

セイヨウタンポポの頭花の発達に伴う 花茎の倒れと立ち上がり

陣野 信孝・篠原 裕志

長崎大学教育学部生物学教室
(平成元年10月31日受理)

Inclining and standing up of the scape during the
flower development in *Taraxacum officinale*

Nobutaka JINNO and Hiroshi SHINOHARA

Biological Laboratory, Faculty of Education,
Nagasaki University, Bunkyo-Machi, Nagasaki 852, Japan
(Received Oct. 31, 1989)

Abstract

This study was made to investigate the main cause which the scape of *Taraxacum officinale* inclined after the flowering and stood up again at the stage of the fruit ripening.

The scape elongation, the angle of inclination of the scape, and the flower head weight were measured during the flower development. Moreover, experiments were done to determine the source of the growth hormone for the scape elongation, and the osmotic pressure of the epidermis at upper, center, and lower parts of the scape was also measured.

We concluded from these results that the change in the head weight and the osmotic pressure are closely related to the inclining and standing up, and the fact obtained from the experiments strongly suggests that the source of the growth hormone is not the flower head but the roots.

はじめに

カントウタンポポの花茎が、開花前に良く伸長直立し、開花中より結実までは殆んど伸長せず倒れ、そして果実の成熟に伴ない伸長し再び立ち上がる性質をもっていることについて、今から90年前の1899年に三宅によって報告されている。氏は花茎の伸長と倒れ立ち上がり運動は、果実の散布上大いに意味があるとしている。つまり、氏は開花から結実ま

では、花茎は倒れていた方が風などによる損傷が少なく、また、果実が成熟してくるとその散布には花茎は直立して高い方が良いとしている。氏がいうタンポポの花茎の運動は、結果としてそうなのであって、その原因については別に求めるべきであろう。

その後は、タンポポの花茎のこのような倒れと立ち上がり運動については、三宅の目的論的な考えの紹介がなされているにすぎない(内藤, 1985; 山田, 1986)。

そこで、著者等はセイヨウタンポポを用いて花茎の伸長、花茎の傾き、頭花の重量および花茎表皮の浸透圧測定を行うことによって花茎の倒れと立ち上がりについて一考察を加えた。さらに、花茎の伸長と IAA、花茎の伸長に必要な生長ホルモンの供給源についても調べた。

材 料 と 方 法

1. 材 料

野外に生育しているセイヨウタンポポ (*Taraxacum officinale*) を根より掘り上げ、赤玉土の入ったプラスチックの箱(長さ40cm×幅17cm×深さ20cm)に植えつけ、油粕の固形肥料を与え、室内の日当りの良い窓際で育てた。実験材料として花茎および頭花は10~3月頃のものを使用した。

2. 無傷花茎の伸長量、傾斜角度および頭花の重量測定

つぼみの頭花がロゼットの上に現われ、花茎が伸長しはじめてから開花、結実、果実の成熟(冠毛の形成、果実の散布)まで約29日間、毎日10時頃に、花茎長、花茎の傾斜角度、頭花の重量測定を行い、経日的変化を調べた。この約29日間の花の発達過程の段階は、苞まれた外総苞片の中から舌状花が現われてつぼみの頭花の展開が始まる開花第1日目を基準日(0日)として、その前をマイナス何日と、その後をプラス何日として決めた。

(1)花茎長の測定

花茎の基部から頭花直下までの長さをディバイダと定規を用いて行った。-12日から+17日にかけて、毎日1日当りの伸びを求め、基準日の花茎長の長さに対する伸び率(%)として求めた。従って、例えば-1日から0日の間の伸び率は、図では-1日から0日の中間の-0.5日のところにプロットした。

(2)花茎の傾斜角度の測定

花茎の傾斜角度は、その基部における鉛直線と傾いた花茎の接線とのなす角度($^{\circ}$)(Fig. 1の α)を角度定規を用いて-12日から+17日にかけて毎日測定した。角度大きい程、花茎は横に傾斜していることを示す。

