

## コーヒーへの灌水量の調節による耐寒性向上

生物資源科学部 アグリビジネス学科

2年 高橋 茉莉

2年 高久 富瑛

2年 高橋 拓幹

2年 山本 真理奈

指導教員 生物資源科学部 アグリビジネス学科

准教授 北本 尚子

### 【背景と目的】

主食用米の需要量と米価は年々減少しており、稲作偏重からの脱却は秋田県の主要課題のひとつである。そこで、秋田で栽培する作物品目を広げるために、南国植物という異色の植物が東北の秋田で実際に栽培できるのか知りたいと考えた。そして、本研究から冬季を乗り越える南国植物の栽培を秋田で可能にすることで、秋田の冬季栽培作物の幅を広げる可能性に繋がると考えた。

本研究では、南国植物にコーヒーを選択した。コーヒーはすでに東北で実際に栽培されている作物であるため研究が行いやすく、需要も高いため高付加価値をつける作物として注目した。また、コーヒーでは灌水量を減らし、サイトカイニンの一種であるカイネチンを葉面散布すると、低温による葉のダメージが軽減され耐寒性が高まることが示唆されている(Acidri et al. 2020, Ramalho et al. 2028)。しかし、これらの実験は制御環境下での実験であるため、実際の農業現場に適用できるか、東北の冬季に耐えられるか不明である。そこで、AIC 温室で4処理区を設けてコーヒーを栽培し、灌水量とカイネチン散布の有無がコーヒーの耐寒性に及ぼす影響を調査した。

### 【材料及び方法】

アラビカ種のコーヒー (*Coffea arabica* L.) ‘ティピカ’ 16 樹の苗木を供試した。苗木への灌水量を少なくすると耐寒性が高まること、カイネチンを散布するとストレス耐性が高まることからこの2点を明確にするため、以下の4処理区を設けた。

①多灌水区、水散布、適温区(ラベル赤)      ③少灌水区、水散布、低温区(ラベル青)

②多灌水区、水散布、低温区(ラベル緑)      ④少灌水区、0.35mM カイネチン散布、低温区(ラベル黄)

7月7日に、苗木16本の草丈・重量、状態を調査し、各処理区で差が無いように分けた。9号の菊鉢に赤玉土、ピートモス、パーミキュライトを6:2:2の比率で混合した土を詰め、苗木を定植して、定植前後の重量差から菊鉢と土の重量を推定した。定植後、十分量を灌水し、灌水前後の重量差から、土壌が保有できる最大水分量を推定した。7月7日から11月8日まで、アグリイノベーション教育・研究センター温室にて全ての個体を適温で栽培した。11月8日からは、①の適温区は、最低温度15度で加温される温室にてそのまま栽培を継続し、②③④の低温区は、最低温度5度で加温される温室に移動させた。実際の温度条件を確認するために、データロガーおんどとり (T&D Co. Ltd) を設置し、1時間ごとの気温を記録した。

#### 1. 水やりについて

水やりは、10月11日までは用土表面が乾いていたら適時行った。10月11日からは、土壌の水分条件を厳密に制御するために、植物体の重量を計測しながら灌水量を調整した。10月11日から11月8日の期間、1週間に3回程度水やりを行った。徐々に多灌水区と少灌水区の1個体あたりの土壌水分量比率を調整し、19日間かけて少灌水区の土壌水分量比率を最大保持水量の10%にした(図1、図2)。その後、11月12日から試験終了の1月17日までの期間、1週間に2回程度水やりを行った。この期間は、多灌水区の土壌水分量比率を80%、少灌水区の土壌水分量比率を10%に維持した。実際の土壌の水分条件を把握するために、テンシオメーター (DM-8, 竹村電機製作所) を①と③の各1鉢に設置し、水やり直前の水ポテンシャルを記録した。

