

機械的圧力がキャベツの呼吸量におよぼす影響ならびに光線照射によるキャベツのビタミンC含量の変化

尾 崎 直 臣

目 次

緒 言

実験および考察

I 加圧と呼吸量との関係

1. 実 験 方 法
2. 実験結果および考察
 - (1) 第 1 回 実 験
 - (2) 第 2 回 実 験
 - (3) 試料表面積と呼吸量との関係
 - (4) 実際の見地よりの結論と考察

II 呼吸量に関するその他の実験

——収穫直後よりの呼吸量の経時的变化ならびに球と葉の状態における呼吸量について

1. 実 験 方 法
2. 実験結果および考察

III 光線照射によるビタミンC含量等の変化

1. 実 験 方 法
2. 実験結果および考察

要 約

緒 言

青果物の機械的刺激による生理障害に関しては、サクランボ、モモ、洋ナシ等について、打撲傷、すり傷、おし傷によって組織が破壊され、二次的に呼吸量の増加、成分の変化、病変、あるいは微生物による腐敗などがおこることが認められているが^{1)~5)}、キャベツのような葉菜類について、しかも機械的圧力を受けつつある期間をも含めての生理的变化に関しては、まだあまり検討されていない。また、収穫後における光線の照射による野菜類の生理的あるいは成分的变化に関する究研も例が少ないようである。しかしこれらの問題は、外的条件が植物組織内における代謝や成分の経時的变化におよぼす影響を考究する場合に興味ある問題である。

一方、近時、生鮮食料品は需要の増加とともにその品質に対する要求が高まりつつあり、また流通過程におけるそれらの包装は、高分子材料の開発、利用と相俟って新規な形態が出現しつつある。キャベツの包装も、すかし木箱をはじめ竹かごやかや俵など従来と同様のものも使用され

ているが、比較的気温の低い時期だけでなく最近では夏期にあっても、ポリエチレンのようなプラスチック・フィルム製の袋あるいはプラスチック製の網袋（内容量 15 kg くらい）が使われるようになり、その使用量も増加しつつある。またキャベツのみならずハクサイその他の野菜類にもこのような包装が利用されてきている。

さらに一方では、需給調整のために、流通過程において、キャベツのような野菜類もある程度長期間にわたって倉庫内に貯蔵されることが多くなった。

貯蔵あるいは生産地より消費地までの輸送に際して、このような新しい包装形態のキャベツが倉庫内あるいは輸送用車両内に積重ねられた場合、下層とくに床面付近のものはそれより上層のものの重量によってかなりの圧力を受けることになる。したがってこの機械的圧力によって、物理的損傷の発生、さらに機械的圧力とそれによる物理的損傷を原因とした呼吸量の増加、それにとまう発熱量の増加などがおこり、その結果、夏期はもちろん、比較的気温の低い時期においても品質が低下するおそれがある。実際にそのような品質低下がおこるものとすれば、プラスチック袋包装による倉庫内収容効率および車両内積載効率の増加や荷役労力ないし荷役時間の軽減をある程度犠牲にしても、倉庫内あるいは車両内に棚を設けるなど、何らかの対策がこうぜられなければならない。

つぎに、このような包装形態においては内容物が光にさらされる機会が多く、その品質におよぼす影響も危惧される。なお光線の照射は、小売店に到るまでの包装形態のいかにかわらず、店頭における販売時にも当然受けるわけである。

反対に、以上のような機械的圧力や光線などによって品質低下がおこるおそれがないことが確認されれば、少くともそれらの条件に関しては、従来の包装よりも安価で取扱も容易かつ能率的なプラスチック袋による包装形態と、その積重ねによる倉庫貯蔵あるいは輸送中の積付方式を安心してすすめることができるし、さらに店頭販売期間も通じての流通過程における品質が保証されることとなり、結局消費段階での品質がそれらの条件によっては影響されていないことが確認できるわけである。

また、新包装形態に起因する諸条件による品質上の影響があるにせよないにせよ、その実態が明らかになれば、その結果はキャベツと類似したハクサイその他の葉菜についてもある程度演繹して考えることができよう。

上記のように、一方では基礎的な意味において、また他方では実際的な目的において、著者はキャベツに対する加圧および光線の影響を明らかにするために、それぞれ呼吸量およびビタミンCの変化に着目し、他のいくつかの項目をも加えて検討を行なうとともに、呼吸量に関しては若干の関連実験をも行なった。そして、実験条件の範囲内では、加圧は呼吸量その他にはほとんど影響を与えないこと、また光線の照射はビタミンCの減少および萎凋を促進せしめること、その他いくつかの事項を確認したので報告する。

実 験 お よ び 考 察

I 加圧と呼吸量との関係

1. 実 験 方 法

加圧の影響は一次的には形態の変化および組織の物理的損傷としてあらわれ、それらを原因としてさらに種々の生理的变化、生化学的变化がおこるものと考えられる。これらの生理的ないし生化学的变化としては、第一に呼吸量の増加とそれにもなう発熱量の増加がおこり、それによってさらに成分の損耗、重量減少（水分損失）、外観の劣化、病変、微生物による被害等も促進されるものと想像される。そこで、ここでは、呼吸量の測定を中心に、重量変化の測定、外観の観察をも加えて、機械的圧力が品質におよぼす影響を検討した。

(1) 試 料

東京農工大学農場（府中市）産のイナミハヤドリカンラン（7月16日播種、練床育苗、8月15日定植）で、11月下旬～12月上旬に、適熟ないしやや過熟のものを採取し、その翌日より呼吸量の測定に供した。

(2) 加 圧 方 法

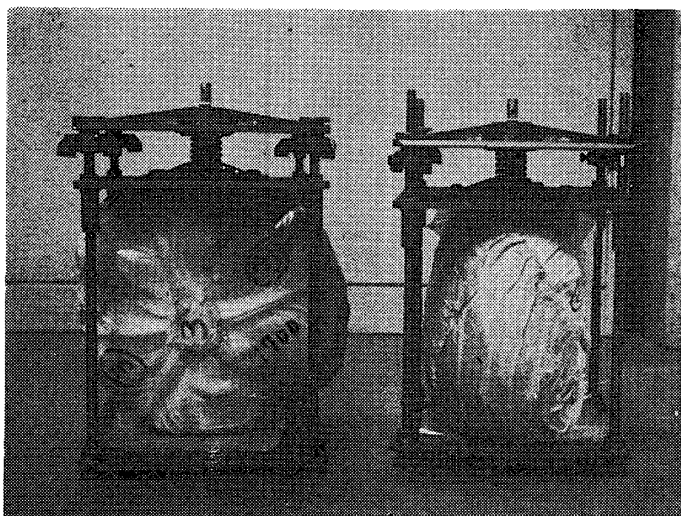
試作加圧装置の2枚の平行な鉄板の間に、金属との接触による影響を避けるためにポリエチレン・フィルムを介して試料をはさみ、板をしめつけて圧力を加え、加圧装置に組込んであるバネ定数既知のコイルバネの圧縮長さを同じく加圧装置にしつらえてある尺度目盛を読んで測定しながら、試料に加わる圧力を調節した。なお試料の弾力性の減退のために、加圧開始後時間の経過につれて圧力が減少するので、できるだけ頻繁に平行板の間隔をちじめる操作を行なうことによって、常時所定の力で加圧が行なわれるよう調整をした。