(3)頭花の重量測定

-4.75(花茎長15mm)、-1, 0, +1, +2, +4, +6, +8, +12, +14日の各段階の頭花を花茎上端より切りとり、直ちに電子直示天秤(島津, AEL-160)で秤量した。+12日頃から冠毛が展開し果実が飛散するので、総花托と総苞片の重さを+12日および+14日の頭花の重さとした。

3. 花茎の伸長生長と IAA

開花第1日目(0日)の花茎の上端より5~10mmの間の5mmを、5mm間隔にセットした安全カミソリの二重刃で切りだした。この切断花茎は直ちに蒸留水に入れ、常温、暗所で

1時間前処理した。それらを 10^{-3} 、 10^{-2} 、 10^{-1} 、1、10mMの3-インドール酢酸（半井化学）（以下 IAA と略記する）の水溶液10mlのそれぞれに3本ずつつかべ、 20°C 、7,000lux（東芝の蛍光管 FL20S・W を使用）下で24時間処理後の花茎の伸びを測定した。花茎長の測定には、Maxon Screen（10%、S 381、1目盛の大きさが0.34mm）を張りつけたスライドガラスの上に切断花茎をのせ、ビノキュラー（オリンパス、VB601）を用いて行った。

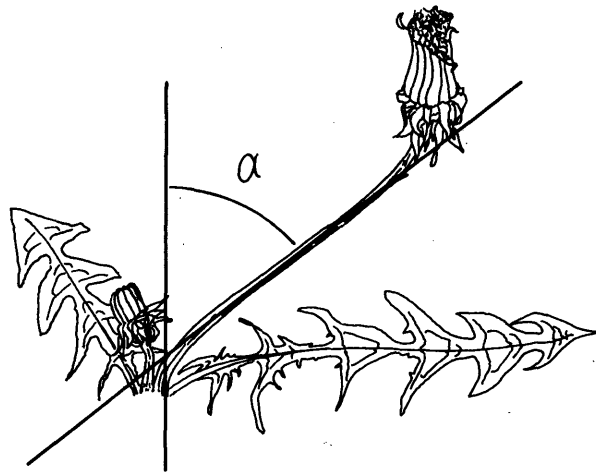


Fig. 1 The determination of the angle of inclination. The angle (α) formed between the vertical line and the tangent of the inclined scape was measured.

4. 基部より切りとった花茎の伸長と IAA

開花第1日目(0日)の花茎を基部より切断して用いた。蒸留水、 10^{-2} 、 10^{-1} 、1 mMの IAA 水溶液が10mlずつ入った透明なねじ口瓶（内径22mm）のねじ蓋に開けた3～5mmの穴を通して花茎を3本ずつさし窓際に置いた。その後、8日間、毎日1日当りの伸びを測定し、開花第1日(0日)の花茎長に対する伸び率(%)を求めた。

5. 加重による花茎の傾斜角の測定

開花第3日目(+2日)の頭花を花茎上端で切除し、その切断上端部に0.07gのラノリンチューブを数mmさし込んで対照とした。花茎への加重は、切断花茎上端部にラノリンチューブをつけたものに、頭花の平均的な重さにはほぼ等しい0.3g (Fig 2)の油粘土をラノリンチューブのすぐ下に帯状にまきつけて行った。0.3gの油粘土セット後、花茎上端の枯死が始まるまでの15日間、毎日花茎の傾斜角度($^{\circ}$)を角度定規で測定した。

〈ラノリンチューブの作り方〉

脱水ラノリン（和光純薬）を加熱して溶かして、内径2mm、外径3mmのシリコンチューブに吸い込み、それを冷蔵庫内で冷却して固めて約1cmの長さ(0.07g)に切って用いた。

