

タンポポの花茎の伸長と果実、種子及び胚の成長との関連

東 村 隆 子

(奈良教育大学生物学教室)

(平成元年4月28日受理)

Correlation between the Elongation of Scapes and the Growth of Fruits, Seeds and Embryos in Dandelion

Takako HIGASHIMURA

(Biological Laboratory, Nara University of Education, Nara 630, Japan)

(Received April 28, 1989)

Abstract

It was investigated in two species of dandelion, *Taraxacum japonicum* and *T. officinale*, how the elongation of scapes (flowering stalks) was correlated with the growth of fruits, seeds and embryos. The effect of some growth substances on the elongation of scapes was also studied by measuring the growth rate of excised segments in the solutions including various combinations of those substances.

1) The elongation of scapes shows a double-sigmoid curve and is somewhat different between two species. The early rapid elongation of scapes continues until the end of the flowering stage in *T. japonicum*, while it stops one day after flowering in *T. officinale*. The later rapid elongation starts just at beginning of the ascending stage in the former species but during the prostrating stage in the latter.

2) The elongation of scapes is apparently correlated with the growth of embryos; the elongation of scapes is suspended during the rapid growth of embryos and recovered at the stage when the embryo reaches approximately 80% of full size (length).

3) The fruits grow in accordance with the enlargement of embryos in *T. japonicum*, while they grow almost to full size before the embryo begins a rapid growth in *T. officinale*. This seems to be correlated with the difference of reproduction; usual sexual reproduction in the former and asexual reproduction (apomixis) in the latter.

4) The solution including only auxin or gibberellin promotes the elongation of excised segments of the scapes in the budding and prostrating stages, while the solution including both auxin and gibberellin does in the later stage of flowering. This suggests the elongation is affected by the physiological age (length) of epidermal cells of scapes as well as by the amount of internal auxin.

はじめに

被子植物の花にはさまざまな運動を示すものが多い。その一つに花柄や花茎の運動がある。例えば、ヒナゲシの蕾は幼時直立しているが、その後花柄の上部が湾曲するため、下垂し、開花前になると再び直立する。タンポポの花茎は開花が終わると基部から倒れて、種子の散布前に再び立ち上がる。これらの花柄や花茎の運動の生理に関して多くの報告がある。例えば、Katunskij (1936) は *Papaver*, *Crepis*, *Tussilago* の花柄と花茎の下垂運動は成長運動でなく花で作られる過剰なオーキシンによって花柄や花茎の可塑性が増すことによって生じると報告している。Chao (1947) はタンポポの花茎の細胞の伸長成長は伸長成長する細胞で作られるホルモンによるか、他の部分から送られてくるホルモンのいずれかによるものであるだろうと推察した。最近になって Kohji (1979, 1981, 1982) はヒナゲシの花柄の運動の機構について詳細な研究を行った。その報告によると、花柄は屈地反応で下垂するのでなく、蕾の重さがひき金になって下垂する。また、花柄が立ち上がるのは蕾から送られてくるオーキシンの減少によるものであるとしている。タンポポの花茎の運動については知られているが、その機構について詳細な研究は殆どない。

本研究はセイヨウタンポポとカンサイタンポポの花茎の運動の機構を明らかにする観点から先ず、花茎の伸長と、胚、種子(胚珠)及び果実(子房)の発達との相互関係を調べるとともに、併せて花茎の切片の植物ホルモンに対する反応を検討した。

材料と方法

奈良教育大学構内に育成している在来種のカンサイタンポポ (*Taraxacum japonicum*) と帰化種のセイヨウタンポポ (*T. officinale*) を用いた。両種ともに成育期間を次の7段階に分け、次の観察及び実験を行った(図1)。

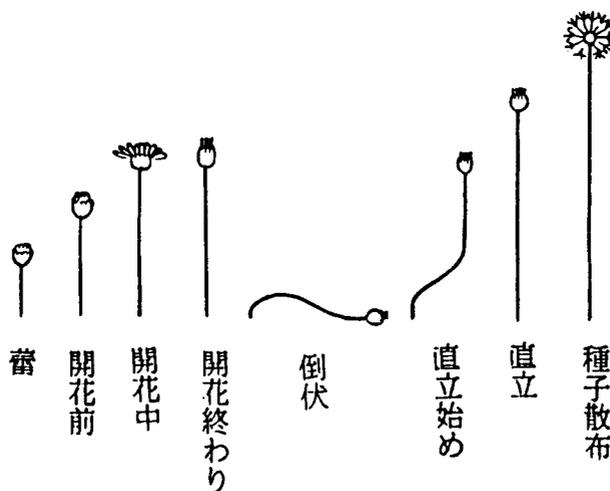


図1 成長段階

- 1) 蕾：頭花の蕾が固く閉じていて外部から小花がみえない期間
- 2) 開花前：頭花の蕾の先端が開き始めた状態の期間
- 3) 開花：頭花の開き始めから、頭花が開閉運動を行う期間
- 4) 開花終わり：頭花のしほみ始めから、花茎が倒れるまでの期間
- 5) 倒伏：花茎が倒れている期間
- 6) 直立：花茎が再び起き始め完全に立ち上がるまでの期間
- 7) 種子（瘦果）散布：花茎が直立してから、種子の離脱が始まるまでの期間

1) 成長段階に要する日数

野外の同じような環境条件に生育している花茎が約1.5cmに伸びた蕾段階のタンポポを20本ずつ選んで、朝8時から夕方6時まで2時間おきに成長状態を毎日記録した。同時に地表面の温度、1日の日照時間、及び天気状態を記録した。この観察は4月7日～5月3日の期間に行った。

2) 花茎の伸長

1) と同じようなタンポポを選び、種子が離脱し終わるまで毎日花茎の長さを測定した。

3) 果実、種子、胚及び子房と冠毛の間の成長

各成長段階から15の頭花を採取し、頭花をばらばらにして1つの頭花から10個の小花を選んで実体顕微鏡で観察した。

観察2), 3) はカンサイタンポポについては5～6月、セイヨウタンポポについては4月～11月に行った。

4) 各成長段階の花茎切片の糖及びホルモンに対する反応

この実験はセイヨウタンポポを用いて5月に行った。各成長段階の花茎を採取し、花茎の上端部(頭花の直下)から長さ1.5cmの切片を5～10本ずつ作り、表1の水溶液をペトリ皿に入れて、切片を浮かべ、室温で3日間置いた。3日後、各水溶液中の切片の長さを測定し、平均値を求め、蒸留水中のものを1としたときの相対値を求めた。室温は約20℃前後であった。

