

ザンビア国

農業省農業研究所

ザンビア国

土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成

混合肥料技術の普及・実証事業

業務完了報告書

令和元年7月

(2019年)

独立行政法人

国際協力機構 (JICA)

株式会社ジャパンバイオフィーム

民連
JR
19-065

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

巻頭写真	i
略語表	iii
地図	iv
図表番号	v
案件概要	vii
要約	viii
1. 事業の背景	1
(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
① 事業実施国の政治・経済の概況	1
② 対象分野「農業」における開発課題	1
③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度	6
④ 事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析	6
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	8
2. 普及・実証事業の概要	12
(1) 事業の目的	12
(2) 期待される成果	12
(3) 事業の実施方法・作業工程	12
(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	19
(5) 事業実施体制	22
(6) 事業実施国政府機関の概要	24
3. 普及・実証事業の実績	26
(1) 活動項目毎の結果	26
(2) 事業目的の達成状況	57
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	59
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	59
(5) ジェンダー配慮	60
(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	60
(7) 今後の課題と対応策	60
4. 本事業実施後のビジネス展開計画	61
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	61
① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	61
② ビジネス展開の仕組み	61
③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール	62
④ ビジネス展開可能性の評価	66
(2) 想定されるリスクと対応	67
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	67
(4) 本事業から得られた教訓と提言	68

① 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	68
② JICA や政府関係機関に向けた提言	68
参考文献	70
添付資料	71
(1) 添付資料 1 : 肥料配布農家リスト (2016/2017 年度)	71
(2) 添付資料 2 : 「肥料配布農家リスト (2017/2018 年度) 」	75
(3) 添付資料 3 : 土壌分析結果	79
(4) 添付資料 4 : 先行事業における優良事例	82
(5) 添付資料 5 : 鶏糞化成混合肥料及び小型土壌分析器ニーズ調査の結果	83
(6) 添付資料 6 : マグネシウム資材 2 種類による収量比較 (ルアプラ州マンサ郡) (2017/2018 年度)	85
(7) 添付資料 7 : UNZA によるポット栽培試験データ (2018 年実施)	86
(8) 添付資料 8 : 土壌分析・施肥設計ワークショップにおける資料「施肥設計ソフト」 ..	92
(9) 添付資料 9 : 土壌分析・施肥設計ワークショップにおける説明資料 「New Theory and Practice of Organic Vegetable Growing」	93

英文要約 (Summary Report)

巻頭写真



ZARI土壤科学ラボでの土壌分析ワークショップ（左）
米ほ場の現地調査（右）（2016年4月）



鶏糞化成混合肥料及びドロマイトの配布（ルアプラ州チェンベ）（左）
栽培指導ワークショップ（中央州ムクシ郡）（右）（2016年11月）



栽培試験に参加した農家（左）
鶏糞化成混合肥料で栽培したトウモロコシ（右）とDコンパウンド（化成肥料）で栽培したトウモロコシ（左）（中央州ムクシ郡）（右）（2016年11月）



鶏糞化成混合肥料（左）とDコンパウンド（右）の違い（南部州チョマ）（左）
ルサカ州カフエの養鶏場（右）（2018年2月）



チサンバのAgritech Expo（農業展示会）にてルング大統領（右）に説明（左）
中央州カブウェ郡でフィールドデイ（農家向け実地研修会）を実施（右）（2018年4月）



UNZAにおけるポット栽培試験（発芽直後）（左）（2018年4月）
UNZAにおけるポット栽培試験（刈り取り前）（右）（2018年5月）

略語表

略語	正式名称	日本語名称
C/P	Counterpart	相手国実施機関（カウンターパート）
DACO	District Agriculture Coordinator	郡農業調整官
EU	European Union	欧州連合
FAO	Food and Agriculture Organization	国連食糧農業機構
FISP	Farmers Input Support Program	農家資材支援プログラム
FRA	Food Reserve Agency	食料備蓄庁
FSRP	The Food Security Research Project	食料安全保障研究プロジェクト
GDP	Gross Domestic Products	国内総生産
GNI	Gross National Income	国民総所得
ISP	Agricultural Input Subsidy Program	農業資材補助プログラム
MAL	Ministry of Agriculture and Livestock	ザンビア農業畜産省
JBF	Japan Bio Farm	ジャパンバイオフィーム
PACO	Provincial Agricultural Coordinator	州農業調整官
PACRA	Patent and Companies Registration Agency	ザンビア特許会社登録庁
UNZA	University of Zamia	国立ザンビア大学
USD	United States Dollar	米ドル
ZARI	Zambia Agricultural Research Institute	ザンビア農業省農業研究所
ZBF	Zambian Bio Farm	ザンビアンバイオフィーム（提案企業の現地法人）
ZEMA	Zambia Environment Management Agency	ザンビア環境管理庁
ZMW	Zambian Kwacha	ザンビア・クワチャ（ザ国通貨単位）
ZRA	Zambia Revenue Agency	ザンビア国税庁

外貨換算レート

本報告書内では、以下のJICA 精算レートを基に換算している。

- ・ 1 ZMW=9.255810 円で換算
- ・ 1 USD=110.700 円で換算

（出典：2019年3月 JICA 精算レート表）

図表番号

<図番号>

図 2-1	作業工程計画・実績	18
図 2-2	実施体制図	22
図 2-3	ZARI 組織図	25
図 2-4	ZARI の土壌・水資源管理部組織図	25
図 3-1	土壌分析方法の違い	31
図 3-2	試験圃場レイアウト	40
図 4-1	ビジネス概要図	62

<表番号>

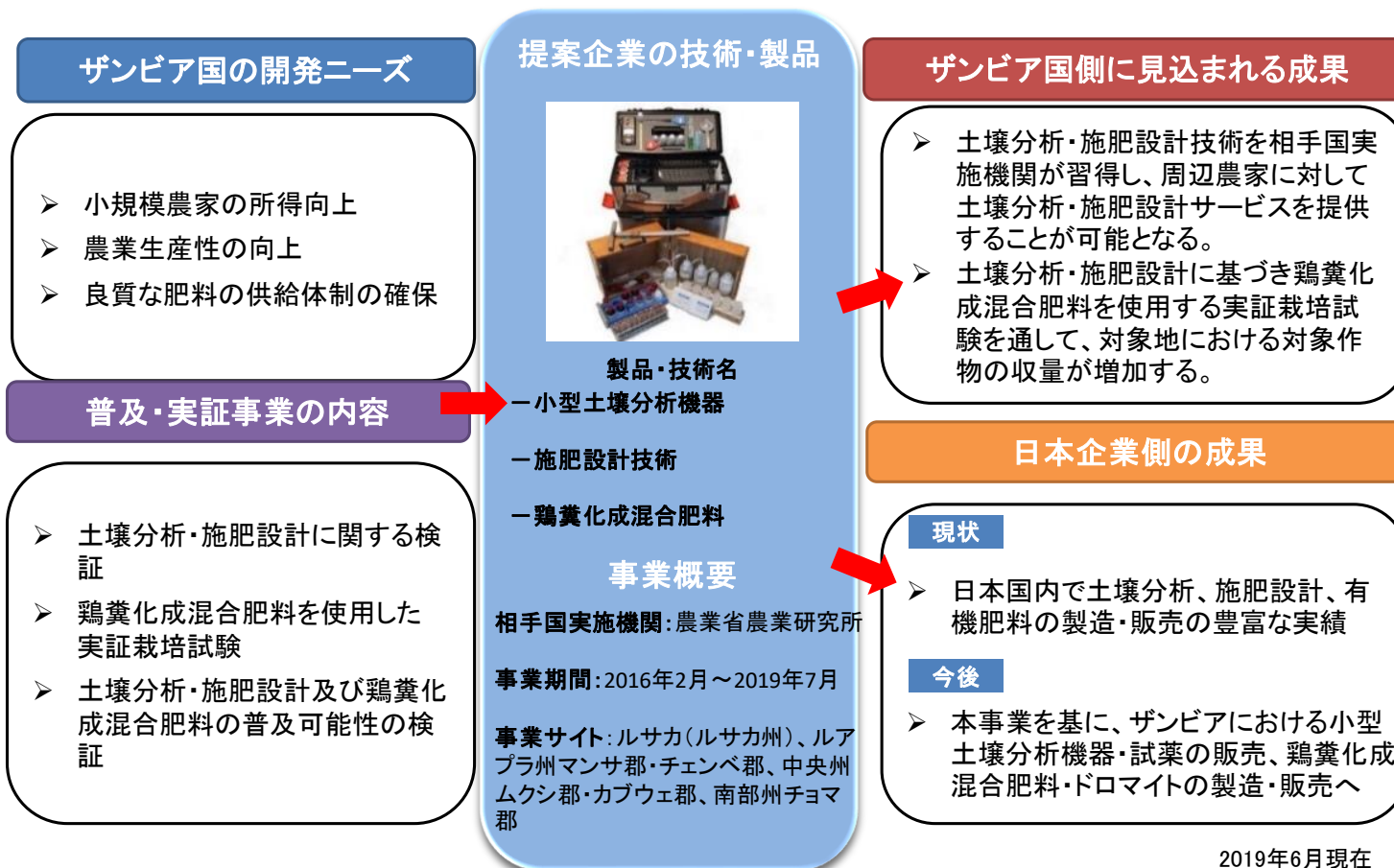
表 2-1	栽培試験スケジュール	14
表 2-2	農家による栽培試験とデータ収集・分析・結果報告の実施計画と役割分担	15
表 2-3	普及セミナーの対象者、内容、及び開催時期	16
表 2-4	業務従事者の従事計画・実績表	19
表 2-5	資機材リスト	21
表 2-6	小型土壌分析器の配置場所と台数	21
表 2-7	事業における役割分担	23
表 2-8	全国ワークショップにおける役割分担	23
表 2-9	ZARI、UNZA 及び各対象地域担当部署リスト	23
表 3-1	ZARI・UNZA の土壌分析価格	26
表 3-2	小型土壌分析器の配置場所と配置日	27
表 3-3	土壌分析・施肥設計ワークショップ一覧	28
表 3-4	栽培試験参加農家（2016/2017 年度）	32
表 3-5	栽培試験参加農家（2017/2018 年度）	33
表 3-6	2016/2017 年度の肥料製造（日本産鶏糞使用）	34
表 3-7	30t トレーラーの運賃	34
表 3-8	日本産鶏糞とザンビア産鶏糞の成分比較	35
表 3-9	2017/2018 年度の肥料製造（ザンビア産鶏糞使用）	36
表 3-10	2017/2018 年度の肥料製造（日本産鶏糞使用）	36
表 3-11	陸送運賃一覧（通貨単位 ZMW）	36
表 3-12	農家栽培試験の試験区	39
表 3-13	鶏糞化成混合肥料の試験販売結果（2017/2018 年度）	42
表 3-14	鶏糞化成混合肥料の試験販売結果（2018/2019 年度）	43
表 3-15	農家栽培試験の結果（2016/2017 年度）	46
表 3-16	農家栽培試験におけるトウモロコシの収量（2017/2018 年度）	48
表 3-17	ZARI マンサ支部による栽培試験結果（米）2017/2018 年度	49

表 3-18	ZARI 本部による栽培試験結果（大豆・インゲン豆）2017/2018 年度）	49
表 3-19	UNZA のポット栽培試験の試験区	51
表 3-20	普及セミナー一覧	52
表 3-21	本邦受入活動対象者	53
表 3-22	本邦受入活動訪問先一覧（2018 年）	54
表 3-23	農家へのニーズ調査	56
表 4-1	ザンビアの養鶏場（一部）	63
表 4-2	日本産鶏糞の調達費用	64
表 4-3	ザンビア産鶏糞の調達費用	64
表 4-4	事業計画表	66
表 4-5	事業化による開発効果	68

案件概要

ザンビア国

土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料技術の普及・実証事業 株式会社ジャパンバイオフーム(長野県)



要約

I. 提案事業の概要	
案件名	土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料技術の普及・実証事業 Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Improving Agricultural Productivity Based on Soil Analysis and Mixed Fertilizer Made of Chicken Manure and Chemicals
事業実施地 ¹	ザンビア共和国ルサカ州、ルアプラ州チェンベ郡・マンサ郡、中央 州ムクシ郡・カブウェ郡、南部州チョマ郡
相手国政府関係機関	ザンビア共和国農業省農業研究所（以下「ZARI」）
事業実施期間	2016年2月-2019年7月
契約金額	99,975,600円（税込）
事業の目的	<ol style="list-style-type: none"> 1. ザンビアにおける小規模農家の生産性及び所得向上をねらいとし、土壌分析・施肥設計の技術を相手国実施機関に導入し、その効果を検証する。 2. 土壌分析・施肥設計に基づき鶏糞化成混合肥料を使用し、各対象地域において栽培実証試験を行い、その効果を検証する。 3. 土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及可能性を検証する。
事業の実施方針	<p><事業の基本方針></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 単に土壌分析器を対象地域に配備するだけではなく、相手国側が土壌分析・施肥設計の農業技術を習得し、サービスとして提供できるようなシステムづくりを目指す。 2. トウモロコシだけではなく、他の作物（大豆・米）においても栽培試験に基づいて生産性向上を目指す。 3. 鶏糞化成混合肥料の製造は、鶏糞と化成肥料を混合し粒剤化する。 4. 実栽培試験に基づいて対象地域の土壌特性及び最適作物に合わせた配合割合を検討し、より効果の高い肥料づくりを行う。
実績	<ol style="list-style-type: none"> 1. 実証・普及活動 肥料製造装置を導入して鶏糞化成混合肥料を製造し、対象地域の農家や国立ザンビア大学（以下「UNZA」）における栽培試験で使用した。栽培試験では、従来の化成肥料と比べ、鶏糞化成混合肥料に一定（9-23%）の増収効果があり、トウモロコシにおいては、葉や茎の成長に欠かせない養分窒素、根を育てるカリウム、光合成を促進するマグネシウムの吸収量が多くなる傾向であることを実証した。

¹ カブウェ郡、マンサ郡は、地理的な拡大を図ることにより更に普及効果を高めるため、2017年9月29日付打合簿にて対象地域に追加した。

また、対象地域の各ZARI支所等に小型土壌分析器を導入し、土壌分析・施肥設計の理解促進・技術習得を目的に、ZARI所員、対象州農業局員等を対象にワークショップを開催し、1州当たり5人程度の土壌分析技術者を養成した。

- (1) 小型土壌分析器を輸送・配備し、研修・ワークショップ等を通じて、土壌分析・施肥設計技術をZARI等に移転した。小型土壌分析器を使ってザンビアの農家の土壌分析も行い、作物の育成に必要な栄養成分が十分ではないという土壌の状況を明らかにした（ルアブラ州は、場所によってアンモニア態窒素(NH₄-N)の残留が見受けられ、根ぐされや病害罹患要因となる懸念があること、中央州は、殆どの箇所でリン酸が欠乏状態にあること、南部州はリン酸や微量元素が欠乏状態になっている事等が確認された）。ZARIは、小型土壌分析器を使用した土壌分析を従来型の土壌分析サービスに比べて安価に提供していく。ZARIとの意見交換を通じ、小規模農家向けは75ZMW（約694円）、大規模農家、企業向けは150ZMW（1,388円）の分析料金を設定した。
- (2) 鶏糞化成混合肥料を製造する装置を輸送・設置した。また、現地で製造した鶏糞化成混合肥料をZARI、UNZA、農家における栽培試験で使用した。ZARIの栽培試験（2017/2018年度）によると、鶏糞化成混合肥料を使用した栽培（トウモロコシ）は中央州カブウェ郡ではザンビアで広く普及している混合化成肥料Dコンパウンド（以下「Dコンパウンド」）の収量を6%下回ったが（提案企業としてはZARIが採用した計算方法（集計方法）上の問題であると捉えている）、ルアブラ州マンサ郡・チェンベ郡、南部州チョマ郡ではそれぞれ9%、23%上回り、鶏糞化成混合肥料の効果が示唆された。特に雨が少ないために収量が限られる南部州で増収効果が得られたことは大きな意味がある。
- (3) Dコンパウンドでは、土壌に含まれるアルミニウムと化成肥料のリン酸が結合し植物に吸収されないという現象があるが、鶏糞化成混合肥料に切り替えることにより、その状況が緩和され、収量が増加することが示唆される結果となった。
- (4) 主に農家を対象としたフィールドデイ（農家向け実地研修会）の開催（合計7回・合計参加者約1,150人）や、農家、農業資材メーカー、及び研究者等を対象とした農業展示会への出展（合計4回・合計来場者約4,100人）、農家への鶏糞化成混合肥料の試験販売（販売量の合計約12t）を通じて鶏糞化成混合肥料及び小型土壌分析器・施肥設計サービスの普及を図った。
- (5) ZARIの技術者3名を対象に本邦受入活動を実施し、関連技術の有効性や日本における活用事例等への理解を深めた。

	<p>2. ビジネス展開計画</p> <p>2018年3月に設立済みの現地法人（以下「ZBF」）を通じ、土壌分析器・土壌分析試薬の販売、鶏糞化成混合肥料の製造・販売事業を行う。</p> <p>農家に対する土壌分析・施肥設計・農法指導については、ZBFのトレーニング・情報提供を受けたZARI中央研究所・支所、郡農業調整官（以下「DACO」）事務所/州農業調整官（以下「PACO」）事務所が主に担い、提案企業はその結果に基づいて鶏糞化成混合肥料を販売する。鶏糞化成混合肥料と併せ、ザンビアに広く見られる酸性土壌の中和と収量増に効果のあるドロマイトも販売する。</p>
課題	<p>1. 実証・普及活動</p> <p>小型土壌分析器メーカーである富士平工業が供給可能な試薬がリニューアルされるため、試薬変更に合わせてデジタル検定器ソフトの更新を行う。更新ソフトは、提案企業が現地法人 ZBF を通じて ZARI に提供し、ZARI が更新を行う。</p> <p>2. ビジネス展開計画</p> <p>ビジネスパートナーの決定、工場用地の取得、現地人材の育成、自社トラックの導入、流通網の構築、自家電源確保等、本格的なビジネス展開に向けた準備が必要である。</p>
事業後の展開	<p>本事業後2019年-2020年は現地法人ZBFが現地肥料会社に製造委託することで、鶏糞化成混合肥料の供給を確保してマーケティング活動及び事業基盤構築に注力する。2021年からは自社生産に切り替えて事業拡大を目指す。</p> <p>商品ラインアップに関しては、鶏糞化成混合肥料に加え、土壌を中和する効果のあるドロマイトも併せて販売するほか、土壌分析・施肥設計サービスを提供することで、他社との差別化を図る。</p>
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社ジャパンバイオフィーム
企業所在地	長野県伊那市美篤1112
設立年月日	2000年
業種	製造業、小売業、サービス業
主要事業・製品	土壌養分検定器、有機質肥料、等
資本金	2,845万円（2018年11月末時点）
売上高	649,384千円（2018年11月期）
従業員数	20名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

① 事業実施国の政治・経済の概況

ザンビアはアフリカ南部752.61千km²の広さの内陸国で、標高1,000-1,600mの高原地帯である。南部アフリカの25%の水源を供給している。

ザンビアは銅の国際価格の上昇に伴って国民所得が上昇したことから、2010年の世界銀行の格付け分類によって「下位中所得国」²として格付けられた。しかし、貧困レベルは依然として高いままである。

また、2011年をピークに銅の国際価格が下落している。この間、6%ほどの経済成長を実現してきたが、2015年に入って、為替レートが急落し、2015年1月2日に15.7ZMW/USDだったレートは、2016年3月20日時点、8.8ZMW/USDと、56.1%と半分近くまで下がっており³、それに伴い、深刻なインフレーションに見舞われていた⁴。2017年1月24日時点での為替レートは9.8092ZMW/USDで、クワチャ高傾向にあり、インフレも改善基調にある。

2016年2月の消費者物価指数は、前年同月比で22.9%上昇している。ザンビアの消費者物価指数は、2005年から2016年まで、平均9.66%だったことを考えると非常に高い近年まれに見る高い水準で、2016年8月の選挙が終わった9月まで18.9%と高かったが、その後、急激に落ち着き、10月は12.5%、11月は8.8%、12月は7.5%と比較的落ち着いてきた⁵。

こうした経済の情勢は銅の世界市況下落に端を発しており、輸出に依存するモノカルチャーの経済を立て直すために、農業分野の開発の必要性がますます高まっている。

② 対象分野「農業」における開発課題

国土の58% (4,200万ha) が800-1,400mm/年の降雨量のある耕地可能面積で、このうち実際の耕作地は14%であり、農業発展の余地は大きい。2017年の人口は1,709万人⁶である。うち、農村人口は57%で、2000年の65.2%から若干減少傾向にあるものの、依然として人口の半数以上が農村部で暮らしている⁷。

2017年のGDPは258.6億USD⁸で、GDPの伸び率は3.4%であった。1人当たりGNIは1,490USD⁹である(2015年)¹⁰。GDPに占める農業の割合は6.75%¹¹だが、労働人口に占める割合は54%¹²である(2017年)。貧困率は58%に達し、そのうち4分の3が農村人口である

² GNI 1,070 米 USD (2010、世界銀行)

³ XE Currency Charts (ZMW/USD)、

<http://www.xe.com/currencycharts/?from=ZMW&to=USD&view=2Y>

⁴ ザンビア調査団報告 (2015年11月) 世界銀行、

<http://www.imf.org/external/np/sec/pr/2015/pr15531.htm>

⁵ <http://www.tradingeconomics.com/zambia/inflation-cpi>

⁶ 世界銀行 <https://data.worldbank.org/country/zambia>

⁷ 世界銀行 <https://data.worldbank.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS?locations=ZM>

⁸ 世界銀行 <http://www.worldbank.org/en/country/zambia>

⁹ 世界銀行 <https://data.worldbank.org/country/zambia>

¹⁰ ザンビア大使館 <https://www.zm.emb-japan.go.jp/files/000293216.pdf>

¹¹ 世界銀行 <https://data.worldbank.org/indicator/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=ZM>

¹² 世界銀行 <https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=ZM>

(2015年)¹³。農業生産における主な現金収入源はトウモロコシで、他に大豆、綿花、砂糖、ヒマワリ等を生産している。近年、ヨーロッパ向けを中心に花卉の生産・輸出も盛んになってきている。

伝統的に農地は酋長から使用を許可されて耕作している農家がほとんどである。酋長に使用料を支払うことは殆どない。中規模以上の農家は、国からの99年リースという形で“使用権”が認められており、この場合は法的名義が確立していると考えられ、所有権と同様に、借金の担保力もある。酋長から農地を借りる場合は、比較的緩やかな契約で、年周辺を除き、貧困小規模農家でも、10ha程度までは規模拡大できるのが特徴だ。こうした伝統的な農地の使用権は、アフリカ、特に南部アフリカでは今でも広く存在している。一方、近代的な法律に基づく使用権、所有権との間に軋轢を生じている事例もある。

2014年のザンビアの農地面積は23,836haで、森林面積は48,801.6haである。しかし、2004年と比較して、農地面積は、4.1%増加し、森林面積は3.3%減少している。20年前の1994年と比較すると農地面積は11%増加し、森林面積は6.4%減少している。小規模農家への多収技術の普及により、農業収入が増えると、農地面積が急拡大していくことが予測され、それに伴う、森林面積の減少に対する対策も長期的には必要になる。

農地のうち、2014年の実際に耕作された面積は3,880haで農地面積のうち16.3%である。近年、耕作地は増加しており、10年前の2004年と比べると35.6%の増加である。1960年から2004年までの耕作地が12.3%だったことと比較すると近年の耕作地の拡大傾向にある。

2015/2016年度¹⁴のザンビアのトウモロコシ生産は287万tとなり、2014/15年度の262万tから9.73%増加した。国内の需要量は250万tなので自給は達成しているが、2013/14農業年度の記録的な豊作340万tから比べると少ない¹⁵。

2015/2016年度のトウモロコシの作付面積は1,364,977haで、収穫面積は1,157,755haである。単収は2.10t/haであった¹⁶。ザンビアの農産物の単位面積当たり収量（単収）は概して世界平均より低い。トウモロコシの平均収量も低く、アフリカ平均の2.10t/haとは同等であるものの、世界平均5.62t/haの半分以下である¹⁷。

2015/2016年度の大豆の収穫量は267,490tで、作付面積は145,763ha、収穫面積は137,814haである¹⁸。単収は1.84t/haであった¹⁹。大豆の場合は殆どの農家が無肥料で栽培していること、また、単価がトウモロコシよりも高いことを考えると、トウモロコシと比べ有利な作物である。平均収量については、アフリカ平均の1.26t/haは上回るが、世界平均の2.59t/haより低い。しかし、大きな差はない²⁰。

2015/2016年度の米の収穫量は26,675t、作付面積は25,595haで、収穫面積は22,087haであ

¹³ 世界銀行 <http://www.worldbank.org/en/country/zambia/overview>

¹⁴ 2015/2016年度という書き方は、ザンビアでは穀類は雨季が始まる2015年末に植え付けを行い、乾季に入る2016年前半に収穫を行うことが一般的なためである。

¹⁵ ザンビア農業畜産省

¹⁶ 同上

¹⁷ FAO 統計

¹⁸ ザンビア農業畜産省

¹⁹ 同上

²⁰ FAOSTAT, 2013年

る²¹。単収は1.04t/haであった²²。平均収量については、世界平均の4.56t/ha、アフリカ平均の2.59t/haに比べ著しく低い²³。

近年、ザンビアは気候変動の影響を受け干ばつに見舞われる地域が増加傾向にある。特に南部州は以前、ザンビアの主たる穀倉地帯であったが、森林伐採や長期にわたる化学肥料の使用等のために土壌劣化が進み、深刻な干ばつに陥っている。南部で農業を営んでいたヨーロッパ系大規模農家とともに、トンガ族の農民が新たに中央州やルサカ州周辺に移住し大規模な農業開発を始めており、将来的に南部州と同じように森林破壊による降雨量の減少、土壌劣化等の問題が引き起こされる懸念がある。生産性を高めつつ、持続可能な農業体系の構築が必要になっている。

ザンビアにおける肥料使用量は、2014年の使用量は窒素125,950t、リン酸38,561t、カリ11,063tで、2004年と比較するとそれぞれ209.3%、337.8%、79.0%となり、選挙等の政治的な理由で突出して使用量が増えている年を除いて、ザンビアの土壌において欠乏傾向にある窒素とリン酸は順調に増えている。カリについては、比較的土壌中に蓄積があるため、逆に使用を抑制していく傾向にある。

ザンビアの土壌特性として、特に対象州であるルアプラ州を含む北部地域は酸性土壌で、石灰、ドロマイト等を使った酸度調整による収量増が期待される。

また、農林水産省補助事業途上国の農業等協力に係る現地活動支援事業「アフリカ等農業・農民組織活性化支援事業（アフリカ）」（以下「先行事業」）で2011-2013年度に行った調査地域では、有機肥料と化成肥料の混合施肥による収量増が確認できた。これは、土壌に含まれるアルミニウムと化成肥料のリン酸が結合し植物に吸収されないという現象により、リン酸の効果が発揮できていなかったところ、有機肥料の施肥によってその状況が緩和され、植物（トウモロコシ）にリン酸が吸収されるようになったためと考えられる。リン酸は植物が花や実をつけるために欠かせない栄養成分である。同様の土壌特性は、ZARI及びUNZAによる調査においても広範な地域の土壌で確認されているが、解決のための技術普及は行われていないのが実態である。

本事業ではUNZAの実験圃場があるルサカ州に加え、ルアプラ州、中央州、南部州で実証試験を行う。この対象4州はすべて先行事業で調査した地域である。この地域を選定した理由は、先行事業により一定の知見が既にまとまっている地域の州農業局、郡農業局との連携が可能で、農家グループからも要望が出ているためである。

また、それぞれの地域には以下のような特色があり、それぞれの地域の課題に基づき、本事業では市場調査を兼ねた調査設計とした。

以下、それぞれの対象地域の特性と開発課題は以下の通り。

【ルサカ州】

ルサカ州での実証試験はUNZAの圃場でUNZAにより実施される。主に科学的なデータ収集のためである。

2015/2016年度のルサカ州のトウモロコシ作付面積は44,701ha、収穫面積は38,578ha、生

²¹ 同上

²² 同上

²³ FAO 統計

産量は115,880t、単収は2.59t/haである。1haの平均基肥施肥量は122.5kg/ha、平均追肥施肥量は120.1kg/haである。

2015/2016年度のルサカ州の大豆作付面積は12,931ha、収穫面積は11,226ha、生産量は32,666t、単収は2.53t/haである。1haの平均基肥施肥量は119.7kg/ha、平均追肥施肥量は13.3kg/haである。

2015/2016年度のルサカ州の米作付面積は5ha、収穫面積は5ha、生産量は1.04t、単収は0.20t/haである。1haの平均基肥施肥量は0kg/ha、平均追肥施肥量は0kg/haである。

【ルアプラ州チェンベ郡・マンサ郡】

本事業における最重点地域。粘土質、酸性土壌地域＝小規模・貧困農家発展モデル

ルアプラ州は降雨量が多いが酸性土壌のため生産性が伸びない地域であり小規模農家が中心だが、ザンビア北部地域全体と同じ気象・土壌条件であるため、生産性向上と貧困解消が期待できる地域で事業効果が高い。

約1haの農地でトウモロコシを作っている小規模農家を中心に貧困層が多い。雨量が多いので、鶏糞化成混合肥料を使用することにより酸度調整が実現しリン酸のアルミニウムとの結合を解消できれば、収量が増加する可能性が高い。ルアプラ州の2015/2016年度トウモロコシの平均収量は2.88t/haである。

貧困により、補助金付き肥料でさえ満足に買えない農民が多い。小規模農家の肥料使用率は、全国平均は約3割だが、ルアプラ州は14%で最下位から2番目である。肥料使用率1位、2位の中央州、ルサカ州では5割を超えていることを考えるとかなり低い。

2015/2016年度のルアプラ州のトウモロコシ作付面積は51,431ha、収穫面積は48,354ha、生産量は148,109t、単収は2.88t/haである。1haの平均基肥施肥量は133.2kg/ha、平均追肥施肥量は132.8kg/haである。

2015/2016年度のルアプラ州の大豆作付面積は403ha、収穫面積は386ha、生産量は307t、単収は0.76t/haである。1haの平均基肥施肥量は0kg/ha、平均追肥施肥量は0kg/haである。

2015/2016年度のルアプラ州の米作付面積は2,046ha、収穫面積は2,006ha、生産量は3,591t、単収は1.76t/haである。1haの平均基肥施肥量は0.85kg/ha、平均追肥施肥量は0.85kg/haである。

2014/2015年度のチェンベ郡のトウモロコシ生産量は3,520tである。マンサ郡のトウモロコシ作付面積は8,934ha、収穫面積は8,556ha、生産量は26,282t、単収は2.94t/haである。1haの平均基肥施肥量は136.7kg/ha、平均追肥施肥量は140.8kg/haである。

2014/2015年度のチェンベ郡の米単収は2.5t/haである。

【中央州カブウェ郡・ムクシ郡】

粘土質＝小規模農家-中規模農家発展モデル

中央州はザンビアの穀倉地帯でアフリカ系の中規模農家が台頭しており、ルサカ州とともに当面のマーケットとして最も期待できる地域である。

南部州の干ばつで、雨を求めて移住してきたトンガ族を中心に中規模農家多い地域である。ヨーロッパ系住民の農場も同様の理由で南部州から移り住み大規模経営農場を営んでいる。中央州の2015/2016年度のトウモロコシの単収は2.61t/haである。既に肥料等の農業資材を購入できる人が中心のため、多収技術を実践する力がある農家が多い。小規模農家も

いるが5ha以上の中規模農家の割合が比較的高い。

本事業では、小規模農家が多収技術と適正な資材により2作で貧困から脱却し、規模を拡大することで中規模農家（5ha）へ発展するという仮説を実証する。このため、この地域では小規模農家だけでなく、一部、中規模農家も“小規模貧困農家の2-3年後の近未来像”として、実証試験の対象とする。小規模から中規模農家への発展過程における栽培技術の普及・定着及び購買力の変化を実証するためである。

2015/2016年度の中央州のトウモロコシ作付面積は247,934ha、収穫面積は217,707ha、生産量は648,114t、単収は2.61t/haである。1haの平均基肥施肥量は102.6kg/ha、平均追肥施肥量は106.1kg/haである。

2015/2016年度の中央州の大豆作付面積は60,856ha、収穫面積は58,383ha、生産量は109,747t、単収は1.80t/haである。1haの平均基肥施肥量は56.9kg/ha、平均追肥施肥量は13.3kg/haである。

2015/2016年度の中央州の米作付面積は18ha、収穫面積は18ha、生産量は21t、単収は1.12t/haである。1haの平均基肥施肥量は0kg/ha、平均追肥施肥量は0kg/haである。

2015/2016年度のカブエ郡のトウモロコシ作付面積は9,854ha、収穫面積は8,668ha、生産量は24,648t、単収は2.50t/haである。1haの平均基肥施肥量は170.5kg/ha、平均追肥施肥量は162.9kg/haである。

2015/2016年度のムクシ郡のトウモロコシ作付面積は23,700ha、収穫面積は20,766ha、生産量は88,195t、単収は3.72t/haである。1haの平均基肥施肥量は152.1kg/ha、平均追肥施肥量は155.6kg/haである。

【南部州チョマ郡】

粘土質、干ばつ地帯＝小規模農家、干ばつ対策開発モデル

南部州は近年、干ばつが進んでおり土壌劣化も深刻である。しかし、先行事業では、南部の平均収量の3倍となる5t/haを達成した農家も出ている。ザンビアだけでなく、サブサハラアフリカは全体として干ばつ地域が多く、この地域で本事業による有機肥料と化成肥料の混合施肥による成果が実施できれば、その成果は広範な地域で共有できる。

南部州の2015/2016年度のトウモロコシの平均収量は1.49t/haと西部州に次いで低い。2011/2012年度には州内では20万9,000戸の農家が食糧を自給できない状況にあった。対象農家グループはヨーロッパ系住民が使用していた農地を使っており、栄養分が減少し痩せ地となっている。陽イオン交換容量（CEC=Cation Exchange Capacity）が1程度の土地もあった。収量も1t/ha程度と低かった。サバンナ地域での農業生産性の向上の可能性を探るために対象とした。

2015/2016年度の南部州のトウモロコシ作付面積は301,771ha、収穫面積は213,116ha、生産量は448,187t、単収は1.49t/haである。1haの平均基肥施肥量は68.4kg/ha、平均追肥施肥量は68.5kg/haである。

2015/2016年度の南部州の大豆作付面積は9,433ha、収穫面積は9,225ha、生産量は22,463t、単収は2.38t/haである。1haの平均基肥施肥量は140.9kg/ha、平均追肥施肥量は10.5kg/haである。

2015/2016年度の南部州の米作付面積は4ha、収穫面積は4ha、生産量は2.2t、単収は0.49t/haである。1haの平均基肥施肥量は0kg/ha、平均追肥施肥量は0kg/haである。

干ばつに強いと言われるササゲの作付面積は13,121ha、収穫面積は11,690ha、生産量は5,587t、単収は0.43t/haである。1haの平均基肥施肥量は21.65kg/ha、平均追肥施肥量は21.6kg/haである。

2015/2016年度のチョマ郡のトウモロコシ作付面積は42,965ha、収穫面積は30,596ha、生産量は73,643t、単収は1.71t/haである。1haの平均基肥施肥量は80.5kg/ha、平均追肥施肥量は80.6kg/haである。

③事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）及び法制度

ザンビアの農業省は「持続可能で多様性と競争力のある農業の促進・支援を行う」として、食料安全保障及び栄養の確保とともに、雇用創出、農業分野のGDPへの貢献度の拡大を使命として掲げている。

ザンビア政府と国連による国連開発援助枠組みの中でも農業は6つの国家開発計画の一つの柱として掲げており、次のような目標を掲げている。

- 1) 農業分野における収入増により広範な範囲の貧困削減を目指す
- 2) 90%の世帯で食料安全保障を実現し、飢餓を50%削減する
- 3) 農業セクターの成長を年1%から7-10%にする
- 4) 農業のGDP全体に占める割合を近年の18-20%から25%にまで引き上げる
- 5) 農業の外貨獲得に対する貢献を近年の3-5%から10-20%にする

