

## 北海道北空知におけるテフの栽培

齋 藤 隆

### Cultivation of teff in Hokkaido Kitasorachi

Takashi Saito

**概要：**テフはエチオピアの主食穀物であり、サバナ気候下で数千年にわたり栽培されてきた。近年、いわゆるスーパーフードとして注目され、やせた土地でも栽培可能としてアフリカなどの農業支援の一環で調査・報告（田中、2015）があるが、本栽培に関する知見は少ない。そこで、北海道北空知でも栽培可能か育苗やマルチングをして、積算温度で約2,000度を超えると子実を形成し、食味試験も可能な収量があったので、その栽培試験について報告する。

**キーワード：**テフ、サバナ気候、スーパーフード、育苗、マルチング、積算温度、倒伏対策

#### 1 はじめに

テフはエチオピアの主食穀物であるが、近年、いわゆるスーパーフードとしても認知されるなど栄養価ばかりかグルテンフリーのため小麦粉アレルギーの代替品としても着目されている。

しかし、そのような状況を懸念したエチオピア政府はテフの輸出を2015年まで禁じてきた。また、その後解禁されても輸出向けの栽培のものに限るなど、キヌアの二の舞を避けた対策を取っている。従って、世界で流通している大半はアメリカやオーストラリアでの栽培品であり、インターネット通販等を通して流通している。

また、日本国内での栽培の情報は少ないが、唯一下記の会社が種子の販売を行っており、栽培による食用及び種子販売も可としている。なお、拓殖大学国際学部の竹下准教授からの薦めもあり、北海道北空知での地域特性を考慮してサバナ気候下の植物について栽培試験に取り組んだ。

#### 2 実験材料と栽培試験方法等

##### (1) 植物材料

- ・アイボリーテフ (ivory tef) 種子、イネ科スズメガヤ属、1年草、エチオピア原産、「学名：Eragrostis tef」
- ・マルシェ青空「MARCHE AOZORA」（ネット通販会社）で購入。マルシェ青空ではHPにテスト栽培が完了したテフの栽培方法を紹介している。種子販売も本会社のみとの表記があった。

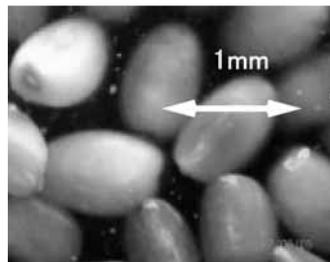


図1 購入したテフ種子

## (2) 道具等

- ア 発芽試験：滅菌シャーレ、ろ紙、ピンセット、インキュベータ（人工気象機）
- イ ポット栽培：尺鉢（10号、直径33cm）6個、トマト培土、赤玉土、鹿沼土、拓殖大学国際学部圃場土、落ち葉（春先に用水路に沈積していたもの）
- ウ マルチ及び露地栽培：セルトレイ（10×20、200穴）、トマト培土、籾殻くん炭、ピンセット、マルチ用透明ビニル、剣先スコップ、レーキ、ならし用板、巻き尺、カッター、園芸用支柱、ロープ、グラスファイバー製トンネル栽培用梁、地中温度計（Thermo Recorder TR-52i）、デジタル最高最低温度計

## (3) 栽培試験方法

### ア 種子購入先の栽培データ

種子を購入した上記会社のHPの栽培方法等について次のように列記されていた。

「草丈：90～150cm、発芽率：85%、ベランダ栽培：不可能、受粉株：不要、収穫：3ヶ月、露地栽培：日本全国、耐寒温度：10℃、種まき：3～8月、発芽適温：18～25℃、栽培適温25～40℃、pH：6～7、連作障害：なし、消毒：なし等」また、「土壌は選ばず、元肥も追肥もいらず、播き方も筋播き、バラ播きでも何でもよく、種子量は10a当たり2～3kg、気温が20℃程度になってから直播し、覆土は5mm程度。播種から1ヶ月で穂が出始め、さらに、1ヶ月で成熟し、60日で刈り取り、2回目の収穫は60日後とあった。」他に、湿気や通気についての留意事項の記載があった。

