

ケニア共和国

プロジェクト・ファイナニング調査報告書

ケニア西部灌漑開発事業
および
ナイロビ近郊農業開発計画

平成 23 年 3 月

社団法人 海外農業開発コンサルタント協会

まえがき

社団法人海外農業開発コンサルタント協会(ADCA)は、農林水産省の補助事業として、平成23年2月14日から2月27日までケニア共和国に調査団を派遣し、プロジェクト・ファイディング調査を実施した。本調査では、ケニア共和国において「ケニア西部農業開発」および「ナイロビ近郊農業開発」について相手国政府関係者との打合せや資料、情報収集および現場踏査を行い、その調査結果を本報告書にとりまとめた。

ケ国政府は2004年4月に策定したケニア版PRSPである富と雇用創出のための経済再生戦略-投資プログラム2003-2007の後継国家開発計画として、2008年6月にVision2030を策定した。Vision2030では年率10%の経済成長を一つの目標として掲げており、基幹産業である農業セクターの開発を目標達成のための最重要課題としている。特に、灌漑開発等による農業用水の安定供給に重点を置いており、灌漑施設の新規建設および既存施設の改修は重要課題である。

ケニアの農業分野は国家経済にとって重要な位置を占めている。ケニアは、農耕に適した土地には多いが、利用可能な水資源は限られ、大半の地域で天水に頼る不安定な農業が行われている。さらに近年、地球温暖化の影響を受けて気候が不安定化し、天水農業のリスクが増大している。メイズ、小麦、コメなどの主要食用作物の需要が増大する一方、それらの生産の伸びは停滞し、輸入量が毎年増加している。また、近年、花卉や野菜などの園芸作物の輸出が増えているが、未だ課題が多い。

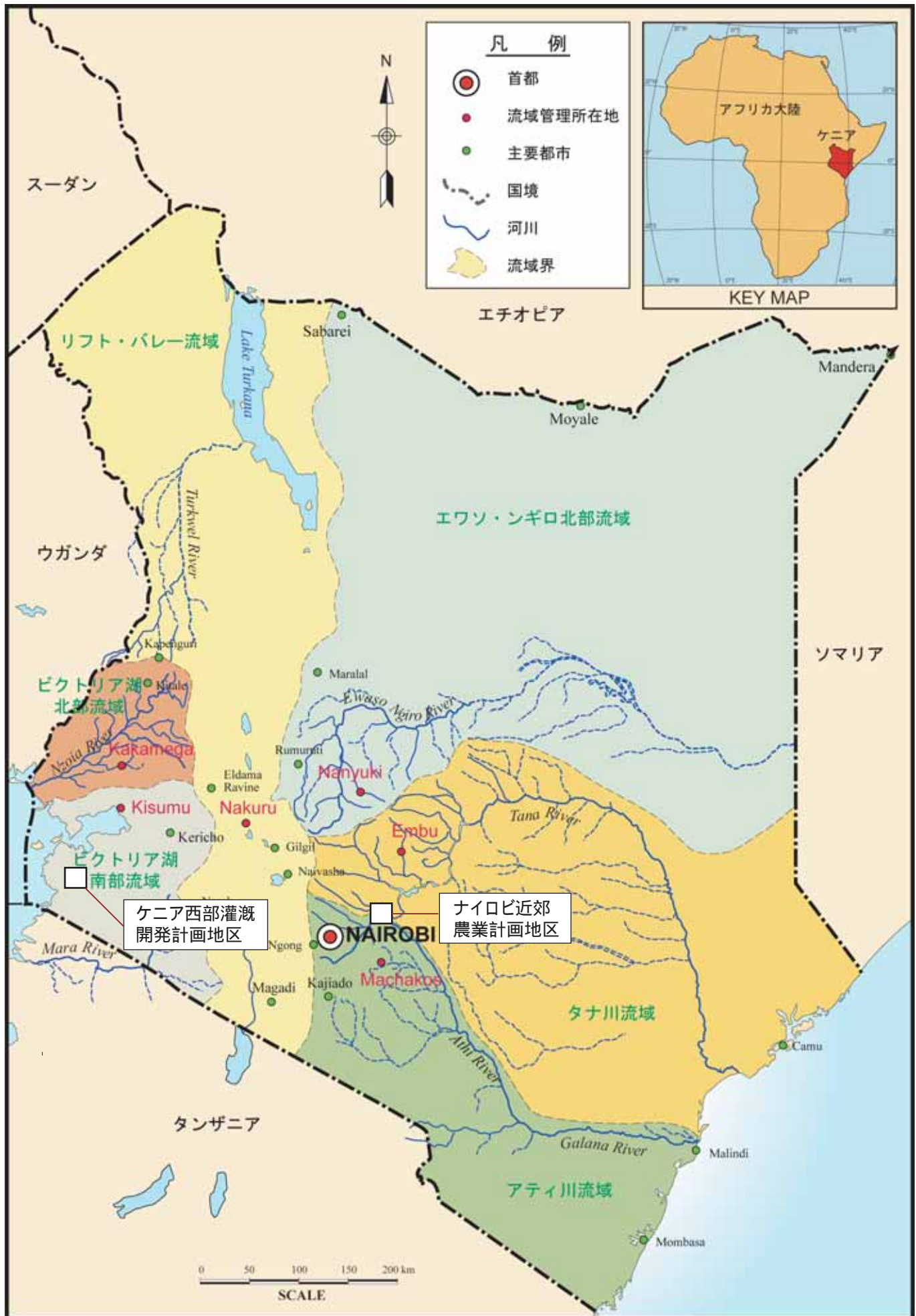
ナイロビ周辺は、標高が1,400m以上の高原に位置し、赤道直下にもかかわらず園芸作物の栽培に適した冷涼な気候帯にあるが、傾斜地が多く、また利用可能な水資源が限られている。灌漑用水の確保と効率的な水利用がこの地域の農業発展の鍵である。一方、西部地域では、平坦な沖積地がビクトリア湖を囲むように広がり、多くの中小河川が流れ込んでいる。これらの中で一番南に位置するクジャ川の下流域は、未だ開発が進んでいない。しかし河川の利用可能水量は限られているため、河川水の有効利用が開発の鍵であり、そのため、節水農業への配慮が不可欠である。

今回の現地調査にて、ケニアの農業開発にとって重視すべきポイントは、節水灌漑への配慮であり、水経済性を高める工夫と努力が不可欠であると認識し、その観点を開発提案に盛り込んだ。今回の調査中、水灌漑省の関係者を対象に、節水農業の重要性への認識を深めるためのプレゼンテーションを行ったが、一定の理解が得られたものと思われる。

本調査の実施に際しご協力頂いたケニア共和国政府機関、日本大使館、国際協力機構(JICA)等多くの関係者各位に深く感謝の意を表する次第である。

平成23年3月

プロジェクト・ファイディング調査団団長
佐藤周一



ベースマップは、
ケニア全国水資源マスタープラン
2030策定プロジェクトから引用

プロフィール調査地区位置図

ケニア西部灌漑開発調査 写真



ソドゥミリウ水力発電所の先にビクトリア湖を臨む



クジャ川周辺の丘陵地帯(斜面まで耕している)



クジャ川(ゴゴダム下流)



ゴゴ発電ダム(既設)



クジャ川下流の灌漑予定地区



クジャ川付近の丘陵(斜面まで耕している)




灌漑予定地区の政府役所



灌漑予定地区の政府開発担当者

ナイロビ近郊農業開発調査 写真

	
ヤッタ頭首工(既存)	ヤッタ水路(既存)
	
ヤッタ地区の景観	ヤッタ地区内の既存ファームポンド
	
民間投資園芸作物栽培圃場	園芸作物栽培圃場(ビニールマルチ)
	
ドリップ灌漑の貯水タンク	ドリップ灌漑パイプライン

ムエア灌漑地区のSRI 写真



ムエア灌漑地区内SRI試験圃場



ムエア灌漑地区内SRI試験圃場



ケニア初のSRI農民



SRI稲作(左)と慣行稲作(右)



ムエアで開発した各種の回転式除草機



回転式除草機の比較性能試験



ムエア灌漑開発センターWanjogu研究主任(SRI推進者)



ジョモケニアツア農工大学Mati教授(SRI推進者)

プロジェクト・ファインディング調査報告書

ケニア国 ケニア西部およびナイロビ近郊農業開発計画

まえがき

調査対象地区位置図

調査地区写真

第1章 背景

1.1	ケニアの国土と人口	1
1.2	ケニアの社会経済	2
1.3	ケニアの農業現況	3
1.4	ケニアの灌漑・排水開発	4

第2章 ケニア西部灌漑農業開発計画

2.1	開発計画の背景	8
2.2	開発計画地区の概要	8
2.2.1	自然条件	8
2.2.2	社会経済の現況	9
2.2.3	農業の現況	9
2.3	開発計画の概要	9
2.3.1	開発の目的	9
2.3.2	灌漑農業開発の基本構想	10
2.3.3	農業開発計画	10
2.3.4	灌漑開発計画	10
2.3.5	事業費、便益と経済評価	11
2.4	開発調査実施へ向けての提言	11

第3章 ナイロビ近郊農業開発計画

3.1	開発計画の背景	13
3.2	開発予定地域の概要	13
3.3	開発計画基本構想	14
3.3.1	開発案-1: 地球温暖化に対応した小規模灌漑プロジェクト	14
3.3.2	開発案-2: 園芸作物栽培技術改善プロジェクト	10
3.4	開発調査実施へ向けての提言	18

添付資料 - 1 調査団員略歴

添付資料 - 2 日程表

添付資料 - 3 面談者リスト

添付資料 - 4 収集資料リスト

添付資料 - 5 講演会配布資料

略語集

AICAD	African Institute for Capacity Development
ASPS	Agricultural Sector Programme Support
AWD	Alternate Wetting and Drying
GDP	Gross domestic Product
GOK	Government of Kenya
HRC	Horticultural Research Center, KARI
IDB	Irrigation and Drainage Branch
JICA	Japan International Cooperation Agency
JKUAT	Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology
KARI	Kenya Agriculture Research Institute
KIOF	Kenya Institute of Organic Farming
MEDEC	Masai Environment Development Consortium
MWI	Ministry of Water and Irrigation
MIAD	Mwea Irrigation Agriculture Development, NIB
MOA	Ministry of Agriculture
NBS	National Bureau of Statistics
NIB	National Irrigation Board
SIP	Small Holder Irrigation Program
SRI	System of Rice Intensification
WBI	World Bank Institute

貨幣換算レート

(2011年 2月)

1米ドル = 81ケニアシリング = 82円

第1章 背景

1.1 ケニアの国土と人口

ケニア共和国は、アフリカ大陸東部、赤道直下に位置し、南はタンザニア、西はウガンダ、北西はスーダン、北はエチオピア、北東はソマリアと国境を接し、東はインド洋に面している。国土面積は日本の約 1.5 倍の 59 万 km² である。ケニアは、大地溝帯（リフトバレー）が北から南に縦断しており、赤道の南にはアフリカ大陸で最高峰のキリマンジャロ山に次ぐ高さのケニア山（5,199 m）がある。またケニアには湖も多く、西部に位置するビクトリア湖は世界で 2 番目に大きい淡水湖で、ケニア、ウガンダ、タンザニアの 3 ケ国にまたがっている。また、リフトバレーに沿って細く長くエチオピアにまで伸びているトゥルカナ湖は、世界で 4 番目に大きい塩水湖で、集水面積は 13 万 km² に達する。

ケニアの国土は、気候・自然・社会・経済の大きな違いから、南北に大きく二分されている。北部とくに東北部一帯は、高温で雨量は極端に少ない半乾燥・乾燥地帯（年降雨量 400 mm 以下）で、牧畜が中心の低開発地域であり人口も非常に少ない。一方、南部地域は比較的雨が長く農業が成り立つため人口も多く、これまでに多くの開発が進められてきた。この南部地域の中央部には、標高 1,400m 以上の高原が広がっている。年間を通じて涼しく（平均気温 18℃）、空気は乾燥しており、快適な気候である。東南部のインド洋沿岸地帯にかけては、主要な大河川であるタナ河とアティ河により形成された広大な沖積地が広がり、低灌木、草原、湿原が広がっている。沿岸地帯は、7～8 月の乾季に涼しくなる程度で、年間を通じて高温多湿である。湖岸地帯も高温（平均気温 27℃）で、海岸地帯より雨量は多いが、湿度は少し低い。ケニアの季節は、雨季（4～6 月の大雨期、10～12 月の小雨期）と乾季に大別される。

ケニアの行政区分は、中央州（Central）、沿岸州（Coast）、東部州（Eastern）、北東州（North Eastern）、ニャンザ州（Nyanza）、リフトバレー州（Rift Valley）、西部州（Western）の 7 州とナイロビ地域（Nairobi Area）の 1 特別地域から構成されてきた。しかし、地方分権政策にしたがって、全国に 47 カ所の行政区（County）を中核とする行政機構へ 2012 年 8 月までに移行することが決まっている。しかし、今回の調査の時点では新しい行政区単位の情報は得られなかったため、従来通り州別のデータで示してある。

表 1 に示すとおり、ケニアの人口は 2010 年時点で約 4,040 万人と推定されており、2006～10 年の年平均人口増加率は 2.8% であり依然高い水準にある。

表1 ケニアの人口推移

(単位：人)

州・特別地域	2006	2007	2008	2009	2010	増加率
中央	4,454,113	4,556,683	4666,789	4,784,778	4,884,932	2.2%
沿岸	3,138,341	3,228,358	3322,067	3,419,757	3,502,908	2.8%
東部	5,658,032	5,802,065	5955,123	6,117,671	6,256,832	2.4%
北東	1,286,113	1,313,848	1349,732	1,394,367	1,440,452	2.9%
ニャンザ	5,316,234	5,443,919	5580,259	5,725,744	5,894,721	2.3%
リフトバレー	9,100,482	9,402,491	9714,748	10,037,764	10,316,634	3.4%
西部	4,261,120	4,402,161	4542,836	4,683,059	4,797,163	3.1%
ナイロビ	2,924,309	3,034,397	3146,303	3,260,124	3,357,771	4.1%
合計	36,138,744	37,183,924	38277,856	39,423,264	40,406,412	2.8%

出典： Statistical Abstract 2007, Kenya National Bureau of Statistics

ケニアは、言葉や習慣の異なるキクユ族（22%）、ルヒヤ族（14%）、ルオ族（13%）、カレンジン族（12%）など、40以上の民族から構成されている。また、人口は少ないが、ホワイト・ケニアンと呼ばれるイギリス系、インド系の人々も、政治・経済に大きな存在感を持っている。ケニアの言語は、スワヒリ語と英語であるが、公用語は英語である。宗教は、キリスト教が60%、伝統宗教が30%、イスラム教10%の割合になっている。

1.2 ケニアの社会経済

ケニアの実質国内総生産（GDP：Gross Domestic Product）は、2005～09年にかけて3.8%成長率であった。セクター別に見てみると、農林水産業の占める割合は2005年に29.7%であったが、2009年には25.5%と年々減少傾向にある。鉱工業は2005年に11.8%、2009年には12.1%とほぼ横這状態にあり、電力・水道も2005年に2.7%、2009年には2.6%とほぼ横這状態である。建設業は2005年に3.4%、2009年には4.2%と増加している。サービス業は2005年に52.4%、2009年では55.7%と着実に増加している。

表2 ケニアの実質 GDP の推移（2001年価格）

(単位：百万 Ksh)

