

チューリップ球根の貯蔵中の呼吸について

吉 野 蕃 人

Shigeto YOSHINO

Respiration of Tulip Bulbs during Storage

緒 言

さきに著者⁽³⁾⁽⁴⁾はチューリップ球根生産の経済性を高める一つの方法として、夏季掘り上げた種球を適温、適湿のもとに貯蔵することによって、球根の収量を増加させることを明らかにした。その後その研究を基礎とし、経済的規模において貯蔵試験を行なった結果はすこぶる好結果を招き、いよいよ夏季の種球の低温貯蔵法が実用の段階にはいつてきたが、夏季 20~25°C、庫内湿度 70%前後に保てる球根貯蔵庫を設計する基礎的なものは全く研究が行なわれていない。貯蔵庫設計上、断熱、冷凍機の容量さらに種球貯蔵中の空気組成について問題があるが、これらは球根の呼吸の様相を明らかにすることによってはじめて解決できる。チューリップ球根の呼吸については BOULD⁽¹⁾ が肥料試験の項目中、施肥と収穫した球根の呼吸差を調べたものがあり、それによれば 6 月終わりから 8 月末ごろまでが呼吸量が多く、その後呼吸は低下し、植付前になって再び盛んになると述べている。それからすると低温貯蔵庫に入庫するのは花芽分化期からその直後にあたり、呼吸の著しい時期となる。したがってこの時期の呼吸量の測定により、貯蔵庫建設上の基本的な熱量を知ることができる。そこで本実験は低温貯蔵庫に入庫した初期にあたる 7 月下旬の球根の呼吸について測定を行なった。

実験材料および方法

1965年島根農科大学神西砂丘農場で生産したチューリップ球根中、Apeldoorn その他 4 品種を用いて測定を行な

った。球根乾燥後、神西砂丘農場球根貯蔵庫に温度 20°C、湿度 70±5% で貯蔵中の球根を用いた。測定方法はデンケーター中に 1 kg の材料を密閉して、水酸化カリウムに炭酸ガスを吸収させ、残ったアルカリ量を滴定して呼出炭酸ガス量を計算によって求めた。また、発熱量については炭酸ガスの呼出された量により算出した。

実験結果

(1) 貯蔵温度と球根の呼吸量

Apeldoorn 9 cm 球を用い 30°C、25°C および 20°C の室温下において呼吸量を測定した結果は第 1 表のとおりであった。すなわち室温 20°C より 25°C で、25°C より 30°C のもとに呼吸は増加した。また 20°C の測定温度以前に、28~30°C で保持した種球の呼吸量は、30°C の定温下の呼吸量とほとんど変わらなかった。わが国における夏季の種球貯蔵期間の気温は 30°C をしばしば越すので、その呼吸量はさらに増加すると考えられ、球根中の貯蔵でん粉は酸化消耗されることになる。

(2) 球根の大小による呼吸の差

Apeldoorn の 12 cm 球、10 cm 球、8 cm 球および 6 cm 球のそれぞれ規格の異なる球根について、20°C の温度下で測定した結果は第 2 表のとおりであった。すなわち一定重量のもとでは大球に比較して小球になるほど、わずかずつではあるが呼吸量が増加した。しかし 1 kg 当りの球根個体数は 12 cm 球で 30 球、10 cm 球で 60 球、8 cm 球で 110 球、6 cm 球で 230 球であったので、それぞれの個体 1 球ずつは小球になるほど呼吸量が少ないこととなる。重量当りの個体数は小球ほど増すので、

第 1 表 貯蔵温度と球根の呼吸 (Apeldoorn 9 cm 球)

温 度	測 定 重 量	測 定 時 間	炭酸ガス排出量	呼 吸 熱
°C	kg	hr	mg/kg. hr.	Kcal/t. 24hr
20	1	20	29.3	1,807
25	"	"	33.4	2,060
30	"	"	36.4	2,245
※ 20	"	"	36.8	2,270

※ 測定前 5 時間 28~30°C の室温下に置いた後 20°C 下で測定 (12 cm 球)

第2表 球根の規格と呼吸量 (Apeldoorn)

規 格	測 定 重 量	測 定 時 間	炭酸ガス排出量	呼 吸 熱
cm	kg	hr	mg/kg. hr.	Kcal/t. 24hr
12	1	20	28.3	1,746
10	"	"	29.9	1,844
8	"	"	30.8	1,900
6	"	"	32.0	1,974

第3表 裂皮程度と球根の呼吸 (Apeldoorn 11 cm 球)

裂皮程度	測 定 重 量	測 定 時 間	炭酸ガス排出量	呼 吸 熱
	kg	hr	mg/kg. hr.	Kcal/t. 24hr
5 mm 以下	1	20	22.3	1,375
1.0~1.5 cm	"	"	28.5	1,758
2.0~3.5 cm	"	"	31.7	1,955
剥 皮	"	"	38.1	2,350

呼吸熱も高くなる。本来種球の貯蔵は大球の出荷の終わった後の種球について行なうので、生産された球根中10 cm 球以下の規格の球根が主体となる。その場合の t 当り24時間の呼吸熱は1,900~2,000 Kcal となる。

