

令和 2 年 5 月 19 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00907

研究課題名（和文）インド農村地域における在来作物の学校給食への活用と特性評価

研究課題名（英文）Evaluation of traditional crops as genetic resources and their utilization for food products focusing on Mid Day Meal in Madhya Pradesh of India

研究代表者

辻 耕治 (Tsuji, Koji)

千葉大学・教育学部・教授

研究者番号：50359840

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：インド国マディヤ・プラデシュ州を対象に（1）同州の学校給食の現状・食の嗜好等の調査（2）同州の在来作物を活用した食品の試作・提案（3）同州の在来作物のフィールド調査・特性評価に取り組んだ。その結果（1）学校給食の献立は曜日ごとに定められていること、自校調理式と給食センター調理式の2種類あること、児童・生徒の好みのメニューは「プーリー」「キール」等であること（2）同州の在来作物「コドミレット」「リトルミレット」を原料に試作した麦芽飲料とポン菓子は、総じて児童・生徒・教員に好評であること（3）同州の「リトルミレット」の粒重は、黒色種子と濃茶色種子は薄茶色種子より大きいこと等を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

（1）経済発展著しいインドでは、都市部と農村部の格差問題への対応が重要課題である。そこで本研究では、マディヤ・プラデシュ州を対象にインド農村地域における栄養および教育に関する環境の改善を図るため、まず学校給食の現状調査を行い、さらに同州の在来作物を活用した食品の試作・提案を行った。（2）在来作物は、近代品種への置換や産業発展に伴う農地減少により世界規模で激減傾向にあり、その保全是急務とされている。そこで本研究では、既に多くの畑がワタやダイズ等の換金作物に置換され、在来作物の保全是急務である同州において、そのフィールド調査・特性評価を行った。

研究成果の概要（英文）：Focusing on Madhya Pradesh (MP) state of India, following three subjects were surveyed; (1) To reveal situation of Mid Day Meal (MDM) at schools and preferred menu by students in MP state (2) To propose foods using traditional crops in MP state (3) To conduct field survey and to evaluate characters as genetic resources of traditional crops in MP state. As the results, following outcomes were provided; (1) Menu of the MDM depends on the day. MDM is cooked at kitchen of each school or supplied from centralized kitchen of each region. Preferred dishes by the students were Puri, Kheer etc. (2) In the foods we developed using Kodo millet and Little millet which are traditional crops in MP state, taste of malted drink and puffed sweet ball were acceptable for students and teachers. (3) As a character of Little millet, seed weight of black and dark brown colors was heavier than that of light brown color.

研究分野：農学、教育学、生活科学

キーワード：インド 農村 在来作物 学校給食

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 経済発展著しいインドでは、都市部と農村部の格差問題への対応が重要課題となっている。対応のひとつとして、農村地域における栄養および教育に関する環境の改善に着目するのが有効であると考えた。そこで、同国のマディヤ・プラデシュ州(以下 MP 州)を例に、まず学校給食の現状調査を行い、さらにその調査結果をふまえて、同州の在来作物を活用した食品の試作・提案を行うこととした。

(2) 在来作物は、近代品種への置換や産業発展に伴う農地減少により世界規模で激減傾向にあり、その保全是急務とされている。一例として、既に多くの畑がワタやダイズ等の換金作物に置換されてしまった MP 州における在来作物の保全是急務である。そこで、同州において在来作物を対象としたフィールド調査・特性評価を行うこととした。

2. 研究の目的

本研究は、MP 州を調査対象に、(1) インド農村地域における栄養および教育に関する環境の改善に向けたモデルケースの探究・提案(2) 植物遺伝資源としての在来作物の保全・活用に資するためのフィールド調査・特性評価を目的とし、具体的には(1) MP 州の農村地域における学校給食の現状・食の嗜好等の調査(2) MP 州の在来作物を活用した学校給食用の食品の試作・食味試験(3) MP 州の在来作物のフィールド調査・特性評価に取り組むこととした。

3. 研究の方法

(1) MP 州の農村地域における学校給食の現状・食の嗜好等の調査:

まず、学校給食の現状について、政策・指針に関する情報を、インド中央政府人材開発省学校教育・リテラシー部門(Ministry Human Resource Development, Department of School Education and Literacy)の昼食スキーム(Mid Day Meal Scheme)についてのホームページ(http://mdm.nic.in/mdm_website/)から収集した。