この記述は、日本でも暖かな気象条件下での栽培方法ではないかと考えた。北海道北空知は近年、品種改良と共に気温が比較的高めに推移してきたことから「米どころ」としても道内外に知られるようになったが、同じイネ科としてサバナ気候下の作物が水稻のように栽培可能かを検討する中で、その土地の気象条件を考えた栽培方法を工夫しなければならない。

そこで、次のような各種栽培を行うことでテフの特性を把握し、子実が得られるかどうかを見極めるため、気温や地温の測定も含め、観察を通して確認することとした。

### イ 種子の発芽試験とポット栽培

種子の発芽試験は6月5日から滅菌シャーレに濾紙を敷き、純水を散布した上に、購入した種子を置床し、インキュベータで18℃と25℃、暗黒化で管理した。

購入種子の10℃と15℃の発芽試験については、収穫後の子実の発芽特性を調べる際に、9月と10月、年明けの1月に併せて実施した。

また、本学の野菜温室は日平均気温は約20℃超であることから、6月5日から上記材料土を結果に示したように①～⑥の用土を作成し、ポット栽培を始めた。

### エ ビニルマルチ定植栽培と露地定植栽培、露地直播栽培

発芽試験とポット栽培試験の様子及び外気温の状況を考慮し、イネの移植栽培にヒントを得て、テフのビニルマルチ定植栽培と露地定植栽培の比較試験栽培を行い、さらに、露地直播栽培も試みることにした。



図2 左：ポット鉢苗 中・右：セルトレイ苗移植

定植用の苗は、6月19日に用土として、トマト培土と籾殻燻炭を4：1

で混ぜ合わせ、セルトレイに入れ、1セルにテフの種子を3粒播き、覆土して、たっぷり灌水し、新聞紙で覆い25℃の発芽器に2日間ほど入れて発芽させた。その後、日平均気温約25℃の花温室で約2週間育成した後、7月4日にビニルマルチ試験圃場(4.3m×1m)に、株間4cm、畝間50cmで約95株定植した。露地の定植は同じ苗を取り置きし、7月11日に行った。この際、ビニルマルチにはポット栽培で生育が最も良かった①トマト培土試験ポットから、茎を3本ずつ取り、図2の左端側にセルトレイで生育した苗に沿わせて定植を行った。この列が一番緑が濃く生育が早いことが分かる。

なお、7月14日に、1㎡の2区画を耕し、それぞれ、1kg/10a及び2kg/10aの種子量をばら播きで露地へ直播、覆土し、灌水し、その後の生育を観察した。

#### (4) 採取子実の発芽試験

採取子実の種子としての特性を調べるために、25℃は9月24日～、10月2日からの2度、さらに、低温特性を見るために年を越えた1月11日から2週間わたる発芽試験を実施した。

### 3 結 果

#### (1) 発芽試験

<購入種子>

ポット栽培前に予め発芽状況を確認した。

発芽試験期間：6月5日～6月8日(3日間)

・25℃ 81粒中80粒発芽 発芽率98.8%

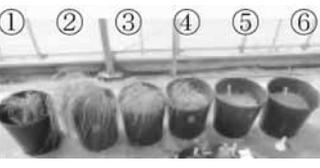
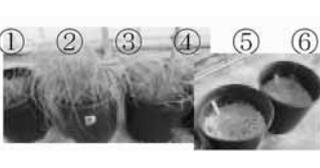
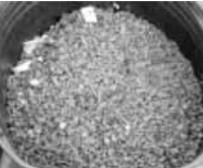
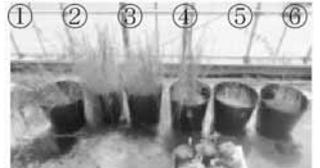
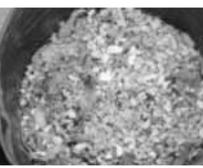
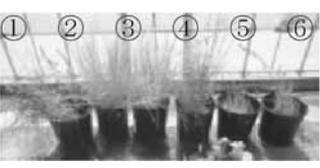
・18℃ 66粒中44粒発芽 発芽率66.7%