こうした目標を実現するために、ザンビア政府は、FISP（The Farmer Input Support Program=肥料、種に対する補助金制度）やFRA（Food Reserve Agency=食糧保管庁）による買い上げによる価格支持制度等の政策を行っているが、農村の貧困解消、農産物の生産性向上等の課題は解決していない。

④事業実施国の対象分野における ODA 事業の事例分析及び他ドナーの分析

我が国のザンビアに対する国別援助の基本方針（大目標）は「鉱業への過度の依存から脱却した裾野の広い持続的経済成長の促進」を掲げている。

特に総人口の7割が従事する農業と持続的経済成長のけん引役となる製造業の底上げ、成長を支えるインフラ整備・強化、及び社会基盤の整備や人材育成の環境整備を支援しており、本事業が対象としている小規模農民の所得向上、貧困からの脱却はこの基本方針に沿うものである。

また国別援助方針の重点分野（中目標）として「(1) 産業の活性化」が第1番目に挙げられており、「農業」及び「小規模農家への支援が重点分野として取り上げられている。また農業においては生産性の低さ、低収量が課題として指摘されている。

JICAは、(1) 産業の活性化、(2) 経済活動を支える基礎インフラの整備・強化、(3) 持続的な経済成長を支える社会基盤の整備を重点分野として支援している。

本事業に関係する、JICAの農業開発／農村開発の技術協力事業は以下のものがある。

- ・「コメを中心とした作物多様化推進プロジェクト」（2012年6月-2015年6月、東部州、ルサカ州、ムチンガ州、北部州、南部州、西部州）
- ・「農村振興能力向上プロジェクト」（2009年12月-2014年12月、北部州、西部州）
- ・「小規模農民のための灌漑開発プロジェクト」（2013年3月-2018年2月、コッパーベルト州、

ルアプラ州、ムチンガ州、北部州、北西部州)

特に「米を中心とした作物多様化推進プロジェクト」と「農村振興能力向上プロジェクト」は現在、米の普及事業として「コメ普及支援プロジェクト」(2015年12月-2019年9月)がはじまっており、本事業のプロジェクトサイトである、ルアプラ州チェンベ郡も対象となっている。

特に米の多収技術開発等での協力が可能である。

他ドナーのザンビア内の農業技術協力事業として、長期にわたり続いているのは、保全型農業のプロジェクトである。1980年代から注目されるようになった、ジンバブエのヨーロッパ系農家が開発した技術で、日本でいう不耕起栽培の流れを汲む技術である。

できるだけ耕起をせず、作物残渣で土表面をカバーし、その有機物の利用を図る。

保全型農業には、穴を一つずつ掘って、その中に肥料、種子を植え付ける小規模農家向けのものと、Rippingと呼ばれる手法により、溝切りのみを行い、そこにトウモロコシの種子、肥料をまいていくというやり方がある。前者は主に小規模農家向け、後者は、牛耕、トラクターでの作業となる。

保全型農業では耕起をせず、土の表面をほとんど、触らないため、ザンビアでは乾季の間にガチガチとなり“pan”と呼ばれる状態になる。このため、雨が降ると、panの部分には水が染みこまず、種子をまくために掘った穴や溝に流れ込み、限られた雨量でも種子周辺により多くの水を供給できると言われている。このため、保全型農業は干ばつに強い農業と言われてきた。

今までFAO等の国連、各国ドナーが保全型農業に取り組んできた。2013年からは5年間かけ、FAOとEU、ザンビア農業畜産省が共同で、保全型農業の普及事業を展開している。総事業費は1,700万EURO。総対象農家は、21,000人の農家リーダーで、さらに315,000人の花農家も参加し、うち40%以上は女性の予定であった。

ザンビアでは国を挙げて推奨、普及してきた農法なので、本事業の対象農家も、すでに保全型農業の事業に参加し、指導を受けたことのある農家も多い。

しかし、農家からのヒアリングを総合すると、保全型農業による効果は良かったり悪かったりと人により年により安定しないとのことである。

提案企業においては、基本的に収穫直後に、作物残渣をうない込み、作付前も、手近な緑肥等をうない込む等、有機資材の活用を推奨している。

すでに先行事業で提案企業の農業指導を受けた農家は、保全型農業ではなく、提案企業の農法で作付したいという意思を確認している。しかし、本事業においては、保全型農業でも従来型でも提案企業方式でも自分の好きな農法で作付けを行うこととした。

(2)普及・実証を図る製品・技術の概要

・小型土壌分析器

名称	小型土壌分析器
スペック（仕様）	<p>小型土壌分析器（サイズ；高さ61cm×幅54cm×奥行35cm、総重量；約10kg、取っ手・キャスター付き）</p> <p>【仕様】</p> <p>①ドクターソイル（木製手さげ式 器具・試薬収納一体型）（総重量；約6kg）</p> <p>・検定試薬：NH₄-N（アンモニア態窒素）、NO₃-N（硝酸態窒素）、P₂O₅（可給態リン酸）、K₂O（加里）、CaO（石灰）、MgO（苦土）、Fe（可給態鉄）、Mn（交換性マンガン）、NaCl（塩分）、pH（酸度）</p> <p>・抽出試薬（成分分析用、pH用）</p> <p>②pHメーター、ECメーター（HANNA製）</p> <p>③試験管・試験管立て・ピペット・分注器・シリンジ・土壌採取器</p> <p>④デジタル検定器（本体；SD-1、ソフト、USBケーブル・キー）</p> <p>⑤パソコン（デジタル検定器ソフト、オフィス）</p>
特徴	<p>小型土壌分析器は、富士平工業株式会社が販売するドクターソイルに、様々な分析機器・器具類を合わせて土壌の成分分析が行えるように改良したものである。</p> <p>特徴は以下の通り。</p> <p>① 専門家でなくとも分析・施肥設計が可能：日本語と英語で図入りのマニュアルが整備され、提案企業による研修を受ければ、専門家でなくとも分析が可能である。日本では農家自らが土壌サンプルを採取、分析し施肥設計をすることにより生産性を量・質ともに向上させている。</p> <p>② 1セットの土壌分析キットで、5検体、9つの成分を一人2時間で分析可能：分析できる成分は【NH₄-N、NO₃-N、P₂O₅、K₂O、CaO、MgO、Fe、Mn、NaCl】。</p> <p>③ 分析結果をデジタル化：従来の分析キットが目視であるのに対し、提案企業が独自に開発したデジタル検定器（吸光光度計）により、機械で試薬による化学反応の色彩の濃度を数値として読み取ることが可能にした。結果として、より精度の高い分析値が得られ、人為的操作のミスを軽減し、人の違いによる誤差を最小限に抑えることができる。</p> <p>④ 総合的な土壌分析が可能：pHメーターやECメーターがセットされており、土壌成分のみならずその他の項目も簡単に分析することが可能である。</p> <p>⑤ 一定レベルの土壌分析ラボの運営が可能：ピペットや分注器な</p>



	<p>どの器具類を備え、効率的に短時間で、土壌成分の分析を可能にした。慣れてくると一度に4セット以上、20検体以上を一度に分析することができる。使い方によっては、1検体1成分ずつ分析する形の大型土壌分析器に比べ早く総合的な土壌分析結果を得られることになり分析業務の効率化につながる。現在、ZARIでは成分ごとに専門の機械を使い分析・計測を行っている。このため、200-300検体の1成分を0.5日-1日単位で分析する体制となっており、総合的な土壌分析結果を得るまでに7日-10日要しているのが実態である。本土壌キットでは一定レベルの分析結果が1日8時間で160検体分得られるため、迅速な土壌分析サービスが可能となる。</p> <p>⑥ 移動運搬が可能：農村部で農家の庭先で土壌分析・施肥設計を行い、その場で指導できる。</p> <p>⑦ 比較的安価：土壌分析ラボを開設するには通常億単位の建設費がかかると言われるが、本土壌分析キットは輸送料を入れても1基5,000USD程度で設置できるため、ザンビア等アフリカで未整備になっている農村地方での土壌分析センターの創設に役立つ。</p>
<p>競合他社製品と比べた比較優位性</p>	<p>① 農地の土壌状態に近い条件下で分析する体積法の採用により、現実的な施肥設計ができる：土壌によって比重が違うため、重量を基準に分析する重量法では実際の土壌の状態と比べ誤差が生じる。そのため、提案企業では一般的な重量法ではなく体積法を採用している。</p> <p>② 農業の現場において、短時間で分析・施肥設計・農業指導が可能：分析機関に依頼すると土壌分析には最速で1週間、ザンビア等のアフリカでは1ヵ月以上かかることも普通である。本製品は現場で分析が可能であり2時間程度で結果が出せる。そのため、その場で直接指導することが可能で効率が良く、施肥のタイミングを逃すことがない。</p> <p>③ 検査費用が安価：日本で土壌分析を専門機関に依頼すると1検体当たり1万円-3万円程度の費用がかかるが、本製品の分析コスト（試薬代等の消耗品費）は1検体当たり804円程度と非常に安価である。</p>
<p>国内外の販売実績</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・国内733台（販売額：8,805万円） 主要取引先：農業生産法人・農業団体・農家グループ ・海外：ミャンマー
<p>サイズ</p>	<p>サイズ；高さ61cm×幅54cm×奥行35cm</p>
<p>設置場所</p>	<p>ルサカ州ZARI中央研究所ほか、「表1：小型土壌分析器の配備場所と数」に詳細</p>

今回提案する機材の数量	37セット
価格	<ul style="list-style-type: none"> ・1台（1式）当たりの販売価格 324,000円（税込） ・本事業での機材費総額（輸送・関税等含む）33,879,000円（税抜）

・鶏糞化成混合肥料

名称	鶏糞化成混合肥料
スペック（仕様）	<p>1袋50kg</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仕様 <p>鶏糞と化成肥料を配合したもの。 （鶏糞）水分20.3%、全炭素19.5%、全窒素3.9%、C/N比5、リン酸4.3%、カリウム2.2%、カルシウム10.3% （化成肥料）第一リン酸アンモニウム（窒素：18%、リン酸：46%）、尿素（窒素：46%）、硫酸カリウム（カリ：52%） （添加成分）マグネシウム等 ※実際に使用する肥料成分は鶏糞の組成、添加成分等により変動する可能性有り。</p>
特徴	化成肥料に鶏糞を混合することで、ザンビアで広範な地域の農地で見られる課題（アルミニウムとリン酸が結合し、施肥肥料の効果がなくなる課題）を解決する肥料である。
競合他社製品と比べた比較優位性	<p>①ザンビアではDコンパウンド（N:10%、P:20%、K:10%、S:6%）という混合化成肥料が広く普及しているが、本製品は、鶏糞を混合することにより、ザンビアで広く分布している土壌成分のアルミニウムがリン酸と結合して、植物体に吸収しづらくなるのを防ぎ、有機リン酸の形で供給することにより吸収率を高める。</p> <p>②ザンビア内でも鶏糞等の有機肥料を用いた混合肥料の試験的な試作は行われているが本格的な生産は行われていないため、競合製品は販売されていない。長期的には、本事業の成功により競合製品が市場に投入される可能性は否定できないが、5年程度は市場優位性を保持することが可能で、その後も先行者利益により有利に販売を展開できると想定している。</p> <p>③植物に干ばつ耐性がつく微生物の添加を行っている。これは乳酸菌の一種で、有機物を分解して酢酸を作り出す。植物の根は酢酸にさらされると干ばつ耐性が強まることが理化学研究所などの研究で明らかになっている。しばしば干ばつが起こるザンビアにお干ばつ耐性の向上は農家にとって大きなメリットになる。</p>
国内外の販売実績	<p>無し</p> <p>国内では有機肥料を販売している</p>
サイズ	50kg/袋
設置場所	ZARIに一時保管しその後、農家に支給。施肥までの間は農家が責任

	を持って管理する
今回提案する機材の数量	1年目に製造・配布する鶏糞化成混合肥料は20t(50kg/袋400袋、100ha分)。2年目は、20tから30tに増量し、一部を栽培試験に、一部を第1-2回試験販売に使用。
価格	1袋(50kg)あたりの小売価格250ZMW(約2,314円) 本事業での機材費総額(輸送・関税等含む)33,879,000円(税抜)

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

- ① ザンビアにおける小規模農家の生産性及び所得向上を狙いとし、土壌分析・施肥設計の技術をZARIに導入し、その効果を検証する。
- ② 土壌分析・施肥設計に基づき鶏糞化成混合肥料を使用し、各対象地域において栽培実証試験を行い、その効果を検証する。
- ③ 土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及可能性を検証する。

(2) 期待される成果

- 成果1. 土壌分析・施肥設計技術をZARIが習得し、周辺農家に対して土壌分析・施肥設計サービスを提供することが可能となる。
- 成果2. 土壌分析・施肥設計に基づき鶏糞化成混合肥料を使用する栽培試験を通して、対象地における対象作物の平均収量が増加する。
- 成果3. 事業体制を含む将来のビジネス展開計画が策定される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

活動1. 土壌分析・施肥設計に関する検証

活動1-1: ザンビアにおける土壌分析・施肥設計の現状把握

ザンビアにおける土壌分析及び施肥設計サービスとその活用状況を把握する。特に相手国実施機関であるZARI及びUNZAでの土壌分析の現状を確認する。

活動1-2. 小型土壌分析器の製造・輸送・配置

【製造・輸送】

試薬を除いた機器・器具類を含む小型土壌分析器を提案企業でセットアップし、2016年6月にルサカ空港まで陸送する。試薬類は化学薬品であるため特別な手続きが必要なため、富士平工業から直接ルサカ空港まで航空便で輸送する。

活動1-3. 土壌分析・施肥設計ワークショップの開催

毎年7月末、3年間で計3回、全国ワークショップをUNZAと共催で行う。全国の各州ZARIのメンバー各1人、各州農業局の普及担当各1人、対象郡の普及担当等合計20人のほか、中央ZARI及びUNZAからそれぞれ3-5人が参加する予定である。

活動1-4. 相手国実施機関によるOJT方式での農家レベルの土壌分析・施肥設計の実施及び検証

ZARIの中央研究所では日常的に土壌分析業務を行っているが、州レベルの支所ではほとんど行っていない。施肥設計は専門的な知識が必要であるため、十分に実施されてこなかった。本事業では州レベルのZARIの支所に小型土壌分析器を配置し、州レベルでの土壌分析サービスとともに、施肥設計サービスを実施できるように、技術指導とともに、課金システムの実証試験を行う。このためのZARIの所員指導をZARIの中央研究所と協力しながらOJT方式で進めていく。

活動2. 鶏糞化成混合肥料を使用した栽培試験

活動2-1. 栽培試験対象農家の確定

鶏糞化成混合肥料の効果を実証するために、以下の地域で栽培試験を行う。

- ① ルサカ州 (ZARI・UNZA)
- ② ルアプラ州チェンベ郡・マンサ郡
- ③ 中央州ムクシ郡・カブウェ郡
- ④ 南部州チョマ郡

科学的な試験圃場としては、ZARI及びUNZAで栽培実験を行う。この試験は学術的・科学的な観点から行う。試験の実施にあたっては、ZARI及びUNZA農業学部土壌科学学科と協力しながら進める。

栽培試験の対象農家は、ZARIとUNZA、各州のZARI支所及び対象郡の農業局と相談して選定する。連絡調整役は、土壌分析・栽培指導専門家が行う。対象作物はトウモロコシ、米、大豆である。トウモロコシ、大豆については既に栽培している農家を選定する。米に関しては一般農家の栽培経験が少ないので、ZARI及び州農業局と協力して栽培指導を行いながら、未経験農家を含めて栽培試験を行う。

活動2-2. 鶏糞化成混合肥料の製造・輸送

鶏糞化成混合肥料は、鶏糞のみを40フィートコンテナで輸送し、陸路ルサカのZARIへ移送する。11月からの播種シーズンに間に合わせるため、7、8月の現地調査時に試作・製造を行う。

2016年に20t、2017年に30tを試作し、実証試験に使用する。鶏糞化成混合肥料はザンビア・ルサカ市郊外のZARI中央研究所で、提案企業がZARIとUNZAの協力の下に製造する。原材料は鶏糞と化成肥料で、混合した上で、造粒機で圧縮して粒剤にする。通常、化成肥料の造粒には造粒剤を利用するが、本製品では鶏糞を造粒剤として活用する。

活動2-3. 対象農家に対する土壌分析・施肥設計

実証試験に参加する農家に対する土壌分析・施肥設計に関しては、実証の一環として無料で行う。実証試験対象外の農家で有償サービスを希望する農家がいれば対応する。

ZARI及びUNZAにおいては、すでに土壌分析の有償サービスを実施しており、現状を踏まえて、本製品による土壌分析サービスの価格設定を行い、自主財源での安定的運営を進めていける体制を構築する。

活動2-4. 対象農家に対する鶏糞化成混合肥料の提供

2016年、2017年に各20t (100ha分) の鶏糞化成混合肥料を試作し、実証試験に使用する。ルアプラ州、中央州、南部州の各州に6tずつ30ha分を実証試験に参加する農家30戸に1ha分、200kgずつ配布する。残りの2tはZARI及びUNZAでの実証試験のために1tずつ使用する。

活動2-5. 対象農家における栽培試験の実施

農家による栽培試験は表2-2のスケジュールに従い実施する。

表2-3に、「農家による栽培試験とデータ収集・分析・結果報告の実施計画と役割分担」

を示した。ザンビア専門家（中央）はZARI及びUNZA、ザンビア専門家（地方）は各州のZARI及び農業局、郡農業局、普及員等が該当する。

ザンビアでは農協組織（20-30人程度）が50-100程度集まって地域内でキャンプを組織しており、キャンプにはキャンプオフィサーと呼ばれる普及員を配置している。キャンプオフィサーは主に補助金付きの肥料の配布と政府買取りのトウモロコシの手配等を行っている。キャンプの上にはブロックと呼ばれる連合会があり、普及員としてブロックオフィサーが配置されている。本事業ではより現場に近いキャンプオフィサーの協力を仰ぐとともに、対象州農業局、郡農業局との連携も密にしていく。

表 2-1 栽培試験スケジュール

月	活動・農作業
2016/2017年、及び2017/2018年	
5月	次期の栽培試験の打ち合わせ 対象農家の選定 2年度、3年度は収量調査も実施 作物残渣等をうない込む土づくり等の指導
8月	栽培指導、肥料配布
11月	播種直前の施肥方法等栽培指導
12月	播種、発芽
1月	追肥
2月	開花
3月	出穂
4月	圃場における乾燥

出典：JICA 調査団作成

※初年度（2016/2017年）、次年度（2017/2018年）で上述の活動・農作業を繰り返す。

表 2-2 農家による栽培試験とデータ収集・分析・結果報告の実施計画と役割分担

No.	月	活 動	土 壤 分 析 の 有 無	実施者			
				中 央 ZARI	各州ZARI支 所、州農業 局、郡農業 局、普及員	提案企 業業務 従事者	土 壤 分 析・栽培 指 導 専 門 家
2016/2017年、及び2017/2018年							
	6月	現地との打ち合わせ		○	○	◎	
1	7-8月	<ul style="list-style-type: none"> ・栽培試験参加農家の選定 ・冬うない(収穫直後の耕起、ドロマイト等の施肥)の指導 ・実証試験の設計(土壌分析、施肥設計を含む) ・対象地域のステークホルダーとの打ち合わせ ・栽培指導 ・肥料等資材の配送 ・試験圃場の準備状況の確認、支援 	○	○	○	◎	○
2	11月	<ul style="list-style-type: none"> ・試験圃場の準備確認 ・栽培指導 		○	○	◎	○
3	12月	<ul style="list-style-type: none"> ・播種、基肥施肥 ・発芽状況の確認 	○	○	○	◎	○
4	1月	<ul style="list-style-type: none"> ・追肥時の生育確認 	○		○		◎
5	2月	<ul style="list-style-type: none"> ・追肥後の生育確認 	○		○		◎
6	3月	<ul style="list-style-type: none"> ・開花状況の確認 	○		○		◎
7	4月	<ul style="list-style-type: none"> ・出穂状況の確認 	○		○		◎
8	5月	<ul style="list-style-type: none"> ・収穫調査 	○	○	○	◎	○
9	6月	<ul style="list-style-type: none"> ・栽培試験の分析、総括 ・年次の報告書のまとめ ・次作の栽培試験計画の見直し ・栽培指導方針の決定 ・試験成果の他農家への普及戦略の策定 ・冬うないの指導 		○	○	◎	○

出典：JICA調査団作成

※◎が主たる担当者、○担当者。

※初年度(2016/2017年)、次年度(2017/2018年)で上述の活動を繰り返す。

活動2-6. 栽培試験データの収集・分析・結果報告

播種前の11月と収穫期の翌5月に現地調査を行う。播種後は1か月ごとに経過観察をし、1-4月の4か月間は、本事業の土壌分析・栽培指導専門家とZARI、UNZAのスタッフが栽培試験の調査を行い、土壌サンプルの採取・分析、栽培状況の記録データを収集する。その際には各対象州及び郡の農業局、キャンプオフィサーと協力して行う。

栽培試験データの収集体制は、「表2-3：農家による栽培試験とデータ収集・分析・結果報告の実施計画」参照。収穫調査前に農家が収穫し販売してしまわないように、肥料提供の際の契約を確認するとともに、生育調査の各段階でも確認しながら、進めていく。

UNZAの試験圃場においては対照区を設置し、対照区は慣行農業＝1haあたりNPK混合肥料4袋（50kg/袋）、尿素4袋（同）＝区とする。

活動3. 土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及可能性の検証

活動3-1. 土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及セミナーの計画・開催

普及セミナーは全国セミナー（活動1-3の全国ワークショップと同義）、対象州でのセミナー、対象郡におけるセミナー、対象地域の農家を対象としたセミナーの4段階で行う。

指導には中央ZARI所員、UNZA関係者、提案企業及び日本人専門家が当たるほか、次年度以降は、対象地域の普及員、栽培試験農家等の体験も交えながら実用的な内容を盛り込んでいく。対象地域では女性グループの指導も行う。

各セミナーの対象者と参加予定人数、内容、開催時期は表 2-3参照。

表 2-3 普及セミナーの対象者、内容、及び開催時期

レベル	開催時期	参加対象者（人数）	内 容
全国	2016, 17, 18 年 度 8 月（3 日間） （計 3 回）	<ul style="list-style-type: none"> ・全国の ZARI 地方研究所から 1 名ずつ ・各州農業局の栽培指導・普及担当者（各年の対象品目）1 名ずつ ・ZARI 中央研究所所員、UNZA 関係者、提案企業及び日本人専門家（20-30 人） 	<p>【初年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・小型土壌分析器による土壌分析技術演習 <p>【毎年度】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多収、高品質生産を実現する有機農業理論 ・鶏糞化成混合肥料を使った多収技術 ・栽培試験の方法と結果の検討 ・土壌分析データに基づく施肥設計演習 ・地域特性格別技術普及のポイント ・小型土壌分析器による有償サービスの仕組みと利用状況の報告・検討
対象州	2016, 17, 18 年 度 8 月（1 日間） （計 3 回）	<ul style="list-style-type: none"> ・各対象州の ZARI 地方研究所所員 ・州農業局、郡農業局の栽培指導・普及担当者等（5 人） 	<p>同上</p> <p>注）このワークショップのほか、各州 ZARI、州農業局、郡農業局には定期的に通い、情報交換及び課題分析・解決を個別に図っていく。分析及び施肥設計技術等の習熟度が低い場合は、個別指導をしていく。</p>
対象郡	2016, 17, 18 年	・各対象郡農業局の栽培	同上

	度 8月（1日間） （計3回）	培指導・普及担当者及 び普及員	
農家	2016, 17, 18年 度 5月, 8月, 11月 （各地域半日）	・対象地域の栽培試験 農家及び周辺農家 （各郡各年1か所、100 人程度）	・実証実験圃場の設置 ・土壌分析結果の検討と施肥設計の ポイント ・鶏糞化成混合肥料を使った多収技 術の普及 ・鶏糞化成混合肥料の購買意向確認 ・試験結果の検討

出典：JICA調査団作成

活動3-2. 相手国実施機関の関係者を対象とした本邦受入活動の実施

有機肥料を活用した土壌分析・施肥設計の実際と効果の確認及び技術の優位性についての理解を深めるとともに、技術普及の方法を学ぶことを目的とし、ZARIのスタッフの本邦受入活動を行う。マーケティングも含めた提案企業の指導による、有機栽培の成果を視察し、日本での普及方法等を学ぶことで、ザンビアでの今後の技術普及に役立てる。

施肥設計の実際のほか、ザンビア政府の関心事である肥料の品質管理行政についての本邦調査についても協力する。

活動3-3. 小型土壌分析器及び鶏糞化成混合肥料のニーズ調査

鶏糞化成混合肥料の原材料の現地調達に関する調査を行う。現地で供給可能な鶏糞の総量の把握、鶏糞成分の分析等を行う。特に鶏糞の供給量については、現状把握だけでなく、鶏肉、鶏卵の需要の伸びと生産の拡大を前提にした供給予測を計算する。

小型土壌分析器そのもの、及び本器による有料土壌分析サービスのニーズ調査は、毎年8月に開かれる農業・商業ショーにおいてアンケート調査の形式で行う。

活動3-4. 現地肥料工場の設立・生産・販売までのビジネス計画の策定

事業全体を通し、現地肥料工場の設立、生産、販売体制等のビジネス計画を策定する。

鶏糞化成混合肥料の販売にあたって、本事業の実証試験を通じ、小規模貧困農家に対しては肥料を前渡しし、収穫時に代金を利子付きで返済するビジネスモデルを想定している。

活動3-5. 課金制度を含む土壌分析・施肥設計サービス提供モデル構築にかかわる提言

各州ZARIでは、土壌分析を小規模農家向けの公共的な普及事業の一環として無料で行うほか、有償サービスも実施している。本事業では、ZARIの既存の制度をベースに、地方でも成立する土壌分析サービスのあり方とともに、有償サービスを申し込むことができない小規模農家に対する試薬確保のためにはどのような体制が必要かを明らかにし、ZARIに対し提言していく。

投入した資機材は表 2-5の通り。

表 2-5 資機材リスト

No.	機材名	型番	数量	設置年月	設置先
1	小型土壌分析器 (付帯の小型器具類、試薬、PC等含む)		37セット	2016年11月	ZARI
2	造粒機	DJZ-11-2.0	各1台	2016年11月	ZARI (Lusaka)
	ミキサー	HM-900x1500			
	ベルトコンベアー	SY150_2			
	圧縮スクリュー	B1000x7m			
3	シーラー	FIK-600 - 10WK 220V	1台	2016年11月	ZARI (Lusaka)
4	播種機	種まきごんべえ HS-300L	1台	2016年9月	ZARI (Lusaka)

出典：JICA調査団作成

小型土壌分析器37セットの配置先の詳細は表 2-6の通り。

表 2-6 小型土壌分析器の配置場所と台数

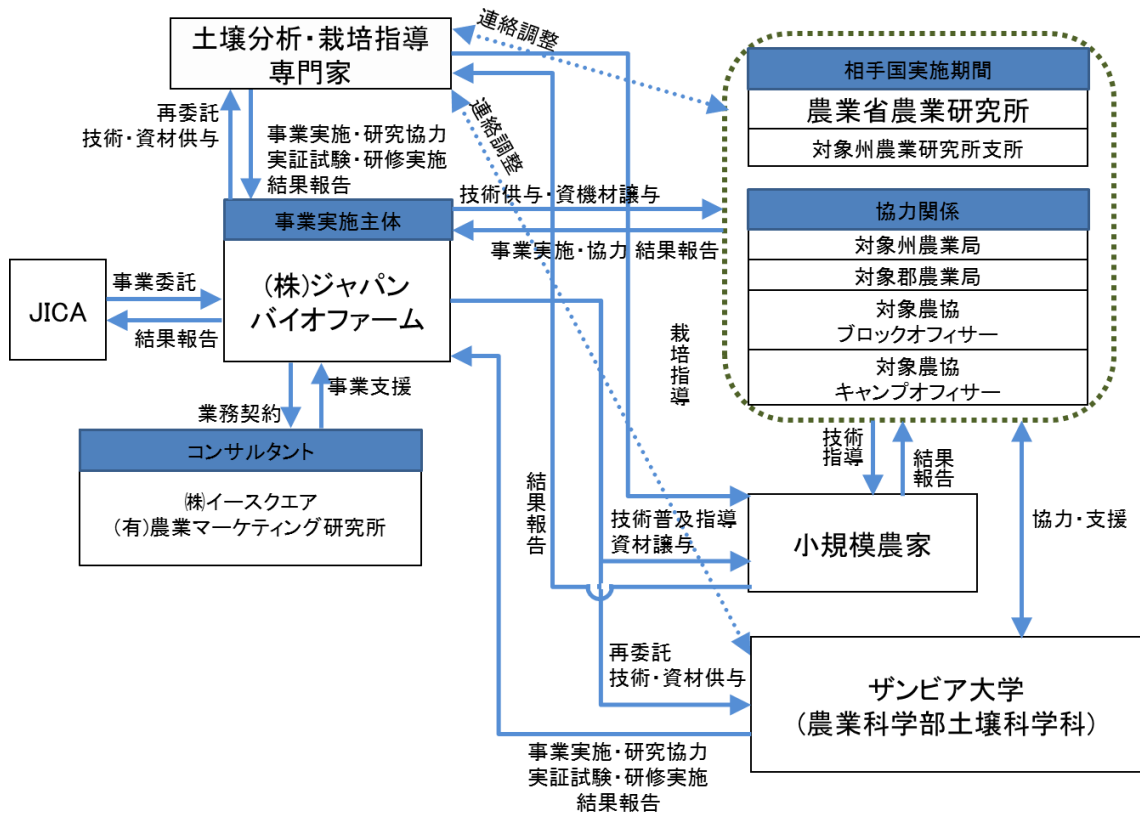
配置場所（施設名）	台数計	台数内訳
ZARI中央研究所（ルサカ州）	25※	25
ZARIマンサ支所（ルアプラ州）	4	2
チェンベ郡農業局		2
ZARIカブウェ支所（中央州）	4	2
ムクシ郡農業局		2
ZARIモチパパ支所（南部州）	4	2
チョマ郡農業局		2
合計	37	

出典：JICA調査団作成

※内5台は、再委託先であるUNZAに貸与。

(5) 事業実施体制

事業実施体制図は以下の通り



出典：JICA調査団作成

図 2-2 実施体制図

提案企業は事業実施主体として、相手国実施機関であるZARIと協力して事業を実施する。栽培試験（ポット試験）はUNZAに再委託して実施する。各対象地域での栽培試験、ワークショップに関しては、対象州のZARI、対象州農業局、対象郡農業局、対象地域のキャンプオフィサーと協力して実施していく。

事業全体の運営に関する連絡調整のほか、土壌分析、施肥設計、栽培指導等の補佐を行う想定で、本事業開始時に、UNZA農業科学部土壌科学科の卒業生であり、現地の土壌分析・栽培指導専門家（ザンビア人）に再委託を行った。しかし、プロジェクトが期待していた業務内容と当人の希望に食い違いが生じ、早い段階で辞職した。その後、代わりとなる専門家を探したが、適当な人物が見つからなかった。そのため、ルサカ在住の日本人を現地備人として備上し、日本からの指示に基づき、情報収集やプロジェクト運営の支援をしてもらうこととした。

提案企業とZARI、再委託先であるUNZA及び土壌分析・栽培指導専門家、現地備人の役割分担は以下の通り。

表 2-7 事業における役割分担

業務担当機関/者	役割分担
提案企業	事業の統括、監督
ZARI	相手国実施機関。現地での全体管理
UNZA	栽培試験の再委託先。ルサカにおける栽培試験場の提供、専門的見地からの指導・助言
土壌分析・栽培指導専門家 (2016年7月まで)	提案企業の技術にかかるZARIへの技術指導、連絡調整業務等を再委託
現地傭人 (2017年9月から)	現地業務調整、鶏糞化成混合肥料の製造・配布の監督、農業展示会への出展支援等

出典：JICA調査団作成

また、全国ワークショップも上記の関係者が協力して行う。その役割分担は以下の通り。

表 2-8 全国ワークショップにおける役割分担

業務担当機関/者	役割分担
提案企業	実施主体
ZARI	全体運営
UNZA	開催準備、デモンストレーション及び技術的な解説
土壌分析・栽培指導専門家/ 現地傭人	開催準備、技術説明補助、デモンストレーション助手

出典：JICA調査団作成

ZARI、UNZA及び各対象地域の担当部署は以下の通り。

表 2-9 ZARI、UNZA及び各対象地域担当部署リスト

州	郡/組織	肩書	担当部署
ルサカ州	ZARI	Senior Agricultural Research Officer of Soil Physics	中央研究所
	UNZA	Head of Department	農学部土壌科学部
ルアプラ州	マンサ郡	Program Officer (PO)	マンサ支所
	チェンベ郡	District Agricultural Coordinator	チェンベ郡農業調整事務所
中央州	カブウェ郡	Program Officer (PO)	カブウェ支所
	ムクシ郡	District Agriculture Coordination Officer (DACO)	ムクシ郡農業調整事務所
南部州	チョマ郡	Senior Agriculture Research Officer (SARO)	モチパパ支所

出典：JICA調査団作成

(6)事業実施国政府機関の概要

①組織の正式名称

- ・和文 農業省農業研究所
- ・英文 Zambia Agriculture Research Institute (ZARI)

②所在地

Private Bag 7 Chilanga, Lusaka Province

③設立年

1953年（ZARIの前身組織）

④組織の目的

自然資源を保ちつつ、家庭の食料安全保障を向上させ、農家や農業企業に公平な収入機会を増やす技術や知識を提供することで、ザンビアの人々の福祉に貢献することを組織の使命として掲げている²⁴。

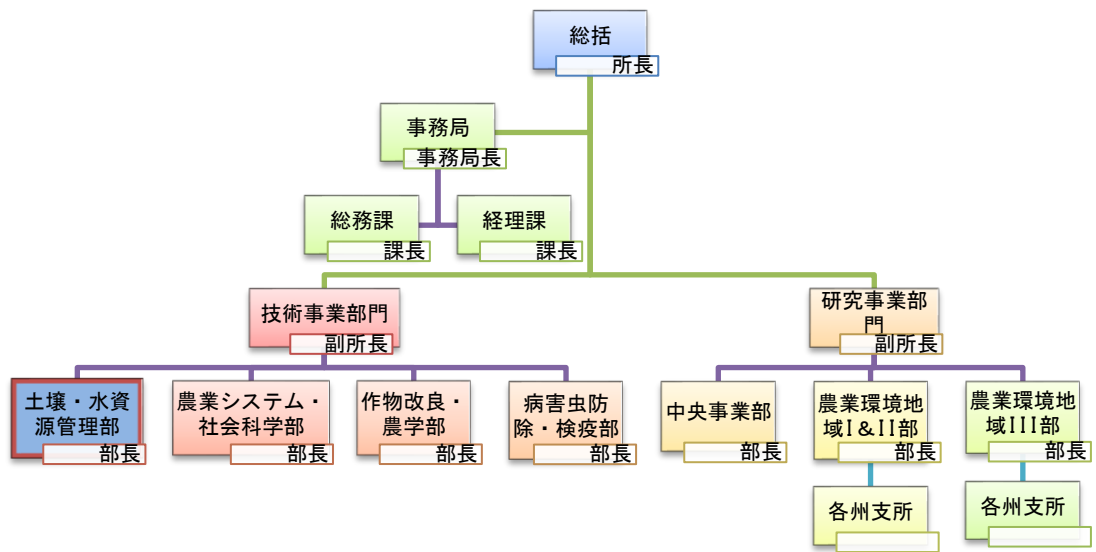
⑤機関基礎情報

ZARIは農業省の組織の一つ。ザンビアにおける最大の農業研究機関で10の研究所(支所)がルサカ州の中央研究所の下で運営されている。土壌分析の他、農業技術及び経営全般の研究を担っている。スタッフ数は670人で、うち研究者は250人である(2019年6月現在)。

2018年度のZARIの年間予算は19,456,500ZMW(約1億8,000万円)である。さらにそれぞれの研究室、研究者がさまざまなドナーと共同研究、共同事業を行い、資金提供を受けている。

