpea, groundnut/pigeonpea were planted at Farhatabad at the end of July, although, due to onset of rains greengram sowing was missed. Sufficient rains for germination were received at the end of July and following the first rain there were continuous rains upto mid-October. These rains caused many problems for field operations in certain areas (specifically Halikhed, Bidar and parts of Gulbarga) (1) weeding and topdressing could not be carried out; (2) the field preparation for rabi-crops, especially rabi-sorghum, was delayed and in consequence it was not possible to sow at the proper time and the sowing was abandoned, and (3) it was not possible to harvest blackgram and the products were spoilt in the field.

In those areas where rains did not create problems (mainly Aland and Farhatabad) rabi-sorghum was sown in mid-October by local equipment and partly sown by WTC blackgram and sesamum were harvested in September and groundnut was harvested in October.

Bidar 1983

Under the dryland development program, 20 sites for watersheds were selected by the Department of Agriculture in 1983. The project set-up was similar to the Gulbarga watersheds. In Andura village a sorghum/pigeonpea intercrop was tested by dry sowing in June. However, due to the late arrival of monsoon and pre-monsoon rains, the seeds did not germinate. In some of the new watersheds, greengram and blackgram was planted, but yield was poor due to damage by continuous rain. The total rainfall in Bidar was greater than in Gulbarga, consequently, kharif crops were more severely damaged. Rabi-sorghum was sown at the end of October. Details of operation at Gulbarga watersheds in 1982 are shown in Table 1.

III. CROPPING SYSTEMS AND CROP PRODUCTION

1. Traditional cropping patterns in Vertisol in north Karnataka

In general the cereal crops grown on these Vertisols are sorghum and pearl millet, alternated with perennial (shrub crops) such as pigeonpea and cotton. The basic cropping pattern in Gulbarga and Bidar district would be sorghum planted in the first year followed by pigeonpea in the next year. Sorghum is generally cultivated in post-rainy season since there is less risk involved, and cultivation is easier than in the rainy season. Thus the land is normally left fallow in the rainy season prior to rabi-sorghum planting. The proportion of fallow land in the rainy season is about 40% of total cultivated land in Farhatabad. Short duration crops such as greengram, blackgram, sesamum, etc., are grown in some fields in the rainy season, although it is more common for these crops to be planted together with pigeonpea as intercrops. Recently in some small areas groundnut may be sown instead of pigeonpea as a cash crop. Traditional cropping system is shown in Figure 1 and Bench Marks of Farhatabad agriculture is shown in Table 2.

2. Improved Cropping System

Improved cropping systems are aimed at obtaining a greater yield than that of traditional systems. Two main aspects were tested in the field: (1) utilization of fallow land during

the rainy season; and (2) introduction of intensive cultivation by intercropping.

The introduction of new crops and substantially different cropping systems can create some initial land management problems for farmers. Most of the farmers will give a negative response to drastic changes, and it is advocated that new cropping systems should be based on the traditional system. Particular aspects which the farmers are reluctant to change are:

1. The farmers do not like to miss the possibility to plant rabi-sorghum which is the main staple crop in this area. Thus, only short duration crops should be planted in the kharif season. It is recommended that greengram or blackgram should be sown in the kharif, prior to rabi-sorghum.
2. The most intensive intercrop is the combination of a short duration crop with a long duration crop. Pigeonpea is the main long duration crop in Gulbarga, and can be intercropped with greengram or sesamum. An example of this combination is shown in Fig. 2. The yields obtained in the watershed area using different cropping systems are summarised in Tables 3 and 4.

3. Result and discussion

a. Intercropping

Several kinds of intercrop patterns were tested in the watershed area but all of the cropping systems were based upon combinations with pigeonpea. The yield of pigeonpea was about 900 kg/ha in all combinations, except with maize where it was 800 kg/ha in 1982/3. In Gulbarga, pigeonpea was sown 2 rows per bed while in Bidar there was only one row per bed. Even so, no difference was noted between the respective yields of pigeonpea. The farmers in Gulbarga are interested in growing more pigeonpea than other intercrops due to the high price obtained. Mixing pigeonpea with greengram or blackgram are good combinations to maintain soil fertility, whereas sesamum/pigeonpea can be recommended as a good combination for short duration and long duration crops. However, it is still necessary to improve the yield of sesamum in order to obtain a worthwhile profit from the same combination. Groundnut/pigeonpea intercrop did not produce good results mainly because groundnut cultivation is not suitable in Vertisols; sole groundnut gave only 700 kg/ha in farmer's fields. In addition it was found that pigeonpea growth disturbed the growth of groundnut by shading when planted in a 2:2 ratio. A sorghum (high yielding variety)/pigeonpea intercrop was tested at Andura village. The result was shown to be quite reasonable with a yield of sorghum of 2500 kg/ha and pigeonpea 900 kg/ha. When blackgram was sown with pigeonpea with an intercropping ratio of 2:2, the yield of blackgram decreased by less than half as shown in the following table:

Aland watershed in 1983

Crops	Yield
Blackgram/pigeonpea intercrop lines/bed (2 = 2)	240 kg/ha
Blackgram sole lines/bed (4)	618 kg/ha

The following combinations can be recommended:

- i. A high yielding combination; sesamum/cereal crops – sorghum, maize, or foxtail millet; combining a short duration crop and a tall crop;
- ii. A soil fertility combination consisting of a combined short duration pulse such as blackgram, greengram and cowpea and a long duration pulse such as pigeonpea.

b. Sequential cropping patterns

A sequential pattern could be developed by introducing a short duration crop in Kharif season prior to rabi sorghum. Greengram and blackgram were tested for this purpose and the key question that arose from these tests was how to achieve a good yield from the kharif crop, considering the risk factors of kharif cultivation. The factors that must be considered are:

- i. Rain is variable and areas should be defined according to the amount of rain, and the start of the rainy season;
- ii. There are difficulties of sowing under conditions of a long dry spell (drought)
- iii. There are difficulties of weeding
- iv. If sowing is delayed then harvesting may become a problem due to the onset of the North-east monsoon before the crop is mature.

In 1982 greengram rabi sorghum and blackgram-safflower combinations were tested in Gulbarga. Greengram was sown on the 10th June by drysowing and harvested on the 20th August. Sorghum was sown on 28th September and harvested at the end of February. This cropping system was shown to have the best gross return of all the combinations; greengram 500 kg/ha and sorghum 1450 kg/ha, with a total return of Rs. 5600/ha.

In 1983, greengram and blackgram were tested in most of the watersheds. Only in Aland village were substantial yields of blackgram harvested (700 kg/ha) whereas only 40 kg/ha yield of greengram was harvested in the Halikhed B watershed. Initial growth was quite good. However, harvesting was missed due to continuous rain in September.

Most of the farmers in watershed areas did not succeed in growing kharif crops in 1983 when using the double crop system.

- i. The opportunity to sow was missed due to the delayed monsoon and poor pre-monsoon rains. (some farmers are afraid that the kharif crops might disturb the rabi planting)
- ii. Weeding problems due to continuous rains.
- iii. The seeds of the mature crop were spoilt by rain.

IV. CULTIVATION AND AGROCLIMATOLOGICAL ASPECTS

The agroclimatological data can provide useful information for selection of suitable farming system for a specific area. Gulbarga and Bidar belong to a typical semi-arid climate as

shown by the rainfall data. Average annual rainfall in both areas is similar and is 727mm in Gulbarga and 828mm in Bidar. Of these amounts 87% is received from June to October in Gulbarga and 89% in Bidar. However, according to probability analysis by Gamma distribution, the rains during the rainy season are more reliable in Bidar than in Gulbarga (Tables 5 and 6) and according to the allocation of areas for "dependable" and "undependable" rainfall, Bidar belongs to the dependable rainfall area and Gulbarga belongs to the undependable area.

1. Dry sowing

Dry sowing helps to maximise utilisation of soil moisture for kharif cropping, and sowing operations are easier on the dry soil. However, determination of the sowing date by data analysis is not always accurate. Fig. 3 shows the probability of an initial rainfall of 10mm, and 30mm for a specific date in Gulbarga and Bidar by the Markov chain method. According to the analysis, the monsoon starts on 10th–15th June in both areas. If it is a normal year, dry sowing operation should be done before those days. But a final decision must be taken by considering the movement of the monsoon for that specific year. In 1982, the yield resulting from dry sowing on greengram was good in Gulbarga district. The farmers planted the seeds on 14th June and then suitable rains (37mm) were received on 16th June. In 1983, dry sowing was tested at Aland, Andura and Kurikota watersheds and at the Kotnur seed farm. However, in most cases the practice failed because the monsoon was delayed by one month more than expected with the exception of the Aland watershed where 700 kg/ha of blackgram was harvested.

The important considerations for drysowing are:

- i. The seeds must be sown sufficiently deep (5 cm) to avoid premature germination after a small rainfall but not too deep such that the seeds cannot sprout; this is especially in the case of soybean. (See the results of dry sowing Appendix I).
- ii. The seedbeds must be formed uniformly and the top of beds must be smooth and of fine soil.

2. Climatic situation—1982.

The initial effective rainfall was 35mm in Farhatabad and 20mm in Bidar and arrived on 15th June and 22nd June respectively. However, this was followed immediately by a dry spell of 20 days and caused some damage to seedlings. During kharif crop growth good rains were received only twice at the beginning of August which caused drought stress in some of the crops. In September, suitable rains were received for rabi crop planting followed by substantial rains received at the end of October and beginning of November caused by cyclones passing over the area. Rainfall and field operations at Farhatabad in 1982 are shown in Fig. 3.

V. WATERSHED AND BBF OPERATION

Watershed sites were selected by the Department of Agriculture, and surveying, mapping, and the layout of BBF were also carried out by the Department of Agriculture under the

technical supervision of ICRISAT. Within this framework, the Farhatabad watershed was established as a model watershed in Karnataka in the beginning of 1982. The field operations were performed well and officers who attended the training at ICRISAT showed much interest in the technology. In May 1982 the Andura watershed was included in the scheme for the development of BBF. However, the preparation of BBF was not good due to the fact that the soil had already become hard and compact by dryness. It was mainly these two watersheds that were managed and tested in 1982. The development cost of the watershed was recorded in Farhatabad. Total development cost was Rs.182/ha for which 34 man. hours were required to prepare one hectare. However, if the additional cost for manpower supplied by the Department of Agriculture is included, then an additional Rs.50 per hectare should be added to the total amount. For one hectare of watershed to be developed by 1 pari bullocks (working 8 hr/day), a total of 4.5 days is required. This information can be usefully employed for the development of new watershed areas. The details of development works for watershed are shown in Table 7.

1. Results and problems

A total of 16 ha of the watershed area was developed in Karnataka in 1982. This was expanded to 228 ha in 1983 in other watershed areas taking part in the project (Table 8 and 9). The BBF preparation in the watersheds was carried out by officers who attended the training course for the technology at ICRISAT. The BBF performed well for drainage of the fields during rainy season, however the effect of the BBF in the postrainy season is uncertain. Practical considerations and problems are described as follows:

- i. Grading of BBF must be adjusted to more than 0.5% of slope in farmer's fields for effective drainage. Otherwise water stagnation will take place in certain areas and near drainage outlets. It is, therefore, necessary to increase the slope above that previously intimated in ICRISAT's recommendations.
- ii. For the layout of BBF, not only grade of the bed but also operation of the WTC and associated implements in the field must be taken into consideration. The bed direction must be as straight as possible and sharp turns should be avoided to facilitate WTC manoeuvrability.
- iii. Before sowing, seed beds must be formed uniformly and smooth, otherwise sowing problems arise and seed depth cannot be precise. Most newly developed beds cannot be prepared properly due to soil compaction during summer months. It is therefore, better to prepare shallow but uniform furrows for the first year and then properly developed bed in the following year.
- iv. Most water stagnation in the watershed area was observed where (a) initial preparation and land smoothing was poor, (b) waterways were not properly developed, (c) grading of the beds was insufficient, and (d) layout of the beds were not properly formed due to poor surveying.
- v. In certain cases, although arrangement of the bed and field were carried out properly, waterlogging problems still arose due to intake of water from outside of the project area. A drainage network should therefore be formulated by making a master plan of water drainage for the complete area.

vi. Watershed and BBF layout is given in Appendix II.