図3 3日間で殆ど発芽した種子(25℃)

## (2) ポット栽培試験結果

表1 ポット栽培試験における各種培土がテフの生長に及ぼす影響

用土	成育	6/12(播種1週間後)	6/29(3週間後)	横一列で収穫まで成長比較
①トマト培土 (籾殻燻炭 20%含有)			7月5日	
②国際学部圃場土			7月15日	
③赤玉土+腐葉土			8月20日	
④鹿沼土+腐葉土			9月1日	
⑤赤玉土のみ			10月2日	
⑥鹿沼土のみ			11月1日	

上記表1に各種培土の生育経過を写真で時系列で示したとおり、⑤赤玉土と⑥鹿沼土のみの培地では、発芽し生長はしたが、草丈は約15cmと極めて小さく、小さな穂は付けたが、子実の形成はなかった。

他の培土間では、①籾殻燻炭入りのトマト培土と②国際学部圃場土は順調に生育し、出穂し、最終的に子実の形成があった。また、③腐葉土入りの赤玉土と④腐葉土入りの鹿沼土は、土粒子単体では生長は乏しかったが、少しでも腐葉土を入れることで、初期生長は緩やかであったが、次第に国際学部圃場土の草丈に近づき、最終的に子実の形成が見られた。種子販売会社では元肥なしで栽培可能としていたが、全くの土粒子のみではテフの生長は貧弱で、子実の形成もなかった。

### (3) ビニルマルチ定植栽培と露地定植栽培、露地直播栽培の比較

#### ア 栽培期間中の気温と地温の変化

気温の変化をデジタル最高最低温度計で毎日記録し、地温の変化を当初はバイメタル方式の地温計の目視、その後、連続測定用の温度計で記録しグラフ化した。調査株の収穫は9月15日、全体の収穫は9月17日であった。

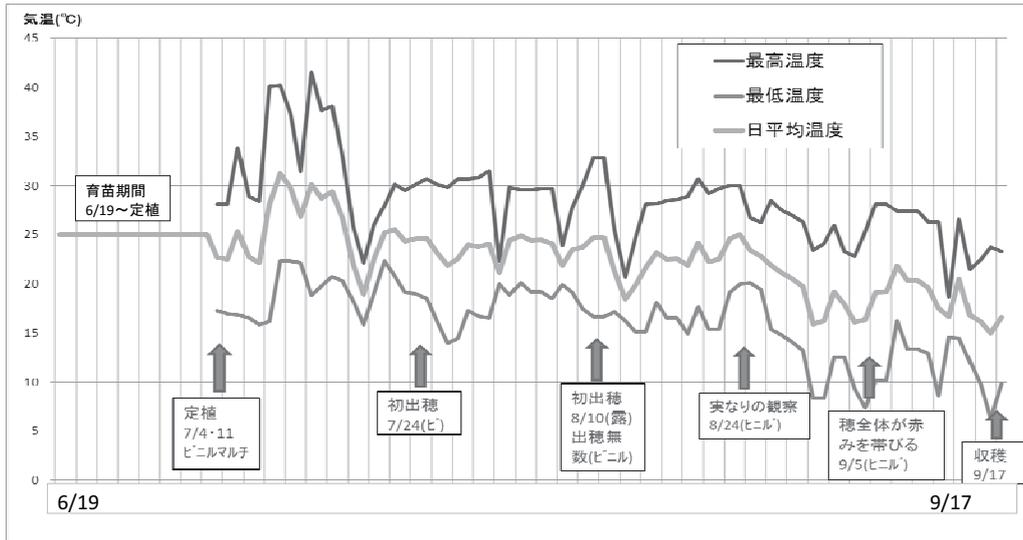


図4 テフ栽培期間中の最高・最低、日平均気温の変化

この気温のグラフから、日平均気温は定植後は30度を超える期間があったが、8月一杯は20°Cから25°Cで推移した。8月末には最低気温が10°Cを下回る日も多くなり、寒暖の差が激しくなった。6月19日のセルトレイへの播種から収穫までの91日間の積算気温は2070度であった。