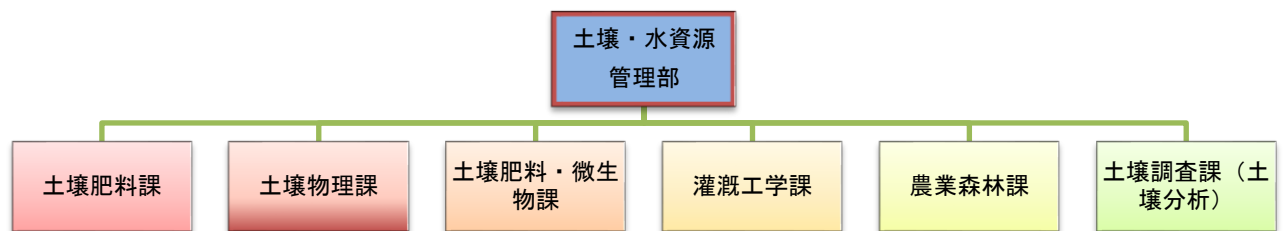
本事業の担当部署は土壌・水資源管理部である。事業の窓口は土壌物理課で、土壌肥料課、土壌肥料・微生物課、土壌調査課と協力しながら進める。特に土壌分析は土壌調査課と連携して進める。

²⁴ http://www.agriculture.gov.zm/?page_id=4821



出典：ZARI

図 2-3 ZARI組織図



※図 2-3 ZARI 組織図図 2-1 作業工程計画・実績の左下にある「土壤・水資源管理部」の詳細組織

出典：ZARI

図 2-4 ZARIの土壤・水資源管理部組織図

3. 普及・実証事業の実績

(1)活動項目毎の結果

①活動結果 1. 土壌分析・施肥設計に関する検証

活動1-1. ザンビアにおける土壌分析・施肥設計の現状把握

ザンビアにおける土壌分析は、ZARI中央研究所と、UNZAの土壌分析研究室、漁業畜産省の分析ラボ、ZABS（ザンビア基準局）の分析ラボでしか行われていない。肥料メーカーでも自前の分析ラボを持つところはForestocol社のみで、ZARIやUNZAもしくは南アフリカに分析を依頼している。老朽化した機械も多く、機械が故障すると長期にわたって分析サービスが滞る事態となっている。

ザンビアにおける土壌分析サービスの問題点は以下の通り。

ア) 所要時間が長い

地方の農家は、サンプルをZARI中央研究所まで送付する必要があり、また、植え付けが始まる雨期前には依頼サンプルが殺到することもあり、送付からデータの受け取りまでに、1ヶ月以上を要する場合が多い。

また、分析の手法は1要素ずつ50-100サンプルを一度に行うため、1日で分析可能なのは2要素ずつであり、本小型土壌分析器と同様の10要素（pH含む）のデータを得るのに5営業日（1週間）かかっている。

イ) サービスが不安定（分析機器類が老朽化し、バックアップ体制がない）

ZARIの土壌分析機械は老朽化しており、メンテナンス状態もよくない。予備機械がないことから、1つの機械が壊れるとその要素の分析が長期間分析不可能となる場合がある。

ウ) 土壌分析サービス価格が高い

ZARIやUNZAでは、大農場、国際機関、研究機関、種子メーカー、肥料メーカーなど向けに有償で土壌分析サービスを提供している（表 3-1）。しかし、時に肥料を購入する資金も十分ではない小規模農家にとってその価格は高く、ZARIやUNZAに土壌分析を依頼するケースは多くはない（ZARIへのヒアリングによる）。なお、ZARIにおいては、土壌分析サービスの売上で試薬や消耗品購入のコストが賄えておらず、値上げを検討しているとのことだった。

表 3-1 ZARI・UNZA の土壌分析価格

単位：ZMW

分析項目	ZARI	UNZA
Ca	25.5	25
Mg	25.5	25
K	25.5	25
Na	25.5	25
Fe	-	25

Mn	-	25
可給態リン酸	19.5	45
全窒素	55.0	75
アンモニア態窒素 (NH ₄ -N)	-	55
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)	-	55
土壌有機物	45.0	55
pH (CaCl ₂)	8.5	20
pH (H ₂ O)	8.5	10
pH (KCl)	8.5	-
取扱手数料	10.0	-

出典：ZARI、UNZAへのヒアリングを基にJICA調査団作成

エ) 施肥設計が属人的

施肥設計業務がマニュアル化されていないため体系だった施肥設計の仕組みがなく、担当者によって知識レベルも異なるため、施肥設計が属人的になっている。

活動1-2. 小型土壌分析器の製造・輸送・配置

小型土壌分析器の試薬は、飛行機便で2016年3月31日に日本から発送した。2016年4月2日に現地に到着し、2016年4月6日までに通関手続きを終えた。試薬を航空便にした理由は、化学物質の輸出手続き、安全性を考えてのことである。

小型土壌分析器の本体は、船便で名古屋港2016年6月24日を出港し、2016年8月20日ルサカに現地に到着した。

付属のPCは現地調査時（2016年4月、7月、9月、10月）に分けて、手荷物で持ち込んだ。当初、船便で混載することを考えたが、PC販売店から、航空便の方が安全性が高いという強い勧めがあったため、調査団の渡航時に手荷物として持ち込んだ。

2016年10月までに以下の表の通り、ZARI中央研究所他、対象州のZARI支所等への配置を完了した。雨期の始まり（農作物の作付時期）直前の配置だったため、広く農家が土壌分析を依頼することはなかったが、各ZARI支所、郡農業局では研修を兼ねた土壌分析を実施した。

表 3-2 小型土壌分析器の配置場所と配置日

設置場所（施設名）	台数計	台数内訳	配置日
ZARI中央研究所（ルサカ州）	25	15	2016/9/23
UNZA※		5※	2016/10/21
提案企業事務所		5	2016/9/23
ZARIマンサ支所（ルアプラ州）	4	2	2016/10/11
チェンベ郡農業局		2	2016/10/12
ZARIカブウェ支所（中央州）	4	2	2016/10/5

ムクシ郡農業局		2	2016/10/4
ZARIモチパパ支所（南部州）	4	2	2016/9/28
チョマ郡農業局		2	2016/9/28
合計	37		

出典：JICA調査団作成

※5台分は、ZARI中央研究所から再委託先であるUNZAに貸与。

活動1-3. 土壌分析・施肥設計ワークショップの開催

土壌分析・施肥設計の理解促進・技術習得を目指し、ZARI所員、UNZA研究者、対象州農業局員、農家等を対象に、各種ワークショップ、及びセミナーを開催した（表 3-3）。ワークショップでは、参加者に実技を含めたトレーニングを実施して技術を習得させ、周辺農家に対して土壌分析・施肥設計サービスを提供するレベルを目指した。

このほか、表 3-20に示した普及セミナー（農業・商業ショーやフィールドデイ等）でも土壌分析や施肥設計のデモンストレーションを実施し、これらのサービス及び技術に対する理解促進に努めた。

表 3-3 土壌分析・施肥設計ワークショップ一覧

No.	名称	場所	開催日	参加者 / 来場者
1	導入ワークショップ (キックオフミーティング)	ZARI中央研究所	2016年4月7日	8人 (ZARI4名、UNZA4名)
2	土壌分析ワークショップ	ZARI中央研究所	2016年10月1日	10人 (ZARI10人)
3	土壌分析・施肥設計全国ワークショップ	ZARI中央研究所	2016年10月17日-19日	30人 (ZARI15人、対象州農業局5人、農業資材メーカー・商社・農家等10人)
4	土壌分析・施肥設計ワークショップ	対象地域のZARI支所	2016年12月-2017年1月	各州5名 (州農業局、郡農業局の土壌科学専門普及員)
5	土壌分析・施肥設計ワークショップ	ZARI中央研究所	2017年10月23日	18人 (ZARI18人)
6	土壌分析・施肥設計ワークショップ	日本 (本邦受入活動時)	2018年7月20日	3人 (ZARI3人)

出典：JICA調査団作成

表 3-3の土壌分析・施肥設計全国ワークショップは当初、2016年8月の農業・商業ショーの前に行う予定であった。しかし、輸送手続きの遅れ等により、土壌分析器の到着が8月中旬となったことに加え、8月には大統領選挙があり、安全管理の上から、8月中の開催が困難となった。そこで大統領選挙の社会情勢を判断した上で、10月17日-19日に開催した。

全国ワークショップの前段階として、2016年10月1日にZARI中央研究所で同研究所の研

究者向けに、土壌分析の基礎理論の習得を目的に講義・実技を含む土壌分析ワークショップを開催した。ZARI本部から5名、全ZARI地方支所から1名ずつ、合計15名が参加した。土壌分析業務に従事している研究者が大半だったため、参加者の理解度は高かった。

2016年10月17-19日にZARI中央研究所で、土壌分析と施肥設計の実技習得を目的に全国ワークショップを開催した。初日の10月17日には鶏糞化成混合肥料を活用した多収技術についての講義と優良事例の発表を行った。詳細は添付資料4「先行事業における優良事例」参照。18日には土壌分析、19日には施肥設計の実技ワークショップを行った。同ワークショップには、対象州ZARI支所の専門家及び各対象州農業局の普及担当のみでなく、農家リーダー、肥料メーカーや日系大手商社等の民間セクターからも参加者がおり、全参加者は30人であった。提案企業の小型土壌分析器や土壌分析方法については、持ち運びや操作が容易であり結果が分かり易い点に参加者の関心が高く、ワークショップの理解度は高かった。なお、後日、日系大手商社からは小型分析器の見積依頼があった。また、ZARI専門家や各対象州農業局の普及担当については、同レクチャー及びワークショップの理解が想定以上に早く、自ら施肥設計・土壌分析が可能なレベルとなった。

対象地域のZARI支所での土壌分析及び施肥設計のワークショップは別途、2016年12月-2017年1月にかけてZARI中央研究所及び対象州ZARI支所の土壌科学専門家が講師となって、州農業局、郡農業局の土壌科学専門普及員に土壌分析・施肥設計の講義及び実技の講習を各2日かけて行い、1州当たり5人程度の土壌分析技術者を養成した。参加者は普段農家への栽培指導を行っている者が大半であったため、土壌分析・施肥設計に対する理解度は高く、十分に実務を行えるレベルとなった。

2017年10月23日には、ZARI中央研究所の技術者及びインターン等計20人を対象に、フォローアップの土壌分析・施肥設計ワークショップを行った。参加者はいずれも土壌分析の基礎知識や業務経験があったため、土壌分析・施肥設計の実技も問題なく、今後は独力で土壌分析・施肥設計を実施することが可能と思われる。

当初計画では、全国ワークショップを3回実施する予定だったが、2016年10月の第1回全国ワークショップ、2016年12月-2017年1月にかけての対象地域のZARI支所での土壌分析及び施肥設計のワークショップ、及び2017年10月のZARI中央研究所におけるワークショップにより、参加者は皆、土壌分析・施肥設計の実技を正しい手順で実施するレベルに達したため、実施済みのワークショップにより、ZARI技術者、及び各州農業局の普及担当者の理解度、及び技術レベルは十分高まったと判断した。

活動1-4. 相手国実施機関によるOJT方式での農家レベルの土壌分析・施肥設計の実施及び検証

本事業で供与した小型土壌分析器について、以下のような利点を確認、及び実証した。

ア) 短時間で、主な土壌分析要素9つを分析することが可能である＝効率性が高い

ZARIが従来施用している大型の土壌分析器では1つのサンプルの結果が出るまでに1日を要することもあるが、本土壌分析器では、ZARIにおいても1器5サンプルを1時間程で分析可能であることが検証された。同分析を6人で作業すれば、準備や洗浄時

間も含め、午前と午後、各3回転で1日6回転と考えると、1日180サンプルの分析が可能である。

イ) 故障が少なく、旧来機器のバックアップとなる

本小型土壌分析器は故障が少ない。各支所に複数台設置したので、仮に1台が故障した際にも、2台目、3台目の機材を使うことで分析サービス提供には支障が生じない。

ウ) 安価な土壌分析サービスの提供が可能である

農家に対しても単要素だけではなく、9成分及びpH（酸度）の総合的な分析サービスを安価に提供することが可能となる。ZARI、及びUNZAの土壌分析価格は表 3-1に記載の通りで、小型土壌分析器と同じ項目を計測した場合の土壌分析サービス料は300ZMW（約2,777円）にも上る。

エ) 各対象州ZARI支所で土壌分析が可能となった

本事業による小型土壌分析器の配備により、各対象州ZARI支所においても土壌分析が可能となった。これまでのようにZARI中央研究所にサンプルを送付して分析する必要がないため、迅速な分析サービスが可能となった。

同小型土壌分析器を使用したZARIによる土壌分析サービス、及び課金システムについては、サービスの継続可能性を確認するために実証試験を行う予定であった。しかし、試薬の輸入コストに基づく価格シミュレーションは行ったが、ZARI内部のサービス提供準備が整わなかったため本事業期間中における実施は見送り、ZARIとの意見交換を踏まえ、提案企業からZARIへの提言のみ実施した。

課金システムに関する提言の柱は以下の通りである。

- ✓ 試薬コストについては各対象州ZARI単独で負担するのではなく、実績のあるZARI中央研究所で一括して試薬を購入、及び管理する。これにより、サービス量の少ない地域でも、継続して土壌分析サービスを実施することが可能となる。
- ✓ 各対象州ZARI支所は徴収した土壌分析サービス料を、ZARI中央研究所の口座に振り込む。ZARI中央研究所は自らの責任の下で試薬を購入し、各対象州ZARI支所に供給する体制をとる。

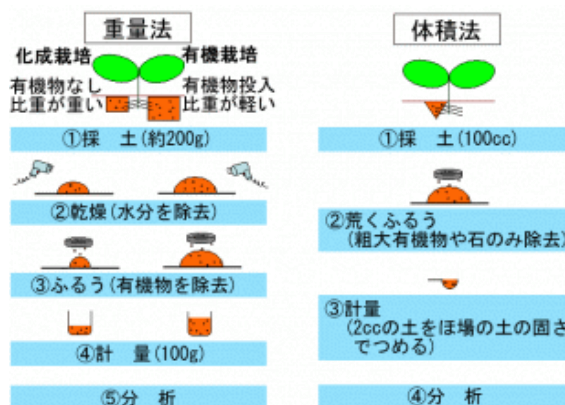
オ) 施肥設計ソフトを用いることにより、CEC（塩基置換容量－肥料の保持能力）を含め、ZARI所員による施肥設計の実施が可能となった

活動1-3の施肥設計のワークショップを行った結果、ワークショップに参加したZARI中央研究所及び支所の土壌科学専門家、各州農業局の普及担当は、PC上で施肥設計ソフトを使用できるようになった。2018年7月に実施した本邦受入活動においても、ZARI所員3名に施肥設計や施肥設計に基づく農業経営について研修を行い、更なる理解向上を図った。

小型土壌分析器について以上のような利点を確認された一方で、提案企業の小型土壌分析器のリン酸とカルシウムの検出限界が高すぎるという問題点がZARIから提起された。日本において、実務的にはリン酸とカルシウムの低い範囲の分析は意味を成さないが、土中のリン酸とカルシウムの値が日本よりはるかに低いザンビアにおいて、ZARIは提案企業の10分の1の範囲まで計測してデータを提供している。

技術的にはデジタル分析器の検出範囲を変更することは可能だが、作物の育ちには影響しないレベルであり、それによって施肥設計が変わることもないため、変更対応はしないこととした。

更に、ZARIが提案企業の小型土壌分析器で土壌分析を行うにつれ、土壌分析手法に関し、ZARIが採用している「重量法」と提案企業が採用している「体積法」の考え方が大きく異なることも判明した。



出典：JICA調査団作成

図 3-1 土壌分析方法の違い

「重量法」とは、乾燥させた田畑の土（乾土）100gに何mgの肥料があるかを計測する方法である。土の採取方法としては、ある地点での土を採取して土を振るいにかけて、水を飛ばして乾燥させた土100g当たりの肥料成分を測る。

これに対して「体積法」は、田畑の土100ccに何mgの肥料があるか、という計測方法である。土の採取は、一定の体積の土を採取して、その土に含まれている肥料成分を計測する。

「重量法」は土を分析にかける前に振るいにかけるため、振るう前と振るった後では気相（土壌空気）が大きく変化する。同方法でも、土の採取の段階で土の気相を含んだ比重を計測すれば正確な数値が期待可能だが、ZARIではそういった手順は採用していない。

実際の土の比重というのは、土本来の重さと腐植の重さ、水の重さ、及び気相によって決定されるが、これを「重量法」のように、土を振るってしまえば、気相の部分は勘案されなくなる。気相が増せば増す程土は軽くなるため、「重量法」による分析値のずれは大きくなる。土が腐植を含み、団粒構造が発達して軽くなるほど、一定重量の土を集めるのには多くの体積の土が必要になる。体積が増せば増す程肥料は多く含まれるので、必然的に土壌分析の値は高くなる。分析値の高いデータを元に施肥設計をしたのでは、肥料の施用量は実勢に必要な量より少量となる。

植物の根は、根の周囲にどの程度の濃度の肥料があるかで、過剰症が出ることも欠乏症が出ることもある。つまり、根が接触している土の体積に含まれる肥料の量が重要であり、根の張っている空間を丸ごととらえる「体積法」に基づく土壌分析が妥当であると提案企業はZARIに重ねて説明してきたが、ZARIはこれまで「重量法」のみで土壌分析を実施しており、これまで蓄積してきた土壌分析データも重量法に基づくものであったため、理解さ

れるのに長い時間を要した。

ZARIは大規模農家や国際機関、研究機関等向けには従来の重量法での土壌分析サービスは継続しつつ、小規模農家等向けの実務的な土壌分析サービスについては提案企業の小型分析器及び施肥設計ソフトを機動的に活用するということでZARIの合意を得た(2018年6月)。

全国及び各対象州におけるワークショップ実施の結果、ZARI中央研究所及び各対象州においては、州レベルで土壌分析サービス及び施肥設計サービスを提供することが可能となった。土壌分析・施肥設計サービスはZARIの決済が下りれば2019年にもスタートする予定である。

②活動結果2. 鶏糞化成混合肥料を使用した栽培試験

活動2-1. 栽培試験対象農家の選定

【2016/2017年度】

鶏糞化成混合肥料20tを試作し、栽培試験対象農家及びZARIの栽培試験のために配布を行った。2016年12月中に播種、作付けを終えた。

2016年7月-9月にかけて、栽培試験対象農家86軒の選定を行った(表 3-4)。主な選定条件は、栽培試験の実施のために十分な面積の農地を保有していること、一定の資金力があること、及び本調査への協力姿勢があることであり、これら条件を基に地方ZARIが選定を行った。全農家がトウモロコシを栽培し、うち一部の農家が大豆、及び米の栽培を行ったため、表中の農家軒数には重複がある。

表 3-4 栽培試験参加農家 (2016/2017年度)

州	郡	トウモロコシ	大豆	米	インゲン豆
ルアプラ	チェンベ	32	2	10	0
	マンサ	5	2	0	0
中央	ムクシ	12	1	0	0
	カブウェ	10	0	0	0
南部	チョマ	27	1	0	0
合計		86	6	10	0

出典：JICA調査団作成

栽培試験対象農家の詳細は添付資料1：「肥料配布農家リスト(2016/2017年度)」参照。

トウモロコシ栽培実証試験農家は全体で86人、86ha分である。中央州では22人22ha、ルアプラ州では37人、37ha、南部州では27人27haの栽培試験を実施した。

大豆は6人の対象農家で計6ha、米は1人0.5haずつ10人で計5haでルアプラ州のみで実施した。

【2017/2018年度】

2017年8月-10月にかけて、栽培試験対象農家の選定を行った。選定条件は前年度と同様

である。添付資料2：「肥料配布農家リスト（2017/2018年度）」参照。

ZARIを通して合計90人の農家を選定し、対象面積は全て1haとした。内訳は表3-5の通り。前年度とは違い、1農家1作物とし、表中の農家軒数には重複がない。

表 3-5 栽培試験参加農家（2017/2018年度）

州	郡	トウモロコシ	大豆	米	インゲン豆
ルアプラ	チェンベ	5	0	10	0
	マンサ	11	0	4	0
中央	ムクシ	8	7	0	0
	カブウェ	10	5	0	0
南部	チョマ	16	0	0	14
合計		50	12	14	14

出典：JICA調査団作成

活動2-2. 鶏糞化成混合肥料の製造・輸送

【2016年/2017年度】

・肥料製造機材の輸出

シーラーは、鶏糞、土壌分析器と混載し、名古屋港を2016年6月23日に出港した。同年8月20日に通関手続きを完了し、ZARI中央研究所に到着した。

ミキサー、造粒機、ベルトコンベアーは、2016年6月27日に中国の青島港を出港し、同年8月23日にZARI中央研究所に到着した。

・肥料の原料輸出

本年度の原材料のうち、鶏糞は、名古屋港を6月23日に出港した。同年8月20日に通関手続きを完了し、ZARI中央研究所に到着した。

化成肥料は、中国の青島港を2016年8月23日に出港した。同年10月15日にルサカに到着予定であったが到着が遅れ、27日に到着した。

・肥料製造機械の設置

肥料製造機械の設置については第2回現地渡航時の2016年10月15日から、同機材設置に関するZARIとの協議及び設置を開始した。設置場所については事前に確認していたが、工場として稼働するためには配電工事や盗難防止の設備が完全ではなく、工事が必要であることが判明した。また、安全かつ効率的に機械を稼働させるために、コンベアーの角度調整や台座の設置が必要となった。そのため、機械のことをよく知る提案企業が主体となって資材を購入し、電気工事、内壁・ドア設置工事、及び機械設置工事を行った。このため、予定していた設置日（同年10月25日）から約10日遅れの同年11月5日に設置を完了した。

・鶏糞化成混合肥料の製造

鶏糞化成混合肥料の試作を、2016年11月5日からZARI本部敷地内の建屋にて、調査団が中心になり、ZARIスタッフの協力を得て行った。当初、水分調整について試行錯誤が続いた。2016年11月14日まで試作を行った後、本格的な生産に入った。最終的には、肥料製造機械を1日16時間稼働させることで、25kg袋で150袋(3.75t)の生産が可能になった。肥料成分については、ザンビアの標準基肥となっているDコンパウンドと同等(N:P:K=10:20:10)のものを26,100kg(26.1t)製造した。肥料製造の詳細は下表参照。

表 3-6 2016/2017年度の肥料製造（日本産鶏糞使用）

単位：kg

原材料	受入	使用	在庫	ロス	生産
日本産鶏糞	13,920	13,920	0	2,015	11,906
DAP	14,400	9,350	5,050	376	8,975
カリウム	7,200	4,046	3,154	131	3,915
尿素	2,400	1,450	950	145	1,305
合計	37,920	28,766	9,154	2,666	26,100

出典：JICA調査団作成

・鶏糞化成混合肥料の輸送

ルアブラ州（チェンベ郡・マンサ郡）と中央州（ムクシ郡、カブウェ郡）は、同じ北部国道沿いにあるので、一括して運送を行った。

表 3-7 30tトレーラーの運賃

(単位：ZMW)

区間（片道）	運賃	運賃/t	運賃/50kg
ルサカ→チェンベ	17,000	566.7	28.33
ルサカ→ムクシ（チョマ）	9,000	300.0	15.00
ルサカ→カブウェ	7,000	233.3	11.67

出典：JICA調査団作成

表 3-7に示した運賃（片道）は小規模運送業者のものである。複数見積もりを取ったが、ほぼ同程度であった。

長距離輸送の特徴は以下の通り。

- A) 予約は前日でも可能である。
- B) 当日にキャンセルしてもキャンセル料は発生しない。
- C) 運賃は片道、ガソリン代込。
- D) 往復での利用は半額から7割程度の料金となるが、幅がある。
- E) パンク、タイヤ交換等のトラブルにより到着時間が大幅に遅れた。運送会社と契約

締結後にタイヤ交換を行ったが、タイヤは通常中古を使用するため、常にパンクの危険がある。

- F) オーナーが十分なガソリン代を運転手に預託しないまま運送トレーラーが出発し、途中でガソリン代がなくなり、トレーラーが止まるがあった。

・鶏糞化成混合肥料の配布

鶏糞化成混合肥料の配布は2016年11月18日から実施し、12月2日に終了した。配布先と配布量は添付資料1：「肥料配布農家リスト（2016年/2017年度）」の通り。

【2017年/2018年度】

・肥料の原料輸出

1作目に農家への肥料配布と栽培試験を実施する中で、農家側が準備する現地産ドロマイトについて、当初想定していたよりもマグネシウム成分が低いことが判明した。そのため、追加で施用するためのマグネシウム資材2種（硫酸マグネシウム及び水酸化マグネシウム）を新たに追加して日本産鶏糞と併せて日本から輸送した。なお、硫酸マグネシウムは即効性で追肥用、水酸化マグネシウムは緩効性で基肥用の資材として主に使用される。

マグネシウム資材及び日本産鶏糞を載せたコンテナは2017年8月2日に名古屋港を出港し、9月27日にZARIに到着した。化成肥料は、8月23日に中国の青島港を出港し、10月27日にZARI中央研究所に到着した。

また、当初計画では鶏糞化成混合肥料の原料としては、日本産鶏糞のみを使用する予定であったが、一部ザンビア産鶏糞を用いて製造を行った。C/Pからザンビア産の原料を使用した肥料製造・栽培試験の実施に対する強い要望があったことと、現地調査を進めるにつれ、現地である程度まとまった量の鶏糞が入手できる可能性が確認されたためである。

日本産鶏糞とザンビア産鶏糞の成分比較は下表の通りである。ザンビア産鶏糞は窒素、リン酸の含有量がやや低い、原料として十分使用可能だと判断した。

表 3-8 日本産鶏糞とザンビア産鶏糞の成分比較

成分	日本産鶏糞	ザンビア産鶏糞
窒素全量 (N)	3.9%	1.65-2.81%
リン酸全量 (P205)	4.3%	2.15-3.85%
カリ全量 (K20)	2.2%	4.22-5.67%
石灰全量 (Ca0)	10.3%	9.46-10.96%
苦土全量 (Mg0)	1.4%	2.97-3.61%
炭素窒素 (C/N) 比	5	4.61-10.58

出典：日本産鶏糞はJICA調査団、ザンビア産鶏糞はColchi Farm調べ

・鶏糞化成混合肥料の製造

前年度の在庫に新たに受け入れた原材料を加えて鶏糞化成混合肥料の製造を行った。

ザンビア産鶏糞を使ったものは10,500kg (10.5t)、日本産鶏糞を使ったものは20,150kg (20.15t) 製造した。ザンビア産鶏糞は、ルサカ市内の大手養鶏業者であるColchi Farm社の発酵鶏糞を使用した。

表 3-9 2017/2018年度の肥料製造 (ザンビア産鶏糞使用)

単位：kg

原材料	前年在庫	受入	使用	在庫	ロス	生産
ザンビア産鶏糞	0	6,000	5,500	500	1,300	4,200
DAP	5,050	0	4,200	850	0	4,200
カリウム	3,154	0	1,653	1,501	78	1,575
尿素	950	0	550	400	25	525
合計	9,154	6,000	11,903	3,251	1,403	10,500

出典：JICA調査団作成

表 3-10 2017/2018年度の肥料製造 (日本産鶏糞使用)

単位：kg

原材料	前年在庫	受入	使用	在庫	ロス	生産
日本産鶏糞	0	10,800	10,000	800	1,336	8,665
DAP	850	6,850	7,700	0	245	7,456
カリウム	1,501	1,700	3,101	100	79	3,023
尿素	400	650	1,050	0	43	1,008
合計	2,751	20,000	21,851	900	1,701	20,150

出典：JICA調査団作成

・鶏糞化成混合肥料の輸送

鶏糞化成混合肥料の輸送は、ルアプラ州と中央州へは30tトレーラー、南部州へは20tトラックを使用した。

各地のZARIや農業省事務所、中心農家へ荷下ろしし、農家までは2t、4tトラック等を使用して配送、または農家引き取りとした。

表 3-11 陸送運賃一覧 (通貨単位ZMW)

輸送車両	区間 (片道)	運賃	運賃/t	運賃/50kg
30tトレーラー	ルサカ→チェンベ(マンサ経由)	20,000	666.66	33.33
	ルサカ→カブウェ・ムクシ	7,000	233.33	11.66
	ムクシ→マンサ	11,000	366.66	18.33
20tトラック	ルサカ→チョマ	7,000	350	17.5

出典：JICA調査団作成

・鶏糞化成混合肥料の配布

農家90軒への鶏糞化成混合肥料の配布は2017年11月28日から実施し、12月20日に終了した。配布先は添付資料2：「肥料配布農家リスト（2017年/2018年度）」の通り。

活動2-3. 対象農家に対する土壌分析・施肥設計

・土壌分析

2016年9月-10月にかけて、実証実験対象農家の圃場の土壌サンプリングを採取し、合わせて分析を行った。分析結果は、添付資料3「実証実験対象農家土壌分析結果」参照。

ルアプラ州は、場所によっては微量元素を含んだところがあり、Lukolaキャンプは鉄、マンガンを含有した土壌が散見される。また、場所によってアンモニア態窒素(NH₄-N)の残留が見受けられ、根ぐされや病害罹患要因となることが懸念される。

中央州ムクシ郡は、Nsongaキャンプ以外は、殆どの箇所でリン酸が欠乏状態にある。中央州カブウェ郡は、典型的なリン酸過剰、カリ&カルシウム、微量元素欠乏土壌だが、アンモニア態窒素(NH₄-N)が他エリアと比べて殆ど見受けられなかった。

南部州チョマのMapanzaキャンプはリン酸や微量元素が欠乏状態になっている。また、他の州では殆どがカルシウム(Ca)欠乏なのに対し、ある程度の含有残留傾向になっている。ルアプラ州同様に、幾つかの箇所でアンモニア態窒素(NH₄-N)の残留が見受けられた。

なお、ザンビアの広範囲で、土壌に含まれるアルミニウムと化成肥料のリン酸が結合し植物に吸収されないという現象が観察されるため、土壌分析によりリン酸が検出されたとしても、植物体に有効活用されるとは限らないことには留意する必要がある。

・施肥設計

本事業では、小型土壌分析器とセットで提供した施肥設計ソフトを使用し、ZARIの技術者と共に施肥設計を行った。一方で、当初計画していた施肥設計に応じた施肥は結果として行わなかった。理由としては、施肥栽培試験はザンビア土壌の問題点と思われるリン酸の吸収阻害（ザンビアで一般的に使用されている化成肥料のDコンパウンドでは、土壌に含まれるアルミニウムと化成肥料のリン酸が結合し植物に吸収されないという現象）を鶏糞により抑制可能かどうかを確認する事が主目的の一つだったことと、本事業の対象とした小規模農家の農地ではいずれも肥料成分が欠乏状態にあり、施肥量を減らす必要性がなかったためである。また、栽培試験の実施にあたってはZARIの協力が不可欠であったが、農家ごとに施肥設計を変更することは現場の混乱を招くため、一律の施肥にして欲しいとの要望があったこともある。さらに、農家に対しては、ZARIやPACO/DACOの農業指導員から、200kg/haの化学肥料を施肥することが指導されており、それを変更することに対して農家の心理的なハードルも高かった。

活動2-6に記載のある通り、栽培試験においては、鶏糞化成混合肥料を施肥した試験区5。「ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素」は、同じ条件下でDコンパウンドを施肥した試験区4。「ドロマイト+Dコンパウンド+尿素」に比べ、トウモロコシで28%、大豆で74%の増収効果があり、Dコンパウンドと比較して鶏糞化成混合肥料に優位性（増収効果）があることが確認された。増収の要因としては、鶏糞化成混合肥料によるリン酸の吸収阻害の抑制効果があることが推察された。（試験区No.については、表3-11参照。）

また、1作目は地域によっては干ばつの被害があった。ザンビアにおいては干ばつ環境にも対応した設計が必要であり、同環境を克服するためにある種の微生物の利用が有効であると考え、2作目の施肥設計には干ばつ耐性がつく微生物²⁵の添加を行った（N・P・K等の成分は変更なし）。干ばつ被害が深刻であった南部州チョマ郡では、Dコンパウンドを使用した圃場が1.4t/haのトウモロコシ収量だったのに対し、鶏糞化成混合肥料を使用した圃場では2t/haの収量（約43%増）が確保できており（活動2-6参照）、微生物による干ばつ耐性の効果があると推察された（写真）。



写真 耐干ばつ性微生物を含んだ鶏糞化成混合肥料使用（左）とDコンパウンド使用（右）

さらに対象地域の土壌分析の結果から、実務的には分析項目の絞り込みができることがわかった。つまり、分析項目として元々想定していた9項目から5項目（P205（可給態リン酸）、K20（加里）、CaO（石灰）、MgO（苦土）、pH（酸度））に絞れることがわかった。窒素、鉄、マンガン、塩分についてはザンビアの土壌にほとんど含まれておらず、分析しても意味がないと判断したためである。

活動2-4. 対象農家に対する鶏糞化成混合肥料の提供

活動2-5にまとめて記載する。

活動2-5. 対象農家における栽培試験の実施

本事業では、2016/2017年度と2017/2018年度の2シーズンにおいて主に2種類の栽培試

²⁵ 乳酸菌の一種で、有機物を分解して酢酸を作り出す。植物の根は酢酸にさらされると干ばつ耐性が強まることが理化学研究所などの研究で明らかになっている。参考情報「植物に酢酸を与えると乾燥に強くなるメカニズムを発見」（2017年6月27日理化学研究所発表）

験を実施した。一つは、ZARI中央研究所、支所、及び対象農家の圃場におけるZARI監督の下での栽培試験（トウモロコシ、米、大豆、及びインゲン豆）であり、もう一つはUNZAの監督・実施による温室ポット栽培試験（トウモロコシ）である。ZARIとUNZA、2者の監督の下での栽培試験とした理由は、各組織における栽培結果の偏りを排して中立なデータを取得するためである。なお、当初計画では、UNZAはZARI同様、ルサカ市内の試験圃場で露地での栽培試験を行う計画であったが、活動2-6で後述の通り、2016/2017年度の播種時期にルサカで深刻な雨不足が続いたため露地での栽培試験を実施することが困難となり、代替案として2017/2018年度に温室を使ったポット栽培試験を実施した。

栽培試験の目的は、鶏糞化成混合肥料とDコンパウンドの効果（主に単収）を比較するためである。ザンビアで一般的に使用されているDコンパウンドでは、土壤に含まれるアルミニウムと肥料内のリン酸が結合し植物に吸収され難いという現象があるが、鶏糞化成混合肥料に切り替えることによりその状況が緩和され、収量が増加するという仮説を検証するために栽培試験を実施した。

栽培試験に参加した各農家では1haの畑で鶏糞化成混合肥料を施用したほか、ZARIの監督の下、同1haの中に計26.5×10mの5試験区を設定して栽培した（表 3-12）。栽培試験結果はZARIの協力の下取りまとめた（活動2-6参照）。なお、同1haのうち5試験区以外の圃場については、試験区T5と同等の条件の下で栽培し、同圃場分の栽培結果はT5の栽培結果から分析することとした（同圃場分における収量調査は実施しないこととした）。理由としては、約1haの圃場の収量調査には多大な手間とコストがかかり、無償協力する対象農家に大きな負担となることを避けるためであった。

表 3-12 農家栽培試験の試験区

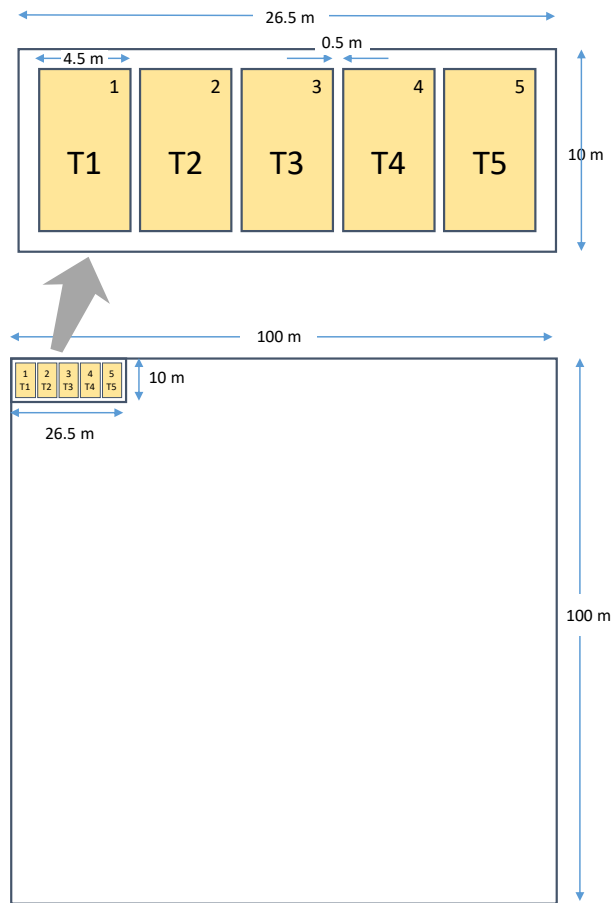
No.	作付前	基肥		追肥
	ドロマイト (400kg/ha)	鶏糞化成混合肥料 (200kg/ha)	Dコンパウンド (200kg/ha)	尿素 (200kg/ha)
T1				●
T2			●	●
T3		●		●
T4	●		●	●
T5	●	●		●