5) (イ) 花茎切片の伸長成長に及ぼす温度の影響

セイヨウタンポポの花茎の切片を蒸留水、5 p.p.m GA 水溶液、及び5 p.p.m GA と2%ショ糖を含む水溶液に浮かべ、10℃、15℃、25℃に設定した恒温器に3日間置いた。

(ロ) 切断時の花茎の長さとの関係

倒伏段階の花茎の長さが10cm以上のものを選び、それぞれ、花茎の上端部から切片を作り、25℃に3日間置いた。

6) 花茎の表皮細胞の長さ

両種の各成長段階の花茎を各々3本選び、花茎の長さが5cm内外のものは5等分、それ以上

表1 溶液の組成

	NAAppm	GAppm	Kppm	糖 g/l
蒸留水	—	—	—	—
糖	—	—	—	20
NAA+糖	0.1	—	—	20
NAA+糖	0.5	—	—	20
GA	—	5	—	—
GA+糖	—	5	—	20
NAA+GA+糖	0.1	5	—	20
NAA+GA+糖	0.5	5	—	20
NAA+GA+K+糖	0.1	5	1	20

のものは10等分した。等分した部分の表皮をはぎ取って検鏡した。測定方法は長軸の方向に隣接する30個の細胞を3列選び、細胞の平均の長さを求めた。

7) 花茎の各部位の伸長

カンサイタンポポの頭花の蕾段階の3.5cmの花茎を5等分し、サインペンで印をつけ、直立段階まで各部位の伸長を測定した。

結 果

1) 各成長段階に要する日数

花茎が1.5cmの蕾から種子の離脱までの成育に要する日数は日のよく当たる場所では短く日蔭では長いが、観察した材料(平均値)では、カンサイタンポポが約25日、セイヨウタンポポが24日であった。表2は両種の成育日数を成長段階ごとに示したものである。

成長段階毎に日数を比較するとセイヨウタンポポはカンサイタンポポより蕾から開花するまで期間がほぼ2日長くかかり、立ち上がってから種子が離脱するまでの期間がほぼ1日長くかかる。カンサイタンポポは蕾段階から開花までの期間と花茎の倒伏の期間がセイヨウタンポポより長い。特に倒伏の期間の違いは大きく、カンサイタンポポはセイヨウタンポポよりもほぼ4日長い。

表2 各成長段階に要する日数

	蕾	開花前	開花中	開花終わり	倒伏	直立始め	直立	種子散布
カンサイタンポポ	4.5	1.9	2.0	0.5	10.5	2.4	2.3	計25日
セイヨウタンポポ	6.9	1.5	1.8	0.7	6.2	2.0	2.7	計23日

2) 花茎の伸長

花茎の成長曲線は図2、3に示した通り、両種ともに殆ど成長しない期間の前後に速く成長する期間のある二重S字型を示す。そのため成長の過程を大きく分けると、(1)初めの速い成長期、(2)成長停止期、(3)終わりの速い成長期の3つの段階に分けられる。両種の花茎の成長を比べると初めの速い成長期はカンサイタンポポでは蕾段階から開花の終わりまでのほぼ9日間である。セイヨウタンポポにおいては蕾から開花するまでよく伸長し、開花した翌日には伸長しなくなる。要するに、図4、図5の各成長段階の増分量に示すように、カンサイタンポポではまだ伸長している開花中の段階ではセイヨウタンポポは成長が停止することになる。成長が停止する期間はカンサイタンポポでは長く、開花が終わって花茎が倒れてから再び立ち上がり始めるまでの12日間である。一方、セイヨウタンポポではカンサイタンポポより1週間短く、開花の翌日から倒伏段階の後半までの5日間である。花茎の成長終期の速い成長はカンサイタンポポでは立ち上がりの始めから種子の離脱まで続く。セイヨウタンポポは倒伏の後半から成長が回復し始め、立ち上がり始めると急激に成長する。花茎の長さは個体差がみられるが成長曲線は変わらない。カンサイタンポポに比べるとセイヨウタンポポは長くなり、平均で36cm、長いものでは46cmにもなる。

3) (i) 胚の成長

カンサイタンポポでは開花が終わった翌日に初めて大きさ約140 μ の球状の胚が認められた。胚は花茎の倒伏後ほぼ3日間ゆるやかに成長し、ハート型となる。この時の胚は水分を多く含む無色透明である。3日目から5日までの2日間に胚は急激に成長する。この間に胚乳は胚に吸収