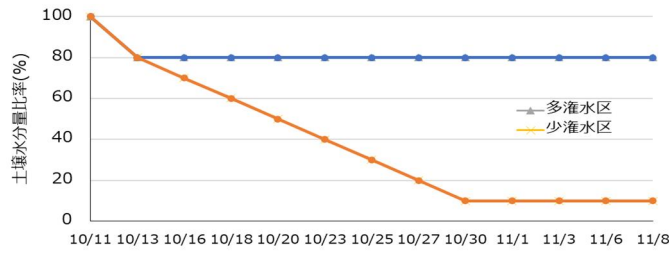


図1: 10月11日から11月8日の水分条件



図2: 水やり風景

## 2. カイネチンの散布について

少灌水区、低温区の4樹にカイネチン溶液を3回散布(11/3、11/6、11/8)した。1回の散布量は、Acidri et al. (2020)を参考にして0.35mMカイネチン溶液を400ml(1樹あたり100ml)とした。カイネチンの分子量は215.2g/molなので、0.00035molのカイネチンを得るために溶液1L当たり0.07532g必要とした。これを400ml作成するため35.128mgのカイネチンを用いた。浸透材としてイソプロピルアルコール0.1%を添加した。対照区には浸透剤を混用した水を1樹あたり100ml散布した。樹全体に葉から薬液がしたたる程度に散布した。その際、個体間で散布量が偏らないように注意し、他の処理区に薬液がかからないよう隔離して行った。

## 3. 凍害指数について

1月24日に個体の凍害程度を評価した。葉の凍害程度を被害の大きさに応じて5段階(表1)にわけ、凍害指数とした。個体ごとに20枚の葉をランダムに選び、その葉の凍害指数を評価して、20枚の平均値をその個体の凍害程度とした。

表1: 凍害指数の5段階評価の

凍害指数	1	2	3	4	5
およその凍害割合	0%	10%以下	30%	60%	100%
写真例					
説明	凍害なし	先端のみ茶色く変色	周辺部に凍害	中心部に凍害、緑色あり	全体が凍害で枯れている

## 4. ヒアリングについて

令和6年2月21日に秋田県美郷町にある秋田食産株式会社(以下秋田食産と略す)が経営するコーヒー農園を訪問した。秋田食産の佐藤社長に、今回の実験結果からコーヒーの生育は可能か、コーヒー農園における栽培方法についてヒアリングを行った。

## 【結果】

### 1. 土壌の水分条件の調整

土壌の水分条件を多灌水区は80%、少灌水区は10%にするために行った灌水量を図3に示す。11月8日以降は、低温区の個体を最低温度5℃の温室に移動させたため、蒸散量が減少し多灌水区(緑線)であっても灌水量が減少しているのが分かる。テンシオメーターの値から、土壌の水分条件は11月末までは計画通り多灌水区は湿潤に、少灌水区は乾燥状態で維持されていたことが分かった。しかし、水やり頻度が低下した12月以降は、多灌水+適温区(黒破線)の土壌が乾燥気味だったことがわかった。

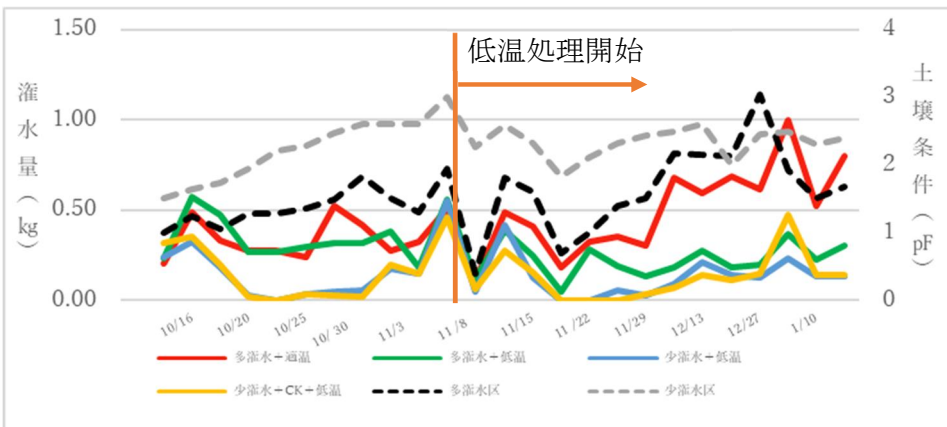


図3: 灌水量(左軸)と土壌中の水ポテンシャル(右軸)の変化  
 灌水量(赤、緑、青、黄色線)は、灌水前後の鉢の重量差から求めた。図中の値は処理区ごとの平均値を示す。土壌の水ポテンシャル(黒、灰色破線)は、灌水直前の値を示し、値が大きい程土壌が乾燥していることを表す。