出典：JICA調査団作成

※1ha分についてはT5同等のため、別途収量調査を実施していない

※トウモロコシ、及び米については本表の通りに実施。

※大豆、及びインゲン豆については、施肥のタイミングにより収量変動する可能性があるため、植え付け時（T2、及びT3）と本葉3枚時（T4、及びT5）に施肥する試験区を次の通り設ける。T1：基肥なし（尿素無し）。T2/T3：ドロマイトに加え、植え付け時にDコンパウンド施肥/鶏糞化成混合肥料施肥。T4/T5：ドロマイトに加え、本葉3枚時にDコンパウンド施肥/鶏糞化成混合肥料施肥。



出典：JICA調査団作成

図 3-2 試験圃場レイアウト

【2016/2017年度】

・対象農家における栽培試験の実施

日本産鶏糞使用化成混合肥料20tを試作し、栽培試験対象農家、UNZA、及びZARIの栽培試験のために配布した。

トウモロコシ栽培農家については農家1人あたり1ha分、基肥として200kg(25kg袋で8袋分、通常の50kg袋で4袋分)を無償配布し、種子、ドロマイト、追肥用の尿素は自己負担とした。

大豆栽培農家については農家1人あたり1ha分、基肥として200kg(25kg袋で8袋分、通常の50kg袋で4袋分)を無償配布したが、使用実績がないためか希望者が少なく、全体で5haの栽培試験にとどまった。また、南部州では降水量が少ないため、大豆ではなくインゲン豆の栽培試験をすることとした。豆類では追肥は必要なく、ドロマイト代のみ自己負担とした。

米は栽培適地であるルアプラ州のチェンベ郡だけで実施することとした。米の栽培面積は零細なため、1人あたりの栽培面積を0.5haとした。同様にZARIとチェンベ郡農業局の希望で、市場性の高い品種である「Super Mongu Rice」での栽培試験を行うこととしたが、チェンベ郡では農家が米の種子を購入することは通常ないため、種子代を農家に自己

負担させることはできず、提案企業の負担で無償提供した。鶏糞化成混合肥料は0.5ha分、基肥として100kg(25kg袋で4袋分、通常の50kg袋で2袋分)を無償配布した。追肥用の尿素0.5ha2袋/50kg計100kgは農家が自己負担し施肥した。

鶏糞化成混合肥料の配布先は付資料1：「肥料配布農家リスト(2016年/2017年度)」の通り。

・ZARI中央研究所及び支所における栽培試験

ZARI中央研究所及び支所で試験圃場を設定し、栽培試験を実施した。しかし、試験圃場の土壌成分にバラつきがある(肥料の効果が判断しづらい)、収穫物が盗難に遭う等の管理不行き届きのために、データの信頼性が乏しく、報告書に使用することができなかった。

・鶏糞化成混合肥料配布時のワークショップ

配布時には、以下の栽培指導(A及びB)と、経営モデルの推奨(C)を行った。

A) トウモロコシ、米の場合は、1ha当たり鶏糞化成混合肥料25kg袋8袋とともに、ドロマイト50kg袋8袋を施用するよう指導した。追肥として尿素50kg袋4袋の施用を義務付けた。

B) 大豆の場合は、1ha当たり鶏糞化成混合肥料25kg袋8袋とドロマイト50kg袋8袋の施用を義務付けた。追肥なし。

C) 収穫後に現金収入があった場合は、地鶏を購入することを提案した。50ZMW(約460円)の鶏が卵を産み育てれば半年後には10羽になり、500ZMW(約4600円)となる。その資金で次の肥料を購入するという経営モデルを推奨した。

地鶏養育による経営モデルを実践するか否かは農家に任されているが、一部の実践者は地鶏の飼育数が数100羽になる等大きな成功を収めている。

【2017/2018年度】

・対象農家における栽培試験の実施

日本産鶏糞使用化成混合肥料20t、ザンビア産鶏糞使用化成肥料10tを試作し、栽培試験対象農家、ZARI、及びUNZAの栽培試験のために配布した。鶏糞化成混合肥料の配布先は添付資料2：「肥料配布農家リスト(2017年/2018年度)」の通り。

農家による栽培試験では、2017/2018年度と同様に、各農家に1ha分の基肥として、鶏糞化成混合肥料200kgを無償配布した。種子、ドロマイト、追肥用の尿素は自己負担とした。ドロマイトはルアプラ州と中央州には1haあたり400kgを、比較的酸性度の低い南部州には200kgを、追肥の尿素は200kgを各農家に推奨した。

また、2017/2018年度においては、日本で一般的に流通しているドロマイト：苦土石灰(マグネシウム11%程度、カルシウム35%程度)に対し、ザンビアで調達可能なドロマイトはマグネシウム含有量が2-3%程度、カルシウム含有量が35%程度と、マグネシウム含有量が低いことが判明したため、新たに日本から調達したマグネシウム資材2種も一部農家に配布した。2種類のマグネシウム資材の効果の違いを実証するためにルアプラ州マンサ郡12軒、中央州カブウェ郡10軒、南部州チョマ郡5軒のトウモロコシ農家に基肥用水酸

化マグネシウム60kg、追肥用硫酸マグネシウム60kgを無償配布し、0.5haずつ施用することとした。

多くの農家は2017年12月中に播種を終えたが、中央州ムクシ郡のトウモロコシ農家3軒と大豆農家3軒は2017年12月下旬から翌年1月の干ばつのために作付けを行うことができなかった。また、南部州チョマ郡でのインゲン豆の作付け時期は例年1月だが、干ばつのために栽培不能となり、灌水設備のあるZARI中央研究所（ルサカ）で代替え栽培試験をすることとなった。

・第1回試験販売の実施

ルアブラ州の3か所（マンサ郡、チェンベ郡、サンフィア郡）において、鶏糞化成混合肥料50kg袋10t分（200袋）と25kg袋4t分（160袋）の試験販売を行った。販売価格については、鶏糞化成混合肥料と同等のN・P・K含有量のあるDコンパウンド肥料（50kg袋）が、ルサカ・カブウェでは260ZMW程度、チョマでは280ZMW程度、マンサでは310ZMW程度で店頭販売されているため、これらと比べ若干安い水準の価格を設定した（ZARIの要望による）。試験販売の結果（2018年3月末時点）については（表 3-13）参照。

表 3-13 鶏糞化成混合肥料の試験販売結果（2017/2018年度）

種類	卸価格 (ZMW)	小売価格 (ZMW)	配送数量 (袋)	配送重量 (kg)	販売数（袋）			返送数 (袋)	店頭 在庫数 (袋)
					現金	Eバウ チャー	合計		
鶏糞化成混合肥料 (50 kg袋)	230	250	200	10,000	46	66	112	0	88
鶏糞化成混合肥料 (25 kg袋)	120	130	160	4,000	0	0	0	71	89
合計			360	14,000	46	66	112	71	177

出典：JICA調査団作成

以下は試験販売に協力した農業資材店の店主へのヒアリングに基づく考察である。

- ✓ 肥料販売のタイミングは非常に重要である。栽培試験用の鶏糞化成混合肥料の農家への配送を優先したこと等により、試験販売先の農業資材店への供給時期が2017年12月初旬となった。このため、十分な販売期間を確保できなかったことが販売に影響した。農業資材店によると、肥料の需要が高まるのは雨期が始まる前の10月後半-12月である。
- ✓ 販売の際に肥料袋の商品ラベルは非常に重要である。ザンビアではしばしば肥効の薄い偽物の肥料が出回るため、商品ラベルがついていないと農家は信用しない。今回は正式な販売用の肥料ではなかったため、無地の肥料袋で販売したことが売上向上の足枷となった。
- ✓ 2016/2017年度用に生産した在庫分である25kg袋入りの鶏糞化成混合肥料は全く売れなかった。ザンビアで最も一般的に流通している50kg袋に比べて馴染みが薄いことと、運搬効率が悪いためだと思われる。25kg袋が多く流通する日本の商慣習は通用しなかった。
- ✓ Eバウチャー経由での売上が全体の112袋中66袋を占めた（約59%）。Eバウチャー

とは、FISP（農家資材支援プログラム）の一環として2015/16年度から運用が始まった制度であり、2,100ZMW（うち購入者の自己負担400ZMW）分の農業資材がICチップ付きカードを通じて購入できるものである。FISPの対象となる小規模農家に肥料を販売する際にはEバウチャーに対応した店舗での取り扱いが必須である。

農業資材店からの売上代金の回収のために何度も連絡・訪問するなど手間を要した。資金力のある信頼おける農業資材店との取引が重要であることを改めて認識することになった。

なお、試験販売による売上は、本事業に関するZARIの活動費に充当した。また、農業資材販売店に残っていた店頭在庫については2018/2019年度向け試験販売に使用した。

【2018/2019年度】

・第2回試験販売の実施

前年度の試験販売で店頭在庫として残った鶏糞化成混合肥料及びZARI内に保管してあった肥料製造時の在庫を検品・品質検査したうえで、袋詰め直し、ルアラ州マンサ郡、中央州カブウェ郡、南部州チョマ郡、ルサカで試験販売を行った。Dコンパウンド肥料（50kg）はルサカ・中央州カブウェ郡では280ZMW程度、南部州チョマ郡では300ZMW程度、マンサでは330ZMW程度で店頭販売されていたが、鶏糞化成混合肥料については、ZARIの要望に基づき、昨年度と同じ価格（250ZMW/50kg）で試験販売を行った。なお、クワチャ安の影響でDコンパウンド肥料の市場価格は前年度より若干値上がりしていた。



写真 試験販売用肥料袋

販売単位（kg／袋）については、25kg袋は前年度の試験販売結果が芳しくなかったため、50kg袋のみとした。また、前年度は無地の肥料袋を使ったことが販売の足かせとなったため、今年度は肥料袋にZARIとJICAのロゴを印刷し、本事業において製造した肥料であることが視覚的に分かるようにした（写真）。また、鶏糞化成混合肥料の通称であるSuper D（スーパーD）の名称を肥料袋上部に配した。

試験販売の結果（2018年3月末時点）については表 3-14参照。

表 3-14 鶏糞化成混合肥料の試験販売結果（2018/2019年度）

種類	卸価格 (ZMW)	小売価格 (ZMW)	配送 数量 (袋)	配送 重量 (kg)	販売数 (袋)			返送数 (袋)	店頭 在庫数 (袋)
					現金	Eバウ チャー	合計		
鶏糞化成混合肥料 (50 kg袋)	0	250	151	7,550	131	0	131	0	20

鶏糞化成混合肥料 (25 kg袋)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計			151	7,550	131	0	131	0	20

出典：JICA調査団作成

主な販売先は小規模農家だったが、50kg入りの鶏糞化成混合肥料を最大12袋購入した農家もあり、売れ行きは好調だった。売れ行きが好調だった理由は、農家に対してZARI責任者による商品説明があったことと、2018/2019年度以前に鶏糞化成混合肥料を使用した栽培試験結果を知っている農家が多かったためである。なお、最終的に在庫として残った20袋は全て南部州チョマ郡分であり、ZARI中央研究所で回収して、本事業完了後の次年度の栽培試験に使用する予定である。チョマ郡で20袋売れ残った理由は、ZARIの南部州責任者による対象農家リストの作成が遅れたことにより、案内をしたときには農家が既にDコンパウンドを手配済みであったためである。また、2018/2019年度にEバウチャー経由の販売がなかったのは、農業資材店を使わずに全てZARI責任者を通して農家に直接販売したためである。なお、試験販売用の鶏糞化成混合肥料はZARI支所に配送し、農家が現金と引き換えに取りにくる形を取った。前年度のように農業資材店を通して試験販売をしなかったのは、前年度の試験販売で農業資材店からの売上代金の回収に手間を要したために、ZARIがリスクのない現金による直接販売を望んだためである。

以下は試験販売に協力したZARI責任者からの提案企業へのアドバイスである。

- ✓ 複数購入した農家もおり、提案企業の鶏糞化成混合肥料への信頼度は高い。農家に信頼されている農業資材店に鶏糞化成混合肥料を置いてもらうことが農家に商品を広めるために重要である。
- ✓ 農家は基本的に保守的で新しい肥料を使うことをためらうことが多いため、まずは既存のDコンパウンド等の化成肥料より少し安価で売り出し、使ってもらって良さを実感してもらうのが良いのではないか。
- ✓ 種子メーカーとタイアップし、鶏糞化成混合肥料を使ったデモプロット（見学用圃場）を作って、効果を目で見えるようにすることが肥料の販売促進に有効である。

なお、試験販売による売上は、本事業に関するZARIの活動費に充当した。

活動2-6. 栽培試験データの収集・分析・結果報告

栽培試験の目的は、鶏糞化成混合肥料とDコンパウンドの効果（主に単収）を比較するためであった。ザンビアで一般的に使用されているDコンパウンドでは、土壌に含まれるアルミニウムと肥料内のリン酸が結合し植物に吸収され難いという現象がある。本試験栽培では、Dコンパウンドを鶏糞化成混合肥料に切り替えることにより、上述の状況が緩和され、収量が増加するという仮説を検証するために栽培試験を実施した。栽培試験の結果、概ね同仮説を指示する結果となった。また、2017/2018年度の栽培試験では、作付前にドロマイトを施肥することにより増収の効果が高まる傾向が確認された。

【2016/2017年度】

栽培試験に参加した農家、111農家に対してアンケート調査を行った結果が表 3-15である。

2016/2017年度の農家試験において、試験区T4「ドロマイト+Dコンパウンド+尿素」(作付前に400kg/ha(南部州のみ200kg/ha)のドロマイト、基肥として200kg/haのDコンパウンド、追肥として尿素を200kg/ha施用して栽培した場合)では、平均収量がトウモロコシで3t/ha、大豆で1.4t/haであった。

これに対し、試験区T5「ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素」(作付前に400kg/ha(南部州のみ200kg/ha)のドロマイト、基肥料として200kg/haの鶏糞化成混合肥料、追肥として尿素を200kg/ha施用した場合)では、トウモロコシと大豆でそれぞれ3.8t/ha(28%増)、2.4t/ha(74%増)であった。米については、Dコンパウンドで栽培した農家のサンプル数が1軒だったため、比較することができなかった。

なお、2016/2017年度の農家試験では試験区T1-T3の栽培試験は実施しなかった。対象農家にとっては初めての栽培試験であったため、試験が複雑となることで農家から協力が得られない可能性があったためと、試験区T4、及びT5の実施において鶏糞化成混合肥料の効果を示すための最低限必要なデータが得られたため、初年度(2016/2017年度)のみこの運用とした。

ZARI中央研究所及び支所で行った2016/2017年度の栽培試験結果は、試験圃場の土壌成分にバラつきがある(肥料の効果が判断しづらい)、収穫物が盗難に遭うなどの管理不行き届きのために、データの信頼性が乏しく、報告書への使用が不可能であった。

表 3-15 農家栽培試験の結果（2016/2017 年度）

地域		No.	試験区	農家総数 戸	耕作面積 ha	平均耕作 面積 ha/農家	使用肥料別耕作面積(ha)			収量(t)			haあたり収量(t/ha)		
州	郡						トウモロ コシ	大豆	米	トウモロ コシ	大豆	米	トウモロ コシ	大豆	米
ルア プラ	マンサ	T4	ドロマイト+Dコンパウンド+尿素	10			11.8	0.0	0.0	38.9	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0
		T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	10			10.0	1.3	0.0	45.5	3.4	0.0	4.5	2.7	0.0
		計		14	78.3	5.6									
	チェンベ	T4	ドロマイト+Dコンパウンド+尿素	22			56.3	0.0	0.3	210.9	0.0	0.4	3.7	0.0	1.6
		T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	26			22.0	2.0	5.2	126.0	4.3	6.5	5.7	2.1	1.3
		計		26	151.5	5.8									
中央	カブウェ	T4	ドロマイト+Dコンパウンド+尿素	4			9.0	1.0	0.0	32.8	2.2	0.0	3.6	2.2	0.0
		T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	4			2.0	2.0	0.0	8.0	4.8	0.0	4.0	2.4	0.0
		計		4	21.0	5.3									
	ムクシ	T4	ドロマイト+Dコンパウンド+尿素	23			57.0	20.5	0.0	207.0	27.8	0.0	3.6	1.4	0.0
		T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	9			9.0	1.0	0.0	58.8	2.8	0.0	6.5	2.8	0.0
		計		24	156.0	6.5									
南部	チョマ	T4	ドロマイト+Dコンパウンド+尿素	33			55.0	0.0	0.0	77.6	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0
		T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	30			39.0	0.0	0.0	76.3	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0
		計		43	198.8	4.6									
合計	T4	ドロマイト+Dコンパウンド+尿素	92			189.0	21.5	0.3	567.1	30.0	0.4	3.0	1.4	1.6	
	T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	79			82.0	6.3	5.2	314.6	15.2	6.5	3.8	2.4	1.3	
	計		111	605.5	5.5										

出典：JICA調査団作成

※ No. 欄の記号（T4 及び T5）は本文中の表 3-12 における試験区 No. に対応している。

※ T4 及び T5 があれば、最低限の目的は果たせるため、試験区 T1、T2、T3 に相当する栽培試験は実施していない。

※ トウモロコシ農家数：鶏糞化成混合肥料 70 軒、D コンパウンド 88 軒（重複あり）、大豆農家数：鶏糞化成混合肥料 7 軒、D コンパウンド 9 軒（重複あり）、米農家数：鶏糞化成混合肥料 8 軒、D コンパウンド 1 軒（重複あり）

植え付け前に 400 kg/ha（南部州のみ 200kg/ha）のドロマイト、基肥として 200 kg/ha の D コンパウンド（T4）もしくは鶏糞化成混合肥料（T5）、追肥として尿素を 200 kg/ha 施用。

【2017/2018年度】

・農家栽培試験（トウモロコシ）

ZARIが取りまとめたトウモロコシの栽培試験結果は表 3-16の通りである。

全く基肥を使用しない試験区T1に関しては、どの地域においても最も低い収量となった。ドロマイト施用の影響を除いた試験区T2及びT3の比較においては、南部州チョマ郡でのみT3「鶏糞化成混合肥料+尿素」の収量がT2「Dコンパウンド+尿素」の収量を上回った。

ドロマイト施用の有無を比較（試験区T2とT4、T3とT5を比較）すると、酸性土壌が大半を占めるザンビアにおいては、一般的にはドロマイトの施用によって収量が増加する傾向がある。中央州カブウェ郡、及び南部州チョマ郡においてはその傾向が見られたが、ルアプラ州マンサ郡・チェンベ郡においてはその傾向が見られなかった。

ドロマイトを施用した試験区T4及びT5の比較では、ルアプラ州マンサ郡・チェンベ郡、及び南部州チョマ郡において、それぞれ、T5「ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素」の収量がT4「ドロマイト+Dコンパウンド+尿素」の収量を9%、23%上回っており、ドロマイトと鶏糞化成混合肥料を併用した場合の効果が示唆された。特に雨が少ないために収量が限られる南部州で増収効果が得られたことは大きな意味がある。

なお、中央州カブウェ郡で試験区T5の収量がT4の収量を6%下回ったのは、提案企業としては集計上（採用された計算方法上）の問題であると捉えている。各試験区から得られた12本のトウモロコシの乾燥重量平均を計測し、haあたり33,500本のトウモロコシが収穫可能であるとして計算する方法をZARIは採用している。同集計法では試験区T5はT4を6%下回ったが、各試験区の収穫総量（total cob fresh）を比較すると、結果は真逆となり、T5の収量はT4の収量を10%上回る。ZARIカブウェ支所の担当者も鶏糞化成混合肥料を施用した試験区（T3及びT5）はDコンパウンドを施用した試験区（T2及びT4）より生育が良好であったと認識していた。しかし、ZARIによると公式報告書にはZARIの従来集計方法を採用する必要があるとのことであった。

以上の結果から、ザンビアで一般的に使用されているDコンパウンドでは、土壌に含まれるアルミニウムとDコンパウンド内のリン酸が結合し植物に吸収され難いという現象があるが、鶏糞化成混合肥料に切り替えることにより、更に作付前にドロマイトの施肥を加えることによってその状況が緩和され、収量が増加する（他の試験区に比べ試験区T5の優位性が見られる）ことが示唆される結果となった。

表 3-16で試験区T4とT5を比較している理由としては、T4「ドロマイト+Dコンパウンド+尿素」がZARIが従来一般農家に推奨している施肥方法であり、Dコンパウンドを鶏糞化成混合肥料に変更（T4からT5へ変更）することで従来方法に比した鶏糞化成混合肥料の効果が明らかになるためである。

表 3-16 農家栽培試験におけるトウモロコシの収量 (2017/2018 年度)

t/ha

No.	試験区	ルアプラ州 マンサ郡・ チェンベ郡	中央州 カブウェ郡	南部州 チョマ郡
T1	尿素のみ	3.633a	3.407a	1.193a
T2	D コンパウンド+尿素	5.684ab	4.151a	1.521ab
T3	鶏糞化成混合肥料+尿素	5.648b	3.826a	1.861bc
T4	ドロマイト+D コンパウンド+尿素	5.212b	4.568a	2.119cd
T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+ 尿素	5.690b	4.296a	2.614d
T4 と T5 の比較 (T4 に対する T5 の増加率 (減少率))		+9%	-6%	+23%

出典：ZARI資料を基にJICA調査団作成

※表中のa, b, c, dは統計学の多重比較の記号。同じアルファベットがある場合にはその2つの数値間で統計学的な有意差がないことを示し、逆に同じアルファベットがない場合には2つの間で統計学的な有意差があることを示す。

※Dコンパウンドと鶏糞化成混合肥料は200kg/ha、尿素は200kg/ha、ドロマイトは400kg/ha施用。

2017/2018年度の栽培試験では、ルアプラ州マンサ郡において12軒の農家を対象に、マグネシウム資材2種類を使ったトウモロコシの比較栽培試験データの取得を行った。GPSによって畑の面積を計測し、ha当たりの平均収量を比較したところ、硫酸マグネシウム(MgSO₄)は12,429kg/ha、水酸化マグネシウム(Mg(OH)₂)は9,450kg/haという結果となった。日本において、硫酸マグネシウムは即効性で追肥用、水酸化マグネシウムは緩効性で基肥用の資材として主に使用される。水酸化マグネシウムは安価ではあるが、水分が少ない土壌では効果が発揮され難い場合がある。日本に比べて降雨量が少ないザンビアにおいては硫酸マグネシウムの方が効果的であることが示唆された。

詳細は巻末の添付資料6「マグネシウム資材2種類による収量比較」参照。

同様にマグネシウム資材を配布した中央州カブウェ郡の10軒、南部州チョマ郡の5軒の農家は、降雨が十分ではなかったことからマグネシウム資材の施用を見合わせた。ルアプラ州チェンベ郡についてはコミュニケーションの齟齬などにより、ZARIが収量調査を行う前に農家がトウモロコシの刈り取り作業を開始してしまったため、ZARIから信頼性のあるデータを取得することができなかった。

・ZARIの試験圃場における栽培試験 (米、大豆、インゲン豆)

米、大豆、インゲン豆については、降雨不足などにより農家栽培試験で十分なデータを取得できなかったため、ZARIの試験圃場で栽培試験を行った。この結果が表 3-17及び表 3-18である。

表 3-17 ZARI マンサ支部による栽培試験結果（米）2017/2018 年度
(t/ha)

No.	試験区	米
T1	尿素のみ	1.133a
T2	D コンパウンド+尿素	4.622c
T3	鶏糞化成混合肥料+尿素	3.076b
T4	ドロマイト+D コンパウンド+尿素	4.837c
T5	ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素	3.622bc
4 と 5 の比較（4 に対する 5 の減少率）		-25%

出典：ZARI資料を基にJICA調査団作成

※表中のa, b, c, dは統計学の多重比較の記号。同じアルファベットがある場合にはその2つの数値間で統計学的な有意差がないことを示し、逆に同じアルファベットがない場合には2つの間で統計学的な有意差があることを示す。

表 3-18 ZARI 本部による栽培試験結果（大豆・インゲン豆）2017/2018 年度
(t/ha)

No.	試験区	大豆	インゲン豆
T1	基肥なし	2.007a	1.331a
T2	ドロマイト+植え付け時にD コンパウンド施肥	2.207a	1.348a
T3	ドロマイト+植え付け時に鶏糞化成混合肥料施肥	2.185a	1.352a
T4	ドロマイト+本葉3枚時にD コンパウンド施肥	2.076a	1.416a
T5	ドロマイト+本葉3枚時に鶏糞化成混合肥料施肥	2.200a	1.399a
2 と 3 の比較 (2 に対する 3 の増加率 (減少率))		-1%	+0.3%
4 と 5 の比較 (4 に対する 5 の増加率 (減少率))		+6%	-1%

出典：ZARI資料を基にJICA調査団作成

※大豆・インゲン豆には尿素は追肥していない。

米については、鶏糞化成混合肥料を使った試験区T5「ドロマイト+鶏糞化成混合肥料+尿素」の収量は、Dコンパウンドを使ったT4「ドロマイト+Dコンパウンド+尿素」の収量に25%劣る結果となった。一方、全粒数に対する成熟した粒の割合である登熟歩合 (filled grain ratio) はT4に比べT5の方が優れている (T4が41.06%に対し、T5が43.78%) という結果が出ており、栽培管理のやり方によっては鶏糞化成混合肥料を施用することでより収量が上がる可能性があることが示唆された。

大豆、及びインゲン豆については施肥のタイミングにより収量の変動する可能性があるため、植え付け時（T2、及びT3）と本葉3枚時（T4、及びT5）に施肥する試験区を設け、其々比較したが、鶏糞化成混合肥料とDコンパウンドによる収量の差は殆ど見られなかった（大豆ではT4に比べてT5の収量が6%上回った）。

・UNZAにおけるポット栽培試験（トウモロコシ）

UNZAでは当初、2016/2017年度に露地圃場で栽培試験を行う予定であったが、肥料製造装置の設置・施工の遅れや日本とは湿度が異なるために水分を加える必要があったこと等により肥料の安定生産に想定以上に時間がかかったこと等の理由で、資材の供給・圃場準備が播種時期に間に合わなかった。このため、栽培試験は次年度に持ち越しとなった。

しかし、翌年度（2017/2018年度）は播種時期にルサカで深刻な雨不足が続いたため、露地圃場で栽培試験を実施することが困難となった。そのため、代替案として温室においてトウモロコシのポット試験を実施することとした。

2018年2月-3月にかけてルアブラ州マンサ郡・チェンベ郡、中央州カブウェ郡・ムクシ郡、南部州チョマ郡から土壌を取り寄せ、2018年4月からUNZAの温室にてポット栽培試験を実施した。試験区は下表のとおり9つ設け、1試験区あたり4反復²⁶を設定した。

9つの試験区については、無施肥栽培（試験区U1）もしくは基肥にDコンパウンド、追肥に尿素を与える栽培方法（試験区U2）がザンビアでは一般的であるが、鶏糞化成混合肥料、ドロマイト、水酸化マグネシウム、硫酸マグネシウムを使用することでどのような変化が生じるかを明らかにすることを目的とした（試験区U6-U9は試験区U2-U5に水酸化マグネシウム、及び硫酸マグネシウムの施用を組み合わせたものであり、対象農家における栽培試験に無い試験区である。対象農家における試験栽培では試験内容が複雑となり農家が混乱することを避けるため、U6-U9の試験区は設けなかった）。また、鶏糞化成混合肥料に含まれる乳酸菌の働きにより、耐干ばつ性が向上し、水ストレスの成長への影響が抑制されるかどうかを検証するために「水ストレス」の条件を設定した。

「水ストレス」については、中央州カブウェ郡・ムクシ郡、南部州チョマ郡の土壌に対して適度な水量を与える条件と、適度な水量の50%程度を与える「水ストレス」の条件を設定した。なお、ルアブラ州は降雨量が多いため「水ストレス」の条件は設定しなかった。

トウモロコシはポットで6週間栽培し、追肥は4週間後に行い、6週間後の植物体（バイオマス）の乾物収量（dry matter yield）及びN、P、K、Ca、Mgの含有量を計測した。UNZAによると、ポット栽培では収穫までは行うことができないが、これらのデータを分析することで、収量の違いを予測することができるとのことであった。

²⁶ データの信頼性を向上させるため、同じ栽培条件のポットを4つ設定するということを意味する。

表 3-19 UNZAのポット栽培試験の試験区

No.	基肥				追肥		備考
	Dコンパウンド	鶏糞化成混合肥料	ドロマイト	水酸化マグネシウム (Mg(OH) ₂)	尿素 (Urea)	硫酸マグネシウム (MgSO ₄)	
U1					●		
U2	●				●		
U3		●			●		
U4	●		●		●		
U5		●	●		●		
U6		●	●	●	●		対象農家における栽培試験無し
U7		●	●		●	●	
U8		●			●	●	
U9		●	●	●	●	●	

出典：JICA調査団作成

※化成肥料/鶏糞化成混合肥料の施肥量は200kg/ha相当（1ポットあたり4.5g）

※チョマ、カブウェ、ムクシについてはそれぞれの試験区に対し、適度な水量を与える条件、適度な水量の50%程度の水を与える条件を設定した

※マンサ、チェンベ、ムクシのポットに追肥の尿素を与えたところ、マンサ、チェンベのトウモロコシの一部が塩害症状によって萎れたため、マンサ、チェンベは播種後5週間で刈り取り、カブウェ、チョマのポットには尿素を与えていない

UNZAによると、適度な水量を与える条件及び適度な水量の50%程度の水を与える「水ストレス」条件において、Dコンパウンドと鶏糞化成混合肥料とで、植物体の乾物収量に顕著な差異は認められなかった（添付資料7の5から8のU4とU5を比較）。

一方、鶏糞化成混合肥料及びドロマイトを使用して育てたトウモロコシ（U5）の植物体の成分分析をしたところ、Dコンパウンド及びドロマイトで育てたトウモロコシ（U4）に比べて葉や茎の成長に欠かせない窒素、根を育てるカリウム、光合成を促進するマグネシウム（水酸化マグネシウムを使ったケース以外）の吸収量が多いことが分かった（添付資料7の9. 11. 12. 参照）。今回のポット試験では、播種後6週間の開花前のトウモロコシを青刈りして乾物収量及び養分の吸収量を比較したが、上述の通り窒素、カリウム、マグネシウムの吸収量が多いことから、トウモロコシのその後の成長ステージにおいて、鶏糞化成混合肥料を使用したトウモロコシの成長が加速する可能性があることが示唆された。UNZAとしては、鶏糞化成混合肥料の効果をより包括的に確認するために、収量検査まで行える圃場試験を本事業後に独自で行いたいとのことだった。

栽培試験の結果詳細は、巻末の添付資料7：UNZAによるポット栽培試験データ（2018年実施）参照。

③活動結果3. 土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及可能性の検証

提案企業の先行事業においてトウモロコシの単収を平均の4倍程度の10t/haまで向上させた農家、キャッサバの記録的な単収を実現した農家、干ばつにも強い栽培手法を実践

する農家など、添付資料4のような優良事例があり、鶏糞化成混合肥料を使用した多収技術に関しては本事業においても農家からの関心が非常に高かった。既に農家の間では、無料配布ではなく、購入できないかという問い合わせも多かった。

活動3-1. 土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及セミナーの開催

毎年展示会や農家向けのフィールドデイの開催等を通じ、土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及に努めた。また、農家に対するワークショップは肥料配布時に対象農家以外の農家も含めて各地で実施した。

2018年の収穫期前後には、下表の通りZARIと共同で中央州チサンバ郡で開催された農業展示会（AGRITEC EXPO）に出展したほか、対象州の各地で行われたフィールドデイにも出展した。更に、ルサカで毎年開催される農業・商業ショーに3回出展し、鶏糞化成混合肥料や土壌分析器・土壌分析サービスの紹介を行った。

AGRITEC EXPOでは、巻頭写真の記載の通りルング大統領が提案企業/ZARIのブースを訪問し、鶏糞化成混合肥料や土壌分析器についての説明に耳を傾けた。

AGRITEC EXPOは全国レベルで開催され、ZARI中央研究所・支部の所員、州・郡農業局の栽培指導・普及員、及び農家（いずれも対象州に限らない）を主な普及対象とした。フィールドデイは対象州のZARI支部の所員、対象郡農業局の栽培指導・普及員、及び農家を主な普及対象とした。農業・商業ショーの普及対象はAGRITEC EXPOと同様であった。

フィールドデイとは、模範的な圃場で開催される農家向け実地研修会であり、農家が農法、肥料、種子、その他の農業資材などについて実践的に学ぶ機会となっており、対象州や郡の農業普及員（キャンプオフィサー）も参加した。

農業・商業ショーにおいては、農業に関わる様々な関係者に対し、土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料を普及した。小型土壌分析器や施肥設計ソフトについては、これまでザンビアに出回っていなかったため来場者の興味を集めた。活動3-3で後述の通り、特に国際NGO、及び肥料メーカーからの小型土壌分析器への関心が高かった。小型土壌分析器と施肥設計ソフトは国際NGO、及び肥料メーカーにおいては購入可能な価格帯であり、ニーズがあることが確認された。また、鶏糞化成混合肥料については、収量の安定や向上を目指す小規模農家だけでなく、化学肥料多投による土壌劣化に悩む大規模農家からも関心が高く、発売の折には購入を希望する声が多数寄せられた。鶏糞化成混合肥料は小規模農家も購入可能な価格帯であるため、小規模から大規模農家まで幅広く購入ニーズがあることが確認された。

当初計画していた各レベル（全国、対象州、対象郡、農民）に対する普及セミナーについては、上記の活動によって目的が果たされたと判断し、一部計画を変更した。

表 3-20 普及セミナー一覧

No.	名称	場所	開催日	参加者 / 来場者
1	農業・商業ショー (2016)	ルサカ	2016年7月27日 -8月1日	約1,200人（ZARI、UNZA、農業局、農業資材メーカー、農家等）

2	農業・商業ショー (2017)	ルサカ	2017年8月3日-7日	約1,500人 (ZARI、UNZA、農業局、農業資材メーカー、農家等)
3	ZARIフィールドデー	ZARI中央研究所	2018年3月29日	約700人 (ZARI5人、農家等)
4	2018 AGRITEC EXPO	中央州チサンバ郡	2018年4月12日-14日	約600人 (ZARI4人、農業局、農家等)
5	トウモロコシ・フィールドデー	中央州カブウェ郡ムピマキャンプ	2018年4月24日	約60人 (ZARI2人、農家)
6	トウモロコシ・フィールドデー	南部州チョマ郡マパンザキャンプ	2018年5月4日	約40人 (ZARI2人、農家)
7	コメ・フィールドデー	ルアブラ州チェンベ郡 セントラルキャンプ	2018年5月7日	約100人 (ZARI2人、農家)
8	トウモロコシ・フィールドデー	ルアブラ州チェンベ郡 ルコラキャンプ	2018年5月8日	約100人 (ZARI2人、農家)
9	トウモロコシ・フィールドデー	ルアブラ州マンサ ンソンガキャンプ	2018年5月9日	約70人 (ZARI2人、農家)
10	コメ・フィールドデー	ルアブラ州マンサ マブンバキャンプ	2018年5月10日	約80人 (ZARI2人、農家)
11	農業・商業ショー (2018)	ルサカ	2018年8月1日-6日	約1,400人 (ZARI、UNZA、農業局、農業資材メーカー、農家等)

