

北海道におけるテフ (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) 栽培の可能性

田中英彦*・武内仁**・松橋聖倫***・平地彩奈***

Possibilities of Teff (*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter) Cultivation in Hokkaido

Hidehiko Tanaka, Hitoshi Takeuchi, Satori Matsushashi, Ayana Hirachi

概要：エチオピアの主食穀物であるテフは、栄養価に富んだスーパーフードと言われる世界最小の穀物である。テフの北海道における栽培の可能性を探るため、2020年深川市において、国内で市販されている種子（4系統）を用い、播種・移植時期、栽植様式（条植え、千鳥植え）について検討した。なお、倒伏対策として、フラワーネットを用いた。その結果、各系統の特性が明らかになり、倒伏も抑えることができた。子実重は、各処理の平均でブラウン系系統では207~277kg/10aであった。一方、アイボリーは穂数が少なく子実重は82kg/10aと劣った。北海道でのテフの栽培の可能性は大きいですが、倒伏対策に加え脱穀・調整作業の機械化が必要と考えられた。

キーワード：テフ、移植時期、系統、子実重、倒伏対策

1. 緒言

テフ「学名：*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter」は、エチオピアの主食である「インジェラ」(児玉 2009)の原料としてエチオピア国内で広く栽培されているイネ科の穀物である。その栄養価の高さとグルテンフリーのため、小麦粉アレルギーの人のための代替品となることからスーパーフードと言われ世界的にもかなり注目をされている。テフの子実は非常に小さく、長さ1mm、幅0.8mmほどの大きさで世界最小の穀物と言われている。また、テフは穀粒色の違いでアイボリーとブラウンに分けられる(第1図)。

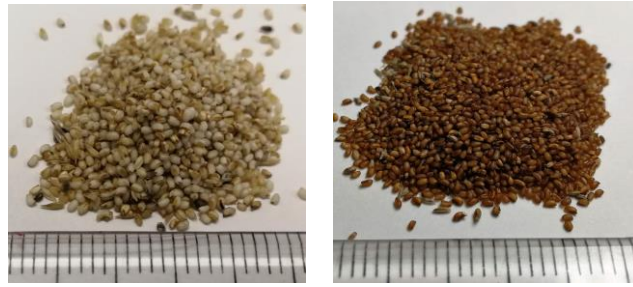
2019年4月発表のアメリカ農務省のデータベースを基に、テフの栄養価を小麦と比較した(第1表)。タンパク質、脂質、炭水化物は小麦と大差ないが、カルシウム、鉄分、マグネシウム、ナトリウムは小麦と比べてかなり多く含んでいることがわかる。

斎藤(2018)は、北海道深川市において、アイボリーテフを試作し、6月19日播種・育苗、7月4日移植のマルチ栽培で175kg/10aの子実重を得て、北海道においてもテフの生産の可能性があることを示した。ただし、草丈は150cm以上となり倒伏対策が必要であり、本格的な栽培には播種、移植、収穫、脱穀・調整作業の機械化が必要であると指摘した。

そこで、本研究はテフの北海道における栽培の可能性をさらに探るため、セル苗移植・マルチ栽培における播種・移植日、系統及び栽植様式の影響と、テフ栽培の大きな課題である倒伏防止策について検討することを目的とした。

*：農学ビジネス学科 連絡先：htanaka@takushoku-hc.ac.jp

：農学ビジネス学科2年生、*：拓殖大学国際学部3年生



第1図 テフの子実 (左：アイボリー 右：ブラウン)

第1表 テフの栄養価 (/100g)

栄養素	テフ	全粒小麦粉	デュラム小麦
エネルギー(kcal)	367	340	339
タンパク質(g)	13.3	13.2	13.7
脂質(g)	2.4	2.5	2.47
炭水化物(g)	73.1	72.0	71.1
食物繊維(g)	8	10.7	-
カルシウム(mg)	180	34	34
鉄分(mg)	7.6	3.6	3.5
マグネシウム(mg)	184	137	144
リン(mg)	429	357	508
カリウム(mg)	427	363	431
ナトリウム(mg)	12	2	2
マンガン(mg)	9.2	-	-