(3) 外皮の裂皮程度と球根の呼吸量

Apeldoorn 11 cm 球を用い、球根外皮の裂皮程度を裂皮間隔 5 mm 以下の商品として一級品に当る球と、裂皮間隔 1.0~1.5 cm, 2.0~3.5 cm および収穫時からの裂皮はなはだしく、乾燥・調整・数取り中に外皮のなくなってしまう剥皮球とに区分し、それぞれの球根が 20°C の温度下で行なった呼吸量は第3表のとおりであった。裂皮程度が大きくなればなるほど呼吸量は多く、球根の外皮が貯蔵期間中の呼吸の抑制に大きな力ではたらしをなしていた。したがって 20°C の温度下であっても特に剥皮球根の呼吸熱は高く、30°C の温度下に置いた外皮のある球よりもより多くの呼吸熱を出していた。

(4) 品種間における呼吸量の相違

神西砂丘農場で生産したチューリップ、Van der Eerden, Mr. van Zijl, Apeldoorn, William Piht および Clara Butt の各品種の 9 cm 球を用い、品種間の呼吸量について測定し、あわせてその球根の花芽の完成度および

びノーズの生育度を調べた。その結果は第4表のとおりであった。この結果から、呼吸量において Apeldoorn と William Pitt の一群と Van der Eerden, Clara Butt および Mr. van Zijl の群とに分かれる。したがって Apeldoorn と William Pitt はともに呼吸熱も少なく 1,800 Kcal 台にあり、その他の品種群は 2,000 Kcal を示し、Mr. van Zijl にいたっては 2,100 Kcal に近い。調査球のそれぞれの品種50球について花芽完成度およびノーズの生育度を調べた結果では、Mr. van Zijl が調査球数の40%の花芽形成完成率であったほかは他の品種は花芽の完成を終わっていた。しかしノーズの生育は William Pitt と Apeldoorn が最も進み、次いで Van der Eerden, Clara Butt, Mr. van Zijl の順となった。この生育度は呼吸量と関係があることを示し、ノーズの生育の進んだ品種は呼吸強度が低下し、生育の遅れている品種では呼吸強度が高まった。

考 察

チューリップの球根生産上、夏季高温下に種球を貯蔵しておけば、中心子球の生育が抑制され貯蔵養分の消耗も激しく、翌年の球根生産上はなはだしく不利になる

第4表 球根の呼吸量と品種間差 (各品種 9 cm 球)

品 種	測定重量	測定時間	炭 酸 ガ ス 排 出 量	呼 吸 熱	Nose		花 芽 完 成 度
					長	厚	
	kg	hr	mg/kg. hr.	Kcal/t. 24hr	mm	mm	
Vander Eerden	1	20	32.8	2,023	4.1	2.6	完 成
Mr. van Zijl	"	"	33.7	2,079	3.8	2.3	40%の球根が完成
Apeldoorn	"	"	29.3	1,807	4.5	3.0	完 成
William Pitt	"	"	29.9	1,844	6.5	2.6	"
Clara Butt	"	"	32.9	2,029	3.7	2.5	"

ことから、著者は夏季低温乾燥貯蔵による種球の生産力増加の実験を行なってきた。一方オランダにおいては、夏季の気温が低く頂芽優勢が強きはたらき過ぎ、そのため経済的な分球と肥大が得られないことから、貯蔵庫を暖房することによって目的の室温を保ち種球を貯蔵する研究が行なわれてきた。この双方の考え方は一致し、20～25°Cの温度と70%前後の湿度下に貯蔵することが経済的に有利であることが明らかにされてきた。夏季冷涼な気候にあるオランダでは、暖房によって目的の温湿度を保つのに対し、わが国では気温が高く冷房によって目的の温湿度を求めねばならず、これの実用化も初歩段階で、いまだに理論的な組立がなされていない。低温乾燥貯蔵を行なうには貯蔵庫の断熱、冷凍機の容量、さらに貯蔵中の庫内空気の組成などのむづかしい問題が生じてくる。したがってこれらの問題を解決する第1歩が球根の呼吸について測定である。球根は収穫後貯蔵されている時にも常時呼吸を行なっている。すなわち球根は呼吸に必要な空気を自由にとり体内で酸化作用を行ない、炭酸ガスと水を放出している。球根は生育中と異なり、貯蔵中であるので他から養分の補給がなくて、消費だけの時期に当る。呼吸量は貯蔵温度に大きく左右される。第1表のとおり種球の貯蔵温度が高いほど呼吸量が多く、したがって他からの補給なしに体内養分を酸化消費させている。このことは著者が明らかにしたように、翌年の地上部の生育にはもちろん、球根の肥大にも大きな影響を与える原因となっている。球根の養分消費を防止するための目的ならば、凍結しない程度に低温を保つことが呼吸量を少なくするが、球根生産という目的のためには、分球と肥大を経済的にさせることであり、この目的に反する温度条件でもって貯蔵するわけにはいかない。このことがオランダで夏季低温をさせて暖房によって適温を保っているゆえんでもある。このようなことから20°Cという温度下での呼吸量の測定を行なったわけである。この条件下で球根が呼吸する際に放出する熱量が生活熱であって、これが低温貯蔵の際にもっとも問題になる熱量である。すなわち、まず20°Cの定温下において呼吸によって生ずる発熱量と、断熱壁を通してはいってける熱量を冷凍機によって除去しなければならないが、この外に暖かい場所から低温な場所へ搬入した場合は、球根自体の暖かい体温が低減するまでは呼吸強度も衰えないので呼吸熱も高い。このことは20°Cの定温下の呼吸熱がtあたり24時間で1,800 Kcalであるのに対して、28～30°Cの室温下にある球根を20°Cに置いた場合は2,270 Kcalと26%も発熱量が多いことによって示されている。そこで高温の場所から低温貯蔵庫に入庫する場合には、それだけ多い呼吸熱を感熱とともに除去でき

