チューリップの垂下球(dropper)に関する研究(第2報)

小球における垂下球の発達経過とその形態学的観察

萩屋 薫・雨木 若 橘

(新潟大学農学部)

K. HAGIYA and W. AMAKI : Studies on the
dropper of tulip bulbs. (II)

Developmental process and morphology of dropper in small bulb

Summary

1. In order to make the growth mechanism of dropper of tulip bulbs clear, 4 gram seed bulbs of Kansas and William Pitt were planted in October and their morphology were investigated at regular intervals.

2. It was difficult to recognize any symptom of the dropper from appearance or on examination of the section of the bulbs with the naked eye before the planting time, but in early December after two months since then the bulbs were harvested and examined, it was found that of the ones which would produce a normal type daughter bulb in each mother bulb, the primordia of inner bulb was situated in the center of the nose of the bulb, whereas of the bulbs which would produce the dropper, there was a hump in which the primordia of inner bulb was produced eccentrically on the side wall of the nose as shown in Fig. 1.

3. It was ascertained that the hump of nose which would develop into the dropper stalk was located on the opposite side of the point where the seed bulb attached oneself to its mother bulb in the previous year, and the hump (dropper), pushed its

way through the scale beside the disk, elongated vertically down the ground, and produced a bulb on its tip. (Fig. 1. 2. 3.)

4. The dropper stalk has a meristem on its tip, where the daughter bulb was originated, and as its meristem produces new cells actively and sends them backward, the dropper stalk makes its way rapidly into the earth with the base of the daughter bulb at the head as in the case of peanut's gynophore,

On the other hand, it is confirmed that the dropper stalk has the geotropism in its growing stage, because when it was harvested and kept horizontally in moisture condition, it bents its tip downward.

5. The morphology of the dropper stalk is quite similar to the basal part of the leaf stalk, that is, its center is hollow as shown in Fig. 5, and its wall has not the same thickness, namely the side where it was attached to its mother bulb is thicker than the other side.

Some vascular bundles run through the dropper stalk to the base of the daughter bulb in its tip, from the leaf and others from the disk of seed bulb.

I. 緒 言

チューリップは開花しないような小さい種球を植えた場合、dropper と称し子球が母球と同じ位置に形成されることなく、種球位置よりはるか下方に長い柄の先に子球が垂下して形成されるものをしばしば見かける。これを初めて見た者は誰もその奇異な形態に驚き、何故このように奇妙な球根の形成の仕方をするのだろうか疑問に思うであろう。筆者らもはじめてチューリップの球根栽培を行つたとき、この垂下球を見つけて興味を引かれ、垂下球がどのようにして地下にもぐつて行くのだろうか？ 垂下球は発育のどの段階で正常な子球形成のものと分化するのであるか？ 垂下球の母球と新球とをつなぐ柄の部分(垂下柄 dropper stalk)はどんな構

造をしているのであろうか？ またこの部分は植物学的には、いかなる器官なのだろうか？ などの疑問が次々にわいてきたのである。

チューリップの垂下球の形態についてはこれまでもいくつ報告されたものがあり^{1, 2, 6, 7}、特に小倉氏の *Tulipa edulis* 及び *T. latifolia* についての研究や、最近の青葉氏らの形態並びに形成過程の研究にはかなり詳細にのべられているが、上記の如き点についてはなお疑問な点もあるようである。筆者らは数年来垂下球の形成機構を明かにするため研究を行つてきたが、その一段階として解剖学的観察を行つたので、多少これまでの研究者の結果と重複する所もあるがここに報告する次第である。

II. 実験方法

供試種球は1954年は新津市小合産の球根を、1955年

1958年8月25日受理

と 1956 年は当研究室産のものを用いたが、種球の選別に当つては 1 球ずつ重量を秤量して極力大きさをそろえるようにした。植付期は各年度共 10 月中旬とし、種球はそれまで研究室内に同一条件下で貯蔵して置いた。栽培は当研究室の砂丘地園場で行つたが、施肥量その他栽培管理は当地の慣例にならうできるだけ斉一に行つた。

垂下球の垂下の長さは、母球の底部下端から垂下球の先端までの長さを測定し、垂下球形成個体のみの平均値で示した。球根の乾物重はすべて外皮を除去して測定した。また解剖学的な観察の検鏡用切片はすべて手截法によつて作成した。