セクター	2005	2006	2007	2008	2009	成長率
農林水産業	305,549	319,175	326,604	312,719	305,258	0.0%
(比率)	29.7%	29.3%	28.3%	26.8%	25.5%	-
鉱工業	121,032	128,507	136,975	141,744	144,182	4.5%
(比率)	11.8%	11.8%	11.8%	12.1%	12.1%	-
電力・水道	27,862	27,492	30,002	31,617	30,631	2.4%
(比率)	2.7%	2.5%	2.6%	2.7%	2.6%	-
建設業	35,401	37,649	40,405	43,735	49,893	8.9%
(比率)	3.4%	3.5%	3.5%	3.7%	4.2%	-
サービス業	540,147	575,261	622,063	638,742	665,681	5.4%
(比率)	52.4%	52.9%	53.8%	54.7%	55.7%	-
合計	1,029,991	1,088,092	1,156,019	1,168,557	1,195,645	3.8%
(比率)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	-

出典： Statistical Abstract 2010, Kenya National Bureau of Statistics

ケニアの全労働人口に占める農業労働人口の比率は年々減少しているが、2009年には約55%で依然として高い。ケニアの貧困状況は、1997年に実施された福祉モニタリング調査（Welfare Monitoring Survey：WMS-III）と2005/06年に実施されたケニア総合家計調査（Kenya Integrated Household Budget Survey：KIHBS）によって、その推移が分かる。2005/06年ケニアの人口の約46%、約1,600万人が総貧困線以下の生活を送っていると報告されている。ケニアの食料貧困率は、農村部では減少したが、都市部では増加している。また総貧困率は、都市部で大幅に減少しているが、農村部では僅かな減少に止まっている。州別に見ると、総貧困率は乾燥地および半乾燥地の北東州で最も高い。各州によって人口は異なるが、沿岸州、西部州、東部州で貧困率が高く、これらの州に貧困が集中していると考えられる。ケニア政府は、2004年3月に策定された中期的開発計画「富と雇用創出のための経済再生戦略のための投資プログラム（Investment Program for the Economic Recovery Strategy for Wealth and Employment Creation: IP-ERS）」に基づき、マクロ経済の安定、ガバナンスの強化、インフラの整備、貧困層の人的資源への投資の4点を重視した経済発展を通じ、貧困削減を目指している。

1.3 ケニアの農業現況

ケニアは、東南部アフリカ地域の中では比較的工業化が進んでいるものの、農業は依然としてケニアの重要産業であり、2009年時点で農業セクターはGDPの約26%、労働人口の約55%を占めている。ケニアは農産物の純輸出国であるが、総輸出額に占める農業・農産物の比率は、2004年の54.7%から、2009年の48.5%へ徐々に低下している。主要輸出農産物は、コーヒー、茶、園芸作物、除虫菊などであるが、園芸作物（果実、野菜、花卉）の割合が増えている。

表3 ケニアの総輸出額に占める農業・農産物比率の推移

分野	2004	2005	2006	2007	2008	2009*
農産物	54.7%	52.1%	49.9%	48.0%	48.4%	48.5%
コーヒー	4.4%	4.7%	4.0%	4.0%	3.1%	4.7%
茶	22.7%	21.8%	20.7%	17.9%	19.8%	21.3%
園芸作物	24.9%	23.0%	21.4%	21.7%	22.1%	20.2%
その他農産物	2.7%	2.6%	3.8%	4.4%	3.4%	2.3%
その他	45.3%	47.9%	50.1%	52.0%	51.6%	51.5%
合計	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

出典： Statistical Abstract 2009, Kenya National Bureau of Statistics

* = Provisional

ケニアの三大主食作物は、メイズ、小麦、米であり、過去4年間のこれらの生産量を見ると、年毎に変動はあるものの減少ないし横ばい傾向にある。これら作物の生産量は、国内消費量に追いついていないことから、輸入量が年々増加している。

表4 ケニアの主要農産物の生産量と輸入量の推移

(単位：千トン)

作物		2006	2007	2008	2009
生産量	メイズ	3,248	2,929	2,370	2,439
	小麦	358	354	337	337
	米(粳)	43	32	15	25
輸入量	メイズ	77	103	244	1,058
	小麦	667	581	555	798
	米(精米)	196	203	202	398

出典： Statistical Abstract 2009, Kenya National Bureau of Statistics

ケニアの人口は年率 2.8% の高率で増加しており、主食作物の需要は今後も急速に伸びて行くと考えられる。しかし、殆どの主食作物の生産は近年ますます不安定化している降雨に依存しているため、単位面積あたりの収量は低迷しており生産量も不安定である。このような状況から、ケニア政府は急増する食料需要を賄うため、主食作物の戦略的備蓄と共に安定的増産に優先度を与え、灌漑開発を農業政策の最重点課題に位置付けている。

1.4 ケニアの灌漑・排水開発

農業省の土地生産性区分によれば、ケニアの農耕適地（適地分類高・中：年平均降雨量 735mm 以上）面積は、国土の約 17% にあたる 994 万ヘクタールである。

表5 ケニアの土地生産性区分

州・特別地域	農耕適地（千ヘクタール）			
	高 ^{注1}	中 ^{注1}	低 ^{注1}	合計
中央	909	15	41	965
沿岸	373	796	5,663	6,832
東部	503	2,189	11,453	14,145
北東	0	0	12,690	12,690
ニャンザ	1,218	34	0	1,252
リフトバレー	3,025	123	12,220	15,368
西部	741	0	0	741
ナイロビ	16	0	38	54
合計	6,785	3,157	42,105	52,047

注1： 高は年平均降雨量が 857.5mm 以上、中は 735～857.5mm、低は 735mm 以下と定義している。但し、東部州は低を 612.5mm 以下としている。

出典： Statistical Abstract 2007, Kenya National Bureau of Statistics

水灌漑省（MWI：Ministry of Water and Irrigation）によれば、ケニアの灌漑開発可能面積は 53.9 万ヘクタールと見積られており、ケニアの農耕適地の僅か 5.4% に過ぎない。

表 6 ケニアの流域別灌漑開発可能面積

流域	灌漑可能面積 (ヘクタール)	既存灌漑開発面積 (ヘクタール)
タナ川流域	205,000	69,000
アティ川流域	40,000	11,000
ビクトリア湖流域	200,000	11,000
ケリオ渓谷流域	64,000	6,000
エワソングロ川流域	30,000	13,000
合計	539,000	110,000

出典： MWI (2006)

MWI によれば、2006 年のケニアの灌漑面積は 10.1 万ヘクタールであり、灌漑開発可能面積の 18.7% が既に灌漑開発されている。国家灌漑・排水開発政策(National Policy on Irrigation and Drainage Development, June 2007)によれば、ケニアの既存灌漑スキームは以下の 3 タイプに分類される。

1) 小規模灌漑スキーム :

このスキームは、灌漑水利組合や個別の農家から成る共同体によって所有、開発、管理されている。小規模灌漑スキームの生産物は、主に農家の生計維持や国内市場のためであるが、一部は輸出もされる。全国に約 2,500 ケ所の小規模灌漑スキームがあり、総灌漑面積の 46% にあたる約 47,000 ヘクタールを灌漑している。小規模灌漑スキームで働いている労働者は、既存灌漑スキームで働いている総労働者数の 47% である。小規模灌漑スキームの開発は、MWI の灌漑・排水局 (IDD : Irrigation and Drainage Department) が全ての責任を負っている。

2) 公共・国家灌漑スキーム :

このスキームは、公的機関である国家灌漑庁 (NIB : National Irrigation Board) および流域開発公社 (タナ・アティ川流域開発公社、ビクトリア湖流域開発公社、ケリオ渓谷流域開発公社など) によって開発・管理されている。ケニアで生産される米の 90% は、NIB が管理する国家灌漑スキームで生産されている。公共・国家灌漑スキームは 11,200 ヘクタールを灌漑し、ケニアの総灌漑面積の 12% を占めている。

3) 民間灌漑スキーム :

このスキームは、商業的ハイテク灌漑スキームであり、主に輸出用の高付加価値作物の生産を行っている。民間灌漑スキームでは約 70,000 人の労働者が雇用されており、既存灌漑スキームで働いている総労働者数の 41% を占めている。民間灌漑スキームの灌漑面積は 42,800 ヘクタールで、総灌漑面積の 42% を占めている。

表 7 ケニアの既存灌漑開発面積の推移

スキーム	灌漑開発面積（ヘクタール）			
	1985	1998	2004	2006
小規模灌漑スキーム	17,500	34,650	47,000	49,000
公共・国家灌漑スキーム	11,500	12,000	16,000	16,000
民間灌漑スキーム	23,000	40,700	42,800	45,000
合計	52,000	87,350	105,800	110,000

出典： MWI および NIB（2006）

2003 年ケニア政府は、ケニアにおける灌漑・排水開発に関する権限を MWI に一元化したにも拘わらず、農業省、流域開発公社や大統領府は、現在でも彼らの業務権限の一部として灌漑・排水開発を行っている。MWI 以外の政府機関が未だに灌漑・排水開発を実施しているため、限られた資金が複数の政府機関やプロジェクトへ分散し、灌漑・排水開発活動が重複し、灌漑・排水開発活動の調整を妨げている。また、各省庁内における灌漑と排水に係る政策 / 実施レベルでの調整も脆弱である。

MWI において、灌漑・排水開発に関する政策の策定、開発の調整およびセクターの規制が IDD の役割であるが、州・郡レベルの灌漑担当職員ネットワークを通じ、全国の様々な地域で小規模灌漑・排水開発プロジェクトも実施している。また MWI 傘下の NIB の役割は、国家灌漑スキームの開発、運営および維持管理であり、この役割は灌漑条例（Irrigation Act Cap347）で規定されている。しかし、経済自由化や NIB に対する農民の期待が変化したことにより、NIB は現在、既存国家灌漑スキームの開発と維持管理に焦点を絞って業務を行っている。

このような状況から、現在ケニアの灌漑・排水開発に関する制度的枠組の見直しが行われており、ことで調整が進んでいる。その内容は以下の通りである。

- 1) MWI 以外の省庁が持っている灌漑・排水開発に関する機能を全て MWI に移管し、完全一元化を実現する。
- 2) IDD の役割を灌漑・排水開発に関する政策の策定、開発の調整およびセクターの規制のみに制限する。
- 3) NIB の役割を国家灌漑スキームの開発、維持管理業務だけではなく小規模灌漑スキームの開発も含め、その業務範囲および対象地域を広げる（この際 NIB の発展的解消と新組織設立も視野に入れる）。

現在ケニア共和国で実施されている第 10 次開発計画（2009～15 年）中で、食糧安全保障の観点および降雨量の少なさから起因する農業生産の問題を克服するため、灌漑開発の重要性が強調されており、灌漑開発関連の資金を増やす意向が示されている。また、灌漑開発計画達成のためには、以下の課題を克服する必要があると指摘している。

- 1) 包括的な国家灌漑計画とマスタープランの欠如。
- 2) 灌漑サブセクター間の調整不足。
- 3) 灌漑および関連施設開発への不適切な資金配分。
- 4) 灌漑事業における不適切な技術の適用。

第2章 ケニア西部灌漑農業開発計画

2.1 開発計画の背景

ビクトリア湖に面する西部地区は、西部州とニャンザ州に属し、ビクトリア湖に流入する多くの河川が形成した沖積地が湖に面し広がっている。この地域一体は農業適地であり、長年天水による農業が行われてきた。開発対象地区があるニャンザ州には、既存の灌漑農業地区が30カ所（合計3,940 ha）ビクトリア湖岸に沿って存在するが、このビクトリア湖に面する沖積平野の最も南に位置するクジャ川下流域には、未だ灌漑地区は限られている。

クジャ川下流域は、水資源および土地資源に恵まれており、約25,000 haの灌漑開発ポテンシャルがあるとされている。ケニア政府は、灌漑開発が遅れているこの地域を将来の食用作物の供給基地とすべく、灌漑農業開発に高い優先度を与えている。現在、世界銀行の資金協力を得て、クジャ川下流域に選定した優先開発地区のフィージビリティ調査および詳細設計が、ケニアのローカル・コンサルタント（GIBB Africa）により実施中である。この案件は有望であると判断できるのでその概要を紹介するとともに、実施に向けての課題を明らかにしたい。

2.2 開発計画地区の概要

2.2.1 自然条件

開発計画地区は、ビクトリア湖に接するニャンザ州の州都キスム市の南西約110 kmのニヤティケミ県に位置している。ニャンザ州の面積は16,162 km²で、人口は約440万人である。気候は熱帯気候で湿潤である。ニャンザ州の主要な民族はニール系のルオ族が多数派で、その他にバントゥー系のグシイ族、クリア族と少数派のルヒヤ族で構成されている。

ケニア西部地域における主要河川の一つであるクジャ川流域の年平均降雨量は、上流部で1,600 mm、下流部の低平地区で890 mm程度である。クジャ川は河川勾配が大きく、河口から約35 km上流にある既存のゴゴ発電ダム（高さ20 mのコンクリートダム）の地点でも河床には大きな転石が分布している。クジャ川の総流域面積は6,600 km²あり、このうち49%がクジャ川の最大の支流のニゴリ川の流域面積である。クジャ川本流の平均流量が最大月で58 m³/s、最低月では4.5 m³/sである。一方、ニゴリ川は、平均流量が最大月で17.7 m³/s、最低月では0.5 m³/sである。ニゴリ川は、ゴゴ発電ダムの下流15 km地点で、クジャ川に合流している。これらのクジャ川およびニゴリ川がこの地域の灌漑開発に最も有望な水源である。合流点の下流域に灌漑開発に適した沖積地が広がっている。湖に近いところに一部湿地帯が存在する。

当該地域の灌漑農業開発が可能な面積は、土地資源（勾配、地形、標高、土壌など）から判断して、最大で25,000 haであると見積もられている。開発対象地区は、勾配が2%以下の平坦地が中心であるが、一部に2~4%の勾配の傾斜地が存在している。

2.2.2 社会経済の現況

開発予定地区のあるニャティケミ県は、人口が14万人で、人口密度が約200人/km²である。この県では農業の他には雇用や収入源がほとんどないため、貧困率が非常に高い。絶対貧困率は43%である。人口の85%が農業に従事している。栄養や医療水準が低く、生まれた子供の50%が14歳までに死亡し、さらに23%が25歳までに死亡している。すなわち、25歳を超えて生きているのはわずか27%に過ぎない。すなわち、多産多死であり、人口の増加率は高い。教育水準も低く、成人の63%が小学校以下の教育しか受けていない。この地域の所得と雇用機会の増大を図るためには、灌漑農業開発の実施が最も有効であることに疑いはない。

2.2.3 農業の現況

開発予定地区（25,000 ha）の現況土地利用は、農業利用（天水）が46%、放牧地・草地在44%、道路住宅などの利用地が10%である。現在、農耕地区では、メイズが主要作物で、その他ソルガム、豆類、キャッサバ、アワ、等が栽培されている。さらに、小規模ではあるが、トマト、たまねぎ、スイカなどの園芸作物が小型ポンプを利用した灌漑システムの下で栽培されている。不安定な降雨に頼った天水による作物栽培の問題点は、単位面積あたりの収量の低さであり、これが地域の貧困の主な原因となっている。具体的には主要穀物のヘクタール当たりの収量は、メイズが1.1トン、ソルガムが1.0トン、ミレットが0.8トンであり、これらは達成可能な単収の半分程度にすぎない。ニャティケミ県全体の農作物の作付け面積の現況は、メイズが8,260 ha、ソルガムが9,195 ha、豆類が2,190 ha、キャッサバが400 ha、トマトが356 ha、落花生が291 ha、等である。

2010年現在の、県内の作物生産と需要のバランスは、不足している作物がメイズ11,437トン、野菜類2,385トン、米217トンで、一方余剰があるのは、ミレットが6,167トン、根菜類が6,539トンである。

2.3 開発計画の概要

2.3.1 開発の目的

クジャ川下流域灌漑農業開発計画の必要性は高く、地域の農業を一変させるインパクトがある。ケニア政府は高い開発優先度を与えている。この開発の目的は以下の通りである。

- 1) 食用作物を増産し域内の食糧自給をめざす。
- 2) 農民の所得向上を図り生活環境を改善する。
- 3) 農業の生産性を向上させる。
- 4) 灌漑農業面積を拡大し、政府のビジョン30の達成に貢献する。
- 5) 弱者である若者や女性の雇用機会を増やす。
- 6) 農業生産物の加工業の振興を図る。