プラスチック袋によるキャベツの包装と積付にあっては、数個のキャベツを袋の両面にその胴部（赤道部）が接触するように詰めた上、なわがけをなし、あるいはなわがけをせず、袋の両面が上下方向になるように積重ねる場合が多く、したがって堆積時のキャベツに対してはその胴部に対して上下方向から力が加わる結果となる。そこで本実験においても、それと同様に胴部を平行板でしめつける加圧方式をとった。

倉庫内あるいは輸送用車両内での積重ね段数は、状況によりまた車種により一定しないが、ここでは、一応鉄道における貨車内での積付をモデルとして実験条件を設定した。

すなわち、貨車積載時に最下層の積荷にかかる重量は計算によるとキャベツ1個あたり20 kg前後と推定されるが、実際には車両の振動などによってそれ以上の力が加わることが考えられるのと、実際よりも苛酷な条件を与える意味で、本実験においては1個あたり約40 kgを目途として加圧を行なった。

加圧状況を第1図に示す。



第1図 加圧状況

(3) 呼吸量の測定

呼吸量の測定⁶⁾はつぎの方法によった。すなわち、2 N 水酸化カリウム溶液 25ml を入れたシャーレ（直径 10 cm）を底部に置いた内容積 24~25 l のデシケーター（中棚の直径 30 cm、デシケーターは予めフ卵器の中に入れて恒温にしておいた）の中棚の上に試料（加圧中のものは加圧装置ごと）を1個あてのせ、デシケーターを密閉して 30°C に調節したフ卵器中に一定時間（5.5 時間としたが、パラフィン塗布試験の場合のみ多少の長短がある）保って、試料の呼吸作用によって発生した炭酸ガスを水酸化カリウム溶液に吸収させたのち取出し、このアルカリ溶液を 250 ml メスフラスコに移して 25% 塩化バリウム溶液 15ml を加えて振とうし、水を加えて定容とし振とう、静置して炭酸バリウムを沈澱させた後、上澄液 20ml をとり、0.2 N 塩酸でフェノールフタレインを指示薬として滴定した。同時に試料を入れないデシケーターを用いて同様の操作を行ない、その場合の滴定値との差を求めた。0.2 N 塩酸 1 ml は CO₂ 4.4 mg に相当するから、この滴定値の差から逆算して試料 1 kg（新鮮時重量）、1 時間当りの CO₂ 発生量（mg）を算出して呼吸量とした。

呼吸量の測定は経時的に行ない、倉庫からの取出後あるいは車両からの取卸後の状態をも確認するために、試料を加圧装置から取はずした後もひきつづいて測定した。

呼吸量測定時以外は試料は室温に放置した。室温は 20°C 前後であったから、呼吸量測定中の試料温度は少くともその初期においてはフ卵器内温度に達しておらず、それをかなり下まわるものと考えられ、したがって本実験のように1回の呼吸量測定時間が数時間である場合には、得られた呼吸量の値は厳密には 30°C におけるものであるとはいえないが、加圧による呼吸量の変化の有無を確認することが実験の主目的であることから、同様の条件で処理した対照区との比較という意味において、実験方法は適正なものであると考える。

また、加圧区における加圧装置自体が鉄製で 5～6 kg の重量があり、室温よりデシケーター内に移した場合、その熱吸収によって生ずる対照区との温度差によっておこる呼吸量の差が問題になるが、実際に対照区と加圧区とについて呼吸量測定開始時からのデシケーター内温度の推移の状況を測定し、両者間の温度差から呼吸量の差を推算したところ、かなり大きく見積っても 5%を超えることはなく、したがって後に述べる実験結果に対しては、この程度の値はとくに考慮する必要はないものと考えられた。

(4) そ の 他

本実験においては、上記呼吸量の測定と同時に、試料重量の変化および試料の外観を経時的に測定、観察し、呼吸量とあわせて総合的判定の材料とした。

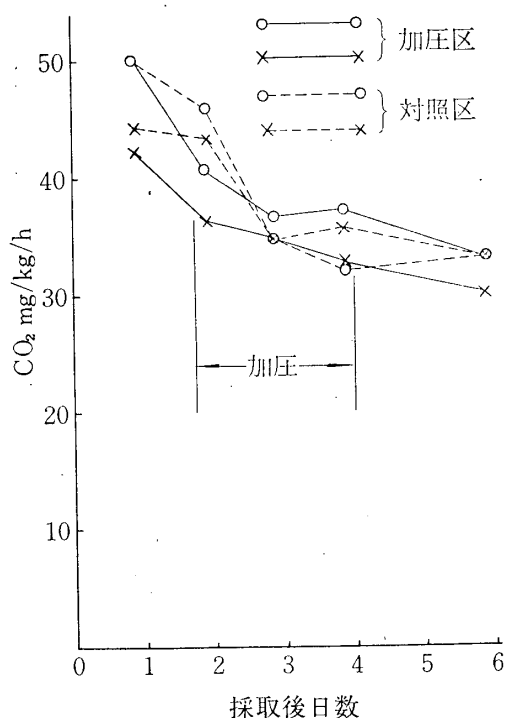
なお、加圧装置にかけることによっておこる、試料の空気との接触表面積の減少が呼吸量におよぼす影響を検討するために、パラフィン塗布による試料表面の被覆実験を行なったが、その方法は 2. (3) の中で述べる。

2. 実験結果および考察

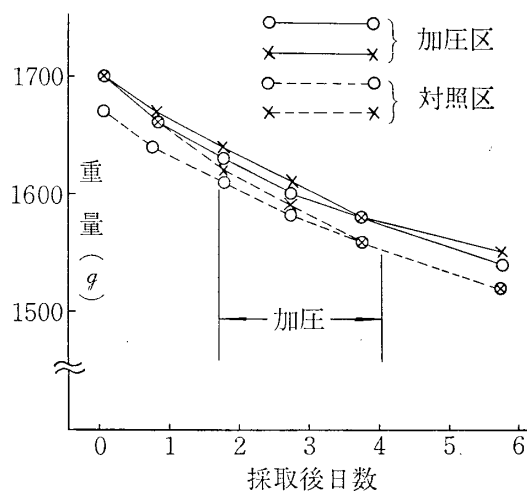
(1) 第 1 回 実験

第 1 回の実験に用いた試料は 11 月 24 日に採取したもので、2 個を加圧し他の 2 個を対照とした。実験期間中、呼吸量測定時以外の室温は 16～22℃（平均約 19℃）、相対湿度は 30～45%（平均約 38%）であった。