出典：JICA調査団作成

活動3-2. 相手国実施機関の関係者を対象とした本邦受入活動の実施

本邦受入活動は、ZARI所員3名（表 3-21参照）を対象に、2018年7月15日-4日に実施した。Senior Agricultural Research Officerは本事業のZARI側のプロジェクトマネージャー、Chief Technical Research Assistantは土壌分析・施肥設計分野の責任者、Technical Research Assistantは土壌分析の実務担当者であり、ZARI側からの推奨もあったために人選した。

表 3-21 本邦受入活動対象者

No.	役職
1	Senior Agricultural Research Officer
2	Chief Technical Research Assistant
3	Technical Research Assistant

出典：JICA調査団作成

ZARI側からの要望に基づき、独立行政法人農林水産消費安全技術センター（FAMIC）、富士平工業株式会社（土壌分析器・試薬メーカー）、肥料メーカー、農家等を訪問し、日本の肥料行政や施肥設計、有機農業の実務等について学ぶ機会を提供した。

表 3-22 本邦受入活動訪問先一覧（2018年）

日付	形態	活動場所	活動内容	講師/研修先担当者所属先/職位
7月15日	移動	-	成田空港到着	-
7月16日	視察	農業組合法人・丸和組合	有機農業現状の見学	農業組合法人丸和組合代表理事
7月17日	意見交換	SOHO 浅草	前日のおさらい	ローカルコーディネーター
	視察	食と農の科学館	日本の農業に関する知識と理解を深める為	食と農の科学館 広報
7月18日	意見交換	SOHO 浅草	前日のおさらい	ローカルコーディネーター
	視察	(独) 農林水産消費安全技術センター (FAMIC)	肥料行政を学ぶ	FAMIC 広報
7月19日	視察	静岡油化工業株式会社	大豆かす処理工場見学	静岡油化工業株式会社
	視察	平金産業株式会社	お茶殻、魚の内臓・アラを使用した肥料工場見学	平金産業株式会社
7月20日	座学	イースクエア会議室	現場に合わせた施肥設計の改造レクチャー	株式会社ジャパンバイオフィーム
	視察	富士平工業株式会社	小型土壌分析器についての質疑応答	富士平工業株式会社
7月21日	視察	JOYFULHONDA 瑞穂店	肥料流通事情を学ぶためホームセンター見学	ローカルコーディネーター
7月22日	意見交換	SOHO 浅草	質疑応答	株式会社ジャパンバイオフィーム
	視察	丸正総本店ビル6階	JOFA 有機農業イベント	ローカルコーディネーター
7月23日	執筆	SOHO 浅草	研修レポート作成	ローカルコーディネーター
	意見交換	-	研修まとめ・協議	株式会社バイオネット
7月24日	移動	-	成田空港出発ルサカへ	

出典：JICA調査団作成

※当初は2018年7月15日-同月23日の計画であったが、23日午後の協議が長引き、参加者が23日の復路便に乗り遅れた。このため復路便を再購入し、24日に日本を出国した。

丸和組合（有機農家）訪問を通して有機肥料を活用している農家からは、有機肥料が作物の品質や量の向上に役立っている様子をヒアリングし、圃場での実践状況を視察した。有機肥料メーカーの訪問では、提案企業と同様に有機肥料の開発・製造を民間企業が主導している事例を学んだ。更に、日本の農業の歴史の学習、肥料販売店の視察、肥料行政機関への訪問も行った。参加者は本受入活動を通して、農業における生産性向上の為、土壌分析結果から適切な肥料を活用することの重要性を再認識した。

参加者3名の意欲・受講態度は良好で、いずれの訪問先でも熱心に話に耳を傾け、メモ

を取り、ザンビアへの適用を念頭に置いたうえで具体的な質問をする姿が見られた。なお、帰国日前日に実施した振り返りでは、参加者より以下の発表があり、研修内容の理解度や本活動の目標達成度は高いと判断した。

- ✓ 千葉県富里市、農業組合法人・丸和組合で視察した圃場では、土壌の特性を活かした上で有機肥料が適切に有効活用されている点に、新たな学びがあった。有機物由来による肥料の活用という点において、ザンビアが抱える農業の課題解決に繋がるアクションを農業省としても検討したい。
- ✓ 有機肥料工場を訪問し、日本農業の歴史を学び、現場に合わせた施肥設計のレクチャーを受け、農業イベントに参加した。これらの研修から、土壌分析を適切に行い、その土壌に必要な肥料を施肥することが収量増に繋がると理解した。研修を通して、農業の発展・継続という視点から、農家、行政、民間企業のそれぞれの役割について学んだ。ZARIとしては、肥料行政制度の拡充など、ザンビアでも積極的に検討したい。
- ✓ 科学的根拠に基づく有機農業を取り入れることにより、生物学的防除システムを用いて雑草と害虫の発生率が低下することを理解した。今後は、殺虫剤や除草剤使用の低減を目指していきたい。その為には適切な土壌分析と有機肥料の使用が必須であり、ザンビアの農業関係者に土壌分析器の取り扱いを引き続き丁寧に説明することが重要と考える。
- ✓ ザンビア政府としては農業省を通じて有機農業を強く推奨している。これに伴い肥料取締まりに関する法律の整備を進め、環境を整備する計画である。同時に、肥料生産に関する技術研究も実施する予定である。有機農法確立の為には技術指導が必要であると考えており、引き続き提案企業及び提案企業の現地法人ZBFとより良い関係を続けていきたい。

活動3-3. 小型土壌分析器及び鶏糞化成混合肥料のニーズ調査

2016年7月27日-8月1日の農業・商業ショーにおいて鶏糞化成混合肥料及び小型土壌分析器に関し、来場者に関心や購入意向等のヒアリングによるニーズ調査（アンケート調査）を実施した。国際NGO、肥料メーカーからは特に小型土壌分析器への関心が高かった。また、鶏糞化成混合肥料については、特に農家リーダーを中心に関心が高かった。ニーズ調査の結果詳細は添付資料5の通り。

2017年8月3日-8月7日、及び2018年8月1日-8月6日にも農業・商業ショーに出展し、小型土壌分析器・施肥設計ソフトのデモンストレーションや鶏糞化成混合肥料の紹介を行った。2018年の出展においては、小袋の鶏糞化成混合肥料サンプルを来場者137名に配布し、来場者の来場者の連絡先を入手した。

2018年に対象地域の農家に鶏糞化成混合肥料のニーズ調査を行った結果が表 3-23である²⁷。鶏糞化成混合肥料への評価はいずれの地域でも高く、多くの購入希望が寄せられた。

²⁷ アンケート対象者はルアプラマンサ郡 15 人、ルアプラ州チェンベ郡 13 人、中央州ムクシ郡 6 人、中央州カブウェ郡 13 人、南部州チョマ郡 42 人。

表 3-23 農家へのニーズ調査

州	郡	平均耕作面積 (ha)	平均収入 (ZMW)	鶏糞化成混合肥料の購入希望数 (袋)
ルアプラ	マンサ	9.3	58,766	14.0
	チェンベ	4.5	21,064	10.6
中央	ムクシ	12.3	30,950	43.5
	カブウェ	5.1	25,308	12.9
南部	チョマ	4.6	8,537	4.2

出典：JICA調査団作成

活動3-4. 現地肥料工場の設立・生産・販売までのビジネス計画の策定

現地肥料工場の設立・生産・販売までのビジネス計画の策定は以下の通り。

- ✓ 2018年3月に現地法人ZBFを登記済み。
- ✓ 活動拠点となるオフィス兼住居をルサカ近郊のChilanga地区に賃借済み。
- ✓ 現地ビジネスパートナーの選定
 現地で有機肥料の製造・販売を行う企業と提携交渉を行っている。2019/2020年度、2020/2021年度については、同社に鶏糞化成混合肥料の製造委託を行うことを検討中である。
- ✓ 鶏糞化成混合肥料の製造工場建設予定地の検討
 2021/2022年度を目標に、自社工場を建設する予定である。ルサカ市内、近郊で工場候補地の絞り込みを行っているところである。
- ✓ 現地法人のビジネス計画
 ZBFの事業の成功は鶏糞や有機物その他肥料原料を安価で安定的に確保できるかにかかっている。肥料製造に必要な当地の鶏糞は現状未発酵のものが大半であり、原料としてそのまま使用できる状態ではない。これを日本のような発酵鶏糞にするには新たに発酵鶏糞堆肥場の建設が必要になるため、堆肥場の建設を検討中である（建設時期は2021年頃を想定）。

活動3-5. 課金制度を含む土壌分析・施肥設計サービス提供モデル構築にかかる提言

ZARIとの意見交換を踏まえ、以下の内容をZARIに提言した。

提案企業の小型土壌分析器を使用したZARIによる土壌分析サービスについて、1サンプル当たり小規模農家向けは75ZMW(約694円)、大規模農家、企業向けは150ZMW(約1,388円)の分析料金を提言した。これは試薬の原価にZARIの分析官の人件費を加えてZARIが赤字とならない(資金的に持続可能な)水準である。資金力がない小規模農家は価格的に優遇し、資金的に余裕がある大規模農家、企業からは多めに徴収することにした。なお、日本からの輸送費を含む試薬の原価は400円程度である²⁸。

同料金水準であれば、小規模貧困農家であっても、個人では難しくともキャンプの組合

²⁸ 試薬代 267 円/式、輸送費 80 円/式、その他経費 53 円/式と想定。

員がお金を出し合い土壌分析を行うことが可能である。本土壌分析器で可能な9要素の他、Ph、CECを含めた総合的な土壌分析データを、75ZMW（約694円）で提供することが可能となる。これは、ZARIが従来提供してきた土壌分析価格（300ZMW（約2,777円））の3分の1以下である。しかしながら、75ZMWは小規模農家グループにとって安価ではないため、検査項目を減らし土壌分析の価格を下げることもZARIに提案した。なお、十分な資金力がある大規模な商業的農家や企業には150ZMW（約1,388円）で土壌分析サービスを提供する。

試薬の理想的な使用期限は1年間である。このため、ZARIにおいてこの同料金で土壌分析サービスを維持していくためには、土壌分析器1台当たりの分析サンプル数が年間、100以上で安定的に推移する必要がある。よって、普及部署と連携した土壌分析ニーズの開拓も必要となる。

試薬等の購入費等、維持管理費をZARI自身で賄う必要があるため、ZARIの中央研究所に独立の口座を開設し、対象州ZARI支所からサービス料金を集金し、ZARI全体として採算をとる体制を提言した。

本提案はZARIとの協議のうえ作成したものであり、土壌分析・施肥設計サービスはZARIにおける決済が下りれば2019年にも開始される予定である。

(2)事業目的の達成状況

①ザンビアにおける小規模農家の生産性及び所得向上を狙いとし、土壌分析・施肥設計の技術を相手国実施機関に導入し、その効果を検証する。

資機材の設置、研修、ワークショップ等の技術移転を通して、土壌分析・施肥設計技術の導入が完了した。

土壌分析器の使用方法については、ZARI中央研究所の土壌科学研究室のスタッフに対するワークショップ、対象州ZARI支所の研究員に対するワークショップ、及び全国ワークショップを実施した結果、ZARI中央研究所及び支所における土壌分析作業の実務が可能な程度には習得している。

施肥設計については、全国ワークショップで研修を実施したほか、2018年7月に実施した本邦受入研修の際に、ZARI中央研究所所員3名に対して追加研修を実施した。元々、施肥設計ソフトは簡単に操作できるように作られているため、研修対象者は実務で使用できるレベルまでの技術を習得した。

現在ZARIが行っている土壌分析サービスは、1. 所要時間が長い、2. サービスが不安定（バックアップ機材がない）、3. 価格が高い（提案企業の小型分析器での土壌分析価格（想定）の倍以上）、4. 施肥設計が属人的という問題があるが、提案企業の土壌分析・施肥設計であれば、1. 所要時間が短く（30分程度で結果が出る）、2. サービスが安定（故障が少なく、バックアップ機材あり）、3. 価格が安価、4. 施肥設計ソフトによって一定レベルの施肥設計が誰でも可能、といったメリットがあることが明らかになった。

なお、土壌分析による施肥設計による小規模農家の生産性と所得向上には、大臣をはじめ農業省でも高い関心を持っており、本事業にも大変協力的であった。

②土壌分析・施肥設計に基づき鶏糞化成混合肥料を使用し、各対象地域において栽培実証

試験を行い、その効果を検証する。

2016/2017年度には全実証試験対象農家への土壌分析を実施したが、施肥設計については実施しなかった。初年度は当初より、基本となる化成肥料、Dコンパウンドと同等の成分の試作をする予定であったためである。

2016/2017年度の栽培試験の結果から、ザンビアにおいては干ばつ環境にも対応した設計が必要であることがわかり、それを克服するためある種の微生物の利用が必要であると考え、2作目の施肥設計には干ばつ耐性がつく微生物の添加を行った（N・P・K成分は変更なし）。

ZARIが実施管理した2017/2018年度の農家の栽培試験では、ルアブラ州マンサ郡・チェンベ郡、南部州チョマ郡いずれにおいても、試験区T5「鶏糞化成混合肥料+尿素+ドロマイト」の収量は試験区T4「Dコンパウンド+尿素+ドロマイト」の収量を4-29%上回っており、鶏糞化成混合肥料の効果が明らかになった。

ザンビアで一般的に使用されているDコンパウンドでは、土壌に含まれるアルミニウムとDコンパウンド内のリン酸が結合し植物に吸収されないという現象があるが、鶏糞化成混合肥料に切り替えることにより、その状況が緩和され、収量が増加することが示唆される結果となった。

UNZAのポット栽培試験では、適度な水量を与える条件及び適度な水量の50%程度の水を与える「水ストレス」の条件において、Dコンパウンドと鶏糞化成混合肥料とで、植物体の乾物収量に顕著な差異は認められなかった。一方、鶏糞化成混合肥料を使用して育てたトウモロコシの植物体の成分分析をしたところ、化成肥料で育てたトウモロコシに比べて葉や茎の成長に欠かせない窒素、根を育てるカリウム、光合成を促進するマグネシウム（水酸化マグネシウムを使ったケース以外）の吸収量が多いことが分かった。今回のポット試験では、播種後6週間の開花前のトウモロコシを青刈りして分析したが、トウモロコシのその後の成長ステージにおいて、鶏糞化成混合肥料を使用したトウモロコシの成長が加速する可能性があることが示唆された。

以上の結果から、鶏糞化成混合肥料の効果は検証されたと考える。

③土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及可能性を検証する。

土壌分析・施肥設計の普及セミナーは技術取得のためのワークショップとして、ZARIの研究者を中心に計3回実施し、ZARI中央研究所（10名）にも支所（11名）にも分析業務が可能なスタッフを養成済みである。提案企業の土壌分析手法は体積法に基づいており、重量法に基づく土壌分析を実施してきたZARIにとって馴染みが薄い。体積法への理解を深めるべくZARIとは意見交換を重ねており、ZARIとしては同方法を実践的なツールとして積極的に活用する方針であることを確認した。

鶏糞化成混合肥料の普及については、トウモロコシ、大豆、米の多収技術の一環として栽培試験対象農家とともに周辺農家にフィールドデイ（農家向け実地研修会）などの普及セミナーを実施した。

小型土壌分析器及び鶏糞化成混合肥料のニーズ調査を実施したところ、小型土壌分析器については、企業、NGOからの購入希望がある。鶏糞化成混合肥料については、フィールドデイを通じて、無償配布ではなく、市場価格で購入したいという農家も一定数存在すること

を確認した。

本邦受入活動はZARI所員3名を対象に2018年7月に実施した。日本の肥料行政を学び、有機農業や施肥設計について実践的な知識を得る有意義な機会となった。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

提案企業が提供する解決策は、トウモロコシをはじめ、米、大豆等農作物の生産性向上による農家所得の向上である。小型土壌分析器を使用した科学的施肥設計と、施肥設計に基づく鶏糞化成混合肥料による多収技術を確立し普及していく。

提案企業は、既に日本において、土壌分析による施肥設計に基づく有機ミネラル肥料の使用により、米、野菜、果物の多収を実現している。先行事業では、ザンビアの小規模農家においてもトウモロコシの10t/haが収穫可能であることを実証した。

有機肥料と化成肥料を混合して使用した農業は乾燥にも強い。ザンビアでは南部州を中心に干ばつ被害が続いているが、本事業でZARIが実施管理した農家の栽培試験では、南部州においても鶏糞化成混合肥料を使った圃場で増収効果があることが実証された（表 3-16）。

農業の技術は、適切な資機材の供給体制が伴ってこそ普及する。提案企業は日本において技術指導をすることで、自社製品である有機肥料の販売を拡大してきた。ザンビアにおいても単なる肥料販売ではなく、地域の州農業局、郡農業局の普及担当と協力しながら、土壌分析や鶏糞化成混合肥料を使った多収技術を普及することで、小規模農家にも供給体制を整え、鶏糞化成混合肥料の販路を拡大していく。

更に、土壌分析や鶏糞化成混合肥料を使った多収技術の普及を通じ、米、大豆、豆類等の多収を実現することで、農家の所得はさらに向上、及び安定し、農村の貧困解消や生活改善に貢献する。特に農家女性を対象に指導を行うことで、女性の経済的社会的地位の向上に繋がる。

鶏糞化成混合肥料を使用することで、トウモロコシの栽培ではDコンパウンドと比べて800kg/ha程度の増収効果があった（2016年/2017年度及び2017/2018年度栽培試験結果による）。トウモロコシの売価は1.8ZMW（約16.7円）程度のため、1,440ZMW（約13,330円）の収入増となる。1人あたりGNIが1,300USD（2017年：世銀）のザンビアにおいて、同効果は決して小さな数字ではない。鶏糞化成混合肥料の普及は農村の貧困解消に大いに貢献すると考えられる。

また、本事業をきっかけに州レベルでの土壌分析・施肥設計サービスが全州で提供可能となれば、農家が同サービスを利用し易くなり、より多くの農家の収量増・収入増に繋がる。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

ザンビアにおいて鶏糞混合肥料の有用性が実証され、日本からの鶏糞の安定的な輸出が可能になると、廃棄処分されていた鶏糞の有効活用ができるようになり、養鶏業界の頭痛の種である鶏糞処理費用が軽減され、養鶏業界全体の経営安定化につながると想定してきた。しかし、本事業を通じて、ザンビア内でも一定量の鶏糞の調達が可能であることが判明した。ザンビアで入手可能な鶏糞は殆どが未発酵であり、発酵処理が必要ではあるが、日本からの輸送費を考えると、ザンビア産の鶏糞を使用するコストメリットは大きいと判断した。

一方、本事業でザンビアに導入した小型土壌分析器が今後活用されることで、試薬のニー

ズが増えるほか、小型土壌分析器自体のニーズも生まれ、国内装置・試薬メーカーの売上増につながる。

(5) ジェンダー配慮

鶏糞化成混合肥料の配布先の実証試験農家（2016/2017年度）のうち、女性は全体で24.4%、ルアプラ州では18.9%、中央州では22.7%、南部州では33.3%となっており、ジェンダー配慮した事業運営を実施した。特に南部州チョマ郡マパンサ村では、女性グループを中心に実証試験を行った。

2017/2018年度の実証試験農家のうち、女性は全体で41%、ルアプラ州では30%、中央州では36.7%、南部州では56.7%となっており、ジェンダー配慮した事業運営を実施した。

本事業における実証試験農家には、単に無償で肥料を配布するのではなく、種子、追肥の費用は自己負担することを求めたため、女性の参加者は限定された。しかしながら、2年間を通して女性は33%を占めており、一定のジェンダー配慮を行った。

実証試験における女性の参加率は添付資料1「肥料配布農家リスト（2016/2017年度）」、添付資料2「肥料配布農家リスト（2017/2018年度）」参照。

事業化の際にも、女性にも手が届く形で鶏糞化成混合肥料の販売や施肥設計サービスの提供を行っていく。

(6) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

ZARIにおける土壌分析サービスについては、ZARIの中央研究所では、肥料会社、大規模農園、国際機関などを依頼主としてすでに自立的に運営されている。地方のZARI支所については、活用計画をZARI中央研究所と共に作成しているところである。小型土壌分析器を使った土壌分析サービスは、日本から購入する試薬代を十分賄える水準の価格（小規模農家向けには5ZMW（約694円）、商業的農家や企業には150ZMW（約1,388円））を設定し、活動の継続を目指す。土壌分析・施肥設計サービスはZARIの決済が下りれば2019年にも開始する予定である。

ZARIの中央研究所内に設置した肥料製造設備については、研究活動の一環として特定の作物や土壌に向けた肥料を小ロットで製造する目的に使用し、肥料会社や農家等への情報提供に役立てる予定とのことである。

(7) 今後の課題と対応策

今後の課題と対応策は以下の通り。

(ア) 土壌分析器の検出レンジの変更

小型土壌分析器メーカーである富士平工業が供給可能な試薬がリニューアルされるため、試薬変更に合わせてデジタル検定器ソフトの更新を行う。更新ソフトは、提案企業が現地法人ZBFを通じてZARIに提供し、ZARIが更新を行う。

(イ) 本格的なビジネス展開に向けての準備

ビジネスパートナーの決定、工場用地の取得、人材育成等、本格的なビジネス展開に向けた以下の準備が必要である。

- ✓ 2018年3月に現地法人Zambian Bio Farm (ZBF) を設立した。
- ✓ ビジネスパートナーに関して、原料の鶏糞については今後ザンビア養鶏協会を通

じて良質な養鶏業者を探し、契約を進める計画である。

- ✓ 人材確保と育成にはZARIのインターンの中でZBFに就職希望の者がいるので面接後、採用する計画である。
- ✓ 地方のZARI支所やPACO（州農業調整官）事務所、DACO（郡農業調整官）事務所のネットワークを使い、農家からの鶏糞化成混合肥料の購入予約の集計を図る計画である。

(ウ) 国内輸送コストの低減

輸送コストの低減には自社トラックの活用が有効であり、提案企業が保有している8tトラックをザンビアに輸出し、ZBFで原料輸送や肥料配送に使用する計画である。

(エ) 流通網の構築：地元農業資材業者との連携を進める。

ZARI支所の所員を通じて信頼のおける地元農業資材業者の紹介を受けるほか、土壌分析や栽培に関する知識の豊富なZARIのOBが農業資材ディーラーの資格を取得することを後押しし、流通網を構築する。

(オ) 安定した電力確保：自家発電機の導入

ザンビアでは電力不足が深刻で、定期的に停電（計画停電）する毎日が続いている。このため、本事業では、電気が使える時間帯に肥料の生産をし、停電後は充電していたランタンで明かりを確保して機械の清掃作業を行っており、すでに対策済みである。工場の本格稼働の際は、発電機等の導入を検討する。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

① マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

Dコンパウンドは、現地肥料販売大手のZambian Fertilizer、Yara、Forestocolなど、多数の化成肥料メーカー/販売者が取り扱っている。

鶏糞化成混合肥料については、が製造販売している。同社の製品は化成肥料の粒剤と未発酵鶏糞の粒剤を混合して、Dコンパウンドと同様の成分としている。これに対して、提案企業の製品では、対干ばつ性のある微生物を含む発酵鶏糞と化成肥料を全体に混ぜ合わせたうえで粒剤としており、より効果が高いと考えている。

ザンビアの肥料メーカーの市場ターゲットは大規模・中規模農家とともに、小規模農家に対しては補助金付肥料のみを対象としている。

提案企業では、小規模農家の生産性を向上させることで新たなマーケットを創造し、その新規開拓した市場を中心にビジネスを拡大していくビジネスモデルである。

多収技術で収量増の実績を上げることで、先行者利益と製品への信頼性を獲得して、有利販売のシステムを確立する。

② ビジネス展開の仕組み

本事業を通じてトレーニングを行ったZARI、PACO/DACOのキャンプオフィサー（農業普及

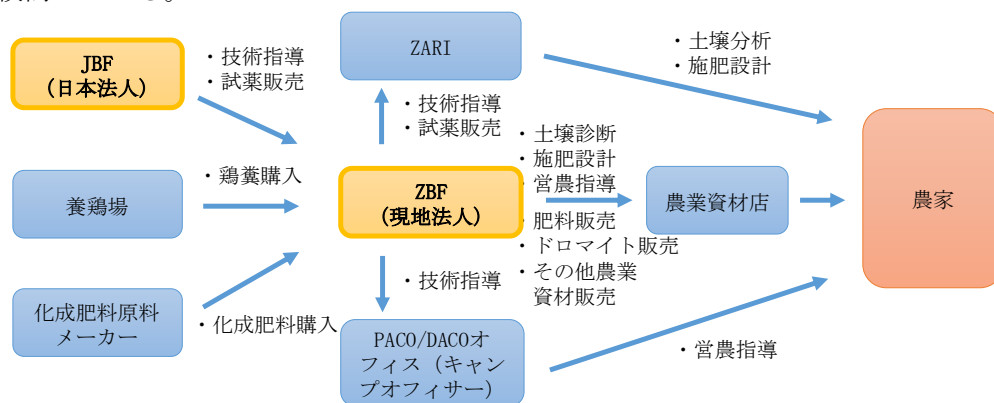
員)と連携して肥料販売事業を実施する。ZARIが土壌診断・施肥設計を、キャンプオフィサーが営農指導を行い、それに基づいてZBF(現地法人)が農業資材店(アグロディーラー)を通じて鶏糞化成混合肥料を販売する形を基本としつつ、ZBF自身も土壌診断・施肥設計を実施可能な設備、及び人員を整える。

ZARIやPACO/DACOのネットワークを通じて信頼できる農業資材店を開拓するほか、ZARIのOBや各地域のDACO、PACO等の農業普及員、篤農家自身が開業する農業資材店を通じて肥料を販売する。

肥料に加えて酸性土壌の中和やマグネシウム補給に効果のあるドロマイトの調達・販売も併せて行うほか、将来的にはモリブデン、銅、亜鉛、マンガン、鉄、ホウ素、塩素といった微量元素も取り扱う。

土壌分析器及び試薬は、日本からの輸出とする。土壌分析器の販売先候補は、肥料製造・販売会社、NGO、大学等である。ザンビア内における試薬の販売は、提案企業の現地法人ZBFを通じて実施する。

鶏糞化成混合肥料は、地元の養鶏業者から安定的に鶏糞を確保し、製造販売していくことを検討している。



出典：JICA調査団作成

図 4-1 ビジネス概要図

③想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

本事業が2019年7月に終了することから、2019/2020年度向け肥料は、現地肥料メーカーに製造委託した肥料を使用する計画である。

ザンビア産の鶏糞は未発酵のものが大半であるため、鶏糞化成混合肥料を作ったとしても有機物の効果が出にくい。そのため、ZBFでは今後契約した養鶏業者から収集した鶏糞を自社の発酵施設で発酵させ、肥料効果、干ばつ耐性を持った肥料を開発し、優位性を持った製品シリーズを揃えていく計画である。

・原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

近年、ザンビアでは養鶏事業が急速に発展してきており、混合肥料の原材料の鶏糞が、地元養鶏場から入手することが可能であることが明らかとなった。先行事業の段階では、小規模養鶏農家が多く、鶏糞の品質も石等が混合する等の問題があったが、現在では数万羽単位の大規模養鶏が増えてきており、それに伴い、鶏糞も増加している。このため、鶏糞に関し

では日本から輸入しなくとも、ザンビア内から一定量の供給が可能であることを確認した。

調査団が養鶏業者を訪問し、サンプル鶏糞を評価した結果、食肉用鶏（ブロイラー）の鶏糞は敷料などが混じっているために鶏糞化成混合肥料の原料には向かず、採卵鶏の鶏糞が原料として適していることが分かった。表 4-1は調査団が訪問ヒアリングを行った採卵用鶏の養鶏場である。

2018年6月にザンビア養鶏協会（Poultry Association of Zambia）を訪問ヒアリングした際に得られた情報としては、ザンビアには2018年5月時点で340万羽の採卵鶏が飼育されているとのことだった。その場合、大よそ14万6,880t/年の鶏糞が排出されることになる。なお、2018年時点での日本における採卵鶏の飼育数は1億3900万羽であり、608万8,200t/年の鶏糞排出量である²⁹。ザンビア・日本の差は大きいですが、ザンビアでは鶏舎飼いではなく、農家の庭先で鶏を放し飼いしていることが多く、同放し飼い分は養鶏協会の統計には含まれない。

表 4-1 ザンビアの養鶏場（一部）

No.	名称	場所	種類	飼育数 (羽)	年間鶏糞排出量(t)	状態	鶏糞価格
1	Navajo Farm	Lusaka	採卵用	200,000	8,760	湿潤	K10/bag
2	Colchi Farm	Lusaka	採卵用	140,000	6,132	乾燥ペレット	K50/bag
3	Yobri Farm	Lusaka	採卵用	120,000	5,256	湿潤	
4	WADI Farida Poultry	Lusaka	採卵用	80,000	3,504	湿潤	K2,000/トラック（約20t）
5	CHINAVIMU Investments	Lusaka	採卵用	40,000	1,752	乾燥	K10/50kg
6	Shimabala Day Break	Kafue	採卵用	60,000	2,628	湿潤	K7/50kg + 袋詰め労賃 K0.5/50kg
7	Chilala's Farm	Kafue	採卵用	40,000	1,752	湿潤	K300/t

出典：JICA調査団作成

本事業で使用した日本産鶏糞、ザンビア産鶏糞の調達費用をまとめたのが表 4-2、表 4-3である。1t当たりの鶏糞調達費用はザンビア産鶏糞の方が圧倒的に安価であることが分かる。

²⁹ 一般社団法人日本養鶏協会統計

表 4-2 日本産鶏糞の調達費用

項目	円
鶏糞代 (13.5t)	40,500
国内輸送費 (三重 - 名古屋港)	50,000
通関・海上輸送費 (名古屋-ダルエスサラーム)	589,441
陸上輸送費 (ダルエスサラーム-ルサカ)	635,094
通関料 (ルサカ)	110,083
合計	1,425,118
1t 当たり鶏糞調達費用	105,564

出典：JICA調査団作成

※20FTコンテナでの輸送を想定。国内配送料 (三重 - 名古屋港) は2016年の実績、通関・海上輸送費 (名古屋 - ダルエスサラーム) は2017年実績、陸上輸送費 (ダルエスサラーム-ルサカ) は2017年実績値、通関料 (ルサカ) は2017年実績。

表 4-3 ザンビア産鶏糞の調達費用

項目	円
鶏糞代 (6t 分)	56,475
1t 当たり鶏糞調達費用	9,413

出典：JICA調査団作成

※2017年調達の実績値。

なお、本事業においてはザンビア産鶏糞を使った混合肥料の試作も行い、化成肥料の調整により、日本の鶏糞を使用したものと同等の成分の製品の製造が可能であることを確認した。ビジネス展開の際にはザンビア産鶏糞を使用する予定である。

化成肥料はザンビア内での調達が割高のため国外から輸入する。輸入に係るコストを抑えるため、ダルエスサラーム港からカピリ・ムポシ (ルサカから北に約200km) まではタンザン鉄道の利用を想定する。

化成肥料の輸入のためには、ZEMA (Zambia Environment Management Agency=ザンビア環境管理庁) の輸入許可が必要となる (事業期間中はZARIとの共同事業ということで、特に手続きは必要なかった。)

機械の輸入に関しては、通常の輸入通関手続き以上の許認可は特段必要なかった。これはビジネス展開する際も同様である。当初導入する主な機材は、化成肥料と鶏糞を混合するためのミキサー (攪拌機)、肥料原料をペレット状に成型する造粒機を想定している。

・生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

鶏糞化成混合肥料の生産・流通・販売を行うために現地法人を2018年3月に登記済みである。現在、ビジネスパートナーの選定、役員人事、資本政策について等の最終調整を行って

いる。

プロジェクト終了後1年目及び2年目は現地肥料会社と連携し委託製造を予定している。3年目には自社工場での肥料製造を想定している。自社工場及び発酵鶏糞堆肥場は、2021/2022年度を目標に建設予定である。

主なターゲットは小規模農民とし、販売地域は、1-2年目は本事業対象地域、3年目以降はザンビア全土を想定している。

鶏糞化成混合肥料の製造工場の設置に際しては、ZEMAの環境アセスメントと許可が必要となるため、自社工場建設に合わせて取得する。

なお、肥料製造、販売については、以下の認可が必要である。

- ✓ 化学製品としてZEMAの認可（所要期間4か月程度）
- ✓ 農業省への肥料登録（ZARIが許認可機関）：成分分析による販売許可（所要期間2か月程度）
- ✓ 農業省の「普及推奨肥料」の認可：農業省の普及事業の中で推奨肥料となるための認可。ZARIによる栽培試験及び推奨レターが必要である。（所要期間不定）

流通に関して、鶏糞化成混合肥料を農家に配布する実証試験を通じ、ザンビアでの国内輸送費が非常に高額であることが判明した。例えばルサカから30tトラックでルアプラ州チェンベ郡まで配送すると、輸送費が17,000ZMW(約15万7,000円)もかかる。事業化にあたっては、提案企業が日本国内で保有している8tトラックをザンビアに輸送し、ZBFで原料輸送や肥料配送に使用する計画である。

・要員計画・人材育成計画

現地法人を運営するに当たって人材の育成が最重要課題である。

現地での事業開始時の要員としては、以下の体制を予定している。

- ✓ 役員＝日本人2人（うち現地常駐1人）、ザンビア人1人
- ✓ 研究員及び事務員1人
- ✓ 労働者2人

肥料の自社生産を開始予定の2021/2022年度には労働者を1人増員する。

なお、人材育成は非常に時間がかかるため、土壌分析・施肥設計の技術及びノウハウを既に習得しているザンビア人を役員として採用し、その者に研究員の人材育成を担当させる予定である。

・収支分析・資金調達計画

実証試験や試験販売等を通じて、売上・コストを試算し、収支分析、資金調達計画を策定した。今後4年間の事業計画は次のとおりである。

表 4-4 事業計画表

事業計画	普及・実証事業 終了	現地委託製造	現地委託製造	自社生産	自社生産
	2018/2019年度	2019/2020年度	2020/2021年度	2021/2022年度	2022/2023年度
販売数					
鶏糞化成混合肥料	-	200t	500t	2,000t	2,000t
ドロマイト	-	100t	200t	1,000t	1,000t
その他			50t	100t	100t
売上	-	¥12,760,000	¥33,110,000	¥130,900,000	¥130,900,000
費用					
製造原価	-	¥9,219,000	¥21,984,000	¥74,448,000	¥74,448,000
人件費	-	¥5,821,200	¥5,821,200	¥6,078,600	¥6,078,600
減価償却費	-			¥2,200,000	¥2,200,000
販管費	-	¥2,572,900	¥4,904,600	¥10,588,600	¥10,588,600
営業利益	-	(¥4,853,100)	¥400,200	¥37,584,800	¥37,584,800
租税公課	-	¥0	¥60,030	¥5,637,720	¥5,637,720
純利益（純損失）	-	(¥4,853,100)	¥340,170	¥31,947,080	¥31,947,080
設備投資	-	-	-	¥11,000,000	-

従業員	マネジャー	1	1	1	1
	スタッフ	3	3	4	4
販管費内訳	賃料	¥1,640,100	¥2,811,600	¥2,811,600	¥2,811,600
	光熱費他	¥382,800	¥993,000	¥3,927,000	¥3,927,000
	車両費	¥550,000	¥1,100,000	¥3,850,000	¥3,850,000

出典：JICA調査団作成

プロジェクト終了後1年目及び2年目は現地肥料会社と連携し委託製造を予定している。1年目の2019/2020年度の鶏糞化成混合肥料の販売数量は200tを見込んでいる。2年目には販売数量500t、3年目（2021/2022年度）に製造設備を投入し自社生産を開始し、鶏糞化成混合肥料の販売数量2,000tを目指す。

1年目の営業利益は約485万円の赤字となる見通しであるが、2年目には約34万円へと黒字転換を目指す。設備投資を行う3年目（2021/2022年度）には、マーケットを拡大し大幅な売上・利益増大を目指す。

なお、ザンビアにおける事業に必要な投資は自己資金もしくは外部投資家からの出資で賄う予定である。

④ ビジネス展開可能性の評価

本事業における実証試験の結果、試作生産に関しては、大きな課題がないことを確認した。製造に関しても、1ラインあたりの生産量ははっきりしたことで、予定生産・販売量に応じた工場設計が可能となった。