III. 実験および観察結果

まず垂下球の形成過程を調査するため、Kansas 及び William Pitt の 4g 球を 10 月中旬園場に植込み、植付当時より一定期間ごとに掘取つて球を切断し、発達経過をたどつてみた。第 1 表はそれと平行して行つた生育調査の結果である。

倉岡、吉野両氏⁽⁶⁾によると植込期の球根を縦断してみると、将来垂下球を形成するものは既に内子球が突起を呈して垂下の態勢を整えていると報じているが、筆者らの観察では植付前には未だこのようなはつきりした垂下の形態を示したものは、少くも肉眼的には認められなかつた。しかるに植付後約 50 日を経過した 12 月上旬に掘取つた未開花球は、縦断してみると第 1 図の各々に示した如く、3~4 枚の鱗片にかこまれた中心の芽 (nose, 若い同化葉) の内部には既に内子球が形成され始めており、沢山の材料を切つてみるとこの内子球が nose の中央に位置しているもの (各図の右側のもの) と、子球が中心よりはずれて側方にずれて形成されているもの (各図の左側のもの) とのあることがわかつた。この子球位置の偏在している球は、そのため nose の基部の当該部分がこぶ状に突起しており、1-c 図に示す如く外部の鱗片を全部除き、中心の nose の部分だけを裸出させると、外部からもはつきり両者の区別ができるのである。しかしここに注意すべきことは、このこぶ状の突起のできる方向、即ち子球形成の偏在方向は、でたらめではなくて一定しており、必ずその種球が前年母球に着生していた位置と反対の側、つまり種球の底盤部 (disk) の傾斜方向にあたるのがわかつた。このような子球の偏在した球が将来垂下球になることは明かであつて、つまりこの時期に至ると肉眼的に両者の差がはつきりすることがわかるのである。

1 月頃までの生育は第 1 表でも明かなように未だ極め

1-a

1-b

1-c

Fig.1. Longitudinal sections of bulbs in 2 months after planting (in December) and their early construction and mode of growth; the left of each set of the figures shows the one which would produce a dropper, and the right shows the one which would produce a normal bulb.

In the former, the primordia of inner bulb is situated eccentrically in the nose.

1-a. Dotted lines show a median line and growth direction of the dropper stalk.

1-c. The scales of the bulb are removed, and the nose is exposed.

て緩慢であつて、芽もやつと球根の上部よりその先端を出した程度であるが、将来垂下球になる球では、前記の nose の基部のふくらみは更に鱗片を圧して突起してきて、nose の基部は、ちょうど傾斜した底盤部の平面上に長靴を、爪先を低い方に向けて置いたような恰好に見える。つまり nose のつけ根を長靴のくるぶしの部分に見立てると、葉の部分は足を入れる筒の部分、将来垂下球になるこの突起部は爪先に相当するわけで、この爪先の部分の内部に新球が存在するわけである。そしてこの突起は時期の経過と共に 1-a 図に示した如く、底盤面にそつて矢印の如く鱗片及びその外側の外皮を次々に破つて伸長し、2 月に入ると母球の下側部にその先端を白くのぞ

a

b

Fig. 2. External view and longitudinal sections of dropper in February. 2-b. The scales of the bulb are removed. Arrows point out the location of disks of the bulbs.

かせるようになり、外部からも垂下球として明らかに認められるようになるのである。

3月初旬、芽が地上にあらわれ始める頃になると、この垂下柄 (dropper stalk) は急速に伸長し、地下に向つ

Fig. 3. External view and longitudinal sections of dropper and the normal bulbs in April. Arrows point out the disks of their mother bulbs.