6. 花茎表皮の浸透圧測定

花茎長15mmの時(-4.75日, tage 1)、開花第1日(0日, tage 2)、冠毛展開時(+13日, tage 3)の各ステージにおいて花茎の上部(頭花直下5～10mm)、中央部、基部(最下部より5～10mm)の各部より、長さ約5mm、幅約2mmの表皮をピンセットではぎとり、原形質分離法によって浸透圧を求めた。いろいろな濃度のショ糖液1mlの中に表皮片を浸し、顕微鏡観察により表皮細胞の50%が原形質分離を起している濃度を限界濃度とした。各ステージ、少なくとも3本の花茎、9枚の表皮を用いた。表皮細胞の浸透圧(bar)は次式から求めた。 $P(\text{atm}) = CRT \{C : \text{限界濃度}(\text{mol}/\ell), R : \text{気体定数}(0.082 \ell \cdot \text{atm} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}), T : \text{絶対温度}(\text{K})\}$, $1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ bar}$ 。

結 果

1. 無傷花茎の伸長, 傾斜角度および頭花重量の経日的変化

(1)花茎の伸長の経日的変化

Fig 2 に示すように, -12~-7日の間は花茎は殆んど伸長しないが, その後, -3~-2日にかけて徐々に伸長率が大きくなり約10%程に達した。更に, その後, 開花前日までの2日間に急に伸長率が増加し, 開花前日にはほぼ25%の伸長率に達した。ところが, 開花後は伸長率は急に減少し, +2~+3日には花茎の伸長は殆んど停止した。その後, +10~+11日にかけては非常に低い一定の伸長率でもって伸長した。+10~+11日から+11~+12日にかけて花茎は再び高い伸長率で伸長する。+12~+13日から+13~+14日にかけては伸長率の増加こそないが, 高い伸長率(25~30%)を保っていた。+12日頃に頭花が開き始め果実の冠毛が展開した。+13~+14日から+14~+15日にかけて急に伸長率が低下し, +16~+17日に完全に伸長が停止し, 花茎上端部の枯死が始まった。このようにつぼみの頭花から果実の成熟までの29日間の花茎の伸長は, 主として開花前と冠毛展開前の二つの時期にあり, つまり2つの山をもつ経日的変化を示した。頭花全体の冠毛の重さは約0.05g (Table 1) となった。花茎の伸長の

Table 1 Measurement of a dried ligulate corolla and a fruit with a pappus of a flower head.

	weight (g)
Dried ligulate corolla ¹	0.041±0.005 (6)
Fruit with a pappus ²	0.053±0.005 (6)

¹Fallen from a involucre scale at day 8.

²At day 12.

Values are means ± SE and values in parentheses indicate numbers of flower heads measured.

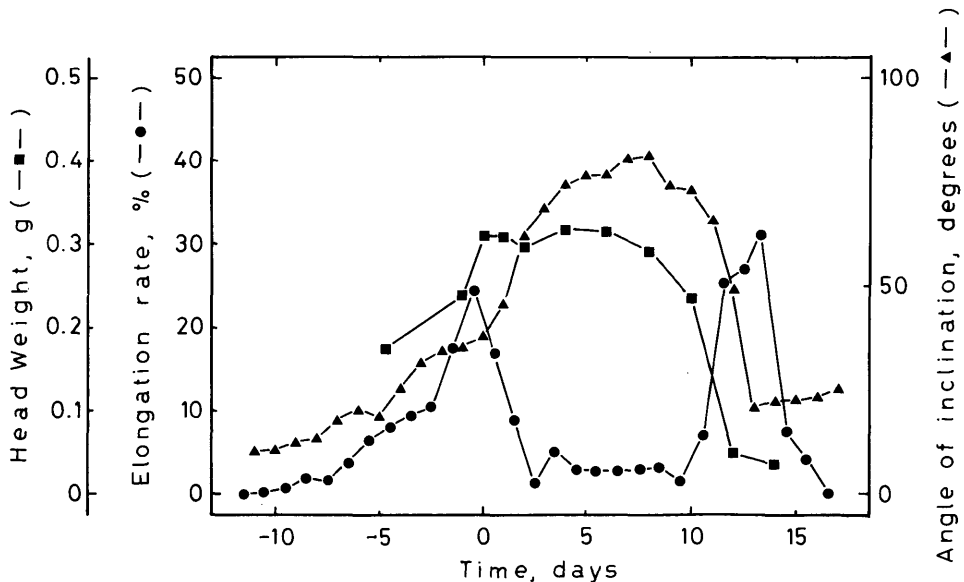


Fig. 2 Changes in the elongation rate of the scape (—●—), the angle of clination of the scape (—▲—), and the head weight (—■—) during the flower development of *Taraxacum officinale*. Mean values of 40 scapes and 30 flower heads.