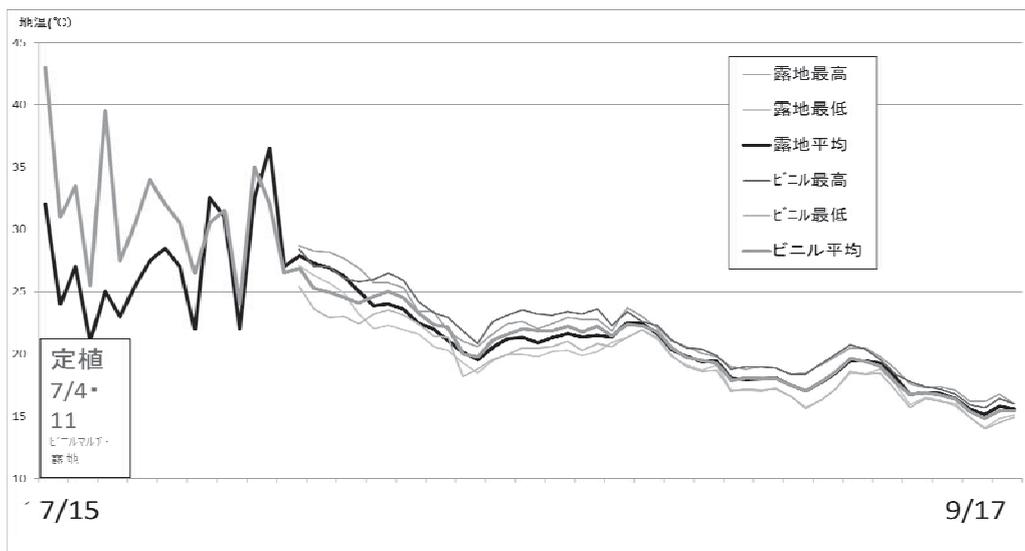


図5 テフ栽培期間中のビニルマルチ及び露地の地温変化

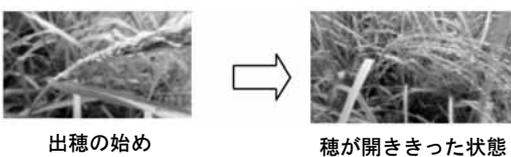
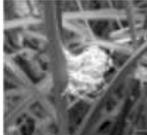
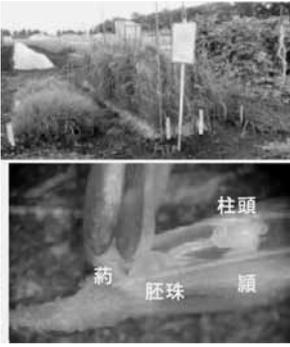
定植後の地表下 10cm の地温は地表面がビニルシートで覆われ、地表面からの蒸散作用による熱の放出も少ないため、太陽光の影響で極めて高くなった。露地はかなり下回っていた。なお、バイメタル方式の地温計を読み取っているため、変動が激しい。8月1日からは自動計測したが、テフの生長が旺盛になるに従い、地面がテフの葉で覆われるようになり、双方の差は少なくなった。また、全体として、当初の約 30℃から8月上旬には約 25℃、8月末からは 20℃を切り始め、収穫時には約 15℃まで低下した。