第 1 回の実験における呼吸量および重量の測定結果を第 2 図および第 3 図に示す。図の横軸の



第 2 図 呼吸量の変化（第 1 回加圧実験）



第 3 図 重量の変化（第 1 回加圧実験）

原点(0)はいずれの場合も試料採取時刻とした(以後の図においても同様)。図に見られるように、呼吸量、重量減のいずれにおいても、加圧中、除圧後とも、加圧区と対照区との間に差は認められない。

加圧面間の距離は、加圧開始時(加圧直後)から加圧終了時(除圧直前)までの間に2試料とも11mm短縮し、除圧約30分後には試料が加圧面と接触していた部位間の距離は、加圧終了時よりそれぞれ25mmおよび22mm増加した。加圧試料のうちの1個は、加圧中、葉が深く裂けているのが外部から認められたが、除圧後は内部の葉にも若干の裂けは見られたもののとくに問題とする程ではなく、また両試料とも除圧後は加圧による変形もほとんど回復してほぼ正常な形態を示し、対照と比べて加圧されていた部分およびその他の部分ともとくに変化は認められなかった。(1個の試料の平行板との接触部に若干おしきずを見たが、これも最外葉を除去すれば外観に異常は認められなかった。)

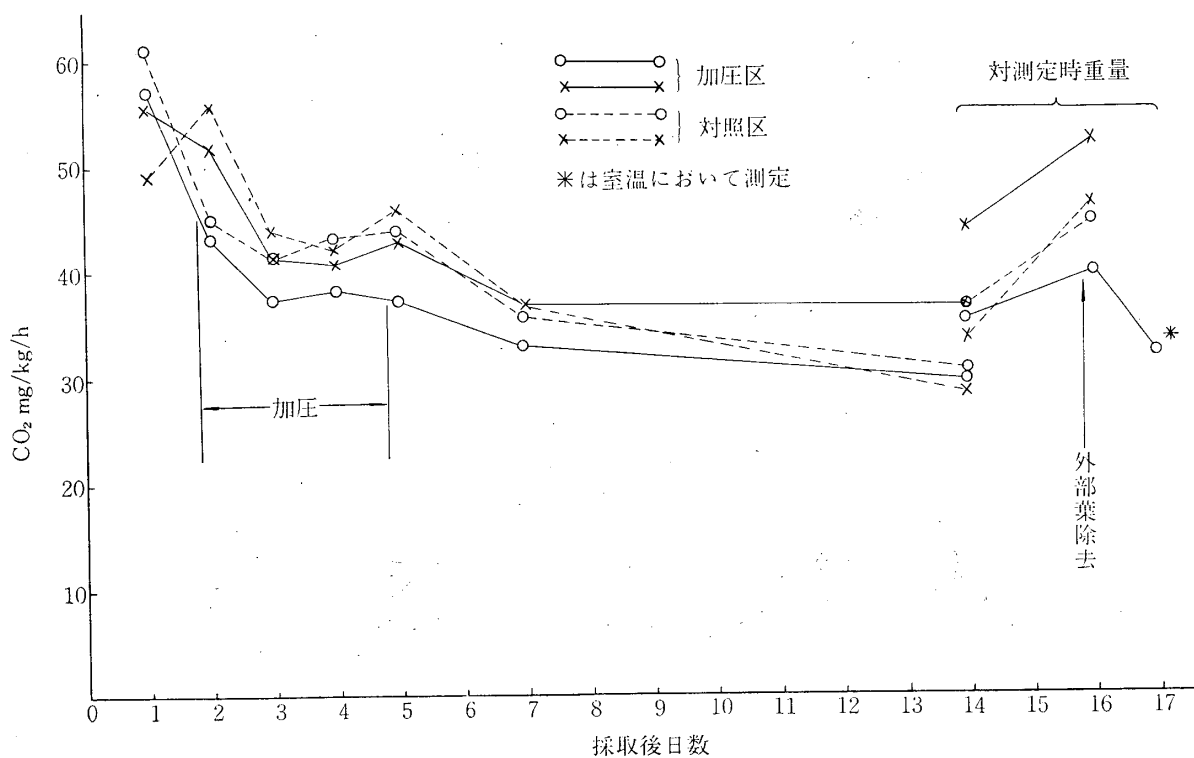
(2) 第2回実験

第2回の実験に用いた試料は11月30日に採取したもので、やや過熟の感があった。前回同様2個を加圧し他の2個を対照とした。実験期間中、呼吸量測定時以外の室温は15~23°C(平均約19°C)、相対湿度は16~50%(平均約35%、実験末期には平均約32%)であった。なお、加圧区試料のうちの1個の17日目の呼吸量のみはフ卵器内でなく室温(測定中18.9~20.3°C)で測定した。

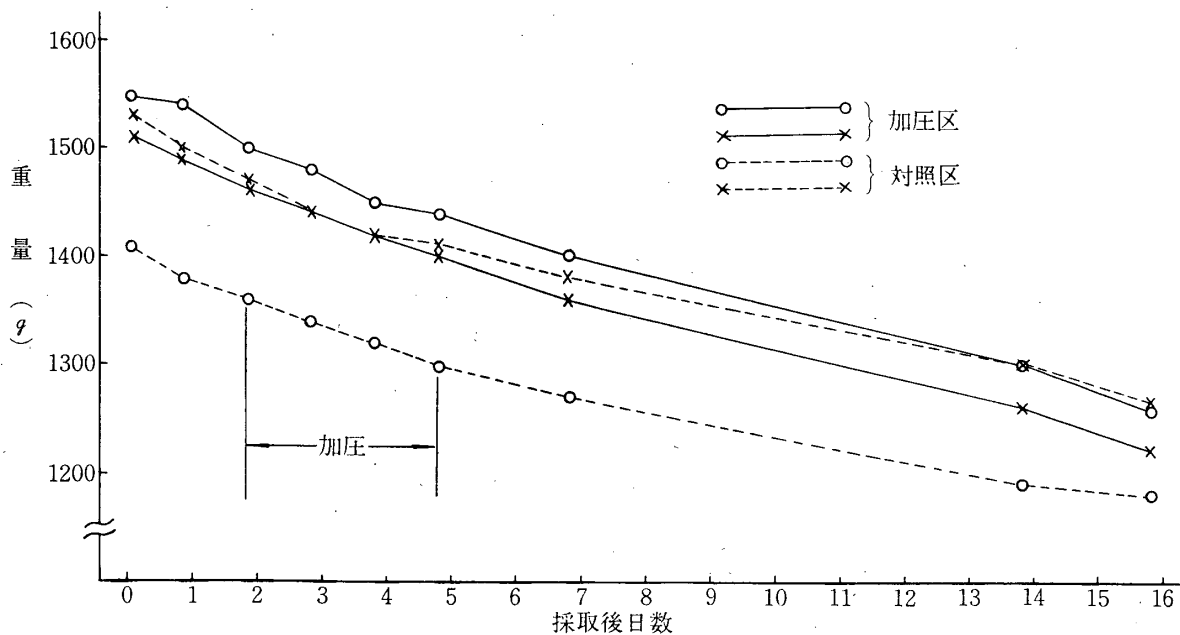
また長時間経過後、萎凋、黄褐色変した球の表面の葉を除去した場合に呼吸量がどのように変化するかを知るために、16日目に各試料とも外部の葉2~3枚(各試料20~100g)を除いたものについて呼吸量を測定した。(外部葉除去後の外観はほとんど新鮮時と同様であった。)このように外部葉の2~3枚を除いた試料に対する新鮮時の重量を知ることはできないので、16日目以後の呼吸量の値は新鮮時試料の単位重量に対してではなく、呼吸量測定時の試料1kgに対する値で示した。また14日目の呼吸量と16日目以後のそれとを比較するために、14日目については呼吸量測定時の試料重量に対する値をも求めた。なお重量の場合(第5図)には16日目の値も外部葉除去前のものである。