経日的変化は三宅 (1899) と同じ結果であった。

(2)花茎の傾斜角度の変化

花茎の傾斜角度の変化も同じ Fig. 2 に示した。-11~-5 日には殆んど直立した状態にあるが、その後は徐々に傾いていき開花第 1 日目 (0 日) には約 35° に傾いた。開花後は急に傾き始め +2 日には約 60° にまで傾いた。+3 日からも徐々に傾き +8 日には最高の約 80° まで倒れた。この時期は枯死乾燥した舌状花のかたまりが脱落する時期にあたる。この +8 日を境にして花茎は立ち上がっていくことになる。+11 日までは徐々に立ち上がっていくが、その後、+13 日までに急に傾斜角度 20° 位まで立ち上がっていき、その状態を +17 日まで保っていた。この時期は果実の成熟、冠毛の展開、果実の散布期にあたる。このように、花茎は頭花が開花し結実するまでは横に倒れ、果実の成熟、冠毛展開期には再び立ち上がってくるということがわかった。これは三宅 (1899) と同じ結果となった。

(3)頭花の重量変化

頭花の重さの経日的変化を Fig. 2 に示した。-4.75 日 (花茎長 15mm) から -1 日にかけてもかなりの増加があるが、-1~開花第 1 日目 (0 日) にかけては急に増加し約 0.3g に達した (Fig. 2)。その後 +8 日までは殆んど重量変化はなかった。+8 日頃にデータを示していないが枯死した舌状花のかたまり約 0.04g が脱落した (Table 1)。+8~+10 日にはかなりの重量減少が見られ、+10~+12 日には約 80% もの減少が起り 0.05g になった。その後、+14 日までは殆んど重量減少はなかった。

2. 花茎への加重による花茎の傾斜

花茎上部へ油粘土を帯状にまきつけて加重したときの傾斜角度の経日変化を Fig. 3 に示した。開花第 3 日目 (+2 日) の花茎の頭花を切除し、0.07g のラノリンチューブをかぶせたのち更に 0.3g の油粘土をまきつけ、頭花切除後 0.07g のラノリンチューブのみの加重後の経日的変化と無傷花茎のそれと比較した。0.3g の加重では花茎はセット 1 日後 (+3 日) に 60° から 80° 位まで傾き、その 1 日後 (+4 日) に一端 70° 程まで立ち上がった。その後は、再び徐々に傾き +13 日には約 90° まで倒れた。+13~+15 日には再び立ち上がり約 60° の傾きとなった。ラノリンチューブのみの加重では、+2~+4 日には少し倒れるが、+4~+6 日にかけては約 75° から 35° に立ち上がった。+6 日からは徐々に倒れるが +15 日には 0.3g の油粘土加重の傾きと同じほぼ 60° の傾きとなった。このように花茎に頭花の開花後、果実の成熟までの間、開花前後の頭花の平均的な重さに等しい一定の重さ (0.3g) で加重すると、無傷花茎の倒れと立ち上がり運動とは異なり、花茎は +13 日頃まではほぼ倒れた状態を保つことがわかった。

3. 花茎の伸長と IAA

Fig. 4 に示すように切断花茎の伸長促進において IAA の至適濃度は 10^{-4} M であった。その濃度において 24 時間の伸長量は 2 mm で 40% の伸長促進を示した。 10^{-5} M と 1 mM の IAA でもかなりの伸長促進が見られた。10mM と 10^{-3} M では殆んど伸長促進効果は見られなかった。