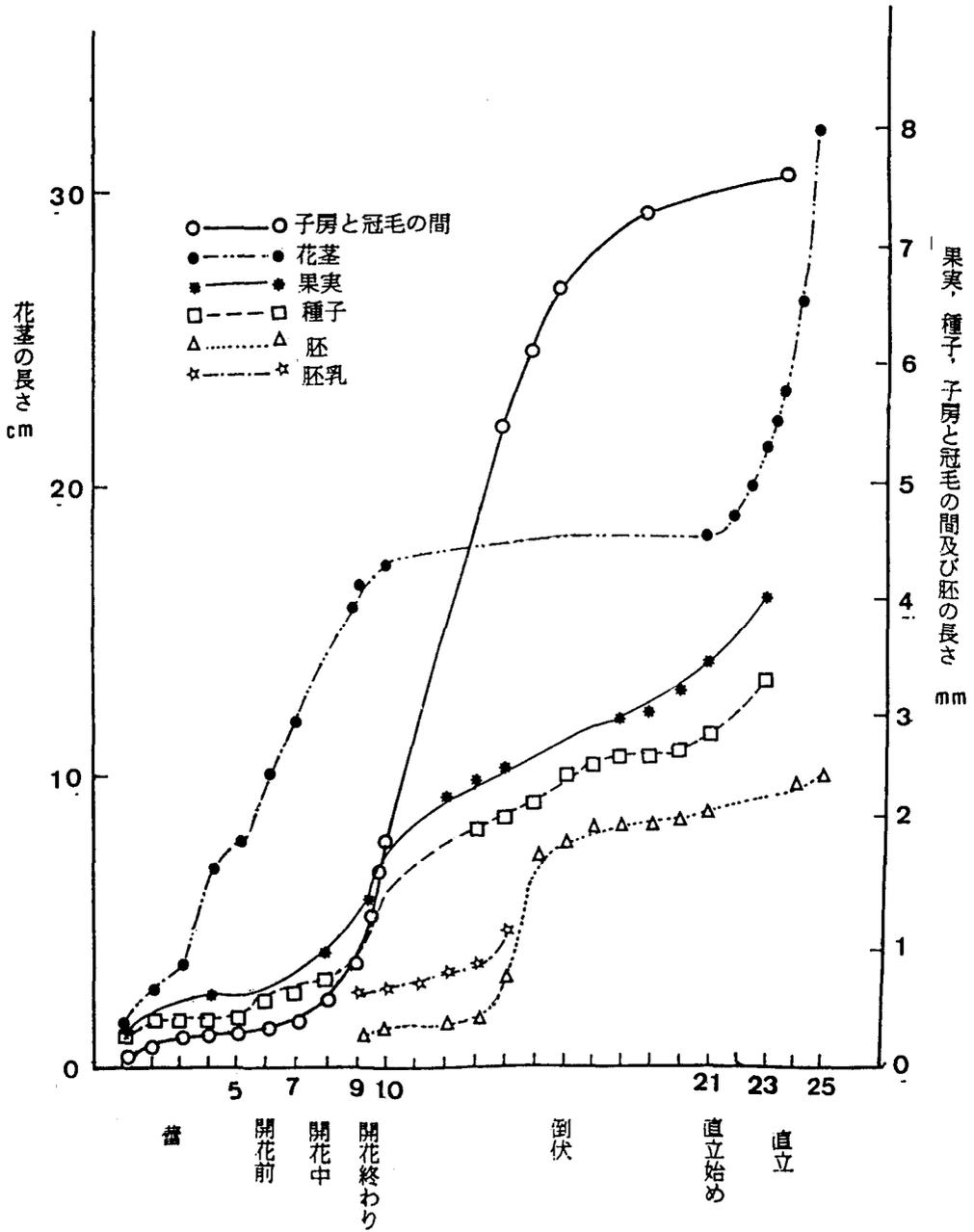


図2 カンサイタンポポの花茎、果実、種子、胚及び子房と冠毛の間の成長

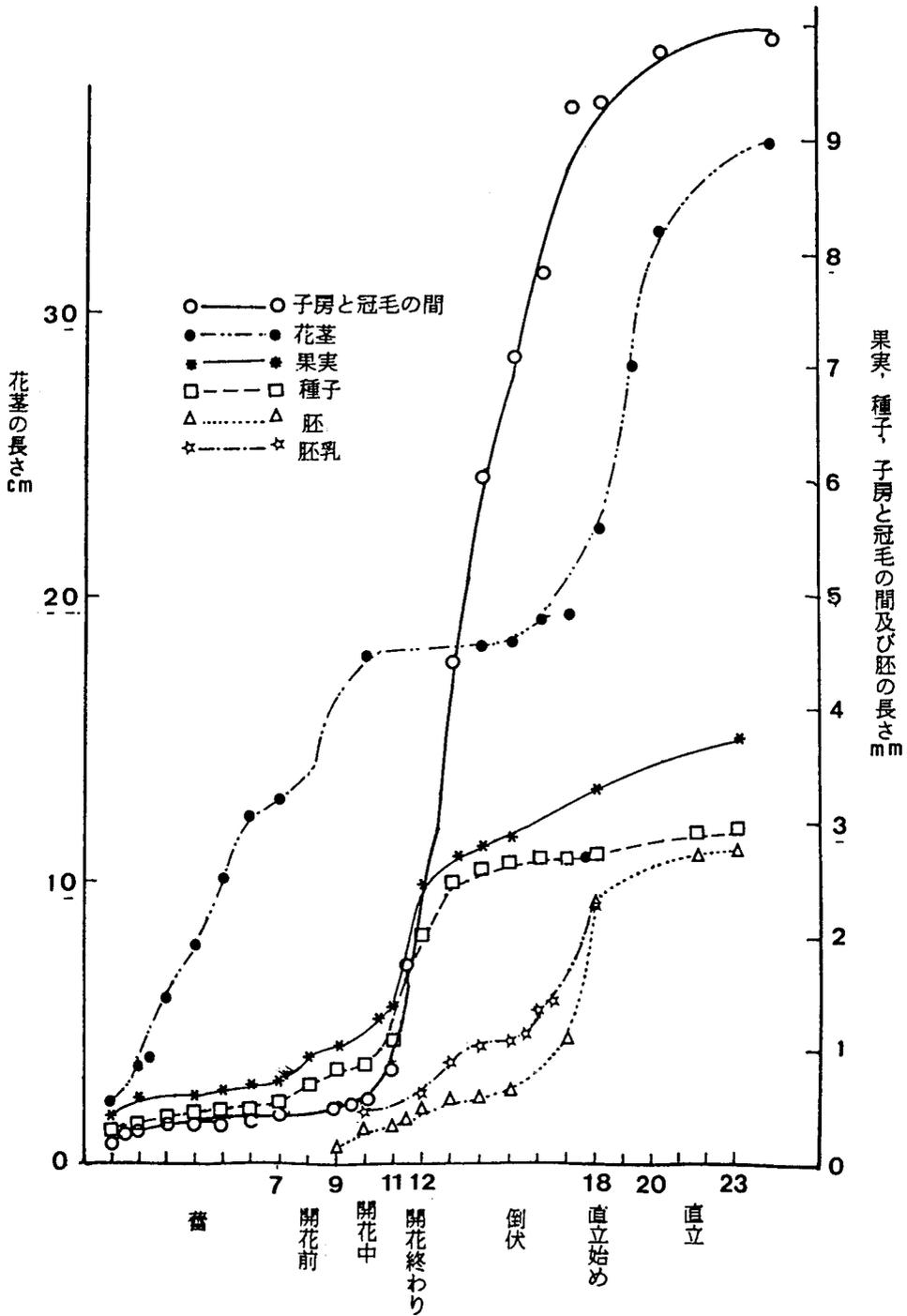


図3 セイヨウタンポポの花茎、果実、種子、胚及び子房と冠毛の間の成長

されてしまい胚は魚雷型になる。その後、成長速度はゆるやかになり、花茎が再び立ち上がる頃に胚の大きさ（長さ）は完熟時の約90%に達する。この時期になると胚は無色透明から乳白色に変わる。更に胚の周辺部から中心部に向かって茶色にかわり始める。その後、花茎が立ち上がり種子が離れるまでゆるやかに成長しながら完熟する（図2）。

