

# リンゴ果実由来のエチレンを用いたバレイショの芽の伸長抑制について

群馬県立前橋女子高校 3年

町山 莉緒

## 1. 序論

バレイショを調理する際には芽を取る作業（芽かき）をしなければならない。これは、萌芽に伴って芽の周辺部で増加したソラニンという有毒物質（岩間, 2000）を取り除き、食中毒を予防するためである。しかし、芽が大きく成長してしまえば、それを取り除くことで廃棄率が増え、その分可食部を減らす（風見ら, 2000）。このことは、食品ロスにもつながる。

この厄介なバレイショの萌芽や萌芽後の芽の伸長を防ぐ方法の一つに低温貯蔵がある。これによって、内生休眠の明けたバレイショ塊茎は強制休眠期間に入り、バレイショの萌芽時期を遅らせることができる（風見ら, 2000）。この方法は、冷暗所さえ確保できれば一般家庭でも容易に行うことができるため、最もよく知られた方法と言える。

一方、エチレン存在下でバレイショを貯蔵することで、萌芽後の芽の伸長を抑制することができる（British Potato Council, 2006）。これは、エチレンが芽の細胞を伸長方向に対して垂直方向に肥大させ、結果として芽の伸長を抑えるためである（遠藤ら, 2017）。この方法については先行研究も多く存在し、食品加工業界では多用されている。ただ、一般家庭にとってエチレンは容易に入手できるものではなく、家庭での使用に適した方法とは言えない。よって、この方法を家庭でも可能にすれば、新たな貯蔵方法として提唱できるのではないかと考えた。

エチレンによる伸長抑制方法を可能にする手がかりとして、「リンゴから放出されるエチレンを用いることで、バレイショの芽の伸長抑制が可能である」という通説がある。これは、リンゴが成熟による呼吸量の増加に伴いエチレン生成量を増大させ、多量のエチレンを放出するようになる「クライマクテリック型」の果実（立木, 2011）であることが根拠となっている。よって、この通説の裏付けとなるような、科学的に信頼に足る先行研究は見つかっていない。

以上のことから、「リンゴを用いたバレイショの芽の伸長抑制」は可能であるのか、さらに、家庭で利用することを想定して、リンゴの可食部の利用を避け、リンゴの残渣である皮のみを利用した場合でも同様の効果があるのか、という二点について調べることを目的に本研究を開始した。

## 2. 材料および方法

### [ 実験 I ]

#### 材料

実験には、2019年12月に市販されていた北海道羊蹄産のバレイショ「男爵薯」と、同じく2019年12月に市販されていたリンゴ「ふじ」、1月に市販されていたリンゴ「シナノ」、2月に市販されていたリンゴ「王林」（いずれも国内産）を用いた。リンゴは、各々の果実のエチレン放出を示す先行研究が閲覧でき、かつ実験実施時期に入手可能であったものを選定した。

#### 実験日

「ふじ」を用いた実験は2019.12.27～2020.1.21の期間、「シナノ」を用いた実験は2020.1.8～2.13の期間、「王林」を用いた実験は2020.2.6～3.19の期間に行った。

#### 実験方法

当実験では、同一のプラスチック容器（約12L）6箱を用意し、うち3箱はリンゴ果実とバレイショ塊茎を入れた「リンゴ有区」、残り3箱はバレイショ塊茎のみを入れた「対照区」とした。

まず、バレイショを頂部から基部にかけて二分割し、一方の断片はリンゴ有区に、もう一方の断片は対照区に入れた。リンゴ果実については梗窪<sup>こうあ</sup>から萼窪<sup>がくあ</sup>にかけて縦断して三分割し、リンゴ有区各3区に1片ずつ入れた。以上の操作により、リンゴ有区1区あたりにはバレイショ塊茎2分の1個が7～10片と、リンゴ3分の1個が3片入っており、対照区1区あたりには同数のバレイショ塊茎2分の1個が入っている状態にした。その後、容器に蓋をして観察を開始した。この日を観察開始後0日目とする。

ここで、バレイショを分割した理由は、バレイショの個体差による結果への影響を防ぐためである。バレイショの萌芽開始時期や芽の数、伸長の度合いなどは個体差があり、結果に影響する。そのため、対照区とリンゴ有区で用いるバレイショを同じ個体にし、この問題を回避した。また、リンゴを三分割した理由も同様である。

また、萌芽開始後4～8日毎に容器の蓋に空けた穴から容器内のエチレン濃度を測った。測定後、蓋を開けてバレイショの芽の数を数えた。記録後は再び蓋を閉め、測定用の穴をアルミテープで塞ぐことでエチレンの漏出を防いだ。なお、Prange et al. (1998)、Daniels-Lake et al. (2005)を参考に、萌芽数は長さ5mm以上の芽の数と定義した。