第2回の実験における呼吸量および重量の測定結果は第4図および第5図に示すとおりで、呼吸量、重量減のいずれにおいても、加圧中、除圧後とも加圧区と対照区との間に差は認められない。また外側の葉が萎凋等を生じていたんだ後に、それを除去した場合には、14日目から16日目に到る間の重量減少による影響(呼吸量測定時の試料の単位重量に対する値で示したので)を考慮に入れても、呼吸量が増加したことが認められる。

17日目に室温において呼吸量を測定した1試料の測定値は16日目の値よりかなり低いが、その原因は第一に呼吸量測定時の温度が低いために呼吸が緩慢だったことにあると考えられる。植物体の呼吸量についての温度係数 Q_{10} は大体2にちかひのが普通であるといわれているが、⁷⁾17日目



第4図 呼吸量の変化 (第2回加圧実験)

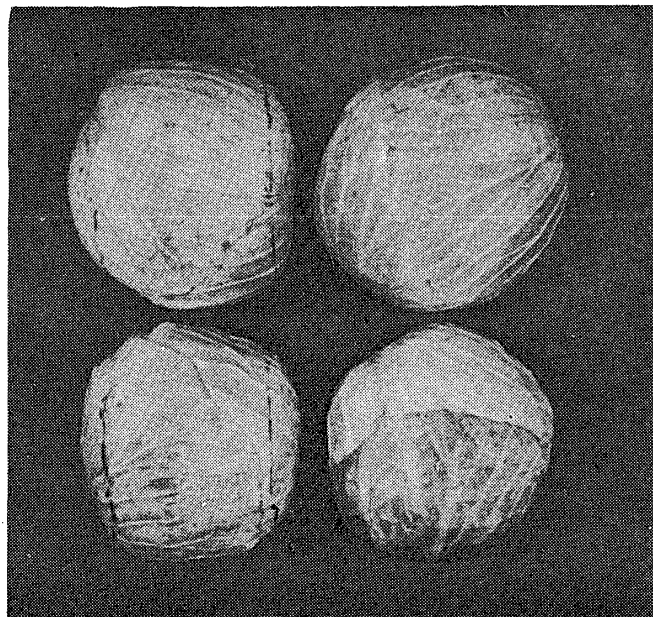


第5図 重量の変化 (第2回加圧実験)

の値は16日目の値よりかなり低下しているとはいっても、16日目の値の 1/2 よりははるかに大きく、この相違は 1. (3) において述べたように、 30°C フ卵器中で行なった16日目までの測定の場合、室温からデシケーター内に移した試料の温度が急激には上昇せず、少なくともフ卵器内に入れてからしばらくの間は 30°C よりかなり低かったことも一つの理由と考えられる。また、 30°C

フ卵器中で測定する場合の試料温度の上昇がはなはだしくおそく、室温を若干上まわるに過ぎないか、あるいは本試料の場合温度係数が非常に1にちかいものであったと仮定するならば、17日目における呼吸量の急減は、測定時の温度差というよりもむしろ、外側のいたんだ葉を取除いたために試料の条件が新鮮時のそれにちかくなり、収穫後からの呼吸量の経時的变化の初期の2、3日にみられるような、急激な呼吸量の減少と同様の現象によるものであるということも考えられなくはない。しかし、いずれにしてもこの実験の結果だけからでは明確な説明は困難であるし、室温における測定は1点の試料に対してしかも1回行なったに過ぎないので、この問題に関するこれ以上の議論は不適當であろう。

加圧面間の距離は、加圧開始直後は加圧直前（未加圧時）より2試料につきそれぞれ 51mm および 43mm 短縮、加圧開始時（加圧直後）から加圧終了時（除圧直前）までの間にそれぞれさらに 19mm および 18mm 短縮、また加圧終了時に比べて、除圧直後（除圧後の場合は試料が加圧面と接触していた部位間の距離）はそれぞれ 17mm および 14mm、約10分後はそれぞれ 26mm および 21mm、約6時間後（この間に呼吸量を測定した）にはそれぞれ 36mm および 37mm 増加し、その後はほとんど増加を示さなかった。したがって除圧後も加圧前の値よりそれぞれ 34mm および 24mm 少なく、変形が残ることがわかるが、加圧しない対照区にあっても、時間の経過によって直径において数mmの収縮が見られることをも考えると、比較的長時間の加圧にもかかわらず除圧後はかなり形が復元するものであることがわかる。なお加圧方向と直角方向の直径は、除圧によってわずかではあるが減少する傾向がある。第6図は除圧数時間後における状態を対照区と比較して示したものである（黒い線は加圧中そこまでが平行板に接触していたことを示すために書いたもの）。



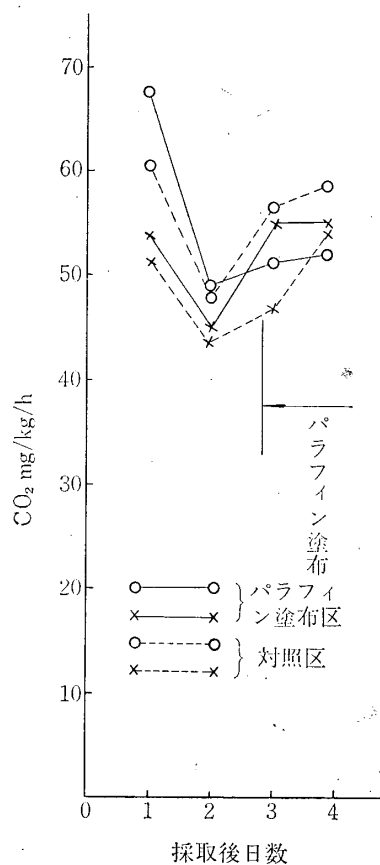
第6図 除圧後の状態（左：加圧区、右：対照区）

加圧によって外部の葉がやや裂けるのが認められ、また除圧後、平行板と接触していた部分に多少おしきずが見られ、さらに除圧後時間が経過した後にも接触していた部分は多少扁平な観を呈していたが、対照区の試料と比べてとくに問題にするほどの変化とは思われなかった。