2.3.2 灌漑農業開発の基本構想

クジャ川下流域の土地と水資源の開発ポテンシャルを検討した結果、既存のゴゴ発電ダムの直上流または直下流の位置に 1.5 億トンの有効貯水量をもつ貯水ダムを建設すると 25,000 ha の灌漑が可能であると判断された。一方、貯水ダムを建設せず河川の自流のみを利用する場合、クジャ川およびニゴリ川の各々に一カ所頭首工を建設し、この二つの川の水資源を有効に開発すれば、約 8,000 ha の灌漑が可能であると試算されている。大規模な貯水ダムを建設するためには、環境社会面への慎重な配慮が必要となり、また建設費用も非常に大きい。将来的には貯水ダムにより 25,000 ha の全体開発を目指すものの、当面は頭首工による表流水灌漑開発とすることが提案された。この段階開発基本構想は、現実的かつ妥当であると考えられる。

2.3.3 農業開発計画

農業開発計画では、灌漑を利用し以下の農産物の生産を図ることが提案されている。計画では年間の作付け率を 180% に想定している。

- 1) コメの生産 2,386 ha。
- 2) コメ以外の食用作物（メイズ、豆類、サツマイモ）の生産 3,312 ha。
- 3) 野菜（トマト、たまねぎ、キャベツ、オクラ、コショウ、スイカなど）の生産 847 ha
- 4) 果樹（バナナ、パッションフルーツ、マンゴー、）の生産 275 ha
- 5) 工芸作物の生産 1,089 ha

2.3.4 灌漑開発計画

計画開発面積は、水源の利用可能量と作付け計画に基づく灌漑必要水量の水収支結果を踏まえて、7,717 ha に設定されている。ピーク時の灌漑取水量は $7.53 \text{ m}^3/\text{s}$ と算定されているが、その時のクジャ川の 80% 確率平均流量は $24.1 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定されているので、水源量としては申し分ない。

この開発のために必要となる灌漑排水施設は以下の通りである。

- 1) 頭首工： クジャ川、ミゴリ川に各一カ所建設する。
各々沈砂池を設置。
- 2) 幹線水路： 総延長 15 km。
- 3) 支線水路： 総延長 47 km。
- 4) 三次水路： 総延長 150 km。
- 5) 幹線排水路： 総延長 100 km。
- 6) 支線排水路： 総延長 117 km。
- 7) 水路構造物： 730 カ所。
- 8) 建物： プロジェクト事務所、研究研修センター、職員宿舎、他

2.3.5 事業費、便益と経済評価

本事業の費用、便益および経済評価は以下の通りである。

- 1) 総事業費： 47.7 百万ドル (3,861 百万ケニアシリング) = 10%の予備費を含む
- 2) 年間維持管理費： 1.0 百万ドル (82 百万ケニアシリング)
- 3) 事業便益： 農産物の生産量が、現状の 12,011 トンから、68,405 トンに増大する (5.7 倍)。コメの生産も 12,000 トンに増える。
農産物生産による粗利益は、ヘクタール当たり、現状の 20,000 ケニアシリングから、85,000 ケニアシリングに増大する (4.3 倍)。さらに、農家の農業純収入は、現状の 1,280 ケニアシリングから、46,160 ケニアシリングに増大する (36 倍)。
- 4) 経済評価： E I R R = 18%。

2.4 開発計画実施へ向けての提言

クジャ川下流域の灌漑農業開発計画は、技術的に妥当であり、経済的にもフィージブルであるとされている。しかしながら、この計画を実施に向けて推進するためには、以下の留意すべき点が残されており、慎重な検討が必要であると思慮される。

- 1) この灌漑農業開発の規模は、現在ケニアで最大の既存の灌漑計画であるムエア灌漑地区 (5,795 ha) を上回る規模であり、また、開発対象地区の農民は灌漑農業の経験が全くない。また、稲作の経験もない。このため、事業実施の後必要となる維持管理や適切な水管理の実施、それらを踏まえての適切な灌漑農業の実施を実現するため、時間をかけた段階開発の考え方を導入すべきである。例えば、フェーズ 1 事業として、ミゴリ川頭首工灌漑開発を先に行い (5 年間) そこでの成果と教訓を生かし、フェーズ 2 事業として、クジャ川頭首工灌漑開発を行う (10 年間) スケジュールとすることが考えられる。すなわち、事業全体で合計 10 年を要するであろう。
- 2) 事業が成功するためには、受益農民に対する各種のトレーニング・プログラムが必要である。具体的には、水管理組合の設立、施設の維持管理、稲作および各種作物の営農、ポストハーベスト、営農資金のクレジット、などなど。これらの実施には時間と費用がかかるが、現在ローカル・コンサルタントが実施中の事業計画では、上記のソフト分野の実施に必要なコストが全く見積もられていない。施設建設費のみで経済評価まで行っている。ハードとソフトのバランスがとれた事業計画を立案する必要がある。
- 3) ケニア最大の灌漑開発を成功裏に運営するため、水灌漑省の中の維持管理担当組織の強化が必要であり、そのためのスタッフ・トレーニングを事業内容に含めることが必要である。

- 4) 事業の内容については、灌漑開発だけに特化せず、総合農村開発の観点から検討することが望ましい。この開発は、地域を大きく変えることになるからである。考慮すべき内容として以下が考えられる。
- a) 灌漑施設以外のインフラ（アクセス道路、集出荷施設、給水施設など）の検討。
 - b) 農民組織・コミュニティー強化を踏まえた農村振興計画の検討。
 - c) JICA の「小規模園芸農民組織強化計画」の適用とスケールアップの検討。
 - d) 非農業作物所得収入向上の検討。
- 5) 利用可能な水源が限られているので、灌漑計画の中で、節水の考え方を取り入れて、「水経済性の向上を図る」ことを開発の基本方針に据えることが望ましい。これにより、現在の年間作付け率を高めることが可能となりプロジェクトの便益が向上する。節水を実現させるための具体的な方策として以下が考えられる。
- a) 節水につながる間断灌漑を実施するため、輪番灌漑を全面的に採用することとし、灌漑施設の計画と設計を見直す。
 - b) 間断灌漑の下で便益を増やすため、低投入型の稲作技術である S R I (System of Rice Intensification) を導入・普及させる。
 - c) 園芸作物に対しては、ドリップ灌漑システムを導入する。

第3章 ナイロビ近郊農業開発計画

3.1 開発計画の背景

ケニアの南部の中央地域は標高 1,400 ~ 1,600 m の広大な高原地帯で、水資源が限られているが、冷涼な気候を利用して、園芸作物の栽培が盛んである。野菜や花卉などの輸出を目的とした民間投資も多い。開発対象地域としては、首都ナイロビの東のマチャコス県を想定している。この地域はアティ川の上流右岸側に位置している。この地域は、アティ川に近く水資源開発の余地があり、農業に適した広大な土地がある一方、民間投資による園芸作物栽培が実施されている地区の隙間で多くの小農が営農しており、そのほとんどが天水に頼った不安定で低生産性の農業を営んでいる。農産物の大消費地であるナイロビから車で 3 時間程度の距離に位置しており、小農のための灌漑農業開発を行うことで、数十ヘクタールの規模で散在する小農地域の農業生産性を高め、農家の所得向上を図ることが可能である。そこでは地球温暖化対策の一環として、資源節約型の営農を目指すべきである。具体的には、限られた水資源の利用効率を高め、水生産性を高める園芸農業の振興を旨とすることとする。この結果、域内所得格差是正に貢献するとともに、ケニアの農業振興の促進に寄与することが期待される。今回の調査で開発を進めるにあたっての課題と今後の方向性について検討を行った。

3.2 開発予定地域の概要

開発を予定している東部州のマチャコス県は、首都ナイロビの東方 100 km 余に位置し、交通至便のところである。アティ川の右岸に沿って南東に伸びており、標高は 1,000 ~ 1,600 m である。気候は温暖で、年平均気温は 18 ~ 20 °C で、比較的湿潤である。この地域の主要な民族は、ケニアで最も進取の気性に富んでいると言われているキクユ族である。

マチャコス県の面積は 19,755 km² (1,975,500 ha) であるが、このうち農業開発ポテンシャルが高い土地が、125,000 ha (6%)、中程度が 771,000 ha (39%)、低い土地が 454,000 ha (23%)、不適地が 625,000 ha (32%) である (1995 年農業省調査)。開発対象地区は、勾配が 2 ~ 8 % の傾斜地が多い。マチャコス県には、既存の灌漑地区が 90 カ所あり、その合計面積は 7,627 ha である。その内訳は、小規模灌漑スキームが 48 地区 (6,209 ha) および民間灌漑スキームが 42 地区 (1,418 ha) である。既存の灌漑地区は、県内で農業開発ポテンシャルが高いといわれている土地のわずか 6.1% に過ぎない。これは、水資源開発がネックとなっているためであり、灌漑水源をいかに確保するか、有効利用するか、がこの地域での農業開発の成功の鍵である。

開発予定地区のあるマチャコス県は、人口が約 120 万人 (2009 年) で、人口密度は約 61 人/km² である。農業が主要産業である。この地域の所得と雇用機会の増大を図るためには、灌漑農業開発の実施が最も有効であることに疑いはない。

マチャコス県の農業は、メイズが主要作物で、その他ソルガム、豆類、キャッサバ、等が天水で栽培されている。不安定な降雨に頼った天水による作物栽培での単位面積あたりの収量は低い。また、灌漑地区では主に園芸作物が栽培されている。

3.3 開発計画基本構想

水資源節約型の園芸作物の振興を図ることが狙いであるが、その具体化に向けては、いろいろな開発案が想定される。農業開発計画では、路地栽培の園芸作物の振興を狙う。開発対象地域はゆるい傾斜地が多く、また土壌も透水性が大きい。水資源の有効利用の観点から節水型の灌漑法を導入する必要性が在る。水節約の視点、および灌漑システムのコストを削減する観点から、最も適している灌漑法がドリップ灌漑システムである。ケニアでは、コストが安いドリップ灌漑システムの購入およびメーカーによる技術指導が現在可能であり、水源開発およびメインの灌漑システムの設置が可能であれば、末端施設としてのドリップ灌漑システムの設置と利用には支障がない。

以下に、可能な開発の基本構想について述べる。

3.2.1 開発案 - 1：地球温暖化に対応した小規模灌漑プロジェクト

このプロジェクトは、水灌漑省が構想しているもので、地球温暖化を踏まえ、水節約型の小農による小規模灌漑スキームを、今後の地域の開発モデルとして実施しようとするものである。日本の無償資金協力を期待している。

(1) 開発構想:

限られた水源を有効利用するため、ため池を建設し、取水地点からパイプラインで送水ロスを最小化しつつ、小型中間貯留施設（ファームポンド）を設置し、灌漑効率をたかめ、さらに圃場での灌漑はドリップ灌漑システムとし、水経済性を最大限に高めるモデルプロジェクトである。

(2) 計画予定地区:

マチャコス県ヤッタ地区（ナイロビの東方 110 km）に選定する 200 ha。この地域は人口が多く、またナイロビという大きな市場に近く、道路も良い。

(3) 農業開発計画:

水経済性が高いドリップ灌漑システムにより、園芸作物（主に野菜類）を栽培し、ナイロビを中心とするマーケットにて販売することで、高い利益を得る。

(4) 灌漑計画:

灌漑水源として、アティ川の支流に、ため池を建設する。

(5) 灌漑施設計画:

導水路（ため池から灌漑地区まで）は、PVCパイプラインとする。
調整池（8カ所）を灌漑地区の入り口に設置し、送水と利水の時間差を調整し、貴重な灌漑水の利用効率の向上を図る。

受益地区内の灌漑はドリップ灌漑システムとするが、コストを下げるため、各受益地区の標高が若干高い場所にタンクを設置し、加圧ポンプをつかわず重力式でパイプシステムに送水するように設計する。

(5) 灌漑施設の内容:

ため池：有効貯水量 20 万トンのため池を 2 カ所建設。

中間貯留ファームポンド： 貯水量 200 トン、合計 8 カ所に設置。

パイプライン： PVC パイプ（口径 100～250 mm）総延長 20 km。

灌漑システム： 200 ha の受益地に対し、全てドリップ灌漑システムを採用。

(6) 事業費積算:

ため池（2カ所）:	40,000,000	Ksh
ファームポンド（8カ所）:	8,000,000	Ksh
パイプライン（PVC：20 km）:	60,000,000	Ksh
ドリップ灌漑システム（200 ha）:	70,000,000	Ksh
予備費:	2,000,000	Ksh
合計	<u>180,000,000</u>	<u>Ksh</u>

(7) 事業実施期間: 30 カ月

この開発計画は、開発予定地区が、ナイロビという巨大マーケットに近い利点を生かし、利益の大きい園芸作物をドリップ灌漑にて栽培することで、水経済性を高めつつ、品質のよい作物を栽培することが可能である。灌漑施設の初期投資額は大きい（ヘクタール当たり 900,000 Ksh）営農が軌道に乗れば採算がとれる、水灌漑省では考えている。

この案件構想を実現するためには、以下の点の検討が必要であると考えられる。

(1) 水源の確実な確保：

ため池の規模は有効貯水量が 20 万トンと小さく、均質型フィルダム（高さ 15 m 以下の低ダム）により開発が可能と思われるが、建設サイトの選定にあたっては、地質、土質、建設材料、等に関する慎重な事前調査が不可欠である。また、建設後の維持管理の責任を明確にしておく必要がある。

(2) 適切な受益地の選定：

灌漑施設が当初予定通り適切に機能するためには、受益者が水管理組合を結成し、責任をもって維持管理を行う必要がある。したがって、受益地の選定にあたっては、事前に地元説明を行い、水管理組合を結成し、維持管理に責任をもつことまでの合意を書面で取り付けるべきである。

(3) 水利組合の設立・強化：

灌漑施設の維持管理についての技術指導を施設完成前に受益農民に対して行うことが不可欠である。

- (4) 営農指導の強化：
受益農民にとって、灌漑農業は初体験であることから、灌漑農業についての営農指導をきめ細かく行うことが必要である。
- (5) 水灌漑省の維持管理責：
事業の開始前に、基幹灌漑施設の維持管理の責任体制を明確にしておく必要がある。

3.2.2 開発提案 - 2：園芸作物栽培技術改善プロジェクト

- (1) 開発構想：
このプロジェクトは、ケニアの園芸作物、特に野菜の栽培技術の向上を図ろうとするものである。導入する技術は、日本を始め、その他の園芸作物先進国で既に確立された技術とする。さらに、循環型農業、環境に優しい農業技術の導入もプロジェクト活動の一環として推進する。マーケティング面では、ケニア国内、特に首都ナイロビをターゲットとして展開し、さらに将来のヨーロッパへの輸出を視野に入れた GAP の認証取得も視野にいれる。本プロジェクトは日本の技術支援プロジェクトを想定している。
- (2) 対象予定地区及び受益者：
対象地区は、ナイロビ及びその近郊とし、そこで園芸作物を栽培する小・中規模農家が受益者となる。園芸作物を主体とした、また、小・中規模農家が連携した都市近郊型農業、輸出型農業の発展が期待される。
- (3) プロジェクト目標、成果：
プロジェクトの目標は、ナイロビ及びその近郊において、近代的な園芸栽培技術が導入され市場志向型の農家経営が実践されることによって農家経営が改善されることとする。成果としては、園芸作物栽培技術が改善され、農業生産性が向上する、市場指向型の農業経営の導入によって、農家の収益性が改善される、農家に裨益する農業試験・研究体制が強化され、農家の農業技術が向上することが挙げられる。
- (4) 活動の概要：
目標と成果からは以下の活動が導かれる。
- 1) 園芸作物栽培技術が改善され、農業生産性が向上する：
- 農家のニーズを考慮した適正な栽培技術が特定される
 - 特定された栽培技術に関するマニュアルやガイドラインが整備される
 - マニュアルやガイドラインを活用した効果的な普及が成される