リンゴ有区と対照区間のバレイショの萌芽数に関する比較には、対応のあるt検定を用いた。

### [ 実験 II ]

#### 材料

実験には、2020年5月に市販されていた北海道産のバレイショ「男爵薯」と、2020年5月に市販されていた青森県産のリンゴ「シナノ」、青森県産のリンゴ「王林」を用いた。

## 実験日

「シナノ」を用いた実験, 「王林」を用いた実験ともに 2020.5.20~5.31 の期間に行った。

## 実験方法

実験と同様に対照区とリンゴ有区を用意した。ただし, 今回の実験ではリンゴ有区の容器に, リンゴ果実 1 個を入れる代わりに果実 1 個分のリンゴの皮を入れた。

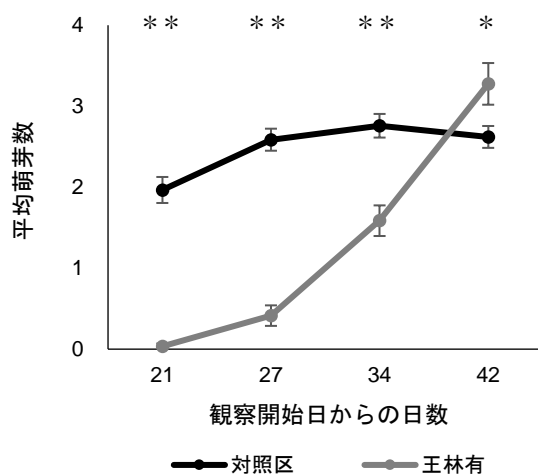
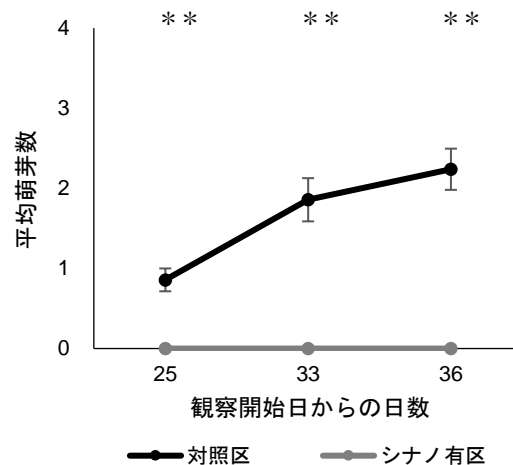
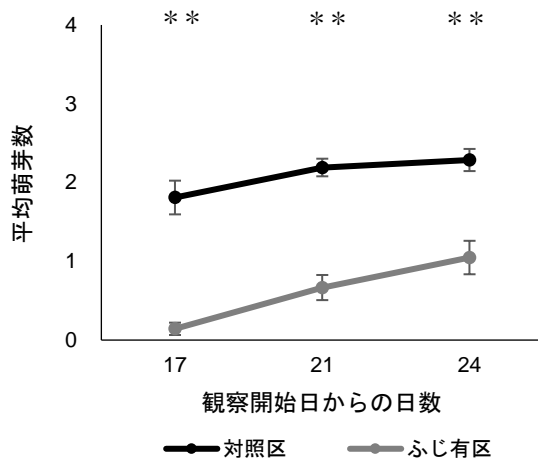
操作は実験 I と概ね同様であるが, 当実験ではエチレンの測定は行わなかった。

## 3. 結果

### [ 実験 I ]

萌芽数は, 「ふじ」「シナノ」「王林」の実験のほぼすべての観察日において, リンゴ有区の方が対照区よりも芽が少なかった (図 1, 2, 3)。ただし, 「王林」を用いた実験の観察 42 日目では, リンゴ有区の方が対照区より芽の数が多かった (図 3)。

なお, エチレンはどの区画でも測定できなかった。



[上段左]

図 1.  
対照区と「ふじ」有区の萌芽数の推移 (n=21)

[上段右]

図 2.  
対照区と「シナノ」有区の萌芽数の推移 (n=21)

[下段]

図 3.  
対照区と「王林」有区の萌芽数の推移 (n=29)

※図中の「\*\*」は対照区とリンゴ有区間に 5%水準で有意差が認められることを, 「\*」は 1%水準で有意差が認められることを示す。

## [ 実験Ⅱ ]

「王林」, 「シナノ」両品種のほとんどの観察日において, リンゴ皮有区と対照区の間に萌芽数の有意差は認められなかった (図 4, 5)。ただし, 「シナノ」を用いた実験の観察 3 日目では, リンゴ皮有区の方が対照区より萌芽数が有意に少なかった (図 4)。

