

果実・蔬菜の呼吸に関する研究[※]

第Ⅱ報 呼吸量と表面積との関係

長坂啓助・中村怜之輔^{※※}

Keisuke NAGASAKA and Reinosuke NAKAMURA

Studies on the Respiration of Fruits and Vegetables.

(2) The Relationship between Respiration Rate and Surface Area.

1 は し が き

果実あるいは蔬菜の呼吸量を測定した際、その表示法として、試料1kgが1時間に何mgの炭酸ガスを排出したか、即ちCO₂mg/h/kgという表し方をするのが普通である。もっとも、場合によっては試料の吸収した酸素量でもって示すこともあるが、いずれにしても試料の単位重量当りの呼吸量を表すことには変りない。ところが、果実などの場合試料を正確に1kgに調整することは必ずしも容易ではない。また、測定装置や試料の大きさなどの都合で、試料として正確に1kgを取り得ない場合も考えられる。こうした時には普通試料の量は適当にとり、後で1kg当りの呼吸量に換算してその値を表わして来た。しかし、この方法は試料の排出する炭酸ガス量と試料の重量との間には比例的な関係があるとする考え方であって、その場合の表面積の変化ということは全然考慮されていない。

同種の果実に於ても、果形の大小によって同重量のものといえども当然その表面積に若干の差異はあるであろうし、また葉菜類の如きものゝ場合はむしろ表面積単位で呼吸量を表示する方がより妥当なようにも考えられる。さらに、果実表面にWax処理を施して呼吸作用を抑制する際などにも、当然この表面積と呼吸量との関係が問題になって来ると思われる。そこで、こうした種々の問題を解明する一助として、種々の果実蔬菜を用いて、表面積と呼吸量との関係を調べんとして本実験を行ったものである。

Ⅱ 実験材料及び方法

1. 材 料

大体条件の等しいと考えられる材料を集め、後で重量

補正を行う必要のないように慎重に個体を選別し、1区の重量が正確に1kgとなるように区分した。このような区を約10区作り、次に各区の呼吸量を同一条件下において測定し、ほぼ等しい呼吸量を示した区を必要数だけ選り出して実験に用いた。なお供試材料としては、実験の性質上広い範囲から求める意味で果実のみならず蔬菜をも用いた。

2. 表面積の人為的制限方法

試験区は試料の呼吸可能の表面積を人為的に種々変化させ、その際の呼吸量の変化を測定して表面積との関係を調べた。表面積を人為的に変化させる手段として、試料の表面の一部に溶解パラフィン塗布した。この際なるべく熱の影響を少なくするために、パラフィンはもっとも融点の低い40°Cのものを用いた。40°C前後の温度に瞬時浸漬する程度では、試料の呼吸酵素系にもそれ程影響はないと考えられるが、本実験では対照として無処理区も40°Cの温湯に瞬時浸漬して実験に供した。また、予備実験によって試料に塗布したパラフィンの層を炭酸ガスが透過しないことを確かめておいたことは勿論である。

3. 呼吸量測定法

呼吸量測定の方法は、筆者等が第1報に於て報告した比色法、即ち試料の排出した炭酸ガスの一部を重炭酸ソーダの稀薄溶液に溶解させ、その際に起る溶液のpHの変化から総排出炭酸ガス量を知る方法を採用した。

なお、この種の実験において呼吸量の測定値は同一材料といえどもかなりの変異が予想されたので、測定はいずれも3回以上反覆実施した。しかし実際には、測定値の変異はせいぜい5%内外に止まったので、実験結果としては3回測定の各値の算術平均をもって示した。

Ⅲ 実験結果ならびに考察

1. 被覆率1/2にした場合

※ 本研究要旨は昭和32年春季園芸学会に於て発表




※※ 京都大学農学部園芸第二教室

種々の果実蔬菜を用いて、その表面にパラフィンを塗布して表面積を人為的に約1/2とした場合、その呼吸量がどのように変化するかを観察した。また、被覆率は同じく1/2であっても被覆部位によって差異の生ずることも考えられるので、被覆部位も様々に変えて試験を行った。その結果を試料別に順をおって示せば以下のとおりである。