VI. SOILS AND FERTILITY

The soils in the site of Gulbarga are deep and medium black soils formed on parent material consisting mainly of black limestone. These Vertisols have high clay and Mg content: 66% clay and 1207 ppm Mg. The pH is 7.75 and is similar to Vertisols at ICRISAT. The silt content is higher than ICRISAT or Taddanpally soils; 28% silt was recorded in Gulbarga soils as compared with 18.3% in ICRISAT. (Table 10).

Farm yard manure (FYM) application has been practiced by local farmers, and one farmer at Bidar watersheds has maintained fertility of the soil by introducing green manure. Chemical fertilizer are also used by the farmers of Gulbarga and Bidar. The fertilizer application for 1982 are shown as below:

Gulbarga	Kg/ha
	N-P-K
Greengram	16-41-0
Blackgram	18-46-0
Pigeonpea	15-39-0
Groundnut	14-37-0
Sesamum	14-37-0
Rabi-sorghum	50-25-0
Safflower	37-50-25
 Bidar	
Sorghum	N - P - K
(Kharif HYVs)	54 ~ 72-18 ~ 24-0
Pigeonpea	7 ~ 9-18 ~ 24-0

The effect of FYM has been noted at Aland watersheds on kharif crops in 1983. The yield of blackgram at Aland village watershed in 1983 is as under:

Plots	Yield (kg/ha)	No. of plants (No/ha)
applied FYM	893	227000
without FYM	766	199000

FYM is quite beneficial for crop growth and improvement of soil characteristics. However, FYM should be well composted before field use, so that the problem of grass and weed growth is prevented. It is obvious that FYM is excellent material for intensive agriculture.

VII. ECONOMIC ANALYSIS

1. Economic analysis for the improved technology

Economic analysis of the Farhatabad watershed has been carried out since 1982. In addition, Pattan and Aland were included in the collection of operational data for the economic analysis from 1983. The result for Farhatabad in 1982/83 crop year is shown in Table 11. The best gross returns were recorded from the combination of greengram + sorghum sequential cropping system (Rs.5603). However, the best gross profits were obtained from sole pigeonpea (Rs.4186), although the greengram + sorghum sequence also showed high profits (Rs.4059). These were followed by sole safflower, sesamum/pigeonpea intercrop and groundnut/pigeonpea intercrop.

Blackgram and maize were shown at a loss due to yield reduction by drought. In intercropping patterns it is necessary to find a good combination crop for pigeonpea without reducing its yield. This is because the farmer is not interested in reducing his pigeonpea yield, which fetches a good cash return, even if the yield of other crops increase. Improved farming is shown to have a greater benefit than traditional farming as seen as follows:

Crop combination	Improved/Traditional
Greengram + Sorghum	132%
Sole pigeonpea	239%
Groundnut/pigeonpea	121%
Sesamum/pigeonpea	215%
Fallow – sorghum	104%

The improved technology is effective in increasing the yield per unit area by proper crop and field management even though there is not much difference between the operation costs of the improved technology and traditional systems. In both methods the farmers are introducing fertilizers and chemicals for cultivation.

2. Improved operation and Traditional operations

Detail of labour inputs for different cropping systems: greengram + sorghum sequence, sole pigeonpea, groundnut and sesamum/pigeonpea intercrop and kharif fallow-rabi-sorghum can be compared from Table 12.

There is no difference between work input for improved and local methods. Most of the labour is involved in harvesting and threshing, which consume 50% of the labor input, and interculture, such as weeding which consume about 30%. Tillage for field operations is about 3–16%, sowing 3–8% and topdressing and plant protection 0–13% of the total inputs. Improved methods are a little more laborious compared to the local methods, but the difference is mostly negligible, and at most there is only Rs. 100/ha difference between the two methods. However, using the WTC is considerably more rapid than using traditional equipment such that the number of bullock working hours is only half that of traditional methods. An important consideration for the economic standpoint of labour inputs is the observation that in traditional systems the farm labourer will work, on an average for 100 days/year. Evidently this is a very inefficient use of manpower and by implementing the improved technology the manpower could be used far more efficiently. There was little difference between the two methods with regard to fertilizer and chemical application. Plant protection by chemicals was mainly observed on pigeonpea, and the amount applied was quite variable, depending upon the farmers. Greengram and rabi-sorghum were shown to be the most simple and easy crops to cultivate and only 50 man. days per hectare was

required to cultivate each crop.

3. The result of different farming systems

The different farming systems on greengram and sorghum are evaluated in table 13. According to the results, improved watershed system provides twice the annual income of the local system. This income is mainly acquired by introducing a kharif crop such as greengram to the improved watershed system. Dry sowing and wet sowing were compared for greengram in the watersheds. Dry sowing was found to increase the yield of greengram by 138% of that of wet sowing. Both crops were located in adjacent fields and were similarly managed with the exception of the sowing date; dry sowing was carried out from 9 to 13 June and wet sowing 18 to 19 June. 35mm rain was received on 16th June. In local rabi sorghum cultivation, the operation cost became high due to the introduction of repeated harrowing (5 to 6 times) before sowing.

4. A model of two years' rotation in Farhatabad

The field operations in Farhatabad watershed (6.15 ha) are shown in Table 14. Data has been collected for 2 years, although the final half of 2nd year is still not complete. However, by using data of neighboring fields in same watershed for the 1st year, an analysis can be made. The working model for 2 years rotation per hectare is as follows:

	Man. days	Bullock pair (days)
Development	45	34
1st crop (greengram)	178	1
Field preparation	13	2
2nd crop (sorghum)	49	2
Field preparation	7	2
3rd crop (pigeonpea)	52	5

VIII. TECHNOLOGY TRANSFER

In general technology transfer takes place through the institution of a training program. For this purpose ICRISAT has organized several training programs for national research workers, extension officers and farmers such that the technology could be transmitted either directly or indirectly (see Table 15).

The aim of technical transfer is for the technology to be passed on from ICRISAT to the farmers via department of agriculture extension officers. In this manner the technology can be transmitted to a wide area without the direct intervention of ICRISAT. However, as a result there is a certain dilution between the original technology and the farmers, and moreover there is a distinct communication gap between the extension officers and the farmers. It is therefore, necessary to clarify the problem, which are not only of technical nature but are also sociological, in order to test the new technology. An important question that arises is who uses the technology?

In general cultivation is carried out by the farmers but in many developing countries, three situations may arise: (i) where the farmer will employ labourers and work together

with them in the field (ii) where the farmer will contract out his land to a cultivator who will then give repayment to the farmer in the form of yield returns (iii) where the farmer will employ labourers to carry out the cultivation of the land and will take a more managerial position rather than become personally involved with the field work.

If we consider farming in Gulbarga most of the middle to large farmers employ permanent labourer for the farm work. These would normally be the small or landless farmers. As such two distinct societies are established in the villages that of the farmers and that of his labourers. An important feature of farming in Gulbarga is that practical cultivation is largely carried out by labourers and there is little contract/tenant system operating there (Next table).

Farhatabad village, Gulbarga

Extent of area	No. of owners
< 2 ha	110
2.5 ha (2 ~ 5 ha)	85
> 5 ha	174
Total	369
Tenants	3

B. Saradgi village, Gulbarga

(Farhatabad watershed located at B. Saradgi village)

Extent of area	No. of owners
Less than 1.25 ha	54
1.25-2.5 ha	85
2.5-5 ha	80
5-7.5 ha	35
7.5-10 ha	26
More than 10 ha	8
Total	288

The prime difference between the employment of laborers and the contract/tenant system is that in the former case responsibility and decision making is made by the farmer and in the latter case it is the tenant who makes the decision. Thus in the transfer of the technology we must first find out to whom we are giving the technology. In such a situation it would be necessary to incorporate a biphasic training program: Principles and managerial matters should be for the attention of farmers whereas technical and practical matters is directed to the laborers. However, it is also important that the farmer, himself, is in touch with the practical aspects and should learn the technology. It was noted that of ten farmers only one farmer worked with the laborers in the fields, whereas the other farmers only supervised the farming in our project.

A most important aspect for technical transfer of IVMT is the utilisation of the WTC. The IVMT recommended by ICRISAT requires the use of the WTC; however, WTC is still not adopted by Indian farmers due to its high price.

There are four options available to adapt the WTC to the constraints of low income farmers, (a) to reduce the cost possibly by further modifying the WTC, (b) by sharing the WTC by forming cooperatives in the villages, (c) to develop a contract scheme by forming private or cooperative organisations for rental of the WTC and (d) to increase the applicability of the WTC by development of various additional attachments such as a sprayer, duster, etc. For cost reduction it is necessary to approach the industrial sector, whereas for formation of private or cooperative organisation a socioeconomic standpoint should be taken. The adaption and utility of the WTC mentioned in (d) is specifically an engineering concern. It is of my opinion that the introduction of private or cooperative contractors would be successful in the Gulbarga district. The contract scheme mentioned in (c) is similar to threshing contracts or hiring of tractors and would require the contractor to arrange for the WTC, bullocks, and operators according to the requirements of the cultivator. Cost will be about Rs.50/day as detailed in the following estimation.

Economic Estimates for Tropicultor Contract Scheme

	Tropicultor	Bullocks	Operator
Purchase price (Rs)	17000	8000	—
Maintenance fee (Rs/year)	1700	2000	3600
No. of years for repayment	x 10	x 10	x 10
Total repayment over 10 years (Rs)	34000	28000	36000

Total cost to Contractor = Rs. 9800/year or Rs. 98000 over 10 year

Rental rate to cover cost = Rs.9800 for 250 days or Rs.40/day

Cost of hire for WTC as assessed by ICRISAT

WTC	Rs. 22/day
Bullocks	Rs. 25/day
Labour	Rs. 5/day
Total	Rs. 52/day

The advantages of this system are:

1. to facilitate maintenance and repairs
2. to increase employment in the area by a contracting scheme
3. no requirement of initial cost to the farmers
4. to make the possibility for technology transfer more feasible
5. to initiate agro-industry to farming in India.
6. to solve the problem of bullock power (small bullocks, etc.)

IX. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The key to increased yield for rainfed agriculture in the semi-arid tropics is found in crop

production during the rainy season. Particularly in Vertisol areas, this requires the utilization of land left fallow during the kharif. Currently, kharif fallow land occupies 40 percent of the total cultivated area in the Gulbarga district, which could be utilised by better management of the fields for increased yield production. The most important aspect of good management for kharif crops are (i) to obtain good germination and (ii) to exercise good weed control although fertilizer use and timely plant protection are also important components for improved production. It was noted that farmyard manure was important in promoting the growth of plants not only from fertility point of view, but also by changing the physical characteristics of the soil. Similarly, by introducing new high yielding varieties of crops and disease and insect resistant strains, yields can be increased. However, marketability of these new varieties, particularly in reference to sorghum, must be checked, otherwise even though the crops may show good results in the field, they may not be profitable for the farmer when sent to market.

The basic cropping system in Vertisols in the Gulbarga and Bidar districts consists of a two year crop rotation where sorghum and pigeonpea (or cotton) are grown in the post-rainy season on alternate years. This system promises a sure yield and is a low risk cropping pattern for the farmers. When a new technology is introduced it is important that the technology not only improves the yield, but is also of low risk and provides a basic assured yield equal or better than that of local farming methods. The recommendations for farming methods gained through the experience obtained in Gulbarga and Bidar are itemised below.

