ナガイモの“アク”に関する研究(第2報)

呼吸とポリフェノール含量の関係, ならびにそれらにおよぼすMHの影響

佐藤 一郎・田辺 賢二

(鳥取大学農学部)

Studies on browning of grated Chinese yam (*Dioscorea Batatas*) II.

The relation between respiration and content of polyphenolic substances, and effects of maleic hydrazide on them

Ichiro SATOH and Kenji TANABE

Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori

Summary

In order to know whether the content of polyphenolic substances which were related to the tubers of Chinese yam were connected with respiration, the changes of respiration with the tuber development were observed. It was also observed how much the MH-spraying on the leaves effected on the respiration and the content of polyphenolic substances in tubers.

The results were summarized as follows:

1) The respiration in the top of tuber was markedly higher from middle July to middle August when the tubers were rapidly growing. After that, the period from late August to early September, the respiratory activity tended to down slowly. The content of polyphenolic substances changed in parallel with that in the respiratory rate. This indicates that when the growth is in full swing,

the respiratory rate is also in full swing, so that the polyphenol in the tuber may increase in content.

2) The foliar application with 0.1, 0.3 and 0.5% solution of MH (maleic hydrazide) resulted in the decrease the respirations of the tuber, and the content of polyphenolic substances in the tubers also decreased. Moreover, the increase of polyphenolic contents in the digged tuber was suppressed by the MH application. It was also observed that R.Q. in respiration of non-treated tubers decreased, to the contrary, the one on treated tubers increased.

3) From the results above mentioned, it was considered that in the practical use on sand dune field, the MH application to the leaves of Chinese yam could suppress the browning, which was one of the most important deteriorations on Chinese yam.

I. 緒 言

近年, ナガイモは需要の増加に伴って, 栽培面積も増加し, 各地で集団産地の形成が, みられるようになった。鳥取県では, 中部の砂丘地を中心に約 150 ha にわたり, 砂丘地の特性を生かした, 早植えによる早期出荷を主体とした栽培が行なわれている。

しかしながら, 収穫が始められる 8 月上中旬においては, 芋の発育は, 形態的にはほぼ完成しているものの, 成分的にはまだデンプンの集積が十分でなく, また, ポリフェノール含量が多い状態にある。そのために, 調理の際, とくに, すりおろしたトロロの褐変が著しく, また収穫後の目減りも多いといったことが認められる。これらの点が, 砂丘地の早掘ナガイモ栽培において, 大きな問題となつてゐる。

本実験では, まず, 第 1 報において予測していた, 呼吸

と褐変との関連について検討し, さらに, 褐変対策としての MH(maleic hydrazide) の利用について, 実験を行なつたので, その結果をとりまとめ, ここに報告する。

II. 実験材料および方法

実験は, 1968 年および '69 年の両年度行ない, 鳥取大学農学部砂丘利用研究施設の実験ほ場において栽培したナガイモを供試した。供試材料の肥培管理は, すべて慣行法にしたがつた。

呼吸量については, 1968 年 7 月 11 日より, 10 日間隔に芋を掘り上げ, ワールブルグ検圧計により, 先端部, 中央部および首部の呼吸量を測定した。

次に MH 処理としては, 7 月 5 日より 8 月 21 日までの間, 15 日おきに濃度が 0.1, 0.3 および 0.5% の MH をそれぞれナガイモの茎葉に散布処理した。8 月 31 日に各処理区の芋を掘り上げ, 形態的調査とポリフェノー

1969 年 12 月 27 日受理

ル含量の定量を行なった。ポリフェノールの抽出および定量は、前報⁽⁵⁾の方法にならった。また8月5日処理の芋について、還元糖の定量を行なった。定量は、80% エチルアルコールで抽出後、ソモギー法にて行なった。一方、これとは別に、濃度 0.1, 0.5, 0.8% の MH を、7月22日に散布処理し、10日後の7月31日に芋の先端部の呼吸量を測定した。