出典：米国USDA(U.S.Department of Agriculture) Data Base 2019-04-01

2. 材料および方法

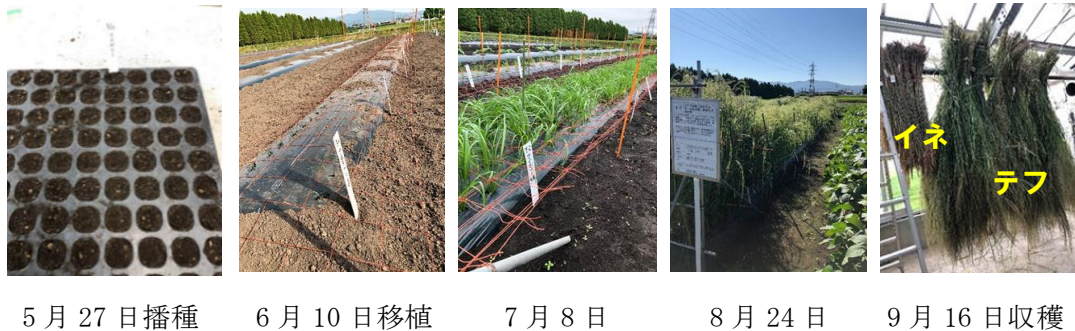
拓殖大学北海道短期大学では、2017年に種子通販サイト(マルシェ青空)からアイボリーの種子を購入して試験栽培を開始した(齋藤 2018)。得られた種子を2018年に栽培し、そこで発現し多収を示したブラウンの2系統を分離系統として(山田 2019)、その粒色からブラウン赤とブラウン黄と命名した。これらをアイボリー、市販ブラウン(マルシェ青空より購入)とともに2019年に栽培採種した。試験に供試した供試系統は、これらの4系統である。

播種は2020年5月27日、6月10日の2回とし、各々早植えと遅植えとした。播種は、128穴のセルトレイにセル当たり5~7粒を播種し、間引きして1本立ちとした。床土はトマト育苗培土(森産業(株))を使用し、播種後はガラス温室内で管理をした。いずれも2週間育苗し、6月10日と24日に移植した。

移植は、2m間隔で幅1.4mのグリーンマルチを張り、畝間36cmで2条、株間12cmとした。栽植様式として条植えと千鳥植えの区を設け、各2反復とした。施肥は、牛糞堆肥を10a当たり2t施用し、化学肥料は無施肥で行った。テフは草丈が1.5~2m近くになるため、倒伏防止策として12cm×12cmのフラワーネットを三段に重ね、生長に合わせて一段ずつネットを上げていく方法を試みた。ガラス温室内の気温、及び移植後の地表下5cmの地温を温度データロガー(おんどとり Jr.、TR42、(株)T&D)を用い10分間隔で測定

した。

早植えは7月1日から、遅植えは7月11日から、各区5株について草丈と茎数を調査した。収穫は、早植えは9月16日、遅植えは9月23日に、各区6株を地際から刈取り、ガラス温室内で稲架がけして風乾した。その後、株ごとに稈長、穂長、穂数、全重を測定し、6株をまとめて足と手で脱穀し、篩かけと風選により子実を選別し、子実量を測定した。千粒重は、各区0.45g程度をスマートフォンアプリ「Count Helper」で粒数を数え、その重量から算出した。播種から収穫、稲架がけまでの様子を第2図に、脱穀、選別作業の様子を第3図に示した。