- 2) 市場指向型の農業経営の導入によって、農家の収益性が改善される
 - 市場性のある園芸作物が選抜される
 - 循環型農業技術等、環境に優しくコストが削減される技術が特定される
 - 小・中規模農家が組織化され、交渉能力が改善される
- 3) 農家に裨益する農業試験・研究体制が強化され、農家の農業技術が向上する
 - 研究、普及が連携し、農民のニーズや、直面している問題を汲み上げる仕組みができる
 - 農民や自然・社会環境に受け入れられる技術が選抜される
 - 選抜された技術の適正評価、順応化・最適化の仕組みが確立される

(5) 導入が予想される適正技術：

以下の園芸適正技術の導入が有望と考えられる。

1) 接木苗生産

土壌伝染病を回避する環境に優しい耕種的技術として、接木苗の栽培は有用である。KARI によって台木と穂木の選抜と接木方法、順化、育成に係る実用的な技術が確立されることが期待される。

2) 野菜接木栽培技術

接木苗は、慣行栽培に比べ、肥料吸収が強く過繁茂になりやすい傾向がある。また、耐寒性が強化されるなどの効果もある。このような点に留意し、適正な栽植密度、施肥量、保温手法を検討する必要がある。

3) 新規導入野菜の栽培技術

新規に導入する野菜に関しては、試作を通して 生育特性、 気象適応性等を把握し、栽培技術の最適化、市場性の調査を行い、妥当性を検討する。

4) 整枝技術

接木苗の導入に合わせて、2 本整枝、あるいは 3 本整枝といった整枝法を栽植密度とも関連させながら検討する必要がある。

5) 環境に優しい農業技術

農薬の過剰散布を抑制し、土壌の保全、安全、安心な野菜の生産、農家の健康保護等を目的として、総合的病害虫管理（IPM）を推進する。

6) 循環型農業技術

農家が容易に入手可能な材料、例えば作物残渣、畜産廃棄物などを利用した厩堆肥の製造を推進し、循環型農業とコストの削減を実現する。

(6) 施設・設備の概要：

ドリップ灌漑施設

ビニールハウス、ネットハウス

接木苗用インキュベーター

小規模堆肥製造用施設

小型集荷出荷施設

(7) プロジェクト費用： およそ 3.5 億円。

(8) プロジェクト期間： 36 ヶ月。

このプロジェクトは、市場性を考慮しつつ、小・中規模農家を対象に、ケニアの園芸作物栽培技術の向上を実現することによって、生産性と収益性を向上させ、農家の収入を改善することを目的としている。さらに、その活動を通じて、農家のニーズや直面する問題点を把握しそれらを考慮した支援を実現する農業研究、普及の改善も成果の 1 つとなっている。このプロジェクトを成功に導くためには、以下の点に考慮する必要がある。

(1) 小・中規模農家の組織化：

小・中規模農民の組織化を図り、生産物販売に際しての交渉能力の向上、技術普及の効率化等を実現することが望まれる。

(2) 効果的な農業研究・普及体制の構築：

農業研究は、研究のための研究ではなく、農家のニーズと問題点を把握しこれに対処することが望まれ、普及員は、確立された技術を適切に農民に伝えることが望まれる。

(3) バリューチェーンの構築：

市場指向型の農業は、作った農産物を売ることから、売れる農産物を生産することへの思考の転換が必要である。それを実現するには、バリューチェーンを確立し、農民が恩恵（収入の向上）を実感することが必要である。

3.4 開発計画実施へ向けての提言

ナイロビ近郊農業開発計画を推進するにあたって、初めに、案件形成調査を行う必要がある。その調査で確認すべき点は以下の通りである。

- (1) 事業実施に責任をもつ、ケニア国政府機関の確認。
- (2) 水資源の利用可能性の調査。
- (3) 有望な園芸作物の選定と評価。
- (4) 栽培方式の比較検討と提案。
- (5) 受益農民の意向調査。

- (6) 農民グループ結成と農協機能の付与の可能性についての検討。
- (7) 灌漑施設の適切な維持管理の観点からの適正開発規模の検討。
- (8) 農業開発計画の策定。
- (9) 既存の農業支援組織の実態把握と強化拡充の検討。
- (10) 園芸作物のマーケット・流通の調査と導入する作物の検討。
- (11) 灌漑施設計画の検討。
- (12) 事業費の積算。
- (13) 想定される便益の算定。
- (14) 経済・財務評価。
- (15) モデル開発事業のインパクトの評価。
- (16) 事業実施スケジュールの提案。
- (17) 事業資金調達についての提案。

添付資料

添付資料 - 1 調査団員略歴

添付資料 - 2 日程表

添付資料 - 3 面談者リスト

添付資料 - 4 収集資料リスト

添付資料 - 5 講演会資料

調査団員略歴

1. 佐藤 周一 (さとうしゅういち)

1971年3月: 北海道大学 農学部 農業工学科 卒業
1971年4月: 日本工営(株)入社
1990～2008年 インドネシア小規模灌漑事務所長
現在: 日本工営(株) コンサルタント海外事業本部 理事

海外業務歴: インドネシア、マレーシア、フィリピン、ネパール、スリランカ、エジプト、タンザニア、ガーナ、ナイジェリア、エクアドル、コスタリカ、ブラジル、アルゼンチン、パラグアイ、ボリビア、他

2. 尾形 佳彦 (おがたよしひこ)

1984年3月: 東北大学 農学部 農学科 卒業
1986年3月: 東北大学大学院 農学研究科 (修士課程) 修了
1986年4月: 日本工営(株)入社
現在: 日本工営(株)地域整備部 課長

海外業務歴: ケニア、スリランカ、セネガル、インドネシア、ラオス、マレーシア、パレスチナ、スーダン、エチオピア、ブラジル、他

調査行程表

日順	年月日	出発地	到着地	宿泊地	内容
1	2月14日 (月)	東京	ドバイ	機中	成田発ドバイ経由ナイロビへ移動(JL5095/EK719)。
2	2月15日 (火)	ドバイ	ナイロビ	ナイロビ	ナイロビ着。 JICAケニア全国水資源調査団から情報収集。
3	2月16日 (水)			ナイロビ	水灌漑省表敬・情報収集、国家灌漑庁表敬・情報収集。 JICA表敬打ち合わせ。松岡JICA専門家と打ち合わせ。 日本大使館表敬、打ち合わせ。
4	2月17日 (木)	ナイロビ	ティカ	ティカ	ナイロビからティカへ移動(車)。 AICAD(野坂専門家)訪問、情報収集。 KIOF訪問、情報収集。 MIAD-NIB 訪問、情報収集。 ムエア灌漑地区およびSRI地区視察。
5	2月18日 (金)			ティカ	KARI-Thika訪問、情報収集。 ヤッタ灌漑予定地区視察。
6	2月19日 (土)	ティカ	ナイロビ	ナイロビ	ヤッタ灌漑予定地区視察。 ティカからナイロビへ移動(車)。
7	2月21日 (日)	ナイロビ	キスム	キスム	ナイロビからキスムへ移動(KQ654便)。
8	2月21日 (月)			キスム	NIBキスム事務所訪問、情報収集。 グジャ川の既設ゴゴダムおよび灌漑計画地区視察。
9	2月22日 (火)	キスム	ナイロビ	ナイロビ	キスムからニヤティケへ移動(車)。 ニヤティケ地域事務所訪問、情報資料収集。 キスムからナイロビに移動(KQ659便)。
10	2月23日 (水)			ナイロビ	水灌漑省にてプレゼンテーション実施(節水灌漑)。 JICAケニア全国水資源調査団と意見交換。
11	2月24日 (木)			ナイロビ	農業省園芸作物局表敬、情報収集。 KARI園芸作物部訪問、情報収集。 農業省稲作振興室訪問、情報収集。 ジョモケニアアッタ農工大学と節水灌漑およびSRIに関し意見交換。
12	2月25日 (金)			ナイロビ	JICA訪問、調査結果を報告。 ナイロビ西方のウォーターハーベスト事業実施地区視察。 世銀研究所スタッフと節水灌漑およびSRIに関し意見交換。
13	2月26日 (土)	ナイロビ	ドバイ	機中	ナイロビ発ドバイ経由成田へ移動(EK720/JL5096)。
14	2月27日 (日)	ドバイ	東京		成田着、帰国。

面談者リスト

在ケニア日本大使館

松浦宏 (二等書記官、経済協力)

Japan International Cooperation Agency

加藤正明(所長)

河澄恭輔(次長)

松岡直之(水灌漑省 JICA 灌漑アドバイザー)

二木 晃(農業省 JICA 稲作推進アドバイザー)

Ministry of Water and Irrigation

Eng. R.K. Gaita (Director of Irrigation, Drainage & Water Storage)

Eng. Jane Simiyu (Staff of Irrigation Division)

Eng. G. Gicuki (Staff of Irrigation Division)

Eng. W.O. Orchoke (Staff of Irrigation Division)

National Irrigation Board

Mr. Orony George J. Odedeh (Chief Engineer)

Mwea Irrigation Agriculture Development Center, NIB

Mr. Raphael K.Wanjogu (Principal Research Officer)

Mr. Maina Murimi (Irrigation Officer)

Mr. Joseph Njeru Nthia (Research Officer)

National Irrigation Board -Migori

Mr. Kogoson Kenet (Engineer)

Nyatike District Office

Mr. Naloka Mutiso (Engineer)

Kengen Gogo Power Station

Mr. Fredrick Abayo (Head of Station)

Ministry of Agriculture

Mr. N.C. Chepkwony (Deputy Director of Agriculture, horticulture Division)

Kenya Agriculture Research Institute –Nairobi Head Office

Dr. Lusike A. Wasilwa (Assistant Director Horticultural and Industrial Crop)

Kenya Agriculture Research Institute -Thika

Dr. Charles Waturu Nderito (Central Director for Horticulture Research Center)

Mr. David Nduati (Technical Liaison Officer Horticulture)

Mr. S.J.N. Muriuki (Entomologist)

Ms. Alice Nakhumicha Muriithi (Flower and Medical Plant Research Coordinator)

Kenya Institute of Organic Farming

Mr. John Wanjau Njoroge (Director)

Mr. Michael Waweru (Outreach and Consultancy Department)

African Institute for Capacity Development

Dr. Jiro Nozaka (Chief Advisor)

Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology

Dr. Bancy M. Mati (Professor for Soil & Water Engineering)

World Bank Institute

Dr. Mei Xie (Leader of Climate Change Practice Group)

Dr. David George (Climate Change Practice Group)

Masai Environment Development Consortium

Mr. Sammy Ole Roore (Chief Executive Officer)


収集資料リスト

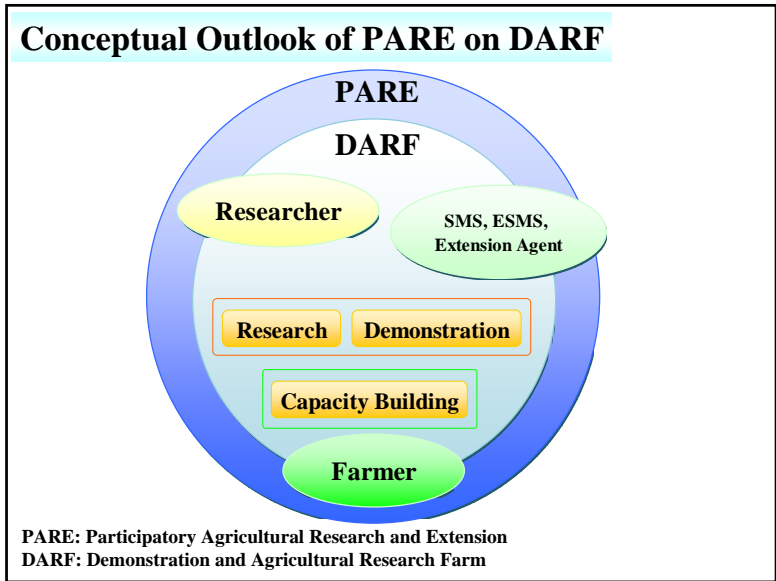
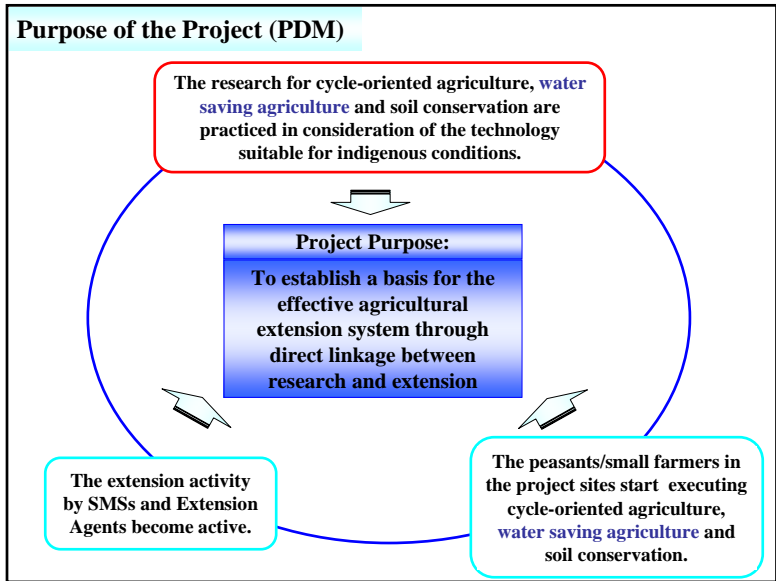
No	資料名	出版元	発行年月
1	Economic Survey 2010	NBS	2010
2	2010 Annual Water Sector Review Report	MWI	Feb. 2011
3	National Irrigation and Drainage Policy	MWI	Mar. 2009
4	Irrigation and Drainage Master Plan	MWI	June 2009
5	National Irrigation Board Strategic Plan 2008-2912	NIB	2008
6	Economic Review of Agriculture 2009	MOA/ASPS	2009
7	National Rice Development Strategy 2008-2018	MOA	2009
8	Agriculture Sector Development Strategy 2010-2010	MOA	2010
9	National Rice Development Strategic Plan 2008-2018	MOA	2009
10	National Rice Development Strategy (NRDS) Implementation Framework 2008-2013	MOA	2009
11	2009 Horticulture Annual Report	MOA	2009
12	Road Map to Increase Rice in Kenya	MOA	Sep. 2010
13	Kenya Agricultural Research Institute Annual Report 2006	KARI	2008
14	Kenya Agricultural Research Institute Strategic Plan 2009-2014	KARI	June 2009
15	Kenya Agricultural Research Institute Strategic Plan Implementation Framework 2009-2014	KARI	June 2009
16	Kenya Agricultural Research Institute Human Resources Strategy 2005-2009	KARI	Mar. 2006
17	Lower Kuja Irrigation Development Project: Pre-Feasibility Study, Gogo Falls Dam Final Report	NIB/ Gibb Africa	Dec. 2010
18	Lower Kuja Irrigation Development Project: Pre-Feasibility Study, Part 2 Agricultural Development Plan	NIB/ Gibb Africa	Dec. 2010
19	Lower Kuja Irrigation Development Project: Field Work Report	NIB/ Gibb Africa	Dec. 2010
20	Lower Kuja Irrigation Development Project: Draft Final Design Report Vol. I Main Text	NIB/ Gibb Africa	Feb. 2011
21	Lower Kuja Irrigation Development Project: Draft Final Design Report Vol. II Annexes 1-9	NIB/ Gibb Africa	Feb. 2011
22	Lower Kuja Irrigation Development Project: Draft Final Design Report Vol. III Tender Drawings	NIB/ Gibb Africa	Feb. 2011
23	Lower Kuja Irrigation Development Project: Draft Final Design Report Vol. IV Engineer's Cost Estimate	NIB/ Gibb Africa	Feb. 2011
24	A Sustainable Method of Agriculture	KIOF	2008
25	Agricultural Extension in Kenya: Practice and Policy Lessons: Working Paper 26	Egerton University	2006
26	Yatta Area Field Trip Report	Mr.Matsuoka	Mar.2010