直播栽培区でもバイメタル方式の地温計で測定していたが、草丈が短いため、他の栽培区よりも高めであったが、草丈が短いまま出穂し、子実形成には至らなかった。

イ ビニルマルチ定植栽培と露地定植栽培、露地直播栽培との生育比較

表2に露地栽培における各栽培方法の比較と各時期の出穂等の変化について示した。

表2 露地栽培における各栽培方法が生長に及ぼす影響と各生長のイベント

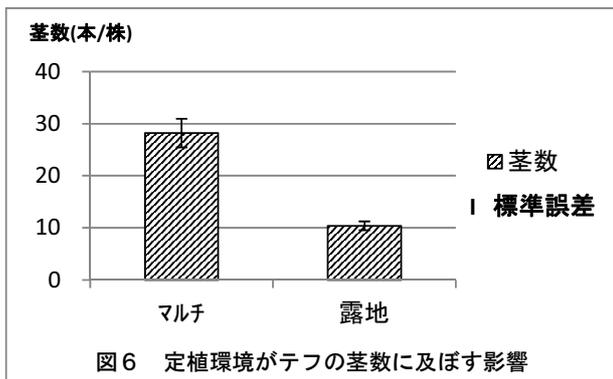
月 日	成育の様子(写真)	成 長 の エ ベ ン ト
7月14日		7/4 ビニルマルチ定植：写真中央一列(セルトレイ苗)写真左一列(ポット栽培苗) 7/11 露地定植(セルトレイ苗)：写真右一列 7/14 露地直播左側：1㎡2区画、写真奥2kg/10a、手前2kg/10aの種子バラ播き
7月21日		定植1週間でセルトレイ苗定植とポット栽培苗定植、さらに、セルトレイ苗の露地定植も急激な成長を示した。 露地直播も播種後1週間で表面に緑が目立つようになった。
8月3日 倒伏防止 対策1		7月24日にセルトレイ苗のマルチ定植が初出穂後、マルチのテフの一部が直立が難しくなり、倒伏しだしたため、支柱を立て、荷造りロープで二重に周囲を囲い、倒伏を防止した。 露地直播も成長が著しくなった。
8月10日 出穂ラッシュ		 出穂の始め → 穂が開ききった状態 7月24日にマルチで初出穂が確認されてから日に日に穂本数が増えた。右は異常出穂の穂である。 
8月24日 倒伏防止対策2 花及び子実の確認	 1つの花(籾)の内部はイネ科の構造と類似	 1本のテフの茎から30本の穂が出て、その穂には多数の小穂が出て、子実が実ったものは丸く膨らんでいた。  1本のテフの茎(草丈1.5m)  未熟な穂
9月16日 収穫前日		 後方から見るとテフの無数の穂が垂れ下がっていた。倒伏防止対策なければ、穂発芽の恐れがあった。

露地直播栽培では、定植栽培のテフを収穫した後も10月まで刈り取らずに置いておいた。最終的に草丈が50～60cmにまで伸び、出穂はしたものの、子実を確認できなかったため、栽培を終了した。

なお、テフの花の構造や子実の充実等の日本における研究成果は探せなかったため、上記表2に記載した。テフはイネ科であり、穎はイネのように硬質ではなく、まるで昆虫の羽のような薄膜で、内部の胚珠や葯が透けて見える。この穎を開くと、胚珠の上に二股に分かれた雌蕊があり、その先は無数に枝分かれた柱頭がある。また、葯もこの穎の中に複数あり、穎が開くことはないため、自家受粉で子実を形成する。

さらに、テフはイネや麦と異なり150cm以上に生長するが、途中に節があり、倒伏して横に伸び出す。北海道北空知では地面に穂が垂れると雨による穂発芽等の恐れもあるため、草丈が70cmを超えた時点で倒伏対策のための支柱を立てて周囲にロープを回し、さらに、生長、出穂し、子実が充実してくるとより強固な支柱を建て、きめ細かな支えを施した。