第2図 テフの播種から収穫までの生長の様子



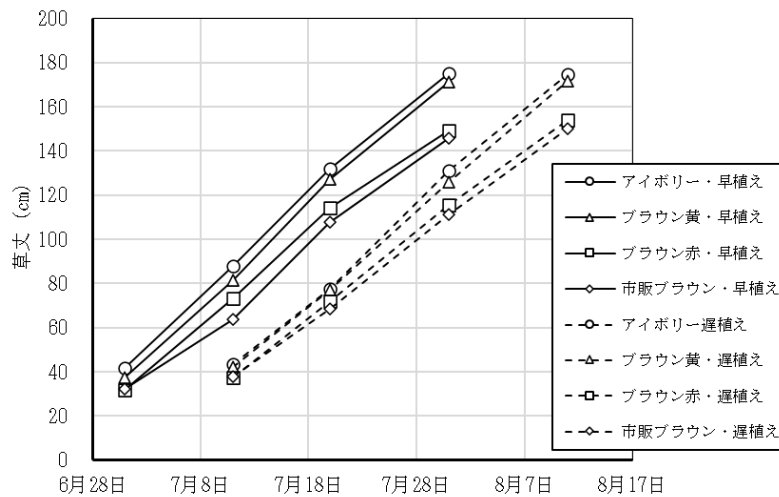
第3図 テフの脱穀、篩かけ、風選

3. 結果

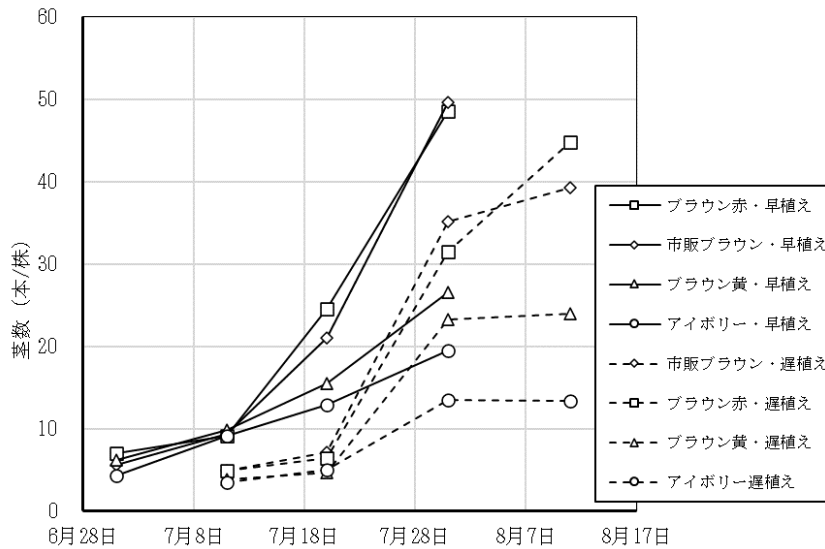
草丈の推移を系統・植え付け時期別に第4図に示した。いずれも7月以降直線的に伸長がみられ、遅植えは10日ほどの遅れであった。また植え付け時期によらず系統の序列は一定で、アイボリーとブラウン黄が高く、ブラウン赤、市販ブラウンは低く推移した。

同様に、茎数の推移を第5図に示した。早植えでは7月中旬以降、遅植えでは7月下旬以降に茎数の増加がみられ、茎数はブラウン赤と市販ブラウンで多く40~50本/株に達し、次いでブラウン黄が多く、アイボリーは最も少なく20本/株以下であった。このように系統によって草型がかなり異なった。

成熟期調査の各形質について、3要因乱塊法による分散分析を行い、結果を第2表に示した。3要因のなかでは系統の効果が最も大きく、全ての形質で1%水準で有意であった。播種期の効果は、稈長、穂数、全重で1%水準で有意であった。栽植様式については全ての形質で有意ではなかった。交互作用は、播種期と系統の稈長と子実重で有意であった。これらのことから、栽植様式については平均して示すこととした。