1. When implementing a double cropping system of greengram or blackgram as a kharif crop, a yield of at least 200 kg/ha must be obtained in order to be profitable.
2. In intercropping combinations with pigeonpea, a decrement in the yield, as obtained by the sole crop, will not be tolerated by the farmers even if there is yield benefit from other crops planted together with pigeonpea. The farmer considers pigeonpea as the main crop and other crops are only a welcomed bonus.
3. Dry sowing has been shown to contribute to higher yields; however, there is a high risk factor involved in that germination may fail. Dry sowing requires improvement in the prediction and probability for the onset of rains. This could be carried out not only by further development of data analysis models, but also by micro-agroclimatic observations for monsoon forecasting. Of particular importance is the effect of pre-monsoon rains on the timing for dry sowing. If pre-monsoon rains are below normal then sowing will be delayed. Similarly, it is important to investigate the relationship between pre-monsoon rains and soil moisture content and its effect upon the workability of the soil in bed preparation. Confidence in dry sowing cannot be created unless the technology assures a risk free crop.
4. Sequential double cropping pattern have a distinct potential for increased returns. However, intercropping with pigeonpea is still questionable and it is necessary to perform more experiments to attain better combinations.
5. A yield increase per unit area was undoubtedly attained by introducing IVMT. However, it is not clear as to what fraction may be attributed to the improved technology, and what fraction is simply due to more attentive management of the land by the cultivator. It is however, certain that IVMT is a far better system for land management than the previous kharif fallow system.

6. For implementation of IVMT it is necessary to use specifically designed tools and machinery for which ICRISAT recommends the WTC. The Tropicultor or Nicart, which are variations of the WTC, have certain inherent problems in that the price is high, the weight is heavy and training is necessary for their operation. Of these, the major constraint in popularising this equipment is its high price. The solution to this problem could be to find ways to reduce the cost of the equipment and to introduce a means for cooperative use by the farmers.
7. Training is essential for technology transfer and must be given to key officers and key farmers through the National Program or through a development project. ICRISAT should assist the training directly and indirectly by contact with the State government of India.
8. To increase the yield of small farmers, it is best to introduce intensive agriculture. The essential component for growing crops intensively is to create a uniform and good stand of seedlings. Gaps in seed beds are a prime factor for yield reduction. It is therefore important that seeds be sown at a uniform depth and the seed beds are uniformly formed and the WTC be used for sowing.
9. IVMT is a packaged technology and requires a concise series of operations. It is therefore more complicated than traditional farming, and when introduced to the farmers, training should not only consider each technical aspect of the technology but also correct timing of each operation. If farmers cannot operate properly or miss the opportunity for a single component operation, then they immediately return to traditional methods. A most important point for the establishment of the technology is to provide the cultivators with a smooth series of operations that fit into the climatic pattern of the region. Only by adequate training and a backup advisory service to the farmers can the transfer of technology be successful.
10. There are certain problems for the application of IVMT to the small farmers (owning less than 2 ha). It is evident that certain components of the technology are not appropriate for small farmers since the techniques of IVMT do not consider intensive agricultural technology. IVMT is therefore mainly suitable for large farms (10 ha) in India. In the present situation it might be more advisable to focus ones attention on medium and large farmers. It may be possible to modify or improvise the IVMT to suit small farm conditions. For this purpose it is suggested that the technology be introduced to the farmers in a stepwise fashion such as by incorporating hand tool implements in the initial stages of introducing the technology. In this manner IVMT could be adapted to small farmers as well as large farmers.
11. The IVMT contains many good ideas; however for it to become an integral part of agriculture in this country, investigations must be carried out to incorporate into its body the other extraneous factors that composite village agriculture as a whole. In a similar line of argument the IVMT must be incorporated into a large scale project considering a watershed area as a whole and then subdivided in smaller area (1000 ha) as micro-watersheds.

ACKNOWLEDGEMENT

I wish to express my gratitude to the Director General, Director of Research and FSRP Program Leader, ICRISAT, for giving me the opportunity to attend the job from December 1981 to November 1983.

I am thankful to all the scientists who gave me advice and help in my research work.

My special thanks are due to Dryland Project Scheme group of Karnataka Government, especially Department of Agriculture in Gulbarga and Bidar and my assistant Mr. P. Mallikarjun.

Table 1 Watershed Operational Aspects 1982








End of Dec. 1981	- Land preparation—plowing by the tractor and traditional ways	
Beginning of Jan. 1982	- Officer training in ICRISAT (3 weeks)	
End of Mar. 1982	- Made up the layout of the watersheds (after topographic survey was completed)	Watershed operation
Beginning of Mar. 1982	- Bed marking and formation of broadbed and furrow	
End of May 1982	- Farmers training	
10 June 1982	- Dry sowing by the Nikart and the tropicultor	
14 June 1982	Greengram, blackgram	
16 June 1982	- 35mm rainfall received	
18 June 1982	- Wet sowing	
20 June 1982	greengram, maize, pigeonpea, groundnut, sesamam	
Beginning of Jul. 1982	- (Water stress appeared)	Cultivation of Rainy season Crops
10 July 1982	- Weeding by hand	
21 July 1982	- Interculture by tropicultor	
End of July 1982	- Drought	
20 August 1982	- Harvesting of greengram	
Beginning of Sep. 1982	- Harvesting of Sesamum	
6 August 1982	- Operation (BBF) of new watershed No. 2	
Middle of Sep. 1982		Land preparation for 2nd crops
End of August 1982	- Cultivation (field preparation for Rabi crops) in Site No.1	
17 Sept. 1982	- Good rain (40mm) for Rabi sowing	
20 Sept. 1982	- Spray for pigeonpea	
27 Sept. 1982	- Sowing of sorghum	
8 Oct. 1982	- Resowing of sorghum and sowing of safflower	Cultivation of Post rainy season crops
10 Oct. 1982	- Harvesting of groundnut	
Oct.-Nov. 1982	- Spray for pigeonpea (6 times)	
5-10 Jan. 1983	- Harvesting of pigeonpea	

Fig. 1 Traditional Cropping System

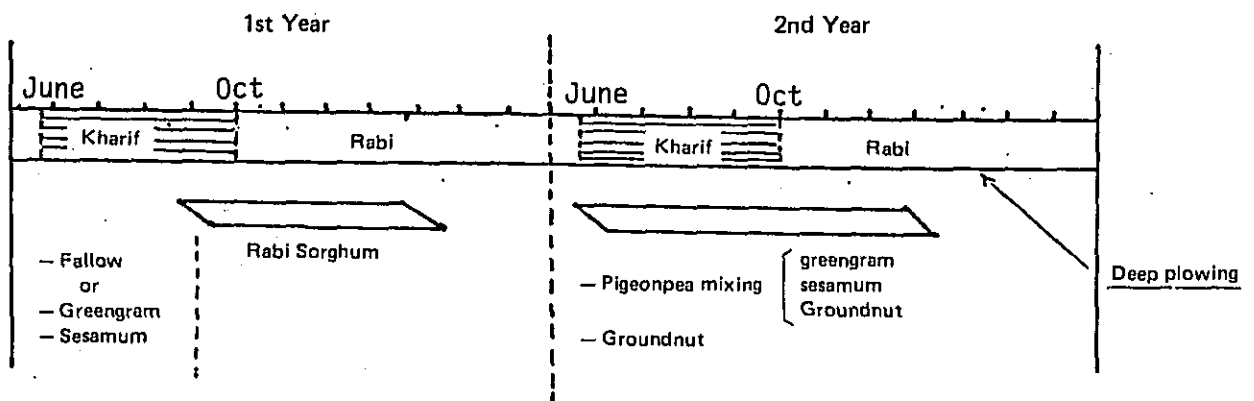


Fig. 2 Improved Cropping System

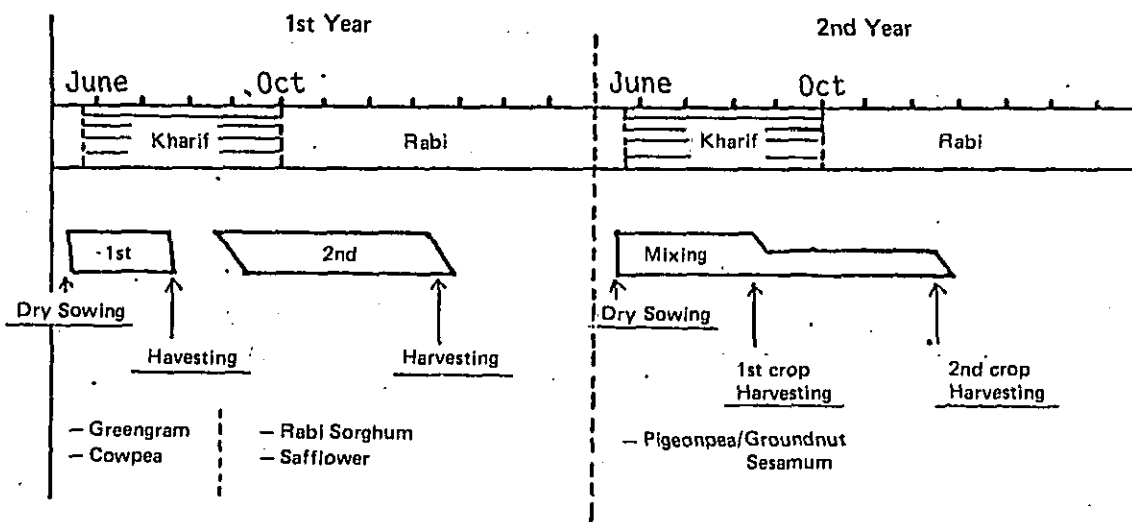


Table 2. Bench mark of Farhatabad agriculture 1981 (100 ha)

Item	Crops	Rabi sorghum	Pigeonpea/ groundnut	Pigeonpea/ pearl millet	Pigeonpea/ greengram	Groundnut
1. Crop area (ha)		40.66	38.17	3.46	3.74	7.75
2. Yield (Q)		508.81	PP 248.24 GN 114.56	PP 9.0 PM 1.73	PP 42.19 GG 15.94	74.19
3. Yield (Q)/ha		12.51	PP 6.50 GN 3.00	PP 2.60 PM 0.50	PP 11.25 GG 4.25	9.60

Remarks; PP : Pigeonpea GN: Groundnut
PM: Pearl Millet GG: Green gram

Table 3 Improved cropping pattern 1982/83 in farhatabad & andura

FARHATABAD

- i) Sequence (double cropping) crop
 - a) greengram (var. china mung) + rabi sorghum (var. M35-1) (Legume + cereals)
 - b) blackgram (var. T-9) + safflower (var. Manjira & Annegeri) (Legume + oil seeds)
- ii) Mixing (intercrop) crop

Short duration crop + long duration crop

 - a) Groundnut (local)/pigeonpea (var. PT-2-21 & ICP-1-6) (Legume + legume)
 - b) Sesamum (local)/pigeonpea (var. PR-2-21 & ICP-1-6) (Oil seed + legume)
 - c) Maize (Deccan 101)/pigeonpea (var. PT-2-21 & ICP-1-6) (Cereals + legume)
- iii) Sole crop
 - a) Pigeonpea (var. PT-2-21)
 - b) Rabi-sorghum (var. M35-1) including from Rabi season.