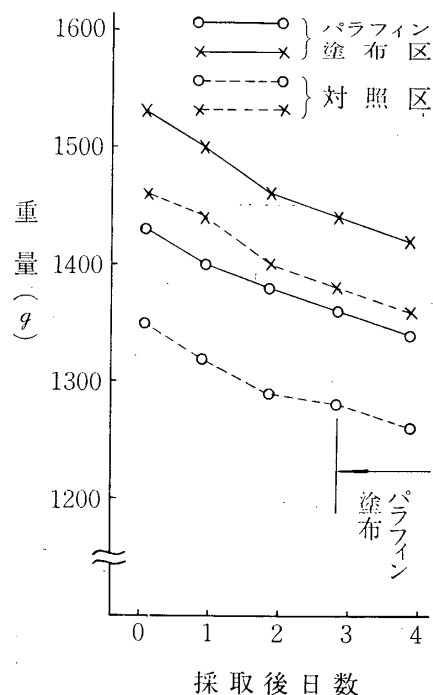
(3) 試料表面積と呼吸量との関係

加圧を行なう際、試料表面の一部が加圧装置の平行板に密着するために空気との接触を妨げられ、試料の空気との接触表面積が減少することが呼吸量に影響するのではないかという懸念があったので、つぎの要領でその点を検討した。すなわち、試料を加圧装置にかけた際の上下の平行板と試料との接触面積（試料全表面積の15～30%）にもとずいて、加圧しない試料の胴部対象位置、全表面積の約30%を、加圧した場合に形成される接触部分の形（ほぼダ円形）に相当するよう、m. p. 約 40°C のパラフィンを塗布して完全に被覆し、無塗布試料を対照として呼吸量を測定した。実験に用いた試料は12月7日に採取したもので、それぞれ2個を塗布区と対照区とにあてた。実験期間中、呼吸量測定時以外の室温は 16～22°C（平均約 19°C）、相対湿度は 20～50%（平均約38%）であった。

結果は第7図に示すとおりで、塗布区と対照区との間に呼吸量に差があるとは認められない。すなわち、パラフィンによる表面被覆、したがってさきの加圧実験において加圧装置にかけることによっておこる空気との接触表面積の減少は呼吸量に影響していないと考えてよい。これはキ



第7図 呼吸量の変化（表面被覆）



第8図 重量の変化（表面被覆）

キャベツのどの部分がどのような割合で球全体の呼吸に関与しているか、またさらに一部が被覆された場合どのような代償機能が生ずるかということに関連する問題である。同時に測定した重量においても、第8図に示したように、両区の間はその減少速度に差はないことがわかった。

長坂および中村⁸⁾も、キャベツ以外の数種果実、野菜について同様の被覆処理を行なって呼吸量を測定し、呼吸量は試料の重量に比例し、表面積の大小とはあまり関係のないことを報告している。

(4) 実際の見地よりの結論と考察

以上の実験結果から、プラスチック袋包装によるキャベツを倉庫内に堆積あるいは車両に積載した場合、下方に積まれたものが上部のものの重量によって加圧されることにより、呼吸量が増加するというおそれはないと考られる。すなわち貯蔵および輸送中、ならびに倉庫よりの取出および車両よりの取卸後のいずれにおいても、加圧されることに原因する呼吸作用の増大によって品質低下のおこる危険はない。また重量の変化（目減り）にも影響はなく、外観的品質についても格別の心配はないものと考えられる。ただし加圧によってわずかではあるが機械的損傷が生ずる傾向はあるから、比較的湿度の高い場合にはそれが原因となって病害の発生を促進する可能性があるので注意しなければいけない。また比較的湿度の高い時期に収穫されるキャベツの中には、組織的にやや軟弱なものがあるので、このようなもののプラスチック袋包装に関しては、さらに検討する方が安全である。また倉庫内における貯蔵期間がとくに長期にわたる場合については、やはり検討をかさねる方が安全であろう。

なお、ここで行なった実験はプラスチック袋の通気性、透湿性等に関して検討したものではないから、それらの性質に関連しての品質、たとえばむれや環境ガスの組成変化の問題等は別の問題として考えなければいけない。

Ⅱ 呼吸量に関するその他の実験

——収穫直後よりの呼吸量の経時的变化ならびに

球と葉の状態における呼吸量の比較

1. 実験方法

呼吸量に関してさらにひろい知見を得るために以下の実験を行なった。

まずⅠにおける加圧実験の際のように採取の翌日から呼吸量の測定を行なったのでは、採取直後からの呼吸量の推移が明瞭でないので、採取当日からの呼吸量を経時的に測定した。使用した3個の試料はいずれも10月26日午前9時30分頃採取したもので、採取約3時間後より1回目の測定を開始した。呼吸量測定の時間は各回原則として5.5時間とした。実験期間中、呼吸量測定時以外の室温は19～23℃（平均21℃）、相対湿度は40～60%（平均55%）であった。

つぎに、これまでの実験ではキャベツの球そのままのかたちで呼吸量を測定したのであるが、

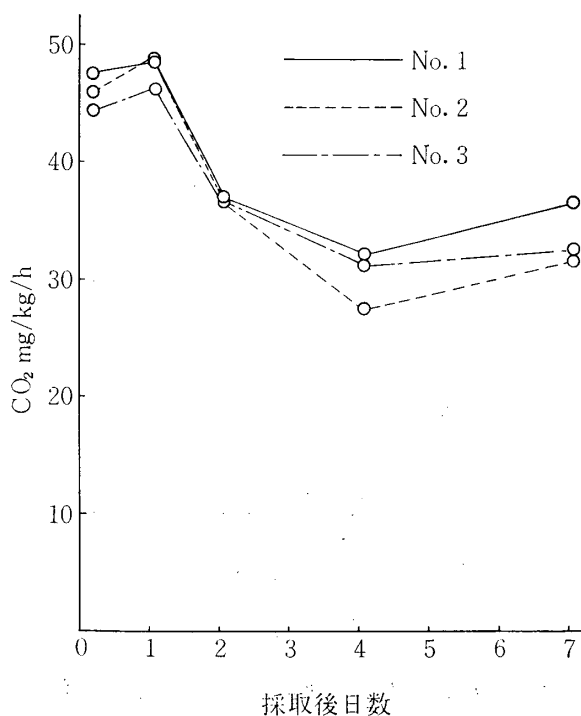
1枚ずつ切りはなした葉の炭酸ガス呼出量がどの程度であり、どのような経過をたどるものであるかということを知るために以下の実験を行なった。測定に供した試料は、11月4日に採取した2個のキャベツ（A、Bとする、新鮮時の重量はAが1,770 g、Bが1,730 gであった）からつぎの要領で得た3種である。すなわち、Aの最外部の葉より6, 8, 10, 12枚目の計4枚（No. 1）、同じくAの最外部の葉より5, 7, 9, 11枚目の計4枚（No. 2）、およびBの最外部の葉より5, 7, 9, 11枚目の計4枚（No. 3）である。呼吸量測定の間は各回とも15～16時間とした。実験期間中、呼吸量測定時以外の室温は18～25°C（平均21°C）、相対湿度は30～55%（平均45%）であり、試料は時間の経過とともに急速に萎凋していった。