第4図 草丈の推移
栽植様式は平均して示した。



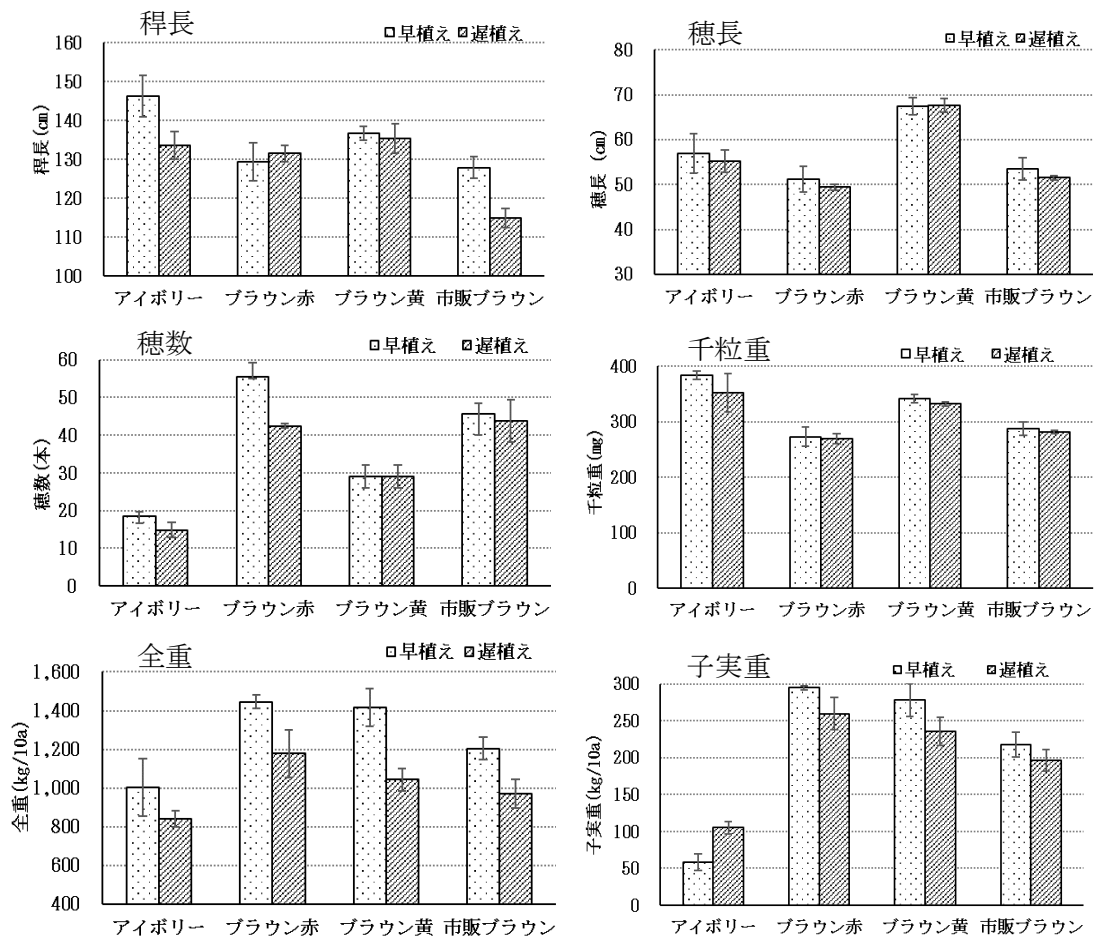
第5図 茎数の推移
栽植様式は平均して示した。

成熟期の形質に及ぼす播種期と系統の影響を第6図に示した。稈長は早植えではアイボリーが140 cm以上と最も長く、遅植えでは市販ブラウンが120 cm未満と最も短かった。穂長は早植え、遅植えともブラウン黄が他の3系統よりも長かった。穂数は早植えではブラウン赤が最も多く、遅植えでは市販ブラウンとブラウン赤が多かった。アイボリーは早植え、遅植えとも最も少なかった。千粒重は早植え、遅植えともアイボリーが最も重く、次いでブラウン黄であった。全重はすべての系統において早植えで重かった。系統別にみるとブラウン赤とブラウン黄が重く、アイボリーが最も軽かった。子実重はブラウン赤、ブラウン黄、市販ブラウンの順に重く、アイボリーは明らかに低収であった。ブラウン系統では早植えで重かったが、アイボリーでは遅植えで多収であった。

第2表 成熟期調査の分散分析表

要因	自由度	平均平方					
		稈長	穂長	穂数	千粒重	全重	子実重
反復	1	32	9	1	45	69,404 *	13
播種期(A)	1	307 **	14	321 **	1,303	542,173 **	1,393
系統(B)	3	519 **	473 **	1,900 **	16,290 **	233,987 **	61,593 **
栽植様式(C)	1	1	4	1	411	10,382	1,178
A×B	3	121 *	2	50	332	15,121	3,327 *
A×C	1	102	3	51	1	456	172
B×C	3	6	24	18	327	21,239	1,267
A×B×C	3	9	11	19	277	8,445	323
誤差	15	27	14	22	375	13,835	660

*, **は、各々5%、1%水準で有意であることを示す。



第6図 成熟期の形質に及ぼす播種期と系統の影響

栽植様式は平均して示した。エラーバーは標準誤差 (n=4) を示す。

これらの調査結果を系統別にまとめ比較した (第3表)。各々の系統は、以下のように

特徴づけられた。

- 1) アイボリーは稈長が長く、穂数が少なく全重と子実重も少ない。
- 2) 市販ブラウンは稈長が最も低い。
- 3) ブラウン赤は穂数が最も多く千粒重は最も小さいが、全重・子実重は最も多い。
- 4) ブラウン黄は草型がアイボリーに近いが、多収である。

第3表 成熟期調査形質の系統比較

系統	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/株)	千粒重 (mg)	全重 (kg/10a)	子実重 (kg/10a)
アイボリー	140	56	17	368	922	82
市販ブラウン	121	53	45	285	1086	207
ブラウン赤	130	50	49	272	1312	277
ブラウン黄	136	68	26	337	1230	257