(i) 普通温州蜜柑

各処理区の排出炭酸ガス量の測定結果は第1表に示す如くである。

第1表 パラフィン被覆を施した温州蜜柑の呼吸量の消長 単位CO₂mg/h/kg




区 分	被覆前	被覆後1日	被覆後2日
対 照 区 	28.4	22.0	20.6
1/2 被覆 	28.7	21.2	20.2
1/2 被覆 	33.1	24.8	23.7

注：斜線の部分はパラフィンにて被覆せる部位を示す。以下各表とも同様

第1表によると、パラフィン被覆前に比して被覆後の呼吸量がかなり減少しているように思われる。しかしこれは試料の状態あるいは測定時の環境要因が異っていたためであって、パラフィン被覆の影響でないことは対照区も同様な減少を示していることから明らかである。即ち、温州蜜柑ではその表面積が1/2に減少しても、排出する炭酸ガス量には殆ど変化のないことがわかる。

(ii) きゅうり

第2表 パラフィン被覆を施したきゅうりの呼吸量の消長 単位CO₂mg/h/kg

区 分	被覆前	被覆後1時間	被覆後2時間	被覆後3時間	被覆後60時間
対照区 	96.7	94.3	99.1	105.2	97.1
1/2被覆 	93.8	92.4	96.0	103.8	93.8
1/2被覆 	119.0	97.1	129.8	128.9	105.4

第2表より明かなように、きゅうりも温州蜜柑の場合と全く同様に、被覆部位の如何を問わずパラフィン被覆の影響はみられない。表面積が1/2になってもその排出炭酸ガス量はなんら左右されないことを示している。

(iii) 柿

新倉、大四溝及び葉隠の三品種を供試し、夫々同様に人為的に表面積を1/2として、その呼吸量を測定した結果が第3表である。

第3表 パラフィン被覆を施した柿の呼吸量の消長

品種	区 分	被覆前	被覆後1日	被覆後2日
新 倉	対 照 区 	21.2	20.9	—
	1/2 被覆 	19.0	18.4	—
	1/2 被覆 	19.2	18.8	—
	1/2 被覆 	18.4	16.9	—
大 四 溝	対 照 区 	30.2	29.1	31.8
	1/2 被覆 	25.0	24.1	24.1
	1/2 被覆 	25.1	25.3	24.0
葉 隠	対 照 区 	11.9	11.5	13.6
	1/2 被覆 	11.0	9.3	13.3
	1/2 被覆 	11.8	11.6	10.3







柿の場合も矢張りパラフィン被覆による変化は認められない。たゞ、新倉種と葉隠種において、帯の部分を被覆した場合には呼吸量が多少減少する傾向を示したが、これについては後述する如く表面積が減少したための呼吸量の減少とは簡単にいって切れない問題を含んでいると思われる。

(iv) トマト

福寿及び世界一の2品種を用い、同様に人為的にその表面積を1/2として呼吸量を測定した。

この場合にも両品種とも帯を含んで1/2被覆した区と

第4表 パラフィン被覆を施した
トマトの呼吸量の消長




品種	区 分	被覆前	単位 CO ₂ mg/h/kg		
			被覆後 1時間	被覆後 3時間	被覆後 40時間
福 寿	対 照 区 	110.0	112.1	118.2	70.9
	1/2 被覆 	109.1	109.1	107.9	67.2
	1/2 被覆 	104.7	48.7	55.0	37.0
世 界 一	対 照 区 	106.2	98.4	80.3	89.9
	1/2 被覆 	112.2	100.6	72.9	90.9
	1/2 被覆 	108.7	41.2	49.6	67.2