本項の実験に用いた試料は、上記のように10月下旬および11月上旬に採取したという点以外は加圧実験に用いたものと同様である。また呼吸量の測定方法も、上に特記した点および内容積12～13 l（中棚の直径24cm）のデシケーターを使用した点を除き、加圧実験の際と同様である。

2. 実験結果および考察

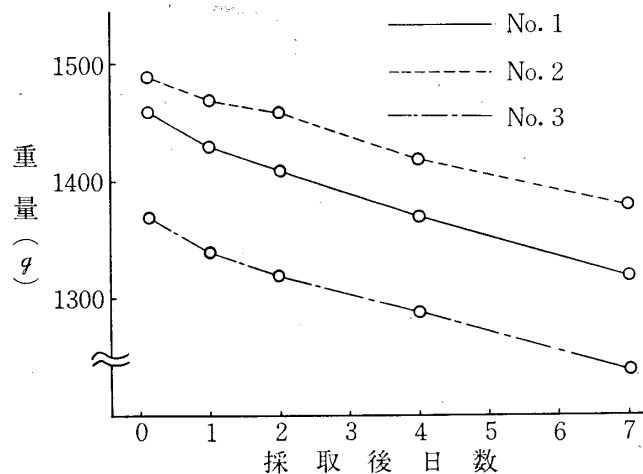
球のままの状態における試料について行なった呼吸量測定の結果は第9図に示すとおりである。

一般に呼吸作用は収穫直後が最も盛んでその後次第に低下し、とくに初期においては急速に減退するものとされている⁷⁾が、この実験の場合には、図に見られるように収穫直後よりもむしろ1日経過後の方がやや大きな値を示している。これは収穫直後のものは低い外気温度にさらされていたために、その影響で呼吸量測定時の試料温度も翌日以後の測定時に比べて低かったこと、それに加えて、第1回目の測定における測定時間を実験の都合で翌日以後の場合の5.5時間より



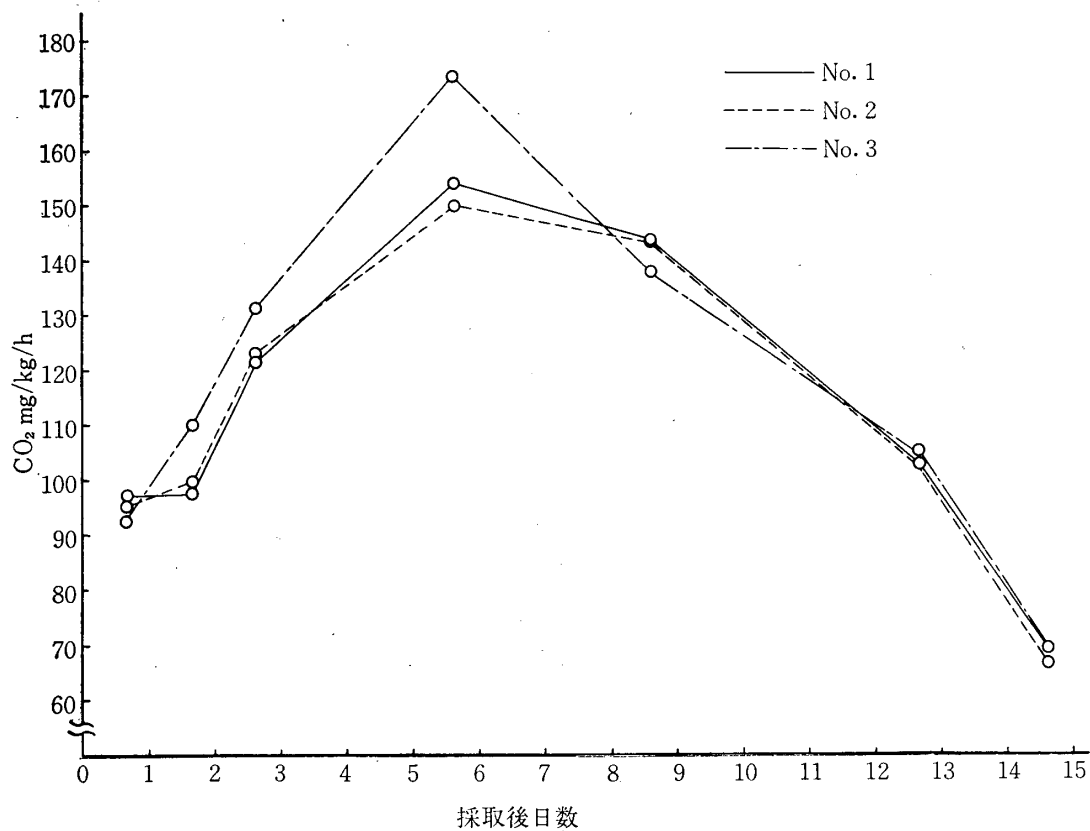
第9図 呼吸量の変化（球）

短かく 4.0 時間としたために、デシケーター内の温度の高い空気にあたためられて上昇するための十分な時間が与えられなかったこと、実験操作の不手ぎわからフ卵器温度が翌日以後の場合より 1~2°C 低かったことなどが原因として考えられる。同時に測定した重量の測定結果は第10図に示すとおりであった。



第10図 重量の変化(球)