講演会資料

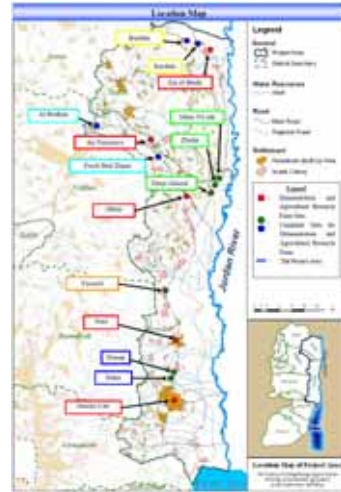
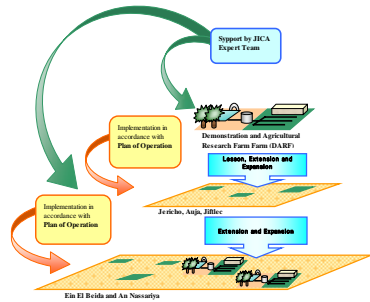
- 講演会のテーマ = 水生産性の向上(節水灌漑)
- 講演会の日時 = 2011年2月23日、午前10～12時
- 講演会の場所 = ケニア水灌漑省の会議室
- 講演会の内容 = 園芸作物栽培における水生産性の向上(尾形佳彦)
水田稲作栽培における水生産性の向上(佐藤周一)
質疑応答
- 配布資料 = 添付の通り

Republic of Kenya
 Presentation
 on
 Irrigation Water Productivity Improvement
 Using Drip Irrigation System
 for Horticultural Crops
 ADCA Mission, Japan
 23 Feb. 2011

Palestinian National Authority
 The Project for Strengthening Support System
 Focusing on
 Sustainable Agriculture
 in
 the Jordan River Rift Valley

 Agricultural Support Assist Project



Location Map

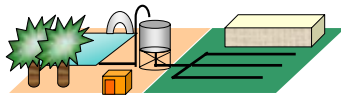


Use of Irrigation Methods, in percentages, in the West Bank

Crop Type	Jordan Valley (%)
Vegetable	100
Modern Techniques	99.4
Traditional techniques (furrows)	0.6
Tree orchards (Citrus and others)	100
Modern techniques	70
Traditional techniques (basins)	30
Banana Trees	100
Modern techniques	100
Field crops and forage	100
Modern techniques	98
Traditional techniques (flooding)	2

Source: Water Resources and Irrigation Agriculture in the West Bank

Participatory Agricultural Research and Extension

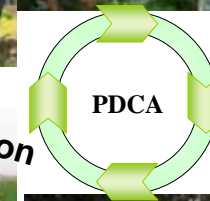


DARF (Demonstration and Agricultural Research Farm)



FFD (Farmers Field Day)

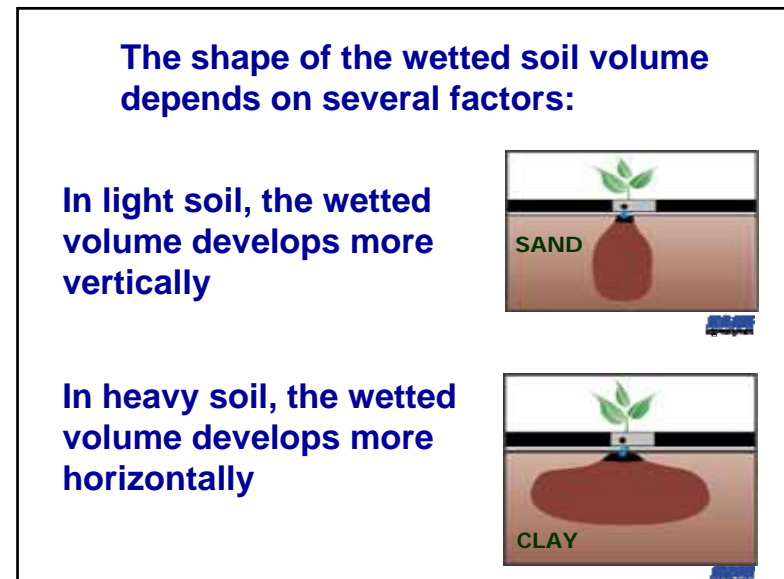
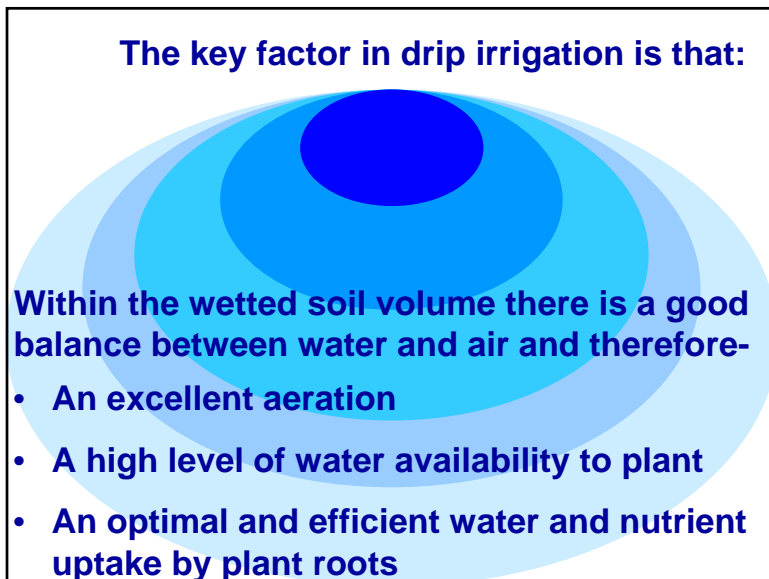
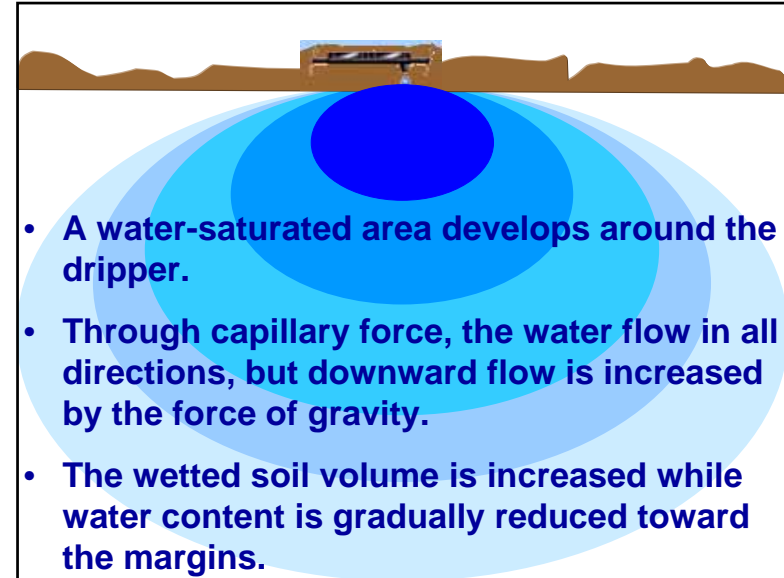
PDCA Cycle



Original: NARC



Planning



The wetted volume is also determined by:

- the number of drippers per unit area
- the flow rate of the dripper



Comparison of Water Saving Practices

Item	Research Station		Sample Farmer (A)		Sample Farmer (B)	
	Traditional	Drip	Traditional	Drip	Traditional	Drip
Required Water (qm/ha)	14,446	6,113	13,565	8,321	10,925	9,351
Water Saving Ratio (%)		58		39		14

Source: Syria Irrigation Project, Crop: Cotton

Irrigation Efficiency

System	Application Efficiency	Water Application (mm/day)
Drip	0.95 - 0.97	5.26 - 5.15
Sprinkler	0.75 - 0.85	6.66 - 5.88
Surface	0.50 - 0.60	10.00 - 8.33

for a crop of consumptive ude of 5mm/day

A Hint



The tensiometric method gives an immediate reading of water availability in the soil

The Measuring Apparatus

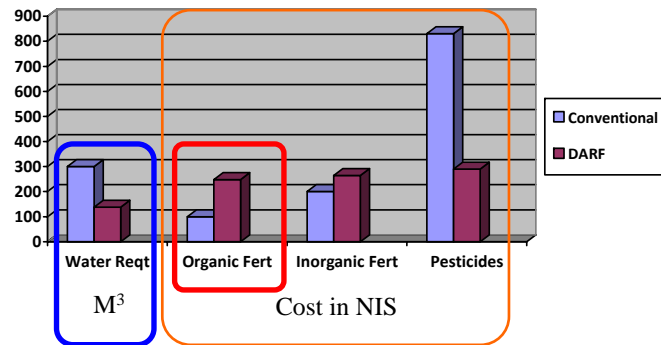
Water Tensiometers



Recording



Comparison of Input



Water Saving

No.	Crop	Conventional Average		DARF Average	Saving Amount	Saving Water Cost (NIS)			Expected Additional Irrigable Area (Dunum)
		Spring	Well (Elect.)			Well (Disel)			
		0.57	1.14	1.9					
1	Tomato GH	1250	825	425	242.25	484.5	807.5	0.52	
2	Paprika GH	1150	775	375	213.75	427.5	712.5	0.48	
3	Cucumber GH	475	425	50	28.5	57	95	0.12	
4	Cucumber	375	275	100	57	114	190	0.36	
5	Squash	350	265	85	48.45	96.9	161.5	0.32	
6	Lettuce	450	275	175	99.75	199.5	332.5	0.64	
7	Theme	1100	625	475	270.75	541.5	902.5	0.76	
8	Maize	750	325	425	242.25	484.5	807.5	1.31	
9	Eggplat	900	775	125	71.25	142.5	237.5	0.16	
10	Beans	425	275	150	85.5	171	285	0.55	
11	Watermelon	1350	500	850	484.5	969	1615	1.70	



The comparison table of gross margin and water profitability

Jordan Valley							
	Yield	Gross Profit	Total Cost	Gross Margin	Water Requirement	Gross Mar./	
	kg/Dunum	NIS/Dunum	NIS/Dunum			Water Req.	
Green House Vegetables							
Tomato	Year round	18,000	21,600	9,605	11,995	1,300	9.23
Cucumber	winter	10,000	15,000	5,299	9,701	900	10.78
Beans	winter	2,500	7,500	2,966	4,534	600	7.56
Outdoors Vegetables							
Industrial C	spring	2,500	4,000	1,964	2,036	400	5.09
Potatoes	autumn	3,000	4,500	1,906	2,594	450	5.76
Eggplant	spring	5,000	5,000	2,674	2,326	800	2.91
Cucumber	autumn	2,000	3,000	1,717	1,283	500	2.57
Potatoes	spring	3,000	4,500	2,333	2,167	350	6.19
Squash	spring	1,400	2,100	1,611	489	500	0.98
Bean	Spring	900	2,700	1,567	1,133	400	2.83
Tomato	Spring	4,000	4,000	2,355	1,645	600	2.74
Cauliflower	Autumn	2,500	3,750	1,359	2,391	500	4.78

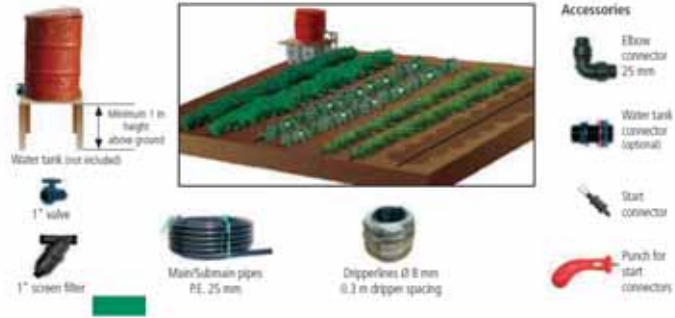
Condition

Concerning water savings...

- Fine tuning of irrigation by tensiometric scheduling is only valuable if, beforehand, the irrigation uniformity of the network is high and if the water deliveries are precisely monitored.



Simple Drip Irrigation System



Thank you very much.

Agricultural Support Assist Project



Water Productivity Improvement for Paddy Cultivation by AWD and SRI

AWD = Alternate Wetting and Drying
SRI = System of Rice Intensification

23 Feb. 2011
Shuichi SATO
Nippon Koei



Necessity of Water Saving for Paddy

Rice is a semi-aquatic plant. Because of this physiological features, the rice plant can adopt to varied environmental conditions ranging from no standing water to continuous flooding culture.

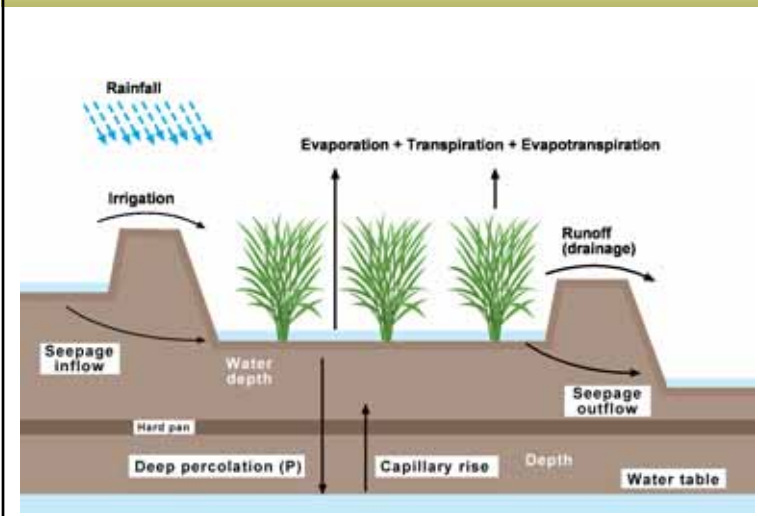
In irrigated areas, rice is traditionally grown under continuous flooding with varying depths of submergence.

The increasing scarcity of irrigation water requires new water management technique to reduce water use without sacrificing yields and productivity.

To mitigate the looming water crisis, we need to

"Produce more rice with less water"

Field Water Balance in Lowland Rice Field



Water Saving Measures for Paddy

- Good Field Preparation and Maintenance
 - Good Puddling
 - Good Bund Maintenance
 - Good Land Leveling
 - Short Land Preparation Period
- Communal Seed Beds
- Use of Rice Variety of Shorter Growing Period
- Efficient Use of Rainfall (cropping calendar)
- Introduction of **Intermittent Irrigation**
=> **Alternate Wetting and Drying**

Water Table Measurement for AWD



Benefits of AWD

- To reduce irrigation water use by as much as 30-40% compared to the water use in continuous submergence, without yield reduction.
- To reduce the costs of irrigation water particularly in pump irrigation systems.
- To promote more efficient and productive use of irrigation water.

For smooth realization of AWD under Intermittent Irrigation, Rotational Irrigation is Recommended.

System of Rice Intensification



What is SRI ?

- ◆ The SRI method is not a conventional agricultural technology innovation. Rather it is a whole cultivation system that involves the integration of technical, managerial, social, psychological and agronomic factors.
- ◆ SRI is an innovative paddy cultivation method attaining **Higher Paddy Yields** with **Lower Resources Utilization**.
 - Paddy yield => 50 ~ 100 % UP
 - Water => 30 ~ 50 % down
 - Seeds => 80 ~ 90 % down
 - Chemicals => 30 ~ 50 % down

Raise Productivity of Rice and Water
- ◆ **Basic SRI** is a combination of unique transplanting method (transplant single nursing seedling at a hill with wider spacing) and unique water management (intermittent irrigation).
- ◆ **Organic SRI** is an ideal technique without use chemicals.