セイヨウタンポポはカンサイタンポポより成長が早く、開花を始めた日に約105 μ の球状胚が認められ、開花が終わった日には胚はすでにハート型に達している。その後、花茎の倒伏段階の前半までゆるやかに成長を続け魚雷型になる。倒伏段階の後半になり、花茎が成長を回復し始める頃から胚は急激に成長し、花茎が立ち上がる前に胚乳を吸収して、その大きさ（長さ）は約2.27mmと完熟時の約80%に達する。胚が急激に成長し胚乳が吸収される時期はカンサイタンポポでは倒伏段階の中頃であるが、セイヨウタンポポでは後半の立ち上がる直前である（図2）。

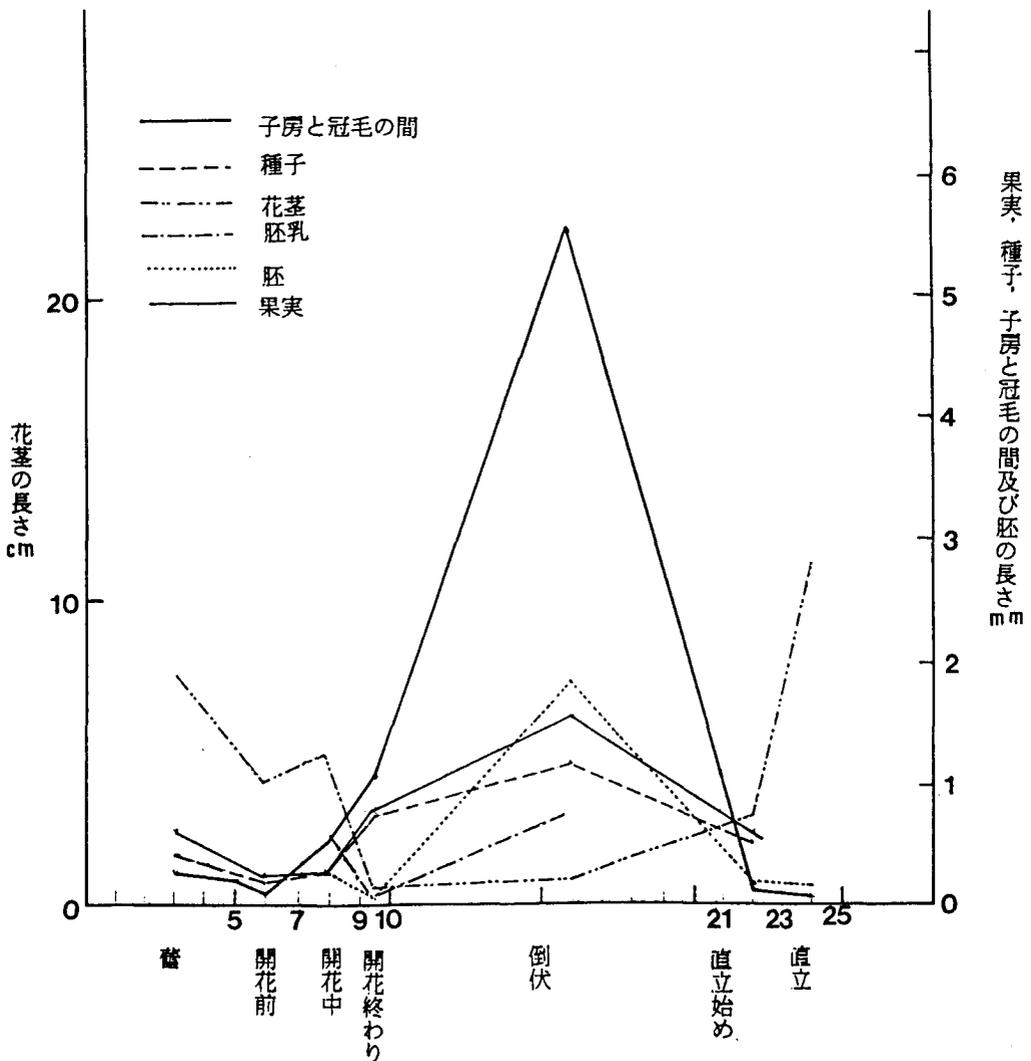


図4 カンサイタンポポの花茎、果実、種子、胚及び子房と冠毛の間の各成長段階の増分量

(ロ) 果実（子房）と種子（胚珠）の成長

果実と種子の成長曲線は両種ともS字型を示す（図2，3）。カンサイタンポポでは果実と種子はともに開花翌日まで遅い成長を示すが，その後成長速度が徐々に速くなり，胚がはじめて認められる開花が終わった頃から急速に大きさを増す。花茎が倒れてほぼ3日間は胚はゆるやかな成長を示すが，果実と種子の成長速度は衰えない。胚が急激に成長し胚乳が吸収されて，胚の成長がゆるやかになると，果実と種子の成長もゆるやかになる。セイヨウタンポポの果実と種子の成長は開花が終わった段階から倒伏1日目の2日間に急激に大きくなる。この時，種子はほぼ完熟時の大きさの85%に達する。その後，種子の離脱までゆるやかな成長を続ける。両種の果実，