て垂直に伸長する(第2図)。しかしこの垂下柄の伸長は個体によつて差があり、3月上旬に球を掘取つてみると、早いものは既に5cm位に伸長しているものがあるかと思うと、遅いものではやつと垂下柄が球根外皮を破つて

Table 1. Growth and developmental process of dropper on tulip bulbs (1954)

Date	Plant height (cm)	Plant weight (g)	No. of root	Diameter of daughter bulb (mm)	Weight of daughter bulb (g)	Depth of dropper (cm)	Stages of dropper development
Jan. 15	3.4	4.7	54.9	4.2	—	0	A hump was produced at the side well of the nose base.
Feb. 13	5.7	5.6	56.4	4.3	—	0	A tip of dropper appeared from the cover sheath of bulb.
Mar. 17	17.3	7.7	61.3	9.6	2.2	1.8±1.0	The dropper stalk elongated.
Apr. 13	25.0	17.5	61.5	22.8	9.0	3.0±1.2	The daughter bulb swelled at the dropper stalk tip.
May 14	27.3	29.4	61.8	30.5	15.7	3.9±1.1	The dropper swelled larger.
June 11	27.1	26.9	62.0	33.4	23.7	4.0±0.7	The dropper matured.

先端をあらわし始めるといつた段階のものまで観察された。これらの垂下柄を縦断してみると、子球は常にその先端部内に位置しており、中空の柄の部分が伸長して地中にもぐって行くことがわかった。

次いで地上部の生長が本格的になる4月には、第3図にみられるようにこの垂下柄の先端は肥大してくるが、これはその内部にある子球の生長によるもので、この垂下球の肥大速度は垂下しない種球位置に形成される普通型の球とほとんど差がないか、或はむしろそれより肥大がよい位であった。垂下柄の伸長はその先端が肥大し始めてもなお続けられるようで、第1表でもみられるように、5月まで垂下長は増し、子球は充実してくる。

以上がチューリップの垂下球の発達経過の概要であるが、要するに垂下しない球が鱗片の中心の nose の基部即ちその葉鞘（葉柄）の下端内部に子球が形成されるのに対し、垂下球の場合は子球の形成位置が nose の下端からずれ、はみ出して垂下柄が母球下部の鱗片や外皮を破つて下方に伸長し、その先端に子球を形成するのであつて、その形態は小倉氏、青葉氏らの記述と一致していた。それ故垂下柄は植物学的には新球から言えばその外皮の一部であり、種球から言えば、本実験のような1枚葉の小球ではその同化葉葉鞘（葉柄）の一部が伸長しこれを形成しているわけである。

次に垂下柄の構造についてみよう。第4図は3月中旬に掘取つた球の縦断面を示したものであるが、垂下柄の構造は葉柄基部のそれと全く同じで、内部は中空で生長すると内面に毛茸が密生するようになる。またその維管束の分布状態も葉柄のそれと全く同じであつて、葉柄の維管束の大部分はそのまま伸びて垂下柄に入つて行き、その先端に形成される子球の底部に連絡している。しかし葉柄が母球に接している側には、この他に母球の底盤部から垂下柄へ出て、その子球底部に連なる維管束や、

Fig. 4. Diagrams of the structure of bulbs.

A. normal type B. with dropper

L. S. foliage leaf stalk C. cover sheath of the bulb S. scales D. disk V. vascular bundle D. B. daughter bulb R. root D. S. dropper stalk M. meristem

底盤部から同化葉へ走る維管束なども観察された。このことは垂下球が垂下しない球と同様に通導組織をもつて地上の同化器官や、地下の根系と連絡が保たれ、垂下球が新球の肥大のための養水分の転流の面で、垂下しない球と何ら変りない状態にあることがうかがわれるのである。

第5図は第4図と同じ時期の材料を用い、横断切片を作つて検鏡したものであるが、これでも明らかなように、中空の円筒形の垂下柄はその周囲の壁が等厚ではなく、母球に接している側は特に肉厚で、その反対側に比較すると約2倍の厚さをもっており、その中を多くの維管束

Fig. 5. Longitudinal and transversal section of a dropper stalk; numeral letters indicate the part of each transversal section.