蒂を含まない部分を1/2被覆した区とを比較したが、蒂の部分を被覆しなかった区は表面積が1/2に減少しているにもかかわらず、その呼吸量は殆んど変化しなかった。それに反して、蒂の部分を被覆した区では著しい変化がみられ、その呼吸量はほぼ半分に減少している。

(v) なす

トマトの場合、蒂の部位を被覆するか否かでその呼吸量が大きく影響される興味ある事実を確認したので、トマトと同じ科に属する植物ではどのような反応を示すのかをみるために、次になすの真黒種を用いて同様の実験を行った。その結果は第5表に示す通りで、トマトの場合と同じく、可食部を被覆した区の呼吸量がなら影響を受けていないのに反して、蒂の部分を被覆した区では著しく呼吸量が減少しており、パラフィン被覆の影響が明かに認められる。

第5表 パラフィン被覆を施したなすの呼吸量の消長
単位 CO₂mg/h/kg

区 分	被覆前	被覆後 1時間	被覆後 20時間	被覆後 40時間
対 照 区 	232.8	208.9	201.2	250.0
可食部被覆 	249.6	224.3	191.2	254.9
蒂部被覆 	256.9	116.5	136.7	193.7

以上種々の材料を用いて、その表面積を人為的に1/2に減少させて、呼吸量の変化を観察して来たが、いずれも面積の減少がその呼吸量に影響を与えているようには

思われぬ。さらに、上記以外にも和梨(二十世紀)、ピーマン、ほうれん草なども用いて同様の試験を行ったが、結果は矢張り同様で、被覆の呼吸量に対する影響は認められなかった。たゞ、柿、トマト及びなす等では、蒂の部分を被覆するとかなり呼吸量が減少したが、これは表面積の減少に起因するのではなくて、この種果実の外呼吸の際の炭酸ガスの拡散機構に問題があるようである。即ち、この種果実が外呼吸を行う際には、主としてその蒂の部位を通じて炭酸ガスの拡散排出を行っているのではあるまいか。かゝる果実の部位によって呼吸強度に差異があるということは、貯蔵の際など処理の適切を期するために極めて興味ある問題であり、さらに検討を要するものであると考える。

2. 被覆率を1/2以上にした場合

これまでの実験は、表面積の約1/2を人為的に減少させた場合であったが、いずれもその呼吸量には大した影響はみられなかった。そこで、この被覆率をさらに高くして、外呼吸可能な表面積をさらに減少させて行けばその際呼吸量はどのように変化するものであるかをみるために、和梨(二十世紀)を用いて、被覆率を約1/2, 3/4, 9/10として夫々の呼吸量を測定比較した。結果は第6表のとおりで、表面積の3/4まで被覆しても呼吸量には殆ど変化が認められないが、9/10まで被覆すると多少呼吸量は減少するようである。

第6表 パラフィン被覆を施した和梨(二十世紀)
の呼吸量の消長 単位CO₂mg/h/hg

区 分 (被覆率)	被覆前	被覆後2日	被覆後4日	被覆後7日
0(対照区)	13.6	12.5	14.1	13.6
1/2	14.8	15.5	14.5	14.5
3/4	13.5	14.3	10.6	16.6
9/10	12.9	13.3	8.6	10.2

そこで、さらに9/10以上に被覆率を増して実験を行いたかったが、その場合は正確に面積を測定する必要があり実施が困難なように思われたし、またこの程度で本実験の所期の目的は充分達せられているので、これ以上の追試は行わなかった。要するに、和梨の場合はその表面積を1/4以下かなりの程度まで小さくしても、呼吸量にそれ程大きな影響はないことがわかった。

3. 重量と呼吸量との関係

以上の実験で、果実蔬菜の表面積の大小とその呼吸量との間には余り関係のないことが明らかになった。そこ

で、従来の呼吸量の表示法における重量補正の考え方、即ち試料の重量とその呼吸量との間に比例的な関係があるとする考え方に果して誤りがないか否かを確かめるために以下の実験を行った。