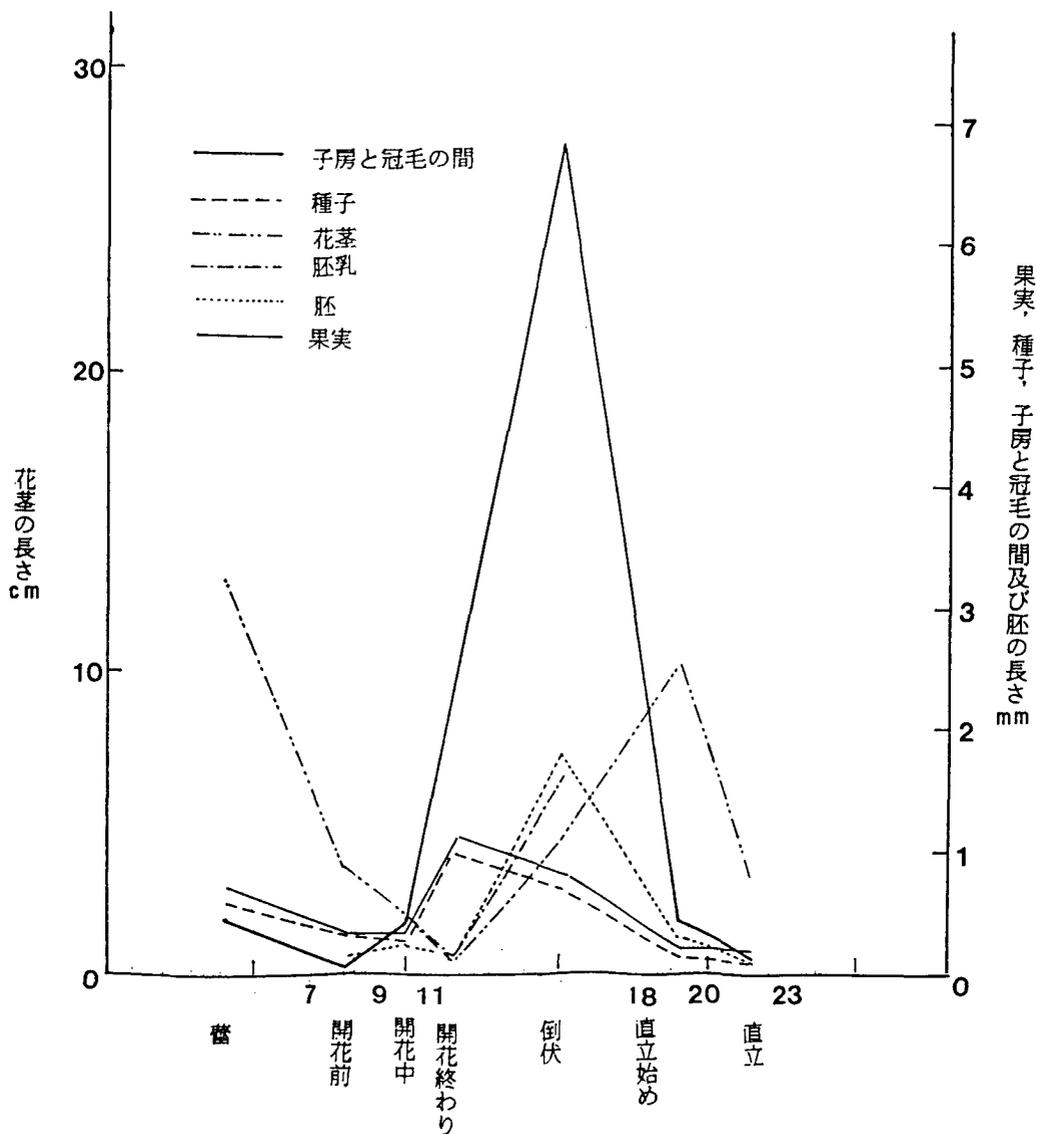


図5 セイヨウタンポポの花茎，果実，種子，胚及び子房と冠毛の間の各成長段階の増分量

種子の成長と胚の成長との関係には明瞭な相違が認められる。カンサイタンポポでは、胚が急速な成長する時期と、果実と種子の成長時期とが同調する(図4)。一方、セイヨウタンポポでは、果実と種子は胚の成長と関係なく胚の急速な成長が始まる前に殆ど成長を終えている(図5)。

(イ) 子房と冠毛の間の成長

両種とも成長曲線はS字型を示す。両種のいずれも開花中から伸び始め、胚が急速に成長する時期と、子房と冠毛の間が急速に成長する時期とが同調する(図4, 5)。花茎が再び立ち上がる頃には長さは完熟時の95%にまで達している。

4) 各成長段階における花茎切片の糖および植物ホルモンに対する反応

図6に示すように、いずれの溶液においても蒸留水より伸長成長が促進される。各成長段階毎に伸長成長をみると、蕾段階と倒伏段階の花茎はいずれの溶液においてもよく伸長する。その中でも特に胚の成長期に当たる倒伏段階において伸長が促進される。促進作用の低いのは開花前と開花時、開花が終わった時及び直立時である。特に開花が終わった時と直立時には伸長は殆ど促進されない。

各植物ホルモンに対する反応は以下の通りである。

ナフタリン酢酸に対する反応：ナフタリン酢酸と糖を含む溶液に対してどの段階の切片も僅かに促進効果を示す。蕾段階から開花前、開花中、開花終わり次第に伸長促進作用が低くなる。開花終わりでは最低となり、倒伏段階で再び促進作用を示し、直立段階では開花終わりと同じように最低になる。

ジベレリンに対する反応：ジベレリンと糖を含む溶液ではナフタレン酢酸よりも促進作用は大きいと同じ傾向を示す。蕾段階と開花前はどの溶液よりも伸長が促進される。蕾段階から開花前、開花中、開花終わり促進作用が低くなり、倒伏段階ではナフタリン酢酸とジベレリンとを含む溶液と同程度の促進作用を示す。直立段階ではナフタレン酢酸と同じように効果がない。糖を含まないジベレリンのみの溶液では、開花段階でどの溶液よりも促進作用があるが、他の段階は糖を含む溶液に比べるとかなり低い。