が走っている。この部分は植物学的には葉肋に相当するわけで、前にのべた母球底盤部から出て垂下球の底部に連なる維管束もこの部分を走っているのである。

ところで垂下柄の各部の横断切片をみると、先端部（下部）では組織の分化が未だほとんど行われておらず、それを構成している細胞も小形で、未分化な原形質の充満した若い細胞からなっているのに対し、基部（上部）に行くに従ってその細胞は大形となり、原形質も少く、組織的にも分化が進み、柔細胞の中に維管束が点在して

いるのが判然と識別されるのである。このことは垂下柄がその先端部に分裂組織を持つていることを示すものであつて、これはまた同時にチューリップの垂下球がどのようにして地下にもぐつて行くか？ という疑問に対しても明快な解答を与えてくれるのである。即ち垂下柄先端の子球底部に存在するこの分裂組織は、次々と新しい細胞を後方に送り出して行くので、その生長により、垂下柄自体は子球底部を先頭にして急速に伸長することが容易に理解されるのである。

以上は垂下柄の伸長機構であるが、これだけではその地下侵入機構の説明はつかない。垂下球が地下に向つて垂直に侵入して行くためには、この他に地下への方角づけを行う何らかの機構がなければならないはずである。何故ならばチューリップと同じような分球形態を示す多くの球根植物の中には、上記のように新球が種球の下方にではなく、側方に形成されるものがかかなりあるからである。例えば小倉氏⁽⁶⁾はヒメニラでは鱗茎から細長い匍枝が水平に出て、その先端に子球が形成されることを報じており、筆者らも同じチューリップ属の *T. Chrysantha* が dropper を、他のチューリップの園芸種の如く下方に形成することなく、第6図に示したように子球を母球と同一の深さに側方に形成するのを発見したからである。また垂下球は前にものべた如く、発生の初期段階ではその先端が nose の下端に横にとび出した突起として出発するのであるが、やがて下向に伸長し、母球の下側部を破つて地中に向つて伸長することなどから考え

Fig. 6. The behavior of bulb formation in *Tulipa chrysantha*. Two stolons (droppers) run horizontally instead of running downward as that of horticultural species does, and bulblets were produced on the same level with the mother bulb at the stolon tips.

Fig. 7. Geotropism of dropper stalk, showing the bulbs which bent their dropper stalks downward in the tips when they, whose dropper stalks elongated to some extent, were harvested in early March and kept a day horizontally at a moisture condition.

ると、このような垂下球の地下侵入の方向づけはその屈地性によるものではないかと想像される。それで筆者らはこのことをたしかめるため、次のような簡単な実験を試みてみた。即ち3月上旬球根を丁寧に掘取つて、暗黒の湿室に植物体全体を水平にして室温で一昼夜保つて見た所、第7図に見られるように垂下柄の先端は下方に向つて屈曲した。屈曲はその先端部だけであつて、基部はもとのままであつたことは、一般の根における屈曲性と同じであつて、屈曲がその先端の生長帯における不均一な伸長生長に基くことを示している。第8図は一たん水平に保つて垂下柄の先端が下方に屈曲したものを、更に屈曲部を上にして水平に植えかえたため、その先端が再び下方に向つて伸長し、ジグザグに彎曲したものを示したものであるが、これでも垂下柄の屈地性が非常に強固なものであることがわかるのである。

以上のようにチューリップの垂下球は垂下柄の先端の伸長生長と屈地性によつて、母球位置より下方に垂下して子球が形成されるものであつて、その機構は落花生の子房柄が地下へもぐつて行き、そこで子実を形成するのと非常に似ており、甚だ興味深いものがある。

Fig. 8. Geotropism of dropper stalk.

- A normally grown dropper stalk
- A zigzag grown dropper stalk which was formed as a result of that the dropper which had been bent downward as shown in Fig. 7 was again placed adversally.
- A bent grown dropper stalk which was caused by transplanting the seed bulb sidewise.

IV. 摘 要

- チューリップの垂下球の発生機構を明らかにするため定植後一定期間ごとに掘取つて形態的な観察を行つた。
- 植付当時までは外観的にもまた球を切断してみても、未だ肉眼的には垂下球になるか否かは区別できなかった。しかし植付後2カ月位経つた12月に掘つたものでは第1図の如く普通型になる球では、内子球が nose の中心にできているのに対し、垂下球を形成するものは nose の側部にこぶ状の突起ができており、その中に子球が nose の中心からずれて位置していた。
- この nose の突起は将来垂下柄になるのであるが、これはその種球自身が前年母球に着生していたと反対の側に形成される。そしてこの突起 (垂下柄) は disk のわきの鱗片を破つて地中に向つて伸長し、その先端に子球を形成するのである。(第1, 2, 3図)
- 垂下球の先端の子球底部には分裂組織があり、新しい細胞を次々と作り、後方に送り出して行くので、垂