#### ウ セルトレイ苗のマルチ定植及び露地定植栽培における子実収量等の比較

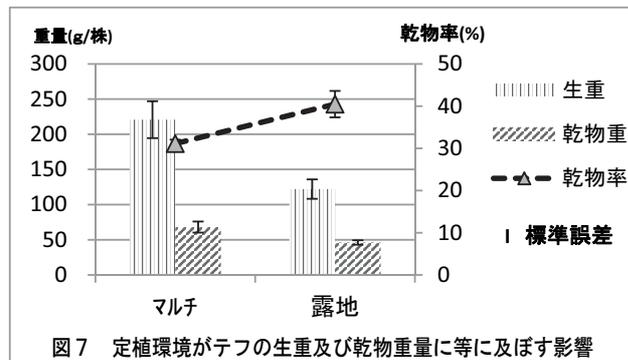


セルトレイで育成したテフの苗のビニルマルチと露地で定植した場合の栽培比較を9月15日に調査株を10株ずつ収穫し、1株当たりの茎数、生重、乾物重、子実重、及びこれらから求めた乾物率と乾物重に占める子実重の割合について左記のグラフにまとめた。

2.5cm角のセルトレイ1箇所には3粒のテフを播種した。殆ど発芽したので、この3粒から分けつした茎数が分かる。図6から、1株当たりの茎数はマルチで28.2本、露地ではその3分の1の10.4となった。従って、種子1個当たり、マルチでは10本、露地では3本余りとなった。

また、図7から、刈り取ったばかりの生重は、マルチでは1株当たり221g、露地では122gと約2分の1であった。

しかし、乾物重はマルチで1株当たり68.1g、露地で46.2gと生重ほどの差はなかった。



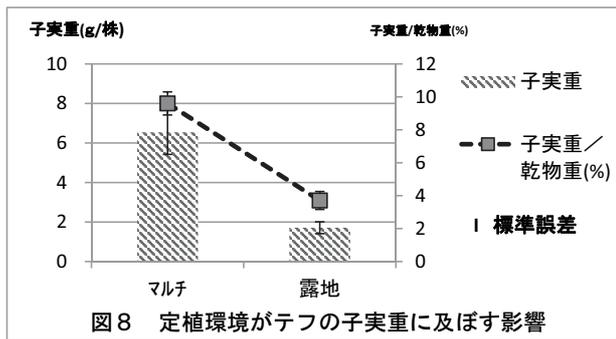


図8 定植環境がテフの子実重に及ぼす影響

これらのデータを元に乾物率を計算すると、マルチ栽培では31.1%、露地で40.5%と露地の方がマルチよりも9.4pと大きかった。

図8から、子実重はマルチ栽培で1株当たり6.54g、露地栽培では1.71gとマルチの場合の約4分の1であった。

生体重や乾物重との比以上に小さかった。

そこで、乾物重に占める子実重の割合を求めてみた(図5、第2軸)。マルチで9.60%、露地では3.71%とマルチでは露地の約2.5倍であった。

全て、収穫したテフの総量を求めた結果を以下に示す。最初にポット栽培試験で栽培していた①トマト培土(籾殻燻炭入り)苗で育成したテフの総量を求めた。テフの子実は極めて小さいため、手作業でテフの穂をしごいて、穎と子実や枝梗の混ざったものを1.2mmの目のザルで篩い、さらに、自作の唐箕に架け、最終的にはドライヤーで穎や細かな枝梗、乾燥した葯などを吹き飛ばし、図9に示したような子実を得た。約350gの子実を得ることができた。作業が遅れたが、その後、マルチ定植栽培と露地定植栽培の子実も同様に得た。調査株も含めた子実の重量はそれぞれ、約246gと約167gであった。総量の比較では調査株の比のように大きな差はなかった。

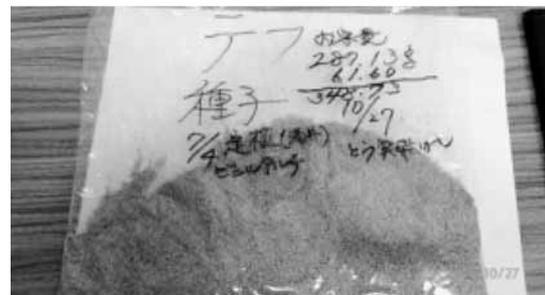


図9 収穫したテフの子実(約350g)