ANDURA

- i) Mixing crop

Sorghum (var. CSH-1)/pigeonpea (ICP-1-6)

Table 4 The result of yield in the watershed

Site	Area (ha)	1982 Kharif			1982 Rabi			1982 Kharif	
		Crops	Grain yield (kg)	Fodder yield (Q)	Crops	Grain yield (kg)	Fodder yield (Q)	Crops (Area/ha)	Yield
GULBARGA									
No. 1	6.15	greengram	514	—	Sorghum	1456	48	Pigeonpea Sesamum/pp (0.6 ha) Groundnut A/pp (0.2 ha) Groundnut B/pp (0.2 ha)	NR 150/NR 100/NR NR/NR
No. 2	0.85	pigeonpea			Pigeonpea	1350	54	—	(Sorghum)
No. 3	1.85	groundnut/ pigeonpea	216	—	Pigeonpea	932	37	—	(Sorghum)
No. 4	0.3	sesamum/ pigeonpea	160	—	Pigeonpea	930	37	—	(Sorghum)
No. 5	4.8				Sorghum	1150	32	Pigeonpea	NR
No. 6	0.5	blackgram	100	—	Safflower	1025		Pigeonpea	NR
No. 7	0.35	maize/ pigeonpea ^a			Pigeonpea	800	32		
No. 8	1.20				Safflower	1200		Pigeonpea	NR
No. 9	1.52	greengram	395		Sorghum	900	44	Pigeonpea	NR
No.10	4.44							Blackgram/ Pigeonpea	160/NR
No.11	4.0							Pigeonpea Groundnut/ Pigeonpea (0.6 ha)	50/ NR
BIDAR									
No. 1	2.8	sorghum/ pigeonpea	2702	—	Pigeonpea	917		Greengram Blackgram	500 Sorghum/NR 500

^a: Maize was sold as green cobs at Rs.143/ha; (Crops); operated without BBF
NR; data are not ready yet

Table 5 Precipitation for given probabilities using a gamma distribution (mm)

STATION: GULBARGA

S No.	Four week period	STD week No.	Probability levels (percent)					Mean (mm)
			90	75	50	25	10	
1	Jan 1 – Jan 28	1–4						
2	Jan 29 – Feb 25	5–8						
3	Feb 26 – Mar 25	9–12						
4	Mar 26 – Apr 22	13–16	1	2	7	17	30	11
5	Apr 23 – May 20	17–20	2	7	18	37	63	26
6	May 21 – Jun 17	21–24	0	32	70	109	144	70
7	Jun 18 – Jul 15	25–28	32	72	116	162	202	116
8	Jul 16 – Aug 12	29–32	0	53	113	174	229	113
9	Aug 13 – Sep 9	33–36	24	52	106	189	292	136
10	Sep 10 – Oct 7	37–40	31	67	133	235	362	170
11	Oct 8 – Nov 4	41–44	2	9	30	72	133	51
12	Nov 5 – Dec 2	45–48	0	2	7	21	43	15
13	Dec 3 – Dec 31	49–52						
Annual			405	529	694	890	1095	727

Table 6 Precipitation for given probabilities using a gamma distribution (mm)

STATION: BIDAR

S No.	Four week period	STD week No.	Probability levels (percent)					Mean (mm)
			90	75	50	25	10	
1	Jan 1 – Jan 28	1–4						
2	Jan 29 – Feb 25	5–8						
3	Feb 26 – Mar 25	9–12						
4	Mar 26 – Apr 22	13–16	1	4	11	24	42	16
5	Apr 23 – May 20	17–20	1	3	8	16	27	11
6	May 21 – Jun 17	21–24	15	43	74	107	136	74
7	Jun 18 – Jul 15	25–28	48	90	136	184	226	136
8	Jul 16 – Aug 12	29–32	53	105	162	221	273	162
9	Aug 13 – Sep 9	33–36	78	112	161	223	290	174
10	Sep 10 – Oct 7	37–40	64	94	138	194	255	150
11	Oct 8 – Nov 4	41–44	2	9	30	77	145	55
12	Nov 5 – Dec 2	45–48	0	2	11	36	78	27
13	Dec 3 – Dec 31	49–52						
Annual			591	690	814	951	1087	828

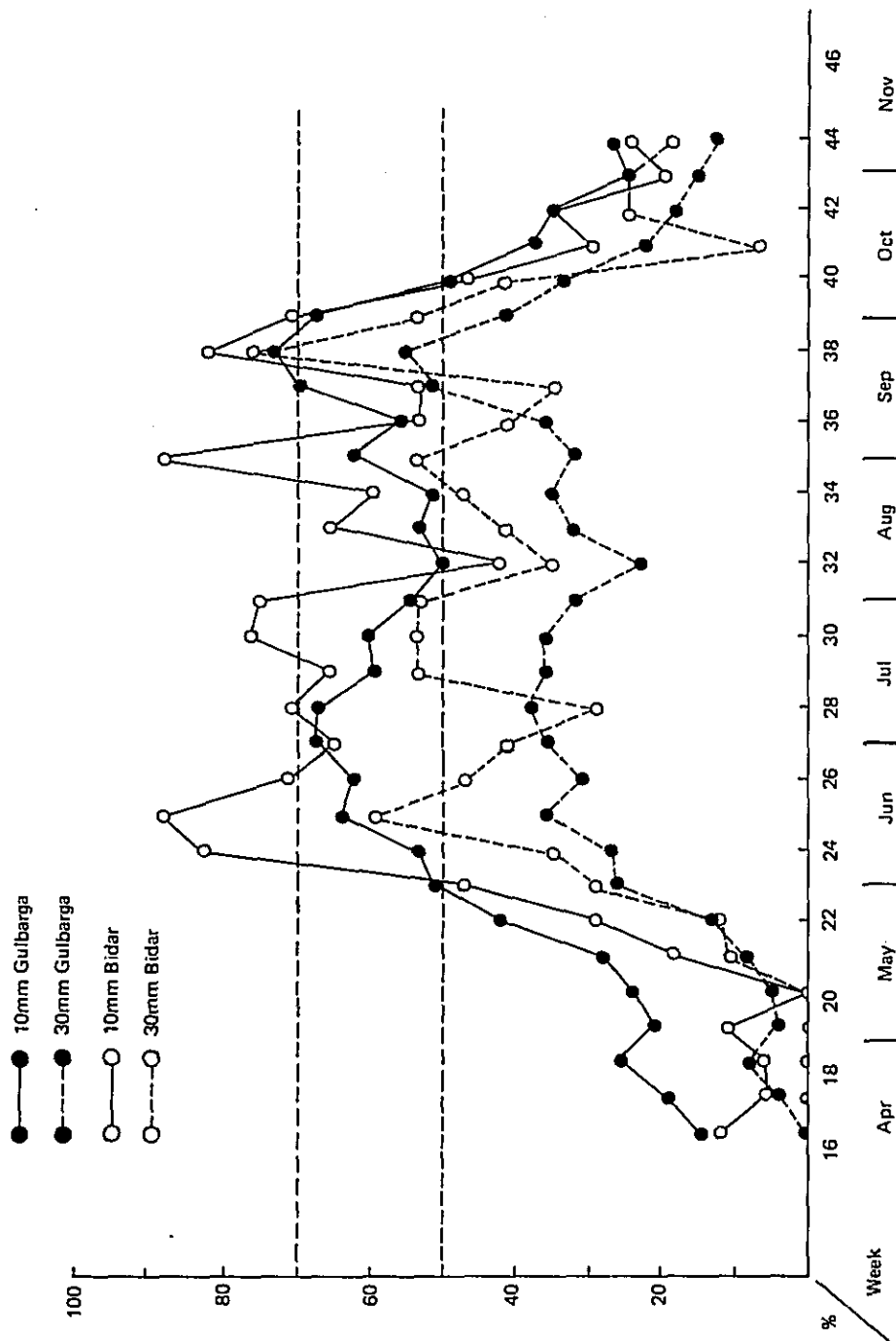


Fig. 3 Initial Probabilities for 10mm and 30mm rainfall

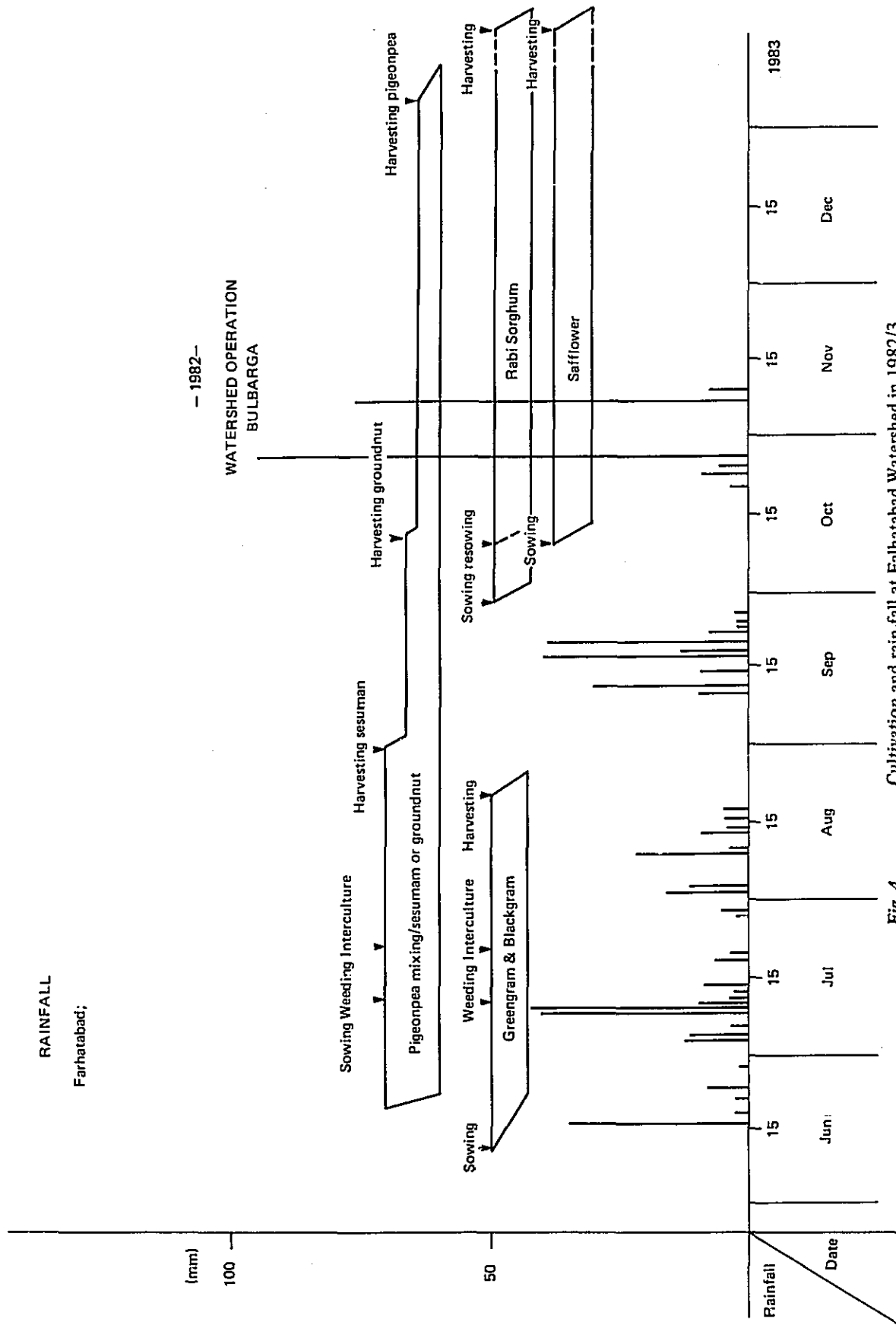


Fig. 4 Cultivation and rain-fall at Falhatabad Watershed in 1982/3

Table 7 Development cost of Farhatabad Watershed 1982-83^a: Area: 17.52 ha.

	Rs/ha	BH ^b hr/ha	TMH ^c hr/ha	WTCH ^d hr/ha
Land preparation ^e	101	18.2	21.5	4.1
Field drain	13	3.5	7.0	—
Land shaping (ridging)	45	9.6	14.0	5.0
Bed forming	13	2.2	2.2	2.2
Surveying ^f	10			
Total	182	33.5	44.7	11.3

^a Costs include bullock and human labor, hiring charge for the wheeled tool carrier at Rs. 2.75 per hour, tractor hiring at Rs. 60.00 per hour. Development required 33 bullock pair hours per hectare, plus 6 hired male, 35 family male and 4 hired female hours per hectare. The tool carrier was used for about 11 hours per hectare. Development commenced April 9, 1982 and ended June 13, 1982.