なければならない。

さてチューリップには球根の大小によって規格が定められている。規格別の呼吸強度をみた結果は、一定重量のもとにおいては小球ほど呼吸量の多いことを示した。しかし小球ほど重量当りの個体数が多く、1球当りの炭酸ガス排出量は1時間当たり12 cm球で0.95 mg, 10 cm球で0.5 mg, 8 cm球で0.25 mg, 6 cm球で0.1 mgで小球になるほど小さくなる。このとおり小球ほど呼吸量が少なくなるのは、植物自体が小さいことにもよるであろうが、ノーズの生育などに差があることから生じてくるものと思われる。

裂皮程度による呼吸量の差は、同一圃場で生産した球根でも裂皮の程度によってはなはだしく差がある。これはコルク化した外皮が呼吸の抑制に役立っていることを示している。そのため外皮が裂けて内側の鱗片が多く露出した球根ほど呼吸量が多く貯蔵養分が消耗される。

果実の場合などにおいても冷蔵中品種によって呼吸量の差が認められている。チューリップにおいてもそれぞれの品種間に差があったが、今回調べた5品種は呼吸量から二つのグループをなしていた。品種間に差が生ずる原因についてはさらに詳細に調べねばならぬが、花芽分化速度ひいてはノーズの生育程度の遅速が品種間にあり、それを一時点において測定する結果、生育度の差が呼吸強度の差となってあらわれるのではないかと思われる。

本実験の結果より低温貯蔵庫に入庫した当時の呼吸熱はt当たり24時間で2,300 Kcal程度であり、20°Cの定温になってからは1,500～2,000 Kcalであることから、貯蔵庫建設上の断熱、冷凍機の容量の数値を算出することができる。

次に球根が呼吸することによって生ずる炭酸ガス排出による庫内空気の組成の問題がある。貯蔵庫に球根を入れたまま密閉しておけば、庫内に炭酸ガスが集積される。炭酸ガスが空気中に多くなれば庫内の酸素が不足し、正常呼吸は分子間呼吸へと移行していく。このような状態になれば球根の生理作用にとって、はなはだ都合をきたし、ノーズおよび子球の生育は阻害されることがうかがわれる。このことは経済的に有利な生産を目的とした低温貯蔵庫の効能を殺してしまう結果となる。そこで庫内の空気の組成上、球根の炭酸ガス排出量に基づき、庫外より適量の新鮮空気の導入が必要となってくる。本実験で行なった炭酸ガス排出量からすれば、t当たり24時間に最も多い場合で500 l, 少ない場合でも300 lの炭酸ガスを放出していることになる。空气中炭酸ガス含有率が何%になるとチューリップ球根に生理的傷害が生ずるかは不明であるが、外気と同様の空気組成を保

つためには、適度の新鮮な空気を庫内に吸入させねばならず、この実験結果はその算出基礎となるものである。

摘 要

(1) 球根貯蔵温度 20, 25, 30°C の温度下での呼吸量は温度が高いほど多くなる。

(2) 規格別では同一重量下で大球より小球の呼吸量が多く、外皮裂皮程度が大きくなるほど呼吸量が増加する。また品種間においても呼吸量に差がある。

(3) 低温貯蔵庫に入庫する時期の球根呼吸熱は 2,270 Kcal/t. 24 hr であり、20°C の定温下での呼吸熱

は 1,375~2,350 Kcal/t. 24 hr である。

引用文献

1. BOULD, C. : Jour. Pom. & Hort. Sci 27 : 254~274, 1939
2. 加藤舜郎：青果物の冷蔵：日本冷凍協会；東京，16~30, 1955
3. 吉野蕃人・渡部和夫：島根農大研報 6 : 61~67, 1958
4. 吉野蕃人：島根農大研報 10 (A) : 19~22, 1962

Summary

1) Respiration of tulip bulbs during storage decreased gradually with the falling of storage temperature (30°, 25°, and 20°C).

2) Small tulip bulbs showed higher respiration than large ones and apparent differences were also found among the varieties examined. Then, the respiration of tulip bulbs increased remarkably with the increasing area of tears in their outer corky skin.

3) Before entering low temperature storeroom, tulip bulbs showed 2270 Kcal/t 24 hr of respiratory heat.

Under constant temperature of 20°C, tulip bulbs showed 1375~2350 Kcal/t 24 hr.