4. 基部より切り取った花茎の伸長と IAA

切断した花茎基部より IAA を投与したときの 8 日間の伸び率を Fig. 5 に示した。蒸留水で処理した場合、処理後 1 日に 5% 程の伸長率を示すがその後の伸長率は非常に小さく、8 日目には伸長は停止した。IAA で処理した場合、処理後 1 日目の伸長率は蒸留水の場合

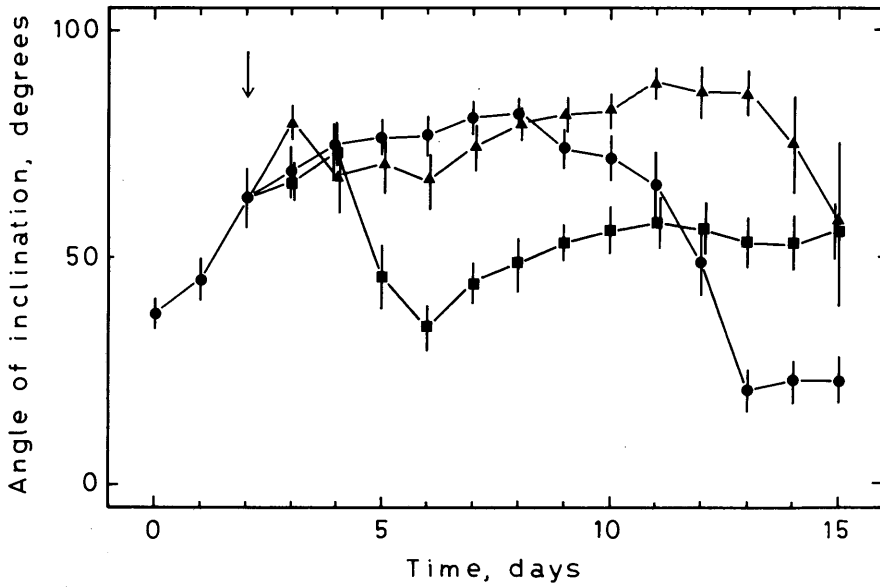


Fig. 3 Changes in the angle of the clination of the scape. The scape of intact plant (●), the scape with a tubed lanoline of 0.07 g on its top after removing the flower head (■), and the scape with a tubed lanoline plus a oil clay of 0.3 g (▲) were used and the scape number each was 40, 20, and 20. Downward arrow indicates the initiation of the weighting to the scape.

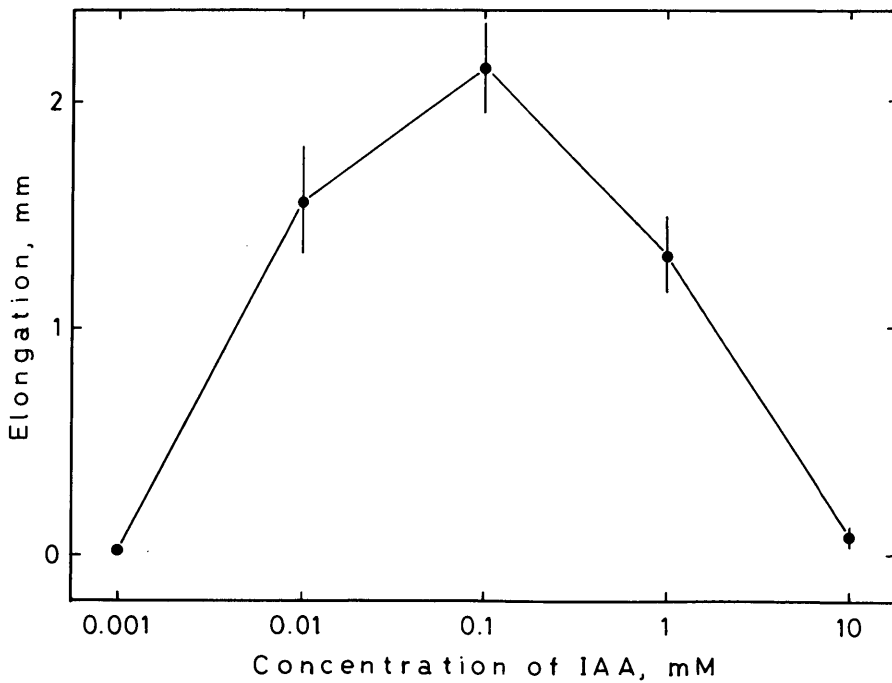


Fig. 4 Relation between IAA concentration and the elongation of the scape segment. Three segments ranging from 5-10 mm beneath the head of day 3 were used at each concentration of IAA.