^b BH—Bullocks pair working hours

^c TMH—Total Man working hours (one female = 0.75 male)

^d WTCH—Wheeled tool carrier working hours

^e Including the cost of tractor (35.4 Rs/ha)

^f The cost of surveying is only field work belonging to farmers expenditure

Table 8 Watershed in Karnataka

Dist.	Village	1982						1983			
		Kharif			Rabi			Kharif			Rabi
		Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)	Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)	Area (ha)	WTC (No.)	Farmer/ Site (No.)	
Gulbarga	Farhatabad	11.52	2	2	12.15	2	2	20.4	4	3	
	Total	11.52	2	2	12.15	2	2	78.93	49	9sites	
Bidar	Andura	2.8	1	1	2.8	1	1	4.8	1	1	
	Belkuni	2.0	1	1	—	—	—	—	—	—	
	Kamthana	—	—	—	1.5	1	1	3.8	1	1	
	Total	4.8	2	2	4.3	2	2	51.5	22	20sites	
Raichur	1 taluk							4	1		
Bellary	2 taluks							8	1		
Dharwad	9 taluks							63.5	10		
Belgaum	4 taluks							10.0	2		
Karnataka	Total	16	4	4	16	4	4	227.5	85	36sites	

Table 9 Black soil management technology in 1983/4

District	Taluk	Village	Target of project area (ha)	Achievement of BBF till July 10th (ha)	Remarks	
Gulbarga	Gulbarga	Farhatabad	40	20.4	Pigeonpea, groundnut Blackgram/p. pea	
		Pattan	40	8.0		
		Kurikota	40	6.0		
	Aland	Aland (1) (2)	40	10.0		
			40	5.0		
		Kodalhangaraga	42	5.0		
	Yadgir	Karangi Gurumitkal Kandkur	40	4.0		
			40	2.0		
			40	2.0	Greengram/p. pea	
	Chincholi	Sulepeth Navadgi (1) (2) Nagaidali	15	—		
			12	—		
			12	—		
			22	—		
	Bidar	Aurad	Sangam	12	—	
			Holsamandur	27.5	2	
Kotgiyal			24	4		
Humnabad		Bemelkheda Madayanoor Halikhed Dubulgundi	13.93	2.0	P. millet/p. pea	
			13.78	2.5	P. millet/p. pea	
			12.12	2.0	Greengram	
			12.93	4.0		
Bidar		Chilargi Kamathana Andura Markunda	13.60	5.0	P. millet	
			10.40	2.0	Greengram/p. pea	
			10.0	4.8	Greengram, p. pea, blackgram Sorghum/p. pea	
			13.4	4.5	Greengram	
Basava-kalyan		Hulsoor B. Balaunda Muchalam Kherda. B	14	2.0		
			14	2.0	Greengram	
			12.5	4.0	—	
			14	2.0		
Bhalki		Sungtan Dadgi K. Janalga K. Melkunda Alandi Tugaon (chalkapur) Nitur	13	2.0		
			14	0.0		
			14	2.5		
	14		2.0			
	12.5		2.0			
	10		0			
Total:			<u>718.66</u>	<u>113.8</u>		

Table 10 Physical and Chemical characteristics of Vertisols

	PH	CEC (me/100g)	Mechanical Composition (%)				
			Clay	Silt	Fine sand	Coarse	Gravel
Farhatabad (10cm)	7.75	57	66	28	1	1	4

ICRISAT (0-25cm)	7.6	57.6	61.1	16.5	18.3	4.0	-
(25-75cm)	7.5	52.9	62.6	14.1	17.3	6.0	-

At Farhatabad available nutrients (ppm)							
NH ₄	NO ₃	P ₂ O ₅	K	Na	Ca	Mg	Organic Carbon
18	49	6.0	438	74	12,250	1207	0.16%

Table 11 Economics of Improved Watershed-based Technology Options on Deep Black Soils in Farhatabad Village, Karnataka 1982-83

11-1

Improved Watershed	Area ha.	%	Gross ¹⁾ returns (Rs/ha)	Operation cost (Rs/ha)	Gross profits (Rs/ha)	Yield		Q/ha ²⁾ Fodder or Stalks
						Gain	Kg/ha	
Greengram Sorghum (sequence)	6.15	38	1542 4061 (2621) 5603	573 971 1544	969 3090 4059	514 1456	- 48	
Sole pigeonpea	0.85	5	5400 (4860)	1214	4186	1350	54	
Groundnut/ pigeonpea (intercrop)	1.85	12	4560 (G 832) (P 3355)	1535	3025	G 216 P 932	- 37	
Sesamum/ pigeonpea (intercrop)	0.30	2	4680 (S 960) (P 3348)	1019	3661	Se 160 P 930	- 37	
Fallow sorghum	4.8	30	3040 (2070)	682	2358	1150	32	
Blackgram Safflower (sequence)	0.5	3	300 3895 4195	587 998 1585	287 2897 2610	B 100 Sa1025	- -	
Maize/ pigeonpea (intercrop)	0.35	2	3640 (M 143) (P 2880)	1252	2388	M - ³⁾ P 800	30 32	
Fallow safflower	1.20	8	4560	773	3787	1200	-	
Total	16.0	100						

Cont'd

Table 11-2

11-2 Traditional Watershed	Area ha.	%	Gross ¹⁾ returns (Rs/ha)	Operation cost (Rs/ha)	Gross profits (Rs/ha)	Yield		Q/ha ²⁾ Fodder or Stalks
						Gain	Kg/ha	
Greengram	4.6 (2)	15	970	338	632	G	341	—
Sorghum (sequence)			4439	1365	3074	S	1248	39
Sole pigeonpea	4.4 (2)	4	2914	1165	1749		729	29
Groundnut Pigeonpea (intercrop)	5.0	10	3956	1446	2510	Gn	190	—
						P	807	32
Sesamum	0.9 (1)	6	2550	851	1699	Se	25	—
Pigeonpea (intercrop)						P	600	24
Fallow sorghum	10.9 (2)	35	3222	956	2266		1040	45
Greengram	2.8 (3)	7				G	294	—
Safflower (sequence)			4044	1344	2710	Sa	832	—
Greengram/ Pigeonpea (intercrop)	0.8 (1)	3	3900	1336	2564	G	225	—
						P	807	32
Sesamum	3.7 (1)	3				Se	105	—
Sorghum (sequence)			3300	1296	2004	So	950	32
Sole groundnut	4.4 (2)	15	2818	1328	1490		732	

1) Prices in Rs. per quintal are

Grain	Rs/Qtls	Fodder	Rs/Qtls
Rabi Sorghum	180	Rabi Sorghum	30
Greengram	300	Pigeonpea	10
Pigeonpea	360	Maize	10
Blackgram	300		
Sesamum	600		
Safflower	380		
Groundnut	385		

2) Fodder yields have been estimated.

3) Maize was sold as green cobs at Rs. 143/ha.

4) Data refer to 17.5ha of watershed 37.6ha of traditional farmers' fields.

cont.

Table 12 Operationwise labour utilization (Farhatabad 1982/83)

	Man		Bullock		Man		Bullock	
	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)	(hr/ha)	(%)
GREENGRAM + SORGHUM SEQUENCE								
	<u>Improved (6.15 ha)</u>				<u>Traditional (7.4 ha)</u>			
Tillage	147.5	18.7	29.0	63.7	89.0	11.8	42.7	52.9
Sowing	21.8	2.8	12.9	28.4	39.3	5.2	24.5	30.0
Interculture	286.1	36.3	3.4	7.5	233.3	30.9	8.2	10.2
Fert. plant protection	1.8	0.2	0.2	0.4	10.7	1.4	5.4	6.0
Harvesting & threshing	330.4	42.0	0	0	381.6	50.7	0	0
All operation	787.6	100.0	45.5	100.0	753.9	100.0	80.8	0
SOLE PIGEONPEA								
	<u>Improved (0.85 ha)</u>				<u>Traditional (4.4 ha)</u>			
Tillage	16.0	3.8	15.7	31.8	19.3	5.1	19.3	31.8
Sowing	8.2	1.9	4.1	8.3	17.7	4.6	13.6	22.4
Interculture	137.1	32.0	9.5	19.3	127.3	33.4	16.4	27.0
Fert. plant protection	55.9	13.1	20.0	40.6	45.2	11.8	11.4	18.8
Harvesting & threshing	210.6	49.2	0	0	171.8	45.1	0	0
All operation	427.8	100.0	49.3	100.0	381.3	100.0	60.7	100.0
GROUNDNUT & SESAMUM/PIGEONPEA								
	<u>Improved (2.15 ha)</u>				<u>Traditional (5.9 ha)</u>			
Tillage	16.0	3.1	15.7	31.6	15.3	3.0	15.3	34.9
Sowing	8.8	1.7	4.4	8.9	19.4	3.8	10.2	23.3
Interculture	128.9	25.0	11.2	22.6	183.5	36.3	16.3	37.2
Fert. plant protection	50.7	9.8	18.3	36.9	31.5	6.2	0	0
Harvesting & threshing	312.1	60.4	0	0	255.4	50.7	2.0	4.6
All operation	516.5	100.0	49.6	100.0	505.1	100.0	43.8	100.0
KHARIF FALLOW SORGHUM								
	<u>Improved (4.8 ha)</u>				<u>Traditional (10.9 ha)</u>			
Tillage	9.1	2.3	9.1	42.5	73.0	20.8	37.2	72.2
Sowing	18.0	4.6	12.3	57.5	19.3	5.5	8.8	17.1
Interculture	88.8	22.7	0	0	78.0	22.2	5.5	10.7
Fert. plant protection	2.4	0.6	0	0	0	0	0	0
Harvesting & threshing	272.7	69.8	0	0	187.0	51.5	0	0
All operation	391.0	100.0	21.4	100.0	351.0	100.0	51.5	100.0
GREENGRAM								
	<u>Improved (7.67 ha)</u>				<u>Traditional (7.4 ha)</u>			
Tillage	16.0	6.3	15.7	69.2	26.4	8.7	26.4	60.0
Sowing	7.8	3.0	3.9	17.2	12.2	4.0	10.8	24.4
Interculture	124.2	48.6	3.1	13.6	105.5	34.8	6.9	15.6
Fert. plant protection	0	0	0	0	19.7	6.5		
Harvesting	107.8	42.1	0	0	139.3	46.0		
All operation	255.8	100.0	22.7	100.0	303.1	100.0	44.1	100.0

Man – a person worked per hectare in hrs. – one woman is relative to 0.75 of a man
 Bullock – one pair bullock worked per hectare in hrs.

Table 13 Different Farming Systems in Farhatabad 1982 (per hectare)

	Improved watershed	Improved watershed (Rabi flat)	Local way (double cropping)	Local farming
Area (ha)	6.16	1.52	4.6	10.9
1) Greengram (Kharif)				
Sowing date (wed/dry)	9-13/Jun (Dry)	18-19/Jun (Wet)	-- (Wet)	--
Harvesting date	18-23/Aug.	23-24/Aug.	End of Aug.	--
Yield (Kg/ha)	514	395	345	--
Gross income (Rs)	1542	1185	1023	--
Input cost (Rs)	573	481	468	--
Operation (Rs)	(227)	(225)	(314)	--
Materials (Rs)	(346)	(256)	(154)	--
Net income	969	704	574	--
2) Rabi sorghum				
Sowing date	26/Sep-8/Oct.	13/Oct.	Beginning of Oct.	Beginning of Oct.
Harvesting date	Beginning of Mar.	Beginning of Mar.	Beginning of Mar.	Beginning of Mar.
Yield grain (Kg/ha)	1456	900	1248	988
Fodder (Kg/ha)	4800	4400	3900	4400
Gross income (Rs)	4061	2940	3410	3098
Input cost (Rs)	971	467	877	926
Operation (Rs)	(644)	(195)	(503)	(551)
Materials (Rs)	(327)	(272)	(374)	(375)
Net income	3090	2473	2533	2172
Total Net income (Rs)	4059	3177	3107	2172