Transplanting for SRI vs. Non-SRI

SRI Seedling
(10 days after seeding)

Non-SRI Seedlings
(30 days after seeding)

SRI

Non-SRI

Intermittent Irrigation

Hurdle of SRI promotion is an anxiety of farmers to dry up paddy fields. Reliable water source is Necessary to implement intermittent irrigation.


Wet - Dry Cycle can be decided through try and error in the field.

Shallow standing water


Dry up too much ! Not recommend. →

Origins of SRI

- ◆ 1970s-1980s in Japan, research on **Nursling Seedling** was conducted. In 1990, mechanical transplanting system became available in the market in 1990.
- ◆ 1983, SRI was developed by **Laulanié** (Priest cum agriculturalist) in **Madagascar**.
- ◆ 1990, Laulanié established NGO (Tefy Saina)
- ◆ 1993, Prof. Dr. **Norman Uphoff**, Cornell Univ., visited Madagascar and met with SRI. After 5-year SRI field tests in Madagascar, he became the World Promoter of SRI.
- ◆ 1999, SRI was tested in China & Indonesia.
- ◆ 2000, SRI was tested by Tamil Nadu U. **India**.
- ◆ By 2010, SRI has tested in **41 countries**.



Laulanié



Norman Uphoff

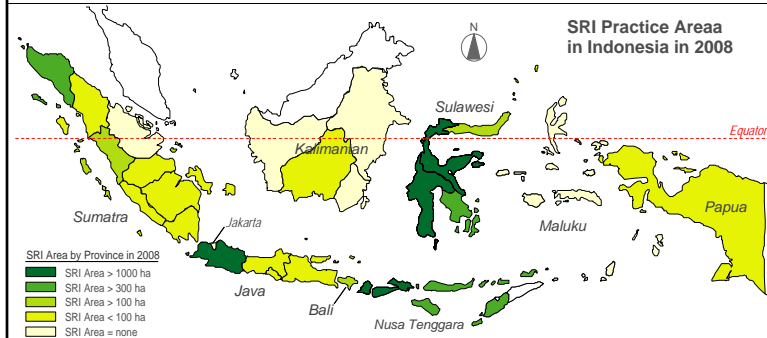
Spread of SRI in the World

In 2010 SRI benefits have been validated in 41 countries

Before 1999: Madagascar	2006: Burkina Faso, Bhutan, Iran, Iraq, Zambia
1999/2000: China, Indonesia	2007: Afghanistan, Brazil
2000/01: India, Bangladesh, Cambodia, Laos, Thailand, Philippines, Sri Lanka, Nepal, Gambia, Nepal, Myanmar, Sierra Leone, Cuba	2008: Rwanda, Costa Rica, Ecuador, Egypt, Ghana, Japan
2002/03: Benin, Guinea, Mozambique, Peru	2009: Malaysia, Timor Leste
2004/05: Senegal, Mali, Pakistan, Vietnam	2010: Kenya, DPRK, Panama

History of SRI in Indonesia

- In 1997, Norman Uphoff made a presentation on SRI.
- In 1999, MOA carried out field tests on SRI.
- In 2000, Organic SRI has introduced in West Java
- In 2002, Basic SRI was introduced in east Indonesia.
- In 2008, total area of SRI reached 12,000 ha in Indonesia.



Irrigation in Indonesia

- ◆ Paddy area is 7.8 million ha. Irrigated area (PU) is 4.8 mil. ha in 2002. A total of 2.5 mil. ha (53%) is in Java, but decreasing at a rate of 30,000 - 40,000 ha annually. => **Necessary to increase unit yield**
- ◆ Government policy in irrigation sector is to **improve / upgrade existing irrigation systems** and to **strengthen O&M with beneficiary participation (2004 Water Law)**.
- ◆ **New development has continued in eastern Indonesia.** Characteristics of this region are (a) agriculture-based local economy (b) less past investment, (c) limited water resources, (d) remote access, and (e) economically restricted because of the above.



Outline of SSIMP-DISIMP

SSIMP = Small Scale Irrigation Management Project (1990-2003)
DISIMP = Decentralized Irrigation System Improvement Project in Eastern Region of Indonesia (2003 to date)

Performance of SSIMP

- ◆ Since 1990, SSIMP-DISIMP (JBIC loan) has continued to develop/improve irrigation for poverty alleviation in eastern Indonesia.
- ◆ Performance of a series of SSIMPs by 2003:
 - (a) irrigation development / improvement = **80,000 ha**,
 - (b) number of beneficiaries = **1.3 million**,
 - (c) net benefits to farmers = **3 to 10 times**,
 - (d) water source facilities completed = **8 dams, 18 weirs, 750 wells**.

Item	unit	SSIMP-I	SSIMP-II	SSIMP-III	DISIMP
JBIC Loan	Yen mil.	1,896	8,135	16,701	27,035
Implementation		1990 - 94	1995 - 98	1998 - 03	2003 - 08
Province	nos.	2	3	6	8
Sub-project	nos.	3	11	40	27
Development Type		New	New	New + Imp.	Imp. + New
Irrigation Area	ha	3,100	15,600	60,432	140,000
Water Supply	persons	0	10,000	240,000	50,000
Water Source Facility					
Large dam	nos.	1	3	3	1
Small dam	nos.	1	0	0	8
Weir	nos.	0	6	12	15
Groundwater well	nos.	248	192	310	250



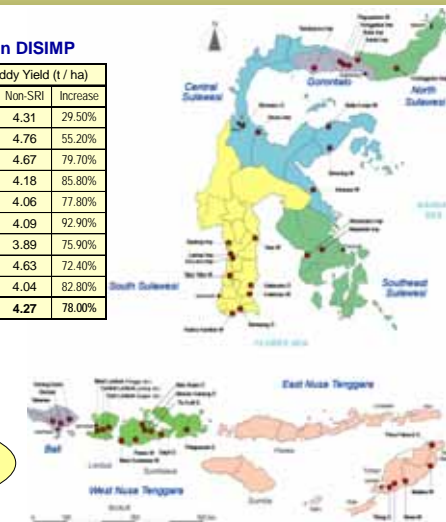
SRI Practice under DISIMP

Progress of SRI Practice in DISIMP

Cropping season	Farmers (nos)	SRI Area (ha)	Dry Paddy Yield (t / ha)		
			SRI	Non-SRI	Increase
2002	1	0.1	5.58	4.31	29.50%
2002 - 03	12	3.4	7.39	4.76	55.20%
2003	1	0.2	8.39	4.67	79.70%
2003 - 04	8	5.6	7.77	4.18	85.80%
2004	21	12.2	7.23	4.06	77.80%
2004 - 05	522	387.4	7.90	4.09	92.90%
2005	1,336	1,016.7	6.85	3.89	75.90%
2005 - 06	5,258	4,245.5	7.98	4.63	72.40%
2006	4,974	3,758.1	7.39	4.04	82.80%
Total	12,133	9,429.1	7.61	4.27	78.00%

Trial Stage
Extension Stage

SRI area expanded rapidly from 3rd Year



Land Preparation

1st Land Preparation (plowing)



2nd Land Preparation (leveling)



Land Preparation completed

Field Arrangement for Transplanting

Grid Marking for SRI Transplanting

25 cm x 25 cm
or
30 cm x 30 cm



Indonesia

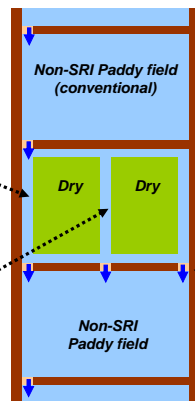


India



Digging Field Ditch

Digging of field ditch in a plot for smooth intermittent irrigation



Japanese machine to dig field ditch

SRI Paddy field for Intermittent irrigation

Outlet pipe at plot bund



Preparation of Seedlings

Good Seeds Selection by Salt Water



Seeding on nursery plate



Nursery plate rack



UMUR 10 HARI

Weeding by Weeder

Development of good Weeder is in Progress.



Indonesia

India

SRI Weeder for Normal Soil

SRI Weeder for Muddy soil



Lessons Learned on SRI

- ◆ SRI is an innovative paddy cultivation method attaining Higher Paddy Yields with Lower Resources Utilization.
=> **Increase Productivity of Rice and Water**
- ◆ Intermittent irrigation under SRI can realized drastic water saving with farmers participation.
=> **Sustainable Participatory Water-saving**
- ◆ Labor burden increases with SRI, but farmers can overcome this due to **strong incentives** of high profits.
- ◆ “Basic SRI” can attain high paddy yields. “Organic SRI” is preferable but be introduced following local conditions.
- ◆ Introduction of SRI causes **empowerment of farmers and strengthening WUAs.**
- ◆ SRI is expanding by applying to other crops such as wheat, maize, & vegetables.
=> **SRI application is “in Progress”**

Hurdle to Adapt SRI

Hurdle to promote SRI

- ✓ Farmers’ fear to accept new method
- ✓ Farmers’ fear to dry up paddy field
- ✓ Farmers’ fear to increase burden of weeding
- ✓ Objection by family and neighbors on SRI introduction

==> For 1st trial, intensive supports to farmer are needed.

==> Knowledge transfer from farmer to farmer is effective

Constraints to adapt SRI (=SRI effects is limited.)

- ✓ Poor drainage area
- ✓ Acid soil area (> PH 4)
- ✓ Shallow soil layer
- ✓ Rainfed areas and water shortage area

==> Suitable site selection criteria for SRI is needed.

Required Conditions for Success of SRI

SRI can be effective by integration of Agronomy - Water Management - Farmers

- ◆ Good irrigation infrastructure is essential to meet farmers’ need to receive reliable amounts of water.
- ◆ Good management and O&M of irrigation schemes by administrative staff are essential.
- ◆ Strong and active farmer groups, dynamically interacting and participating in O&M of facilities, are essential.
- ◆ Motivated farmers are important, with high levels of agricultural skill and an acute awareness of possibilities for innovation and increasing their yields and crop area.
- ◆ Local government’s support for SRI dissemination is quite effective to encourage farmers to introduce SRI.

Process of SRI Dissemination

Stage-1: Promotion

- Policy to Promote SRI by the Government
- Workshop on SRI to present advantage
- Meeting at site to confirm action needed
- Demonstration farm operation

Stage-2: Field trial & evaluation

- Government's research station involve.
- Field trials to confirm key factors on SRI
- Yield survey & analysis
- Labor & financial analysis

Stage-3: Dissemination

- Campaign by the government & media
- Make SRI manual, and training materials
- Budget to disseminate SRI & to use NGOs
- Farmer training at Demo-plot and on-site

SRI in Kenya

In Kenya, SRI was initiated in the Mwea Irrigation Scheme in 2008 by a pioneer farmer and MIAD Center-NIB (Mr. Wanjogu).



Further Information on SRI

SRI Homepage : <http://ciifad.cornell.edu/sri/>
Japan SRI Association HP: <http://www.iai.ga.a.u-tokyo.ac.jp/j-sri/index.html>
Shuichi SATO : sato-sh@n-koei.jp



Dewi SRI
*(Goddess of Rice
In Indonesia)*

Thank You

Introduction of the System of Rice Intensification in Kenya: experiences from Mwea Irrigation Scheme

B. M. Mati · R. Wanjogu · B. Odongo ·
P. G. Home

Received: 18 September 2010 / Revised: 4 December 2010 / Accepted: 4 December 2010
© Springer-Verlag 2011

Abstract There are various avenues for intensifying agricultural production, the most common being increased use of fertilizers, supplemental irrigation of crops, and adoption of high-yielding varieties. These options are rather widely known to farmers around the world, but they have not been widely adopted by smallholders in sub-Saharan Africa. The low adoption rate is related to complex technical and socio-economic issues, such as poor extension services, lack of capital, failure to mobilize the requisite water, or simply, poverty. The System of Rice Intensification (SRI) is in a special category of innovation in that, farmers stand to gain multiple benefits from its use, including the possibility of increasing rice yields substantially, saving water, and getting better grain quality, using differently the assets that they already have. A major impediment for the adoption of SRI in Africa has been lack of knowledge about this intervention, especially for

farmers already practicing irrigated agriculture. Farmers generally have good business sense and will adopt technologies or practices once the benefits are proven and the risks are seen as minor. SRI should be attractive for these reasons, but there are various issues to be resolved before large numbers of farmers can adopt the method. This article reports on the steps taken and the technical and socio-economic issues addressed in efforts to introduce SRI and promote it in Kenya, specifically in the Mwea Irrigation Scheme. A diverse set of individuals and institutions in Kenya together embarked on the evaluation and dissemination of SRI methods in this East African country beginning in July 2009. If the new methods can perform in Kenya as in other countries, this will bring much benefit to rice farmers and rice consumers in the region. SRI is coming to Kenya relatively late, as it was the thirty-ninth country from which favorable SRI results have been reported. This means that Kenyans can learn from others' experience and evaluations, and there is also now more of a supportive institutional framework. The initial results from on-farm SRI trials have been positive, although not conclusive. They have given impetus to Kenyan farmers and institutions to collaborate within a multi-sectoral, multi-level coalition that has provided an informal, multi-faceted platform for the evaluation, adaptation and dissemination of SRI practices. The initiative in Kenya is now gaining more formal status and more resources. This experience is presented to show the kinds of things that have been and can be done to utilize the SRI opportunity for raising land, labor, and water productivity in the rice sector.

B. M. Mati (✉) · P. G. Home
Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology
(JKUAT), P.O. Box 62000, Nairobi 00200, Kenya
e-mail: bancyam@gmail.com

P. G. Home
e-mail: pghome2003@yahoo.com

R. Wanjogu
Mwea Irrigation and Agricultural Development Centre (MIAD),
National Irrigation Board, P.O. Box 210, Wanguru, Kenya
e-mail: wanjogurk@yahoo.com

B. Odongo
Research and Development Division, African Institute
for Capacity Development (AICAD), P.O. Box 46179,
Nairobi 00100, Kenya
e-mail: odongo@aicad.or.ke

Keywords Farmer participation · Irrigation management · Monitoring and evaluation · On-farm trials · Profitability · Rice yields · System of Rice Intensification · Water saving

Introduction

Rice is rapidly becoming a major food staple in much of sub-Saharan Africa and is set to overtake maize, cassava, sorghum, and other cereals in the near future. The demand is driven as much by population growth as by urbanization. In addition, the high cost of fuel makes rice attractive as it can be prepared quickly and with less energy requirement.

Within Kenya, the demand for rice continues to grow as more Kenyans make changes in their eating habits, and as urban population increases. Rice is currently the third most important cereal crop after maize and wheat, but annual national consumption of rice is increasing at a rate of 12%, as compared to 4% for wheat and 1% for maize. National rice consumption is estimated at 300,000 t, while annual production ranges between 40,000 and 80,000 t. The deficit is met through imports, valued at about US\$100 million in 2008.

Rice is currently the most expensive cereal grain in the country, with a retail price between US\$1.25 and 2.50 per kg. Most of the rice in Kenya is grown on smallholder farms in government-managed irrigation schemes such as Mwea, Bura, Hola, Perkeria, West Kano, Bunyala, and Ahero. Smaller quantities of rice are produced along river valleys by individual smallholder irrigators. However, Kenya's rice productivity has remained generally low, with marked fluctuations over the years (Table 1) with limited expansion of irrigated command area. This notwithstanding, isolated technological innovations have been recorded in Kenya (Mati and Penning de Vries 2005) where communities have overcome huge obstacles to make smallholder irrigated agriculture profitable. There is need for further innovations to facilitate increases in rice production as a contribution to improving national food security.

The paddy system of flooded rice production is the predominant method for growing rice in Kenya, and 80% of the rice in the country is grown in paddies. Conventionally, cultivation of paddy rice requires inundating fields with a continuous supply of water and also soils that have high water-holding capacities. These conditions are not

easy to find. Kenya is classified as a water-scarce country (Republic of Kenya 2004). Its terrain has few areas with combinations of water and soils that are well suited for the production of paddy rice. This places a limitation on the possibility of meeting the national demand for rice from the available rice-growing areas.