1969年には、8月4日、0.3% MH を茎葉に散布処理し、処理後の日時の経過に伴う芋の呼吸量、およびポリフェノールオキシダーゼ活性の変化を調べた。また、処理14日後に掘り上げた芋を実験室内に放置し、掘り上げ後の日時の経過に伴う呼吸量、ポリフェノール含量、ポリフェノールオキシダーゼ活性の変化を調べた。ポリフェノールオキシダーゼ活性は、冷アセトン中で摩砕し、脱水乾燥したアセトンパウダーを粗酵素として、ワールブルグ検圧計により、500 r/ml カテコールを基質として測定した。

III. 実験結果

1. 芋の生育に伴う呼吸量の変化

前報⁽⁵⁾において、芋のポリフェノール含量は、生育の初期から盛期にかけてきわめて多く、その後成熟するにつれて減少することを報告し、それらは呼吸に関連しているであろうことを推察した。

今回、生育に伴う呼吸量の変化を調べたところ、第1図、および第2図に示す結果を得た。

収穫の始まる8月11日ごろ芋は、形態的には、ほぼ完成に近づいているが、重量生長はまだ不十分である。その後8月下旬に入つて、芋長芋重ともに、ほぼ充実した状態になる。

一方、呼吸量についてみると、先端部は、伸長生長の著しい7月中旬から8月中旬の間、きわめておう盛な呼吸を示していた。しかし、その後、8月下旬から9月上旬にかけて急激に低下した。また、首部、中央部についてみると、それらの示す呼吸量は、先端部に比べてはるかに少なかった。他方、R.Q. の変化をみると、生育のおう盛な時期には、1よりも大きい値を示していたが、伸長生長、重量生長のほぼ完了するころになると、著しく低下し、1以下の値を示すようになった。

この R.Q. の変化は、先端部だけでなく、首部、中央

第1図 芋の生長曲線

第2図 芋の生育に伴う呼吸量の変化

部においても同様の傾向にあつた。したがって、芋の生育に伴う呼吸の変化は、量的のみならず質的にも変化することがうかがえる。既報⁽⁵⁾のポリフェノール含量の消長を、この結果に対比させてみると、呼吸量の変化とよ

第3図 MHの散布時期および濃度がポリフェノール含量と芋の形状におよぼす影響

く一致する傾向がみられた。

2. MHの茎葉散布処理とポリフェノール含量および呼吸量

MHの散布処理により、ポリフェノール含量の減少がみられた。散布濃度および時期と含量の関係をみると、0.1%区においては処理時期が早いほど含量が少なくなる傾向にあった。しかし0.3%区では後期に処理を行なった芋に含量の低下する傾向が強かった。なお、0.5%は0.3%区とほぼ同様であった。

他方、MH処理が芋の形状におよぼす影響をみると、早期に処理を行なった区ほど、また濃度の高い区ほど、芋長が短かかった。しかしながら、芋の伸長生長が緩慢となる8月5日以降の処理では、その影響はほとんどみられなかった（第3図）。

8月5日に処理を行なった区の芋について、その還元

第4図 MH散布処理がトロロの褐変におよぼす影響
7月20日散布，8月9日掘上げ調査
部位：先端部

第1表 MH処理が芋の還元糖含量におよぼす影響

標準区	MH処理区(%)		
	0.1	0.3	0.5
3.4%*	2.4	2.7	1.7

8月5日処理，8月31日掘上げ
* 乾物重あたりのパーセント

第2表 MHの散布処理濃度と芋の呼吸量の関係

MH処理濃度(%)	呼吸量(μl/g/hr)	
	O ₂	CO ₂
0	213.5	230.0
0.1	154.8	163.4
0.5	148.2	157.5
0.8	134.4	143.2

7月21日散布処理，
7月31日測定

糖含量を調べたところ、第1表のとおりであった。緒方氏ら⁽³⁾はパレイショにおいて、MH処理により還元糖量の減少することを報告しているが、ナガイモにおいてもMH処理により含量が低下することが認められた。

次に、MHの処理濃度と芋の呼吸の関係は第2表に示すとおりであった。濃度が高くなるにしたがい、呼吸量の減少も著しくなる傾向にあったが、0.1%処理でも著しく減少していた。