次に、児童・生徒に対して学校給食についてのアンケート調査を 2018 年 3~4 月に行った。対象は、MP 州のジャバルプル地区の初等学校(Primary School)11 校、前期中等学校(Upper Primary School)10 校、とディンドリ地区の初等学校(Primary School)6 校、前期中等学校(Upper Primary School)4 校とした。アンケート項目は、「どの料理が最も好きか」等とした。

(2) MP 州の在来作物を活用した学校給食用の食品の試作・食味試験:

MP 州の在来作物である雑穀のうち、同州内での生産量と認知度が高い「コドミレット」と「リトルミレット」それぞれを原料に、項目「(1) MP 州の農村地域における学校給食の現状・食の嗜好等の調査」で明らかにした児童・生徒の嗜好等をふまえて、麦芽飲料とボン菓子を試作した(図 1、2)。試作した麦芽飲料とボン菓子の食味試験を同州ジャバルプル地区の 4 校(児童・生徒 36 名、教員 18 名)とディンドリ地区の 3 校(児童・生徒 24 名、教員 7 名)を対象に行い、好みの程度について 10 段階評価(1 が最低、10 が最高)で回答を得た。

(3) MP 州の在来作物のフィールド調査・特性評価:

MP 州の在来作物である雑穀について、特に「コドミレット」と「リトルミレット」に焦点をあてたフィールド調査を、同州の中で雑穀の栽培・利用が盛んなディンドリ地区、リワ地区、チンドワラ地区、ベトゥル地区を対象に行った。

まず、ディンドリ地区の 3 村 12 農家(Shivri 村 5 軒、Sherajhar 村 2 軒、Khaparipani 村 5 軒)を 2016 年 8 月 30 日に訪問し、雑穀に関する聞き取り調査を行うとともに、所有している種子を分譲いただき、後日各集団の 100 粒重と粒色を調査し、粒重と地域および粒重と粒色の関係を考察した。聞き取り調査は、農業科学センターの研究員 1 名にも行った。

さらに、リワ地区の 3 村 16 農家(Amwa 村 10 名、Pokhra 村 3 名、Charhai 村 3 名)、チンドワラ地区の 2 村 17 農家(Pipariya Manu 村 9 名、Ghugarla 村 8 名)およびベトゥル地区の 2 村 11 農家(Lahas 村 4 名、Khamla 村 7 名)を 2017 年 11 月 25 日~28 日に訪問し、雑穀に関する聞き取り調査を行うとともに、所有している雑穀の種子を分譲いただき、後日各集団の 100 粒重と粒色を調査し、100 粒重と地区および 100 粒重と粒色の関係を考察した。

上記のフィールド調査で収集した「リトルミレット」の特性評価は、DNA 多型の観点からも行った。具体的には、ISSR マーカーを用いてディンドリ地区 22 個体、リワ地区 10 個体、チンドワラ地区 4 個体およびベトゥル地区 4 個体について分析した。

4. 研究成果

(1) MP 州の農村地域における学校給食の現状・食の嗜好等の調査:

MP 州の学校給食の調理・配給システムは、自校調理式と給食センター式との 2 種類あること、両システムとも曜日ごとに献立が異なることが分かった(表 1、2)。児童・生徒が最も好きなメニューは、Puri(プーリー。全粒粉の無発酵の生地を揚げたもの)、次いで Kheer(キール。甘いミルク粥)であった(表 3)。この結果から、「甘い」「ミルクと合わせられる」食品が児童・生徒に受け入れられやすいと考察できる。この 2 点に「栄養価が高い」「保存性が高い」「調理の手間がかからない」等の条件も兼ね備えた食品を開発すれば、学校給食で受入可能な実用的なものと

なると期待できる。そこで、本研究での食品試作では、これらの条件を兼ね備える食品となるよう配慮した。

表 1. MP 州の学校給食の献立(自校調理式)