植付時期と栽植様式を平均して示した。

第4表には、播種から収穫までの日数と積算温度を示した。育苗期間の温度は温室内の日平均気温、移植後は地表下5cmの日平均地温を積算した。2週間の育苗期間の積算温度は、いずれの播種期も280℃程度、つまり日平均で20℃程度であった。一方、移植から出穂までの日数と積算温度は、早植えは42日間953℃、遅植えは35日間812℃であった。遅植えは早植えから2週間遅れて播種をしたが、出穂までの日数の差は7日に縮まった。出穂から収穫までの日数はいずれも57日、積算温度は早植え1,341℃、遅植え1,257℃であった。また、播種から収穫までの積算温度は、早植えが2,552℃、遅植えは2,346℃であった。

第4表 播種から収穫までに要した日数および積算温度

試験区	播種日 (月/日)	移植日 (月/日)	出穂日 (月/日)	収穫日 (月/日)	移植～出穂 まで日数 (日)	出穂～収穫 まで日数 (日)
遅植え	6/10	6/24	7/28	9/23	35	57
試験区	積算温度 (°C)					
	播種～移植	移植～出穂	播種～出穂	出穂～収穫	播種～収穫	
早植え	282	953	1,234	1,341	2,552	
遅植え	278	812	1,090	1,257	2,346	

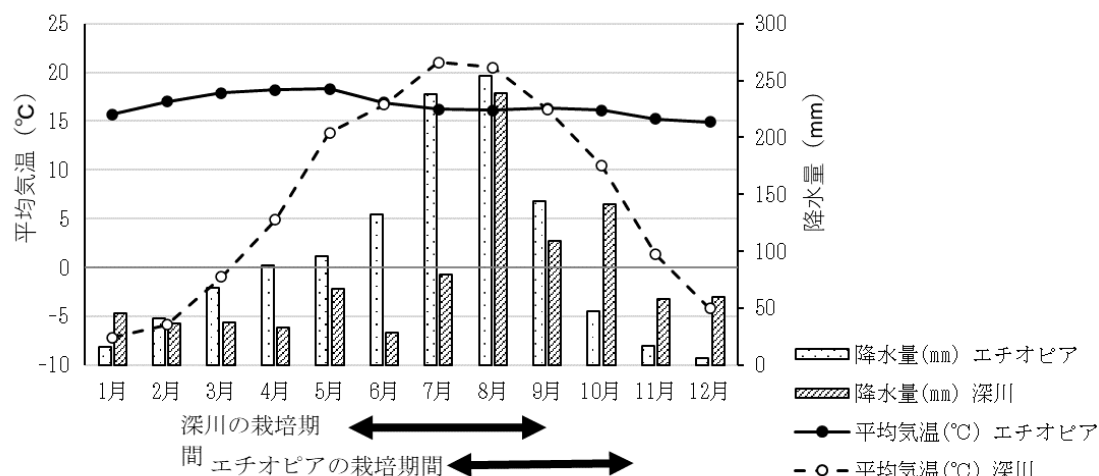
出穂日はすべての株で1本でも出穂した日で、その他の処理を平均して示した。育苗期間は温室内の日平均気温、移植後は地表下5cmの日平均地温の積算値。

4. 考察

1) 気温

テフの原産地であるエチオピアは、国土の大部分がエチオピア高原を中心とする高地で

ある。国土のほぼ中央に位置する首都アディスアベバは、標高が 2,400m、年平均の気温が 15~18℃と冷涼な気候であるが、アディスアベバの近郊でもテフが栽培されている。アディスアベバと深川市の月別の平均気温と平均降水量を比較した(第7図)。テフは、雨季が始まる8月頃に直播をし、9月下旬から10月にかけて穂が出始め、乾季が始まる11月頃に収穫する(田中 2015)。平均気温から見ると、深川での栽培期間は6月から9月が想定され、生育前半は、気温はほぼ同じで降水量は少ないが、生育中期の気温は深川の方がむしろ高いと考えられる。