Kenya's Water Resources Management Authority (WRMA) has proposed levying charges on all of the water that is used in the country, including irrigation water, as provided for in the Water Act of 2002. This would have huge implications for rice production if fully implemented since operating paddies requires large quantities of water for which farmers would be unable to pay.

There is therefore need to introduce interventions that utilize less of the country's available water while also raising productivity. The System of Rice Intensification (SRI) offers such an opportunity for improving food security through increases in crop productivity with higher smallholder farm income and water saving (Uphoff 2003). SRI was introduced in Mwea Irrigation scheme in 2009 with a view to improving factor productivity and saving water to grow more rice, as Mwea is the largest rice-growing irrigation scheme in Kenya.

The Mwea Irrigation Scheme

A historical background

Mwea Irrigation Scheme is one of the oldest public irrigation schemes in Kenya. It was started in 1956 by the African Lands Development (ALDEV) department of the then-colonial government. After independence, the Government of Kenya formed the National Irrigation Board (NIB) in 1966, and Mwea came under the mandate of NIB, with farmers operating under the rules and regulations of an official settlement scheme. These regulations did not give farmers much scope for participation in decision-making on either the production or marketing of their produce.

Table 1 Rice production trends in Kenya, 2001–2007

Year	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Area (ha)	13,200	13,000	10,781	13,322	15,940	23,106	16,457
Production (t)	44,996	44,996	40,498	49,290	57,941	64,840	47,256
Unit price (KSh t ⁻¹)	26,250	16,060	58,000	65,000	68,000	70,000	53,000
Average yield (t/ha)	1.9	2.0	2.1	2.1	2.0	1.6	1.5
Consumption (tons)	238,600	247,560	258,600	270,200	279,800	286,000	293,722
Import (tons)	201,402	208,944	213,342	223,190	228,206	–	–
Total value (billion KSh)	1.2	0.7	0.7	1.3	0.9	3.3	2.7

Source NCPB and Department of Land, Crops Development and Management, USDA—WASDE

Mwea rice farmers, unhappy with this trend, in 1998 pushed through reforms that entitled them to manage the scheme through their own cooperative. However, this did not work well as the management of the cooperative was soon beset with problems of lack of capacity and expertise. So in 2003, a negotiated system was put in place which involved the NIB and Mwea farmers in joint management of the scheme. This is still in effect. The farmers have since formed an Irrigation Water Users Association (IWUA) and are involved in decision-making on production and marketing of their rice. This gives them more scope to make their own decisions regarding adoption (or otherwise) of new technologies, such as SRI.

Further reforms in the water sector have enabled the Scheme to adopt participatory irrigation management between IWUA and NIB, with capacity-building for farmers and initiation of irrigation management transfer to them. The scheme has 60 registered water users associations (units) under Mwea's apex IWUA. This makes for an institutional structure that is conducive for involving smallholder farmers in the introduction of SRI.

Location, climate, and extent of Mwea Irrigation Scheme

The Mwea Irrigation Scheme is located in the lower slopes of Mt. Kenya, in Kirinyaga District of Kenya. It is bounded by latitudes 37°13'E and 37°30'E and longitudes 0°32'S and 0°46'S. Annual average precipitation for Mwea is 950 mm, with the long rains falling between March and May, while the short rainy period is between October and December.

The scheme traverses three agro-climatic zones, with maximum moisture availability ratios ranging from 0.65 for zone III toward the highland slopes, to 0.50 for the vast area covered by zone IV, and to 0.4 for the semi-arid zone V (Sombroek et al. 1982). Moisture availability zones are based on the ratio of the measured average annual rainfall to the calculated average annual evaporation. The area is generally hot, with average temperatures ranging between 23 and 25°C, having about 10°C difference between the minimum temperatures in June/July and the maximum temperatures in October/March.

The predominant soils of the rice-growing areas of Mwea are vertisols (Sombroek et al. 1982). These are characterized by imperfectly drained clays, very deep, dark gray to black, firm to very firm, and prone to cracking. The most appropriate season for rice cultivation in Mwea is from August to December, when temperatures are opportune for grain filling and with less risk of disease incidence (Mukiama and Mwangi 1989). However, this period is also when the river flows are at their lowest, coinciding with the dry season, further putting a strain on

water available for irrigation. Rice production is also complicated by the staggered planting calendar implemented in the scheme (Ijumba et al. 1990) since available water is not enough to reach all farmers during the most opportune season.

Mwea Irrigation scheme covers a potential irrigable area of 12,282 ha, of which 6,475 ha have been developed for paddy production. The scheme supports about 3,400 smallholder households, with a population density about 1.8 households ha⁻¹. The main crop grown in the Mwea irrigation scheme is rice, and Mwea is responsible for 80% of the rice grown in Kenya (not counting out-growers). The scheme is famed for its production of an aromatic basmati rice variety, locally called pishori, which has become a brand name for the scheme.

Water management and availability

The Mwea command area is divided into five sections: Tebere, Mwea, Thiba, Wamumu, and Karaba, which are served by two rivers, the Nyamindi and the Thiba. The Nyamindi river system serves Tebere, while the other four sections are served by the Thiba river. Water is extracted from both rivers by gravity and is distributed through unlined open channels. At the time of writing this paper (September 2010), plans were at advanced stages to construct a small dam at the Thiba intake to be used for water storage so that dry season flows could be stabilized and to expand irrigated area in Mwea. Until that happens, the scheme continues to suffer water shortages, especially in the crucial cropping months between August and October.

The crop calendar is organized with three staggered phases each year so that the whole scheme can be effectively covered. Normally, farmers grow only one crop per year, although two crop harvests could be achieved if current water shortages can be addressed. Water scarcity gets more severe in times of drought, when water rationing must be introduced. Farmers on land bordering the Mwea Irrigation Scheme have continued to grow rice and vegetables using water that is taken (often illegally) from the main canal serving the Scheme. This has increasingly created large water deficits for the entire system. There is, therefore, need to consider water-saving practices for the scheme.

Upgrading rice productivity

SRI is a package of practices especially developed to improve the productivity of resources devoted to paddy-grown rice. Unlike the conventional method of continuously flooding paddy fields, SRI involves intermittent wetting and drying of paddies, as well as specific changes in standard soil and agronomic management practices. SRI

should not be confused with upland rice, which are rice varieties grown in normal rainfed fields and which do not require flooding. The SRI concept is built on the premise of “growing more with less water.” This means that it aims to affect positively the cultural, environmental, and socio-economic aspects of a community of farmers, while contributing significantly to the national economy.

SRI makes use of the assets already available to rice farmers. Generally, SRI increases the productivity of land devoted to rice and also improves water productivity. Rice productivity is an encompassing term combining various benefits such as increases in crop yield, net income, improvements in grain quality, better taste, and environmental benefits. Water productivity (WP) is more of an efficiency term, quantified as the ratio of output produced, e.g., rice yield, over water input (Molden et al. 2007). This can be improved by SRI practices, but in Kenya, very few people have known about SRI so far.

Introducing the System of Rice Intensification (SRI)

One of the greatest challenges to the introduction of a new (or even well-known) technology/practice in a country is how to change the mindset of decision-makers, including farmers, enough to allow even for initial testing. Recruiting a first batch of experimenters can be a daunting task, and this is what SRI faced in Kenya. An initiative to introduce SRI in Kenya commenced in July 2009, through the efforts of a few like-minded individuals who put together a multi-stakeholder, participatory initiative combining research, capacity-building and outreach activities.

The diverse partners included the Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology (JKUAT), the National Irrigation Board (NIB), the African Institute for Capacity and Development (AICAD), the Mwea Irrigation Scheme Water Users Association, the Mwea Irrigation Agricultural Development Centre (MIAD), IMAWESA (then a network of ICRISAT funded by IFAD), the Ministry of Water and Irrigation, the Ministry of Agriculture, the Ministry of Water and Irrigation (MWI), the Ministry of Agriculture (MoA), private consultants, the World Bank office in Nairobi, the World Bank Institute (WBI) in Washington, DC, the Central Kenya Dry Areas Project, Cornell University in USA, and farmers from the Mwea Irrigation Scheme.

The shared goal of this diverse set of actors was to facilitate scientific research and farmer-tested results for out-scaling and up-scaling of SRI in Mwea and to the entire country. It also includes capacity-building and outreach activities that target both the participating and non-participating farmers. At the time SRI was being introduced in July 2009, ten farmers had been identified to pioneer

experimentation with growing rice by SRI methods, but eight of these farmers shied away when planting time came, leaving only two members, who volunteered to plant the first SRI crop in August 2009.

Since then, there have been many activities to promote SRI in Kenya. They include on-station research on SRI, video conferences, internal training programmes, training of staff and farmers by invited experts, a 1st National SRI Workshop, graduate training, opening of an SRI Resource Centre, and the launching of an ambitious participatory research and extension programme on SRI. The collaborative team worked together to build the acceptance of SRI by other farmers gradually.

The initiative started with three main activities: (i) scientific research on SRI, (ii) concurrent trials implemented by volunteer farmers within the Mwea Irrigation scheme, which would give farmer-level results, and (iii) capacity-building and outreach activities for farmers through targeted activities such as video conferencing, field days, posters, fliers, cross-learning with SRI experts, exchange visits, workshops, and in the mass media.

Pioneer SRI on-farm trials in Mwea

During the August–December 2009 crop season, the first on-farm trials of paddy rice grown with SRI practices were initiated. The pioneer adopter-farmers were Moses Kareithi (Farmer A) and Mathew Kamanu (Farmer B), who, respectively, planted 0.13 and 0.10 ha of rice by SRI practice (Table 2). Once they learned about SRI from local briefings, they proceeded to do their own trials, before the formal training program was given. Due to lack of a conoweeder, the weeds in their fields were controlled with herbicides or manual removal. Thus, SRI was not fully practiced in the first on-farm evaluations, as there was no active soil aeration such as is achieved with use of a mechanical weeder.

Results of the initial farmer trials

Generally, impressive results were obtained from the two farmer trials (Table 3), showing the equivalent of 84 and 100% increases in paddy harvested from the trial fields. These results are based on the grain harvested from $10 \times 10 \text{ m}^2$ areas marked out within the middle of the paddy field, aiming to minimize “edge effects” since the SRI fields were surrounded by other, fully watered paddies, and thus soil conditions on the periphery of the fields were less aerobic than desirable and intended.

The total yield from Farmer A’s entire SRI plot, covering an estimated $\frac{1}{3}$ acre (0.13 ha), was 11 bags, an increase of 37.5% compared with the 8 bags that he normally harvested with conventional rice crop management.

Table 2 Agronomic management of on-farm SRI trials by pioneer adopters in Mwea

	Conventional	SRI by Farmer A	SRI by Farmer B
Area with SRI (ha)	–	0.13	0.10
Age of seedlings (days)	25–30	8–14	14
No. of seedlings hill ⁻¹	3–5	1	1
Spacing	10 cm, random	20 cm, square	20 cm, square
Irrigation	Continuous flooding	Until soil gets cracked	3–30 days wet, 7–30 days dry
Weeding	Manual	Manual as rotary weeder did not work properly	Manual as rotary weeder did not work properly

Table 3 Rice yields from on-farm trials by pioneer farmers in Mwea irrigation scheme

	Rice yield (t ha ⁻¹)		Percentage increase
	Conventional	SRI	
First rice yield (t ha ⁻¹) from main crop			
Farmer A	5.0	9.2	84
Farmer B	5.0	10.0	100
Average	5.0	9.6	92
Second rice yield (t ha ⁻¹) from ratoon crop			
Farmer A	2.0	5.0	150
Farmer B	2.0	4.0	100
Average	2.0	4.5	125

Results based on cutting and harvesting 10 × 10 m² plot within fields

SRI yield for Farmer B, whose paddy area was estimated as ¼ acre (0.10 ha), was 10 bags, a 100% increase compared to the 5 bags that he normally harvested from the plot. Farmer A's poorer yield was attributable partly to his paddy field's not having been properly leveled, so that it remained waterlogged on one side even during the drying phases of SRI management. Farmer B's paddy field, on the other hand, was well leveled and fully drained during the drying phases, which could have contributed to the higher yields recorded from his trials.

A simple cost/benefit analysis of returns on investment of SRI practice compared with conventional methods (Table 4) shows that farmer incomes (profit) almost tripled, i.e., 183% even though their input costs were higher by 23%. Commonly with SRI, farmers' costs of production are reduced. However, in these initial trials, when farmers were still learning the methods and they recorded somewhat higher cost.

Notable improvements were also recorded for a ratoon (second) crop under SRI management that could regrow from the harvested stumps of the first crop. Larger and less senescent root systems resulting from SRI crop management made this possible. Even a reduced yield can offer farmers considerable net benefit because their costs of

Table 4 Economic returns, in Kenya shillings, from SRI rice under on-farm trials

	Conventional	SRI	Percentage increase
Main season			
Revenue	100,000	228,334	128
Cost	34,300	42,163	23
Profit	65,700	186,171	183
Ratoon crop (regrowth)			
Revenue	40,000	90,000	125
Cost	13,000	14,218	9
Profit	27,000	75,782	181

Note 1 US\$ = KSh.75 at the time

production are reduced considerably by not having to reestablish the crop but just letting it re-grow.

Farmers using SRI methods experience an immediate and major saving on seed cost since much less seed is required, reflecting the drastic reduction in plant populations. Positive income gains that result from SRI practice provide adopter-farmers with motivation to continue the practices, while also attracting new adopters. We know that these initial results do not constitute statistically validated findings, but their impact has contributed positively toward influencing farmers' views and the adoption of SRI at Mwea.

The two pioneer-adopters of SRI faced some socio-economic problems, particularly how to convince their wives about adopting SRI. One had to rent in some additional land to grow a conventional rice crop to satisfy his wife. When the season was over, she was convinced of the benefits of SRI and became one of the advocates of the system. Also, during the early developmental stages of SRI seedlings, soon after transplanting and before the young seedlings had gained strength, many neighboring farmers would ridicule the two early innovators.

Within a few weeks, however, the SRI crop overtook the conventionally planted rice. Seeing the better results, the other farmers acknowledged that SRI tillering and

grain-filling were superior. Then the two pioneers became heroes in their communities and thus sources of motivation for out-scaling the practice. Soon many farmers were requesting to learn from them. Farmer A was subsequently employed by NIB as an extension worker to promote SRI within Mwea.

Capacity-building activities

Several capacity-building activities have been implemented to engage farmer interest and further popularize SRI. These have ranged from video conferencing, fields days, and classroom training, workshops, to study tours and dissemination of training materials.

Video conferencing

A video conference (VC) to promote SRI in Kenya was held in September 2009, linking Kenya with countries that had accumulated knowledge in applying SRI. These countries with farmers or staff participating in the VC were India, Madagascar and Rwanda. The World Bank Institute, in collaboration with MIAD, AICAD, JKUAT, IMAWESA, IFAD, and the World Bank office in Kenya, organized the event. WBI took advantage of the video technology offered by the Global Distance Learning Network (GDLN), which links multiple countries and brings people together visually for real-time dialogue. The Institute had already developed its own SRI training videos that were useful for the work in Kenya (WBI 2008).

The Kenyan node for the video conference was located at the Kenya Development Learning Centre in Nairobi. The 32 participants in Kenya came from 12 stakeholder organizations, engaged in irrigation, rice value chains, and various sectors of agricultural water management in Kenya. After the event, the participants agreed that the VC had been an educational and inspiring, and that they had learned some new things. Moreover, they felt encouraged to try out SRI.

The participants agreed on the value of putting together an SRI initiative in Kenya to facilitate more learning in the field. The question of scaling up (to policy level) was discussed, and it was agreed to sensitize politicians and the public to support SRI. In addition, capacity-building across all sectors engaged in and/or associated with SRI was called for as this practice is new to the country. There is need for more institutional support even though the efforts made so far were laudable. Farmer-participants said that in the next planting season they would plant their rice with SRI methods. It was recommended that SRI should be supported with training and should be out-scaled in Mwea, in its surrounding areas, and in the rest of Kenya.