Table 14-1: Field operation (1982-1983) Farhatabad, Gulbarga

6.15 ha		1982										
	(1982) Kharif	TBH (Hr)	(per ha)	(Rs)	TMH (Fx0.75) (per ha)	MH (Hr)	(Rs)	FH (Hr)	(Rs)	Item	Other expenditures	
											Kg	Rs.
Greengram												
Sowing		22.0	(3.6)	62.9	44	(7.2)	44.0	31.4		Seed	57	228.0
Weeding					693	(112.7)		923.25	396.0	DAP	550	1897.5
Interculture		21.0	(3.4)	60.0	42	(6.8)	42.0	30.1		WTC	43	2125.5 (346/ha)
Harvesting					584	(95.0)	8.0	5.7	648.0			118.3 (19.3/ha)
Threshing					60	(9.8)	48.0	16.0	11.4			1281.55 (208.38/ha)
Sub-total		43.0	(7.0)	122.9	1423	(231.5)	142.0	103.2	1707.3			Rs. 1281.6 (Rs. 208.4/ha)
Cultivation												
Field cleaning		49.0	(8.0)	139.99	62	(10.0)	61.5	43.9				
Harrowing		21.0	(3.4)	60.02	483	(78.5)		643.0	275.6	WTC	80	220 (35.8/ha)
Cultivation (re-bed form)		10.0	(1.6)	28.58	32	(5.2)	32	22.8				
					20	(3.2)	20	14.3				
Sub-total		80.0	(13.0)	228.6	597	(96.9)	113.5	81.0	643.0			Rs. 814.0 (Rs. 132.4/ha)
Sorghum												
Sowing	(1982)	57.5	(9.4)	164.29	90	(14.6)	90	64.4		Seed		814.01 (132.36/ha)
Thinning	Rabi				15	(2.4)		19.5	9.0	DAP		105.75
Weeding					508	(82.6)		677.0	295.5	CC		1050.0
Interculture					98	(15.9)	98	73.5		Urea		78.75
Dusting					8	(1.3)	8	6.0		BHC	47	720.0
Spraying		1.5	(0.2)	4.3	3	(0.5)	3	2.14		Chemical	50ml	8.5
Harvesting					1659	(270.0)	882	1260.0	1036.0	WTC	59	2010.0
Sub-total		59.0	(9.6)	168.6	2381	(387.3)	1081	1406	1732.5			Rs. 2767.1 (Rs. 449.9/ha)

Table 14-2: Field operation (1982-1983) Farhatabad, Gulbarga

(1983) Kharif	TBH (Hr)	(per ha)	(Rs)	TMH (Fx0.75)	(per ha)	MH (Hr)	(Rs)	FH (Hr)	(Rs)	Item	Other expenditures Kg	Rs.
Pigeonpea												
Ridging	13.3	(2.2)	41.4	14	2.3	13.3	10.0					
Harrowing	49.5	(8.3)	154.7	50	8.1	49.5	37.2					
Field cleaning				210	34.1			280	105	WTC	85.3	234.6 (38.1/ha)
Ridging and Harrowing	22.5	(3.7)	70.4	23	3.7	22.5	16.9					
Sowing	66.4	(10.8)	207.3	100	16.3	99.5	124.4			Seed		
										Pigeonpea	80	480
										Sesamum	½	3
										Groundnut	25	200
										DAP	385	1155
												1838.0 (299.0/ha)
										WTC	66.4	182.6 (29.7/ha)
Sub-total	151.7	(24.7)	473.8	397	64.5	184.8	188.5	280	105			

Remarks; DAP Compound Fertilizer

NPK = 18-46-0

CC Calcium Cyanamide

TBH Total Bullocks Hours

TMH Total Man Hours

MH Man/Hours

FH Female/Hours

Table 15 Training and Demonstration

Kind of training	Participants	M/D 1982/3
at ICRISAT		
- Workshops policy maker seminar Dry farming	Administrator etc.	20
- 2-3 weeks training (initial stage)	Key officer	50
- 1 week training	Officer and Researcher	200
- 2-3 days training	Officer and Farmer	100
- one day training	Technical officer & Farmer	150
- Farmers' day	Farmer and Officer	150
at the Department of Agriculture (Seed Farm, Training center, Farmers' field etc.)		
- Regular meeting	Agriculture Officer	200
- Seasonal training	Agriculture officer & Farmer	200
- Operation individual	Agriculture officer & Farmer	100
- Field Day	Agriculture officer & Farmer	500

Remarks; M/D - Man per Day

Appendix I. Dry Sowing Test

At BP-1 ICRISAT Apr-May 1983
by Y. Nishimura, G.M. Heinrich, J. A. Thompson

Germination test for dry sowing

- Treatments: (1) Crops; Soybean, Groundnut, Greengram
(2) Depth of sowing; 1cm, 5cm, 10cm
(3) Interval between sowing and irrigation
20 days, 15 days, 10 days, 5 days, 0 day

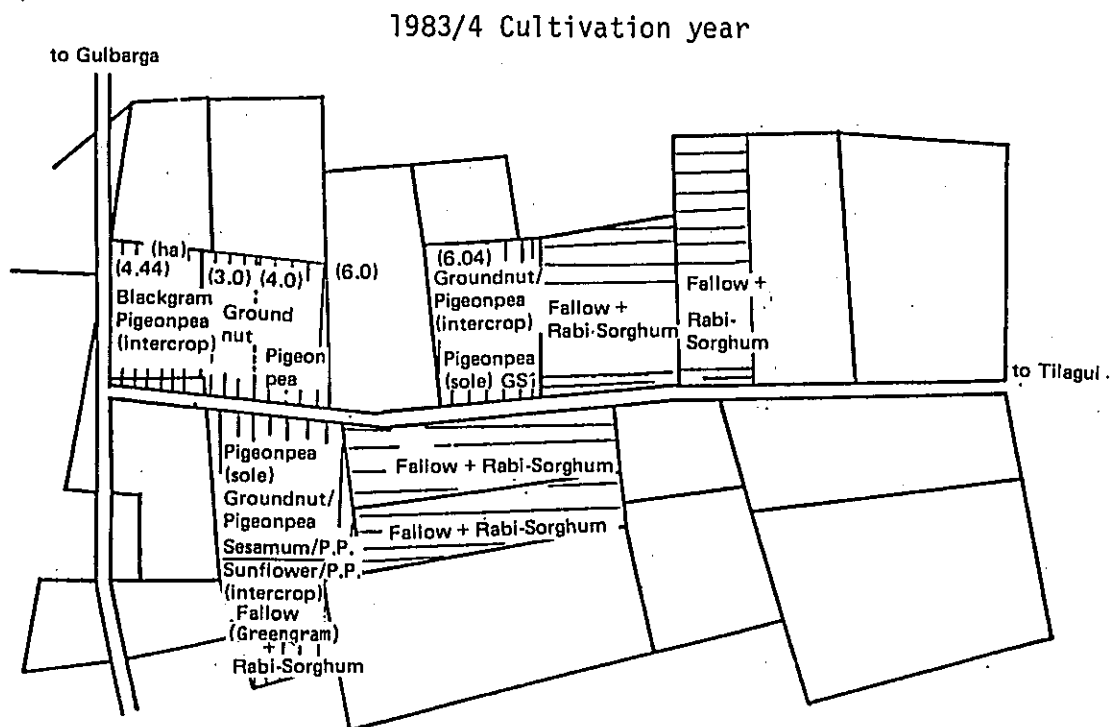
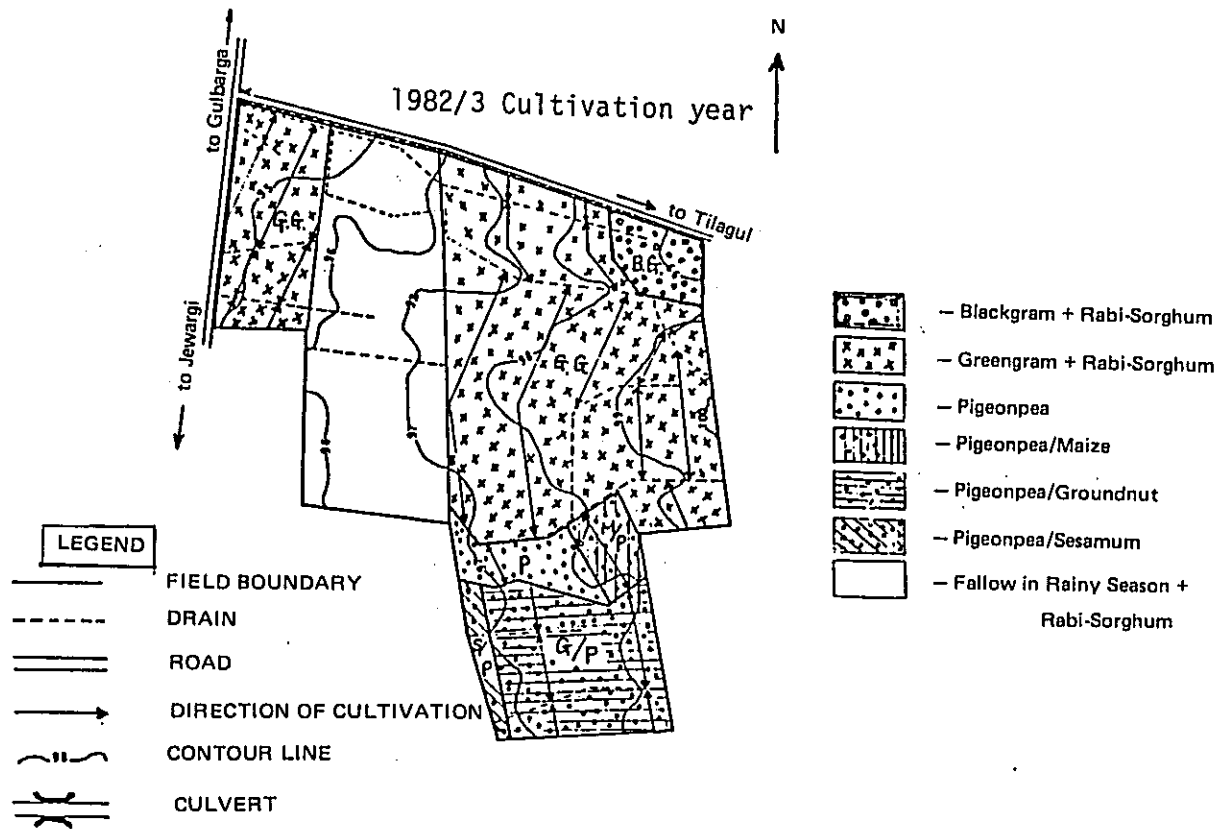
Result		Percentage of Germination		
		Soybean	Groundnut	Greengram
Interval 20 days: Depth	1cm	53	84	77
	5cm	30	89	91
	10cm	0	71	67
Interval 15 days: Depth	1cm	53	92	90
	5cm	33	65	82
	10cm	1	59	58
Interval 10 days: Depth	1cm	53	85	93
	5cm	28	79	95
	10cm	1	56	75
Interval 5 days: Depth	1cm	45	92	90
	5cm	28	88	87
	10cm	1	44	69
Interval 0 day: Depth	1cm	64	88	92
	5cm	49	83	90
	10cm	1	36	78

	Depth of Sowing			Interval between sowing & irrigation		
	Soybean	G'nut	G'gram	Soybean	G'nut	G'gram
SE (m)	3.96	21	4.6	5.5	27	4.8
CV	23	9	9.7	33	11.56	10
		**Significant (P < 0.01)			NS	

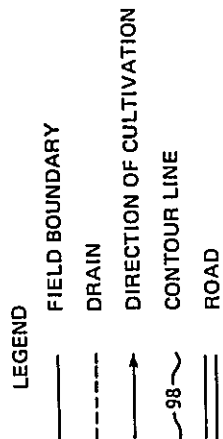
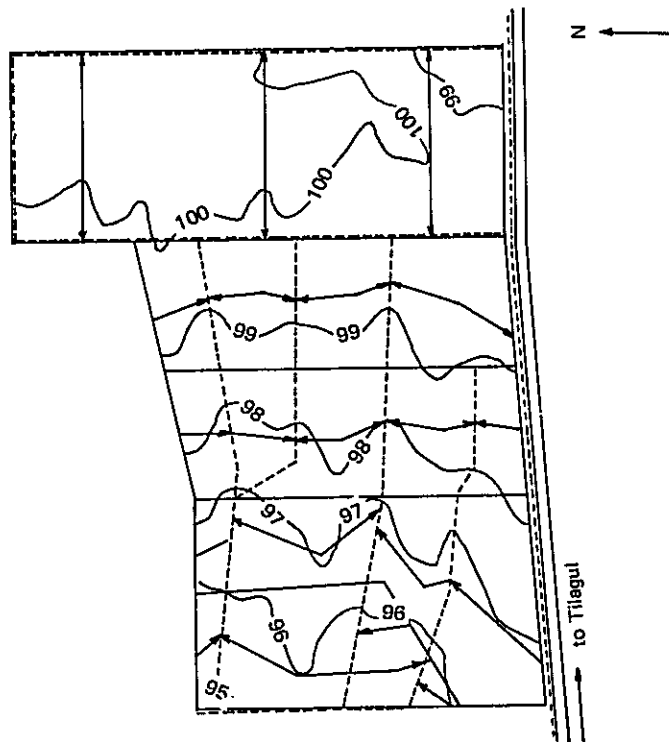
- 1) Significant differences were found between the % germination and the depth of sowing for the three crops. If seeds are sown deeply in the soil, germination may become poor especially soybean cannot germinate well below the 5cm, however, groundnut and greengram are still active even if sowing is below 5cm depth.
- 2) No significant differences were found between the % germination and the interval between time of sowing and irrigation (under dry and high temperature conditions). The seeds of the three crop types tested were still active even after 20 days interval between sowing and irrigation, and especially green-gram was particularly active when compared to the other two crops.
- 3) When dry sowing is introduced into the field, the depth of sowing is more critical than the time of sowing.