切りはなした葉について呼吸量を測定した結果は第11図に示す。

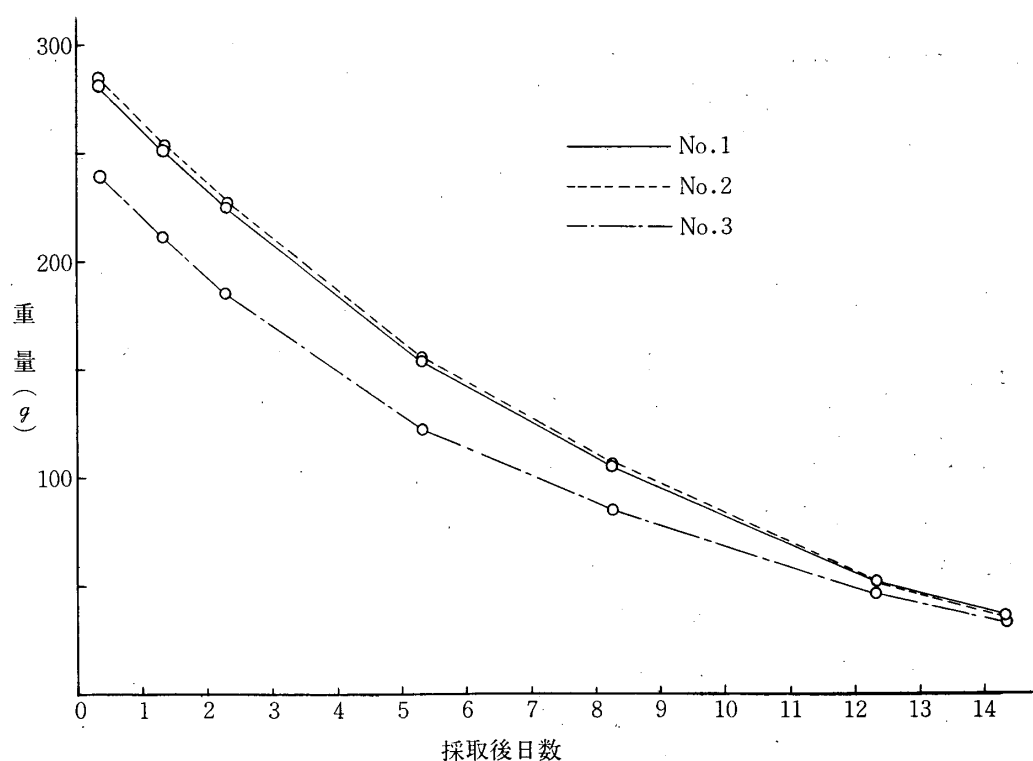


第11図 呼吸量の変化(葉)

図に見られるように、切りはなした葉の呼吸量は球のままの状態で測定した場合より多い。これはデシケーターに入れたとき、球の状態の試料より速やかにフ卵器内の温度に近づいてゆくこ

とと、呼吸量の測定時間が長いことから高い温度にある期間が一層長いということも原因と考えられるが、球の場合に比べて空気と接触する表面積の割合が大きいことが大きな理由であろう。(この点さきの球のままの場合、その表面の一部を被覆しても呼吸量に変化が見られなかったことと比較しておもしろい。)

つぎに切りはなした葉の場合には、呼吸量の時間的変化の様相も、加圧実験の際の結果をも含めて球のままの場合とは著しくおもむきを異にしており、はじめの数日は急増、その後急減している。結果として示した呼吸量は対新鮮時試料重量としてあらわしたものであるから (I.1.(3)), このすでに萎凋が著しくすすんだ段階である数日後に見られる明らかな呼吸量のピークは、重量減少による見かけ上のものではなく本質的なものである。いずれにしても、追熟現象をもたないこの種の青果物が、微生物の繁殖が認められないにもかかわらず、このような呼吸量の推移を示したことは甚だ興味深いことである。また同一のキャベツの異なった部分から得た試料である No. 1 と No. 2 とが、極めて類似した経過をたどっているのも興味のあることである。なお、同時に測定した重量の変化の状況を第12図に示しておいた。



第12図 重量の変化(葉)

Ⅲ 光線照射によるビタミンC含量等の変化

1. 実験方法

光線の照射による影響としては、色、萎凋などのかたちであらわれる外観上の変化がまず予想されるが、そのほかにも、生活機能の異常がおこることによってひきおこされると考えられる成

分その他における種々の変化が予想される。ここではやや基礎的な実験の一つとして、照射処理を行なった試料について、キャベツのビタミンとして重要でありかつ一般に光線によって酸化が促進されるとされている⁹⁾ ビタミンCの測定を中心に、あわせて重量変化すなわち水分損失の測定を行なった。

(1) 試 料

市販のキャベツを用いた。実験時期したがって購入の時期は5～6月である。

(2) 照 射 方 法

照射条件を一定にするために、かつ照射の影響を明確にするために、照射は球のままの状態ではなく一枚ずつ切りはなした葉に対して行なった。しかも、照射区と対照区において光線以外の条件をできるだけ同一にするために、両区の試料には、同一キャベツの同一葉をその中肋を境として二分したそれぞれ半片を用いた。

アスコルビン酸（還元型）含量に関して、同一葉の各半片について予備的に行なった測定結果を示すと第1表のとおりである。すなわち、アスコルビン酸含量は同一葉の左半部と右半部では

第1表 同一葉の各半片における
アスコルビン酸含量

試 料	アスコルビン酸含量 (mg %)	
	左 半 部	右 半 部
K 葉	44.3	43.6
L 葉	43.2	45.6
M 葉	44.5	47.0
N 葉	46.5	45.5

ほぼ相等しいと考えてよい。

照射本実験に用いたキャベツは重量 1,590 g で、その外側より 5, 6 および 7 枚目の葉（重量はそれぞれ 99.6 g, 81.3 g および 85.9 g）をとり、上記のようにその各半片に対して照射を行なった。

一般に、化学変化や動植物の生理機能におよぼす光線の影響は、自然光のなかでも紫外の短波長部において大であると考えられる。そこで本実験の場合も、光

源として殺菌ランプ（東芝 GL-15W, 分光エネルギー最大波長 2,537 Å）を用い、光源より 40 cm の位置に葉面に対して光線が直角にあたるように白紙上に1枚ずつ並べて置いた試料に、室温において、16時間40分にわたり光線を照射した。対照区として用いた残りの各半片は、同じ室内に照射区の場合と同様に並べて置き、光線を完全に遮へいして放置した。

照射区、対照区とも試料近傍の温湿度を測定した結果、両者においてそれらはほぼ同様に推移し、いずれも温度 24～26°C, 相対湿度 54～56 %であり、両者の間にほとんど差を認めなかった。

(3) アスコルビン酸の定量

照射終了後、試料中のアスコルビン酸（還元型）の量を測定した。定量はインドフェノール滴定法¹⁰⁾によった。

2. 実験結果および考察

光線照射後の試料の状態は、照射区、対照区とも萎凋が見られたが、照射区の方が萎凋の程度が対照区よりはげしく、かつやや黄褐色を帯びていた。

アスコルビン酸含量の測定結果は第2表に示すとおりである。第2表には、照射処理中に減少した試料重量の照射前の重量に対する割合（重量減少率）をも記載した。また表中アスコルビン酸含量（補正值）とあるのは、この重量変化の数値を用いて、アスコルビン酸含量を照射前の試料重量に対するmg%に換算した値である。

第2表 光線照射とアスコルビン酸含量および重量変化率との関係

試料	照射区			対照区		
	重量減少率 (%)	アスコルビン 酸 含 量 (mg %)	アスコルビン酸 含量（補正值） (mg %)	重量減少率 (%)	アスコルビン 酸 含 量 (mg %)	アスコルビン酸 含量（補正值） (mg %)
A 葉	26.9	35.2	25.8	19.6	48.3	38.8
B 葉	28.0	32.8	23.6	21.5	41.2	32.3
C 葉	29.2	35.8	25.4	22.6	42.2	32.6
平 均	28.0	34.6	24.9	21.2	43.9	34.6