第7図 エチオピア（アディスアベバ）と深川の平均気温及び降水量

齋藤 (2018) は北海道で初めてテフを試作した結果から、直播栽培は難しく、マルチ移植栽培が望ましいこと、播種から収穫に至るまでの積算温度は少なくとも約 2,000℃が必要であると報告した。本研究では、セルトレイを用いガラス温室で2週間育苗後、グリーンマルチ栽培を行い、積算温度は早植えて 2,552℃、遅植えて 2,346℃を得ることができた。また、5月27日播種と6月10日播種の比較では、全重はすべての系統で早植えの方が明らかに重かったことから、5月下旬播種、6月上旬移植が望ましいと考えられる。この場合、エチオピアの環境と比べ気温は低く、降水量も少ないことから、初期生育の安定のためには育苗とマルチ栽培が必須と考えられる。

2) 系統の特性と収量性

本研究で得られた子実量は、アイボリーでは 82kg/10a、ブラウン系統では 200kg/10a 以上で、最大 277kg/10a であった。Assefa(2011)によると、エチオピアにおけるのテフの平均収量は 101kg/10a (2006年~2007年の平均) であり、田中(2015)の調査によればエチオピアのテフの収穫量は 27kg~80 kg/10a としている。これらに比べ、今回得られた子実量はかなり高く、北海道においても栽培の可能性が示された。

本研究で供試した系統は、市販のアイボリーとブラウンに加え、アイボリーから分離したブラウンの2系統である。第3表に示したように、これら系統の生育・収量特性は明らかに異なり、分離系統としたブラウン赤とブラウン黄は、市販ブラウンとは遺伝的に異なると考えられた。これら2系統が、アイボリーの突然変異に由来するか、異なる系統の混入によるものかは定かではないが、北海道における栽培適性は高いと考えられる。ただし、

アイボリーとブラウンのどちらが市場性が高いかについては未確認であり、今後の検討が待たれる。なお、エチオピアにおいては、1970年～2007年の間に17品種が育成されている(Assefa 2011)が、種子色の間に明らかな収量差はないことから、アイボリー系品種の収量性が低いと判断するのは妥当ではないと考えられる。

3) 倒伏対策

テフは茎が非常に細く、草丈は2m近くまで生長するため非常に倒伏しやすい。このため、エチオピアにおいても倒伏による収穫の損失は平均17%、最高25%にも達し、倒伏が収穫損失の一番の要因であり、これが窒素施肥などの使用の妨げとなっている(Assefa 2011)。

本研究においては、倒伏対策のため移植時に12cm×12cmのフラワーネットを三段に重ねて設置し、生長に合わせてネットを一段ずつ上げていく方法を試みた。これにより倒伏を防ぐことができ、倒伏による収穫の損失も軽減できた。ただし、収穫時にフラワーネットからテフを引き出す際に穂がフラワーネットに絡みつき脱粒が生じ、とくにアイボリーで損失が大きかった。フラワーネットは倒伏防止に有効ではあるが、コストと労力も課題であり、さらに検討が必要と考えられる。

4) 脱穀・選別

テフは、収穫後一定期間乾燥させた後に脱穀をする。エチオピアでは、木製の専用の棒でたたく方法、脚を地面にこするようにして上から踏みつけて行う方法、手でこすって行う方法、牛などの家畜に踏ませて脱穀する方法など地域により脱穀方法は異なる(藤本、2019)。

本研究では、第3図に示したように脚で踏みつけた後、手でこすって脱穀をした。その後篩にかけ、箕を使って風選し、さらに細かな苞穎のかけらをドライヤーで吹き飛ばす作業を行った。一般栽培にあたっては、これらの作業の機械化が必須である。

5. 引用文献

- Assefa K., J.-K. Yu, M. Zeid, G. Belay, H. Tefera, M. E. Sorrells 2011. Breeding tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter]: conventional and molecular approaches. *Plant Breeding* 130 :1-9.
- 児玉由佳 2009. エチオピアの主食インジェラ(特集 世界は何を食べているか—第三世界の主食). *アジア研ワールド・トレンド* 161. 日本貿易振興機構アジア経済研究所 : 18-19.
- 齋藤隆 2018. 北海道北空知におけるテフの栽培. *拓殖大学北海道短期大学研究紀要(創立50周年創刊号)* :98-109.
- 田中利和 2015. エチオピア中央高原における持続型生存基盤としての犁農耕の可能性—テフ・ウシ・人間関係に着目して—. *JANES ニュースレター* No.22.
- 山田竜次 2019. テフの播種・移植時期が収量に及ぼす影響. *拓殖大学北海道短期大学農学ビジネス学科環境農学コース卒業論文集—田中ゼミナール* :1-5.