に比べて数倍大きいのが2日目からは急に低下していった。 10^{-3}M の場合でも4日間しか促進効果をもたなかった。このように、基部切断花茎においてその切断部より蒸留水を与えた場合は殆んど花茎の伸長は見られないが、高い濃度の IAA では処理後早い時期に伸長促進が見られた。この高い濃度の IAA における伸長率の経日的変化は、無傷花茎のそれとほぼ一致していた (Fig. 2)。

5. 花茎表皮の浸透圧

-4.75 (花茎長15mm), 0, +13日の各ステージにおける花茎の上, 中, 下部の表皮の浸透圧の変化を Fig. 6 に示した。-4.75 日の花茎の場合, その上, 中, 下において浸透圧の差は殆んどなかった。頭花の開花第1日目(0日)の場合には, 花茎上部の表皮のそれは殆んど変化はないが, 花茎中部と下部ではかなりの浸透圧低下が見られた。特に下部ではその低下が著しく-4.75 日の約半分の4.5barまで低下した。結果として果実が結実する頃になると全体として表皮の浸透圧は, 高くなった。中でも, 花茎下部において特に著しく約4.5 bar から約11 bar まで高くなった。中部においては, 約6 bar から8 bar の上昇となった。しかし, 上部においては, その上昇はあまり大きくなり約8.3 から約10 bar しか見られなかった。このように, 花茎の中~下部の表皮の浸透圧は, 花茎が倒れるときには低下し, 立ち上がるときには高くなる傾向にあることがわかった。

考 察

タンポポの花の発達 (つぼみ→開花受粉→結実→果実の成熟) にともなう花茎の倒れと立ち上がり運動については, 「はじめに」のところでも述べたよ

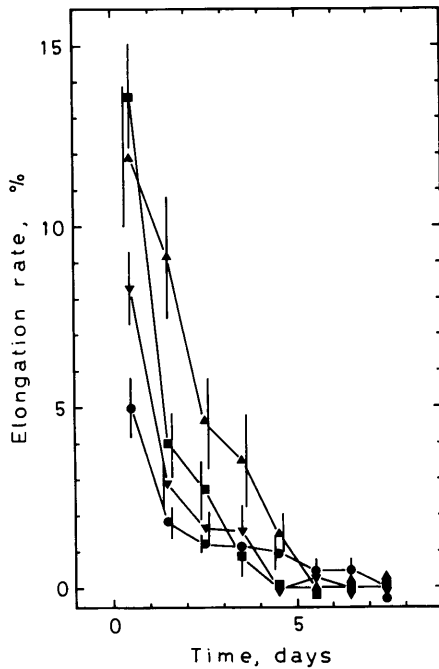


Fig. 5 Changes in the elongation of the scape. Scares at day 0 cut at the base of the scape were used, and immersed in the 10 ml of distilled water (●), 10^{-5}M IAA (▼), 10^{-4}M IAA (■), and 10^{-3}M IAA (▲).

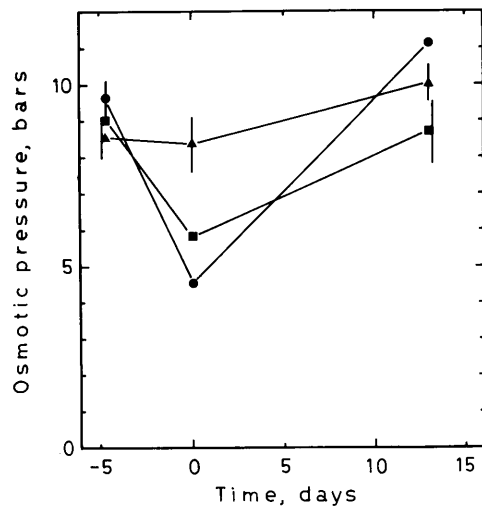


Fig. 6 Measurements of the osmotic pressure of the scape epidermis at day -4.75, 0, and +13. (●): lower part, (■): central part, (▲): upper part. Vertical bars indicate SE of triplicate samples.