Appendix II-1

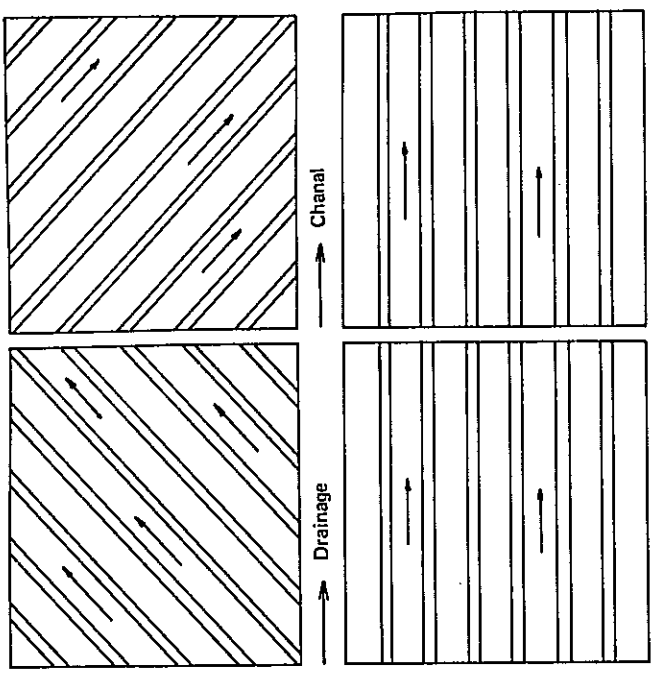
Farhatabad Village Watershed in Gulbarga



Appendix II-2: Farhatabad Village Watershed II in Gulbarga



Lay out plan for dryfarming techniques introduced by ICRISAT demonstration for Kharif year 1982. Village Andura to Bidar area 7 acre's



Reference's



No's	Particular's	Sing's
1	Furrow [width 45cm]	□
2	Broad bed [1 meter]	□

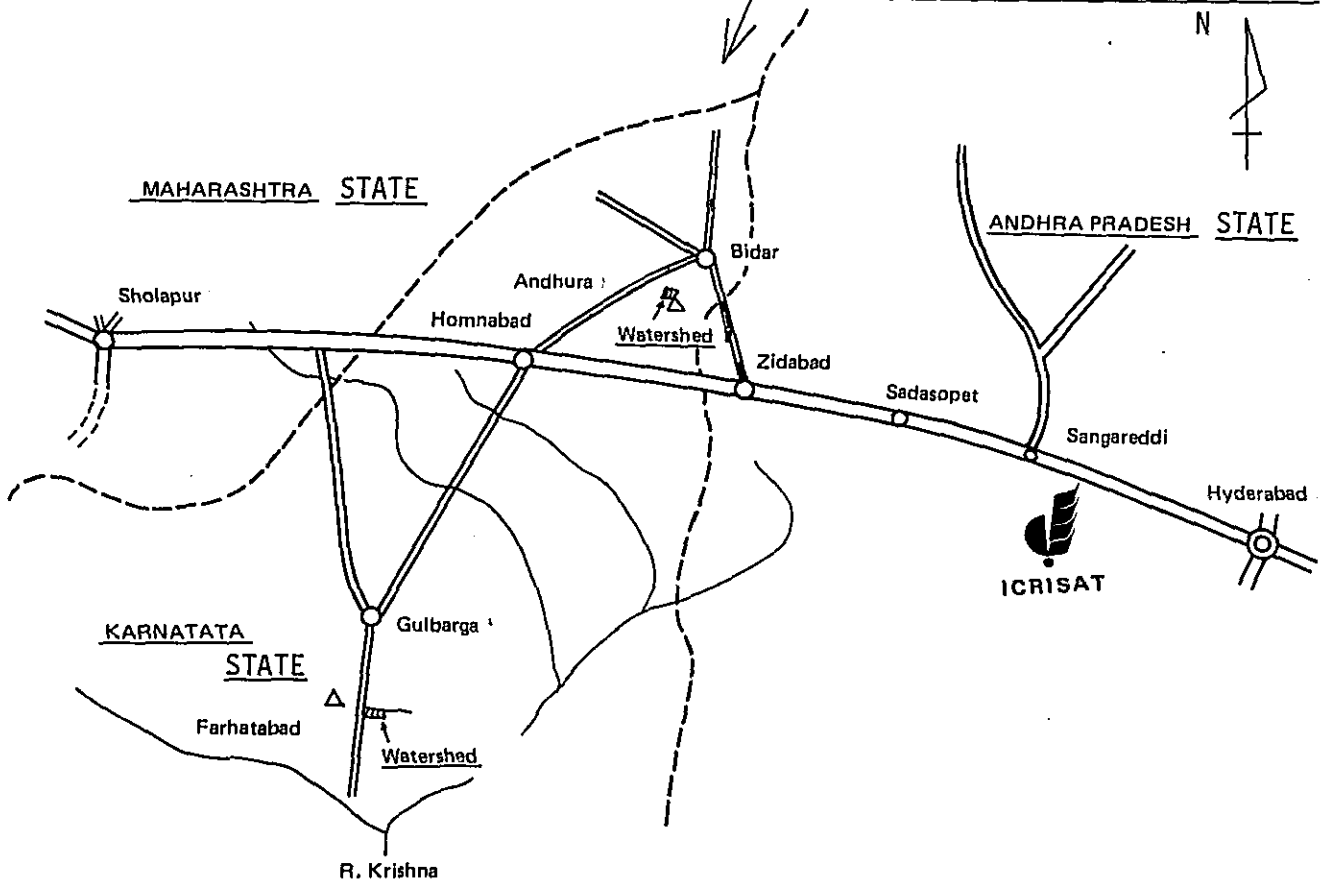
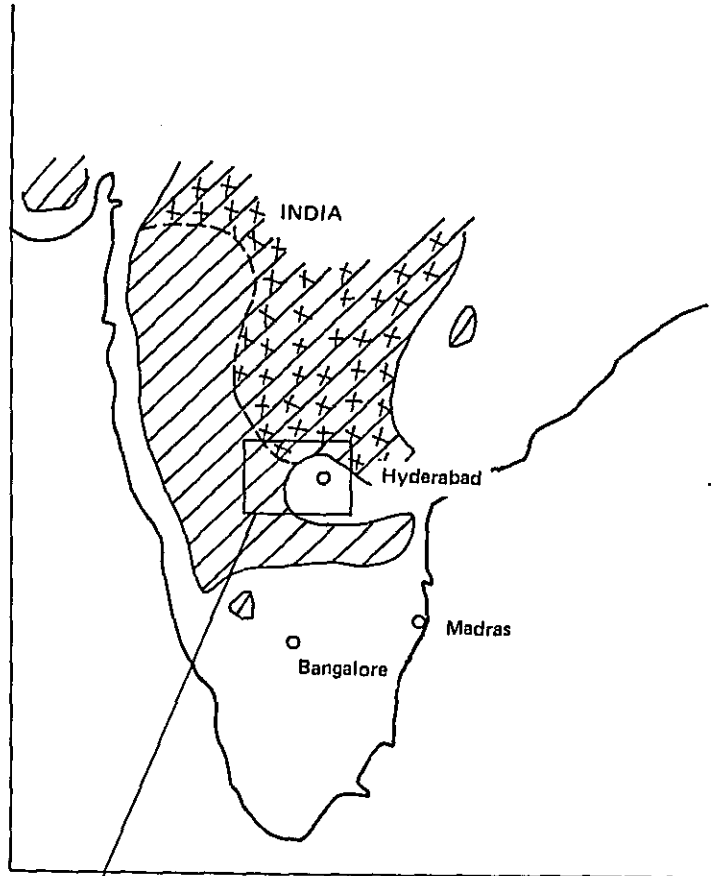
No. of Broad Bed's

No's	Broad Bed's	B. Bed's No.
1	Plot No. 1	76
2	Plot No. 2	50
3	Plot No. 3	52
4	Plot No. 4	71

Appendix III

Key Map

Vertisols 
Dependable rainfall-region 



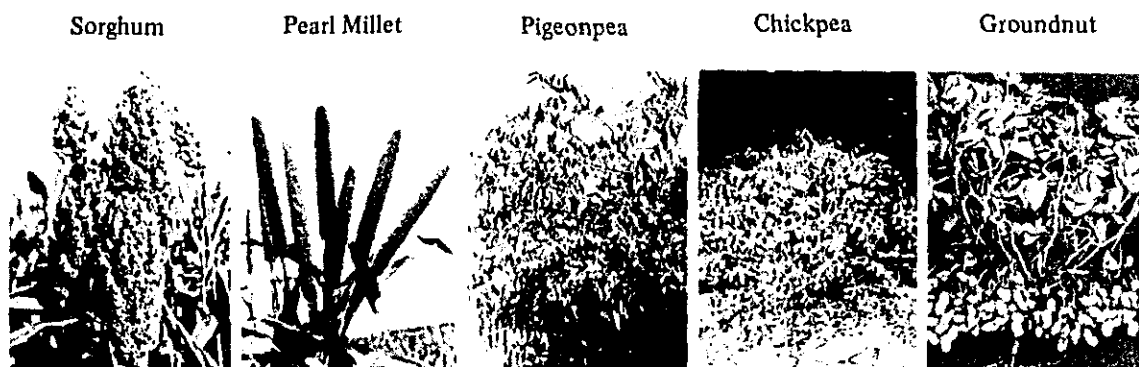
III 諸元，主な作物及び参考地図

1. 諸元

Rabi	；乾期の（ヒンディー）， dry season, post rainy season
Kharif	；雨期の（ヒンディー）， raing season, wet season
ICAR	；インド農業研究評議会（ Indian Council of Agricultural Research ）
FAO	；国際食糧農業機関（ Food and Agriculture Organization ）
UNESCO	；国連教育科学文化機関（ ユネスコ ）
CGIAR	；国際農業研究評議会（ Consultative Group on International Agricultural Research ）
Cereal crops	；禾穀類
Perennial crops	；永年生作物
Shrub or bush type	；喬木または，灌木
Legume	；豆類
Dry sowing	；乾期播種（降雨前播種）
Long duration crop	；長期栽培作物
Short " "	；短期 "
Watershed	；集水域
BBF	；広幅畝立て法
WTC	；畜力牽引耕耘機
Quintal	；クインタル 100 Kg
Rupee	；ルピー（ US\$ 1 ⇨ Rs. 10 ⇨ 240 円； 1983 年 ）