MH散布処理後の呼吸量の経時変化をみると、処理3日後においてすでに著しい減少がみられた。しかしながら、R.Q.は無処理のものとほとんど変らなかった（第5図）。また、ポリフェノールオキシダーゼ活性は、処理後一時高まる傾向にあったが、以後急速に低下した（第6図）。

他方、8月4日に0.3% MHを散布処理し、14日後に掘り上げた芋について、掘り上げ後の日数と呼吸との関係をみると第7図に示すとおりであった。呼吸量は日時の経過とともに減少したが、掘り上げ時にみられた処

第5図 MH散布処理が芋の呼吸におよぼす影響

第6図 MH散布処理が芋のポリフェノールオキシダーゼ活性におよぼす影響

第7図 MH散布処理が掘上後の芋の呼吸におよぼす影響
処理濃度：0.3%，処理14日後掘上げ

第9図 MH散布処理が掘上後におけるトロロの褐変におよぼす影響
8月4日処理(0.3% MH)，8月18日掘上げ
掘り上げ6日後調査，部位：中央部

第8図 MH散布処理が掘上後の芋のポリフェノール含量におよぼす影響
MH濃度：0.3%
処理14日後に掘上げ

第3表 MH散布処理が掘上後の芋のポリフェノールオキシダーゼ活性におよぼす影響

掘上後 日数	O ₂ 吸収量 (μl/50mg/30min)	
	MH 処	標準
3	67.3	117.0
6	117.0	119.4
9	101.3	121.3

理，無処理の差は，引続き変らなかつた。しかし R. Q. は，無処理区では，日時の経過に伴って少しずつ低下してゆく傾向にあつたのに対し，処理区ではやや増加の傾向にあつた。

次に掘り上げ後の日時の経過に伴うポリフェノール含量の変化を調べた結果は，第8図のとおりであつた。無処理区では急速に増加し，掘り上げ後2～3日で著しく褐変するようになったのに対し，MH処理区ではポリフェノール含量の増加が緩慢であり，すり下した場合にも褐変の程度が著しく弱かつた(第9図)。

ポリフェノールオキシダーゼ活性は，無処理区の方がやや高い傾向にあり，また両区とも掘り上げ後の日数が増すにつれて，活性が高まってゆく傾向にあつた。

IV. 考 察

ナガイモの生育のおう盛な7～8月には，芋の先端部の呼吸量はきわめて多いが，その後急速に減少する。また同時に生育の盛んな時期に1以上を示した R. Q. も1以下に低下する。先報で示したように，芋の先端部のポリフェノール含量は，7月～8月中旬に多く，その後は

次第に減少する。このようなポリフェノール含量の減少傾向と、呼吸量の変化を対比検討してみると、両者の間にかなり密接な関連があることがうかがえる。

すでにナガイモのポリフェノールは4種類存在することを示してきた⁽⁵⁾。最近、ドーパミンがその主要なものであることが明らかにされた⁽²⁾。このようなポリフェノールの生成と呼吸との関連については、黒斑病に侵されたカンショ塊根⁽⁶⁾やバレイショ塊茎の疫病り病組織⁽⁷⁾ですでに明らかにされている。一般に植物体の解糖系は、EM系とWD系の2系の存在が認められている。そしてポリフェノール生成に関連をもつ系はWD系であるといわれている⁽¹⁾。したがって、単に全体としての呼吸量と、ポリフェノール含量から、両者の関係を論ずることは危険である。今後、呼吸の質的なものとの関連を追求しなければならない。

さてMHは、従来バレイショ、タマネギの萌芽抑制、葉タバコの腋芽防止などに用いられている。これをナガイモの茎葉に散布した場合、早掘ナガイモ特有の褐変が軽減されることは興味ある事実である。

MHで処理した場合芋の呼吸量は著しく減少する。また同時にポリフェノール含量の減少、ポリフェノールオキシダーゼ活性の低下、還元糖量の減少もみられる。

組織の酵素的褐変の程度は、基質の量と酵素活性の強弱によつて左右されると考えられる。したがってMH処理芋の褐変が弱くなる（第4図）理由として、ポリフェノール含量の減少と、ポリフェノールオキシダーゼ活性の低下があげられよう。