原料調達については、後処理が必要なものの、一定量の鶏糞がザンビアで調達できることが分かったため、ザンビア産の鶏糞を活用して事業展開する。

ザンビアの肥料市場はDコンパウンド等の従来型の化成肥料が市場の殆どを占めており、提案企業が提案する鶏糞化成混合肥料は非常に少ない。本事業を通じて鶏糞化成混合肥料の効果が証明されており、ビジネス展開可能性は十分にあると考える。

(2)想定されるリスクと対応

肥料の生産・販売を実施するにあたり、主に以下3点のリスク、及び対応策を想定している。

①類似品リスク

鶏糞化成混合肥料には模倣による類似品が出現するリスクがある。これに対しては、農業省の「普及推奨肥料」というお墨付きを取得することで差別化をすること、容易に模倣することが困難な干ばつ耐性がつく微生物を添加し機能的な優位性を作ること、及び施肥設計サービスと組み合わせることで「指名買い」される状況をつくること等により、類似品との価格競争を回避する。

②労務リスク

ザンビアでは近年、労働者の権利意識が高まり、特に中国企業とのトラブルが報じられている。また、各種規制が存在するものの、地元企業には適用されず、海外資本の企業のみ適用される傾向がある。各省の役人が海外企業を定期的に訪問し、労働規制違反等を指摘して罰金を請求するといった話や、これらの料金が国庫に入らず、役人個人の収入となっているという話がある。

こうした労務リスクを軽減するために、現地事情に詳しいザンビア人を役員に向かい入れ、法律家にも相談しつつ事業を進める。

③法令順守リスク

土壌分析による農業指導を合わせた普及・販売方法のノウハウはザンビアの他企業にはなく、知的財産権を侵害されるリスクは低いと考えられる。ザンビアにおいては化学薬品等の製造・混合工場が存在しないため、小型土壌分析器の試料の生産は難しいと考える。分析の際に用いるソフトは、プロテクトキーがないと作動しない構造になっており、知的財産の保護措置を行っている。

土壌分析及び施肥設計ソフトに関しては、相手国実施機関のZARIと覚書を交わし、知的財産権の保護を担保する。

(3)普及・実証において検討した事業化による開発効果

鶏糞化成混合肥料を使うことで、トウモロコシの栽培では200kg/haの施用で、Dコンパウンドと比べて800kg/ha程度の増収効果があった（2016年/2017年度栽培試験結果による。）。トウモロコシの売価は1.8ZMW（約16.7円）/kg程度のため、1,440ZMW（約13,330円）/haの収入増となる。

これを事業化の際の開発効果としてシミュレーションしたのが表 4-5である。開発効果算出にあたっては、トウモロコシ農家1人あたりが1ha分（200kg）の鶏糞化成混合肥料を使用することを想定した。

表 4-5 事業化による開発効果

	現地委託製造	現地委託製造	自社生産
	2019/2020 年度	2020/2021 年度	2021/2022 年度
鶏糞化成混合肥料販売量	200t	500t	2,000t
裨益農家数	1,000 人	2,500 人	10,000 人
トウモロコシの増収	800t	2,000t	8,000t
トウモロコシの収入増	144 万 ZMW	360 万 ZMW	1440 万 MW

出典：JICA調査団作成

2019/2020年度に、1,000人の農家で計800tの増収効果があり、144万ZMW（約1,333万円）の収入増が見込まれる。

2020/2021年度に、2,500人の農家で計2,000tの増収効果があり、360万ZMW（約3,332万円）の収入増が見込まれる。

2021/2022年度は、10,000人の農家で計8,000tの増収効果があり、1,440万ZMW（約1億3,328万円）の収入増が見込まれる。

その後、鶏糞化成混合肥料の供給量を増やし、使用できる対象農家を増やしていけば、開発効果はさらに拡大する。

小規模農家の貧困からの脱却は、ザンビアだけでなく、農業環境が共通するモザンビーク、ジンバブエなど周辺国にとっても重要課題である。本事業による農業技術指導と鶏糞化成混合肥料等の有用資材の供給を組み合わせたビジネスモデルをこれら周辺国においても広く適用することで、広範囲における農家の収量増につながり、貧困削減に貢献する。

(4)本事業から得られた教訓と提言

①今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

ザンビアは交通インフラや事業環境が十分に整っているとは言い難いが、農業分野に関しては潜在的可能性を秘めた国であり、ビジネスチャンスは大きい。是非、他企業にも積極的に進出していただきたいが、以下の点には留意が必要である。

ア) 許認可取得のスケジュール

途上国の公的機関の予算や人員には大きな制約があり、企業側の意図やスケジュールに合わせた機動的な稼働は望めない。公的な許認可が必要な業種においては余裕を持って申請をし、頻繁にフォローアップを行うことが必要である。

イ) 信頼における現地パートナーの重要性

動産であれ不動産であれ、外国人である日本人が現地で何かを購入する場合、現地人が購入する価格に比べて金額が上乘せられることがある。そのため、現地の信頼できるビジネスパートナーを全面に立て交渉を進めることが重要である。また、外国人が入手できる情報には限りがあるため、ビジネスパートナーを通じた正確な情報収集が重要である。

②JICAや政府関係機関に向けた提言

ア) ZARI による「体積法」による土壌分析サービスの提供

活動 1-4 の結果にも記載したが、土壌分析に関し、ZARI が採用している「重量法」と提案企業が採用している「体積法」の考え方のギャップを埋めるために長い時間を要した。提案企業は日本において、農家を対象にして土壌分析や施肥設計サービスを提供し、農家はそれに基づいて肥料を使うことで品質向上や収量増加を実現してきており、実務的に有効な手法であることは実証済みである。

ZARI は従来型の分析装置を使った「重量法」による土壌分析サービスは残しつつ、今回の事業を通じて提供した小型土壌分析器を活用し、実務的に成果を出すことのできる「体積法」にも本格的に取り組んでいくことが ZARI の使命である農家支援になると考える。

イ) 普及・実証事業における予算運用の柔軟性

資金的な制約のある中小企業にとっては、海外進出に係るコストが公的資金でカバーされる普及・実証事業は非常に価値がある。一方、事業実施前に策定した予算計画通りに進まないことも多く、予算の変更手続きに多くの手続きを要した。普及・実証事業の予算運用により柔軟性があると中小企業にとってより取り組み易いと思われる。

参考文献

Agriculture Statistics of Zambia, 2014

Investors Guide on Poultry in Zambia, AgriProFocus Zambia,

FAO FAOSAT

Zambia Agriculture Status Report 2017, Indaba Agricultural Policy Research
Institute

ZAMBIA THE CUSTOMS AND EXCISE ACT

ZRA VAT Liability Guide

添付資料

(1) 添付資料 1 : 肥料配布農家リスト (2016/2017 年度)

Central							
Province	District	CROP			NAME OF FARMER	SEX	CAMP
		M	S	R			
Central	Kabwe	1			Esther Chilunga Zulu	F	Mpima
Central	Kabwe	1			Vincent Matumbo	M	Mpima
Central	Kabwe	1			Esthes Ngarnbi	F	Mpima
Central	Kabwe	1			Nicholas Muyovwe	M	Mpima
Central	Kabwe	1			Alan Njobvu	M	Mpima
Central	Kabwe	1			Lucky Hamodmba	M	Kangomba
Central	Kabwe	1			Emelda Simalambo	F	Kangomba
Central	Kabwe	1			Kalembwe Lazardis	M	Kangomba
Central	Kabwe	1			Benson Judge	M	Kangomba
Central	Kabwe	1			Hachingala	M	Kangomba
Central	Mkushi	1			Chanda F Pobet	M	Munsakamba
Central	Mkushi	1			Emeldah Manimani	F	Munsakamba
Central	Mkushi	1			Nchimunya Mauluka	M	Nkumbi
Central	Mkushi	1			Mawbwe Abel	M	Nkumbi
Central	Mkushi	1			Musaka Machiku	M	Munsakamba
Central	Mkushi	1			Chisenga Wade	M	Nshinso
Central	Mkushi	1			Ndashe Rodwell	M	Nshinso
Central	Mkushi	1			Mushili Cosmas	M	Nshinso
Central	Mkushi	1			Kunda Cecilia	F	Nshinso
Central	Mkushi	1	1		Madenla Wilson	M	Nshinso
Central	Mkushi	1			Chibuye Daiwes	M	Chalata
Central	Mkushi	1			Dayju Nwaoirvda	M	Chalata
Sub Total		22	1	0		22	
M						17	77.3%
F						5	22.7%
Luapula							
Province	District	CROP			NAME OF FARMER	SEX	CAMP
		M	S	R			

Luapula	Chembe	1		Alfred Chulu	M	Lukola
Luapula	Chembe	1	1	Aron Musonda	M	Chembe Central
Luapula	Chembe	1		Ayese Mwansa	M	Mulilantambo
Luapula	Chembe	1		Beatrice Nambela	F	Kundamfumu
Luapula	Chembe	1		Christopher Mwewa	M	Luwo
Luapula	Chembe	1		Danny K. Chipeleka	M	Chembe Central
Luapula	Chembe	1		Enock Mutempa	M	Fikombo
Luapula	Chembe	1		Fredrick Mumba	M	Chembe Central
Luapula	Chembe	1		Godfrey Mofya	M	Mulilantambo
Luapula	Chembe	1		Kelvin Chinyanta	M	Mulilantambo
Luapula	Chembe	1		Kennedy Maluba	M	Chembe Central
Luapula	Chembe	1		Kennedy Mukenda	M	Lukola
Luapula	Chembe	1		Leo Nkandu	M	Chembe Central
Luapula	Chembe	1		Mable Musaka	F	Mulintambo
Luapula	Chembe	1		Melvin .K. Chabu	M	Fikombo
Luapula	Chembe	1		Pascal Mwansa	M	Lukola
Luapula	Chembe	1		Petronela Chilufya	F	Kundamfumu
Luapula	Chembe	1		Samuel Kambambala	M	Lukola
Luapula	Chembe	1		Shadrack Kalumba	M	Chipete
Luapula	Chembe	1		Spider Kashimbaya	M	Mulilantambo
Luapula	Chembe	1		Zacharia Mwansa	M	Chembe Central
Luapula	Chembe	1	1	Chibalamuna Hosia	M	Mansa
Luapula	Chembe	1	0.5	Agness kantenge	F	
Luapula	Chembe	1	0.5	Leonia chalwe	F	
Luapula	Chembe	1	0.5	Edward sinkulunda	M	
Luapula	Chembe	1	0.5	Dickson mpundu	M	
Luapula	Chembe	1	0.5	Victor shamende	M	
Luapula	Chembe	1	0.5	victor kunda	M	
Luapula	Chembe	1	0.5	Broadwell mukupa	M	
Luapula	Chembe	1	0.5	David mukala	M	
Luapula	Chembe	1	0.5	kasaila elizabeth	F	
Luapula	Chembe	1	0.5	John kalesha	M	
Luapula	Mansa	1	1	Emanuel Mushili	M	Nsonge
Luapula	Mansa	1	1	Patrick Kakonge	M	Nsonge

Luapula	Mansa	1			Elias Chanda	M	Nsonge
Luapula	Mansa	1			Rosemary Mumba	F	Nsonge
Luapula	Mansa	1			Robam Mwemwa	M	Nsonge
Sub Total		37	4	5		37	
M						30	81.1%
F						7	18.9%
Southern							
Province	District	CROP			NAME OF FARMER	SEX	CAMP
		M	S	R			
Southern	Choma	1			Lister heunbizhi	F	Popota
Southern	Choma	1			Caphas Muleya	M	Popota
Southern	Choma	1			Moscow Nyanga	M	Popota
Southern	Choma	1			Dniel Chigurta	M	Popota
Southern	Choma	1			Fridech Chikwamela	F	Batoka
Southern	Choma	1			Gererson Sulwalulwa	M	Batoka
Southern	Choma	1			Tomson Mulega	M	Batoka
Southern	Choma	1			Timothy Muleya	M	Batoka
Southern	Choma	1			Shede Sikalirela	M	Batoka
Southern	Choma	1			Bnredoes Chilorececa	M	Batoka
Southern	Choma	1			Yudge Hambagi	M	Batoka
Southern	Choma	1			Colfnd Mweenter	M	Batoka
Southern	Choma	1			Muleenloa Aluson	M	Batoka
Southern	Choma	1			Crerceld malupel	M	Batoka
Southern	Choma	1			Gladys Hampoma	F	Mapanza
Southern	Choma	1	1		Golden Mapani	M	Mapanza
Southern	Choma	1			Nakwenda	F	Mapanza
Southern	Choma	1			Shaila Ndlovu	F	Mapanza
Southern	Choma	1			Patricia Dolopo	F	Mapanza
Southern	Choma	1			Edward Phili	M	Mapanza
Southern	Choma	1			edward phiri	M	Choma A
Southern	Choma	1			Gladness Hampooma	M	Choma A
Southern	Choma	1			Ana Nachilime	F	Choma A
Southern	Choma	1			Mrs S Mapani	F	Choma A
Southern	Choma	1			Partricia Dolopo	F	Choma A

Southern	Choma	1			Na kwenda Hababola	M	Choma A
Southern	Choma	1			Goldon Mapani	M	Choma A
Sub Total		27	1	0		27	
M						18	66.7%
F						9	33.3%
Total							
		M	S	R		SEX	
Total		86	6	5		86	
M						65	75.6%
F						21	24.4%

※CROP : M-トウモロコシ、S-大豆、R-米

出典 : JICA調査団作成

(2) 添付資料 2 : 「肥料配布農家リスト (2017/2018 年度) 」

Luapla								
Province	District	CROP				NAME OF FARMER	SEX	CAMP
		M	S	R	C			
Luapla	Mansa	1				Morgan Kunda	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Patrick Kakonge	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Justinah Mwansa	F	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Lameck Chabu	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Constance Bwalya	F	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Enock Bwalya	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Obino Kaliboyi	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Musonda Muswala	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Emmanuel Mushili	M	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Elizabeth Chiluba	F	Nsonga
Luapla	Mansa	1				Savour Mwelwa	M	Nsonga
Luapla	Mansa			1		Webby Nkandu	M	Mabumba
Luapla	Mansa			1		Benard Mwelwa	M	Mabumba
Luapla	Mansa			1		Charity Katambo	F	Mabumba
Luapla	Mansa			1		Sharon Mwewa	F	Mabumba
Luapla	Chembe			1		Victor Kunda	M	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Broadwell Mukupa	M	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Christopher Mwansa	M	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Elizabeth Kaisala	F	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Hope Mwila	F	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Joseph L Nkandu	M	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Leo Nkonde	M	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Edmond Sinkamba	M	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Bertha Nachula	F	Chembe Central
Luapla	Chembe			1		Margret Mumboto	F	Chembe Central
Luapla	Chembe	1				Pascal Mwansa	M	Lukola
Luapla	Chembe	1				Aaron Musonda	M	Lukola
Luapla	Chembe	1				Danny Chipeleka	M	Lukola
Luapla	Chembe	1				Kelvin Chinyanta	M	Lukola
Luapla	Chembe	1				Zachariah Mwansa	M	Lukola

Sub Total	16		14					
M						21	70.0%	
F						9	30.0%	
Central								
Province	District	CROP				NAME OF FARMER	SEX	CAMP
		M	S	R	C			
Central	Kabwe	1				Chiinda Bulawayo	M	Mpima
Central	Kabwe	1				Ester Ng'ambi	M	Mpima
Central	Kabwe		1			Ester Zulu	M	Mpima
Central	Kabwe		1			Fred Hachingala	F	Mpima
Central	Kabwe	1				Lazarous Mbewe	M	Mpima
Central	Kabwe		1			Mukonda Kabwe	M	Mpima
Central	Kabwe	1				Phenny Chuula	M	Mpima
Central	Kabwe	1				Vincent Matembo	M	Mpima
Central	Kabwe		1			Hamoomba Lucky	M	Kang'omba
Central	Kabwe	1				Judge Benson	M	Kang'omba
Central	Kabwe	1				Allan Njovu	M	Kang'omba
Central	Kabwe		1			Emeldah S Nakalonga	M	Kang'omba
Central	Kabwe	1				Dolrothy Musekwa	M	Kang'omba
Central	Kabwe	1				Martha Phiri	F	Kang'omba
Central	Kabwe	1				Felly Onde	M	Kang'omba
Central	Mkushi		1			Psasaika Sefosi	M	Musakamba
Central	Mkushi		1			Polinatus Chibwe	F	Musakamba
Central	Mkushi		1			Kennedy Chanda	M	Musakamba
Central	Mkushi		1			Godfrey Chibale	M	Musakamba
Central	Mkushi	1				Chanda Robert	M	Musakamba
Central	Mkushi	1				Ruth Chiwaya	M	Musakamba
Central	Mkushi	1				Emeldah Manimani	M	Musakamba
Central	Mkushi	1				Abel Mambwe	F	Nkumbi
Central	Mkushi	1				Clever Mwansa	F	Nkumbi
Central	Mkushi		1			Lewis T Mwanza	M	Nkumbi
Central	Mkushi		1			Joyce Kunda	M	Nkumbi
Central	Mkushi		1			Nchimunya Mauluka	M	Nkumbi
Central	Mkushi	1				Percy Bwanga	M	Nkumbi

Central	Mkushi	1				Richman Tundaile	M	Nkumbi
Central	Mkushi	1				Geoffrey Sishebo	M	Nkumbi
Sub Total		18	12	0				
M							19	63.3%
F							11	36.7%
Southern								
Province	District	CROP				NAME OF FARMER	SEX	CAMP
		M	S	R	C			
Southern	Choma	1				Christine Hamangole	F	Mapanza
Southern	Choma	1				D. Hamaansingo	M	Mapanza
Southern	Choma	1				Violet Kabanji	F	Mapanza
Southern	Choma	1				Dorothy Phiri	F	Mapanza
Southern	Choma	1				Mapani	M	Mapanza
Southern	Choma	1				Daniel Chigunta	M	Popota
Southern	Choma	1				Rose Gamela	F	Popota
Southern	Choma	1				Martin Muleya	M	Popota
Southern	Choma	1				Cephas Muleya	M	Popota
Southern	Choma	1				Gladys Hampooma	F	Mapanza
Southern	Choma				1	Eddy Haangala	M	Mapanza
Southern	Choma				1	Idah Mpofu	F	Mapanza
Southern	Choma				1	Evelyn Muyuwa	F	Mapanza
Southern	Choma				1	Gumbi Hildah	F	Mapanza
Southern	Choma				1	Simuunza Mable	F	Mapanza
Southern	Choma	1				Simon Hamoonga	M	Popota
Southern	Choma	1				Mary Chanda	F	Popota
Southern	Choma				1	Lister Hambizi	F	Popota
Southern	Choma				1	Nickson Mwaanga	M	Popota
Southern	Choma	1				Catherine Munsanje	F	Popota
Southern	Choma				1	Jonathan Munasingoma	M	Popota
Southern	Choma				1	Mosca Nyanga	M	Popota
Southern	Choma	1				Jesica Mukonka	F	Popota
Southern	Choma	1				Phales Sikapande	M	Popota
Southern	Choma				1	Patrick Chuulu	M	Popota
Southern	Choma				1	Yotham Siachoobe	M	Popota

Southern	Choma	1				Patricia Tembo	F	Popota
Southern	Choma				1	Ronah Zulu Muloonga	F	Popota
Southern	Choma				1	Maureen Namooonga	F	Popota
Southern	Choma				1	Rosah Chibuluma	F	Popota
Sub Total		16			14		30	
M							13	43.3%
F							17	56.7%
Total								
		M	S	R	C		SEX	
Total		50	12	14	14		90	
M							53	58.9%
F							37	41.1%

※CROP : M-トウモロコシ、S-大豆、R-米、C-インゲン豆 (カウピー)

出典 : JICA調査団作成

(3) 添付資料 3 : 土壤分析結果

CAMP	1_NH4 -N	2_NO3 -N	3_P2O 5	4_K2O	5_CaO	6_MgO	7_Fe	8_Mn	pH
Chembe	2.2	3.0	155.8	13.9	63.1	12.4	150.0	63.9	5.4
Chilima	1.5	0.3	150.1	10.1	18.4	7.0	5.3	14.3	4.5
Chief Nsonga	1.7	0.2	148.4	22.3	31.3	12.9	16.1	41.2	5.9
Chembe	1.2	0.2	150.9	26.1	34.9	16.1	41.7	18.8	4.6
Chembe	1.1	0.1	151.7	11.0	37.5	13.4	18.7	4.2	5.4
Chief Nsonga	2.1	0.3	158.4	13.9	36.2	8.1	6.7	26.7	5.3
Kaisala	2.4	0.3	156.5	17.4	30.5	7.5	29.9	5.1	4.8
Nsonga	1.9	0.2	153.6	19.9	43.7	9.4	4.7	14.3	5.5
Chief Nsonga	1.0	0.1	143.2	10.6	44.3	8.0	6.8	12.6	4.6
Kaisala	1.4	0.2	144.3	9.9	44.9	8.1	16.1	9.2	5.7
Chembe	1.1	0.2	145.3	47.5	44.8	8.7	37.7	1.5	5.4
Kaisala	0.8	0.2	148.1	10.4	14.8	5.2	1.0	10.7	5.6
Chief Nsonga	1.1	0.2	147.9	10.4	26.9	9.5	1.1	16.9	4.7
Nsonga	3.0	0.3	142.1	11.8	41.1	7.8	1.4	16.1	5.8
Kaisala	4.9	0.2	160.4	8.4	10.2	1.0	1.4	0.1	5.8
Roadside demo	5.3	0.2	160.4	14.4	29.7	3.4	7.1	0.5	4.8
Chembe	2.0	0.3	160.4	11.2	301.9	150.0	11.5	20.9	7.7
Elot Mbaluli	0.2	0.8	8.5	8.6	91.8	5.5	5.5	0.1	5.3
fikumbo	2.4	0.2	160.4	15.7	27.5	4.9	9.6	30.9	5.5
fikumbo	0.1	0.2	152.1	17.1	34.6	6.0	0.7	0.1	6.3
Chipete	2.2	0.2	148.9	20.5	19.9	2.0	1.3	100.0	5.3
Chembe	1.4	0.1	149.5	12.5	11.1	5.2	3.8	4.4	5.3
Chembe	1.2	0.2	145.3	12.2	2.3	6.1	0.9	6.2	5.5
Chembe	1.2	0.2	133.8	12.1	24.1	7.0	2.4	1.6	5.6
Chembe	0.1	0.3	150.7	12.6	11.1	5.7	1.4	1.1	5.7
Muliantambo	0.1	0.4	152.3	10.9	24.6	1.0	1.0	0.1	4.9
Chembe	0.1	0.3	148.3	11.1	6.7	5.0	4.0	3.1	5.2
Chembe	0.1	0.2	155.1	17.7	19.3	9.8	2.4	0.1	6.2
Chembe	0.8	0.3	143.4	13.5	2.6	6.1	1.9	11.8	5.2
Mulilantambo	0.1	0.2	133.5	14.0	0.0	5.0	1.6	0.1	5.6
Mulilantambo	0.1	0.2	147.8	13.0	20.2	7.4	0.9	5.0	6.2
Lukola	0.1	0.6	160.4	28.4	57.6	18.2	2.0	14.1	5.9
Kundamfumu	0.1	0.5	160.4	12.8	0.0	6.0	1.4	0.1	5.4
Chembe	0.1	0.9	160.4	21.5	18.0	11.3	14.4	9.8	5.1
Chembe	0.3	0.8	160.4	11.9	39.0	10.5	4.9	0.1	4.9
Chembe	1.6	0.4	160.4	12.7	33.5	8.8	37.9	3.6	5.3
Chembe	1.2	0.3	153.4	6.3	51.5	14.2	14.2	7.9	5.7
Chembe	0.7	0.4	152.3	12.3	49.4	14.1	6.4	0.1	5.8
Chembe	1.5	0.3	154.8	12.6	43.6	14.8	11.8	0.1	5.8
Chembe	1.0	0.3	153.8	26.0	61.7	51.9	14.7	13.9	6.3
Lukola	3.3	0.3	158.5	13.1	30.1	5.8	26.5	36.1	5.4
	4.9	0.3	155.9	23.7	51.0	10.9	18.9	23.6	5.6

Lukola	1.8	0.3	147.3	32.8	9.6	8.8	16.0	1.1	5.8
Lukola	1.8	0.3	146.1	15.0	61.7	11.3	1.5	2.0	6.1
Lukola	3.7	0.3	83.1	14.2	50.8	15.8	4.6	12.1	6.1
Lukola	2.7	0.3	144.1	24.7	22.2	6.4	21.2	10.0	5.6
Lukola	0.1	0.3	144.7	21.3	65.6	14.4	8.6	17.3	6.6
	0.6	0.3	148.0	12.9	50.9	7.8	22.8	20.9	5.4
	1.9	0.4	143.7	15.4	52.6	16.3	20.2	15.4	5.4

CAMP	1_NH4 -N	2_NO3 -N	3_P2O 5	4_K2O	5_CaO	6_MgO	7_Fe	8_Mn	pH
Choma Central A	2.7	0.1	160.4	15.1	25.2	5.8	0.9	12.4	4.6
Choma Central A	3.5	0.1	160.4	13.5	31.9	5.7	1.0	13.6	5.5
Choma Central A	1.4	0.1	160.4	13.4	25.8	4.5	1.5	6.1	5.5
Choma Central A	1.9	0.1	160.4	9.8	8.0	4.6	2.6	0.1	5.3
Choma Central A	0.7	0.2	160.4	12.7	19.5	4.9	8.7	5.5	5.6
Batoka	1.6	0.3	160.4	28.3	31.6	9.9	3.7	14.4	5.8
Batoka	2.7	0.3	160.4	12.1	20.5	4.5	0.9	20.1	5.0
Batoka	3.3	0.2	160.4	10.7	37.1	4.3	2.0	7.6	4.4
Batoka	2.3	0.3	160.4	12.0	0.9	4.0	1.6	14.1	5.3
Batoka	0.1	0.8	159.4	11.4	23.2	1.0	0.8	13.1	4.1
Batoka	2.2	0.4	154.0	11.6	0.0	4.7	31.1	9.3	5.3
Batoka	1.9	1.8	122.5	21.1	26.0	6.0	14.4	33.7	4.6
Batoka	3.4	0.3	143.1	18.6	14.6	5.1	4.7	23.4	5.1
Batoka	2.1	0.3	140.0	17.0	20.7	6.0	9.0	19.7	5.3
Mapanza	1.2	6.9	1.4	14.6	104.6	15.7	1.1	0.1	6.7
Mapanza	0.2	3.5	5.6	10.9	70.3	10.5	1.3	0.1	6.1
Mapanza	1.5	1.0	0.5	12.6	105.2	16.4	0.8	0.1	5.8
Mapanza	2.3	1.3	19.5	3.7	65.0	8.4	1.4	0.1	5.7
Mapanza	0.7	0.5	90.4	51.6	158.8	18.7	5.7	2.8	7.7
Mapanza	0.1	0.1	0.0	6.9	0.0	14.6	0.0	0.1	5.6
Mapanza	0.6	0.4	20.2	9.3	191.7	33.6	5.0	0.1	6.2
	1.7	0.9	109.5	15.1	46.7	9.0	4.7	9.4	5.5

CAMP	1_NH4 -N	2_NO3 -N	3_P2O 5	4_K2O	5_CaO	6_MgO	7_Fe	8_Mn	pH
Nsonga	4.8	0.2	158.1	15.1	11.4	5.6	1.4	0.1	5.3
Nsonga	0.9	0.3	160.4	13.1	44.3	5.6	2.3	90.8	5.8
Nsonga	4.2	0.2	155.2	13.3	29.7	5.7	2.8	16.4	5.4
Nsonga	0.1	0.3	155.4	15.4	10.2	7.7	3.6	6.9	5.7
Katonge	1.6	7.3	6.2	13.4	116.0	14.0	2.9	1.2	5.2
Nkumbi	1.1	1.7	12.3	2.6	27.7	4.6	1.8	0.1	4.7
Munsakamba	0.1	3.1	0.5	2.9	10.9	5.2	2.7	0.1	4.6
Munsakamba	0.1	0.3	2.5	7.0	81.6	14.7	2.7	6.7	5.1
Elot Mbalili	0.7	0.3	2.5	3.9	21.2	4.6	2.5	4.5	4.8
Mapanza	0.6	0.3	1.9	4.1	14.2	8.2	3.3	5.3	5.3
	1.4	1.4	65.5	9.1	36.7	7.6	2.6	13.2	5.2

CAMP	1_NH4 -N	2_NO3 -N	3_P2O 5	4_K2O	5_CaO	6_MgO	7_Fe	8_Mn	pH
Mpima	0.1	0.3	160.4	13.4	36.0	1.0	12.3	20.6	4.9
Mpima	0.1	0.2	160.4	14.6	31.8	1.0	0.8	4.1	5.0
Mpima	0.1	0.2	160.4	12.2	27.5	1.0	0.7	0.1	5.8
Mpima	1.0	0.2	160.4	15.6	28.6	1.0	0.7	9.1	6.0
Mpima	0.1	0.2	160.4	8.9	31.0	1.0	3.1	15.5	5.7
Kangomba	0.1	0.3	160.4	9.4	26.3	1.0	1.0	11.4	6.0
Kangomba	0.1	0.2	160.1	8.9	29.0	N/A	0.7	11.0	6.2
Kangomba	0.1	0.2	159.2	8.6	29.3	N/A	1.0	10.0	6.1
Kangomba	0.1	0.2	160.1	13.2	36.0	N/A	1.0	10.3	6.0
	0.2	0.2	160.2	11.6	30.6	1.0	2.4	10.2	5.7

出典：JICA調査団作成

(4) 添付資料 4 : 先行事業における優良事例

2016年10月17日にZARI中央研究所において全国ワークショップを実施した。同ワークショップの「土壌分析・施肥設計及び鶏糞化成混合肥料の普及セミナー」において発表した先行事業における優良事例の要旨は以下の通り。

- “Zambian Dream comes true”, Kakonge氏 (Luapula州Mansa郡) = 1haの小規模農家で年収100USDだった農家が、提案企業の指導の下、7羽の地鶏を飼育することから始め、3作後に農業収入が1万USDを超えた。現在の経営は農地95ha、耕作面積13ha (トウモロコシ4ha、落花生2ha、キャッサバ7ha)。トウモロコシの1ha収量は平均収量の4倍の10tに達した。3年の間に彼が飼育販売した地鶏の総数は3,800羽 (1羽5USD、約19,000USD) でそれを資本に農業経営を拡大、発展させている。農地も正式に95ha購入している。
- “Cassava King”, Mshiri氏 (Luapula州Mansa郡) = 250haの農地を持つ地元の名士。提案企業の指導の後、経営を急拡大している。ドロマイトと有機・化成の混合施肥でトウモロコシの10t取りをいち早く達成、その後作にキャッサバを作ったところ、56t/haの世界記録を達成した。それまでの世界記録はザンビアの北部州のカサマで36t/ha。この多収品種を開発した育種が驚くほど収量を伸ばしている。彼は提案企業の指導を受けて「農家は研究者であり、そうでなければならない」と主張している。自分自身でいろいろな農法を試してみても比較するように指導した結果である。日本の農業改良普及事業が戦後目指してきた「考える農民」の育成に通じるものがある。
- “Super Extension Officer”, Wilson氏 (中央州Mkushi郡) = 約500農家が所属する農協連合の普及員で農協連合全体の平均収量を、提案企業の技術を紹介することにより7t/haに向上させた。現在、新しい農協連合で増収技術の指導をしており、成果が出てきている。ポイントはドロマイトを使用すること等。農家のお金を集めて実証実験ほ場を設置し、提案企業の技術の成果を見せたことにより技術普及が進んだ。
- “Drought Resistant Farmer”, Mapani氏 (南部州チョマ郡) = 提案企業の指導の下、草マルチ、乾燥ホテイアオイの施肥を実施し干ばつに強い農業を実践。昨年度の南部州は深刻な干ばつに見舞われたが、メンバーは3-4t/haを確保し、壊滅的な被害を免れている。雨不足のためトウモロコシの収量の伸びが期待できないので、野菜生産とインゲン豆の生産を推奨。農家リーダーとして女性グループを中心に10haのキャベツ産地を創造した。元々、肥料が買えないほどの貧困村が豊かになってきた。

(5) 添付資料5：鶏糞化成混合肥料及び小型土壌分析器ニーズ調査の結果

日付：2016年7月27日-8月1日（ザンビア農業・商業ショー）

場所：ザンビア、ルサカ市内、農業・商業ショウグラウンド

2016年7月27日-8月1日に行われたザンビア農業・商業ショーの会場内に展示を行い、そこで、鶏糞化成混合肥料と小型土壌分析器に対するニーズ調査を行った。アンケートの回答者の43.6%が農家で、資材業者は20.5%だった。

鶏糞化成肥料に関しては「販売業者になることに興味がある」とした人は全体の20.5%で、肥料の購入希望者は28.2%だったが、「さらに情報がほしい」とした人は53.3%で、「作物の多収技術のワークショップに参加したい」とした人は71.3%でより詳細な情報が求められていることがわかった。

土壌分析器に関しては、「土壌分析をしてほしい」とした人が46.2%、「土壌分析器を販売したい」という人は12.8%、「購入したい」とした人は20.5%だった。「さらに詳しい情報がほしい」とした人は48.7%、「土壌分析器の使用方法のワークショップに参加したい」とした人は64.1%だった。

中にはザンビアでNo.1の企業である食肉販売業者のZAMBEEFの農業技術指導者も関心を示し、自社の契約養鶏場の鶏糞処理等の相談をしたいという具体的な商談もあった。

1. 有効回答：39

2. 職業

- A) 農家17(43.6%)（うち小規模6(15.4%)、中規模9(23.1%)、大規模2(5.1%)）
- B) 資材業者8(20.5%)
- C) 公務員5(12.8%)
- D) 教育関係者2(5.1%)
- E) NGO 2(5.1%)
- F) その他 5(12.8%)

3. 鶏糞化成混合肥料について（複数回答）

- A) 販売業者になることに興味がある 20.5%
- B) 提案企業とのビジネスパートナーになることに興味がある 12.8%
- C) 鶏糞化成混合肥料を購入したい 28.2%
- D) さらに情報がほしい 53.3%
- E) 作物の多収技術のワークショップに参加したい 71.8%

4. 土壌分析器について（複数回答）

- B) 土壌分析をしてほしい 46.2%
- C) 土壌分析器を販売したい 12.8%
- D) 提案企業とのビジネスパートナーになることに興味がある 10.3%

- E) 購入したい 20.5%
- F) さらに詳しい情報がほしい 48.7%
- G) 土壌分析器の使用方法のワークショップに参加したい 64.1%

(6) 添付資料 6 : マグネシウム資材 2 種類による収量比較 (ルアプラ州マンサ郡) (2017/2018 年度)

No.	Name	Sex	Camp Name	Maize variety	MgSO ₄		Mg (OH) ₂		MgSO ₄	Mg (OH) ₂
					(yield, kg)	GPS - Area (ha)	(yield, kg)	GPS - Area (ha)	yield kg/ha	yield kg/ha
1	Morgan kunda	M	Nsonga	ZS 606	2,300	0.242	1,650	0.0966	9,504	17,081
2	Patrick kakonge	M	Nsonga	SC 637	5,220	0.3057	4,005	0.3202	17,076	12,508
3	Justinah mwansa	F	Nsonga	PA 53	4,000	0.218	2,000	0.1666	18,349	12,005
4	Lameck chabu	M	Nsonga	SC 719	7,030	0.3574	5,028	0.3688	19,670	13,633
5	Constance bwalya	F	Nsonga	SC 637	6,000	0.4334	4,500	0.5172	13,844	8,701
6	Enock bwalya	M	Nsonga	SC 637	4,700	0.448	4,000	0.3566	10,491	11,217
7	Obino kaliboyi	M	Nsonga	SC 637	5,000	0.447	3,000	0.4998	11,186	6,002
8	Musonda muswala	M	Nsonga	PA 53	4,500	0.3702	3,000	0.4373	12,156	6,860
9	Emmanuel mushili	M	Nsonga	SC 637	6,000	0.7615	5,000	0.7949	7,879	6,290
10	Elizabeth chiluba	F	Nsonga	SC 637	7,000	0.5956	5,000	0.6915	11,753	7,231
11	Savour mwelwa	M	Nsonga	MRI624	3,400	0.2504	2,050	0.2694	13,578	7,610
12	Pascal mwansa	M	Lukola	SC 719	920	0.2513	850	0.1996	3,661	4,259
Average									12,429	9,450