## 2. 低温処理期間中における温度条件

低温処理期間中のごとの平均気温と最低気温を図4に示す。低温区の温室は、気温が5℃以下に達すると加温されるように設定されているが、12月以降は最低気温が5℃を下回る日が長く続いていたことが分かった。

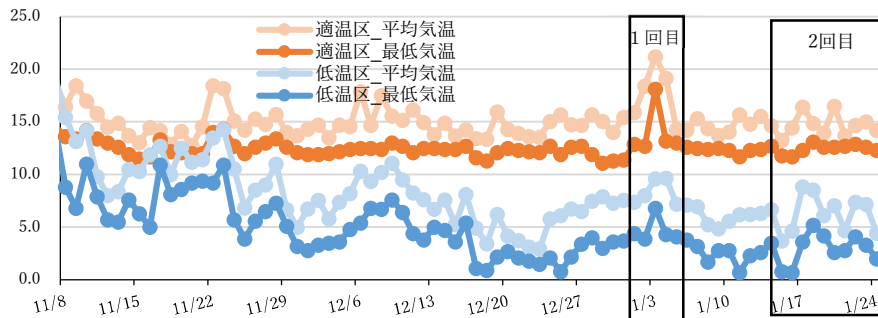


図4：適温区と低温区の温度条件

## 3. 低温処理期間中のコーヒーの生育

低温区のコーヒーは、1月6日から1月24日にかけて顕著に葉が枯れた（図5）。



図5：低温区の生育の様子(左から1/6、1/10、1/17、1/24)

## 4. 凍害指数

凍害指数の平均は多灌水+適温区 1.95で、他3つの低温区よりも有意に低かった（図6）。多灌水+低温区 3.88、少灌水+低温区 3.65、少灌水+低温区 3.65で、少灌水区がやや値が小さいが低温区内の3つの処理間に有意差は見られなかった。また、適温区に比べ低温区の凍害指数の標準偏差は大きく、個体内で凍害指数のばらつきが見られた。

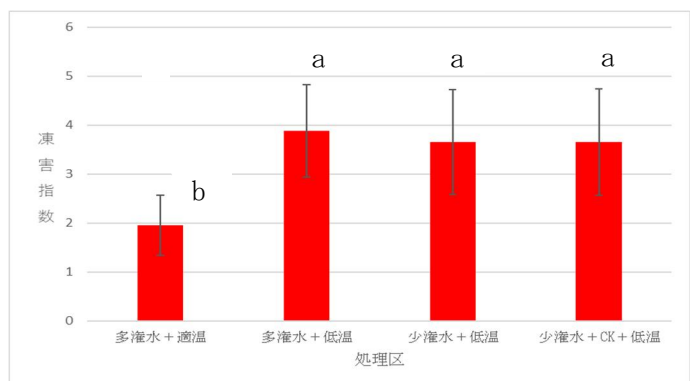


図6：各処理区における凍害指数の個体平均と標準偏差  
Tukeyの多重比較検定において、異なる英小文字間には5%水準の有意差があることを示す。

## 5. ヒアリング調査

まず、実験で栽培したコーヒーの生育が可能かどうか佐藤社長に画像を見てもらった。葉が低温障害を起こしたり、落葉したりした状態でも幹に水分が残っていれば生育が可能である。よって、凍害が大きかった低温区のコーヒーも生存している可能性があるとの意見をいただいた。