ナフタレン酢酸・ジベレリン及び糖を含む溶液

いずれの段階においてもナフタレン酢酸と糖とを含む溶液よりも伸長成長が促進される。特に蕾と開花終わり及び倒伏段階の切片はよく伸びる。特にジベレリンと糖を含む溶液及び、ナフタレン酢酸と糖を含む溶液で殆ど伸長が促進されない開花終わり段階において、2つのホルモンを加えることにより伸長が著しく促進される。

ナフタレン酢酸・ジベレリン・アミノプリン及び糖を含む溶液

いずれの段階においても、ナフタレン酢酸・ジベレリンの両方のホルモンを加えた溶液に似た反応を示すが、倒伏段階では他の溶液より大きく伸長成長を促進する。

5) (イ) 花茎切片の伸長成長に及ぼす温度

表3に示すように、温度が上がると伸長が大きくなる。特に15℃と20℃で、どの溶液においても切片の伸長は大きくなり、明らかに花茎の伸長と温度との間には正の相関関係がある。

(ロ) 切断時の花茎の全長と花茎の切片の伸長との関係

表4に示した通り、倒伏段階における切断時の花茎の全長の大きさは花茎切片の伸長に関係しない。

6) 花茎の表皮細胞の長さ

両種ともに、直立段階を除く他の成長段階においては、細胞の長さは花茎の上端部がもっとも

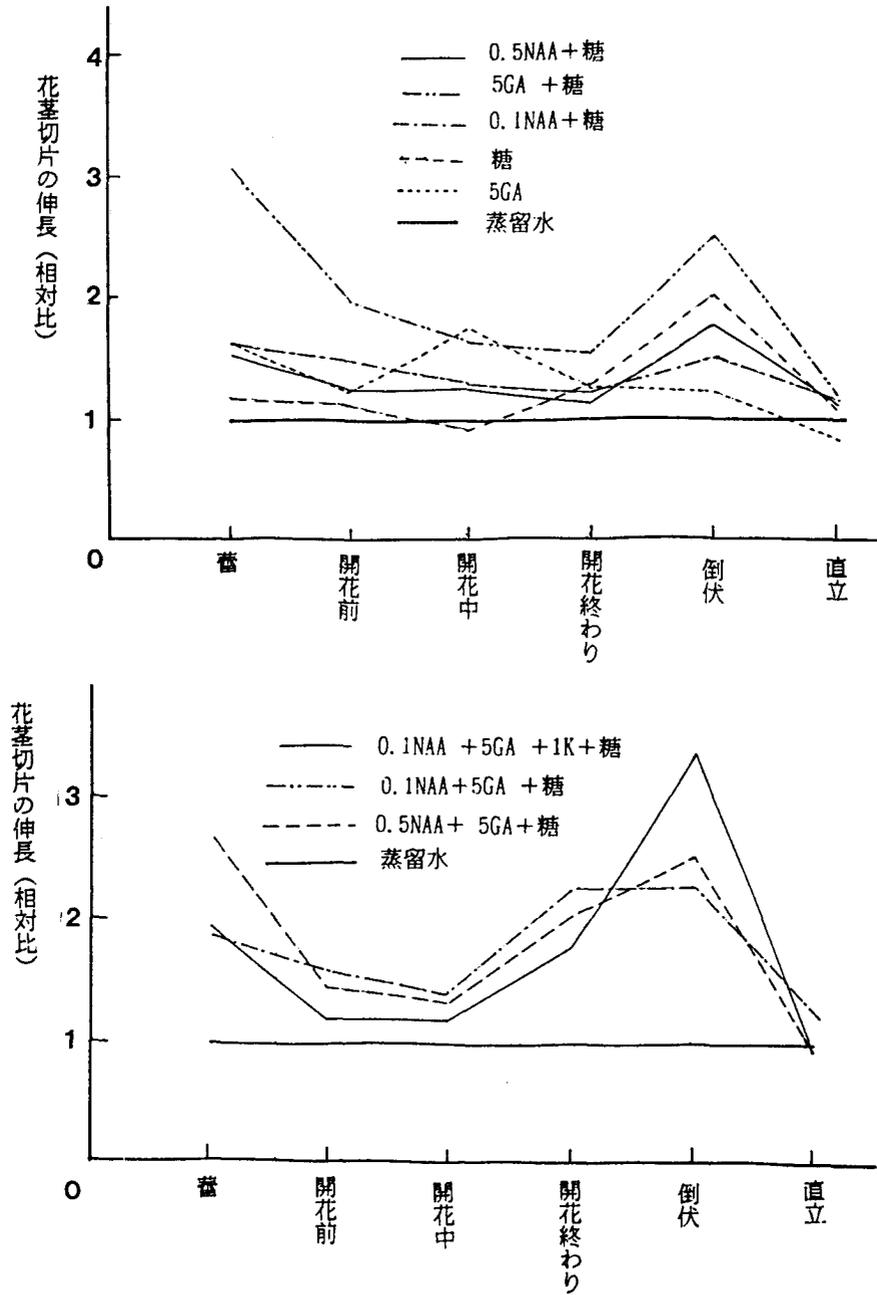


図6 各成長段階の花茎切片の糖及びホルモンに対する反応

表3 温度と花茎切片の伸びとの関係 (単位: cm)

	蒸留水	GA5ppm	GA5ppm+2%糖
10℃	+0.48	+0.96	+0.96
15℃	+0.5	+1.04	+1.05
20℃	+1.06	+1.52	+1.3

表4 切断時の花茎の長さ と花茎切片の伸びとの関係 (単位: cm)