※ MgSO₄: 硫酸マグネシウム

※ Mg (OH)₂: 水酸化マグネシウム

出典: ZARI のデータを基に JICA 調査団作成

(7) 添付資料 7 : UNZA によるポット栽培試験データ (2018 年実施)

1. Mean values of selected chemical properties of soils used in the greenhouse pot trials

Soil	Sample Size (n)	pH 0.01M CaCl ₂	OM	N	P	S	K	Ca	Mg	Na	(Al ³⁺ +H ⁺)	ECEC
			%	%	mg/kg soil			cmol/kg soil				
Chembe	3	4.97	1.57	0.21	8.81	34.66	0.17	1.39	0.80	0.08	0.28	2.72
homa	3	5.32	2.29	0.23	10.60	30.39	0.61	10.59	3.20	0.26	0.01	14.67
Kabwe	3	4.93	0.61	0.23	9.38	30.39	0.21	1.12	0.42	0.06	0.19	2.00
Mansa	3	4.52	1.17	0.23	9.38	50.80	0.35	0.90	0.50	0.06	0.33	2.14
Mkushi	3	4.64	3.63	0.25	5.78	51.28	0.28	2.74	2.03	0.08	0.35	5.48

出典 : UNZA

2. Mean concentrations of micronutrients, particle size distribution and textural grouping of soils used the greenhouse pot trials

Soil	Sample Size (n)	Fe	Mn	Cu	Zn	Sand	Silt	Clay	USDA Textural	FCC Textural
		mg/kg soil				%			Class	Grouping
Chembe	3	7.63	9.51	0.38	0.50	81.1	16.5	2.4	Loamy Sand	Sand
Choma	3	7.89	7.69	1.57	0.93	61.7	18.5	19.8	Sandy Clay Loam	Loam

Kabwe	3	9.25	13.05	0.36	0.82	79.7	13.9	6.4	Sandy Loam	Loam
Mansa	3	8.16	11.52	0.42	0.33	76.4	13.2	13.9	Sandy Loam	Loam
Mkushi	3	6.34	16.24	1.57	1.03	61.6	17.6	17.6	Sandy Clay Loam	Loam

出典：UNZA

3. Interpretation of results for the pH, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium and sulfur for soils

Soil	Soil reaction (pH)	Soil Organic matter	Nitrogen (N)	Phosphorus (P)	Potassium (K)	Sulphur (S)
Chembe	Strongly acid	Low	Moderate	Low	Low	Adequate
Choma	Moderately acid	Moderate	Moderate	Low	High	Adequate
Kabwe	Strongly acid	Low	Moderate	Low	Moderate	Adequate
Mansa	Strongly acid	Low	Moderate	Low	Moderate	Adequate
Mkushi	Strongly acid	Moderate	Moderate	Low	Moderate	Adequate

出典：UNZA

4. Interpretation of results for calcium, magnesium and metallic micronutrients in soils used in the study.

Soil	Calcium (Ca)	Magnesium (Mg)	Iron (Fe)	Manganese (Mn)	Zinc (Zn)	Copper (Cu)
Chembe	Adequate	High	Adequate	Adequate	Low	Adequate
Choma	Adequate	High	Adequate	Adequate	Low	Adequate
Kabwe	Adequate	Moderate	Adequate	Adequate	Low	Adequate
Mansa	Adequate	High	Adequate	Adequate	Low	Adequate
Mkushi	Adequate	High	Adequate	Adequate	Adequate	Adequate

出典：UNZA

5. Mean maize dry matter yields per pot for different treatments on different soils with full water application rates

No.	Treatment	Mean maize dry matter yield (g/pot)				
		Chembe	Choma	Kabwe	Mansa	Mkushi
U1	Control (Soil Alone)	2.65d	2.5c	1.98b	0.88c	2.58b
U2	Comp D	8.88ba	21.2b	18.78a	7.15a	19.10a
U3	Super D	5.67c	25.78a	19.18a	7.08ba	18.93a
U4	Comp D + Dolomite	8.33ba	25.33a	20.78a	6.28a	20.25a
U5	Super D + Dolomite	8.15ba	26.00a	20.78a	4.88b	18.83a
U6	Super D + Dolomite + Mg(OH) ₂	9.48a	20.83b	18.53a	5.75ba	20.25a
U7	Super D + Dolomite+ MgSO ₄	7.55b	22.53ba	21.10a	4.25b	20.50a
U8	Super D +Mg(OH) ₂	8.43ba	21.25b	20.50a	4.58b	20.13a
U9	Super D + Dolomite + Mg (OH) ₂ + MgSO ₄	8.40ba	22.48ba	20.00a	5.45ba	19.73a
	Overall Mean	7.55	20.87	17.97	5.19	18.04

※ChembeとMansaについては播種後5週間で収穫、それ以外は播種後6週間で収穫

出典：UNZA

6. The relative agronomic performance of various treatments compared to compound D fertilizer on the different soil when full water application was used

No.	Treatment	Relative Agronomic Effectiveness (%)				
		Chembe	Choma	Kabwe	Mansa	Mkushi
U1	Control (Soil Alone)	0.00d	0.00c	0.00b	0.00c	0.00b
U2	Comp D	100.00ba	100.0b	100.00a	100.00a	100.00a
U3	Super D	48.47c	124.45a	102.38a	98.8ba	98.93a
U4	Comp D + Dolomite	91.18ba	122.05a	111.90a	86.05a	106.95a
U5	Super D + Dolomite	88.35ba	125.67a	111.90a	63.73b	98.35a
U6	Super D + Dolomite + Mg(OH) ₂	109.65a	97.98b	98.53a	77.7a	119.38a
U7	Super D + Dolomite+ MgSO ₄	78.73b	107.08ba	113.10a	53.75b	108.48a
U8	Super D +Mg(OH) ₂	92.80ba	100.25b	110.25a	58.95b	106.23a
U9	Super D + Dolomite + Mg (OH) ₂ + MgSO ₄	92.35ba	106.83ba	107.30a	72.88ba	103.8a
	Overall Mean	78.79	98.20	95.12	68.82	93.57

出典：UNZA

7. Mean maize dry matter yields for different treatments on different soils on half water rate

No.	Treatment	Mean dry matter yield (g/pot)		
		Choma	Kabwe	Mkushi
U1	Control (Soil Alone)	2.75c	2.35b	2.15b
U2	Comp D	16.50ba	12.00a	18.75a
U3	Super D	18.33a	13.08a	16.73a
U4	Comp D + Dolomite	17.18ba	13.78a	15.70a
U5	Super D + Dolomite	18.60a	13.08a	17.15a

U6	Super D + Dolomite + Mg(OH) ₂	15.85ba	13.28a	16.70a
U7	Super D + Dolomite+ MgSO ₄	17.30ba	12.70a	17.93a
U8	Super D +Mg(OH) ₂	14.75b	12.75a	16.20a
U9	Super D + Dolomite + Mg (OH) ₂ + MgSO ₄	19.10a	13.68a	17.08a
	Overall Mean	15.75	11.85	15.38

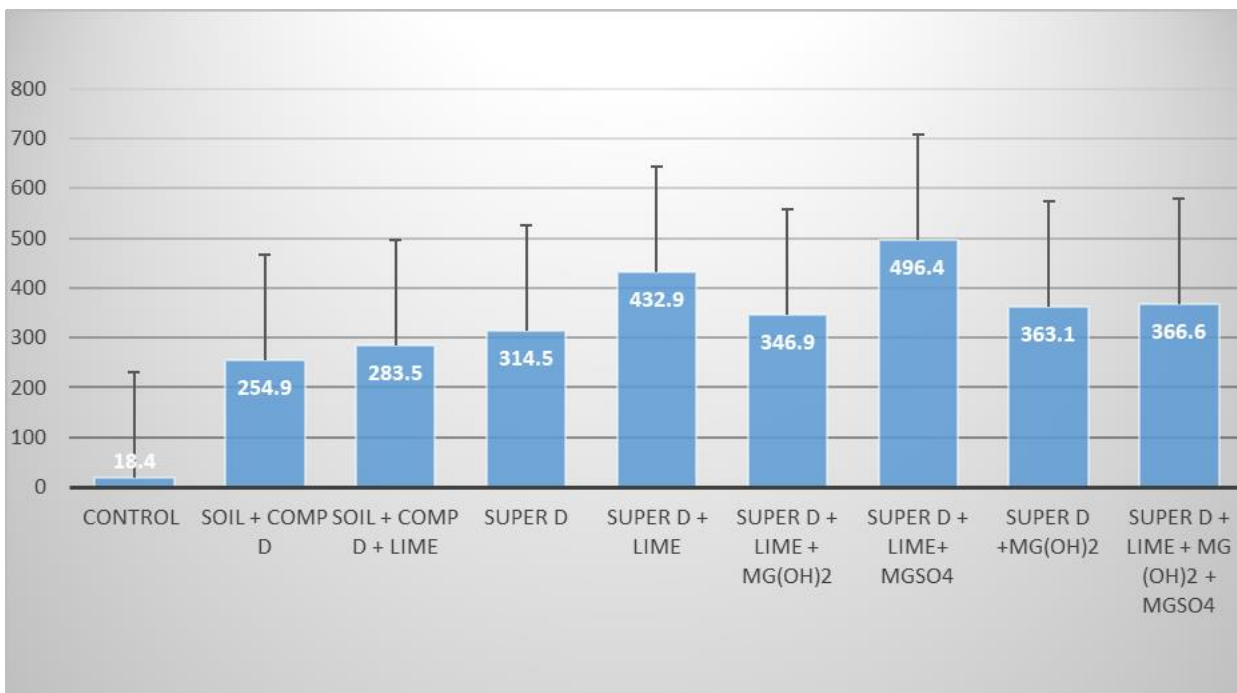
- Mean values within a column followed by the same subscript are not significantly different at 0.05 level of significance using Duncan' s Multiple range test

出典 : UNZA

8. Relative agronomic effectiveness of fertilizer treatments on different soils on half water rate

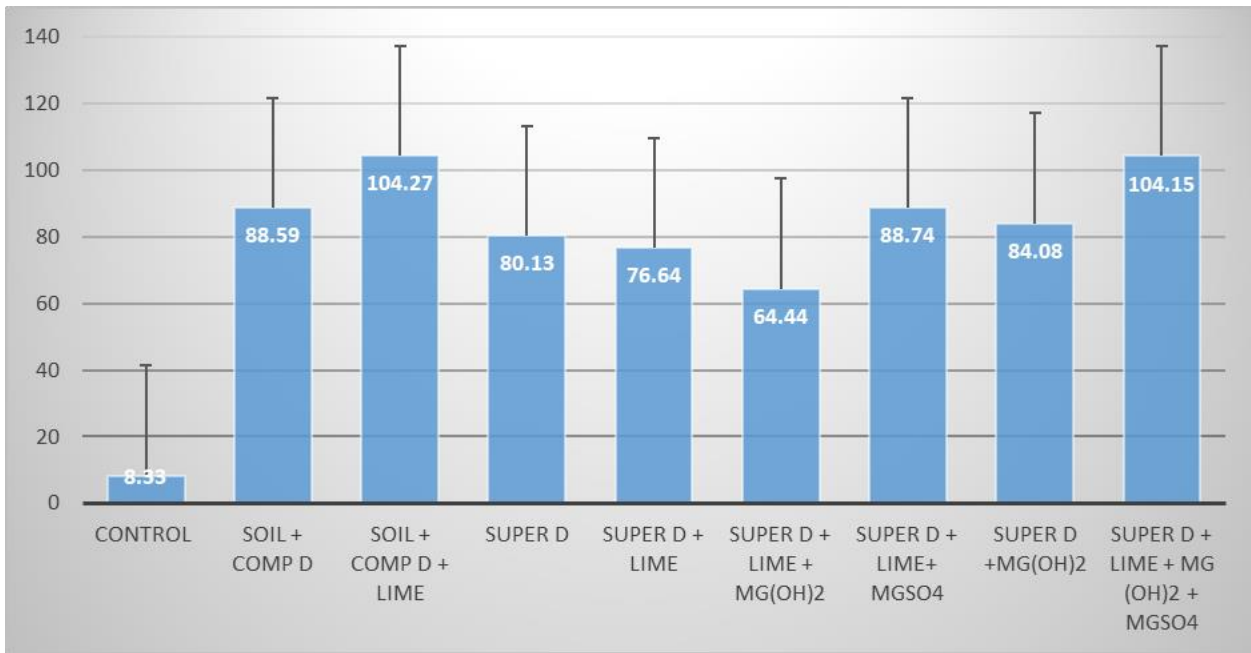
No.	Treatment	Relative Agronomic Effectiveness (%)		
		Choma	Kabwe	Mkushi
U1	Control (Soil Alone)	0.00c	0.00b	0.00b
U2	Comp D	100.00ba	100.00a	100.00a
U3	Super D	113.30a	111.15a	87.80a
U4	Comp D + Dolomite	104.93ba	118.38a	81.65a
U5	Super D + Dolomite	115.30a	111.15a	90.38a
U6	Super D + Dolomite + Mg(OH) ₂	95.28a	117.38a	87.65a
U7	Super D + Dolomite+ MgSO ₄	105.85a	113.20a	95.00a
U8	Super D +Mg(OH) ₂	87.23b	107.25a	84.63a
U9	Super D + Dolomite + Mg (OH) ₂ + MgSO ₄	118.95a	107.75a	89.90a
	Overall Mean	93.43	98.47	76.67

出典 : UNZA



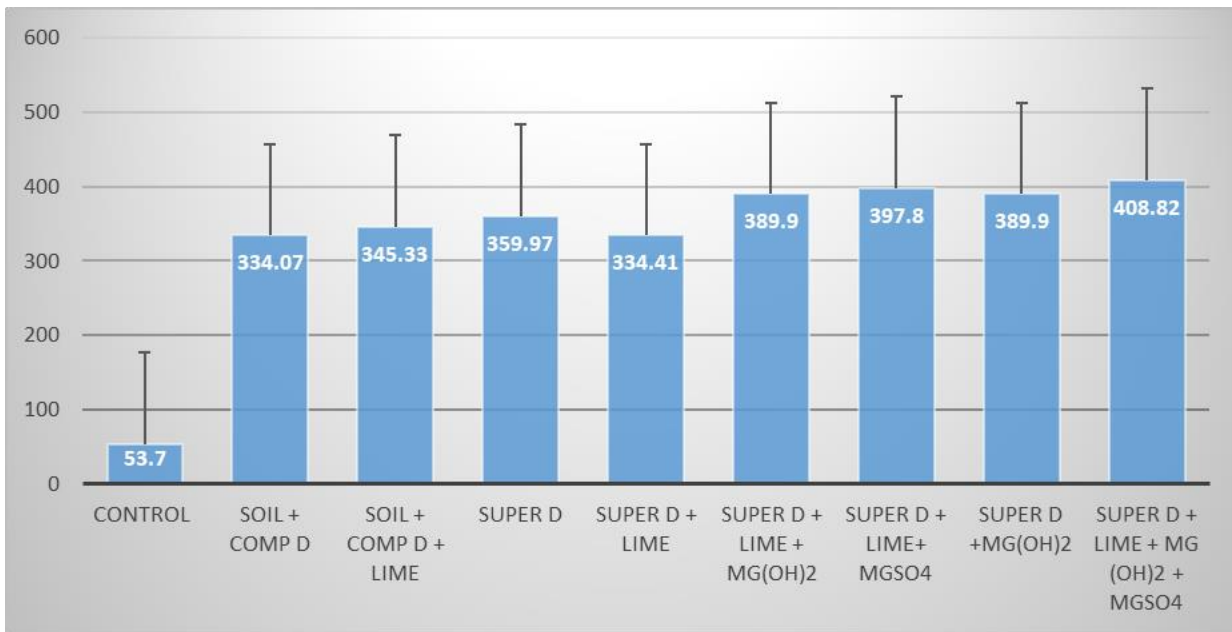
出典 : UNZA

9. Nitrogen uptake by maize plants from soils with different fertilizer treatments (mg/pot)



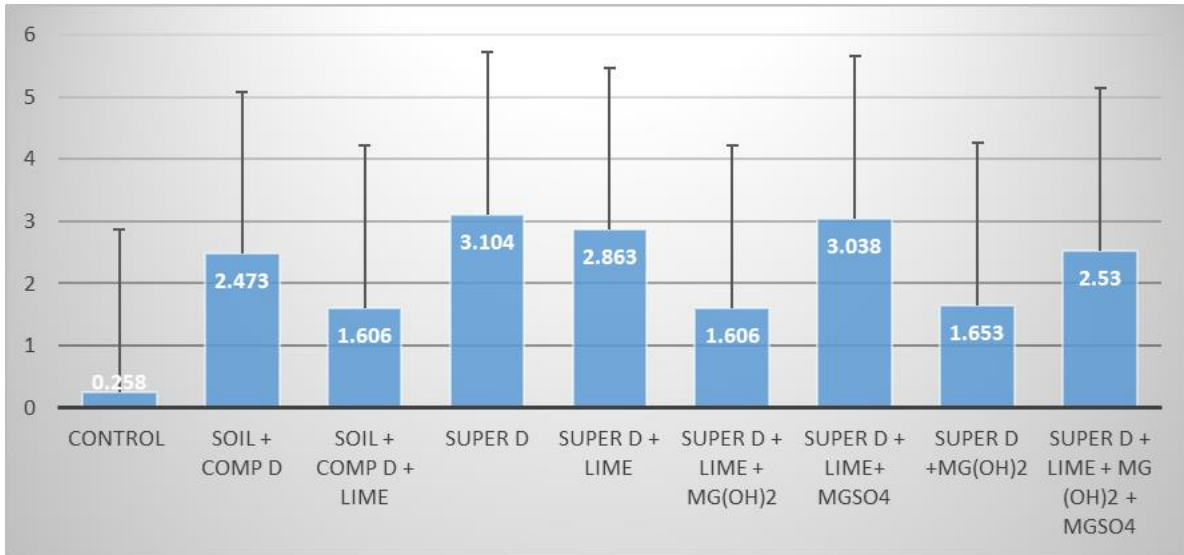
出典 : UNZA

10. Phosphorus uptake by maize plants from soils with different fertilizer treatments(mg/pot)



出典 : UNZA

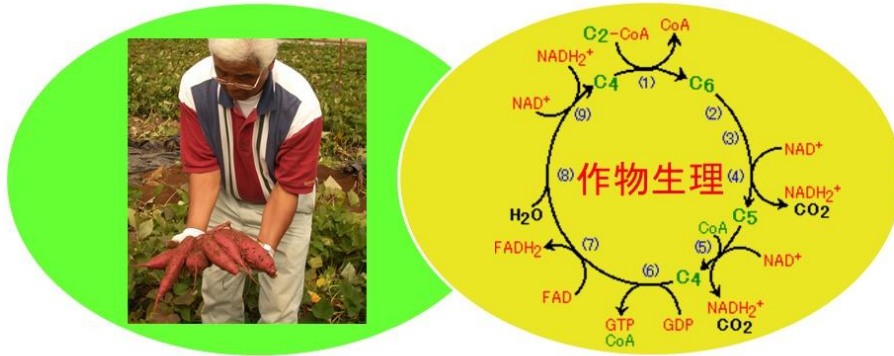
11. Potassium uptake by maize plants from soils with different fertilizer treatments(mg/pot)



12. Magnesium uptake by maize plants from soils with different fertilizer treatments(mg/pot)

出典：UNZA

New Theory and Practice of Organic Vegetable Growing



Japan Bio Farm Co.,Ltd Presents

Soil analysis



Fertilizer Planning



Field name	Dyraaba	S/P	BIT	Secret ID				Requirement			Numbers of Ff		
Crop name	tomato	Area	2	ha	kg	kg	kg	kg	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Name	Feature	Pho	Pta	Line	Mg	S	Mn	Fe	Basis	Additional	Additional	Total	Basis
Organic	urea	46.0%											
Fertilizer	Phos	46.0%											
	compost-D	10%	0%	0.5%	1%			0.0%	0.7%				
	Taskone	C/N1	2%	0%	0.5%	0%		0.0%	0.7%				
Compost	fontas	C/N1	4%	1%	2%	17%	1%		0.1%	0.5%			
	Bi-compost		1%	0.7%	0.8%	1%							
	Oyster shell												
	Natural Mg (D20)	0	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%			
	Natural Mg (D20)	0	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%			
	Natural Mg	0	0.0%	0.0%	0.0%	0%	0%	0.0%	0.0%	0.0%			
	Natural Potassium				20%								
	Bio				30%	19%							
	Calcium carbonate				40%								
Trace	Magnesium							1.5%	5.0%	5.0%			
elements	Mineral A								10.0%	10.0%			
	Fe								28.0%	28.0%			
Others	Mn								40.0%	40.0%			

ANALYSIS				REVISED VALUE				Ratio of Nitrogen						
Measure	Items	Analysis	Lower-L	Upper-L	Cultivated Depth	Lower-L	Upper-L	Items	10cm	30cm	Lower-L	Upper-L	Ratio	Ratio
Soil	Specific gravity	1.2			10cm	20cm	30cm	CaO	0.0%	0.0%	40%	60%	#####	#####
	EC	49.3	0.05	0.3				MgO	2.0%	2.0%	10%	15%		
	pH(D)	4.5	6	7	4.5	4.5		K ₂ O	0.0%	0.0%	3.5%	5.0%		
	pH(N)		5	6				Total	12%	12%	54.0%	30.0%		
	NO ₃ -N	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1		Ratio of Minerals	Lower-L	Upper-L				
	NO ₂ -N	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1		Ca : K	16.1	16.1	9	15		
	Ammonium-Acid	0	20	60	0	0		Ca : Mg	3.8	3.8	4	6		
	Exchangeable Ca	130	150	130	130	130		Mn : K	1.1	1.1	2	4		
	Exchangeable Mg	24	69	149	24	24		Element	Basis	Additional	Additional	Total	#####	
	Exchangeable K	14	84	134	14	14								
	Sorbs	0.8	3.6	0.9	0.9	0.9								
	Available-Fe	38.8	10	30	38.8	38.8								
	Exchangeable Mn	0.1	10	30	0.1	0.1								
	Organic Matter		3	5										
	Salt													

System of High Quality & High Productivity

I . To understand plant physiology

II . **To understand**

- Mechanism of high quality
- Mechanism of high productivity

III . Technique and Knowledge

- Soil analysis **/v** and fertilization plan
- Cultivation of Effective microbes
- Method to make functional compost



代表:カン チュング



Ordinally:4-5
tomatos/ cluster

New Tec: more
than **12** tomatos/ cluster



岐阜県高山市
中家重彦氏



Third year 70T / ha



First year 50T / ha

Japanese Average 10T / ha

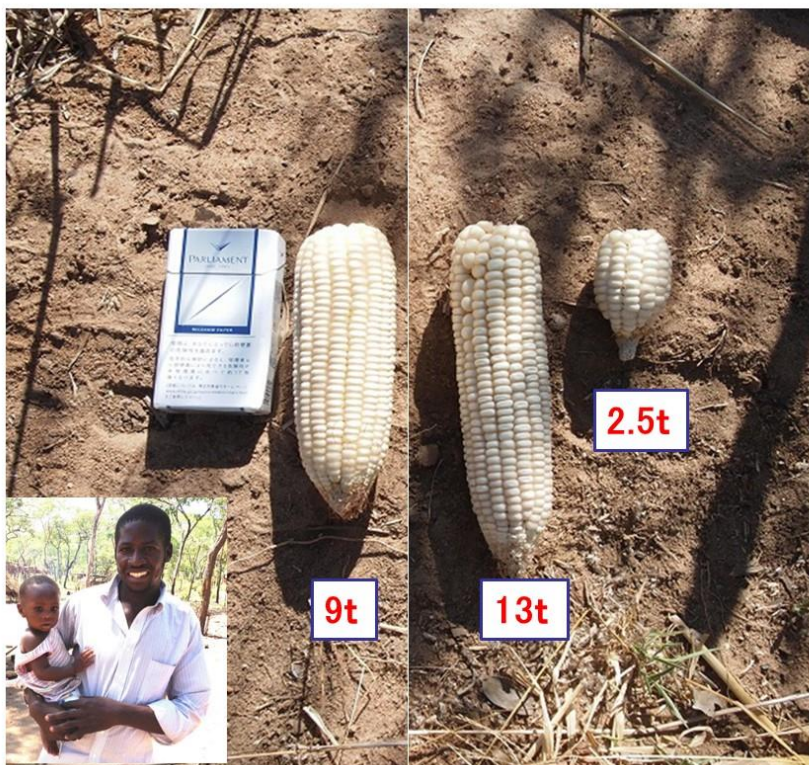


徳島県海陽町 坂本さん

Africa: Zambia CORN

	Yield (t/ha)		
	Average	Acceptable	Good
Corn	2.5t	3.5t	5t

Reserch of Mr.Simgoma

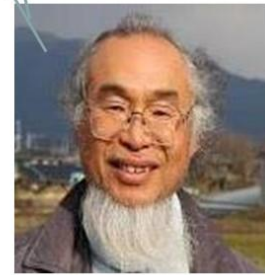






Non chemical Organic orange

Brix 13.3%
Average 9%



第一弾 丹下隆一氏(今治市有機農業推進協議会)

Brix 15% ! AVE 12%



丹下さん秘蔵の「石地」みかん、昨年の栄養分析の食味評価でいよかん4点では納得のいかない丹下さんは今年のフェスタは絶対1位をとる覚悟で臨んでいます。



**Left: wiped out by insects
In spite of insecticide**

**Right: Grown normally
without insecticide**

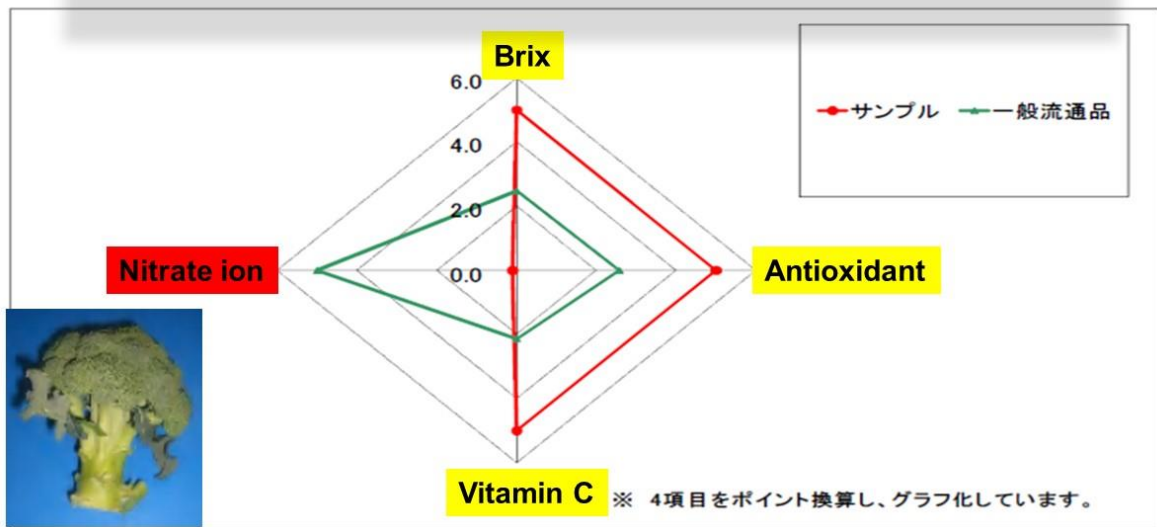


No insect damage without net and insecticide 11th October 2012

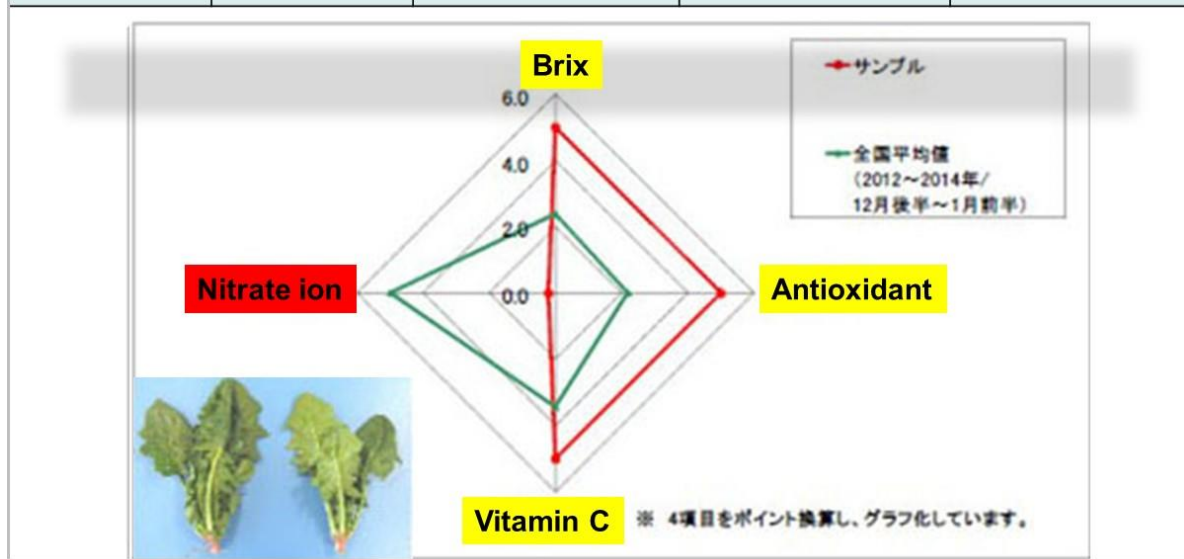


千葉県富里 丸和組合

	Sugar	Antioxidant	Vitamin C	Nitrate ion
Sample	13.2	92	201	5>
Average	6.5	47	86	219



	Sugar	Antioxidant	Vitamin C	Nitrate ion
Sample	17.5	227	101	85
Average	8.3	99	69	1991



1 BUSINESS
デリカフーズの
事業内容

私たちは24時間365日、
新鮮な野菜をお届けしています。

農業
の目。

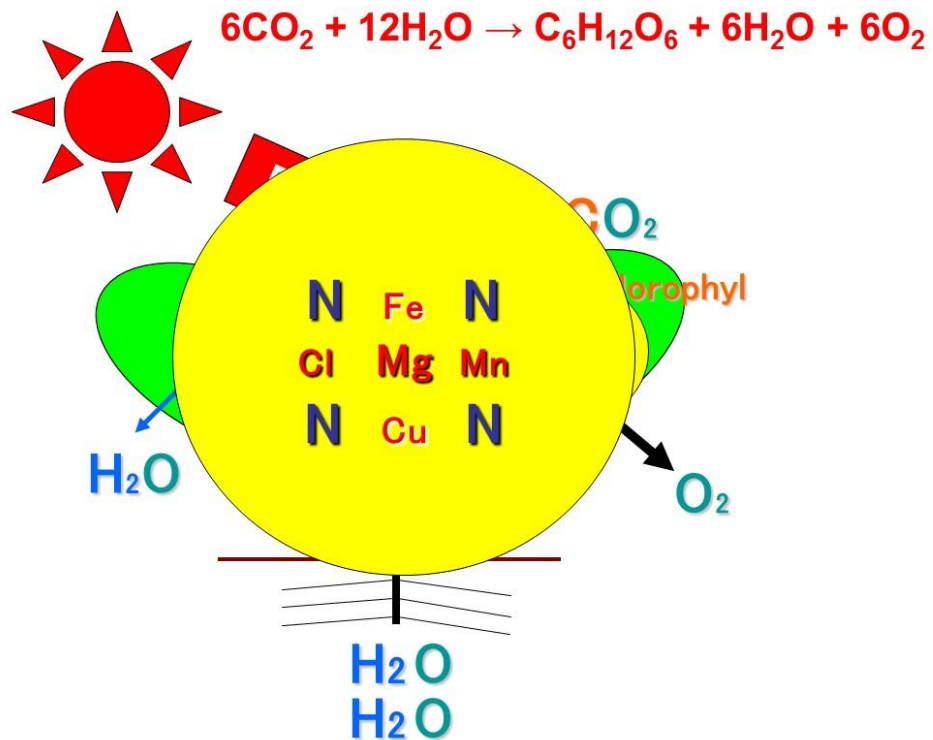
科学者
の目。

生産者の立場から、未来の「食」の可能性を考えます。

私たちデリカフーズは「農業」と「科学者」の目を併せ持つ、いわば「農務用の八百屋」です。24時間365日新鮮な野菜を外食・中食産業をはじめとするお客様へお届けしております。カット野菜をはじめ、加工しない野菜（ホール野菜）のほか、お客様のご要望によって様々な食品類も取り扱っております。「野菜で健康をお届けしたい」「日本の農業に寄り添いたい」といった思いのもと、デリカフーズは野菜の品質に徹底的にこだわり、農業の目をもつ八百屋として、契約産地の開発にも力を入れております。厳選された契約産地からは安全で高品質な野菜を安定的に供給することができます。また長年の研究で得たデータを活かし、野菜の生理に合わせた流通体制（ロードチェーン）を構築することで、これからも産地から新鮮でおいしい野菜を皆様にお届けしてまいります。

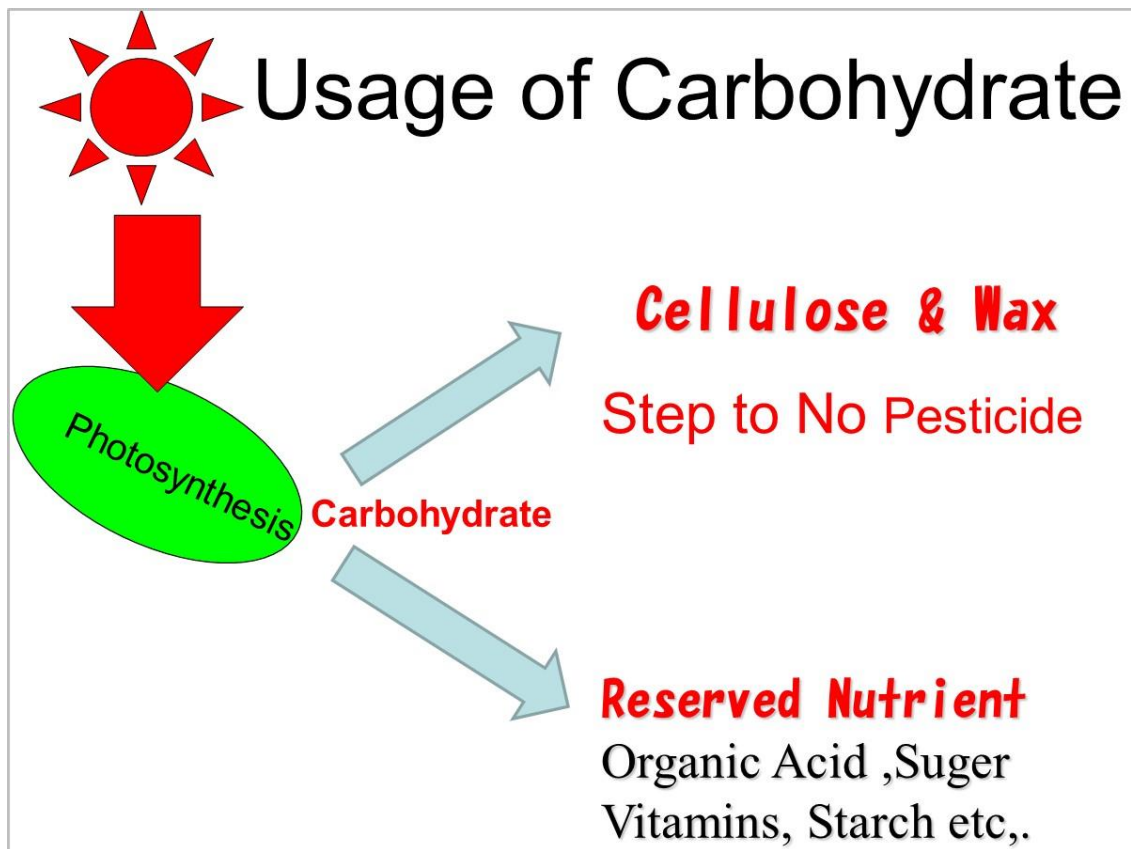
デリカフーズグループ
DELICA FOODS GROUP

Photosynthesis



Typical substances

1: Sucrose	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
2: Glucose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
3: Citric Acid	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$
4: Vitamin C	$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$
5: Acetic Acid	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
6: Cellulose	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
	<u>2,000~4,000 molecules Bond</u>
7: Vitamin E Antioxidant	$\text{C}_{29}\text{H}_{50}\text{O}_2$



Matters from carbohydrates

1 : **Cellulose**: (vegetable fiber) protection against IS & DS
Bond of 2,000 ~ 4,000 molecules of Glucose ($C_6H_{12}O_6$)

//

Material for body → Protective fiber & Wax

2 : Organic acids, Vitamins, Saccharides, Starch

Matter made from 100 ~ 40,000 molecules (CHO)

//

Matter with energy → Fruit, Potato, Grain

What makes roots, stems and leaves?