曜日	献立
月	Chapati(チャパティ。無発酵の全粒粉パン)または Rice(ライス)、Tuwar or Arhar Daal(キマメのカレー)、Kabuli Chana(ヒヨコマメ)、Tomato(トマト)
火	Puri(プーリー。揚げた無発酵の全粒粉パン)または Pulav(野菜のピラフ)、Kheer(キール。甘いミルク粥)または Halwa(小麦粉と砂糖の菓子)、Mung Badi(乾燥させた豆粉)、Potato(トマト)、Tomato(ジャガイモ)
水	Chapati(チャパティ。無発酵の全粒粉パン)または Rice(ライス)、Chana Daal(ヒヨコマメのカレー)、Mix Vegetable(野菜各種)
木	Vegetable Pulav(野菜のピラフ)、Pakoda Kadi(油で揚げたヒヨコマメ)
金	Chapati(チャパティ。無発酵の全粒粉パン)または Rice(ライス)、Mung Daal(緑豆のカレー)、Green Matar(グリーンピース)または Sukha Chana(乾燥ヒヨコマメ)
土	Paratha(バターを塗って焼いた無発酵のパン)または Spicy Rice(スパイシーなライス)、Mix Daal(豆各種のカレー)、Green vegetable(野菜各種)

表 2. MP 州の学校給食の献立(地域のセンター調理式)

曜日	献立
月	Vegetable Pulav(野菜のピラフ)、Pakoda Kadi(油で揚げたヒヨコマメ)
火	Puri(プーリー。揚げた無発酵の全粒粉パン)、Kheer(キール。甘いミルク粥)または Halwa(小麦粉と砂糖の菓子)、Chole Vegetable(ヒヨコマメ)または Matar Vegetable(グリーンピース)
水	Jeera Rice(クミン入ライス)、Tuwar dal(キマメのカレー)、Mix vegetable(野菜各種)
木	Chapati(チャパティ。無発酵の全粒粉パン)、Tuwar Dal(キマメのカレー)、Soya Chungs(おから)または Mung Badi(緑豆)または Chana Badi(ヒヨコマメ)、Potato(ジャガイモ)
金	Khichdi with Mung Dal(緑豆カレーのリゾット風)、Potato(ジャガイモ)、Matar(グリーンピース)、Tomato(トマト)
土	Chapati(チャパティ。無発酵の全粒粉パン)、Mix Dal(豆各種のカレー)、Green Mix Vegetable(野菜各種)

表 3. 児童・生徒が最も好きなメニュー

	Puri	Kheer	Rice	Kadhi	その他	合計
自校調理式	54 (25%)	50 (23%)	50 (23%)	35 (16%)	27 (13%)	216 (100%)
センター調理式	23 (29%)	20 (25%)	16 (20%)	12 (15%)	9 (11%)	80 (100%)
合計	77 (26%)	70 (24%)	66 (22%)	47 (16%)	36 (12%)	296 (100%)

(2) MP 州の在来作物を活用した学校給食用の食品の試作・食味試験：

食味試験の結果は表 4、表 5 のとおりであった。最も好評だったのはリトルミレットのボン菓子の 8.9 ± 0.3 点(ディンドリ地区の児童・生徒対象)で、最も低評価のリトルミレットの麦芽飲料でも 7.8 ± 0.9 点(ジャバルプール地区の教員対象)であった。この結果から、本研究で試作・提案したコドミレットとリトルミレットそれぞれを原料とした麦芽飲料とボン菓子は、総じて児童・生徒・教員に好評であったと言える。すなわち、栄養価の高いことが知られているコドミレットやリトルミレットを原料とした学校給食用の食品として、麦芽飲料やボン菓子は有効な食品のひとつとして提案することができる。

表 4. 試作食品の食味試験(ジャバルプール地区)

	コドミレット		リトルミレット	
	麦芽飲料	ボン菓子	麦芽飲料	ボン菓子
児童・生徒(n=36)	8.3 ± 1.0	8.2 ± 1.0	8.3 ± 1.0	8.3 ± 1.0
教員(n=18)	7.9 ± 0.8	8.5 ± 0.8	7.8 ± 0.9	8.6 ± 0.6

表 5. 試作食品の食味試験(ディンドリ地区)

	コドミレット		リトルミレット	
	麦芽飲料	ボン菓子	麦芽飲料	ボン菓子
児童・生徒(n=24)	8.3 ± 0.9	8.4 ± 0.7	8.5 ± 0.7	8.9 ± 0.3
教員(n=7)	8.4 ± 0.5	8.3 ± 1.1	8.7 ± 0.5	8.6 ± 0.5