下柄は丁度落花生の子房柄が地下に侵入し結実すると同じように、子球底部を先にして急速に伸長するのである。また伸長期にある垂下柄は湿室に水平に保つとその先端が下向することから向地性を有することがわかった。

(第7, 8図)

5. 垂下柄の構造は葉柄基部のそれと同じで、内部は中空になつており、その壁は第5図にみられるように等厚ではなく、垂下柄が母球に附着している側は肉厚になつている。

葉柄の維管束はそのまゝのびて垂下柄を経てその先端にある子球底部に達している。また種球の底盤部と子球とを連絡する維管束もみられた。

文 献

1. 青葉 高・渡部俊三・久村素娥. 1957. チューリップの dropper に関する研究 (第1報). 山形農林学会報. 11: 6—8.
2. 萩屋 薫・雨木若橋. 1957. チューリップの垂下球 (dropper) 形成に関する研究 (第1報). 園学雑誌. 26: 205—208.
3. JACOBS, W. P. 1947. The development of the

gynophore of the peanut plant, *Arachis hypogaea* L. (I) Amer. Jour. Bot. 34: 361—370.

4. ———. 1958. Auxin relationship in an intercalary meristem; further studies on the gynophore of *Arcachis hypogaea* L. Amer. Jour. Bot. 38: 307—310.
5. 倉岡唯行・吉野善人. 1955. チューリップの根の伸長並びに仔球の形成発育について. 園研集録. 7: 162—167.
6. OGURA, Y. 1952. Morphology of the subterranean organs of *Erythronium japonicum* and its allies. Phytomorph. 2 (2,3): 113—122.
7. ROBERTSON, A. 1906. The “droppers” of *Tulipa* and *Erythronium*. Ann. Bot. 20: 429—440.
8. SHIBUYA, T. 1935. Morphological and physiological studies on the fructification of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Mem. Fac. Sci. Agr. Taihoku Imp. Univ. 17: 1—120.
9. YASUDA, S. 1943. Physiological analysis of fruit development in peanuts, (I) Jap. Jour. Bot. 13: 243—253, (II) Bot. Mag. 57.

抄 録

種々の窒素質肥料と果樹園土壌の塩度、土壌反応の変化

果実生産にもつとも大きな影響を及ぼす要因は土壌中の有効態窒素と土壌構造であるとされている。本実験では灌漑の行われているオレンジ果樹園の土壌に対して、28年間種々の異なつた施肥を行い、その間における塩度の変化を調査した。また24の異なつた肥料処理を行つた土壌についても同様な調査を行つた。また NaNO_3 や $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ の施用が、土壌の物理的性質の悪化を来すことや、また水の浸透を著しく悪くすることなどについては既に報告されているが、本実験では、これらの肥料が施用された土壌には、相当多量の窒素が蓄積され、土壌塩度が著しく高まることを認めた。そして $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 処理を行つた場合には石灰の施用がそれを施用しない場合に比べて、土壌塩度を減じ、土壌 pH を高める傾向があり、他方 NaNO_3 処理の場合には、石膏の施用が可溶性 Na や土壌塩度を低下させる傾向があつた。しかし、この後者の傾向は $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 処理における石灰施用の場合ほど顕著ではなかつた。冬期被覆作物が土壌塩

度を減ずることについては、 NaNO_3 施用の場合よりも $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 施用の場合に一層効果的であつた。 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 或は多量の有機質肥料、例えば堆厩肥などによつて処理された土壌は塩度が低かつた。堆厩肥を含まない混合肥料が施用された場合には、土壌塩度は著しく増加した。土壌反応矯正に用いられた硫黄華は大抵の場合、可溶性 Na の割合を低くしたが、土壌塩度は高くした。 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ や尿素の如き N 成分の非常に濃厚なものを施用した場合には、土壌中の可溶性塩類の量は少かつた。

水の浸透、土壌有効水分及び土壌塩度の間には密接な関係が認められたが、果実の収穫と土壌塩度の間には高い有意の負の相関があつた。

HARDING, R. B., P. F. PRATT and W. W. JONES. 1958. Changes in salinity, nitrogen, and soil reaction in a differentially fertilized irrigated soil.

Soil Sci. 85: 177—184.

(湯田 英二)