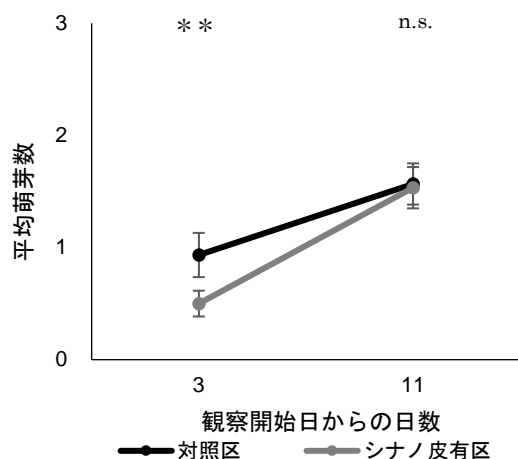


図 4. 対照区と「シナノ」皮有区の萌芽数の推移 (n=30)

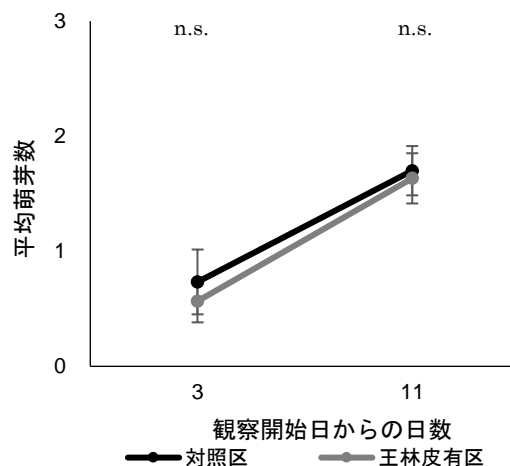


図 5. 対照区と「王林」皮有区の萌芽数の推移 (n=30)

※図中の「\*\*」は, 対照区とリンゴ皮有区間に 5%水準で有意差が認められることを, 「n.s.」は有意差が認められないことを示す。

## 4. 考察

(1) リンゴが放出したエチレンによるバレイショの芽の伸長抑制効果について

実験Ⅰのほぼすべての観察日において, 対照区よりリンゴ有区の方が萌芽数が少なかった。このことから, リンゴによるバレイショの芽の伸長抑制効果はあると考えられる。

ただ, 容器内のエチレン濃度を測定できなかったため, 当実験だけでは伸長抑制効果がエチレンによるものと断定できない。しかし, 以下のことから当実験においてリンゴはエチレンを放出している可能性が高く, この効果はエチレンによるものだと考察する。

実験Ⅰで使用したリンゴ 3 品種 (「ふじ」「シナノ」「王林」) は, どれも先行研究においてエチレン放出が認められている品種である。また, Tatsuki et al. (2006) にて, 「ふじ」からは収穫後 10 日頃に最大約 12nl/g/hr, 「王林」からは収穫後 30 日頃に最大約 115nl/g/hr のエチレンの放出が報告されている。また, 小松 (2018) にて引用される長野県 (2016) の研究結果によると, シナノゴールドから貯蔵後 120 日目に最大約 455ml/kg/hr (=455000nl/g/hr) のエチレンが放出されている。さらに, 確認のため簡易的に行った測定実験では, 同 3 品種のエチレン放出が認められた (一日の平均エチレン放出量: 「ふじ」 5.04nL/g/日, 「シナノ」 28.08nL/g/日 「王林」 95.52nL/g/日)。これらを踏まえ当実験の結果を検討すれば, バレイショの芽の伸長抑制を, リンゴが放出したエチレンによるものとする考察は妥当である。

ただし、エチレン以外の物質がバレイショの芽に影響を及ぼしている可能性も考えられる。萌芽抑制効果や芽の伸長抑制効果を持つ植物ホルモンとしては、エチレンの他にアブシシン酸が挙げられる。しかし、気体として大気中に拡散するエチレンとは異なり、アブシシン酸は細胞膜間の輸送によって植物体内を移動する。したがって、アブシシン酸が他の植物個体に働きかけることは不可能である。このことから、当実験でバレイショの芽の伸長抑制を行っていたのは、エチレンであると結論付けられる。