次に、秋田食産が経営するコーヒー農園の栽培管理について説明を受けた（図7）。なお、ここではビニールハウスによる栽培がおこなわれている。まず、コーヒーの苗を15℃の環境下に置き、徐々に温度を下げて低温に慣れさせている。最低温度は8℃～10℃と設定している。暖房費は、ロシアのウクライナ侵略前の40万円に対し現在は70万円となり、経営圧迫の原因である。土壌は弱酸性で水はけの良いものが適する。基本的に数日に1度の様子を見て管理を行っている。コーヒーの収穫時期は定まっていないので、多くの人手は必要としない。冬の栽培管理では、灌水をほとんど行わない。冬は蒸散量が少ないため、水分を必要としな



いのである。また、ポットによる栽培は根腐れを起こすため地植えが良い。2月～3月は葉へのダメージが大きい。コーヒーは寒暖差に対応する能力が低く、日光による温度の上昇の影響を受けやすい。対して、ハウスに雪が積ると保温効果があり、生育に良い影響を与える、とのことだった。

また、今後の栽培方法について伺った。福島大学の教授からの意見から、光合成を行っていない下部にある1/3の葉の除去を行うか検討しているようだ。さらに、0～5℃の環境下で栽培されているタイ産のコーヒーを今後、取り入れるそうだ。



図7：秋田食産株式会社への視察の様子

### 【考察】

低温区のコーヒーは、1月6日から1月24日にかけて顕著に葉が枯れた(図6)。この期間の気温条件は、1月3日から1月6日にかけて、1月17日から1月24日にかけて2つの寒暖差が見られた(図5)。特に2回目の寒暖差がより大きく、その期間の葉の変化も大きかった。また、佐藤社長からの話によるとコーヒーは寒暖差に対応する能力が低い。このことから今回の低温障害は寒暖差の影響によるものであり、1回目の寒暖差で枯れ始め2回目の寒暖差で枯れる速度が速くなったと考えた。よって、寒暖差が小さい環境下であればコーヒーの低温障害の被害は小さくできると考えられる。

次に、低温区における少灌水区と多灌水区を比べた際、有意差が無かったことから、今回の条件下では少ない灌水量による効果はほとんど無いと考えられた。灌水条件で凍害程度に差がみられた先行研究では、13℃8時間/4℃16時間の低温処理を3日間しか行っていない(Ramalho et al. 2018)。秋田県での実際の栽培環境に近い今回の実験では、長期間低温状態だったことから、灌水量による違いはみられなかったのだと考えられる。しかし、秋田食産では冬季の蒸散量が少ないため灌水をほとんど行わない。このことから、冬季の灌水をほとんど行わずに栽培することは凍害対策として有効と考えられる。

また、低温区におけるカイネチン散布した区と対照区を比べた際、有意差が無かったことから、改善策としてカイネチン溶液の濃度を高くすることや散布する回数(日数)を増やすことが考えられた。

以上の他に秋田食産では、ある程度成育の進んだ個体に対して徐々にハウス内温度を外気温に近づけることで耐寒性を高めている。また、光合成を行っていない下部にある1/3の葉の除去、0～5℃の環境下で栽培されているタイ産コーヒーの導入を検討している。このことから、同様に冬季の気温に慣れさせ、下部の葉の除去やタイ産のコーヒーの苗木を導入することにより秋田県でのコーヒー栽培を確立できる可能性があると考えた。

今回の実験から寒暖差の激しい秋田県では露地栽培が困難であり、ハウスによる施設栽培が必須であることが分かった。その上で、上記の3つの管理方法で暖房費の節約に繋がると考察した。

### 【引用文献】

- Ramalho et al. (2018) Stress cross-response of the antioxidative system promoted by superimposed drought and cold conditions in *Coffea* spp. PLoS ONE 13(6): e0198694
- Acidri et al. (2020) Exogenous Kinetin Promotes the Nonenzymatic Antioxidant System and Photosynthetic Activity of Coffee (*Coffea arabica* L.) Plants Under Cold Stress Conditions. Plants 2020, 9, 281