Involvement of the National Irrigation Board

An important milestone in introducing SRI at higher policy levels was to establish official involvement of the National Irrigation Board (NIB) of Kenya. This ensured access to the research facilities at MIAD and opportunities to work within the Mwea Irrigation Scheme with official Government permission. Through meetings and an exchange of letters, JKUAT established formal links with NIB to support collaboration on SRI, not only in Mwea but also in the whole country.

This has made the SRI work much easier due to the moral support provided by the Government. Since then, NIB has also supported SRI efforts, for instance, sponsoring the participation of farmers from Mwea and Ahero Irrigation schemes to the 1st National workshop on SRI. Also, involving NIB's field office based at Mwea with logistical and technical support during functions such as field days and training sessions.

The 1st National SRI Workshop

The first national workshop on SRI in Kenya was held on May 7, 2010 at AICAD campus in Juja. The workshop was planned and implemented as a collaborative, cost-shared activity by the partners, notably JKUAT, IMAWESA, NIB, and AICAD. The event was attended by 83 participants, including researchers, senior government officials, representatives of NGOs, the private sector, farmers from Mwea and Ahero schemes, and rice outgrowers from Kirinyaga district. The workshop made recommendations to promote SRI in the country and drew up action plans for follow-up. The workshop was instrumental in spreading the existence of SRI to the general stakeholder base of Kenyans associated with irrigation, water resources management, capacity-building, and the rice value chain. The workshop also helped raise awareness and improve the recognition of SRI at higher policy levels in Kenya.

Recruitment of field assistants for SRI extension

There has been rising demand for SRI knowledge from farmers in Mwea, but neither the Scheme nor MIAD had a designated extension officer acquainted with SRI. Consequently, a Field Assistant supported by JKUAT Innovation Fund was recruited to promote SRI in Mwea, working closely with farmers as a trainer. His other functions include documentation of data from SRI-adopter trials and farmer record-keeping. Meanwhile, the National Irrigation Board has also begun supporting SRI extension efforts by upgrading one SRI pioneer farmer into an extension worker. Thus, there are two extension workers who work

together and are fully engaged in SRI in Mwea. This is a modest but welcome beginning.

Farmer training

Farmer training on SRI has been an important component of the awareness creation and promotion of the new practices. Training courses were conducted in classroom settings and through field days. The first training session was conducted at MIAD in October 2009, and it included a field day at which the farmers saw SRI crop for the first time (Mati and Nyamai 2009).

A special training for women farmers was organized as it was necessary to facilitate both husband and wife understanding and appreciating SRI. The separation of training for men and for women farmers has been shown to be more effective in many rural settings of Kenya, and is a better way of gender targeting for capacity development. There have been several training sessions and field days since then.

Other forms of training have involved invited experts supported by the World Bank Institute. An academic trainer was brought in from Tamil Nadu state in India, while a second was brought from Japan. These trainers also met with senior policy-makers, held stakeholder consultation meetings, and trained farmers in Mwea and other schemes, notably Ahero and Bunyala, thereby further popularizing SRI in the country. The approach to extension and training has not been to segregate farmers and officials but rather to have combined efforts as much as possible.

Setting up a SRI Resource Centre

To facilitate proper documentation of project progress and to provide a focal point for SRI researchers an SRI Resource Centre was opened at MIAD within the Mwea scheme. Its facilities provide opportunities for developing a database on SRI that can serve all partners. The Resource Centre is supported on a cost-sharing basis between JKUAT and MIAD. The administrative functions are mainstreamed into those of MIAD. This office is expected to grow and to become a fully fledged SRI knowledge center. It is hoped that in future, the SRI Resource Centre can offer SRI-specific courses for Kenya and the rest of Africa.

Participatory research, extension, monitoring, and evaluation system

A system of participatory research, extension, monitoring, and evaluation (PREME) has been introduced to facilitate coordinated SRI research and outreach services. The system reflects the tenets of MIAD's documentation system and of new participatory methodologies. The PREME

system encourages farmers to keep reliable records and engage in information sharing. The system is currently under trial in Mwea.

In addition, training manuals on SRI have been developed, one in English and the other in Kiswahili, and distributed to farmers (Mati and Nyamai 2009). This activity was linked to the research work aiming to achieve participatory research, extension, monitoring, and evaluation. For the extension component, it is preferred that PREME be introduced to groups of farmers, e.g., those attending a field day. The system can target farmers who are slow in adopting the concepts or are not participating in the activities.

As part of the PREME approach, each participating farmer is given a file with clear and simple data entry sheets to record his or her data for the whole season. The farmer keeps the file in his or her possession, but is encouraged to share the data with extension workers. Regular monitoring by the extension workers is organized in a calendar of events that covers 2 months at a time, equivalent to the most active period of the crop-growing season.

PREME was designed to reach at least 60 individual farmers every 2 months by one extension worker. Thus, the system ideally targets 360 farmers per year. This does not include other farmers who are met in groups, on field days, and information flow by word of mouth. Therefore, it is expected that about 500 farmers can be reached per year with SRI messages in Mwea, if the system is properly implemented. During the main rice-growing season beginning August 2010, over 100 farmers had planted their rice by SRI method, and the number has steadily been increasing.

Emerging issues

JKUAT, through its Innovation Fund, committed some funding to support participatory research and extension of SRI in Mwea starting in February 2010. This component is currently in its early stages, involving Ph.D. and M.Sc. research as well as a coordinated extension programme for farmers.

The Ph.D. research is assessing the scientific merits of SRI for up-scaling in Mwea irrigation scheme, using currently popular rice varieties. On-station trials are being conducted to generate data for input into the AQUACROP model (Steduto et al. 2009) to predict scheme-level grain yields, amounts of water saved, and cost/benefit ratios. The software is backed by a robust Geographic Information Systems (GIS) and produces a comprehensive crop growth and water-balance modeling. This study also gathers farmer trial data, through an organized system of documentation of

farmer trials, to support socio-economic aspects of the modeling component.

The M.Sc. study deals with environmental impacts of SRI, focusing on the effects on mosquito breeding. It assesses survival rates of mosquito larvae in both SRI and conventional paddy systems, and compares these impacts against various dry-days under SRI water management. Both studies have just commenced, with trial plots having been planted in early September 2010. These trials will also gather socio-economic data through questionnaires with farmers.

The findings will be widely disseminated through appropriate media and outreach initiatives. The need for rotary weeders was also addressed. The soils are montmorillonite clays (vertisols) and the few available weeders imported from India and Japan were unable to operate properly in these heavy soils when tested by farmers. Local artisans fabricated a rotary weeder which was tested by farmers in September 2010 and it worked well. The NIB has organized to support farmers by purchasing some locally made rotary weeders which will be used by all SRI members.

Issues raised by farmers

As an agricultural innovation, SRI raises many questions among both farmers and project implementers. There is always the question of what types of incentives to use to get more adopters without developing a dependency syndrome. It is evident that the best incentive will be when a large enough number of SRI adopter farmers have recorded increased, even doubled yields. Farmers are concerned that water distribution in a centralized scheme like Mwea affects the results from SRI fields since they all get their water from the same sources.

Given the pattern of regular water shortages at Mwea, what will happen if there is no water just when the wetting phase is needed? Some farmers ask. Many, therefore, would rather have their paddies permanently flooded as insurance against this uncertainty. There are also requests for planting two seedlings rather than one per hill to insure survival against bird damage immediately after transplanting. This will be solved through controlled field trials as SRI should not be too prescriptive and farmers should be encouraged to experiment.

There is also need for in-depth training of trainers considering that the existing extension workers are employed by Ministry of Agriculture, and many of them have an agronomic background based on rainfed agriculture. Providing broader training will require coordination with the Ministry of Agriculture. Another initiative will be to devise incentives and means for encouraging farmer-to-farmer extension system and providing technical

backstopping. It will be further necessary to give SRI some policy push through engagement with government officials, as well as through networking and strengthening linkages with other organizations in the rice value chain, so that SRI rice could get better market opportunities to encourage farmers to grow more rice by SRI methods.

Institutional and technical challenges

Several challenges to the promotion of SRI, particularly in the Mwea area and also in other parts of Kenya, have been identified. These include dealing with farmers' traditional mindset, addressing skepticism and, thus, resistance to change. There is limited awareness of SRI since it has been introduced outside of the normal extension system. Many government staff regards SRI as "not theirs."

Certain technical issues have also arisen. Some early farmer-adopters of SRI have complained that their young, newly transplanted SRI seedlings are vulnerable to bird damage, being very delicate. Crop performance has overall been good, but controlling bird damage would make SRI more attractive and secure. A higher incidence of weeds has also been observed. Initially, farmers had no conoweeders suited to Mwea soils since the ones imported from India and China failed to work, Mwea soils being very hard and sticky. Having appropriate weeding implements will make SRI practice more reliable and easier.

Another challenge was that the rice crop in the January–May 2010 season at Mwea was hit by rice blast, a disease that afflicts rice when humidity is high, and which can have devastating effects on crop yield. This disease badly affected the rice crop, including the SRI trials, thus discouraging some would-be adopter-farmers. It would be good to support SRI farmers with subsidized pesticides so that they can pre-empt particular disease and pest problems. While SRI rice crops are often more resistant to pests and diseases, there can be some threats that are best handled with agrochemical applications. The initiative did not have donor or government funding so it could not support farmers and researchers with certain inputs, such as means to fight off rice blast.

Some farmers are applying only half-SRI measures, and thus they may not get the full benefits of the new system of management. This can discourage others from taking up SRI themselves if they do not see the rice crop exhibiting the full potential of the methodology. Generally, SRI efforts have been relying on volunteers, and sometimes these persons may not be available or forthcoming. Yet another challenge has been the shortage of time to engage all the partners in activities such as farmer training and field days.

In addition, there was originally no central database to track the progress of SRI adoption at farmer level. This

constraint should now be resolved as the newly launched SRI Resource Centre has both the hardware and the software to develop a credible M & E system for the project. However, the center is still very small, compared to the immense task and resources required to propel SRI to national level outreach capacity.

Conclusions

This article was written about 1 year after SRI was launched in Mwea Irrigation Scheme in July 2009. A lot of progress has been made in this time, and impacts of the knowledge shared are beginning to show. For instance, considerable awareness about SRI has been created among government staff, NGOs, researchers, private sector, and the farmers themselves in the Mwea and Ahero irrigation schemes. Slowly, SRI is getting acceptance by farmers to the extent that more than 100 have been trained. As of October 2010, the number of those on record as growing rice by SRI methods exceeded 100. This number is set to increase with the better targeting of extension and participatory research. One observation has been that all farmers who have previously planted rice by SRI method have never abandoned it in subsequent seasons, and most have expanded their area under the new methods.

In addition, there has been official recognition of SRI by NIB, giving the system a big boost in government circles. Training manuals on SRI in English and Kiswahili have been developed and distributed, providing information to prospective adopters, most of whom are educated enough to find written materials informative.

The SRI Resource Centre has been opened, equipped, staffed, and made operational. Also, two SRI field assistants have been recruited and trained to support the extension component. The system of participatory research, extension, monitoring, and evaluation (PREME) has been introduced to fast-track and systematically document SRI extension work at Mwea and to collect data from farmers' fields. SRI has begun attracting the good will of other donors, e.g., both NIB and JICA have pledged to support the development of the rotary weeder suited to Mwea soils. The initiative has also facilitated wider dissemination of SRI through the national SRI workshop and media reports.

The way forward

The launch of the PREME at Mwea had a target of reaching at least 300 farmers per year directly with SRI messages. Of these, it is planned to have at least 240 farmers (4 farmers per unit, in all 60 units) using SRI practices within 1 year. Although this is an ambitious

target, there is growing interest and number of SRI enthusiasts among diverse stakeholders, meaning that this goal is attainable. Already, farmer behavior is changing in Mwea due to SRI messages. For instance, some non-adopters of SRI are planting younger seedlings while others are periodically drying their paddies. As a result, there has been marked improvement in water savings, to the extent that water deficits have been less marked in the current (September–December 2010) crop season.

For practical support of SRI, efforts are underway to complete the development of an appropriate rotary weeder suited for use with Mwea soils. Meanwhile, scientific research trials have been commissioned and are in progress, so that within a year it is expected there will be fully credible data to advise policy-makers on the actual extent of opportunities (or otherwise) for adopting SRI methods on a national scale. Capacity-building of farmers, extension workers, researchers, and other stakeholders will continue to be a major thrust, although there are currently no funds available to support this. The initiative was launched and operates on limited funding, thus there is need to mobilize more resources.

Other activities on the rice value-chain will be mainstreamed with SRI to achieve the multiple benefits it makes possible for farmers and traders. For instance, it is envisioned to develop a kiln that will carbonize rice husks to produce charcoal that can be used for cooking and to meet other energy needs. Prototypes for the kiln exist, but there is no funding at the moment to support such an initiative which could complement and benefit from SRI production.

The SRI initiative will also seek extra funding to support functions that are not supportable with current funding levels. Examples of where extra funds are required include: making pesticides available to SRI farmers on an as-needed basis to help them cope with unexpected pest or disease outbreaks; subsidizing the cost of conoweeder to make these easily and widely available; training of trainers to include staff from Ahero, Bunyala, and other irrigation schemes; and strengthening the SRI Resource Centre with a full-time database manager. There are also plans to promote SRI to the rest of Kenya, and other nations in the sub-Saharan Africa region through various forums in the near future. Once another season's results are available from expanded on-farm and on-station evaluations, the case for government and donor investment in SRI spread should become stronger.

References

- Ijumba JN, Mwangi R, Beier JC (1990) Malaria transmission potential of *Anopheles* mosquitoes in Mwea-Tebere irrigation Scheme, Kenya. *Med Vet Entomol* 4:425–432

- Mati BM, Nyamai M (2009) Promoting the system of rice intensification in Kenya: Growing more with less water: an information brochure for training on SRI in Mwea. <http://www.imawesa.net/publications/trainingmanuals/IMAWESATrainingManual5-SRInotes.pdf>
- Mati BM, Penning de Vries FWT (2005) Bright spots on technology-driven change in smallholder irrigation: Case studies from Kenya. In: Bright Spots Demonstrate Community Successes in African Agriculture. IWMI Working Paper 102: 27-47. International Water Management Institute, Colombo (www.iwmi.cgiar.org/pubs/working/WOR102.pdf)
- Molden D, Frenken K, Barker R, de Fraiture C, Mati B, Svendsen M, Sadoff C, Finlayson CM (2007) Trends in water and agricultural development. In: Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture. International Water Management Institute, Earthscan, London, Colombo, pp 57–89
- Mukiama TK, Mwangi RW (1989) Field studies of larval *Anopheles arabiensis* Patton of Mwea Irrigation Scheme, Kenya. *Insect Sci Appl* 10:55–62
- Republic of Kenya (2004) Strategy for Revitalizing Agriculture 2004–2014. Ministry of Agriculture and Ministry of Livestock and Fisheries Development, Nairobi
- Sombroek WG, Braun HMH, van der Pouw BJA (1982) The exploratory soil map of Kenya and agroclimatic zone map of Kenya scale 1: 1million. Exploratory Soil Survey Report No. E1. Kenya Soil Survey, Nairobi
- Steduto P, Hsiao TC, Raes D, Fereres E (2009) AquaCrop: a new model for crop prediction under water-deficit conditions. FAO, Rome
- Uphoff N (2003) Higher yields with fewer external inputs? The system of rice intensification and potential contributions to agricultural sustainability. *Int J Agric Sust* 1:38–50
- WBI (2008) System of Rice Intensification (SRI): Achieving more with less—a new way of rice cultivation. Overview of SRI—improving rice productivity and achieving water savings. <http://info.worldbank.org/etools/docs/library/245848/index.html>