2. ICRISAT の主要 5 作物

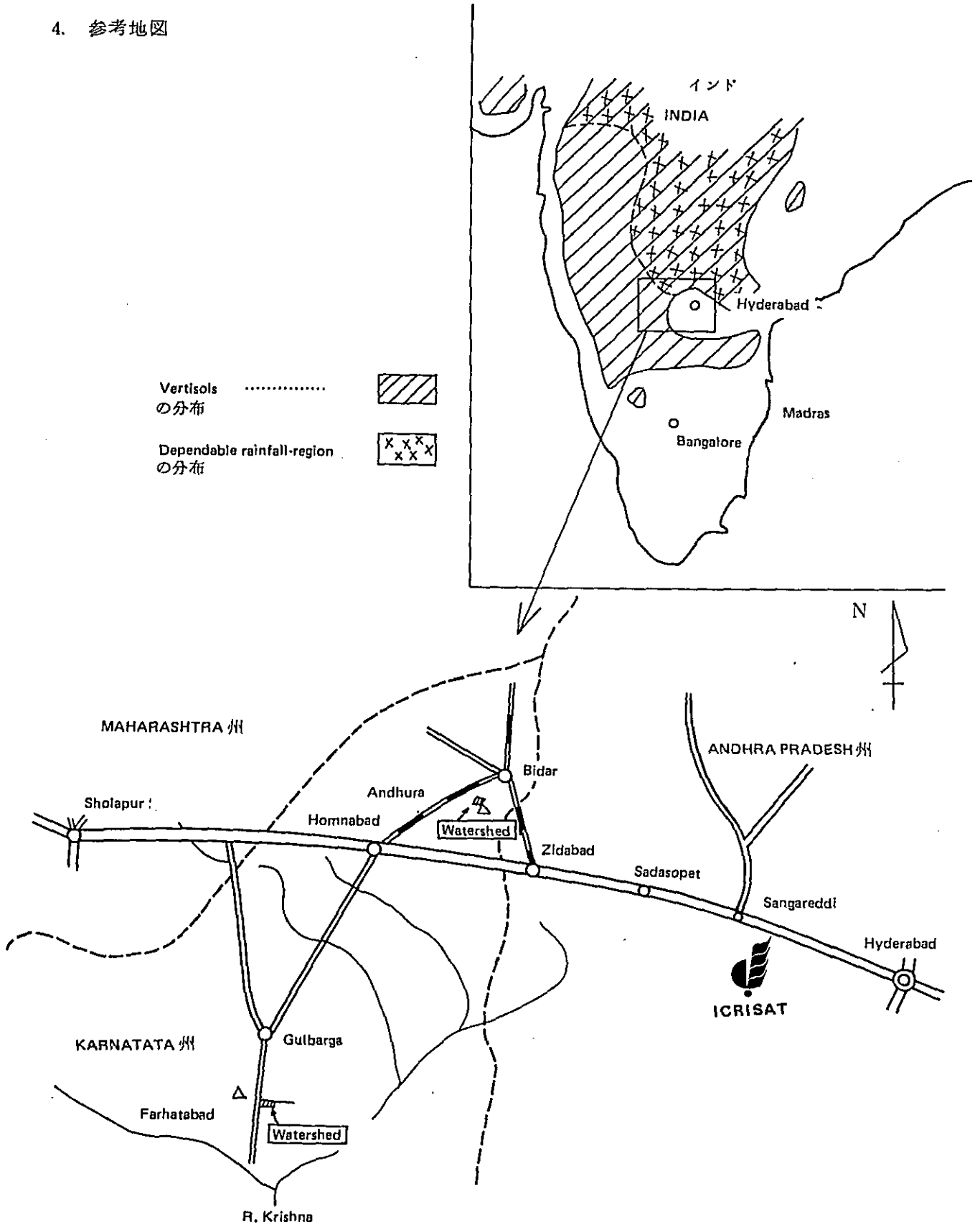
和名 モロコシ(コウリヤン) ソルガム	唐人ビエ ミレット	キマメ ビジョンピー	ヒヨコマメ チックピー	落花生 ピーナツ
学名(Latin)				
<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	<i>Pennisetum americanum</i> (L.) Leeke	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Millsp.	<i>Cicer arietinum</i> L.	<i>Arachis hypogaea</i> L.
英名(English)				
Sorghum, durra milo, shallu, kafir corn, Egyptian corn, great millet, Indian millet	Pearl Millet, bulrush millet, cattail millet, spiked millet	Pigeonpea, red gram	Chickpea, Bengal gram, gram, Egyptian pea, Spanish pea, chestnut bean, chick, caravance	Groundnut, peanut
仏名(French)				
Sorgho	Petit mil	Pois d'Angole, pois cajan	Pois chiche	Arachide
ポルトガル名 (Portuguese)				
Sorgo	Painço pérola	Guando, feijão-guando	Grão-de-bico	Amendoim
スペイン名 (Spanish)				
Sorgho, zahina	Mijo perla, mijo	Gaundul	Garbanzo, garavance	Mani
ヒンディー名 (Hindi)				
Jowar, jaur	Bajra	Arhar, tur	Chana	Mungphali



3. 半乾燥熱帯及びインド亜大陸の主な作物

英 名	学 名	和名または他の名 (印：インド名)
Blackgram	<i>Vigna mungo</i> (L) Hepper	ケツルアズキ (印)Urd
Castor	<i>Ricinus communis</i> L.	ヒマ
Clusterbean	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> (L) Tanb.	クラスタービーン (印)
Coriander	<i>Coriandrum sativum</i> L.	コリアンダー
Cowpea	<i>Vigna unguiculata</i> (L) Walp	ササゲ
Finger millet	<i>Eleusine coracana</i> (L) Gaertn	シコクエビ (印)Ragi
Foxtail millet (Italian millet)	<i>Setaria italica</i> (L) Beauv	アワ (印)Setaria
Gingelly (Sesame, Sesamum)	<i>Sesamum indicum</i> L. <i>Sesamum orientale</i> L.	ゴマ (印)Til
Greengram	<i>Vigna radiata</i> (L) Wilczek	緑豆, ヤエナリ (印)Moong, Mungbean
Horsegram	<i>Dolichos biflorus</i> L.	ホースグラム
Hyacinth bean	<i>Dolichos lablab</i> L.	フジマメ (印)Indian been
Indian rape	<i>Brassica campestris</i> var. <i>toria</i> Duth & Full	アブラナ (ナタネ) (印)Torja
Lentil	<i>Lens esculanta</i> (L) Moench	ヒラマメ (レンズマメ)
Lima bean	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	アオイマメ
Maize	<i>Zea mays</i> L.	トウモロコシ (印)Masoor
Mustard	<i>Brassica juncea</i> (L) Crenn & cross	カラシナ (印)Raya
Niger	<i>Guizotia abyssinica</i> (L) coss	ナイジャー
Safflower	<i>Carthamus tinctorius</i> L.	ベニバナ
Soybean	<i>Glycine max</i> (L) Merr	大豆
Sunflower	<i>Helianthus annus</i> L.	ヒマワリ

4. 参考地図



Ⅳ 参 考 文 献

(和書)

1. 高野博幸 ; インドにおける食糧の生産と利用
熱帯農研修報 №7, 1968
2. 長谷川史郎 ; インドの主穀作物の分布—水から見た場合—
3. 荒井克祐 ; インドにおける豆の加工と利用, 食糧15号, 1972年
4. 前田和美 ; インド産マメ科作物の省資源的栽培利用に関する研究, S53年度文部省
科学研究費補助金による研究成果報告書, 1979年
5. インド政府農業省 ; インドの農業(Agriculture in India), 翻訳国際協力事業団,
1980年
6. A I C A F ; インドの農業—現状と開発の課題
7. 前田和美 ; インドにおける食用豆類および落花生の生産の現状, 熱帯農業, 1982年
8. 鈴木 清 ; 乾燥地域の水利と開発戦略, 日本イリゲーションクラブ, 1978年
9. 冢永泰光 ; 犁と農耕の文化, 古今書院, 1980年
10. 沼田二郎 ; 日本農業の再発見—歴史と風土から, NHKブックス, 1975年

(洋書)

1. ICAR; A Decade of Dryland Agricultural Research in India, 1971-80.
2. G.E. Thierstein, R.K. Bansal; Animal Drawn Multi-Purpose Tool Carriers, Agri. Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 1982.
3. Principal Agri. Officer, Gulbarga; Action Plan for Improved Management of Rainfed Area as per ICRISAT Method in Gulbarga, 1983-84.
4. J. Kampen; An Approach to Improved Productivity on Deep Vertisol, Information Bulletin No. 11, ICRISAT, 1982.
5. ICRISAT; Approaches used in Classifying Climates with Special Reference to Dry Climates Agroclimatology Progress Report-2, 1978.
6. ICRISAT; Consultant's Meeting on Climatic Classification 1980.
7. S.A. El-swaify; Conservation-effective Farming Systems for the Semi-Arid Tropics, ICRISAT, 1983.
8. Vrinda Kumble; Development and Transfer of Technology for Rainfed Agriculture and the SAT Farmer, ICRISAT, 1979.
9. R.D. Ghodake, Economic Evaluation of Traditional and Improved Technologies in Dryland Agriculture, ISAE/ICRISAT/AICRPDA Workshop on Technology Options and Economic Policy for Dryland Agriculture: 1983.
10. ICRISAT; Environmental Physics Report of Work, 1977-1978.
11. JR Ryan et al; Economics of Technology Options for Deep Vertisols in the Relatively Assured Rainfall Regions of the Indian Semi-Arid Tropics, Seminar on Management of Deep Black Soils, 1981.
12. ICRISAT; Farming Systems Components for Selected Areas in India: 1980.
13. Government of Karnataka; Gulbarga District at a Glance 1979-80, 1981.
14. ICRISAT; Improving the Management of India's Deep Black Soil, 1981.
15. N.S. Jodha; Intercropping Traditional Farming Systems, 1979.
16. ICRISAT; ICRISAT Farming Systems Research a Special Report, 1983.
17. ICRISAT; In-house Review of Farming System Research Program, 1983.
18. ICRISAT; International Workshop on Intercropping, 1979.
19. ICRISAT; ICRISAT Annual Report 1981.
20. " " " 1980/1979.

21. ICRISAT; ICRISAT Annual Report 1979/8.
22. ICAR; Improved Agronomic Practices for Dryland Crops in India, By All India Coordinated Research Project for Dryland Agriculture, 1981.
23. M.R. Rao, MS Ready, R.W. Willey; Improved Rainfed Cropping Systems for Vertisols and Alfisol of Semi-Arid Tropics India, 1982.
24. ICRISAT; In House Review of the Economics Program, 1983.
25. J. Kampen; Land and Management Research at ICRISAT, ———.
26. A.K. Yegna Naragam Aiyer; Mixed Cropping in India, Indian Journal of Agricultural Science, 1945.
27. K.N. Rao, C.J. George, K.S. Romasustri; Potential Evapotranspiration over India, 1971.
28. Pedro A. Sanchez; Properties and Management of Soils in the Tropics.
29. J.S. Kanwar; Problems and Potentials of Vertisols and Alfisol the Two Important Soils of SAT-ICRISAT Experience, 1981.
30. L.D. Swindale, et al, Potential Technologies for Deep Black Soils in Relatively Dependable Rainfall Regions of India, Seminar on Innovative Technologies for Integrated Rural Development, 1982.
31. S.M. Virmani et al; Rainfall Probability Estimates for Selected Locations of Semi-Arid India, Research Bulletin No. 1.
32. N.S. Jodha; Resource Base as a Determinant of Cropping Patterns, 1977.
33. B.A. Kranz et al; Soil and Water Conservation and Utilization for Increased Food Production in the Semi-Arid Tropics, 1978.
34. ICRISAT; Second Policymakers' Seminar to Review the Program of the Improved Vertisols Management in Relation to Assured Rainfall Regions of India; A Summary, 1982.
35. T.S. Walker et al; The Economics of Deep Vertisols Technology Options; Implications for Design, Testing and Transfer, The Seminar on Technology Options and Economic Policy for Dryland Agriculture, 1983.
36. ICRISAT, Water Management and Crop Production; A review of Research at ICRISAT, IRAT-ICRISAT Workshop on Water Management and Crop Production, France, 1982.
37. S.M. Virmani, J. Kampen, B.A. Kranty, Some Aspects of the Agricultural Climate in Relation to Land Evaluation for Sorghum and Millets in the

Semi-Arid Tropics, 1977.

38. G.E. Thierstein, Possibilities for Mechanizing Rainfed Agriculture in the Semi-arid Tropics, 1979.
39. ICRISAT, Agroclimatology, Report of work 1980-81, Progress Report-5, 1981.

JICA