重量減少率、アスコルビン酸含量および同補正值が照射区と対照区とでいかに相違するかを知るために、照射処理の有無と試料を要因とした分散分析を行なった。結果は第3表のとおりである。

第3表 照射処理の有無と葉の相違に関する分散分析の結果

要 因	自由度	重 量 減 少 率		アスコルビン酸含量		アスコルビン酸含量 （補 正 値）	
		不偏分散	分 散 比	不偏分散	分 散 比	不偏分散	分 散 比
照射処理の有無	1	69.360	730.11**	129.735	21.93*	139.202	30.72*
葉	2	3.532	37.18*	11.375	1.92	10.305	2.27
誤 差	2	0.095		5.915		4.532	

注：*は $\alpha=0.05$ において有意，**は $\alpha=0.01$ において有意であることを示す。

第3表に見られるように、照射区は対照区に比べて、重量減少率は高度の有意性をもって大であり、アスコルビン酸含量および同補正值はいずれも有意に小である。すなわち、照射処理を行なったものはしからざるものより重量減少の程度が大きく、アスコルビン酸含量が少ない。

EZELL および WILCOX¹¹⁾はキャベツその他の野菜について、それらを乾燥させるとき、重量減少とアスコルビン酸含量の減少とがほぼ平行してすすむことを報告している。著者の行なった実験の場合、照射区において対照区よりアスコルビン酸含量の少ないことが、萎凋すなわち水分

損失の程度の大なることに起因した二次的な現象であるか否かは不明であるが、いずれにしても光線の照射によりこのような結果が得られたことは、やや基礎的な問題として興味深い。

この結果によると、少なくとも本実験の条件においては、光線の照射によって品質の低下がもたらされたことになる。しかし実際上の観点より見るならば、流通過程にあってはキャベツはもちろん球として取扱われるわけであり、したがってその最外部の2〜3葉は直接光線の影響を受けるものと考えられるが、食用に供せられる内部の葉が一次的あるいは二次的にどのような影響を受けるかという点に関しては、本実験の範囲内では明らかでない。また実際に照射の光源となる自然光の場合は、本実験に用いた人工的照明とその影響が相違することも考えられる。これらの諸点より、現実の流通過程において光線が品質におよぼす影響に関しては、種々の条件を設定してさらに実験を重ねる必要があろう。

なお、殺菌ランプを用いた照射実験のほかに、通常の照明用蛍光ランプ（東芝、白色 FCL-20 W、紫外部にはごくわずかしかな分光エネルギー分布を示さない）を用いて同様の方法で予備的に行なった実験（ただし照射時間9時間、温度約 20°C）の結果では、照射区と対照区において、重量変化、アスコルビン酸含量ともに明らかな差異は認められなかった。

要 約

1. 基礎的な意味において、また最近のプラスチック袋包装と品質との関係のうちのいくつかを明らかにするという実際的な目的において、結球葉菜類の代表としてキャベツをとりあげ、次項の実験的検討を行なった。

2. キャベツに機械的圧力を加えた場合の呼吸量等について検討を行なうとともに、キャベツの呼吸量に関してその他若干の実験を行なった。またキャベツに光線を照射した場合のビタミンC含量等の変化を検討した。

得られた結果を要約すると下記のとおりである。

(1) 加圧中および除圧後のいずれにおいても、加圧に原因する呼吸量の変化は認められなかった。また経時的な重量変化についても加圧による影響は見られず、外観的にも目立った変化はあらわれなかった。

(2) キャベツの表面積の30%程度までが完全に被覆されても、呼吸量および重量減少の経過に変化は認められなかった。

(3) 萎凋等を生じていたんだ外側の葉を除去すると呼吸量が増加することが認められた。

(4) 1枚ずつ切りはなした葉は、球のままの場合より呼吸量が大であるのみならず、呼吸量の経時的变化の様相も球のままの場合とは著しくおもむきを異にしており、数日後に明らかなピークが認められた。

(5) キャベツの葉に紫外線を照射したものは、しからざるものよりアスコルビン酸含量が少

なく、また重量減少の程度が大であった。

3. 実験結果より得られるところの実際の見地における結論および考察事項を要約すると下記のとおりである。

(1) 2.(1)の結果から、プラスチック袋包装のキャベツを倉庫に貯蔵あるいは車両で輸送する際、貯蔵および輸送中ならびに倉庫よりの取出および車両よりの取卸後のいずれにおいても、堆積によって加圧されることに原因する品質低下の危険はないものと考えられる。ただし、加圧によってわずかではあるが機械的損傷をうけるおそれがあるので、この点比較的高温時の病害の発生との関連において留意しておく必要があり、また比較的温度の高い時期に収穫される品種や組織の状態（耐圧性）の異なるものに対するプラスチック袋包装の適用に関しては、さらに検討を加える方が安全であろう。（なお、本実験はプラスチック・フィルムの通気性、透湿性等に関して検討したものではないから、それらの性質に関連しての品質については、おのずから問題は別である。）

(2) 2.(5)の結果から、光線は多少なりとも品質に影響を与えるものと思われる。しかし、本報における光線照射処理の条件は、いくつかの点において、店頭での販売時をも含めた流通過程でキャベツがおかれる条件とかなり相違するので、実際の流通過程で光線が品質にどの程度の影響をおよぼすかということを明確にするためには、さらに実験を重ねる必要があるものとする。

おわりに、実験に使用した試料について御配慮を賜った東京農工大学農場の関係各位に謝意を表します。

文 献

- 1) POLLACK, R. L., RICCIUTI, C., WOODWARD, C. F. and HILLS, C. H.: *Food Technol.*, 12, 102 (1958)
- 2) POLLACK, R. L., WHITTENBERGER, R. T. and HILLS, C. H.: *Food Technol.*, 12, 106 (1958)
- 3) STERLING, C., CHICHESTER, C. O. and HUGHES, R. E., Jr.: *Food Technol.*, 12, 196 (1958)
- 4) SOMMER, N. F., MITCHELL, F. G., GUILLLOU, R. and LUVISI, D. A.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 76, 156 (1960)
- 5) O'BRIEN, M., YORK, G. K., MAC GILLIVRAY, J. H. and LEONARD, S. J.: *Food Technol.*, 17, 1050 (1963)
- 6) 杉山直儀：園芸学雑誌，13，155（1942）
- 7) 緒方邦安：園芸食品の加工と利用，1版，（養賢堂），p. 110（1963）
- 8) 長坂啓助，中村怜之輔：島根農科大学研究報告，（9）A-1，63（1961）
- 9) 桜井芳人：栄養化学，三訂版，（朝倉書店），p. 395（1951）
- 10) 東京大学農学部農芸化学教室：実験農芸化学，改訂9版，上巻，（朝倉書店），p. 151（1966）
- 11) EZELL, B. D. and WILCOX, M. S.: *J. Agr. Food Chem.*, 7, 507 (1959)