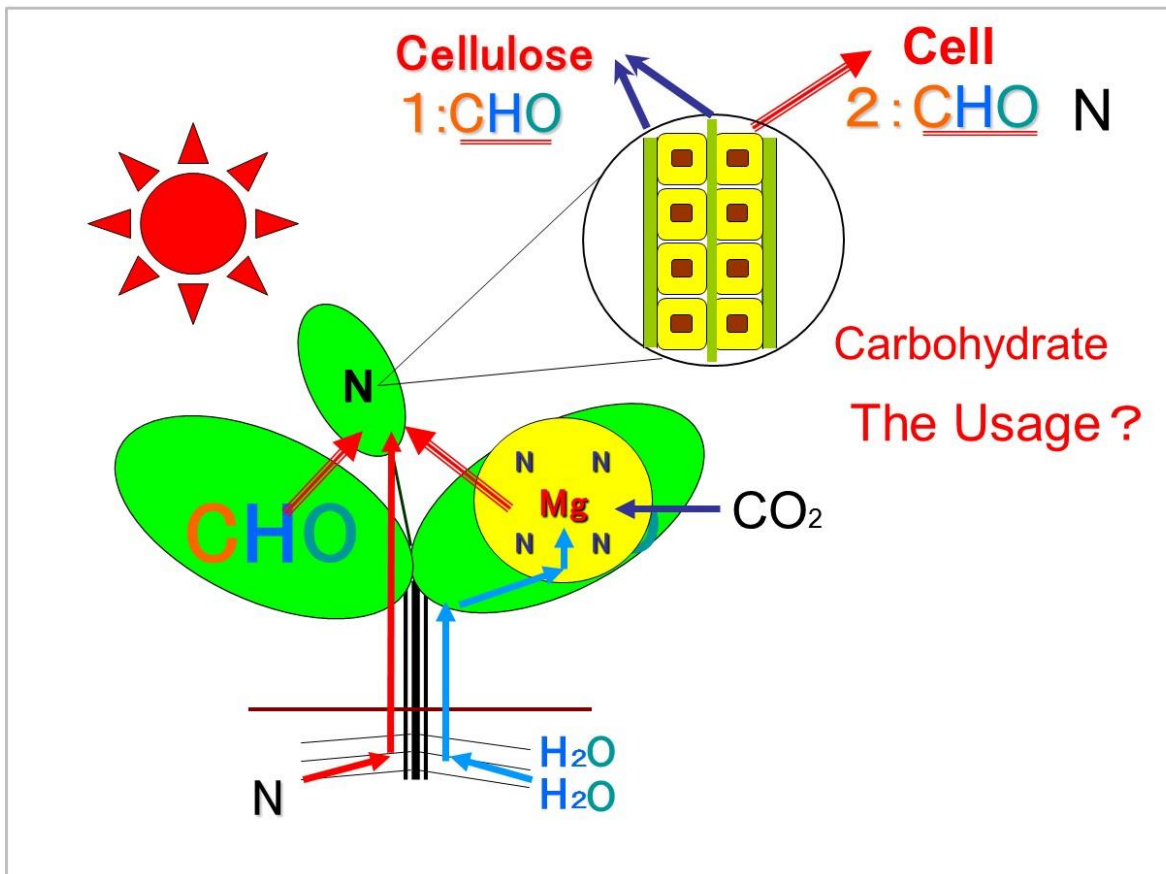
answer

Cells & Fiber

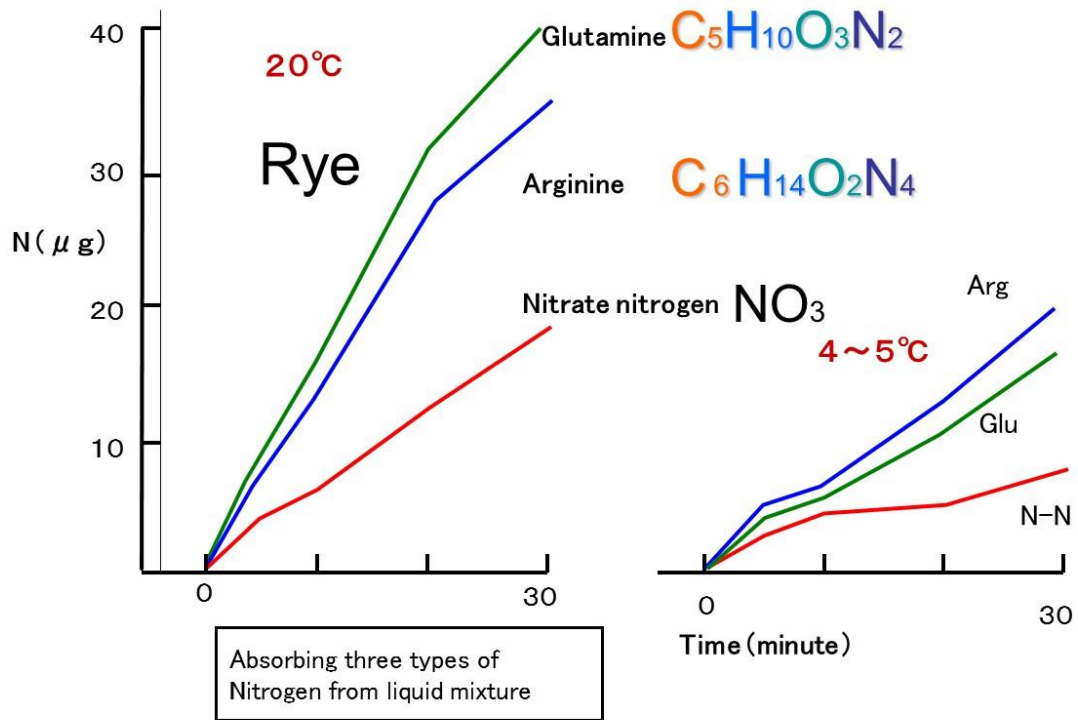
What are cells made of?

answer

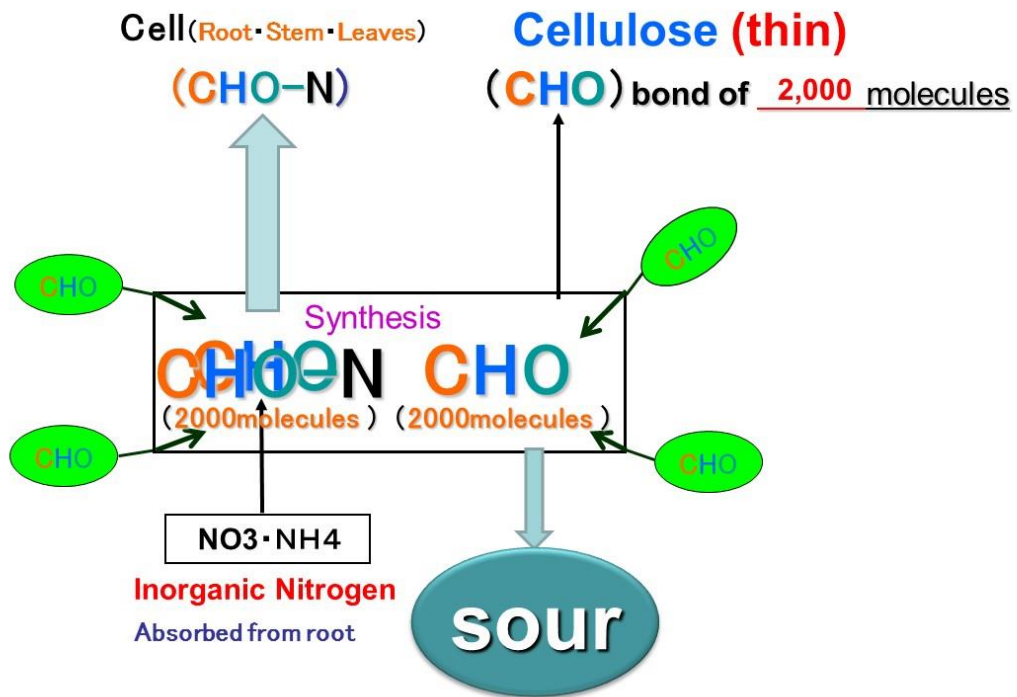
Protein



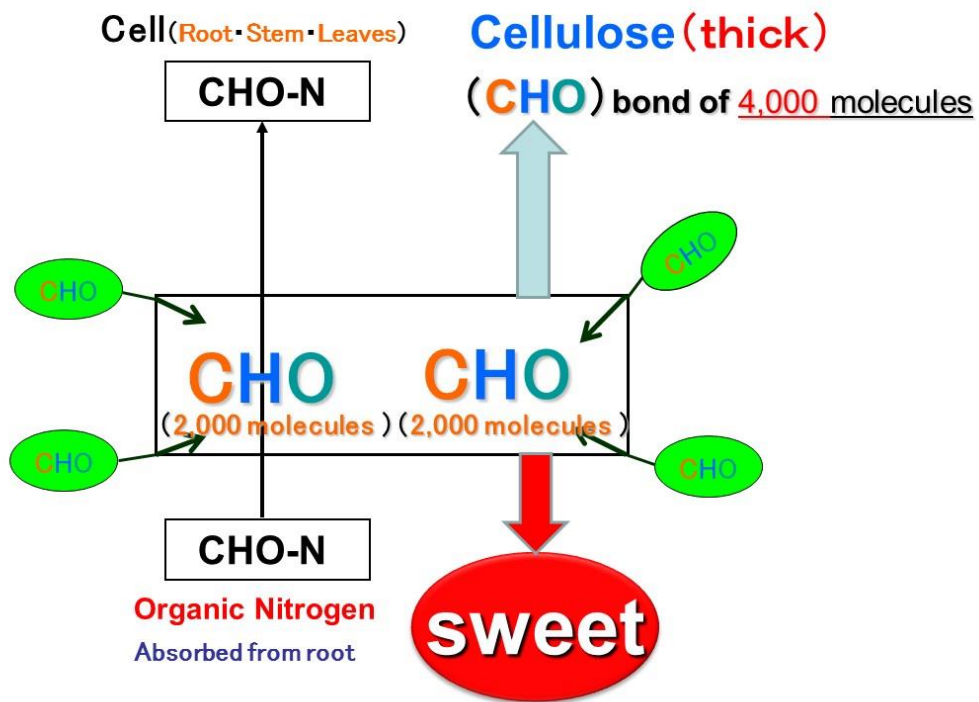
Comparison of absorption between Organic N and Inorganic N



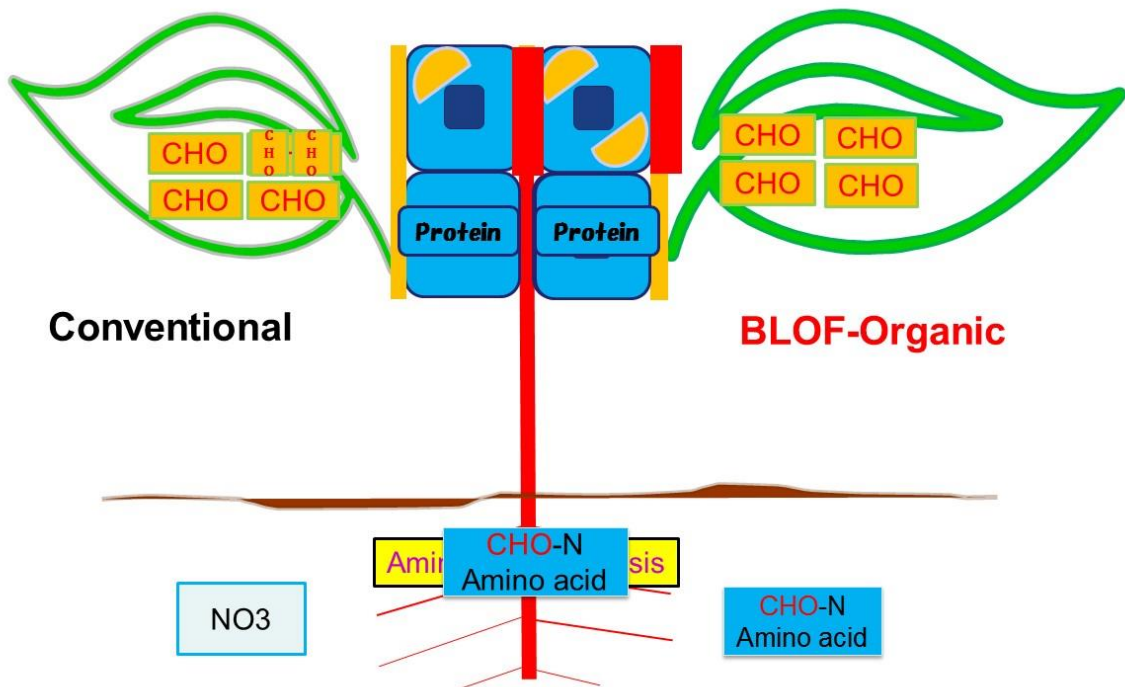
• Flow of Carbohydrate and Inorganic Nitrogen



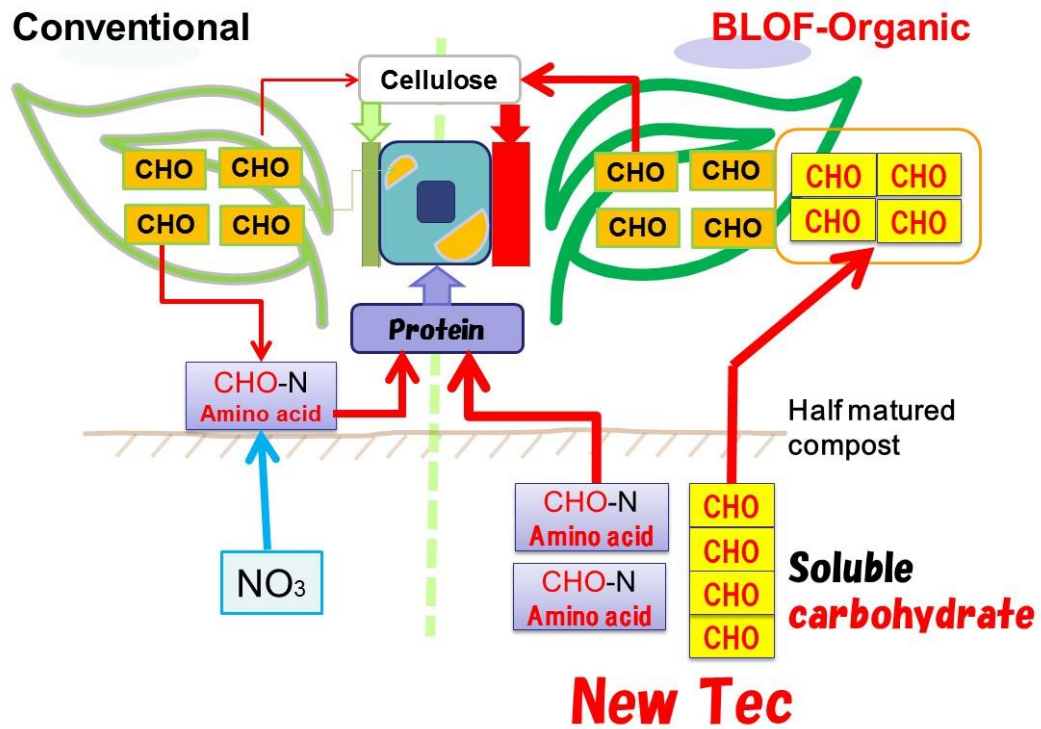
• Flow of Carbohydrate and Organic Nitrogen



BLOF theory 1 (Amino acid)

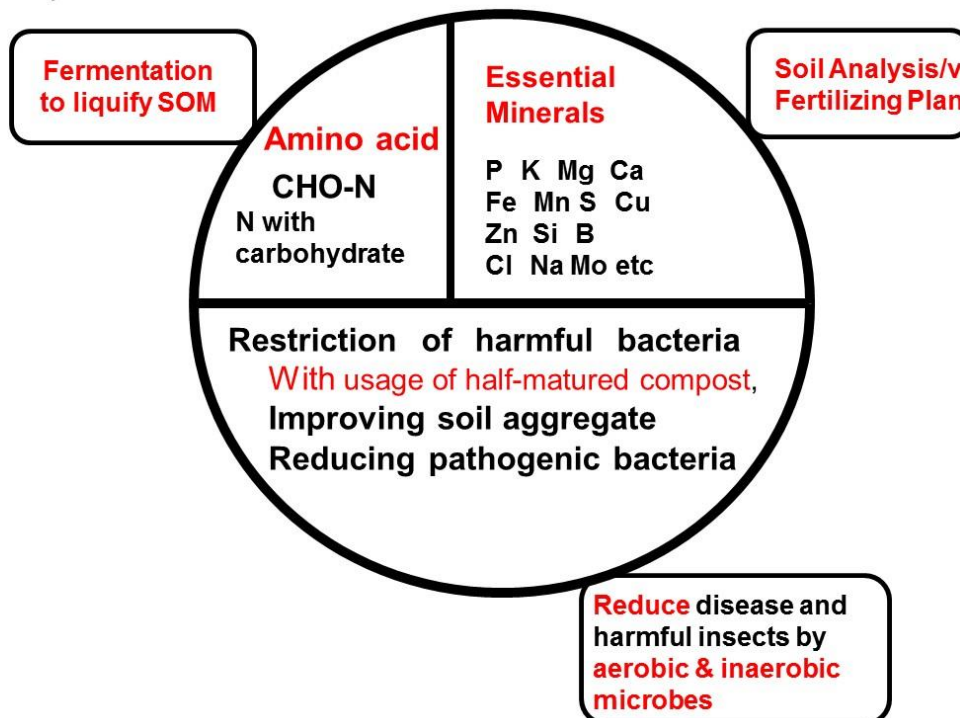


BLOF theory2 (soluble carbohydrate)



B L O F Theory

- To produce cells with **Amino acid**
- Minerals essential to maintain plant life



After enriching Carbohydrates ?

Carbohydrates are essential
to every activity of plant life

Consequently:

Rich in minerals	Keep fresh for a long time
Increase of crop yield	Rich in nutritive value
High sugar content	Improved taste
Increased weight	Resistant to Dis & Ins

B L O F Theory

**Dividing organic farming
into three parts and considering
it scientifically,
we can create a new type of
Organic farming for new era**

High Quality & High Productivity

Zambia Agriculture Research Institute

Summary Report

Republic of Zambia

Verification Survey with the Private Sector
for Disseminating Japanese Technologies
for Improving Agricultural Productivity
Based on Soil Analysis and Mixed
Fertilizer Made of Chicken Manure and
Chemicals

July 2019

Japan International Cooperation Agency

Japan Bio Farm Co. Ltd

1. BACKGROUND

In Zambia, the agriculture sector produces only 6.75% of the country's GDP while 54% of the total employment is engaged in the agriculture sector and 57% of the total population lives in the rural area (2017). 58% of Zambia's 16.6 million (2015) people earn less than the international poverty line of \$1.90 per day (compared to 41% across Sub-Saharan Africa), and three-quarters of the poor live in rural areas¹. It is essential to improve the productivity of agriculture for the reduction of this poverty rate. The yields of agriculture products in Zambia are comparatively low to the world average. The average yield of maize in 2013/14 was 2.54t per hectare, while 5.50t per hectare is the world average. The rice yield is meager, 1.16t per hectare in Zambia, compared with the world average of 4.49t per hectare².

Agriculture is one of the most crucial areas of Zambia's National Development Plan. The government aims to increase the share of agriculture in GDP and the income of farmers to reduce the poverty rate. Country Assistance Policy for Zambia by the Japanese government stresses the importance of "promoting sustainable growth of a diversified economy freed from overdependence on mining" and focuses on the development of the agriculture sector and the support of small-scale farmers. It also points out that the main challenges for the agriculture sector are low productivity and low yield.

Through the previous project, "Empowerment of Agriculture and Farmers' Organization in Africa etc. (Africa) Support Project" implemented in Zambia from 2011 to 2013 and funded by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fishery of Japan, the following possibility was found that the chemical fertilizer was not effective because of the local soil condition. This kind of soil condition was commonly seen throughout the country, although effective solutions were not disseminated.

On the previous project, as a trial of increasing productivity of agriculture, Japan Bio Farm Co., Ltd. (hereinafter referred to as "JBF") prepared a demonstration farm and applied mixed fertilizer of organic and chemical materials based on the analysis of the soil by compact soil testing kits. As a result, the yield of maize increased to some extent, and ZARI showed a keen interest in the project.

¹ World Bank

² Department of Agriculture, Zambia

The Survey verified the effectiveness and possibility of dissemination of soil analysis technology and fertilizer design as well as the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals.

2. OUTLINE OF THE SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

- ① In order to improve agricultural productivity and the income of small scale farmers in Zambia, introduce the application of the soil analysis and fertilizer design technology to ZARI and verify its effectiveness.
- ② Based on the soil analysis and the fertilizer design by the compact soil testing kits, apply mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals, and organize demonstration farms in the targeted areas to verify its effectiveness.
- ③ Verify the possibility of disseminating the service of the soil analysis and fertilizer design, and the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals.

(2) Activities

I. Verification of the effectiveness of the soil analysis and fertilizer design

- ① Understand the situation of soil analysis and fertilizer design
- ② Produce, transport, and install the compact soil testing kits.
- ③ Organize workshops for soil analysis and fertilizer design
- ④ Organize On-the-Job Training (OJT) by ZARI to provide soil analysis and fertilizer design at the farm level
- ⑤ Provide the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals for the demonstration farms
- ⑥ Monitor, collect data, analyze and report results of the demonstration

II. Trial cultivation applying the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals at demonstration farms

- ① Determine the targeted farmers for the demonstration farms
- ② Produce and transport the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals
- ③ Provide soil analysis and fertilizer design service to the target farmers
- ④ Provide the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals for the demonstration farms
- ⑤ Carry out trials at demonstration farms

III. Verification of the possibility for the dissemination of the soil analysis and fertilizer design, and the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals

- ① Organize workshops for dissemination of the soil analysis and fertilizer design, and the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals
- ② Organize a study tour in Japan for ZARI
- ③ Perform a study of the need for the compact soil analysis kits and the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals
- ④ Make a proposal to establish the soil analysis and fertilizer design

(3) Information on Product/ Technology to be Provided

Compact Soil Testing Kits

-Outline:

The kits enable quick and accurate soil analysis by combining “Dr. Soil,” a soil nutrient tester produced by Fujihira Industry Co., Ltd. and a digital sensor and fertilizer design software developed by JBF

-Specifications:

Dr. Soil (including a set of reagents), pH meter, test tubes, apparatus, digital light sensor, PC

(2) Mixed Fertilizer Made of Chicken Manure and Chemicals

-Outline:

Pellet form mixed fertilizer consisting of 50% chicken manure and 50% chemical fertilizer

-Finished product specifications:

Nitrogen (N): 10%, Phosphate (P): 20%, Potassium (K): 10% and Sulphur (S): 6%

(4) Counterpart Organization

Zambia Agriculture Research Institute (ZARI)

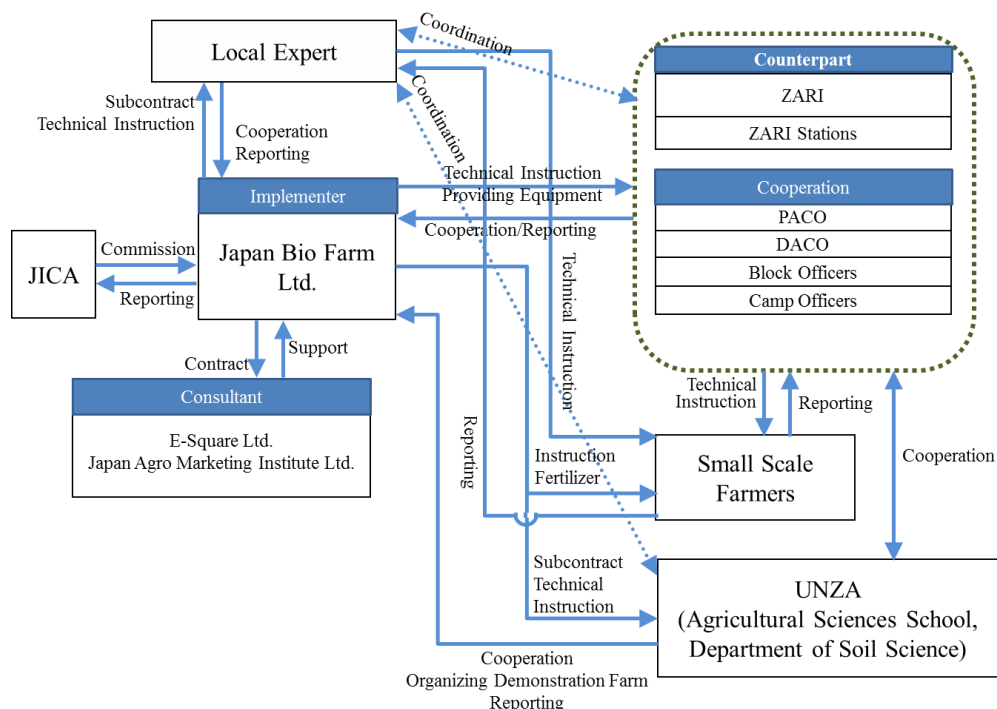
(5) Target Area and Beneficiaries

Target Area:

- ① Lusaka District, Lusaka Province
- ② Mkushi District and Kabwe District, Central Province
- ③ Mansa District and Chembe District, Luapula Province

(9) Implementation System

The Survey was conducted under the following implementation structure.



3. ACHIEVEMENT OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

- ① ZARI has mastered how to operate compact soil analysis kits which have been deployed in the targeted areas and become able to provide quick and inexpensive soil analysis service to farmers
- ✓ JBF delivered the soil analysis kits to ZARI stations and transferred the technique of soil analysis and fertilizer designing by organizing a series of workshops.
- ✓ The locations to be equipped are shown in the following Table 1.

Table 1 Locations and number of Compact Soil Testing Kits to be equipped

Institution	Total	Details
ZARI	37	
Mount Makulu Central Research Station (Lusaka)	25	20
UNZA (Lusaka Province)		5
Mansa Research Station (Luapula)	4	2

Chembe DACO ³		2
Kabwe Research Station (Central)	4	2
Mkushi DACO		2
Mochipapa Research Station (Southern)	4	2
Choma DACO		2

- ② JBF and ZARI have verified the effectiveness of the mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals, which was called “Super D” in this project through a series of field and pot trials.
- ✓ JBF installed a fertilizer pelleting machine at a workshop in ZARI headquarters and made mixed fertilizers made of chicken manure and chemicals on site.
 - ✓ Chicken manure from Japan as well as from Zambia was used to make the mixed fertilizer.
 - ✓ The mixed fertilizer was used for trials at ZARI, UNZA, and more than one hundred small-scale farms.
 - ✓ In order to evaluate the fertilizer at the national level, on-farm trials were installed in Mansa and Chembe in Luapla Province, Kabwe and Mkushi in Central Province and Choma in Southern Province in collaboration with local farmers.
 - ✓ To evaluate the effectiveness of the mixed fertilizer “Super D,” comparative tests with a known local fertilizer that is widely used in Zambia (D compound) were carried out for maize, rice, soybeans, and cowpeas by ZARI.
 - ✓ The main treatments of the experiment carried out by ZARI were as follows:

Table 2 Description of treatments at field trials by ZARI

No.	Description of Treatment	Treatments quantified
1	Control (Urea only)	Only Top Dressing 200Kg/ha (Urea) at keel high.
2	Compound D + Urea	Compound D at planting and 200Kg/ha (Urea) at keel high
3	Super D + Urea	Super D at planting and 200Kg/ha (Urea) at keel high
4	Compound D + Urea + Lime	Compound D at planting and 200Kg/ha (Urea) at keel high plus 400kg/Ha of lime before planting
5	Super D + Urea + Lime	Super D at planting and 200Kg/ha (Urea) at keel high plus 400kg/Ha of lime before planting

- ✓ An overall increase of yield by using Super D compared with normal compound D

³ District Agriculture Coordinating Office

was observed for maize (Table 3) while no evident supremacy of Super D was observed for rice, soybeans, and cowpea.

Table 3 Maize yield of on-farm trials conducted by ZARI (2017/2018)

No.	Description of Treatment	Luapla	Kabwe	Choma
1	Control (Urea only)	3.633a	3.407a	1.193a
2	Compound D + Urea	5.684ab	4.151a	1.521ab
3	Super D + Urea	5.648b	3.826a	1.861bc
4	Compound D + Urea + Lime	5.212b	4.568a	2.119cd
5	Super D + Urea + Lime	5.690b	4.296a	2.614d
Comparison between 4 and 5		+9%	-6%	+23%

- ✓ UNZA also carried out greenhouse pot trials with various treatments with soils from Mansa, Chembe, Kabwe, Mkushi and Choma, as shown in the following table.

Table 4 Description of treatments at pot trials by UNZA

No.	Description of Treatment	Treatments quantified
1	Control (Soil Alone)	Soil + Urea
2	Comp D	Soil + 4.5 g Comp D + Urea
3	Super D	Soil + 4.5 g Super D + Urea
4	Comp D + Lime	Soil+ 4.5 g Comp D + Lime + Urea
5	Super D + Lime	Soil + 4.5 g Super D + Lime + Urea
6	Super D + Lime + Mg(OH) ₂	Soil + 4.5 g Super D + Lime + 2.25 g Mg(OH) ₂ + Urea
7	Super D + Lime + MgSO ₄	Soil + 4.5 g Super D + Lime+ 2.25g MgSO ₄ + Urea
8	Super D +Mg(OH) ₂	Soil + 4.5 g Super D + 2.25 g Mg(OH) ₂ + Urea
9	Super D + Lime + Mg (OH) ₂ + MgSO ₄	Soil + 4.5 g Super D + Lime + 2.25 g Mg(OH) ₂ + 2.25g MgSO ₄ + Urea

*Urea was not applied to soils from Kabwe and Choma as number of plants in pots with soils from Chembe and Mansa started showing signs of wilting, a sign of salt injury due to the urea fertilizer, which is very soluble.

- ✓ Dry matter yields were measured after six weeks from planting as shown in the following table.

Table 5 Mean maize dry matter yields per pot for different treatments on different soils (2018)

No.	Treatment	Mean maize dry matter yield (g/pot)				
		Chembe	Choma	Kabwe	Mansa	Mkushi
1	Control (Soil Alone)	2.65d	2.5c	1.98b	0.88c	2.58b
2	Comp D	8.88ba	21.2b	18.78a	7.15a	19.10a
3	Super D	5.67c	25.78a	19.18a	7.08ba	18.93a
4	Comp D + Lime	8.33ba	25.33a	20.78a	6.28a	20.25a
5	Super D + Lime	8.15ba	26.00a	20.78a	4.88b	18.83a
6	Super D + Lime + Mg(OH) ₂	9.48a	20.83b	18.53a	5.75ba	20.25a
7	Super D + Lime+ MgSO ₄	7.55b	22.53ba	21.10a	4.25b	20.50a
8	Super D +Mg(OH) ₂	8.43ba	21.25b	20.50a	4.58b	20.13a
9	Super D + Lime + Mg (OH) ₂ + MgSO ₄	8.40ba	22.48ba	20.00a	5.45ba	19.73a
	Overall Mean	7.55	20.87	17.97	5.19	18.04

- ✓ The general picture emerging from these results of this study is that the performance of Super D fertilizer and other soil amendments varied with the type of soil on which they are applied. For this reason, it may be essential to identify the major types of soils in areas where JBF intends to provide soil analysis services and establish how its fertilizer performs on different grounds. In general, there did not seem to be much of a difference between the dry matter yields of maize obtained from soils treated with super D and those treated with regular compound D fertilizer while higher uptake of nitrogen by plants treated with Super D implied an acceleration of growth in the later stage of maize cultivation.
- ③ JBF and ZARI have disseminated the technique of soil analysis and fertilizer design among technicians and extension workers of ZARI, UNZA, Provincial Agriculture Coordination Offices (hereinafter referred to as "PACO"), District Agriculture Coordination Offices (hereinafter referred to as "DACO"), and other stakeholders.
- ✓ JBF and ZARI participated in the Agricultural Shows in Lusaka, Agritec Expo in Chisamba, Central Province, and several field day events to spread the knowledge of soil analysis and effectiveness of the mixed fertilizer.
- ✓ JBF invited three researchers from ZARI in Japan to share the practical knowledge of organic agriculture and soil analysis in the country. The three researchers visited a public institution of fertilizer management, organic fertilizer manufacturers, organic farmers, and a soil analysis kits manufacturer among others. They learned how fertilizers were regulated, and organic fertilizers were

commonly used to enhance the quality and yield of agricultural produce in Japan.

- ✓ JBF has developed a future business plan in Zambia based on the above activities.
 - JBF has already established a local subsidiary company called **Zambian Bio Farm** (hereinafter referred to as "ZBF"). ZBF will build a factory in Lusaka and produce mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals. ZBF will also market dolomite, which will neutralize the acidic soil, which is widely observed in Zambia.
 - ZARI central and local stations as well as PACO, DACO with block officers, and camp officers who have been trained by JBF through the Survey will provide soil analysis to farmers to whom ZBF will supply fertilizer and dolomite according to the analysis.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

ZARI is now able to provide quick and inexpensive soil analysis and fertilizer design recommendations to farmers using the soil analysis kits and accompanying software for fertilizer design. ZARI will collect minimal charges from farmers, which will enable ZARI to procure the necessary reagent of the soil analysis kits sustainably.

ZBF will work with ZARI stations, PACO, and DACO where soil analysis kits were equipped with to provide soil analysis services to farmers. ZBF will supply the necessary fertilizer and dolomite based on the results of soil analysis.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

The maize farmers who participated in the Survey in 2017/2018 trial gained 800kg more harvest per hectare on average using 400kg of the JBF's mixed fertilizer made of chicken manure and chemicals, and 800kg of dolomite per hectare. Considering the selling price for maize is around ZMW 1.8, a farmer can earn extra ZMW 1,440 by using JBF's mixed fertilizer.

Table 6 shows the projected major effects on the development issues, which are mainly low productivity and income for small-scale farmers. As JBF grows its fertilizer business in collaboration with ZARI, the positive impact on poverty reduction by using the JBF's mixed fertilizer will increase.

Table 6 Projected effects on the development issues

	2019/2020	2020/2021	2021/2022
Fertilizer sales (ZBF)	200t	500t	2,000t
Farmers involved	1,000	2,500	10,000
Yield increase (assumed)	800t	2,000t	8,000t
Revenue increase (assumed)	ZMW 1,440,000	ZMW3,600,000	ZMW 14,400,000

Source: JBF

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

① Lessons Learned

Due to the difference in methodologies of conventional soil analysis and JBF's compact soil analysis kit, the project experienced difficulties incorporating the new soil analysis and fertilizer design method in ZARI's operation. JBF's soil analysis is based on the volume of soil, unlike ZARI's conventional way, which analyses by weight of soil. JBF and ZARI have found difficulties to develop a calibration method between the two forms of analysis through the Survey.

② Recommendations

JBF has been providing the soil analysis service for almost two decades, and its soil analysis method is widely accepted in the farmer communities as a practical and inexpensive way to judge the status of the soil. JBF hopes that ZARI will soon start soil analysis services to small scale farmers by using JBF's methodology in addition to the conventional way of soil analysis. JBF remains willing to work with ZARI to make agriculture more productive and attractive for small scale farmers as well as commercial farmers.

Zambia **Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese technologies for Improving Agricultural Productivity Based on Soil Analysis and Mixed Fertilizer Made of Chicken Manure and Chemicals**
Japan Bio Farm Co. Ltd., Nagano, Japan