うに、カントウタンポポでの三宅 (1889) の研究後、氏の目的論的な考えで説明されてきているように思える。セイヨウタンポポを材料として用いた今回の研究では、頭花の重量変化と花茎下部の表皮の浸透圧変化がその花茎の運動に密接に関わっていることを強く示唆する結果が得られた。つまり、頭花が重たくなり花茎下部の表皮の浸透圧が低下すると花茎は傾き倒れていき、一方、頭花が軽くなり花茎下部の表皮の浸透圧が高くなると再び立ち上がっていくという結果を得た。頭花の重量増加は、舌状花弁の成長と受粉後の結実によると考えられる。花茎下部の浸透圧変化の要因については今のところ不明であるが、浸透圧の低下は膨圧低下を引き起こすことになる。

こうして、頭花の重量増加により花茎に加わる力が大きくなることと、花茎下部の膨圧が低下することによって花茎は倒れやすくなると考えられる。一方、冠毛展開時にはその頭花の重さは開花第1日のその約6分の1 (約17%) に減少し (Fig. 2)、花茎長は Fig. 2の開花第1日 (0日) から冠毛展開時 (+13日) までの伸長率を総計すると約160%の伸長増となり、冠毛展開時の花茎は開花第1日の2.6倍となる。このことから単純に計算して見ても冠毛展開時には力は小さくなることになる。合わせて、花茎下部の表皮の浸透圧が高くなっていくので、花茎は立ち上がりやすくなると考えられる。

花茎については、表皮の浸透圧の変化だけから考察したが、茎の太さ、茎の肉の厚さとその浸透圧、細胞壁自体の変化等も当然考慮に入れるべきであるが今後の課題としたい。

花茎の伸長に必要な生長ホルモンの供給源についても調べた。蒸留水と IAA の投与実験からは、その供給源は根であることが強く示唆された。花茎の表皮や総苞片には気孔が観察されるので (Fig. 7)、根からの IAA が蒸散流に乗って供給されているのであろう。

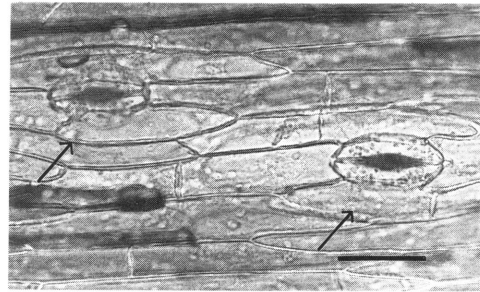


Fig. 7 Epidermis of the scape of *Taraxacum officinale*. Arrow indicates the stomata. Scale bar = 10 μ m.

摘 要

セイヨウタンポポの花の発達 (つぼみ→開花受粉→結実→果実の成熟) に伴う花茎の倒れと立ち上がり運動について、花茎の伸長および傾斜、花茎の表皮の浸透圧および頭花の重量変化から考察し、更に花茎の伸長のための生長ホルモンの供給源についても調べた。その結果、花茎の倒れと立ち上がり運動には、頭花の重量変化と花茎表皮の浸透圧変化が密接に関係していることがわかった。また、花茎の伸長のための生長ホルモンの供給源は根であることを強く示唆する結果を得た。

参 考 文 献

- 内藤俊彦 1985. 植物の一生. 形成社.
 三宅驥一 1899. タンポポの花軸の生長ニ就テ. 植雑 13: 391-334.

山田卓三 1986. タンポポの観察実験. ニュー・サイエンス社.