#### (4) 採取子実の発芽試験

表3 収穫後に採取したテフの子実について温度が発芽率に及ぼす影響

実施日	25℃	15℃	10℃
9/24～9/29	70.0%	—	—
10/2～10/6	80.0%	—	—
1/11～1/25	—	94.4%	3.0%

ただし、10℃における発芽率3.0%というのは2週間経っても発根のみの割合である。

なお、購入した種子も同時に調べたところ15℃で発芽率88.8%であり、10℃では5%発根していた。

## 4 考 察

### (1) 発芽試験

テフはエチオピア原産であり、サバナ気候下の植物であることから、18℃よりも25℃での発芽率が高く、さらなる高温でも発芽率は効率と考えられる。

このことから、北海道北空知のように寒冷地での栽培では、セルトレイによる育苗を行い、気温や地温の上がる時期を選び、さらに、透明ビニルマルチで地温を上げて栽培する必要がある。

### (2) ポット栽培試験

表1の生育の様子から伺えるように、結果的に子実を形成したのは、燐炭入りトマト培土、国際学部圃場土、腐葉土入り赤玉土と腐葉土入り鹿沼土であったことから、全く肥効のない土では生育せず、子実の形成も見込めないことが分かった。

種子販売会社の栽培事例で元肥・追肥は不要とあったが、テフといえども豊富なミネラルは土粒子の分解による溶解だけでは補えず、ミネラルを含んだ有機資材は必要であると考えられる。腐葉土等の有機資材から効率よく吸収しているからにはほかならないと考えられる。

エチオピアのような乾季と雨季があるようなサバナ気候下でも、牛耕による牛ふんのような有機質が土壤に含まれ、今回試験したような腐葉土などの手に入りやすい有機質成分が少しでもあれば、子実を形成すると考えられる。また、ポット栽培でも温室等で生育に必要な積算温度が稼げる場合は、ポットでも栽培が可能である。

### (3) ビニルマルチ定植栽培と露地定植栽培、露地直播栽培の比較

#### ア 栽培期間中の気温と地温の変化

図4と図5で露地定植栽培試験中の気温の変化と地温の変化を栽培圃場のイベントと重ねて、生育に及ぼす気温の影響を考察する。

当初から、種子購入会社のHPの栽培方法では北海道北空知での単純な露地栽培は難しいと考えた。気温が高くなるのが7月からであるために、2ヶ月間で子実が形成されるか疑問があった。直播栽培も試験したが、子実は形成されなかった。播種7月14日から収穫日9月17日までの積算温度は1433度であり、苗を育成して定植栽培を行った場合の2070度よりも600度余り下回った。少なくとも積算温度が2000度以上獲得する状況を作り出さなくてはテフの子実を得ることは難しいと考えられる。

なお、地温に関しては、同様に積算温度で見ると、ビニルマルチは前半のテフの草丈が低いときの温度が高かったことから1513度で露地の1443度と70度の違いしかなかった。しかし、子実の収穫量の差から考えると、移植後7月後半に架けての初期生育期間のマルチ試験区の高温の効果が大きかったと考えられる。

#### イ ビニルマルチ定植栽培と露地定植栽培、露地直播栽培との生育比較

直播栽培に関しては最初から北海道北空知での栽培は難しいと考え、ビートなどと同様に育苗後定植することとしたが、その考え通りに生育は進んだ。特に、北海道で7月から8月初めにかけて高温期があることから、この時期に生育と子実が充実するための栽培を考えなければならないことが生育状況の写真を時系列で並べてみるとよく分かる。7月4日の定植から、子実が確認された8月24日までの日平均気温が25℃程度を維持していたことで光合成が盛んになり子実の充実が図られたと考える。