材料は普通温州蜜柑を用い、試料として正確に 300g, 600g, 1200g に調整した3区を設け、その夫々の呼吸量を同時に測定した。結果は第7表に示すとおりで、呼吸量の測定方法の如何にかかわらず、試料の重量と呼吸量とはほぼ完全に比例するものであることが判る。

第7表 温州蜜柑の呼吸量と重量との関係

呼吸量測定 方法 区分(重量)	単位 CO ₂ mg/h/kg		
	MAGNESS法	比色法 (1)	比色法 (2)
1200g	31.6	36.5	40.8
600g	16.2	19.6	20.8
300g	8.6	9.9	10.6

注 比色法 (1) : 通気速度 100ml/1min

比色法 (2) : 通気速度 150ml/1min

さらに、柿(富有)を材料として同様の実験を行った結果も全く同様であって、その重量と呼吸量とは比例的な関係を示した。

以上のことから、結論として果実、蔬菜の呼吸量が試料の多少によって異なるのは、呼吸量が試料の重量に比例的に左右されるからであって、その表面積の大小とは無関係なものである。

Ⅵ 摘 要

1. 果実蔬菜の呼吸量を測定する際、試料の多少による呼吸量の変化は、その重量のみに支配され、表面積の大小とは無関係なものであるか否かを知る目的で本実験を

行った。

2. 実験方法として、試料の表面にパラフィンを塗布して外呼吸可能な表面積を変化させ、それが呼吸量に及ぼす影響を観察した。

3. 温州蜜柑及びきゅうりは、呼吸可能な表面積が1/2に減少してもその呼吸量には全く影響がなかった。また、和梨の場合には表面積の9/10まで被覆して始めてその呼吸量が僅か減少する程度であった。

4. 柿、トマト、なすは蒂の部位を被覆しない限り、その表面積を1/2に減少しても呼吸量は変化しなかった。たゞ、蒂の部位を被覆した場合はかなり呼吸量が減少したが、これは表面積の減少に起因するのではなく、この種果実の外呼吸の際の炭酸ガスの拡散排出機構に問題があるものと考えられる。

5. 温州蜜柑及び柿を用いた実験により、試料の呼吸量はその重量とはほぼ完全に比例することが確かめられた。

6. 結論として、果実・蔬菜の呼吸量はその重量に比例し、表面積の大小とは無関係なものである。

参 考 文 献

- BURROUGHS A. M. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 19 : 225-235, 1922.
- CLAYPOOL L. L. : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 36 : 374-378, 1938.
- GUSTAFSON F. G. : Plant Physiol., 4 (3), 1929.
- HOVER J. M. and GUSTAFSON F. G. : Jour. Gen. Physiol., 10 : 33-39, 1927.
- JAMES W. O. : Plant Respiration, Oxford Univ Press, 1953.
- 松本熊市・長坂啓助・中村怜之輔 : 園芸学研究集録. 8 : 74-79, 1957.
- 清水正雄 : 日農化, 8 : 213-226, 1932.

Summary1

1. In the measurement of respiration rate of fruits and vegetables, it is doubtful whether the respiration rate would be of no connection with the surface area of the material, depending only upon the weight of it as expressed in a formula "CO₂ mg exhausted/1 Kg of sample/hr". Therefore, this experiments were performed to examine this question.

2. Employing tomatoes, cucumbers, green peppers, egg plants, mandarine oranges, pears and Japanese persimmons, materials which seemed to have the same characters were divided into groups, adjusting their weight to 1Kg correctly. And soon after the xperimental lots were coated with paraffin to regulate the respirable surface area, the respiration rate of the treated material was observed in comparison with of the untreated material.

3. As the result, it is evident that the respiration rate was affected by the weight of the material not by the surface area and demonstrating the above expression to be reasonable.