## (2) リンゴの残渣である皮のみを用いたバレイショの芽の伸長抑制の効果について

実験Ⅱでは、両品種のほぼすべての観察日において萌芽数について差異は見られず、リンゴ果実一個分の皮のみを用いたバレイショの芽の伸長抑制効果は認められなかった。これは、皮のみからのエチレン放出量が、りんご本体からのエチレン放出量よりも少なく、伸長抑制に必要なエチレン量を満たしていないためと推測される。押田ら(2011)は「エチレン濃度が 1ppm を下回ると萌芽抑制効果(中略)が通常、劣る」と述べており、エチレン濃度の不足が伸長抑制効果の減少に繋がることが分かる。このことから、皮のみからのエチレン放出量が少ないために、伸長抑制効果が認められないという推測は妥当と考えられる。

また、実用性という面でもう一つ考慮しなくてはならないのが、バレイショにカビが生えることである。当実験では、実験を十分な期間継続できるよう、抗菌シートを貼ることでバレイショ塊茎の断面でのカビの発生を防いだ。しかし、塊茎の皮にはややカビが生えてしまい、特に対照区に比べりんご有区で顕著に見られた。その理由は、りんごから出る水分により容器内の湿度が高まったことであると考えられる。これを防ぐには、容器内の通気性を上げるなどの対処が必要となるが、エチレン濃度を維持することも考慮しなくてはならない。

このように、リンゴの皮のみを用いたバレイショの伸長抑制方法を確立するには、未だ使用する皮の量や容器など貯蔵方法の検討が必要である。

## 5. 結論

序論で前述したように、リンゴが放出するエチレンを利用したバレイショの萌芽抑制方法を科学的に実証した先行研究はない。しかし、実験Ⅰの結果より、理論上可能とされていた「リンゴ果実と共に保存すれば、バレイショの芽の伸長抑制が可能である」という通説を裏付けることができた。

また、実験Ⅱの結果より、可食部を除いたリンゴ果実一個分の皮では、伸長抑制効果が見られなかった。これらのことから、リンゴを用いてバレイショの芽の伸長抑制効果を示すには、現段階ではリンゴ果実の本体を用いる必要があるということになる。

## 6. 謝辞

本研究を行うにあたり，指導教員の岩佐先生には，実験計画から論文作成の長きに渡って丁寧かつ熱心なご指導を賜りました。また，大島先生，武先生，山口先生には，論文作成において数々のご助言を賜りました。この場をお借りし，心より感謝申し上げます。

## 7. 参考文献

- British Potato Council (2006). The use of ethylene for sprout control.
- Daniels-Lake, B. J., Prange, R. K., Nowak, J., Asiedu, S. K., & Walsh J. R. (2005). Sprout Development and Processing Quality Changes in Potato Stored under Ethylene: 1. Effects of Ethylene Concentration. *American Journal of Potato Research*, 82, 389-397
- Prange, R. K., Kalt, W., Daniels-Lake, B. J., Liew, C. L., Page, R. T., Walsh, J. R., Dean, P., & Coffin, R. (1998). Using Ethylene as a Sprout Control Agent in Stored 'Russet Burbank' Potatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(3), 463-469.
- Tatsuki, M. and Endo, A (2006). Analyse of Expression Patterns of Ethylene Receptor Genes in Apple (*Malus domestica* Borkh.) Fruits Treated with or without 1-Methylcyclopropene (1-MCP). *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 75(6), 481-487.
- 岩間和人 (2000). 「ジャガイモ」. 秋田重誠, 吉田智彦, 窪田文武, 俣野敏子, 国分牧衛, 石井龍一, 今井勝, 岩間和人. 『作物学 (I) - 食用作物編 -』. 文永堂出版.
- 遠藤千絵, 瀧川重信, 西中未央, 田宮誠司, 野田高弘 (2017). 「バレイショ塊茎の長期貯蔵におけるエチレンによる萌芽抑制について」. *植物の生長調節*, 52(2), 106-111.
- 押田豊, 竹内照雄, 湯山恵 (2011). 「ジャガイモの萌芽抑制方法」.  
<https://patentimages.storage.googleapis.com/9d/4e/d3/1f23688dac3901/WO2011129402A1.pdf>. 2020年8月11日
- 風見大司, 土屋俊子, 小林康弘, 小倉長雄 (2000). 「貯蔵温度がジャガイモ塊茎の品質に及ぼす影響」. *日本食品科学工学会誌*, 47(11), 851-856.
- 小松宏光 (2018). 「リンゴ 'シナノスイート' と 'シナノゴールド' の育成および高品質安定生産技術の開発」. *園芸学研究*, 17(3), 269-277.
- 立木美保 (2011). 「リンゴ果実のエチレン生成量が 1-MCP による鮮度保持効果を左右する」. *農業および園芸*, 86(7), 725-731.
- 長野県 (2016). 「第 1 りんご 19 オリジナル品種の栽培のポイント (2) シナノゴールド」  
長野, 全農長野, 果樹指針, 長野県編, 176-183