切断時の花茎の長さ	11.0	11.3	12.0	14.8	15.0	18.8	27.7
伸びた長さ	2.3	2.2	1.5	1.7	2.1	2.0	2.0

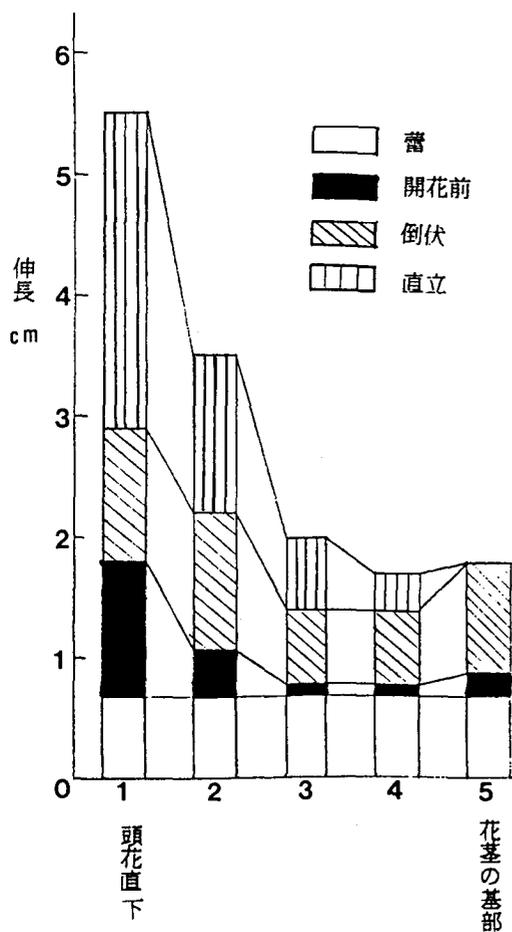


図7 花茎の各成長段階における各部位の伸長

小さく花茎の中間部に向かって次第に大きくなる。花茎の中間部から花茎の基部に向かってふたたび小さくなるという傾向を示す。直立段階では他の成長段階と同じような傾向を示すものの、その長さの差は小さく、花茎全体の細胞の長さはほぼ等しくなる。花茎の上端部の細胞の長さを各成長段階で比べると蕾段階と倒伏段階はほぼ等しく、どの段階よりも小さい。また開花前と開花中はほぼ等しい長さで蕾段階より僅かに長い。開花終わりに更に長くなり、直立段階の細胞はもっとも長く蕾段階の2倍近い大きさになる。

7) 花茎の各部の伸長

カンサイタンポポの花茎は図7に示すように、殆ど伸長しない期間を除いてどの段階においても花茎の上端部の伸長が著しく、花茎の基部に向かうにしたがって伸長が減少する。花茎の上端部は特に直立段階(この段階で花茎のほぼ40%伸長)でもっともよく伸びる。花茎の基部は直立段階では全く伸長しない。

考 察

両種とも花茎の成長は殆ど伸長成長をしない期間の前後に速く成長する期間がある二重S字型の曲線を示す。この殆ど成長しない期間は、カンサイタンポポでは開花が終わって花茎が倒れると同時に始まり直立を始めるまでの長い間続く。一方、セイヨウタンポポは開花の翌日から倒伏段階の後半までと、カンサイタンポポより一週間短い。この期間は両種ともに子房と冠毛の間の部分、果実、種子及び胚等の成長期に相当し、胚は完熟時の約80%の成長を終える。Sachs (1968) はガーベラにおいて頭花を切除すると花茎の伸長は停止するが、インドール酢酸もしくはジベレリンを頭花の代わりに与えると少し回復すると指摘している。また、インドール酢酸とジベレリンを一緒に与えると正常のものに近い伸長成長を行うことを観察し、このことから彼は花茎の伸長は頭花の存在に依存していると報告している。また、Hanks and Rees (1977) は、チューリップの花を除去する実験に基づき、花柄の伸長は雌蕊で作られるオーキシンによってコントロールされていることを認めている。また、Katunskij (1936) によれば、ヒナゲシ及びフキタンポポでは、胚珠のオーキシン量と花茎の伸長には正の相関があり、花茎の成長が停止する時期にはもっともオーキシンのレベルが低い。本実験結果では、花茎が伸長を停止する段階は果実、種子及び胚の成長期に相当することから判断して、タンポポにおいても頭花から送られてくる物質が花茎の伸長成長の重要な役割を持っていると推定できる。

果実の成長は種子により供給されるホルモンに依存していることは、いろいろな植物で報告されている。(Nitsch, 1950. Wright, 1956. Eeuwens and Schwabe 1975)。カンサイタンポポでは果実の成長は、開花後、胚が急成長するのと同調して成長するが、セイヨウタンポポでは果実の成長は胚の成長と関係なく、胚が急成長する前に成長を終えることが認められた。これは、Eeuwens and Schwabe の結果と同じで、カンサイタンポポは被子植物に一般的な受精による有性生殖であり、セイヨウタンポポは無配生殖であるという生殖の違いによるものと思われる。

各成長段階にある花茎の切片の植物ホルモンに対する反応を調べてみると、ジベレリンは、蕾段階の若い花茎の切片に対してもっとも伸長成長を促進する。これに対して、同段階におけるナフタレン酢酸の効果は低い。成長段階が開花前、開花、開花終わりと進むに従ってジベレリンの促進作用は次第に低下して、倒伏段階になると再び伸長が促進される。ナフタレン酢酸においてもジベレリンよりも反応は小さいが同じ傾向を示し、開花前、開花中、開花終わりと同様に成長段階が進むと反応が小さくなり、倒伏段階で再び促進される。直立段階になると開花終わりと同じように両方のホルモンに反応を示さない。コムギ幼葉鞘の切片のホルモンに対する反応を研究したWright (1961) によれば、幼葉鞘が非常に若いときにはジベレリンがもっとも伸長成長を促進するが、インドール酢酸はこの若い段階に対して効果がない。しかし、成長段階が進むとジベレリンの促進作用は次第に低下し、オーキシンが促進的になる。また、黄化エンドウの上胚軸の切片のホルモンに対する反応を研究したPurves and Hillman (1958) によると、若い切片はインドール酢酸よりジベレリンによく反応して成長するが、成長段階が進むとジベレリンよりオーキシンによってよく伸長する。したがって、コムギ幼葉鞘、黄化エンドウともに若い細胞がジベレリンによって伸長するのは細胞内にオーキシンが十分存在しているが、ジベレリンのレベルが低いためであり、段階が進むとオーキシンのレベルが低下し、ジベレリンのレベルが上昇するからだとして推定している。