図 1. 試作した麦芽飲料
(牛乳に溶かして飲む)



図 2. 試作したボン菓子
(甘味をつけてボール状に加工)

(3) MP 州の在来作物のフィールド調査・特性評価:

ディンドリ地区のフィールド調査 (2016 年):

(1) 生産状況: 本調査で観察された雑穀はコドミレット (*Paspalum scrobiculatum*) とリトルミレット (*Panicum sumatrense*) の 2 種であった。訪問した全農家とも、以前から自宅で栽培している雑穀はコドミレットとリトルミレットのみとの回答であった。しかし、現地の農業科学センターの研究者によると、約 10 年前まではアワ (*Setaria italica*) も栽培されていたとのことなので、同地区で栽培される雑穀の種類は減少傾向にあると言える。一方、雑穀を栽培する理由として、複数の農家が、美味しいからという前向きな理由も挙げた。さらに、リトルミレットの同地区における生産量が増加傾向にあること等もふまえると、同地区での雑穀栽培が近未来に姿を消してしまう可能性は低いと考えられる。

(2) 粒重と地域: 100 粒重は、リトルミレットについては、Shivri 村 (201 ± 1 mg) は Khaparionoani 村 (171 ± 19 mg) より有意に重く、Sherajhar 村 (174 ± 7 mg) は両村との有意差は認められなかった。Shivri 村は、農業科学センターに 3 村の中では最も地理的に近く研究者との接触が多いこと、粒重の農家間の標準偏差が 3 村の中で最も小さいことから、同村のリトルミレットは既に在来種から農業科学センターの育成品種に多くが置き換わっていると推察される。コドミレットについては 3 村間で有意差は認められなかった。

(3) 粒重と粒色: コドミレットは薄茶色のみであったが、リトルミレットの粒色は黒色、濃茶色、薄茶色の 3 色に大別でき、いずれの集団についても集団内変異が観察された (図 3、4)。各集団内で 3 色間の 100 粒重を比較した結果、黒色 (199 mg \pm 10 mg) は薄茶色 (176 mg \pm 25 mg) より有意に重く、濃茶色 (188 mg \pm 19 mg) は両色との有意差は認められなかった。この結果より、薄茶色種子を多く含む集団については、黒色種子を選抜して採種することで、粒重の向上した系統育成が可能になると考えられる。一方、農家が意図的に集団内の粒色の変異を維持している可能性とその理由も今後要確認と考えている。

リワ地区、チンドワラ地区、ベトゥル地区のフィールド調査 (2017 年):

(1) 生産状況: 聞き取り調査の結果、リワ、チンドワラ、ベトゥルの 3 地区に共通して栽培されている雑穀はコドミレット (*Paspalum scrobiculatum*) とリトルミレット (*Panicum sumatrense*) で、加えてシコクビエ (*Eleusine coracana*) がリワ地区とベトゥル地区で、インドビエ (*Echinochloa frumentacea*) がチンドワラ地区とベトゥル地区で、トウジンビエ (*Pennisetum glaucum*) がベトゥル地区のみで栽培されていることが明らかとなった。リワ地区におけるインドビエ栽培の消滅等、雑穀の種類・作付面積は減少傾向にある一方で、いずれの地区においても雑穀の単収は向上している点、雑穀を栽培する理由の一つに美味しさを挙げた点等から、農家の雑穀栽培・利用への前向きな姿勢もうかがえた。

(2) 100 粒重と地区: コドミレットについては、リワ地区 (437 ± 23 mg) とチンドワラ地区 (434 ± 9 mg) がベトゥル地区 (386 ± 27 mg) より有意に大きいことが明らかとなった。一方、リトルミレットについては、3 地区間で有意差は認められなかった。

(3) 100 粒重と粒色: コドミレットについては、リワ地区とチンドワラ地区は全集団が茶色、ベトゥル地区は全集団が灰色であった。すなわち、100 粒重と地区についての結果は、茶色種子の方が灰色種子より大きいことも示唆している。一方、リトルミレットの粒色は黒色、濃茶色、薄茶色の 3 色に大別でき、調査した 35 集団中 32 集団で集団内変異が観察された。リトルミレットの各粒色の 100 粒重は、黒色 (204 mg \pm 11 mg) と濃茶色 (207 mg \pm 21 mg) は薄茶色 (180 mg \pm 20 mg) より有意に大きかった。以上の結果、コドミレットでは茶色、リトルミレットでは黒色や濃茶色といった濃い系統の色の方が、それぞれ灰色や薄茶色といった薄い系統の色より 100 粒重は大きい傾向が認められた。