第10図に示すように、*in vitro*では、ポリフェノールオキシダーゼ活性はMHによつて、何ら阻害されない。それにもかかわらず、処理芋において、ポリフェノールオキシダーゼ活性が低下すること、ならびに還元糖含量が減少することより、次のことが考えられる。すなわち、緒方氏⁽⁸⁾はバレイショで、MH処理によりアスコルビン酸が増加し、還元糖含量が低下することを認めているが、このナガイモの場合においても、MH処理により、アスコルビン酸が増加し、これがポリフェノールオキシダーゼ活性、ポリフェノール生成につながる呼吸の不活発化に影響をおよぼしたものと推察される。

早掘芋は、掘り上げ後ポリフェノール含量が急速に増加し（第8図）、またポリフェノールオキシダーゼ活性も高まる（第11図）。さらに呼吸量の低下に伴い、R.Q.も日をおつて低下することも認められる。これらの原因としては、掘り上げ後芋の主たる呼吸系が漸次WD系に移行してゆくことによるものと考えられる。しかしながらMH処理を行なつた芋においては、このようなポ

第10図 ナガイモのポリフェノールオキシダーゼ活性におよぼすMHの影響

基質：500 γ /ml カテコール
pH：6.0
温度：30°C

第11図 掘上後の日数と芋のポリフェノールオキシダーゼ活性との関係

基質：1% カテコール 100 cc
粗酵素：アセトンパウダー 1g
温度：25°C

リフェノール含量の増加はゆるやかであり、また R.Q. も低下を示さずむしろ上昇する傾向がみられる。

このような点からみて、ナガイモにおいては、MH 処理により R. Q. の低下するパレイショの場合⁽⁴⁾にくらべ、ややその作用機作が異なっていることがうかがえる。いずれにせよ、ナガイモにおいては、MH 処理により掘り上げ後の芋の呼吸系が、WD 系へ移行することを妨げられていることが考えられる。このことが芋の褐変を軽減させることに結びついているものと思われる。

今後、芋の生育に伴う呼吸の質的な変化諸酵素活性の変化、アスコルビン酸の消長、などを詳細に調べ、MH による芋の褐変防止機作について、さらに明らかにしたいと考えている。

V. 摘 要

ナガイモの褐変に関与するポリフェノール含量と、芋の呼吸との関連を見出す目的で、芋の生育に伴う呼吸の変化を調べた。

また MH の茎葉散布処理が、芋の呼吸ならびにポリフェノール含量におよぼす影響について、実験を行なった結果を要約すると次のようである。

1) ナガイモの生育のおう盛な7月中旬から8月中旬にかけて、芋の先端部の呼吸量は著しく多く、その後8月下旬～9月にかけて急激に減少した。この傾向は先報で示した芋先端部のポリフェノール含量の消長ときわめてよく一致した。

2) 生育中のナガイモの茎葉に、MH を散布すること

により、芋の呼吸量は減少し、またポリフェノール含量も少なくなった。そして早掘芋特有の褐変は著しく軽減された。

3) MH 処理によつて、掘り上げ後の芋のポリフェノール含量の増加はきわめて少なくなった。この際、無処理の芋は R. Q. が低下していくのに対し、処理芋ではやや高まる傾向がみられた。

4) 以上の結果より、ナガイモの呼吸とポリフェノール含量とは密接な関係にあることが想像された。一方、MH は糖代謝に直接的、あるいは間接的に関与し、呼吸を不活化する結果、ポリフェノールの生成量が少なくなり、ひいては芋の褐変が軽減されるものと推察された。

引用文献

1. 平井篤造・鈴木直治. 1963. 植物病理の生化学, 後編 (農業技術協会): 16—20.
2. 今河 茂. 1967. 北大農学部邦文紀要 6 (2): 181—192.
3. 緒方邦安・井上 隆・水方 昭. 1956. 園学雑 25: 181—186.
4. ———・———. 邨田卓夫. 1956. 園学雑 25: 232—236.
5. 佐藤一郎. 1962. 園学雑 31: 134—140.
6. 瓜谷郁三・赤沢 堯. 1955. 科学 25: 614—620.
7. TOMIYAMA, K. et al. 1959. Phytopath. Z. 37: 113—144.