Chao (1947) はセイヨウタンポポの蕾段階の花茎に 1 cm の間隔で印をつけ、各成長段階の花茎の伸長量と表皮細胞の長さを測定した。それによると、蕾段階から開花するまでの期間に、花茎の上端部の細胞は分裂と同時に伸長するので花茎全体の長さは約 2 倍になるが、個々の細胞の長さはどの段階のものより小さい。開花段階は細胞の長さが蕾の段階の 2 倍近く伸長するために、花茎が伸長する。花茎の伸長が停止する段階（開花終わりから倒伏段階）において、細胞はそれぞれ 1 回分裂して長さが前の段階の半分になる。花茎が伸長成長を回復し急成長する段階（総包の間から瘦果が見え始めた時）には細胞分裂は殆ど起こらず、細胞の伸長成長により花茎が伸びると報告している。本実験の各段階の花茎上端部の細胞の長さの変化は Chao の結果と一致する。すなわち、蕾段階の細胞は小さく、開花前、開花中、開花終わり段階と進むと次第に大きくなる。倒伏段階で再び小さくなり、直立段階で細胞が伸長してもっとも大きくなる。ジベレリンに対する反応は切片の生理的年齢、体内オーキシンの残量等により異なる（増田等 1971）こと、また、コムギ幼葉鞘、黄化エンドウ上胚軸の切片に対する反応等から、明らかに花茎切片のジベレリンに対する反応は細胞の長さに関係しているように思われる。すなわち、蕾と倒伏段階の若い（小さい）細胞はよく伸長するが、開花終わり段階と直立段階の老化した（大きい）細胞は殆ど反応を示さない。ナフタレン酢酸においてもジベレリンの場合と同様に蕾段階と倒伏段階の切片が他の段階のものに比べると伸長が促進された。ナフタレン酢酸に対する反応もジベレリンの場合と同様に細胞の生理的年齢によってオーキシンに対する反応性が異なり、老化すると伸長しなくなる（増田等 1971）とすることから、蕾と倒伏段階の細胞は丁度オーキシンに反応する年齢に達しているために伸長が促進され、開花終わり段階の細胞は老化しているために伸長しないと推定される。

摘 要

2 種のタンポポ（カンサイタンポポとセイヨウタンポポ）の花茎の成長と、胚、種子及び果実の発達との相互関係を調べるとともに、併せて花茎の切片の植物ホルモンに対する反応を検討した。

1) 花茎の成長曲線は両種とも二重 S 字型を示す。花茎の始めの伸長期は、カンサイタンポポでは蕾段階から開花が終わるまで続くが、セイヨウタンポポでは開花の翌日で停止する。終わりの伸長期は、カンサイタンポポでは花茎が立ち上がり始めてから起こるが、セイヨウタンポポでは倒伏の後半から起こる。花茎の伸長停止はカンサイタンポポでは開花が終わってから再び立ち上がり始めるまでの長期間続く。一方、セイヨウタンポポでは開花の翌日から倒伏段階の後半までと短い。この伸長停止はちょうど胚が急成長を始める時期に当たり、胚が完熟時の長さの約 80% 成長を完了するまで回復しない。このことから花茎の成長は胚の成長と密接な相関関係にあることが推察できる。

2) カンサイタンポポでは果実の成長は胚の成長と同調し、セイヨウタンポポでは果実の成長は胚の成長と関係なく胚の急成長が始まるまでに殆どの成長を終える。この違いは明らかにカンサイタンポポは通常の有性生殖でセイヨウタンポポは無配生殖であるという生殖の違いに基づいていると推測される。

3) ジベレリンあるいはオーキシンのみを含む溶液は蕾、倒伏段階の切片の伸長を促進し、ジベレリンとオーキシンの両方を含む溶液は開花終わり段階の切片の伸長を促進する。この花茎切

片のホルモンに対する反応は、細胞の生理的年齢（長さ）と体内オーキシンの残量等によって異なるものと推測される。

本研究を遂行するにあたり、御協力いただいた専攻学生に深く感謝します。

引 用 文 献

- Chao, M. D. (1947). Growth of the Dandelion scape. *Plant Physiol.* 22 : 393~406.
- Eeuwens, C. J. and Schwabe, W. W. (1975). Seed and pod wall development in *Pisum sativum* L. in relation to extracted and applied hormones. *J. exp. Bot.* 26 : 1~14.
- Hanks, G. R. and A. R. Rees (1977). Stem elongation in Tulip and Narcissus : The influence of floral organs and growth regulators. *New Phytol.* 78 : 579~591.
- Katunskij, V. M. (1936). On the causes of pre- and post-floral movements of peduncles and scapes (of the genera *Papaver*, *Crepis* and *Tussilago*). *Compt. Rend. (Doklady) Acad. Sci.* 12 : 343~346.
- Kohji, J., Hagimoto, H. and Masuda, Y. (1979). Georeaction and elongation of the flower stalk in a poppy, *Papaver Rhoeas* L. *Plant and Cell Physiol.* 20(2) : 375~386.
- Kohji, J., Nishitani, K. and Masuda, Y. (1981). A study on the mechanism nodding initiation of the flower stalk in a poppy, *Papaver Rhoeas* L. *Plant and Cell Physiol.* 22(3) : 413~422.
- Kohji, J., Hagimoto, H., Yamamoto, R., and Masuda, Y. (1982). IAA transport and georeaction in the flower stalk of a poppy, *Papaver Rhoeas* L. *Plant and Cell Physiol.* 22(8) : 1329~1336.
- 増田芳雄, 勝見充行, 今関英雄 (1971). 植物ホルモン. 朝倉書店.
- Nitsch, J. P. (1950). Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *Amer. J. Bot.* 37 : 211~215.
- Nitsch, J. P. (1955). Free auxins and free tryptophane in the strawberry. *Plant Physiol.* 30 : 33~39.
- Purves, W. K. and William, S. Hillman (1958). Response of pea stem sections to indole acetic acid, gibberellic acid and sucrose as affected by length and distance from apex. *Physiol. Plant.* 11 : 29~35.
- Sachs, R. M. (1968). Control of intercalary growth in the scape of *Gerbera* by auxin and gibberellic acid. *Amer. J. Bot.* 55(1) : 62~68.
- Wright, S. T. C. (1961). A sequential growth response to gibberellic acid, kinetin and indolyl-3-acetic acid in the wheat coleoptile (*Triticum vulgare* L.). *Nature* 190 : 699~700.