以上のとおり、MP 州の在来作物である雑穀の現状と、特にコドミレットとリトルミレットについて種子の粒重・粒色と分布地域との関係等を明らかにした。これらのデータは、MP 州の雑穀の保全、遺伝資源としてのコドミレットとリトルミレットの利用にあたり、基礎データとして有用である。



図 3. リトルミレットの種子
(薄茶色が多数の集団)



図 4. リトルミレットの種子
(黒色が多数の集団)

DNA マーカー (ISSR マーカー) に基づく遺伝的多様性 :

フィールド調査で収集したサンプルのうち、リトルミレットについての ISSR マーカーに基づく分析結果は表 6 のとおりである。地区内の遺伝的多様性は、ディンドリ地区 ($H_s=0.35$) とベトゥル地区 ($H_s=0.34$) で比較的高いことが明らかとなった。ディンドリ地区のリトルミレットは、項目「ディンドリ地区のフィールド調査 (2016 年)」でも述べたとおり、種子の粒重・粒色が多様で、地域間での分化も確認されている。この傾向が DNA マーカーに基づくデータでも示される形となった。ベトゥル地区も、シコクビエ、インドビエ、トウジンビエなど他地域と比較して多様な雑穀が栽培されており、種レベルで雑穀の多様性が高い地区と言える。そして、同地区の雑穀は、リトルミレットを例に種内の遺伝的変異も大きいことが、DNA マーカーに基づいて示される形となった。これらのデータは、将来、植物遺伝資源としての MP 州の雑穀、特にリトルミレットの保全・活用を目的としたプロジェクトを計画する際、ディンドリ地区とベトゥル地区に焦点をあてることが重要かつ効果的であることを示すものと言える。

表 6. リトルミレットの ISSR マーカーに基づく遺伝的多様性

地区	集団数	個体数	多型遺伝子座 (地区内)数	多型遺伝子座 (地区内)割合 (%)	Hs または Ht	Gst
ディンドリ	5	22	41	98	0.35	
リワ	4	10	32	76	0.25	
チンドワラ	2	4	17	40	0.14	
ベトゥル	2	4	34	81	0.34	
全地区	13	40	32	80	0.34	0.20

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Rajput L.P.S., Parihar P., Dhumketi K., Naberia S., Tsuji K.	4. 巻 8
2. 論文標題 Development and Acceptability of Novel Food Products from Millets for School Children	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2631 ~ 2638
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.804.307	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Rajput L.P.S., Tantwai K., Pooniya S.K., Tsuji K.	4. 巻 8
2. 論文標題 Assessment of Genetic Variability among the Landraces of Little Millets Panicum sumatrense from Different District of Madhya Pradesh	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2686 ~ 2693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.804.312	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Rajput L.P.S., Parihar P., Dhumketi K., Tsuji K., Naberia S.	4. 巻 8
2. 論文標題 Assessment of nutritional composition of different cultivars of Kodo and Kutki millets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2724 ~ 2732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.810.314	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 辻耕治、Rajput L.P.S.、Joshi R.P.、Paradkar V.K.、Barpete R.D.、Parihar P.、Thakur R.S.、Nahatkar S.B.、Khare D.
2. 発表標題 インド国マディヤプラデシュ州における雑穀のフィールド調査
3. 学会等名 第133回日本育種学会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辻耕治, Nahatkar S.B., Dubey O.P., Tiwari S., Parihar P., Rajput L.P.S.
2. 発表標題 インド国マディヤプラデシュ州ディンドリ地区における雑穀のフィールド調査
3. 学会等名 第131回日本育種学会講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ラジプート エル・ビー・エス (Rajput L.P.S.)		
研究協力者	ナハトカール エス・ビー (Nahatkar S.B.)		
研究協力者	パリハール ピー (Parihar P.)		
研究協力者	タントワイ ケー (Tantwai K.)		