#### ウ セルトレイ苗のマルチ定植及び露地定植栽培における子実収量等比較

図6, 7, 8の調査株の生育及び子実収量等のデータから、北海道北空知では直播栽培は難しいことが分かった。播種した時期が遅かったことも大きな要因であるが、気温のデータからも積算気温で2000℃以上確保するためには播種時期を検討しなければならない。今回は、育苗後定植してマルチと露地を比較したが、子実収量は露地定植よりもビニルマルチにすると約4倍多かったことから、ビニルマルチ定植栽培により地温を上げた上で、定植し、十分な灌水を与えることが必要であると考えられる。テフは乾燥に強い作物であるが、マルチに定植後の地温で40℃を超える高温期に一部水分不足に陥り、最終的に欠株になった箇所が数カ所あった。

また、子実重/乾物重(%)を求めると、2.5倍も異なったことから、露地では草丈等はマルチ栽培に追いついてはいたが、子実の充実には結びつかぬことが分かった。すなわち、地温を上げ、初期生育時のテフの生長を促進させて出穂を早め、光合成を盛んにし、子実の充実を図ることが肝要であると考えられる。

なお、6月7日に播種したポット栽培苗のビニルマルチ定植栽培では子実を十分に得ることが出来た。 $4.3\text{m} \times 0.5\text{m} \div 2\text{m}^2$ で350gが得られたことから、 $10\text{a} = 1,000\text{m}^2$ 、10a当たりの収量は $350\text{g} \times 500 / 1,000 = 175\text{kg}$ である。

エチオピアでの収穫量は米の9分の1と言われていることから、10a当たり80kgとすると約2倍を超えたことになる。元肥なしでも国際学部の圃場はそれなりにテフ栽培には十分な肥効があったといえる。また、エチオピアである程度の肥料をやることで、収量を増やす試みも可能であると考えられる。

#### (4) 採取種子の発芽試験

収穫した子実は9月24日と10月2日に実施したものでは、25℃ではそれぞれ、70%、80%であり、年を越して、1月11日から2週間の間では15℃でも94.4%

と殆ど発芽した。これは購入種子を冷蔵庫で保管して同一で発芽させたときよりも上回った。しかし、購入種子同様、10℃では2週間たっても複数種子で発根が確認されたのみであった。

従って、長径で1 mm 超、短径で1 mm 弱の小さな種子であり、外穎と内穎は昆虫の羽のように薄く、子実は玄米と同じように種皮で覆われているだけのため、種子としての発芽能力は保存期間及び保存温度で大きく変動するものと考えられる。また、収穫直後の子実も確実に発芽したため、休眠はしないと考えられる。

サバナ気候下で8,000年間に綿って栽培され、殆ど品種改良等も行われてこなかったことから熱帯作物としての特性はあると考えられることから、10℃程度の低温では発芽はせず、さらに、生育も制限されるものと考えられる。

## 5 結 論

- (1) テフは15℃以上で発芽する。10℃以下は発芽及び生育適温ではなかった。
- (2) 北海道北空知で栽培するには7月14日播種の露地直播栽培は難しい。  
育苗後の露地定植栽培が必要である。セルトレイへの播種から収穫に到るまでの積算温度は少なくとも約2000度である。露地直播栽培では積算温度が1,400度余りで、秋口になって時間をかけても生育及び子実の充実は見られなかった。
- (3) 子実の充実のためにはマルチ定植栽培が必要であり、露地定植栽培に比べて4倍の収量の相違がある。その差は、地温変化から定植時の地温上昇がビニルマルチの方が大きく、初期生育時の高温期間が必要であることが考えられる。
- (4) テフは途中で節があり、さらに、生長すると1.8mを超えるものもあるため、倒伏しやすい。乾燥地帯では穂が地面に触れても汚れや雨による穂発芽の恐れはないが、北空知は秋に雨が多く、泥による汚れや穂発芽が懸念されるため、倒伏対策を施す必要がある。耕作面積を増やす場合は大きな課題となる。
- (5) テフの栽培を本格化するためには定植時の機械化や子実を収穫するための脱穀や唐箕などを機械化する必要がある。特に子実が長径でも1 mm 超と極めて小さな種子であるため、機械化の難しさがあるのも大きな課題である。

## 6 参考文献

- ・田中利和、2015年、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ーテフーウシー人関係に着目してー、JANES ニュースレター No. 22